




Innsegling til Borg Havn

Prioritering av alternative deponier for reine mudringsmasser

4	01 06 12	Revidert etter ny spredningsmodellering	SF	PC	SF
3	30 03 12	Revidert etter Sintefs spredningsmodellering	PIC	SF	
2	05 01 12	Revidert etter møte med kunde	SF	GS	
1	15 12 11	Foreløpig utgave	SF	PC/AH	
0	07 12 11	Foreløpig utkast for kommentar	SF		
Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utført	Kontrollert	Godkjent
Oppdragsgiver: Kystverket			Dr.techn.OlavOlsen a.s 		
			Dokument tittel: Prioritering av alternative deponier for reine mudringsmasser		
Prosjekt navn: Røsvikrenna			Dokument nr.: 10439 - RE - 010		4



Sammendrag og konklusjon

Kystverket planlegger å utvide farleia inn til Borg havn. Foruten lokal innsegling til Borg er dette Statlig hovedled 1002. Det blir store mudringsmasser og en del av dem har et innhold av miljøgifter som krever særlige tiltak under håndtering. De forense massene vil bli tatt på land og deponert på Øra. Størstedelen av massene, opptil 1,7 millioner m³, er i Klifs tilstandsklasse I-III og kan dermed defineres som reine eller lett forense.

Sedimenter i tilstandsklasse I-II og kanskje deler av sedimentene i klasse III er planlagt lagt i sjødeponi. Sundet mellom Belgen og Kjøkøy har vært foreslått som lokalisering. I samband med behandling av reguleringsplan har Klif, Fylkesmannen, berørte kommuner og andre interessenter reist innsigelser og spørsmål om det finnes alternative deponiområder som kunne være like godt eller bedre egna. De har også bedt om en oversiktlig og grundig prioritering av disse alternativene.

Med utgangspunkt i Klifs retningslinjer for sjødeponier (22) er det derfor gjort en brei gjennomgang av i alt 25 alternative deponiområder. NIVA identifiserte og vurderte i 1995 13 alternativer (1). Ytterligere 12 alternativer er foreslått av andre. Disse er først vurdert på grunnlag av rapporten til NIVA fra 1995 og forøvrig ut fra alminnelig tilgjengelige data så som tidligere undersøkelser, marin miljøressursdatabase og fastsatte verneområder. På dette grunnlaget blei i alt 16 av alternativene forkasta som lite egna.

Det er gjort ei prioritering av de 9 alternativene som står igjen på grunnlag av fordeler og ulemper i form av volumkapasitet, avgrensning, vanndjup, transportavstand, værhindringer og friluftsliv.

Etter denne andre prioriteringsrunden blei det valgt ut seks alternativer for videre undersøkelser. For disse seks alternativene er det tatt prøver av botnsedimentene. I samarbeid med Norsk Maritimt Museum er også gjort søk etter eventuelle kulturminner. Sedimentprøvene er undersøkt i laboratoriet for miljøgifter, kornstørrelse, sedimentasjonsforhold og bløtbotnsfauna. Ut fra resultatene av disse undersøkelsene og andre forhold som friluftsliv, mulig tilsøling av strendene og liknende, blei det i samråd med Klif, Fylkesmannen og kommunen valgt tre områder, 15 Møkkalasset, 16 Svaleskjær og 24 Garnholmen, for videre undersøkelser i form av feltnålinger av strøm og turbiditet. 24 Garnholmen blei seinere forkasta som alternativ på grunn av værforhold. Alternativt deponi 14 Belgen er vurdert uavhengig av og før denne prosessen blei satt i gang.

I fjerde prioriteringsrunde er utført numerisk simulering av strømmen i området omkring de aktuelle deponiområdene. Basert på strømsimuleringene er også simulert spredning av sedimentene under deponering og ved resuspensjon etter oppfylling av deponiet. Sand, grov silt og leire i klumper vil sedimentere uten videre. Deler av finstoffet vil holde seg i suspensjon over tid og kan spres utafør deponiet. Simuleringene viser at sedimentspredning utafør deponiområdene blir liten. Mengden partikler som spres blir om lag den samme for de undersøkte lokalitetene.

Det gjenstår tre prioriterte deponiområder: 14 Belgen, 15 Møkkalasset og 16 Svaleskjær. Av disse er 16 Svaleskjær funnet å ha de beste egenskapene, etterfulgt av 15 Møkkalasset. Resultatet av vurderingene er vist i Tabell 12 bak i dokumentet.

Deponering av reine masser i disse tre områdene er ikke funnet å ha vesentlige negative effekter. Jordmasser tatt opp fra botnen vil bli lagt ned igjen på steder der jorda har tilsvarende egenskaper. Er det miljøgifter på botnen i deponiområdet, vil disse bli tildekket og holdt utafør næringskjeden.

Endelig valg mellom de prioriterte deponiområdene kan en treffe ut fra tekniske og økonomiske kriterier. Det kan være aktuelt å bruke flere av de prioriterte områdene til deponering av rene sedimenter fra Røsvikrenna.

Landdeponi er ikke vurdert som et reelt alternativ til sjødeponi.



1. Krav og prioriteringskriterier

I samråd med instanser med kjennskap til forholda i skjærgården utafor Østfold er identifisert et stort antall forslag til deponier for de rene mudringsmassene ut fra et overordna kriterium om at lokaliteten skal være et basseng med vanndjup større enn 30 m. Det er gjort en systematisk vurdering av disse alternativene ut fra krav satt i Klifs retningslinjer for sjødeponier (22). Disse retningslinjene gjelder i utgangspunktet for forurensa masser og er dermed konservative som krav til deponering av rene masser.

Krava til deponiet kan kort oppsummeres slik:

- Området skal utgjøre en godt avgrensa forsenkning i botnen
- Området skal være lite utsatt for strøm ved botnen
- Botnsedimentene på deponilokaliteten skal være mer finkornige enn massene som skal deponeres.
- Området må være geoteknisk stabilt
- Området skal være egna ut fra deponeringens innvirkning på biologisk mangfold, laksevandring og liknende.
- Området skal ikke være omfattet av vernebestemmelser eller ha spesielle biologiske kvaliteter (for eksempel gyte og oppvekstområder, sjeldne arter)

Retningslinjene peker på at sjødeponier med fordel kan legges på steder der det er forurensa masser fra før.

Disse overordna funksjonskrava er i dette notatet brutt ned i kvantifiserbare kriterier og vurdert i fire runder. Etter hver prioriteringsrunde blir de deponeringsalternativene som kommer dårligst ut forkasta og ikke trukket med i seinere prioriteringsrunder.

Faste krav.

I første vurderingsrunde vil deponialternativer i konflikt med områder som nevnt nedafor bli forkasta som uegna uten nærmere undersøkelser:

- Verneområder
- Gyteområder
- Ålegrasforekomster
- Hekkeområder for fugl
- Områder med for liten volumkapasitet
- Områder som ikke kan gi egna avgrensning
- Områder med grovkorna botnsedimenter.

Prioriteringskriterier.

I annen prioriteringsrunde er vurdert fordeler og ulemper i forhold til egenskaper som nevnt nedafor:

- Volumkapasitet
- Deponiform
- Vanndjup
- Transportavstand
- Værhindringer
- Friluftsliv



Tredje prioriteringsrunde er basert på feltundersøkelser og laboratorietester av jordprøver tatt i deponiområdene:

- Fauna
- Kornfordeling
- Konsentrasjon av metaller og organiske miljøgifter
 - Kobber
 - TBT
 - Benzoperylen
- Kulturminner

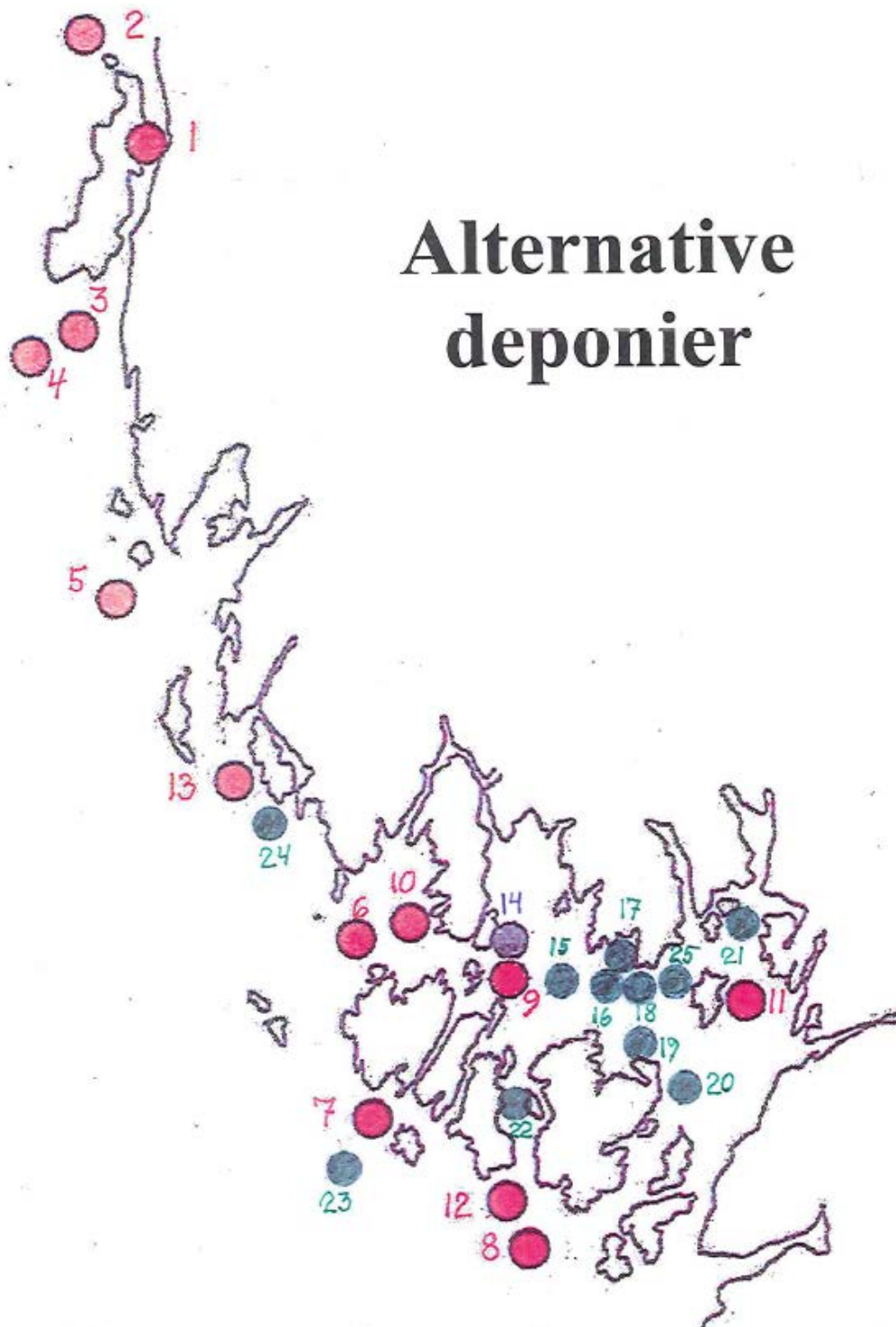
Fjerde prioriteringsrunde er basert på feltmålinger og numeriske simuleringer av:

