

IFE/KR/F-2012/130



Vurdering av alternativ for  
deponering av radioaktive  
masser fra Søve gruver



Institutt for energiteknikk

Rapportnummer IFE/KR/F-2012/130	Tilgjengelighet KONFIDENSIELL	Revisjonsnummer	Dato 15.09.2012
Klient/ Klient-referanse Nærings- og handelsdepartementet v/Erlend Opstad	Tilgjengelighet denne side KONFIDENSIELL	Antall eksemplarer 7	Antall sider 30
Rapporttittel <p style="text-align: center; color: orange;">Vurdering av alternativ for deponering av radioaktive masser fra Søve gruver</p>			
Sammendrag  Institutt for energiteknikk har på oppdrag fra Nærings- og handelsdepartementet gjennomført en vurdering av hvor store masser som er kontaminert ved Søve gruver, samt beskrevet kostnader ved ulike deponeringsalternativer. Utgangspunktet for beregning av kostnader er at de mest aktive massene skal fjernes og deponeres i et deponi godkjent for mottak av materialet.  Fire deponeringsalternativ beskrives: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Stangenest NORM-deponi</li> <li>b) Langøya</li> <li>c) Delt løsning mellom Stangeneset og Langøya</li> <li>d) Nytt deponi i Nome kommune</li> </ul> <p>Per i dag er ingen av de nevnte alternativ klar til å motta avfallet. Det anbefales at opprydningsarbeidet ikke settes i gang før valgt deponeringsalternativ er klart til å motta det lavradioaktive materialet.</p> <div style="background-color: black; width: 100%; height: 20px; margin-top: 10px;"></div>		Distribusjon  Elektronisk: NHD IFE  Papir: NHD (4) Arkiv (2 kopier)  Bibliotek (1 kopi)	
	Navn	Signatur	
Utarbeidet av	Tore Ramsøy Paula Nunez Elisabeth Strålberg		
Kontrollert av	Ann-Helen Haugen		
Godkjent av	Steinar Backe		
Elektronisk arkivkode			

## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PRINSIPPER FOR DEPONERING AV RADIOAKTIVT MATERIALE</b> .....	<b>2</b>
2.1	HVA LIGGER I BEGREPET DEPONERING?.....	2
2.2	INTERNASJONALE ANBEFALINGER.....	2
<b>3</b>	<b>KARAKTERISERING AV MASSER</b> .....	<b>4</b>
3.1	OPPSUMMERING AV RADIOLOGISK KARTLEGGING AV OMRÅDET RUNDT SØVE GRUVER .....	4
3.1.1	SLAGGHAUGEN .....	4
3.1.2	VASKERIJORD .....	7
3.1.3	OMRÅDET MELLOM VASKERIJORDA OG SLAGGHAUGEN .....	8
3.1.4	AVGANGSDEPONIET.....	8
3.1.5	STRANDKANTEN.....	9
3.2	NYE MÅLINGER FORETATT I 2012.....	10
3.3	VOLUMBEREGNINGER OG -OVERSLAG.....	12
3.3.1	SLAGGHAUGEN .....	12
3.3.2	VASKERIJORD .....	14
3.3.3	AVGANGSDEPONIET.....	14
3.4	KRITERIER FOR KLASSIFISERING AV AVFALLET .....	14
<b>4</b>	<b>PRISOVERSLAG PÅ OPPGRAVING</b> .....	<b>17</b>
4.1	TILLEGGSKOSTNADER I FORBINDELSE MED RADIOAKTIVITET .....	18
<b>5</b>	<b>BESKRIVELSE AV DEPONERINGSALTERNATIV</b> .....	<b>18</b>
5.1	STANGENESET, SLØVÅG .....	18
5.2	LANGØYA .....	19
5.3	LOKALT DEPONI .....	20
<b>6</b>	<b>KOSTNADER VED ALTERNATIV A-D</b> .....	<b>22</b>
6.1	DEPONERINGSKOSTNAD (A-C) .....	22
6.2	UTREDNINGS- OG BYGGEKOSTNADER (D) .....	24
6.3	TRANSPORTKOSTNADER .....	25
6.3.1	VEGTRANSPORT FRA SØVE GRUVER TIL STANGENESET NORM-DEPONI.....	25
6.3.2	VEGTRANSPORT AV CONTAINERE FRA SØVE GRUVER TIL SKIEN KAI.....	25
6.3.3	SJØTRANSPORT AV CONTAINERE FRA SKIEN KAI TIL LANGØYA .....	25
6.4	MELLOMLAGRINGSKOSTNADER (A-D).....	25
<b>7</b>	<b>OPPSUMMERING OG ANBEFALINGER</b> .....	<b>27</b>
7.1	KOSTANDER OG USIKKERHET I DISSE .....	27
7.2	ANSLAG FOR NÅR DEPONI STÅR KLART OG USIKKERHET I DETTE .....	28
<b>8</b>	<b>REFERANSER</b> .....	<b>30</b>

## 1 Innledning

Søve gruver ligger ca 120 km sydøst om Oslo i Telemark. Fra 1650-talet og frem til 1927 ble Søve brukt til gruvedrift av jernmalm. I 1920 ble mineralet Søvitt oppdaget i området. Dette mineralet inneholder førhøyde nivåer av niob, uran, thorium og sjeldne jordarter. I perioden 1956-1965 drev Norsk Bergverk AS utvinning av ferroniob i Søve gruver. I produksjonsprosessen ble uran og thorium konsentrert i slagg som ble dumpet rett utenfor bygget der ferroniob ble produsert. I dag er slagget blandet med andre materialer og er delvis dekket til.

Statens strålevern ba i 1960 om midlertidig sikring av det radioaktive materialet fra Søve gruver, blant annet ved tildekking og advarselsskilt. Sikringen er i dag ikke lenger tilfredsstillende. Statens strålevern anser i dag at aktivitetsnivåene ved den nedlagte gruve er så høye at det må gjennomføres tiltak for permanent sikring av deler av restmaterialet.

Institutt for energiteknikk har på oppdrag fra Nærings- og handelsdepartementet gjennomført en vurdering av hvor store masser som er kontaminert ved Søve gruver, samt beskrevet kostnader ved ulike deponeringsalternativer. Utgangspunktet for beregning av kostnader er at de mest aktive massene skal fjernes og deponeres i et deponi godkjent for mottak av materialet.

Fire deponeringsalternativ beskrives:

- a) Stangeneset NORM-deponi
- b) Langøya
- c) Delt løsning mellom Stangeneset NORM-deponi og Langøya
- d) Nytt deponi i Nome kommune

Kostnader for deponering i henhold til alternativ a-d vil sammen med tidsaspekt og risiko gir beslutningstaker et grunnlag til å fatte en avgjørelse om hvilket alternativ som vil være å foretrekke, alle forhold tatt i betraktning.

Det er utført et estimat av volumet og vekt av radioaktive masser som skal fjernes fra slagghaug, vaskerijord og et mindre område nedenfor vaskerijorda.

## 2 Prinsipper for deponering av radioaktivt materiale

Et grunnprinsipp som alltid skal legges til grunn når radioaktivt materiale deponeres er at befolkningens helse og miljøet beskyttes i dag, samt at framtidige generasjoner ikke påføres utilbørlige byrder. Dette oppnås vanligvis ved å isolere materialet fra omgivelsene. Utslipp vil dermed begrenses og kunne kontrolleres.

### 2.1 Hva ligger i begrepet deponering?

Det internasjonale atomenergibyrået, IAEA, definerer deponering som at radioaktivt materiale permanent lagres i et deponi uten hensikt om at materialet senere kan tas ut igjen fra deponiet. Dette i motsetning til et lager hvor det legges til grunn at materialet skal kunne tas ut i framtiden.

### 2.2 Internasjonale anbefalinger

Radioaktivt avfall deles inn i kategorier avhengig av radionuklidekonsentrasjon, fysisk og kjemisk form. En oversikt over IAEAs avfallskategorier [1] er vist i tabell 1.

Tabell 1 Kategorier for radioaktivt avfall

	IAEA forkortelse	Beskrivelse
Unntatt avfall	EW	Under friklassingsgrense.
Svært kortlivet avfall	VSLW	Under friklassingsgrense etter få års lagring.
Svært lavaktivt avfall	VLLW	Lav aktivitetskonsentrasjon, egnet for deponi av type landfylling.
Lavaktivt avfall	LLW	Begrenset konsentrasjon av langlivede radionuklider, egnet for konstruert overflatenært deponi.
Middelaktivt avfall	ILW	Innhold av langlivede nuklider fordrer bedre isolasjon.
Høyaktivt avfall	HLW	Høy aktivitetskonsentrasjon og varmeutvikling. Deponering i dype, stabile geologiske formasjoner.

Det radioaktive materialet fra Søve gruver er av type NORM, det vil si naturlig forekommende radioaktivt materiale. De dominerende radionuklidene i materialet,  $^{238}\text{U}$  og  $^{232}\text{Th}$  har begge svært lang halveringstid på henholdsvis  $1,4 \cdot 10^{10}$  år og  $4,5 \cdot 10^9$  år. Dette vil som oftest innebære at materialet bør klassifiseres som «LLW» hvilket igjen betyr at løsningen bør være av type konstruert, overflatenært deponi.

Normalt vil lavaktivt radioaktivt avfall med et betydelig innhold av radioisotoper med lang halveringstid kreve deponering i et konstruert deponi. Situasjonen er imidlertid annerledes for NORM-materiale. Dette skyldes delvis pragmatiske vurderinger som at eksisterende LLW deponi ikke har tilstrekkelig kapasitet eller at det ikke er dekning for kostandene ved bruk av slike deponier. Det er imidlertid også slik at selve NORM-materialet kan ha egenskaper som motvirker utlekking til miljøet.

Det er dermed opp til nasjonale myndigheter, i Norge Statens strålevern, å avgjøre om et deponi av landfyllingstype er akseptabelt for alt materiale eller eventuelt deler av massene fra Søve gruver.

### 3 Karakterisering av masser

Fremstilling av legeringen ferroniob ved Søve gruver i perioden 1956-1965 har resultert i radioaktiv kontaminering av deler av området i umiddelbar nærhet til gruve, med forhøyde nivåer av radionuklider fra uran- og thoriumseriene.

Ved flere anledninger har det blitt prøvetatt i og rundt anlegget for kartlegging av hva kontamineringen består av og hvordan det er fordelt i de ulike områdene. IFE har vært involvert i flere av disse prosjektene, senest i perioden 2010-2011 gjennom et polsk-norsk forskningssamarbeid (PORANO) om radioaktiv forurensning i områder med gruvevirksomhet. En oppsummering av eksisterende data på doseratemålinger og radioaktivitetsinnhold i materialer samlet på området er gitt under.

