

Prosjekt KLDRA – Sluttrapport

Sluttrapport - åpen

Dato: 1. november 2021

Lars Engsund
Prosjekt KLDRA/WSP

Sammendrag

Prosjekt KLDRA har blitt utført i godt samarbeid mellom WSP og Empresarios Agrupados med innspill fra Norsk nukleær dekommisjonering (NND) og Institutt for energiteknikk (IFE). Prosjektet er delt inn i tre områder:

- Sikker drift og vedlikehold av dagens KLDRA
- Tekniske tilstandsanalyser og sikkerhetsanalyse av dagens KLDRA
- Planlegging for ny konsesjonssøknad, fremtidig drift og mulig utvidelse av KLDRA

KLDRA er bygget for å deponere og lagre lav- og mellomaktivt avfall med kortlivede radionuklider. Anlegget ble designet og bygget på 1990-tallet. Anlegget har vært i drift siden 1998.

Noen deler av prosjektet har vært begrenset i omfang. Besøk hos IFE og KLDRA har praktisk talt vært umulig på grunn av covid-19-pandemien. Videre har tilgang til dokumentasjon, tegninger og bilder vært begrenset.

Den endelige rapporten presenterer observasjoner, svakheter, og avvik knyttet til KLDRA's langsiktige sikkerhetskonsept, SAR (sikkerhetsstudie), teknisk tilstandsanalyse og den relativt høye konsentrasjonen av langlivede radionuklider i deponert avfall.

Tydelige roller og ansvar står sentralt i forvaltningen av atomanlegg. IFE er som konsesjonshaver ansvarlig for å ivareta sikkerheten ved anlegget. Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) fører tilsyn ved KLDRA og andre atomanlegg og kan treffe de tiltak som de finner påkrevd av sikkerhetsmessige grunner (lov om atomenergivirksomhet § 10). NNDs rolle i Prosjekt KLDRA har vært å bistå IFE med å kartlegge anleggets tilstand og å vurdere sikkerheten, som forberedelse for at IFEs nukleære virksomhet overdras til NND.

Prosjekt KLDRA vurderer at KLDRA er sikkert så lenge normal drift pågår og vedlikehold, kontroll og tilsyn ivaretas.

Avvikene identifisert i den tekniske tilstandsanalysen av anlegget viser at det er behov for mer detaljerte undersøkelser av funksjonen til den inaktive dreneringen. Det faktum at systemet ikke fungerer hensiktsmessig er en viktig observasjon og fremhever svakheter i KLDRA's sikkerhetskonsept. De fleste øvrige avvikene som er observert er knyttet til KLDRA's sikkerhet etter lukking og etter institusjonell kontroll.

Prosjekt KLDRA har gjennomgått SAR for KLDRA med sikkerhetsanalyser og referanser og andre dokumenter. Resultatene av gjennomgangen viser at KLDRA's sikkerhetskonsept ikke helt oppfyller kravene i IAEAs regelverk og internasjonal praksis. Det er behov for tiltak, og prosjekt KLDRA's forslag er at minst ett alternativt sikkerhetskonsept for KLDRA evalueres parallelt med det opprinnelige sikkerhetskonseptet. Deretter kan det eventuelt tas en beslutning om å endre sikkerhetskonseptet.

Teknisk tilstandsanalyse har blitt utført med befaring i KLDRA. Omfanget har vært begrenset på grunn av covid-19-situasjonen og tilgang til tegninger, bildemateriell og andre dokumenter. Tilstandsanalysen ble også forsinket, hvilket har begrenset kvaliteten på leveransen og samspillet med den delen av prosjektet som har vurdert sikkerhetskonseptet. Observasjonene er beskrevet i avsnitt 7.

Resultatene fra teknisk tilstandsanalyse viser at de mest alvorlige avvikene som er identifisert, gjelder lokale rustangrepp på armering som kan påvirke nærliggende betongs egenskaper og at dreneringssystemet ikke virker som tiltenkt. Det ser ut til at inaktiv drenering ikke fungerer. Inaktiv kum har nærmest ikke samlet opp vann, til tross for synlig innrenning av vann i fjellhallene. Årsaken er trolig at grunnvann som entrer lager- og deponihallene passerer betongveggen mellom hallene og adkomsttunnelen. Dette er ikke i tråd med KLDRA's sikkerhetskonsept og bør analyseres videre. Statusen på dreneringssystemet må undersøkes ytterligere og tiltak må vurderes nærmere.

Teknisk tilstandsanalyse viser at noen av systemene må skiftes ut eller at det må gjennomføres omfattende vedlikehold. Samlet sett estimeres kostnadsoverslaget for de nødvendige tiltakene basert på teknisk tilstandsanalyse til 9 millioner kroner.

Denne rapporten foreslår også en rekke tiltak som må gjøres i forbindelse med blant annet tritiumutslipp, rapportering til myndigheter og sikkerhetskultur. Utslipp av tritium til omgivelsene må kvantifiseres og konsesjonen for KLDRA må endres for å få tillatelse til utslipp av tritium til omgivelsene. Driftsorganisasjonen anses også å måtte styrke den eksterne overvåkingen med hensyn til nye krav, nye tilnærminger og ny teknologi.

Prosjekt KLDRA foreslår å gjennomføre en periodisk sikkerhetsgjennomgang. Dette er et krav iht. DSAs generelle konsesjonsvilkår og har aldri tidligere blitt gjennomført ved KLDRA. Prosjekt KLDRA anbefaler på det sterkeste at dette gjennomføres som grunnlag for konsesjonssøknaden.

En mulig utvidelse av KLDRA presenteres i rapporten. To alternativer på konseptnivå er utviklet og investeringskostnadene er beregnet. Prosjekt KLDRA har evaluert de to alternativene og konklusjonen er at bare ett alternativ er mulig å gjennomføre. Kostnadsberegningen oppsummeres til 580 millioner kroner.

Prosjektet foreslår videre at prosjektet fortsettes med en ny fase der de foreslåtte tiltakene presentert i denne rapporten blir omsatt til konkrete tiltak før det leveres søknad om ny konsesjon til DSA. En tidsplan som inneholder utviklingen av nytt sikkerhetskonsept og utvikling av ny SAR for KLDRA presenteres i rapporten.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	1
2	KLDRA Himdalen – En historisk oversikt	3
2.1	Historisk bakgrunn	3
2.2	Etablering av anlegget og konsesjon for drift	3
2.3	Konsesjon for drift av anlegget	4
3	Beskrivelse av anlegget	5
3.1	Anleggsbeskrivelse	5
3.1.1	Bergrommet som beskyttelse og barriere	5
3.1.2	Tunnelportal med parkeringsplass	5
3.1.3	Adkomsttunnel	6
3.1.4	Servicebygg	6
3.2	Fjellhaller	9
3.2.1	Betongbåser for deponering	10
3.2.2	Betongbåser som beskyttelse og barriere	10
3.3	Hjelpestrukturer	10
3.3.1	Drenering	10
3.4	Ventilasjonsanlegg og avtrekksvifter	14
3.4.1	Hensikten med ventilasjonsanlegg og avtrekksvifter	14
3.4.2	Ventilasjon som barriere	14
4	Nåværende situasjon	15
4.1	Maksimal spesifikk aktivitet i KLDRA's avfall	15
4.2	KLDRA's funksjonskrav	15
4.3	Dagens drift og vedlikehold	16
4.4	Tritiumutslipp fra KLDRA	19
4.4.1	Tritium i KLDRA	19
4.4.2	Konklusjon og forslag til videre arbeid	22
5	Vurdering av KLDRA's sikkerhetskonsept	24
5.1	KLDRA's sikkerhetskonsept sammenlignet med IAEA Guidelines og Safety Requirements	27
5.2	Dimensjonerende analyse for KLDRA – Scenario W5	29
5.3	WATRP	31
5.4	Alternativt sikkerhetskonsept for KLDRA	32
5.4.1	Forslag til videreføring	32
6	KLDRA's sikkerhetsstudie (SAR)	34

6.1	Introduksjon og krav til SAR.....	34
6.2	Generelle kommentarer til oppdatert SAR.....	35
6.3	Generelle kommentarer til SAR frem til 2020	36
6.4	Sammendrag av kommentarer	43
7	Teknisk tilstandsanalyse	44
7.1	Tilstandsanalyser av byggverk	44
7.1.1	Tilstandsanalyse	45
7.1.2	Sammendrag tilstandsanalyser av byggverk	48
7.2	Brannteknisk tilstandsanalyse	49
7.2.1	Definisjoner	50
7.2.2	Sammendrag brannteknisk tilstandsanalyse.....	50
7.3	Ingeniørgeologi og hydrogeologi	51
7.3.1	Ingeniørgeologi og hydrogeologi i sammendrag.....	51
7.4	Kostnadsberegning for tiltaksforslag byggverk, ingeniørgeologi, hydrogeologi og brann.....	53
7.5	Vurdering iht. til KLDRA's sikkerhetskonsept.....	53
8	Utvidelse av KLDRA Himdalen.....	54
8.1	Avgrensinger	54
8.2	Designalternativ 1	54
8.3	Designalternativ 2	56
8.4	Investeringskostnadsberegning	57
8.4.1	Investeringskostnader – Alternativ 1 og alternativ 2	58
8.4.2	Beregningsforutsetninger	59
8.5	Vurdering av alternativ 1 og alternativ 2	59
8.5.1	Konklusjon og vurdering av alternativ 1 og alternativ 2	62
9	Periodisk sikkerhetsgjennomgang	63
9.1	Metodikk.....	64
10	Pågående arbeid innen Prosjekt KLDRA	67
11	Tiltaksplan – Anbefalinger og forslag til fortsatt arbeid	68
11.1	Handlingsforslag – Bakgrunn	68
11.2	Tiltaksplan – Sammendrag.....	69
12	Konklusjon	72
13	Referanser	74

1 Innledning

Kombinert lager og deponi for radioaktivt avfall (KLDRA) i Himdalen er Norges eneste deponi for lav- og mellomaktivt radioaktivt avfall [1].

Prosjekt KLDRA har blitt gjennomført i godt samarbeid mellom WSP og Empresarios Agrupados med innspill fra NND (Norsk nukleær dekommisjonering) og IFE (Institutt for energiteknikk).

Tydelige roller og ansvar står sentralt i forvaltningen av atomanlegg. IFE er som konsesjonshaver ansvarlig for å ivareta sikkerheten ved anlegget. Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) fører tilsyn ved KLDRA og andre atomanlegg og kan treffe de tiltak som de finner påkrevd av sikkerhetsmessige grunner (lov om atomenergivirksomhet § 10). NNDs rolle i Prosjekt KLDRA har vært å bistå IFE med å kartlegge anleggets tilstand og å vurdere sikkerheten, som forberedelse for at IFEs nukleære virksomhet overdras til NND.

I løpet av prosjektet, har sikkerhetsstudien (Safety Analysis Report, SAR) for KLDRA blitt analysert og vurdert. Følgende utgaver av SAR for KLDRA Himdalen har blitt vurdert:

- AEA Sikkerhetsanalyse for foreslått kombinert deponi og lager for lav- og middels radioaktivt avfall i Himdalen 1996/1998 [2].
- SAR fra 1998 – KLDRA Himdalen Konsesjonsbehandling, Statsbygg/Grøner [3].
- IFE Report IFE/I-2011/011 – Revidert metode for kontroll av funksjonskrav for KLDRA-Himdalen, 28 februar 2011. [4]
- SAR fra 2013 – Sikkerhetsrapport – Drift av kombinert deponi og lager for lav- og middels radioaktivt avfall i Himdalen, rev 1 [5].
- Oppdatert SAR for KLDRA Himdalen 2020 [6].

Referanser i SAR fra 1998 og AEA sikkerhetsanalyse fra 1996 har ikke vært tilgjengelige for prosjektet og har ikke blitt analysert eller vurdert. Videre har andre dokumenter og rapporter blitt vurdert iht. internasjonal praksis og kravbilde. Disse vises i referanselisten.

Driften av KLDRA har vært preget av flere avvik de senere år, og det er kjent at det foreligger forhold ved anleggets nåværende tilstand som trolig må utbedres iht. tillatelser og konsesjonskrav [1]. Høsten 2020 ble prosjekt KLDRA igangsatt. Samtidig pågikk en oppdatering av SAR for KLDRA Himdalen. Oppdatert SAR ble sendt til Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) i desember 2020.

NND skal etter planen overta alle nukleære anlegg og tilhørende nukleært personell fra IFE 1.1.2024, herunder KLDRA. Samtidig er det entydig IFEs ansvar å drifte og vedlikeholde KLDRA innenfor dagens konsesjon og tillatelser, inntil slik overføring faktisk er gjennomført. Statsbygg eier anlegget [1]. Eierskap er tenkt overført til NND.

Prosjekt KLDRA er delt inn i tre områder [1]:

- Sikker drift og vedlikehold av dagens KLDRA
- Teknisk tilstands- og sikkerhetsanalyse for dagens KLDRA
- Planlegging for overføring, ny konsesjon og videre drift og utvikling av KLDRA

Sikker drift og vedlikehold av dagens KLDRA fokuserer på å se over dagens situasjon og tilstanden til KLDRA.

Teknisk tilstands- og sikkerhetsanalyse for dagens KLDRA fokuserer på å skape betingelser for å utvikle en ny SAR og oppdatering av sikkerhetsanalysene og teknisk tilstand av anlegget slik det faktisk er etablert, regulert og driftet frem til dags dato.

Planlegging for overføring, ny konsesjon og videre drift og utvikling av KLDRA fokuserer på å tilrettelegge for overføring fra IFE til NND.

Samlet sett vil dette danne grunnlag for hvilke tiltak som kan kreves før konsesjonssøknaden sendes til DSA ifm. virksomhetsoverdragelsen. Anbefalte tiltak presenteres i rapporten sammen med en tidsplan for arbeidet.

Omfanget av prosjektet har blitt sterkt påvirket av covid-19-pandemien. Det har ikke vært mulig å besøke anlegget eller å gjennomføre workshops og fysiske møter. I prinsippet er alt arbeid innen prosjektet utført fra Sverige (WSP) og Spania (Empresarios Agrupados). Spesielt har delene som gjelder sikker drift og vedlikehold blitt påvirket av utfordringer ifm. gjennomføring av tekniske tilstandsanalyser. Mangel på tegninger og bildemateriale har vært særlig utfordrende.

2 KLDRA Himdalen – En historisk oversikt

Dette kapittelet er basert på beskrivelsen av KLDRA Himdalens historikk som angitt i oppdatert SAR for KLDRA Himdalen pr. 1. januar 2021 [7].

2.1 Historisk bakgrunn

I oktober 1989 ble det ved kongelig resolusjon oppnevnt et utvalg for utredning av deponi for norsk lav- og middelaktivt atomavfall. Den direkte årsaken var at lagrene ved Radavfallsanlegget på IFE kun hadde kapasitet til å motta avfall fram til og med 1993. Utvalget ga sin innstilling til olje- og energidepartementet i mars 1991. Utvalget anbefalte at det skulle etableres et deponi primært i den nedlagte Killingdal Gruve i Holtålen kommune, sekundært at det skulle bygges en ny fjellhall nær IFE, Kjeller. Det ble anbefalt at IFE skulle sørge for driften av deponiet, og at IFE fortsatt skulle ta imot alt radioaktivt avfall i Norge og pakke det for deponering.

Viktige vurderinger som lå til grunn for forslagene fremmet av utvalget var at avfallet skulle støpes inn, pakkes i tønner og deponeres i fjellhall med tilleggsbarrierer av betong og bentonitt. Før etablering, skulle det gjennomføres sikkerhetsanalyser av bergets beskaffenhet og grunnvannets bevegelser og det skulle foretas målinger av radioaktivitet i området før etablering og underveis i anleggets driftsperiode.

Statens atomtilsyn utarbeidet etter pålegg fra Olje- og energidepartementet egne utredninger for å konkretisere foreslått subsidiær løsning, og konkluderte med Kukollen i Sørums kommun og Himdalen i Aurskog-Høland som mulige lokaliseringer av fjellhall nær Kjeller.

Lokalisering av et slikt anlegg var kontroversielt, og det ble gjennomført en konsekvensutredning etter plan- og bygningsloven. Konsekvensutredningen ga grunnlag for at deponialternativet i Himdalen ble anbefalt fremfor Kukollen. Killingdal gruve ble frarådet som stedsvalg for deponi.

2.2 Etablering av anlegget og konsesjon for drift

Stortinget vedtok 28. april 1994 at det skulle bygges et kombinert deponi og lager for lav- og middels radioaktivt avfall i Himdalen i Aurskog-Høland kommune i Viken, og myndighetene bestemte at Statsbygg skulle oppføre og eie det nye anlegget.

I mars 1996 oversendte Statsbygg sin søknad om konsesjon for bygging. En sikkerhetsanalyse av anlegget og dets funksjoner og konsekvenser for omgivelsene ved normal drift og ved uhell, dannet grunnlag for søknaden.

Statens strålevern (nåværende DSA) gransket materialet og leverte innstilling med anbefalinger og betingelser til Sosial- og helsedepartementet. Konsesjon ble gitt i statsråd 28. februar 1997 i henhold til atomenergiloen, og arbeidet med anlegget startet straks. Bygget ble ferdigstilt og overdratt til bruker (IFE) 24. september 1998.

I juli 1997 mottok Statens strålevern IFEs søknad om konsesjon for drift, med grunnlag i en sikkerhetsrapport. I april 1998 ble konsesjon gitt. Statsbyggs sikkerhetsrapport med oppdaterte sikkerhetsanalyser og verifisering med stedsspesifikke data ble oversendt til Statens strålevern i september 1998. I mars 1999 var all dokumentasjon på plass, og IFE fikk tillatelse til å starte driften av anlegget.

2.3 Konsesjon for drift av anlegget

Konsesjon for drift av anlegget ble gitt IFE i statsråd 30. april 1998 for 10 år, som nevnt ovenfor. Fornyet konsesjon ble gitt IFE i 2008 og i 2012, og etter 2016 er konsesjonen løpende og kan tildeles annen konsesjonær etter rimelig varsel. Konsesjonen opphører senest 30. april 2028.

Gjeldende konsesjonsbetingelser sier at det skal gjennomføres revisjon av sikkerhetsrapporten for anlegget innen 31. desember 2025. En rapport som drøfter anleggets status og framtid skal utarbeides og oversendes DSA innen 31.12.2026.

3 Beskrivelse av anlegget

3.1 Anleggsbeskrivelse

Denne delen gir en anleggsbeskrivelse av KLDRA. Beskrivelsen er basert på KLDRA Himdalen SAR 4 - Bygg, anlegg og støttesystemer [8], men må justeres i noen deler, siden den ikke beskriver den nåværende situasjonen fullt ut. I løpet av Prosjekt KLDRA har det blitt avdekket et behov for å revidere anleggsbeskrivelsen, slik at den beskriver anlegget slik det er bygget og slik det kan forventes å fungere på lang sikt.

Noen kommentarer er lagt til beskrivelsen angående inaktiv drenering og vanninfiltrasjon i anlegget. Se også kapittel 7, som beskriver en teknisk tilstandsanalyse av anlegget.

Anlegget ligger i fjell, og er betegnet som et overflatenært fjellanlegg med 50 meter overdekning. Anlegget er konstruert for deponering av 10 000 tønner, eller andre beholdere som opptar plass tilsvarende 10 000 tønneplasser. Figur 3.1 og figur 3.2 viser utformingen av anlegget som består av følgende bygningstekniske installasjoner:

- Tunnelportal med parkeringsplasser for ansatte og besøkende utenfor anlegget
- En adkomsttunnel med 262 meters lengde
- En bygning for servicefunksjoner (servicebygg) med besøksrom plassert i en egen fjellhall innenfor tunnelåpningen
- Fire like fjellhaller, hvorav tre for deponering og en for lagring av avfall. Hall 1 har plassering nærmest portalen og hall 4 lengst inne. Hall 1 er lager og hall 2, 3 og 4 er deponi. Hver hall består av en omlastingssone samt to plasstøpte og identiske betongbygg med to båser som ligger i forlengelsen av hverandre, se figur 3.3. Hver hall er skilt fra adkomsttunnelen med en lecavegg med kjøreport og gangdør. Dette danner ifølge SAR en barriere til aktivt område.

3.1.1 Bergrommet som beskyttelse og barriere

- Plassering av avfallet i fjellanlegg skiller avfallet fysisk fra befolkningen
- Bergrommet utgjør en selvstendig barriere mot ytre påvirkninger
- Bergrommet beskytter avfallet for flystyrt, sabotasje, erosjon osv.
- Berget er stabilt for dimensjonerende jordskjelv*

For stabilitetssikring av anlegget er det benyttet bolter og sprøytebetong. Dette er med på å sikre mot blokknedfall og større ras. Mer informasjon om berget finnes i referanse [24].

*) Et dimensjonerende jordskjelv har blitt analysert i AEAs rapport fra 1996 [2]. NORSAR (Norwegian Seismic Array) analyserte historiske data og konkluderte med at sannsynligheten for et dimensjonerende jordskjelv er 1 av 10.000 år. Tidshorisonten i AEAs analyse var 10 000 år, noe som betyr at sannsynligheten for et jordskjelv som oppstår i nærheten av KLDRA er 1. Normalt må strukturer og systemer med sikkerhetsdata dimensjoneres for et dimensjonerende jordskjelv.

3.1.2 Tunnelportal med parkeringsplass

Tunnelportalen er av helstøpt betong
halvmåneformet øvre del



Det er god plass til å parkere biler på yttersiden av anlegget utenfor portalen.

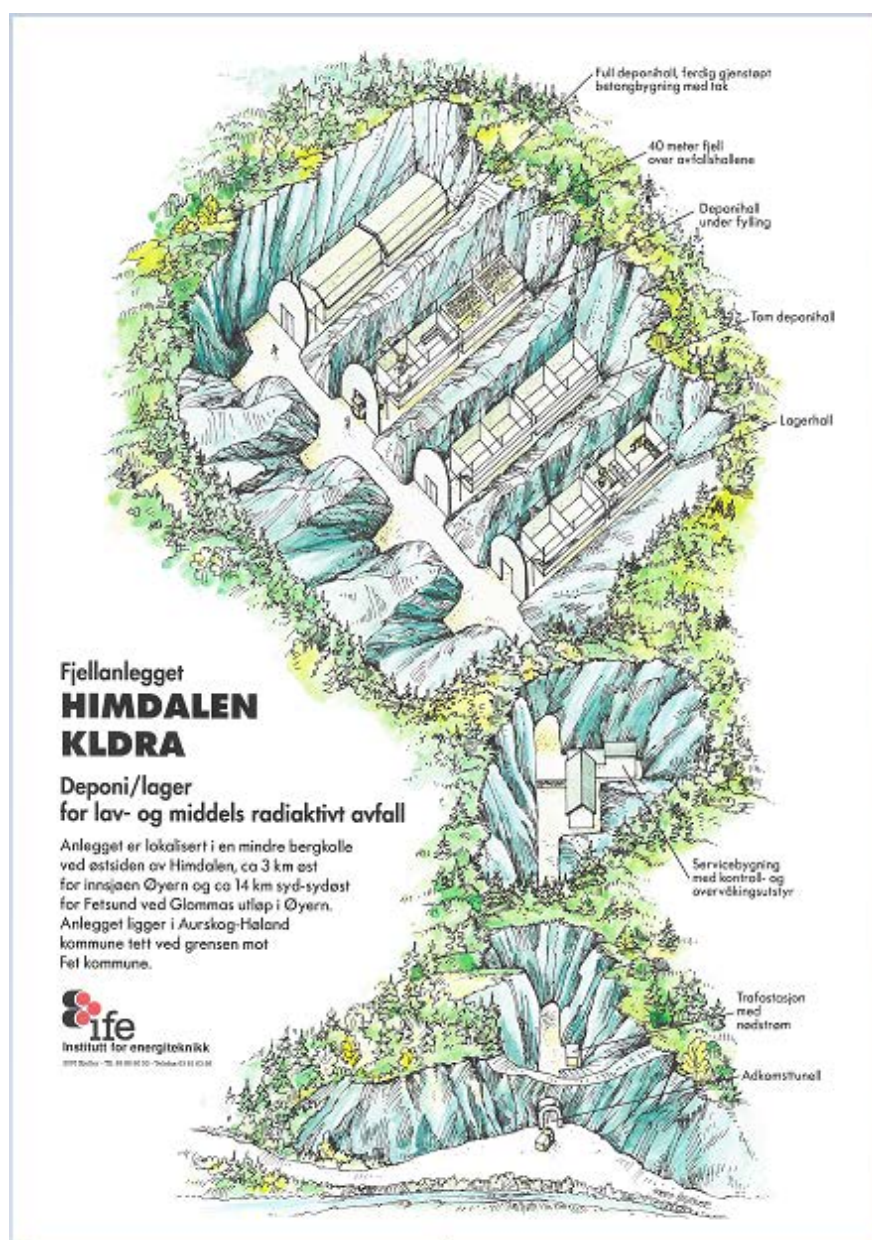
3.1.3 Adkomsttunnel

Adkomsttunnelen har en stigning på 1:50.