- Strømforhold
- Sedimentspredning

2. Alternative deponier

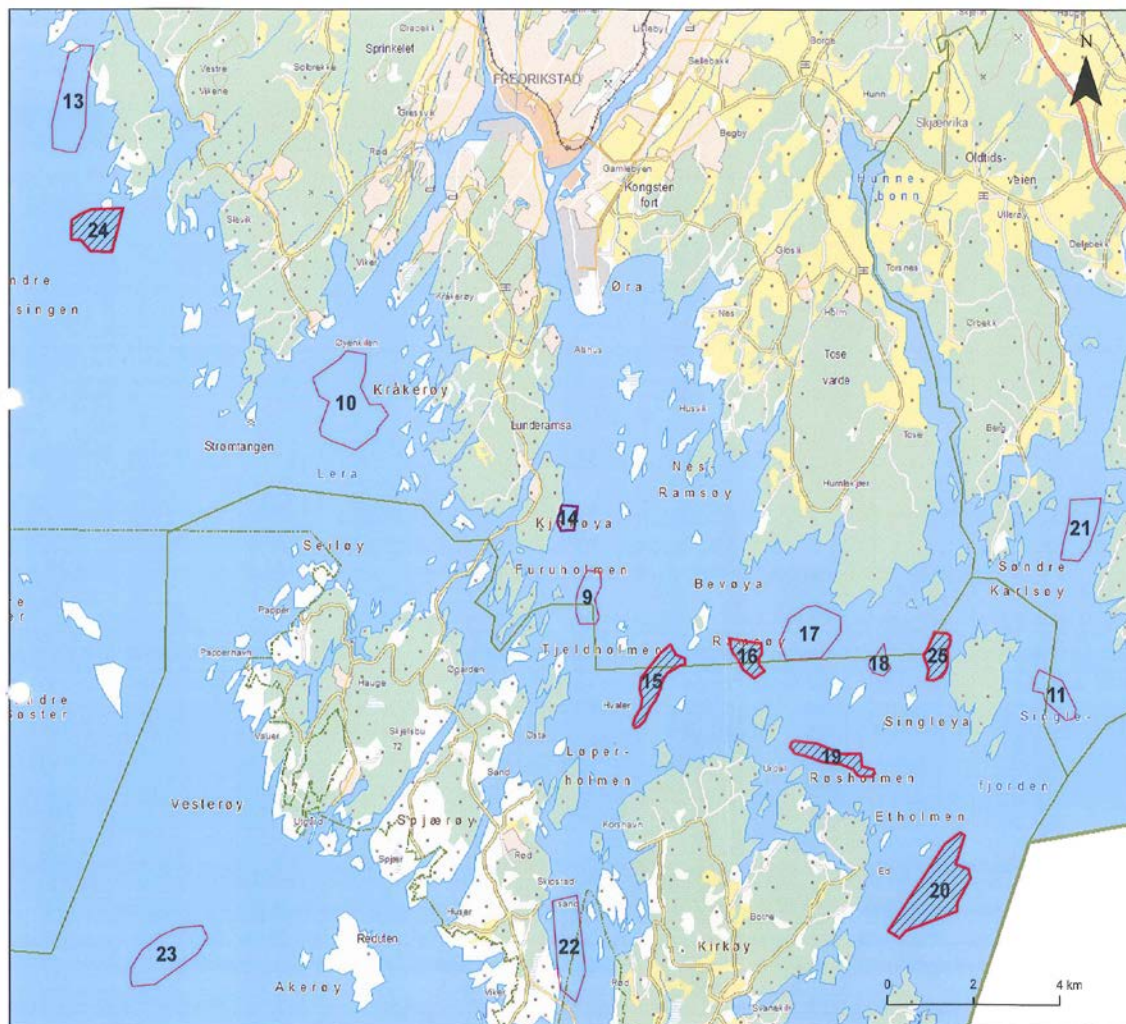
De identifiserte deponialternativene er vist i Fig 1. Deponiene 1-13 er foreslått av NIVA (1) som også har vurdert dem ut fra om de er egna for formålet.

I tillegg til disse 13 deponiene har Rambøll gjort søk i eldre rapporter (14) og funnet fram til andre mulige deponier. Videre har Borg Havn, NGI og Dr.techn. Olav Olsen kommet med til sammen 12 forslag. Disse alternativene er vist i Figur 2.



Figur 1. Alternative deponier på Østfoldkysten. Plasser undersøkt av NIVA (1) er vist med rødt. Områder foreslått av andre er vist med grønt. 14 Belgen er vist med blå farge.

- | | | | |
|-----------------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| 1. Kippnes | 6. Strømtangen | 13. Gurikraket | 20. Rødskjærrenna |
| 2. Bevøya | 7. Jylterenna | 14. Belgen | 21. Grimsøy |
| 3. Lille Revlingen | 8. Angrøtrenna | 15. Møkkalasset | 22. Hestholmen |
| 4. Dumpefelt for ammunisjon | 9. Risholmgrunna | 16. Svaleskjær | 23. Hvalerdjupet |
| 5. Sletter | 10. Dritern | 17. Terneskjær | 24. Garnholmen |
| | 11. Singløy øst | 18. Galgeholmen | 25. Singløy vest |
| | 12. Kværnskjær | 19. Bundeholmen | |



Figur 2. Deponier foreslått av andre enn NIVA. De skraverte lokalitetene er videreført i tredje prioriteringsrunde

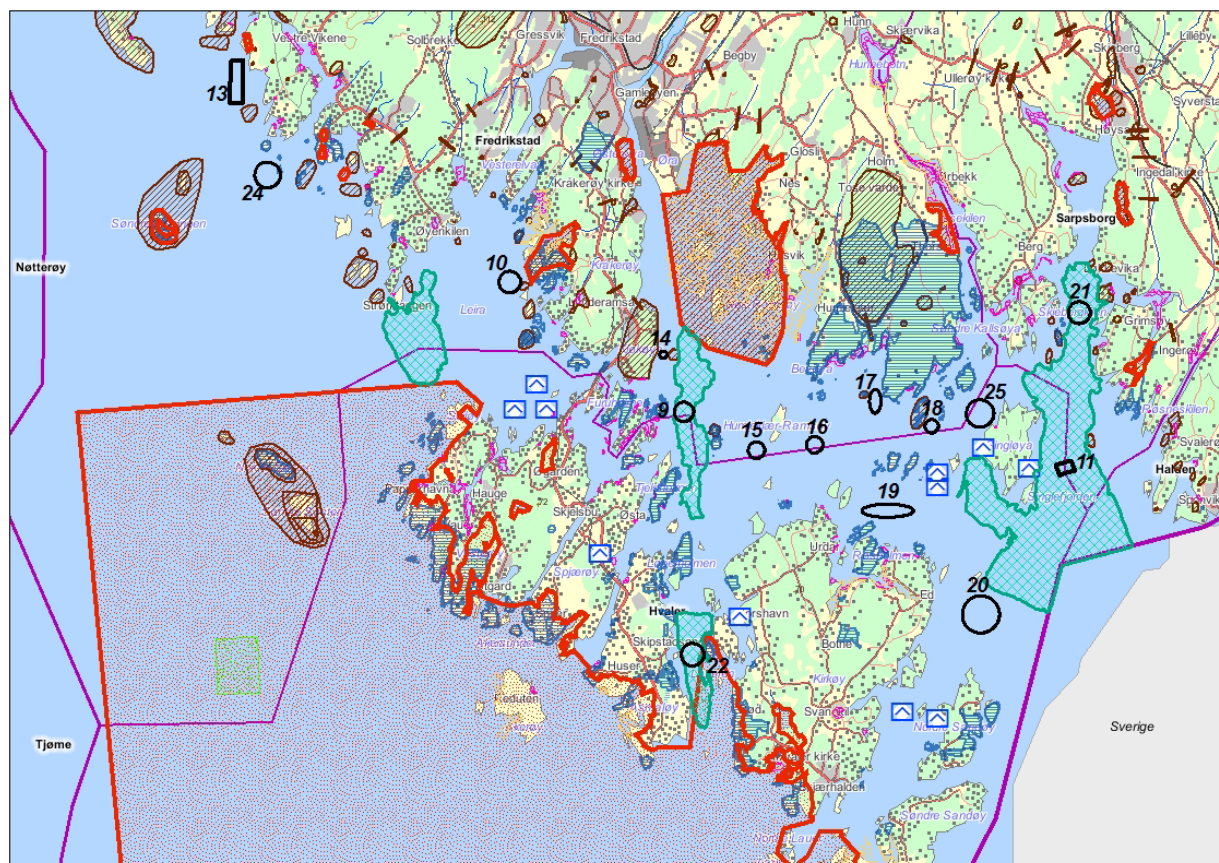
3. Første vurdering av forslag til deponier

Et første ledd i prioriteringa har vært å vurdere alle de 25 alternativene mot de faste krava. Deponiene som blei foreslått i 1995 er vurdert av NIVA basert på egne undersøkelser av områdene. Deponiene foreslått av andre er vurdert på grunnlag av nyere undersøkelser. Det viste seg da at 16 av de 25 alternativene blei forkasta som uegna i forhold til de faste krava. Deponiene som blei forkasta av NIVA og årsakene til dette er vist i tabell 1

Tabell 1. Deponialternativer forkasta av NIVA

	Deponi-alternativ vurdert av NIVA:	Forkasta på grunn av:
2	Bevøya	Uegna topografi, Lav volumkapasitet, Grovkorna masser
3	Lille Revlingen	Uegna topografi, Lav volumkapasitet, Grovkorna masser
4	Dumpefelt	260 m djupt, Uegna topografi, Lav volumkapasitet, trålfiske
5	Sletter	Uegna topografi, Lav volumkapasitet, Grovkorna masser
6	Strømtangen	Uegna topografi, Lav volumkapasitet, Kulturminner
7	Jylterenna	Uegna topografi, Lav volumkapasitet, Grovkorna masser
8	Angrøtrenna	Uegna topografi, Lav volumkapasitet, Grovkorna masser
12	Kværnskjær	Verneområde, Sjøpattedyr, Grovkorna masser

I tillegg til NIVAs vurderinger har DNV (15) vurdert om deponialternativene ligger i særlig sårbare områder som verneområder, gyteområder, artsforekomster av sjøfugl, ålegrassamfunn, friluftsområder og akvakultur. Informasjonen er henta fra Naturbase (direktoratet for naturforvaltning), fiskeridirektoratet, havforskningsinstituttet og MRDB (marin ressursdatabase). Gyteområdene er også vurdert på grunnlag av informasjoner fra Fiskeridirektoratet i Flødeviken og lokalt i Fredrikstad. Deres informasjoner baserer seg i stor grad på informasjoner fra lokale fiskere. Rapporten fra DNV omfatter 16 av deponialternativene inklusive de som ikke blei forkasta av NIVA. Sårbare områder er vist i Figur 3.



