



DANSK DEKOMMISSIONERING

Dekommissionering af DR 2

Erfaringer fra gennemførelsen



**Dansk Dekommissionering, Roskilde
oktober 2009**

Forfatter: Niels Strufe

Titel: Dekommissionering af DR 2, Erfaringer fra gennemførelsen

Sektion:

Projektstyring

Resumé (max 200 anslag):

Rapporten beskriver indhøstede erfaringer fra dekommissioneringen af DR 2. Erfaringerne omfatter planlægning og styring af projektet, udførelsesmetoder og forskellige materialekategorier. Herudover beskriver rapporten erfaringen med specifikke værktøjer anvendt i projektet.

Erfaringerne skal ses i tilknytning til hovedrapporten "Dekommissionering af DR 2, Afsluttende rapport", DD-38(DA) Rev.1, maj 2009

DD-41 (DA)
oktober 2009



Sider:

Tabeller:

Illustrationer:

Referencer:

Bilag:

	Dato	Navn	Underskrift
Redigeret	9/10-09	Niels Strufe	
Godkendt	15/10-09	Kurt Lauridsen	

Dansk Dekommissionering
Post Boks 320
4000 Roskilde

Tlf: 4677 4300

Fax: 4677 4302

E-mail: dd@dekom.dk

Web: www.dekom.dk

Indhold:

Indhold:	3
Forord	5
Dekommissionering af DR 2 - Erfaringer	7
1 Indledning	7
2 Projektplanlægning og – styring	7
2.1 Projektbeskrivelse	7
2.2 Tidsplanlægning	8
2.3 Karakterisering	8
2.4 Planlægning af arbejdsoperationer	8
2.4.1 Forberedelse af bygning og installationer	8
3 Demontering og nedbrydning	9
3.1 Forsøgsrør	9
3.2 Aluminium	10
3.3 Stål	10
3.4 Grafrit	10
3.5 Beton	10
3.5.1 Gulvkonstruktion og statiske forhold.	11
3.6 Indstøbte rørsystemer	11
3.7 Ventilations- og udsugningssystemer	11
4 Værktøjer	11
5 Affaldshåndtering	12
5.1 Affalds Data system – ADS	12
5.2 Containere m.v.	12
6 Sikkerhed og kvalitetssikring	13
6.1 Helsefysik	13
6.2 Arbejds miljø	14
6.3 Kvalitetssikring	14
6.3.1 Møder	14
6.3.2 Arbejdsbeskrivelser	14
6.3.3 Dokumentation	15
7 Frigivelse	15
7.1 Emner	15
7.2 Bygningsdele	15
8 Konklusion og anbefalinger	16
8.1 Konklusion	16
8.2 Anbefalinger	16
9 Referencer	17

Forord

Nærværende erfaringsrapport er en del af slutrapporteringen af dekommissioneringen af reaktor DR 2. Rapporten skal derfor ses i relation til hovedrapporten "Dekommissionering af DR 2, Afsluttende rapport", DD-38(DA) Rev.1, maj 2009.

Rapportens formål er at berette om erfaringer, der er indhøstede ved hændelser, og iagttagelser, som er gjort under arbejdet, og som de følgende projekter kan drage nytte af, således at gentagelse af fejl kan undgås og gode ideer kan "genbruges". Det er ikke hensigten med denne rapport at gennemgå alt, der er foregået undervejs; dette er sket i selve slutrapporten for projektet. Men til illustration af erfaringerne vil der naturligvis til tider komme beskrivelser, som mere eller mindre vil være dubletter af beskrivelser i slutrapporten.

Rapporten er udarbejdet af projektlederen med gode bidrag og kommentarer fra en lang række af de kolleger, der har været involveret i arbejdet.

Dekommissionering af DR 2 - Erfaringer

1 Indledning

Hos DD varetages planlægning og styring af dekommissioneringsprojekter af sektionen for Projektstyring. Det sikres således at de indhøstede erfaringer og viden fra dekommissioneringen til stadighed opdateres og indarbejdes i de fremtidige opgaver. Viden og erfaring, som er opnået under DR 1 og DR 2 [1] projekterne er allerede inkorporeret i det næste projekt, dekommissionering af Hot Cell, for eksempel vedrørende brugbarhed af værktøjer, kvalitetssikring og udformning af arbejdsplaner for enkeltopgaver. Endvidere er erfaring overført ved at det er den samme projektleder og den samme helsefysiker, der medvirker i Hot Cell projektet.

2 Projektplanlægning og – styring

Planlægning af de enkelte arbejdsoperationer og identificering af de nødvendige (bundne) afhængigheder imellem disse fastlægges først efter projektbeskrivelsen og budget er endeligt på plads og godkendt. Detailplanlægningen sker altså først direkte forud for igangsætning af selve dekommissioneringsprojektet. Dette har betydning for udarbejdelse af arbejdsbeskrivelser og tidsplanlægningen for udførelsen af de enkelte aktiviteter samt prioriteringen heraf.

Selve udførelsen af dekommissioneringsprojektet tilpasses således, indenfor rammerne af projektbeskrivelsen [2][3] ved, eksempelvis, at prioritering og rækkefølge af aktiviteter ændres, omfanget af enkelte aktiviteter bliver tilrettet og omfang af opgaver til offentligt udbud klarlægges. Dette er naturligt da projektbeskrivelsen er udarbejdet på grundlag af det foreliggende dokumentationsmateriale (tegninger og tekniske beskrivelser), forundersøgelser og karakterisering, der ikke nødvendigvis har afdækket alle de reelle forhold, som udførelse i stor skala medfører.

