Figur 28 Nordvestlige del af pulverrum. Pil viser udsugningskanal for udslagsbord. Nogle af de installationer, der skulle tages ned, ses også

Først blev rummet strippet for alt udstyr, herunder DTU's magnet samt diverse el- og vvs installationer, se Figur 26 m.fl. ovenfor. Kranbjælken blev frigivet med kontaminationsmonitor, og det blev derfor vurderet, at loftet over kranbjælken ikke var kontamineret. Det behøvede derfor ikke at gennemgå yderligere frigivelsesmålinger, men blev afdækket med plast inden igangsætning af yderligere arbejder. Derefter blev alle vægge og loftet under kranbjælken fræset, så malingen blev fjernet, se Figur 29 og Figur 30. Fræsning blev valgt efter en mindre metodeanalyse, se Bilag 1: hvor forskellige metoder til at fjerne maling fra loft- og muroverflader blev evalueret. Overfladefræsning blev bl.a. valgt, fordi den gav den mest plane overflade. En plan overflade kan måles med kontaminationsmonitor.

Figur 29 Overfladefræsning af loft

Figur 30 Slibning med girafsliber

Inden arbejdet påbegyndtes, Figur 31, blev der opsat en dobbelt sluse ved indgangen til pulverrummet, hvor kontaminationskontrol af personer blev udført.

Figur 31 viser den dobbelte sluse set fra pulverrum mod ovnrum

Slibemaskinen var af fabrikat BRAUN Maschinenfabrik i Østrig.

Maskinen virker som en matrix fræser, der kører mellem to sæt tand-stænger. Når et område var fræset, blev maskinen flyttet til et nyt område.

Det var oprindelig meningen, at slibemaskinen skulle fæstnes til væggen med vakuumkopper, men en belastningsprøve viste, at føringsskinnerne faldt ned; ikke fordi sugekopperne ikke kunne holde dem, men pudsen havde ikke tilstrækkelig vedhæftning til den underliggende overflade. Skinnerne blev derfor fæstnet til vægge og loft med ekspansionsankre.

Fræseskiven var omsluttet af et hus, hvorfra der var to afsug, der blev koblet til en støvsuger. Processen var selv med afsug ret støvende, så der kun kunne arbejdes med fræseren i 5 til 10 minutter, inden sigtbarheden blev så dårlig, at arbejdet måtte indstilles, indtil støvet lagde sig. Der blev derfor anskaffet en ioniseringsboks jf. Bilag 2: Ioniseringsboks, der ioniserede luften, således at støvpartiklerne klumpede sammen og hurtigt lagde sig på gulvet, hvorfra det nemt kunne støvsuges op. Herefter var det muligt at arbejde kontinuerligt med fræseren.

Figur 29 viser, hvordan overfladefræsningen af loftet blev gennemført. Arbejdet blev gennemført i samarbejde med et eksternt firma.

Kanter, hjørner og søjler blev fræset med en mindre håndslibemaskine (Giraf) med udsugning til støvsugeren, se Figur 30.

5.8.4 Slibning af gulv

På gulvet blev linoleum fjernet, hvorefter afretningslaget inklusiv oprindelig maling blev fræset af til rå beton efter samme metode som ved vægge og loft. Efter oprydning og støvsugning var rummet klar til frigivelsesmålinger med kontaminationsmonitor. Ved disse målinger blev der fundet flere om-

råder, hvor visningen i såvel alfa som betakanalen oversteg frigivelsesniveauerne. Der blev udtaget et par prøver, se afsnit 10.3, som viste, at der var tale om ^{235}U og ^{238}U. Der blev udtaget en borekerne det sted, hvor der var størst visning på kontaminationsmonitoren. Den oprindelige idé var derefter at udtage en prøve med et større bor, som skulle bruges til frigivelsesmåling. Det viste sig dog, at der fortsat var udslag på kontaminationsmonitoren, dvs. at forureningen var spredt i betonen. Som følge heraf blev det besluttet, at skære større områder af gulvet ud.

5.8.5 Fjernelse af gulvafløb (nr. 12)

Den del af gulvet, hvor afløbet (nr. 12) var, blev fjernet først. Afløbsskålen var støbt ind i gulvet og derfor kunne den ikke måles direkte med kontaminationsmonitor. Derfor var det nødvendigt at bore hele afløbsskålen ud. Figur 32 viser afdækningen over hullet, hvor afløbsskålen blev boret ud. Til dette entrerede vi med en ekstern entreprenør, som løste opgaven ved at bore en række mindre huller omkring afløbsskålen.

Den beton, der sad på afløbsskålen, blev banket af, hvorefter selve afløbsskålen blev klassificeret blå til måling på F-lab. Den er efterfølgende blevet frigivet.

Figur 32 Afløb 12 i pulverrum. Efter udboring af afløbsskålen.

Inden udboringen var der blevet hugget noget beton væk bag afløbsskålen, da der var løbet noget kontamination ind under linoleumsbelægningen. Denne beton blev klassificeret som aktivt affald.

5.8.6 Fjernelse af gulv

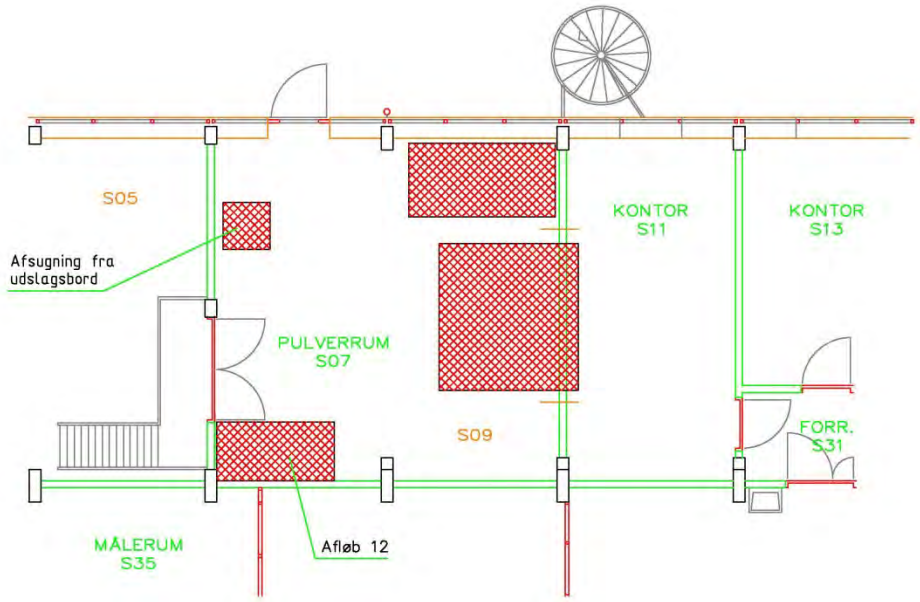
Til fjernelse af gulvet blev brugt en diamantklinge til tørskæring, da vådskæring blev vurderet til at øge risikoen for spredning af kontamination. To forurenede områder lå tæt op ad den sydlige murstensvæg ind mod DTU, hvilket betød, at der ikke var tilstrækkelig plads til saven. Se Figur 33.

Figur 33 Foto af spots indikeret ved blå cirkler

Muren blev fjernet, og der blev i stedet opsat en plastdækket krydsfinervæg forskudt ind i det tilstødende rum, som vist på Figur 34. De to nederste rækker mursten i den fjernede væg blev frigivet med kontaminationsmonitor. Resten blev frigivet samtidig med de øvrige vægge i rummet.

Figur 34 Betonskæring. Krydsfinérvæg ses i baggrunden.

Først blev skæresporene tegnet op i god afstand til de konstaterede spots, fordi kontaminationen var spredt i betonen, se Figur 35.

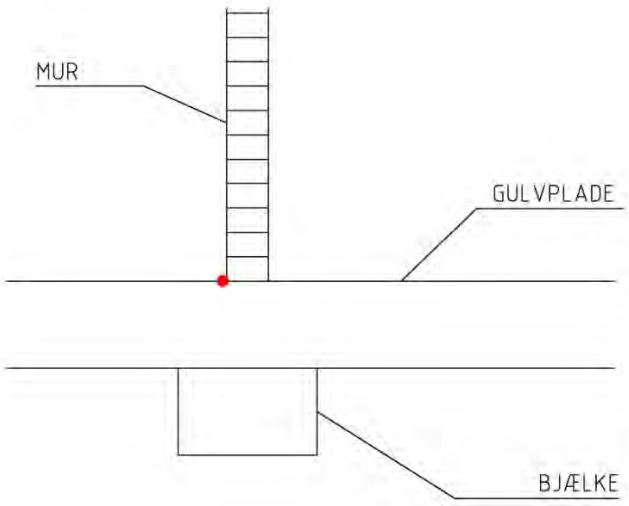


Figur 35 Pulverrum – afdækninger over huller i gulvet

Der blev skåret betonklodser ud fra de to områder af gulvet i S09, som indeholdt de identificerede spots.

For at begrænse støvmængden i rummet, blev ioniseringsboksen, der fik svævestøvet til at lægge sig på gulvet, anvendt igen. En miljøboks sørgede for, at der var undertryk og luftskifte i arbejdsområdet. Som det ses i Figur 34 blev savklingen dækket med en skærm, hvorfra der var direkte tilslutning til en støvsuger. For at undgå at støv trængte ned i kælderen, blev der opsat en plastforet trækasse neden under skæresporet.

Gulvet er opbygget af betonelementer som vist på skitsen i Figur 36.



Figur 36 Den røde plet indikerer spot ved muren

Der var spots meget tæt på muren. Der var derfor risiko for, at kontaminationen kunne være trængt ned i gulvet og videre ned til den underliggende bjælke.

På grund af den lodrette armering mellem bjælken og betonelementet (Figur 37) kunne den udsavede klods ikke løftes fri. Derfor var det nødvendigt at hugge den op med en borehammer i stedet. Området under klodsen blev støvsuget, og derefter blev der fræset en prøve ud af de øverste to cm af den underliggende bjælke. Målingen af prøven på F-lab verificerede, at der ikke var trængt uran ned i bjælken.

Efter betonskæringen blev der udtaget seks boreprøver omkring de fjernede dele af gulvet, se Figur 35. Prøverne verificerede, at der ikke var spredt kontamination ud i det tilbageværende gulv, se afsnit 3.4.1 i Rapport over radiologisk status, DD-84 [3].

Figur 37 Armering i underliggende bjælke efter prøveudtagning

Efter endt skæring og ophugning blev vægge og gulvet støvsuget.

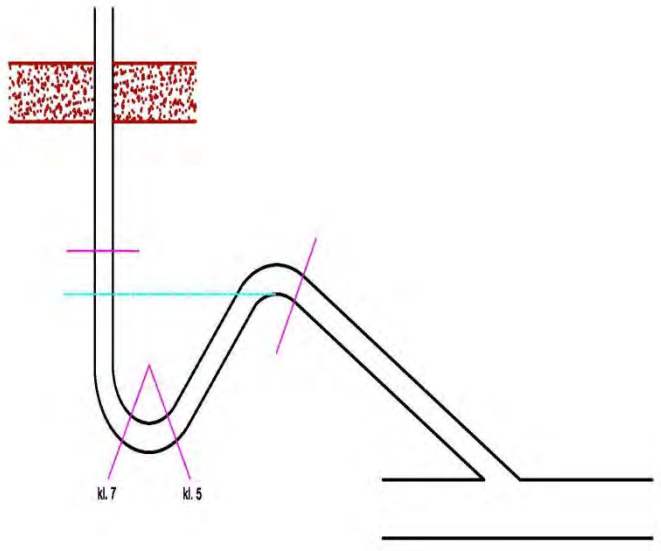
5.9 Aktive afløbssystem

Der var en del rør i bygning 229, som stadig var tilkoblet det aktive tankanlæg. Det var planlagt, jf. afsnit 2.2.2, at disse afløb ikke fremtidigt skal benyttes af Teknologihallens brugere. På baggrund af måleresultaterne i forbindelse med den tidligere omlægning af afløbssystemet og afløbenes historiske funktion, blev det vurderet, at disse rør - med undtagelse af afløbet fra pulverrummet (afløb nr. 12) - ikke var eller kun i meget ringe grad var kontaminerede. Derfor forsøgtes afløbsrørene hen til hovedstrengene frigivet. Disse afløbsrør blev frigivet med undtagelse af afløb 3.

Ved udtagning af prøver forventedes der ikke luftbåren kontamination, men da der kunne være kontamineret slam eller vandlommer tilbage i rørene, blev kældergulvet afdækket med plast.