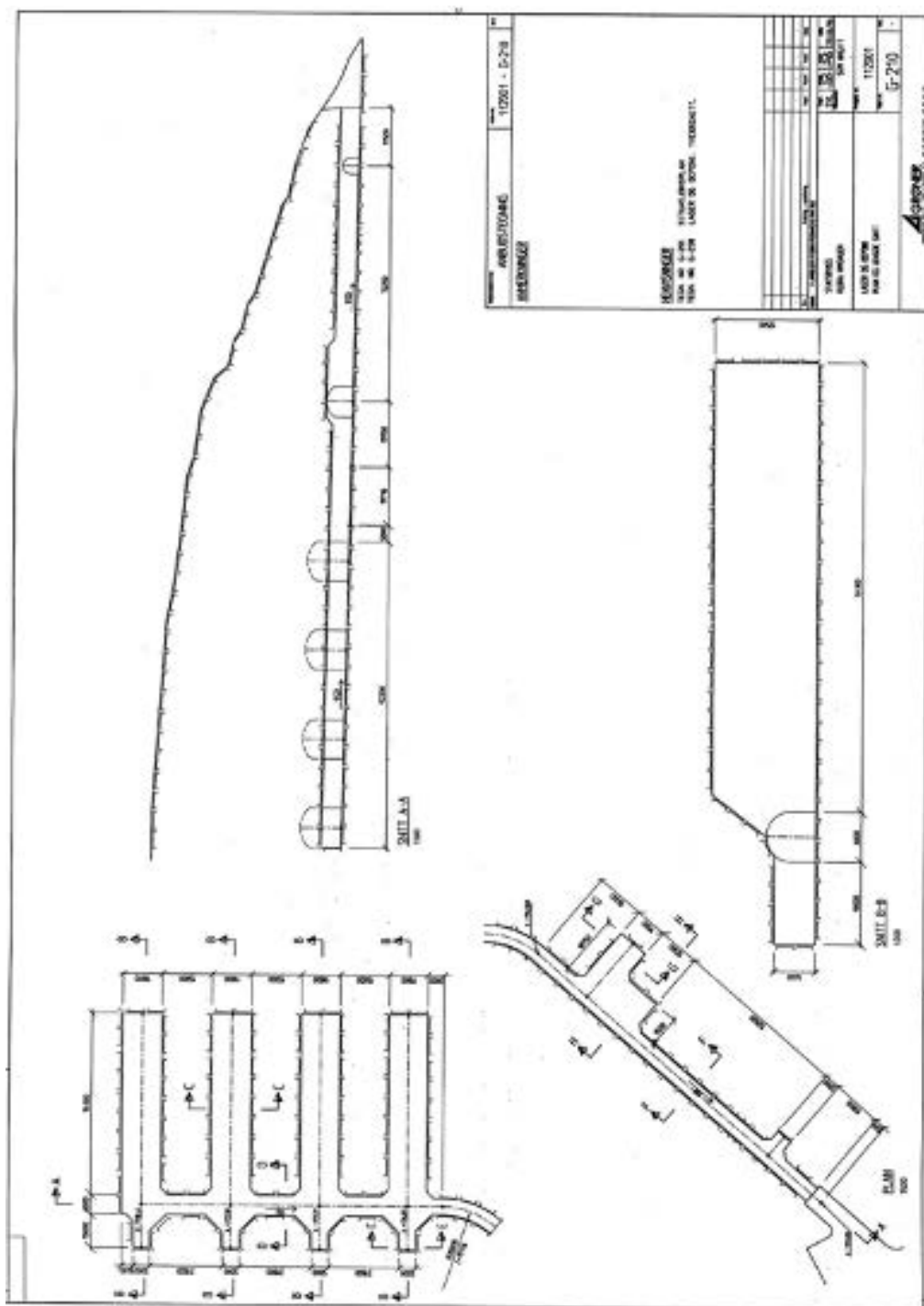
3.1.4 Servicebygg

Anleggets servicebygg inneholder fasiliteter som hovedtavle, teknisk rom, toaletter, kontrollrom, datarom, omkleddningsrom, lunsjrom, kontrollpunkt og besøksrom. Bygningen er på ca. 210 m² og oppført over en etasje. Bygningen er oppført med vegger i lettklinkerblokker, og takkonstruksjon av tre. Dekke er støpt med betongkvalitet C35(NA).

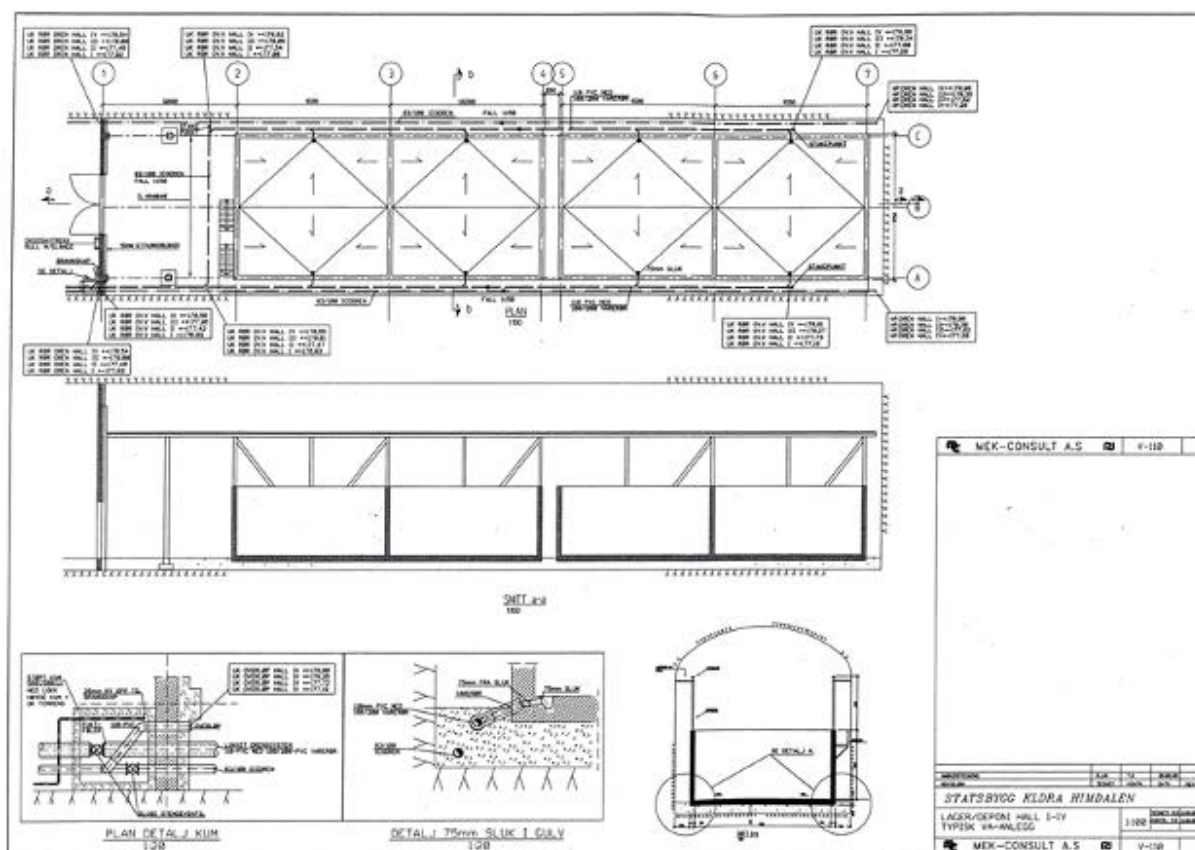
I teknisk rom er det to tanker for oppsamling av vann fra aktiv og inaktiv drenering. Disse er bygget av betong, med bunn og veggtykkelse på 250 mm, utført i betongkvalitet C45(MA) og plassert i servicebyggets tekniske rom. De er bygget ned i grunnen under gulvplan, og rommer 10 m³ hver. Dimensjon på tankene er 2m x 2,36m x 2,1m. (l x b x h).



Figur 3.1 – Oversikt av KLDRA Himdalen



Figur 3.2 – Utforming av anlegget



Figur 3.3 – Betongbåser i KLDRA

3.2 Fjellhaller

Det er fire like fjellhaller som er anlagt vinkelrett på adkomsthallen med snuplass for transportkjøretøyer foran hver fjellhall. Den ytterste fjellhallen, hall 1, benyttes som lager mens de tre innerste hallene (2-4) benyttes til deponering. Fjellhallene har et fall på 1:50 mot innkjøringsporten. Hallene har målene 11,8x12,5x53,3 i meter (bxhxl) og tykkelsen av fjell mellom hallene er 15 meter. For å minske innlekkasje av vann til fjellhallene er det utført injeksjon av rapidsement og mikrosement rundt disse. Dette er viktig for å beskytte betongbåsene, avfallsbeholdere og avfallet for vanninnslag. Hvis det ikke siger noe vann igjennom betongbåsene vil det ikke komme noe vann fra disse som kan transportere med seg radioaktivitet, avfallsbeholderne vil beskyttes mot korrosjon, og betongen vil ikke bli utsatt for mekanisk påvirkning. Til tross for dette er det noe lekkasje av vann fra sprekker i fjellet, ca. 10 m³ vann blir samlet i aktiv kum hvert år [9].

3.2.1 Betongbåser for deponering

I hver av fjellhallene er det to identiske og plaststøpte betongbygg. Mellom disse to byggene er det en avstand på en meter i lengderetningen. Hver av betongbyggene er igjen delt i to båser. Gulvene er utført med et tosidig fall på 1:100 mot sluk, her ledes eventuelt vann til aktiv drenering. Gulv og vegger vil også fungere som en egen barriere for utslipp, de vil også senke strålingsnivået utenfor betongbyggene. Det er laget trapp i forkant av ytterste betongbygg i hver fjellhall, og denne er koblet sammen med gang-repos som går langsmed begge betongbyggenes høyere side. I tabell 3.1 vises aktuelle mål på betongbyggene og båsene.

Tabell 3.1 – Dimensjoner på betongbyggene

Konstruksjon	Målt	Lengde (m)	Bredde (m)	Høyde (m)	Vegg (m)	Gulv (m)	Volum (m ³)
Begge betongbyggene	Utvendig	41,4	41,4	4,6	0,3	0,35	380
Hvert betongbygg	Utvendig	9,75	20,7	4,6	0,3	0,35	190
Hver bås	Innvendig	9,15	9,9	4,6	0,3	0,35	95

3.2.2 Betongbåser som beskyttelse og barriere

Det er benyttet betongkvalitet av type vanntett, fasthetsklasse C45, miljøklasse MA (meget aggressivt miljø). Dette sikrer en svært bestandig konstruksjon med lang levetid. Det er benyttet plaststøpte betongbygg og ikke elementer. Dette gir en mer solid barriere, da denne konstruksjonen tåler mer uforutsette påkjenninger fra ulykker og andre belastninger. Båsene er armert og dimensjonert for å tåle nedfall av steinblokker og påkjenninger fra jordskjelv. Betongbåsene er plassert på et 60 cm pukklag som vil beskytte disse ved å ta opp vibrasjoner ved jordskjelv. Det er også enklere å oppnå en vanntett konstruksjon, spesielt i skjøter ved å benytte plaststøpte betongbygg. Alle betongflater er overflatebehandlede for ytterligere tetthet og motstandsdyktighet.

3.3 Hjelpestrukturer

3.3.1 Drenering

Gulvet i fjellhallene og adkomsttunnelen heller svakt (1:50) mot tunnelåpningen. Dette gir anlegget selvdrenerende egenskaper for vann som alltid vil renne inn i et slikt fjellanlegg fra det omliggende berget.

Det er flere forskjellige verdier i SAR fra 1998 og 2013 for vanninfiltrasjonshastigheten i anlegget uten fuging. Noen verdier kan tilsvare infiltrasjonshastigheten umiddelbart etter at hallene er boret, når vannet i fjellet over tunnelene dreneres ned i tunnelene. Andre verdier tilsvarer langsiktige forhold (etter flere år) når grunnvannsnivået er senket. Disse omstendighetene må tas i betraktning i fremtidig arbeid med å utvikle en ny sikkerhetsstudie for KLDRA, da det ellers kan oppnås motstridende resultater og dermed kan gjøres motstridende vurderinger [9].

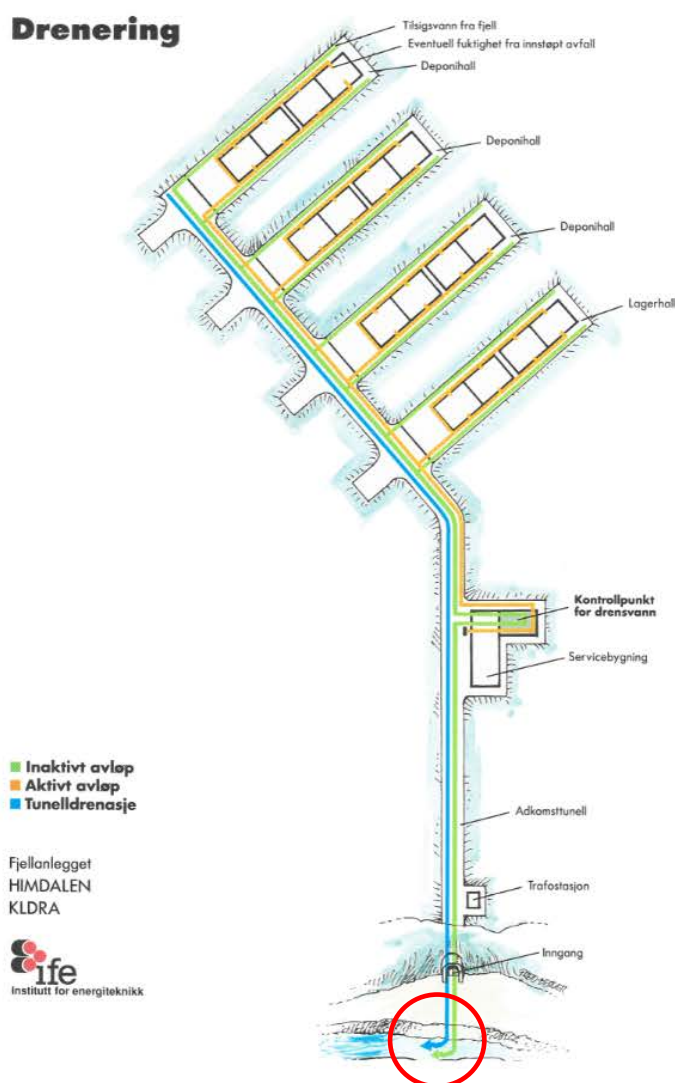
Materialet som har blitt brukt til å tette sprekker vil beholde sin integritet i en viss periode, men på lang sikt etter nedleggelse (etter år 2330) vil materialene forvitte. Derfor bør man på lang sikt anta at

grunnvannsnivået synker på lang sikt, som om det ikke var noen tetting. Dette vil bety en vanninfiltrasjon på mellom 600 og 6000 m³/år for de fire hallene [9].

IFE / I-2011 /011 «Revidert metode for kontroll av funksjonskrav for KLDRA-Himdalen» [4] bruker en verdi på 10 m³/år for vanninfiltrasjonshastigheten til de fire hallene. Denne verdien er flere størrelsesordener lavere enn verdiene som ble brukt i SAR 1998 og SAR 2013. 10 m³/år ser ut til å svare til de målte infiltrasjonshastighetene i hallene.

I fremtidig arbeid med fornyet SAR må vanninfiltrasjonshastigheten i KLDRA analyseres nøyere. Tetting av sprekker vil være effektiv i en viss periode, men på sikt bør infiltrasjonshastigheten være lik den som ble målt og beregnet under byggingen av anlegget [9].

Dreneringssystemene er vist i figur 3.4, legg merke til den røde sirkelen som markerer dreneringsutslippspunktet fra KLDRA.



Figur 3.4 – Dreneringssystemet i KLDRA

I KLDRA er det et 60 cm tykt lag med pukk under gulvet i deponihallene og i adkomsttunnelen. Vann som trenger inn i tunnelen og hallene samles i dette dreneringslaget og dreneres ut via adkomsttunnelen som heller svakt mot tunnelåpningen. Dette dreneringssystemet er designet for å fungere under drift og for å forbli funksjonelt etter lukking, slik at sarkofagene er sikret å være tørre og at radionuklider bare kan transporteres via sarkofagene ved diffusjon, dvs. det må sikre at ingen vannstrøm oppstår gjennom avfallet. Dreneringssystemet er vist i figur 3.4, hvor den røde sirkelen viser at avløpssystemet frigjøres i en bekk som leder vannet til innsjøen Øyeren.

Imidlertid har inaktiv tank vært tørr siden 2013 og det ser ikke ut til at det passerer vann gjennom dreneringsrørene i pukklaget. Inaktivt vann vil mest sannsynlig passere gjennom sprekker i vegg mellom de fire hallene og adkomsttunnelen og ut fra KLDRA gjennom pukklaget [24].

Dreneringssystemet i KLDRA er delt opp i tre ulike systemer som vises i tabell 3.2. I adkomsttunnelen er det sprengt ut grøft hvor drensledninger fra haller, adkomsttunnell og servicebygg er lagt.

Tabell 3.2 – Oppsummering av dreneringssystemet

Systemnavn	Hvor kommer vann fra	Hvor ledes vannet	Ytre rør diameter i mm	Materiale	Type rør
Aktiv drenering	Innvendig i båsene fra slukene	Oppsamlingstank i servicebygg (Aktivtank)	110/160	PVC	Tett rør (rør i rør)
Inaktiv drenering	Utsiden av betongbygg i fjellhallene	Oppsamlingstank i servicebygg. (Inaktiv tank)	123	PVC	Perforerte drensør i fjellhallene. Tette rør fra ytterside av fjellhall
Ekstern drenering	Hele adkomsttunnelen	Direkte til nærmeste resipient	123	PVC	Perforerte drensør i adkomsttunnelen. Tette rør på utsiden av anlegget

Hensikten med drenering

Dreneringssystemet var opprinnelig dimensjonert til å:

- Holde kontroll på vann som strømmer gjennom anlegget
- Sørge for at vann blir ledet til tanker i servicebygget
- Samle vann for kontroll av eventuell radioaktivitet

Drenering som barriere

Dreneringssystemet er som vist i figur 3.4 delt i flere systemer. Dette er for å sikre at vann som renner inn i anlegget og som dermed kan komme i kontakt med beholdere med radioaktive materialer, blir samlet opp og tatt hånd om. Systemene var opprinnelig dimensjonert på følgende måte:

- Aktiv drenering samler opp vann innvendig i båsene og leder dette til tank
- Inaktiv drenering samler opp vann utenfor båsene og leder det til tank. Det er etablert barriere mellom fjellhaller og adkomsttunnel for å sikre at dette vannet ikke ledes ut i drens systemet i adkomsttunnelen. Et 60 cm pukklag gir stort reservevolum for vann som lekker inn i fjellhallene.

- Ekstern drenering ut av adkomststunellen etablert i et pukklag på minimum 60 cm, dette gir anlegget selvdrenerende egenskaper og vil sikre anlegget mot oversvømmelse.

Som nevnt ovenfor er det imidlertid tydelige tegn på at inaktiv drenering ikke fungerer etter hensikten. Se nærmere i kapittel 7 – Teknisk tilstandsanalyse.

Anleggets tre dreneringssystemer

Ekstern drenering

Området har et separat drensssystem som fører vann fra fjellet direkte ut til nærmeste resipient, en bekk som leder vannet til Øyeren (ekstern drenering). Denne delen av dreneringssystemet samler opp vann som kommer inn via berget og ned i pukklaget i hele hovedtunnelen og rundt servicebygget. Dette vannet anses som rent og ledes direkte til resipient uten kontroll eller oppsamling. Det er montert en kum på røret rett utenfor anlegget, denne benyttes til prøvetaking og jevnlig analyse av radionuklider.

Inaktiv drenering

Vann som renner inn i fjellhallene fra berget dreneres i pukklaget under gulvet i hallene. Ved inngangen til fjellhallene stoppes dette vannet som ikke skal være forurensset av en støpt barriere mot adkomsttunnel. Det er perforerte drensrør på begge sider av båsene i alle hallene, mens fra yttersiden av hallene og ned til inaktiv tank er det tette rør som fører vannet til inaktiv tank (inaktiv drenering). Vannet ledes til tank for prøvetaking. Da kan det etter analyse enten pumpes direkte til resipient, eller tas med tilbake til IFE Kjeller. Samtidig kan vannet ta veien via sprekker i grunnfjellet og ledes ut av anlegget uten å være innoom målekummene.

Denne teksten er hentet fra SAR 4 – Bygg, anlegg og støttesystemer [8], men samsvarer ikke med dagens situasjon i anlegget som nevnt ovenfor.

Aktiv drenering

Et eget dreneringssystem er etablert for vann som renner gjennom betongbyggene og derfor teoretisk kan inneholde radioaktiv forurensning (aktiv drenering). Dette er den delen av dreneringssystemet som samler vann som kommer inn via betongbåsene i fjellhall 1, 2, 3 og 4. Det er to sluk i hver av båsene, og fire båser i hver fjellhall. Vannet ledes via et tett rør fra slukene og til aktiv tank. Det er etablert et system med rør i rør på denne ledningen.

Styring av dreneringssystem

Vann fra inaktiv og aktiv tank bli analysert for radioaktivitet rutinemessig. Ved full tank blir vannet pumpet til 1000-liter IBC-containere og transportert til IFE Kjeller.

Det er også montert lensepumper både i aktiv og inaktiv tank, disse styres manuelt. Pumpene benyttes normalt ikke, men er beregnet for å tømme tankene direkte til resipient.

Det er plassert seks kummer med ventiler innvendig i anlegget. Disse er lokalisert utenfor hver hall og to stykker utenfor servicebygget. Ventilene benyttes ved lekkasjesøk dersom det påvises kontaminert

vann i aktiv eller inaktiv tank. De gir også muligheten til å lede vannet fra aktiv og inaktiv drenering direkte til nærmeste resipient uten å gå via tankene i teknisk rom.

Det er viktig å påpeke at den inaktive tanken har vært tom siden 2013, som beskrevet i kapittel 7. Under befaring i KLDRA Himdalen 25. august 2021 var den inaktive tanken tørr.

3.4 Ventilasjonsanlegg og avtrekksvifter

I anlegget er det installert tre ventilasjonsanlegg og to avtrekksystemer. Ventilasjonen er basert på bruk av friskluft og balansert ventilasjon. Det vil si at det tilføres like mye luft som fjernes. Luften tas inn via kanal i teknisk rom hvor denne blir filtrert og forvarmet etter behov.

3.4.1 Hensikten med ventilasjonsanlegg og avtrekksvifter

Ventilasjonssystemene skal:

- Hindre korrosjon og nedbryting av emballasje og betong ved å fjerne kondens
- Sikre jevn temperatur
- Fjerne eksos
- Holde rømningsveier åpne ved brann
- Holde konsentrasjon av naturlig forekommende radongass på et akseptabelt lavt nivå

3.4.2 Ventilasjon som barriere

Innkommende luft filtreres, via enkle posefiltre for å hindre at det transporteres inn partikler med luften som radioaktivitet (inklusive naturlig forekommende radondøtre) kan feste seg til. Radioaktivitetsnivåene i anleggsluften overvåkes kontinuerlig og det gis alarm ved for høye verdier.

Utgående luft filtreres, via enkle posefiltre for å forhindre at eventuelle partikler fører med seg radioaktive nuklider ut av anlegget. Luften overvåkes med et passivt system som sjekkes månedlig.

4 Nåværende situasjon

Denne delen av rapporten tar sikte på å beskrive observasjoner og forslag til forbedringsområder som skal sees i sammenheng basert på internasjonal praksis og internasjonale krav. Forslagene er basert på en rekke observasjoner gjort i løpet av prosjektet.

Den rådende pandemien har begrenset muligheten for å gjøre dypdykk i virksomheten, og besøk til virksomheten har for det meste ikke vært tillatt. Å gjennomføre møter og workshops har i praksis vært umulig, og disse har blitt ansett for å være svært vanskelig å gjennomføre digitalt via Teams.

Dermed må forslagene anses som innspill som organisasjonen trenger å ta stilling til i relevans og prioritet. IFE har konsesjon for KLDRA i dag og er dermed ansvarlig for anlegget, organisasjonen og sikkerheten. Samtidig vil konsesjonen tas over av NND, og NND skal være involvert i alle tiltak foreslått i fasen frem mot virksomhetsoverdragelse.

4.1 Maksimal spesifikk aktivitet i KLDRA's avfall

I KLDRA's konsesjonsvilkår er den eneste grensen for den spesifikke aktiviteten til avfallspakkene knyttet til langlivede alfanuklider. Maksimal spesifikk aktivitet for langlivede alfanuklider i en enkelt avfallspakke er 4000 Bq/g, og 400 Bq/g er den maksimale gjennomsnittlige spesifikke aktiviteten for alt avfall som deponeres i anlegget [9].

Maksimal spesifikk aktivitet i en avfallspakke som er tillatt på et deponi skyldes vanligvis menneskelige inntrengningsscenarier, der en liten mengde avfall føres opp til overflaten, for eksempel i forbindelse med brønnboring. Reseptorene kan være arbeidere som utfører boringen eller inspiserer borekjernen eller publikum som blir utsatt for det utgravde avfallet som er spredt til boreriggens omgivelser.

Videre stiller KLDRA's tillatelse krav til at anlegget ikke skal kunne eksponere en person for mer enn 100 $\mu\text{Sv}/\text{år}$ i usannsynlige scenarier, og ikke mer enn 1 $\mu\text{Sv}/\text{år}$ i andre scenarier. Referanse [9] viser at den generiske grensen på 4000 Bq/g for langlivede alfaemitterende nuklider gjør at doser i noen scenarier med lav sannsynlighet, for eksempel menneskelige inntrengningsscenarier, overskrider dosekriteriene ($<100 \mu\text{Sv}/\text{år}$). For eksempel kan en avfallspakke med en spesifikk aktivitet på 3500 Bq/g Ra-226 aksepteres for deponering i KLDRA i henhold til mottakskriteriene, men i et borescenario kan dosene være 1000 ganger større enn gjeldende grense.

Dermed bekrefter dette behovet for å identifisere og evaluere pålitelige scenarier for menneskelig inntrengning i neste sikkerhetsstudie for KLDRA. Disse scenariene vil bli brukt til å utlede grensen for den spesifikke aktiviteten for hver radionuklide i alle avfallspakker som aksepteres for deponering i KLDRA.

Det må bemerkes at de ekstremt lave dosegrensene på 100 $\mu\text{Sv}/\text{år}$ for scenarier med lav sannsynlighet, for eksempel menneskelig inntrengning, kan bety at visse avfallspakker som allerede er deponert i KLDRA kan ha en spesifikk aktivitet som er for høy for deponering i KLDRA. Dette emnet er nærmere diskutert i referanse [9] og i kapittel 5 i denne rapporten.

4.2 KLDRA's funksjonskrav

Rapport IFE/I-2011/011 – Revidert metode for kontroll av funksjonskrav for KLDRA-Himdalen [4], presenterer en metode for å gjennomføre konservative estimer av dosene som anlegget kan generere i 2330 når den institusjonelle kontrollen er fullført, 300 år etter nedleggelsen av deponiet i

2030. Doser beregnes for scenario W3 definert av AEA 1996. I scenario W3 er anlegget fylt med vann som strømmer gjennom sarkofagene, og de oppløste radionuklidene transporteres gjennom pukklaget under gulvet i adkomsttunnelen og hallene og slippes ut i Øyeren.

Metoden presentert i [4] er klar og logisk, men noen parameterverdier er ikke konservative, og noen relevante fysiske prosesser er ikke inkludert i beregningene, f.eks.:

- Aldersbestandighet av fuget betong
- Vann infiltrert i KLDRA
- Fortynningseffekter
- Strømningshastigheter i resipienten

I referanse [9] er dette diskutert i detalj og vurderingen er at rapporten, Revidert metode for kontroll av funksjonskrav for KLDRA-Himdalen [4], kan være ikke-konservativ. Dermed må sikkerhetsstudien for KLDRA inkludere analyser basert på den maksimale aktiviteten av hver radionuklide som kan deponeres i KLDRA, og den maksimale spesifikke aktiviteten i alt avfall må hentes fra de forskjellige scenariene som er definert og analysert på lang sikt.

4.3 Dagens drift og vedlikehold

De siste årene har det blitt gjort mye arbeid med sikkerhetskultur for å løfte virksomheten til et høyere nivå. Det er lagt inn relativt omfattende arbeid i ledelsessystemet, blant annet gjennom arbeidet med grønn bok for KLDRA. Intensjonene er gode, og det er viktig å fortsette å jobbe ut fra det grunnlaget for å holde rutiner oppdatert og at det sørges for en klar struktur som sikrer at både eksterne regulatoriske krav og interne krav til virksomheten blir oppfylt.

