

PROJEKTGRUNDLAG

Slutdepot

Langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald

FORELØBIGT UDKAST



**DANSK
DEKOMMISSIONERING**

Dato:	30-09-2026
Kontor:	Dansk Dekommissionering
Sagsnr.:	S2600585

Indhold

1. Baggrund for projektet.....	2
1.1 Læsevejledning og formål med projektgrundlaget	5
1.2 Forudsætningsskabende tiltag	7
2. Projektets formål	10
3. Afgrænsning	18
4. Projekttype	19
5. Leverancer	20
5.1 Oversigt over leverancer i den indledende fase	20
5.2 Oversigt over milepæle	25
6. Afhængigheder	27
7. Interessenter	28
8. Tidshorisont.....	32
9. Økonomi	33
9.1 Afsat reserve og udgiftsrammer jf. folketingsbeslutning B 90	33
9.2 Proces for budgettering af anlægsøkonomi	34
9.3 Budgettering for indledende forundersøgelser til og med 2031	34
10. Organisering og rollefordeling	36
10.1 Governance	36
10.2 Operationel projektstyregruppe	38
10.3 Projektledelse og projektorganisation	40
10.4 Kobling til linjeledelse	44
11. Risici og risikostyring	44
12. Kommunikation.....	45
13. Bilag.....	46

Indledning

Dette projektgrundlag omfatter det tekniske projekt, der skal implementere Folketingsbeslutning B 90 af 15. maj 2018 og dermed gennemføre en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald over de kommende årtier. Som en del af denne implementering skal der etableres anlæg til permanent deponering af det radioaktive affald samt de nødvendige støttefunktioner til håndtering, modtagelse og drift.

På nuværende tidspunkt er der ikke truffet beslutning om de konkrete løsninger eller de samlede behov, som den langsigtede løsning skal understøtte. Projektgrundlaget indeholder derfor et forslag til igangsættelse af projektets initieringsfase og fastsættelse af projektets indledende rammer.

1. Baggrund for projektet

Folketinget meddelte i 2003, ved vedtagelse af beslutningsforslag nr. B 48¹ om afviklingen af de nukleare anlæg på Forskningscenter Risø, sit samtykke til, at regeringen påbegyndte udarbejdelsen af et beslutningsgrundlag for et dansk slutdepot.

Folketingsbeslutning B 48 af 13. marts 2003:

"Folketinget meddeler sit samtykke til, at regeringen fremmer afviklingen (dekommissioneringen) af de nukleare anlæg på Forskningscenter Risø hurtigst muligt i regi af den selvstændige virksomhed Dansk Dekommissionering, sådan at arealerne af de nukleare tilsynsmyndigheder kan frigives til ubegrænset brug inden for en tidshorisont på op til 20 år.

Folketinget meddeler sit samtykke til, at regeringen samtidig med afviklingen (dekommissioneringen) påbegynder udarbejdelsen af et beslutningsgrundlag for et dansk slutdepot for lav- og mellemaktivt affald".

Folketinget meddelte i 2018, ved vedtagelse af beslutningsforslag nr. B 90 sit samtykke til at gennemføre en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald. Der henvises i øvrigt til B 90 (som fremsat) for en redegørelse af historik og forløb i perioden 2003 til 2018².

Folketingsbeslutning B 90 af 15. maj 2018:

"Folketinget meddeler sit samtykke til, at regeringen gennemfører en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald med det formål at foretage en opgradering af Dansk Dekommissionerings lagerfaciliteter på Risøhalvøen og forberede lokalisering og gennemførelse af et dybt geologisk slutdepot til ibrugtagning senest i år 2073."

"Langsigtet løsning" jf. B 90 omfatter to hovedelementer:

- a. NOL: Opgradering af lagerfaciliteter på Risø til det formål at kunne oplagre det radioaktive affald under betryggende forhold i relation til højvandesikring, klimastyring og øget affaldsvolumen i takt med afviklingen af anlæggene på Risø.
- b. Slutdepot: Langsigtet løsning med henblik på deponering af det danske radioaktive affald

¹ [Forslag til folketingsbeslutning om afviklingen af de nukleare anlæg på Forskningscenter Risø](#)

² [20171_B 90_som_fremsat.pdf](#)

Bevilling og reserve afsat med B 90 er opdelt i disse to hovedelementer. Nærværende projektgrundlag vedrører alene b) Slutdepot: Langsigtet løsning med henblik på deponering af det danske radioaktive affald. Arbejdet med implementering af a) NOL: Opgradering af lagerfaciliteter på Risø er organiseret i et selvstændigt projekt, som Dansk Dekommissionering (DD) har ansvar for.

Det blev med B 90 besluttet, at langsigtet løsning af det danske radioaktive affald bl.a. skal omfatte faciliteter til deponering (slutdepot). Deponering defineres i dansk lovgivning³ som *"Anbringelse af radioaktivt affald uden intention om senere udtagning i et naturligt eller konstrueret barriersystem, herunder anlæg, med det formål at yde strålebeskyttelse"*.

Overordnet fastslås det, at B 90 har til formål at skabe *"klarhed om håndteringen af det radioaktive affald i Danmark i fremtiden og give sikkerhed for, at affaldet bliver behandlet i overensstemmelse med internationale forpligtelser"* i forhold til håndtering, opbevaring og deponering af radioaktivt affald. Internationale forpligtelser omfatter EU-regler og en lang række internationale aftaler. De vigtigste er affaldsdirektivet⁴ og affaldskonventionen⁵.

Løsningen skal jf. B 90 omfatte *"alle affaldstyper i den danske affaldssammensætning"*. Dette er i overensstemmelse med krav i affaldsdirektivet, der stilles til det nationale program, hvorefter der skal være *"strategier eller planer og tekniske løsninger med hensyn til håndtering [...] fra frembringelse til deponering"*. Gennemførelsen af det nationale program skal *"omfatte(r) alle typer [...] og alle faser af håndteringen af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald fra frembringelse til deponering"*.

I den danske affaldsbeholdning indgår også NORM affald⁶. Om dette fremgår det af B 90, at *"Et slutdepot kan overvejes også at skulle kunne modtage NORM affald, som på nuværende tidspunkt oplagres af affaldets ejere, indtil deponering kan finde sted."* Som det fremgår af B 90, er der også NORM affald i affaldsbeholdningen hos DD. Affaldstypen udgør et stort volumen, med en lav langsigtet risiko hvilket har betydning for tilrettelæggelse af deponering.

Den danske affaldsbeholdning stammer dels fra forskningsaktiviteter på Risø, dels fra en række aktiviteter indenfor sundhedssektoren, forskning, undervisning, industri mv. Dekommissionering af de nukleare anlæg på Risø forventes at udgøre den største andel af det samlede affaldsvolumen. Målt på radioaktivitet forventes dekommissioneringsaffaldet dog ikke nødvendigvis at dominere den fremtidige affaldsbeholdning. En betydelig del af den samlede aktivitet vil også fremover være knyttet til den eksisterende lagerbeholdning og til fortsatte fremtidige eksterne affaldsstrømme, herunder brugte kilder og affald fra nuklearmedicinske og industrielle anvendelser af radioaktive stoffer.

Radioaktivt affald adskiller sig fra konventionelt affald ved at indeholde radionuklider, der udsender ioniserende stråling. Radionukliderne omdannes over tid til andre nuklider ved radioaktivt henfald, hvorved radioaktiviteten og den stråling, som affaldet udsender, gradvist aftager. For nogle radionuklider sker dette relativt hurtigt, men for andre er halveringstiden så langsom, at disse udgør en risiko for mennesker og miljø i hundredtusinder af år. Dette medfører særlige krav til deponering af affaldet.

³ Bekendtgørelse om radioaktive stoffer [Radioaktivitetsbekendtgørelsen](#) (nr 1385, 2025)

⁴ : Rådets Direktiv 2011/70/EURATOM af 19. juli 2011 om fastsættelse af en fællesskabsramme for ansvarlig og sikker håndtering brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald [Link](#)

⁵ Det Internationale Atomenergiagenturs (IAEA) Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management fra 1997, som Danmark tilsluttede sig i 1999. [Link](#)

⁶ [NORM og NORM-affald | Sundhedsstyrelsen](#)

B 90 angiver, at de mest krævende dele af affaldet, som udgør en særlig langsigtet risiko, bliver definerende for arbejdet. Dette skyldes, at deponering af dette affald udgør den største risiko på meget lang sigt, hvilket stiller store krav til anlæg og lokalitet.

Samtidig angiver B 90 en differentieret tilgang til deponeringsløsninger hvor *"der [...] tages hensyn til muligheden for separate løsninger for de enkelte affaldsfraktioner."* Det fremgår herom at: *"I forstudierne til slutdepot, [...] er beskrevet løsningsmodeller, hvor en række depotkonstruktioner er kombineret i 18 mulige depottyper. I kombination med de nye geologiske undersøgelser i ned til 500 meters dybde vil disse depottyper være udgangspunkt for arbejdet med et forslag til projektering af et samlet depotanlæg."*

Der henvises her til COWI's forstudie fra 2011⁷, som anfører en række hoveddepotkoncepter underopdelt på 18 depottyper. Disse dækker et bredt spektrum af koncepter fra overfladedepoter over depoter ned til 10 meter betjent fra terræn til underjordiske depoter⁸ ned til 100 meter. Forstudiet omfatter også en kombination af et hoveddepot suppleret med deponering af en mindre mængde affald i et eller flere borehuller ned til 300 meter.

Med B 90 udvides det mulige løsningsrum i forhold til disse forstudier altså sådan, at det affald der udgør den største langsigtede risiko, kan håndteres ved at der *"etableres et dybt geologisk slutdepot på dansk grund til ibrugtagning senest i 2073. Regeringen foreslår, at der planlægges et dybt geologisk depot i ned til 500 meters dybde"*.

Geologisk deponering defineres af IAEA som deponering af radioaktivt affald i en depotfacilitet placeret i en stabil geologisk formation, der giver langsigtet isolation af radionuklider fra biosfæren⁹. Jf. IAEA's metoder for affaldsklassificering kobles affaldstyper til dybder således, at affald, der udgør en større langsigtet risiko, bør deponeres dybere. Dette skyldes, at geologisk dybde bidrager med passive sikkerhedsbarrierer over meget lange tidshorisonter¹⁰

Det fremgår desuden, at *"Et dansk slutdepot af denne type [...] vil imødekomme ønsker til sikkerhed og udførelse fra en lang række interessenter i Danmark og udlandet."* Fokus i den danske debat har særligt været rettet mod den mindre mængde brugt brændsel, som indgår i den danske affaldsbeholdning (det såkaldte "særligt affald"), men også andre affaldsfraktioner kan være relevante til denne type depot.

Udover depoter kan der jf. B 90 også etableres en række andre anlæg og faciliteter. Alle depottyper angivet i COWI's forstudier omfatter bl.a. vagtbygning, kontor og personalefaciliteter, garage og vedligehold samt andre anlæg til affald i form af faciliteter til pakning og prækonditionering samt midlertidigt lager. Herudover fremgår det af B 90, at der også på lang sigt vil være behov for en national modtagefunktion: *"med henblik på modtagelse og deponering af fremtidigt radioaktivt affald fra brugere af radioaktive stoffer (hospitaller, forskningslaboratorier og industri)." For en uddybning af dette henvises til teknisk bilag C om depotsystemer, anlæg og faciliteter.*

Den langsigtede løsning jf. B 90 omfatter arealerhvervelse af en ny lokalitet samt transport af det affald, der ikke længere skal opbevares på Risø. Vedrørende perspektiver på endnu længere sigt fremgår det, at der skal *"tages højde for et eventuelt behov for fremtidig udvidelse af anlægget ved forslag om erhvervelse af ekstra areal til nye depotafsnit."*

⁷ Forstudier til slutdepot for radioaktivt affald. Hovedrapport. Dansk Dekommissionering (COWI A/S i samarbejde med Studsvik AB og Hasløv & Kjærsgaard), maj 2011

⁸ Kaverne depot er et udgravet underjordisk deponeringskammer i en geologisk værtsformation beregnet til placering af radioaktivt affald.

⁹ Geological disposal facilities for radioactive waste [STI/PUB/1483](#) (side 1)

¹⁰ Classification of radioactive waste GSG-1 2009 2009 [STI/PUB/1419](#)

Der holdes med B 90 en dør åben ift. at søge en international løsning for dele af affaldet. Det fremgår, at parallelt vil: *"regeringen fortsat sondere mulighederne for en international løsning for så vidt angår deponering af det særlige affald i udlandet, enten ved eksport af affaldet gennem en bilateral aftale eller gennem deltagelse i en international deponeringsløsning for langlivet radioaktivt affald. Hvis en international løsning for det særlige affald ikke kan realiseres senest på tidspunktet for beslutning om projektering af et dybt geologisk slutdepot i Danmark, skal den videre planlægning inkludere deponering af det særlige affald på dansk grund."* Der arbejdes på DD også med andre internationale løsninger til fx affaldsbehandling og -minimering.

Det er et direktivkrav jf. affaldsdirektivet¹¹, at Danmark har en national politik for håndtering af radioaktivt affald, etablerer nationale rammebestemmelser og et ajourført nationalt program, der omfatter alle typer radioaktivt affald og alle faser fra frembringelse til deponering. Formålet med det nationale program er at beskrive, hvordan Danmark har til hensigt at gennemføre den nationale politik for at sikre at målene med direktivet nås. Det videre arbejde med projektet skal være fuldt koordineret med Danmarks nationale program.

1.1 Læsevejledning og formål med projektgrundlaget

Projektgrundlaget omfatter det tekniske projekt, der skal implementere folketingsbeslutning B 90 og dermed gennemføre en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald over de kommende årtier. Som en del af denne implementering skal der etableres anlæg til permanent deponering af det radioaktive affald samt de nødvendige støttefunktioner til håndtering, modtagelse og drift.

På nuværende tidspunkt er der ikke truffet beslutning om de konkrete løsninger, herunder affaldsklassificering, depotkoncepter, støtteanlæg, lokaliseringsstrategi eller de samlede behov, som den langsigtede løsning skal understøtte.

Projektgrundlagets formål er at beskrive den initierende del af projektet for udviklingen af en samlet dansk depotløsning for radioaktivt affald. Projektgrundlaget indeholder derfor et forslag til igangsættelse af projektets initieringsfase og fastsættelse af projektets indledende rammer.

Der foreslås gennemført forundersøgelser, der skal skabe det nødvendige beslutningsgrundlag for det videre arbejde. Undersøgelserne skal identificere og afklare de funktionelle, tekniske, regulatoriske og organisatoriske behov, som den fremtidige depotløsning skal opfylde, samt beskrive mulige veje frem mod realisering af løsningen.

Arbejdet skal omfatte hele affaldets vej fra modtagelse og håndtering af radioaktivt affald til endelig deponering. Der tages højde for forskellige affaldstyper, herunder affald fra dekommissioneringen af Risø-anlæggene samt fremtidige affaldsstrømme fra sundhedssektoren, forskning og industri. Desuden skal nationale og internationale løsninger afvejes.

Projektgrundlaget (inkl. tekniske bilag) skaber samtidig en samlet situationsforståelse som grundlag for den videre udvikling af de løsninger, anlæg, faciliteter og organisatoriske rammer, der skal sikre sikker håndtering og endelig deponering af Danmarks radioaktive affald i overensstemmelse med Folketingets beslutninger, nationale rammebestemmelser og internationale forpligtelser.

Projektgrundlaget belyser endvidere behov vedrørende organisering, styring, finansiering, regulering og den videre planlægning af en depotløsning i dansk sammenhæng.

¹¹ [Rådets direktiv 2011/70/Euratom af 19. juli 2011 om fastsættelse af en fællesskabsramme for ansvarlig og sikker håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald](#)

Desuden anbefales det i projektgrundlaget, at det videre arbejde forankres i en metodisk og kravstyret tilgang til udvikling og vurdering af mulige depotløsninger. Tilgangen bygger på, at sikkerheden vurderes gennem et integreret samspil mellem tre centrale forhold; affaldsbeholdningens egenskaber, depotsystemers udformning og lokaliteters geologiske forhold. Det er forventningen, at de tre elementer kan samles i en indledende sikkerhedsstrategi og generisk sikkerhedsvurdering for slutdeponering.

I den første fase der består af mobilisering og indledende forundersøgelser vil der desuden være fokus på at etablere en plan for at karakterisere affaldet, udvikle affaldsveje og depotstrategi for det danske affaldsinventorie og udarbejde en lokaliseringsstrategi.

Til sammen vil leverancerne i den første fase også resultere i et opdateret beslutningsgrundlag og budgetoverslag, der eventuelt vil kunne forelægges til politisk behandling, før de næste faser igangsættes. Projektgrundlaget berører denne milepæle, men er ikke udarbejdet som et mini-sterielt projektgrundlag for den politiske forankring og styring af projektet.

Denne sag har en lang historik og baggrund. Den samlede løsning og levering er beskrevet overordnet i projektgrundlaget, men uddybes i en række tekniske bilag.

Dokumentets nuværende status

Projektgrundlaget er i sin nuværende form et foreløbigt udkast udarbejdet af DD der fremsendes til SAMSIK med henblik på videre drøftelse.

Dokumentet skal derfor gennemgå review af andre leveranceparter. Heraf er det aftalt med SAMSIK og GEUS, at GEUS bidrager til review med fokus på områder hvor GEUS har kompetence. Desuden er det aftalt med SAMSIK, SIS og BRS at materialet gennemgås og drøftes med SIS og BRS indenfor rammerne af deres uafhængighed som tilsynsmyndighed og mulighed for at vejlede. Den videre proces for dokumentets review og evt. tilretning skal aftales nærmere med SAMSIK.

Projektgrundlag samt bilag er i sin nuværende form udkast udarbejdet af DD, der fremsendes til SAM-SIK med henblik på videre drøftelse og udvikling. Det er aftalt, at dokumenterne efterfølgende skal gennemgå review ved GEUS samt drøftes med Sundhedsstyrelsen og Beredskabsstyrelsen inden for rammerne af deres rolle som uafhængige tilsynsmyndigheder. Den videre proces for dokumenternes review og evt. tilretning skal aftales nærmere med SAMSIK.

Projektgrundlaget er udarbejdet som led i et samarbejde mellem Styrelsen for Samfundssikkerhed (SAMSIK), Dansk Dekommissionering (DD) og De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), som blev etableret efter opgavens overførsel fra Uddannelses- og Forskningsministeriet (UFM) til Ministeriet for Samfundssikkerhed og Beredskab (MSSB) i august 2024. Som grundlag for arbejdet er der i perioden 2024-2026 gennemført en række koordinationsmøder og workshops mellem SAMSIK, DD og GEUS. Processen er nærmere beskrevet i bilag 1 til projektgrundlaget. Det er aftalt, at projektet planlægges med inspiration fra IAEA's programmetode¹² for etablering af geologiske depoter, offentliggjort i 2024. Metoden er gengivet i bilag A. I DD's mål- og resultatplan for 2026 er det aftalt, at projektorganisering initieres og der udarbejdes et projektgrundlag for projektet. Dette dokument og tilhørende bilag er resultatet af dette arbejde.

¹² [Roadmap for Implementing a Geological Disposal Programme | IAEA](#)

Et projektgrundlaget er normalt et projekts hoveddokument, der skal sikre fælles forståelse mellem styregruppe, projektleder og projektdeltagere om projektets rammer og leverancer. Samtidig skal det skabe klarhed om projektet for dets interessenter. I dette tilfælde er projektgrundlaget påbegyndt i før-projektphase, hvorfor dokumentet kun delvist er udfyldt. På dette tidspunkt beskriver det ikke de samlede tekniske leverancer, men danner grundlag for projektets igangsættelse ved at beskrive formål, rammebetingelser, organisering, overordnet gennemførelsesstrategi samt planlagte aktiviteter i den kommende fase. Projektgrundlaget vil skulle forelægges en styregruppe til godkendelse og opdateres i takt med projektets modning samt ajourføres ved faseskift.

Ved projektets igangsættelse er det i initieringsfase. Der foreligger forslag til bl.a. governance og organisering samt en indledende mobiliserings- og forundersøgelsesfase med henblik på en mere detaljeret planlægning og efterfølgende beslutning. Ved senere uddybning af projektgrundlaget skal dette udvides bl.a. med risikovurdering og kommunikationsplan, der ikke foreligger på dette tidlige stade.

Projektet bygger på et omfattende grundlag af analyser, vurderinger og beslutninger udarbejdet gennem mere end 25 år. Opgaven er tværfaglig, og projektets leverancer kræver et højt teknisk niveau, der udvikles i takt med projektets modning. Som supplement til projektgrundlaget er der udarbejdet tekniske bilag, der sammenfatter projektets historik samt beskriver relevante reguleringsmæssige rammer og faglige forhold. Bilagene skal understøtte en fælles situationsforståelse for projektets udgangspunkt, rammer og kommende opgaver.

Projektgrundlaget er udarbejdet ud fra SAMSIK projektmodel med inspiration fra Statens IT projektmodel.

Der er i projektgrundlag og tekniske bilag benyttet AI (Co-pilot) til udvikling eller korrektur af tekst. AI tekst har efterfølgende gennemgået reel menneskelig og redaktionel kontrol.

1.2 Forudsætningsskabende tiltag

På tidspunktet for udarbejdelsen af dette udkast til projektgrundlag er projektet ikke besluttet etableret eller igangsat.

Projektets igangsættelse forudsætter, at en række afklaringer, rammebetingelser og beslutninger bringes på plads. Nogle forhold er nødvendige for at kunne igangsætte projektet, mens andre skal afklares i projektets indledende fase. Disse forhold er ikke en del af projektgrundlagets leverancer, men udgør forudsætninger for, at projektet kan gennemføres. Disse forudsætninger fremgår nedenfor.

Forud for projektets igangsættelse er det i projektgrundlaget forudsat at:

1. **Der sikres en tæt kobling mellem national politik, nationale rammebestemmelser, et opdateret nationalt program og etableringen af dette projekt.** Der henvises bl.a. til bilag B for en uddybning af dette forhold.
2. **Der træffes beslutning om governance for projektets styring i sin helhed.** Governance skal kunne dække integrerede leverancer på tværs af ministerområder. Den foreslåede governance fremgår af afsnit 10.1.

3. **De nødvendige governance-dokumenter udarbejdes som grundlag for, at der udpeges projektejer, styregruppeformand og nedsættes af projektstyregruppe.** Den foreslåede styregruppestruktur fremgår af afsnit 10.2. Dette danner grundlag for, at projektets udvikling og styring kan koordineres og ledes af projektets styregruppe og projektleder indenfor givne rammer og mandat. Der kan fx udarbejdes kommissorium. Der skelnes mellem, men skabes sammenhæng for projektets opadgående politiske og økonomiske rammer, projektets tekniske leverancer og projektets udadvendte kommunikative karakter. Styregruppeaftale udarbejdes i den nedsatte styregruppe.
4. **Godkendelse af udkast til strategisk ramme og projektgrundlaget behandles og godkendes endeligt af styregruppen,** når styregruppeformand og styregruppe er nedsat og projektleder udpeget.
5. **Der etableres bevillingsmæssig hjemmel for DD,** så der indledningsvist kan afholdes udgifter til projektets styring og udvikling fra 2027. Dette omfatter bl.a. opbygning af projektorganisation. Den foreslåede organisation og bemanning fremgår af afsnit 10.3 og budgetforslag af afsnit 9.3.
6. **DD udpeges til at varetage det tværgående ansvar for og koordineringen af projektet,** herunder projektets sikkerhedsarbejde. Opgaven omfatter blandt andet udarbejdelse af sikkerhedsstrategi, safety case og sikkerhedsvurdering. Arbejdet skal baseres på et samspil mellem viden om det affald, der skal deponeres, de tekniske forhold ved lokaliteten, herunder særligt de geologiske forhold (v. GEUS), samt depotsystemet, herunder de etablerede barrierer.
7. **GEUS' hjemmel og bevillingsmæssige forhold afklares** således, at GEUS kan bemande projektet og bidrage til dets udvikling fra 2027. Dette omfatter GEUS' mulighed for at bidrage mere integreret i projektet geologiens rolle i safety case arbejdet og sikkerhedsvurdering, samt lokaliseringskriterier, analyser, undersøgelser, evaluering og proces. Se GEUS foreslåede rolle i styregruppe og kerneteam jf. afsnit 10. For en dybere forståelse af behovet for tæt kobling mellem geologi og projektet øvrige udvikling henvises til bilag B, C, D og E.

Desuden forudsættes det, at der inden for relativt kort tid tages stilling til:

8. **DD's fremadrettede rolle, ansvar og formelle rammer.** Disse afklares og udvikles med henblik på at DD tildeles ansvar for projektet. Dette foreslås også at omfatte en rolle som udpeget tilladelsesindehaver med hovedansvar for den danske radioaktive affaldsbeholdning fra modtagelse og håndtering til deponering jf. EU-direktiv 2011/70/EURATOM. Som det fremgår af pkt. 1 bør sikres en tæt tilknytning mellem det nationale program og implementering via projektet. DD er oprindeligt etableret som en midlertidig teknisk driftsorganisation med det hovedformål at dekommissionere de nukleare anlæg på Risø. De formelle og økonomiske rammer for DD afspejler delvist denne historik (se nærmere i bilag F.1). Det er forudsat i dette projektgrundlag, at DD's fremadrettede rolle afspejler en udvikling fra dekommissioneringsorganisation til Waste Management Organisation (WMO).
9. **Organisering og ansvar for udvikling af depoter, anlæg og faciliteter herunder forberedelse af de tilhørende myndighedsprocesser.** Det er i projektgrundlaget forudsat, at DD tildeles en central rolle og varetager sammenhængende analyser af anlæg, faciliteter og depoter i projektets forundersøgelser både på og udenfor Risø. Der skal

sikres en løsning, der gør det muligt på kort sigt at kortlægge myndighedskrav og -processer, herunder hvilke opgaver og ansvarsområder der skal varetages af DD eller af andre. Dette omfatter også organisatoriske og juridiske rammer, der evt. skal etableres for at understøtte et sådant ansvar. På længere sigt skal der tages stilling til fremtidig organisering af bygherrefunktion, anlægsejerskab og øvrige roller relateret til ansvar i atomanlægslovens forstand, tilladelsesindehaverrollen i EU-direktivets forstand og ansvar for fremtidig driftsorganisation.

10. **Etablering af sammenhængende affaldsveje for alt radioaktivt affald i Danmark og juridiske rammer herfor.** Formålet er bl.a. at sikre overblik over nutidige og kommende affaldsstrømme, hvilket er en forudsætning for at kunne planlægge og implementere en langsigtet løsning for dansk radioaktivt affald. Dette medfører bl.a., at der etableres de nødvendige juridiske rammebetingelser for, at DD kan udfylde rollen som national tilladelsesindehaver iht. affaldsdirektivet. Dette omfatter også funktionen som center for modtagelse og håndtering af alt radioaktivt affald i Danmark. Der bør i den forbindelse etableres juridiske rammer for affaldsproducenters ansvar ifm. overdragelse af affald til DD. Det er nødvendigt at sikre rammer for at kunne stille krav til dokumentation om eksternt affald, gennemføre frigivelse af eksternt affald med henblik på affaldsminimering samt kunne sikre overblik over omkostningsfordeling mellem ansvarlig affaldsproducent og omkostninger ved modtagelse, håndtering, lagring og deponering af radioaktivt affald.

2. Projektets formål

Den nuværende situation

Danmark har en affaldsbeholdning af radioaktivt affald, som i dag lagres på Risø-halvøen hos DD. De eksisterende anlæg nærmer sig deres kapacitetsgrænser. Samtidig genereres der fortsat radioaktivt affald fra dekommissioneringen af de nukleare anlæg på Risø samt fra sundhedssektoren, forskning, industri og andre samfundsaktiviteter. Et nyt mellemlager er under etablering på Risø og vil sikre forsvarlig, midlertidig opbevaring af det affald, der er i DD's vare-tægt. Hertil kommer NORM-affald, som i dag opbevares midlertidigt hos affaldsproducenter flere steder i Danmark. Danmark har ikke etableret tekniske løsninger for langsigtet sikker håndtering af radioaktivt affald fra frembringelse til deponering. Så længe affaldet ikke er bragt til endelig deponering, videreføres ansvaret til fremtidige generationer.

Den ønskede fremtidige situation

Danmark råder i den fremtidige situation over en samlet varig løsning til håndtering af alle typer radioaktivt affald og alle faser fra frembringelse til deponering og efterfølgende kontrol med lukkede depotanlæg. Løsningen er tilpasset nationale forhold og designet med udgangspunkt i kendskab til det danske affald. Løsningen kan håndtere fortsat affaldsproduktion fra det danske samfund i begrænset omfang. Der er dog indtænkt mulig fremtidig udvidelse af depotkapacitet i løsningen.

De nødvendige anlæg og faciliteter til modtagelse, karakterisering, behandling, lagring, konditionering og endelig deponering af radioaktivt affald er etableret. Forud for etablering foreligger den nødvendige dokumentation for affaldets egenskaber og anlæggenes sikkerhed, og de relevante myndighedsgodkendelser er opnået.

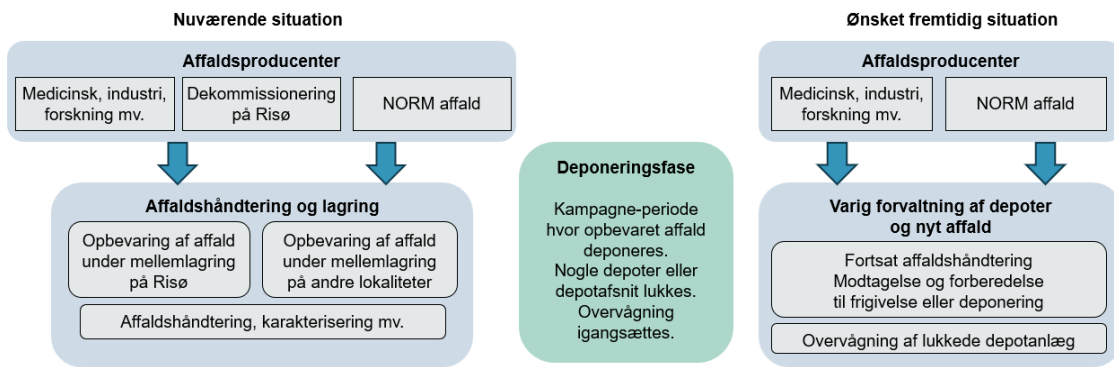
Der er udviklet metoder der sikrer, at mængden af affald til deponering er reduceret gennem sortering, behandling, genanvendelse eller frigivelse, hvor det er relevant. Desuden er internationale løsninger for dele af affaldet afsøgt og afvejet ift. nationale løsninger.

Der er foretaget en analyse og afvejning af anlæg, der med fordel kan ligge på Risø og anlæg, der bør ligge på en anden lokalitet. Hvor løsningen omfatter anlæg uden for Risø, er gennemført de nødvendige lokaliseringsprocesser, herunder opstilling af kriterier, undersøgelser, evalueringer og offentlighedsprocesser. Processerne har været præget af åbenhed om beslutningsgrundlag, vurderinger og resultater samt inddragelse af relevante interessenter og offentligheden, så egnede lokaliteter er valgt og etableret på et dokumenteret og transparent grundlag.

Løsningen er baseret på dokumenteret viden og efterprøvelige beslutningsgrundlag. Rammebestemmelser, ansvar, finansiering, myndighedsopgaver og driftsopgaver er organiseret, så den langsigtede håndtering af radioaktivt affald er gennemført sikkert og robust.

Løsningen lever op til nationale og internationale krav og sikrer, at radioaktivt affald kan håndteres sikkert og forsvarligt gennem hele livscyklussen og understøtter den fortsatte håndtering af radioaktivt affald i Danmark efter projektets afslutning.

Figuren nedenfor illustrerer nuværende og ønsket fremtidig situation ift. overordnede affaldsveje. Undervejs skal gennemføres en deponeringsfase hvor hidtidigt opbevaret affald under mellemlagringsforhold deponeres.



Figur 1. Projektet udvikler og etablerer løsninger, der bringer de danske affaldsveje fra den nuværende situation til den ønskede fremtidige situation hvorefter opgaven overgives til varig drift.

På denne baggrund er projektets formål angivet nedenfor.

Formål

Danmark skal udvikle og etablere en samlet, sikker og langsigtet løsning for den danske radioaktive affaldsbeholdning. Projektet skal levere til dette overordnede mål. Dette opnås ved at skabe rammerne for at eksisterende og fremtidigt radioaktivt affald kan modtages, håndteres og permanent deponeres på en måde, der opfylder nationale og internationale krav og beskytter mennesker og miljø.

Projektet omfatter fire delformål, der udgør parallelle og indbyrdes afhængige udviklingsformål. De opnås ikke sekventielt, men modnes iterativt gennem hele projektforløbet i takt med, at ny viden, analyser og beslutninger udvikles.

Delformål A: At tilvejebringe besluningsgrundlag for sikre deponeringsløsninger tilpasset den danske affaldsbeholdning

Projektet skal tilvejebringe det strategiske og tekniske grundlag, der er nødvendigt for at kunne træffe kvalificerede beslutninger om de rette deponeringsløsninger til den danske affaldsbeholdning. Der gennemføres en trinvis besluningsproces over en årrække med stigende detaljeringsgrad. Indsatsen skal sikre at de valgte løsninger bygger på affaldets egenskaber, kendte sikkerhedskrav samt balancerer samfundsøkonomiske, tekniske og driftsmæssige forhold.

For at opfylde dette skal en række underlæggende formål sikres opnået. Det er således formålet:

- **Delformål A.1 At etablere et depotrettet datagrundlag for affaldet**
Målet er at sikre et validt og depotrettet datagrundlag for den samlede danske affaldsbeholdning nu og i fremtiden. Dette gøres ved at skabe et komplet overblik over nuværende data, identificere databehov samt lukke videnshuller gennem målrettet karakterisering og udvikling af prognose- og rapporteringsmetoder. Desuden defineres og budgetteres nødvendige karakteriseringsmetoder og -anlæg. Formålet er at skabe forudsætning for at projektet kan afklare det reelle deponeringsbehov, gennemføre pålidelige sikkerhedsanalyser, udarbejde myndighedsansøgninger mv..

- *Delformål A.2: At analysere og fastlægge optimale affaldsveje*

Indsatsen skal fastlægge de mest hensigtsmæssige affaldsveje for de enkelte affaldskategorier frem mod specifikke depotyper, så deponeringsbehov bliver dokumenteret og begrundet. Delformålet skal levere grundlaget til en national affaldsstrategi.

Der tages udgangspunkt i affaldsbeholdningens egenskaber og klassifikation. Gennem analyser foretages en systematisk afvejning mellem mulige depotyper, andre affaldsveje som affaldsminimering samt nationale løsninger over for internationale alternativer. Denne afvejning baseres systematisk på kriterier om dimensionering, sikkerhed, økonomi og praktiske forhold.

- *Delformål A.3: At udvikle depotkoncepter, beholdere og anlagte barrierer*

At udvikle depotkoncepter, der også omfatter egnede beholdere og barrierematerialer, som sikrer den fysiske indeslutning og tilbageholdelse over den nødvendige tidshorisont for de enkelte affaldskategorier. Udviklingen i dette delformål sker til det niveau der er nødvendigt for beslutningsoplæg frem til vedtagelse af anlægslov. Selve igangsættelse af anlægsprojekter hører under Delformål D.

- *Delformål A.4: At udvikle sikkerhedsbaserede og tekniske lokalitetskriterier*

Projektet skal som led i indledende analyser identificere de sikkerhedsmæssige geologiske forhold, som er relevante for udarbejdelse af sammenhængende beslutningsoplæg.

Formålet er at etablere et fælles og dokumenteret grundlag for de tidlige integrerede analyser af affald, depotkoncepter og sikkerhed samt at skabe forudsætningerne for design af den efterfølgende lokaliseringsproces, herunder screening, evaluering og udpegning af potentielle lokaliteter.

- *Delformål A.5: Udvikle sikkerhedsbaseret analyse*

Projektet skal udvikle og vedligeholde det sikkerhedsmæssige grundlag for den samlede løsning. Sikkerhedsarbejdet skal understøtte projektets løbende beslutninger om affaldsveje, depotyper, anlæg og lokaliteter. (Sikkerhedsarbejde som grundlag for de nødvendige myndighedsgodkendelser ligger under delformål B).

Sikkerhedsvurderingerne skal belyse samspillet mellem affaldets egenskaber, konstruerede barrierer og lokaliteternes naturlige barrierer med henblik på at dokumentere, at mennesker og miljø beskyttes på kort og lang sigt.

I de tidlige faser anvendes generiske sikkerhedsanalyser til at udvikle og afveje løsningsmuligheder. I takt med projektets modning videreudvikles analyserne til et samlet sikkerhedsgrundlag og senere til dokumentation for myndighedsbehandling og godkendelse (delformål B).

Delformål A omfatter udvikling af beslutningsgrundlag vedrørende depoter, støtteanlæg og faciliteter, der indgår i den samlede langsigtede slutdepotløsning jf. B 90 (se tekstboks).

Desuden foreslås det, at der indgår øvrige anlæg, faciliteter og organisatoriske kapaciteter i det omfang de er nødvendige for at opfylde hovedformålet om deponering - også selvom disse på nuværende tidspunkt ikke er nævnt i B 90. Dette kan under delformål A.1 omfatte it-systemer og anlæg til affaldskarakterisering med henblik på deponering. Under delformål A.2 kan det omfatte

anlæg og faciliteter til affaldsminimering i Danmark samt affaldsbehandling eller deponering i udlandet.

Projektgrundlaget lægger dermed op til at udvikling af beslutningsgrundlag rummer alle nødvendige anlæg og faciliteter i det omfang, de indgår i en samlet løsning frem mod endelig deponering.

Tekstboks. Opsummering af depoter, anlæg og faciliteter omfattet af B90

Med B90 har Folketinget besluttet at etablere en fremtidigt dansk løsning, der omfatter et eller flere depoter på en eller flere lokaliteter.

Løsningen skal tilpasses affaldets egenskaber og kan omfatte forskellige depottyper for forskellige affaldsfraktioner. Beslutningen omfatter et bredt løsningsrum, der tager udgangspunkt i 18 depottyper foreslået i 2011 kombineret med dyb geologisk deponering af de affaldsfraktioner, der udgør den største langsigtede risiko. Anlæggene skal dimensioneres til det forventede affaldsvolumen frem mod 2073 samt en begrænset efterfølgende årlig affaldsmængde fra det danske samfund. Der bør dog også tages højde for en mulig fremtidig udvidelse af depotkapaciteten.

Løsningen omfatter, udover selve depoterne, også en række andre støtteanlæg og faciliteter, som skal afklares nærmere, men som bl.a. kan omfatte:

- Sikring, drift og vedligehold:
vagtbygning, kontor og personalefaciliteter, garage og vedligehold
- Håndtering af affald:
modtagefunktion, faciliteter til pakning og prækonditionering samt midlertidigt lager

Delformål B: At udvikle og gennemføre ansøgnings- og myndighedsprocesser

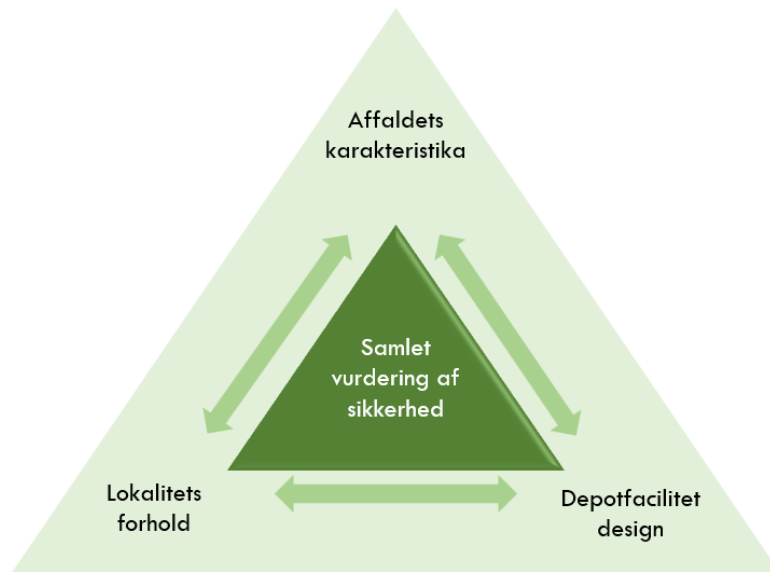
Projektet skal sikre at de nødvendige myndighedsgodkendelser kan opnås. Dette sker ved at udvikle det nødvendige tekniske grundlag samt tidligt at planlægge og senere gennemføre myndighedsprocesser i tæt samarbejde med relevante myndigheder. Arbejdet tilrettelægges fra projektets start med udgangspunkt i gældende og forventede krav vedrørende blandt andet strålebeskyttelse, nukleare anlæg, miljøbeskyttelse, undergrund, fysisk planlægning, byggeri og infrastruktur.

Formålet er at sikre, at projektets analyser, sikkerhedsvurderinger, design og beslutningsgrundlag kan anvendes direkte i fremtidige ansøgnings- og godkendelsesforløb, og at de nødvendige tilladelser kan opnås på et dokumenteret, transparent og fagligt robust grundlag og i takt med projektets øvrige proces og fremdrift.

For at opfylde dette skal følgende underliggende formål sikres:

- *Delformål B.1: Udvikle myndighedsstrategi og overblik over regulatorisk grundlag*
At identificere og integrere de krav, processer og beslutningsforløb, som følger af dansk lovgivning, EU-regulering og internationale aftaler.
- *Delformål B.2: Udvikle sikkerhedsgrundlag*
At udvikle og dokumentere det sikkerhedsgrundlag, der viser, at anlæg, faciliteter og depoter beskytter mennesker og miljø på kort og lang sigt.

Dette omfatter blandt andet dokumentation af samspillet mellem affaldets egenskaber, byggede barrierer, naturlige barrierer og lokaliteternes egenskaber gennem udvikling af Safety Case og øvrig sikkerhedsdokumentation.



Figur 2. Langsigtet sikkerhed for det radioaktive affald (isolation af nuklider fra mennesker og miljø) udgøres af en kombination af byggede (affaldsmatrix, indkapsling, anlæg) og naturlige barrierer (den omgivende geologi), der kan levere den nødvendige sikkerhed for det pågældende affald. Dette samspil skal indgå i design og dokumentation for hver affaldsfraktion og tilhørende anlæg.

- **Delformål B.3: Gennemføre myndigheds- og godkendelsesprocesser**
At planlægge og gennemføre de nødvendige myndighedsprocesser frem mod etablering, drift, lukning og langsigtet forvaltning af anlæg og depoter.
- **Delformål B.4: Bidrage til offentlighedsprocesser**
At bidrage de offentligheds- og interessentprocesser som del af myndighedsprocesser samt sikre gennemsigtighed i projektets beslutningsgrundlag, analyser og myndighedsprocesser.

Delformål C At udvikle og gennemføre lokaliseringsprocesser med henblik på at udpege lokaliteter for anlæg

Projektet skal designe og gennemføre lokaliseringsprocesser for depoter, anlæg og faciliteter, som ikke etableres på Risø.

Lokaliseringen skal baseres på dokumenterede analyser og afvejninger af sikkerhedsmæssige, tekniske, miljømæssige, samfundsmæssige og driftsmæssige forhold. Processerne skal bygge på de krav og kriterier, som udvikles gennem projektets analyser af affald, sikkerhed, deponeringsløsninger og anlægsbehov.

For at opfylde dette skal følgende underliggende formål sikres opnået. Det er således formålet:

- *Delformål C.1: At udvikle lokaliseringskriterer, evalueringsmetoder og lokaliseringsprocesser*
Formålet er at udvikle en metode til lokalisering som er besluttet inden processen igangsættes. Dette gøres ved at inddrage sikkerhedsbaserede, tekniske, miljømæssige, samfundsmæssige og dialogbaserede kriterier for valg af lokaliteter til anlæg og depoter. Afhængig af valgt metode kan anvendes enten inkluderende eller ekskluderende kriterier. Desuden udvikles metode til evaluering som grundlag for beslutning af lokalitet. Desuden designs lokaliseringsproces.
- *Delformål C.2: At gennemføre screening af lokaliteter baseret på eksisterende data*
At gennemføre de geologiske, tekniske, miljømæssige og evt. øvrige forundersøgelser, som er nødvendige for at afgrænse potentielt egnede lokaliteter for depoter, anlæg og faciliteter.
Formålet er at etablere det faglige grundlag for den videre lokaliseringsproces gennem screening og vurdering af lokaliteter baseret på eksisterende data. Kriterierne skal tage udgangspunkt i samspillet mellem affaldets egenskaber, depotets konstruerede barrierer og lokalitetens naturlige barrierer og beskrive de egenskaber, som en lokalitet skal besidde for at kunne bidrage til den nødvendige langsigtede sikkerhed.

Dette kan omfatte geologiske undersøgelser af potentielle værtsformationer til evt. mellemdybt depot eller analyser af kriterier ift. overflade eller overfladenære depoter, hvis analyser af affaldsbeholdning, affaldsveje og depotstrategi viser behov for sådanne depottyper. Resultaterne skal danne grundlag for dialog med kommuner og øvrige interessenter samt for udvælgelse af lokaliteter til nærmere undersøgelser.
- *Delformål C.3: At gennemføre dialog- og inddragelsesprocesser*
At gennemføre en åben og transparent inddragelsesproces, hvor berørte kommuner, interessenter og offentligheden bidrager til lokaliseringsarbejdet.
Processen skal skabe grundlag for dialog om forudsætninger og vilkår for lokalisering samt give mulighed for etablering af partnerskaber med kommuner om undersøgelser af tekniske, miljømæssige og samfundsøkonomiske forhold ved potentielle lokaliteter.
- *Delformål C.4: At identificere og undersøge egnede lokaliteter*
Formålet er at identificere potentielle lokaliteter og gennemføre de nødvendige undersøgelser, analyser og vurderinger af deres egnethed. Dette omfatter bl.a. undersøgelsesboringer som forudsætter myndighedsgodkendelser og udbud.
- *Delformål C.5: Udpege og dokumentere anbefalede lokaliteter*
Formålet er at udpege de lokaliteter, der bedst opfylder de opstillede krav. Dette opnås gennem en dokumenteret evaluering og afvejning af de undersøgte lokaliteter på baggrund af de fastlagte kriterier, analyser og interessentprocesser. Resultatet skal udgøre det samlede beslutningsgrundlag for valg af lokaliteter.

Delformål D: Udvikle og etablere anlæg, faciliteter og funktioner med henblik på fremtidig deponering

Projektet skal udvikle det tekniske og økonomiske grundlag for et eller flere depoter tilpasset den danske affaldsbeholdning, samt anlæg, faciliteter og funktioner, der er nødvendige for affaldets vej frem til dets endelige deponering samt for fremtidig modtagelse af radioaktivt affald.

Delformålet skal sikre at de behov, som identificeres gennem projektets analyser, modnes til et niveau, hvor der kan træffes beslutning om etablering. Udviklingen af anlæg og faciliteter skal ske i tæt samspil med projektets øvrige delformål, så anlæggenes funktion, placering, kapacitet, etableringsrækkefølge og tidsplan afstemmes med de valgte affaldsveje, deponeringsløsninger og lokaliteter.

Herefter skal anlægsprojekterne igangsættes. I takt med projektets modning forventes organisering af konkretiserede anlægsprojekter at skulle afklares. Dette kan fx være som særskilte projekter med selvstændige styrings- og beslutningsstrukturer, programorganisering eller linjeorganisering. Den nærmere organisering af disse etableringsprojekter afklares løbende i takt med, at løsninger modnes, og behovene konkretiseres.

Efter idriftsættelse af depoter overgår anlæggene til drift, mens organisering af fortsatte overvågnings- og opfølgingsaktiviteter som indgår i sikkerhedsdokumentationen skal afklares.

Sammenfatning af projektets hovedformål

Projektet omfatter udvikling af det nødvendige analyse-, dokumentations- og beslutningsgrundlag for valg af løsninger, finansiering og myndighedsgodkendelser samt lokalisering, udvikling, projektering og etablering af de nødvendige anlæg for deponering.

Disse aktiviteter gennemføres i samspil med sikkerheds-, myndigheds- og offentlighedsprocesser og skal samlet føre til idriftsatte og myndighedsgodkendte anlæg, der muliggør overførsel af affaldet til varige deponering og etablerer de fysiske rammer for fortsat affaldsmodtagelse.

Efter idriftsættelse overgår anlæggene til drift, mens de nødvendige overvågnings- og opfølgingsaktiviteter fortsætter.

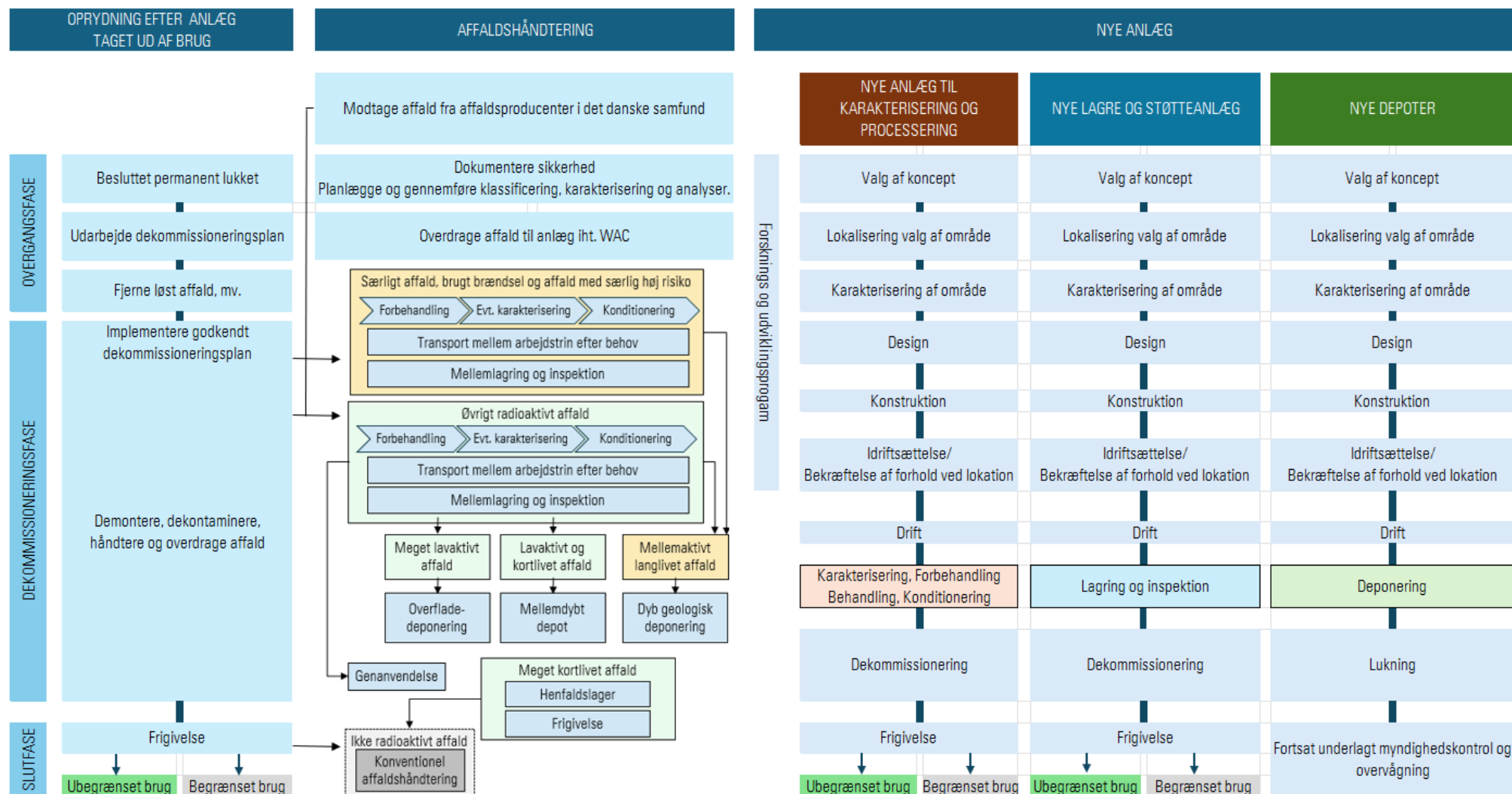
Projektets karakter og sammenhæng til øvrige aktiviteter

Fra projektets start er det et teknisk udviklings, analyse- og dokumentationsprojekt, der skal sikre, at der kan træffes beslutninger, så der kan etableres en sammenhængende løsning for affaldets vej fra modtagelse til deponering. Projektet er tæt knyttet til og vil påvirke DD's nuværende og fremtidige anlæg og opgaver. Desuden er der en stærk tilknytning til øvrige affaldsproducenter og krav til disses leverancer af affald.

Projektets beskæftiger sig med affaldsveje fra affaldsproducenter til deponering og tilhørende nye anlæg og faciliteter. Figur 3 på næste side illustrerer de opgavesøjler, der er involveret i affaldsvejene. Projektet er ikke udførende på alle skridt i processen, men vil have behov og krav, der har betydning for processen. Projektet omfatter fx ikke dekommissioneringsprojekter, affaldsmodtagelse eller genanvendelse af brugte kilder, men vil kunne stille krav til affaldet, som påvirker disse processer – se afsnit om afgræsning).

Projektet vil blive udviklet til en projektstruktur, der vil blive opdelt i flere delprojekter, der direkte leverer til projektets formål. Derudover er projektet afgrænset fra - men også afhængig af - flere andre aktiviteter og projekter. Her vil projektet være "kunde" (internt eller eksternt) og vil opstille krav til leverancer.

Figur 3. Projektets beskæftiger sig med affaldsveje fra affaldsproducenter til deponering og tilhørende nye anlæg og faciliteter. Søjlen med affaldshåndtering betegner de aktiviteter, der gennemføres fra affaldet modtages fra affaldsproducenter (dekommissionering eller det danske samfund) og herefter analyseres og behandles frem til det kan leveres til et anlæg i overensstemmelse med anlæggets affaldsacceptkriterier (WAC). En række anlæg og faciliteter er nødvendige for affaldshåndteringen frem til deponering. De er her opdelt i anlæg hvor affald kan håndteres, analyseres og behandles (rød søjle), anlæg til midlertidig lagring og henfald (blå søjle) og depoter tilpasset relevante affaldstyper (grøn søjle).



3. Afgrænsning

Projektet berører en række aktiviteter vedrørende radioaktivt affald på DD. I udformningen af projektet og afgrænsningen af projektets scope er det valgt at udelade nedenstående elementer.

Tabel 2 Afgrænsning

Udeladte elementer	Begrundelse
Affaldsproducenter:	
Dekommissionering og anden afvikling af faciliteter og anlæg	Dekommissionering af anlæg og faciliteter på Risøhalvøen eller andre steder i Danmark medfører produktion af affald. Dekommissionering projektledes særskilt. Projekterne leverer dog affald der vil være omfattet af den langsigtede håndtering af det danske radioaktive affald og projektet vil kunne påvirke arbejdsgange og metoder med henblik på at forberede affaldet til den videre behandling frem mod deponering.
Modtagefunktion for radioaktivt affald fra det danske samfund	Nuværende funktion, fysiske og administrative samt reguleringsmæssige rammer for den nuværende modtagefunktion for radioaktivt affald fra det danske samfund er ikke omfattet af projektet. Projektet beskæftiger sig dog med denne funktions fremtidige rammer med henblik på data om affaldet med relevans for affaldets vej til deponering, samt de samlede rammer for affaldsmodtagelse som del af den langsigtede løsning.
Affald fra ny atomkraft i Danmark	Atomkraft indgår ikke i dansk energiplanlægning, og elforsyningsloven indeholder forbud mod atomkraft til elproduktion. Udvikling af nye reaktorteknologier følges i Danmark med deltagelse fra danske virksomheder. Der er ikke taget stilling til håndtering af radioaktivt affald fra forsøg og test. ¹³ Projektet omfatter ikke affald fra drift eller dekommissionering af nye reaktorer i Danmark. Sådanne affaldsstrømme er ikke omfattet af Folketingsbeslutning B 90. På baggrund af politisk aftale blev der i 2024 igangsat analyse af muligheder for ny atomkraft i Danmark. Spørgsmål om affald bør behandles i den forbindelse. Hvis det politisk besluttet at nye affaldsstrømme skal omfattes af danske depotløsninger vil projektets rammer skulle redefineres. Udviklingen vil blive fulgt.
Anlæg og faciliteter:	
Udvikling og anlæg af ny opgraderet lagerfacilitet (NOL) på Risø	De eksisterende lagre på Risø er ikke velegnede til langsigtet mellemlagring har ikke tilstrækkelig kapacitet til at rumme alt affald, der skal oplagres frem til 2073. En ny opgraderet lagerfacilitet (NOL) er under etablering af DD. Projektet indgår som en del af Folketingsbeslutning B 90 med særskilt bevilling og aktstykke. Der skal ske en tæt koordinering således at arbejde med affaldets karakterisering, håndtering og sikkerhedsvurderingsmetoder frem mod lagring på NOL sker med henblik på efterfølgende deponering.
Sikkerhed, sikring og safeguard af nuværende affald på Risø	Alle opgaver vedr. overholdelse af regulering og myndighedskrav vedr. beredskab, sikkerhed, sikring og safeguard indenfor de nuværende faciliteter og NOL er ikke omfattet af projektet. Der kan dog være snitflader ifm. overgangen til løsningen for den langsigtede håndtering af det danske radioaktive affald.

¹³ [B 148 endeligt svar på spørgsmål 1 KEF B 148 Svar på spm 1docx](#); [B 148 endeligt svar på spørgsmål 5 KEF B 148 Svar på spm 5docx](#)

Udeladte elementer	Begrundelse
Afvikling af bygninger på Risø der ikke medfører radioaktivt affald	Afvikling, nedrivning eller overdragelse af øvrige bygninger på Risø, der ikke indgår i fremtidig benyttelse, er ikke relevant for projektet.

4. Projekttype

Projektet er et komplekst udviklings- og anlægsprojekt af national betydning, som forventes at forløbe over mere end et halvt århundrede. Projektet skal understøtte Danmarks opfyldelse af kravene i Rådets direktiv 2011/70/EURATOM samt Danmarks forpligtelser efter internationale aftaler om sikker håndtering af radioaktivt affald. Desuden skal den nationale politik via det nationale program implementeres af projektet.

Projektet forventes at have et samlet økonomisk omfang på flere milliarder kroner samt omfatte flere politiske beslutninger og folketingsbehandlinger. Desuden forventes det at være genstand for betydelig offentlig, politisk og mediemæssig bevågenhed.

Projektet kræver opbygning af en teknisk stærk projektorganisation med kapacitet til at styre kompleks teknisk udvikling, udbud, kontrakt- og leverandørstyring og langvarige myndighedsforløb. Projektet omfatter udvikling, myndighedsgodkendelse, etablering og ibrugtagning af flere anlæg, herunder nukleare anlæg til håndtering og deponering af radioaktivt affald. Anlæg vil være specialanlæg – i flere tilfælde med karakter af prototyper da erfaringer på området er begrænsede.

Projektet indebærer tekniske, sikkerhedsmæssige, regulatoriske og organisatoriske problemstillinger samt tværministeriel koordinering og leverancer. Det må forventes, at der vil opstå behov for udvikling af ny regulering samt hos nogle myndigheder udvidelse af kompetencer og ressourcer.

Projektet vil jf. Folketingsbeslutning B 90 udover den lovpligtige inddragelse og høring af offentligheden kræve, kontinuerlig inddragelse af væsentlige interessenter, herunder inddragelse af sagens kontaktforum. Lokalisering af anlæg vil kræve tekniske undersøgelser samt grundig dialog med berørte kommuner, gennemførelse af en proces under størst mulig hensyntagen til lokale forhold og kommunernes interesse, samt dialogforum og kommunikationsressource på den endelige lokalitet.

På denne baggrund vurderes projektet at være et A-projekt efter styrelsens projektmodel.

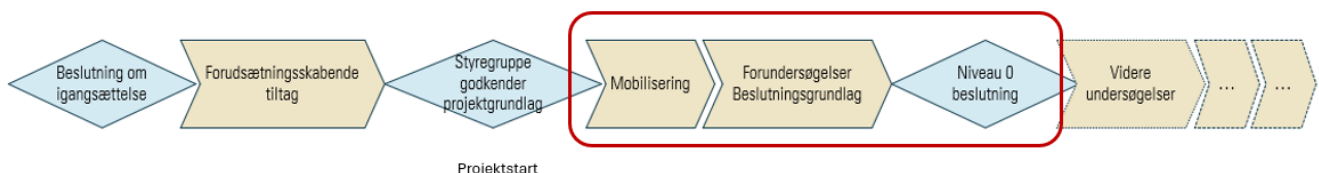
Tabel 3 Projekttype

A-PROJEKTER – Tværgående med høj kompleksitet Større tværgående projekt kendetegnet ved: Høj kompleksitet, stor strategisk betydning, ofte flerårig, større omfang af leverandørstyring, omfattende økonomi med selvstændigt budget, storpolitisk bevågenhed. Fx nyt it-system eller større anlægsprojekter.	X
B-PROJEKTER – Tværgående med moderat kompleksitet Tværgående projekt kendetegnet ved: Moderat kompleksitet, begrænset i tid (typisk 6-14 måneder), strategisk betydning, politisk bevågenhed, eventuelt leverandørstyring, har selvstændigt budget. Fx Beredskabsaftalen	-
C-PROJEKTER – Tværgående med begrænset kompleksitet Tværgående projekt kendetegnet ved: Begrænset antal dele af organisationen er involveret, lav kompleksitet, begrænset i tid (maksimalt 1 år), begrænset strategisk betydning, ingen/begrænset politisk bevågenhed, ingen/begrænset leverandørstyring, begrænset eller uden selvstændigt budget. Fx mindre interne pilotprojekter, eventprojekter	-

Projektets varighed, tværgående karakter og samlede kompleksitet indebærer også, at det har karakteristika, som normalt forbindes med programstyring. Samspejlet med det nationale program¹⁴ bør afklares som led i den videre organisering.

5. Leverancer

En række forudsætningsskabende tiltag er nødvendige forud for projektet kan igangsættes (se afsnit 1.2). Projektgrundlaget giver et overblik over det samlede projekt, men har fokus på projektets indledende aktiviteter fra projektstart frem til den såkaldte Niveau 0 beslutning (se markering på figur 4). Niveau 0 angiver milepæl for forventede næste politiske behandling af forundersøgelser. (Se nærmere i bilag G om Økonomiske rammer og processer for det efterfølgende forløb – Niveau 1 og 2).



Figur 4. Forslag til proces for projektets igangsættelse og indledende fase frem til der er truffet beslutning på baggrund af forundersøgelser. Forudsætningsskabende tiltag gennemføres før projektet igangsættes. Projektstart markeres ved at projektets styregruppe godkender strategisk ramme og projektgrundlag. Beslutning på baggrund af forundersøgelser defineres som en Niveau 0 beslutning.

5.1 Oversigt over leverancer i den indledende fase

Projektets første leverancer omsætter den kravstyrede og iterative systemtekniske tilgang til strategier, konkrete analyser og beslutningsgrundlag, med henblik på at etablere de organisatoriske, tekniske og regulatoriske forudsætninger for den videre udvikling af den langsigtede løsning.

Forundersøgelser afdækker behov, mål og krav samt udvikler de første generiske sikkerhedsvurderinger og løsningskoncepter. Arbejdet gennemføres iterativt, så ny viden løbende

¹⁴ [Nationalt program for ansvarlig og sikker håndtering af radioaktivt affald | Sundhedsstyrelsen](#)

integreres og usikkerheder reduceres. Samtidig identificeres mangler i det eksisterende videns- og datagrundlag og behovet for yderligere undersøgelser, analyser og delprojekter defineres. Resultaterne anvendes til at styrke beslutningsgrundlaget.

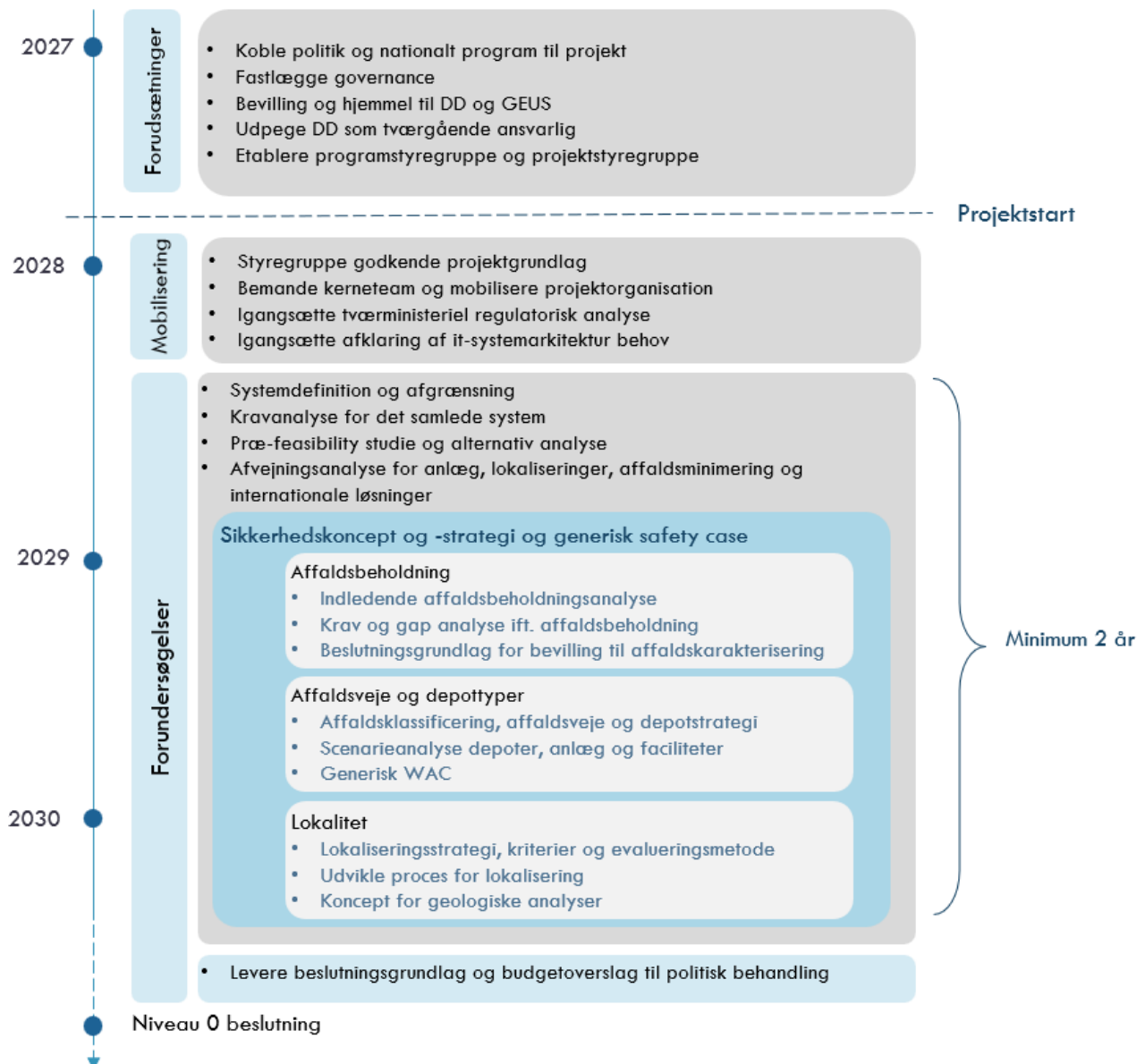
Leverancerne fra forundersøgelser består derfor primært af dokumentation, analyser, strategier og udviklingsprogrammer, der understøtter den første overordnede beslutning om projektets videre udvikling og den tilhørende økonomi. Flere af de omfattede leverancer vil skulle fortsætte i de videre undersøgelser men der på et mere afgrænset område baseret på beslutninger.

Overordnede leverancer for indledende forundersøgelser til niveau 0 fremgår af tabel 4. Der er på nuværende ikke grundlag for at udarbejde en leveranceliste for hele projektets levetid. Der henvises til afsnit 2 om projektets formål samt 5.3 vedr. overordnede milepæle.

Tabel 4 Leverancer for indledende faser mobilisering og forundersøgelser. Indeholder et foreløbigt forslag der evt. vil blive tilpasset. Rækkefølgen er ikke sekventiel.

#	Projektets leverancer og delleverancer
Mobilisering	
L	Strategisk ramme og projektgrundlag
L	Bemandingsplan og gennemført rekruttering
L	Kommissorium for og igangsat tværministeriel regulatorisk analyse
L	Forslag til it-systemarkitektur til styregruppen
Forundersøgelser	
Projektplanlægning	
L	Etableret tværorganisatorisk projektorganisation
L	Planer (WBS og tidsplan) og strategier
L	Relevante reguleringskrav (fra tværministeriel regulatorisk analyse)
L	Risikostyringsplan
L	Krav- og behovsanalyse (fx opsat i requirement management system (RMS))
L	Udvikle It-systemarkitektur
L	På baggrund af litteraturstudier identificere vidensgaps
L	Økonomiske analyser
Interessentinvolvering	
L	Interessentanalyse
L	Myndighedsstrategi og proces
L	Kommunikationsplan
Sikkerhed	
L	Sikkerhedskoncept og -strategi
L	Etableret metode og proces for forhold, hændelser og processer (FEB).
L	Sikkerhedsmæssigt væsentlige forhold, hændelser og processer (FEB) for depot, geologi og affald identificeret
L	Generisk safety-case (baseret på affald, depoter og geologi)
Affaldsinventorie	
L	Initial analyse af affaldsinventorie, inkl. prognoser
L	Udvikle indledende plan for affalds karakterisering
L	Generiske kriterier for affaldsaccept (WAC)
	Projektoplæg og bevillingsansøgning for affalds karakteriseringsprojekt
Affaldsveje og depottyper	
L	Analyse af affaldsklassificering og affaldsveje koblet til depotstrategi
L	Udvikle generisk design af mulige depotsystemer
Lokalitet	
L	Koncept for geologiske undersøgelses- og karakteriseringsmetoder og værktøjer
L	Forslag til Lokaliseringsstrategi, kriterier og evalueringsmetoder
L	Forslag til konceptuelle modeller for lokalisering og lokaliseringsproces
Sammenfattende analyser og beslutningsoplæg	
L	Afvejningsanalyse for depoter, anlæg og faciliteter, lokaliseringer, tidsforløb samt affaldsminimering og internationale løsninger
L	Præ-feasibility studie og alternativ analyse
L	Sammenfattende forundersøgelsesrapport
L	Budgetoplæg til Niveau 0
L	Beslutningsoplæg til Niveau 0 beslutning

Figur 5 sammenfatter faser og leverancer for den forventede modning af beslutningsgrundlaget frem mod den første overordnede beslutning.



Figur 5. Tidslinje for indledende aktiviteter. Efter projektet er mobiliseret, igangsættes forundersøgelser. Tidslinjen i forundersøgelsesfasen er jf. metodetilgangen ikke sekventiel, men illustrerer den kravstyrede systems engineering-metode herunder den integrerede tilgang hvor safety case er den styrende parameter for udvikling af affaldskarakterisering, depotkoncepter og lokaliseringsforhold.

Metode

IAEA udgav i 2024 et roadmap til programmer for dybe geologiske depoter¹⁵. Uddrag af projektstrukturen er oversat til dansk og fremgår af bilag A. Metoden er inspiration til hvordan det danske projekt kan struktureres - især for den del af projektet, som specifikt omhandler udvikling og etablering af depoter. Faseplan og leverancer er udarbejdet med udgangspunkt i modellen. Der vil i projektets indledende faser blive udviklet en projektstruktur tilpasset det danske projekt. Strukturen skal dog suppleres med metoder der definerer, hvordan opgaver skal organiseres og udføres. Sådanne metoder er vigtige for, at projektet etableres rigtigt fra start.

Systems engineering og kravstyring

Projektet skal levere udvikling og implementering af en samlet løsning. Erfaringer fra komplekse anlægs- og infrastruktursystemer viser, at velfungerende enkeltkomponenter ikke nødvendigvis fører til et samlet system, der fungerer sikkert, robust og pålideligt. En god løsning inden for ét fagområde kan i værste fald skabe nye udfordringer for andre dele af systemet, hvis sammenhænge ikke håndteres systematisk.

Projektet anbefales derfor gennemført efter principperne for systems engineering, som er en internationalt anerkendt metode til udvikling af komplekse tekniske og organisatoriske systemer. Metoden anvendes bredt inden for blandt andet infrastruktur-, rumfarts-, forsvars- og energiprojekter og har fokus på at styre sammenhænge og afhængigheder mellem systemets forskellige dele gennem hele dets livscyklus hvor mange aktører, discipliner og beslutningsprocesser skal koordineres over lange tidsforløb.^{16 17 18}

Metoden baseres blandt andet på kravstyring (requirements management). Kravstyring skal sikre en dokumenteret og sporbar sammenhæng mellem overordnede politiske målsætninger, sikkerhedskrav, regulatoriske krav, interessentbehov og de konkrete analyser, undersøgelser og løsninger, der udvikles gennem projektet. Kravene nedbrydes successivt fra et overordnet niveau til mere detaljerede krav til systemer, funktioner, faciliteter og processer. Samtidig sikres sporbarhed mellem krav, designvalg, sikkerhedsvurderinger og senere verificering af, at kravene faktisk er opfyldt. Dette er et grundlæggende princip i både systems engineering og moderne projekt- og anlægsstyring. DD har igangsat en indledende afsøgning af markedet for kravstyringssystemer (RMS)

Projektet designes så ny viden om fx affaldsbeholdningen kan føre til ændringer i sikkerhedsvurderinger, som igen kan påvirke krav til lokalitet, anlæg eller drift. På den måde kan projektet udvikles trinvis frem mod de planlagte beslutningspunkter, samtidig med at sammenhængen mellem krav, sikkerhed, teknik, regulering, organisation og økonomi bevares.

Projektet starter med at styrke viden om bl.a. affaldets egenskaber, som definerer kravene til depot og den geologi, der eftersøges. Den tekniske del af lokalitetssøgningen er således direkte styret af affaldets dokumenterede sikkerhedsbehov.

I initieringsfasen anvendes metoden til – på basis af analyse af krav - at omsætte eksisterende systematiseret viden om den eksisterende og forventede affaldsbeholdning til en sikkerhedsstrategi og en overordnet safety case. Der analyseres betydende faktorer samt krav til affaldsdata, karakterisering, geologiske forhold, lokaliseringskriterier, depotkoncepter, anlæg og drift.

¹⁵ [Roadmap for Implementing a Geological Disposal Programme | IAEA](#)

¹⁶ [Systems Engineering Handbook - INCOSE](#)

¹⁷ [Systems Engineering Handbook - NASA](#)

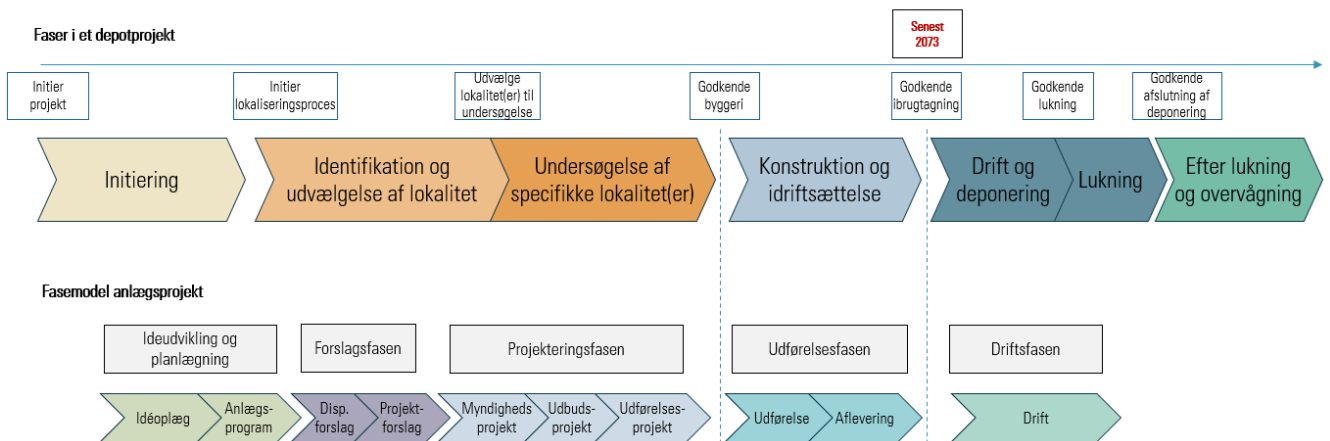
¹⁸ [INCOSE Systems Engineering Handbook - SEBoK](#)

Kravene danner grundlag for identifikation af datamangler og videnshuller samt for gennemførelse af gap-analyser og planlægning af de videre undersøgelser og udviklingsaktiviteter, der er nødvendige for at modne beslutningsgrundlaget frem mod projektets indledende beslutningsmilepæle. Metoden anvendes efterfølgende gennem hele projektets livscyklus til at sikre sammenhæng mellem krav, analyser, beslutninger, projektering, myndighedsgodkendelser, anlæg, drift og den langsigtede sikkerhedsdokumentation.

5.2 Oversigt over milepæle

Projektets overordnede milepæle er knyttet til IAEAs metode for geologiske depotprojekter (se bilag A og figur 6). Der vil blive udfoldet en mere detaljeret milepælsplan i løbet af projektets forundersøgelser. Det skal bemærkes, at initieringsfasen jf. IAEAs model er omfattende og udgør flere års arbejde med at etablere projektet samt fastlægge strategier, metoder, forundersøgelser, planer og beslutningsgrundlag for det videre projekt. Det forventes ikke at hele initieringsfasen kan gennemføres indenfor de foreslåede forundersøgelser, men at arbejdet skal videreføres efter beslutning på Niveau 0, hvor der vil ske indsnævring af områder til mere dybdegående analyse.

Som det fremgår af Figur 6, skal faseplaner for de enkelte anlægsprojekter forløbe under lokaliseringsfaser, hvilket ikke fremgår af IAEAs overordnede model. De indledende krav og ideoplæg til anlæg indgår i den helt tidlige forundersøgelser efter systems engineering tilgangen samt i udarbejdelsen af trinvis beslutningsgrundlag.



Figur 6. Faseplan og overordnede milepæle jf. IAEA programmetode for geologiske depoter (se bilag A).

Milepæle for projektets indledende mobilisering og forundersøgelseraktiviteter er angivet nedenfor. Alle aktiviteter ligger indenfor rammerne af den overordnede initieringsfase jf. IAEA programmodel, hvor strategier, behov og krav identificeres med henblik på at danne grundlag for projektets videre udvikling.

På grund af projektets størrelse, kompleksitet og lange tidshorisont er de langsigtede milepæle begrænset til de helt overordnede punkter, der svarer hovedmilepæle jf. IAEA fasemodel på længere sigt. Der forligger ikke fagligt grundlag for at estimere tidsforløb for disse.

Tabel 5 Milepæle

#	Beskrivelse milepælen	Forventet dato
Initieringsfase igangsæt		
Mobilisering og indledende forundersøgelser		
M	Projektet er besluttet igangsæt og nødvendige forhold (jf. afsnit 1.2) er bragt i orden som forudsætning for projektets igangsættelse (herunder mandat og bevil- ling).	Q2 2027
M	Strategisk ramme og projektgrundlag er godkendt af styregruppe. Ansættelse af kerneteam kan igangsættes.	Q3 2027
M	Kommissorium for tværministeriel regulatorisk analyse godkendt af styregruppe og relevante ministerier	Q4 2027
M	Projektorganisation bemandet og forundersøgelser kan igangsættes	Q1 2028
M	Beslutning om IT-systemarkitektur og igangsættelse af anskaffelse	Q2 2028
M	Resultat af tværministeriel regulatorisk analyse foreligger.	Q3 2028
M	Resultat af forundersøgelser foreligger.	Q4 2030
M	Udkast til budgetoverslag Niveau 0 foreligger.	Q4 2030
M	Politisk behandlet forundersøgelse og revideret budget foreligger. Niveau 0 beslutning	H1 2031
Videre detaljerede forundersøgelser		
M	Affaldskarakteriserings- og dataprojekt godkendt politisk, bevilling foreligger og projekt kan igangsættes (inkl. evt. anlægsprojekt).	H2 2031
M	Indledende teknisk grundlag foreligger som grundlag for igangsættelse af lokali- seringsproces. <i>(tekniske analyser og yderligere affaldskarakterisering fortsætter parallelt med lo- kaliseringsproces mhp. myndighedsprocesser)</i>	-
M	Proces og metode for lokalisering er udviklet og politisk godkendt. Lokaliserings- proces kan igangsættes	-
Lokaliseringsfaser er igangsæt		
M	En eller flere lokaliteter er udpeget til nærmere undersøgelser.	-
M	Projekteringslov vedtaget af Folketinget	-
M	Undersøgelser er gennemført og en eller flere lokaliteter er godkendt	-
M	Anlægslov vedtaget af folkettinget – Niveau 2 beslutning	-
M	Myndighedsgodkendelser for igangsættelse af byggeri foreligger	-
Konstruktionsfaser for depoter er igangsæt		
M	Depoter er godkendt til ibrugtagning. Alle myndighedsgodkendelser er på plads som forudsætning for at affald kan flyttes til de enkelte depoter.	-
M	Deponeringskampagne er gennemført og alt mellemlagret affald er flyttet og de- poneret i nye depoter	-
M	Depotafsnit eller depoter som ved deponeringskampagnen er fyldt er lukket og overvågningsprogram er igangsæt	-
Efterlukningsfaser for depoter er igangsæt		
M	Alle anlæg og faciliteter i den samlede fremtidige løsning er anlagt og ibrugtaget.	-
M	Overvågningsprogram overleveret til drift	-

6. Afhængigheder

Projektets igangsættelse er afhængig af forudsætningerne er angivet i afsnit 1.2. Derudover bør nedenstående afhængigheder efter projektets igangsættelse tages i betragtning. Der fokuseres på forhold uden for projektets direkte kontrol, som projektets indledende leverancer er afhængig af. Listen er ikke udtømmende og skal afklares nærmere i projektets indledende fase.

Tabel 6. Afhængigheder

#	Afhængighed	Indvirkning	Konsekvens for projektet
A1	Tilgængelighed af nødvendige kompetencer og ressourcer hos DD, GEUS og eksterne specialismiljøer – udover projektets eget kerne-team.	Projektet forudsætter adgang til specialiserede kompetencer fra en lang række fagområder gennem hele projektets levetid.	Utilstrækkelig adgang til kompetencer kan medføre forsinkelser, øgede omkostninger og reduceret kvalitet i beslutningsgrundlag, analyser og myndighedsprocesser.
A2	Udvikling af faseplan, finansieringsmodel og proces for politisk behandling i samarbejde med SAMSIK, MSSB, Finansministeriet og øvrige relevante ministerier.	Projektets faseopdeling, beslutningsstruktur, budgettering, økonomiske estimater samt udformning af beslutnings- og bevillingsgrundlag.	Projektet udvikler de tekniske analyser og beslutningsgrundlag, men forudsætter en ministerielt forankret model for projektets faseforløb, økonomistyring, finansiering og politisk behandling for at kunne planlægge aktiviteter, opstille beslutningsmilepæle og udarbejde leverancer.
A3	Afklaring af regulatorisk grundlag og myndighedsansvar på alle relevante lovområder	Udvikling af kravgrundlag, designforudsætninger, myndighedsstrategi og planlægning af processer og analyser	Begrænset mulighed for at målrette design og analyser mod myndighedskrav. Risiko for reanalyse og forsinkelser.
A4	Udvikling af juridiske rammer vedr. fremtidige nukleare anlæg og deponering af radioaktivt affald	Udvikling af sikkerhedsgrundlag for udvikling, design og analyser fra projektets start.	Projektet kan ikke udarbejde det rette analysegrundlag til myndighedsansøgninger før de forventede reguleringsmæssige rammer er kendt. Risiko for tilbageløb eller forsinkelser, hvis projektet skal udvikles til ukendt fremtidig regulering
A5	Tilgængelighed af ressourcer og kompetencer hos relevante myndigheder.	Dialog med myndigheder, udvikling af regulatorisk grundlag samt behandling af ansøgninger og dokumentation.	Forsinkelser og utilstrækkelig faglig kvalitet i myndighedsafklaringer og sagsbehandling kan påvirke projektets beslutningspunkter, godkendelsesforløb og overordnede tidsplan.
A6	Leverance af data til affaldsprognoser fra affaldsproducenter og myndigheder om forventede fremtidige	Affaldsanalyser, affaldsprognoser, klassificering, affaldsveje, dimensionering af anlæg.	Vurderinger af deponeringsbehov, anlægskapacitet og affaldsveje må baseres på usikre forudsætninger, hvilket kan påvirke

	affaldsstrømme. Affaldsproducenter er både dekommissioneringsprojekter på DD og producenter fra det danske samfund.	Dette omfatter såvel volumen, nuklider, stråleaktivitet som øvrige fysisk-kemiske egenskaber.	beslutningsgrundlaget og medføre senere revurderinger.
A7	Politiske og ministerielle beslutninger om projektets videreførelse og finansiering	Gennemførelse af projektets faser, beslutningspunkter, undersøgelser og etableringsprojekter.	Forsinkede eller manglende beslutninger kan sætte projektet i bero, reducere fremdriften, medføre tab af nøglekompetencer og forlænge den samlede tidsplan.

7. Interessenter

Nedenstående oversigt over interessenter er ikke en udtømmende liste. Der udarbejdes en egentlig interessentanalyse, når projektets igangsættes.

Tabel 7. Interessenter

Interessent	Projektets påvirkning på interessen	Holdning til projektet	Interessentens påvirkning på projektet	Håndtering af interessent
Ministeriet for Samfundssikkerhed og Beredskab (MSSB)	Skal varetage det nationale ansvar for radioaktivt affald og understøtte politiske beslutninger om den langsigtede løsning.	Støttende, men risikobevist. Ministeriet har en interesse i at fremme en langsigtet løsning, men også i at begrænse politiske og kommunikative risici.	Meget høj. Ministeriet fastlægger mandat, prioriteringer og bevillingsgrundlag samt beslutter, hvornår og hvordan sager forelægges politisk.	Tæt ledelsesbetjening, løbende rapportering og beslutningsoplæg.
Styrelsen for Samfundssikkerhed (SAMSIK)	Projektet bidrager til løsning af en national samfundssikkerhedsopgave og vil indgå i styrelsens arbejde med tværgående samfundssikkerhed og beredskab.	Positiv med fokus på sikkerhed, robusthed og dokumentation.	Høj. Styrelsen fungerer som daglig referenceorganisation for DD og kan påvirke prioriteringer, risikovurderinger og beslutningsgrundlag.	Tæt og løbende dialog, inddragelse i større beslutninger samt regelmæssig koordinering af fremdrift, risici og problemstillinger.
KEFM (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet)	Ressortansvarlig for NORM-affald. Skal understøtte de geologiske undersøgelser og rammerne for GEUS' bidrag til projektet.	Positiv. Fokus på klare rammer, finansiering, koordinering og fremdrift.	Høj. Fastlægger bevillinger, mandat og overordnede rammer for GEUS' leverancer.	Formaliseret koordinering og løbende afstemning om leverancer, ressourcer og fremdrift.

Interessent	Projektets påvirkning på interessen	Holdning til projektet	Interessentens påvirkning på projektet	Håndtering af interessent
Program- og projektorganisation	Påvirkes af projektets kompleksitet, ressourcebehov og organisering.	Positiv. Ansvarlig for gennemførelse.	Meget høj. Udvikler beslutningsgrundlag og leverancer.	Klar governance, roller og kompetenceudvikling.
Affaldsproducenter og affaldsansvarlige organisationer	Påvirkes af krav til data, karakterisering, emballering og overdragelse af affald.	Overvejende positiv, men fokus på krav, omkostninger og ansvar.	Høj. Besidder viden og data om affaldet.	Tæt fagligt samarbejde og formaliserede grænseflader.
International faglig gruppe	Gruppen involveres som rådgivende ekspertorgan i spørgsmål vedrørende langsigtede håndtering og deponering af radioaktivt affald.	Fagligt støttende og erfaringsbaseret.	Mellem til høj. Gruppen bidrager med international erfaring inden for affaldshåndtering, depotkoncepter, affaldskonditionering og sikkerhedsanalyser og kan kvalificere projektets tekniske beslutningsgrundlag.	Regelmæssig faglig sparring, præsentation af centrale analyser og inddragelse ved væsentlige tekniske beslutningspunkter.
Det uvildige ekspertpanel	Panelet involveres løbende i vurdering af faglige spørgsmål og udviklingen af beslutningsgrundlaget for den langsigtede løsning.	Uafhængig og fagligt orienteret.	Høj. Panelets vurderinger kan bidrage til kvalitets sikring af analyser og beslutningsgrundlag samt styrke den faglige troværdighed over for offentlighed og beslutningstager.	Løbende faglig dialog og adgang til relevante analyser og beslutningsgrundlag.
Forsknings- og vidensinstitutioner	Kan få en rolle i udvikling af ny viden, analyser og test.	Typisk neutral.	Mellem til høj. Bidrager med ekspertise og dokumentation.	Strategiske samarbejder og målrettede forskningsaktiviteter.
Roskilde Kommune	Værtskommune for DD og den eksisterende affaldsbeholdning. Projektet har betydning for kommunens langsigtede planlægning, omdømme og dialog med borgere om affaldets fremtidige placering. Myndighed på anlæg i kommunen.	Generelt positiv over for etablering af en langsigtede løsning. Der er et lokalt og politisk ønske om, at affaldet på sigt flyttes fra kommunen, samtidig med at der er forståelse for, at mellemlagring vil være nødvendig i en længere årrække.	Mellem til høj. Kommunen kan påvirke den lokale og politiske debat samt bidrage til rammerne for DD's fortsatte aktiviteter på Risø.	Løbende dialog, tidlig orientering om beslutninger og gennemsigtig kommunikation om tidsplaner, forudsætninger og konsekvenser.

Interessent	Projektets påvirkning på interessen	Holdning til projektet	Interessentens påvirkning på projektet	Håndtering af interessent
Potentielle værtskommuner	Kan påvirkes af lokaliseringsproces, arealanvendelse og lokal udvikling.	Kan variere fra positiv til meget kritisk.	Høj. Lokal accept har stor betydning for projektets gennemførelse.	Tidlig dialog, gennemsigtighed og involvering.
Nationalt kontaktforum	Bliver berørt af projektets analyser, beslutninger og den fortsatte udvikling af den langsigtede løsning for radioaktivt affald i Danmark.	Blandet. Forummet rummer både støttende, kritiske og neutrale interessenter med forskellige perspektiver og interesser.	Mellem til høj. Forummet bidrager med input, spørgsmål og synspunkter fra borgere, organisationer, myndigheder og faglige miljøer og kan påvirke den offentlige debat og legitimiteten af projektets beslutningsgrundlag.	Løbende dialog, åben informationsdeling og regelmæssig orientering gennem møder i kontaktforum.
Kontaktforum Roskilde	Påvirkes af aktiviteter på Risø, herunder dekommissionering, lagerfaciliteter og eventuelle fremtidige aktiviteter relateret til radioaktivt affald.	Overvejende engageret og opmærksom på lokale konsekvenser, miljøforhold og sikkerhed.	Mellem. Forummet bidrager med lokalkendskab, borgerperspektiver og input til projektets kommunikation og interessenthåndtering.	Tidlig information, løbende dialog og lokal interessenthæddelse.
Borgere i berørte områder	Kan opleve usikkerhed eller bekymring og påvirkes af beslutninger om lokalisering og anlæg.	Kan variere betydeligt.	Mellem til høj gennem offentlig debat og lokal opbakning.	Aktiv information og dialog baseret på åbenhed og dokumentation.
Interesseorganisationer og NGO'er	Kan være optaget af miljø-, natur-, sundheds- eller lokalsamfundshensyn.	Varierende.	Mellem til høj gennem offentlig debat og interessepåvirkning.	Tidlig inddragelse og adgang til relevant information.
Medier	Påvirkes af offentlig interesse for projektet.	Neutral til kritisk afhængigt af sag og udvikling.	Mellem. Kan påvirke offentlig opfattelse af projektet.	Proaktiv kommunikation og faktabaseret formidling.
Internationale samarbejdspartnere og organisationer	Kan påvirkes af projektets valg af løsninger og erfaringer.	Generelt positive og fagligt orienterede.	Mellem. Bidrager med standarder, erfaringer og best practice.	Fagligt samarbejde og videndeling.
Leverandører og rådgivere	Påvirkes af kommende opgaver og kontraktmuligheder.	Generelt positiv.	Mellem. Bidrager med kompetencer, analyser og tekniske løsninger.	Professionel kontrakt- og leverandørstyring.

Bidrag fra andre myndigheder

Et styrende spor vil fra projektets start vedrører sikkerhed, som skal lede frem mod valg og design af anlæg samt myndighedsgodkendelser. Herudover vil projektet kræve tilladelser efter lovgivning på adskillige ministerområder. Det bør tidligt i projektet afklares om den nødvendige lovgivning er til stede eller der er behov for ændringer (se bilag E og F). Desuden bør det på flere områder afklares hvilke myndigheder, der vil skulle behandle sagen. Dette udgør grundlaget for at afklare krav til projektets og dets processer. Det materiale og de processer, der forventes at indgå, vil være af et betydeligt omfang jf. erfaringer fra andre komplekse anlægsprojekter og internationale depotprojekter. Der foreslås derfor igangsat en tværministeriel regulatoriske analyse fra projektstart.

Analysen skal afdække samspillet mellem regelområder og identificere eventuelle behov for udvikling eller tilpasning af de regulatoriske rammer. Se nærmere bilag E om regulering vedr. radioaktivitet og F vedrørende anden regulering.

Flere ministerier har ressortansvar af betydning for radioaktivt affald og etablering af et slutdepot, og det anbefales at de indgår i analysearbejdet. Deres nærmere involvering vil skulle afklares. Umiddelbart foreslås det at inddrage Sundheds- og Kirkeministeriet (strålebeskyttelsesloven og atomanlægsloven), Ministeriet for Samfundssikkerhed og Beredskab (beredskabsloven og atomanlægsloven), Miljøministeriet (miljøbeskyttelsesloven og jordforureningsloven), Ministeriet for Natur og Dyrevelfærd (miljøvurderingsloven), Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (undergrundsloven og geologiske forhold), By-, Land- og Transportministeriet (planloven) samt Social- og Boligministeriet (byggeloven og myndighedsforhold ved anlæg i undergrunden). Ligeledes bør Sundhedsstyrelsen og Beredskabsstyrelsen, som dels fører uafhængigt tilsyn med Dansk Dekommissionering, dels tilsammen udgør Danmarks nukleare tilsynsmyndigheder, inddrages i analysen.

8. Tidshorisont

Jf. folketingsbeslutning B 90 skal et dybt geologisk slutdepot være klar til ibrugtagning senest i år 2073. I denne sammenhæng defineres ibrugtagning som det tidspunkt, hvor depotanlæg til det affald, der udgør den største langsigtede risiko, står anlagt, alle myndighedstilladelser herunder ibrugtagningstilladelse foreligger og anlægget derfor er klar til, at det første affald kan deponeres. Projektet løber derfor over adskillige årtier efter 2073, hvor der foretages transport, deponering og lukning.

Herefter overgår projektet til en varig driftsopgave, og parallelt hermed skal den langsigtede løsningen varetages, herunder opgaver som modtagelse, håndtering og fortsat deponering af nyt radioaktivt affald fra det danske samfund, samt fortsat overvågningsprogram for de lukkede depotanlæg.

Den samlede løsning vil sandsynligvis bestå af flere depottyper tilpasset forskellige affaldskategorier. Det forudsættes på dette stadie i projektet, at alle depotanlæg senest skal stå klar til ibrugtagning i 2073. Derudover vil flere andre anlæg, faciliteter og funktioner skulle etableres, herunder anlæg til modtagelse og håndtering af affald før deponering samt en række støtteanlæg, der afhænger af behov, tidsforløb og lokalisering. For alle anlæg vil der skulle etableres individuelle, men koordinerede planer og delprojekter.

Internationale erfaringer med depotprojekter viser, at disse er langvarige infrastruktur- og miljøprojekter, hvor både udvikling og etablering af et robust teknisk og sikkerhedsmæssigt grundlag samt gennemførelse af lokaliserings- og myndighedsprocesser strækker sig over årtier. Ved sammenligning med internationale projekter anbefales opmærksomhed på anlæg til affald ssvarende til det danske. Flere processer er iterative og kan indebære tilbageløb til tidligere faser, hvis nye forhold afdækkes eller krav ændres. Projektet bør derfor igangsættes snarest og planlægges struktureret, så det kan gennemføres i tide og med tilstrækkelig robusthed til at understøtte senere anlægs- og driftsfaser.

Det fremgår af B 90 at *"En mere detaljeret tidsplan vil kunne udarbejdes, når resultatet af de geologiske undersøgelser af geologi ned til 500 meters dybde de foreligger."* Analysen blev udgivet januar 2022. En mere detaljeret tidsplan forudsætter dog gennemførelse af forundersøgelser og analyser.

9. Økonomi

Dette afsnit præsenterer projektets økonomiske rammer med udgangspunkt i den reserve, der blev afsat til projektet med Folketingsbeslutning B 90 i 2018.

Desuden angives et forslag til metode og fasemodel for udvikling af budgetgrundlaget. Projektets økonomi skal kvalificeres og revurderes, som led i de indledende forundersøgelser. Opdaterede estimer vil efterfølgende indgå i beslutningsgrundlag som leveres ved afslutning af denne fase (Niveau 0 - beslutning).

Afsnittet indeholder derfor for nuværende alene et foreløbigt budgetestimat for projektets generelle projektledelse, indledende aktiviteter og forundersøgelser.

9.1 Afsat reserve og udgiftsrammer jf. folketingsbeslutning B 90

Med folketingsbeslutning B 90 blev afsat reserve på 1,2 mia. kr. (2018-pl) til slutdepotprojektet.

Udgiftsposter fremgik af B 90, Tabel 1 mens den daværende udgiftsprofil for perioden 2018-2032 fremgik af B 90, Tabel 2 (se nedenfor).

Tabel 8 og 9. Afsat reserve vedr. slutdepot jf. folketingsbeslutning B 90 om en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald ¹⁹

Tabel 2. Årlige udgifter i perioden fra 2018 til 2037

(mio. kr., 2018-pl)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Slutdepot															
Dyb geologi	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0										
Lokalisering							13,0	16,0							
Projektering og udbud									5,0	5,0	6,0	4,0	4,0	5,0	
Arealerhvervelse															8,0
Flytning af affald*															
Opførelse*															
Renteudgifter*															
Driftsudgifter*															

* Udgifter relateret til flytning af affald, opførelse af slutdepot, renter og drift afholdes efter 2037 og fremgår derfor ikke.

Tabel 1. Udgifter ved en langsigtet løsning for radioaktivt affald til og med 2122

(mio. kr., 2018-pl)	Udgift
Slutdepot	
Undersøgelser af dyb geologi ned til 500 meter	80,0
Lokalisering	29,0
Projektering og udbud	29,0
Arealerhvervelse	8,0
Flytning af radioaktivt affald	3,0
Opførelse og ibrugtagning af slutdepot (afskrivninger)	331,0
Renteudgifter til låneramme	441,0
Drift af slutdepot	250,0

I alt 1,171 mia. kr.

¹⁹ Folketingsbeslutning B90 om en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald. Link: [20171 b90 som fremsat.pdf](#)

Det fremgik at både omkostninger og tidsplan var behæftet med betydelig usikkerhed og at den lange tidshorisont indebærer, at udgiftsprofilerne kan ændre sig i forbindelse med projekts modning.

Den afsatte reserve er på nuværende tidspunkt ikke udmøntet. Der er derfor behov for en indledende bevilling til etablering af projektorganisation, gennemførelse af forundersøgelser, udarbejdelse af beslutningsgrundlag samt rebudgettering af projektets videre faser (se afsnit 8.3 nedenfor).

GEUS har oplyst, at der blev afsat særskilt finanslovsbevilling på 80 mio. kr. (2018 pl.) til GEUS' undersøgelser af dyb geologi. År 2025 var sidste år, hvor GEUS modtog bevilling til at løse opgaven, men grundet forsinkelser (i andre dele) af projektet er GEUS' opgaver i medfør af B90 ikke afsluttet endnu. GEUS' eksisterende rammebevilling er underlagt driftsramme 0, hvorfor GEUS' deltagelse i projektet fra 2026 og frem som udgangspunkt finansieres via GEUS' eksisterende årlige rammebevilling. Som følge heraf er GEUS' forventede aktivitet begrænset indtil de videre bevillingsmæssige forhold er afklaret (jf. afsnit 1.2) og på længere sigt ifm. med fornyet budgettering af det samlede projekt.

Yderligere oplysninger om baggrund, budgetforudsætninger og reserverammen i B 90 fremgår af bilag G - Økonomi.

9.2 Proces for budgettering af anlægsøkonomi

Der er på nuværende tidspunkt utilstrækkeligt grundlag for at opstille et budget for det samlede projekt. Budgetteringen foreslås tilrettelagt som en trinvis proces, hvor budget og økonomiske forudsætninger kvalificeres i takt med projektets modning.

Metoden er inspireret af Transportministeriets principper for budgettering for store anlægsprojekter²⁰ og bygger på systematisk håndtering af risici og kvantificering af usikkerheder. Herved understøttes et sporbart, transparent og robust beslutningsgrundlag for politiske beslutninger om projektets økonomi. For en nærmere gennemgang af den foreslåede metode henvises til bilag G.

9.3 Budgettering for indledende forundersøgelser til og med 2031

Nedenfor er udarbejdet et opstartsbudget som grundlag for bevilling for 2027-2031. Budgetforslaget følger projektgrundlagets oplæg til initiering af projektet, herunder kerneteam-bemanning (jf. afsnit 10.3).

Driftsmidler

Driftsmidler er knyttet til posten "Generel projektledelse". Der er afsat driftsmidler til eksterne specialister og rådgivere. Der er desuden afsat midler til udbud og indkøb af fag it-systemarkitektur. Der findes ikke tilsvarende danske projekter, og international erfaringsudveksling indgår i projektet, hvorfor der er afsat driftsbudget til rejser mv. for styregruppe og projektorganisation.

Bemanning

Der er i Q1 2026 ansat 3 ÅV til forarbejdet med projektgrundlag og tilhørende tekniske bilag. Midler til dette er hentet fra DD's driftsbevilling. Ved godkendelse af projektet, skal disse udgifter overgå til projektets budget. Det er indeholdt i budgetforslag for 2027, og vil blive udskilt når projektet godkendes. Budgettet følger herefter indledende milepæle (se afsnit 5.3), herunder at der senest Q3 2027 kan træffes beslutning om ansættelse af kerneteam og at dette er bemandet ultimo Q4 2027. Forsinkelser vil medføre at budgettet forskydes tilsvarende.

²⁰ Beskrivelsen er inspireret af principperne i Ny Anlægsbudgettering (NAB), anvendt på Transportministeriets område for store statslige anlægsprojekter. Kilde: [ny-anlaegsbudgettering-hovednotat-2024.pdf](#)

Til mobiliseringsfasen udvides med et ÅV. Til forundersøgelser udvides yderligere til fuldt besat kerneteam jf. afsnit 10.3. Der er benyttet en gennemsnitspris pr. årsværk 1 mio. kr. inkl. overhead.

Tabel 10 og 11. Budgetforslag for indledende aktiviteter frem til der er truffet niveau 0 beslutning om projektets videre aktiviteter. Omfatter budget til DD og drift af styregruppe. [Budget til GEUS afventer]

Mio. kr., (2026-PL)	Total (2027-2031)
Årsværk	49,3
Driftsmidler	29,3
Samlet bevilling	78,6

Mio. kr., (2026-PL)	2027*)	2028	2029	2030	2031
Driftsmidler					
Tværgående drift, it mv.	6,3	6,2	7,0	5,9	3,9
Generel projektledelse					
Årsværk	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Mobilisering (Q1-Q3 2027)					
Driftsmidler					
Årsværk	1,0				
Forundersøgelser til og med Niveau 0 beslutning (fra Q4 2027)					
Driftsmidler					
Årsværk	2,3	8,0	8,0	8,0	8,0
Total	11,6	17,2	18,0	16,9	14,9

*) Forudsætter tidsforløb jf. milepælsplan afsn. 5.3

10. Organisering og rollefordeling

Dette afsnit om projektets governance og organisering er dimensioneret til de indledende aktiviteter frem beslutning på baggrund af forundersøgelserne. Etablering af projektets governance, herunder styregruppe, er en forudsætning for projektets igangsættelse jf. afsnit 1.2.

Projektets omfang og tidshorisont indebærer, at organisationen forventes udviklet over tid. Det må forventes, at projekt på sigt opdeles i delprojekter eller udvikles til et program bestående af flere projekter med egne grænseflader og delmål, som samlet understøtter realiseringen af det overordnede mål.

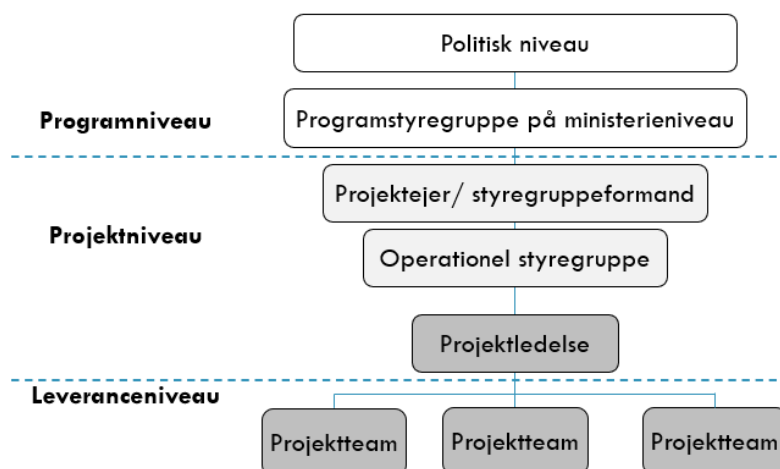
Den beskrevne organisering udgør således en grundstruktur for projektets indledende fase, men er udformet, så den kan skaleres og videreudvikles i efterfølgende faser.

10.1 Governance

Projektets omfang, kompleksitet og mange interessenter stiller høje krav til governance og beslutningsprocesser. En tydelig ansvars- og beslutningsstruktur er en forudsætning for fremdrift og for udvikling af sammenhængende og robuste beslutningsgrundlag. Erfaringerne fra de hidtidige aktiviteter peger på et behov for klare roller, mandatforhold og beslutningsveje på tværs af organisationer og myndigheder. Governance skal derfor designes, så der fra start kan tages grundlæggende strategiske beslutninger, som sætter retning for projektet.

Folketingsbeslutninger B 48 fra 2003 og B 90 fra 2018 udgør den overordnede politiske ramme for projektet. Den nationale politik indarbejdes jf. direktivkrav i det nationale program for håndteringen af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald, der skal omfatte alle typer af affald og alle faser af håndteringen fra frembringelse til deponering. Projektet indgår derfor i en større sammenhæng og skal levere implementering af en væsentlig del af det nationale program.

Forslag til projektets organisering er illustreret i nedenstående organisationsdiagram, der viser styringskæden for projektet.



Figur 7. Projektets organisering foreslås underordnet knyttet til det nationale program men etableret i en sammenhængende styringskæde.

Ressortministeriet som programejer

Det ansvarlige ministerium med nationalt ansvar for radioaktivt affald udfylder rollen som programejer og varetager fastlæggelse af de overordnede politiske, strategiske og økonomiske rammer for projektet. Desuden varetager ministeriet tværministeriel koordinering og aftaler om leverancer fra andre ministerområder.

Ministeriet har formandskabet for programstyregruppen og overvåger projektets fremdrift på programniveau og godkender beslutninger og ændringer, som ligger uden for projektets eller styregruppens mandat. Emner, der vedrører politiske prioriteringer, langsigtede samfundssyn, juridiske eller økonomiske rammer løftes fra projektets styregruppe til programniveauet. Dette sikrer en klar adskillelse mellem den overordnede strategiske styring og den operationelle projektstyring.

Programstyregruppen understøtter den tværministerielle koordinering og den strategiske styring af det nationale program og international kontakt ift. bl.a. EU-kommissionen. Gruppen behandler spørgsmål om organisering, finansiering, regulering og større beslutninger samt sikrer sammenhæng på tværs af involverede ministerier.

Projektgrundlaget indeholder ikke nærmere forslag til bemanding og rammer for programniveauet. Dette foreslås afklaret nærmere af SAMSIK og MSSB.

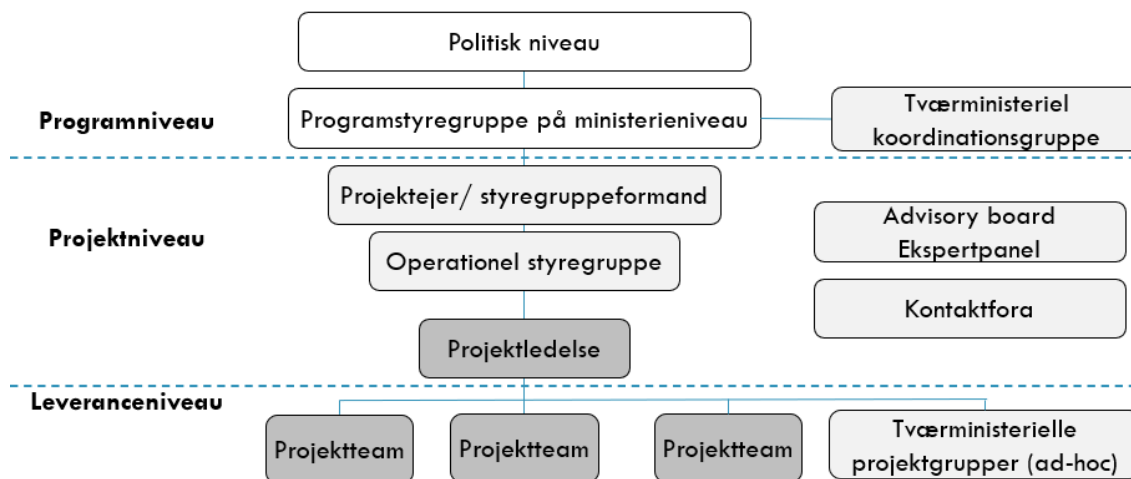
Andre fora

Der kan etableres og tilknyttes en række fora, som vil kunne tilpasses i løbet af projektets forløb.

En tværministeriel koordinationsgruppe foreslås nedsat for at sikre koordination på ledelsesniveau. Aftalte tværministerielle leverancer udarbejdes af medarbejdere på projektets leverance-niveau og under projektledelsens daglige koordinering.

Uafhængige advisory boards/ekspertpaneler sammensættes/videreføres, så de kan give råd ift. de mange fagområder som projektet berører.

Et eller flere kontaktfora skal sikre kontakt, information og input til og fra offentligheden repræsenteret ved borgergrupper eller NGO'er samt til regioner, KL og kommuner. Dette kan fx ske ved at formål og rammer for eksisterende kontaktfora opdateres og præciseres.



Figur 8. Projektets organisering og relation til andre fora.

10.2 Operationel projektstyregruppe

Projektets øverste ledelses- og tilsynsorgan er styregruppen. Styregruppen har det overordnede ansvar for, at opstartsfasen gennemføres i overensstemmelse med de politiske rammer, det nationale program, projektgrundlaget og øvrige styrende dokumenter som fx et kommissorium.

Styregruppeformandskabet varetages af DD, som udøver projektejerskab inden for det delegerede mandat fra programejer. Styregruppen godkender projektgrundlaget og træffer de overordnede beslutninger, som ligger uden for projektleders mandat.

Projektet gennemføres på tværs af flere organisationer med egne faglige og organisatoriske mandater. Da projektledelsen ikke har direkte instruktionsbeføjelse over de involverede organisationer, sker styringen gennem en fælles governance-struktur med klare roller, mandater og aftaler. Styregruppen fungerer som beslutnings- og koordineringsforum, hvor de deltagende organisationer forpligter sig på projektets leverancer, prioriteringer og fremdrift. Styregruppen skal sikre fælles retning, håndtere tværgående problemstillinger og understøtte projektets gennemførelse på tværs af myndighedsområder, samtidig med at de enkelte organisationers ansvar og beføjelser respekteres.

Styregruppen skal agere som et samlet ledelsesorgan med beslutningskraft og har ansvar for væsentlige rammeændringer, økonomiske dispositioner samt strategisk stillingtagen til projektets udvikling, risici med betydning for projektets fremdrift, økonomi, myndighedsforhold eller politiske beslutningsgrundlag. Det stiller særlige krav til de personer, der sidder i styregruppen, fordi projektets løsninger ofte går på tværs af ministerområder og organisationer og derfor stiller andre krav til styringen end linjeledelse.

Der udarbejdes styregruppeaftale som skal sikre en god ledelsesmæssig støtte til projektet og en forventningsafstemning om styregruppemedlemmernes opgaver og ansvar samt projektets succeskriterier og styringsparametre. Aftalen skal godkendes i de involverede organisationer.

Nedenfor fremgår et foreløbigt forslag til styregruppens sammensætning. Den nærmere bemanding vil skulle afklares ifm. styregruppens nedsættelse.

Tabel 12. Operationel projektstyringsgruppe

Rolle	Navn og enhed	Ansvar i projektet
Styregrup- peformand og projekt- ejer	Direktør, DD	Bærer det samlede ansvar for, at projektet leverer det ønskede, gennemførligt og opnåeligt inden for de fastlagte rammer. Udøver projektejerskab på mandat fra programejer. Godkender budget, ændringer og faseskift, sikrer prioritering og fremdrift samt understøtter projektlederen og forankringen af projektet på tværs af involverede organisationer.
Leverandørrepræsentanter		
Formål: Sikre, at tekniske leverancer er gennemførlige, leveres med den nødvendige kvalitet og pris. Skal sikre, at de nødvendige faglige kompetencer, metoder og ressourcer er til rådighed for at eksekvere projektet.		
Styregrup- pemedlem	Direktør eller Vi- cedirektør, GEUS	Ansvar for leverancer vedr. geologiske forhold
Styregrup- pemedlem	Chef, DD	Ansvar for projekter, som slutdepotprojektet er "intern kunde" til, fx it-systemarkitektur, affaldsinventorie, datamodel mv.
Styregrup- pemedlem	Chef, DD	Ansvar for at sikre sammenhæng og kvalitet ift. økonomiske analyser, finansiering, økonomisk hjemmel, finanslov, aktstykker, opfølgning og rapportering. Sikre valid økonomistyring og prognoser, herunder kvalitetssikret budgetoplæg, opfølgning, prognoser og afvigelsesanalyser.
Styregrup- pemedlem	Faglig chef [evt. to poster]	Med ansvar for affald, anlæg, sikkerhed, sikring og safeguard
Brugerrepræsentanter – aftagere		
Formål: Sikre, at projektets leverancer understøtter fremtidig drift og anvendelse samt muliggør gevinster.		
Styregrup- pemedlem	Chef, DD	Repræsentant for fremtidig driftsorganisation: fx drift og facility management, affaldshåndtering, sikkerhed og sikring. Skal sikre, at krav matcher behov og at der kan driftes og vedligeholdes effektivt og forsvarligt.
Styregrup- pemedlem	Chef, DD	Repræsentant for brugere: Slutbrugere (fx eksperter, driftspersonale, myndighedsnære brugere). Med ansvar for brugervenlighed, arbejdsmiljø og medarbejderforhold.
Øvrige roller		
Koordina- tor for mini- sterielle forhold og politisk for- ankring	NN, SAM- SIK/MSSB [afhængig af ønsket organisering evt. en rolle både i SAMSIK og MSSB-DEP]	Formål: Sikre sammenhæng mellem projektets faglige udvikling, programmets departementale forankring og de tværministerielle beslutningsprocesser. Ansvar: Understøtte programansvarlig funktion på departementsniveau og fungerer som bindeled og forbindelsesofficer mellem projektledelse, departementer og øvrige myndigheder. Koordinerer beslutningsoplæg, økonomiske sager, lovforberedende arbejde og øvrige ministerielle processer samt understøtter forberedelse af større beslutningspunkter vedrørende governance, finansiering, regulering og anlægslov.

Øvrige deltagere på styregruppemøder uden beslutningskompetenceProjektleder

- Beslutningsoplæg og status.
- Fremdrift, økonomi og risici.
- Rapportere om fremdrift, risici, økonomi, kvalitet mv.
- Eskalere afvigelser uden for mandat.
- Opfølgning på styregruppens beslutninger.

Systemingeniør

- Sikre teknisk sammenhæng.
- Teknisk status og afvejninger.
- Krav, sikkerhed og integration.
- Tekniske risici og usikkerheder.

Sekretariat (fra Teknisk projektunderstøttelsesteam)

- Møde- og beslutningsunderstøttelse.
- Beslutningslog og opfølgning.
- Dokumentstyring og rapportering.
- Ændringsstyring og sporbarhed-

10.3 Projektledelse og projektorganisation

Der foreslås etableret nedenstående projektorganisering og bemanding, der skal levere de beskrevne leverancer.

Nedenstående bemandingsforslag omfatter projektets kerneorganisationen.



Figur 9. Kerneorganisations opbygning.

Den konkrete bemanding af projektorganisationen er samlet nedenfor. Det er denne bemanding, der ligger til grund for budgetforslaget (afsnit 9.3).

Tabel 13. Projektledelse og organisation

Rolle	Navn og enhed	Allokeringsgrad	Ansvar i projektet
Projektledelse			
Seniorprojektleder (kan udvikles til programchef)	NN, DD	100%	Overordnet strategisk og fagligt ansvar for projektet over for ledelse/styregruppe. Sikrer projektets fremdrift inden for mandat, finansiering og strategiske mål. Varetager grænseflader mellem projektets tekniske leverancer og de politiske, administrative og eksterne interessenter. Ansvarlig for beslutningsoplæg og projektets samlede risikobillede udadtil og opadtil.
Teknisk team			
Systemingeniør	NN, DD	100%	Ansvar for systems engineering-metode, systemarkitektur, teknisk integration og grænsefladestyring. Sikrer sammenhæng mellem tekniske fagområder og håndterer tværgående systemrisici. (Varetager indledningsvist også designbasis og domain lead rolle på depoter, anlæg, faciliteter og tekniske funktioner. Denne rolle kan senere splittes ud.)
Kravansvarlig	NN, DD	100%	Ansvar for kravhierarki, kravdatabase (RMS), sporbarhed, verifikation og ændringsstyring. Omsætter sikkerhedsprincipper, standarder, regulering til designkrav. Ejer strukturen for overordnet safety-case baseret kravstyring.
Sikkerhedsansvarlig	NN, DD	100%	Ansvar for sikkerhedsstrategi, safety case, identificerer og vurderer forhold, hændelser og processer (FEB) der kan påvirke depotets langsigtede udvikling og sikkerhed, WAC, sikkerhedsfunktioner og integration af sikkerhedskrav i løsninger. Identificerer sikkerhedsrelaterede risici og omsætter disse til tekniske krav.
Affald - Domain Lead: Fagkoordinator for affaldsbeholdning og håndtering	NN, DD	100%	Ansvar for depotrelevante leverancer vedr. affaldsbeholdning, affaldsdata, klassificering, karakteriseringsstrategi, prognoser og affaldsveje. Sikrer omsætning af affaldsgrundlaget til tekniske krav og designforudsætninger. Identificerer affaldsrisici og omsætter til tekniske krav.
Geologi - Domain Lead: Fagkoordinator for geologi og lokalisering	NN, GEUS	100%	Ansvar for geologisk-datagrundlag, -lokaliseringskriterier og bidrag til safety case. Identificerer geologiske risici og omsætter til tekniske krav. [lokaliseringskriterier udenfor GEUS' fagområde, skal varetages af andre evt. i anden organisation – dette skal afklares]
Projektunderstøttelsesteam			
Projektunderstøttelse teamleder	NN, DD	100%	Leder det tekniske projektunderstøttelsesteam og understøtter projektledelsen, styregruppen og øvrige ledelsesfora. Ansvarlig for at understøtte governance, rapportering, beslutningsprocesser, mødestruktur og beslutningsopfølgning. Koordinerer på tværs.
Planlægnings- og integrationskoordinator	NN, DD	100%	Vedligeholder den integrerede projektplan, koordinerer afhængigheder mellem aktiviteter og leverancer samt sikrer

Rolle	Navn og enhed	Allokeringsgrad	Ansvar i projektet
			sammenhæng mellem kravudvikling, analyser, beslutningsgrundlag og eksterne leverancer.
Dokumentations- og konfigurationskoordinator	NN, DD	100%	Sikre styring af projektets information, dokumentation og konfiguration samt sporbarhed mellem behov, krav, analyser, beslutninger og leverancer. Ansvarlig for projektets dokumentstyring, informationsstruktur og konfigurationsstyring.
Risiko- og beslutningskoordinator	NN, DD	100%	Vedligeholder projektets risiko-, ændrings- og beslutningsregistre samt og oversigt over kritiske afhængigheder. Konsoliderer risici på tværs af fagområder og understøtter vurdering og rapportering af væsentlige risici, afhængigheder og konsekvenser for krav, økonomi, tidsplan og beslutningsgrundlag.
Stabsfunktioner I alt 2 ÅV			Disse roller foreslås fra projektets start sikret ved træk på stabsfunktioner. For visse roller kan der evt. være behov for tættere tilknytning til projektet med tiden.
Økonomi og controlling	NN, DD		Udarbejder budgetter, prognoser, økonomiske analyser og beslutningsoplæg. Sikrer opfølgning på økonomi og performance. Sikrer sammenhæng mellem projektets økonomi, bevillinger og finanslovmæssige rammer. Koordinerer med økonomifunktioner hos øvrige leveranceorganisationer.
Indkøb og kontraktstyring	NN, DD		Planlægger og gennemfører indkøb og udbud, samt foretager kontraktopfølgning, leverandørstyring og håndtering af kontraktuelle forhold.
Juridisk og regulatorisk koordinator	NN, DD		Understøtter tværministerielt arbejde vedrørende udvikling af hjemmels- og reguleringsgrundlag, samt juridisk kvalitetssikring af beslutningsoplæg, styringsdokumenter og kontrakter.
IT-implementering og integration af it-fagsystemer	NN, DD		Understøtter implementering og integration af faglige it-systemarkitektur.
Kommunikation og interessenthåndtering	NN, DD		Udarbejder og gennemfører kommunikations- og interessentstrategi. Understøtter formidling af analyser og resultater, offentliggørelse af projektmateriale, borgerinddragelse og interessentdialog. Koordinerer kommunikationsindsatsen med samarbejdspartnere og bidrager til internationale relationer og videndeling.

Det bemærkes, at GEUS indgår i projektets bemanning. Der skal udarbejdes budget for denne stilling og yderligere træk på fagkompetencer hos medarbejdere GEUS. Ligeledes vil der være træk på fagkompetencer hos DD udover stillinger omfattet af forslaget.

Den endelige bemanning fastlægges ved projektets etablering og her kan komme ændringer til den foreslåede bemanning. Det foreslås at give styregruppen mulighed for at foretage justeringer indenfor tildelt bevilling, såfremt dette fagligt kan begrundes inden for projektets formål.

Trin 1: Opbygning af kerneorganisation

I første trin etableres en kerneorganisation med ansvar for at etablere projektet, gennemføre forundersøgelser og skabe det tekniske, organisatoriske og styringsmæssige grundlag for projektets videre udvikling.

Organisationsstrukturen opdeles i en teknisk akse og en styringsakse under en fælles projektledelse. Formålet er at sikre, at tekniske beslutningsgrundlag kan udvikles ud fra systems engineering- og safety case metode samtidig med, at projektet er responsivt i forhold til administrative og politiske processer, bevillingsstyring og tværministeriel koordinering. I det omfang der ad-hoc nedsættes tværministerielle arbejdsgrupper (på medarbejderniveau) koordineres leverancer også via projektets ledelse.

Teknisk kerneteam

Projektet forudsætter opbygning af en intern kapacitet, der kan drive kravudvikling, systemintegration og teknisk beslutningsmodning over en flerårig projektperiode. Organisationen råder i opstartsfasen kun i begrænset omfang over erfaring med komplekse projekter. Det tekniske team er nødvendigt for at etablere projektets metoder, processer og værktøjer rigtigt fra start samt for at sikre et solidt teknisk fundament for projektets gennemførelse og en sammenhængende udvikling af projektets faglige spor.

Der skal med metoder og systemer etableres en intern personuafhængige kapacitet, der sikrer en ubrudt metodisk og teknisk kontinuitet samt en langsigtet dataintegritet på tværs af projektets udvikling over årtier.

Den trinvis opbygning skal sikre, at organisationen tidligt etablerer kapacitet som en intelligent kunde i Trin 2. Den interne organisation skal besidde den fornødne dybde til selvstændigt at styre, kravsætte og integrere alle bidrag fra eksterne partnere og leverandører.

Teamet skal:

- etablere projektets metoder, processer og værktøjer
- sikre sammenhæng mellem krav, analyser og tekniske beslutninger
- opbygge og vedligeholde projektets organisatoriske hukommelse, sporbarhed og datakontinuitet
- fungere som intelligent kunde over for kommende rådgivere, leverandører og specialistmiljøer.
- understøtte den tekniske integration på tværs af projektets fagområder og senere delprojekter

Der lægges vægt på medarbejdere med erfaring fra større anlægs-, energi- eller infrastrukturprojekter, hvor systems engineering, kravstyring og tværgående systemintegration har været anvendt. Teamet bør opbygges omkring kompetente profiler, der kombinerer en bred systemforståelse med dyb faglig specialisering.

Team etableres fra projektets start med kompetencer inden for systems engineering, kravstyring, sikkerhedsvurderinger, affaldsgrundlag og geologi (v. GEUS) (se tabel 15).

Teknisk projektunderstøttelse

Parallelt med det tekniske team etableres et teknisk projektunderstøttelsesteam, som understøtter den samlede projektorganisation med de styringsfunktioner, der er nødvendige i et systems engineering-baseret projekt. Formålet er at skabe de processer og værktøjer, der gør det muligt

at udvikle og modne løsningen inden for kontrollerede rammer, samtidig med, at projektets samlede kompleksitet håndteres og dokumenteres.

Teamet skal:

- Udvikle og vedligeholde projektets styringsramme, herunder planlægning, krav- og risikostyring, dokument- og konfigurationsstyring.
- Sikre sammenhæng mellem projektets faglige spor og understøtte sporbarhed mellem krav, analyser, sikkerhedsvurderinger, beslutninger og leverancer gennem hele projektets livscyklus.
- Etablere og implementere it-systemværktøjer, der på sigt kan understøtte flere samtidige delprojekter og sikre teknisk stringens, dataintegritet og personuafhængig kontinuitet på tværs af projektets leverancer.
- Sikre, at iterative modningsforløb for komplekse tekniske systemer gennemføres uden tab af styring, sporbarhed eller konsistens i beslutningsgrundlaget.
- Fungere som bindeled mellem projektledelsen, det tekniske kernteam og eksterne rådgivere og understøtter integrationen mellem tekniske leverancer, tidsplaner, økonomi, risici og beslutningsprocesser.
- Understøtte styregruppen og projektledelsen med rapportering, processer og sekretariatsbetjening.

Trin 2: Eksterne leverancer og rådgiverstyring

I trin 2 anvendes den kapacitet, der er opbygget i trin 1. Organisationens skal nu kunne udarbejde egne analyser og identificere, hvilke dele af projektet, der med fordel kan leveres af eksterne rådgivere eller specialister. Trin 2 forventes påbegyndt i forundersøgelsesfasen.

Eksterne leverancer skal kunne kravsættes, udbydes, styres og kvalitetssikres. De skal desuden forankres internt i den samlede systemstruktur med henblik på at sikres den langsigtede kontinuitet og personuafhængighed.

Trin 3: Mulig udvidelse efter Niveau 0 beslutning

I Trin 3 kan det forventes at projektorganisationen skal skalere i takt med projektets modning og stigende behov for operationel kapacitet. Trin 3 planlægges og indgår i beslutningsoplæg på baggrund af forundersøgelser og iværksættes efter Niveau 0 beslutning og igangsættelse af efterfølgende projektfaser. Den konkrete organisering fastlægges derfor senere.

10.4 Kobling til linjeledelse

Projektet vil have behov for et tæt samspil med de deltagende organisationers linjeledelse. Det foreslås derfor, at der etableres ledelsesfora, som koordinerer mellem projektledelsen og de bidragende organisationer. Møder kan aftales afhængig af den enkelte organisations ønsker.

11. Risici og risikostyring

Projektet har betydelige tekniske, organisatoriske, regulatoriske og økonomiske usikkerheder. Risikostyring vil derfor være et centralt element i projektets metode og styring. Projektet foreslås baseret på en kravstyret systems engineering-tilgang, hvor identificerede risici omsættes til krav, analyser og aktiviteter. Risikostyring integreres dermed i projektets udvikling og indgår som en del af den løbende projektstyring.

I overensstemmelse med statens projektmodel gennemføres den egentlige risikoanalyse i analysefasen. Der er derfor på nuværende tidspunkt ikke udarbejdet et risikoregister eller en detaljeret risikoanalyse. Risikoanalyse udarbejdes som del af forundersøgelser. Risikoanalysen skal understøtte projektets videre planlægning og styring og vedligeholdes løbende gennem projektets levetid.

	Risiko-titel	Risikoårsag/hændelse	Risikokonsekvens	Konsekvens	Sandsynlighed	Mitigerende tiltag
R1				[1-5]	[1-5]	
R2				[1-5]	[1-5]	

12. Kommunikation

Kommunikation spiller en vigtig rolle i udviklingen af et slutdepotprojekt og er en væsentlig forudsætning for både legitimitet og fremdrift. Internationale erfaringer viser, at langsigtede affaldsløsninger kræver en åben, gennemsigtig og vedvarende dialog med både myndigheder, lokalsamfund og øvrige interessenter gennem hele projektets levetid. Af affaldsdirektivet fremgår desuden krav om gennemsigtighed med pligt til at informere og stille oplysninger til rådighed ligesom det skal sikres, at offentligheden får mulighed for at deltage i beslutningsprocesser. Kommunikation skal derfor - udover formidling af information - også indarbejdes som en integreret del af projektets udvikling, hvor input fra omgivelserne kan bidrage til bedre beslutninger og øget robusthed i løsningen.

I de tidlige faser vil kommunikationen fokusere på at skabe forståelse for formål, behov og overordnede principper for sikker håndtering af radioaktivt affald. I de senere faser vil være behov for en mere målrettet og lokal dialog, særligt i relation til mulige lokaliseringer. Offentlighedens indsigt, tillid og deltagelse vil i den forbindelse have betydning for beslutningsprocesserne og for den langsigtede forankring af den valgte løsning.

Internationale erfaringer understreger betydningen af tidlig inddragelse, klare roller og ansvar samt konsistent og fagligt velfunderet kommunikation om usikkerheder, risici og tidsperspektiver. Tilgangen skal bidrage til at opbygge langsigtet tillid og sikre, at projektet kan udvikles på et oplyst og accepteret grundlag.

I projektets initieringsfase foreslås det at udvikle en lokaliseringsstrategi og -metode, hvor kommunikation og inddragelse integreres med den tekniske afsøgning og udpegning af lokaliteter.

13. Bilag

1. Baggrund for udarbejdelsen af projektgrundlaget (2018-2026)
2. *Tekniske bilag:*
 - A: IAEA metode for geologiske depotprojekter
 - B: Radioaktivt affald i Danmark
 - C: Depotsystemer, anlæg og faciliteter
 - D: Lokalisering
 - E: Krav til radioaktivt affald og nukleare anlæg - sikkerhed, sikring og safeguard
 - F: Rammer og anden regulering
 - G: Økonomiske forudsætninger og proces

Projektgrundlag

Slutdepot - Langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald

TEKNISKE BILAG

FORELØBIGT UDKAST



Indhold og læsevejledning for alle tekniske bilag

De tekniske bilag A-G uddyber projektgrundlagets planlægningsmæssige, regulatoriske og tekniske fundament for udvikling af en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald frem til dette er slutdeponeret sikkert. Der samles op på relevante elementer i 25 års historik i sagen. Desuden angives internationale eksempler. Bilagene indeholder henvisninger til omfattende materiale, hvor den interesserede læser kan finde mere information om de behandlede emner. Det er hensigten med materialet, at det kan give en samlet situationsforståelse som grundlag for etablering og udvikling af projektet.

Materialet er et udkast udarbejdet af DD og har i sin nuværende form ikke gennemgået ekstern kvalitetssikring af involverede parter, myndigheder eller eksperter. Der tages derfor forbehold for at enkelte forhold eller detaljer vil skulle ændres i en senere revision. Bilagene illustrerer den faglige bredde og kompleksitet, der kendetegner projektet. Projektet kræver et tæt samspil og integreret udvikling af affaldsbeholdning, affaldshåndtering, depottyper, lokalisering, sikkerhed, støtteanlæg, myndighedskrav og processer. Disse forhold kan ikke behandles uafhængigt af hinanden og skal udvikles iterativt gennem hele projektets livscyklus. Projektet bør fra sin start baseres på afklaring af krav og ud fra de overordnede politiske rammer, der er fastsat med Folketingsbeslutning B 90. Dette udgør grundlaget for at etablere den videre udvikling og planlægning af projektet med henblik på at gennemføre en langsigtet løsning,

Materialet er opdelt i hovedbilag og underbilag, der belyser forskellige dele af projektgrundlaget. Bilagene kan læses hver for sig, men er udarbejdet som et sammenhængende grundlag og indeholder derfor indbyrdes henvisninger.

- **Bilag A IAEA-metode for geologiske depotprojekter** indeholder uddrag af roadmap-metoden oversat til dansk. Bilag A er ikke en endelig plan for det danske projekt og der er ikke taget stilling til i hvilket omfang denne tilgang anvendes. Metoden er specifikt udviklet til programmer for dybe geologiske depoter og kan anvendes som inspiration for udvikling af det danske projekt, men vil kræve tilpasning.
- **Bilag B Radioaktivt affald i Danmark** beskriver den danske radioaktive affaldsbeholdning samt rammerne for karakterisering, klassifikation og langsigtet håndtering af affaldet. Bilaget peger på, at et styrket kendskab til affaldets egenskaber, omfang og udvikling er en grundlæggende forudsætning for at kunne udvikle, sikkerhedsvurdere og dimensionere en langsigtet dansk løsning for deponering.
- **Bilag C Depotsystemer, anlæg og faciliteter** indeholder beskrivelse af rammer jf. B 90 samt indledende overvejelser ift. det videre arbejde med afklaring af hvilke anlæg og faciliteter, der kan overvejes, som del af en samlet langsigtet løsning for håndtering af radioaktivt affald.
- **Bilag D Lokalisering** beskriver hhv. tekniske og geologiske forhold der bidrager til sikkerhed på en lokalitet, øvrige planlægningsforudsætninger samt processer for søgning og udpegnings af egnede lokaliteter. Bilaget peger på behovet for udvikling af en national lokaliseringsstrategi.
- **Bilag E Krav til radioaktivt affald og nukleare anlæg - Sikkerhed, sikring og safeguards** beskriver de sikkerhedsmæssige krav til radioaktivt affald og nukleare anlæg. Bilaget peger på anvendelsen af safety-case metoden, som er den centrale styrende tilgang i projektet. Sikkerhed demonstreres ved at integrere viden om affald med anlagte og naturlige barrierer. Bilaget beskriver desuden affaldsacceptkriterier (WAC) knyttet til de enkelte anlæg, samt forhold vedr. sikring (security), safeguards og transport.
- **Bilag F Rammer og anden regulering** beskriver rammer for ansvarlig og sikker håndtering af radioaktivt affald, der følger af internationale forpligtelser samt kobler disse til DD's formål og opgaver [bilag er under udarbejdelse]. Desuden beskriver øvrige reguleringsmæssige rammer, herunder bl.a. plan-, miljø-, natur- og byggelovgivning samt internationale aftaler og forpligtelser. Bilaget kommer ind på forhold der anbefales afklares i en tidlig tværministeriel regulatorisk analyse. Desuden peges på forhold vedr. procestilgang når der som det fremgår af B 90 forventes anvendt projekteringslov og anlægslov.
- **Bilag G Økonomiske forudsætninger og proces** beskriver baggrunden for den, med B 90, afsatte reserve til slutdepot på 1,2 mia. kr. (2018-niv) samt uddyber behovet for en trinvis proces til udvikling af projektets budgetgrundlag.

Oversigt over tekniske bilag:	Ca. sidetal
A: IAEA metode for geologiske depotprojekter	57
B: Radioaktivt affald i Danmark	73
C: Depotsystemer, anlæg og faciliteter	37
D: Lokalisering	30
E: Krav til radioaktivt affald og nukleare anlæg - Sikkerhed, sikring og Safeguards	49
F: Rammer og anden regulering	17
G: Økonomiske forudsætninger og proces	12

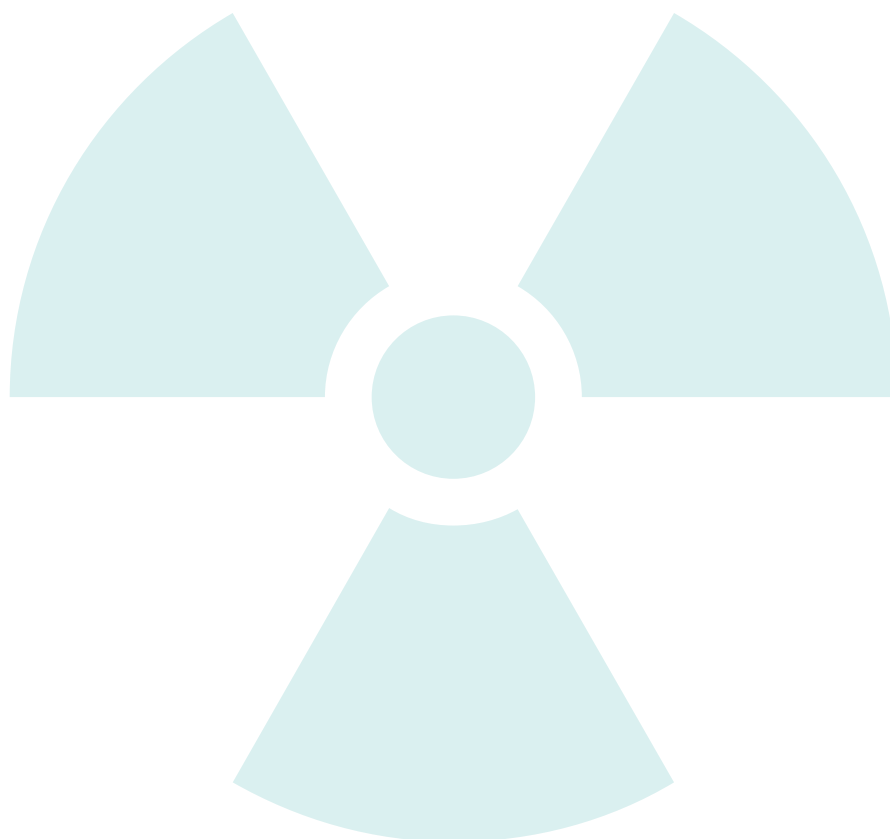
Projektgrundlag

Slutdepot - Langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald

TEKNISK BILAG A

IAEA metode for geologiske depotprojekter

FORELØBIGT UDKAST



Indhold

Læsevejledning og hovedpointer Bilag A	4
Teknisk bilag A.1: IAEA Roadmap for implementering af geologisk depotprogram	5
Indledning	5
Begrænsninger ved metoden	5
Forudsætninger for initiering	6
Projekt governance	6
Projektplan	7
Faser	9
Faseskift	10
Programspor	10
Projektets hovedspor	11
Spor 1 Projektplanlægning og styring	11
Spor 2: Interessentinvolvering	11
Spor 3: Udvikling af det samlede depotsystem	12
Spor 4 Forskning og udvikling	14
Spor 5 Depot byggeri	14
Faseopdelt beskrivelse af underspor og arbejdsplaner	16
Fase 1: Initiering	16
Spor 1 – Fase 1: Projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt	16
Spor 2 – Fase 1: Interessentinvolvering	19
Spor 3 – Fase 1: Udvikling af det samlede depotsystem	20
Spor 4 – Fase 1: Forskning og udvikling	31
Spor 5 – Fase 1: Depot byggeri	32
Fase 2: Lokaliseringsfaserne	32
Fase 2A: Lokalisering – Identifikation og udvælgelse af mulige lokaliteter	32
Spor 1- Fase 2A: Projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt	32
Spor 2 - Fase 2A: Interessentinvolvering	35
Spor 3 - Fase 2A: Udvikling af det samlede depotsystem (inkl. R&D)	36
Spor 4 - Fase 2A: Forskning og udvikling	41
Spor 5 - Fase 2A: Depotbyggeri	42
Fase 2B: Lokalisering – Undersøgelser af specifikke lokalitet(er)	42
Spor 1 – Fase 2B: Projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt	42
Spor 2 – Fase 2B: Interessentinvolvering	43
Spor 3 – Fase 2B: Udvikling af depotsystem (inkl. R&D)	44
Spor 4- Fase 2B: Forskning og udvikling	45
Spor 5 - Fase 2B: Implementering af deponering	46

Fase 3 Anlæg og deponeringsfaserne	46
Fase 3A Deponering - Konstruktion og idriftsættelse	46
Spor 1 – Fase 3A: Projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt	46
Spor 2 – Fase 3A: Interessentinvolvering.....	47
Spor 3 – Fase 3A: Udvikling af depotsystem (inkl. R&D)	48
Spor 4- Fase 3A: In situ forskning og udvikling (evt. URF)	49
Spor 5 – Fase 3A: Implementering af deponering	49
Fase 3B Deponering – Drift	50
Spor 1 – Fase 3B: Projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt	50
Spor 2 – Fase 3B: Interessentinvolvering.....	51
Spor 3 – Fase 3B: Udvikling af depotsystem (inkl. R&D).....	52
Spor 4- Fase 3B: Forskning og udvikling.....	53
Spor 5 – Fase 3B: Implementering af deponering	54
Implementering af minesikkerhed og beredskabsplan	54
Udvidelse af underjordiske faciliteter, hvis nødvendigt.....	54
Implementering af minesikkerhed og beredskabsplan	54
Opdatering af idriftsættelsesverificering og test for eventuelle ændringer	54
Implementering af procedurer for overfladedrift	54
Implementering af affaldsinventorieopfølgningssystem	54
Implementering af detaljerede procedurer for affaldsanbringelse	54
Implementering af detaljerede procedurer for tilbagefyldning (backfill)og forsegling	54
Implementering af affaldsinventorieopfølgningssystem	54
Fase 3C Deponering – Lukning.....	54
Spor 1 – Fase 3C: Projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt.....	54
Spor 2 – Fase 3C: Interessentinvolvering.....	55
Spor 3 – Fase 3C: Udvikling af depotsystem (inkl. R&D)	56
Spor 4- Fase 3C: Forskning og udvikling	56
Spor 5- Fase 3C: Implementering af deponering	57
Fase 4 Efter lukning.....	57
Spor 1 – Fase 4: Projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt	57
Spor 3 – Fase 4: Udvikling af depotsystem (inkl. R&D)	58
Bilag Projektmetode i Excel format/PDF	58

Kilder: Dokumentet består i hovedtræk af direkte oversættelse af afsnit fra nedenstående publikationer.

