

Fellesprosjektet Arna – Stanghelle (FAS)

SJØDEPONI - SØKNAD OM ENDRING AV LØYVE

Prosjektnr.: B12106
Mime: 21/91319-10



Revisjons nr:	Endring	Godkjent prosjekt/dato		Godkjent prosjekteier/dato	
00	Endra nedføringsløsning. Flytta deponi til Naustvika.				

FAS

Film: [Link](#)

63 km hovudtunnel tuber:

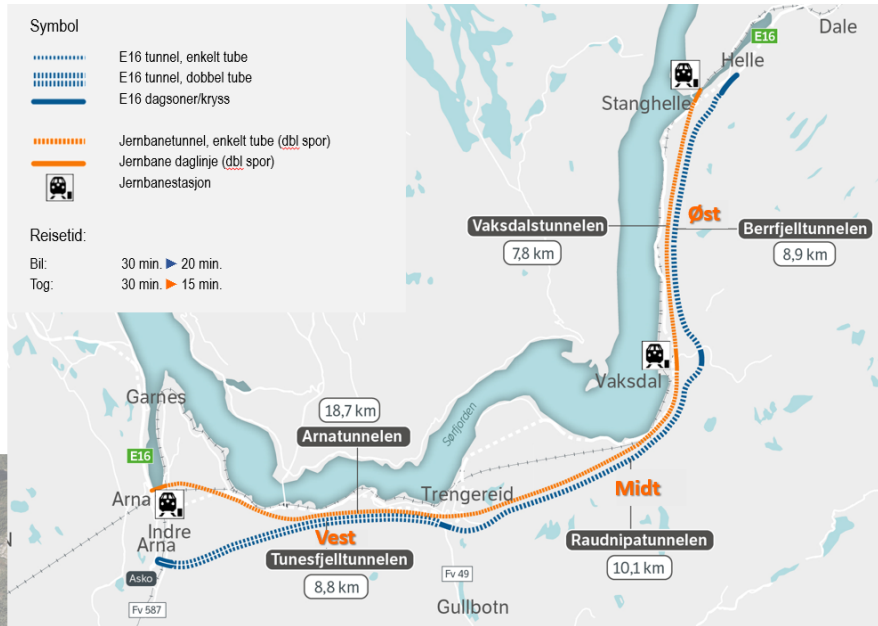
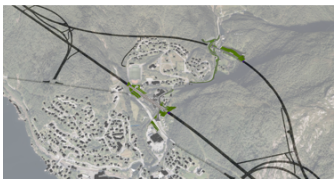
- 26 km jernbane tube (93m²)
- 19 km veg tuber (T10,5)
- 18 km veg tuber (T9,5)

Øvrige tunneler:

- 6 km tunnelrampekryss (T7,5)
- 7 km rømmingstunneler (T4/T5,5)
- 3 km midl. tversslag (T10)

I tillegg:

- 3 jernbanestasjonar (2 nye)
- 3 store bruer/viadukter
- 3 vegkryss

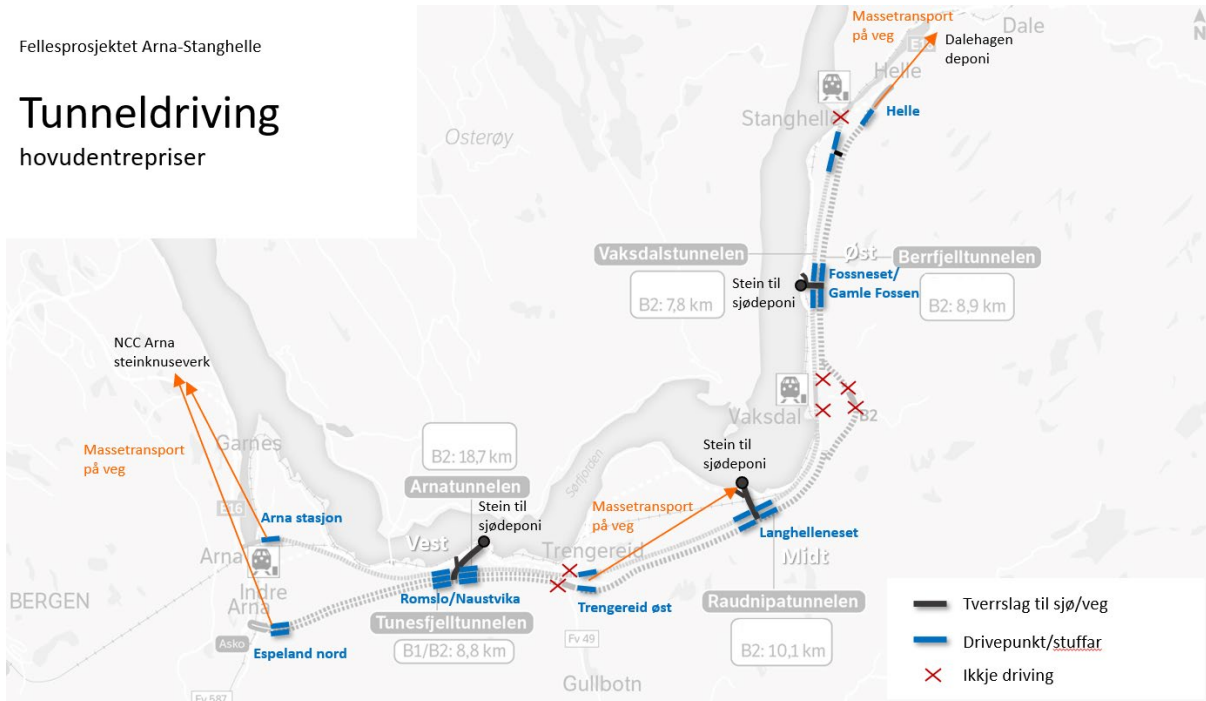


Figur 1 Oversikt over Fellesprosjektet Arna-Stanghelle (FAS). Prosjektet består av tre 8-10 km lange tunnelstrekninger kalla «Vest», «Midt» og «Øst».

Fellesprosjektet Arna-Stanghelle

Tunneldriving

hovudentrepriser



Figur 2 Planlagt tunneldriving og massetransport i hovudentreprisene. Dette er etter at ein i førebuaende entrepriser har etablert tre anleggstversslag til fjorden. Sjødeponi ligg ved Naustvika (ny lokalitet), Langhelleneset, og Gamle Fossen.

Innhald

1	Innleiing	4
1.1	Kva søknaden gjeld	4
1.2	Prosess - endring av reguleringsplan, og søknad om endring av løyvet	4
2	Endra nedføringsløysing	5
2.1	Skråstilte sjakter i fjell erstattar nedføring frå flytande kaianlegg	5
2.2	Utforming av sjaktene	7
2.3	Testing og dokumentasjon av ny løysing	11
3	Flytting av deponiet på Romslo til Naustvika	13
3.1	Omtale og illustrasjon av ny løysing ved Naustvika	13
3.2	Gjennomført konsekvensutgreiing (KU)	16
4	Effekt av endringa på spreiiing av finstoff	18
4.1	Testing av nedføringsløysingar i laboratorium	18
4.2	Flokkulering	18
4.3	Utslepp på minus 25-30 meter vs. 50 meter	19

1 Innleiing

1.1 Kva søknaden gjeld

Fellesprosjektet Arna-Stanghelle (FAS) er det største tunnelprosjektet i Norge. Ny veg og jernbane må leggjast i fjell for å gjere E16 og Bergensbanen sikker på strekninga. Nøkkelen for å kunne bygge dette er tre anleggstverrslag til Sørfjorden/Veafjorden. FAS har tidlegare søkt om sjødeponi for totalt inntil 9 mill. m³ tunnelmasse fordelt på tre deponistader. Det vert vist til søknad ([link](#)) for nærare omtale av bakgrunnen for sjødeponi, og grunngjeving for kvifor dette er det beste og einaste realistiske alternativet for større deler av tunnelmassen i FAS. Sentralt i søknaden er eit lukka nedføringssystem som hindrar spreing av finstoff og nitrogen i øvre lag av fjorden.

Statsforvaltaren i Vestland har etter forureiningslova gitt løyve til omsøkt deponering av overskotsmassar i Sørfjorden og Veafjorden. Løyve med vilkår (sak 2019/20103) vart gitt 19.06.2023 ([link](#)).