Kapittel 9 beskriver en metodikk for å gjennomføre en periodisk sikkerhetsgjennomgang (Periodic Safety Review, PSR) som er satt som et av DSAs generelle vilkår for konsesjon. PSR bør ikke forveksles med SAR eller oppdateringer av SAR innen eksisterende konsesjon. En PSR utføres regelmessig, normalt med et intervall på ti år, men det anbefales også å utføre det med et kortere intervall, for eksempel ved store endringer i virksomheten. PSR har som mål å gjennomgå virksomheten med hensyn til krav og etterlevelse på de ulike områdene i virksomheten. Utgangspunktet i en PSR er virksomhetens ledelsessystem. Resultatene av en PSR dokumenteres i et sikkerhetsprogram som utgjør en handlingsplan for forbedret sikkerhet ved anlegget.

PSR har ikke blitt gjennomført i virksomheten, men bør planlegges og gjennomføres som grunnlag for NNDs overtakelse av konsesjonen for Radavfall og KLDRA. Dette er spesielt viktig med tanke på endringsarbeidet som må gjennomføres ifm. virksomhetsoverdragelsen

I 2020 gjennomførte IFE et prosjekt der SAR for KLDRA ble oppdatert med en mal basert på IAEA SSG-20 «Safety Assessment for research reactors». Malen burde ha vært basert på SSG-23 «The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste». Dette valget er ikke begrunnet i oppdatert SAR.

Oppdateringen av SAR er utført innenfor rammen av konsesjonsvilkårets krav om periodisk oppdatering av SAR, der en oppdatert SAR ble levert til DSA i desember 2020. Denne SAR er gjennomgått av Prosjekt KLDRA, som nevnt i kapittel 6 der mer informasjon finns.

Forbedringsområder

Siden KLDRA Himdalen ble satt i drift, har det skjedd en rekke hendelser og rapporterbare omstendigheter. Disse hendelsene og omstendighetene ser ut til en viss grad å ha drevet sikkerhetsarbeidet, for eksempel arbeidet med ledelsessystemet. Nedenfor er noen eksempler:

- Deponering av syreholdig flytende radioaktivt avfall i 2015
- Funn av Co-60 og Cs-137 i aktiv drenering. Funnet medfører ingen utslipp til omgivelsene og har dermed ingen konsekvenser utenfor anlegget. IFE arbeider videre med å kartlegge årsaken til disse funnene [10, 11, 12]
- Identifiserte mangler i anlegget som ikke er utbedret innen rimelig tid, for eksempel ble utbedringsbehov identifisert i 2016, men ikke utbedret før i 2020 [13, 24]
- Deponering av langlivede alfaemitterende radionuklider fra industrien
- Utslipp av tritium til omgivelsene
- Strategi for håndtering av lagrede fat med Pu-holdig avfall mangler eller er ikke tydelig beskrevet eller adressert. Dette er ikke en svakhet med KLDRA i seg selv, men hovedsakelig skyldes dette mangel på planer og strategi for radioaktivt avfall nasjonalt. Arbeid med ny sikkerhetsstudie og utforming av nye akseptkriterier for avfall kan danne grunnlag for å bestemme hvordan man kan deponere disse tønnene.

Prosjekt KLDRA's vurdering er at mye av sikkerhets- og utviklingsarbeidet kan forbedres. To eksempler illustrerer denne observasjonen, delvis tritiumutslipp som beskrevet i kapittel 4.4 nedenfor, og delvis evaluering av høye konsentrasjoner av alfa-emitterende (Am-241) nuklider i deponert avfall. Felles for disse observasjonene er at problemene ikke har blitt grundig undersøkt og at de nødvendige tiltakene ikke er iverksatt innen rimelig tid. IFE har midlertidig stanset deponering av avfall i KLDRA, hvilket vurderes som et rimelig tiltak.

KLDRA's årsrapporter samler data for radionuklideinventar i deponert avfall. Årsrapporten for 2019, for eksempel, viser at den totale avfallsmengden i KLDRA inneholder $6,34 \times 10^{12}$ Bq Am-241. 6 381 tønneekvivalenter er deponert i anlegget. Avfallsbeholderne inneholder betong med en antatt tetthet på $2,35 \text{ g/cm}^3$. Dette betyr at totalt $3,15 \times 10^9$ g avfall er deponert i KLDRA. Dette betyr at den gjennomsnittlige konsentrasjonen av Am-241 er omtrent 2010 Bq/g, som er omtrent fem ganger mer en grensen som tillatelsen setter for langlivede alfa-emitterende nuklider. Halveringstiden til Am-241 er 432 år og institusjonell kontroll vil opphøre etter 300 år. Dette betyr at akseptkriteriene for langlivede alfa-emitterte nuklider vil bli overskredet også etter at institusjonell kontroll opphører, fordi tillatelsen sier at Bq-grensene ikke skal overskrides for deponert avfall. Det står ikke noe om at henfall under institusjonell kontroll kan brukes for å overholde dette kravet. Denne evalueringen og konklusjonen er ikke inkludert i årsrapportene for KLDRA. Det er mulig at denne informasjonen samles i andre dokumenter, men denne har ikke vært tilgjengelig for prosjektet.

Videre ble prosjektet sent informert om at DSA hadde skrevet en rapport for et gjentakende internasjonalt erfaringsmøte; «Joint Convention on Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management» [14]. DSAs rapport mangler også evaluering og konklusjon om innhold av langlivede alfaemittere i det deponerte avfallet i KLDRA. Dette skyldes mest sannsynlig at DSA baserte sin rapport på årsrapporter fra KLDRA i dette tilfellet, vennligst se referanse [15].

Prosjekt KLDRA anbefaler at årsrapportene videreutvikles ved at man legger til mer omfattende diskusjon og konklusjon av innholdet i rapporten, inkludert eventuelle behov for tiltak.

I oppdatert SAR for KLDRA (2020) finnes følgende tekst:

«Med unntak av pågående oppgradering av fysisk sikring i anlegget er det i driftsperioden 1999 - 31.03.2020 ikke gjennomført vesentlige endringer i anlegget utover generelt vedlikehold og erstatning av komponenter og utstyr ved behov.

Det er i perioden fra oppstart av anlegget gjennomført en omfattende rapportering fra drift av anlegget. Denne rapporteringen omfatter

- Årlig oversikt over deponerte og lagrede avfallsmengder
- Resultater fra kontrollprogram og miljøovervåking
- Stråledoser til driftspersonalet (inkludert i årlig rapport for IFE Kjeller).

I tillegg rapporterer IFE i henhold til konsesjon og driftstillatelse om eventuelle driftsforstyrrelser, uhell og hendelser som er avvikende fra normalen.

Erfaringen fra kontrollprogram og miljøovervåkningsprogrammet etter 21 års drift viser at anlegget fungerer i henhold til design og de sikkerhetsanalyser som er lagt til grunn for etablering av anlegget. Med unntak av diffusjon av tritiert vanndamp fra deponert avfall har det ikke forekommet noen form for lekkasje av radioaktivitet fra verken det lagrede eller deponerte avfallet.

Anlegget er dimensjonert til deponering av 10 000 tønner å 210 liter eller tilsvarende mengde med radioaktivt avfall, dersom lagerdelen av anlegget inkluderes i totalen for deponering. Ved utgangen av 2019 er 85 – 90% av deponeringskapasiteten fylt opp, mens det er lagret 166 tønner i lagerdelen av anlegget.»

Årsrapportene vurderer ikke i tilstrekkelig grad hvordan erfaringene fra 20 års drift påvirker kortsiktig og langsiktig sikkerhet ved anlegget. Hva betyr for eksempel utslipp av tritium til omgivelsene? Hva er konklusjonen fra driftsopplevelsene etter mer enn 20 års drift? Målinger og observasjoner må følges opp av tolkning, vurdering, identifikasjon av tiltak og konklusjoner. Denne typen evaluering av dagens drift og vedlikehold basert på gjeldende krav er et vilkår for konsesjon og bør være en viktig del av årsrapporten.

En vurdering av konsekvensene av å gjøre om hall 1 i KLDRA fra lager til deponi må gjøres. Sikkerhetsanalysene på lang sikt må avgjøre om denne endringen er mulig. I denne sammenheng må det også tas en beslutning om hvordan de 166 tønnene med avfall som inneholder Pu, som nå lagres i hall 1 vil bli tatt hånd om. I avsnitt 11.1 foreslås det at omklassifisering av hall 1 fra lager til deponi analyseres og vurderes i fremtidige SAR.

Sikkerhetskultur er kombinasjonen av egenskaper og holdninger i en organisasjon og hos enkeltpersoner som sikrer at hensynet til sikkerhet gis nødvendig prioritet. Det er viktig å definere et målbilde av hva som er en god sikkerhetskultur og hva organisasjonen ønsker å oppnå. I all aktivitet i nukleær industri er det nødvendig å jobbe kontinuerlig med sikkerhetskulturelle spørsmål. Det kan gjøres på flere måter, men noen eksempler er gitt i følgende punkter (se også kapittel 9):

- Styrke kompetansen i sikkerhetsspørsmål og gjeldende krav

- Gjennomføre workshops med alle ansatte og trene personalet i sikkerhetskulturelle spørsmål, som for eksempel «Hva betyr sikkerhetskultur i vår virksomhet?»
- Utnevne en rekke sikkerhetskulturambassadører fra forskjellige kompetanseområder. Både ledere og ansatte skal være i gruppen. Sikkerhetskulturambassadører gjennomfører opplæringsinitiativer, informasjonskampanjer og holder workshops sammen

Sammendrag av dagens situasjon

Oppsummert anses den nåværende driften av KLDRA ikke å ha noen negativ sikkerhetspåvirkning på kort sikt, men forbedringer i rapportering, analyse og vurdering anses å være nødvendige for å oppfylle de generelle vilkårene som DSA har satt for konsesjon for anlegget.

Prosjekt KLDRA anbefaler at en PSR utføres som beskrevet i seksjon 9 av denne rapporten. Med en PSR oppdages svakheter i styringssystemer, organisasjon og erfaringstilbakemeldinger for å nevne noen eksempler. En PSR resulterer i et handlingsprogram som hjelper organisasjonen til å utvikle seg.

4.4 Tritiumutslipp fra KLDRA

Tritium (H-3) er en hydrogenisotop dannet ved nøytronfangst av deuterium (H-2), som utgjør hydrogenet i tungtvann. Tritium har en halveringstid på 12,3 år, har lav toksisitet og er en beta-emitterende radionuklide.

Ved flere anledninger har relativt høye tritiumkonsentrasjoner blitt målt i vann og luft i KLDRA. Disse funnene er gjort i aktivt og inaktivt dreneringsvann og i drikkevann (fra brønn under anlegget), men ikke i drikkevannskilden. Alt vann fra KLDRAAs aktive og inaktive drenering sendes rutinemessig til Radavfallsanlegget på Kjeller.

Driftstillatelsen for KLDRA tillater ikke utslipp av radionuklider til omgivelsene, utover grenseverdiene i forskrift om radioaktiv forurensning og avfall vedlegg II (1E8 Bq pr. år eller 1E5 Bq/g H-3). Totalutslipp av tritium må dermed måles/kvantifiseres og hvis nødvendig må det settes inn varige tiltak som utslippstillatelse.

Denne delen av rapporten beskriver bakgrunnen og foreslår hvilke tiltak som anses nødvendige for å redusere risikoen for høye konsentrasjoner av tritium. Detaljerte beskrivelser og videre lesing kan gjøres i referanse [16].

4.4.1 Tritium i KLDRA

Figur 4.1 nedenfor viser H-3 konsentrasjonen i KLDRAAs aktive og inaktive dreneringsvann, så vel som i vannet som ledes ut til den eksterne kummen og i grunnvannet

Sommeren 2009 ble høye verdier av tritium målt i inaktiv kum i KLDRA. H-3-konsentrasjoner i vann og i luften i hall 3 og hall 4 ble målt i 2010. Hall 2 inneholdt ikke noe avfall på den tiden, og H-3-konsentrasjonen i luft i Hall 2 var 5,9 Bq/m³. Det er åpenbart at H-3 ble sluppet ut i luften hovedsakelig i hall 3, selv om hall 4 inneholdt 90% av avfallet som inneholdt H-3 i KLDRA på den tiden.

I hall 3 var det en vaskeanretning som inneholdt vann med 100 kBq/l H-3, som var dekket av en betongplate. Vasken kan ha vært en kilde til H-3 som slippes ut i luften. Denne vasken eksisterer ikke lenger eller brukes ikke.

Det er to dampvekslere fra HBWR i Halden på toppen av sarkofagen i hall 4. De er ikke støpt i betong eller pakket inn i plast og kan slippe H-3 ut i luften i hall 4. De ble plassert i Hall 4 i 2009. Tabell 4.1 viser at i 2010, da dampvekslerne var i Hall 4, var tritiumkonsentrasjonen i luften i Hall 3 fem ganger eller mer høyere enn i Hall 4, som tyder på at disse dampvekslere ikke er hovedkilden til H-3 i aktiv drenering og i den eksterne kummen.

Tabell 4.1 – H-3 konsentrasjon i luft i KLDRA (Bq/m³)

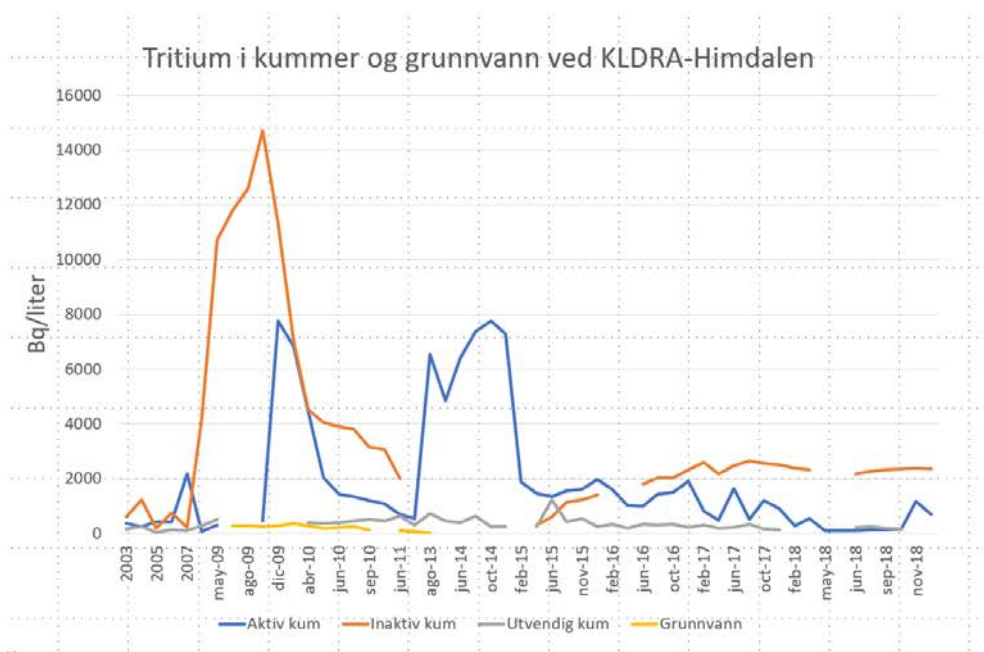
Måletidspunkt	Hall 3	Hall 4
March 2010	2840	478
April 2010	1046	228
May 2010	1065	227
June 2010	1356	252
July 2010	974	227
September 2010	1210	193
October 2010	1598	314

Gjennom 2020 ble mye lavere H-3-konsentrasjoner målt i drikkevann: fra under deteksjonsgrense til 8 Bq/l. Det skal bemerkes at i alle vannprøver tatt i brønner og bekker utenfor KLDRA i 2019, var den målte konsentrasjonen av H-3-mindre enn 3 Bq/l.

Imidlertid ble det 15. april 2019 målt en høy konsentrasjon, 3440 Bq/l H-3 i aktiv drenering. En mulig årsak til dette kan være at vann som hadde vært i kontakt med en avfallsbeholder med høyt H-3-innhold deretter ble ført videre til den aktive dreneringskummen [16]. I løpet av mars og april 2019 ble rørene for aktivt og inaktivt dreneringsvann spylt med rent vann. Det høye nivået av H-3, målt 15.04.2019, kan også skyldes H-3-holdig avfall (partikler, vann) som har samlet seg i rørene.

Det meste av 2019, fram til høsten, var det ingen overføringer av avfall til KLDRA. H-3-konsentrasjonene forble stort sett uendret i den perioden, unntatt den unormalt høye verdien 15. april 2019.

En økning i H-3-konsentrasjonen i det inaktive dreneringsvannet ble observert i 2009 og varte i omtrent 2 år. Konsentrasjonen i det inaktive dreneringsvannet i hall 4 var 92.000 Bq/l i august 2009, mens konsentrasjonen i annet inaktivt dreneringsvann var veldig lavt. Derfor er det klart at toppen i H-3-konsentrasjonen i det inaktive dreneringsvannet (målt i inaktiv kum) kom fra hall 4.

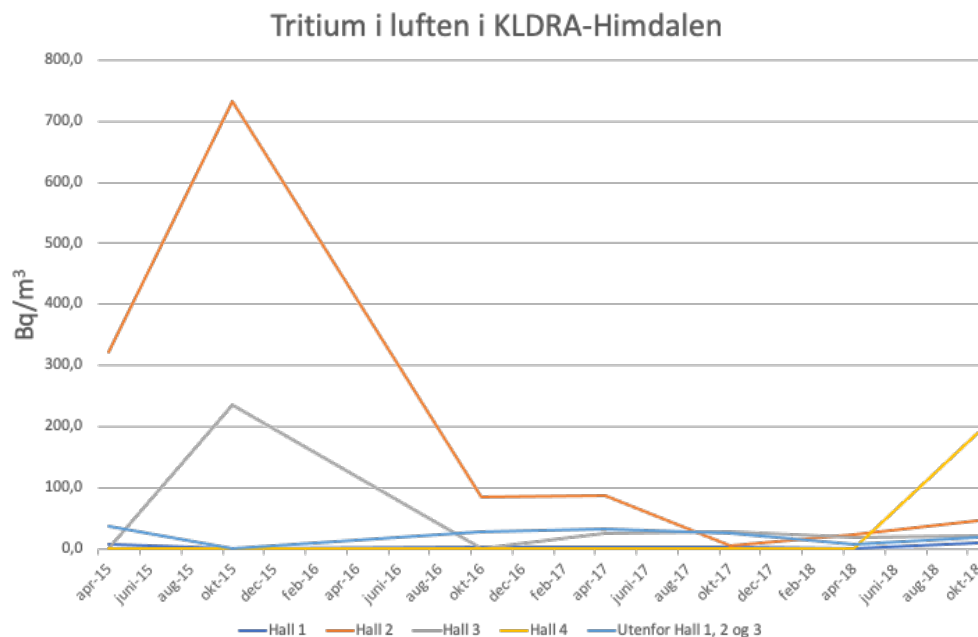


Figur 4.1 – Tritium i kummer og grunnvann ved KLDRA

Linjen for H-3-konsentrasjonen i det inaktive dreneringsvannet mangler data fordi det noen ganger ikke er vann i inaktiv kum. For øyeblikket oppdages det ikke vann i inaktiv kum, mens aktiv kum (volum 10 m³) tømmes 1-3 ganger pr år, se kapittel 3 - anleggsbeskrivelse.

Når det ikke samler seg vann i inaktiv drenering, er det sannsynlig at vannstanden i det 60 cm tykke laget med puk i hallen er under nivået på dreneringsrørene.

Figur 4.2 viser H-3-konsentrasjonen i luft for de fire hallene i KLDRA mellom april 2015 og oktober 2018. Konsentrasjonen av H-3 i luften i hall 1 er alltid veldig lav fordi hall 1 er til lagring og intet nytt avfall har blitt plassert der i løpet av tidsperioden. Imidlertid observeres store økninger fra april 2015 til oktober 2015 i luften i hall 2 og 3. Det må gjøres en detaljert undersøkelse av hvilket avfall som ble deponert i hall 2 og 3 i løpet av den perioden. Videre må økningen i H-3-konsentrasjonen i hall 4 i oktober 2018 forklares.



Figur 4.2 – Tritium i luften i KLDRA

I referanse [12] er hypotesen for å forklare tilstedeværelsen av H-3 i vann og luft i KLDRA at visse avfallsbeholdere har et høyt innhold av H-3 og ikke er lufttette og en viss andel av H-3 overføres til luften som vanndamp. I KLDRA er luftfuktigheten ca. $7,5 \text{ g/m}^3$ ved 10°C og 80 % metning. Luften kan kondensere på sarkofagenes indre overflater og gå over til aktiv drenering. Kondens kan også forekomme på de ytre overflatene av sarkofagen og veggene i hallene, og derfra overføres til KLDRA's inaktive drenering. Dette kan forklare tilstedeværelsen av H-3 i aktiv og inaktiv kum.

Hvis alle sarkofager i en hall er fulle av avfall og dekket av et siste lag med betong (dette er tilfelle med hall 4), og det ikke oppbevares avfall utenfor sarkofagene, vil ingen avfallspakker være i kontakt med luft, og det forventes at H-3-konsentrasjonen i luft, i inaktiv og aktiv drenering vil være ubetydelig.

H-3 er også påvist i vannet i den eksterne kummen og vannet som brukes i anleggets vannforsyning.

4.4.2 Konklusjon og forslag til videre arbeid

Konsesjon for KLDRA tillater ikke utslipp av radionuklider til omgivelsene utover grenseverdiene i forskrift om radioaktiv forurensning og avfall vedlegg II. For øyeblikket blir vannet som inneholder H-3 samlet i en aktiv og inaktiv kum. Vannet tømmes ved behov og transporteres til Kjeller for behandling og kontroll. Små mengder H-3 frigjøres fra KLDRA. Dermed er det behov for å kvantifisere disse utslippene.

Oppsummert bør alle veier for H-3-utslipp til omgivelsen identifiseres, og utslippene må kvantifiseres for hver mulig utslippsvei (luft og vann). Det bør gjøres et estimat av mulige radiologiske konsekvenser av disse utslippene.

Dermed foreslås videre arbeid som følger:

- En fullstendig gjennomgang av anlegget for å søke etter potensielle kilder til H-3 ved å utføre ytterligere målinger for å få en bedre forståelse av mekanismene som styrer tilstedeværelsen av H-3 i forskjellige deler av anlegget
- Sammenstilling av tilgjengelige data om H-3-konsentrasjonen i vann og luft fra årsrapporter og andre tilgjengelige databaser
- Kvantifisering av størrelsen på H-3-utslipp til omgivelsene
- Estimering av radiologiske konsekvenser for omgivelsene

Når man har mer kunnskap om utslipp av tritium til luft og vann i KLDRA, bør det vurderes om konsesjonen for KLDRA bør endres for å få tillatelse til utslipp av tritium [16].

5 Vurdering av KLDRAAs sikkerhetskonsept

Et deponis sikkerhetskonsept er en beskrivelse av de viktigste sikkerhetsfunksjonene som gjør at deponiet fungerer. Sikkerhetskonseptet omfatter de konstruerte og naturlige hindringene (barrierene) som sørger for at deponiet er trygt under drift og etter at anlegget er stengt, dvs. i en langsiktig prosess. Dette kapittelet er basert i sin helhet på referanse [9], som inneholder ytterligere detaljer.

Det nåværende sikkerhetskonseptet for KLDRA er basert på å holde avfallet lagret i betongkonstruksjoner (sarkofager) i en "tørr" tilstand. Dette vil opprettholdes med et vanntett deksel på sarkofagene og dreneringslaget av pukk under betongplaten som danner gulvet i en sarkofag [7].

Pukklaget (60 cm tykkelse) løper fra deponihallene via ankomsttunnelen og slipper det drenerte vannet ut til omgivelsene nær inngangen til tunnelen, se figur 3.1-3.4 i kapittel 3. Dermed kan man sammenligne dette konseptet med et "hydraulisk bur" som vil sikre at det ikke strømmer vann gjennom avfallet, og at radionuklider bare kan vandre ved diffusjon gjennom sarkofagen til vannet som igjen strømmer gjennom dreneringslaget. De høye pH-forholdene i betongvann sørger for lavløselighet av mange radionuklider i avfallet, som Am og Pu. Mange radionuklider, som Am og Pu, adsorberes sterkt i sement, noe som ytterligere reduserer konsentrasjonen i betongvannet. Lav løselighet, sterk sorpsjon og diffus transport fører til svært lave hastigheter for radionuklidetransport til omgivelsene.

For å holde sarkofagen tørr, er det nødvendig at lokket på sarkofagene er vanntett og dreneringslaget forblir funksjonelt. Det er ikke lett å forestille seg noen hendelse eller prosess som kan føre til at dreneringen ikke fungerer etter hensikten. At fallende steinblokker ville skade dreneringslaget anses som relativt lite sannsynlig. Kanskje kan nedbrytning av betongen i sarkofaggulvet føre til at betongrester kan tette dreneringslaget. På den annen side vil nedbrytningen av det vanntette taket på sarkofagen åpenbart finne sted etter en viss tid. I dag drypper det litt vann på sarkofagen, og dryppingen vil øke når sprekkforseglingen i fjellet blir degradert over tid. Dette vil føre til at taket over sarkofagen ikke er vanntett og at vann trenger inn i nærheten av avfallet. Dette vil føre til nedbrytning av betongkonstruksjoner (vegger og gulv i sarkofagen). På sikt vil vannet som drypper på sarkofagen trenge inn i avfallet og transportere radionuklider gjennom adveksjon. Disse radionuklidene vil bli overført til vannet som renner gjennom dreneringslagene i hallene og adkomsttunnelen og vil slippes ut i omgivelsen. Sorpsjon på betongen i sarkofagens vegger og gulv og betongkonstruksjonene på deponiet vil forsinke og redusere utslipp av visse radionuklider, for eksempel Am- og Pu-isotoper. Andre radionuklider, for eksempel H-3, Cl-36 og Sr-90, har ikke de samme egenskapene som Am og Pu og vil migrere raskere gjennom sarkofagen.

SAR for KLDRA refererer til sikkerhetsrapport fra 1996 som er skrevet av AEA og som konsesjonen for KLDRA er fullstendig basert på. Rapporten inneholder et sammendrag og en avsluttende tekst:

- «The main weakness of the design is that the layer of crushed rock provides a rapid discharge to the environment. This means that actually there is no barrier that delays transport through the rock space. When the radionuclides reach the drainage system, they are effectively discharged directly to surroundings».

Fritt oversatt betyr dette at – «Den største svakheten i designet er at laget av pukk gir en rask frigjøring til omgivelsene. Dette betyr at det faktisk ikke er noen barriere som forsinke transport gjennom bergvolumet. Når radionuklidene når dreneringssystemet, slippes de effektivt direkte ut til omgivelsene.» Prosjekt KLDRA er helt enig med AEA i denne konklusjonen.

