
RAPPORT

Mehl RA - detaljregulering

OPPDRAKSGIVER

Stad kommune

EMNE

Geoteknisk vurderingsrapport,
reguleringsplan

DATO / REVISJON: 15. november 2024 / 0

DOKUMENTKODE: 10259071-RIG-RAP-001



Multiconsult

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt i den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult med mindre annet følger av norsk lov. Multiconsult påtar seg intet ansvar for bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn det som er godkjent skriftlig av Multiconsult. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter med mindre annet følger av norsk lov.

RAPPORT

OPPDAG	MEHL RA - DETALJREGULERING	DOKUMENTKODE	10259071-RIG-RAP-001
EMNE	GEOTEKNISK VURDERINGSRAPPORT, REGULERINGSPLAN	TILGJENGELIGHET	
OPPDAGSGIVER	STAD KOMMUNE	OPPDAGSLEDER	ROLF AASLAND
KONTAKTPERSON	HANS THOMAS SOLHEIM	UTARBEIDET AV	KRISTIAN SØBYE GRØNVOLD
KOORDINATER	SONE: UTM32 ØST: 341843	NORD: 6867272	ANSVARLIG ENHET
			GEOTEKNIKK MIDT
GNR./BNR./SNR.	- / - / -		

SAMMENDRAG

Stad kommune ønsker å regulere et område for oppføring av nytt renseanlegg ved Mehl i Nordfjordeid. Renseanlegget skal bygges på en ny sjøfylling på utsiden av Nordfjordvegen. Multiconsult er engasjert av Stad kommune for å utføre geotekniske grunnundersøkelser samt foreliggende rapport for geoteknisk vurdering av det planlagte tiltaket i forbindelse med reguleringen. Vurdert sjøfylling er maksimal utstrekning som grunnlag til regulering, mottatt fra Norconsult. Det kan bli aktuelt med tilpasninger og justeringer av fyllingen i detaljeringsfasen.

Vurderingene tar for seg stabilitet, og et overslag over forventede setninger for sjøfyllingen og nytt renseanlegg. Bæreevne for nytt bygg er kort omtalt. Det er estimert føringer for forbelastning og setningsforløp for sjøfyllingen og renseanlegget. Vurderingene er utført på reguleringsplansnivå, alle geotekniske tiltak må detaljprosjekteres i forbindelse med byggesaken.

Utførte grunnundersøkelser viser at sjøbunnen generelt består av et leirelag over antatte sandmasser. Stedvis er det noen løst lagrede masser over leirlaget. Løsmassemekktigheten varierer mellom 6,3 og 16,9 m i de punkter hvor det er utført sonderinger. Resultat fra utførte grunnundersøkelser er presentert i rapport nr. 10253328-RIG-RAP-001.

Det legges opp til at sjøfyllingen kan etableres fra land. Fyllingen fundamenteres på løsmasser i sjøbunn. Det antas at det må mudres for fyllingsfot. I de foreliggende vurderingene er det estimert mudring ned til ca. kote -5 for å gi fyllingen tilstrekkelig stabilitet i henhold til regelverk.

Fyllingsfront må plastres.

00	15.11.2024	Første utsendelse	Kristian S. Grønvold	Rolf Aasland	Rolf Aasland
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Grunnlag.....	5
2.1	Grunnundersøkelser	5
2.2	Grunnlagsdokumenter.....	5
2.3	Koordinater og høydesystem.....	6
3	Topografi og grunnforhold	6
3.1	Områdebeskrivelse	6
3.2	Kvartærgeologi	7
3.3	Løsmasser	8
3.4	Poretrykk og grunnvann	8
3.5	Kvikkleire.....	9
4	Sikkerhetsprinsipper	10
4.1	Vurdering av myndighetskrav og sikkerhetsprinsipper i henhold til PBL.....	10
4.2	Geotekniske problemstillinger	10
5	Geotekniske vurderinger	11
5.1	Generelt	11
5.2	Stabilitet.....	12
5.2.1	Stabilitetsberegning – metode.....	13
5.2.2	Geotekniske dimensjoneringsparametere	13
5.2.3	Robusthet mot jordskjelv	15
5.2.4	Beregningsresultater.....	16
5.3	Setningsberegninger	16
5.3.1	Geotekniske dimensjoneringsparametere	17
5.3.2	Beregningsresultater.....	19
5.4	Bæreevne	20
5.5	Anleggsteknisk rekkefølge	20
5.5.1	Mudring av løsmasser	20
5.5.2	Utfylling av steinmasser	21
5.5.3	Plastring av fyllingsfront	21
5.5.4	Forbelastning	21
5.6	Naboforhold.....	22
6	Kritiske momenter	22
7	Detaljprosjektering	22
8	Referanser	23

TEGNINGER

- 10259071-RIG-TEG-010 Plantegning
- 10259071-RIG-TEG-800 Tverrprofil med sjøfylling, profil A-A

1 Innledning

Etter avrop på rammeavtale er Multiconsult Norge AS engasjert av Stad kommune for detaljregulering av sjøfylling i forbindelse med oppføring av nytt renseanlegg ved Mehl, Nordfjordeid.

Det planlagte tiltaket består av en sjøfylling i Eidsfjorden. Fra mottatt grunnlag er det tenkt at fyllingen starter inne i strandsonen og legges videre ut i sjøen.

Foreliggende rapport tar for seg geotekniske problemstillinger tilknyttet tiltaket og vurderinger av gjennomførbarhet med hensyn til geoteknikk.

Norconsult bistår Stad kommune med utarbeidelse av reguleringsplanen. Vurdert sjøfylling er maksimal utstrekning som grunnlag til regulering, mottatt fra Norconsult. Det kan bli aktuelt med tilpasninger og justeringer av fyllingen i detaljeringsfasen. Multiconsult sine arbeider er begrenset til geotekniske vurderinger. Der våre vurderinger er basert på input fra Norconsult er dette omtalt.

2 Grunnlag

2.1 Grunnundersøkelser

Grunnundersøkelser ved planlagt sjøfylling er utført av Multiconsults borebåt Geo Cat i uke 40 og 41/2023. Det vises til rapport 10253328-RIG-RAP-001 [1] for datarapport for disse grunnundersøkelsene. Ellers er øvrige grunnundersøkelser i området nevnt i Tabell 2-1.

Tabell 2-1. Øvrige grunnundersøkelser i området

Nr.	Tegning/dokument	Tittel/kommentar	Datert
1	10253328-RIG-RAP-001	Geotekniske grunnundersøkelser Mehl renseanlegg	02.02.2024
2	10253328-RIG-RAP-002	Geotekniske grunnundersøkelser Kryssløsning Rv.15 og Sjøgata	19.12.2023
3	10253328-RIG-RAP-003	Geotekniske grunnundersøkelser Utvidelse sentrum	19.02.2024
4	10253328-RIG-RAP-004	Geotekniske grunnundersøkelser Hola	18.01.2024
5	10253328-RIG-RAP-005	Geotekniske grunnundersøkelser Småbåthavna	22.02.2023

2.2 Grunnlagsdokumenter

Utover de utførte grunnundersøkelser er tegninger/dokumenter presentert i benyttet som grunnlag ved geoteknisk prosjektering.

Tabell 2-2. Øvrige grunnlagsdokumenter

Nr.	Tegning/dokument	Tittel/kommentar	Datert
1	10253328-RIG-NOT-001	Mehl RA, innledende geoteknisk vurdering	15.02.2024

2.3 Koordinater og høydesystem

I foreliggende rapport er geografisk sone UTM 32 og NGO høydesystem N2000 benyttet.

Til opplysning er laveste astronomiske tidevann (LAT, sjøkartnull) 1,28 m lavere ift. NN2000 for Nordfjordeid i Stad kommune.