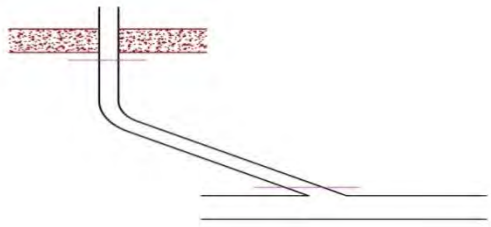
5.9.1 Demontage af afløb

Afløbene kan deles op i to kategorier: Afløb med vandlås og afløb uden vandlås. For afløb med vandlås blev der udtaget et rørstykke omkring vandlåsen med henblik på senere prøveudtagning, som vist på Figur 38. Selve prøveudtagningen blev foretaget i dekontamineringsrummet i AH-hallen.



Figur 38 Afløb med vandlås. De to øverste røde streger indikerer, hvor der blev skåret ved nedtagningen. De to nederste streger, kl. 5 og kl. 7, viser hvor prøven blev udtaget.

For afløb uden vandlås blev hele rørstrengen udtaget som det er vist på Figur 39. For at lette arbejdsgangen, blev afløbsrøret skåret op i passende længder, inden det blev flyttet fra krybekælderen til dekontaminationsrummet i AH-hallen. Her blev røret neddelt yderligere for at nedbringe måletiden på F-lab.



Figur 39 Afløb uden vandlås. De to streger viser, hvor der blev skåret ved nedtagningen.

Efter målinger af de udtagne rørprøver på F-lab viste det sig, at et afløb (afløb 3) ikke kunne frigives. Derfor blev det tilbageværende rørstykke (gennem betondæk) samt vask i stueetage nedtaget. Resultatet af målingen på afløb 3 medførte, at den vestlige samlestreng og hovedstrengen til aktiv tanke ikke umiddelbart kunne frigives. Derfor blev der iværksat en kamerainspektion af rørsystemet, som viste, at der var et lag slam overalt.

Der blev herudover udtaget en prøve fra den vestlige samlestreng til måling på F-lab. Der blev fundet så meget aktivitet, at det blev besluttet at demontere begge samlestrenge og hovedstrengen. Hele rørsystemet blev klassificeret som rødt affald.

5.10 Fjernelse af kontamination i krybekælderen

Dekommissioneringsarbejdet med ingeniørgangen kunne først påbegyndes, da DTU var fraflyttet, og DD fik råderet over hele bygning 229. Dette skete i foråret 2022.

Som følge af dårlige pladsforhold og meget lav højde i krybekælderen (70 cm - se Figur 40 nedenfor), var der behov for at etablere yderligere arbejdshøjde for at kunne fjerne det kontaminerede betonlag fra terrændækket. Det skete ved, at dækket mellem krybekælder og stueplan blev fjernet først, se Figur 41.

Figur 40: Ingeniørgangen før fjernelse af loftet.

Dækket samt kabler, vandrør og andre genstande, der var inde i ingeniørgangen, blev kontrolmålt, og eftersom det ikke var kontamineret, blev det bortskaffet som konventionelt affald.

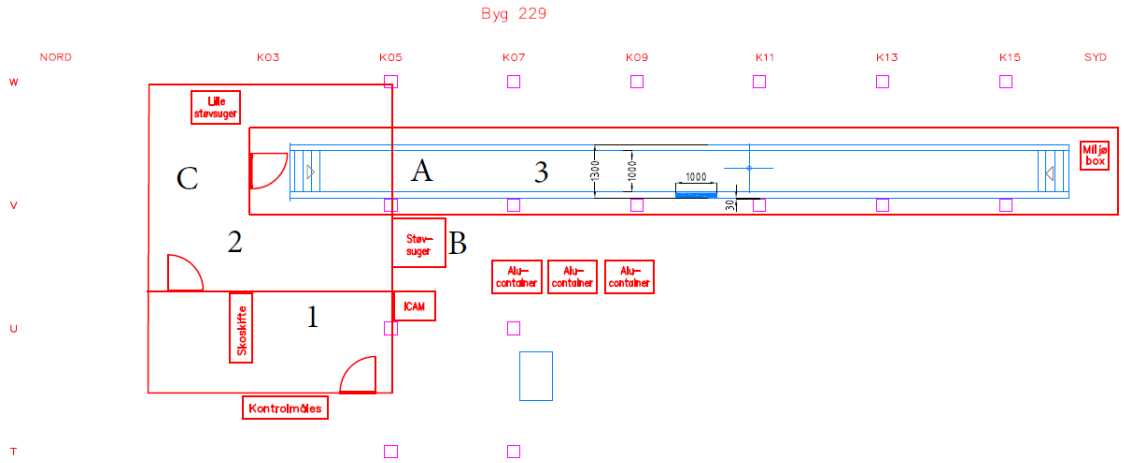
Figur 41: Stueplan med hul ned til ingeniørgangen efter fjernelse af dækket.

Under dekommissioneringsarbejdet ville generering af støv i forbindelse med fjernelse af beton i krybekælderen kunne resultere i krydskontamination af hallen. Som en kompenserende foranstaltning til imødegåelse af dette, blev der etableret et arbejdstelt over det hul, der blev lavet i gulvet (se Figur 42), således at kontamineret støv fra slibningen i kælderen ikke kunne trænge op i hallen. Derudover blev der monteret en miljøboks med Hepa-filter til opsamling af svævestøv.

Figur 42: Miljøboks med Hepa filter blev placeret i den sydlige ende af hallen (nederst i billedet).

Da krybekælderen/ingeniørgangen var forseglet, og de relevante arbejdsområder etableret, var der gjort klar til, at dekommissioneringsarbejdet kunne påbegyndes.

Arbejdsområdet i B229 blev opdelt på følgende måde:



1) Tøjskifte-område

2) Arbejdstelt

3) Ingeniørgang/sluse

Arbejdet blev udført af tre personer.

Medarbejder A befandt sig i Område 3/ingeniørgangen og betjente slibemaskinen.

Medarbejder B befandt sig oppe i hallen og betjente den store støvsuger.

Medarbejder C befandt sig Område 2/arbejdsteltet og assisterede medarbejder A.

Da krybekælderen/ingeniørgangen var forseglet, og de relevante arbejdsområder etableret, var der gjort klar til, at dekommissioneringsarbejdet kunne udføres.

Under hele forløbet blev området overvåget med iCAM.

Slibning af kældergulv

Kanalen, der skulle oprenses, udgjorde et område på 1 m x 21 m i krybekælderen.

Der skulle fjernes op til ca. 6 cm beton fra klaplaget af betongulvet. Derefter skulle overfladen af den tilbageværende del af betongulvet måles med en CoMo med henblik på frigivelse. Derfor skulle der slibes så jævnt og horisontalt som muligt.

Størstedelen af slibningen blev udført med en HTC slibemaskine. I kanter og hjørner blev der anvendt en el-hammer til at fjerne betonen med.

Under slibeprocessen var der pga. støvsugeren undertryk i arbejds- og slusesektionen. Der blev lavet en filterløsning i arbejdsteltet, hvor luft passivt kunne strømme ind og opretholde et luftflow ned igennem slusen.

Hermed ville eventuelt ikke opsuget støv blive tilbageholdt i slusesektionen.

Miljøboksen med Hepa-filter blev placeret i den sydlige ende af bygningen (se figur 42) og kørte konstant, således at der var konstant undertryk i slusen, mens slibearbejdet blev udført.

Under slibeprocessen blev det meste af støvet opsamlet i en stor Husqvarna T10000 støvsuger. Eventuelt fastsiddende støv, der ikke var blevet opsamlet undervejs, blev efterfølgende støvsuget op med støvsugerhoved.

Da det nærmede sig ca. 4 cm dybde, blev slibeelementerne i HTC-slibemaskinen udskiftet, således at slibesporet de efterfølgende 1-2 cm havde en forholdsvis glat og jævn overfladestruktur. Dette var nødvendigt for efterfølgende at kunne udføre frigivelsesmålinger med en Como.

Efter fjernelse af klaplaget, blev pudslaget langs murstensvæggene fjernet med en el-hammer.

Støvposerne med kontamineret støv blev transporteret til H-Hallen for videre pakning som aktivt affald.

Der var 10 kontrolpunkter i slusen for at kontrollere slibedybden.

Der blev opsamlet ca. 1,2 m^3 støv i alt, hvilket svarer til omkring 2.500 kg.

Da alt kontamination var fjernet fra området, og målingen af betongulvet med henblik på frigivelse ikke viste mere kontamination over frigivelsesniveau, blev slusen og arbejdsteltet kontrolmålt og nedlagt/bortskaffet.

5.11 Bygning 228

Under frigivelsesmålingerne af bygning 229 blev der konstateret kontamination i et afløb fra bygning 228.

Bygning 228 har ikke været kategoriseret som et nukleart anlæg, da DD blev oprettet i 2003 og indgår derfor ikke som et af de seks anlæg, som DD har fået til opgave at dekommissionere i henhold til B48. Men der har tidligere foregået arbejde med radioaktive materialer i flere af laboratorierne i bygning 228.

Risø har tidligere foretaget en oprensning og nedklassificering af laboratorierne og i den forbindelse er alle aktive afløb i stueetagen blevet fjernet, og de aktive afløb er afbrudt i krybekælderen. Afløb og ventilation er blevet kontrolmålt, og bygningen er blevet nedklassificeret til konventionelt brug uden restriktioner. I november/december 2014 har DTU udtaget prøver (smear tests) fra krybekælderen i bygning 228. Der er ikke fundet kontamination i nogen af disse prøver.

I forbindelse med dekommissioneringen af rørledningerne fra bygning 229, der førte til de aktive tanke, fandt DD kontamination i disse afløbsrør, og de blev fjernet. Derefter undersøgte DD også de afløbsrør, der var koblet til samme tank, men kom fra bygning 228. Det viste sig, at der også var kontamination i disse rør. På det tidspunkt tilhørte bygning 228 stadig DTU, så DD fjernede ikke rørføringen fra bygning 228, men meddelte DTU om dette forhold.

Da DD så overtog bygning 228 fra DTU pr. 1. april 2022, og fortsatte dekommissioneringen af Teknologihallen, bygning 229, blev der også foretaget yderligere undersøgelser af afløbsrørene fra bygning 228.

Ved denne undersøgelse viste det sig, at der tilbage i krybekælderen stadig var den gamle ”hovedledning” for aktivt vand. Den var blevet afbrudt, men ikke fjernet. Ledningen bestod af to parallelle PVC rør, på langs af bygningen, ophængt under loftet i krybekælderen.

Begge disse har været koblet til den rørledning, der gik fra bygning 228 til bygning 229, se bilag 1. Denne rørledning er i forbindelse med dekommissionering af bygning 229 afbrudt i skel ind til bygning 229.

Efter rørledningen var fjernet og sendt til nedpakning som aktivt affald, blev der ved kontrolmåling af gulvet under ledningen fundet et mindre område, der var kontamineret som følge af et tidligere spild fra ledningen. Gulvet blev slebet ned, således at 3-4 cm blev fjernet i området, hvor kontamineringen var konstateret. Efter slibning og kontrolmåling kunne det konstateres, at den pletvise kontamination var fjernet fra gulvet. Modsat det ene område i kælderen under bygning 229, havde der ikke stået vand på et større areal i kælderen i bygning 228.

Ud over den kontaminerede afløbsledning blev der lavet kontrolmåling på yderligere en gammel rørstreng, der tidligere havde været brugt til kølevand. Her blev der ikke konstateret kontamination.

Affaldet fra dekommissioneringen bestod af beton slibestøv samt PVC afløbsrør, der er nedpakket som aktivt affald, som angivet i kapitel 7 i denne rapport.

6 Endelig radiologisk status

Ved dekommissioneringsprojektets afslutning kan bygning 229 frigives til ubegrænset brug uden restriktioner, når de nukleare tilsynsmyndigheder har godkendt begge slutrapporter. Arbejdet med frigivelsen af tilbageværende anlægsdele er beskrevet i en separat rapport, Rapport over radiologisk status (DD-84) [3]. I den radiologiske rapport er størstedelen af rummene og områderne i bygningen kategoriseret enten som grønne, blå, gule eller røde. Kategoriseringen byggede på kendskab til områdernes anvendelse og sandsynligheden for kontamination. I de røde områder blev der fjernet kontamination og efterfølgende foretaget akkrediterede frigivelsesmålinger, som kunne frigive disse områder. I de gule områder forventede man kontamination uden at finde det, men foretog også her akkrediterede målinger med henblik på frigivelse, som herudfra kunne frigives. I de blå områder forventede man ikke kontamination, men vurderede det nødvendigt at lave re-assurance målinger. Resultaterne bekræftede, at der ikke var kontamination. De grønne områder blev frigivet de facto til ikke-klassificerede i kraft af, at der ikke blev fundet kontamination i de omkringliggende områder. Det blev besluttet at kontrolmåle taget, hvilket ikke gav visning over baggrund og dermed også kunne frigives.

