Tittel:	**SAR 19 - Dekommisjonering for HBWR**		
Datafilreferanse	: 0801.01	**Dokument ID**	: SAR 19
Antall vedlegg	: 0	**Konfidensiell grad**	: Tekst: Åpen, Figurer: Konfidensiell
Utgave nr.	: 1	**Dato**	: 15.12.2010

Sikkerhetsrapporten

(Safety Analysis Report)

Halden Boiling Water Reactor

SAR 19 – Dekommisjonering for HBWR

		Navn	Signatur	Dato
Utarbeidet av	:	Svein-Erik Christiansen, Liv Gjønnes	Svein-Erik Christiansen	15/12-2010
Kontrollert av	:	Thomas Elisenberg	Thomas Elisenberg	15/12-2010
Godkjent av	:	Margaret McGrath, Fridtjov Øwre	Margaret A. McGrath	15/12-10

IFE

Innhold

1 SAMMENDRAG 4

2 INNLEDNING 5

3 BESKRIVELSE OG FORUTSETNINGER 6
3.1 Beskrivelse av reaktoranlegget 6
3.1.1 Hovedområder ved Dekommisjonering 6
3.1.2 Hendelser og uhell 7
3.2 Forutsetninger 7
3.2.1 Tidspunkt for start riving av anlegget 7
3.2.2 Transport av brensel fra reaktoranlegget 7
3.2.3 Dosegrenser 7
3.2.4 Utslippstillatelse 7
3.2.5 Ny infrastruktur 8
3.2.6 Personell 8

4 AVFALL 8
4.1 Avfallstyper 8
4.1.1 Radioaktive 8
4.1.2 Ikke-radioaktive 8
4.2 Avfallsmengder 8
4.2.1 Betong fra reaktorhall og Fuel Bunker Building 9
4.2.2 Spesielt rivingsavfall 10
4.2.3 Annet rivningsavfall 10
4.2.4 Ventilasjon 10

5 AKTIVITETSMENGDER 11
5.1 Komponenter knyttet til reaktortanken med indusert radioaktivitet 11
5.1.1 Aktivering av reaktortankmateriale 11
5.1.2 Aktivering av skjermkretsen 12
5.1.3 Aktivering av kontrollstaver og eksperimentalrigger i reaktortanken 12
5.1.4 Aktivering av betongen omkring reaktortanken 13
5.2 Overflatekontaminering av komponenter 14
5.2.1 Primærkretsen 14
5.2.2 Eksperimentalkretser og ytre systemer 14
5.2.3 Skjermkretsen 14
5.3 Tungtvann 15
5.4 Oppsummering for aktivitet 16

6 ADMINISTRASJON OG PERSONELL 17
6.1 Kompetanse 17
6.2 Organisasjon og ressurser 17
6.3 Dokumentasjon 17

7 DEKOMMISJONERINGSAKTIVITETER 18
7.1 Strategi 18
7.2 Ny infrastruktur 18
7.2.1 Nedleggelse av ny infrastruktur 19

7.3 Dekontaminering 19
7.4 Fjerning av reaktortanken 19
7.4.1 Utførelse 19
7.4.2 Sikkerhetsvurderinger 20
7.5 Demontering og avfallshåndtering 21
7.6 Overvåking av fysisk sikring 24
7.7 Oversikt vedlikeholdsprogram 24
7.8 Håndtering av brensel 24
7.9 Håndtering av tungtvann 25
7.10 Rengjøring av bygningsmasse på kontrollert område 25

8 SIKKERHETSASPEKTER 26
8.1 Operasjonsgrenser og prosedyrer 26
8.2 Utslippsgrenser 27
8.3 Dosebegrensninger 27
8.4 Strålevernoppgaver (overvåkning og beskyttelse) 27
8.5 Beredskap 28
8.6 Fysisk beskyttelse 28
8.7 Sikkerhetsvurderinger 29
8.8 Sikkerhetskontroll (Safeguards) 29

9 KVALITETSSIKRING 29

10 STRÅLEVERNPROGRAM 29

11 FASTSETTELSE AV “FINAL PLAN” 29

12 KOSTNADER 30
12.1 Nødvendig personell 30
12.1.1 Doseestimater 31
12.2 Løpende driftsutgifter 32
12.3 Andre driftsutgifter og investeringer 32

13 REFERANSELISTE 34

14 FIGURLISTE 35

15 FIGURER 36

1 SAMMENDRAG

Dekommisjoneringsplan for IFEs nukleære anlegg i Halden er oppdatert pr 2010 til trinn 3. Planen omfatter:

- Haldenreaktoren (HBWR – Halden Boiling Water Reactor) med lagre for brukt brensel på industriområde i Tistedalsgata.

Første utgave av Dekommisjoneringsplan for HBWR (trinn 2) ble overlevert Statens strålevern i desember 2004. Denne første utgave var basert på IAEAs definisjoner, der dette ikke er i konflikt med at løsning for mellomlager ikke er valgt. Dette er også gjeldende for inneværende utgave av Dekommisjoneringsplan. Det betyr at brenselet lastes ut av reaktortanken og lagres midlertidig på anleggsområdet i denne fasen (trinn 3).

Utarbeidelse av dekommisjoneringsplanen for HBWR følger IAEAs standard for Dekommisjonering av forsøksreaktorer [1].

Før arbeidet med dekommisjonering starter må forutsetningene i kapittel 3.2 være avklart og gjennomført.

Arbeid med nedriving av anlegget er basert på at systemer ikke blir dekontaminert.

Totale avfallsmengder kontaminert fra drifta av reaktoranlegget er 335 m^3 (3007 tønneekvivalenter), dette avfallet vil bli deponert i Himdalen. Total radioaktivitet for avfallet er beregnet til 1,4E+17 Bq.

Tidsforbruk for Dekommisjonering til nivå 3 er estimert til 12 år.

Totale kostnader for dekommisjoneringsprosessen er gitt i tabellen nedenfor (utdrag av *Tabell 19*).

Beskrivelse	Utgifter
Løpende driftsutgifter 7 MNOK/år x 12 år	84 MNOK
Andre driftsutgifter og investeringer	256 MNOK
Personalkostnader	665 MNOK
Total kostnad	**1005 MNOK**

2 INNLEDNING

- Konsesjonsvilkårene for Instituttets nukleære anlegg fastlegger at det skal forelegges en oppdatert dekommisjoneringsplan for de konsesjonsunderlagte anleggene for myndighetene senest 31.12.2010. Dekommisjoneringsplanen skal være så detaljert for reaktoranlegget og brenselinstrumentverkstedet at en eventuell nedlegging kan påbegynnes kort etter det tidspunkt det er bestemt at anleggene skal nedlegges.
- Denne rapporten er basert på en dekommisjonering til trinn 3 i hht IAEAs definisjoner. Dekommisjoneringsprosessen er tenkt gjennomført i 3 faser.
- Dekommisjoneringsplanen for IFEs nukleære anlegg i Halden, HBWR (del I) og verkstedet i Os Allé 5 (del II) [2], ble overlevert Statens strålevern i desember 2004. Planen var basert på en nedleggelse til trinn 2 i hht IAEAs definisjoner, der dette ikke kom i konflikt med at mellomlagerløsning ikke er valgt. Det vil bl.a. si at brenselet ikke skulle fjernes fra anlegget i denne fasen.
- Statens strålevern bekreftet i oktober 2005 at dekommisjoneringsplanen oppfyller konsesjonskravene til IFE. Samtidig ble det angitt behov for å utvide planen slik at den også dekker trinn 3, noe som innebærer at Haldenreaktoren skal kunne betraktes som ”greenfield” etter at nødvendige dekommisjoneringer og friklassifiseringer er foretatt
- Rammer for denne oppdateringen ble gitt av Statens strålevern 22. august 2006.
- Oppdatert dekommisjoneringsplan ble sendt Statens strålevern i desember 2007.
- Statens strålevern tok oppdatert plan til etterretning våren 2008, med noen kommentarer.
- Statens strålevern ga ytterligere kommentarer til dekommisjoneringsplanen i brev av 4. mai 2010.

IAEA anbefaler at dekommisjonering av nukleære anlegg planlegges gjennomført i tre planleggingsnivåer [1]. Disse er – initial planning – ongoing planning – final planning.

”Initial plan” tilsvarer planen for nedleggelse utarbeidet i 1996.

Denne dekommisjoneringsplanen tilsvarer en ”ongoing plan”. Dette betyr at den skal utarbeides under drift av anlegget, og skal være en revisjon av ”initial plan” slik at det sikres et bedre underlag for nedleggelse ved at miljømessige konsekvenser vurderes og at kostnadsoverslag av nedleggelsen inkluderes. ”Final plan” utarbeides når dato og omstendighetene rundt nedleggelse av anlegget er kjent.

Dekommisjoneringsplanen er så detaljert for reaktoranlegget og verkstedet i Os Allé 5 at en eventuell Dekommisjonering kan påbegynnes etter konsesjonstidens utløp.

Før arbeidet med dekommisjoneringer skal kunne startes må nødvendige forutsetninger være avklart og gjennomført som beskrevet i kapittel 3.

Strategi for dekommisjoneringsaktivitetene er gitt i kapittel 7.

Kostnadsøkningene i forhold til dekommisjoneringsplanen fra 2007 skyldes følgende faktorer:

- Ny infrastruktur som var underestimert og der det nå er valgt ny løsning med bygg utenfor fjellet.
- Økte brenselsmengder
- Økt personellbehov, der avfallshåndtering og ekstra administrasjon er inkludert etter råd fra IFEs kontaktnett.

3 BESKRIVELSE OG FORUTSETNINGER

3.1 Beskrivelse av reaktoranlegget

Haldenreaktoren ligger i en fjellhall, med en fjelloverdekning på 30 til 50 meter. Når reaktoren er i drift er hallen stengt med slusedører. Volumet innenfor slusedørene er 4500 m^3. Reaktorhallen er 30 m lang, 10 m bred og har en total høyde på 26 m hvorav 11.5 m er over gulvet i hallen. Reaktorhallen inneholder også brenselbrønner for lagring av brukt brensel.