Etter vidare optimalisering av prosjektet søker FAS med dette om *endring* av løyvet. Endringa omfattar to forhold:

- Løysing for lukka nedføring av massane endrast frå kaianlegg og nedføringsrøyr i stål, til nedføring i skråstilte fjellsjakter (45 grader). Dette gjeld alle tre tunnelstrekningane «Vest», «Midt» og «Øst». Omsøkte mengder og vilkår er uendra frå opprinneleg søknad.
- Plassering av sjødeponi på tunnelstrekning «Vest» må flyttast rundt 1,3 km austover frå Romslo til Naustvika fordi opprinneleg lokalitet ikkje er eigna for løysing med fjellsjakt. Ny lokalitet ved Naustvika er konsekvensutgreia i samband med reguleringsendring (kap 3.2)

1.2 Prosess - endring av reguleringsplan, og søknad om endring av løyvet

Både med bakgrunn i endra løysing for nedføring til sjødeponi, og andre forhold, pågår det no ein prosess med å justere vedteken statleg reguleringsplan. Kommunane Bergen, Vaksdal og Samnanger er her planmynde for dei respektive områda som vert omregulert. Framlegg til endring av reguleringsplan ([link](#)) har vore til offentleg ettersyn i perioden fram til 28.januar 2024. FAS vil no oppsummere innkomne merknader, eventuelt gjere justeringar i planframlegget, og sende planen over til politisk slutthandsaming i dei respektive kommunane. Dette vil truleg ta lengst tid i Bergen kommune der mellom anna deponiet ved Naustvika ligg. Truleg kan ein her vente eit vedtak ved årsskiftet 2024/2025.

Godkjent reguleringsendring, og tilhøyrande endring av løyvet for sjødeponi, er tidskritisk og må vere på plass før oppstart av tunneldriving i Fellesprosjektet Arna-Stanghelle. I samråd med Statsforvaltaren i Vestland er det avklara at FAS kan sende over denne søknaden om endring i løyvet *før* reguleringsendringane i Bergen og Vaksdal formelt er vedtekne. Statsforvaltaren kan slutthandsame søknaden med atterhald om godkjent reguleringsplan. Bergen kommune, ved Byrådsavdeling for byutvikling, har den 02.02.2024 stadfesta at denne framgangsmåten ikkje krev særskilt samtykke frå kommunen etter Forureiningslova §11 (ref. 23/115855-88/89). Vaksdal kommune har tilsvarande stadfesta dette den 14.02.2024.

2 Endra nedføringsløyising

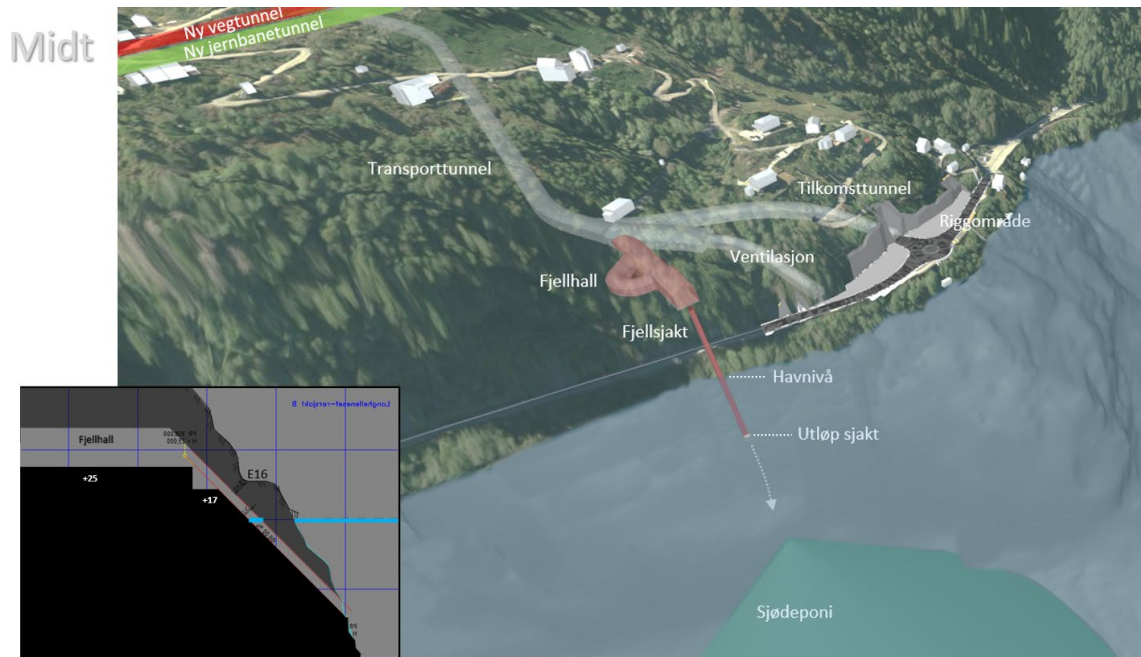
2.1 Skråstilte sjakter i fjell erstattar nedføring frå flytande kaianlegg

Nedføringsløyising i opprinneleg søknad

For kvar av dei tre tunnelstrekningane («Vest», «Midt» og «Øst») var det i reguleringsplan og opprinneleg søknad føreset at tunnelmassen skulle førast ut til midlertidige, flytande kaianlegg. Frå kaianlegga skulle steinen førast ned til deponia gjennom lange vertikale stålrøyr. Lukka nedføring av steinmassane er heilt avgjerande i søknaden og løyvet som er gitt. Dette er det viktigaste avbøtande tiltaket som hindrar spreieing av finstoff (<63 µm) og utslepp av nitrogenrestar i øvre lag av fjorden.

Ny løyising for lukka nedføring

Som FAS tidlegare har orientert Statsforvaltaren om, har prosjektet arbeidd vidare med optimalisering og kostnadskutt for nedføringsløyisinga. Flytande kaianlegg er kostbare, og er i tillegg svært krevjande i forhold til innkjøp, grensesnitt og ansvarsforhold mellom FAS og entreprenør(ane). Løyising med kaianlegg og stålrøyr har i tillegg utfordringar for omgjevnadene. Det gjeld mellom anna støy både over og under vatn, men også inngrep i strandsona, og visuelle konsekvensar. Med bakgrunn i dette har prosjektet difor utvikla ei ny lukka nedføringsløyising der større delar av anleggsverksemda vert flytta inn i fjell. Dette sparar prosjektet og samfunnet for betydelege kostnader, reduserer projektrisiko, og reduserer ulemper for omgjevnadene i anleggsfasen. I tillegg unngår ein inngrep i strandsona ved Langhelleneset og Romslo. Arbeidet med denne nye omsøkte nedføringsløyisinga er allereie omtala i pkt. 3.9.1 i løyvet frå Statsforvaltaren ([link](#)). Prinsippet er vist i figur 3, der steinen ført ned til trygg djupne i fjorden gjennom skråstilte fjellsjakter (45 grader).



