

Kystverket

► Fiskerihavn Vardø

Geoteknisk detaljprosjekteringsrapport for molo

Oppdragsnr.: 52303773 Dokumentnr.: 52303773-RIG-01 Versjon: 1 Dato: 2024-04-03



Oppdragsgiver: Kystverket
Oppdragsgivers kontaktperson: Louise Viketun Skjøndal
Rådgiver: Norconsult AS, Klæbuveien 127 B, NO-7031 Trondheim
Oppdragsleder: Athul Sasikumar
Fagansvarlig: Egil A. Behrens
Andre nøkkelpersoner: Greger Lyngedal Wian

► Sammendrag

Norconsult er engasjert av Kystverket for geoteknisk detaljprosjektering av planlagt ytre molo ved Vardø. Stabilitet av fyllingsarbeider, i anleggsfase og i permanent fase er vurdert i prosjekteringen.

Moloen vil få fyllingshøyde på inntil 45 meter. Løsmassene på sjøbunnen er i hovedsak fast sand. Stedvis er det fjell på sjøbunnen.

Moloen må bygges iht. føringene gitt i denne rapporten, samt iht. havnetekniske tegninger og øvrig prosjektering.

Mesteparten av fyllingsvolumet (opp til kote -7 LAT) må etableres fra flytende redskap (lekter). Denne utfyllingen skal starte i det dypeste området og fortsette slik at man etter hvert jobber mot områder med mindre vanddybde. Brå sprang i utfyllingshøyden må unngås, også underveis i arbeidene.

Vestre del av moloen, nærmest land, kan om ønskelig fylles fra land, såfremt bratt fylling direkte fra tipp unngås.

1	2024-04-03	Ferdig prosjekteringsrapport	Egil A. Behrens	Greger L. Wian	Athul Sasikumar
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver.

Innhold

1	Innledning	4
2	Terreng og grunnforhold	5
2.1	Terreng	5
2.2	Utførte grunnundersøkelser	5
2.3	Grunnforhold	6
3	Regelverk og klassifisering	7
3.1	Styrende dokumenter	7
3.2	Klassifisering	7
3.3	Sikkerhet mot naturpåkjenninger	8
3.4	Krav til materialfaktorer	9
4	Geotekniske hovedproblemstillinger og kritiske beregningsnitt	10
5	Grunnlag for beregninger	12
5.1	Løsmassenes tyngde- og styrkeverdier	12
5.2	Dimensjonerende laster	12
5.3	Dimensjonerende tidevannstand	12
5.4	Beregningsprogram og analysemetode	13
6	Beregningsresultater	14
6.1	Snitt B (skråsnitt)	14
6.2	Snitt C (snitt vinkelrett på molo i dypeste område)	14
6.3	Andre snitt som ikke er beregnet (A og D)	18
6.4	Diskusjon rundt beregningsresultater	19
7	Rekkefølgekrav og utfyllingsmetode	20
7.1	Generelt om utfylling	20
7.2	Rekkefølge	20
7.3	Andre krav	21
8	SHA og restrisiko	21
9	Plan for kontroll og oppfølging	22
9.1	Kontroll av prosjektering	22
9.2	Oppfølging / kontroll i byggefase	22
10	Referanser	23
11	Tegninger	23

1 Innledning

Norconsult er kontrahert av Kystverket for geoteknisk detaljprosjektering av planlagt ytre molo ved Vardø i Finnmark. Moloen er planlagt oppført som skissert i Figur 1. Denne rapporten omhandler geoteknisk detaljprosjektering (for utførelse).



Figur 1: Oversiktsbilde over planlagt molo (skissert i mørk blå). Kartgrunnlag fra norgeskart.no.

Vi har tidligere gjort forprosjektering av moloen i forbindelse med reguleringsplan for Vardø kommune. Den gang ble grunnforholdene kartlagt med geotekniske grunnundersøkelser. Detaljprosjektert molo beskrevet i denne rapporten har enkelte små justeringer ift. tidligere prosjektert molo, men er plassert i samme område med tilnærmet samme utstrekning.

Alle kotehøyder i rapporten refererer til høydesystem LAT (sjøkartnull, laveste astronomiske tidevann) med mindre annet er angitt.

2 Terreng og grunnforhold

2.1 Terreng

Det er utført detaljert sjøbunnskartlegging av området ved planlagt molo. Sjøbunnen er generelt relativt slak. Det er ingen markante høydesprang.

Sjødybden i fotavtrykket for planlagt molo er opp mot 35 meter. Sjødybden er størst like vest for enden av moloen. Sjøbunnen faller her av med slak helning mot nord.

Snaut midtveis ut langs moloen er det et grunt parti (undersjøisk terrengrygg vinkelrett på moloen). Sjødybden er liten mellom land og denne.

På land stiger terrenget jevnt med helning cirka 1:10 – 1:15 opp fra moloens startpunkt i sjøkanten.