3 Topografi og grunnforhold

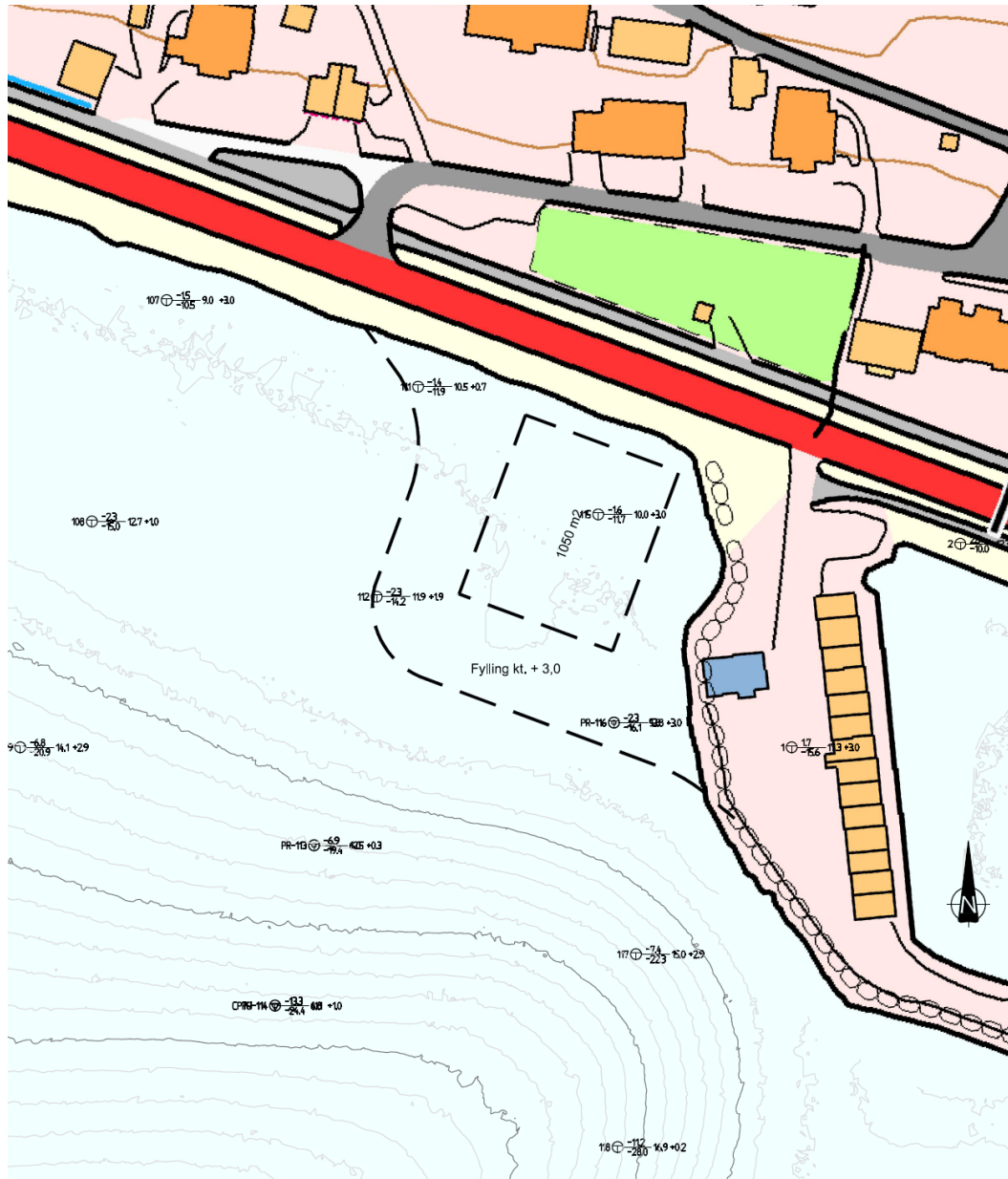
3.1 Områdebeskrivelse

Planområdet ligger ved den nordvestlige delen av sentrale Nordfjordeid, se Figur 3-1. Nærmere bestemt fra Prestevika i vest til moloen i øst. Terrenget på land ligger mellom kote +2,0 og +3,0 i området for Nordfjordeidvegen og den østlige moloen. Sjøbunnen og terrenget på land ble kartlagt av Longvas Oppmåling AS den 2. og 3. august 2023. Kartleggingen viser at sjøbunnen har en svak helning i sørvestlig retning fra land og ca. 60 meter ut, i den midtre og østlige delen av området. Vestover blir helning fra land større. Ved Prestevika er største helninger på sjøbunnen rundt 1:3,5. Videre ligger den generelle helningen av sjøbunnen i hele området på mellom 1:5 og 1:8.



Figur 3-1. Plassering av planområdet i Nordfjordeid

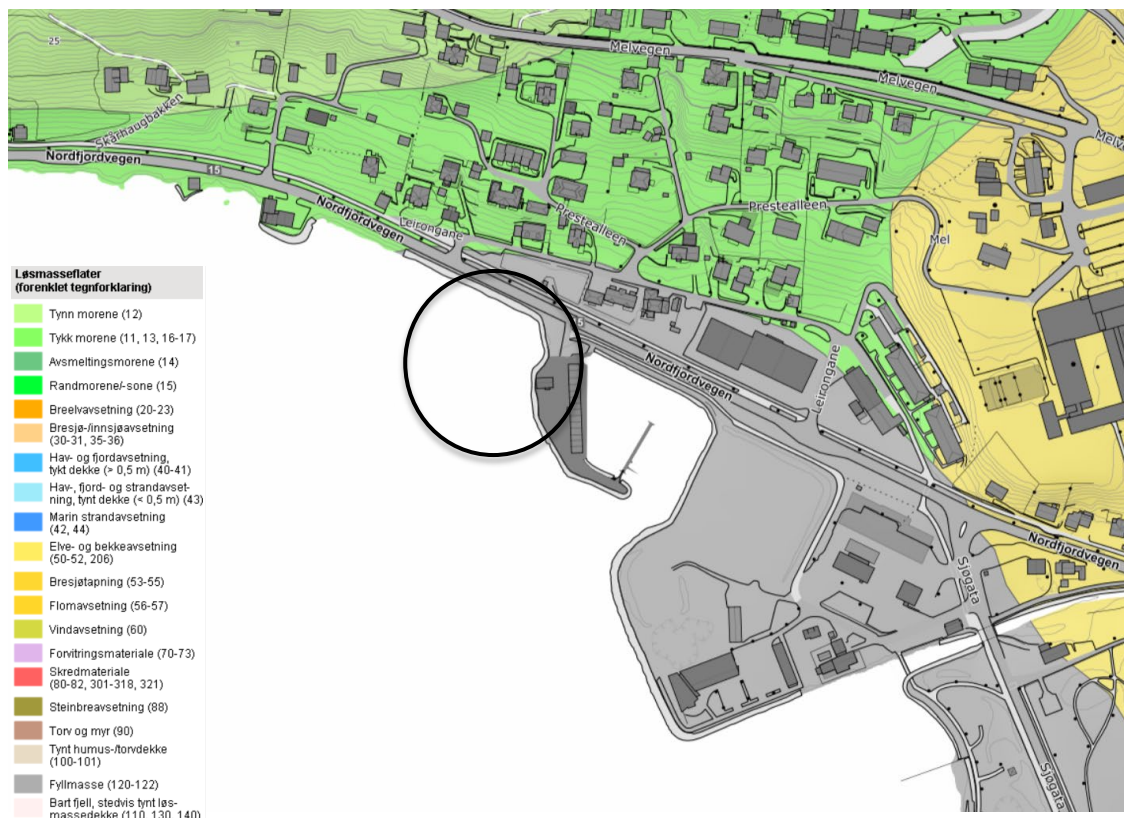
Norconsult bistår Stad kommune med utarbeidelse av reguleringsplanen. Utstrekning av planlagt fylling er mottatt fra Norconsult på e-post 18.10.2024. Renseanlegg, fylling og aktuelle borepunkt er vist på Figur 3-2. Fylling er planlagt til kote +3,0 (NN2000).



Figur 3-2. Oversiktskart, planområdet markert med stiplet svart linje

3.2 Kvartærgeologi

Figur 3-3 viser utsnitt av NGUs kvartærgeologisk kart over området. Kartet indikerer at løsmasser i nærheten av planområdet hovedsakelig består av fyllmasser. Ellers består løsmassene i nærheten av morene, samt elve- og bekkeavsetninger.



Figur 3-3. Utsnitt av kvartærgeologisk kart fra NGU

Det kvartærgeologiske kartgrunnlaget gir en visuell oversikt over landskapsformende prosesser over tid, samt løsmassenes overordnede fordeling. Utgangspunktet for disse oversiktskartene er i all hovedsak visuell overflatekartlegging, og kun i begrenset omfang fysiske undersøkelser. Kartene gir ingen informasjon om løsmassefordeling i dybden og kun begrenset informasjon om løsmassemektighet. For mer informasjon om kvartærgeologiske kart og anvendelse/kvalitet vises til www.ngu.no.

3.3 Løsmasser

Totalsonderinger utført på moloen i øst viser et topplag av antatte fyllmasser. Derunder er opprinnelig sjøbunn av antatte lagdelte leirmasser. Løsmassemektigheten over berg er på 12,3 – 17,3 m. Grunnundersøkelser i sjøen viser at sjøbunnen hovedsakelig består av siltig leire, med enkelte innslag av sand- og gruskorn, og skjellrester. Løsmassemektigheten over berg varierer mellom 6,3 og 16,9 m.

Antatt bergoverflate varierer mellom kote -9,7 og kote -28,0 i borpunktene og synes å helle i retning med sjøbunnen.

Utførte laboratorieundersøkelser viser at leira i området har udrenert skjærfasthet mellom 21,8 – 155 kPa, som gjør at leira karakteriseres som bløt til fast. Omrørt skjærfasthet ligger mellom 2,0 – 87,2 kPa, med tilhørende sensitivitet 2 – 33.

Målt vanninnhold i intervallet 17,6 – 39,8 %.

3.4 Poretrykk og grunnvann

Det er ikke utført målinger av poretrykk/grunnvann i forbindelse med utførte grunnundersøkelser.

Hydrostatisk poretrykk er lagt til grunn i vurderinger. Grunnvannsnivå vil være påvirket av flo og fjære.

