

SØKNAD OM MASSEDEPONERING I SJØ – SØRFJORDEN, BERGEN- OG VAKSDAL KOMMUNE

E16 og Vossebanen, Arna - Stanghelle





Forord

Statleg reguleringsplan «E16 og Vossebanen Arna-Stanghelle» vert snart lagt ut til offentleg høyring av Kommunal- og moderniseringsdepartementet. Reguleringsplanen omfattar også moglege sjødeponi for overskotsmassar i prosjektet.

Tiltakshavar Statens vegvesen Utbygging søkjer med dette løyve til å deponere steinmassar frå prosjektet i Sørfjorden, fordelt på tre ulike lokalitetar. Sjødeponi krev løyve etter forureiningslova (§§ 11 og 32) og etter reglane i forureiningsforskrifta kapittel 22. Mynde i saka er Statsforvaltaren i Vestland. Tiltakshavar ynskjer at reguleringsplanprosessen og søknadsprosessen etter forureiningsforskrifta går mest mogeleg parallelt, sjølv om det normalt ikkje vert gjeve endeleg løyve før godkjend reguleringsplan.

Søknaden er utarbeidd i samråd med BaneNor, og med bidrag frå Rambøll-Sweco AS. Opplysingar om tiltakshavar/ansvarleg søkjar er gitt i kapittel 1.3.

Statens vegvesen Utbygging

Bergen

30. april 2021

Innhald

1. Innleiing.....	2
1.1 Bakgrunn for søknad om sjødeponi	2
1.2 Kva søknaden gjeld.....	5
1.3 Opplysingar om søkjar.....	8
2. Tiltaket - nedføringsmetode og lokalitetar	9
2.1 Grunnlag for løysingane	9
2.2 Nedføringsmetode	10
2.3 Sjødeponi for tunnelstrekning Stanghelle/Helle-Vaksdal	13
2.4 Sjødeponi for tunnelstrekning Vaksdal-Trengereid	21
2.5 Sjødeponi for tunnelstrekning Trengereid-Arna	26
2.6 Tunnelmassen som skal deponerast	30
3. Samfunnsinteresser	32
3.1 Arealplanar, lokalsamfunn og trafikantar	32
3.2 Friluftsliv	32
3.3 Fiskerinæring og fritidsfiske	32
3.4 Kulturminne	34
3.5 Havneverksemd, skipstrafikk og farleier	35
3.6 Eigedomar	35
3.7 Kablar, røyr og konstruksjonar	36
4. Miljøforhold.....	37
4.1 Fjordsystemet og lagdeling (stratifisering)	37
4.2 Straumforhold og hydrografi	38
4.3 Økologisk- og kjemisk tilstand.....	43
4.4 Naturverdiar i tiltaksområdet	46
5. Potensiell påverknad på naturmiljøet	50
5.1 Turbiditet, partikkelspreiing og sedimentasjon	50
5.2 Plastforureining	52
5.3 Nitrogenforbindelsar	55
5.4 Oljesøl frå maskiner	56
5.5 Seksverdig krom (Cr(VI)) frå sprøytebetong	57

5.6	Miljøgifter i sediment.....	57
5.7	Støy.....	57
5.8	Lokale straumforhold ved deponia	58
5.9	Konsekvensutgreiing (KU) for marint biologisk mangfald.....	58
5.10	Tilstand ved eksisterande, eldre sjødeponi – Kvernhusvika	59
5.11	Geoteknisk stabilitet	60
6	Forslag til avbøtande tiltak.....	61
6.1	Hovudtiltak.....	61
6.2	Ytre miljøplan / Miljøovervakingsprogram	61
6.3	Kontraktstrategi og -vilkår.....	61
6.4	Supplerande sikringstiltak mot spreiring av finstoff og oljesøl	62
6.5	Måling av turbiditet, pH og nitrogen.....	62
6.6	Supplerande tiltak mot plastforureining.....	63
6.7	Støyreducerande tiltak.....	64
6.8	Tiltak for å sikre stabil oppbygging av fylling	64
6.9	Kontroll og rapportering	64
7.	Alternativ avhending av massar	65
7.1	Oppsummering av arbeidet med massehandtering	65
7.2	Regulerte landdeponi.....	66
8.	Kostnader og klimagassutslepp	68
8.1	Kostnader	68
8.2	Klimagassutslepp.....	70
9.	Referansar	73

Vedlegg

Vedlegg til søknaden er lista opp under:

Vedleggsnr.	Dokumentbeskrivelse
<i>Vedlegg 1</i>	UAS-01-A-00011. Planomtale med konsekvensutgreiing (Statens Vegvesen, 2020)
<i>Vedlegg 2</i>	Kartvedlegg: oversiktskart (1:50 000) og detaljkart (1:2 000)
<i>Vedlegg 3</i>	UAS-01-Q-0023. Konsekvensutredning av massedeponering i Sørfjorden – med hensyn til marint biologisk mangfold (RambøllSweco, 2020e)
<i>Vedlegg 4</i>	UAS-01-Q-0022. Kartlegging av marint biologisk mangfold i Sørfjorden og Veafjorden (RambøllSweco, 2020a)
<i>Vedlegg 5</i>	UAS-02-A-00026. Fagrapport Massedeponi (RambøllSweco, 2020b)
<i>Vedlegg 6</i>	UAS-01-A-00032. Fagrapport Anleggsgjennomføring (RambøllSweco, 2020c)
<i>Vedlegg 7</i>	UAS-01-Q-00026. Miljøtekniske sedimentundersøkelser i Sørfjorden og Dalevågen (RambøllSweco, 2020d)

I tillegg er det henta relevant informasjon frå andre rapportar og dokument. Desse er lista opp i referanselista. Mange av desse dokumenta er tilgjengelege på prosjektet sine heimesider. Der fins også nærare presentasjon av prosjektet med illustrasjonar og video:

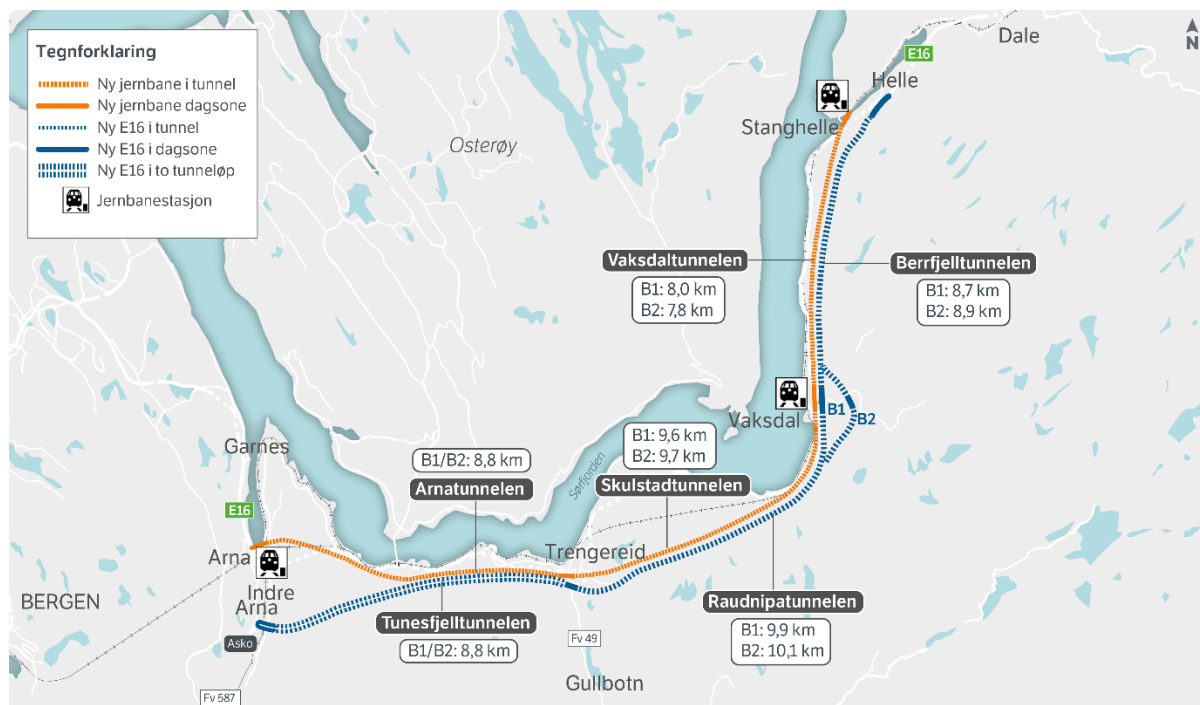
<https://www.vegvesen.no/Europaveg/e16banearnastanghelle/>

1. Innleiing

1.1 Bakgrunn for søknad om sjødeponi

Kort om planprosessen og tiltaket

På oppdrag frå Samferdsledepartementet har Statens vegvesen og Bane NOR utarbeidd framlegg til statleg reguleringsplan for E16 og Vossebanen Arna- Stanghelle. Mål og bakgrunn for planarbeidet er nærare skildra i planomtalen (vedlegg 1). Det er forventast at planen kan leggjast ut til offentlig ettersyn i mai/juni 2021. Kommunal og moderniseringsdepartementet (KMD) er planmynde, og vedtak av planen kan forventast i løpet av hausten 2021. Tidlegast moglege byggestart vil vere i 2024.



Figur 1 Oversiktskart over ny E16 og Vossebanen mellom Arna og Stanghelle/Helle. På Vaksdal er det regulert to alternativ.

Arna-Stanghelle-prosjektet består av tre 8-10 km lange tunnelstrekningar for veg og bane i eit område med stor skredfare og særdeles knappe areal til anleggsdrift og lagring av massar. For ny E16 mellom Arna og Trengereid skal det byggjast to tunneltuber (4-felts veg) og vidare mot Helle ein tunneltube (2-felts veg). For jernbane skal det på heile strekninga byggjast ein tunneltube med dobbelt spor. Det vert nye stasjonar på Vaksdal og på Stanghelle.

Enormt masseoverskot - sjødeponi kan samla sett vere beste løysing for større deler av massen

Dei lange tunnelane vil generere svært store mengder tunnelmassar, totalt rundt 11,5 millionar am^3 (am^3 = anbrakte massar i fylling = faste m^3 * 1,5). Prosjektet har ei brei tilnærming til arbeidet med massehandtering. Dette er nærare gjort greie for i kapittel 7. Med utgangspunkt i ressurspyramiden er målet å:

- redusere massevolumet
- gjenbruke stein i anlegget
- finne samfunnsnyttig bruk av overskotsmassane

I arbeidet er det lagt stor vekt på å finne løysingar som reduserer kostnader og masseoverskot. Ein vil kunne knuse og gjenbruke rundt 8-9 prosent av steinmassane i anlegget. Resten av tunnelmassen, vel 10,5 millionar am³, er likevel overskot som må handterast på annan måte. Målet er då å finne *samfunnsnyttig bruk* innafor *akseptable kostnader, miljøverknader og klimagassutslepp*. Der desse vilkåra er tilstades, vil prosjektet inngå intensjonsavtalar om levering av stein til eksterne mottakarar. Per i dag er det avklara ein slik avtale som omfattar inntil 1,6 mill. am³ frå tunnelstrekninga Arna-Trengereid.

For store deler av masseoverskotet har det likevel vist seg svært utfordrande å finne mottakarar og løysingar som oppfyller desse vilkåra, jfr. kapittel 7. Statens vegvesen (ansvarleg søkjar) og Bane Nor meiner difor at sjødeponi samla sett kan vere det beste alternativet for større deler av tunnelmassen. Sjødeponi vil her gi svært mykje lågare kostnader og prosjektrisiko, og betydeleg lågare klimagassutslepp enn andre alternativ for massehandtering, jfr kapittel 8. Konsekvensutgreiinga med tilhøyrande undersøkingar viser at *potensielle* negative miljøverknader for fisk og marint dyre- og planteliv primært gjeld i anleggsfasen *dersom* tiltaket gir spreining av finpartiklar i øvre lag i fjorden (fotisk sone). Konsekvensane i permanent situasjon er vurdert å vere små.

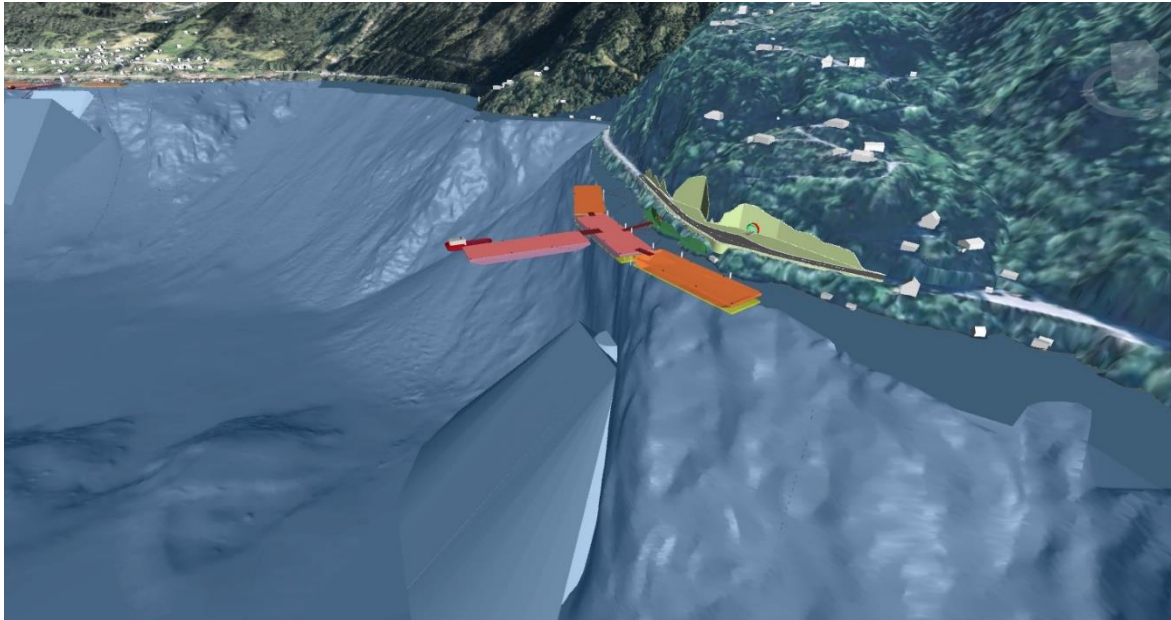
Statens vegvesen/Bane Nor legg til grunn at ein i søknadsprosessen må sjå miljøverknader av sjødeponi i samheng med kva som vil vere alternativa. All annan deponering eller bruk av tunnelmassen på land eller i sjø har også miljøkonsekvensar. Sjødeponia det vert søkt om har stort volumpotensial. Deponering av meir stein enn «sannsynleg volum» gir i praksis nokså lite utslag på omfang og utbreiing av fylling. Sjødeponi kan då eventuelt også erstatte planlagte landdeponi som har låg eller ingen nytte/etterbruk slik at ein kan unngå punktering av fleire område enn naudsynt.

Særskilte rammevilkår for anleggsdrift – Sørfjorden er avgjerande for å kunne bygge tiltaket

Omsyn til trafikktryggleik, trafikantar og lokalsamfunn gjer det tilnærma umogleg å frakte vekk over 10 mill. am³ på offentlig veg i løpet av ein periode på 3-5 år med tunneldriving. Lastebiltransport over større avstandar er heller ikkje gunstig i forhold til klimagassutslepp. Ikkje minst er det likevel omsynet til effektiv tunneldrift som gjer at Sørfjorden har fått ei nøkkelrolle i gjennomføringa av prosjektet. For kvar av dei tre tunnelstrekningane er det difor planlagt transporttunnelar (anleggstverrslag) til midlertidige, flytande kaianlegg ved fjorden. Herifrå kan steinen fraktast til eksterne mottakarar med lekter/båt eller førast direkte ned til sjødeponi, eventuelt ein kombinasjon.

Tunneldrifta må gå kontinuerleg, og det er ikkje tilgjengeleg areal til vesentleg mellomlagring eller sortering av stein. Utskiping set difor særdeles store krav til koordinering, sikker logistikk, og kapasitet hjå mottakar. Dette er både sårbart og kostnadsdrivande. Minimum 2/3 av tunnelmassane, over 7 mill. am³, må førast ut til dei midlertidige kaianlegga. Logistikk og utstyr må dimensjonast etter maksimal døgnproduksjon, som samla for dei tre tverrslaga vil vere rundt 25.000 tonn. Kvart døgn tilsvarar det lastekapasiteten til tre svære «nordsjø-lekterar» med storleik 100 x 30 meter, eller rundt 650 fulle lass med semitrailer.

Produktet «tunnelstein» er ikkje det same som «blokkstein» eller andre steinprodukt frå ordinære kommersielle dagbrot. Dette er vesentleg for bruksområde og kor attraktiv tunnelsteinen er for gjenvinning eller eksport. Usortert tunnelstein inneheld meir finstoff, og relativt lite stor stein som er det som generelt er etterspurt i Europa. Tunneldriving gir også større variasjon i bergartar og kvalitet. Det er særleg finstoffet som er utfordrande med alle former for bruk eller deponering.



Figur 2 Langhelleneset - eitt av tre midlertidige, flytande kaianlegg. Som illustrert kan steinen herifrå skipast vekk med lekter/båt, eller førast ned til sjødeponi. For sjødeponi er det her illustrert omsøkt maksimalt volum 4,2 mill. am3.

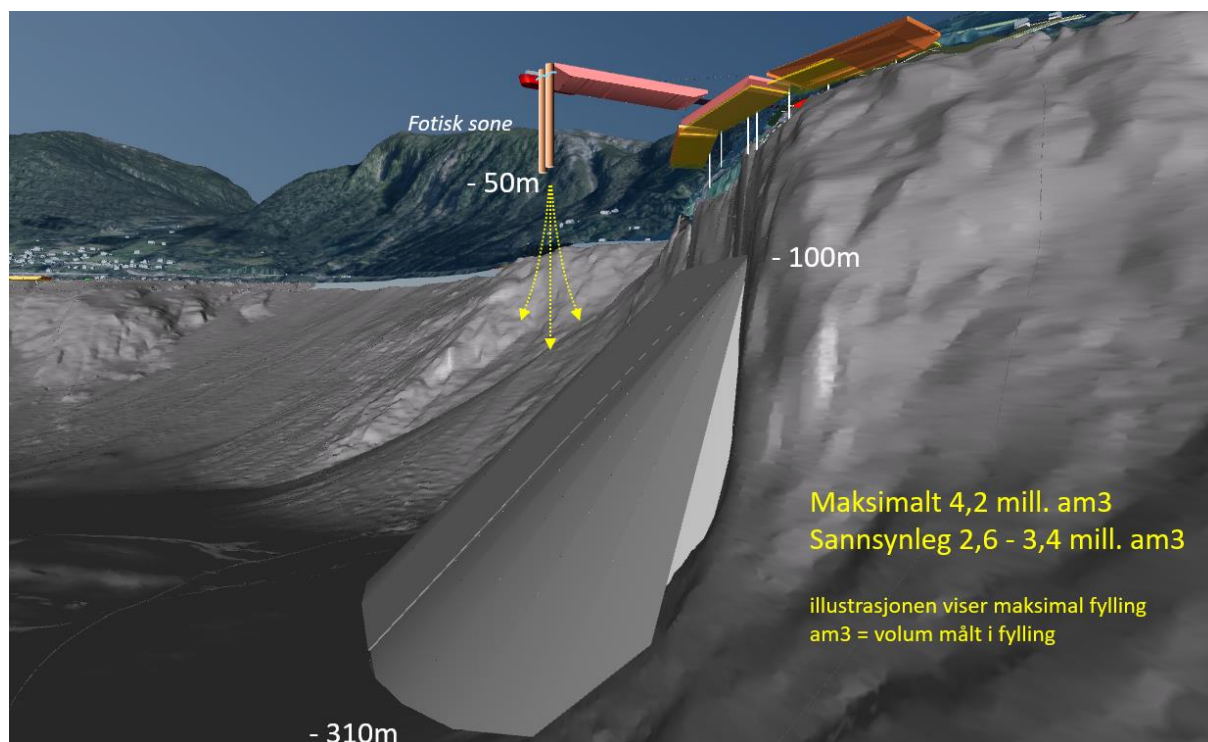
Søknaden er basert på omfattande kunnskapsgrunnlag og gode avbøtande tiltak

I samband med planarbeidet er det føreteke omfattande undersøkingar av miljøtilhøva i Sørfjorden. Mellom anna er det utført kartlegging og ROV-undersøking av marint biologisk mangfald, forureining og sedimentkjemi, oksygentilhøve, og strømmålingar. I tillegg er det nytta data frå tidlegare undersøkingar i fjordsystemet. Straummålingar pågår framleis og vil danne grunnlag for modellering av korleis finstoff vil spreie seg i fjorden utan og med avbøtande tiltak. På grunnlag av desse undersøkingane er det gjort greie for kva eventuelle påverknad sjødeponia vil ha på det marine miljø i Sørfjorden. Dette er nærare skildra i kap 4 og 5. Det er og utført eiga konsekvensutgreiing i reguleringsplanen (*Konsekvensutredning av massedeponering i Sørfjorden og Veafjorden*)

Avgjerande for søknad om sjødeponi er at prosjektet meiner å ha funne godt eigna lokalitetar og sikre metodar som hindrar spreieing av finpartiklar og restar av plast ved nedføring av tunnelstein. I kapittel 2.2 og 6 er det skildra nedføringsmetode og forslag til avbøtande tiltak for å redusera skadeverknader for det marine miljø og oppdrettsanlegga i fjorden. Mellom anna er det utvikla og føresett ein lukka nedføringsmetode som hindrar frigjeriing av finstoff i fotisk sone ned til 40-50 meter under overflata. I eit slikt lukka system vil også plastrestar kunne samlast opp. Det vert vidare føresett funksjonskrav for tunnelsprenging som minimerer plasmengda. Det vil mellom anna ikkje vere aktuelt å bruke plastfiber-armert sprøytebetong, noko som reduserer plasmengda med rundt 75% samanlikna med tidlegare prosjekt. Val av tennsystem og utfordringar knytt til plast (kap 5.2/6.6) må drøftast nærare i søknadsprosessen. Det skjer stadig utvikling innan sprengingsteknikk,

og prosjektet vil framover aktivt følgje opp nyvinningar som ytterlegare kan redusere plastinnhald i tunnelmassen. I anleggsfasen vert føresett gode rutinar med kontinuerleg overvaking og oppsamling av flytande plastrestar som eventuelt ikkje vert fanga i det lukka nedføringsssystemet (kap 6.6).

I reguleringsføresegnene er det teke høgde for oppfylling til kote -10. Den lukka nedføringsmetoden som no er føresett gjer det mogleg i staden å avslutte deponia på kote -50. Dette vert difor lagt til grunn for alle deponialternativa i søknaden, noko som vil avbøte potensielle negative konsekvensar i fotisk sone og gyteområde for torsk.



Figur 3 Det er i søknaden føresett lukka nedføringsmetode i stålrør ned til cirka kote -50, det vil seie under fotisk sone. Sjå kap 2.2. Illustrasjonen viser Langhelleneset. Same metode vil også nyttast ved dei to andre tunnelstrekningane.

I kapittel 3 i søknaden er det skildra andre samfunnsinteresser som tiltaket eventuelt kan kome i konflikt med. Mellom anna gjeld det friluftsliv, oppdrettsnæring, fiskeri og fritidsfiske, kulturminne, havner og skipstrafikk, og kablar/rør.

1.2 Kva søknaden gjeld

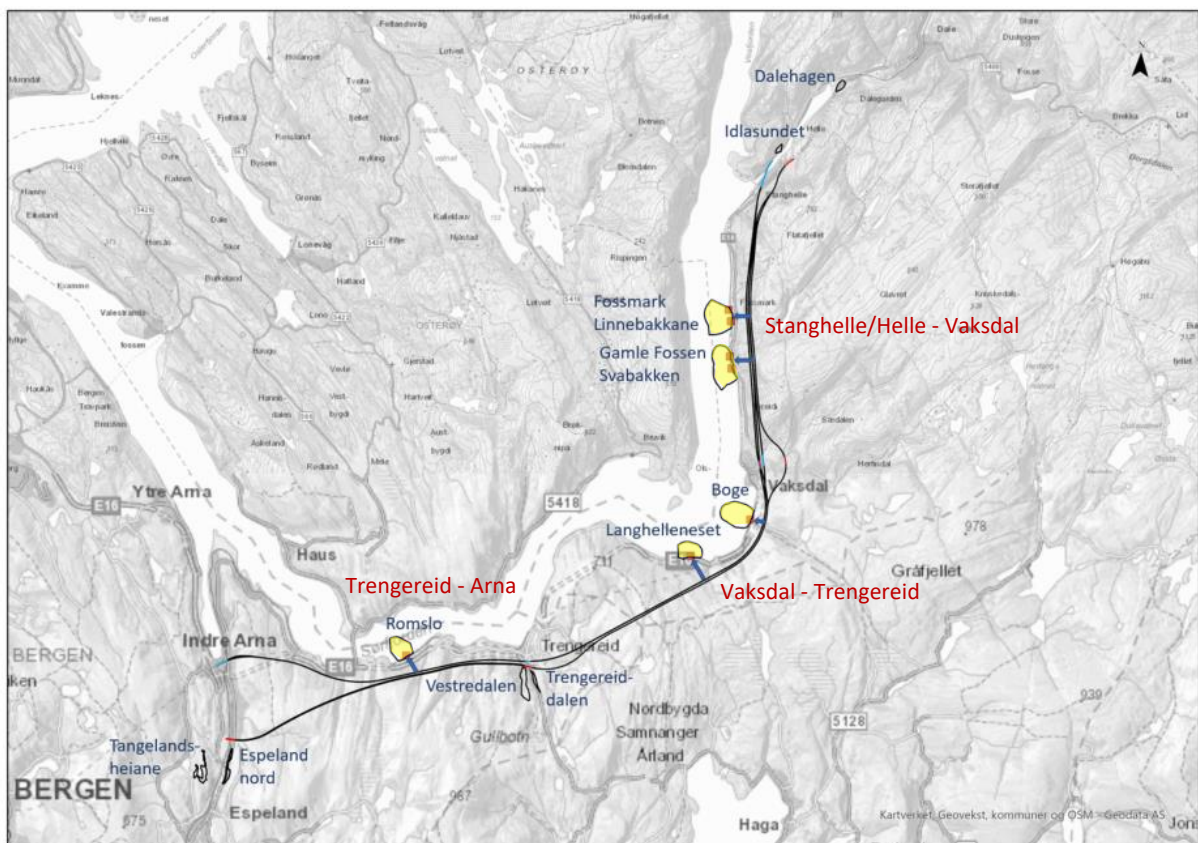
Volum og lokalitetar

Statens vegvesen søkjer om løyve til sjødeponi i Sørfjorden for den delen av masseoverskotet der ein ikkje finn samfunnsnyttig bruk innafor akseptable kostnader, klimagassutslepp og miljøverknader. Omsøkt totalvolum er *inntil* 9 mill. am³ fordelt på *tre* lokalitetar, eitt deponi for kvar tunnelstrekning. Med føresette gjennomføringsmetodar og avbøtande tiltak er søknaden grunna i:

- svært mykje lågare kostnader og projektrisiko enn andre alternativ (kap 8.1)
- betydeleg lågare klimagassutslepp enn andre alternativ (kap 8.2)
- akseptable miljøverknader i anleggsfasen og små verknader i permanent situasjon (kap 5/6)

Omsøkt maksimalt volum må her sjåast som ei teoretisk øvre grense der prosjektet har 100% tryggleik med godkjende løysingar for absolutt alle steinmassane i prosjektet. Dette er eit krav i komande planfase der prosjektet må gjennom kvalitetssikring (KS2) før ein kan få vedtak i Stortinget om løyvingar og oppstart. Sannsynleg volum vil vere lågare. Arbeidet med å søkje etter alternativ og mottakarar som tilfredsstillar vilkåra for samfunnsnyttig bruk vil halde fram. Det må likevel tydeleg understrekast at det for større delar av steinmassane er lite sannsynleg å finne slike løysingar, jamfør kapittel 7 og 8.

I det omsøkte maksimale volumet, både totalt og ved kvar lokalitet, ligg også fleksibilitet til eventuelt å erstatte regulerte landdeponi som har liten eller ingen nytte. Det gjeld då i første rekkje deponia Vestredalen på Trengereid, og Tangelandsheiane i Arna (figur 4). Om dette er aktuelt må drøftast nærare med Statsforvaltar i søknadsprosessen. Særleg for stein som må takast ut ved Trengereid er det i tilfelle behov for fleksibilitet i forhold til plassering. Difor er omsøkt maksimalvolum ved lokalitetane Romslo og Langhelleneset slik at begge eventuelt kan romme steinen frå Trengereid (anten/eller). Også for alternativa mellom Stanghelle/Helle og Vaksdal er omsøkt maksimalvolum noko høgare enn «sannsynleg volum» for å kunne ha noko fleksibilitet dersom uventa hendingar oppstår.



Figur 4 Oversikt over regulerte sjødeponi og landdeponi. Framlegget til reguleringsplan inneheld i alt sju lokalitetar som moglege sjødeponi. Berre tre av desse skal nyttast. Merk at kartet viser regulert areal inklusiv sikringszone, ikkje faktisk storleik på sjødeponia. I kapittel 2 og i vedlegg er tenkt utforming og regulert areal for deponia presentert. Det er særleg på strekninga Stanghelle-Vaksdal at det er ulike valmoglegheter. For strekninga Vaksdal-Trengereid er Langhelleneset vurdert som klart mykje betre enn Boge både i forhold til anleggsdrift, økonomi og som lokalitet for sjødeponi. Mellom Arna og Trengereid er det berre eitt alternativ ved Romslo som er regulert. Alle lokalitetane er presentert i kapittel 2. Landdeponia er nærare omtala i kapittel 7.

Tunnelstrekning Stanghelle/Helle - Vaksdal

For denne strekninga inneheld framlegget til reguleringsplan fire *alternative* lokalitetar; Linnebakkane, Gamle Fossen, Svabakken og Fossmark. Desse er nærare presentert i kapittel 2.3. Med optimale drivlengder i begge retningar er Linnebakkane vurdert som det økonomisk klart mest gunstige alternativet, og er eit førsteval for prosjektet.

Alternative lokalitetar	Linnbakkane	Gamle Fossen	Svabakken	Fossmark
Omsøkt maksimalt volum (mill. am ³)	3,2	3,2	3,2	3,2
Sannsynleg volum (mill. am ³)	2,5-3,0	2,4-2,9	2,3-2,8	2,5-3,0

Tunnelstrekning Vaksdal - Trengereid

For denne strekninga inneheld framlegget til reguleringsplan to alternativ; Langhelleneset og Boge. Desse er nærare presentert i kapittel 2.4. Dei to alternativa er svært ulike med omsyn til undervassstopografi, anleggsgjennomføring/kostnader, og konsekvensar.

Langhelleneset er her vurdert som klart best på alle kriterier, også i forhold til busetnad og støyskjerming. Boge må her reknast som ei nødløysing, og ein ber difor om at Statsforvaltar hovudsakleg vurderer Langhelleneset.

Alternative lokalitetar:	Langhelleneset	Boge
Omsøkt maksimalt volum (mill. am ³)	4,2	2,5
Sannsynleg volum (mill. am ³)	2,6-3,4	2,5

Tunnelstrekning Trengereid - Arna

For denne strekninga er det kun regulert eitt mogleg alternativ; Romslo. Løysinga er nærare presentert i kapittel 2.5.

Lokalitet:	Romslo
Omsøkt maksimalt volum (mill. am ³)	5,3
Sannsynleg volum (mill. am ³)	2,5-3,3

Tidsrom

Søklar legg til grunn følgjande tidsrom for deponering i sjø:

- Inntil 5 år (heilårsdrift) per lokalitet. Sannsynleg periode vil vere noko kortare.
- Døgnkontinuerleg tunneldrift/massehandtering innafør gjeldande regelverk.

Effektiv anleggsdrift set krav til heilårsdrift og to skift. Nedføring av steinen i lukka system (kap 2.2), og ekstra sikring med kontinuerleg overvaking, gjer at heilårsdrift vil vere mogleg utan spreiding av finstoff i fotisk sone og gyteområde for torsk. Det vil gi store ekstra kostnader om deponering ikkje kan foregå heile året, jamfør kapittel 8.1.

Deponering må foregå kontinuerleg etter kvart som tunnelsalvene vert lasta ut. På kaianlegga vert då føresett støyskjerming og avbøtande tiltak slik at ulemper for omgjevnadene vert minimert og innafor krava som gjeld.

Dei midlertidige, flytande kaianlegga vil truleg vere der også i etterfølgjande periode med innreiing av tunnelane, men det vil då ikkje foregå deponering av stein.

Tunnelmassen som skal deponerast

Det vert vist til kapittel 2.6 og vedlegg for nærare omtale av tunnelmassen, kornfordeling, bergartar mv. Plast og nitrogenforbindelsar er omtala i kapitla 5.2 og 5.3, og 6.6.

Deponering av tunnelstein i sjø kan ikkje samanliknast med deponering av gruveavfall der ei hovudutfordring er at kjemikalier for mineralutvinning følgjer med ut i sjøen. Tunnelstein er rekna som «ikkje forureina massar», jfr Miljødirektoratet faktaark M1243/2018. Tunnelstein er også ein heilt annan fraksjon enn gruveavfall, og deponering vil foregå i ein relativt kort periode.

Organisering av anleggsdrift og deponering

Det er per i dag ikkje avklara kva kontraktstrategi som skal leggjast til grunn for Arna-Stanghelle-prosjektet. Med eit så omfattande anlegg er det likevel grunn til å tru at det kan bli ulike entreprenørar som opererer ved dei tre kaianlegga. Det kan då vere krevjande å handtere felles logistikk, grensesnitt, avbøtande tiltak mv. på ein god måte. Med dette utgangspunktet har Statens vegvesen/BaneNor så langt tenkt at det vil vere best om byggherre tek eit overordna og felles ansvar for kaianlegga med nedføringssystem, samt logistikk knytt til eventuell sjøtransport av steinmassar. Dette vil avklarast nærare i vidare arbeid med kontraktstrategi og -utlysing.