Tilbageværende udstyr, som blev anvendt til brændselsproduktionen, var 1) Valseværket med tilhørende valser og 2) Birlec ovnen.

Valseværket blev kontrolmålt med CoMo på overfladerne, som ikke viste over baggrund. Materialeprøver af valser blev kontrolmålt med gammaspektrometer og viste, at valserne kunne benyttes uden restriktioner.

Overfladen af Birlec ovenen blev kontrolmålt med CoMo, og disse målinger viste ikke niveauer over baggrund. Stålbunden, hvorpå der som følge af spild fra ovnene ville forventes størst kontamination, blev målt med henblik på frigivelse og på basis heraf kunne den også frigives

De afløb, som er tilbage i bygningen, er alle blevet frigivet.

Som den sidste del af dekommissioneringen af bygning 229 blev 4 cm betongulv i kanalen i krybekælderen fjernet, hvorefter målinger med henblik på frigivelse blev foretaget og dette område kunne også frigives. Der blev lavet overflademålinger på væggene nær det oprindelige gulvniveau, som viste at kontaminationen ikke var trukket ud i væggene, så væggene kunne ligeledes frigives

I nabobygningen 228 blev der fjernet et aktivt afløb samt et mindre areal i betongulvet. Denne opgave kom i 2022 ind under dekommissioneringen af Teknologihallen (bygning 229), da DD overtog denne bygning fra DTU.

7 Dekommissioneringsaffald

Alt affald, der kunne være kontamineret, blev registreret i DD's affaldsdatabase ADS og opgivet pr. 23. november 2022.
Opgaven i Teknologihallen genererede hovedsageligt affald, der kunne frigives. Noget affald er allerede frigivet (farvekode: Hvid), mens andet affald er klassificeret til at skulle på deponi (farvekode: Rød).

Tabel 3 Det totale antal affaldsemner fra Teknologihallen

Farve	**Antal affaldsemner fra Teknologihallen**
RØD	114
HVID	159*

** Tabelkommentar: Desuden findes 44 frigivne emner, der stadig er fastmonteret i bygningen og derfor ikke vejet.*

Sortering og pakning

Affaldet fra Teknologihallen, som er klassificeret til at være radioaktivt (farvekode: Rød), er placeret i Stålbeholdere, ISO-containere eller tromler. 120 kg PVC-rør fra aktivt afløb i bygning 228 afventer at blive sendt til forbrænding hos Studsvik i Sverige. Asken fra forbrændingen kommer derefter tilbage til DD. I forbindelse med nedtagning af det aktive afløb i 228, blev der også fjernet tagrender, som var placeret under afløbet. Disse blev kontrolmålt og kasseret som konventionelt affald.

Andre emner pakket i ISO-containere kan måske komme i betragtning til smeltning og afbrænding, hvis beholderen kan opfylde de stillede acceptkriterier, samtidig med at der kommer en afklaring af, om det myndighedsmæssigt kan godkendes at indgå kontrakt om den type håndtering i udlandet.

Der er blevet fyldt en del grønne sække med blandet sekundært affald fra afrensning. Der er tale om ca. 241 kg affald, der genereres under dekommissioneringen, typisk plast, papir og stof. Denne type affald er placeret i 210 l betonforede standardtromler.

Opgørelse over materialer

Herunder er en optælling af affald fra Teknologihallen fordelt på forskellige materialer:

Tabel 4 Dekommissioneringsaffald fordelt på materialetyper

Materiale	Kg (afrundet til hele kg)	Kg (afrundet til hele kg)
	Frigivet (Hvidt affald)	Til deponi (Rødt affald)
Beton	1	5356
Filtre		2
Glas	11	
Metal	3.232	3.163
Mineralsk		2
Olie	6	
Papir, pap	6	67
Plast	416	640
Sten	47	4
Stof		17
Træ	81	30
Ukendt	116	725
Væske	17	
I alt	3.932	10.005

Desuden er der blevet frigivet 45 emner, herunder gulvet i kælderen, der repræsenterer fastmonterede genstande, som derfor ikke er vejet. Disse emner figurerer heller ikke i opgørelsen. Endelig er det ikke alle prøver, der er blevet vejet, men deres vægt må betegnes som yderst beskeden i forhold til den totale affaldsmængde.

Radioaktivitet i affaldet

Affaldet fra Teknologihallen består af kontaminerede emner, der i de fleste tilfælde indeholder relativt lave aktivitetsmængder. Radionukliderne i affaldet er relateret opgaverne, der blev udført i hallen, se kapitel 4. Aktivitetsdata for dekommisioneringsaffaldet er angivet i Tabel 5.

Tabel 5: Aktivitetsdata for affald genereret fra Teknologihallen

Nuklid	Aktivitet [kBq]
Ag-108m	2
Am-241	23
Ba-133	71510
Co-60	122873
Cs-137	183600
Eu-152	67729
Nb-94	5
Pa-234m	330
U-234	9965
U-235	615028
U-236	149
U-238	11354

8 Overvågningsprocedurer, målemetoder og doser

Overvågningsprocedurerne ved arbejdet i Teknologihallen tog udgangspunkt i, at eventuel kontamination bestod af uranisotoper, dvs. af alfaemittere som kun i ringe grad udsender gennemtrængende stråling. Herudover var overvågning af kontamination tilpasset den enkelte arbejdsoperation.

8.1 Eksterne og interne doser

DD anvender normalt både TL dosimetre og elektroniske MGP dosimetre ved arbejde i klassificerede områder. Da der blev håndteret ubestrålet uran i Teknologihallen, og risikoen for eksterne doser dermed var lille, blev brugen af MGP dosimetre fravalgt fra projektets start. Brugen af det personlige TL dosimeter er påkrævet til klassificerede områder. Det er derfor almindelig praksis, at der sættes et TL dosimeter udvendigt på tøjet ved arbejdsdagens begyndelse, og denne praksis blev også fulgt ved dekommissioneringen af Teknologihallen. Dosimetrene sendes til DTU Nutech for udlæsning en gang om måneden. Herefter modtager DD en dosisliste med persondoser for den pågældende måned. Doser mindre end 0,2 mSv medtages ikke i dosislisten.

Der blev ikke registreret eksterne doser for de medarbejdere, der var tilknyttet projektet.

Ved alt destruktivt arbejde (fjernelse af gulvbelægning, slibning af vægoverflader, nedtagning af aktive afløb osv.) blev der anvendt åndedrætsværn med P3 filtre. Dette skete både af hensyn til at forhindre indånding af uranpartikler og af PCB eller bly fra malingen. Da der i øvrigt ikke forventedes større aktivitetsmængder (anlægget blev under drift løbende rengjort og kontrolmålt), blev der ikke igangsat et separat urinprøveprogram. Der er derfor ikke registreret interne doser.

8.2 Overvågning af luftkontamination

Ved arbejdsoperationer, der kunne give anledning til frigørelse af aktivitet til luften, blev der anvendt konstant luftmonitering med en Canberra iCAM. Dette var tilfældet for nedtagningen af de mest kontaminerede ventilationskanaler, afslibning af vægge- og gulvbelægninger i pulverrummet samt ved skæring af gulv – ligeledes i pulverrummet. Ved de mest støvende operationer var det dog ikke muligt at anvende iCAM, da filtret stoppede til. I stedet blev det valgt at tage regelmæssige aftørringsprøver på gulvet.

Under alle støvende operationer i pulverrummet blev der opsat en PAM (Personal Air Monitor) i ovnrummet for at kontrollere, at der ikke slap kontamination ud i de tilstødende områder. PAM-filtret blev skiftet regelmæssigt, hvorefter det blev målt i multitæller og gamma-spektrometer. Der blev ikke registreret luftkontamination udenfor pulverrummet under arbejdet i dette.

Der blev registreret luftkontamination under nedtagning af ventilationskanaler i pulverrum og i ventilationsrummet over pulverrum. Førstnævnte kunne ses på en iCAM, hvor alfa-visningen steg ad to omgange. Først fra 1,5 cpm (baggrund) til 11,1 cpm efter 26 min, og efter en halv time uden luftkontamination videre fra 10,4 cpm til 15,6 cpm på 38 min. Det svarer til en luftkontamination på omkring 0,6 Bq/m^3 i første omgang og 0,2 Bq/m^3

i anden omgang. Efterfølgende blev plasticunderlaget udskiftet og der blev støvsuget i hele rummet. Efterfølgende aftørringsprøver viste ikke tegn på kontamination.

Ved nedtagning af ventilationssystemerne i ventilationsrummet over pulverrummet var der ikke overvågning med iCAM i selve rummet, men der blev brugt en PAM i ovnrummet. Der blev til gengæld lavet aftørringsprøver og filtre fra turbohjelme og miljøbokse blev målt på gamma-spektrometer. Filtret fra miljøboksen indeholdt en ^{235}U aktivitet på 17 ± 1 Bq og forfiltrene fra en teknikers turbohjelm indeholdt 11 ± 1 Bq ^{235}U. Dette er opsamlet gennem den tid, det tog at nedtage ventilationen i rummet, så der har været en begrænset luftkontamination. Aftørringsprøverne bekræftede, at afdækningsplasticen omkring arbejdsstedet var let kontamineret. Målingerne af PAM-filtrene viste, at der ikke var kommet kontamination ud i ovnrummet.

8.3 Overvågning af kontamination

Ud over måling af luftkontamination blev der også lavet aftørringsprøver omkring arbejdsstedet ved alle arbejdsoperationer og ved destruktivt arbejde i pulverrummet og i ventilationsrummet over pulverrummet ligeledes i ovnrummet.

Der er kun fundet kontamination ved nedtagningen af ventilationskanalerne i ventilationsrummet over pulverrummet. Kontaminationen blev fundet på det plastic, der var sat op for at forhindre spredning af kontamination til hele ventilationsrummet. Herudover blev der fundet kontamination på fundamenterne til filterkasserne. Efterfølgende blev der gjort rent, og al plastic blev fjernet som rødt affald.

Kontaminationsmonitorer blev også anvendt til personkontrol samt kontrol af værktøj og materialer, der skulle tages ud af de områder, hvor de var blevet anvendt. Disse kontroller har ikke givet visninger over baggrund.

9 Unormale hændelser

Ved en unormal hændelse forstås følgende: en uventet begivenhed der fandt sted under udførelsen.

Der har ikke fundet unormale hændelser sted under dekommissioneringen af Teknologihallen. Til gengæld har der været nogle forhold, som ikke var beskrevet i projektbeskrivelsen. Disse forhold er beskrevet i næste kapitel.

10 Uforudsete forhold

Dette afsnit omhandler forskellige ting, der ikke var en del af projektbeskrivelsen, og som derfor blev tilføjet eller medførte en anderledes løsning af opgaven.

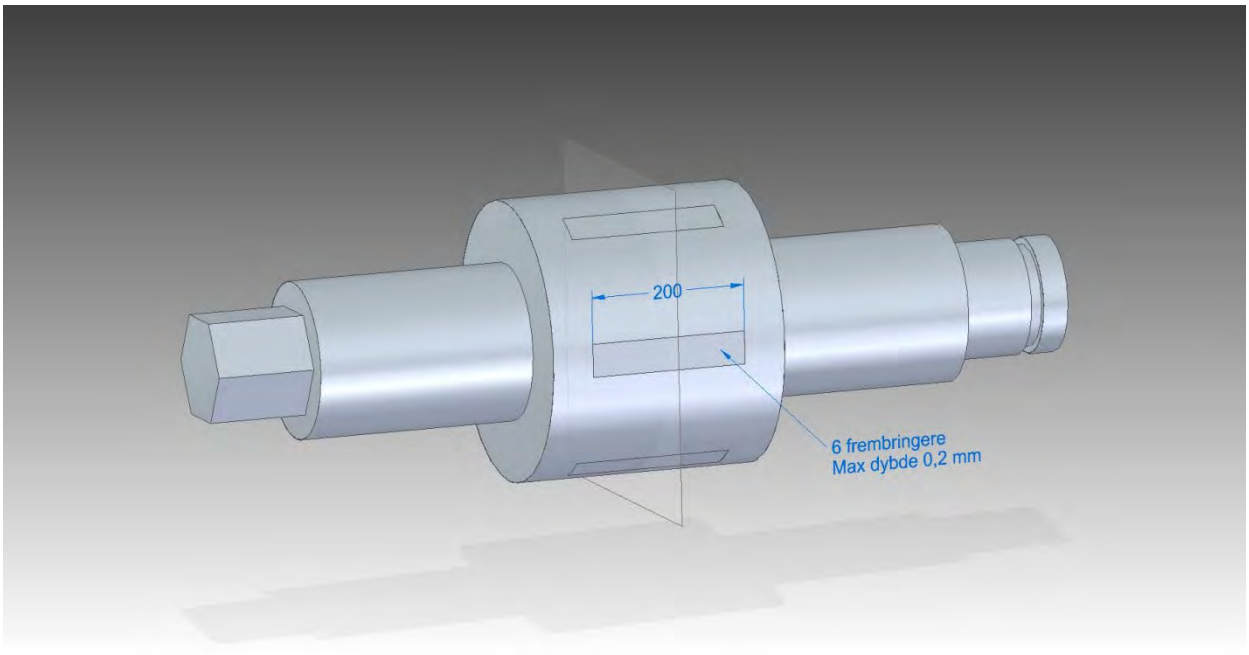
10.1 Valser til valseværket

Valserne blev benyttet til at valse tynde plader ud af en kokille (emne støbt i en fast form), der bestod af en uran – aluminium legering. Kokillen blev forvarmet til 600 °C inden valsningen. På baggrund af opdagelsen af, at uran kan trænge ind i stål ved høje temperaturer se kapitel 12.4.1, blev det besluttet, at valserne ikke umiddelbart kunne kontrolmåles med kontaminationsmonitor.