Allerede ved udarbejdelsen af projektbeskrivelsen og den overordnede tidsplanlægning skal der derfor indbygges tilstrækkelig åbenhed og fleksibilitet i projektet til håndtering af uforudsete forhold og behovet for omprioritering ud fra tekniske, ressource- og tidsmæssige behov.

2.1 Projektbeskrivelse

Projektbeskrivelsen er i høj grad et strategisk dokument, som danner grundlaget for udførelsen af demontering og nedbrydningsaktiviteterne og detailplanlægningen heraf. Projektbeskrivelsen er således ikke en egentlig taktisk arbejdsplan.

Forud for igangsætning af dekommissioneringsaktiviteterne skal der lægges megen vægt på detailplanlægning herunder en detaljeret arbejdstidsplan med identificering af den såkaldte "kritiske vej" i

projektet. Specielt skal der tages højde for opgaver, som skal udføres af eksterne (entreprenører/specialister) og, som vil medføre gennemførelse af licitationer og tilbudsindhentning.

2.2 Tidsplanlægning

De overordnede tidsmæssige rammer i DD's strategiske planer for DD's samlede opgaver og tidsplanen fastlagt i projektbeskrivelsen skal indeholde en passende grad af fleksibilitet for at sikre, at alle tekniske udfordringer undervejs i projekt kan håndteres på passende vis.

Detailplanlægning af arbejdsopgaverne og tidsplanen for udførelse heraf fastlægges forud for igangsætning af de egentlige dekommissioneringsopgaver (efter budget tilsagn).

Ved gennemførelsen kræver denne proces et skarpt fokus på de enkelte opgaver og en omhyggelig kontrol af tidsforløb og den udførelsesmæssige fremdrift.

2.3 Karakterisering

En stor del af karakteriseringen foretages i forbindelse med udarbejdelse af projektbeskrivelsen. Det er dog vigtigt at der så tidligt som muligt i udførelsesfasen identificeres behov for yderligere karakterisering og undersøgelse af specifikke installationer og konstruktioner.

2.4 Planlægning af arbejdsoperationer

Der skal afsættes passende (god) tid til udarbejdelse af arbejdsplanerne for de enkelte arbejdsoperationer.

Der skal anvendes en standard dokumentudformning for arbejdsbeskrivelser, der indeholder de krævede emner, som er fastlagt i DD's Betingelser for Drift (BfD) [4], og som uddybet i slutrapporten. Der skal, som udgangspunkt, endvidere udarbejdes APV'er (arbejdsplads vurdering) i tilknytning til hver arbejdsbeskrivelse, som omfatter nye arbejdsoperationer og opstillinger, jf. gældende arbejdsmiljøregler.

Arbejdsbeskrivelserne skal udarbejdes i samarbejde med de teknikere, som skal udføre opgaven. Alle de involverede (udførende) parter skal modtage et eksemplar af arbejdsbeskrivelsen og APV. Alle arbejdsbeskrivelser skal være tilgængelige på arbejdsstedet.

I DD anvendes i dag en standard blanket til udarbejdelse af arbejdsplaner inkl. APV. Blanketten er udarbejdet således, at arbejdsplanens indhold er i overensstemmelse med BfD. Arbejdsplanerne er en integreret del af DD's procesforløb for dekommissioneringsopgaver og DD's kvalitetsstyrings system.

2.4.1 Forberedelse af bygning og installationer

Indretning af arbejdsområder.

Dekommissioneringsprojekterne adskiller sig i væsentlig grad fra driftsopgaver på reaktorerne og omfatter større operationer af mere

bygge- og anlægs lignende art. Dette omfatter anvendelse af værktøjer og teknikker, som medfører en høj grad af støv og støj, løft af tunge emner og frembringelse af gasarter, aerosoler (fx ved plasmaskæring) og lignende, som kræver særlige arbejdsmiljøforanstaltninger og brug af værnemidler.

Indretning af mandskabsfaciliteter, omklædning og nødbruser samt håndvaske og aktivt afløbssystem, tilgængelighed af destilleret vand (blødt vand) skal nøje planlægges. Arbejdstøj og værneudstyr til brug under udførelsen skal fastlægges på så tidligt et tidspunkt som muligt. Behovet for etablering af nye og ekstra slusestrin med omklædning til særligt arbejdstøj og værneudstyr skal indarbejdes i planlægningen af arbejdsområdernes indretning på et tidligt tidspunkt.

Hjælpeudstyr.

Ombygning af eksisterende hovedkran til fjernbetjening har på DR 2 vist sig at være fordelagtig i forhold til mandskabstid og ved håndtering af radioaktive emner. Styring af kran fra gulvniveau kan være fordelagtig. Dette skal dog sættes i relation til udgifterne herfor og det identificerede behov for kranløft.

De gamle kraner hos DD har et lejlighedsvis stort behov for reparation og vedligehold.

Emner der skal løftes med kran adskiller sig fra reaktorernes driftsperiode. Hjælpeudstyr til kranløft, eksempelvis tromleløft, løftebeslag, løfteåg, paller, slæng osv. samt anvendelse af dynamometer til vejning af emner skal indkøbes og derfor indarbejdes i projektet så tidligt som muligt. Dette gælder også andet hjælpeudstyr, som eksempelvis pallevægt, pallestaber og løfteborde o.lign.