Prosess og mynde

Det er tidlegare avklara med forureiningsmynde at sjødeponi krev løyve etter forureiningslova (§§ 11 og 32) og etter reglane i forureiningsforskrifta kapittel 22. Det er og avklart at mynde er Statsforvaltaren i Vestland. Tiltakshavar ynskjer at reguleringsplanprosessen og søknadsprosessen etter forureiningsforskrifta går mest mogeleg parallelt, sjølv om det normalt ikkje vert gjeve endeleg løyve før godkjend reguleringsplan.

1.3 Opplysingar om søkjar

Prosjektnavn: E16 og Vossebanen, Arna - Stanghelle	
Kommune: Bergen kommune og Vaksdal kommune	
Navn på søkjar: Statens vegvesen	Org. nummer: 971 032 081
Adresse: Statens vegvesen Utbygging, Postboks 43, 6861 LEIKANGER	
Telefon: 22 07 30 00 (sentralbord)	
Kontaktperson/ansvarleg søkjar: Idar Reistad	
Telefon: 55 51 63 56 / 41 65 20 62	E-post: idar.reistad@vegvesen.no

2. Tiltaket - nedføringsmetode og lokalitetar

2.1 Grunnlag for løysingane

Anleggstverrslag og sjødeponi må ligge nær midten av kvar tunnelstrekning

Som omtala i innleiinga er anleggstverrslaga til Sørfjorden heilt avgjerande for å kunne bygge anlegget. For at tunneldrivinga skal vere effektiv (tid og kostnader) er det svært viktig at desse ligg nær midten av kvar tunnelstrekning. Dette er då også styrande for lokalisering av sjødeponia det vert søkt om.

I ein tidleg fase vart det vurdert om sjødeponi eventuelt burde ligge midtfjords. Konklusjonen på dette er klar: Deponi må heller plasserast like under kvart av dei tre midlertidige kaianlegga. Det er fleire årsaker til det. I forhold til miljøverknader er det vurdert å vere klart betre å plassere steinen på det som i hovudsak allereie er hardbotn langs fjordsidene enn på blautbotn midtfjords (KU sjødeponi. Konsekvensutredning massedeponering i Sørfjorden UAS-01-Q-00023). Miljøverknader i anleggsfasen gjeld ikkje minst også skilnad i nedføringsmetode. Eit midtfjords sjødeponi ville bety bruk av splittlekter, noko som ville gi svært store utfordringar med å hindre spreining av finstoff i dei øvre sjikta av fjorden. Når midtfjords deponi samtidig ville ha betydeleg høgare kostnad enn løysingane som er valt, er dette forkasta.

Deponering må skje på forsvarleg måte, heile året

Konsekvensutgreiinga slår fast at potensialet for negative miljøverknader av sjødeponia i all hovudsak gjeld anleggsfasen, jamfør kap.5. Mest kritisk vil være om deponeringa medfører spreining av finstoff i dei øvre vannsjikta i fjorden. Dette ville vere ein fare både for torskegyting, laksevandring, aure, og øvrig marint dyre- og planteliv i fotisk sone. Spreining av finstoff i øvre lag ville også vere ein trussel mot oppdrettsnæringa i Sørfjorden. Stans i anleggsdrifta på grunn av uhell eller periodar med forbod mot deponering, vil vere svært kostbart (kap 8.1). Vidare er det særleg avgjerande å hindre plastforureining i fjorden (kap 5.2/6.6). Med dette utgangspunktet er det i søknaden lagt til grunn omfattande tiltak for å sikre stabil heilårsdrift der deponeringa skjer på ein forsvarleg måte:

- Sikker nedføringsmetode (kap 2.2)
- Godt eigna lokalitetar (kap 2.3-2.5)
- Fylling/deponi avslutta på kote -50 (under fotisk sone)
- System for kontinuerleg overvaking (turbiditet, straummålingar, fyllingsoppbygging, mv.)
- Ansvarleg strategi og gode løysingar mot plastforureining
- Øvrige avbøtande tiltak (støy, mv.)
- Plan for Ytre miljø (YM-plan)
- Miljøovervaksingsprogram

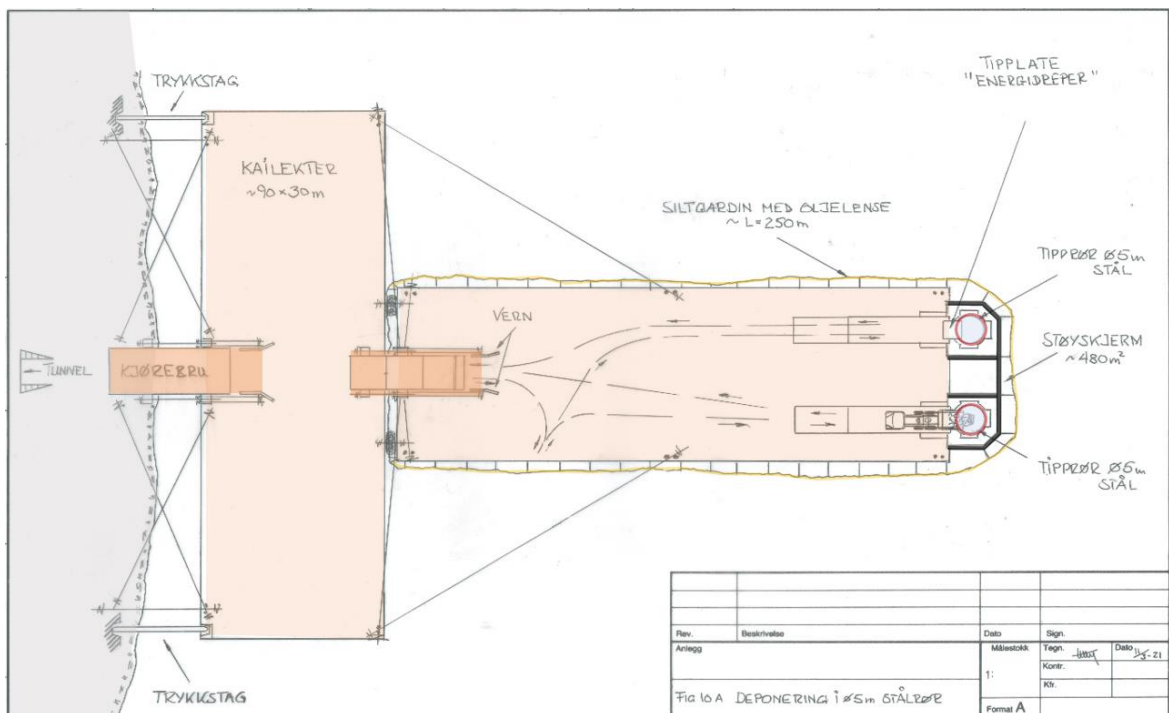
2.2 Nedføringsmetode

Konvensjonelle nedføringsmetodar er lite eigna

Det er undersøkt ei rekkje alternative løysingar for nedføring av steinmassane frå dei midlertidige kaianlegga. Konvensjonelle sikringsløysingar ved fylling i sjø (landvinning) er i regelen siltgardiner som avgrensar spreieing av finstoffet til det etter kvart synk ned. I særskilte tilfelle vert også nytta såkalla boblegardiner. Ingen av desse løysingane er godt eigna i Arna-Stanghelle-prosjektet. Ei hovudutfordring med siltgardiner er at dei berre går ned til ca 10-15 meter under overflata. Det er ikkje praktisk mogleg å få siltgardiner ned til kote -50. Boblegardiner kan etablerast noko djupare, men under 20 meter vert også desse både svært energikrevjande (stort trykk) og lite effektive. Både siltgardiner og boblegardiner ville her hatt store utfordringar i forhold til sikker forankring. Oppsummert ville desse systema, eventuelt kombinert, verken gi ønska sikring mot spreieing av finstoff eller tilstrekkeleg tryggleik mot uhell og stans i anleggsdrifta. Tipp i sjøen innafor siltgardin/boblegardin er difor ikkje sett som ei aktuell hovudløysing for nedføring til sjødeponi.

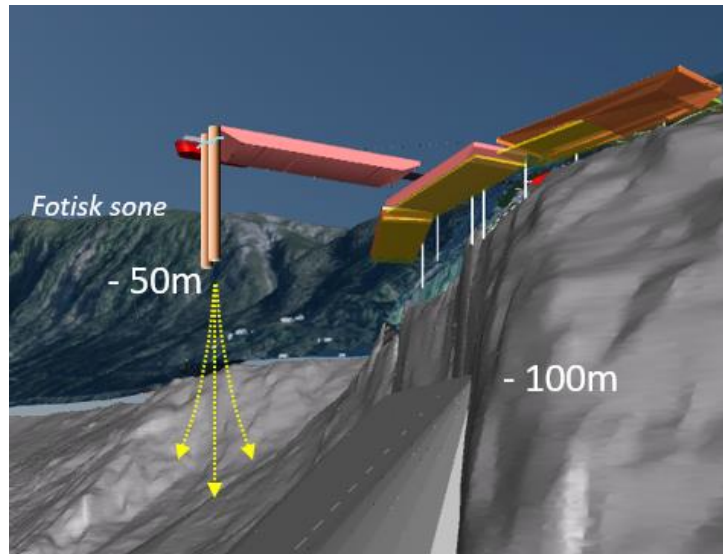
Søknaden legg til grunn nytvikla, lukka nedføringsssystem

For å løyse utfordringane med spreieing av finstoff og plastrestar har prosjektet utvikla eit nytt, lukka system med nedføring i omlag 50 meter lange stålørør til under fotisk sone og sprangsjiktet. Merk at ny lukka nedføringsløysing er kome til etter at konsekvensutgreiing og ulike fagrapportar var ferdigstilt. Dette systemet, kalla «alternativ 2c», vert lagt til grunn for alle dei tre lokalitetane/tunnelstrekningane. For å optimalisere og dokumentere virkemåte og konstruksjon vil det framover pågå arbeid med ulike typar modellering og testing, mellom anna basert på straummålingane i fjorden. Før anleggsstart vil det også vere aktuelt med ein fullskala test.



Figur 5 Skisse av alternativ 2c som vert lagt til grunn for søknaden.

I utviklingsarbeidet er vurdert og kostnadsrekna (kap 8.1) alternativ med ulike typar røyr. Stålrøyr er valt framfor plastrøyr (PE). Ein nøkkelfaktor for å redusere kostnader er å redusere talet på nødvendige operasjonar/maskiner og dermed også risiko for at noko går gale slik at anleggsdrifta stoppar opp. Med stålrøyr kan diameteren vere så stor at steinen som vert køyrt ut frå tunnelane kan tippast direkte i nedføringsrøyrret. Dette sparar store kostnader samanlikna med plastrøyr der maksimal innvendig diameter kan vere rundt 2,3m. Plastrøyr eller mindre stålrøyr vil krevje jamn mating frå ein matekasse/feeder over eit lengre tidsrom av døgeret. For å få logistikken med effektiv utkøyring av salver til å gå opp, måtte massane då først tippast på kailekter der hullastar vidare må fylle matekassane. Dette ville både vere eit vesentleg dyrare og meir sårbart system enn alternativ 2c som er valt. Andre ulemper ville vere større utfordringar med støydemping, og også at eit plastrøyr over tid vil gi slitasje og dermed frigjering av plast.

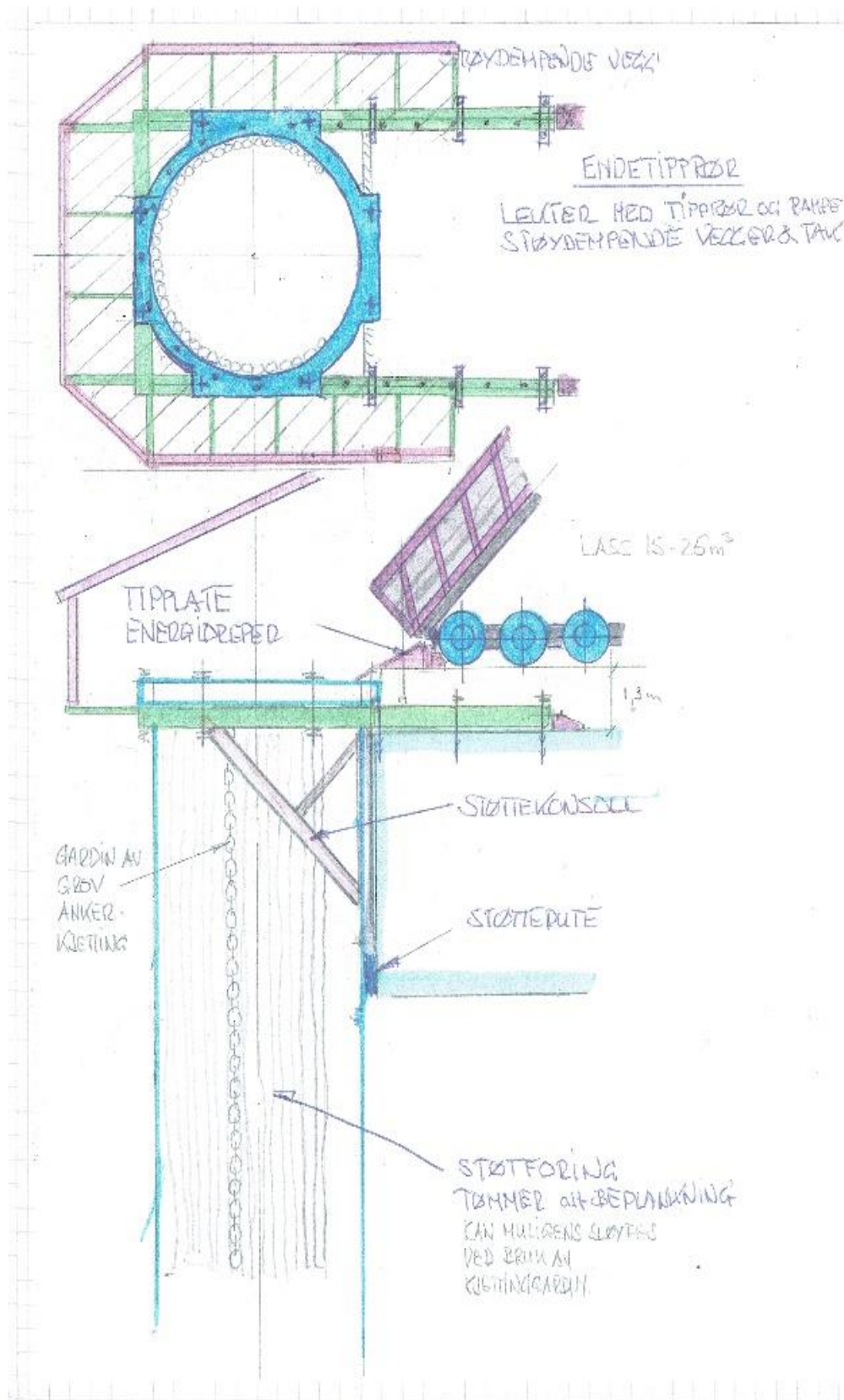


Figur 6 Illustrasjon av nedføringsløsning ved Langhelleneset. Droppunkt kan her leggjast nærare land enn det som er vist på illustrasjonen.

Føresette alternativ 2c er skissert i figur 5. Rundt 5 meter vide og 50 meter lange stålrøyr er fastmontert på ein nordsjø-lekter som kan forskyvast sidevegs. Dette gir fleksibilitet i forhold til å endre/variere droppunkt undervegs i fyllinga. Utforming av lekter og plassering av røyr må tilpassast kvar lokalitet. For alle tre lokalitetar er føresette montert to røyr, der det eine mest vil vere reserve. På utsida rundt nedføringslekteren og røyra, og eventuelt kailekter, er det fastmontert siltgardin med oljelense. Dette for å sikre mot uhell, oljelekkasjar etc (kap 6.4).

Snitt av nedføringsløsninga er vist i figur 7. Det er lagt til grunn tippplate/energidrepar som dempar og spreier massane slik at ikkje heile lasset vil gå samla ned i røyrret. Ei gardin av grov ankerkjetting vil vere gunstig for å bremse og fordele massane og vaske av lause plastrestar. Plastrestar som blir vaska av og flyt opp i røyrret vil bli samla opp. Det vert elles vist til kap. 5.2/6.6 for strategi og løysingar mot plastforureining. I nedføringsløsninga er føresette støydempande «tipphus» over og rundt røyra. Dersom det er tenleg i forhold til støy kan ein også kle øvre del av røyra med tømmer. Tunnelmassen med finstoff vert frigjort frå det lukka røyrret nær 50 meter under overflata. Ein viktig del av dokumentasjonen det vert arbeidd med vil vere å vise at finstoffet ikkje stig opp og spreier seg i fotisk sone. Numerisk modellering av strømmingsforhold i røyrret og fjorden, og etter kvart testing, vil gi god kunnskap og dokumentasjon på dette.

Eit avbøtande tryggingstiltak vil vere kontinuerlege turbiditetsmålingar (ADCP) i vannsøyla i anleggsperioden (kap 6.5). Det må også føresette system for overvaking og oppsamling av plastrestar som eventuelt skulle flyte opp på utsida av røyrret (kap 6.6). Kontroll på oppbygging av fyllinga vil ein best få med fast montert utstyr for multistråle-scanning (kap 6.8)



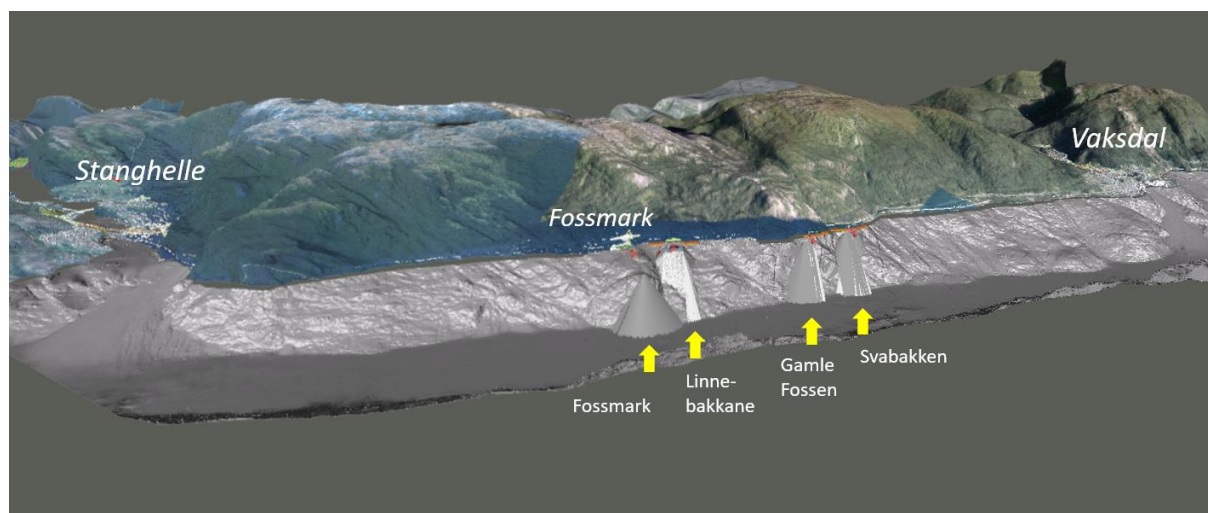
Figur 7 Snitt av alternativ 2c med stålrør

2.3 Sjødeponi for tunnelstrekning Stanghelle/Helle-Vaksdal

Fire alternative lokaliteter

For denne strekninga inneheld framlegget til reguleringsplan fire *alternative* lokalitetar; Linnebakkane, Gamle Fossen, Svabakken og Fossmark (figur 8). Alle dei fire alternativa ligg relativt nær kvarandre, og dei er veldig like når det gjeld botns substrat, straumforhold, biologisk mangfald, og kjemi. Til ei viss grad gjeld det også undervassstopografi, medan dei er klart ulike når det gjeld anleggsgjennomføring og kostnader. Det vil også vere noko skilnad mellom dei når det gjeld inngrep i natur over vassflata, jamfør konsekvensutgreiing og fagrapportar for ikkje-prissette tema.

Alternative lokalitetar:	Linnebakkane	Gamle Fossen	Svabakken	Fossmark
Omsøkt maksimalt volum (mill. am3)	3,2	3,2	3,2	3,2
Sannsynleg volum (mill. am3)	2,5-3,0	2,4-2,9	2,3-2,8	2,5-3,0



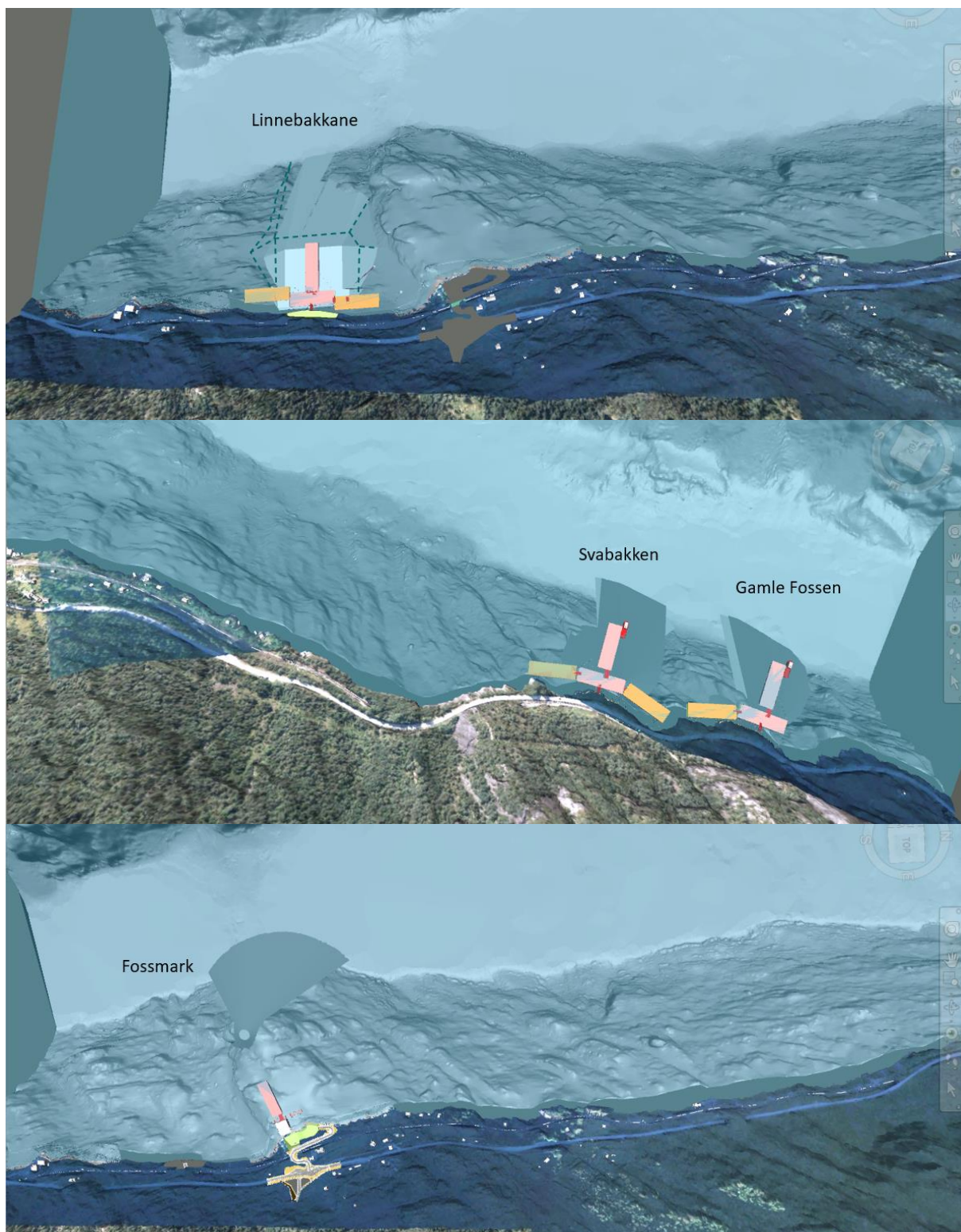
Figur 8 Dei fire alternative lokalitetane for tunnelstrekning Stanghelle/Helle-Vaksdal ligg alle i nærleiken av Fossmark

Med optimale drivlengder i begge retningar er Linnebakkane vurdert som det økonomisk klart mest gunstige alternativet, og er eit førsteval for prosjektet. Alternativa Gamle Fossen og Svabakken er grovt vurdert å gi auka anleggskostnader på hhv. rundt 100 mill. og 150 mill. (ekskl. mva). Dette føreset ein tilkomsttunnel frå Fossmark slik som for Linnebakkane. Dersom Gamle Fossen/Svabakken skal drivast kun med tilkomst frå sjø vil kostnadene auke ytterlegare.

Eit sjødeponi ved Linnebakkane vil ikkje i same grad som alternativa Gamle Fossen og Svabakken nå ned til fjordbotnen. For alle desse tre er det mogleg med direkte lukka nedføring til deponi frå flytande kai utanfor anleggstverrslaget (jfr. prinsipp vist i kap 2.2).

Det minst kostnadskrevjande anleggstverrslaget vil i utgangspunktet vere alternativet Fossmark der ein kjem ut til eit litt større landareal. Men, i dette alternativet må sjødeponi ligge lenger frå land, og kan dermed krevje fordyrande omlasting. Dette alternativet har også størst negative verknader for lokalsamfunnet på Fossmark, og har størst konsekvensar for ikkje-prissette tema.

Søknadsprosessen må avgjere om Linnebakkane samla sett er den beste lokaliteten for deponi, eller om ein av dei andre vil vere betre.



Figur 9 Oversikt fire alternative lokaliteter for tunnelstrekning Stanghelle/Helle-Vaksdal

Linnebakkane

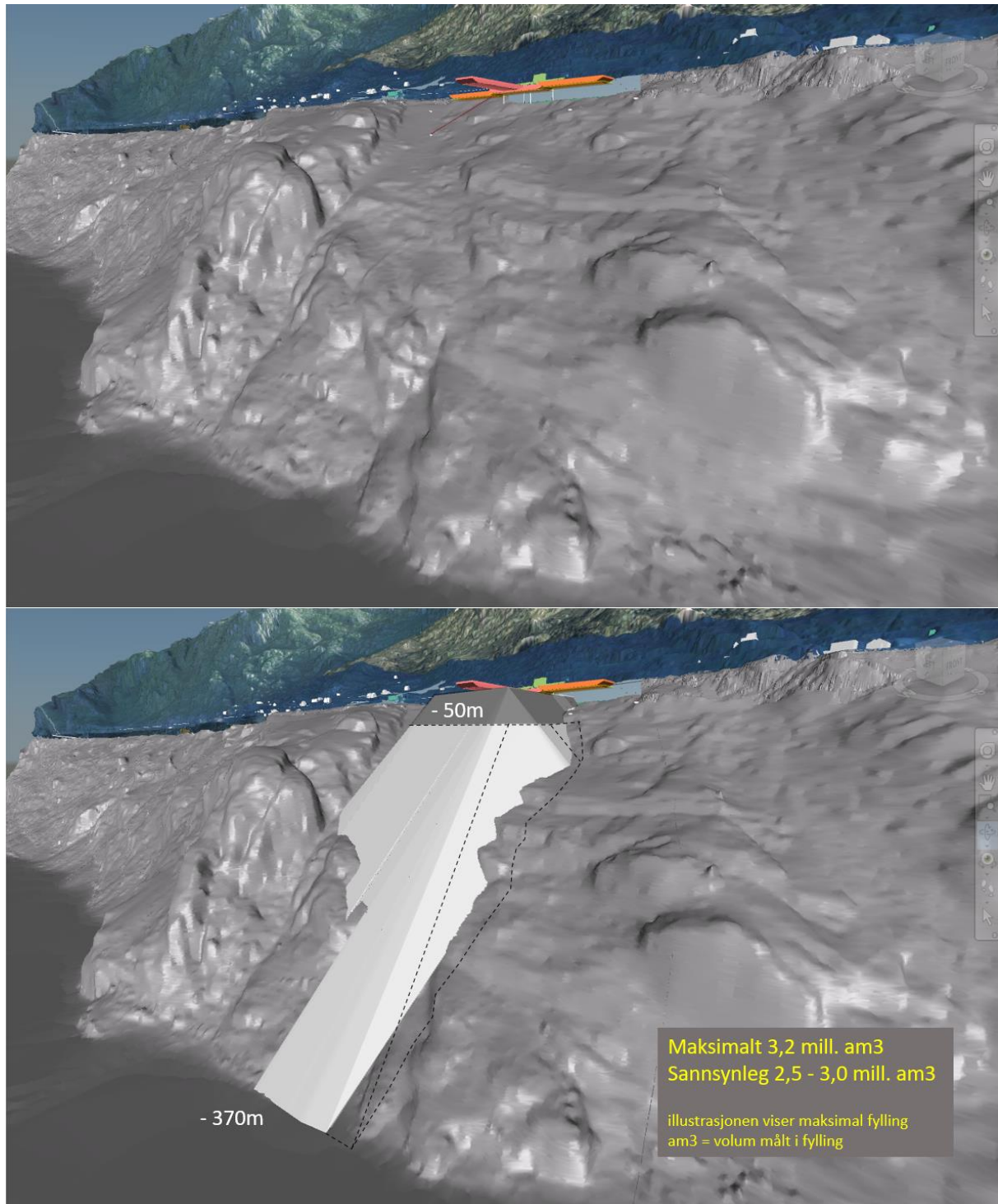
Eigedom: 19/1
Maksimalt (omsøkt) volum / sannsynleg volum: 3,2 mill am ³ / 2,5-3,0 mill am ³
Maksimalt / sannsynleg arealbeslag på sjøbotn: ca. 100 daa / ca. 89 daa

Ved Linnebakkane vil transporttunnel og anleggsventilasjon kome ut i ein fjellrygg under jernbanen. Her er det også restar av ein eldre trase for jernbanen. Tilkomsttunnel vert etablert frå oppsida av E16 ved Fossmark. Det vert vist til teikningar, konsekvensutgreiing og fagrapportar for ikkje-prissette tema for nærare utgreiing av konsekvensar, inklusiv inngrep på land.

Det er anslått at sjødeponi kan byggjast opp med droppunkt om lag 130 meter frå land, og at dette må forskyvast sidevegs ettersom deponiet byggjer seg opp. Det aller meste av deponiet vil legge seg i skråninga, men fyllingsfot vil nå ned til fjordbotn, jamfør figur 11.



Figur 10 Oversikt over fjellparti der transporttunnel til Linnebakkane vil kome ut. Foto: Øystein S. Lohne, Sweco



Figur 11 Linnebakkane – modell av omsøkt maksimalt fyllingsvolum. Med nyutvikla nedføringsmetode (kap 2.5) vert det føresett at fyllinga vert avslutta under kote -50, og ikkje slik som modellen viser. Med stipla linjer er då illustrert at fyllinga vil bli marginalt vidare. For Linnebakkane vil den teoretiske fyllingsfoten så vidt nå ned til fjordbotnen på kote -370. Reell utforming av fyllinga vil truleg avvike noko frå ein teoretisk modell. Det er teke høgde for dette i regulert areal.

Gamle Fossen / Svabakken

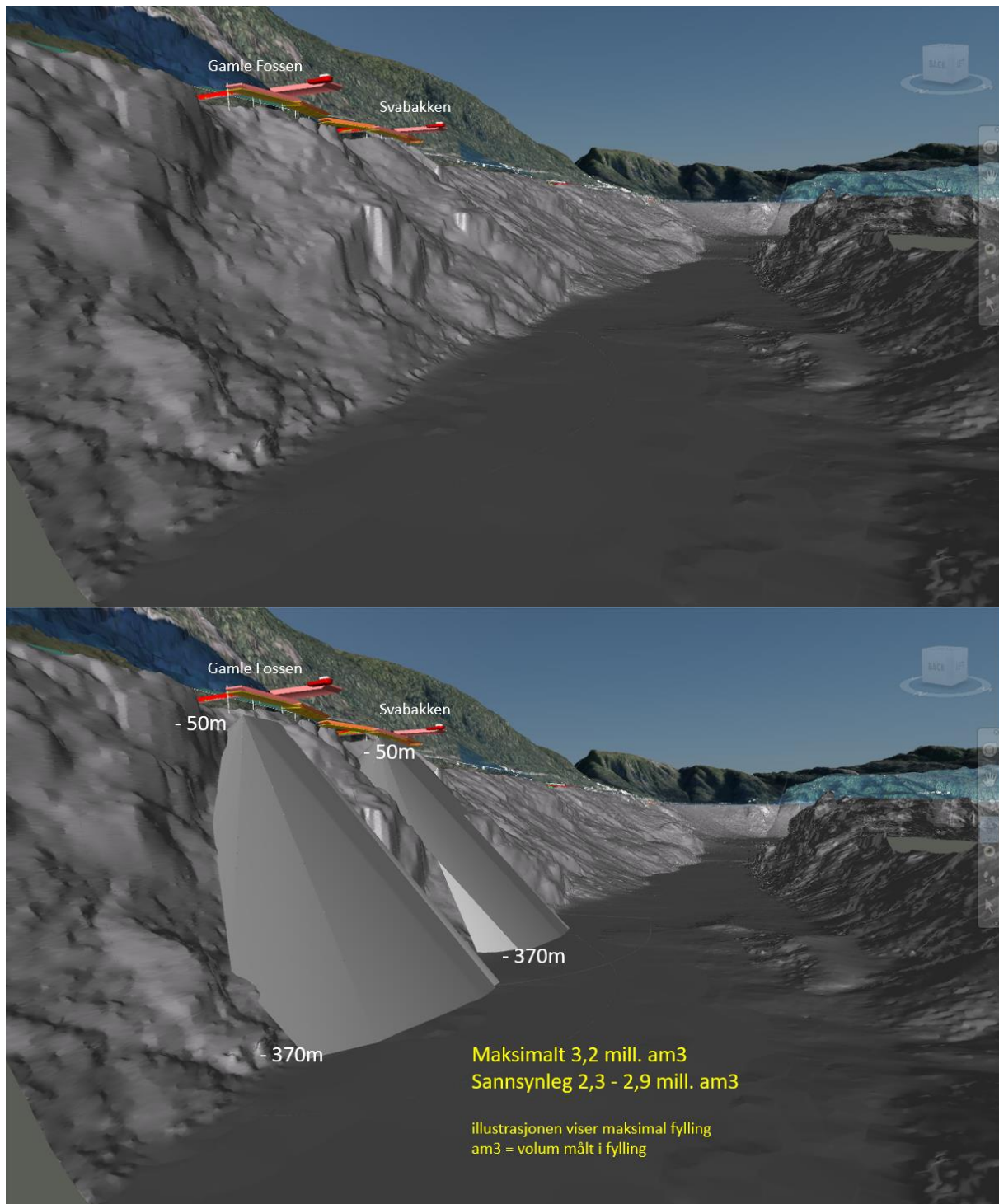
Eigedom: 18/1 (begge lokalitetar)	
Gamle Fossen:	Maksimalt (omsøkt) volum / sannsynleg volum: 3,2 mill am ³ / 2,4-2,9 mill am ³
Gamle Fossen:	Maksimalt / sannsynleg arealbeslag på sjøbotn: ca. 70 daa / ca. 60 daa
Svabakken:	Maksimalt (omsøkt) volum / sannsynleg volum: 3,2 mill am ³ / 2,3-2,8 mill am ³
Svabakken:	Maksimalt / sannsynleg arealbeslag på sjøbotn: ca. 76 daa / ca. 65 daa

Gamle Fossen og Svabakken er mindre gunstig plassert enn Linnebakkane i forhold til optimale drivlengder. Både ved Gamle Fossen og Svabakken vil transporttunnel kome ut i fjell under dagens veg og jernbanetunnel. Også her er føresett at tilkomsttunnel vert etablert frå oppsida av E16 ved Fossmark slik som for Linnebakkane. Dette vert ein ganske lang og kostbar tilkomsttunnel som også bidreg til meir overskotsmassar. Alternativet for desse lokalitetane vil vere å drive frå sjøen, utan tilkomst frå veg. Det vil ytterlegare auke kostnadene samanlikna med Linnebakkane. Det vert vist til teikningar, konsekvensutgreiing og fagrapportar for ikkje-prisette tema for nærare utgreiing av konsekvensar, inklusiv inngrep på land.