Det sæt valser, som blev anset for værende det mest sandsynlige for forekomst af uranforurening blev udtaget. Dette sæt havde arbejdet med varme emner og havde ikke været slebet efter overgangen til lavt beriget uran.

Der blev fræset en række spor på maks. 0,2 mm dybde, så der blev opsamlet ca. 30 g fra hver valse. Figur 43 viser fræsesporene.

Spånerne blev samlet op og sendt til F-lab. Der påvistes ingen uran i det opsamlede materiale. Alle valserne kan anvendes uden restriktioner.



Figur 43 viser fræsespor på valser

10.2 Ventilationsrum over pulverrum

Der blev fundet uran i tre steder, som ikke var forudset i projektbeskrivelsen:

1. Afkastkanal A7 efter absolutfiltret
2. Sugekanalen til A8 fra ovnrummet
3. Kontamination på vandrette overflader i ventilationsrummet over pulverrummet

Ad 1.

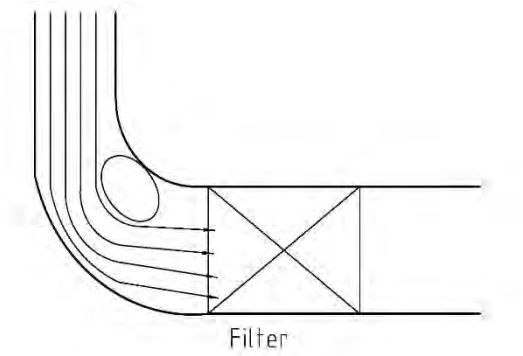
Under kontrolmåling af afkastkanalen efter blæser A7, blev der fundet α-kontamination. Der blev målt 1 Bq/cm^2 med kontaminationsmonitor. Dette medførte, at det var nødvendigt at demontere hele kanalen inklusiv tag-hætten.

Ifølge de oplysninger der er tilgængelige, er udslagsbordet kun blevet brugt til at slå uran-aluminium kokiller ud af formen, hvilket ikke forventes at give støv.

Det kan ikke udelukkes, at ventilationen har kørt en periode uden filter. Alternativt kan det tænkes, at der kunne have været en defekt pakning eller en defekt filterindsats. Der har aldrig været installeret afkastmonitorering på Teknologihallen, så der kan ikke indhentes yderligere oplysninger ad denne vej.

Ad 2.

Der blev fundet urankontamination i udsugningskanalen fra ovnrummet. Koncentrationen var størst i den bøjning, der var i det nordvestlige hjørne af ovnrummet.



Figur 44 viser strømningsforholdene i en luftkanalbøjning.

Figur 44 viser, at strømningen gennem en bøjning vil have højere hastighed på ydersiden end på indersiden. Når der er partikler med i luften vil disse, når de har større massefylde end luften, blive presset ud mod ydersiden af kanalvæggen. Her vil de, når de kolliderer med væggen tabe fart og kunne blive siddende på væggen.

På indersiden vil der opstå en stående hvirvel med lille hastighed, her vil partikler kunne sedimentere og lægge sig på kanalvæggen. Der er således større sandsynlighed for aflejring af kontamination i rørbøjninger end i lige kanalstykker.

Resultaterne understøtter de beskrevne mekanismer. Der er ikke kendskab til, at der på noget tidspunkt har været luftkontamination i ovnrummet. Dette underbygges dels af aftørringsprøver på kranbjælken, dels af interviewet med tidligere medarbejdere, se Bilag 4: Referat af møder med tidligere medarbejdere. Der har stået en handskeboks nær nordvæggen i ovnrummet, som havde lokal udsugning til kanalen. Udsugningen var tilkoblet kanalen umiddelbart før bøjningen. Handskeboksen blev anvendt til at neddele uranstykker, mens der stadig blev brugt højt beriget uran. Selv om dette kunne være oprindelsen til den fundne kontamination, kan det ikke konkluderes entydigt, hvor uranen stammer fra.

Ad 3.

Efter de indvendigt kontaminerede dele var blevet fjernet, blev der fundet uran på flere vandrette overflader i den nordlige del af rummet, men ikke i nichen eller på el-skabet i sydenden af ventilationsrummet.

Noget af overfladekontaminationen kan skyldes krydskontamination i forbindelse med nedtagning af kanalerne og neddelingen af filterhusene, hvilket bestyrkes af, at der blev fundet uranstøv i filtrene til turbomaskerne, jf. afsnit 8.2.

Noget af kontaminationen stammer fra tidligere luftkontamination i rummet. Dette underbygges af, at der blev fundet uran, som var diffunderet ind i zinken, se afsnit 12.4, hvilket kun kan ske over tid.

10.3 Pulverrum

Pulverrummet blev strippet for alt udstyr. Der blev konstateret mere end 100 små huller fra skruer i væggene og loftet, som havde brudt forseglingen. Disse blev proppet med spartelmasse, så risikoen for krydskontamination under afslibningen af malingen blev minimeret.

På gulvet blev linoleummet fjernet, hvorefter gulvet blev slebet ned til rå beton.

Ved frigivelsesmålingen af det blotlagte betongulv blev der fundet en del spots (mere end 20), som viste sig at stamme fra uran, der var trængt ned i bolthuller i gulvet sammen med kølevand fra maskinerne. Kølevandet med uranslam løb ud når visiret på bearbejdningsmaskinen blev åbnet. Man var ikke opmærksom på, at boltene, der holdt maskinerne, ikke var forseglede, så der var en sprække mellem bolt og betongulv.

Det område, hvor der var størst visning på en kontaminationsmonitor, blev udboret med et 110 mm kopbor for at fjerne den kontaminerede beton og nærmere analyse af uranens udbredelse i dybden. Det viste sig, at der stadig var visning over baggrund på en kontaminationsmonitor, der blev placeret over hullet.

Det blev overvejet, om der kunne bores et større hul udenom, som hvis ringkernen ikke indeholdt uran, ville kunne frigive betonen omkring hullet. Dvs. der skulle bores mindst 40 huller i et område på 2x6 m. Da det stadig var usikkert, om betongulvet ville kunne frigives, blev hulboringen opgivet.

I stedet blev det besluttet at skære gulvet i sydenden af rummet op med en diamantsav.

10.4 Gulvet i kanalen i krybekælderen

Under alle aktive afløbsstrenge var der monteret tagrender til opsamling af evt. spild. Disse tagrender blev nedtaget sammen med rørsystemet og er blevet kategoriseret som rødt affald.

Under frigivelsesmålingerne af tagrenderne under de afløbsrør, der var hængt op i den murede kanal, som går fra den gamle endevæg i syd til tværkanalen i nord, blev der fundet kontamination.

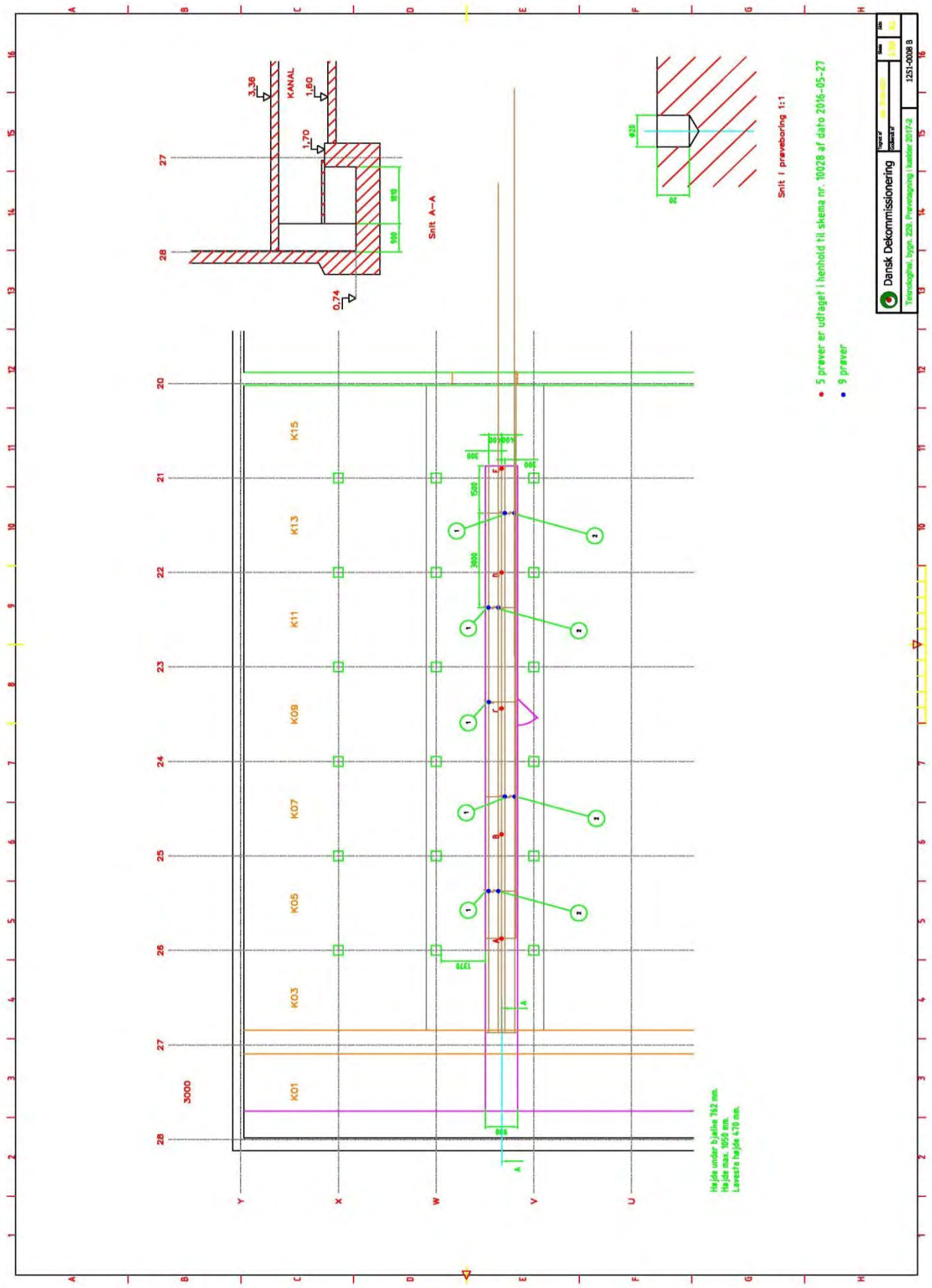
En nærmere granskning af tagrenderne viste, at disse var gennemtærede på enkelte steder. Dette indikerede, at der kunne være trængt vand og kontamineret materiale ned i kanalgulvet.

Gulvet er udført som et klaplag og består af beton på mindst 10 cm tykkelse.

For at bestemme, hvor langt kontaminationen var trængt ned, blev der udvalgt fem felter fordelt over det 21 m lange kanalgulv, mærket med røde prikker på tegningen. Boreprøverne blev taget i 2, 4, 6, 8 og 10 cm dybde. Placering af prøverne ses på Figur 45 nedenfor. Da der er naturligt uran i beton, er der ikke en klar grænse for, hvornår der er tale om kontamination, men det blev på baggrund af prøverne vurderet, at kontaminationen var trængt 4 cm ned, og at prøverne i 6 cm dybde ikke indeholdt kontamination.