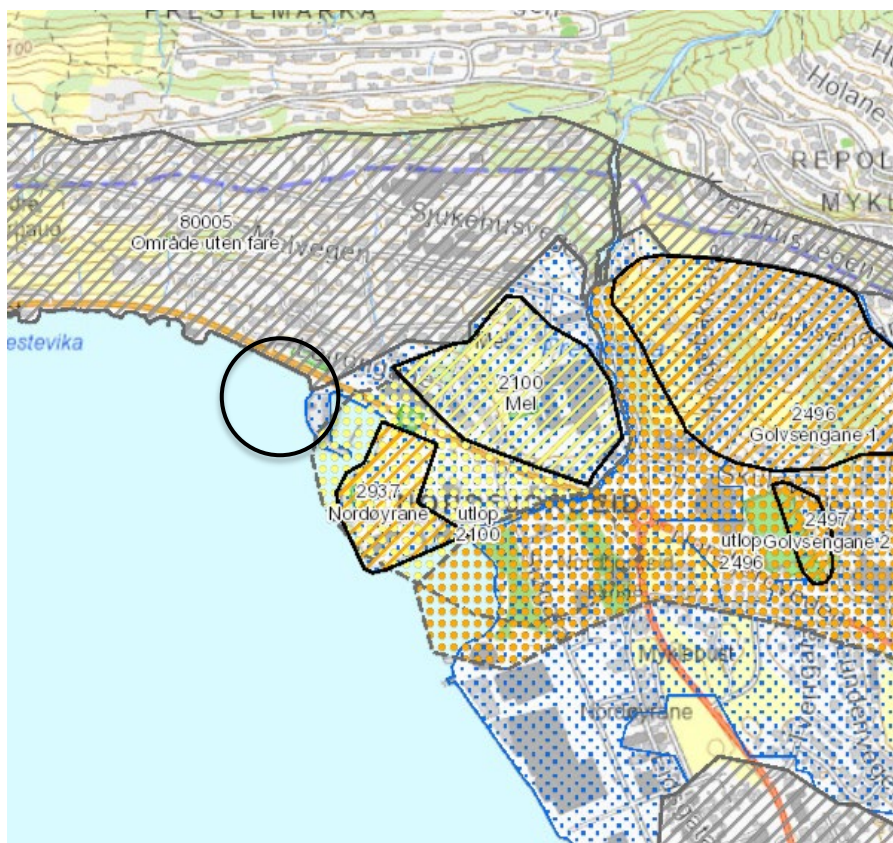
3.5 Kvikkleire

Planlagt tiltak er delvis innenfor kartlagt aktsomhetsområde for områdeskred. Kartleggingen ble utført i regi av NVE i 2018 som en del av regional kvikkleirekartlegging.

Planområdet tilstøter også kvikkleiresone 2100 Mel og utløpsområde for denne, samt kvikkleiresone 2937 Nordøyrane.

Det er ikke påvist sprøbruddsmateriale i planområdet i forbindelse med grunnundersøkelsene. Området i terrenget ovenfor Nordfjordvegen er ikke vurdert som et aktsomhetsområde for kvikkleireskred i NVE sine kartbaser, se Figur 3-4, og vi har heller ingen indikasjon på at det er kvikkleire i dette område. Vi vurderer derfor at det at planområdet ikke ligger et utløpsområde for kvikkleireskred fra terreng høyere oppe. For område mot øst vurderer vi at soner er godt kartlagt. Sone 2937 Nordøyrane mangler utløpsområde, men vi vurderer at et utløpsområde for denne sonen ikke vil påvirke planområdet for renseanlegget.

Videre vurdering av områdestabilitet iht. NVE veileder 1/2019 anses ikke som relevant basert på utførte grunnundersøkelser i området og sjøfyllingens plassering.



Figur 3-4. Oversiktskart (NVE temakart, kvikkleiresoner)

4 Sikkerhetsprinsipper

4.1 Vurdering av myndighetskrav og sikkerhetsprinsipper i henhold til PBL

Antydnet klassifisering av prosjektet, må vurderes nærmere ved detaljprosjektering:

- Geoteknisk kategori 2
- Konsekvens- og pålitelighetsklasse CC/RC 2
- Kontrollklasse PKK 2 for prosjektering og UKK 3 for utførelse fyllingsarbeider og UKK 2 for øvrig utførelse av geoteknisk prosjektering (Eurokode)
- Tiltaksklasse 2 iht. Plan- og bygningsloven (PBL)
 - Medfører uavhengig kontroll av prosjektering og utførelse i henhold til PBL
- Sikkerhetsklasse F2 eller F3 mot flom og stormflo*)
- Sikkerhetsklasse S2 mot skred
- Grunntype E for vurdering av seismisk påvirkning
- Seismisk klasse IIIa

*) Tiltak ligger i grenseland mellom F2 og F3. Norconsult som har øvrige planarbeider har fastsatt kotehøyde for fyllingen.

4.2 Geotekniske problemstillinger

Geotekniske problemstillinger er hovedsakelig relatert til:

- Stabilitet av sjøfylling
- Setninger for sjøfylling og renseanlegg
- Arbeid på sjøbunn
- Plastring/erosjonssikring

5 Geotekniske vurderinger

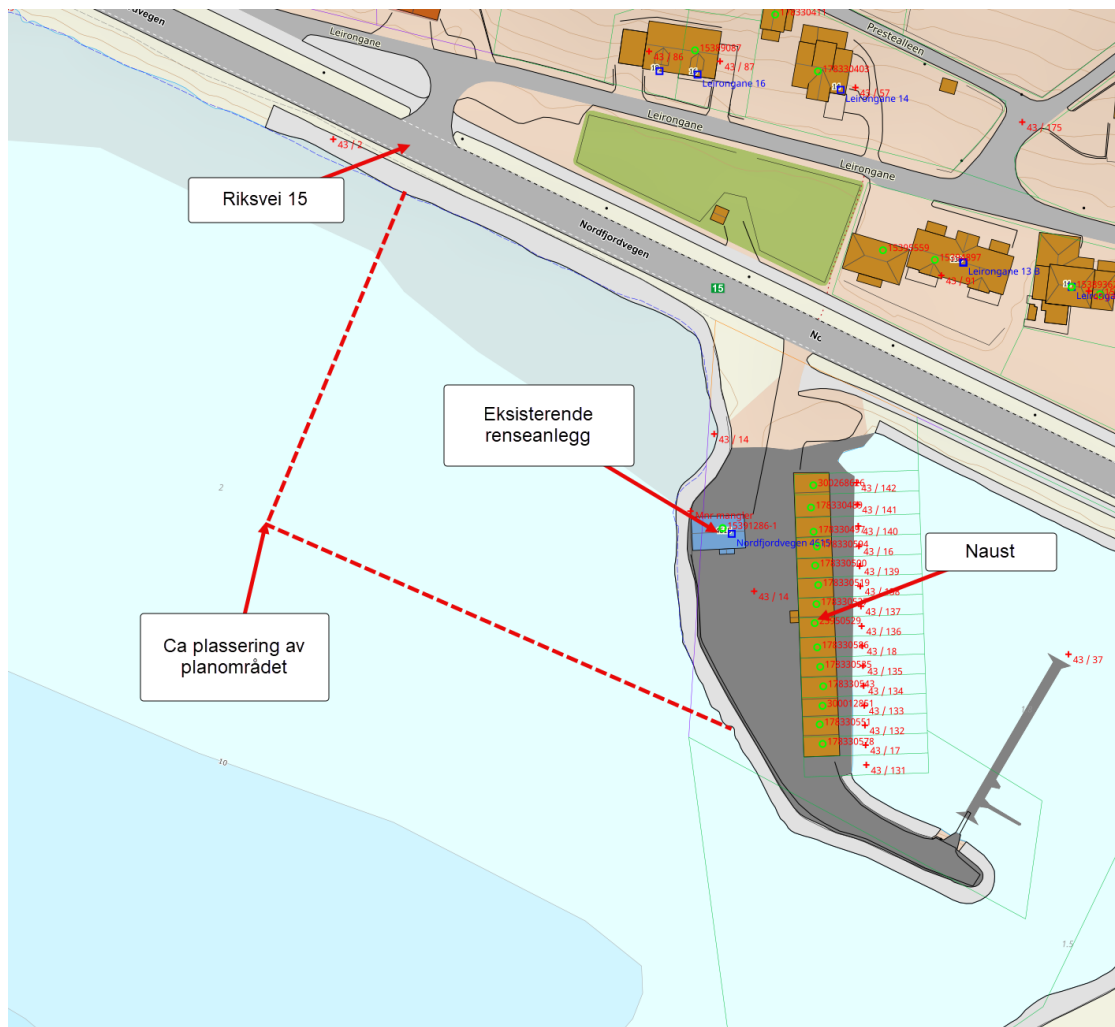
5.1 Generelt

Figur 5-1 viser foto fra planområdet. Det er tatt sørover fra Rv15 mot eiendom 43/14. Området består av et mindre bygg, samt flere mindre naust på eiendommene 43/16-18 og 43/131-142.



Figur 5-1. Foto fra planområdet, tatt sørover [2]

Figur 5-2 viser oversiktskart med eksisterende naust og renseanlegg beliggende innenfor planområdet. Ca. planavgrensning er markert med stiplet linje, se Figur 3-2 for nøyaktig plassering.



Figur 5-2 Oversiktskart; naust og eksisterende renseanlegg i nærheten av planområdet

Planlagt utfylling i sjø er vist ved prinsippsskisse i Figur 5-10. Overkant fylling er planlagt i kote +3,0 (NN2000) og fyllingsfronten er tiltenkt utført med helning 1:2. Skissen viser den prinsipielle utformingen av fyllingen.

Fyllingen som er planlagt dekker en flate på omtrent 3400 m² og vil bygges opp av omtrent 17 000 m³ masse. Sjøfyllingen bør utføres med sprengstein av god kvalitet, masser antas tatt ut fra nærliggende steinbrudd.

5.2 Stabilitet

Eurokode 7 [3] krever for dette tiltaket en dokumentert sikkerhetsfaktor mot utglidning på $F \geq 1,4$ for udrenert analyse som inkluderer poretrykkoppbygging i undergrunnen som følge av tilført vekt av fylling. Det skal også dokumenteres en beregningsmessig sikkerhet på $F \geq 1,25$ for drenert analyse (slutttilstand/langtidstilstand).