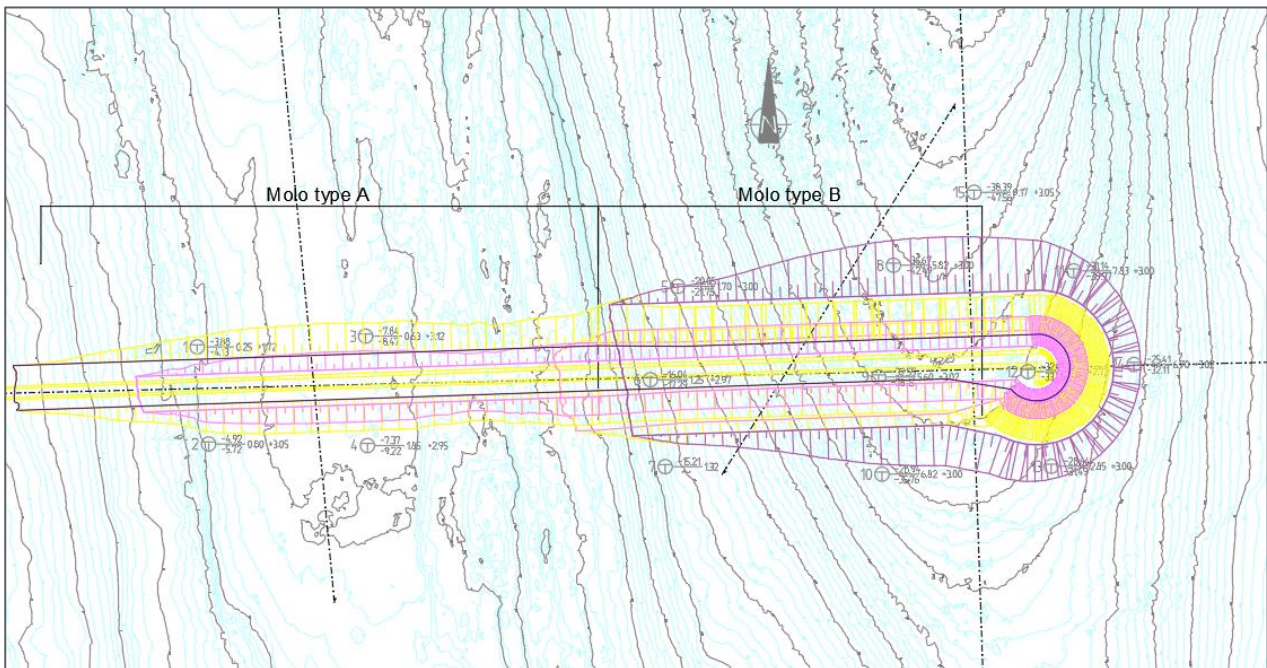
2.2 Utførte grunnundersøkelser

Utførte grunnundersøkelser er presentert i foreliggende rapport:

- Multiconsult: 10221760-RIG-RAP-001 Ytre molo, Vardø (Ref. 8)

Utsnitt fra situasjonsplan over utførte grunnundersøkelser med alle relevante sonderinger for moloen er vist i Figur 2 samt i tegning V200.

Det er utført 15 totalsonderinger (boringer) i området for planlagt molo. I tillegg er det tatt opp prøveserier med 54 mm prøvetakingsutstyr i 2 av posisjonene. Det har blitt gjennomført kornfordelingsanalyse og måling av massenes vanninnhold. Det ble dessuten utført 1 trykksondring (CPTU) så dypt det var mulig.



Figur 2 Utsnitt av tegning med planlagt molo og grunnundersøkelsespunkter nr 1-15 markert. OBS: Kotehøyder i boringer er her angitt i høydereferanse NN2000.

3 Regelverk og klassifisering

3.1 Styrende dokumenter

Geoteknisk prosjektering utføres med bakgrunn i gjeldende regelverk, standarder og håndbøker, samt andre relevante publikasjoner. De viktigste for det aktuelle oppdrag er følgende:

- FOR-2017-06-19-840: Byggteknisk forskrift (TEK 17)
- FOR-2010-03-26-488: Byggesaksforskriften (SAK 10)
- NS-EN 1990:2002+NA:2008 + A1:2005 + NA:2016: Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner.
- NS-EN 1991-1-1:2002: NA:2008: Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-1: Allmenne laster – Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger.
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020: Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering Del 1: Allmenne regler.
- NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021: Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger.

Prosjekteringen er gjort i henhold til Eurokodene (NS-EN 1990-serien) for prosjektering av konstruksjoner som preakseptert løsning for å oppfylle de mer generelle kravene i forskrifter (Ref. 2 og Ref. 3) hjemlet i Plan- og bygningsloven (Ref. 1).

3.2 Klassifisering

Klassifisering av tiltaket ut fra gjeldende regelverk er gitt i Tabell 1.

Tabell 1 – Prosjekteringsforutsetninger, klassifisering

Klassifisering	Kategori og begrunnelse	Kilde
Pålitelighetsklasse: (grunn- og fundamentering)	CC/RC2 Tabell NA.A1 (901) i Ref. 4 angir veiledende eksempler på plassering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler i pålitelighetsklasser (CC/RC) 1-4. Grunnarbeidene (utfyllingen) for moloen anses som middels vanskelig, da det er viktig at det fylles i riktig rekkefølge og med riktig helning, men ellers få spesielle forhold. Grunnforholdene er rimelig godt kartlagte ved grunnundersøkelser, og er jevnt over gode. Det skal gjøres inntil cirka 45 m oppfylling. Moloer/havneanlegg plasseres typisk i pålitelighetsklasse 2, og dette anses som et normalt tilfelle (noe mindre konsekvenser ved brudd enn på en kai, ettersom det er mindre personopphold, men fyllingshøyde/vekt er stor).	NS-EN1990 (ref. 7)
Kontrollklasse – prosjektering og utførelse:	PKK2/UKK2 Pålitelighetsklasse CC/RC2 medfører minst kontrollklassene PKK2/UKK2. Utvidet kontroll etter Eurokode 0 (NS-EN 1990) er påkrevd, men kan begrenses	NS-EN1990 (ref. 7)