Figur 3 Oversikt over de alternative deponeringsområdene og ressursene i området. Gytefelt for kysttorsk ((grønt) Fiskeridirektoratet og HI), Vernet område ((rødt) Naturbase, DN), artsforekomster sjøfugl ((brunt) Naturbase, DN), Sikrede friluftsområder ((blå) Naturbase, DN), Ålegrassamfunn ((rosa) Naturbase, DN) og Akvakultur- Skalldyr ((blå og hvite firkanter) Fiskeridirektoratet.



23 Hvalerdjupet ligger i verneområdet Ytre Hvaler Nasjonalpark. 1 Kippenes, 9 Risholmgrunna, 11 Singløy øst, 21 Grimsøy og 22 Hestholmen ligger i gyteområder og faller dermed bort som aktuelle alternativer.

9 Risholmgrunna, 10 Dritern og 18 Galgeholmen blei forkasta på grunn av for lav volumkapasitet.

Tabell 2 gir en begrunnet oppsummering av deponiene som ikke tilfredsstill de faste krava

Tabell 2 Deponialternativer forkasta av Kystverket / DNV

	Deponialternativ Forkasta av Kystverket	
1	Kippenes	Verneområde, Gyteområde, Uegna topografi, Lav volumkapasitet, Gyteområde, Volumkapasitet 440 000 m3, nødvendig 1 700 000m3
9	Risholmgrunna	
10	Dritern	Uegna topografi, Lav volumkapasitet,
11	Singløy øst	Gyteområde
18	Galgeholmen	Lav volumkapasitet, Grunt
21	Grimsøy	Gyteområde
22	Hestholmen	Gyteområde
23	Hvalerdjupet	Verneområde

Deponialternativene vist i Tabell 3 blir ført videre til annen prioriteringsrunde:

Tabell 3 Deponialternativer som blir ført videre i prioriteringsrunde 2

13	Gurikraket
14	Belgen
15	Møkkalasset
16	Svaleskjær
17	Terneskjær
19	Bundeholmen
20	Rødskjærrenna
24	Garnholmen
25	Singløy vest

4. Annen prioriteringsrunde

Metode for prioritering

Etter at 16 deponialternativer er forkasta står det 9 alternativer igjen. Disse alternativene tilfredsstill de faste krava, men de kan ha fordeler og ulemper som gir dem ulik verdi i en prioriteringsprosess. Det er gjort en systematisk gjennomgang av deponiene for å avdekke slike fordeler og ulemper. Egenskapene til hvert av deponiene er gitt en **verdi** 1 eller -1 av hengig av om de er vurdert som en fordel eller en ulempe. Er det ingen spesiell fordel eller ulempe er egenskapen gitt verdien 0. Hver av egenskapene er gitt **vekt** avhengig av hvor viktig den er for deponiet og nærområdet. Produktsummen av vekt og verdi gir en poengsum som gir grunnlag for prioritering. En prioriteringstabell er vist i Tabell 12 som også viser hvordan de enkelte egenskapene er tillagt vekt..



Avgrensning og volum

På grunnlag av kart over botndjup mottatt av Sjøkartverket har NGI og Asplan Viak vurdert om deponiet har en klar avgrensning, om det har tilstrekkelig deponeringskapasitet og om det vil ligge djupt nok til å unngå erosjon fra skip, strøm og bølger. Resultatet er oppsummert i tabell 12. Det framgår at 15 Møkkalasset, 17 Terneskjær, 16 Svaleskjær, 19 Bundeholmen, 24 Garnholmen og 25 Singløy vest har skålform som gir god avgrensning. Slike deponier i skålform vil kunne gi geoteknisk stabilitet. De andre deponiene vil ha form som ei langstrakt renne som en må avgrense i endene med undervannsjetéeer.

Deponialternativer som tilfredsstillende de faste krava i første prioriteringsrunde har akseptabelt volum og avgrensning og kan ikke ha negativ verdi. 14 Belgen, 15 Møkkalasset, 19 Bundeholmen, 20 Rødskjærrenna, 16 Svaleskjær og 24 Garnholmen har en volumkapasitet større enn minstekravet 1,7 mill m³ og er dermed gitt en fordel. Det er viktig at deponiet får tilstrekkelig volum og det vil være en fordel om de har en reservekapasitet. Derfor er både volum og deponiavgrensning gitt vekt 3.

Vanndjup

Sjiktning i strøm og saltinnhold i sjøen innafor Hvaler varierer over året og med vassføringa i Glomma. Der det foreligger målinger blir det statiske hydrografiske forhold først under ca 20 m djup (14). Alle deponiene som er vurdert i annen prioriteringsrunde har djup 20 m eller mer. Derfor er ingen av dem tillagt noen ulempe her. Djup mellom 30 og 40 m er sett på som en fordel. Derfor har vi gitt 16 Svaleskjær på 36 m verdien 1. På djup større enn 40 m er nedføringsrøret langt. Det kan tette seg og bli utsatt for uheldige dynamiske effekter. Djupet er gitt vekt 2.

Transportlengde

Transportlengden fra mudringsområdet til deponiet er viktig, for transportøkonomi og energiforbruk. Avhengig av størrelsen av lekteren må en transportere ut minst 2 lass om dagen. Slik transport kan medføre miljøkonsekvenser i form av søl av mudringsmasser ved strendene langs transportruta. Dette gjelder ikke minst ved grunnstøting, som ikke er usannsynlig i området mellom Kråkerøy og Vesterøy. Det er derfor en fordel at transportlengden er kort og ikke minst at transporten går i skjerna, men ikke trange, farvann.

Vi har gitt deponiområdene i avstand mindre enn 10 km verdi 1 (14 Belgen, 15 Møkkalasset og 16 Svaleskjær) og deponiområdene i over 20 km avstand (13 Gurikraket og 24 Garnholmen) verdi -1. Transportlengde er gitt vekt 2.

Værhindringer

En stor del av arbeidet vil foregå om vinteren, til tider krevende værforhold. Utaskjærs sjøtransport over stor avstand i kan gi vanskelige manøvreringsforhold for transportlekterne. Nedføring av massene gjennom rør vil bli vanskelig og en må regne med mye ventetid. Et utaskjærs deponiområde vil medføre forsinkelser, økte kostnader og fare for skader på utstyret. Vi har gitt områdene utafor skjærgården (13 Gurikraket og 24 Garnholmen) verdi -1. Værhindringer er gitt vekt 4.

Friluftsliv

I Naturbasen er foruten gyteområder, verneområder og artsforekomster også vist sikra friluftsområder. Av aktuelle deponialternativer ligger 19 Bundeholmen og 17 Terneskjær nær slike områder og det kan være fare for tilsøling. Dette er en stor ulempe og deponialternativene er gitt verdi -1. Det er viktig å verne om friluftslivet og egenskapen er gitt vekt 4.



Annen prioriteringsrunde – resultat

Som nærmere spesifisert i tabell 12 har annen prioriteringsrunde gitt som resultat:

Tabell 4: Resultat av annen prioriteringsrunde

	Deponialternativ	Poeng
16	Svaleskjær	10
15	Møkkalasset	8
14	Belgen	5
20	Rødskjærrenna	3
19	Bundeholmen	2
25	Singløy vest	2
24	Garnholmen	0
17	Terneskjær	-1
13	Gurikraket	-3

De seks områdene 15 Møkkalasset, 16 Svaleskjær, 19 Bundeholmen, 20 Rødskjærrenna, og 25 Singløy vest bør undersøkes nærmere. 24 Garnholmen er trukket med for å oppnå en viss geografisk spredning. 14 Belgen er undersøkt før. 17 Terneskjær og 13 Gurikraket ser ikke ut til å ha fordeler som tilsier at de bør bli ført videre i en tredje prioriteringsrunde.

5. Tredje prioriteringsrunde

Feltundersøkelser og analyser av sedimenter

Det er utført prøvetaking av botnsedimenter for kjemisk og biologisk karakterisering fra FF Trygve Braarud i alle de seks prioriterte områdene nevnt foran. Det blei for hvert område tatt fem sedimentprøver (enkeltp prøver med grabb) for kjemisk analyse, fire fra det aktuelle området og en referanseprøve. Det blei laga representative blandprøver av de fire sedimentprøvene for hvert område for kornfordelingsanalyse. Det blei tatt tre prøver og en referanseprøve fra hvert område for biologiske analyser.

Undersøkelsene viser (16):

Miljøgifter

Det er påvist konsentrasjoner av metaller og organiske miljøgifter som tilsvarer Klifs tilstandsklasse IV i alle de undersøkte områdene. Tilstanden i sedimentene er klassifisert som dårlig. Det er påvist mest forurensing ved 15 Møkkalasset, 16 Svaleskjær, 19 Bundeholmen og 25 Singløy vest. Det er her kobber og benzoperylen i klasse IV. Ved 16 Svaleskjær er det også TBT i klasse III.

Ved 24 Garnholmen og 20 Rødskjærrenna er det kobber i klasse II bortsett fra en prøve i klasse III og et referansepunkt i klasse V. I disse områdene er det også benzoperylen og indenzopyren i klasse IV. For øvrig er konsentrasjonen av metaller og organiske parametre i klasse I og II.

Tabell 5 og Tabell 6 viser typiske eksempler på konsentrasjoner av metaller og organiske miljøgifter i de undersøkte lokalitetene.



Under ellers like forhold bør en legge et deponi med reine masser i et område der det er miljøgifter fra før. Deponiet bidrar da til å dekke over giftene og holde dem borte fra næringskjeden. Ved prioriteringa er derfor hver av de tre viktigste miljøgiftene med forurensing i klasseIV gitt verdien 1, dem i klasse III verdien 0 og dem i klasse II verdien -1. Egenskapen er gitt vekt 1 for hver av de tre miljøgiftene.