Det er utført en detaljert gjennomgang, analyse og vurdering av sikkerhetsrapportene for KLDRA. Konklusjonen er at noen av IAEA-anbefalingene i SSR-5, SSG-23 og SSG-29 ikke er oppfylt. Hovedårsaken til dette er at KLDRA's sikkerhetskonsept er sterkt avhengig av integriteten til det vanntette taket over sarkofagen og dreneringslaget av pukk. I tillegg vil utslipp fra dreneringssystemet skape et område i umiddelbar nærhet med høye konsentrasjoner av radionuklider i vannet og på bakken, hvis dreneringsvannet først har kommet i kontakt med avfallet. Dosebelastningen til en person som bor i området når utslippet finner sted kan være veldig høy, kapittel 5.2 beskriver et scenario W5 (boret brønn i nærheten av dreneringsutslippet) som kan gi doser på 10 mSv/år 500 år etter lukking av KLDRA. Akseptkriteriet for denne hendelseskategorien er 1 μ Sv/år.

Figur 5-1 viser et overflatedeponi for lav og middelsaktivt avfall i El Cabril (Spania) og l'Aube (Frankrike) som har blitt brukt som referanse for lignende anlegg i andre land. I disse anleggene plasseres avfallet i store betongbokser (tilsvarer KLDRA Himdalens sarkofager), tomrom fylles med betong og avfallshåndtering utføres under et midlertidig beskyttende tak. I KLDRA gir bergmassivet full beskyttelse mot omgivelsen ved drift.

Når deponeringsanleggene for lav og middelsaktivt avfall nær overflaten er fullstendig fylt, lukkes betongboksene med betongplater og et deksel bygges, som vist i figur 5-2. Innkapslingen er dannet av flere lag med materiale med forskjellige hydrauliske ledningsevner (inkludert 1 meter tykt lag med leire). Dette begrenser mengden nedbør som infiltrerer gjennom det lukkede anlegget, og dermed advektiv transport av radionuklider fra avfallet. KLDRA trenger ingen slik dekning, da det er 50 meter fjell over deponihallene som allerede begrenser den langsiktige vannføringen til det lukkede anlegget (uten tetting) til ca. 3 % av den årlige nedbøren i omgivelsene [9].

Sikkerhetsvurderinger på lang sikt av deponeringsanlegg nær overflaten for lav- og middelsaktivt avfall viser at vanninfiltrasjon gjennom det lukkede anlegget vil øke over tid på grunn av nedbrytning av taket, og etter flere hundre år kan vanninfiltrasjon være ganske høy.

I KLDRA sikres lav vanninntrengning gjennom en naturlig barriere (50 m fjell over deponiet) som forventes å forbli uendret i lange perioder, og derfor er det forsvarlig å bruke disse lave vannføringene gjennom den langsiktige sikkerhetsvurdering som er 10 000 år i eksisterende SAR, men det vil sannsynligvis øke til 100 000 eller 1 000 000 år i den nye sikkerhetsstudien.



Figur 5-1 – Overflatedeponi for lav- og middelsaktivt avfall i Spania (El Cabril, øverst) og Frankrike (I'Aube, nederst)



Figur 5-2 – Lav- og middelsaktiv overflatedeponi ved Centre de la Manche i Frankrike. Anlegget er lukket og er dekket av et taksystem

De følgende avsnittene i dette kapittelet identifiserer og diskuterer noen av de svake punktene i KLDRAAs sikkerhetskonsept etter lukking. Deretter presenteres et alternativt sikkerhetskonsept som har flere fellestrekk med deponier i andre land.

5.1 KLDRAAs sikkerhetskonsept sammenlignet med IAEA Guidelines og Safety Requirements

Krav og retningslinjer for innretninger for overflatedeponier og næroverflatedeponi fra IAEA er presentert nedenfor sammen med en diskusjon av KLDRAAs sikkerhetskonsepts evne til å oppfylle et internasjonalt kravbilde.

Ifølge krav 7 (flere sikkerhetsfunksjoner) i SSR-5:

- «The host environment shall be selected, the engineered barriers of the disposal facility shall be designed and the facility shall be operated to ensure that safety is provided by means of multiple safety functions. Containment and isolation of the waste shall be provided by means of a number of physical barriers of the disposal system. The performance of these physical barriers shall be achieved by means of diverse physical and chemical processes together with various operational controls. The capability of the individual barriers and controls together with that of the overall disposal system to perform as assumed in the safety case shall be demonstrated. ***The overall performance of the disposal system shall not be unduly dependent on a single safety function***».

SSG-29 (4.40) stiller følgende krav:

- «(...) even if a barrier or safety function does not perform fully as expected (e.g. owing to an unexpected process or an unlikely event), it should be demonstrated that the disposal facility is still safe.»

Det nåværende sikkerhetskonseptet for KLDRA er imidlertid sterkt avhengig av to barrierer (sarkofagens vanntette tak og det 60 cm tykke dreneringslaget plassert på gulv i haller og tunneler), som begge må fungere for å sikre at doser til omgivelsen og reseptorer forblir under forskriftsgrensen. Hvis enten det vanntette taket eller drenering ikke fungerer som det skal, og det renner vann gjennom avfallet, kan en reseptor som oppholder seg i nærheten av dreneringsutslipp motta høye doser, se forrige avsnitt.

I henhold til SSR-5 (1.30) og SSG-23 (2.1):

- «The fundamental safety objective is to protect people and the environment from harmful effects of ionizing radiation.»

Med dagens sikkerhetskonsept for KLDRA vil en konsentrert frigjøring av radionuklider finne sted ved utløpet av dreneringssystemet, selv om deponisystemet fungerer som forventet. Vann kan ha en høy radionuklidekonsentrasjon. I så fall kan radionuklider med sterk sorpsjon (Pu, Am, U) bygge seg opp i jordsmonnet nær utslippet. Hvis mennesker tar vann fra bekken nær utslippet (når lite fortykning har funnet sted) eller bruker forurensset jord til jordbruk, kan det medføre høye doser.

Det må imidlertid bemerkes at Pu, Am og U også vil sorbere sterkt i betongen på sarkofagens vegger og gulv og betongkonstruksjoner, noe som vil forsinke og begrense frigjøringen til miljøet, noe som betyr at bare radionuklider med liten sorpsjon i sarkofagmaterialene og betydelig sorpsjon på bakken kan bygges opp i jorda utenfor det lukkede anlegget. Beregninger i forbindelse med den nye sikkerhetsstudien vil avklare om oppbygging av sterkt sorberende radionuklider i jorda rundt utslipp av KLDRA vil finne sted.

I henhold til SSR-5 (1.8):

- «Disposal options are designed to contain the waste by means of passive engineered and natural features and to isolate it from the accessible biosphere to the extent necessitated by the associated hazard.»

Dreneringssjiktet i KLDRA kan imidlertid gi en rask transportvei som kan forbinde avfallet i hallene med omgivelsene. Dette er i strid med kravet om å isolere avfallet fra biosfæren.

Isolering av avfall fra biosfære ville være mye større hvis adkomsttunnelen ble fylt med materialer med lav permeabilitet og den potensielle raske transportveien som ble opprettet av dreneringssystemet ble eliminert, som i det alternative sikkerhetskonseptet foreslått i avsnitt 5.4 nedenfor.

- «It has to be determined in the safety assessment whether adequate defense in depth has been provided, as appropriate, through a combination of several layers of protection (i.e. physical barriers, systems to protect the barriers, and administrative procedures) that would have to fail or to be bypassed before there could be any consequences for people or the environment» (Paragraf 4.12 i IAEA GSR Part 4).

Det nåværende sikkerhetskonseptet gir et begrenset forsvar i dybden ettersom fjellet, som har potensial til å være en kraftig barriere mot radionuklidetransport, blir omgått på grunn av dreneringslaget under hallgulvet og adkomsttunnelen. Prosjekt KLDRA's vurderingsteam mener at dagens sikkerhetskonsept for KLDRA, som sterkt er avhengig av funksjonaliteten til de vanntette takene på sarkofagen og dreneringslaget for å holde avfallet "tørt" slik at bare diffusiv transport av radionuklider i sarkofagene er mulig, gir bare begrenset isolasjon av avfallet fra den tilgjengelige biosfæren. En svakhet er at berget, som kan danne en kraftig barriere, omgås. Dersom berget derimot ble brukt som barriere, ville det ha gitt bedre forsvar i dybden.

Et annet sikkerhetskonsept for KLDRA kan øke isolasjonskapasiteten til deponisystemet betydelig, se avsnitt 5.4.

5.2 Dimensjonerende analyse for KLDRA – Scenario W5

I scenario W5 definert av AEA i 1996, bruker en person vann fra en brønn i nærheten av dreneringsutslippet. Beregningene antar at vannet fra drenering av KLDRA brukes som drikkevann i en mengde på 500 l/år (uten ytterligere fortynning). To scenarioer analyseres:

- Systemet fungerer som forventet og avfallet forblir tørt; bare diffus transport av radionuklider er mulig fra sarkofagen til vannet som strømmer gjennom dreneringslaget
- Vann strømmer gjennom sarkofager og overfører radionuklider til vannet som strømmer gjennom dreneringslaget. Dette vannet tas deretter opp av en brønn og brukes som drikkevann.

Hvis vann strømmer gjennom sarkofagene, er dosene veldig høye: 10 Sv/år 10 år etter lukking og 10 mSv/år 500 år etter lukking, se figur 5.3 nedenfor. Disse høye dosene ble ikke vurdert som noe problem i AEAs rapport fra 1996 da scenario W5 ikke ble ansett som relevant da det:

"anses usannsynlig at en brønn vil kunne etableres på et slikt sted, med en sannsynlighet mindre enn $2E-7$ ".

Konklusjonene og anbefalingene fra AEA 1996 sier at:

- «Den eneste signifikante radiologiske risikoen identifisert i denne studien er hvor en vannbrønn bores slik at den kutter dreneringsrør fra anlegget etter at anlegget er fylt med vann. De estimerte dosene i et slikt tilfelle vil være betydelige, selv etter flere hundre år. Likevel anslås sannsynligheten for at dette skjer å være ekstremt liten, og tiltak kan iverksettes for å forhindre dette så lenge KLDRA er under institusjonell kontroll»

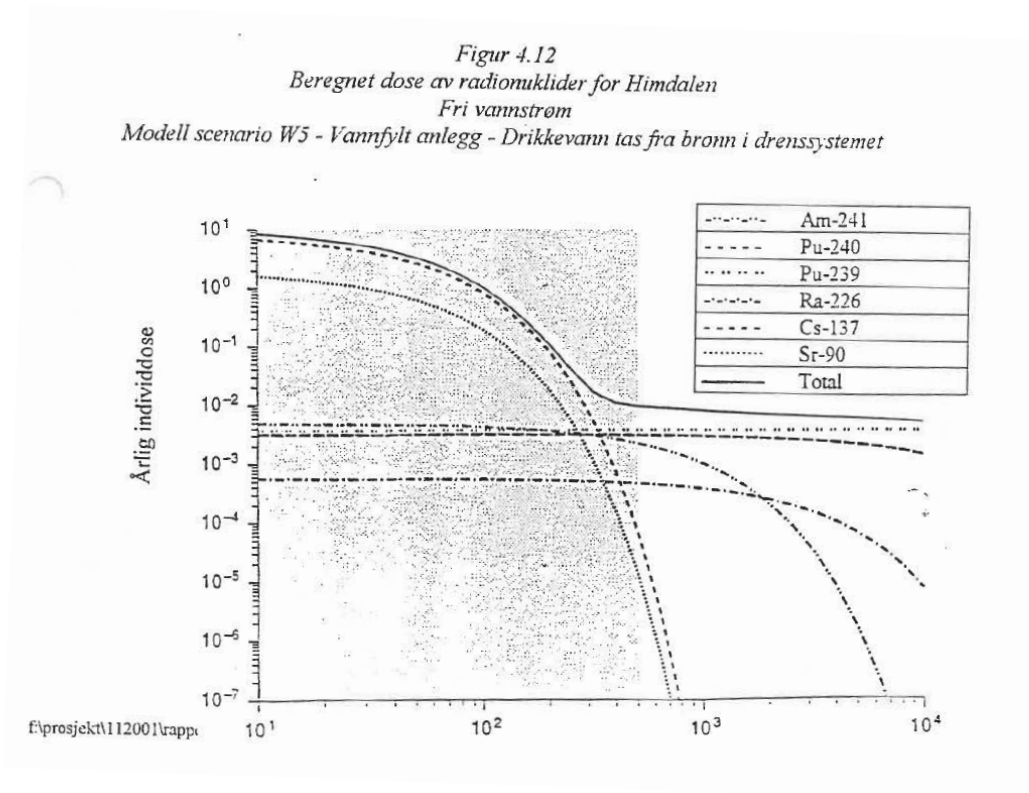
Institusjonell kontroll av KLDRA vil vare mellom 300 og 500 år etter lukking av anlegget. 500 år etter stenging er de estimerte dosene for scenario W5 omtrent 10 mSv/år, se figur 5-3.

I henhold til avsnitt 3.4 i SAR 1998, «er det etablert et stort antall brønner i regionen». Derfor virker det også sannsynlig at brønnboring kan finne sted en gang etter de 300 årene med institusjonell kontroll. Hvis dette skjer nær dreneringsutslippet, vil en betydelig del av radionuklidene fra det drenerte vannet tilsettes brønnvannet.

IAEA SSG-23 beskriver hvordan man tar hensyn til reseptorer i den langsiktige sikkerhetsvurderingen. SSG-23 5.29 sier følgende:

- «Det antas generelt at den representative personen er lokalisert i området med potensiell radionuklideforurensning i biosfæren som gir størst radiologisk innvirkning».

Reseptorene i sikkerhetsanalysen for deponier for radioaktivt avfall er vanligvis på det verst tenkelige stedet. For eksempel for et vifteformet utslipp av radioaktivt vann, antas det vanligvis at brønnen som brukes av den kritiske gruppen bores på stedet med de høyeste konsentrasjonene.



Figur 5.3 – Årdsoser I scenario W5 for KLDRA forutsatt at sarkofagene fylles med vann [9].

I den omkringliggende biosfæren er det åpenbart at de høyeste dosene er i området rundt dreneringsutslippet fra KLDRA. Av denne grunn kan ikke dette scenariet elimineres på grunn av lav sannsynlighet, og denne saken må derfor tas med i sikkerhetsvurderingen. De beregnede dosene skal sammenlignes med grensen for høysannsynlighetsscenarier, dvs. 1 $\mu\text{Sv}/\text{år}$.

Derfor anser Prosjekt KLDRA's vurderingsteam at scenario W5 med vannføring gjennom sarkofagene representerer det normale langtidsscenariet for KLDRA med det nåværende sikkerhetskonseptet. Men det må huskes at et langtidsscenario vil bli definert i ny sikkerhetsstudie i henhold til ISAM-metodikken (se kapittel 6.3).

Når dette scenariet er definert i detalj, vil sannsynligvis landbruk i området bli inkludert. Etter noen hundre år kan sterkt sorberende radionuklider (f.eks. Pu, Am, U) ha bygget seg opp i jordsmonnet rundt utslippet fra KLDRA's drenering. Likevel må det bemerkes at Pu, Am og U også vil sterkt sorbere på betongen i sarkofagens vegger og gulv og betongstrukturer, noe som vil forsinke og begrense utslippene til omgivelsene. Bare radionuklider med et høyt innhold i avfallet som har liten sorpsjon på sarkofagmaterialene og betydelig sorpsjon på bakken kan bygge seg opp i jordsmonnet utenfor det lukkede anlegget. Nye beregninger vil bli utført i den nye sikkerhetsstudien for KLDRA som vil avklare

om oppbygging av sterkt sorberende radionuklider i jordsmonnet rundt utslipp av KLDRA Himdalen dreneringssystem virkelig vil skje.

For KLDRA's prosjektteam er det åpenbart at forskjellige tilnærminger til hvordan analyse skal utføres og hvilke hendelser som bør tas i betraktning i vurderingen av anleggets sikkerhet bør vurderes nærmere i neste fase av prosjektet. DSA og norske forskrifter peker på IAEAs regelverk. Det er viktig at konsesjonshaveren bryter ned og studerer i detalj de relevante kravene for anlegget som skal studeres. Et veldefinert kravbilde stiller krav til analysemetodikk og analysevalg. Analyseresultatene må evalueres, og parallelt bør det føres en dialog mellom DSA og konsesjonshaveren.

5.3 WATRP

I 1995 ble en gjennomgang gjennomført av IAEA-eksperter. Oppdraget besto av å gjennomgå KLDRA's sikkerhetskonsept. Konklusjonene er presentert i referanse [9]. Gjennomgangen ble utført av IAEAs Waste Management Assessment and Technical Review Program (WATRP).

IAEA undersøkte det nåværende sikkerhetskonseptet basert på å holde avfallet tørt ved hjelp av dreneringslaget som er til stede på gulvet i hallene og adkomststunnelen, se spesielt andre ledd nedenfor.

Anleggsdesignet er diskutert i punkt 507 til 518 i rapporten [17]. Følgende avsnitt er diskutert i rapporten:

- «Derfor er det ment å plassere avfallet i en betongkonstruksjon (sarkofag) med et vanntett hylster og å konstruere et selvdreneringssystem for å holde avfallet og fjellanlegget i en 'tørr' tilstand. Det drenerte vannet vil bli overvåket for innholdet av radionuklider i løpet av den institusjonelle kontrollperioden (300-500 år)»
- «Den konseptuelle utformingen av lagrings- og deponianlegget som ble presentert for teamet, viste at mellomrommene mellom sarkofagen og fjellveggene ville være åpne og at inngangen til fyllingshallen ville bli fylt på nytt på en slik måte at drenering ville opprettholdes i en veldig lang tid. Det forventes at salene vil holdes i drenert tilstand også etter at deponiet stenger»
- «Teamet er enig i at den hydrauliske bur-konstruksjonen for sarkofagen er en passende tilnærming for å isolere deponert avfall fra tilstrømmende grunnvann. Teamet uttaler at hovedmålet med dette konseptet skal være å holde deponiet i en drenert tilstand»

IAEAs gjennomgang omfattet også sikkerhetsvurderingen:

- «Sikkerhetsvurderingen i dokumentasjonen som presenteres for teamet tar hensyn til følgende hovedscenario: Dreneringssystemet i deponiet er blokkert. Deponiet fylles deretter med vann og sarkofagen blir gradvis mettet med vann. Avfallsbeholderne antas å være korrodert i løpet av 200 år. Utslipp av radionuklider fra sarkofagen til vannet vil skje via diffusjon gjennom betongen. I samsvar med forrige design antas en diffusjonsavstand på 1 m. Det antas videre at de årlige utslippene av radionuklider blir fortynnet i 1000 m³ vann og at en person vil drikke dette vannet, for eksempel fra en brønn eller en annen resipient.»

Hovedscenarioet presentert for IAEA skiller seg fra scenariene i AEA 1996. I det presenterte hovedscenarioet vil blokkering av dreneringslaget ikke skape vannstrøm gjennom avfallet. Dette betyr at sarkofagen bare fylles opp slik at betongen blir mettet med vann. I hovedscenarioet foregår

transport av radionuklider via sarkofagen bare ved diffusjon under mettede forhold, og radionuklider må derfor diffundere gjennom 1 m ren betong og gjennom vannet og berget (via grunnvannet) til biosfæren. Dette er en mye tregere prosess enn en som omfatter adveksjon (strøm av kontaminert vann gjennom pukklaget). Det er verdt å påpeke at i den endelige utformingen av KLDRA er tykkelsen på ren betong 45 cm. Med disse antagelsene var dosene svært lave. Sannsynligvis ble dette scenariet definert i den første SAR fra 1992, men i AEA 1996 og senere SAR antas det at dreneringssystemet ikke fungerer, noe som medfører at vannføring gjennom avfallet i sarkofagene og dosene er mye høyere enn ved bare diffusiv transport gjennom sarkofagen.

Dette hovedscenarioet ble trolig definert i den opprinnelige sikkerhetsrapporten fra 1992. Sikkerhetsrapporten fra 1992 har ikke vært tilgjengelig for prosjektet.

IAEA-teamet evaluerte en sikkerhetsvurdering basert på en antagelse om at hvis dreneringssystemet ikke fungerte som forventet, ble dosene svært små. Imidlertid har scenarier for lignende anlegg blitt utviklet siden 1995 og doser ved ikke-fungerende dreneringssystem er mye høyere, spesielt hvis reseptorene plasseres på stedet med de høyeste konsekvensene, for eksempel scenario W5 ovenfor.

5.4 Alternativt sikkerhetskonsept for KLDRA

I avsnitt 5.1 er det vist at med dagens sikkerhetskonsept for KLDRA er det vanskelig å verifisere at visse krav og retningslinjer fra IAEA er oppfylt for KLDRA.

Dreneringslaget i KLDRA's haller og adkomsttunnel omgår effektivt fjellet som omslutter KLDRA. Dreneringslaget skaper en rask transportvei fra avfallet til omgivelsene. Dermed påvirkes deponiets flerbarrieresystem sterkt negativt.

Prosjektteamet kjenner ikke til noe annet deponi for lav- og mellomradioaktivt avfall som er basert på et "hydraulisk bur", dvs. tørrlagring. I deponier for lav-, mellom- og høyradioaktivt avfall fylles adkomsttunneler og dreneringssystemer i forbindelse med stenging av anlegget for å eliminere alle ruter for rask bevegelse av radionuklider fra avfallet til omgivelsene. Dette kan for eksempel gjøres med bentonittleire.

Videre begrunner avsnitt 5.2 at scenario W5, der en reseptor bruker vann fra utslippet fra dreneringssystemet, ikke lenger kan ses bort fra på grunn av lav sannsynlighet. Forutsatt at vannet strømmer gjennom avfallet, vil det oppnås doser godt over grensen på 1 $\mu\text{Sv}/\text{år}$.

Ovennevnte problemer kan løses hvis hallene og adkomsttunnelen er fylt med materialer med lav permeabilitet, f.eks. bentonittleire. Dette vil eliminere den mulig raske banen fra sarkofagene til omgivelsene og dermed gjøre det mulig for fjellmassivet å fungere som en barriere som vil forsinke og begrense utslipp av radionuklider til biosfæren.

5.4.1 Forslag til videreføring

Prosjekt KLDRA foreslår et alternativt og mer moderne sikkerhetskonsept for KLDRA, der dreneringslaget av pukk fjernes ved lukking og hallene, og adkomsttunnelen fylles med materialer med lav permeabilitet, f.eks. en blanding av knust stein og bentonittleire. Permeabiliteten til fyllmaterialene vil bli valgt på en slik måte at enhver utstrømning fra deponihallene og adkomsttunnelen er og forblir ubetydelig. Radionuklider frigjort fra sarkofagene diffunderer gjennom betong- og gjenfyllmassene i hallene til de kommer inn i fjellsprekker, hvor de beveger seg sakte og

blir forsinket av forskjellige fysiske prosesser (sorpsjon og matrisediffusjon) til de når forskjellige utslippspunkter til omgivelsene via fjellets sprekker. En av fordelene med dette konseptet er at "hot spots" elimineres, som dreneringsutslipp uunngåelig ville skape ved siden av inngangen til KLDRA med dagens sikkerhetskonsept.

I det alternative sikkerhetskonseptet vil radionuklider som frigjøres fra avfallspakkene, sarkofager og etterfyll vandrer gjennom sprekker, og radionuklidekonsentrasjoner i vannet kan være høye. Brønnen som skal brukes av den kritiske gruppen, kan bores i en av hovedsprekkene. Under utviklingen av den hydrogeologiske modellen er det nødvendig å identifisere de viktigste faktorene i bergmassivet for å modellere vannstrømmer i området, identifisere naturlige utslippspunkter og definere potensielle steder for brønnen som skal brukes av kritisk gruppe.

Etterfylling av haller og adkomsttunnel introduserer nytt materiale i det lukkede deponiet. Nye faktorer må analyseres. For eksempel: Når bentonitt er i kontakt med vann, sveller det og gir et trykk som kan forårsake sprekker i betongsarkofagene. Et annet problem er at vannføring i sprekker rundt hallene og adkomsttunnelen kan erodere bentonitten. Hvis erosjonshastigheten er høy, vil på lang sikt en betydelig mengde bentonitt forsvinne fra etterfyllingen, noe som kan øke muligheten for å lage en rask advektiv vei fra sarkofagene til omgivelsen. Informasjon og kunnskap om tunnelfylling for dype geologiske deponier for HLW og grunne underjordiske depoter for LILW (SFR, Loviisa og Olkiluoto) vil være nyttig for KLDRA, selv om det må huskes på at det er betydelige forskjeller mellom KLDRA og disse deponisystemer.

Det alternative sikkerhetskonseptet som foreslås har mange åpne spørsmål som vil bli identifisert og diskutert når det blir utviklet i detalj. Den nye sikkerhetsstudien vil gi nyttig tilbakemelding for detaljutformingen av etterfyllingen slik at adveksjon gjennom etterfyllingen er ubetydelig.

Prosjekt KLDRA foreslår at sikkerhetsanalysen for KLDRA utvikles parallelt med dagens alternativ og det foreslåtte alternativet for lukking av deponiet på et konseptuelt nivå, der konseptets fordeler og ulemper blir analysert og evaluert i en sikkerhetsvurdering i et langsiktig perspektiv.

6 KLDRAAs sikkerhetsstudie (SAR)

Denne delen beskriver mangler og observasjoner som er identifisert i sikkerhetsrapporten i forbindelse med gjennomgang, analyse og vurdering av SAR for KLDRA. Manglene som er identifisert, er knyttet til ufullstendighet, avvik, kravhåndtering, struktur og innhold.

Gjennomgangen skjedde i løpet av høsten og vinteren 2020-2021 og inkluderer versjonen av SAR som var gyldig i 2020. I 2020 ble det arbeidet med å oppdatere sikkerhetsstudien for KLDRA. Arbeidet er utført innenfor rammen av den femårige oppdateringen av SAR, som er en betingelse for konsesjonen for KLDRA. Oppdatert SAR ble sendt til DSA i desember 2020.

Sikkerhetsstudien er oppdatert med en ny struktur basert på IAEA-standarder. Arbeidet er utført i prosjektform internt i IFEs organisasjon.

6.1 Introduksjon og krav til SAR

En sikkerhetsstudie (SAR) må vise hvordan anleggets sikkerhet er tilrettelagt for å beskytte menneskers helse og miljøet mot negative radiologiske konsekvenser både i driftsfasen og etter stenging. Rapporten skal gjenspeile anlegget når det er bygget, analysert og verifisert og vise hvordan gjeldende krav til dets design, funksjon, organisering og drift blir oppfylt.

For alle nukleære anlegg og organisasjoner er kravhåndtering og overholdelse av krav sentralt. Det er rettighetshaverens ansvar å hele tiden arbeide med krav og samsvar. Et viktig element i dette er å kontinuerlig evaluere kravene og oppfyllelsen av disse ved for eksempel endringer i anlegget eller organisasjonen og å følge utviklingen nasjonalt og internasjonalt.