	til kontroll av at prosjekterende og utførende har gjort kvalitetssikring innen de tema som NS-EN 1990 spesifiserer.	
Tiltaksklasse for geoteknisk prosjektering:	2 De geotekniske arbeidene (prosjekteringen av grunnarbeidene) har liten kompleksitet (få grensesnitt mot andre fag) og er enkle til middels vanskelige, geoteknisk sett. Eventuelle realistiske mangler eller feil ved prosjekteringen kan få middels til store konsekvenser for helse, miljø og sikkerhet. Følgelig vurderer vi at utbyggingsprosjektet vil havne i tiltaksklasse 2 for geoteknisk prosjektering, jfr. SAK10 §9-4. Dette medfører krav om uavhengig kontroll av geoteknisk prosjektering iht. SAK10. Kontrollomfanget erstattes imidlertid av den utvidede kontrollen iht. NS-EN 1990, jfr. SAK10 §14-2, 3.ledd.	Byggesaksforskriften SAK10
Geoteknisk kategori:	2 Ut fra de kartlagte, nokså enkle/oversiktlige grunnforholdene i sjøområdet anser vi geoteknisk kategori 2 i henhold til Eurokode 7 (NS-EN 1997) å være aktuell. Det må gjøres beregninger, dog tradisjonelle sådanne.	NS-EN1997 (ref. 8)
Seismisk klasse	2 Planlagt molo vil være en molo for å beskytte næringsbåter og skip (Hurtigruten) mot naturpåkjenninger (særlig bølger og vind). Den vil til en viss grad være samfunnskritisk i en krisesituasjon. Kai/havneanlegg plasseres normalt i seismisk klasse 1 eller 2 iht. NS-EN 1998-1 tabell NA.4(902). I og med vurdert samfunnsviktighet velges konservativt seismisk klasse 2.	NS-EN1998 (ref. 5)

3.3 Sikkerhet mot naturpåkjenninger

Ifølge TEK17 § 7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger, skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger som flom, stormflo og ras. Det er foretatt vurderinger med tanke på ras og løsmasseskred, samt jordskjelvpåvirkning.

Ifølge NVEs karttjeneste (atlas.nve.no) er det ikke aktsomhetsområde for skred i bratt terreng, dvs. snøskred, steinsprang eller jord- og flomskred, ved moloen eller i nærheten.

Det er ikke registrert sprøbruddmateriale/kvikkleire under grunnundersøkelsene på eller i nærheten av planlagt molo. Hele utfyllingsområdet er grundig undersøkt. På land (høyere liggende terreng) er det i hovedsak bart fjell. Fare for kvikkleireskred kan derfor utelukkes, til tross for at området er del av aktsomhetsområde for marin leire.

Moloen dimensjoneres mot stormflo ved valg av hensiktsmessige steinstørrelser (moloteknisk dimensjonering).

Seismisk grunnakselerasjon er lav i området, jordskjelvstandarden NS-EN 1998-1 gir $a_{gr} = 0,20 \text{ m/s}^2$. Løsmassene tilsvarer grunntype A, B og E i området for moloen. For seismisk klasse 2 er da $a_g = 0,20 \text{ m/s}^2 < \text{grenseverdi } 0,30 \text{ m/s}^2$ og seismisk dimensjonering kan utelates på grunnlag av lav seismisitet i området, moderat seismisk klasse og grunntype.

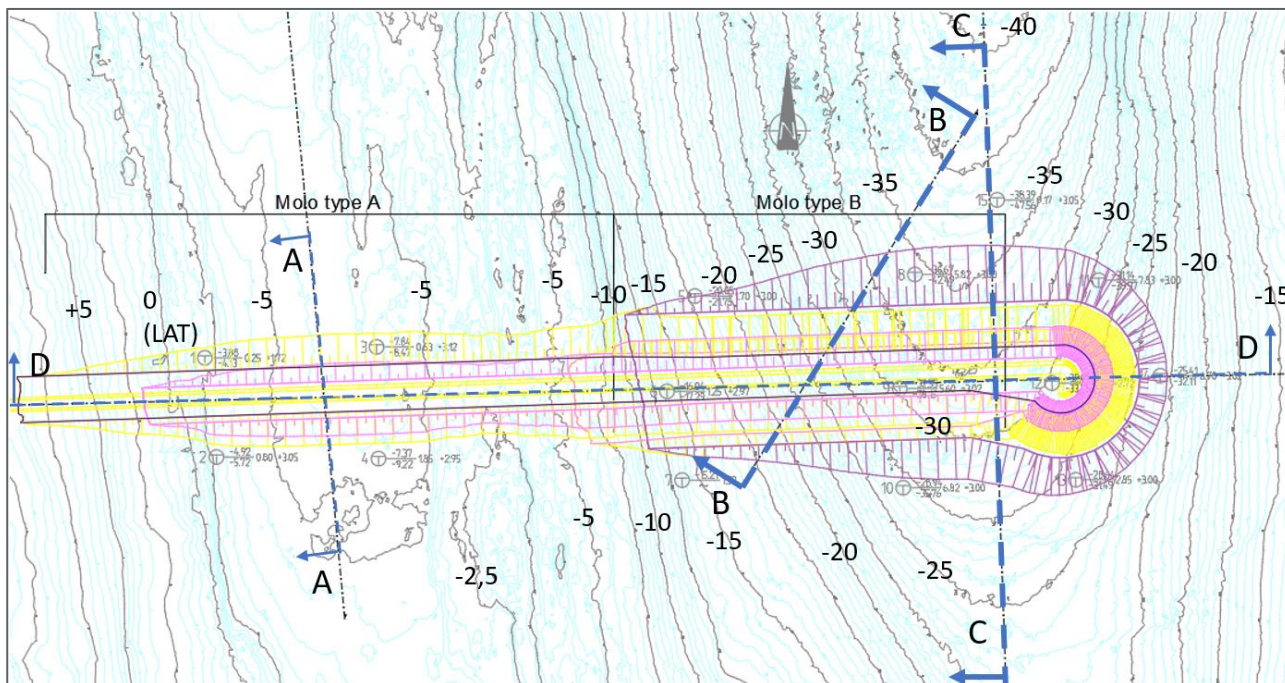
Ut fra de vurderingene som er utført anses kravene i TEK 17 § 7 å være oppfylt med tanke på sikkerhet mot naturpåkjenninger. (ref. 6).