1.
 - Roadmap for Implementing a Geological Disposal Programme | IAEA
 - Microsoft PowerPoint - Annex II Roadmap (003)-kl.pptx
2.
 - Management of Site Investigations for Radioactive Waste Disposal Facilities | IAEA
 - 24-01983E_PUB2093_27_09_2024_v2-Print-PDF.indd
3.
 - The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste, No. SSG-23, STI/PUB/1553

Læsevejledning og hovedpointer

Bilag A.1-A.2 beskriver den projektmetode, der anvendes som overordnet referenceramme for udviklingen af Danmarks slutdepot for radioaktivt affald. Bilagene udgør uddrag af IAEA's *Roadmap for Implementing a Geological Disposal Programme* (2024) oversat til dansk og beskriver de aktiviteter, beslutninger og organisatoriske funktioner, der typisk indgår i udviklingen af et geologisk depotprogram. Bilaget er altså ikke en plan for det danske program, men foreslås anvendt til inspiration. Den metodiske kravstyrede systems engineering metode, der foreslås anvendt, kan ikke læses ud af bilaget. Ligeledes kan det ikke umiddelbart læses ud af bilaget, at metoden i høj grad er præget af iterative processer og systematisk tilgang til "tilbage-loops" (se nærmere i projektgrundlag om denne tilgang).

- **Bilag A.1** beskriver og oversætter IAEA's roadmap-metode, herunder projektets faser, hovedspor, beslutningspunkter der vil skulle tilpasses til danske forhold.
- **Bilag A.2** indeholder en udfoldet projektstruktur i PDF af Excel-format) baseret på IAEA's Work Breakdown Structure (WBS) med faser, hovedspor, underspor og arbejdsplaner.

Bilagene peger samlet på følgende centrale forhold:

1. **Langsigtet program frem for enkeltprojekt.** Udvikling af slutdepoter strækker sig over flere årtier og kan organiseres som et samlet program med klare styrings-, beslutnings- og finansieringsstrukturer. Dette medfører en kompleks initieringsfase, der ikke blot etablerer de administrative og styringsmæssige dele af projektet men etablerer et omfattende analyse- og beslutningsgrundlag før lokaliseringsfaser kan igangsættes. Initieringsfasen må forventes at løbe over flere år.
2. **IAEA's roadmap giver en international referenceramme.** Metoden samler internationale erfaringer fra geologiske depotprogrammer og giver en systematisk struktur for planlægning, beslutningstagning og dokumentation gennem hele projektets livscyklus.
3. **Projektet omfatter mere end et depot.** Udviklingen af selve byggeriet af det geologiske depot er målet, men indeholde flere andre spor og aktiviteter som også skal løses for at nå i mål med slutdepotet, dette omfatter bl.a. sikkerhedsstrategi og safety case, affaldsinventorie og karakterisering, lokalitetsundersøgelser og karakterisering, regulering og myndighedsprocesser, interessentinvolvering og forskning.
4. **Safety casen er projektets centrale integrerende element.** Safety case samler affaldsdata, lokalitetsforhold, anlægsdesign, forskning og sikkerhedsvurderinger og fungerer som det centrale grundlag for myndighedsbehandling og væsentlige beslutninger.
5. **Projektudviklingen er iterativ.** Affaldsgrundlag, lokalitetsdata, design, sikkerhedsvurderinger og regulatoriske krav udvikles parallelt og opdateres løbende gennem projektets forskellige faser. Grundlaget for metoden fastlægges i initieringsfasen for alle spor (undtagen selve byggeriet)
6. **Danske forhold kræver tilpasninger.** IAEA-roadmappet er udviklet til geologiske depotprogrammer generelt og skal tilpasses danske forhold, herunder governance, myndighedsstruktur, lokaliseringsproces, affaldsbeholdning samt samspillet mellem nationale og eventuelle internationale løsninger. Desuden skal afklares danske behov for forskning og udvikling.
7. **Governance og organisering er tidlige nøgleleverancer.** Erfaringer fra internationale programmer viser, at afklaring af ansvar, roller, beslutningsstruktur og etablering af en ansvarlig Waste Management Organisation (WMO) er blandt de første og vigtigste forudsætninger for et succesfuldt depotprogram.

Der er udarbejdet en generel beskrivelse af programmetoden. Hovedvægten er lagt på de mere udfoldede dele i første omgang på de tekniske leverancer bl.a. i spor 3 Udvikling af deponeringssystem med hovedvægt på fase 1 og 2A. Selve IAEA-metoden indeholder mere information, der kan bruges som reference ved udvikling af den danske planlægning.

Teknisk bilag A.1. IAEA Roadmap for implementering af geologisk depotprogram

Indledning

Dette dokument beskriver en metode for implementering af et geologisk depotprogram med udgangspunkt i IAEAs Roadmap for Implementing a Geological Disposal Programme (2024). IAEAs roadmap er en generisk vejledning og metode til planlægning og gennemførelse af programmer for geologisk deponering af radioaktivt affald. Publikationen indgår i IAEA's Nuclear Energy Series og sammenfatter internationale erfaringer, god praksis og læringspunkter fra eksisterende depotprogrammer. Dokumentet er udarbejdet af en række internationale eksperter organisationer og redigeret af IAEA. Vejledningen i IAEA Nuclear Energy Series repræsenterer ikke nødvendigvis en formel konsensus blandt IAEA's medlemsstater. Publikationerne gennemgår imidlertid en intern faglig kvalitetssikring og sendes til medlemsstaterne til kommentering inden udgivelse.

Metoden beskriver de væsentligste aktiviteter, beslutninger og leverancer gennem programmets forskellige faser uden at foreskrive en specifik national metode eller tidsplan. Publikationen vurderes derfor at udgøre et relevant metodisk referencegrundlag for udviklingen af et dansk depotprojekt, tilpasset nationale krav og forudsætninger.

Dokumentet er i vid udstrækning opbygget som en direkte oversættelse og strukturering af roadmap'ets faser, hovedspor, delspor og arbejdsplaner. Der er dog foretaget enkelte tilpasninger af terminologi og begrebsanvendelse med henblik på anvendelse i en dansk organisatorisk, myndighedsmæssig og faglig sammenhæng.

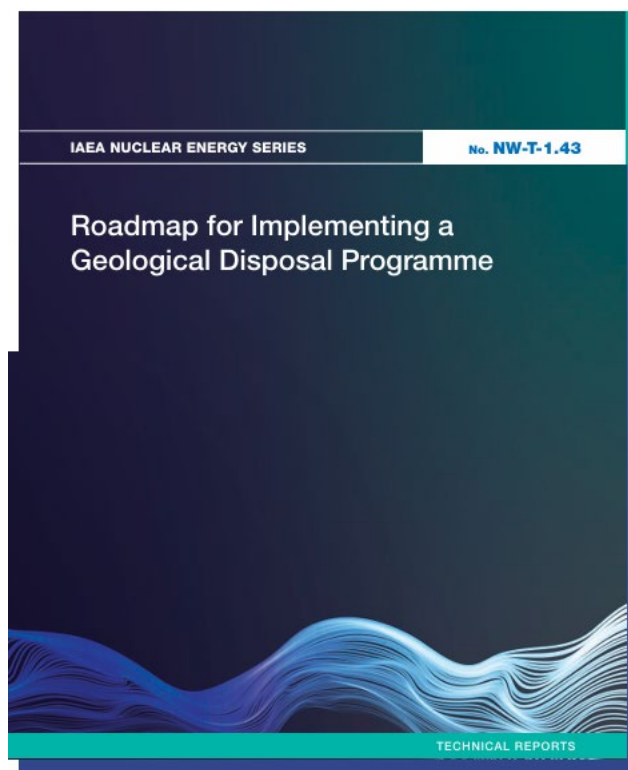
Dokumentet beskriver programmets overordnede faser, centrale beslutningspunkter og tværgående hovedspor samt de væsentligste underliggende aktiviteter og arbejdsplaner. Hovedvægten i beskrivelserne er lagt på de indledende modnings- og lokaliseringsfaser. Til dokumentet hører en oversat Work Breakdown Structure (WBS) i Excel-format med samme struktur og nummerering. WBS'en er udarbejdet for at kunne danne grundlag for den videre udvikling af en dansk program- eller projektplan tilpasset danske forhold og behovet for langsigtet håndtering af det danske radioaktive affald.

Dokumentet er udarbejdet som en del af et samlet beslutningsgrundlag med henblik på at beslutte, om principperne og strukturen i IAEA-roadmappet skal anvendes som grundlag for den videre planlægning og gennemførelse af de danske løsninger, samt hvordan metoden kan tilpasses en samlet dansk indsats på området.

Begrænsninger ved metoden

Projektets struktur og gennemførelsesmodel foreslås baseret på principperne i IAEA's roadmap for geologisk deponering. Roadmappet beskriver, hvordan et geologisk deponeringsprogram udvikles gennem gradvis modning af tekniske, sikkerhedsmæssige, regulatoriske og samfundsmæssige forhold frem mod successive beslutninger om lokalisering, anlæg og drift.

IAEA-roadmappet er imidlertid målrettet den del af et nationalt affaldsprogram, der vedrører geologisk deponering af affald med behov for langsigtet isolation. Den danske opgave har et bredere sigte og omfatter også udvikling og implementering



af en samlet national løsning for håndtering af både den eksisterende danske affaldsbeholdning og fremtidige affaldsstrømme.

Den danske affaldsbeholdning omfatter forskellige affaldsfraktioner med væsentligt forskellige egenskaber og risikoprofiler. Den samlede løsning kan derfor omfatte flere forskellige håndterings- og deponeringsløsninger tilpasset de enkelte affaldsfraktioner. Et dybt geologisk depot forventes jf. Folketingsbeslutning B90 at udgøre et element i løsningen for den del af affaldet, der udgør en særlig langsigtet risiko, men vil ikke nødvendigvis udgøre den samlede løsning for hele affaldsbeholdningen.

Der skal derfor ikke alene udvikles en geologisk deponeringsløsninger, men også en nationale affaldsstrategi samt gennemføres de analyser, undersøgelser, beslutningsgrundlag, faciliteter, anlæg og organisatoriske rammer, der er nødvendige for at etablere langsigtede løsninger for alle affaldsfraktioner frem mod deponering.

IAEA-roadmappet tager endvidere udgangspunkt i generiske lokaliserings- og implementeringsforløb. I en dansk kontekst skal metoden tilpasses en nationale strategi for lokalisering af anlæg, herunder den forventede inddragelse af kommuner, borgere og øvrige interessenter. Desuden skal metoden tilpasses samspillet med national regulering og myndighedsstruktur.

IAEA-roadmappet vurderes således at udgøre en relevant referenceramme for de dele af projektet, der vedrører geologisk deponering, men må suppleres og tilpasses for at kunne understøtte det samlede danske projekt/program for håndtering af radioaktivt affald.

Forudsætninger for initiering

Som led i den videre planlægning bør det afklares, om opgaven mest hensigtsmæssigt organiseres som et program eller et projekt. Uanset organiseringsform forventes opgaven at kræve en tværorganisatorisk struktur med deltagelse af flere myndigheder og aktører.

Programmets governance-model skal jf. anbefalinger fra IAEA blandt andet afklare etableringen af den styrende Waste Management Organisation (WMO) samt placeringen af det fremtidige ansvar for anlæg og depoter. Dansk Dekommissionerings rolle skal i den forbindelse afklares.

Et andet vigtigt element i den nationale tilpasning er fastlæggelse af den danske strategi for lokalisering af anlæg samt tilpasning til dansk lovgivning og myndighedsstruktur. Da projektet i høj grad drives af myndighedskrav og sikkerhedshensyn, er det afgørende, at de regulatoriske forudsætninger integreres i planlægningen fra projektets begyndelse.

Projektet forventes gennemført efter en kravbaseret tilgang, hvor løsningsudvikling, sikkerhedsvurderinger, myndighedsforhold og beslutningsgrundlag gradvist modnes frem mod de centrale beslutningspunkter i programmet.

Den danske tilpasning kan med fordel desuden bygge på erfaringer med gennemførelse af større anlægsprojekter og anerkendte metoder til udvikling af sådanne projekter. En erfaringsindsamling vil kunne bidrage til, at læring fra tidligere projekter systematisk indarbejdes i processen.

I det følgende beskrives den oversatte struktur for IAEA's roadmap, herunder programmets faser, hovedspor, delspor og arbejdsplaner. Hvor henvisninger eller tilpasninger til danske forhold indgår, er dette specifikt angivet og markeret med *kursiv*.

Projekt governance

Initieringen af et geologiske depotprojekt indebærer en national forpligtelse til at gennemføre rækken af aktiviteter, der er nødvendige for at udvikle og etablere depotsystemet.

En af de vigtigste aspekter af denne forpligtelse er at etablere og beskrive en solid projekt governance og herunder udpege eller oprette den ansvarlige affaldshåndteringsorganisation/Waste Management Organisation (WMO) – eller at definere

de ansvarlige organisationer, der vil fungere som en samlet WMO med rollen som administrator og programledelse af depotprojektet. Det anerkendes af IAEA, at i nogle medlemsstater kan udviklings- og implementeringsaktiviteterne være opdelt og fordelt mellem flere driftsorganisationer. I så fald refereres til den samlede gruppe af disse organisationer som én WMO. Der bør i disse tilfælde lægges ekstra vægt på afklaring og beskrivelse af rolle og ansvarsfordelingen og disses vægt i de forskellige dele af projektet.

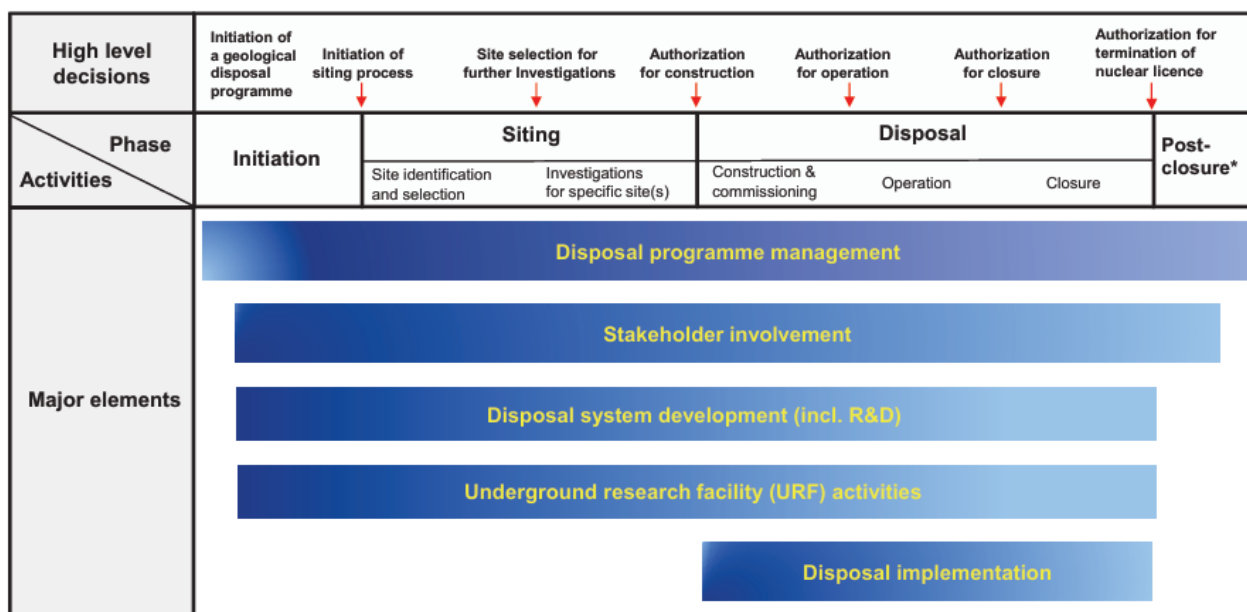
Udviklingen af et geologisk depotanlæg foregår i et komplekst miljø, hvor en WMO typisk skal interagere med en bred vifte af eksterne interessenter, herunder folkettinget, regeringen, tilsynsmyndigheder, regioner, kommuner, berørte lokalsamfund samt leverandørkæden (entreprenører og konsulenter). For at kunne administrere udviklingen af et deponeringsanlæg er en WMO ansvarlig for en bred vifte af ledelsesaktiviteter og systemer til håndtering af emner såsom:

- Økonomisk og kommerciel forvaltning
- Personale og ressourceforvaltning
- Programstyring
- Kvalitetsstyring
- Informationsstyring
- Håndtering af kommunikation og interaktion med interessenter

Andre nødvendige tiltag inkluderer oprettelsen af et ledelsessystem og en organisatorisk struktur, etablering af budgetmæssige og projektmæssige kontrolmekanismer samt etablering af samarbejdsflader med andre organisationer i det radioaktive affaldshåndteringssystem, såsom tilsynsmyndigheder.

Projektplan

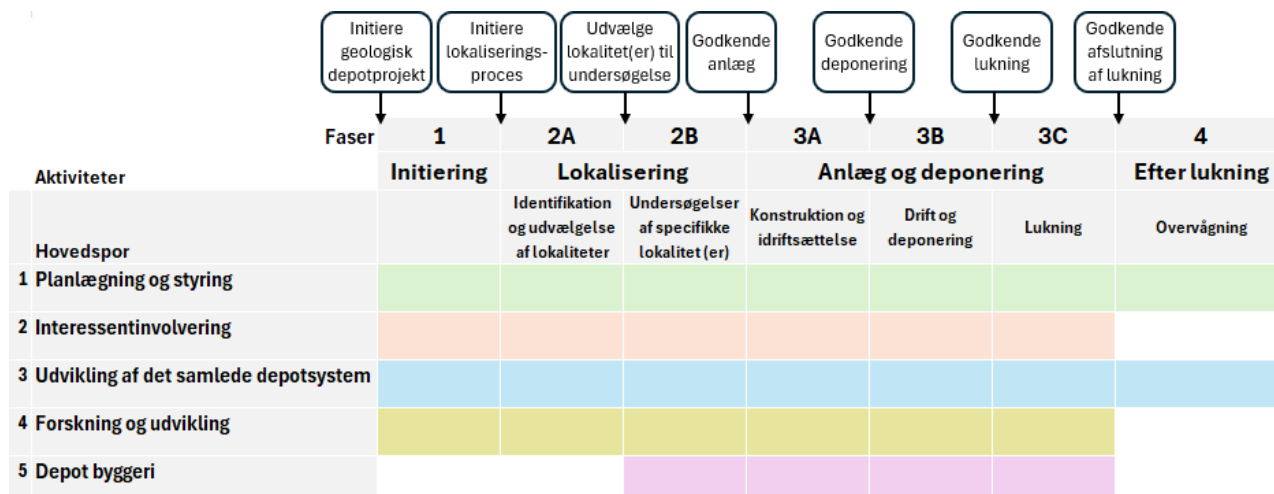
Overblikket over det geologiske depotprojekt jf. IAEAs metode er vist i figur 1. De overordnede beslutninger og faser i projektet er angivet i de øverste rækker. Figuren viser, hvordan hvert spor (elements) relaterer sig til tidslinjen i de enkelte faser.



* Responsibility may be transferred from the WMO to another organization

Figur A1.1. Roadmap for a geological repository: relationship between high level decisions and phases, and major work element

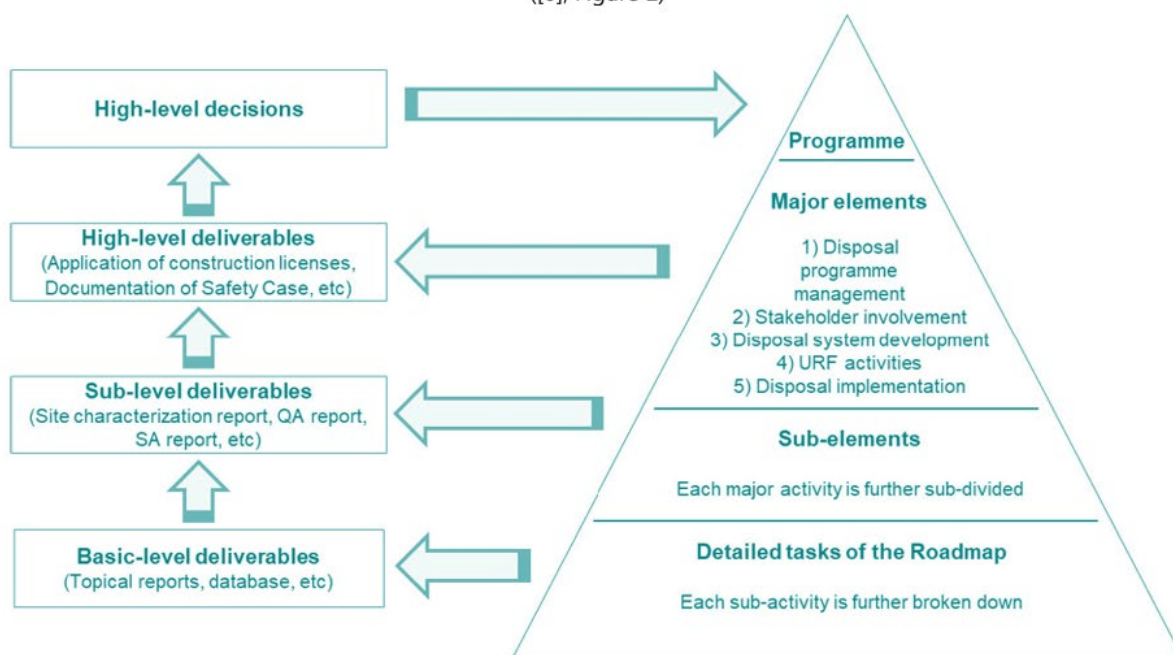
Programplanen er udarbejdet i en dansk version (Figur 2) og er desuden udarbejdet som bilag i pdf/Excel udfoldet med underspor, arbejdsplaner og aktiviteter.



Figur A1.2. Overordnet projektplan med faser, milepæle og hovedspor jf. IAEAs roadmap metode.

Projektets hovedspor, spor og mange af dets arbejdsplaner løber gennem hovedparten af projektets levetid. Dette skyldes bl.a. at mange af projektets aktiviteter er integrerede og iterative i overensstemmelse med sikkerhedscase-konceptet. Centrale aspekter af det geologiske deponeringsprojekt, såsom sikkerhedsvurdering og design af deponeringssystemet, opdateres og forbedres løbende, efterhånden som ny information tilvejebringes.

Figure 2: Work breakdown structure for the IAEA roadmap and associated levels of deliverables to support a geological disposal programme
([6], Figure 2)



Figur A1.3. Roadmap metoden udvikler projektet gennem en sekvens af centrale beslutningspunkter og leverancer, hvor hvert niveau gradvist konkretiseres gennem et hierarki af underliggende analyser, produkter, delprojekter og beslutningsgrundlag.

Projektmodellen fokuserer på deponering og omfatter ikke andre aspekter af affaldshåndtering der dog også er relevante, såsom den overordnede affaldspolitik, det regulatoriske rammeværk, øvrige anlæg til fx behandling og opbevaring eller transport af affald. Disse vil skulle indarbejdes i den samlede danske plan for projektet.

Faser

Projektet er omfattende og strækker sig over en lang årrække på mere end 50 år. Projektet er opdelt tidsmæssigt i fire hovedfaser: initiering, lokalisering, byggeri, deponering og herefter overgang til drift og efterlukning. Disse fire hovedfaser er underopdelt som angivet herunder.

Projektets faser er dermed:

- 1 Initiering
- 2A Lokalisering – Identifikation og udvælgelse af mulige lokaliteter
- 2B Lokalisering - Undersøgelser af specifikke lokalitet(er)
- 3A Deponering - Konstruktion og idriftsættelse
- 3B Deponering – Drift og deponering
- 3C Deponering - Lukning
- 4 Efter lukning

Vedrørende tilpasning til danske forhold

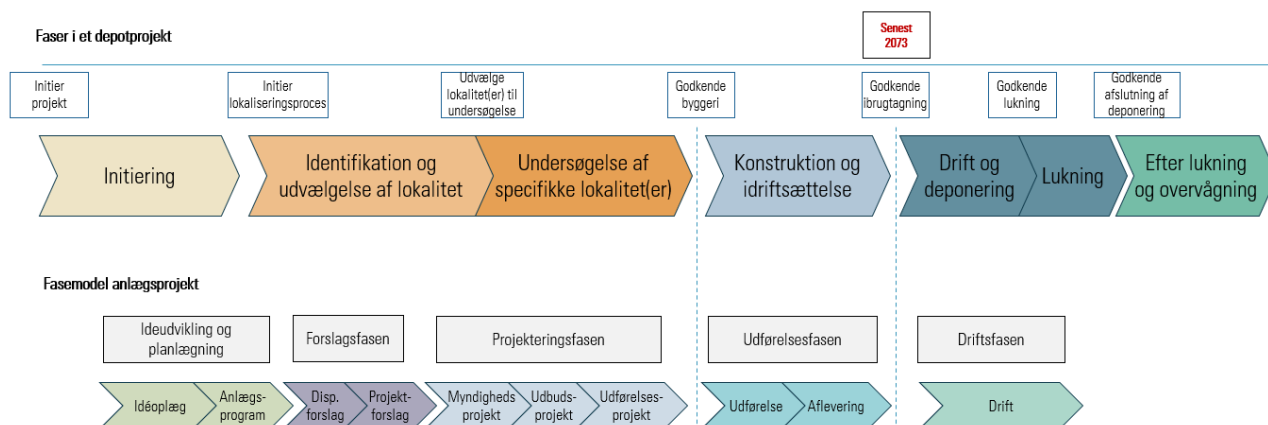
IAEAs overordnede fasemodellen skal tilpasses den danske implementering af folketingsbeslutning B90 (2018) samt de beslutnings-, myndigheds- og finansieringsprocesser, der forventes at indgå i projektets gennemførelse.

Det er afgørende i forståelsen af IAEAs overordnede fasemodel at byggeri igangsættes fra starten af fase 3A. Dette medfører at milepæl for et omfattende myndighedsspor frem mod byggetilladelser skal forløbe fra projektet start frem til slutningen af fase 2B.

Modellen skal desuden suppleres med en typisk anlægsskema, der knytter sig til de anlæg og faciliteter, som indgår i den samlede løsning. Udvikling af anlægskoncepter, sikkerhedsgrundlag og øvrigt analysegrundlag til brug for myndighedsbehandling påbegyndes allerede i projektets tidlige faser og forløber parallelt med den øvrige modning af beslutningsgrundlaget. Dette afspejler IAEAs overordnede fasemodel ikke i tilstrækkelig grad.

I henhold til folketingsbeslutning B90 skal et dybt geologisk depot være klar til ibrugtagning senest i 2073. Med ibrugtagning menes i denne sammenhæng et eller flere depotanlæg der står klart til at modtage det første affald. Samtidig skal projektet senest på projekteringsstidspunktet have afklaret den samlede strategi for håndtering af den danske affaldsbeholdning, herunder om alle affaldsfraktioner skal håndteres i danske anlæg, eller om dele af affaldet kan omfattes af internationale løsninger. Sådanne beslutninger kan have væsentlig betydning for omfang, udformning og dimensionering af de anlæg og faciliteter, der indgår i den samlede løsning. Disse forhold er markeret på figuren nedenfor.

Der udestår udvikling af en endelig fasemodel for et dansk projektets flere parallelle spor og faser.



Figur A1.4. Kobling mellem overordnet fasemodel og fasemodeller for de tilhørende anlægsprojekter under depotprogrammet. De to processer skal tilpasses så de markerede milepæle koordineres.

Faseskift

Ved afslutningen af hver fase i projektet gennemgår WMO (Waste Management Organisationen) og andre interessenter de indsamlede data og vurderer de hidtidige resultater, hvorefter væsentlige leverancer produceres. På baggrund af disse evalueringer kan der foretages en justering af de tekniske, administrative og politiske forhold, hvis dette vurderes nødvendigt.

En beslutning på højt niveau vil skulle træffes om, hvorvidt og hvordan der skal overgås til den næste fase. Disse beslutninger træffes typisk på nationalt niveau og baseres på bidrag fra alle interessenter i overensstemmelse med deres roller og ansvar i henhold til den nationale politik og ramme. Beslutningerne understøttes af solid videnskabelig og teknisk information samt resultaterne af en opdateret sikkerhedscase med analyse og vurdering. Disse beslutninger kræver en veldefineret, klar og transparent præsentation af tekniske argumenter, der kan skabe tillid til gennemførligheden og sikkerheden af det geologiske deponeringsanlæg.

Programspor

Projektet er opbygget i følgende 5 hovedspor:

Spor 1 Projektplanlægning og styring

Spor 2: Interessentinvolvering

Spor 3: Udvikling af det samlede depotsystem

Spor 4 Forskning- og udvikling

Spor 5 Implementering af deponering

Det bemærkes, at programledelse, udvikling af deponeringssystemet og programimplementering – som svarer til henholdsvis det første, tredje og femte af hovedsporene defineret i denne plan – er sammenlignelige med større industrielle/ingeniørmæssige udviklingsprogrammer. Elementerne for interessentinvolvering og forskning og udviklingsaktiviteter i spor 2 og 4 er derimod unikke og centrale for et geologisk depotprojekt.

Der er forskellige måder, hvorpå et projekt kan opdeles i en WBS (Work Breakdown Structure), og IAEA anbefaler de enkelte medlemsstater at tage hensyn til deres specifikke nationale forhold ved fastlæggelsen af en struktur for det geologiske depotprojekt.

Visse aktiviteter, såsom den tekniske udformning af anlægget, fortsætter gennem flere faser af udviklingen af deponeringsanlægget. For eksempel udvikles en generisk designmodel på et tidligt tidspunkt i depotprojektet, hvorefter

den løbende opdateres med øget viden om stedsspecifikke betingelser, erfaringer fra deponeringskonstruktion og indsigt i den forventede fremtidige udvikling.

Projektets hovedspor

I efterfølgende afsnit beskrives hver af de fem hovedspor og deres overordnede forløb gennem projektets faser (på dette stadie med hovedfokus på Fase 1 og 2A).

Spor 1 Projektplanlægning og styring

Projektplanlægning og styring er koordineringen af det brede spektrum af aktiviteter og ansvar, der strækker sig over hele det geologisk deponeringsprojekts varighed. På det højeste niveau er projektets ledelsesrolle at levere et administrativt system, der styrer aktiviteterne for alle deltagere. I håndteringen af depotprojektet kan delegeres autoritet og ansvar for at indhente input fra alle organisationer og teammedlemmer, men den ultimative beslutningskompetence ligger i dette hovedspor.

Spor 1 omfatter følgende underspor:

- 1.1 Governance
- 1.2 Strategi og planlægning og programledelse
- 1.3 Programkrav og -kontrol
- 1.4 Licensering og tilladelser
- 1.5 Nuklear sikkerhed og sikringsforanstaltninger
- 1.6 Beskyttelse af sundhed, sikkerhed og miljø
- 1.7 Administration og koncernservice for projektet
- 1.8 Managementsystem, kvalitetsstyring og -kontrol
- 1.9 Vidensstyring
- 1.10 Internationalt samarbejde

Ledelsen af et geologisk deponeringsprojekt leveres primært af WMO-ledelsen. Denne ledelse manifesterer sig i form af projektstrategi, planlægning og governance/ organisation, som definerer roller, ansvar og myndighed for alle deltagere. Et ledelsessystem understøtter udviklingen, implementeringen og den fortsatte forbedring af en pragmatisk og stærk kultur og fremmer vedtagelsen af bedste praksis for alle affaldsdeponeringsaktiviteter. Seniorledelsen har en betydelig indflydelse på en organisation og forventes derfor at levere ledelse på dette område, vise synlighed, tilgængelighed og lydhørhed over for medarbejderes og interessenters synspunkter vedrørende bl.a. sikkerhedsrelaterede spørgsmål.

Projektplanlægning og styring sikrer også effektiv vidensoverførsel (f.eks. dokumentation og arkivering af information) og planlægning der skal sikre kontinuitet i et langvarigt projekt herunder varig opretholde god ledelse gennem hele projektets løbetid.

Spor 2: Interessentinvolvering

Interessentinvolvering identificeres som et særskilt hovedspor på grund af dets internationalt anerkendte rolle i succesfulde depotprojekter og dets overordnede funktion i projektet. Målet med interessentinvolvering er, at WMO opnår aktiv deltagelse fra eksterne grupper, organisationer eller enkeltpersoner, der har en interesse i udfaldet af det geologiske depotprojekt. Dette hovedspor er aktivt fra projektets begyndelse.

Mere detaljeret information om principper og aktiviteter for interessentinvolvering i det danske projekt afventer afklaring og beskrivelse af den danske strategi bl.a. for lokaliseringsprocessen.

Spor 2 omfatter følgende underspor:

- 2.1 Stat, regering og folketing
- 2.2 Kommuner og regioner (og lokale forhold)
- 2.3 Reguleringsmyndigheder

- 2.4 Advisory/ ekspert organer
- 2.5 Affaldsproducent (er)
- 2.6 Offentligheden (inklusive lokalsamfundet)
- 2.7 Andre interessenter (medier, videnskabelige og akademiske miljøer osv.)

Aktiviteter relateret til interessentinvolvering dækker et bredt spektrum og kan bl.a. omfatte etablering af en kommunikationsstrategi, hjemmesider, offentlige oplysningsprogrammer, interaktive workshops, formaliserede informationsudvekslinger, borgerpaneler og lokalitetsbesøg samt indhentning af offentlige høringssvar til programdokumenter.

Nogle interessenter, såsom statslige enheder og tilsynsmyndigheder, har eksplicit beslutningskompetence.

En god praksis er, at WMO engagerer hver kategori af interessenter på en måde, der er forståelig og klar for den pågældende interessent, samtidig med at målene for det geologiske depotprojekt opfyldes. Derfor udarbejdes og opdateres en overordnet strategi og plan for interessentinvolvering, efterhånden som projektet skrider frem.

Spor 3: Udvikling af det samlede depotsystem

Dette hovedspor består i at udvikle det tekniske og videnskabelige grundlag for det geologiske depot. Det tekniske grundlag for deponering forfines iterativt, efterhånden som der indsamles yderligere information, og analyser samt vurderinger udføres. Generelt øges indsatsen hurtigt i initiationsfasen, forbliver høj under lokaliseringsfasen og nedtrappes i den senere del af depotfasen.

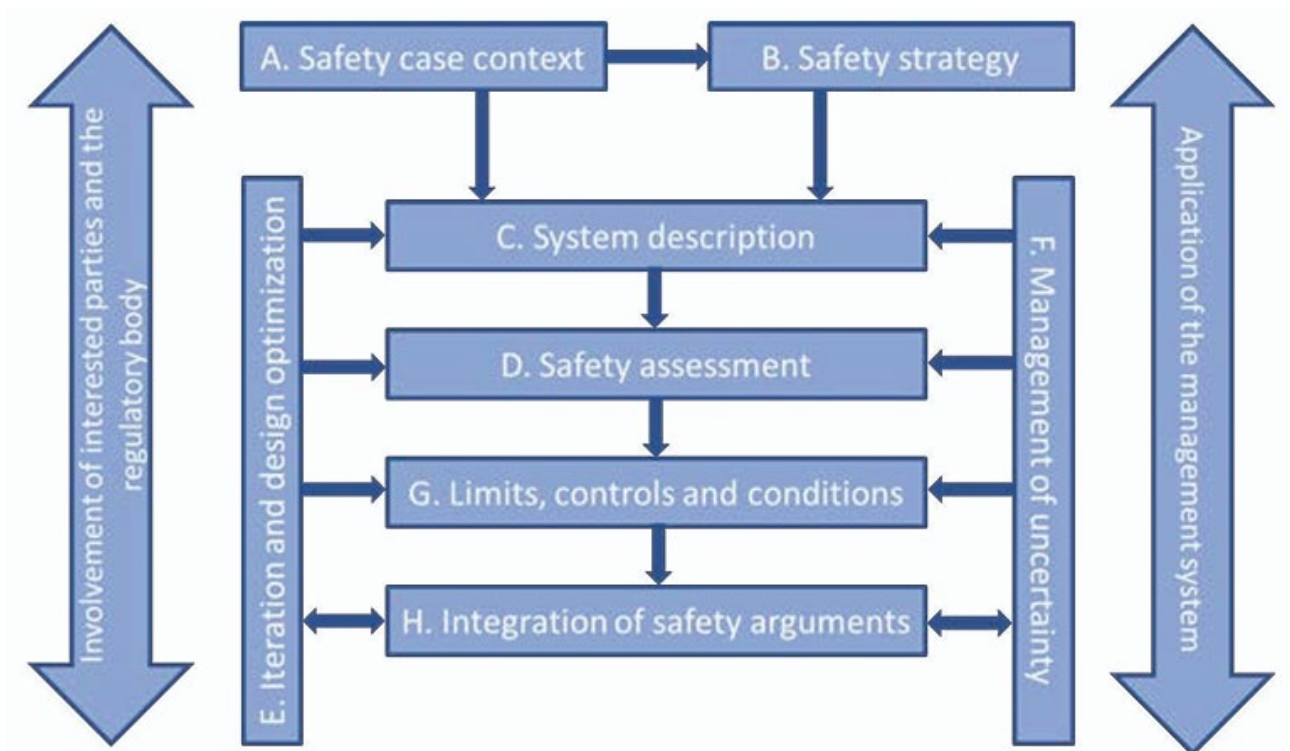
Spor 3 omfatter følgende underspor:

- 3.1 Sikkerhedsstrategi
- 3.2 Affaldsinventorie og karakterisering
- 3.3 Lokalitetsundersøgelser og karakterisering
- 3.4 Understøttende forskning og udvikling (R&D)
- 3.5 Depotsystemets design og konstruktionsmæssige udvikling
- 3.6 Konceptualisering, modeller og simulering
- 3.7 Sikkerhedsvurdering efter lukning (postclosure safety assessment)
- 3.8 Driftssikkerhedsvurdering (safety assessment)
- 3.9 Overvågning og kontrol
- 3.10 Udvikling af sikkerhedscase (Safety case)
- 3.11 Miljøkonsekvensvurdering (EIA)

Sikkerhedsdokumentationen (safety case) udgør en konceptuel ramme for køreplanen for det geologiske deponeringsprojekt og består af en løbende opdateret række af overordnede leverancer med stadigt mere detaljerede og specifikke oplysninger. Sporet fører bl.a. frem til de nødvendige myndighedsgodkendelser.

Sikkerhedsdokumentationen (safety case) er en samling af videnskabelige, tekniske, administrative og ledelsesmæssige argumenter og beviser for sikkerheden af en facilitet. Den dækker egnetheden af lokaliteten samt design, konstruktion og drift af faciliteten, vurdering af strålingsrisici og sikring af tilstrækkeligheden og kvaliteten af alt sikkerhedsrelateret arbejde forbundet med faciliteten.

Sikkerhedsvurdering (safety assessment) er en integreret del af sikkerhedsdokumentationen. Sikkerhedsvurdering indebærer kvantificering af strålingsdoser og strålingsrisici, der kan opstå fra faciliteten, med henblik på sammenligning med de relevante dosis- og risikokriterier.



Figur A1.5. De væsentligste elementer i sikkerhedsvurderingen (safety case), anvendelsen af ledelsessystemet samt processen for samspil med myndigheder og øvrige interessenter.¹

I initieringsfasen (Fase 1) er den generiske sikkerhedsdokumentation (safety case) den overordnede leverance inden for udvikling af deponeringssystemet og danner grundlag for den regulatoriske eller statslige beslutning om at igangsætte lokaliseringsprocessen. Sikkerhedsdokumentationen er en syntese af andre underliggende leverancer, som udvikler sig i takt med projektets fremskridt. Vigtige underleverancer dokumenterer sikkerhedsstrategien, affaldsbeholdningen (inventory) og affaldsacceptkriterierne (WAC), lokaliseringsundersøgelser og karakteriseringsdata, designet af depotsystemet, sikkerhedsvurderingsrapporten, designoptimeringsstudier samt miljøkonsekvensvurderingen (EIA).

Den overordnede leverance i fasen for identifikation og udvælgelse af lokalitet(er) (Fase 2A) er en opdateret sikkerhedsdokumentation, der bygger på oplysninger anvendt i udvælgelsesprocessen og understøtter beslutningen om at fortsætte med lokaliseringsundersøgelser på en eller flere lokaliteter.

I fasen for undersøgelse af specifikke lokaliteter (Fase 2B) er den opdaterede sikkerhedsdokumentation grundlag for de nødvendige tilladelser for at kunne igangsætte byggeri den overordnede leverance fra udviklingselementet for deponeringssystemet.

Sikkerhedsdokumentet opdateres løbende under udgravnings- og idriftsættelsesfasen, driftsfasen samt luknings- og afviklingsfasen (Fase 3A, B og C) for at inkorporere yderligere oplysninger fra lokaliteten og driften og for at understøtte ansøgninger om driftstilladelse, lukningstilladelse og tilladelse til ophør af licens.

Overvågning og tilsyn efter lukning af depotet (Fase 4) kan udgøre den overordnede leverance fra udviklingselementet for deponeringssystemet i efterlukningsfasen for visse deponeringsprojekter.

¹ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-23, IAEA, Vienna (2012).

Spor 4 Forskning og udvikling

Inden for landet (på depotlokaliteten eller andre steder) og/eller i udlandet spiller in situ forskningsfaciliteter en vigtig rolle i etableringen af det tekniske grundlag for sikkerheden ved geologisk deponering og muliggør, at mange aktiviteter kan udføres og testes under realistiske geologiske forhold i undergrunden.

Det skal afklares hvordan dette element i projektet ønskes anvendt under danske forhold.

Undergrundslaboratorier (URF) i udlandet er typisk placeret i et område med geologiske forhold, der er repræsentative for de overvejede depotkoncepter. Der kan være mulighed for at placere en generisk URF i en eksisterende facilitet såsom en mine eller en tunnel. Generiske URF-studier kan hurtigere og mere effektivt gennemføres i eksisterende internationale URF'er via samarbejde med etablerede geologiske deponeringsprojekter, især for medlemsstater med små deponeringsprojekter eller programmer i de tidlige faser.

Stedsspecifikke URF'er er faciliteter, der er placeret på specifikke steder eller områder, der anses for at være potentielle placeringer for et geologisk depot. Udviklingen af en eller flere URF'er er et lovkrav i nogle medlemsstater.

Spor 4 omfatter som udgangspunkt følgende underspor:

- 4.1 Planlægning, design, konstruktion, drift og vedligeholdelse af faciliteter
- 4.2 In situ lokalitetskarakterisering
- 4.3 Videnskabelig og teknisk forskning og udvikling
- 4.4 Demonstration og optimering af teknologi
- 4.5 Uddannelse og faglig udvikling
- 4.6 Interessentkommunikation

Planlægningen af forsknings- og udviklingsaktiviteter koordineres nøje med depotprojektet med det formål at reducere usikkerheder, der er relevante for sikkerhedsdokumentationen. Indledningsvis evalueres behovet for generiske eller stedsspecifikke faciliteter. Planlægningen indebærer bl.a. overvejelser om de typer videnskabelige og tekniske eksperimenter, der skal udføres, anlæggets tekniske design, tidsplanlægning og budgetplanlægning.

Der er internationalt udført meget forskning og udvikling på området som et dansk projekt kan basere sig på. Ethvert nationalt depot er unikt og der findes endnu ikke internationale standarder på området. Det forventes derfor at der vil være behov for en vis national forskning og udvikling målrettet depotfaciliteter under danske forhold herunder i den specifikke geologi der ønskes anlæg i.

Spor 5 Depot byggeri

Spor 5 er den egentlige byggefase, der iværksættes fra Fase 2B. Implementeringen omfatter de aktiviteter, der er direkte forbundet med udgravning, konstruktion, drift og lukning af deponeringsanlægget. Det er vigtigt at bemærke, at WMOs ansvar i relation til det geologiske depotprojekt, som beskrevet her er begrænset til aktiviteter på stedet og ikke omfatter transport af affald, øvrige depoter eller anlæg herunder opbevaring uden for det geologiske depot.

Spor 5 omfatter følgende underspor:

- 5.1 Konstruktion af overfladefaciliteter
- 5.2 Konstruktion af underjordiske faciliteter
- 5.3 Idriftsættelse af deponeringsanlæg
- 5.4 Overfladeoperationer
- 5.5 Underjordiske operationer
- 5.6 Lukning af underjordiske faciliteter
- 5.7 Lukning af overfladefaciliteter

Udgravnings-, konstruktions- og driftsopgaver vil typisk udgøre den største budgetpost i projektet. Den indledende periode af depot byggefasen involverer generelt omfattende konstruktion af faciliteter, der giver adgang til undergrunden, såsom skakte og adgangsramper. Aktiviteterne inden intensiveres i den senere del af lokaliseringsfasen og er i fuld gang på det tidspunkt, hvor den lovgivningsmæssige eller statslige beslutning om at give byggetilladelse træffes.

Optimering af design fortsætter under bygge- og idriftsættelsesfasen som forberedelse til affaldsdeponeringsoperationer. Mange bygge- og driftsaktiviteter i både underjordiske og overjordiske faciliteter er tæt forbundne og skal derfor koordineres nøje. Nogle internationale geologiske deponeringsprojekter etablerer og driver en pilotfacilitet, inden de gennemfører en fuldskala byggeri.

Programplan for slutdepot		Faser						
		1	2A	2B	3A	3B	3C	4
		Initiering	Lokalisering		Deponering		Efter lukning	
	Spør, underspor, arbejdsopgaver og aktiviteter		Identifikation og udvælgelse af lokaliteter	Undersøgelser af specifikke lokalitet(er)	Konstruktion og idriftsættelse	Drift	Lukning	
1	Programplanlægning og styring							
1.1	Governance							
1.2	Strategi og planlægning og programledelse							
1.3	Programkrav og -kontrol							
1.4	Licensering og tilladelser							
1.5	Nuklear sikkerhed og sikringsforanstaltninger							
1.6	Beskyttelse af sundhed, sikkerhed og miljø							
1.7	Administration og koncernservice for programmet							
1.8	Managementsystem, kvalitetsstyring og -kontrol							
1.9	Vidensstyring							
1.10	Internationalt samarbejde							
2	Interessentinvolvering							
2.1	Stat, regering og folketing							
2.2	Kommuner og regioner (og lokale forhold)							
2.3	Reguleringsmyndigheder							
2.4	Advisory/ekspert organer							
2.5	Affaldsproducent(er)							
2.6	Offentligheden (inklusive lokalsamfundet)							
2.7	Andre interessenter (medier, videnskabelige og akademiske miljøer osv.)							
3	Udvikling af det samlede depotsystem							
3.1	Sikkerhedsstrategi							
3.2	Affaldsinventorie og karakterisering							
3.3	Lokalitetsundersøgelser og karakterisering							
3.4	Understøttende forskning og udvikling (R&D)							
3.5	Depotsystemets design og konstruktionsmæssige udvikling							
3.6	Konceptualisering, modeller og simulering							
3.7	Sikkerhedsvurdering efter lukning (postclosure safety assessment)							
3.8	Driftssikkerhedsvurdering (safety assessment)							
3.9	Overvågning og kontrol							
3.10	Udvikling af sikkerheds case (Safety case)							
3.11	Miljøkonsekvensvurdering (EIA)							
4	In situ forskning og udvikling (evt. undergrund URF)							
4.1	Planlægning, design, konstruktion, drift og vedligeholdelse af faciliteter							
4.2	In situ lokalitetskarakterisering							
4.3	Videnskabelig og teknisk forskning og udvikling							
4.4	Demonstration og optimering af teknologi							
4.5	Uddannelse og faglig udvikling							
4.6	Interessentkommunikation							
5	Depot byggeri							
5.1	Konstruktion af overfladefaciliteter							
5.2	Konstruktion af underjordiske faciliteter							
5.3	Idriftsættelse af depotanlæg							
5.4	Overflade operationer							
5.5	Underjordiske operationer							
5.6	Lukning af underjordiske faciliteter							
5.7	Lukning af overfladefaciliteter							

Figur A1.6. Oversigt over generisk WBS jf. IAEA metoden med faser og hovedspor udfoldet til underspor (se bilag A.2 for en fuldt udfoldet struktur til arbejdsopgave niveau)

Faseopdelt beskrivelse af underspor og arbejdsplaner

I efterfølgende afsnit beskrives hver af de fem faser med de tilhørende hovedspor, deres underspor samt tilhørende arbejdsplaner (og evt. aktiviteter) (på dette stadie med hovedfokus på Fase 1 og 2A).

Fase 1: Initiering

Initieringsfasen er den første og fundamentale fase i projektets livscyklus. Formålet med denne fase er at definere projektets overordnede rammer, mål og succeskriterier samt at sikre en fælles forståelse blandt interessenter. I denne fase identificeres de centrale behov og krav, der skal danne grundlag for projektets videre udvikling. Der udarbejdes projektgrundlag, og de nødvendige analyser gennemføres for at vurdere projektets gennemførlighed, risici og ressourcer.

Initieringsfasen afsluttes med en beslutning om, hvorvidt projektet skal fortsætte til næste fase hvor lokaliseringen igangsættes.

Spor 1 – Fase 1: Projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt

I initiationsfasen (Fase 1) udarbejdes projektstyringsplanen som en bred køreplan for administration og implementering af depotprojektet. Dette omfatter planer og strategier, herunder for lokalisering, forskning og udvikling (R&D), vidensstyring osv. Leverancer inden for dette spor demonstrerer institutionel parathed, før projektet går videre til lokaliseringsfaserne.

Governance, den styrende WMO (Waste Management Organisation) for projektet og programbestyrelse/styregruppe defineres og etableres. Den institutionelle ramme, der er ansvarlig for depotprojektet, etableres inden for den overordnede WMO-struktur, og denne ramme bemannes med medlemmer af kernegruppen samt de organisatoriske enheder, der skal udføre de nødvendige opgaver.

En grundlæggende projektstrategi og planlægning udvikles i denne fase for at styre aktiviteterne i de øvrige spor i programplanen samt for at skabe grundlaget for tidsplanen, arbejdsopgaverne og budgetterne for depotprojektet. Der udarbejdes også en foreløbig plan for muligheder og risikostyring i projektet. En indledende arbejdsplan/produktbrydningsstruktur (WBS) og tidsplan udvikles.

Programmer for sikkerhed, sundhed og miljø udvikles i overensstemmelse med de relevante regulatoriske krav. Det er relevant at gennemføre en feasibility-undersøgelse for et geologisk depot, inden man går videre til lokaliseringsfasen af projektet.

Økonomiske kontrolforanstaltninger, herunder værktøjer til omkostningsestimering, budgettering, rapportering, revision, ejendomsadministration og indkøbsprocedurer, etableres også i initiationsfasen for at sikre ansvarlighed og gennemsigtighed. Disse kontroller fremmer en effektiv ressourceanvendelse inden for depotprojektet.

HR-praksisser udvikles for at sikre rekruttering og fastholdelse af kvalificeret personale til depotprojektet. Der udvikles programmer for medarbejderudvikling, herunder passende træning.

Planlægning og tilgange vedrørende licensering og compliance ift. myndighedskrav iværksættes i denne fase. Juridisk bistand i forbindelse med dette og andre juridiske spørgsmål forudses og vurderes.

Der udvikles et kvalitetsstyrings- og kvalitetskontrolprojekt for nuværende og kommende aktiviteter. Kvalitetsstyring for et slutdepot anlæg betragtes normalt som en del af WMO's overordnede ledelsessystem.

Vidensmanagementsystemer planlægges og udvikles i initieringsfasen og anvendes til arkivbevaring af politikker, beslutninger, analyser, data og design. Et effektivt vidensmanagementsystem er robust og søgbart for at sikre gennemsigtighed og sporbarhed af information i projektet der har en usædvanlig lang løbetid på ca. 50 år hvilket betyder et ekstra behov på dette område.

Internationale kontakter til de videnskabelige og ingeniørmæssige komponenter i eksisterende deponeringsprojekter, herunder kontakter til eksisterende forskningsfaciliteter (herunder underjordiske URF-programmer), etableres i denne fase.

Det er hensigtsmæssigt at udarbejde en sikkerhedsanalyse tidligt i depotprojektet som grundlag for at kunne planlægge lokalisering af anlægget, forskning og udvikling (R&D), design og planlægning. Da data på dette tidlige stadie kan være begrænset til skrivebordsundersøgelser, kan en generisk sikkerhedsanalyse udvikles, der inkluderer flere konceptuelle design for deponeringssystemet. Generisk forskning og udvikling inden for de videnskabelige og tekniske grundlag for det geologiske deponeringsprojekt kan også følges i initieringsfasen.

Forberedelse til lokaliseringsfaserne

Den nationale tilgang og strategi for lokaliseringen fastlægges. Forud for enhver beslutning om anvendelse af specifikke undersøgelseteknologier og -teknikker er det afgørende, at overvejelser om planlægning og gennemførelse af lokalitetsundersøgelser, gribes an på en strategisk måde. Det kræver en klar forståelse af, hvorfor data og information om lokaliteten skal indsamles, og hvordan de vil blive anvendt.

Uden denne klare forståelse og uden tilstrækkeligt detaljeret planlægning vil ressourceanvendelsen (arbejdskraft, udstyr, finansiering og tid) sandsynligvis ikke blive optimeret. Beslutningernes begrundelse vil være uklar, og tilliden til den ansvarlige organisation kan blive væsentligt svækket. Der kan også være sikkerhedsmæssige konsekvenser.

Projektet forventes tilrettelagt efter en kravbaseret tilgang herunder også ift. planlægning og gennemførelse af lokalitetsundersøgelser. Samtidig fremhæves vigtigheden af centrale ledelsesmæssige aspekter, der skal adresseres ved design og gennemførelse af undersøgelsesprojekter, der har til formål at karakterisere lokaliteter til depotfaciliteter for radioaktivt affald.

Kilder anvendt i dette afsnit:

[Management of Site Investigations for Radioactive Waste Disposal Facilities | IAEA, Link](#) side 2-8

I det følgende beskrives projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt for Fase 1 opdelt på de enkelte underspor og arbejdsplaner.

En nærmere beskrivelse for det danske projekt afventer overordnet afklaring af governance samt etablering og bemanning af WMO

Spor 1 fase 1 indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

1.1 Governance

1.1.1 Etabler governancestruktur

1.1.2 Programbestyrelse/projektstyregruppe møder og beslutninger

1.2 Strategi og planlægning og programledelse

1.2.1 Programteam

1.2.2 Planer og strategier

1.2.3 Work Breakdown Structure (WBS)

1.2.4 Risikostyring

1.3 Programkrav og -kontrol

1.3.1 Kravspecifikationer

1.3.2 Programkontrol

1.3.3 Systemtekniske værktøjer

1.4 Licensering og tilladelser

[ingen aktiviteter i Fase 1]

1.5 Nuklear sikkerhed og sikringsforanstaltninger

[ingen aktiviteter i Fase 1]

1.6 Beskyttelse af sundhed, sikkerhed og miljø

1.6.1 Overholdelse af reguleringskrav

1.6.2 Sundheds-, sikkerheds- og miljøprogram

1.7 Administration og koncernservice for projektet

1.7.1 Omkostninger

1.7.2 Indkøb og ejendom

1.7.3 Kompetence og ressourcer

1.7.4 Kompetenceudvikling

1.7.5 Juridisk bistand

1.8 Managementsystem, kvalitetsstyring og -kontrol

1.8.1 Managementsystem

1.8.2 Træning og tilsyn managementsystem

1.8.3 Revisionssystem for managementsystem

1.9 Vidensstyring

1.9.1 Arkiv og database

1.9.2 Database for designkontrol

1.9.3 System til vidensadgang

[ingen aktiviteter i Fase 1]

1.10 Internationalt samarbejde

1.10.1 R&D samarbejde

1.10.2 Underground research facilities (URF) samarbejde

Spor 2 – Fase 1: Interessentinvolvering

I Initieringsfasen sikres det nationale politiske grundlag for at iværksætte projektet.

Interessentinddragelse er en vigtig komponent i hele det geologiske deponeringsprojekt. Den spiller en særlig kritisk rolle i lokaliseringsfasen, men grundlaget for dette lægges allerede her i initieringsfasen. Det er generelt anerkendt, at en tilladelse til at opføre et depotanlæg sandsynligvis kun kan opnås med lokal accept, hvis lokalsamfundene inddrages fra begyndelsen.

Et centralt hovedmål for projektet er desuden at udarbejde det tekniske grundlag for at opnå alle de nødvendige myndighedstilladelser. Derfor etableres i initieringsfasen også kontakt til myndigheder bl.a. med henblik på at kunne udarbejde det nødvendige planlægningsgrundlag frem mod myndighedsansøgninger senere i projektet.

[En nærmere beskrivelse afventer bl.a. strategi og plan for den danske lokaliseringsproces.]

Spor 2 fase 1 indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

2.1 Stat, regering og folketing

2.1.1 Politisk og teknisk udveksling med statslige enheder

2.1.1.1 Etablere forbindelser med relevante statslige enheder

2.1.2 Potentielle problemstillinger – stat

2.1.2.1 Identificere potentielle problemstillinger af interesse for statslige enheder

2.2 Kommuner og regioner (og lokale forhold)

2.2.1 Politisk og teknisk udveksling lokalt

2.2.2 Potentielle problemstillinger – lokalt

[ingen aktiviteter før Fase 2A]

2.3 Reguleringsmyndigheder

2.3.1 Kontakt med regulerende myndigheder

2.3.1.1 Etablere forbindelser med regulerende myndigheder

2.3.2 Potentielle problemstillinger

2.3.2.1 Udarbejd liste over potentielle problemstillinger af interesse for reguleringsmyndigheder

2.4 Advisory/ekspert organer

2.4.1 Kontakt med advisory board/ekspertgrupper

2.4.1.1 Etablere forbindelser med advisory/ekspertgrupper

- 2.4.2 Potentielle problemstillinger advisory board/eksperter
- 2.4.2.1 *Udarbejd liste over potentielle problemstillinger af interesse for advisory/ekspertgrupper*

2.5 Affaldsproducent (er)

- 2.5.1 Kontakt med affaldsproducenter
- 2.5.1.1 *Etablere forbindelser med affaldsproducenter*

- 2.5.2 Potentielle problemstillinger – affaldsproducenter
- 2.5.2.1 *Udarbejd liste over potentielle problemstillinger af interesse for affaldsproducenter*

- 2.5.3 WAC affaldsproducenter
- [ingen aktiviteter før Fase 2A]

- 2.5.4 Affaldsleverance
- [ingen aktiviteter før Fase 2A]

2.6 Offentligheden (inklusive lokalsamfundet)

- 2.6.1 Kontakt med offentligheden
- [ingen aktiviteter før Fase 2A]

- 2.6.2 Potentielle problemstillinger – offentlighed
- 2.6.2.1 *Identificere potentielle problemstillinger af interesse for den berørte offentlighed*

- 2.6.3 Rundvisning - offentlighed
- [ingen aktiviteter før Fase 3A]

2.7 Andre interessenter (medier, videnskabelige og akademiske miljøer osv.)

- 2.7.1 Kontakt andre interessenter
- 2.7.1.1 *Etablere forbindelser med relevante (bekymrede) interessenter*

- 2.7.2 Potentielle problemstillinger - andre interessenter
- 2.7.2.1 *Identificere potentielle problemstillinger af interesse for andre interessenter*

- 2.7.3 Rundvisning - andre interessenter
- [ingen aktiviteter før Fase 3A]

Spor 3 – Fase 1: Udvikling af det samlede depotsystem

Aktiviteter inden for spor 3: Udviklingen af depotsystemet i fase 1 initiationsfasen af depotprojektet er relateret til etablering af det tekniske grundlag for affaldsdepotet forud for lokaliseringsprocessen.

De primære mål for dette element i initiationsfasen er at understøtte den regulatoriske eller statslige beslutning om igangsættelse af lokaliseringsprocessen samt at forberede depotprojektet til denne proces.

En generisk sikkerhedsstrategi udvikles for at adressere de mangeartede sikkerhedsfunktioner, herunder beskyttelse i dybden, indeslutning, isolation og robusthed i det generiske geologiske deponeringskoncept.

Affaldsinventoriet, herunder potentiel fremtidig affaldsgenerering samt metoder til affaldskategorisering og de foreløbige affaldsacceptkriterier (WAC), analyseres. Nationale og regionale geologiske forhold undersøges, og en database med eksisterende informationer oprettes.

Foreløbige konceptuelle modeller af naturlige og ingeniørmæssige barriersystemer og biosfæren udvikles til støtte for den generiske sikkerhedscase i initiationsfasen.

Der gennemføres en undersøgelse af potentielle metoder og værktøjer til lokaliseringsundersøgelser og karakterisering, der er relevante for de nationale forhold (herunder geologiske). En indledende vurdering af koblede processer i depotsystemet gennemføres. Der udføres en international undersøgelse af depotkoncepter for det nationale affaldsinventorie samt potentielle relevante geologiske medier.

Et generisk design udvikles for depotsystemet, herunder udvikling af affaldspakkens design (waste package), baseret på en litteraturgennemgang af eksisterende internationale designkoncepter.

Generiske konceptuelle modeller for den langsigtede udvikling af geosfæren, det konstruktionsmæssige barriersystem og biosfæren udvikles til støtte for den generiske sikkerhedscase. Generiske sikkerhedsvurderingsmetoder og FEP-analyser (Features, Events, and Processes) udvikles også til støtte for sikkerhedscasen.

En database med inputparametre og modeller til efterluknings-sikkerhedsanalyse (post-closure safety analysis models) udvikles og anvendes til at gennemføre en sikkerhedsvurdering til støtte for den generiske sikkerhedscase.

En generisk screening af radionuklider udføres for at identificere de nuklider, der er relevante for efterlukningssikkerheden.

En generisk sikkerhedscase udvikles baseret på projektets grundlæggende sikkerhedsstrategi, potentielle geologiske værtsmedier, en foreløbig analyse af affaldsinventoriet og den generiske sikkerhedsvurdering. En vurdering af usikkerheder i den generiske sikkerhedscase foretages ved hjælp af en gap-analyse.

Supplerende information til støtte for miljøkonsekvensvurderingen (EIA) indsamles.

Spor 3 fase 1 indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

3.1 Sikkerhedsstrategi

3.1.1 Udvikle generel sikkerhedsstrategi (indeslutning og isolering, robusthed osv.)

(dette afsnit er oversat fra side 24 og frem i IAEA Safety Standards Series No. SSG-23: [STI/PUB/1553 The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste](#))

Den tidlige udvikling og vedtagelse af en strategi for sikkerhed er et nøglepunkt i udviklingen af sikkerhedsdokumentationen. Sikkerhedsstrategien er en overordnet, integreret tilgang til at opnå sikker deponering af radioaktivt affald. Sikkerhedsstrategien bør omfatte en overordnet managementstrategi for de forskellige aktiviteter, der er nødvendige i planlægningen, driften og lukningen af et deponeringsanlæg. Dette inkluderer lokalisering og design, udvikling af sikkerhedsdokumentationen, sikkerhedsvurdering, karakterisering af lokalitet, karakterisering af affaldsformer samt forskning og udvikling.

Sikkerhedsstrategien refererer til den tilgang, der vil blive anvendt ved valg af lokation og design af anlægget for at overholde sikkerhedsmål, principper og kriterier, efterleve lovgivningsmæssige krav samt sikre, at god ingeniørpraksis er anvendt, og at sikkerhed og beskyttelse er optimeret.

Strategien bør fastlægges tidligt i konceptualiseringen af depotanlægget. I de tidlige faser kan strategien udvikles og modnes, men den bør defineres så tidligt som muligt. Der arbejdes frem mod tidspunktet hvor lokaliteten er valgt (i fase 2B). På dette tidspunkt bør designkonceptet for at implementere strategien være tilstrækkeligt veludviklet til at sikre, at det samlede deponeringssystem kan levere og opretholde de sikkerhedsfunktioner, der er tiltænkt anlægget.

Efterhånden som projektet skrider frem, bør sikkerhedsstrategien løbende valideres, og eventuelle ændringer bør begrundes i sikkerhedsdokumentationen. Enhver udvikling af sikkerhedsstrategien bør registreres nøje, og disse optegnelser bør bevares til fremtidig brug, og dermed tage højde for skiftende personalet over tid.

Sikkerhedsstrategien bør omfatte en række centrale elementer, herunder: tilvejebringelse af flere sikkerhedsfunktioner og beskyttelse i dybden, indeslutning og isolation af affaldet, anvendelse af passive sikkerhedsfunktioner, robusthed i deponeringssystemet, påviselighed af sikkerhedsrelaterede funktioner og aspekter samt sammenhæng med håndteringen af affaldet før deponering.

Den bør også tage højde for den tilgang, der vil blive anvendt til håndtering af usikkerheder, med henblik på at sikre, at den sikkerhedsstrategi, overholdes.

Der tilvejebringes flere sikkerhedsfunktioner, så sikkerheden ikke afhænger unødigt af en enkelt sikkerhedsfunktion, og for at sikre, at hvis én sikkerhedsfunktion ikke fungerer som tiltænkt, er der yderligere sikkerhedsfunktioner til at kompensere.

For eksempel, hvis affaldsemballagen er tildelt en indeslutningsfunktion og nedbrydes hurtigere end forventet, kan det omgivende opfyldningsmateriale bidrage med en yderligere fysisk indeslutning ved at forsinke migrationen af radionuklider gennem adsorption; eller det geologiske værtsmiljø kan bidrage til spredning af radionuklider.

Sikkerhedsstrategien bør identificere de tilsigtede sikkerhedsfunktioner, de tidsperioder, hvor de vil være tilgængelige, samt hvordan en forringet ydeevne af én barriere vil blive kompenseret af en anden mekanisme eller af komponenter i deponeringssystemet.

Sikkerhedsstrategien bør også adressere, hvordan tilstrækkeligheden af de forskellige sikkerhedsfunktioner vil blive demonstreret, f.eks. gennem vurderinger, analogier, testning osv. Strategien bør angive, hvordan et passende niveau af beskyttelse i dybden vil blive sikret gennem de forskellige sikkerhedsfunktioner. Beskyttelsens tilstrækkelighed kan udtrykkes både kvantitativt og kvalitativt.

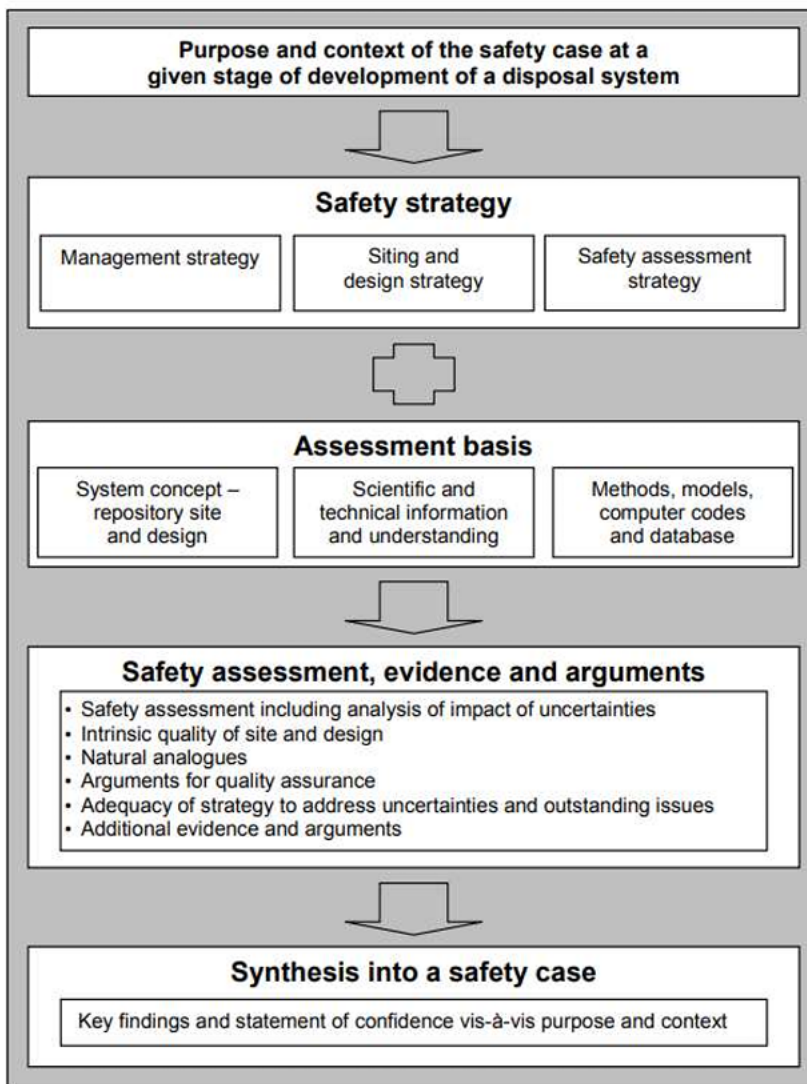
Den måde, hvorpå indeslutning af det radioaktive affald vil blive sikret, bør beskrives i sikkerhedsstrategien, sammen med hvordan tilstrækkeligheden af indeslutningen vil blive demonstreret i overensstemmelse med den reguleringsmæssige tilgang. De tidsperioder, hvor indeslutningsfunktionerne vil være tilgængelige, bør specificeres, og der bør gives en begrundelse for disse tidsrammer.

Isolationskonceptet omfatter grundlæggende to aspekter: fysisk adskillelse af affaldet fra det tilgængelige miljø og sikring af, at sikkerhedsfunktionerne er isoleret fra forstyrrende påvirkninger. En forklaring og begrundelse for, hvordan disse to aspekter vil blive sikret, bør gives i sikkerhedsstrategien, sammen med en beskrivelse af, hvordan deres tilstrækkelighed vil blive demonstreret i overensstemmelse med den reguleringsmæssige tilgang.

Sikkerhedsstrategien bør beskrive, hvordan det vil blive demonstreret, at gensidige afhængigheder med forudgående håndtering af affaldet før deponering vil blive taget i betragtning for at sikre affaldets kompatibilitet med udformningen og driften af deponeringsanlægget.

Derudover bør sikkerhedsstrategien beskrive følgende:

- Den forsigtighedsgrad, der vil blive udvist ved beslutningstagning, samt brugen af flere parallelle ræsonnementer
- Begrundelsen for valg af vurderingsmetode samt tidsrammen og tidsvinduerne for vurderingen, herunder en diskussion af de forskellige vurderingstilgange og de værktøjer, der vil blive anvendt til at verificere, bekræfte og sammenligne vurderingsresultater
- Hvordan peer reviews vil blive gennemført
- Hvordan overensstemmelse med internationale retningslinjer og praksisser vil blive demonstreret
- Andre overordnede argumenter, hvor det er relevant.



Figur A1.7. Elementer i sikkerhedsdokumentationen (NEA 2013, modificeret fra figur 1 i NEA 2004). Kilde Norges generiske sikkerhedsvurdering for depot (før lokalisering) 2022: [Link](#)

3.2 Affaldsinventorie og karakterisering

3.2.1 Affaldsinventorie

3.2.1.1 Gennemføre initial analyse af affaldsinventorie, inkl. Prognoser

Den initiale analyse af affaldsinventoriet skal give et estimat af de forskellige affaldsfraktioner (affaldstyper, mængder, nuklider mm) og en beskrivelse af, hvordan disse er estimeret, samt hvilke usikkerheder der er forbundet med analysen.

3.2.2 Affaldskarakterisering

Affaldskarakteriseringen skal give et mere nøjagtigt indblik i affaldet, og den viden er essentiel for både indpakningen af affaldet, udformningen af depotet og undersøgelsen af geologien. På nuværende tidspunkt er der en stor del af affaldet som fortsat er ukendt, hvorfor der er et behov for at få karakteriseret den del af affaldet.

3.2.2.1 Udvikle indledende plan for affaldskarakterisering

I den initiale fase, er der behov for at få udarbejdet en indledende plan for affaldskarakteriseringen. Den indledende plan skal beskrive endemålet med karakteriseringen samt, hvilke præmisser og nødvendigheder der er for at udføre denne, en tidsplan med milepæle samt en beskrivelse af den viden og ressourcer der er behov for.

3.2.3 Waste Acceptance Criteria (WAC)

Affaldsacceptkriterier er de kriterier og processer som skal udvikles for at kunne acceptere at affaldet kan anbringes på depotet. WAC'en skal sikre overensstemmelse med sikkerhedskravene, forhindre teknologiske problemer under behandling, fungere som et benchmark for kommunikation mellem affaldsproducenten og anlægsoperatører, forbedre affaldssporing mm. For at kunne udarbejde en specifik WAC for depotet, er der behov for et dybdegående kendskab til affaldet og depotudformningen, som først opnås senere i processen. Dog er anbefalingerne fra IAEA, at der udvikles nogle mere generiske kriterier, som med tiden kan opdateres igennem en iterativ proces og til sidst udgøre den endelige WAC.

3.2.3.1 Udvikle generiske affaldsaccept kriterier for WAC

Den generiske WAC skal fungere som en forløber til den endelige WAC for depotet. Den generiske WAC skal udformes med nogle generelle krav til affaldet og depotet. Generisk WAC er brugbart i den tidlige fase for udvikling af et depot, og skal derfor udvikles i initiation fasen.

3.3 Lokalitetsundersøgelser og karakterisering

Der udarbejdes i initieringsfasen en national lokaliseringsstrategi, der danner grundlag for tilrettelæggelse af lokalitetsundersøgelser og karakterisering.

Udgangspunktet for valg af lokalitet kan – alt efter de nationale forhold - være hvor som helst på et kontinuum, der strækker sig fra et fuldt nationalt kort til en eller en udvalgt liste over på forhånd foretrukne steder. Til videre reference betegnes disse to yderpunkter for lokaliseringsstrategien som:

- A. Lokalitetsscreening startende fra et nationalt kort
- B. Foretrukket lokalitet (eller liste over lokaliteter) med på forhånd gunstige karakteristika

Ad A: Den første tilgang omfatter indledende skrivebordsundersøgelser, der vurderer potentialet for store områder på regional skala (muligvis på landsplan) til at huse et deponi. Ved hjælp af en række forudbestemte og aftalte udelukkelseskriterier samt eventuelt undgåelses- og egnethedskriterier identificeres potentielle søgeområder inden for disse områder, som derefter underkastes yderligere undersøgelser.

Efter en sammenligning med diskriminerende kriterier vil søgeområderne gradvist blive frasorteret, indtil et relativt lille antal områder med potentielle placeringer er identificeret. Disse placeringer vurderes derefter for deres egnethed til at huse et depot baseret på indledende feltundersøgelser. Når der er etableret et acceptabelt datagrundlag og en forståelse af hver lokalitet, anvendes kriterierne – eventuelt understøttet af foreløbig sikkerhedsvurderingsmodellering, som anbefales – til at frasortere yderligere steder fra videre overvejelser.

Antallet af lokaliteter, der udvælges på hvert trin, og antallet af screeningsrunder afhænger af nationale forhold og beslutninger, herunder i hvilket omfang udvælgelsesindsatsen skal stå i forhold til den risiko, affaldet udgør (dvs. anvendelse af en gradueret tilgang). Dette fører til en beslutning om kun at karakterisere et eller få af de tilbageværende steder i detaljer, indtil den endelige beslutning om deponeringsfacilitetens placering træffes gennem en lokalitetsbekræftelse i fase 2B.

For en national tilgang der anvender en sammenlignelig metode kan bl.a. henvises til Tyskland. Metoden beskrives bl.a. her: [Phase I Schritt 2: Ermittlung von Standortregionen](#)

Ad B: Den anden placeringsstrategi begynder med et eller få steder med på forhånd gunstige karakteristika, såsom frivillighed, jordejerskab, tilstedeværelse af eksisterende nukleare faciliteter (eventuelt styrket af nærhed til opbevaring af en stor del af den nationale affaldsinventorie) eller et sted, der tidligere er blevet grundigt undersøgt. Det foretrukne sted karakteriseres derefter i detaljer og evalueres for at sikre, at det opfylder sikkerhedskrav og andre krav til deponering.

Anvendelsen af denne tilgang gør det muligt at gå direkte fra den konceptuelle planlægningsfase til en detaljeret karakterisering af den foretrukne lokalitet. Det er vigtigt at huske, at feltundersøgelser i denne strategi vil blive gennemført gradvist (dvs. prioriteret og udført i faser). Især bør eventuelle indikatorer, der antyder, at stedet måske ikke er egnet, undersøges tidligt i processen.

Eksempel fra udbygning af SFR i Sverige: [Ansökan enligt kärntekniklagen - SKB](#), [Så valdes Forsmark - SKB](#)

--

For mange store depotprojekter i andre lande har lokaliseringsstrategien ofte været en iterativ proces, hvor fokus gradvist indsnævres til mindre områder fra et indledende landsdækkende eller regionalt søgeområde. Derimod er den målrettede tilgang, hvor et foretrukket sted identificeres fra starten, især blevet anvendt til programmer for depoter nær overfladen (ikke-dybe depoter).

Det er værd at bemærke, at der findes flere varianter af de to beskrevne tilgange, og valget af hvilken strategi der skal følges, afhænger af nationale beslutninger.

Uanset hvilken placeringsstrategi og beslutningsproces der vælges, bør en struktureret tilgang, der har bred opbakning, aftales på forhånd.

3.3.1 Geologisk information

Formålet med lokalitetsundersøgelsesfaserne er at identificere og gradvist udpege områder, der kan indeholde egnede lokaliteter, efter at de relevante faktorer for lokalitetsvalg, identificeret i en foregående proces, er blevet overvejet. Denne proces med udvælgelse af lokaliteter kan fx gennemføres gennem en trinvis screening af en interesseret region, hvilket resulterer i identificeringen af egnede mindre områder. Hvis nogle mindre områder allerede er blevet udpeget som mulige placeringer, kan der i denne fase gennemføres undersøgelser for at indsamle information på regional skala, der er nødvendig for bedre at fastlægge randbetingelserne.

Områdeundersøgelsesfasen involverer generelt to faser:

- (1) En fase med regional kortlægning eller undersøgelse for at identificere områder med potentielt egnede lokaliteter.
- (2) En screeningsfase for at udvælge et eller flere potentielle lokaliteter til yderligere og mere detaljeret evaluering.

Den nærmere tilrettelæggelse afhænger af ønsker til håndtering af lokaliseringsprocessen.

- En typisk trinvis screeningsproces starter med at definere de kriterier, der skal anvendes til at vælge interesseområder. Kriterierne omfatter bl.a. geografiske, geologiske og hydrogeologiske egenskaber, der er fordelagtige for det ønskede depotkoncept. Generelt vil hele systemets ydeevne være vigtig, selvom der kan identificeres faktorer, der er kritiske for succes eller fiasko for et specifikt depotkoncept. Den regionale kortlægning eller undersøgelse kan for eksempel dække hele området i en region defineret af naturlige eller politiske grænser, eller den kan være begrænset til udvalgte områder efter andre kriterie. De efterfølgende aktiviteter bør fokusere på gradvist mindre og mere velegnede områder. Processen bør tillade udvælgelse af et eller flere potentielle lokaliteter.
- Valget af placeringsfaktorer til brug i den regionale kortlægningsfase bør baseres på typen af den planlagte depotfacilitet, muligheden for at anvende simple retningslinjer og den lette tilgængelighed af nødvendige data. Eventuelle specifikke lovgivningsmæssige krav bør også tages i betragtning, for eksempel krav vedrørende nærhed til større geologisk aktive forkastninger og områder med vulkansk aktivitet. Analysen i denne fase vil primært være

baseret på tilgængelig information (f.eks. geologiske data fra tidligere undersøgelser, historiske seismiske data, fjernmåledata).

(b) Lokaltetscreeningsfase

I den næste fase identificeres potentielle lokaliteter inden for de egnede områder. Screeningen af potentielle lokaliteter kan involvere nogle faktorer, der ikke blev overvejet i den regionale kortlægningsfase, herunder planforhold og sociopolitiske kriterier, hvis disse ikke tidligere er blevet anvendt. For eksempel vil mange nationale love og reguleringer skulle tages i betragtning i den regionale analyse og den efterfølgende screening af potentielle lokaliteter (f.eks. vigtige grundvandsressourcer, nationalparker, historiske monumenter).

3.3.1.1 Indsamle information om national geologi og geodynamik for at forstå geologiske muligheder

De nødvendige geologiske informationer afhænger af disses videre anvendelse i bl.a. lokaliseringsprocesser og sikkerhedsvurderinger herunder affaldsinventoriets og mulige scenarier for depotsystemet. Nedenfor er en kort gennemgang af det arbejde der hidtil er udført af GEUS. Før evt. yderligere analyser igangsættes, bør formål, strategi og behov afklares.

Det hidtidige arbejde i Danmark har hovedsagligt været udført med henblik på en national screening for mulige lokaliteter og på baggrund af eksisterende data.

Baggrund om tidligere udført arbejde hos GEUS:

GEUS fik på baggrund af B90 i 2018 til opgave at undersøge, om der i Danmark kan identificeres lokaliteter, hvor undergrunden er egnet til dyb deponering af det danske radioaktive affald i omkring 500 meters dybde. GEUS har udført en geologisk karakterisering og evaluering af hele den danske undergrund ud fra en række kriterier. Resultaterne af arbejdet i projektets første fase er blevet samlet i ni rapporter, som er blevet offentliggjort i januar 2022. Arbejdet er primært baseret på eksisterende data fra den danske undergrund, der er blevet gennemgået og analyseret.

Link til rapporter på GEUS hjemmeside: [Deponering af radioaktivt affald på 500 meters dybde](#)

GEUS har tidligere udarbejdet analyser på baggrund af folketingsbeslutningen B48 fra 2003. GEUS gennemførte en regional kortlægning af de geologiske forhold i Danmark med henblik på at udpege en række områder i Danmark, der muligvis ville kunne benyttes til at etablere et dansk depot i undergrunden i en dybde af ca. 100 m. Arbejdet blev baseret på eksisterende informationer i arkiver, databaser og litteratur. GEUS udarbejdede 11 rapporter samt en fællesrapport sammen med Dansk Dekommissionering og Institut for Strålebeskyttelse, hvor der blev valgt de seks områder til de videre omegnsstudier.

Omegnsstudierne omfattede yderligere undersøgelser inden for de udvalgte seks områder. Opgaven blev udført af GEUS suppleret af Naturstyrelsen og notater fra de respektive kommuner. Rapporterne for de 6 områder blev offentliggjort 31. januar 2013.

Link til rapporter fra disse tidligere analyser kan findes på GEUS hjemmeside: [Tidligere arbejde med radioaktivt affald](#)

3.3.2 Metoder og værktøjer

3.3.2.1 Udarbejde og opdatere undersøgelses- og karakteriseringsmetoder og værktøjer

[beskrivelse afventer jf. indledende afsnit]

3.3.3 Konceptuelle lokalitetsmodeller

3.3.3.1 Udvikle foreløbige konceptuelle modeller

[beskrivelse afventer jf. indledende afsnit]

3.3.4 Biosfære og eksponeringsveje

[opstartes først i fase 2A]

3.4 Understøttende forskning og udvikling (R&D)

3.4.1 Modeller for konstruktion og processer

3.4.1.1 *Udvikle foreløbige konceptuelle modeller for konstruktionssystemer og koblede processer*

3.4.2 Forskning og udvikling

3.4.2.1 *Gennemføre internationale litteraturstudie af depotkoncepter for potentielle geologiske medier*

3.5 Depotsystemets design og konstruktionsmæssige udvikling

3.5.1 Design af depotsystem

3.5.1.1 *Udvikle generisk design af depotsystem*

Generisk design af depotsystem og mulige løsninger, The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste oversat fra side 27 og frem [Link](#)

Beskrivelsen af depotsystemet bør registrere al information og viden om depotsystemet og danne grundlaget for al sikkerhedsvurdering. Information vil blive indsamlet, og forståelsen af depotsystemet vil udvikle sig og modnes, efterhånden som projektet skrider frem, og vurderingerne udføres iterativt. Efterhånden som viden udvikles, bør den anvendes til at identificere fremtidige behov for systemkarakterisering og anlægsdesign. Beskrivelsen af systemet bør, afhængigt af typen af depotanlæg, indeholde information om følgende:

- Nærfeltet, herunder:
 - (i) affaldstyper (f.eks. oprindelse, karakter, mængder og egenskaber ved affaldet samt radionuklid inventorie)
 - (ii) systemets ingeniør/konstruktionsmæssige aspekter, f.eks. affaldsbehandling og emballering, deponeringsenheder, tekniske barrierer, overdækning af depotanlægget, dræningsstrukturer
 - (iii) omfanget og egenskaberne af den zone, der er påvirket af udgravnings- eller konstruktionsarbejde.
- Fjernfeltet, f.eks. geologi, hydrogeologi, hydrologi, geokemi, tektoniske og seismiske forhold, erosionsrater.
- Biosfæren, f.eks. klima og atmosfære, vandområder, den lokale befolkning, menneskelige aktiviteter, fauna og flora, jordbundsforhold, topografi samt depotanlæggets geografiske placering og udstrækning.

Afhængigt af typen af depotanlæg bør beskrivelsen af systemet også omfatte:

- En tydelig specifikation og beskrivelse af systemets komponenter samt deres interaktioner og tilknyttede usikkerheder.
- En beskrivelse af det overordnede sikkerhedskoncept og sikkerhedsfunktionerne.
- En forklaring på, hvordan systemets komponenter fortsat vil kunne opfylde deres tildelte sikkerhedsfunktioner, både i den forventede udvikling af systemet og i mindre sandsynlige hændelser.
- En diskussion af, hvordan regulatoriske eller andre krav til systemkomponenter er blevet adresseret i anlægsdesignet.
- En beskrivelse af de radiologiske, termiske, hydrauliske, mekaniske, kemiske og biologiske processer, der kan påvirke depotsystemet.

- En forklaring på, hvordan eksponeringsveje for radionuklider vil udvikle sig, både i den forventede udvikling af systemet og i mindre sandsynlige hændelser.

Beskrivelsen af depotsystemet bør give oplysninger om de data, der understøtter sikkerhedsvurderingerne, herunder:

- En redegørelse for, hvordan ledelsessystemet sikrer kvaliteten af alle sikkerhedsrelaterede data, der er anvendt.
- Kilderne til de anvendte data (f.eks. henvisninger til målinger og rapporter).
- Begrundelsen for projektet for lokalitetskarakterisering (f.eks. udvælgelse og placering af prøver) – dataindsamlingsprogrammer bør afspejle konklusionerne fra tidligere sikkerhedsvurderinger og behovet for information i efterfølgende vurderingsrunder.
- En beskrivelse af de teknikker, der er blevet anvendt til at karakterisere stedet og indsamle overvågningsdata, samt usikkerhederne forbundet med disse teknikker og data.
- En beskrivelse af, hvordan radionuklid inventori er blevet estimeret, samt usikkerheder forbundet med denne opgørelse.
- Enhver information, der anvendes til at forstå mulige fremtidige menneskelige aktiviteter i området omkring deponeringsanlægget (f.eks. aktuelle menneskelige praksisser i området, historiske optegnelser over mineraludvinding).

Omfanget og kompleksiteten af den medfølgende information afhænger af typen af depotanlæg og affald. Beskrivelsen for et anlæg til deponering af meget lavaktivt affald vil være mindre omfattende og kompleks end for et anlæg til højaktivt affald. Omfanget og kompleksiteten afhænger af en række faktorer, herunder affaldsmængden, de specifikke radioaktive karakteristika, værtstedets natur og kompleksitet samt de meteorologiske og hydrologiske forhold.

En begrundelse for beskrivelsens omfang og kompleksitet bør inkluderes i sikkerhedsdokumentationen og godkendes af myndighederne som en del af de indledende drøftelser om deponeringsanlæggets konceptualisering og under hele dets udvikling og drift.

3.5.2 Design af overflade og underjordiske faciliteter

[opstartes først i Fase 2A]

3.5.3 Design af affaldshåndtering

[opstartes først i Fase 2A]

3.5.4 Operationelle procedurer

[opstartes først i Fase 2A]

3.6 *Konceptualisering, modeller og simulering*

3.6.1 Model for lokalitetens langsigtede udvikling, til sikkerhedsanalysen (safety case)

3.6.1.1 *Udvikle generisk konceptuel model for lokalitetens langsigtede udvikling*

3.6.2 Model for konstruktionens langsigtede udvikling, til sikkerhedsanalysen (safety case)

3.6.2.1 *Udvikle generisk konceptuel model for konstruktionssystemets langsigtede udvikling*

3.6.3 Matematisk model for depotsystemet

[opstartes først i Fase 2A]

3.7 Sikkerhedsvurdering efter lukning (*postclosure safety assessment*)

Sikkerhedsvurdering (safety assessment), som er en integreret del af sikkerhedsdokumentationen (safety case), baseres på en systematisk vurdering af strålingsfarer og udgør en vigtig komponent i sikkerhedsdokumentationen (safety case).

Sikkerhedsvurderingen omfatter evaluering af et depotsystems ydeevne og kvantificering af dets potentielle radiologiske påvirkning af menneskers sundhed og miljøet. Den udgør en central del af sikkerhedsdokumentationen for et deponeringsanlæg og bør tage højde for anlæggets potentielle radiologiske påvirkninger både under drift og efter lukning.

Radiologiske påvirkninger kan opstå som følge af gradvise processer efter lukning, der kan føre til nedbrydning af anlægget og dets komponenter (f.eks. naturlige og tekniske barrierer), samt gennem enkeltstående forstyrrende hændelser, der kan påvirke affaldets isolation (f.eks. jordskælv, forkastninger og utilsigtet menneskelig indtrængen).

Sikkerhedsvurderingen bør demonstrere, hvorvidt depotanlægget overholder gældende lovgivningsmæssige krav.

3.7.1 Features, Events, and Processes (FEB)

Nøgleaktiviteter i udviklingen af en sikkerheds- eller performancevurdering for et depot for radioaktivt affald er den omfattende identifikation af relevante faktorer, ofte benævnt "egenskaber, hændelser og processer" (Features, Events and Processes, FEP'er), samt udvælgelsen af de faktorer, der bør indgå i kvantitative analyser. Processerne med at identificere, klassificere og udvælge faktorer udgør de første faser i identifikationen og udvælgelsen af alternative fremtidsscenarier, der er relevante for vurderingen af depotets præstation, hvilket betegnes som scenarietudvikling.

NEA FEP-databasen er et værktøj til at understøtte nationale programmer for håndtering af radioaktivt affald (RWM) i identifikation, klassificering og screening af FEP'er, der anvendes til at definere relevante scenarier for sikkerhedsvurdering af dybe geologiske depoter (DGR'er).

NEA FEP-databasen består af to dele:

International FEP (IFEP)-liste – en omfattende og struktureret liste over faktorer, der er relevante for vurderingen af den langsigtede sikkerhed af DGR'er. Denne liste fungerer som en hovedliste og et klassifikationssystem til at analysere de projektspecifikke databaseposter.

Projektspecifikke FEP (PFEP)-lister – en samling af FEP-lister og databaseindhold, med referencer, som er blevet udarbejdet under studier af depoters sikkerhedsvurdering. Hver FEP i en projektdatabase kan knyttes til en eller flere af de internationale FEP'er.

Relevante links:

[Features, Events and Processes \(FEPs\) for Geologic Disposal of Radioactive Waste | OECD](#)

[Nuclear Energy Agency \(NEA\) - International Features, Events and Processes \(IFEP\) List for the Deep Geological Disposal of Radioactive Waste](#)

[NEA FEP Database](#)

3.7.1.1 Gennemgå FEPs-scenarie for generiske referencecases

[Det afklares hvordan FEB ønskes anvendt i det danske program]

3.7.2 Database og inputparametre

3.7.2.1 Etablere database og inputparametre til generiske modeller for sikkerhedsvurdering efter lukning

3.7.3 Radionuklid screeningsundersøgelse

3.7.3.1 Gennemføre generisk radionuklid-screeningsanalyse

3.7.4 Sikkerhedsvurdering /Sikkerhedsanalyse (Safety assessment)

3.7.4.1 *Gennemføre generisk sikkerhedsvurdering (post-closure) til støtte for den generelle sikkerhedsanalyse (safety case)*

3.7.5 Post-closure sikkerhedsanalysemodeller

3.7.5.1 *Udvikle modeller for sikkerhedsvurdering efter lukning (post-closure)*

3.8 Driftssikkerhedsvurdering (safety assessment)

[opstartes først i Fase 2A]

3.9 Overvågning og kontrol

[opstartes først i Fase 2A]

3.10 Udvikling af sikkerhedscase (Safety case)

Sikkerhedsdokumentationen (safety case) er en samling af videnskabelige, tekniske, administrative og ledelsesmæssige argumenter og beviser, der understøtter sikkerheden af et deponeringsanlæg. Den omfatter vurderingen af lokalitetens egnethed samt design, konstruktion og drift af anlægget, vurdering af strålingsrisici og sikring af tilstrækkeligheden og kvaliteten af alt sikkerhedsrelateret arbejde i forbindelse med deponering.

I denne sektion anvendes begreberne 'driftssikkerhedsdokumentation' og 'efter-lukning sikkerhedsdokumentation'. I praksis kan disse enten være separate dokumenter eller dele af en samlet sikkerhedsdokumentation for anlægget.

Formålet med en generiske sikkerhedsvurdering på et tidligt stadie af projektet er at give et første – generelt konservativt – skøn over systemets ydeevne for at muliggøre en indledende vurdering af deponeringskonceptets sikkerhed.

Derudover har de randbetingelser og parametre, der anvendes i modellerne, til formål at identificere, hvilke der har størst indflydelse på systemets ydeevne, og som derfor bør være i fokus for fremtidigt forsknings- og udviklingsarbejde i deponeringsprojektet.

3.10.1 Sikkerhedscase (Safety case)

3.10.1.1 *Definere indhold og struktur af generisk sikkerhedscase*

Sikkerhedsdokumentationen er et nøgleværktøj til at dokumentere og demonstrere, at et geologisk deponeringsanlæg vil opfylde det grundlæggende sikkerhedsmål, som er at beskytte mennesker og miljøet mod skadelige virkninger af ioniserende stråling. Sikkerhedsdokumentationen og sikkerhedsvurderingen samt deres anvendelse til at demonstrere og dokumentere sikkerheden ved et anlæg til deponering af radioaktivt affald er beskrevet i IAEA Safety Standards Series No. SSG-23, *The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste*.

Inden for et geologisk deponeringsprojekt er sikkerhedsdokumentationen central og styrende for projektplanlægning en, og er dermed en central faktor i beslutningstagning, danner rammerne for understøttende forskning og udvikling (R&D) og fungerer som et vigtigt kommunikationsværktøj. Som sådan danner sikkerhedsdokumentationen grundlaget for køreplanen.

3.10.2 Håndtere usikkerheder i safety case

3.10.2.1 *Identificere og evaluere usikkerheder i den generiske sikkerhedscase gennem gap-analyse*

3.11 Miljøvurdering (EIA)

Miljøvurdering (Environmental Impact Assessment - EIA) er en systematisk proces, der vurderer de potentielle miljømæssige påvirkninger af et planlagt projekt eller en aktivitet, før det godkendes og igangsættes. Formålet er at identificere, forebygge og mindske negative konsekvenser for miljøet og sikre bæredygtig udvikling.

I miljøvurderinger arbejder man med et bredt miljøbegreb. Det betyder, at der udover de traditionelle forureningsparametre også indgår en vurdering af påvirkningerne af befolkning og menneskers sundhed, biologisk mangfoldighed med særlig vægt på arter og naturtyper, der er beskyttet i henhold til habitatdirektivet og fuglebeskyttelsesdirektivet, jordarealer, jordbund, vand, luft og klima, materielle goder, kulturarv og landskabet og samspillet mellem faktorerne.

Miljøvurderingsreglerne udspringer af EU's miljøvurderingsdirektiv. Direktivet er implementeret i dansk lov. Miljøvurdering af konkrete projekter er en proces, der består af flere trin herunder, offentlighedsfaser frem mod den endelige myndighedstilladelse: Screening, Debatfase, Høring af miljøkonsekvensrapport, Vedtagelse af miljøkonsekvensrapport samt Afgørelse om tilladelse til projektet under en række nærmere fastlagte vilkår.

Det må forventes, at arbejdet med miljøvurderingen udgør en ganske omfattende del af det samlede forberedende arbejde for at opnå tilladelser fra de relevante myndigheder.

Se dansk vejledning: [Vejledning til lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter \(VVM\) Konkrete projekter](#)

Se eksempel fra Sverige vedr. udvidelse af SFR for kortlivet lav- og mellemaktivt affald.

Der er i en tidligere proces igangsat miljøvurdering for 6 lokaliteter der var udpeget til yderligere studier. Materialet kan ses her:

[Miljøvurdering af plan for etablering af depot for lav- og mellemaktivt affald — Uddannelses- og Forskningsministeriet](#)

3.11.1.1 Udarbejde plan for miljøvurdering og udføre nødvendige supplerende studier

Det afklares om depotet forventes etableres ved en klassisk planproces eller ved vedtagelse af anlægslov da processen omkring miljøvurdering kan påvirkes heraf.

Der udarbejdes en plan for miljøvurderingen. Udover kendt viden afklares det hvilke supplerende studier som vil være nødvendige for de kommende ansøgninger.

-

[Spor 3 - øvrige underspor - ingen aktiviteter i fase 1)

Spor 4 – Fase 1: Forskning og udvikling

Spor 4 fase 1 indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

4.1 Planlægning, design, konstruktion, drift og vedligeholdelse af faciliteter

4.1.1 Evaluering af behovet for at etablere generiske faciliteter

Der gennemføres en evaluering af de nationale forhold herunder en vurdering af i hvilket omfang nødvendige undersøgelser og forsøg vil kunne gennemføres i eksisterende laboratorier og faciliteter, eller der vil blive behov for etablering af faciliteter – herunder in-situ og eller underjordiske faciliteter og analyser.

4.2 *In situ lokalitetskarakterisering*

4.2.1 Potentielle værtsmedier

4.2.1.1 Gennemgå URF-information om potentielle værtsmedier

Der gennemføres en review af tilgængelig information om potentielle værtsmiljøer baseret på in-situ forskning og udvikling

4.5 *Uddannelse og faglig udvikling*

4.5.1 Uddannelsesprogram

4.5.1.1 Udvikling af metoder, uddannelsesprojekt og udstyr til personaleuddannelse

4.5.2 Gennemføre uddannelse – internt

4.5.2.1 Uddannelse af personale for at udvide videnskabelig og teknisk forståelse for et geologisk deponeringsprojekt samt opnå erfaring med feltforsøg og aktiviteter

Spor 4 - øvrige underspor - ingen aktiviteter i fase 1

Spor 5 – Fase 1: Depot byggeri

Spor 4 fase 1 indeholder ingen underspor, arbejdsplaner og aktiviteter.

Fase 2: Lokaliseringsfaserne

Målet med lokaliseringsfaserne i depotprojektet er at vælge en egnet lokalitet til at huse depotanlæg for det radioaktive affald.

Ved den overordnede beslutning om at påbegynde lokaliseringsfaserne anerkendes, at en medlemsstat er klar, og der foreligger en regeringsbeslutning, der giver WMO tilladelse til at udføre de nødvendige aktiviteter for at screene og evaluere potentielle lokaliteter, herunder udvikling af kriterier for lokalitetsvalg iht. til den nationale strategi for lokalisering.

Lokaliseringsfaserne består af fase 2A der omfatter de ikke-stedsspecifikke undersøgelser og 2B hvor et eller flere udvalgte lokaliteter undersøges nærmere frem mod beslutning af den endelige lokalitet.

Parallelt med processen for valg af lokalisering udføres de tilhørende design-, godkendelses- og ingeniør/konstruktionsmæssige undersøgelser af deponeringssystemet som forberedelse til konstruktion og drift. Desuden fortsættes/videreføres arbejdet frem mod de nødvendige myndighedsansøgninger.

[Kilde side 68: 24-01983E_PUB2093_27_09_2024_v2-Print-PDF.indd](#)

Fase 2A: Lokalisering – Identifikation og udvælgelse af mulige lokaliteter

Formålet med fase 2A er at identificere og udvælgelse af mulige lokaliteter før disse undersøges nærmere i Fase 2B.

Spor 1- Fase 2A: Projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt

Under lokaliseringsfaserne (Fase 2A og 2B) fremlægger programstyringen anbefalinger om egnede lokaliteter på et mellemliggende tidspunkt. Ved afslutningen af lokaliseringsfasen omfatter leverancerne ansøgningen om byggetilladelse samt en opdateret programstyringsplan som forberedelse til deponeringsfaserne (fase 3A og 3B).

Aktiviteter inden for forvaltningen af depotprojektet under lokaliseringsprocessen består i høj grad af at implementere de planer og tidsplaner, der blev udviklet i initiationsfasen.

Programkernetemaet opretholdes, og kontinuiteten i ledelse og relevant viden sikres. Strategier, politikker, planlægning, procedurer og organisationsstruktur for projektet opdateres i lokaliseringsfasen baseret på projektets udvikling og med hensyntagen til fremtidige behov.

Undersøgelser, overholdelse af arbejdsmiljø-, sundheds- og miljøbestemmelser samt indsendelse af ansøgning om byggetilladelse ved afslutningen af lokaliseringsfasen er centrale aktiviteter. Dette inkluderer udarbejdelsen af en miljøkonsekvensrapport.

Ansvar for sundhed, sikkerhed og miljø i forvaltningen af depotprojektet implementeres fuldt ud i denne fase. Planer for nuklear sikkerhed og sikringsforanstaltninger udvikles som forberedelse til deponeringsfasen.

Programomkostninger og budgetter gennemgås og opdateres regelmæssigt. Detaljerede planer for indkøb af bygge- og driftsydelser til faciliteterne udvikles. De systemer for menneskelige ressourcer og træning, der blev etableret i initiationsfasen, implementeres fuldt ud og tilpasses projektets udvikling.

Regulatoriske overholdelsesaktiviteter inkluderer juridisk støtte til beslutningen om lokalitetsvalg, koordinering af dokumentationen af sikkerhedsdokumentet for konstruktion og forberedelse af ansøgning om tilladelse til anlæg og byggeri.

Ledelsessystemet opdateres i lokaliseringsfasen for at give detaljeret vejledning om videnskabelige aktiviteter relateret til lokaliseringsundersøgelser samt tekniske designstudier.

Vidensforvaltningssystemer implementeres fuldt ud og udvides til at rumme store mængder data og analyser fra lokaliseringsundersøgelser samt design af deponeringssystemet.

Internationalt samarbejde øges typisk i lokaliseringsfasen og inkluderer aktiv deltagelse i eksisterende underjordiske forskningsfaciliteter (URF'er) og laboratorieundersøgelser samt fremme af deltagelse af forskere og ingeniører fra andre deponeringsprojekter i et lokalt specifikt URF-program.

Risikostyringsplanen for projektet opdateres også for at afspejle eventuelle ændringer i omstændighederne omkring lokaliseringsprocessen.

Planlægningen, budgetterne og arbejdsopdelingsstrukturen (WBS) for depotprojektet gennemgås og justeres typisk med jævne mellemrum, hvilket kan variere fra årligt til over flere år. Licens- og tilladelsesaktiviteter stiger markant under lokaliseringsfasen, herunder erhvervelse af nødvendige tilladelser til lokaliteten.

Spor 1 fase 2A indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

1.1 Governance

1.1.1 Etabler og vedligehold governancestruktur

1.1.2 Programbestyrelse/styregruppe møder og beslutninger

1.2 Strategi og planlægning og programledelse

1.2.1 Programteam

1.2.2 Planer og strategier

1.2.3 Work Breakdown Structure (WBS)

1.2.4 Risikostyring

1.3 Programkrav og -kontrol

1.3.1 Kravspecifikationer

1.3.2 Programkontrol

1.3.3 Systemtekniske værktøjer

1.4 Licensering og tilladelser

1.4.1 Licensansøgning

1.4.2 Miljøkonsekvensvurdering

1.4.3 Tilladelser

1.4.4 Compliance

1.5 Nuklear sikkerhed og sikringsforanstaltninger

1.5.1 Sikkerhedsplan

1.6 Beskyttelse af sundhed, sikkerhed og miljø

1.6.1 Overholdelse af reguleringskrav

1.6.2 Sundheds-, sikkerheds- og miljøprogram

1.7 Administration og koncernservice for projektet

1.7.1 Omkostninger

1.7.2 Indkøb og ejendom

1.7.3 Kompetence og ressourcer

1.7.4 Kompetenceudvikling

1.7.5 Juridisk bistand

1.8 Managementsystem, kvalitetsstyring og -kontrol

1.8.1 Managementsystem

1.8.2 Træning og tilsyn managementsystem

1.8.3 Revisionssystem for managementsystem

1.9 Vidensstyring

1.9.1 Arkiv og database

1.9.2 Database for designkontrol

1.9.3 System til vidensadgang

1.10 Internationalt samarbejde

1.10.1 R&D samarbejde

1.10.2 Underground research facilities (URF) samarbejde

Spor 2 - Fase 2A: Interessentinvolvering

Interessentinddragelse er en vigtig komponent i hele det geologiske deponeringsprojekt, men spiller en særlig kritisk rolle i lokaliseringsfasen. Det er generelt anerkendt, at en tilladelse til at opføre et deponeringsanlæg sandsynligvis kun kan opnås med lokal accept, hvis lokalsamfundene inddrages fra begyndelsen og er villige til at give deres samtykke (forudsat at undersøgelser viser, at den lokale geologi er egnet).

Under lokaliseringsfasen udvides aktiviteterne inden for interessentinddragelse til at omfatte regionale og lokale interessenter og bliver mere intensive. Interessentinddragelse spiller typisk sin vigtigste rolle i det geologiske deponeringsprojekt under valg af lokalitet og godkendelsesprocessen for deponeringsanlægget.

Under ikke-stedsspecifikke undersøgelser (i fase 2A) udvides kommunikationen med interessenter til regionale og kommunale myndigheder og politiske beslutningstagere, og tekniske udvekslinger med regulerende og tilsynsførende organer formaliseres gennem periodiske møder. Listen over potentielle problemstillinger for offentlige myndigheder, embedsmænd, affaldsproducenter og regionale interessentgrupper revideres eller udarbejdes af depotprojektet.

Resultaterne af stedundersøgelser og deres relevans for sikkerhedscasen kommunikerer rettidigt til alle interesserede parter og især til de lokale interessenter. Interaktioner med regulerende organer bidrager til godkendelsen af deponeringsanlæggets konstruktionstilladelse.

Listen over potentielle problemstillinger for alle interessenter opretholdes og opdateres, efterhånden som depotprojektet skrider frem. Spørgsmål vedrørende affaldsacceptkriterier (WAC), affaldsbehandling, transport og tidsplanen for affaldsleverancer koordineres mellem depotprojektet og affaldsproducenterne.

Offentlighedens oplysning om et evt. In situ forsknings- og udviklingsfaciliteter (evt. URF) koordineres med strategien for interessentinddragelse.

Spor 2 fase 2A indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

2.1 Stat, regering og folketing

2.1.1 Politisk og teknisk udveksling med statslige enheder

2.1.1.2 Gennemføre og fortsætte periodisk politisk og teknisk udveksling med statslige enheder

2.1.2 Potentielle problemstillinger – stat

2.1.2.2 Forfine og opdatere listen over potentielle problemstillinger af interesse for statslige enheder

2.2 Kommuner og regioner (og lokale forhold)

2.2.1 Politisk og teknisk udveksling lokalt

2.2.1.1 Gennemføre politisk og teknisk udveksling, herunder samfundsmæssige fordele

2.2.2 Potentielle problemstillinger – lokalt

2.2.2.1 Identificere potentielle problemstillinger af interesse for kommuner og regioner

2.2.3 Lokalitetsaftaler

(ingen aktiviteter i fase 2A)

2.3 *Reguleringsmyndigheder*

- 2.3.1 Kontakt med regulerende myndigheder
- 2.3.2 Potentielle problemstillinger
- 2.3.3 Licensansøgninger

2.4 *Advisory/ekspert organer*

- 2.4.1 Kontakt med advisory board/ekspertgrupper
- 2.4.2 Potentielle problemstillinger advisory board/eksperter

2.5 *Affaldsproducent (er)*

- 2.5.1 Kontakt med affaldsproducenter
- 2.5.2 Potentielle problemstillinger - affaldsproducenter
- 2.5.3 WAC affaldsproducenter
- 2.5.4 Affaldsleverance

2.6 *Offentligheden (inklusive lokalsamfundet)*

- 2.6.1 Kontakt med offentligheden
- 2.6.2 Potentielle problemstillinger - offentlighed
- 2.6.3 Rundvisning – offentlighed

2.7 *Andre interessenter (medier, videnskabelige og akademiske miljøer osv.)*

- 2.7.1 Kontakt andre interessenter
- 2.7.1.2 Gennemføre og fortsætte periodisk policy og teknisk udveksling med andre interessenter
- 2.7.2 Potentielle problemstillinger - andre interessenter
- 2.7.2.2 Forfine og opdatere listen over potentielle problemstillinger af interesse for andre interessenter

Spor 3 - Fase 2A: Udvikling af det samlede depotsystem (inkl. R&D)

Overordnet beskrivelse for lokaliseringsfaserne 2 A og B samlet:

Aktiviteterne inden for udviklingen af depotsystemet er i fokus under lokaliseringsfasen, både før og efter udvælgelsen af depotlokaliteten. Udviklingen af sikkerhedscasen for konstruktionen af depotsystemet og ansøgningen om byggetilladelse er de primære aktiviteter, omkring hvilke andre programaktiviteter organiseres.

En mere detaljeret generisk sikkerhedsstrategi udvikles baseret på regionale og lokalitetsspecifikke forhold. En opdateret analyse af affaldsinventoriet, herunder potentiel fremtidig affaldsgenerering, udføres som input til sikkerhedsvurderingen, og foreløbige affaldsacceptkriterier (WAC) udarbejdes.

Forud for lokaliseringsbeslutningen gennemføres undersøgelser for at adressere væsentlige mangler i den regionale geologiske information.

Efter valg af lokalitet for depotet udføres detaljerede undersøgelser af relevante geologiske forhold til støtte for sikkerhedscasen og ansøgningen om byggetilladelse.

En opdateret vurdering af ingeniørsystemer og koblede processer i deponeringssystemet gennemføres.

Der iværksættes indledende og detaljeret forskning og udvikling (R&D) for komponenter i deponeringssystemet samt operativt udstyr som støtte til ansøgningen om byggetilladelse. Systematisk kravstyring igangsættes typisk i denne fase.

Det konceptuelle design af deponeringssystemet, herunder designet af affaldsbeholdere, udvikles i den tidlige del af lokaliseringsfasen og forfines til et detaljeret design til støtte for ansøgningen om byggetilladelse. Et indledende design for overflade- og underjordiske faciliteter udvikles og videreudvikles til et detaljeret design i denne fase af projektet. Designet af affaldshåndterings- og deponeringsudstyr udvikles, understøttet af ingeniørmæssig forskning og udvikling, til støtte for ansøgningen om byggetilladelse. Detaljerede konceptuelle modeller af den langsigtede udvikling af geosfæren, ingeniørbarrieresystemet og biosfæren [delvist GEUS] udvikles og forfines til støtte for sikkerhedscasen.

Detaljerede analyser af FEPs (Features, Events, and Processes), sikkerhedsfunktioner og scenarier udføres for den generiske referencecase og opdateres til støtte for ansøgningen om byggetilladelse. Matematiske og computermødelles, der implementerer de konceptuelle modeller, udvikles og færdiggøres. Databasen over inputparametre og efterlukningssikkerhedsanalyser forfines og anvendes i sikkerhedsvurderingen til støtte for sikkerhedscasen.

Radionuklidscreeningsanalyser opdateres baseret på stedsspecifikke efterlukningssikkerhedsanalyser. Sikkerhedsvurderingsmodeller opdateres og anvendes til at udføre stedsspecifikke efterlukningssikkerhedsanalyser til støtte for ansøgningen om byggetilladelse. Risikoberegninger og scenarieudvikling udføres for den operationelle sikkerhedsvurdering ved hjælp af generiske modeller, efterfulgt af detaljeret modellering til støtte for ansøgningen om byggetilladelse. Programmer udvikles for sikkerhedscasen i overensstemmelse med ledelsessystemet, herunder detaljerede procedurer for håndtering af ulykker til støtte for driftssikkerheden.

Et miljøovervågningsprojekt implementeres på det valgte sted. Sikkerhedscasen opdateres ved hjælp af detaljerede og forfinede stedsspecifikke oplysninger, designet af deponeringssystemet, nuklidbeholdningen, efterlukningssikkerhedsvurderingen, operationel sikkerhedsvurdering og miljøkonsekvensvurderingen (EIA) til støtte for ansøgningen om byggetilladelse.

Usikkerheder i sikkerhedscasen identificeres og evalueres. Miljøkonsekvensvurderingen (EIA) udvikles i en foreløbig form og opdateres til sin endelige form i løbet af lokaliseringsfasen.

Spor 3 fase 2A indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

3.1 Sikkerhedsstrategi

3.1.2 Uddybning af den generelle sikkerhedsstrategi

3.2 Affaldsinventorie og karakterisering

3.2.1 Affaldsinventorie

3.2.1.2 Oprette initial analyse af affaldsinventorie, inkl. prognoser

3.2.2 Affaldskarakterisering

3.2.2.2 Gennemføre foreløbig affaldskarakterisering

3.2.3 Waste Acceptance Criteria (WAC)

3.2.3.2 Udvikle foreløbige kriterier for affaldsaccept (WAC)

3.3 Lokalitetsundersøgelser og karakterisering

Lokalitetsundersøgelser og karakterisering indsamler geologiske, hydrogeologiske og miljømæssige data. Disse data understøtter forståelsen af de naturlige egenskaber, hændelser og processer (FEP'er) på en given lokalitet. Som angivet i SSG-14:

"Projektet for lokalitetskarakterisering bør gennemføres i rumlige og tidsmæssige skalaer samt i et omfang, der er tilstrækkeligt til at opnå en tilstrækkelig forståelse af de fænomener, der kan påvirke lokalitetens sikkerhed i de relevante tidsperioder, og også for at udvikle troværdige fysiske procesmodeller."

I betragtning af det store antal potentielle videnskabelige og tekniske undersøgelser, der kan gennemføres, anbefales det at prioritere lokalitetskarakteriseringsaktiviteter baseret på relevansen og vigtigheden af de tilknyttede data for sikkerhedscasen og sikkerhedsvurderingen. Bilag I i SSG-14 giver anbefalinger, især for den detaljerede fase af lokalitetskarakterisering i et geologisk deponeringsprojekt.

Lokalitetskarakteriseringsaktiviteter bør påbegyndes så tidligt som muligt i et deponeringsudviklingsprogram, inden påvirkningerne fra deponeringskonstruktion og -drift begynder at akkumulere. Disse tidlige oplysninger er vigtige, da de muliggør en forståelse af de naturlige og 'uforstyrrede' egenskaber ved deponeringssystemets miljø.

Heldigvis er der nu opnået en omfattende vidensbase om geovidenskabelige metoder og tilgange til lokalitetskarakterisering for flere potentielle geologiske deponeringsmedier. Denne viden er tilgængelig for medlemsstaterne til støtte for deres deponeringsprojekter. En beskrivelse af de dataindsamlings- og fortolkningsteknikker, der anvendes af affaldshåndteringsorganisationer (WMOs) til at understøtte lokalitetsundersøgelser, findes i Ref. [48].

[Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste | IAEA](#)

3.3.1 Geologisk information

3.3.1.2 *Gennemføre lokalitetsundersøgelser for at adressere nøglemangler i regional geologisk information*

3.3.2 Metoder og værktøjer

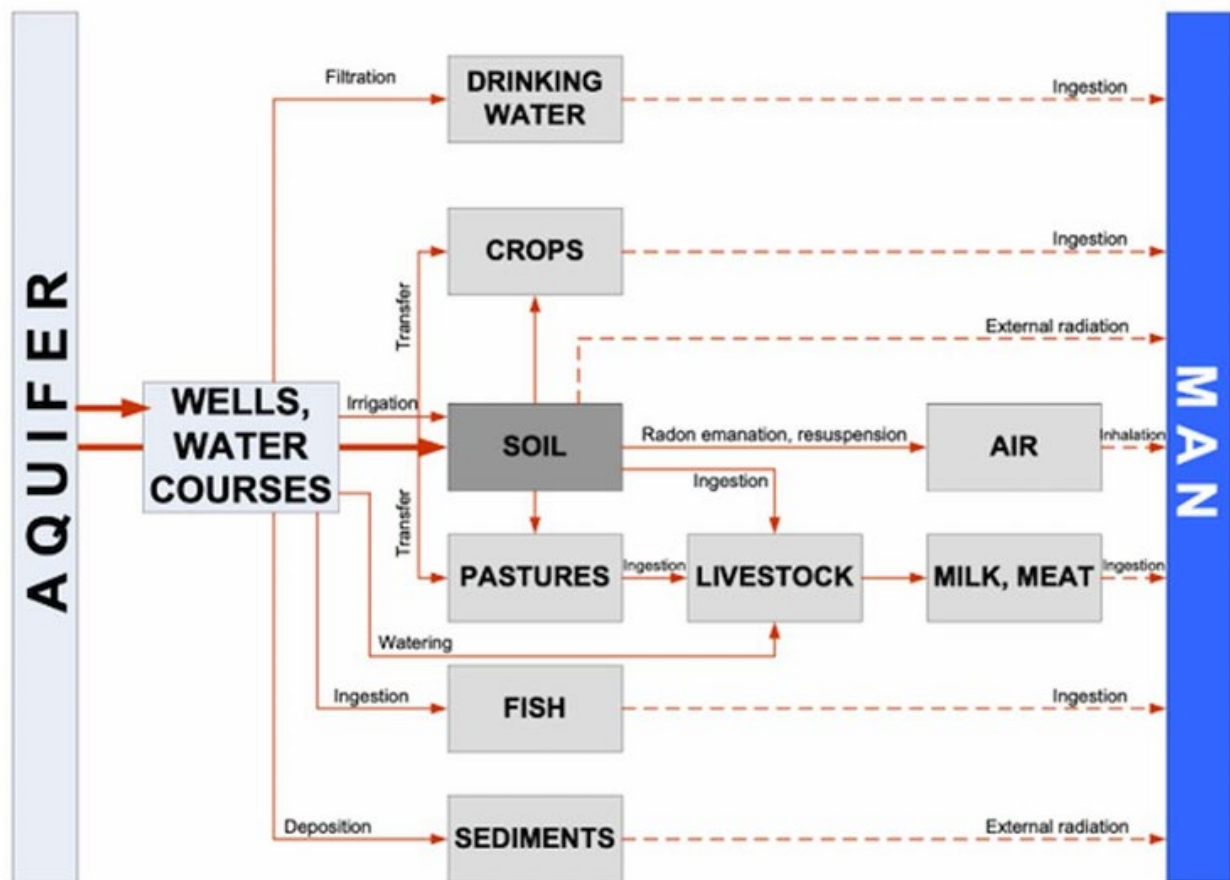
3.3.2.1 *Opdatere undersøgelses- og karakteriseringsmetoder og værktøjer*

3.3.3 Konceptuelle lokalitetsmodeller

3.3.3.2 *Opdatere konceptuelle modeller i potentielle værtsregioner*

3.3.4 Biosfære og eksponeringsveje

3.3.4.1 *Udvikle foreløbige konceptuelle modeller for biosfærerelease-mekanismer og eksponeringsveje*



Figur A1.8. En simpel biosfære model og nødvendige lokalitetsinformationer for at udarbejde safety assessment beregninger, kilde: Management of Site Investigations for Radioactive Waste Disposal Facilities (IAEA, 2024): [Link](#) Side 47

3.4 Understøttende forskning og udvikling (R&D)**3.4.1** Modeller for konstruktion og processer3.4.1.2 *Opdatere modeller for konstruktion og koblede processer i potentielle værtsregioner***3.4.2** Forskning og udvikling3.4.2.2 *Gennemføre foreløbig forskning og udvikling af deponeringssystemets komponenter, som affaldsbeholder, buffer og backfill***3.5 Depotsystemets design og konstruktionsmæssige udvikling****3.5.1** Design af depotsystem3.5.1.2 *Udvikle konceptuelt design af depotsystem***3.5.2** Design af overflade og underjordiske faciliteter3.5.2.1 *Udvikle design af overflade- og underjordiske faciliteter***3.5.3** Design af affaldshåndtering

[ingen aktiviteter før i fase 2B]

3.5.4 Operationelle procedurer

[ingen aktiviteter før i fase 2B]

3.6 Konceptualisering, modeller og simulering**3.6.1** Model for lokalitetens langsigtede udvikling, til sikkerhedsanalysen (safety case)3.6.1.2 *Udvikle foreløbig konceptuel model for lokalitetens langsigtede udvikling***3.6.2** Model for konstruktionens langsigtede udvikling, til sikkerhedsanalysen (safety case)3.6.2.2 *Udvikle foreløbig konceptuel model for det konstruktionssystemets langsigtede udvikling***3.6.3** Matematisk model for depotsystemet3.6.3.1 *Udvikle generisk matematisk model for depotsystemet***3.7 Sikkerhedsvurdering efter lukning (postclosure safety assessment)****3.7.1** Features, Events, and Processes (FEB)3.7.1.2 *Analysere FEPs-scenarie for generiske referencecases***3.7.2** Database og inputparametre3.7.2.2 *Opdatere database og inputparametre til generiske modeller for sikkerhedsvurdering efter lukning***3.7.3** Radionuklid screeningsundersøgelse3.7.3.2 *Opdatere radionuklid-screeningsanalyse***3.7.4** Sikkerhedsvurdering /Sikkerhedsanalyse (Safety assessment)3.7.4.2 *Opdatere generisk sikkerhedsvurdering (post-closure) til støtte for den generelle sikkerhedsanalyse (safety case)***3.7.5** Post-closure sikkerhedsanalysemodeller3.7.5.2 *Opdatere modeller for sikkerhedsvurdering efter lukning (post-closure)***3.8 Driftssikkerhedsvurdering (safety assessment)****3.8.1** Risikoanalyse3.8.1.1 *Gennemføre risikoanalyse og scenarieudvikling***3.8.2** Sikkerhed og ulykkeshåndtering3.8.2.1 *Udvikle generiske modeller for driftssikkerhed***3.8.3** Sikkerhedsberegninger3.8.3.1 *Gennemføre sikkerhedsberegninger for generiske modeller***3.8.4** Sikre sammenhæng til sikkerheds case (Safety case)

[ingen aktiviteter før i fase 2B]

3.9 **Overvågning og kontrol**

[ingen aktiviteter før i fase 2B]

3.10 **Udvikling af sikkerhedscase (Safety case)**

3.10.1 Sikkerhedscase (Safety case)

3.10.1.2 *Opdatere sikkerhedscasen baseret på lokalitetsinformation*

3.10.2 Håndtere usikkerheder i safety case

3.10.2.2 *Identificere og reducere usikkerheder for sikkerhedscasen gennem gap-analyse*

3.11 **Miljøvurdering (EIA)**

3.11.1.2 *Udarbejde og evaluere den foreløbige miljøkonsekvensvurdering*

Spor 4 - Fase 2A: Forskning og udvikling

Spor 4 fase 2A indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

4.1 **Planlægning, design, konstruktion, drift og vedligeholdelse af faciliteter**

4.1.1 Evaluere behov for undersøgelsesfaciliteter

4.1.1.2 *Evaluere behovet for stedsspecifikke URF'er*

4.1.2 Design og konstruktion

4.1.2.1 *Planlægge, designe, godkende og konstruere generisk URF*

4.1.3 Vedligehold og understøttelse

4.1.3.1 *Vedligeholde URF og understøttende overflade- og undergrundsinfrastruktur*

4.1.4 Sikkerhed og beredskab

4.1.4.1 *Udvikle og implementere URF's sikkerhed og beredskabssystem*

4.2 **In situ lokalitetskarakterisering**

4.2.1 Potentielle værtsmedier

4.2.1.2 *Fortsætte vurderingen af URF-information om potentielle værtsmedier*

4.2.2 Geovidenskabelige data for lokalitet

[ingen aktiviteter før fase 2B]

4.3 **Videnskabelig og teknisk forskning og udvikling**

4.3.1 Videnskabelige undersøgelser

4.3.1.1 *Gennemføre indledende videnskabelige undersøgelser i generisk URF, hvis påkrævet*

4.3.2 Monitorering

4.3.2.1 *Udvikle og teste overvågningsinstrumentering i generisk URF, hvis påkrævet*

4.3.3 Depotsystemets komponenter

4.3.3.1 *Gennemføre eksperimenter med depotsystemets komponenter i generisk URF, hvis påkrævet*

4.3.4 Udgravnings og konstruktionseffekter

4.3.5 Forsegling og lukning

4.3.5.1 *Gennemføre eksperimenter for forsegling og lukning i generisk URF*

4.4 **Demonstration og optimering af teknologi**

4.4.1 Konstruktion

4.4.1.1 *Gennemføre tests for at demonstrere og optimere konstruktionen*

4.5 **Uddannelse og faglig udvikling**

- 4.5.1 Uddannelsesprogram
- 4.5.1.1 *Udvikling af metoder, uddannelsesprojekt og udstyr til personaleuddannelse*
- 4.5.2 Gennemføre uddannelse - internt
- 4.5.2.1 *Uddannelse af personale for at udvide videnskabelig og teknisk forståelse for et geologisk deponeringsprojekt samt opnå erfaring med feltforsøg og aktiviteter*
- 4.5.3 Gennemføre uddannelse - eksternt
- 4.5.3.1 *Tilvejebringelse af et uddannelsesprojekt for relevante interessenter*
- 4.6 Interessentkommunikation**
- 4.6.1 Involvering ved URF
- 4.6.1.1 *Involvering af interessenter og lokalsamfund ved brug af URF'er til informationsudveksling, demonstration af ekspertise og tillidsopbygning*
- 4.6.2 Offentligt informationsprogram
- 4.6.2.1 *Initiering af interessentinvolvering og udvikling af et offentligt informationsprogram*

Spor 5 - Fase 2A: Depotbyggeri

Spor 5 fase 2A indeholder ingen aktiviteter før i Fase 2B

Fase 2B: Lokalisering – Undersøgelser af specifikke lokalitet(er)

Ved overgang til Fase 2B skifter projektet til stedsspecifikke undersøgelser for en (eller evt. få) udvalgte lokaliteter.

Spor 1 – Fase 2B: Projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt

Spor 1 fase 2B indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

1.1 Governance

- 1.1.1 Etabler governancestruktur
- 1.1.2 Programbestyrelse/styregruppe møder og beslutninger

1.2 Strategi og planlægning og programledelse

- 1.2.1 Programteam
- 1.2.2 Planer og strategier
- 1.2.3 Work Breakdown Structure (WBS)
- 1.2.4 Risikostyring

1.3 Programkrav og -kontrol

- 1.3.1 Kravspecifikationer
- 1.3.2 Programkontrol
- 1.3.3 Systemtekniske værktøjer

1.4 Licensering og tilladelser

- 1.4.1 Licensansøgning
- 1.4.2 Miljøkonsekvensvurdering
- 1.4.3 Tilladelser
- 1.4.4 Compliance

1.5 Nuklear sikkerhed og sikringsforanstaltninger

- 1.5.1 Sikkerhedsplan

1.6 Beskyttelse af sundhed, sikkerhed og miljø

- 1.6.1 Overholdelse af reguleringskrav
- 1.6.2 Sundheds-, sikkerheds- og miljøprogram
- 1.6.3 Sikkerhed og beredskabsplan

1.7 Administration og koncernservice for projektet

- 1.7.1 Omkostninger
- 1.7.2 Indkøb og ejendom
- 1.7.3 Kompetence og ressourcer
- 1.7.4 Kompetenceudvikling
- 1.7.5 Juridisk bistand

1.8 Managementsystem, kvalitetsstyring og -kontrol

- 1.8.1 Managementssystem
- 1.8.2 Træning og tilsyn managementsystem
- 1.8.3 Revisionssystem for managementsystem

1.9 Vidensstyring

- 1.9.1 Arkiv og database
- 1.9.2 Database for designkontrol
- 1.9.3 System til vidensadgang

1.10 Internationalt samarbejde

- 1.10.1 R&D samarbejde
- 1.10.2 Underground research facilities (URF) samarbejde
- 1.10.3 (Evt.) Deltagelse i Underground research facilities (URF)

Spor 2 – Fase 2B: Interessentinvolvering

Når projektet (i fase 2B) skifter til stedsspecifikke undersøgelser, opdateres strategien for interessentinddragelse i overensstemmelse hermed. Regelmæssige politiske og tekniske udvekslinger fortsættes med offentlige myndigheder, affaldsproducenter og regionale interessentgrupper og igangsættes med lokale interessenter. Vilkår og betingelser for depotprojektet fastlægges i samarbejde med lokalsamfundet. Disse vilkår og betingelser kan omfatte aftaler om emner som arealanvendelse, offentlige forsyningstjenester, trafik og kontrol med affaldstransporter.

Spor 2 fase 2B indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

2.1 Stat, regering og folketing

- 2.1.1 Politisk og teknisk udveksling med statslige enheder
- 2.1.2 Potentielle problemstillinger – stat

2.2 Kommuner og regioner (og lokale forhold)

- 2.2.1 Politisk og teknisk udveksling lokalt
- 2.2.2 Potentielle problemstillinger - lokalt
- 2.2.3 Lokalitetsaftaler

2.3 Reguleringsmyndigheder

- 2.3.1 Kontakt med regulerende myndigheder
- 2.3.2 Potentielle problemstillinger

2.3.3 Licensansøgninger

2.4 *Advisory/ekspert organer*

2.4.1 Kontakt med advisory board/ekspertgrupper

2.4.2 Potentielle problemstillinger advisory board/eksperter

2.5 *Affaldsproducent (er)*

2.5.1 Kontakt med affaldsproducenter

2.5.2 Potentielle problemstillinger - affaldsproducenter

2.5.3 WAC affaldsproducenter

2.5.4 Affaldsleverance

2.6 *Offentligheden (inklusive lokalsamfundet)*

2.6.1 Kontakt med offentligheden

2.6.2 Potentielle problemstillinger - offentlighed

2.6.3 Rundvisning – offentlighed

2.7 *Andre interessenter (medier, videnskabelige og akademiske miljøer osv.)*

2.7.1 Kontakt andre interessenter

2.7.2 Potentielle problemstillinger - andre interessenter

2.7.3 Rundvisning - andre interessenter

Spor 3 – Fase 2B: Udvikling af depotsystem (inkl. R&D)

Spor 3 fase 2B indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

3.1 *Sikkerhedsstrategi*

3.1.2 Uddybning af den generelle sikkerhedsstrategi

3.2 *Affaldsinventorie og karakterisering*

3.2.1 Affaldsinventorie

3.2.2 Affaldskarakterisering

3.2.3 Waste Acceptance Criteria (WAC)

3.3 *Lokalitetsundersøgelser og karakterisering*

3.3.1 Geologisk information

3.3.2 Metoder og værktøjer

3.3.3 Konceptuelle lokalitetsmodeller

3.3.4 Biosfære og eksponeringsveje

3.4 *Understøttende forskning og udvikling (R&D)*

3.4.1 Modeller for konstruktion og processer

3.4.2 Forskning og udvikling

3.5 *Depotsystemets design og konstruktionsmæssige udvikling*

3.5.1 Design af depotsystem

3.5.2 Design af overflade og underjordiske faciliteter

3.5.3 Design af affaldshåndtering

3.5.4 Operationelle procedurer

- 3.6 *Konceptualisering, modeller og simulering***
 - 3.6.1 Model for lokalitetens langsigtede udvikling, til sikkerhedsanalysen (safety case)
 - 3.6.2 Model for konstruktionens langsigtede udvikling, til sikkerhedsanalysen (safety case)
 - 3.6.3 Matematisk model for depotsystemet
- 3.7 *Sikkerhedsvurdering efter lukning (postclosure safety assessment)***
 - 3.7.1 Features, Events, and Processes (FEB)
 - 3.7.2 Database og inputparametre
 - 3.7.3 Radionuklid screeningsundersøgelse
 - 3.7.3.2 *Opdatere radionuklid-screeningsanalyse*
 - 3.7.4 Sikkerhedsvurdering /Sikkerhedsanalyse (Safety assessment)
 - 3.7.5 Post-closure sikkerhedsanalysemodeller
 - 3.7.5.2 *Opdatere modeller for sikkerhedsvurdering efter lukning (post-closure)*
- 3.8 *Driftssikkerhedsvurdering (safety assessment)***
 - 3.8.1 Risikoanalyse
 - 3.8.2 Sikkerhed og ulykkes håndtering
 - 3.8.3 Sikkerhedsberegninger
 - 3.8.4 Sikre sammenhæng til sikkerheds case (Safety case)
- 3.9 *Overvågning og kontrol***
- 3.10 *Udvikling af sikkerhedscase (Safety case)***
 - 3.10.1 Sikkerhedscase (Safety case)
 - 3.10.2 Håndtere usikkerheder i safety case
- 3.11 *Miljøkonsekvensvurdering (EIA)***

Spor 4- Fase 2B: Forskning og udvikling

Spor 4 fase 2B indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

- 4.1 *Planlægning, design, konstruktion, drift og vedligeholdelse af faciliteter***
 - 4.1.1 Evaluere behov for undersøgelsesfaciliteter
 - 4.1.2 Design og konstruktion
 - 4.1.3 Vedligehold og understøttelse
 - 4.1.4 Sikkerhed og beredskab
- 4.2 *In situ lokalitetskarakterisering***
 - 4.2.1 Potentielle værtsmedier
 - 4.2.2 Geovidenskabelige data for lokalitet
- 4.3 *Videnskabelig og teknisk forskning og udvikling***
 - 4.3.1 Videnskabelige undersøgelser
 - 4.3.2 Monitorering
 - 4.3.3 Depotsystemets komponenter
 - 4.3.4 Udgravnings og konstruktionseffekter

4.3.5 Forsegling og lukning

4.4 *Demonstration og optimering af teknologi*

4.4.1 Konstruktion

4.5 *Uddannelse og faglig udvikling*

4.5.1 Uddannelsesprogram

4.5.2 Gennemføre uddannelse - internt

4.5.3 Gennemføre uddannelse – eksternt

4.6 *Interessentkommunikation*

4.6.1 Involvering ved URF

4.6.2 Offentligt informationsprogram

Spor 5 - Fase 2B: Implementering af deponering

Spor 5 fase 2B indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

5.1 *Konstruktion af overfladefaciliteter*

Planlægning af konstruktion af overfladefaciliteter

5.2 *Konstruktion af underjordiske faciliteter*

Planlægning af konstruktion af underjordiske faciliteter

Fase 3 Anlæg og deponeringsfaserne

Fase 3 omfatter anlæg, drift og lukning af depotet.

For Fase 3B er det vigtigt at være opmærksom på, at drift af et depot markerer det tidspunkt hvor anlægget er godkendt til ibrugtagning og deponering af affald i depotet kan påbegynde. Dette svarer til milepæl i 2073 jf. Folketingsbeslutning B 90

Fase 3A Deponering - Konstruktion og idriftsættelse

Spor 1 – Fase 3A: Projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt

I løbet af konstruktions- og idriftsættelsesfaserne (Fase 3A) er programstyringselementet forbundet med ansøgningen om driftstilladelse, som skal være på plads, før affald kan modtages til deponering. Dette understøttes af en række underliggende leverancer til planlægning og programkontrol.

Spor 1 fase 3A indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

1.10 *Governance*

1.1.1 Etabler governancestruktur

1.1.2 Programbestyrelse/styregruppe møder og beslutninger

1.11 *Strategi og planlægning og programledelse*

1.2.1 Programteam

1.2.2 Planer og strategier

1.2.3 Work Breakdown Structure (WBS)

1.2.4 Risikostyring

1.12 *Programkrav og -kontrol*

1.3.1 Kravspecifikationer

1.3.2 Programkontrol

1.3.3 Systemtekniske værktøjer

1.13 *Licensering og tilladelser*

- 1.4.1 Licensansøgning
- 1.4.2 Miljøkonsekvensvurdering
- 1.4.3 Tilladelser
- 1.4.4 Compliance

1.14 *Nuklear sikkerhed og sikringsforanstaltninger*

- 1.14.1 Sikkerhedsplan

1.15 *Beskyttelse af sundhed, sikkerhed og miljø*

- 1.15.1 Overholdelse af reguleringskrav
- 1.15.2 Sundheds-, sikkerheds- og miljøprogram
- 1.6.3 Sikkerhed og beredskabsplan

1.16 *Administration og koncernservice for projektet*

- 1.16.1 Omkostninger
- 1.16.2 Indkøb og ejendom
- 1.16.3 Kompetence og ressourcer
- 1.16.4 Kompetenceudvikling
- 1.16.5 Juridisk bistand

1.17 *Managementsystem, kvalitetsstyring og -kontrol*

- 1.17.1 Managementssystem
- 1.17.2 Træning og tilsyn managementsystem
- 1.17.3 Revisionssystem for managementsystem

1.18 *Vidensstyring*

- 1.18.1 Arkiv og database
- 1.18.2 Database for designkontrol
- 1.18.3 System til vidensadgang

1.10 Internationalt samarbejde

- 1.10.1 R&D samarbejde
- 1.10.2 Underground research facilities (URF) samarbejde
- 1.10.3 (Evt.) Deltagelse i Underground research facilities (URF)

Spor 2 – Fase 3A: Interessentinvolvering

Spor 2 fase 3A indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

2.1 *Stat, regering og folketing*

- 2.1.1 Politisk og teknisk udveksling med statslige enheder
- 2.1.2 Potentielle problemstillinger - stat

2.2 *Kommuner og regioner (og lokale forhold)*

- 2.2.1 Politisk og teknisk udveksling lokalt
- 2.2.2 Potentielle problemstillinger - lokalt
- 2.2.3 Lokalitetsaftaler

2.3 *Reguleringsmyndigheder*

- 2.3.1 Kontakt med regulerende myndigheder
- 2.3.2 Potentielle problemstillinger
- 2.3.3 Licensansøgninger
- 2.4 *Advisory/ekspert organer***
- 2.4.1 Kontakt med advisory board/ekspertgrupper
- 2.4.2 Potentielle problemstillinger advisory board/eksperter
- 2.5 *Affaldsproducent (er)***
- 2.5.1 Kontakt med affaldsproducenter
- 2.5.2 Potentielle problemstillinger - affaldsproducenter
- 2.5.3 WAC affaldsproducenter
- 2.5.4 Affaldsleverance
- 2.6 *Offentligheden (inklusive lokalsamfundet)***
- 2.6.1 Kontakt med offentligheden
- 2.6.2 Potentielle problemstillinger - offentlighed
- 2.6.3 Rundvisning - offentlighed
- 2.7 *Andre interessenter (medier, videnskabelige og akademiske miljøer osv.)***
- 2.7.1 Kontakt andre interessenter
- 2.7.2 Potentielle problemstillinger - andre interessenter
- 2.7.3 Rundvisning - andre interessenter

Spor 3 – Fase 3A: Udvikling af depotsystem (inkl. R&D)

Spor 3 fase 3A indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

- 3.1 *Sikkerhedsstrategi osv.)***
- 3.1.1 Uddybning af sikkerhedsstrategien til licensansøgning for drift
- 3.2 *Affaldsinventorie og karakterisering***
- 3.2.1 Affaldsinventorie
- 3.2.2 Affaldskarakterisering
- 3.2.3 Waste Acceptance Criteria
- 3.3 *Lokalitetsundersøgelse og karakterisering***
- 3.3.1 Geologisk information
- 3.3.2 Metoder og værktøjer
- 3.3.3 Konceptuelle lokalitetsmodeller
- 3.3.4 Biosfære og eksponeringsveje
- 3.4 *Understøttende forskning og udvikling (R&D)***
- 3.4.1 Modeller for konstruktion og processer
- 3.4.2 Forskning og udvikling
- 3.5 *Depotsystemets design og konstruktionsmæssige udvikling***
- 3.5.1 Design af depotsystem
- 3.5.2 Design af overfalde og underjordiske faciliteter
- 3.5.3 Design af affaldshåndtering
- 3.5.4 Operationelle procedurer
- 3.6 *Konceptualisering, modeller og simulering***
- 3.6.1 Model for *lokalitetens* langsigtede udvikling, til sikkerhedsanalysen (safety case)
- 3.6.2 Model for *konstruktionens* langsigtede udvikling, til sikkerhedsanalysen (safety case)
- 3.6.3 Matematisk model for depotsystemet
- 3.7 *Sikkerhedsvurdering efter lukning (postclosure safety assessment)***
- 3.7.1 Features, Events, and Processes (FEB)

- 3.7.2 Database og inputparametre
- 3.7.3 Radionuklid screeningsundersøgelse
- 3.7.4 Sikkerhedsvurdering /Sikkerhedsanalyse (Safety assessment)
- 3.7.5 Post-closure sikkerhedsanalysemodeller
- 3.8 *Driftssikkerhedsvurdering (safety assessment)***
- 3.8.1 Risikoanalyse
- 3.8.2 Sikkerhed og ulykkeshåndtering
- 3.8.3 Sikkerhedsberegninger
- 3.8.4 Sikre sammenhæng til sikkerheds case (Safety case)
- 3.9 *Overvågning og kontrol***
- 3.10 *Udvikling af sikkerhedscase (Safety case)***
- 3.10.1 Sikkerhedscase (Safety case)
- 3.10.2 Håndtere usikkerheder i safety case
- 3.11 *Miljøkonsekvensvurdering (EIA)***

Spor 4- Fase 3A: In situ forskning og udvikling (evt. URF)

Spor 4 fase 3A indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

- 4.1 *Planlægning, design, konstruktion, drift og vedligeholdelse af faciliteter***
- 4.1.1 Evaluere behov for undersøgelsesfaciliteter
- 4.1.2 Design og konstruktion
- 4.1.3 Vedligehold og understøttelse
- 4.1.4 Sikkerhed og beredskab
- 4.2 *In situ lokalitetskarakterisering***
- 4.2.1 Potentielle værtsmedier
- 4.2.2 Geovidskabelige data for lokalitet
- 4.3 *Videnskabelig og teknisk forskning og udvikling***
- 4.3.1 Videnskabelige undersøgelser
- 4.3.2 Monitorering
- 4.3.3 Depotsystemets komponenter
- 4.3.4 Udgravnings og konstruktionseffekter
- 4.3.5 Forsegling og lukning
- 4.4 *Demonstration og optimering af teknologi***
- 4.4.1 Konstruktion
- 4.5 *Uddannelse og faglig udvikling***
- 4.5.1 Uddannelsesprogram
- 4.5.2 Gennemføre uddannelse - internt
- 4.5.3 Gennemføre uddannelse - eksternt
- 4.6 *Interessentkommunikation***
- 4.6.1 Involvering ved URF
- 4.6.2 Offentligt informationsprogram

Spor 5 – Fase 3A: Implementering af deponering

Spor 5 fase 3A indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

- 5.1 *Konstruktion af overfaldefaciliteter***
- Kontrahering, konstruktion og installation af lokalitetens infrastruktur
- Kontrahering, konstruktion og installation af overfladefaciliteter

Implementering af minesikkerhed og beredskabsplan

5.2 *Konstruktion af underjordiske faciliteter*

Kontrahering, udgravning og installation af underjordiske faciliteter

Implementering af minesikkerhed og beredskabsplan

5.3 *Idriftsættelse af depotanlæg*

Udvikling af detaljeret plan for idriftsættelse

Verificering af "as built" faciliteter

Implementering af test af faciliteter og udstyr

5.4 *Overflade operationer*

Udvikling af detaljerede procedurer for overfladedrift

Udvikling af plan for affaldsinventarieopfølgning

5.5 *Underjordiske operationer*

Udvikling af detaljerede procedurer for affaldsanbringelse

Fase 3B Deponering – Drift

Spor 1 – Fase 3B: Projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt

I driftsfasen (Fase 3B) har deponeringsprojektstyringen en central leverance: ansøgningen om lukningstilladelse, der skal indsendes, når deponeringen af affald er afsluttet. Opdaterede programstyringsplaner udarbejdes også som leverancer ved større ændringer i deponeringsfasen.