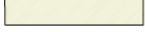
Det forutsettes 100 års levetid for sjøfyllingen. Det er angitt en jevnt fordelt nyttelast på 15 kPa langs fyllingsfronten for å ivareta lastsituasjoner i permanent fase som eksempelvis brøyting. Grunntrykket i bruksgrensetilstand fra kommende renseanlegg er av RIB hos Norconsult estimert til 60 kPa innenfor byggets planlagte avtrykk *). Det forutsettes en lastfaktor på 1,30 på nevnte laster, ref. merknad 2 punkt 2.4.7.3.4.4(1)P i NS-EN 1997-1 [3]. *) Fotavtrykk for bygget vist i Figur 3-2, er ytre avgrensinger. Det er sannsynlig at ferdig bygg vil få noe mindre fotavtrykk.

5.2.1 Stabilitetsberegning – metode

For å vurdere stabiliteten av det planlagte tiltaket er det utført beregning i et kritisk profil A-A, se RIG-TEG-010. På grunn av homogene grunnforhold er det bratteste profilet vurdert til å være kritisk for stabilitet. I beregningsprofilet er det utført stabilitetsberegning for den antatte ferdige situasjonen.

5.2.2 Geotekniske dimensjoneringsparametere

Tolkning av parametere er gjort på basis av utførte laboratorieundersøkelser på opptatte prøveserier og utførte CPTU-sonderinger. Det er også benyttet erfaringsverdier iht. Statens vegvesen Håndbok V220 [4].

	Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
	Sprengstein	19.00	12.00	42.0	3.0				
	Siltig leire	20.00	10.00	29.0	0.0	C-prof	1.00	0.63	0.35
	Sandige masser	19.00	9.00	35.0	3.0				

Figur 5-3. Valgt parametersett for stabilitetsanalyse

Ødometerforsøk er brukt til å fremskaffe informasjon om prekonsolideringsspenninger og overkonsolideringsgrad for bruk i korrelasjonen mellom CPTU-sonderinger og treaksialforsøk. For tolkning av prekonsolideringsspenning i ødometerforsøkene er metoden, først presentert av Karlsrud [5], benyttet. Prekonsolideringsspenningen finnes her som gjennomsnittet av spenningen der tangentmodulen begynner å avta og spenningen der helningen på den normalkonsoliderte linjen starter.

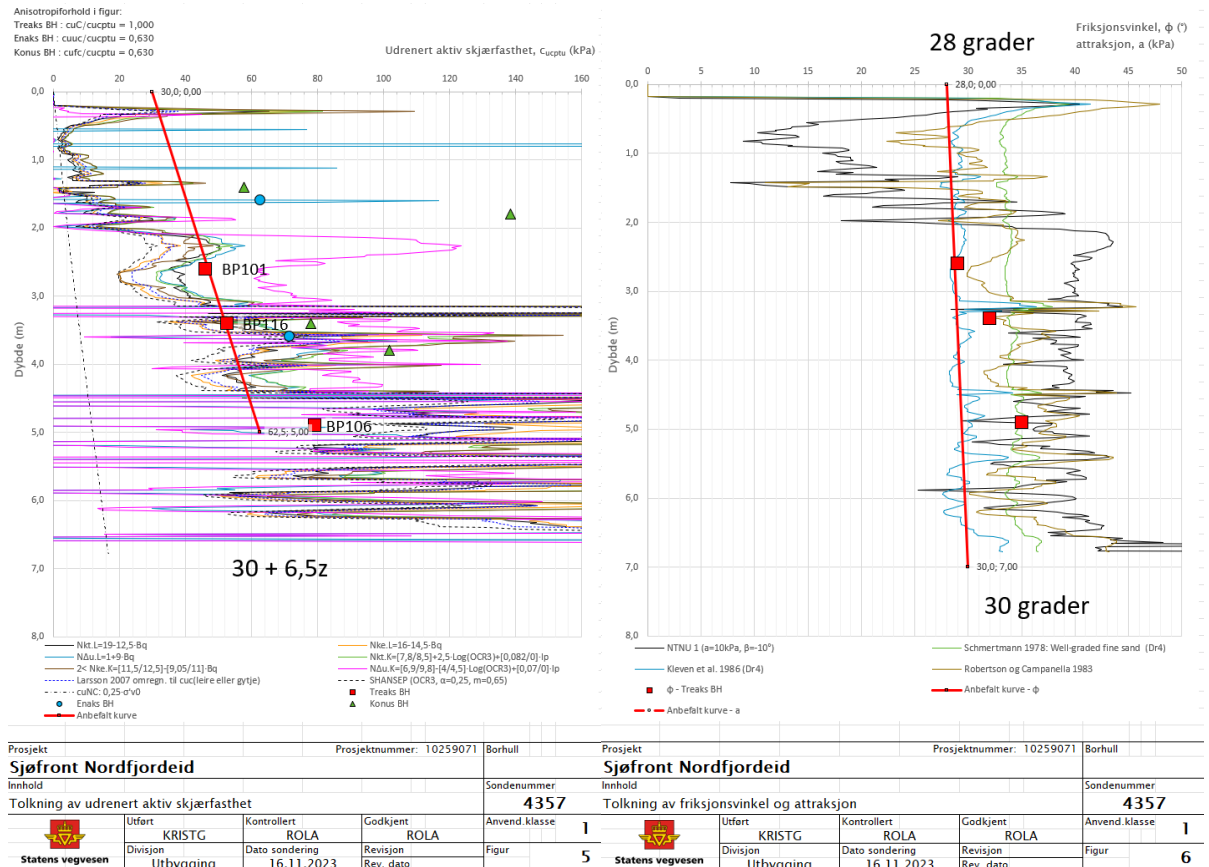
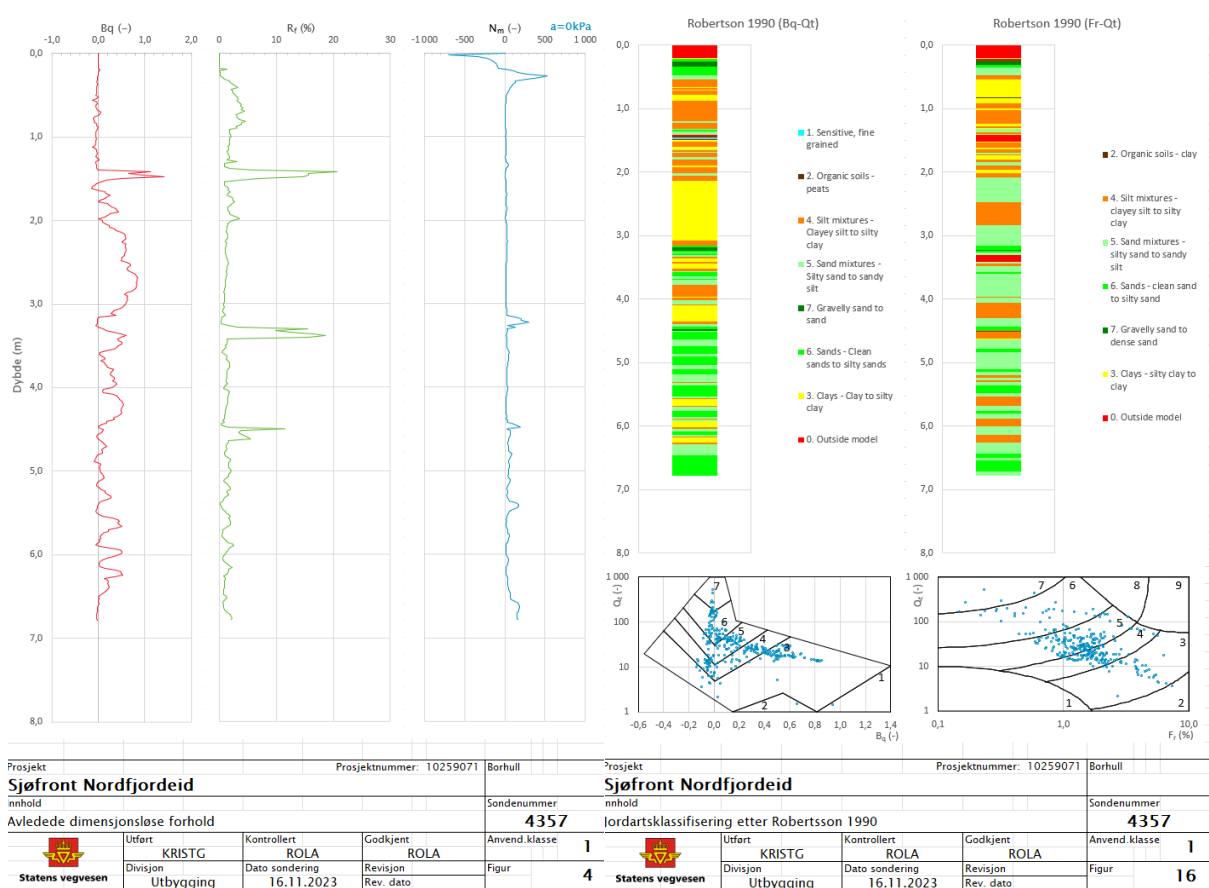
Generelt skal karakteristisk skjærstyrkeprofil (c_{UA}) med aktive verdier tolkes ved hvert enkelt borpunkt der mulig. Med et godt datagrunnlag velges mest sannsynlig opptredende verdier for profilet. Dersom målte styrkeverdier viser store variasjoner i forhold til normal variasjon i området, velges profilene i henhold til anbefalinger i NIFS veileder nr. 77/2014 [6] med forsiktighet. Generelt skal et c_{UA} -profil velges ut ifra følgende rangering:

1. Treaksialforsøk av god kvalitet (Kvalitetsklasse 1)
2. CPTU (Anvendelsesklasse 1)
3. Erfaringsverdier (S_{UA}/p_0' , SHANSEP)
4. Konus/Enaks

c_{UA} -profilet er tolket på bakgrunn av 3 treaksialforsøk, CPTU og erfaringsverdier og er valgt til 30 kPa + 6,5 kPa/m. Anisotropifaktorer er valgt konservativt da det antas at plastisitetsindeksen, IP, alltid er mindre eller lik 10 %.