3.4 Krav til materialfaktorer

Prosjekteringsstandarden NS-EN 1997-1 for geoteknisk prosjektering stiller minstekrav til materialfaktor 1,25 på friksjonsvinkel i drenerte analyser (effektivspenningsanalyser) og 1,4 på udrenert skjærstyrke (totalspenningsanalyse). Vi legger dette til grunn som minimumskrav. (Kun effektivspenningsanalyse er aktuell for moloen).

Det er ingen offentlige veier / jernbane i direkte tilknytning til molofyllingen som medfører krav til høyere sikkerhetsfaktorer.

Snitt B er et snitt på skrå i retning brattest sjøbunn ved moloens østre del, mens snitt C er et snitt vinkelrett på moloens lengdeakse der sjøen er dypest (og fyllingshøyden er størst).



Figur 5: Plassering av kritiske beregningsnitt (snitt B og C) ift. planlagt molo. Sjødybder angitt i LAT (sorte tall).

5 Grunnlag for beregninger

5.1 Løsmassenes tyngde- og styrkeverdier

De utførte grunnundersøkelsene gir en samlet god oversikt over grunnforholdene og et tilstrekkelig grunnlag for detaljprosjektering og bygging. Grunnundersøkelsene ved planlagt molo-fotavtrykk viser hovedsakelig faste masser, og massene er drenerende (tynt lag av eventuelt mer finkornige masser vil drenere fort i forhold til utfyllingshastigheten).

Løsmassenes tyngde- og styrkeverdier er bestemt ut fra erfaringstall, blant annet fra Statens vegvesens veiledning V220 Geoteknikk i vegbygging (Ref. 7), samt fra de utførte laboratorieforsøkene.

Det svakere sjiktet nederst mot fjell kan i utgangspunktet tenkes å bestå av leire eller leirig sand heller enn løst lagret sand, vi har derfor vurdert styrke for leiresjikt som alternativ til løst lagret sand for å studere sensitiviteten.

Tabell 2 viser tyngde- og styrkeverdiene som er lagt til grunn i beregningene.

Tabell 2. Beregningsparametere for løsmassene.

Material	Friksjonsvinkel [Grader]	Attraksjon [kPa]	Tyngdetetthet(tørr/våt) [kN/m ³]
Fylling/sprengstein (også plastring)	42	5 (kohesjon 4,5)	19/11
Sand	35	1-2	18/9
Finsand (løst sjikt)	33	1-2	18/9
Silt/leire (løst sjikt)	26	1-2	19/9

Prøver og kornfordelingskurver viser at de dominerende massene er sand. Graderingstall $C_u > 5$ på de analyserte prøvene. Graderingstall over 5 samt lite innhold av finsand og silt indikerer at flyteskred ikke er relevant.

5.2 Dimensjonerende laster

For å hensynta anleggskjøretøy og eventuell fremtidig trafikk på moloen, er det lagt til grunn en dimensjonerende trafikklaster 13 kPa på toppen av moloen i beregningene for ferdig oppfylt molo. Lasten forutsettes å virke i full bredde, dog ikke nærmere enn 1 m fra moloens kant. Lasten tilsvarer vekten av normale vogntog/massetransportkjøretøy delt på arealet av kjøretøyet, med sikkerhetsfaktor (lastfaktor 1,3) og tar høyde for at flere kjøretøy kan stå tett etter hverandre.

Trafikklasten utgjør svært lite i forhold til belastningen som moloens egenvekt gir. Egenvekten av steinmassene er valgt som et forsiktig anslag (konservativt, dvs noe over gjennomsnittlig tyngdetetthet for steinmasser). Steinmassens tyngdetetthet vil avhenge av bergart, steinstørrelse/fraksjon. 19 kN/m³ tørr tyngdetetthet (over dimensjonerende vannstand) og 11 kN/m³ neddykket effektiv tyngdetetthet (21 kN/m³ totalt) ansees å være på forsiktig side og i tråd med prosjekteringsstandardens anvisninger (Ref. 5).

5.3 Dimensjonerende tidevannstand

For stabilitetsberegningene vil laveste vannstand være kritisk. Moloen vil bygges med permeable masser slik at vannstanden i molofyllingen vil følge tidevannet uten nevneverdig forsinkelse.

I beregningene er det i tråd med vanlig praksis lagt til lavvann med 1 års gjentaksintervall i bruddgrensesituasjon. Ved Vardø er denne 225 cm under normalnull NN2000 og 8 cm under sjøkartnull.