Reaktoren er en 25 MW tungtvannsmoderert og -kjølt reaktor med driftstrykk på 34 bar. Energien som produseres leveres via varmevekslere som vanndamp gjennom rør til Saugbrugsforeningen som nytter den i sin papirproduksjon.

Reaktoranlegget forsynes med vann fra Saugbrugsforeningen og/eller Halden kommunale vannettverk. Normalt benyttes vannet fra Saugbrugsforeningen som kjølevann for varmevekslere og annet prosessutstyr, mens det kommunale vannet benyttes som drikke- og sanitærvann. Vann fra det kommunale nettverket kan også benyttes som kjølevann hvis det skulle oppstå et behov for dette.

Avløpet for sanitærvann er knyttet til det kommunale ledningsnettet for kloakk. Kjølevannet er ikke-aktivt og lavaktivt vann går i doble rør gjennom kommunens overvannsledning til elven Tista. Volumet som slippes ut er ca. 40 m^3/time når reaktoren er i drift og ca. halve mengden under avstengning av reaktoren. Til kommunens overvannsledning er det også trukket et dobbelt rør for det lavaktive vannet fra anlegget.

Strømtilførselen til reaktoranlegget skjer via Saugbrugsforeningens el-nett. I tillegg er det på reaktor-anlegget installert reservestrøm bestående av to dieselaggregater og flere batteristrømforsyninger.

Utenfor reaktorhallen, men innenfor anleggsområdet, ligger tre bygningskompleks på henholdsvis 850 m^2 (1), 1029 m^2 (2) og 360m^2 (3) grunnflate.

1. lager for brukt brensel, metallurgisk laboratorium for undersøkelse av bestrålte materialprøver og tidvis brukt brensel, mekanisk verksted og kontorer og laboratorier (servicebygget).

2. resepsjon, kontorer, reaktorens kontrollrom, verksteder, laboratorier, vaskeri og nødstrømsaggregater (hovedbygning).

3. kjemilaboratorier og kontorer (tårnbygget).

Driften av anlegget gir utslipp av aktivitet til luft og vann. Alle utslipp overvåkes for radioaktivitet. Utslippene ligger godt innenfor de rammer som er satt i Instituttets utslippstillatelse.

Reaktoren er i døgnkontinuerlig drift 6-7 måneder i året.

Anleggsområdet for HBWR er vist i Figur 1. Det er ingen historiske endringer av anleggsområdet som har konsekvens for dekommisjoneringen av HBWR. Mer utførlig beskrivelse av reaktoranlegget finnes i Sikkerhetsrapporten for HBWR [3].

3.1.1 Hovedområder ved Dekommisjonering

Hovedområder med hensyn på Dekommisjonering, er de deler av reaktoranlegget som er berørt av brensel og / eller radioaktivitet. Dette er i første rekke reaktortanken og primærkretsen, samt brensellagrene i reaktorhallen og Fuel Bunker Building (FBB) som vist i Figur 1. I tillegg kommer brenselshåndteringskompartementene i reaktorhallen og Metallurgisk laboratorium.

Ytterligere utfordringer ved dekommisjoneringsarbeidet vil være:

- Lagre alt brensel inntil nasjonalt mellomlager er ferdigstilt
- Håndtere mengdene med kontaminert vann i forbindelse med dekommisjoneringsarbeidet
- Optimalisere arbeidet på de begrensede arealene som er til rådighet.

3.1.2 Hendelser og uhell

I 2001 hadde HBWR en brenselfeil som førte til nedfall av brensel til bunnplata i reaktortanken. I etterkant av uhellet ble bunnplata støvsugd slik at det meste av brenselet ble fjernet fra reaktortanken. Urannivåene i primærkretsen ble rapportert til Statens Strålevern fram til høsten 2001, etter dette har nivåene vært under rapporteringsnivå.

Det er dermed ingen hendelser eller uhell som vil være relevant for dekommisjoneringsarbeidet.

3.2 Forutsetninger

Følgende forutsetninger er lagt til grunn for gjennomføring av dekommisjoneringsprosessen som beskrevet i denne planen:

3.2.1 Tidspunkt for start riving av anlegget

Det forutsettes at riving av anlegget starter umiddelbart etter endelig stans av reaktoren.

3.2.2 Transport av brensel fra reaktoranlegget

Rapporten er basert på at alt brukt brensel ved reaktoranlegget skal transporteres til et nasjonalt mellomlager. Inntil nasjonalt mellomlager er ferdigstilt vil alt brensel mellomlagres, på anleggsområdet. Dekommisjoneringsplanen er basert på at denne mellomlagringen er nødvendig i hele dekommisjoneringsperioden. Det forutsettes at det blir kjøpt inn to transportbeholdere til dette formål. Transportene vil følge instituttets, IAEAs og nasjonale retningslinjer for transporter [4, 5, 6]. Transportene har aktivitetsbegrensninger, og hver transport må vurderes separat.

3.2.3 Dosegrenser

Instituttet forutsetter at dosegrensene til alt personell som skal stå for rivingen av anlegget er lik dosegrensene for yrkeseksponerte som arbeider ved reaktoranlegget i dag. Dvs. inntil 50 mSv pr år, men ikke over 100 mSv på 5 år for vedlikeholdspersonell, og 20 mSv/år for øvrig personell. Planleggingen av arbeidet er likevel basert på maksimalt 18 mSv/år pr. person, Dette er samme grunnlag som brukes i dag med hensyn på drift av reaktoranlegget.

3.2.4 Utslippstillatelse

Instituttet forutsetter at dagens utslippsgrenser vil være gjeldende under dekommisjoneringen, både til luft og vann. (Se kap.8.2)

3.2.5 Ny infrastruktur

For å kunne starte dekommisjoneringen er det nødvendig å bygge ny infrastruktur på anlegget (kapittel 7.2). Forutsetningen er at denne infrastrukturen blir bygget og står ferdig før riving av radioaktive komponenter starter. Dette er nødvendig med hensyn til arbeidsforhold, renhold, doser til personellet, kontaminering og tidsbruk.

3.2.6 Personell

For å kunne legge ned anlegget på en best mulig måte med hensyn til doser til personell, kontamineringsfare og tidsbruk er det en forutsetning at personellet som benyttes har lokalkunnskap om anlegget. Dvs. at rapporten er basert på at personellet som benyttes er det personellet som arbeider ved anlegget den dagen anlegget blir bestemt nedlagt. Dette gjelder særlig vedlikeholdspersonell, operasjonspersonell, kjemikere og strålevernspersonell. Ledelsen for dekommisjoneringsarbeidet bør være personell med relevant erfaring. Staben vil starte rivingen av anlegget umiddelbart etter at bekreftet riving er bestemt. Ved spesielle arbeidssituasjoner vil det bli vurdert å benytte ekstern ekspertise.

4 AVFALL

Avfallsmengdene ved demontering vil vurderes kontinuerlig for å forsøke å redusere mengde radioaktivt materiale samt ikke-kontaminert spesialavfall.
Alt avfall merkes for å ha god sporbarhet på avfallet fra demontering til deponering.

4.1 Avfallstyper

4.1.1 Radioaktive

Radioaktive komponenter er alle komponenter og rekvisita som er brukt i radioaktivt område ved HBWR, og som ikke vil bli friklasset.

4.1.2 Ikke-radioaktive

Under kategorien ikke-aktivt materiale er avfall fra bl.a. sekundærkrets, tertiærkrets og el. kabler og komponenter som ikke er kontaminerte og/eller er blitt friklasset. Dette inkluderer også asbest, kadmium, bly, kjemikalier etc. som behandles som spesialavfall i henhold til gjeldende regler [7].

4.2 Avfallsmengder

For utførlige og detaljerte opplysninger vedrørende avfallsvolumer henvises det til [8].

Listen tar for seg hele primærkretsen med støttesystemer som underkjølerkrets, rensekrets og rekombineringskrets, samt eksperimentalsystemer (looper).

Det mest radioaktive avfallet deponeres i kokiller, der tilgjengelig volum er 420 liter, mens avfall som er mindre radioaktive deponeres i store kasser med et tilgjengelig volum på 2300 liter. Alt avfall vil klassifiseres med hensyn på radioaktivitet, og lav-aktivt materiale vil bli forsøkt brukt som skjerming for mer aktivt materiale. Ved behov vil ekstra skjerming benyttes i kokillene og kassene, slik at doserate utenfor kokillene og kassene ikke overstiger 10mSv/t.

Effektiv fylling for kokillene og kassene, er på bakgrunn av dette anslått for de ulike anleggsdelene.

På bakgrunn av evaluering av plassbehovet i Himdalen er også tønne-ekvivalenter benyttet for avfallsmengdene.

Tabell 1: Avfallsmengder

Avfallstype	**Volum (m^3)**	**Areal (m^2)**	**Tønne -ekv**	**deponeres i**		**effektiv fylling (%)**
				kasser	**kokiller**	
Reaktortank	11	50	100		52	50
Reaktortank – innvendige deler	4	60	36		19	50
Primærsystem	46	1000	836		438	25
Eksperimental-systemer – looper	14	70	127		67	50
Lager og lagret avfall	35		318		167	50
Totalt: metall	**110**	**1180**	**1418**		**743**	
Totalt: betong	**157**		**952**	**91**		75
Spesielt fra rivning	**20**		**182**	**18**		50
Annet fra rivning	**20**		**182**	**18**		50
Ventilasjon	**30**		**273**	**26**		50
Totalt	**337**		**3007**	**153**	**743**	

4.2.1 Betong fra reaktorhall og Fuel Bunker Building

I reaktorhall skal 1,7 m rundt reaktortanken rives. I waste pit skal det tas ut ca. 0,5 cm betong rundt waste pit. Dette er overflatekontaminering av betongen som ikke trekker lenger inn i betongen enn 0,5 cm. Av samme årsak tas det ut ca. 0,5 cm betong rundt de 3 fuel pit'ene.