Treaksialforsøkene viser dilatant oppførsel, og c_{UA} er tolket ved 4% tøyning.

Grunnundersøkelsene antyder at det stedvis er løst lagrede masser i øvre lag, antatt sandmasser. Dette laget er ikke forsøkt modellert. Det antas at laget punkteres ved utfylling av stein, samt at mudringen sikrer at fyllingsfot blir fundamentert under dette laget.



Figur 5-4. CPTU-data fra BP114

5.2.3 Robusthet mot jordskjelv

Det er utført en vurdering av sjøfyllingens robusthet mot jordskjelv iht. NS-EN 1998 [7].

Iht. NS-1998-1 er det vurdert grunntype E etter tabell NA.3.1., grunnakselerasjon $a_g=0,60 \text{ m/s}^2$ for Stad kommune og seismisk klasse IIIa for «industrianlegg».

Det er benyttet responsspektrum type 2, som gir $S=1,6$ for grunntype E.

Tabell 3.3 – Verdier for parametere som beskriver de anbefalte elastiske responsspektrene av type 2

Grunntype	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,05	0,25	1,2
B	1,35	0,05	0,25	1,2
C	1,5	0,10	0,25	1,2
D	1,8	0,10	0,30	1,2
E	1,6	0,05	0,25	1,2

$$a_g * S = 0,6 * 1,25 * 1,6 = 1,2 \text{ m/s}^2$$

Input til beregninger:

Det er tatt utgangspunkt i beregningsmetoder fra Statens Vegvesen rapport nr.604 [8].

Syklisk skjærfasthet:

$$C_u = C_u^{DSS} * 1,4 * 0,8 = 1,12 * C_u^{DSS}$$

Justerte ADP-faktorer for syklisk skjærfasthet:

Name	CAD	Color	ρ [kN/m ³]	ρ' [kN/m ³]	Drained	ϕ [°]	C' [kPa]	C' in %	C [kPa]	Add	Aa	Ad	Ap
► Sprengstein	Geometry <		19,00	12,00	☒	42,0	3,0	☐		☐	1,00	1,00	1,00
Siltig leire	Geometry <		20,00	10,00	☐			☐	0,0	☒	1,12	0,70	0,39
Antatt sandige masser	Geometry <		19,00	9,00	☒	35,0	3,0	☐		☐	1,00	1,00	1,00

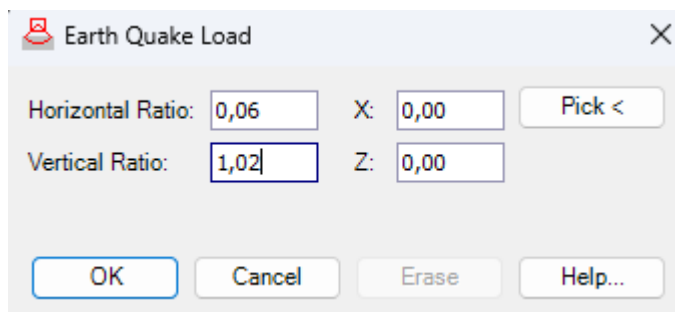
Horizontal rate:

$$F_H = 0,5 * \frac{1,2}{9,81} = 0,06$$

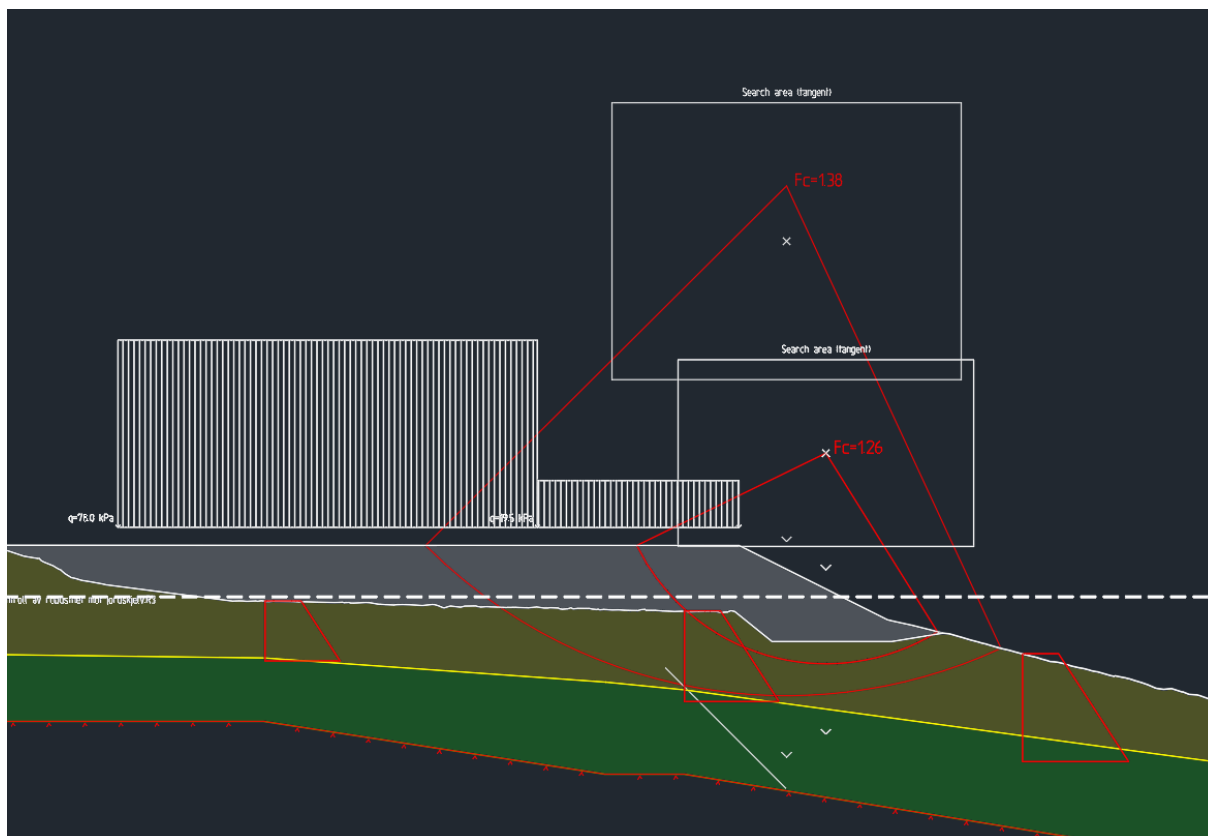
Vertikal rate:

$$F_V = -0,33 * F_H + 1 = 0,98$$

$$F_V = +0,33 * F_H + 1 = 1,02$$



Oppnådd sikkerhetsfaktor **F = 1,26**. Krav til pseudo-statisk sikkerhetsfaktor: **F > 1,20**. OK!



Figur 5-5. Resultat fra jordskjelvberegninger

Hensyntar ikke jordskjelvlaster i videre beregninger.

5.2.4 Beregningsresultater

Beregningsresultater er vist i tegning nr. 10259071-RIG-TEG-800.

Tabell 5-1. Oppsummerte beregningsresultater

Profil	Terreng	Beskrivelse av analyse	Sikkerhetsfaktor, F		
			RTangent Grunn skjærflate	RTangent Dypere skjærflate	Sammensatt Skjærflate
A-A	Sjøfylling 1:2 med mudring under fot	Udrenert	1,40	1,90	1,62
A-A	Sjøfylling 1:2 med mudring under fot	Drenert	1,63	-	-

Beregnet stabilitet dokumenterer en tilstrekkelig sikkerhetsfaktor ($=1,40$) dersom utfyllingen utføres med slake skråninger (1:2), og det mudres under fyllingsfot.

5.3 Setningsberegninger

Setninger er beregnet med utgangspunkt i ødometerforsøk, samt lagdeling tolket fra sonderinger. Beregninger er utført med hjelp av interne regneark, samt kontrollert med tyngre regneprogram.

Setningsberegninger er generelt usikre og de angitte størrelser gir bare et grovt anslag en sannsynlig størrelsesorden.