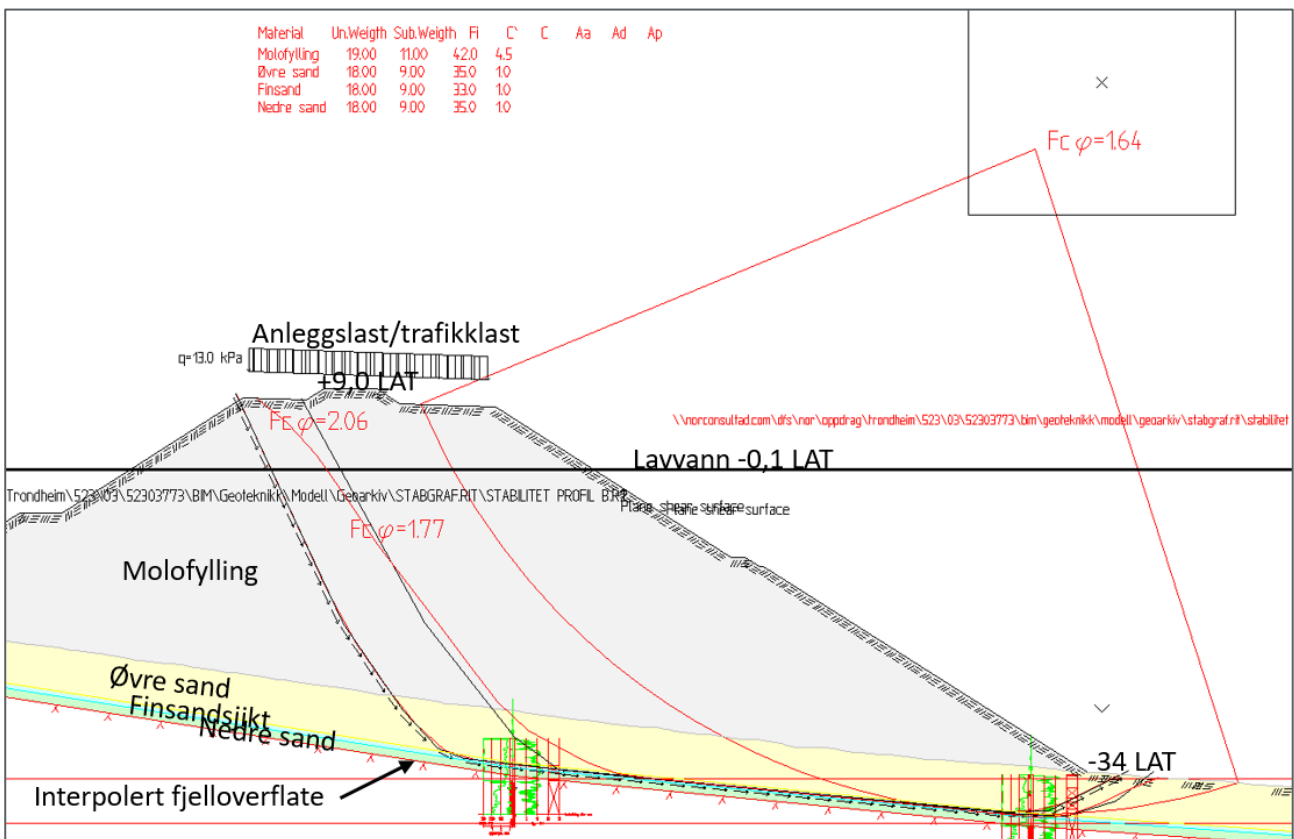
5.4 Beregningsprogram og analysemetode

Stabilitetsberegningene er gjennomført med uavhengige beregninger i beregningsprogrammene Plaxis 2D og GeoSuite Stability. Det er gjennomført beregninger på materiale med drenert oppførsel (effektivspenningsanalyse).

6 Beregningsresultater

6.1 Snitt B (skråsnitt)

I snitt B viser grunnundersøkelsene moderat løsmassetykkelse under moloen. Massene er hovedsakelig fast sand. Et bløtt sjikt (finsand/leirig sand) er modellert inn for å ta høyde for at dette laget kan tenkes å strekke seg sammenhengende under moloen. Sjiktet kan maksimalt være 0,5 m tykt og vil derfor oppføre seg drenert under normal utfyllingshastighet.