Det er i hovedsak tre aktuelle områder med kontaminerte masser:

- Det mest kontaminerte området er slagghaugen, bestående av store og små slagglumper med til dels høye nivåer av uran, thorium og deres datterprodukter.
- Det andre aktuelle området er vaskerijorda, bestående av små partikler med radioaktivt materiale fordelt i jordmassene.
- Det siste området er deler av avgangsdeponiet der man finner slagglumper som har trillet ned fra slagghaugen

#### 3.1 Oppsummering av radiologisk kartlegging av området rundt Søve gruver

Eksisterende data har blitt sammenfattet under, delt opp etter de ulike områdene som er kartlagt og hvilke metoder som er blitt brukt. Relevante resultater fra det polsk-norsk forskningssamarbeidet er også inkludert i oppsummeringen.

##### 3.1.1 Slagghaugen

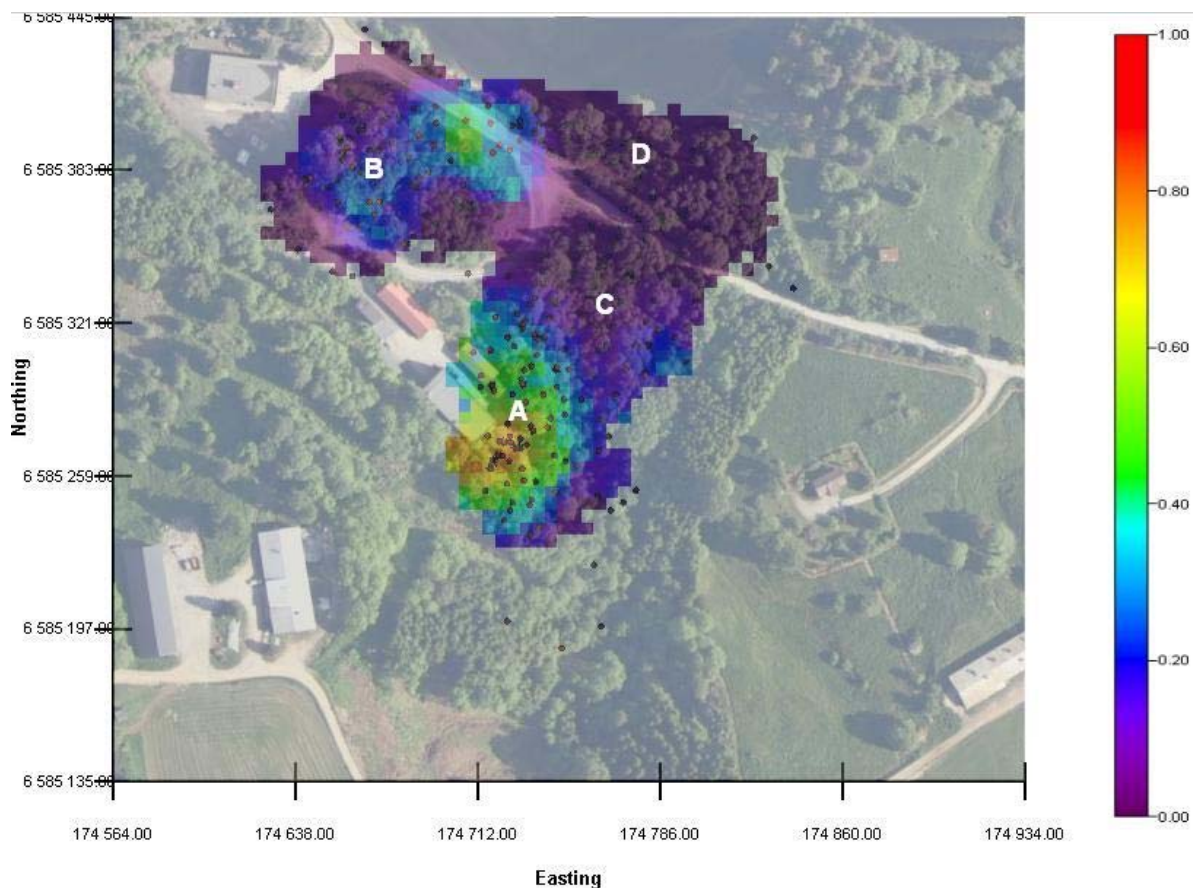
Slagghaugen er det området ved Søve gruver der det måles høyest doserater. Undersøkelser gjort i 2006 [2] og 2008 [3] har visst at aktiviteten ikke er jevnt fordelt og at den radioaktive forurensningen forekommer både i form av store klumper slagg som ligger strødd øver skråningen og noen steder som pulverisert slagg. Figur 1 viser slagghaugen sett fra nedsiden.



*Figur 1 Slagghaugen sett fra nedsiden. Ferroniob produksjonen foregikk i bygningen i bakgrunnen. Denne rommer i dag AS Ulefoss Mekaniske.*

Aktivitetmengden kan ikke bestemmes med mobile doserate- eller gamma-spektrometrimålinger grunnet den ujevne fordelingen. Et sannsynlighetskart generert av Statens strålevern i forbindelse med det polsk-norske prosjektet PORANO [4] gir derimot en idé om områdets størrelse, se område A markert i figur 2. Kartet angir sannsynligheten for å overskride én gitt doserateverdi, i dette tilfellet  $0,4 \mu\text{Sv/h}$ , og er basert på doseratemålinger i hele gruveområdet.





Figur 2 Sannsynlighetskart for å overskride 0,4 µSv/h. De ulike områdene er merket med A: slagghaug, B: vaskerijord, C: avgangsdeponi og D: strandkant

Målingene utført i 2006 [2] tyder på tilnærmet likevekt i både Th- og U-seriene, se tabell 2. Forholdet  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  er ikke konstant, hvilket innebærer at det for nøyaktige aktivitetsbestemmelser vil være nødvendig å måle bidragene fra begge seriene.

Tabell 2 Innhold av naturlig radioaktivitet (Bq/g ferskvekt) i prøver fra slagghaug. Usikkerheten er gitt som to standardavvik.

	$^{238}\text{U}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{210}\text{Pb}$
Liten slagghklump	66 ± 14	55 ± 8	60 ± 40
Stor slagghklump	9,6 ± 0,5	9,3 ± 1,4	8,6 ± 1,2
Jord	0,16 ± 0,05	0,18 ± 0,03	0,17 ± 0,07
	$^{232}\text{Th}$	$^{228}\text{Ra}$	$^{228}\text{Th}$
Liten slagghklump	54 ± 10	74 ± 4	74 ± 3
Stor slagghklump	29,0 ± 1,8	29,1 ± 0,9	27,1 ± 0,8
Jord	0,18 ± 0,04	0,204 ± 0,025	0,192 ± 0,012

Også i 2008 [3] ble det gjort analyser på aktivitetsinnholdet i slag fra slagghaugen, se tabell 3. Resultatene er i samsvar med tidligere målinger.  $^{226}\text{Ra}$  antas å være i likevekt med  $^{238}\text{U}$  og  $^{228}\text{Ra}$  i likevekt med  $^{232}\text{Th}$ .

*Tabell 3 Innhold av radiumisotoper (Bq/g tørrvekt) i prøver fra slagghaug. Usikkerheten er gitt som to standardavvik.*

	$^{226}\text{Ra}$	$^{228}\text{Ra}$
<b>Slagg punkt 1, dybde 0,65 m</b>	42,5 ± 2,6	58,4 ± 2,3
<b>Slagg punkt 1, dybde 1,4 m</b>	22 ± 4	22,0 ± 2,0
<b>Slagg punkt 2, dybde 0 m</b>	5,0 ± 0,5	22,6 ± 0,8
<b>Slagg punkt 2, dybde 0,6 m</b>	0,311 ± 0,019	0,376 ± 0,023
<b>Slagg punkt 3, dybde 0,5 m</b>	9,27 ± 0,19	28,7 ± 0,9
<b>Slagg punkt 3, dybde 2,0 m</b>	85 ± 9	66 ± 3

### 3.1.2 Vaskerijord

Undersøkelser utført i 2006 [2] viste at det radioaktive materialet i vaskerijorda forekommer i hotspots, det vil si at det er ikke jevnt fordelt over hele området. Dette har i det videre arbeidet utelukket bruk av enkle mobile doseratemålinger eller mobil gammaspektrometri for å bestemme aktivitetsmengden. Alle slike estimer må i stedet baseres på laboratoriemålinger og andre typer vurderinger av mengden masser.

Analysene utført i 2006 viste også at materialet er finfordelt og at det er tilnærmet radioaktiv likevekt i både Th- og U-serien, se tabell 4. Forholdet  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  er derimot ikke konstant, hvilket innebærer at det for nøyaktige aktivitetsbestemmelser vil være nødvendig å måle bidragene fra begge seriene.

*Tabell 4 Innhold av naturlig radioaktivitet (Bq/g ferskvekt) i prøver fra vaskerijord. Usikkerheten er gitt som to standardavvik.*

	$^{238}\text{U}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{210}\text{Pb}$
<b>Vaskerijord 1</b>	10,9 ± 2,2	12,5 ± 1,8	13,6 ± 1,4
<b>Vaskerijord 2</b>	5,2 ± 0,3	3,3 ± 0,5	2,68 ± 0,25
<b>Vaskerijord 3</b>	1,0 ± 0,5	0,88 ± 0,04	0,89 ± 0,14
	$^{232}\text{Th}$	$^{228}\text{Ra}$	$^{228}\text{Th}$
<b>Vaskerijord 1</b>	15,4 ± 1,8	18,8 ± 0,8	19,5 ± 0,8
<b>Vaskerijord 2</b>	7,7 ± 0,5	8,65 ± 0,29	8,28 ± 0,24
<b>Vaskerijord 3</b>	1,0 ± 0,6	0,99 ± 0,07	1,08 ± 0,05

I forbindelse med det polsk-norske prosjektet PORANO, ble området ytterligere kartlagt med doseratemålinger i 2010. Resultatene gir en god indikasjon på hvor det ligger hotspots, men kan altså ikke si noe om aktivitetsmengden. Et sannsynlighetskart genert av Statens strålevern i forbindelse med PORANO [4] gir derimot en idé om områdets størrelse, se område B i figur 2.

For å kartlegge hvor store mengder masser som må fjernes i forbindelse med en dekontaminering av området, har det i 2012 blitt utført ytterligere målinger av aktivitetsinnhold, se kapittel 3.2.

### 3.1.3 Området mellom vaskerijorda og slagghaugen

Området mellom vaskerijorda og slagghaugen ble kartlagt med doseratemålinger både i 2006 [2] og under det polsk-norske prosjektet PORANO, se området mellom A og B i figur 2.