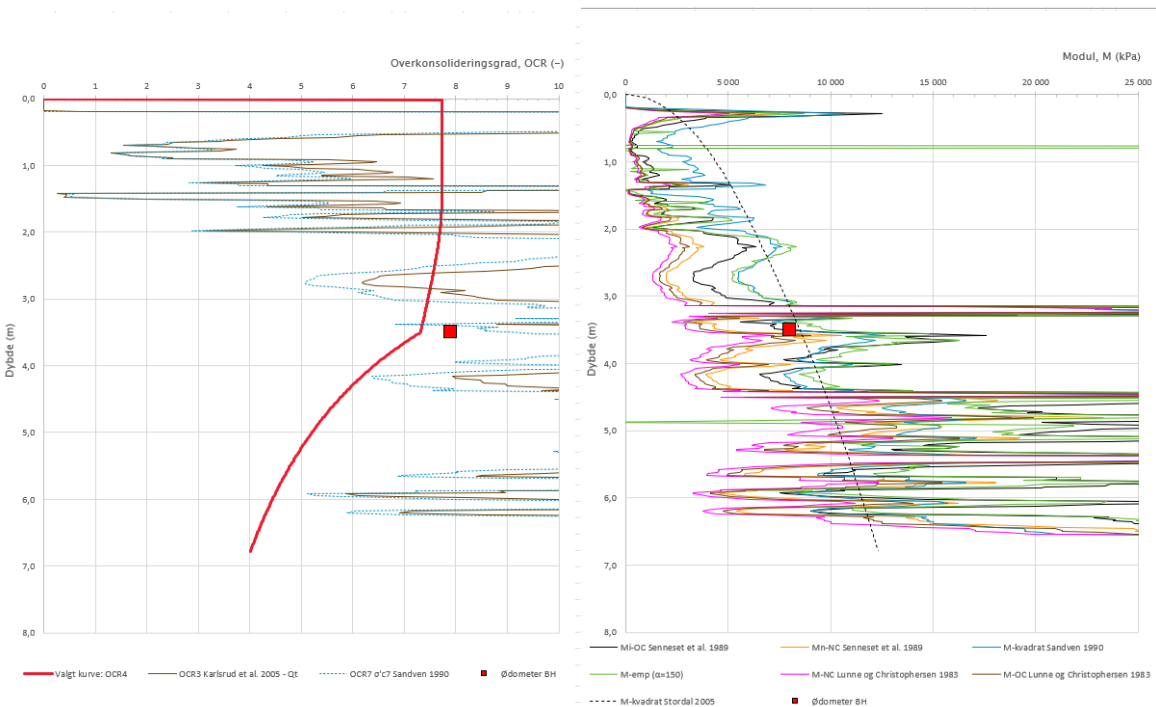
Vurderingene av setninger er basert på at pålastningen med sjøfylling og bygg er innenfor området for tidligere overlaging for leiren. Dette er basert på ett ødometer, samt at CPTU og tolket skjærfasthet indikerer at leiren er overkonsolidert.

Prøven fra 3,5 m i borpunkt 116 indikerer en prekonsolideringsspenning rundt 250-300 kPa, med fratrekk fra dagens overlaging er tidligere overlaging estimert til størrelsesorden 215 – 265 kPa. Setningsgivende last fra bygget er estimert til 60 kPa, og selve fyllingen (5 meter fylling) vil gi en last på rundt 100 kPa om man tar hensyn til at de nederste to meterne er neddykket. Tilleggslasten for bygg og fylling blir dermed rundt 160 kPa og er noe lavere enn tidligere overlaging (50-100 kPa under tidligere overlaging). Det poengteres at det er noe usikkerheter knyttet til denne vurderingen. Om tidligere overlaging er lavere enn tolket fra forsøket, eller om pålastningen blir større enn estimert kan setningene bli større og pågå lengre enn estimert. Vi mener at sannsynlighet for store uventet setninger er lav, men måleprogram og oppfølging lagt inn i punkt 5.4 vil være et avbøtende tiltak. Eventuelle avvik vil bli fanget opp under forbelastning av fyllingen.

5.3.1 Geotekniske dimensjoneringsparametere

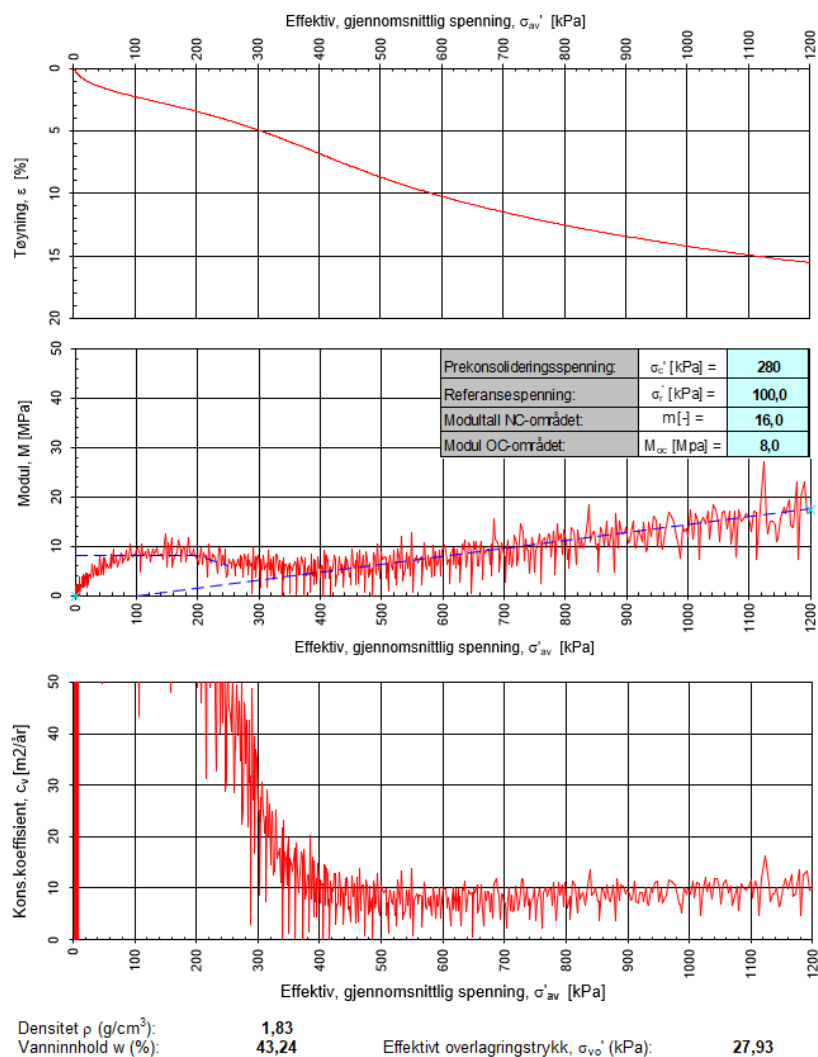
Tabell 5-2. Valgt parametersett for setningsanalyse

Material	Tyngdetetthet, γ (kN/m ³)	Modultall, m	Deformasjonsmodul, M_{OC} (MPa)	Overkonsolideringsgrad, OCR
Sprengstein	19	300	80	-
Siltig leire	20	16	8	5
Sandige masser	19	150	-	-



Prosjekt				Prosjektnummer: 10259071				Borhull				Prosjekt				Prosjektnummer: 10259071				Borhull															
Sjøfront Nordfjordeid												Sjøfront Nordfjordeid																							
Innhold												Sondennummer				Innhold				Sondennummer															
Overkonsolideringsgrad, OCR												4357				Tolkning av modul				4357															
				Utført				KRISTG				Kontrollert				ROLA				Godkjent				ROLA				Anvend.klasse				1			
Statens vegvesen				Divisjon				Utbygging				Dato sondering				16.11.2023				Revisjon				Rev. dato				Figur				8			
				Utført				KRISTG				Kontrollert				ROLA				Godkjent				ROLA				Anvend.klasse				1			
Statens vegvesen				Divisjon				Utbygging				Dato sondering				16.11.2023				Revisjon				Rev. dato				Figur				7			

Figur 5-6. CPTU-data fra BP114

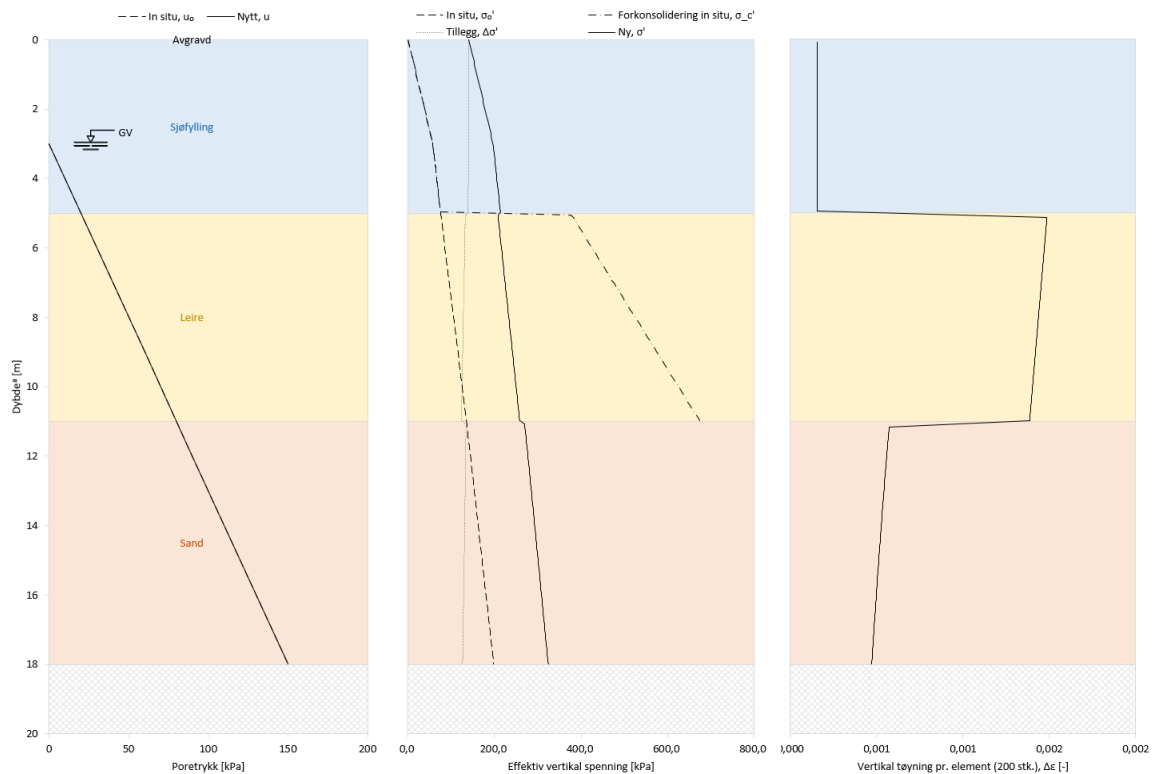


Stad kommune Sjøfront Nordfjordeid Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Tolkning: σ'_{av} - ε_a , M og C_v .				Tegningens filnavn:	
MULTICONSULT AS Box 265 Skøyen N-0213 OSLO Tlf.: 21 58 50 00				.xlsx	
Forsøksdato:	13.12.2023	Dybde, z (m):	3,50	Borpunkt nr.:	116
Forsøknr.:	1	Tegnet av:	GEO	Kontrollert:	SISJ
Oppdrag nr.:	10253328-01	Tegning nr.:	0	Prosedyre:	CRS
				Godkjent:	MGN
				Programrevisjon:	12.04.2021

Figur 5-7. Ødometerforsøk i BP116

C_v -tallet er tolket til 40 m²/år på bakgrunn av gjennomsnittlig effektivspenning i setningsgivende lag. C_v -tallet er bare gjeldene for OCR-området. Vi forventer som omtalt tidligere at pålastningen er innenfor tidligere overlaging (OCR-området). Men om pålastningen bikker over i normalkonsolidert område vil C_v -tallet være vesentlig lavere, og drenering av poreovertrykk vil være vesentlig tregere enn i OCR-området.