Det er anslått at sjødeponi kan byggjast opp med droppunkt om lag 30 meter frå land. Her er det så djupt at ein truleg slepp å sideforskyve droppunkt undervegs.



Figur 12 Oversikt over områda Gamle Fossen (nærast) og Svabakken (til høgre). Foto: Øystein S. Lohne, Sweco



Figur 13 Gamle Fossen / Svabakken – modell av omsøkt maksimalt fyllingsvolum. Desse alternativa ligg nær kvarandre, og er på mange område like. Gamle Fossen er best av desse ift. økonomi. Begge stadene er det brådjupt slik at deponi tilnærma vert ei kjegle med fyllingsfot på fjordbotnen kote -370. Reell utforming av fyllinga vil truleg avvike noko frå ein teoretisk modell. Det er teke høgde for dette i regulert areal.

Fossmark

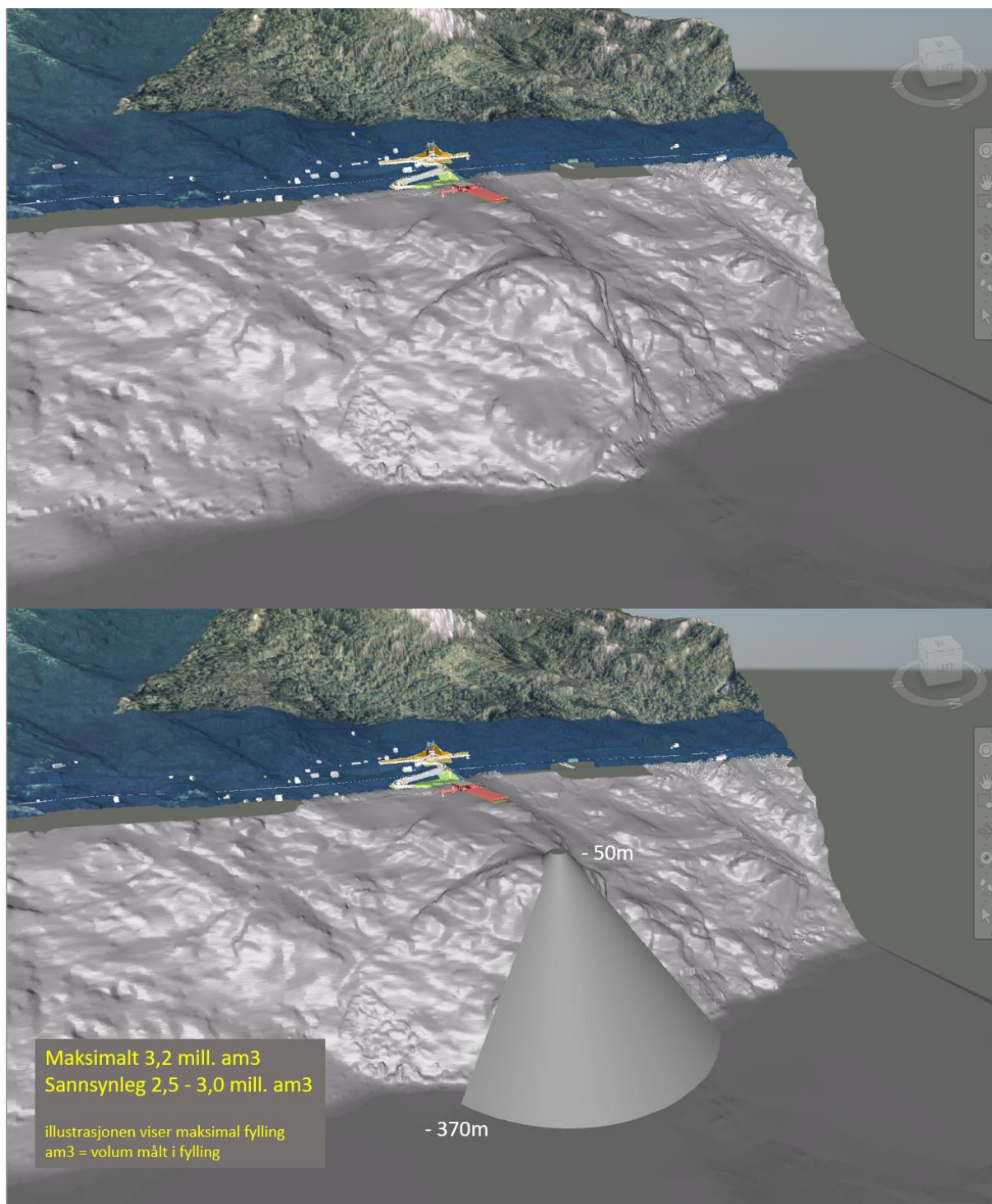
Eigedom: 19/5
Maksimalt (omsøkt) volum / sannsynleg volum: 3,2 mill am ³ / 2,5-3,0 mill am ³
Maksimalt / sannsynleg arealbeslag på sjøbotn: ca. 96 daa / ca. 63 daa

Alternativet Fossmark skil seg frå dei tre andre moglege lokalitetane på denne tunnelstrekninga. Transporttunnel vil her kome ut ved eit litt større areal nede ved fjorden. Det er sett på to variantar for tilkomst, ei dagløyising ned frå E16, og ein tilkomsttunnel frå oppsida av E16. Det vert vist til teikningar, konsekvensutgreiing og fagrapportar for ikkje-prissette tema for nærare utgreiing av konsekvensar, inklusiv inngrep på land.

Undervasstopografien ved Fossmark er slik at ein mest truleg ikkje kan etablere kailekterar langt nok ut til køyre stein direkte for å tippast i nedføringsrøyr. Det betyr i tilfelle svært kostbar omlasting. Også med kai i sørgåande retning mot deponiplassen for Linnebakkane vil det vere langt ut. I Fossmark-alternativet er føresett at ein så langt råd hindrar varig øydelegging av strandlinja, men alternativet vil ha vesentlege negative verknader for lokalsamfunnet.



Figur 14 Alternativet Fossmark. Transporttunnel vil kome ut under jernbanen. Riggområde vil liggje nede ved fjorden midt i biletet. Foto: Øystein S. Lohne



Figur 15 Fossmark – modell av omsøkt maksimalt fyllingsvolum. Fossmark-alternativet skiljer seg frå dei andre ved at det er eit noko større landareal utanfor tverrslaget. Ulempen i forhold til sjødeponi er at ein må vesentleg lenger ut frå land før djupna er stor nok til å deponere steinen under kote -50. Dette vil vere krevjande i forhold til nytvikla lukka nedføringsmetode som er føresett (kap. 2.5). Eventuell bruk av splittlekker vil både vere kostnadsdrivande og gi store utfordringar med å hindre spreing av finstoff i øvre lag i fjorden.

2.4 Sjødeponi for tunnelstrekning Vaksdal-Trengereid

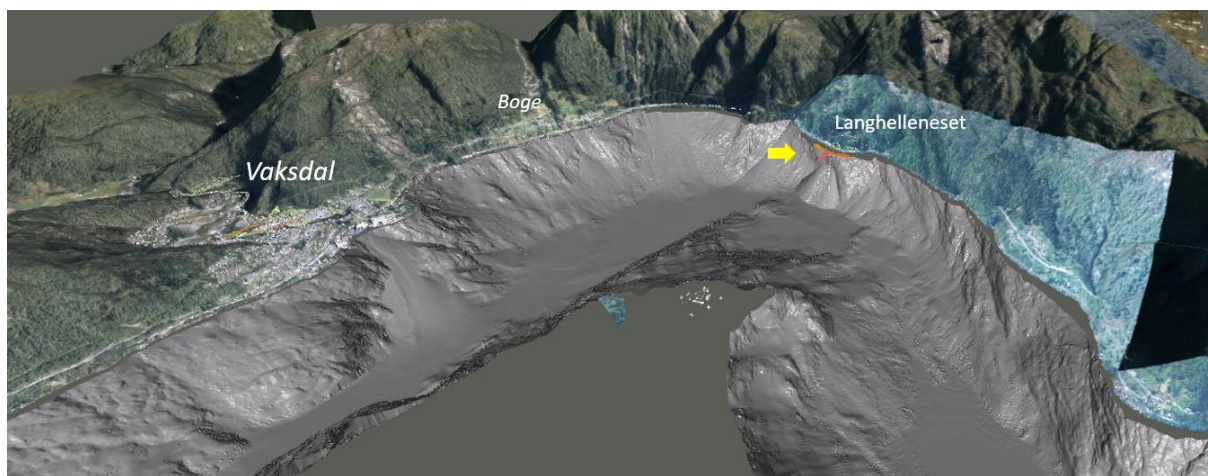
To alternative lokaliteter, men berre den eine er i praksis god

For denne strekninga inneheld framlegget til reguleringsplan to alternativ; Langhelleneset og Boge. Dette er svært ulike med omsyn til undervasstopografi, anleggsgjennomføring/kostnader, og konsekvensar.

Langhelleneset er her vurdert som klart best på alle kriterier, også i forhold til omgjevnader og utfordring med støyskjerming. Søknaden gjeld dermed primært Langhelleneset slik at Boge her må reknast som ei nødløysing.

Omsøkt volum er mindre for Boge, noko som har samanheng med at dette anleggstverrslaget ikkje er optimalt plassert i nærleiken av midtpunktet på tunnelstrekninga. Alternativet ved Boge krev då at større delar av tunnelane vert drive frå Trengereid. Dette vil både forseinke og fordyre anleggsdrifta, og gjere at større delar av tunnelmassen må fraktast på offentlig veg. Kaianlegget ved Boge vil heller ikkje ha vegtilkomst. Massar som vert teke ut ved Trengereid kan difor ikkje køyrast hit.

Alternative lokalitetar:	Langhelleneset	Boge
Omsøkt maksimalt volum (mill. am3)	4,2	2,5
Sannsynleg volum (mill. am3)	2,6-3,4	2,5



Figur 16 Langhelleneset – modell av omsøkt maksimalt fyllingsvolum



Figur 17 Boge – modell av omsøkt maksimalt fyllingsvolum

Langhelleneset

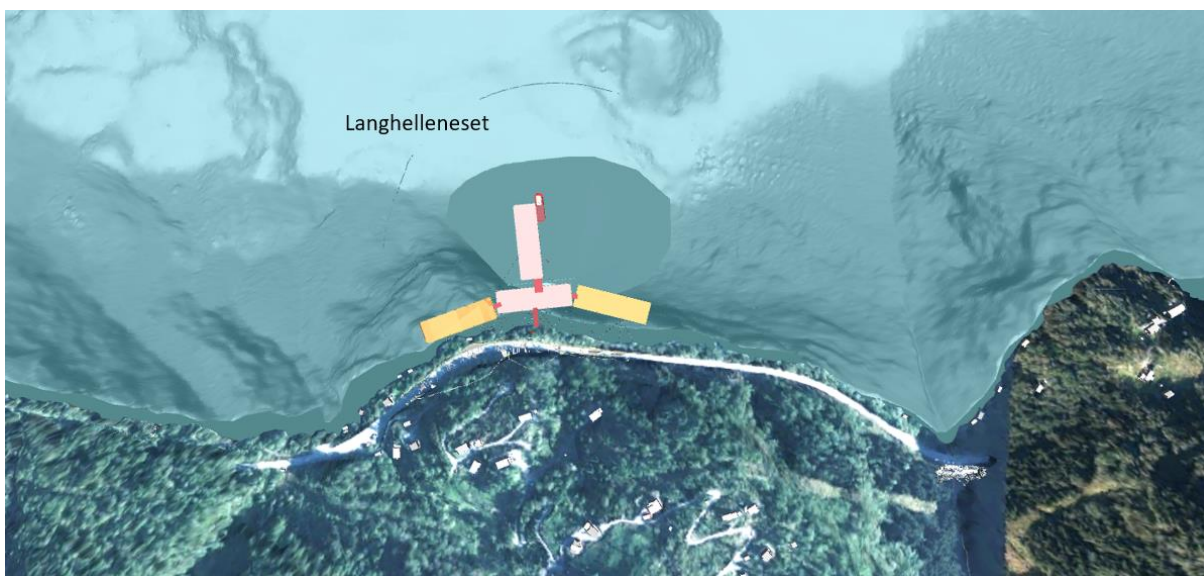
Eigedom: 11/1
Maksimalt (omsøkt) volum / sannsynleg volum: 4,2 mill am ³ / 2,6-3,4 mill am ³
Maksimalt / sannsynleg arealbeslag på sjøbotn: ca. 74 daa / ca. 59 daa

Ved Langhelleneset er det brådjupt, og det er anslått at sjødeponi her kan byggjast opp med droppunkt om lag 30 meter frå land. I maksimalt omsøkt volum ligg også fleksibilitet til eventuelt å erstatte landdeponi med låg samfunnsnytte, i første rekkje Vestredalen ved Trengereid.

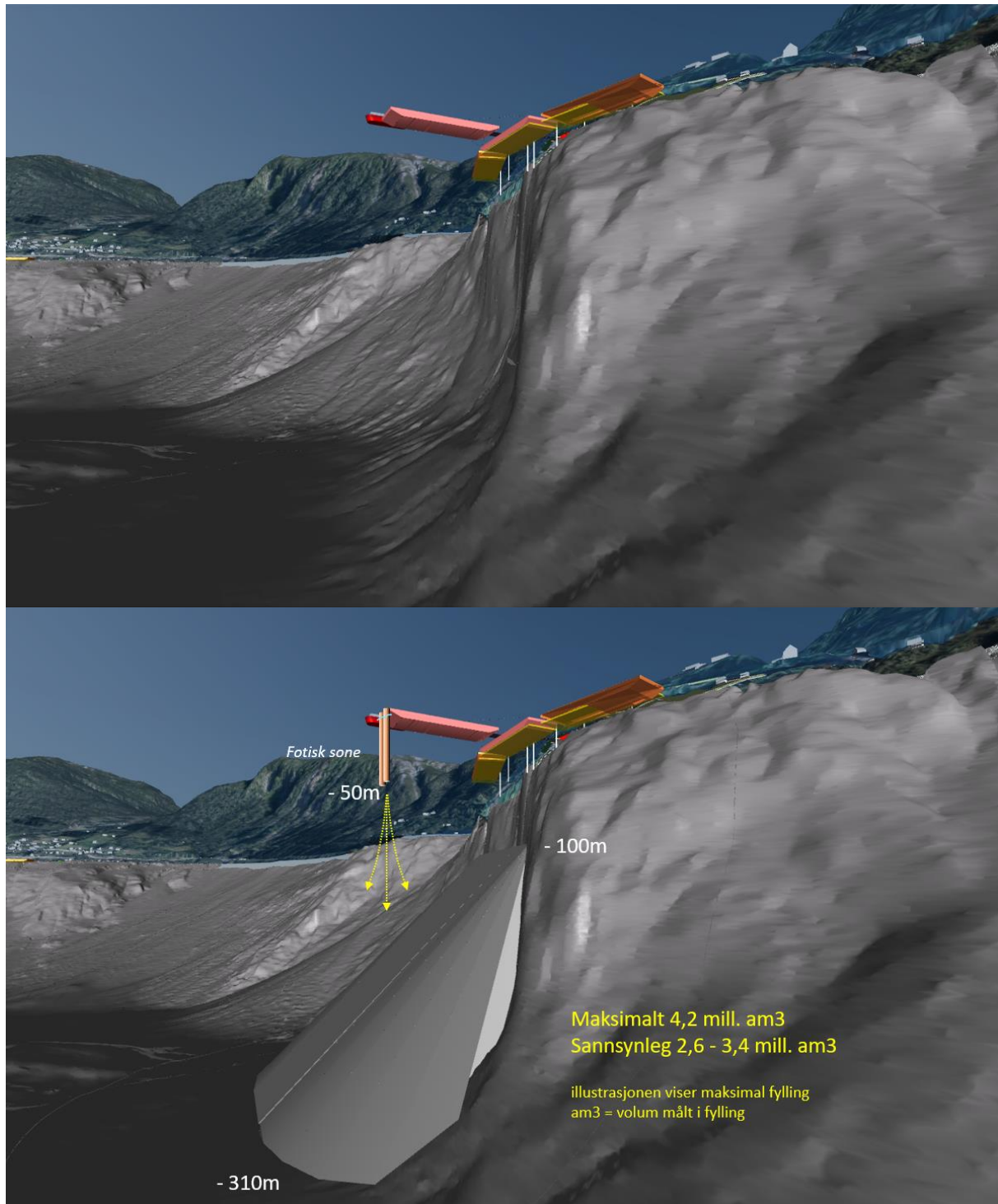
Transporttunnel og anleggsventilasjon vil kome ut under dagens E16. Ein relativt kort tilkomsttunnel vert etablert frå oppsida av E16. Det vert vist til teikningar, konsekvensutgreiing og fagrapportar for ikkje-prisette tema for nærare utgreiing av konsekvensar, inklusiv inngrep på land.



Figur 18 Langhelleneset. Transporttunnel til kaianlegg vil kome ut under dagens E16. Foto Øystein S. Lohne, Sweco



Figur 19 Langhelleneset



Figur 20 Langhelleneset – modell av omsøkt maksimalt fyllingsvolum. Ved Langhelleneset er det brådjupt slik at deponi tilnærma vert ei kjegle med fyllingsfot på fjordbotnen kote -310. Sjølv med maksimalt fyllingsvolum kan toppen av fyllinga truleg avsluttast om lag på kote -100. Reell utforming av fyllinga vil truleg avvike noko frå ein teoretisk modell. Det er teke høgde for dette i regulert areal.

Boge

Eigedom: 13/62, 13/87
Maksimalt (omsøkt) volum / sannsynleg volum: 2,5 mill am ³ / 2,5 mill am ³
Maksimalt / sannsynleg arealbeslag på sjøbotn: ca. 58 daa / ca. 58 daa

Lokaliteten Boge ligg knappe to kilometer sør for Vaksdal. Som omtala er dette ikkje optimalt i forhold til drivlengder. Det er heller ikkje mogleg med vegtilkomst ned hit. Sett saman med at lokaliteten også ligg nokså tett på grenda Boge, er dette difor mest ei nødløysing dersom Langhelleneset må utgå. Det er føresett at transporttunnel og sidetunnelar for anleggsventilasjon kjem ut under jernbanen til eit eksisterande område med kai (figur 21). Det vert vist til konsekvensutgreiing og fagrapportar for ikkje-prissette tema for nærare utgreiing av konsekvensar.

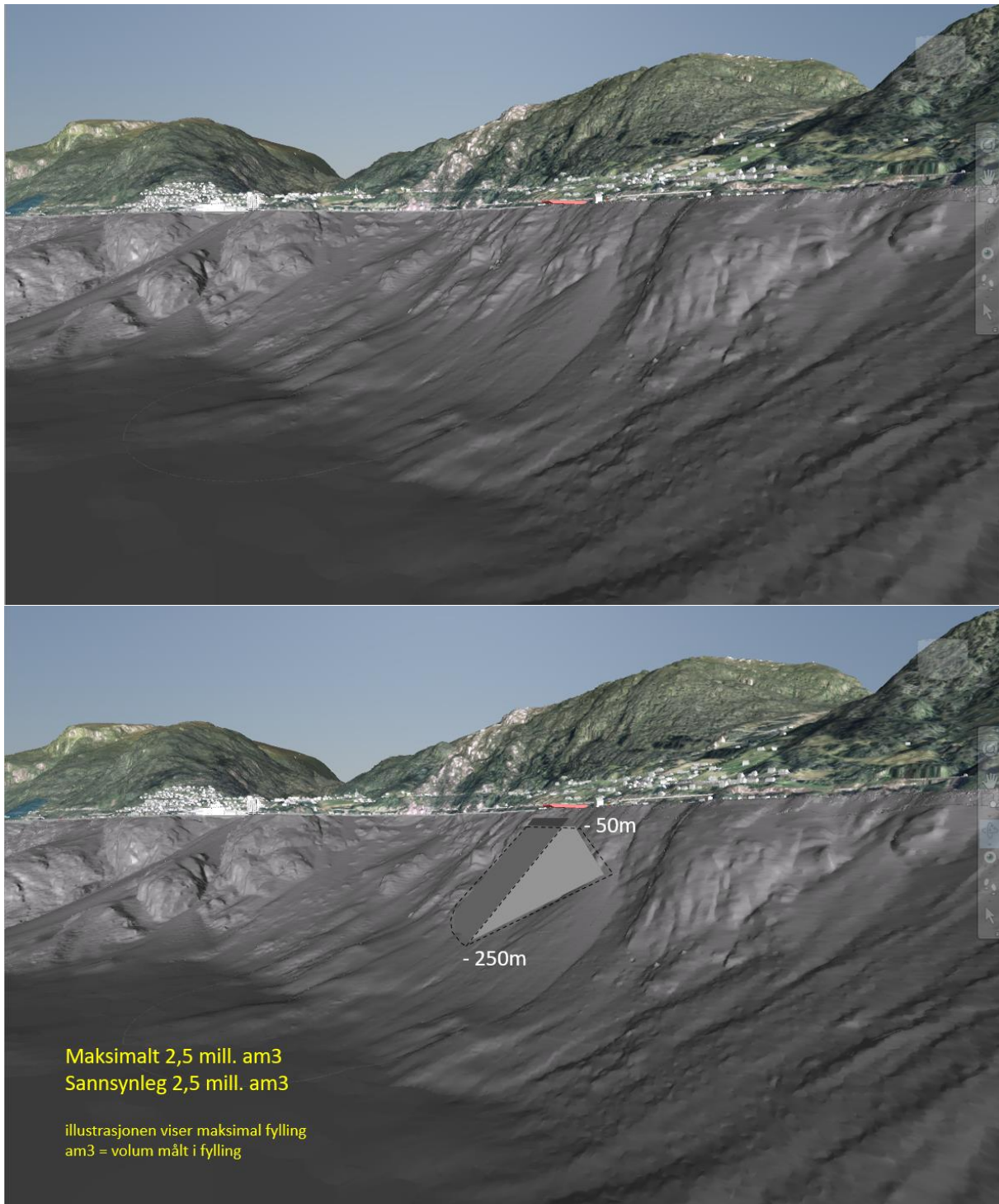
Utan vegtilkomst og med ugunstige drivlengder er estimert at volumet som vil kome ut til sjødeponi ved Boge vil vere rundt 2,5 mill am³. Det er anslått at droppunkt for deponering kan vere rundt 130m ut frå land, men det er såpass grunt at ein undervegs må sideforflytte droppunkt ganske mykje når fylling skal avsluttast på kote -50. Topgrafien viser at terrenget har fall på rundt 45 grader dei første 220 metrane frå land, og at terrenget deretter flatar noko ut til 30 grader ned mot fjordbotnen.



Figur 21 Nedre Boge med jernbane og kaiområde. Foto: Øystein S. Lohne, Sweco



Figur 22 Boge



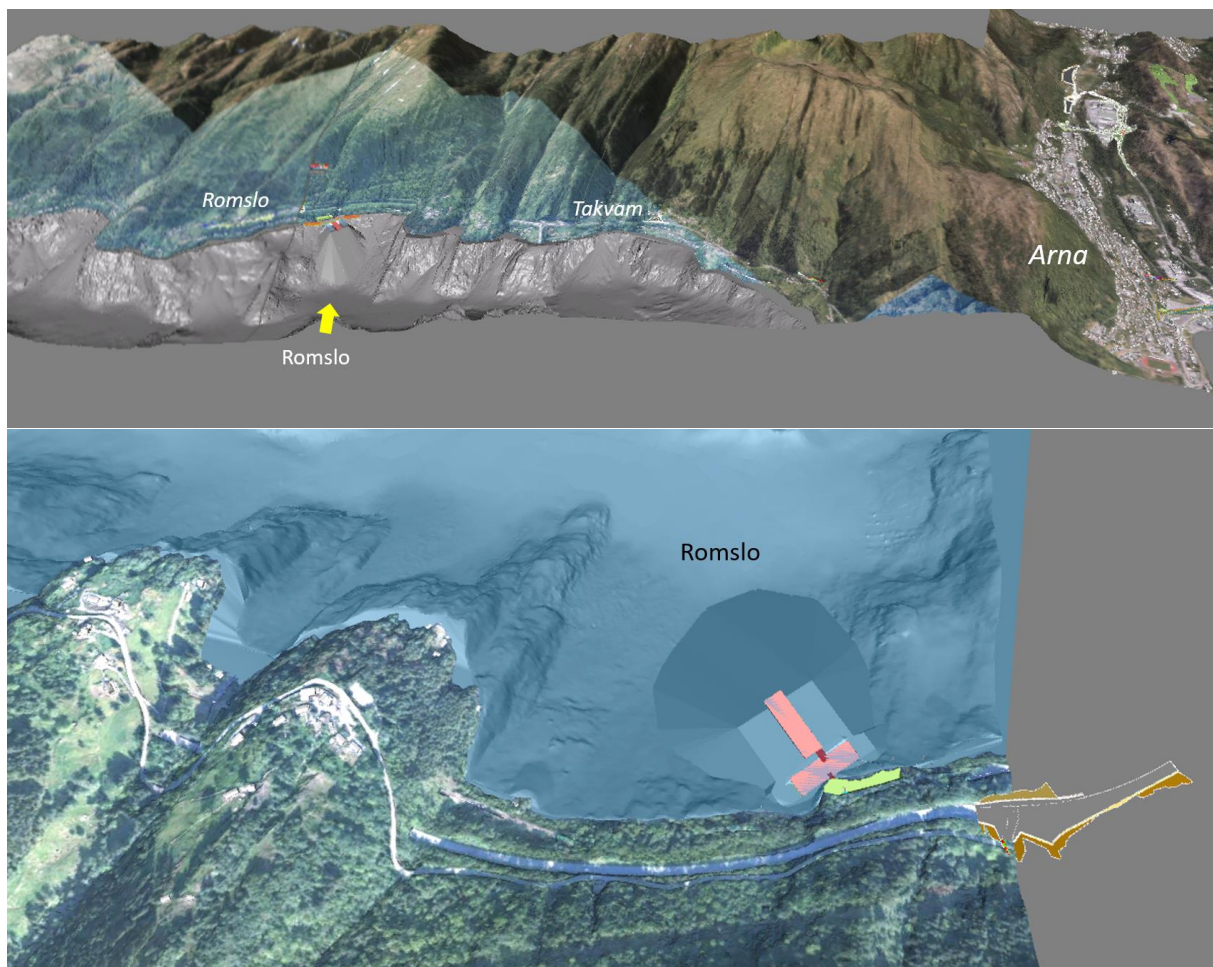
Figur 23 Boge – modell av omsøkt maksimalt fyllingsvolum. Med nyutvikla nedføringsmetode (kap 2.5) vert det føreset at fyllinga vert avslutta under kote -50, og ikkje slik som modellen viser. Med stipla linjer er då illustrert at fyllinga vil bli noko vidare. Reell utforming av fyllinga vil truleg avvike noko frå ein teoretisk modell. Det er teke høgde for dette i regulert areal.

2.5 Sjødeponi for tunnelstrekning Trengereid-Arna

Eitt alternativ

For denne strekninga er det kun regulert eitt mogleg alternativ; Romslo (figur 24). Det ligg nedanfor den eksisterande vektstasjonen til Statens vegvesen.

Lokalitet:	Romslo
Omsøkt maksimalt volum (mill. am ³)	5,3
Sannsynleg volum (mill. am ³)	2,5-3,3



Figur 24 Romslo

Romslo

Eigedom: 274/2
Maksimalt (omsøkt) volum / sannsynleg volum: 5,3 mill am ³ / 2,5-3,3 mill am ³
Maksimalt / sannsynleg arealbeslag på sjøbotn: ca. 110-120 daa / ca. 50-60 daa

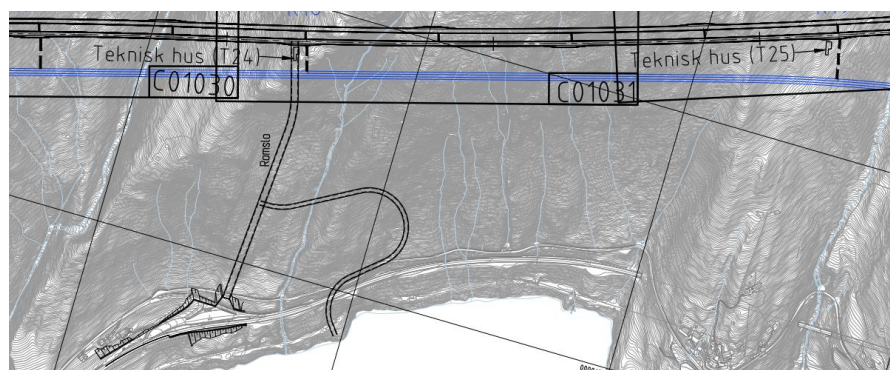
Ved Romslo vil transporttunnel kome ut under dagens jernbanetunnel. Det vert etablert tilkomsttunnel frå området ved dagens vektstasjon. Det vert vist til teikningar, konsekvensutgreiing og fagrapportar for ikkje-prisette tema for nærare utgreiing av konsekvensar, inklusiv inngrep på land.

Slik som ved Langhelleneset er det i søknaden her lagt inn stor fleksibilitet i forhold til å eventuelt erstatte landdeponia som har ingen eller låg samfunnsnytte (særleg Vestredalen og Tangelandsheia).

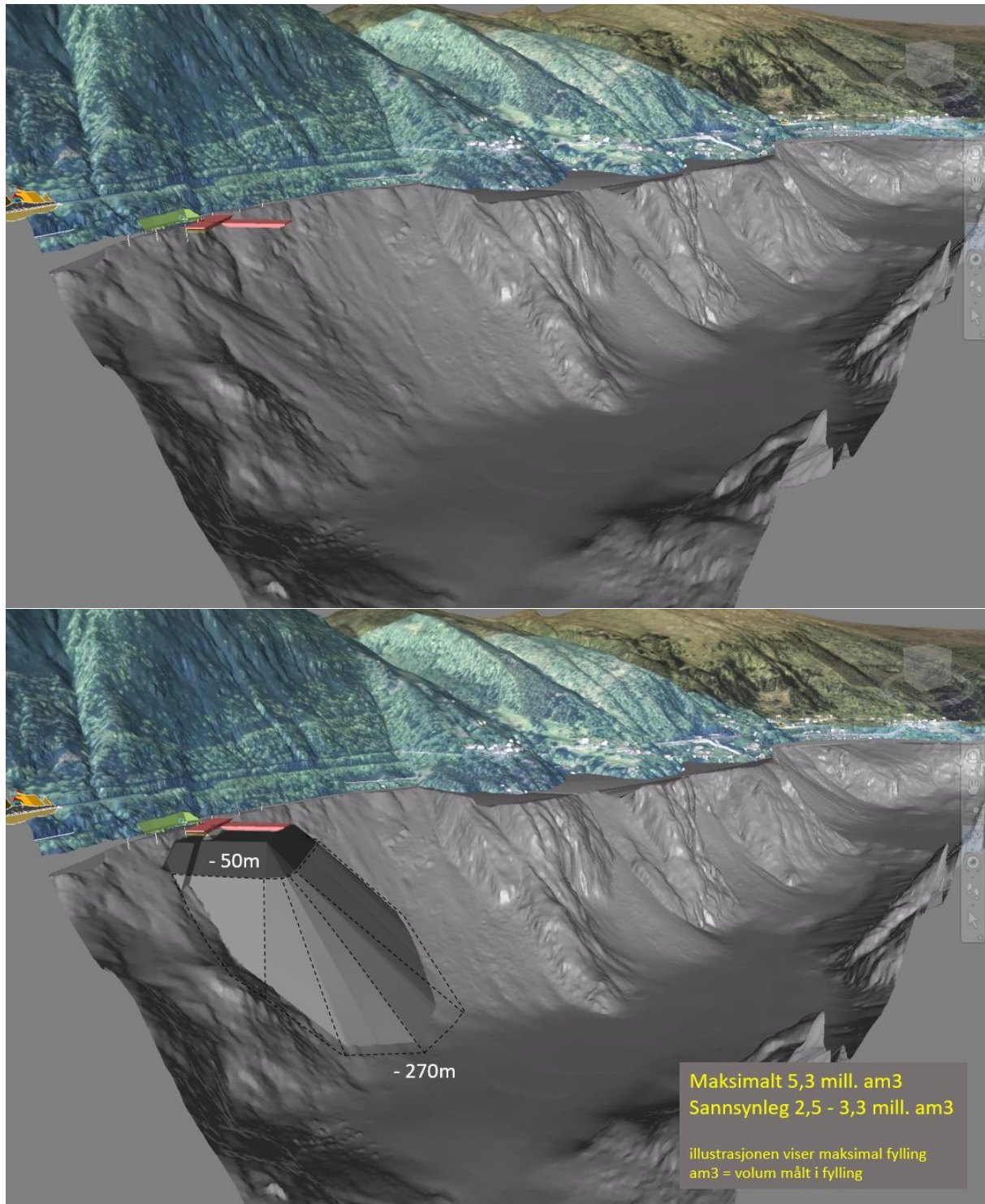
Det er antatt at droppunkt vil vere rundt 130 meter frå land, og at det vil vere behov for å sideforskyve nedføringsrøyr undervegs. Dette vil også avhenge av kva volum som vert deponert.