Området viser ikke noen forhøyet doserateverdier og fjerning av masser fra dette området vurderes derfor ikke å være nødvendig. Eventuell radioaktiv kontaminering som måtte finnes her er så lav at den ikke gir bidrag til økt doserate sammenliknet med områdene tilstøtende Søve gruver.

### 3.1.4 Avgangsdeponiet

Avgangsdeponiet, i noen av undersøkelsene også kalt lagunen, er området mellom slagghaugen og Norsjø, se område C i figur 2.

I avgangsdeponiet forekommer det enkelte slagglumper, men området består ellers mest av jord og eventuell kontaminering fra avrenning fra slagget og fra slagghaugen. De slagglumper som er til stede kommer fra slagghaugen og aktivitetsinnholdet i dem vil derfor være likt eller sammenlignbart med det som er målt i slagglumper fra slagghaugen.

Undersøkelse av jordprøver fra avgangsdeponiet i 2008 [3] viste noe forhøyet forekomst av  $^{228}\text{Ra}$ , en av datternuklidene til  $^{232}\text{Th}$ . Området ble derfor ytterligere kartlagt i forbindelse med det polsk-norske prosjektet PORANO (ikke publiserte data). Resultatene derfra bekrefter tidligere funn, se tabell 5. Det ble ikke gjennomført målinger av uran og thorium, kun gammaspektrometri for bestemmelse av radiumisotoper.

Tabell 5 Innhold av radiumisotoper (Bq/g tørrvekt) i prøver fra avgangsdeponiet, utdrag fra det polsk-norske prosjektet PORANO i 2010. Usikkerheten er gitt som to standardavvik.

	$^{226}\text{Ra}$	$^{228}\text{Ra}$
Jord	0,090 ± 0,012	0,217 ± 0,011
Jord	0,109 ± 0,017	0,419 ± 0,023
Jord gangsti	0,093 ± 0,020	0,183 ± 0,010
Jord gangsti	0,120 ± 0,018	0,234 ± 0,016
Jord skog	0,070 ± 0,016	0,198 ± 0,010
Jord (bakgrunn skog)	0,046 ± 0,005	0,057 ± 0,005
Jord intil slaggklump	0,123 ± 0,021	0,235 ± 0,011
Sediment/sand nedstrøms fra slaggklump	0,115 ± 0,019	0,217 ± 0,015
Jord	0,063 ± 0,015	0,166 ± 0,012
Jord oppstrøms fra avgangsdeponi (bakgrunn)	0,044 ± 0,011	0,091 ± 0,004
Sand	0,331 ± 0,014	0,353 ± 0,024

Alle oppmålte verdier er likevel under grensen for hva som defineres som radioaktivt avfall i Forskrift om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall (1 Bq/g for  $^{228}\text{Ra}$ ). Det vurderes derfor at generelle masser fra dette område ikke skal graves opp, men at slaggklumper som påvises ved målinger på stedet må fjernes.

### 3.1.5 Strandkanten

Strandkanten nærmest avgangsdeponiet ble undersøkt i 2008 [3]. Sedimentprøver og overflatevann viste ingen tegn til kontaminering.

Området ble ytterligere kartlagt i forbindelse med det polsk-norske prosjektet PORANO (ikke-publiserte data). Resultatene av analyse av jordprøvene herfra bekrefter at området ikke er kontaminert, se tabell 6 (ikke publiserte data).

Tabell 6 Innhold av radiumisotoper (Bq/g tørrvekt) i prøver fra strandkanten, utdrag fra det polsk-norske prosjektet PORANO i 2010. Usikkerheten er gitt som to standardavvik.

	$^{226}\text{Ra}$	$^{228}\text{Ra}$
Jord	0,078 ± 0,009	0,115 ± 0,013
Sediment ved bekkeutløp	0,199 ± 0,010	0,215 ± 0,011

### 3.2 Nye målinger foretatt i 2012

I forbindelse med oppdraget fra NHD om bistand til opprydningsarbeidet, ble det i august 2012 gjennomført en befaring i området med deltakere fra Multiconsult og IFE. Hensikten med befaringen var blant annet å forsøke å avgrense dybden for vaskerijorda.

I forbindelse med tidligere undersøkelser i området, har det blitt gravet en grøft over deler av vaskerijorda der tykkelsen på løsmassene er størst, se figur 3. Nordenden av grøfta samsvarer omtrent med der de høyeste doserateverdiene har blitt registrert. Lengden på grøfta er 10-11 m. Det ble tatt prøver og målt doserate ved flere punkter og dybder i grøfta. Tre prøver ble også tatt ved området med forhøyet strålenivå nede ved Grønvoldvegen. En oversikt over måle- og prøvepunkter er gitt i tabell 7 og resultatene er gitt i tabell 8.

Tabell 7 Oversikt over målepunkter tatt ved befaringen i august 2012.

Punkt	Beskrivelse	Prøve
1.	2 m fra nordende grøft, bunn (dybde 1,5 m)	Ja
2.	2 m fra nordende grøft, 40 cm over bunn	Ja
3.	2 m fra nordende grøft, 70 cm over bunn	Ja
4.	2 m fra nordende grøft, 90 cm over bunn	Ja
5.	6 m fra nordende grøft, bunn (dybde ca 1,2m)	Ja
6.	6 m fra nordende grøft, midten (65 cm over bunn)	Ja
7.	6 m fra nordende grøft, topp (ca 1 m over bunn)	Ja
8.	2,5 m fra renne (syd), bunn (dybde ca 1,25 m)	Nei
9.	2,5 m fra renne (syd), midten	Ja
10.	2,5 m fra renne (syd), topp	Nei
11.	Hotpunkt v/veien, overflate i grop	Ja
12.	Hotpunkt v/veien, 30-40 cm dybde (brukt jordbor)	Ja
13.	Hotpunkt v/veien, (ca. 50 cm dybde, nytt jordlag, brukt jordbor)	Ja

Tabell 8 Resultater av feltmålinger og analyser av prøver tatt ved befaringen i august 2012 (Bq/g tørrvekt). Usikkerheten er gitt som to standardavvik.

Punkt	$^{226}\text{Ra}$ (tilsvarende $^{238}\text{U}$ )	$^{228}\text{Ra}$ (tilsvarende $^{232}\text{Th}$ )	Doserate $\mu\text{Sv/time (ca)}$
1.	0,68 ± 0,009	0,081 ± 0,008	1,0
2.	0,74 ± 0,029	0,060 ± 0,011	1,7
3.	0,81 ± 0,06	1,34 ± 0,09	3,5
4.	4,61 ± 0,25	9,0 ± 0,6	4,1
5.	0,067 ± 0,008	0,070 ± 0,006	0,5
6.	0,64 ± 0,04	1,27 ± 0,08	1,1
7.	0,81 ± 0,05	1,29 ± 0,08	1,1
8.	-	-	0,4
9.	0,111 ± 0,012	0,132 ± 0,009	0,5
10.	-	-	0,5
11.	1,27 ± 0,18	0,90 ± 0,06	0,8
12.	7,2 ± 0,9	3,48 ± 0,21	3,5
13.	0,70 ± 0,06	0,418 ± 0,027	-



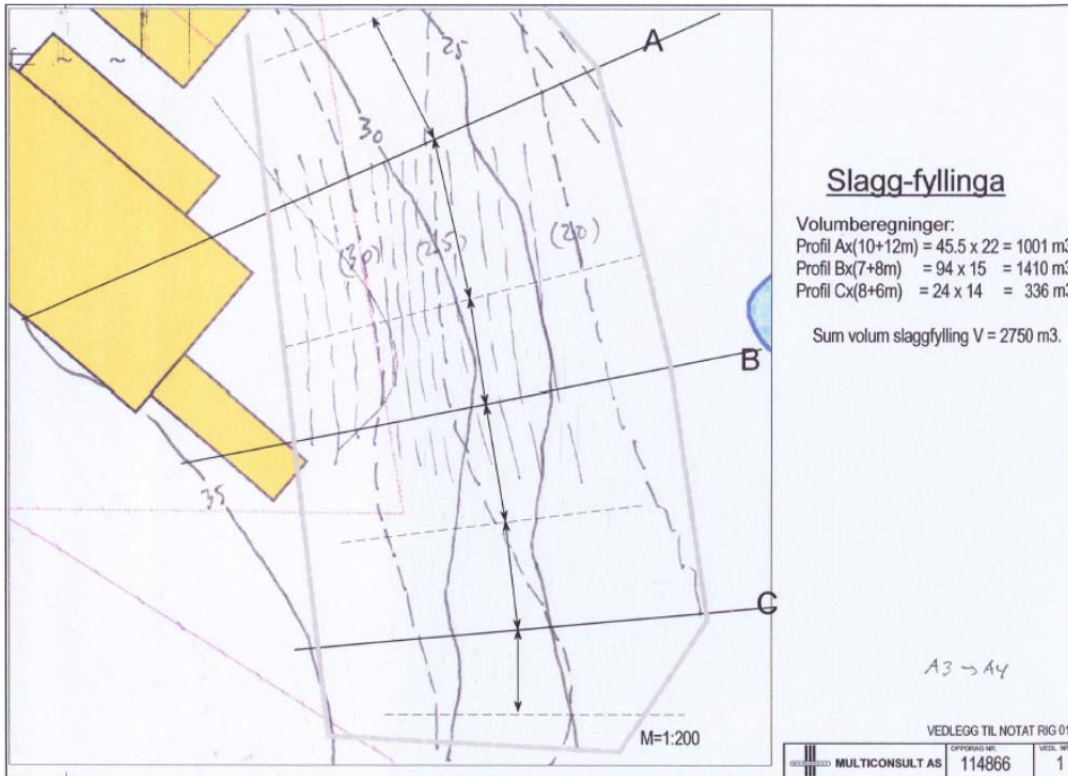
*Figur 3 Uttak av dybdeprofiler fra sjakt i vaskerjord. Den hvite pinnen angir dybde 110 cm (40 cm over bunn)*