Tilgængeligheden af elektricitet og omfanget heraf skal etableres. Det samme gælder eventuelt også trykluft og brugsvand afhængigt af hvilke teknikker og værktøjer, som er planlagt anvendt.

3 Demontering og nedbrydning

Dekommissionering handler om, ud over radioaktivitet, at håndtere og neddele emner af forskellige materialer og kompositioner.

En nærmere beskrivelse af værktøjer anvendt ved dekommissioneringen, eller specialværktøjer der har været under overvejelse, fremgår af bilag 1 til rapporten.

3.1 Forsøgsrør

De større vandrette forsøgsrør er konstrueret af flere forskellige materialer, omfattende stål, aluminium, bly og beton. Rørene er tunge og har en længde svarende til tykkelsen af den biologiske afskærmning. Det er derfor nødvendigt af neddele forsøgsrørene i ét til flere stykker før pakning i container.

Neddeling kan i de fleste tilfælde ske ved brug af sav (fx båndsav). En del af forsøgsrørene indeholder indbyggede afskærmningsmaterialer i form af

shot-beton (beton med stål/blykugler) eller lignende. Disse konstruktioner er ikke mulige at overskære ved brug af sav. Alternativer skal derfor findes.

3.2 Aluminium

Neddeling af aluminiumskonstruktioner kan udføres ved anvendelse af bajonetsav, hydraulisk klipning (rør), tør wireskæring og plasmaskæring. Ved sidstnævnte skal der etableres nødvendige udsugningssystemer samt anvendes åndedrætsværn.

3.3 Stål

Stål kan neddeles ved anvendelse af flammeskærere, plasmaskærere og skærende værktøjer (vinkelsliber o.lign.). Niplingsværktøj er anvendeligt ved neddeling af pladekonstruktioner af en begrænset tykkelse. Wireskæring er en mulighed, som kan overvejes ved særlige behov.

3.4 Grafrit

Grafrit stringers og stykker kan håndteres og løftes med vakuum løftegrej. Håndtering af grafrit medfører støv og dermed kontamination. Grafrit er samtidigt et hårdt, men også lidt skørt materiale.

Der skal etableres nødvendige udsugningssystemer samt anvendes åndedrætsværn.

3.5 Beton

Betonkonstruktioner omfatter præfabrikerede blokke, almindelig beton, baryt - og magnetit beton herunder dækelementer/gulvkonstruktion og statiske og bærende konstruktioner.

Forundersøgelse af præfabrikerede blokke/betonelementer skal omfatte fastlæggelse af volumen og vægt. Fastgørelse, forankring og eventuelt vedhæftning mellem elementer skal undersøges. På dette grundlag fastlægges behov for løfteudstyr, kran og lignende.

Betonkonstruktioner kan nedbrydes ved hugning med hydraulisk betonhammer, hvor der anvendes spids- og fladmejsel efter behov. Barytbeton har en relativ blød elasticitet der gør anvendelse af fladmejsel fordelagtig ved afretning af overflade.

Neddeling af alle typer betonkonstruktioner ved anvendelse af tør wireskæring kan ske uden større vanskeligheder. Der skal dog etableres særskilt udsugningssystem.

Tørborring, til eksempelvis fastlæggelse af delsnit, kan udføres uden større vanskeligheder.

Omfanget af stål anvendt og indstøbt i betonkonstruktioner er omfattende. Indstøbte rør kan være af stål eller aluminium. Det skal forudses at det eksisterende dokumentationsmateriale ikke er dækkende for de faktiske forhold. Det kan derfor være nødvendigt at ændre metode

og teknik under en given arbejdsoperation for adskillelse af konstruktionen.

Anvendelse af fjernbetjent udstyr, som fx Brokk, er fordelagtig, både ud fra en helsefysisk og en almen arbejdsmiljømæssig betragtning.

Ved nedbrydningsarbejder af beton (tørt) skal der etableres passende ventilations- og udsugningssystemer, herunder punktsug samt anvendes åndedræts- og øjenværn.

3.5.1 Gulvkonstruktion og statiske forhold.

Gulvkonstruktioner af beton adskiller sig ikke fra de øvrige betonkonstruktioner. Det skal dog forudses at gulve kan have modtaget kontamination fra anden side end den daglige drift af reaktoren.

Ved gennembrydning af dækkonstruktioner påvirkes de statiske forhold og hele fladens bæreevne og stabilitet reduceres. Det samme er gældende ved søjle- bjælke konstruktioner.

3.6 Indstøbte rørsystemer

Placering, antal og udformning af indstøbte rørsystemer skal iagttages med stor forsigtighed. Det eksisterende dokumentationsmateriale kan ikke forudsættes at være dækkende endsige korrekt.

Indstøbte rørsystemer omfatter både stål og aluminiumsrør i varierende dimensioner.

Ved boring, gennembrydning eller neddeling af betonkonstruktioner skal det derfor iagttages, at indstøbte rør kan have/få betydning for valg af metode og teknik.

3.7 Ventilations- og udsugningssystemer

Renovering af ventilationsanlæg, eller ombygning/opgradering til behovet i forbindelse med dekommissioneringen skal ske forud for igangsætning heraf. Muligheden for etablering af adskilte områder med særskilt ventilation skal overvejes. Etablering af disse forhold og det nødvendige tidsforbrug hertil skal indarbejdes i den samlede plan.