Kravhåndtering kan deles inn i fire sentrale deler:

- Kravidentifikasjon
- Kravtolkning
- Kravapplikasjon
- Verdivurdering/GAP-analyse

Kravidentifikasjon betyr at man identifiserer riktig kravbilde. Kravene kan gis på et generelt nivå, for eksempel i IAEAs spesifikke sikkerhetsveiledninger eller spesifikke sikkerhetskrav. Basert på disse samlingene av krav, må disse kravene fordeles for hvert anlegg. Dermed er det ikke tilstrekkelig å henvise til en spesifikk sikkerhetsguide eller et spesifikt sikkerhetskrav, ettersom de vanligvis er generelle og hvert anlegg er unikt.

Kravtolkning er det første trinnet etter kravidentifikasjon. Hva betyr for eksempel sammenstillingen av krav i en sikkerhetsveiledning eller et sikkerhetskrav for det spesifikke anlegget for tolkningen av kravene? Det kreves ofte at flere kompetanseområder er involvert i tolkningen av kravene.

Bruken (kravapplikasjon) av kravene innebærer at det, basert på tolkningen av kravene, identifiseres hva som kreves for å oppfylle kravet. Dette kan bety at visse rutiner må formuleres, utformingen av teknisk utstyr eller at analyser er nødvendige for å verifisere samsvar med kravene. Analyser kan være deterministiske, probabilistiske eller kvalitative.

Etter at bruken av kravene er fullført, kreves det at det foretas en vurdering av hele SAR iht. kravbildet. Innenfor rammen av SAR er det to begrep som må tas i betraktning ved vurderingen av hele SAR: ufullstendigheter og avvik.

- Ufullstendigheter: Mangel på verifiserende analyse som viser at kravene er oppfylt.
- Avvik: Analyser som resulterer i at et eller flere krav ikke er verifiserbare.

En SAR som rapporterer ufullstendighet eller avvik må vurdere betydningen av disse. Det kan for eksempel ha innvirkning på drift, vedlikehold eller en annen del av virksomheten eller anlegget. Samtidig må det utarbeides en handlingsplan for å rette opp årsaken til ufullstendigheten eller avviket.

6.2 Generelle kommentarer til oppdatert SAR

Det er utført et arbeid i 2020 for å oppdatere SAR i samsvar med kravene satt i konsesjonen med fem års mellomrom mellom oppdateringene av SAR. Oppdatert SAR for KLDRA er basert på IAEA Specific Safety Guide SSG-20 – Safety Assessment for research reactors og utarbeidelse av Safety Analysis Report. Noen justeringer er gjort for å tilpasse SAR til KLDRA, da visse deler av guiden ikke gjelder for deponi for atomavfall.

Imidlertid er det slik at KLDRA's SAR burde være basert på SSG-23 – The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste. Det er ingen begrunnelse i oppdatert SAR for at dette valget er gjort.

I henhold til SSG-23 punkt 4.6 skal SAR være:

- Integrering av relevant informasjon på en strukturert, sporbar og transparent måte som viser forståelse av deponiets utvikling og ytelse etter lukking.
- Identifisering av usikkerheter i utvikling og ytelse av deponiet, analyse av betydningen av usikkerheter og identifisering av tilnærminger for håndtering av betydelig usikkerhet.
- Demonstrasjon av langsiktig sikkerhet ved å gi rimelig sikkerhet for at deponiet vil fungere på en måte som beskytter menneskers helse og miljøet.
- Støtte for trinnvis beslutningsmetodikk for utvikling av deponi.
- Tilrettelegge for kommunikasjon mellom interessenter om spørsmål knyttet til deponi.

Den oppdaterte SAR er basert på analysene som ble utført i forbindelse med den opprinnelige konsesjonssøknaden, og ingen nye deterministiske analyser er utført. Imidlertid er noen kvalitative resonnementer og analyser lagt til den oppdaterte SAR, men i praksis er den basert på samme grunnlag som ved konsesjonssøknaden 1997.

Dermed vurderer prosjekt KLDRA at mange av kommentarene gitt på eksisterende SAR er gyldige for oppdaterte SAR, med følgende tillegg:

- Strukturen som ble vedtatt basert på SSG-20, anses å være et godt skritt for å få et bedre helhetsbilde av sikkerhetsrapporten, men strukturen burde være basert på SSG-23. I det minste burde det begrunnes hvorfor SSG-20 ble valgt som utgangspunkt.
- Nedbrytning av krav til anleggsnivå er ikke gjennomført tilstrekkelig. Kravkapitlet skal angi detaljerte krav etter område, men i stedet henvises det til sikkerhetsveiledninger generelt. Dermed blir kravbildet uklart. Kravkapitlet er for generelt.

- Tolkningen av kravene mangler i hovedsak. Dette bør inkluderes i de respektive delene av teknologiområdet.
- Det mangler en vurdering av helheten (hele SAR). Det er ikke klart om man har avvik eller ufullstendighet, og disse blir dermed ikke vurdert.
- SAR oppleves i noen deler som pratsom og ustrukturert. Det er mange repetisjoner og den samme teksten dukker opp flere steder i de forskjellige seksjonene. Dette kan føre til at oppdateringer av informasjonen i SAR kan kreve mer omfattende arbeid enn hvis strukturen følges og informasjon er gitt i hver seksjon og en gang.

6.3 Generelle kommentarer til SAR frem til 2020

Dette avsnittet er et sammendrag som er basert på referanse [9] av hva som vurderes som de viktigste kommentarene på SAR frem til 2020. De fleste kommentarer i dette avsnittet gjelder i prinsippet også for oppdatert SAR 2020.

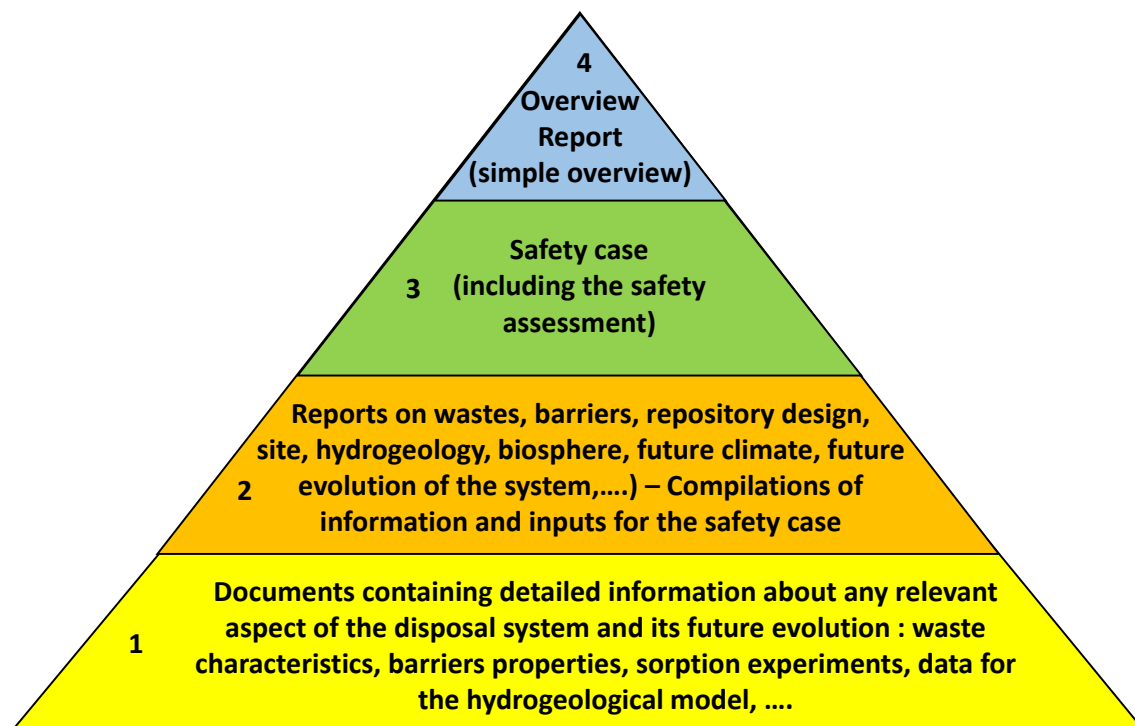
Struktur og innhold

KLDRAs SAR har et begrenset detaljnivå. SAR må følge prinsippet om klarhet, verifisering og sporbarhet. I en internasjonal sammenligning er SAR for tilsvarende anlegg på 2000-4000 sider. KLDRAs eksisterende SAR per 2020 er på omtrent 250 sider. I den oppdaterte versjonen er det lagt til 308 sider, men omfanget anses fortsatt å være for lite.

Dokumenthierarki

SAR må inkluderes i et dokumenthierarki. Det må være tydelig i hvilken hierarkisk rekkefølge dokumentene er ordnet. For eksempel metodikk, analyser og vurderinger. Denne kommentaren gjelder også oppdatert SAR.

Normalt brukes et dokumenthierarki i sikkerhetsstudiene i henhold til figur 6.1. Dette er nærmere diskutert i referanse [9] og avsnitt 6.1.



Figur 6.1 – Forslag til dokumenthierarki i sikkerhetsstudien

Sikkerhetsvurdering av dagens drift

SAR fra 1998 og 2013 gir ikke informasjon om dosene til personell og allmennheten i KLDRA's operasjonelle fase. Disse vurderingene kan ha blitt gjort i en egen rapport, men denne bør inkluderes i en SAR.

Beskrivelse av anlegget

KLDRA ble ferdigstilt for litt over 20 år siden. Anleggets beskrivelse trenger altså å beskrive hvordan anlegget ser ut i dag. Dette ble forbedret i oppdatert SAR, men er fremdeles på et for generelt nivå. Muligens er det slik at det er mer detaljert beskrevet i referansematerialet til SAR, men det har ikke vært tilgjengelig for prosjektet.

Vedlikehold av fjellsprekker

SAR må inneholde informasjon om kriteriene som gjelder for fugging av fjellsprekker og hvordan disse ble utført. Det er uklart hvordan dette har blitt gjort i KLDRA, fordi SAR har to forskjellige beskrivelser av dette.

Konsistens i dataene som brukes og spesifiseres

Spesifiserte og brukte data i SAR er til en viss grad inkonsistente, f.eks. så inkluderer SAR flere verdier for vanninfiltrasjonshastighetene i hallene.

Spesifiserte data bør samles i et dokument, f.eks. dokumenter som beskriver metodikk, for å oppnå sporbarhet, og at de samme inngangsdataene brukes i analyser og vurderinger, se kommentar om dokumenthierarki.

Lukking av anlegget

SAR for KLDRA inneholder ikke et kapittel som beskriver hvordan anlegget vil bli lukket. På dette stadiet er ingen detaljert beskrivelse nødvendig, men den kan holdes på et overordnet nivå. Dette er viktig for å kunne utføre en langsiktig sikkerhetsvurdering.

Hensyn til nuklidens henfall

Å bare ta i betraktning at det er individuelle radionuklider som henfaller over tid og se bort fra henfallsprodukter er en ikke-konservativ tilnærming som ikke er akseptabel. Dette må løses og det er igangsatt arbeid innen KLDRA-prosjektet for å utvikle beregningsmodeller med Ecolego som kan håndtere henfallsserier i beregningene.

Hydrogeologisk modell

På 1990-tallet utviklet Norsk geoteknisk institutt (NGI) en hydrogeologisk modell for KLDRA og dens bergmasser for å kunne estimere vanntilførsel til anlegget og vannbevegelser gjennom berggrunnen i fjellet. Modellen ble gjennomgått av AEA i 1996, og følgende kommentarer ble gjort:

- Det modellerte området er lite, og resultatene av strømningsberegningene vil trolig bli betydelig påvirket av forholdene i grensesnittene. Den regionale grunnvannstrømmen bør inkluderes i modellen.
- Ytterligere arbeid bør utføres for å vurdere sprekkeegenskapene til fjellet (tetthet, åpninger, lengder og retninger).

Prosjekt KLDRA er enig i AEAs vurdering av den hydrogeologiske modellen, og dette er et arbeid som må gjøres for å kunne gjøre mer sannsynlige analyser av scenarier.

Barrierer og sikkerhetsfunksjoner

Basert på kravene i IAEA SSR-5 og SSG-23, må konstruerte og naturlige barrierer (avfallsbeholdere, sarkofager, fjellet, etc.) i deponiet tydelig identifiseres i SAR. De forskjellige sikkerhetsfunksjonene (for eksempel lav løselighet, sorpsjon, drenering av infiltrert vann osv.) som bidrar til langsiktig sikkerhet for deponiet, må også identifiseres. Tidsperioden som en viss sikkerhetsfunksjon er relevant for må beskrives.

I den oppdaterte SAR er det lagt til et kapittel som beskriver sikkerhetsfunksjoner, men denne må videreutvikles, blant annet foreslås en analyse av sikkerhetsmarginer i tilfelle en funksjonsfeil i en sikkerhetsfunksjon.

Scenarier for langsiktig sikkerhetsvurdering

I den opprinnelige SAR fra 1992 ble fire scenarier definert for å evaluere den langsiktige sikkerheten. AEAs rapport fra 1996 introduserte et nytt sett med scenarier i henhold til en tilnærming som ligner ISAM-metoden utviklet av IAEA, ISAM – Improvement of Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities [18].

AEA-rapporten identifiserte en rekke scenarier som er relevante for langsiktig sikkerhet: seks scenarier for radionuklidetransport i vann og tre scenarier for radionuklidetransport i gasser. Videre ble det postulert åtte hendelser som kunne gi direkte kontakt med avfallet, f.eks. menneskelig inntrengning, og 13 naturlige hendelser som kunne påvirke anleggets funksjon.

Avsnitt 1.4 i AEA-rapporten sier at scenarier ble valgt på et møte i oktober 1995, men rapporten beskriver ikke hvordan prosessen for scenariovalg ble gjennomført. En systematisk prosess for å identifisere scenarier er en tidkrevende oppgave som ikke kan utføres på et møte, så en ekspertvurdering har trolig spilt en viktig rolle i scenariovalget som ble utført i 1995. Vedleggene til AEA-rapporten, som ikke var tilgjengelige for prosjekt KLDRA, kan inneholde denne informasjonen.

Prosjekt KLDRA anbefaler at SAR for KLDRA følger ISAM-metoden [18] for å identifisere scenarier for den langsiktige sikkerhetsvurderingen. Dette er et kritisk trinn i den langsiktige sikkerhetsvurderingen, og hele prosessen med scenarioidentifikasjon bør beskrives i detalj på en klar og sporbar måte. Det bør også føres en dialog med DSA om valg av scenarier for analyse.

Kjemotoksiske stoffer

Avsnitt 8.8 i SAR 1998 sier at Statens Forurensningstilsyn (SFT) har vurdert om anlegget er underlagt krav om tillatelse i samsvar med forurensningsloven og har konkludert med at dette ikke er tilfelle. SAR 1998 sier videre at det viktigste kjemiske stoffet som kan ha en negativ effekt er bly, som brukes som et skjermingsmateriale for noe avfall. Den totale massen av bly i deponiet er 48 tonn. I henhold til avsnitt 8.8 i SAR 1998 anses dette ikke å være et problem som krever handling, da svært små mengder bly vil oppløses og komme i kontakt med vann eller andre deler av naturen. Basert på den foreslåtte utformingen vil den kjemiske påvirkningen fra anlegget være betydelig mindre enn for eksempel et tradisjonelt kommunalt deponi.

I forslaget til et nytt EU-direktiv om vannkvalitet, [19], er den maksimalt tillatte konsentrasjonen av bly i drikkevann 5 µg/l. De 48 tonn bly i deponiet kan gi en konsentrasjon på 5 µg/l.

En liste over kjemotoksiske stoffer i avfallet må inngå i sikkerhetsstudien for KLDRA. Modeller for å kvantifisere transport og konsekvenser av kjemiske forurensninger er lik de som brukes til radionuklider, og det er derfor fornuftig å inkludere dette i sikkerhetsstudien. Men sannsynligvis bør konsekvensene av kjemotoksiske stoffer som finnes i deponiet diskuteres med relevante myndigheter i Norge.

Regelverk

I 1995 rapporterte IAEAs revisjonsteam (WATRP) at de eksisterende kravene til anlegget er mye strengere (fra 10 til 100 ganger) enn anbefalt internasjonalt, men vurderte samtidig at det ville være mulig å oppfylle dem basert på den relativt lille mengden radioaktivitet som skulle deponeres.

I høysannsynlighetsscenarier blir dosene kontrollert av den totale radioaktiviteten i deponiet, og det kan derfor forventes at dosene for KLDRA vil være mindre enn for andre anlegg som inneholder en mye større mengde radioaktivitet.

Imidlertid, i noen scenarier med lav sannsynlighet, som menneskelig inngrep, blir dosene kontrollert av den spesifikke aktiviteten til avfallspakkene som er berørt av dette. De lave dosegrensene betyr at KLDRA ikke kan akseptere visse avfallspakker som rutinemessig deponeres på lignende LILW-deponier som er lisensiert med høyere dosegrense. Konsekvensene av den relativt lave dosegrensen for scenarier med lav sannsynlighet bør analyseres i den kommende SAR-oppdateringen for KLDRA. Merk at hvis noen avfallspakker ikke kan deponeres på grunn av dette, må de sannsynligvis deponeres i et dypt deponi.

I en oppdatert SAR må menneskelige innbruddsscenarier identifiseres og analyseres. Når resultatene fra disse scenariene er klare, er det nødvendig å analysere hvilket avfall som kan deponeres i KLDRA. Det er sannsynlig at dette kan bety at det er behov for en diskusjon med DSA for å øke akseptkriteriene angående dosegrenser for scenarier med lav sannsynlighet.

Betongens holdbarhet

I seksjon 6.3.1 av SAR 1998 diskuteres de langsiktige egenskapene til betongen. På grunnlag av ekspertuttalelsene konkluderes det at "betong sannsynligvis vil opprettholde sin integritet og egenskaper i tusenvis av år". Den nevner at svenske data indikerer at det i løpet av en periode på rundt 500 til 1000 år vil oppstå noen sprekker som vil føre til noe større porøsitet, men at betongens integritet og effekt som barriere kan være intakt i mange tusen år. Ulike prosesser som kan påvirke holdbarheten til betong identifiseres og diskuteres i noen få setninger.

Siden 1996 har det blitt gjort mye arbeid på den langsiktige utviklingen av betong for overflateanlegg over hele verden. På grunn av sin relevans for langsiktig sikkerhet, anbefales det å inkludere en detaljert analyse av dette emnet i neste sikkerhetsstudie for KLDRA.

Betongen er en viktig barriere for utslipp fra KLDRA, og derfor må man inkludere en dypere analyse av betongens integritet i et langsiktig perspektiv. Dette er et emne som har blitt diskutert for denne typen anlegg i flere år.

Scenariet W3

I scenario W3 blir anlegget oversvømmet og vann strømmer gjennom sarkofager og de oppløste radionuklidene transporteres gjennom dreneringssjiktet under gulvet i adkomsttunnelen og KLDRA's haller og slippes ut i resipienten.

I dette scenariet er maksimal dose etter 500 år $1\text{E}-8$ Sv/år for en bonde som bruker vann fra resipienten. Det ser ut til at den institusjonelle kontrollperioden var 500 år i SAR fra 1998 og gikk ned til 300 år (i bedre samsvar med internasjonalt aksepterte verdier gjennom hele institusjonskontrollfasen) i SAR 2013. I henhold til 1998 SAR, er den maksimale dosen for en bonde som bruker vann fra resipienten $5\text{E}-8$ Sv/år etter 300 år.

Fra den tilgjengelige informasjonen har det ikke vært mulig å identifisere verdiene som ble brukt i beregningene for to svært viktige parametere som har stor innvirkning i dette scenariet,

vanninfiltrasjonshastighet i hallene og vannfortynningsvolum. Parameterverdiene som brukes i dette scenariet er sannsynligvis samlet i vedleggene til AEA 1996, som ikke har vært tilgjengelige for prosjekt KLDRA gjennomgang. Hvis vanninfiltrasjonshastigheten i hallene som brukes i doseberegningen er 10 m³/år (en verdi brukt i IFE/I-2011/011), kan dosene ha blitt undervurdert med en faktor på 60 til 600.

Hensyn til ikke-menneskelig biota

Da KLDRA ble bygget og lisensiert på 1990-tallet, ble ikke de radiologiske konsekvensene av et deponeringsanlegg for radioaktivt avfall samsvart med punkt 16 i ICRP 60 (International Commission on Radiological Protection) [21]:

- «The Commission believes that the standard of environmental control needed to protect man to the degree currently thought desirable will ensure that other species are not put at risk. Occasionally, individual members of non-human species might be harmed, but not to the extent of endangering whole species or creating imbalance between species.» Hence ICRP 60 position was not to ignore the effects of ionising radiation on nonhuman species, but rather to take the position that such effects are limited to a sufficient extent by ensuring that humans are protected».

Nye anbefalinger kom i 2007 fra "2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection" (se ICRP 103 og referanse [9]). Dette handler eksplisitt om "Beskyttelse av miljøet". I denne rapporten introduserer ICRP konseptet "Referansedyr og planter" for å kvantifisere og avgrense de radiologiske effektene av radionuklider på miljøet.

SSG-23 inkluderer evaluering av den radiologiske miljøpåvirkningen (ikke bare for mennesker) i sikkerhetsstudien: "Sikkerhetsvurdering betyr evaluering av et deponeringsanlegg og kvantifisering av potensiell radiologisk innvirkning på menneskers helse og miljøet» og «Det grunnleggende elementet i sikkerhetsvurderingen er vurderingen av radiologisk innvirkning på mennesker og miljø både når det gjelder stråledose og strålingsrisiko.» For å oppfylle kravene i SSG-23, må sikkerhetsstudien for KLDRA derfor inkludere en evaluering av de radiologiske konsekvensene for miljøet.

Det er flere prosjekter innen EU-kommisjonen (EC) som har gjennomført studier innen feltet, for eksempel FASSET (Framework for ASSESSment of Environmental impact), ERICA (Environmental Risk from Ionising Contaminants: Assessment and Management) og PROTECT (PROtection of the Environment from ionising radiation in a regulatory Context). DSA har vært en aktiv part i disse prosjektene. Dermed bør man forvente at dette blir inkludert i sikkerhetsstudien.

Håndtering av usikkerheter

Sensitivitetsanalyser må innføres i SAR for å identifisere usikkerhetsfaktorene i dataene som brukes. Det er et viktig verktøy for å identifisere kritiske parametere i analysen som kan ha stor innvirkning på analyseresultatene og deres konklusjoner.

Akseptkriterier for avfall (Waste Acceptance Criteria, WAC)

Rapportene som er gjennomgått, inkluderer ikke tabeller over den maksimalt tillatte totale aktiviteten for KLDRA som normalt finnes i SAR for lignende anlegg internasjonalt. Disse tabellene skal utgjøre akseptkriterier (WAC) for avfall som kan deponeres i KLDRA.

Prosjekt KLDRA anbefaler at dette introduseres i den kommende oppdateringen av SAR for KLDRA. For hver radionuklide skal den totale tillatte aktiviteten beregnes, så vel som den maksimale spesifikke aktiviteten i en individuell avfallsbeholder. Beregningene skal være basert på sikkerhetsanalysene, både i driftsfasen og langsiktige scenarier etter lukking av KLDRA.

Scenarier med menneskelig påvirkning (Human intrusion scenarios)

IAEA SSG-23 gir veiledning om hvordan man håndterer menneskelige påvirkningsscenarier:

- «If human intrusion cannot be excluded for a certain disposal facility, the consequences of one or more plausible intrusion scenarios should be assessed. However, estimates of the probability of intrusion are uncertain and it is recommended that safety assessment should seek to evaluate the doses associated with human intrusion that may occur, but should not attempt to use a risk based concept that uses as a basis for assessment the product of the probability of intrusion and the dose arising from the intrusion» (6.57).
- «For near surface disposal facilities, calculations should be performed to assess the doses to the relevant potentially exposed persons. Assessments should be based on the assumption that intrusion can occur immediately....after the withdrawal of institutional control» (6.62).

I fremtidige SAR-oppdateringer for KLDRA må potensielle menneskelige inntrengningsscenarioer identifiseres, da slik inntrenging ikke kan utelukkes. De radiologiske konsekvensene av scenariene må beregnes. Menneskelig inngrep antas å være mulig når som helst etter perioden med institusjonell kontroll (år 2330).

Dosene beregnet i disse scenariene vil bli brukt til å definere maksimal spesifikk aktivitet for hver radionuklide i alle avfallspakker som kan deponeres i KLDRA. Dette er i tråd med SSG-23 (6.69):

- «For near surface disposal facilities containing predominantly short lived waste, it is often the case that the greatest potential for exposures and the greatest risks are associated with inadvertent human intrusion after the cessation of the period of institutional control. In such cases, results from assessments of inadvertent human intrusion may limit the permissible inventory of long lived radionuclides that can be safely disposed of in the facility. Thus, this assessment determines, in particular, the limit for long lived radionuclides in the waste acceptance criteria for near surface disposal facilities.»

Dette kan ha en betydelig innvirkning på hvilket avfall som kan deponeres i KLDRA.

Disse scenariene må utvikles og diskuteres med DSA på et tidlig tidspunkt før neste SAR-oppdatering for KLDRA.

6.4 Sammendrag av kommentarer

Arbeidet som IFE utfører for å oppdatere SAR er basert på SSG-20, men det burde vært basert på SSG-23. Mange av kommentarene ovenfor er universelle for den oppdaterte SAR. Strukturen er forbedret, men det faktum at alle vurderinger er basert på tidligere konklusjoner og analyseresultater, betyr at det er et gap mot internasjonal praksis og krav. Flere detaljer og ytterligere kommentarer om SAR for KLDRA er gitt i [9].

Alle kommentarer bør sendes til IFE for evaluering og eventuelle tiltak. Videre bør NND ta hensyn til kommentarene i det videre arbeidet med å utvikle sin sikkerhetsstudie, som vil danne grunnlaget for konsesjonssøknaden.

7 Teknisk tilstandsanalyse

Prosjekt teknisk tilstandsanalyse har gjennomført en teknisk tilstandsanalyse av tunellanlegg og servicebygg i KLDRA Himdalen. Analysen har inkludert byggverk, VVS, elektro, brann, geologi og hydrogeologi [22, 23, 24].

Befaring ble foretatt i slutten av april 2021. Det ble kun gjennomført en visuell befaring av anlegget. På grunnlag av tilstandsanalysen er det utarbeidet et kostnadsoverslag for de viktigste tiltakene. For mer detaljert informasjon, vennligst se referanse [22], [23] og [24].

7.1 Tilstandsanalyser av byggverk

I henhold til dokumentet, «NND Kravspesifikasjon KLDRA, 20210421», er referansenivå for alle fag, prosjekterings- og byggetidspunktet (1995-1998). Videre i dokumentet er det påpekt analysenivå 2 for bygg, brann, drenering, ventilasjon, elektro og ingeniørgeologi. For resterende fag, vann og sanitær, IT-IKT, hydrologi og traverskraner er analysenivå satt til nivå 1. Det vises for øvrig til mer detaljert spesifisering i overnevnte dokument.