I fuel bunker building skal det også tas ut ca. 0,5 cm betong rundt FHP (Fuel Handling Pond) og FSP (Fuel Storage Pond), samt ca. 0,5 cm rundt vertikallageret.

Reaktorhall [9]

Betong ca. 1,7m utenfor og fra bunn av reaktortanken og opp til lokket (5m)	~155 m^3
Betong i en avstand av 0,5 cm rundt Fuel pit	0,3 ”
Betong i en avstand av 0,5 cm rundt Waste pit	0,9 ”
Sum reaktorhall	**~156 m^3**

Fuel Bunker Building

Horisontalt tørrlager for brensel	
7100mm x 2830mm x 2850mm (d x l x b) og tykkelse 0,5 cm	~0,5 m^3
Fuel Storage Pond	
5200mm x 3200mm x 2100mm (d x l x b) og tykkelse 0,5 cm	~0,3 ”
Fuel Handling Pond	
5200mm x·4000mm x 1500mm (d x b x l) og tykkelse 0,5 cm	~0,3 ”
Sum bunkerbygning	**~1,0 m^3**

4.2.2 Spesielt rivingsavfall

Aktivering av materialer som omgir reaktortanken har trolig resultert i at større mengder stål og betong inneholder små mengder aktivitet. For betongskjermen er det nuklidene Co-60 og Eu-152 som vil være avgjørende. For skjermingskretsen er det nukliden Co-60 som vil gi den høyeste aktiviteten. Sett i forhold til komponenter i primærsystemet vil radioaktivt innhold i betong og skjermkrets være av ubetydelig omfang.

4.2.3 Annet rivningsavfall

Følgende komponenter må også transporteres til Himdalen:

- Rør fra FBB (Fuel Bunker Building) til delaytank (ligger i bakken må graves opp)
- Delaytanker
- Kjølevannsrør installert i 2006 fra IFE til Tista. Dette røret vurderes friklasset.
- Alle større komponenter som ikke blir friklasset. Sentralt er transportbeholdere, ventilasjonskanaler og kontaminert verktøy.
- I tillegg må eventuelt radioaktivt avfall fra nytt verksted for behandling av avfall tas ut og lagres.

4.2.4 Ventilasjon

Dekontamineringsarbeidet vil kreve at ventilasjonsanleggene er i full drift så lenge rivningsarbeid pågår. Ventilasjonsanlegget i fjellet, metlab og bunker vil deretter bli demontert. Friklassing av ventilasjonsanlegget er ikke forventet.

5 AKTIVITETSMENGDER

En Dekommisjonering av Haldenreaktoren vil føre til store mengder radioaktivt avfall fra demontering. Dette avfallet vil bli klassifisert, pakket og fraktet fra anlegget på en forsvarlig måte. Alle aktivitetsberegninger vil bli verifisert med målinger før demontering av komponentene.

Dersom det ses bort fra brukt brensel vil hovedmengden radioaktivitet være knyttet til primærkretsen og til komponenter som har vært i reaktoren. Disse kan deles inn i følgende hovedkategorier:

- Reaktortanken med interndeler, i hovedsak med indusert radioaktivitet
- Komponenter som i hovedsak er kontaminert på indre/ytre overflate (overflatekontaminert)
- Tungtvann
- Annet rivingsavfall

Dokumentasjon vil følge alt radioaktivt avfall som sendes fra anlegget.

Aktivitetsberegningene er utført pr. utløp av nåværende konsesjon.

5.1 Komponenter knyttet til reaktortanken med indusert radioaktivitet

Under drift av reaktoren utsettes reaktortanken og andre komponenter i tanken for en høy nøytronfluks som fører til indusert radioaktivitet. Det er nuklidene med høy nuklidespesifikk radioaktivitet som kompenserer dekommisjoneringen. Co-60 er blant disse og har ved endelig nedkjøring, har høy strålingsintensitet og relativt lang halveringstid (5,3 år). Deponering er avhengig av mer langlivede nuklider, i første rekke indusert Ni-63 med halveringstid på 100,1 år.

5.1.1 Aktivering av reaktortankmateriale

Reaktortanken består av en tank med flens og lokk. Over reaktorkjernen, men under lokket, er det 3 plater med ulik tykkelse. I bunn av tanken er det et utløp, skjermet av et skjold og en plate. Alle komponenter er i stål. Resultat av aktiveringsberegningen for reaktortanken med skilleplater, lokk, bunnplate, bunnskjold, flens og bunn er gitt i Tabell 2 [10].

Tabell 2: Aktivering av reaktortankmateriale. Kun nuklider med svært lang halveringstid og betydning for dekommisjoneringen og avfallshåndteringen er inkludert.

Nuklide	Aktivitet (Bq)
	1.1.2015
C-14	2.27E+08
Si-32	5.95E+04
Fe-55	4.54E+16
Co-60	5.94E+15
Ni-59	3.60E+11
Ni-63	3.63E+13
Nb-93m	6.06E+09
Mo-93	9.09E+09
Tc-99	5.85E+08
Sn-121m	8.83E+09
Total	5.18E+16

5.1.2 Aktivering av skjermkretsen

Skjermkretsen omslutter reaktortanken og er en lukket lettvannskrets for kjøling av reaktorbrønnen og betongstrukturene rundt. Resultat av aktiveringsberegning er gitt i Tabell 3.

Tabell 3: Aktivering av stål i skjermkretsen. Kun nuklider med svært lang halveringstid og betydning for dekommisjoneringen og avfallshåndteringen er inkludert.

Nuklide	Aktivitet (Bq)
	1.1.2015
C-14	5.71E+07
Si-32	4.28E+03
Fe-55	1.15E+16
Co-60	1.55E+15
Ni-59	9.66E+10
Ni-63	9.31E+12
Nb-93m	1.52E+09
Mo-93	2.29E+09
Tc-99	1.49E+08
Sn-121m	2.23E+09
Sb-125	8.96E+10
Te-125m	2.11E+10
Total	1.32E+16

5.1.3 Aktivering av kontrollstaver og eksperimentalrigger i reaktortanken

I reaktortanken er det i hovedsak 30 kontrollstasjoner (med bl.a. stagrør, styrerør, dash-pots og absorbatorer), 1-4 Høytrykks flasker (ILS) og 80-120 brenselsrigger (SFA, IFA, FFA). Aktiveringsberegning for disse er gitt i Tabell 4.

Tabell 4: Aktivering av innmat i reaktortanken, dvs. kontrollstaver, flasker og forskjellige typer rigger. Kun nuklider med svært lang halveringstid og betydning for dekommisjoneringen og avfallshåndteringen er inkludert.

Nuklide	Aktivitet (Bq)
	1.1.2015
C-14	2.18E+11
Si-32	8.83E+05
Fe-55	3.27E+16
Co-60	1.05E+16
Ni-59	3.96E+13
Ni-63	5.01E+15
Zr-93	3.85E+10
Nb-93m	2.04E+11
Mo-93	3.22E+11
Tc-99	1.99E+10
Ag-110m	2.62E+16
Cd-109	3.61E+13
Sn-121m	8.09E+10
Sb-125	4.37E+12
Te-125m	1.03E+12
Total	7.58E+16

5.1.4 Aktivering av betongen omkring reaktortanken

Betongen rundt reaktorbrønnen blir utsatt for noe termisk nøytronfluks som forårsaker aktivering, og ved en eventuell friklassing av reaktorhallen er det derfor nødvendig å fjerne aktivert betong. Begrensende nuklider er Co-60 og Eu-152, med grense for aktivitetsinnhold i størrelsesorden 0,1 Bq/g [10]. For de resterende nuklidene er forholdet mellom aktivitetskonsentrasjon og tilhørende friklassingsgrense vesentlig mindre [10].

Aktiveringsberegning for disse er gitt i Tabell 5.

Tabell 5: Aktivering av betong innenfor 1,7m omkring reaktortanken. Kun nuklider med svært lang halveringstid og betydning for dekommisjoneringen og avfallshåndteringen er inkludert.

Nuklide	Aktivitet (Bq)
	1.1.2015
H-3	5.4E+06
Fe-55	1.9E+12
Co-60	4.0E+12
Ni-59	2.8E+09
Ni-63	2.7E+11
Sm-151	1.2E+10
Eu-152	4.6E+12
Eu-154	3.6E+11
Eu-155	6.4E+09
Cs-134	1.5E+10
Total	1.1E+13

5.2 Overflatekontaminering av komponenter

Hovedmengden av kontaminerte komponenter kommer fra primærkretsen og eksperimentalkretser som er innvendig kontaminert.

Erfaringer fra analyse av kontaminerte komponenter fra primærkretsen og eksperimentalkretser viser at radioaktiviteten fra det innvendige belegget i hovedsak består av Co-60, men grunnet nesten 6 ganger lengre halveringstid vil Cs-137 i løpet av knappe 20 år utgjøre en større aktivitetsandel enn Co-60. Andre nuklider som Fe-55, Zr-95, Nb-95, Ru-103, Ru-106, Sb-124, Ba-140, Ce-141 og Ce-144 er neglisjerbare grunnet aktivitet og halveringstid.

5.2.1 Primærkretsen

Det er foretatt en større oppgradering av primærkretsen i de senere årene. Bortsett fra reaktortank samt deler av underkjølerrøret knyttet til tankens bunnstuss, er alle rør og komponenter skiftet ut. Underkjølerkretsen har blitt skiftet ut etappevis over perioden fra 2001 til 2005. Begge dampomformerne ble skiftet i 2007.