Som følge af kontaminationens begrænsede omfang samt beregninger for omkostninger ved at fjerne gulvet, ansøgte DD om at få hævet frigivelsesniveauerne for uranisotoperne med en faktor 5 for de øverste 2 centimeter af betongulvet. Ansøgningen blev ikke godkendt.

Der gik herefter en årrække, før DD fik mulighed for at fjerne det kontaminerede gulv i kanalen, da DTU brugte lokalerne i stueetagen. Fjernelsen af det kontaminerede gulv var teknisk udfordrende, da det var placeret i en 1 meter bred kanal i krybekælderen med ca. 0,7 meter til loftet. Det var derfor nødvendigt at få fjernet dækket imellem kanalen og stueplan, for at arbejdet kunne udføres under acceptable arbejdsmiljøforhold.



Figur 45 Tegning der viser prøveudtagningssteder

10.5 Afløbsrør fra bygning 228

Under dekommissioneringen af de aktive afløb i krybekælderen blev der fundet en del slam i et rør, der kom fra bygning 228. Slammet viste sig at være kontamineret med radioaktivt materiale.

Da røret ikke var en del af projektbeskrivelsen for dekommissionering af Teknologihallen (bygning 229), blev det forsvarligt forseglet, så der ikke kunne komme radioaktivt materiale ud til omgivelserne herfra. Rørsystemet blev efterladt, som det forefandtes. Da DD havde overtaget bygning 228 fra DTU blev det valgt at medtage opgaven med at fjerne det sidste aktive afløb i kælderen i bygning 228 i dekommissioneringen af Teknologihallen. I forbindelse med at fjernelsen af det kontaminerede betongulv i bygning 229 blev iværksat i sommeren 2022, gik man sideløbende i gang med at fjerne det sidste aktive afløb i bygning 228.

Under opgaven fandt man et andet rør, som blev fjernet, da det indeholdt kontaminerede betonstykker og –smulder. Røret var ophængt fra enden af mindre kanal og ned igennem resten af bygningen. Ved kanalen var røret savet af, så man kunne se betonen ligge inde i røret. Efter målinger blev både beton og rør deponeret som radioaktivt affald.

Som det sidste blev et mindre areal i betongulvet under det aktive afløb fjernet, da man fandt aktivitet over baggrund.

11 Frigivelsesprocedurer

11.1 Frigivelse af emner

For hvert emne, der blev udtaget fra anlægget, blev det vurderet ud fra aftørringsprøver eller målinger med kontaminationsmonitor, om det ville være muligt at forsøge at frigive emnet med eller uden en forudgående afrensning. Vurderingen inkluderede følgende overvejelser:

- Kunne en kontaminationsmonitor bruges til at forsøge en frigivelse? Hvis emnet kunne skjule kontamination fx i revner eller samlinger, ville dette ikke være muligt.
- Emner, som i øvrigt ville kunne måles med kontaminationsmonitor, men som var malede over, så evt. kontamination var skjult, blev afrenset inden forsøg på frigivelse.
- Hvis emnet ikke kunne måles med kontaminationsmonitor, skulle det måles med gamma-spektrometer på Frigivelseslaboratoriet. Hvis det på forhånd kunne forudses, at den estimerede måletid ville blive uforholdsmæssig lang, blev emnet straks karakteriseret som rødt affald.

De fleste emner blev forsøgt frigivet med enten kontaminationsmonitor eller gamma-spektrometer ud fra de principper, der er beskrevet i kapitel 4.

For de fleste afløb og for nogle af ventilationsanlæggene er anvendt prøvetagning ud fra metode A (frigivelse af prøve taget det sted, hvor der forventes mest aktivitet kan frigive hele systemet – se kapitel 4).

11.2 Frigivelse af bygning/bygningsdele

Frigivelsen af bygninger og bygningsdele er omfattet af den samme akkreditering som frigivelsen af emner. Dermed er procedurer og metoder de samme.

Til frigivelse af bygningsoverflader blev der anvendt to metoder. Den mest anvendte var en totalmåling med kontaminationsmonitor, mens den anden var en nyudviklet metode, der kun blev anvendt til frigivelse af vægge og loft i renserummet. Ved sidstnævnte metode blev malingen taget af på de områder, hvor der var størst risiko for afsættelse af kontamination. Hver malingprøve, som maksimalt måtte dække over et areal på $1 m^2$, blev målt med gamma-spektrometer på Frigivelseslaboratoriet. De fundne aktiviteter blev fordelt ud på det areal, den enkelte prøve dækkede, og blev sammenholdt med det overflade-specifikke frigivelsesniveau. Kunne alle prøver frigives, var resten af væggene samt loftet ligeledes frigiveligt.

Bygningen blev frigivet ved, at hvert enkelt rum eller område blev frigivet. De grønne områder kunne betragtes som frigivet, såfremt der ikke blev fundet aktivitet i tilstødende blå områder. I modsat fald skulle der planlægges målinger i grønne områder. Dette viste sig ikke at være tilfældet.

For de blåt kategoriserede områder skulle der ikke laves egentlige frigivelsesmålinger, men kontrolmålinger. Den blå kategori dækkede over rum

med forskellig anvendelse og dermed forskellig (men lav) risiko for kontamination. Derfor blev der foretaget flest målinger i de rum, hvor der havde været mest aktivitet under driften, og ikke alle rum blev kontrolmålt. Nogle blå rum indeholdt områder, der enten var kategoriseret som gule eller røde. Disse rum kunne først betragtes som frigivet, hvis de gule/røde områder kunne frigives, og alle kontrolmålinger gav et tilfredsstillende resultat. Blå rum, hvori der ikke blev foretaget kontrolmålinger, kunne anses for at være frigivet, såfremt kontrolmålingerne i tilstødende blå områder gav et tilfredsstillende resultat.

Resultaterne af frigivelsesmålingerne er beskrevet i kapitel 6. Det fremgår heraf, at alle rum kan betragtes som værende frigivet, og at bygningen derfor er frigivet.

12 Erfaringer

12.1 Luft-ioniseringsanlæg

Under fræsningen af overfladerne i pulverrummet blev der udført forsøg med et amerikansk udstyr, der var i stand til at ionisere luften i rummet. Virkemåden er den, at luftmolekyler bliver ioniseret elektrisk, således at svævestøvpartiklerne i luften binder sig i større klumper, der falder til jorden.
Der blev ved forsøg eftervist, at systemet var overordentligt effektivt til at undgå svævestøv i luften, idet det var muligt at arbejde kontinuerligt med overfladefræseren, uden at skulle holde lange pauser medens vi ventede på, at støvet skulle lægge sig.
Se yderligere beskrivelse af virkemåden i Bilag 2:

12.2 Tørisblæsning til fjernelse af maling på pudsede vægge

Der blev udført forsøg med tørisblæsning uden brug af handskeboksen på en ikke-kontamineret pudset væg. Metoden viste sig at være velegnet til malingsfjernelse, uden at overfladen blev for ru. Det var vigtigt, at man kunne se strålen, og at man kunne variere strålens indfaldsvinkel.

For at undgå krydskontamination under blæsningen af kontaminerede overflader skal der anvendes en handskeboks med udsugning. Derfor blev der lavet endnu et forsøg, denne gang med handskeboks. Handskeboksen blev fyldt med støv, hurtigere end det kunne suges ud, hvilket gav en ringe sigtbarhed. Det var også svært at styre blæsepistolen til en lille indfaldsvinkel på grund af handskeboksen, hvilket bevirkede at afrensningen blev for dyb og ujævn til, at den ville kunne måles med en kontaminationsmonitor.

12.3 Luftpuder til flytning af udslagsbord

Forinden udkørsel af bordet blev der øvet med en attrap af træ.
Flytningen af udslagsbordet blev foretaget med luftpudeplader. Disse viste sig at være særdeles velegnede, da de var meget lette at manøvrere med - selv med et 1 ton tungt bord på. Der blev konstateret et højt støjniveau fremkaldt af afdækningsplasten, som blev sat i vibrationer, når luftpuderne kørte hen over. Der blev derfor etableret høreværnsområde i hele arbejdsområdet.

12.4 Uran diffunderer ind i stål og zink

12.4.1 Vakuumovn

Hvis der har været spild af uran under brugen af ovnen, ville det blive afsat på den bevægelige bund. Samtidig har temperaturen været høj nok til at en evt. diffusion ville være foregået så hurtigt, at en efterfølgende rengøring af overfladen ikke ville have fjernet uranen fra overfladen. Den bevægelige bund var ukølet i modsætning til ovnens øvrige overflader.

Den bevægelige bund i ovnen blev demonteret og sendt til F-lab uden forudgående rengøring. Formålet var at afsløre, om der var diffunderet uran ind i stålet, og dermed om brugen af kontaminationsmonitor på overflader, der dels har været i berøring med uran, dels har været varme, er berettiget

eller ej. Først blev bunden målt med kontaminationsmonitor. Målingen viste to kontaminerede pletter, hvoraf visningen i alfa på den ene plet var 0,2 Bq/cm^2 og 0,1 Bq/cm^2 på den anden plet. Da monitorens areal er 170 cm^2, svarede dette til en total aktivitet på 50 Bq alfaaktivitet. En efterfølgende måling med germaniumdetektor viste følgende værdier:

^{235}U	1.408 ± 95 Bq
^{234}U	28.175 ± 10.058 Bq
^{236}U	703 ± 298 Bq
^{238}U	872 ± 122 Bq

Aktiviteten af de tre sidstnævnte nuklider er fundet ved brug af skaleringsfaktorerne. Det kan konkluderes, at der er en væsentlig uran aktivitet indlejret i stålet, som ikke kan detekteres med kontaminationsmonitor. Denne viden blev siden anvendt på kontrolmålingerne af Birlec ovnen og valserne, der blev udført ved gamma spektrometri.

12.4.2 Ventilationskanaler i rum over pulverrum

Under kontrolmålingerne på ydersiden af de rene kanaler blev der konstateret kontamination på ydersiden af indblæsningskanalen til ovnrummet. Kontaminationen kunne ikke vaskes af. Der blev udtaget en prøve, som blev afrenset i dekontamineringskabinen, indtil zinklaget var fjernet. Derefter kunne der ikke måles kontamination over baggrundsvisning med kontaminationsmonitor. Prøven blev målt med et gammaspektrometer for at undersøge, om kontaminationen var blevet fjernet sammen med zinklaget, hvilket blev bekræftet.

På det sted, hvor der var diffunderet uran ind i zinklaget havde der været vand, der var dryppet ned fra taget. De områder, hvor der ikke havde været vand til stede, var kontaminationen løstsiddende og kunne vaskes af.

12.4.3 Konklusion

Konklusion på disse opdagelser blev, at der altid skal foretages supplerende undersøgelser til målinger med kontaminationsmonitor, når uran kan tænkes at diffundere ind i materialet, enten ved tilstedeværelsen af vand eller ved høje temperaturer.

Hvis uranen er diffunderet ind i zinklaget, og zinklaget kan fjernes helt, kan materialet frigives med kontaminationsmonitor.

12.5 Spild med kontamineret kølevæske

I pulverrummet blev der anvendt tunge maskiner, som var boltede fast til gulvet. Maskinerne var forseglede under anvendelsen, men forseglingen blev brudt, når de bearbejdede emner skulle tages ud. Herved dryppede kontamineret kølevæske ud på gulvet, som trængte ind mellem gulv og maskinens fundament og videre ned i gulvet ved boltene. Dette ville ikke være sket, hvis der var blevet anvendt en forsegling mellem fundament og gulv.

12.6 Tilstedeværelse af andre i en bygning under dekommissionering

Det var problematisk at dekommissionere anlægs- eller bygningsdele, medens der var andre i bygningen, idet der ikke var oplagringsplads. Dette gav uhensigtsmæssige arbejdsgange, fordi emnerne først skulle flyttes til AH-hallen, inden de kunne registreres i ADS, neddeles og pakkes. Den person, der registrerede emnerne i ADS, havde derfor ikke mulighed for at fotografere emnerne inden indpakning i plastik. Det er svært at identificere indholdet gennem plastikken. Billederne bliver anvendt i den videre behandling af emnerne.

Tilstedeværelsen af andre personer og inventar i bygningen krævede ekstra arbejde i form af specialudstyr til at undgå spredning af kontamination. Der skulle også udføres en del flere kontrolmålinger for spredning af kontamination, end det ellers var påkrævet.

Da et af de ventilationsanlæg, der skulle dekommissioneres, stadig var i brug til udsugning fra to af DTU's værksteder, var det nødvendigt at etablere en anden udsugning til disse værksteder, inden dekommissioneringen kunne påbegyndes. Dette gav en forsinkelse på et par uger.