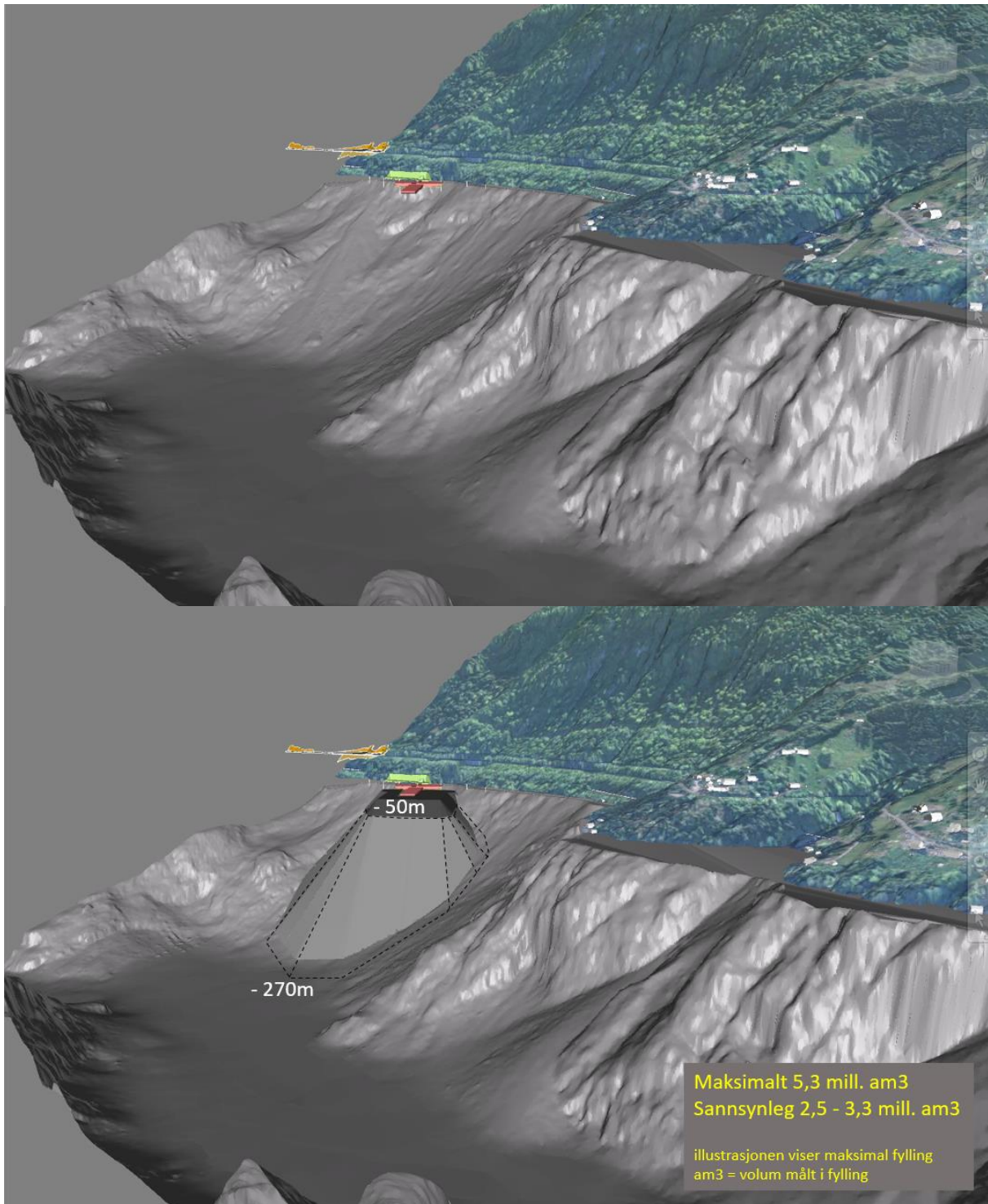
Figur 25 Lokaliteten Romslo der transporttunnelen vil kome ut. Foto: Øystein S. Lohne, Sweco



Figur 26 Romslo med transporttunnel og tilkomsttunnel



Figur 27 Romslo – modell av omsøkt maksimalt fyllingsvolum. Med nyutvikla nedføringsmetode (kap 2.5) vert det føreset at fyllinga vert avslutta under kote -50, og ikkje slik som modellen viser. Med stipla linjer er då illustrert at fyllinga vil bli marginalt vidare. For Romslo vil den teoretiske fyllingsfoten gå ned til kote -270, ikkje heilt ned til fjordbotnen. Reell utforming av fyllinga vil truleg avvike noko frå ein teoretisk modell. Det er teke høgde for dette i regulert areal.



Figur 28 Romslo, sett frå ein annan vinkel

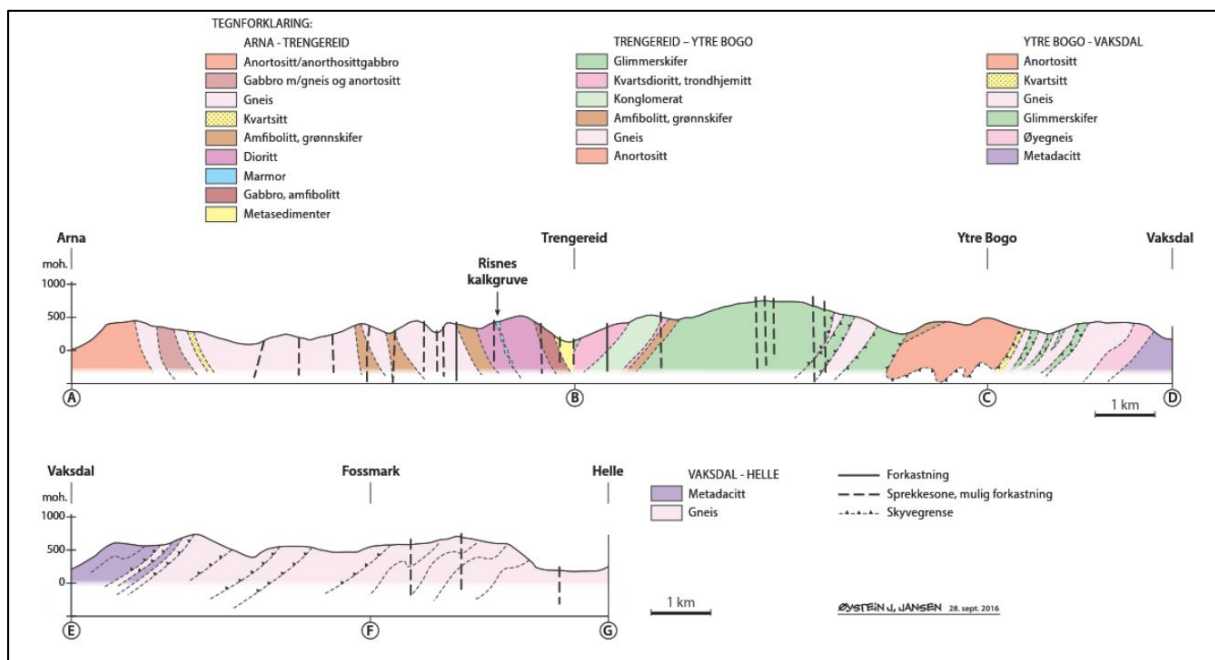
2.6 Tunnelmassen som skal deponerast

Geologi - ingen særskilde utfordringar med bergartane i området

Bergartane i prosjektområdet er kartlagt av Sweco (2020c) og består i hovudsak av krystalline bergartar. Desse reknast i all hovudsak som harde bergartar, men med noko innslag av til dømes skifer og amfibolitt som kan reknast som blaute bergartar. Det kan ikkje utelukkast at det vil finnast andre førekomstar av blaute bergartar etter at anleggsarbeidet er sett i gang.

Ved utsprengning av tunnelane vil det i hovudsak produserast sprengstein med naturleg førekomande mineral og eigenskapar. Det er ikkje forventa vesentlege mengder av tungmetall som til dømes krom og arsen. Det er registrert sure bergartar i prosjektområdet, og ein må difor anta at tunnelmassane som vert sprengt ut vil innehalde ein viss andel av dette. Dei geologiske rapportane for tunnel (Sweco) viser likevel at det her ikkje er venta problem med avrenning frå syredannande mineral. Samanlikna med landdeponi vert det for øvrig rekna som meir forsvarleg å deponere massar med sure bergartar i sjø framfor på land. Sjøvatn har generelt høg pH (ca. 8,2) og betydeleg høgare bufferkapasitet enn ferskvatnsførekomstar. Det er ikkje forventa nokon vesentleg påverknad med tanke på utlekking av metall fra steinmassane (RambøllSweco, 2020e).

Det vert vist til planomtalen kap. 4.14 og geologiske rapportar (Sweco) for nærare omtale av bergartane for kvar tunnelstrekning.



Figur 29 Forenkla oversikt over bergartane langs strekninga. Kjelde Ø.Jansen, 2016.

Søknaden gjeld usortert, ikkje forureina tunnelstein

«Tunnelstein» er ikkje det same som stein frå ordinære dagbrot. Usortert tunnelstein inneheld meir finstoff, og relativt lite stor stein. Tunneldriving gir også større variasjon i bergartar og kvalitet enn steinprodukt som vert levert frå dagbrot i særskilt utvalgte lokalitetar. Det er særleg finstoffet som kan vere utfordrande med alle former for bruk eller deponering av tunnelstein.

Sprengsteinmassar vil for det meste bestå av relativt grove steinmassar. Andelen finstoff, silt ($2\mu\text{m}$ - $63\mu\text{m}$) og leire ($<2\mu\text{m}$), vil ofte variere ein del mellom ulike prosjekt. Eit litt konservativt estimat vil vere at finstoff utgjer 1-1,5 % (vekt) av all steinen som vert teke ut av ein tunnel. Kornfordelinga av finstoff som produserast ved sprengning er basert på antakelsar gjort av DAM (2017) om at forholdstallet til leire/silt i finstoff knytt til steinmassane vil være 1/10. Det er også her antatt at finstoff i hovudsak består av silt, med ein mindre andel leire. Dei fine partiklane som følgjer med steinmassar frå sprenging, vil gjerne bestå av til dels skarpe partiklar med andre eigenskapar enn naturleg eroderte jord- og steinpartiklar. Når det gjeld skadepotensial på fisk og liv i sjøen gjeld det særleg nåleforma partiklar frå blaute bergartar, jfr. kap 5.1. Som vist er det i Arna-Stanghelle-prosjektet hovudsakleg *harde* bergartar slik at nåleforma partiklar ikkje vil vere eit utbreidd problem.

Tunnelstein er i utgangspunktet rekna som «ikkje forureina massar», jfr Miljødirektoratet faktaark M1243/2018. Der tunnelstein vert brukt i fyllingar på land og i sjø (landvinning) skjer det normalt utan sortering, vask eller annan spesiell handsaming. Vask av mange millionar kubikkmeter stein er heller ikkje realistisk i Arna-Stanghelle-prosjektet. For det første er det ikkje tilgjengeleg areal. Det ville vidare gitt svært store utfordringar med å handsame finstoffet. Om det var praktisk mogleg å gjennomføre, ville vask av tunnelsteinen også hatt særdeles høge kostnader. Det kan nok også stillast spørsmål ved effekten av eit slikt tiltak når det her er føresett lukka nedføringsløyising og andre avbøtande tiltak. Også utsortering av stor stein ($>250\text{mm}$) for eksport ville vere svært krevjande og kostbart (jfr. kap 8.1). Ein ville då også sitje att med deponibehov for 75% av massen der finstoffandelen er større enn i usortert stein.

Sprengsteinen som vert frakta ut til sjødeponi omfattar ikkje forureina massar frå «botnrensk», det vil seie sålen av stein som ligg att i tunnelane medan arbeid og utsprenging pågår. Massar frå botnrensk vert sortert, og den forureina delen vert frakta til godkjent mottak. For å redusere problemet med forureina botnrensk-massar, vil prosjektet i vidare arbeid med kontraktsutlysing og -vilkår legge inn økonomiske mekanismar som straffar oljesøl og anna forureining. Normalt vil det ikkje vere oljerestar frå anleggsmaskiner i reine sprengsteinsmassar.

Deponering av tunnelstein i sjø kan ikkje samanliknast med deponering av gruveavfall der ei hovudutfordring er at kjemikalier for mineralutvinning følgjer med ut i sjøen. I tillegg er gruveavfall malt opp slik at det kjem ut meir som ein graut. Tunnelstein er ein heilt annan fraksjon, og deponering vil foregå i ein relativt kort periode.

Statens vegvesen meiner dei viktigaste utfordringane med deponering av tunnelstein vert løyst

Statens vegvesen legg til grunn ein ansvarleg strategi og omfattande tiltak for at deponering av tunnelstein i Sørfjorden skal skje med minst moglege miljøkonsekvensar. Lukka nedføringsløyising (kap 2.2) og avbøtande tiltak (kap.6) vil her i svært stor grad redusere dei viktigaste utfordringane knytt til spreiding av finstoff i øvre sjikt, plastrestar, og nitrogen.



3. Samfunnsinteresser

3.1 Arealplanar, lokalsamfunn og trafikantar

Framlegg til statleg reguleringsplan (Plan ID NO201703) skal leggjast ut på høyring etter vedtak i Kommunal- og moderniseringsdepartementet. Ny reguleringsplan vil endre eller oppheve ei rekkje gjeldande reguleringsplanar i Bergen kommune og Vaksdal kommune. Det vert her vist til planomtalen, kapittel 2.3. Reguleringsplanen omfattar dei fleste forhold over vannoverflata, og nødvendige areal med sikringssone for alternative sjødeponi. Regulering og grunnverv omfattar både nødvendig areal til sjølve veg- og baneanlegget, og det som trengs midlertidig for å kunne gjennomføre bygginga. Alle kaiområda med tilknytning til tverrslag og sjødeponi er midlertidige. Etter avslutting av anleggsdrifta vil desse gå tilbake til opprinneleg arealføremål (seinast 1 år etter opning av ny veg/bane). Det er i føresegnene sett krav om landskapsplanar (O-teikningar) som skal vise framtidig terreng etter avslutta deponidrift. Terreng skal i størst mogeleg grad tilbakeførast til opprinneleg terreng.

Det er i planen lagt stor vekt på å skåne lokalsamfunna mest mogleg i forhold til tunneldrift. Samtidig må anlegget gjennomførast utan alt for store konsekvensar for jernbanen og E16-trafikken. Anleggstverrslaga til Sørfjorden, om lag midt på kvar tunnelstrekning, er ein avgjerande faktor for å få dette til.

3.2 Friluftsliv

Tiltaket i sjø vil kunne gje noko negativ konsekvens for friluftslivet dersom det vert anleggstverrslag og sjødeponi ved lokalitetane Fossmark og/eller Boge (Statens Vegvesen, 2020). Området ved Fossmark har lokal betydning for innbyggjarane i området. Dette er den einaste staden der terreng er slakt nok og der det er enkelt å kome seg ned til sjøen, og svaberg og strandsone vert mellom anna brukt som badeplass. Tiltak ved Boge kai vil føre til at bruksområdet vert noko endra. Dei andre vurderte lokalitetane for anleggstverrslag og midlertidige kaianlegg har ingen registrerte verdier for friluftslivet. Områda er stort sett for bratte og utilgjengelege som bade- og/eller rekreasjonsområde.

Sjølv om Fossmark og i nokon grad Boge vert brukt lokalt, må friluftslivet ved alle lokalitetane reknast som avgrensa. SVV kan ikkje sjå at omsyn til friluftsliv skal vere grunnlag for å stanse anleggsarbeid i perioden 15. mai til 15. september, som er den generelle tilrådinga frå Miljødirektoratet (Miljødirektoratet, 2015). Ein stans i anleggsarbeidet vil vere svært kostbart, jamfør kapittel 8.1. Påverknad i området vil også i hovudsak vere midlertidig så lenge deponeringa foregår.

3.3 Fiskerinæring og fritidsfiske

Oppdrettsnæringa i fjordane rundt Osterøy har eksistert sidan 1970-talet. Det er no to aktørar i Sørfjorden; Lerøy Vest/Sjøtroll Havbruk AS og Fjord Drift AS Tombe (kart.fiskeridir.no). Statens vegvesen har hatt møte og god dialog med Lerøy Sjøtroll som har dei anlegga som her ligg nærast lokalitetane for sjødeponi. Det vil vere naturleg at Lerøy Sjøtroll også er ein part i den vidare søknadsprosessen rundt sjødeponi.

Det er registrert tre middels store akvakulturanlegg i den delen av Sørfjorden der det skal deponerast massar (Figur 30). Disse er alle Lerøy Sjøtroll sine anlegg:

- 12156 Blom,
- 18898 Skaftå
- 28416 Sandvik



Figur 30: Utsnitt frå Fiskeridirektoratet si kartløyising Yggdrasil (Fiskeridirektoratet, 2020) med informasjon om fiskeri og havbruk i Sørfjorden. Kilde: RambøllSweco (2020a), modifisert etter Kystinfo.

Desse anlegga er brukt til produksjon av aure, regnbogeaure og laks, og reknast å ha stor verdi (Rådgivende biologer, 2017a). Anlegget ved Blom ligg nord for og på motsett side av Sørfjorden for deponiområdet ved Romslo (avstand ca. 1,1 km). Anlegget ved Skaftå ligg også på Osterøy-sida, sørvest for Langhelleneset (avstand ca. 4,3 km i luftlinje). Sandvik ligg på sørsida av fjorden, vest for Langhelleneset (avstand ca. 900 m) og Boge (avstand ca. 2,5 km).

Lerøy Sjøtroll opplyser at anlegga stikk om lag 35 meter ned i sjøen, men at fisken stort sett held seg i det øvre sjiktet ned til 15 meter under overflata. Det er for det meste aure som vert produsert i anlegga i Sørfjorden. Aure likar varmare vatn og går normalt høgare i merdane enn laks.

Føresett nedføringsmetode i røyr (kap. 2.2) skal hindre spreieing av finstoff i fotisk sone som ville vere ein potensiell trussel for oppdrettsanlegga. Dersom det likevel skulle skje uhell, er det vurdert at anlegga Skaftå og Blom ligg i tilstrekkeleg avstand fra deponilokalitetane. Det pågår framleis kontinuerlege straummålingar i fjorden, men resultatata så langt indikerer at finstoff ikkje vil kunne spreiaast i retning desse to anlegga.

Anlegget ved Sandvik er difor det som i størst grad *potensielt* kan bli påverka, då av deponering ved Langhelleneset. Hovudsakleg gjeld det dersom det skulle skje uhell med spreieing av finstoff i øvre lag av fjorden, men også undersjøisk støy kan eventuelt ha innverknad. I tillegg til sikker nedføringsmetode vil det difor vere ekstra viktig med gode avbøtande tiltak og kontinuerleg overvaking ved lokaliteten Langhelleneset (kap. 6.5). Lerøy Sjøtroll opplyser at dei ikkje har alternative lokalitetar, og at det difor ikkje er aktuelt å flytte produksjonen ved Sandvik. Stans i produksjonen ville utgjere eit årleg tap på i storleik 180 mill kr (dialogmøte 22.03.21).

Med føresett lukka nedføringsmetode, kontinuerlege turbiditetsmålingar, og øvrige avbøtande tiltak, ser Statens vegvesen det som lite sannsynleg at anlegget ved Sandvik vil bli vesentleg påverka av eit sjødeponi ved Langhelleneset. Dette må dokumenterast i vidare analysar og forsøk. Spreieing av finstoff vil først skje når tunnelmassen kjem ut av nedføringsrøyret 40-50 meter under overflata. tydeleg sjikting i fjorden, og lite vertikal straum (sjå kap. 4.2) gjer det lite sannsynleg at finstoffkonsentrasjonar ved anlegget vil overstige grenseverdiar sett av Lerøy Sjøtroll. Merdene til oppdrettsanlegget når kun ca. 35 meter ned, og fisken held seg stort sett i dei øvre 15 metrane av vannsøyla.

Straumane på djupare vatn i Sørfjorden har både låg hastigheit og varierende retning. Difor vil det mest sannsynleg kun være svært fortynna konsentrasjonar av dei finaste og lettaste partiklane (silt og leire) som *kan* nå 900 meter bort til anlegget Sandvik (RambøllSweco, 2020e). Langtidspåverknad bør likevel vurderast, og turbiditetsmålarar må stillast inn med omsyn til Lerøy sine oppgitte grenseverdiar for finstoff. Til dømes er det opplyst at 1-6 dagars eksponeringstid med konsentrasjonar >55 mg/l finstoff kan føre til gjelleirritasjon og redusert vekst hjå laks. Lerøy Sjøtroll er sjølv pålagt krav og restriksjonar i samband med observert forverra økologisk tilstand i Sørfjorden (sjå kap. 4.3). Når det gjeld korleis deponeringstiltaket vil påverke naturmiljøet og økologisk- og kjemisk tilstand i fjorden vert vist til kap. 5. Forslag til avbøtande tiltak er skildra i kap. 6.

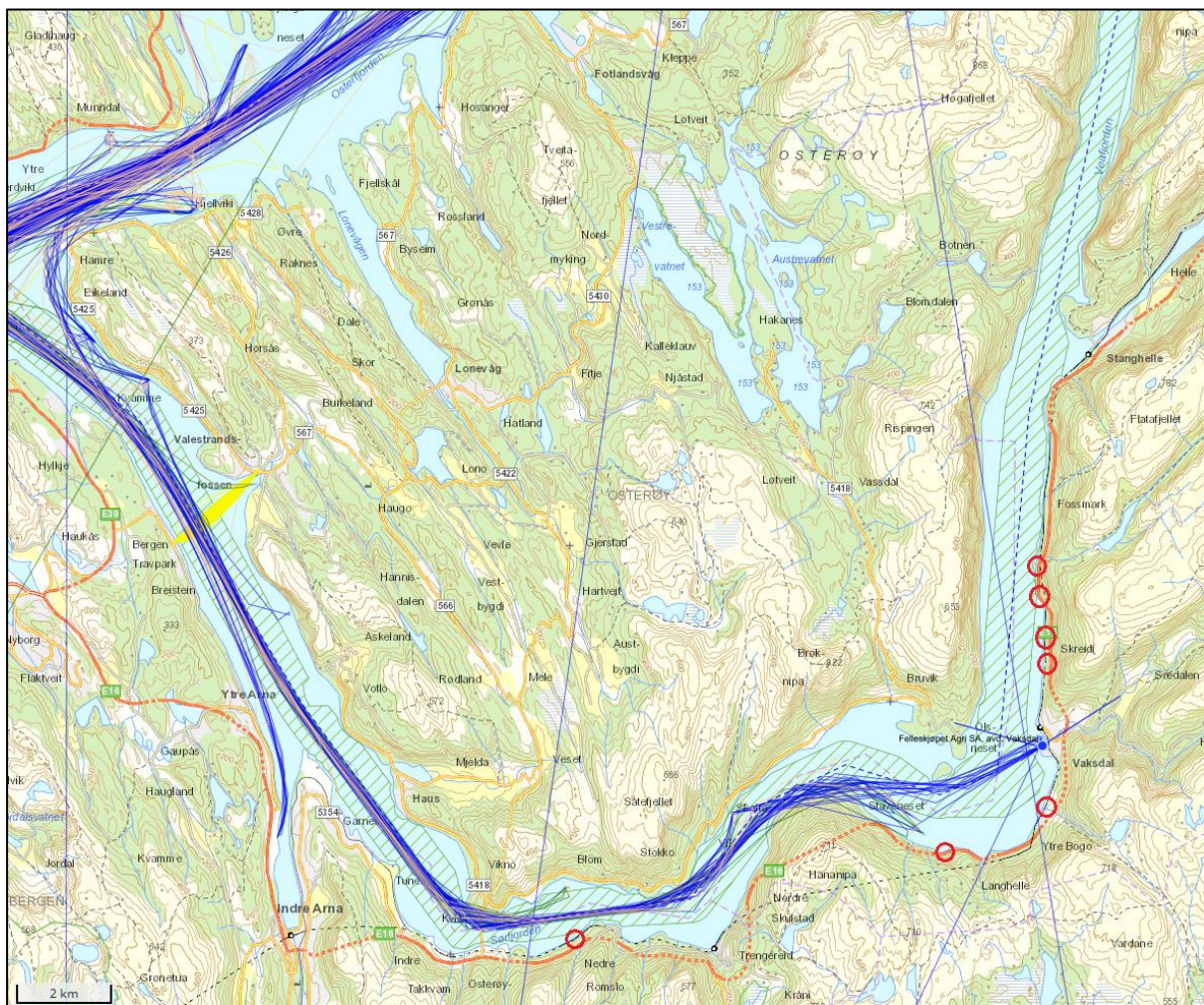
Det er registrert éin fiskeplass for passiv reidskap for fiske etter lange (lat. *Molva molva*) mellom Staveneset og Vaksdal (Figur 30). Området er likevel kun rekna som brukt til fritidsfiske (Rådgivende Biologer, 2017a). Fiskeriinteresser i Sørfjorden er elles rekna å ha liten verdi (Rådgivende Biologer, 2017a). Ein stor del av tiltaksområda overlappar med lokalt eller regionalt viktige gyteområde for torsk (figur 42, kap 4.4). Gytefelt for fisk er ein viktig naturtype i tillegg til å vere ein verdifull naturressurs. Dette er gjort greie for i kapittel 4.4.

3.4 Kulturminne

Det er ingen tidligeare registrerte kulturminne i fjordbassenget i nærleiken av deponilokalitetane. Ingen kulturminne vart heller observert under ROV-undersøkingane utført ved dei aktuelle lokalitetene våren 2020. Det kan difor forventast at det ikkje er konflikt mellom massedeponering i fjorden og kulturminneinteresser. Kulturminne på land er skildra i Konsekvensutgreieing tema kulturarv (rapport UAS-00-A-0012).

3.5 Havneverksemd, skipstrafikk og farleier

Skipstrafikken i Sørfjorden har relativt låg frekvens, og er i hovudsak knytt til fiskeriaktivitet, stykkgodstrafikk og Vaksdal mølle. Farleier er vist i figur 31. Det er ikkje forventa at midlertidige kaianlegg og sjødeponi vil kome i konflikt med skipstrafikken. Eventuell kombinasjon med utskipping av massar og slep av lekterar vil måtte avtalast med havnestyresmaktene i god tid.



Figur 31. Areal for farleier (grønn skravur), hovudfarlei (blå stipla linje) fiskeri- og stykkgodstrafikk (blå og grå linjer) gjennom heile Sørfjorden via Osterfjorden i nordvest og Veaffjorden i nordaust (data fra 2019). ISPS havneanlegg på Vaksdal markert med blå prikk (Kilde: Kystinfo.no).

3.6 Eigedomar

Det vil vere fleire berørte eigedomar i samband med transport av massar og etablering av midlertidige kaianlegg. Dette er gjort greie for i arbeidet med reguleringsplanen, og vert ikkje omtala nærare her.

3.7 Kablar, rør og konstruksjonar

Ved Langhelleneset (figur 32) er det registrert at deponiet kan komme i konflikt med to registrerte telekablar (kystinfo.no). Eventuell omlegging av desse er likevel vurdert som eit mindre og lite kostnadskrevjande tiltak. Ellers fins det ingen registrerte kablar, rør eller andre konstruksjonar i sjøen ved lokalitetane Romslo, Fossmark, Svabakken, Linnebakkane, Gamle Fossen eller Boge.



Figur 32. Registrerte kablar og rør (rosa stipla linjer). Deponiområda Langhelleneset og Boge er merka med lilla sirklar. (Kilde: kystinfo.no)

4. Miljøforhold

4.1 Fjordsystemet og lagdeling (stratifisering)

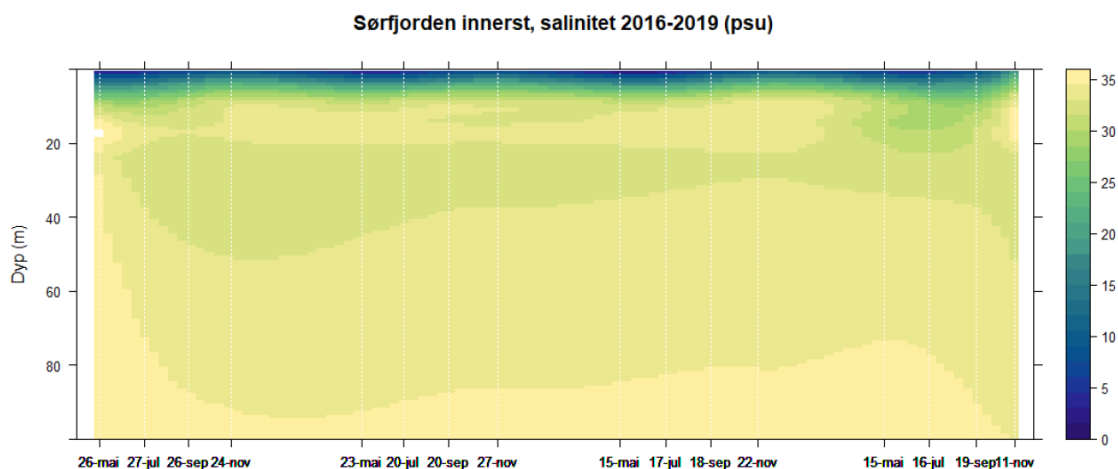
Tersklar og redusert sirkulasjon i djupvatnet

Fjordsystemet rundt Osterøy er samansett av Sørfjorden på vest- og sørsida, Veafjorden på nordaustsida, og Osterfjorden på nordsida av Osterøy. Det er fleire område i fjordane med djupne større enn 500 meter, med fleire djupe tersklar. Ved Fossmark, Linnebakkane, Gamle Fossen og Svabakken er fjordbotnen relativt flat og går ned til rundt 385 meter på det djupaste. Ved Boge og Langhelleneset er det grunnare med djupne på litt over 300 meter. Ved Romslo ligg fjordbotnen på rundt 350 meter. Fjordsystemet er elles grundig omtala av Rådgivende Biologer (Rådgivende Biologer, 2017c). På grunn av ein «kupert» topografi på botnen, er sirkulasjonen i djupvatnet i fjorden noko avgrensa. Fjordane vert påverka av vatn frå Nordsjøen og frå ferskvannsavrenning frå land. Hydrodynamikken i Sørfjorden er nærare skildra av DAM (2017).

NIVA (2019) undersøkte sedimentasjonsraten i ulike delar av Sørfjorden og kom fram til ein relativt høg sedimentasjonsrate på over 0,35 cm/år. Ved ein referansestasjon i Veafjorden vart det til samanlikning målt ein noko lågare sedimentasjonsrate (0,30 cm/år).

Naturleg og tydeleg lagdeling

Tilføring av ferskvatn i fjorden dannar ei naturleg lagdeling (sjikting) i vannsøyla. Brakkvatn har lågare tettleik enn sjøvatn og vil difor legge seg over tyngre sjøvatn. Overgangssona blir omtala som sprangsjiktet. Salinitetsprofilen i Sørfjorden varierer naturleg med årstidene (figur 33), og avheng av mengde ferskvatn som vert tilført. Øvre lag av fjorden har vanlegvis sterkast stratifisering i mai/juni grunna vårflaumen (DAM Engineering, 2017). Hyppigare og større haustflaumar på Vestlandet i nyare tid bidreg til meir ferskvatn og dermed sterkare stratifisering også om hausten (Rådgivende Biologer, 2017c). Om vinteren vil stratifiseringa vanlegvis svekkast noko, både på grunn av meir vind og mindre tilføring av ferskvatn til fjorden.



Figur 33 Salinitet (psu) ved stasjon Sørfjorden Innerst i perioden 2016-2019 som funksjon av djupn (m) og tid. Målingane er gjennomført i den djupaste delen av fjordsystemet, djupn ved stasjonen er 420 m, men figuren viser resultat kun for dei øvre 100 metrane av vannsøyla. I djupare lag er saltinnhaldet svært stabilt. Grafane er basert på data lasta ned frå vannmiljø (utført av Norce AS). Vertikale kvite, stipla linjer viser tidspunkt for målingar av CTD profiler (RambøllSweco, 2021,b)

Laget av brakkvatn er vanlegvis rundt 5 meter. Under dette er saliniteten ofte over 20 ‰ (Rådgivende Biologer, 2017c). Djupvasslaget, djupare enn 50 meter, har ein stabil salinitet på rundt 35 ‰. Overflatetemperaturen i Sørfjorden varierer også mykje gjennom året, med temperaturar på over 19°C på det varmaste om sommaren, og ned mot 2°C på det kaldaste om vinteren. Det «varme» overflatelaget er målt ned til maksimalt 50 meter djupne på hausten (Rådgivende Biologer, 2017c). Temperaturen på djupne under 100 meter ligg stabilt på 7-8°C (Rådgivende Biologer, 2017c).

Stratifiseringa i Sørfjorden vert oppretthalde gjennom heile året, og vannmassar over og under sprangsjiktet vil dermed halde på sine respektive eigenskapar utan å blandast. Stratifiseringa hindrar dermed også finpartiklar og til ei viss grad næringsstoff frå å spreiaast frå djupare vatn til overflatelaget.

4.2 Straumforhold og hydrografi

Generelt

Straumtilhøva i fjordar er knytt til drivkreftene som påverkar vannmassane. I Sør- og Veafjorden gjeld det tilføring av ferskvatn frå elvar, lokal vind, og drivkrefter av meir global og regional art. Dette er tidevatn, innskyll når vannmassar med ulik tettheit flyttar seg langs kysten, og lågtrykksaktivitet.