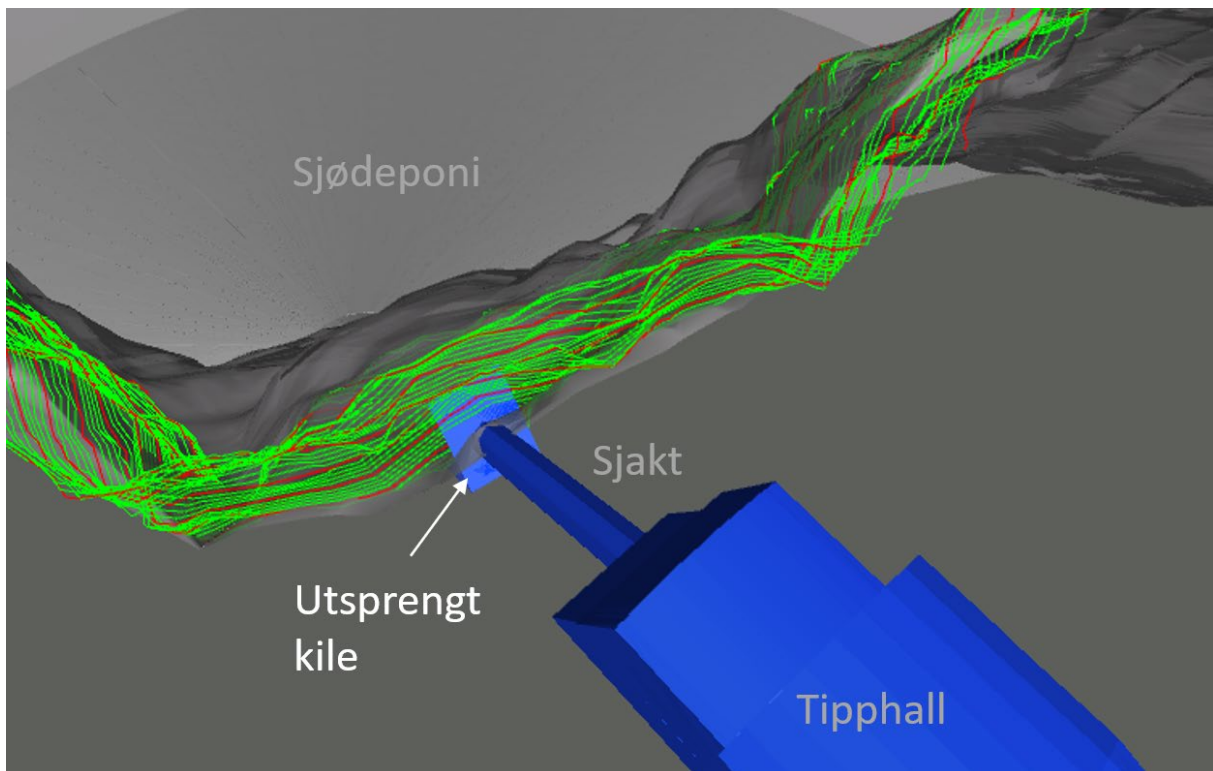
Figur 3 Prinsippet med skråstilte sjakter. Her vist Langhelle der den skråstilte sjakta går frå ein tipphall i transporttunnelen og ned til utløp rundt 31 meter under overflata. For alle tre lokalitetar gjeld frameis at ein har tilkomst også frå E16.

Sjaktene med diameter rundt 3,5 meter vert etablert med såkalla «raiseboring». Ein mindre pilotbor vert då bora nedover slik at den kjem ut over deponistaden, i ei steil fjellside under vatn. Deretter vert det senka ned og kopa på ei stor borkrone slik at sjakta kan «rømmast» opp. Denne metoden for etablering av sjakter/tunnelar under vatn er kjent mellom anna i samband med kraftutbygging.



Figur 4 Døme på borkrone brukt ved opprøpping av sjakt under vatn (kilde Cowi)

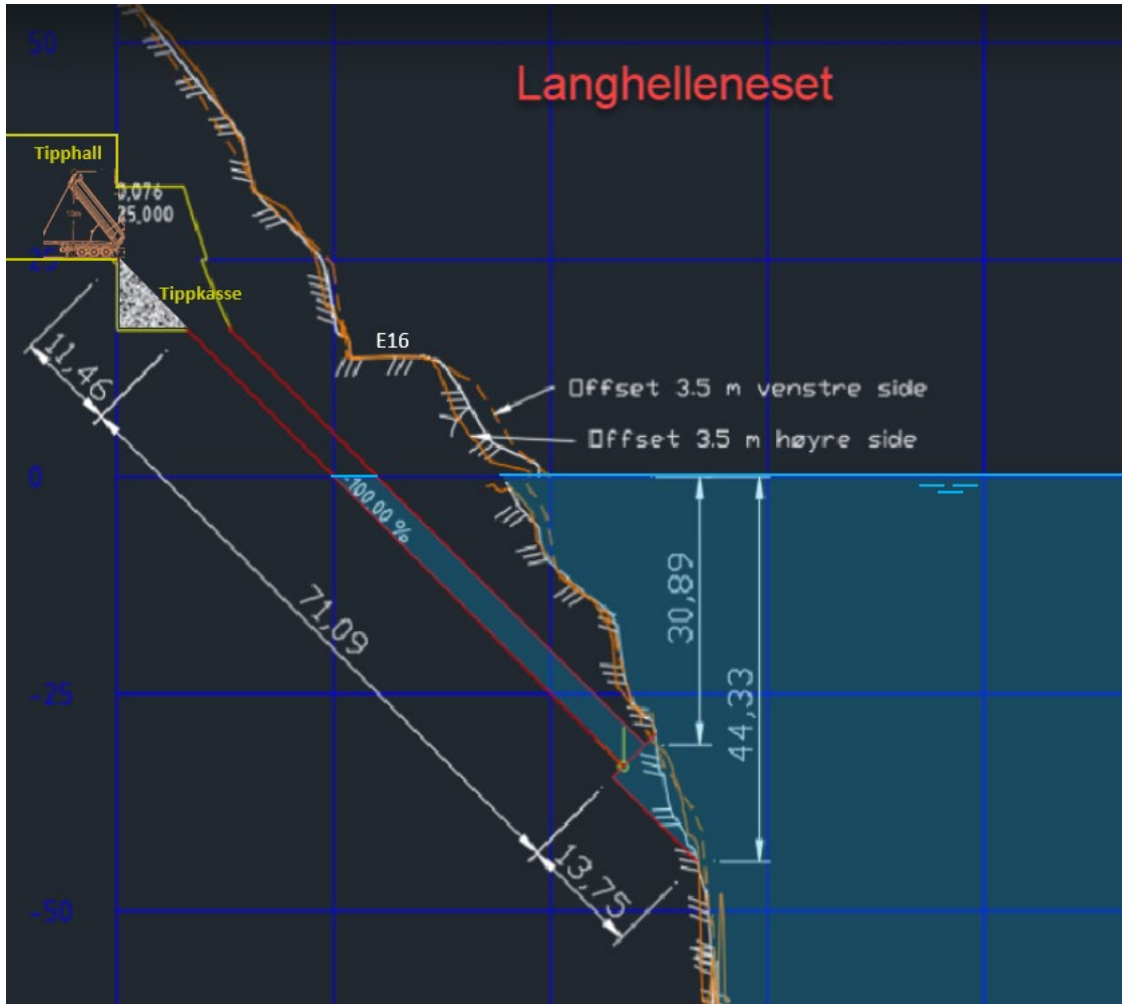
Før pilotboring og opprøpping av sjakt må det på førehand vere sprengt ut ein flate ved utløpspunktet som er vinkelrett på boreretninga. For å ha plass til montering av borkrone og tilstrekkeleg tryggleik mot avvik i pilotboringa, har FAS prosjektert denne utsprengte «kilen» med ein flate på 7x7 meter. Unntak er sjakta ved Gamle Fossen der det er planlagt kile på 5x5 meter på grunn av dei marginale terrengforholda under vatn. Her er sjakta ein del kortare enn dei to andre stadene, så bore-avvik vil vere mindre. Detaljerte lengdesnitt av dei tre sjaktene er vist i kap 2.2.



Figur 5 Før opprøpping av sjaktene må det ved kvar lokalitet etablerast ein kile med vinkelrett flate for borkrona. Utsprenging av kilar under vatn vil sannsynleg også gjerast før pilotboringa. Då kan denne undervassoperasjonen gjerast som ein samla underentreprise, og i eit tidsrom på året som er gunstig for undervasssprenging.

Langhelleneset

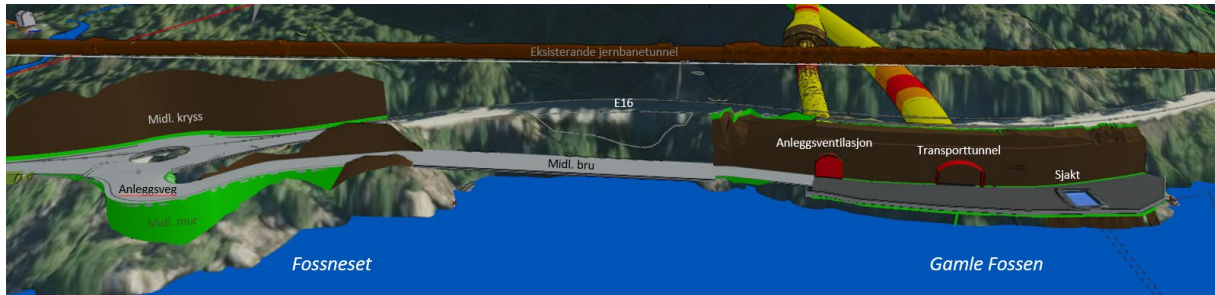
Ved Langhelleneset er plassering av godkjent sjødeponi ikkje endra. Nivå for tippshall er bestemt ut frå at transporttunnelen må krysse over eksisterande jernbanetunnel. Lastebilane tippar då frå nivå 25,0 moh. Til skilnad frå Naustvika og Gamle Fossen vil tippkassen og øvre del av sjakta då vere tørr. Ved utløpet i fjorden vil topp sjakt vere cirka 30,9 meter under overflata.