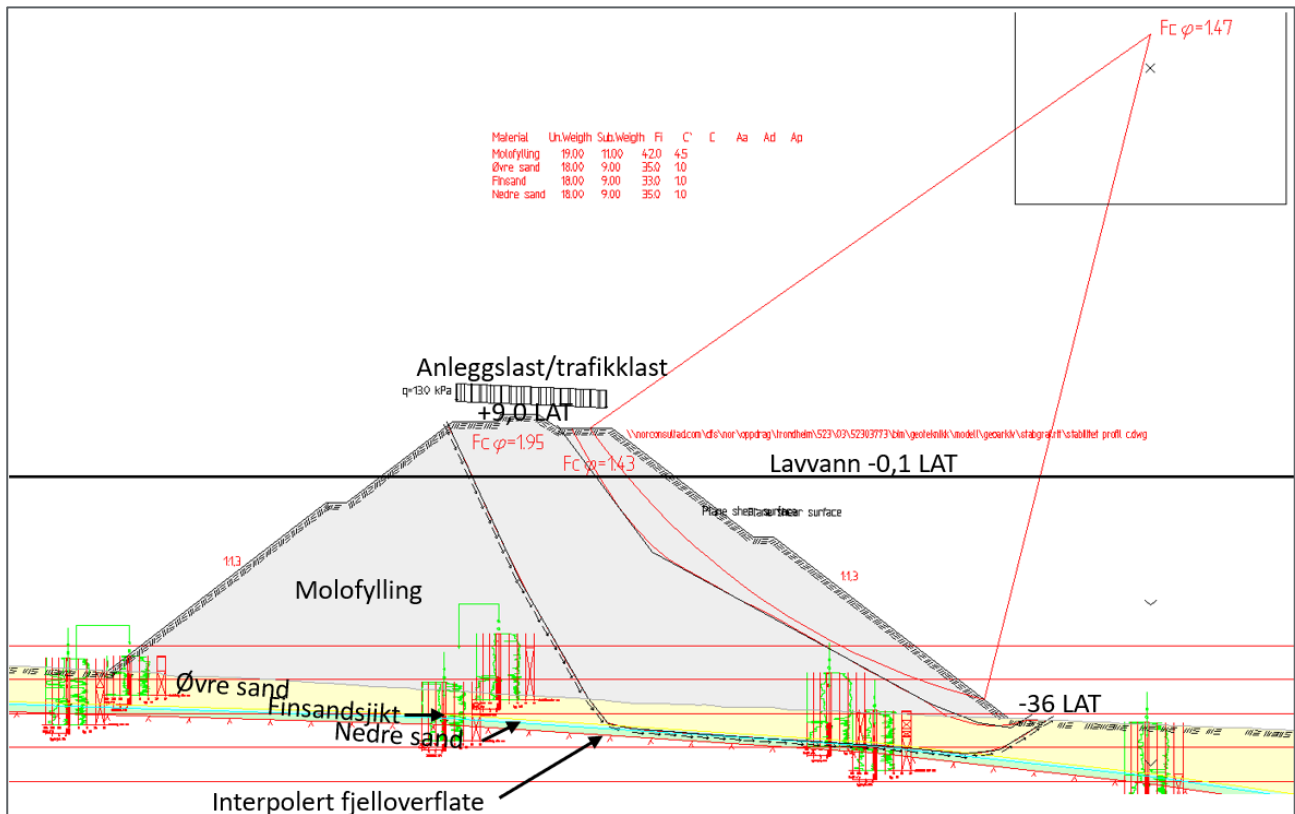
Figur 6: Snitt B, beregningssnitt i GeoSuite Stability.

Beregningen viser at kritisk bruddform er et sirkulært brudd i molofyllingen og stedlige masser under moloens fot (ned i det svakere sjiktet). Tilhørende beregnet sikkerhetsfaktor er 1,64, som er betydelig over minstekravet på 1,25.

Større og mer plane glideflater gjennom det antatt bløte sandsjiktet er beregnet å ha sikkerhetsfaktor 1,77-2,06.

6.2 Snitt C (snitt vinkelrett på molo i dypeste område)

I snitt C viser grunnundersøkelsene moderat og jevn løsmassetykkelse under moloen. Sjøbunnen er relativt flat, med et svakt fall mot nord. Massene er hovedsakelig fast sand. Et bløtt sjikt (finsand/leirig sand) er modellert inn for å ta høyde for at dette laget kan tenkes å strekke seg sammenhengende under moloen. Sjiktet kan maksimalt være 0,5 m tykt og vil derfor oppføre seg drenert under normal utfyllingshastighet.