I den indre delen av meir lukka fjordområde som Sør- og Veafjorden vil straumar frå tidevatn typisk vere ganske svake. Dei sterkaste straumsituasjonane er vanlegvis knytt til atmosfærisk påverknad og tilføring av ferskvatn. Den generelle transporten av vatn er retta langs fjorden, så sterkare straumar på tvers av fjorden vil hovudsakleg oppstå på grunn av lokale topografiske tilhøve.

Straummålingar og -modellering gir spesifikk kunnskap og dokumentasjon

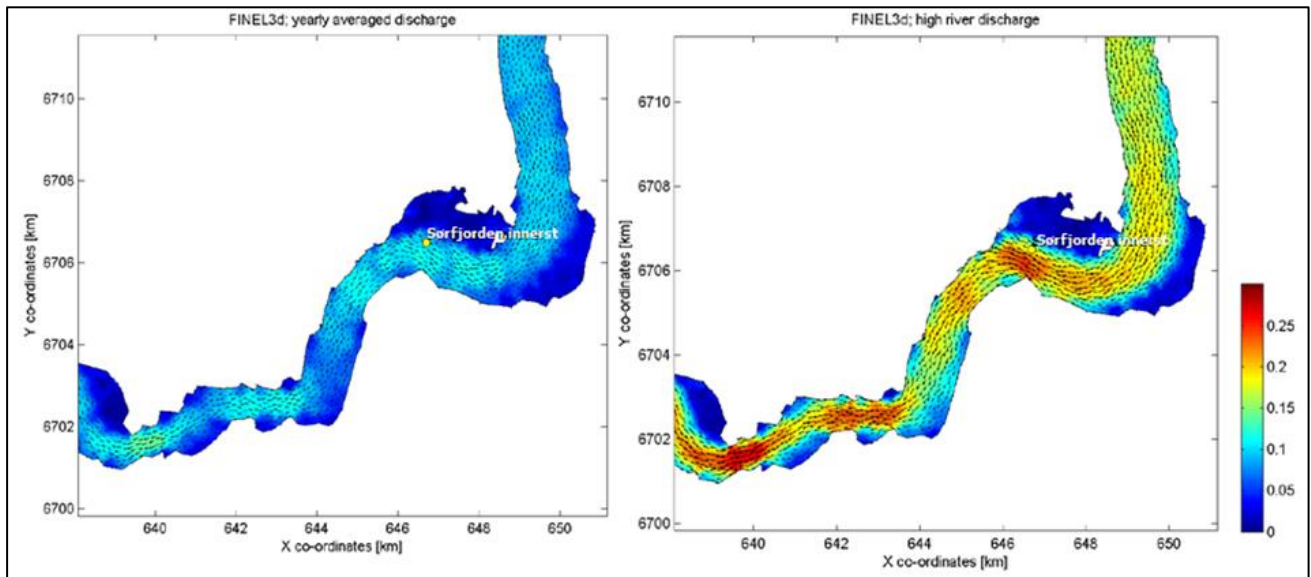
Straumhastigheit og -retning vil ha mykje å seie for potensiell spreieing av finstoff frå massedeponeringa. Det er tidlegare utført fleire målingar av strauhastigheit og -retning i samband med etablering og/eller drift av oppdrettsanlegga i Sørfjorden (Rådgivende Biologer, 2017c). I ein tidleg fase av Arna-Stanghelle-prosjektet der ein vurderte sjødeponi midtfjords, vart det også gjort modellering av partikkelspreieing (DAM Engineering, 2017). Denne tok utgangspunkt i deponering frå overflata (splittlekter), noko som no ikkje er aktuelt. Straummodellen utarbeidd av DAM Engineering vart ikkje kalibrert eller validert mot måledata.

Nye lokasjonar og ny nedføringsmetode (kap 2) gjer at det vil bli laga ny strauhastigheitsmodell. Tidlegare arbeid er ikkje bortkasta, men må gjerast på nytt fordi ein kan forvente mindre spreieing då straumane er svakare 40-50m under overflata. For å ha målingar til å kalibrere strauhastigheitsmodellen har prosjektet i mai 2020 sett ut profilerande strauhastigheitsmålarar i Sørfjorden ved fire stasjonar nær dei nye aktuelle deponilokalitetene, samt éin stasjon i Veafjorden (Figur 36). Registrerte data frå strauhastigheitsmålarane, strauhastigheitsretning og -hastigheit, vert lasta ned annankvar månad, og det er planlagt at strauhastigheitsmålarane skal stå ute i ein periode på eitt år (mai 2020 – mai 2021).

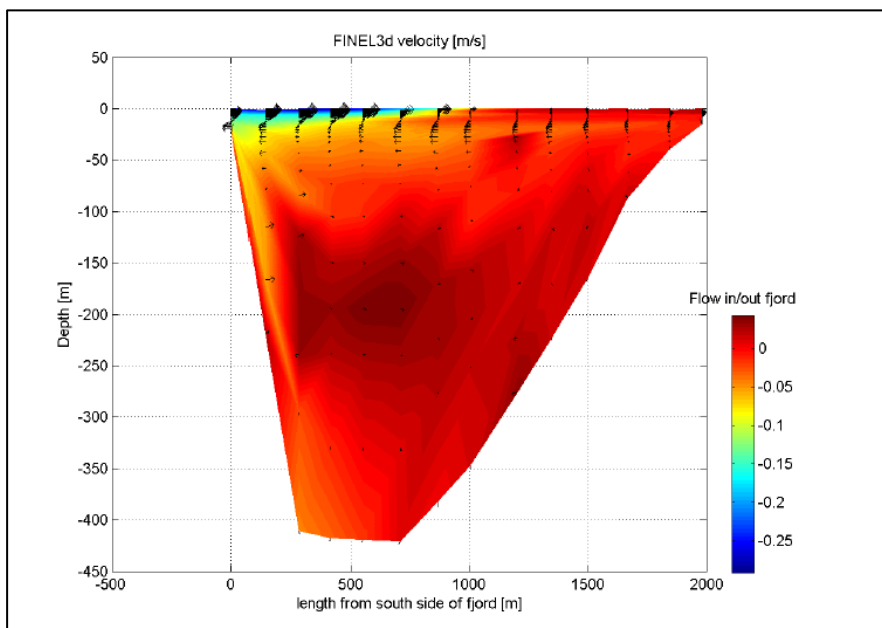
Tidlegare strauhastigheitsmålingar og modellering (DAM Engineering, 2017)

Resultata frå tidlegare utførte strauhastigheitsmålingar og hydrodynamisk modellering i fjorden (DAM Engineering, 2017) viste mellom anna at strauhastigheitsmønsteret i Sørfjorden generelt følgjer ein normal fjordsirkulasjon der vatnet strøymar *ut* i overflatelaget (mot sør/sørvest), og *inn* i djupare vasslag over terskeldjupet (mot nord/nordaust). Straumhastigheit i overflatelaget varierer og er avhengig av

mellom anna tilføring av ferskvatn til fjorden (Figur 34) og tidevannsstraumar. I kortare periodar er det også blitt registrert straumretningar i motsett retning, det vil seie straum innover fjorden i overflatelaget (DAM Engineering, 2017). Straumhastigheitene i Sørfjorden er generelt høgast i øvre del av vasssøyla, periodevis opp til 0,25 m/s. I djupare vasslag er det registrert lågare hastigheiter, < 0,05 m/s (Figur 35). Ved ein målestasjon midtfjords, vart det likevel målt straumhastigheiter opp til 0,05-0,06 m/s relativt hyppig både på 80 og 270 m djupne. Dette er relativt høg hastigheit for djupner under terskeldjupet. Det vart då registrert ein nettotransport mot nord i djupare vasslag både på 80 og 270 m djupne.



Figur 34. Simulert straumhastigheit (m/s) og retning i Sørfjorden med gjennomsnittleg tilføring av ferskvatn til fjorden (ca. 300 m³/s, venstre) og med høg tilføring av ferskvatn til fjorden (ca. 900 m³/s høgre). Kilde: modifisert etter DAM, 2017.



Figur 35. Simulert straumhastigheit (m/s) og retning ved tversnitt ved stasjon «Sørfjorden Innerst». Straumhastigheiten er høgast i overflatelaga. Kilde: DAM, 2017.

Nye strømmålingar (RambøllSweco, 2021b)

For dei nye strømmålingane utført i nærleiken av deponilokalitetane (sjå figur 36), føreligg det så langt analyserte resultat frå dei fire første måleperiodane mai-juni, juli-august, september-oktober og november-desember 2020 (RambøllSweco, 2021b). Ved alle stasjonar varierer straumretning og -hastigheit hovudsakleg med ulik djupne, men med nokre mindre sesongvariasjonar.

Måleresultata samsvarar i stor grad med tidlegare modellering, og viser at dei største hastigheitene er knytt til overflatelaget og sprangsjiktet. Det er ganske vanleg i fjordar at ein finn dei sterkaste hastigheitene i desse øvre laga. Tidvis stor tilførsel av ferskvatn og atmosfæriske drivkrefter er årsaka til det. I fjordbassenget i Sørfjorden er det sjeldan større utskifting med innskyll av havvatn utanfrå, noko det oksygenfattige vatnet på botn også indikerer (kap. 4.3).

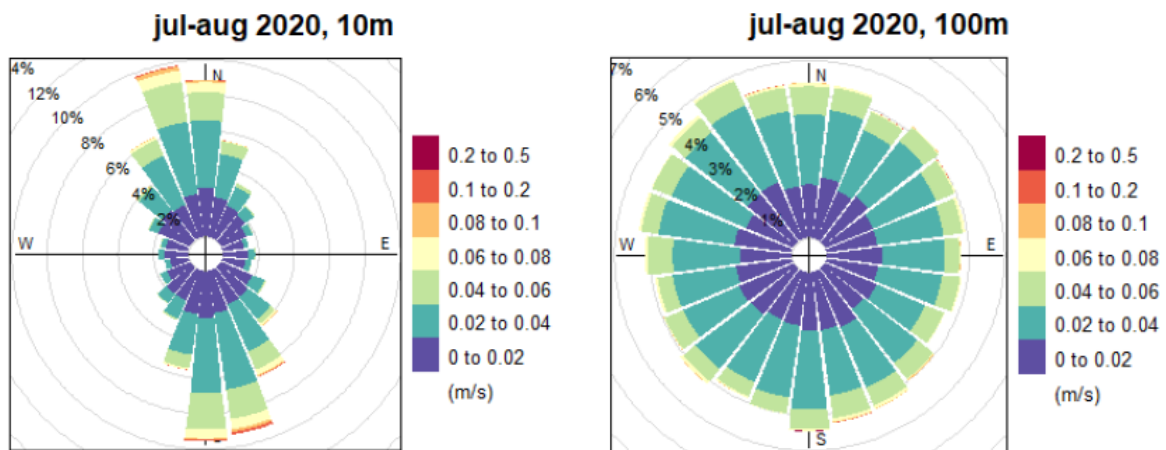
Ved alle stasjonar og djup er det også vist at den vertikale hastigheitskomponenten er betydeleg lågare enn horisontale hastigheiter (RambøllSweco, 2021b). Dette tilseier at partikkelspreiing hovudsakleg vil skje *horisontalt* i ei vifte ut frå punktet der finstoffet vert frigjort i vannmassane. Med valt nedføringsmetode (kap.2.2) vil utsleppspunktet ligge 40-50 meter under overflata.



Figur 36: Utplasserte strømmålarar (raude punkt) i nærleiken av dei 7 vurderte lokalitetane for sjødepni (blå punkt).

Fossmark, Linnebakkane, Gamle Fossen og Svabakken

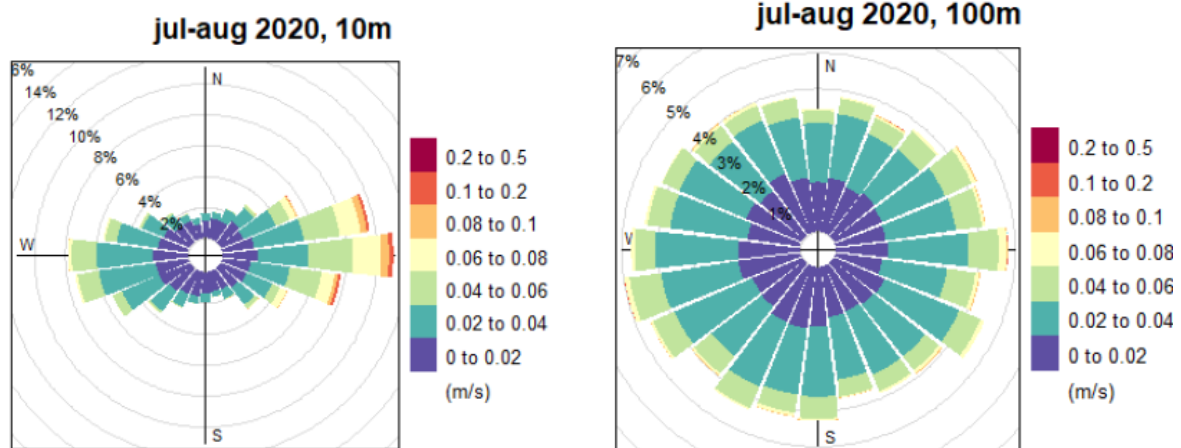
Ved målestasjonene St. 3 og St. 4, nær Fossmark (og like nordvest for Linnebakkane, Gamle Fossen og Svabakken) er det registrert ein dominerende straumretning mot sør og nord i overflatelaga. Gjennomsnittleg hastigheit ligg på 0,04-0,07 m/s. Noko lågare snitthastigheiter vart målt på 35 m djupne der dominerande retningar (sør og nord) ligg på ca. 0,02 – 0,03 m/s. Det er foreløpig ikkje registrert spesielt dominerande straumretningar i djupare vasslag (100-330 m). Gjennomsnittleg straum på djupt vatn er 0,025 – 0,035 m/s. I Figur 37 er vist straumrosar som illustrerer gjennomsnittleg straumretning og hastigheit i perioden juli-august på hhv. 10 m og 100 m djupne. Figurane illustrerer ein tydeleg dominerande retning i overflatelaga, og langt meir varierende retning på djupare vatn. Sjå eigen straumrapport (RambøllSweco, 2021b) for straumrosar for samtlige periodar og fleire djup.



Figur 37: Straumrosar for St. 3 Slåttestakken for utvalde djup og for éin måleperiode (juli-august) (RambøllSweco, 2021b).

Langhelleneset og Boge

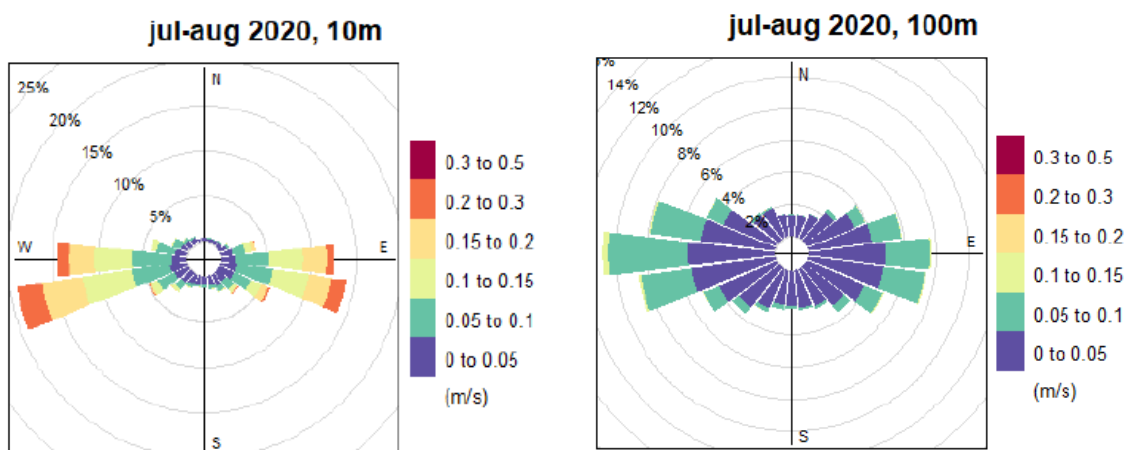
Ved målestasjonen St.2 (djupne 310 m) nær Langhelleneset (og vest for Boge) er det registrert ein svakt dominerande straumretning mot aust i overflatelaga (ca. 0-35 m). Straumretning mot vest førekjem også ofte (Figur 38). Gjennomsnittshastigheit mot aust i disse laga er ca. 0,04-0,05 m/s, mens gjennomsnittshastigheit mot vest er ca. 0,03-0,04 m/s. På større djupne er det meir variasjon i retning, og gjennomsnittshastigheit til alle retningar er ca. 0,02-0,03 m/s. I Figur 38 er vist straumrosar som illustrerer gjennomsnittleg retning og hastigheit i perioden juli-august på 10m og 100 m djupne. Sjå eigen straumrapport (RambøllSweco, 2021b) for straumrosar for samtlige periodar og fleire djup.



Figur 38: Straumroser for St.2 Langhelle for éin utvalt måleperiode (juli-august) (RambøllSweco, 2021b).

Romslo

Ved målestasjonen St.1 (djupne 224 m) ca. 1 km vest for Romslo er den dominerande straumretninga mot aust og vest, det vil seie inn og ut av fjorden. Dette gjeld alle fire måleperiodar og for alle djupner. Straumen er sterkast i overflatelaget (gjennomsnitt ca. 0,10-0,15 m/s), og noko lågare (snitt 0,05-0,08 m/s) i djupare vasslag. Det førekjem sjeldan hastigheiter over 0,15 m/s på djupt vatn. I Figur 39 er vist straumroser som illustrerer gjennomsnittleg retning og hastigheit i perioden juli-august på 10m og 100 m djupne. Figurane illustrerer den dominerande straumretninga mot aust og vest både i øvre og i djupare lag. Sjå eigen straumrapport (RambøllSweco, 2021b) for straumroser for samtlige periodar og fleire djup.



Figur 39: Straumroser for St. 1 Herland (nærmaste stasjon til Romslo) for utvalde djupner, og for éin måleperiode (juli-august) (RambøllSweco, 2021b).

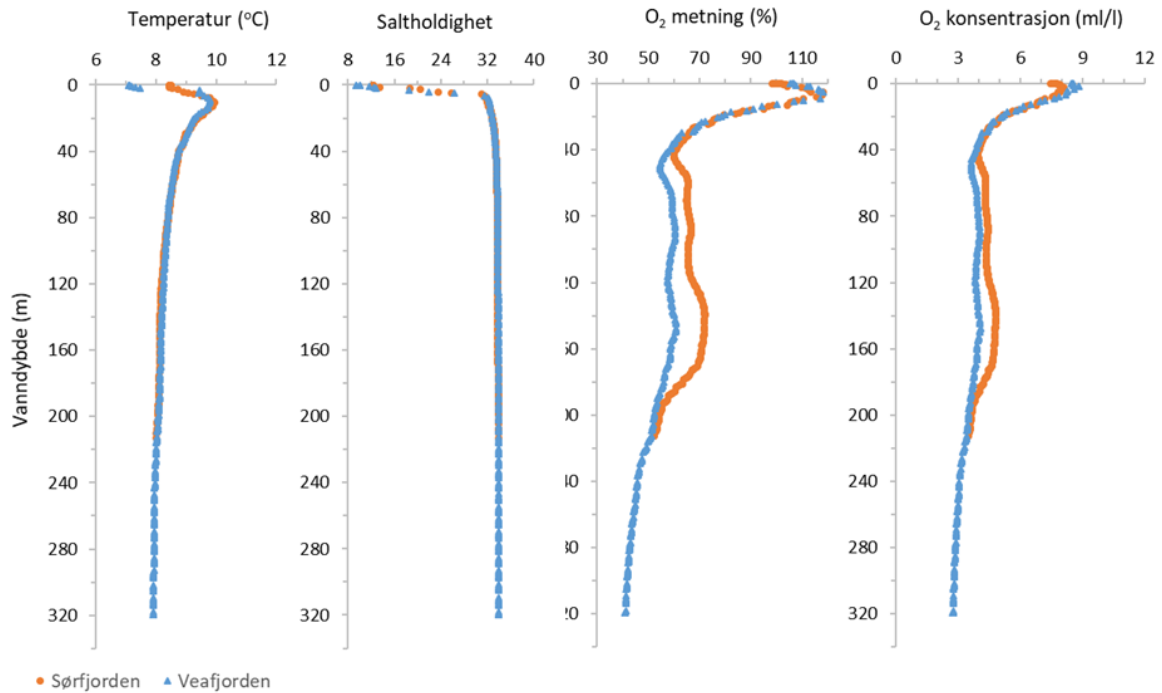
4.3 Økologisk- og kjemisk tilstand

Økologisk tilstand – oksygenkonsentrasjon

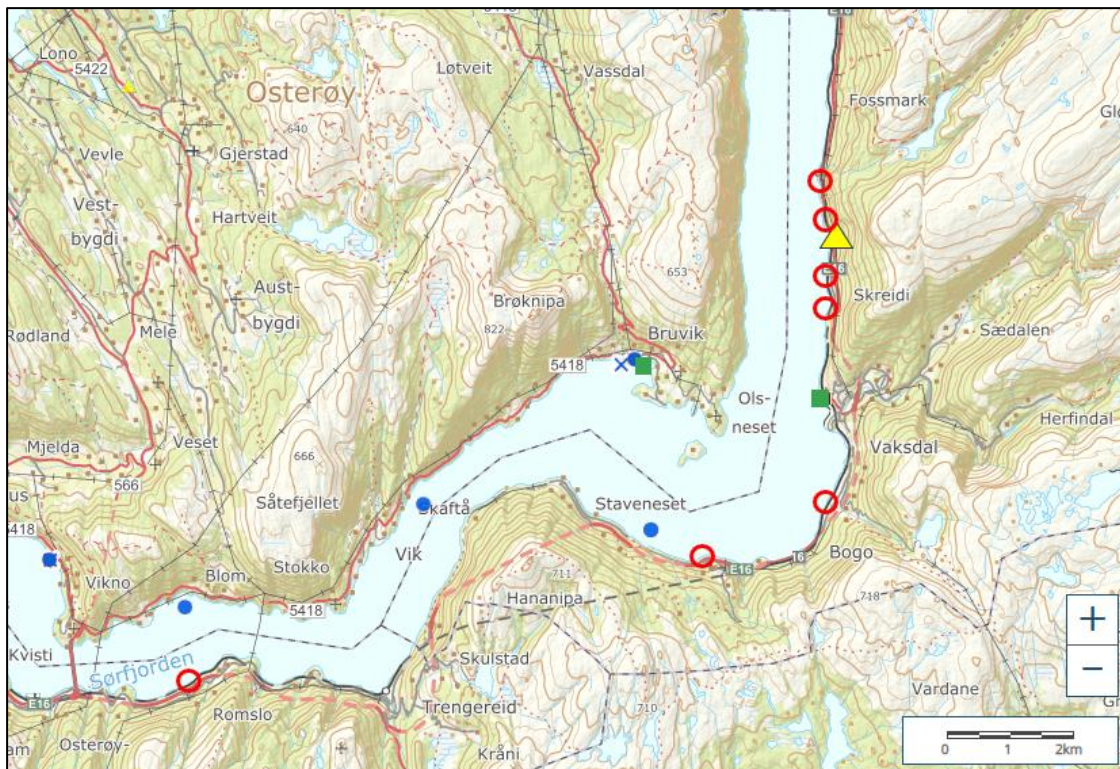
Det har dei siste åra vore aukande fokus på den økologiske tilstanden i fleire norske fjordar, blant desse Sørfjorden (artikkel i Bergens Tidene (2021)). Fjorden er ifølgje Vannmiljø registrert med *god* kjemisk tilstand, men den økologiske tilstanden er vurdert til *moderat* (Vannmiljø, mars 2021). Årsaka er at det i dei djupare laga i Sørfjorden er påvist låge oksygenkonsentrasjonar og endra samansetjing av botndyr-fauna. Dette er mellom anna forklart med auka organisk påverknad (NIVA, 2019), kombinert med generelt dårlegare utskifting av djupvatn grunna temperaturstigning i fjorden (UiO, 2021). Målingar gjort i samband med nye sedimentundersøkingar i mai 2020, viser *moderat* og *dårleg* tilstandsklasse for oksygeninnhald til botnvatnet i Sørfjorden (UiO, 2021). Dette støttar dermed tidlegare funn. I følgje UiO sin rapport er det i Sørfjorden sidan 1970-tallet observert ein auke i foraminifer-arter som både profiterer på, og tolerer auka tilføring av organisk materiale. Dette kan vere en respons på auka næringstilgang frå fleire kilder. Auka næringstilføring med påfølgjande algeoppblomstring (startande eutrofiering), kombinert med mindre utskifting av djupvatn i fjorden, kan være årsak til den endra artssamansetjinga som er observert i djupfjorden (UiO, 2021).

I Miljødirektoratet sin database Miljøstatus, er det registrert fleire forureiningskjelder i nærleiken av deponilokalitetane i Sørfjorden. Desse omfattar urban utvikling (ukjent grad), fiskeri og akvakultur (middels grad), industri (liten grad), og avløpsvatn (liten grad) (sjå Figur 41). Det er fleire kjelder som peikar på utslipp frå oppdrettsnæringa som den største antropogene bidragsytaren til den forverra økologiske tilstanden i fjorden. Også andre kjelder som aukar tilføring av nitrogen i fjorden, både ved diffuse utslipp og punktutslipp, må takast med i betraktninga.

I følgje Vannforskriften, må tiltak ikkje medføre at ein forringar den kjemiske- og/eller økologiske tilstanden i vannforekomstar. I samband med med planen om deponering av tunnelmassar i sjø, er det difor vurdert om tiltaket vil påverke den kjemiske- og/eller økologiske tilstanden i Sørfjorden. Det er her eit klart mål at tiltaket ikkje skal medføre at tilstanden vert forverra. Desse vurderingane er vidare gjort greie for i kap. 5 og 6. I den grad det er mogleg er omsøkte tiltak også sett i samanheng med eksisterande forureiningsituasjon i fjorden. Avbøtande tiltak er planlagt for å forebyggje eventuelle negative verknader på miljøet.



Figur 40. Profilar av temperatur, salinitet, oksygenmetning og oksygenkonsentrasjon ved éin stasjon midtfjords i Sørfjorden nordvest for Langhelle (blå linje), og éin stasjon midtfjords i Veafjorden nordvest for Fossmark (oransje linje), mai 2020 (UiO, 2021).



Figur 41: Registrerte lokaliteter med forureina grunn (gul trekant), industri med utslepp til vatn og luft (blå prikkar / kryss), avløpsanlegg (grøne firkantar) i nærleiken av deponilokalitetar i Sørfjorden. Dei aktuelle deponilokalitetane er markert med raude sirkular. Kilde: RambøllSweco (2020d), modifisert frå databasen Miljøstatus.

Forureina sediment

Prosjektet har i mai 2020 gjennomført miljøtekniske sedimentundersøkingar i Sørfjorden for å kartleggje forureiningstilstanden i sedimenta ved de sju potensielle deponilokalitetane (RambøllSweco, 2020d). Innhald av metall og organiske miljøgifter i overflatesedimenta har vist seg å vere generelt lågt (*svært god og god* tilstand)

Tabell 4-1). Enkelte PAH-komponentar (benzo(b)fluoranten, benzi(ghi)perylene, indeno(123cd)pyren) har likevel høge konsentrasjonar (*dårleg* tilstand) i overflatesedimenta. Det same gjeld i grunnare område der det er påvist sediment. Ved Svabakken vart det i tillegg påvist arsen i *moderat* tilstand, og ved Gamle Fossen tilsvarar konsentrasjon av TBT *svært dårleg* tilstand.

Tabell 4-1: Analyseresultater frå overflatesediment (0-10 cm) ved aktuelle lokalitetar for sjødeponi i Sørfjorden. Prøvene vart tekne i mai 2020. Resultata er fargekoda etter tilstandsklassar i samsvar med Miljødirektoratet sin veileidar M-608:2016: Blå=svært god (bakgrunn), Grøn=god, Gul=moderat, Oransje=dårleg, Raud=svært dårleg. Resultata for kornfordeling og totalt organisk karbon (TOC) er gitt i eininga % av tørrstoff (TS). Kilde: (RambøllSweco, 2020d).

Parameter	Enhet	Fossmark	Linne- bakkane	Gamle Fossen	Svabakken	Boge Boge St. 1	Langhelleneset			Romslo	
		SVV-2	Linne- bakkane	Gamle Fossen	Svabakken	St. 1	St. 2	St. 3	St. 1	St. 2	
Arsen	mg/kg	12	3,8	13	22	12	10	14	15	12	7,3
Bly	mg/kg	41	22	39	51	42	15	38	51	54	29
Kobber	mg/kg	25	12	23	31	28	19	30	33	32	22
Krom	mg/kg	43	21	36	50	50	25	48	55	48	35
Kadmium	mg/kg	0,056	0,036	0,077	0,07	0,045	0,05	0,071	0,065	0,079	0,036
Kvikksølv	mg/kg	0,1	0,055	0,106	0,133	0,115	0,036	0,106	0,149	0,207	0,105
Nikkel	mg/kg	28	11	24	32	29	19	32	36	24	20
Sink	mg/kg	110	53	100	130	110	64	110	130	120	99
Naftalen	mg/kg	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Acenaftylen	mg/kg	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Acenaften	mg/kg	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fluoren	mg/kg	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fenantren	mg/kg	0,011	< 0,010	0,013	0,022	0,019	< 0,010	0,018	0,025	0,021	0,013
Antracen	mg/kg	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fluoranthen	mg/kg	0,033	0,028	0,047	0,059	0,052	0,024	0,047	0,073	0,083	0,035
Pyren	mg/kg	0,042	0,026	0,048	0,065	0,051	0,023	0,048	0,069	0,079	0,033
Benzo[a] antracen	mg/kg	0,016	0,014	0,018	0,032	0,029	0,014	0,026	0,035	0,044	0,019
Chrysen	mg/kg	0,014	0,011	0,018	0,028	0,025	0,012	0,023	0,031	0,033	0,017
Benzo[b]- fluoranten	mg/kg	0,078	0,048	0,081	0,11	0,086	0,03	0,082	0,11	0,15	0,064
Benzo[k]- fluoranten	mg/kg	0,026	0,016	0,026	0,036	0,028	0,011	0,028	0,037	0,058	0,022
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,028	0,021	0,033	0,045	0,037	0,017	0,036	0,052	0,072	0,029
Dibenzo[ah]- antracen	mg/kg	0,014	< 0,010	0,013	0,013	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,013	0,026	< 0,010
Benzo[ghi]- perylene	mg/kg	0,078	0,053	0,071	0,11	0,082	0,02	0,081	0,11	0,14	0,07
Indeno[123cd]- pyren	mg/kg	0,08	0,051	0,08	0,11	0,081	0,019	0,078	0,11	0,16	0,066
PAH16	mg/kg	0,42	0,27	0,45	0,63	0,49	0,17	0,47	0,67	0,87	0,37
PCB7	mg/kg	nd	nd	0,0014	0,0018	0,0015	nd	0,0019	0,0017	0,0034	0,0014
TBT Effektbasert	mg/kg	<0,002,5	<0,002,5	0,0036	<0,002,5	<0,002,5	<0,002,5	<0,002,5	<0,002,5	<0,002,5	<0,002,5
Leire <2 µm	% TS	3,7	2,5	3,9	3,7	3,1	4,4	4,5	3,5	2,5	2,1
Finstoff < 63 µm	%	85,6	58,6	80,3	85,0	80,1	75,6	83,2	83,8	66,8	57,0
Silt > 63 µm og < 63 µm	%	81,9	56,1	76,4	81,3	77,0	71,2	78,7	80,3	64,3	54,9
Sand > 63 µm	%	14,4	41,4	19,7	15,0	19,9	24,4	16,8	16,2	33,2	43,0
TOC	% TS	1,83	1,76	1,92	2,35	1,95	0,69	1,51	2,17	2,98	1,68

4.4 Naturverdiar i tiltaksområdet

Naturverdiar i fjorden og i tilknytning til dei ulike deponilokalitetane er kartlagt av Rådgivende Biologer i 2017, og av RambøllSweco våren 2020. For ein oppdatert detaljert omtale av registrerte naturverdiar ved kvar deponilokalitet viser vi til rapporten «*Kartlegging av marint biologisk mangfold i Sjørfjorden og Veafjorden*» (RambøllSweco, 2020a). Ei samanfating og vurdering av påverknad og konsekvens for kartlagte naturverdiar kan også lesast i «*Konsekvensutredning av massedeponering i Sjørfjorden – med hensyn til marint biologisk mangfold*» (RambøllSweco, 2020e). Dei viktigaste naturverdiane i området er gjort greie for under. Informasjon om naturverdier i området er også henta frå relevante databasar som Naturbase og Barentswatch.

Plankton

Det er i samband med prosjektet ikkje utført egne oppdaterte vannprøvar for kartlegging av plankton. Tidlegare utførte kartleggingar mellom 2014-2017 er likevel tilgjengelege i databasane Vann-nett. Det er påvist gjennomsnittleg god tilstand for *Klorofyll a* i Sjørfjorden (vann-nett.no), noko som tilseier god biomasse av planteplankton. Det kan forventast at planktonsamansetjing, mangfald og tettleik, vil vere relativt lik ved alle dei sju vurderte deponilokalitetane.

Grunne område

Sjøbotnen i dei øvre 30 m er i all hovudsak fjell med eit stadvis tynt sedimentlag, og enkelte plata med steinar og andre grove sediment (RambøllSweco, 2020a). I dei øvre metrane i strandkanten (0-2,5 m), er det registrert forekomstar av grisetang og blæretang, og nokre stader raudalger og enkelte uidentifiserte trådalger. Den dominerande naturtypen i dei grunne områda er grunn marin fastbotn (M1), med innslag av grunn marin sedimentbotn (M4). Begge naturtypene er vurdert som livskraftige (intakt) i raudliste for naturtypar (2018). Ved Linnebakkane er det registrert ein skjellforekomst i dei øvre metrane som truleg kan omtalast som eksponert blåskjellbotn. Dette er lista som ein sårbar (VU) naturtype iht. norsk raudliste for naturtypar.