I plan for nedleggelse av Haldenreaktoren fra 1996 ble kontamineringsnivå i eldre komponenter i vannfase estimert til 70 kBq/cm^2. Denne verdien er fortsatt gjeldende, da det er opparbeidet likevekt mellom tilførsel og halvering.

I deler av primærkretsen er vannet i dampfase, noe som medfører et kontamineringsnivå på delene på kun 1/1000 sammenlignet med delene i vannfase. Årsaken er reduksjonen i aktivitetskonsentrasjon per volumenhet.

Basert på areal og kontamineringsnivå er aktivitetsmengder for primærkretsen gitt i Tabell 6.

5.2.2 Eksperimentalkretser og ytre systemer

Antall eksperimentalkretser som er i operasjon til enhver tid er avhengig av eksperimentalprogrammet. Pr i dag er 11 kretser installert. Dekontaminering og riving av tidligere eksperimentalsystemer har gitt erfaringsgrunnlag for å estimere kontamineringsnivå av Co-60 for alle systemene til 17.5 kBq/cm^2. Det er rimelig å anta at forholdet mellom Co-60 og Cs-137 i primærkretsen er representativt også for eksperimentalkretsene. Basert på areal og kontamineringsnivå er aktivitetsmengder for eksperimentalsystemene estimert og gitt i Tabell 6.

5.2.3 Skjermkretsen

For korrosjonsbeskyttelse er skjermkretsen tilsatt K2CrO4, som medfører det kortlivede aktiveringsproduktet Cr-51 som ikke er vesentlig for dekommisjonering. For øvrig er det andre korrosjonsprodukter, hovedsakelig Co-60 som er anslått til 2.5x10^6 Bq.

Tabell 6: Total aktivitetsmengde av kontaminering på indre flater i primærkrets og i eksperimentalkretsene og skjermkretsen pr 1.1.2015. Kun nuklider med svært lang halveringstid og betydning for dekommisjoneringen og avfallshåndteringen er inkludert.

Krets		Oppgradert primær		Eldre Primær		Eksp.krets	Skjermkrets
Fase		Vann	Damp	Vann	Damp	Vann	Vann
Areal	(cm2)	1.5E+06	3.4E+06	1.3E+06	2.0E+05	8.0E+05	7.0E+05
Co-60	(Bq/cm2)	3.0E+04	3.0E+01	7.0E+04	7.0E+01	1.8E+04	3.5E+00
	(Bq)	4.5E+10	1.0E+08	9.1E+10	1.4E+07	1.4E+10	2.5E+06
Cs-137	(Bq/cm2)	4.3E+03	4.3E+00	1.0E+04	1.0E+01	2.5E+03	0.0E+00
	(Bq)	6.5E+09	1.5E+07	1.3E+10	2.0E+06	2.0E+09	0.0E+00

Andre kretser i ytre system, Helium-3, Fuel Rod Gas Flow Control System og Ultra High, vil ikke påvirke totaltallet nevneverdig.

5.3 Tungtvann

Primærkretsen inneholder totalt 14 m^3 tungtvann med en tritiumkonsentrasjon i likevekt på noe under 100 TBq/m^3. I tillegg er det tungtvann i tre eksperimentalkretser, totalt på mindre enn 0,5 m^3 og med vesentlig lavere tritiumkonsentrasjon. For øvrig er det på nyåret 2010 lagret totalt 2 m^3, hvorav 0,9 m^3 er tilnærmet ubrukt, 0,6 m^3 er for primærkretsen, og 0,5 m^3 er rester. Årlig forbruk av tungtvann ved reaktoranlegget tilsvarer omtrent 0,6 m^3, dvs. 3 m^3 over en 5 års periode. Forbruket blir erstattet med ny leveranse hvert 5. år, og det er derfor ventet at mengden tungtvann i årene framover vil tilsvare beholdningen i 2010. Forventet tritiumkonsentrasjon i tungtvann er 1,5E+15 Bq for 1.1.2015 Filtermasse

Ved rensing av vann i primærkrets, eksperimentalkretser og vannreservoarer akkumuleres aktivitet i filtermasse, kalt ionebyttermasse. Ettersom filtreringsegenskapene degraderes ved bruk blir filtermassen regelmessig byttet ut. Filtermassen behandles før den sendes til KLDRA-Himdalen i støpt form. Totalt er det snakk om knappe 50 ionebyttere, med varierende volum av masse fra 1 til 100 liter. Totalt volum av potensielt aktiv filtermasse er 823 liter, og det antas at alt dette skal til deponering. Aktivitet i ionebyttermasse er gitt i Tabell 7.

Tabell 7: Aktivitet av langlivede nuklider i ionebyttermasse. Kun nuklider med svært lang halveringstid og betydning for dekommisjoneringen og avfallshåndteringen er inkludert.

Nuklide	Aktivitet (Bq)
	1.1.2015
H-3	7.2E+12
Co-60	1.1E+12
Sr-90	2.0E+10
Cs-137	4.9E+12
Total	1.3E+13

5.4 Oppsummering for aktivitet

Aktivitet på reaktoranlegget som resultat av aktivering og kontaminering er gitt i Tabell 8.

Tabell 8: Estimert aktivitetsmengde på reaktoranlegget som resultat av aktivering og kontaminering. Halveringstider er hentet fra NuDat 2.5, National Nuclear Data Center, Berkeley National Laboratory (USA). Kun nuklider med svært lang halveringstid og betydning for dekommisjoneringen og avfallshåndteringen er inkludert.

Nuklide	Halveringstid	Aktivitet (Bq)
	(År)	1.1.2015
H-3	12.3	1.5E+15
C-14	5700	2.2E+11
Si-32	153	9.5E+05
Fe-55	2.74	9.0E+16
Co-60	5.27	1.8E+16
Ni-59	76000	4.0E+13
Ni-63	100	5.1E+15
Sr-90	28.9	2.0E+10
Zr-93*	1530000	3.8E+10
Mo-93*	4000	3.3E+11
Tc-99	211000	2.1E+10
Ag-110m	0.684	2.6E+16
Cd-109	1.26	3.6E+13
Sn-121m	43.9	9.2E+10
Sb-125**	2.76	4.5E+12
Cs-134	2.07	1.5E+10
Cs-137	30.1	4.9E+12
Sm-151	90	1.2E+10
Eu-152	13.5	4.6E+12
Eu-154	8.59	3.6E+11
Eu-155	4.75	6.4E+09
Total		1.4E+17

*Zr-93 og Mo-93 medfører begge datternuklidene Nb-93m i likevekt.
** Sb-125 medfører datternukliden Te-125m i likevekt.

6 ADMINISTRASJON OG PERSONELL

6.1 Kompetanse

Forutsetning for å rive anlegget sikkert, effektivt og økonomisk, er at Instituttet må ha personell-kompetanse fra driften av reaktoranlegget. I tillegg en administrasjon for å ivareta de administrative funksjonene.

Kompetanse er viktig for å opprettholde kjennskap og kunnskap om HBWR´s systemer og komponenters virkemåte.

6.2 Organisasjon og ressurser

Når Dekommisjonering av anlegget er bestemt, er det en forutsetning at organiseringen av personell vil bli basert på tilsvarende kompetanse som finnes ved reaktoranlegget i dag. Det betyr at dekommisjoneringsprosessen vil bli ledet av en driftsansvarlig med relevant kompetanse, og som vil få ansvaret for relevante fagdisipliner. For øvrig henvises det til IFEs hovedrapport [11] kap. 5.

6.3 Dokumentasjon

For å kunne legge ned reaktoranlegget er det nødvendig å utarbeide en del dokumenter. Følgende overordnede dokumenter anses som nødvendig for rapportering til myndighetene:

- En Sikkerhetsrapport for Dekommisjonering
- Operasjonsdokumenter. Se Tabell 11 (Kap. 8.1)
- Beredskapsdokumentasjon og fysisk sikring. Se Tabell 12 (Kap. 8.1)
- Revidering av prosedyrer og arbeidsbeskrivelser underlagt kvalitetssystemet.

All dokumentasjon vedrørende forandringer i anlegget i operasjonstiden blir fortløpende dokumentert i eksisterende kvalitetssystem. Dette gjøres for å drive anlegget sikkert i operasjonsperioden og for å ivareta en sikker og effektiv dekommisjonering av anlegget.

Dokumenthåndtering for reaktoranlegget er beskrevet i [12] som gir en oversikt over dokumentsutarbeidelse, dokumentlagring og dokumenttyper. Arkivering av reaktoranleggets dokumenter er gitt i henhold til arkivnøkkel [13]. Videre er dokument-håndtering for HRP (Halden Reactor Project) gitt i [14], gradering av dokumenter er beskrevet i [15].

7 DEKOMMISJONERINGSAKTIVITETER

7.1 Strategi

Før dekommisjoneringsprosessen iverksettes må infrastrukturen klargjøres for å ta seg av de nye arbeidsoppgavene. Samtidig vil det bli utarbeidet mer detaljerte arbeidsbeskrivelser for hver enkelt arbeidsoppgave. Både brenselhåndtering og mekanisk og elektrisk demontering vil foregå etter godkjente program eller arbeidsbeskrivelser. Reglene for tilgang til reaktorhall er tenkt som i dag og de forskjellige aktivitetene må derfor organiseres deretter.

Dekommisjoneringsarbeidet vil begynne med de kretser og systemer som ikke er berørt av radioaktivitet, og som ikke er nødvendig driftssystemer under Dekommisjonering. Sentrale systemer er anleggets tertiær-, sekundær og de fleste eksperimental kretser. Systemer og kretser som er berørt av stråling og radioaktivitet blir tatt fortløpende etter måling og klarering av Strålevernsavdelingen ved IFE.

Systemer som er vitale for reaktorhallen, slik som ventilasjon- og overvåkningssystemer og dreneringspumper, vil bli demontert helt til slutt.

Den kontinuerlige oppfølging av dosene vil være avgjørende for disponeringen av mannskapet, og endringer i rivningsrekkefølgen vil bli vurdert fortløpende.