### **3.3 Volumberegninger og -overslag**

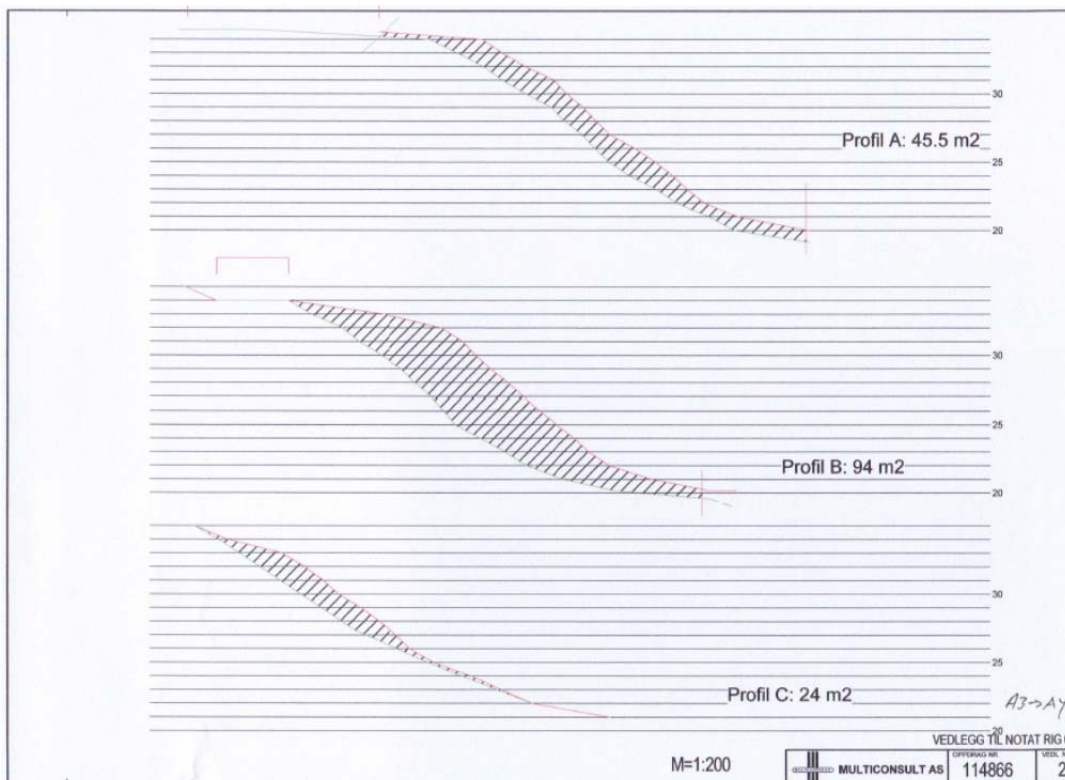
#### **3.3.1 Slagghaugen**

Slagghaugen dekker et areal på ca. 20 m x 40 m i en bratt og ca 10 m høy skråning utenfor den gamle produksjonshallen som nå huser et mekanisk verksted.

Nye kart har blitt sammenliknet med kart fra 1952 som vist i figur 4 (plan) og figur 5 (profiler). Basert på disse har totalvolumet på slagghaugen blitt beregnet til 2750 m<sup>3</sup> og fyllingstykkelsen til inntil 4 m. Herav antas det at ca. 2000 m<sup>3</sup> er lavradioaktivt slagg og at resterende volum består av toppmasser og blandede fyllmasser.



Figur 4 Kart over slaggfylling, plan



Figur 5 Kart over slaggfylling, profiler



### 3.3.2 Vaskerijord

Området dekker ca. 800 m<sup>2</sup> og volumet har blitt estimert til ca. 500 m<sup>3</sup> som vist på kartet i figur 3 (hovedområdet samt et lokalt lite område nede ved Grønvoldvegen). Tykkelsen vil variere og kan være opp mot 2 meter. Basert på resultatene fra prøvene nevnt i kapittel 3.2, vil det trolig ikke være nødvendig å grave opp alt ned til 2 meters dybde. Målingene tyder på at det meste av aktiviteten vil være fordelt i massene ned til 1 m. Det er vanskelig å justere det beregnede volum basert på disse målingene, og 500 m<sup>3</sup> beholdes derfor som et sannsynlig volum av vaskerijorda.



Figur 6 Kart over vaskerijord

### 3.3.3 Avgangsdeponiet

I avgangsdeponiet finnes det slagglumper som har trillet ned fra slagghaugen. Da øvrige masser ikke er kontaminert i vesentlig grad, vil det for dette området være tilstrekkelig å benytte måleinstrumenter for å identifisere enkeltområder der noe masse må fjernes. Volumet av disse massene vil imidlertid ikke signifikant bidra til totalvolumet masser som må fjernes fra slagghaugen og vaskerijorda.

## 3.4 Kriterier for klassifisering av avfallet

Forskrift om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall (FOR 2010-11-01 nr 1394 [5]) gir grenser for når avfall er å betrakte som radioaktivt og

radioaktivt deponeringspliktig. Disse grensene er oppsummert i tabellen under for relevante nuklider.

Tabell 9 Grenser gitt i forskrift om radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall (FOR 2010-11-01 nr 1394). Uranserie-nuklider over delestreken, thoriumserie-nuklider under.

Nuklide	Radioaktivt avfall	Deponeringspliktig avfall	
	Bq/g	Bq/år	Bq/g
U-nat	1	1 000	1
<sup>238</sup> U	1	10 000	10
<sup>234</sup> U	1	10 000	10
<sup>230</sup> Th	1	10 000	1
<sup>226</sup> Ra	1	10 000	10
<sup>210</sup> Pb	1	10 000	10
Th-nat (inkl. <sup>232</sup> Th)	1	1000	1
<sup>228</sup> Ra	1	100 000	10
<sup>228</sup> Th	1	10 000	1

Grensene gjelder de nevnte nuklidene i radioaktiv likevekt med datterprodukter som nevnt nedenfor. Radioaktiv likevekt betyr at aktiviteten av modernukliden er identisk med aktiviteten av datterproduktene. Aktivitetsgrensene i tabellen refererer seg til modernukliden alene, men strålebidraget fra datterproduktene er tatt hensyn til i fastsettelsen av aktivitetsgrensene for modernukliden.

U-nat: <sup>234</sup>Th, <sup>234m</sup>Pa, <sup>234</sup>U, <sup>230</sup>Th, <sup>226</sup>Ra, <sup>222</sup>Rn, <sup>218</sup>Po, <sup>214</sup>Pb, <sup>214</sup>Bi, <sup>214</sup>Po, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po

<sup>238</sup>U: <sup>234</sup>Th, <sup>234m</sup>Pa

<sup>234</sup>U: Ingen

<sup>230</sup>Th: Ingen

<sup>226</sup>Ra: <sup>222</sup>Rn, <sup>218</sup>Po, <sup>214</sup>Pb, <sup>214</sup>Bi, <sup>214</sup>Po, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po

<sup>210</sup>Pb: <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po

Th-nat: <sup>228</sup>Ra, <sup>228</sup>Ac, <sup>228</sup>Th, <sup>224</sup>Ra, <sup>220</sup>Rn, <sup>216</sup>Po, <sup>212</sup>Pb, <sup>212</sup>Bi, <sup>208</sup>Tl (0,36), <sup>212</sup>Po (0,64)

<sup>228</sup>Ra: <sup>228</sup>Ac

<sup>228</sup>Th: <sup>224</sup>Ra, <sup>220</sup>Rn, <sup>216</sup>Po, <sup>212</sup>Pb, <sup>212</sup>Bi, <sup>208</sup>Tl (0,36), <sup>212</sup>Po (0,64)

Ved tilstedeværelse av flere radionuklider i avfallet, skal alle bidragene divideres med relevant grenseverdi og alle delbrøker summeres i henhold til følgende formel:

$$\sum_k \frac{C_k}{C_{e,k}} \geq 1 \quad \text{og} \quad \sum_k \frac{A_k}{A_{e,k}} \geq 1 \quad (1)$$

der  $C_k(A_k)$  = spesifikk (total) aktivitet for radionuklide  $k$   
 $C_{e,k}(A_{e,k})$  = grenseverdi for spesifikk (total) aktivitet for radionuklide  $k$

For radioaktivt avfall er det kun gitt grenser for avfallets spesifikke aktivitet. Dersom summen av alle delbrøker er over 1, skal avfallet klassifiseres som radioaktivt avfall.

For deponeringspliktig avfall er det gitt grenser for både totalaktivitet i avfall generert i løpet av ett år, samt spesifikk aktivitet i avfallet. Deponeringsplikten fordrer at både total aktivitet og spesifikk aktivitet er større eller lik grenseverdiene. For denne type avfall som finnes i relativt store mengder, vil grensen for total aktivitet så godt som alltid være overskredet. Det vil derfor i praksis være grensen for spesifikk aktivitet som avfallet må vurderes etter.

Resultater fra tidligere målinger av avfallet er oppsummert i kapittel 3.1. Disse resultatene viser at det, både i vaskerijorda og i slagglumper (se tabell 2 og 4), er tilnærmet radioaktiv likevekt mellom mornuklidene  $^{238}\text{U}$  og  $^{232}\text{Th}$  og deres radioaktive datterprodukter. Det vil derfor være tilstrekkelig å summere bidragene fra  $^{238}\text{U}$  og  $^{232}\text{Th}$  dividert på grensene for hhv U-nat og Th-nat ved klassifisering av avfallet. Dersom det ikke hadde vært tilnærmet likevekt i materialet, ville det, for å tilfredsstille kravene i [5], ha vært nødvendig å måle alle langlivede datterprodukter (listet i tabell 9) i hver av seriene og inkludere disse resultatene i summeformlene over.

For naturlig uran og thorium er grensene for radioaktivt og deponeringspliktig radioaktivt avfall like. I praksis vil dette bety at dersom summen av spesifikk aktivitet av  $^{238}\text{U}$  og  $^{232}\text{Th}$  overskrider 1 Bq/g, vil avfallet være å betrakte som deponeringspliktig avfall, og at avfall som ikke er deponeringspliktig heller ikke er å betrakte som radioaktivt.