Grunnet manglende tilgang til informasjon og dokumentasjon, i form av tidligere rapporter, tegninger mm, har det ikke vært mulig å gjennomføre dette arbeidet på høyere analysenivå enn 1 for alle fag. Det anbefales en fase 2 og da en grundigere gjennomgang for å oppnå analysenivå 2 der dette ønskes, forutsatt at nødvendig dokumentasjon og arealer blir gjort tilgjengelig.

For hver bygningsdel samlet sett er tilstandsgrad (TG) basert på en vurdering av alle relevante symptomer vurdert mot valgt referansenivå. Beskrevne tiltak er tiltak for å få aktuelle bygningsdeler på tilstandsgrad (TG 0-1). Bygningsdeler med TG 0-1 er ikke omtalt i analysen.

Tabell 7.1 – Tilstandsgradering

TG	Hovedbetydning	Tiltaksbehov	Eksempel på tilstand
0	Ingen symptomer	Ingen tiltak nødvendig	Nylig vedlikeholdt/utskiftet
1	Svake symptomer	Ordinært vedlikeholdsbehov	Malingsslitasje, slitt gulvbelegg, etc.
2	Middels kraftige symptomer	Moderate utbedringer nødvendig	Lokal råteskade i panel, behov for utbedring/delvis utskifting
3	Kraftige symptomer (omfatter også sammenbrudd og total funksjonssvikt)	Store utbedringer nødvendig	Lekkasjer i taket med følgeskader og store råteskader
IU	Tilstandsgrad ikke undersøkt	Kan være behov for avdekking og videre utredning	

Konsekvenser av registrert tilstand er vurdert på bygningsdelsnivå. Konsekvenser er beskrevet med angivelse av konsekvensgrader og type konsekvens.

Tabell 7.2 – Konsekvensgradering

KG	Beskrivelse
0	Ingen konsekvenser
1	Små og middels konsekvenser
2	Vesentlige konsekvenser
3	Store og alvorlige konsekvenser

Tabell 7.3 – Definisjoner

KG	Type	Beskrivelse
S	Sikkerhet	Personskader, brann, innbrudd, sammenbrudd, nedrasing, svikt etc.
H	Helse	Helseskader som følge av inneklime, støv, støy, stråling, mugg, sopp etc.
M	Ytre miljø	Miljøbelastning i form av utslipp av klimagasser, støy etc.
Ø	Økonomi	Større kostnader, verdiforringelse, følgekostnader etc.

7.1.1 Tilstandsanalyse

Bygning generelt

For bygningsmassen generelt gjelder TG1 og KG1Ø.

Ifølge opplysninger er høyden under ventilasjonskanaler og kabelbroer et problem. Spesielt gjelder dette når de skal ha inn betongbiler for å støpe inn radioaktivt avfall. Det lar seg vanskelig gjøre å utbedre forholdet uten betydelige inngrep.

Hele anlegget er preget av konstant høy luftfuktighet som påfører metall korrosjon og treverk som råtner fortere enn normalt, sammenlignet med mer naturlige forhold.

Sarkofager

Det er registrert lokale rustangrep på armering som skyldes liten overdekning. Små støpereir ser ut til å ha blitt tettet med fugeskum. Lokale utslag av salt/kalk. Ingen synlige tegn til sprekker eller deformasjon.

En del rustne spiker etter forskaling sitter igjen.

Oppsprukken betong på toppen av sarkofag hall 3, etter innstøping av radioaktivt materiale. Ifølge opplysninger skyldes forholdet at de har tømt og spylt betongdobben der.

Fundamenter for kranbaner

Plasstøpte fundamenter. Oppsprukne fundamenter i hall 3. De øvrige er ok. Kan skyldes for høy belastning, eller rustspreng fra armering. Kan ikke benyttes før de er utbedret.

Servicebygget

Bygget fremstår som godt vedlikeholdt. Det er registrert lokale riss i puss på innside yttervegg og i gulv i ventilasjonsrom.

Grunn og fundamenter

For berganlegget generelt settes TG1 og KG1. Dette med unntak av håndtering av grunnvann i hallene som må sees i sammenheng med drensanlegget generelt.

Bergrom (berg og stabilitetssituasjon)

Stabilitetssituasjon i anlegget under ett er funnet å være god. Det er i 2020 utført utbedringer som sammen med den opprinnelige stabilitetssikringen ivaretar detaljstabiliteten i anlegget.

Enkelte punkter observert i tilknytning til forskjæring og adkomsttunnel er kommentert, men disse er generelt av liten betydning og med små konsekvenser for drift eller sikkerhet i anlegget.

Stabilitetssikring

Hallene og adkomsttunnelen i berganlegget er sikret med fiberarmert sprøytebetong og fullt innstøpte kamstålbolter og CT-bolter. I hallene er det i tillegg utført injeksjon for å begrense innlekkasjer.

Tilstand på sprøytebetong vurderes å være god. Det er registrert noe variasjon i utført tykkelse, og beskjeden avskalling er observert på enkelte knøler samt i nedre del av vegg. Større riss og sprekker i sprøytebetong er ikke registrert.

Tilstand på sikringsbolter vurderes å være meget god. Bolter er gyste og har dobbel korrosjonsbeskyttelse (varmforsinking og pulverlakk). Denne beskyttelsen er i svært liten grad angrepet av korrosjon.

Tilstand og geometri på injeksjonsskjermer i hallene er ikke kjent.

Drenering (grunnvannsforhold og drenering i hallene)

Spredte drypp forekommer i alle hallene. Omfang varierer fra hall til hall, men ingen steder er det mer enn lett dryppregn. Det drypper både ned på sarkofager og i pukken rundt sarkofager. Det ble registrert noe mer drypp i adkomsttunnel, hvor bergoverdekningen er mindre, og i deler av adkomsthallen/kryssområdene. Her er det ikke injisert som i hallene.

Drenering av grunnvann fra hallene er ukontrollert. Sannsynligvis ligger det inaktive avløpet som drenerer hallene utenfor sarkofagene for høyt i pukklaget, samtidig som det sannsynligvis ikke er tett under hallenes endevegger ut mot adkomsthallen. Eventuelle tettetiltak i tilknytning til vegg mot haller er ukjent. Det antas at innlekkasje av grunnvann drenerer ut under endevegg og videre ut av anlegget sammen med tunneldreneringen. Årsaken til disse antakelsene er at det inaktive avløpet er tørt samtidig som det er registrert drypp som går i pukken i samtlige haller. Det er også sannsynlig at grunnvann finner veien opp av sålen i hallene.

Dryppsikring

Vannavskjerming med knotteplastplater montert til knøl er utført lokalt der det har vært behov for det. Løsningen er provisorisk og enkel, men ser ut til å fungere nokså bra selv om den ikke håndterer alle drypp. For varig deponering vil det bli etablert tak over sarkofagene som håndterer både drypp, samt er dimensjonert for mindre nedfall av stein og/eller sprøytebetong fra hengen.

Sanitær

Sanitæranlegget i servicebygget er i bra stand i betraktning av alder. Anlegget har en overordnet tilstandsgrad 2 og konsekvensgrad 2. Utløp fra infiltrasjonsgrøften fra septiktanken bør utbedres så den ikke føres til bekk. Det er ikke renseanlegg på vannet fra grunnvannsbrønn. Dette bør installeres anlegg for vannbehandling. Type renseanlegg vil bero på opprinnelig vannkvalitet og krav til vann etter behandling. Omfattende rensing har blitt lagt til grunn i prisestimatet. Stengeventilen for inaktiv drenering er plassert før de to ledningene føres sammen. Det betyr at det ikke kan stenges for den øverste ledningen i hver hall. Drensledningene ligger i en dyp grøft som er prosjektert for å ha god drenering. Grøften ligger med fall fra hallene helt ut til det fri. Så mest sannsynlig dreneres vann fra hallene ut i selve grøften, og ikke i inaktivt drensanlegg. Referer til rapport fra hydrogeologi for ytterligere detaljer. Videokjøring viser at det er store svanker (motfall) i den aktive dreneringen. Da denne skal settes ut av drift etter hvert som sarkofager fylles opp er det tvilsomt om det er av verdi å utbedre dette.

Det anbefales at alle ledninger i grunnen, inkludert bunnledninger, blir videoinspisert.

Vannledninger og brannskap ute i hallene har større korrosjon enn anlegg i servicehallen da klimaet der er mye hardere på installasjoner.

Ventilasjon

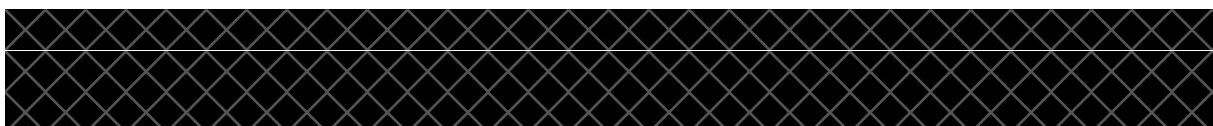
Ventilasjonsanlegget i servicehallen er i bra stand i betraktning av alder. Anlegget har en overordnet tilstandsgrad 2 og konsekvensgrad 2. Aggregatet er godt vedlikeholdt og trenger ingen spesielle tiltak. Anlegget er dog 25 år gammelt, så det nærmer seg slutten av sin tekniske levealder. Det er også med batteriveksler, noe som gir lavere gjenvinningsgrad. Med skifte til roterende veksler vil en også oppnå en energiøkonomisering.

Ventilasjonsanlegget for hallene er mer preget av korrosjon og slitasje da det er montert i område med hardere klima. Noen steder har det dryppet fra tak ned på kanaler og rister, som har medført en meget høy grad av korrosjon.

Brannventilasjon er ikke brannisolert og har ikke brannspjeld, kun røykgassspjeld. Det er imidlertid i tråd med datidens regelverk og det er derfor ikke nødvendig å utbedre dette ifølge den tekniske tilstandsanalysen.

Eksosavsøget viser sin alder godt, og bør skiftes ut.

Automatikk





Elektro

Anlegget har en overordnet tilstandsgrad TG2-3 og konsekvensgrad KG3. Hele anlegget bærer preg av miljøet det er installert i og det nærmer seg teknisk levealder for alle bygningsdeler. Det bør planlegges en rehabilitering av hele anlegget og nye løsninger basert på erfaringene fra dette anlegget.

Elkraft

Elkraftsystemer har en generell overordnet tilstandsgrad TG2-3 og konsekvensgrad KG2.

Nettsystemet i anlegget er 400V-TN-C-S. Hovedfordeling og underfordelinger er fra 1996. Alle fordelingene har kursfortegnelse tilstede. Anlegget er vedlikeholdt og utstyr er byttet ut etter behov.

Anlegget har jevnlig internkontroll.

Servicebygget fremstår likt som i byggeår. T8 armaturer, lokal styring av lys. Stikk utført skjult og i føringskanaler. Desentralisert nødlis, disse har jevnlig kontroll og batteri og lyskilder byttes etter behov.

I hallene og gang er det stor slitasje på det elektriske utstyret. Dette kommer av miljøet det er installert i, det er høy luftfuktighet og det drypper en del vann fra vegger og tak. Det anbefales å velge en annen løsning for montering og beskyttelse av utstyr når den tid kommer. En stor del av armaturene har jordfeil og lyskilder er defekte pga. nevnte miljø. Monteringsløsningen gjør det vanskelig å utføre vedlikehold. Det samme gjelder stikk og brytere, da disse har en del dryppskader fra vann.

Tele og automatisering

Tele- og automatiseringsanlegg har en generell overordnet tilstandsgrad TG2-3 og konsekvensgrad KG3.

Brannsentral ble byttet i 2018. Meldere og detektorer er byttet etter behov (der man har tilgang).

7.1.2 Sammendrag tilstandsanalyser av byggverk

7.1.2.1 Bygg

KLDRA har en overordnet tilstandsgrad som vurderes til TG2, «middels kraftige symptomer», noe som betyr at moderate utbedringer er nødvendig. KLDRA har i hovedsak behov for vedlikehold på ståldørene inn til fjellhallene, samt utredning av lokale korrosjonsskader på armering i betongen på sarkofagene. I hall III er det registrert betydelige skader på de støpte fundamentene for kranbanene og disse bør utredes og utbedres. Fundamentene blir per i dag ikke belastet, da kranen er flyttet til en annen hall. I servicebygget er det registrert enkelte riss i pussen på innsiden av ytterveggene, samt på gulv i ventilasjonsrommet. Utvendig portal/tunell har lokale riss i betongen og en del kalkutfelling i forbindelse med rissene. Mur av tørrstabet naturstein rundt portal ved inngang har enkelte stein i toppen som er forskjøvet ut av stilling. Forholdet bør utredes og utbedres.

7.1.2.2 VVS

Tilstanden til sanitæranlegget vurderes til TG2, «middels kraftige symptomer» og KG2, «vesentlige konsekvenser». Det er i god stand, alder i betraktning. Det bør installeres renseanlegg på drikkevann og utløp til bekken bør lukkes. Det aktive dreneringsanlegget har store svanker (motfall ift. tiltenkt fallretning). For det inaktive dreneringsanlegget har det ikke blitt gjennomført videokjøring, så tilstand er ukjent. Men den mest sannsynlige grunnen til at det ikke kommer drencvann i dette systemet er at grøften er bygd for å være veldig godt drenerende, og drencvann går ut der.

Ventilasjonsanlegget har generell TG2, «middels kraftige symptomer» og KG2, «vesentlige konsekvenser». Det er i slutten av sin tekniske levealder, men godt vedlikeholdt og ingen driftsproblemer er rapportert.

Automatikkkanlegget har generell TG3, «kraftige symptomer (omfatter også sammenbrudd og total funksjonssvikt)» og KG2, «vesentlige konsekvenser». Det har utløpt sin tekniske levealder og er problematisk å benytte. Det bør skiftes i sin helhet.

7.1.2.3 Elektro

Det elektriske og teletekniske anlegget er i hovedsak fra byggeår og bærer preg av høy slitasje grunnet miljøet utstyret er plassert i, faktisk plassering av utstyr og teknisk levealder på utstyr. Anlegget har en overordnet tilstandsgrad TG2 til TG3, «middels kraftige symptomer» til «kraftige symptomer (omfatter også sammenbrudd og total funksjonssvikt)» og konsekvensgrad KG2 til KG3, «vesentlige konsekvenser» til «store og alvorlige konsekvenser» for generelle installasjoner for elektro. Det anbefales en komplett utbedring av det elektriske og teletekniske anlegget, prosjektert ut fra erfaringer fra drift av eiendommen.

Anlegget har gode rutiner for internkontroll og utskifting av komponenter forekommer. Utstyr og mangler som nevnes spesielt er belyningsanlegg med tanke på alder, plassering og påvirkning av miljø. Plassering og beskyttelse av komponenter som påvirkes negativt av miljø og muligheter for vedlikehold. Sikkerhetsfunksjoner for varsling av feil og farer må gjennomgås, kartlegges og utformes på en slik måte at varsling ikke kan feile.

7.2 Brannteknisk tilstandsanalyse

I denne tilstandsanalysen er brannsikkerhetsnivået i bygningen vurdert og nødvendige og anbefalte tiltak for å oppnå akseptabel brannsikkerhet angitt i egen prioritert tiltaksliste. Bygningen er vurdert opp mot referansenivået i veiledning til forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK 17), samt minimumsnivå i gjeldende forskrift for bygningen iht. Forskrift om brannforebygging. Anlegget er ferdigstilt i 1999 og antas å være prosjektert iht. TEK97. [26].

7.2.1 Definisjoner

Tabell 7.4 – Tilstandsgrader

	TG 0 Ingen avvik	TG 1 Mindre eller moderate avvik	TG 2 Vesentlige avvik	TG 3 Store eller alvorlige avvik	TG IU Ikke undersøkt
Teknisk tilstand	Samsvar med referansenivå. Ingen tiltak nødvendig	Tilstrekkelig med fortsatt normalt vedlikehold	Behov for omfattende vedlikehold i form av reparasjon/utbedring	Bygning, bygningsdel eller tiltak har funksjonssvikt eller kan umiddelbart svikte. Behov for omfattende reparasjon eller utskiftning.	Vesentlige forhold som ikke er dokumentert eller som ikke kan avklares uten omfattende undersøkelser
Branntekniske spesifiseringer	Løsning i henhold til referansesikkerhetsnivå eller brannkonsept i henhold til aktuell forskrift	Mindre avvik som ikke har stor betydning for person- og verdisikkerheten	Mangler i tekniske eller organisatoriske forhold, som gir vesentlig dårligere sikkerhet enn forutsatt i referansenivået. Manglene kan skyldes slitasje, byggefeil, ukyndig vedlikehold og dårlige organisatoriske rutiner.	Vesentlige mangler i den tekniske eller organisatoriske sikkerheten i forhold til det forutsatte referansenivået. Har uakseptabel risiko for mennesker, materiell eller miljø.	Skjult bærekonstruksjon. Manglende beregninger. Udokumenterte utførelser
Tiltak	Ingen tiltak er nødvendig	Utbedres innen 5 år	Utbedres innen 2 år	Må utbedres straks	Må føyes til øvrig tilstandsanalyse når utført

7.2.2 Sammendrag brannteknisk tilstandsanalyse

Inntrykket etter befaring tilsa at personsikkerheten var forsvarlig, men at det er enkelte forhold som må utbedres. Det er avdekket fire avvik med tilstandsgrad 3, store eller alvorlige avvik, og konsekvensgrad 3, «store og alvorlige konsekvenser», der dette defineres til «vesentlige mangler i den tekniske eller organisatoriske sikkerheten i forhold til det forutsatte referansenivået. Den nåværende branntekniske risikoen anses som uakseptabel.

Tabell 7.5 – Tiltaksliste brann med kostnader

[illegible]

7.3 Ingeniørgeologi og hydrogeologi

Det er gjennomført tilstandskontroll av ingeniørgeologiske og hydrogeologiske forhold i og i tilknytning til bergrommene ved KLDRA. Tilstandskartleggingen omfatter berganlegget samt tidligere etablerte overvåkningsbrønner i berg i terrenget over anlegget. Tilstandsvurderingen er utført med utgangspunkt i NS3451 Bygningsdelstabellen og NS3424 Tilstandsanalyse av byggverk. Innhold og gjennomføring.

7.3.1 Ingeniørgeologi og hydrogeologi i sammendrag

Basert på tilstandskartleggingen som er gjennomført, er det kommet fram til følgende tilstandsgrader og konsekvensgrader for de forhold (byggningsdelsnummer) som er vurdert, vennligst se tabell 7.6.

Tabell 7.6 – Samlet vurdering av tilstandsgrad og konsekvensgrad for aktuelle kontrollpunkter

Bygnings- del	Konstruksjon	Tilstand		Konsekven- s		Tiltak
		Beskrivelse	TG	KG	Type	
212	Byggegrep (Berg og stabilitet i forskjæring, tunnel og haller)	Stabilitetssituasjon i anlegget under ett funnet å være god. Enkelte punkter er kommentert, men er generelt av liten eller uten betydning for drift eller sikkerhet på anlegget.	1	1	S, Ø	Ingen tiltak vurdert nødvendig Rensk av vegetasjon i forskjæring, og sjekk av områder med pigget sprøytebetong og nedfall på ventilasjonsrør anbefales gjennomført senest i forbindelse med periodisk vedlikehold.
213	Grunnforsterkning (Sikringsmidler – bolter, sprøytebetong og injeksjon)	Tilstand på utført stabilitetssikring funnet å være god. Antatt fortsatt lang gjenværende levetid på sikringsmidler.	0	0	-	Ingen tiltak nødvendig
217	Drenering (Grunnvannsforhold og drenering i hallene)	Ukontrollert drenering av grunnvann fra hallene	2	1	H, M	Tetting av overgangen hallport og fast berg
219	Andre deler av grunn og Forsterkning (Vannavskjerming – knotteplastplater)	Noe provisorisk løsning med antatt begrenset levetid, men inngår ikke i endelig vannavskjerming i haller 1-4.	1	0	Ø	Ingen tiltak nødvendig

7.4 Kostnadsberegning for tiltaksforslag byggverk, ingeniørgeologi, hydrogeologi og brann

Sammendrag er kostnadsberegningen for anbefalte tiltak oppsummert i tabell 7.7.

Tabell 7.7 – Kostnadsberegninger for anbefalte tiltak byggverk, ingeniørgeologi og hydrogeologi (kr)

Sum estimerte kostnader		6 069 940
Utforutsatte kostnader, %andel	10 %	606 994
Rigg og driftskostnader, %andel	20 %	1 335 387
Subtotal		8 012 321
Prosjekteringskostnad, %andel	15 %	1 001 540
Totalkostnad, sum (Avrundet)		9 000 000

For detaljert kalkyle, se vennligst [22].

I tillegg er anbefalte tiltak for brann kostnadsberegnet til 180 000 kroner [23].

7.5 Vurdering iht. til KLDRAAs sikkerhetskonsept

Teknisk tilstandsanalyse for byggverk, brann, ingeniørgeologi og hydrogeologi viser at anlegget trenger relativt omfattende vedlikehold og noen systemer og komponenter må skiftes.

De mest alvorlige avvikene som er identifisert, gjelder for lokale rustangrep på armering som kan påvirke nærliggende betongs egenskaper og at dreneringssystemet ikke virker som beregnet. Vi vet at det aktive vannet når aktiv kum (11,7 m³ i 2020, se avsnitt 4.4). Aktiv drenering ser ut til å fungere, til tross for svanker (motfall) i den aktive dreneringen.

Det ser ut til at den inaktive drenering ikke fungerer som tiltenkt. Det har nærmest ikke samlet opp vann, til tross for synlig innrenning av vann i fjellhallene. Årsaken er trolig at grunnvann som entrer lager- og deponihallene passerer betongveggen mellom hallene og adkomsttunnelen. Dette kan forklare at det har blitt observert H-3 i vannet i utvendig kum. Et ikke-radioaktivt sporstoff, som f.eks. et fluorescerende stoff, kan injiseres i dreneringslaget av en hall for å bekrefte at vann virkelig passerer til adkomsttunnelen. Deretter bør alternativer for å isolere dreneringslagene i hallene fra dreneringslaget av adkomsttunnelen analyseres, for å eliminere utslippene til miljøet. Men dette kan være en kompleks oppgave.

På den annen side, er det i dag kun H-3 som utgjør et utslippsproblem. Dette kan løses ved å kartlegge problemet, vurdere ulike tekniske tiltak og søke om endring i konsesjon og tillatelse, se avsnitt 4.4

KLDRAAs sikkerhetskonsept er vurdert i denne rapporten, se kapittel 5, og statusen på dreneringssystemet må undersøkes ytterligere for å vurdere hvilke tiltak som er nødvendige. Dette er en viktig forutsetning for sikkerhetsanalysen som skal gjennomføres i forbindelse med en ny SAR.

8 Utvidelse av KLDRA Himdalen

En konseptstudie er utført med sikte på å beskrive en mulig utvidelse av KLDRA. Studien presenterer to mulige konsepter for utvidelse sammen med kostnadsoverslag [26]. Denne delen gir et sammendrag av konseptstudiene og de to alternativene som er undersøkt og kostnadsberegnet. På slutten av kapittelet gis det også en evaluering av de to alternativene.

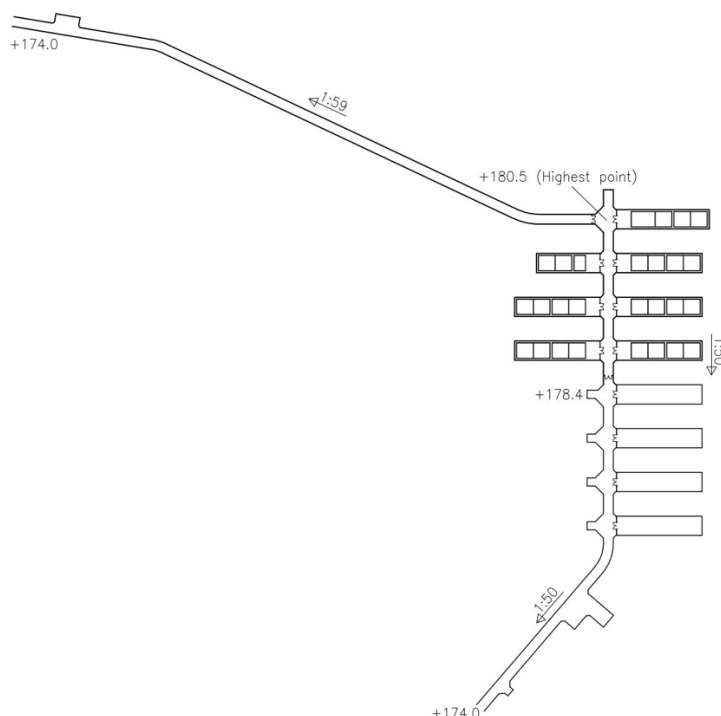
8.1 Avgrensinger

Konseptstudien har visse avgrensninger som er viktige for vurdering, kapasitet og investeringskostnad:

- Konseptstudien er basert på at alle nye systemer i den utvidede delen kan kobles til eksisterende systemer i KLDRA (ventilasjon, drenering, strømforsyning osv.). Dette må undersøkes i videre studier.
- Utvidelsen er videre basert på KLDRA's eksisterende sikkerhetskonsept, som må tas i betraktning i videre studier.
- Usikkerheten i beregningen er ikke oppgitt i konseptstudien og investeringsberegningen er basert på europeisk standardprising. Dette er justert og vurdert i avsnittet om investeringskostnader.

8.2 Designalternativ 1

Utvidelse i henhold til alternativ 1 inkluderer en ny inngangstunnel og syv nye haller for deponering av avfall. Dimensjoneringen av salene er lik salene i eksisterende KLDRA, se layoutforslag i figur 8.1.



Figur 8.1 – Layoutforslag for alternativ 1

Den nye inngangstunnelen ligger mot vest med en total lengde på 470 meter. Tunnelen har en høyde på 4,5 m med en bredde på 6,0 m. Med en ny inngangstunnel øker sikkerheten i det utvidede anlegget ettersom to innganger og utganger er mulig å bruke, for eksempel i tilfelle av brann eller andre ulykker.

Totalt syv nye haller for deponering av avfall med en gjennomsnittlig lengde på ca. 54 m (en av hallene er lengre og en er kortere). Høyden i hallene er 12,5 m og bredden er 11,8 m. Avstanden mellom hallene er 15 m.

Alternativ 1 betyr at ca. 30 m fjell er over hallene.

Det totale volumet for tilbygget i henhold til alternativ 1 er 74 569 m³ med et gulvareal på 7 672 m².