Spør 1 fase 3B indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

1.19 *Governance*

1.1.1 Etabler governancestruktur

1.1.2 Programbestyrelse/styregruppe møder og beslutninger

1.20 *Strategi og planlægning og programledelse*

1.2.1 Programteam

1.2.2 Planer og strategier

1.2.3 Work Breakdown Structure (WBS)

1.2.4 Risikostyring

1.21 *Programkrav og -kontrol*

1.3.1 Kravspecifikationer

1.3.2 Programkontrol

1.3.3 Systemtekniske værktøjer

1.22 *Licensering og tilladelser*

1.4.1 Licensansøgning

1.4.2 Miljøkonsekvensvurdering

1.4.3 Tilladelser

1.4.4 Compliance

1.23 *Nuklear sikkerhed og sikringsforanstaltninger*

1.23.1 Sikkerhedsplan

1.24 *Beskyttelse af sundhed, sikkerhed og miljø*

1.24.1 Overholdelse af reguleringskrav

1.24.2 Sundheds-, sikkerheds- og miljøprogram

1.6.3 Sikkerhed og beredskabsplan

1.25 Administration og koncernservice for projektet

- 1.25.1 Omkostninger
- 1.25.2 Indkøb og ejendom
- 1.25.3 Kompetence og ressourcer
- 1.25.4 Kompetenceudvikling
- 1.25.5 Juridisk bistand

1.26 Managementsystem, kvalitetsstyring og -kontrol

- 1.26.1 Managementssystem
- 1.26.2 Træning og tilsyn managementsystem
- 1.26.3 Revisionssystem for managementsystem

1.27 Vidensstyring

- 1.27.1 Arkiv og database
- 1.27.2 Database for designkontrol
- 1.27.3 System til vidensadgang

1.10 Internationalt samarbejde

- 1.10.1 R&D samarbejde
- 1.10.2 Underground research facilities (URF) samarbejde
- 1.10.3 (Evt.) Deltagelse i Underground research facilities (URF)

Spor 2 – Fase 3B: Interessentinvolvering

Spor 2 fase 3B indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

2.1 Stat, regering og folketing

- 2.1.1 Politisk og teknisk udveksling med statslige enheder
- 2.1.2 Potentielle problemstillinger - stat

2.2 Kommuner og regioner (og lokale forhold)

- 2.2.1 Politisk og teknisk udveksling lokalt
- 2.2.2 Potentielle problemstillinger - lokalt
- 2.2.3 Lokalitetsaftaler

2.3 Reguleringsmyndigheder

- 2.3.1 Kontakt med regulerende myndigheder
- 2.3.2 Potentielle problemstillinger
- 2.3.3 Licensansøgninger

2.4 Advisory/ekspert organer

- 2.4.1 Kontakt med advisory board/ekspertgrupper
- 2.4.2 Potentielle problemstillinger advisory board/eksperter

2.5 Affaldsproducent (er)

- 2.5.1 Kontakt med affaldsproducenter
- 2.5.2 Potentielle problemstillinger - affaldsproducenter
- 2.5.3 WAC affaldsproducenter
- 2.5.4 Affaldsleverance

- 2.6 Offentligheden (inklusive lokalsamfundet)**
 - 2.6.1 Kontakt med offentligheden
 - 2.6.2 Potentielle problemstillinger - offentlighed
 - 2.6.3 Rundvisning - offentlighed
- 2.7 Andre interessenter (medier, videnskabelige og akademiske miljøer osv.)**
 - 2.7.1 Kontakt andre interessenter
 - 2.7.2 Potentielle problemstillinger - andre interessenter
 - 2.7.3 Rundvisning - andre interessenter

Spor 3 – Fase 3B: Udvikling af depotsystem (inkl. R&D)

Spor 3 fase 3B indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

- 3.1 Sikkerhedsstrategi osv.)**
 - 3.1.5 Uddybning af sikkerhedsstrategien til licensansøgning for lukning
- 3.2 Affaldsinventorie og karakterisering**
 - 3.2.1 Affaldsinventorie
 - 3.2.1.5 Opdatere fortegnelsen over affaldsinventorie (deponeret) til lukningslicens
 - 3.2.2 Affaldskarakterisering
 - 3.2.2.5 Sikre fuld registrering af affaldskarakterisering til lukning
 - 3.2.3 Waste Acceptance Criteria
 - 3.2.3.4 Verificere affaldsbeholdning som deponeret til lukningslicens
- 3.3 Lokalitetsundersøgelse og karakterisering**
 - 3.3.1 Geologisk information
 - 3.3.1.5 Gennemføre lokalitetskarakterisering til lukningslicens
 - 3.3.2 Metoder og værktøjer
 - 3.3.2.1 Udarbejde og opdatere undersøgelses- og karakteriseringsmetoder og værktøjer
 - 3.3.3 Konceptuelle lokalitetsmodeller
 - 3.3.3.4 Opdatere konceptuelle modeller efter behov
- 3.4 Understøttende forskning og udvikling (R&D)**
 - 3.4.1 Modeller for konstruktion og processer
 - 3.4.1.4 Opdatere modeller for konstruktion og koblede processer efter behov
- 3.5 Depotsystemets design og konstruktionsmæssige udvikling**
 - 3.5.1 Design af depotsystem
 - 3.5.1.5 Forfine og optimere det detaljerede design af depotsystemet
 - 3.5.3 Design af affaldshåndtering
 - 3.5.3.3 Forfine design til affaldshåndtering og placering
- 3.6 Konceptualisering, modeller og simulering**
 - 3.6.1 Model for lokalitetens langsigtede udvikling, til sikkerhedsanalysen (safety case)
 - 3.6.1.4 Udarbejde model for stedets langsigtede udvikling til sikkerhedsanalysen for lukning
 - 3.6.2 Model for konstruktionens langsigtede udvikling, til sikkerhedsanalysen (safety case)
 - 3.6.2.5 Detaljere model for konstruktionssystemets langsigtede udvikling til sikkerhedsanalysen (safety case) for lukning
 - 3.6.3 Matematisk model for depotsystemet
 - 3.6.3.3 Videreudvikle den matematiske model for depotsystemet med indsamlede data
- 3.7 Sikkerhedsvurdering efter lukning (postclosure safety assessment)**
 - 3.7.1 Features, Events, and Processes (FEB)
 - 3.7.1.5 Udarbejde detaljeret FEB-scenarie for lukningstilladelse
 - 3.7.2 Database og inputparametre
 - 3.7.2.5 Opdatere database og inputparametre til sikkerhedsvurdering efter lukning for lukning

- 3.7.3 Radionuklid screeningsundersøgelse
- 3.7.3.2 Opdatere radionuklid-screeningsanalyse
- 3.7.4 Sikkerhedsvurdering /Sikkerhedsanalyse (Safety assessment)
- 3.7.4.4 Udføre lokalitetsspecifik og designspecifik beregningsbaseret sikkerhedsanalyse til støtte for sikkerhedsvurdering efter lukning (post-closure)
- 3.7.5 Post-closure sikkerhedsanalysemodeller
- 3.7.5.2 Opdatere modeller for sikkerhedsvurdering efter lukning (post-closure)
- 3.8 Driftssikkerhedsvurdering (safety assessment)**
- 3.8.1 Risikoanalyse
- 3.8.1.3 Opdateret detaljeret risikoanalyse og scenarier, registrer og integrer driftserfaringer
- 3.8.2 Sikkerhed og ulykkes håndtering
- 3.8.2.3 Opdater og detaljer procedurer for ulykkes håndtering
- 3.8.4 Sikre sammenhæng til sikkerheds case (Safety case)
- 3.8.4.2 Operationelle beslutninger, der er relevante for sikkerhed, bør undersøges i en opdatering af sikkerhedscasen (safety case) inden implementering
- 3.9 Overvågning og kontrol**
- 3.9.1.2 Implementere miljøovervågningsprogram for konstruktion, drift og lukningsfaser
- 3.9.1.3 Implementere overvågningsprogram for depotsystemet
- 3.10 Udvikling af sikkerhedscase (Safety case)**
- 3.10.1 Sikkerhedscase (Safety case)
- 3.10.1.5 Opdatere sikkerhedscasen for licensansøgning til lukning
- 3.10.2 Håndtere usikkerheder i safety case
- 3.10.2.5 Identificere og reducere usikkerheder for sikkerhedscasen til licens/godkendelse af ansøgning om lukning
- 3.11 Miljøkonsekvensvurdering (EIA)**
- 3.11.1.5 Færdiggøre og dokumentere miljøkonsekvensvurdering for lukning
- Spor 4- Fase 3B: Forskning og udvikling**
- Spor 4 fase 3B indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:
- 4.1 Planlægning, design, konstruktion, drift og vedligeholdelse af faciliteter
- 4.1.1 Evaluere behov for undersøgelsesfaciliteter
- 4.1.2 Design og konstruktion
- 4.1.3 Vedligehold og understøttelse
- 4.1.4 Sikkerhed og beredskab
- 4.2 In situ lokalitetskarakterisering
- 4.2.1 Potentielle værtsmedier
- 4.2.2 Geovidskabelige data for lokalitet
- 4.3 Videnskabelig og teknisk forskning og udvikling
- 4.3.1 Videnskabelige undersøgelser
- 4.3.2 Monitorering
- 4.3.3 Depotsystemets komponenter
- 4.3.4 Udgravnings og konstruktionseffekter
- 4.3.5 Forsegling og lukning
- 4.4 Demonstration og optimering af teknologi**
- 4.4.1 Konstruktion
- 4.5 Uddannelse og faglig udvikling**
- 4.5.1 Uddannelsesprogram

- 4.5.2 Gennemføre uddannelse - internt
- 4.5.3 Gennemføre uddannelse - eksternt
- 4.6 *Interessentkommunikation***
- 4.6.1 Involvering ved URF
- 4.6.2 Offentligt informationsprogram

Spor 5 – Fase 3B: Implementering af deponering

Spor 5 fase 3B indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

5.1 *Konstruktion af overfladefaciliteter*

Implementering af minesikkerhed og beredskabsplan

5.2 *Konstruktion af underjordiske faciliteter*

Udvidelse af underjordiske faciliteter, hvis nødvendigt
Implementering af minesikkerhed og beredskabsplan

5.3 *Idriftsættelse af depotanlæg*

Opdatering af idriftsættelsesverificering og test for eventuelle ændringer

5.4 *Overflade operationer*

Implementering af procedurer for overfladedrift
Implementering af affaldsinventarieopfølgningssystem

5.5 *Underjordiske operationer*

Implementering af detaljerede procedurer for affaldsanbringelse
Implementering af detaljerede procedurer for tilbagefyldning (backfill) og forsegling
Implementering af affaldsinventarieopfølgningssystem

Fase 3C Deponering – Lukning

Spor 1 – Fase 3C: Projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt

Programstyringselementet er knyttet til ansøgningen om ophør af den nukleare aktivitet ved afslutningen af luknings- og afviklingsfasen (Fase 3C).

Spor 1 fase 3C indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

1.28 *Governance*

- 1.1.1 Etabler governancestruktur
- 1.1.2 Programbestyrelse/styregruppe møder og beslutninger

1.29 *Strategi og planlægning og programledelse*

- 1.2.1 Programteam
- 1.2.2 Planer og strategier
- 1.2.3 Work Breakdown Structure (WBS)
- 1.2.4 Risikostyring

1.30 *Programkrav og -kontrol*

- 1.3.1 Kravspecifikationer
- 1.3.2 Programkontrol
- 1.3.3 Systemtekniske værktøjer

1.31 *Licensering og tilladelser*

- 1.4.1 Licensansøgning
- 1.4.2 Miljøkonsekvensvurdering
- 1.4.3 Tilladelser
- 1.4.4 Compliance

1.32 *Nuklear sikkerhed og sikringsforanstaltninger*

- 1.32.1 Sikkerhedsplan

1.33 *Beskyttelse af sundhed, sikkerhed og miljø*

- 1.33.1 Overholdelse af reguleringskrav
- 1.33.2 Sundheds-, sikkerheds- og miljøprogram
- 1.6.3 Sikkerhed og beredskabsplan

1.34 *Administration og koncernservice for projektet*

- 1.34.1 Omkostninger
- 1.34.2 Indkøb og ejendom
- 1.34.3 Kompetence og ressourcer
- 1.34.4 Kompetenceudvikling
- 1.34.5 Juridisk bistand

1.35 *Managementsystem, kvalitetsstyring og -kontrol*

- 1.35.1 Managementsystem
- 1.35.2 Træning og tilsyn managementsystem
- 1.35.3 Revisionssystem for managementsystem

1.36 *Vidensstyring*

- 1.36.1 Arkiv og database
- 1.36.2 Database for designkontrol
- 1.36.3 System til vidensadgang

1.10 Internationalt samarbejde

- 1.10.1 R&D samarbejde
- 1.10.2 Underground research facilities (URF) samarbejde
- 1.10.3 (Evt.) Deltagelse i Underground research facilities (URF)

Spor 2 – Fase 3C: Interessentinvolvering

Spor 2 fase 3C indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

- 2.1 Stat, regering og folketing
 - 2.1.1 Politisk og teknisk udveksling med statslige enheder
 - 2.1.2 Potentielle problemstillinger – stat
- 2.2 Kommuner og regioner (og lokale forhold)
 - 2.2.1 Politisk og teknisk udveksling lokalt
 - 2.2.2 Potentielle problemstillinger – lokalt
 - 2.2.3 Lokalitetsaftaler
- 2.3 Reguleringsmyndigheder
 - 2.3.1 Kontakt med regulerende myndigheder
 - 2.3.2 Potentielle problemstillinger
 - 2.3.3 Licensansøgninger

- 2.4 Advisory/ekspert organer
- 2.4.1 Kontakt med advisory board/ekspertgrupper
- 2.4.2 Potentielle problemstillinger advisory board/eksperter
- 2.5 Affaldsproducent (er)
- 2.5.1 Kontakt med affaldsproducenter
- 2.5.2 Potentielle problemstillinger - affaldsproducenter
- 2.5.3 WAC affaldsproducenter
- 2.5.4 Affaldsleverance
- 2.6 Offentligheden (inklusive lokalsamfundet)
- 2.6.1 Kontakt med offentligheden
- 2.6.2 Potentielle problemstillinger – offentlighed
- 2.6.3 Rundvisning – offentlighed
- 2.7 Andre interessenter (medier, videnskabelige og akademiske miljøer osv.)
- 2.7.1 Kontakt andre interessenter
- 2.7.2 Potentielle problemstillinger - andre interessenter
- 2.7.3 Rundvisning - andre interessenter

Spor 3 – Fase 3C: Udvikling af depotsystem (inkl. R&D)

Spor 3 fase 3C indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

- 3.3 Lokalitetsundersøgelse og karakterisering**
 - 3.3.1 Geologisk information
- 3.5 Depotsystemets design og konstruktionsmæssige udvikling**
 - 3.5.1 Design af depotsystem
- 3.6 Konceptualisering, modeller og simulering**
 - 3.6.3 Matematisk model for depotsystemet
- 3.7 Sikkerhedsvurdering efter lukning (postclosure safety assessment)**
 - 3.7.1 Features, Events, and Processes (FEB)
 - 3.7.2 Database og inputparametre
 - 3.7.3 Radionuklid screeningsundersøgelse
 - 3.7.4 Sikkerhedsvurdering /Sikkerhedsanalyse (Safety assessment)
 - 3.7.5 Post-closure sikkerhedsanalysemodeller
- 3.9 Overvågning og kontrol**
- 3.10 Udvikling af sikkerhedscase (Safety case)**
 - 3.10.1 Sikkerhedscase (Safety case)
 - 3.10.2 Håndtere usikkerheder i safety case
- 3.11 Miljøkonsekvensvurdering (EIA)**

Spor 4- Fase 3C: Forskning og udvikling

Spor 4 fase 3C indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

- 4.1 Planlægning, design, konstruktion, drift og vedligeholdelse af faciliteter**
 - 4.1.1 Evaluere behov for undersøgelsesfaciliteter
 - 4.1.2 Design og konstruktion
 - 4.1.3 Vedligehold og understøttelse
 - 4.1.4 Sikkerhed og beredskab
- 4.2 In situ lokalitetskarakterisering**
 - 4.2.1 Potentielle værtsmedier
 - 4.2.2 Geovidenskabelige data for lokalitet
- 4.3 Videnskabelig og teknisk forskning og udvikling**

- 4.3.1 Videnskabelige undersøgelser
- 4.3.2 Monitorering
- 4.3.3 Depotsystemets komponenter
- 4.3.4 Udgravnings og konstruktionseffekter
- 4.3.5 Forsegling og lukning
- 4.4 *Demonstration og optimering af teknologi***
- 4.4.1 Konstruktion
- 4.5 *Uddannelse og faglig udvikling***
- 4.5.1 Uddannelsesprogram
- 4.5.2 Gennemføre uddannelse - internt
- 4.5.3 Gennemføre uddannelse - eksternt
- 4.6 *Interessentkommunikation***
- 4.6.1 Involvering ved URF
- 4.6.2 Offentligt informationsprogram

Spor 5- Fase 3C: Implementering af deponering

Spor 5 fase 3C indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

- 5.1 *Konstruktion af overfladefaciliteter***
Implementering af minesikkerhed og beredskabsplan
- 5.2 *Konstruktion af underjordiske faciliteter***
Implementering af minesikkerhed og beredskabsplan
- 5.3 *Idriftsættelse af depotanlæg***
Ingen aktiviteter
- 5.4 *Overflade operationer***
Implementering af affaldsinventorieopfølgningssystem
- 5.5 *Underjordiske operationer***
Implementering af affaldsinventorieopfølgningssystem
- 5.6 *Lukning af underjordiske faciliteter***
Implementering af lukningsplan for underjordiske faciliteter
Implementering af procedurer for tilbagefyldning (back-fill) og forsegling
Udarbejdelse af dokumentation til licensophør
- 5.7 *Lukning af overfladefaciliteter***
Implementering af lukningsplan for overfladefaciliteter
Udarbejdelse af dokumentation for ophør af licens

Fase 4 Efter lukning

Spor 1 – Fase 4: Projektplanlægning og styring for deponeringsprojekt

I efterlukningsfasen kan programstyringselementet være forbundet med kontrolmålinger og arkivering af programoplysninger.

Spor 1 fase 4 indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

- 1.1 *Governance***
 - 1.1.1 Vedligehold governancestruktur
 - 1.1.2 Programbestyrelse/styregruppe møder og beslutninger
- 1.5 *Nuklear sikkerhed og sikringsforanstaltninger***
 - 1.5.1 Sikkerhedsplan
 - 1.5.1.6 Evaluér sikringskrav
- 1.7 *Administration og koncernservice for projektet***

- 1.7.1 Omkostninger
- 1.7.1.2 Gennemgang og opdatering af programomkostninger

1.9 Vidensstyring

- 1.9.1 Arkiv og database
- 1.9.1.3 Arkivering og vedligeholdelse af optegnelser

Spor 2 – Fase 4

Ingen aktiviteter

Spor 3 – Fase 4: Udvikling af depotsystem (inkl. R&D)

Spor 3 fase 4 indeholder følgende underspor, arbejdsplaner og aktiviteter:

3.7 Sikkerhedsvurdering efter lukning (*postclosure safety assessment*)

- 3.7.3 Radionuklid screeningsundersøgelse
- 3.7.3.2 Opdatere radionuklid-screeningsanalyse

3.9 Overvågning og kontrol

- 3.9.1.4 Implementere efterlukning monitorering og overvågningsprogram (hvis påkrævet)

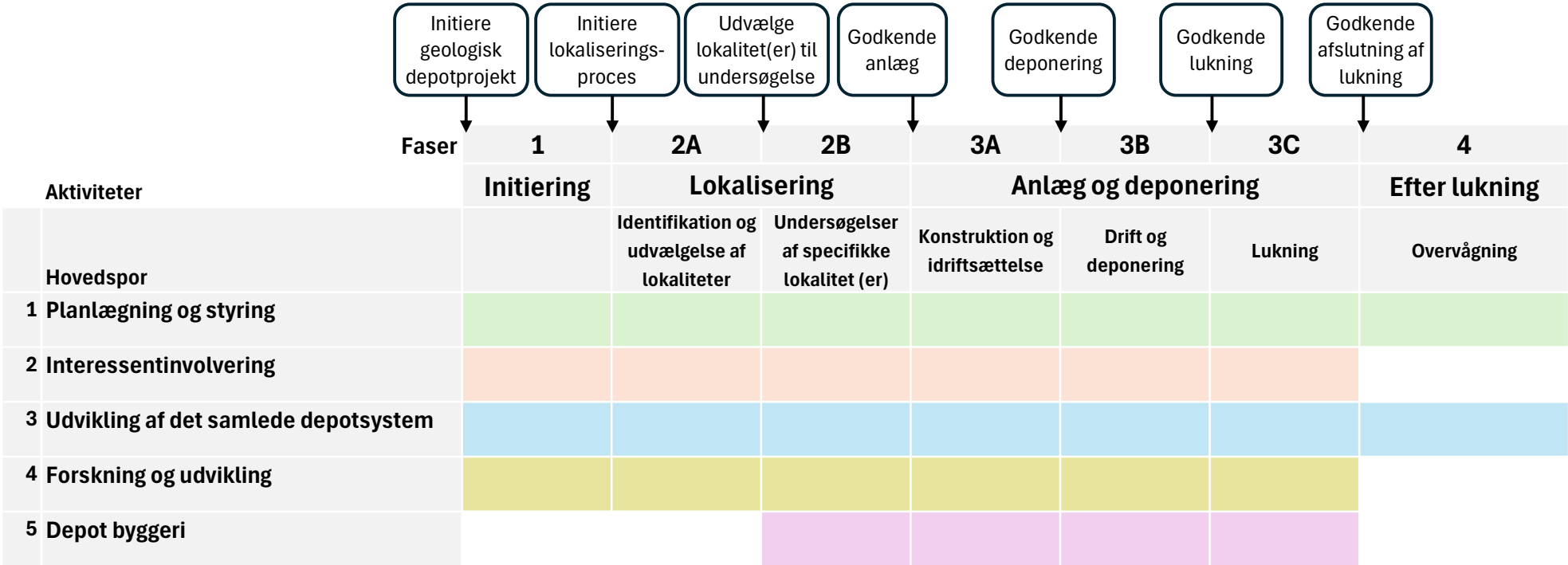
Bilag Projektmetode i Excel format/PDF

Se selvstændigt dokument i Excel format

Programmodel for geologisk depot jf IAEA (2024)

Overblik

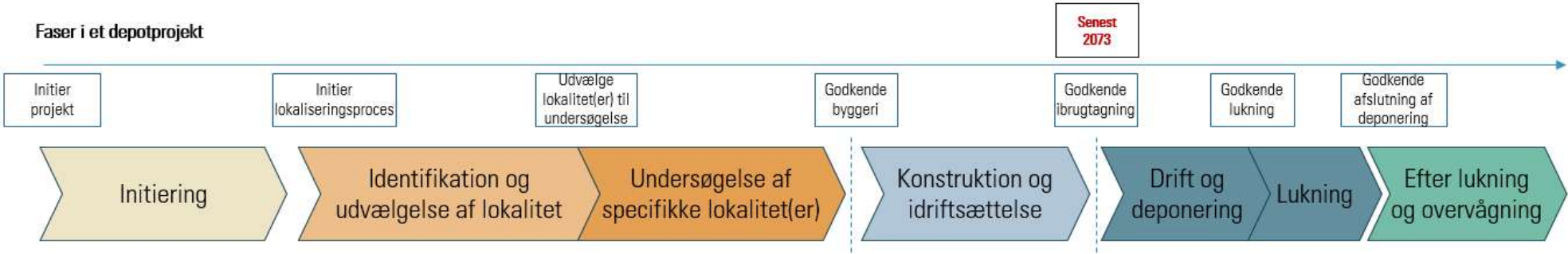
Foreløbigt udkast 29.09.2026



Baseret på IAEA Roadmap

Kilde:

<https://www.iaea.org/publications/15403/roadmap-for-implementing-a-geological-disposal-programme>



Programstruktur for geologisk depot jf IAEA		Baseret på IAEA Roadmap						
Foreløbigt udkast 29.09.2026		Faser						
		1	2A	2B	3A	3B	3C	4
		Initiering	Lokalisering		Anlæg og deponering			Efter lukning
			Identifikation og udvælgelse af lokaliteter	Undersøgelser af specifikke lokalitet (er)	Konstruktion og idriftsættelse	Deponering/ Drift	Lukning	Overvågning
	Spor, underspor, arbejdsplaner og aktiviteter							
	1 Programplanlægning og styring							
1.1	Governance							
1.2	Strategi og planlægning og programledelse							
1.3	Programkrav og -kontrol							
1.4	Licensering og tilladelser							
1.5	Nuklear sikkerhed og sikringsforanstaltninger							
1.6	Beskyttelse af sundhed, sikkerhed og miljø							
1.7	Administration og koncernservice for programmet							
1.8	Managementsystem, kvalitetsstyring og -kontrol							
1.9	Vidensstyring							
1.10	Internationalt samarbejde							
	2 Interessentinvolvering							
2.1	Stat, regering og folketing							
2.2	Kommuner og regioner (og lokale forhold)							
2.3	Reguleringsmyndigheder							
2.4	Advisory/ekspert organer							
2.5	Affaldsproducent (er)							
2.6	Offentligheden (inklusive lokalsamfundet)							
2.7	Andre interessenter (medier, videnskabelige og akademiske miljøer osv.)							
	3 Udvikling af det samlede depotsystem							
3.1	Sikkerhedsstrategi							
3.2	Affaldsinventorie og karakterisering							
3.3	Lokalitetsundersøgelser og karakterisering							
3.4	Understøttende forskning og udvikling (R&D)							
3.5	Depotsystemets design og konstruktionsmæssige udvikling							
3.6	Konceptualisering, modeller og simulering							
3.7	Sikkerhedsvurdering efter lukning (postclosure safety assessment)							
3.8	Driftssikkerhedsvurdering (safety assessment)							
3.9	Overvågning og kontrol							
3.10	Udvikling af sikkerhedscase (Safety case)							
3.11	Miljøkonsekvensvurdering (EIA)							
	4 Forskning og udvikling							
4.1	Planlægning, design, konstruktion, drift og vedligeholdelse af faciliteter							
4.2	In situ lokalitetskarakterisering							
4.3	Videnskabelig og teknisk forskning og udvikling							
4.4	Demonstration og optimering af teknologi							
4.5	Uddannelse og faglig udvikling							
4.6	Interessentkommunikation							
	5 Depot byggeri							
5.1	Konstruktion af overfladefaciliteter							
5.2	Konstruktion af underjordiske faciliteter							
5.3	Idriftsættelse af depotanlæg							
5.4	Overflade operationer							
5.5	Underjordisk operationer							
5.6	Lukning af underjordiske faciliteter							
5.7	Lukning af overfladefaciliteter							

	Programstruktur for geologisk depot jf IAEA - UDFOLDET	Baseret på IAEA Roadmap 2024						
	Foreløbigt udkast 29.09.2026	Faser						
		1	2A	2B	3A	3B	3C	4
		Initiering	Lokalisering		Anlæg og deponering			Efter lukning
	Spor, underspor, arbejdsplaner og aktiviteter		Identifikation og udvælgelse af lokaliteter	Undersøgelser af specifikke lokalitet (er)	Konstruktion og idriftsættelse	Deponering/ Drift	Lukning	Overvågning
	1 Programplanlægning og styring							
1.1	Governance							
1.1.1.	Etabler og vedligehold governancestruktur							
1.1.2	Programbestyrelse/styregruppe møder og beslutninger							
1.2	Strategi og planlægning og programledelse							
1.2.1	Programteam							
1.2.1.1	Etabler program-kerneteam							
1.2.1.2	Vedligehold program-kerneteam og sikre vidensoverførsel							
1.2.2	Planer og strategier							
1.2.2.1	Udvikl planer eller strategier til at implementere depotprogrammet							
1.2.2.2	Opdater planer og strategier til implementering af depotprogrammet (fase 2A, 2B, 3A, 3B, 3C samt monitorering, F&U,interessentinvolvering mv)							
1.2.2.3	Opdater planer og strategier til industriel gennemførelse (fase 2B, 3A, 3B, 3C samt monitorering, F&U, interessentinvolvering, myndighedscompliance, H&S mv)							
1.2.3	Work Breakdown Structure (WBS)							
1.2.3.1	Udvikl indledende WBS (Work Breakdown Structure) og tidsplan							
1.2.3.2	Opdater WBS og programtidsplan							
1.2.4	Risikostyring							
1.2.4.1	Udvikl foreløbig risikostyringsplan							
1.2.4.2	Opdater risikostyringsplan (licens, feasibility, acceptance)							
1.2.4.3	Opdater risikostyringsplan (Construction, operations, maintainance acceptance)							
1.3	Programkrav og -kontrol							
1.3.1	Kravspecifikationer							
1.3.1.1	Etabler generiske krav							
1.3.1.2	Etabler krav for sikkerhed og feasibility							
1.3.1.3	Detaljer krav til licens ansøgning							
1.3.1.4	Detaljer krav til kommissionering							
1.3.1.5	Detaljer krav til licensreviews							
1.3.1.6	Detaljer krav til post-closure (fase 4)							
1.3.2	Programkontrol							
1.3.2.1	Start indledende system for programkontrol							
1.3.2.2	Implementer og opdater system for programkontrol							
1.3.3	Systemtekniske værktøjer							
1.3.3.1	Udvikl systemtekniske værktøjer (engineering)							
1.3.3.2	Anvend systemtekniske analyser til at definere forsknings- og udviklingsbehov							
1.3.3.3	Anvend systemtekniske analyser til at vurdere forsknings- og udviklingsbehov							
1.4	Licensering og tilladelser							
1.4.1	Licensansøgning							
1.4.1.1	Indsend licensansøgning for site-specifik URF (option)							
1.4.1.2	Indsend licensansøgning for konstruktion							
1.4.1.3	Indsend licensansøgning for drift							
1.4.1.4	Indsend licensansøgning for lukning							
1.4.1.5	Forbered tilgang til licensafslutning							
1.4.2	Miljøvurdering (EIA)							
1.4.2.1	Indsend miljøvurdering (EIA) for site-undersøgelser							
1.4.2.2	Indsend miljøvurdering for konstruktion							
1.4.2.3	Indsend miljøvurdering for drift							
1.4.2.4	Indsend miljøvurdering for lukning							
1.4.3	Tilladelser							
1.4.3.1	Opnå tilladelser til site-undersøgelser							
1.4.3.2	Opnå tilladelser til drift							
1.4.3.3	Opnå påkrævede tilladelser til lukning							
1.4.3.4	Opnå tilladelser til aktiviteter efter-luknings aktiviteter							
1.4.4	Compliance							
1.4.4.1	Sikre overholdelse/compliance ift. alle relevante reguleringer							
1.4.4.2	Sikre overholdelse/compliance ift. arbejdsmiljø, sikkerhed og miljøreguleringer							
1.5	Nuklear sikkerhed og sikringsforanstaltninger							
1.5.1	Sikkerhedsplan							
1.5.1.1	Gennemgå sikkerheds- og sikringsbehov							
1.5.1.2	Udvikle sikringsplan for konstruktion							
1.5.1.3	Udvikle detaljeret sikringsplan for drift							
1.5.1.4	Implementer sikringsforanstaltninger							
1.5.1.5	Udvikle sikringsplan for lukning							
1.5.1.6	Evaluer sikringskrav							
1.5.2	Cybersikkerhed							
1.5.2.1	Udarbejd cybersikkerhedsprogram							
1.5.2.2	Implementer og opdater cybersikkerheds- og facilitetssikringsprogram							
1.6	Beskyttelse af sundhed, sikkerhed og miljø							
1.6.1	Overholdelse af reguleringskrav							
1.6.1.1	Fastlæg relevante reguleringskrav							
1.6.1.2	Opdater vurdering af sundhed, sikkerhed og miljøprogram							
1.6.1.3	Opdater vurdering af sundhed, sikkerhed og miljø efter behov							
1.6.2	Sundheds-, sikkerheds- og miljøprogram							
1.6.2.1	Initier sundheds-, sikkerheds- og miljøprogram							
1.6.2.2	Implementer sundheds-, sikkerheds- og miljøprogram							
1.6.3	Sikkerhed og beredskabsplan							
1.6.3.1	Udvikle sikkerheds og beredskabsplan for lokalsamfund							
1.6.3.2	Opdater sikkerhds og beredskabsplan efter behov							
1.7	Administration og koncernservice for programmet							
1.7.1	Omkostninger							
1.7.1.1	Udvikling af værktøj til omkostningsestimering og estimering af omkostninger							
1.7.1.2	Gennemgang og opdatering af programomkostninger regelmæssigt							

Foreløbigt udkast 29.09.2026		Faser						
		1	2A	2B	3A	3B	3C	4
		Initiering	Lokalisering		Anlæg og deponering			Efter lukning
			Identifikation og udvælgelse af lokaliteter	Undersøgelser af specifikke lokalitet (er)	Konstruktion og idriftsættelse	Deponering/ Drift	Lukning	Overvågning
	Spor, underspor, arbejdspakker og aktiviteter							
1.7.2	Indkøb og ejendom							
1.7.2.1	Etablering af indkøbs- og ejendomsstyringsplaner							
1.7.2.2	Implementering af indkøbs- og ejendomsstyringssystem							
1.7.2.3	Udvikling af detaljeret plan for indkøb af bygge- og driftskontrakter							
1.7.2.4	Implementering af indkøb til konstruktion							
1.7.2.5	Implementering af indkøb til drift							
1.7.2.6	Implementering af indkøb til lukning							
1.7.3	Kompetence og ressourcer							
1.7.3.1	Identifikation af nødvendige kompetencer og påbegyndelse af rekrutteringsplan							
1.7.3.2	Opdatering af program til fastholdelse af færdigheder							
1.7.3.3	Opdatering af vurdering af færdigheder og implementering af personaleansættelse, rekruttering og fastholdelsesprogram							
1.7.4	Kompetenceudvikling							
1.7.4.1	Udvikling af medarbejdertræningsprogram							
1.7.4.2	Implementering af medarbejdertræningsprogram							
1.7.5	Juridisk bistand							
1.7.5.1	Evaluering af forventede juridiske behov							
1.7.5.2	Levering af juridiske tjenester til virksomhedens drift, kontrakter og licensiering							
1.7.5.3	Levering af juridiske tjenester til industriel bortskaffelsesfase af programmet							
1.8	Managementsystem, kvalitetsstyring og -kontrol							
1.8.1	Managementsystem							
1.8.1.1	Udvikling af overordnet managementsystem							
1.8.1.2	Opdatering af managementsystem for aktiviteter på stedet og konstruktion							
1.8.1.3	Opdatering af managementsystem for drift							
1.8.1.4	Opdatering af managementsystem for lukning							
1.8.1.5	Opdatering af managementsystem for post-lukning							
1.8.2	Træning og tilsyn managementsystem							
1.8.2.1	Udvikling og implementering af trænings- og tilsynsprogram for managementsystem							
1.8.2.2	Implementering af trænings- og tilsynsprogram for managementsystem							
1.8.3	Revisionssystem for managementsystem							
1.8.3.1	Etablering af revisionssystem for managementsystem							
1.8.3.2	Implementering af revisionssystem for managementsystem							
1.9	Vidensstyring							
1.9.1	Arkiv og database							
1.9.1.1	Etablering af arkivsystem og database							
1.9.1.2	Vedligeholdelse af programarkiver og database							
1.9.1.3	Arkivering og vedligeholdelse af optegnelser							
1.9.2	Database for designkontrol							
1.9.2.1	Udvikling af database til designkontrol af depotsystem og geoinformation							
1.9.2.2	Vedligeholdelse og opdatering af database for designkontrol af depotsystem og geoinformation (Bevarelse og overførsel af viden, der understøtter større programbeslutninger (f.eks. drift, licensiering, lukning))							
1.9.3	System til vidensadgang							
1.9.3.1	Etablering og vedligeholdelse af system til vidensadgang for interessenter							
1.9.3.2	Opdatering og vedligeholdelse af system til vidensadgang for interessenter							
1.10	Internationalt samarbejde							
1.10.1	R&D samarbejde							
1.10.1.1	Udvikling af strategiske partnerskaber, herunder med andre WMO'er							
1.10.1.2	Samarbejde om relevant forskning og udviklingsarbejde inden for geologisk deponering							
1.10.1.3	Fortsat samarbejde om relevant forskning og udviklingsarbejde inden for geologisk deponering							
1.10.2	Underground research facilities (URF) samarbejde							
1.10.2.1	Etablering af forbindelser til internationale URF-programmer							
1.10.2.2	Samarbejde om specifikke studier i eksisterende URF'er i andre nationer							
1.10.2.3	Fortsat samarbejde om forskning og udvikling i andre URF'er							
1.10.3	Deltagelse i Underground research facilities (URF)							
1.10.3.1	Støtte og fremme af international deltagelse i generiske eller stedsspecifikke URF'er							
1.10.3.2	Støtte og fremme af international deltagelse i den stedsspecifikke URF							
2 Interessentinvolvering								
2.1	Stat, regering og folketing							
2.1.1	Politisk og teknisk udveksling med statslige enheder							
2.1.1.1	Etablere forbindelser med relevante statslige enheder							
2.1.1.2	Gennemføre og fortsætte periodisk politisk og teknisk udveksling med statslige enheder							
2.1.2	Potentielle problemstillinger - stat							
2.1.2.1	Identificere potentielle problemstillinger af interesse for statslige enheder							
2.1.2.2	Forfine og opdatere listen over potentielle problemstillinger af interesse for statslige enheder							
2.1.2.3	Kommunikere lukningsaktiviteter							
2.2	Kommuner og regioner (og lokale forhold)							
2.2.1	Politisk og teknisk udveksling lokalt							
2.2.1.1	Gennemføre politisk og teknisk udveksling, herunder samfundsmæssige fordele							
2.2.1.2	Fortsætte politisk og teknisk udveksling, herunder samfundsmæssige fordele							
2.2.1.3	Gennemføre periodisk politisk og teknisk udveksling med kommuner og regioner							
2.2.2	Potentielle problemstillinger - lokalt							
2.2.2.1	Identificere potentielle problemstillinger af interesse for kommuner og regioner							
2.2.2.2	Opdatere listen over potentielle problemstillinger fra kommuner og regioner							
2.2.2.3	Opdatere listen over potentielle problemstillinger af interesse for lokale/regional kommuner og regioner							
2.2.2.4	Kommunikere lukningsaktiviteter							
2.2.3	Lokalitetsaftaler							
2.2.3.1	Indgå aftale om undersøgelser af lokaliter, hvis nødvendigt							
2.2.3.2	Opdatere og vedligeholde aftaler for hver fase, levere samfundsmæssige fordele							
2.3	Reguleringsmyndigheder							
2.3.1	Kontakt med regulerende myndigheder							
2.3.1.1	Etablere forbindelser med regulerende myndigheder							
2.3.1.2	Gennemføre og fortsætte periodisk politisk og teknisk udveksling med regulerende myndigheder							
2.3.2	Potentielle problemstillinger							

Foreløbigt udkast 29.09.2026		Faser						
		1	2A	2B	3A	3B	3C	4
		Initiering	Lokalisering		Anlæg og deponering			Efter lukning
			Identifikation og udvælgelse af lokaliteter	Undersøgelser af specifikke lokalitet (er)	Konstruktion og idriftsættelse	Deponering/ Drift	Lukning	Overvågning
	Spor, underspor, arbejdspakker og aktiviteter							
2.3.2.1	Udarbejd liste over potentielle problemstillinger af interesse for reguleringsmyndigheder							
2.3.2.2	Forfine og opdatere listen over potentielle problemstillinger af interesse for regulerende myndigheder							
2.3.2.3	Forfine og opdatere listen over potentielle problemstillinger af interesse for regulerende myndigheder for deponeringsfase							
2.3.2.4	Kommunikere lukningsaktiviteter							
2.3.3	Licensansøgninger							
2.3.3.1	Bidrage til licensansøgning for byggefasen							
2.3.3.2	Bidrage til licensansøgning for driftsfasen							
2.3.3.3	Bidrage til licensansøgning for lukning							
2.4	Advisory/ekspert organer							
2.4.1	Kontakt med advisory board/ekspertgrupper							
2.4.1.1	Etablere forbindelser med advisory/ekspertgrupper							
2.4.1.2	Gennemføre og fortsætte periodisk politisk og teknisk udveksling med advisory/ekspertgrupper							
2.4.2	Potentielle problemstillinger advisory board/eksperter							
2.4.2.1	Udarbejd liste over potentielle problemstillinger af interesse for advisory/ekspertgrupper							
2.4.2.2	Forfine og opdatere listen over potentielle problemstillinger af interesse for advisory/ekspertgrupper							
2.4.2.3	Kommunikere lukningsaktiviteter							
2.5	Affaldsproducent (er)							
2.5.1	Kontakt med affaldsproducenter							
2.5.1.1	Etablere forbindelser med affaldsproducenter							
2.5.1.2	Gennemføre og fortsætte periodisk politisk og teknisk udveksling med affaldsproducenter							
2.5.2	Potentielle problemstillinger - affaldsproducenter							
2.5.2.1	Udarbejd liste over potentielle problemstillinger af interesse for affaldsproducenter							
2.5.2.2	Forfine og opdatere listen over potentielle problemstillinger af interesse for affaldsproducenter							
2.5.2.3	Kommunikere lukningsaktiviteter							
2.5.3	WAC affaldsproducenter							
2.5.3.1	Etablere foreløbig WAC (acceptkriterier for affald) i samarbejde med affaldsproducenter							
2.5.3.2	Etablere detaljerede WAC (acceptkriterier for affald) i samarbejde med affaldsproducenter							
2.5.3.3	Afslutte WAC (acceptkriterier for affald) i samarbejde med affaldsproducenter							
2.5.4	Affaldsleverance							
2.5.4.1	Etablere foreløbig affaldsleverancer (mængde, logistik, tidsplan)							
2.5.4.2	Etablere detaljeret affaldsleverancer (mængde, logistik, tidsplan)							
2.5.4.3	Opdatere affaldsleverancer (mængde, logistik, tidsplan) efter behov							
2.6	Offentligheden (inklusive lokalsamfundet)							
2.6.1	Kontakt med offentligheden							
2.6.1.1	Gennemføre og fortsætte periodisk policy og teknisk udveksling med offentligheden og lokalsamfundet							
2.6.1.2	Gennemføre og fortsætte periodisk policy og teknisk udveksling med offentligheden og lokalsamfundet for deponeringsfasen							
2.6.2	Potentielle problemstillinger - offentlighed							
2.6.2.1	Identificere potentielle problemstillinger af interesse for den berørte offentlighed							
2.6.2.2	Forfine og opdatere listen over potentielle problemstillinger af interesse for lokalsamfundet og offentligheden							
2.6.2.3	Gennemføre lukningskommunikation							
2.6.3	Rundvisning - offentlighed							
2.6.3.1	Tilbyde rundvisninger i deponeringskonstruktionen							
2.6.3.2	Tilbyde rundvisninger i driften af deponeringsanlægget							
2.7	Andre interessenter (medier, videnskabelige og akademiske miljøer osv.)							
2.7.1	Kontakt andre interessenter							
2.7.1.1	Etablere forbindelser med relevante (bekymrede) interessenter							
2.7.1.2	Gennemføre og fortsætte periodisk policy og teknisk udveksling med andre interessenter							
2.7.2	Potentielle problemstillinger - andre interessenter							
2.7.2.1	Identificere potentielle problemstillinger af interesse for andre interessenter							
2.7.2.2	Forfine og opdatere listen over potentielle problemstillinger af interesse for andre interessenter							
2.7.2.3	Gennemføre lukningskommunikation							
2.7.3	Rundvisning - andre interessenter							
2.7.1.1	Tilbyde rundvisninger i deponeringskonstruktionen							
2.7.1.2	Tilbyde rundvisninger i driften af deponeringsanlægget							
3 Udvikling af det samlede depotsystem								
3.1	Sikkerhedsstrategi							
3.1.1	Udvikle generel sikkerhedsstrategi (indeslutning og isolering, robusthed osv.)							
3.1.2	Uddybning af den generelle sikkerhedsstrategi							
3.1.3	Uddybning af sikkerhedsstrategien til licensansøgning for konstruktion							
3.1.4	Uddybning af sikkerhedsstrategien til licensansøgning for drift							
3.1.5	Uddybning af sikkerhedsstrategien til licensansøgning for lukning							
3.2	Affaldsinventorie og karakterisering							
3.2.1	Affaldsinventorie							
3.2.1.1	Gennemføre initial analyse af affaldsinventorie, inkl. prognoser							
3.2.1.2	Opdatere initial analyse af affaldsinventorie, inkl. prognoser							
3.2.1.3	Opdatere analyse af affaldsinventorie til licens for konstruktion							
3.2.1.4	Opdatere analyse af affaldsinventorie til licens for drift							
3.2.1.5	Opdatere fortegnelsen over affaldsinventorie (deponeret) til lukningslicens							
3.2.2	Affaldskarakterisering							
3.2.2.1	Udvikle indledende plan for affaldskarakterisering							
3.2.2.2	Gennemføre foreløbig affaldskarakterisering							
3.2.2.3	Gennemføre affaldskarakterisering til licens for konstruktion							
3.2.2.4	Gennemføre affaldskarakterisering til licens for drift							
3.2.2.5	Sikre fuld registrering af affaldskarakterisering til lukning							
3.2.3	Waste Acceptance Criteria (WAC)							
3.2.3.1	Udvikle generiske kriterier for affaldsaccept (WAC)							
3.2.3.2	Udvikle foreløbige kriterier for affaldsaccept (WAC)							
3.2.3.3	Udarbejde detaljerede kriterier for affaldsaccept (WAC)							
3.2.3.4	Verificere affaldsinventar som deponeret til lukningslicens							
3.3	Lokalitetsundersøgelser og karakterisering							
3.3.1	Geologisk information							
3.3.1.1	Indsamle information om national geologi og geodynamik for at forstå geologiske muligheder							

	Foreløbigt udkast 29.09.2026	Faser						
		1	2A	2B	3A	3B	3C	4
		Initiering	Lokalisering		Anlæg og deponering			Efter lukning
			Identifikation og udvælgelse af lokaliteter	Undersøgelser af specifikke lokalitet (er)	Konstruktion og idriftsættelse	Deponering/ Drift	Lukning	Overvågning
	Spor, underspor, arbejdsplaner og aktiviteter							
3.3.1.2	Gennemføre lokalitetsundersøgelser for at adressere nøglemangler i regional geologisk information							
3.3.1.3	Gennemføre lokalitetskarakterisering for at opnå lokal geologisk information til konstruktionstilladelse							
3.3.1.4	Gennemføre lokalitetskarakterisering til driftslicens							
3.3.1.5	Gennemføre lokalitetskarakterisering til lukningslicens							
3.3.1.6	Fortsætte lokalitetskarakterisering til endelig licensgodkendelse							
3.3.2	Metoder og værktøjer							
3.3.2.1	Udarbejde og opdatere undersøgelses- og karakteriseringsmetoder og værktøjer							
3.3.3	Konceptuelle lokalitetsmodeller							
3.3.3.1	Udvikle foreløbige konceptuelle modeller							
3.3.3.2	Opdatere konceptuelle modeller i potentielle værftsregioner							
3.3.3.3	Opdatere konceptuelle modeller for udvalgte lokaliteter							
3.3.3.4	Opdatere konceptuelle modeller efter behov							
3.3.4	Biosfære og eksponeringsveje							
3.3.4.1	Udvikle foreløbige konceptuelle modeller for biosfærerelease-mekanismer og eksponeringsveje							
3.3.4.2	Opdatere konceptuelle modeller for biosfære-release mekanismer og eksponeringsveje							
3.3.4.3	Opdatere modeller for biosfære-release mekanismer og eksponeringsveje							
3.4	Understøttende forskning og udvikling (R&D)							
3.4.1	Modeller for konstruktion og processer							
3.4.1.1	Udvikle foreløbige konceptuelle modeller for konstruktionssystemer og koblede processer							
3.4.1.2	Opdatere modeller for konstruktion og koblede processer i potentielle værftsregioner							
3.4.1.3	Opdatere modeller for konstruktion og koblede processer for udvalgte steder							
3.4.1.4	Opdatere modeller for konstruktion og koblede processer efter behov							
3.4.2	Forskning og udvikling							
3.4.2.1	Gennemføre internationale litteraturstudie af depokoncerter for potentielle geologiske medier fra det internationale samfund							
3.4.2.2	Gennemføre foreløbig forskning og udvikling af depotsystemets komponenter, som affaldsbeholder, buffer og backfill							
3.4.2.3	Gennemføre detaljeret forskning og udvikling af depotsystemets komponenter og konstruktionsudstyr							
3.4.2.4	Gennemføre yderligere forskning og udvikling af depotsystemets komponenter og driftsudstyr							
3.5	Depotsystemets design og konstruktionsmæssige udvikling							
3.5.1	Design af depotsystem							
3.5.1.1	Udvikle generisk design af depotsystem							
3.5.1.2	Udvikle konceptuelt design af depotsystem							
3.5.1.3	Udvikle design af depotsystem til ansøgning om byggetilladelse							
3.5.1.4	Udvikle og optimere det detaljerede design af depotsystemet til drift							
3.5.1.5	Forfine og optimere det detaljerede design af depotsystemet							
3.5.1.6	Forfine og optimere designet af barrierer og forseglinger til lukning							
3.5.2	Design af overflade og underjordiske faciliteter							
3.5.2.1	Udvikle design af overflade- og underjordiske faciliteter							
3.5.2.2	Udarbejde detaljeret design af overflade- og underjordiske faciliteter							
3.5.2.3	Forfine designet af overflade- og underjordiske faciliteter							
3.5.3	Design af affaldshåndtering							
3.5.3.1	Udvikle design til affaldshåndtering og placering							
3.5.3.2	Udvikle design til affaldshåndtering og placering							
3.5.3.3	Forfine design til affaldshåndtering og placering							
3.5.4	Operationelle procedurer							
3.5.4.1	Udvikle operationelle procedurer							
3.5.4.2	Forfine og optimere operationelle procedurer							
3.6	Konceptualisering, modeller og simulering							
3.6.1	Model for lokalitetens langsigtede udvikling, til sikkerhedsanalysen (safety case)							
3.6.1.1	Udvikle generisk konceptuel model for lokalitetens langsigtede udvikling							
3.6.1.2	Udvikle foreløbig konceptuel model for lokalitetens langsigtede udvikling							
3.6.1.3	Udvikle konceptuel model for lokalitetens langsigtede udvikling til safety case							
3.6.1.4	Udarbejde model for stedets langsigtede udvikling til sikkerhedsanalysen for lukning							
3.6.1.5	Udarbejde model for stedets langsigtede udvikling til sikkerhedsanalysen for drift							
3.6.2	Model for konstruktionens langsigtede udvikling, til sikkerhedsanalysen (safety case)							
3.6.2.1	Udvikle generisk konceptuel model for konstruktionssystemets langsigtede udvikling							
3.6.2.2	Udvikle foreløbig konceptuel model for det konstruktionssystemets langsigtede udvikling							
3.6.2.3	Udvikle konceptuel model for konstruktionssystemets langsigtede udvikling, til sikkerhedsanalysen (safety case) for tilladelse til byggeri							
3.6.2.4	Detaljere model for konstruktionssystemets langsigtede udvikling til sikkerhedsanalysen (safety case) for drift							
3.6.2.5	Detaljere model for konstruktionssystemets langsigtede udvikling til sikkerhedsanalysen (safety case) for lukning							
3.6.3	Matematisk model for depotsystemet							
3.6.3.1	Udvikle generisk matematisk model for depotsystemet							
3.6.3.2	Videreudvikle den matematiske model for depotsystemet							
3.6.3.3	Videreudvikle den matematiske model for depotsystemet med indsamlede data							
3.7	Sikkerhedsvurdering efter lukning (postclosure safety assessment)							
3.7.1	Features, Events, and Processes (FEB)							
3.7.1.1	Gennemgå FEPs-scenarie for generiske referencecases							
3.7.1.2	Analysere FEPs-scenarie for generiske referencecases							
3.7.1.3	Udarbejde detaljeret FEPs-scenarie for konstruktion/byggetilladelse							
3.7.1.4	Udarbejde detaljeret FEPs-scenarie for driftstilladelse							
3.7.1.5	Udarbejde detaljeret FEPs-scenarie for lukningstilladelse							
3.7.1.6	Udarbejde detaljeret FEPs-scenarie for licensterminering							
3.7.2	Database og inputparametre							
3.7.2.1	Etablere database og inputparametre til generiske modeller for sikkerhedsvurdering efter lukning							
3.7.2.2	Opdatere database og inputparametre til generiske modeller for sikkerhedsvurdering efter lukning							
3.7.2.3	Opdatere database og inputparametre til sikkerhedsvurdering efter lukning for konstruktion							
3.7.2.4	Opdatere database og inputparametre til sikkerhedsvurdering efter lukning for drift							
3.7.2.5	Opdatere database og inputparametre til sikkerhedsvurdering efter lukning for lukning							
3.7.2.6	Opdatere database og inputparametre til sikkerhedsvurdering efter lukning for licensterminering							
3.7.3	Radionuklid screeningsundersøgelse							
3.7.3.1	Gennemføre generisk radionuklid-screeningsanalyse							
3.7.3.2	Opdatere radionuklid-screeningsanalyse							
3.7.4	Sikkerhedsvurdering /Sikkerhedsanalyse (Safety assessment)							

	Foreløbigt udkast 29.09.2026	Faser						
		1	2A	2B	3A	3B	3C	4
		Initiering	Lokalisering		Anlæg og deponering			Efter lukning
			Identifikation og udvælgelse af lokaliteter	Undersøgelser af specifikke lokalitet (er)	Konstruktion og idriftsættelse	Deponering/ Drift	Lukning	Overvågning
	Spor, underspor, arbejdspakker og aktiviteter							
3.7.4.1	Gennemføre generisk sikkerhedsvurdering (post-closure) til støtte for den generelle sikkerhedsanalyse (safety case)							
3.7.4.2	Opdatere generisk sikkerhedsvurdering (post-closure) til støtte for den generelle sikkerhedsanalyse (safety case)							
3.7.4.3	Udføre lokalitetsspecifik beregningsbaseret sikkerhedsanalyse til støtte for sikkerhedsvurdering efter lukning (post-closure)							
3.7.4.4	Udføre lokalitetsspecifik og designspecifik beregningsbaseret sikkerhedsanalyse til støtte for sikkerhedsvurdering efter lukning (post-closure)							
3.7.5	Post-closure sikkerhedsanalysemodeller							
3.7.5.1	Udvikle modeller for sikkerhedsvurdering efter lukning (post-closure)							
3.7.5.2	Opdatere modeller for sikkerhedsvurdering efter lukning (post-closure)							
3.8	Driftssikkerhedsvurdering (safety assessment)							
3.8.1	Risikoanalyse							
3.8.1.1	Gennemføre risikoanalyse og scenarieudvikling							
3.8.1.2	Detaljere risikoanalyse (f.eks. forventede hændelser)							
3.8.1.3	Opdateret detaljeret risikoanalyse og scenarier, registrer og integrer driftserfaringer							
3.8.2	Sikkerhed og ulykkehåndtering							
3.8.2.1	Udvikle generiske modeller for driftssikkerhed							
3.8.2.2	Detaljere procedurer for ulykkehåndtering							
3.8.2.3	Opdater og detaljer procedurer for ulykkehåndtering							
3.8.3	Sikkerhedsberegninger							
3.8.3.1	Gennemføre sikkerhedsberegninger for generiske modeller							
3.8.3.2	Gennemføre sikkerhedsberegninger for generiske modeller for konstruktion							
3.8.3.3	Gennemføre sikkerhedsberegninger for drift							
3.8.4	Sikre sammenhæng til sikkerheds case (Safety case)							
3.8.4.1	Sikre, at drift af anlægget er i overensstemmelse med sikkerhedscasen (safety case)							
3.8.4.2	Operationelle beslutninger, der er relevante for sikkerhed, bør undersøges i en opdatering af sikkerhedscasen (safety case) inden implementering							
3.9	Overvågning og kontrol							
3.9.1.1	Implementere miljøovervågningsprogram i udvalgte lokaliteter							
3.9.1.2	Implementere miljøovervågningsprogram for konstruktion, drift og lukningsfaser							
3.9.1.3	Implementere overvågningsprogram for depotsystemet							
3.9.1.4	Implementere efterlukning monitorering og overvågningsprogram (hvis påkrævet)							
3.10	Udvikling af sikkerhedscase (Safety case)							
3.10.1	Sikkerhedscase (Safety case)							
3.10.1.1	Definere indhold og struktur af generisk sikkerhedscase							
3.10.1.2	Opdatere sikkerhedscasen baseret på lokalitetsinformation							
3.10.1.3	Opdatere sikkerhedscasen for licensansøgning til konstruktion							
3.10.1.4	Opdatere sikkerhedscasen for licensansøgning til drift							
3.10.1.5	Opdatere sikkerhedscasen for licensansøgning til lukning							
3.10.1.6	Opdatere sikkerhedscasen for afslutning							
3.10.2	Håndtere usikkerheder i safety case							
3.10.2.1	Identificere og evaluere usikkerheder i den generiske sikkerhedscase gennem gap-analyse							
3.10.2.2	Identificere og reducere usikkerheder for sikkerhedscasen gennem gap-analyse							
3.10.2.3	Identificere og reducere usikkerheder for sikkerhedscasen til licens/godkendelse af ansøgning om konstruktion							
3.10.2.4	Identificere og reducere usikkerheder for sikkerhedscasen til licens/godkendelse af ansøgning om drift							
3.10.2.5	Identificere og reducere usikkerheder for sikkerhedscasen til licens/godkendelse af ansøgning om lukning							
3.10.2.6	Identificere og reducere usikkerheder for sikkerhedscasen til licens/godkendelse af ansøgning om afslutning							
3.10.2.7	Identificere og reducere usikkerheder for sikkerhedscasen til afsluttende nuklear licens/godkendelse							
3.11	Miljøkonsekvensvurdering (EIA)							
3.11.1.1	Udarbejde plan for miljøkonsekvensvurdering og udføre nødvendige supplerende studier							
3.11.1.2	Udarbejde og evaluere den foreløbige miljøkonsekvensvurdering							
3.11.1.3	Færdiggøre og dokumentere miljøkonsekvensvurdering for konstruktion							
3.11.1.4	Færdiggøre og dokumentere miljøkonsekvensvurdering for drift							
3.11.1.5	Færdiggøre og dokumentere miljøkonsekvensvurdering for lukning							
3.11.1.6	Færdiggøre og dokumentere miljøkonsekvensvurdering for ophør af nuklear licens							
4 Forskning og udvikling								
4.1	Planlægning, design, konstruktion, drift og vedligeholdelse af faciliteter							
4.1.1	Evaluere behov for undersøgelsesfaciliteter							
4.1.1.1	Evaluere behovet for at konstruere generiske F&U							
4.1.1.2	Evaluere behovet for stedsspecifikke F&U							
4.1.2	Design og konstruktion							
4.1.2.1	Planlægge, designe, godkende og konstruere generisk F&U							
4.1.2.2	Planlægge, designe, godkende og konstruere stedsspecifik F&U							
4.1.3	Vedligehold og understøttelse							
4.1.3.1	Vedligeholde URF og understøttende overflade- og undergrundsinfrastruktur							
4.1.4	Sikkerhed og beredskab							
4.1.4.1	Udvikle og implementere F&U sikkerhed og beredskabssystem							
4.1.4.2	Administrere og implementere F&U sikkerhed og beredskabssystem							
4.2	In situ lokalitetskarakterisering							
4.2.1	Potentielle værtsmedier							
4.2.1.1	Gennemgå F&U-information om potentielle værtsmedier							
4.2.1.2	Fortsætte vurderingen af F&U-information om potentielle værtsmedier							
4.2.2	Geovidskabelige data for lokalitet							
4.2.2.1	Indsamle lokalitetsspecifikke geovidskabelige data							
4.2.2.2	Fortsætte indsamlingen af lokalitetsspecifikke geovidskabelige data							
4.3	Videnskabelig og teknisk forskning og udvikling							
4.3.1	Videnskabelige undersøgelser							
4.3.1.1	Gennemføre indledende videnskabelige undersøgelser i generisk F&U, hvis påkrævet							
4.3.1.2	Gennemføre lokalitetsspecifikke videnskabelige undersøgelser af værtsbjergarten							
4.3.2	Monitorering							
4.3.2.1	Udvikle og teste overvågningsinstrumentering i generisk F&U, hvis påkrævet							
4.3.2.2	Gennemføre eksperimenter for at udvikle monitoreringsteknikker							
4.3.2.3	Gennemføre eksperimenter for at udvikle langsigtede overvågningsteknikker							
4.3.3	Depotsystemets komponenter							
4.3.3.1	Gennemføre eksperimenter med depotsystemets komponenter i generisk URF, hvis påkrævet							
4.3.3.2	Gennemføre eksperimenter af depotsystemets komponenter i værtsbjergarten							
4.3.4	Udgravnings og konstruktionseffekter							
4.3.4.1	Gennemføre eksperimenter med effekter af udgravning og konstruktion							
4.3.4.2	Gennemføre eksperimenter med effekter på værtsbjergart							

	Foreløbigt udkast 29.09.2026	Faser						
		1	2A	2B	3A	3B	3C	4
		Initiering	Lokalisering		Anlæg og deponering			Efter lukning
			Identifikation og udvælgelse af lokaliteter	Undersøgelser af specifikke lokalitet (er)	Konstruktion og idriftsættelse	Deponering/ Drift	Lukning	Overvågning
	Spor, underspor, arbejdsplaner og aktiviteter							
4.3.5	Forsegling og lukning							
4.3.5.1	Gennemføre eksperimenter for forsegling og lukning i generisk URF							
4.3.5.2	Gennemføre eksperimenter for forsegling og lukning i værtsbjergarten							
4.3.5.3	Fortsætte eksperimenter for forsegling og lukning i værtsbjergarten							
4.3.5.4	Forfine forsegling og lukning af deponeringsudgravninger i værtsbjergarten							
4.4	Demonstration og optimering af teknologi							
4.4.1	Konstruktion							
4.4.1.1	Gennemføre tests for at demonstrere og optimere konstruktionen							
4.4.2	Demonstration af mulig reversibilitet for affald							
4.4.2.1	Gennemføre demonstrationer for affaldsudhentning							
4.4.2.2	Forfine den industrielle demonstration for affaldsudhentning							
4.4.3	Forsegling og lukning							
4.4.3.1	Udføre prototype demonstration og optimering af forsegling og lukningsteknologi							
4.4.3.2	Udføre demonstration og optimering af forsegling og lukningsteknologi							
4.4.3.3	Forfine demonstration af forsegling og lukningsteknologi							
4.5	Uddannelse og faglig udvikling							
4.5.1	Uddannelsesprogram							
4.5.1.1	Udvikling af metoder, uddannelsesprogram og udstyr til personaleuddannelse							
4.5.1.2	Konstruktion af uddannelses- og demonstrationsøvelser til konstruktion og drift							
4.5.1.3	Fortsættelse af uddannelses- og demonstrationsøvelser for konstruktion og drift							
4.5.2	Gennemføre uddannelse - internt							
4.5.2.1	Uddannelse af personale for at udvide videnskabelig og teknisk forståelse for et geologisk deponeringsprogram samt opnå erfaring med feltforsøg og aktiviteter							
4.5.2.2	Uddannelse af programansvarlige til konstruktion og drift							
4.5.2.3	Uddannelse af programansvarlige til konstruktion og drift for det industrielle depotfase af programmet							
4.5.3	Gennemføre uddannelse - eksternt							
4.5.3.1	Tilvejebringelse af et uddannelsesprogram for relevante interessenter							
4.5.3.2	Fortsættelse af uddannelsesprogram for relevante interessenter							
4.5.3.3	Fortsættelse af uddannelsesprogram for akademia og andre relevante interessenter for den industrielle depotfase af programmet							
4.6	Interessentkommunikation							
4.6.1	Involvering ved URF							
4.6.1.1	Involvering af interessenter og lokalsamfund ved brug af URF'er til informationsudveksling, demonstration af ekspertise og tillidsopbygning							
4.6.1.2	Involvering af interessenter og lokalsamfund ved brug af URF'er som redskab til informationsudveksling, demonstration af ekspertise og tillidsopbygning							
4.6.2	Offentligt informationsprogram							
4.6.2.1	Initiering af interessentinvolvering og udvikling af et offentligt informationsprogram							
4.6.2.2	Fortsættelse af interessentinvolvering og implementering af et offentligt informationsprogram							
4.6.2.3	Fortsættelse af interessentinvolvering og implementering af et offentligt informationsprogram for den industrielle depotfase af programmet							
4.6.3	Rundvisning og demonstration							
4.6.3.1	Tilvejebringelse af rundvisninger og stedsspecifik underjordisk information til interessenter							
4.6.3.2	Tilvejebringelse af rundvisninger og demonstration af deponeringsdrift til interessenter							
4.6.3.3	Tilvejebringelse af rundvisninger og demonstration af deponeringsdrift til interessenter							
5 Depot byggeri								
5.1	Konstruktion af overfladefaciliteter							
	Planlægning af konstruktion af overfladefaciliteter							
	Kontrahering, konstruktion og installation af lokalitetens infrastruktur							
	Kontrahering, konstruktion og installation af overfladefaciliteter							
	Implementering af minesikkerhed og beredskabsplan							
5.2	Konstruktion af underjordiske faciliteter							
	Planlægning af konstruktion af underjordiske faciliteter							
	Kontrahering, udgravning og installation af underjordiske faciliteter							
	Udvidelse af underjordiske faciliteter, hvis nødvendigt							
	Implementering af minesikkerhed og beredskabsplan							
5.3	Idriftsættelse af depotanlæg							
	Udvikling af detaljeret plan for idriftsættelse							
	Opdatering af idriftsættelsesverificering og test for eventuelle ændringer							
	Verificering af "as built" faciliteter							
	Implementering af test af faciliteter og udstyr							
5.4	Overflade operationer							
	Udvikling af detaljerede procedurer for overfladedrift							
	Implementering af procedurer for overfladedrift							
	Udvikling af plan for affaldsinventorieopfølgning							
	Implementering af affaldsinventorieopfølgningssystem							
5.5	Underjordisk operationer							
	Udvikling af detaljerede procedurer for affaldsanbringelse							
	Implementering af detaljerede procedurer for affaldsanbringelse							
	Implementering af detaljerede procedurer for tilbagefyldning (backfill)og forsegling							
	Implementering af affaldsinventarieopfølgningssystem							
5.6	Lukning af underjordiske faciliteter							
	Udvikling af detaljeret plan for lukning af underjordiske faciliteter							
	Implementering af lukningsplan for underjordiske faciliteter							
	Implementering af procedurer for tilbagefyldning (back-fill) og forsegling							
	Udarbejdelse af dokumentation til licensophør							
5.7	Lukning af overfladefaciliteter							
	Udvikling af detaljeret plan for lukning af overfladefaciliteter							
	Implementering af lukningsplan for overfladefaciliteter							
	Udarbejdelse af dokumentation for ophør af licens							

Projektgrundlag

Slutdepot - Langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald

TEKNISK BILAG B

Radioaktivt affald i Danmark

FORELØBIGT UDKAST



Indhold

Læsevejledning og hovedpointer.....	3
Teknisk bilag B.1. Den danske radioaktive affaldsbeholdning: nu og i fremtiden	4
Teknisk bilag B.2. Karakterisering af radioaktivt affald.....	45
Teknisk bilag B.3. Klassificering af radioaktivt affald til depotformål.....	56
Teknisk bilag B.4. Affaldsminimering og internationale løsninger	71

Læsevejledning og hovedpointer

De tekniske bilag B.1-B.4 beskriver den danske radioaktive affaldsbeholdning og rammer for håndteringen af Danmarks radioaktive affald frem mod deponering. Desuden beskrives det nuværende karakteriseringsgrundlag, de overordnede principper for klassificering af affaldet samt de nationale og internationale muligheder for langsigtet håndtering og deponering.

1. **Bilag B.1** beskriver affaldsbeholdningen, dens sammensætning, placering og datagrundlag.
2. **Bilag B.2** beskriver metoder, datakilder og usikkerheder ved karakterisering af affaldet.
3. **Bilag B.3** beskriver principper og kriterier for klassificering af affaldet samt deres betydning for valg af håndterings- og deponeringsløsninger.
4. **Bilag B.4** beskriver affaldsminimering og internationale løsninger for radioaktivt affald og deres relevans i en dansk sammenhæng.

Bilagene peger samlet på følgende centrale forhold:

1. **Affaldskarakterisering som forudsætning.** Et depots sikkerhed afhænger af samspillet mellem affaldets egenskaber, depotets udformning og lokalitetens forhold. Karakterisering til depotformål stiller derfor større krav end karakterisering til drift, håndtering, lagring og frigivelse og skal understøtte klassificering, sikkerhedsvurderinger og projektering af fremtidige anlæg. Detaljeret kendskab til affaldets radiologiske, fysiske og kemiske egenskaber er derfor en grundlæggende forudsætning for sikkerhedsvurdering og depotudvikling. Affaldskarakteriseringen af den danske affaldsbeholdning er i dag ikke tilstrækkelig til, at der kan udvikles deponeringsløsninger og der udestår en omfattende opgave.
2. **Datagrundlag er utilstrækkeligt.** Eksisterende datakvalitet og datatilgængelighed udgør en væsentlig udfordring, særligt for dele af det historiske affald, men problemstillingen omfatter også store dele af den øvrige affaldsbeholdning, hvor registrering, karakterisering og klassificering endnu ikke er udviklet med henblik på langsigtet håndtering og deponering.
3. **Behov for udvikling af prognoser.** Fremtidige anlæg skal dimensioneres til både eksisterende og fremtidige nationale affaldsstrømme, hvilket forudsætter systematiske prognoser for volumen, radionuklider og fysisk-kemiske egenskaber. Der er behov for at udvikle prognosemetoder og systematisk gentagende rapportering som grundlag for udvikling af langsigtet løsning.
4. **Klassificering som bindeled.** Danmark har pligt til at opføre affaldsbeholdning efter en national klassifikationsmetode baseret på internationale principper. Dette sker ikke i dag. Klassificering er desuden en metode, der indgår ved sikkerhedsvurdering, depotdesign og valg af håndteringsstrategi. Klassificering kobler affaldsbeholdningen til de mulige håndteringsveje, herunder frigivelse, genanvendelse, henfaldslagring, nationale depotløsninger og eventuelle internationale løsninger.
5. **Afvejning af nationalt og internationalt spor.** Internationale løsninger kan være relevante for visse affaldsstrømme, især hvis hele affaldsfraktioner dermed kan udgå af det nationale depotprojekt. Der er ikke udsigt til at internationale løsninger fuldt ud kan løse den danske affaldsudfordring, men internationalt samarbejde er relevant ift. affaldsminimering bl.a. ved genanvendelse og behandlingsmetoder, der ændrer volumen eller risiko ved affaldet før dansk deponering. Internationale og nationale løsninger bør afvejes som grundlag for beslutninger om danske løsninger.

Teknisk bilag B.1. Den danske radioaktive affaldsbeholdning: nu og i fremtiden

Dette bilag beskriver den danske radioaktive affaldsbeholdning og gennemgår nuværende forhold og egenskaber, der har betydning for fremadrettet affaldsklassifikation, langsigtede sikkerhedsvurderinger og depotudvikling. Affaldsbeholdningen omfatter affald fra Risøs tidligere nukleare aktiviteter, den igangværende dekommissionering af anlæg samt affald fra sundhedssektoren, forskning og industri. Bilaget omfatter både den nuværende affaldsbeholdning hos Dansk Dekommissionering (DD), andet oplag af affald samt fremtidige affaldsstrømme.

Udviklingen af en langsigtet løsning for radioaktivt affald tager udgangspunkt i det affald, der skal håndteres. Som illustreret i Figur B1.1 afhænger den langsigtede sikkerhed af et samspil mellem affaldets egenskaber, de tekniske barrierer (jf. Bilag C) og lokalitetens karakteristika (jf. Bilag D). For en nærmere gennemgang af regulering og metoder ift. sikkerhed henvises til bilag E. For at kunne vurdere, hvilke sikkerhedsfunktioner og barrierer, der er nødvendige, må der foreligge viden om det affald, der skal deponeres. Kendskab til affaldets mængder, sammensætning,

Infoboks. Ansvar for den nationale affaldsbeholdning

Direktivet om radioaktivt affald og brugt nukleart brændsel fra 2011 (EU-direktiv 2011/70/EURATOM) følger det grundlæggende princip jf. IAEA's Joint Convention fra 1997, at Staten har det overordnede ansvar for sikker håndtering af det danske radioaktive affald. Direktivet giver Danmark en række forpligtelser.

Det fremgår af direktivets artikel 5, at staten skal indføre og opretholde ”*passende lovgivningsmæssige, tilsynsmæssige og organisatoriske rammebestemmelser (”de nationale rammebestemmelser”) for håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald, der fordeler ansvar og sørger for koordinering mellem de relevante kompetente myndigheder*”.

Rammebestemmelserne skal blandt andet omfatte ”*en fordeling af ansvaret mellem de organer, der er involveret i de forskellige trin af håndteringen af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald; de nationale rammebestemmelser skal navnlig lægge hovedansvaret for det brugte nukleare brændsel og det radioaktive affald hos dem, der har frembragt det, eller under særlige omstændigheder hos den tilladelsesindehaver, der har fået overdraget dette ansvar af de kompetente myndigheder*”.

Rammebestemmelser omfatter også krav til et nationalt program. Jf. artikel 11 gælder det at ”*Den enkelte medlemsstat sørger for gennemførelsen af sit nationale program for håndteringen af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald omfattende alle typer af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald under sin jurisdiktion og alle faser af håndteringen af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald fra frembringelse til deponering*.” Der er desuden krav om at Staten reviderer og ajourfører det nationale program.

Jf. artikel 12 gælder det at programmet bl.a. skal indeholde ”*en opgørelse over alt brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald og skøn over forventninger til fremtidige mængder, herunder fra nedlæggelse, hvoraf det klart fremgår, hvor det radioaktive affald og det brugte nukleare brændsel befinder sig, og hvor stor en mængde der er tale om, i overensstemmelse med passende klassificering af det radioaktive affald*” og ”*strategier eller planer og tekniske løsninger med hensyn til håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald fra frembringelse til deponering*.”

Kilder:

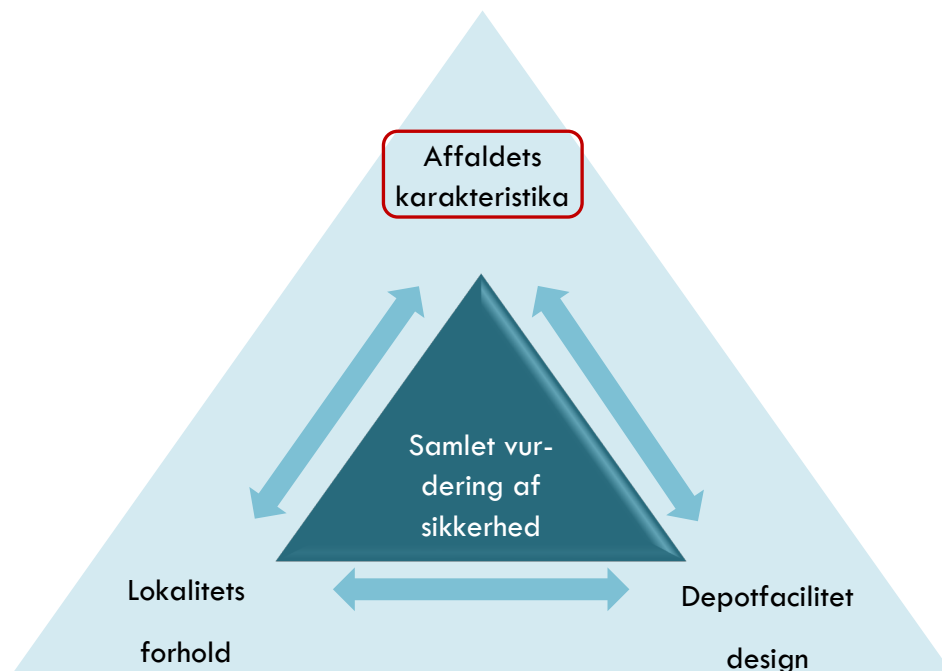
[Rådets direktiv 2011/70/EURATOM af 19. juli 2011 om fastsættelse af en fællesskabsramme for ansvarlig og sikker håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald](#)
[Afrapportering om radioaktivt affald og nationalt program | Sundhedsstyrelsen](#)

aktivitetsniveauer og udvikling over tid er derfor en grundlæggende forudsætning for udviklingen af en deponeringsløsning, der er tilpasset den danske affaldsbeholdning.

Kravet om udvikling af lovgivningsmæssige, tilsynsmæssige og organisatoriske rammebestemmelser for affaldets håndtering fra produktion til deponering samt etablering af opdateret viden om affaldsbeholdningen følger af Danmarks internationale forpligtelser til at planlægge en ansvarlig og sikker håndtering og deponering af radioaktivt affald (se info boks). Viden om og rammerne for håndtering af den nuværende affaldsbeholdning afspejler dog mere end 60 års nukleare aktiviteter, ændringer i ansvar, juridiske og økonomiske rammer samt affaldshåndterings- og dokumentationspraksis. Historisk har fokus, metoder og krav til karakterisering og dokumentation udviklet sig betydeligt, hvilket også er en udvikling, der genfindes internationalt. Der er i Danmark behov for at afklare og etablere rammer, der kan danne forudsætningerne for Danmarks overholdelse af internationale forpligtelser og implementering af Folketingsbeslutning B 90 frem mod, at den danske affaldsbeholdning kan deponeres sikkert.

Der eksisterer derfor ikke et tilstrækkeligt og ensartet datagrundlag for hele affaldsbeholdningen, og der er fortsat områder, hvor viden om affaldets egenskaber er begrænset. Dette bilag sammenstiller den eksisterende viden om den danske radioaktive affaldsbeholdning og beskriver de forhold ved affaldet, der har betydning for udviklingen af Danmarks fremtidige deponeringsløsning.

Affaldets betydning for lagring og deponering bestemmes blandt andet af radionuklidernes aktivitet, halveringstid, strålingstype og radiotoksicitet. Beskrivelsen af affaldsbeholdningen forudsætter derfor kendskab til de grundlæggende begreber inden for radioaktivitet, som introduceres i det følgende afsnit.



Figur B1.1. Sikkerhed ved deponering afhænger af et samspil mellem de anlagte barrierer og lokalitetens egenskaber, der skal tilpasses det affald der ønskes deponeret. Dette bilag omhandler affaldets egenskaber.

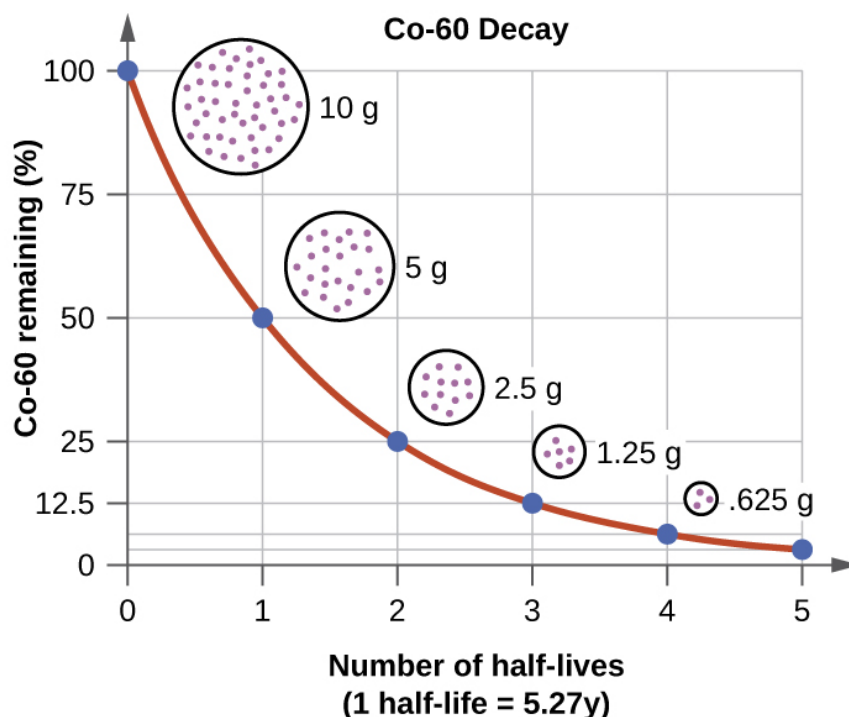
1. Grundlæggende om radioaktivitet

For et fremtidigt depot er det ikke tilstrækkeligt alene at kende affaldets aktivitet. Affaldets betydning for den langsigtede sikkerhed afhænger også af radionuklidernes halveringstid, strålingstype, radiotoksicitet, kemiske og fysiske egenskaber. Hertil kommer de ændringer i affaldets sammensætning, der sker over tid som følge af radioaktivt henfald. Tilsammen har disse forhold betydning for, hvor længe affaldet skal isoleres fra mennesker og miljø, og hvilke barrierer der er nødvendige for at sikre en forsvarlig deponering.

1.1 Aktivitet og halveringstid

Et grundstof kan forekomme som forskellige isotoper, der har samme antal protoner, men forskelligt antal neutroner. Nogle isotoper er stabile, mens andre er radioaktive. De radioaktive isotoper kaldes radionuklider og henfalder spontant til mere stabile nuklider under udsendelse af ioniserende stråling. Hastigheden af dette henfald beskrives ved aktiviteten, som måles i becquerel (Bq) og angiver antallet af henfald pr. sekund. I det følgende omtales affaldets aktivitet løbende ved anvendelse af overordnede betegnelser som fx lavaktivt og mellemaktivt affald. Den nærmere klassificering af aktivitetsniveau og de bagvedliggende kriterier er behandlet særskilt i bilag B.3.

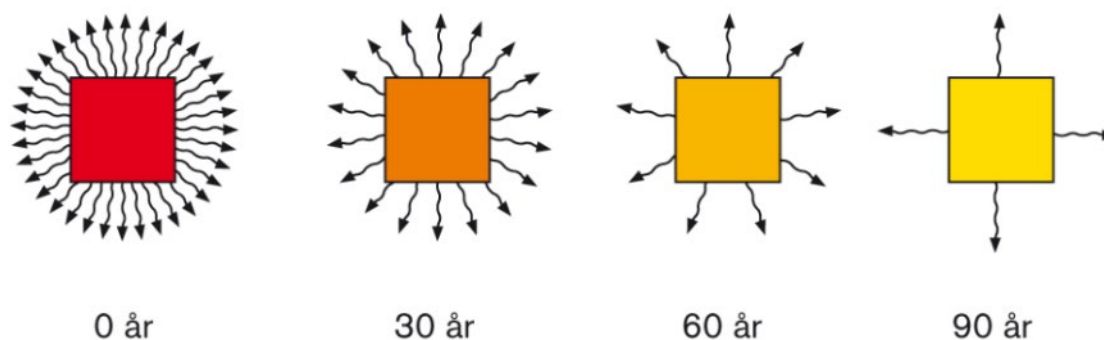
Et centralt begreb er halveringstid ($T_{1/2}$), som beskriver den tid, det tager for halvdelen af atomkernerne i et radioaktivt stof at henfalde. Betydningen af halveringstid er illustreret for ^{60}Co i Figur B1.2. ^{60}Co har en halveringstid på 5,27 år. Hvis man starter med en given mængde ^{60}Co , vil både antallet af radioaktive atomkerner og aktiviteten være reduceret til det halve efter 5,27 år (én halveringstid). Efter 10,54 år (to halveringstider) vil 25 % være tilbage, og efter 21,08 år (fire halveringstider) vil kun 6,25 % af den oprindelige mængde og aktivitet være tilbage. Halveringstiden har derfor stor betydning for, hvor hurtigt aktiviteten aftager over tid. Den er derfor en væsentlig faktor ved vurderingen af, hvor længe en radionuklid bidrager til den radiologiske belastning fra affaldet, og dermed hvor længe affaldet skal isoleres fra mennesker og miljø.



Figur B1.2. For cobalt-60, som har en halveringstid på 5,27 år, er 50 % af den oprindelige aktivitet tilbage efter 5,27 år (én halveringstid), 25 % efter 10,54 år (to halveringstider), 12,5 % efter 15,81 år (tre halveringstider) osv.¹

¹ [16.3: Half-Life and Radioisotopic Dating - Chemistry LibreTexts](#)

I dansk sammenhæng betegnes radionuklider med en halveringstid under 30,5 år som kortlivede og radionuklider med en halveringstid over 30,5 år som langlivede. Denne definition betyder, at det man i det danske affald placerer radionuklider som cesium-137 (^{137}Cs , $T_{1/2} = 30,14$ år) og strontium-90 (^{90}Sr , $T_{1/2} = 28,81$ år) i kategorien *kortlivede*.



Figur B1.3. Illustration af stråling fra et affaldsemne med nuklider, der har 30 års halveringstid.²

1.2 Strålingstyper og biologisk betydning

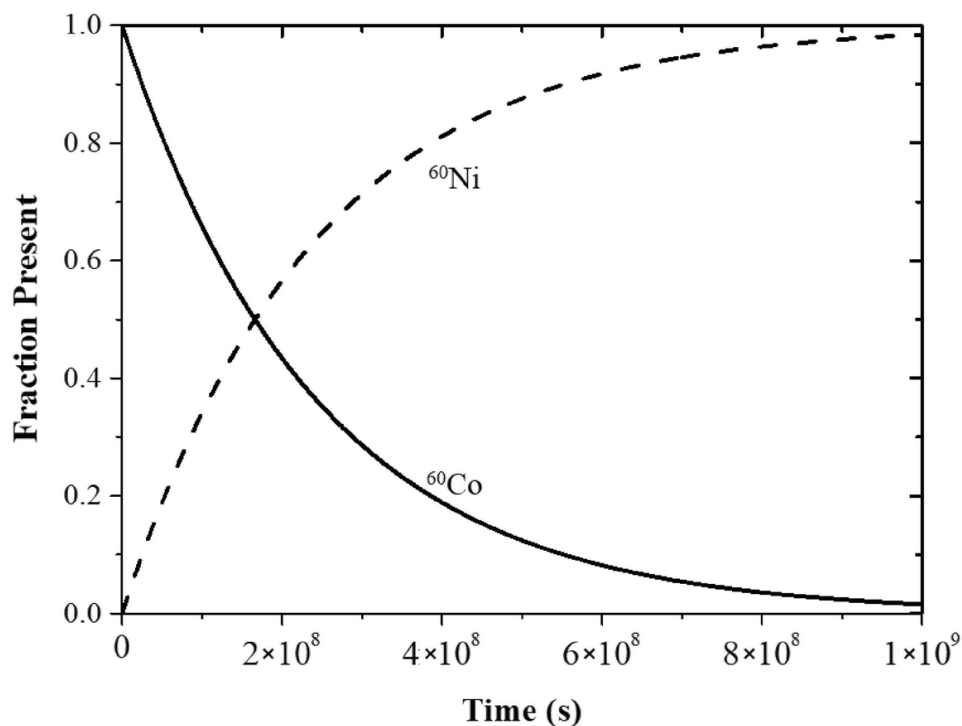
Ved henfald af en radionuklid udsendes forskellige typer stråling med forskellig gennemtrængningsevne og biologisk betydning. De vigtigste er alfa-, beta- og gammastråling:

- Alfastråling (α) består af tunge heliumkerner. Den har meget kort rækkevidde og stoppes af få centimeter luft, et stykke papir eller hud. Alfastråling udgør dog en betydelig biologisk risiko, hvis alfa-emittere indtages eller inhaleres, fordi energien afsættes direkte i vævet.
- Betastråling (β) består af elektroner eller positroner. Den har middel gennemtrængningsevne med en rækkevidde på få meter i luft og kan trænge gennem hudens yderste lag.
- Gammastråling (γ) er elektromagnetisk stråling med høj energi og stor gennemtrængningsevne. Den kræver betydelig afskærmning under håndtering og drift og er central for vurdering af arbejdsmiljø og driftsdesign.

1.3 Datternuklider og henfaldskæder

Når en radionuklid henfalder, omdannes den til en anden nuklid, som betegnes datternukliden. I nogle tilfælde fører henfaldet direkte til en stabil nuklid. Dette er illustreret i Figur B1.4 for henfaldet af ^{60}Co til den stabile nuklid ^{60}Ni . I takt med at mængden og aktiviteten af ^{60}Co aftager, dannes og akkumuleres ^{60}Ni .

² Kilde: [Vägen från radioaktivt till stabilt - SKB](#)

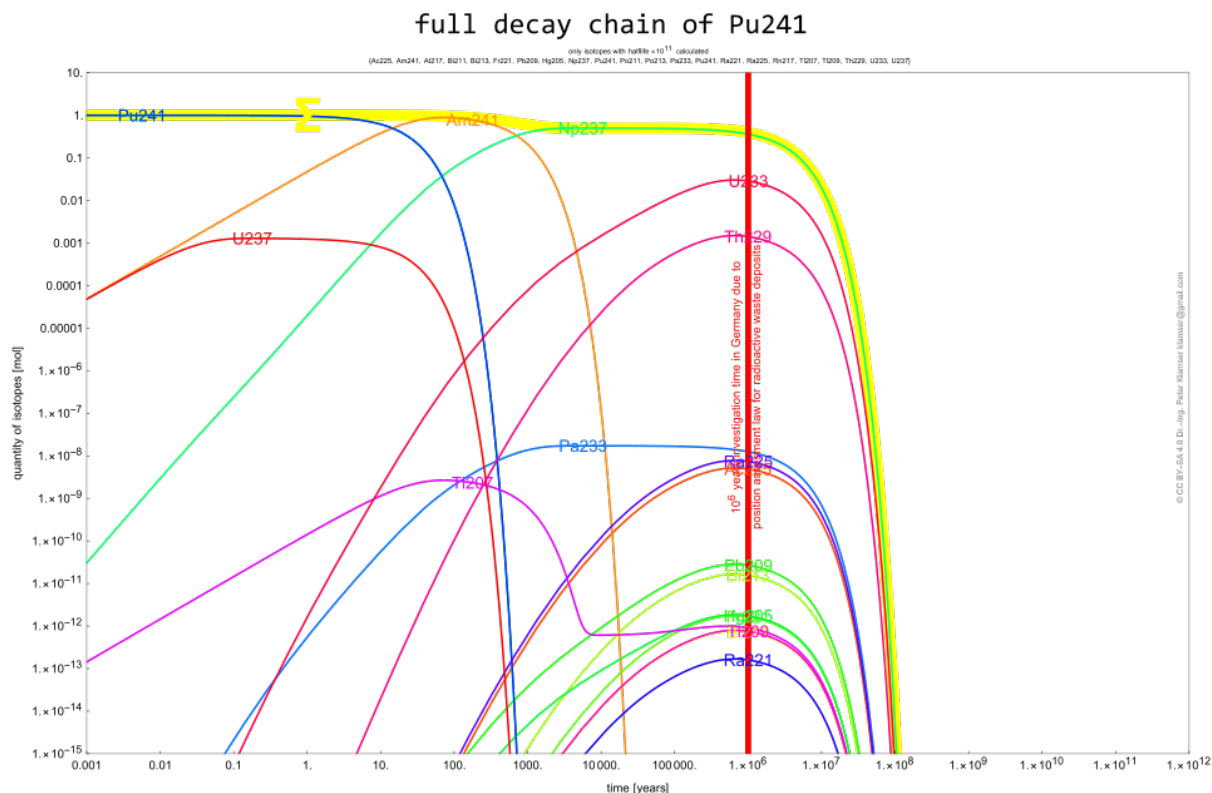


Figur B1.4. Henfald af ^{60}Co til den stabile datternuklid ^{60}Ni .³

Nogle radionuklider henfalder imidlertid ikke direkte til stabile stoffer. I stedet dannes en eller flere radioaktive datterprodukter, som selv henfalder videre. Der kan dermed opstå en henfaldskæde bestående af flere radionuklider med forskellige halveringstider, strålingstyper, radiotoksicitet og kemiske egenskaber.

Et eksempel er vist i Figur B1.5 for plutonium-241 (^{241}Pu) og dets datternuklider. Figuren er alene medtaget for at illustrere princippet i radioaktive henfaldskæder og den tidsmæssige udvikling af moder- og datternuklider. De viste værdier og tidsforløb skal derfor ikke opfattes som en præcis beskrivelse af den danske affaldsbeholdning eller som et beregningsgrundlag. Ved henfald dannes blandt andet americium-241 (^{241}Am), som har væsentligt andre radiologiske egenskaber end den oprindelige radionuklid. Dette er yderligere beskrevet nedenfor i Eksempel 1. Affaldets sammensætning og radiologiske egenskaber kan derfor ændre sig betydeligt over tid som følge af radioaktivt henfald.

³ Jevremovic, T. & Rehman, H.u. (2024): *Radioactive Decay. I: Nuclear Principles in Engineering*. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-031-71942-4_5.



Figur B1.5. Henfaldskæde for ^{241}Pu og udvalgte datternuklider.⁴

For vurderingen af et fremtidigt depot er det derfor ikke tilstrækkeligt alene at kende de radionuklider, der findes i affaldet i dag. Det er også nødvendigt at tage højde for de radionuklider, der dannes i fremtiden gennem radioaktivt henfald. Dette er en væsentlig forskel mellem vurdering af affald til midlertidig lagring og vurdering af affald til deponering, hvor sikkerheden skal dokumenteres over meget lange tidsskalaer.

1.4 Intern exponering

Ud over aktivitet, halveringstid og strålingstype har radionuklidernes radiotoksicitet stor betydning for den potentielle påvirkning af mennesker og miljø. Radiotoksicitet beskriver de biologiske konsekvenser af, at et radionuklid optages i kroppen ved indtagelse eller inhalation. Konsekvenserne afhænger blandt andet af strålingstypen, energien pr. henfald og radionuklidens kemiske egenskaber, som har betydning for, hvordan stoffet fordeles og tilbageholdes i kroppens organer og væv.

Særligt alfa-emittere som ^{24}Am og ^{239}Pu kan være stærkt radiotoksiske. Selvom alfastråling har meget kort rækkevidde og let stoppes af hud eller tynde materialer, kan den afsætte store mængder energi i kropsvæv, hvis radionukliderne inhaleres eller indtages. For sådanne radionuklider er intern eksponering⁵ derfor ofte den væsentligste eksponeringsvej.

Vurderinger af radiotoksicitet baseres på dosiskoefficienter udviklet af International Commission on Radiological Protection (ICRP)⁶. Dosiskoefficienterne angiver den effektive dosis, som modtages ved indtagelse eller inhalation

⁴ Datei:Decaychain-Pu241.svg – Wikipedia

⁵ ICRP's dose coefficients (Sv/Bq) for indtagelse og inhalation anvendes i sikkerhedsvurderinger for at omsætte optaget aktivitet til kommitteret effektiv dosis. [P119 Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60](#)

⁶ ICRP er en uafhængig, international ekspertorganisation, som udvikler anbefalinger og videnskabelige principper for strålingsbeskyttelse af mennesker og miljø. ICRP's anbefalinger danner grundlag for de internationale strålingsbeskyttelsesstandarder, som anvendes af blandt andre IAEA, WHO og nationale myndigheder.

af en given mængde radioaktivt materiale, og angives typisk i sievert (Sv) pr. indtaget eller indåndet becquerel (Sv/Bq). Sievert er SI-enheden for den biologiske effekt af ioniserende stråling og tager højde for både strålingstype og vævets følsomhed. Dosiskoefficienterne anvendes internationalt ved vurdering af de sundhedsmæssige konsekvenser af radionuklider.

Radiotoksicitet er en vigtig egenskab ved radioaktivt affald, fordi der ikke nødvendigvis er en direkte sammenhæng mellem aktivitet og potentiel biologisk påvirkning. Radionuklider med relativt lav aktivitet kan have betydning for den langsigtede sikkerhed, hvis de er stærkt radiotoksiske og kan frigives til miljøet. Ved vurdering af et fremtidigt depot må der derfor ikke alene tages højde for affaldets aktivitet, men også for radionuklidernes radiotoksicitet, mobilitet og udvikling over tid som følge af radioaktivt henfald. Et eksempel på betydningen af radiotoksicitet og dannelsen af langlivede datternuklider er vist i Eksempel 1. Her illustreres, hvordan radionuklider med meget forskellige halveringstider og radiotoksiske egenskaber kan ændre affaldets radiologiske betydning over lange tidskalaer.

Eksempel 1: Langtidsrisiko ved ^{241}Am

Americium-241 (^{241}Am) har siden slutningen af 1960'erne været anvendt i ioniske røgalarmer og forekommer derfor i den danske affaldsbeholdning. Under lagring udgør ^{241}Am typisk en begrænset ekstern strålingsrisiko, fordi det er en alfa-emitter, hvis stråling ikke kan trænge gennem huden. I et depot ændrer de radiologiske forhold sig imidlertid over tid. ^{241}Am har en halveringstid på ca. 433 år og henfalder gennem kæden vist i Figur B2.5: $^{241}\text{Am} \rightarrow ^{237}\text{Np} \rightarrow ^{233}\text{Pa} \rightarrow ^{233}\text{U} \rightarrow ^{239}\text{Th} \rightarrow \dots \rightarrow ^{207}\text{Pb}$, hvor bly er den stabile sluddatter. Efter ca. 10 halveringstider (≈ 4300 år) er størstedelen af ^{241}Am henfaldet og omdannet til neptunium-237 (^{237}Np).

^{237}Np er ligeledes en alfa-emitter med begrænset ekstern strålingsrisiko, men adskiller sig ved at være ekstremt langlivet med en halveringstid på ca. 2,14 millioner år. Samtidig har ^{237}Np en høj radiotoksicitet ved indtagelse eller inhalation, idet stoffet kan optages i bl.a. lever og knogler og give betydelig kommitteret dosis ved intern eksponering. Hertil kommer, at ^{237}Np er geokemisk mobil i mange geologiske miljøer. Under oxiderende forhold er radionukliden let opløselig i vand og kan transporteres med grundvandet (advektion), mens den under reducerende forhold kan bindes til kolloider og transporteres gennem sprækker og porøse zoner. Oxiderende forhold findes typisk ved lavere dybde, hvor der er ilt til stede. Redoxforholdene varierer med dybde og geologi og har derfor stor betydning for radionuklidens mobilitet og potentielle eksponeringsveje.

Udviklingen i henfaldskæden er illustreret i Figur B2.5. Figuren viser, hvordan mængden af ^{241}Am gradvist aftager, mens ^{237}Np opbygges og efterhånden dominerer inventaret. På de tidsskalaer, der er relevante for sikkerhedsvurdering af et depot, reduceres mængden af ^{237}Np kun i begrænset omfang som følge af den meget lange halveringstid. Figuren illustrerer dermed, at de radionuklider, som er til stede ved deponeringstidspunktet, ikke nødvendigvis er de samme radionuklider, der dominerer affaldets langsigtede radiologiske betydning.

Eksemplet illustrerer, hvorfor vurderinger af radioaktivt affald ikke alene kan baseres på de radionuklider, der findes i affaldet i dag, men også må omfatte de datternuklider, der dannes gennem radioaktivt henfald over tid. Nyere beregninger af ^{241}Am -indholdet i dele af den danske affaldsbeholdning viser, at indholdet af langlivede alfa-emittere i visse tilfælde ligger på niveauer, som i internationale klassifikationsmodeller kan have betydning for affaldets endelige kategorisering (jf. bilag B.4). Da der endnu ikke er fastlagt en endelig national klassifikationsmodel for den langsigtede deponeringsløsning, er det ikke muligt entydigt at vurdere, hvordan disse affaldsfraktioner vil blive klassificeret. Eksemplet illustrerer imidlertid, at langlivede radionuklider og deres datterprodukter kan få væsentlig betydning for de langsigtede sikkerhedsmæssige forhold, der skal håndteres i en fremtidig deponeringsløsning.

1.5 Hvornår bliver materiale til radioaktivt affald?

I de tekniske bilag anvendes betegnelsen *radioaktivt affald* som en fælles betegnelse for de materialer, der indgår i den danske affaldsbeholdning. I henhold til Euratom-direktiv 2011/70/Euratom⁷ og bekendtgørelse om radioaktive stoffer (nr. 1384/2025)⁸ defineres radioaktivt affald som radioaktivt materiale, hvortil der ikke er planlagt eller forventes yderligere anvendelse. Direktivet skelner samtidig mellem radioaktivt affald og brugt nukleart brændsel, idet brugt brændsel enten kan betragtes som en ressource til oparbejdning eller som radioaktivt affald, hvis det er bestemt til endelig deponering. Den danske affaldsbeholdning omfatter en mindre mængde prøver af bestrålet brændselsmateriale. Når bilagene omtaler radioaktivt affald eller den danske affaldsbeholdning, er prøverne af det bestrålede brændselsmateriale derfor også omfattet, medmindre andet specifikt fremgår.

Ved dekommissionering af nukleare anlæg sker overgangen fra materiale til affald gradvist. Bygningsdele, komponenter, udstyr og andre materialer betragtes ikke nødvendigvis som affald, mens de fortsat indgår i anlægget eller undersøges med henblik på genanvendelse, dekontaminering, frigivelse eller anden håndtering. Først når det er besluttet, at materialet ikke længere har en fremtidig anvendelse, overgår det til at blive radioaktivt affald. Affaldet emballeres herefter i egnede beholdere og registreres i DD's Affalds Dokumentations System (ADS), hvor det indgår i den videre karakterisering, klassificering og lagerstyring (jf. afsnit 4 i dette bilag).

I ældre danske og internationale dokumenter forekommer betegnelser som *historisk affald* eller *legacy waste*. Begreberne anvendes ikke altid konsekvent og kan både henvise til affald af ældre dato og til affald med mangelfuld dokumentation eller karakterisering. I dette bilag anvendes betegnelsen *historisk affald* primært om affald, hvor dokumentation eller karakterisering ikke lever op til nutidige standarder. Dette gælder ofte affald af ældre dato, men er ikke nødvendigvis begrænset til sådant affald.

2. Radioaktivt affald hos DD

Opgørelsen af affaldsbeholdningen på Risø er historisk knyttet til de bygninger, hvor affaldet opbevares. Registrering og rapportering af affaldet sker derfor på lagerniveau. De formelle affaldslagre hos DD indeholder samlet set omkring 1200 TBq radioaktivitet baseret på de seneste opgørelser i Danmarks rapportering under Joint Convention.⁹ Opgørelsen tager udgangspunkt i den registrerede lagerbeholdning og afspejler dermed de etablerede lagre, som udgør hovedparten af DD's radioaktive affald. Radioaktivt materiale kan imidlertid også indgå i igangværende aktiviteter såsom karakterisering, behandling, henfaldslagring eller dekommissionering og vil derfor ikke nødvendigvis indgå i alle lagerbaserede opgørelser.

Registreringsgrundlaget for de forskellige dele af affaldsbeholdningen afspejler den praksis og de dokumentationskrav, som var gældende på det tidspunkt, hvor affaldet blev produceret eller modtaget. Variationen i informationsniveau og dokumentationsgrad er ikke særegen for DD, men en generel udfordring for historiske affaldsbeholdninger, der er opbygget over flere årtier under skiftende tekniske, organisatoriske og regulatoriske rammer. Beskrivelsen af affaldsbeholdningen skal derfor ses i lyset af den historiske kontekst, hvori affaldet er produceret, registreret og håndteret.

Den lagerbaserede tilgang har været hensigtsmæssig i forbindelse med den løbende drift og opbevaring af affaldet og danner fortsat grundlag for en stor del af beskrivelsen af affaldsbeholdningen. Dette vil også være tilfældet, indtil der er etableret en national klassifikationsmodel for radioaktivt affald (jf. bilag B.3).

I takt med at affaldet flyttes fra de eksisterende lagre til Nyt Opgraderet Lager (NOL), reduceres betydningen af den historiske lagerstruktur. Affald, som i dag er fordelt på flere bygninger, kan samles i samme facilitet, mens affald med forskellige egenskaber fortsat kan kræve forskellig håndtering og senere deponering. En beskrivelse af

⁷ Rådets direktiv 2011/70/Euratom af 19. juli 2011 om oprettelse af en fællesskabsramme for ansvarlig og sikker håndtering af brugt brændsel og radioaktivt affald (EUT L 199 af 2.8.2011, s. 48–56).

⁸ Bekendtgørelse nr. 1384 af 18. november 2025: *Bekendtgørelse om ioniserende stråling og strålebeskyttelse*.

⁹ [Joint convention on the safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste management](#)

affaldsbeholdningen baseret alene på lagerplacering giver derfor ikke nødvendigvis et retvisende billede af de affaldstyper, der på sigt skal håndteres i den langsigtede løsning.

Der er derfor behov for at supplere den lagerbaserede opgørelse med en tværgående beskrivelse af affaldet baseret på dets egenskaber, herunder radionuklidindhold, aktivitetsniveau, materialetyper og fysisk form. En sådan kategorisering kan bidrage til at skabe sammenhæng mellem affaldets karakteristika, dets håndtering gennem affaldskæden og de krav, der på længere sigt kan blive relevante i forbindelse med klassificering, depotdesign og deponering. En tilsvarende tilgang indgår også i de internationale principper for håndtering af radioaktivt affald og understøtter den nationale planlægning af den langsigtede løsning.¹⁰

I dette bilag anvendes derfor både den historiske lagerbaserede opgørelse og, hvor det er relevant, en tværgående beskrivelse af affaldsbeholdningen. Det radioaktive affald hos DD kan overordnet opdeles i tre hovedkategorier:

- affald, der er placeret i bygninger med formel lagerfunktion,
- affald, der midlertidigt er i behandlings- og arbejdsområder som led i håndtering, karakterisering eller behandling,
- affald, der er omfattet særlige krav til sikring og/eller Safeguard (se bilag E.4).

Hertil kommer fremtidige affaldsstrømme, som endnu ikke er fysisk til stede i affaldsbeholdningen. Disse omfatter dels affald fra den resterende dekommissionering af Risøs nukleare anlæg, dels eksternt affald fra sundhedssektoren, forskning og industri, som forventes modtaget frem mod og efter 2073 (se afsnit 2.4).

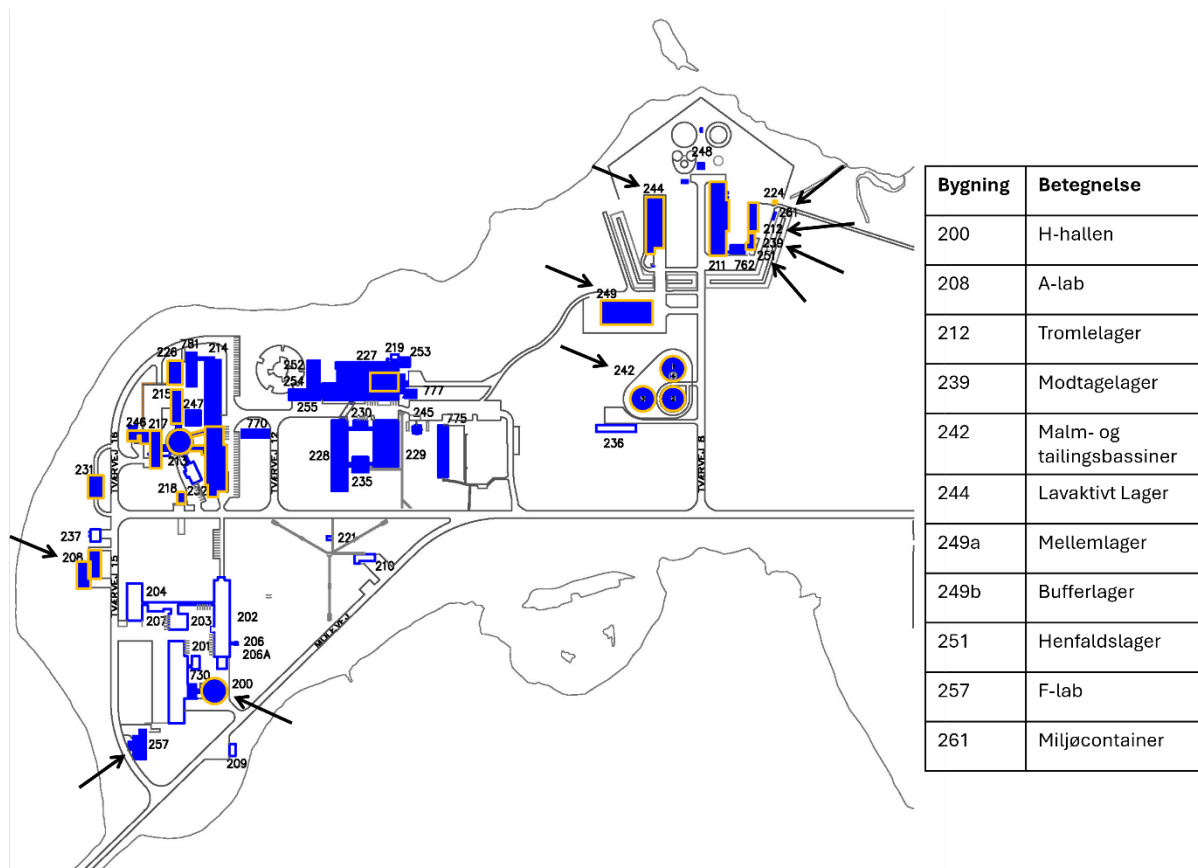
Det er samtidig nødvendigt at skelne mellem den registrerede lagerbeholdning og den samlede mængde radioaktivt materiale hos DD. En del af affaldet er placeret i godkendte lagre til længerevarende opbevaring, mens andet materiale midlertidigt befinder sig i behandlings-, karakteriserings- eller henfaldsfaciliteter som led i den løbende affaldshåndtering. Derudover findes der fortsat radioaktivt materiale i anlæg, som endnu ikke er dekommissioneret.

Ved opgørelser og rapportering af affaldsbeholdningen tages der typisk udgangspunkt i den registrerede lagerbeholdning. Radioaktivt affald, som midlertidigt indgår i behandling, karakterisering, henfaldslagring eller andre processer, indgår ikke nødvendigvis i disse opgørelser. Det er derfor vigtigt at være opmærksom på den anvendte afgrænsning ved sammenligning af forskellige opgørelser af den radioaktive affaldsbeholdning.

2.1. Lagerført affald

Affaldsbeholdningen hos DD er fordelt på en række lagerbygninger og faciliteter på Risø med forskellige funktioner i den samlede affaldshåndtering. Affaldet er emballeret i tromler, containere og specialbeholdere med varierende alder, aktivitetsniveau, materialesammensætning og dokumentationsgrad. Figur B1.6 giver et overblik over udvalgte lagre og faciliteter hos DD, som indgår i håndteringen og opbevaringen af radioaktivt affald. De enkelte bygningers funktion beskrives nærmere i de følgende afsnit.

¹⁰ Rådets direktiv 2011/70/Euratom af 19. juli 2011 om oprettelse af en fællesskabsramme for ansvarlig og sikker håndtering af brugt brændsel og radioaktivt affald (EUT L 199 af 2.8.2011, s. 48–56).



Figur B1.6. Oversigt over udvalgte lagre og faciliteter hos DD.

2.1.1 Tromlelageret 212

Tromlelageret rummer omkring 90 tromler, som overvejende indeholder affald med relativt høje aktivitetsniveauer og begrænset dokumentation. For en stor del af tromlerne består dokumentationen af ældre håndskrevne registreringer, som i en del tilfælde er vanskelige at fortolke. I flere tilfælde er både materialesammensætning, nuklidsammensætning og aktivitetsfordeling derfor behæftet med betydelig usikkerhed

Affaldet består primært af driftsaffald, mindre radioaktive kilder, affald fra de nukleare anlæg på Risø samt enkelte enheder med højere aktivitetsniveauer. En del af affaldet stammer fra aktiviteter, hvor dokumentation og karakterisering ikke lever op til nutidige standarder, hvilket bidrager til usikkerheden om affaldets indhold.

Tromlerne er emballeret i forskellige typer 210- og 280-liters ståltromler, både betonforede og uforede, afhængigt af indholdet i den enkelte tromle. For mange af de ældre tromler foreligger kun oplysninger om enkelte nøglenuklider, herunder ^{60}Co og ^{137}Cs samt målinger af ekstern stråling uden detaljer om kemisk-fysisk form.

Aktivitetsopgørelserne bygger derfor i vid udstrækning på estimater og tidligere vurderinger af affaldets indhold. Beregningerne baseres blandt andet på viden om affaldets oprindelse, det nukleare anlægs drift, materialernes aktivering og tidligere håndtering. Da den præcise materialesammensætning i mange tilfælde ikke kendes, er aktivitetsangivelserne forbundet med usikkerhed. Samtidig opgøres Tromlelagerets aktivitet i dag sammen med aktivitet fra andre lagre, hvilket betyder, at lagerets radiologiske indhold ikke fremgår særskilt.

2.1.2 Tailings- og malmbassiner 242

Tailings og malm stammer fra de tidlige aktiviteter med udvinding af uran fra malm og brændselsudvikling på Risø. Materialet består af uranholdige procesrester (tailings) samt råmalm fra Kvanefjeld på Grønland og udgør en af de

største enkeltstående affaldsfraktioner i den danske affaldsbeholdning. Malm og tailings er karakteriseret ved store volumener og relativt lave aktivitetskoncentrationer.

Materialet består primært af finkornede mineralfraktioner med naturligt forekommende uran og datterprodukter fra uran-238-serien. Der foreligger overordnede oplysninger om mængder, oprindelse og materialetyper, men den detaljerede radiologiske sammensætning er mindre velbelyst. Særligt er der usikkerhed knyttet til nuklidfordeling, intern variation og materialets heterogenitet



Figur B1.7(Øverst) Malm- og (nederst) tailingsbassiner.

Der har gennem en årrække været undersøgt muligheder for alternativ håndtering eller anvendelse af materialet med henblik på at reducere behovet for deponering og et igangværende projekt arbejder med dette formål. Hvordan disse materialer skal håndteres i den langsigtede løsning, skal afklares som led i projektets videre planlægning.

2.1.3 Lavaktivt Lager 244

Lavaktivt Lager indeholder ca. 5.500 tromler pakket gennem hele Risøs driftsperiode siden slutningen af 1950'erne frem til i dag. Selvom bygningen traditionelt betegnes som *Lavaktivt Lager*, afspejler denne betegnelse ikke nødvendigvis affaldets faktiske egenskaber. En del af tromlerne har aktivitetsniveauer, som under internationale klassifikationssystemer ligger i intervallet for mellemaktivt affald (jf. bilag B.3). Betegnelsen bør derfor primært opfattes som en historisk lagerbetegnelse.

Lageret anvendes fortsat til oplagring af affald i tromler, men lagerbeholdningen nærmer sig bygningens maksimale kapacitet. Bygningens gulvet er placeret 2,45 meter over normalt vandniveau. Under stormen Bodil i december 2013 vandstanden 2,06 meter over dagligt vande. Hensynet til den fremtidige og langsigtede opbevaring af affaldet var blandt de forhold, der bidrog til beslutningen om at etablere NOL. Affaldet er i Lavaktivt Lager er kendetegnet ved stor variation i oprindelse, sammensætning og alder. Tromlerne indeholder materialer fra alle de nukleare anlæg på Risø samt affald modtaget fra eksterne producenter. En enkelt tromle kan indeholde flere forskellige affaldstyper og materialer, hvilket afspejler den historiske udvikling i affaldshåndteringen gennem mere end seks årtier. En del af tromlerne har tidligere været oplagret i det såkaldte Betonrørslager, hvor indtrængning af regnvand og saltudfældninger medførte korrosion af tromlerne. I forbindelse med tromleflytningsprojektet i 1995-1997 blev ca. 4.000 tromler flyttet til Lavaktivt Lager, og en del af de beskadigede tromler blev reemballeret i større ståltromler og indstøbt i cement. Der er siden gennemført yderligere reemballeringer som følge af fortsat korrosion, hvilket betyder, at lageret i dag rummer emballager med forskellig alder, konstruktion og tilstand.

En væsentlig del af lagerets indhold består af inddamperkoncentrat fra Behandlingsstationens rensningsanlæg, både som ukonditioneret materiale og som bituminiseret affald.¹¹ Bitumenfraktionen vurderes at omfatte 800-900 tromler. Bitumen er hygroskopisk¹² og kan udvide sig ved vandoptag, hvilket i visse tilfælde har med opsvulmning og udpresning af bitumenholdigt materiale fra tromlerne. For enkelte tromler omfatter dette uranholdige fraktioner. Det øvrige affald omfatter blandt andet laboratorieaffald, metaldele, polymerer, røgalarmer, mindre lukkede kilder, slamprodukter og aluminiumskomponenter fra DR3's siliciumproduktion. Derudover findes en betydelig mængde jordtromler med svagt kontamineret jord fra radioøkologiske forsøg gennemført i 1960'erne.

Et afgrænset område af lageret anvendes til historisk NORM-affald (Naturally Occurring Radioactive Material) modtaget fra eksterne virksomheder (Figur B1.8). NORM-affald omfatter materialer med forhøjede koncentrationer af naturligt forekommende radionuklider, primært fra uran-238- og thorium-232-serierne. I Danmark er denne type affald især knyttet til olie- og gasindustrien samt andre dybe borer, hvor naturligt forekommende radionuklider kan blive opkoncentreret som følge af geologiske og industrielle processer. Når sådanne materialer bringes til overfladen eller opkoncentreres i procesanlæg, kan aktivitetsniveauerne overstige de niveauer, der normalt forekommer ved terræn. NORM-affaldet er modtaget i Risø's driftstid (før år 2003). I dag er DD ikke anvist til at modtage eksternt NORM-affald.

Dokumentationsniveauet varierer betydeligt. For mange af de ældre tromler omfatter registreringerne kun enkelte nuklider eller en samlet aktivitetsangivelse, ofte baseret på ældre gammaspektroskopiske målinger udført med NaI-detektorer med begrænset energiopløsning. Metoden gør det vanskeligt at identificere alle relevante tilstedeværende radionuklider, og især alfaemittere og langlivede betanuklider kan derfor være underrepræsenteret i de oprindelige registreringer. Det må desuden forventes, at affaldet indeholder kemiske stoffer og materialer, som ikke er fuldt dokumenteret i de oprindelige registreringer, hvilket har betydning for både affaldets kemiske egenskaber og kravene til en fremtidig deponeringsløsning.

¹¹ Knud Brodersen, *Baggrund for og skitser til slutdepot for dansk lav- og mellemaktivt affald*, oktober 2003.

¹² Hygroskopi er et materiales evne til at optage vand fra omgivelserne, hvilket kan føre til opsvulmning, ændret struktur og øget nedbrydning.



Figur B1.8. Tromler på Lager 244 samt (højre, nederst) NORM affald.

2.1.4 Mellemlageret 249(a)

Mellemlageret 249(a) rummer både dekommissioneringsaffald og eksternt affald, som er emballeret i containere. Affald fra de forskellige oprindelige faciliteter, herunder DR1, DR2, DR3 og Hot Cells, holdes så vidt muligt adskilt for at begrænse variationen i nuklidsammensætning inden for de enkelte affaldsenheder.

Placeringen af affald på Mellemlageret afhænger primært af affaldets fysiske størrelse og udformning. Større komponenter og materialer fra dekommissioneringen, som fylder hele containere, håndteres og opbevares her, mens mindre affaldsenheder, herunder med driftsaffald og eksternt affald, pakkes i tromler og placeres på Lavaktivt Lager. Indholdet i Mellemlageret er derfor generelt mere voluminøst end affaldet i tromlelagrene.



Figur B1.9. Containere på Mellemlageret.

Mellemlageret udgør en central del af DD's håndtering af affald fra dekommissioneringen, idet dekommissioneringsaffald pakkes i containere frem for tromler. Lagerets kapacitet har gennem perioder været fuldt udnyttet, og der er derfor gennemført flere udbygninger af lagerfaciliteterne. Den seneste udbygning har netop opnået myndighedsgodkendelse til ibrugtagning.

2.2 Affald i midlertidige områder uden for lagerudtræk

Ud over de formelle lagre findes der en række faciliteter, hvor radioaktivt affald er midlertidigt anbragt som led i sortering, karakterisering, behandling eller anden affaldshåndtering. Affaldet indgår i den samlede affaldsbeholdning hos DD, men indgår ikke nødvendigvis i opgørelser baseret på den registrerede lagerbeholdning af pakket affald. Dette gælder f.eks. de opgørelser, der anvendes til rapportering i henhold til Joint Convention¹³ samt Drift og Afviklingsrapport jf. *Betingelser for Drift og Afvikling (BfDA)*¹⁴.

Affaldet er registreret i ADS, hvor placering, flytninger og ændringer løbende dokumenteres. Det er derfor muligt at følge affaldets bevægelser mellem behandlingsområder, arbejdsfaciliteter og lagre. De følgende afsnit beskriver de væsentlige faciliteter og deres rolle i DD's håndtering af radioaktivt affald.

2.2.1 Bufferlageret 249(b)

Bufferlageret er i samme bygning som Mellemlageret 249(a), men lagrene er adskilt med en skillevæg og har forskellige funktioner og registreringsprincipper. Bufferlageret beskrives derfor særskilt.

Bufferlageret anvendes til midlertidig opbevaring af affald, som ikke er pakket, men afventer viderebehandling eller måling med henblik på frigivelse. Bufferlageret anvendes desuden til opbevaring af containere under fyldning, herunder i perioder med høj aktivitet i dekommissioneringsarbejdet og under den igangværende udvidelse af lagerkapaciteten.

Kun færdigpakkede og registrerede beholdere placeret på Mellemlageret indgår i de officielle opgørelser af affaldsbeholdningen. Affaldet i Bufferlageret er imidlertid registreret i ADS og indgår som en del af DD's samlede beholdning af radioaktivt materiale.



Figur B1.10. Bufferlageret.

For at sikre den nødvendige lagerkapacitet gennemføres der løbende paknings- og flyttekampagner, hvor færdigpakkede containere overføres til fra Bufferlageret til Mellemlageret. Lagerets indhold og belægningsgrad varierer derfor over tid i takt med den løbende affaldshåndtering og dekommissionering.

¹³ Strålebeskyttelse i Sundhedsstyrelsen (SIS), *Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management – National Report from Denmark, 8th Review Meeting*, 16. August 2024

¹⁴ *Betingelser for Drift og Afvikling for Dansk Dekommissionering, BfDA*, 2. udgave, 24. februar 2022.

2.2.2 Modtagelageret 239

Modtagelageret i bygning 239 fungerer som DD's modtagelager for eksternt radioaktivt affald. Lageret anvendes til modtagelse, registrering og indledende sortering af affald, inden det fordeles til de relevante lagre eller behandlingsfaciliteter.

I henhold til BfDA¹⁵ må bygningen anvendes til midlertidig opbevaring af radioaktivt affald, herunder lukkede kilder med halveringstider over ét år, som ikke er underlagt særlige sikringskrav. Bygningen kan desuden anvendes til opbevaring af radioaktivt biologisk materiale. Efter modtagelse og sortering overføres affaldet til de relevante lagre eller behandlingsfaciliteter under hensyntagen til blandt andet dosishastighed, emballering og øvrige håndteringskrav.

Radioaktivt biologisk materiale kan opbevares i en kummefryser, som er placeret bag flere fysiske barrierer og med spildbakke som ekstra sikkerhedsforanstaltning. Materialet opbevares med henblik på henfaldslagring, indtil aktivitetsniveauet tillader videre håndtering i overensstemmelse med gældende grænseværdier. Herefter kan materialet f.eks. sendes til forbrænding, hvorefter asken returneres til DD og emballeres som radioaktivt affald inden overførsel til Lavaktivt Lager. Denne affaldsvej for biologisk materiale er etableret, men har på nuværende tidspunkt endnu ikke været anvendt.

2.2.3 Henfaldslageret 251

Et henfaldslager er beregnet til midlertidig opbevaring af affald med et højt indhold af kortlivede nuklider. Formålet er at opbevare materialet, indtil aktiviteten er reduceret gennem radioaktivt henfald til et niveau, hvor materialet kan frigives, bortskaffes eller håndteres med lavere strålingsbelastning for personalet for videre lagring. Henfaldslageret på Risø blev etableret i 2021 og anvendes primært til eksternt affald med kort halveringstid, herunder åbne og lukkede kilder¹⁶, udstyr med indbyggede radioaktive kilder (f.eks. Troxler-instrumenter¹⁷) samt mindre mængder laboratorieaffald. De dominerende radionuklider omfatter blandt andet ⁵⁷Co, ¹⁵³Gd, ⁶⁸Ge og ¹²⁵I, som alle har relativt korte halveringstider.

Når aktiviteten er reduceret tilstrækkeligt, vurderes materialet med henblik på videre håndtering. Afhængigt af affaldstype, karakterisering og aktivitetsniveau kan materialet frigives, sendes til forbrænding eller pakkes som radioaktivt affald med henblik på videre opbevaring i DD's øvrige lagerfaciliteter.

¹⁵ *Betingelser for Drift og Afvikling for Dansk Dekommissionering, BfDA*, 2. udgave, 24. februar 2022.

¹⁶ Lukkede kilder indeholder radioaktivt materiale, som er indkapslet i en tæt, stabil kapsling, der forhindrer spredning til omgivelserne, f.eks. en gammakilde i en niveaumåler. Åbne kilder er derimod ikke indkapslede og kan forekomme som forurenet materiale eller radioaktive stoffer i opløsning.

¹⁷ Et stykke avanceret måleudstyr produceret af Troxler Electronic Laboratories. Den bruges primært i vej- og anlægsindustrien til at måle densitet (vægtfylde) og fugtighed i jord og asfalt ved hjælp af radioaktive isotoper.



Figur B1.11. Henfaldslageret.

I praksis er der over tid sket en ophobning af affald i Henfaldslageret, og lagerkapaciteten er i dag tæt på fuldt udnyttet. Selvom formålet med henfaldslagring er at reducere aktiviteten til et niveau, hvor materialet kan frigives eller bortskaffes, er der endnu ikke etableret en praktisk affaldsvej for frigivelse af eksternt radioaktivt affald. Materiale, som oprindeligt var tiltænkt frigivelse efter henfald, forbliver derfor ofte i lageret. Hertil kommer, at affaldet kan indeholde langlivede radionuklider eller kræve yderligere dokumentation og karakterisering, før den videre håndtering kan afklares. Henfaldslageret fungerer derfor i praksis både som facilitet for aktivitetsreduktion og som midlertidigt lager for affald, hvor den endelige håndteringsvej endnu ikke er fastlagt.

2.2.4 Miljøcontaineren 261

Miljøcontaineren anvendes til opbevaring af flydende radioaktivt affald, med undtagelse af væsker med høj aktivitet eller væsker underlagt Safeguard. Affaldet stammer primært fra medicinalindustrien, universiteter, skoler og anden industri og består især af scintillationsvæsker¹⁸, organiske opløsningsmidler og laboratorierester emballeret i 5 L dunke samt mindre beholdere som vials, glasflasker og kolber. Kun en mindre del af indholdet stammer fra aktiviteter på Risø og omfatter hovedsageligt olie og petroleum.

¹⁸ Scintillationsvæsker er organiske væsker, der indeholder stoffer, som udsender lys (scintillation), når de rammes af stråling udsendt fra radioaktive nuklider. De anvendes i måleudstyr til detektion af radioaktive stoffer, hvor strålingen omdannes til lysimpulser, som kan registreres og kvantificeres.



Figur B1.12. Miljøcontaineren.

I januar 2026 omfattede Miljøcontaineren 598 emner med et samlet registreret volumen på 2.402 L. De hyppigst forekommende nuklider er ^3H , ^{14}C og ^{125}I , men der forekommer også væsker indeholdende blandt andet ^{241}Am , ^{60}Co , ^{137}Cs og ^{230}Th .

Flydende radioaktivt affald adskiller sig fra de øvrige affaldsformer ved, at hverken NOL eller fremtidige deponeringsanlæg er designet til at modtage radioaktive væsker. Dette skyldes, at væsker generelt har et større potentiale for spredning af radioaktive stoffer end faste affaldsformer og derfor stiller væsentligt højere krav til inddæmning, barrieresystemer og langsigtet sikkerhed. Flydende affald skal derfor som udgangspunkt behandles eller omdannes til en mere stabil affaldsform, før det kan indgå i den langsigtede håndtering af affaldsbeholdningen (jf. afsnit 3.3.2).

Håndterings- og bortskaffelsesmulighederne for denne affaldstype er begrænsede og afhænger blandt andet af adgang til egnede behandlingsløsninger. Perioder uden mulighed for ekstern behandling kan medføre ophobning af flydende affald i containeren. DD har derfor igangsat et projekt med henblik på at afklare fremtidige løsninger for behandling, håndtering og bortskaffelse af flydende radioaktivt affald.

Registreringen af væsker i ADS afspejler, at affaldet er modtaget over en længere årrække fra mange forskellige affaldsproducenter. For en del af emnerne findes der kun begrænsede oplysninger om den kemiske sammensætning, og registrerede volumener afspejler ofte beholderstørrelsen frem for den faktiske væskemængde. Datagrundlaget giver derfor ikke altid et fuldstændigt billede af beholdningen af flydende affald og indgår som en del af det igangværende arbejde med at styrke beskrivelserne af den danske affaldsbeholdning.

2.2.5 Håndteringshallen (H-hallen) 200

H-hallen er den bygning, hvor den tidligere forsøgsreaktor DR2 var placeret. Bygningen anvendes i dag primært til håndtering og bearbejdning af større affaldsemner, særligt når der er behov for neddeling eller anden mekanisk behandling. Hallen er udstyret med kran og en afskærmet arbejdskabine, hvilket gør det muligt at håndtere store og tunge komponenter fra dekommissioneringen, herunder betonelementer og andet voluminøst affald.

Ud over neddeling anvendes H-hallen til en række særlige behandlingsopgaver, hvor affald sorteres eller forbehandles inden videre håndtering. Dette omfatter blandt andet demontering og sortering af røgalarmere og andet udstyr med indbyggede radioaktive kilder.

Bygningen rummer desuden et større lager af radioaktivt bly, som historisk har været anvendt til afskærmningsformål i forbindelse med håndtering af radioaktive materialer.



Figur B1.13. (Venstre) H-hallen og (højre) arbejdskabine.

H-hallen anvendes også til radiologisk karakterisering af større affaldsemner, herunder gammaspektroskopiske målinger, som understøtter den videre håndtering af affaldet. Målingerne gennemføres under forhold, hvor baggrundsstrålingen i bygningen kan variere som følge af bygningens historiske anvendelse og tilstedeværelsen af radioaktive materialer, herunder bidrag fra ^{241}Am . For at forbedre målekvaliteten er der etableret en ny måleopstilling med betonaftskærmning, som reducerer baggrundsniveauet og dermed forbedrer robustheden og reproducerbarheden af de radiologiske målinger.

2.2.6 Aktivt Laboratorium (A-lab) 208

A-lab er DD's primære facilitet til analyser, målinger og radiologisk karakterisering af radioaktivt affald. Laboratoriet rummer desuden et mindre prøvearkiv med materiale fra dekommissioneringen, som opbevares til dokumentations-, analyse- og kvalitetssikringsformål. Prøverne indgår ikke i affaldsbeholdningen, men anvendes som referencemateriale i det løbende karakteriseringsarbejde. Prøvematerialet er indsamlet gennem en længere årrække og afspejler de konkrete opgaver og undersøgelser, der er gennemført på forskellige tidspunkter. Prøvernes repræsentativitet for de tilhørende affaldsstrømme kan derfor variere.

Prøveudtagning og nye målinger gennemføres efter konkret faglig vurdering og ikke rutinemæssigt. Beslutningen afhænger blandt andet af det forventede informationsudbytte, materialets repræsentativitet, håndterbarhed og de

dosismæssige konsekvenser ved prøvetagningen (se bilag B.2). For heterogene affaldstyper kan en enkelt prøve være utilstrækkelig til at beskrive den samlede nuklidsammensætning, hvorfor måleresultater ofte sammenholdes med historiske oplysninger, proceskendskab og øvrige datakilder.



Figur B1.14. Faciliteter i A-lab. Øverst: Hot Cell (venstre) og handskeboks (højre). Nederst: måleopstilling laboratorierummet (venstre) og i målelabyrinten (højre).

Laboratoriet indeholder en række ældre faciliteter, herunder en Hot Cell og stinkskebe, som i dag ikke er i operativ drift. Derudover råder A-lab over to gammaspektroskopiske måleopstillinger med Ge-detektorer. Den ene er placeret i laboratorierummet og har tidligere været anvendt til måling af affaldsenheder, såsom driftsaffald, og forventes fremadrettet anvendt til mindre prøver. Den anden er placeret i en målelabyrint og er dimensioneret til større

emner, herunder tromler, som håndteres ved hjælp af kran. A-lab udgør dermed en central del af DD's arbejde med karakterisering af affaldsbeholdningen og udvikling af datagrundlaget for den fremtidige håndtering, klassificering og deponering af radioaktivt affald.

2.2.7 Frigivelseslaboratorium (F-lab) 257

F-lab spiller en central rolle i DD's håndtering af dekommissioneringsaffald og opgave ift. affaldsminimering. Laboratoriet fungerer som akkrediteret målelaboratorium hvor materialer håndteres i forbindelse med frigivelsesmålinger. Formålet er at dokumentere, om materialer kan frigives fra radiologisk kontrol og dermed håndteres uden for det radioaktive affaldssystem (måleprocedurer og metoder er beskrevet nærmere i bilag B.2).

Som udgangspunkt betragtes materialer fra dekommissioneringen som radioaktive, indtil målinger og faglige vurderinger dokumenterer, at frigivelseskriterierne er opfyldt. F-lab håndterer derfor kun materialer, som på forhånd vurderes at have potentiale for frigivelse. Inden materialer overføres til laboratoriet, gennemføres en indledende screening som led i dekommissioneringsarbejdet eller i A-lab. Materialer med forhøjede aktivitetsniveauer frasorteres, mens overfladekontamination, herunder støv og løse partikler, fjernes inden materialet flyttes til F-lab. Dette er nødvendigt for at beskytte laboratoriets frigivelsesfunktion og sikre pålidelige målinger.



Figur B1.15. Frigivelseslaboratorium.

F-lab håndterer hidtil ikke eksternt affald. Dette skyldes dels risikoen for kontamination af laboratoriets målefaciliteter, dels at eksternt affald ofte ikke har det dokumentations- og karakteriseringsgrundlag, der kræves for at gennemføre en frigivelsesvurdering.

Laboratoriet råder over flere gammaspektroskopiske måleopstillinger, hvilket giver en høj målekapacitet. Emner hentes fra Bufferlageret umiddelbart inden måling for at undgå en forhøjet baggrundsstråling i laboratoriet, som kan påvirke målingerne. Måleaktiviteterne planlægges løbende for at understøtte både den daglige drift samt vedligeholdelsen af laboratoriets kompetencer, procedurer og målemetoder.

2.3 Affald omfattet af sikring og Safeguards

En mindre del af den danske radioaktive affaldsbeholdning indeholder nukleart materiale eller radioaktive kilder, som er omfattet af særlige krav til sikring og/eller Safeguard. Disse affaldsfraktioner adskiller sig fra den øvrige affaldsbeholdning ved at være underlagt særlige krav til registrering, sporbarhed og kontrol. De regulatoriske og anlægsmæssige konsekvenser af disse krav er beskrevet nærmere i bilag E.4. Affald omfattet af Safeguard omfatter primært nukleart materiale såsom naturligt uran, beriget uran, depleted uran, thorium og andre materialer, der er

omfattet af Danmarks internationale forpligtelser over for European Atomic Energy Community (EURATOM) og IAEA (se Tabel B1.1).^{19 20} Hos DD udgør disse materialer kun en mindre del af den samlede affaldsbeholdning målt på volumen, men repræsenterer en særlig affaldsfraktion grundet dets aktivitet og stiller derved krav til registrering, sporbarhed og international kontrol. Materialerne skal derfor fortsat kunne identificeres og følges gennem hele håndteringsforløbet.

Tabel B1.1. Nukleare materialer omfattet af Safeguards.

Materiale	Form	Typisk forekomst i affaldsbeholdningen
Plutonium ²¹	Ubestrålet ²²	Forekommer i mindre mængder i historiske forsøgs- og analysematerialer.
Uran-235	Ubestrålet uran, beriget	Forekommer i historiske brændselsrelaterede materialer og laboratoriematerialer.
Uran-233	Ubestrålet	Forekommer i begrænset omfang som historisk forsøgs- og analysemateriale.
Naturligt uran	Uranmetal, uranoxid og andre uranforbindelser	Forekommer blandt andet i historiske forsøgsmaterialer.
Bestrålet brændsel	Brændselsrelaterede materialer underlagt Safeguard.	Hovedparten er tilbageleveret til oprindelseslandene, men mindre mængder bestrålet nukleart materiale omfattet af Safeguard indgår fortsat i den danske affaldsbeholdning (jf. bilag B.5).
Thorium	Thoriumholdige materialer og forbindelse.	Forekommer i mindre mængder i historiske forsøgs- og forskningsmaterialer.

En del af det affald, der er omfattet af Safeguard, betegnes i historiske og administrative sammenhænge som det såkaldte *særlige affald*. Begrebet anvendes blandt andet i Folketingsbeslutning B 90 og afspejler, at affaldet indeholder nukleart materiale underlagt særlige krav til registrering og kontrol. Betegnelsen beskriver således primært affaldets forvaltningsmæssige status og ikke en særskilt teknisk affaldskategori.

Det særlige affald består hovedsageligt af uranholdige materialer, herunder uranoxid og andre affaldsformer med indhold af nukleart materiale. Danmark har tidligere tilbageleveret hovedparten af det brugte reaktorbrændsel i henhold til internationale aftaler, men mindre mængder nukleart materiale og affald omfattet af Safeguards indgår fortsat i den danske affaldsbeholdning (jf. bilag B.4).

Affaldet indeholder primært langlivede radionuklider og skal derfor vurderes ud fra de samme radiologiske og fysisk-kemiske egenskaber som den øvrige affaldsbeholdning. Jf. B 90 skal denne del af affaldet sammen med andre langlivede affaldstyper indgå i en fremtidig løsning baseret på deponering i dyb geologi.²³

Affaldet er endnu ikke konditioneret til langtidslagring eller deponering og vil derfor kræve yderligere behandling, karakterisering og pakning, før det kan indgå i en fremtidig deponeringsløsning. På grund af affaldets radiologiske

¹⁹ Bekendtgørelse nr. 1385 af 18. november 2025: *Bekendtgørelse om radioaktive stoffer*.