7.2 Ny infrastruktur

Før demonteringen av anlegget kan ta til må infrastrukturen for arbeidsoppgavene klargjøres. Verkstedet må bygges om og nytt verksted må bygges for å ta seg av de store mengdene med kontaminerte komponenter og rør. Det nye verksted er tenkt bygd på utsiden av Olavs Hallen og Tunellen. Prisen for dette bygg, er estimert til ca. 40 MNOK. Inkludert i denne prisen er nybygg, fjellsprengning og relevant infrastruktur for å ivareta demontering av demonterte systemdeler.

Følgende oppgaver må ivaretas i det nye verkstedet:

a) Kontamineringskontroll for demonterte systemdeler.
Etter at systemene i reaktorhallen er demontert til enheter som lar seg transportere ut, må disse kontrolleres for innvendig og utvendig kontaminering. Dette må gjøres der bakgrunnsstrålingen er tilstrekkelig lav. Det må derfor tilrettelegges med skjermet avlukke.

b) Mellomlager for oppbevaring av demonterte systemdeler.
Etter klassifisering (rene / kontaminerte) vil systemdelene bli lagret før videre prosessering. Det er meningen at dette lageret kun skal ta opp eventuell opphopning mellom demontering og videre prosessering.

c) Videre demontering av demonterte systemdeler. Verkstedet må inneholde:

- ca. 300-500 m^2, delt i to. Der hoveddelen er for kontaminerte komponenter, og en del er for rene komponenter.
- kran (10-20 t) med tilstrekkelig løftehøyde (6-8 m)
- avlukke for sandblåsing; benyttes f. eks. til dekontaminering av brenselkompartementet
- egnet sted for vasking av komponenter; egen vaskemaskin
- egen presse for pressing av komponenter og rør før nedstøping
- et sted for støping av kokiller og lagring av kokiller før transport
- et sted for å ta vare på vaskevann

- et sted for å håndtere ionemasse og system for videre transport av ionemassen.
- et sted for å håndtere avfall fra kutting – både kontaminert og ikke kontaminert

Byggetid inklusive planlegging estimeres til ca. 2 år.

Bunkerbygningen må klargjøres og Fuel Handling Pond (FHP) bygges om til midlertidig lager for brensel. Beregnede kostnader for denne jobben er ca. 1.2 MNOK.

7.2.1 Nedleggelse av ny infrastruktur

Utgifter til dekontaminering av ny infrastruktur, kan beløpe seg til ca. 2MNOK.

I denne summen ligger kapping av utstyr og videre overføring til kokiller, samt arbeid med å friklasse lokalitetene.

7.3 Dekontaminering

Det anbefales ikke en kjemisk dekontaminering av eksperimentalkretser og deler av primærsystemet fordi det vil gi:

- en økning i totaldoser til personell p.g.a. omfattende arbeid med dekontaminering
- økte totalkostnader i størrelsesorden 47 MNOK p.g.a. høye deponeringskostnader for aktiv ionebyttermasse, investeringer i nytt prosessutstyr og noe økte arbeidskostnader
- økt mengde avfall da store mengder aktiv ionebyttermasse genereres samtidig som at størstedelen av systemene ikke vil kunne friklassifiseres.

Det utelukkes imidlertid ikke at en i spesielle tilfeller velger å dekontaminere enkelte komponenter/systemer.

7.4 Fjerning av reaktortanken

Dekommisjonering av reaktortanken er en omfattende prosess med mange ukjente faktorer. Det er derfor viktig at hele prosessen blir planlagt i detalj før arbeidsoppgavene tar til. Det er da særlig viktig å ta hensyn til de strålevernmessige konsekvensene for de som skal utføre arbeidsoppgavene og miljøet i området forøvrig. Det har i den senere tid blitt utført flere dekommisjoneringer av reaktortanker i Europa, og dette er nærmere beskrevet i programmet for dekommisjonering av nukleære reaktorer i EU [16]. Selv om disse reaktorene er forskjellig fra Haldenreaktoren kan det trekkes lærdom fra disse prosjektene. En av hovedkonklusjonene er at kapping av reaktortankmateriale bør foregå under vann og ved hjelp av sponbearbeidingskapping. I de perifere delene av reaktortanken der strålingsnivået er lavt kan det benyttes plasmabrennere i luftatmosfære for å lette arbeidet. Dekommisjoneringen av reaktortanken er delt opp i 4 faser: Planlegging, innkjøp og tilpassing av utstyr, utførelse og avfallshåndtering. Tabell 9 gir et tidsestimat over hvor lang tid de ulike aktivitetene vil ta.

7.4.1 Utførelse

Før arbeidet med fjerningen av reaktortanken starter må hele prosessen detaljprosjekteres. Det innebærer utarbeidelse av arbeidsbeskrivelser av de forskjellige operasjonene med dosebudsjetter. Strålingsnivåer i og rundt tanken må derfor kartlegges i detalj etter at brenselet og resten av primærsystemet er fjernet. Risikoanalyser/Sikker Jobb Analyser (SJA)

må utarbeides og beskrives for hver enkelt arbeidsoperasjon. Det må også utarbeides planer for hvilke redskaper som skal benyttes til kapping, utløfting og skjerming av reaktortanken.

Redskaper til kapping, løfting og skjerming må kjøpes inn og modifiseres før bruk. Både plasmabrennere og båndsager må kunne fjernstyres for å redusere dosebelastningen til utførende personell.

For å redusere strålingsnivåer og begrense utslippet av gasser fra kutteprosessen er det planlagt å blende skjermkretsen under reaktortanken, for så å fylle mellomrommet mellom reaktortank og skjermkretsen med vann, og det må derfor utvikles og bygges en rensekrets som kontinuerlig renser vannet.

Oppkappingen er planlagt utført i den rekkefølge som er beskrevet nedenfor i Tabell 9, og kappemetodene er plasmaskjæring, båndsag og bajonettsag.

Tabell 9: Personellestimat ved demontering av reaktortank.

Aktivitet	**Tidsestimat (manndager)**
Planlegging Detaljert planlegging av demontering. Herunder ligger også risikoanalyser og sikker jobbanalyse.	650
Innkjøp og tilpassing av utstyr Innkjøp og modifisering/fjernstyring av kappeutstyr Bygge rensekrets Innkjøp og tilpassing av renseutstyr Bygge blyskjerminger	700
Utførelse	
Tette skjermkretsen slik at reaktortanken kan fylles med vann	30
Kappe opp og fjerne reaktorlokket	480
Fjerne mutter og bolter mellom lokk og flens	240
Kappe opp og fjerne interne deler	880
Kappe opp og fjerne flensen fra resten av tanken	480
Kappe opp og fjerne resten av tanken	480
Rengjøre skjermkrets	80
Kappe opp og fjerne skjermkretsen i biter	1040
Totaltid (+ 20 % usikkerhet)	~6000

Personellbehovet ved demontering av reaktortanken må inkludere doseestimatene for demonteringsarbeidet (Tabell 14). Total dose fra reaktortanken er 1,32 manSv, noe som tilsier totalt 88 årsverk for demontering av reaktortanken.

Investeringer i utstyr for fjerning av reaktortanken vil komme på ca. 23 MNOK.

7.4.2 Sikkerhetsvurderinger

Alle rør som ikke er relatert til demontering av reaktortanken i denne operasjonen, skal blendes, og eksisterende lekkasjepanel og monitorer vil være operative. Ved installasjon av rensekrets skal automatiske avstengningsventiler brukes for å foreta forsegling av rensekretssystemet ved detektering av lekkasjer. Eksisterende delaysystem må være i operasjon, for å fange opp eventuelle lekkasjer fra skjermkretssystemet og tilsig av fjellvann.

Avhengig av de strålingsmessige aspekter vil det bli vurdert om operatøren skal fjernoperere demonteringen bak en blyskjerm vha. kamera og monitorer.

Strålevernavdeling vil følge opp de strålingsmessige aspekter og vil foreta de nødvendige tiltak i denne prosessen.

Sikkerhetsmessige utfordringer og problemstillinger:

- Reaktorlokket
- Kontaminering av vann
- Brudd i rensekrets
- Fragmenter fra skjæreprosessen og ut i vannet
- Skjermingsplater

Det vil bli utarbeidet sikkerhetsvurderinger for å ivareta sikker dekontaminering av ovennevnte utfordringer.

7.5 Demontering og avfallshåndtering

Demonteringsaktiviteten er i første omgang avhengig av om komponenten eller systemet befinner seg på aktivt eller inaktivt område.

Rene komponenter og systemer blir grov-demontert på stedet og transportert til eksisterende verksted for videre demontering. Her blir inaktive rør og komponenter som blir vurdert å ha en restverdi, sortert ut og lagret for seg. De vil da bli registrert i et eget arkiv med komponentens spesifikasjoner. Dagens vedlikeholdsprogram er godt egnet til å føre en slik oversikt, siden komponentene allerede er registrert.

Komponenter fra aktivt område blir demontert og transportert til nytt verksted for avfallsbehandling (beskrevet nærmere i kapittel 7.2). Her blir aktiviteten på rør og komponenter målt før de sorteres i aktivt og inaktivt avfall. Aktive rør og komponenter blir demontert videre på verkstedets aktive del. Rene komponenter flyttes over til inaktivt del av verkstedet etter at det er konstatert at kontamineringen er fjernet og at komponenten tilfredsstiller kravet til friklassing. Komponenter og rør som ikke kan friklasses blir delt opp i passende størrelser før de blir støpt ned i kokiller og tønner.

Demonteringen av komponenter vil i utgangspunktet ha følgende rivningsrekkefølge, basert på valgt strategi:

1. Eksperimentalsystemer
2. Tertiærkretsen og lettvannskretser
3. Sekundærsystemet
4. Primærsystemet
5. Reaktortanken med interne deler
6. Skjermkretsen
7. Fjerning av betong rundt reaktortanken, fuel pitene, waste pit og sinken
8. Fjerning av betong i F.B.B. og Metlab
9. Videre rekkefølge vil være det som er mest hensiktsmessig for prosessen.