Brug af mobile ventilations- og udsugningsanlæg kan give mulighed for stor fleksibilitet i arbejdsoperationer.

4 Værktøjer

I stor udstrækning er demonteringsarbejdet på DR2 blevet udført ved brug af værktøjer og færdigheder allerede tilgængelige i DD.

Et antal af specialværktøjer er dog blevet erhvervet eller overvejet for specifikke operationer og arbejder.

- Hydraulisk skæremaskine til beskæring af aluminium rør ("S, R, T")
- Automatisk båndsav til adskillelse af radioaktive og potentielle ikke-radioaktive dele af større rør ("B-rør")

- Hydraulisk presse til reducere af rørens fyld

Generelt levede værktøjerne op til deres formål. Hvert enkelt værktøj havde dog både fordele og ulemper og ved brug fandt man også nogle begrænsninger. Resultater og konklusioner for hvert enkelt værktøj er vist i bilag 1.

Til fjernelse af særlige bygninger er følgende værktøjer blevet erhvervet eller været under overvejelse:

- Trykluffs løfteanordninger til fjernelse af grafit fra termisk kolonne
- Plasmaskærer til skæring og reducere af metal konstruktioner (primært stål og aluminium)
- Demontering af betonreaktorskjold med stålsav, hydraulisk spaltning eller hydraulisk hammer

Resultaterne og konklusionerne for ovennævnte værktøjer er beskrevet i detaljer i vedlagte bilag 1.

Resultaterne har også været præsenteret i forbindelse med DDs deltagelse i et IAEA projekt desangående [5].

5 Affaldshåndtering

5.1 Affalds Data system – ADS

Der skal i planlægning af opgaverne afsættes de fornødne mandskabsressourcer til registrering af affaldsemner i ADS systemet [6].

Det er vigtigt at der så tidligt som muligt i forløbet fastlægges en strategi for registreringen omfattende nummerering af containere, emner, områder og større konstruktioner, som skal neddeles. Det er også vigtigt at der er sammenhæng mellem de virtuelle (administrative) områder og de i praksis anvendte (fx buffer, sluse, afhentning).

5.2 Containere m.v.

Adgangen til et passende udvalg af containere, paller og emballeringstyper skal sikres så tidligt i projektføreløbet som muligt. Det nødvendige hjælpeudstyr til håndtering heraf (fx løfteåg) skal til hver en tid være til rådighed.

6 Sikkerhed og kvalitetssikring

6.1 Helsefysik

Projekt møderne har haft deltagelse af såvel helsefysikere som helseassistenter, hvilket har været med til at sikre en god helsefysisk arbejdshygijne projektet igennem.

Luften i hallen blev under hele projektet overvåget med luftkontaminationsmonitører (iCAM). Dog var det under betonnedbrydningen kun halluften uden for teltet, der blev overvåget – inde i teltet blev der foretaget aftørringsprøver for at afdække kontaminationsgraden. Det viste sig, at iCAMs har svært ved at virke gnidningsløst i støvede omgivelser, samt hvis der bruges plasmaskæring. Problemet er, at iCAM-filtret stopper til, hvorefter monitoren går i alarmtilstand. Dette sker selvom der anvendes punktsug tæt på det emne, der bearbejdes. Eneste løsning er, at stoppe monitoren under plasmaskæringen (eller andet meget støvende arbejde), og indføre skærpede krav til åndedrætsværn samt begrænse adgangen til området. Når arbejdsoperationen er overstået foretages rengøring og aftørringsprøver og iCAM'en genstartes.

Under betonnedbrydningsenterprisen var der opsat et forholdsvis simpelt telt, bestående af en plastdug opspændt på et stillads, uden om reaktorblokken. Som nævnt ovenfor blev der løbende målt for luftkontamination uden for teltet. På intet tidspunkt blev der konstateret niveauer udover baggrunden. Teltet har altså virket som tilsigtet, nemlig at forhindre spredning af kontamineret støv.

I forbindelse med projektet blev der anvendt elektroniske dosimetre af mærket MGP. Da DD valgte at indkøbe MGP dosimetre, blev der ligeledes indkøbt en trådløs senderenhed, hvori der lægges et dosimeter. Det er således muligt at fjernaflæse dosishastigheden via en PC og en receiver, der dog ikke skal stå placeret for langt væk fra senderen. Enheden blev første gang anvendt ved grafitudtagningen. Det var forventet, at strålingsniveauet ville stige, når de yderste grafitstringere blev fjernet. Senderenheden blev derfor sat i igloloftet. Det viste sig, at kommunikationen mellem sender og modtager var meget ustabil; muligvis pga. det tykke betonlag som udgjorde iglovæggen. Opstillingen skal testes, inden den anvendes igen. At fjernaflæsningen ikke fungerede efter hensigten havde ikke praktisk betydning for strålingshygijnen, da der blev anvendt andre typer af strålingsdetektorer, bl.a. Rados som er monteret på en teleskopstang, hvilket er med til at forøge operatørens afstand til strålingskilden.