²⁰ D. A. V. Fischer, IAEA/EURATOM Agreement – An Explanation, IAEA Bulletin, 15(3), p. 10-16, 1973.

²¹ Plutonium med undtagelse af det, hvor koncentrationen af plutonium-238 overstiger 80 %.

²² Ubestrålet: Materiale, der ikke er bestrålet i en reaktor eller materiale, der er bestrålet i en reaktor, men med et strålningsniveau, der er lig med eller mindre end 1 gray/time i en afstand af 1 meter uafskærmet.

²³ Uddannelses- og Forskningsministeriet, *Forslag til folketingsbeslutning om en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald* (Fremsat af uddannelses- og forskningsminister Søren Pind den 14. marts 2018), Folketinget, 2018.

egenskaber forventes dele af dette arbejde at skulle udføres i specialiserede og afskærmede faciliteter med mulighed for fjernbetjent håndtering (Hot Cell). Det skal desuden afklares, om den eksisterende karakterisering er tilstrækkelig til de videre processer, eller om der er behov for supplerende undersøgelser og målinger som grundlag for den fremtidige håndtering og deponering.

Derudover findes enkelte radioaktive kilder og affaldsenheder, som er omfattet af nationale krav til sikring, jf. bek. 1385/2025 bilag 6.²⁴ Dette gælder blandt andet visse kilder indeholdende radionuklider som ^{60}Co , ^{137}Cs og ^{241}Am . Disse materialer er ikke nødvendigvis omfattet af internationale Safeguards, men er underlagt særlige nationale krav som følge af deres aktivitetsniveau og potentielle sikkerhedsmæssige betydning.

2.4 Prognose for fremtidigt affald

Den nuværende affaldsbeholdning på Risø udgør kun en del af den samlede affaldsmængde, som skal håndteres i en fremtidig deponeringsløsning. Frem mod 2073 forventes beholdningen at ændre sig betydeligt som følge af den fortsatte dekommissionering af Risøs nukleare anlæg samt den løbende modtagelse af eksternt affald. Fremtidige depotløsninger skal derfor dimensioneres til både den eksisterende affaldsbeholdning og de forventede fremtidige affaldsstrømme og for hele den danske affaldsbeholdning.

Jf. Cirkulære om Dansk Dekommissionering²⁵ § 5. skal DD tilrettelægge, udføre og dokumentere håndtering af radioaktivt affald i DD's varetægt under hensyntagen til bl.a. *den samlede beholdning af radioaktivt affald i Dansk Dekommissionerings varetægt, samt forventninger til udviklingen heraf, blandt andet baseret på relevante oplysninger fra Sundhedsstyrelsen. Desuden eksisterende eller planlagte affaldsstrømme samt eksisterende såvel som fremtidige tekniske løsninger, der skal udvikles frem til deponering.*

Prognoser for den fremtidige affaldsbeholdning er i dag primært begrænset til volumenestimer. Disse prognoser udgør et vigtigt grundlag for planlægning af lager- og depotkapacitet, men giver ikke alene det datagrundlag, der er nødvendigt for udvikling af en langsigtet deponeringsløsning. Depotdesign og sikkerhedsvurderinger afhænger også af forhold som nuklidsammensætning, aktivitetsniveauer, emballeringsformer, klassificering og affaldets fysisk-kemiske egenskaber.

Der er derfor behov for at videreudvikle prognosegrundlaget fra rene volumenfremskrivninger til en mere samlet prognosemodel for den danske affaldsbeholdning. En sådan model skal kunne sammenkoble oplysninger om eksisterende og fremtidige affaldsstrømme med information om radionuklidindhold, affaldstyper, emballering og klassificering. Et prognoseværktøj af denne type vil kunne understøtte løbende opdatering af den nationale affaldsbeholdning og styrke grundlaget for planlægning af lagerkapacitet, affaldsbehandling, depotdesign, affaldsaccept-kriterier og langsigtede sikkerhedsvurderinger.

De følgende afsnit beskriver de eksisterende volumenprognoser samt de væsentligste forventede fremtidige affaldsstrømme fra dekommissionering og eksternt modtagelse af radioaktivt affald. Derudover beskrives behovet for et mere systematisk prognosegrundlag, som på sigt kan danne grundlag for løbende opdaterede prognoser for Danmarks samlede radioaktive affaldsbeholdning.

2.4.1 Volumenprognose

Der er hidtil primært arbejdet med volumenprognoser for den fremtidige affaldsbeholdning. Tabel B1.2 viser den seneste prognose, som blev udarbejdet i 2020 og opdateret i 2024. Prognosen angiver intervaller for de forventede affaldsmængder og afspejler forskellige antagelser om affaldets sammensætning, pakningsgrad og muligheder for frigivelse.

²⁴ Bekendtgørelse nr. 1385 af 18. november 2025: *Bekendtgørelse om radioaktive stoffer. Bilag 6: Sikringsgrupper for højtaktivt radioaktivt materiale.*

²⁵ CIR1H nr. 9261 af 11/03/2022

Prognoserne er forbundet med usikkerhed, blandt andet grundet det nuværende datagrundlag samt fordi de afhænger af fremtidige beslutninger om karakterisering, behandling, emballering og frigivelse af materialer. Derudover vil de endelige affaldsmængder påvirkes af valg af depotkoncept og de krav, der stilles til affaldet.

De seneste prognoser hos DD blev udviklet som grundlag for dimensioneringen af NOL og tager udgangspunkt i en DD Type 2-beholder. Volumenerne er derfor beregnet ud fra beholderens ydre dimensioner (2,12 x 1,47 x 1,39 m = 4,33 m³). Den faktiske fyldningsgrad varierer imidlertid som følge af affaldets geometri, krav om reversibel emballering og behovet for hensigtsmæssig fraktionering af radionuklider i overensstemmelse med DD's instrukser samt sikringsklasser.

Mulighederne for volumenreduktion, der skal undersøges i lagringsperioden jf. Det Nationale Program²⁶, påvirker ligeledes prognoserne. En del af affaldet forventes at blive ompakket, behandlet eller på anden måde konditioneret før deponering med henblik på at reducere volumen og tilpasse affaldet til kravene i en fremtidig deponeringsløsning.

Tabel B1.2. Volumenprognose for dekommissionerings- og eksternt affald inkl. beholder (DD type-2 container) frem til 2073. Prognosen er ekskl. malm, tailings og NORM affald (udarbejdet af DD i 2020 og opdateret i 2024).

(m ³)	Prognoseinterval		Bemærkninger
	Minimum	Maksimum	
Eksisterende affald hos DD	6463	6597	
Prognose dekommissionering DD			
DR 3	749	879	
Hot Cells	758	2014	
Behandlingsstationen	1200	1404	Behandlingsstationen omfatter: • Inddampnings- og asfaltanlægget (211) • Centralvejslageret (231) • Tromlelageret (212) • Lavaktivt Lager inkl. NORM-lager (244) • Mellemlageret og bufferlageret (249) • Komprimeringsanlæg for lavaktivt affald (212) • Miljøcontainer for flydende aktivt affald (261) • Spildevandstanke (211) • Bassiner med tailings og uranmalm (242) • Aktivt laboratorium (208) • Håndteringshallen (200) • Lager for brandfarligt radioaktivt affald (241) • Tilhørende hjælpebygninger, pumpestation, sorteringshus, vandbehandlingsanlæg, garage og rensningsanlæg.
Øvrigt	1217	1468	Omfatter afsluttende arbejder på bygninger og anlæg efter endt dekommissionering, såsom H-hal og Lager 244, samt grus under området, hvor malm tidligere var placeret.
Prognose eksternt affald			
Eksternt affald (2024-2073)	1061	1256	
Total	11.449	13.619	

²⁶ Sundhedsstyrelsen (2020): *Det Nationale Program for ansvarlig og sikker håndtering af radioaktivt affald*. Tilgængelig online: <https://www.sst.dk/udgivelser/2021/nationalt-program-radioaktivt-affald>

Prognosen omfatter ikke malm og tailings. Malm estimeres til et volumen på ca. 3.120 m³, mens tailings estimeres til ca. 1.000 m³. De endelige volumener afhænger blandt andet af den valgte emballerings- og pakningsstrategi. Der afsøges pt. en løsning for dette materiale med henblik på at afsøge mulighederne for nyttiggørelse af det grønlandske klippemateriale fremfor deponering.

Prognosen omfatter desuden ikke andet NORM-affald. I henhold til Folketingsbeslutning B 90 skal der findes en langsigtet løsning for disse affaldsstrømme. En opgørelse fra 2017/2018²⁷ viste, at det danske NORM-affald fra olie- og gasindustrien var fordelt på en række lagre hos virksomheder rundt om i landet. Den største enkeltstående beholdning udenfor DD omfattede ca. 450 ton NORM-affald fordelt på ca. 60 containere, mens mindre mængder fandtes ved geotermiske anlæg, affaldsanlæg og industrivirksomheder. SIS angiver i deres årsberetning 2025, at der opbevares i alt 1800 tons NORM-affald på 8 lokaliteter i Danmark og at det største oplag findes hos DD. DD har en mindre mængde eksternt NORM-affald men der henvises i årsberetningen især til oplag af tailings.²⁸

Det aktuelle samlede omfang af danske NORM-beholdninger bør afklares nærmere med henblik på at de kan indgå i de nuværende prognoser. En opdateret national kortlægning af mængder og fremtidige affaldsstrømme vil være nødvendig for at vurdere NORM-affaldets betydning for den samlede danske affaldsbeholdning og deponeringsløsninger for dette affald.

Volumenestimererne for det danske radioaktive affald har ændret sig over tid. I *Forstudier til slutdepot for radioaktivt affald*²⁹ fra 2011, som dannede grundlag for Folketingsbeslutning B 90, blev det samlede affaldsvolumen estimeret til ca. 6.700 m³. Senere vurderinger, herunder Det Nationale Program, har angivet et samlet volumen på omkring 15.000 m³ inklusive emballering. Den nuværende prognose ligger mellem disse yderpunkter og afspejler et forbedret datagrundlag samt de erfaringer, der er opnået gennem dekommissioneringsarbejdet. Særligt øget viden om frigivelsespotentiale, affaldskarakterisering og realistiske pakningsgrader vurderes at have bidraget til de ændrede estimater.

2.4.2 Prognose for endnu ikke dekommissioneret affald

Prognoserne i Tabel B1.2 er udarbejdet af DD og baseret på fagligt kvalificerede skøn. Maksimumsværdien repræsenterer et konservativt estimat med høj konfidens, mens minimumsværdien i højere grad forudsætter frigivelse af materialer og dermed er forbundet med større usikkerhed.

Tre store dekommissioneringsprojekter dominerer de fremtidige affaldsmængder:

- DR 3
- Hot Cells
- Behandlingsstationen

Behandlingsstationen omfatter en række anlæg og lagerfaciliteter til håndtering, behandling og opbevaring af radioaktivt affald, herunder inddampnings- og asfaltanlægget, Centralvejslageret, Tromlelageret, Lavaktivt Lager, Mellemlager- og Bufferlagerfaciliteter, malm- og tailingsbassiner, håndteringsanlæg samt tilhørende støttefunktioner og bygninger (se Tabel B1.2).

Dekommissioneringen af DR3 er længst fremme, og mere end halvdelen af det volumen, der indgik i prognosen fra 2020, er allerede genereret. Prognoserne for DR3 vurderes derfor at være relativt robuste.

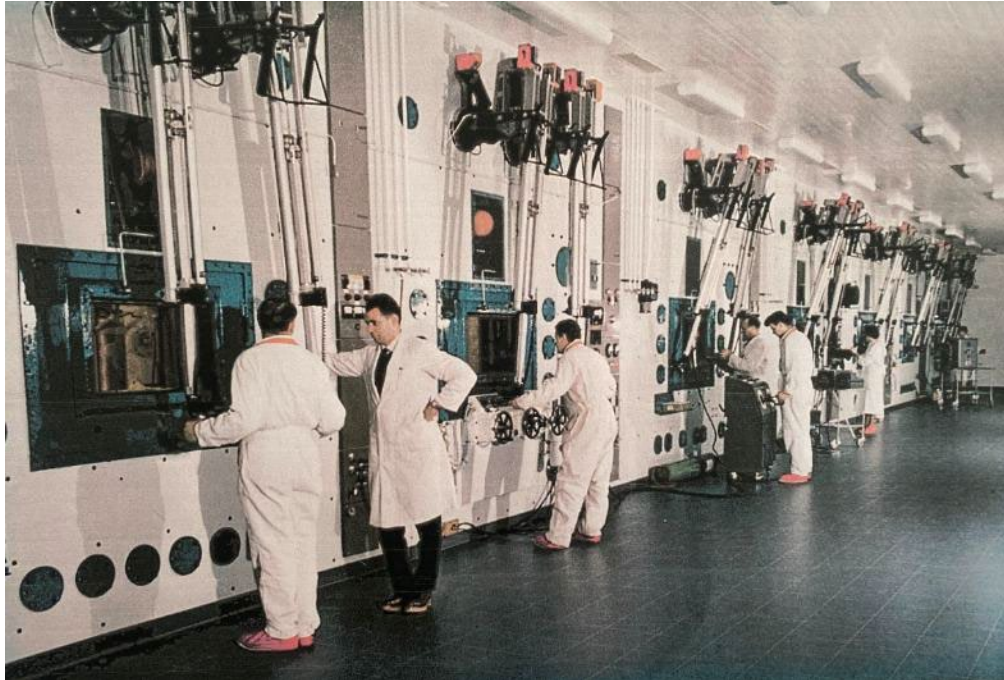
For Hot Cells og Behandlingsstationen er usikkerheden størst, da de fremtidige affaldsmængder i høj grad afhænger af frigivelsespotentialet for anlæggenes konstruktioner og inventar. Hot Cells-anlæggets lange og varierede

²⁷ Folketingets Sundheds- og Ældreudvalg, SUU Alm. del, Bilag 122 (2017-18), *Sammenfatning af Notat NORM i Danmark*.

²⁸ Strålebeskyttelsesmyndighedens årsberetning 2025. [Strålebeskyttelse](#)

²⁹ Dansk Dekommissionering, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland og Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålebeskyttelse: *Forstudier til slutdepot for lav- og mellemaktivt affald – sammendrag indeholdende hovedkonklusionerne og anbefalinger fra tre parallelle studier*, maj 2011

anvendeshistorik betyder desuden, at radionuklidfordelingen og kontaminationsforholdene varierer betydeligt mellem forskellige dele af anlægget. Dette begrænser mulighederne for at forudse og dokumentere, hvilke dele af anlægget der kan frigives som konventionelt affald, og hvilke dele der må håndteres som radioaktivt affald.



Figur B1.16. Hot Cells-anlægget under brugsperiode.

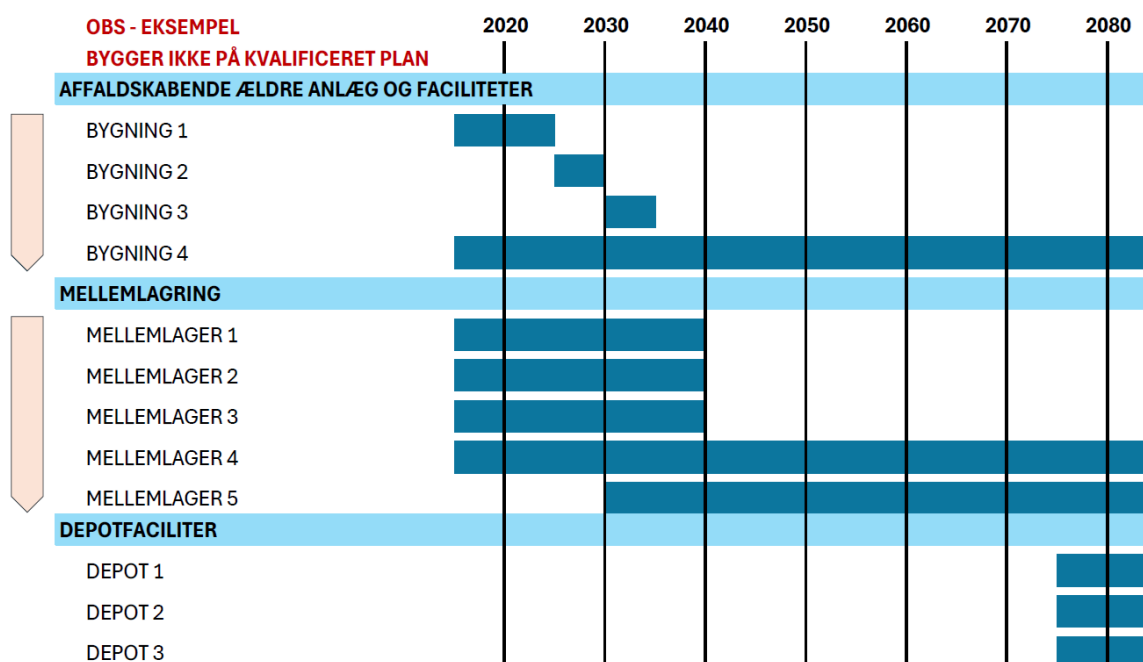
Kategorien "Øvrig" i Tabel B1.2 omfatter blandt andet afsluttende arbejder på eksisterende lagre og faciliteter samt affald fra nedrivning af bygninger, konstruktioner og tilhørende anlæg. De største bidrag i denne kategori forventes at komme fra beton- og jordmaterialer knyttet til tidligere malm- og tailingsaktiviteter.

Der er ikke udarbejdet prognoser for affald fra fremtidig dekommissionering af endnu ikke etablerede anlæg, herunder NOL. Udarbejdelsen af sådanne prognoser forudsætter, at der foreligger langsigtede planer for anlæggenes etablering, drift, levetid og efterfølgende afvikling. Sådanne prognoser kan potentielt have væsentlig betydning for dimensionering af depoter og evt. forberedelse til fremtidige udvidelsesmuligheder.

Affaldsprognoser er tæt knyttet til den samlede planlægning af den nationale infrastruktur til radioaktivt affald. Dette gælder ikke alene planlægningen af fremtidige anlæg, men også anvendelsen af eksisterende faciliteter. Bygninger og anlæg, som på længere sigt bliver til affald, kan i mellemtiden være nødvendige for lagring, håndtering, karakterisering, behandling eller konditionering af affald. Tidspunktet for dekommissionering af den enkelte facilitet kan derfor have direkte betydning for mulighederne for at håndtere andre dele af affaldsbeholdningen.

Der er således behov for en samlet og langsigtet national masterplan, som beskriver sammenhængen mellem eksisterende og nye anlæg, dekommissioneringsaktiviteter, lagerkapacitet og fremtidige deponeringsløsninger. En sådan planlægning kan bidrage til at sikre, at nødvendige funktioner og kompetencer opretholdes gennem hele affaldskæden, og at anlæg ikke afvikles, før deres funktion er erstattet af andre løsninger. Den vil desuden kunne bidrage til mere kvalificerede langsigtede prognoser for affald.

Figur B1.17 illustrerer principielt, hvordan en sådan langsigtet plan kan vise sammenhængen mellem drift, etablering af nye faciliteter, dekommissionering af eksisterende anlæg og generering af fremtidige affaldsstrømme.



Figur B1.17. Illustration af hvordan en kortlægning af driftsaffald og dekommissioneringsprognoser fra eksisterende og nye faciliteter ville kunne bidrage til prognoser for fremtidige affaldsstrømme.

2.4.3 Prognose for endnu ikke modtaget eksternt affald

Prognose for fremtidige eksterne affaldsstrømme er forbundet med usikkerhed. Anvendelsen af radioaktive materialer i samfundet er fordelt på en række sektorer, herunder sundhedsvæsen, industri og forskning, og er ofte karakteriseret ved lange anvendelsestider for de enkelte kilder. Særligt stærkt radioaktive kilder kan være i drift i mange årtier, hvilket gør tidspunktet for deres udfasning og efterfølgende affaldsgenerering usikkert. Hertil kommer potentielle fremtidige affaldsstrømme fra nedlæggelse af større anlæg, herunder cyklotroner og blodbestrålingsanlæg, samt udviklingen af nye radioaktive lægemidler og behandlingsmetoder.

Historisk har prognoser for eksternt affald generelt peget på relativt begrænsede affaldsmængder (volumen). I B 90 anføres det eksempelvis, at *"generelt forventes mængden af nyt radioaktivt affald gradvist at blive mindre som følge af udviklingen af teknologier, der muliggør erstatning af anvendelse af radioaktive kilder med andre løsninger"*.³⁰ Udviklingen er imidlertid ikke entydig. Øget anvendelse af radioaktive materialer inden for avanceret medicinsk diagnostik og behandling samt en fornyet interesse for nukleare teknologier kan påvirke udviklingen i modsat retning. Det fremtidige omfang og sammensætning af det eksterne radioaktive affald afhænger derfor i høj grad af den teknologiske og samfundsmæssige udvikling gennem de kommende årtier. I 2025 modtog Dansk Dekommissionering 641 affaldsemner bestående af 7540 kg fast materiale og 385 kg flydende affald fra brug af radioaktivt materiale på hospitaler, i industri og i forskning. I tillæg blev 4472 kg (ca. 18.000 stk.) røgmeldere modtaget.³¹

I de forventede fremtidige affaldsstrømme, der kan der forekomme stor variation mellem forskellige affaldstyper. Højaktive lukkede kilder fra eksempelvis blodbestrålingsanlæg repræsenterer typisk meget små affaldsvolumener

³⁰ Uddannelses- og Forskningsministeriet, *Forslag til folketingsbeslutning om en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald* (Fremsat af uddannelses- og forskningsminister Søren Pind den 14. marts 2018), Folketinget, 2018.

³¹ Strålebeskyttelsesmyndighedens årsberetning 2025. [Strålebeskyttelse](#)

med høje aktivitetsniveauer, mens dekommissionering af cyklotronanlæg og tilhørende faciliteter kan generere betydelige mængder aktiveret beton, stål og tekniske komponenter med relativt lavere specifikke aktiviteter. Et eksempel herpå er modtagelsen af affald fra afvikling af cyklotronfaciliteter i Aarhus, som genererede 7 stk. DD Type-2 stålbeholdere med relativt lave aktivitetsniveauer.

Som led i arbejdet med det nationale inventarie modtog DD i 2022 oplysninger fra SIS om kendte radioaktive kilder og anlæg, som på sigt kan forventes at bidrage til den danske affaldsbeholdning. Oversigten omfattede blandt andet 17 højaktive lukkede radioaktive kilder uden registreret tilbagetagningsaftale eller med dansk producent. Kilderne omfatter primært ^{137}Cs - og ^{60}Co -kilder fra blodbestrålingsanlæg med oprindelige aktiviteter i størrelsesordenen ca. 10-100 TBq pr. kilde. Disse affaldsstrømme repræsenterer meget begrænsede volumener, men relativt høje aktivitetsniveauer. Det blev samtidig bemærket, at op til 500 øvrige lukkede radioaktive kilder i sikringskategorier potentielt kan forekomme i affaldsstrømmen på længere sigt, om end hovedparten forventes omfattet af eksisterende retur- eller tilbagetagningsordninger samt mulighed for genanvendelse.

SIS identificerede desuden en række større anlæg, som på længere sigt kan generere betydelige affaldsmængder. På tidspunktet for opgørelsen omfattede dette 11 cyklotroner fordelt på syv anlæg, ét protonterapianlæg, én eksisterende cyklotronbunker under afvikling samt planer om etablering af yderligere fire cyklotroner. Hvor de højaktive kilder primært repræsenterer et begrænset volumen med høje aktiviteter, forventes dekommissionering af cyklotroner, protonterapianlæg og tilhørende afskærmninger at kunne give anledning til større affaldsvolumener bestående af aktiveret beton, stål og tekniske komponenter med væsentligt lavere specifikke aktiviteter.

Potentielt affald fra forskning i atomkraft, herunder SMR-teknologi, samt affald der genereres ved forskning eller etablering af energiproducerende anlæg i Danmark, er ikke omfattet af projektet og indgår derfor ikke i prognosen. Nye typer affald, højaktivt affald eller større affaldsmængder fra sådanne aktiviteter vil kunne ændre projektets rammebetingelser og langsigtede håndtering af affald.

DD har estimeret, at NOL i løbet af de kommende 50 år vil modtage eksternt affald svarende til ca. 20 m³ årligt, hvilket omtrent svarer til 5 DD Type 2-beholdere pr år. Dette giver et samlet kapacitetsbehov på ca. 250 beholdere og i alt ca. 1.100 m³ frem mod 2073. Estimatet er forbundet med betydelig usikkerhed, blandt andet som følge af de lange tidshorisonter for udfasning af eksisterende kilder og anlæg samt usikkerheder knyttet til fremtidig anvendelse af radioaktive materialer.

2.4.4 Prognose for fremtidigt affald – nuklider og fysisk-kemiske egenskaber

Volumenprognoser udgør et vigtigt grundlag for planlægning af lagerkapacitet og depotstørrelse, men giver ikke alene det datagrundlag, der er nødvendigt for udvikling af en fremtidig deponeringsløsning. Depotdesign, affalds-klassificering, affaldsacceptkriterier og sikkerhedsvurderinger afhænger også af affaldets radionuklidindhold, aktivitetsniveauer, materialetyper, kemiske egenskaber, emballeringsformer og klassificering (jf. bilag E).

For de eksisterende affaldsbeholdninger kan disse oplysninger gradvist opbygges gennem karakterisering og analyse. For fremtidige affaldsstrømme er opgaven mere kompleks, da både affaldsmængder, nuklidsammensætning og fysisk-kemiske egenskaber kan ændre sig som følge af teknologisk udvikling, ændrede anvendelser af radioaktive materialer samt radioaktivt henfald over tid.

Der findes i dag ikke en samlet national metode til systematisk at fremskrive disse egenskaber for den danske affaldsbeholdning. Prognoser er derfor primært baseret på volumenestimer, mens opgørelser og fremskrivninger af radionuklidindhold, affaldstyper, emballering og fysisk-kemiske egenskaber kun i begrænset omfang indgår i planlægningen.

Internationalt arbejder flere lande arbejder med løbende opdaterede nationale affaldsbeholdningsopgørelser og prognosemodeller, som omfatter både eksisterende affald og forventede fremtidige affaldsstrømme. Eksempler

herpå er det britiske *UK Radioactive Waste and Materials Inventory*,³² som opdateres periodisk og både omfatter aktuelle affaldsbeholdninger og prognoser for fremtidige affaldsstrømme, herunder periodiske konsekvensvurderinger af ændringer i prognoser. Desuden har man i Norge arbejdet med nationale affaldsopgørelser og affaldshåndteringsprogrammer, hvor prognoser anvendes som grundlag for planlægning af fremtidige lagre og deponeringsløsninger.³³ Sådanne metoder gør det muligt løbende at vurdere konsekvenserne af nye data, ændrede affaldsstrømme og reviderede prognoser for lagerkapacitet, affaldsklassificering og depotdesign.

Som led i det videre arbejde har DD taget initiativ til at igangsætte udviklingen af en *inventory model*. Arbejdet er i sin helt indledende afsøgende fase. Modellen bidrager ikke i sig selv til forbedrede affaldsdata men det ønsket at modellen blandt andet vil skulle kunne fungere som et prognoseværktøj for radioaktivt affald. Det er ønsket at modellen skal kunne understøtte løbende opdatering af affaldsbeholdningen og koble oplysninger om eksisterende og forventede affaldsstrømme med data om radionuklidindhold, affaldstyper, emballering, klassificering og fysisk-kemiske egenskaber. Herved kan konsekvenserne af ændrede affaldsstrømme vurderes mere systematisk og indarbejdes i planlægningen af fremtidige lagre, behandlingsfaciliteter og deponeringsløsninger. Modellen bør opdateres og afrapporteres regelmæssigt, så ny viden om affaldsmængder, nuklidindhold og fremtidige affaldsstrømme løbende kan indarbejdes i beslutningsgrundlaget for Danmarks langsigtede håndtering af radioaktivt affald (se afsnit 5 for yderligere detaljer om DD's Inventory Model).

3. Affaldets karakteristika

Affaldets langsigtede radiologiske og fysisk-kemiske udvikling er afgørende for kravene til et fremtidigt depot. Mens aktivitet og strålingstype har betydning for kravene til håndtering og lagring, afhænger den langsigtede sikkerhed i høj grad af radionuklidernes halveringstid, mobilitet og radiotoksicitet. Disse forhold er derfor dimensionerende for udformningen af depotets barrierer og sikkerhedskoncept.

3.1 Materiale typer og nuklidfordeling i affaldet

Affaldsbeholdningen omfatter en række forskellige materialetyper med tilhørende radionuklider og fysisk-kemiske egenskaber. Sammensætningen afspejler de aktiviteter, der historisk har fundet sted på Risø, herunder reaktordrift, brændselshåndtering, laboratoriearbejde, spildevandsbehandling og affaldsbehandling.

En del af affaldet stammer fra behandling af radioaktivt spildevand, hvor radionuklider er koncentreret i inddampningskoncentrater og saltaffald. Disse fraktioner indeholder blandt andet ³⁶Cl, ¹³⁷Cs og uranisotoper. Affaldsbeholdningen omfatter også organiske materialer såsom laborativæsker, rengøringsmidler og ionbytterharpikser, der kan indeholde ¹⁴C.

Andre affaldsfraktioner består af radioaktive kilder og kilderelateret affald, herunder røgalarm med ²⁴¹Am samt neutronkilder baseret på Ra-Be og Am-Be. Disse affaldstyper udgør generelt små volumener, men kan indeholde relativt høje aktivitetskoncentrationer.

Aktiveret metal og beton fra reaktoranlæg, Hot Cells og tilhørende faciliteter indeholder typisk kortlivede radionuklider som ⁶⁰Co, ⁶³Ni og ³H. Disse materialer udgør en væsentlig del af affaldsvolumenet og afspejler den neutronaktivering, der har fundet sted under anlæggenes drift.

Affaldsbeholdningen omfatter desuden uranholdige materialer samt tilhørende datterprodukter og bidrager i høj grad til affaldets langsigtede radiologiske egenskaber.

3.2 Henfaldsserier og datternuklider

Flere af de radionuklider, der forekommer i affaldet, indgår i henfaldsserier, hvor radioaktivt henfald fører til dannelse af nye radionuklider med andre radiologiske og fysisk-kemiske egenskaber end moderisotopen. Affaldets

³² [2022 Inventory for Geological Disposal - GOV.UK](#)

³³ [Rapport_Håndtering av radioaktivt avfall fram mot 2100.pdf](#)

sammensætning ændrer sig derfor over tid, og de radionuklider, som er til stede ved deponering, er ikke nødvendigvis de samme som dem, der bidrager mest til den langsigtede radiologiske påvirkning. Dette gælder både for enkeltstående radionuklider og for naturlige henfaldsserier. Eksempler omfatter uran-238-serien, uran-235-serien og thorium-232-serien, hvor flere af datterprodukterne har andre egenskaber med hensyn til mobilitet, opløselighed, radiotoksicitet og halveringstid end moderisotoperne. I uran-235-serien kan eksempelvis ^{231}Pa bidrage til den langsigtede radiologiske betydning.

Betydningen af datternuklider er illustreret i afsnit 1 gennem eksemplet med henfald af ^{241}Am til ^{237}Np . Eksemplet viser, hvordan affaldets radiologiske egenskaber og sammensætning kan ændre sig over tid som følge af dannelsen af nye radionuklider.

De registrerede radionuklider i ADS beskriver som udgangspunkt affaldets aktuelle tilstand på registreringstidspunktet. Datterprodukter fremgår derfor normalt ikke af registreringerne, medmindre de allerede er til stede i målbare mængder. Ved vurdering af depotets langsigtede sikkerhed skal udviklingen af datternuklider derfor beregnes særskilt som led i opgørelsen af det fremtidige radionuklidindhold.

3.3 Kemisk-fysiske egenskaber

Affaldets kemiske og fysiske egenskaber har stor betydning for, hvordan radionuklider kan frigives, transporteres og tilbageholdes i et depotmiljø. Egenskaber som opløselighed, kompleksdannelse, korrosion, gasproduktion, vandoptag og materialenedbrydning påvirker både affaldets udvikling over tid og samspillet med depotets tekniske og naturlige barrierer (jf. bilag C). Den danske affaldsbeholdning omfatter flere affaldstyper, hvor sådanne processer forventes at have betydning for den langsigtede udvikling. De følgende afsnit beskriver en ikke udtømmende liste over udvalgte mekanismer, som vurderes at være relevante for den danske affaldsbeholdning.

3.3.1 Mobilitet og opløselighed

Letopløselige uorganiske forbindelser kan frigives hurtigt ved kontakt med vand og kan derfor have stor betydning for transporten af radionuklider i et depotmiljø. Et eksempel på høj mobilitet er ^{129}I , som forekommer som iodid (I^-). Iodid er meget letopløseligt, tilbageholdes kun svagt i både cement og ler og er kemisk stabilt over et bredt pH-interval. Samtidig har ^{129}I en meget lang halveringstid på ca. 15,7 millioner år. Kombinationen af høj mobilitet, lav tilbageholdelse og lang levetid betyder, at ^{129}I kan transporteres over store afstande ved vandindtrængning og udgøre en potentiel risiko over meget lange tidsskalaer. På grund af kombinationen af høj mobilitet, begrænset tilbageholdelse og lang halveringstid anvendes ^{129}I ofte som reference- og modelnuklid i transportberegninger og sikkerhedsvurderinger af depoter.

3.3.2 Væsker og flydende affaldsstrømme

Flydende radioaktivt affald adskiller sig fra faste affaldsformer ved, at radionukliderne allerede er opløst eller suspenderet i en mobil fase. Væsker kan derfor spredes hurtigere og over større afstande end tilsvarende radionuklider bundet i faste materialer. Samtidig kan den kemiske sammensætning ændre sig over tid som følge af fordampning, faseadskillelse, radiolyse eller reaktioner med beholdere og emballagematerialer. Flydende radioaktivt affald betragtes derfor generelt som uegnet til direkte deponering og omdannes normalt til stabile affaldsformer før langtidslagring eller deponering.

DD råder over faciliteter til midlertidig opbevaring af flydende radioaktivt affald. Affaldet skal efterfølgende behandles, f.eks. ved forbrænding, inddampning eller konditionering til en fast affaldsform, som kan håndteres, lagres og deponeres på en sikker måde. Gennem tiden er der anvendt forskellige behandlingsmetoder, herunder inddampning, størkning og bituminisering, hvilket har resulteret i forskellige affaldsformer og varierende dokumentationsgrundlag. Dette er nærmere beskrevet i afsnit 3.3.4.

For en del af de flydende affaldsstrømme er oplysninger om kemisk sammensætning, volumen og indholdsstoffer begrænsede. Mange ældre registreringer er f.eks. angivet som "*Væske, ukendt*" eller "*Væske, blandet*", og for en

række eksterne affaldsstrømme foreligger der kun begrænset information om opløsningsmidler, pH, reaktivitet og eventuelle farlige stoffer. Dette kan have betydning for valg af behandlingsmetode og for dokumentationen af, at affaldet kan håndteres i overensstemmelse med nutidige sikkerheds- og myndighedskrav.

3.3.3 Organiske materialer og kompleksdannelse

Organiske materialer forekommer i flere af den danske affaldsbeholdnings affaldsstrømme, herunder ionbytterharpikser, laboratorieaffald, organiske væsker og biologisk materiale. Disse materialer kan påvirke radionuklidernes kemiske opførsel og dermed deres transport i et depotmiljø.

Et vigtigt eksempel er ionbytterharpikser, som blandt andet har været anvendt ved rensning af procesvand og i tilknytning til reaktor anlæg. Gennem kompleksdannelse med de organiske grupper i harpikserne kan radionuklider som U, Pu og Am bindes under drift. Når radionuklider bindes i sådanne komplekser, ændres deres kemiske form, hvilket kan reducere tilbageholdelsen i både cement og ler og dermed øge deres mobilitet.

Affaldsbeholdningen omfatter også biologisk materiale, herunder radioaktive forsøgsdyr og andre biologiske restprodukter.³⁴ Biologisk materiale nedbrydes over tid og kan danne organiske syrer, komplekser, ammonium, CO₂, og CH₄. Disse nedbrydningsprodukter kan påvirke de kemiske forhold i et depot og samtidig ændre radionuklidernes opløselighed og transportegenskaber.

Nedbrydning af organiske materialer kan desuden medføre gasdannelse. Ophobning af gas kan skabe et forhøjet tryk i affaldsbeholdere og barriersystemer, påvirke vandtransporten gennem depotet og i visse tilfælde bidrage til øget frigivelse af radionuklider. Organiske og biologiske materialer behandles derfor normalt før deponering, eksempelvis ved forbrænding eller anden termisk behandling, så mængden af nedbrydeligt materiale reduceres. For ældre affaldsstrømme kan dokumentationen af indholdet af organiske og biologiske materialer være begrænset. I enkelte tilfælde kan der forekomme materiale, som ikke er karakteriseret eller behandlet efter nutidige krav.

3.3.4 Hygroskopi og opsvulmning

Nogle affaldstyper påvirker depotmiljøet gennem vandoptag, volumetriske ændringer og nedbrydningsprocesser. Et vigtigt eksempel i den danske affaldsbeholdning er de bituminiserede inddamperkoncentrater, som blev produceret på Behandlingsstationen hos DD.

Bituminisering blev anvendt som en metode til at immobilisere flydende radioaktivt affald. Formålet var at omdanne affaldet til en fast affaldsform, der var lettere at håndtere og lagre. Senere erfaringer viste imidlertid, at bitumen er hygroskopisk og kan dermed optage vand over tid fra omgivelserne. Vandoptaget kan føre til opsvulmning og deformation af bitumenproduktet. Dette blev observeret i tromler i perioden 1970–1974, hvor bitumen var støbt mellem en indre og en ydre tromle. I flere tilfælde førte vandoptag til dannelse af såkaldte bitumen-"næser", hvor materialet blev presset ud gennem åbninger og samlinger. Undersøgelser viste, at det udsivende materiale i flere tilfælde indeholdt uran.³⁵

Erfaringerne med vandoptag og opsvulmning medførte, at metoden senere blev opgivet til denne type affald. De bituminiserede affaldsprodukter indgår imidlertid fortsat i den eksisterende affaldsbeholdning og skal derfor håndteres som en del af den langsigtede lager- og deponeringsløsning. Affaldsformen er relevant i sikkerhedsvurderinger, fordi vandoptag, volumetriske ændringer og nedbrydning af de organiske bestanddele kan påvirke såvel affaldsformen som de omgivende barrierer over tid.

3.3.5 pH-påvirkning og tilbageholdelse

³⁴ Som eksempel herpå er forsøgsrotter fx modtaget hos DD i 2017 (ADS-kode: 1000196987).

³⁵ Knud Brodersen, *Baggrund for og skitser til slutdepot for dansk lav- og mellemaktivt affald*, oktober 2003.

Cementaffald forekommer både som affaldsmateriale og som immobiliseringsmatrix for radioaktivt affald. Cementbaserede affaldsformer medfører typisk et stærkt basisk miljø med høj pH, hvilket påvirker radionuklidernes opløselighed og transportegenskaber.

For mange aktinider, herunder uran, plutonium og americium, reducerer de høje pH-forhold opløseligheden og fremmer tilbageholdelsen i affaldsformen og de omgivende barrierer. Andre radionuklider opfører sig anderledes.

Anioniske nuklider som $^{129}\text{I}^-$ og $^{36}\text{Cl}^-$ tilbageholdes generelt svagt i cementbaserede materialer og kan derfor være mere mobile i et basisk miljø.

Over tid kan cementens egenskaber ændre sig som følge af kemisk nedbrydning, udvaskning og revnedannelse. Disse processer kan påvirke både vandtransporten gennem affaldsformen og de mekanismer, som tilbageholder radionuklider.

3.3.6 Korrosion og kolloid transport

Metalliske materialer udgør en væsentlig del af affaldsbeholdningen, både som affald og som emballage. Korrosion af metaller har derfor betydning for den langsigtede udvikling af et depot. Når metaller nedbrydes, frigives radionuklider, som er bundet i eller på materialerne, samtidig med at korrosionsprodukterne kan ændre de lokale kemiske forhold, herunder pH- og redoxforhold. Korrosion af jernholdige materialer kan desuden medføre dannelse af hydrogen og dermed bidrage til gasproduktion i depotet.

Korrosion kan også føre til dannelse af kolloider. Kolloider er meget små partikler, som kan binde radionuklider og transporteres med vand gennem depotmiljøet. Herved kan radionuklider mobiliseres, selv under forhold hvor de ellers ville være tilbageholdt i affaldsformen eller i depotets tekniske og naturlige barrierer.

Grafitaffald udgør et særligt eksempel. Grafit forekommer blandt andet i forbindelse med reaktormaterialer og kan ved nedbrydning og oxidation frigive radionuklider som ^{14}C og ^{36}Cl . Samtidig kan grafitbaserede partikler bidrage til kolloid transport og dermed påvirke radionuklidernes mobilitet i depotmiljøet. Korrosion og kolloid transport indgår derfor blandt de processer, der skal vurderes i sikkerhedsanalyser af et fremtidigt depot, da de kan påvirke både frigivelsen og transporten af radionuklider over lange tidsperioder.

3.3.7 Pulverform og overfladeareal

Pulverformige materialer forekommer blandt andet i den danske affaldsbeholdning som uranoxid, støv, filtermaterialer og procesrester. Pulver kan imidlertid også opstå som følge af behandling af affald med henblik på volumenreduktion. Eksempelvis kan knusning af beton, murværk eller andre materialer reducere affaldets volumen og forbedre udnyttelsen af emballage- og lagerkapacitet.

Samtidig ændrer denne behandlingsstrategi materialernes egenskaber. Når et materiale findeles, øges det specifikke overfladeareal betydeligt, hvilket kan øge opløsnings-, oxidations- og reaktionshastigheder sammenlignet med det oprindelige kompakte materiale. Dette kan påvirke frigivelsen af radionuklider og dannelsen af mere mobile kemiske forbindelser. Samtidig øges risikoen for mekanisk spredning under håndtering, transport og ompakning. Affaldsminimering og volumenreduktion kan således ændre affaldets fysisk-kemiske egenskaber og bør derfor indgå i vurderingen af både behandlingsmetoder, emballeringsstrategier og den efterfølgende deponering.

3.4 Andre materialer og blandet farligt affald

Udover radionuklider indeholder affaldsbeholdningen også en række kemiske stoffer og materialer, som er reguleret efter den almindelige miljølovgivning. Dette omfatter blandt andet tungmetaller som bly, cadmium, kviksølv og beryllium, PCB-holdige materialer, asbest samt kemiske stoffer med toksiske, kræftfremkaldende eller reproduktionsskadelige egenskaber. Sådanne stoffer forekommer blandt andet i affald fra forskningsaktiviteter, laboratorier, industrielle anvendelser og tekniske installationer. Disse materialer er omfattet af reglerne for farligt affald og særlige affaldsfraktioner efter miljølovgivningen, som fastsætter krav til sortering, behandling, genanvendelse,

deponering og dokumentation af affaldets egenskaber.³⁶³⁷ Samtidig er radioaktivt affald omfattet af strålingsbeskyttelseslovgivningen og de tilhørende krav til håndtering, opbevaring, transport og slutdisponering af radioaktive stoffer.

Affald, der både indeholder radioaktive stoffer og kemisk farlige komponenter, betegnes ofte som blandet affald. Denne type affald udgør en særlig udfordring, fordi både de radiologiske og de kemiske egenskaber skal håndteres inden for rammerne af såvel miljø- som strålingsbeskyttelseslovgivningen.³⁸ De kemiske komponenter kan påvirke korrosion, gasdannelse, pH-forhold og radionuklidernes mobilitet, samtidig med at de selv kan udgøre en miljø- eller arbejdsmiljømæssig risiko.

For en række affaldstyper vil kravene til behandling og deponering ikke alene afhænge af radionuklidindholdet, men også af indholdet af andre farlige stoffer. Eksempelvis kan affald indeholdende PCB, asbest, kviksølv, bly eller andre miljøfarlige stoffer være underlagt særlige krav til håndtering, behandling og deponering. I mange tilfælde vil sådanne stoffer som udgangspunkt skulle fjernes, stabiliseres eller behandles særskilt, før affaldet kan accepteres til deponering. Et fremtidigt depot for radioaktivt affald skal derfor kunne håndtere både de radiologiske og de kemiske egenskaber ved affaldet, og kravene til depotet kan ikke fastlægges på baggrund af radioaktivitet alene.

For blandet affald vil det derfor være nødvendigt at afklare, hvordan krav efter miljø- og strålingsbeskyttelseslovgivningen skal anvendes i relation til karakterisering, klassificering, behandling, lagring og deponering. Spørgsmålet er særligt relevant for ældre affaldsstrømme, hvor dokumentationen af indholdsstoffer kan være begrænset, og hvor yderligere karakterisering kan være nødvendig som led i den langsigtede affaldshåndtering.

3.5 Identifikation af sikkerhedsmæssigt betydende radionuklider og processer

Beskrivelsen af affaldsbeholdningen viser, at affaldets langsigtede betydning afhænger samspillet mellem blandt andet radionuklidindhold, affaldsformer, fysisk-kemiske processer og radioaktivt henfald. Hvilke forhold der bliver bestemmende for sikkerheden af et fremtidigt depot, kan derfor ikke fastlægges ud fra enkelte nuklider eller affaldstyper alene. Betydningen af en radionuklid afhænger blandt andet af dens halveringstid, radiotoksicitet, mobilitet og evne til at danne radiologisk betydende datterprodukter, men også af den affaldsform og det miljø, hvori radionukliden forekommer.

Internationale erfaringer viser, at identifikationen af sikkerhedsmæssigt betydende radionuklider og processer normalt sker som led i en samlet sikkerhedsvurdering. Eksempelvis omfatter den norske *Generic Safety Assessment for the Norwegian National Facility*³⁹ vurderinger af radionuklidbeholdning, affaldsformer, barrierernes udvikling, transportprocesser og geologiske forhold som grundlag for analyser af depotets langsigtede sikkerhed. Vurderingen illustrerer samtidig, at robuste sikkerhedsanalyser forudsætter et veldokumenteret affaldsinventar og en systematisk beskrivelse af affaldets egenskaber.

En tilsvarende vurdering er endnu ikke gennemført for den danske affaldsbeholdning. Danmark har desuden en anden affaldssammensætning end mange internationale deponeringsprogrammer, idet affaldet primært stammer fra forskningsreaktorer, dekommissionering, radioaktive kilder samt aktiviteter inden for forskning, industri og sundhedsvæsen. De radionuklider og processer, der bliver bestemmende for et dansk depot, skal derfor identificeres på baggrund af den danske affaldsbeholdning og de sikkerhedsanalyser, der gennemføres som led i udviklingen af fremtidige lager- og deponeringsløsninger.

Identifikationen af sikkerhedsmæssigt betydende radionuklider og processer forudsætter et detaljeret og veldokumenteret datagrundlag. Oplysninger om affaldets sammensætning, radionuklidindhold, emballering, oprindelse, behandling og opbevaring udgør grundlaget for karakterisering, klassificering, prognoser og sikkerhedsvurderinger.

³⁶ [Farligt affald - Miljøstyrelsen](#)

³⁷ [Affaldsfraktioner - Miljøstyrelsen](#)

³⁸ [Strålebeskyttelsesloven](#)

³⁹ [Tekniske Rapporter fra Norsk Nuklear Dekommissionering](#)

Kvaliteten og tilgængeligheden af disse data har derfor afgørende betydning for udviklingen af fremtidige lager- og deponeringsløsninger.

Det følgende kapitel beskriver datagrundlaget for den danske affaldsbeholdning, herunder Affalds-Dokumentations-Systemet (ADS), som udgør det centrale system til registrering og dokumentation af radioaktivt affald i Danmark.

4. Nuværende datagrundlag – Affald-Dokumentations-System (ADS)

Jf. Cirkulære om Dansk Dekommissionering fra 2022 ⁴⁰ § 6 skal DD opretholde og videreudvikle bl.a. kompetencer, systemer og faciliteter i tilknytning til affaldet og bidrag *til langsigtet løsning for håndtering og deponering af radioaktivt affald*. DD skal desuden løbende tilpasse disse ift. de opgaver der er fastsat i medfør af folketingsbeslutning B 90 og det nationale program. Dette omfatter bl.a. kortlægning af behov og udvikling af tekniske løsninger.

4.1 ADS' rolle og begrænsninger

ADS udgør DD's system til registrering af radioaktivt affald og anvendes til lagerstyring, beholdningsopgørelser og dokumentation af affaldsbeholdningen. Systemet har været anvendt siden 2005 og afløste det tidligere system BEHdata. Oplysninger om affaldet er imidlertid gennem tiden blevet registreret i flere forskellige systemer og formater, herunder papirarkiver, BEHdata og senere ADS. Ved hver overgang mellem systemer har registreringsstruktur og dokumentationspraksis ændret sig. Historiske oplysninger er derfor ikke altid videreført med samme detaljeringsgrad eller i den oprindelige kontekst, hvilket fortsat påvirker kvaliteten og anvendeligheden af oplysninger for dele af affaldsbeholdningen.

Kravene til dokumentation, registrering og sporbarhed af radioaktivt affald følger af bekendtgørelsen om radioaktive stoffer og understøttes af internationale anbefalinger for håndtering af radioaktivt affald, herunder IAEA Safety Standards GSR Part 5 ⁴¹ og GSG-1. ^{42 43} Hos DD er kravene implementeret gennem BfDA, hvor affaldsenheder registreres med et entydigt identifikationsnummer samt oplysninger om blandt andet beholdertype, volumen eller vægt, radionuklider, aktivitet, dosishastighed, affaldstype, materialesammensætning, oprindelse og særlige risici. ⁴⁴ Registreringerne skal sikre, at oplysninger om affaldet kan følges gennem hele håndterings- og lagringsforløbet.

ADS er oprindeligt udviklet som et registrerings- og lagerstyringssystem og understøtter derfor ikke fuldt ud de informationsbehov, der følger af langsigtet affaldshåndtering. Systemet kan kun i begrænset omfang rumme oplysninger om affaldets historik, karakterisering, fysisk-kemiske egenskaber, behandlingshistorik og de forudsætninger, som ligger til grund for tidligere vurderinger og beregninger. En del af denne viden findes fortsat i ældre rapporter, papirarkiver, regneark og medarbejderviden om tidligere praksis for pakning, konditionering og karakterisering af affaldet.

Datakvaliteten varierer desuden mellem affaldsstrømme som følge af ændrede dokumentationskrav, målemetoder og registreringspraksis over tid. For især det ældre affald består oplysningerne i nogle tilfælde af ufuldstændige følgesedler, interne notater eller historiske registreringer, som ikke entydigt kan knyttes til specifikke affaldsenheder. I enkelte tilfælde er affald blevet ompakket eller flyttet uden fuldstændig registrering af indholdet. Supplerende tekstbaserede opsamlinger anvendes derfor fortsat, men den seneste samlede dokumentation er fra 2003 og omfatter ikke nyere affaldsstrømme. Datagrundlaget er derfor fordelt på flere systemer, dokumenter og videnskilder.

⁴⁰ CIR1H nr 9261 af 11/03/2022

⁴¹ IAEA, Safety Standards Series No. GSR Part 5: Disposal Management of Radioactive Waste – General Safety Requirements, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2009.

⁴² International Atomic Energy Agency: *Classification of Radioactive Waste. General Safety Guide No. GSG-1*, Vienna, 2009.

⁴³ [Radioaktivitetsbekendtgørelsen](#)

⁴⁴ *Betingelser for Drift og Afvikling for Dansk Dekommissionering, BfDA*, 2. udgave, 24. februar 2022.

Usikkerheder kan desuden opstå i forbindelse med karakterisering af affaldet. Et eksempel er måling af større affaldsenheder i H-hallen, hvor forhøjet baggrundsstråling tidligere har påvirket måleforholdene og dermed bidraget til øgede usikkerheder i de opnåede resultater. Eksemplet illustrerer, at kvaliteten af affaldsdata ikke alene afhænger af dokumentation og registrering, men også af de tekniske forudsætninger for at fremskaffe og fortolke karakteriseringsdata.

Fraværet af en opdateret og samlet dokumentation for Danmarks radioaktive affaldsbeholdning frem mod 2073 medfører, at der fortsat er usikkerheder i grundlaget for beholdningsopgørelser og fremskrivninger. Disse begrænsninger afspejles også i opgørelser som Joint Convention-rapporteringen, hvor variationer og usikkerheder i historiske data kan påvirke konsistensen og sammenligneligheden af opgørelser over tid.

Derudover har ADS en række systembetingede begrænsninger:

1. Systemet tillader kun valg af én risikogruppe pr. affaldsemne, selv når affaldet i praksis kan være både ætsende, giftigt og eksplosivt. Dette kræver en prioritering af risikokategorierne, og der er ikke etableret en ensartet metode for håndteringen af sådanne tilfælde.
2. Materialesammensætning kan kun angives med én procentfordeling, som ofte beror på en visuel vurdering. Dette medfører betydelig usikkerhed, f.eks. for affald bestående af blandinger af metal og beton fra dekommissioneringen.
3. ADS skelner ikke entydigt mellem radioaktivt materiale og materialer, der alene er tilført som afskærmning, hvilket kan føre til tvetydige registreringer.
4. Flere felter kan fortolkes på forskellige måder, og systemet har været anvendt i mere end 20 år, hvor registreringspraksis har varieret mellem medarbejdere og perioder. Dette medfører variation i datakvaliteten, også for nyere affald.
5. Der er usikkerheder knyttet til anvendelsen af skaleringsfaktorer (ofte omtalt nuklidvektorer). Beregningerne udføres i eksterne værktøjer baseret på oplysninger om blandt andet bygning, materialer og proceshistorik, og der anvendes ikke nødvendigvis samme metode på tværs af organisationen. Samtidig er dokumentation og verifikation af både skaleringsfaktorer og de bagvedliggende beregningsmetoder begrænset. Brugen af skaleringsfaktorer er beskrevet i bilag B.2.

Disse forhold påvirker datakonsistens og dermed grundlaget for affaldsklassifikationer, beholdningsopgørelser og sikkerhedsanalyser. Vurdering af affaldets kemiske udvikling, radionuklidbeholdning og langtidsopførsel forudsætter oplysninger, der er detaljerede, konsistente og dokumenterede. Når væsentlige oplysninger mangler, er usikre eller kun findes uden for de primære registreringssystemer, øges usikkerhederne i vurderinger af affaldets egenskaber og de krav, der kan blive stillet til fremtidig lagring og deponering.

4.2. Datakvalitet og variation i beholdningsdata

Datakvaliteten i ADS varierer mellem affaldsenheder som følge af ændrede dokumentationskrav, målemetoder og registreringspraksis over tid. Variationerne afspejler affaldsbeholdningens lange historik, de forskellige affaldstyper samt de skiftende systemer og procedurer, der har været anvendt til registrering af affaldet.

Samtidig er det vigtigt at understrege, at karakterisering af radioaktivt affald ikke alene baseres på de oplysninger, der er registreret i ADS. Det samlede datagrundlag kan også omfatte målerapporter, prøvetagning, beregningsgrundlag, skaleringsfaktorer, billedokumentation, tekniske rapporter og faglige vurderinger. Omfanget og detaljeringsgraden af disse oplysninger varierer mellem affaldsstrømme afhængigt af affaldets oprindelse, alder og dokumentationshistorik.

Den følgende case illustrerer et eksempel på en relativt veldokumenteret affaldsstrøm fra dekommissioneringen. Casen viser, hvordan karakterisering af affaldet bygger på en kombination af direkte målinger, beregninger og faglige vurderinger, og hvordan databehovene kan ændre sig afhængigt af formålet med vurderingen.

Case: Affaldsbeholder med dekommissioneringsaffald fra 2010-2016

Denne case omhandler en affaldsbeholder med dekommissioneringsaffald pakket i perioden 2010-2016. Sammenlignet med mange ældre affaldsstrømme er datagrundlaget relativt omfattende, og affaldets oprindelse, emballering og radiologiske karakterisering er dokumenteret gennem registreringer, målinger og tilhørende teknisk dokumentation. Casen illustrerer samtidig, at karakterisering af radioaktivt affald ikke alene bygger på direkte målinger, men ofte på en kombination af målinger, beregninger og faglige vurderinger.

Som det fremgår af Figur B1.18, indeholder beholderen 17 affaldsemner. Flere af disse er registreret med estimaterede aktivitsværdier. For dele af affaldet består registreringen af relativt homogene materialer fra kendte anlæg, hvor skaleringsfaktorer kan anvendes til at beregne indholdet af radionuklider, som er vanskelige at måle direkte. Anvendelsen af skaleringsfaktorer er beskrevet nærmere i bilag B.2.

Et eksempel er affald fra DR3 (emne 1), vist i Figur B1.19. Affaldet består af jern eller stål, hvor aktivitsindholdet af en række radionuklider beregnes på baggrund af den målte aktivitet af ^{60}Co . De afledte aktivitsestimater fremgår ikke direkte af ADS, men beregnes særskilt ved anvendelse af skaleringsfaktorer og tilhørende dokumentation. Den samlede radiologiske karakterisering kræver derfor både oplysninger fra ADS og de beregningsgrundlag, der ligger til grund for registreringen. For denne affaldsbeholder foreligger der desuden billedokumentation af affaldet, hvilket bidrager til beskrivelsen af affaldets fysiske karakter, emballering og materialesammensætning. Dokumentationen giver et væsentligt bedre grundlag for forståelse af affaldets egenskaber end oplysningerne i ADS alene.

For andre materialetyper er datagrundlaget mere begrænset. Et affaldsemne (emne 2), vist i figur B1.20, er registreret som bestående af 50 vægtprocent kobber og 50 vægtprocent messing. Sammensætningen bygger typisk på faglige vurderinger af materialernes oprindelse frem for detaljerede materialespecifikationer. Der foreligger en prøve fra materialet, men denne dokumenterer alene aktivitet af ^{60}Co . Da der ikke findes etablerede skaleringsfaktorer for denne materialetype, er mulighederne for at estimere øvrige radionuklider mere begrænsede.

Casen illustrerer, at affaldet kan dokumenteres og håndteres på baggrund af eksisterende registreringer, målinger, beregningsmetoder og billedokumentation. Det eksisterende datagrundlag vurderes at være tilstrækkeligt til de nuværende lagringsformål, men fremtidig affaldsklassifikation, sikkerhedsvurdering eller deponering kan stille krav om yderligere karakterisering, prøvetagning eller dokumentation af udvalgte affaldsstrømme. Karakteriseringen af radioaktivt affald afhænger således ikke alene af de registrerede oplysninger, men også af de metoder, modeller og forudsætninger, der anvendes til at beskrive affaldets radionuklidindhold og langsigtede udvikling.

Casen er udvalgt som et illustrativt eksempel og kan ikke anvendes til at vurdere det samlede datagrundlag for affaldsbeholdningen. Den viser imidlertid, hvordan dokumentation af radioaktivt affald er en løbende proces, hvor nye analyser og karakteriseringsaktiviteter kan bidrage til at styrke grundlaget for fremtidige beslutninger om lagring og deponering.

CASE (beholderniveau)

OBS Udvalgte data omkring affaldsemne i ADS. Dette er et skærmbillede, hvor nogle af felterne er redigeret fra.

Beholder

ADS-kode	2000018579	Løbenummer	75860-2-U041
Bemærkning	DR3 og andet - Kobber messing zink		
Farve		Status	LUKKET
Type	Stålbeholder, type 08	Område	249MEI
		Plads	
Tomvægt - kg	2060	Fuldvægt - kg	3740,5
Totalvægt - kg	3740,5		

Affaldsemne

ADS-kode	ID/beskrivelse	Oprindelse, facilitet	Oprindelse	Farve
1000047453	Vandret silicium Kølerør 1	Dansk Reaktor DR3 (214DR3)		
1000047570	System 90 Kølerør	Dansk Reaktor DR3 (214DR3)		
1000047775	Vandret Silicium Holdup tanke	Dansk Reaktor DR3 (214DR3)		
1000048111	Rita Div udstyr	Dansk Reaktor DR3 (214DR3)		
1000052229	Oprydning Århus projekt Kobberør	Dansk Reaktor DR3 (214DR3)		
1000052230	Oprydning fra reaktor	Dansk Reaktor DR3 (214DR3)		
1000061838	Rør fra gasanlæg	Dansk Reaktor DR3 (214DR3)		
1000065066	Oprydning fra Reaktor top	Dansk Reaktor DR3 (214DR3)		
1000176630	RITA Projekt - Diverse Emner - 13 - redgods fraktion	Dansk Reaktor DR3 (214DR3)		
1000176691	BOE Heliumsystem Kobber	Dansk Reaktor DR3 (214DR3)		
1000176710	Kobberør fra oprydning	Dansk Reaktor DR3 (214DR3)		
1000176733	Cca samlestation 1	Dansk Reaktor DR3 (214DR3)		
1000183361	"Tagrender" smalle	Teknologihal (229TEK)		
1000184614	202_02-Tagrender fra gamle aktive afløb (zink)	Isotoplaboratoriet, Risø (202ISO)		
1000188061	212_03-7086 Rørdele (kobber/messing)	Modtagelse på BEH (212MOD)		
1000189582	202-05 Isolab. (Kobber-messing) 2	Isotoplaboratoriet, Risø (202ISO)		
1000192787	DR3 oprydning rør redgods	Dansk Reaktor DR3 (214DR3)		

Emner uden dokumenterede prøver. Dog angivet med en anslået aktivitet. Flere i rene materialer med skaleringsfaktorer.

Figur B1.18. Case med information om beholderen.

CASE (affaldsemneniveau – EMNE 1)

OBS Udvalgte data omkring affaldsemne i ADS. Dette er et skærmbillede, hvor nogle af felterne er redigeret fra.

Affaldsemne			
ADS-kode	1000047453	Beholder	2000018579
Affaldstype	Affaldsemne	Beskrivelse	Vandret silicium Kølerør
Oprindeligt område	214DR3_DÆK1_FAC4	Oprindelig facilitet	Dansk Reaktor DR3 (214DR3)
Nuværende område	249MEL_STK_RØD_00A	Nuværende facilitet	Mellemlager (249MEL)
Farve		Foregående funktion	
Dekommissioneringsaffald	Ja	Primært affald	
Demonteret	Ja	Antal døtre	

Indhold			
Materialetype	Materiale	% af vægt	Be
Metal	Jern/stål	100	

Radiologisk - BEH						
Dato ▼	Facilitet	Udført af	Instrument	Isotop	Aktivitet	Usikkerhed absolut
10-10-2016	200HHL		Anslået	Co-60	2,52 Bq/g	0,09
				Cs-137	0,24 Bq/g	0,06

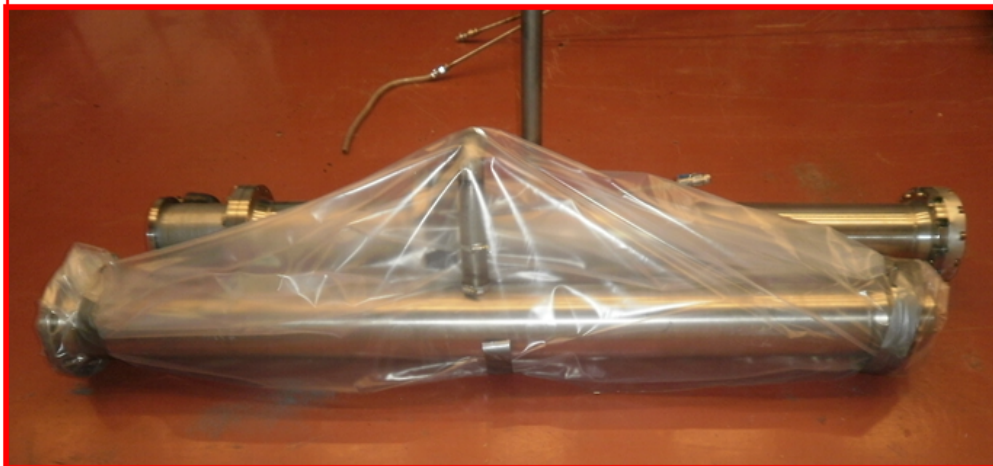
Beskrivelse - Links						
Fil	Titel	Bemærkninger	Størrelse	Tilføjet af	Tilføjet den	
PA240305.JPG			324,9 KB			

Stamtræ	
1000047453	

Affaldsemnet stammer fra DR3 og består af Jern/Stål. Aktiviteten af nuklider estimeres via Co-60-baserede skaleringsfaktorer ud fra materiale og facilitetshistorik. Aktiviteten af disse fremgår dog ikke af ADS og skal derfor regnes eksternt.

Aktiviteter er anslået og ikke dokumenteret med prøver.

Billededokumentation af affald. Hvilket er tilfældet for alle affaldsemner i denne beholder.



Figur B1.19. Case med information om affaldsemne 1.

CASE (affaldsemneniveau – EMNE2)

OBS Udvalgte data omkring affaldsemne i ADS. Dette er et skærmbillede, hvor nogle af felterne er redigeret fra.

Affaldsemne

ADS-kode	1000189582	Beholder	2000018579
Affaldstype	Affaldsemne	Beskrivelse	202-05 Isolab. (Kobber-messing)
Oprindeligt område	202ISO_MÅL_NEU	Oprindelig facilitet	Isotoplaboratoriet, Rissø (202ISO)
Nuværende område	249MEL_STK_RØD_00A	Nuværende facilitet	Mellemlager (249MEL)
Farve		Foregående funktion	Diverse
Dekommissioneringsaffald	Ja	Primært affald	Ja
Demonteret	Ja	Antal døtre	

Indhold

Materialetype	Materiale	% af vægt	Beholdning
Metal	Kobber	50	
Metal	Messing	50	

Radiologisk - BEH

Ingen poster ...

Beskrivelse - Links

Fil	Titel	Bemærkninger	Størrelse	Tilføjet af	Tilføjet den
001.JPG			4166,1 KB		

Stamtræ

- 1000189545
 - 1000189582
 - 1000189594

Angivet som 50/50 vægt% mellem kobber og messing. Dette tal er ofte en vurdering foretaget af affaldskoordinator, da det kan være svært at få en præcis måling på fordeling af materialer.

Ingen radiologisk data registreret direkte på affaldsemnet.

Dog findes der en prøve.

Prøven viser dog kun aktivitet for Co-60. Da der ikke findes skaleringsfaktorer for disse materialer, ved vi ikke om der findes flere nuklider, der kan være svære at måle.

Affaldsemne

ADS-kode	1000189594	Beholder	-
Affaldstype	Prøve - Item 1 af 1	Beskrivelse	202-05 Isolab. (Kobber-messing)

Radiologisk - BEH

Records 1

Dato	Facilitet	Udført af	Instrument	Isotop	Aktivitet	Usikkerhed ved 1 std. afvigelse - absolut
16-09-2019	208ALB		Ge-detektor-F-lab (3) B00384	Co-60	0,077 Bq/g	0,024

Figur B1.20. Case med information om affaldsemne 2.

Casene illustrerer variationer i datagrundlaget på tværs af affaldsbeholdningen og viser, at karakterisering af radioaktivt affald kan baseres på meget forskellige typer oplysninger, afhængigt af affaldets oprindelse, alder og dokumentationshistorik. Variationerne har betydning for mulighederne for karakterisering, affaldsklassifikation og sikkerhedsvurdering, herunder vurderinger af radionuklidindhold, affaldsformer og langsigtet udvikling. Casene er udvalgt som illustrative eksempler og kan ikke anvendes til at vurdere omfanget af tilsvarende forhold i den samlede affaldsbeholdning. De peger imidlertid på betydningen af løbende datavalidering, dokumentation og supplerende eksisterende oplysninger som grundlag for fremtidige beholdningsopgørelser, sikkerhedsanalyser og planlægning af lager- og deponeringsløsninger.

4.3 Pågående initiativer til forbedring af datagrundlaget

Som led i arbejdet med at forbedre datagrundlaget har DD igangsat forberedelser til en karakteriseringsindsats baseret på kombineret røntgengennemlysning (*Real-Time Radiography, RTR*) og gammaspektrometri. Initiativet er særligt rettet mod de historiske affaldstromler i Lavaktivt Lager, hvor dokumentationsniveauet varierer, og hvor dele af indholdet kun er beskrevet i begrænset omfang.

Projektet er inspireret af svenske erfaringer med ikke-destruktiv karakterisering af historisk affald. Erfaringerne viser, at kombineret røntgengennemlysning og gammaspektrometri kan bidrage med oplysninger om tromlernes indhold, herunder væsker, tætte genstande, afskærmede beholdere og andre forhold, som ikke fremgår af den eksisterende dokumentation.

Formålet er at styrke kendskabet til affaldsbeholdningens sammensætning og dermed forbedre grundlaget for den videre karakterisering. Metoden kan blandt andet anvendes til at identificere tilfælde, hvor der er uoverensstemmelse mellem registreret og observeret indhold, eller hvor de tilgængelige oplysninger er begrænsede. Metoden kan imidlertid ikke alene fastlægge det fulde nuklidindhold og kan derfor ikke erstatte prøvetagning, radiokemiske analyser eller andre karakteriseringsmetoder, når sådanne er nødvendige.

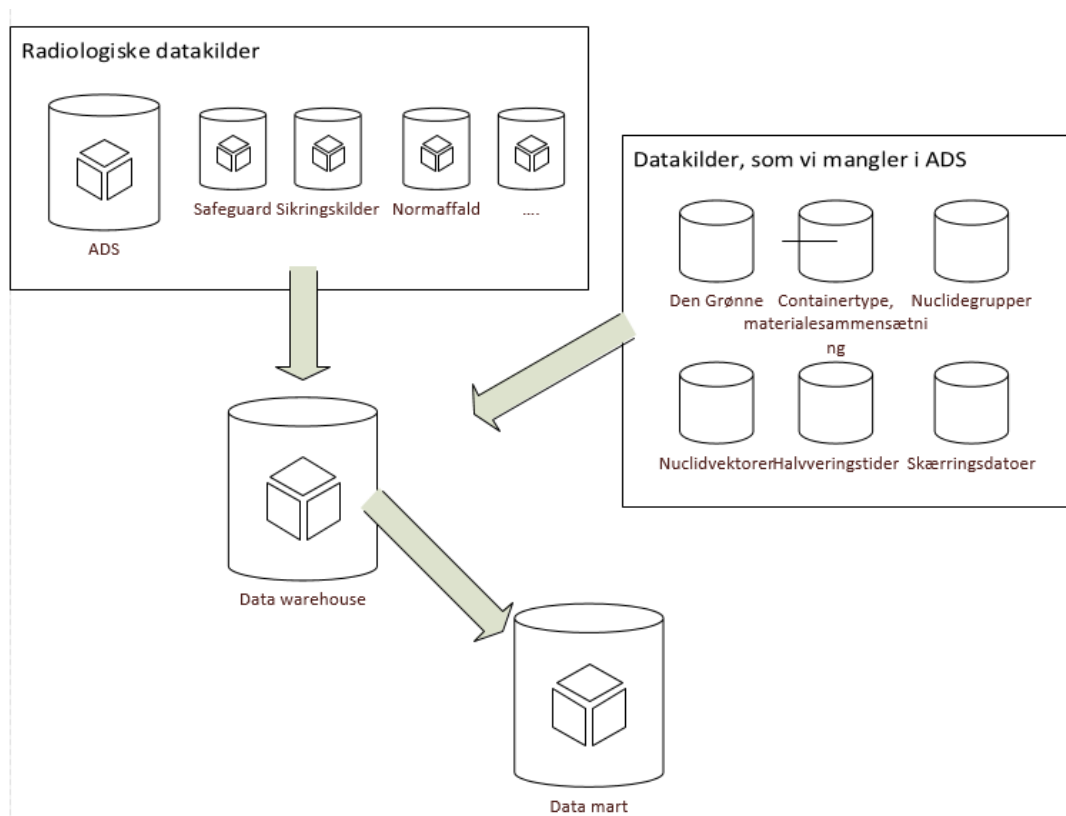
Resultaterne forventes at bidrage med ny viden om dele af affaldsbeholdningen og understøtter samtidig opfølgningen på ARTEMIS-missionens anbefalinger vedrørende karakterisering og dokumentation af affaldsbeholdningen.⁴⁵ Nye karakteriseringsdata vil desuden stille krav til en ensartet registrering, kvalitetssikring og håndtering af oplysninger, så resultater kan integreres og anvendes konsistent på tværs af beholdningsopgørelser, analyser og rapportering.

5. Fremtidigt datagrundlag – behov for en Inventory Model

Dataudtræk fra ADS foretages i dag i høj grad manuelt og kræver både indgående kendskab til affaldsbeholdningen og til systemets datastruktur. Udtræk indebærer ofte faglige vurderinger af datagrundlaget, hvilket betyder, at resultatet i nogen grad kan afhænge af den person, der udfører analysen. Dette medfører en personafhængighed og gør det vanskeligt at reproducere tidligere opgørelser og analyser. I praksis er det kun få medarbejdere hos DD, der i dag har de nødvendige kompetencer og systemkendskab til at gennemføre avancerede dataudtræk og analyser på tværs af affaldsbeholdningen. Det udgør en sårbarhed i forhold til tab af viden, kontinuitet og reproducerbarhed.

DD har igangsat de indledende faser i et projekt for etablering af *Inventory Model*. Udvikling af et sådant system er en afgørende forudsætning for udvikling af løsninger frem mod deponering. Der er for nuværende ikke afsat bevilning til projektet. Det er hensigten at modellen skal fungere som data-, analyse- og rapporteringsgrundlag for affaldsbeholdningen. Modellen skal samle data fra ADS og øvrige relevante datakilder i en fælles struktur og sikre, at opgørelser, analyser, sikkerhedsvurderinger og rapportering bygger på ensartede data, beregningsforudsætninger og klassifikationsregler, og derved kan reproducere over tid.

⁴⁵ International Atomic Energy Agency (IAEA), *Integrated Review Service for Radioactive Waste and Spent Fuel Management, Decommissioning and Remediation (ARTEMIS) – Mission to Denmark*, Roskilde, Denmark, 1–9 May 2022, IAEA, Vienna.



Figur B1.21. Principiel opbygning af datalandskabet for affaldsbeholdningen. Data fra ADS og øvrige datakilder integreres i Inventory Model, der består af et data warehouse til harmonisering og kvalitetssikring af data samt et data mart til analyser, opgørelser og rapportering.

Inventory Model skal understøtte både opgørelser af den aktuelle (*as-is*) affaldsbeholdning og udvikling af fremadrettede scenarier. Mens *as-is*-opgørelser skal beskrive affaldsbeholdningen ud fra den bedst tilgængelige viden på et givent tidspunkt, skal scenarier kunne belyse mulige udviklingsforløb for affaldsbeholdningen under forskellige forudsætninger. Forudsætningerne kan eksempelvis omfatte variationer i fremtidige affaldsstrømme, karakteriseringsresultater, behandlingsstrategier, deponeringsløsninger eller regulatoriske krav. Formålet er ikke at fastlåse én beskrivelse af den fremtidige affaldsbeholdning, men at skabe et konsistent grundlag for udvikling og sammenligning af scenarier samt vurdering af konsekvenserne af nye data, ændrede antagelser og alternative håndteringsstrategier. Efterhånden som ny viden tilvejebringes gennem målinger, analyser og karakterisering, skal denne kunne indarbejdes systematisk i modellen, så både den aktuelle beholdningsbeskrivelse og de fremadrettede scenarier løbende kan opdateres og forbedres.

Modellen vil ikke i sig selv bidrage til forbedring af kvaliteten af data, men vil gøre det muligt at få et forbedret overblik over datamangler og dermed skabe grundlaget for videreudvikling af datagrundlaget og de anvendte beregningsmetoder. Nye oplysninger skal kunne indarbejdes gennem opdatering af blandt andet skaleringsfaktorer, klassifikationsregler og øvrige beregningsforudsætninger. Herved kan beregninger og analyser successivt forbedres, samtidig med at ændringer dokumenteres og kan reproducere. Dette skal sikre, at forbedringer implementeres ensartet på tværs af beholdningsopgørelser, karakterisering, sikkerhedsanalyser og rapportering, samtidig med at afhængigheden af enkeltpersoners systemkendskab og beregningspraksis reduceres.

Inventory Model ønskes etableret som en fælles datamodel for affaldsbeholdningen. Modellen opbygges gennem integration og transformation af data fra ADS og øvrige relevante datakilder til en sammenhængende relationel model. Den tekniske implementering omfatter et data warehouse, hvor data samles, harmoniseres og kvalitetssikres, samt et tilhørende data mart, som stiller data til rådighed for analyser, rapportering og

sikkerhedsvurderinger. Alle transformationer, beregninger og kontroller programmeres og versionsstyres, således at resultater kan reproducere ud fra samme datagrundlag og de samme beregningsforudsætninger. Modellen gør det dermed muligt at dokumentere, hvilke data, antagelser og beregningsmetoder der ligger til grund for en given opgørelse eller analyse.

Som en integreret del af løsningen ønskes desuden etableret en funktion til automatisk identifikation af fejl og uoverensstemmelser i datagrundlaget (*Doctor Inventory*). Funktionen skal bidrage til et bedre overblik over data-kvaliteten og understøtte prioriteringen af det løbende arbejde med karakterisering og dokumentationen af affalds-beholdningen.

Det forventes ikke at der kan anskaffes et færdigt standardssystem, og løsningen forventes derfor at skulle udvikles i tæt samarbejde med en ekstern rådgiver.

Det er vigtigt at understrege, at Inventory Model ikke i sig selv forbedrer kvaliteten af de underliggende data. Eventuelle fejl, mangler og usikkerheder i affaldsregistreringerne skal fortsat identificeres og håndteres gennem karakterisering, kvalitetssikring og løbende forbedring af dokumentationen. Modellens værdi ligger i at samle data, beregningsforudsætninger og faglige regler i et fælles og reproducerbart grundlag. Samtidig kan modellen synliggøre områder, hvor yderligere karakterisering eller dokumentation er nødvendig. Kvaliteten af resultaterne vil derfor fortsat afhænge af kvaliteten af de oplysninger og antagelser, som indgår i modellen.

Teknisk bilag B.2. Karakterisering af radioaktivt affald

1. Karakterisering som nøglen til depotdesign

Dette bilag beskriver de metoder og det datagrundlag, der anvendes til radiologisk karakterisering af den danske affaldsbeholdning. Formålet er at belyse, hvordan nuklidindhold, aktivitet og øvrige egenskaber bestemmes, samt hvilke usikkerheder og begrænsninger der knytter sig til de eksisterende data.

Karakterisering er en grundlæggende forudsætning for affaldsklassifikation, sikkerhedsvurdering og udvikling af en fremtidig deponeringsløsning. Samtidig udgør karakteriseringsarbejdet forbindelsen mellem affaldsbeholdningen, som er beskrevet i bilag B.1, og de krav til affaldsklassifikation, depotdesign og sikkerhedsvurdering, der behandles i de efterfølgende bilag.

Der er væsentlig forskel på karakterisering til midlertidig lagring og karakterisering til deponering. Mens lagring primært kræver tilstrækkelig viden til sikker håndtering, transport og strålingsbeskyttelse, kræver deponering et detaljeret kendskab til affaldets radiologiske, fysisk-kemiske og langsigtede egenskaber og udvikling. Karakterisering til depotformål skal kunne understøtte sikkerhedsvurderinger på tidsskalaer fra nutiden til hundredtusinder eller millioner af år.

Det er sjældent muligt at måle alle relevante radionuklider direkte. Karakterisering bygger derfor på en kombination af målinger, prøvetagning, historiske oplysninger, proceskendskab og beregninger. Omfanget af den tilgængelige viden varierer imidlertid mellem affaldsstrømmene (jf. bilag B.1), hvilket har betydning for både metodevalg og usikkerhedsniveau.

Karakterisering er således ikke en enkeltstående aktivitet, men en løbende proces, hvor datagrundlaget gradvist forbedres gennem målinger, analyser og undersøgelser. Formålet er at opbygge et tilstrækkeligt vidensgrundlag for affaldets håndtering i dag og for de sikkerhedsvurderinger, der skal danne grundlag for en fremtidig deponeringsløsning.

1.1 Grundlæggende principper for karakterisering

Valget af karakteriseringsmetode afhænger i høj grad af affaldets sammensætning og homogenitet. For homogene materialer kan et begrænset antal prøver eller målinger ofte give et repræsentativt billede af affaldets egenskaber. For heterogent affald kan sammensætningen derimod variere inden for samme affaldsenhed, hvilket gør repræsentativ prøvetagning vanskelig og øger usikkerheden på resultaterne.

Karakteriseringsstrategien skal derfor afpasses den konkrete affaldstype. For nogle affaldsfraktioner kan et begrænset antal målinger danne grundlag for karakteriseringen, mens andre kræver en kombination af målinger, prøvetagning, historiske oplysninger og faglige vurderinger for at opnå et tilstrækkeligt beslutningsgrundlag.

Samtidig må karakteriseringsomfanget afvejes mod hensyn til strålingsbeskyttelse, praktisk gennemførlighed, laboratoriekapacitet og omkostninger. Yderligere prøvetagning og analyser vil ofte kunne reducere usikkerhederne, men ikke nødvendigvis eliminere dem. Målet er derfor ikke at opnå fuldstændig viden om hver enkelt affaldsenhed, men at etablere et dokumenteret og tilstrækkeligt grundlag for den videre håndtering af affaldet.

I praksis betyder dette, at forskellige affaldstyper karakteriseres efter forskellige principper og med forskellige målemetoder. De følgende afsnit beskriver DD's karakteriseringsstrategi og de arbejdsgange, der anvendes for henholdsvis dekommissioneringsaffald og øvrige affaldsstrømme.

2. Karakteriseringsstrategi og anvendelsesformål

DD anvender forskellige karakteriseringsstrategier afhængigt af affaldets oprindelse og det formål, karakteriseringen skal understøtte. Karakterisering med henblik på frigivelse fra regulatorisk kontrol adskiller sig således væsentligt fra karakterisering med henblik på lagring, behandling og en fremtidig deponeringsløsning.

Overordnet kan affaldet opdeles i to hovedgrupper:

- **Dekommissioneringsaffald**, som stammer fra bygninger, bygningsdele og faste installationer på de nukleare anlæg.
- **Sekundært affald**, som omfatter driftsaffald, eksternt affald samt løse installationer og genstande fra anlæggene.

Opdelingen har betydning for karakteriseringen, da affaldets oprindelse, dokumentationsgrad og homogenitet er afgørende for, hvilke målemetoder og beregningsprincipper der anvendes.

Dekommissioneringsaffald stammer typisk fra kendte anlæg med relativt velbeskrevet historik. Karakteriseringen kan derfor ofte baseres på en kombination af målinger, viden om anlæggenes driftshistorik og i nogle tilfælde skaleringsfaktorer til bestemmelse af nuklidindholdet.

For sekundært affald og eksternt affald der afleveres hos DD kan dokumentationsniveauet ofte være mere varierende, og karakteriseringen må derfor i højere grad baseres på direkte målinger, leverandørplysninger og individuelle vurderinger.

En væsentlig forskel er desuden, at karakteriseringen ikke altid udføres med samme formål. Affald, der gennemgår frigivelsesfunktionen, karakteriseres ved hjælp af bevidst konservative metoder, hvor formålet er at undgå fejlagtig frigivelse af radioaktivt materiale. De registrerede aktivitetskoncentrationer vil derfor ofte overvurdere det faktiske aktivitetsindhold. For andre dele af affaldsbeholdningen er karakteriseringen primært udført med henblik på sikker håndtering og lagring og er derfor ikke nødvendigvis tilstrækkeligt detaljeret til depotformål. Data fra forskellige affaldsstrømme og karakteriseringsforløb kan derfor ikke altid sammenlignes direkte. Det er derfor nødvendigt at forstå både formålet med karakteriseringen og de metoder, der ligger bag måleresultaterne, før data anvendes til klassificering, sikkerhedsvurdering eller depotdesign.

Jf. Cirkulære om Dansk Dekommissionering⁴⁶ har DD siden 2022 haft til opgave (jf. § 4) at etablere og opretholde organisatoriske og praktiske systemer for modtagelse af radioaktivt affald i overensstemmelse med de strålebeskyttelsesretlige regler og det nationale program for ansvarlig og sikker håndtering af radioaktivt affald. Herunder bl.a. at DD håndhæver af krav til forudgående behandling, emballering, karakterisering m.v. af radioaktivt affald i form af affaldsacceptkriterier, herunder krav til en eventuel senere frigivelse af radioaktivt affald. DD er dog ikke etableret ved lov og dermed er heller ikke DD's rolle som affaldsmodtager fastsat ved lov eller i regler udstedt i medfør af lov. Krav der kun er fastsat ved cirkulære, medfører juridiske begrænsninger i DD's muligheder for at håndhæve overfor 3. part. Dette bør forhold bør afklares nærmere.

2.1 Farvekoder og måleforløb

DD anvender et operationelt farvekodesystem som led i karakterisering, håndtering og affaldsminimering. Farvekoderne beskriver affaldets status i arbejdsprocessen og de behandlingsmuligheder, der vurderes relevante på et givent tidspunkt. Systemet understøtter den daglige drift, men udgør ikke en teknisk affaldsklassifikation til brug for deponering (se bilag B.3).

⁴⁶ CIR1H nr 9261 af 11/03/2022

Affald med aktivitet over gældende frigivelsesgrænser⁴⁷ klassificeres som radioaktivt affald og tildeles farvekoden **Rød**.

Affald, som vurderes at have potentiale for frigivelse eller anden form for reduktion af den radioaktive affaldsmængde, gennemgår forskellige måleforløb afhængigt af affaldstype:

- **Dekommissioneringsaffald** kan tildeles farvekoden **Blå** og videreføres til Frigivelsesfunktionen til måling. Hvis frigivelsesmålingen dokumenterer, at affaldet overholder de relevante frigivelsesgrænser⁴⁸, frigives det fra regulatorisk kontrol og tildeles farvekoden **Hvid**. Affaldet kan herefter håndteres som almindeligt affald. Hvis ikke affaldet kan frigives, tildeles det farven **Rød**, se afsnit 3.2.1.
- **Sekundært affald** gennemgår ikke Frigivelsesfunktionen. For affald, hvor radioaktiviteten vurderes at være begrænset til overfladekontamination, kan der udføres kontrolmålinger med CoMo⁴⁹. Hvis målingerne viser aktivitetsniveauer svarende til baggrunds niveauet på hele den tilgængelige overflade, kan affaldet håndteres som konventionelt affald og tildeles farvekoden **Grøn**.

Farvekoden **Gul** anvendes i begge affaldskategorier til affald, der vurderes at kunne dekontamineres, behandles eller karakteriseres yderligere med henblik på at reducere mængden af radioaktivt affald. Den videre håndtering afhænger af affaldstype og det efterfølgende måleforløb.

2.2 Initial karakterisering og skaleringsfaktorer

Den første karakterisering af affaldet har betydning for de efterfølgende målinger og vurderinger. Formålet er at etablere et indledende billede af affaldets nuklidindhold, aktivitetsniveau og oprindelse, så der kan vælges passende målemetoder og karakteriseringsstrategier.

For dekommissioneringsaffald sker dette typisk på baggrund af en kombination af målinger, historiske driftsoplysninger og viden om anlæggenes materialer og anvendelse. Herved etableres et første billede af, hvilke radionuklider der forventes at forekomme i affaldet, samt om radioaktiviteten primært skyldes aktivering eller kontamination. Denne viden kan i nogle tilfælde danne grundlag for etablering af skaleringsfaktorer, som gør det muligt at estimere aktivitetsindholdet af nuklider, der er vanskelige at måle direkte.

Hvad er en skaleringsfaktor?

En skaleringsfaktor bruges til at estimere aktivitetsindholdet af radionuklider, som er vanskelige eller umulige at måle direkte. Metoden bygger på, at forholdet mellem en let målbar gamma-emitter nuklid og en vanskelig målbar nuklid, herunder rene alfa- og beta-emittere, er kendt fra tidligere analyser. Hvis aktiviteten af den målbare nuklid bestemmes ved en måling, kan aktiviteten af de øvrige nuklider beregnes ud fra det kendte forhold. Den målbare nuklid kaldes ofte en *nøglenuklid*.

Anvendelsen af skaleringsfaktorer afhænger imidlertid af formålet med karakteriseringen. Ved frigivelsesmålinger anvendes bevidst konservative skaleringsfaktorer for at minimere risikoen for fejlagtig frigivelse af radioaktivt materiale. De beregnede aktivitetskoncentrationer vil derfor ofte overvurdere det faktiske aktivitetsindhold. Ved karakterisering til beholdningsopgørelser, klassificering og fremtidige depotanalyser er der derimod behov for estimater, som i højere grad afspejler det forventede gennemsnitlige nuklidindhold i de enkelte affaldsfraktioner.

⁴⁷ Friklassificeringsgrænserne er fastsat i Bekendtgørelse nr. 1385 af 18. november 2025 om radioaktive stoffer.

⁴⁸ Friklassificeringsgrænserne er fastsat i Bekendtgørelse nr. 1385 af 18. november 2025 om radioaktive stoffer.

⁴⁹ CoMo (Contamination Monitor) er et måleinstrument, der anvendes til at måle overfladekontamination fra radioaktive stoffer. Målingen giver information om aktivitet på materialets overflade, men kan ikke påvise radionuklider, der er indlejret i materialet eller til stede internt i affaldet.

Der arbejdes aktuelt (2026) med at vurdere graden af konservatisme i de skaleringsfaktorer, der anvendes i Frigivelsesfunktionen. Formålet er at udvikle supplerende faktorer til anvendelser uden for frigivelsessammenhæng, hvor de konservative antagelser reduceres. Herved kan beregningerne i højere grad afspejle det forventede gennemsnitlige nuklidindhold i de enkelte affaldsfraktioner og give et mere retvisende grundlag for beholdningsopgørelser, klassificering og fremtidige depotanalyser.

Skaleringsfaktorer forudsætter, at der eksisterer en veldokumenteret sammenhæng mellem de målte og de beregnede nuklider. Metoden er derfor bedst egnet til affald med ensartede materialer, velkendt historik og relativt stabile nuklidforhold. For heterogene affaldsstrømme kan usikkerheden være betydelig.

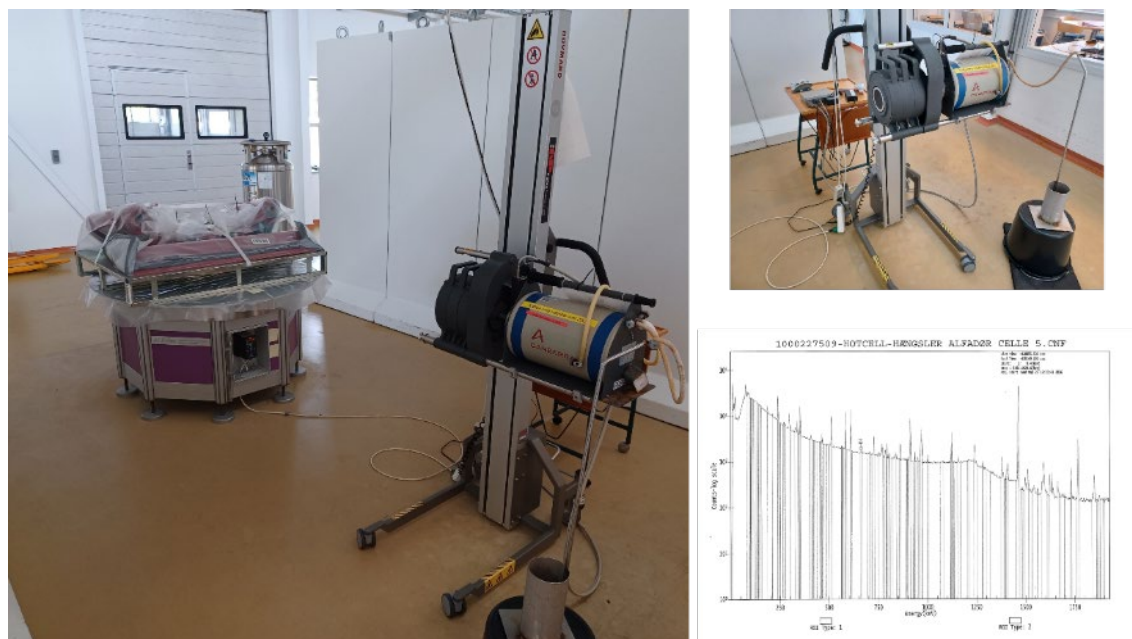
Dette gælder eksempelvis affald fra Hot Cells, hvor mange forskellige materialer og radionuklider historisk er blevet håndteret, herunder bestrålet brændsel. Affaldet er heterogent, og direkte prøvetagning kan samtidig være vanskelig på grund af strålingsforholdene. Karakteriseringen baseres derfor i høj grad på målinger af de affaldsenheder, der produceres fra anlægget, herunder tromler med filtermateriale og opsamlede partikler fra ventilationssystemet. Disse kan efterfølgende måles i eksempelvis H-hallen eller A-lab og anvendes som datagrundlag for den videre karakterisering. Sammenlignet med de øvrige dekommissioneringsanlæg er datagrundlaget mere indirekte og usikkerheden større, hvilket også bidrager til de bredere prognoseintervaller for fremtidigt affald fra Hot Cells (jf. bilag B.1).

Den initiale karakterisering og eventuelle skaleringsfaktorer danner dermed grundlag for den videre radiologiske vurdering af affaldet og har betydning for, hvilke målemetoder, beregningsprincipper og usikkerheder der kan anvendes i de efterfølgende analyser.

3. Fremgangsmetoder til radiologisk karakterisering

3.1 Dekommissioneringsaffald under Frigivelsesfunktionen

Frigivelsesfunktionen bygger på et grundlæggende forsigtighedsprincip: Det er bedre at klassificere et materiale som radioaktivt affald end at risikere at frigive materiale, som burde være under regulatorisk kontrol. Formålet med frigivelsesmålingerne er derfor ikke at bestemme det mest sandsynlige aktivitetsindhold, men at dokumentere med høj sikkerhed, at materialet ligger under de gældende frigivelsesgrænser.



Figur B2.1. Frigivelsesfunktionen. (Venstre) Måling af dekommissionerings objekt med (højre, øverst) Ge-detektor. (Højre, nederst) viser et eksempel på et spektrum fra en lignende måling på et dekommissioneringselement.

Målemetoderne er derfor bevidst konservative. Måleopstillinger, geometrivalg og beregningsforudsætninger vælges således, at aktivitetskoncentrationerne typisk overvurderes frem for undervurderes. Resultater fra Frigivelsesfunktionen kan derfor ikke uden videre anvendes som udtryk for affaldets faktiske nuklid- og aktivitetsindhold i depotmæssig sammenhæng.

3.1.1 Første målinger og farve-kategorisering af affald

Processen starter under dekommissioneringsarbejdet, hvor affaldet undersøges med dosishastighedsmonitorer for gammastråling og overfladekontaminationsmonitorer, omtalt CoMo, for alfa- og betastråling (Figur B2.2). Måleresultaterne vurderes sammen med viden om anlæggets historik og materialets oprindelse. På dette grundlag afgøres det videre karakteriseringsforløb, herunder om affaldet skal håndteres som radioaktivt affald, undersøges nærmere eller vurderes med henblik på frigivelse. Visse affaldstyper kan på forhånd udelukkes fra frigivelse, f.eks. beton fra DR3's afskærmning, hvor tritium kan være ujævnt fordelt og ikke kan måles med de tilgængelige instrumenter, såsom CoMo eller Ge-detektor.

Materialer, der vurderes at have potentiale for frigivelse og derfor tildeles farvekoden **Blå**, overføres til Frigivelseslaboratoriet (F-lab). Affald, der ikke vurderes egnet til dette forløb, håndteres efter de øvrige karakteriseringsforløb beskrevet senere i bilaget.



Figur B2.2. Contamination Monitor (CoMo).

3.1.2 Fastlæggelse af geometri

Affald, der er udvalgt til frigivelsesmåling, undersøges i Frigivelseslaboratoriet (F-lab), som er placeret i et område med lav baggrundsstråling. Forud for målingen udarbejder en bemyndiget helsefysiker en geometrivejledning, der beskriver affaldets fysiske udformning, den anvendte målegeometri og de radionuklider, der indgår i vurderingen.

Valget af geometri er centralt for måleresultatet, da det anvendes ved beregningen af detektorens effektivitet og dermed ved omregningen fra registrerede fotoner (tællinger) til aktivitetskoncentrationer for de enkelte nuklider.

Geometrien beskriver de antagelser, der gøres om affaldets form, materiale og fordelingen af radioaktiviteten i emnet.

Ved frigivelsesmålinger anvendes typisk to geometrityper:

- **Complex box**, hvor radioaktiviteten antages at være koncentreret i et begrænset område inde i affaldet. Denne geometri er stærkt konservativ, da den repræsenterer et scenarie, hvor radioaktiviteten er placeret således, at den er vanskeligst mulig at detektere. Denne geometri bruges typisk på affald hvor revner eller udformning gør at kontamination uheldigvis kunne være placeret inde i affaldsemnet.
- **Simple box**, hvor radioaktiviteten antages at være jævnt fordelt i hele affaldsemnets volumen. Geometrien anvendes typisk for homogene materialer eller affaldstyper, såsom intakte stykker beton og betonstøv, hvor materialet er blandet så grundigt sammen, at der ikke er grund til at antage, at aktiviteten er koncentreret i enkelte områder.

Valget mellem de forskellige geometrier baseres på affaldets fysiske udformning, historik og forventede aktivitetsfordeling. Fælles for frigivelsesmålingerne er, at geometrien vælges med tilstrækkelig konservatisme til at sikre, at aktivitetsindholdet ikke undervurderes.

Den valgte geometri anvendes efterfølgende i beregningen af aktivitetskoncentrationerne og indgår dermed direkte i vurderingen af, om affaldet kan frigives eller skal klassificeres som radioaktivt affald.

3.1.3 Måling på F-lab

Når et affaldsemne ankommer til F-lab, kontrolleres det, at affaldets fysiske udformning stemmer overens med oplysningerne i ADS og den tilhørende geometrivejledning. Herefter registreres relevante oplysninger om blandt andet dimensioner, masse og placering i forhold til detektoren. De enkelte inputparametre fastlægges med henblik på at bevare tilstrækkelig konservatisme i målingen. Eksempelvis må massefylden ikke undervurderes. Da geometriens dimensioner fastlægges ud fra affaldsemnets største mål, vil den beregnede massefylde ofte være lavere end den faktiske. I praksis vælges derfor typisk en højere massefylde end den beregnede for at undgå undervurdering af aktivitetsindholdet.

Målingerne udføres ved gammaspektrometri med Ge-detektor. De registrerede måleresultater kombineres med den valgte geometri i beregningsprogrammet ISOCS, som anvendes til at bestemme detektorens effektivitet og omregne de registrerede tællinger til aktivitetskoncentrationer for de relevante nuklider.

Resultatet af frigivelsesmålingen udtrykkes som et *frigivelsesindeks*. Frigivelsesindekset (FIM) sammenholder de målte aktivitetskoncentrationer (C_i) med de gældende massespecifikke frigivelsesniveauer (CLM_i) for de relevante nuklider, i :

$$FIM = \sum_i \left(\frac{C_i}{CLM_i} \right) + 1,65 \cdot \sqrt{\sum_i \left(\frac{u(C_i)}{CLM_i} \right)^2}$$

hvor $u(C_i)$ er usikkerheden på aktivitetskoncentrationerne, og faktoren 1,65 er dækningsfaktoren, som anvendes for at opnå 95% sikkerhed for, at materiale ikke fejlagtigt frigives. Aktiviteterne kan være bestemt ved direkte måling, ved anvendelse af skaleringsfaktorer eller ved brug af påvisningsgrænser

Hvis FIM er mindre end 1, kan materialet frigives fra regulatorisk kontrol. Hvis FIM er lig med eller større end 1, klassificeres materialet som radioaktivt affald og overgår til den videre karakterisering og håndtering af **Rødt** affald. Affald, som ikke kan frigives, registreres i ADS med de målte aktivitetskoncentrationer og de aktiviteter, der eventuelt er beregnet ved hjælp af skaleringsfaktorer.

3.1.4 Frigivelse af bygninger og landområder

Bygninger, større konstruktioner og landområder kan ikke karakteriseres og frigives gennem det normale måleforløb på F-lab. Frigivelsesvurderingen baseres i stedet på en kombination af overflademålinger, prøvetagning, historisk viden om anlæggets anvendelse samt faglige vurderinger af, hvordan radioaktiviteten forventes at være fordelt i materialet.

Ved frigivelse af bygninger vurderes det blandt andet, om radioaktiviteten kan være trængt ind i materialet, være skjult under maling eller andre overfladebehandlinger eller forekomme i revner, samlinger og hulrum. Frigivelsesmålinger foretages typisk med CoMo under den forudsætning, at den højeste aktivitetskoncentration er placeret ved overfladen.

For landområder baseres frigivelsen på prøvetagning og efterfølgende laboratorieanalyser. På Risø er størstedelen af de udendørs arealer allerede frigivet fra regulatorisk kontrol, udover enkelte afgrænsede områder der kræver yderligere prøvetagning for endelig frigivelse. (læs mere om dette i rapporten ”Frigivelse af landområder på Risø-halvøen”) ⁵⁰. Analysearbejdet er udført i samarbejde med DTU-Risø der har specialiserede laboratorier der arbejder med radioaktiv analyse af miljøprøver. Arealer under bygninger afventer afslutning af dekommissioneringsarbejdet og den tilhørende dokumentation, før disse kan frigives.

Frigivelse af bygninger og landområder følger således de samme overordnede principper som frigivelse af affaldsemner, men kræver ofte mere omfattende dokumentation og en større grad af faglig vurdering af de lokale forhold.

3.1.5 Kvalitetssikring af målinger

De målinger, der anvendes til frigivelse og karakterisering af affald i F-lab, A-lab og H-hallen, er omfattet af et kvalitetssikringsprogram for instrumenter, måleprocedurer og databehandling. CoMo-instrumenter og Ge-detektorer kontrolleres og kalibreres regelmæssigt ved brug af standardkilder med kendte aktiviteter.

For Ge-detektorer verificeres kalibreringen ved måling af standardkilder såsom ⁶⁰Co, ²⁴¹Am og ¹³⁷Cs. Kalibreringskontrollerne udføres ved faste målegeometrier, hvor de målte aktiviteter sammenholdes med de henfaldskorrigerede referenceværdier. For andre Ge-detektorer kan alternative standardkilder anvendes, forudsat at de dækker et bredt energiområde. I praksis anvendes blandt andet ¹⁵²Eu, som udsender fotoner over et stort energiinterval og derfor er velegnet til kontrol af energi- og effektivitetskalibreringer.

CoMo-instrumenterne kontrolleres regelmæssigt med standardkilder, og kalibreringen verificeres løbende. Som led i kvalitetssikringen gennemføres der desuden uafhængige kontroller af SIS, hvilket bidrager til sporbarhed og dokumentation af målekvaliteten.

Målinger udført med instrumenter, der ikke opfylder de fastsatte krav til kalibrering og funktion, anvendes ikke til frigivelses- eller karakteriseringsformål. Formålet med kvalitetssikringsprogrammet er at sikre, at måleresultaterne er konsistente, reproducerbare og dokumenterede, så de kan anvendes som grundlag for frigivelsesvurderinger, affaldskarakterisering og efterfølgende sikkerhedsanalyser.

3.2 Rødt affald

3.2.1 Rødt dekommissioneringsaffald

Dekommissioneringsaffald, som ikke kan frigives gennem Frigivelsesfunktionen, klassificeres som **Rødt** affald. For affald, der har gennemgået en frigivelsesmåling, vil denne måling normalt udgøre den primære radiologiske karakterisering. En væsentlig del af dekommissioneringsaffaldet gennemgår imidlertid aldrig frigivelsesmålinger, men klassificeres som **Rødt** affald allerede på baggrund af kontrolmålinger, materialetype eller historik.

⁵⁰ Dansk Dekommissionering: *Frigivelse af landområder på Risø-halvøen*, DD-121 Rev. 2, april 2024.

Karakteriseringen sker typisk ved gammaspektrometriske målinger med Ge-detektor i H-hallen eller A-lab afhængigt af affaldets størrelse, udformning og aktivitetsniveau. I modsætning til frigivelsesmålinger er formålet her ikke at dokumentere frigivelse med høj sikkerhed, men at opnå det bedst mulige billede af affaldets nuklidindhold. De anvendte geometrier er derfor generelt mindre konservative end i Frigivelsesfunktionen.

3.2.2 Rødt sekundært affald

Sekundært affald omfatter driftsaffald såsom handsker, værktøj, filtre og engangsudstyr, løse genstande og mindre installationer fra de nukleare anlæg samt eksternt affald. Affaldet gennemgår ikke Frigivelsesfunktionen, men karakteriseres ved en kombination af kontrolmålinger, gammaspektrometri og den dokumentation, der følger affaldet.

Karakteriseringsniveauet varierer betydeligt mellem affaldsstrømmene. Dette gælder særligt for eksternt affald, hvor kvaliteten og omfanget af den medfølgende dokumentation kan variere betydeligt mellem affaldsproducenter. Hvis dokumentationen vurderes tilstrækkelig, registreres nuklider og aktivitetsoplysninger direkte i ADS. I andre tilfælde må karakteriseringen baseres på målinger udført hos DD.

Variationerne i datakvalitet hænger blandt andet sammen med DD's rolle som affaldsmodtager, som ikke er fastsat ved lovbestemt regulering. DD har derfor begrænsede muligheder for at stille krav til affaldsproducenternes karakterisering og dokumentation. Kvaliteten af de oplysninger, der følger affaldet, kan variere væsentligt.

Rødt sekundært affald udgør således ikke en ensartet affaldsgruppe, men omfatter både affald med veldokumenteret nuklidindhold og affald, hvor den radiologiske karakterisering er mere begrænset. Den videre karakterisering foretages ved gammaspektrometriske målinger efter samme overordnede principper som for **Rødt** dekommissioneringsaffald.

3.2.3 Prøvetagning og analyse

Prøvetagning anvendes både som led i karakterisering, frigivelse og undersøgelser under dekommissioneringsarbejdet. Anvendelsen forudsætter, at prøverne vurderes repræsentative for det materiale, de skal beskrive. Metoden tilpasses derfor affaldets type og tilgængelighed og kan omfatte blandt andet udboring af kerner, udtagning af materialeprøver, opsamling af boremel, malingafskrab eller udtagning af enkeltelementer.

Prøver kan indgå i den radiologiske karakterisering, men anvendes også tidligere i arbejdsprocessen til eksempelvis at afgrænse kontaminerede områder eller identificere kilden til en konstateret kontamination. Valg af prøvetyper og udtagningssteder planlægges af den ansvarlige helsefysiker i samarbejde med dekommissioneringsprojektet under hensyntagen til både repræsentativitet og strålingsbeskyttelse.

Prøvemængden afhænger af analyseformålet, materialetypen og aktivitetsniveauet. Ved lave aktivitetskoncentrationer kan større prøvemængder være nødvendige for at opnå den ønskede målefølsomhed. Måling på prøver har den fordel, at prøverne lettere kan placeres under afskærmning, hvor baggrundsstrålingen er lav, hvilket forbedrer detektionsmulighederne.

For at undgå krydskontamination rengøres værktøj mellem prøver, prøver håndteres med rene handsker, og emballering sker i nye beholdere eller poser. Ved overfladeprøver sikres desuden, at materialet stammer fra det ønskede prøvetagningssted.

Analyserne afhænger af prøvernes formål. Prøver til karakterisering måles typisk ved gammaspektrometri på A-lab eller H-lab, mens prøver til frigivelsesformål analyseres på F-lab eller ved eksterne laboratorier, eksempelvis DTU. For nogle affaldsfraktioner udgør de målte nuklider hele det registrerede nuklidindhold, mens viden om affaldets oprindelse i andre tilfælde anvendes til at supplere måleresultaterne.

DD råder over et prøvearkiv ved A-lab, hvor tidligere udtagne prøver er blevet opbevaret med henblik på eventuelle supplerende analyser. På grund af affaldsbeholdningens store variation har det imidlertid været vanskeligt at opretholde et repræsentativt prøvearkiv, som kan anvendes bredt til senere undersøgelser. Der findes derfor fortsat affaldsfraktioner, som kun er begrænset karakteriseret, og hvor der ikke foreligger repræsentative prøver.

4. Fremskrivning af affald

Som led i karakteriseringen fremskrives både nuklidindhold og fysisk-kemiske egenskaber for de enkelte affaldsfraktioner. Fremskrivningerne anvendes som input til beholdningsopgørelser, klassificering og sikkerhedsvurderinger.

4.1 Fremskrivning af radionuklider

Karakterisering af radioaktivt affald omfatter ikke alene de radionuklider, der er til stede på måletidspunktet, men også de radionuklider, der dannes over tid gennem radioaktivt henfald.

Nuklidindholdet fremskrives ved hjælp af henfaldsligninger baseret på målte eller beregnede aktivitetskoncentrationer og den tilgængelige viden om den pågældende affaldsfraktion. Beregningerne beskriver udviklingen mellem moder- og datternuklider og giver et billede af den fremtidige sammensætning af nuklider. Fremskrivningen kan omfatte både enkeltstående radionuklider og komplette henfaldskæder og baseres på karakteriseringsdata, herunder målte aktiviteter, skaleringsfaktorer og oplysninger om affaldets oprindelse.

For affaldsemner med begrænset dokumentation eller betydelige usikkerheder kan beregningerne suppleres med konservative antagelser. Dette gælder f.eks. affaldsemner med ufuldstændig historik, heterogene materialer eller et begrænset datagrundlag for skaleringsfaktorer.

4.2 Fremskrivning af fysisk-kemiske egenskaber

Ud over udviklingen i nuklidindholdet kan affaldets fysisk-kemiske egenskaber fremskrives ved hjælp af modeller for blandt andet korrosion, materialenedbrydning, gasdannelse, opløselighed og radionuklidmobilitet.

Fremskrivningerne baseres på affaldets materialesammensætning, karakteriseringsdata, laboratoriemålinger og relevante modelantagelser. Datagrundlaget omfatter blandt andet oplysninger om affaldets materialer, kemiske sammensætning og affaldsform.

Fremskrivning af de fysisk-kemiske egenskaber er generelt forbundet med større usikkerheder end fremskrivning af radionuklider. Mens radioaktivt henfald kan beskrives ved velkendte fysiske love, afhænger de fysisk-kemiske processer af affaldets materialer, sammensætning og miljøforhold. Som beskrevet i bilag B.1 indeholder ADS kun begrænset information om flere af disse forhold. Systemet understøtter eksempelvis ikke registrering af flere samtidige fare- og materialekarakteristika på en struktureret måde, hvilket begrænser mulighederne for detaljerede fremskrivninger af affaldets kemiske udvikling.

5. Fremadrettet udvikling af karakterisering

Den hidtidige og nuværende karakterisering udgør det aktuelle datagrundlag for analyser, designstudier og sikkerhedsvurderinger. Som beskrevet ovenfor og i underbilag B.1 er datagrundlaget opbygget over en længere årrække og omfatter registreringer med forskelligt dokumentations- og karakteriseringsniveau. Allerede i de tidlige faser af et depotprogram er der behov for et overblik over affaldsbeholdningen, herunder affaldsstrømmenes omfang, sammensætning, nuklidindhold, fysiske og kemiske egenskaber samt de væsentligste usikkerheder i datagrundlaget. Et sådant overblik er nødvendigt for udvikling af de første safety cases og generiske sikkerhedsvurderinger, gennemføre indledende analyser af depotkoncepter, vurdere krav til anlæg og depotsystemer samt understøtte geologiske undersøgelser og lokaliseringsarbejde.

Der er ikke behov for en fuldstændig karakterisering af alle affaldsfraktioner fra projektets begyndelse. Det nødvendige niveau af karakterisering vil udvikle sig i takt med, at safety case, depotkoncept, lokalisering og myndighedskrav modnes. Karakterisering kan derfor betragtes som en iterativ proces, der udvikles parallelt med depotprojektet frem mod de endelige myndighedsgodkendelser.

Som en del af projektets tidlige faser vil der være behov for systematiske dataudtræk og analyser af eksisterende dokumentation med henblik på at etablere et samlet overblik over affaldsbeholdningen og identificere væsentlige datamangler, data-gap og områder med behov for yderligere karakterisering. Dette arbejde kan med fordel gennemføres i tæt sammenhæng med udviklingen af Inventory Model, som kan anvendes til at samle eksisterende oplysninger, understøtte gap-analyser, dokumentere beregningsforudsætninger og prioritere den videre karakteriseringsindsats. Arbejdet bør omfatte pilotprojekter målrettet deponeringsformål, systematiske dataanalyser samt udarbejdelse af en samlet strategi og delprojektbeskrivelse for den fremadrettede karakterisering. De nuværende laboratorier og målemetoder dækker en stor del af affaldsbeholdningen i forhold til bestemmelse af nuklidindhold. Ikke alle affaldstyper kan imidlertid karakteriseres på et niveau, der er tilstrækkeligt til udvikling af safety cases. For nogle affaldsfraktioner kan tilgængelighed, strålingsniveauer, emballering eller analysetekniske begrænsninger gøre yderligere karakterisering vanskelig med de eksisterende faciliteter.

Som beskrevet i bilag B.1 har DD igangsat de første initiativer til videreudvikling af datagrundlaget, herunder anvendelse af kombineret gamma- og røntgenteknik til ikke-destruktiv undersøgelse af udvalgte affaldsbeholdere med begrænset dokumentation. Metoden kan bidrage med information om blandt andet materialefordeling, interne strukturer, hulrum og eventuelle væsker uden åbning af beholderne. Metoden kan imidlertid ikke erstatte prøvetagning eller radiokemiske analyser, hvor sådanne er nødvendige for at bestemme nuklidindhold eller kemisk sammensætning.

For nogle affaldsfraktioner vil der være behov for analysemetoder, som ikke findes blandt DD's nuværende faciliteter. Dette gælder blandt andet rene alfaemittere, lavenergi-betaemittere og nuklider, der kræver radiokemisk separation før aktivitetsbestemmelse. Her kan teknikker som væskescintillation, alfaspektrometri og ICP-MS være relevante. Disse metoder anvendes ved karakterisering af radioaktivt affald i lande med etablerede deponeringsprogrammer. Som del af den videre planlægning bør mulighederne for anvendelse af nationale og internationale karakteriseringsfaciliteter vurderes, ligesom behovet for yderligere danske faciliteter til håndtering og karakterisering af affald bør afklares.

Omfanget af de fremtidige karakteriseringsaktiviteter vil afhænge af de dokumentations- og sikkerhedskrav, der stilles til en kommende deponeringsløsning. Efterhånden som ny viden tilvejebringes, vil Inventory Model kunne anvendes til løbende at indarbejde nye målinger, opdaterede beregningsforudsætninger, reviderede nuklidvektorer og understøtte successive forbedringer af datagrundlaget. På denne måde kan karakterisering, beholdningsopgørelser, analyser og sikkerhedsvurderinger udvikles på et fælles og dokumenteret grundlag.

Erfaringer fra internationale depotprojekter viser, at karakterisering indgår som en integreret del af hele udviklingsforløbet og løbende tilpasses den viden og de dokumentationskrav, som opstår frem mod den endelige deponeringsløsning. Erfaringerne viser samtidig, at et tilstrækkeligt karakteriseringsgrundlag tidligt i forløbet er nødvendigt for at kunne gennemføre indledende sikkerhedsvurderinger og understøtte beslutninger om depotkoncepter, lokalisering og den videre projektudvikling.

Ved akt. 57 af 24. januar 2013 godkendte Folketingets Finansudvalg, at DD kan afholde uforbrugte midler efter forstudier jf. B 48 på i alt 3,0 mio. kr. til karakterisering og konditionering af radioaktivt affald. Der fremgik følgende af aktstykket: "Før det historiske, radioaktive affald er klar til deponering, skal der igangsættes et omfattende karakteriserings- og konditioneringsprogram. Det skal sikre, at det radioaktive affald er kendt i så stor detalje som muligt, så sikkerhedsanalyserne i forhold til slutdepotet bliver så retvisende som muligt. Programmet skal desuden sikre, at affaldet er pakket hensigtsmæssigt for i videst muligt omfang at hæmme udsivning fra depotet. Karakteriserings- og konditioneringsprogrammet er tids- og ressourcekrævende, og bør derfor igangsættes nu for at sikre, at affaldet er klar til levering når depotet er etableret."

Jf. FL 2014 omfatter dette at affaldet skal beskrives, måles og eventuelt ifm. slutdepot omemballeres. Karakteriseringen skal bruges til at gøre de detaljerede sikkerhedsanalyser, som foretages i forbindelse med planlægning af depotet, så retvisende som muligt. Formuleringen fortsatte til FL2016 hvor det fremgik at 2 mio. kr. var videreført.

Frem til FL2025 fremgik desuden af DD's opgaver og mål: *Dansk Dekommissionering skal beskrive, måle og eventuelt omemballere radioaktivt affald. Karakterisering af affaldet skal anvendes til at gøre de detaljerede sikkerhedsanalyser, som gennemføres i forbindelse med planlægning af et slutdepot, så retvisende som muligt.* Denne tekst udgik dog af Finansloven 2026 og fremgår [på tidspunktet for udarbejdelsen af dette bilag] heller ikke af den tekniske forslag Finanslov 2027. Der er udover ovenstående ikke givet yderligere bevilling til affaldskarakterisering med henblik på deponering.

Teknisk bilag B.3. Klassificering af radioaktivt affald til depotformål

1. Behovet for en teknisk klassificering knyttet til det danske radioaktive affald

Folketingsbeslutning B 90 fastslår, at den langsigtede løsning skal omfatte hele den danske affaldsbeholdning. For at kunne planlægge, rapportere, analysere, dimensionere og sikkerhedsvurdere den fremtidige håndtering og deponering af affaldet er det nødvendigt at klassificere affaldet efter tekniske og internationalt anerkendte principper.

Som beskrevet i bilag B.1 kategoriseres den danske affaldsbeholdning i dag i høj grad efter lagerplacering og administrative forhold. Denne form for kategorisering er velegnet til drift, opbevaring og rapportering af affaldet, men giver ikke nødvendig information om de egenskaber, der er relevante i et depotperspektiv. Klassificering adskiller sig herfra ved at basere inddelingen på affaldets radiologiske egenskaber og andre karakteristika af betydning for langsigtet håndtering og sikker deponering. Med klassificering søges en opdeling af affaldet i forskellige kategorier målrettet hvilke krav affaldet kan forventes at stille til fremtidige sikre depotløsninger.

Behovet for klassificering følger ikke alene af nationale planlægningsbehov, men også af internationale forpligtelser:

"en opgørelse over alt brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald og skøn over forventninger til fremtidige mængder, herunder fra nedlæggelse [dekommissionering], hvoraf det klart fremgår, hvor det radioaktive affald og det brugte nukleare brændsel befinder sig, og hvor stor en mængde der er tale om, i overensstemmelse med passende klassificering af det radioaktive affald."

Direktivets krav om klassificering skal ses i sammenhæng med direktivets overordnede formål. Det fremgår af betragtning 21, at

"Radioaktivt affald, herunder brugt nukleart brændsel, der betragtes som affald, kræver langvarig indeslutning og isolering fra mennesker og deres miljø. Dets særlige karakteristika, dvs. indholdet af radionuklider, kræver særlige foranstaltninger for at beskytte menneskers sundhed og miljøet mod de farer, der er forbundet med ioniserende stråling, herunder deponering i passende anlæg som slutpunktet. Oplagring af radioaktivt affald, herunder langtidsopbevaring, er en foreløbig løsning, men ikke et alternativ til deponering."

I den efterfølgende betragtning 22 anføres det desuden, at:

"En national klassificeringsordning for radioaktivt affald bør støtte disse særlige foranstaltninger under fuld hensyntagen til de forskellige typer af og karakteristika ved radioaktivt affald."

Klassificering skal således ikke kun betragtes som et rapporteringskrav, men som et værktøj til at skabe sammenhæng mellem affaldets egenskaber og de krav, der følger af karakterisering, sikkerhedsvurderinger, depotdesign og deponering. Direktivet forudsætter samtidig, at medlemsstaterne opretholder et dokumenteret og ajourført overblik over både eksisterende og forventede fremtidige affaldsstrømme som grundlag for nationale programmer og langsigtet planlægning.

Danmark er forpligtet til løbende at rapportere om den nationale affaldsbeholdning til blandt andet Europa-Kommissionen og IAEA gennem det nationale program og Joint Convention.⁵¹ Som beskrevet i bilag B.1 sker rapporteringen i dag primært på baggrund af lagerplacering og lagerbygninger. Nedenstående tabeller viser et eksempel på Danmarks rapportering til Joint Convention i 2024⁵².

Den nuværende rapportering beskriver primært, hvor affaldet befinder sig, og hvilke aktivitetsmængder der er knyttet til de enkelte lagre, men ikke hvilke affaldsklasser affaldet tilhører. Samtidig indeholder de enkelte lagre affald med vidt forskellige nuklider, aktivitetsniveauer, materialetyper og fysisk-kemiske egenskaber. Lagerstrukturen kan

⁵¹ [Afrapportering til EU og IAEA om radioaktivt affald | Sundhedsstyrelsen](#)

⁵² [Joint convention on the safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste management](#)

derfor ikke i sig selv anvendes som grundlag for klassificering af affaldet. Dette bliver særligt relevant i forbindelse med etableringen af det nye opdaterede lager der skal opføres hos DD (NOL). Når affald fra flere historiske lagre samles i samme facilitet, mister de oprindelige lagerbygninger deres værdi som beskrivende enhed. En fremtidig klassificering må derfor tage udgangspunkt i affaldets egenskaber frem for dets aktuelle placering.

Grundlaget for klassificering er karakterisering af affaldet. For at kunne klassificere affaldet er der behov for viden om blandt andet nuklidindhold, aktivitetsniveauer, fysisk form, materialetyper og øvrige egenskaber med betydning for affaldets udvikling over tid. Bilag B.1 og B.2 har vist, at dette datagrundlag varierer på tværs af affaldsbeholdningen.

Denne problemstilling blev også fremhævet i IAEA's ARTEMIS-mission til Danmark fra 2022⁵³, hvor der blev peget på behovet for yderligere karakterisering af den danske affaldsbeholdning som grundlag for klassificering og udviklingen af den langsigtede løsning for radioaktivt affald.

Uddrag af ARTEMIS-anbefaling vedrørende karakterisering af affaldsbeholdningen (2022)

Observation:

"For some waste packages, particularly historical waste, limited information is available. The radioactive waste inventory in the drum storage and the Centralvej storage is only inventoried as a whole."

"The ARTEMIS Review Team notes that the transfer process is a good opportunity to improve the lacking information on the radiological content of the individual waste packages."

"The planned reassessment and characterization will also be beneficial in qualifying the waste packages for disposal purposes."

Recommendation R4:

"To improve the waste inventory data, Danish Decommissioning should, where relevant, perform nuclide specific measurements of individual waste packages during the transfer to the new storage facility."

2. Klassificering af radioaktivt affald

Internationale klassificeringssystemer klassificerer radioaktivt affald ud fra affaldets radiologiske egenskaber, herunder aktivitetsniveau, halveringstider, varmeudvikling og indhold af kort og langlivede radionuklider. Systematikken skaber en sammenhæng mellem affaldets egenskaber og de krav, der stilles til håndtering, lagring og deponeering.

Grundlæggende gælder, at affald med højere aktivitetsniveauer og større langsigtet risiko kræver mere robuste barriersystemer og længere sikkerhedshorisonter. Klassificeringen udgør dermed en del af grundlaget for vurdering af depotkrav, men kan dog ikke i sig selv erstatte de sikkerhedsvurderinger, der er nødvendige for valg og dimensionering af et konkret depot (se bilag E).

⁵³ [Integrated Review Service for Radioactive Waste and Spent Fuel Management, Decommissioning and Remediation \(ARTEMIS\) | IAEA](#)

2.1 Internationale klassifikationssystemer

2.1.1 EURATOM's klassifikationssystem

EURATOM's klassifikationsmodel kan anvendes i medlemsstaternes rapportering efter Rådets direktiv og udgør en fælles europæisk referenceramme for beskrivelse af radioaktivt affald.⁵⁴

I dansk sammenhæng er modellen relevant, fordi Danmark er forpligtet til at rapportere iht. direktivet, og fordi kategorierne anvendes bredt ved internationale sammenligninger. Den primære tekniske reference for klassificering af radioaktivt affald er imidlertid IAEA's sikkerhedsstandarder, som giver en mere detaljeret opdeling af affaldstyperne og en tættere kobling til forskellige deponeringsprincipper (jf. afsnit 2.1.2).

EURATOM opdeler radioaktivt affald i tre hovedkategorier⁵⁵:

1. **Transient affald**, som kan henfalde til under frigivelsesniveauerne inden for en begrænset tidsperiode.
2. **Lav- og mellemaktivt affald (LILW)**, som opdeles i to tekniske underkategorier:
 - **LILW-SL** (Short-Lived): affald domineret af radionuklider med halveringstider, der ikke overstiger halveringstiderne for ¹³⁷Cs og ⁹⁰Sr (ca. 30 år), og med begrænset indhold af langlivede alfa-emittere:
 - <4.000 Bq/g langlivede alfa-emittere i en enkelt affaldsenhed.
 - <400 Bq/g i gennemsnit for den samlede affaldsstrøm.
 - **LILW-LL** (Long-Lived): affald, indeholder langlivede radionuklider i koncentrationer, som overstiger kriterierne for LILW-SL. Kategorien omfatter blandt andet radionuklider som ¹⁴C, ²³⁸U og ²⁴¹Am, og er generelt forbundet med behov for længerevarende isolation end kortlivet lav- og mellemaktivt affald
 - >4.000 Bq/g langlivede alfa-emittere i en enkelt affaldsenhed.
 - >400 Bq/g i gennemsnit for den samlede affaldsstrøm.
3. **Højaktivt affald (HL)** affald, der indeholder radionuklider, hvis henfald genererer så meget varme, at varmeudviklingen skal indgå i vurderingen af både håndtering, lagring og slutdeponering. Varmeudviklingen skyldes primært bestemte radionuklider med høj energi pr. henfald og/eller kort halveringstid (fx ²³⁹Pu og fissionsprodukter i brugt brændsel), mens den samlede varmeeffekt samtidig afhænger af den totale mængde og koncentration af disse nuklider. Affaldet har derfor typisk en høj samlet aktivitet. HLW stammer hovedsageligt fra brugt nukleært brændsel. Det konkrete niveau for varmeproduktion, der adskiller HLW fra ILW, fastlægges efter de tekniske forhold og sikkerhedskrav i det pågældende anlæg.

Det skal bemærkes, at EURATOM-klassifikationen er udviklet som en fælles europæisk referenceramme til kommunikation og rapportering og ikke erstatter nationale klassifikationssystemer eller anlægsspecifikke acceptkriterier. I Danmark baseres klassificeringen af radioaktivt affald på IAEA's klassifikationssystem (GSG-1), mens konkrete klassifikationsgrænser skal fastlægges på baggrund af den danske affaldsbeholdning, den valgte deponeringsløsning og de tilhørende sikkerhedsvurderinger.

EURATOM's model giver en overordnet opdeling af radioaktivt affald men giver kun i begrænset omfang grundlag for tekniske vurderinger af deponeringsløsninger. Derfor anvendes ofte IAEA's klassifikationssystem som den primære tekniske referenceramme (se følgende afsnit).

⁵⁴ Rådets direktiv 2011/70/Euratom af 19. juli 2011 om oprettelse af en fællesskabsramme for ansvarlig og sikker håndtering af brugt brændsel og radioaktivt affald (EUT L 199 af 2.8.2011, s. 48–56). [Link](#)

⁵⁵ European Commission: *Commission Recommendation of 15 September 1999 on a classification system for solid radioactive waste* (99/669/EC, Euratom; SEC(1999) 1302 final), Official Journal of the European Communities, 1999.

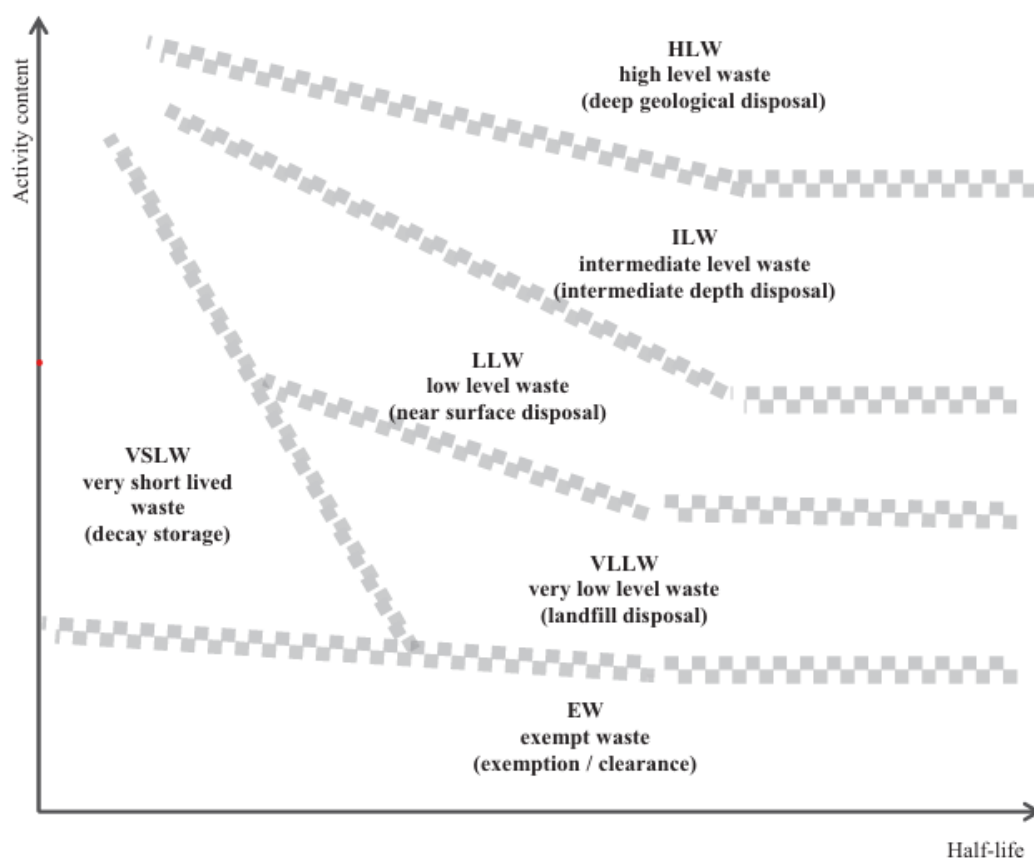
2.1.2 IAEA's klassifikationssystem

BfDA⁵⁶ angiver, at DD bør basere klassificering af radioaktivt affald på IAEA's generelle sikkerstandard *Classification of radioactive Waste (GSG-1)*.⁵⁷ Dette er senere blevet præciseret af de nukleare tilsynsmyndigheder i forbindelse med Danmarks besvarelse af Europa-Kommissionens spørgsmål til det nationale program⁵⁸, hvor det anføres, at:

"DD er af de nukleare tilsynsmyndigheder (Sundhedsstyrelsen og Bered skabsstyrelsen (BRS)), pålagt at anvende IAEA systemet beskrevet i IAEA publikationen "Classification of radioactive waste", GSG-1 for klassifikation af radioaktivt affald."

I dette bilag anvendes IAEA's klassifikationssystem derfor som den primære referenceramme for vurdering af det danske radioaktive affald i et depotperspektiv.

Hvor EURATOM opererer med en overordnet tredeling af affaldet, tilføjer IAEA's system en mere detaljeret graduering af affaldets egenskaber og de deponeringsløsninger, som affaldet typisk knyttes til (Figur B3.1). Modellen introducerer tre yderligere kategorier i den lave ende af aktivitetsniveauet (EW, VSLW, VLLW) og skelner desuden mellem lavaktivt affald (LLW) og mellemaktivt affald (ILW), som hos EURATOM begge indgår i kategorien LILW.



Figur B3.1. Konceptuel illustration af i IAEA's seks affaldskategorier.⁵⁹

⁵⁶ Betingelser for Drift og Afvikling for Dansk Dekommissionering, BfDA, 2. udgave, 24. februar 2022.

⁵⁷ International Atomic Energy Agency: *Classification of Radioactive Waste. General Safety Guide No. GSG-1*, Vienna, 2009.

⁵⁸ [besvarelse-af-kommissionens-spoergsmaal-til-danmarks-nationale-politik-og-program.pdf](#)

⁵⁹ International Atomic Energy Agency: *Classification of Radioactive Waste. General Safety Guide No. GSG-1*, Vienna, 2009.

De seks kategorier er defineret af IAEA som gengivet nedenfor i GSG-1⁶⁰. Definitionerne anvendes efterfølgende som grundlag for en vurdering af, hvordan de danske affaldsstrømme kan placeres inden for klassifikationssystemet.

1) Exempt waste (EW): Waste that meets the criteria for clearance, exemption or exclusion from regulatory control for radiation protection purposes.

(2) Very short lived waste (VSLW): Waste that can be stored for decay over a limited period of up to a few years and subsequently cleared from regulatory control according to arrangements approved by the regulatory body, for uncontrolled disposal, use or discharge.

(3) Very low level waste (VLLW): Waste that does not necessarily meet the criteria of EW, but that does not need a high level of containment and isolation and, therefore, is suitable for disposal in near surface landfill type facilities with limited regulatory control.

(4) Low level waste (LLW): Waste that is above clearance levels, but with limited amounts of long lived radionuclides. Such waste requires robust isolation and containment for periods of up to a few hundred years and is suitable for disposal in engineered near surface facilities.

(5) Intermediate level waste (ILW): Waste that, because of its content, particularly of long lived radionuclides, requires a greater degree of containment and isolation than that provided by near surface disposal. (...) ILW may contain long lived radionuclides, in particular, alpha emitting radionuclides that will not decay to a level of activity concentration acceptable for near surface disposal during the time for which institutional controls can be relied upon. Therefore, waste in this class requires disposal at greater depths, of the order of tens of metres to a few hundred metres.

(6) High level waste (HLW): Waste with levels of activity concentration high enough to generate significant quantities of heat by the radioactive decay process or waste with large amounts of long lived radionuclides that need to be considered in the design of a disposal facility for such waste. Disposal in deep, stable geological formations usually several hundred metres or more below the surface is the generally recognized option for disposal of HLW.

International Atomic Energy Agency: Classification of Radioactive Waste. General Safety Guide No. GSG-1, Vienna, 2009.

2.1.3 Analyse af IAEA's klassifikationsmodel i en dansk kontekst

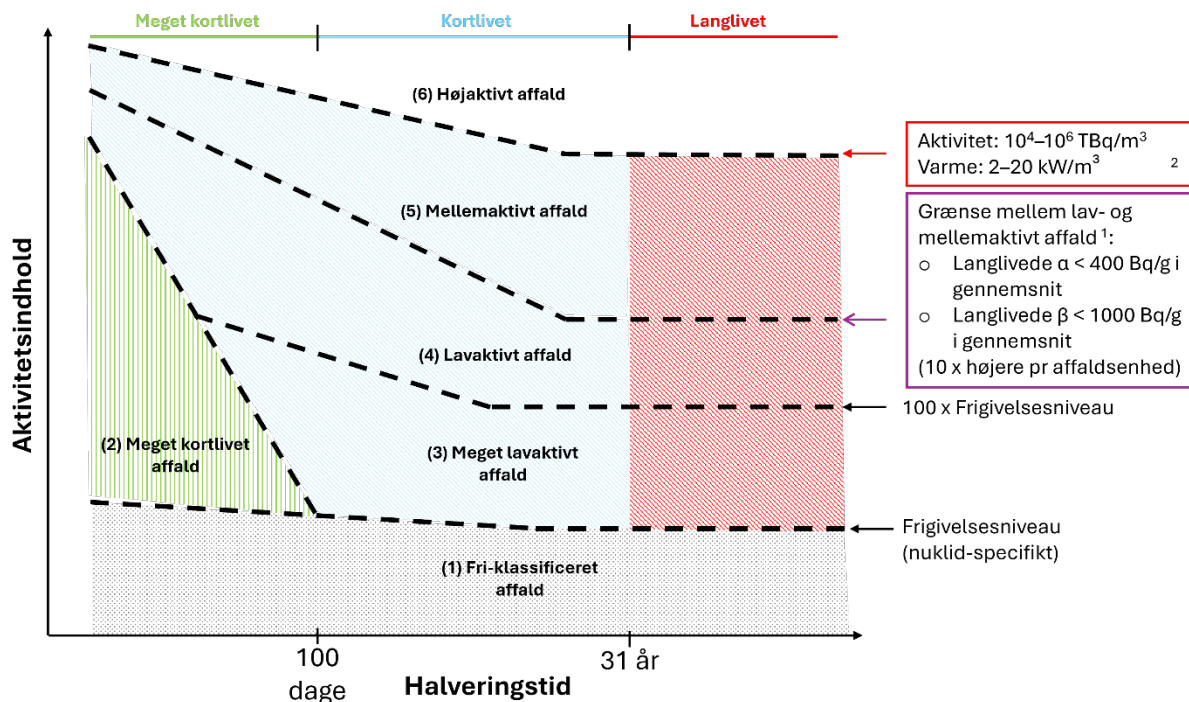
I dette bilag anvendes IAEA's klassifikationssystem som en analytisk ramme for beskrivelse af den danske affaldsbeholdning. Formålet er at skabe en mere nuanceret opdeling af affaldet end de tidligere anvendte overordnede betegnelser som fx *lavaktivt affald*, *mellemaktivt affald* og *særligt affald*, som præger mange danske dokumenter i sagen. Også begrebet *langlivet affald* anvendes flere steder herunder i B 90.

Anvendelsen af disse betegnelser giver dog ikke en forståelse af, at den danske affaldsbeholdning er kompleks og spænder over affald med meget forskellige egenskaber og potentielle depotkrav. Når de danske affaldsstrømme sammenholdes med IAEA's klassifikation, forekommer det sandsynligt, at affaldet fordeler sig på tværs af flere kategorier – fra kortlivet affald, som potentielt kan håndteres ved henfaldslagring, over store mængder meget

⁶⁰ International Atomic Energy Agency: *Classification of Radioactive Waste. General Safety Guide No. GSG-1*, Vienna, 2009.

lavaktivt affald med begrænset langsigtet risiko til affald med betydelige koncentrationer af langlivede radionuklider, som stiller større krav til isolation og sikkerhedsvurdering.

IAEA har i flere publikationer angivet illustrative aktivitetsindholdsintervaller for de enkelte kategorier (Figur B3.2). Organisationen understreger samtidig, at de enkelte lande kan udvikle mere detaljerede nationale klassifikationsgrænser og kriterier tilpasset nationale programmer og behov.⁶¹ Danmark har endnu ikke fastsat sådanne grænseværdier, og de viste intervaller anvendes derfor alene til illustration af modellens principper.



¹ Rådets direktiv 2011/70/Euratom af 19. juli 2011 om oprettelse af en fællesskabsramme for ansvarlig og sikker håndtering af brugt brændsel og radioaktivt affald (EUT L 199 af 2.8.2011, s. 48–56).

²International Atomic Energy Agency, *Classification of Radioactive Waste*, Safety Series 111-G-1.1, 1994.

Figur B3.2. Analysetilgang til IAEA-model. Bemærk at y-aksen ikke er lineær og at x-aksen ikke er en tidsmæssig skala. Hver affaldsklasse skal ses som affaldsenhed eller samlet volumen, der liggende indenfor grænserne i figuren og derfor kan bestå af en blanding af kort og langlivet nuklider. Eksempelvis kan lavaktivt affald indeholde en meget høj aktivitetskoncentration fra kortlivede nuklider, mens det især er koncentrationen af langlivede nuklider som er bestemmende for affaldets klassificering.

Det er vigtigt at bemærke, at klassificeringen beskriver affaldets samlede radiologiske egenskaber og ikke bestemte radionuklider. Den samme radionuklid kan derfor forekomme i flere affaldskategorier afhængigt af aktivitetskoncentration, affaldsform og den samlede nuklidsammensætning. På samme måde kan affald med samme startaktivitet have vidt forskellig langtidsrisiko afhængigt af radionuklidernes halveringstider og øvrige egenskaber. Både meget lavaktivt, lavaktivt og mellemaktivt affald kan indeholde blandinger af kort- og langlivede radionuklider.

Modellen synliggør dermed forhold, som ikke har været tydeligt i sagens tidligere forløb, herunder af ordlyden i B 90. Modellen understøtter en differentieret tilgang til sammenhæng mellem affald og depotløsninger. Dette medfører at hele spændet fra små volumener af affald med en meget høj aktivitetskoncentration til store volumener af affald i de lavere aktivitetskategorier skal indgå som styrende faktorer for valg af de rettet deponeringsløsninger tilpasset den nationale affaldsbeholdning.

⁶¹ International Atomic Energy Agency: *Classification of Radioactive Waste. General Safety Guide No. GSG-1*, Vienna, 2009.

I det følgende gennemgås de enkelte affaldskategorier iht. IAEA med fokus på deres anvendelse og relevans i en dansk teknisk kontekst.

(1) Fri-klassificeret affald. I dansk sammenhæng omfatter IAEA-modellens EW-kategori affald, der efter måling kan frigives fra stråleregulatorisk kontrol. Friklassificering sker på baggrund af de nuklidspecifikke grænseværdier fastsat i Bekendtgørelse nr. 1385/2025.⁶² Materialer under disse grænseværdier kan udgå af den stråleregulerede affaldsstrøm og bortskaffes efter deres øvrige egenskaber. Materialer, der overskrider grænseværdierne, kan i særlige tilfælde også friklassificeres, hvis myndighederne efter en konkret vurdering finder, at den samlede radiologiske risiko er ubetydelig.