Samtidig med at komponenter og systemer blir fjernet fra anlegget vil også alle elektriske skap og kabler bli fjernet. Elektriske skap behandles etter samme rutine som beskrevet for andre komponenter. Elektriske kabler (både høyspent, lavspent og signalkabler) vil bli fjernet på vanlig vis. Kabler som går mellom anlegget ute og reaktorhallen blir kuttet i slusa (overgangen mellom kontaminert og ikke- kontaminert område), og kablene i reaktorhallen blir sjekket for overflatekontaminering. Ved kontaminering vil kablene bli forsøkt dekontaminert eller kappet for å bli støpt ned i kokiller.

Det er viktig å være klar over at reaktortanken må tømmes for brensel og tungtvann før riving av primærsystemet kan påbegynnes.

Det forutsettes at eksperimentalsystemer, tertiærkrets, lettvannskretser og sekundærkrets er avstengt og drenert. Samtlige eksperimentsystemer forutsettes å være frakoplet RT/primærsystem.

Eksperimentalsystemer som krever ekstraordinære rense-/dekontamineringstiltak, har gjennomgått dette i henhold til egne prosedyrer. Videre forutsettes det at primærsystemet er avstengt, drenert og isolert fra ovennevnte systemer.

Dekommisjoneringsaktivitetene fordelt på dekommisjoneringsperioden er vist i Tabell 10.

Tabell 10: Årlige dekommisjoneringsaktiviteter

Prosjekt/år etter nedleggelse	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Reaktor Reaktor stanses	**X**											
Ny infrastruktur	**X**	**X**										
Eksperimentalsystemer Hovedkomponenter som pumper, ventiler, elektriske heatere, ionebyttere, filtre og tanker demonteres og fraktes ut av anlegget for videre behandling/lagring. Rørsystemene kappes opp i egnede lengder og fraktes ut av anlegget for videre lagring/behandling			**X**	**X**	**X**							
Tertiærkrets Fødevannslinje fra SF demonteres og kappes opp i egnede lengder. Damplinje til SF demonteres og kappes opp i egnede lengder. Rørsystemene for hele kretsen kappes opp i egnede lengder. Hovedkomponenter som pumper, ventiler, varmevekslere, kjølere og sandfiltre demonteres og fraktes ut av anlegget. Varmeveksel (SCB) skilles fra sekundærkrets og fraktes ut av anlegget for videre behandling/lagring. Matevannstank (FWT) fraktes ut via vegg/tak øverst i Olavshall. Steamgenerator (SG) skilles fra sekundærkrets og fraktes ut av anlegget for videre behandling/lagring	**X**	**X**										

Prosjekt/år etter nedleggelse	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Sekundærkrets Hovedkomponenter som pumper og ventiler demonteres og fraktes ut av anlegget for videre lagring/behandling. Hotwell (HW) og Steamdrum (SD) skilles fra inngående og utgående rør. Fraktes deretter ut av anlegget for videre lagring/behandling. Dampomformere STA og STB skilles fra primærkrets og fraktes deretter ut av anlegget for videre lagring/behandling. Rørsystemene for hele kretsen kappes opp i egnede lengder og fraktes ut av anlegget for videre lagring/behandling		**X**	**X**									
Primær rensekrets og Rekombineringskrets Kretsene skilles fra primær underkjølerkrets. Hovedkomponenter som pumper, ventiler, mix-bed, filtre, kjølere og elektriske heatere demonteres og fraktes ut av anlegget for videre lagring/behandling. Storagetank, buffertank og draintank skilles fra inngående og utgående rør. Fraktes deretter ut av anlegget for videre lagring/behandling Rørsystemene for kretsene kappes opp i egnede lengder og fraktes ut av anlegget for videre lagring/behandling					**X**	**X**						
Primær underkjølerkrets PA 1, SCA, nødkjøletank (Ta 50) og alle PU 1 ventiler skilles fra inngående og utgående rør. Komponentene fraktes deretter ut av anlegget for videre lagring/behandling. Inngående og utgående rørsystemer for reaktortanken kappes i egnede lengder og fraktes ut av anlegget for videre lagring/behandling						**X**	**X**	**X**				
Fjerning av brensel fra reaktortanken og Fuelpitene i reaktorhallen	**X**	**X**	**X**									
Fjerne tungtvann				**X**								
Fjerne installasjoner fra reaktortanken					**X**	**X**	**X**					
Reaktortank Riving/demontering av reaktortanken starter								**X**	**X**	**X**		
Skjermkretsen											**X**	
Omsluttende betong for reaktortanken Riving/demontering av betong starter											**X**	**X**
Delaykrets Delaytank 1,2 og 3 fraktes ut via vegg i Delayrom. Tilhørende rør demonteres og kappes opp i egnede lengder.											**X**	**X**
Ventilasjon Riving/demontering av ventilasjonsanlegg												**X**
Demontering avsluttes												**X**
Siste friklassing av bygninger												**X**

7.6 Overvåking av fysisk sikring

Overvåking av anlegget vil fortsatt være underlagt "Forskrift om fysisk beskyttelse" [17] så lenge det er brensel på anlegget. Dette innebærer at de tiltak som er iverksatt for å forsinke eventuelle inntrengere for å ta seg inn på anleggsområdet fortsatt skal gjelde. I tillegg skal de tiltak, angående fysiske barrierer som kan bli pålagt fra myndighetene, bli iverksatt. Deretter vil beskyttelseskravene i strålevernforskriften [18] gjelde.

7.7 Oversikt vedlikeholdsprogram

Vedlikeholdsprogrammet som er etablert ved Haldenreaktoren ved dekommisjoneringstidspunktet, skal være førende i en dekommisjoneringsprosess. Det innebærer at alt arbeid blir utført og dokumentert i et allerede etablert system.

7.8 Håndtering av brensel

Brenselet er i dag lagret på flere plasser i anlegget. I reaktorhallen er det brensel i reaktorpitene samt i reaktortanken, mens det i Fuel Bunker Building (FBB) er lagret brensel i Fuel Storage Pond (FSP) og i Fuel Storage Bunker (FSB). Alt brensel i reaktortank vil bli flyttet ut til FBB. I tillegg til FSP og FSB vil Fuel Handling Pond (FHP) kunne bli benyttet. Ved å bygge om FHP til lagringsplass vil det gi ca. 44 ekstra lagringsposisjoner med samme inndeling og kritikalitetsbegrensning som FSP har i dag.

Brensel ved HBWR består i dag av 297 pinner av metallisk uran med lengde ~2700 mm og diameter ~25 mm, og ~7000 brenselpinner av UO_2 med typisk lengde ~1200 mm og diameter 12,25 mm. For metallisk uran er det beregnet å 1agre 1 brenselspinne pr. kurv, mens det for UO_2 er det beregnet gjennomsnittlig 14 brenselpinner pr. kurv. Dette gir totalt ~800 kurver med brenselpinner pr. oktober 2010. Forventet årlig økning er ~12 kurver (200 brenselpinner av UO_2) pr år. En kurv er en stålkonstruksjon for oppbevaring og lagring av brensel. For UO_2 brensel har kurvene typisk lengde 1200mm og diameter 73mm.

Både tømming av reaktortanken og utkjøring av brensel fra brenselpit i reaktorhall er tidkrevende, og det er essensielt at disse jobbene blir utført av kvalifisert personell for å holde dosene og tidsforbruket nede.

Jobben går i hovedsak ut på å laste ut brenselet og riggene fra reaktortanken, flytte brenselpinnene over fra riggene til egnede kurver, transportere kurvene til FBB og riggstrukturen ut av reaktorhallen til ny etablert infrastruktur. I ny infrastruktur blir riggstrukturen kappet og støpt ned. Brenselet blir lagret midlertidig i FHP/FSP/FSB i påvente av videre transportprosess.

Hver transport fra FBB til nasjonalt mellomlager vil kreve fire personer i 7 timer for transport-forberedelse pr. transport, samt tilsvarende samme antall timer ved permanent lagringssted for håndtering av transportflasken. Kalkylen er beregnet for transport av 1 kurv pr. transport, og totalt 726 transporter. Det kan være mulig å transportere 2 kurver pr. transport, men kritikalitetsvurderinger og kurvlengder kan være begrensende på kapasiteten.

Jobben må utføres av et håndteringslag på minimum 4 personer.

Det er her viktig å være klar over at det er svært begrenset tilgang for riving av systemer og komponenter mens brensel blir håndtert.

Før brensel kan bli transportert ut til FBB må det lagres i reaktorhallen i min. 3 mnd. for decay.

7.9 Håndtering av tungtvann

Tungtvannet vil overføres fra reaktortanken til lagringstanken (Storage tank), for så å bli overført til egnede beholdere og lagret på anleggsområdet inntil videre transport er avgjort. Transport av tungtvannet vil utføres i henhold til gjeldende regelverk og dagens rutiner [19, 4, 20].

7.10 Rengjøring av bygningsmasse på kontrollert område

Vask og rengjøring vil foregå kontinuerlig etter hvert som systemer og komponenter blir fjernet fra anlegget. Dette for å holde kontamineringsnivået nede og for å forhindre spredning av radioaktivitet. 1 til 2 personer vil kontinuerlig følge opp rengjøring av lokalene under hele prosessen.

Etter at alle komponenter og systemer er demontert, må kontrollert område sjekkes for kontaminering før det kan friklasses. Der det blir funnet nødvendig, etter anvisning fra strålevernsavdelingen, vil overflatene bli vasket med høytrykksspyler eller kontamineringen vil bli fjernet mekanisk.