Tabell 5: Konsentrasjonen av metaller og organiske miljøgifter i sedimenter fra 4 stasjoner ved lokaliteten 15 Møkkalasset og en referansestasjon i nærheten. Fargene angir tilstandsklasser for sediment (mg/kg ts) i henhold til Klifs klassifiseringssystem (TA 2229/2007). 16 Svaleskjær, 19 Bundeholmen og 25 Singløy vest har liknende innhold av miljøgifter. 25 Singløy vest har også indenopyren i klasse III.

Parameter	Lok 15-1	Lok 15-2	Lok 15-3	Lok 15-4	Lok 15-REF
Arsen	38	36	37	34	35
Bly	33	35	35	37	41
Kadmium	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kobber	57	60	61	64	68
Krom	49	50	52	54	56
Kvikksølv	0,28	<0,2	0,35	<0,2	0,37
Nikkel	40	39	42	40	42
Sink	155	157	166	164	178
Naftalen	0,020	0,021	0,022	0,020	0,020
Acenaftilen	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Acenaften	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoren	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fenantren	0,012	0,012	0,018	0,013	0,014
Antracen	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranten	0,035	0,034	0,038	0,037	0,044
Pyren	0,026	0,027	0,029	0,028	0,031
Benso(a)antracen	0,014	0,015	0,016	0,016	0,019
Krysen	0,023	0,024	0,026	0,026	0,028
Benso(b)fluoranten	0,016	0,040	0,056	0,047	0,053
Benso(k)fluoranten	0,027	0,028	0,024	0,029	0,031
Benso(a)pyren	0,026	0,028	0,028	0,026	0,038
Dibenso(ah)antracen	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benso(ghi)perylen	0,031	0,033	0,035	0,034	0,047
Indeno(123cd)pyren	0,018	0,027	0,027	0,022	0,036
∑PAH ₁₆	0,28	0,29	0,32	0,30	0,36
∑PCB ₇	i. p.	0,002	0,002	0,004	0,004
TBT (µg/kg ts)	1,6	3,5	1,5	2,0	2,8
TOC (%)	2,4	1,9	1,7	1,8	1,8
Leire (%)	12,7	19,1	19,7	15,2	16,3
Silt (%)	86,1	80,8	80,3	84,8	83,7
Sand (%)	1,2	0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Tabell 6: Konsentrasjonen av metaller og organiske miljøgifter i sedimenter fra 4 stasjoner ved lokaliteten 24 Garnholmen og en referansestasjon i nærheten. Fargene angir tilstandsklasser for sediment (mg/kg ts) i henhold til Klifs klassifiseringssystem (TA 2229/2007)
20 Rødskjærrenna har liknende innhold av miljøgifter

Parameter	Lok 24-1	Lok 24-2	Lok 24-3	Lok 24-4	Lok 24-REF
Arsen	17	12	20	13	11
Bly	42	44	41	42	57
Kadmium	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kobber	38	46	52	42	268
Krom	39	40	39	37	37
Kvikksølv	<0,2	0,21	<0,2	<0,2	0,22
Nikkel	33	34	33	32	32
Sink	121	127	124	119	294
Naftalen	0,024	0,023	0,025	0,027	0,021
Acenaftilen	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Acenaften	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoren	<0,010	<0,010	<0,010	0,011	<0,010
Fenantren	0,020	0,021	0,018	0,051	0,028
Antracen	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoranten	0,057	0,066	0,045	0,080	0,059
Pyren	0,039	0,052	0,035	0,053	0,039
Benso(a)antracen	0,028	0,030	0,021	0,035	0,024
Krysen	0,038	0,044	0,033	0,042	0,035
Benso(b)fluoranten	0,070	0,098	0,060	0,098	0,078
Benso(k)fluoranten	0,048	0,054	0,053	0,065	0,055
Benso(a)pyren	0,069	0,070	0,046	0,048	0,037
Dibenso(ah)antracen	0,016	0,020	0,014	0,013	0,012
Benso(ghi)perylene	0,082	0,093	0,065	0,087	0,066
Indeno(123cd)pyren	0,086	0,070	0,059	0,075	0,073
∑PAH ₁₆	0,58	0,34	0,29	0,69	0,53
∑PCB ₇	i. p.	0,001	i. p.	i. p.	i. p.
TBT (µg/kg ts)	2,1	3,0	2,9	2,2	14
TOC (%)	1,7	1,6	1,9	1,7	1,5
Leire (%)	13,8	10,3	13,1	12,3	15
Silt (%)	84	87	86,1	84,2	83,9
Sand (%)	2,2	2,7	0,8	3,5	1,1

Kornfordeling

Det er ønskelig med mer finkornige sedimenter i botnen under deponiområdet enn i dumpemassene. Botnsedimentene i deponiet gir et mål på hvor fine masser botnstrømmene kan kaste opp i suspensjon og transportere vekk. Mer grovkornige dumpemasser vil for tilsvarende strømforhold bli liggende i ro.

Botnsedimentene er under alle de alternative deponiene klassifisert som siltig leire. Innholdet av finstoff viser at det er sedimenterende forhold. Kornfordelinga i de aktuelle mudringsmassene varierer over mudringsområdet, men botnsedimentene er funnet å være finere i alle de seks foreslåtte deponiene. Kornfordelinga er derfor gitt verdien 1 for alle de seks alternativene. Det er svært viktig at deponimassene ikke eroderes og blir transportert vekk med strømmen. Derfor er egenskapen gitt vekt 3.

Kornfordelinga er undersøkt av to institusjoner, NGI og ALS. Resultatene viser store avvik., sannsynligvis fordi leirpartiklene under uheldige forhold fnokker seg så flere små partikler vil bli målt som en stor. Leirinnholdet som målt av NGI er vist i Figur 4. ALS fant ca 70 % lavere leirinnhold enn NGI. Også ALS gir et akseptabelt leirinnhold sett i forhold til dumpemassene. Det høge leirinnholdet viser at det på alle deponiene er sedimenterende forhold.

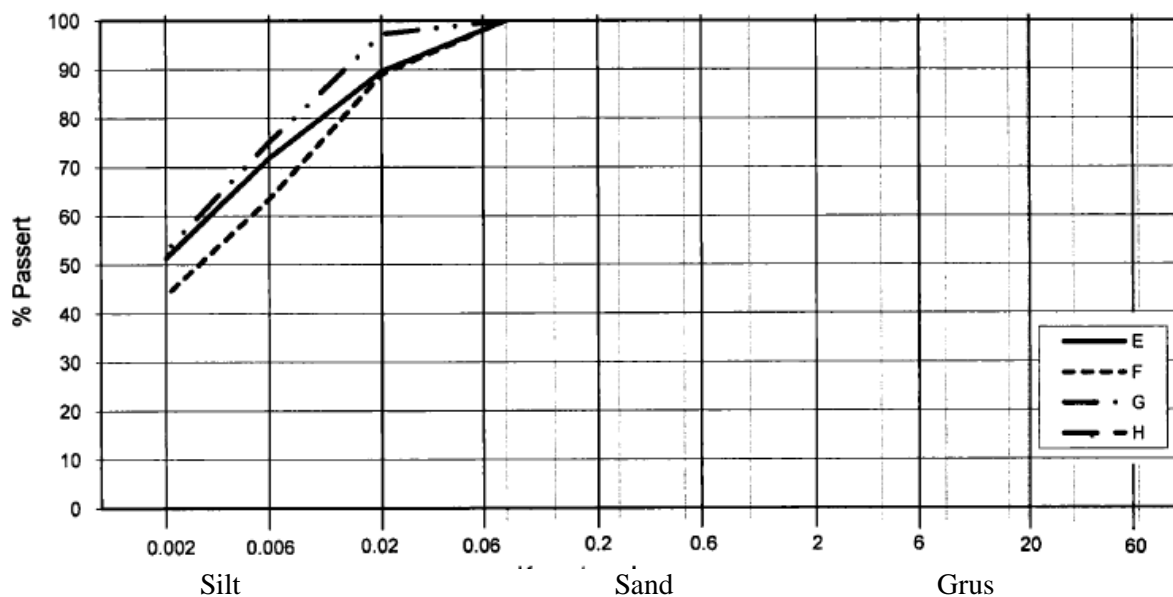


Fig 4 Typiske kornfordelingskurver for: 20 Rødskjærrenna (E), 24 Garnholmen (F) og 25 Singløy vest (G)

Bløtbotnfauna

Det er ikke registrert rødlistede, sjeldne eller trua arter i noen av botnsedimentene, men artsmangfoldet er klassifisert som svært godt til godt ved fire av de seks områdene. Unntaka er 16 Svaleskjær og 19 Bundeholmen som har en artsfattig fauna og lav biodiversitet med sterk dominans av én art (børstemark). Disse områdene ligger inneklemt mellom holmer og skjær der det kan være stillestående og oksygenfattig vann. Men dette kan også skyldes naturlige variasjoner. Samme type fauna på den nærliggende referansestasjonen tilsier at faunaen i dumpeområdet vil reetableres relativt raskt etter endt oppfylling av mudringsmasser.

Djupet oppgitt i tabell 7 er djupet i deponiområdet før deponering mens Tabell 12 (oppsummerende prioriteringstabell) gir djupet etter oppfylling.

I den grad det er mulig bør en verne om bløtbotnfaunaen Under ellers like forhold bør en unngå å legge dumpemassene i områder med rik botnfauna og stort artsmangfold. Derfor er 16 Svaleskjær og 19 Bundeholmen gitt verdien 0, mens 15 Møkkalasset, 20 Rødskjærrenna, 24 Garnholmen og 11 Singløy øst har stort artsmangfold og mange individer. Disse deponialternativene er gitt verdi -1. 16 Svaleskjæret og 19 Bundeholmen er gitt verdien 1. Bløtbotnfaunaen er gitt vekt 2.

Kulturminner

Kystverket presenterte seks mulige deponier for Norsk Maritimt Museum med spørsmål om det kan oppstå konflikter med kulturminner. Det er ikke registrert vrak i området der deponering kan bli aktuelt, men muséet fant det nødvendig å undersøke 24 Garnholmen, 15 Møkkalasset og 16 Svaleskjær med multistråleekkolodd (17). Ved 16 Svaleskjær fant de et objekt 1,5 m høgt, 12 m langt og 6 m bredt. Ut fra dataene kunne det dreie seg om et vrak. For å verifisere at det ikke er et verna kulturminne blei det undersøkt med ROV. Det viste seg å være en bergknaus som stikker opp igjennom sjøbotnen.