12.7 Information af naboer

I projektets afklaringsfase blev brugerne af de berørte lokaler inddraget i planlægningen af rækkefølgen af opgaverne. Her fremkom der et meget stærkt ønske om at kunne benytte magneten i pulverrummet så længe som muligt. Dette valgte DD at tage hensyn til og planlagde derefter dekommissioneringen af pulverrummet til sidst i forløbet.

Affødt heraf blev der senere og inden projektstart afholdt et naboinformationsmøde for alle de berørte og interesserede parter, hvor projektets opgaver, de helsefysiske forhold og det planlagte tidsforløb blev gennemgået. Der var mulighed for at stille supplerende spørgsmål, og der opstod en god dialog.

Under forløbet af projektet blev der afholdt ugentlige møder mellem projektingeniøren og sikkerhedslederne for de berørte områder, så der blev skabt en gensidig forståelse for de gener, som arbejdet medførte. Samtidig gav dette forum mulighed for, at kommende arbejdsopgaver kunne formidles i god tid.

Der blev fremstillet og opsat en poster i bygning 229 med en generel beskrivelse af projektet og de arbejdsopgaver det indeholdt. Her var også beskrevet noget omkring strålingsbeskyttelse og konventionel sikkerhed. Bilag 5: Poster - Teknologihallen viser denne poster.

Undervejs i forløbet blev der opsat supplerende postere ved siden af den generelle. Disse viste fremdriften i den aktuelle opgave og beskrev næste skridt i processen.

Brugerne af bygningen gav positiv feedback på disse informationstiltag.

12.8 Rækkefølge

Når man skal planlægge et projekt, er det vigtigt at gøre sig klart, hvad der skal gøres, og hvornår det skal gøres.

Man skal som udgangspunkt starte med de opgaver, der på forhånd er identificeret som enten mest tidskrævende, der hvor der savnes informationer og/eller der hvor risikoen for kontamination er størst. Dermed kan man straks identificere flaskehalse, der kan imødegås med mere mandskab eller ændring af teknikker i forhold til de først påtænkte.

I det aktuelle projekt var det besluttet allerede i projektbeskrivelsen, at dekontamination af pulverrummet skulle foretages først, fordi sandsynligheden for at finde kontamination var størst der.

Som nævnt i afsnit 12.7 blev der afholdt indledende informationsmøder, hvor DTU ønskede en anden rækkefølge. Da dette ønske blev efterkommet, blev rækkefølgen af dekommissioneringsopgaverne ikke optimal. Hvis ikke der skulle tages den slags hensyn, var det blevet valgt at starte med pulverrummet.

Det viste sig, at pulverrummet var både det mest tidskrævende og det vanskeligste. Derudover skulle frigivelsen af ventilationsrummet over pulverrummet afvente, at arbejdet i pulverrummet blev afsluttet, da der var risiko for at kontamineret støv skulle trænge op i ventilationsrummet. Som beskrevet i afsnit 10.2 pkt. 3 kunne ventilationsrummet ikke umiddelbart frigives; der ventede derfor yderligere en opgave.

12.9 Afrensning af to-komponent maling

Jf. afsnit 5.5.2 var de to stålplader omkring ovnen blevet malet over flere gange i driftsperioden og blev derfor fjernet med henblik på afrensning og frigivelse. Det viste sig at være umuligt at afrense stålpladerne i DD's dekontamineringskabine, som anvender blæsning med korund og vand. En nålehammer viste sig, at kunne løse opgaven, men en efterfølgende test med tør stålgrit viste, at denne afrensningsmetode var væsentlig hurtigere.

12.10 Metodevalg til fjernelse af kontamination i kældergulv

P.gr.a. de svære arbejdsmiljøforhold ved at skulle arbejde i en krybekælder med en loftshøjde på kun 70 cm, og at DTU stadig anvendte hallen umiddelbart over, blev det besluttet at vente med at udføre denne delopgave, til DTU var fraflyttet bygning 229, og DD kunne overtage bygningen (foråret 2022).

Det viste sig at være nødvendigt at bryde gulvet op, for at kunne skabe de nødvendige adgangsforhold til at kunne løse opgaven, hvilket ikke var muligt, så længe DTU gjorde brug af hallen i stueplan.

At fjerne beton fra kældergulvet var i sig selv ikke kompliceret. Udfordringen lå i at fjerne beton med mindst mulig støvgenerering og at underlaget efterfølgende var jævnt, således at der efterfølgende kunne udføres overflademålinger med henblik på frigivelse med en Como.

HTC slibe-/fræsemaskinen har vist sig at være meget velegnet til denne opgave, idet den kunne udstyres med forskellige slibeelementer. Hermed kunne vi kontrollere mængden af beton, der kunne fjernes (op til 3 mm pr.

gang) samt overfladestrukturen. Ydermere kunne den tilsluttes en støvsuger, hvilket er essentielt for støvminimering. Øvelsen har også påvist, at jo kraftigere støvsugeren er, desto mindre svævestøv vil der være tilbage. Eventuelt resterende svævestøv blev opsamlet i en miljøboks.

13 Konklusion

Selve hovedopgaven blev fuldført inden for den afsatte tid (ca. 1½ år) jf. projektbeskrivelsen. Fjernelsen af kontaminationen i kælderen samt afløbsrørene under bygning 228 tog samlet set ca. tre måneder.

Der blev ikke registreret hverken interne eller eksterne doser for de medarbejdere, der var tilknyttet projektet.

Afvigelser i relation til projektbeskrivelsen

Efter at malingslaget var fjernet fra Pulverrummet, blev det konstateret, at der var områder på gulvet, hvor radioaktivt materiale var trængt ned i betonen. Dette bevirkede at dele af betondækket mod krybekælderen måtte skæres ud. Operationen gav en samlet forsinkelse på ca. 6 uger i forhold til tidplanen i projektbeskrivelsen.

Gulvet i den murede kanal i krybekælderen blev undersøgt særskilt, efter at det blev konstateret at de tagrender der var opsat under de aktive afløbskanaler var gennemtærede. Her blev det konstateret, at betongulvet var let kontamineret med uran ned til 4 cm dybde. I 6 cm dybde kunne man ikke længere konstatere kontamination. Dette blev renset op i 2022.

Under frigivelsesmålingerne af nogle galvaniserede ventilationskanaler, der havde været eksponeret for kondensvand, blev det konstateret, at uran var diffunderet fra ydersiden af kanalen ind i zinklaget og videre ned i stålet. Der blev iværksat et litteraturstudie om urans evne til at diffundere ind i stål. Det viste sig at uran kan diffundere ind i stål, når det er udsat for varme og/eller tryk, f.eks. fra en valseproces. Denne opdagelse medførte en nærmere undersøgelse af valseværkets valser. Der blev ikke fundet nogen kontamination på valserne.

Aktive afløbsrør fra bygning 228: Dekontaminering af de aktive afløbssystemer var ikke en del af dette projekt, men det blev konstateret at der en del kontamination i røret der løber fra bygning 228 til krybekælderen i bygning 227. Dette rør blev afblændet i 2015 for at undgå spredning. Da DD havde overtaget bygning 228 fra DTU i foråret 2022, blev denne rørstreng ligeledes fjernet.

Referencer

[1]: ”Betingelser for Drift og Afvikling for Dansk Dekommissionering”.

[2]: ”Projektbeskrivelse for dekommissionering af Teknologihallen”, rev. 1, 1. juli 2013. DD-59

[3]: ”Dekommissionering af Teknologihallen – Radiologirapporten. Januar 2018, DD-84

Bilag 1: Metodeanalyse

	METODEANALYSE FJERNELSE AF URANKONTAMINERET MALING FRA BETON OG PUDSEDE FLADER																
	KRITERIER		Samlet tid	Hastighed m^2/dag	ARBEJDSMILJØ STØV	Arbejdsmiljø ergonomi	Arbejdsmiljø dragter, åndedrætsværn mm.	Affaldsmængde primært og Sekundært	Affaldsmængde hjælpematerialer (F.eks sand)	Krydskontamination	Ruhed af bearbejdede overflader, maks. 3 mm	Kan hjørner renses	Kan riller renses	Personaleressourcer	Økonomi	Samlet vurdering	
	METODER																
1	CO_2 Isblæsning																
2	Frysning af maling med flydende N_2																
3	Fræsning med hårdmetalskive																
4	Slibning med sliberundel																
5	Slibning med båndpudser																
6	Sponge Jet																
7	Laser fordampning af maling																

8	Sandblæsning med retursug																	
9	Kemisk opløsning af maling og fjernelse med tape eller Gel																	
10	Matrix styret overfladefræser																	
11	Nedbankning af puds med mejsel																	

1 CO_2 Tørisblæsning

Metoden er blevet undersøgt i forbindelse med optimering af kabinen, og blev bedømt som ikke væsentlig hurtigere end den metode vi normalt anvender.

Vi planlægger nye forsøg hvor effektiviteten for malingsfjernelse bliver bedømt på forskellige overflader.

Resultatet af forsøget viser at malingen på en pudset overflade nemt kan fjernes, ca. 1 m^2 pr. time. Den fordampede CO_2 fylder så meget at vi skal have en miljøboks på for at undgå overtryk i rummet ved længerevarende blæsning.

Der blev prøvet to slags is, standard grov is og en findelt is.

Den fine var klart den bedste, måske fordi den havde flere anslag pr. tidsenhed. Hvis man ikke flytter dysen hurtigt nok eller ikke kan opnå en tilstrækkelig flad vinkel oplevede vi at hele pudslaget forsvandt, til rå murstensflade.

Pris på tøris grov er 6,50 kr./kg. Fin er 7,5 kr./kg. Det skønnes at to kg is kan fjerne en m^2.

Trykluftdata: 10 Bar, 10m^3/min.

Skulle have været 12-16 bar, 10m^3/min.

2 Frysning af maling med flydende N2

Ved at behandle overfladen med flydende kvælstof vil malingen krakelere og kan derefter skrabes af.

Omfattende sikkerhedsforholdsregler, da ilten fortrænges i rummet når kvælstoffet fordamper og den kolde væske kan give akutte forfrysningsskader.

Vanskellig proces på loft og vægge, da man let kommer til at ramme sig selv med flydende dråber kvælstof.

3 Fræsning med hårdmetalskive

Har været prøvet på både pudsede vægge og på beton i teknologihallen

Langsom arbejdsproces, 2-4 m^2 og dagen.

Har tendens til at grave sig ned i pudslaget, som derfor bliver for ru til frigivelsesmålinger med kontaminationsmonitor. Overfladen kan efterbehandles med finere slibeskiver, men det bliver hastigheden jo ikke større af.

4 Slibning med sandpapir, sliberundel

Malingen har tendens til at sætte sig fast mellem kornene, malingen bliver opvarmet og kan derfor frigive PCB dampe.

5 Slibning med båndpudser

Samme som rundel, men støver meget, og det er svært at opfange støvet.

6 Sponge Jet

Metoden har været prøvet på ståloverflader med godt resultat. For at blive økonomisk attraktiv skal blæsemediet recirkuleres.

Recirkulation er ikke velegnet til kontaminerede overflader, da risikoen for krydskontamination bliver for høj.

7 Fjernelse af maling med kemisk opløsningsmiddel

Vi har prøvet et produkt fra, Henkel NITROMORS.

Det er muligt at opløse malingen på vandrette flader. Fjerneren er tyndtflydende og skal påføres i et forholdsvis tykt lag, hvilket gør den mindre egnet til vægge og lofter.

Kan ikke opløse vores rødbrune epoxy maling på f.eks. propdøre til Hotceller.

Der kræves omfattende sikkerhedsudstyr, da produktet kan diffundere gennem de fleste materialer og videre ind i huden på folk.

8 Matrix styret overfladefræser

Fa. Braun i Østrig har designet et system som er forsynet med fire vakuumfødder, således at den er hurtig at flytte til næste område. Bearbejdningshastighed op til 10 m^2 pr. time.

9 Nedbankning af puds med maling på, med en mejsel på en nedbrydningshammer

Metoden skønnes at være både hurtig og billig og forholdsvis lidt støvende.

Mængden af affald, der skal deponeres, er væsentlig større end ved de øvrige metoder, op til 5 m3, svarende til 2 ton.

Bilag 2: Ioniseringsboks

Andas lugnt! Nu finns modern luftrening även för bygget.

OxySan™

Renar i luften där man arbetar - i stället för att försöka fånga partiklar i filter.

Tar bort allt byggdamm - även det farliga mikrodammet. Tar bort mögelsporer, asbestfibrer m.m.

Joniseringen klumpar ihop föroreningarna till allt större partiklar som sjunker till golvet.

Reducerar rök, dålig lukt, färglukter, avgaser, bakterier m.m.

Dammet stannar på golvet och kan lätt sopas eller dammsugas upp.