8 SIKKERHETSASPEKTER

8.1 Operasjonsgrenser og prosedyrer

Når reaktoren blir stanset for nedleggelse vil reaktoren stoppes normalt med kjøling av reaktor- og eksperimentalkretser til ønskede temperaturer.

Normale prosedyrer kan følges til enhver tid og er dekkende for alle stadier i en slik prosess.

Spesielle behov som kan dukke opp underveis vil bli tatt hånd om gjennom vanlige prosedyrer.

Alle sikkerhetskretser, kjølekretser og overvåking av trykk, temperaturer, ventilasjon, stråling og utslipp må være intakt så lenge det er behov for det under nedbyggingsprosessen. (Se Tabell 11 for detaljert oversikt.)

Standard beredskap for sikkerhet ved reaktoranlegget vil bli opprettholdt. (Se Tabell 12 for detaljert oversikt.)

Bemanning i kontrollrom for overvåking av reaktoranlegget og brenselslagrene er forutsatt å være på samme nivå som ved en normal nedkjørt reaktor. Det betyr en skiftsyklus basert på en 6-skiftplan, med to mann på skift for å drifte nødvendige systemer inntil brensel og tungtvann er fjernet fra reaktorhallen. Deretter reduseres bemanningen til en skiftplan med dagvakt og hjemmevakt for oppfølging av systemer for sikring av brenselslagrene så lenge det er brensel ved HBWR.

Tabell 11 og Tabell 12 tar utgangspunkt i at [21] er gjennomført, og at det ikke er nevneverdig restvarme i reaktoren, samt at sirkulasjon i sekundær- og tertiærkrets er stanset.

Tabell 11: Kretser og systemer

Kretser	Sikkerhetskretser, kjølekretser og kretser som overvåker/styrer trykk, temperatur, ventilasjon, stråling og utslipp												
			Prosedyre er utarbeidet			Må være operativ inntil følgende tiltak er foretatt (Ja/Nei)							
Operasjon/ Delkretser	Flyt-skjema	Opereres av	Ja	Pros.	Nei	Eksp.kretser stanset, drenert, IFA'er fjernet		Under-kjøler-krets er stanset		alt brensel er tatt ut fra RT		alt tungtvann i RT er fjernet	
						Ja	Nei	Ja	Nei	Ja	Nei	Ja	Nei
Elektrisk kraftforsyning	J-3	CR/El. gruppe.	X	OPJ-1		X		X		X		X	
Nukleær-instrumentering*)	I-2	CR/El. gruppe.	X	OPI-1		X			X	X		X	
Monitorsystem*)	G-1....3	CR/ RP	X	OPG-2		X		X		X		X	
Kjøle- og fødevannsf.*)	C-1-5	CR	X	OPC-1		X		X		X		X	
Skjermkretsen	C-6	CR	X	OPC-4		X		X		X		X	
Ventilasjon og luftsirkulasjon	E-1....5	CR	X	OPE-1		X		X		X			
Kompressor-anlegg og reserve luftforsyning	E-2	CR	X	OPE-2		X		X		X		X	
Primærkrets*)	A-1....7	CR	X	OPA-1-18		X		X		X			X

*) Deler av kretsen(e) kan utelates i en tidligere fase av arbeidet

Tabell 12: Planer og prosedyrer

Tema	Beredskap ved ulykke eller ran													
		Prosedyre er utarbeidet			Må være operativ inntil følgende tiltak er foretatt (Ja/Nei)									
Navn for Plan/prosedyre	Opereres av	Ja	Pros.	Nei	eksp-kretser stanset, drenert, IFA'er er fjernet		Under-kjøler-krets er stanset		brensel er tatt ut fra RT		tungtvann i RT er fjernet		Inntil RT er fjernet	
					Ja	Nei	Ja	Nei	Ja	Nei	Ja	Nei	Ja	Nei
Beredskapsplan for IFE, Halden**)	CR med flere	X	Adm.v. 081-4		X		X		X		X		X	
Klargjøring av reaktor for evakuering ved SO2-utslipp	CR	X	OPK-10		X		X		X			X		X
Instruks for bruk av ransalarm	CR/Vakt	X	OPL-3		X		X		X		X		X	
Adgangs-kontroll	CR/Vakt	X	OPL-1		X		X		X		X		X	

**) Se egen bok (Beredskapsplaner for reaktoranlegget i Halden)

8.2 Utslippsgrenser

Gjeldende utslippstillatelse bygger på en begrensning av effektiv dose til personer i en hypotetisk gruppe mennesker med en antatt levemåte som vil gi de høyeste doser fra utslippet, i det videre kalt utsatt gruppe. Vi forutsetter at utslippskriteriene til luft og vann vil bli videreført fra den nå gjeldende utslippstillatelsen ved en Dekommisjonering av reaktoranlegget. Utslipp til luft og vann vil bli registrert i henhold til eksisterende prosedyrer.

8.3 Dosebegrensninger

I Norge er dosegrensen til yrkeseksponerte satt til en effektiv dose på 20 mSv per år, mens for bestråling av hud gjelder en årsdosegrense på 500 mSv [18]. IFE er, gjennom konsesjon, gitt anledning til å følge internasjonale anbefalinger for installasjons- og vedlikeholdspersonell ved Haldenreaktoren. Det vil si en dosegrense på 100 mSv på 5 år med forutsetning om at den effektive dosen ikke overstiger 50 mSv for et enkelt år. Vi forutsetter at disse grensene vil bli videreført til å gjelde ved en Dekommisjonering av reaktoranlegget.

ALARA-prinsippet vil bli brukt i all planlegging av rivningsarbeid, og det vil være en kontinuerlig vurdering av behovet for innleie av personell eller økning av egen stab for å redusere dosebelastningen til den enkelte.

I forkant av rivningsarbeidet vil det bli utarbeidet et dosebudsjett, og den dosen den enkelte ansatte vil motta vil bli fulgt opp og registrert i henhold til eksisterende prosedyrer.

8.4 Strålevernoppgaver (overvåkning og beskyttelse)

Strålevernavdelingen vil inneha en sentral rolle i forbindelse med dekommisjoneringen av reaktoranlegget. Avdelingen skal sørge for at de tilnærminger og metoder som brukes er godt innenfor etablerte retningslinjer og regler. Hovedoppgaver for avdelingen vil være:

- Kontrollvirksomhet
- Områdemonitorering, inkludert:
  - Kontinuerlig luftovervåking
  - Tritiummåling
  - Gammaovervåking
  - Utslippsvannovervåking'
  - Spesialovervåking av prosesser
- Persondosimetri, inkludert:
  - TLD
  - Elektroniske dosimetre
  - Oppfølging av doser til de ansatte
  - Helkroppsanalyser
  - Tritiumanalyse av urin
- Bistå og gi råd ved sjekk av personlig kontaminering, inkludert:
  - Helkroppskontamineringsmålere
  - Håndholdte kontamineringsmålere
- Regulere adgang til områder på aktivt område
- Dokumentere endringer i radiologiske forhold på anlegget
- spesialistoppgaver som skjermingsberegning og aktivitetsberegning
- overvåking av arbeidsoperasjoner, inkludert:
  - overvåking av stråle- og kontamineringsnivå under arbeidet
  - overvåking av arbeidsområde, inkludert kontamineringskontroll
  - veiledning ved valg av verneutstyr
  - veiledning ved personlig dekontaminering
- opplæring og kurs

I tillegg til nevnte oppgaver vil avdelingen bistå dekommisjoneringsprosjektet i planleggings- og rivningsfasen innenfor følgende felt:

- prøvetaking for å kunne bestemme radiologiske forhold ved anlegget
- bestemme aktivitetsinnhold i radioaktivt materiale ved anlegget
- bistå med råd ved valg av kretser/komponenter som bør dekontamineres for å redusere dose
- bistå med råd ved håndtering av avfall
- klassifisering av avfall herunder friklassing
- klassifisering av utstyr og bygninger

8.5 Beredskap

IFEs beredskapsplan er overordnet beredskapsplanen som gjelder for Institutt for energiteknikk i Halden. Gjeldende plan [22] vil bli revidert og være førende og operativ under dekommisjoneringen av Haldenreaktoren. Forøvrig henvises det til [11].

8.6 Fysisk beskyttelse

Fysisk beskyttelse for Haldenreaktoren er nedfelt i [3]. Videre er fysisk beskyttelse dokumentert i [23] og [24]. Nevnte dokumenter vil bli revidert og være førende og operative under dekommisjoneringen av Haldenreaktoren. Forøvrig henvises det til [11].

8.7 Sikkerhetsvurderinger

Eksisterende regler vedrørende doser til personell og utslipp til omgivelser videreføres, samt at myndighetenes og Instituttets HMS-krav blir ivaretatt og etterfulgt. God sikkerhetskultur vil bli opprettholdt og det vil bli gjennomført målrettet sikkerhetsopplæring av den enkelte medarbeider.

8.8 Sikkerhetskontroll (Safeguards)

Brensel vil bli håndtert som beskrevet i kapittel 7.8. Sikkerhetskontrollen for lagring av brensel vil bli utført på samme måte som den er den dagen anlegget skal nedlegges. Brenselet vil bli værende og pakket i kurver på reaktoranlegget inntil videre transport til nasjonalt mellomlager.

Tungtvannet vil bli håndtert som beskrevet i kapittel 7.9. Sikkerhetskontrollen for tungtvann vil bli utført på samme måte som den er den dagen anlegget skal nedlegges.

9 KVALITETSSIKRING

Kvalitetssikring er beskrevet i [11].

10 STRÅLEVERNPROGRAM

Strålevernsprogrammet som benyttes for kontroll av stråledoser og utslipp under drift av Haldenreaktoren vil bli videreført, med de modifikasjoner som vil være hensiktsmessige, ved en nedleggelse av anlegget. Kort beskrevet består programmet av:

- kontroll og måling av stråledoser til ansatte
- kontroll og overvåking av utslipp av radioaktive stoffer til omgivelsene
- beregning av effektiv dose til utsatt gruppe
- miljøovervåking

11 FASTSETTELSE AV “FINAL PLAN”

For fastsettelse av ”final plan” henvises det til [11].