Friklassificering har haft stor betydning under dekommissioneringen af Risø-anlæggene, hvor målet har været at minimere de mængder affald, der kræver mellemlagring eller deponering. Korrekt identifikation af dette affald har været og er fortsat et vigtigt teknisk og økonomisk element i dekommissioneringsprocessen og har bidraget væsentligt til at reducere mængden af affald, der skal deponeres. De anvendte frigivelsesmetoder og arbejdsgange er beskrevet nærmere i bilag B.2.

(2) Meget kortlivet affald. Meget kortlivet affald (VSLW) omfatter affald med radionuklider, der har så korte halveringstider, at affaldet kan lagres til henfald i en begrænset periode, hvorefter det kan frigives fra regulatorisk kontrol. IAEA har tidligere angivet en praktisk øvre grænse omkring 100 dages halveringstid for denne kategori baseret på de radionuklider, der typisk forekommer, herunder ¹⁸F, ¹²³I og ^{99m}Tc.⁶³

Da aktiviteten halveres ved hver halveringstid, vil der efter 5 halveringstider være ca. 3 % af den oprindelige aktivitet tilbage, mens der efter 10 halveringstider er mindre end 0,1 % tilbage. For radionuklider i denne kategori betyder det, at aktivitetsniveauet kan reduceres til under frigivelsesniveauerne inden for relativt korte tidsrum.

I Danmark stammer denne type affald primært fra medicinske anvendelser af radioaktive stoffer. Affaldet kan på kort sigt have relativt høje aktivitetsniveauer og kræver derfor sikker håndtering under lagring, men udgør ikke en langsigtet radiologisk udfordring, når aktiviteten er henfaldet til under frigivelsesniveauerne.

Kategorien har hidtil haft begrænset fokus i danske analyser af den langsigtede affaldsløsning, hvor fokus primært har været rettet mod deponering. IAEA's klassifikationsmodel synliggør imidlertid, at henfaldslagring kan udgøre et selvstændigt håndteringsprincip for visse affaldsstrømme. En fremtidig vurdering af denne kategori forudsætter et bedre datagrundlag for mængder, affaldsveje og forventet udvikling i Danmark.

(3) Meget lavaktivt affald. Denne kategori omfatter affald med aktivitetskoncentrationer over friklassificeringsniveauerne, men på et niveau hvor affaldet fortsat kan håndteres i relativt simple overflade- eller næroverfladeanlæg, typisk i intervallet mellem friklassificeringsniveauet og op til omkring 100 gange friklassificeringsniveauet. Kategorien kan indeholde langlivede radionuklider, men i koncentrationer der generelt vurderes at medføre en begrænset langsigtet radiologisk risiko.

Internationalt anvendes kategorien især til store volumener af let kontamineret materialer fra dekommissionering, herunder beton, jord, murværk og metaller. Disse affaldsstrømme håndteres ofte i særlige sektioner af deponeringsanlæg med grundlæggende tekniske barrierer og administrativ kontrol.

I dansk sammenhæng forventes kategorien primært at omfatte bygningsmaterialer og metaller fra dekommissioneringen af Risø-anlæggene samt visse eksterne affaldsstrømme og dele af NORM-affaldet. Omfanget af disse affaldstyper er beskrevet nærmere i Bilag B.1. Samtidig forventes det også at det meget lavaktive volumenmæssigt vil udgøre en væsentlig del af den samlede danske affaldsbeholdning. Omfanget er imidlertid endnu ikke kvantificeret med tilstrækkelig sikkerhed, jf. gennemgangen af datagrundlaget i bilag B.1.

⁶² Friklassificeringsgrænserne er fastsat i Bekendtgørelse nr. 1385 af 18. november 2025 om radioaktive stoffer.

⁶³ Freiesleben, Hartwig, *Final disposal of radioactive waste*. EPJ Web of Conferences. 54. 01006-. 10.1051/epjconf/20135401006, 2013.

Kategorien anvendes endnu ikke fuldt ud i dansk praksis. *Det Nationale Program for ansvarlig og sikker håndtering af radioaktivt affald (2020)*⁶⁴ fastslår, at kategorien *meget lavaktivt affald* kun må anvendes efter forudgående godkendelse. Der er således ikke fastlagt nationale kriterier eller procedurer for anvendelsen af denne kategori.

(4) Lavaktivt affald. Lavaktivt affald (LLW) omfatter affald med aktivitetskoncentrationer over niveauet for meget lavaktivt affald, men på et niveau hvor den langsigtede radiologiske risiko fortsat kan håndteres ved hjælp af robuste tekniske barrierer og næroverflade deponeringsløsninger. Kategorien kan indeholde både kort- og langlivede radionuklider, men i koncentrationer der normalt ikke kræver den grad af isolation, som er nødvendig for mellemaktivt affald. Sammenlignet med meget lavaktivt affald stiller kategorien større krav til depotets tekniske udformning og barrieresystemer, men ikke de samme krav til isolation og dybde som mellemaktivt affald (jf. bilag C.1).

I dansk sammenhæng stammer affaldet primært fra drift og dekommissionering af forskningsreaktorerne og de tilknyttede anlæg på Risø. Kategorien omfatter blandt andet metaller, rørføringer, tekniske installationer, laboratorieudstyr og bygningsdele med moderat kontaminering eller aktivering. Affaldet kan indeholde mange af de samme radionuklider som meget lavaktivt affald, men typisk i højere koncentrationer og ofte fra områder tættere på de oprindelige kilder.

Lavaktivt affald forventes volumenmæssigt at udgøre en mindre del af affaldsbeholdningen end meget lavaktivt affald, men kategorien er central i et depotperspektiv, fordi den repræsenterer affald med en moderat langsigtet risiko, som stiller væsentlige krav til depotets tekniske barrierer og sikkerhedsfunktioner.

(5) Mellemaktivt affald. Mellemaktivt affald (ILW) omfatter affald med aktivitetskoncentrationer over niveauet for lavaktivt affald, men uden en varmeudvikling der kræver deponeringsløsninger for højaktivt affald. Kategorien kan indeholde både kort- og langlivede radionuklider i koncentrationer, der kræver en højere grad af isolation og indeslutning end den, der normalt opnås i næroverfladeanlæg.

Kategorien spænder over flere størrelsesordener i aktivitetskoncentration og omfatter derfor affald med meget forskellige egenskaber og potentielle depotkrav. Der kan være betydelige forskelle mellem affaldsfraktioner i den nedre og den øvre ende af kategorien, selvom de formelt klassificeres som mellemaktivt affald.

Blot som et illustrativt eksempel er en aktivitet på 10^4 TBq/m³ cirka 3 millioner gange højere end en aktivitet på 1000 Bq/g. (Der er i eksemplet benyttet indikative grænser fra IAEA's model og regnet med en massefylde for tung beton på 3.300 kg/m³).

I modsætning til lavaktivt affald indeholder mellemaktivt affald typisk større koncentrationer af langlivede radionuklider og stiller derfor skærpede krav til depotets evne til at begrænse udslip og reducere eksponering over lange tidsskalaer. Sikkerheden baseres på en kombination af tekniske og geologiske barrierer, der kan begrænse transporten af radionuklider til mennesker og miljø (se bilag C.1).

I dansk sammenhæng omfatter kategorien blandt andet stærkt aktiverede metaldele, reaktorkomponenter, grafit og andre materialer fra driften og dekommissioneringen af forskningsreaktorerne. Affaldet kan indeholde betydelige mængder langlivede radionuklider som ¹⁴C og ⁵⁹Ni samt andre aktiveringsprodukter fra neutronbestrålede materialer. Kategorien begrænser sig ikke til det såkaldte særlige affald; også eksternt modtagne kilder, eksempelvis fra røgdetektorer, klassificeres som mellemaktivt affald og forekommer i ikke ubetydelige mængder.

Omfanget af det mellemaktive affald kan endnu ikke opgøres med tilstrækkelig sikkerhed, jf. bilag B.1, da dele af affaldet fortsat ikke er fuldt karakteriseret eller indgår i separate lagrings- og registreringssystemer. Denne usikkerhed har betydning for planlægningen af en fremtidig deponeringsløsning, da dele af det mellemaktive affald forventes at indgå blandt de affaldskategorier, der skal vurderes i relation til dyb geologisk deponering med langvarige radiologiske egenskaber, jf. B 90.

⁶⁴ Sundhedsstyrelsen (2020): *Det Nationale Program for ansvarlig og sikker håndtering af radioaktivt affald*. Tilgængelig online: <https://www.sst.dk/udgivelser/2021/nationalt-program-radioaktivt-affald>

(6) Højaktivt affald. Højaktivt affald (HLW) omfatter affald med så høje aktivitetskoncentrationer og varmeudvikling, at varmeproduktionen skal indgå i sikkerhedsvurdering og som en dimensionerende faktor ved design af lagrings- og deponeringsløsninger. Internationalt håndteres denne affaldstype typisk i dybe geologiske depoter.

Denne kategori forekommer primært i forbindelse med atomkraftproduktion og brugt nukleart brændsel. Danmark har ikke højaktivt affald, idet hovedparten af det brugte brændsel fra de danske forsøgsreaktorer blev tilbageleveret til leverandørlandene gennem internationale tilbageleveringsaftaler, primært i 2000'erne.

Højaktivt affald er karakteriseret ved aktivitetskoncentrationer på omkring 10^4 – 10^6 TBq/m³ og en varmeudvikling, der typisk ligger i størrelsesordenen 2–20 kW/m³.⁶⁵

2.1.4 Den danske beholdning af brugt brændsel i relation til IAEA's klassifikation

Danmark har ikke højaktivt affald, men grænsen mellem mellemaktivt og højaktivt affald er relevant ved vurderingen af dele af det særlige affald. Dette affald omfatter brugt forsøgsbrændsel fra 1970'erne og 1980'erne og består af nogle affaldsfraktioner i den danske affaldsbeholdning med de højeste aktivitetsniveauer.

DD redegjorde i 2013 for affaldets egenskaber. Det blev bl.a. beregnet, at aktiviteten i de enkelte beholdere varierer mellem 4,7- 164 TBq, aktivitetskoncentration mellem $0,02 \cdot 10^4$ - $0,55 \cdot 10^4$ TBq/m³ og effektkoncentration mellem 0,02 – 0,78 kW/m³. Den samlede henfaldseffekt blev beregnet til en varmeudvikling på ca. 112 W. Dette ligger under de niveauer, hvor aktivitet, aktivitetskoncentration og varmeudviklingen er dimensionerende for lagrings- og deponeringsløsninger, som det typisk er tilfældet for højaktivt affald. Der foreligger desuden en myndighedsafklaring fra 2013, hvorefter det særlige affald som samlet kategori ikke klassificeres som højaktivt affald⁶⁶. Affaldet består både af kort- og langlivede nuklider og har siden opgørelsen i 2013 gennemgået radioaktivt henfald.

Det særlige affald forventes at indgå blandt de mellemaktive affaldsfraktioner, der vil være relevante i forbindelse med klassificering, sikkerhedsvurderinger og fastlæggelse af krav til en fremtidig deponeringsløsning. Det fremgår af rapport fra 2002⁶⁷, at der herudover forekommer radioaktive stoffer fordelt i andre dele af den eksisterende affaldsbeholdning. Disse stoffer stammer hovedsageligt fra efterbestrålingsundersøgelser i Hot Cell-anlægget til stede som støv, partikler og lignende former for kontamination. Der er således tale om radioaktive stoffer til stede som forurening på overflader og materialer. Affaldet illustrerer, at der inden for kategorien mellemaktivt affald findes affaldsfraktioner med forskellige aktivitetsniveauer, nuklidsammensætninger og krav til karakterisering og sikkerhedsvurdering.

2.1.5 Internationale tilpasninger af IAEA's klassifikationsprincipper

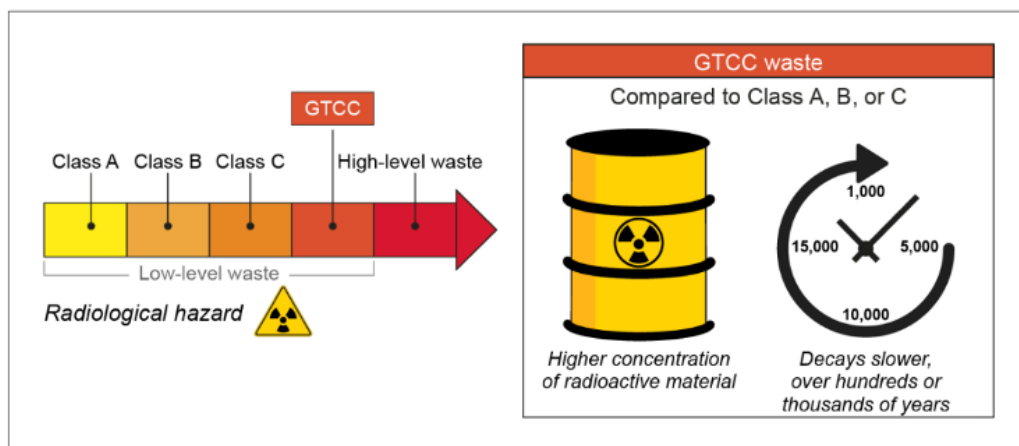
Selvom IAEA's GSG-1 udgør den mest anvendte internationale referenceramme for klassificering af radioaktivt affald, har flere lande videreudviklet modellen for at understøtte nationale deponeringsstrategier. Fælles for disse tilgange er, at de søger at skabe en tættere kobling mellem affaldets egenskaber og de krav, der stilles til den valgte deponeringsløsning.

I USA anvender Nuclear Regulatory Commission (NRC) et klassifikationssystem for lavaktivt affald (LLW), hvor kategorien opdeles i Class A, Class B, Class C og Greater-Than-Class C (GTCC) (Figur B3.3). Systemet er udviklet med henblik på deponering i nær-overfladeanlæg. Class A affald indeholder de laveste aktivitetskoncentrationer og domineres typisk af kortlivede radionuklider, mens Class B og Class C omfatter affald med højere aktivitetsniveauer, som stiller større krav til affaldets stabilitet og depotets barrieresystemer. Affald, der overskrider Class C-grænserne, vurderes særskilt og kan indgå i løsninger, der omfatter dybere deponering eller andre former for isolation.

⁶⁵International Atomic Energy Agency, *Classification of Radioactive Waste*, Safety Series 111-G-1.1, 1994.

⁶⁶Sundhedsstyrelsen, *De nukleare tilsynsmyndigheders kommentarer til Dansk Dekommissionerings notat: Det særlige affald – indhold af radioaktive stoffer, udbrænding og varmeudvikling*, 26. november 2013, sagsnr. 1-5313-1/2/

⁶⁷Teoretisk udredning 2002 [Link](#)



Figur B3.3. Illustration af det amerikanske klassifikationssystem for lavaktivt affald (LLW).⁶⁸

Det amerikanske system illustrerer, at kategorien lavaktivt affald ikke nødvendigvis er homogen. Affald med samme overordnede klassificering kan have meget forskellige radionuklidsammensætninger og langtidsrisici og stiller derfor forskellige krav til depotdesign, barrierer og isolationsdybde.

I Frankrig (ANDRA) anvendes et klassifikationssystem, hvor affaldet opdeles efter både aktivitetsniveau og halveringstid. Modellen skelner blandt andet mellem meget kortlivet affald, meget lavaktivt affald, kortlivet lav- og mellemaktivt affald, langlivet lavaktivt affald, langlivet mellemaktivt affald og højaktivt affald. Dermed kan affaldsstrømme med forskellige langsigtede egenskaber håndteres særskilt.

	<i>Very short lived</i> ($T < 100$ days)	<i>Short lived</i> ($T < 31$ years)	<i>Long lived</i> ($T > 31$ years)
Very low activity level (VLL)	<i>Natural radioactive decay on production site</i>	<i>Surface storage</i> (CIRE's waste collection storage and disposal facility) VLLW	
Low activity level (LL)		<i>Surface disposal</i> (CSA waste disposal, Aube) LILW-SL	<i>Subsurface disposal</i> (research ongoing) LL-LLW
Medium activity level (ML or IL)			ILW-LL
High activity level (HL)		<i>Reversible deep geological disposal</i> (research ongoing under the Act of 28 June 2006) HLW	

Figur B3.4. Affaldsklassificering og deponering i Frankrig (ANDRA).⁶⁹

Også i Sverige anvender de en opdeling mellem kortlivet lav- og mellemaktivt affald og langlivet lav- og mellemaktivt affald. Disse to overordnede affaldsklasser planlægges deponeret i to forskellige depottyper. Tilsvarende har Norge udviklet nationale klassifikationsprincipper med udgangspunkt i de særlige forhold, der gør sig gældende for

⁶⁸ [Our Mission — Hanford Challenge](#)

⁶⁹ [Les cahiers de l'ASN #06 - Radioactive Waste](#)

den norske affaldsbeholdning og de planlagte deponeringsløsninger. Nedenfor er vist Norges tilgang til affaldsklassificering⁷⁰:

Klassifikation af radioaktivt affald i Norge

Den norske affaldsklassifikation er baseret på radionuklidspecifikke grænseværdier i forskriften om radioaktiv forurening og radioaktivt affald. Forskriften definerer både grænser for, hvornår materiale klassificeres som radioaktivt affald, og hvornår affaldet er underlagt krav om deponering i et radioaktivt affaldsdepot. Grænseværdierne er fastsat som specifik aktivitet (Bq/g) og i visse tilfælde samlet aktivitet (Bq). På dette grundlag anvendes følgende nationale klassifikationssystem.

Ikke-radioaktivt affald

Affald med aktivitetsniveauer under friklassifikationsgrænserne for radioaktivt affald angivet i bilag 1a til forskriften om anvendelse af forureningsloven på radioaktiv forurening og radioaktivt affald.

Affald, der indeholder nukleare materialer som defineret i atomenergiloven, men som ligger under grænserne i forskriften om radioaktiv forurening og radioaktivt affald, vil fortsat være omfattet af krav om tilladelse efter atomenergiloven. Atomenergilovens § 2 giver dog Sundheds- og Omsorgsministeriet mulighed for at beslutte, at nukleare materialer under disse grænseværdier undtages fra tilladelseskravet.

Meget kortlivet radioaktivt affald (VSLW)

Affald indeholdende radioaktive stoffer med en halveringstid på op til 100 dage. Dette affald kan henfaldslagres lokalt, indtil aktivitetsniveauet er reduceret til et niveau, hvor affaldet ikke længere klassificeres som radioaktivt affald og kan håndteres som almindeligt affald. Dette forudsætter om nødvendigt dispensation fra den årlige afleveringspligt i § 16-7 i affaldsforskriften.

Meget lavaktivt affald (VLLW)

Affald, der er egnet til deponering på et deponeringsanlæg for farligt affald eller på et anlæg med tilladelse fra DSA (Direktoratet for Strålevern og Atomsikkerhet). Kategorien omfatter radioaktivt affald, som ikke er underlagt krav om deponering i et radioaktivt affaldsdepot, dvs. radioaktivt affald med aktivitetsniveauer under grænseværdierne angivet i bilag I, litra b, til forskriften om radioaktiv forurening og radioaktivt affald.

Lavaktivt affald (LLW) og kortlivet mellemaktivt affald (ILW-SL)

Affald med aktivitetsniveauer over friklassifikationsgrænserne angivet i bilag I, litra b, til forskriften om radioaktiv forurening og radioaktivt affald. Dette affald kan deponeres i et overfladenært depot, som sikrer tilbageholdelse af det radioaktive affald i flere hundrede år, indtil radioaktiviteten i vidt omfang er henfaldet. Kategorien omfatter en stor del af det norske radioaktive affald, som indeholder menneskeskabte radionuklider.

Højaktivt affald (HLW) og langlivet mellemaktivt affald (ILW-LL)

Affald, som kræver deponering i et dybt geologisk depot. Kategorien omfatter blandt andet brugt nukleart brændsel og produkter fra behandling af brugt nukleart brændsel. Deponeringsløsningen skal sikre tilstrækkelig tilbageholdelse af affaldet over meget lange tidsperioder.

⁷⁰ Norges joint convention rapport 2025 [norway-national-report-8rm.pdf](#)

De internationale erfaringer viser således, at IAEA's klassifikationsmodel i mange tilfælde anvendes som en overordnet referenceramme, der efterfølgende suppleres med nationale klassifikationssystemer eller underopdelinger. En tilsvarende tilgang kendes fra andre affaldsområder, herunder farligt affald, hvor overordnede internationale rammer omsættes til nationale klassifikations- og reguleringssystemer tilpasset affaldsstrømme, myndighedskrav og behandlingsløsninger. Som beskrevet i bilag B.1 er formålet at skabe en praktisk sammenhæng mellem affaldets egenskaber og kravene til håndtering, behandling og deponering.

Flere lande anvender f.eks. en mere detaljeret opdeling af de lavere affaldskategorier eller skelner mellem kort- og langlivet affald inden for samme klasse med henblik på forskellige lagrings- og deponeringsløsninger. Erfaringerne viser samtidig, at klassificering i praksis ikke alene baseres på aktivitetsniveau, men også på radionuklidsammensætning, halveringstider, radiotoksicitet, mobilitet og andre egenskaber af betydning for affaldets udvikling over tid.

IAEA's klassifikationssystem bør derfor primært betragtes som en overordnet ramme for klassificering frem for en fuldt dækkende metode til klassificering af konkret affald. De nationale tilpasninger afspejler, at klassificering i sidste ende skal understøtte de sikkerhedsvurderinger og deponeringsløsninger, som er relevante for den enkelte affaldsbeholdning. Dette giver også anledning til en række begrænsninger ved den generiske IAEA-model, som gennemgås i det følgende afsnit.

2.1.6 Begrænsninger ved IAEA's klassifikationsmodel

I dansk sammenhæng udgør IAEA's GSG-1 grundlaget for en fremtidig klassificering af affaldsbeholdningen i overensstemmelse med BfDA.⁷¹ IAEA's klassifikationsprincipper kræver imidlertid nationale tilpasninger, da modellen primært er udviklet som en overordnet klassifikationsramme. Erfaringer fra internationale affaldsprogrammer samt drøftelserne i projektets workshops mellem DD, SAMSIK, GEUS, SIS og BRS viser, at modellen kræver fortolkning og supplerung for at kunne anvendes på konkrete affaldsstrømme og deponeringssituationer.

Klassifikationsgrænserne mellem f.eks. lav- og mellemaktivt er ikke internationalt fastlagte, men skal fastsættes nationalt. Klassifikationen angiver, hvordan affaldet kategoriseres, men fastlægger ikke, hvilken deponeringsløsning der skal anvendes for den enkelte affaldsklasse. Valg af deponeringsløsning og tilhørende acceptkriterier afhænger af den nationale affaldsbeholdning, det valgte depotkoncept og de sikkerhedsvurderinger, der gennemføres for anlægget. Der er derfor ikke et entydigt forhold mellem affaldsklasse og depottype. De reguleringsmæssige grænser tager primært udgangspunkt i dosis og strålingsbeskyttelse af mennesker (se bilag E), mens depotkrav fastlægges på baggrund af vurderinger af affaldets langsigtede opførsel og det valgte depotkoncepts sikkerhed (jf. bilag B.1 og C.1).

Som det fremgår af IAEA's model, kan en affaldsklasse omfatte høje aktivitetsniveauer af kortlivede nuklider og lavere aktivitetsniveauer af langlivede nuklider. To affaldstyper kan derfor ligge på hver sin side af en grænse på 400 Bq/g, men have vidt forskellige krav til deponering. En affaldsmængde med 350 Bq/g ²⁴¹Am kan f.eks. bidrage anderledes til langsigtede sikkerhedsvurderinger end en affaldsmængde med 800 Bq/g ⁶⁰Co. Forskellen skyldes blandt andet radionuklidernes halveringstid, radiotoksicitet, mobilitet og udvikling over tid. Kortlivede nuklider som ⁶⁰Co (halveringstid 5,3 år) henfalder næsten fuldstændigt inden for få årtier, mens langlivede alfa-emittere som ²⁴¹Am (halveringstid ca. 430 år) har en høj intern radiotoksicitet og efterfølges af det langlivede datterprodukt ²³⁷Np (halveringstid ca. 2,14 mio. år).

Tilsvarende kan den samme radionuklid forekomme i flere affaldskategorier afhængigt af koncentration, mængde og fysisk-kemisk form. ¹³⁷Cs og ⁶⁰Co kan eksempelvis forekomme som meget lavaktivt, lavaktivt eller mellemaktivt affald. ¹⁴C kan forekomme som lavaktivt eller mellemaktivt affald, mens ²³⁸U kan forekomme som meget lavaktivt (NORM), lavaktivt eller mellemaktivt affald. Kategorierne afspejler derfor ikke en iboende egenskab ved nukliderne, men en risiko- og kontekstafhængig vurdering for den pågældende affaldsmængde.

⁷¹ *Betingelser for Drift og Afvikling for Dansk Dekommissionering, BfDA, 2. udgave, 24. februar 2022.*

Klassificeringen påvirkes desuden af ændringer i volumen og masse, selv når den samlede aktivitet er uændret. Et eksempel er ^{241}Am -kilder fra røgdetektorer. En typisk husholdningsdetektor indeholder ca. $0,3 \mu\text{g } ^{241}\text{Am}$ ($\approx 37 \text{ kBq}$) indstøbt i en metalkapsel på 50–200 mg. Når kapslerne adskilles fra plastdetektorerne som led i affaldsminimering, reduceres volumen og massen, mens aktivitetskoncentrationen stiger til ca. $2 \cdot 10^5$ – $7 \cdot 10^5 \text{ Bq/g}$, som er over den angivne grænse mellem lav- og mellemaktivt affald. En tønde med disse kapsler bør derfor klassificeres som mellemaktivt affald, selv om den samlede aktivitet er den samme som før adskillelsen. Eksemplet understreger, at klassificeringen afhænger af affaldets koncentration og opblanding med andre materialer, og at affaldsminimering kan føre til en "højere" affaldskategori uden at ændre det samlede indhold af nuklider.

Ved vurdering af relevante deponeringsløsninger bør der også indgå en vurdering af volumenet inden for de enkelte affaldsklasser. Begrænsede affaldsmængder kan i visse tilfælde håndteres indenfor samme deponeringsløsning som andre affaldsklasser, hvis dette er understøttet af de tekniske løsninger og de tilhørende sikkerhedsvurderinger. En sådan tilgang forudsætter, at depotets design, tekniske og geologiske barrierer samt den samlede sikkerhedsvurdering dokumenterer, at kravene til langtidssikkerhed kan opfyldes.

Eksemplerne ovenfor illustrerer, at klassificeringen bør anvendes som et værktøj til at strukturere og beskrive affaldet, mens valg af depotløsning også baseres på karakterisering, sikkerhedsvurderinger og de konkrete forhold for den pågældende deponeringsløsning.

2.2 Dansk Dekommissionerings kategorisering og praksis

Som beskrevet i bilag B.2, afsnit 2.1, anvender DD et internt operationelt farvekodesystem til styring af affaldets behandlings- og måleforløb og affaldets status i de interne arbejdsgange. Procesforløb og anvendelse af farvekodene er beskrevet nærmere i Bilag B.2. Derudover er beskrevet et radiologisk sorteringssystem til håndtering og karakterisering af rødt affald under dekommissioneringen.

Operationelle farvekategorier - Radiologisk underinddeling af rødt affald

Rødt affald kan i praksis beskrives ved hjælp af en række interne radiologiske kategorier baseret på affaldets forventede nuklidsammensætning:

- Kortlivet affald ($T_{1/2} < 30,5 \text{ år}$)
- Kortlivet affald med **begrænset** indhold af langlivede beta-emittere
- Kortlivet affald med **betydeligt** indhold af langlivede beta-emittere
- Kortlivet affald med **betydeligt** indhold af langlivede alfa- og beta-emittere
- Affald med **begrænset** forekomst af naturlige alfa-emittere

Kategoriseringen bygger på aktivitetsmålinger kombineret med viden om affaldets oprindelse og historik. Der er ikke tale om et formaliseret klassifikationssystem med kvantitative aktivitetsgrænser eller ensartet registreringspraksis. Vurderingen af, om indholdet af bestemte radionuklider er "begrænset" eller "betydeligt", beror i vid udstrækning på faglige skøn. Der foreligger ikke samlede opgørelser af affaldsbeholdningen baseret på denne metode. Kategoriseringen er udviklet til dekommissionering, affaldshåndtering og lagring, hvor fokus er på affaldets aktuelle strålingsforhold og forhold af betydning for sikker håndtering og opbevaring. Den er ikke udformet som et teknisk klassifikationssystem til brug for depotklassifikation eller sikkerhedsvurderinger af en fremtidig deponeringsløsning.

2.3 Klassificering som metodisk grundlag for den videre depotplanlægning

De foregående afsnit har vist, at internationale klassifikationssystemer primært fungerer som overordnede rammer, der i praksis tilpasses nationale affaldsbeholdninger og deponeringsstrategier. For Danmark rejser dette spørgsmålet om, hvordan klassificering kan anvendes som et praktisk redskab i udviklingen af den langsigtede løsning for radioaktivt affald.

Med UFM's cirkulære om DD⁷² fra 2022 blev DD's opgaver udvidet fra primært at omfatte dekommissionering af de nukleare anlæg til også at omfatte bidrag til forberedelse af en langsigtet løsning for radioaktivt affald. Samtidig fastlægger folketingsbeslutning B 90 de overordnede politiske rammer for håndteringen af den samlede danske affaldsbeholdning.

Den eksisterende beskrivelse af affaldsbeholdningen er udviklet med henblik på drift, dekommissionering, affaldshåndtering, affaldsminimering og lagring. I sagsforløbet vedrørende fremtiden for det radioaktive affald har affaldet derfor ofte været beskrevet ved administrative betegnelser som *lavaktivt affald*, *mellemaktivt affald* og *særligt affald*. Disse kategorier har været anvendelige til overordnede beskrivelser af affaldsbeholdningen, men er ikke knyttet til entydige aktivitetsgrænser, nuklidsammensætninger eller konkrete krav til deponering. Der er således behov for en klassifikationsmetode, som systematisk kan koble den danske affaldsbeholdning til internationale klassifikationsprincipper og den videre depotplanlægning.⁷³

Som led i arbejdet med den nationale affaldsbeholdning og Danmarks internationale rapporteringsforpligtelser har SIS og DD siden 2022 haft en løbende dialog om affaldsbeholdningsdata, klassificering, karakterisering og datakvalitet. Dialogen har blandt andet vist, at datagrundlaget varierer på tværs af affaldsbeholdningen, men også at der allerede foreligger et tilstrækkeligt grundlag til at påbegynde en systematisk klassificering af affaldet.

En mulig tilgang er at anvende eksisterende målinger, historisk dokumentation, proceskendskab og dokumenterede konservative antagelser til en indledende inddeling af affaldsbeholdningen i overordnede affaldsklasser baseret på internationale klassifikationsprincipper. Formålet er ikke at fastlægge den endelige håndtering af de enkelte affaldsenheder, men at skabe et samlet overblik over affaldsbeholdningens sammensætning.

Denne indledende klassificering kan betragtes som en grovinddeling af affaldet i et antal overordnede kategorier eller "kasser". Tanken er ikke, at alle forhold skal være fuldt belyst, før arbejdet kan påbegyndes, men at placere affaldet i de mest sandsynlige affaldskategorier på baggrund af den bedst tilgængelige viden og samtidig dokumentere de usikkerheder og antagelser, som klassificeringen bygger på.

En sådan første inddeling kan belyse, hvordan den danske affaldsbeholdning fordeler sig mellem de internationale affaldsklasser. Det kan f.eks. afklare, om en væsentlig del af beholdningen kan henføres til kategorier som meget lavaktivt affald (VLLW), eller om der forekommer affaldsstrømme, som kræver mere specialiserede løsninger. Hvis en betydelig del af affaldet samtidig er domineret af kortlevede nuklider, kan klassificeringen pege på, at henfaldslagring bør undersøges nærmere som et muligt element i den danske affaldsstrategi.

Den indledende klassificering kan desuden anvendes til at vurdere, hvordan den danske affaldsbeholdning fordeler sig i forhold til de internationale klassifikationsgrænser, og om disse giver en hensigtsmæssig opdeling af affaldsbeholdningen i en dansk kontekst. Herved etableres et fagligt grundlag for den videre udvikling af en national klassifikationstilgang.

Hvor datagrundlaget er begrænset, vil klassificeringen nødvendigvis bygge på konservative antagelser. Disse kan efterfølgende afprøves og justeres gennem målrettet karakterisering, historiske undersøgelser, prøvetagning og nuklidspecifikke målinger. På den måde kan usikkerheder gradvist reduceres, og klassificeringen forbedres.

Klassificeringen kan anvendes til at belyse sammenhængen mellem affaldsbeholdningen og mulige depotkoncepter. Hvis bestemte affaldskategorier kun forekommer i begrænsede mængder, kan det eksempelvis være relevant at vurdere, om de kan håndteres inden for samme overordnede depotløsning som andre dele af affaldsbeholdningen. Omvendt kan større affaldsmængder eller særlige nuklidinventarer pege på behovet for særskilte løsninger. Der eksisterer imidlertid ikke en direkte kobling mellem klassificering og depotvalg. Klassificering bør derfor

⁷² CIR1H nr 9261 af 11/03/2022

⁷³ IDOM & BGE Technology, *Study on Radioactive Waste Classification Schemes in the European Union*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. Tilgængelig på: <https://op.europa.eu/bg/publication-detail/-/publication/a3fa58a2-dcce-11ed-a05c-01aa75ed71a1>

betragtes som et planlægnings- og analyseværktøj, mens den langsigtede sikkerhed dokumenteres gennem safety casen, hvor affaldets konkrete egenskaber og samspillet med depotets tekniske og geologiske barrierer vurderes samlet (jf. bilag E.2). Klassificering udgør dermed et vigtigt første trin i en iterativ proces frem mod valg og dokumentation af en langsigtet løsning for det danske radioaktive affald.

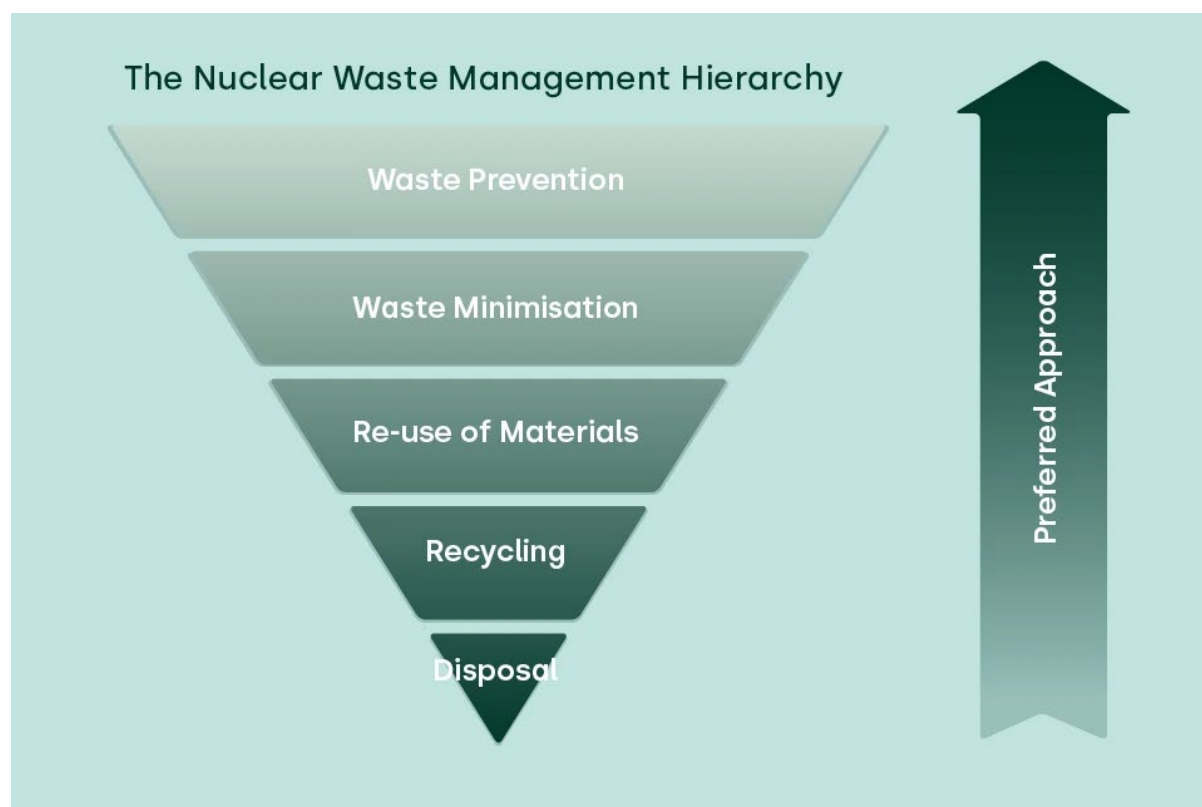
Teknisk bilag B.4. Affaldsminimering og internationale løsninger

1. Internationale løsninger som en del af affaldsstrategien

Udviklingen af langsigtede løsninger for radioaktivt affald tager udgangspunkt i affaldets egenskaber og i princippet om affaldsminimering. Formålet er at reducere mængden af affald, der kræver deponering, og samtidig sikre, at hver affaldsstrøm håndteres ved den løsning, der er teknisk, sikkerhedsmæssigt og samfundsøkonomisk mest hensigtsmæssig.

Dette afspejles blandt andet i de affaldshierarkier, som anvendes internationalt ved håndtering af radioaktivt affald. Før affald deponeres, vurderes mulighederne for blandt andet frigivelse fra myndighedskontrol, genbrug, genanvendelse, behandling, volumenreduktion, henfaldslagring og andre former for nyttiggørelse. Deponering betragtes dermed som det sidste trin i affaldshåndteringen for det affald, der ikke kan håndteres på anden måde (Figur B4.1).

Affaldsminimering er samtidig et centralt princip i dansk praksis. Dette afspejles blandt andet i DD's cirkulære, hvor DD skal bidrage til udviklingen af principper for frembringelse, minimering, håndtering og genanvendelse af radioaktivt affald.



Figur B4.1. Affaldshierarkiet for radioaktivt affald. ⁷⁴

Klassificering af affaldsbeholdningen udgør det centrale redskab i denne proces. Først når affaldets radiologiske, kemiske og fysiske egenskaber er karakteriseret og klassificeret, kan det vurderes, hvilke håndteringsveje der er relevante for de enkelte affaldsstrømme. Nogle affaldstyper kan potentielt frigives, genanvendes eller

⁷⁴ [Treatment and packaging - Nuclear Waste Services](#)

henfaldslagres, mens andre kan være egnede til deponering i anlæg med lavere sikkerhedsklasse. Kun en mindre del af affaldsbeholdningen kan forventes at kræve de mest komplekse og langsigtede deponeringsløsninger.

Internationale løsninger udgør én af de mulige håndteringsveje, som kan bringes i spil på baggrund af affaldets klassificering. På samme måde som klassificeringen kan pege mod forskellige nationale depotløsninger, kan den også pege mod internationale løsninger for bestemte affaldsfraktioner.

Dette perspektiv har indgået i de danske politiske overvejelser gennem længere tid. I forbindelse med Folketingets behandling af B 48 om afviklingen af de nukleare anlæg på Risø blev der igangsat et arbejde med at etablere grundlaget for den langsigtede håndtering af det radioaktive affald. I det efterfølgende *Beslutningsgrundlag for et dansk slutdepot for lav- og mellemaktivt affald* (2006) anføres det, at *"B 48 har som forudsætning, at det danske lav- og mellemaktive radioaktive affald som udgangspunkt slutdeponeres i Danmark."*⁷⁵

Samtidig blev internationale løsninger ikke udelukket. I forbindelse med B 48 blev det lagt til grund, at der ikke forelå juridiske hindringer for internationale løsninger, herunder eksport gennem bilaterale aftaler eller deltagelse i fælles eller regionale deponeringsløsninger. For det særlige affald blev mulighederne for internationale løsninger derfor fastholdt som en del af de videre undersøgelser. Baggrunden var blandt andet affaldets indhold af langlivede radionuklider og de særlige forhold, som disse affaldsstrømme kan medføre i forbindelse med lagring og deponering. Mulighederne for internationale løsninger skulle derfor fortsat undersøges, før der træffes beslutning om en endelig langsigtet løsning.

Denne tilgang blev videreført i Folketingsbeslutning B 90 (2018), hvor regeringen både besluttede at forberede et dybt geologisk slutdepot for langlivet radioaktivt affald i Danmark og samtidig fortsætte sonderingerne af internationale løsninger for det særlige affald, herunder gennem bilaterale aftaler eller deltagelse i fælles internationale depotprogrammer. B 90 bygger dermed på et dobbelt spor: Danmark skal på den ene side udvikle grundlaget for nationale deponeringsløsninger. På den anden side skal mulighederne for internationale løsninger fortsat undersøges, herunder eksport gennem bilaterale aftaler eller deltagelse i fælles internationale eller europæiske depotprogrammer.

Internationalt samarbejde bør derfor ses som en integreret del af den samlede affaldsstrategi. Uanset om affaldet i sidste ende håndteres nationalt eller internationalt, er de grundlæggende forudsætninger de samme: Affaldet skal være karakteriseret, klassificeret og dokumenteret på et niveau, der gør det muligt at vurdere sikkerhed, deponerbarhed og tekniske løsningsmuligheder. Vejen mod både nationale og internationale løsninger begynder derfor med forståelsen af affaldsbeholdningen.

2. Internationale rammer for internationale løsninger

Internationale løsninger for radioaktivt affald er reguleret gennem internationale konventioner og EU-regulering. Disse rammer er udviklet for at sikre, at radioaktivt affald håndteres forsvarligt, uanset om håndteringen sker i oprindelseslandet eller gennem internationale samarbejder. Et grundlæggende princip er, at det land, hvor affaldet er frembragt, har ansvaret for at sikre en forsvarlig og langsigtet løsning for affaldet. Internationale løsninger kan således betragtes som en mulig måde at opfylde dette ansvar på, men ikke som en mulighed for at fraskrive sig ansvaret.

2.1 Joint Convention: Affald bør som udgangspunkt håndteres i oprindelseslandet

Det grundlæggende internationale princip fremgår af IAEA's *Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management*⁷⁶. I konventionen anføres:

⁷⁵ Indenrigs- og Sundhedsministeriet, *Forslag til beslutningsgrundlag for et dansk slutdepot for lav- og mellemaktivt affald*, december 2006.

⁷⁶ [INFCIRC/546 - Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management](#)

"radioactive waste should, as far as is compatible with the safety of the management of such material, be disposed of in the State in which it was generated, whilst recognizing that, in certain circumstances, safe and efficient management of spent fuel and radioactive waste might be fostered through agreements among Contracting Parties to use facilities in one of them for the benefit of the other Parties, particularly where waste originates from joint projects."

Joint Convention etablerer dermed det grundlæggende princip om, at radioaktivt affald som udgangspunkt bør håndteres og deponeres i det land, hvor det er frembragt. Samtidig anerkender konventionen, at der kan være situationer, hvor sikker og effektiv håndtering kan fremmes gennem samarbejde mellem stater og anvendelse af faciliteter i et andet land.

Konventionen udelukker således ikke internationale løsninger, men placerer dem som undtagelser til hovedreglen om national håndtering. Udgangspunktet er fortsat, at hvert land har ansvaret for at etablere de nødvendige rammer for sikker håndtering af sit radioaktive affald.

2.2 Euratom-direktivet: De juridiske rammer for internationale løsninger

Principperne fra Joint Convention er videreført i Rådets direktiv 2011/70/Euratom⁷⁷, som udgør det centrale europæiske regelgrundlag for ansvarlig og sikker håndtering af radioaktivt affald og brugt nukleart brændsel.

Direktivet fastholder princippet om nationalt ansvar, men beskriver samtidig de betingelser, hvorunder internationale løsninger kan etableres:

"Radioactive waste shall be disposed of in the Member State in which it was generated, unless at the time of shipment an agreement, taking into account the criteria established by the Commission in accordance with Article 16(2) of Directive 2006/117/Euratom, has entered into force between the Member State concerned and another Member State or a third country to use a disposal facility in one of them."

Direktivet fastslår således, at radioaktivt affald som udgangspunkt skal deponeres i det land, hvor det er frembragt. Samtidig åbnes der mulighed for deponering i et andet land gennem bilaterale eller multilaterale aftaler mellem de involverede stater.

Internationale løsninger er derfor juridisk mulige inden for EU-regelværket, men de forudsætter blandt andet, at der foreligger de nødvendige aftaler, at det modtagende land råder over passende faciliteter, og at løsningen opfylder de gældende sikkerhedskrav. Muligheden for eksport fritager samtidig ikke medlemsstaterne for ansvaret for deres nationale program eller for at kunne dokumentere en langsigtet strategi for håndtering af affaldet.

2.3 IAEA's perspektiv på multinationale løsninger

Hvor Joint Convention og Euratom-direktivet primært beskriver de regulatoriske rammer, har IAEA gennem en række analyseret potentialet i multinationale og regionale depotløsninger. Baggrunden er blandt andet, at nogle lande har affaldsbeholdninger, som ikke nødvendigvis kan begrunde etableringen af et nationalt depotprogram. IAEA peger således på, at der findes lande, *"whose radioactive waste volumes do not easily justify a national repository, and/or countries that do not have the resources or favourable natural conditions for waste disposal to dedicate to a national repository project or would prefer to collaborate in shared initiatives because of their economic advantages"*, og som derfor kan have interesse i fælles løsninger.⁷⁸

IAEA fremhæver, at multinationale løsninger kan give adgang til fælles ekspertise, stordriftsfordele og mere robuste deponeringsprogrammer. Samtidig understreges det, at sådanne løsninger ikke bør erstatte national planlægning. IAEA anbefaler i stedet en såkaldt *"dual track strategy"*, hvor lande både udvikler nationale planer for deponering

⁷⁷ Rådets direktiv 2011/70/Euratom af 19. juli 2011 om fastsættelse af en fællesskabsramme for ansvarlig og sikker håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald

⁷⁸ IAEA-TECDOC-1413

og undersøger mulighederne for internationale samarbejder.⁷⁹ IAEA peger samtidig på, at multinationale løsninger er forbundet med væsentlige udfordringer. Disse omfatter blandt andet aftaler om ansvar, finansiering, regulatoriske forhold, transport, sikkerhed og offentlig accept.

IAEA's analyser peger således på, at internationale løsninger kan være særligt relevante for lande med relativt små affaldsbeholdninger, men at sådanne løsninger samtidig forudsætter et solidt nationalt beslutningsgrundlag.

3. Internationale løsningsmodeller

Internationale løsninger for radioaktivt affald kan antage flere former afhængigt af affaldets karakteristika, de involverede landes affaldsprogrammer og de regulatoriske rammer. Modellerne spænder fra tilbagelevering af specifikke materialer til producent- eller oprindelseslande over bilaterale aftaler mellem stater til egentlige fælles internationale deponeringsløsninger.

3.1 Returordninger, producentansvar, nyttiggørelse og behandling

En af de mest anvendte internationale løsninger er tilbagelevering af radioaktive materialer til producenten eller til det land, hvor materialet oprindeligt blev produceret, bestrålet eller leveret fra. Sådanne ordninger anvendes blandt andet for forskningsreaktorbrændsel, radioaktive kilder og andre specialiserede materialer, hvor der eksisterer etablerede returordninger og håndteringsfaciliteter.

Danmark har tidligere anvendt denne type løsning i forbindelse med det brugte brændsel fra DR3-reaktoren. USA havde gennem en international tilbagekøbsordning forpligtet sig til at modtage brugt brændsel fra forskningsreaktorer, der anvendte uran af amerikansk oprindelse (*US origin fuel*). Ordningen var en del af USA's internationale ikke-spredningspolitik og havde til formål at forhindre spredning af fissile materialer og reducere risikoen for ikke-fredelig anvendelse af brugt forsøgsreaktorbrændsel. For Danmarks vedkommende omfattede aftalen det brugte brændsel fra DR3-reaktoren. DR3 blev taget permanent ud af drift i 2000, og det brugte brændsel blev returneret til USA i 2002. Dermed blev denne affaldsstrøm fjernet fra den danske affaldsbeholdning og indgår ikke i de nuværende overvejelser om langsigtet dansk deponering.

Returordninger kan være attraktive, fordi de giver adgang til eksisterende kompetencer og anlæg uden behov for etablering af nationale løsninger. Modellen er imidlertid begrænset til specifikke materialer og eksisterende aftaler og kan derfor ikke betragtes som en generel løsning på et lands samlede affaldsbeholdning.

Internationale kan også omfatte muligheder for nyttiggørelse af radioaktive materialer. Danmark har blandt andet været i dialog med udenlandske aktører om mulighederne for anvendelse af radiumholdige materialer til forsknings- og behandlingsformål. Sådanne løsninger følger principperne i affaldshierarkiet ved at undersøge mulighederne for anvendelse eller genanvendelse, før materialet betragtes som affald og deponeres. Mulighederne afhænger imidlertid af materialets egenskaber samt regulatoriske og kommercielle forhold.

Desuden arbejder DD allerede i dag med behandling af affald i udlandet. F.eks. sendes brændbart affald og væsker til afbrænding og DD modtager den faste rest efter afbrænding retur. DD har et igangværende projekt vedr. udvidelse af disse aktiviteter, da væsker ikke vil kunne mellemlagres på det nye lager under etablering eller senere deponeres.

3.2 Bilaterale løsninger

En anden mulighed er håndtering eller deponering af radioaktivt affald på grundlag af en bilateral aftale mellem to stater. En sådan model indebærer, at et land accepterer at modtage affald fra et andet land til behandling, lagring eller deponering. For lande med relativt små affaldsbeholdninger kan dette give adgang til eksisterende anlæg, kompetencer og infrastruktur uden etablering af tilsvarende nationale faciliteter.

⁷⁹ Framework and Challenges for Initiating Multinational Cooperation for the Development of a Radioactive Waste Repository | IAEA

Selvom både Joint Convention og Euratom-direktivet giver mulighed for sådanne løsninger, findes der kun få eksempler på, at et land har accepteret permanent deponering af et andet lands radioaktive affald. Dette skyldes blandt andet krav til ansvar, finansiering, myndighedstilsyn og langsigtet sikkerhed samt behovet for politisk og samfundsmæssig accept i værtslandet. Bilaterale løsninger vurderes derfor primært at være relevante for afgrænsede affaldsstrømme eller særlige affaldstyper, hvor der kan opnås en gensidig fordel for de involverede parter.

3.3 Multinationale depotløsninger

Multinationale depotløsninger bygger på, at flere lande i fællesskab udvikler, finansierer og anvender et deponeringsanlæg til radioaktivt affald. Konceptet er særligt relevant for lande med relativt små affaldsbeholdninger, hvor omkostningerne og de organisatoriske krav ved etablering af et nationalt depot kan være betydelige. IAEA har i denne sammenhæng peget på, at der findes lande, hvor en begrænset affaldsbeholdning ikke nødvendigvis kan begrunde etableringen af et selvstændigt nationalt depotprogram.

Fordelen ved multinationale løsninger er muligheden for at samle affaldsbeholdninger, kompetencer og ressourcer på tværs af lande og dermed etablere mere robuste tekniske og organisatoriske rammer for deponering.⁸⁰ Samtidig fremhæver IAEA, at sådanne løsninger er forbundet med betydelige udfordringer.⁸¹ Der skal blandt andet etableres aftaler om værtsland, ansvar, finansiering, myndighedsforhold og langsigtet institutionel kontrol, ligesom politisk og samfundsmæssig accept er en afgørende forudsætning. IAEA anbefaler derfor en *dual track strategy*, hvor lande fortsat udvikler nationale planer for håndtering og deponering af affald, samtidig med at mulighederne for internationale samarbejder undersøges.

Det mest fremtrædende europæiske initiativ på området er *European Repository Development Organisation Working Group* (ERDO-WG). ERDO⁸² blev etableret med henblik på at undersøge mulighederne for fælles europæiske løsninger for lande med små eller mellemstore affaldsbeholdninger. Arbejdet har blandt andet omfattet analyser af governance-modeller, finansieringsprincipper, sikkerhedsvurderinger, organisationsformer og regulatoriske forhold for et fælles depot. Danmark har gennem DD deltaget i dette arbejde siden 2012 som led i de danske sonderinger af internationale løsninger.

Interessen for fælles europæiske løsninger er blevet yderligere styrket gennem etableringen af *Forum on Joint Approaches to Radioactive Waste Management* (FoJARM) i 2026. Forummet samler medlemsstaterne om en politisk dialog om de juridiske, organisatoriske og finansielle rammer for fælles løsninger inden for håndtering og deponering af radioaktivt affald. Der arbejdes blandt andet med regulatoriske barrierer, samarbejdsmodeller og forudsætninger for bi- og multilaterale løsninger. Forummets etablering afspejler en bred europæisk interesse i at undersøge mulighederne for øget samarbejde på området.

Trods denne udvikling er der fortsat ikke etableret et konkret multinationalt depotprojekt eller udpeget et værtsland i Europa. De aktuelle europæiske initiativer er primært rettet mod at skabe de politiske, juridiske og organisatoriske rammer, som på længere sigt kan gøre fælles løsninger mulige.

4. Internationale løsninger i et dansk perspektiv

Internationale løsninger er ikke nødvendigvis relevante for alle affaldskategorier. For de lavere affaldskategorier, herunder meget lavaktivt affald (VLLW) og dele af det kortlivede lavaktive affald, er nationale løsninger formentlig mest relevante, da disse affaldstyper ofte omfatter store volumener med lave aktivitetsniveauer. Transport over lange afstande kan derfor have betydning for de samlede omkostninger og den praktiske håndtering.

Internationale løsninger kan være relevante for affald med højt indhold af langlivede radionuklider eller for affaldsstrømme med særlig langsigtet risiko, som kræver særlige deponeringskoncepter. Dette kan fx omfatte dele af det

⁸⁰ [IAEA-TECDOC-1413](#)

⁸¹ [Framework and Challenges for Initiating Multinational Cooperation for the Development of a Radioactive Waste Repository | IAEA](#)

⁸² [Home - ERDO Association for Multinational Radioactive Waste Solutions](#)

affald, der i dansk sammenhæng har været omtalt som ”særligt affald”. Hvis internationale løsninger bliver tilgængelige, vil en vurdering skulle omfatte tekniske, sikkerhedsmæssige, miljømæssige, juridiske og økonomiske forhold. Samtidig vil Danmark fortsat have behov for løsninger til håndtering og deponering af øvrige eksisterende og fremtidige affaldsstrømme.

De økonomiske konsekvenser af internationale løsninger vil blandt andet afhænge af, i hvilket omfang sådanne løsninger kan erstatte eller reducere behovet for nationale anlæg. Internationale løsninger har indgået som en del af den danske affaldsstrategi siden beslutningen om afvikling af de nukleare anlæg på Risø og indgår fortsat i det dobbeltspor, der blev videreført i B 90. Danmark kan imidlertid ikke basere sin videre planlægning og langsigtede strategi på en forudsætning om, at en international løsning bliver tilgængelig og det tager B 90 højde for. Jf. B 90 skal planlægning af etablering af nationale løsninger igangsætte og senest på projekteringstidspunktet skal det besluttes om danske anlæg helt eller delvist kan erstattes af internationale løsninger. Internationale løsninger må derfor betragtes som et muligt supplement til nationale løsninger og vurderes i takt med udviklingen af internationale samarbejder.

Uanset om den langsigtede løsning bliver national eller i kombination med internationale løsninger, er den grundlæggende forudsætning den samme: Affaldet skal være karakteriseret, klassificeret og dokumenteret på et niveau, der gør det muligt at vurdere sikkerhed, deponerbarhed og tekniske løsningsmuligheder.

Klassificering af affaldsbeholdningen udgør dermed bindeleddet mellem affaldets egenskaber og de mulige håndterings- og deponeringsveje og er en forudsætning for både nationale og internationale beslutninger om Danmarks fremtidige håndtering af radioaktivt affald. Klassificeringen bør derfor udvikles, så den understøtter vurdering af både nationale deponeringsløsninger, henfaldslagring og eventuelle fremtidige internationale løsninger samt de dokumentations- og acceptkriterier, der kan være knyttet til disse.

Projektgrundlag

Slutdepot - Langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald

TEKNISK BILAG C

Depotsystemer, anlæg og faciliteter

FORELØBIGT UDKAST



Indhold

Læsevejledning og hovedpointer	2
Teknisk bilag C.1. Depotsystemer	3
Teknisk Bilag C.2. Anlæg og faciliteter	31

Læsevejledning og hovedpointer

Bilag C.1-C.2 beskriver de anlæg, faciliteter og depotsystemer, som kan indgå i en fremtidig dansk løsning for radioaktivt affald. Bilagene bygger på affaldsbeholdningen, karakteriseringen og klassifikationen beskrevet i bilag B og behandler, hvordan disse omsættes til konkrete anlægskoncepter, depotsystemer og tekniske barrierer.

- **Bilag C.1** beskriver sammenhængen mellem affaldsbeholdningen, depotkoncepter, tekniske barrierer og lokaliteter samt gennemgår de rammer, der blev fastlagt med folketingsbeslutning B 90. Der redegøres desuden for den videre proces fra de overordnede politiske rammer til udvikling af en egentlig depotstrategi baseret på affaldets egenskaber og en nærmere karakterisering af affaldsbeholdningen.
- **Bilag C.2** beskriver de anlæg og faciliteter, som kan være nødvendige i den samlede affaldshåndteringskæde, herunder modtagelse, karakterisering, behandling, lagring, frigivelse og deponering af radioaktivt affald.

Bilagene peger samlet på følgende centrale forhold:

1. **Affaldet bestemmer løsningen.** Der findes ikke én universel deponeringsløsning for alle typer radioaktivt affald. Anlæg og depotsystemer skal tilpasses affaldets egenskaber, aktivitetsniveau og langsigtede risikoprofil.
2. **System frem for enkeltanlæg.** Fremtidige danske løsninger bør betragtes som et sammenhængende system af anlæg og faciliteter snarere end som et enkelt depotanlæg, og det vil formentlig være relevant at vælge en løsning med flere depottyper.
3. **Forskellige funktioner kræver forskellige løsninger.** Affaldshåndtering, behandling, lagring, frigivelse og deponering udgør forskellige funktioner med forskellige formål, sikkerhedskrav og tidshorisonter og bør derfor udvikles og vurderes hver for sig.
4. **Affald, depot og lokalitet udvikles sammen.** Valg af depotkoncepter skal ske i tæt samspil med affaldsklassificering -karakterisering, sikkerhedsvurderingerne og de geologiske forhold. Depotkoncepter, anlægsdesign, affaldsacceptkriterier og myndighedskrav er gensidigt afhængige og skal udvikles parallelt.
5. **Proportionalitet og fleksibilitet.** Anlæg og faciliteter bør udvikles efter princippet om proportionalitet mellem risiko og indsats, så krav og løsninger afpasses de konkrete affaldstyper. Lagringsfaciliteter kan samtidig skabe mulighed for karakterisering, forskning, teknologiudvikling og forberedelse til fremtidig deponering.
6. **Sikkerhed som styrende princip.** Tekniske og naturlige barrierer skal udvikles som integrerede dele af depotsystemet og dokumentere sikkerhed på både kort og lang sigt. Valg af anlæg og depotsystemer skal udvikles ud fra en sikkerhedsstrategi og safety case, som dokumenterer sikkerheden gennem hele anlæggets livscyklus.
7. **Behov for et samlet depotprojekt.** Danmark mangler fortsat et samlet projektgrundlag, der kobler affaldsbeholdning, anlægsbehov, depotkoncepter, sikkerhedsvurderinger, tidsplaner og implementering i ét sammenhængende depotprojekt.

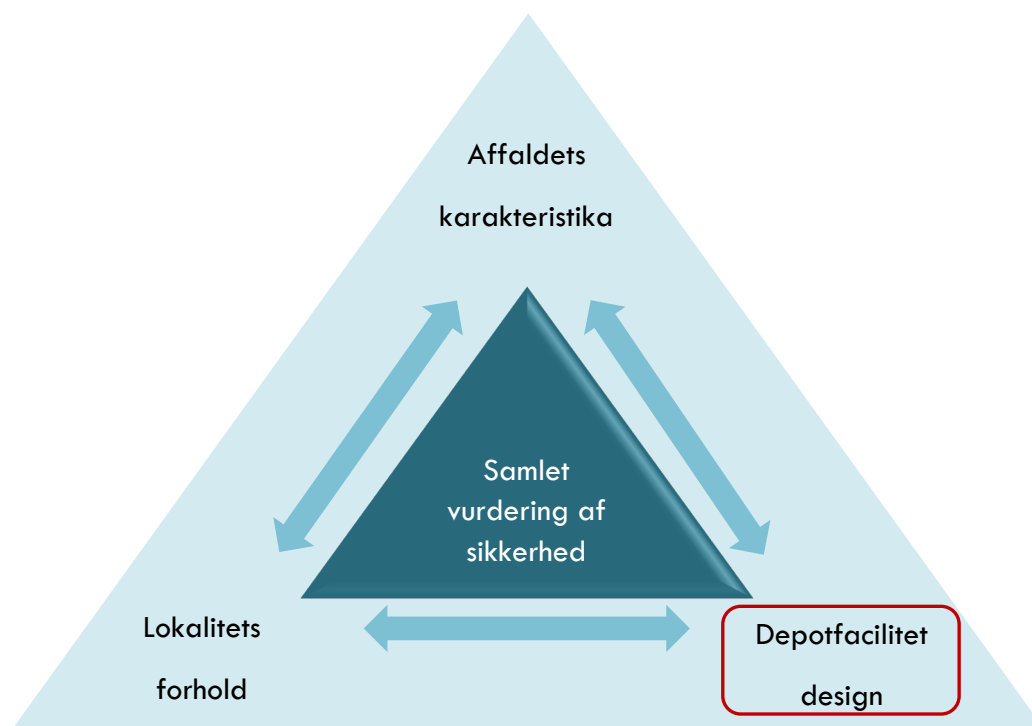
Samlet viser bilagene, at udviklingen af et dansk depotsystem ikke alene handler om valg af et fremtidigt depot, men om etablering af en sammenhængende systemløsning bestående af anlæg, faciliteter og depotsystemer, der tilsammen kan sikre sikker og ansvarlig håndtering af både eksisterende og fremtidigt radioaktivt affald. Denne systemløsning udgør bindeleddet mellem affaldsbeholdningen beskrevet i bilag B- *Radioaktivt affald i Danmark og de lokalitets- og sikkerhedsvurderinger*, der behandles i bilag D *Lokalisering* og E *Krav til nukleare anlæg og radioaktivt affald (sikkerhed, sikring og safeguard)*, og er samtidig en forudsætning for at realisere de langsigtede mål for håndtering og deponering af Danmarks radioaktive affald.

Teknisk bilag C.1. Depotsystemer

I Bilag B beskrives den danske affaldsbeholdning, behovet for klassifikation og karakterisering af affaldet samt de nationale og internationale håndteringsveje, der kan være relevante for forskellige affaldsstrømme. For det affald, der skal håndteres, opstår herefter spørgsmålet om, hvilke anlæg, faciliteter og depotsystemer, der er nødvendige for at sikre en langsigtet og sikker håndtering.

Valg af depotsystem er tæt knyttet til affaldets egenskaber. Affaldets radiologiske, fysiske og kemiske karakteristika er bestemmende for de krav, der stilles til anlæggenes udformning, de tekniske barrierer og den samlede sikkerhedsstrategi. Affaldets klassifikation og karakterisering udgør derfor et afgørende tekniske grundlag for udvikling og vurdering af relevante depotkoncepter.

Sikkerheden ved et depotsystem opnås gennem et samspil mellem de anlagte barrierer og lokalitetens egenskaber (Figur C1.1). Depotfaciliteten, affaldsbeholderne og øvrige tekniske konstruktioner udgør de konstruerede barrierer, mens geologien og de omgivende geologiske forhold udgør de naturlige barrierer. Sammen skal disse sikre, at mennesker og miljø beskyttes på både kort og lang sigt.



Figur C1.1. Sikkerhed opnås gennem et samspil mellem affaldets egenskaber, de konstruerede barrierer og lokalitetens naturlige barrierer. Dette bilag behandler depotfaciliteters design samt øvrige anlæg, der kan indgå som en del af den samlede langsigtede løsning.

Valg af depotsystem kan derfor ikke vurderes isoleret fra hverken affaldet eller lokaliteten. Dybde, geologiske forhold, grundvandsforhold, transportveje for radionuklider og depotets tekniske udformning indgår alle som centrale parametre i den samlede sikkerhedsvurdering. For dybe geologiske depoter spiller de naturlige geologiske barrierer en særlig rolle, mens overfladenære depotløsninger i højere grad er afhængige af de konstruerede barrierer og kontrollen med overfladenære processer.

Dette bilag giver et overordnet fagligt overblik over depotkoncepter, anlægstyper og støttefaciliteter, der kan indgå i en langsigtet dansk løsning for radioaktivt affald. Affaldets egenskaber er beskrevet i bilag B, lokalitetsforhold behandles i bilag D, og metoder til sikkerhedsvurdering behandles i bilag E. Formålet er at skabe et fælles teknisk grundlag for det videre arbejde med udvikling af depoter og øvrige anlæg til den langsigtede håndtering af Danmarks radioaktive affald.

1. Politiske rammer for den danske langsigtede løsning

En central del af projektet er at identificere og vurdere, hvilke anlæg og faciliteter, der er nødvendige for at håndtere dansk radioaktivt affald på lang sigt. Dette arbejde skal ske inden for de politisk fastsatte mål og overordnede rammer, som Folketinget har fastlagt for den fremtidige løsning.

De overordnede politiske rammer fremgår af folketingsbeslutning B 90 fra 2018.¹ Beslutningen markerer en afslutning på tidligere overvejelser om midlertidig opbevaring og udskydelse af beslutning om depot. Med B 90 er etablering af en langsigtet national løsning for radioaktivt affald, der omfatter deponering, initieret. Med B 90 skabes klarhed om de overordnede politiske mål for affaldets fremtidige håndtering der skal sikre, at Danmark lever op til sine internationale forpligtelser vedrørende håndtering, opbevaring og deponering af radioaktivt affald.

1.1 Rammer i Folketingsbeslutning B 90 fra 2018

Overordnet fastslås det i B 90, at den langsigtede løsning:

”skal skabe klarhed om håndteringen af det radioaktive affald i Danmark i fremtiden og give sikkerhed for, at affaldet bliver behandlet i overensstemmelse med internationale forpligtelser” [...] ”i forhold til håndtering, opbevaring og slutdeponering af radioaktivt affald”.

Løsningen skal omfatte:

”alle affaldstyper i den danske affaldssammensætning”

Dermed omfatter beslutningen ikke alene det eksisterende affald fra Risø-anlæggene, men også tidligere og fremtidige affaldsstrømme fra det danske samfund. B 90 anlægger således et bredere perspektiv, hvor den fremtidige løsning skal fungere som en langsigtet national infrastruktur for det Danske radioaktive affald.

Om NORM-affald, fremgår det at:

”Et slutdepot kan overvejes også at skulle kunne modtage NORM affald, som på nuværende tidspunkt oplagres af affaldets ejere, indtil deponering kan finde sted.”

Beslutningen understreger desuden, at der skal tages højde for fremtidige behov og ændringer i affaldsmængderne. Det fremgår således, at der skal:

”tages højde for et eventuelt behov for fremtidig udvidelse af anlægget ved forslag om erhvervelse af ekstra areal til nye depotafsnit.”

Ligeledes fremgår det, at der også på lang sigt vil være behov for en national modtagefunktion:

¹ Uddannelses- og Forskningsministeriet, *Forslag til folketingsbeslutning om en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald* (Fremsat af uddannelses- og forskningsminister Søren Pind den 14. marts 2018), Folketinget, 2018. Link: [20171_B_90_som_fremsat.pdf](#)

”med henblik på modtagelse og deponering af fremtidigt radioaktivt affald fra brugere af radioaktive stoffer (hospitaller, forskningslaboratorier og industri).”

B 90 fastlægger samtidig en række strategiske principper for udviklingen af den fremtidige løsning. Løsningen skal være langsigtet, omfatte hele den danske affaldsbeholdning og baseres på et sikkerhedskoncept, der kan fungere uden afhængighed af aktiv menneskelig indsats over meget lange tidshorisonter. Depotet skal dermed ikke alene håndtere det eksisterende affald, men udgøre en varig national infrastruktur til modtagelse, håndtering og deponering af radioaktivt affald.

Et centralt element i B 90 er beslutningen om, at den del af affaldet, der udgør den største langsigtede risiko, skal håndteres gennem dyb geologisk deponering. Som grundlag for dette blev det besluttet at gennemføre undersøgelser af Danmarks geologi ned til 500 meters dybde:

”regeringen iværksætter undersøgelser af Danmarks geologi ned til 500 meters dybde med henblik på lokalisering af et dybt geologisk slutdepot.”

Denne undersøgelse blev gennemført af GEUS og offentliggjort i 2022. Resultaterne indikerer, at der på det foreliggende grundlag findes større områder i Danmark med geologiske forhold, som potentielt er egnede til etablering af et dybt geologisk depot. Der henvises til bilag D.1 for en nærmere gennemgang af emnet lokalisering.

Det politiske mål er, at et dybt depot skal kunne tages i brug senest i 2073:

”På langt sigt foreslår regeringen, at der skal etableres et dybt geologisk slutdepot på dansk grund til ibrugtagning senest i 2073.”

Baggrunden for denne beslutning er blandt andet internationale erfaringer fra lande som Sverige, Finland og Frankrig, hvor dybe geologiske depoter er etableret eller under etablering. Beslutningen afspejler samtidig ønsket om at kunne håndtere affald med langlivede radionuklider gennem passiv sikkerhed over meget lange tidshorisonter uden afhængighed af fremtidig aktiv overvågning og vedligehold.

Samtidig fastlægger B 90, at de mest krævende affaldsfraktioner, herunder det *særlige affald*, skal være dimensionerende for udviklingen af den fremtidige løsning. Om det særlige affald anføres det:

”Det særlige affald [...] vil [...] være definerende for dette arbejde.”

Dette afspejler et grundlæggende sikkerhedsprincip, hvor et depots udformning bestemmes af det affald, der stiller de største krav til isolation, barrierer og langtidssikkerhed. Beslutningen åbner imidlertid også mulighed for separate løsninger for forskellige affaldsfraktioner:

”der [...] tages hensyn til muligheden for separate løsninger for de enkelte affaldsfraktioner.”

Denne formulering afspejler erkendelsen af, at den danske affaldsbeholdning omfatter affald med meget forskellige aktivitetsniveauer, halveringstider, kemiske egenskaber og sikkerhedsmæssige behov. Affald med lav aktivitet og begrænset langsigtet risiko kan derfor potentielt håndteres anderledes end affald med den største langsigtede risiko.

Det fremgår endvidere af B 90, at:

"I forstudierne til slutdepot, [...] er beskrevet løsningsmodeller, hvor en række depotkonstruktioner er kombineret i 18 mulige depottyper. I kombination med de nye geologiske undersøgelser i ned til 500 meters dybde vil disse depottyper være udgangspunkt for arbejdet med et forslag til projektering af et samlet depotanlæg."

Der henvises her til forstudier fra 2011² der blev udarbejdet for DD af COWI. Her blev udført en indledende studie (pre-feasability), der bl.a. gennemgik 18 forskellige depottyper. B 90 angiver altså en bred politisk ramme for mulige løsninger tilpasset de enkelte affaldsfraktioners egenskaber. Rammen omfatter de 18 depottyper suppleret med et krav om en dyb geologisk depotløsning (ned til 500 meter) for det affald, der udgør en særlig langsigtet risiko.

Herunder gennemgås de depottyper fra forstudierne som B 90 henviser til.

1.2 COWI rapport (2011)

Øvrige anlæg og faciliteter

Alle depottyper i COWI's forstudie fra 2011 omfattede følgende anlæg og faciliteter:

- Vagtbygning
- Kontor og mandskabsfaciliteter
- Garage og vedligeholdelsesværksted

Desuden var angivet følgende faciliteter til affaldshåndtering og opbevaring:

- konditioneringsfaciliteter
- lager til midlertidig opbevaring af affaldet inden placering i depotet.

Modtagefaciliteter til fremtidigt affald fra det danske samfund blev med B 90 tilføjet listen af nødvendige anlæg og faciliteter.

Depottyper

De 18 depottyper i COWI's forstudie var variationer af følgende hoveddepotkoncepter:

1. Overfladedepot på terræn
2. Terrænnært depot under terræn ned til 10 meter
3. Mellemdyb depot mellem 10 og 100 meter
 - 3.1. tilgængeligt gennem skakt fra terræn, irreversibel
 - 3.2. tilgængeligt gennem skakt fra terræn, reversibel
 - 3.3. skakt men tilgængeligt inde fra depotet
 - 3.4. kaverne med betjening inde fra depotet
4. Borehul som mellemdyb depot (dvs. dybere end 30 meter) eller dybt geologisk depot

Forstudiets indledende sikkerhedsanalyse for borehul omfattede placering i kalk eller klippe i enten 100 til 150 meters dybde eller 250 til 300 meters dybde. Det var angivet at en borehulsløsning ikke nødvendigvis behøver at være beliggende på samme lokalitet som øvrige faciliteter. Det var desuden angivet, at der kan inkluderes flere borehuller. Dette afhængig af den affaldsmængde der ønskes placeret i borehul og hvilken dybde der deponeres i.

For en gennemgang af ovenstående henvises til rapportens kapitel 4.

² Forstudier til slutdepot for radioaktivt affald. Hovedrapport. Dansk Dekommissionering (COWI A/S i samarbejde med Studsvik AB og Haslev & Kjærsgaard), maj 2011, link: [Microsoft Word - Hovedrapport Dansk Juni 2011.docx](#)

Sammenhængen til de 18 depotyper i COWI's rapport er vanskelig tilgængelig. Derfor redegøres der her for hvordan rapporten når frem til disse. De 18 typer, som der med B 90 henvises til, fremkommer i rapportens kapitel 10 om budget og prisestimer, afsnit 10.3 tabel 10.1. De 18 typer fremkommer ved at alle de mellemdybe depotkoncepter kombineres med forskellige typer afskærende konstruktioner og indre diameter af depotet. For alle 18 typer er et hovedkoncept kombineret med et borehul (se Tabel C1.1).

Tabel C1.1. Depottype kombinationer.

Hoveddepotkoncept		Kombineret med borehul	Antal depotyper
1	Overfladedepot på terræn (ASR)	+ borehul	1 type
2	Terrænnært depot under terræn ned til 10 meter (NSR)	+ borehul	1 type
3.1	Mellemdybt depot mellem 10 og 100 meter tilgængeligt gennem skakt fra terræn, irreversibel	+ borehul	6 undertyper
3.2	Mellemdybt depot mellem 10 og 100 meter tilgængeligt gennem skakt fra terræn, reversibel	+ borehul	6 undertyper
3.3	Mellemdybt depot mellem 10 og 100 meter skakt men tilgængeligt indefra depot	+ borehul	2 undertyper
3.4	Mellemdybt depot mellem 10 og 100 meter caverne med betjening indefra depot	+ borehul	2 undertyper
			I alt 18 depotyper

Uddrag af tabel 10.1 COWI 2011

Depot anlæg type no.	Hoveddepot koncept [1]	Afskærende konstruktion [2]	Indre diame- ter
1	ASR	–	–
2	NSR	Spuns	–
3	MDR, GI [3]	DW	33,8 m
4		DW	26 m
5		DW	18 m
6		SP&SCL	33,8 m
7		SP&SCL	26 m
8		SP&SCL	18 m
9	MDR, GR [3]	DW	33,8 m
10		DW	26 m
11		DW	18 m
12		SP&SCL	33,8 m
13		SP&SCL	26 m
14		SP&SCL	18 m
15	MDR, IR [3], [4]	DW	33,8 m
16		SP&SCL	33,8 m
17	MDR, CA	SP&SCL	–
18		SP&RO	–

Noteforklaring:

[1] ASR: Overfladedepot (above surface repository), NSR: Terrænnært depot (near surface repository), MDR: mellemdybt depot (medium depth repository), GI: Drevet fra terræn-niveau, irreversibelt (operated from ground level, irreversible), GR: Drevet fra terræn-niveau, reversibelt (operated from ground level, reversible), IR: Drevet indefra i depotet (operated from inside, reversible), CA: Kaverne-depot (cavern)

[2] DW: Slidsevæg (diaphragm wall), SP: sekantvæg (secant piles), SCL: sprøjtebetonforing (sprayed concrete lining), RO: klippe (rock)

[3] Etableringsomkostningerne til alle skaktbaserede MDRs er estimeret på antagelser om at bundpladen er placeret dybest muligt, bestemt af den strukturelle kapacitet med den givne indre diameter og tykkelse af ydre vægge. Særligt MDRs med indre diameter på 33,8 m kan placeres mindre dybt, hvilket vil medføre lavere etableringsomkostninger.

[4] MDRs (IR) med diameter på 26 m og 18 m medfører for lille minimumsvolumen og er derfor udeladt i prisestimatet.

[5] Udgifterne til hoveddepotet omfatter udgifter til afskærende konstruktioner og udgravning.

Opsummering af rammerne i B 90

Med B 90 har Folketinget besluttet at etablere en fremtidigt dansk løsning, der omfatter et eller flere depoter på en eller flere lokaliteter. Løsningen omfatter udover selve depot(erne) også en række andre anlæg og funktioner. Beslutningen omfatter et bredt løsningsrum, der tager udgangspunkt i 18 depottyper foreslået i 2011 kombineret med dyb geologisk deponering af de affaldsfraktioner, der udgør den største langsigtede risiko. Løsningen skal tilpasses affaldets egenskaber og kan omfatte forskellige depottyper for forskellige affaldsfraktioner. Anlæggene skal dimensioneres til det forventede affaldsvolumen frem mod 2073 samt en begrænset efterfølgende årlig affaldsmængde fra det danske samfund. Der skal dog også tages højde for en mulig fremtidig udvidelse af depotkapaciteten.

Den endelige sammensætning af depotsystemer og øvrige anlæg vil skulle fastlægges på baggrund af videre analyser og projektets modning. Dette beskrives i de følgende afsnit.

1.3 De næste skridt efter vedtagelse af B 90

Det fremgår af B 90, at der - på grundlag af nye geologiske undersøgelser:

”skal der ske en revurdering af det bestående grundlag for et dansk slutdepot med henblik på, at der bliver iværksat en endelig lokalisering af et dybt geologisk slutdepot”

De forstudier, der blev gennemført forud for B 90, havde karakter af en indledende idéfase og beslutningsoplæg. Her blev formål, behov og rammer gennemgået på et overordnet niveau og der blev gennemført en indledende screening af tekniske muligheder og overordnede rammevilkår. Dette dannede grundlag for fastsættelse af politiske mål og overordnede rammer med B 90.

Ved implementeringen af B 90 er der nu behov for at udvikle grundlaget for projektet gennem integrerede, systematiske og dybdegående analyser. På den baggrund lægges der med projektet op til, at der skal gennemføres en revurdering af det bestående grundlag ved mere udførlige forundersøgelser med henblik på at identificere de bedste mulige, samlede fremtidige løsninger for det danske radioaktive affald, hvor der både indgår vurderinger af teknisk gennemførlighed, sikkerhedsbehov knyttet til de enkelte affaldstyper samt en overordnet økonomisk og praktisk afvejning af hvordan løsningen mest hensigtsmæssigt kan realiseres.

Der foreslås anvendt en kravs- og behovstyret metodetilgang, der kan håndtere integreret og iterativ udvikling (se projektgrundlag). Pre-feasibility-studier kan indgå og have til formål systematisk at vurdere, om et projekt med flere mulige løsningsretninger kan realiseres inden for givne tekniske, sikkerhedsmæssige og økonomiske rammer. Studierne kan omfatte en overordnet karakterisering af projektets formål og afgrænsning samt en analyse af mulige koncepter, centrale risici, miljøpåvirkninger og de væsentligste økonomiske forhold på et aggregeret niveau.

Forundersøgelserne skal dermed bidrage til at etablere et opdateret konsistent og transparent beslutningsgrundlag, hvor de relevante løsningsrum identificeres og sammenlignes, og hvor urealistiske eller uforholdsmæssigt risikofyldte alternativer kan frasorteres. Herved reduceres de overordnede usikkerheder, samtidig med at der skabes klarhed om projektets gennemførlighed og de væsentligste afvejsninger. Dette vil skulle indgå i grundlaget for en kvalificeret politisk stillingtagen og danner samtidig fundamentet for den videre modning og detaljering, som er nødvendig for senere at kunne træffe beslutning gennem projekteringslov og anlægslov jf. procestrin i B 90 .

Der er altså behov for at det danske projekt gennemgår en konceptuel udviklingsfase, hvor forskellige deponeringskoncepter og potentielle værtsformationer vurderes tilpasset ny viden om danske affaldsbeholdning fremskrevet til 2073.

Generiske designkoncepter gør det muligt at udarbejde tilhørende generiske, ikke-lokalitetsspecifikke sikkerhedsanalyser, som beskriver, hvordan de undersøgte koncepter kan sikre forsvarlig deponering af den eksisterende affaldsbeholdning. Samtidig giver de et grundlag for planlægning samt vurdering af tidsforbrug, omkostninger og projektrisici (IAEA, 2020).

Myndighederne fastlægger de overordnede krav og rammebetingelser for gennemførelse af deponering af radioaktivt affald. Tilladelsesindehaveren (WMO) udvikler den overordnede sikkerhedsstrategi, integrerer myndighedskravene i de øverste niveauer af sit krav og behovsstyrede ledelsessystem (requirement management system RMS) og etablerer safety-case gennemfører foreløbige sikkerhedsvurderinger af anlæggets sikkerhed efter lukning.

Sikkerheden efter lukning skal sikres gennem et system af naturlige og tekniske barrierer. På dette stadie skal myndighedernes gennemgang og vurdering af arbejdet bidrage til at afklare, om de valgte depotkoncepter forventes at kunne opfylde de nødvendige sikkerhedsdemonstrationer og regulatoriske krav.

Som internationalt eksempel har det hollandske COVRA etableret et forskningsprogram for de kommende årtier med fokus på udvikling af ikke-lokalitetsspecifikke sikkerhedsanalyser. Programmet omfatter udvikling af deponeringskoncepter for to værtsformationer – svagt konsoliderede leraflejringer og stensalt – samt undersøgelser af nye metoder og teknologier, der fremkommer gennem internationalt samarbejde.

Som led i arbejdet udarbejder COVRA sikkerhedsanalyser, herunder analyser af sikkerheden efter lukning, som følger revisionscyklusserne for de nationale programmer i henhold til affaldsdirektivet (EC, 2011). Dette indebærer, at der udarbejdes en samlet sikkerhedsanalyse hvert tiende år (Verhoef et al., 2020; Verhoef et al., 2017).

COVRA udarbejder desuden opdaterede omkostningsvurderinger og forskningsprogrammer for slutdeponering af radioaktivt affald hvert femte år. Opdateringer af sikkerhedsanalyserne offentliggøres fem år efter udgivelsen af den foregående sikkerhedsanalyse.

Sammenhæng mellem kendskab til affaldet og valg af depotssystemer

Som det fremgår af bilag B, vil den affaldsbeholdning, der skal håndteres på lang sigt, bestå flere af affaldsfraktioner med forskellige karakteristika der desuden udvikler sig over tid. Noget affald udgør en større risiko, mens andet har en særdeles lav risiko eller en risiko der bortfalder på en kortere tidshorisont.

B 90 har med god grund et særligt fokus sikker deponering af den del af det radioaktive affald, som udgør en særlig risiko på lang sigt og dermed er dimensionerende for den mest komplekse del af den fremtidige løsning. Samtidig omfatter B 90 langsigtet løsning for alle affaldstyper i den danske affaldssammensætning og fremhæver desuden EU-direktivets krav til en samlet hensigtsmæssig ressource-anvendelse over tid, hvor den økonomiske byrde skal bæres af den nuværende generation for at undgå urimelig belastning af fremtidige generationer.

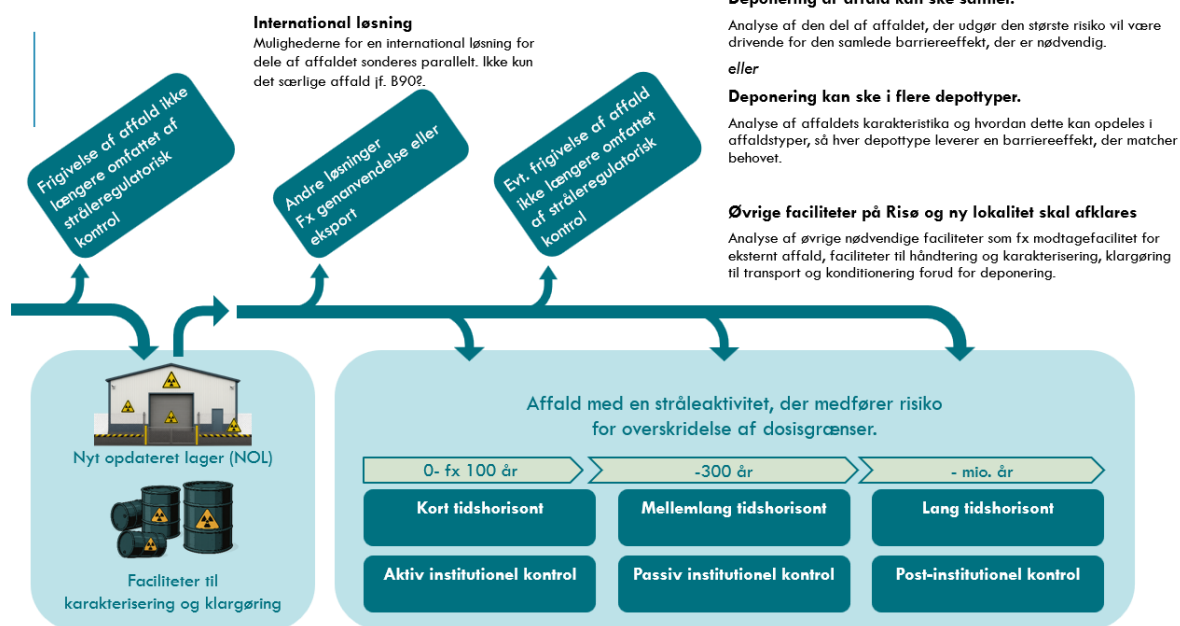
Internationalt er det et grundlæggende princip, at depottyper, barriersystemer og anlægskoncepter udvikles på baggrund af en systematisk analyse af affaldsbeholdningen samt de sikkerhedsmæssige udfordringer, som de enkelte affaldsstrømme giver anledning til. Affaldsklassifikation fungerer i denne sammenhæng som bindeled mellem affaldsbeholdningen og valget af tekniske løsninger.

Udviklingen af en national depotstrategi er imidlertid ikke en lineær proces, men en iterativ øvelse, hvor affaldsbeholdning, affaldsklassifikation, sikkerhedsvurderinger og depotkoncepter udvikles og modnes i samspil. Kendskab til affaldet og nationale principper for klassifikation udgør dog et afgørende fundament, fordi klassifikationen skaber sammenhæng mellem affaldets egenskaber og de anlægs- og depotløsninger, der analyseres. International erfaring viser derfor, at affaldsanalyser og klassifikationssystemer indgår som integrerede elementer i udviklingen af depotstrategier.

I Danmark er denne sammenhæng endnu ikke etableret. Som beskrevet i bilag B findes der endnu ikke en fastlagt national affaldsklassifikation, og der er fortsat væsentlige usikkerheder vedrørende både affaldsbeholdningens

sammensætning og de langsigtede håndteringsbehov for en række affaldsstrømme. Dette begrænser mulighederne for systematisk at vurdere, hvilke depotkoncepter eller kombinationer af depotkoncepter der bedst understøtter den samlede danske affaldsbeholdning.

FLERE MULIGE LØSNINGER SKAL AFVEJES



Figur C1.2. Affaldsveje for det danske radioaktive affald.

Notat om valg af slutdepotkoncept udarbejdet 2024

I forbindelse med den videre implementering af B 90 i 2023-2024 blev der fra Uddannelses- og Forskningsministeriet (UFM) efterspurgt en udpegnings af en konkret kombination af depottyper som grundlag for at kunne igangsætte en lokaliseringsproces. På denne foranledning udarbejdede Dansk Dekommissionering i januar 2024 notatet *Valg af slutdepotkoncept til Danmarks radioaktive affald*.

Formålet var at udarbejde et beslutningsgrundlag for depotkoncepter som grundlag for det videre arbejde med en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald. Notatet anbefalede et koncept bestående af et mellemdybt depot til det lav- og mellemaktive affald kombineret med et dybt borehul til visse dele af affaldet, herunder det bestrålede forsøgsbrændsel og andre affaldsfraktioner.

Økonomisk overslag

Økonomiske vurderinger indgik som en væsentlig del af anbefalingen af depotkonceptet. Dansk Dekommissionering fik ligeledes på opfordring fra UFM udarbejdet et udgiftsestimater for tre depotkoncepter af den tyske rådgivningsvirksomhed BGE TEC.

Overslaget over anlægsudgifter viste, at et koncept bestående af et depot i ca. 30 meters dybde kombineret med et dybt borehul til udvalgt affald blev estimeret til en samlet anlægsøkonomi på omkring 4 mia. kr., mens et koncept baseret på et dybt geologisk kaverne-depot i ca. 500 meters dybde blev estimeret til omkring 8 mia. kr. (2025-pl).

Løsningen var beskrevet med et depot i ca. 30-100 meters dybde. Det fremgik dog af overslaget fra BGE-TEC, at det var baseret på et depot i 30 meters dybde. BGE-TEC angav, at da arbejdet med et slutdepot befinder sig på et tidligt stade, var usikkerheden ved estimaterne anslået til op mod 50 pct. af beløbene ovenfor.

Konkret benyttede BGE-TEC følgende forudsætninger:

Samlet inventorie 15.000 m³ og samlet depotvolumen 48.000 m³.

Mellem og lavaktivt affald (ILW-LL) omfatter:

- Særligt affald (33 tønder i færdig konditioneret form 65m³)
- Flydende kerne fra DR1 i solidificeret form (10 m³)
- Evt. et mindre antal radioaktive kilder

Det blev forudsat, at den samlede deponeringszone for et borehul med dette affald ville udgøre 150 meter. (Det bemærkes her at GEUS' analyse forudsatte en deponeringszone på maksimalt 100 meter.)

Med denne opdeling af affaldet blev det desuden indirekte forudsat, at et væsentligt volumen af langlivet affald ville skulle placeres i lavt/mellemdybt depot. Notatet indeholdt ikke en analyse af sammenhæng mellem den samlede affaldsbeholdning og flere mulige depottyper.

Det uvildige ekspertpanels vurdering af Dansk Dekommissionerings notat om slutdepotkoncept

Uddannelses- og Forskningsstyrelsen forelagde i 2024 Dansk Dekommissionerings *notat "Valg af slutdepotkoncept til Danmarks radioaktive affald"* for det uvildige ekspertpanel med henblik på en faglig vurdering.

Ekspertpanelets bemærkninger var overordnet præget af, at notatet blev opfattet som et foreløbigt dokument, hvor flere forudsætninger ikke var tilstrækkeligt belyst. På tværs af de faglige vurderinger efterlyste panelet en tydeligere redegørelse for de tekniske, juridiske, etiske og planlægningsmæssige forudsætninger for de fremsatte anbefalinger.

Den geologiske vurdering v. Prof. i Geologi Karsten Høgh Jensen fandt, at *"den foreslåede opdeling af affaldet hvor det lavradioaktive affald deponeres mellem dybde og det særlige affald deponeres i et dybt borehul til 500 meter eller forekommer i udgangspunktet være en geologisk forsvarlig løsning, der samtidig er en fornuftig samfundsøkonomisk set"*. Vurderingen var betinget af, at en række forudsætninger endnu ikke var afklaret eller dokumenteret bl.a. følgende:

"Teknologien til deponering i dybe borehuller er endnu ikke udviklet. Dermed findes der for nærværende ikke færdige koncepter for borehullets udformning, affaldets pakning og indkapsling, borehullets efterfyldning/forsegling og reversibilitet/mulighed for efterfølgende udtagning af affald, hvis dette ønskes."

"Karakteriseringen af affaldet skal ske på så detaljeret niveau, at der kan foretages realistiske modelsimuleringer af spredning og henfald af de radionuklider, som indgår i affaldet. Dansk Dekommissionering angiver, at karakteriseringsarbejdet forventes at tage op mod 30 år, hvilket kan udgøre en stærkt forsinkende faktor for detaljerede geologiske undersøgelser af potentielle depotlokaliteter."

Flere eksperter fremhævede desuden behovet for nærmere afklaring af håndteringen af særlige affaldsfraktioner, herunder den flydende DR-1-kerneopløsningen og det brugte forsøgsbrændsel. Panelet vurderede samtidig, at forslaget om deponering af *"det særlige affald"* i et dybt borehul vil kunne imødekomme den tidligere kritik af 2011-forstudierne vedrørende håndteringen af langlivet affald.

På det juridiske og forvaltningsmæssige område fremhævede ekspertpanelet, at notatet ikke forholder sig til de retlige rammer for lokalisering og etablering af et slutdepot. Der blev peget på behovet for en nærmere analyse af valg mellem forskellige planlægningsmodeller. Desuden blev det fremhævet, at lokaliseringsprocessen nødvendigvis vil skulle understøttes af miljøvurderinger i overensstemmelse med dansk ret og EU-retten. Ekspertpanelet anbefalede, at disse forhold indarbejdes tydeligere i det videre arbejde og i dialogen med potentielle værtskommuner og øvrige interessenter. Professor dr.jur. Peter Pagh angav bl.a. at *"De retlige rammer for lokalisering og tilladelse til et slutdepot for radioaktivt affald udelukker ikke, at der forudgående kan være dialog med kommuner om placeringen, men medmindre der er udarbejdet miljørapport af placeringen, vil dialogen være baseret på et utilstrækkeligt oplyst grundlag."*

Han angiver desuden, at notatet ”savner en tydeliggørelse af, at muligheden for eksport/deponering i udlandet af det særlige affald ikke er undersøgt nærmere, jf. Folketingets beslutning B90/2018.”

Samlet konkluderede ekspertpanelet således, at det foreslåede depotkoncept udgør et relevant grundlag for det videre arbejde, men at der fortsat er behov for væsentlige afklaringer vedrørende teknologiudvikling, affaldskarakterisering, geologiske undersøgelser, lokaliseringsproces, miljøvurdering og de retlige rammer for etablering af et slutdepot.

Sammenhæng mellem depotkoncepter og affaldsbeholdning

Valg af depotkoncepter sker internationalt som led i en samlet analyse af affaldsbeholdningen, hvor affaldstyper, affaldsklasser og de tilhørende sikkerhedsmæssige krav vurderes i forhold til forskellige anlægs- og deponeringsløsninger. Formålet er at identificere de depotkoncepter eller kombinationer af depotkoncepter, der samlet set giver den mest hensigtsmæssige håndtering af den nationale affaldsbeholdning.

I mange lande omfatter dette en systematisk vurdering af, hvilke affaldsstrømme der kan håndteres i nær-overflade depoter, hvilke der kræver større deponeringsdybde, og hvilke der eventuelt bør håndteres i særlige geologiske løsninger. Depotstrategien udvikles dermed som et resultat af affaldets egenskaber og de sikkerhedsmæssige krav, som de enkelte affaldsstrømme giver anledning til.

Et eksempel er Canada, der har arbejdet med at koble affaldstyper og affaldsklasser til forskellige depotkoncepter og anlægs løsninger. Erfaringerne herfra illustrerer, hvordan forskellige kombinationer af depotyper kan vurderes som dele af et samlet nationalt system frem for som enkeltstående anlæg. De følgende afsnit belyser sådanne sammenhænge og diskuterer, hvilke scenarier og kombinationer af depotyper, der på nuværende tidspunkt kan være relevante at analysere nærmere i en dansk kontekst.

Tabel C1.2. Overblik over Canadas L&ILW-affald og vurdering af seks mulige langtidsløsninger baseret på national analyse ³

Table 4-1: Recommended Long-Term Waste Management Options by Waste Type.

	LLW Bulk material Contaminated soil, concrete, and construction materials.	LLW Other Containerized/drummed waste, metallic components, large objects.	ILW General Packaged/drummed waste, bulky metallic components, large objects.	ILW Small Small, malleable objects such as spent IX resins (re-packaged) and incinerated spent resin ash.
Engineered Containment Mound	Y Most suitable for large volumes of bulk LLW.	Y2 Subject to the ECM safety case and, if necessary, further characterization.	N Repository type not suitable for ILW.	N Repository type not suitable for ILW.
Concrete Vault	Y2 High volume of waste will add significant expenses for minimal containment benefit.	Y Internationally accepted practice for LLW disposal.	N Repository type not suitable for ILW.	N Repository type not suitable for ILW.
Shallow Rock Cavern	Y2 High volume of waste will add significant expenses for minimal containment benefit.	Y Internationally accepted practice for LLW disposal. Large objects may require segmentation or volume reduction.	N Repository type not suitable for ILW as defined in Canada (see Section 5.2).	N Repository type not suitable for ILW as defined in Canada (see Section 5.2).
Deep Geological Repository	Y3 Excessive containment option for high volume of waste.	Y2 Overly conservative in terms of containment for LLW, but pursued originally by OPG in the L&ILW DGR. Large objects may require segmentation or volume reduction.	Y Internationally recognized best practice for ILW disposal. Large objects may require volume reduction.	Y Internationally recognized best practice for ILW disposal.
Deep Borehole	N Excessive containment option for high volume of waste.	N Excessive containment option for high volume of waste.	N Excessive processing will be required for bulky objects.	Y2 Dimensionally suitable for disposal, but additional processing/repackaging may be required.
Rolling Stewardship	Y3 Technically feasible, but impractical considering the extended period of active management and monitoring of several hundred years.	Y3 Technically feasible, but impractical considering the extended period of active management and monitoring of several hundred years.	N Not considered practical for several hundred to several thousand years of storage and monitoring.	N Not considered practical for several hundred to several thousand years of storage and monitoring.

De efterfølgende afsnit beskrives de væsentligste depotkoncepter og anlægstyper, som internationalt anvendes til håndtering og deponering af radioaktivt affald.

2. Overordnede principper for depotsystemer

Depotsystemer for radioaktivt affald er baseret på en grundlæggende sikkerhedsfilosofi, hvor affaldets påvirkning på fra mennesker og miljø skal holdes på særdeles lave niveauer gennem et samspil mellem tekniske og naturlige

³ Integrated Strategy for Radioactive Waste Initial Plan Development Characterization and Options Project Report [Link](#)

barrierer. Formålet er at sikre, at stråledoser til mennesker til enhver tid ligger under fastsatte grænseværdier, uden behov for aktiv menneskelig indgriben.

I modsætning til mange andre tekniske systemer er et depot ikke designet til fuldstændig indeslutning af affaldet i hele den periode, hvor affaldet udgør en risiko eller den periode anlægget er designet til. IAEA beskriver i stedet sikkerhedsprincippet som *inhibit, reduce and delay*⁴, dvs. at hæmme, reducere og forsinke frigivelse og transport af radionuklider. Sikkerheden opnås ved at kombinere flere barrierer, som samlet begrænser kontakten mellem affaldet og det omgivende miljø. Typisk er depotanlæg altså ikke designet til at være 100% tætte.

Tid er en central del af sikkerhedskonceptet. Mens eventuel transport af radionuklider hæmmes og forsinkes af barriererne, reduceres den radiologiske risiko naturligt gennem radioaktivt henfald. Målet er derfor ikke at forhindre enhver fremtidig frigivelse, men at sikre, at eventuelle udslip sker så langsomt og i så små mængder, at de radiologiske konsekvenser for mennesker og miljø forbliver acceptable.

Det fremgår af affaldsdirektivet⁵ at:

(23) Den typiske deponeringsmetode til lav- og mellemradioaktivt affald er deponering nær overfladen. Det er bredt anerkendt på teknisk plan, at dyb geologisk deponering for øjeblikket er den mest sikre og mest velegnede løsning som slutpunktet for håndtering af højradoaktivt affald og brugt nukleart brændsel, der betragtes som affald. Medlemsstaterne bør, samtidig med at de bevarer ansvaret for deres respektive politikker vedrørende håndteringen af deres brugte nukleare affald og lav-, mellem- eller højradoaktive affald, inkludere planlægning og gennemførelse af deponeringsmuligheder i deres nationale politikker.

Da gennemførelsen og udviklingen af et deponeringsanlæg vil finde sted over mange årtier, anerkendes det i forbindelse med mange programmer, at disse fortsat skal være fleksible og justerbare, således at der f.eks. kan indarbejdes ny viden om forholdene på stedet eller deponeringssystemets mulige udvikling. Aktiviteterne under »Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste Technology Platform« (IGD-TP)⁶ kan lette adgangen til ekspertise og teknologi på disse områder. Med henblik herpå kan reversibilitet og udtagning som drifts- og konstruktionskriterier anvendes som retningslinjer for den tekniske udvikling af et deponeringssystem. Disse kriterier bør imidlertid ikke være en erstatning for et velkonstrueret deponeringsanlæg med et forsvarligt lukningsgrundlag. Det er nødvendigt med et kompromis, da håndteringen af radioaktivt affald og brugt nukleart brændsel er baseret på den seneste videnskabelige og teknologiske viden.

Den langsigtede sikkerhed dokumenteres gennem sikkerhedsanalyser, hvor depotets udvikling vurderes over meget lange tidshorisonter. Afhængigt af affaldstype, depotkoncept og national regulering kan analyserne omfatte perioder op til millioner af år. I nogle lande fastsættes der i stedet politisk bestemte vurderingsperioder, eksempelvis 100.000 år.

Valget af depotsystem handler derfor grundlæggende om at tilpasse graden af isolation og barriereopbygning til de konkrete egenskaber ved det affald, der ønskes deponeret.

3. Barrierer i depotsystemer

⁴ International Atomic Energy Agency (IAEA), *Disposal of Radioactive Waste*, IAEA Safety Standards Series No. SSR-5, Vienna, 2011.

⁵ RÅDETS DIREKTIV 2011/70/EURATOM [Directive - 2011/70 - EN - EUR-Lex](#)

⁶ [IGD-TP | Safe Solutions for Radioactive Waste](#)

Den sikkerhedsfilosofi, der er beskrevet ovenfor, realiseres gennem et flerbarriereprincip, hvor flere uafhængige barrierer samlet begrænser og forsinker spredning af radionuklider. Barriererne skal fungere sammen, så depotets sikkerhed ikke afhænger af én enkelt komponent.

Der skelnes overordnet mellem tre typer barrierer:

- institutionelle (menneskelige) barrierer
- tekniske (konstruerede) barrierer
- naturlige (geologiske) barrierer

3.1 Institutionelle barrierer

De *institutionelle* (menneskelige) barrierer omfatter de organisatoriske og administrative tiltag, såsom overvågning, adgangskontrol, dokumentation og arealrestriktioner i drifts- og efterlukningsfasen. De bidrager til sikkerheden, så længe aktiv kontrol er mulig, men er tidsbegrænsede og kan ikke opretholdes på geologiske tidsskalaer. Den langsigtede sikkerhed skal derfor hvile på de tekniske og geologiske barrierer.

3.2 Tekniske barrierer

De *tekniske* barrierer består af de menneskeskabte fysiske komponenter, som udformes specifikt til at understøtte depotets sikkerhed. Den første tekniske barriere er ofte selve affaldsformen, hvor radionuklider immobiliseres i stabile matricer, eksempelvis cement eller polymerer, for at reducere deres mobilitet.

Affaldet indkapsles desuden i beholdere, typisk af stål eller andre korrosionsmodstandsdygtige materialer, som skal sikre mekanisk stabilitet og forsinke kontakt mellem affald og omgivelser. Omkring affaldsbeholderne anvendes fyldnings- og tætningsmaterialer (back-fill), såsom bentonit eller cementbaserede materialer, der reducerer vandtransport og kan tilbageholde radionuklider.

Selve depotkonstruktionen udgør ligeledes en teknisk barriere. Dette kan omfatte betonforinger, dræn, tætninger og andre konstruktionselementer, som kontrollerer vandstrømme og transportveje gennem anlægget.

De tekniske barrierer er designet til at fungere passivt uden vedligeholdelse over meget lange tidshorisonter. Over tid må det dog forventes, at deres funktion gradvist reduceres som følge af korrosion, kemisk nedbrydning og mekaniske påvirkninger. Det langsigtede sikkerhedskoncept skal derfor tage højde for denne udvikling.

3.3 Naturlige barrierer

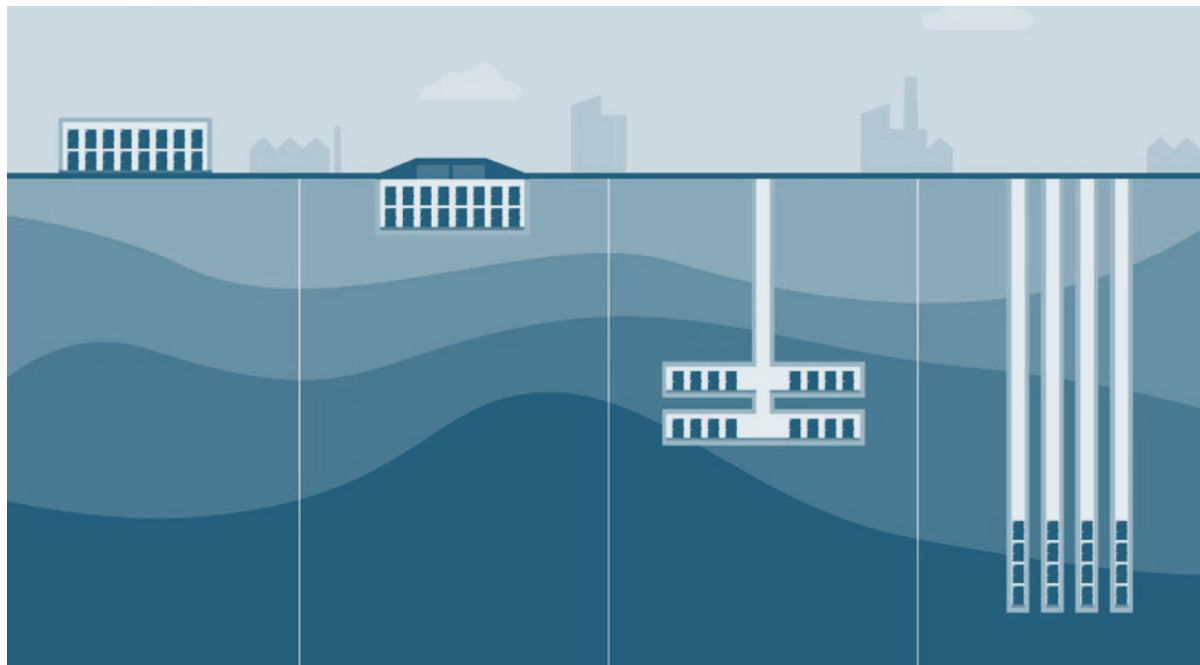
De *naturlige* (geologiske) barrierer udgøres af værtsformationen og det omkringliggende geologiske miljø. Disse barrierer er afgørende for depotets langsigtede sikkerhed, fordi de fortsat fungerer efter, at de tekniske barrierer gradvist nedbrydes.

Geologiske barrierer begrænser transport af radionuklider gennem lav permeabilitet, lange transportveje og geokemiske processer, som kan tilbageholde eller forsinke migration af radionuklider. Depotdybden bidrager samtidig til beskyttelse mod fremtidige klimatiske ændringer, erosion og menneskelig indtrængen.

Valget af værtsformation er derfor et centralt element i designet af et depotssystem og skal vurderes i sammenhæng med affaldets egenskaber og de tekniske barrierer.

4. Typer af depotsystemer

Depotsystemer kan overordnet opdeles efter deres placering i forhold til terræn og graden af geologisk isolation. En mere detaljeret beskrivelse af nedennævnte koncepter/modeller kan læses i DD's rapport fra 2011 udarbejdet af COWI som en del af forstudierne til depot.⁷



Figur C1.3. Skematisk fremstilling af 4 overordnede hovedtyper af depotanlæg

Den Canadiske NWMO har i 2021 udgivet en rapport der gennemgår internationale anlæg til langsigtet håndtering af lav og mellemaktivt affald.⁸ Denne rapport giver en oversigt over de tekniske løsninger, der implementeres eller forfølges, baseret på en undersøgelse af over 22 lande.

4.1 Overflade- og overfladenære depoter

Overflade- og overfladenære depoter er placeret tæt på terræn og baserer sig primært på tekniske barrierer kombineret med institutionel kontrol efter lukning. I de seneste årtier er der internationalt etableret, planlagt eller idriftsat en række overflade- og overfladenære depoter til lav- og mellemaktivt kortlivet radioaktivt affald. Flere lande anvendes denne depottype til meget lavaktivt radioaktivt affald med begrænsede aktivitetskoncentrationer.

Affaldets sammensætning og radionuklidindhold skal være forenelige med depotets sikkerhedsfunktioner, som typisk omfatter dæklag, drænsystemer, øvrige tekniske barrierer samt overvågning og arealmæssige restriktioner efter lukning.

Sikkerhedskonceptet bygger på, at de tekniske barrierer begrænser vandindtrængning og udvaskning af radionuklider i den periode, hvor størstedelen af radioaktiviteten henfalder. Depottypen kan i sin grundlæggende udformning sammenlignes med deponier for andre typer farligt affald, men med væsentligt større krav til affaldskarakterisering, sikkerhedsanalyser, dokumentation samt vurdering af langtidsudviklingen efter lukning.

⁷ Dansk Dekommissionering, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland og Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålebeskyttelse: *Forstudier til slutdepot for lav- og mellemaktivt affald – sammendrag indeholdende hovedkonklusionerne og anbefalinger fra tre parallelle studier*, maj 2011.

⁸ Disposal of Low- and Intermediate-Level Waste: International experience Februar 2021. [Microsoft Word - LILW white paper Final.docx](#)

Overfladenære depoter og tekniske barrierer (jf. EURAD 2 SUDOKU) ⁹

Der findes betydelige variationer i depoternes udformning som følge af forskelle i affaldstyper, geologiske forhold og nationale strategier. Mange af de eksisterende anlæg er baseret på betonkonstruktioner placeret på eller få meter under terræn.

Sikkerhedskonceptet for disse anlæg bygger primært på tekniske barrierer, der skal sikre isolation og begrænse frigivelse af radionuklider til omgivelserne. Barriererne består typisk af:

- et flerlagsdæklag opbygget af forskellige naturlige og tekniske materialer, og
- cementbaserede materialer, der indgår i affaldsmatricer, affaldsbeholdere, depotkamre og øvrige konstruktionsdele.

I mange anlæg bidrager de lokale geologiske og hydrogeologiske forhold desuden til depotets samlede sikkerhed.

For dæklagssystemerne er en central sikkerhedsfunktion at begrænse infiltration af nedbør og dermed reducere vandtransport gennem depotet. Dæklagenes langsigtede funktion påvirkes blandt andet af vandbevægelse, erosion, biologiske processer og jorrdannelse. Særligt samspillet mellem materialer med meget forskellige hydrauliske egenskaber kan have stor betydning for dæklagenes funktion over tid. Klimaforandringer kan ligeledes påvirke dæklagenes ydeevne og indgår derfor i moderne sikkerhedsvurderinger.

Cementbaserede materialer i affaldsbeholdere, affaldsmatricer og depotkonstruktioner vil over tid blive påvirket af kemiske, mekaniske og korrosionsrelaterede nedbrydningsprocesser. Vigtige processer omfatter blandt andet udvaskning, karbonatisering og korrosion af armering. Disse processer kan ændre materialernes mekaniske styrke, hydrauliske egenskaber og evne til at tilbageholde radionuklider.

Ved vurdering af radionuklidtransport er det ikke alene vandstrømning og diffusion, der er afgørende. Tilbageholdelse ved sorption på cementbaserede materialer spiller også en vigtig rolle. Derfor indgår udviklingen af materialernes geokemiske, hydrauliske og mekaniske egenskaber som et centralt element i sikkerhedsanalyser for overflade- og overfladenære depoter. Integrerede modeller, som beskriver samspillet mellem dæklag, cementbaserede barrierer, nedbrydningsprocesser og radionuklidtransport, anvendes i stigende grad til vurdering af depoternes langsigtede funktion og påvirkning af omgivelserne.

For en gennemgang af europæiske anlæg henvises til publikation fra det igangværende udviklingsprojekt SUDOKU under EURAD 2.

Et eksempel er håndteringen af meget lavaktivt affald med kortlivede radionuklider (VLLW-SL) i Sverige der defineres som affald med små koncentrationer af kortlivede radionuklider med en halveringstid på mindre end 31 år samt væsentligt lavere indhold af langlivede radionuklider. Affaldet er egnet til deponering i overfladenære jorddeponier, som er godkendt af den svenske strålesikkerhedsmyndighed (SSM). I Sverige findes der fire overfladenære deponeringsanlæg til denne affaldstype. Tre af anlæggene er i drift og er placeret ved de svenske kernekraftværker, mens ét anlæg ved Studsvik er lukket. Hvert depot må indeholde en samlet aktivitet på 100-1100 GBq, hvoraf højst 0,1-0,2 GBq må udgøres af alfaaktive stoffer. Den tilladte specifikke aktivitet er angivet i den enkelte tilladelse.

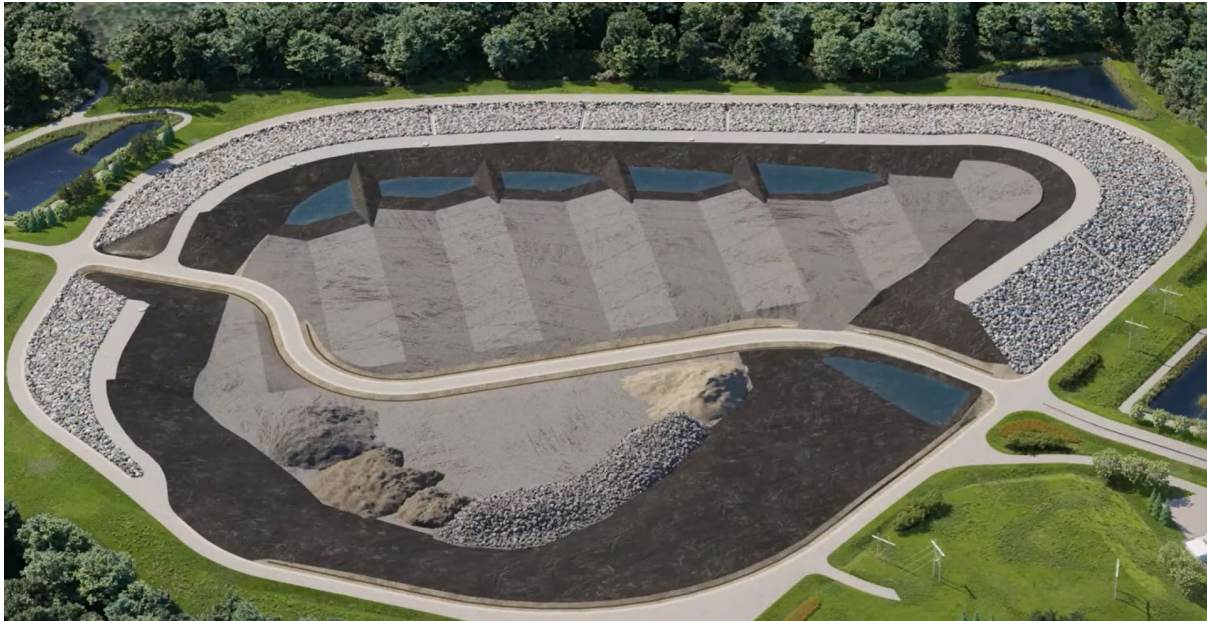
⁹ SUDOKU: Deliverable 14.1: Initial State of the art report Review of different designs/safety concepts and processes governing the performance of engineered barriers in near-surface disposal facilities - [Documents - IGD-TP | Safe Solutions for Radioactive Waste](#)



Figur C1.4. Overfladedepot ved OKG i Oskarshamn Sverige

Et andet eksempel er det canadiske Near Surface Disposal Facility (NSDF), som er designet til lavaktivt affald fra dekommissionering, miljøoprydning og drift af nukleare anlæg.¹⁰ Affaldet omfatter blandt andet jord, bygningsmaterialer og lettere kontamineret driftsaffald. Selvom affaldet primært indeholder kortlivede radionuklider, forekommer der også langlivede radionuklider i begrænsede mængder. Depotets konstruerede barrierer er derfor dimensioneret til en levetid på omkring 500 år med henblik på at sikre den nødvendige isolation, mens hovedparten af radioaktiviteten henfalder.

¹⁰ [Near Surface Disposal Facility \(NSDF\) - Canadian Nuclear Laboratories](#)



Figur C1.5. Overfladedepot under udvikling i Canada.

I Holland kan meget lavaktivt radioaktivt affald deponeres på særlige deponeringsanlæg for affald. Disse anlæg er godkendt til håndtering af forskellige typer farligt affald og er indrettet til at opfylde de gældende sikkerheds- og miljøkrav. De modtager blandt andet meget lavaktivt radioaktivt affald samt andre affaldstyper som eksempelvis asbest.

Finland

Et andet eksempel på et overfladenært depot er det planlagte deponeringsanlæg til meget lavaktivt radioaktivt affald (VLLW) ved Olkiluoto kernekraftværk i Finland. Det planlagte depot skal kunne modtage op til 10.000 m³ meget lavaktivt affald. Affaldet vil blive emballeret i standardiserede affaldsenheder, herunder komprimerede baller og ISO-containerne.

Anlægget indgår som en del af det samlede finske affaldshåndteringssystem ved Olkiluoto. På lokaliteten findes allerede et geologisk depot til lav- og mellemaktivt driftsaffald i ca. 50-100 meters dybde, ligesom Onkaloslutdepotet for brugt kernebrændsel etableres i flere hundrede meters dybde. Det overfladenære depot er således målrettet den laveste affaldsklasse, mens affald med højere aktivitetsniveau deponeres i dybere anlæg.

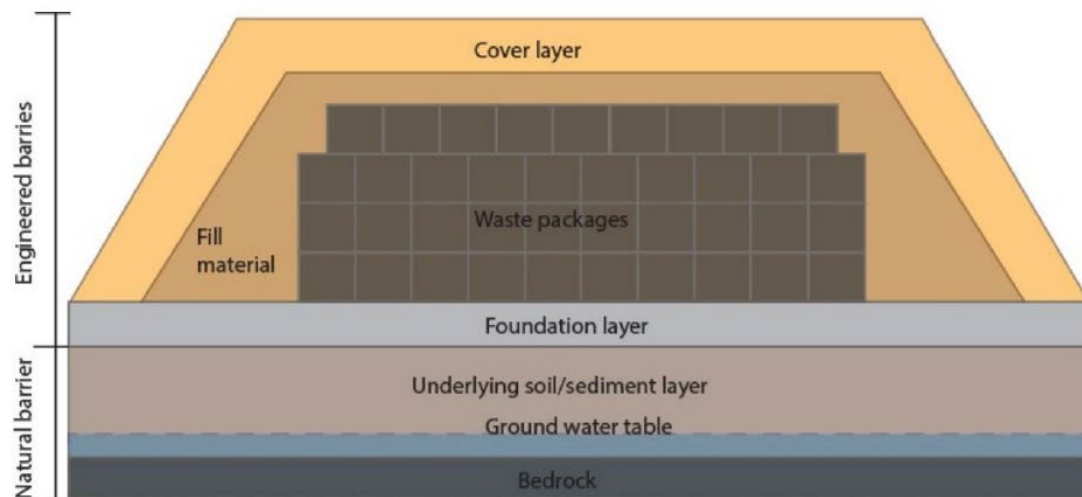


Figure 2-10 Schematic of the TVO's (Teollisuuden Voima Oy) VLLW surface disposal concept (reproduced from Keto et al. (2020)).

Figur C1.6. Koncept for overfladedepot.

Depotet etableres som et overfladenært anlæg omkring 7 meter over havniveau i et område præget af moræneaflejringer, grus og klippegrund. Sikkerhedskonceptet bygger på en kombination af naturlige og tekniske barrierer. Affaldet placeres på et drænende fundamentlag, som begrænser ophobning af vand og opsamler perkolat (vand der er sevet igennem og er forurennet). Over affaldet etableres et flerlagsdæklag bestående af blandt andet ler, sand, grus, geotekstiler og vegetationsdække. Efter den afsluttende deponering planlægges anlægget lukket permanent og efterfulgt af institutionel kontrol i en periode på 200-300 år.

Dukovany, Tjekkiet

Dukovany-depotet i Tjekkiet er etableret til deponering af lavaktivt radioaktivt affald fra kernekraftværkerne Dukovany og Temelín og indgår som en del af det tjekiske system, der omfatter særskilte anlæg til forskellige affaldskategorier. Mens Dukovany er beregnet til affald fra kernekraftproduktion, modtager Richard-depotet affald fra blandt andet medicin, industri og forskning, og et tredje anlæg ved Jáchymov anvendes til affald med naturligt forekommende radionuklider. Dukovany-depotet blev taget i permanent drift i 1995 efter byggearbejder, der påbegyndtes i 1987.

Depotet er placeret inden for Dukovany-værkets område og består af 112 armerede betonkamre med plads til i alt ca. 55.000 m³ affald. Affaldet emballeres i ståltromler på 200 liter og konditioneres typisk i cement-, bitumen- eller SIAL®-matricer inden deponering. Når et depotkammer er fyldt, tilbagefyldes det med mørtel, lukkes med et betonlåg og dækkes med en vandtæt asfaltbarriere. Efter afsluttet drift etableres et endeligt dæklag bestående af blandt andet ler, geotekstiler og drænende materialer.

Sikkerhedskonceptet bygger på en kombination af naturlige og tekniske barrierer. De naturlige barrierer udgøres af de overliggende umættede ler- og sandaflejringer, mens de tekniske barrierer omfatter affaldsformen, ståltromlerne, betonkamrene, tilbagefyldningsmaterialerne, drænsystemet, de vandtætte afdækninger og det endelige dæklag. Efter lukning forudsættes institutionel kontrol af anlægget i en periode på 300 år.

I sikkerhedsanalyserne antages affaldstromlernes levetid at være omkring 50-100 år. Herefter forventes gradvis nedbrydning af emballagen, hvorved vand kan komme i kontakt med affaldet og medføre udvaskning af

radionuklider. Depotets langsigtede sikkerhed baseres derfor på samspillet mellem de tekniske barrierer, dæklagssystemet og de geologiske forhold, som skal begrænse transporten af radionuklider til omgivelserne.

4.2 Mellemdybe depoter (30-100 m)

Mellemdybe depoter etableres typisk i dybder på ca. 30–100 meter under terræn og kombinerer tekniske barrierer med en vis grad af geologisk isolation afhængigt af dybden. Depottypen repræsenterer et mellemstadium mellem overfladenære depoter og dybe geologiske depoter og anvendes til affald, hvor der er behov for større isolation end et overfladenært anlæg kan tilbyde, men hvor affaldets egenskaber ikke nødvendigvis begrundes de betydelige tekniske og økonomiske omkostninger ved dyb geologisk deponering.

Sikkerhedskonceptet baseres på et samspil mellem affaldsform, beholdere, konstruerede barrierer og de geologiske forhold omkring depotet. Den øgede dybde reducerer påvirkninger fra klimaændringer, erosion og menneskelig aktivitet og giver samtidig længere transportveje til biosfæren. Mellemdybe depoter kan derfor være relevante for affald med længere levetid, højere aktivitetsniveau eller større behov for isolation end det affald, der normalt placeres i overfladenære anlæg.

Depottypen er særligt følsom over for lokale geologiske forhold, da sikkerheden i høj grad afhænger af samspillet mellem de tekniske barrierer og værtsformationens egenskaber. Egnetheden skal derfor vurderes på baggrund af både affaldets karakteristika og den konkrete lokalitets geologi.

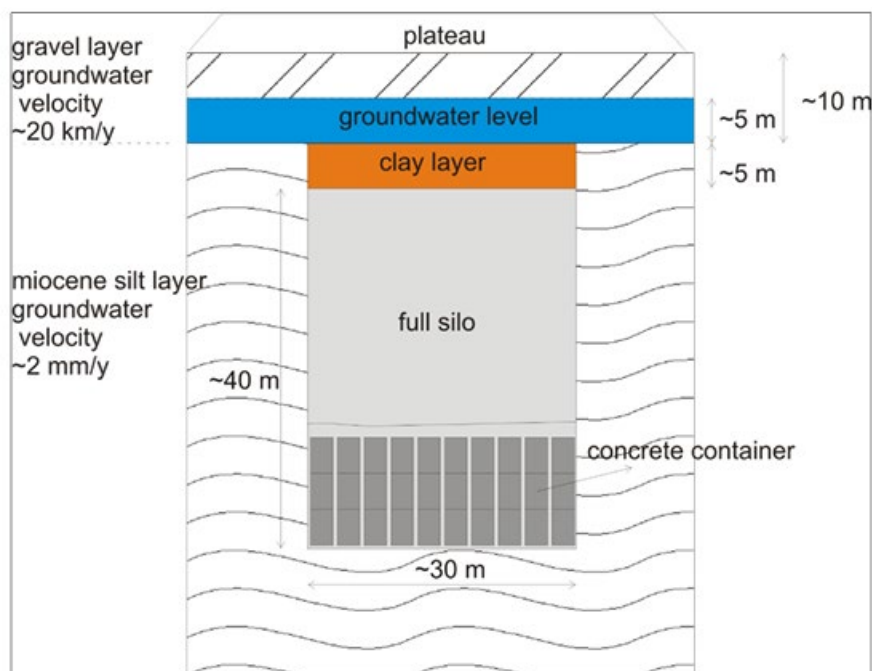
Typiske udformninger omfatter:

- Siloer etableret i bunden af en skakt og fyldt lagvist enten fra terræn eller via elevator.
- Kaverner placeret under terræn og tilgængelige via skakt eller tunnel.
- Andre underjordiske konstruktioner dimensioneret til at modstå jord- og vandtryk samt sikre langsigtet stabilitet ved de pågældende dybder.

Mellemdybe depoter indgik som en central del af de danske forstudier fra 2011 og er fortsat relevante i en dansk kontekst, fordi de kan indgå i differentierede løsninger, hvor affald med forskellige risikoprofiler håndteres med forskellige grader af isolation.

Et eksempel på et mellemdybt depot er Vrbina-depotet i Slovenien, som er udviklet til deponering af lav- og mellemaktivt kortlivet radioaktivt affald (LILW-SL).¹¹ Depotet er placeret ved Vrbina nær Krško og udformet som en underjordisk betonsilo. Siloen strækker sig til knap 70 meters dybde, mens den dybeste deponeringshorisont er placeret ca. 55 meter under terræn. Affaldet indkapsles i ca. 3 m høje armerede betonbeholdere (N2d-containerer), som kan rumme forskellige typer affaldsbeholdere. Containerne sænkes ned og placeres i siloen ved hjælp af et kransystem. Hvert lag rummer op til 99 containere, og efter etablering af to lag udfyldes mellemrummet med fyldmateriale. Depotet er dimensioneret til omkring 990 N2d-containerer, hvilket omtrent svarer til den forventede slovenske beholdning af kortlivet lav- og mellemaktivt affald.

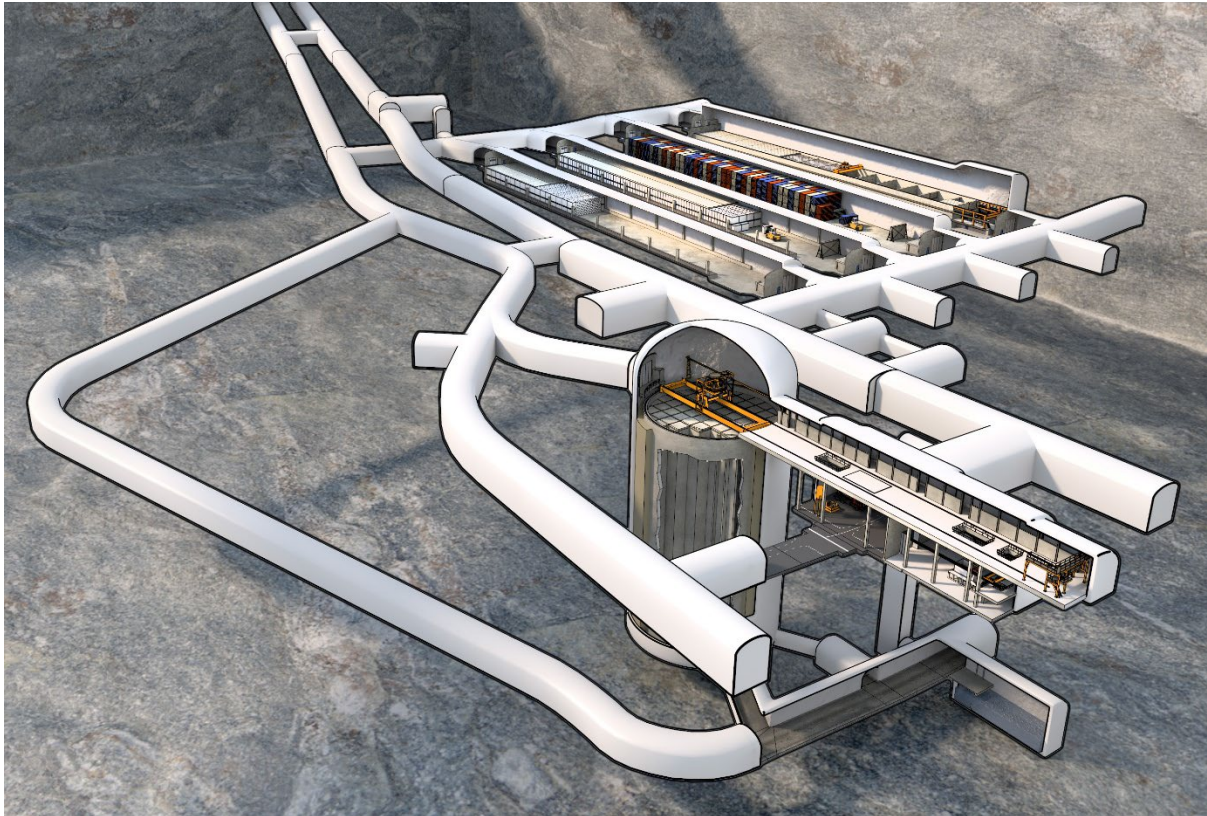
¹¹ ARTEMIS- Mission til Slovenien [IAEA-NS-IRRS-2011/05](#)



Figur C1.7. Vrbinja-depotet i Slovenien til lav- og mellemaktivt kortlivet radioaktivt affald (LILW-SL). Depotet er udformet som en mellemdyb underjordisk betonsilo.¹²

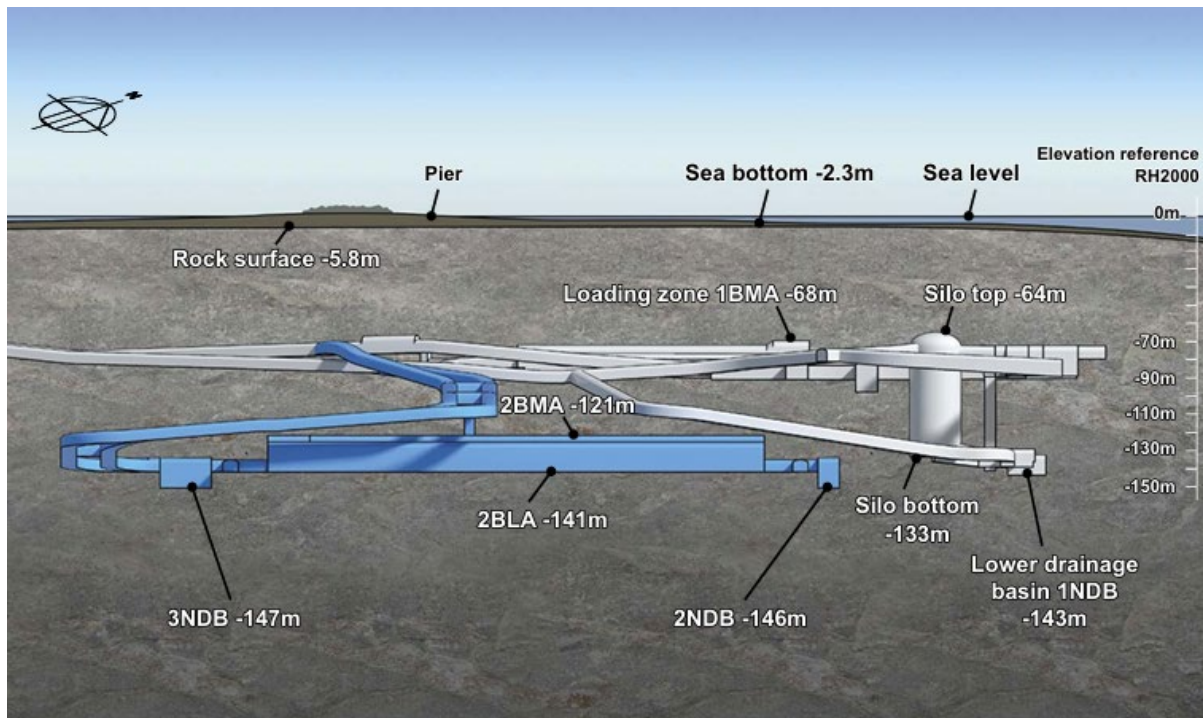
Et andet eksempel på et mellemdybt depot er fra Sverige, hvor der deponeres kortlivet lav- og mellemaktivt affald (LILW-SL) i SFR-anlægget (Slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall) ved Forsmark (Figur C1.8-C1.9). Depotet er etableret i tunneler og depotkamre i krystallinsk grundfjeld 60 meter under bunden af Østersøen. Anlægget er under udbygning i en større dybde. Anlægget omfatter affald med begrænsede mængder radionuklider med en halveringstid på mere end 31 år. Grænsen mellem lavaktivt og mellemaktivt affald fastlægges ud fra strålingsniveauet ved affaldsbeholderens overflade. Jf. det svenske system kræver lavaktivt affald begrænset strålingsafskærmning ved håndtering og har en overfladedosisrate på under 2 mSv/time, mens mellemaktivt affald kan have dosisrate på op til 500 mSv/time.

¹² [IAEA-NS-IRRS-2011/05](#)



Figur C1.8. Eksempel på kaverne-depot i Sverige fra 1988 til kortlivet lav- og mellemaktivt affald på 63.000 m³. Der deponeres 60 meter under havbunden med adgang fra landjorden. Anlægget ligger tæt på atomkraftværket Forsmark. Lavaktivt affald opbevares i containere og mellemaktivt affald indstøbes i betoncylindere. Efter 500 år er en væsentlig del af radioaktiviteten i dette depot henfaldet. Sikkerhed for anlægget dokumenteres for 10.000 år.¹³ En udbygning af anlægget er godkendt i 2024.

¹³ [SFR-folder svensk för prod av webb-pdf 6 sid A4.indd](#)



Figur C1.9. Den planlagte udvidelse (med blå) af depotanlæg ved Forsmark i Sverige til kortlivet lav og mellemaktivt affald. Udvidelsen placeres dybere end det oprindelige anlæg (med grå)

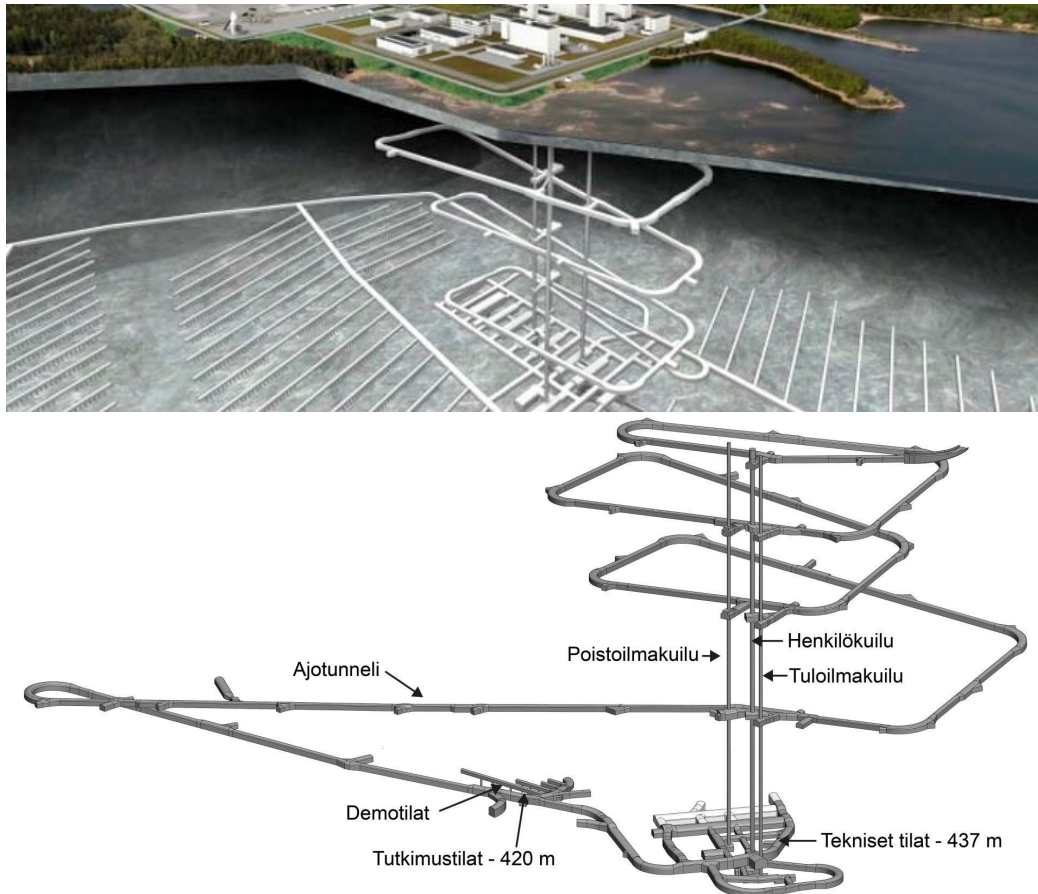
4.3 Dybe geologiske depoter (>flere 100 m)

Dybe geologiske depoter etableres typisk flere hundrede meter under terræn i stabile geologiske formationer og repræsenterer den højeste grad af geologisk isolation. Depottypen anvendes internationalt til affald, der indeholder langlivede radionuklider, højt aktivitetsniveau samt egenskaber, der medfører høj mobilitet og spredningsrisiko, og som dermed stiller særlige krav til langsigtet isolation. Formålet er at opnå passiv sikkerhed over meget lange tidshorisonter uden afhængighed af fremtidig overvågning, vedligeholdelse eller institutionel kontrol.

Sikkerhedskonceptet bygger på et samspil mellem tekniske barrierer og værtsformationens naturlige egenskaber. Den store dybde giver lange transportveje til biosfæren og beskytter depotet mod påvirkninger fra klimaændringer, erosion og menneskelig aktivitet. Samtidig bidrager de geologiske forhold til at begrænse transporten af vand og opløste radionuklider, hvis de tekniske barrierer gradvist nedbrydes over tid.

Typiske løsninger er kavernebaserede depoter, hvor affaldet placeres i tunneller og depotkamre udgravet i den geologiske formation. Der er flere internationale eksempler på anlæg under opførsel eller forundersøgelse. Selvom disse anlæg håndterer forskellige typer radioaktivt affald, bygger de alle på princippet om særdeles langvarig isolation gennem et flerbarrieresystem, hvor både tekniske og geologiske barrierer bidrager til sikkerheden.

Dybe geologiske depoter er teknisk komplekse og blandt de mest omkostningstunge løsninger til affaldshåndtering. Til gengæld giver de den højeste grad af langsigtet isolation og anvendes derfor typisk til de affaldsfraktioner, der er dimensionerende for depotets sikkerhedsvurdering. Dette afspejles også i B 90, hvor dyb geologisk deponering er udpeget som den langsigtede løsning for den del af det danske affald, der udgør den største langsigtede risiko.



Figur C1.10. Eksempel på et dybt geologisk kaverne-depot under anlæg i Finland.

Det finske Onkalo-anlæg blev igangsat i 2024 og det forventes at blive det første dybe geologiske depot i verden, der kan modtage både mellemaktivt og varmeudviklende højaktivt affald. Deponering vil ske i dybde på 400-430 meter. Via Posivas hjemmeside er der link til en film der giver et godt overblik over denne type anlæg.¹⁴

Det franske Cigéo-projekt (Centre Industriel de Stockage Géologique) er udviklet til deponering af Frankrigs mest langlivede radioaktive affald, herunder højaktivt affald (HLW) og langlivet mellemaktivt affald (ILW-LL). Depotet udvikles af den franske affaldsorganisation ANDRA og planlægges etableret nær Bure i det nordøstlige Frankrig.

Depotet placeres i en ca. 130 millioner år gammel lerstensformation (Callovo-Oxfordian claystone) i omkring 500 meters dybde. Valget af værtsbjergart bygger blandt andet på dens lave permeabilitet, begrænsede vandgennemstrømning og langsomme transport af opløste stoffer.

Cigéo omfatter både overfladeanlæg og et omfattende underjordisk anlæg med adgang via skakter og ramper. Affaldet placeres i separate tunneler og depotkamre afhængigt af affaldstype. Anlægget er planlagt til gradvis udbygning over mere end 100 års drift, efterhånden som affaldet modtages. Efter afsluttet drift lukkes depotet, hvorefter sikkerheden skal opretholdes uden behov for aktiv menneskelig indgriben.