Betonnedbrydningen blev foretaget af eksterne arbejdere, som intet forudgående kendskab havde til strålingshygijne. Arbejderne fik et kursus på ca. 3 timers varighed med en afsluttende skriftlig prøve. Udfordringen var, på den ene side at berolige arbejderne, men på den anden side at få dem til at få så meget respekt for stråling og kontamination, at de ikke senere ville komme til at sløse med sikkerheden. Kurset blev udarbejdet, så det underliggende budskab var, at arbejdet ikke ville blive farligt, hvis reglerne blev fulgt. Eksempelvis lærte de, at stråling kan føre til udvikling af kræft, men jo mindre stråling desto mindre risiko for kræft, og de fik en instruktion i, hvad de skulle

gøre for at reducere dosis. Herefter fik de præsenteret en sammenligning af årsdoser fra naturlige kilder og årsdoser til DD's medarbejdere. Erfaringen med undervisningen er, at arbejderne følger de regler, der er blevet udstukket for arbejde i klassificerede områder. Ved længerevarende ophold, som det var på DR 2, anbefales at afholde mindst ét genopfriskningskursus.

Medarbejdernes doser følges løbende: Straks for elektroniske dosimetre og en gang månedligt for TL dosimetre og urinprøver. Til gengæld er doserne ikke tilskrevet de enkelte arbejdsoperationer under projektførelsen. Først i forbindelse med en konference om strålingsbeskyttelse, og siden i forbindelse med udarbejdelsen af slutrapporten, blev de tilskrevne doser ordnet efter arbejdsoperationer. Selvom oplysningerne kunne findes frem, var det et stort og tidskrævende arbejde, da arbejdsnotater mv. skulle gennemses for datoer og navne på medvirkende medarbejdere for at kunne blive sammenholdt med dosislisterne. Det anbefales, at fremtidige projekter tildeler doser løbende under hver arbejdsoperation.

6.2 Arbejds miljø

Type og kvalitet af det værneudstyr, der skal anvendes til opgavernes udførelse skal være fastlagt i planlægningsfasen.

Ved indretning af arbejdsområder kan Arbejdstilsynets (AT) vejledninger med fordel følges.

Der skal for dekommissioneringsprojekterne udarbejdes en Plan for Sikkerhed og Sundhed (PSS). I relation hertil er det lovpligtigt at afholde regelmæssige sikkerhedsmøder (fx hver anden uge).

De branchespecifikke arbejdsmiljøregler for bygge- og anlæg vil i overvejende grad være dækkende for arbejdsopgaverne.

6.3 Kvalitetssikring

6.3.1 Møder

Der skal afholdes faste "byggepladsmøder" én gang per uge med de udførende (alle).

Der skal afholdes Sikkerhedsmøde hver anden uge med KKS funktionen og udførende sektioner.

Der skal afholdes koordinerings- og/eller følgegruppemøder med repræsentanter fra alle DDs sektioner.

Ved operationer af særlig karakter eller hvor aktiviteter kræver ekstra høj sikkerhed skal der holdes samling hver morgen forud for igangsætning.

Der skal udarbejdes referat fra alle møder (fx beslutningsreferat).

6.3.2 Arbejdsbeskrivelser

Arbejdsbeskrivelser skal være ensartede i deres udformning og følge retningslinjerne givet i BfD.

Såfremt opgaven indeholder nye elementer udarbejdes der en arbejdsmiljøvurdering i tilknytning til arbejdsbeskrivelsen, herunder at arbejdsforholdene, -processer og - metoder er sikkerheds- og sundhedsmæssigt fuldt forsvarlige.

I tilknytning til arbejdsbeskrivelsen kan der efter behov udarbejdes kontrolskema for udførelsen (KS).

Arbejdsbeskrivelser skal forelægges alle de udførende forud for igangsætning og skal forefindes på arbejdsstedet.

Det anbefales at føre enten dagbog eller logbog i arbejdsområdet.

6.3.3 Dokumentation

Alle dokumenter skal være standardiserede og ensartede. Der skal være adgang til dokumentskabeloner i relation til behovet.

Alle dokumenter skal påføres ARS nummer og projekttitel og emne.

Det har været en stor fordel at have foto – og videodokumentation af arbejdsopgaverne.

7 Frigivelse

7.1 Emner

DD har en akkrediteret frigivelsesfunktion som står for al frigivelse af såvel emner som bygningsdele. Ved DR 2 projektets start var ikke alle procedurer indført, så emner skulle køres på midlertidigt lager, indtil procedurerne var på plads.

Generelt gik målingerne fint efter kvalitetshåndbogen. Kun det primære kølesystem har givet problemer. Et indledende prøveprogram i kølesystemet viste, at der var en belægning indeholdende de rene β -emittere ^{14}C og ^3H samt ^{60}Co og ^{137}Cs . DD har ikke måleudstyr til at måle ^3H med, så alle udtagne prøver skulle måles hos Afdeling for Strålingsforskning (NUK) på Risø-DTU. Problemet var, at laboratoriet ikke var akkrediteret til at udføre denne type målinger (i skrivende stund er NUK stadig ikke akkrediteret til at udføre β -målinger). Derfor blev de større rørstykker, samt varmevekslersvøb, hold-up tank mv. dekontamineret i DD's dekontaminationskabine til belægningen visuelt var forsvundet. Herefter blev der målt med kontaminationsmonitor type CoMo i tæt geometri. CoMo'en kan ikke måle tritium, men kan derimod godt måle de andre radionuklider i belægningen. Ud fra den antagelse, at tritium ikke kan diffundere fra belægningen og ind i selve materialet (stål eller aluminium), blev emnerne frigivet, såfremt der ikke blev målt kontamination over baggrunden. Der kunne kun frigives med CoMo; den anden type kontaminationsmonitor som anvendes til frigivelsesmålinger, Eberline E600, var ikke følsom nok til at detektere ^{14}C . Dette blev testet på forhånd med et stykke plade fra Hold-up tanken, som blev målt før og efter dekontaminering med hhv. E600 og CoMo.