Botnfauna skråning

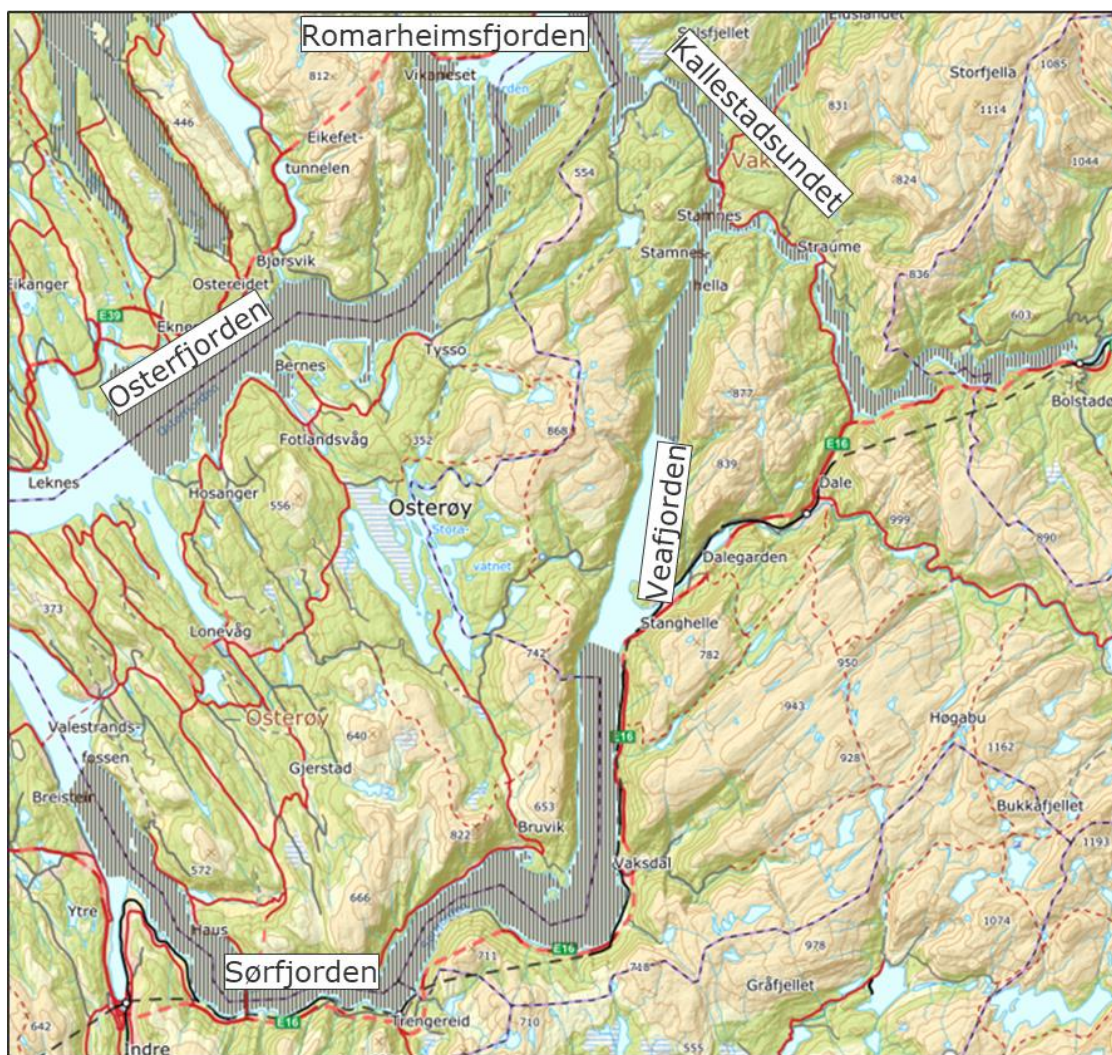
Fjordskråningane har eit variert biologisk mangfald av botnfauna (RambøllSweco, 2020h), der alle artane som er registrert vert rekna som livskraftige. Skråningane ved samtlige lokalitetar består av bart fjell, med varierende hellingsgrad. Mengde lausmassar og kornstorleik varierer. Dei brattaste skråningane fins ved Langhelleneset, og ved lokalitetane Fossmark, Linnebakkane, Gamle Fossen og Svabakken. Det er også her det er djupast (inntil 370 m). Botntilhøva ved kvar av dei sju vurderte lokalitetane er nærare skildra i fagrapport for marint biologisk mangfald (RambøllSweco, 2020a) og konsekvensutgreiing for sjødeponi (RambøllSweco, 2020e).

Blautbotnfauna

Artssamansetjinga av botndyr er tilsvarende lik på dei sju lokalitetane, men med noko færre artar ved lokalitetane Fossmark, Linnebakkane, Gamle Fossen, og spesielt ved Svabakken (RambøllSweco, 2020a). Blautbotnfauna ved dei sju lokalitetane er vurdert å ha god tilstand iht. gjeldande tilstandsklassifisering som omtala i veiledar 02:2018 *Klassifisering av miljøtilstand i vann* (Miljødirektoratet m.fl). Analyse av foraminifersamfunn viser at dagens økologiske tilstand (nEQR) er svært god både i Sjørfjorden og Veafjorden (UiO 2021)

Fisk

I Sør fjorden er det registrert tre raudlista fiskeartar; pigghå (EN = sterkt trua), blålange (EN) og ål (VU = sårbar) (Artsdatabanken, 2020a). Fiskane er ikkje stadbundne og ein kan anta at dei fins i heile fjordbassenget (Rådgivende Biologer, 2017a). Andre registrerte fiskeartar i Sør fjorden og Veafjorden er sild, lange (lat. *Molva molva*), sei, brosme, lyr, torsk, makrell og lusuer (Rådgivende Biologer, 2017a; RambøllSweco, 2020a). Tangkutling, smørflyndre, glassvar, rødnebb og sypike vart også registrert av Rådgivende Biologer (Rådgivende Biologer, 2017a), og alle fem er kategorisert som livskraftige i norsk raudliste for artar (Artsdatabanken, 2020b). Det vart også registrert pukkellaks som er ein svartlista (framandartsliste) laksefisk kategorisert til å ha høg risiko (HI) (Artsdatabanken, 2020c).



Figur 42: Kart over Sør fjorden, Osterfjorden og Veafjorden. Gråskraverte område indikerer gytefelt for torsk. Kilde: Fiskeridirektoratets database Yggdrasil, 2020.

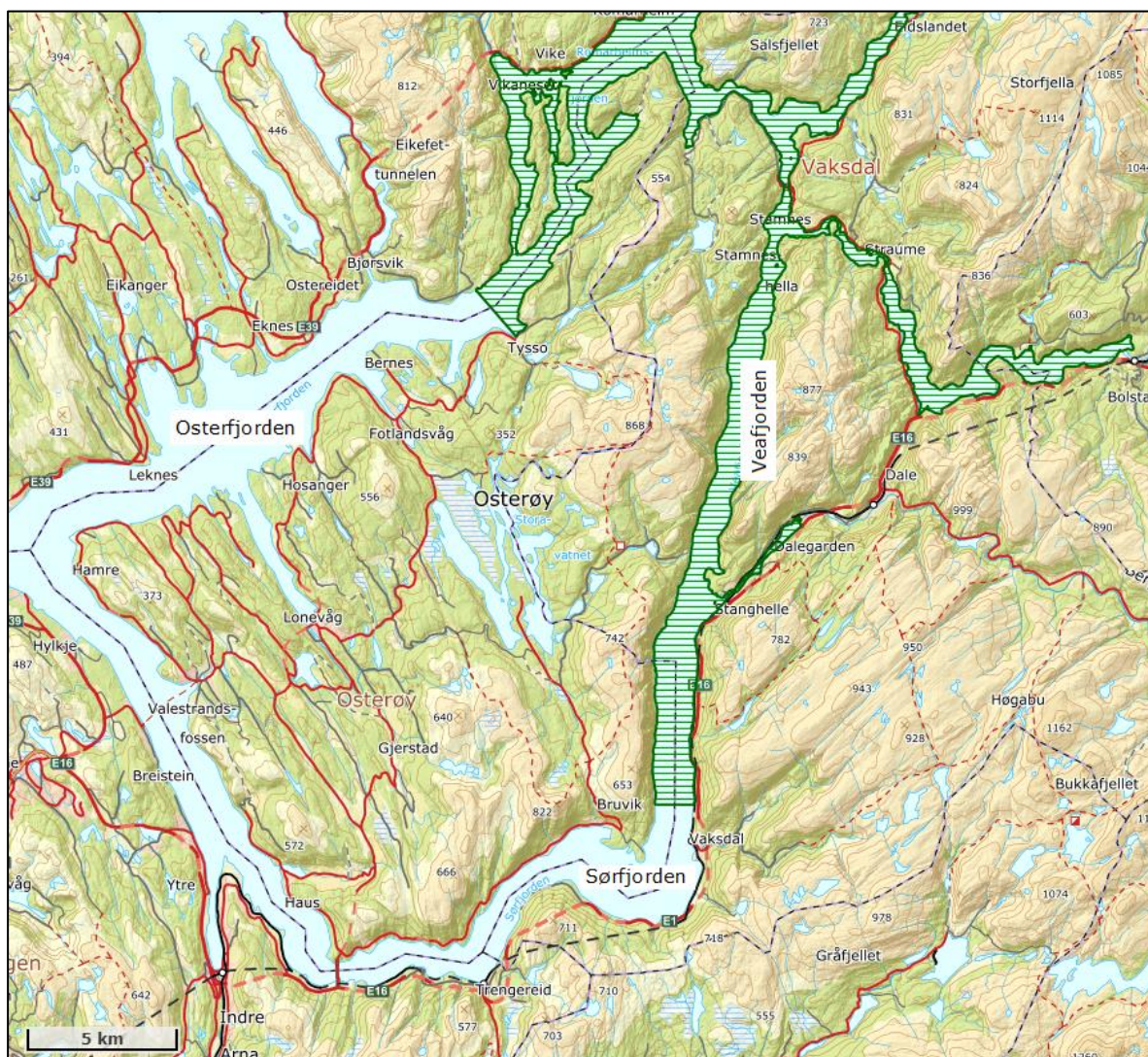
Gytefelt for torsk

I store deler av Sør fjorden er det registrert eit regionalt viktig (B-verdi) gytefelt for torsk. Dette gytefeltet omfattar alle dei sju vurderte deponiområda frå Fossmark i nord til Romslo i sørvest. Området er blitt gitt *stor verdi* mht. marine naturtypar (RambøllSweco, 2020a). I tillegg er det

registrert eit lokalt viktig (C-verdi) gytefelt for torsk i nord i Veafjorden (Kallestadsundet), samt øvrige gytefelt i dei nærliggjande fjordane Romarheimsfjorden (øverst i Figur 42) og Osterfjorden (venstre i Figur 42). Opplysingar innhenta frå Havforskningsinstituttet (april 2021) viser at torskegyting ofte skjer ved utstikkande bergnabbar i fjorden, og at torskeegga stort sett held seg flytande i dei øvre 5-15 meter av sjøen. Egga flyt i 2-3 veker før larvene vert klekt (Rådgivende Biologer, 2017b). Gytinga foregår i fleire omgangar og gyteperioden strekkjer seg frå februar til april. Etter 8-10 veker søkjer yngelen seg mot grunne område langs land, der makroalger eller ålegras gir næringsgrunnlag og ly mot byttedyr (Rådgivende Biologer, 2017b).

Nasjonal laksefjord

I den nordøstlege delen av Sørfjorden er området registrert som nasjonal laksefjord av *stor verdi* som er gitt eit særskilt vern (Fiskeridirektoratet, 2020) (Figur 43). Tilstanden til laksevassdraga som renn ut i same fjordsystem som Vea- og Sørfjorden er nærare gjort greie for av Rådgivende Biologer (Rådgivende Biologer, 2017a). Anadrom laksefisk vandrar og beiter i hovudsak høgt i vannsøyla.



Figur 43: Kart over Sørfjorden, Veafjorden og Osterfjorden. Dei grønskraverte områda indikerer dei delane av Sørfjorden, Veafjorden og Osterfjorden som er klassifisert som nasjonal laksefjord. Kilde: Fiskeridirektoratets database Yggdrasil, 2020.

Marine pattedyr

Artskart i artsdatabanken viser at det er registrert to marine pattedyr i Sørfjorden: mink og oter. Mink er definert som ein framandart og kategorisert med *svært høg risiko* (SE) (Artsdatabanken, 2020c). Oter er vurdert som *sårbar* (VU) i Norsk raudliste for artar (Artsdatabanken, 2020b). I følge arealverktøyet Barentswatch, så fins det også både steinkobbe, havert, nise, kvitskjeving og kvitnos i Sørfjorden, men desse opptreer kun sporadisk på søk etter næring (barentswatch.no og hi.no).

Fugl

I Sørfjorden er det tidlegare registrert seks raudlista artar av sjøfugl i området; fiskemåke, hettemåke, sjøorre, havelle, lomvi og ærfugl (Rådgivende Biologer, 2017a; Naturbase, u.d.). Det er ikkje registrert nokon hekkande raudlista sjøfugl ved dei aktuelle deponilokalitetane.

5. Potensiell påverknad på naturmiljøet

5.1 Turbiditet, partikkelspreiing og sedimentasjon

Finstoff (< 63µm) i sprengstein vil gradvis vaskast av etter deponering, frigjerast til vannmassane, og deretter avsettast til fjordbotnen. Ved dei fleste aktuelle lokalitetane vil deponering i hovudsak skje på hardbotn langs fjordsida, men noko stein vil nå fjordbotn. Sediment som vert virvla opp frå fjordbotnen (> 250 m) når sprengstein treff desse områda, vil også kunne gi auka turbiditet i vannsøyla. Turbiditet er eit mål på uklarheit i vatnet, hovudsakleg mengda av finpartikulært materiale. Fordeling og spreining av finstoffet vil avhenge av sjikting og straumretning/-hastigheit, samt kva avbøtende tiltak som blir brukt i samband med deponeringa. Nedføringsmetode i lukka røyr (kap. 2.2) vil her vere ein viktig faktor.

Leire (< 2µm) har svært låg sedimentasjonshastigheit og blir hengjande i vannmassane i lengre tid. Desse finkorna partiklane har difor potensiale til å bli transportert over lengre avstandar enn silt. Med aktuell situasjon for tidevatn og straumtilhøve vil eit svært konservativt estimat vere at siltpartiklar kan spreiest inntil 1 kilometer. Eit meir realistisk anslag vil vere rundt 500 meter.

Det er over fire kilometer avstand mellom dei aktuelle deponilokalitetane for strekningane Stanghelle/Helle – Vaksdal, Vaksdal – Trengereid og Trengereid – Arna. Stor avstand og spreining under fotisk sone gjer det dermed svært lite sannsynleg at partikkelskyene vil påverke kvarandre ved samtidig deponering. I alle tilfelle kan spreining av finstoff frå kvart deponi kunne påverke det biologiske mangfaldet i området i ulik grad. I det følgjande er det difor systematisk gjennomgått korleis ulike artsgrupper vil kunne bli påverka av auka turbiditet og eventuelt auka sedimentering.

Plankton

Dersom det her var snakk om å spreie finstoff i overflatelaget ville det kunne halde seg suspendert i fleire timar til dagar, noko som ville medført redusert ljøstilgang og dermed redusert vekst for planteplankton. Dyreplanktonet er også sensitivt for auka konsentrasjonar av suspenderte partiklar, blant anna fordi næringstilgangen kan bli redusert (Sørensen, 1998). Filtrerande plankton er også utsett for mekaniske skadeeffektar frå skarpe steinpartiklar som kan tilførast vannmassane saman med sprengstein (Sørensen, 1998). Føresett nedføringsløyning vil hindre spreining av finstoff i øvre sjikt. Om det ved uhell likevel skulle verte noko påverknad på plankton i anleggsfasen, vert dette vurdert som ubetydeleg ettersom påverkinga er kortvarig, raskt reversibel og kun gjeld ein svært avgrensa del av funksjonsområdet for plankton, (RambøllSweco, 2020e).

Flora i grunne vannområde

Massedeponeringa vil foregå i tilstrekkeleg avstand frå land for å unngå arealbeslag og betydeleg påverknad i grunnare område. Med føresett lukka nedføringsmetode (kap. 2.2) skal det ikkje spreiest finstoff til dei grunnare områda. Midlertidig flytande kaianlegg vil skygge for vegetasjon i strandkanten, noko som vil kunne hemme veksten. Det kan likevel forventast rask revegetering etter at kaianlegga er fjerna. Det er kun ved lokaliteten Fossmark det vil vere nødvendig å pæle fast kaianlegget. Ein noko større påverknad av strandsonen vil difor måtte forventast her.

Blautbotnfauna

Blautbotnsubstrat og blautbotnfauna i områda som vil dekkast av sprengsteinmassar vil forsvinne og dø. Dette arealet utgjør likevel kun ein liten andel av blautbotnareala i fjorden, og den direkte effekten av deponeringstiltaket er difor vurdert å ha liten risiko for artsmangfaldet i Sørfjorden.

Botnsamfunnet kan reagere på ulike måtar ved endring i sedimentasjonsforhold. Botnlevande organismar er tilpassa sedimentering frå naturlege prosessar (elvetilføring, stormar og liknande). Likevel kan organismesamfunna påverkast negativt dersom sedimenteringa frå anleggsarbeida overskrider naturleg sedimentasjon. Som omtala i kap. 4.1 er det i Sørfjorden målt naturlege sedimentasjonsrater på i storleik 0,3-0,35 cm/år (NIVA, 2019)

En studie utført av Trannum et al. (2010) fann ingen effektar på botnlevande fauna ved overdekking med mellom 6-24 mm med naturleg sediment. Andre studier (Jackson, 1979; Maurer, 1982; Bellchambers, 1995; Joh) har vist at sedimentlevande organismar kan overleve meir enn 10 cm overdekking. Desse verdiane er kun veiledande og vil avhenge av kva botndyrsartar som lever i området. Generelt er effektane mindre når botndyrsamfunnet er dominert av artar som lever nede i sedimentet framfor på sedimentoverflata. Negative effektar vil generelt vere mindre om partiklane som vert spreidd frå deponeringa har dei same eigenskapane (kornstorleik, innhald av organisk materiale m.m.) som det naturlege sedimentet i området. Område som til dømes er prega av vind- eller tidevatnindusert resuspensjon er rekna å vere meir robuste enn samfunn frå svært stabile område.

Tiltaksområdet ved dei ulike alternative lokalitetane ligg i fjordskråninga der det er naturleg stor variasjon i turbiditet i vannmassane som følgje av tidevatn og tilføring av elvevatn. Det er lite truleg at auka partikkelspreiing frå tiltaket vil føre til at tålegrensene for øvrig botnfauna i nærleiken av tiltaksområdet vert overskride.

Auka turbiditet i vannmassane som kan føre til redusert produksjon av planteplankton i området, kan gi lågare tilføring av næring til botnfaunaen. I Sørfjorden er likevel det motsette ofte tilfelle, der auka primærproduksjon og opphoping av organisk materiale på fjordbotnen vert sett som ei utfordring (sjå kap. 4.3 og 5.3).

Fisk og fiskevandring

Tilføring av steinstøv kan påføre direkte skade på marine organismar, og kan føre til generelt redusert biologisk produksjon i sjø på grunn av nedslamming og redusert sikt for fisk. Det er hovudsakleg dei skarpaste steinpartiklane som gir fare for skade på marine organismar. Skarpe partiklar trengjer gjennom epitel og slimlag hjå fisk, filtrerande botndyr og plankton. For fisk medfører dette utsondring av slim og kan i ekstreme tilfelle føre til skader på gjellene som er dødeleg for fisken. Nåleforma partiklar, hovudsakleg frå blaute bergartar, har eit spesielt stort skadepotensial på gjellevev hjå fisk, dyreplankton og botndyr (Sørensen, 1998). I Arna-Stanghelle-prosjektet er det likevel i all hovudsak snakk om deponering av *harde* bergartar, jamfør kapittel 2.6.

Anadrom laksefisk vandrar og beiter i hovudsak høgt i vannsøyila i fjordane (Davidsen, 2008; Plantalech, 2009), og vil kunne unngå partikkelspreiing gitt at denne vert avgrensa til under 30 meters djup.

Spreiing av partiklar kan gi auka turbiditet i vannmassen, være til hinder for vandrane fisk, og føre til tilslamming av blautbotnområde på fjordbotnen. Anleggsarbeida vil difor kunne påverke vandrane

fisk i fjorden. Det er i anleggsperioden, avhengig av sesong og meteorologiske forhold, at fiskesamfunn og vandringer kan bli forstyrret og fare for forureining er størst. Fisk er mobile organismer og kan flykte unna eventuelle hindringer som partikkelskyer. Det er likevel ikke gitt at fisken vil unngå område med høg turbiditet. Det er ofte andre forhold, som temperatur og næringstilgang som er mer styrende for fisken si vandring.

Fiskesamfunn og fiskevandring i området er vurdert å bli noko forstyrret i anleggsfasen. Auka turbiditet og partikkelspreiing vil skje i område der fisk vandrar, søker etter næring, ynglar og/eller gyter, avhengig av art. Det er elles vurdert at tiltaka ikke vil gi nevneverdige negative konsekvensar etter at tiltaket er ferdigstilt. Deponering av massar med større stein i fjordskråningane kan også skape gode habitatområde for marine organismer, til dømes hummar, kreps og fisk.

Med avstandar og føresett lukka nedføringsmetode er det som nemnt lite sannsynleg at partikkelskyene frå dei tre deponiområda vil kome i kontakt og forsterke kvarandre. Spreiing i djupare vatn vil vere langt mer avgrensa grunna lågare strømhastigheiter og mer varierende strømrøtning. Samla påverknad på fisk som vandrar mellom områda kan likevel ikke utelukkast.

Skjell

Forekomstar av bivalver/skjell i fjorden, kan også tenkjast å bli påverka av auka turbiditet i dei omkringliggjande vannmassane fordi desse er avhengig av å filtrere vatnet for å ta til seg næring. Det er registrert éin forekomst av eksponert blåskjellbotn (VU) ved Linnebakkane (RambøllSweco, 2020a), men denne ligg i dei øvre meterane nær land. Med føresett lukka nedføringsmetode langt frå land vil desse områda ikke motta store mengder finpartiklar.

Marine pattedyr

Auka turbiditet i vannsøyla vil kunne gi dårlegare sikt under næringssøk for marine pattedyr. Mattilgangen kan bli påverka om fisk unnvik område med finstoffspreiing. Føresett nedføringsmetode vil likevel avgrense dette.

Fugl

Sedimentasjon og partikkelspreiing påverkar ikke fugl direkte, men kan ha indirekte effektar via verknad på næringsgrunnlaget. Høg turbiditet i vannmassane vil kunne føre til redusert ljustilgang, noko som kan ha negativ effekt på fotosyntetiserende artar som veks på sjøbunnen i grunnare område, som til dømes makroalger. Føresett nedføringsmetode skal likevel hindre slik partikkelspreiing i fotisk sone. Dersom ein her fekk høgare turbiditet i dei øvre vannmassane ville dette også kunne gi dårlegare sikt for fugl som søker etter byttedyr. Sjøfugl ville potensielt bli mer påverka i sårbare periodar som hekkeperioden (mai til slutten av juli) når det er avgjerande å ha god tilgang på mat i nærområdet.

5.2 Plastforureining

Potensielle miljøkonsekvensar

Plastforureining er eit viktig tema ved deponering/bruk av tunnelstein. Det gjeld både for land- og sjødeponi, men for sjødeponi vert miljøkonsekvensane rekna som mer alvorlege ettersom platen potensielt kan spreiest over eit større område. Ryfast-utbygginga i Rogaland er eit døme på kor galt det kan gå dersom ein ikke har fokus på plastforureining ved deponering i sjø.

Problemstillinga gjeld både synleg plast og mikroplast. Potensielle miljøkonsekvensar vil i første omgang vere dersom synleg plast frå sprengsteinmassane vert spreidd ut i fjordbassenget. Dette ville skape problem for fisk og dyr. Spesielt sjøfugl er observert å ta feil av mat og plastbitar. Fuglar, dyr og fisk vil ha problem med å kvitte seg med plasten, noko som i verste fall medfører ein langsam og smertefull død. For menneske vil plastforureining i sjøen og i strandsona også opplevast som skjæmmende og gi redusert naturoppleving og bruksverdi.

Plast vert i liten grad brote ned i det marine/akvatiske miljøet, men vil over tid fragmenterast til svært små plastpartiklar (mikroplast og nanoplast). Både flytande plast som ikkje vert samla opp, og plast som synk og vert liggjande i deponia vil gradvis fragmenterast til mindre bitar. Organismar kan forveksle plastbitane med mat, og det er mistanke om at fragmenterte små plastpartiklar også kan trenge inn i cellene til organismar og påverke desse negativt. Mikroplast kan også spreie miljø- og helseskadelege stoff, både fordi plasten i seg sjølv inneheld slike stoff og fordi miljøgifter kan feste seg på overflata til mikroplasten (Miljøstatus.no). Mikroplast kan difor vere ei kjelde til opptak av miljøgifter i organismar. Foreløpig fins det lite informasjon om kor stort helseproblem opptak av mikroplast og nanoplast gjennom mat og vatn er for dyr og menneske. Det er likevel grunn til å tru at eit akkumulert opptak av mikroplast vil vere svært skadeleg på indre organ og kan føre til helseproblem over tid. I alle tilfelle bør ein legge til grunn eit føre-var-prinsipp når det gjeld mikroplast.

Ansvarleg strategi og gode løysingar skal hindre plastforureining i Sørfjorden

Statens vegvesen legg i søknaden stor vekt på ein ansvarleg strategi og gode løysingar mot plastforureining. Det vil ikkje vere akseptabelt at deponering i Sørfjorden gir vesentlege negative miljøkonsekvensar som følgje av plast. Eit stort og viktig bidrag til det er at det ikkje lenger vert brukt plastfiber-armering i sprøytebetong som var eit hovudproblem ved Ryfast. Erfaringstal frå tidlegare prosjekt er at plastfiber-armering utgjorde rundt 75% av total mengde plast. Kjelda for plast i tunnelsteinen er difor no avgrensa til tennsystemet.

Det pågår stadig utviklingsarbeid innan sprengingsteknikk, men per i dag fins det ikkje eigna tennsystem som er heilt plastfrie. Om dette vil kunne endre seg fram til anleggsstart for Arna-Stanghelle er ikkje mogleg å føreseie. Ved sprengning av fjell og tunnelar må ein difor legge til grunn at det vert brukt tennsystem der vesentlege komponentar er av plast. Dette er skyteleidningar, tennsatsar og eventuelle foringsrøyr brukt i salvene. Det meste av plasten som er plassert inne i borehola vil brenne opp i eksplosjonen. Det er difor i hovudsak den delen av tennsystemet som er plassert *utanfor* borehola som etterlater plast i massane. Når salven er gått, er det i praksis ikkje mogleg å sortere vekk dette frå sprengsteinsmassene ved opplasting på stoff. Dette gjeld både på grunn av arbeidsmiljørisiko, og fordi det ville vere svært tids- og kostnadskrevjande. Strategien og løysinga i forhold til plastforureining i Arna-Stanghelle-prosjektet må difor gjelde:

- Val av tennsystem. Desse er ulike med omsyn til plastmengde og om plasten flyt opp eller synk.
- Unngå bruk av foringsrøyr av plast
- Lukka nedføringssystem med «vaskeeffekt» og oppsamling av flytande plast (kap 2.2).
- Overvaking og oppsamling av flytande plast som eventuelt ikkje vert fanga i det lukka nedføringssystemet (kap 6.6).

Tennsystem og foringsrør

Statens vegvesen meiner det ikkje vil vere riktig på dette stadiet å låse søknaden til eit bestemt tennsystem. Fordeler og ulemper bør drøftast nærare med Statsforvaltaren i søknadsprosessen.

I praksis er det to hovudsystem som er aktuelle. NonEL-systemet har vore dominerande tennsystem sidan 1970-talet. Ettekvart er det også kome elektroniske tennsystem. Desse har begge fordeler og ulemper i forhold til kostnader, framdrift/tidsbruk, arbeidsmiljø/tryggleik, og også plast.

NonEL-prinsippet er enkelt forklart basert på at tennsatsane vert utløyst av trykkbølger i hule kraftige skyteleidningar av plast. Desse inneheld ikkje metall. Det betyr at tilnærma all laus plast som vert tippa i sjøen har oppdrift og vil flyte til overflata. Det vil sjølvsagt ikkje vere bra om ein ikkje har eit kontinuerleg og effektivt oppsamlingssystem. Val av NonEL-system kan likevel vere ein god strategi dersom ein i det lukka nedføringssystemet (kap 2.2) klarer å vaske av og fange platen. Det aller meste av platen vil då ikkje hamne i fjorden, men kunne leverast til godkjend mottak. NonEL-systemet gir vesentleg mindre kostnader enn elektronisk tennsystem. Sjølve tennsystemet er klart mykje billigare, men ikkje minst gjeld også at NonEL gir raskare lading og kortare tidsintervall mellom kvar salve. I dag kan ein rekne med at bruk av NonEL difor gir ein entreprisekost for tunnelsprenging som er 20-30 kroner lågare per faste kubikk (fm³) enn elektronisk tennsystem. For Arna-Stanghelle-prosjektet vil det utgjere store summar med ein lågare entreprisekost på 150-225 millionar kroner. Med påslag og mva. vil kostnadsskilnaden då reelt vere i storleik 300 millionar kroner. Det fins leverandørar som tilbyr såkalla plastfri NonEL (eks. Shockstar PF). Plastmengda er klart lågare, men heller ikkje dette er heilt plastfritt. Kostnadmessig ligg dette systemet ein stad mellom standard NonEL og elektronisk.

I eit elektronisk tennsystem har leidningar betydelig tynnare plastverrsnitt enn ikkje-elektroniske tennarar. Plastmengda i eit elektronisk system er difor berre vel halvparten av standard NonEL, og ein kan rekne at mengde restplast utgjere 60-70% av det ein får med NonEL (Miljødirektoratet, presentasjon). Metallinnhaldet i leidningane gjer at det aller meste av platen då vil synke til botn saman med sprengsteinmassane og blir liggjande stabilt inne i fyllinga (Miljødirektoratet, 2018). Testforsøk (Norconsult 2017) stadfestar dette, og at berre rundt rundt 1-3% av platen flyt opp. Dette kan difor vere ei god løysing for å unngå synleg flytande plast i fjorden. Samtidig er platen då ikkje mogleg å samle opp, og ein kan stille spørsmål ved om dette då er bra i forhold til langsiktig nedbryting og frigjerung av mikroplast.

Når det gjeld bruk av foringsrør av plast i soner med vannproblem og dårleg fjell, kan ein anta at ein nesten heilt kan unngå dette. Det fins også andre metodar som kan erstatte bruk av foringsrør. Eventuelt bidrag frå foringsrør vil difor vere svært lite samanlikna med plast frå tennsystem.

Kva mengder plast er det snakk om?

Det er relativt stor usikkerheit knytt til total mengde plast som vil vere i tunnelmassen. Samanlikna med tidlegare prosjekt vil ein altså redusere mengda med rundt 75% ved å ikkje bruke plastfiber som armering i sprøytebetong. Plast frå foringsrør vil heller ikkje vere ein stor bidragsytar. Det er då plast frå tennsystemet som i all hovudsak vil utgjere mengdene plast i Arna-Stanghelle-prosjektet. Basert på testar (Norconsult 2017, tabell 1) er det anslått ein verdi for elektroniske tennarar på 2,12 gram plast/am³. Ved til dømes ei totalmengde på 7,5 mill. am³ til sjødeponi, vil total mengde plast då teoretisk utgjere rundt 16 tonn. Med elektroniske tennarar vil det meste av dette synke og havne i fyllingane i dei tre deponia. Eit estimat for standard NonEL vil vere rundt 23 tonn. Denne platen vil

flyte opp. Kor mykje av dette som blir verande i sjøen avheng av kor effektiv oppsamlinga blir. Plastoppsamling vil vere ein viktig del av vidare arbeid med testing og dokumentasjon av det føresette nedføringssystemet (kap. 2.2)



Figur 44: Elektroniske tennerar i bunt (til venstre), og restar frå elektroniske tennerar og annan plast etter sprengning, funne flytande i vannoverflata (til høgre) (Norconsult, 2017).

5.3 Nitrogenforbindelsar

Mengder

Ved tunneldrivinga vil det bli brukt sprengstoff med ammoniumnitrat (NH_4NO_3). Teoretisk kan ein anta at dei utlasta sprengsteinsmassane vil innehalde rundt 10 % udetonert sprengstoff. Det er ingen eksplosjonsfare knytt til dette. Udetonert ammoniumnitrat er svært vannløysleg, og ein kan rekne med at minst 50-70 % vil vaskast ut av deponiet kort tid etter deponering. Truleg vil andelen kunne vere enda høgare ettersom massane vert deponert direkte i sjø etter sprenging.

Mengda sprengstoff som vert brukt avheng mellom anna av bergart og lagdeling i fjellet. For Arna-Stanghelle-prosjektet kan ein førebels estimere at det vil brukast ca. 2,5 kg sprengstoff per m^3 fast fjell. Fleire kilder har kome fram til at det kan reknast med ca. 40g/ am^3 ammoniumnitrat for sprengte steinmassar (Bækken, 1998; Vikan, 2013; Lunestad, 2018). Uavhengig av om steinen vert deponert på land eller i sjø vil det i tilfelle bety at eit deponi på 2,5-3 millionar am^3 sprengstein vil innehalde rundt 100-120 tonn nitrogen. 70 % av dette gir totalt sett ca. 70-85 tonn nitrogen som vil lekke ut i fjorden per sjødeponi. Merk at dette gjeld totalt for heile anleggsperioden (ca. 4 år). Om ein legg til grunn at det vert deponert like mykje massar kvart år vil det seie at det årleg i fire år vert slept ut i fjorden i storleik 18-21 tonn nitrogen per deponi.