#### 4 Prisoverslag på oppgraving

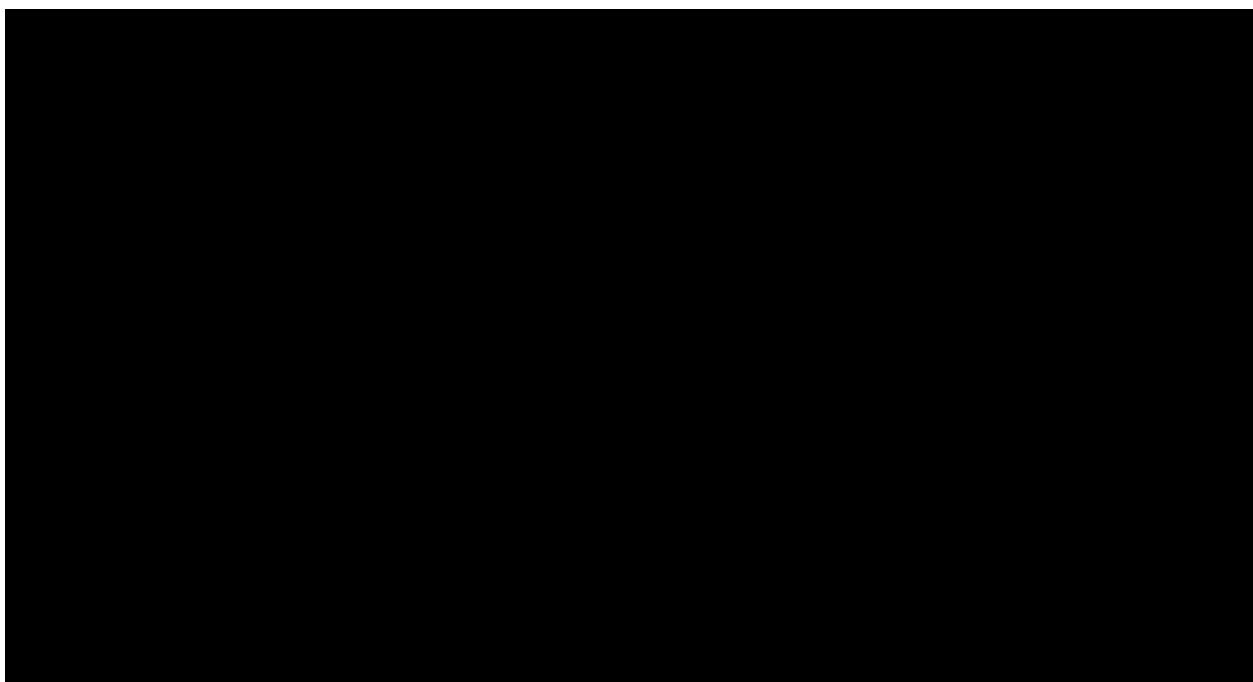
To [redacted] entreprenører [redacted] deltok i august 2012 på en befaring i området sammen med Multiconsult. Både adkomstforhold og utførelse av aktuelle gravearbeider ble diskutert på befaringen. Særlig oppmerksomhet ble viet til hvordan slagghaugen bør angripes for å ivareta skråningsstabiliteten og fundamentet for kontorbygningen like ved.

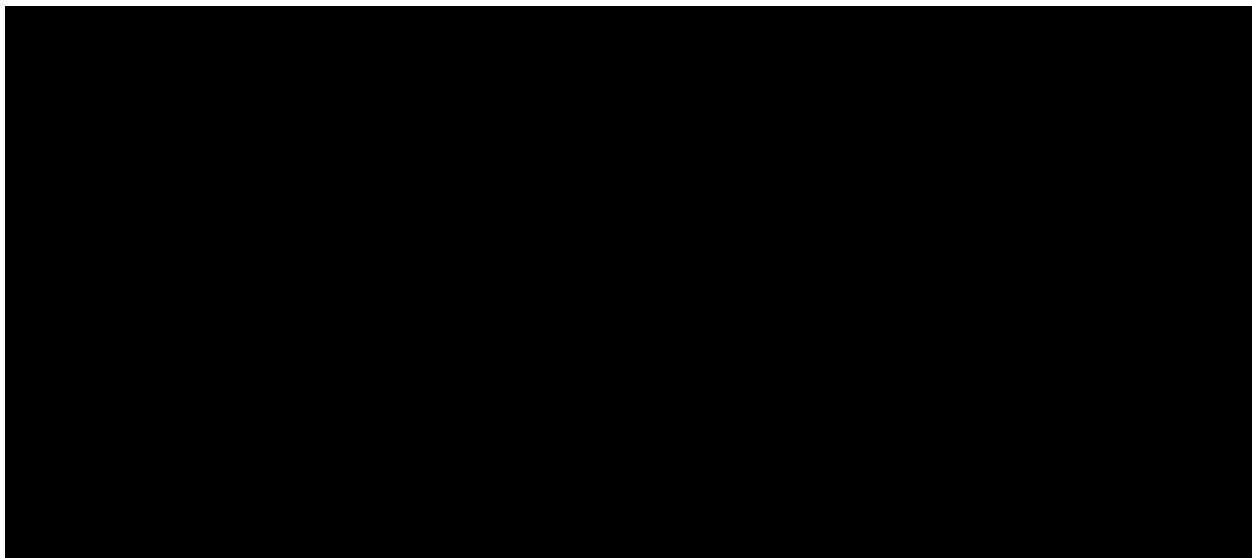
Entreprenørene fikk overlevert en beskrivelse av oppdraget med et oppsett av aktuelle arbeidsoperasjoner som var ønsket prissatt. Etter avtale blir ikke hvert enkelt firmas priser oppgitt her, men brukt som underlag for etterfølgende prisoverslag.

I forespørselen er det forutsatt at entreprenørene ikke må ta spesielle forholdsregler ved håndtering av massene pga. radioaktivitetsinnholdet. Tilleggskostnadene basert på dette er oppsummert i kapittel 4.1. De to entreprenørene oppgav priser som i sum varierte som vist i etterfølgende tabeller.

I kostnadsoverslaget er det tatt hensyn til at det skal utføres en grovplanering etter oppgraving slik at området ikke framstår som dårligere enn i dag. Det er ikke inkludert kostnader for tilsåing og beplantning da dette ikke antas å være relevant å utføre med det bruksformål området har i dag.

Oppgraving av slagghaug vil medføre en reduksjon i arealet som leietaker, AS Ulefoss Mekaniske, har til disposisjon. Dette anses å være sak mellom utleier og leietaker.





#### 4.1 Tilleggskostnader i forbindelse med radioaktivitet

Det vil være nødvendig å gi personell som skal utføre ryddearbeidet en grunnleggende opplæring før oppstart. Formålet er å gjøre disse i stand til å arbeide trygt samtidig som arbeidet ikke skal føre til unødig engstelse. Institutt for energiteknikk kan utføre opplæringen. Antatt varighet er én arbeidsdag. Dersom nødvendig kan dette gjøres i to grupper.

Personlig verneutstyr som skal være skal være tilgjengelig ved anlegget er:

- Tyvek type overtrekksdress i ulike størrelser
- Pustemaske med filter type P3 til alle deltakere
- Gummihansker

Det skal i tillegg etableres et opplegg for vanning av masser dersom disse kan tørke ut og kunne medføre støvdannelse.

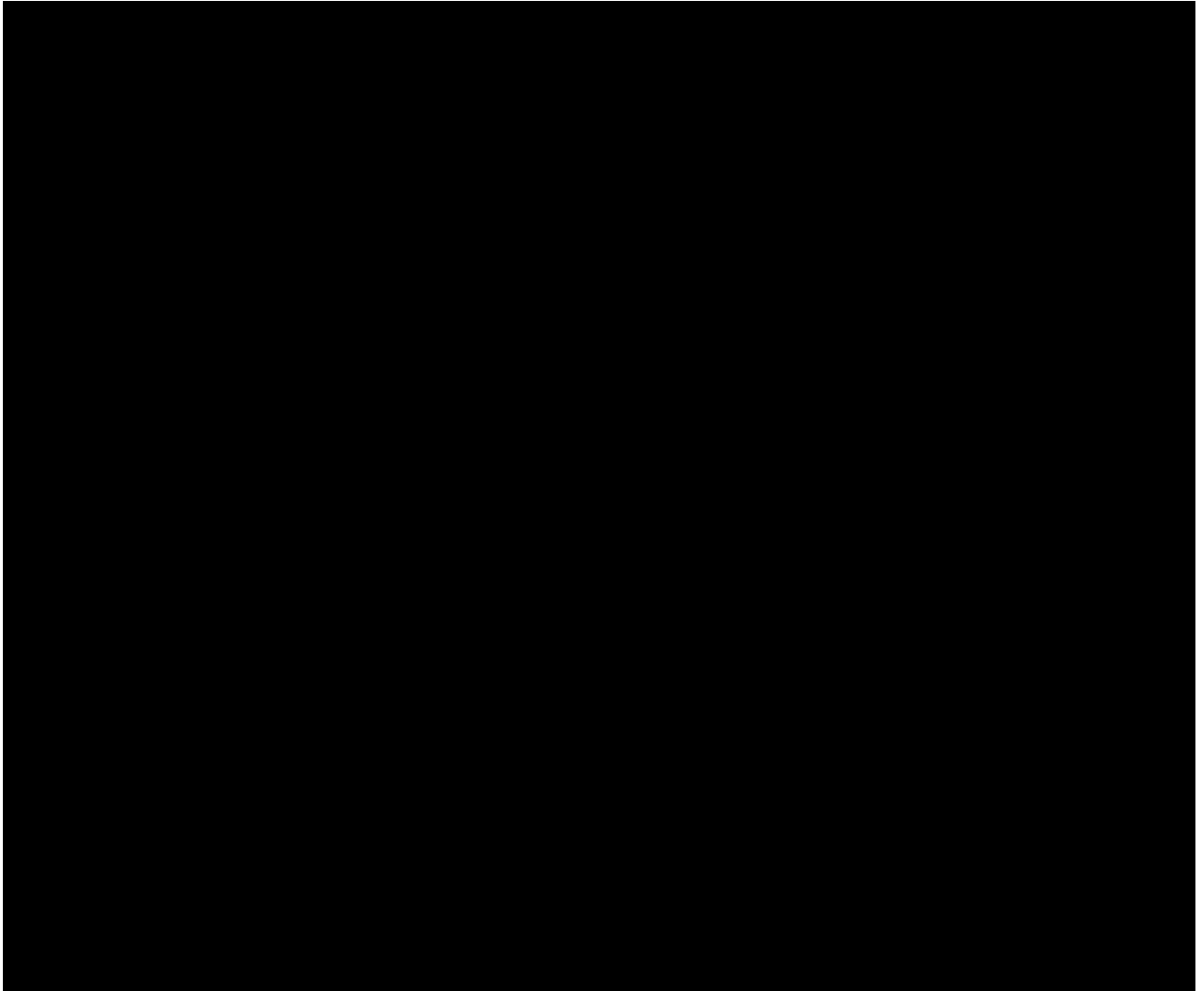
Personell vil bli utstyr med persondosimeter av TL-type. Dette vil bli avlest etter fullført arbeid eller maksimalt etter 2 måneders bruk.