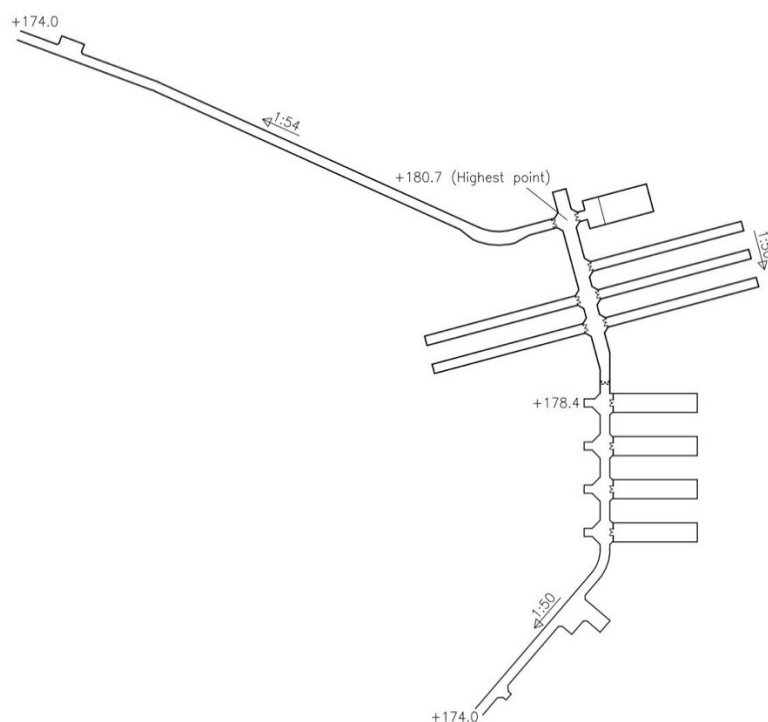
Den nye delen vil kreve systemer for ventilasjon, drenering, elektrisitet og automatisering (inkludert brannvern, fysisk sikring osv.). Alle systemer antas å kunne kobles til eksisterende systemer i KLDRA. Hvorvidt dette er realistisk, er ikke vurdert innenfor rammen av konseptstudien nevnt ovenfor.

Det er lagt inn et nytt teknisk rom  Teknisk rom inkluderer ventilasjonsrom og avløpsvannskontroll. Elektriske systemer for den nye inngangstunnelen antas å kunne håndteres av eksisterende systemer. Det antas at det ikke er behov for noen ny kraftstasjon.

Under drift av det eksisterende deponiet flyttes avfallspakker med eksisterende kran i avfallshallene. Kranen flyttes fra en avfallshall til en annen om nødvendig. Det antas at det ikke er behov for ny kran for utvidelsen. Imidlertid er det nødvendig med stålkonstruksjoner for en kran i hver nye avfallshall, og dette er inkludert i konstruksjonen og i kostnadsberegningene.

8.3 Designalternativ 2

Utvidelse i henhold til alternativ 2 inkluderer ny inngangstunnel og seks nye haller for deponering av avfall. Dette konseptet er basert på Nasjonalanleggskonseptet, se layoutforslag i figur 8.2.



Figur 8.2 – Layoutforslag for alternativ 2

Den nye inngangstunnelen ligger mot vest med en total lengde på 481 meter etter samme prinsipp som alternativ 1. Tunnelen har en høyde på 4,5 m med en bredde på 6,0 m, som alternativ 1. Med ny inngangstunnel, øker sikkerheten i det utvidede anlegget fordi det er mulig å bruke to innganger og utganger, f.eks. i tilfelle brann eller andre ulykker.

Alternativ 2 skiller seg i design og funksjon fra alternativ 1 ved at fem av hallene er for deponering av svært lavradioaktivt avfall (VLLW) og lavradioaktivt avfall (LLW) og en hall er for deponering av mellomradioaktivt avfall (ILW).

Dimensjoner for hallene:

- VLLW/LLW-hallene: Lengde: ca. 100 m, bredde 6 m, høyde 5,5 m
- ILW-hallen: Lengde 41 m, bredde 17,7 m, høyde 17,4 m.
- Avstanden mellom VLLW/LLW hallene er 12 m.

Alternativ 2 betyr at ca. 25 m med fjell er over hallene.

Det totale volumet for utvidelsen i henhold til alternativ 2 er 49 186 m³ med et gulvareal på 7 258 m². Dette betyr at alternativ 2 er mindre plasskrevende enn alternativ 1.

På samme måte som for alternativ 1, vil den nye delen kreve systemer for ventilasjon, drenering, elektrisitet og automatisering (inkludert brannvern, fysisk sikring osv.). Alle systemer antas å kunne kobles til eksisterende systemer i KLDRA. Dette er ikke vurdert innenfor rammen av konseptstudien nevnt ovenfor.

Det er lagt inn et nytt teknisk rom  Teknisk rom inkluderer ventilasjonsrom og avløpsvannskontroll. Elektriske systemer for den nye inngangstunnelen antas å kunne håndteres av eksisterende systemer. Det antas at det ikke er behov for noen ny kraftstasjon.

Under drift av det eksisterende deponiet flyttes avfallspakker med eksisterende kran i avfallshallene. Kranen flyttes fra en avfallshall til en annen om nødvendig. Det antas at det ikke er behov for ny kran for utvidelsen. Imidlertid er det nødvendig med stålkonstruksjoner for en kran i hver nye avfallshall, og dette er inkludert i konstruksjonen og i kostnadsberegningene.

8.4 Investeringskostnadsberegning

Investeringskostnadsberegningen [26] er basert på en metode som brukes av de fleste EU-land. Beregningsprisene og kostnadsoverslagene for materialer og tjenester er basert på priser innen EU. I Norge anslås det at en faktor på 1,5 (+ 50%) brukes for å ta hensyn til det høyere kostnadsnivået i Norge.

Beregningen forutsetter at 20 % av investeringskostnaden er uforutsette kostnader. Uforutsette kostnader er basert på det faktum at vi er i en tidlig designfase (konseptnivå), der systemer og strukturer ikke er fullt konstruerte, definert eller til og med ikke inkludert i detaljer. Dermed er en høy andel antatt i denne tidlige konseptfasen. Noen eksempler på kostnadsposter innen uforutsette kostnader:

- Teknologier og arbeidsmetoder kan endre seg og dermed påvirke investeringsberegningen
- Prisene på materialer og tjenester påvirkes av den økonomiske situasjonen, tilbud og etterspørsel, som dermed avhenger av når byggingen skal finne sted
- Geologi, bruddannelse, bruddsoner, grunnvannsforhold, grunnvannskjemi, bergmekaniske forhold og meteorologiske forhold kan avvike fra det som er antatt i beregningen

Usikkerhet inkluderer imidlertid ikke endringer i mengden avfall eller endringer i selve deponikonseptet.

Beregningen inkluderer et tilleggsgebyr for eierkostnader på 15 % av investeringskostnaden. Dette vurderes å være lavt. Erfaringsmessig, i de tidlige stadiene, brukes vanligvis et tilleggsgebyr for kundekostnader på 25 %. Eierkostnader inkluderer slike kostnader som er typiske i byggefasen, for eksempel byggeledelse, installasjonskoordinering, inspeksjoner, midlertidige installasjoner etc. I beregningen nedenfor er generelle prosjekteringskostnader lagt til eierkostnader, noe som fører til et høyere påslag totalt enn 25 %. Økningen er begrunnet med det faktum at det er en rekke store prosjektrisikoen som i en kvantitativ risikoanalyse rettferdiggjør en høyere prosentandel.

Videre vurderes usikkerheten i beregningen å være i området + 50 % til -30 %, noe som er helt rimelig for en konseptstudie. En valutakurs på 10,00 NOK/€ brukes i beregningen.

8.4.1 Investeringskostnader – Alternativ 1 og alternativ 2

Investeringskostnader for alternativ 1 og 2 vises i tabell 8.1 og 8.2.

Tabell 8.1. Investeringskostnader alternativ 1

Investerings- og Prosjekteringskostnader	EUR	NOK
Etableringskostnader	150 000	2 250 000
Drift av byggeplass	60 000	900 000
Tunnelinngang	300 000	4 500 000
Bergarbeid	9 553 270	143 300 000
Bygging	5 620 210	84 300 000
Teknisk rom	100 000	1 500 000
Systemer	1 540 000	23 100 000
Undersøkelser under bergarbeid og bygging	800 000	12 000 000
Midlertidige strukturer	50 000	750 000
Avfallsbeholdere	7 607 632	114 110 000
Byggherrekostnader, 25%	6 445 278	96 679 000
Sub total	32 226 390	483 389 000
Uspesifisert, 20%	6 445 278	96 677 800
Totalt	38 671 668	580 000 000

Tabell 8.2. Investeringskostnader alternativ 2

Investerings- og Prosjekteringskostnader	EUR	NOK
Etableringskostnader	150 000	2 250 000
Drift av byggeplass	60 000	900 000
Tunnelinngang	300 000	4 500 000
Bergarbeid	7 629 170	143 300 000
Bygging	3 133 400	84 300 000
Teknisk rom	100 000	1 500 000
Systemer	1 520 000	23 100 000
Undersøkelser under bergarbeid og bygging	700 000	12 000 000
Midlertidige strukturer	50 000	750 000
Avfallsbeholdere	5 383 333	114 110 000
Byggherrekostnader, 25%	4 756 476	96 677 500
Sub total	23 782 379	483 387 500
Uspesifisert, 20%	4 756 476	96 677 500
Totalt	23 782 379	580 070 000

Bergarbeid inkluderer alt underjordisk bergarbeid og fugging av betongtunneler og haller.

Prosjekteringskostnader inkluderer all utforming av underjordiske gravearbeider, inkludert gulv, vegger, dører, betongvask og konstruksjoner for kranen. For alternativ 2 er det også inkludert en kran i hallen for ILW.

Systemene inkluderer ventilasjon, oppvarming, røykutsug, belysning, automatisering, branndeteksjon, kamerakontroll, tilgangskontroll, alarmsystemer og drenering.

Kostnadene for undersøkelsene i byggefasen er en antatt kostnadspost.

Midlertidig beskyttelse er nødvendig for å beskytte eksisterende systemer og strukturer når gravearbeider utføres for den nye adkomsttunnelen til den gamle adkomsttunnelen. Tilstøtende systemer og strukturer der den nye adkomsttunnelen kobles til den gamle adkomsttunnelen må beskyttes. Ellers kan systemer og konstruksjoner bli skadet under gravearbeid.

8.4.2 Beregningsforutsetninger

Investeringskostnadsberegningen er basert på følgende typer avfall og mengder:

Tabell 8.3 – Avfallsmengder

Avfallstype	Volumer [m ³]	Tønner
Avfall til VLLW/LLW-deponi	5 600	28 000
Avfall til ILW-deponi	1 000	5 000

Enhetsprisene for betonggulv i denne kostnadsberegningen er:

- 4 500 NOK /m² d = 150 mm (tykkelse)
- 7 500 NOK /m² d = 300 mm

Enhetspriser inkluderer også konstruksjoner grus under betong. Hvis 600 mm betonggulv skulle brukes, kunne enhetsprisen på 12 000 NOK/m² brukes til å estimere kostnadene.

I alternativ 1 antas det at eksisterende kran også kan brukes. I alternativ 2 installeres en ny kran i ILW-hallen. Kostnadsoverslaget for kranen er 1 500 000 NOK. Hvis det er behov for en ny kran i alternativ 1, kan de samme kostnadene brukes.

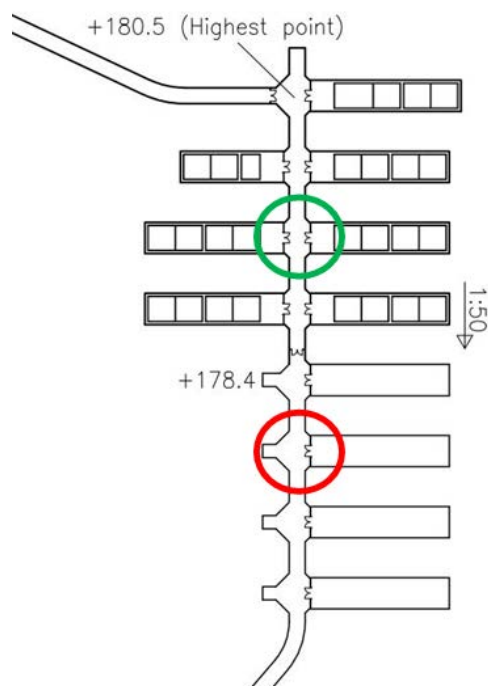
Dimensjonering og kondisjonering av eksisterende ventilasjons- og varmesystemer, røykavsug og elektriske anlegg, tanker og pumper må kontrolleres for status og kapasitet. Kostnadsberegninger er basert på en antagelse om muligheten for å øke kapasiteten i eksisterende systemer.

Høyspenningsforsyningen (22 kV) og transformatoren på 315 kVA skal være tilstrekkelig for utvidelsen. Hvis strømforsyningen må oppgraderes, er dette anslått til å koste 4 500 000 NOK.

Mulig innføring av et reservekraftsystem: Kostnadene for dette er estimert til 1 500 000 NOK, 200 kVA og for pumper 75 000 NOK/pumpe. Under installasjonsfasen kan eksisterende belysning også byttes ut med LED-teknologi, som anslås å koste 1 500 000 NOK.

8.5 Vurdering av alternativ 1 og alternativ 2

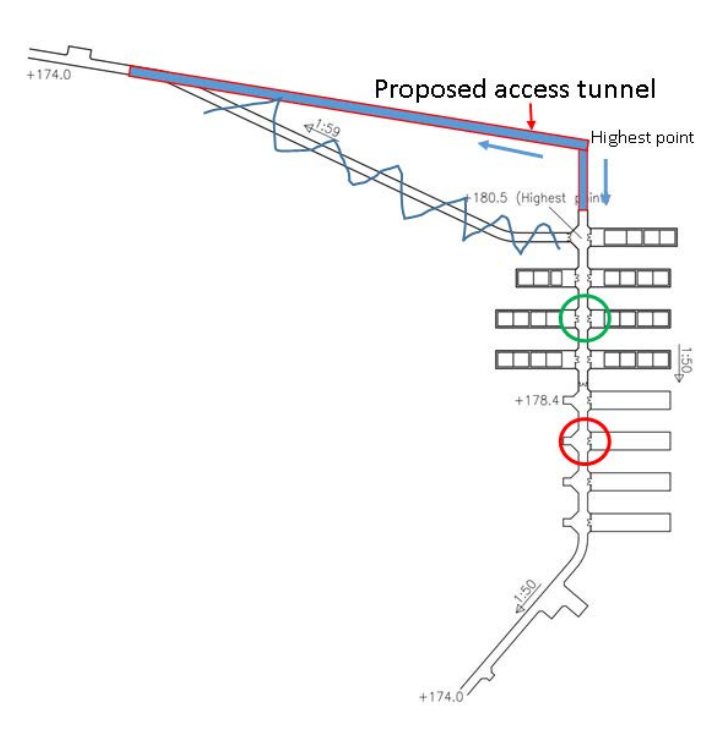
De fire hallene i eksisterende KLDRA har åpne områder foran inngangen for å muliggjøre lastebilmanøvrer, se rød sirkel i figur 8.3. I alternativ 1 har ikke de nye rommene et slikt kontrollområde, se grønn sirkel i figur 8.3. Avstanden mellom dørene og hallene virker for liten for lastemanøvrer. Den samme kommentaren gjelder alternativ 2, selv om bredden på adkomsttunnelen som forbinder de nye hallene er større enn i alternativ 1 (8,5 meter mot 6 meter).



Figur 8.3 – Manøvreringsplass for kjøretøy

En ny adkomsttunnel (fra vest) foreslås for å forbedre brannsikkerheten og for å gjøre det mulig å drifte den nye delen uten å forstyrre den opprinnelige delen av anlegget. I de to alternativene er tunnelen 470m/481m lang og 4,5m høy. Den nye adkomsttunnelen vil få et avløp som slipper vann ut til omgivelse. Vi vet av erfaring at tritium overføres til dreneringsvannet i dagens tilgangstunnel. Antagelig kommer tritium fra inaktivt dreneringsvann som lekker fra hallens pukkellag inn i pukkellaget i adkomsttunnelen. For å forhindre at tritium kommer inn i dreneringsvannet i den nye adkomsttunnelen, foreslås en alternativ utforming, se figur 8.4 nedenfor.

Med dette forslag til designjustering er det sannsynlig at ingen radionuklider vil migrere fra avfallshallene til drenering av den nye adkomsttunnelen, og dermed vil det ikke forekomme utslipp til omgivelsene fra den nye adkomsttunnelen.



Figur 8.4 – Alternativ utforming av atkomsttunnelen

I alternativ 1 foreslås det å plassere VLLW/LLW i stålcontainere og ILW i stålbeholdere inne i betongbokser (6 stålbeholdere per betongboks). Stål- og betongboksene er lagret i sarkofager med samme dimensjoner som i eksisterende KLDRA. Når sarkofagene fylles med avfall, vil det bygges vanntette tak for å minimere vanninfiltrasjon i avfallet som er lagret i sarkofagen. Disse vanntette takene er viktige komponenter i dagens sikkerhetskonsept som tar sikte på å unngå grunnvannstrømning gjennom avfallet. Alternativ 1 består i prinsippet av å bygge ytterligere syv haller som ligner på de fire hallene som allerede er i drift i KLDRA.

I alternativ 2 foreslås det at VLLW/LLW skal lagres i tønner stablet på gulvet (ikke inne i betongsarkofager) i fem haller som er 100 meter lange. Siden det ikke er vegger, kan det ikke bygges vanntett tak for å forhindre vann i å nå avfallsbeholderne. Alternativ 2 for VLLW/LLW strider dermed mot gjeldende sikkerhetskonsept for KLDRA ettersom det ikke er noen beskyttelse som hindrer grunnvann i å komme i kontakt med avfallet.

En mye bedre løsning ville være å plassere fatene med VLLW/LLW inne i betongsarkofager, og at rommet mellom tønnene er fylt med betong og at det er bygget et vanntett tak over, akkurat som det ble gjort i eksisterende avfallshaller.

Betongen rundt tønnene gir høye pH-forhold som sikrer lave korrosjonshastigheter for stålet. Med deponiløsningen som er presentert i alternativ 2, forventes korrosjon av tønnene å forekomme relativt raskt, noe som kan føre til en relativt rask nedbrytning av materialet i tønnene og dermed en økt risiko for å frigjøre radioaktivitet til omgivelsen.

Dermed er det ingen grunnleggende barrierer i alternativ 2 for avsetning av VLLW/LLW som for tiden finnes i eksisterende KLDRA, dvs. betongsarkofager, sarkofagenes betongfylling og vanntette tak.

I alternativ 2 plasseres ILW i tønner som plasseres i betongbokser. Deretter plasseres betongboksene i en betongsarkofag. Når sarkofagen er full, bør det bygges vanntett for å minimere vanninfiltrasjon i avfallet. Løsningen er i utgangspunktet den samme som brukes i dag i KLDRA.

Utgraving av nye tilgangstunneler og haller bør brukes til å forbedre karakteriseringen av fjellet ved å samle informasjon om sprekker og bergegenskaper. Denne informasjonen (sprekkesetetthet og egenskaper) kan deretter brukes til å utvikle den hydrogeologiske modellen for KLDRA og dens omgivelser.

8.5.1 Konklusjon og vurdering av alternativ 1 og alternativ 2

Prosjekt KLDRA's kommentarer er oppsummert ovenfor. Konklusjonen av evalueringen av alternativene for utvidelse av KLDRA er at alternativ 1 vurderes å være mye bedre enn alternativ 2. Det anses som tvilsomt at det kan gis en offisiell godkjenning for alternativ 2 ettersom barrierene er betydelig svakere enn i eksisterende KLDRA.

Alternativ 2 er basert på designet til et deponi som planlegges i Loviisa, Finland [26]. En grunnleggende forskjell mellom Himdalen og Loviisa, er imidlertid at Loviisa-anlegget skal ligge flere titalls meter under det laveste punktet i terrenget, mens KLDRA ligger inni en høyde. Det gjør at grunnvannet i Loviisa ikke har noen naturlig tendens til å renne mot overflaten, mens grunnvannet i KLDRA vil ha en naturlig tendens til å renne ned i dalen og ut i dagen. Derfor kan alternativ 2 fungere i Loviisa, men ikke i Himdalen.

Før neste trinn tas i arbeidet med å fullføre konseptuell design, bør det produseres et kravdokument. Kravdokumentet skal danne grunnlaget for videre prosjekteringsarbeid som skal baseres på et kravbilde etablert av DSA, og i tilfeller der det ikke er tilstrekkelig kravbilde, bør IAEA-regelverket ligge til grunn i et slikt kravdokument.

9 Periodisk sikkerhetsgjennomgang

Siden de første norske atomreaktorene ble satt i løpet av 1950-tallet, har det vært omfattende sikkerhetsutvikling gjennom nye standarder, driftserfaringer og teknisk utvikling. Konesjonsinnehaveren har en plikt til kontinuerlig å overvåke denne utviklingen, og å utvikle anlegget og tilpasse driften deretter.

IAEAs sikkerhetsstandard SSR-5 «Disposal of Radioactive Waste» krever en systematisk sikkerhetsvurdering mot gjeldende krav, som må utføres av konsesjonsinnehaveren gjennom hele anleggets levetid, med tanke på driftserfaring og betydelig ny sikkerhetsrelatert informasjon.

I den normale virksomheten er en naturlig del av det daglige arbeidet å kontinuerlig evaluere og forbedre sikkerheten. Det er imidlertid også behov for en mer omfattende vurdering av sikkerhet i et langsiktig perspektiv. Det kan være forbedringer i sikkerhetsstandarder og driftens virksomhet, kumulative effekter fra aldring og modifikasjoner, tilbakemeldinger fra driftserfaringer, utvikling innen vitenskap og teknologi eller et fremtidsrettet syn på hvordan virksomheten ser ut i et tiårsperspektiv som ikke fanges opp i daglig arbeid. Derfor har det blitt internasjonal praksis å komplettere kontinuerlige forbedringer med mer proaktive og strategiske sikkerhetsevalueringer i tilbakevendende samlede vurderinger.

I mange land, spesielt i Europa, er periodisk sikkerhetsgjennomgang (Periodic Safety Review, PSR) inkludert i regelverket som konsesjonshaveren må overholde. Imidlertid varierer omfanget og innholdet avhengig av landenes krav. Hensikten med PSR er å gi sikkerhetsmyndigheten grunnlag for en samlet vurdering av om anleggene og driften av dem oppfyller gjeldende krav og har forutsetninger for det i løpet av den kommende tiårsperioden.

I Norge gir DSA generelle vilkår for konsesjon i henhold til atomenergiloven § 4. Vilkår nr. 22 – Periodisk sikkerhetsgjennomgang krever følgende:

- Innehaveren skal, etter behov eller med de tidsintervaller som er spesifisert av DSA, utføre en sikkerhetsgjennomgang av om anleggets drift er i trad med vilkår for drift og at operativ ytelse er overholdt for å kunne avklare om atomanlegget fortsatt er egnet til videre drift.
- Innehaveren skal levere rapporter om disse sikkerhetsgjennomgangene til DSA.

PSR gir også en mulighet for konsesjonshaveren til å foreta en grundig evaluering av sin egen virksomhet for egen skyld. Ambisjonen med PSR fra konsesjonshaverens perspektiv, er å vise DSA på en etterrettelig måte at konsesjonshaveren driver og kan fortsette å drive anleggene med tilstrekkelig sikkerhet, og å spesifisere eventuelle gap som må lukkes eller utfordringer som forventes å bli vurdert i fremtiden.

Resultatet av PSR er for eksempel dokumentert i en hovedrapport basert på delrapporter fra område til område. Identifiserte gap er samlet, og en tiltaksplan er dokumentert som utgjør konsesjonshaveren sikkerhetsprogram.

9.1 Metodikk

En implementering av PSR følger hensiktsmessig intensjonene til IAEA SSG-25, som må tilpasses KLDRA's anlegg og drift. Gjennomgangen foreslås gjennomført i kravområdene i henhold til tabellen nedenfor.

For å gjennomføre en risikovurdering av nåværende drift og beredskap, gjennomføre prosesskartlegging av nåværende drift, beredskap og vedlikehold og for å kunne vurdere dagens organisering, ressurser og kompetanse, foreslås en strukturert tilnærming når man kartlegger og dokumenterer operasjoner ved KLDRA og Radavfall i Kjeller.

Tabellen viser også hvilke generelle vilkår for konsesjon som hovedsakelig tilhører hvert teknologi- eller kompetanseområde.

Tabell 9.1 – Områdene for periodisk sikkerhetsgjennomgang

	Undersøkelsesområde	Generelle vilkår (GV) i henhold til DSA 18/01300-19/520.3
1	Konstruksjon og utførelse av anlegget, inkludert endringer	16, 18, 20
2	Styring, kontroll og organisering	5, 10, 12, 15, 25
3	Kompetanse og bemanning	5
4	Drift, inkludert håndtering av mangler i barrierer og dypt forsvar i dybden	17, 21
5	Beredskap for uhell og ulykker	14 (3)
6	Vedlikehold, materiale og kontroll med særlig hensyn til nedbrytning pga. aldring	19, 21
7	Primær og uavhengig sikkerhetsrevisjon	10
8	Undersøkelse av hendelser, tilbakemelding av erfaring og ekstern rapportering	7
9	Fysisk beskyttelse	1, 24
10	Sikkerhetsanalyse og sikkerhetsstudie (SAR)	6
11	Sikkerhetsprogram	11, 22
12	Håndtering og lagring av anleggsdokumentasjon	2
13	Håndtering av nukleært materiale og atomavfall	4, 13
14	Atomkontroll, eksportkontroll og transportsikkerhet	4, 23
15	Strålevern i anlegget	8
16	Utslipp av radioaktive stoffer til miljøet, miljøkontroll og frigjøring av materialer	8, 24
17	Sikkerhet etter lukking	9

Gjennomføring

PSR inkluderer analyser og rapporter om hvordan lisensinnehaverens virksomhet og fasiliteter oppfyller kravene. Arbeidet utføres i to hovedtrinn:

- Analyse og redegjørelse for de 17 vurderingsområdene. Et sammendrag av resultatene for områdene er gitt i hovedrapporten.

- Sammenendragsanalyse for hele virksomheten og anlegget. En redegjørelse for denne samlede vurderingen er gitt i hovedrapporten.

Område-for-område-analysen utføres i følgende trinn:

- Identifikasjon av gjeldende krav
- Tolkning av kravene
- Beskrivelse av utførte aktiviteter, eller anlegget som brukes, på grunn av kravene
- Analyse av hvor godt virksomheten og anlegget oppfyller kravene i dag
- Analyse av vilkårene for samsvar frem til neste PSR
- Oppsummeringsanalyse

Område-for-område-analysen fokuserer på analyse av spesifikke aktiviteter i anlegget. Selskapets samlede virksomhet er større enn det, og det kan heller ikke utelukkes at det i grenseland mellom områder kan være problemer som må behandles. Av denne grunn lages en oppsummerende analyse der utgangspunktet er dypforsvarsprinsippet og beskyttelsen av barrierer mot utslipp.