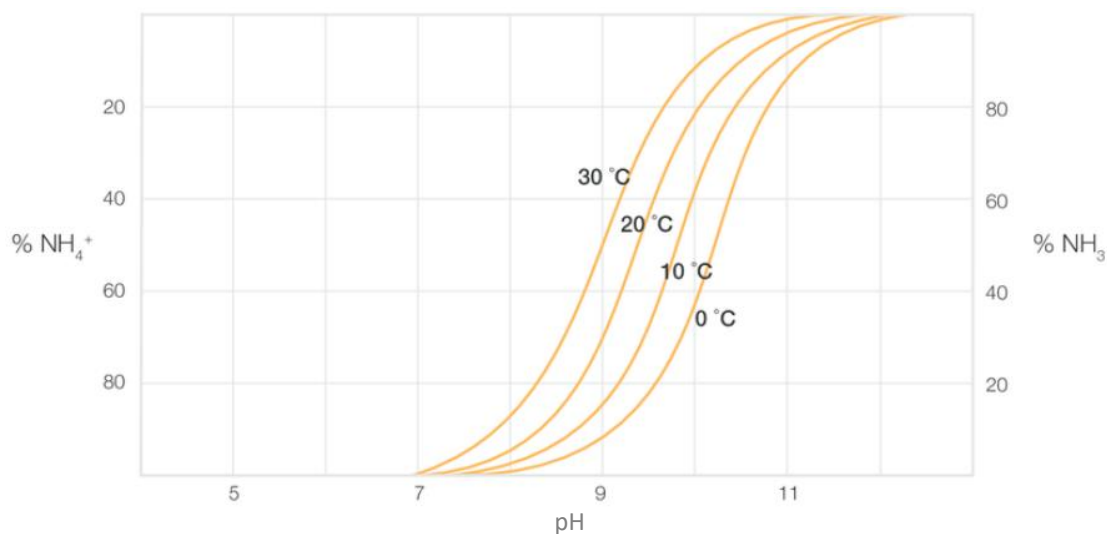
Til samanlikning vil eit vanleg kommunalt renseanlegg (10 000 pe) ha eit *permanent* årleg utslepp på Tot-N på ca. 10 tonn. Eit større renseanlegg (190 000 pe) kan ha utslepp på over 200 tonn Tot-N per år (Norskeutslipp.no). Dei tre deponia kan difor ikkje seiast å representere ei særskilt stor tilføring av nitrogen samanlikna med det ein normalt finn i sjøen rundt små og mellomstore byområde.

Potensielle verknader

Sprengstein med sprengstoffrestar vil her deponerast i lukka nedføringssystem (kap. 2.2) og plasserast på djupt vatn under fotisk sone. Dersom utlekking og spreining av nitrogen skulle skjedd lenger opp i vannsøyla, kunne det ha bidrege til auka algeoppblomstring (startande eutrofiering). Når

alger døyr, synk dei ned til botnen og vert nedbrotne ved forbruk av oksygen. Tilføring av nitrogen i fotisk sone kunne i tilfelle ha bidrege til ytterlegare reduksjon av oksygeninnhald i djupfjorden. Sedimentundersøkingar i mai 2020, viser *moderat* og *dårleg* tilstandsklasse for oksygeninnhald i botnvatnet i Sørfjorden (UiO, 2021), noko som støttar tidlegare funn gjort av NIVA (2019). Saman med ei generelt dårleg utskifting av djupvatn i fjorden, og tilskot av nitrogen frå andre kilder som akvakulturanlegg og landbruk, ville dette potensielt då kunne bidra til å forverre den økologiske tilstanden. Etersom utlekkinga av nitrogen vil skje i dei djupare vannlaga (jfr. metode for nedføring) der det er lite ljøs, vil dette truleg ikkje føre til auka eutrofiering på botn.

Dersom høge konsentrasjonar, kan utslepp av nitrogen potensielt også føre til akutt NH_3 -forgifting av vannlevande organismar. Eit slikt scenario må reknast som svært lite sannsynleg ved deponering av sprengstein i Sørfjorden. I vatn er vanlegvis ammonium i ei likevekt mellom ammoniakk (NH_3) og ammoniumioner (NH_4^+). NH_3 er svært giftig for vannlevande organismar (fisk, muslingar og insekt), medan NH_4^+ ikkje er giftig. Dersom ein både har høg pH og høg temperatur aukar andelen av ammoniakk, mens ved låg pH og lågare temperatur vil ammonium dominere (Figur 45). Det er kun når pH blir høgare enn 8-9 at $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ likevekten vil forskyvast i favør av NH_3 . Ein slik kombinasjon av pH og temperatur er lite aktuell der steinen vert deponert i Sørfjorden. Overvaking og eventuelt andre avbøtande tiltak er omtala i kapittel 6.5.



Figur 45. Likevekten mellom ammoniakk (NH_3) og ammonium (NH_4^+) ved ulike temperaturer og pH. Kombinasjon som kan gi akutt NH_3 -forgifting er svært lite aktuell i Sørfjorden på djupner der steinen vert deponert.

5.4 Oljesøl frå maskiner

Tunnelsteinen som vert køyrt frå stuff og ut til sjødeponi ved dei tre midlertidige kaianlegga vil normalt ikkje innehalde oljesøl eller kjemikalier. Dersom det skulle skje uhell med maskiner i samband med opplasting, vil det fortløpande vurderast om massane er blitt forureina i så stor grad at det er behov for rensing før deponering. Alternativt må desse salvane leverast til godkjent mottak for forureina massar i tråd med gjeldande tiltaksplanar.

Dersom det skulle skje uhell med oljesøl frå lastebilar/maskiner ute på dei flytande kaianlegga, er det føresett fastmontert oljelense og siltgardin på utsida rundt kailekter og nedføringsrøyra (jfr. kap 2.2, figur 5).

Sprengsteinen som vert frakta ut til sjødeponi omfattar ikkje forureina massar frå «botnrensk» av tunnelane, det vil seie sålen av stein som ligg att i tunnelane medan arbeid og utsprenging pågår. Massar frå botnrensk vert sortert, og den forureina delen vert frakta til godkjent mottak. Prosjektet vil i vidare arbeid med kontraktsutlysning og -vilkår legge inn økonomiske mekanismar som straffar entreprenørar som ikkje har gode planar og effektive tiltak mot oljesøl og anna forureining av tunnelsålen.

5.5 Seksverdig krom (Cr(VI)) frå sprøytebetong

Sprengsteinen *kan* innehalde seksverdig krom (Cr(VI)) som stammar frå injisering av sprøytebetong i sprekkesoner. Cr(VI) er svært giftig, delvis på grunn av at denne formen har lettare for å passere cellemembranar og dermed kome inn i celler hjå organismar (NIVA, 2016). Seksverdig krom dannar dessutan mange forbindelsar som er løyselege i vatn. Krom i akvatiske økosystem kan bioakkumulere i alger, vannplanter, virvellause dyr og fisk (NIVA, 2016). For å unngå skade på marint liv i fjorden må konsentrasjonen av krom i kystvatnet haldast under 3,4 µg/l (Miljødirektoratet, 2016). I Arna-Stanghelle-prosjektet er det ikkje gjort estimat på kor store mengder krom som forventast å følgje med sprengsteinen, men dei geologiske rapportane viser at behovet for injeksjon sannsynleg er lite/moderat. Ein kan difor med stor sikkerheit anta at dette vil vere så låge dosar at grenseverdien på 3,4 µg/l ikkje vert overstige.

5.6 Miljøgifter i sediment

Generelt viser sedimentprøver frå dei sju deponilokalitetane låg forureiningsgrad (kap 4, tabell 4-1). Det er likevel påvist enkelte miljøgifter med moderat, dårleg og svært dårleg tilstand. Påvist forureining i botnsediment gjeld arsen (ein stasjon ved Svabakken), TBT (ein stasjon ved Gamle Fossen og to prøver ved Romslo) og enkelte PAH komponentar ved fleire stasjonar. Forureininga kjem truleg frå utslipp frå diffus avrenning og havneaktivitet (RambøllSweco, 2020d).

Deponering vil hovudsakleg skje på hardbotn langs fjordsidene. Der større steinblokker treff blautbotn kan dette føre til oppvirvling av sedimenta. Generelt er det lite variasjon i forureiningstilstanden i fjordsystemet, og det er svært lite truleg at spreining av sediment vil forringe tilstanden i andre delar av fjorden. Utan vesentlege vertikale straumar, og med den naturlege sjiktinga i vannmassane, er det svært lite truleg at sediment vil bevege seg høgt oppover i vannsøyla. Etter kvart som sprengsteinsmassane vert deponert vil sjøbotnen dekkast av faste massar som i mindre grad let seg virvle opp. Dei fleste miljøgiftene er lite vannløyselege og vil halde seg i sedimentet som mest sannsynleg vil reetablerast på sjøbotnen ved fyllinga. Det er difor ikkje foventa at sjødeponi vil gi spreining av miljøgifter som påverkar den kjemiske og økologiske tilstanden i fjorden.

5.7 Støy

Det må reknast med at støy i samband med anleggsarbeidet og deponeringa vil kunne vere forstyrrende og ha negativ påverknad på fisk i influensområda. Fisk er følsomme for lydtrykk og partikkelrørsle. Vaksen vill fisk kan symje vekk fra område som er forstyrrende, i motsetnad til larver

og yngel som er mindre mobile. Avbøtende tiltak mot støy er kanskje særleg aktuelt i forhold til oppdrettsanlegg som ligg nær deponi, jamfør kap. 3.3 og 6.7.

Dei fleste studier viser likevel at skader av støyeksonering på fisk ikkje fører til negative effektar på fiskebestandar (Kvadsheim, Sivle, Hansen, & Karlsen, 2017). Anleggsfasen er midlertidig og det skal ikkje brukast seismikk, sonar, eller detonasjoner i anleggsfasen som har større skadeverknader på fisk, yngel og larver. Det er vurdert at støy i anleggsfasen for dette tiltaket vil ha ubetydeleg påverknad på rekruttering av kysttorsk.

Det er ikkje registrert raudlista arter av fugl ved sjølv deponilokalitetane. Anleggsarbeida kan likevel gi støy som kan forstyrre fuglar i nærliggjande område. Tiltaksområdet ligg langt frå eksisterende flyplass, havneanlegg mv., og fuglane i området er difor normalt ikkje utsatt for støy anna enn frå trafikk. Støynivået fra anleggsarbeida vil difor truleg vere høgare enn for dagens aktivitet i området. Undervannsstøy vil påverke sjøfugl indirekte ved at fisk vert skremt vekk frå området og at næringsgrunnlaget dermed vert dårlegare. Undervannsstøy kan også påvirke marine pattedyr som sporadisk ferdast i fjorden. Kombinert med støy frå normal båttrafikk kan dette føre til at dyra unngår området i større grad i anleggsperioden.

5.8 Lokale straumforhold ved deponia

Fjordskråninga og topografien i fjorden påverkar til ei viss grad lokale straumar og vannutskifting. Det kan difor i teorien tenkjast at nyetablerte deponi vil kunne endre dei naturlege straumforholda nær deponiet. Det er likevel føresett at deponia vert avslutta på djupne der det allereie i utgangspunktet er nokså låg straumhastigheit og skiftande retning. Det er difor lite truleg at deponia vil kunne få særleg innverknad på straumane i området.

5.9 Konsekvensutgreiing (KU) for marint biologisk mangfald

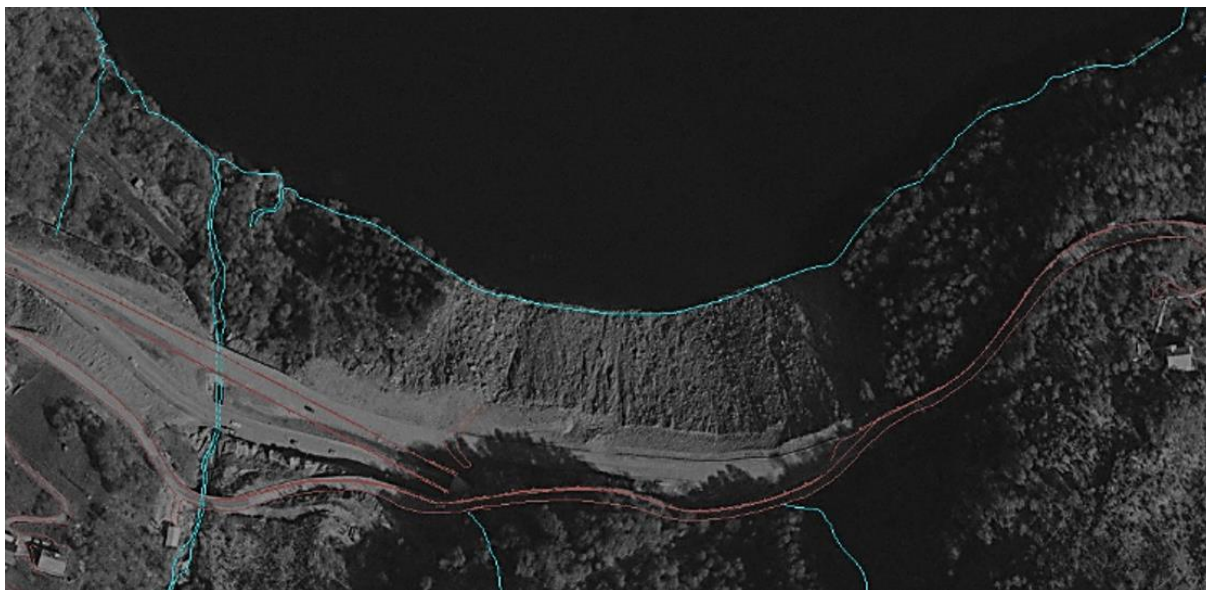
Konsekvensutgreiing (KU) for marint biologisk mangfald er utført i samband med moglege sjødeponi i Sørfjorden (RambøllSweco, 2020e). Utgreiinga er basert på observerte og vurderte verdiar av naturmangfaldet, sett i samheng med mogleg påvirkning frå sjødeponi ved dei ulike lokalitetene. KU er utført i samsvar med Håndbok V712 *Konsekvensutredninger* (SVV). Merk at konsekvensutgreiinga vart gjennomført før nyutvikla lukka nedføringsmetode (kap. 2.2) var aktuell.

Konsekvensutgreiinga konkluderer med at tiltaket samla sett vil medføre *noko negativ konsekvens* for marint biologisk mangfald (viktige naturtypar og økologisk funksjonsområde) samanlikna med nullalternativet. Vurderingane er basert på verdisetjing av nullalternativet som går ut frå dagens situasjon og naturleg utvikling i fjorden dersom det ikkje vert deponert massar.

Samtlege alternative deponilokalitetar har låge konsekvensgrader. Konsekvensgrad 1 minus (-) dominerer, det vil seie *noko miljøskade*. Det er mest påverknad og høgast konsekvensgrad i anleggsfasen. Vurderingane av konsekvens vart utført basert på foreløpige mengder sprengsteinmassar (RambøllSweco, 2020b), samt antatt mengde finstoff i deponimassane. Det er fokusert mest på påverknad og konsekvens som følgje av turbiditet og partikkelspreiing ettersom dette er vurdert til å ha potensielt størst verknad på miljøet.

5.10 Tilstand ved eksisterande, eldre sjødeponi – Kvernhusvika

Kan ein lære noko av tidlegare deponering av sprengstein i Sørfjorden? For å få ei betre forståing av kva som kan forventast av revegetering og tilbakevending av naturleg miljøtilstand vart det i februar 2021 gjennomført ROV-undersøkingar av sjøbotnen og det marinbiologiske mangfaldet i Kvernhusvika aust for Romslo (RambøllSweco, 2021a). Rundt 1980 vart det her deponert massar i sjøen, truleg frå tunneldriving like ved. Volum som vart deponert er ukjent.



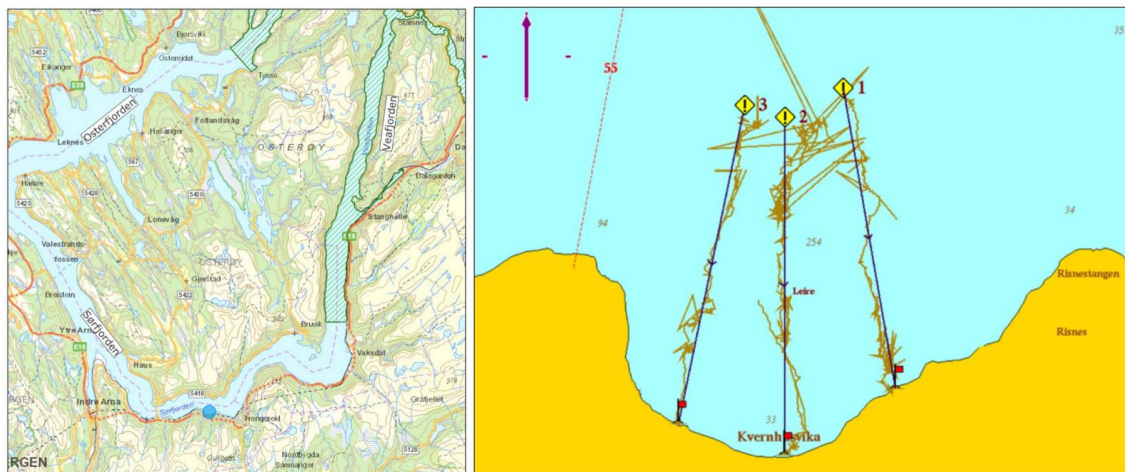
Figur 46 Ortofoto frå 1980 som viser utfylling i sjøen i Kvernhusvika. Dagens E16 med innløp for Risnestunnelen er vist med raudt.

I området fann ein spor etter det tidlegare steindeponiet, men det vart ikkje oppfatta som spesielt stort eller dominerende. Ei mogleg forklaring er den bratte fjordskråninga i området, der steinmassane har spreidd seg over eit relativt stort område ned mot ca. 270 m djupne der dei første spora etter deponerte massar vart observert. Det vart observert substratendring på sjøbotnen enkelte stader.

ROV-linjene som vart køyrt (figur 47) viser at tilvekst og artsmangfald i dei ulike områda med tilsynelatande deponerte steinmassar ikkje skil seg spesielt frå andre område med naturleg steinbotn eller hardbotn i området. Det er difor god grunn til å tru at artsmangfaldet i områda med deponert stein er relativt tilsvarande den naturlege tilstanden i området. Det vart ikkje registrert eller observert raudlista marine artar i Kvernhusvika under feltarbeidet, og artsmangfaldet vart vurdert til å ha *lite* til *middels* diversitet.

Når det gjeld substratstype og type artar er Kvernhusvika vurdert å tilsvare dei øvrige områda i Sørfjorden som vart undersøkt i 2020 (RambøllSweco, 2020a). Ein kan anta at sprengsteinmassene frå Arna-Stanghelle-prosjektet langt på veg vil tilsvare massene som vart deponert i Kvernhusvika. Funna til RambøllSweco (2021a) vil difor kunne vere samanliknbare med kva ein kan forvente ved deponering i dei potensielle deponilokalitetane i Sørfjorden. Samtidig vil volum og utbreiing av deponi også kunne påverke miljøeffektar og rekoloniseringshastigheit i eit gitt område. Dei relativt

positive funna og konklusjonane i Kvernhusvika kan difor ikkje eintydig overførast til andre sjødeponi og lokalitetar.



Figur 47 Planlagte og gjennomførte undersøkingslinjer med ROV i Kvernhusvika, februar 2021

5.11 Geoteknisk stabilitet

Det er gjort geotekniske vurderingar for alle aktuelle lokalitetar for sjødeponi (RambøllSweco, UAS-01-A-00027, Geoteknisk vurderingsrapport for alle deponiområder). Dette er basert på botnkotekart frå multistrålescanning av området, og vurdering av terreng- og grunnforhold i strandsona på land. Det er laga modell og profiler av dei potensielle deponiområda.

For dei lokalitetane der det ligg til rette for det (Langhelleneset, Gamle Fossen, Svabakken) er det modellert med eitt droppunkt. Massane vil då legge seg som ei kjegle med ein rasvinkel på rundt 45 grader (helning 1:1). For øvrige deponi er det føresett at nedføringa må varierast ved å sideforskyve lekter/nedføringsrør. Ved deponering av stein i skråning vil ein del av massane naturleg rase ut mot større djup. Det gjeld til dømes ved Linnebakkane. Det er vurdert å vere liten fare for større undersjøiske skred, og slike ville i tilfelle ikkje utgjere ein stor fare for folk eller infrastruktur på land.

Det er føresett avbøtande tiltak (kap. 6.8) for å ha kontinuerleg kontroll på oppbygginga av deponia. Då kan ein justere droppunkt for å sikre mest mogleg stabil oppfylling.

6 Forslag til avbøtande tiltak

6.1 Hovudtiltak

Den nyutvikla lukka nedføringsmetoden (kap.2.2) er eit hovuddtiltak mot negative miljøverknader av dei omsøkte sjødeponia. Nedføringsmetoden kunne vore lansert som eit forslag til avbøtande tiltak. Statens vegvesen ser likevel denne som så avgjerande for søknaden at vi har lagt den til grunn som ein del av tiltaket omtala i kapittel 2. Nedføringsmetoden er eit hovudgrep for å

- unngå spreieing av finstoff i dei øvre sjikta av fjorden
- unngå spreieing av flytande plastrestar i fjorden
- hindre utlekking av nitrogen i fotisk sone
- redusere maskinbehov, energibehov, klimagassutslepp, og kostnader
- redusere støy

Vidare modellering og testing vil optimalisere endeleg utforming og dokumentere verknader. Det er føresett gode rutinar og overvaking (turbiditet mv.) for å sikre at nedføringsssystemet heile tida fungerer slik det skal. Det er planlagt to nedføringsrør ved kvart kaianlegg. Dersom det eine skulle svikte, vil ein likevel kunne oppretthalde drifta med det andre. Ved uhell eller svikt for begge røyra, vil deponeringa og anleggsdrifta måtte stans til feilen er utbetra. Stans av anleggsdrifta er svært kostbart (kap. 8.1), så det er viktig for prosjektet å ha høg sikkerheit i systemet.

6.2 Ytre miljøplan / Miljøovervakingsprogram

Prosjektet har utarbeidd ein Ytre miljøplan (YM-plan), som i stor grad er det same som ein miljøoppfølgingsplan (MOP). Målet med YM-plan/MOP er å ta omsyn til miljøverdiar i planområdet gjennom heile prosjektperioden. Planen skal sikre at verknader på miljøet er innafør gitte rammer i lover og reglar, og følgje opp relevante skadereduserende tiltak frå konsekvensutgreiinga.

YM-planen er eit levande dokument som vil reviderast i vidare planlegging og detaljering av tiltaket. Det vil også utarbeidast ein eigen MOP for driftsfasen.

Det er lagt til grunn at det også vert utarbeidd eit meir detaljert miljøovervakingsprogram som skal godkjennast av Statsforvaltaren før anleggsstart.

6.3 Kontraktstrategi og -vilkår

Erfaring frå ulike prosjekt tilseier at utlysing av entrepriser og kontraktsvilkår ofte kan vere svært avgjerande for kva som vert dei faktiske miljøkonsekvensane ved bygging av samferdselsanlegg. I Arna-Stanghelle-prosjektet vil Statens vegvesen legge stor vekt på å få inn økonomiske mekanismar og krav som minimerer miljøulempene og klimagassutslepp av sjødeponi og anlegget generelt. Mål og krav til entreprenørane må vere strenge men samtidig realistiske. Tydelege sanksjonar må gjelde om krav ikkje vert oppfylt i byggefasen. Det kan også vere mogleg å premiere entreprenørar som leverer betre enn miljøkrava som vert sett.

Arbeid med kontraktstrategi, -vilkår og -utlysning vil pågå framover i 2021 og 2022. Statens vegvesen ser det som naturleg at vilkår rundt miljøverknader kan drøftast med Statsforvaltaren i den vidare søknadsprosessen for sjødeponi.

6.4 Supplerande sikringstiltak mot spreieing av finstoff og oljesøl

Som eit ekstra sikringstiltak er det føresett siltgardin rundt dei tre midlertidige kaianlegga og nedføringsløysinga (kap 2.2, figur 5). Desse vil avgrense spreieing av finstoffrestar som måtte havne i sjøen frå kailekter. Normalt vil dette vere svært lite då det er føresett at massane vert tippa rett frå lastebil i nedføringsrøyra.



Figur 48 Døme siltgardin (frå Aussie Products).

Siltgardiner vil vere utstyrt med oljelense. Dette vil hindre spreieing av oljesøl dersom det skulle oppstå uhell med maskiner eller utstyr på lekteren.

Både siltgardin og oljelense vil krevje vedlikehald. Saman med kontroll av nedføringsløysinga skal det etablerast rutinar for dagleg kontroll av dette sikringsutstyret. Brukte siltgardiner skal leverast til godkjent mottak.

6.5 Måling av turbiditet, pH og nitrogen

Nedføringsløysinga vil føre finstoffet ned til rundt kote -45 før det vert frigjort i vannmassane. Foreløpige resultat frå strømmålingane viser at det her nede er lite vertikale straumar. Dei horisontale straumane er samtidig klart mindre og har langt meir vekslende retning enn i dei øvre vannsjikta i fjorden (kap 4.2). Alt dette gir god grunn til å tru at spreieing av finstoff ikkje vil påverke torskeegg, anadrome laksefiskar eller oppdrettsanlegga i fjorden. Dette vil analyserast og dokumenterast i vidare modellering og testing av nedføringssystemet.

For å ha full kontroll på finstoffinnhald og -spreieing er det føresett kontinuerlege målingar av partikkelkonsentrasjonane (turbiditet) rundt kvart av dei tre kaianlegga i anleggsfasen. Det vert då lagt til grunn fleire akustiske instrument (ADCP) som gir online profilmålingar av TSS (Total Suspended Solids) i området 0-45m av vannsøykla. TSS målingar tilsvarar optiske turbiditetsmålingar, men måler ein større del av vannsøykla. Akustiske instrument er også lite påverka av tilgroing eller nedslamming. Instrumenta plasserast på strategiske stader i forhold til deponilokalitetane og kvar det vil vere aller mest kritisk med finstoff i øvre vannsjikt. Døme på det er Langhelleneset der oppdrettsanlegget Sandvik ligg rundt 900 meter frå deponistaden (kap.3.3). Miljødirektoratet har i sine retningslinjer for sjødeponi (Klima- og forurensingsdirektoratet veileidar 2624-2010) gitt føringar med grenseverdier for akseptable turbiditet.

ADCP-målarane vil gi automatisk alarm dersom det skulle oppstå for høge partikkelverdier i fastsette kritiske soner og sjikt. Årsaker kan då til dømes vere uhell/feil ved nedføringssystemet eller sjeldne særskilte straumtilhøve. For høge verdier vil då bety full stans i deponeringa ved lokaliteten inntil verdiane er akseptable.

Det må vurderast nærare om det også er behov for kontinuerleg måling av pH i anleggsfasen. Som omtala i kap 5.3 er det her svært låg sannsynlegheit for at det på djupt vatn i Sørfjorden kan oppstå kombinasjon av temperatur og pH som gir skadeleg konsentrasjon av sprengstoffrelatert ammoniakk. Nitrogentilføring under fotisk sone vil heller ikkje bidra til vesentleg eutrofiering i fjorden.

6.6 Supplerande tiltak mot plastforureining

Det lukka nedføringsystemet er eit hovudtiltak mot spreieing av plastrestar frå tunnelmassen. Supplerande tiltak og sikring må her mellom anna tilpassast val av tennsystem. Som omtala i kap. 5.2 vil Statens vegvesen legge til grunn ein fullt ut ansvarleg strategi med effektive løysingar mot plastforureining. Val av tennsystem bør drøftast med Statsforvaltaren.

Ved bruk av elektroniske tennerar kan ein rekne at 97-99% av plasten synk ned og legg seg i deponiet saman med steinen. Det er effektivt mot spreieing av synleg plast i overflata, men kan ha ulemper i forhold til langsiktig verknad med nedbryting til mikroplast. Eit førebels estimat basert på testforsøk (Norconsult 2017a) tilseier ei total plastmengd i deponia på rundt 16 tonn frå 7,5 mill. am3 sprengstein.

Ved bruk av NonEL-tennsystem vil estimat for samla plastmengde auke til rundt 23 tonn. Samtidig vil plasten her flyte opp. Det betyr at alt som vert vaska av og fanga i nedføringsrøyret kan samlast opp og leverast til godkjent mottak. Gitt effektiv oppsamling kan difor total plastmengde i fjorden bli vesentleg mindre enn ved elektroniske tennerar. Effektiviteten i forhold til plastoppsamling vil vere ein viktig del av vidare testing og dokumentasjon av nedføringsløysinga.

Uavhengig av tennsystem vil det vere behov for supplerande overvaking og tiltak mot plastrestar som måtte flyte opp på utsida av nedføringsrøyra. I Sørfjorden vil det ikkje vere praktisk mogleg å etablere store område som er avgrensa av lenser eller siltgardiner. Statens vegvesen legg i staden til grunn at ein bør satse på nye teknologiske løysingar. Det pågår for tida mykje utvikling og testing av autonome robot-droner som både identifiserer og samlar opp plastavfall i sjø. Fram til anleggstart må ein i samråd med Statsforvaltaren vurdere nærare kva system som er best eigna i Sørfjorden.



Figur 49 Døme på nyutvikla autonom drone for plastoppsamling. Kjelde: Clean Sea Solutions/Maritime Robotics

6.7 Støyreduserande tiltak

Støyreduserande tiltak i samband med anleggsarbeidet på land er gjort greie for i Fagrapport støy (RambøllSweco, 2020). Det inkluderer også arbeid på midlertidige kaianlegg.

Som vist i kapittel 2.2 gir den føresette nedføringsmetoden gode moglegheiter til støydemping ved å bygge «tipphus» over og rundt nedføringsrøyra. Når det gjeld undervannsstøy er det særleg viktig å finne løysingar som dempar lyden av stein som vert tippa mot stål. Ei løysing kan her vere å kle den øverste delen av nedføringsrøyra med tømmer, jamfør kap. 2.2, figur 5. Dette må utgreiast meir i vidare utvikling og testing av systemet.

Øvrige tiltak mot støy må vurderast i vidare prosjektering.

6.8 Tiltak for å sikre stabil oppbygging av fylling

For å ha kontroll på omfang av fyllinga, og sikre geoteknisk stabilitet, er det føresett system for kontinuerleg overvaking. Beste løysing vil truleg være fastmontert utstyr for kontinuerleg/jamnleg multistråle-scanning av fyllinga og sjøbotnen. For kontroll av nedføringsrøyr og fylling kan det også vere aktuelt med meir sporadiske inspeksjonar med ROV.

Overvakinga gir grunnlag for å justere droppunkt undervegs ved å skyve på lekter/nedføringsrøyr.

6.9 Kontroll og rapportering

I samråd med Statsforvaltaren må det i vidare planlegging utarbeidast gode kontroll- og rapporteringsrutinar for deponeringa av sprengsteinmassar i Sørfjorden. Det må også lagast ein beredskapsplan, med rutinar for varsling, for å handtere uforutsette hendingar.

7. Alternativ avhending av massar

Som omtala i innleiingskapitlet er søknaden om sjødeponi eit resultat av eit omfattande arbeid for å finne samfunnsnyttig bruk av tunnelmassen innafør *akseptable kostnader, miljøverknader og klimagassutslepp*. Der desse vilkåra kan ligge til rette, vil arbeidet med å inngå intensjonsavtalar med eksterne mottakarar halde fram. Slik situasjonen ser ut i dag er det likevel lite realistisk å finne andre gode løysingar enn sjødeponi for større deler av overskotsmassen. Med føresette gjennomføringsmetodar og avbøtande tiltak gir sjødeponi svært mykje lågare kostnader og prosjektrisiko, lågare klimagassutslepp, akseptable miljøverknader i anleggsfasen, og små verknader i permanent situasjon. Skilnader i kostnader og klimagassutslepp mellom alternative løysingar for massehandtering er vist i kapittel 8.

7.1 Oppsummering av arbeidet med massehandtering

Omfattande søk i nærområdet - fem landdeponi er med i reguleringsplanen

I planarbeidet er det kartlagt og vurdert ei rekkje område innafør og i rimeleg nærleik til planområdet med mål om samfunnsnyttig bruk av tunnelmassen. I planframlegget er det til slutt foreslått regulert fem moglege anleggsnære landdeponi med samla potensial på rundt 3 mill. am³. Desse er omtala i kapittel 7.2, og nærare skildra og illustrert i Fagrapport massedeponi (RambøllSweco 2020b).

Prosjektet har også utgreidd og forkasta bruk av stein langs det tilgrensande fylkesvegnettet. Fylling i Grimevatnet langs fv587 Grimesvingane er forkasta særleg på grunn av geoteknikk og flaumfare. Det er vidare kartlagt og vurdert tiltak langs fv49 mot Samnanger. Utgreiinga viser at desse tiltaka vil ha høge kostnader og avgrensa nytte. Fylkeskommunen har meldt tilbake at ein ikkje har økonomi til å prioritere dette. I samråd med fylkeskommunen, Bergen kommune og Samnanger kommune er det også sett på ulike alternativ for å bruke tunnelstein til å etablere utfartsparkering ved Gullbotn. Tilbakemeldinga frå partane er at ein heller vil finne andre løysingar som ikkje inneber steinfylling i Øyjordsvatnet.

Nasjonal og internasjonal utlysing - eksport er ikkje realistisk

Vidare er det gjennomført ei nasjonal og internasjonal utlysing (Doffin/TED). Det er her også teke direkte kontakt mot større selskap innan steinmarknaden og shipping, konsulat, og kommunar på Vestlandet. Utlysinga og omtale i media (NRK, aviser) har ført til dialog med norske og internasjonale aktørar i stein- og betongmarknaden, og ei rekkje private aktørar.

Oppsummert er realismen i eksport låg. Årsakene er samansette og gjeld både produktet (usortert tunnelstein), steinmarknaden, og store kostnader. Betalingsvilje for transport er fråværande. Tunnelstein er ikkje det same som stein produsert i ordinære dagbrot av kommersielle aktørar. Dette er vesentleg for bruksområde og kor attraktiv steinen er for kommersiell gjenvinning eller eksport. Usortert tunnelstein inneheld meir finstoff, og relativt lite stor stein som er det som generelt er etterspurt i Europa. Tunneldriving gir også større variasjon i bergartar og kvalitet. Samanlikna med kommersiell stein sprengt ut og foredla i dagbrot vil ein større andel av tunnelsteinen vere oppsprukken. Det er særleg også finstoffet som er utfordrande med alle former for bruk eller

deponering. Egenskapar ved produktet og marknadsmekanismar er truleg også årsak til at heller ikkje andre prosjekt har lukkast med å avhende norsk tunnelstein til utlandet.