Det blei ikke påvist gjenstander som er freda etter lov om kulturminner. Deponering kan derfor gjennomføres som planlagt. Kulturminner er gitt verdien 0 for alle deponialternativene



Tabell 7 Antall arter (s) og individer (N) og diversitetsindeksene H, J og ES100. For deponiområdene 15 Møkkalasset, 16 Svaaleskjær, 19 Bundeholmen, 20 Rødskjærrenna, 24 Garnholmen og 25 Singløy vest. Fargekoden viser tilstandsklassen som definert i Vanndirektivet (2009)

Prøve	Dyp	N	S	H'	J	ES(100)
15-1	52	247	29	4,0	0,8	21
15-2	46	139	28	4,1	0,9	25
15-3	63	243	20	3,4	0,8	17
15-ref	42	139	33	4,5	0,9	29
16-1	48	151	8	1,1	0,4	6
16-2	50	128	6	0,7	0,3	5
16-3	64	52	5	1,1	0,5	5
16-ref	48	146	16	2,6	0,7	14
19-1	52	120	7	1,5	0,5	7
19-2	50	66	6	1,7	0,6	6
19-3	53	216	7	1,0	0,4	6
19-ref	50	186	7	1,0	0,4	5
20-1	49	39	18	3,9	0,9	18
20-2	61	80	24	4,0	0,9	24
20-3	56	106	22	3,8	0,8	22
20-ref	74	114	23	3,8	0,8	22
24-1	62	101	29	4,4	0,9	29
24-2	54	56	18	3,9	0,9	18
24-3	98	58	21	4,0	0,9	21
24-ref	83	254	35	4,2	0,8	25
25-1	35	28	14	3,5	0,9	14
25-2	27	13	9	3,0	1,0	9
25-3	41	26	15	3,7	1,0	15
25-ref	40	38	20	4,1	0,9	20

Fiskeriene

Fiskeridirektoratet opplyser at Møkkalasset er det deponialternativet som kommer i minst konflikt med fiskeriene, fulgt av Svaaleskjær som nest beste alternativ. Bruk av de andre områdene er i utgangspunktet ikke ønskelig. Møkkalasset er gitt verdien 1 og de andre områdene verdien 0. Fiskeriene er gitt vekt 3.

Tredje prioriteringsrunde – resultat

Resultatet av tredje prioriteringsrunde er gitt i Tabell 8.

Tabell 8 Resultatet av tredje prioriteringsrunde

	Deponialternativ	Poeng
16	Svaaleskjær	17
15	Møkkalasset	12
14	Belgen	7-9
19	Bundeholmen	7
25	Singløy vest	6
20	Rødskjærrenna	4
24	Garnholmen	2

Det er ikke gjort undersøkelser av faunaen for 14 Belgen som for de andre deponialternativene. Poengskåret er derfor ikke sammenliknbart. Fulle undersøkelser på 14 Belgen ville i verste fall gi 7, i beste fall 9 poeng



Etter vurdering av resultatene og i samråd med Klif, Fylkesmannen og Fredrikstad kommune blei tre områder valgt ut for måling og numerisk modellering av strøm: 24 Garnholmen 15 Møkkalasset og 16 Svaleskjær. For 14 Belgen er slike undersøkelser gjort før.

24 Garnholmen er valgt framfor 19 Bundeholmen for å få en viss geografisk spredning av de prioriterte deponiene. Tabell 11 viser hvordan et eventuelt krav om å trekke deponiet ut av Hvaler-estuarieret vil gi større transportavstand og lavere poengskår.

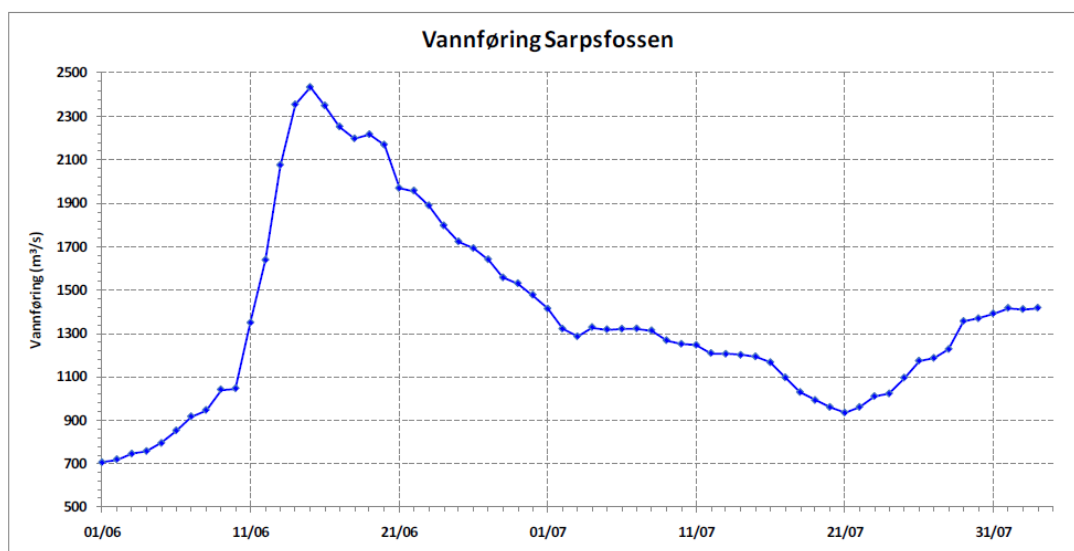
6. Fjerde prioriteringsrunde

Strømmålinger

Strømmen er målt på 2 m djup og for 24 Garnholmen og 15 Møkkalasset også videre nedover i vannsøyla til botnen i 10 m dybdeintervall (18).

Det er målt i tidsrommet fra 1. juni til 3. august 2011. I dette tidsrommet varierte vassføringa i Glomma fra 705 til 2434 m³/sek som vist i Figur 5. Strømfarta avtar med djupet og er maksimalt 10 til 11 cm/sek ved botnen. Midlere fart er mellom 2 og 3 cm/sek Retningen på store djup er overveiende nordlig ved 24 Garnholmene og enda mer markert nordøstlig ved 15 Møkkalasset. Dette tyder på at det er returstrøm innover på østsida av 15 Møkkalasset.

Det framgår av Tabell 9 og Figur 5 at maksimal strømfart ved deponiområdene blei målt på dager da vassføringa i Glomma var langt fra den maksimale. Bare ved 15 Møkkalasset på djup mindre enn 20 m falt maksimal strømfart sammen med maksimal vassføring i elva.



Figur 5. Vassføringa i Sarpsfossen i tidsrommet da strømmen blei målt



Tabell 9. Strømmålinger i tidsrommet fra 1. juni til 3. august

St. 1 - Garnholmene	Maksimumsfart			Midlere strømfart (cm/s)	Dominerende retning (°)	Strøm- stabilitet (%)
	Måledyp	Dato	Fart (cm/s)			
2 m	10. juli	58	315	11.3	315 – 345	21
10 m	10. juli	32	340	8.4	105 – 135	48
20 m	27. juni	40	144	5.4	105 – 135	43
30 m	18. juni	23	321	4.3	345 – 15	33
40 m	1. juni	18	320	3.4	315 – 345	37
50 m	20. juli	12	86	2.4	345 – 15	52
60 m	5. juni	10	77	2.1	45 – 75	50

St. 2 - Mokkalasset	Maksimumsfart			Midlere strømfart (cm/s)	Dominerende retning (°)	Strøm- stabilitet (%)
	Måledyp	Dato	Fart (cm/s)			
2 m	13. juni	52	188	10.5	45 – 75	16
9 m	17. juli	31	16	8.1	345 – 15	32
19 m	19. juni	15	17	3.5	15 – 45	40
29 m	13. juli	28	15	4.5	15 – 45	67
39 m	14. juli	18	15	2.9	15 – 45	69
49 m	23. juli	11	24	2.7	15 – 45	71

St. 3 - Svaleskjær	Maksimumsfart			Midlere strømfart (cm/s)	Dominerende retning (°)	Strøm- stabilitet (%)
	Måledyp	Dato	Fart (cm/s)			
2 m	21. juni	46	59	12.2	60	81

Turbiditet

Parallelt med strømmålingene er det i perioden 1. juni til 3. august også utført turbiditetsmålinger (18). Det er målt på 2 m djup og 3 m over botnen. I tabellen er vist turbiditeten uttrykt som FTU. Denne verdien svarer om lag til konsentrasjonen av sedimenter i suspensjon i mg/l. Målingene i 2 m djup er forstyrret av groing på målerne. Disse er derfor mindre pålitelige enn målerne ved botnen.



Tabell 10 Resultat av turbiditetsmålingene 1.juni til 3. august 2011

Stasjon	Måledyp	Maksimum (FTU/NTU)	Gjennomsnitt (FTU/NTU)
St. 1 Garnholmene	2 m	3,7	1,8
	3 m over bunn	3,0	0,8
St. 2 Møkkalasset	2 m	2,9	1,9
	3 m over bunn	5,1	3,4
St. 3 Svaleskjær	2 m	3,2	1,4
	3 m over bunn	-	-

Modellering av strøm

For å verifisere konklusjonene og få et bedre grunnlag for endelig valg av deponi, har Sintef gjennomført numerisk modellering av strøm og sedimentspredning under og etter deponering av muddermassene (23). Modelleringen er gjort for 15 Møkkalasset, 16 Svaleskjær og til dels 24 Garnholmen. Modellen samsvarer godt med målte data fra 2011, men viser i hovedsak noe lavere strømhastigheter enn det som ble målt.

Simuleringa gjelder flomperioden juni-juli 2011. Midlere strømfart er vist i Fig 6. De svarte kurvene viser simuleringer før og de røde kurvene etter deponering. Under ca 5-10 m er strømfarta lav og det er liten forskjell mellom Svaleskjær og Møkkalasset.