5.3.2 Beregningsresultater



Figur 5-8. Fordeling av poretrykk (v.) og vertikale effektivspenninger (m.) og vertikale tøyninger (h.)

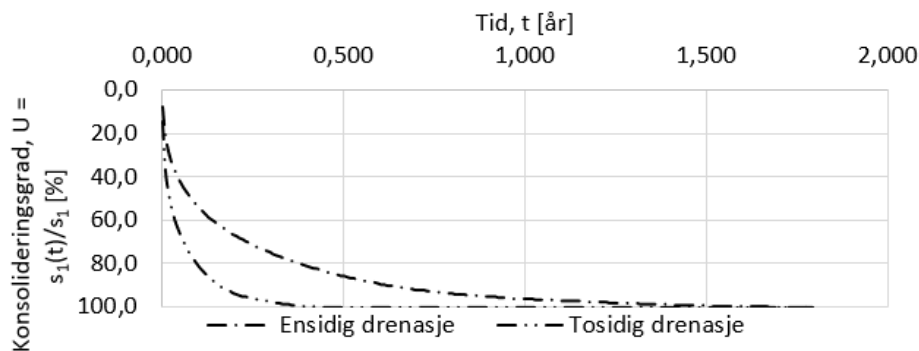
Resultat

Konsolideringssetning, $s_1 = \Sigma \Delta s_1 =$	0,1452 m
--	-----------------

Tidsestimat for avsluttet s_1 i kohesjonsmasser:

Ved ensidig drenasje, $t_{1,1} \approx H_{d,1}^2 / c_v =$	0,90 år
---	----------------

Ved tosidig drenasje, $t_{1,2} \approx H_{d,2}^2 / c_v =$	0,23 år
---	----------------



Figur 5-9. Tidsforløp for s_1 i kohesjonsmasser

Utførte beregninger anslår setninger $\delta = 0,15 \text{ m}$. Dette stemmer også bra med kontrollberegningene som er utført. Det estimeres at for en forbelastning som ligger ca. 180 dager (6 mnd) vil det gjenstå 10-20 mm setninger. Restsetninger er forventet å oppstå relativt jevnt for hele bygget. Vi viser til NS-EN-1997-1:2004 [3] Tillegg H for grenseverdier for deformasjon og fundamentbevegelser. For Mehl er det relativt homogene grunnforhold og jevn oppfylling, slik at det forventet relativt jevne setninger over fotavtrykket til bygget. Tillegg H i NS-EN-1997 [3] aksepterer fundamentsetninger inntil 50 mm for normale konstruksjoner, med anbefalt forbelastning er det forventet at setningene for fundamentene til renseanlegget på Mehl vil være godt under 50 mm.

Setningene i sprengsteinslaget vil pågå som egenetninger, og er normalt forventet å være 0,5% for komprimert steinfylling (inkludert i setningsestimatet på 0,15 m). Iht. V221 [9] er det forventet at hoveddelen av egenetninger i en komprimert steinfylling er unnagjort etter 6 mnd.

5.4 Bæreevne

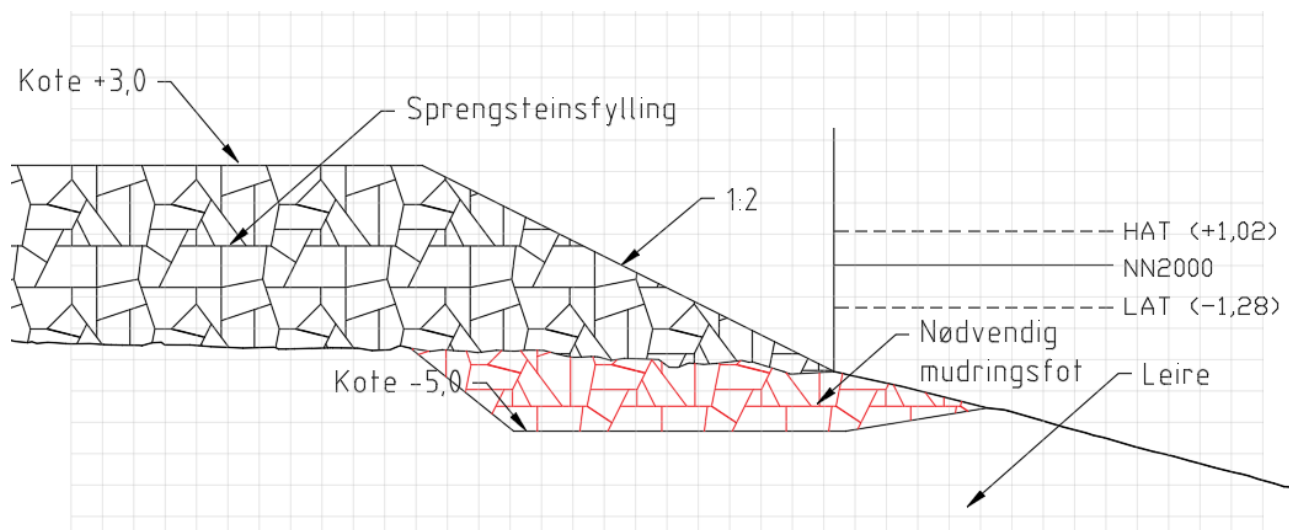
Det blir ikke utført bæreevneberegninger for fundamentene til renseanlegget i denne fasen. Men sprengsteinsfyllingen vil være rundt 5 meter, og man kan forvente god bæreevne for fundament i steinfyllingen.

Om renseanlegget blir bygd med kjeller vil det være noe grunnere ned på leirelaget under fundamentene, og dette kan påvirke bæreevnen noe.

Bæreevne må vurderes nærmere ved detaljprosjektering.

5.5 Anleggsteknisk rekkefølge

Herunder følger en trinnvis arbeidsbeskrivelse av de arbeider der må utføres for å etablere sjøfyllingen. Skissert tverrprofil av fylling med mudring er vist i Figur 5-10.



Figur 5-10. Prinsippskisse av sjøfylling

5.5.1 Mudring av løsmasser

Det er sett behov for at deler av løsmassene på sjøbunnen mudres vekk under fyllingsfoten, slik at et stabilt og sikkert fundament for fylling kan etableres. Generelt skal sprengsteinsmasser utlegges over stedlige sjøbunnsmasser.

Det antas at mudring kan utføres fra land. Eksempelvis ved at fylling etableres i kote 0, og masser mudres ved hjelp av gravemaskin med lang rekkevidde.

Løsmassemektheten er relativt stor innenfor planområdet, hvilket er noe ugunstig med tanke på volum av overskuddsmasser fra mudring. Rene overskuddsmasser kan omdisponeres på anlegget om man finner et egnet formål. Mudringsmasser må tørkes før de eventuelt kan gjenbrukes, og antatt bruksområder er avgrenset. Men det kan vurderes som tetting av overflategrøfter ol. Det antas at stabilitetsberegninger kan optimaliseres noe i detaljprosjekteringsfase for å redusere mengden av løsmasser som må mudres.

Vi anbefaler at det blir utført noe mudring for fyllingsfot. Dette selv om optimalisert fyllingsgeometri/beregninger dokumenterer tilstrekkelig stabilitet uten mudring. Mudring vil sikre

god fot for plastringen og fundamentet til denne, samt at grunnundersøkelsene tyder på at det stedvis er løst lagrede masser i topplaget. En mudring sikrer en god fundamentering av fyllingsfot under disse massene.

Dispensasjon til mudring må søkes om til fylkesmannen i forbindelse med reguleringsplanarbeidene. Om massene skal deponeres på sjø må dette inkluderes i søknaden.

5.5.2 Utfylling av steinmasser

Steinmassene legges ut fra land opp til ca. kote 0,0 (NN2000). Utfylling av massene starter fra fyllingsfot og det fylles gradvis oppover med den angitte helningen på fyllingsfronten. Stabiliteten til sjøfyllingen er lavest i utfyllingsfasen da vekten av sprengsteinsmassene medfører destabiliserende poreovertrykk i sjøbunnen.

Tilførte masser komprimeres og utlegges lagvis i henhold til NS 3458.

Forslag til utforming av fyllingen er vist i Tabell 5-3. Det bemerkes at beregnede volum for fyllmasser og mudring er grove anslagsverdier.

Tabell 5-3. Oversikt trinnvis utfylling.