¹⁴ [Posiva - Final disposal](#)

Tabel C1.3. Oversigt over nationale hovedprogrammer for geologisk deponering og disse landes undergrundslaboratorier (URF) (fra Spaniens nationale program 2026¹⁵)

Country	Current programme	Underground laboratory
Germany	Ongoing site selection process Site selection (planned): 2031	
Belgium	Detailed research in the Mol underground laboratory Repository studies Proposal for site selection plan pending government decision	Mol
Canada	Start of site selection process: 2010 Expressions of interest with 21 communities: 2012 Reduction in expressions of interest to 5 communities: 2018 Site selection (planned): 2024 Start of operations (planned): 2043	
United States	Yucca Mountain site feasibility research Site recommendation: 2002 Licence application: 2008 Project suspension decision: 2010 Site selection (planned): 2026 Design and licensing completion (planned): 2042 Start of operations (estimated): 2048	Yucca Mountain
Finland	Detailed research at four locations: 1983-2000 Governmental approval in principle: 2000 Parliamentary ratification and site selection (Eurajoki): 2001 Laboratory studies begin: 2006 Construction licence application: 2012 Construction authorisation granted: 2015 Start of underground facility construction: 2021 Estimated start of operations: 2025	Onkalo (In operation, will be integrated into the future repository)
France	Research Act: 1991-2006 Laboratory construction begins: 2000 Results report: 2006 Site selection: 2011 Application for repository construction authorisation: 2023 Construction (planned): 2025-2035 (First phase) Start of operations (estimated): 2035	Bure
United Kingdom	Revised site selection programme: 2018	-----
Sweden	Voluntary site presentations (7): 2001 Research programme: 2001-2007 Site proposals: 2007 Site selection (Östhammar): 2009 Construction authorisation application: 2022 Municipal approval: 2022 Government decision Start of operations (anticipated): 2033	Aspö
Switzerland	Proof of concept: 2006 Start of Sector Plan: 2008 Site selection: 2022 Operation (anticipated): 2050 for LILW and 2060 for HLW/SF	Grimsel Mt. Terri

¹⁵ [7th GENERAL RADIOACTIVE WASTE PLAN](#)

I Sverige planlægges det samlede nationale depotsystem udbygget med et dybt geologisk depot for langlivet lav- og mellemaktivt affald, SFL (*Slutförvar för långlivat radioaktivt avfall*). Depotet skal etableres i tunneler og depotkamre i krystallinsk grundfjeld flere hundrede meter under terræn og skal anvendes til affald med betydelige mængder langlivede radionuklider, som kræver længere isolationstider end det kortlivede lav- og mellemaktive affald, der deponeres i SFR-anlægget ved Forsmark.

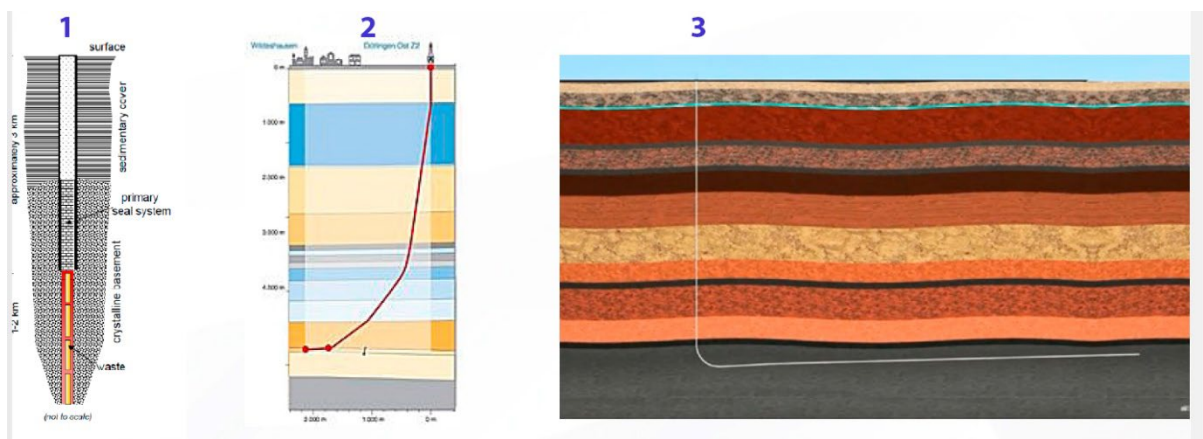
4.4 Borehuller (>500 m)

Deponering i dybe borehuller er et særligt koncept inden for geologisk deponering, som i mange år har været en ide der søges udviklet internationalt. Konceptet bygger på, at affaldet placeres i kapsler i borehuller, som etableres til betydelige dybder i stabile geologiske formationer. Formålet er at opnå en meget høj grad af geologisk isolation gennem lange transportveje til biosfæren og stabile geokemiske forhold i de dybe lag.

Borehulskoncepter undersøges bl.a. som et alternativ til traditionelle kavernebaserede depoter, fx i situationer hvor de affaldsmængder, der skal deponeres, er relativt begrænsede. Sammenlignet med et fuldt udbygget kaverneanlæg forventes løsningen i nogle tilfælde at kunne reducere både anlægsomfang og omkostninger. Det er desuden hensigten at en meget stor deponeringsdybde på op til flere km's dybde kan samtidig give yderligere geologisk isolation i forhold til traditionelle kavernebaserede depoter.

Jf. det igangværende ERDO-borehulsprojekt¹⁶ kan et borehul udformes på flere måder (Figur C1.11):

1. et lodret hul
2. ét eller flere afbøjede borehuller fra samme overfladelokalitet
3. et borehul, der overgår fra lodret til et længere vandret forløb i dybde



Figur C1.11. Borehulsprincipper som lodrette, afbøjede eller kombinerede borehuller.

Dybden skal tilpasses det affald der ønskes deponeret. Internationalt behandles metoden med henblik på meget dybe borer ned til flere km. Deponeringszonens højde samt overliggende barrierer skal ligge i stabil geologi med minimal vandtransport. Dette betyder at hvis mange beholdere ønskes deponeret skal borehullets dybde være større. Hvis dette ikke er praksis muligt, fordi der er mere affald, vil det være nødvendigt med flere borehuller.

I en dansk sammenhæng har konceptet primært været diskuteret i relation til det *særlige affald* og andre affaldsfraktioner med højere koncentrationer af langlivede radionuklider. Der er dog ikke udarbejdet metoder eller analyser, der afklarer hvilken del af den danske affaldsbeholdning der ville egne sig til denne deponeringsform og hvad det vil have af konsekvenser for øvrige depotfaciliteter i den samlede danske løsning. Det er derfor på dette

¹⁶ [Deep Borehole Disposal - ERDO Association for Multinational Radioactive Waste Solutions](#)

tidlige stadie i projektet ikke muligt at afklare om borehul er den rette løsning, herunder hvilken dybde et borehul ville skulle anlægges i, eller om der vil være behov for flere borehuller.

Både teknologi og de sikkerhedsmæssige rammer er under udvikling internationalt. Metoden er endnu ikke testet og må derfor betragtes som væsentligt mindre moden end traditionelle kavernebaseerede depoter. Dette har ikke kun betydning for selve anlægget men i høj grad også ved, at der er begrænset eller ingen forskning og udvikling at bygge på ift. hele det omfattende analysearbejde, der ligger frem til et endeligt valg af system og myndighedsgodkendelse heraf. Der foreligger til sammenligning omfattende forskning, udvikling og tests, der kan benyttes som reference for et kavernedepot.

Ved boring er der en sammenhæng mellem de fysiske muligheder for at bore dybt og bore bredt (se Figur C1.12). Dette har betydning for den maksimale diameter for de beholdere der kan anvendes i et sådant depot.

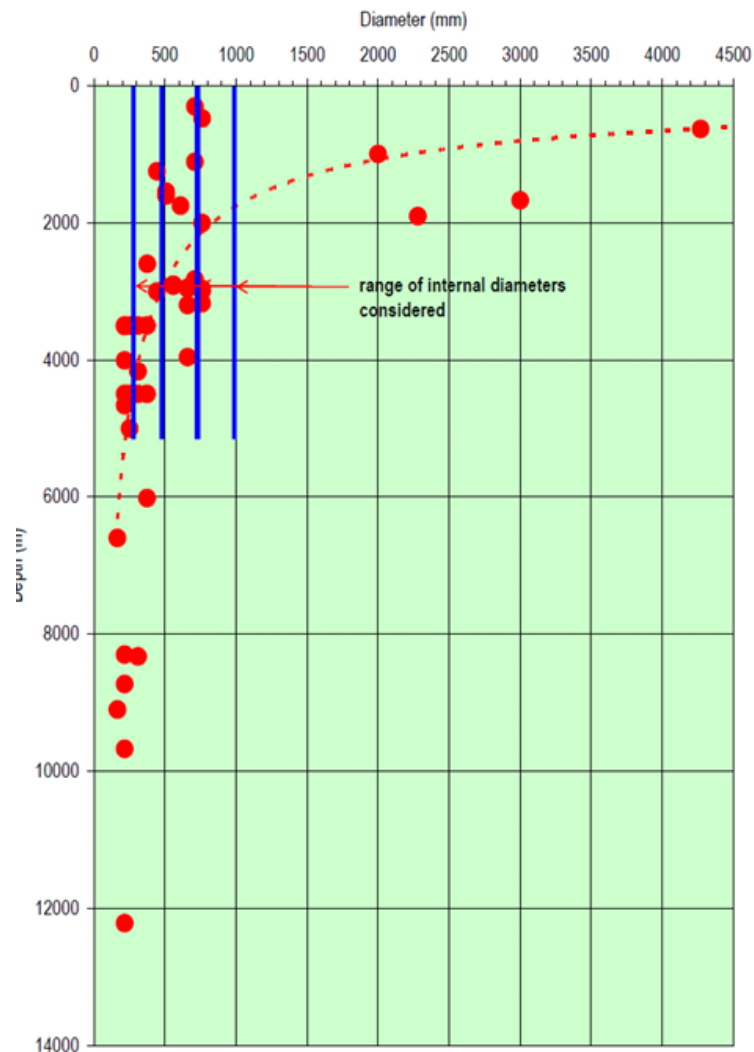


Figure 1: Depth and diameter of boreholes drilled until 2008 [12].

Figur C1.12. Dybde og diameter for borehuller boret internationalt frem til 2008. Som det ses, er der en sammenhæng mellem udførte boringers dybde og maksimale diameter.¹⁷

Der er internationale erfaringer med at bore dybe borer i en vis diameter, men erfaringer med at opbygge barriere systemer og placere beholdere med radioaktivt affald på en måde som er tæt og sikkert er ikke udviklet eller testet

¹⁷ [Microsoft Word - TN-17321 Deep Borehole Disposal Report Final Version](#)

I en meget dyb geologi, der er undersøgt på forhånd, vil udsivning ske meget langsomt. Det følsomme punkt er transport op gennem boringen, hvis denne ikke er tætnet tilstrækkeligt. Der er overvejelser om hvordan det håndteres fx hvis en beholder tabes eller sætter sig fast under deponering. I USA planlægges de første test fx hvor enkelte beholdere uden affald placeres og forsøges genoptaget. Metoden vanskeliggør sandsynligvis mulighed for monitorering som vil være en afvejning ift. tæthed. Der pågår metodeudvikling, herunder gennem internationale samarbejder under IAEA, hvor Dansk Dekommissionering deltager.

Malaysia har med støtte fra IAEA udviklet et borehulsdepot til deponering af brugte lukkede radioaktive kilder (DSRS). Anlægget er baseret på deponering i særligt konstruerede borehuller med dybder på nogle få tiere meter og repræsenterer en permanent deponeringsløsning for denne specifikke affaldstype. Konceptet adskiller sig fra de dybe borehulsdepoter, der internationalt undersøges til højaktivt affald og langlivet radioaktivt affald, hvor borehuller typisk tænkes etableret i dybder på flere hundrede meter til flere kilometer.

IAEA samarbejde om Deep Borehole Disposal, DBD

Deponering i dybe borehuller (*Deep Borehole Disposal, DBD*) er et deponeringskoncept, som i de senere år har fået stigende international opmærksomhed som et muligt supplement til traditionelle geologiske depoter. Konceptet undersøges særligt af lande med relativt begrænsede mængder mellem- eller højaktivt affald, hvor etablering af et fuldt geologisk deponeringsanlæg kan være forbundet med betydelige omkostninger og lange udviklingstider.

IAEA har igangsat et internationalt forskningssamarbejde (CRP T22003) med henblik på at vurdere det tekniske og sikkerhedsmæssige grundlag for konceptet samt understøtte medlemsstaternes beslutninger om, hvorvidt deponering i dybe borehuller bør indgå som en del af nationale deponeringsstrategier. Arbejdet omfatter vurdering af konceptets fordele, ulemper, tekniske gennemførlighed, sikkerhedsmæssige egenskaber og behov for yderligere forskning og demonstration.

Deponering i dybe borehuller fremhæves blandt andet som interessant for lande med begrænsede affaldsmængder, behov for fleksible lokaliseringmuligheder eller affaldsfraktioner med særlige radiologiske eller kemiske egenskaber, som kan være hensigtsmæssige at isolere i særskilte anlæg. Konceptet kan derfor være relevant som supplement til andre deponeringsløsninger frem for nødvendigvis at erstatte traditionelle geologiske depoter.

Konceptet er dog under udvikling. Der findes endnu ikke testede eller dybe borehuller i anvendelse til deponering af radioaktivt affald, og centrale spørgsmål vedrørende blandt andet anlægsetablering, sikkerhedsdokumentation, myndighedsgodkendelse og regulatoriske rammer undersøges fortsat internationalt. Udviklingen af konceptet betragtes derfor som et "først-af-sin-art"-initiativ, hvor der fortsat er behov for forskning, teknisk demonstration og videreudvikling af sikkerhedsgrundlaget.

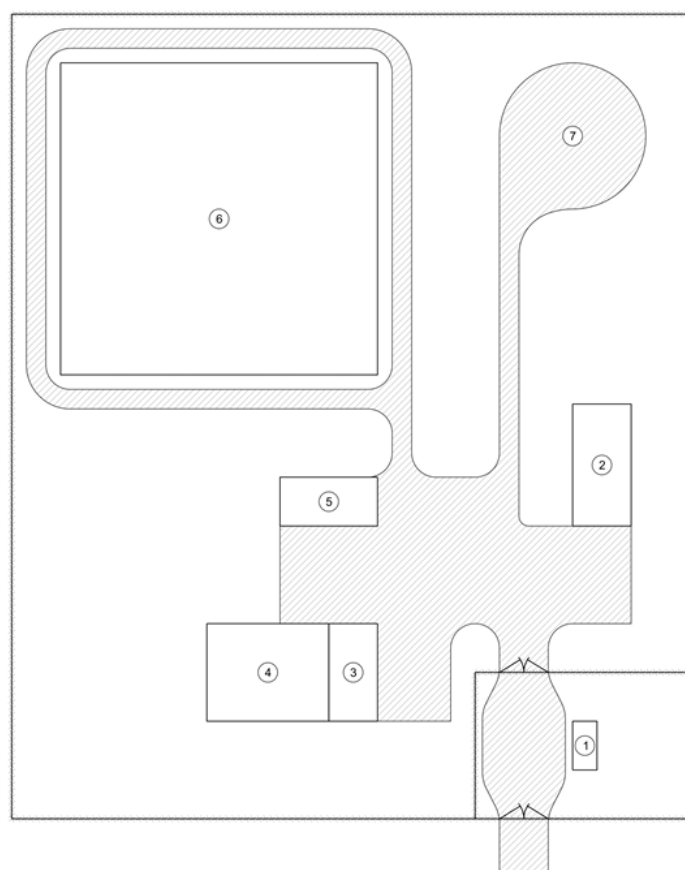
Dansk Dekommissionering deltager i IAEA's internationale samarbejde om deponering i dybe borehuller og følger dermed den internationale udvikling af konceptet. Dette bidrager til at opbygge viden om de potentielle muligheder og begrænsninger ved dybe borehuller som en mulig komponent i fremtidige danske løsninger til håndtering og deponering af radioaktivt affald. Internationalt overvejes typisk deponering ved større dybder over >1000 meter. Dette skyldes at en større dybde kun en større deponeringszone og at geologi generelt vurderes mere sikkert ved større dybder.

Teknisk Bilag C.2. Anlæg og faciliteter

1. Overfladefaciliteter og øvrig infrastruktur

Uanset valg af depotkoncept vil en betydelig del af de nødvendige funktioner være placeret på overfladen. Et depotsystem består således ikke alene af selve deponeringsfaciliteten, men af en række anlæg og infrastrukturer, der understøtter modtagelse, karakterisering, håndtering, konditionering, transport, deponering og dokumentation af affaldet.

Dette afspejles også i de forstudier, som der henvises til i Folketingsbeslutning B 90. I COWI's forstudie fra 2011¹⁸ blev depotkoncepterne beskrevet som en del af den samlede "anlægspakke" bestående af både depotfaciliteter og tilhørende overfladeanlæg. Figur C2.1 viser den generiske anlægsopbygning, som blev anvendt i forstudiet. Anlægget omfattede blandt andet (1) vagtfunktion, (2) kontor- og personalefaciliteter, (3) konditioneringsfaciliteter, (4) bygning til midlertidig opbevaring af affald, (5) garage- og vedligeholdelsesfaciliteter samt selve depotfaciliteterne i form af (6) hoveddepot og eventuelt (7) borehulsdepot. Det samlede arealbehov blev vurderet til omkring 2-3 ha.



Figur C2.1. Generisk slutdepotplan fra COWI's forstudie (2011)¹⁹. Tallene 1-7 angiver de centrale anlægsfunktioner, som indgik i de analyserede depotkoncepter.

¹⁸ Dansk Dekommissionering, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland og Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålebeskyttelse: *Forstudier til slutdepot for lav- og mellemaktivt affald – sammendrag indeholdende hovedkonklusionerne og anbefalinger fra tre parallelle studier*, maj 2011.

¹⁹ Dansk Dekommissionering, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland og Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålebeskyttelse: *Forstudier til slutdepot for lav- og mellemaktivt affald – sammendrag indeholdende hovedkonklusionerne og anbefalinger fra tre parallelle studier*, maj 2011.

COWI's anlægsskitse havde karakter af et generisk mulighedsstudie og viste de centrale funktioner, som typisk indgår i et samlet depotsystem. De enkelte depotkoncepter omfattede således ikke alene selve depotet, men også de nødvendige faciliteter til drift, affaldshåndtering, sikkerhed og administration. Internationale erfaringer viser, at disse funktioner i praksis kan organiseres og dimensioneres forskelligt afhængigt af affaldsbeholdningen, depotkonceptet og de regulatoriske krav. Faciliteterne afhænger også af hvordan anlæg er beliggende geografisk og alle funktioner skal ikke nødvendigvis ligge på samme lokalitet. I moderne depotprogrammer er funktionerne ofte fordelt på flere specialiserede anlæg og bygninger. Typiske funktioner omfatter:

Affaldsmodtagelse og karakterisering

- modtage- og håndteringsbygninger til affald, herunder modtagekontrol, registrering og intern transport
- faciliteter til karakterisering, prøvetagning, måling og dokumentation af affaldets indhold

Affaldsbehandling og lagring

- anlæg til konditionering og ompakning af affald
- Øvrige afskærmede faciliteter og evt. Hot Cell
- midlertidige lagre til affald under behandling, karakterisering eller afventende deponering

Drift og teknisk infrastruktur

- ventilationssystemer, strømforsyning, elevatorer, skakter, kraner og interne transportsystemer
- monitorerings- og sikkerhedssystemer til kontrol af stråling, miljøforhold og adgangsforhold

Støtte- og administrationsfunktioner

- værksteds-, vedligeholdelses-, lager- og garagefaciliteter
- kontor-, kontrol- og personalefaciliteter

For dybe geologiske depoter og borehulsløsninger omfatter overfladeanlæggene desuden funktioner til transport af affald mellem overfladen og deponeringsniveauet, eksempelvis via skakter, elevatorer, ramper eller specialiserede håndteringssystemer. Selvom selve deponeringen kan foregå flere hundrede meter under terræn, vil en væsentlig del af anlæggets drift, overvågning, affaldshåndtering og vedligeholdelse fortsat være knyttet til overfladefaciliteterne.

1.1 Konditioneringsfaciliteter

Konditionering omfatter de aktiviteter, der gennemføres for at bringe radioaktivt affald i en form, som er egnet til sikker håndtering, transport, lagring og deponering. I dette bilag anvendes begrebet konditionering som en fælles betegnelse for alle former for forarbejdning, forbehandling, behandling og konditionering af affald. Konditionering kan være reversibel, hvor affaldet senere kan udtages eller ombehandles, eller irreversibel, hvor affaldet indkapsles eller på anden måde bringes i en form, som ikke kan ændres uden væsentlige indgreb.

Afhængigt af affaldets egenskaber og den valgte deponeringsløsning kan der være behov for særlige konditioneringsfaciliteter forud for deponering. Sådanne faciliteter kan anvendes til eksempelvis sortering, dekontaminering, komprimering, cementering, indstøbning eller ompakning af affald samt klargøring af affaldsbeholdere til transport og deponering.

Konditionering kan enten gennemføres hos affaldsproducenten, på eksisterende nukleare anlæg eller faciliteter på ny lokalitet. Behovet for konditioneringsfaciliteter afhænger blandt andet af affaldsbeholdningens sammensætning, de valgte affaldsacceptkriterier, depotkonceptet og de logistiske forhold mellem lager-, behandlings- og deponeringsanlæg. Internationale depotprogrammer omfatter ofte konditioneringsanlæg som en integreret del af det samlede system for håndtering og deponering af radioaktivt affald.

2. Hvilket affald skal deponeres?

Valg af depotsystem forudsætter først en afklaring af, hvilket affald der faktisk skal deponeres. Ikke alt radioaktivt affald kræver langsigtet deponering, og mængden af affald, der ender på depot, afhænger af affaldets egenskaber, karakterisering og mulighederne for affaldsminimering.

Håndtering af radioaktivt affald adskiller sig fra øvrigt farligt affald ved, at sikkerheden skal vurderes ud fra både strålebeskyttelse, nuklidsammensætning og meget lange tidshorisonter. Valg af håndterings- og deponeringsløsning forudsætter derfor, at det dokumenteres gennem sikkerhedsanalyser, at dosisgrænser og miljøkrav kan overholdes i hele den periode, hvor affaldet kan udgøre en risiko

Affaldets egenskaber udvikler sig samtidig over tid som følge af radioaktivt henfald, hvor nuklider omdannes til datternuklider med andre radiologiske egenskaber. Dette betyder, at nogle affaldsfraktioner med tiden kan frigives fra regulering, mens andre vil kræve isolation over meget lange tidshorisonter. Den fremtidige håndtering kan derfor opdeles i fire overordnede kategorier: frigivelse, henfaldslagring, deponering samt håndtering af ikke-radioaktive farlige stoffer.

2.1 Affald der kan frigives uden deponering

Den bedste måde at reducere behovet for deponering på er at identificere materialer, som kan frigives fra stråleregulering. Sådanne materialer indeholder radionuklider i koncentrationer under de myndighedsfastsatte frigivelsesgrænser og kan derfor håndteres efter deres øvrige fysisk-kemiske egenskaber.

I dag arbejder DD med forudgående analyse af dekommissioneringsaffaldet med henblik på affaldsminimering. Gennem Frigivelsesfunktion (akkrediteret laboratorie) dokumenteres om potentielt affalds indhold af nuklider holder sig under de myndighedsfastsatte grænseværdier og dermed kan bortskaffes iht. affaldets øvrige fysisk-kemiske egenskaber (Exempt Waste (EW) jf. IAEA-klassificering) (se bilag B.3 for yderligere detaljer).

Kortlivede nuklider defineres som nuklider med henfaldstid på op til 30,5 år (se bilag B.1 for yderligere detaljer). En sådan halveringstid vil medføre at kun 1% af den oprindelige stråling er tilbage efter 200 år. Har et nuklid en halveringstid på 1 år er der 1% tilbage efter kun ca. 7 år. De dele af affald, der udelukkende indeholder meget kortlivede nuklider (Very Short-Lived Waste (VSLW) jf. IAEA-klassificering med halveringstid på op til ca. 100 dage) (og evt. små mængder af nuklider med længere halveringstid) kan derfor efter kortere tids henfald ligeledes bortskaffes som øvrigt affald.

2.2 Henfaldslagring

Henfaldslagring er en midlertidig håndteringsform for affald, der indeholder kortlivede nuklider, som henfalder til så lave aktivitetsniveauer, at affaldet efter en periode kan frigives til konventionel bortskaffelse. Formålet er at reducere mængden af affald, der kræver permanent deponering.

I modsætning til deponering er formålet ikke langsigtet isolation, men at udnytte det radioaktive henfald til at reducere affaldets aktivitet. For affald med korte halveringstider kan henfaldslagring derfor være en mere proportional løsning end permanent deponering og samtidig reducere behovet for depotkapacitet. Tilgangen er relevant for affald, der henfalder til lave aktivitetsniveauer inden for få årtier, men er ikke egnet til affald med halveringstider på flere hundrede år eller mere. Henfaldslagring er mest relevant for brugte kilder, som typisk består af en eller to radionuklider, men mindre egnet til dekommissioneringsaffald, som tit indeholder flere forskellige nuklider fra aktivering eller evt. krydskontaminering i forbindelse med nedtagningen.

Potentialet for henfaldslagring afhænger af affaldets nuklidsammensætning, aktivitetsniveau, fysisk-kemiske egenskaber og mulighederne for efterfølgende frigivelse. Dette forudsætter, at affaldet er tilstrækkeligt karakteriseret. Tidligere vurderinger har vist, at potentialet er tæt knyttet til kvaliteten af det tilgængelige datagrundlag²⁰, mens usikkerheder bl.a. knytter sig til fremtidige affaldsstrømme og udviklingen i frigivelseskrav.

²⁰ Notat fra Dansk Dekommissionering, TNE, *Henfaldslager*, 7. november 2011

Som led i projektet bør det derfor afklares, om dele af det danske affald, herunder kortlivet eksternt affald, med fordel kan henfaldslagres frem for at blive deponeret, eller kan henfaldslagres med henblik på deponering i en depottype for mindre risikofyldt affald. En sådan funktion kan indgå som et element i et differentieret depotsystem og eventuelt etableres i tilknytning til modtageanlæg.

2.3 Affald der skal deponeres på depot

Affald, der ikke kan frigives inden for en overskuelig tidshorisont, skal håndteres i en deponeringsløsning med lang levetid. Dette omfatter affald med indhold af radionuklider over frigivelsesgrænserne²¹, hvor aktivitet, halveringstid eller andre egenskaber gør, at affaldet fortsat udgør en radiologisk risiko over lange tidshorisonter. Kategorien omfatter affald klassificeret som Very Low Level Waste (VLLW), Low Level Waste (LLW) og Intermediate Level Waste (ILW) jf. IAEA's klassifikationssystem (se bilag B.3).

For en væsentlig del af dette affald vil tidsperspektivet frem til eventuel frigivelse være så langt, at deponering er den eneste realistiske løsning. Selvom aktivitetsniveauet reduceres over tid gennem radioaktivt henfald, har visse radionuklider halveringstider på op til tusinder eller millioner af år. Risikoen kan derfor strække sig langt ud over tidshorisonter, hvor institutionel kontrol realistisk kan opretholdes (som ofte fastsættes som værende op til 300 år).

Det er denne del af affaldsbeholdningen, som er dimensionerende for udformningen af fremtidens depotsystem. Kravene til isolation afhænger ikke alene af aktivitetsniveauet, men også af nuklidsammensætning, halveringstider, mobilitet og affaldets fysiske-kemiske egenskaber. Affald med samme aktivitet kan derfor stille vidt forskellige krav til deponering.

Valget af depotløsning skal således baseres på affaldets samlede risikoprofil. Nogle affaldsfraktioner kan håndteres i overfladenære eller mellemdybe depoter, mens andre kan kræve en højere grad af geologisk isolation. Netop denne variation i affaldets egenskaber er baggrunden for, at B 90 åbner mulighed for differentierede løsninger, hvor forskellige affaldstyper håndteres gennem forskellige anlæg med forskellig grad af isolation.

2.4 Ikke-radioaktive farlige stoffer

Et fremtidigt dansk depot vil ikke alene indeholde radioaktive nuklider, men også betydelige mængder ikke-radioaktive stoffer og materialer, som kan være skadelige for mennesker og miljø. Depotets sikkerhedskoncept skal derfor ikke alene håndtere radiologiske risici, men også begrænse udsivning og spredning af kemiske forureningsstoffer.

Farligt affald er efter miljølovgivningen (defineret nærmere i affaldsbekendtgørelsen²²) affald med egenskaber, der gør det sundhedsfarligt, miljøskadeligt, brandfarligt, ætsende eller giftigt, og reguleres gennem reglerne for deponeringsanlæg. Et eksempel fra den danske affaldsbeholdning er bly, som forekommer i betydelige mængder som følge af anvendelsen af blyafskærmning i forbindelse med håndtering af radioaktive materialer.

Selv efter affaldets indhold af radioaktive stoffer er henfaldet vil disse farlige stoffer forbliver en risiko over meget lange tidshorisonter. Kemiske risici vil derfor skulle overvejes valg af barrierer, konditioneringsmetoder og krav til udsivningskontrol på lang sigt. Der udestår afklaring af reguleringen på dette område (se *Bilag F – Anden regulering*). Valget af depotløsning bør derfor baseres på affaldets samlede egenskaber og ikke alene dets radioaktive indhold. Et fremtidigt dansk depotsystem skal kunne håndtere både radiologiske og kemiske risici, hvilket nødvendiggør en integreret vurdering af kravene fra strålebeskyttelses- og miljølovgivningen i depotets design, regulering og sikkerhedsvurdering.

3. Vurdering af kombinerede løsninger i en dansk kontekst

²¹ Friklassificeringsgrænserne er fastsat i Bekendtgørelse nr. 1385 af 18. november 2025 om radioaktive stoffer.

²² [Affaldsbekendtgørelsen](#)

Gennemgangen i dette bilag viser, at der er behov for en fornyet vurdering af depotbehov baseret på opdateret viden om hele den danske affaldsbeholdning. Det bør afklares nærmere, hvordan forskellige anlægstyper bedst kan kombineres i et samlet depotsystem, og hvordan disse bedst kan indgå i en samlet løsning i Danmark.

Eksempelvis har det været overvejet at kombinere et mellemdybt depot kombineret med dybere deponeringselementer såsom borehuller, så affald med forskellige risikoprofiler håndteres med forskellig grad af geologisk isolation. En sådan tilgang er i overensstemmelse med B 90, som både peger på dyb geologisk deponering af de affaldsfraktioner der udgør den største langsigtede risiko og samtidig åbner mulighed for separate løsninger for forskellige affaldstyper.

Opdelingen bygger imidlertid på en meget overordnet og forenklet sontring mellem det *særlige affald* og øvrige affaldsfraktioner. Når affaldsbeholdningen betragtes i lyset af internationale klassifikationssystemer som IAEA's, fremstår billedet mere nuanceret. Affaldet spænder fra fraktioner, der potentielt kan frigives eller henfaldslagres, til meget lavaktivt, lavaktivt og mellemaktivt affald med forskellige krav til isolation og håndtering. Denne variation kan have betydning for både dimensioneringen af danske depoter og fordelingen af affald mellem dem.

Grundlaget for eksisterende løsningskoncepter kan i vidt omfang føres tilbage til forstudiet fra 2011²³, som var et teknisk mulighedsstudie baseret på det dengang tilgængelige datagrundlag. Siden er viden om affaldets sammensætning og mængder blevet forbedret gennem dekommissioneringen af Risø-anlæggene, men samtidig udvikler affaldsbeholdningen sig fortsat gennem nye affaldsstrømme fra sundhedsvæsen, forskning og industri. Vurderingen af fremtidige depotsystemer må derfor forventes at ændre sig i takt med, at datagrundlaget forbedres.

Valget af fremtidens depotsystem kan derfor ikke baseres på depotkoncepter alene, men forudsætter et tilstrækkeligt og konsistent kendskab til affaldets karakteristika. Som beskrevet i bilagene B.2-B.4 er dette datagrundlag endnu ikke fuldt udviklet, hvilket medfører usikkerheder i både fordelingen af affald mellem forskellige depotsystemer og de tilhørende sikkerhedsvurderinger. Der er derfor behov for yderligere karakterisering, konsistente inventory-modeller og bedre integration af eksisterende data.

Problemstillingen kan således ikke forenkles til, hvilken depottype Danmark skal vælge, men hvordan en samlet dansk depotløsning bedst sammensættes til håndtering af affaldsfraktioner med forskellige egenskaber og risikoprofiler. Dette bør afklares gennem forundersøgelser og på baggrund af et forbedret datagrundlag, sikkerhedsanalyser og en samlet vurdering af tekniske, regulatoriske og økonomiske forhold.

3.1. Sammenhæng mellem anlæg og lokaliteter

En række af funktioner findes i dag på Risø i form af eksisterende bygninger, godkendte faciliteter, specialiseret udstyr og opbygget ekspertise inden for karakterisering, måling, konditionering, oplagring og håndtering af radioaktivt affald. Ved vurderingen af fremtidige depotsystemer kan det være relevant at undersøge, om visse funktioner med fordel kan videreføres eller videreudvikles på Risø, selv hvis selve deponeringsfaciliteten etableres på en anden lokalitet. En sådan opdeling mellem deponeringsanlæg og øvrige affaldsfunktioner er ikke usædvanlig internationalt og kan potentielt bidrage til bedre udnyttelse af eksisterende infrastruktur, erfaringer og myndighedsgodkendelser.

Efter lukning af depotet vil mange af driftsfaciliteterne kunne nedlægges eller fjernes. Afhængigt af depotkoncept og myndighedskrav kan det dog være nødvendigt at opretholde visse funktioner i en periode, eksempelvis miljøovervågning, adgangskontrol, dokumentation og institutionel kontrol.

Det er samtidig væsentligt at bemærke, at etableringen af et depot ikke indebærer, at der ophøres med at blive produceret radioaktivt affald i Danmark. Også efter afslutningen af DD's dekommissionerings-aktiviteter på

²³ Dansk Dekommissionering, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland og Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålebeskyttelse: *Forstudier til slutdepot for lav- og mellemaktivt affald – sammendrag indeholdende hovedkonklusionerne og anbefalinger fra tre parallelle studier*, COWI maj 2011.

Risøhalvøen vil der fortsat være anvendelse af radioaktive materialer inden for sundhedsvæsen, forskning og industri. Dette medfører et vedvarende behov for modtagelse, karakterisering, eventuel konditionering og deponering af fremtidige affaldsstrømme.

I et langsigtet perspektiv bør overfladefaciliteterne derfor betragtes som en del af den nationale affaldsinfrastruktur og ikke alene som støttefunktioner til etableringen af et depot.

4. Anlægsfaser i forskellige geologier

Nedenfor er som eksempel indsat faser for etablering af anlæg i ler. Andre typer geologi vil påvirke processen og de nødvendige aktiviteter. Eksemplet er baseret på en analyse fra Holland.²⁴

4.1 Hovedfaser i for anlæg af et depot i ler

Anlægsfasen

Anlægsarbejdet påbegyndes, når de relevante myndigheder har udstedt de nødvendige tilladelser (se bilag E og F).

Der er i dag ingen geologiske slutdepoter under opførelse i lerformationer, selv om Frankrig er tæt på realisering af et sådant anlæg, jf. ovenstående. Erfaringerne fra opførelse og drift af underjordiske forskningslaboratorier (Underground Research Facilities, URF) i ler forventes imidlertid at udgøre et solidt teknisk grundlag for planlægning og etablering af et geologisk slutdepot.

De første forskningslaboratorier i ler blev etableret i det forrige århundrede, herunder Mont Terri-laboratoriet i Schweiz i Opalinus-ler siden 1996 samt laboratoriet i Mol i Belgien i Rupel- (Boom-) ler siden 1980. Disse anlæg har bidraget til forståelsen af lerformationers egenskaber i dybden og har givet direkte erfaring med, hvilke teknikker der er egnede til etablering, drift og lukning af et slutdepot.

Den betydelige viden, der er opbygget gennem flere årtiers forskning, betyder, at disse generiske forskningslaboratoriers pionerrolle gradvist mindskes. Fremtidige underjordiske forskningslaboratorier forventes i højere grad at indgå som en del af den specifikke karakterisering af dybe geologiske formationer på faktiske slutdepotlokaliteter.

Der findes flere mekaniserede metoder til udgravning af tunneler og andre underjordiske anlæg i ler, herunder roadheaders (skærehoveder) og tunnelboremaskiner. Der foreligger omfattende internationale erfaringer med disse teknologier i sedimentære bjergarter med varierende styrkeegenskaber og på forskellige dybder.

For de svagt konsoliderede palæogene leraflejringer, som vurderes relevante i Danmark, forventes en tunnelløsning med en segmentforing svarende til den, der anvendes i Boom-ler ved Mol i Belgien (Figur 2-5). Holland har betydelig erfaring med denne tunnelteknologi, hvor præfabrikerede betonelementer installeres umiddelbart efter udgravningen af leret (se kapitel 4).

Erfaringerne er dog primært opnået fra trafiktunneler, hvor den begrænsede dybde medfører relativt hurtig konvergens og deformation af det svagt konsoliderede ler. I mere konsoliderede lerformationer, såsom den Callovo-Oxfordien-ler, der er valgt som værtsformation i Frankrig, er umiddelbar installation af betonsegmenter ikke nødvendig for den kortsigtede stabilitet. Her kan et cementbaseret lag af sprøjtebeton (shotcrete) være tilstrækkeligt.

Flere årtiers erfaring med forskellige typer sprøjtebeton har dog vist, at denne løsning ikke giver tilstrækkelig stabilitet over den meget lange driftsperiode, som et geologisk slutdepot kan have. Den franske affaldsorganisation ANDRA har derfor valgt at anvende betonsegmentforinger både i adgangstunneler og i de tunneler, hvor mellemaktivt affald skal deponeres (ANDRA, 2016; Figur 2-5).

²⁴ [COPERA-CLAY-2024_web.pdf](#)

Driftsfasen

Der findes på nuværende tidspunkt ingen geologiske slutdepoter i lerformationer, som er i drift. Der er imidlertid voksende international erfaring med drift af underjordiske deponeringsanlæg i andre geologiske formationer, og disse erfaringer vurderes generelt at være relevante for alle typer geologiske slutdepoter.

Dette omfatter blandt andet erfaringer fra det amerikanske Waste Isolation Pilot Plant (WIPP), der er etableret i saltformationer til deponering af mellemaktivt affald (ILW), samt fra anlæg til deponering af kortlivet lav- og mellemaktivt affald (SL-LILW) i granitværtsbjergarter i Ungarn, Finland og Sverige.

Kortlivet lav- og mellemaktivt affald deponeres desuden i overfladenære anlæg i en række europæiske lande, herunder Frankrig, Spanien, Bulgarien og Tjekkiet.

Underjordiske deponeringsanlæg, overfladenære deponeringsanlæg og lageranlæg på overfladen – eksempelvis COVRAs lagringsanlæg i Nieuwdorp – anvender i vid udstrækning de samme principper for håndtering af affald, deponering af affaldspakker samt den overordnede driftsstyring af anlægget.

Lukningsfasen

Deponeringstunneler med affald kan enten fyldes (back-fill) umiddelbart efter placering af affaldsbeholdere i driftsfasen eller først fyldes som en del af lukningsfasen.

Der kan være behov for propper og aflukninger i skakte og andre adgangsveje for at forhindre indtrængning af vand til deponeringsområderne. Derudover kan der være behov for tætningssystemer, som opretholder affaldets isolation fra det omgivende miljø. I plastiske bjergarter som ler er kravene til sådanne tætninger generelt mindre omfattende end i hårde krystallinske bjergarter (Carbol et al., 2022).

Metoder til lukning af deponeringsanlæg er allerede blevet demonstreret gennem forsøg i underjordiske forskningslaboratorier. Et eksempel er etableringen af en højstyrkebetonprop i granit ved Aspö-forskningslaboratoriet i Sverige. Formålet var at skabe en barriere, der reducerer sandsynligheden for menneskelig indtrængen i anlægget.

Afhængigt af anlæggets design skal en række installationer i både de underjordiske og overfladenære anlægsdele demonteres og fjernes inden den endelige lukning. Dette kan eksempelvis omfatte kraner og andet udstyr anvendt til håndtering af affaldspakker. Visse anlægskomponenter kan desuden kræve dekontaminering eller skulle håndteres som radioaktivt affald.

Efterfølgende gennemføres reetablerings- og oprydningsaktiviteter på lokaliteten, så området kan tilbageføres til normal anvendelse (Carbol et al., 2022).

Der findes endnu ingen endeligt lukkede geologiske slutdepoter for radioaktivt affald. Der findes dog eksempler på lukkede deponeringsanlæg ved jordoverfladen, herunder Manche-anlægget i Frankrig, som var i drift i 25 år og siden er blevet lukket og overgået til efterfølgende overvågning (ANDRA, 2020).

Efterlukningsfasen (post-closure)

Efterlukningsfasen indledes med en periode, hvor der udøves aktiv institutionel kontrol med adgang til og aktiviteter på depotanlægget. Formålet er primært at øge tilliden til den isolation og indeslutning, som multibarrieresystemet yder.

Aktiv institutionel kontrol er ikke nødvendig for at sikre den langsigtede sikkerhed, da de multiple barrierer efter lukning skal fungere som et fuldt passivt system. Kontrollen bidrager dog til at forebygge eller reducere sandsynligheden for utilsigtet menneskelig indtrængen i multibarrieresystemet, så længe overvågning og kontrol opretholdes.

Perioden med aktiv institutionel kontrol kan strække sig over flere årtier afhængigt af nationale regler (som ikke er etableret i Danmark) og vilkår fastsat i anlæggets tilladelser. På et tidspunkt i fremtiden, som fastlægges af kommende generationer i overensstemmelse med gældende krav og samfundsmæssige beslutninger, vil den aktive institutionelle kontrol blive ophævet.

Passiv institutionel kontrol omfatter primært dokumentation, arkivering og bevarelse af viden om affaldet, depotanlægget og lokaliteten. Videreførelse af denne viden til fremtidige generationer kræver en række foranstaltninger og samarbejder med lokale, nationale og internationale organisationer.

Jo længere viden om et geologiske depot kan bevares og formidles, desto større vil reduktionen af affaldets farepotentiale være som følge af radioaktivt henfald. Samtidig vil sandsynligheden for og konsekvenserne af utilsigtet menneskelig indtrængen blive mindre.

Omfanget og varigheden af den institutionelle kontrol skal fastlægges i national lovgivning og i de krav, som den ansvarlige tilsynsmyndighed opstiller. I Danmark – ligesom i mange andre lande er disse krav dog endnu ikke definerede.

Eksempler på lukkede deponeringsanlæg for kemisk affald kan udgøre relevante analoger og eksempler på langsigtet institutionel kontrol efter anlæggenes lukning.

Projektgrundlag

Slutdepot - Langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald

TEKNISK BILAG D

Lokalisering

FORELØBIGT UDKAST



Indhold

Læsevejledning og hovedpointer	2
Teknisk bilag D.1. Tekniske forhold ved lokalisering	3
Teknisk bilag D.2. Lokalitetsproces - dialog, interessenter og lokalsamfund.....	22

Læsevejledning og hovedpointer

De tekniske bilag **D.1** og **D.2** beskriver de tekniske og procesmæssige forhold, der har betydning for lokalisering af fremtidige anlæg til håndtering, lagring og deponering af radioaktivt affald i Danmark.

- **Bilag D.1** beskriver geologiske og øvrige tekniske lokaliseringskriterier og - proces
- **Bilag D.2** beskriver rammer, metoder og internationale erfaringer med lokaliseringsprocesser herunder interessentinddragelse.

Bilagene peger samlet på følgende forhold:

1. **Et depots lokalitet bidrager til sikkerhed, men valget af lokalitet skal tilpasses affaldet og depotkonceptet.** Særligt for et mellemdybt og dybt depot udgør lokalitetens geologiske og hydrogeologiske egenskaber en væsentlig del af depotets samlede sikkerhed og skal understøtte de sikkerhedsfunktioner, som er nødvendige for den konkrete affaldsbeholdning og det valgte depotkoncept.
2. **Geologiens betydning afhænger af depotkonceptet.** For mellemdybe og dybe depoter er geologien en afgørende del af sikkerhedskonceptet på lang sigt. For overflade- og overfladenære depoter baseres sikkerheden i højere grad på tekniske barrierer og overvågning. Denne type anlæg egner sig især til affald, der udgør en mindre risiko på lang sigt.
3. **Tekniske lokaliseringskriterier omfatter mere end geologi.** Lokalitetskriterier og -evaluering omfatter typisk også anlægsforhold, transport, arealbehov, natur- og miljøinteresser, planforhold, eksisterende arealanvendelse og andre samfundsmæssige hensyn.
4. **En lokaliseringsproces forudsætter et teknisk grundlag.** Før søgning efter konkrete lokaliteter igangsættes, bør der opbygges et tilstrækkeligt teknisk grundlag, så det tydeligt kan kommunikeres, hvilke krav lokaliteten skal opfylde for at kunne anvendes. Det bygger blandt andet på overblik over affaldsbeholdningen, udvikling af en safety case baseret metode samt en iterativ vurdering af relevante depotkoncepter og deres krav til en lokalitet. Vurderingen omfatter også andre fysiske krav som nævnt under punkt 3 ovenfor.
5. **Lokaliseringsstrategi skal udvikles som en integreret del af projektet.** Der skal udvikles en samlet lokaliseringsstrategi, som fastlægger metode, kriterier og evalueringsmodel for udvælgelse af lokaliteter. Strategien skal bygge på både tekniske forhold og de procesmæssige rammer for inddragelse, beslutningstagning og myndighedsbehandling. Det skal indgå, hvordan forskellige hensyn vægtes i beslutningsprocessen.
6. **Lokaliseringsfaserne vil først kunne igangsættes efter flere års teknisk udviklingsarbejde.** Internationale erfaringer viser, at lokalisering normalt ikke indledes ved projektstart, men først efter en teknisk initieringsfase. Udvikling af det tekniske grundlag, gennemførelse af forundersøgelser og udarbejdelse af en lokaliseringsstrategi må derfor forventes at gå forud for screening og evaluering af konkrete lokaliteter.
7. **Kommunikation, gennemsigtighed og interessentinddragelse bør påbegyndes tidligt.** Internationale erfaringer viser, at opbygning af tillid, adgang til information, lokal kapacitetsopbygning og løbende dialog er væsentlige forudsætninger for et robust lokaliseringsforløb. Dette arbejde bør udvikles tidligt og parallelt med de tekniske forundersøgelser og ikke først påbegyndes, når søgning efter lokaliteter går i gang.

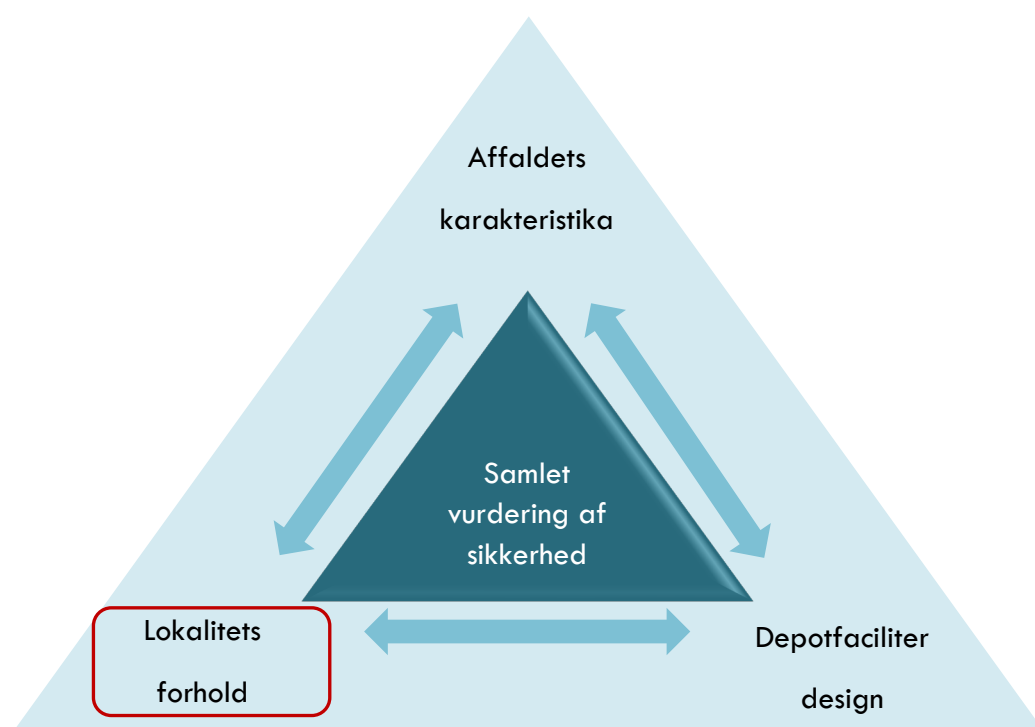
Samlet viser bilagene, at der er behov for at udvikle en dansk lokaliseringsmetode, hvor tekniske kriterier, sikkerhedsmæssige vurderinger og geologiske undersøgelser integreres med dialogprocesser, interessentinddragelse og myndighedsbehandling. Lokalisering bør betragtes som en integreret del af udviklingen af den samlede løsning, hvor tekniske og procesmæssige forhold udvikles parallelt. Etableringen af dette grundlag udgør en vigtig forudsætning for senere at kunne gennemføre screening, evaluering og udvælgelse af konkrete lokaliteter.

Teknisk bilag D.1. Tekniske forhold ved lokalisering

Bilaget gennemgår tekniske forhold, der har betydning for lokalisering af anlæg til deponering af radioaktivt affald. Formålet er at give et indblik i tekniske krav til potentielle lokaliteter, de undersøgelser der anvendes til at vurdere dem, samt internationale erfaringer med lokalisering af depoter. Området er teknisk komplekst og bilaget er ikke en fuldstændig gennemgang af metoder og kriterier der vil skulle udvikles nærmere som en del af projektet.

1. Grundlæggende principper for lokalisering og sikkerhed

For deponering af radioaktivt affald, der udgør en langsigtet risiko, er lokalitetens egenskaber en vigtig del af sikkerhedskonceptet. Depotets sikkerhed opnås gennem samspillet mellem affaldsbeholdningen, depotkoncept, de tekniske barrierer og lokalitetens naturlige barriereegenskaber. Kravene til en lokalitet afhænger derfor både det affald, der skal deponeres, og de sikkerhedsfunktioner, som depotkonceptet skal levere.



Figur D1.1. Et depots sikkerhed opnås gennem samspillet mellem affaldet, de anlagte barrierer og lokalitetens naturlige egenskaber. Lokalitetskravene afhænger af det affald, der ønskes deponeret i det pågældende depot. Dette bilag behandler forhold vedrørende lokaliteten.

Betydningen af lokalitetens naturlige egenskaber varierer mellem forskellige depottyper. For mellemdybde og dybe depoter til affald, der udgør en langsigtet risiko, har naturlige geologiske barrierer afgørende betydning for depotets evne til at tilbageholde og forsinke spredningen af radioaktive nuklider. De naturlige barrierer er særligt vigtige på tidshorisonter over tusinde år, hvor de tekniske barrierers funktion ikke kan forudsættes opretholdt.

For overflade- og overfladenære depoter til affald med en mere begrænset langsigtet risiko kan sikkerheden i højere grad baseres på tekniske barrierer, institutionel kontrol og overvågningsprogrammer. På lavere dybder bidrager jordbunds- og geologiske forhold bl.a. ved at begrænse vandtransport og understøtte anlæggets stabilitet.

Den danske langsigtede løsning kan omfatte en eller flere affaldsveje og evt. forskellige depottyper til forskellige affaldskategorier. Valget vil have væsentlig betydning for lokaliseringsarbejdet, fordi forskellige depotkoncepter stiller forskellige krav til lokaliteter. Som en del af en strategi med flere affaldsveje vil samlokalisering eller placering på forskellige lokaliteter også skulle vurderes nærmere, herunder hvordan disse valg påvirker lokaliseringskrav.

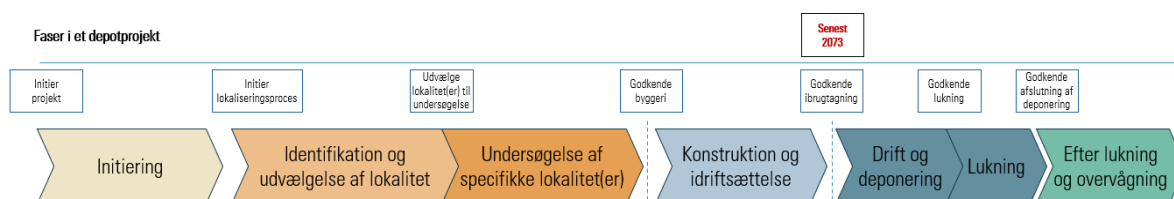
For en nærmere beskrivelse af depotsystemer og tekniske barrierer henvises til Bilag C – *Depotsystemer, anlæg og faciliteter*, for affaldsbeholdningen til Bilag B – *Radioaktivt affald i Danmark*, og for sikkerhedskrav henvises til Bilag E – *Krav til nukleare anlæg til radioaktivt affald*.

1.1 Trinvise lokalitetsundersøgelser

IAEA peger i publikationen *Management of Site Investigations for Radioactive Waste Disposal Facilities* (IAEA, 2024) på at lokalitetsundersøgelser bør gennemføres som en trinvis og iterativ proces.¹ Arbejdet udvikles typisk fra konceptuelle studier og områdevurderinger til undersøgelser og detaljeret karakterisering af konkrete lokaliteter. Efterhånden som datagrundlaget og forståelsen af de potentielle lokaliteter forbedres, kan undersøgelserne målrettes og beslutningsgrundlaget gradvist styrkes. Den trinvise tilgang skal desuden sikre, at lokalitetsundersøgelser planlægges og gennemføres ud fra klart definerede data- og informationsbehov og i den sidste ende kan myndighedsgodkendes.

Tilgangen kan anvendes uanset, om processen indledes med en bred nationale screening, eller om den fra starten fokuserer på et mere begrænset antal kandidatlokaliteter, f.eks. frivilligt indmeldte lokaliteter, lokaliteter med allerede velkendte egenskaber eller områder med eksisterende nukleare anlæg. Denne grundlæggende fremgangsmåde genfindes i forskellige former i blandt andet Finland, Sverige, Schweiz, Belgien og Canada.

Lokalitetsundersøgelser bør gennemføres efter et gradueret og iterativt princip, som afspejler den trinvise beslutningsproces og den gradvise udvikling af depotanlæg. På hvert trin i lokaliseringsforløbet vurderes samspillet mellem affaldsbeholdning, depotkonceptet og lokalitet på baggrund af den viden og de data, der foreligger på det pågældende tidspunkt. Efter hver vurdering gennemføres typisk en analyse af videnshuller, hvor kravene til lokaliteten sammenholdes med det eksisterende datagrundlag. Formålet er at identificere usikkerheder i procesforståelse, modeller og data, som kan påvirke tilliden til, at depotkonceptet kan realiseres sikkert på den pågældende lokalitet.



Figur D1.2. Generisk fasemodel for nationale geologiske depotprogrammer jf. IAEA programmodel². Jf. modellen er lokaliseringen opdelt i en fase hvor flere mulige lokaliteter screenes og en fase hvor en eller få udvalgte lokaliteter gennemgår mere detaljerede undersøgelser. Lokalisering igangsættes først efter en teknisk initieringsfase.

¹ [Management of Site Investigations for Radioactive Waste Disposal Facilities | IAEA 2024](#)

² Roadmap for Implementing a Geological Disposal Programme (IAEA 2024). [Link](#) (se dansk version Bilag A)

2. Lokaliseringsstrategi og lokaliseringskriterier, screening og evaluering

Udvikling af en lokaliseringsstrategi er et vigtigt element i planlægningen af projektet. Strategien fastlægger de overordnede principper for, hvordan potentielle lokaliteter identificeres, undersøges og evalueres, samt hvilke kriterier og metoder der anvendes gennem de forskellige faser af lokaliseringsprocessen.

Internationale depotprogrammer anvender forskellige metoder til lokalisering, men de fleste bygger på en kombination af ekskluderende og inkluderende tilgange. I en ekskluderende tilgang frasorteres områder, som på forhånd vurderes uegnede ud fra en række tekniske, geologiske, sikkerhedsmæssige eller planlægningsmæssige kriterier. I en inkluderende tilgang identificeres områder, som potentielt kan opfylde kravene, hvorefter disse undersøges og sammenlignes gennem successive analyse- og undersøgelsesfaser. I praksis kombineres de to tilgange ofte, således at en indledende screening reducerer antallet af mulige områder, hvorefter de tilbageværende kandidater underkastes en mere detaljeret evaluering.

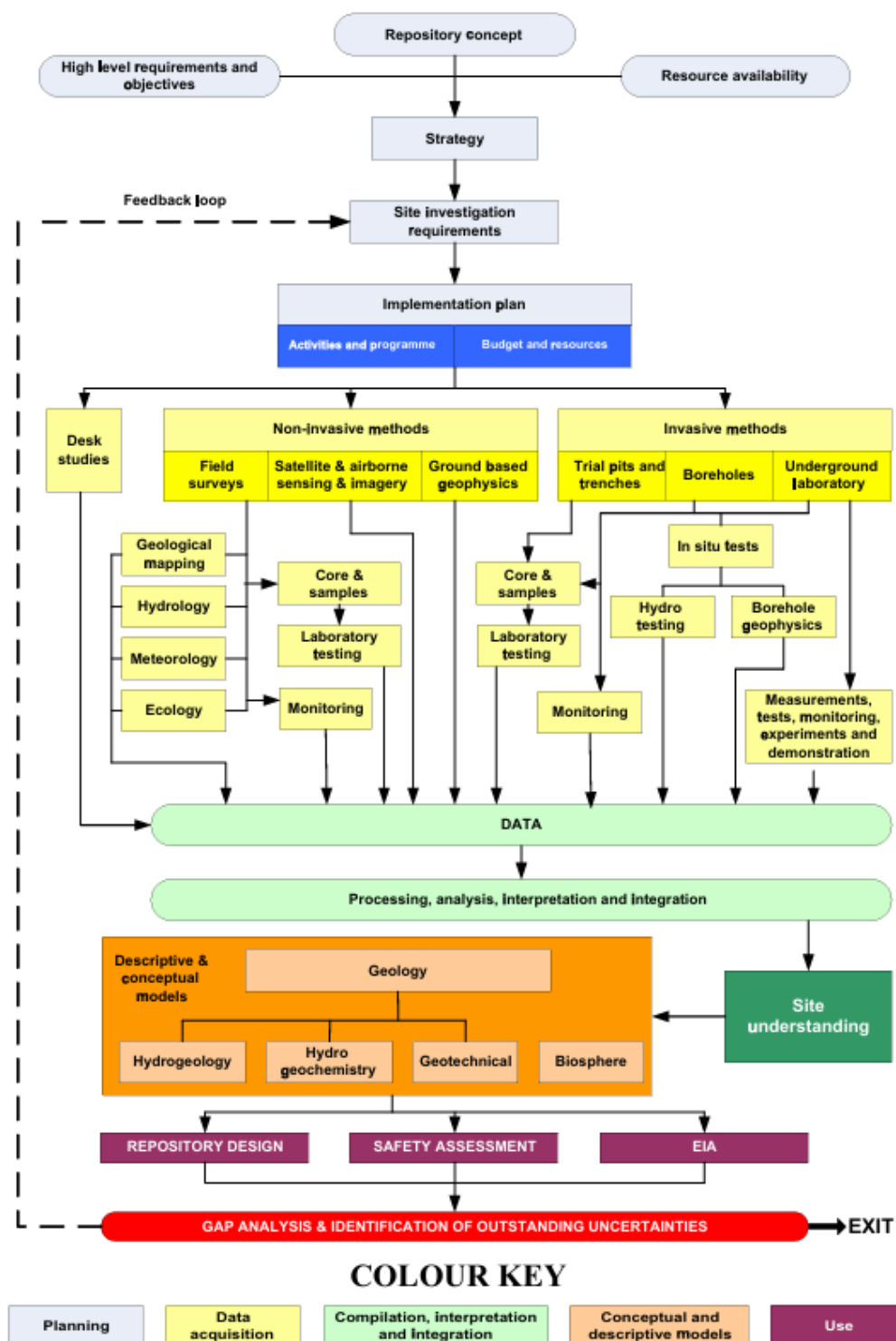
Valget af lokaliseringsstrategi er tæt knyttet til de nationale strategier for affaldsklassificering, affaldsveje og depotkoncepter og kan ikke fastlægges uafhængigt heraf. Kravene til en lokalitet afhænger blandt andet af affaldsbeholdningen, de ønskede sikkerhedsfunktioner, deponeringsdybden, dimensionering og samspillet mellem tekniske og naturlige barrierer. Lokalisering bør ske som en integreret del af den samlede systemudvikling.

Før en lokaliseringsproces kan igangsættes, er der typisk behov for at omsætte de tekniske, sikkerhedsmæssige og planlægningsmæssige krav til et sæt lokaliseringskriterier. Kriterierne beskriver de egenskaber, som en lokalitet skal besidde for at kunne understøtte det pågældende depotkoncept, og udgør grundlaget for screening, evaluering og udvælgelse af kandidatlokaliteter. Disse kriterier kan omfatte en kombination af geologiske og øvrige tekniske kriterier eksempelvis:

- krav til depotdybde,
- krav til værtsformationens tykkelse og udbredelse
- geologisk og tektonisk stabilitet
- hydrogeologiske forhold
- krav til langsigtet sikkerhed og tilbageholdelse af radionuklider
- krav til arealbehov og udvidelsesmuligheder
- krav til muligheder for etablering af overfladeanlæg
- krav til adgangs- og transportforhold
- afstand til beboelse eller særlige beskyttelsesinteresser
- begrænsninger som følge af råstofinteresser, infrastruktur eller andre arealanvendelser.

Fastlæggelse af kriterier tidligt i processen bidrager til at tydeliggøre hvilke forhold der er afgørende for sikkerhed og gennemførlighed, og hvilke områder der derfor bør prioriteres eller fravælges i de videre undersøgelser.

Afhængig af den samlede lokaliseringsproces kan der opereres med flere niveauer af kriterier. Et første niveau kan bestå af eksklusionskriterier, som anvendes til at frasortere områder, der ikke opfylder grundlæggende krav. Et andet niveau kan bestå af minimumskrav, som alle kandidatlokaliteter skal opfylde for at kunne indgå i den videre proces. Et tredje niveau kan bestå af evaluerings- eller afvejelseskriterier, som anvendes ved sammenligning af flere egnede lokaliteter. Opdelingen af kriterierne understøtter en transparent og sporbar beslutningsproces, hvor det er tydeligt, hvilke forhold der fører til fravalg af lokaliteter, og hvilke forhold der anvendes ved sammenligning af egnede kandidater.



Figur D1.3. IAEA's generiske model for gennemførelse af lokalitetsundersøgelser. Modellen illustrerer sammenhæng mellem lokaliseringsstrategi, kriterier, undersøgelsesprogrammer og GAP-analyser med feedback loop frem til en endelig lokalitet kan udpeges. Kilde.: IAEA-publikation om lokaliseringsundersøgelser fra 2024³

³ Management of Site Investigations for Radioactive Waste Disposal Facilities IAEA 2024 [Link](#)

Ved evaluering af kandidatlokaliteter indgår typisk både sikkerhedsmæssige, geologiske, tekniske, miljømæssige og samfundsmæssige forhold. Nogle forhold vurderes som absolutte krav, mens andre anvendes til at belyse relative fordele og ulemper mellem flere mulige lokaliteter. Lokalisering består af komplekse vurderinger af en lang række forhold og det er vigtigt at understrege, at uanset lokaliseringsmodel søges efter "en mulig lokalitet" ikke "den bedste lokalitet". Formålet er derimod at identificere en eller flere lokaliteter, som dokumenteret kan opfylde de krav, der stilles til den samlede løsning.

tilgang afspejles i IAEA's anbefalinger for planlægning og gennemførelse af lokalitetsundersøgelser. Her anbefales en kravbaseret og trinvis proces, hvor omfanget og indholdet af undersøgelserne bestemmes af de informationer, der er nødvendige for sikkerhedsvurderinger, depotdesign, miljøvurderinger og myndighedsgodkendelser. Dataindsamling, analyser og modeludvikling gennemføres iterativt og målrettes de væsentligste usikkerheder og vidensbehov på hvert trin i processen.

Figur D1.3 illustrerer denne integrerede tilgang. Modellen viser, hvordan krav til depotkonceptet omsættes til en strategi og et undersøgelsesprogram, der kombinerer skrivebordsstudier, feltundersøgelser, geofysiske metoder, boringer og andre undersøgelser. De indsamlede data bearbejdes og integreres i modeller, som danner grundlag for sikkerhedsvurderinger, depotdesign og miljøvurderinger. Et centralt element i modellen er den løbende identifikation af videnshuller og usikkerheder, som anvendes til at definere behovet for yderligere undersøgelser og dermed driver den iterative udvikling af lokaliseringsprocessen frem til en lokalitet kan udpeges.

2.1 Internationale kriterie og evalueringsmetoder

Internationale depotprogrammer bygger generelt på en kombination af lokaliseringskriterier, tekniske undersøgelser og trinvis beslutningsprocesser som beskrevet ovenstående. Der imidlertid betydelige forskelle i, hvordan de enkelte lande tilrettelægger og gennemfører lokaliseringen. Forskellene vedrører blandt andet vægtningen mellem geologiske, sikkerhedsmæssige og samfundsmæssige hensyn, anvendelsen af eksklusions- og evalueringskriterier, samt tidspunktet for igangsættelse af de mere detaljerede lokalitetsundersøgelser af konkrete lokaliteter. Der ses også variationer i samspillet mellem tekniske og dialogbaserede processer (se bilag B.2). I nogle programmer identificeres kandidatlokaliteter indledningsvist primært gennem tekniske screeningsprocesser, mens andre i højere grad bygger på frivillig deltagelse eller dialogbaseret udpegning af mulige lokaliteter, hvorefter den tekniske evaluering gennemføres for et begrænset antal kandidater. På trods af disse forskelle er kriteriebaseret evaluering, gradvis reduktion af antallet af kandidatlokaliteter og trinvis opbygning af beslutningsgrundlaget gennemgående elementer i de fleste internationale lokaliseringsprogrammer.

Nedenfor gennemgås to meget forskellige metoder fra hhv. Tyskland og Storbritannien.

Tekniske lokaliseringskriterier Tyskland

Tysklands lokaliseringsproces er reguleret gennem Standortauswahlgesetz (StandAG)⁴, som indeholder detaljerede geologiske kriterier for udvælgelse af lokaliteter til et geologisk depot.

I den tyske metode operationaliseres den geovidenskabelige lokalitetsevaluering gennem en række indikatorbaserede kriterier, der vurderer risiko for bl.a. hydrauliske strømningsveje, gasdannelse og termiske påvirkninger samt formationens radionuklidtilbageholdelse, hydrogeokemiske forhold og geologiske beskyttelse fra dæklag. Hver indikator tildeles en vurderingskategori (gunstig, betinget gunstig eller mindre gunstig), hvilket muliggør en systematisk sammenligning af potentielle lokaliteter.

Nedenfor er angivet et enkelt eksempel på sådanne systematiske kriterier.

Indikatorer til vurdering af tilbageholdelseskapaleten i den indeslutningsvirkssomme geologiske formation

⁴ [Formulierungshilfe für einen Gesetzentwurf der Fraktionen](#)

De barrierevirksomme bjergarter i den geologiske barriere skal have en så høj tilbageholdelsesevne som muligt over for de radionuklider, der er relevante på lange tidsskalaer.

Indikatorer for denne tilbageholdelsesevne omfatter:

- bjergarternes sorptionsevne, herunder sorptionskoefficienter (Kd-værdier) for de pågældende radionuklider som angivet i den tilhørende tabel,
- et højt indhold af mineralfaser med stor reaktiv overflade, såsom lermineraller samt jern- og manganhydroxider og oxyhydroxider,
- høj ionstyrke i grundvandet inden for den geologiske barriere, og
- porer med åbninger i nanometerskala i bjergarten.

Tabel D1.1. Et eksempel på vurderingskriterie i den tyske lokaliseringsmodel

Vurderingsrelevant egenskab	Vurderingskriterie/ indikator	Gunstig	Betinget gunstig	Mindre gunstig
Sorptionsevne i bjergarten inden for den geologiske barriere	Kd-værdi for anlægsrelevante radionuklider $\geq 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$	Uran, protactinium, thorium, plutonium, neptunium, zirkonium, technetium, palladium, jod, cæsium og klor	Uran, plutonium, neptunium, zirkonium, technetium og cæsium	-

Efter en indledende screening vurderes lokaliteterne videre på baggrund af geovidenskabelige afvejelseskriterier og senere planlægningsmæssige forhold. De planlægningsmæssige afvejningskriterier bruges ikke som absolutte eksklusionskriterier, men til at sammenligne og prioritere lokaliteter ud fra arealanvendelse, miljø, ressourcer og samfundsmæssige hensyn. Disse kriterier omfatter bl.a. afstand til beboelse, drikkevandsforekomster, oversvømmelsesrisiko, anden aktivitet som fx geotermisk udnyttelse, gasudvinding eller CO₂ lagring.

Teknisk evalueringsmetode Storbritannien

Et eksempel på en evalueringsstrategi kan ses fra Storbritannien⁵. Den britiske metode for lokalisering af et geologisk depot (Geological Disposal Facility, GDF) er kendt for en meget åben og frivillig tilgang men er ligeledes baseret på en systematisk evaluering af potentielle lokaliteter ved hjælp af et sæt på forhånd definerede Siting Factors og tilhørende Evaluation Considerations. Storbritannien anvender en kravbaseret lokalitetsevaluering, hvor lokaliteter vurderes op imod et dokumenteret system af krav afledt af sikkerhedsdokumentationen. Denne beskriver, hvordan et geologisk depot kan designes, etableres, drives og lukkes sikkert i overensstemmelse med gældende krav i forskellige geologiske miljøer. De relevante krav skal derfor kunne opfyldes uanset den konkrete lokalitet. Hvis kravene ikke kan opfyldes, er det usandsynligt, at området eller lokaliteten er egnet til et geologisk depot.

Storbritannien har en mere fleksibel lokaliseringsmodel end den tyske og potentielle områder og lokaliteter skal kunne vurderes og evalueres på en dynamisk og udviklingsorienteret måde frem for på et statisk og bindende grundlag. Hvis de grundlæggende krav til et geologisk depot ændrer sig i løbet af lokaliseringsprocessen, er det hensigten at drøfte de foreslåede ændringer med de lokalsamfund, der deltager i processen, og opdatere sikkerhedsdokumentation efter behov.

⁵ [RWM - Site Evaluation - How we will evaluate sites in England](#)

Modellen kobler de lokale behov med tekniske krav. En oversigt over lokaliseringsfaktorer ses af tabellerne nedenfor.

Tabel D1.2. Lokaliseringsfaktorer i Storbritanniens lokaliseringsmodel

Table 1: Siting Factors

Siting Factor	Description
Safety and Security	Whether the relevant Safety and Security Requirements, including those for safeguarding can be satisfied.
Community	Whether the relevant Community Requirements, including the social and economic implications and community wellbeing can be satisfied.
Environment	Whether the relevant Requirements relating to Environmental matters, including those for Protected Habitats and Species can be satisfied.
Engineering Feasibility	Whether the relevant Requirements relating to Engineering Feasibility, including those for construction, sustainable design, retrievability and the ability to accommodate the inventory for disposal, can be satisfied.
Transport	Whether the relevant Requirements relating to the Transport of waste, people and other materials can be satisfied.
Value for Money	Whether the relevant Requirements relating to delivering Value for Money can be satisfied.

Disse faktorer er udfoldet til en række evalueringsovervejelser som indgår i udvælgelse og sammenligning af mulige områder.

Tabeller D1.3-D 1.8. Udfoldede lokaliseringsovervejelser i Storbritanniens lokaliseringsmodel

Table 2: Evaluation Considerations for the Siting Factor – Safety and Security

Evaluation Consideration	Description
Safety during Investigation	The ability to investigate areas and sites safely within the constraints of the area / site and the long term implications of those investigations.
Safety during Construction	The ability to build a GDF safely and the long term implications of that construction.
Safety during Operations	The ability to operate a GDF safely and the long term implications of that operation.
Safety after Closure	This ability to isolate and contain radioactive waste for the time required for the radioactivity to naturally reduce to acceptable levels.
Management Requirements	The ability to satisfy the relevant administrative Requirements within the constraints of the area / site.
Security	The ability to design, construct, operate and close a GDF such that the relevant security Requirements are satisfied.
Safeguards	The ability to design, construct, operate and close a GDF such that the relevant safeguarding Requirements are satisfied.

Table 3: Evaluation Considerations for the Siting Factor - Community

Evaluation Consideration	Description
Community Wellbeing	The implications of the investigation, construction, operation and closure of a GDF on the wellbeing of the community that may be affected.
Social	The implications of the investigation, construction, operation and closure of a GDF on the social conditions of the community that may be affected.
Economic	The implications of the investigation, construction, operation and closure of a GDF on the economy of the community that may be affected.
Health	The implications of the investigation, construction, operation and closure of a GDF on the health conditions of the community that may be affected.
Local Community Vision	The ability for the development of a GDF to be aligned with the Potential Host Community's objectives/ vision.

Table 4: Evaluation Considerations for the Siting Factor - Environment

Evaluation Consideration	Description
Environmental Implications	The implications of the investigation, construction, operation and closure of a GDF on the Environment.
Protected Habitats and Species	The implications of the investigation, construction, operation and closure of a GDF on Protected Habitats and Species.

Table 5: Evaluation Considerations for the Siting Factor - Engineering Feasibility

Evaluation Consideration	Description
Flexibility	The ability to apply a variety of design solutions to a given area or site.
Ability to Characterise	The ability to characterise an area / sites within the constraints of the area / site.
Ability to Design and Construct	The ability to design and construct a GDF within the constraints of the area / site.
Inventory for Disposal	The ability to design, construct and operate a GDF such that the agreed waste inventory can be disposed.
Sustainable Design	The ability to design, construct and operate a GDF in a sustainable manner.
Waste Conditioning and Packaging	The ability for waste that is already or still to be packaged to be accepted at a potential site.
Retrievability	The ability to design, construct and operate a GDF such that waste could potentially be retrieved during the operational phase if there is a compelling reason to do so.

Table 6: Evaluation Considerations for the Siting Factor - Transport

Evaluation Consideration	Description
Transport Safety	The ability to transport waste safely.
Transport Security	The ability to transport waste securely.
Transport Implications	The implications of the investigation, construction, operation and closure of a GDF on strategic and local transport networks.

Table 7: Evaluation Considerations for the Siting Factor – Value for Money

Evaluation Consideration	Description
Lifetime Costs and Value	The costs and benefits of the investigation, construction, operation and closure of a GDF.
Waste Receipt Schedule	The implications of the investigation, construction and operation of a GDF relating to on the assumed waste receipt schedule of the receipt of waste.

Evalueringen gennemføres trinvist i takt med, at der gennemføres lokale processer og indsamles mere detaljerede data om de undersøgte lokaliteter. Metoden bygger på en samlet, evidensbaseret vurdering af lokaliteternes egnethed men anvender ikke et fast pointsystem eller numerisk vægtning af kriterierne. I stedet vurderes det, om der er tilstrækkelig tillid til, at de nødvendige sikkerheds-, miljø- og myndighedskrav kan opfyldes. Evalueringen understøtter både dialogen med lokalsamfundene og de formelle beslutninger om at videreføre eller fravælge lokaliteter gennem lokaliseringsprocessen.

3. Lokalitetens geologiske egenskaber

Geologiske undersøgelser skal tilvejebringe den viden, der er nødvendig for at vurdere om et depot kan etableres og opfylde de langsigtede sikkerhedskrav. Undersøgelserne skal skabe forståelse for lokalitetens opbygning, udvikling og egenskaber samt for de processer, der kan påvirke depotets funktion over tid.

For geologiske depoter er det særligt vigtigt at forstå, hvordan lokalitetens geologiske, hydrogeologiske, geokemiske og geomekaniske forhold bidrager til tilbageholdelse og forsinkelse af transporten af radionuklider. Dette omfatter bl.a. grundvandsforhold, klimaudvikling, erosion, seismiske forhold og samspillet mellem affaldet, værtsbjergarten og depotets tekniske barrierer.

Geologiske data anvendes til opbygning af en lokalitetsbeskrivelse, udvikling af konceptuelle og numeriske modeller, vurdering af usikkerheder samt analyser af depotets udvikling og nuklidtransport.

Et eksempel på, hvordan sådanne analyser gennemføres i praksis, findes i det svenske sikkerhedsgrundlag for udvidelsen af SFR-depotet ved Forsmark til kortlivet lav- og mellemaktivt affald. Udvidelsen er godkendt og under etablering. Rapporten illustrerer den brede vifte af forhold, som typisk indgår i den geovidenskabelige del af en sikkerhedsvurdering for et depot til radioaktivt affald.⁶

⁶ [Geosphere process report for the safety assessment SR-PSU](#)

3.1 Sammenhæng mellem depotstrategi, depotdybde og geologisk søgning

De geologiske krav til en lokalitet afhænger af depotets dybde og den sikkerhedsstrategi, som depotet bygger på.

Jo tættere et depot placeres på terrænoverfladen, desto større betydning får processer i den øvre del af undergrunden, herunder infiltration af nedbør, grundvandsdannelse, erosion, klimaændringer og menneskelige aktiviteter. For overfladenære depoter vil sikkerheden derfor i høj grad være baseret på tekniske barrierer, drænsystemer, overvågning og mulighed for indgriben, hvis der observeres uønsket nedsivning eller spredning af radioaktive stoffer.

Ved stigende deponeringsdybde reduceres betydningen af de overfladenære processer gradvist, mens de geologiske forhold får en større rolle i depotets samlede sikkerhedsfunktion. Fokus flyttes her mod værtsformationens egenskaber, grundvandets bevægelse, transporttider for opløste stoffer, geokemiske forhold og den langsigtede geologiske stabilitet.

For dybe geologiske depoter indgår de naturlige geologiske barrierer som en aktiv del af sikkerhedssystemet. Lokalitetssøgningen retter sig derfor mod at identificere geologiske formationer, der kan tilbageholde og forsinke transport af radionuklider over meget lange tidsrum. Undersøgelserne omfatter typisk blandt andet værtsformationens udbredelse, tykkelse, homogenitet, hydrauliske egenskaber, geokemi samt forekomsten af forkastninger og andre geologiske strukturer.

Omfanget og karakteren af den geologiske søgning kan derfor først fastlægges, når der foreligger en afklaring af affaldsklassificering, affaldsveje og depotyper herunder ønskede deponeringsdybder. Hvis forundersøgelser peger på at den danske affaldsbeholdning med fordel kan fordeles på flere depotyper med forskellige dybder og sikkerhedsfunktioner, vil dette samtidig påvirke lokaliseringsstrategien. Det vil samtidig skulle afklares, om disse foretrækkes, etableres på én fælles lokalitet eller på flere lokaliteter. Disse valg har direkte betydning for de geologiske undersøgelser, lokaliseringskriterierne og afgrænsningen af de områder, der skal indgå i den videre lokalitetssøgning.

3.2 Tidligere geologiske analyser udført af GEUS baseret på eksisterende data

GEUS fik på baggrund af Folketingsbeslutning B 90 til opgave indledningsvist at undersøge, om der i Danmark kan identificeres lokaliteter, hvor undergrunden er egnet til dyb geologisk deponering af det danske radioaktive affald i omkring 500 meters dybde. GEUS udførte en geologisk karakterisering og evaluering af den danske undergrund på baggrund af eksisterende oplysninger og ud fra en række kriterier. Analysen blev offentliggjort januar 2022⁷.

I rapport nr. 1⁸ opstillede GEUS geologiske kriterier for undergrundens egenskaber ift. dyb deponering baseret på Folketingets krav, internationale retningslinjer fra Det Internationale Atom Energi Agentur (IAEA), Det Nukleare Agentur (NEA) under OECD, EU-direktiver samt erfaringer og anbefalinger fra tilsvarende internationale projekter i bl.a. Schweiz, Sverige, Finland, England, Frankrig og Belgien (se Tabel D1.1). Internationale eksperter var desuden inddraget i processen med at definere kriterier og konceptet for evalueringen af de danske områder⁹.

⁷ GEUS hjemmeside: [Deponering af radioaktivt affald på 500 meters dybde Link](#)

⁸ Studies of geological properties and conditions for deep disposal of radioactive waste, Denmark. Phase 1, report no. 1 Requirements and criteria for initial evaluation of geological properties and conditions. [Link](#).

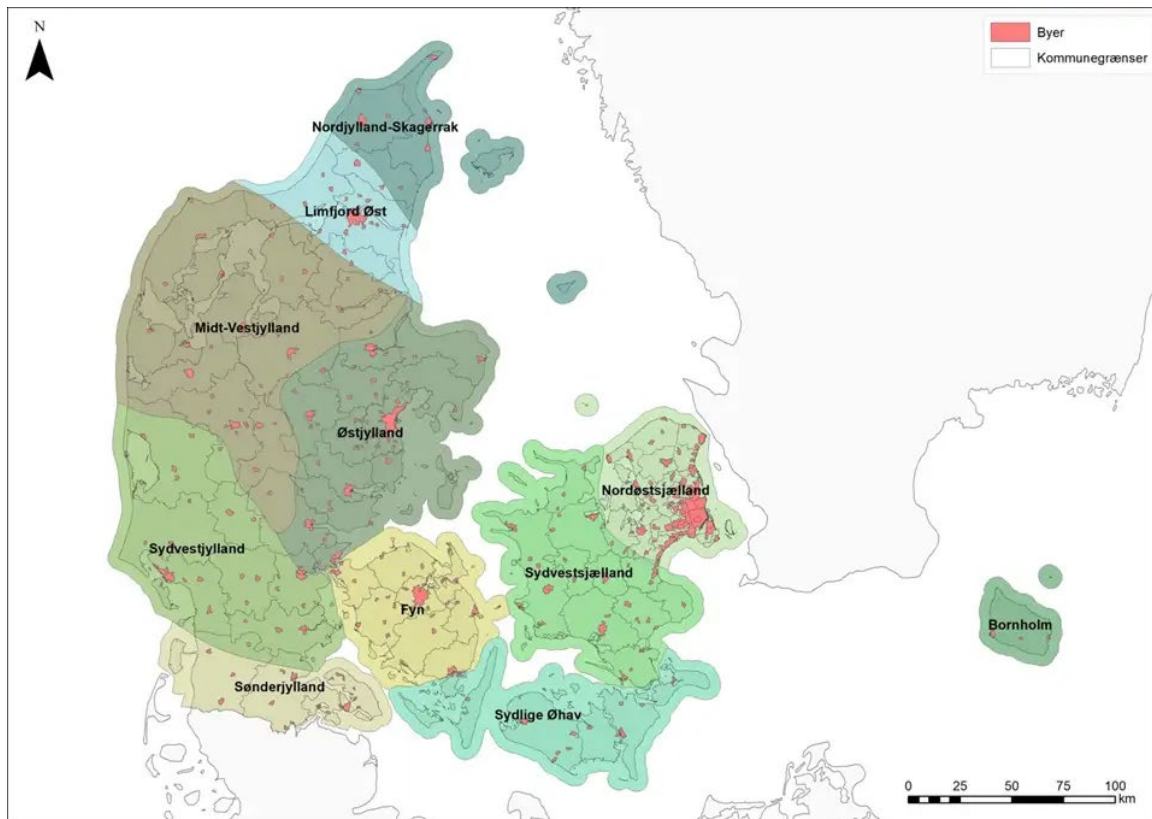
⁹ Blechschmidt, I., Frieg, B., Vomvoris, S., Turner, J. & Tweed, C. 2021: Geological siting project on disposal of the Danish radioactive waste. Review of: Phase 1, report no. 8. Criteria and requirements for identification of suitable disposal sites 17 pages.

Tabel D1.9. Oversigt over kriterier jf. GEUS 2022.

Grupper af kriterier	Kriterier
1. Egenskaber af værtsbjergarten og barrierezonen	1.1 Rumlig udbredelse af værts- og barrierebjergarten 1.2 Effektivitet af hydrauliske barrierer 1.3 Geokemiske forhold for retardation 1.4 Strømningsveje
2. Naturlig stabilitet	2.1 Stabilitet i området og af bjergartsegenskaberne 2.2 Erosion 2.3 Selv-helende egenskaber overfor depotgenererede mikrofrakturer
3. Geoteknisk gennemførlighed	3.1 Bjergartsmekaniske egenskaber og forhold 3.2 Adgangsforhold i undergrunden og drænering af vand
4. Pålidelighed af nye geologiske data	4.1 Mulighed for bjergartskarakterisering 4.2 Potentiale for kortlægning af lag og diskontinuiteter i undergrunden 4.3 Forudsigelighed af naturlige ændringer i området

GEUS angav, at nogle geologiske kriterier kan være vigtigere at opfylde end andre, men at det på det nuværende stadie af projektet ikke var muligt at differentiere, da det afhænger af viden om affaldet, depotkonceptet og depotdesign, som GEUS ikke havde adgang til. Alle kriterier og de relaterede geologiske egenskaber og forhold blev defineret med henblik på at sikre effektive barrierer og stabile geologiske forhold, som på både kort og lang sigt forhindrer radioaktivt materiale i at trænge op i grundvandszonen og i biosfæren.

GEUS delte Danmark op i 11 geografiske områder med hver sin karakteristiske geologi og strukturelle opbygning. Hvert område blev evalueret ift. kriterierne.



Figur D1.4. Kortet viser de 11 områder, som Danmark blev delt op i. Hvert område har en karakteristisk geologi og strukturel opbygning, og hvert område blev evalueret ift. de opstillede kriterier. Hvert område har en undergrund med lersten, kalksten eller granit. Enkelte områder har både lersten og kalksten. Kun landområderne indgik i evalueringen¹⁰.

Analysens resultat (opsummeret i Figur D1.5) var, at der ikke på det foreliggende grundlag kunne udpeges lokaliteter. Det var dog vurderingen at der er store områder i Danmark, hvor det forventes, at detaljerede undersøgelser kan afgrænse lokaliteter med favorable geologiske egenskaber, som opfylder Folketingets krav og de internationale retningslinjer. Det fremgik også at flere undersøgelser - som forventet - er nødvendige.

GEUS opsummerede resultaterne således: "De mange kriterier, der scorer gul, afspejler i høj grad den begrænsede mængde af detaljerede data, der findes for dybder omkring 500 meter. I områder, hvor kriterium 1.1 (rumlig udbredelse) scorer gul eller grøn, vurderes det, at der generelt er gode muligheder for at vælge lokaliteter til detaljerede geologiske undersøgelser, og hvor nye data kan forventes at bekræfte, at favorable geologiske egenskaber og forhold for kriterium 1.1 er til stede. De grønne og gule scorer af kriterier i gruppe 4 (pålidelighed af nye geologiske data) viser, at der generelt forventes at være gode muligheder for at indsamle nye data af høj kvalitet i projektets næste fase. Data, som kan bidrage til en detaljeret geologisk karakterisering af undergrunden på specifikke lokaliteter."

For nærmere beskrivelse af "kriterie 1.1. rumlig udbredelse" se afsnit 3.1.

¹⁰ [Studies of geological properties and conditions for deep disposal of radioactive waste, Denmark. Phase 1, report no. 9. Karakterisering og evaluering af geologiske egenskaber og forhold i 500 meters dybde.](#)

	Nordjylland	Nordjylland	Limfjord Øst	Limfjord Øst	Midt-Vestjylland	Østjylland	Sydvestjylland	Sønderjylland	Fyn	Sydlig Øhav	Sydlig Øhav	Sydvestsjælland	Nordvestsjælland	Bornholm
Kriterier	Kalk	Ler	Kalk	Ler	Kalk	Kalk	Kalk	Kalk	Kalk	Kalk	Ler	Kalk	Kalk	Granit
1.1 Rumlig udbredelse														
1.2 Hydraulisk barriere-effektivitet														
1.3 Geokemiske forhold for retardation														
1.4 Strømningsveje														
2.1 Stabilitet i området og af bjergartsegenskaber														
2.2 Erosion														
2.3 Selv-helende egenskaber for frakturer														
3.1 Bjergartsmekaniske egenskaber og forhold														
3.2 Adgangsforhold og drænering af vand														
4.1 Muligheder for bjergartskarakterisering														
4.2 Potentiale kortlægning af log/diskontinuiteter														
4.3 Forudsigelighed af naturlige ændringer i omr.														

Figur D1.5. Oversigt over evaluering af geografiske områder på baggrund af de opstillede kriterier i GEUS' analyse af undergrund med henblik på lokalisering af dybt geologisk depot (2022).¹¹ Scoringen af de 12 kriterier for de 11 områder, hvoraf nogle har både lersten og kalksten. Grøn betyder favorabel, gul potentielt favorabel og orange mindre favorabel. Områderne, kriterierne, farverne og betydningen af de orange felter er beskrevet nærmere i rapport nr. 9.

I processen forudgående Folketingsbeslutning B 90 gennemførte GEUS analyser i dybdeintervallet ned til 200 meter. Disse er beskrevet i forstudier fra 2010-2011.¹² GEUS har oplyst, at data og vidensgrundlaget har udviklet sig betydeligt siden 2010. Bl.a. har området vedr. grundvandsbeskyttelse udviklet sig. Desuden blev disse tidlige undersøgelser udført efter andre kriterier end undersøgelserne i ca. 500 meters dybde. Dette vil formentlig betyde behov for fornyede analyser såfremt det ønskes anvendt depottyper i lavere dybder.

3.3 Geologiske barrierer

Geologiske værtsformationer og rumlig udbredelse

Valget af depotkoncept og deponeringsdybde har stor betydning for, hvilke geologiske miljøer der kan være relevante som værtsformationer. Forskellige lande anvender eller undersøger blandt andet krystallinsk grundfjeld, lerformationer, saltformationer og andre sedimentære bjergarter som geologiske værtsmiljøer.

I en dansk sammenhæng kan forskellige geologiske miljøer principielt være relevante at vurdere, herunder sedimentære ler og kalkformationer og granit. Ved vurdering af værtsformationer indgår typisk forhold som geometri, udbredelse, tykkelse, homogenitet, geomekaniske egenskaber, hydrauliske forhold og geokemiske karakteristika.

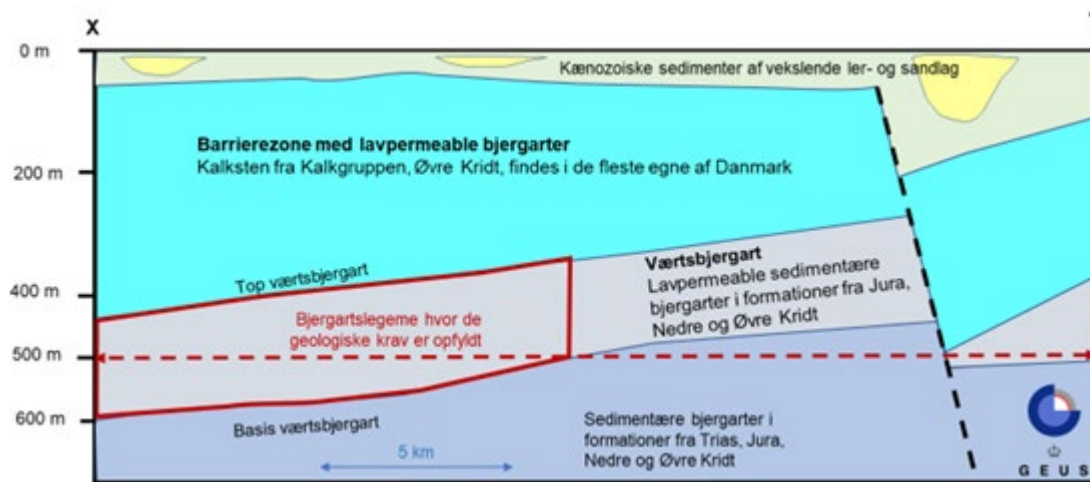
Udbredelsen af værtsformationen skal matche depotsystemets behov.

Der skal desuden vurderes over- og omkringliggende zoner, der kan fungere som barriere. Geologiske analyser vil derfor altid rette sig mod en specifik dybde og ikke en analyse af alle forhold fra overfladen til det dybest mulige. Dette ville være en særdeles omfattende opgave, da Danmark ikke (endnu) har en 3D model af den geologiske undergrund (som fx er kendt fra Holland).

¹¹ [Danmarks undergrund evalueret til deponering af radioaktivt affald](#)

¹² [Tidligere arbejde med radioaktivt affald](#) (GEUS Forstudier 2010-2011)

Figuren nedenfor viser det koncept for søgning som blev anvendt ved GEUS analyse fra 2022. Der blev eftersøgt områder hvor værtszonen havde en udbredelse på 100 meter. Hvis der fx ønskes arbejdet med deponering i borehul med en deponeringszone på 150 meter matcher behov og analyse derfor ikke uden videre. Dette eksempel illustrerer behovet for en integreret tilgang fremadrettet i projektet.



Figur D1.6. Konceptuelt geologisk profil anvendt af GEUS. Figuren viser et område med værtsbjergarter og overliggende barrierezone. Figuren illustrerer en konceptuel geologisk lagserie med værtsbjergart omkring 500 meters dybde og kalksten i den overliggende barrierezone. I profilets højre side er en forkastning, der har forsat de geologiske formationer til større dybder. En afgrænset formation, hvor krav til dybder og tykkelser for en værtsbjergart og en overliggende barriere er opfyldt, er vist med den røde linje, og dybden 500 meter er markeret med den røde stiplede linje.

Langsigtet geologisk stabilitet

Langsigtet geologisk stabilitet er et vigtigt kriterium ved vurdering af potentielle lokaliteter til deponering af radioaktivt affald. Formålet er at vurdere, om de geologiske forhold forventes at forblive stabile over de meget lange tidshorisonter, som er relevante for depotets sikkerhedsfunktion.

Vurderingen omfatter typisk forhold som neotektonik, forkastninger, jordskælv, regionale hævnings- og sænkingsbevægelser, erosion samt forventet landskabsudvikling. Derudover kan fremtidige klimaændringer, herunder effekter af istider, ændrede grundvandsforhold og samspillet mellem glacial belastning og tektoniske strukturer indgå i vurderingerne.

Internationale depotprogrammer har gennemført omfattende analyser af sådanne forhold. Blandt andet har Sverige gennemført detaljerede studier af sammenhængen mellem istider, jordskælv og langsigtet geologisk udvikling som led i lokalitetsvurderingerne for det geologiske depot i Forsmark.

Geologisk heterogenitet

Geologisk heterogenitet er et vigtigt forhold ved vurdering af potentielle lokaliteter. Heterogenitet omfatter variationer i lagfølge, litologi, sprækkeforhold, hydrauliske egenskaber og geokemiske forhold inden for det område, der vurderes.

Store geologiske variationer kan medføre øgede usikkerheder i forståelsen af undergrunden og gøre det vanskeligere at dokumentere lokalitetens egenskaber. Samtidig kan høj heterogenitet øge kompleksiteten i de modeller og analyser, der anvendes ved design og sikkerhedsvurdering af et depot.

Mere homogene geologiske forhold bidrager generelt til større forudsigelighed og kan reducere usikkerheder i den langsigtede sikkerhedsdokumentation.

Geologiske data og undersøgelsesbehov

Vurdering af potentielle lokaliteter forudsætter adgang til geologiske data, der kan beskrive undergrundens opbygning og egenskaber med en detaljeringsgrad, som er tilpasset den konkrete beslutningssituation.

Relevante datatyper omfatter blandt andet geologisk kortlægning, geofysiske data, boredata, kernebeskrivelser, geokemiske data og hydrogeologiske informationer. Disse data anvendes til at udvikle den geologiske forståelse af et område og til at vurdere, om de nødvendige sikkerhedsfunktioner potentielt kan opnås.

Behovet for yderligere undersøgelser vil afhænge af de eksisterende datamængder, depotkonceptet og de spørgsmål, der skal afklares som led i lokaliseringsprocessen.

4. Deponering i undergrund under havbunden

Et dybt geologisk depot med adgang fra terræn kan etableres i geologiske formationer både under terræn på land og under havbunden. Flere lande har etableret eller planlægger anlæg, hvor deponeringszonen placeres i geologiske formationer under havbunden med adgang via tunneler eller andre anlæg fra land. Eksempler herpå er det svenske SFR-anlæg ved Forsmark til lav- og mellemaktivt kortlivet affald i grundfjeldet under Østersøens havbund samt de geologiske depotkoncepter, der undersøges i Storbritannien.

SFR ved Forsmark blev taget i brug i 1988 og er placeret ca. 60 meter under havbunden. Anlægget har en kapacitet på ca. 63.000 m³, modtager omkring 600 m³ affald årligt og er i 2024 blevet godkendt til en væsentlig udvidelse med en dybere placering, blandt andet med henblik på modtagelse af dekommissioneringsaffald.

Geologiske depoter, der etableres fra land og placerer affaldet i geologiske formationer under havbunden som led i et kontrolleret deponeringssystem, kan ikke sammenlignes med dumpning eller nedgravning fra havbundens overflade. De er derfor ikke omfattet af forbuddene i Londonkonventionen fra 1972 og Londonprotokollen fra 1996, som forbyder dumpning af radioaktivt affald fra skibe, platforme eller andre marine installationer.

Londonkonventionen er i dansk ret implementeret gennem havmiljølovgivningen. Havmiljøloven forbyder dumpning af materialer og stoffer i havet, i havbunden og under havbunden samt transport af materialer og stoffer til dumpning. I beslutningsgrundlaget for folketingsbeslutning B48 blev muligheder for deponering under havbunden derfor ikke nærmere behandlet. Det fremgik blandt andet, at: *"bortskaffelse af affald ved dumpning i havet er forbudt - bortset fra dumpning af opgravet havbundsmateriale - i henhold til lov om beskyttelse af havmiljøet. Bortskaffelse i havet omfatter bortskaffelse såvel på havbunden som under havbunden."*

Siden er den danske regulering blevet ændret som følge af ønsket om at muliggøre geologisk lagring af CO₂ under havbunden. I dansk havmiljøret anvendes begrebet *under havbunden* om geologiske formationer i undergrunden under havbunden inden for dansk søterritorium eller på den danske kontinentalsokkel. Geologisk lagring af CO₂ under havbunden er et eksempel på, at lovgivningen er ændret, da der opstod et samfundsmæssigt behov for nye anvendelser af undergrunden.

Udviklingen illustrerer endvidere, at dansk lovgivning i dag sonderer mellem dumpning i havmiljøet og kontrolleret geologisk lagring i undergrunden under havbunden. Hvorvidt en tilsvarende juridisk sondering kan være relevant i relation til et eventuelt geologisk depot for radioaktivt affald under havbunden, vil bero på en nærmere juridisk og regulatorisk vurdering.



Figur D1.8. Billedet er en fotomontage af slutdepotet for kortlivet radioaktivt affald i Forsmark. Den grå del til højre viser det eksisterende anlæg i klippen under havet, mens den blå del viser den planlagte dybere udvidelse.

5. Øvrige forhold der kan indgå i lokalitetskriterier

Der er også en række øvrige forhold, som har betydning for lokaliseringsstrategien. De oplystes overordnet herunder. Afhængigt af den valgte lokaliseringsstrategi kan de indgå som eksklusionskriterier, minimumskrav eller evalueringskriterier ved sammenligning af potentielle lokaliteter.

○ Arealbehov og fysisk disponering

Ved lokalitetssøgning skal der skelnes mellem det undersøgte område og det endelige anlægsområde. Lokalitetsevaluering kræver typisk undersøgelser af væsentligt større arealer end det forventede anlægsaftryk for at opnå tilstrækkelig geologisk og hydrogeologisk karakterisering, gennemføre borer og andre feltundersøgelser samt optimere anlæggets placering indenfor et større areal. Der skal desuden være plads til byggeaktiviteter samt muligheder for forsyning med materialer, udstyr og entreprenørressourcer.

Depotområdet skal kunne rumme de nødvendige anlægs- og driftsfunktioner, herunder deponeringsanlæg med adgangsvej samt modtagefaciliteter, teknik- og forsyningsanlæg samt overvågning. For dybe geologiske depoter kan deponeringsområdets underjordiske udstrækning overstige overfladeanlæggets areal (se også regulering ift. dette bilag F). Jf. Folketingsbeslutning B 90 skal der endvidere være mulighed for fremtidige udvidelser.

○ Anlægs- og driftsmæssige forhold

Lokaliteten skal understøtte en sikker og effektiv etablering, drift, vedligeholdelse og overvågning af anlægget gennem hele dets levetid. Vurderingen omfatter blandt andet bygbarhed, logistik, adgangsforhold, forsyningsinfrastruktur og beredskab.

Blandt de forhold, der vurderes, er desuden geotekniske egenskaber som bæreevne, funderingsforhold, jordtryk, vandhåndtering og geologisk stabilitet. Sådanne forhold kan have væsentlig betydning for anlægsdesign, behov for fundering, udgravningsmetoder og omfanget af tekniske sikringsforanstaltninger. Endelig vil lokaliteter ofte blive vurderet ud fra driftsmæssige forhold såsom robusthed over for vejrlig og klimaforhold, tilgængelighed af forsyningsinfrastruktur og kommunikationsforbindelser.

- **Transport af affald og øvrige transportforhold**

Lokaliteten skal kunne betjenes sikkert og effektivt gennem hele anlæggets levetid, herunder i forhold til transport af affald, materialer, udstyr og personale. Vurderingen omfatter blandt andet transportinfrastruktur, kapacitet, trafikale konsekvenser samt sikkerheds- og beredskabsmæssige forhold.

Ved vurderingen indgår blandt andet eksisterende infrastruktur, muligheder for etablering af nye adgangsforhold. Der kan endvidere foretages vurderinger af lokale og regionale miljøpåvirkninger, og muligheder for at begrænse transportgener for omgivelserne. Se bilag E for afsnit om regler vedr. sikkerhed ifm. transport af radioaktivt affald.

Et eksempel på vurdering af transportforhold ved lokalisering er beskrevet af NWS som er den engelske WMO med ansvar for lokalisering og etablering af dybt geologisk depot ¹³

- **Omgivelser og arealrestriktioner**

Eksisterende arealanvendelse, naturbeskyttelse, fredninger, kulturarv, råstofinteresser og øvrige arealbindinger kan have betydning for lokalitetens egnethed. Disse forhold kan indgå som eksklusionskriterier, minimumskrav eller evalueringskriterier afhængigt af den valgte lokaliseringsstrategi. Disse forhold kan have betydning for planlægningsmæssige eller myndigheds-mæssige hensyn der skal håndteres. For en overordnet gennemgang af planmæssige, miljøretlige og øvrige myndigheds-mæssige forhold er beskrevet i Bilag F.



Figur D1.7. DD Type-2 containere læsses til afhentning af affald fra cyklotronbunker nedrivning i Aarhus 2026.

Nuværende håndtering af radioaktivt materiale på Risø halvøen

Risø har siden etableringen af de danske nukleare forskningsaktiviteter i 1950'erne været det nationale anlæg for håndtering og opbevaring af radioaktivt affald. Hovedparten af Danmarks radioaktive affald er opstået som følge af aktiviteterne ved de tidligere nukleare anlæg på Risø, men lokaliteten modtager og håndterer også radioaktivt affald

¹³ [Site Evaluation: The Transport Siting Factor - Nuclear Waste Services](#)

fra hospitaler, forskning, industri og øvrige danske affaldsproducenter. Som følge heraf er Risø i dag den eksisterende nationale lokalitet for opbevaring af dansk radioaktivt affald (med undtagelse af NORM affald).

Med Folketingets vedtagelse af beslutningsforslag B 90 i 2018 blev der fastlagt en langsigtet retning for håndtering af Danmarks radioaktive affald, herunder etablering af et dybt geologisk slutdepot til det affald der udgør den største langsigtede risiko. B 90 fastlægger de overordnede rammer for en proces der skal identificere og undersøge egnede lokaliteter til et dybt geologisk slutdepot. COWI's forstudier af slutdepotløsninger fra i 2011 indeholdt en række anlæg og pegede bl.a. på, at deponeringskoncepter baseret på dybe borehuller i princippet kan geografisk adskilles fra øvrige aktiviteter. Der er ikke med B 90 truffet beslutning om placeringen af aktiviteter vedrørende radioaktivt affald. Det vil derfor skulle afklares, hvilke fremtidige anlæg og funktioner, der skal indgå i en samlet fremtidig løsning samt en tidslinje for disse anvendelser

Som led i den langsigtede løsning etableres der på Risø nye moderne midlertidige lagerfaciliteter til opbevaring af det danske radioaktive affald. Lageranlægget dimensioneres til at kunne rumme den samlede nationale affaldsbeholdning, eksklusive eksternt NORM-affald, samt den forventede fremtidige affaldsproduktion og nødvendig bufferkapacitet. Der er på området forberedt plads til opbevaring af NORM-affald i DD's varetægt.

Anlæggene er planlagt til at understøtte sikker opbevaring i mindst 50 år i den periode, hvor undersøgelser, myndighedsprocesser, projektering og etablering af en deponeringsløsning gennemføres. De nye faciliteter projekteres under hensyntagen til fremtidige ændringer i vandstanden i Roskilde Fjord. Dermed etableres lagerkapaciteten på Risø med et væsentligt forbedret beskyttelsesniveau i forhold til oversvømmelsesrisici gennem hele anlæggets forventede levetid.

Den sidste forsøgsreaktor på Risø-halvøen lukkede i 2001. De seks nukleare anlæg blev udskilt fra Risøs forskningsaktiviteter. DD blev etableret med den hovedopgave at gennemføre afviklingen af disse anlæg på Risø og bringe disse områder til en tilstand svarende til green field. Denne opgave omfatter de eksisterende anlæg ligesom der skal foreligge dekommissioneringsplaner i forbindelse med godkendelse af nye anlæg.

DD råder i samarbejde med DTU over eksisterende sikringsmæssige og organisatoriske rammer for nukleare aktiviteter, herunder adgangskontrol, beredskabsorganisation, overvågningsfunktioner og erfaring med håndtering af radioaktive materialer. Lokaliteten er samtidig gunstigt placeret i forhold til infrastruktur, faglige kompetencemiljøer og nationale transportforbindelser. Disse forhold udgør praktiske fordele for håndtering og opbevaring af radioaktivt affald.

Der er fortsat aktiviteter på DTUs Risø Campus, der involverer radioaktive materialer og nukleare kompetencer. Det fremgik da også af folketingsbeslutning B48 at *"der bliver og fortsat vil blive udført forskningsaktiviteter på Risø med brug af radioaktivt materiale."* DTU har på Risø et forskningsmiljø inden for radioisotoper, radiofarmaceutiske produkter, radioøkologi, medicinsk dosimetri og andre strålingsrelaterede teknologier.

En af disse aktiviteter er Hevesy Laboratoriet, som fungerer som DTU's center for forskning, udvikling og produktion af radionuklider og radiofarmaceutiske produkter til forskning, diagnostik og behandling. Laboratoriet råder over cyklotronanlæg samt specialiserede faciliteter til produktion, karakterisering og håndtering af radioaktive materialer og indgår i et internationalt samarbejde der leverer radionuklider til både danske hospitaler og internationalt.

DTU deltager desuden i en række internationale forskningsaktiviteter inden for radionuklider og nuklearmedicin, der skal sikre adgang til sjældne radionuklider til forskning og medicinske anvendelser. Derudover er den nationale forskningsinfrastruktur Nuclear Salt Loop Facility under etablering på Risø som led i forskning i saltsmeltereaktorteknologi.

Uanset fremtiden for DD og beholdningen af radioaktivt affald vil Risø formentlig også fremadrettet rumme radioaktive materialer, specialiserede laboratoriefaciliteter og nukleare kompetencer, uafhængigt af de nukleare anlæg, som DD i dag driver. Området råder i dag over kompetencer inden for bl.a. produktion, karakterisering,

analyse og sikker håndtering af radioaktive materialer samt inden for strålebeskyttelse, radioøkologi, dosimetri og radiofarmaceutiske anvendelser. Risø forventes derfor også på længere sigt at bevare en rolle som nationalt fagligt miljø inden for forskning og teknologisk udvikling relateret til radioaktive materialer og nukleare teknologier.

Teknisk bilag D.2. Lokalitetsproces - dialog, interessenter og lokalsamfund

En succesfuld lokaliseringsproces forudsætter, at de tekniske undersøgelser og de procesmæssige aktiviteter udvikles parallelt og understøtter hinanden gennem hele forløbet. Mens geologiske, miljømæssige og sikkerhedsmæssige forhold er afgørende for, om en lokalitet er egnet og kan myndighedsgodkendes, er dialog med myndigheder, interessenter og lokalsamfund tilsvarende vigtige for at skabe et robust beslutningsgrundlag og den nødvendige tillid til processen.

Internationale erfaringer viser, at lokalisering af anlæg til radioaktivt affald typisk strækker sig over mange år og omfatter både tekniske undersøgelser, myndighedsprocesser, offentlig inddragelse og løbende dialog med berørte interessenter. Processens udformning har derfor stor betydning for projektets fremdrift, legitimitet og mulighed for at nå frem til en lokalitet, som både er teknisk egnet og samfundsmæssigt accepteret.

Bilaget beskriver den historiske og politiske ramme for lokaliseringsprocessen, samt internationale erfaringer med dialog og inddragelse i forbindelse med lokalisering af anlæg til radioaktivt affald. Som udgangspunkt for disse processer gennemgås først de grundlæggende principper om åbenhed, gennemsigtighed, deltagelse og meroffentlighed, herunder de krav der følger af EU-reguleringen på området.

Før lokalisering kan igangsættes vil der være behov for en række afklaringer i projektet. Som beskrevet i projektgrundlag og øvrige tekniske bilag bør lokalisering indgå som en integreret del af den samlede systemudvikling. Formålet er dels at opbygge et fælles vidensgrundlag om affaldet, depotløsningerne og projektets formål, dels at skabe indsigt i de analyser og beslutninger, som gradvist fører frem mod en lokaliseringsproces. Dette arbejde er nødvendigt for at der kan fastlægges en lokaliseringsstrategi, fastlægges lokaliseringskriterier og evalueringsmetoder samt etableres et beslutningsgrundlag for en lokaliseringsproces.

1. Politisk ramme for lokaliseringsprocessen

Tilgangen til lokalisering skal tage udgangspunkt i rammer fastsat med folketingsbeslutning B 90 fra 2018.

En række forudgående rapporter indgik som en del af beslutningsgrundlaget for Folketingets behandling af B 90 og dannede grundlag for de overordnede elementer for undersøgelser, lokalisering og interessentinddragelse, som indgår i B 90. Disse byggede bl.a. på erfaringer fra en tidligere lokaliseringsproces i ca. 2011, der ikke nåede i mål.

Lokaliseringsprocessen jf. i B 90

Med B 90 blev det besluttet, at der skulle gennemføres undersøgelser af Danmarks geologi ned til 500 meters dybde med henblik på at identificere mulige lokaliteter for et dybt geologisk slutdepot. Det fremgår af beslutningsforslaget, at:

”..der skal gennemføres undersøgelser af Danmarks geologi ned til 500 meters dybde med henblik på at identificere potentielle lokaliteter til et dybt geologisk slutdepot. Herefter skal den egentlige lokalisering finde sted ud fra nøje analyse af en række kriterier af både geologisk, fysisk og socioøkonomisk karakter ud fra vægtning af sikkerhed som væsentligste komponent i den endelige lokalisering.”

Der blev således fastlagt en proces, hvor geologiske undersøgelser og lokalitetsidentifikation skal gå forud for beslutninger om den endelige placering af depotet.

B 90 fastlagde desuden, at lokaliseringsprocessen ikke alene skal baseres på tekniske undersøgelser, men også skal omfatte en dialog med de kommuner, der berøres af de videre undersøgelser.

I beslutningsforslagets afsnit om lokalisering anføres:

”Når relevante lokaliteter for geologiske undersøgelser ned til 500 meters dybde er blevet identificeret, vil der blive etableret en grundig dialog med de berørte kommuner.”

Videre fremgår det:

”Dialogen vil give kommuner mulighed for at indmelde interesse og ønsker. Dialogen vil angå forudsætninger og vilkår for beslutning om lokalisering med henblik på at gennemføre en proces under størst mulig hensyntagen til lokale forhold og kommunernes interesser.”

Formuleringerne viser, at Folketinget ved vedtagelsen af B 90 ønskede en proces, hvor kommunernes synspunkter og lokale forhold inddrages aktivt som en del af lokaliseringsarbejdet.

B 90 beskriver desuden en model, hvor kommuner kan vælge at deltage aktivt i de videre undersøgelser gennem en partnerskabsordning.

Det fremgår:

”Som led i dialogen vil der blive gennemført en proces, hvor kommuner med relevante undersøgelseslokaliteter vil få mulighed for at tilkendegive interesse i at indgå i et partnerskab om undersøgelse af tekniske, miljømæssige og socioøkonomiske forhold i forbindelse med lokalisering af et slutdepot.”

Der henvises her til en række forudgående rapporter fra mellemlagerstudier og forstudier fra perioden 2011-2016¹⁴.

2. Baggrund for en danske lokaliseringsproces beskrevet i forstudier forud for B 90

Formuleringer i B 90 lægger tæt op ad de overvejelser om frivillighed, lokal deltagelse og partnerskabsbaserede processer, som forudgående var beskrevet i de supplerende mellemlagerstudier fra 2016. Mellemlagerstudierne beskrev to overordnede tilgange til lokalisering: en statsligt ledet traditionel lokaliseringsproces og en frivillig proces baseret på kommunale interessetilkendegivelser. Det blev det i studierne understreget, at de to tilgange kunne kombineres i en hybrid mellem disse yderpunkter. Det blev desuden anført, at hvis ingen kommuner meldte sig frivilligt, eller hvis alle frivillige kandidater udgik undervejs i processen, burde staten være forberedt på at videreføre arbejdet gennem en mere traditionel lokaliseringsproces.

B 90 lægger op til dialog, men fastlægger ikke en fuld frivillighedsmodel, hvor kun frivillige kommuner kan indgå i processen. Der lægges op til, at staten først identificerer relevante undersøgelseslokaliteter på baggrund af tekniske kriterier og derefter gennemfører en dialog- og partnerskabsproces med de berørte kommuner. Der er med processen i B 90 lagt op til at plangrundlag etableres gennem projekteringslov og anlægslov. Det er med B 90 ikke udelukket, at der kan træffes beslutning om en lokalitet, såfremt lokalt tilsagn gennem proces ikke kan opnås.

De overvejelser, der lå bag B 90 i de supplerende mellemlagerstudier, kan fortsat være relevante at inddrage i udarbejdelse af lokaliseringsstrategi og nærmere planlægningen af en fremtidig dansk lokaliseringsproces for depotanlæg. De er derfor kort opsummeret nedenfor.

Traditionel proces

Den traditionelle proces var beskrevet som en statsligt ledet ("top-down") lokaliseringsmodel.

Processen indledes med, at staten fastlægger rammer, tidsplan og ressourcer samt udarbejder informationsmateriale om processen. Herefter gennemføres en landsdækkende screening af arealer på baggrund af de fastsatte lokaliseringskriterier med henblik på at identificere egnede områder, hvor alle landets kommuner involveres.

På baggrund af screeningen udpeger staten et antal områder til videre undersøgelse. De udvalgte kommuner, lokale interessenter og borgere inddrages herefter i processen gennem dialog, analyser og eventuelle partnerskaber. For

¹⁴ *Supplerende langtidsmellemlagerstudier – sammenfatning* (DD og GEUS, dec. 2016) [Link](#), *Kriterier og proces for lokalisering af et langtidsmellemlager for det lav- og mellemaktive affald fra Risø* (GEUS, 2016) [Link](#) og *Forstudier til slutdepot for radioaktivt affald. Hovedrapport* (Dansk Dekommissionering m.fl., 2011) [Link](#).

hver kommune vurderes de lokalitetsspecifikke fysiske, naturmæssige, kulturmæssige og socioøkonomiske forhold, og der gennemføres supplerende undersøgelser og konsekvensvurderinger efter behov.

Efter hver fase foretages en indsnævring af de mulige lokaliteter på baggrund af de gennemførte vurderinger. Målet er at identificere et mindre antal egnede lokaliteter, som undersøges mere detaljeret. På baggrund af det samlede beslutningsgrundlag indstiller staten en lokalitet til den ansvarlige minister, som herefter forelægger forslaget for Folketinget med henblik på endelig beslutning om lokaliseringen.

Frivillig proces

Den frivillige proces var beskrevet som en kommunalt baseret ("bottom-up") lokaliseringsmodel, hvor deltagelse i lokaliseringsarbejdet bygger på kommunale interessetilkendegivelser:

Staten fastlægger de overordnede rammer, tidsplaner og ressourcer for processen samt udarbejder informationsmateriale og gennemfører en indledende kortlægning af potentielt egnede arealer på baggrund af de fastsatte lokaliseringskriterier.

Herefter inviteres landets kommuner til at tilkendegive interesse for at deltage i den videre proces. Kommuner, borgere og øvrige lokale interessenter inddrages gennem partnerskaber, udvalg eller lignende samarbejdsfora, hvor vurderingen af potentielle lokaliteter sker i dialog mellem statslige og lokale aktører. For de deltagende kommuner gennemføres analyser af lokalitetsspecifikke fysiske, naturmæssige, kulturmæssige og socioøkonomiske forhold samt nødvendige konsekvensvurderinger og supplerende undersøgelser.

Efter hver fase foretages en indsnævring af antallet af kandidatlokaliteter på baggrund af de gennemførte undersøgelser og vurderinger. På baggrund af det samlede beslutningsgrundlag udvælger staten en lokalitet og indstiller denne til den ansvarlige minister, som herefter forelægger forslaget for Folketinget med henblik på endelig beslutning om lokaliseringen.

Det videre arbejde og perspektiver ift. rammer for lokalisering fastlagt med B 90

Studierne fra 2016 understregede, at uanset design af procesmodel vil der være behov for planlægning, interessentinddragelse og kommunikation. Der blev blandt andet peget på erfaringerne fra Belgien, hvor udviklingen af en samlet "masterplan" for udpegnings af lokalitet til et overfladedepot for kortlivet lav- og mellemaktivt affald ved Dessel har været et vigtigt redskab til at koordinere tekniske undersøgelser, myndighedsprocesser, lokal dialog og beslutningsforløb.

De tidligere studier pegede desuden på betydningen af, at der allerede ved processtart etableres:

- en realistisk samlet tidsplan,
- klare beslutningspunkter,
- kriterier for overgang mellem procesfaser,
- procedurer for håndtering af bortfald af kandidatlokaliteter.

Modellen bør overvejes ift. reduktion risikoen for procesmæssige stop. Modellen kan skabe større robusthed i lokaliseringsforløbet ved at sikre, at der eksisterer alternative spor.

De internationale erfaringer med lokalisering af anlæg til radioaktivt affald er blevet væsentligt udbygget siden forstudierne fra 2016. Flere lande har i perioden arbejdet videre med tekniske lokaliseringsprocesser, interessentinddragelse, trinvis beslutningstagning og udvikling af langsigtede partnerskaber med værtskommuner. Det videre arbejde bør derfor udbygge de tidligere danske analyser, ved også systematisk inddrage nyere internationale erfaringer med henblik på at udvikle en dansk lokaliseringsmodel, der afspejler nutidens praksis og opnåede erfaringer.

Der er behov for at disse overordnede rammer i projektet omsættes til en lokaliseringsstrategi, lokaliseringskriterier og -evalueringsmetoder. Der vil formentlig være behov for politisk stillingtagen til strategien før en lokaliseringsproces igangsættes. Som det fremgår af projektgrundlaget, er der dog en lang række tekniske forhold, der skal afklares i projektets flerårige initieringsfase, før en lokaliseringsproces kan igangsættes. Det bør klart kunne kommunikeres, hvad formålet er med eftersøgning af en lokalitet er, og hvilke behov projektet har for at en lokalitet, der indledende kan vurderes "måske egnet".

3. Adgang til oplysninger, gennemsigtighed og meroffentlighed

Åbenhed og gennemsigtighed er vigtige principper i reguleringen af radioaktivt affald. Disse principper følger både af Århuskonventionen, EU's miljøoplysningsdirektiv (2003/4/EF) og Rådets direktiv 2011/70/EURATOM om ansvarlig og sikker håndtering af brugt brændsel og radioaktivt affald.

Efter EURATOM-direktivets artikel 10 skal medlemsstaterne sikre, at de nødvendige oplysninger om håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald stilles til rådighed for arbejdstagere og offentligheden. Direktivet fastslår desuden, at offentligheden skal have de nødvendige muligheder for effektiv deltagelse i beslutningsprocesser vedrørende håndtering af brugt brændsel og radioaktivt affald.

Disse principper rækker videre end de formelle minimumskrav til høringer og offentlighed der fremgår af de enkelte relevante lovområder som projektet skal have tilladelser efter. Internationale erfaringer med lokalisering af anlæg til radioaktivt affald viser, at der ofte anvendes et princip om meroffentlighed, hvor information, dialog og inddragelse aktivt fremmes gennem hele processen. Formålet er at sikre et bredt og velinformeret beslutningsgrundlag samt at styrke tilliden til myndighedernes og anlægsejerens arbejde. Meroffentlighed kan blandt andet omfatte tidlig offentliggørelse af analyser og beslutningsgrundlag, frivillige dialogforløb samt løbende information til borgere, interesseorganisationer og andre berørte parter.

I dansk ret er offentlighedens adgang til miljøoplysninger blandt andet reguleret gennem miljøoplysningsloven, som gennemfører miljøoplysningsdirektivet. Lovgivningen bygger på den grundlæggende forudsætning, at offentlig adgang til miljøoplysninger understøtter miljøbevidsthed, fri udveksling af synspunkter og effektiv offentlig deltagelse i miljørelaterede beslutningsprocesser.

Ombudsmanden har i flere sager understreget betydningen af lovens åbenhedshensyn og hensynet til offentlighedens adgang til miljøoplysninger tillægges betydelig vægt i dansk forvaltningsret.

Dette udgangspunkt om åbenhed, gennemsigtighed, offentlig deltagelse og meroffentlighed skal derfor integreres i projektets ramme for planlægning, lokalisering og myndighedsbehandling af anlæg til håndtering og deponering af radioaktivt affald. Det gælder både i forhold til de formelle krav, der følger af lovgivningen, og i forhold til den bredere dialog med lokalsamfund og interessenter, som internationalt betragtes som en forudsætning for robuste og legitime lokaliseringsprocesser.

4. Internationale erfaringer med lokaliseringsprocesser

Siden 1970'erne og 1980'erne har en række lande igangsat programmer for identifikation, undersøgelse og udvælgelse af lokaliteter til depoter for radioaktivt affald. Erfaringerne viser, at lokaliseringsprocessen er mindst lige så vigtig som de tekniske undersøgelser, og at den institutionelle og samfundsmæssige udformning af processen har stor betydning for et programs gennemførlighed.

Flere lande har tidligere, ligesom Danmark, forsøgt at gennemføre lokaliseringsprocesser baseret på statslig planlægning og rent teknisk funderede lokalitetsudpegninger. I flere tilfælde førte betydelig lokal modstand til, at processerne blev forsinket, standset eller måtte genstartes med en anden tilgang. Sådanne forløb kan medføre årtiers forsinkelse og gøre det vanskeligt at opretholde eller genopbygge offentlig tillid.

Som følge heraf er der internationalt sket en gradvis udvikling mod processer, der kombinerer teknisk baseret lokalisering med aktiv interessentinddragelse, lokale partnerskaber og trinvis beslutninger. OECD Nuclear Energy

Agency (OECD/NEA) fremhæver, at succesfulde depotprogrammer forudsætter både et klart nationalt ansvar for affaldshåndteringen og en aktiv involvering af lokale og regionale interessenter.

Fælles træk ved moderne lokaliseringsprogrammer omfatter:

- trinvis reduktion af antallet af kandidatlokaliteter,
- omfattende geologiske og hydrogeologiske undersøgelser,
- gradvis opbygning af lokalt kendskab og tillid,
- mulighed for lokal deltagelse i undersøgelsesfasen,
- løbende vurdering af både tekniske og samfundsmæssige forhold, samt
- beslutninger baseret på sikkerhedsmæssige såvel som samfundsmæssige hensyn.

Den tekniske sikkerhed udgør fortsat det grundlæggende udvælgelseskriterium, men internationale erfaringer viser, at langsigtet gennemførlighed forudsætter, at tekniske undersøgelser og interessentinddragelse udvikles parallelt gennem hele lokaliseringsprocessen.

Internationale erfaringer kan i høj grad anvendes som inspiration ved udviklingen af en dansk lokaliseringsproces. Ved sammenligning med internationale programmer er det imidlertid vigtigt at tage højde for, at processerne er udviklet til forskellige typer radioaktivt affald og dermed forskellige risikobilleder. Mange af de mest kendte eksempler vedrører højaktivt og varmeudviklende affald fra atomkraftprogrammer, hvilket kan have betydning for både de tekniske krav og udformningen af lokaliserings- og inddragelsesprocesserne. Ved vurdering af internationale erfaringer bør der derfor lægges særlig vægt på programmer for lav- og mellemaktivt radioaktivt affald eller andre anlæg med et risikobillede, som i højere grad kan sammenlignes med det danske.

4.1 Udviklingen internationalt

Finland

Finland er internationalt mest kendt for at blive det første land i verden, der har etableret et dybt geologisk depot til højaktivt affald (i Finland defineret som affald med en aktivitetskoncentration højere end 10 GBq/kg). Projektet begyndte med nationale geologiske undersøgelser og en gradvis indsnævring til et mindre antal lokaliteter. Herefter blev der gennemført omfattende feltundersøgelser og miljøvurderinger. Den endelige lokalitet blev valgt ved Olkiluoto i Eurajoki Kommune. Processen kombinerede nationale sikkerhedskrav med lokal accept og kommunal opbakning.

Men på lokaliteten har der dog i forvejen siden 1992 været et anlæg til deponering af lav og mellemaktivt affald. Et nyt anlæg til deponering af meget lavaktivt affald er desuden godkendt på samme lokalitet med forventet deponering fra 2028. Derudover har Finland siden 1998 haft en depotfacilitet til lav og mellemaktivt affald i 110 meters dybde ved Loviisa atomkraftværket under den lille ø Hästholmen.¹⁵

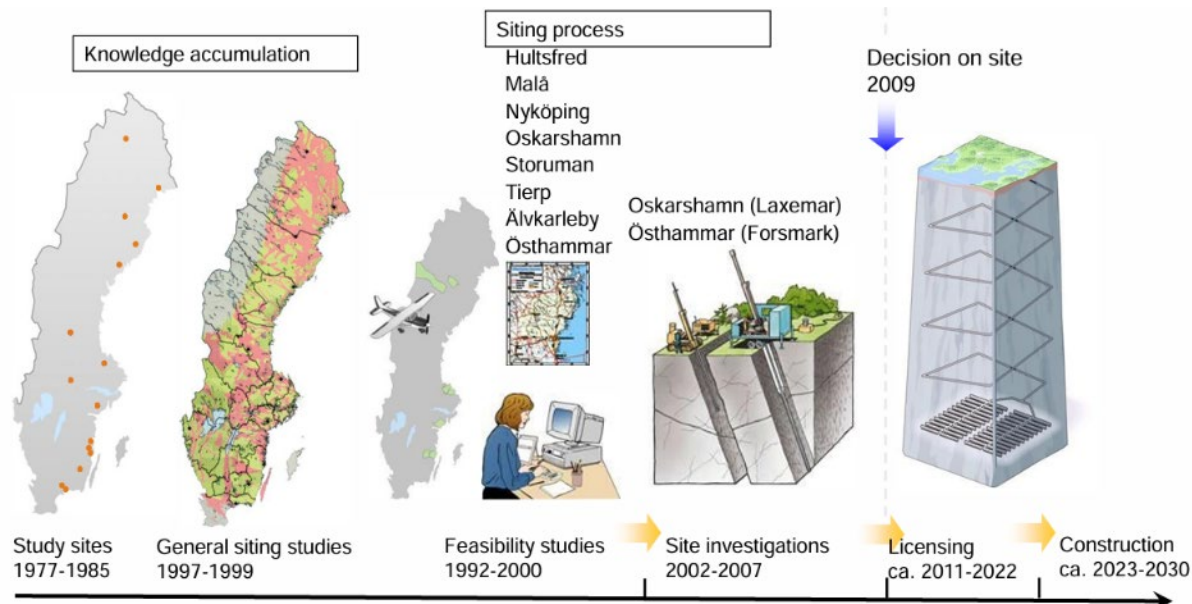
Sverige

Sverige har gennemført en af verdens mest omfattende lokaliseringsprocesser for et dybt geologisk depot. Processen begyndte med frivillige kommunale forundersøgelser, hvor flere kommuner deltog i indledende analyser. Efterfølgende blev antallet af kandidatlokaliteter reduceret gennem en trinvis proces baseret på tekniske undersøgelser og lokal deltagelse.

¹⁵ [Final disposal of nuclear waste | Säteilyturvakeskus STUK](#)

Kommunerne Östhammar og Oskarshamn accepterede detaljerede lokalitetsundersøgelser, mens andre kommuner valgte at udtræde af processen. Der blev etableret informations- og dialogaktiviteter, og kommunerne modtog økonomisk støtte til egen faglig rådgivning og deltagelse.

Den svenske proces fremhæves som et eksempel på, hvordan lokal modstand gradvist kan erstattes af lokal deltagelse gennem langsigtet tillidsopbygning, gennemskuelse og adgang til uafhængig ekspertise.



Figur D2.1. Lokaliseringsproces Sverige¹⁶

Belgien

Belgien har udviklet en lokaliseringsmodel baseret på partnerskaber mellem nationale affaldsmyndigheder og lokalsamfundene omkring Dessel og Mol. I stedet for alene at fokusere på geologiske kriterier blev der etableret lokale partnerskabsorganisationer med deltagelse af borgere, kommuner og interessegrupper.

Dette arbejde resulterede i en samlet masterplan, hvor tekniske spørgsmål, lokal udvikling, miljøforhold og kommunale interesser blev behandlet samlet. Modellen anses internationalt som et eksempel på en integreret lokaliseringsproces med høj grad af lokalsamfundsinvolvering.

Norge

Norge har ikke etableret et slutdepot for radioaktivt affald, men har gennem flere år arbejdet med analyser af mulighederne for fremtidig deponering og håndtering af radioaktivt affald fra forskningsreaktorer og andre nukleare aktiviteter.

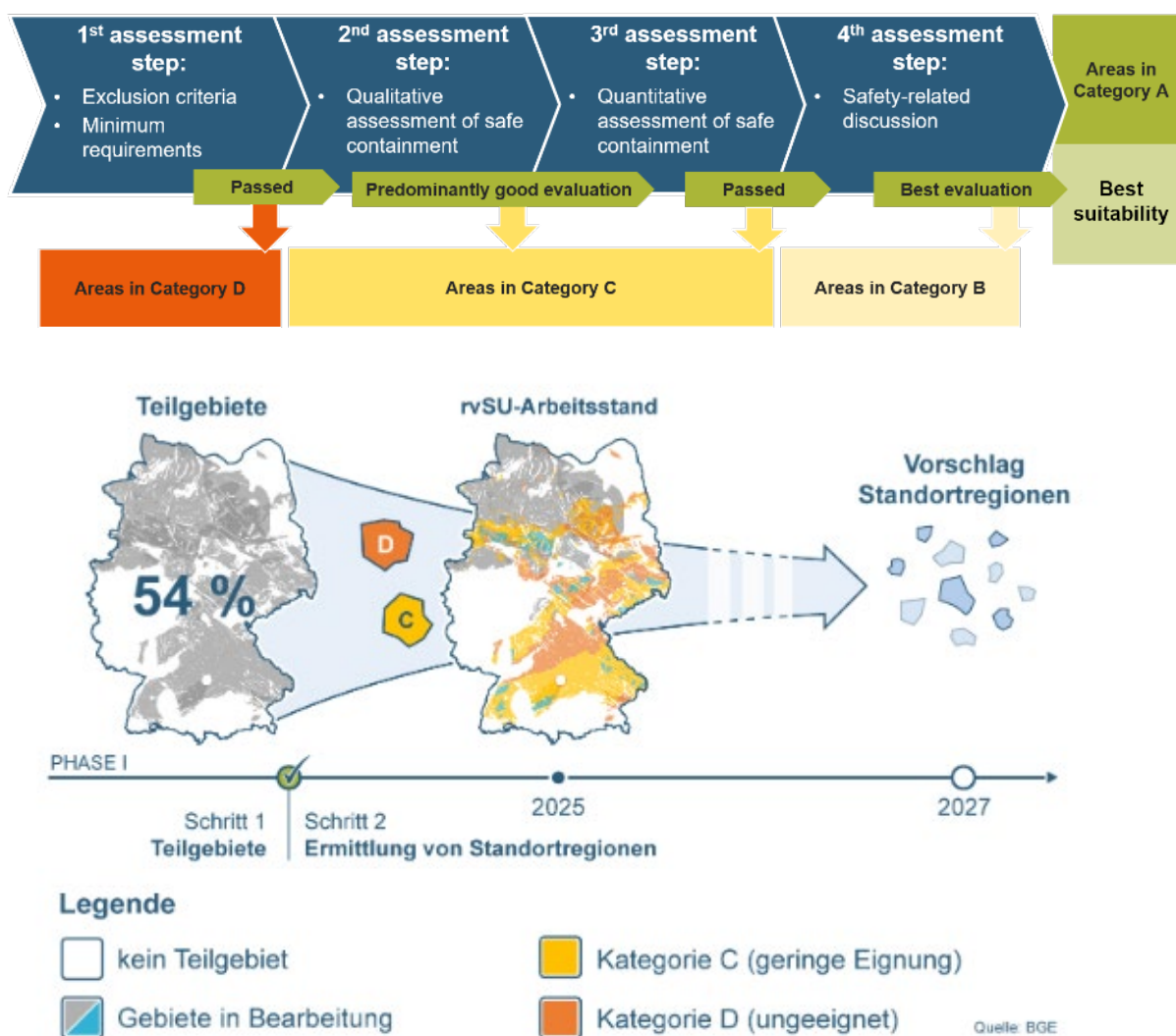
Den norske tilgang har været karakteriseret ved tidlige strategiske analyser, statslig koordinering og betydelig vægt på udredningsarbejde før eventuelle lokaliseringsbeslutninger. Norge gennemfører i øjeblikket en åben proces hvor flere kommuner inviteres til at deltage. Projektet illustrerer den situation, som også mindre affaldsproducerende lande kan stå i, hvor affaldsmængderne er relativt begrænsede, men hvor kravene til sikkerhed og langsigtet planlægning fortsat er meget høje og ligeledes kræver omfattende lokaliseringsprocesser.

¹⁶ [Siting of a Geologic Repository in Sweden](#)

Tyskland

Tyskland har gennem flere årtier arbejdet med lokalisering af geologiske depoter. Tidligere programmer var præget af statsligt udpegede lokaliteter og betydelige konflikter omkring blandt andet Gorleben. Erfaringerne herfra førte til en grundlæggende reform af den tyske lokaliseringsproces.

Den nuværende tyske model bygger på en ny metodisk national screening af hele landet efter ensartede kriterier og en flertrinsproces med omfattende gennemsigtighed, offentlig inddragelse og løbende faglig evaluering. Tyskland anvender således en kombination af statslig styring og interessentinddragelse. Metoden er vedtaget ved lov. Den indledende fase har været en teknisk screening af der har bragt mulige arealer ned. Herefter skal geografiske regioner inddrages. Status og fremskridt i søgeprocessen kan online følges via BGEs navigator¹⁷. (Se Bilag D.1 for en oversigt over Tyskland tekniske lokaliseringsproces.)



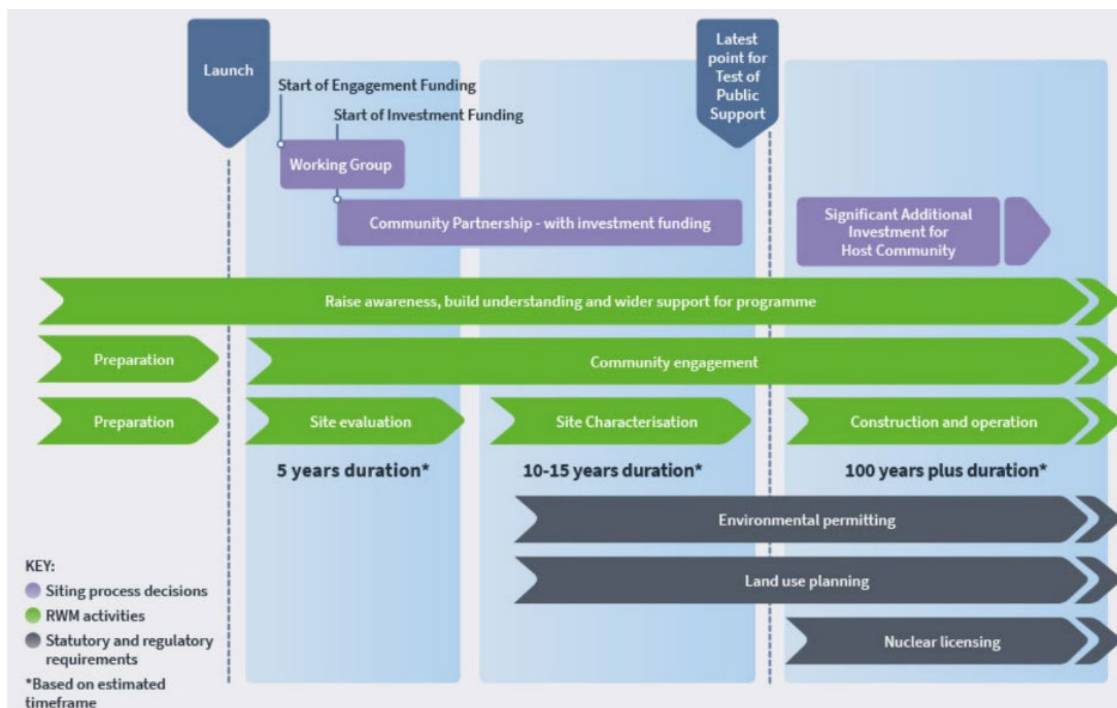
Figur D2.3. Lokaliseringsproces for Tyskland, der har afsluttet deres første screeningsfase og er i gang med at udpege de geografiske regioner der skal arbejdes videre med.¹⁸

¹⁷ [BGE Endlagersuche Navigator](#)

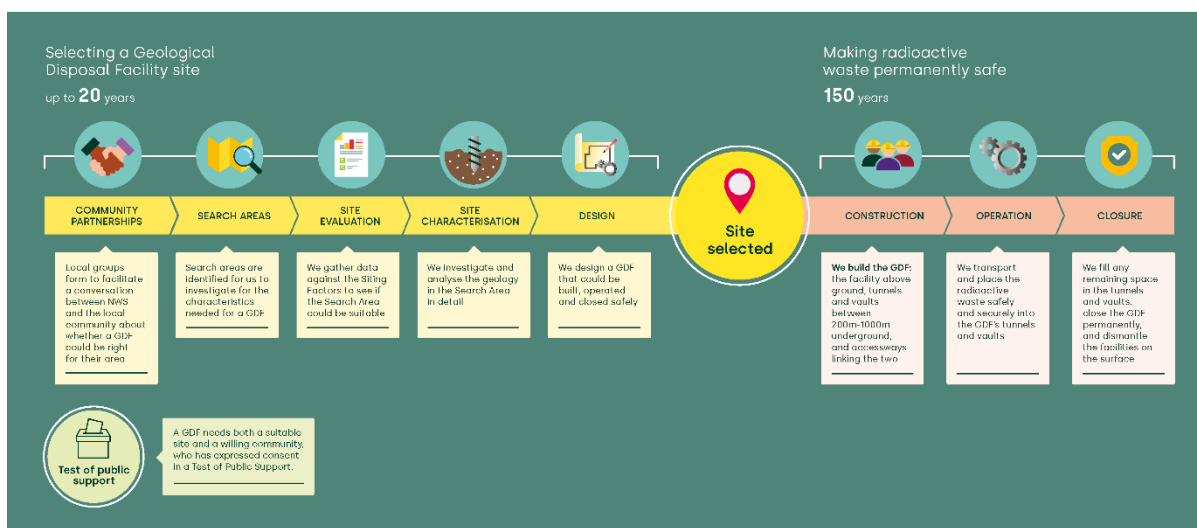
¹⁸ [Repository search](#)

Storbritannien

Storbritannien har igangsat flere forskellige lokaliseringsstrategier over tid. Tidligere forsøg på lokalisering mødte betydelig lokal modstand, hvilket førte til udvikling af en ny tilgang baseret på frivillig deltagelse og såkaldt "working with communities". I den nuværende proces kan lokalsamfund vælge at indgå i dialog med de ansvarlige myndigheder om muligheden for nærmere undersøgelser. Projektet lægger vægt på lokal deltagelse allerede i de tidlige faser, kombineret med trinvis beslutningstagning og mulighed for tilbagetrækning fra processen i de indledende stadier. (Se Bilag D.1 for en oversigt over Storbritanniens tekniske lokaliseringsproces.)



Journey to a GDF



Figur D2.4. Lokaliseringsproces for Storbritannien.¹⁹

¹⁹ [Site Evaluation - How we will evaluate sites in England - GOV.UK](#) og [Journey to a GDF - Nuclear Waste Services](#)

Canada

Canada har udviklet en strategisk baseret lokaliseringsproces baseret på frivillig deltagelse og langsigtet dialog med interesserede lokalsamfund. Projektet blev etableret af den Canadiske Nuclear Waste Management Organization (NWMO) og bygger på princippet om "informed and willing host communities".²⁰

Et større antal kommuner deltog indledningsvis i processen. Gennem successive undersøgelser og vurderinger blev antallet gradvist reduceret, indtil et mindre antal kandidatlokaliteter stod tilbage. Processen kombinerer omfattende tekniske undersøgelser med betydelige investeringer i lokal dialog, kompetenceopbygning og inddragelse af oprindelige folk og lokale myndigheder. Canada er et eksempel på en moderne samtykkebaseret lokaliseringsmodel.