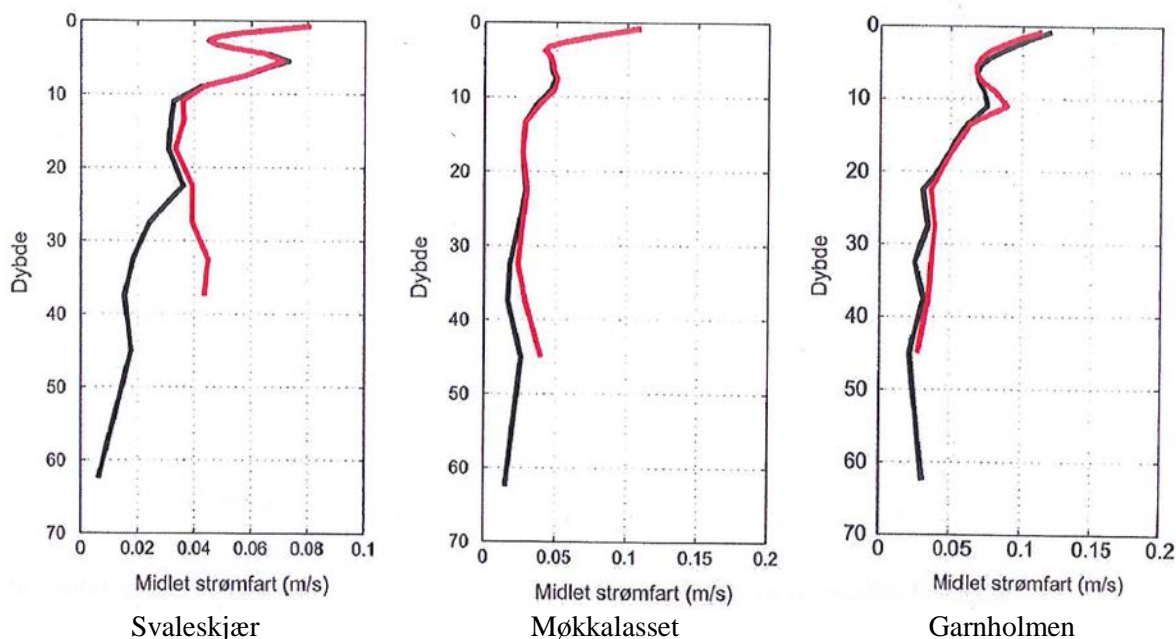


Fig 6. Strømfart i juni og juli



Modellering av sedimentspredning

Sintefs spredningsmodell DREAM viser hvordan partikler blir transportert av strømmen når de blir sluppet ut i vannet. Dataene fra strømmodellen er benyttet som inndata til simulering med spredningsmodellen. Simuleringene viser da hvordan spredningen ville ha blitt dersom deponeringa hadde funnet sted i perioden juni – juli 2011 og hvordan massen kan resuspenderes under tilsvarende strømforhold etter oppfylt deponi

Simuleringa av deponeringa bygger på at leire i klumper og grovere mineralpartikler vil sedimentere uten videre, mens deler av finstoffet vil holde seg i suspensjon over tid og kan spres til områder utenfor deponiene. Hvor mye finstoff som spres avhenger i stor grad av hvor høyt over sjøbunnen utslippsrøret plasseres. Sugemudring vil medføre betydelige mer partikkelspredning ved deponering enn mudring med bakgraver.

Resultatene viser at med mudring med bakgraver og utslippsrøret på mer enn 30 m djup blir det moderat spredning av partikler utafor deponiområdet og liten forskjell mellom lokalitetene. 15 Møkkalasset ligger så djupt at det ikke vil forekomme resuspensjon her. Spredningen utafor deponiområdet er også for Svaleskjær moderat. I prioriteringsprosessen er derfor alle de tilknyttede egenskapene turbiditet, tilslamming, partikkeltransport ut av området og resuspensjon gitt vekt 1.

Turbiditet

Bakgrunnsturbiditeten funnet med målinger er vist i tabell 10. Tillegget i turbiditet på grunn av deponeringa er vist i figur 7 og 8. I de øverste ca 5 m under overflata i deponiområdet er tillegget opptil ca 5 ppm. På større djup øker turbiditeten. Det er ingen vesentlig forskjell mellom Møkkalasset og Svaleskjær. Begge er gitt verdi -1.

Tilslamming

Tilslamming på grunn av deponeringa ved 15 Møkkalasset og 16 Svaleskjær er vist i figur 9 og 10. Den kommer i tillegg til den naturlige tilslamminga fra Glomma (ca 1 cm på tre år). Området der bidraget fra deponeringa er større enn naturlig tilslamming er vist med oransje og mørkere farger, det vil si det djupe området lokalt rundt deponeringsstedet. Det er ingen vesentlig forskjell mellom Møkkalasset og Svaleskjær. Begge er gitt verdi -1

Transport til Hvaler nasjonalpark

Sørvest for Hvalerøyene ligger Hvaler nasjonalpark. Denne inneholder en korallforekomst som kan bli skadd av partikkelskyer fra deponeringa. Korallene ligger rett sør for Løperen. Ved utslepp ved 15 Møkkalasset vil noe av partikkene spre seg sørover gjennom Løperen og mot korallene. Sør for Hvalerøyene vil partikkelskyene være fortennet til under 3 ppm som vist i Fig 11. Ved utslepp ved 16 Svaleskjær vil partikkelspredningen hovedsakelig foregå mot sørøst. Partikkelkonsentrasjonen ved korallrevet i Hvaler nasjonalpark er da funnet å være mindre enn 30 % av verdiene ved deponering ved 15 Møkkalasset.. Svaleskjær er gitt verdien 0 og Møkkalasset -1.

Resuspensjon

Det kan bli fare for resuspensjon når strømfarta over det oppfylte deponiet nærmer seg 0,2 m/sek. Den simulerte strømmen over Møkkalasset i flomperioden juni-juli 2011 viser lavere verdier. Simulering av strømmen ved Svaleskjær viser om lag samme strømfart som Møkkalasset. Men over Svaleskjærdeponiet er det noe større tendens til virveldannelse som kan øke strømfarta noe. Partikler i suspensjon har tendens til å bli transportert nordover og i liten grad uheldige konsekvenser. Svaleskjær er gitt verdi -1 og Møkkalasset 0.

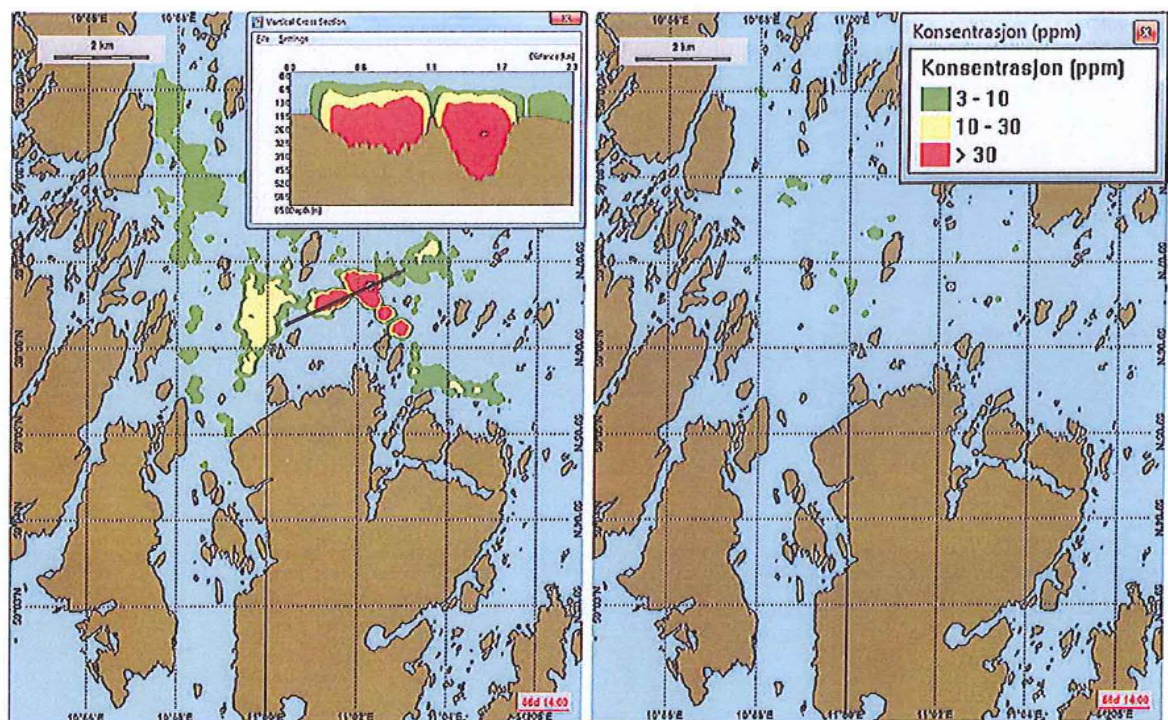


Fig. 7. Konsentrasjon av partikler ved Svaleskjær med utslepp på 30 m djup før oppfylling. Til venstre maks konsentrasjon i vannsøyla, til høyre konsentrasjon i øvre 5 m. Tverrsnittet i bildet til venstre viser partikkelkonsentrasjon i det viste snittet gjennom dumpstedet

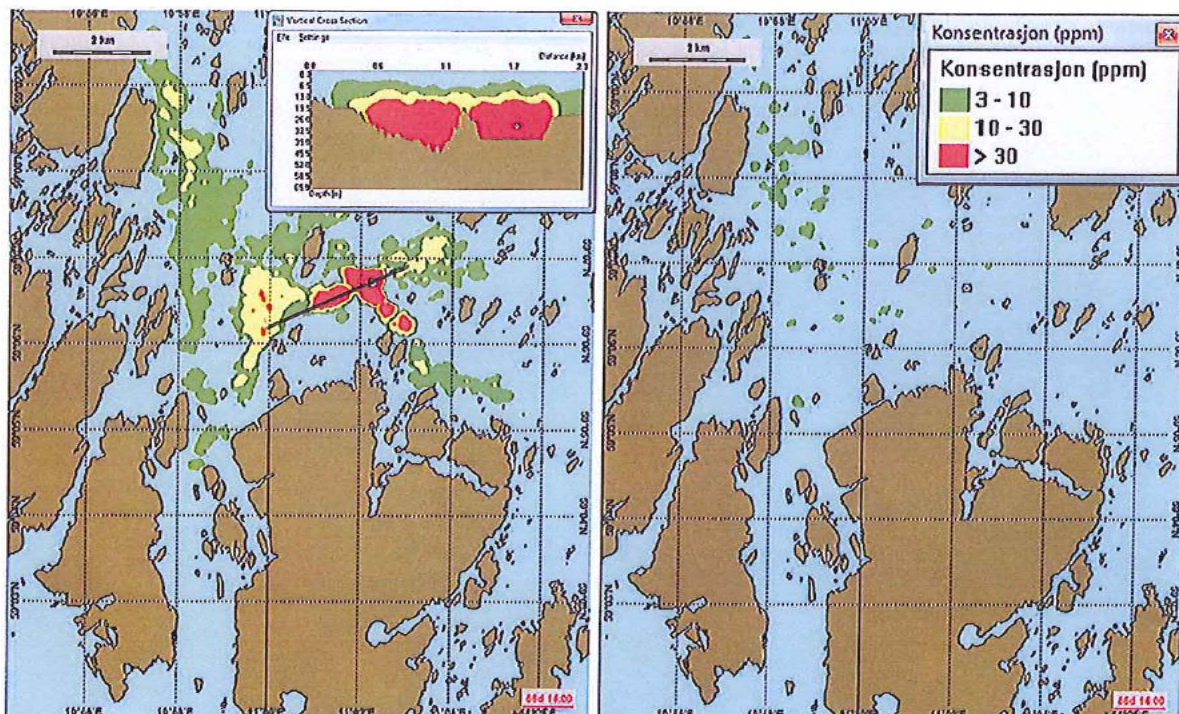


Fig. 8. Konsentrasjon av partikler ved Svaleskjær med utslepp på 30 m djup etter oppfylling. Til venstre maks konsentrasjon i vannsøyla, til høyre konsentrasjon i øvre 5 m. Tverrsnittet i bildet til venstre viser partikkelkonsentrasjon i det viste snittet gjennom dumpstedet