Dessutom ger joniseringen arbetsmiljön en hälsosammare luft - jämförbar med frisk uteluft.

Enkel att hantera. Enkel att flytta och enkel att sanera (- behövs sällan eftersom dammet inte samlas som i en vanlig dammfälla.)

Ekonomisk. Energisnål (1-fasdrift) och med mycket låg filterförbrukning.

Den välbeprövade joniseringstekniken nu äntligen anpassad till byggindustrin

Jonisering av luften är en extremt effektiv metod för att rensa luften från damm, rök, lukt, mögel m.m. Metoden har länge använts inom områden som kontor, sjukhus, restauranger, soprum och efter brand men har då varit i lite mindre skala eller för stationärt bruk. Nu finns utrustning anpassad för byggindustrins tuffa krav på enkel hantering, robust konstruktion och hög kapacitet. Utrustningen är energisnål, kräver bara ett minimum av underhåll och är lätt att dela vid behov av rengöring (vilket är relativt sällan). Dessutom är filterförbrukningen bara en bråkdel jämfört med traditionella dammfällor.

"Den mest effektiva luftrensare världen någonsin skådat!"

Luften fylld av olika smutspartiklar från ett rivningsarbete.

Efter tio minuters drift med Oxysan 2000.

Diamantverktyg, hårdmetallverktyg och maskiner för byggindustrin

Midhage

JACK MIDHAGE AB
269 21 BÅSTAD

info@midhage.se
www.midhage.se

Tel. 0431-71 000
Fax: 0431-75 470

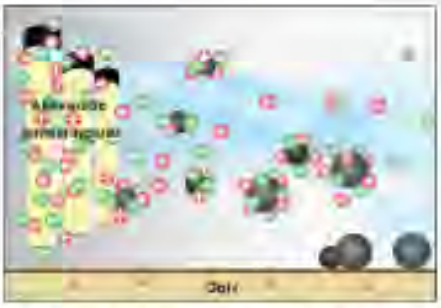
Oxysan förbättrar din arbetsmiljö, ökar lönsamheten och sparar din hälsa

Hur fungerar joniseringen?

Det kan synas som trolleri men tekniken bakom är relativt enkel. Vid jonisering fylls luften med positiva och negativa syremolekyler som klumpar ihop föroreningarna till allt större partiklar tills de sjunker till golvet och stannar där, vilket gör det lätt att dammsuga eller borsta rent. Till skillnad från när man, som i vanliga luftrenare, försöker fånga partiklarna i filter så rengör joniseringen i luften där man arbetar och även det farliga mikrodammet avlägsnas fullständigt. Dessutom försvinner till stor del mögelsporer, rök, lukter från lösningsmedel och andra starka lukter. Som en extra bonus får man dessutom en hälsosam, syrerik luft, jämförbar med ren och frisk uteluft.

Inget trolleri

I en nedsmutsad lokal är luften fylld med små och stora partiklar. De stora partiklarna sjunker sakta ner mot golvet men virvlar lätt upp igen. De mindre partiklarna - det hälsovådliga mikrodammet - svävar runt under lång tid och sprids även lätt igen efter det lagt sig.



När joniseringen är aktiverad skickas positiva och negativa syremolekyler ut i luften som klumpar ihop föroreningarna till allt större partiklar. De sjunker då till golvet och stannar där. De kan lätt dammsugas eller sopas upp utan att spridas igen.

Flera studier visar på fördelarna

Ett flertal studier har visat de positiva effekterna på hälsan efter en tids vistelse i joniserad luft. En studie utförd av WESTRA (Workplace Environment Science & Technology Research Assoc) under sex år på åtta olika arbetsplatser med 1159 anställda visade *kraftiga förbättringar av hälsa och produktivitet*. 57% rapporterade minskad miljöpåfrestning i arbetet, 38% en minskning av allmänna stressymptom. Sjukfrånvaron minskade med 35% och personalomsättningen med 30%. Dessutom ökade produktiviteten med 5 - 15%.

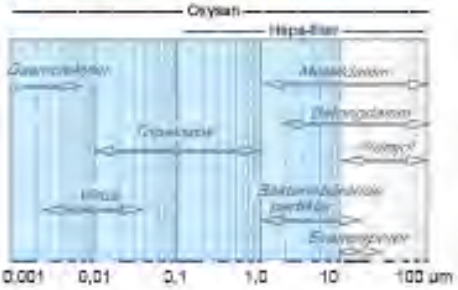
Oxysan renar luften på ett naturligt sätt och ger samma positiva hälsoeffekter som ren och frisk uteluft. Den genomsnittliga koncentrationen av joner är för inomhusluft 50 st/ml, vilket ska jämföras med utomhusluftens värde på 500 - 1000 st/ml.

Oxysan förbättrar din arbetsmiljö, ökar lönsamheten och sparar din hälsa

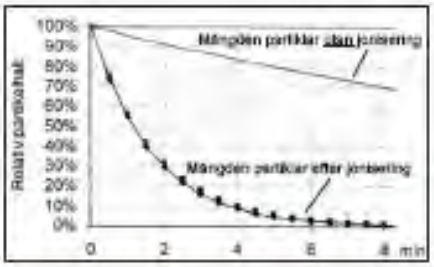
Oslagbart effektiv luftrensning!

Luftrensning med Oxysan innebär att luften inte bara rensas från det synliga dammet. De så besvärliga och hälsovådliga mikropartiklarna, de som i stort sett bara virvlar runt och inte kan fångas med traditionell teknik, avlägsnas med joniseringen. All slags damm, betongdamm, asbestfibrer, trädamm, m.m. tas bort. Dessutom försvinner lukter, rök, illaluktande gaser, mögelsporer, till stor del diesel- och bensinavgaser, bakterier och virus o.d.

I stället medför joniseringen att luften blir mer syrefylld. Luften återställs till en mer naturlig nivå av bipolära joner - jämförbar med frisk och ren uteluft - och blir därmed mer behaglig och hälsosam att andas.



Sparar tid - Ökar lönsamheten



Den extremt snabba och effektiva rensningen av luften gör att arbetena kan utföras effektivare och med färre stillestånd. Dessutom ger Oxysan väsentligt lägre driftskostnader genom lägre filterförbrukning, färre och enklare rengöringar samt lägre effektförbrukning.

Oxysan har ett mycket brett användningsområde och kan användas till många olika typer av arbeten - ta bort alla sorters damm, lukt, rök m.m. Olika nivåer på joniseringen och luftflödet gör det lätt att hitta rätt driftläge. Oxysan kan användas på flera sätt: Antingen max effekt för att snabbt få bort luftföroreningar eller svag effekt för att under hela arbetets gång säkerställa en ren och frisk arbetsmiljö.

Enkel hantering, robust och mångsidig

Lätt att rengöra

Oxysan-enheterna är lätta att rengöra. För att hålla joniseringsrören rena används två grovfilter och ett partikelfilter. Filterförbrukningen är mycket låg eftersom det allra mesta dammet inte passerar där. Ute på arbete behöver man bara rengöra ytterfiltret (filterklass G4) när det blivit smutsigt efter en eller två dagars användning. Efter en veckas drift kontrollerar man innerfiltren (filterklass F9) och rengör vid behov.

Joniseringsrören behöver man kontrollera och eventuellt rengöra bara en gång i kvartalet. En fullständig sanering, efter arbeten med starka dofter, asbest eller andra miljöfarliga ämnen, är lätt att göra till hundra procent. Systemet med enkelt isärtagbara moduler gör att det går snabbt och att det är lätt att komma åt alla detaljer.

Användningsområden och dimensioner

Oxysan 600	Oxysan 1000	Oxysan 2000	Oxysan 4000
	Nyhet!		Nyhet!
Renovera badrum Stambyten	Måla och slipa lägenheter	Bygg och riv Brandskador	Större rivningsjobb
40 - 200 m3	60 - 400m3	100 - 1000 m3	200 - 1600 m3
120 W	160 W	300 W	360 W
32 x 40 x 48 cm	32 x 40 x 48 cm	70 x 76 x 78 cm	70 x 76 x 78 cm
15 kg	16 kg	66 kg	68 kg

- Ta bort bygg- och rivdamm
- För sanering av brandlukt
- Vid målning av spärrfärg
- Vid betongslipning
- Vid sotning
- Ta bort sten- och trädamm
- Vid borttagning och läggning av yt- och mineralskikt

Och mycket mer...

Diamantverktyg, hårdmetallverktyg och maskiner för byggindustrin

Midhage

JACK MIDHAGE AB
269 21 BÅSTAD
info@midhage.se
www.midhage.se
Tel 0431-71 000
Fax 0431-75 470

Bilag 3: Skaleringsfaktorer

NOTE

DANSK DEKOMMISSIONERING

2013-01-16/AHF/jesh

Scaling factors for U-238, U-234 og U-236 for use in gamma spectroscopic clearance measurements in the Technology Plant Project (TPP).

Clearance measurements using gamma spectroscopy in the TPP will be based on measured U-235 activity concentrations, from which the activity concentrations of the other significant uranium isotopes (U-234, U-238, and U-236) can be calculated by multiplying with scaling factors. In this note conservative scaling factors (activity concentration ratios) are proposed. U-235, U-234 and U-238 are present in virgin uranium fuel while U-236 is made in a reactor and hence can be present in uranium which comes from reprocessed fuel.

Scaling factor for U-238

For a given enrichment (mass percentage) in U-235, *B*, the scaling factor, *SKU238*, can be calculated as:

$$SKU238(B) = \frac{TU235}{TU238}\cdot\frac{235}{238}\cdot\frac{(100-B)}{B} \qquad \text{Eq. 1}$$

where *TU235* and *TU238* are the half life of U-235 and U-238:

$TU235 = 7.04\times 10^{8}$ years

$TU238 = 4.5\times 10^{9}$ years

SKU238(B) is a decreasing funktion of *B*, consequently SKU238(20) is a conservative scaling factor as the enrichment of the fuel handled in the plant was greater or equal to 20%:

$$SKU238(20) = 0.62$$

As the 20% enrichment is the lowest enrichment, the scaling factor is considered to be without uncertainty.

DTU-Nutech has made mass spectroscopic measurements (ref. 1) on a smear sample taken in the ventilation duct from the 'powder room' in the plant.

1

Nutech measured the ratio, *RN*, of the number of U-235 atoms to the number of U-238 atoms as:

$$RN = 0.146 \qquad u(RN) = 0.003$$

This value is equivalent to an enrichment, *Bmeasured*:

$$Bmeasured = \left(1 + \frac{1}{RN \cdot \frac{235}{238}} \right)^{-1} \cdot 100 \quad \%$$

$$Bmeasured = 12.60 \quad \% \qquad u(Bmeasured) = 0.25 \quad \%$$

The value of Bmeasured indicates that enriched uranium in the ventilation system has been diluted by natural uranium (background), as the lowest enrichment used was 20%.The dilution is equivalent of mixing 1 g of 20 % enriched uranium with 0.6 g of natural uranium.

Scaling factor for U-234

The atomic ratio between U-234 and U-235 is increased when natural uranium is enrichedusing methods which exploit mass differences. According to IAEA (ref. 2), an international accepted product specification for fuel is a relative maximum mass content of U-234 of 1% of the U-235 content. There is no exact functional relationship between ratio and enrichment. Busch and Bledsoe (ref. 3) gives typical values for low and high enriched fuel (made from virgin uranium) which also limits the U-234 mass content to around 1 % (1.1%). For non-virgin uranium the content of U-234 is lower. In natural uranium the relative mass content of U-234 to U-235 is 0.75 %.