Også få regionale løysingar med akseptable kostnader, klimagassutslepp og miljøverknader

Regionalt og lokalt pågår dialog med fleire offentlege og private interessentar som kan vere aktuelle å inngå intensjonsavtale med. Bergen bystyre har i sak 59/20 meldt interesse for 4 mill. m³ stein til havneområdet Dokken som skal transformerast. Utfylling i sjø vil her skape svært store tomteverdiar i sjøfronten sentralt i Bergen, der verdiskapinga betydeleg vil overstige dei høge transportkostnadene med lekter. I ei ny byrådssak om arealstrategi for Dokken som no vert lagt fram, er volumbehovet for utfylling nær halvert i forhold til det som tidlegare var føresett i bystyret sitt vedtak. Rapporten «Utredning av landskap og ekspansjon i sjø, Dokken og Jekteviken» (Norconsult, 2021-03-21) slår fast at utfyllingsbehovet med tilrådd strategi er 2,2 mill. m³. Samtidig er det kjent at Bybanen btr5 inkl. forlenging av Fløyfjellstunnelen også har eit sannsynleg stort masseoverskot i same tidsrom som Arna-Stanghelle-prosjektet.

Per april 2021 har Statens vegvesen Utbygging avklara intensjonsavtale med ein ekstern mottakar. Avtalen med NCC Arna Steinknuseverk på Gaupås gjeld mottak av inntil 1,6 mill. am³ frå tunnelstrekninga Arna-Trengereid. Denne steinen (inntil 15% av totalt overskot) er ikkje del av massane som vert teke ut til midlertidige kaianlegg. Av dei øvrige regionale og lokale interessentane som har meldt seg er dei aller fleste urealistiske og uaktuelle. Lang og kostbar transport, klimagassutslepp, miljøutfordringar, manglande plangrunnlag, låg nytte/verdiskaping, og for små volum er årsaker til det.

I regi av Miljøløftet er det nyleg teke initiativ til å etablere ei faggruppe som skal sjå på mogleg bruk av overskotsmassar. Primært er fokuset her å finne løysing for steinmassar frå Bybanen btr5, men ein skal også sjå dette i høve til andre prosjekt i Bergensområdet. Arna-Stanghelle-prosjektet bidreg her, og Statens vegvesen vil følgje opp løysingar som eventuelt allereie ikkje er undersøkt. Erfaringa er at det likevel ofte ein lang veg å gå frå idéstadiet til noko som faktisk let seg realisere.

Statens vegvesen viser også til rapporten «Samfunnsnyttig massehandtering, med K5 Arna-Stanghelle som Case» (AsplanViak, sept.2020). Rapporten, som er utarbeidd for Vestland fylkeskommune, underbyggjer i stor grad dei store utfordringane som her er knytt til steinmarknad/produkt, kostnader og klimagassutslepp.

7.2 Regulerte landdeponi

Potensial 3 mill. am³ - varierende nytte

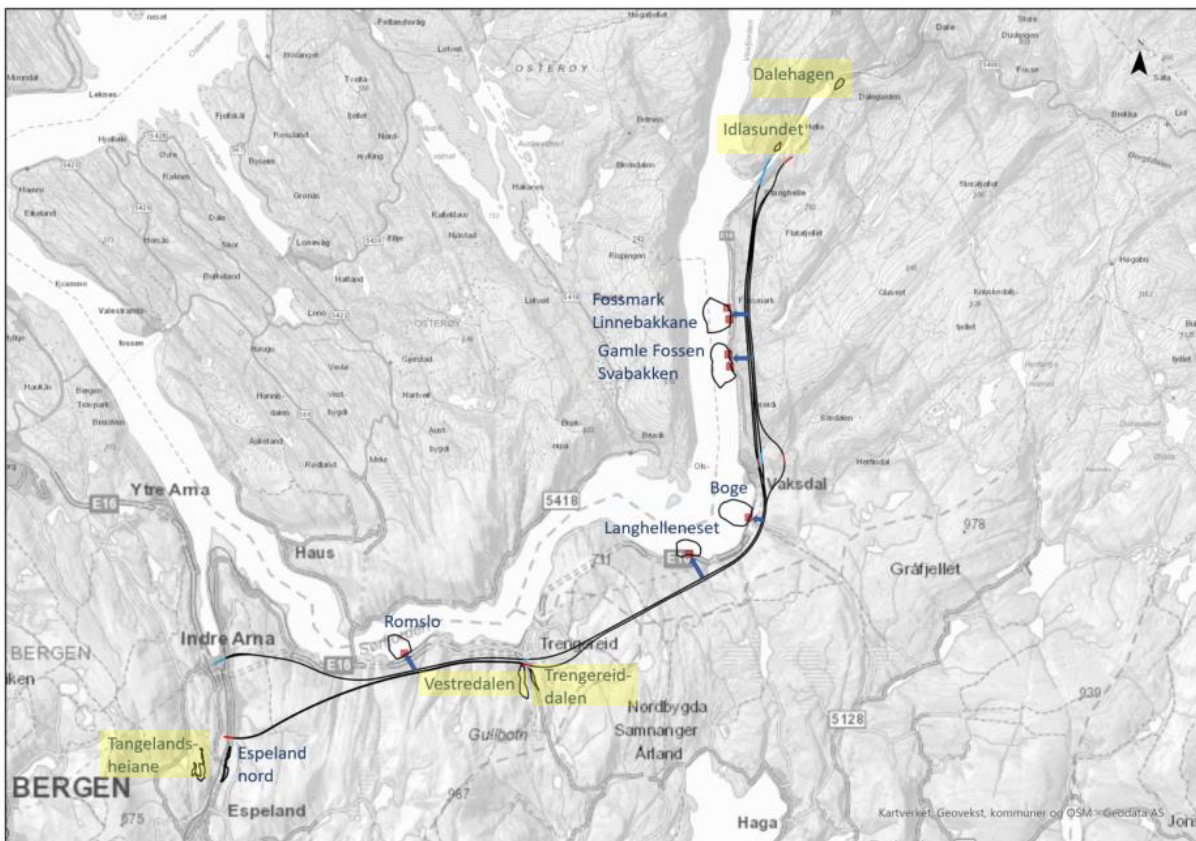
I planframlegget er det regulert fem moglege anleggsnære landdeponi med samla potensial på rundt 3 mill. am³. Det vert vist til «Fagrapport Massedeponi», og konsekvensutgreiing for detaljert omtale og illustrasjonar av desse:

Landdeponi	Volumpotensial
Dalehagen	0,70 mill. am ³
Idlasundet	0,12 mill. am ³
Trengereiddalen	0,30 mill. am ³
Vestredalen	1,00 mill. am ³
Tangelandsheiane	1,00 mill. am ³
SUM regulert potensial	3,12 mill. am³

Nytten av landdeponia er varierende. Mest nytte får ein av oppfylling i Trengereiddalen som vil gi forbiøyringsfelt og gang- og sykkelveg. Dalehagen og Trengereiddalen vil også nyttast som mellombels riggområde og knuseverk. For Dalehagen er det

regulert tilkomst som og gjer det mogleg å bearbeide og ta ut massar i etterkant («massebank»). Deponi i Tangelandsheiane i Arna er i planen regulert til jordbruksformål. Vestredalen på Trengereid, og Idlasundet ved Stanghelle er reine massedeponi utan etterbruk. Idlasundet har likevel avgjerande nytte i forhold til å redusere ulempene ved anleggsgjennomføring på Stanghelle. Området «Espeland nord» i Arna er regulert til midlertidig riggområde/knuseverk, men her vil det ikkje vera plass til overskotsmassar. Dette er eit område som i etterkant vil regulerast til næring slik det er føresett i kommuneplanen.

Som for sjødeponi, har deponering eller bruk av tunnelmassen på land eller i sjø også miljøkonsekvensar. Sjødeponia det vert søkt om har stort volumpotensial. Deponering av meir stein enn «sannsynleg volum» gir i praksis lite utslag på omfang og utbreiing av fylling. Sjødeponi kan då eventuelt også erstatte planlagte landdeponi som har låg eller ingen nytte/etterbruk slik at ein dermed kan unngå punktering av fleire område enn naudsynt. I første rekkje gjeld det områda Vestredalen på Trengereid og Tangelandsheiane i Arna.



Figur 50 Oversikt over landdeponi i framlegget til reguleringsplan.

8. Kostnader og klimagassutslepp

8.1 Kostnader

Store kostnadsskilnader mellom ulike scenarier for massehandtering

Den tunnelmassen som minimum *må* førast ut til tre midlertidige kaianlegg ved Sørfjorden er i storleik 7,3 mill. am³. For dette volumet er det laga kostnadskalkyler med ti ulike alternativ for vidare massehandtering. Arbeidet er utført av TROCON AS, med lang erfaring frå anleggsdrift og god kunnskap om prisar i marknaden. For båt, lekterar, slepebåtar, los, utstyr/-maskiner, og avbøtande tiltak (silt-/boblegardin, overvaking, støyskjerming) er det særskilt henta inn prisar til kalkylen.

Dei ti alternativa som er kalkulert gjeld både scenarier der all massen er transportert til eksterne mottakarar, og ulike løysingar for nedføring til sjødeponi. Kombinasjonsscenarier er også med. Her er kun resultatata oppsummert. Dei viser svært store skilnader mellom ulike løysingar, og gir tydelege svar som også vil gjelde for andre liknande scenarier som ikkje er kalkulert. Detaljerte føresetnader og dokumentasjon av alternativ og kalkyler kan formidlast i møte med Statsforvaltaren.

Bak kostnadstala i dei enkelte scenariene ligg detaljerte vurderingar, oppsett og illustrasjonar av nødvendig utstyr, logistikk og operasjonar for å handtere massen. Maksimal produksjon, rundt 25.000 tonn per døgn, er dimensjonerande. Betydelege ekstra kostnader vil inntreffe i alternativ der det til dømes er nødvendig å bygge opp og ned kapasitet over året. Alternativ som krev mange operasjonar, omlasting eller mating med transportband/feeder, er også svært kostnadsdrivande i forhold til løysingar der lass frakta frå tunnelen kan tippast direkte i nedføringsrøyr. Alternative løysingar vil også i ulik grad ha faste kostnader uavhengig av volum. Særleg for løysingar med transport (slepebåt/lekter/båt) vil det typisk også vere terskelkostnader for å få logistikken til å gå opp. I alle løysingar er føresettt noko reservemateriell for å unngå stans i anleggsdrifta.

Tabell 8-1 Kostnadskalkyle for alternative scenarier med massehandtering frå kaianlegga - NB! Dette er netto entreprisekostnader ekskl. påslag for entreprenørens rigg og drift, usikkerheit, og mva.

Alternativ for massehandtering etter at stein er frakta ut til kaianlegg	Entr. kost (mill.kr)	Per fm3 (kr)
Alt 1 All tunnelmasse fraktast frå kaianlegga til eksterne mottakarar		
1a. All tunnelmasse fraktast med lekter til Dokken og Eikefet	1.122	233
1b. All tunnelmasse fraktast med bulkskip til Danmark	2.848	591
Alt 2 All tunnelmasse førast ned til sjødeponi frå kaianlegga		
2a. Direkte tipp i sjøen innafor fastmontert siltgardin/boblegardin	391	81
2b. Mating og nedføring i 50m lange plastrøyr (ø 2-2,5m)	712	148
2c. Direkte tipp og nedføring i 50m lange stålrøyr (ø 5m)	276	57
2d. Endetipp frå land (utan kailekter) innafor fastmontert siltgardin	335	69
2e. Knusing i fjellhall, med transportband ut til 50m lange stålrøyr (ø 2-2,5m)	628	130
Alt 3 Kombinasjonsløysingar		
3a. Stor stein (>250mm) til Danmark + Mating i 50m lange stålrøyr (ø 2-2,5m)	1.578	327
3b. 30% til Dokken + Direkte tipp og nedføring i 50m lange stålrøyr (ø 5m)	550	114
3c. 3mnd. frakt til Dokken + 9mnd. direkte tipp i 50m lange stålrøyr (ø 5m)	602	125

Merk at kostnader i kalkylen er netto entreprisestkostnader. For reelle kostnader og kostnadsskilnader må ein då legge til påslag for entreprenørens rigg&drift, usikkerheit, og MVA.

Av løysingane med nedføring til sjødeponi har alternativ 2c. minst risiko og lågast kostnad

Den nyutvikla lukka nedføringsmetoden med direkte tipp i vide og 50 meter lange stålrør er nærare illustrert og omtala i kapittel 2.2. Kalkyleresultata med låg kostnad og samtidig låg risiko for stans i anleggsdrifta gjer at denne metoden med avbøtande tiltak er lagt til grunn som nedføringsløysing i søknaden. Direkte tipp gjer at dette er eit enkelt og sikkert prinsipp med få operasjonar og lite utstyr. I motsetnad til den klart dyrare løysinga 2a. med tipp innafor fastmontert silt- og boblegardin, vil løysing 2c. føre massane ned under fotisk sone i eit lukka system. Endeleg utforming og konstruksjon må avklarast og dokumenterast gjennom vidare modellering, testing og optimalisering.

Transport av all stein til Dokken/Eikefet kostar 4 gonger meir enn sjødeponi

Kalkylene viser at scenarie 1a. med frakt av totalt 7,3 mill. am³ til Dokken og Eikefet vil vere 4 gonger dyrare enn sjødeponi alternativ 2c. Prosjektrisiko er også klart større. Dei største kostnadene er her knytt til slepebåtar (slep og sikring), lekterar og los (Bergen), men det er også betydelege kostnader for lasting/lossing. For dei tre lokalitetane vil det her over ein periode på inntil 48 månader kontinuerleg vere behov for i alt 7 store transportlekterar, 4 slepebåtar, 4 mindre slepebåtar til sikring, los i Bergen, 7 lastemaskiner som følgjer lektrane og 3 lastemaskiner på kaiområda.

Eksport og eventuell sortering er svært kostbart og kan neppe seiast å vere samfunnsnyttig

Kalkylen for scenarie 1b. med frakt av all steinen (usortert) til Danmark med bulkbåt viser at dette kostar heile 10 gonger meir enn sjødeponi med alternativ 2c.

I alternativ 3a. vert tunnelmassen sortert slik at $\frac{1}{4}$ av massane (stor stein > 250mm) går til Danmark med lekter, medan $\frac{3}{4}$ går til sjødeponi. Kalkylen viser at dette kostar nær 6 gonger meir enn om all steinen går til sjødeponi i alternativ 2c. Med ei omløpstid på 7 døgn vil det med reservemateriell vere behov for 9 transportlekterar, 5 slepebåtar, 5 mindre slepebåtar til sikring. Over ein periode på inntil 48 mnd er det berekna at det vil vere om lag 650 turar/slep til Danmark i denne kombinasjonen.

Oppsummert vil kostnader med å eksportere stein vere særdeles store. Lang transport med omfattande og sårbar logistikk gir også ekstrakostnader ved kaianlegga. Klimagassutslepp vil vere betydelege, jfr. kap 8.2. Når usortert tunnelstein heller ikkje er etterspurt i Europa, ser vi eksportløysingar som uaktuelle å arbeide vidare med.

Stans i anleggsdrifta har ein høg døgnkostnad - stor skilnad i risiko mellom ulike scenarier

Grovt sett kan ein rekne at stans i tunneldrifta vil koste 0,5-0,8 mill. kroner per døgn for kvart av dei tre anleggstverrslaga. Det vil her vere stor skilnad i risiko i dei ti scenaria som er kalkulert. På grunn av omfattande og sårbar transportlogistikk vil risikoen for stans i tunneldrifta vere klart høgare i løysingar med eksterne mottakarar enn ved sjødeponi. Også alternativa med sjødeponi er ulike. Risikoen vert redusert dess enklare systemet er. Det gir færre operasjonar og mindre utstyr som kan svikte. Den tilrådde nedføringsløysinga (2c.) er vurdert å ha lågast risiko for stans i tunneldrifta.

8.2 Klimagassutslepp

Klimabudsjett for heile prosjektet, eksklusiv massehandtering

Ved hjelp av VegLCA er det laga eit foreløpig klimabudsjett for reguleringsplanen. Det er der ikkje inkludert massehandtering utover at steinen vert frakta til tunnelmunning.

Klimabudsjettet viser samla utslepp frå bygge- og driftsfase (60 år) på rundt 590 tusen tonn CO₂-ekvivalentar. Dette er utgangspunktet før vidare optimalisering og klimakutt i prosjekteringsfasen og arbeid med kontraktsutlysing og -vilkår. Det er peika på mange tiltak som her kan gi reduksjon i utslepp.

Kor mykje tillegg vil alternative løysingar for massehandtering gi?

For å illustrere nivå og skilnader på utslepp frå massehandtering er det for prosjektet laga ein forenkla reknearkmodell basert på gjennomsnittlege utsleppsfaktorar per tonnkilometer for ulike transportmidlar/-måtar. I modellen er det rekna utslepp frå dei same 10 alternativa som det er gjort kostnadskalkyler for. I tillegg er inkludert lastebiltransport for steinen som ikkje vert teke ut til sjø.

Alternativ for massehandtering etter at stein er frakta ut til kaianlegg	
Alt 1 All tunnelmasse fraktast frå kaianlegga til eksterne mottakarar	
1a.	All tunnelmasse fraktast med lekter til Dokken og Eikefet
1b.	All tunnelmasse fraktast med bulkskip til Danmark
Alt 2 All tunnelmasse førast ned til sjødeponi frå kaianlegga	
2a.	Direkte tipp i sjøen innafor fastmontert siltgardin/boblegardin
2b.	Mating og nedføring i 50m lange plastrøyr (ø 2-2,5m)
2c.	Direkte tipp og nedføring i 50m lange stålrøyr (ø 5m)
2d.	Endetipp frå land (utan kailekter) innafor fastmontert siltgardin
2e.	Knusing i fjellhall, med transportband ut til 50m lange stålrøyr (ø 2-2,5m)
Alt 3 Kombinasjonsløysingar	
3a.	Stor stein (>250mm) til Danmark + Mating i 50m lange stålrøyr (ø 2-2,5m)
3b.	30% til Dokken + Direkte tipp og nedføring i 50m lange stålrøyr (ø 5m)
3c.	3mnd. frakt til Dokken + 9mnd. direkte tipp i 50m lange stålrøyr (ø 5m)

Gjennomsnittlege utsleppsfaktorar er henta frå rapporten «Samfunnsnyttig massehandtering, med K5 Arna-Stanghelle som case» (Asplan Viak, sept. 2020). Det er i tillegg gjort supplerande innhenting av data for å estimere forventede utslepp ved lekterslep der det vert brukt to slepebåtar slik det her er føresett. Masseoverskot for kvar tunnelstrekning er henta frå detaljert mengdeoppsett i prosjektet. I modellen er det ikkje medrekna massar som skal gjenbrukast i prosjektet.

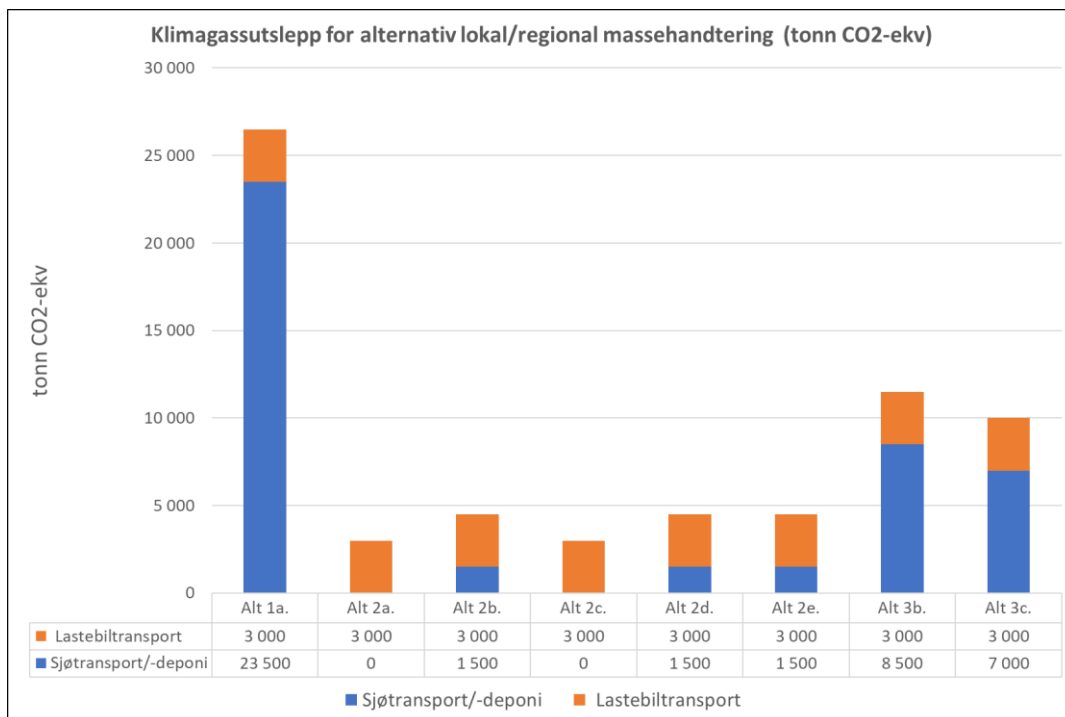
Overskotsmassane er i modellen fordelt på kvar steinen kjem ut. Til saman er det i berekningane føresett at vel 4,8 mill. fm³ (= 7,3 am³) vert teke direkte ut til dei tre midlertidige kaianlegga ved Sørfjorden. I alternativa er denne steinen anten frakta vekk til eksterne mottakarar, eller på ulike måtar ført ned til sjødeponi. Det er også tre kombinasjonsløysingar. Resten av masseoverskotet vert teke ut på stader der steinen må fraktast vekk med lastebil. I utgangspunktet er det då føresett transport til dei regulerte landdeponia og ein ekstern mottakar.

Klare skilnader for alternativa med lokal/regional massehandtering

Berekingane er basert på at volum som handterast frå kaianlegga er 4,8 mill. fm³. Om vi held utanfor dei to alternativa med eksport (Danmark), viser resultatata at det er klare skilnader på alternativa som gjeld sjødeponi og dei som har lekertransport til Dokken/Eikefet.

- Alternativ 2c. og 2a. med sjødeponi og tipp direkte frå lastebil vil gi tilnærma null i klimagassutslepp ut over det som er inkludert i klimabudsjetten for bygging (VegLCA). Desse alternativa krev ikkje ekstra operasjonar/maskiner. Den føresette nedføringsmetoden i søknaden, alternativ 2c, kjem dermed best ut både på kostnader og klimagassutslepp.
- Alternativa 2b, 2d, og 2e med sjødeponi vil krevje maskiner/utstyr for mating/omlastning til nedføringsrøyr. Dette gir utslepp på tilnærma 1.500 tonn CO₂-ekv.
- Alternativ 1a der 2/3 av massen er frakta til Dokken og 1/3 til Eikefet gir berekna utslepp i storleik 23.500 tonn CO₂-ekv.
- I kombinasjonsalternativa alt 3b og 3c vil deler av massen fraktast med leker til Dokken, hhv. 30% og 25%. Dette gir berekna utslepp på hhv. 8500 og 7000 tonn CO₂-ekv. Resten av massen i desse alternativa vil gå til sjødeponi med tilnærma null utslepp.

I alle scenarier vil bidraget frå lastebiltransport (rundt 2,1 mill. fm³) vere om lag det same, knapt 3000 tonn CO₂-ekv. Sjølv om lastebiltransport har klart høgare utslepp per tonnm enn lekertransport, vert tala relativt små fordi mengden er mindre og transportavstandane vesentleg kortare enn lekertransport til Dokken/Eikefet.

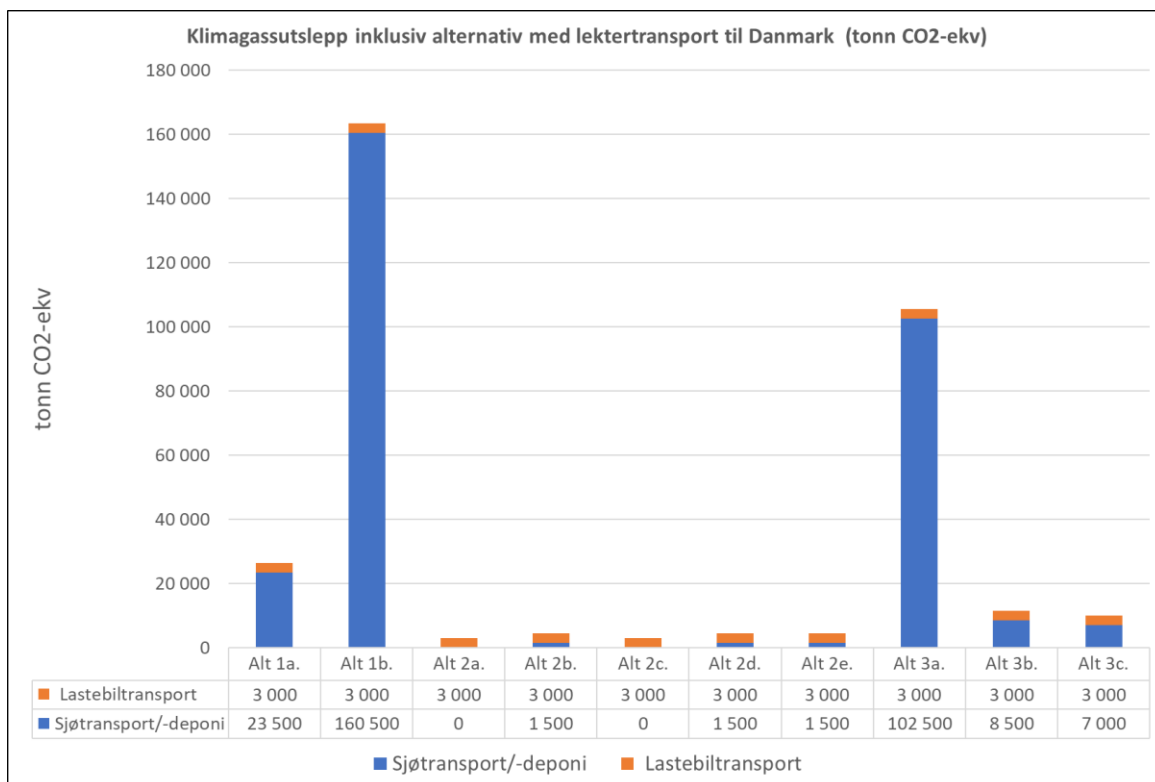


Figur 51 Klimagassutslepp (tonn CO₂-ekv) for alterativ med lokal/regional massehandtering

Eksport ville gi svært store klimagassutslepp

Om ein også inkluderer dei to scenaria som inneheld transport med båt eller lekter til Danmark, viser resultatata at utsleppa då kjem i ein heilt annan skala enn om massehandteringa skjer lokalt/regionalt.

- Alternativ 1b. der 4,8 mill. fm³ usortert tunnelstein vert frakta til Danmark med båt, gir utslepp på rundt 160.000 tonn CO₂-ekv. Dette betyr at klimabudsjettet for bygging og drift i prosjektet si levetid vil auke med 25-30% om vil legg til utslepp frå massehandteringa. Eventuell bruk av lekter i staden for båt ville kunne ha nokre fordeler, men ville samtidig auke utsleppa til rundt 400.000 tonn CO₂-ekv.
- I alternativ 3a. vil det vere 1/4 av massen (stein>250mm) som vert frakta til Danmark med lekter. Det gir berekna utslepp på vel 100.000 tonn CO₂-ekv.
- Dersom eksport på noko vis skulle baserast på mellomlager undervegs (ikkje mogleg i prosjektet sitt nærrområde) ville det auke utsleppa ytterlegare på grunn av fleire operasjonar og maskiner.



Figur 52 Klimagassutslepp (tonn CO₂-ekv) inklusiv alternativ 1b. og 3a. med båt-/lektertransport til Danmark

9. Referansar

- Akvaplan NIVA. (2019). *Miljøovervåkning i Sørfjorden ved Osterøy*.
- Artsdatabanken. (2020a, Mars). Hentet fra Artskart.
- Artsdatabanken. (2020b, Mai 12). *Norsk Rødliste for arter 2015*. Hentet fra Artsdatabanken: <https://artsdatabanken.no/Rodlist>
- Artsdatabanken. (2020c, Mai 19). *Fremmedartsliste 2018*. Hentet fra Artsdatabanken: <https://www.artsdatabanken.no/fremmedartslista2018>
- Bergens Tidene. (2021, januar 24). *Avisartikkel skrevet i samarbeid med representanter fra UiB, Havforskningsinstituttet, Bjerknæssenteret SF i Vestland, Rådgivende Biologer. Fisk forsvinner. Bunnen er rått og livløs. Det foregår noe skummelt i flere av fjordene våre*. Hentet fra Bergens Tidene: <https://www.bt.no/nyheter/lokalt/i/AllOz/fisk-forsvinner-bunnen-er-raatten-og-livloes-det-foregaar-noe-skummelt>
- Bækken, T. (1998). *Rapport LNR 3920-98 Avrenning av nitrogen fra tunnelmasse*.
- DAM Engineering. (2017). *Simulation of spreading of fine sediment in Sørfjorden due to rock dumping*.
- Davidson, J. G.-I. (2008). *Changes in swimming depths of Atlantic salmon Salmo salar post-smolts relative to light intensity*. J. Fish Biol. 73, .
- Fiskeridirektoratet. (2020, Mai. 13.). Hentet fra Yggdrasil: <https://kart.fiskeridir.no/plan>
<https://kart.fiskeridir.no/plan>
- Klima- og forurensningsdirektoratet. (2010). *Retningslinjer for sjødeponier, 2624*.
- Kvadsheim, P. H., Sivle, L. D., Hansen, R. R., & Karlsen, H. E. (2017). *Effekter av menneskeskapt støy på havmiljø. FFI-rapport. ISBN 978-82-464-2879-6*.
- Lunestad, S. F. (2018). *Tilførsel av nitrogenforbindelser til resipienter som følge av uomsatt sprengstoff ved konvensjonell tunneldriving. Masteroppgave*.
- Miljødirektoratet. (2015). *M-350. Veileder for håndtering av sediment - revidert 25.mai 2018*.
- Miljødirektoratet. (2016). *M-608:2016 Veileder. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - revidert 30.10.2020*.
- Miljødirektoratet. (2018). *Faktaark M-1085 2018. Problemer med plast ved utfylling av sprengstein i sjø*.
- Naturbase. (u.d.). *Naturbase.no*.
- NIVA. (2016). *Forekomst og utslipp av seksverdig krom i sigevann fra Deponi 2.1 ved Glencore Manganese Norway AS, Mo i Rana* .
- NIVA. (2019). *Miljøovervåkning i Sørfjorden ved Osterøy. NIVA rapport 7330* .
- Norconsult. (2017). *Testforsøk - spredning av plast i sjø fra utfylte tunnelmasser skutt med elektroniske tennere. Aldersundet - Rassikringsprosjekt Rv 17 Liafjell. Statens vegvesen region Vest*.
- Plantalech, M.-L. N. (2009). *Vertical movements of Atlantic salmon post-smolts relative to measures of salinity and water temperature during the first phase of the marine migration*. Fish. Man. Ecol. 16,.
- RambøllSweco. (2020). *UAS-01-A-00009. Fagrapport støy*.
- RambøllSweco. (2020a). *UAS-01-Q-00022. E16 - Vossebanen. Kartlegging av marint biologisk mangfold i Sørfjorden*.
- RambøllSweco. (2020b). *UAS-02-A-00026. Fagrapport massedeponi - E16 og Vossebanen, Arna - Stanghelle. UTKAST*.
- RambøllSweco. (2020c). *UAS-01-A-00032. E16 og Vossebanen - Arna - Stanghelle. Fagrapport Anleggsgjennomføring*.

- RambøllSweco. (2020d). *UAS-01-Q-00026. Miljøtekniske sedimentundersøkelser i Sørfjorden, Veafjorden og Dalevågen. UTKAST.*
- RambøllSweco. (2020e). *UAS-01-Q-00023. Konsekvensutredning for massedeponering i Sørfjorden - med hensyn til marint biologisk mangfold.*
- RambøllSweco. (2020f). *UAS-01-A-00032. Anleggsgjennomføring.*
- RambøllSweco. (2020g). *Notat Klimagassutslipp fra massetransport. E16 Vossebanen.*
- RambøllSweco (2020h). *UAS-01-Q-00025. Kartlegging av bløtbunnsfauna i Sørfjorden*
- RambøllSweco. (2021a). *UAS-01-Q-00030_Kartlegging av marint biologisk mangfold i Kvernhusvika i Sørfjorden.*
- RambøllSweco. (2021b). *UAS-01-Q-00028_Strømmålinger i Sørfjorden. UTKAST.*
- Rådgivende Biologer. (2017a). *Kartlegging av marint naturmangfold og naturressurser med verdivurdering.*
- Rådgivende Biologer. (2017b). *Utfylling av deponering av sprengsteinmasser i sjø. Konsekvensvurdering for marint naturmangfold og naturressurser. Rapport nr. 2430.*
- Rådgivende Biologer. (2017c). *Ny E16 og jernbane Arna-Stanghelle - Sørfjorden og Veafjorden. En hydromorfologisk beskrivelse.*
- Statens Vegvesen. (2020). *UAS-01-A-00011. Planomtale med konsekvensutredning - E16 og Vossebanen, Arne - Stanghelle.*
- Sørensen, J. (1998). *Sørensen, J.Massedeposering av sprengstein i vann -Forurensningsvirkninger. NVE-rapport nr.29. 29 sider.*
- Tranum, H. N. (2010). Effects of sedimentation from water-based drill cuttings and natural sediment on benthic macrofaunal community structure and ecosystem processes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 383, 111-121.
- UiO. (2021). *UAS-01-00029_Miljøforholdene i Sørfjorden og Veafjorden, Vestland, dagens og tidligere tiders tilstand. Institutt for geofag.*
- Vikan, H. (2013). *Avrenning av ammoniumnitrat fra uomsatt sprengstoff til vann – Giftvirkninger i resipient og renseløsninger.*

Databaser:

Fiskeridirektoratet – Yggdrasil - <https://www.fiskeridir.no/>

Miljødirektoratet – Naturbase - <https://kart.naturbase.no/>

Miljødirektoratet – Miljøstatus - <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/>

Miljødirektoratet – Vannmiljø - <https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>

Artsdatabanken – Artskart - <https://artskart.artsdatabanken.no/app/>