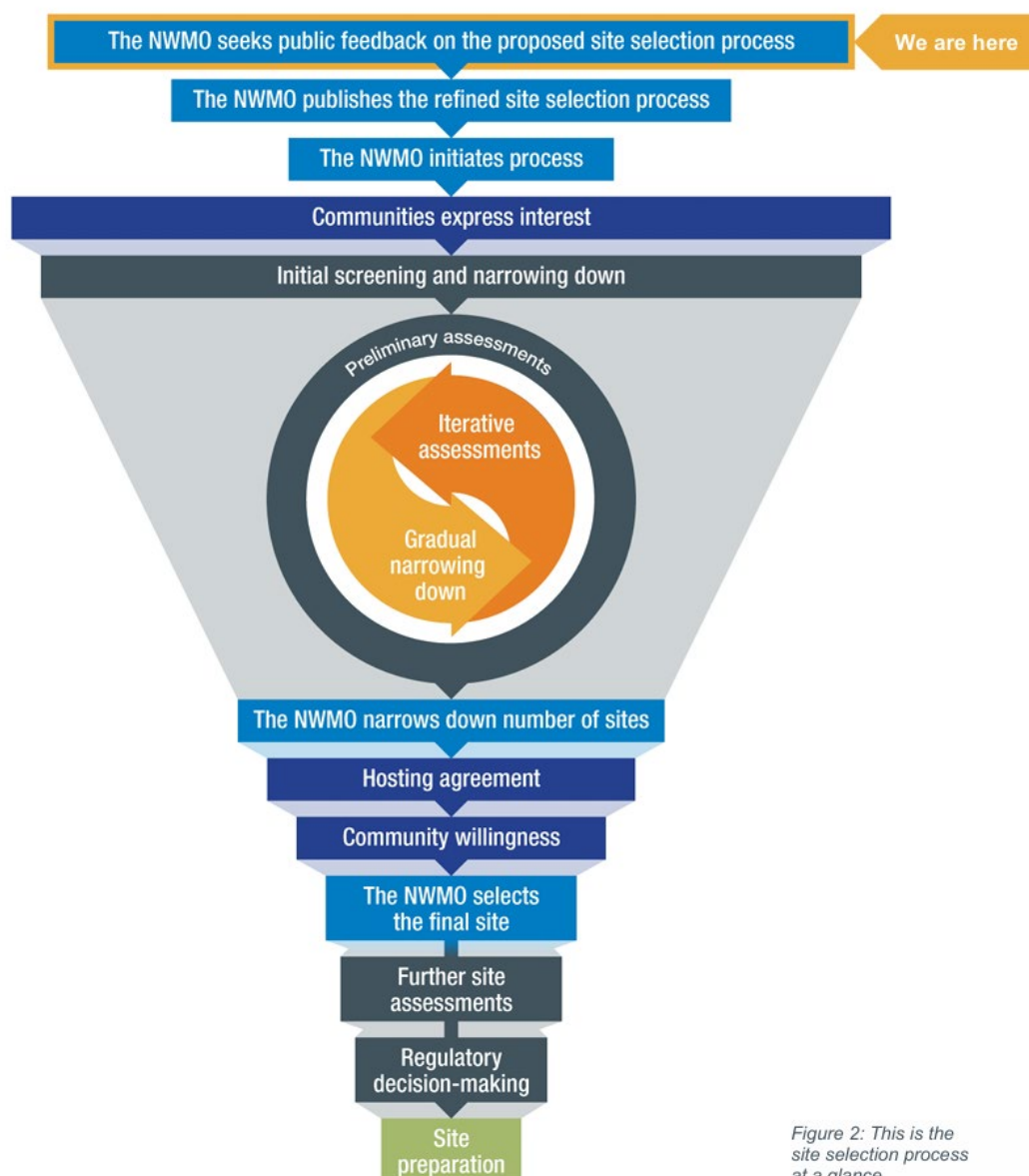


Figure 2: This is the site selection process at a glance.

Figur D2.5. Illustration af den Canadiske lokaliseringsmodel²¹

²⁰ Canada [Site selection](#)

²¹ Proposed site selection process for Canada's second deep geological repository for radioactive waste 2025 discussion document. [Proposed-site-selection-process-for-Canadas-second-deep-geological-repository-for-radioactive-waste.ashx](#)

På tværs af nationale programmer ses en række gennemgående erfaringer. Lokalisering af depotanlæg er typisk en flerårig og trinvis proces, hvor teknisk egnethed, myndighedsbehandling og lokal accept udvikles parallelt. Erfaringerne peger desuden på betydningen af et klart beslutningsgrundlag, tidlig og vedvarende interessentinddragelse samt mulighed for gradvist at reducere usikkerheder gennem successive undersøgelser og beslutninger.

Samlet peger internationale erfaringer på, at de mest robuste lokaliseringsprogrammer kombinerer et stærkt teknisk grundlag med en veltilrettelagt proces for lokal involvering og trinvis beslutningstagning. Denne kombination genfindes i dag i de fleste moderne lokaliseringsprogrammer.

4.3 Internationale erfaringer – begrænsninger ved sammenligning mellem lande

Internationale erfaringer viser, at der findes en række fælles principper for lokalisering. Samtidig bør sammenligninger mellem nationale programmer foretages med forsigtighed, da de nationale rammevilkår ofte varierer betydeligt.

En væsentlig forskel mellem landene er den historiske og aktuelle rolle, som kernekraft og øvrige nukleare aktiviteter har spillet i samfundet. Lande med eksisterende eller tidligere atomkraftproduktion har ofte omfattende faglige kompetencer, etablerede institutioner og mange års erfaring med nukleare aktiviteter. Befolkningen kan samtidig have en større fortrolighed med nuklear teknologi, ligesom der kan være en udbredt opfattelse af, at samfundet allerede har haft gavn af den energiproduktion, som har givet anledning til affaldet. Dette er eksempelvis tilfældet i Finland, Sverige, Storbritannien og Canada.

Også de politiske og administrative strukturer varierer betydeligt mellem landene. I nogle lande spiller landets regionale organisering (ex kommuner eller provinser) en vigtig rolle i lokaliseringsprocessen, mens andre lande har mere centraliserede beslutningssystemer. De organisatoriske enheders kompetencer, økonomiske selvstændighed og formelle indflydelse på lokaliseringsbeslutninger varierer derfor betydeligt og påvirker både procesdesign og beslutningsforløb.

Geografiske forhold har ligeledes stor betydning. Lande som Canada, Sverige og Finland råder over store og tyndtbefolkede områder, hvor der i princippet kan findes flere lokaliteter med passende geologiske egenskaber og begrænsede nabokonflikter. I tæt befolkede lande med intensiv arealanvendelse kan lokaliseringsopgaven være væsentligt mere kompleks, fordi flere tekniske, miljømæssige og samfundsmæssige interesser skal afvejes inden for et begrænset geografisk område. Dette er tilfældet i Danmark.

Økonomiske og regionale udviklingsmæssige forhold kan desuden påvirke lokaliseringsprocesserne. I nogle lande har værtskommuner eller værtsregioner lagt betydelig vægt på de økonomiske aktiviteter, arbejdspladser og udviklingsmuligheder, som et depotprogram kan medføre. Betydningen af sådanne incitament er imidlertid betydeligt mellem lande, regioner og lokalsamfund og afhænger blandt andet af variation i den lokale økonomiske situation.

Endelig kan der forekomme særlige nationale hensyn, som præger lokaliseringsprocessen. I Canada vægter fx inddragelse af oprindelige folk et vigtigt element i beslutningsprocessen, mens andre lande kan være præget af særlige historiske, juridiske eller forvaltningsmæssige forhold.

De internationale erfaringer bør derfor primært anvendes til at identificere generelle principper, gode praksisser og læringspunkter og ikke som modeller, der kan overføres direkte til danske forhold. Det er særligt erfaringerne med procesdesign, geologiske undersøgelser, beslutningsstrukturer og interessentinddragelse, som kan bidrage til udviklingen af en dansk lokaliseringsproces.

5. Interessentinddragelse og lokal kapacitetsopbygning

En væsentlig erfaring fra lokaliseringsprogrammer i andre lande er, at lokalsamfund og interessenter ofte efterspørger mulighed for selvstændigt at opbygge viden og vurdere projektets konsekvenser.

Lokaliseringsprocesser kan derfor omfatte adgang til uvildig rådgivning, opbygning af lokal faglig kapacitet, finansiering af kommuners og interessenters deltagelse samt høj grad af gennemsigtighed i beslutningsgrundlag og undersøgelser. Formålet er at skabe et solidt og mere ligeværdigt grundlag for dialog mellem projektorganisation, myndigheder, kommuner og borgere.

Både Sverige, Belgien og Storbritannien har anvendt modeller, hvor betydelige ressourcer er stillet til rådighed for lokale aktører og interessenter som led i lokaliseringsprocessen.

5.1 Kommunikationsindsats

Kommunikation skal understøtte gennemsigtighed, vidensdeling, dialog og et veloplyst beslutningsgrundlag i en lokaliseringsproces.

En kommunikationsindsats kan omfatte flere forskellige elementer. Herunder følger nogle eksempler, der kan indgå i en faseinddelt plan uden at listen dog er udtømmende.

Et kommunikationselement er en generel informations- og vidensindsats rettet mod offentligheden. Radioaktivt affald, depotsikkerhed, geologi og lokaliseringsprocesser er komplekse emner, som de færreste borgere har forudgående kendskab til. En del af kommunikationsopgaven består derfor i at opbygge et fælles vidensgrundlag og skabe forståelse for projektets formål, processer og beslutningsgrundlag.

En anden mulig kommunikationsindsats er bidrag til inddragelsesprocesser, hvor kommuner, borgere, interesseorganisationer og andre interessenter får mulighed for at stille spørgsmål, bidrage med lokale perspektiver og indgå i dialog om projektet.

En tredje kommunikationsindsats kan være systematisk formidling af projektets tekniske dokumentation i form af rapporter, analyser m.m. En kanal til dette kan fx være en projektportal eller hjemmeside, hvor det samlede tekniske og administrative dokumentationsgrundlag løbende, gøres tilgængeligt. Den opbygges til at kunne rumme det tekniske materiale som gennem projektet vil få et betydeligt omfang. Der kan ligeledes tænkes i remedierede kommunikationsprodukter (fx sociale medier, videoer, one-pagers), der på tilgængelig vis formidler nogle af budskaberne fra de tekniske dokumenter.

Der er en væsentlig forskel mellem åbenhed om processen og usikkerhed om projektets retning. Uklare budskaber om projektets status, formål, proces og beslutningsgrundlag kan skabe bekymring og mistillid. Det vil være vigtigt løbende at kunne kommunikere, hvor projektet befinder sig i udviklingsforløbet, hvilke spørgsmål der er afklaret, hvilke der fortsat undersøges, og hvilke beslutninger der endnu ikke kan træffes. Åbenhed forudsætter således adgang til information samt tydelig og konsistent formidling af de tekniske forhold, projektets fremdrift og den plan, som arbejdet følger.

I dag findes oplysninger på DDs hjemmeside og dokumentarkiv på GEUS temahjemmesider og tidligere var der desuden en offentlig hjemmeside om slutdepotprojektet under Uddannelses- og Forskningsministeriet. Efter ressortændringer er dele af det historiske materiale og arkivfunktionen imidlertid ikke tilgængeligt og en ny hjemmeside afventes. Et flerårigt projekt kan med fordel etablere en stabil og langsigtet digital platform, som kan fungere uafhængigt af organisationsændringer. En sådan platform kan bidrage til at sikre kontinuitet, sporbarhed og vedvarende adgang til projektets historik og tekniske dokumentationsgrundlag gennem hele lokaliserings- og etableringsforløbet.

Kommunikation, åbenhed og dialog bør påbegyndes tidligt og udvikles parallelt med tekniske forundersøgelser. På den måde kan projektet opbygge den nødvendige tekniske dokumentation og tillid, inden en egentlig lokaliseringsproces igangsættes.

Projektgrundlag

Slutdepot - Langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald

TEKNISK BILAG E

Krav til radioaktivt affald og nukleare anlæg

Sikkerhed, sikring og safeguards

FORELØBIGT UDKAST



Indhold

Læsevejledning og hovedpointer.....	2
Teknisk Bilag E.1. Introduktion til EU og national regulering af sikkerhed for nukleart brændsel og radioaktivt affald	3
Teknisk Bilag E.2. Sikkerhed og myndighedskrav for strålesikkerhed	10
Teknisk Bilag E.3. Waste Acceptance Criteria (WAC)	27
Teknisk bilag E.4. Sikring (security) og sikkerhedskontrol (safeguards).....	41
Teknisk bilag E.5. Transport af radioaktivt affald.....	47

Læsevejledning og hovedpointer

De tekniske bilag E.1-E.5 beskriver de metodemæssige og regulatoriske rammer, som stiller krav til udviklingen og godkendelsen af fremtidige danske anlæg til sikker håndtering og deponering af radioaktivt affald. Bilagene har fokus på lovgivning og myndighedskrav ift. safety case, affaldsacceptkriterier (*Waste Acceptance Criteria*, WAC), sikring (*security*), internationale sikkerhedskontrolforanstaltninger (*safeguards*) samt transport af radioaktive materialer. Fælles for disse områder er, at de skal udvikles tidligt og integreret som en del af et samlet dansk depotprojekt. For gennemgang af anden regulering henvises til Bilag F.

- **Bilag E.1** beskriver de internationale og nationale regulatoriske rammer for sikker håndtering og deponering af radioaktivt affald.
- **Bilag E.2** beskriver safety casens rolle som den centrale metode for udvikling af sikkerheds- og godkendelsesgrundlag for et depot samt de regulatoriske krav til sikkerhedsdokumentation og sikkerhedsvurderinger.
- **Bilag E.3** beskriver udviklingen af affaldsacceptkriterier (WAC), som omsætter sikkerhedskrav og designforudsætninger til konkrete og verificerbare krav til affaldet for de enkelte anlæg.
- **Bilag E.4** beskriver krav til sikring (*security*) og internationale kontrolforanstaltninger (*safeguards*) samt betydningen af disse for anlægs design, faciliteter, drift og myndighedsgodkendelse.
- **Bilag E.5** beskriver nationale og internationale krav til transport af radioaktive materialer.

Bilagene peger samlet på følgende centrale forhold:

1. **Behov for styrket program- og regulatorisk grundlag.** Et dansk depotprojekt forudsætter et styrket nationalt program for radioaktivt affald og regulatorisk grundlag, der omfatter krav til nuklear sikkerhed, strålebeskyttelse, sikring (*security*), internationale sikkerhedskontrolforanstaltninger (*safeguards*), beredskab, organisation, finansiering og myndighedstilsyn.
2. **Sikkerhed som styringsparameter.** Fremtidige danske depotløsninger skal udvikles på grundlag af en safety case, som dokumenterer sikkerheden gennem hele anlæggenes livscyklus og udgør det centrale grundlag for myndighedsgodkendelse og beslutningstagning.
3. **WAC som bindeled mellem affald og depot.** Affaldsacceptkriterier (WAC) omsætter sikkerhedskrav, affaldskarakterisering og depotdesign til konkrete krav for det affald, der kan modtages, håndteres og deponeres i de enkelte anlæg.
4. **Security, Safeguards og transport som integrerede krav.** Krav til sikring, internationale sikkerhedskontrolforanstaltninger og transport skal indarbejdes som grundlæggende design- og driftsforudsætninger fra projektets tidlige faser og omfatte hele affaldsbeholdningen og de tilhørende anlæg.
5. **Gensidigt afhængige styringsværktøjer.** Safety case, WAC, security, safeguards og transportkrav er tæt forbundne og skal udvikles som kernen i projektet i samspil med affaldsgrundlaget, depotdesignet, myndighedskravene og de regulatoriske processer.

Teknisk bilag E.1. Introduktion til EU og national regulering af sikkerhed for nukleart brændsel og radioaktivt affald

Sikker håndtering, opbevaring og deponering af radioaktivt affald er underlagt et omfattende regulatorisk rammeverk og internationale aftaler som Danmark har forpligtet sig til at overholde. Formålet er at sikre, at radioaktivt affald håndteres på en måde, der beskytter mennesker, miljø og samfund både under drift og ved deponering på langt sigt. Desuden sigter en del af reguleringen mod at beskytte det radioaktive materiale mod sabotage og uhensigtsmæssig anvendelse.

Reguleringen udgør den overordnede ramme for udviklingen af depoter og de anlæg, der kan blive nødvendige til håndtering, behandling og opbevaring frem mod deponering af radioaktivt affald. Reguleringen omfatter blandt andet krav til nuklear sikkerhed, strålebeskyttelse, sikring (security), nukleare safeguards, beredskab, organisation, finansiering og myndighedstilsyn.

Dette bilag giver en introduktion til de væsentligste EU- og nationale rammer, der regulerer sikkerhed for håndtering af radioaktivt affald og brugt nukleart brændsel. De tekniske konsekvenser af kravene behandles i de efterfølgende bilag.

1. National lovgivning og myndigheder

Den danske regulering af nukleare anlæg og radioaktivt affald er i Danmark fordelt på flere lovområder og ministerier. Følgende er hovedlovene på området med tilhørende ressortansvar.

- **Beredskabsloven¹ (Ministeriet for Samfundssikkerhed og Beredskab)**, som blandt andet regulerer nukleart beredskab og sikring af nukleare anlæg og materialer.
- **Strålebeskyttelsesloven² (Indenrigs- og Sundhedsministeriet)**, som regulerer beskyttelse af mennesker, samfund og miljø mod skadelige virkninger af ioniserende stråling.
- **Atomanlægsloven³ fra 1962** [Tidl. Indenrigs- og Sundhedsministerie, ressortansvar efter regeringsdannelse 2026 skal afklares], som regulerer etablering, drift, afvikling og sikkerhed ved nukleare anlæg

Derudover blev en ny atomanlægsloven vedtaget i 1976⁴. Loven var påtænkt at erstatte loven fra 1962. Kun § 11 og § 12, stk. 1 er dog trådt i kraft. Disse regulerer opgaver, der i 1976 lå hos Miljøstyrelsen, men som via flere ressortændringer i dag er placeret hos BRS. Ressortansvaret for loven er derfor placeret hos Ministeriet for Samfundssikkerhed og Beredskab.

Lovgivningen suppleres af en række bekendtgørelser vedrørende blandt andet strålebeskyttelse, radioaktive stoffer, nuklear sikring (security) og beredskabsforhold.^{5,6,7,8}

Ud over krav til nuklear sikkerhed (safety) og strålebeskyttelse er håndtering af radioaktivt affald underlagt krav vedrørende både sikring (security) og sikkerhedskontrol (safeguards).

¹ [Beredskabsloven](#)

² [Strålebeskyttelsesloven](#)

³ [Lov om nukleare anlæg \(atomanlæg\) \(Atomanlægsloven\)](#)

⁴ Lov nr 244 af 12/05/1976, Lov om sikkerhedsmæssige og miljømæssige forhold ved atomanlæg [Link](#)

⁵ [Bekendtgørelse om beskyttelsesforanstaltninger mod uheld i nukleare anlæg \(atomanlæg\) m.m.](#)

⁶ [Strålebeskyttelsesbekendtgørelsen](#)

⁷ [Radioaktivitetsbekendtgørelsen](#)

⁸ [Bekendtgørelse om sikringsmæssige foranstaltninger for nukleart materiale og nukleare anlæg og udarbejdelse af sikringsplaner](#)

Sikring omfatter de nationale foranstaltninger, der skal beskytte nukleare materialer, radioaktive kilder og nukleare anlæg mod tyveri, sabotage, terrorhandlinger og anden uautoriseret adgang. Kravene er forankret i både strålebeskyttelses- og beredskabslovgivningen.

- Bekendtgørelse om radioaktive stoffer (nr. 1385/2025⁹) er udstedt med hjemmel i strålebeskyttelsesloven og fastlægger sikringskrav for radioaktive kilder.
- Bekendtgørelse om sikringsmæssige foranstaltninger for nukleart materiale (nr. 1762/2016¹⁰) er udstedt i medfør af beredskabsloven og fastlægger sikringskrav for nukleart materiale og anlæg.

Regelgrundlaget omfatter blandt andet krav til fysisk beskyttelse, adgangskontrol, overvågning, materialekontrol, sikringsplaner, beredskab og myndighedstilsyn. For nukleare materialer anvendes desuden en kategorisering af materialernes sikringsmæssige betydning, som danner grundlag for fastlæggelse af det nødvendige sikringsniveau.

Sikkerhedskontrol behandles nærmere i afsnit 2 som en del af Danmarks forpligtelser under EURATOM og IAEA. De anlægsmæssige og driftsmæssige konsekvenser af sikring- og Safeguard-kravene behandles nærmere i bilag E.4.

Jf. direktivkrav jf. 2011/70/EURATOM skal en kompetent tilsynsmyndighed føre tilsyn med tilladelsesindehaver der har ansvar for den nationale affaldsbeholdning. Tilsynet skal være funktionelt adskilt for at sikre faktisk uafhængighed.

Efter atomanlægsloven udgør Sundhedsstyrelsen (Siden 2026 Sundheds- og Kirkeministeriet) og Beredskabsstyrelsen (siden 2024 MSSB) i fællesskab de nukleare tilsynsmyndigheder, hvilket fremgår af *Cirkulære om de nukleare tilsynsmyndigheders udøvelse af tilsyn vedrørende nukleare anlægs nukleare sikkerhed mv.*¹¹ De nukleare tilsynsmyndigheder fører tilsyn med nukleare anlæg gennem hele anlæggets livscyklus, herunder placering, design, opførelse, idriftsættelse, drift og afvikling.

Sundhedsstyrelsen varetager herudover myndighedsopgaver inden for strålebeskyttelse og håndtering af radioaktive stoffer, mens Beredskabsstyrelsen blandt andet har ansvar for nuklear sikring (*security*) og det nationale nukleare beredskab.

2. EU retslige forhold

Reguleringen af radioaktivt affald adskiller sig fra mange andre infrastrukturanlæg ved, at de nationale regler i vidt omfang er afledt af internationale forpligtelser og EU-retlige krav. De danske regler om nuklear sikkerhed, strålebeskyttelse, håndtering af radioaktivt affald og nukleart beredskab skal derfor ses i sammenhæng med de forpligtelser, der følger af EURATOM-traktaten, EU-direktiver på området samt internationale konventioner og sikkerhedsstandarder. Disse rammer fastlægger en række materielle og processuelle krav, som medlemsstaterne er forpligtet til at implementere og efterleve ved udvikling og gennemførelse af nationale løsninger for radioaktivt affald. Nedenfor gennemgås de væsentligste EU-retlige krav med relevans for et fremtidigt dansk depotprojekt.

2.1 Traktaten om oprettelse af Det Europæiske Atomenergifællesskab (EURATOM)

Traktaten om oprettelse af Det Europæiske Atomenergifællesskab (EURATOM-traktaten) blev underskrevet i Rom den 25. marts 1957 og findes med senere ændringer i en konsolideret udgave¹². Den udgør det primære EU-retlige grundlag for regulering af nuklear sikkerhed, strålebeskyttelse, nukleare anlæg, kontrol med nukleare materialer og

⁹ Bekendtgørelse nr. 1385 af 18. november 2025: *Bekendtgørelse om radioaktive stoffer*.

¹⁰ Bekendtgørelse nr. 1762 af 27. december 2016: *Bekendtgørelse om sikringsmæssige foranstaltninger for nukleart materiale og nukleare anlæg og udarbejdelse af sikringsplaner*.

¹¹ [Cirkulære om de nukleare tilsynsmyndigheders udøvelse af tilsyn vedrørende nukleare anlægs nukleare sikkerhed mv. \(Til de nukleare tilsynsmyndigheder\)](#)

¹² [EURATOM-traktaten - konsolideret udgave - Consilium](#)

håndtering af radioaktivt affald. EURATOM-traktaten er en del af EU's primærret og danner hjemmelsgrundlag for blandt andet direktiv 2011/70/EURATOM om ansvarlig og sikker håndtering af radioaktivt affald.

2.2 EURATOM safeguards

EURATOM-traktaten omfatter ikke alene bestemmelser om nuklear sikkerhed og strålebeskyttelse, men etablerer også et fælleseuropæisk system for sikkerhedskontrol af nukleare materialer (*safeguards*). Formålet er at sikre, at nukleare materialer, der anvendes til fredelige formål, ikke omdirigeres til fremstilling af atomvåben eller andre militære formål.

I EU varetages sikkerhedskontrollen af EURATOM i samarbejde med Det Internationale Atomenergiagentur (IAEA).¹³ Systemet omfatter blandt andet krav til registrering, materialeregnskab, rapportering, sporbarhed og international verifikation af nukleare materialer. Medlemsstaterne er forpligtet til at deklarere beholdninger og aktiviteter vedrørende nukleart materiale og give adgang til de nødvendige kontrol- og inspektionsaktiviteter.

De materialer i den danske affaldsbeholdning, som er omfattet af sikkerhedskontrol, er beskrevet i bilag B.1. Selvom disse materialer kun udgør en mindre del af affaldsbeholdningen, skal de håndteres i overensstemmelse med de gældende EURATOM- og IAEA-regler.

De anlægsmæssige og driftsmæssige konsekvenser af safeguards behandles nærmere i bilag E.4.

2.3 Rådets direktiv 2011/70/EURATOM om radioaktivt affald og brugt brændsel

Det centrale EU-retslige instrument på området er Rådets direktiv 2011/70/EURATOM af 19. juli 2011 om ansvarlig og sikker håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald. Direktivet etablerer et fælles europæisk rammeværk for sikker håndtering af radioaktivt affald og brugt brændsel og bygger på princippet om, at hver medlemsstat har det endelige ansvar for det radioaktive affald, der genereres på dens territorium.

Direktivet forpligter medlemsstaterne til at etablere:

- en national politik for håndtering af radioaktivt affald og brugt nukleart brændsel,
- et nationalt regulatorisk rammeværk,
- kompetente og uafhængige tilsynsmyndigheder,
- et nationalt program for implementering af den nationale politik.

Direktivet fastlægger endvidere krav til sikkerhed, organisering, ansvarsfordeling, finansiering og løbende myndighedsmæssigt tilsyn med håndteringen af radioaktivt affald gennem hele dets livscyklus.

2.4 Nationale programmer efter direktiv 2011/70/EURATOM

En central forpligtelse efter Rådets direktiv 2011/70/EURATOM er kravet om, at medlemsstaterne etablerer lovgivningsmæssige, tilsynsmæssige og organisatoriske rammebestemmelser herunder vedligeholder et nationalt program for implementering af den nationale politik for håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald. Se infoboks om direktivets krav til nationale programmer.

¹³ D. A. V. Fischer, IAEA/EURATOM Agreement – An Explanation, IAEA Bulletin, 15(3), p. 10-16, 1973.

Infoboks**Uddrag af Rådets direktiv 2011/70/EURATOM****Artikel 5 – Nationale rammebestemmelser**

1. Medlemsstaterne indfører og opretholder passende lovgivningsmæssige, tilsynsmæssige og organisatoriske rammebestemmelser ("de nationale rammebestemmelser") for håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald, der fordeler ansvar og sørger for koordinering mellem de relevante kompetente myndigheder.

De nationale rammebestemmelser skal omfatte samtlige følgende:

- a) et nationalt program for gennemførelsen af politikken for håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald
- f) en fordeling af ansvaret mellem de organer, der er involveret i de forskellige trin af håndteringen af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald; de nationale rammebestemmelser skal navnlig lægge hovedansvaret for det brugte nukleare brændsel og det radioaktive affald hos dem, der har frembragt det, eller under særlige omstændigheder hos den tilladelsesindehaver, der har fået overdraget dette ansvar af de kompetente myndigheder
- h) finansieringsordning(er) for håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald i overensstemmelse med artikel 9.

2. Medlemsstaterne sikrer, at de nationale rammebestemmelser om nødvendigt forbedres under hensyn til driftserfaring, indvundne erfaringer fra beslutningsprocessen som nævnt i artikel 4, stk. 3, litra f), og udviklingen af relevant teknologi og forskning.

Artikel 11 – Nationale programmer

1. Den enkelte medlemsstat sørger for gennemførelsen af sit nationale program for håndteringen af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald (nationalt program) omfattende alle typer af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald under sin jurisdiktion og alle faser af håndteringen af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald fra frembringelse til deponering.

2. Den enkelte medlemsstat reviderer og ajourfører regelmæssigt sit nationale program under hensyntagen til tekniske og videnskabelige fremskridt, hvor det er relevant, samt henstillinger, indvundne erfaringer og god praksis fra peerevalueringer.

Artikel 12 – Nationale programmers indhold

1. De nationale programmer skal redegøre for, hvordan medlemsstaterne har til hensigt at gennemføre deres nationale politikker, jf. artikel 4, vedrørende ansvarlig og sikker håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald for at sikre, at målene med dette direktiv nås, og omfatte samtlige følgende:

- a) de overordnede mål for medlemsstaternes nationale politik vedrørende håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald
- b) væsentlige større milepæle og klare tidsrammer for opnåelsen af disse milepæle i lyset af de overordnede mål med de nationale programmer
- c) en opgørelse over alt brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald og skøn over forventninger til fremtidige mængder, herunder fra nedlæggelse, hvoraf det klart fremgår, hvor det radioaktive affald og det brugte nukleare brændsel befinder sig, og hvor stor en mængde der er tale om, i overensstemmelse med passende klassificering af det radioaktive affald
- d) strategier eller planer og tekniske løsninger med hensyn til håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald fra frembringelse til deponering
- e) strategier eller planer for perioden efter lukning af et deponeringsanlæg inden for anlæggets levetid, herunder den periode, i hvilken der opretholdes fyldestgørende kontrol, og de metoder, der skal anvendes for at bevare viden om det pågældende anlæg på lang sigt
- f) de forsknings-, udviklings- og demonstrationsaktiviteter, der er nødvendige for at gennemføre løsninger til håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald
- g) ansvaret for gennemførelsen af det nationale program og de vigtigste resultatindikatorer til overvågning af fremskridt i retning af gennemførelse
- h) en vurdering af de nationale programomkostninger og det grundlag og de hypoteser, som denne vurdering er baseret på, som skal omfatte en profil over tid
- i) den eller de gældende finansieringsordninger
- j) en gennemsigthedspolitik eller -proces som omhandlet i artikel 10
- k) en eventuel eller eventuelle indgåede aftaler med en medlemsstat eller et tredjeland om håndtering af brugt nukleart brændsel eller radioaktivt affald, herunder om anvendelse af deponeringsanlæg.

Direktivet angiver således udtrykkeligt, at de nationale programmer skal beskrive både de valgte tekniske løsninger og de konkrete planer for deres realisering. Efter artikel 12, stk. 1, litra d, skal programmet indeholde "*strategier eller planer og tekniske løsninger med hensyn til håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald fra frembringelse til deponering*", mens artikel 12, stk. 1, litra b, kræver "*væsentlige større milepæle og klare tidsrammer for opnåelsen af disse milepæle*" for gennemførelsen.

Danmark implementerede senest disse krav gennem udarbejdelsen af "National Programme for the Responsible and Safe Management of Radioactive Waste" i 2020. Programmet blev udarbejdet som led i opfyldelsen af forpligtelserne efter direktiv 2011/70/EURATOM og indberettet til Europa-Kommissionen.

På tidspunktet for programmets udarbejdelse forelå der imidlertid ikke et nærmere teknisk og projektmæssigt grundlag for udmøntning og implementering af den langsigtede løsning, som Folketinget besluttet med B 90/2018. Programmet beskrev derfor primært de overordnede politiske rammer og processer, mens planer for langsigtet løsning frem mod deponering var under udvikling.

Europa-Kommissionen offentliggjorde i 2026 en evaluering af affaldsdirektivet og transportdirektivet for radioaktivt affald. Evalueringen identificerede fire gennemgående udfordringer på tværs af medlemsstaterne:

- manglende langsigtede nationale politikker for alt radioaktivt affald
- utilstrækkeligt ambitiøse mål i nogle nationale programmer
- svagheder i styring og finansiering
- forældede eller ufuldstændige omkostningsvurderinger

Kommissionen har på den baggrund fremhævet behovet for realistiske tidsplaner, robuste styringsmodeller og løbende opdatering af de nationale programmer.¹⁴ Også i dansk sammenhæng lægger Europa-Kommissionen vægt på forbedringer af det nationale program herunder planer for dets implementering.

Med udviklingen af et projektgrundlag for slutdepotprojektet vurderes der derfor at være behov for en opdatering af det danske nationale program med henblik på at skabe en klar sammenhæng mellem den nationale politik, som er fastlagt gennem B 90/2018, det nationale program efter direktiv 2011/70/EURATOM og den fremtidige implementering af en langsigtet løsning for håndtering af det danske radioaktive affald frem til dette er sikkert deponeret. En sådan opdatering vil samtidig kunne understøtte dokumentation af direktivets krav vedrørende tekniske løsninger, milepæle, finansiering, forskningsaktiviteter og sikkerhedsgrundlag.

Nedenfor er indsat links til internationale eksempler på nationale programmer:

- Tyskland - [BMUKN: National Programme | Download](#)
- Belgien - [National-programme-courtesy-translation.pdf](#)
- Østrig – [National Programme for the Management of Radioactive Waste](#).

2.5 Rapportering til Europa-Kommissionen

Rådets direktiv 2011/70/EURATOM indeholder udover krav om etablering af nationale politikker, programmer og regulatoriske rammer, også krav om løbende rapportering til Europa-Kommissionen. Efter direktivets artikel 14, stk. 1, skal medlemsstaterne den 23. august 2015 og herefter hvert tredje år fremsende en rapport til Kommissionen om gennemførelsen af direktivets forpligtelser. Formålet er at gøre det muligt for Kommissionen at overvåge medlemsstaternes efterlevelse af direktivet samt vurdere fremdriften i gennemførelsen af nationale programmer for håndtering af radioaktivt affald og brugt nukleart brændsel. Den næste rapportering er 23. august 2027.

Rapporteringen omfatter typisk status for de nationale politikker, det nationale program, udviklingen af affaldsbeholdningen, fremskridt i forhold til etablerede milepæle, udvikling af deponeringsløsninger,

¹⁴ [Radioactive Waste Directive and Shipments Directive: Consultations on evaluating current rules - European Commission](#)

organisatoriske og regulatoriske forhold samt finansieringsordninger. Rapporterne indgår samtidig i Kommissionens periodiske vurdering af implementeringen af direktivet på tværs af medlemsstaterne.

Rapporterne udarbejdes normalt med udgangspunkt i de fælles retningslinjer udviklet af European Nuclear Safety Regulators Group (ENSREG), som har til formål at sikre en ensartet og sammenlignelig rapportering mellem medlemsstaterne. Rapporteringen udgør dermed et centralt element i den løbende europæiske overvågning af medlemsstaternes håndtering af radioaktivt affald og brugt nukleart brændsel.

For et fremtidigt dansk depotprojekt indebærer dette, at væsentlige beslutninger om depotkoncept, lokalisering, tidsplaner, sikkerhedsvurderinger, ansvarsfordeling og finansiering ikke alene vil have national betydning, men også vil indgå som en del af Danmarks løbende rapportering til Europa-Kommissionen og den efterfølgende evaluering af Danmarks opfyldelse af direktiv 2011/70/EURATOM.

Et internationalt eksempel på en sådan rapport ses her fra Nederlandene¹⁵.

2.6 Ansvarsfordeling

Direktivet følger det grundlæggende princip jf. IAEA's Joint Convention fra 1997, at Staten har det overordnede ansvar for sikker håndtering af det danske radioaktive affald. Et centralt element i direktivet er en klar placering af ansvaret for affaldet i de forskellige trin af håndteringen fra affaldsproduktion til deponering. Efter artikel 5, stk. 1, litra f, skal de nationale rammebestemmelser sikre, at hovedansvaret for brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald som udgangspunkt ligger hos dem, der har frembragt affaldet. Direktivet giver dog mulighed for at lægge ansvaret hos en tilladelsesindehaver, der har fået overdraget dette ansvar af de kompetente myndigheder.

Bestemmelserne er særligt relevante i dansk sammenhæng, hvor staten i dag har det overordnede ansvar for det historisk oparbejdede radioaktive affald, og hvor der i forbindelse med udvikling, etablering, drift og eventuel efterfølgende forvaltning af depoter er behov for en større klarhed over ansvarsfordelingen mellem staten, affaldsproducenter, DD, en eventuel fremtidig depotoperatør og de kompetente tilsynsmyndigheder. Direktivet forudsætter, at sådanne ansvarsforhold er klart fastlagt i de nationale rammebestemmelser og i det nationale program. For et dansk depotprojekt indebærer direktivet således ikke alene krav om identifikation af en teknisk løsning, men også krav om en klar og langsigtet model for ansvarsplacering og finansiering (se Bilag G-Økonomi).

2.7 EURATOM-traktaten artikel 37 og 41

Flere bestemmelser i EURATOM-traktaten kan blive relevante for projektet. Det skal afklares hvilket ministerie der er ansvarlig for håndtering af disse sager ift. Europa-kommissionen.

Artikel 37: Europa-Kommissionens vurdering af grænseoverskridende radiologiske konsekvenser

Efter artikel 37¹⁶ i EURATOM-traktaten skal medlemsstaterne fremsende generelle oplysninger (*General Data*) til Europa-Kommissionen om planer for bortskaffelse af radioaktivt affald. Formålet er at gøre det muligt for Kommissionen at vurdere, om gennemførelsen af projektet kan medføre radioaktiv forurening af luft, jord eller vand i en anden medlemsstat.

På baggrund af de fremsendte oplysninger og efter høring af den ekspertgruppe, der er nedsat efter EURATOM-traktatens artikel 31, afgiver Kommissionen en formel udtalelse om projektet.

¹⁵ National report for the Council Directive 2011/70/EURATOM link: [pdf](#)

¹⁶ Artikel 37. Hver Medlemsstat skal forsyne Kommissionen med alle almindelige oplysninger vedrørende planer om bortskaffelse af radioaktivt spild i enhver form, for at det derved kan afgøres, om iværksættelsen af denne plan kan antages at medføre en radioaktiv kontaminering af en anden Medlemsstats vande, jord eller luft. Efter høring af den i artikel 31 omhandlede ekspertgruppe afgiver Kommissionen sin udtalelse inden for en frist af seks måneder.

Artikel 37-proceduren anvendes blandt andet ved etablering eller ændring af anlæg til håndtering, lagring og deponering af radioaktivt affald, herunder både overfladenære og geologiske depoter. Både svenske og finske depotanlæg har været behandlet efter denne procedure.

Artikel 41: Anmeldelse af nukleare investeringsprojekter til Europa-Kommissionen

Efter artikel 41 i EURATOM-traktaten skal investeringsprojekter inden for visse dele af den nukleare sektor anmeldes til Europa-Kommissionen, inden de gennemføres.

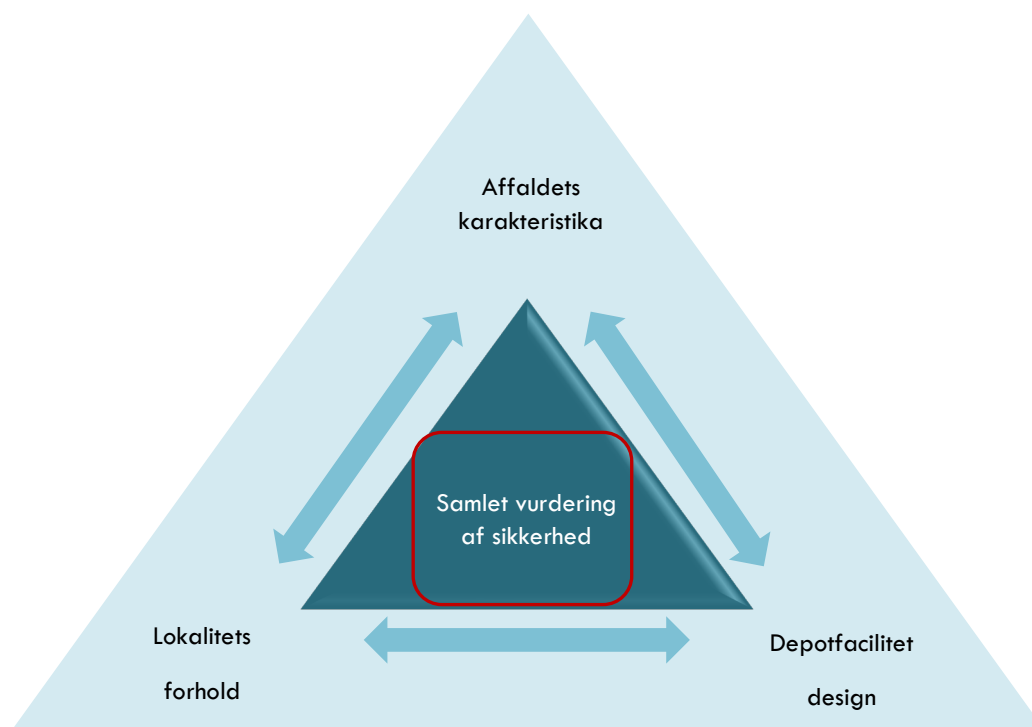
Afhængigt af depotets karakter, kapacitet og tekniske udformning kan bestemmelsen blive relevant for anlæg til behandling, håndtering, lagring eller deponering af radioaktivt affald. En eventuel anmeldelsespligt må vurderes nærmere på baggrund af det konkrete projekt og de gældende gennemførelsesbestemmelser til EURATOM-traktaten.

Teknisk Bilag E.2. Sikkerhed og myndighedskrav for strålesikkerhed

1. Sikkerhed for det danske depot

Sikkerhed er det centrale hensyn i udviklingen af en dansk løsning til deponering af radioaktivt affald. Dette fremgår af B 90 om en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald, hvor det fastslås, at "*sikkerhedsmæssige hensyn skal veje tungest*"¹⁷ ved beslutninger om lokalisering, design og etablering af et fremtidigt depot.

B 90 beskriver samtidig de grundlæggende principper for, hvordan sikkerheden opnås for et geologisk depot. Sikkerheden skal baseres på et system af passive barrierer, der uden behov for aktiv menneskelig indgriben kan forhindre, hæmme og forsinke spredning af radioaktive stoffer til omgivelserne. Barriersystemet omfatter affaldsbeholdere og fyldmaterialer, depotets tekniske konstruktioner samt de naturlige geologiske forhold på lokaliteten (jf. Figur E2.1). Samspillet mellem disse barrierer skal sikre beskyttelse af mennesker og miljø både under drift og efter lukning.



Figur E2.1. Samspillet mellem affald, lokalitet og depotdesign som grundlag for depotets sikkerhed. Safety casen dokumenterer, hvordan samspillet mellem disse elementer bidrager til opfyldelse af sikkerhedsmål.

For at kunne vurdere og dokumentere, at depotløsningen opfylder disse sikkerhedsmål, udvikles en *safety case*. IAEA definerer en safety case som en struktureret samling af argumenter, analyser og dokumentation, der understøtter sikkerheden af et anlæg eller en aktivitet.^{18,19} For deponeringsanlæg for radioaktivt affald skal safety

¹⁷ [PUBLICERET - B90, FT-forslag som fremsat 220271 1.0.pdf](#)

¹⁸ IAEA SSG-23. [IAEA Safety and Security Series - Online Users Interface | Content](#)

¹⁹ IAEA SSG-23. [IAEA Safety and Security Series - Online Users Interface | Content](#)

casen dokumentere, at samspillet mellem affaldets egenskaber, depotets design og lokalitetens forhold giver den nødvendige beskyttelse af mennesker og miljø gennem hele anlæggets levetid, herunder efter lukning.²⁰

B90 omtaler ligeledes eksplicit udarbejdelsen af en sikkerhedsanalyse (*safety case*) som en del af grundlaget for etablering af et dansk depot:

”Udarbejdelse af en sikkerhedsanalyse (safety case) for slutdepotet inden tilladelse til ibrugtagning er med baggrund i udenlandske erfaringer ligeledes tidkrævende.”

Det *tidskrævende* aspekt afspejler både omfanget af den dokumentation, der skal fremlægges for at demonstrere depotets sikkerhed, og at *safety case* udvikles iterativt. Efterhånden som ny viden om affald, lokalitet og depotdesign tilvejebringes, opdateres *safety case* og danner grundlag for den videre udvikling og vurdering af anlægget.²¹

1. Internationalt og dansk regulatorisk grundlag

Udviklingen af en *safety case* for et deponeringsanlæg for radioaktivt affald sker inden for et regulatorisk grundlag, der fastlægger kravene til dokumentation og vurdering af anlæggets sikkerhed. De grundlæggende principper er udviklet internationalt og er beskrevet i sikkerhedsstandarder, anbefalinger og vejledninger fra blandt andet IAEA²², Western European Nuclear Regulators Association (WENRA)²³ og OECD Nuclear Energy Agency (OECD/NEA)²⁴. På det videnskabelige niveau bygger disse rammer på anbefalinger fra Commission on Radiological Protection (ICRP)²⁵, som udvikler de grundlæggende principper for strålingsbeskyttelse. Disse anbefalinger omsættes efterfølgende til internationale sikkerhedsstandarder og national lovgivning.

I Europa er disse principper blandt andet udmøntet i Rådets direktiv 2011/70/EURATOM²⁶ om ansvarlig og sikker håndtering af brugt brændsel og radioaktivt affald samt Rådets direktiv 2013/59/EURATOM²⁷ om grundlæggende strålingsbeskyttelse. Direktiverne fastlægger de overordnede krav til medlemsstaternes lovgivning og myndighedssystemer med henblik på at sikre beskyttelse af mennesker og miljø.

Direktiv 2013/59/EURATOM er implementeret i dansk lovgivning gennem strålebeskyttelseslovgivningen. For deponering af radioaktivt affald er det regulatoriske grundlag imidlertid fortsat under udvikling. Behovet for et mere detaljeret regulatorisk grundlag blev fremhævet i både IAEA's IRRS-missionen²⁸ til Danmark i 2021 og ARTEMIS-missionen²⁹ i 2022.

IRRS-missionen anbefalede:

“The regulatory body should establish regulations for the development of disposal facilities for radioactive waste taking into consideration the different stages of the licensing process (siting, design, construction, operation, closure and post-closure)”

²⁰ NEA 2004. Post-closure safety cases for geological repositories. NEA no. 3679

²¹ 40 års dokumentation og 20-25 års dedikeret arbejde med slutdepot *safety case* for det finske Olkiluoto depot. [Common introduction to safety case](#)

²² [Safety standards | IAEA](#)

²³ [Publications | WENRA](#)

²⁴ [Communication on the Safety Case for a Deep Geological Repository \(EN\)](#)

²⁵ [ICRP – International Commission on Radiological Protection](#)

²⁶ [Directive - 2011/70 - EN - EUR-Lex](#)

²⁷ [Directive - 2013/59 - EN - EUR-Lex](#)

²⁸ [IRRS Mission to Denmark | International Atomic Energy Agency](#)

²⁹ [Integrated Review Service for Radioactive Waste and Spent Fuel Management, Decommissioning and Remediation \(ARTEMIS\) | IAEA](#)

Tilsvarende anbefalede ARTEMIS-missionen:

“The regulatory body should establish regulatory requirements and guidance documents for the development and authorization of waste management facilities in the different stages of their life-time (siting, design, construction, operation, decommissioning or closure and post-closure, as applicable).”

Begge anbefalinger peger på behovet for regulatoriske rammer og myndighedsprocesser, der understøtter udviklingen, vurderingen og den løbende opdatering af safety casen gennem hele anlæggets livscyklus.

På baggrund af anbefalingerne fra IRRS- og ARTEMIS-missionerne arbejder SIS med et forslag til ny bekendtgørelse om udvikling og godkendelse af særlige anlæg. Det er hensigten at bekendtgørelsen skal opdatere det eksisterende regulatoriske grundlag i overensstemmelse med aktuelle internationale standarder og forventes udstedt med hjemmel i strålebeskyttelsesloven. Ifølge SIS vil bekendtgørelsen være relevant for både etablering af støttefaciliteter til det opgraderede lageranlæg på Risø og udviklingen af danske deponeringsløsninger.

SIS har desuden oplyst, at bekendtgørelsen vil tage udgangspunkt i IAEA's sikkerhedsstandarder og omfatte alle væsentlige faser af anlæggets livscyklus, herunder lokalisering, design, opførelse, drift, nedlukning, dekommissionering og lukning. SIS har endvidere oplyst, at *safety case*-begrebet vil blive indarbejdet eksplicit i den nye regulering.

Som led i arbejdet indsamler SIS erfaringer fra europæiske myndigheder vedrørende blandt andet trinvis godkendelsesprocesser (*staged licensing*, illustreret som *gates* i Figur E2.2), dokumentationskrav i de enkelte godkendelsesfaser samt anvendelsen af tekniske støtteorganisationer (*Technical Support Organisations*, TSO'er). Erfaringer fra internationale deponeringsprogrammer viser, at myndighedsbehandlingen ofte er opbygget som en trinvis godkendelsesproces, hvor sikkerheden dokumenteres og vurderes løbende gennem anlæggets udvikling. Safety casen udgør i denne sammenhæng grundlaget for dokumentation af anlæggets sikkerhed og for myndighedernes vurdering af projektets videreførelse gennem de enkelte faser.



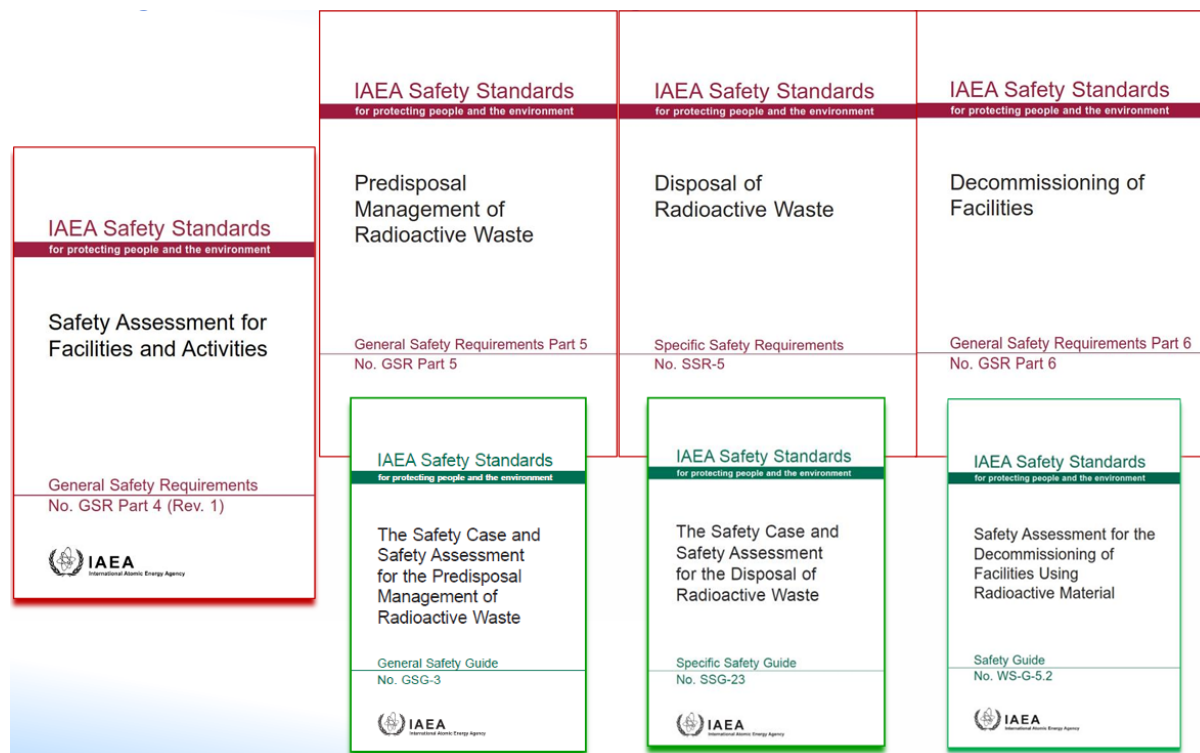
Figur E2.2. Iterativ udvikling af den samlede vurdering af sikkerhed baseret på samspillet mellem affald, lokalitet og depotdesign.

Indtil det endelige danske regulatoriske grundlag foreligger, må udviklingen af en dansk safety case derfor tage udgangspunkt i internationale standarder og den praksis, der anvendes i sammenlignelige deponeringsprogrammer. Dette bilag bygger derfor på anbefalinger og vejledninger fra IAEA, WENRA og OECD/NEA samt den regulatoriske udvikling, som aktuelt forventes at danne grundlag for et fremtidigt dansk depotprogram. SIS anbefaler at der lægges vægt på anbefalinger fra IAEAs Safety Standards (se nedenfor).

3. Hvad omfatter en safety case?

IAEA beskriver safety casen som bestående af en række indbyrdes afhængige komponenter, der tilsammen skal dokumentere og begrunde anlæggets sikkerhed. Safety casen udgør den overordnede ramme for depotets udvikling og samler de strategier, analyser, vurderinger og krav, der ligger til grund for sikkerhedsdokumentationen. Krav til eksempelvis affaldsacceptkriterier (WAC), sikkerhedsvurderinger, sikring (*security*) og Safeguards skal kunne begrundes og dokumenteres inden for safety casens struktur.

Arbejdet med safety cases for deponeringsanlæg er beskrevet i en række internationale standarder udarbejdet af IAEA. For deponeringsanlæg er særligt *SSR-5 Disposal of Radioactive Waste* og *SSG-23 The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste* centrale. Disse dokumenter beskriver både de overordnede sikkerhedskrav og den metodiske tilgang til udvikling af safety cases.

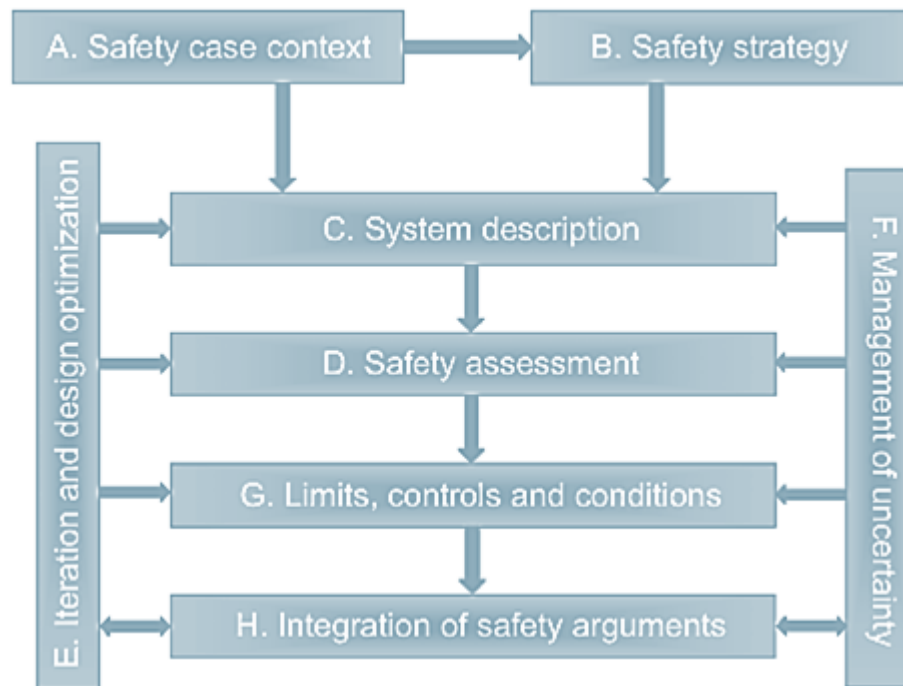


Figur E2.3. IAEA Safety Standards relateret til safety assessment og safety case for radioaktivt affald.

IAEA beskriver safety casen som bestående af følgende hovedelementer, som illustreret i Figur E2.4:

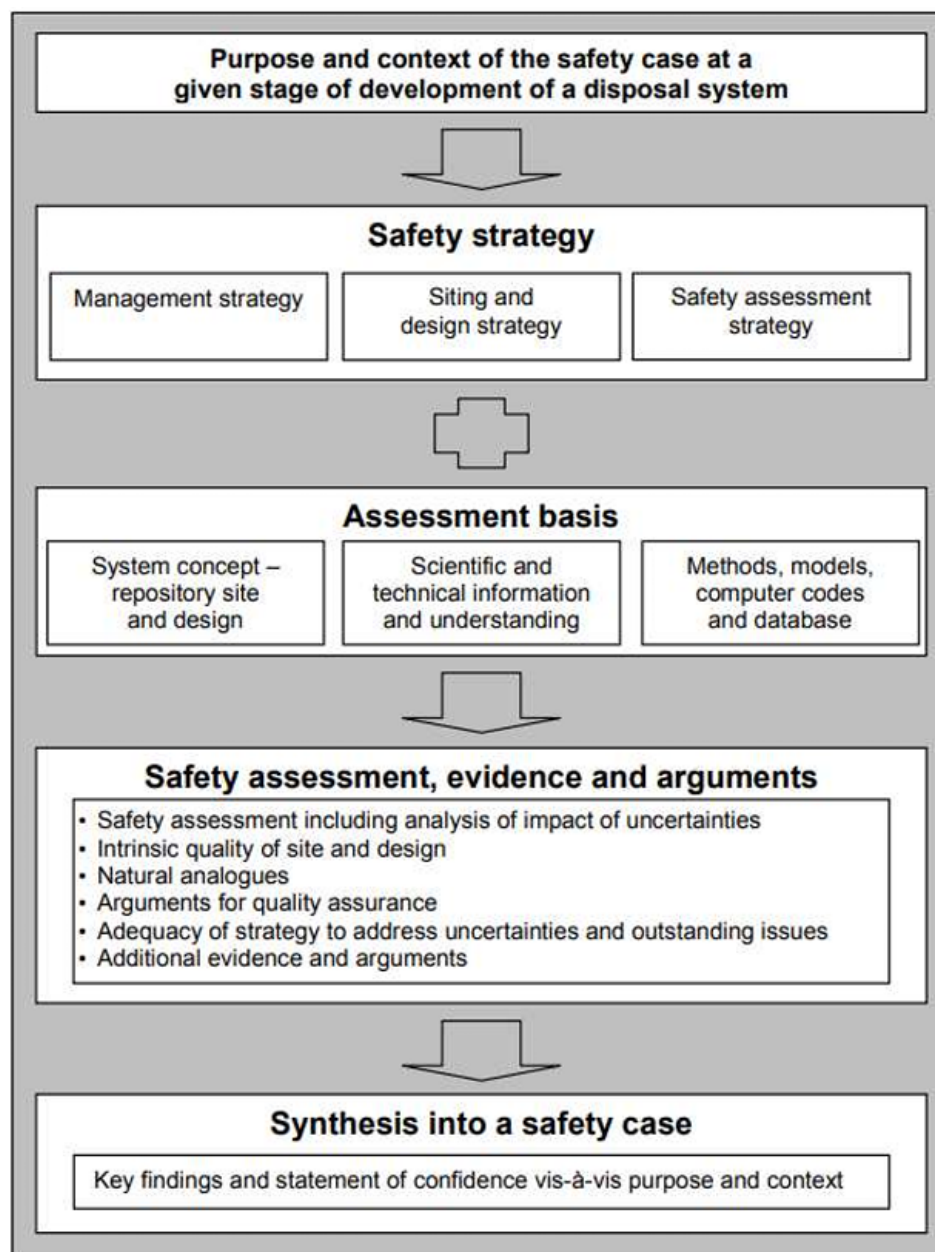
- Formål og kontekst (*purpose and context*)
- Sikkerhedsstrategi (*safety strategy*)
- Vurderingsgrundlag (*assessment basis*)
- Sikkerhedsvurderinger, evidens og argumenter (*safety assessment, evidence and arguments*)
- Syntese og samlet sikkerhedsargumentation (*synthesis into a safety case*)

De enkelte elementer understøtter hinanden og udvikles løbende gennem projektførelsen. Safety casen er derfor ikke et enkelt dokument, men en ramme for den samlede sikkerhedsdokumentation, der modnes i takt med, at viden om affald, lokalitet og depotdesign opbygges.



Figur E2.4. Komponenter i en safety case efter IAEA SSG-23.

En alternativ illustration af de samme hovedelementer er vist i Figur E2.5, der uddyber tilgang og trin i processen.



Figur E2.5. Alternativ fremstilling af komponenter i en safety case efter NEA.³⁰

Selvom figurerne giver indtryk af et lineært forløb, udvikles de enkelte elementer i praksis parallelt og iterativt. Ny viden om affald, lokalitet eller depotdesign kan føre til ændringer i både sikkerhedsstrategi, vurderingsgrundlag og sikkerhedsvurderinger. Safety casen udvikles derfor gennem en række iterationer, hvor dokumentation og sikkerhedsargumentation løbende opdateres i takt med projektets modning.

I det følgende gennemgås de centrale elementer, som forventes at indgå i en dansk safety case.

³⁰ NEA 2004. Post-Closure Safety Case for Geological Repositories – Nature and Purpose, NEA No. 3679, OECD/NEA, Paris.

3.1 Formål og kontekst (*Purpose and Context*)

Safety casen skal på ethvert udviklingsstrin have et klart defineret formål og en tydelig kontekst. Formålet beskriver, hvilken beslutning safety casen skal understøtte, mens konteksten beskriver de regulatoriske, tekniske, organisatoriske og samfundsmæssige rammer for sikkerhedsdokumentationen.

Fastlæggelse af formål og kontekst kan umiddelbart forekomme enkelt, men stiller i praksis betydelige krav til forståelse af både de regulatoriske krav og den efterfølgende safety case-proces. Formålet skal afspejle projektets modenhed og de sikkerhedsmæssige spørgsmål, der skal besvares på det pågældende tidspunkt. Formålet med en safety case i en tidlig lokaliseringsfase vil således være væsentligt forskelligt fra formålet med en safety case, der skal understøtte en ansøgning om opførelse eller drift af anlægget.

Opstillingen af et klart formål kræver derfor både teknisk indsigt, regulatorisk forståelse og politisk involvering. Samtidig skal konteksten være tilstrækkeligt veldefineret til, at der kan opstilles en sammenhængende sikkerhedsstrategi og et relevant vurderingsgrundlag for de efterfølgende analyser.

For et dansk depot vil konteksten blandt andet omfatte:

- Det regulatoriske grundlag.
- Affaldsbeholdningen og dens karakteristika.
- Forudsætninger for depotets placering og udformning.
- Samfundsmæssige, økonomiske og miljømæssige hensyn.
- De beslutninger og myndighedsgodkendelser, som safety casen skal understøtte.

Formål og kontekst danner grundlag for de efterfølgende elementer i safety casen, herunder sikkerhedsstrategien, vurderingsstrategien og de tekniske arbejder.

3.2 Sikkerhedsstrategi (*Safety Strategy*)

Sikkerhedsstrategien beskriver den overordnede tilgang til, hvordan depotets sikkerhed skal opnås og dokumenteres. Strategien fastlægger de grundlæggende principper for lokalisering, design, drift, lukning og den efterfølgende langsigtede sikkerhed.

Strategien skal bygge på gældende lovgivning og regulatoriske krav samt på internationale standarder for deponering af radioaktivt affald. Formålet er at etablere en sammenhængende ramme for udviklingen af depotet og den tilhørende safety case.

For et deponeringsanlæg vil sikkerhedsstrategien blandt andet omfatte:

- Den overordnede strategi for barrieresystemet.
- Principper for lokalisering og valg af geologiske forhold.
- Principper for depotdesign og affaldshåndtering.
- Overordnede sikkerhedsfunktioner og sikkerhedsmål.
- Principper for håndtering af usikkerheder.
- Strategi for udvikling og dokumentation af sikkerheden gennem anlæggets livscyklus.

Sikkerhedsstrategien udvikles inden for en række tekniske, regulatoriske, økonomiske og samfundsmæssige rammer. Sikkerheden udgør det styrende hensyn, men strategien skal samtidig understøtte beslutninger om blandt

andet depotkoncept, lokalisering, ressourceanvendelse og organisering gennem anlæggets livscyklus. Udviklingen af sikkerhedsstrategien sker desuden i en kontekst, hvor myndigheder, anlægsejer, berørte interessenter og offentligheden kan have forskellige perspektiver på depotets udformning og placering. Strategien skal derfor skabe et transparent og dokumenterbart grundlag for de valg, der træffes gennem projektførelsen.

Sikkerhedsstrategien omfatter en samlet strategi for ledelse, lokalisering, design og sikkerhedsvurdering. Strategien skal bygge på god forvaltnings- og ingeniørpraksis, være konkret nok til at sikre en tydelig retning i de tekniske arbejder og samtidig have den nødvendige fleksibilitet til at håndtere ny viden og teknologiske fremskridt. Strategien skal tilstræbe robusthed og reduktion af usikkerheder gennem kendskab til affaldet, valg af egnede geologiske forhold og tilpasning af depotdesignet til lokalitetens karakteristika.

Sikkerhedsstrategien skal tage højde for det gældende regulatoriske grundlag og de sikkerhedskrav, som anlægget skal opfylde. For et dansk depot vil strategien skulle udvikles i samspil med den regulatoriske udvikling på området og afspejle de krav, der følger af national lovgivning og internationale standarder.

Ansøgeren har ansvaret for at dokumentere, at anlægget opfylder de gældende sikkerhedskrav. Sikkerhedsstrategien skal derfor have et klart sigte mod at etablere det dokumentationsgrundlag, som senere skal indgå i safety casen og de tilhørende sikkerhedsvurderinger.

Sikkerhedsstrategien udvikles og opdateres løbende i takt med, at der opnås ny viden om affaldet, lokaliteten og depotdesignet. Resultater fra sikkerhedsvurderinger og tekniske undersøgelser kan medføre justeringer af både strategi og design. Sikkerhedsstrategien udgør derfor et centralt bindeled mellem safety casens overordnede mål og de efterfølgende tekniske vurderinger og analyser.

3.3 Vurderingsstrategi (*Assessment basis*)

Vurderingsstrategien omsætter sikkerhedsstrategien til de rammer og metoder, der anvendes i de tekniske sikkerhedsvurderinger. Formålet er at sikre et konsistent grundlag for identifikation af sikkerhedsmæssigt relevante forhold, udvikling af scenarier og vurdering af depotets ydeevne.

Et centralt element i vurderingsstrategien er identifikation af de forhold, hændelser og processer, der kan påvirke depotets sikkerhed. Internationalt anvendes ofte FEP-metoden (*Features, Events and Processes*) af NEA³¹ som en systematisk tilgang til at identificere, klassificere og vurdere forhold af betydning for depotets langsigtede sikkerhed. Der er udviklet internationale FEP-lister og databaser, som anvendes som støtte ved etableringen af sikkerhedsvurderinger for deponeringsanlæg.

Features omfatter systemets egenskaber, herunder affaldsbeholdningen, geologien og depotets tekniske barrierer. *Events* omfatter hændelser, som kan påvirke systemet, herunder naturlige hændelser og menneskelige aktiviteter. *Processes* omfatter de fysiske, kemiske, biologiske og mekaniske processer, der styrer systemets udvikling over tid.

FEP-analyser anvendes til at sikre, at forhold af betydning for den langsigtede sikkerhed identificeres og vurderes på en dokumenteret og sporbar måde. Det er ikke alle FEPs der vil være relevante for et dansk depot, men de internationale FEP-databaser giver et systematisk grundlag for at vurdere, hvilke forhold der skal indgå i vurderingsstrategien.

I en Systems Engineering-tilgang kan FEP-analyser samtidig anvendes som grundlag kravudvikling. Resultaterne fra FEP-analyserne kan omsættes til sikkerhedsfunktioner, lokaliseringskriterier, systemkrav og designkrav og understøtter dermed sporbarhed mellem sikkerhedsmål, analyser og tekniske løsninger. FEP-analyser kan

³¹ Nuclear Energy Agency (NEA), International Features, Events and Processes (IFEP) List for the Deep Geological Disposal of Radioactive Waste. Radioactive Waste Management and Decommissioning, NEA/RWM/R(2024)2. https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_97739

desuden anvendes til at identificere datamangler, videnshuller og behov for yderligere undersøgelser og bliver dermed et vigtigt værktøj i planlægningen af de aktiviteter, der skal modne beslutningsgrundlaget gennem projektets efterfølgende faser.

Vurderingsstrategien omfatter desuden de data, modeller, beregningsværktøjer og antagelser, der danner grundlag for de efterfølgende sikkerhedsvurderinger. Det skal sikre sporbarhed mellem sikkerhedsmål, analyser, designforudsætninger og de konklusioner, der indgår i safety casen. Strategien udvikles løbende i takt med, at ny viden opnås om affaldet, lokaliteten og depotdesignet. Det udgør dermed forbindelsen mellem sikkerhedsstrategien og de tekniske sikkerhedsvurderinger, som behandles i de efterfølgende afsnit.

3.4 Evidens, analyser og sikkerhedsargumenter (*Safety assessment, evidence and arguments*)

Evidens, analyser og sikkerhedsargumenter udgør den tekniske kerne af safety casen. Formålet er at dokumentere, at depotet opfylder de fastsatte sikkerhedskrav gennem hele anlæggets livscyklus, herunder efter lukning.

På baggrund af sikkerheds- og vurderingsstrategien, der er beskrevet i de foregående afsnit, gennemføres de analyser, undersøgelser og vurderinger, der dokumenterer depotets sikkerhed. Dokumentation kan omfatte måledata, laboratorieforsøg, feltundersøgelser, erfaringer fra eksisterende anlæg, videnskabelige studier samt resultater fra modellering og beregninger.

Udarbejdelsen af denne del af safety casen kræver koordinering af et stort antal tekniske leverancer over en længere årrække. Der stilles derfor betydelige krav til teknisk integration, kravstyring, dokumentstyring og kvalitetssikring, så der opretholdes sporbarhed mellem sikkerhedsmål, analyser, designbeslutninger og myndighedsdokumentation gennem hele projektforløbet.

Safety casen bygger ikke alene på resultaterne af de tekniske analyser, men også på dokumentation af datakvalitet, modellernes anvendelighed, håndteringen af usikkerheder og robustheden af de valgte løsninger. Formålet er at etablere en sammenhængende og reproducerbar argumentation for, at depotet opfylder de fastsatte sikkerhedskrav.

De følgende afsnit beskriver de centrale elementer i denne del af safety casen, herunder sikkerhedsvurderingen, barrieresystemet, strukturer, systemer og komponenter (*Structures, Systems and Components*, SSC'er) samt håndteringen af usikkerheder og lange tidshorisonter.

3.4.1 Sikkerhedsvurdering (*Safety Assessment*)

Sikkerhedsvurderingen udgør den centrale tekniske analyse i safety casen. Afhængigt af projektets omfang og organisering kan en safety case omfatte flere sikkerhedsvurderinger rettet mod forskellige anlæg, funktioner eller projektfaser. For et deponeringsprogram kan der eksempelvis udarbejdes særskilte sikkerhedsvurderinger for håndterings- og behandlingsanlæg, mellemlager eller deponeringsanlæg. Disse sikkerhedsvurderinger indgår samlet i safety casen og bidrager til dokumentationen af den overordnede sikkerhed.

En sikkerhedsvurdering har til formål at dokumentere, at et anlæg opfylder de fastsatte sikkerhedskrav gennem hele anlæggets levetid, herunder efter lukning. I dansk sammenhæng kendes denne type dokumentation blandt andet fra sikkerhedsvurderingen for Ny Opgraderet Lagerfacilitet (NOL), som aktuelt er under udvikling.

Sikkerhedsvurderingen bygger på den sikkerhedsstrategi og vurderingsstrategi, der er beskrevet i de foregående afsnit. På dette grundlag analyseres depotets ydeevne under en række scenarier, der repræsenterer både forventede udviklingsforløb og relevante afvigelser fra normal udvikling.

Et eksempel på anvendelsen af en tidlig sikkerhedsvurdering findes i Norge³², hvor der som led i udviklingen af den nationale infrastruktur for radioaktivt affald blev gennemført en generisk *safety assessment*. Vurderingen havde ikke til formål at dokumentere sikkerheden ved et konkret anlæg, men at identificere væsentlige sikkerhedsmæssige forhold, mulige depotkoncepter og behov for yderligere undersøgelser. Eksemplet illustrerer, hvordan sikkerhedsvurderinger kan anvendes til at modne beslutningsgrundlaget og understøtte udviklingen af både sikkerhedsstrategi, vurderingsstrategi og depotkoncept, inden der foreligger et konkret depotdesign eller en endelig lokalitet.

I sikkerhedsvurderingen sammenholdes resultaterne af de tekniske analyser med de sikkerheds- og acceptkriterier, der følger af lovgivningen eller er fastlagt i sikkerhedsstrategien. Kriterierne udtrykkes ofte som grænser for radiologisk dosis og risiko for mennesker og miljø. Analyserne omfatter blandt andet vurderinger af barriersystemets funktion, transport af radionuklider gennem depot og geologi samt de potentielle konsekvenser af identificerede hændelser og processer.

Sikkerhedsvurderingen skal dokumentere, at depotets sikkerhedsfunktioner er tilstrækkelige til at sikre den nødvendige beskyttelse af mennesker og miljø. Resultaterne anvendes samtidig til at identificere behov for ændringer eller optimeringer af depotets design, affaldshåndtering eller sikkerhedsstrategi og udgør dermed et centralt element i den iterative udvikling af safety casen.

For et deponeringsanlæg vil sikkerhedsvurderingen typisk være mere omfattende end for et lageranlæg, blandt andet som følge af de lange tidshorisonter og behovet for analyser af radionuklidtransport, barrierenedbrydning og geologiske processer. Dette stiller høje krav til karakterisering af affaldets radiologiske og fysisk-kemiske egenskaber, da disse indgår som centrale input til modellering af depotets langsigtede sikkerhed.

3.4.2 Barriersystemet som grundlag for sikkerhedsvurderingen

Et vigtigt element i sikkerhedsvurderingen er dokumentationen af depotets barriersystem. Barriersystemet udgør grundlaget for depotets sikkerhed og skal dokumentere, hvordan anlægget opfylder de sikkerhedskrav, der følger af lovgivningen og safety casens sikkerhedsstrategi..^{33 34}

Sikkerheden i et depot baseres på princippet om multiple barrierer, hvor både tekniske og naturlige barrierer bidrager til indeslutning af radionuklider og begrænsning af deres transport til omgivelserne (se bilag C.1 og D.1 for yderligere detaljer). De tekniske barrierer kan omfatte affaldsbeholdere, konstruktionsmaterialer og tilbagefyldningsmaterialer, mens de naturlige barrierer udgøres af de geologiske og hydrogeologiske forhold omkring depotet (Figur E2.6). Barriererne fungerer i samspil og bidrager hver især til den samlede beskyttelse af mennesker og miljø³⁵.

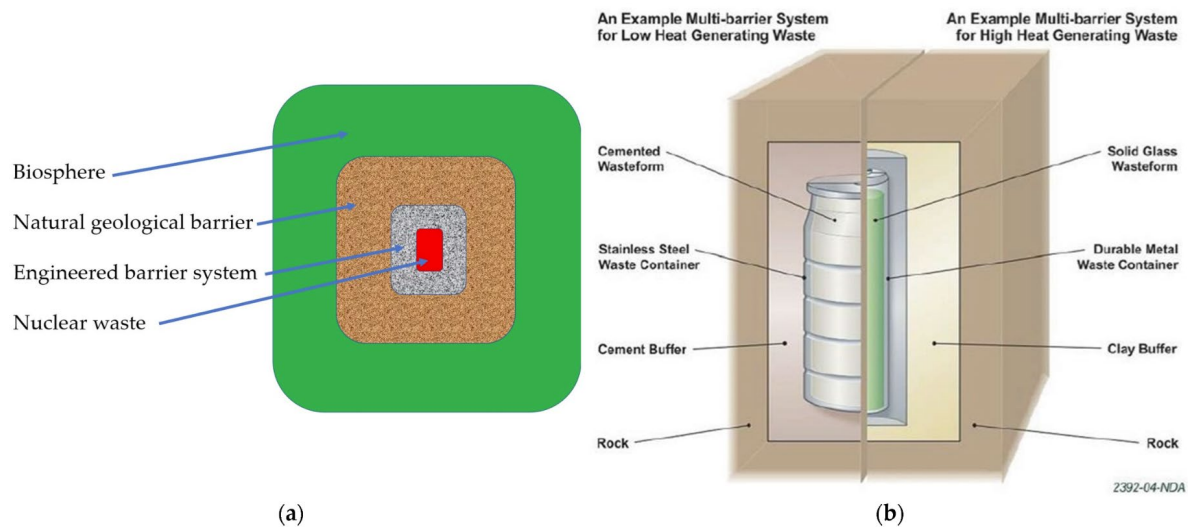
Barriersystemets ydeevne er så central for depotets sikkerhed, at det indgår som et grundlæggende element allerede i det tidlige faser af design-, feasibility- og lokalisering. Vurderinger af alternative barrierekoncepter anvendes til at undersøge, om de ønskede sikkerhedsfunktioner kan opnås, og resultaterne kan føre til ændringer i både design, lokaliseringsforudsætninger og sikkerhedsstrategi.

^{32 32} Generic Safety Assessment for the Norwegian National Facility 2022. Link: [Microsoft Word - COO11_report_HK_comm_edit_20221130_all_comms_c.docx](#)

³³ Sundhedsstyrelsen. Strålebeskyttelse. Sikkerhedsvurderinger i forbindelse med brug af strålekilder. 2020

³⁴ EURAD 3 [Engineered Barrier Systems Theme Overview.pdf](#)

³⁵ Posiva - [Engineered barriers](#)

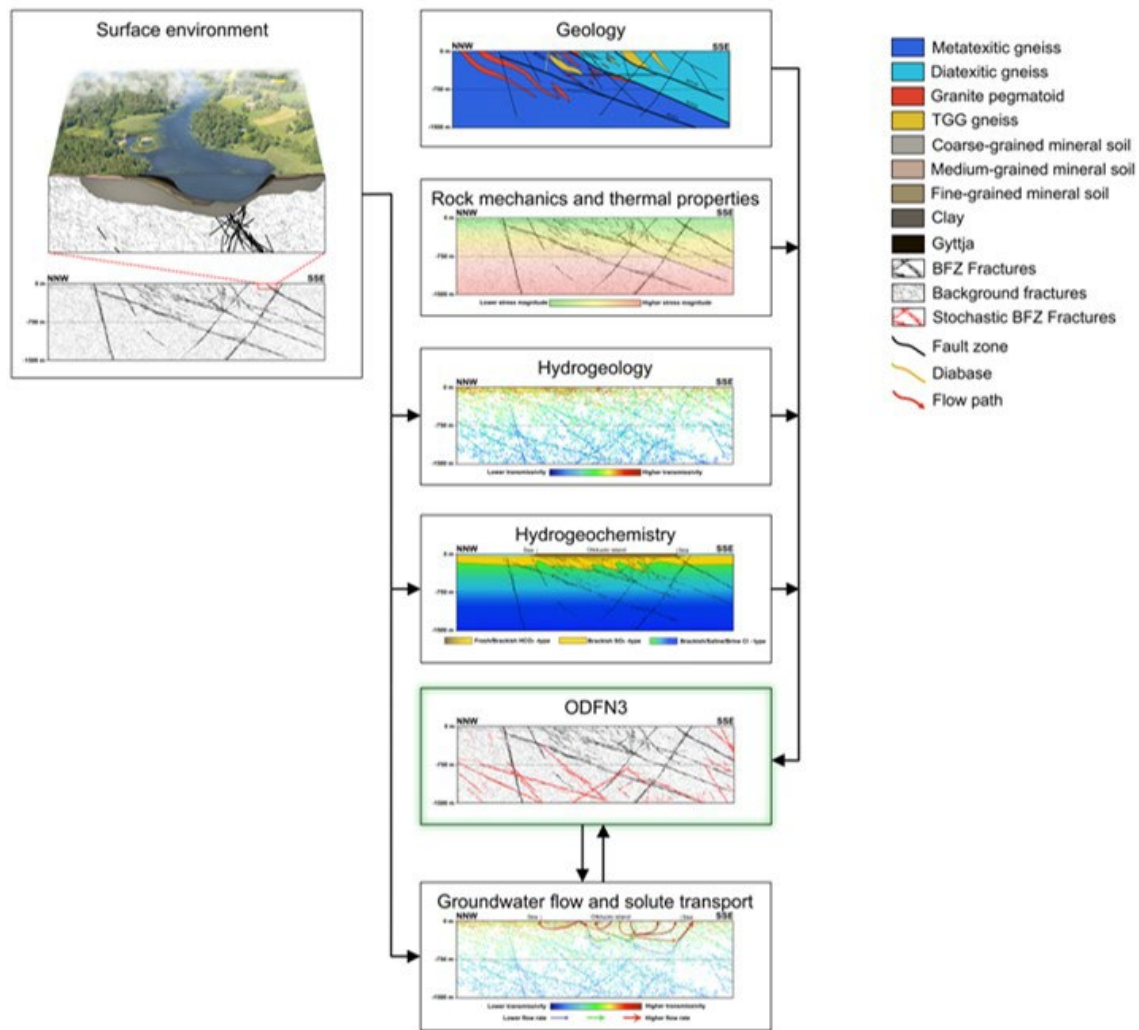


Figur E2.6. Eksempel på barriersystem for depot med forskellige typer affald, hvor det danske vil tilhøre kategorien af affald med lav grad af varmeproduktion. Her er selve affaldet indkapslet af en række fysiske barrierer, der kan være enten naturlige (geologien omkring depotet) eller menneskeskabte (affaldsbeholdere, beton mv.). Barriererne bidrager hver især til den samlede indeslutning og beskyttelse af omgivelserne (biosfæren) mod stråling.³⁶

Da geologien udgør en væsentlig del af barriersystemet, er karakterisering af lokalitetens geologiske og hydrogeologiske forhold en vigtig del af sikkerhedsvurderingen. Dette omfatter blandt andet undersøgelser af geologiske lag, grundvandsforhold, strømningsveje og de processer, der kan påvirke transporten af radionuklider over lange tidsperioder. Internationale deponeringsprogrammer viser, at sådanne undersøgelser kan strække sig over mange år og udgør en væsentlig del af dokumentationsgrundlaget for sikkerhedsvurderingen. For det finske depot for brugt brændsel har disse undersøgelser og analyser strakt sig over flere årtier. Det omfattende undersøgelsesprogram afspejler blandt andet de særlige krav, der stilles til dokumentation af den langsigtede sikkerhed ved deponering af brugt brændsel. Undersøgelserne har blandt andet omfattet udtagning og analyse af grundvandprøver ned til 1000 meters dybde³⁷.

³⁶ Ojovan, M.I., Steinmetz, H. 2022. Approaches to Disposal of Nuclear Waste. *Energies* 2022, 15(20)

³⁷ [Posiva - Groundwater and environmental studies](#)

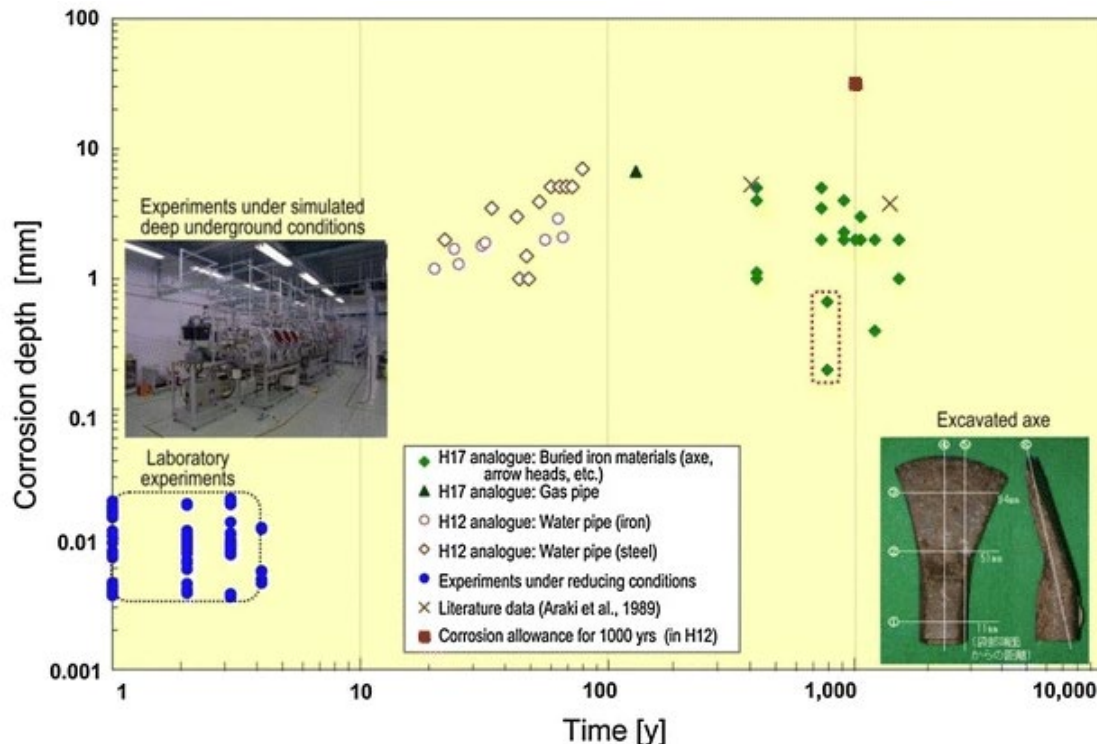


Figur E2.7. Eksempel på undersøgelser af depotområdets geologiske og hydrogeologiske karakteristika fra Olkiluoto, Finland (Posiva Solutions).

Sikkerhedsvurderingen skal dokumentere, at barriersystemet kan opfylde de sikkerhedsfunktioner og kriterier, der er fastlagt i safety casen. En barriere vil aldrig være 100 % sikker, og analyserne af barriersystemet vil derfor få form af probabilistiske analyser. Her arbejdes der med sandsynlighederne for at en given barriere svigter samt de konsekvenser dette vil få for strålingsdoserne til mennesker og miljø. Analyserne omfatter derfor blandt andet vurderinger af barrierernes langsigtede ydeevne, herunder materialenedbrydning, korrosion, geokemiske processer, grundvandsstrømning samt transport og tilbageholdelse af radionuklider. Der gennemføres desuden analyser af relevante hændelser og scenarier for at vurdere barriersystemets robusthed og dets betydning for den samlede risiko for mennesker og miljø.

Dokumentationen understøttes typisk af en kombination af modellering, laboratorieforsøg, feltundersøgelser og materialeforskning. Internationale forskningsprogrammer og erfaringer fra eksisterende deponeringsprojekter kan bidrage med vigtig viden (se Figur E2.8), men det skal dokumenteres, at de anvendte data og resultater er relevante

for de forhold, der forventes at være gældende for et dansk depot.



Figur E2.8. Materialeforskning i korrosionshastigheder for jernmaterialer. Bemærk den logaritmiske x-akse, hvor resultaterne baseres på arkæologiske fund hvor iltniveauer og grundvandsstand har været kendt.³⁸

For et dansk depot vil analyserne skulle tage højde for den radioaktive affaldsbeholdnings sammensætning og variation, herunder historisk affald, driftsaffald og dekommissioneringsaffald fra oprindelsen af Risø i 1959. Affaldets radiologiske og fysisk-kemiske egenskaber udgør centrale input til vurderingen af beholdernes levetid, materialernes nedbrydning og depotets langsigtede sikkerhed (jf. bilag B.1).

3.4.3 Strukturer, systemer og komponenter (*Structures, Systems and Components, SSCs*) Som led i sikkerhedsvurderingen identificeres de strukturer, systemer og komponenter (*Structures, Systems and Components, SSC'er*³⁹), som er nødvendige for at opfylde depotets sikkerhedsfunktioner. For disse SSC'er skal det dokumenteres, at de kan opfylde deres funktion i den periode, hvor de har betydning for depotets sikkerhed. For et depot vil væsentlige *strukturer* eksempelvis omfatte:

- Depotets tunneller, kamre og øvrige underjordiske konstruktioner. Tekniske barrierer som betonkonstruktioner, stålkomponenter og fyldmaterialer såsom bentonit. Bygninger og anlæg på overfladeniveau med betydning for sikkerheden.

Væsentlige *systemer* kan blandt andet omfatte:

- Ventilationssystemer.
- IT-systemer til registrering og sporbarhed af affald og beholdere.
- Transportsystemer til håndtering af affald.

³⁸ Alexander, W.R., Reijonen, H.M., McKinley, I.G. 2015. Natural analogues: studies of geological processes relevant to radioactive waste disposal in deep geological repositories. Swiss Journal of Geoscience, vol. 108.

³⁹ IAEA Safety Standards – SSG-30 Safety Classification of Structures, Systems and Components in Nuclear Power Plants

- Drænsystemer og øvrige systemer til håndtering af vand.

Væsentlige *komponenter* kan blandt andet omfatte:

- Affaldsbeholderne
- Sensorer og overvågningsudstyr.

Komponenter med betydning for opretholdelse af definerede miljøforhold i depotet. For hver identificeret SSC skal det dokumenteres, at kravene til funktion og ydeevne kan opretholdes i den relevante periode. For anlægsdele, der anvendes under drift, omfatter dette blandt andet vedligeholdelse, udskiftning og fortsat tilgængelighed.. Det vil eksempelvis være nødvendigt at sikre, at IT-systemer og komponenter i ventilation og lignende kan holdes kørende og kan serviceres, at komponenter er tilgængelige og kan udskiftes mv. i hele den tid hvor depotet er åbent, hvilket kan være planlagt til at være årtier eller mere. For passive komponenter som affaldsbeholdere og tekniske barrierer omfatter det dokumentation af deres forventede levetid og ydeevne som del af depotets samlede barrieresystem.

3.4.4 Lange tidshorisonter og usikkerheder

Et kendetegn ved sikkerhedsvurderinger for deponeringsanlæg er de lange tidshorisonter, som analyserne skal omfatte. Tidshorizonten afhænger af affaldets egenskaber, depotets design og de sikkerhedskrav, der fastlægges i sikkerhedsstrategien. Selv analyser over nogle hundrede år er usædvanligt lange sammenlignet med de fleste andre anlægsprojekter. Til sammenligning svarer 100 år til levetiden for flere generationer af tekniske installationer, informationssystemer og organisatoriske strukturer. Sikkerhedsvurderingen skal derfor forholde sig til forhold, der rækker langt ud over de tidshorisonter, som normalt anvendes ved projektering og drift af tekniske anlæg.

De lange tidshorisonter medfører, at sikkerhedsvurderingen i høj grad baseres på modeller og analyser af processer, som udvikler sig over meget lange perioder. Dette omfatter blandt andet vurderinger af materialenedbrydning, korrosion, grundvandsstrømning, geologiske ændringer og transport af radionuklider gennem depotets barrieresystem.

Et centralt spørgsmål er, om barrieresystemet kan opretholde sine sikkerhedsfunktioner gennem den nødvendige periode. Analyserne skal blandt andet belyse affaldsbeholdernes levetid, udviklingen af de tekniske barrierer, transport af radionuklider i geologien samt de potentielle konsekvenser for mennesker og miljø.

Sikkerhedsvurderingen skal samtidig håndtere usikkerheder knyttet til data, modeller og fremtidige udviklingsforløb. Derfor gennemføres der typisk følsomheds-, robustheds- og scenarieanalyser, som belyser betydningen af alternative antagelser og udviklingsforløb for depotets sikkerhed.

Resultaterne anvendes til at vurdere robustheden af depotkonceptet og til at identificere behov for yderligere undersøgelser, designændringer eller opdateringer af sikkerhedsstrategien. Håndteringen af usikkerheder er dermed et centralt element i den iterative udvikling af safety casen.

3.5 Syntese og sikkerhedserklæring (*Synthesis into a safety case*)

Syntesen udgør det afsluttende element i safety casen og samler resultaterne fra sikkerhedsstrategien, vurderingsstrategien, sikkerhedsvurderingerne og den øvrige dokumentation i en sammenhængende sikkerhedsargumentation. Formålet er at demonstrere, at depotet opfylder de fastsatte sikkerhedskrav, og at der foreligger et tilstrækkeligt grundlag for de beslutninger, safety casen skal understøtte.

I dette trin sammenfattes de væsentligste resultater, sikkerhedsargumenter og usikkerheder samt dokumenterer, hvordan disse understøtter den samlede vurdering af depotets sikkerhed. Der skal etableres en tydelig sammenhæng mellem sikkerhedsmål, sikkerhedsfunktioner, tekniske analyser, evidensgrundlag og de konklusioner, der drages på baggrund af safety casen.

Som output fra syntesen fremkommer en sikkerhedserklæring, der sammenfatter ansøgerens vurdering af depotets sikkerhed på det pågældende udviklingstrin. Sikkerhedserklæringen skal redegøre for, hvorfor der er tilstrækkelig tillid til depotets sikkerhed til at understøtte den beslutning eller myndighedsgodkendelse, som safety casen er udarbejdet til.

Safety casen og den tilhørende sikkerhedserklæring indgår herefter i myndighedernes vurdering af projektet. I mange lande understøttes myndighedernes vurdering af tekniske støtteorganisationer (*Technical Support Organisations*, TSO'er), som bidrager med uafhængig faglig gennemgang af safety casen. Myndighederne kan på baggrund af den samlede dokumentation anmode om yderligere analyser, dokumentation eller præciseringer, inden der træffes beslutning om projektets videreførelse til næste fase.

4. Proces og omfang

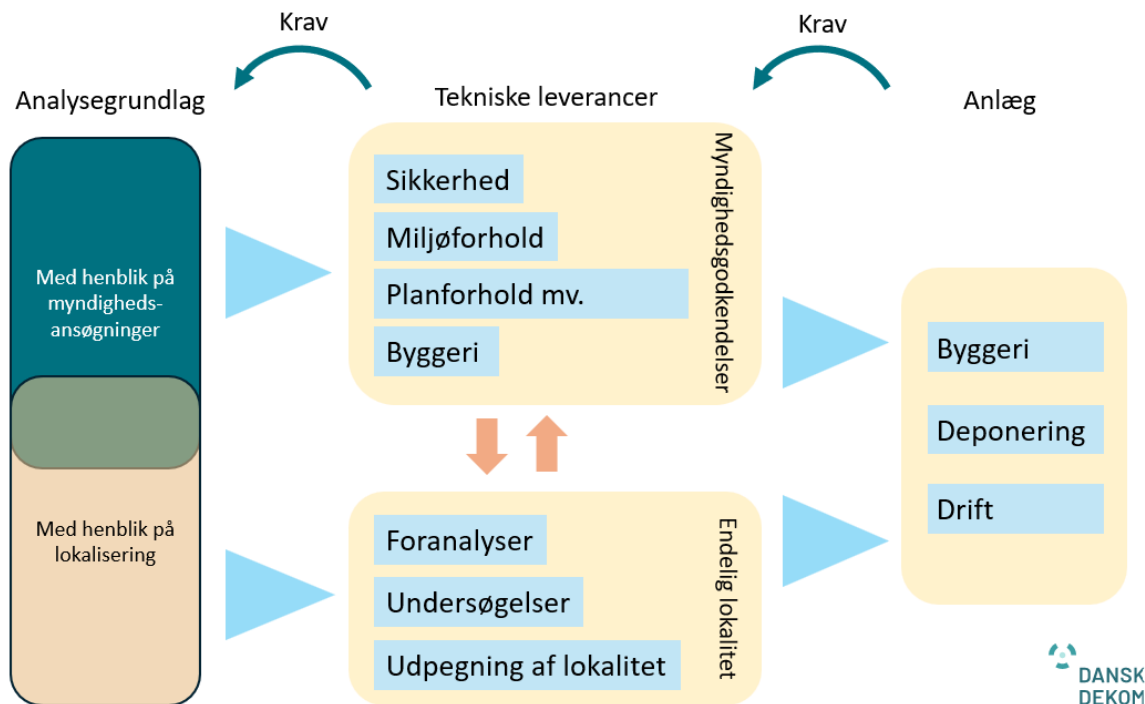
Udviklingen af safety case og sikkerhedsvurdering udgør den centrale tekniske aktivitet i etableringen af et depot for radioaktivt affald. Safety casen fungerer som det styrende grundlag for projektets tekniske beslutninger og udvikles løbende i takt med, at der opnås ny viden om affaldet, depotdesignet og den valgte lokalitet. Langt hovedparten af de tekniske undersøgelser, analyser og vurderinger gennemføres med henblik på at understøtte safety casen, som samtidig udgør det centrale dokumentationsgrundlag for myndighedernes vurdering af projektets sikkerhed. Myndighedernes godkendelse af safety casen er derfor en afgørende forudsætning for, at projektet kan videreføres gennem de enkelte udviklings- og godkendelsesfaser. Arbejdet med en safety case bør ikke betragtes som en lineær proces. Resultater fra undersøgelser, analyser og sikkerhedsvurderinger kan medføre behov for ændringer i design, lokaliseringsforudsætninger, krav eller sikkerhedsstrategi. Tilsvarende kan nye beslutninger om depotkoncept eller affaldshåndtering skabe behov for yderligere undersøgelser og analyser. Udviklingen af en safety case er derfor grundlæggende iterativ og bygger på løbende modning af både projekt og beslutningsgrundlag.



Figur E21.9. Eksempel på en overordnet programplan (programme roadmap) for udvikling af et deponeringsprogram(Posiva Solutions).⁴⁰

Som det fremgår af Figur E2.9, udvikles et deponeringsprogram gennem en række indbyrdes afhængige faser, hvor strategiske beslutninger, tekniske undersøgelser, lokalitetsundersøgelser, designudvikling, sikkerhedsvurderinger og myndighedsbehandling modnes gradvist over tid. Safety casen udvikles parallelt med programmet og opdateres løbende i takt med, at vidensgrundlaget forbedres.

⁴⁰ [Posiva Solutions - Programme roadmap](#)

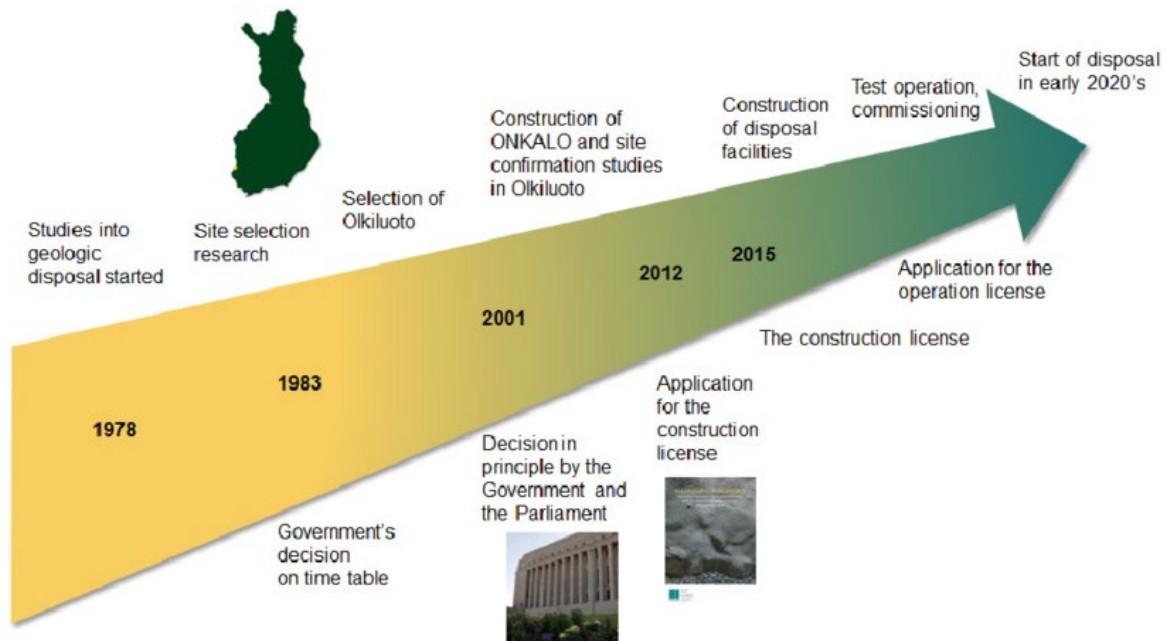


Figur E2.10. Illustration af en iterativ proces for udvikling af et depot, udarbejdet af SIS.

Mens Figur E2.9 illustrerer de overordnede faser i et deponeringsprogram, viser Figur E2.10 samspillet mellem de aktiviteter, der gennemføres inden for og på tværs af disse faser. Analysegrundlag, lokalitetsundersøgelser, tekniske leverancer, myndighedsgodkendelser og den efterfølgende etablering af anlægget udvikles ikke sekventielt, men parallelt og med løbende tilbagekoblinger mellem aktiviteterne. Beslutninger om eksempelvis depotets udformning, sikkerhedsfunktioner eller lokalitet skaber nye krav til undersøgelser, analyser og dokumentation. Omvendt kan resultater fra undersøgelser og sikkerhedsvurderinger medføre behov for ændringer i både designforudsætninger, lokaliseringsstrategi og tekniske løsninger. Figuren illustrerer dermed den iterative proces, som er karakteristisk for udviklingen af en safety case.

SIS har udviklet figuren for at illustrere en proces for udvikling af et depot, hvor analysegrundlag, tekniske leverancer og myndighedsbehandling udvikles parallelt og modnes gradvist gennem projektforsløbet. Arbejdet med forslag til regulatoriske rammer, der i højere grad understøtter denne type iterative proces, er nærmere beskrevet i afsnit 2.

Internationale erfaringer viser, at udvikling af safety cases for deponeringsanlæg typisk strækker sig over flere årtier. Det finske program, som nu har resulteret i et færdiggjort deponeringsanlæg, bygger på næsten 50 års arbejde med undersøgelser, designudvikling, sikkerhedsvurderinger og myndighedsbehandling (Figur E2.11). Erfaringerne viser samtidig, at arbejdet med safety casen påbegyndes tidligt i programmet og videreudvikles gennem successive projektfaser i takt med, at vidensgrundlaget modnes.



Figur E2.11. Tidsoversigt for arbejdet med det finske depot (fra Posiva Solutions). Depotet er netop færdiggjort.

Det danske arbejde med en langsigtet løsning for radioaktivt affald befinder sig fortsat i en tidlig fase sammenlignet med de lande, der har etableret eller er tæt på at etablere deponeringsanlæg. Projektet blev formelt igangsat med beslutningsforslaget B 90 i 2018, men de grundlæggende organisatoriske rammer for et deponeringsprogram er endnu ikke fuldt etableret (jf. Projektgrundlag). Hertil er der endnu ikke udpeget en organisation med ansvar for at udvikle safety casen og gennemføre etableringen af en samlet langsigtet løsning. Der udestår derfor et betydeligt arbejde med at opbygge de organisatoriske, styringsmæssige og tekniske kapaciteter, som er nødvendige for at gennemføre de efterfølgende undersøgelser, analyser og sikkerhedsvurderinger.

Danmarks affaldsbeholdning er væsentligt mindre end i flere af de lande, der har udviklet depoter til brugt brændsel og andre større affaldsprogrammer. Dette betyder imidlertid ikke nødvendigvis en tilsvarende reduktion i omfanget af safety casen. Omfanget af den nødvendige dokumentation bestemmes i høj grad af affaldets sammensætning, behovet for karakterisering af affaldet, de geologiske forhold, depotkonceptets kompleksitet samt de sikkerhedsmæssige krav, som anlægget skal leve op til. Kompleksiteten af en safety case afhænger i højere grad af variationen i affaldsbeholdningen, de valgte depotkoncepter og de lokalitetsspecifikke forhold end af den samlede affaldsmængde. Den danske affaldsbeholdning omfatter en bred vifte af affaldsfraktioner med forskellige radiologiske og fysisk-kemiske egenskaber, og der er fortsat behov for yderligere karakterisering af dele af affaldet (se bilag B.1 og E.3). Denne variation kan medføre behov for forskellige håndterings-, emballerings- og deponeringsstrategier samt deraf følgende krav til sikkerhedsvurderinger og dokumentation.

Såfremt forskellige affaldsfraktioner håndteres gennem forskellige depotkoncepter eller sikkerhedsfunktioner, vil dette tilsvarende øge omfanget af de analyser og den dokumentation, der skal indgå i safety casen. Et dansk depot vil derfor fortsat kræve omfattende sikkerhedsvurderinger, analyser og dokumentation.

Teknisk Bilag E.3. Waste Acceptance Criteria (WAC)

Affaldsacceptkriterier (Waste Acceptance Criteria, WAC) er et sæt specifikationer og grænseværdier, der fastlægger de egenskaber, radioaktivt affald skal have for at kunne modtages, håndteres, lagres, transporteres eller deponeres i et givent anlæg.⁴¹ WAC kobler anlæggets design, sikkerhedsfunktioner og sikkerhedsvurderinger til konkrete krav til affaldet og udgør dermed et centralt element i affaldshåndteringssystemet (*Waste Management System*, WMS). I dokumenthierarkiet er safety casen det overordnede dokumentationsgrundlag for anlæggets sikkerhed. De tilhørende sikkerhedsvurderinger fastlægger de sikkerhedsmæssige forudsætninger og krav, som efterfølgende omsættes til konkrete affaldsacceptkriterier gennem WAC. WAC fungerer således som bindeled mellem safety casens sikkerhedsdokumentation og den praktiske håndtering af affaldet.

Samtidig bidrager WAC til at skabe sammenhæng mellem de forskellige faser af affaldets livscyklus, herunder karakterisering, klassificering, emballering, transport, lagring og deponering. Formålet er at sikre, at det affald, der håndteres i et anlæg, er foreneligt med de forudsætninger, som anlæggets design og sikkerhedsdokumentation bygger på.

Dette bilag beskriver udvikling og anvendelse af WAC, herunder sammenhængen til affaldsbeholdning, karakterisering, safety case, sikkerhedsvurderinger og anlægsdesign samt de udfordringer, der er forbundet med at etablere robuste og implementerbare kriterier.

1. WAC definition

Hvad er WAC?

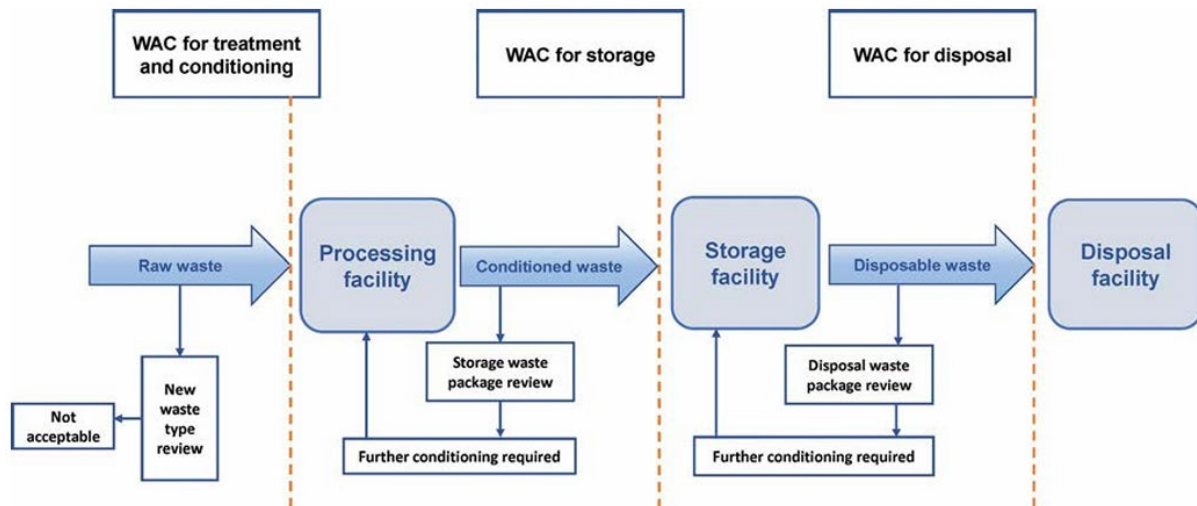
WAC (Waste Acceptance Criteria), eller på dansk affaldsacceptkriterier, er de tekniske, sikkerhedsmæssige og administrative krav, som en affaldsenhed, -form eller -beholder skal opfylde for at kunne accepteres i en given facilitet.

Et grundlæggende krav til WAC er, at kriterierne er operationelle. Det betyder, at de skal kunne anvendes i praksis og verificeres gennem målinger, prøvetagning, beregninger, dokumentation eller andre kontrolmetoder.

WAC fastlægger, hvilket affald der kan accepteres i et anlæg, og hvilke egenskaber der skal dokumenteres før modtagelse. I praksis omfatter WAC typisk krav til affaldsformen, affaldsbeholderen, affaldsenheden samt til dokumentation og sporbarhed. Der kan eksempelvis være grænser for aktivitetsniveauer, krav til kemisk og fysisk stabilitet, begrænsninger på væsker eller organiske materialer samt krav til emballagens udformning og ydeevne.

Ideelt set afspejler kravene til affaldet de efterfølgende håndterings- og deponeringsforhold, så der er en klar sammenhæng mellem de enkelte led i affaldets livscyklus, som illustreret i Figur E3.1.

⁴¹ IAEA, *IAEA Nuclear Safety and Security Glossary (Interim edition)*, 2022.



Figur E3.1. WAC's rolle i forhold til affaldets livscyklus og håndtering.⁴²

Et WAC-kriterie skal (ifølge PREDIS⁴³ Figur E2.1) defineres ved hjælp af tre elementer, så kriteriet bliver entydigt, målbart og verificerbart⁴⁴;

- 1) En parameter
- 2) En grænse eller tilladt værdi
- 3) En metode til verificering.

Parameteren skal beskrive den specifikke egenskab ved affaldet, fx aktivitet, fri væske eller kemisk indhold. *Grænsen* defineres som den værdi eller det interval, affaldet skal overholde for at kunne accepteres, typisk deduceret fra sikkerhedsvurderinger eller facilitetsdesign. Til sidst skal der defineres en *metode* til at verificere, som angiver, hvordan man dokumenterer, at kriteriet er opfyldt, fx via visuel inspektion, måling, prøvetagning eller beregning.

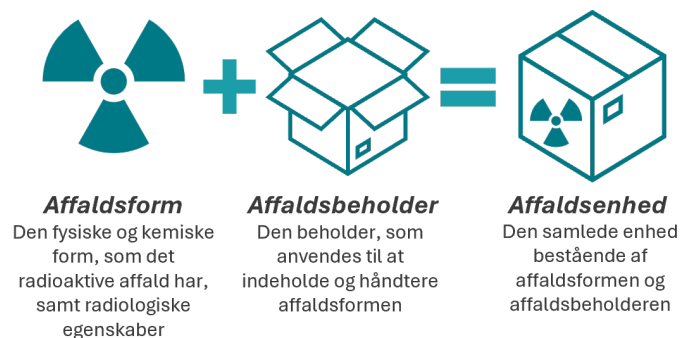
WAC omfatter typisk krav til affaldsformen, affaldsbeholderen, affaldsenheden, dokumentation og sporbarhed. En *affaldsenhed* (på eng. *waste package*) er den samlede enhed, som håndteres i praksis. Den består af både affaldet og den beholder, det er pakket i, og udgør dermed den fysiske enhed, der transporteres, lagres eller deponeres. Inde i affaldspakken findes *affaldsformen* (på eng. *waste form*), som defineres af selve affaldets fysiske og kemiske tilstand. Det kan for eksempel være fast, flydende eller affald, der er stabiliseret gennem cementering eller anden immobilisering. Omkring affaldsformen er der en *affaldsbeholder* (på eng. *waste container* eller *waste packaging*), som er den fysiske emballage, såsom en tromle eller DD type 2 container. Beholderens funktion er at beskytte affaldet, gøre det muligt at håndtere det sikkert og i nogle tilfælde bidrage til at holde radioaktive stoffer indesluttet.

Sammenfattende kan man sige, at affaldsformen er indholdet, affaldsbeholderen er emballagen, og affaldsenheden er helheden, som illustreret i Figur E3.2.

⁴² IAEA, No. NW-T-1.29 *Development of Waste Acceptance Criteria for Low and Intermediate Level Radioactive Waste*, 2025

⁴³ PREDIS (*Pre-disposal Management of Radioactive Waste*) var et europæisk forskningsprojekt under EURATOM fra 2020-2024 (NFRP-2019-2020-10). Projektet fokuserede på at udvikle vejledninger og metoder til håndtering af radioaktivt affald før deponering. Projektet har blandt andet udarbejdet anbefalinger til udvikling af generiske affaldsacceptkriterier (WAC).

⁴⁴ A. Baksay og F. Takáts, *PREDIS Deliverable 2.7 Guidance on formulating generic waste acceptance criteria*, 2024



Figur E3.2. Relationen mellem affaldsform, affaldsbeholder og affaldsenhed.

2. Krav i lovgivning og internationale standarder

Udvikling af affaldsacceptkriterier (Waste Acceptance Criteria, WAC) er en integreret del af udviklingen af et deponeringsanlægs safety case og sikkerhedsdokumentation (se bilag E.2). I international praksis er det operatørens ansvar at fastlægge de tekniske specifikationer, som skal sikre, at anlægget udvikles og drives i overensstemmelse med de sikkerhedsmæssige forudsætninger, der er lagt til grund for anlæggets safety case. Denne sammenhæng fremgår tydeligt af IAEA's sikkerhedskrav for deponering af radioaktivt affald (SSR-5)⁴⁵:

⁴⁵ IAEA, *Specific Safety Requirement No. SSR-5 Disposal of Radioactive Waste*, 2011.

Her stilles der krav om, at den ansvarlige operatør skal udvikle og etablere tekniske specifikationer baseret på sikkerhedsvurderingen, herunder affaldsacceptkriterier samt de nødvendige driftsmæssige begrænsninger og kontrolforanstaltninger. IAEA understreger samtidig, at affald, som accepteres til deponering, skal opfylde kriterier,

“Requirement 3.14: The operator has to establish technical specifications that are justified by safety assessment, to ensure that the disposal facility is developed in accordance with the safety case. This has to include waste acceptance criteria (see Requirement 20) and other controls and limits to be applied during construction, operation and closure.

[...]

Requirement 20: Waste acceptance in a disposal facility.

Waste packages and unpackaged waste accepted for emplacement in a disposal facility shall conform to criteria that are fully consistent with, and are derived from, the safety case for the disposal facility in operation and after closure.

5.1. Waste acceptance requirements and criteria for a given disposal facility have to ensure the safe handling of waste packages and unpackaged waste in conditions of normal operation and anticipated operational occurrences. They also have to ensure the fulfilment of the safety functions for the waste form and waste packaging with regard to safety in the long term. Examples of possible parameters for waste acceptance criteria include the characteristics and performance requirements of the waste packages and the unpackaged waste to be disposed of, such as the radionuclide content or activity limits, the heat output and the properties of the waste form and packaging.

5.2. Modelling and/or testing of the behaviour of waste forms has to be undertaken to ensure the physical and chemical stability of the different waste packages and unpackaged waste under the conditions expected in the disposal facility, and to ensure their adequate performance in the event of anticipated operational occurrences or accidents.

5.3. Waste intended for disposal has to be characterized to provide sufficient information to ensure compliance with waste acceptance requirements and criteria. Arrangements have to be put in place to verify that the waste and waste packages received for disposal comply with these requirements and criteria and, if not, to confirm that corrective measures are taken by the generator of the waste or the operator of the disposal facility. Quality control of waste packages has to be undertaken and is achieved mainly on the basis of records, preconditioning testing (e.g. of containers) and control of the conditioning process. Post-conditioning testing and the need for corrective measures have to be limited as far as practicable.”

der er fuldt konsistente med og afledt af anlæggets safety case både under drift og efter lukning.

Affaldsacceptkriterierne skal derfor ikke alene sikre sikker håndtering under normale driftsforhold. De skal også understøtte de langsigtede sikkerhedsfunktioner, som affaldsformen, affaldsbeholderen og depotets samlede barriersystem skal levere efter anlæggets lukning. Kriterierne kan blandt andet omfatte krav til radionuklidindhold, aktivitetsniveauer, varmeudvikling, kemiske egenskaber, affaldsform og emballering.

SSR-5 kræver endvidere, at affaldsformer og emballering analyseres eller testes for at dokumentere deres fysiske og kemiske stabilitet under de forhold, der forventes i anlægget. Tilsvarende skal affaldet karakteriseres

tilstrækkeligt til at dokumentere overensstemmelse med de fastsatte affaldsacceptkriterier, og der skal etableres procedurer til kontrol og verifikation af, at modtaget affald lever op til kravene.

WAC er således langt mere end et værktøj til modtagekontrol. Affaldsacceptkriterierne fungerer som et centralt styringsværktøj for karakterisering, behandling, konditionering, emballering og senere deponering af affald. De krav, der forventes at gælde ved den endelige deponering, har derfor direkte betydning for de beslutninger, der træffes om affaldet mange år tidligere i dets livscyklus.

Betydningen af WAC blev fremhævet i ARTEMIS-reviewet af Danmark i 2022.⁴⁶ Reviewteamet konstaterede, at der endnu ikke findes hverken generiske eller anlægsspecifikke affaldsacceptkriterier for deponering i Danmark. ARTEMIS vurderede, at dette kan vanskeliggøre valg af egnede behandlingsmetoder og føre til udsættelse af konditionering og rekonditionering af affald. En sådan udsættelse kan øge risikoen for, at fremtidige generationer overtager problemer, som kunne være håndteret tidligere i affaldets livscyklus, samtidig med at ekstra håndteringstrin kan medføre unødigt strålingsbelastning af personale. Generiske affaldsacceptkriterier kan samtidig fungere som et vigtigt styringsværktøj for karakteriseringen af affaldet. WAC bidrager til at definere, hvilke fysiske, kemiske, radiologiske og dokumentationsmæssige egenskaber der skal være kendt for at kunne træffe beslutninger om behandling, konditionering, opbevaring og senere deponering. Etablering af generiske WAC kan derfor skabe grundlag for, at karakteriseringen af affaldet igangsættes i det omfang, der er nødvendigt for den videre håndtering og for udviklingen af fremtidige anlægsspecifikke acceptkriterier.

På denne baggrund anbefalede ARTEMIS-reviewteamet:

R7 - Recommendation

“The implementer of the disposal facility should develop generic waste acceptance criteria for disposal and -as soon as a facility specific safety case is available- final waste acceptance criteria on the basis of regulatory body requirements.”

Anbefalingen afspejler et grundlæggende princip i international praksis: arbejdet med WAC bør påbegyndes længe før der foreligger et endeligt depotdesign eller en færdig safety case. Generiske affaldsacceptkriterier giver mulighed for at planlægge karakterisering, behandling, konditionering og langtidsopbevaring af affald på et sikkerhedsmæssigt forsvarligt grundlag, selv om de endelige anlægsforudsætninger endnu ikke er fastlagt.

ARTEMIS-reviewteamet bemærkede samtidig, at fremtidige nukleare anlæg endnu ikke er omfattet af et fuldt udviklet dansk regulatorisk rammeverk. Teamet forventede, at dette ville blive adresseret gennem opfølgningen på anbefalingerne fra IRRS-missionen⁴⁷ og den videre udvikling af den danske regulering for deponeringsanlæg. Udviklingen af generiske affaldsacceptkriterier er tæt knyttet til dette arbejde, da kriterierne skal baseres på de regulatoriske krav og sikkerhedsmæssige forventninger, som fastlægges for fremtidige anlæg.

For Danmark indebærer dette, at udvikling af generiske WAC må betragtes som en tidlig og central aktivitet i etableringen af et fremtidigt deponeringsprogram. Udviklingen af WAC skal ske parallelt med udviklingen af safety case, affaldsbeholdningen, sikkerhedsvurderinger og deponeringskoncept, således at kriterierne gradvist kan udvikles fra generiske til anlægsspecifikke og senere endelige affaldsacceptkriterier.

Der er på nuværende tidspunkt ikke udpeget en organisation med ansvar for udvikling og vedligeholdelse af WAC for et fremtidigt dansk deponeringsanlæg. Etablering af denne funktion må derfor forventes at være en tidlig og kritisk aktivitet i udviklingen af et dansk deponeringsprogram. Udvikling af generiske WAC er således ikke alene en

⁴⁶ [IAEA-NS-IRRS-2011/05](#)

⁴⁷ [IRRS Mission to Denmark | International Atomic Energy Agency](#)

forudsætning for fremtidig deponering, men også for kvalificeret karakterisering, behandling og konditionering af det affald, der allerede eksisterer i Danmark

3. Typer og faser for udvikling af WAC

WAC udvikles ikke på én gang, men modnes gradvist i takt med, at viden om affaldet, anlæggets design, lokaliteten og sikkerhedsdokumentationen opbygges. Udviklingen af WAC er derfor grundlæggende en iterativ proces, hvor kriterierne løbende konkretiseres og justeres, efterhånden som projektet modnes.

Der anvendes internationalt forskellige betegnelser for de enkelte udviklingstrin, og terminologien er ikke fuldt standardiseret⁴⁸. I dette bilag anvendes følgende opdeling:

- Generiske affaldsacceptkriterier (*Generic Waste Acceptance Criteria, GWAC*)
- Foreløbige anlægsspecifikke affaldsacceptkriterier (*Preliminary WAC*)
- Endelige anlægsspecifikke affaldsacceptkriterier (*Final WAC*)

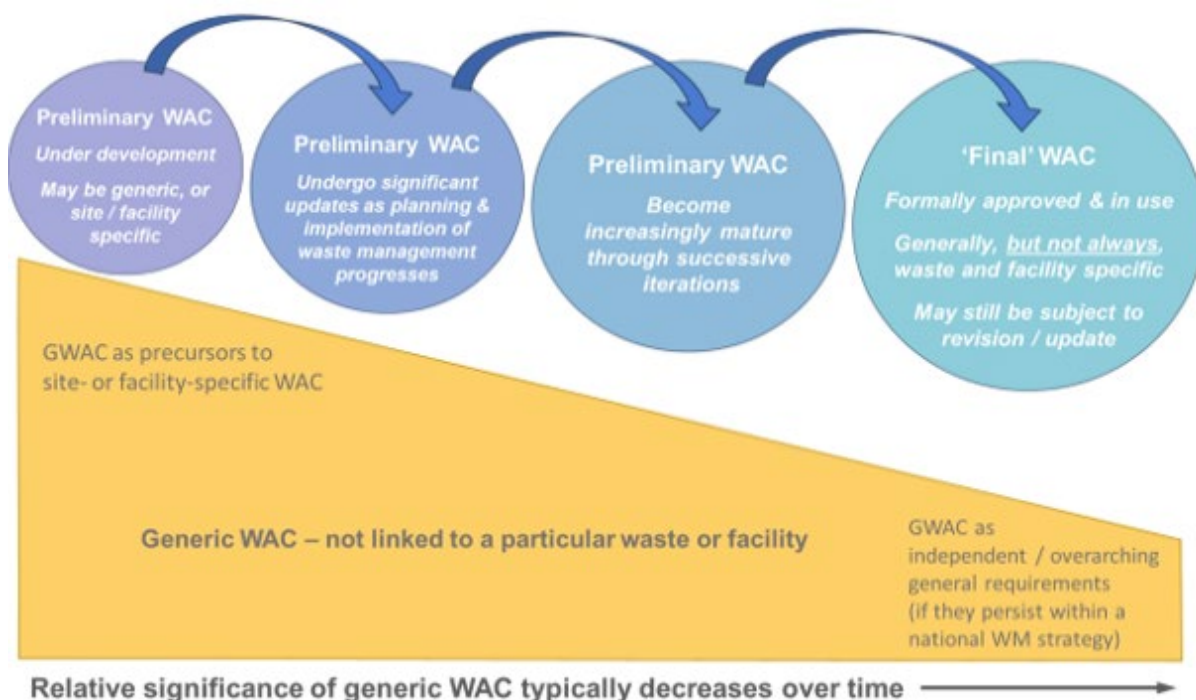
De foreløbige og endelige WAC er begge anlægsspecifikke, idet de udvikles med udgangspunkt i et konkret depotkoncept, en bestemt lokalitet eller en specifik facilitet. Forskellen består primært i graden af modenhed af det tekniske og regulatoriske grundlag.

Udviklingen af WAC følger samme overordnede modningsproces som safety casen. I de tidlige projektfaser, hvor der endnu ikke foreligger et konkret depotdesign eller en detaljeret sikkerhedsvurdering, vil kriterierne nødvendigvis være generelle og baseret på konservative antagelser. Efterhånden som affaldsbeholdning, design, lokalitetsundersøgelser og sikkerhedsanalyser udvikles, kan kriterierne gøres mere detaljerede og anlægsspecifikke.

Dette afspejler den grundlæggende rolle, som WAC spiller i et deponeringsprogram. Kriterierne skal på den ene side være afledt af sikkerhedsvurderinger og anlægsdesign, men skal på den anden side også anvendes til at styre karakterisering, behandling, konditionering og emballering af affald, længe før anlægget er færdigprojekteret. WAC udvikles derfor i et løbende samspil mellem affaldsdata, sikkerhedsdokumentation og projektering.

Figur E3.3 illustrerer denne udvikling fra generiske til anlægsspecifikke affaldsacceptkriterier og viser de vigtigste sammenhænge mellem de forskellige udviklingstrin.

⁴⁸ A. Baksay og F. Takáts, *PREDIS Deliverable 2.7 Guidance on formulating generic waste acceptance criteria*, 2024



Figur E3.3. Forholdet mellem de forskellige typer af WAC, og hvordan de udvikles.⁴⁹

3.1 Generiske affaldsacceptkriterier (*Generic WAC*)

Generiske WAC (GWAC) er de første affaldsacceptkriterier, der udvikles i et deponeringsprogram. De fastlægges typisk på et tidspunkt, hvor der endnu ikke foreligger et konkret anlægsdesign eller en godkendt lokalitet⁵⁰.

GWAC baseres derfor på generelle sikkerhedsprincipper, eksisterende lovgivning, international praksis og den bedst tilgængelige viden om affaldet. Formålet er at etablere et fælles teknisk grundlag for karakterisering, behandling og konditionering af affald, indtil mere detaljerede anlægsspecifikke kriterier kan udvikles.

GWAC fungerer således som et midlertidigt styringsværktøj, der reducerer risikoen for, at affald behandles eller emballeres på en måde, som senere viser sig at være uforenelig med den valgte deponeringsløsning. Samtidig understøtter de planlægning af karakteriseringsprogrammer og den fortsatte opbygning af viden om affaldsbeholdningen.

GWAC er imidlertid ikke tilstrækkelige som grundlag for projektering og drift af et konkret anlæg. Når der opbygges mere detaljeret viden om affaldet og det planlagte depot, skal kriterierne videreudvikles til anlægsspecifikke WAC.

Figur E2.2 illustrerer overgangen fra generiske til anlægsspecifikke affaldsacceptkriterier. De anlægsspecifikke kriterier afledes direkte af sikkerhedsdokumentationen for et konkret anlæg på en konkret lokalitet.

Overgangen kræver to centrale datagrundlag. For det første skal affaldets karakteristika være tilstrækkeligt kendte, herunder nuklidindhold, aktivitetsniveauer, mængder og affaldsformer. For det andet skal der foreligge en tilstrækkeligt detaljeret beskrivelse af det planlagte anlæg, herunder lokalitet, design, sikkerhedsfunktioner og

⁴⁹ A. Baksay og F. Takáts, *PREDIS Deliverable 2.7 Guidance on formulating generic waste acceptance criteria*, 2024

⁵⁰ A. Baksay og F. Takáts, *PREDIS Deliverable 2.7 Guidance on formulating generic waste acceptance criteria*, 2024

deponeringskoncept. Først når begge datagrundlag er tilstrækkeligt modne, kan affaldsacceptkriterier fastlægges på en måde, der er direkte koblet til anlæggets sikkerhedsmæssige forudsætninger.⁵¹

3.2 Foreløbige affaldsacceptkriterier (*Preliminary WAC*)

Udviklingen af foreløbige anlægsspecifikke affaldsacceptkriterier (*Preliminary WAC*) begynder typisk meget tidligt i udviklingen af et deponeringsprogram. Så snart der foreligger antagelser om deponeringskoncept, anlægstype eller mulige lokalitetstyper, kan de første anlægsspecifikke elementer indarbejdes i WAC-arbejdet.

Foreløbige WAC udvikles derfor parallelt med de tidlige faser af safety casen og sikkerhedsstrategien. Formålet er at omsætte de første antagelser om depotets sikkerhedsfunktioner, affaldsinventar og designprincipper til konkrete krav, som kan understøtte karakterisering, behandling og konditionering af affaldet.

I modsætning til generiske WAC, som primært bygger på generelle sikkerhedsprincipper og lovgivningsmæssige krav, tager foreløbige WAC udgangspunkt i et konkret deponeringskoncept og de første anlægsspecifikke forudsætninger. Kriterierne er dog fortsat foreløbige, fordi både anlægsdesign, lokalitet, sikkerhedsvurderinger og regulatoriske krav fortsat udvikles.

Foreløbige WAC fungerer derfor som et vigtigt bindeled mellem de tidlige sikkerhedsanalyser og den praktiske håndtering af affaldet. De giver mulighed for at teste, om de valgte designprincipper og sikkerhedsstrategier kan omsættes til operationelle krav til affaldet, samtidig med at resultaterne fra karakterisering og sikkerhedsvurderinger kan anvendes til at justere kriterierne.

3.3 Endelige affaldsacceptkriterier (*Final WAC*)

Efterhånden som deponeringsprogrammet modnes, reduceres usikkerhederne vedrørende affaldsinventar, lokalitet, anlægsdesign og sikkerhedsvurderinger. På dette grundlag kan de foreløbige affaldsacceptkriterier videreudvikles til endelige affaldsacceptkriterier (*Final WAC*), som udgør det formelle grundlag for modtagelse og deponering af affald i anlægget.

De endelige WAC er direkte afledt af anlæggets godkendte eller godkendelsesmodne safety case, sikkerhedsvurdering og tekniske design. Kriterierne fastlægger de egenskaber, som affaldsformer, affaldsbeholdere og affaldsenheder skal opfylde for at kunne accepteres til anlægget, og udgør samtidig et centralt grundlag for myndighedsgodkendelse af depotets drift.

På dette stadium vil kriterierne typisk omfatte konkrete grænseværdier og krav vedrørende:

- radionuklidindhold og aktivitet,
- varmeudvikling,
- kemiske og fysiske egenskaber,
- emballering og affaldsbeholdere,
- dokumentation og sporbarhed,
- kontrol- og verifikationsprocedurer.

De endelige WAC skal være tilstrækkeligt detaljerede til, at det entydigt kan afgøres, om en given affaldsenhed kan accepteres til deponering. Samtidig skal kriterierne være praktisk implementerbare og baseret på parametre, som kan verificeres gennem målinger, beregninger, prøvetagning eller dokumentation.

⁵¹ A. Baksay og F. Takáts, *PREDIS Deliverable 2.7 Guidance on formulating generic waste acceptance criteria*, 2024.

Selvom kriterierne betegnes som endelige, vil der fortsat kunne opstå behov for justeringer som følge af ny viden, ændrede myndighedskrav eller driftsmæssige erfaringer. WAC bør derfor betragtes som et levende dokument, der vedligeholdes gennem hele anlæggets driftsperiode.

Når de endelige WAC er fastlagt, kan kriterierne omsættes til mere detaljerede specifikationer for de enkelte affaldsformer og affaldsbeholdere. Disse specifikationer beskriver, hvordan affaldsenhederne skal udformes og dokumenteres for at demonstrere overensstemmelse med de fastsatte affaldsacceptkriterier. Dette behandles nærmere i afsnit 5.2 om *Waste Package Specifications (WPS)*.

4. Udvikling af WAC til deponering i Danmark

I internationale deponeringsprogrammer udvikles WAC gradvist i takt med, at viden om affaldsbeholdning, lokalitetsundersøgelser, depotdesign og safety case modnes. De endelige WAC kan først fastlægges, når der foreligger et konkret depotkoncept og en sikkerhedsvurdering, som dokumenterer depotets sikkerhed. Der foreligger heller ikke generiske affaldsacceptkriterier for deponering i Danmark. Samtidig er der endnu ikke truffet beslutning om, efter hvilke klassificeringsprincipper affaldet skal kategoriseres i relation til en fremtidig deponeringsløsning (jf. bilag B.3). Dette betyder, at der endnu ikke foreligger et samlet teknisk grundlag for at fastlægge, hvilke egenskaber ved affaldet der skal karakteriseres, dokumenteres og kontrolleres gennem affaldets videre håndtering. Udvikling af generiske WAC må derfor forventes at være en af de tidligste tekniske aktiviteter i etableringen af et dansk deponeringsprogram og vil samtidig bidrage til at definere databehovet for den videre karakterisering og klassificering af affaldet.

Et væsentligt formål med generiske WAC er samtidig at skabe grundlag for karakteriseringen af affaldet. WAC bidrager til at definere, hvilke fysiske, kemiske, radiologiske og dokumentationsmæssige egenskaber der skal være kendt for at understøtte beslutninger om behandling, konditionering, opbevaring og senere deponering. Udviklingen af WAC vil derfor være tæt knyttet til den fortsatte karakterisering af affaldet og opbygningen af et tilstrækkeligt datagrundlag om affaldsbeholdningen.

Udviklingen af danske WAC vil desuden være afhængig af afklaringer inden for en række andre områder, herunder:

- de regulatoriske krav til deponering,
- valg af depotkoncept,
- krav til depotets sikkerhedsfunktioner,
- lokalitetens geologiske forhold,
- strategier for behandling og konditionering af affaldet,
- samt afgrænsningen af hvilke affaldstyper den danske løsning skal omfatte.

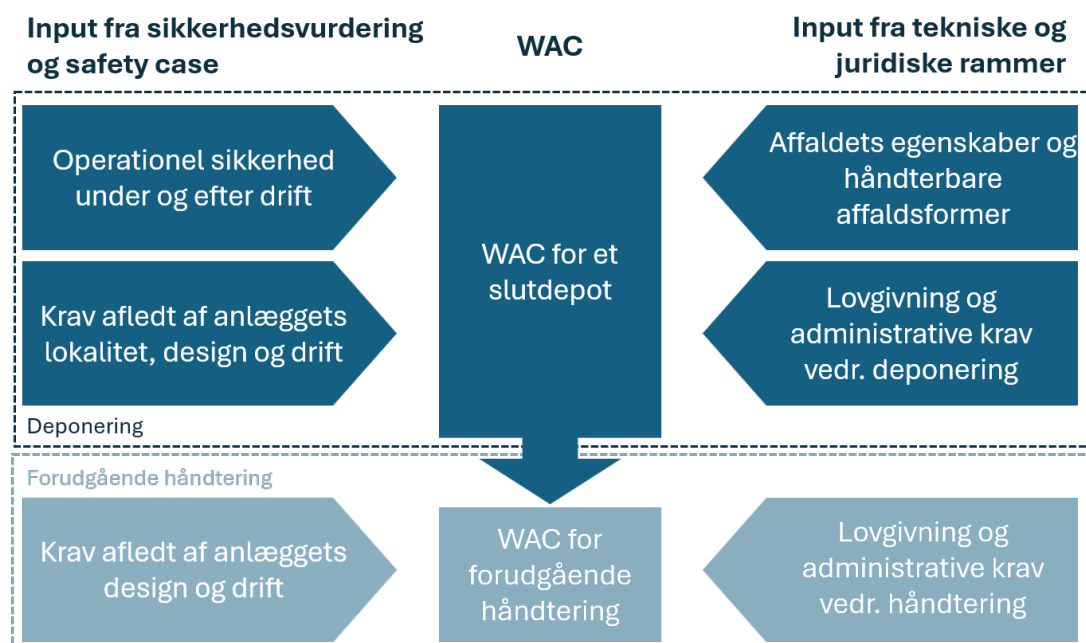
Der må derfor forventes en længere periode, hvor generiske og foreløbige anlægsspecifikke WAC udvikles parallelt med safety case, sikkerhedsvurderinger og projektering af depotløsningen. Først når der foreligger en moden sikkerhedsvurdering og et konkret anlægsdesign, vil det være muligt at fastlægge endelige affaldsacceptkriterier.

For Danmark vil udviklingen af WAC derfor ikke blot være en teknisk dokumentationsopgave, men et centralt styringsværktøj, som forbinder affaldskarakterisering, affaldsbehandling, depotdesign og sikkerhedsdokumentation gennem hele udviklingen af den fremtidige deponeringsløsning.

5. WAC-afhængigheder

WAC kan ikke udvikles isoleret. Affaldsacceptkriterier er gensidigt afhængige af affaldets egenskaber, anlægsdesign, sikkerhedsvurderinger og de regulatoriske krav, som anlægget skal opfylde.

WAC skal afledes af de sikkerhedsfunktioner og designforudsætninger, der gælder for den pågældende facilitet. Omvendt er WAC afgørende for, at disse sikkerhedsfunktioner kan opretholdes i praksis, idet kriterierne sikrer, at kun affaldsenheder med kendte og accepterede egenskaber modtages i anlægget. Der eksisterer derfor en gensidig afhængighed mellem anlæggets sikkerhedsdokumentation, affaldets karakteristika og de krav, der opstilles i WAC. Figur E3.4 illustrerer denne sammenhæng og viser samtidig, hvordan WAC for et depot påvirker de forudgående led i affaldshåndteringen. De krav, der fastsættes for den endelige deponering, har direkte betydning for karakterisering, behandling, konditionering, emballering og opbevaring af affald længe før deponeringen finder sted.



Figur E3.4. Forholdet mellem WAC og bagvedliggende krav afledt af sikkerhedsdokumentation, tekniske og regulatoriske rammer. Figuren illustrerer samtidig, hvordan krav til deponering påvirker de tidligere trin i affaldets livscyklus.⁵²

WAC kan derfor betragtes som et centralt bindeled mellem sikkerhedsdokumentationen og den praktiske håndtering af affald. De følgende afsnit gennemgår de vigtigste datagrundlag og systemelementer, som WAC afhænger af.

5.1 Viden om affaldet

Viden om affaldsbeholdningen udgør det vigtigste datagrundlag for udviklingen af WAC. Inventory omfatter både eksisterende affald og prognoser for fremtidige affaldsstrømme og beskriver affaldets radiologiske, kemiske, fysiske og mængdemæssige egenskaber over tid.

Som fremhævet af IAEA, er et tilstrækkeligt detaljeret inventory nødvendigt for at kunne vurdere, hvilke belastninger affaldet vil påføre behandlings-, lager- og deponeringsanlæg, og dermed hvilke krav der skal indarbejdes i WAC.⁵³

⁵² IAEA, No. NW-T-1.29 Development of Waste Acceptance Criteria for Low and Intermediate Level Radioactive Waste, 2025.

⁵³ IAEA, No. NW-T-1.29 Development of Waste Acceptance Criteria for Low and Intermediate Level Radioactive Waste, 2025.

Uden et robust datagrundlag vil acceptkriterier nødvendigvis baseres på antagelser, hvilket kan føre til enten overkonservative eller utilstrækkelige krav.

Karakterisering af affaldet er det praktiske værktøj til at opbygge denne viden (jf. bilag B.2).⁵⁴ WAC bygger direkte på affaldets egenskaber, herunder:

- radionuklidindhold og aktivitetsniveauer,
- kemisk sammensætning,
- volumen og densitet,
- fysisk og mekanisk stabilitet,
- varmeudvikling,
- gasproduktion,
- korrosive egenskaber.

Tabellerne nedenfor viser eksempler på parametre, der kan indgå i udviklingen af WAC baseret på PREDIS Deliverable 2.7.⁵⁵

Tabel E2.1. Tabeller med eksempler på radiologiske og ikke-radiologiske parametre, som kan knyttes til WAC.

Table 3. Overview of the radiological criteria and their derivation and control methods.

Elements of the radiological criteria	IAEA-TECDOC-285 approach			Safety function approach				Derivation method	Control methods*
	handling	operational period	post-closure	level of shielding	heat generation	confined	industrial safety		
HEAT GENERATION		X	X		X		X	SA	M, Ca
SURFACE DOSE	X	X		X				SA	M
CONTAMINATION	X	X		X			X	SA	M, S
CRITICALITY	X	X	X			X	X	SA	M, Ca
ISOTOPE CONTENT	X	X	X	X		X	X	SA	M, C, E

*Control methods:

- M – direct Measurement
- Ca - Calculation
- C - inspection of Certificate
- S – Sampling and measurement
- E – Estimation

⁵⁴ IAEA, *Specific Safety Requirement No. SSR-5 Disposal of Radioactive Waste*, 2011

⁵⁵ A. Baksay og F. Takáts, *PREDIS Deliverable 2.7 Guidance on formulating generic waste acceptance criteria*, 2024.

Table 4. Overview of the non-radiological criteria and their derivation methods.