Figur 7 Lengdesnitt av prosjektert tippshall og sjakt ved Langhelleneset. Tippkasse og øvre del av sjakta er her tørr.

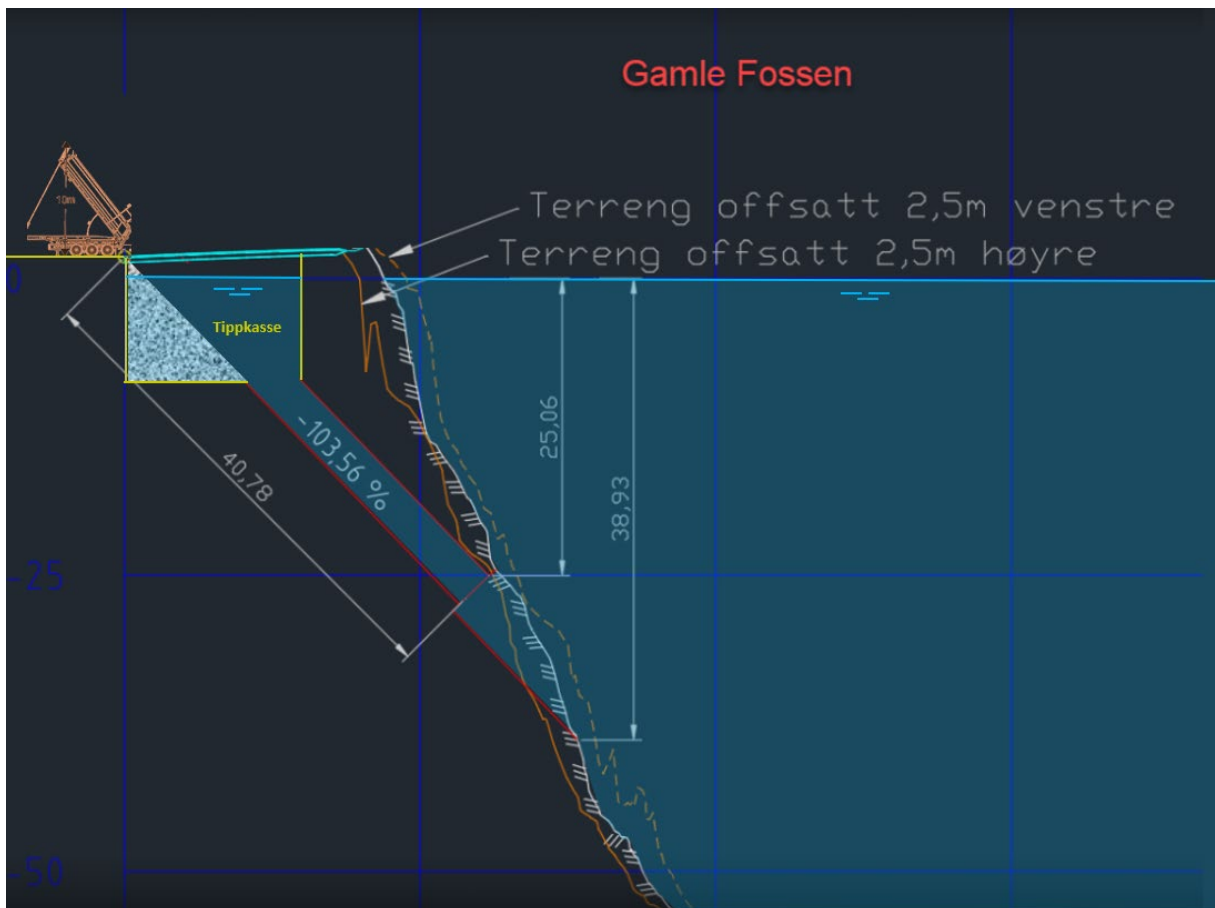
Gamle Fossen

På strekning «Øst» er det regulert tre alternative lokalitetar for sjødeponi. Alle desse var også med i søknaden til Statsforvaltaren, og løyvet som er gitt. Med opprinneleg nedføring frå flytande kaianlegg var det lokaliteten Linnebakkane nær Fossmark som var mest aktuell. Ny nedføring med fjellsjakter er ikkje mogleg ved Linnebakkane. Både på grunn av dette, og av omsyn til meir balansert og kostnadseffektiv tunneldrift for hovudtunnelane, har FAS i staden valt Gamle Fossen som lokalitet. Tilkomst frå E16 til området på Gamle Fossen vert løyst med eit midlertidig kryss på Fossneset, og anleggsveg som ligg på ei midlertidig bru på utsida av E16, jfr. figur 8. Brua vil bli heist på plass (og seinare fjerna) med ein kranlekker. Med denne løysinga unngår ein nærmiljøulempar med riggområde og anleggsdrift på Fossmark, og prosjektet slepp då også å bygge ein 1,4 kilometer lang tilkomsttunnel frå Fossmark til Gamle Fossen. Dette gir betydeleg vinst både med reduksjon i kostnader, tidsbruk, steinmengder og klimagassutslepp.