Små rørstykker som kun svært lader sig dekontaminere eller/og hvor det ikke er muligt at måle i tæt geometri med en kontaminationsmonitor skal frigives på baggrund af et prøveprogram. Prøveprogrammet er igangsat, men endelig frigivelse afventer akkrediteringen af NUK's laboratorium.

7.2 Bygningsdele

Som beskrevet i slutrapporten er bygningen ikke frigivet, da den fortsat skal anvendes til nukleare formål. Dekommissioneringsprojektets afslutning skete ved en nedklassificering. Denne er dokumenteret i et separat notat, som er vedlagt som bilag til slutrapporten. Notatet gennemgår målingerne som blev foretaget i forbindelse med nedklassificeringen, herunder en beskrivelse af type og placering af tilbageværende radioaktivitet. Oplysningerne herfra kan med fordel anvendes, når bygningen skal frigives. Især skal man være opmærksom på at gulvet i eksperimentkælderen er kontamineret med uran fra uranpilotforsøget, og at kontaminationen er trukket ned i betongulvet. Da der er tale om ikke-beriget uran er koncentrationen af ^{238}U omtrent 21 gange større end koncentrationen af ^{235}U . Ved frigivelsesmålinger med gammaspektrometer måles ^{235}U , hvorefter koncentrationen af ^{238}U findes ud fra dette forhold. Herudover er der et indstøbt kølerør mellem drift- og eksperimentkælder, som har samme belægning som beskrevet ovenfor. Midt i hallen er der indstøbte rør i gulvet som er kontaminerede indvendigt med radionuklider, som er typiske for aktiveret tungt beton. Gulvet i hallen blev målt med en Exploranium i tællehastigheds-mode for at identificere eventuelle hot-spots, men der blev ikke fundet nogen. Dette betyder ikke, at der ikke kan være enkelte spots af uran stammende fra pilotforsøget.

8 Konklusion og anbefalinger

8.1 Konklusion

Hovedparten af de indhøstede erfaringer fra DR 2 projektet har relevans for de fremtidige opgaver, specielt Hot Cell og DR 3 projekterne. Erfaringer er dog også relevante for enkeltopgaver i forbindelse med eksempelvis vedligeholdelse og ombygninger forud for igangsætning af dekommissionering.

Viden og erfaring, som her nævnt, er allerede indarbejdet i Hot Cell projektet.

8.2 Anbefalinger

Der skal gennemføres forsøg med neddeling af beton med indhold af stål eller blykugler. Dette skal omfatte forsøg med neddeling ved brug af tør wireskæring, boring og udtagning af betonprøver.

9 Referencer

1. "Dekommissionering af DR 2, Afsluttende rapport", DD-38(DA) Rev.1, maj 2009
2. Projektbeskrivelse for dekommissionering af DR 2. DD-I-011(rev.2)(DA), december 2005.
3. Addendum til projektbeskrivelse for dekommissionering af DR 2. DD-I-011, december 2007.
4. Betingelser for Drift og Afvikling, Rev. 1., 1. juni 2005
5. Innovative and Adaptive Technologies in Decommissioning of Nuclear Facilities. Final report of a coordinated research project 2004-2008. IAEA-TECDOC-1602. The International Atomic Energy Agency, Vienna. October 2008.
6. Affald ID-gruppen. Kravspecifikation for affaldsdokumentationssystem. DD-I-10(DA).

Bilag 1: Specialværktøjer ved DR 2

Dekommissioneringsmetode og anvendte værktøjer

Da det første udkast til en generel plan for dekommissionering var udarbejdet, påbegyndtes udvælgelsen af metoder til dekommissionering af alle nukleare faciliteter på anlægget.

En langt mere detaljeret planlægning var udformet i projektbeskrivelsen, og fremlagt til godkendelse hos de nukleare tilsynsmyndigheder, samt ved udarbejdelsen af budgettet, som skulle godkendes i finansudvalget under finansministeriet.

I en vis grad er udvælgelsen af de præcise metoder og værktøjer til anvendelse i de enkelte dekommissioneringsarbejder, blevet truffet i løbet af den detaljerede forberedelse af disse arbejder, nemlig ved udarbejdelsen af arbejdsplaner. DDs generelle fremgangsmåde, er at foretage så meget som muligt af demonteringsarbejdet med egen arbejdskraft, og kun indkalde eksterne leverandører til arbejder som involverer lidt eller ingen radioaktivitet. En konsekvens af denne fremgangsmåde var planen om, at erhverve et temmelig dyrt wireskærings-værktøj til brug til demonteringen af en af de mere radioaktive dele af det inderste af reaktoren. Denne plan blev dog opgivet, da dygtige eksterne entreprenører formodentligt kunne udføre den pågældende opgave bedre og hurtigere end DD's eget personale. Dette notat vil berøre dette emne og give et overblik over de overvejelser som blev gjort i forbindelse med udvælgelsen af andre vigtige værktøjer og demonteringsmetoder.