Fyllingstrinn	Beregnet volum [m ³]
Fyllingstrinn 1, oppfylling til kote 0,0 (NN2000)	9 300
Fyllingstrinn 2, oppfylling til kote 3,0 (NN2000)	12 700
Sum volum alle fyllingstrinn	22 000
Mudring	Beregnet volum [m ³]
Mudring fyllingsfot/plastringsfundament	2500

Ved utlegging av steinmassene som brukes til fyllingen er det nødvendig å ha kontroll på kornfordelingen i fyllmassene. Finstoff i fyllmassene kan være med å redusere stabiliteten og sikkerheten mot brudd for fyllingen. Masser fra steinbrudd bør regnes å være av høy kvalitet og riktig fraksjon.

5.5.3 Plastring av fyllingsfront

Grunnet fare for erosjonsskader er det nødvendig å utføre plastring/erosjonssikring av fyllingsfronten. Dette gjøres for å beskytte mot erosjon fra bølgekrefter som har oppstått som følge av vær/vind eller passerende båttrafikk og propellerrosjon fra fartøy som benytter kaien.

Plastring bør utføres med gravemaskin av erfaren maskinfører. Riktig plassering av plastringssteiner er nødvendig for å gi den erosjonssikringen som er tenkt. Erosjonssikring og nødvendighet steinstørrelse vurderes i detaljprosjekteringen. Stedvis i skjermet fjordstrøk er det tilstrekkelig med «ordnet raus» for sikring av fyllingsfront, men det antas at erosjonssikring i dette tilfellet bør utføres som plastring der stein legges i forband.

5.5.4 Forbelastning

Vi anbefaler at sjøfylling samt en fylling som tilsvarer vekten av bygget blir lagt ut som en forbelastning. Forbelastningen bør instrumenteres slik at setningsforløpet logges. Setningsforløpet bør kontrolleres med utstyr med stor nøyaktighet, f.eks. nivellering av punkt på fylling med kontroll

mot fastpunkt. Med tanke på omtalt usikkerhet rundt om at forbelastningen er innenfor overkonsolidert område anbefaler vi at leirlaget instrumenteres med et eller to piezometer for å logge poretrykksoppbygging og kontrollere at overskuddsporetrykk drenerer ut av laget. En samtolkning av setningsforløp og poreovertrykk vil gi en god kontroll på setningsforløpet og forventet restsetning.

Registrerte setninger kan bli en del lavere enn beregnet. Dette kan oppstå fordi en del av setningene påløper under oppbygging av fyllingen, og ved komprimering (før oppstart av målinger); samt at setningsberegninger er veiledende og ofte heftet med en del usikkerhet.

Vi anbefaler at fylling blir liggende til man basert på registrert setningsforløp, poretrykk i leirlaget og kontroll mot setningsberegninger er trygg på at det er minimale restsetninger. Vi forventer at egenetninger i steinfyllingen og undergrunnen i stor grad er unnagjort etter 6 mnd, og at det vil oppstå små setninger etter dette.

5.6 Naboforhold

Planlagt fylling i sjøen vil ikke komme i direkte konflikt med eksisterende konstruksjoner, med unntak av eksisterende fylling ved småbåthavnen og dagens renseanlegg.

Utfyllingen kan gi setninger på naboområdet. Vi har ikke beregnet størrelsesorden på disse setningene, men basert på utførte setningsberegninger for fyllingen vil setningene være under 10 cm. Setningene vil være raskt avtagende mot naustrekke og småbåthavn.

Arbeidene bør i den grad det er mulig utføres så skånsomt som mulig for ikke å påføre unøddig skade på miljø og dyreliv i sjøen.

6 Kritiske momenter

Arbeid på/ved sjø innebærer økt risiko for ulykker.

Ved fylling i sjø vil det alltid være en risiko for lokale glidninger og bevegelser i fyllingsområdet. Derfor må det under arbeidene vises aktsomhet og forsiktighet. Under utførelse av arbeidene må dører på kjøretøy/maskiner holdes åpen og nødvendig sikkerhetsutstyr må til enhver tid være innen rekkevidde. I forbindelse med etablering av fylling i sjøen bemerkes følgende kritiske momenter:

- Stabilitet av fylling i sjø
- Utlegging av masser på sjøbunn

Det er vesentlig at det i videre planfaser legges til rette for sikker gjennomføring av arbeidene. God kommunikasjon mellom prosjekterende, utførende og byggherre er nødvendig.

Arbeidene må utføres i tråd med *Forskrift om utførelse av arbeid* [10].

7 Detaljprosjektering

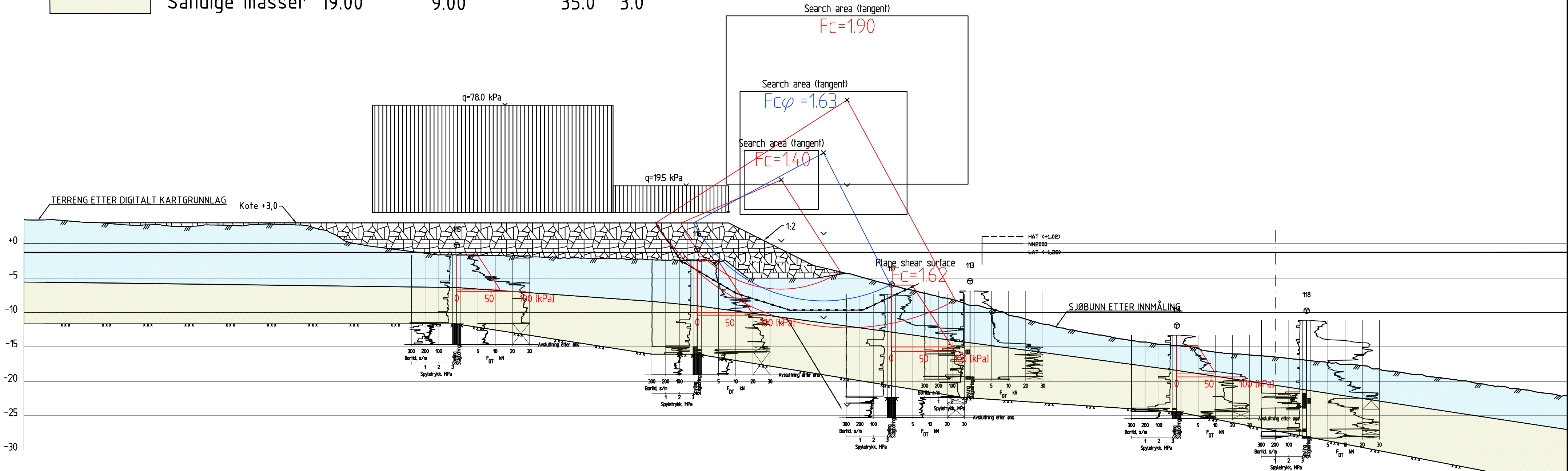
Ingen av tiltakene er detaljprosjektert. Det må utføres detaljprosjektering av alle geotekniske elementer og tiltak for byggesaken, og det må utføres tilhørende kontroller.

8 Referanser

- [1] Multiconsult Norge AS, "10253328-RIG-RAP-001 Datarapport - Geotekniske undersøkelser," 10253328-RIG-RAP-001, 2023.
- [2] Google, "Google Maps."
- [3] Standard Norge, "Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler (NS-EN 1997-1:2004)," Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1997-1:2004 + A1:2013 + NA:2020, Dec. 2020.
- [4] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, "Geoteknikk i vegbygging (Håndbok V220)," Vegdirektoratet, Oslo, Veiledning V220, 2022.
- [5] K. Karlsrud, T. Lunne, D.A. Kort & S. Strandvik, "CPTU Correlations for Clays," 2005.
- [6] NVE, "NIFS Rapport 14/2016. Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred.," 2016.
- [7] Standard Norge, "Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger. (NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021)," Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1998-1:2004 + A1:2013 + NA:2021, Jun. 2021.
- [8] Statens vegvesen, "604 - Jordskjelvdesign i Statens vegvesen - Anbefalinger geoteknisk prosjektering av veger og samvirke jord-konstruksjoner," May 2017.
- [9] Statens vegvesen, "Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger (Håndbok V221)," Vegdirektoratet, Oslo, Veiledning V221, 2014.
- [10] Arbeids- og sosialdepartementet, "Forskrift om utførelse av arbeid, bruk av arbeidsutstyr og tilhørende tekniske krav (forskrift om utførelse av arbeid)," FOR-2022-01-10-37, Apr. 2022.

Z:\1010259\10259071-01\10259071-01-03 ARBEIDSDOMRAADE\10259071-01-04 TEGNINGER\10259071-RIG-TEG-800 Profil A slak front med mudringsfot.dwg, - Layout: 1600 (A3L), - Plottet av: kristg, Dato: 2024-11-05 kl 13:30

	Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
	Sprengstein	19.00	12.00	42.0	3.0				
	Siltig leire	20.00	10.00	29.0	0.0	C-prof	1.00	0.63	0.35
	Sandige masser	19.00	9.00	35.0	3.0				



KARTGRUNNLAG: DYBDEKART FRA VESETH AS		Status	Fag	Originalt format	Dato
HØYDEREFERANSE: NN2000		-	RIG	A3L	2024-11-08
		Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Målestokk
		KRISTG	ROLA	ROLA	1:400
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		10259071	RIG-TEG-800	00	

00	Første utsendelse	2024-11-08	KRISTG	ROLA	ROLA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Konfr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

STAD KOMMUNE
Mehl RA - detaljregulering
Profil A
Stabilitet av sjøfylling med mudringsfot