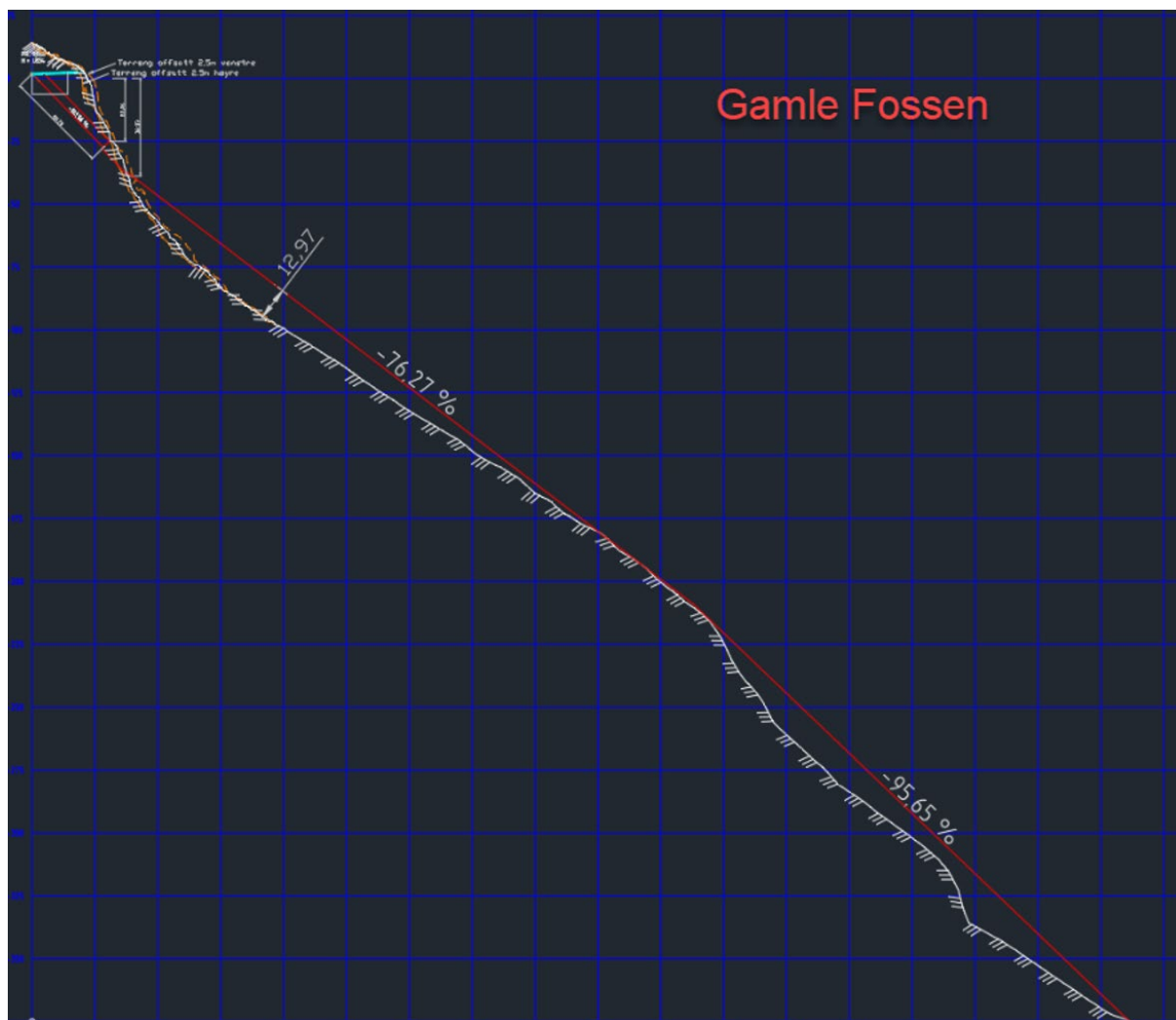


Figur 8 Gamle Fossen, med midlertidig anleggstilkomst frå Fossneset

Den bora fjellsjakt ved Gamle Fossen går ned i fjorden frå eit ope, midlertidig anleggsområde ved sjøen. Løysing med fjellhall er av mange årsaker ikkje mogleg her. Sjakta og tippkassen er plassert og prosjektert ut frå dei marginale rammevilkåra som gjeld ved Gamle Fossen. Bilane vil her tippe i ein vannfylt tippkasse slik som i fjellhallen ved Naustvika. Djupne for sjaktutløpet er her mellom anna bestemt ut frå hellinga på fjordsida ned mot botnen og deponiet, jfr. figur 10. Ved utløpet i fjorden vil topp sjakt då vere ca. 25,0 meter under overflata. Om utløpet var djupare ville det gi risiko for blokkering. Som omtale tidlegare er storleik på utsprengt kile her redusert til 5x5 meter ut frå forholda på staden.



Figur 9 Lengdesnitt av prosjektert sjakt ved Gamle Fossen. Tipping i sjakta foregår her frå ein utsprengt flate ved sjøen.



Figur 10 Lengdesnitt av renna der steinen vil gå ned frå sjakta mot fjordbotnen.

2.3 Testing og dokumentasjon av ny løysing

Slik FAS ser det vil den nye nedføringsløysinga ikkje endre grunnlaget for løyvet og vilkåra som Statsforvaltaren har gitt i sak 2019/20103 ([link](#)). Prinsippet er framleis det same, der det vesentlege er at steinmassane vert ført lukka ned til eit sikkert djup utan at finstoff (<63 µm) og nitrogen vert frigjort og spreidd i øvre lag av fjorden.

Som for opprinneleg løysing med kaianlegg/stålrøyr er det verken tenleg eller praktisk mogleg å teste sjaktløysinga i full skala før anleggsstart. Tilnærminga er difor som i opprinneleg søknad og løyve:

1. Vitskapleg grunnlag i forhold til sjaktutløp og spreieing av finstoff og nitrogen

Som for opprinneleg løysing med vertikale stålrøyr har FAS gjennomført omfattande vitskapleg laborietesting av 45 graders sjakt i samarbeid med Universitetet i Dundee. Arbeidet og konklusjonane er nærare presentert i kap. 4. Resultata viser at ein ikkje vil få problematisk spreieing av finstoff og nitrogen over sjaktutløp. Sett saman med dokumentert stratifisering, faktiske straummålingar på ulike djup i fjorden, og modellberekna spreieing med konservative føresetnader (td. utan flokkuleringseffekt), gir dette stor tryggleik for løysinga. Tilleggseffekten med flokkulering i saltvatn vert no også vitskapleg testa og dokumentert i samarbeid med Technisches Universität Dresden.

2. Praktisk modelltest av funksjonalitet for tippkasse og sjakt

FAS har bygd og testa dei praktiske sidene av løysinga med ein modell i målestokk 1:30 . Dette gjeld forhold som til dømes sjaktvinkel, sjaktdiameter, rasvinkel, storleik på tippkasse, samtidig tipping av to lass, mv. Resultata sannsynleggjer at løysinga vil fungere.

3. Fullskalatesting i førebuande entrepriser for etablering av anleggstverrslag og sjakter

FAS vil bruke den først etablerte sjakta til systematisk testing, måling, og eventuelt modifisering av løysinga. I samråd og dialog med Statsforvaltaren vil FAS her mellom anna måle og dokumentere spreieing og konsentrasjon av finstoff i fjorden, forsøk med tennsystem og oppsamling av plastrestar, og praktisk funksjonalitet. Slik framdriftsplanen ligg per i dag er det sjakta på Langhelle som vert etablert først. Denne vil vere etablert og klar til testing når det gjenstår å sprengje rundt 100-200 meter av transporttunnelen. Basert på resultata frå denne fullskalatestinga vil ein eventuelt kunne gjere modifiseringar før dei øvrige sjaktene er ferdigstilte og hovudentreprisene startar.

4. Kontinuerleg overvaking gjennom heile anleggsperioden

Endra nedføringsløysing og flytting av deponi frå Romslo til Naustvika endrar ikkje grunnlaget for anleggsperioden. Slik vilkåra i løyvet frå Statsforvaltaren seier, skal det for heile anleggsperioden utarbeidast og gjennomførast eit miljøovervakingssystem som skal sikre at deponeringa skjer på ein mest mogleg miljøvennleg måte og innafor krava som er gitt.



Figur 11 Foto frå testtank ved Universitet i Dundee



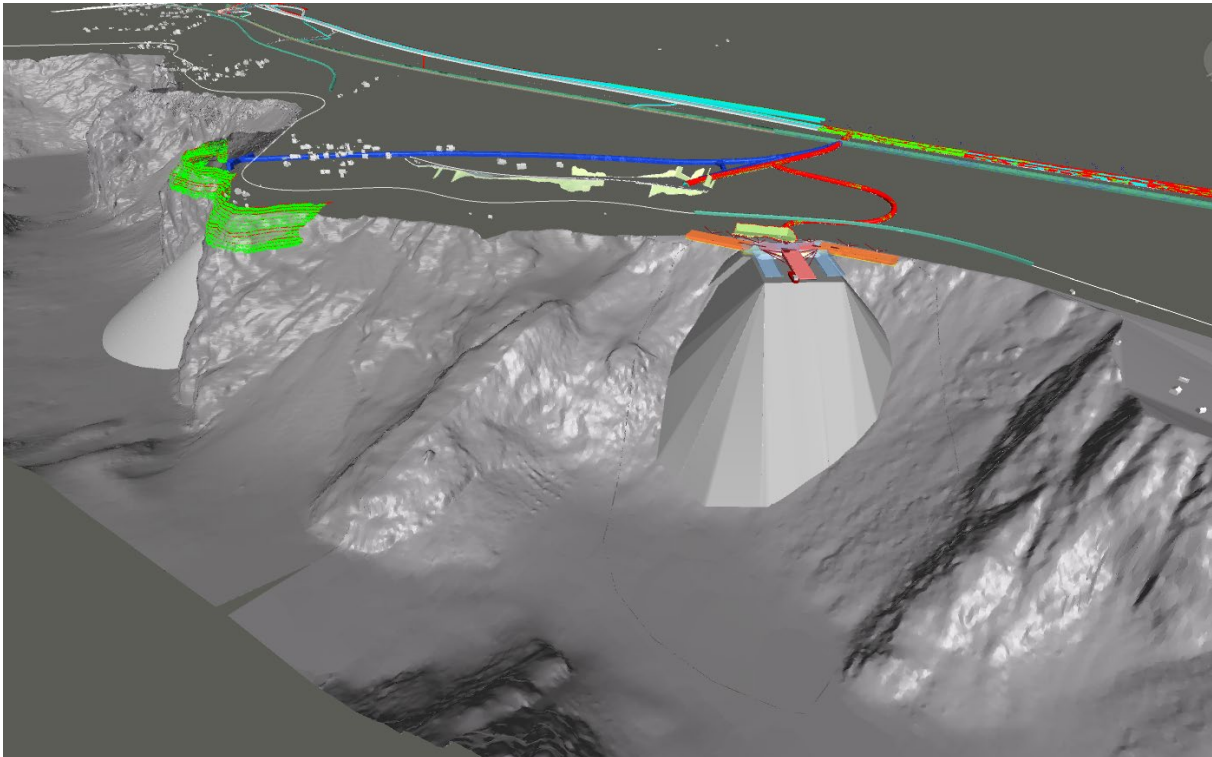
Figur 12 Illustrasjonar frå gjennomført praktisk modelltest i målestokk 1:30