Nødvendige specialværktøjer eller specialværktøjer under overvejelse

I stor udstrækning er demonteringsarbejdet på DR 2 blevet udført ved brug af værktøjer og færdigheder allerede tilgængelige i DD. Et antal af specialværktøjer er dog blevet erhvervet eller overvejet for specifikke operationer og arbejder, omfattende følgende:

- Hydraulisk skæremaskine til beskæring af aluminium rør ("S, R, T")
- Automatisk båndsav til adskillelse af radioaktive og potentielle ikke-radioaktive dele af større rør (Forsøgsrør, "B-rør")
- Hydraulisk presse til reducere af rørens fylde

Generelt levede værktøjerne op til deres formål. Hvert enkelt værktøj havde dog både fordele og ulemper og ved brug fandt man også nogle

begrænsninger. Resultater og konklusioner for hvert enkelt værktøj er vist til sidst i notatet.

Til fjernelse af særlige bygninger er følgende værktøjer blevet erhvervet eller har været under overvejelse:

Tryklufsts løfteanordninger til fjernelse af grafit fra termisk kolonne

Plasma skærer til skæring og reducere af metal konstruktioner (primært stål og aluminium)

Demontering af betonreaktorskjold med stålsav, hydraulisk spaltning eller hydraulisk hammer

Resultaterne og konklusionerne for ovennævnte værktøjer er beskrevet i detaljer i afsnittene nedenfor.

Tryklufsts løfteanordninger til fjernelse af grafit fra termisk kolonne

Den termiske kolonne indeholdt ca. 200 grafit dragere på hovedsagelig 1 meter i længden og med en totalvægt på omkring 2 ton. Det var nødvendigt at fjerne grafitten for at få adgang til søjlens blynæse (foto 1).

Der kunne sikres adgang til måling af strålingsniveauet af grafitten fra ydersiden, men der var bekymringer om hvorvidt den indre del af dragerne ville fremvise betydelige niveauer af radioaktivitet. Det blev derfor besluttet, at personalets håndtering af materialet, skulle være så minimal som muligt

I forbindelse med DR 1 projektet og andre arbejder har DD-personalet udviklet specielle tryklufsværktøjer med vakuum sugeskopper og metoder til at løfte og fjerne grafit og andet materiale. Udstyret var derfor allerede tilgængeligt i DD og behøvede kun lidt vedligeholdelse og ændringer før det kunne blive anvendt (foto 2).

Arbejdet inkluderede fjernelse af alle grafit dragere til øremærkede containere inklusiv opmåling og registrering af hver enkelt drager. Denne registrering sammen med eksperimenter udført på udvalgte dragere, tjente det formål at identificere de dragere som skulle udglødes for Wigner energi før endelig lagring.

For at løfte grafit dragerne var tryklufsværktøjerne monteret på en aluminiums bjælke. En forlængerarm blev også monteret med en tryklufsanordning til at trække dragerne ud af den termiske kolonne. Fjernelse af dragerne ved brug af fjernbetjent løfte- og tryklufsanordning viste sig at være effektivt og arbejdet blev udført sikkert og efter arbejdsplanen (**foto 3**).



Foto 1 Termisk kolonne med grafit



Foto 2 Grafit dragere fjernes ved brug af vakuum løfte anordning



Foto 3 Arrangement for fjernbetjent håndtering af grafit og pakning af container

Plasmaskærer til skæring og reducere af metalkonstruktioner

Konstruktionerne inde i reaktortanken var alle udført i aluminium, inklusiv termisk kolonne og gitterpladen og dens "ben"

Strålingsniveauet målt på blynæsen efter fjernelse af grafit dragerne var omkring 2 mSV/h. Fra tidligere målinger og undersøgelser var det kendt, at det højeste strålingsniveau indeni reaktortanken var lige foran blynæsen med et niveau på 60 mSv/h.

Hovedparten af strålingen var anset for at komme fra gitterpladen men en betydelig del måtte også forventes at komme fra blynæsen med dens oprindelige placering direkte op til kernen af reaktoren. Ud fra kamera og video inspektion af konstruktionerne inden i reaktortanken, blev det anset for nødvendigt at fjerne blynæsen, før man kunne få ordentlig adgang til gitterpladen og fjerne den.

Efter fjernelse af grafitten blev det konstateret, at størstedelen af strålingen i den termiske kolonne kunne lokaliseres til den midterste del af blynæsen, som indeholdt indbyggede termoelementer anvendt for overvågnings øjemed under driften af reaktoren (**foto 4**). Det var muligt at afskærme for hovedparten af strålingen ved brug af standard 300mm beton blokke (tung beton) (**foto 5**). Dette muliggjorde manuel skæring af blynæsen, hvis ikke et værktøj kunne findes, som var i stand til at skære med en betydelig hurtighed.

Ifølge den tilgængelige dokumentation fra opførelsen af reaktoren var den termiske kolonne bygget af 19mm aluminiumsplader foret med 6mm boral plader på indersiden imod grafitten. Der blev udført en række tests med forskellige skæreværktøjer, som cirkulære save af forskellig type og plasmaskærer. Problemet bestod i at kunne skære igennem en konstruktion bestående af både "blødt" materiale som aluminium og de særdeles "hårde" boral plader, med en tykkelse på samlet 25mm. Det skal

nævnes her at plasmaskæring forudsætter trykluft på minimum 6 bar. Dette er tilgængeligt i DR 2's bygning som basisudstyr.