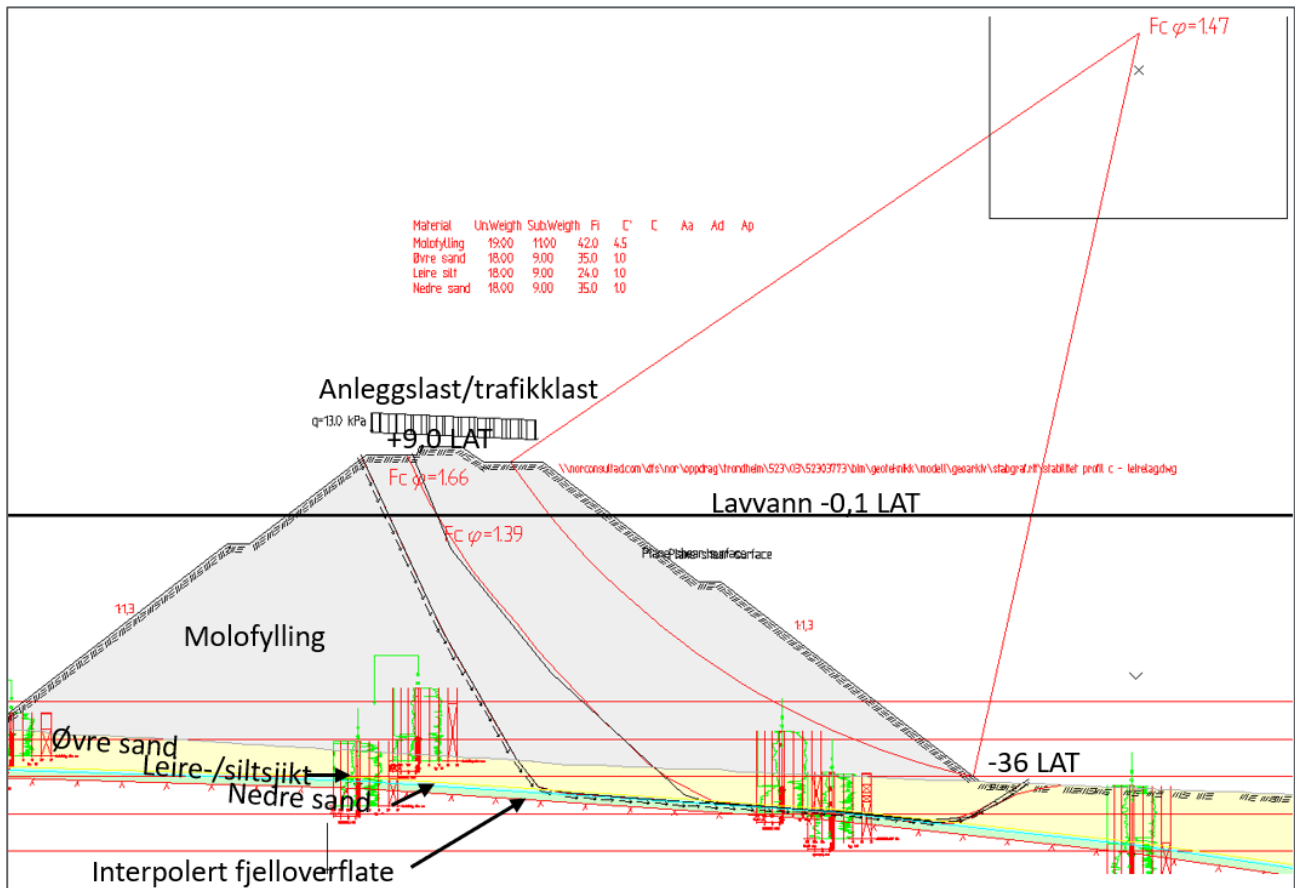


Figur 7: Snitt C, beregningssnitt i GeoSuite Stability. Sjikt beregnet som finsand.

Beregningen viser at kritisk bruddform er en sammensatt, relativt grunn bruddflate. Tilhørende beregnet sikkerhetsfaktor er 1,43, som er betydelig over minstekravet på 1,25. Et sirkulært, grunt brudd utelukkende i molofyllingen har beregnet sikkerhetsfaktor 1,47.

En større og mer plan glideflate gjennom det antatt bløte sandsjiktet er beregnet å ha sikkerhetsfaktor 1,95.

Dersom det svake sjiktet skulle være dominert av leire (verste tenkelige situasjon), vil stabiliteten være lavere. Med friksjonsvinkel 24 grader i dette sjiktet (tilsvarer svak leire) og ellers like forhold, fås beregnet sikkerhetsfaktor 1,39 for en ganske dyp glideflate gjennom dette sjiktet. Dvs godt over minstekravet selv om sjiktet skulle være hovedsakelig leire.



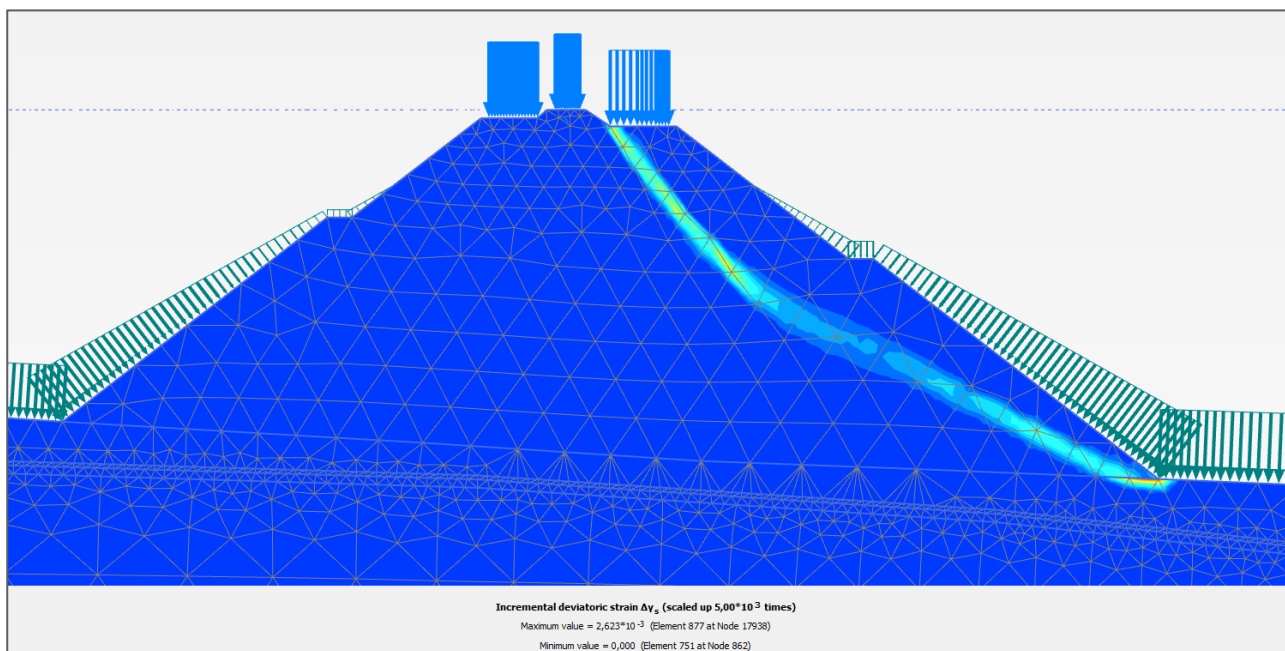
Figur 8: Snitt C, beregningssnitt i GeoSuite Stability. Sjikt beregnet som leire.