12 KOSTNADER

Alle kostnader inkluderer friklassing av anleggsområdet. Videre inkluderer det også kostnader av ikke-aktivt utstyr og komponenter som skal til lokalt avfallsdeponi, ikke Himdalen.

12.1 Nødvendig personell

Nødvendig personell for Dekommisjonering til nivå 3 er vist i Tabell 13. Personellbehov vil endres med hensyn på framdrift i dekontamineringsprosessen. Bemanningen vil bli redusert når de store rørkretsene er demontert og deponert og brenselet er fraktet ut av reaktorhallen.

Tabell 13: Personellbehov i dekontamineringsfasen

	Antall	Nødvendig ant. År	Totalt årsverk
Mekanikere (inkludert avfallshåndtering)	23 15	10 2	230 30
Elektrikere	5 2	6 6	30 12
Strålevern	9 6	6 6	54 36
Kjemi	5 2	6 6	30 12
Kontrollrom	12 4	4 8	48 32
Vakt	2 4	4 8	8 32
Administrasjon	15 12	6 6	90 72
Totalt			162 554

Tabell 13 gir og en kostnad på 665 MNOK fordelt over dekommisjoneringstiden. Administrativt personell dekkes av “overhead”.

Mekanikere står for alt mekanisk rivningsarbeid samt håndtering av brensel, i tillegg til håndtering av avfall.

Elektrikere står for alt elektrisk rivningsarbeid.

Strålevernspersonellet overvåker dosebelastninger og utslipp, følger opp avfallshåndtering og gjennomførelsen av arbeidet.

Kjemikere står for bl.a. analyser av vann.

Kontrollromspersonell sørger for døgnkontinuerlig bemanning inntil alt brensel er transportert ut av området. Brenselet lagres på anleggsområdet inntil nasjonalt mellomlager er ferdigstilt. Det beregnes derfor med nødvendig personell for brensellagring ut dekommisjoneringsperioden.

Vakter benyttes for å bemanne resepsjonen, samt å være et ledd i den fysiske sikringen. Når alt brensel og tungtvann er ute av anlegget, kan vaktfunksjonen overtas av andre personer tilknyttet anlegget.

Administrasjonspersonellet er ledere i de enkelte ledd, ingeniør og øvrige fagdisipliner, samt kantinepersonell og renhold.

12.1.1 Doseestimater

Dekommisjoneringsarbeidet vil gi personellet stråledoser. Et overslag, basert på tall fra vedlikeholdsperioder, over dosene som vil påløpe, er gitt nedenfor. Det ses i denne sammenheng bort fra uforutsette hendelser som måtte oppstå. Videre antas det at arbeidet i det vesentligste startes noen måneder etter endelig reaktorstopp.

Tabell 14: Doseestimat for de ulike arbeidsoppgavene ved Dekommisjonering av HBWR.

Arbeidsoppgave	Dose (manSv)
Drenering og eventuell rensing av vann fra sekundær-, tertiær- og eksperimentalkretser før utslipp	0,01
Demontering og riving av looper og eksperimentalkretser	0,45
Demontering og riving av tertiærkretsen	0,09
Demontering og riving av sekundærkretsen	0,05
Demontering og riving av primærkretsen, unntatt reaktortanken	0,45
Anordning av nytt brenselslager i fuel bunker building	0,04
Overføring av brensel fra reaktortank til lager	0,25
Overføring av brensel fra fuel-pit'ene til lager	0,25
Drenering av D_2O på fat	0,05
Flytting av kontrollstasjonenes spolesatser	0,03
Vedlikehold av systemer	0,09
Avfallshandtering	0,4
Elektrisk riving	0,4
Tetting av skjermkrets	0,01
Kappe opp og fjerning av lokket	0,11
Fjerning av mutter/bolter mellom lokk og flens	0,08
Fjerning av interne deler	0,52
Fjerne flensen	0,23
Kappe opp og fjerne tanken	0,19
Rengjøring av skjermkrets	0,02
Fjerne skjermkrets i biter	0,16
Sum kollektiv dose til eget personell	**3,9**

Ovennevnte dosebelastning vil stort sett påløpe mekanikere (23 stk. i 10 år og 15 stk. i 2 år) og elektrikere (5 stk. i 6 år og 2 stk. i 6 år).

Dekommisjoneringsarbeidet vil omfatte en del transporter utenfor anleggsområdet. Erfaring tilsier at denne virksomheten vil påføre publikum neglisjerbare doser, trolig mindre enn 1 m-manSv/år.

12.2 Løpende driftsutgifter

Løpende driftsutgifter antas å være i størrelsesorden 7 MNOK pr. år avhengig av bemanningen og hvor langt dekommisjoneringen har kommet.

12.3 Andre driftsutgifter og investeringer

Tabell 15: Kostnader ny infrastruktur

Kap.	Beskrivelse	Innkjøp
7.2	Infrastruktur: Nytt verksted for behandling av avfall	~40 MNOK
	Infrastruktur: Ombygging av brenselbunker	~1 MNOK
7.2.1	Dekommisjonering av ny infrastruktur	2 MNOK
	Totalt	**43MNOK**

Tabell 16: Kostnader fjerning av reaktortank

Kap.	Beskrivelse	Innkjøp
7.4	Utstyr for fjerning av reaktortank	**23 MNOK**

Tabell 17: Kostnader riving, transport og deponering

Kap.	Beskrivelse	Utgifter
	Rivingsarbeid av betong fra RH (eksternt personell)	19 MNOK
	Rivingsarbeid av betong i FBB ved FHP, FSP og vertikallager (eksternt personell)	8 MNOK
	Transport og deponering, aktivt avfall: metall (743 kokiller á 50 000,- NOK) betong (90 kasser á 100 000,- NOK) spesielt rivningsavfall (17,5 kasser á 300 000,- NOK) annet rivningsavfall (17,5 kasser á 300 000,- NOK) ventilasjonskanaler (26 kasser á 300 000,- NOK)	 37 MNOK 9 MNOK 2 MNOK 2 MNOK 3 MNOK
	Transport og deponering av ikke aktivt avfall	4 MNOK
	Totalt	**84 MNOK**

Tabell 18: Kostnader transport av brensel

Kap.	Beskrivelse	Utgifter
7.8	transport av brenselkurver til nasjonalt mellomlager *	64 MNOK
	2 nye transportbeholdere	35 MNOK
	Totalt	**99 MNOK**

Det er kalkulert med transport av 1 kurv pr. tur til et område ca. 100 km fra Halden. Dette inkluderer transport av ~800 brenselkurver samt 1 strålevernsingeniør og 3 håndteringspersoner og leie av lastebil.

Ved transport av to brenselkurver pr. transport, vil transport av brenselkurver bli vesentlig redusert.

Tabell 19: Oppsummering av kostnader

	Beskrivelse		**Utgifter**
Kap. 12.2	**Løpende driftsutgifter 7 MNOK/år x 12 år**		**84 MNOK**
Tabell 15	Ny infrastruktur	43	
Tabell 16	Fjerning reaktortank	23	
Tabell *17*	Riving og fjerning av avfall	84	
Tabell *18*	Transport brensel	99	
Kap. 7.10	Nedvasking av anlegget	6	
	Demontering av ventilasjonsanlegget	1	
	Andre driftsutgifter og investeringer		**256 MNOK**
Kap. 12.1	**Personalkostnader**		**665 MNOK**
	Total kostnad		**1005 MNOK**

13 REFERANSELISTE

1. IAEA WS-G-2.1 “Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors”
2. SD-740 “Plan for dekommisjonering av Haldenreaktoren og Brenselinstrumentverkstedet i Os Alle´ 5”
3. Sikkerhetsrapporten (Safety Analysis Report) SAR
4. AV-065 “Transport av radioaktivt og spaltbart materiale”
5. IAEA TS-R-1, “Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material”
6. ADR “Den europeiske avtale om internasjonal vegtransport av farlig gods”
7. Avfallsforskriften FOR 2004-6-1-930
8. ROE-HBWR-122 “Liste over kontaminerte rør og komponenter i primærkretsen og RH med areal og volumer”
9. ROE-488 “Beregning av betongmasse som skal fjernes i området rundt viktige komponenter”
10. Sv-rapport 823 “Estimat for aktivitet ved HBWR ved dekommisjonering”
11. Overordnet plan (IFEs hovedrapport)
12. ROE-001 “Dokumentsutarbeidelse, dokumenthåndtering og oversikt over dokumenttyper for Driftsavdelingen (ROE)”
13. ROE-037 “Arkivnøkkel for avd. Reaktor Drift og Vedlikehold”
14. QA-008 “Document Control System”
15. AV 042 “Behandling av graderte dokumenter”
16. www.eu-decom.europe/pilot/krba/dissmantvessel/vessel1
17. Forskrift om fysisk beskyttelse FOR 1984-11-02-1809
18. Strålevernsforskriften FOR 2003-11-21-1362
19. Lov om kontroll med eksport av strategiske varer, tjenester og teknologi. (LOV-1987-12-18-93
20. AV-072 “Instituttets forpliktelser angående Sikkerhetskontroll – Safeguards”
21. OP-2 – ”Nedkjøring av reaktoren”
22. AV-081 vedlegg 4 “Beredskapsplan for Institutt for energiteknikk Halden”
23. AV-081 vedlegg 5 “Beredskapsplan for fysisk beskyttelse av IFEs reaktoranlegg og nukleære materialer i Halden”
24. SAR 13, vedlegg 3 “Fysisk beskyttelse av IFE-Halden´s reaktoranlegg og nukleære materialer”

14 FIGURLISTE

Figur 1: Anleggsområdet for HBWR. 36
Figur 2: Hovedkomponenter i primærkretsen. 37