De forskellige typer af save viste sig at være ineffektive og vanskelige at håndtere, og i særdeleshed viste de sig ikke at være så hurtige som foretrukket. Tværtimod viste plasmaskæreren sig at være løsningen, da den var i stand til at skære direkte igennem hele konstruktionen med tilfredsstillende hastighed. Plasmaskæreren viste sig også let i vægt og let at betjene. Tillige kunne plasma-skæreren med lethed blive fjernbetjent.

Skæringen af blynæsen fra termisk kolonne blev udført ved at montere plasma skæreren på en forlængerarm på 2 meter. Skæringen blev udført af 2 ansatte fra DD, hvoraf den ene udførte skæringen med forlængerarmen og den anden håndterede kontakten fra en afstand af ca. 4 meter fra kolonnen. Dette fandt man var den sikreste løsning imod bestråling, men også begrundet i at plasma-skæreren kræver høj spænding og arbejder ved elektrisk kontakt mellem skæreren og emnet som skal skæres (**foto 5**).



Foto 4 Termisk kolonne med udækket blynæse

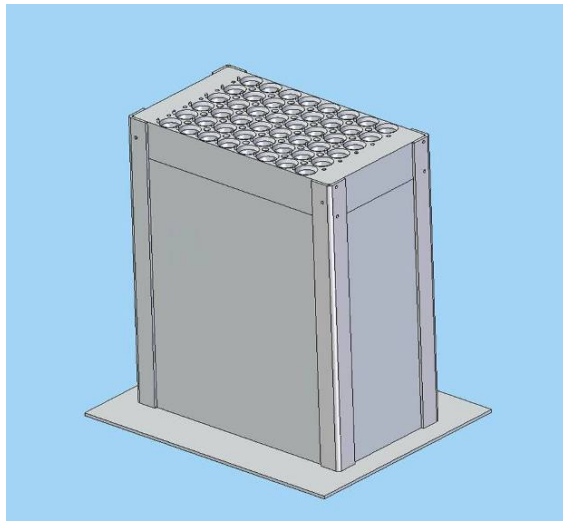


Foto 5 Plasma skæring af blynæse med afskærmning

Det blev endeligt besluttet at plasmaskæreren til skæring og reducering af konstruktioner i stål og aluminium (i stål: op til 28mm fin skæring og op til 40mm rå skæring), var nødvendig for denne opgave på DR 2. Konklusionen blev efterfølgende, at det havde været så succesfuldt som forventet og værd at købe. Plasma skæreren kan også anvendes i andre projekter, hvori fordelene ligger i:

- Hurtig skæring og også skæring i Boral plader
- Letvægt
- Håndholdt og let at montere på en forlængerarm

Plasma skæreren blev derefter anvendt til at skære gitterpladen og andre tilbageværende konstruktioner i reaktortanken, som blev løftet ud ved hjælp af kran (**foto 6 og 7**).



Figur 6 Tegning af gitterplade

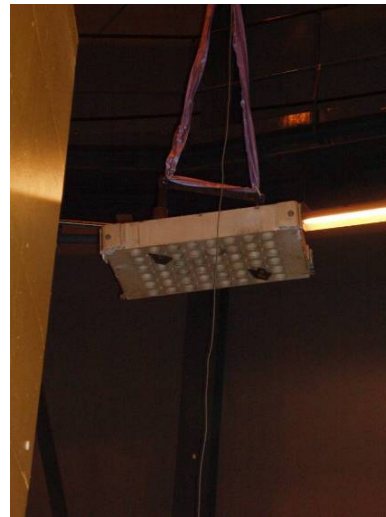





Foto 7 Gitterplade hængende i kran

Konklusion

De forskellige værktøjer som er præsenteret her og den praktiske brug af dem, fordele og ulemper, begrænsninger og så videre, er af DD betragtet som højst værdifulde erfaringer. Erfaringerne og fund gjort under projektet er alle rapporteret.

En samlet oversigt over fordele og ulemper for de her nævnte værktøjer fremgår af efterfølgende skema.

Værktøj	Billed	Pris [kr]	Fordele:	Ulemper:	Konklusion:
Hydraulisk saks		45.000	Hurtig Fjernbetjent “Handy”	Inden for sit anvendelsesområde: Ingen	Nødvendig?: Ja Anvendelighed: Som forudset Andre projekter?: Ja Pris og anvendelighed: God
Automatisk båndsav		38.000	Hurtig Begrænset styring under skæring (afstand til emner!) Let at flytte	Anvender vand (risiko for kontamination). Begrænset anvendelse ved kombination af hårde/bløde materiale (stål/alu/bly) Ikke egnet til emner indeholdende kugler af stål/bly.	Nødvendig?: Ja Anvendelighed: Begrænset Andre projekter?: Ja Pris og anvendelighed: God
Hydraulisk presse		90.000	Reducerer affaldsvolume Let at flytte	Radioaktive partikler kan presses ind i pressepladerne, der efterfølgende er vanskelige at rense. Bedst egnet til bløde materialer, aluminium.	Nødvendig?: (Ja) Anvendelighed: Begrænset Andre projekter?: Ja Pris og anvendelighed: ringe