## 5 Beskrivelse av deponeringsalternativ

### 5.1 Stangeneset, Sløvåg

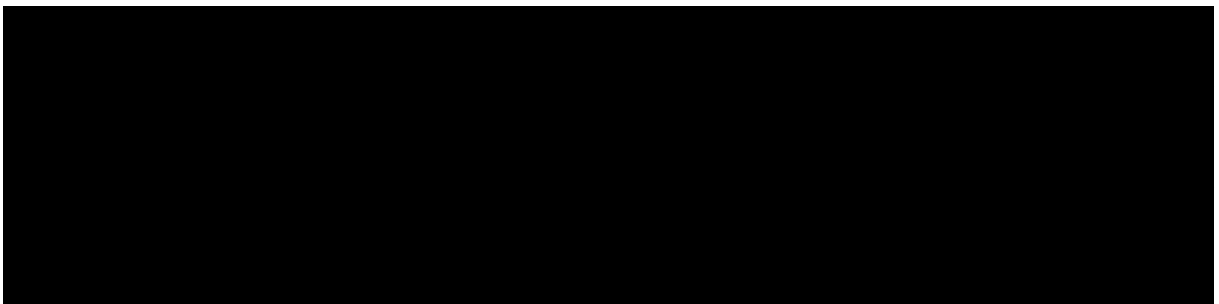
Stangeneset NORM-deponi ligger i Sløvåg i Gulen kommune, Sogn og Fjordane, og er et underjordisk anlegg for deponering av lavradioaktivt avfall fra oljeindustrien. Deponiet inneholder også et anlegg for behandling og emballering før deponering, og et lager for mellomlagring av LRA. Deponiet driftes av Wergeland-Halsvik AS, og åpnet for mottak av LRA i 2008.



## 5.2 Langøya

Langøya ligger i Holmestrandfjorden og tilhører Re kommune i Vestfold. Øya er ca 3 km lang og 500 m bred på det bredeste. Det har fra gammelt av vært drevet uttak av kalkstein på øya, og uttaket av stein har foregått helt ned mot 40 meter under havnivå.

Etter 1985 har utnyttelsen av Langøya i hovedsak dreiet seg om behandling og sluttdeponering av miljøfarlig avfall, annet uorganisk avfall, oppgravet grunn og sedimenter. Avfallet stabiliseres og deponeres i de store kratrene som har blitt skapt gjennom lengre tids uttak av kalkstein. Anlegget på Langøya driftes av NOAH AS.



### 5.3 Lokalt deponi

Regiongeologen for Buskerud, Telemark og Vestfold har vært en sterk talsmann for en lokal deponiløsning for avfallet fra Søve gruver. I sin rapport fra 2005 [6] anbefaler han Gamle Søve synk som et interessant alternativ. Dette er en synk som er drøyt 150 meter dyp og som ligger under det gamle heistårnet ved det gamle vaskerianlegget på Søve. En slik løsning ville fjernet behovet for å transportere avfallet vekk fra området.

I ettertid har det imidlertid vist seg at Søve-synken er blokkert ved at det gamle vaskerianlegget ble sprengt og dumpet ned i denne. Synken er derfor uegnet til deponering av massene [7].

Regiongeologen har derfor i [7] fremmet følgende forslag:

*I de øde fjellområdene bare et par mil sørvest og nordvest for Ulefoss er det stabil, massiv granittgrunn. En enkel løsning vil da være å sprengte en tunell og/eller en liten fjellhall i en slik egnet granitt og så frakte de radioaktive massene hit for langtidsdeponering. Tunellen må ha god drenering og mures igjen slik at inntrengning ikke blir mulig for uvedkommende. Denne løsningen har mange fordeler:*

- *Problemet er løst for all framtid. Radioaktiviteten blir borte fra nærområdet til boliger, Søve videregående skole, fra arbeidsplassen Ulefoss Mek. Verksted, planlagt tursti og campingplass.*
- *Det vil være en rimelig løsning. Volumet radioaktivt avfall som må fjernes og deponeres er estimert av NGI til 1200 m<sup>3</sup>. Dette vil tilsvare en tunell på bare 60 m lengde dersom den har et tverrsnitt på 4x5 meter (kostnader anslagsvis kr. 10.000,- pr. løpemeter) eller en 24 meter lang hall med tverrsnitt på 10x5 meter. En tunell av en slik karakter, som ikke skal fungere som veitunell eller for opphold for mennesker, er både raskt og relativt billig å lage.*
- *Kort transport av radioaktive masser. Dette er viktig for miljø, HMS og kostnader.*

- *Et slikt deponi vil etter all sannsynlighet kunne skreddersys for avfallstypen og godkjennes strålevernsmessig. Dette må sjekkes med Statens Strålevern.*
- *Det vil ikke medføre noen form for strålingsrisiko for folk.*
- *Minimale driftskostnader (for eksempel alarm tilknyttet brannvesen eller vaktsselskap; årlig inspeksjon).*
- *Slagget inneholder faktisk ganske mange tonn med sjeldne og verdifulle metaller (uran, thorium, niob, tantal og lantanide-elementer). Disse er ikke kommersielt utvinnbare fra slagget i dag, men en kan ikke utelukke at det kan bli interessant en gang i framtida. Lagres avfallet i en slik tunell / fjellhall kan det eventuelt tas ut igjen og brukes.*

Vi gjør oppmerksom på volumenslaget som det refereres til var basert på et annet friklassingsgrunnlag enn gjeldene forskrift [5]. Volumet som må fjernes er nå estimert til 2500 m<sup>3</sup>.

Etter samtale med Regiongeologen for mer informasjon om dette alternativet har områdene med stabile bergarter sydvest i Nome kommune blitt utpekt som et mulig område for et lokalt deponi (se kart i figur 6). Med unntak av en bruddsone som må unngås, er det flere mulige lokaliteter i området. Det er skogsbilveier i området, og behovet for etablering av lengre nye veistrekninger vil derfor være begrenset.

[REDACTED]. Området er i dag definert som et LNFR-område (landbruks-, natur og friluftsmål samt reindrift), og må ved et eventuelt vedtak om å etablere et deponi her, omreguleres til dette formål.

Nome kommune er i utgangspunktet ikke negative til en slik løsning. Tiltaket må imidlertid omsøkes på vanlig måte og godkjennes av plan- og bygningsmyndighetene.





Figur 7 Mulige lokasjoner for semi-lokalt deponi. A: Langen 11,6 km, B:Børten 18,2 km, C:Bøvann 19,0 km fra Sørvest gruver

Det er reist spørsmål om et nytt semi-lokalt deponi også kan brukes til deponering av annet tilsvarende materialet. Institutt for energiteknikk er ikke kjent med at det finnes annet lav-radioaktivt avfall hvor det er oppstått en oppkonsentrering som følge av menneskelige aktiviteter. Statens strålevern er imidlertid i ferd med å gjennomføre en kartlegging av mulig lavradioaktivt gruveavfall.

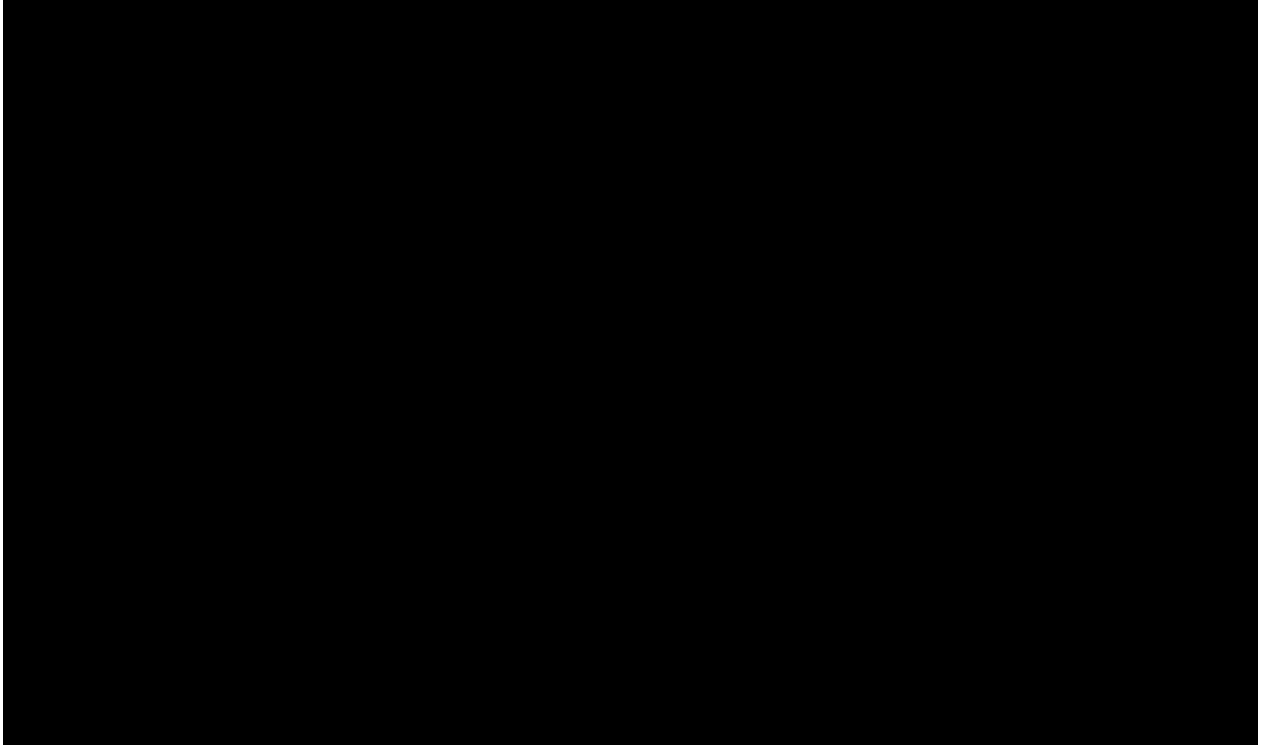
IFE er også blitt gjort oppmerksom på, fra rådmannen i Nome kommune, at det eksisterer et avfallsproblem av bentonittsand fra Ulefoss verk. Dette er i dag deponert sentrumsnært og KLIF har pålagt tiltak. Materialet antas med hell og kunne deponeres sammen med avfall fra Sørvest gruver.

## 6 Kostnader ved alternativ a-d

### 6.1 Deponeringskostnad (a-c)

I begynnelsen av juli 2012 ble det sendt ut en forespørsel til NOAH AS og Wergeland-Halsvik AS om kostnader ved deponering av radioaktive masser fra Sørvest gruver. En oppsummering av svarene som ble gitt er oppsummert i kapitlene 5.1 og 5.2.

For begge deponier vil massene prises per tonn. Massene fra Søve vil ha noe varierende tetthet fra en ren slagglump som typisk har en tetthet på  $3,5 \text{ g/cm}^3$ . I [6] påpekes det at slagghaugen består av store og små biter som trolig har en liten pakningsgrad at tettheten dermed kan være 3-4 ganger mindre. I den videre masseberegning legges en bulk tetthet på  $1,8 \text{ g/cm}^3$  til grunn. Denne anses å være en representativ om enn noe konservativ verdi for bulk tetthet for alt materiale som skal fjernes.