3 Flytting av deponiet på Romslo til Naustvika

3.1 Omtale og illustrasjon av ny løysing ved Naustvika

Tilhøva ved Romslo er ikkje eigna for fjellsjakt

Opprinneleg løysing med midlertidig, flytande kaianlegg ved Romslo er illustrert i figur 13. Her var det også føresett utsprenging av eit midlertidig areal på rundt 2 daa nede ved sjøen. Ved Romslo er ikkje fjordsida bratt nok til fjellsjakt. Etter å ha undersøkt heile fjordsida har FAS funne at Naustvika, 1,3 km lenger aust, er den einaste staden der sjaktløysinga er fysisk mogleg. Her ligg forholda godt til rette slik at ein også kan etablere tippshall i fjell, skjult for omgjevnadene. Tilstreккеleg fjelloverdekning er undersøkt og verifisert med kjerneboring. Transporttunnel til Naustvika er lengre enn i opprinneleg løysing, men samtidig får den betydeleg betre kurvatur/sikt og stigning, noko som betrar tryggleik og energibruk ved massetransporten. Stein frå etablering av transporttunnel og tippshall er planlagt køyrt til regulert vegfylling og deponi på Trengereid.



Figur 13 Illustrasjon av opprinneleg sjødeponi ved Romslo (til høgre) og ny plassering 1,3 km lenger aust ved Naustvika. For kailøysinga ved Romslo var det føresett utsprenging av eit område ved sjøen. For Naustvika vert det ein skjult tippshall i fjell.

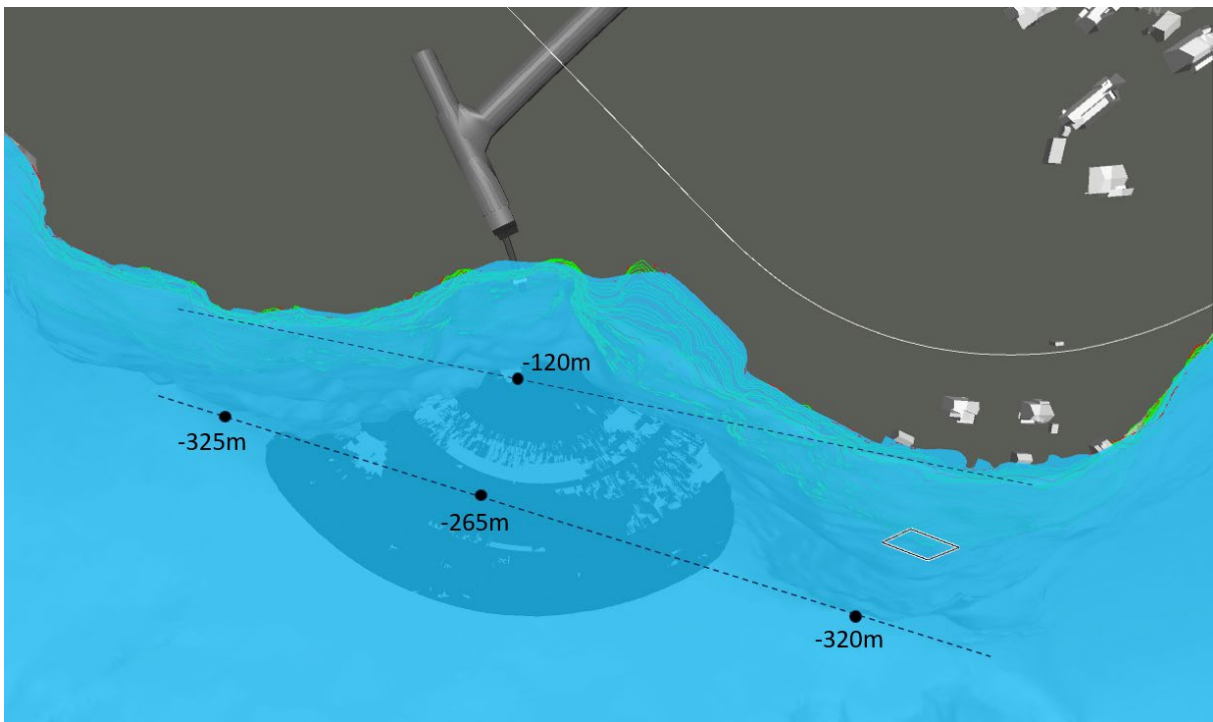
Naustvika

Ved Naustvika ligg forholda fysisk godt til rette for sjødeponi og sjaktløysing med tippshall i fjell. Lengdesnitt er vist i figur 6. Sjødeponiet vil her legge seg som ei halvkjegle i fjordsida, inne i det som er ei bukt. Fyllingsfot vil vere på rundt 325 meters djupne, jfr. figur 15. Toppen av kjegla vil vere meir enn 100 meter under overflata. Konsekvensutgreiing for Naustvika er omtala i kap. 3.2.

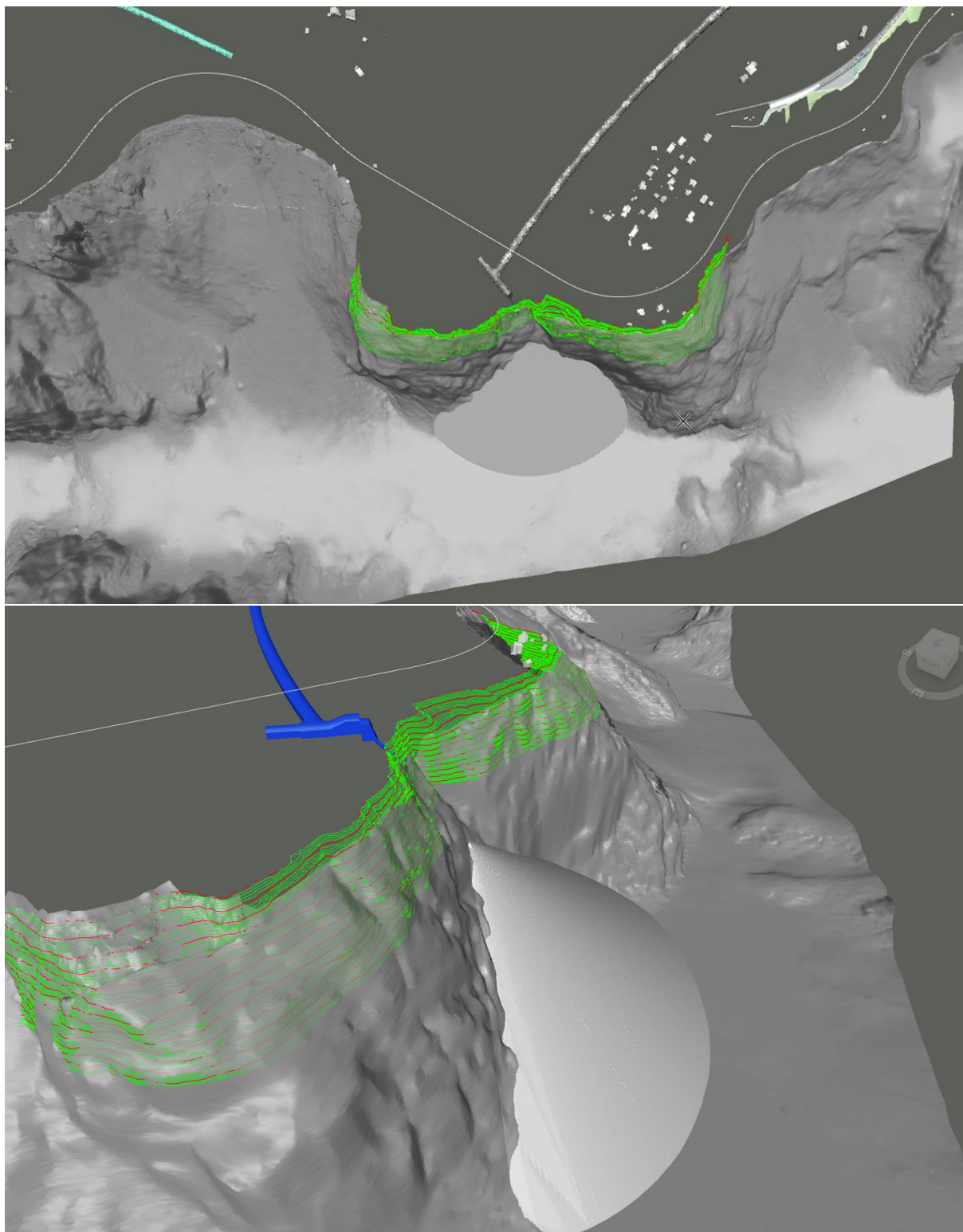
Etter ynske frå Bergen kommune er det i reguleringsføresegner opna for at ein eventuelt kan tillate opning frå tipphallen ut mot sjøen/strandsona ved Naustvika dersom det på eit seinare tidspunkt skulle vise seg at transport av stein på lekter blir aktuelt. FAS vurderer dette som lite sannsynleg, men har i plankart difor også regulert heimel for midlertidige forankringspunkt for lekter.