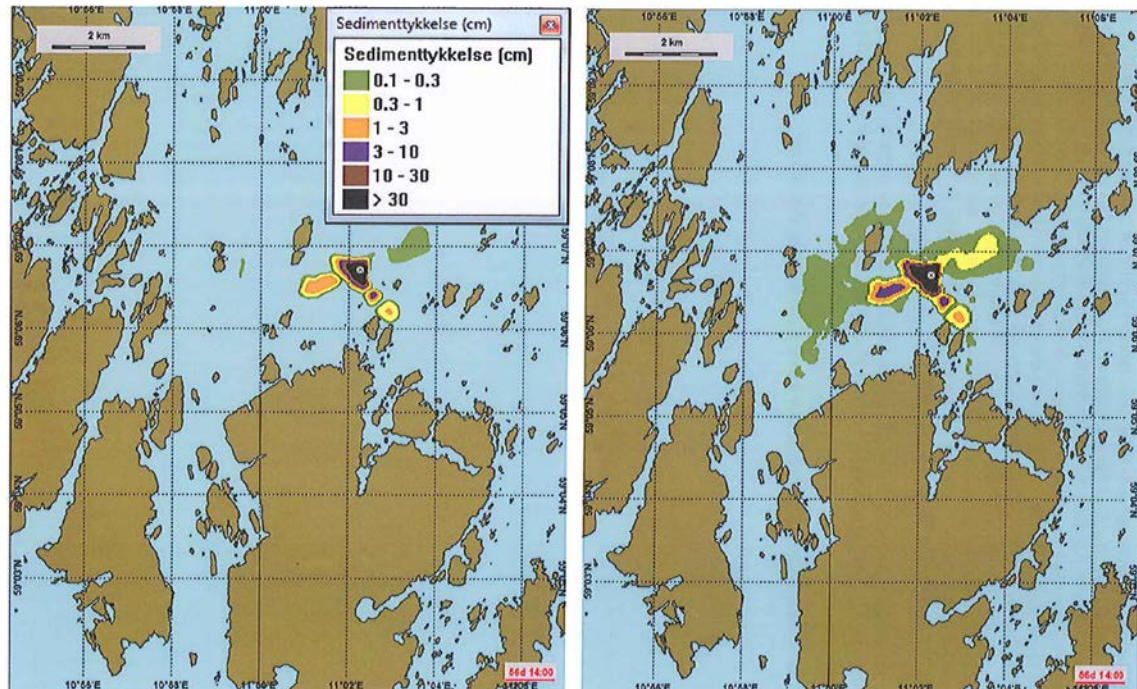


Fig.9 Tilslamming ved Svaleskjær for utslepp på 30 m djup. Til venstre før utfylling, til høyre etter utfylling

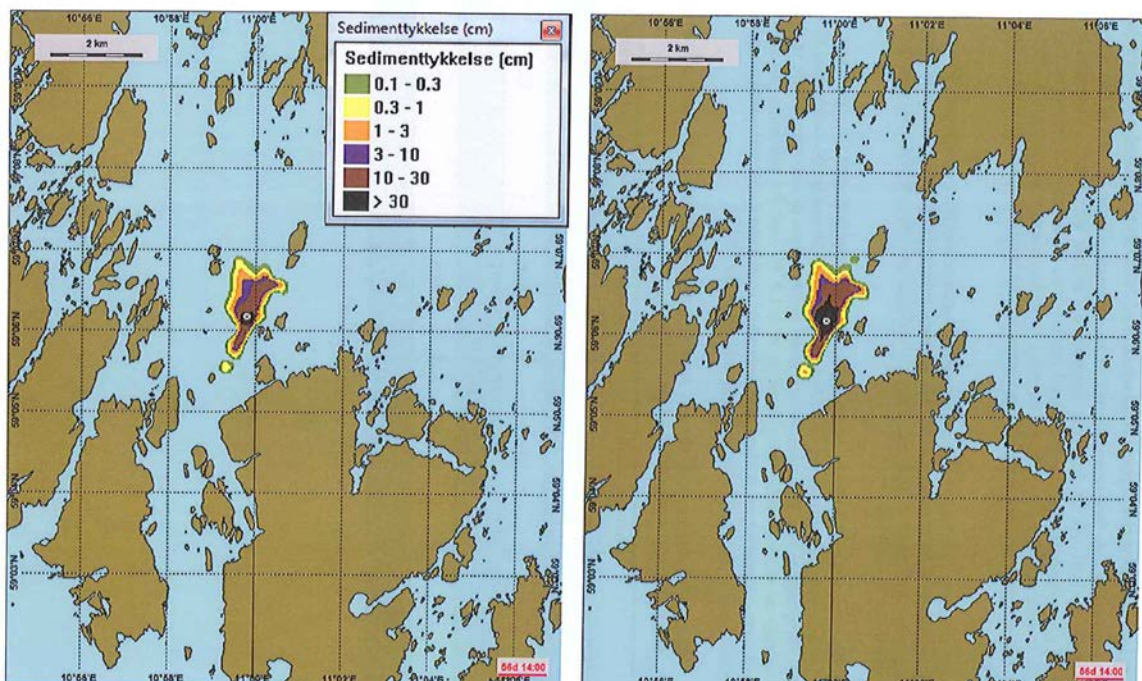


Fig.10 Tilslamming ved Møkkalasset for utslepp på 30 m djup. Til venstre før utfylling, til høyre etter utfylling

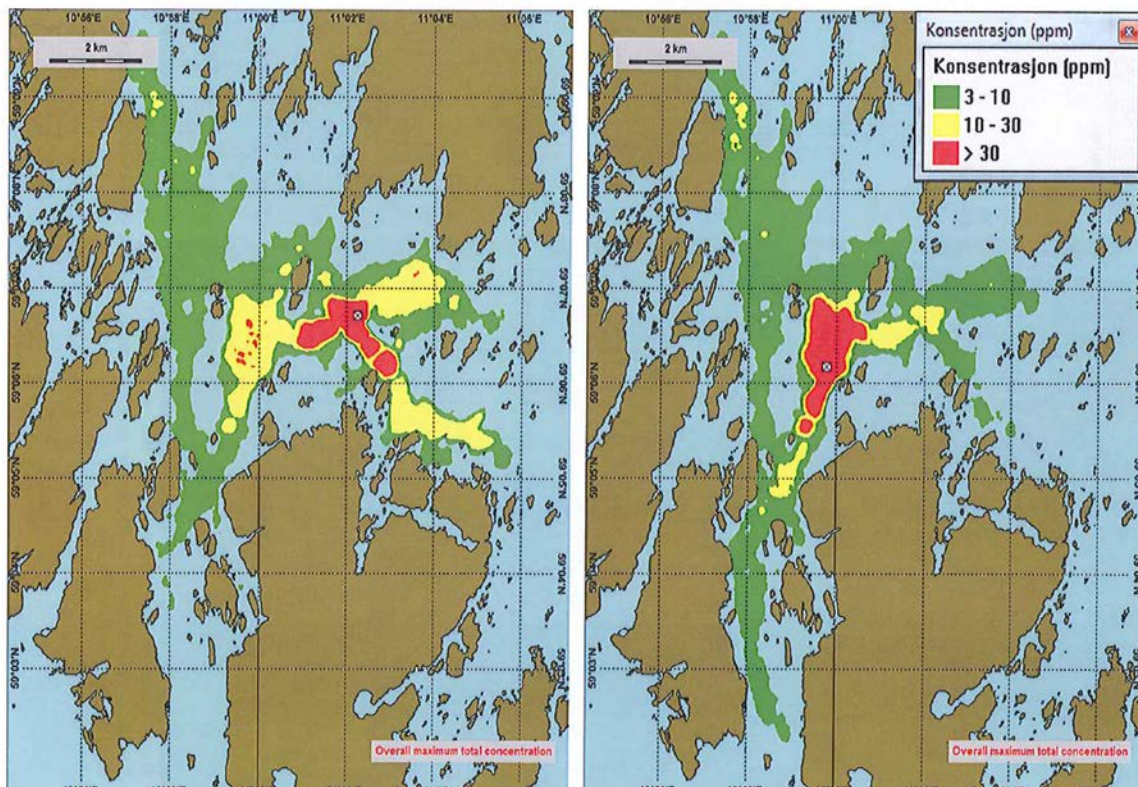


Fig 11. Maksimal konsentrasjon i vannsøyla for utsepp på 30 m djup. Til venstre med deponi ved Svaleskjær, til høyre med deponi ved Møkkalasset.

Totalsum etter fjerde prioriteringsrunde

Som vist i Tabell 11 blir resultatet etter fjerde prioriteringsrunde:

Tabell 11 Resultatet etter fjerde prioriteringsrunde

	Deponialternativ	Poeng
16	Svaleskjær	14
15	Møkkalasset	9
14	Belgen	5

Som det framgår har alle de tre prioriterte alternativene en positiv poengsum, det vil si at fordelene overskrider ulempene. Deponering av rene masser i disse tre områdene er ikke funnet å ha vesentlige negative effekter.

Masser tatt opp fra botnen vil bli lagt ut igjen på masser med tilsvarende egenskaper. Er det miljøgifter på botnen i deponiområdet, vil disse bli tildekket og holdt utafør næringskjeden.

Endelig valg mellom disse deponiområdene kan en treffe ut fra tekniske og økonomiske kriterier. Det kan være aktuelt å bruke flere av de prioriterte områdene til deponering av rene sedimenter fra Røsvikrenna.

7. Vurdering av landdeponier

Skal en mudre 1,7 millioner m³ in situ masser på fem år, må en mudre 10 000 m³ i uka. Det er da forutsatt at en ikke mudrer mellom 15. mai og 15. september.

Landdeponi i Fredrikstadorrådet

Mudring og ilandføring

Sugemudring kan gi mindre spredning av sedimenter på mudringsstedet enn mudring med grabb eller bakgraver. Med sugemudring kan en også pumpe massene direkte i land. Ulempen er at suspensjonen som blir tatt i land inneholder mest vann og bare ca 20 % tørrstoff. Sedimentene in situ inneholder omtrent halvdelen tørrstoff og halvdelen vann. Mudrer en 10 000 m³ in situ masse i uka må en ta i land 25 000 m³ suspensjon. 20 000 m³ er vann som for det meste må skilles ut.