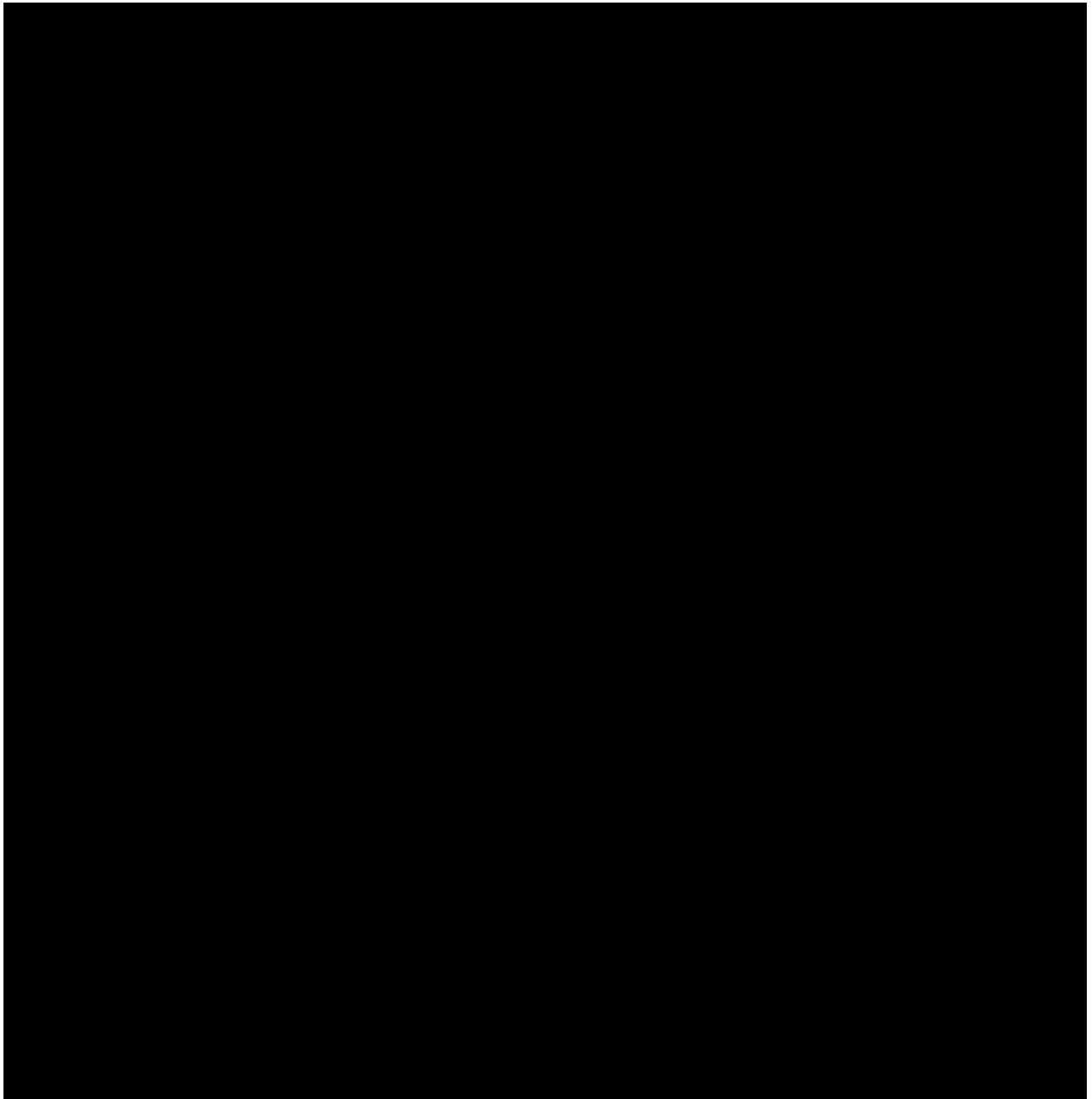


## 6.2 Utrednings- og byggekostnader (d)

Dersom et nytt semi-lokalt deponi velges vil kostnadene fordele seg over fire faser:

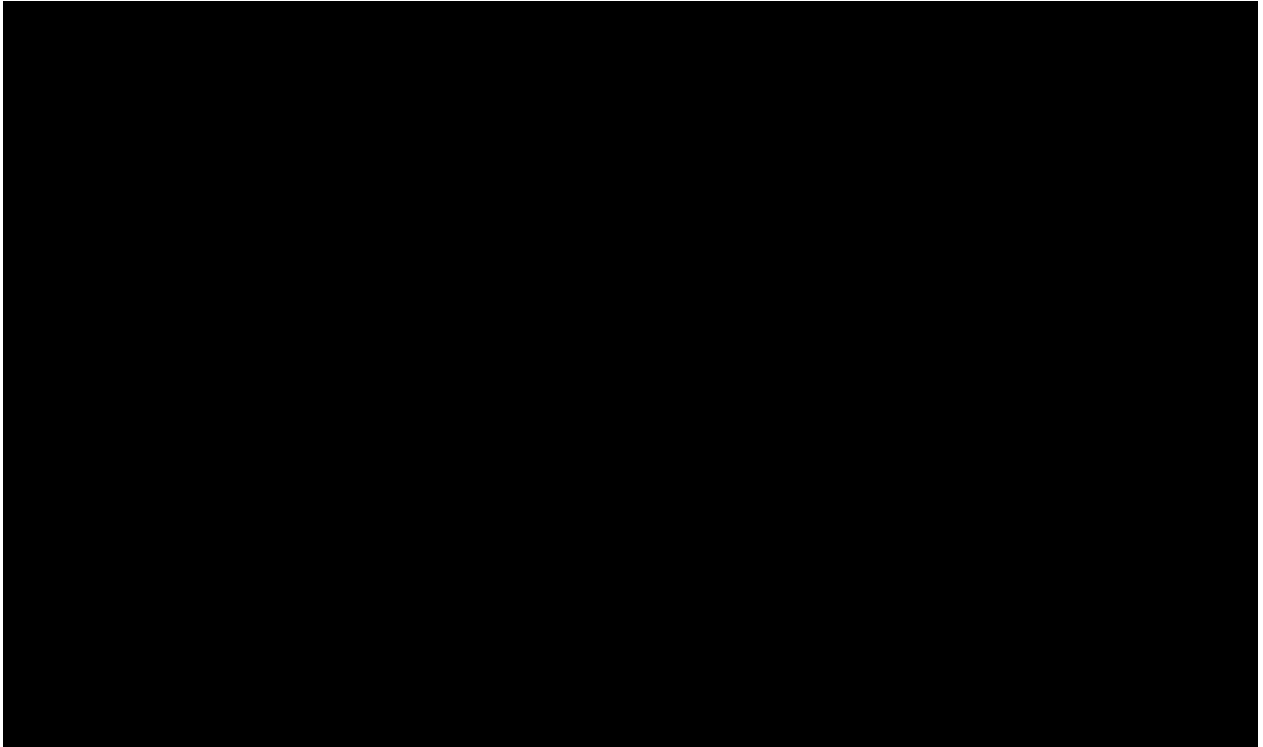
- 1) Valg av lokasjon, geologiske stabilitetsundersøkelse og utarbeidelse av konsekvensutredning etter Plan- og bygningsloven
- 2) Bygging av deponi av type konstruert, overflatenært
- 3) Driftsfase
- 4) Overvåking av mulige utslipp etter stengning

En mer detaljert beskrivelse finnes i [8].

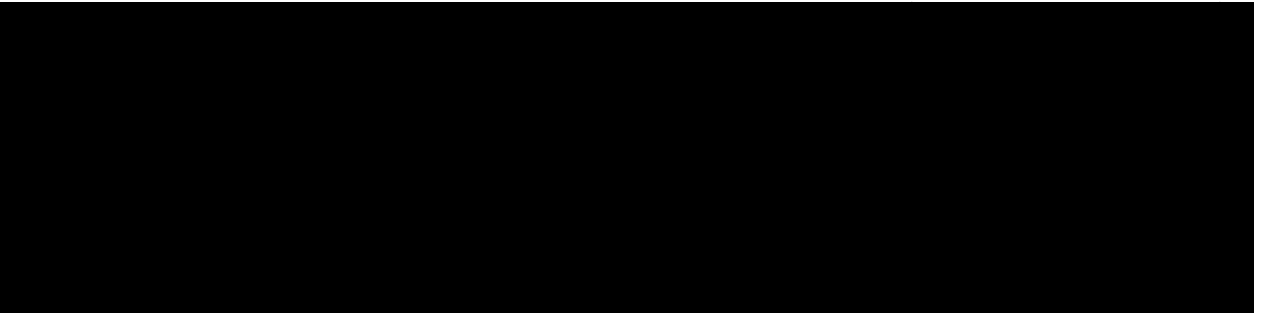


## 6.3 Transportkostnader

### 6.3.1 Vegtransport fra Søve gruver til Stangeneset NORM-deponi



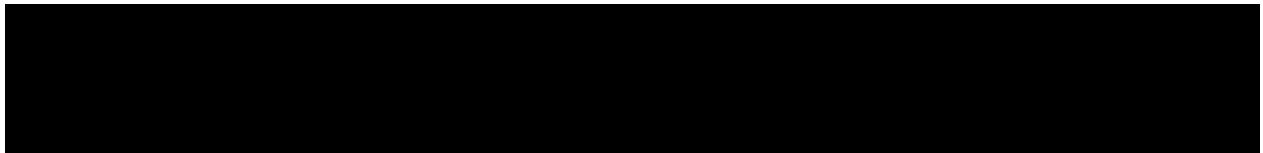
### 6.3.3 Sjøtransport av containere fra Skien kai til Langøya