Figur 14 Oversiktsbilete Naustvika. Fjellhall og sjaktløysing vil ikkje vere synleg. (Foto Statens vegvesen)



Figur 15 Modellert deponi er på 4,5 mill. m³ (sannsynleg volum vil vere mindre, ref. opprinneleg søknad [link](#)). Fyllinga vil då legge seg som ei halvkjegle under sjakttutløpet, der toppen ligg rundt 110 meter under overflata.



Figur 16 Illustrasjon Naustvika. Deponi er her modellert med 4,5 mill. m³. Sannsynleg volum vil vere mindre, ref. opprinneleg søknad [link](#).

3.2 Gjennomført konsekvensutgreiing (KU)

Naturverdiar i Naustvika

Naustvika er ikkje kartlagt tidlegare med tanke på marint naturmangfald. Det er difor føreteke ny ROV filming frå 0-300 meter djupn der steinmassene skal plasserast. Undersøkingane viser at naturmangfaldet er artsfattig, men at artssamfunna er individrike både på dei brattaste delane av fjordskråninga som dominerar i djupn mellom 2 – 300 meter og på djup blautbotn på mellom 300 og 330 meter. Det vart ikkje observert raudlista artar eller naturtypar, ansvarsartar eller artsførekomstar etter DN-handbok 19.

Kartlegginga av fjøresona viste dominans av artane blæretang, grisetang og delvis sagtang. Det var ganske artsfattig, noko som er vanleg i ferskvasspåverka beskytta fjorder som Sørfjorden. Det blei kun registrert vanlege naturtypar og ingen raudlista naturtypar eller naturtypar i DN-handbok 19. (Cowi, 2023a)

Deponeringa i Naustvika er planlagt å skje frå sjakter etablert inne i fjellet, slik at strandsona ikkje vil bli fysisk berørt. I reguleringsplanen er det likevel opna for mogeleg uttransport for steinmassar. Dersom det kan bli aktuelt må det midlertidig etablerast anlegg på land (tunneltverrslag, lekterkai m.m.) for dette i strandsona.

Konsekvensutgreiing

I samband med reguleringsendringa er det utført ei konsekvensutgreiing for tiltaket i Naustvika (Cowi, 2023b). Samanstilling av konsekvensar for tema naturmangfald er Noko negativ konsekvens i permanent fase. Konsekvensane er størst i anleggsperioden.

Konsekvensane på naturmangfald er vurdert å vera lik det som blei omtalt i den opprinnelege søknaden, sidan det her berre er snakk om flytting av deponiet ca 1,3 km lenger nordvest. Ny kartlegging av marint naturmangfald viser heller ikkje førekomstar av viktige naturtypar eller arter. Mengder massar som skal deponerast er lik det som blei søkt om på Romslo.

Det er og vurdert konsekvensar for naturressursar, dvs påverknad på fiskeri i Sørfjorden (Cowi, 2023c). Her er det og størst konsekvensar i anleggsperioden.

Samla vurdering av ikkje prissette tema er lik konsekvensvurderinga i vedteken plan, dvs Noko negativ konsekvens. Såleis er ikkje konsekvensgraden endra frå vedteken plan med deponi på Romslo (Cowi, 2023d).

Fagtema	Ref	Sjødeponi Naustvika
Landskapsbilde	0	Ubetydelig konsekvens
Friluftsliv/by- og bygdeliv	0	Ubetydelig konsekvens
Naturmangfold	0	Noe negativ konsekvens
Kulturarv	0	Noe negativ konsekvens
Naturressurser	0	Ubetydelig konsekvens
Aweining		Med to temaer som har noe negativ konsekvens vurderes alternativet å ha noe negativ konsekvens.
Samla vurdering		Noe negativ konsekvens
Rangering	1	2
Forklaring til rangering	Selv om sjødeponiet i Naustvika er vurdert til å medføre relativt små konsekvenser rangeres referanse-/0-alternativet bedre ettersom det ikke medfører noen konsekvenser.	

Når det gjeld konsekvens for marint mangfold ved etablering av sjakter mellom anna undervassstøy og finstoff frå boring, blir det vist til *Søknad om utvidet anleggstillatelse til FAS Sør fjorden* (Cowi, 2023e).

Oppdrettsanlegg i Sør fjorden

Naustvika sjødeponi vil ligge om lag 1,1 km avstand frå oppdrettsanlegget på Blom. Dette er om lag same avstanden som det opprinneleg deponiet på Romslo (1,2 km). Det er ikkje vurdert at deponiet i Naustvika vil få større konsekvens for oppdrettsanlegget på Blom enn deponiet på Romslo.

Når det gjeld påverknad på oppdrettsanlegg frå etablering av sjakter, blir det vist til *Søknad om utvidet anleggstillatelse til FAS Sør fjorden* (Cowi, 2023e).



Figur 17 Avstand til oppdrettsanlegget på Blom vert om lag den same som frå Romslo

4 Effekt av endringa på spreining av finstoff

4.1 Testing av nedføringsløysingar i laboratorium

Ved Universitetet i Dundee er det gjennomført omfattande laboratorietestar der nedskalerte massar med ulik kornstorleik er deponert i vannfylte vertikale og skrå fallrøyre (Dundee 2023). Eksperimenta viser at det fysisk er stor skilnad på korleis steinmassane bevegar seg inne i røyret for vertikale og skrå fallrøyre. Massane i vertikale fallrøyre vil typisk kome ut av fallrøyret fordelt etter storleik, med dei største massane først. I skrå fallrøyre vil massane kome ut meir blanda. Det som er viktig å merke seg er likevel at vinkelen på røyret har lite å seie med omsyn på spreining av finstoff etter at massane kjem ut av røyra. Grunnen til dette er at finstoffet, uavhengig røyrvinkelen, i hovudsak vert påverka av tre forskjellige fasar som alle transporterer finstoffet nedover. Desse fasane er:

1. Finstoff renn upåverka ut av utløpet som ein tyngdestraum. I denne fasen vil blandinga av finstoff og vatn frå røyret ha høgare tettleik enn den omkringliggjande vannmassen og vil difor synke nedover.
2. Finstoff blir drege inn i dragsuget frå dei større massane som passerer, og sugd med nedover mot djupet.
3. Finstoff blir dytta nedover i djupet på grunn av at vannsøyla i røyret vert trykt nedover når eit nytt lass vert tippa i fallrøyret.

Laboratorieforsøka viser at ingen av fasane fører til horisontal spreining av finstoff. Særleg fase 2 fører til at finstoffet frå fase 1 og 3, som har kome ut av utløpet tidlegare, vert sugd nedover i djupet på grunn av dragsuget frå dei større massane. Ein annan ting som er viktig å merke seg er at det i laboratorieforsøka ikkje vart påvist spreining av finstoff oppover i vannsøyla knytt til vertikale straumar generert av nedføringsløysinga.

4.2 Flokkulering

Som grunnlag for søknad om sjødeponi er det tidlegare gjennomført spreingsmodellering for finstoff slept ut i Sør fjorden (Asplan Viak, 2022). Her er brukt konservative føresetnader både med omsyn på konsentrasjon av finstoff og at det ikkje er teke omsyn til flokkulering.