Gabb og bakgraver har lavere nominell kapasitet. Mudrer en 5000 m³ in situ masse i uka, medfølger 1500 m³ ekstra vann som må skilles ut. Foruten mindre vanninnhold er det også lettere å fjerne vannet fra masser tatt med bakgraver. Grabb og bakgraver kan, avhengig av utstyr, gi litt mer sedimentspredning på mudringsstedet enn sugemudring og rørtransport. En vil normalt ta massene i land med lekter og transportere dem til avvanningsstedet på bil.

Avvanning

Et avvanningsanlegg for sugemudra masser som behandler 10 000 m³ in situ masse i uka, krever et areal på 15 da. Dersom en ikke arbeider i sommermånedene, vil avvanning av 1,7 millioner m³ in situ masse ta 5 år. En må derfor trulig ha to slike anlegg om en vil ha arbeidet gjort på 2-3 år. Vannet vil dreneres tilbake i elva og bidra til økt turbiditet og tilslamming.

En må ha om lag dobbelt så mange bakgravere som sugemudringsapparater for å få den samme kapasiteten. Det er mindre vann som skal ut av massene etter ilandføring og arealet av avvanningsanlegget blir mindre.

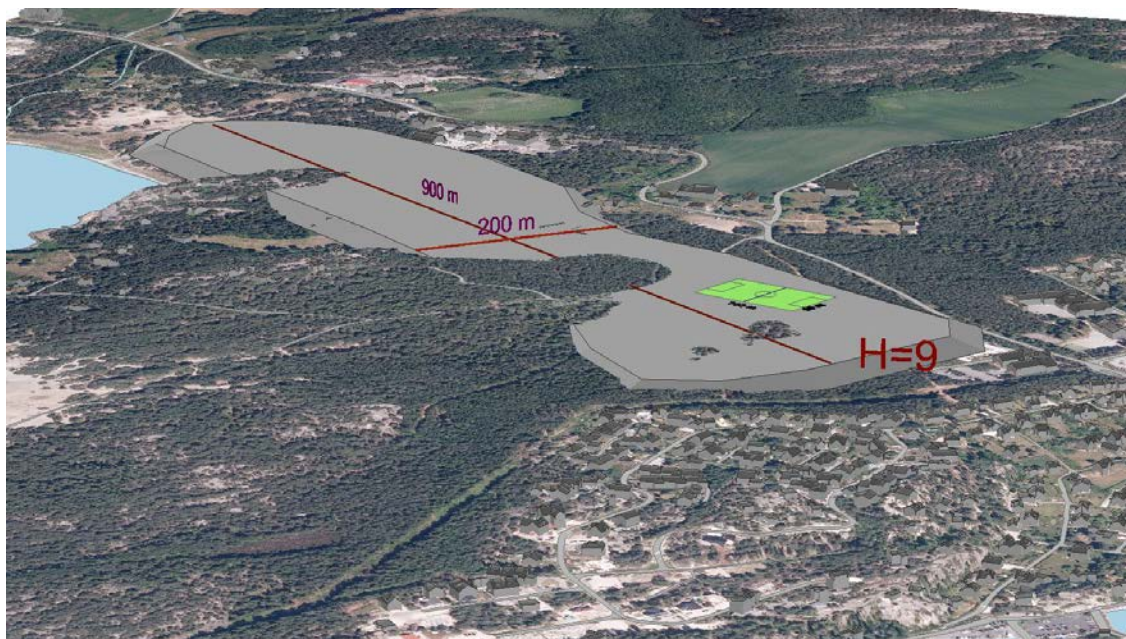


Fig 6: Planlagt mudringsmengde illustrert som oppfylt i Skjærhalden

Transport til deponi



Det er svære mengder som skal transporteres. Mengden er illustrert ved figur 6 som viser massen i Skjærhalden sentrum. Dersom en ikke arbeider i sommermånedene, må en kjøre et billass á 15 m³ hvert tiende minutt døgnet rundt sju dager i uka i fem år for å transportere massene bort. Dette vil være en stor belastning på miljøet og på vegsystemet, kreve store arealer og kompleks logistikk.

Mottak

Borge steinbrudd 9 km fra Øra har vært nevnt som en mulig mottaker. Kapasiteten av bruddet kan være av riktig størrelsesorden, men dette er ikke kontrollert.

Bruk av massene for anleggsformål, eksempelvis til innvinning av byggegrunn for industri, havneformål eller liknende har vært nevnt. Et slikt område kunne en anlegge som et strandkantdeponi. De aktuelle mudringsmassene er bløt leire og silt som vil kreve svært lang konsolideringstid før de kan brukes for anleggsformål. Skal en bruke dem til innvinning av industriarealer må de tilleggsstabiliseres med sement og andre tilsetningsstoffer (Merit). Dette blir et omfattende og kostbart arbeid, kostnaden blir trulig over 300 kr/m³.

En kan ikke se bort fra at deler av de reine massene fra Røsvikrenna kan brukes til tildekking av industriavfallsplasser under avvikling. Men de mengdene en kan få deponert på slike steder vil være svært små i forhold til de totale massene en må skaffe av vegen. Det kan også være et problem at sedimententer i deponi på land kan avgi sjenerende lukt.

Skal en bruke alle massene til å innvinne arealer i et område som krever ei fyllingshøgde fra sjøbotnen på ca. 10 meter, får en et område på 170 da. Vi kan ikke se at dette lar seg innpasse i et verdifullt friluftsområde som Øra / Hvaler / Kråkerøyområdet uten alvorlige konsekvenser for miljøet.

Landdeponi på Langøya

NOAHs anlegg på Langøya ved Holmestrand har vært nevnt som et alternativt mottak. Vi får opplyst av Klif at NOAH bare har tillatelse til å deponere farlig avfall i farlig avfall-deponiet sitt. De har også et ordinært avfallsdeponi på Langøya som tillater deponering av inntil 500 000 tonn ikke farlig avfall i året. In situ romvekt av massene er ca 1,75 t/m³. Det er grenser for innholdet av TOC (organisk karbon) i massene som skal deponeres som ordinært avfall. Dersom TOC innholdet ligger under grenseverdien, vil sedimentene fra Borg havn utgjøre over 5 års tillatt mottak. Deler av øya skal i 2025 rehabiliteres. Det vil da bli behov for rene masser for tildekking. Det er tvilsomt om det kan bli aktuelt å mellomlagre massene fram til det blir bruk for dem i 2025.

Transportlengden til Langøya er ca. 60 km. Rørtransport er uaktuelt og massene må transporteres på lekter. En bør bruke mudringsmetoder som ikke medfører transport av mer vann enn nødvendig, altså helst ikke sugemudring. Store deler av massene vil i alle fall være nærmest flytende. Transporten vil gå gjennom værutsatte og til dels trange farvann med fare for grunnstøting og sammenstøt. En må regne med en god del søl av mudringsmasser undervegs. Logistikken i mudrings-, transport- og avvanningskjeden vil bli utfordrende. Utslippet av CO₂ er beregna til størrelsesorden 25 000 tonn.

NOAH oppgir enhetspriser for deponering på 350 – 450 kr/t. Det gir en deponeringskostnad på over en milliard kr. I tillegg kommer transportkostnadene som er anslått til ca. 250 mill kr. Disse kostnadene vil trulig gjøre hele mudringsprosjektet økonomisk uoverkommelig.

Vurdering av landdeponi – Konklusjon

Deponering av de rene massene på land vil ha alvorlige negative konsekvenser for miljøet. Det vil også medføre uakseptable kostnader. Vi kan ikke se dette som noe reelt alternativ til et sjødeponi.



8. Referanser

- (1) NIVA: Vurdering av faste dumpeplasser langs Østfoldkysten. April 1995
- (2) Det norske Veritas: Utvidelse av farleden til Borg Havn. November 2006
- (3) NGI: Kystverket- Utvidelse av farled til Borg havn. Supplerende miljøundersøkelser i Røsvikrenna og Belgen. August 2007
- (4) Det norske Veritas: Kartlegging av bunn flora og fauna ved innseilingsled Borg Havn. Desember 2009
- (5) NGI: Kystverket - Borg Havn: Supplerende sedimentundersøkelser mars 2009. April 2009.
- (6) NGI: Kystverket – Borg Havn Grunnundersøkelser i Røsvikrenna. August 2007
- (7) Dr.techn. Olav Olsen/NGI: Innsegling til Borg Havn. Alternativ disponering av forurensa masser. Des 2009
- (8) SINTEF: Dumping av løsmasser på sjøbunnen ved Fredrikstad. Kartlegging av strømforhold ved Belgen. Sluttrapport. Desember 2009
- (9) SINTEF: Deponering av løsmasser på sjøbunnen ved Fredrikstad. Kartlegging av strømforhold. Juli 2007
- (10) SINTEF: Dumping av løsmasser på sjøbunnen ved Fredrikstad. Kartlegging av strømforhold ved Belgen. Desember 2009.
- (11) SINTEF: Mudring og deponering av løsmasser på sjøbunnen ved Fredrikstad. Numerisk modellering av strøm og sedimenttransport. September 2007
- (12) SINTEF: Mudring i Røsvikrenna. Beregning av strøm og sedimenttransport ved ekstremvannføring 4000 m³/ sek, samt detaljert modell av Ørakanalen og ledeskjerm med tanke på vanntilførsel til fuglereservatet. Desember 2009
- (13) Dr.techn. Olav Olsen as: Innsegling til Borg havn. Alternative dumpeplasser for rene mudringsmasser. Oktober 2010
- (14) Rambøll: Røsvikrenna: Lokalteter for Deponering av rene mudringsmasser. Mars 2011
- (15) DNV: Alternative deponeringsområder for rene masser ifm mudring av Borg havn. Mai 2011
- (16) NGI: Borg havn Alternative deponier for rene mudringsmasser. Feltundersøkelser ved seks nye lokaliteter. Juni 2011
- (17) Norsk Maritimt Museum: Arkeologisk registrering under vann for området deponering i sjø Hvaler og Fredrikstad Østfold fylke. August 2011
- (18) SINTEF: Dumping av løsmasser fra mudring av Røsvikrenna. September 2011.
- (19) SINTEF: Datarapport. Dumping av løsmasser fra mudring av Røsvikrenna. September 2011
- (20) NGI/DNV: Kommentarer og vurderinger til høringsinnsigelser til reguleringsplan og konsekvensutredning for Røsvikrenna og Belgen. November 2010.
- (21) NGI: Supplerende sedimentundersøkelser mars 2009
- (22) Klif: Retningslinjer for sjødeponier. 2010
- (23) SINTEF: Deponering av løsmasser fra mudring i Røsvikrenna. Strøm- og spredningsberegninger juni 2012.