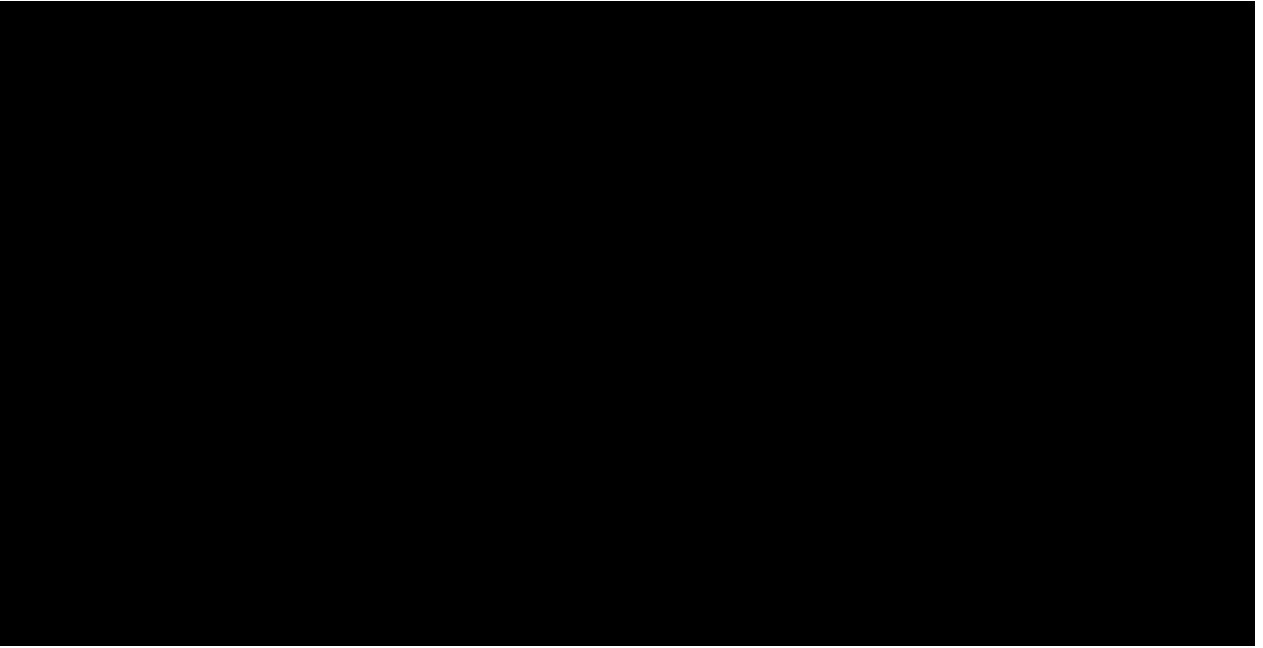


## 6.4 Mellomlagringskostnader (a-d)

Dersom alternativ a, b eller c velges må det etableres et mellomlager på eller i umiddelbar nærhet av Søve-området.

Dersom valget faller på alternativ d vil behovet for mellomlagring bortfalle forutsatt at nytt lokalt deponi står klart til å motta avfallet når ryddearbeidet påbegynnes. Dersom alternativ d velges og lokalt deponiet ikke er ferdig må et mellomlager etableres, alternativt oppgravingen utsettes.





## 7 Oppsummering og anbefalinger

I dette kapitlet gis det en oppsummering av ulike deponialternativ, deres kostnad og tidsperspektiv.

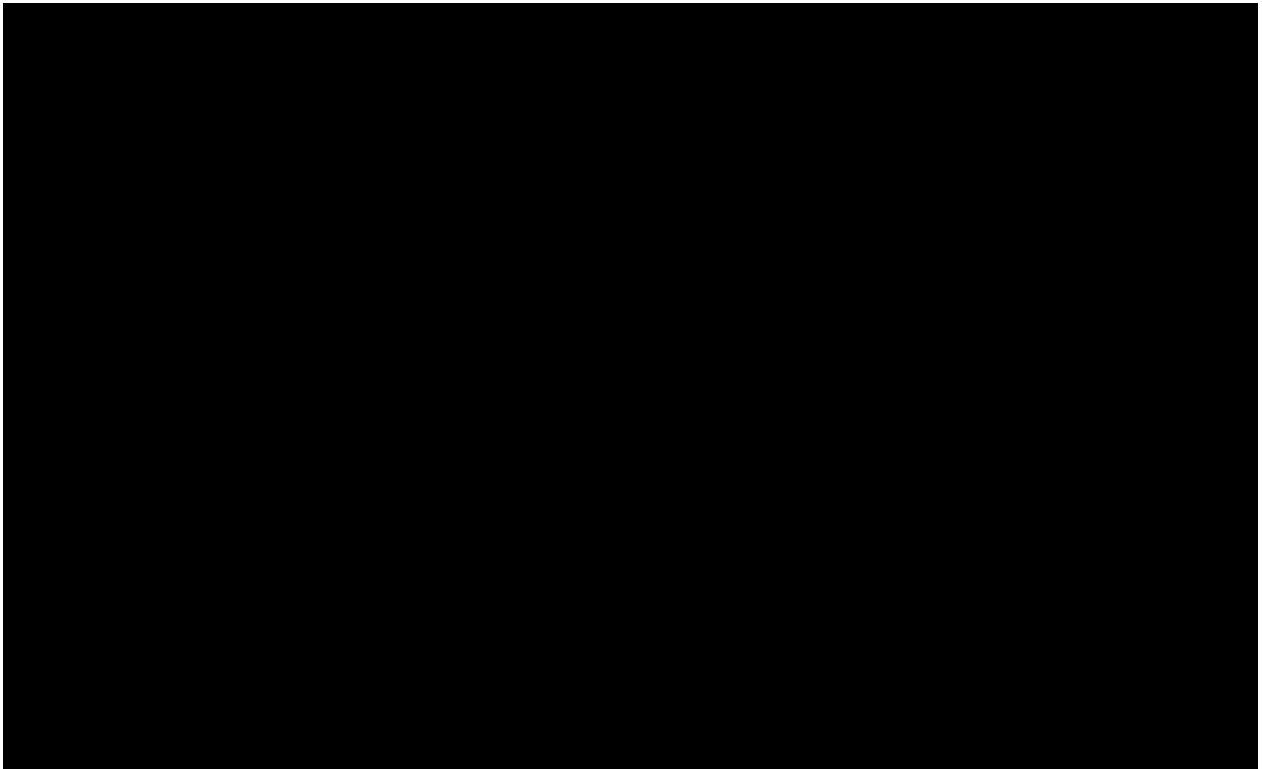
Situasjonen per i dag at det ikke er noen deponi i Norge som har tillatelse og dermed er klar til å motta avfallet. Det anbefales at valgt deponi er klart for å motta massene før oppgraving av masser starter på Søve. I henhold til tidsplanen skal dette skje våren 2013.

Deponiløsningen i Stangeneset NORM-deponi og et nytt semi-lokalt deponi kan begge klassifiseres som et konstruert, overflatenært deponi. Karakteristisk for denne kategorien deponi er at de er bygd opp med multiple barrierer som gir stor sikkerhet mot utlekking av radioaktivt materiale også i et langt tidsperspektiv. Deponiet på Langøya kan klassifiseres som landfylling, det vil si at avfallet legges i grop for senere å overdekkes.

Normalt vil lavaktivt radioaktivt avfall med et betydelig innhold av radionuklider med lang halveringstid kreve deponering i et konstruert deponi. Situasjonen er imidlertid annerledes for NORM-materiale. Dette skyldes delvis pragmatiske vurderinger som at eksisterende LLW deponi ikke har tilstrekkelig kapasitet eller at det ikke er dekning for kostandene ved bruk av slike deponier. Det er imidlertid også slik at selve NORM-materialet kan ha egenskaper som motvirker utlekking til miljøet. Fraværet av aktivitet i grunnvann og omkringliggende masser ved Søve indikerer at så er tilfelle for dette materialet. Dette kan dog endres hvis materialet deponeres sammen med stoffer som påvirker utlekking i negativ retning.

Det vil være norske myndigheter, ved Statens strålevern, som må vurdere hvilke krav som skal stilles. Dette vil uttrykkes gjennom de begrensninger som settes i deponiets tillatelser.

### 7.1 Kostander og usikkerhet i disse



Dersom det velges å bygge et nytt semi-lokalt deponi vil vekten av massene ha svært liten betydning. Usikkerhet i kostnad vil her i stor grad ligge i hva som kreves av utredninger og søknader for å få bygge- og driftstillatelse. Bygging av tunell(er) og adkomstveg er også vanskelig å anslå da det ikke foreligger noen konkret lokalisering.

Tabell 13 Usikkerhet i deponeringskostnader.

Alternativ	Usikkerhet i deponeringskost.	Usikkerhetsfaktor
a Sløvåg	±20%	Vektanslag
b Langøya	±20%	Vektanslag
c Delt løsning	±20%	Vektanslag
d Lokalt deponi	+100%, -50%	Utrednings- og byggekostnad

## 7.2 Anslag for når deponi står klart og usikkerhet i dette

Som nevnt står ingen av deponialternativene klare til å motta masser fra Søve gruver.

[Redacted] For Langøya oppgir NOAH at søknad er utarbeidet og at tillatelse forventes i løpet av høsten 2012. Statens strålevern er behandlende instans for søknadene og antas således å kunne gi Nærings- og handelsdepartementet utfyllende informasjon om status i godkjeningsprosessen.

I tabell 14 har vi gitt vår vurdering av når de ulike deponialternativene sannsynligvis står klar til å motta avfall fra Søve.

Tabell 14 Sannsynlig tidspunkt for når deponi er klart for å motta masser fra Søve gruver

Alternativ	Antatt klar for mottak
a Stangeneset	[Redacted]
b Langøya	[Redacted]
c Delt løsning	[Redacted]
d Lokalt deponi	[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

Dersom alternativ d velges anbefales det at utredningsarbeidet starter umiddelbart slik at usikkerhet i ferdigstillelse reduseres. Vi anser at forsinkelse i tidspunktet for oppgraving er sannsynlig dersom alternativ d velges.

Tabell 14 Usikkerhet i tidspunkt for når deponi er klart for å motta masser fra Søve gruver

Alternativ	Usikkerhet i tid	Usikkerhetsfaktor
a Sløvåg	■	■
b Langøya	■	■
c Delt løsning	■	■
d Lokalt deponi	■	■



## 8 Referanser

- [1] IAEA Safety Standards No. GSG-1. *Classification of Radioactive Waste. General Safety Guide*, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2009
- [2] Rajdeep Sidhu og Ann-Helen Haugen, 2006. *Radiologisk kartlegging av området rundt tidligere Søve gruver*, IFE/KR/F-2006/174.
- [3] Rajdeep Sidhu, *Resultatbrev fra IFE til Multiconsult*, 03-12-2008.
- [4] Dowdall, M., Brown, J.E., Hosseini, A., Mora Cañadas, J.C., i trykk. *Radionuclides: Sources, Properties and Hazards, chapter Impact of Legacy Enhanced Natural Radioactivity on Human and Natural Environments*.
- [5] FOR 2010-11-01 nr. 1394: *Forskrift om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall*.
- [6] Sven Dahlgren, 2005. *Miljøgeologisk undersøkelse av lavradioaktivt slagg fra ferroniobproduksjonen ved Norsk Bergverk på Søve 1956-1965*. Regiongeologen for Buskerud, Telemark og Vestfold, rapport nr. 1, 2005.
- [7] Brev fra Regiongeolog Sven Dahlgren til Telemark fylkeskommune. 2010-10-01. *Opprydding av radioaktivt avfall etter Statens gruve- og metallurgiske virksomhet ved Norsk Bergverk, Søve Gruver, Telemark*.
- [8] IAEA Technical Reports Series No. 417. *Considerations in the Development of Near Surface Repositories for Radioactive Waste*, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2003