For a relative mass content, *M*, of U-234 relativ to U-235, the scaling factor, *SKU234*, is calculated as:

$$SKU234(M) = \frac{TU235}{TU234} \cdot \frac{235}{234} \cdot \frac{M}{100} \qquad \text{Eq. 2}$$

where TU234 is the half life of U-234: $TU234 = 2.45 \times 10^5$ years

From eq.2:

$SKU234(0.75) = 22$	natural uranium
$SKU234(0.86) = 25$	low enriched (3.5%) virgin uranium
$SKU234(1.1) = 32$	high enriched (93.5%) virgin uranium

On the smear sample from the powder room ventilation duct Nutech determined the ratios between the number of U-234 atoms to U-238 atoms and the number of U-235 atoms to the number of U-238 atoms. Dividing the first ratio with the latter gives the U-234 to U-235 atom ratio. Multiplying this atom ratio with the ratio of the decay constants for the isotopes gives the activity ratio, *Rnutech,* of U-234 activity to U-235 activity:

$$Rnutech = 19.0 \qquad u(Rnutech) = 0.6$$

The ratio *Rnutech* is low and could indicate the presence of non-virgin uranium with a relative low U-234 content. To acknowledge the measured activity ratio, *Rnutech,* but also to add an element of conservatism into the scaling factor for U-234 and the associated uncertainty the following values are set:

$$SKU234 = 20 \qquad u(SKU234) = 5$$

Scaling factor for U-236

U-236 is made by irradiating U-235 in a reactor and is therefore only present in reprocessed uranium. According to ref. 1, the typical amount is around 0.5 % (mass percentage), With a relative mass content of U-236 of 0.5 % the largest scaling factor for U-236, *SKU236*, will be for the lowest enrichment (20%) of U-235, and can be calculated as:

$$SKU236 = \frac{\frac{0.005}{236 \cdot TU236}}{\frac{0.2}{235 \cdot TU235}} = 0.75 \qquad \text{Eq. 3}$$

where TU236 is the half life of U-236: $TU236 = 2.342 \times 10^{7}$ years

Nutech also measured ratio of the number of U-236 atoms to U-238 atoms in the smear sample. Dividing this ratio with the U-235 to U-238 atom ratio and multiplying by the ratio of the decay constants (U-236 to U-235) for the two isotopes gives an activity ratio equal to 0.193 (uncertainty=0.005). To acknowledge the measured activity ratio but also to add an element of conservatism into the scaling factor for U-236 the following values are set:

$$SKU236 = 0.5 \qquad u(SKU236) = 0.2$$

Other uranium isotopes

U-232 is produced in fuel during reactor operation and it therefore only present in reprocessed fuel. According to ref.1 a typical amount is around 1 ppb of the U-238 content. In 20 % enriched reprocessed fuel this would result in a scaling factor of around 0.05. A gammaanalysis was made on a smear sample similar to the one analysed by Nutech. U-232 was not detected (no Tl-208 daughter), but the ratio of the detection limit U-232 (activity) to the U-235 content was approximate 0.05. On the basis of this low ratio based on the U-232 detection limit, it is considered acceptable to exclude U-232 in the clearance measurements and thus omit a scaling factor for this radionuclide.

U-233 is produced in fuel during reactor operation and it therefore only present in reprocessed fuel. According to ref. 2 a typical amount is around 2 ppb of the uranium content. In 20 % enriched reprocessed fuel such a content is equivalent to a scaling factor of 0.00005 and which can be neglected.

U-237 is produced in fuel during reactor operation but decay to with a very short half life (7 d) and to a longlived daughter, thus scaling factors for these radionuclides are omitted.

Other radionuclides

Only reprocessed uranium can introduce other radionuclides which might have to be taken into account. Ref. 2 mentions Tc-99 as a possible contaminant with acceptable levels up to 5 ppm. In 20% enriched fuel, 5 ppm Tc-99 is equal to an activity ratio of Tc-99 to U-235 of 0.08. This ratio is considered low enough to neglect a possible presence of Tc-99.

The gammaanalysis of the smear sample did show a content of Cs-137. The activity ratio of Cs-135 to U-235 was 0.29. The Cs-137 is expected to be a background contamination from Tjernobyl and/or from fall out. A possible Cs-137 excess contamination at a level where it would contribute to a significant fraction of the clearance index, would be much more readily measurable than U-235 in a gamma spectrometric measurement, and will need no scaling factor.

If Co-60 was present, the same argument as used for detection of Cs-137 can be used for Co-60.

Conclusions

The table summarizes the scaling factors (scaling from U-235) to be used in the TPP. As the three radionuclides have the same clearance values, taken U-236 and U-238 into account will only change the clearance index by a few percent. This could be an argument for omitting the isotopes, but they will be included to show, that their contributions have been evaluated.

"Radionuclide"	"Scaling factor"	"Uncertainty"
"U-234"	20	5
"U-236"	0.5	0.2
"U-238"	0.62	0

References

1. Isotopic analysis of uranium in a smear sample, Per Roos, DTU-Nutech, 2013
2. *Management of Reprocessed Uranium*, IAEA-TECDOC-1529, February 2007.
3. *The effect of U-234 content on the neutronci behaviour of uranium systems,* Busch and Bledsoe, 2011.

Bilag 4: Referat af møder med tidligere medarbejdere

DANSK DEKOMMISSIONERING

20. april 2015

Ref tlars

Strålings- og nuklear sikkerhed

Møder med tidligere Risø medarbejdere

Der har i 2015 været to møder med tidligere Risø medarbejdere. De har alle været tilknyttet arbejdet i Teknologihallen, enten i forbindelse med selve produktionen af brændselsstave eller i forbindelse med materialeforskning i samme bygning. Ved første møde deltog Jan Borring, Kjeld Sandsted og Claus Mikkelsen. Ved andet møde, som primært blev arrangeret for at få afklaret nogle forhold omkring brugen af ovne i ovnrummet, deltog Kjeld Sandsted og Palle Nielsen. Da de behandlede spørgsmål var ens ved de to møder, sammenfattes spørgsmålene og svarene i ét dokument. Herunder summeres svarene på de stillede spørgsmål.

Hvordan er rum S32 blevet anvendt?

Indtil de første kraftelementer til DR3 skulle fremstilles blev rummet anvendt som lager. Senere blev der svejst brændselselementer i rummet, men brændslet var på dette tidspunkt indesluttet i det omgivende metal. JB, KS og CM var alle sikre på, at der ikke er blevet arbejdet med åbne kilder i rummet, herunder skæring eller slibning i uranmetal.

Oversvømmelse i 1975 – kan dette have medført kontamination over et større område?

De tidligere Risø medarbejdere fik fremvist et dokument, der viser at der har været en oversvømmelse. JB, KS og CM kunne ikke huske hændelsen, men er alle af den opfattelse, at en oversvømmelse med kølevand fra vacuumovnen ikke ville kunne kontaminere gulvet i eller omkring ovnrummet. Argumentet var, at kølevandet ikke var kontamineret, og at rengøringen af gulvet var så grundig, at vandet ikke ville kunne medbringe kontamination fra ovnrummet til andre rum. PN kunne huske oversvømmelsen. Der var vand på gulvet i hallen, men det nåede ikke helt hen til valseværket.

Det trak mod udgangsdørene mod nord. Vandet blev pumpet væk af Behandlingsstationen. I øvrigt var PN enig med de øvrige omkring risikoen for spredning af kontamination.

Der er fundet kontamination i rumventilationen i ovnrummet. Hvor kan den komme fra? Var der andre maskiner i ovnrummet? Har der været luftkontamination i ovnrummet?

Ingen af de tidligere medarbejdere kunne erindre, at der har været luftkontamination i ovnrummet. I ovnrummet stod der, udover vacuumovnen, et par andre ovne samt en handskeboks, som var blevet flyttet fra pulverrummet til ovnrummet i omkring 1970. Alle var enige om, at der ikke havde stået skærende eller slibende maskiner i ovnrummet.

Vedr. de andre ovne kunne PN fortælle, at han havde anvendt disse ovne regelmæssigt, men at de aldrig var blevet brugt til opvarmning af aktive emner.

Vedr. handskeboks forklarede JB og KS om brugen af den. Plader af højt beriget uran blev slået itu med en hammer. Siden blev der anvendt specialværktøj, så pladerne kunne vrides itu. Handskeboksen var tilsluttet rumventilationen omtrent på det sted, hvor DD har fundet mest kontamination. Imidlertid var JB og KS enige om, at det arbejde der blev udført i handskeboksen kun genererede partikler, der var så store, at de kunne samles op med en pincet efterfølgende. Ingen af de tidligere medarbejdere kunne komme med et bud på, hvor kontaminationen kunne stamme fra.

DD har opdaget, at der var kontamination i afkastkanalen til udslagsbordet, dvs. efter filter. Har I kendskab til en hændelse, der kunne frembringe denne kontamination?

Ingen af de tidligere ansatte har kendskab til dette. PN udtaler dog, at det ikke ville komme bag på ham, at udslagsbordet har kørt uden filtre ved en forglemmelse, eller at filtrene ikke var blevet monteret korrekt. Der var ikke overvågning af filtre eller afkastmonitering, så det ville først blive opdaget ved næste filterskift. PN har dog ikke direkte kendskab til, at det er sket.

I rum S02 og tilstødende rum har DD opdaget, at der ikke er maling under linoleumslaget. Har der altid været linoleum på?

Ingen af de tidlgere ansatte kan mindes, at der har været anden belægning. Måske fliser før, men de er ikke sikre.

Bilag 5: Poster - Teknologihallen

DANSK DEKOMMISSIONERING

Dekommissionering af Teknologihallen

Introduktion

Bygning 229 har været anvendt til fremstilling af uranbrændselselementer til forskningsreaktorerne DR2 og DR3. Evt. kontamination består af ikke-bestrålet uran i form af støv, pulver og afsætninger på overflader. Der er tale om beskedne mængder radioaktivitet.

Formålet med dekommissioneringen er at frigive bygningen til brug uden radiologiske restriktioner (Greenfield).
Dekommissioneringsarbejdet består af demontering og rensning af udstyr fra produktionen samt frigivelsesmålinger af tilbageværende udstyr og overfladerne.

Historik

Der har fra 1963 til 2002 været arbejdet med udvikling og fremstilling af brændselselementer til forsøgsreaktorer og kraftreaktorer. En lang periode foregik udviklingen i samarbejde med Helsingør Skibsværft, som havde ambitioner om at producere brændselselementer til kraftreaktorer. I 1972 blev Teknologihallen udvidet med den sydligste halvdel, hvor bl.a. mekanisk værksted, nye omklædningsfaciliteter og autoklaverummet blev indrettet.

I 1968 kom de første på Risø fremstillede elementer i normal drift i DR 3 såvel som i DR 2 (i forskellig udførelse). Elementerne var pladeelementer, indeholdende en aluminium-uran legering indkapslet i aluminium og udvalset i tynde plader. En række af disse plader samlet mellem et par sideplader udgjorde et brændselselement. Senere blev der udviklet rørformede uran-aluminium brændselselementer til DR 3, hvoraf de første blev sat i drift i 1975.

Brændselsproduktionen til forsøgsreaktorerne var frem til 1988 baseret på højt beriget (93 % ^{235}U) uranmetal. Derefter blev elementerne fremstillet ud fra lavt beriget (ca. 19,7 %) U_3Si_2 pulver. Siden 2002 har der ikke foregået aktiviteter med relation til brændselsproduktionen. Samme år blev der foretaget en delvis dekontaminering og efterfølgende nedklassificering af bygningen, som i dag anvendes af tre forskellige DTU institutter til ikke nukleare forsøgsaktiviteter.

Sikkerhed

Hvis der er risiko for spredning af kontamination afspærres området og der vil være adgang forbudt for brugerne. Det er meget vigtigt at skiltningen respekteres!

I Teknologihallen blev der arbejdet med ubestrålet brændsel. Dette udsender primært alfa-stråling, som har en meget kort rækkevidde – få cm luft eller bare et lag maling er nok til helt at stoppe strålingen. Selv tæt på selve arbejdsstedet vil der derfor ikke blive tale om doser fra udefrakommende stråling. Til gengæld skal indånding af alfa forurening undgås. Der tages højde for dette i planlægningen og under arbejdet.

Støjgener vil blive varslet i videst muligt omfang. Hvis du er i tvivl eller har spørgsmål, så spørg din arbejdsmiljøkoordinator.

Tidsplan

Dekommissioneringen forventes at være afsluttet inden udgangen af 2014. Arbejdet bliver koordineret med og planlægges under hensyntagen til DTU's brugere.

Hvor skal der ske noget?

Baseret på anlæggets driftshistorie og radiologiske målinger er bygningen karakteriseret efter den forventede grad af kontamination:

Rød – Kontaminerede områder og/eller genstande skal dekontamineres eller fjernes og området skal igennem en frigivelsesproces.

Gul – Områder og/eller genstande skal igennem en frigivelsesproces. Det er nødvendigt at fjerne gulvbelægning.

Blå – Der foretages enkelte målinger på gulve, hvor et lille stykke belægning fjernes.

Grøn – Der skal ikke ske noget/Greenfield

Status pr. 1. august 2013

Stueplan

1. sal

De nye målinger kan ændre på karakteriseringen

Kontaktinformation

- Projektingeniør Leif Høgh Olsen, Dansk Dekommissionering, 2272 6330
- Helsefysiker Thommy I. Larsen, Dansk Dekommissionering, 2272 6377
- Vagthavende helseassistent, Dansk Dekommissionering, 2272 6325
- Arbejdsmiljøkoordinator Sidsel Bjerre Andersen, DTU Energikonvertering, 3050 2913
- Arbejdsmiljøkoordinator Kaj Kvisgaard Borum, DTU Vindenergi, 46775727