Når naturleg finstoff kjem ut i saltvatn, vil det bli lada og aggregere (flokkulere). Det dannar då større samansette partiklar som har større synkehastigheit enn finstoffet. Denne flokkuleringa vil avhenge av konsentrasjonen av finstoffet og saltinnhald i vatnet. Litt forenkla kan ein seie at auka konsentrasjon og høgare saltinnhald aukar flokkuleringshastigheita. På grunn av flokkuleringseffekten ser ein at synkehastigheit til finstoff aukar meir enn 30 gonger i saltvatn med lite saltinnhald (5 psu) i forhold til i ferskvatn (Sutherland et. al 2014). Det vert i publikasjonen kommentert at høgare saltkonsentrasjon i mindre grad endrar synkehastigheit. Det er konsentrasjonen av finstoff som mest avgjer denne. Det er difor ein fordel at finstoffet har ei viss opphaldstid i fallrøyret slik at flokkuleringa kan starte.

Det har lenge vore ukjent om sprengt og bora finstoff vil flokkulere på same måte som naturleg erodert finstoff. Grunnen til dette er at lading av partiklane vil avhenge av formen på finstoffet.

Naturleg erodert og sprengt/bora finstoff har ulik form. I samarbeid med Techniches Universität Dresden gjennomfører FAS no laboratorietestar der ein analyserer finstoff frå tunneldriving med omsyn på form og synkehastigheit i saltvatn. Preliminære forsøk viser at synkehastigheit til sprengt/bora finstoff i saltvatn er tilsvarande som for naturleg finstoff, og at denne effekten er vesentleg høgare enn i ferskvatn. Fleire resultat vil kome i løpet av våren 2024, og rapport er forventa til sommaren 2024.

4.3 Utslepp på minus 25-30 meter vs. 50 meter

I søknad om sjødeponi med lukka nedføring frå flytande kaianlegg ([link](#)) var det skissert rundt 50 meter lange vertikale stålrør. Vidare arbeid med løysinga har vist at 50 meter ville vere svært teknisk utfordrande, og at det heller ikkje er nødvendig. Med ny sjaktløysing er utsleppsdjupet (topp sjaktopning) endra til 25-31 meter. Det er fleire årsaker til at grunnare utslepp ikkje vesentleg vil forandre spreiiing av finstoff, og at FAS meiner dette meg god margin vil vere tilstrekkeleg djupne.

Simulering av spreiiing i Sjørfjorden

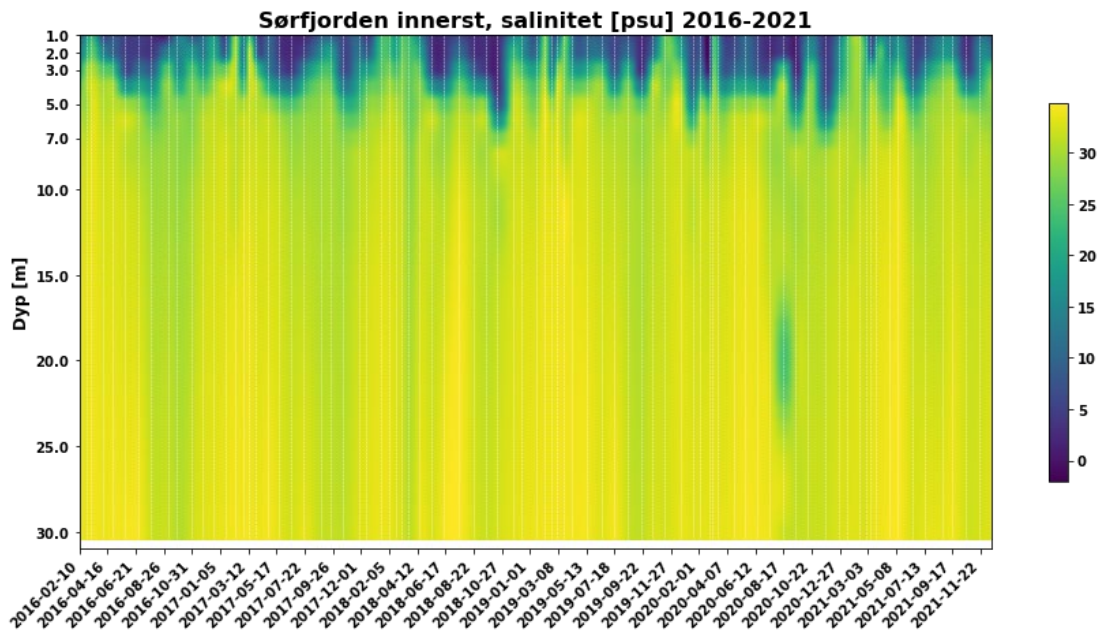
Asplan Viak (2022) gjennomførte eit spreiiingsmodelleringsstudie for finstoff slept ut i Sjørfjorden. I studiet vert det konkludert med at stratifisering vil fungere som ein barriere som vil hindre finstoffet i å trenge inn i overflatelaget når finstoffet blir slept under skiljeflata. Simuleringane viser også at det er skilnader i spreiiing om finstoffet blir slept i overflatelaget (2m), i skiljeflata (10m) eller i det nedre laget (50m djupne). Når finstoffet er slept i overflata, så finn ein igjen finstoffet på 1 m djupne over eit større område, noko som ikkje er tilfelle når en slepp ut på 10 eller 50m djup. Då virkar skiljeflata som ein barriere som ikkje slepper finstoffet opp i det øvre laget. Ein kan difor konkludere at det viktigaste er å deponere i det nedre laget, og at det er ikkje så viktig kva djup ein deponerer på så lenge utsleppet skjer under under skiljeflata.

Ved å sleppe finstoffet like under skiljeflata (10m) kan ein forvente at finstoffet hamnar i kompensasjonstraumen som er sterkast nær skiljeflata og avtek med djupne. Ved utslepp eit stykke lenger ned enn skiljeflata vil utsleppet ikkje vere så påverka av denne kompensasjonsstraumen.

Med 25-31 meter er det i prosjektet valt å ha ein sikkerheitsavstand til skiljeflata. Dette sjølv om utslepp kunne vore tettare opp mot skiljeflata utan at dette vil gi vesentlege endringar i spreiiinga.

Stratifisering i Sjørfjorden

Stratifiseringa i Sjørfjorden består av eit relativt tynt lag av ferskvatn over eit tyngre djupvasslag. Overgangen mellom vasslaga vil variere over sesongane. Men, som figur 18 viser, vil skiljeflata mellom ferskvatn og djupvatn som regel ligge grunnare enn 5m og truleg aldri djupare enn 7m. Dette vil seie at ein deponerer steinmassane i djupvatnet så lenge ein deponerer djupare enn 7m. Fordelen med å deponere i djupvatnet, er at saltinnhaldet er høgt nok til å utnytte auka synkehastigheit på finstoffet på grunn av flokkuleringseffekten.



Figur 18 Stratifisering i Sørfjorden

Lokale straumar

Straummålingar for Sørfjorden har vist at dei horisontale gjennomsnittlege straumane i overflata ligg mellom 5-10cm/s, og avtek med auka djupne (Rambøll SWECO 2021). Dei vertikale straumane er vanlegvis mykje mindre enn dei horisontale, og ein kan rekne at dei vertikale straumane er rundt 10% av dei horisontale. Dette betyr at dei gjennomsnittlege vertikale straumane nær overflata er mellom 5-10mm/s, og at desse avtek med auka djupne. Desse hastigheitene er større enn berekna synkehastigheit for leirpartiklar (0.002mm/s) (Asplan Viak 2022), men her er ikkje flokkulerings-effekten med i modelleringa. Det er heller ikkje inkludert at finstoffet vil ha ein høgare negativ hastigheit ved utløpet frå sjakta. Begge deler er viktig å ta omsyn til, og tilseier at synkehastigheit for flokkulerte leirpartiklar er høgare eller av same storleik som dei vertikale straumane ein kan forvente å finne nær utsleppspunkta.

Referansar

Cowi. (2023a). FAS-01-A-00065. Kartlegging av marine naturtypar, Naustvika m/vedlegg

Cowi. (2023a). FAS-01-A-00100 Konsekvensutredning naturmangfold

Cowi, (2023c). FAS-01-A-00102. Konsekvensutredning naturressurser

Cowi, (2023d). FAS-01-A-00089. Planbeskrivelse Bergen kommune

Cowi, (2023e). FAS-01-A-00072. Søknad om utvidet anleggstillatelse til FAS Sørfjorden.

Sutherland B.R., Barrett K.J. and Gingras M.K. Clay settling in fresh and salt water. Environmental Fluid mechanics, June 2014, DOI: 10.1007/s10652-014-9365-0