I tillegg til lovkrav og myndighetsreguleringer, må myndighetsbeslutninger og pålegg vurderes.

Omfang og gjennomføring av analyser

Analysene tar sikte på å rapportere om kravene som er oppfylt innenfor hvert vurderingsområde. Dette gjøres dels i en nåværende situasjonsanalyse, dels i en fremtidig analyse som omhandler perioden frem til neste vurderingsmulighet. Under dagens situasjonsbeskrivelse og analyse må forbedringsområder, avvik og styrker belyses.

Beskrivelse av dagens situasjon og dagens situasjonsanalyse

Kravene som eksisterer for virksomheten, både fra DSA og interne krav, beskrives. Deretter følger en beskrivelse av hvordan de brukes innenfor hvert vurderingsområde.

Beskrivelsen av hvordan kravene blir brukt skal bare fokusere på det som gjøres, og hvordan det gjøres, på arbeidet. Hjelpemidler er styringssystemet med rutiner og instruksjoner, som kan suppleres med intervjuer og workshops. Ingen vurdering foretas på dette stadiet, men rene beskrivelser av virksomheten slik den gjennomføres i dag.

Kravbildet og gjeldende situasjonsbeskrivelse rapporteres i områderapporten.

Analyse av nåsituasjon

Den nåværende situasjonsanalysen vurderer om og hvordan anlegget og driften innenfor hvert vurderingsområde oppfyller både myndighetskrav og interne krav på tidspunktet for analysen. Vurderingen må begrunnes med velbegrunnet argumentasjon og eksempler fra virksomheten. Identifiserte avvik rapporteres sammen med foreslåtte tiltak.

Den nåværende situasjonsanalysen er basert på dataene som ble produsert under beskrivelsen av dagens situasjon og situasjonsanalyse, og følger videre fra den.

Fremtidsanalyse

Fremtidsanalysen gjøres for hvert vurderingsområde, men bør være basert på et prosjektomfattende bilde av hva fremtiden er og hvordan den påvirker anlegget. Fremtidsanalysen må vise hvordan kravene kan oppfylles i den kommende perioden og at det er forhold, metoder, kapasitet, teknologi osv. for å forhindre mangler som kan oppstå i barrierer. En analyse av omverdenen gjennomføres til støtte for vurderingen av om det er sannsynlig at arbeidet vil bli påvirket utenfra av en eller annen hendelse, nye krav, strengere krav osv.

Samlet vurdering og forslag til handlingsprogram

Med områderapportene som grunnlag må det foretas en sammenfattende totalvurdering. Det vurderes dels hvordan anlegget oppfyller gjeldende krav, dels vilkårene for drift med full sikkerhet frem til neste vurdering. Den samlede vurderingen dokumenteres i en hovedrapport, som er strukturert slik at vurderingsområdene i henhold til DSA lett kan identifiseres.

Den samlede vurderingen bør gjøres av en gruppe tekniske eksperter på de aktuelle områdene. Dette kan være prosjektlederteamet med forsterkning av ekstra ressurser om nødvendig.

Den samlede vurderingen må knytte sammen det ferdige arbeidet, og trekke de endelige konklusjonene. Den må også kontrollere at kravene til PSR i henhold til DSA er oppfylt. I tillegg til områderapporter og referanser til dem, skal vurderingen støttes av myndighetens dokumentasjon angående krav, omfang og metode for PSR, inkludert myndighetens uttalelse om tidligere PSR og eventuelle pålegg ved anlegget.

Konklusjonene fra den samlede vurderingen dokumenteres i hovedrapporten. Den samlede vurderingen kan føre til at områderapportene må revideres.

Vurderingsprosessen inkluderer også vurdering av avvik og foreslåtte tiltak som er nødvendige eller ønskelige for å opprettholde eller forbedre sikkerheten. Avvik og tiltak må prioriteres og det skal produseres en tidsplan for gjennomføring, som rapporteres i det foreslåtte handlingsprogrammet. Organisasjonen (ledergruppen) bør involveres i arbeidet med handlingsprogrammet for å forankre handlingsforslagene som PSR resulterer i.

Ved vurdering av de foreslåtte tiltakene må det tas hensyn til eventuelle avhengigheter mellom forskjellige forslag. Hvis det identifiseres tiltak som anses å øke sikkerheten, og som er rimelig praktiske å gjennomføre, må disse tiltakene iverksettes uten å vente på at PSR skal fullføres.

10 Pågående arbeid innen Prosjekt KLDRA

Våren 2021 startet arbeidet med å utvikle modeller og scenarier for å kunne utføre beregninger med beregningsprogrammet Ecolego. Ecolego brukes til å gjennomføre sikkerhets- og risikovurderinger i nukleær industri, inkludert sikkerhetsvurderinger av atomanlegg, medisinske, industrielle og forskningsanlegg for fredelig bruk av radioisotoper og anlegg for håndtering av radioaktivt avfall. Med Ecolego kan det opprettes dynamiske modeller for å simulere utslipp basert på forskjellige scenarier. I februar ble det avholdt opplæring i Ecolego med deltakere fra IFE og NND.

To grunnleggende modeller er i utviklingsstadiet [27]:

- Modell for analyse av scenarier for menneskelig inntrenging
- Modeller for radiotoksisitet og nuklidetransport

Modellene i Ecolego har biblioteker med dagens radionuklideinventar i KLDRA og henfallsseriene til disse nuklidene. Radiotoksisitet vurderes og er et mål på den potensielle radiologiske risikoen for radionuklider i avfallet. Radionuklidetransport i porøse medier, slik som sarkofager som inneholder avfallet, skjer gjennom adveksjon (vannstrømmer som fører oppløste radionuklider) og diffusjon.

Det arbeides med å lage disse grunnleggende modellene og gjøre noen foreløpige beregninger. Dette arbeidet gir grunnlag for fortsatt arbeid med ny sikkerhetsstudie og vurdering av sikkerhetskonsept for KLDRA.

11 Tiltaksplan – anbefalinger og forslag til fortsatt arbeid

11.1 Handlingsforslag – Bakgrunn

Rapportens forslag til tiltak presenteres samlet i denne delen. Tiltakene er basert på konsesjonskravene i samsvar med DSAs konsesjonsvilkår, internasjonale standarder (IAEA) og internasjonal praksis.

Prosjekt KLDRA anbefaler IFE og NND å innlede en dialog om prosjektets foreslåtte tiltak. En dialog anbefales også å starte med DSA basert på hva rapporten beskriver med hensyn til sikkerhetskonsepter, tritiumproblemer og KLDRA's relativt høye andel av langlivede nuklider i deponert avfall. Erfaring fra prosjekter i Sverige, for eksempel, viser at det er en suksessfaktor at prosjektene har en dialog med ansvarlige myndigheter på et tidlig tidspunkt, og at dialogen fortsetter i løpet av prosjektene.

Videre anbefales det at arbeidet skjer i prosjektform ved å revidere prosjekt KLDRA's prosjektmandat med hensyn til den foreslåtte handlingsplanen.

I henhold til SSG-23 punkt 4.6 skal SARs formål være å demonstrere:

- Innarbeiding av relevant informasjon på en strukturert, sporbar og transparent måte som viser forståelse av deponiets funksjon og kapasitet i perioden etter stenging
- Identifisering av usikkerhet i deponiets funksjon og kapasitet, analyse av betydningen av usikkerhet og identifisering av metoder for håndtering av betydelig usikkerhet.
- Demonstrasjon av langsiktig sikkerhet ved å gi rimelig sikkerhet for at deponiet vil fungere på en måte som beskytter menneskers helse og miljøet.
- Støtte den trinnvise beslutningsmetoden for utvikling av deponi
- Tilrettelegge for kommunikasjon mellom interessenter om spørsmål knyttet til deponiet

I neste utgave av KLDRA's SAR (sikkerhetsstudie), bør den eksisterende SAR omarbeides fullstendig i samsvar med internasjonale standarder. En ny SAR for KLDRA foreslås bli utviklet frem mot 2025:

- Oppdatere innholdet i SAR i tråd med moderne krav. Spesielt vil omfanget av SAR øke til å omfatte tilstrekkelig informasjon for å muliggjøre uavhengig gjennomgang. En selvberende rapport som vil inneholde en stor mengde informasjon med detaljnivå i samsvar med formålet
- Parallelt, analysere de to sikkerhetskonseptene som er beskrevet i kapittel 4 og deres innvirkning på anleggsstenging og langsiktig sikkerhet. En av de viktigste resultatene av SAR vil være å vurdere fordeler og ulemper ved hvert sikkerhetskonsept og å identifisere det beste alternativet
- Vurdering av konsekvensene av å konvertere hall 1 i KLDRA fra et lager til et deponi. SAR vil kontrollere om denne endringen er mulig
- Vurdering av konsekvensene av å øke KLDRA's kapasitet ved å bygge flere haller og bygge ytterligere sarkofager som foreslått i kapittel 8. Ny SAR for KLDRA vil vise om utvidelse av KLDRA er mulig
- Kapittel 8 beskriver to alternativer for KLDRA's utvidelse og kostnadene er beregnet. Det ville være veldig tidseffektivt og arbeidsbesparende, dvs. kostnadsbesparende, å velge alternativer for utvidelsen av KLDRA før arbeidet med den nye SAR begynner.
- Estimering av maksimal aktivitet for hver radionuklide som kan deponeres i KLDRA og maksimal spesifikk aktivitet i alle avfallspakker som godtas for deponering i KLDRA.

Resultatene av SAR vil bli brukt til å produsere en rapport om avfallsakseptkriterier (WAC). Grensene for den deponerte aktiviteten og den spesifikke aktiviteten som er bestemt i SAR vil bli inkludert i WAC. Tilstedeværelsen av stoffer som kan svekke deponiets funksjon vil være begrenset og inkludert i WAC (f.eks. organiske stoffer og kompleksdannere eller eksplosive materialer).

Resultatene av den tekniske tilstandsanalysen av KLDRA må oppsummeres i en tiltaksplan. Det må gjøres av prosjekt tilstandsanalyse byggverk.

Avsnitt 4.4 beskriver problemet med tritiumutslipp fra KLDRA. Ytterligere analyser og tiltak anses å være nødvendige. Blant annet supplerende målinger i KLDRA og inngående analyser, inkludert dialog med myndigheter. Dette krever tett samarbeid med IFE-NUK.

Det foreslås at det gjennomføres en periodisk sikkerhetsgjennomgang (PSR) i samsvar med DSAs generelle konsesjonsvilkår 22. Hensikten er å lage et sikkerhetsprogram og et aktuelt bilde av anlegget og driften i tråd med intensjonen med PSR. Et forslag til metodikk er presentert i avsnitt 9. Dette krever en tett og åpen dialog og tett samarbeid med IFE. Det bør oppnevnes en arbeidsgruppe så snart som mulig. Arbeidsgruppen skal bestå av kompetanse fra de forskjellige kompetanseområdene beskrevet i avsnitt 9.

Referanse [28] og de respektive delene av denne rapporten gir informasjon på et detaljert nivå om delene som inngår i tiltaksplanen som er beskrevet i 11.2.

11.2 Tiltaksplan – Sammendrag

Denne rapporten presenterer en foreslått arbeidsflyt for utvikling av neste sikkerhetsstudie for KLDRA. Forslaget inneholder alle aktivitetene som trengs for å utvikle en moderne sikkerhetsstudie for KLDRA.

Tekniske tillatelsesanalyser må gjøres mer detaljert med hensyn til observasjonene og avvikene som er beskrevet i disse rapportene. Spesielt observasjonene og avvikene knyttet til sarkofager og dreneringssystemer. Dette bør da utgjøre grunnlag for de nødvendige tiltakene for en sikker drift på kort og lang sikt. Dette er imidlertid ikke beskrevet i figur 11-1, men må utvikles så snart som mulig.

En tids- og aktivitetsplan er utarbeidet under forutsetning av at arbeidet starter 1. januar 2022 og en ny sikkerhetsstudie forventes å være klar innen 31. desember 2024. Det er et omfattende arbeid å utvikle en ny sikkerhetsstudie i tråd med kravene fra DSA og som er basert på internasjonal praksis.

Hovedårsaken til at det vil ta lang tid er at en komplett sikkerhetsstudie må utføres sekvensielt (f.eks. trenger den langsiktige sikkerhetsvurderingen resultatene fra den hydrogeologiske modellen og rapporten om barriereutvikling, og å vurdere barriereutviklingen trenger resultatene av den hydrogeologiske modellen).

Prosjekt KLDRA anbefaler at det utvikles en ny sikkerhetsstudie i prosjektform med ressurser og kompetanser som har erfaring fra arbeid med sikkerhetsstudier. Det vurderes at hovedsakelig eksterne ressurser og kompetanser må brukes. Imidlertid kreves det naturligvis ressurser fra IFE som kjenner anlegget og har historikken og tilgang til relevant informasjon (tegninger, bildemateriale og andre dokumenter). For eksempel trenger arbeidet med en ny sikkerhetsstudie et grunnlag for å kunne lage modeller av KLDRA, lage analyser og beregninger.

Følgende oppgaver må utvikles av IFE som grunnlag for en ny SAR:

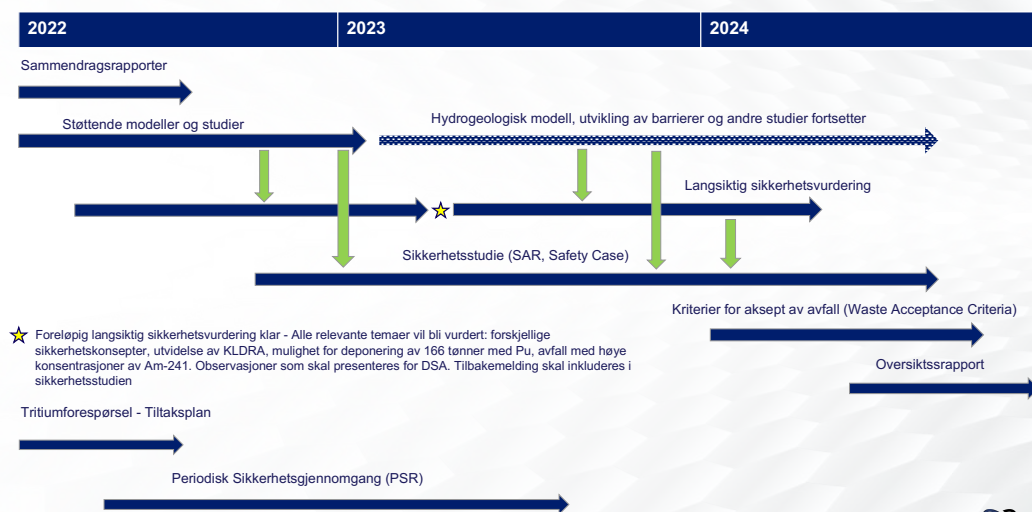
- Lage en rapport med historiske avfallsdata i KLDRA.
- En detaljert anleggsbeskrivelse må lages. Utgangspunktet kan være fra den oppdaterte SAR og kapitlene 4,5 og 10 – Anlegg og hjelpestrukturer. I denne delen må anlegget dermed beskrives hvordan det er bygget og en beskrivelse av en mulig utvidelse. Rapporten må inneholde tegninger og bilder.
- En drifts- og vedlikeholdsrapport må lages som beskriver driften i KLDRA, men også på Radavfall. Rapporten må inneholde informasjon om hvordan en mulig utvidelse av KLDRA påvirker driften av KLDRA.
- En detaljert områdebeskrivelse må lages. Utgangspunktet kan være fra det oppdaterte SAR kapittel 3 - Områdebeskrivelse. I denne delen må området rundt KLDRA beskrives detaljert. For eksempel må følgende deler inkluderes: geografi, egenskaper i fjellet (sprekker og formasjoner), dyr og planter, befolkning og demografi, områder å besøke og streife omkring, samt mulig jakt, vannbrønner, seismologi og hydrogeologi. Arbeidet bør holdes sammen av en ressurs fra IFE som må tilegne seg kompetanse fra de ulike delområdene.

Arbeidet med den nye sikkerhetsstudien kan deles inn i følgende hovedtrinn:

1. Arbeid med grunnlagsrapporter som nevnt ovenfor
2. Utvikling av beregningsmodeller og nødvendige studier:
 - a. Hydrogeologisk modell
 - b. Klimarapport med framtidsscenarier for fremtidig klima
 - c. Nedbrytning av barrierer – for eksempel betong (plastøpt og fuget), fjell og andre konstruksjoner
3. Utvikling av alternative eller alternative sikkerhetskonsepter, utvikling av metodikk, analysevalg og beregninger
4. Utvikling av akseptkriterier for deponert avfall (WAC)
5. Oppsummerende rapporter som danner grunnlaget for gjennomgang/høring når det gjelder teknologi og kvalitet

Aktivitetene er beskrevet mer detaljert i [28], avsnitt 4.4 og kapittel 9 og i figur 11-1.

Prosjekt KLDRA – Forslag til tidsplan – Ny sikkerhetsstudie og nytt forslag til sikkerhetskonsept og videre arbeid



Figur 11.1 – Oversiktlig tidsplan for KLDRA Sikkerhetsstudie

12 Konklusjon

Prosjekt KLDRA har gjennomgått SAR for KLDRA med sikkerhetsanalyser og referanser og andre dokumenter. Resultatene av gjennomgangen viser at KLDRA's sikkerhetskonsept ikke oppfyller alle kravene i IAEAs regelverk og internasjonal praksis. Det er behov for tiltak og prosjekt KLDRA's forslag er at minst ett alternativt sikkerhetskonsept for KLDRA evalueres parallelt med det eksisterende sikkerhetskonseptet, der konseptets fordeler og ulemper blir analysert og evaluert i en sikkerhetsvurdering i et langsiktig perspektiv. Etter evaluering tas det en beslutning om en mulig endring i sikkerhetskonseptet.

KLDRA's SAR ble forbedret i 2020 når det gjelder struktur og innhold sammenlignet med tidligere versjoner. Imidlertid gjenstår flere utbedringsbehov. Disse er samlet i avsnitt 6. Denne rapporten presenterer et forslag til en oppdatert eller ny SAR for KLDRA basert på IAEAs regelverk og internasjonal praksis for lignende anlegg.

Teknisk tilstandsanalyse har blitt utført med befaring i KLDRA. Omfanget har vært begrenset på grunn av covid-19-situasjonen og tilgang til tegninger, bildemateriell og andre dokumenter. Tilstandsanalysen ble også forsinket, hvilket generelt har begrenset kvaliteten. Observasjonene er beskrevet i avsnitt 7, hvor mange systemer har behov for større vedlikeholdsarbeid eller å erstattes. Det har blitt gjort observasjoner knyttet til tilstanden til betongen i anlegget. Dette må undersøkes, analyseres og ytterligere vurdert.

Resultatene fra teknisk tilstandsanalyse viser at de mest alvorlige avvikene som er identifisert, gjelder for lokale rustangrepp på armering som kan påvirke nærliggende betongs egenskaper og at dreneringssystemet ikke virker som beregnet.

Det ser ut til at inaktiv drenering ikke fungerer som tiltenkt fordi grunnvannlekkasjen til anlegget går ikke ut via inaktiv drenering, men passerer ut via portene til hall 1-4. Dette er ikke i tråd med KLDRA's sikkerhetskonsept og bør analyseres videre. Dette er en mulig forklaring på at det har blitt detektert H-3 i vannet ved utløp av adkomststunneldrenering. Statusen på dreneringssystemet må undersøkes ytterligere for å klargjøre omfanget og hvilke tiltak som er nødvendige. Dette er en viktig forutsetning for sikkerhetsanalysen som skal gjennomføres i forbindelse med en ny SAR.

Teknisk tilstandsanalyse viser at noen av systemene må skiftes ut eller vedlikeholdes i stort omfang.. Samlet sett estimeres kostnadsoverslaget for de nødvendige tiltakene basert på teknisk tilstandsanalyse på 9 millioner kroner. Dette kostnadsestimatet må anses som foreløpig og vil sannsynligvis øke med grundig teknisk tilstandsanalyse. Dette er ikke noe som påvirker sikkerheten på kort sikt, men tiltak er nødvendige snarest mulig.

Rapporten foreslår også en rekke tiltak som må gjøres i forbindelse med blant annet tritiumutslipp, rapportering til myndigheter og sikkerhetskultur. Utslipp av tritium til omgivelsene må kvantifiseres og konsesjonen for KLDRA må endres for å få tillatelse til utslipp av H-3 til omgivelsene. Organisasjonen anses også å måtte styrke den eksterne overvåkingen med hensyn til nye krav, nye tilnærminger og ny teknologi.

Prosjekt KLDRA presenterer et forslag om å gjennomføre en periodisk sikkerhetsgjennomgang. Dette er et krav iht. DSAs generelle vilkår og har aldri tidligere blitt gjennomført. Prosjekt KLDRA anbefaler på det sterkeste at dette gjennomføres som grunnlag for konsesjonssøknaden.

En mulig utvidelse av KLDRA presenteres i rapporten. To alternativer på konseptnivå er utviklet og investeringskostnadene er beregnet. Prosjekt KLDRA har evaluert de to alternativene og konklusjonen er at bare ett alternativ er mulig å gjennomføre. Kostnadsberegningen har en feilmargin + 50% / - 30% og oppsummeres til 580 millioner kroner.

Før neste trinn tas i arbeidet med KLDRA's utvidelse, bør det produseres et kravdokument. Kravdokumentet skal danne grunnlaget for videre prosjekteringsarbeid som skal baseres på et kravbilde etablert av DSA, og i tilfeller der det ikke er tilstrekkelig kravbilde, bør IAEA-regelverket ligge til grunn i et slikt kravdokument.

Prosjekt KLDRA vurderer at KLDRA er sikkert så lenge normal drift pågår og vedlikehold, kontroll og tilsyn ivaretas. Avvikene som ble oppdaget i forbindelse med teknisk tilstandsanalyse kan ha noen innflytelse på dagens drift når analysen viser at dreneringssystemet ikke har den tilsiktede funksjonen. De fleste avvikene for øvrig som er observert er knyttet til KLDRA's sikkerhet etter lukking og etter institusjonell kontroll. Med de foreslåtte tiltakene vil KLDRA være en viktig del av Norges atomavfallsprogram.

Prosjektet foreslås videreført for å fortsette arbeidet i en ny fase der de foreslåtte tiltakene presentert i denne rapporten blir transformert til konkrete tiltak før innsendelse av konsesjonssøknad til DSA. Et viktig poeng er at prosjektet som helhet vurderer at tiltakene er relativt omfattende og har mange avhengigheter av andre prosjekter og aktiviteter. Dermed blir tidsplanen ansett som en stor utfordring for å nå målene. Prosjekt KLDRA's forslag til tidsplan og aktiviteter bør settes i en sammenheng med andre prosjekter og aktiviteter innen NND og IFE for en endelig vurdering av hva som er realistisk når det gjelder tidsplanen.

13 Referanser

- [1] Prosjektmandat NND-IFE – Prosjekt KLDRA, versjon 1.2, 2020
- [2] AEA work from 1996/1998 – AEA Sikkerhetsanalyse for foreslått kombinert deponi og lagrer for lav-og middles radioaktivt avfall i Himdalen
- [3] SAR fra 1998 – 93046 KLDRA Himdalen Konsesjonsbehandling, Statsbygg/Grøner
- [4] IFE Report IFE/I-2011/011 – Revidert metode for kontroll av funksjonskrav for KLDRA-Himdalen (Revised method for checking functional requirements for KLDRA-Himdalen), 28 februar 2011
- [5] Safety Assessment Report (SAR) fra 2013 – Sikkerhetsrapport – Drift av kombinert deponi og lager for lav- og middels radioaktivt avfall i Himdalen. IFE Report KP-11-285, rev. 1
- [6] Oppdatert SAR KLDRA datert 01.01.2021, kapitel 1-20
- [7] KLDRA Himdalen SAR 1 – Introduksjon og generell beskrivelse, DOCUS-ID 48009, 01.01.21
- [8] KLDRA Himdalen SAR 4, 5 og 10 – Bygg, anlegg, støttesystemer, DOCUS-ID 41722, 01.01.21
- [9] 219-002-F-Z-00001 – Comments to the KLDRA Himdalen Safety Reports and Recommendations for the Next Iteration of the Safety Case, Empresarios Agrupados Internaciona (EAI), issue 1, 2021
- [10] Radioaktivt avfall og utslipp av radioaktive stoffer fra drift av anlegg på IFE Kjeller 2019.pdf
- [11] Kontroll av radionuklider i dreneringsvann og miljøprøver fra KLDRA Himdalen 2019.pdf
- [12] Tritium i KLDRA 210323.pptx, Rajdeep Singh Sidhu, NND
- [13] 1525312-R2 – Tilstandskontroll av fjellanlegg og bergrom, Golders Associates, 2016
- [14] DSA report no 8 – Joint Convention on safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste management – National Report of the Kingdom of Norway to the seventh Review Meeting, 2020
- [15] Project KLDRA – Review Comments on DSA Joint Convention Report 2020
- [16] 219-002-C-EAI-NND-00001 – Comments/suggestions of Empresarios Agrupados Internacional (EAI) about H-3 presence in water and air of KLDRA Himdalen, 2021
- [17] International Atomic Energy Agency WATRP Review Team – Norwegian work on establishing a combined storage and disposal facility for low and intermediate level waste – Vurdering av det planlagte kombinerte lager og deponi for radioaktivt avfall i Himdalen, 1995
- [18] IAEA – Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities, Results of a co-ordinated research project, Volumes 1 and 2, 2004
- [19] Proposal for a Directive of The European Parliament and of The Council on the quality of water intended for human consumption, 2017

- [20] Proposal for a Council Directive laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption, 2013
- [21] 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Annals of the ICRP, Publication 60, Pergamon Press, Oxford and New York, 1991
- [22] 2100624-2021-001-21210611 – Tilstandsanalyser av byggverk – Himdalen (KLDRA), WSP Norge AS, 2021
- [23] 2100624 -RIBR02, Brannteknisk tilstandsanalyse KLDRA – Himdalen, WSP Norge AS, 2021
- [24] RiGeo-001 – Tilstandsanalyser av byggverk Rapport Himdalen (KLDRA), Ingeniørgeologi og hydrogeologi, versjon 01, Norconsult AS, 2021
- [25] Expansion of Himdalen, cost estimation 2021, Technical Memorandum by AINS Group, 2021
- [26] Concept Description for Norwegian National Disposal Facility for Radioactive Waste Technical Report by AINS Group, 2021
- [27] 219-002-F-Z-00002 – Development of models for KLDRA Himdalen using Ecolego, Empresarios Agrupados Internacional (EAI), issue 1, 2021
- [28] 219-002-F-Z-00002, Work Proposal for the Next Iteration of the Safety Case of KLDRA Himdalen, Empresarios Agrupados Internacional (EAI), issue 1, 2021