Non-radiological criteria	IAEA-TECDOC-285 approach			Safety function approach		Derivation method	Control methods*
	handling	operational period	post-closure period	industrial safety	confinement		
PHYSICAL CHARACTERISTICS AND THE CONFIGURATION OF THE PACKAGES							
Waste package shape and dimension	X	X		X		Design	M / C
Packaging properties / Durability of container							
material	X	X	X	X	X	Design	C
thickness	X	X	X	X	X	Design	C / M
sealing	X	X	X	X	X	Design	C
welding	X	X	X	X	X	Design	C
inside and outside coating	X	X	X	X	X	Design	C
design for active/passive cooling	X	X	X	X	X	Design	C
lifting method	X	X		X		Design	V / C
total and net weight	X	X		X		Design	M
MECHANICAL STABILITY OF WASTE FORM							
compressive strength		X	X		X	SA	T / QA
void space		X	X		X	SA	E / QA
homogeneity		X	X		X	SA	E / QA
content of fines		X	X	X	X	SA	E / QA
content of sludges		X	X		X	SA	E / QA
MECHANICAL STABILITY OF WASTE PACKAGE							
freeze/thaw cycle effect			X		X	SA	T
withstanding higher temperature and pressure		X	X	X	X	SA	T
retention against load test		X		X	X	Design	T
retention against dropping and other mechanical test		X		X	X	Design	T
FIRE AND EXPLOSION HAZARD							
content of combustible materials	X	X		X	X	SA	E/QA/S
content of flammable liquids	X	X		X	X	Exclusion	E/QA/S
content of flammable solids	X	X		X	X	Exclusion	E/QA/S
content of self-reactive substances		X		X	X	Exclusion	E/QA/S
content of pyrophoric substances		X		X	X	Exclusion	E/QA/S
content of self-heating substances		X	X	X	X	Exclusion	E/QA/S
content of substances which, in contact with water, emit flammable gases (see also gas generation)		X	X	X	X	Exclusion	E/QA/S
content of solid desensitized explosives		X	X	X	X	Exclusion	E/QA/S
content of explosives	X	X		X	X	Exclusion	E/QA/S

Non-radiological criteria	IAEA-TECDOC-285 approach			Safety function approach		Derivation method	Control methods*
	handling	operational period	post-closure period	industrial safety	confinement		
OTHER DANGEROUS CHARACTERISTICS							
Oxidizing substances		X		X		Exclusion	E/QA/S
Organic peroxides		X		X		Exclusion	E/QA/S
Toxic substances	X	X		X		SA	E/QA/S
Infectious substances	X	X		X		SA	E/QA/S
Corrosive substances		X	X	X	X	SA	E/QA/S
Miscellaneous dangerous substances and articles		X		X		SA	E/QA/S
OTHER MISCELLANEOUS CHARACTERISTICS							
Gas generation			X		X	SA	E/QA/S
Items with compressed gases			X		X	Exclusion	E/QA/S
Free liquids			X		X	SA	E/QA/S
Reactants			X		X	SA	E/QA/S
Complexing reagents			X		X	SA	E/QA/S
DURABILITY OF WASTE FORM							
Chemical parameters important for leaching under hydraulic or hydrothermal conditions (pH, Liquid-to-Solid Ratio, Redox Potential, Complexation, Desorption, Biological activity)			X		X	SA	T/QA/S
Physical parameters important for leaching under hydraulic or hydrothermal conditions (Particle Size, Permeability, Porosity, Geometry)			X		X	SA	T/QA/S
Waste form/container compatibility			X		X	SA	T/QA/S
Radiation stability (radiation damage, hydrolysis, volume change, waste form change)			X		X	SA	T/QA/S
OTHER							
Migration and sorption of the chemical form of released radionuclides			X		X	SA	T/QA/S
Reactivity with the environment			X		X	SA	T/QA/S

*Control methods:

- M – direct Measurement
- C - inspection of Certificate
- T – Testing specimens
- V – Visual inspection
- S – Sampling and measurement
- QA – Quality Assurance
- E – Estimation

Korrekt og tilstrækkelig karakterisering er afgørende, fordi sikkerheden af hele affaldssystemet afhænger af, at modtageanlægget har en retvisende forståelse af affaldets opførsel under både normale driftsforhold og potentielle hændelser. Samtidig eksisterer der en gensidig afhængighed mellem WAC og karakterisering: WAC fastlægger, hvilke data der er nødvendige, mens de praktiske muligheder for karakterisering sætter rammerne for, hvilke krav der realistisk kan opstilles og verificeres.

5.2 Waste Package Specifications (WPS)

Når de relevante parametre og grænseværdier er fastlagt i WAC, skal kravene omsættes til konkrete krav til affaldsenhederne. Dette sker gennem *Waste Package Specifications* (WPS).

Hvor WAC beskriver *hvad* der skal opfyldes, beskriver WPS *hvordan* kravene opfyldes og dokumenteres. WPS omsætter således affaldsacceptkriterierne til konkrete specifikationer for affaldsform, emballering, materialevalg, kvalitetsstyring og dokumentation.

Der eksisterer derfor en direkte afhængighed mellem WAC og WPS. Hvis WAC eksempelvis opstiller krav til dosishastighed, gasproduktion eller dimensionsbegrænsninger, vil WPS beskrive de tekniske løsninger, som sikrer, at kravene opfyldes, og hvordan overensstemmelsen dokumenteres.

WPS udgør dermed det praktiske grundlag for fremstilling og kvalificering af affaldsenheder. Affaldsenheder, der produceres i overensstemmelse med WPS, skal kunne dokumenteres at opfylde de krav, som er fastsat i WAC.

WAC og WPS indgår desuden typisk som elementer i et samlet *Waste Acceptance System*. Et sådant system omfatter de organisatoriske og tekniske processer for accept, kontrol, dokumentation og sporbarhed af affald gennem hele dets livscyklus. Formålet er at sikre, at kravene implementeres konsekvent, og at overdragelse af affald mellem organisationer og anlæg sker på et dokumenteret grundlag.

Uden et sådant system vil hverken WAC eller WPS i sig selv være tilstrækkelige til at sikre, at affaldet håndteres i overensstemmelse med de forudsætninger, som ligger til grund for anlæggets sikkerhedsdokumentation.

6. WAC som grundlag for fremtidig deponering

WAC er ikke blot en kontrolmekanisme ved modtagelse af affald. WAC er det værktøj, der omsætter sikkerhedsdokumentationens krav til konkrete krav til affaldet og dermed sikrer sammenhæng mellem karakterisering, behandling, konditionering, opbevaring og deponering. I dansk sammenhæng er generiske WAC en central tidlig aktivitet, der skal sikre, at de beslutninger, der træffes om affaldet i dag, understøtter den fremtidige deponeringsløsning og ikke skaber unødige begrænsninger eller byrder for kommende generationer. Samtidig udgør generiske WAC et vigtigt teknisk grundlag for karakterisering, behandling og konditionering af affald, allerede før der foreligger et endeligt depotdesign og en fuldt udviklet safety case. Etablering af generiske WAC bør derfor betragtes som en forudsætning for udviklingen af et fremtidigt dansk deponeringsprogram.

Teknisk bilag E.4. Sikring (security) og sikkerhedskontrol (safeguards)

De affaldsfraktioner og materialer i den danske affaldsbeholdning, som er omfattet af nationale krav til sikring (*security*) eller internationale sikkerhedskontrol-forpligtelser (*safeguards*), er beskrevet i bilag B.1.

Det regulatoriske grundlag for sikring og sikkerhedskontrol, herunder nationale myndigheder, lovgivning, bekendtgørelser samt Danmarks forpligtelser under EURATOM og IAEA, er beskrevet i bilag E.1. Nærværende bilag fokuserer på de designmæssige, anlægstekniske og driftsmæssige konsekvenser af disse krav for et fremtidigt dansk deponeringsprogram

I international nuklear terminologi sondres der mellem begreberne *safety*, *security* og *safeguards*.

Hvad er forskellen på Safety, Security og Safeguards?

Safety (sikkerhed) omfatter beskyttelse af mennesker og miljø mod skadelig påvirkning fra ioniserende stråling. Fokus er på forebyggelse af ulykker samt begrænsning af konsekvenserne af fejl, hændelser og utilsigtede udslip.

Security (sikring) omfatter beskyttelse af radioaktive materialer og nukleare anlæg mod bevidste handlinger såsom tyveri, sabotage, terrorhandling, ulovlig adgang og andre ondsindede handlinger rettet mod nukleare anlæg eller nukleare materialer.

Safeguards (sikkerhedskontrol) omfatter de internationale kontrolforanstaltninger under IAEA og EURATOM, som skal sikre, at nukleart materiale ikke omdirigeres til militære formål eller anvendes til fremstilling af atomvåben. Dette sker gennem materialeregnskab, rapportering og inspektioner.

Selvom sikring og safeguards begge vedrører kontrol med nukleare materialer, har de forskellige formål. Sikring fokuserer på beskyttelse mod tyveri, sabotage og anden uautoriseret adgang, mens safeguards fokuserer på international kontrol og verifikation af nukleare materialer. Begge områder stiller krav til anlæggets udformning, organisation og dokumentationssystemer og udgør sammen med *safety* centrale designforudsætninger for et fremtidigt dansk deponeringsprogram.

1. Sikring og safeguards som designforudsætninger

Sikring og safeguards medfører behov for tekniske, organisatoriske og administrative foranstaltninger gennem hele håndteringsforløbet, fra modtagelse og behandling til opbevaring og endelig deponering.

Et fremtidigt dansk slutdepot forventes at omfatte faciliteter til modtagelse, karakterisering, behandling, konditionering, opbevaring og deponering af radioaktivt affald. Sikrings- og safeguardskrav kan få betydning for udformningen af disse faciliteter og bør derfor indarbejdes tidligt i designprocessen.

Kravene kan blandt andet påvirke:

- anlæggets placering og fysiske udformning,
- adgangs- og transportforhold,
- perimetersikring og adgangskontrol,
- overvågnings- og alarmsystemer,

- faciliteter til kontrol og registrering af materialestrømme,
- områder med begrænset adgang for særligt personale,
- registrerings-, sporbarheds- og dokumentationssystemer,
- organisation, bemanning og beredskab,
- driftsprocedurer, inspektioner og myndighedstilsyn.

Omfanget af de nødvendige foranstaltninger afhænger blandt andet af affaldsbeholdningens indhold af nukleare materialer og øvrige sikringsrelevante radionuklider, som beskrevet i bilag B.1.

Valg af anlægskoncept, bygningsudformning, logistik, håndteringsprincipper og informationssystemer bør ske under hensyntagen til safety-, sikring- og safeguardskrav. Disse forhold kan påvirke anlæggets layout, arealbehov, organisation og driftsomkostninger.

2. Sikring i forskellige depotkoncepter

Sikringsforholdene for et fremtidigt dansk deponeringsprogram vil afhænge af det valgte depotkoncept, affaldsbeholdningens sammensætning samt anlæggenes funktion og levetid. Forskellige anlægstyper medfører forskellige behov for kontrol, overvågning, adgangsbegrænsning og organisatoriske sikringsforanstaltninger.

Så længe et anlæg er i drift og håndterer eller opbevarer radioaktivt affald eller nukleare materialer, skal det opfylde gældende sikringskrav. Sikringen udgør en del af anlæggets myndighedsgrundlag og skal dokumenteres gennem en række styrende dokumenter og analyser, herunder:

- **Sikringsplan**, som blandt andet beskriver anlæggets sikringsforanstaltninger, organisation, adgangskontrol, overvågning og materialekontrol.
- **Sårbarhedsanalyse**, som identificerer potentielle trusler og anlæggets sårbarheder.
- **Risikoanalyse**, som vurderer sandsynlighed og konsekvens af relevante sikringsmæssige hændelser.
- **Beredskabsplan**, som beskriver organisation, alarmering og indsats ved sikringsmæssige hændelser.

Sikringsdokumentationen skal demonstrere, at anlægget har indført passende tiltag til at beskytte mod uautoriseret adgang, tyveri, sabotage og andre tilsigtede handlinger. Dokumentationens skal vedligeholdes gennem hele anlæggets levetid og opdateres ved ændringer i anlæggets udformning, drift, affaldsbeholdning eller det nationale trusselsbillede. Myndighederne skal informeres og godkende eventuelle ændringer.

2.1 Henfaldslagre og opbevaringsanlæg

Henfaldslagre og opbevaringsanlæg er karakteriseret ved, at affaldsenhederne fortsat skal være tilgængelige for inspektion, karakterisering, ompakning, behandling og senere transport til deponering. Dette stiller krav til blandt andet adgangskontrol, overvågning og materialekontrol, samtidig med at materialerne skal kunne genfindes og håndteres sikkert.

Sikringen er derfor primært baseret på aktive foranstaltninger såsom adgangskontrol, overvågning, administrative procedurer og institutionel kontrol. Kravene kan påvirke bygningernes udformning, logistik, arbejdsprocesser og organisering samt det omkringliggende område i form af eksempelvis hegn, sluser og perimetersikring.

For henfaldslagre og andre opbevaringsfaciliteter kan der desuden være særlige krav afhængigt af anlæggets funktion. Materialerne skal opbevares på en måde, der både opfylder kravene til sikring og samtidig gør det muligt at gennemføre inspektioner, målinger, karakterisering og senere genfremtagning af affaldet. Langvarig opbevaring

stiller desuden krav til emballagesystemernes holdbarhed og faciliteternes evne til at understøtte sikker håndtering over lange tidsperioder.

Sikringen af henfaldslagre og opbevaringsanlæg kan strække sig over meget lange drifts- og kontrolperioder. IAEA har peget på, at mange nationale programmer for overfladelagre og overfladenære depoter baserer sig på institutionel kontrol over perioder på op til 300 år⁵⁶. I sådanne anlæg vil sikring og overvågning typisk være baseret på aktive foranstaltninger gennem hele eller dele af anlæggets levetid.

Et design, der forudsætter institutionel kontrol over lange tidsperioder, må tage højde for usikkerheder knyttet til fremtidige samfundsforhold, teknologi, infrastruktur og klimatiske ændringer. Dette kan få betydning for udformningen af sikringssystemer, overvågningsprogrammer og adgangskontrol. Sådanne forhold er generelt mindre fremtrædende for geologiske depotkoncepter, hvor den langsigtede beskyttelse i højere grad baseres på passive barrierer og depotets geologiske omgivelser.

2.2 Overfladenære depoter

For et overfladenært depot vil sikring udgøre en central designforudsætning gennem depotets samlede driftsperiode. Da depotet forbliver fysisk tilgængeligt fra terræn, vil sikringskonceptet typisk være baseret på en kombination af fysiske, tekniske og organisatoriske foranstaltninger.

Dette kan blandt andet omfatte perimetersikring, overvågningssystemer, adgangskontrol, sikrede driftsbygninger og løbende institutionel kontrol. Sikringskravene vil derfor kunne få direkte betydning for depotets arealbehov, infrastrukturløsninger, bemanning og driftsomkostninger.

Efter lukning kan der fortsat være behov for en længere periode med institutionel kontrol og overvågning afhængigt af depotets udformning, affaldets karakter og de regulatoriske krav.

2.3 Geologiske depoter

For geologiske depoter vil sikring ligeledes være en væsentlig designforudsætning under anlæggets driftsfase. Anlægget vil i denne periode være omfattet af krav til adgangskontrol, overvågning, materialekontrol og beredskab på linje med andre nukleare anlæg.

Geologiske depoter adskiller sig ved, at depotets dybde, geologiske forhold og begrænsede adgangsveje kan fungere som passive sikringselementer. Disse forhold reducerer tilgængeligheden af de deponerede materialer og kan dermed understøtte den langsigtede sikring.

Under driften vil et geologisk depot være afhængigt af aktive sikringsforanstaltninger såsom adgangskontrol, overvågning, materialekontrol og organisatoriske sikringsforanstaltninger. Samtidig kan depotets fysiske udformning bidrage til sikringen gennem få adgangsveje, kontrollerede transportforløb og den betydelige dybde til de deponerede materialer.

Sikringsforhold kan derfor indgå som en integreret del af depotets udformning. Dette kan blandt andet omfatte placering af særligt sikringsrelevante materialer, organisering af materialestrømme, udformning af adgangsveje samt indretning af faciliteter til håndtering, opbevaring og deponering.

For geologiske depoter vil samspillet mellem aktive og passive sikringsforanstaltninger være et vigtigt element i udviklingen af depotkonceptet. Mens de aktive foranstaltninger dominerer under anlæggets driftsfase, kan depotets dybde, geologiske omgivelser og tekniske barrierer bidrage til sikringen gennem hele anlæggets levetid.

3. Sikring efter lukning

⁵⁶ [STI/PUB/1419](#)

Forudsætningerne for sikring af et depot ændrer karakter efter lukning. Under drift er sikringen primært baseret på aktive foranstaltninger såsom adgangskontrol, overvågning, sikringsorganisation, materialekontrol og beredskab. Efter lukning reduceres betydningen af disse foranstaltninger gradvist, mens passive barrierer får større betydning for den langsigtede beskyttelse af de deponerede materialer.

For overfladenære depoter og langtidslagre må der forventes behov for institutionel kontrol over en længere periode efter lukning. Institutionel kontrol kan omfatte overvågning, inspektioner, adgangsbegrænsning, vedligeholdelse af anlæg og registrering af aktiviteter på lokaliteten. Formålet er at sikre, at depotets placering og indhold fortsat er kendt, og at uvedkommende adgang eller utilsigtede indgreb forhindres.

For geologiske depoter baseres den langsigtede sikring i højere grad på passive barrierer. Depotets dybde, geologiske omgivelser og tekniske barrierer begrænser tilgængeligheden af de deponerede materialer og kan dermed reducere behovet for aktive sikringsforanstaltninger efter lukning. Tilbagefyldning af tunneler og kamre samt forsegling af adgangsveje udgør væsentlige elementer i denne strategi.

Internationale depotprogrammer peger generelt på en gradvis overgang fra aktive til passive sikringsforanstaltninger, hvor depotets fysiske udformning, tekniske barrierer og geologiske omgivelser udgør de primære elementer i den langsigtede sikring. For eksempel er det finske ONKALO-depot designet således, at depotets dybde, de geologiske forhold og de tekniske barrierer bidrager til den langsigtede beskyttelse af de deponerede materialer (jf. bilag D.1).⁵⁷

De langsigtede sikringskrav til et permanent lukket depot er imidlertid endnu ikke afklaret i hverken international eller dansk kontekst. Det er derfor uklart, i hvilket omfang et lukket depot fortsat vil være omfattet af de samme sikring-krav som nukleare anlæg under drift. Dette må forventes afklaret som led i udviklingen af det fremtidige regulatoriske grundlag for deponering af radioaktivt affald i Danmark.

3.1 Institutionel kontrol som designparameter

Behovet for institutionel kontrol kan have væsentlig betydning for valg af depotkoncept og anlægsudformning. For depotløsninger, hvor der forudsættes årtiers eller århundreders overvågning og vedligeholdelse, skal der etableres faciliteter, organisationer og finansieringsordninger, som kan understøtte denne kontrol over lange tidsperioder.

Omvendt er et centralt formål med mange geologiske depotkoncepter netop at reducere afhængigheden af fremtidig institutionel kontrol gennem anvendelse af robuste passive barrierer. I sådanne løsninger søges anlægget designet således, at depotets sikkerhed og sikring i videst muligt omfang kan opretholdes uden behov for aktiv menneskelig indgriben efter lukning.

Sammenhængen mellem institutionel kontrol, passive barrierer og depotets langsigtede udvikling bør derfor betragtes som en vigtig designparameter ved vurderingen af forskellige depotkoncepter. Dette gælder både for anlæggets fysiske udformning, lukningsstrategi og de fremtidige krav til overvågning og forvaltning af lokaliteten.

4. Safeguards og sporbarhed af nukleare materialer

De materialer i den danske affaldsbeholdning, som er omfattet af Safeguards, er beskrevet i bilag B.1. Det regulatoriske grundlag for safeguards er beskrevet i bilag E.1. Nærværende afsnit fokuserer på de designmæssige og driftsmæssige konsekvenser af kravene til registrering, materialeregnskab, sporbarhed og verifikation af nukleare materialer.

⁵⁷ [Done and Dusted](#)

Selvom Safeguards-materialer kun udgør en mindre del af den samlede danske affaldsbeholdning, medfører de særlige krav til dokumentation, registrering og kontrol, som skal integreres i udformningen af et fremtidigt deponeringsprogram.

4.1 Sporbarhed som designkrav

Et centralt element i safeguards er kravet om sporbarhed. Nukleare materialer skal kunne identificeres og følges gennem hele deres livscyklus, og der skal opretholdes dokumentation for materialernes mængde, sammensætning, placering og håndteringshistorik.

For et fremtidigt dansk depot betyder dette, at informationssystemer, registreringsprocedurer og driftsrutiner skal udformes således, at relevante materialer kan spores gennem alle faser af håndteringen. Kravene kan blandt andet påvirke:

- registrerings- og databaseringsystemer,
- mærkning og identifikation af affaldsenheder,
- procedurer for karakterisering og ompakning,
- dokumentation af materialestrømme,
- modtage-, lager- og deponeringsprocesser,
- arkivering og langtidsopbevaring af data.

Sporbarhed skal ikke alene understøtte myndighedskontrol, men også sikre et dokumenteret grundlag for fremtidige sikkerheds- og driftsmæssige beslutninger.

4.2 Safeguards by Design

Internationalt anvendes i stigende grad princippet *Safeguards by Design*, hvor krav til kontrol, registrering og verifikation indarbejdes i anlæggets design fra de tidlige projektfaser. Formålet er at undgå efterfølgende ændringer af anlæg og processer som følge af Safeguardskrav.⁵⁸⁵⁹

For et dansk depot indebærer dette, at krav til materialekontrol, inspektioner og dokumentation bør betragtes som designparametre på linje med sikkerhed (*safety*), sikring, strålebeskyttelse og drift.

Dette kan blandt andet påvirke:

- udformning af håndterings- og behandlingsfaciliteter,
- muligheder for måling og verifikation af materialer,
- placering af kontrol- og registreringsfunktioner,
- digitale systemer til materialeregnskab,
- procedurer for overførsel mellem forskellige anlæg og procestrin.

4.3 Drift, deponering og fremtidig håndtering af safeguards-materialer

⁵⁸ [International Safeguards in the Design of Facilities for Long Term Spent Fuel Management | IAEA](#)

⁵⁹ [International Safeguards in Nuclear Facility Design and Construction | IAEA](#)

Under anlæggets driftsfase må det forventes, at safeguards-omfattede materialer fortsat vil være genstand for registrering, rapportering og verifikation. Dette gælder særligt i forbindelse med karakterisering, behandling, konditionering, ompakning og deponering af affaldet.

For geologiske depoter arbejdes der internationalt med principper for, hvordan safeguards kan anvendes frem til tidspunktet for endelig deponering og lukning. Når materialerne er permanent deponeret og ikke længere er praktisk tilgængelige, kan karakteren af safeguardsforpligtelserne ændre sig. Den konkrete håndtering afhænger af internationale aftaler, myndighedskrav og det valgte depotkoncept.

Det er endnu ikke endeligt afklaret, hvordan safeguards i praksis vil blive anvendt for permanente geologiske depoter efter lukning. Internationale erfaringer peger dog på, at dokumentation, registrering og sporbarhed af de deponerede materialer fortsat vil udgøre centrale elementer i safeguards-systemet, også efter at materialerne ikke længere er direkte tilgængelige.

Uanset den fremtidige regulering vil krav til registrering, dokumentation og sporbarhed af nukleare materialer være en væsentlig designforudsætning for udviklingen af et dansk deponeringsprogram.

Materialer omfattet af safeguards udgør samtidig en integreret del af den danske affaldsbeholdning og bør derfor indgå i den samlede planlægning af håndtering, opbevaring og deponering af radioaktivt affald. Selvom disse materialer er underlagt særlige internationale kontrolforanstaltninger, udgør safeguards en yderligere regulatorisk ramme og ikke et særskilt affaldsspor. Valg af deponeringsløsning, anlægsdesign og driftskoncept bør derfor tage højde for hele affaldsbeholdningen, herunder de materialer, der er omfattet af safeguards.

"For nukleart materiale i kategori I, jf. bilag 1, skal den facilitet, hvor nukleart materiale bruges eller opbevares, være omfattet af samme sikringsmæssige foranstaltninger som for nukleart materiale i kategori III og II (...). Den pågældende facilitet skal være under opsyn af vagter, som skal være i direkte forbindelse med relevant politimyndighed, og der må alene være adgang til den pågældende facilitet for personer, der som minimum er sikkerhedsgodkendt til klassifikationsgraden FORTROLIGT (...).

(Bek. nr. 1762/2016 §5, stk. 2)

Teknisk bilag E.5. Transport af radioaktivt affald

1. Transport af radioaktivt affald

Der foregår mere transport af radioaktivt materiale i Danmark, end de fleste formentlig er bekendt med. Radioaktive materialer anvendes dagligt inden for blandt andet sundhedssektoren, forskning, industri og energiområdet, og dette medfører et løbende behov for sikker transport både inden for landets grænser og til og fra udlandet. Transporterne omfatter alt fra radioaktive kilder til medicinsk brug til radioaktivt affald og brugte radioaktive kilder, der skal håndteres, opbevares eller deponeres.

Som led i den offentlige orientering om disse transporter anmodede Indenrigsministeriet i 1993 Sundhedsstyrelsen om at udarbejde en årlig redegørelse om transport af radioaktive stoffer. Redegørelserne giver et samlet overblik over omfanget og karakteren af transporterne i Danmark og har siden bidraget til transparens på området. De årlige rapporter kan findes på Sundhedsstyrelsens hjemmeside. Fra og med 2019 er orienteringen om transport af radioaktivt materiale blevet integreret i Sundhedsstyrelsens årsberetning på strålebeskyttelsesområdet⁶⁰.

2. Regulatoriske rammer for transport

Transport af radioaktivt affald er underlagt et omfattende internationalt og nationalt regelsæt, der har til formål at beskytte mennesker og miljø ved at sikre, at radioaktive materialer klassificeres, emballeres, mærkes, dokumenteres, håndteres og transporteres på en forsvarlig måde. Regelsættet omfatter krav til afsendere, transportører og modtagere samt til de beholdere og emballager, der anvendes under transporten. Desuden omfatter reglerne krav til beredskab, myndighedsgodkendelser og kontrolforanstaltninger, som skal sikre en høj grad af sikkerhed under hele transportforløbet. Mere information om reglerne for transport af radioaktivt materiale findes på Sundhedsstyrelsens hjemmeside⁶¹.



Figur E5.1. Transport i 2007 af ca. 16.500 kg tritumholdigt tungt vand fra driften af forsøgsreaktor DR3.

⁶⁰ [Orienteringer om transport af radioaktivt materiale | Sundhedsstyrelsen](#)

⁶¹ [Regler for transport af radioaktivt materiale | Sundhedsstyrelsen](#)

De grundlæggende sikkerhedskrav er internationalt harmoniserede og bygger på IAEA's *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material* (SSR-6) der er blevet revideret i 2025⁶², som udgør det centrale internationale regelsæt for transport af radioaktivt materiale. SSR-6 omfatter alle transportformer og regulerer blandt andet konstruktion og godkendelse af transportemballager, klassificering af radioaktivt materiale, strålingsbeskyttelse, kritikalitetssikkerhed, lækagetæthed, kvalitetsstyring og beredskab. Reglerne er implementeret i de internationale transportregelværker og danner grundlag for national regulering verden over.

IAEA-reglerne er implementeret i de internationale regelsæt for transport af farligt gods, herunder ADR for vejtransport, RID for jernbanetransport, IMDG-koden for søtransport og ICAO Technical Instructions for lufttransport. Transport af radioaktivt affald vil derfor skulle opfylde både de nukleare krav til emballage og indhold samt de generelle transportretlige regler for den valgte transportform.

3. Tidligere danske vurderinger af transport til et fremtidigt depot

Transport af radioaktivt affald har tidligere været inkluderet i særskilte danske undersøgelser. I forbindelse med de tidligere analyser af en fremtidig dansk deponeringsløsning udarbejdede SIS rapporten *Radiation Doses from the Transport of Radioactive Waste to a Future Repository – A model study* (2011).⁶³

Rapporten vurderede de strålingsmæssige konsekvenser ved transport af radioaktivt affald til et fremtidigt depot. Analysen konkluderede, at de beregnede strålingsdoser til både transportpersonale og offentligheden ville være lave og kunne overholde gældende strålebeskyttelsesmæssige krav ved de undersøgte transportscenarier. Rapporten viser samtidig, at transportdoser kan beregnes ved hjælp af etablerede modeller og indgå som en del af beslutningsgrundlaget ved planlægning af fremtidige transportløsninger. Transportforhold vil derfor ikke alene være relevante under anlæggets drift, men også i forbindelse med valg af depotlokalitet, projektering af anlægget og planlægningen af affaldsbehandling og konditionering.

4. Transport som designparameter i et depotprojekt

Transport af radioaktivt affald er tæt knyttet til depotets øvrige tekniske løsninger. Krav til transport kan påvirke valg af affaldsbeholdere, behandling og konditionering af affaldet samt udformningen af anlæg til modtagelse, håndtering og deponering.

Transportemballager skal opfylde krav til blandt andet mekanisk styrke, tæthed, strålingsafskærmning og håndtering. I nogle tilfælde kan kravene til transport være bestemmende for valg af emballagetype eller for, hvordan affaldet konditioneres før transport. Samtidig kan transportrestriktioner vedrørende vægt, dimensioner og håndteringsudstyr påvirke de tekniske løsninger, der vælges i depotprojektet.

Der er desuden en tæt sammenhæng mellem transportkrav og udviklingen af affaldsacceptkriterier (WAC). Krav til emballager, dokumentation, affalds karakterisering og håndtering under transport vil ofte indgå som en del af de betingelser, der senere fastsættes for modtagelse af affald på et behandlingsanlæg, mellemlager eller depot. Transportforhold kan derfor påvirke både affaldsbehandling, konditionering og udviklingen af depotets WAC.

Transportforhold indgår derfor typisk som en del af lokaliserings- og designprocessen for et depotanlæg. Adgang til vej-, bane- eller havneinfrastruktur kan have betydning for både anlægslogistik, driftsforhold og de samlede projektkomkostninger. Transport bør derfor vurderes parallelt med udviklingen af depotkoncept, affaldsbehandling og projektering af anlægget.

For anlæg, hvor affald transporteres mellem flere lokaliteter, eksempelvis mellem affaldsproducenter, behandlingsanlæg, mellemlagre og depoter, vil transport udgøre en del af den samlede affaldshåndteringskæde.

⁶² [25-02684E_PUB2120_RTf_Body_2026-06-18.indd](#)

⁶³ Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålebeskyttelse. *Radiation doses from the transport of radioactive waste to a future repository – A model study*, maj 2011.

Valg af transportkoncepter og emballageløsninger vil derfor ofte være afhængigt af både affaldets egenskaber og de affaldsacceptkriterier, der udvikles for anlægget.

5. Infrastruktur, myndighedsforhold og miljøvurdering

De radioaktive aspekter af transporten, herunder krav til transportemballage, aktivitetsgrænser, transportindeks, godkendelse af emballager og de radiologiske sikkerhedskrav, skal behandles nærmere. For et depotprojekt vil der imidlertid også gælde en række tværgående krav efter den almindelige transport-, miljø- og infrastrukturlovgivning.

Etablering og drift af et depot kan medføre transport af betydelige mængder materialer, herunder affaldsbeholdere, byggematerialer, overskudsjord, bentonit, beton og andre anlægskomponenter. Afhængigt af projektets udformning kan der derfor være behov for myndighedsbehandling efter vejlovgivningen, jernbanelovgivningen, havnelovgivningen og regler om særtransporter. Transporternes omfang og påvirkning af omgivelserne vil desuden typisk indgå i miljøvurderingen af projektet. Ved transport på offentlige veje kan der være behov for tilladelser til overdimensionerede eller særligt tunge transporter samt vurderinger af påvirkningen af den eksisterende infrastruktur. For projekter med havneanlæg eller søtransport kan tilsvarende krav opstå i relation til havnemyndigheder, farvandsforhold og adgangsforhold til kaj anlæg. Hvis transport af affald eller materialer sker på jernbane, vil transporten desuden være omfattet af jernbaneoperatørernes og infrastrukturforvalternes tekniske og sikkerhedsmæssige krav.

Transportforhold vil være en væsentlig del af lokaliserings- og designprocessen for et depotanlæg. Vurderingen omfatter blandt andet adgang til vej-, bane- eller havneinfrastruktur, behov for opgradering af eksisterende anlæg, transportafstande, logistiske forhold samt potentielle påvirkninger af omgivelserne under anlæg, drift og eventuel lukning af depotet.

For et dansk depotprojekt bør det derfor tidligt afklares, hvilke transportformer der forventes anvendt gennem anlæggets levetid, hvilke myndigheder der vil være involveret, samt om eksisterende transportinfrastruktur er tilstrækkelig, eller om særlige tilladelser, investeringer eller infrastrukturelle tilpasninger vil være nødvendige.

6. International transport af radioaktivt affald og brugt brændsel

Transport af radioaktivt affald mellem medlemsstater reguleres af Rådets direktiv 2006/117/EURATOM, som etablerer et system for forudgående godkendelse og myndighedskontrol af grænseoverskridende transporter af radioaktivt affald og brugt brændsel.

Direktivet er særligt relevant i relation til:

- mulig eksport af radioaktivt affald
- behandling eller lagring i andre lande
- transport mellem behandlings- og deponeringsanlæg
- import eller eksport i forbindelse med internationale samarbejds løsninger.

Hvis eksport af dele af det danske affald på et tidspunkt overvejes, vil sådanne transporter være omfattet af direktivets godkendelsesprocedurer.



Figur E5.2. Containere med affald retur fra behandling ved Studvik i Sverige. (S:\Billedarkiv\Diverse)

Projektgrundlag

Slutdepot - Langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald

TEKNISK BILAG F

Rammer og anden regulering

FORELØBIGT UDKAST



Indhold

Læsevejledning og hovedpointer.....	3
Teknisk bilag F.1. Rammebestemmelser for håndtering af radioaktivt affald.....	5
Teknisk bilag F.2. Anden regulering.....	6

Læsevejledning og hovedpointer

Teknisk bilag F.1

Det tekniske bilag F.1 beskriver dele af de rammer for ansvarlig og sikker håndtering af radioaktivt affald, der følger af internationale forpligtelser. Derudover beskriver bilaget DD's formål og opgaver, som gradvist er blevet udvidet – senest ved cirkulære nr. 9261 af 11. marts 2022 om Dansk Dekommissionering – fra dekommissionering af de nukleare anlæg på Risø og håndtering af tilhørende affaldsstrømme mv., modtagelse og håndtering af radioaktivt affald fra andre brugere af radioaktivt materiale til bidrag til processen frem mod en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald, herunder forberedelsen af et slutdepot.

Den gradvise udvidelse af DD's formål og opgaver har tydeliggjort behovet for klarere indholdsmæssig og bevillingsmæssig hjemmel og (re)vurdering af fordelingen af ansvaret for håndtering af det danske radioaktive affald fra frembringelse til deponering (eller anden bortskaffelse). Ansvarsfordelingen følger af internationale forpligtelser og er i flere europæiske lande reguleret i lov enten ved etablering af en national affaldsorganisation (Waste Management Organisation, WMO) eller ved placering af ansvaret direkte hos affaldsproducenterne mv. *[Det bemærkes, at bilag F.1 er under udarbejdelse]*

Teknisk bilag F.2

Det tekniske bilag F.2 beskriver tværgående juridiske og myndighedsmæssige rammer, som fremtidige danske anlæg til håndtering, lagring og deponering af radioaktivt affald skal udvikles, godkendes og drives indenfor. Bilaget supplerer de nukleare og strålebeskyttelsesmæssige krav beskrevet i bilag E og behandler øvrige lovgivninger og myndighedsprocesser, som vil skulle indgå i projektets planlægning og gennemførelse.

Bilaget har til formål at give et overblik over relevant regulering, men er ikke en formel juridisk analyse og kan ikke benytte som grundlag for at fastlægge det regulatoriske grundlag for et fremtidigt depotanlæg. Relevansen af de enkelte lovgivninger, myndighedskompetencer og internationale forpligtelser vil afhænge af projektets nærmere tilrettelæggelse og regulatoriske beslutninger. Afklaring af disse forhold vil skulle ske i samarbejde med de relevante ministerier og myndigheder og det foreslås i projektgrundlaget, at der indledningsvist gennemføres en tværministeriel regulatorisk analyse. Bilaget illustrerer, at etablering af anlæg til radioaktivt affald udover nukleart og strålebeskyttelsesmæssigt projekt, også er et omfattende myndighedsprojekt efter anden lovgivning. Dette understreger behovet for tidlig koordinering mellem projektet og ansvarlige ressortmyndigheder.

Bilagene peger samlet på følgende centrale forhold:

1. **Behov for klarere rammer for DD og (re)vurdering af fordelingen af ansvaret for håndtering af Danmarks radioaktive affald.** Dette er en forudsætning for den videre udvikling af projektet. *[Det bemærkes, at teknisk bilag F.1 er under udarbejdelse]*
2. **Bredt myndighedsgrundlag.** Projektet vil skulle tilrettelægges ud fra krav baseret på en bred vifte af lovgivninger og myndighedsområder der rækker ud over den strålebeskyttelsesmæssig regulering, herunder bl.a. plan-, miljø-, natur- og byggelovgivning.
3. **Behov for tidlig afklaring af rammer og placering af myndighedsansvar.** På flere lovområder er det ikke entydigt, hvor myndighedsrollen ift. projektet vil blive placeret. Der er behov for tidlig tværministeriel afklaring af regulatoriske rammer og myndighedsansvar, herunder af samspillet mellem statslige og kommunale myndigheder.
4. **Afklaring af forventede dokumentationsbehov og myndighedsprocesser er en forudsætning for projekts tilrettelæggelse.** Krav til analyser og ansøgninger bør identificeres tidligt og indarbejdes som styrende rammer for udvikling af projektets tekniske undersøgelser og øvrige dokumentationsgrundlag.

5. **Behov for udvikling af en koordineret procesplan.** Jf. Folketingsbeslutning B 90 forventes processen tilrettelagt med milepæle, der bl.a. omfatter vedtagelse af projekteringslov og anlægslov. Dette har direkte indflydelse på tilrettelæggelse af lokaliseringsproces, regulatoriske processer og udarbejdelse af politiske beslutningsgrundlag. Processerne bør derfor planlægges og koordineres mellem de involverede parter på et overordnet niveau tidligt i projektet. Processerne bør efterfølgende - sammen med projektet - udvikles mere detaljeret.
6. **Det anbefales, at der som led i projektets mobilisering igangsættes en tværministeriel analyse af de regulatoriske rammer.** Dette med henblik på at identificere eventuelle behov for ændringer i love eller bekendtgørelser.

Teknisk bilag F.1. Rammebestemmelser for håndtering af radioaktivt affald

[UNDER UDARBEJDELSE]

[I dette bilag beskrives dele af Danmarks internationale forpligtelser i forhold til håndtering af radioaktivt affald, hvor særligt Rådets Direktiv 2011/70/EURATOM af 19. juli 2011 om fastsættelse af en fællesskabsramme for ansvarlig og sikker håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald fremhæves.

Direktivet fastlægger blandt andet omfanget af nationale lovgivningsmæssige, tilsynsmæssige og organisatoriske rammebestemmelser, der f.eks. omfatter tildeling af ansvar for de forskellige faser af håndtering af radioaktivt affald og passende finansiering, og regler om deponering.

Derudover beskriver bilaget tilblivelsen af Dansk Dekommissionering og den gradvise udvidelse af DD's formål og opgaver.]

Teknisk bilag F.2. Anden regulering

1. Øvrig dansk lovgivning relevant i et depotperspektiv

Dette bilag giver en indledende sammenfatning af øvrig lovgivning, regulering og de myndighedskrav, der ikke direkte er knyttet til radioaktivitet, men som kan eller vil have betydning for projektets analyser og procesdesign. Bilaget gennemgår relevant dansk lovgivning vedrørende blandt andet planlægning, miljøbeskyttelse, natur, vand, undergrund og byggeri. Desuden behandles samspil mellem myndighedsprocesser og overordnede projektrinn. jf. folketingsbeslutning B 90 ift. projekteringslov og anlægslov. Formålet er helt overordnet at belyse relevante regulatoriske rammer, uafhængigt af affaldets radioaktive egenskaber som indledende grundlag for yderligere tværministeriel analyse af myndighedskrav og processer fra projektets start.

Regulering, myndighedskrav og internationale forpligtelser, der vedrører roller og ansvar ift. den nationale beholdning af radioaktivt affald, radioaktive stoffer, strålebeskyttelse, nukleare anlæg og nuklear sikkerhed, behandles i Bilag E og F.1.

Bilaget har karakter af en overordnet gennemgang af væsentlige regulatoriske forhold. Det konkrete omfang af myndighedsprocesser, tilladelser og godkendelser vil afhænge af den valgte løsning, lokalitet og projektudformning og vil kræve en mere detaljeret analyse af regulering.

1.1 Afgrænsning og forbehold

Dette bilag giver et overordnet overblik over gældende dansk lovgivning, som er eller kan være relevant for projektet. Der henvises til den ministerielle placering af de enkelte lovområder pr. 14. juli 2026, jf. Retsinformation¹. Bilaget er ikke en fuldstændig juridisk gennemgang, og der tages forbehold for, at yderligere reguleringsområder og myndighedskrav kan blive relevante i takt med, at projektet konkretiseres, og valg af anlægstype, lokalitet og tekniske løsninger fastlægges.

1.2 Behov for tværgående analyse af reguleringsrammer

Etablering af et anlæg til deponering af radioaktivt affald vil være en ny anlægstype i dansk sammenhæng og adskiller sig fra de anlæg og aktiviteter, som den eksisterende lovgivning i dag primært er indrettet til at regulere. Et sådant projekt vil typisk berøre en række reguleringsområder samtidigt, herunder nuklear sikkerhed, strålebeskyttelse, miljøbeskyttelse, naturbeskyttelse, transport, arbejdsmiljø og eventuel anvendelse af undergrunden. Samtidig er et depotprojekt kendetegnet ved lange tidshorisonter, krav til overvågning over lange perioder samt behov for afklaring af ansvar og myndighedsroller gennem anlæggets samlede livscyklus. Selvom mange af de relevante myndighedsprocesser, tilladelser og miljøkrav allerede findes i gældende lovgivning, må det forventes, at projektet vil rejse spørgsmål om myndighedskompetence, tilladelsesprocedurer og samspillet mellem forskellige regelsæt. Dette skyldes blandt andet, at projektet berører en række forskellige lovområder og myndigheder, som hver regulerer forskellige aspekter af anlæggets etablering, drift, lukning og efterfølgende overvågning.

En relevant parallel findes i den reguleringsmæssige udvikling, der har fundet sted i forbindelse med geologisk lagring af CO₂ (CCS) i Danmark. Her fandt man det nødvendigt at gennemføre en række ændringer og tilpasninger af eksisterende lovgivning, herunder undergrundsloven, havmiljøloven og tilhørende bekendtgørelser, samtidig med at eksisterende regler om miljøvurdering, naturbeskyttelse og myndighedsbehandling videreudvikles for at håndtere den nye aktivitet.

På tilsvarende vis kan et fremtidigt depotprojekt for radioaktivt affald give anledning til behov for ændringer i eksisterende regulering, etablering af nye administrative procedurer eller præcisering af myndighedsansvar på tværs af flere ministerområder. Det anbefales derfor, at der tidligt i projektforløbet gennemføres en samlet

¹ [Retsinformation](#)

tværministeriel analyse af de eksisterende regulatoriske rammer med henblik på at identificere eventuelle behov for lovændringer, nye bekendtgørelser, afklaring af myndighedskompetencer samt etablering af særlige tilladelses- og godkendelsesprocedurer. En sådan analyse vil kunne danne grundlag for den videre udvikling af projektets regulatoriske rammer og bidrage til en mere sammenhængende og effektiv myndighedsbehandling. Desuden vil det give klarhed i de indledende planlægnings- og analysefaser af projektet og dermed give væsentlige input til hvilke krav projektet skal leve op til og processerne frem mod at alle nødvendige myndighedstilladelser foreligger.

2. Undergrundsloven (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet)²

Undergrundsloven (Lov om anvendelse af Danmarks undergrund) vil være relevant i flere faser af et depotprojekt. Dette gælder blandt andet geologiske undersøgelser og efterforskningsaktiviteter, herunder borer og geofysiske undersøgelser, samt etablering af underjordiske anlæg. For depotkoncepter med tunneler, kamre eller andre underjordiske konstruktioner kan loven også være relevant, hvis anlægget helt eller delvist strækker sig uden for det areal, hvor overfladeanlæggene er placeret. Desuden kan der være samspil med andre aktiviteter og rettigheder i undergrunden, som reguleres efter undergrundsloven.

Undergrundsloven gælder i princippet fra jordoverfladen og nedad, men i praksis fokuserer den på de dybere lag.

Her er hovedpunkterne for lovens anvendelse i dybden³:

- Ingen fast nedre grænse: Loven fastsætter ikke en specifik metrisk grænse (f.eks. "fra 100 meter"), men dækker den danske undergrund generelt.
- Fokus på råstoffer og lagring: Loven træder i kraft, når der er tale om efterforskning og indvinding af råstoffer (olie, gas, geotermisk energi) eller lagring (f.eks. af CO₂) i undergrunden.
- Grundvandsdybde: I Danmark udnyttes grundvandsmagasiner typisk 20-100 meter under jordoverfladen, og lovgivningen om udnyttelse af undergrunden dækker disse dybder.
- Geografisk udstrækning: Loven gælder i hele Danmark, herunder territorialfarvandet, eksklusiv økonomisk zone og kontinentalsoklen.

Som udgangspunkt ejer man i Danmark undergrunden under sin ejendom, men ejerskabet er ikke ubegrænset. I dansk ret følger ejerskabet af jorden i princippet den lodrette linje fra matrikelskellet og nedad, men dette begrænses af lovgivning og offentlige interesser. Der er ingen specifik regulering af, hvor langt ned en grundejer ejer sin ejendom.

Jordens undergrund omfatter alt, der befinder sig under overfladen. Oliebrønde, grundvandsreservoirer, mineraler og andre ressourcer i undergrunden (også i områder, der er dækket af vand) betragtes derfor som fast ejendom. Så længe disse elementer ikke udvindes fra undergrunden, anses de for at være en del af jorden, dvs. fast ejendom.

Grundejer ejer ikke grundvandet, men kan have ret til at indvinde det til eget forbrug (husstandsvandindvinding), hvis det er tilladt i området.

I almindelighed kan man sige, at så langt ned eller op, man privatøkonomisk kan udnytte sin ejendom, har man også ret til det. Dvs. det er grundejeren, der ejer råstoffer som grus og ler og dermed bestemmer, om der kan og skal søges tilladelse til erhvervsmæssig råstofindvinding.

² Retsinformation [Undergrundsloven](#)

³ Se nærmere link: [Regler og vejledning for aktiviteter i undergrunden](#)

Et eksempel, er metrolinjer i Københavns undergrund. De tunneller, togene kører i, er beliggende 20-30 meter under jordoverfladen. Her har man tinglyst en servitut og pålagt de ejendomme, hvorunder tunnelen er, at der over tunnelen maksimalt må bygges i en højde af fem etager og funderes i en vis dybde (f.eks. 8,8 meter). Det blev vurderet af kommissarius og Taksationskommissionen, at servitutten ikke havde begrænsende virkning på udnyttelsen af ejendommene, hvorfor ejendommenes værdi ikke blev forringet, og der derfor ikke skulle ydes erstatning.

Der er dog også eksempler på, at der privatøkonomisk bliver udvundet råstoffer i store dybder i Danmark, hvorfor man ikke kan sige, at der eksisterer en grænse i fx 20 meters dybde. Den danske stat ejer dog ressourcer som olie og gas også selvom man skulle finde det under sin egen ejendom.

Der vil være behov for afklaring og (formentlig) udvikling af det nødvendige lovgrundlag ift. lagring af radioaktivt affald i undergrunden. Til sammenligning er undergrundsloven blevet udvidet med specifikke regler vedr. lagring af CO₂.

Ejendomsretten er i Danmark begrænset i vertikal retning af den faktiske råden, som grundejere gennem tiderne har udøvet, jfr. ovennævnte om Jyske Lov. Det fremgår mest tydeligt når det drejer sig om undergrunden. Opad fremgår ejendommens grænser mere indirekte. Råstoffer, der i 1932 efter deres art blev udnyttet privatøkonomisk, er omfattet af grundejerens ejendomsret. Der gælder f.eks. sten, grus, sand, ler, kalk, kridt, tørv mv, jfr § 2 i lov om råstoffer. Råstoflovgivningen regulerer dog ejerens råden, bl.a. med krav om forudgående tilladelse til erhvervsmæssig råstofindvinding. Grundvandet hører ikke til ejendommen, men ejeren har en fortrinsstilling til at udnytte det, efter fornøden tilladelse i henhold til vandforsyningsloven (Wulff, 1992: 68). Andre råstoffer, eksempelvis olie og naturgas, tilhører den danske stat ifølge Lov om anvendelse af Danmarks undergrund § 2 fra 1950. Anden råden i undergrunden, fx boring af tunneler, må almindeligvis tolereres, når ejerens udnyttelse af undergrunden ikke indskrænkes eller råden i øvrigt medfører ulemper (von Eyben, 1999: 24).

3. Boringer (Miljøministeriet)⁴

Regler om boringer kan udover undergrundloven være omfattet af flere lovgivninger, herunder Vandforsyningsloven, Råstofloven og Miljøbeskyttelsesloven. Gældende regler ses bl.a. af Bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af boringer og brønde på land⁵. Denne omfatter bl.a. boringer med miljø- og geotekniske formål og opsamlere desuden alle andre boringer, der ikke er omfattet af undergrundloven og vil derfor være relevant for projektet.

Hvis boringen har til formål at undersøge undergrundens indhold af olie, gas, geotermisk energi eller lagringsmuligheder (f.eks. CO₂), kræver det en efterforskningsstilladelse fra Klima-, Energi- og Forsyningsministeren (Energistyrelsen).

Før boringen iværksættes, skal Energistyrelsen godkende et arbejdsprogram der bl.a. omfatter udstyr, boreprogram og udførelsesmåde for at sikre, at det sker forsvarligt.

Hvis boringer ønskes anvendt til deponering af radioaktivt affald, er der behov for en afklaring om den nuværende regulering vedr. boringer er dækkende, eller der er behov for ændringer. Dette gælder også tilladelser ift. forundersøgelser herunder om reguleringen lovgivningen er tilstrækkeligt dækkende for boringer og undersøgelser med henblik på lagring af radioaktivt affald.

Man kan læse nærmere om boringer på miljøstyrelsens hjemmeside⁵ hvor der også findes link til boringsvejledningen⁶.

⁴ [Bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af boringer og brønde på land](#)

⁵ [Brønde og boringer - Miljøstyrelsen](#)

⁶ [Boringsvejledning](#)

3.1 Øvrige tilladelser og forhold ved undersøgelsesboringer

Ud over de tilladelser, der kræves i medfør af undergrundsloven, kan borearbejder udløse krav efter anden lovgivning. Dette omfatter blandt andet miljøvurderingsloven, hvis de planlagte undersøgelser eller følgeaktiviteter kan have væsentlig indvirkning på miljøet. Der skal desuden foreligge de nødvendige aftaler eller øvrige rettigheder til adgang til de berørte arealer.

Undersøgelsesboringer reguleres desuden af vandforsyningslovgivningen. Etablering af såkaldte A-boringer, herunder undersøgelsesboringer, prøveboringer og monitoringsboringer, kræver som udgangspunkt tilladelse fra kommunalbestyrelsen. I tilknytning til boringerne kan der desuden være behov for tilladelse til prøvepumpninger og andre hydrogeologiske undersøgelser.

Gennemførte boringer skal indberettes til De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) i overensstemmelse med gældende regler om boredata, prøver og boreprofiler. Afhængigt af lokaliteten kan der desuden være behov for myndighedsafklaring efter blandt andet naturbeskyttelsesloven, museumsloven, jordforureningsloven og anden sektorlovgivning, hvis boringerne berører beskyttede naturinteresser, fortidsminder, forurenede arealer eller andre særlige forhold.

4. Planloven (By-, Land- og Kirkeministeriet)⁷

Etablering af anlæg til behandling, lagring og deponering af radioaktivt affald forudsætter som udgangspunkt et gyldigt plangrundlag efter planloven. Dette omfatter normalt kommuneplan og lokalplan, hvor kommunen er planmyndighed. Plangrundlaget fastlægger arealanvendelsen samt rammerne for anlæggets placering, udformning og anvendelse og skal sikre, at anlægget indpasses i den samlede arealplanlægning under hensyntagen til omgivelserne. Udarbejdelse og vedtagelse af kommune- og lokalplaner er forbundet med offentlighedsfaser og høringsprocedurer.

4.1 Plangrundlag når der benyttes projekteringslov og anlægslov

For større, komplekse eller samfundskritiske anlæg kan Folketinget vælge at fastlægge det nødvendige plangrundlag gennem en særskilt anlægslov. En anlægslov er en projektspecifik lov, som fastlægger de overordnede rammer for anlæggets placering, udformning og gennemførelse. En sådan lov kan helt eller delvist erstatte planlægning efter planloven, men ophæver ikke i sig selv krav efter anden lovgivning, herunder miljø-, strålebeskyttelses- og sikkerhedslovgivning.

Anvendelse af anlægslov er almindeligt forekommende ved større nationale infrastrukturprojekter. For nogle projekter indgår der forinden en projekteringslov. Med folketingsbeslutning B90 er der tilsvarende lagt op til, at etableringen af en langsigtet løsning for radioaktivt affald kan ske med udgangspunkt i den proces, der blev skitseret i forstudierne til et slutdepot for radioaktivt affald⁸. Denne proces omfatter blandt andet projekteringslov, miljøvurderinger, skitseprojektering samt efterfølgende forslag til og vedtagelse af en anlægslov.

4.2 Projekteringslov⁹

Det hører med til beskrivelsen af anlægslove, at alle ministerier kan beslutte at anvende anlægslove til gennemførelse af et projekt, men ikke alle ministerier har de relevante hjemler til at foretage den forudgående miljøvurdering, meddele de relevante dispensationer, sektortilladelser eller § 25 tilladelse.

De hjemler, som skal anvendes til denne proces, må derfor overføres konkret til det ministerium, som vil stå for anlægsloven og dermed projektet. En sådan lov kaldes en projekteringslov.

⁷ [Planloven](#)

⁸ Forstudier til slutdepot for radioaktivt affald. Hovedrapport. Dansk Dekommissionering (COWI A/S i samarbejde med Studsvik AB og Haslöv & Kjærsgaard), maj 2011

⁹ [vejledning-om-miljoevurdering-af-konkrete-projekter.pdf](#)

En projekteringslov har til formål at bemyndige den for projektet ansvarlige ressortminister til at organisere og foretage forberedelsen, undersøgelsen og projekteringen og til at træffe andre dispositioner i forhold til et nærmere fastsat projekt.

Bemyndigelsen har til formål at sikre, at de nødvendige hjemler er overdraget – typisk efter forhandling med den eller de faglige ressortministre – så processen kan tilrettelægges uden at skulle afvente eksterne myndigheders afgørelser. Derudover kan der være reguleringen af eksisterende ejendomsrettigheder i form af byggelinjer, forbud, og overtagelse af arealer, samt adgang til at foretage jordbundsundersøgelser.

Da projekteringslovens typiske formål er at sikre, at det forberedende arbejde med projektet kan gennemføres med henblik på at fremsætte en anlægslov, der vedtages af Folketinget, i enkeltheder, vil projekteringsloven også skulle indeholde de nødvendige hjemler til at gennemføre de nødvendige vurderinger efter bl.a. miljøvurderingsloven. Dertil kommer de EU regulerede miljømæssige vurderinger af indvirkningerne på habitater og fugle mv.

På baneområdet indeholder loven typisk hjemmel til fremrykket ekspropriation (forlods overtagelse). Fremrykket ekspropriation beskriver den situation, hvor ministeren, efter anmodning fra ejeren, under visse betingelser kan erhverve en ejendom forud for de ordinære ekspropriationer. Fremrykket ekspropriation kan dog kun komme på tale, hvis der foreligger særlige grunde hos ejeren. Fremrykket ekspropriation skal således sikre borgere, der er i særlige situationer, en mulighed for at blive eksproprieret allerede i projekteringsfasen.

På baneområdet kan projekteringslove desuden give mulighed for at fastlægge byggelinjer, der er anlægsmyndighedens mulighed for at sikre gennemførelsen af nye anlæg samt udvidelse af bestående anlæg. Byggelinjer betyder, at der ikke kan opføres ny eller genopføres bebyggelse eller andre anlæg af blivende art samt foretages væsentlige forandringer i eksisterende bebyggelse inden for den pålagte byggelinje. Byggelinjer kan alene pålægges for en periode ad gangen. Med reglerne sikres borgerne samtidig visse rettigheder, hvis de pålagte byggelinjer berører dem særligt indgribende.

Hvis der ikke laves projekteringslove, men alene igangsættes på baggrund af politisk aftale, er der ikke hjemmel til at nedlægge forbud eller byggelinjer, idet hjemlerne hertil optages i projekteringslovene.

4.3 Anlægslov

En anlægslov fungerer som det centrale lovgivningsmæssige grundlag for projektets gennemførelse og fastlægger de overordnede rammer, som de efterfølgende myndighedsgodkendelser skal administreres inden for.

Planer og projekter vedrørende nye anlæg til håndtering, lagring eller deponering af radioaktivt affald vil være omfattet af reglerne om miljøvurdering og miljøkonsekvensvurdering (se næste afsnit). Formålet er at sikre, at miljømæssige, sundhedsmæssige og samfundsmæssige konsekvenser identificeres, beskrives og vurderes, inden der træffes beslutning om projektets gennemførelse.

Miljøvurderingen vil normalt indgå som et væsentligt element i beslutningsgrundlaget for både den politiske beslutningsproces og de efterfølgende myndighedsgodkendelser. For nukleare anlæg må der forventes behov for en tæt sammenhæng mellem miljøvurderingen og ansøgninger om tilladelse efter strålebeskyttelsesloven, atomanlægsloven samt eventuelle godkendelser efter miljø- og forureningslovgivningen. Se eksempler i tekstboks fra Lynetteholm¹⁰⁻¹¹ og den Midtjyske Motorvej¹²⁻¹³. Andre case er fx Cityring i København.¹⁴

Case 1: Lynetteholm

Anlægslov for Lynetteholm blev vedtaget juni 2021.

Med Folketingets vedtagelse af lov om anlæg af Lynetteholm (anlægsloven) bemyndiges By & Havn til at anlægge Lynetteholm i overensstemmelse med bestemmelserne i anlægslovens § 1, jf. lovens bilag 1-3, projektbeskrivelsen i lovforslagets almindelige bemærkninger, den samlede miljøkonsekvensrapport og en implementeringsredegørelse.

Det fremgår af lovforslaget som fremsat, at *Loven vil udgøre miljøgodkendelsen af de udførte miljøkonsekvensvurderinger, som er foretaget i miljøkonsekvensrapporterne til projektet. Til brug for anlæggelsen af Lynetteholm indeholder lovforslaget herudover en række bestemmelser, som regulerer projektet i forhold til miljø og planlægning, ledningsarbejder m.v.*

Lovforslaget udgør på nogle punkter en fravigelse af regler i plan-, natur- og miljølovgivningen, herunder en mulighed for at afskære klageadgange, hvilket hænger sammen med, at projektet med dette lovforslag vedtages i enkeltheder af Folketinget. Anlægsloven skal således udgøre det fornødne retsgrundlag for, at Udviklingsselskabet By & Havn I/S kan udføre de fysiske arbejder og indgreb, som er en forudsætning for at gennemføre projektet. Det betyder, at Udviklingsselskabet By & Havn I/S ikke vil skulle indhente diverse administrative tilladelser, idet disse gives med anlægslovens ikrafttræden. Konsekvensen af fravigelsen af anden lovgivning er ikke, at de planlægningsmæssige, kulturhistoriske og miljømæssige hensyn, der ligger bag de pågældende bestemmelser i den almindelige lovgivning, ikke varetages i projektet. De nævnte hensyn, herunder hensyn som kan følge af direktivmæssige forpligtelser, varetages i stedet af Udviklingsselskabet By & Havn I/S i projektet efter reglerne i anlægsloven.

Rapportgrundlaget for loven kan ses på By og Havns hjemmesides Vidensarkiv. Ved at følge linket kan findes dokumenter i perioden 2018-2022.

Case 2: Jyske Motorveje

Folketinget vedtog i 1996 en projekteringslov for udbygning af rute 18 Vejle – Herning – Holstebro til motorvej eller motortrafikvej. For strækningen mellem Herning og Holstebro blev vedtaget anlægslov i 2013¹. Anlægslov for Midtjyske Motorvej blev vedtaget af folketinget december 2025.

På vejdirektoratets projekthjemmeside kan man få overblik fx ekspropriationer, konsekvenser for den enkelte ejendom og under Natur og Miljø kan man klikke sig rundt i det omfattende materiale der ligger til grund for Anlægsloven ved miljøkonsekvensvurderinger foretaget i hhv. 2020 og 2025.

¹⁰ [L 220 - 2020-21 \(oversigt\): Forslag til lov om anlæg af Lynetteholm. / Folketinget](#)

¹¹ [Mediebibliotek - Lynetteholm](#)

¹² [L 27 - 2013-14 \(oversigt\): Forslag til lov om anlæg af Holstebromotorvejen. / Folketinget](#)

¹³ [Om projektet | Vejdirektoratet](#)

¹⁴ [Bekendtgørelse af lov om en Cityring](#)

5. Miljøvurderingsloven (Ministeriet for Natur og Dyrevelfærd)¹⁵

Planlægning og etablering af anlæg til håndtering, lagring eller deponering af radioaktivt affald vil være omfattet af reglerne om miljøvurdering. Miljøvurderingsreglerne vil udgøre en væsentlig del af det regulatoriske grundlag for projektet og vil skulle inddrages gennem hele forløbet, fra analyse- og lokaliseringsfasen til planlægning, myndighedsbehandling og etablering af anlægget.

Lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM) (miljøvurderingsloven) fastlægger rammerne for vurdering af miljøpåvirkninger fra både planer og konkrete anlægsprojekter. Loven samler de tidligere adskilte regelsæt om strategisk miljøvurdering af planer og programmer (SMV) og vurdering af virkninger på miljøet for konkrete projekter (VVM) og giver mulighed for koordineret myndighedsbehandling mellem disse processer.

Miljøvurderingsloven implementerer blandt andet Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2001/42/EF om vurdering af bestemte planers og programmer indvirkning på miljøet (SEA-direktivet/ Miljøvurderingsdirektivet)¹⁶ og Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2011/92/EU om vurdering af visse offentlige og private projekters indvirkning på miljøet (EIA-direktivet/ VVM-direktivet), som ændret ved direktiv 2014/52/EU.¹⁷

Miljøvurderingsloven indeholder ligeledes to selvstændige, men indbyrdes forbundne vurderingsspor:

- **Miljøvurdering af planer og programmer** (tidl. SMV). Fastlægger rammer for fremtidige anlægstilladelser. F.eks. statslige programmer, planer, sektorplaner, kommuneplaner og lokalplaner.
- **Miljøkonsekvensvurdering af konkrete projekter (VVM)** omfattet af lovens bilag 1 og 2. For projekter, der må antages at kunne få væsentlig indvirkning på miljøet, skal der gennemføres en miljøvurdering som grundlag for myndighedens afgørelse om tilladelse til projektets gennemførelse (§ 25-tilladelse).

De to vurderingsspor vil kunne komme i anvendelse på forskellige tidspunkter i projektforsløbet og vil samlet udgøre en væsentlig del af beslutningsgrundlaget for lokalisering, planlægning og etablering af et anlæg til håndtering, lagring eller deponering af radioaktivt affald. En sådan tosporet proces benyttes fx ved DD's igangværende projekt om etablering af opgraderede lagerfaciliteter på Risøhalvøen. Processerne for miljøvurdering af hhv. planer og programmer og konkrete projekter iht. loven gennemgås overordnet i de efterfølgende afsnit.

Vurderingerne skal identificere, beskrive og vurdere de sandsynlige væsentlige virkninger på miljøet, herunder påvirkninger af blandt andet befolkning og sundhed, biodiversitet, jord, grundvand, overfladevand, landskab, kulturarv, klima, ressourceforbrug og samspillet mellem disse forhold. Sådanne vurderinger omfatter typisk vurderinger ift. andre EU-direktiver som fx naturbeskyttelsesdirektiver¹⁸ og Vandrammedirektivet¹⁹. Offentlighed og berørte myndigheder skal inddrages som led i processen.

Miljøvurdering af planer og programmer har til formål at sikre, at miljøhensyn inddrages tidligt i planlægningen, herunder gennem vurdering af alternative placeringer og løsninger. Miljøkonsekvensvurdering af projekter har til formål at belyse de samlede miljømæssige og samfundsmæssige konsekvenser af et konkret anlæg og indgår i grundlaget for myndighedernes tilladelser.

En side med links til yderligere information findes hos Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø²⁰. En oversigt over de to proces-spør fra vejledning til miljøvurderingsloven er indsat nedenfor.

¹⁵ [Miljøvurderingsloven](#)

¹⁶ DIREKTIV 2001/42/EF eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0042

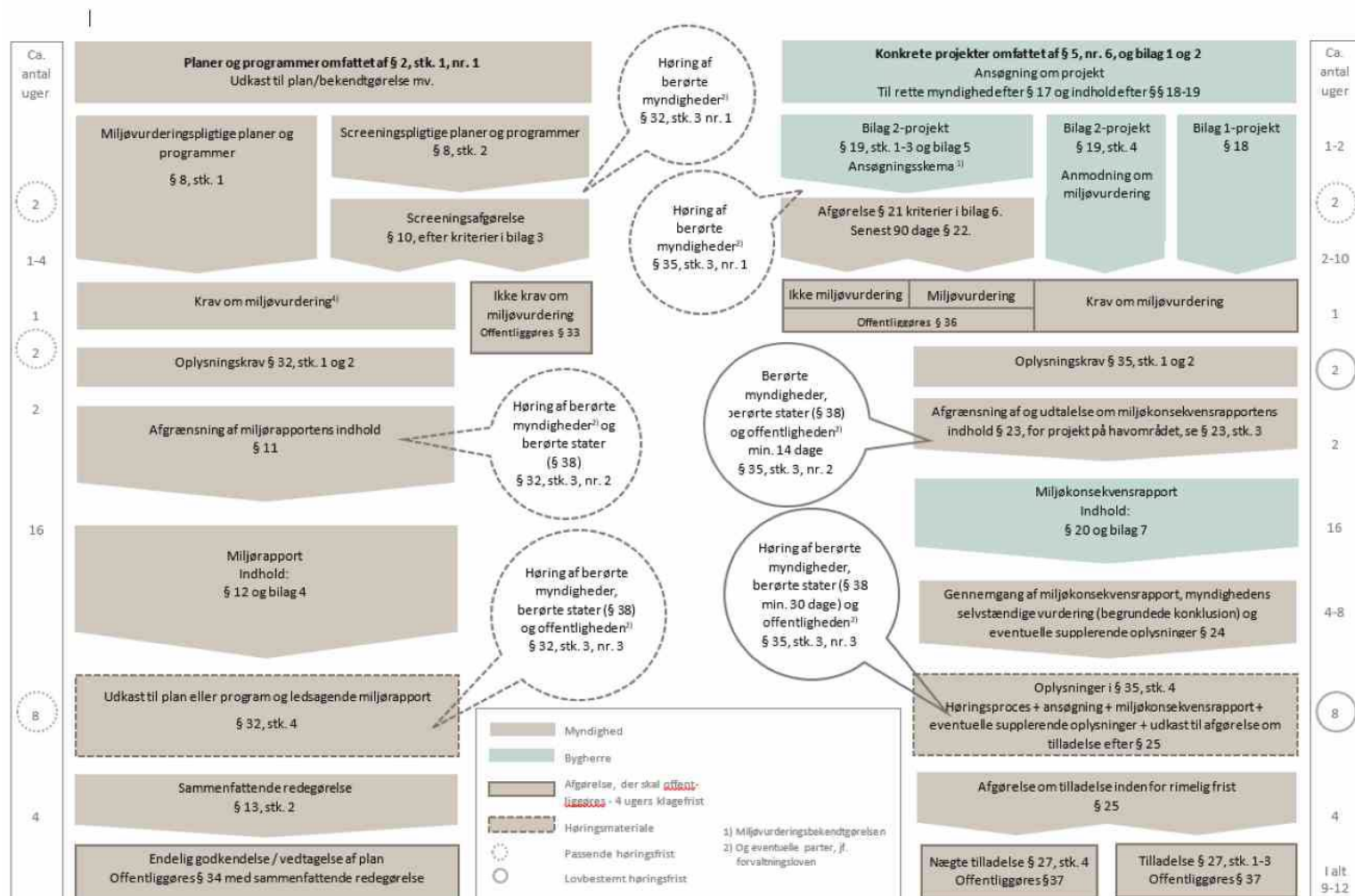
¹⁷ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2014/52/EU - af 16. april 2014 - om ændring af direktiv 2011/92/EU om vurdering af visse offentlige og private projekters indvirkning på miljøet -

¹⁸ EU's naturbeskyttelsesdirektiver - Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø

¹⁹ EU's vandrammedirektiv - Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø

²⁰ Om miljøvurdering - Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø

Miljøvurdering/screening af planer og programmer og af konkrete projekter efter miljøvurderingsloven



Figur F2.1. Oversigt over procestrin jf. miljøvurderingslovens vejledning ²¹

²¹ [Vejledning til lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter \(VVM\) Konkrete projekter](#)

5.1 Miljøvurdering af planer og programmer

Efter miljøvurderingsdirektivet skal der med henblik på at sikre et højt miljøbeskyttelsesniveau foretages en miljøvurdering af planer og programmer, som kan få væsentlig indvirkning på miljøet.

Vejledning til miljøvurderingsloven vedr. planer og programmer uddyber opgaven²².

For planer og programmer omfattet af miljøvurderingspligten gælder, at miljøvurderingen skal gennemføres under udarbejdelsen og inden vedtagelsen eller indledningen af lovgivningsproceduren for planen eller programmet.

Miljøvurderingen indledes ved en såkaldt scoping-fase, hvori indholdet af miljørapporten afgrænses, efterfulgt af en fase, hvori miljørapporten udarbejdes. Rapporten skal bl.a. indeholde oplysninger om den sandsynlige væsentlige indvirkning på miljøet. I scoping-fasen er det berørte myndigheder, der høres, og når miljørapporten er udarbejdet, indgår denne som bilag til en offentlig høring over forslaget til planen eller programmet. Efter høringen over forslaget og miljørapporten udarbejdes en sammenfattende redegørelse, som bl.a. indeholder en beskrivelse af de miljømæssige forhold i forslaget, der måtte være ændret på baggrund af høringen. Der er i projektet behov for en nærmere afklaring af forløb og omfang af miljøvurdering.²³

Selvom der er udviklet et særskilt regulatorisk spor med særlige regler om strålebeskyttelse, nuklear sikkerhed og radioaktivt affald (se Bilag E), vil nogle fag-emner fra disse spor også skulle indgå i et miljøvurderingsforløb. For miljøvurdering af opgraderede lagerfaciliteter på Risø, har SGAV eksempelvis vurderet, at påvirkningen fra drift og uheldsscenarioer på beskyttede habitattyper og arter under EU's Habitatdirektiv skal indgå. Dette omfatter også projektets tidlige faser, hvor der vurderes på påvirkning fra planer og programmer fra en fremtidig nuklear facilitet, hvor et vist kendskab til mulige uheldsscenarioer og deres strålingsmæssige påvirkninger af omgivelserne derfor vil være nødvendigt. Miljøvurderingen må således udvikles sideløbende med den nukleartechniske regulatoriske dokumentation.

Efter Miljøvurderingsdirektivet artikel 3, stk. 2, skal bl.a. gennemføres en miljøvurdering af alle planer og programmer, der udarbejdes inden for transport, affaldshåndtering, fysisk planlægning og arealanvendelse, og som fastlægger rammerne for fremtidige anlægstilladelser til de projekter, der er omhandlet i bilag I og II til VVM-direktivet²⁴. Omfattet er bl.a. dybdeboringer og anlæg til deponering af radioaktivt affald.

Derudover er omfattet planer og programmer hvor det - på grund af den sandsynlige indvirkning på lokaliteter - er besluttet, at der kræves en vurdering i medfør af artikel 6 eller 7 i habitatdirektivet. Også »planer og programmer, som ikke falder ind under stk. 2, men som fastlægger rammerne for fremtidige anlægstilladelser til projekter«, vil være omfattet af miljøvurderingspligten, hvis den pågældende plan eller det pågældende program »kan forventes at få væsentlig indvirkning på miljøet«. For sådanne planer og programmer skal der efter artikel 3, stk. 5, foretages en screening med henblik på at vurdere den forventede væsentlige indvirkning på miljøet af den konkrete plan eller det konkrete program. Screeningen foretages på grundlag af kriterierne i direktivets bilag II.²⁵

5.1.1 Miljøvurdering af det nationale program efter direktiv 2011/70/EURATOM

Henset til formålene bag miljøvurderingsdirektivet omfatter begrebet »planer og programmer« efter EU-Domstolens praksis ikke alene dokumenter, der formelt betegnes som planer eller programmer, men også retsakter, der fastlægger en betydelig helhed af kriterier og fremgangsmåder for godkendelse og gennemførelse af projekter, som kan få væsentlig indvirkning på miljøet. EU-Domstolen har således lagt vægt på, om den

²² [Vejledning til lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter \(VVM\) Planer og programmer](#)

²³ Til afklaring og afgrænsning kan notat af Februar 2018 vedr. miljøvurderingsdirektivets plan- og programbegreb med en juridisk vurdering heraf være relevant. Notatet gennemgår de juridiske konsekvenser af en EU-dom EU-dommen i sag C-290/15, D'Oultremont [Link](#)

²⁴ eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:31997L0011

²⁵ Juridisk notat om miljøvurdering [1859957.pdf](#)

pågældende retsakt skaber et styrende grundlag for senere tilladelser og beslutninger (jf. bl.a. sag C-290/15, D'Oultremont, præmis 49).

I miljøvurderingsdirektivets artikel 2, litra a, defineres planer og programmer som dokumenter, der enten udarbejdes og/eller vedtages af en national, regional eller lokal myndighed, eller udarbejdes af en myndighed med henblik på vedtagelse af folketing eller regering, og som kræves i henhold til love eller administrative bestemmelser.

Et nationalt program efter direktiv 2011/70/EURATOM vil efter en konkret vurdering kunne være omfattet af reglerne om miljøvurdering, hvis programmet fastlægger rammer for fremtidige anlægstilladelser, lokaliseringsbeslutninger eller andre dispositioner, som kan få væsentlig indvirkning på miljøet. Vurderingen vil afhænge af programmets indhold, detaljeringsgrad og retlige virkning.

I flere europæiske lande er nationale programmer for håndtering af radioaktivt affald blevet ledsaget af strategiske miljøvurderinger eller tilsvarende miljøvurderingsprocesser som led i planlægningen af langsigtede løsninger for radioaktivt affald. Eksempler er bl.a. Holland²⁶ og Finland²⁷.

5.2 Miljøkonsekvensvurdering af konkrete projekter (VVM og § 25-tilladelse)

Før byggeri kan gå i gang, skal der gennemføres en omfattende miljøvurderingsproces af det konkrete projekt, også selvom der tidligere har været gennemført miljøvurdering af den plan eller det program, projektet udspringer af.

”Vejledning til lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM)” der vedrører konkrete projekter uddyber opgaven²⁸.

Eksempler på miljøkonsekvensvurderinger kan fx ses ved Femern Bælt projektet²⁹ og metroring M5³⁰. På baggrund af miljøkonsekvensvurderings analyser og vurderinger, udsteder myndigheden en såkaldt § 25-tilladelse, der opstiller præcise krav til projektets anlæg og drift. Dette kan fx være grænser for støj og vibrationer under anlægsfasen eller til udledninger af vand og eventuelle miljøfarlige stoffer under driftsfasen.

Miljøvurderingsforløbet omhandler to offentlige høringsfaser hvor både private og offentlige aktører har mulighed for at indgive høringssvar. I den første høringsfase kan der indgives høringssvar til hvilke emner der bør grænses ind i miljøvurderingen, mens der i den anden høringsfase kan indgives høringssvar til myndighedens indstilling til § 25-tilladelse til projektet. En § 25-tilladelse kan indgives for planklagenævnet og hjemkaldes fx såfremt nævnet finder dokumentationen mangelfuld.

Væsentlige miljøbeskyttelseskrav oprinder ofte fra EUs Habitatdirektiv og Vandrammedirektiv. Det er også typisk mangelfuld vurdering af emner indenfor disse områder, der medfører at projekters tilladelser falder i planklagenævnet.

Efter habitatdirektivets artikel 12, stk. 1, er medlemsstaterne forpligtede til at træffe de nødvendige foranstaltninger til at indføre en streng beskyttelsesordning i det naturlige udbredelsesområde for de dyrearter, der er nævnt i direktivets bilag IV, litra a, med forbud mod bl.a. forsætlig forstyrrelse af disse arter, i særdeleshed i perioder, hvor dyrene yngler, udviser yngelpleje, overvintrer eller vandrer og beskadigelse eller ødelæggelse af yngle- eller rasteområder. For et depot vil mulige påvirkninger kunne forekomme i anlægsfasen (fx støj, støv, inddragelse af habitat), i driftsfasen (fx uheld med udslip af radionuklider og øvrige stoffer) og i efterlukningsfasen (udslip af radionuklider og øvrige stoffer). Efter Vandrammedirektivets artikel 4, er medlemsstaterne forpligtede til at træffe de nødvendige foranstaltninger for at opnå god økologisk tilstand i både ferske og marine vandområder. Projekter må således ikke forringe tilstanden for vandområdenes deskriptorer eller bidrage til at forhindre opfyldelse af mål

²⁶ [nprra-planmer-english-summary.pdf](#)

²⁷ [TEM SOVA](#)

²⁸ [Vejledning til lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter \(VVM\) Konkrete projekter](#)

²⁹ [VVM Dokumentation- Femern VVM](#)

³⁰ [§ 25 tilladelse til første etape af Metro M5 | Københavns Kommune](#)

om god økologiske tilstand for disse. For et depot, vil dette sandsynligvis omfatte vurderinger af udsivning af radionuklider til grundvandet i efterlukningsfasen.

Miljøvurderingen af det konkrete projekt vil også skulle omhandle vurdering af udledninger af radionuklider fra drift- og uheldsscenarier.

5.3 Samspil mellem miljøvurdering af projekt og miljøvurdering af plan ved anlægslov

En myndighed må ikke meddele § 25-tilladelse til et projekt, der forudsætter planlægning efter planloven, før det nødvendige plangrundlag for projektet er gjort gældende. Det betyder, at et udkast til §25-tilladelse først kan meddeles endeligt, når Folketinget har vedtaget en anlægslov.

Dybdeboringer omfattet af undergrundsloven blev formelt omfattet af VVM-screeningspligten som bilag II-projekter i dansk ret pr. 1. juli 2012 på baggrund af en EU-retlig fortolkning³¹. Forhold vedr. dybe boringer i nærværende projekt bør afklares.

5.4 Miljøvurdering og myndighedsroller når anlæg vedtages af folketinget ved anlægslov

Der er med B 90 angivet procestrin der bl.a. omfatter projekteringslov og anlægslov. Hvis plangrundlag og projekt fastlægges ved en anlægslov, gennemføres miljøvurderingerne fortsat i henhold til miljøvurderingsloven og direktivkrav, men som led i forberedelsen af lovforslaget. I disse tilfælde indgår både miljøvurdering af planer og programmer samt miljøkonsekvensvurdering af projekter i det samlede beslutningsgrundlag for Folketingets behandling af loven, i stedet for at indgå i en særskilt administrativ plan- eller tilladelsesproces. Vurderingerne vedlægges typisk som bilag til lovforslaget, mens selve loven fastlægger de overordnede rammer for anlægget.

Ved større anlægsprojekter i Danmark, som eksempelvis Lynetteholm, Femern Bælt forbindelsen og udviklingen af Flyvestation Værløse, er der udarbejdet omfattende miljørapporter, der samlet belyser både planmæssige alternativer og projektets konkrete påvirkninger. Disse vurderinger indgår som en integreret del af lovgrundlaget og danner grundlag for Folketingets beslutning om projekternes gennemførelse.

Kravene om offentlighed og høring efter miljøvurderingsloven gælder også ved anlægslove. Høringen gennemføres som led i forberedelsen af lovforslaget, hvor miljøvurderingen sendes i offentlig høring, og høringssvar indgår i det samlede beslutningsgrundlag for Folketingets behandling.

Ved anlægslove er det Folketinget, der fungerer som beslutningstagende myndighed på baggrund af det udarbejdede beslutningsgrundlag, herunder miljøvurderingen. Miljøvurderingen gennemføres som led i forberedelsen af lovforslaget af det ansvarlige ministerium, med bidrag fra relevante fagmyndigheder. De almindelige myndighedsroller genindtræder i forbindelse med efterfølgende tilladelser og godkendelser.

5.5 Anlægslov, miljøvurdering og offentlig inddragelse

Anvendelse af anlægslov indebærer, at de overordnede planmæssige rammer for et projekt, fastlægges direkte af Folketinget frem for gennem den almindelige kommunale planproces efter planloven. Ved større statslige anlæg integreres miljøvurderinger og miljøkonsekvensvurderinger ofte i det samlede lovforberedende arbejde, og Folketingets vedtagelse af anlægsloven udgør herefter det centrale beslutningsgrundlag for projektets gennemførelse.

Denne model kan bidrage til at skabe fremdrift og forudsigelighed i projekter af væsentlig national betydning, særligt hvor projektet berører flere myndigheder, kommuner eller sektorer, eller hvor der er behov for en samlet statslig styring af processen. Modellen anvendes ved større infrastruktur anlæg og andre anlæg af væsentlig samfundsmæssig betydning.

³¹ KEF, Alm.del - 2022-23 (2. samling) - Bilag 147: Energistyrelsens redegørelse om fejl i styrelsens VVM-praksis på olie- og gasområdet og Kammeradvokatens undersøgelse

Anvendelsen af anlægslov har imidlertid også været genstand for debat. Et tilbagevendende kritikpunkt har været, at den almindelige kommunale planlægning, de tilknyttede høringsprocesser og adgangen til efterfølgende administrativ prøvelse kan få en anden karakter eller reduceret betydning sammenlignet med den ordinære planproces. Tilsvarende har der været kritik af, at væsentlige afvejninger i højere grad flyttes fra administrative myndighedsprocesser til den politiske lovgivningsproces.^{32 33}

Lignende problemstillinger har været fremført i forbindelse med en række større anlægsprojekter, herunder etablering af faciliteter ved Flyvestation Skrydstrup i forbindelse med F-35-programmet samt nyere initiativer om særlige anlægslove for forsvarsområdet. Kritikken har blandt andet vedrørt spørgsmålet om offentlig deltagelse, klageadgang og balancen mellem hurtig projektgennemførelse og de procedurer, som normalt følger af plan- og miljølovgivningen. Samtidig har tilhængere af modellen fremhævet behovet for at kunne gennemføre anlæg af væsentlig samfundsinteresse uden risiko for langvarige plan- og klageforløb.

For et projekt vedrørende håndtering eller deponering af radioaktivt affald er denne afvejning særlig relevant. På den ene side kan der være et væsentligt samfundsmæssigt behov for at etablere en langsigtet løsning for affaldet inden for en forudsigelig tidsramme. På den anden side bygger både EURATOM-direktivet, Joint Convention og den hidtidige danske tilgang til området på principper om gennemsigtighed, offentlig information og inddragelse af interessenter. Selvom en eventuel anlægslov kan skabe et robust juridisk grundlag for projektets gennemførelse, vil det derfor være væsentligt, at offentlighed, berørte lokalsamfund og øvrige interessenter fortsat sikres en reel mulighed for deltagelse i beslutningsprocessen på et niveau, der svarer til projektets kompleksitet, tidshorisont og samfundsmæssige betydning.

Et centralt spørgsmål ved anvendelse af anlægslov på radioaktivt affaldsområdet vil derfor være, hvordan hensynet til effektiv gennemførelse af et nationalt vigtigt projekt afbalanceres over for hensynet til offentlig legitimitet, lokal accept og de internationale forventninger om åbenhed og inddragelse.

³² [-aftale-om-en-ny-lov-om-anlægsprojekter-af-13.-maj-2025-.pdf](#)

³³ [Bygge- og anlægslov slår revner i vores demokratiske fundament | Advokatsamfundet](#)

6. Miljøbeskyttelsesloven (Miljøministeriet) ³⁴

Miljøbeskyttelsesloven og regler udstedt i medfør heraf, herunder regler om affald, deponering og grundvandsbeskyttelse, vil formentlig finde anvendelse ved etablering og drift af anlæg til håndtering og deponering af radioaktivt affald inden for de generelle rammer for miljøbeskyttelse. Det gælder navnlig i forhold til regulering af forurening af jord, grundvand og overfladevand. Det nærmere samspil mellem miljøbeskyttelseslovgivningen og den strålebeskyttelsesmæssige regulering skal imidlertid afklares.

Behovet for miljøbeskyttelse omfatter affaldets strålebeskyttelsesmæssige forhold (se bilag E) men også dets indhold af øvrige farlige stoffer, herunder eksempelvis giftige kemiske stoffer og tungmetaller som fx bly og cadmium. Den radiologiske risiko reduceres over tid, mens de miljømæssige påvirkninger, som ikke er knyttet til stråling, kan være mere vedvarende. Særligt hensynet til beskyttelse af grundvand vil være centralt, idet deponeringsløsninger skal indrettes således, at der kun meget i begrænset omfang og kun over en meget lang tidshorisont kan ske udvaskning af radioaktive eller kemiske stoffer til det omgivende miljø.

7. Naturbeskyttelsesloven (Ministeriet for Natur og Dyrevelfærd) ³⁵

Naturbeskyttelsesloven og regler udstedt i medfør heraf kan få betydning for etablering og placering af anlæg til håndtering og deponering af radioaktivt affald, navnlig i forhold til beskyttelse af natur, landskab og visse arealtyper. Loven indeholder blandt andet regler om beskyttede naturtyper, beskyttelseslinjer og internationale naturbeskyttelsesområder (Natura 2000).

Natura 2000-områder er udpeget i medfør af EU's habitatdirektiv og fuglebeskyttelsesdirektiv, og der gælder skærpede krav til vurdering af projekters påvirkning af disse områder. Ved planlægning af nye anlæg skal det derfor afklares, om projektet kan påvirke beskyttede naturtyper eller arter, og om der skal gennemføres en habitatvurdering. Projekter kan kun gennemføres, hvis det kan dokumenteres, at de ikke skader områdets integritet, eller hvis særlige undtagelsesbetingelser er opfyldt.

Naturbeskyttelsesloven og de overliggende EU-direktiver vil dermed indgå som en væsentlig del af det samlede vurderingsgrundlag for placering og udformning af anlæg til håndtering af radioaktivt affald. Det konkrete samspil med øvrig regulering, herunder miljø- og strålebeskyttelseslovgivning, skal afklares i forbindelse med den videre planlægning og myndighedsbehandling.

8. Byggeloven (Social- og Boligministeriet) ³⁶

Opførelse af alle anlæg herunder anlæg til håndtering af radioaktivt affald kræver byggetilladelse efter byggeloven. Byggeloven skal sikre, at anlæggene opføres og indrettes i overensstemmelse med gældende tekniske og sikkerhedsmæssige krav, herunder krav til konstruktion, stabilitet, brandsikkerhed og sikker drift.

Ved behandlingen af en ansøgning om byggetilladelse, skal byggemyndigheden desuden sikre, at relevant anden lovgivning er iagttaget, herunder regler inden for miljø, arbejdsmiljø, beredskab og strålingsbeskyttelse. Byggetilladelsen fungerer dermed som et centralt koordinerende element, der bidrager til, at alle nødvendige myndighedskrav er opfyldt, inden anlægget kan opføres og tages i brug.

For depotkoncepter, der omfatter tunneler, skakter, depotkamre eller andre anlæg i undergrunden, kan der opstå spørgsmål om myndighedskompetence efter byggelovgivningen. Almindeligvis er kommunalbestyrelsen byggemyndighed, men for visse større tekniske infrastrukturanlæg er byggemyndighedskompetencen imidlertid placeret hos en statslig myndighed. Eksempelvis blev byggesagsbehandlingen ved etableringen af Metro Cityringen af de underjordiske anlæg varetaget af Trafikstyrelsen, mens kommunerne fortsat havde en rolle i forhold til de synlige anlæg og byrumsmæssige elementer på terræn. Der er altså være behov for at afklare, om

³⁴ [Miljøbeskyttelsesloven](#)

³⁵ [Naturbeskyttelsesloven](#)

³⁶ [Byggeloven](#)

myndighedsbehandlingen af anlæg i projektet er opdelt mellem flere myndigheder opdelt efter underjordiske og overjordiske anlægsdele.

Hvis der i indgår omfattende underjordiske konstruktioner, eller hvis tunnel- og depotstrukturer strækker sig uden for det areal, hvor overfladeanlæggene medfører dette en forøget kompleksitet. Et sådant anlæg vil omfatte komplekse og teknisk specialiserede konstruktioner og vil kræve betydelige ressourcer og kompetencer hos den behandlende myndighed, da det drejer sig om specialbyggeri.

Det bør derfor afklares nærmere, hvilke dele af et eventuelt depotanlæg der vil være omfattet af den kommunale byggemyndigheds kompetence, og om statslige myndigheder vil få kompetence for dele af anlægget eller for projektet som helhed. Der vil være behov for at afklare dette i en analysefase med henblik på planlægning af det forberedende analyse og myndighedsforberedende arbejde.

9. Jordforureningsloven (Miljø- og Ligestillingsministeriet)³⁷

Jordforureningsloven har til formål at forebygge og begrænse risikoen fra jordforurening samt sikre, at jordforurening ikke medfører uacceptable påvirkninger af mennesker, grundvand, overfladevand eller miljøet. For et depotprojekt kan loven få betydning både i forbindelse med valg af lokalitet, gennemførelse af undersøgelser, projektering af anlæg og udførelse af anlægsarbejder.

Depotanlæg med tunneler, skakter, depotkamre eller andre underjordiske konstruktioner vil typisk omfatte omfattende jordarbejder og udgravninger. Der er derfor opstået behov for at undersøge, om de berørte arealer er kortlagt efter jordforureningsloven, eller om der foreligger kendte eller potentielle forureningsforhold, som kan påvirke projektet.

Regionerne har ansvaret for kortlægning og undersøgelse af jordforurening, mens kommunerne varetager en række myndighedsopgaver efter loven, herunder behandling af anmeldelser om jordflytning. Hvis projektet placeres på et areal, der er kortlagt som forurenet, kan etablering af bygninger, tekniske anlæg, tunneler, skakter eller andre konstruktioner kræve tilladelse efter jordforureningslovens § 8. Formålet med tilladelsen er blandt andet at sikre, at anlægsarbejdet ikke forværrer forureningssituationen eller øger risikoen for mennesker og miljø.

Jordforurening vil normalt blive undersøgt nærmere som led i de geologiske, miljømæssige og tekniske undersøgelser, der gennemføres i lokaliserings- og projekteringsfasen. Resultaterne kan få betydning for anlæggets placering, udformning, funderingsforhold og anlægsmetoder. Der kan også opstå behov for afværgeforanstaltninger, særskilt håndtering af forurenede jordmasser eller ændringer i anlægsdesignet.

Anlægsarbejderne vil formentlig medføre håndtering og flytning af betydelige mængder jord. Sker jordflytning fra kortlagte arealer eller områdeklassificerede områder er det omfattet af regler om anmeldelse, prøvetagning, klassificering og dokumentation. Den opgravede jord skal som udgangspunkt klassificeres efter forureningsgrad, og anvendelse, genanvendelse, midlertidig oplagring eller bortskaffelse skal ske i overensstemmelse med gældende regler og eventuelle krav fra myndighederne. Der kan endvidere gælde krav til modtageanlæg, transport og dokumentation af jordens forureningsmæssige status.

Omfanget af myndighedsbehandling, analyser og tilladelser vil afhænge af lokalitetens forureningsforhold samt de jordmængder, projektet genererer. For et større depotanlæg kan jordhåndtering udgøre en selvstændig og væsentlig del af anlægsprojektet, både teknisk, økonomisk og logistisk.

Jordforureningsloven har derfor primært betydning i lokaliserings-, undersøgelses-, projekterings- og anlægsfasen. Tidlig afklaring af forureningsforhold og krav til jordhåndtering kan være vigtig for planlægning af undersøgelser, myndighedsprocesser, tidsplaner og anlægsøkonomi.

³⁷ [Jordforureningsloven](#)

For depotkoncepter med omfattende underjordiske anlæg kan håndtering af de opgravede jordmasser udgøre et væsentligt element i projektets planlægning og økonomi. Dette gælder også, hvor materialerne ikke er forurenede, idet der kan være behov for betydelig transportkapacitet, mellemoplagring, dokumentation og afsætning eller nyttiggørelse af overskudsmaterialerne.

10. Museumsloven (Kulturministeriet)³⁸

Museumsloven har til formål at beskytte væsentlige kulturhistoriske værdier, herunder fortidsminder og arkæologiske levn. Etablering af et depotanlæg kan omfatte omfattende jord- og anlægsarbejder og dermed berøre områder med kulturhistoriske interesser.

I forbindelse med planlægning af større anlægsprojekter gennemføres der normalt tidligt i projektforløbet dialog med det ansvarlige museum med henblik på at vurdere sandsynligheden for arkæologiske fund. På baggrund heraf kan der gennemføres arkæologiske forundersøgelser for at afklare, om anlægsarbejderne kan påvirke væsentlige fortidsminder eller andre bevaringsværdige kulturhistoriske levn.

Hvis forundersøgelserne påviser væsentlige arkæologiske interesser, kan det medføre behov for yderligere undersøgelser, arkæologiske udgravninger eller tilpasninger af anlæggets placering og udformning. For et depotprojekt kan dette omfatte både overfladeanlæg, adgangsveje, skakter, tekniske anlæg og andre områder, hvor der gennemføres jordarbejder.

Efter museumsloven afholder bygherren udgifterne til nødvendige arkæologiske forundersøgelser og undersøgelser, der gennemføres som følge af projektet. Museumsloven kan derfor få betydning for projektets omkostninger, arealdisponering og tidsplan. Der kan desuden opstå behov for standsning af anlægsarbejder, hvis der under udførelsen fremkommer hidtil ukendte fortidsminder eller andre arkæologiske fund, indtil forholdet er undersøgt og afklaret.

Museumsloven har således primært betydning i lokaliserings-, undersøgelses- og anlægsfasen, hvor den indgår som en del af grundlaget for planlægning og gennemførelse af anlægsarbejder.

11. Grænseoverskridende miljøvurdering og EURATOM-procedurer (Internationale regler og aftaler)

Et depotprojekt for radioaktivt affald kan udløse internationale procedurer efter både Espoo-konventionen og EURATOM-traktaten. De mest relevante er den grænseoverskridende miljøvurderingsprocedure efter Espoo-konventionen samt procedurerne efter EURATOM-traktatens artikel 37 og artikel 41. Procedurer efter EURATOM-traktatens artikel 37 og artikel 41 er beskrevet i bilag E. Procedurerne har forskellige formål og retsvirkninger, men kan formentlig gennemføres parallelt i forbindelse med planlægning og godkendelse af et depotanlæg.

11.1 International miljøvurdering og høring af berørte lande efter Espoo-konventionen

Konventionen om vurdering af virkninger på miljøet på tværs af landegrænser (Espoo-konventionen) fra 1991 forpligter de deltagende stater til at gennemføre konsultationer med andre berørte stater, når et projekt kan forventes at medføre væsentlige grænseoverskridende miljøpåvirkninger. Konventionen er gennemført i EU-retten gennem reglerne om miljøvurdering og indgår i den danske regulering gennem miljøvurderingsloven.

Hvis Danmark vurderer, at et depotprojekt kan påvirke miljøet i en anden stat, eller hvis en anden stat anmoder om at deltage i processen, skal den berørte stat underrettes og gives mulighed for at deltage i miljøvurderingsprocessen. Dette omfatter blandt andet fremsendelse af miljøvurderingsmateriale, offentlig høring og myndighedskonsultationer om projektets potentielle miljøpåvirkninger og mulige afværgeforanstaltninger.

Det vil skulle afklares hvilket ministerie der varetager opgaven.

³⁸ [Bekendtgørelse af museumsloven](#)

11.2 Øvrige internationale forhold

De procedurer, der er beskrevet ovenfor, udgør ikke en udtømmende gennemgang af de internationale regler og forpligtelser, som kan være relevante for et depotprojekt. Afhængigt af projektets karakter og lokalitet kan der desuden være krav, der følger af andre internationale konventioner samt EU-retlige regler inden for blandt andet miljø-, natur- og kulturarvsområdet. Relevansen af sådanne regler vil skulle vurderes i forbindelse med de konkrete myndighedsprocesser for projektet.

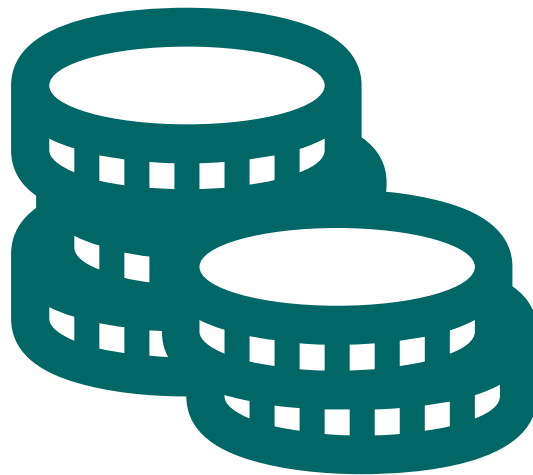
Projektgrundlag

Slutdepot - Langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald

TEKNISK BILAG G

Økonomiske forudsætninger og proces

FORELØBIGT UDKAST



Indhold

Læsevejledning og hovedpointer	2
Teknisk Bilag G. 1. Økonomimiske forudsætninger og proces	4

Læsevejledning og hovedpointer

Dette bilag belyser de økonomiske forudsætninger for den langsigtede håndtering af det danske radioaktive affald med udgangspunkt i Folketingsbeslutning B 90/2018. Bilaget gennemgår grundlaget for den afsatte reserve, de bagvedliggende økonomiske overslag samt de forudsætninger og aktiviteter, som indgik i det oprindelige beslutningsgrundlag. Bilaget identificerer en række aktiviteter omfattet af nærværende projektgrundlag, som ikke umiddelbart ses omfattet af overslag, der lå til grund for B 90.

Der beskrives en mulig overordnet proces for videre trinvis udvikling af budgettering inspireret af principperne for statslige anlægsprojekter på Transportministeriets område.

- **Bilag G.1** beskriver den afsatte reserve og de økonomiske forudsætninger bag Folketingsbeslutning B 90, identificerer aktiviteter og omkostninger, som ikke umiddelbart ses nærmere behandlet i det oprindelige beslutningsgrundlag, samt skitserer en metode for den videre budgettering, modenhedsvurdering og økonomistyring af projektet.

Bilaget peger samlet på følgende centrale forhold:

1. **Den afsatte reserve på 1,2 mia. kr. (2018-pl) bygger på et ældre og meget overordnet grundlag.** En væsentlig del af de økonomiske forudsætninger i B 90 kan henføres til overslag og forstudier fra perioden 2011-2017, udarbejdet som del af udviklingen af beslutningsgrundlag og angives at være udarbejdet med betydelige usikkerheder. Området har internationalt udviklet sig væsentligt siden da og grundlaget bør opdateres.
2. **Hovedparten af den afsatte reserve er ikke udmøntet.** De fleste aktiviteter, der forudsættes finansieret af den afsatte reserve er endnu ikke igangsat og der er ikke tildelt bevilling til opgaven. GEUS' fik bevilling til geologiske undersøgelser af dyb geologi, men projektets videre forløb afventer afklaring. Der er behov for tidlig afklaring af bevillingsmæssige rammer for både DD og GEUS' videre arbejde som forudsætning for projektet igangsættelse jf. projektgrundlagets afsnit 1.2 og afsnit om økonomi.
3. **Flere væsentlige aktiviteter ses ikke umiddelbart omfattet af de oprindelige budgetforudsætninger.** Dette gælder blandt andet projektorganisation, sikkerhedsvurderinger, myndighedsprocesser, interessentinddragelse samt store dele af arbejdet med den nationale affaldsbeholdning og depotudviklingen.
4. **Der er behov for en trinvis budgettering af projektet.** For at få mere robust viden om anlægsøkonomi og finansiering, er der behov for tekniske forundersøgelser, opdaterede økonomiske analyser og beslutning om en gradvis modning af projektet. Bilaget foreslår derfor en trinvis udvikling af beslutningsoplæg med kvalificering af budgetter, risikovurderinger og ekstern kvalitetssikring som grundlag for fremtidige politiske beslutninger.

Teknisk Bilag G. 1. Økonomiske forudsætninger og proces

1. Afsat reserve og udgiftsrammer jf. Folketingsbeslutning B 90

I afsnittet gennemgås grundlaget for afsat reserve med Folketingsbeslutning B 90/2018.

Der blev med B 90 afsat reserve på ca. 1,2 mia. kr. (2018-pl) til slutdepot. Denne samt de samlede udgiftsrammer fremgår af B 90 Tabel 1, og de forventede årlige udgifter i perioden fra 2018 til 2037 fremgår af B 90-tabel 2. Alle beløb der hidrører fra B 90 er angivet i 2018-pl. En række forudgående analyser og økonomiske overslag er angivet i priser fra de pågældende rapporters udgivelsesår.

Tabel 1 og 2 Afsat reserve vedr. slutdepot jf. folketingsbeslutning B 90 om en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald¹

Tabel 1. Udgifter ved en langsigtet løsning for radioaktivt affald til og med 2122 (mio. kr., 2018-pl)	
	Udgift
Slutdepot	
Undersøgelser af dyb geologi ned til 500 meter	80,0
Lokalisering	29,0
Projektering og udbud	29,0
Arealerhvervelse	8,0
Flytning af radioaktivt affald	3,0
Opførelse og ibrugtagning af slutdepot (afskrivninger)	331,0
Renteudgifter til låneramme	441,0
Drift af slutdepot	250,0
I alt 1,171 mia. kr. (2018-pl)	

Tabel 2. Årlige udgifter i perioden fra 2018 til 2037 (mio. kr., 2018-pl)		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Slutdepot																					
Dyb geologi		16,0	16,0	16,0	16,0	16,0															
Lokalisering								13,0	16,0												
Projektering og udbud										5,0	5,0	6,0	4,0	4,0	5,0						
Arealerhvervelse																8,0					
Flytning af affald*																					
Opførelse*																					
Renteudgifter*																					
Driftsudgifter*																					

*Udgifter relateret til flytning af affald, opførelse af slutdepot, renter og drift afholdes efter 2037 og fremgår derfor ikke.

Ved estimeringen af de samlede udgifter er det jf. B 90 forudsat, at et depot er taget i brug i 2073, og at depotet herefter afskrives og forrentes over 50 år, hvilket indebærer, at depotet er fuldt afskrevet i 2122. Efter 2122 vil der fortsat være udgifter til modtagelse og deponering af fremtidigt radioaktivt affald. De årlige udgifter til dette formål er skønnet til ca. 5 mio. kr.

Det fremgår af B 90, at de oplyste udgiftsposter er behæftet med en betydelig usikkerhed, idet der ikke er danske erfaringer med lokalisering, projektering og opførelse af anlæg af denne karakter. Hertil kommer tidshorisontens længde, som indebærer, at udgiftsprofilerne kan ændre sig i forbindelse med det endelige projekt.

¹ Folketingsbeslutning B90 om en langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald. Link: [20171_b90_som_fremsat.pdf](#)

1.1 Baggrund og budgetforudsætninger for B 90

Af B 90 (som fremsat) fremgår kun i begrænset omfang hvilke forudsætninger, der er lagt til grund for de angivne udgifter og bevilling. Disse gennemgås derfor nedenfor. De økonomiske forudsætninger bygger hovedsageligt på økonomiske overslag fra 2011 samt opfølgende rapporter og notater fra 2016-2017. Alle overslag er udarbejdet på et særdeles overordnet niveau og afspejler at projektet i 2018 var i en indledende afklarende fase.

Undersøgelser af dyb geologi – Bevilling til GEUS § 29.41.01.

Bevilling til GEUSs undersøgelser af dyb geologi på 80 mio. kr. blev givet på baggrund af et overslag udarbejdet af GEUS for en række opgaver over en periode på 5 år (2018-2022). Dette omfatter den nu udførte foranalyse offentliggjort januar 2022. Herefter var afsat budget til deltagelse på møder ved lokaliseringsproces i et begrænset omfang samt 6 prøveboringer og en række andre undersøgelser af 2-3 udvalgte lokaliteter.

Denne del af bevillingen er givet som særskilt finanslovsbevilling til GEUS. Bevillingen blev udskudt og er afsluttet i 2025. Der er på nuværende tidspunkt ændret på de oprindelige forudsætninger for dette overslag. GEUS har efter 1. januar 2026 ikke bevilling til at deltage i projektet og der vurderes at være et behov for rebudgettering samt afklaring af bevillingsformål og økonomiske rammer for GEUS fortsatte deltagelse.

GEUSs eventuelle involvering i det integrerede samarbejde med DD om sikkerhedsvurdering - hvori geologiske forhold indgår som en helt central parameter – er ikke omfattet af bevillingen. Dette forhold bør ligeledes afklares.

Lokalisering, projektering og udbud

Begge poster er anført iht. appendix J i Forstudier til depot fra 2011 jf. nedenstående tabel.

Lokalisering

Som det fremgår af B 90, er der afsat 29 mio. kr. til lokaliseringsprocessen i en periode fra 2024 til 2025. Opgaven er ikke igangsat.

Det fremgår af notat fra daværende Styrelse for Institutioner og Uddannelsesstøtte af 3. dec. 2017, at der henvises til appendix J i forstudier til depot fra 2011 (se nedenstående tabel).

Denne del af den afsatte reserve knytter sig formentlig til B 90 afsnit IV "Lokalisering af slutdepot". Her beskrives at "der skal ske en revurdering af det bestående grundlag for et dansk slutdepot med henblik på, at der bliver iværksat en endelig lokalisering af et dybt geologisk slutdepot under iagttagelse af, at sikkerhedsmæssige hensyn skal veje tungt i den endelige beslutning om lokalisering."

Sikkerheden omkring et slutdepot er baseret på, at depotet består af en række fysiske og kemiske barrierer, som alle er udvalgt, så de tilsammen i størst muligt omfang forhindrer, hæmmer og forsinker udslip fra depotet til omgivelserne uden yderligere menneskelig indgriben og sikrer, at man til enhver tid ikke udsætter mennesker og miljø for en strålingspåvirkning over de niveauer, som de nukleare tilsynsmyndigheder har tilladt.

Der henvises i afsnittet til: Rapport om sikkerhed, økonomi og drift for en dansk langtidsmellemlagerløsning for radioaktivt af fald. COWI A/S for Dansk Dekommissionering, august 2016².

Det fremgår desuden af afsnittet at: "Når relevante lokaliteter for geologiske undersøgelser ned til 500 meters dybde er blevet identificeret, vil der blive etableret en grundig dialog med de berørte kommuner. Dialogen vil give kommuner mulighed for at indmelde interesse og ønsker. Dialogen vil angå forudsætninger og vilkår for beslutning om lokalisering med henblik på at gennemføre en proces under størst mulig hensyntagen til lokale forhold og kommunernes interesser. Som led i dialogen vil der blive gennemført en proces, hvor kommuner med relevante

² [2016_mellemlager_sikkerhed_oekonomi_drift.pdf](#)

undersøgelseslokaliteter vil få mulighed for at tilkendegive interesse i at indgå i et partnerskab om undersøgelse af tekniske, miljømæssige og socioøkonomiske forhold i forbindelse med lokalisering af et slutdepot³. Der henvises samtidig til en række forudgående rapporter³.

Projektering og udbud

Der er afsat 29 mio. kr. til projektering og udbud i en periode fra 2026-2031. Opgaven er ikke igangsat. Der henvises til appendix J i forstudier til depot fra 2011 jf. nedenstående tabel.

Tabel 3. Appendix J i forstudier til depot fra 2011 indeholder en opsummering af det økonomiske overslag udført på daværende tidspunkt.

Tabel J.13.1 Økonomisk overslag for den skitserede aktivitetsplan frem til etablering af et depot

Aktivitet	Overslag, kr.
Planlægning af det videre forløb	300.000 - 500.000
Udpegnings af mulige lokaliteter	22,5 - 30 mio.
Projekteringslov	500.000*
VVM-proces og skitseprojektering	2 - 5 mio.
Forslag til og vedtagelse af anlægslov	1 mio. *
Detailprojektering og udbud	1 - 2 mio. *
I alt	27 - 39 mio.

* Overslaget er behæftet med usikkerhed – for de med stjerne markerede felter er usikkerheden betydelig.

Forudsætningerne for det foreslåede forløb: lokalisering, projekteringslov, VVM, anlægslov mv. tog i 2011 udgangspunkt i den daværende teknisk baserede screeningsproces hvor bl.a. GEUS var involveret i udpegnings af først ca. 20 potentielle lokaliteter samt efterfølgende begrænsning til ca. 5-6 mulige lokaliteter. Det fremgik af rapporten at der var forudsat indledende undersøgelser på 5 til 6 lokaliteter og detaljerede undersøgelser på 2-3 lokaliteter.

Overslaget bygger på en meget overordnet beskrivelse af en hovedproces med særlig vægt på VVM-processen forud for anlægslov, mens andre dele af processen ikke var omtalt.

Der er dermed samlet afsat 2 gange 29 mio. kr. i 2018 på baggrund af et overslag på 27-39 mio. kr. udarbejdet i 2011 på baggrund af en række meget overordnede forudsætninger.

Til denne del af processen er altså afsat en samlet reserve på i alt 58 mio. kr. (2018-pl), som der udestår overordnet tilrettelæggelse og opdaterede budgetoverslag for.

³

- Supplerende langtidsmellemlagerstudier – sammenfatning. Dansk Dekommissionering og De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, december 2016.
- Kriterier og proces for lokalisering af et langtidsmellemlager for det lav- og mellemaktive affald fra Risø. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, december 2016.
- Forstudier til slutdepot for radioaktivt affald. Hovedrapport. Dansk Dekommissionering (COWI A/S i samarbejde med Studsvik AB og Haslev & Kjærsgaard), maj 2011

Arealerhvervelse

COWI's prisestimat fra 2011 for omkostninger ved arealerhvervelse bygger på en arealpris på 200 kr/m². Ekspropriationsforretningen indgår i beregningen. Den afsatte bevilling på 8 mio. kr. (i 2018 - pl) svarer altså til erhvervelse af maksimalt 4 Ha.

Flytning af affald

Der er med B 90 afsat 3 mio. kr. til transport og flytning af affald fra Risø til ny lokalitet. Det fremgik at udgiften forventes at ligge efter 2037.

Reserven er afsat på baggrund af transportanalyse udarbejdet af Sundhedsstyrelsen i 2011.⁴ Oplysninger og volumen, destinationer og transportregler indgår ikke.

Opførelse, renteudgifter og driftsudgifter

I den afsatte reserve besluttet med B 90 indgik i alt 1,022 mia. kr. til opførelse, renteudgifter og driftsudgifter. Det fremgik at udgifter forventes at ligge efter 2037.

Ved forstudier udarbejdet af COWI for DD i 2011⁵ blev udarbejdet økonomioverslag for flere forskellige depottyper beskrevet i rapporten. Overslag indeholdt arealerhvervelse, design, udbud af anlæg, anlæg, boring, lukning, tilsyn og drift i 31 år. Overslag lå mellem 344 mio. kr. og 607 mio.kr. (2011-pl) med en usikkerhed på de enkelte poster på mellem 17,5 % og 250 %.

1.2 Øvrige opgaver der ikke ses beskrevet ift. reserve afsat med B 90

Der er ikke afsat budget til projektets bemanning hos ansvarshavende for projektet eller bidragydende myndigheder. Derudover er en række områder ikke beskrevet. Det gælder *affaldshåndtering, -minimering, -karakterisering, -beholdere og it-understøttelse før deponering samt sikkerhedsvurderinger og myndighedsprocesser.*

Overordnet set antages det, at reserven omfatter udgifter til processen frem til at det radioaktive affald er deponeret. Helt centralt i denne proces er imidlertid arbejdet med affaldet og etablering af det grundlag, der er nødvendigt for at udvikle og dokumentere sikkerhed for den danske affaldsbeholdning. B 90 beskriver da også denne sikkerhed som en afgørende faktor, men posterne til den afsatte reserve omfatter ikke disse aktiviteter.

B 90 berører, men beskriver ikke den rolle som en waste management organisations (WMO) typiske har i den integrerede udvikling af et depotprojekt. Rolle og tilhørende opgaver er beskrevet flere steder i nærværende projektmateriale og er velkendte fra internationale depotprogrammer. WMO'ens opgaver vedrørende bl.a. affaldskarakterisering og sikkerhedsvurdering nævnes i B 90, men ikke er afspejlet i de tilhørende budgetposter. Der henvises til Bilag B om den danske affaldsbeholdning og Bilag E om sikkerhed for en nærmere gennemgang af disse opgaver. Desuden beskrives i Bilag C og D den integration, der er nødvendig mellem sikkerhed, lokalisering og depotdesign.

Området har udviklet sig væsentligt internationalt siden proces og overslag blev udarbejdet i 2011. Flere internationale eksperter har desuden peget på behovet for en mere detaljeret karakterisering af den danske affaldsbeholdning. Det fremgår af adskillige dokumenter og rapporter siden etableringen af DD i 2000-2003, at der udestår en betydelig opgave med affaldskarakterisering og tilhørende analyser.

DD blev etableret med det hovedformål at dekommissionere anlæg overdraget fra Forskningscenter Risø. Der blev ikke afsat driftsbevilling til opgaver vedr. affaldskarakterisering mv. med henblik på slutdepot. Det indgik i Folketingsbeslutning B 48 at beslutningsoplæg om slutdepot skulle udarbejdes. Som del af processen forud for B

⁴ Radiation doses from the transport of radioactive waste to a future repository in Denmark - A model study, SIS 2011

⁵ [Microsoft Word - Hovedrapport Dansk Juni 2011.docx](#) afsnit 10 og bilag I

90 blev et mindre engangsbeløb bevilliget til DD og fra 2014 har DD haft finansiell hjemmel til at forberede affaldet til deponering, uden der dog er tildelt yderligere bevilling hertil.

Ved akt. 57 af 24. januar 2013 fremgik det følgende: *"Før det historiske, radioaktive affald er klar til deponering, skal der igangsættes et omfattende karakteriserings- og konditioneringsprogram. Det skal sikre, at det radioaktive affald er kendt i så stor detalje som muligt, så sikkerhedsanalyserne i forhold til slutdepotet bliver så retvisende som muligt. Programmet skal desuden sikre, at affaldet er pakket hensigtsmæssigt for i videst muligt omfang at hæmme udsivning fra depotet. Karakteriserings- og konditioneringsprogrammet er tids- og ressourcekrævende, og bør derfor igangsættes nu for at sikre, at affaldet er klar til levering når depotet er etableret."* Jf. FL 2014 omfatter dette at affaldet skal beskrives, måles og eventuelt ifm. slutdepot omemballeres. Karakteriseringen skal bruges til at gøre de detaljerede sikkerhedsanalyser, som foretages i forbindelse med planlægning af depotet, så retvisende som muligt. Frem til FL2025 fremgik desuden af DD's opgaver og mål: *Dansk Dekommissionering skal beskrive, måle og eventuelt omemballere radioaktivt affald. Karakterisering af affaldet skal anvendes til at gøre de detaljerede sikkerhedsanalyser, som gennemføres i forbindelse med planlægning af et slutdepot, så retvisende som muligt.*

Øvrige myndighedsprocesser

Det fremgår ikke af B 90, at der er afsat bevilling til den langvarige og omfattende proces frem til anlæg og deponering kan myndighedsgodkendes (udover den VVM-proces, der forudsættes forud for vedtagelse af anlægslov). For en uddybning henvises til Bilag E om Sikkerhed, sikring og Safeguards samt Bilag F om anden regulering.

NORM affald⁶

Der fremgår følgende af notat udarbejdet af daværende Styrelse for Institutioner og Uddannelsesstøtte før folketingsbeslutningen: *"Det bemærkes, at hvis slutdepotet skal behandle NORM affald (affald med naturligt optrædende radioaktivt materiale), vil vurderingen af slutdepotets dimensionering og modtagefunktionens personalenormering skulle genberegnes"*.

Den langsigtede løsning skal jf. B 90 omfatte *"alle affaldstyper i den danske affaldssammensætning"*. Dette er i overensstemmelse med direktivkrav hvorefter der skal være *"strategier eller planer og tekniske løsninger med hensyn til håndtering [...] fra frembringelse til deponering"* og disse planer *"omfatter alle typer [...] og alle faser af håndteringen af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald fra frembringelse til deponering"*.⁷

Om NORM affaldet fremgår det af B 90 at *"Et slutdepot kan overvejes også at skulle kunne modtage NORM affald, som på nuværende tidspunkt oplagres af affaldets ejere, indtil deponering kan finde sted."* Som det fremgår af B 90, er der også NORM affald i affaldsbeholdningen hos DD.

Jf. strålebeskyttelsesmyndighedens årsberetning 2025⁸ fremgår det, at der *"i alt opbevares ca. 1800 tons NORM-affald fordelt på otte lokaliteter i Danmark. Ansvar for opbevaring af NORM-affald ligger hos de virksomheder, hvis produktion giver anledning til dannelse af NORM-affald. Det største oplag af NORM-affald findes hos Dansk Dekommissionering og udgøres primært af rester fra uran udvindingsforsøg udført i driftsperioden for de nukleare anlæg ved Risø. De resterende mængder NORM affald stammer fra olie- og gasudvinding og geotermisk varmeudvinding."*

⁶ [NORM og NORM-affald | Sundhedsstyrelsen](#)

⁷ Rådets Direktiv 2011/70/EURATOM af 19. juli 2011 om fastsættelse af en fællesskabsramme for ansvarlig og sikker håndtering brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald [Link](#)

⁸ [Strålebeskyttelse](#) Myndighedens årsberetning 2025 (udg. 7. juli 2026)

Affaldstypen udgør et stort volumen, men en lav langsigtet risiko hvilket har betydning for tilrettelæggelser af deponering.

Inddragende proces

Omkring 2011 blev gennemført en udpegningsproces for seks mulige lokaliteter. Processen skabte udfordringer hos de berørte kommuner og i offentligheden, og processen måtte sættes på pause. Lignende erfaringer er kendt fra udlandet. Med B 90 blev da også lagt op til en mere inddragende proces ifm. lokalisering men også i projektet som helhed (se nærmere i bilag D om lokalisering). Det fremgår ikke, at der er afsat midler til gennemførelse af inddragelsesprocesser, der afhængig af design kan være tids- og ressourcekrævende.

Fortsat sondering af international løsning for deponering af affald

Opgaven fremgår af B 90, men ses ikke nævnt ifm. overslag eller baggrundsmateriale vedr. den afsatte reserve i B 90. Hvis der skal afsøges internationale muligheder, vil der være behov for mandat og økonomi til dette.

1.3 Vurdering af den nuværende situation

For at opnå fremdrift i projektet anbefales det at etablere styring, plan og budget. Dette indebærer bl.a. at dele af reserven udmøntes til relevante myndigheder.

Sammenfattende har det analytiske grundlag for bevilling jf. B 90 karakter af indledende forstudier. De har dermed en særdeles overordnet karakter og bygger desuden på overslag, der er ca. 15 år gamle. I perioden har denne type projekter udviklet sig i udlandet og det må forventes, at der i dag er et bedre grundlag for at udvikle en plan og udarbejde budget herfor. Det vil formentlig være hensigtsmæssigt at opdatere udgiftsestimater knyttet til etablering af anlæg og depoter. En opdeling forudsætter dog indledende tekniske forundersøgelser samt bevilling til projektets indledende fase og opgaver de kommende år.

Det bemærkes at DD på UFM's foranledning fik udarbejdet et foreløbigt økonomisk overslag over anlægsudgifter for udvalgte depotyper. Her lå overslag der lå i niveauet 4-8 mia. kr. for selve anlægsfasen på en velbeskrevet og forundersøgt lokalitet. Der er således usikkerhed om hvorvidt den afsatte reserve er dækkende.

EU-direktiv 2011/70/EURATOM stiller krav om, at der etableres finansieringsordninger, som sikrer tilstrækkelige ressourcer når der er behov herfor til gennemførelse af det nationale program for håndtering af radioaktivt affald. Dette skal omfatte alle typer affald og alle faser af håndtering fra frembringelse til deponering. (Se uddrag i tekstboks nedenfor). Som det fremgår af projektgrundlaget, anbefales det, at der etableres en tæt sammenhæng mellem det nationale program og implementeringen via dette projekt. De økonomiske rammer skal understøtte en langsigtet og sammenhængende gennemførelse af alle faser af håndtering af radioaktivt affald fra frembringelse til deponering.

Infoboks**Uddrag af Rådets direktiv 2011/70/EURATOM vedr. økonomi**

Betragning som grundlag for direktivets vedtagelse (12) Kommissionens henstilling 2006/851/EURATOM af 24. oktober 2006 om forvaltningen af de finansielle ressourcer til nedlæggelse af nukleare anlæg og til forvaltning af brugt brændsel og radioaktivt affald fokuserer på finansieringens tilstrækkelighed, dens finansielle sikkerhed og dens gennemsigtighed for at sikre, at midlerne kun bruges til de tilsigtede formål.

Artikel 5 – Nationale rammebestemmelser

f) en fordeling af ansvaret mellem de organer, der er involveret i de forskellige trin af håndteringen af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald; de nationale rammebestemmelser skal navnlig lægge hovedansvaret for det brugte nukleare brændsel og det radioaktive affald hos dem, der har frembragt det, eller under særlige omstændigheder hos den tilladelsesindehaver, der har fået overdraget dette ansvar af de kompetente myndigheder

h) finansieringsordning(er) for håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald i overensstemmelse med artikel 9.

Artikel 9 - Finansielle ressourcer

Medlemsstaterne sikrer, at de nationale rammebestemmelser kræver, at der er tilstrækkelige finansielle ressourcer, når der er behov herfor til gennemførelse af nationale programmer, jf. artikel 11, navnlig til håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald, under behørig hensyntagen til ansvaret hos producenten af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald.

Artikel 11 Nationale programmer

1. Den enkelte medlemsstat sørger for gennemførelsen af sit nationale program for håndteringen af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald (nationalt program) omfattende alle typer af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald under sin jurisdiktion og alle faser af håndteringen af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald fra frembringelse til deponering.

2. Den enkelte medlemsstat reviderer og ajourfører regelmæssigt sit nationale program under hensyntagen til tekniske og videnskabelige fremskridt, hvor det er relevant, samt henstillinger, indvundne erfaringer og god praksis fra peerevalueringer.

Artikel 12 Nationale programmers indhold

De nationale programmer skal redegøre for, hvordan medlemsstaterne har til hensigt at gennemføre deres nationale politikker, jf. artikel 4, vedrørende ansvarlig og sikker håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald for at sikre, at målene med dette direktiv nås, og omfatte samtlige følgende:

h) en vurdering af de nationale programomkostninger og det grundlag og de hypoteser, som denne vurdering er baseret på, som skal omfatte en profil over tid

i) den eller de gældende finansieringsordninger

1.4 Affaldsproducenters rolle i finansiering af sammenhængende affaldsveje

På øvrige affaldsområder gælder generelt 'Forureneren betaler'-princippet og opkrævning af gebyr for deponering af fx farligt affald skal følge et hvile-i-sig selv princip. Jf. Miljøbeskyttelseslovens § 50a skal den, der driver et deponeringsanlæg sikre sig, at *"alle omkostninger ved etablering og drift af anlægget, herunder omkostningerne ved sikkerhedsstillelse og ved anlæggets nedlukning og efterbehandling i en periode på mindst 30 år, er dækket af den betaling, virksomheden forlanger for deponering af en hvilken som helst type affald"*.⁹

Rådets direktiv 2011/70/EURATOM bygger da også på princippet om, at omkostningerne ved håndteringen af radioaktivt affald som udgangspunkt skal bæres af affaldsproducenterne. Finansieringen af radioaktivt affald adskiller sig dog fra mange andre affaldsområder ved de meget lange tidshorisonter og tidsmæssige afstande mellem nutidige dispositioner og fremtidige forpligtelser. I nogle lande er dette løst ved etablering af en form for affaldsfond. Finansierungsstrukturen hænger tæt sammen med ansvarsplaceringen og organiseringen af den samlede affaldskæde i de enkelte lande.

Affaldshåndteringen af radioaktivt affald i Danmark er delvist finansieret af de affaldsproducenter, der afleverer affald til DD og betaler for dette. I dag er betalingen fra virksomheder, sygehuse og forskningsinstitutioner fastsat med henblik på at fastholde incitamentet til aflevering således, at indtægterne ikke fuldt ud modsvarer omkostningerne ved modtagelse og affaldshåndtering. Økonomiske forhold ift. affaldsproducenters medfinansiering af langsigtet håndtering og deponering af radioaktivt affald kan med fordel afklares nærmere.

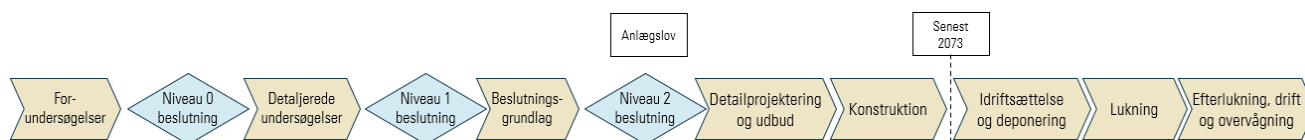
2. Proces for trinvis budgettering af anlægsøkonomi

Der bliver behov for at tilrettelægge en proces, der integrerer projektets tekniske udvikling med overordnede procestrin for udvikling af projektets budgettering frem mod politiske beslutningsmilepæle. Dette er en forudsætning for projektets videre planlægning.

Anlægsbudgetteringen for projektet foreslås tilrettelagt som en trinvis proces, hvor budgettet udvikles og kvalificeres i takt med projektets modenhed. Med henblik på at igangsætte drøftelser med SAMSIK og MSSB er nedenfor illustreret et første forslag til en metode med inspiration fra Transportministeriets principper for anlægsbudgettering.¹⁰

Metoden indebærer, at anlægsbudgettet opbygges gennem projektets faser med stigende detaljeringsgrad og baseres på systematisk risikostyring samt kvantificering af usikkerheder. Herved understøttes et sporbart, gennemsigtigt og robust beslutningsgrundlag for politiske beslutninger om anlægsprojektet og dets økonomi.

Processen for budgettering og bevilling foreslås tilrettelagt med (mindst) tre politiske beslutningsmilepæle. Placeringen af beslutninger er illustreret i Figur G1.1 nedenfor. En sådan hovedproces anbefales udviklet og knyttet til projektets tekniske faser (se projektgrundlag).



Figur G1.1. Trinvis proces for udvikling af projekt, med politiske beslutningsmilepæle.

⁹ [Miljøbeskyttelsesloven](#) § 50a

¹⁰ Beskrivelsen er inspireret af principperne i Ny Anlægsbudgettering (NAB), anvendt på Transportministeriets område for store statslige anlægsprojekter. Kilde: [ny-anlaegsbudgettering-hovednotat-2024.pdf](#)

2.1 Fase 0 forundersøgelser og Niveau 0 beslutning

Undersøgelser, der er mindre detaljerede end fase 1-undersøgelser benævnes typisk ”strategiske undersøgelser”, ”screeninger”, ”fase 0-undersøgelser” eller lign. Det er vurderingen, at de foreslåede forundersøgelser vil være hensigtsmæssige mhp. at etablere et mere robust grundlag. I tilrettelæggelsen af de indledende aktiviteter i projektet (se projektgrundlag) er der derfor benyttet en struktur med fase 0 forundersøgelser som leder frem til en Niveau 0 beslutning.

Det anbefales, at det indledningsvist afklares, hvordan der tildeles bevilling til de myndigheder, der projektleder og leverer disse forundersøgelser.

Projektet fremtidige forløb består af etablering af flere anlæg formentlig med forskellig tidslinje. Det vil som del af forundersøgelser skulle afklares om processen skal deles op i flere anlægsprojekter med egne budgetprocesser.

Det bør afklares hvor i processen - forud for niveau 2 beslutning/anlægslov - at der skal vedtages projekteringslov (se bilag F). Der vil på et tidspunkt i projektet være behov for at kunne vedtage passende bindinger, der sikrer en lokalitet og mens der gennemføres lokalitetsundersøgelser, udarbejdes miljøvurdering og beslutningsgrundlag frem mod vedtagelse af anlægslov på niveau 2. Disse afklaringer kan med fordel ske i samspil med udarbejdelse af lokaliseringsstrategi.

2.2 Fase 1 detaljerede undersøgelser

I fase 1 udføres detaljerede forundersøgelser med henblik på at kunne levere grundlag for niveau 1 beslutning som angivet nedenfor. Der ligger et omfattende arbejde forud for, at der kan træffes beslutning om omkostninger ved etablering af anlæg, faciliteter og depoter og der skal sikres bevilling til disse aktiviteter.

2.3 Niveau 1-beslutning

Ved en niveau 1-beslutning foretages en overordnet politisk stillingtagen til projektets videre fremdrift på baggrund af et indledende basisoverslag. På dette tidspunkt er projektet stadig præget af væsentlige usikkerheder, og budgettet har karakter af et overslag baseret på bedste realistiske estimat ud fra tilgængelig viden. Estimatet skal derfor i videst muligt omfang være empirisk underbygget med veldokumenterede forudsætninger. Den tekniske detaljering er dog begrænset på dette stadie og et depotanlæg vil være i kategorien af ”særlige konstruktioner” hvor erfaringsbasen er begrænset.

Formålet med niveau 1-beslutningen er primært at afklare, om projektet skal videreføres som foreslået til mere detaljerede undersøgelser og modning, herunder fordybende analyser af tekniske løsninger, lokaliteter og økonomi.

Fase 1-rapporteringen til det politiske niveau forudsættes at omfatte:

- Anlægsoverslag opdelt på faste hovedposter/-elementer med angivelse af centrale forudsætninger for alle omfattede anlæg.
- Beskrivelse af den foreløbige vurdering af risici og usikkerheder. Et risikoregister anvendes bl.a. til at skærpe opmærksomheden, når priser og mængder estimeres. For store risici skal det beskrives, hvorledes risikoen kan afdækkes ved yderligere analyser i kommende faser så der kan træffes beslutning om at gennemføre sådanne analyser som en del af fase 2.
- Beskrivelse og økonomiske overslag for løsningsalternativer med hensyn anlægstyper og funktionalitet.
- Samfundsmæssig begrundelse, miljøhensyn samt en egentlig samfundsøkonomisk beregning.

Afreporteringen skal understøttes af en teknisk afreportering om de forudsætninger, der ligger til grund for det økonomiske overslag, herunder:

- kapacitetsmæssige forudsætninger
- kvalitetsmæssige (miljø, sikkerhed, æstetik, etc.) forudsætninger

- tidsmæssige (anlægsperioder, etapeopdelinger) forudsætninger, samt
- organisering og entreprisestrategi

Prismæssige forudsætninger, kan bl.a. omfatte:

- prisindeks,
- centrale forhold omkring fysik (f.eks. afvejning af forskellige depotyper) og teknologi,
- forhold til andre projekter og
- erfaringskilder for anvendte erfaringspriser.

Ekstern kvalitetssikring

Som led i at sikre det bedst mulige beslutningsgrundlag bør der forud for politisk behandling gennemføres en ekstern kvalitetssikring. Der kan til dette hentes inspiration fra Transportministeriets område.¹¹ En ekstern kvalitetssikring skal fokusere på projektets evt. svage punkter, samt en samlet vurdering af, om projektgrundlaget gør det problematisk at træffe beslutning om at gå videre med projektet. Derudover må det forventes, at der i forbindelse med den eksterne kvalitetssikring identificeres gode råd og forslag til projektet. Den ansvarlige anlægsmyndighed vurderer, om og i givet fald hvordan disse råd og forslag bedst indarbejdes i projektgrundlaget. Vurderingen begrundes og dokumenteres, særligt hvis råd fravælges. Departementet orienteres om eventuelle mere væsentlige forhold, der er til- eller fravalgt på baggrund af den eksterne kvalitetssikring.

2.4 Niveau 2-beslutning

I fase 2 udarbejdes et grundigt beslutningsgrundlag mhp. vedtagelse af anlægslov. Denne fase indeholder blandt andet miljøvurdering (se bilag F) baseret på et konkret anlæg på en udvalgt lokalitet. Niveau 2 beslutning træffes ved.

Ved niveau 2-beslutningen skal der derfor foreligge et væsentligt mere modent, konkretiseret og detaljeret beslutningsgrundlag, som muliggør politisk beslutning om projektets faktiske gennemførelse. Projektet skal på dette tidspunkt være tilstrækkeligt belyst teknisk, miljømæssigt, sikkerhedsmæssigt, tidsmæssigt, organisatorisk og økonomisk og efterfølgende være klar til detailprojektering, endelige myndighedsgodkendelser og udbud. Der skal være redegjort for samfundsmæssige og driftsøkonomiske konsekvenser.

Der skal være udarbejdet et anlægsbudget bestående af et basisestimat samt et tillæg til håndtering af identificerede usikkerheder og risici. Budgettet skal baseres på systematisk usikkerhedsanalyse, der udgør et robust grundlag for den videre projektering og realisering af projektet. Risikoanalyse kan indeholde behov for yderligere afdækning af tiltag til nedbringelse af risici. Der skal sikres en sporbar udvikling i budget og forudsætninger siden fase 1 overslaget.

Beslutningsgrundlaget kan omfatte flere forskellige alternativer med hver sit udgiftsestimat, der forelægges til politisk behandling.

Budgettet skal kunne danne grundlag for bevillingen, der skal udmåles i forbindelse med anlægsloven eller tilsvarende hjemmel.

Der bør også i denne fase finde ekstern kvalitetssikring sted (se ovenfor).

¹¹ Som oplæg til kvalitetssikringens indhold kan hentes inspiration i "terms of reference" for ekstern kvalitetssikring, der udgør grundstrukturen i kontrakten mellem den eksterne rådgiver og Transportministeriets departementet. Kilde: [ekstern-kvalitetssikring-fase-1.pdf](#)

2.5 Bevillingsopfølgning efter niveau 2 beslutning og vedtagelse af anlægslov

Efter niveau 2-beslutningen overgår projektet til myndighedsgodkendelser, projektering, udbud, etablering og idriftsættelse af de valgte løsninger. Projektet styres herefter efter statens anlægsøkonomiske styringsprincipper med løbende opfølgning på økonomi, fremdrift, risici og ændringer.

I projekterings- og udførelsesfaserne modnes budgetter og prognoser løbende i takt med, at usikkerheder reduceres og anlægget detaljeres. Samtidig sikres, at projektet gennemføres inden for de vedtagne økonomiske rammer og i overensstemmelse med de forudsætninger, funktionaliteter og kvalitetskrav, der ligger til grund for de politiske beslutninger.

Der rapporteres i projektets styringskæde om fremdrift, økonomi og væsentlige risici, og større ændringer i projektets omfang, kvalitet eller økonomi forelægges til særskilt beslutning.

Projektet afsluttes med, at der aflægges et anlægsregnskab. En vigtig del af den endelige afrapportering vil være en efterkalkulation af ankerbudgettet, så de endelige afvigelsesforklaringer kendes og kan bruges til fremtidig læring.

Projektgrundlag Slutdepot - Langsigtet løsning for Danmarks radioaktive affald

BILAG 1

Baggrund for udarbejdelsen af projektgrundlag
(2018-2026)

FORELØBIGT UDKAST

1. Baggrund

I forlængelse af Folketingets beslutning B90 (2018) blev der igangsat en række aktiviteter med henblik på at udvikle grundlaget for den langsigtede løsning for håndtering af det danske radioaktive affald frem mod deponering. Området var på daværende tidspunkt under Uddannelses og Forskningsministeriets (UFM) ressort.

GEUS offentliggjorde i januar 2022 en analyse af de geologiske muligheder for et dybt geologisk depot i omkring 500 meters dybde baseret på eksisterende data. Rapporten førte ikke til udpegning af særlig anvendelige lokaliteter, da der på det foreliggende grundlag kunne forventes brede muligheder for lokalisering i denne dybde.

UFM etablerede en styregruppe for at opnå fremdrift for projektet. På baggrund af ønske fra UFM angav DD muligheden for anvendelse af en kombineret depotype bestående af to depoter, herunder det ene i form af et borehul. Der forelå ikke forudgående analyser som baggrund for dette arbejde. Et økonomisk overslag af BGE-TEC pegede på udgifter alene til anlæg på 4-8 mia. kr. for disse depotkoncepter. UFM rettede desuden henvendelse til GEUS om gennemførelse af en supplerende geologiske analyser med fokus på mindre dybder.

I august 2024 blev området ressortoverdraget til Ministeriet for Samfundssikkerhed og Beredskab.

I 2024-2025 etablerede GEUS og Dansk Dekommissionering (DD) et tættere samarbejde med henblik på at styrke sammenhængen mellem affaldsgrundlaget, sikkerhedsvurderingerne og de geologiske analyser. Gennem disse drøftelser blev det tydeligt, at projektets placering, organisering og styringsmæssige rammer endnu ikke var fuldt afklaret.

Samarbejdet blev videreført i en tværgående koordinationsgruppe under ledelse af SAMSIK og med deltagelse af GEUS og DD. Der blev også holdt møde mellem gruppen, SIS og BRS. Gruppen arbejdede blandt andet med den strategiske tilgang til governance, organisering, kommunikation og den overordnede projektstruktur. Det blev samtidig besluttet at anvende IAEA's roadmap metode, der blev udgivet ultimo 2024 som en fælles referenceramme for udviklingen af det danske depotprojekt.

Som led i dette arbejde blev det besluttet at gennemføre en række strategiske workshops med henblik på at skabe fælles forståelse af projektets væsentligste rammevilkår og udviklingsbehov.

SAMSIK besluttede desuden i samarbejde med DD, at DD skulle etablere en indledende projektorganisation og udarbejde et første projektgrundlag. Denne opgave blev fastlagt i DDs mål og resultatplan for 2026.

2. Formål med workshopforløbet

Workshopforløbet blev etableret for at understøtte den strategiske udviklingen af et samlet projektgrundlag for det danske slutdepotprojekt.

På baggrund af erfaringer fra internationale depotprogrammer og IAEA's faseopdelte tilgang blev følgende strategiske temaer udvalgt:

1. Governance og finansiering.
2. Organisering, roller og ansvar.
3. Sikkerhedsstrategi.
4. Ressourcer som parameter.

5. Lokaliseringsmodel.
6. Kommunikation og inddragelse.

På tidspunktet for udarbejdelsen af dette bilag er gennemført tre workshops gennemført vedr. pkt. 1, 2 og 3. Desuden er hovedpointer i projektgrundlaget gennemgået og drøftet. Valg og regeringsdannelse medførte en udsættelse af øvrige temaer og den videre proces skal aftales i koordinationsgruppen.

Erfaringer, beslutninger og identificerede behov fra workshopforløbet er blevet anvendt som input til udviklingen af projektgrundlaget.

3. Workshop 1: Governance, finansiering og organisering

I denne workshop blev følgende temaer berørt:

- Governance og finansiering
- Organisering, roller og ansvar

Workshoppen fokuserede på projektets styringsmodel, finansiering samt organisering af det fremtidige depotprojekt.

Der var bred enighed om, at der er behov for tydeligere afklaring af roller, ansvar og beslutningskompetencer, herunder ift. nationalt program. Samtidig blev det fremhævet, at projektet ikke selv kan definere sikkerhedsniveauet for slutdepotet, men skal udvikles inden for klare politiske, regulatoriske og organisatoriske rammer.

Deltagerne pegede desuden på, at et projekt med meget lang tidshorisont kræver et robust program og projektstyring med klare styringslinjer, stærk koordinering på tværs af organisationer og mulighed for beslutninger på ministerielt niveau.

Der var samtidig enighed om følgende overordnede principper:

- Projektet skal fremstå professionelt, stabilt og transparent.
- Roller, ansvar og beslutningsveje skal være tydelige.
- Organiseringen skal understøtte effektiv projektstyring.
- Beslutninger skal baseres på et dokumenteret og sporbart grundlag.
- Involverede organisationen skal besidde de nødvendige kompetencer og ressourcer.

Det blev besluttet at udarbejde et grundlagsmateriale til departementet om governance, organisering og projektstyring med inspiration fra internationale erfaringer.

4. Workshop 2: Sikkerhedsstrategi

Ved workshoppen deltog desuden SST(SIS) og BRS.

Workshop 2 tog udgangspunkt i sikkerhedsstrategi. Workshoppen fokuserede på udviklingen af den overordnede sikkerhedsstrategi for depotprojektet og sammenhængen mellem affaldsbeholdning, depotkoncepter, regulering og sikkerhedsvurderinger.

Drøftelserne tog udgangspunkt i IAEA's roadmap samt B 90's principper for sikkerhed. Der var enighed om, at planlægningen bør tage udgangspunkt i en national løsning som basis, samtidig med at mulighederne for internationale løsninger fortsat vurderes.

Workshoppen identificerede en række udfordringer mhp. deponering:

- Begrænset viden om dele af affaldsbeholdningen.
- Utilstrækkelig dokumentation af affaldets egenskaber.
- Uklarhed om nuværende og fremtidige krav.
- Manglende afklaring af governance, roller og ansvar.
- Behov for yderligere kompetencer og ressourcer.

Der var samtidig bred enighed om behovet for:

- Et tydeligt projektgrundlag og en fælles base case.
- Styrket karakterisering og dokumentation af affaldet.
- Tidlig dialog samt fastsættelse af sikkerhedskoncepter og regulering.
- Styrkelse af det nationale program og den langsigtede forankring mellem det nationale program og projektet.

Workshoppen understregede desuden behovet for en iterativ udviklingsproces, hvor affaldsdata, sikkerhedsvurderinger, depotkoncepter og beslutningsgrundlag udvikles gradvist og understøtter de efterfølgende projektfaser.

5. Samlede erfaringer

Workshops har bidraget til etableringen af en fælles forståelse af projektets væsentligste udfordringer og udviklingsbehov som værende:

- Behov for tydelig governance og ansvarsfordeling,
- Behov for afklaring af økonomiske forhold,
- Behov for en stærk projekt- og programorganisation,
- Behov for bedre viden om affaldsbeholdningen og dens egenskaber,
- Behov for en tæt integreret udvikling af projektets faglige områder med sikkerhed som den styrende faktor.
- Behov for en sikkerhedsstrategi og afklaring af evt. behov for ny regulering på strålebeskyttelsesområdet.

De identificerede pointer og anbefalinger anvendt som input udvikling af projektgrundlaget.