For å være sikker på at kritisk bruddflate er fanget opp i beregningene, har vi gjort en kontrollberegning med elementmetodeprogrammet Plaxis 2D i snitt C. Beregning er gjort både med svakt sjikt modellert som finsand og som leire. Molofyllingen er beregnet med dilatansvinkel 5 grader for delvis å ta inn gunstige effekter fra de grove plastringsmassene som vil utgjøre betydelige deler av fyllingen (dilatansvinkel er ikke mulig å ta inn i GeoSuite Stability).

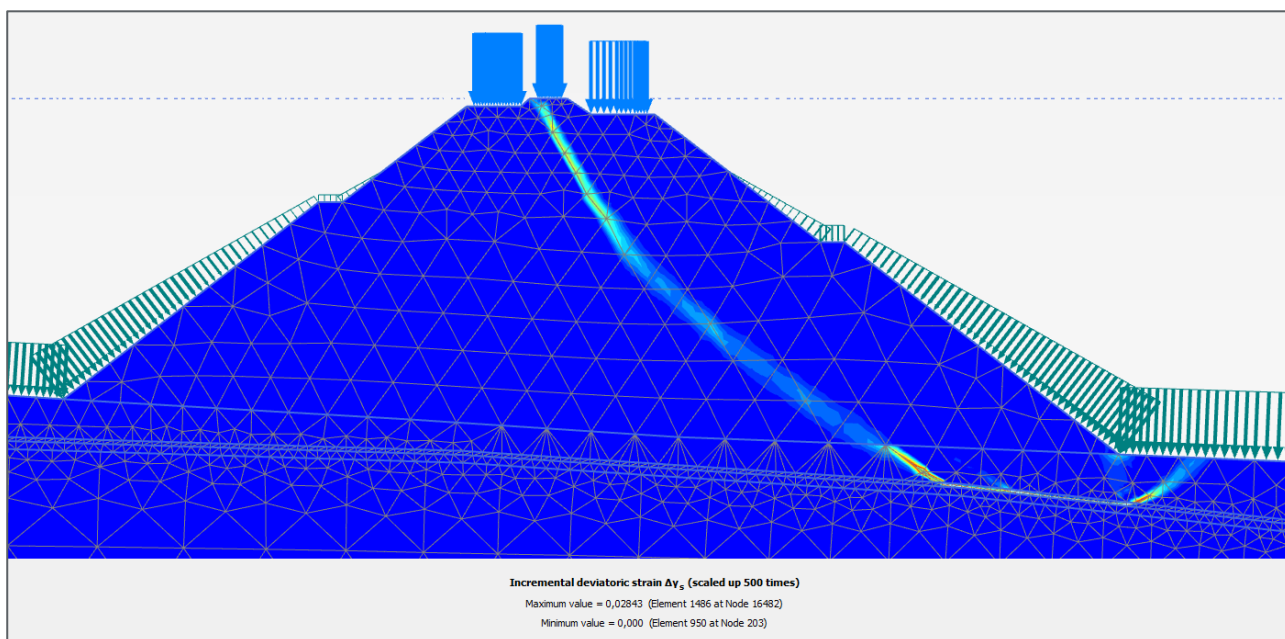
Plaxisberegningene viser at kritisk bruddflate vil være utelukkende i fyllingsmassene (et relativt grunt brudd) dersom det bløte sjiktet er finsand. Beregnet sikkerhetsfaktor er 1,28. Se Figur 9.

Med bløtt sjikt som leire (24 graders friksjonsvinkel), beregnes kritisk bruddflate å skjære ned i dette laget. Beregnet sikkerhetsfaktor er 1,27. Se Figur 10.

Beregningene i Plaxis viser tilstrekkelig sikkerhetsmargin, men beregnet margin er lavere enn den som fremkommer av GeoSuite Stability med samme geometri og belastning.



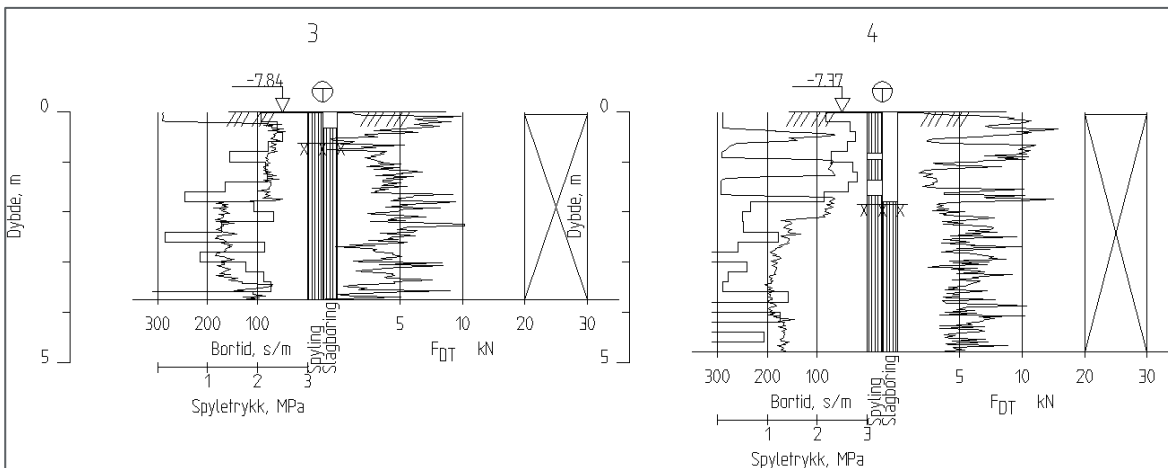
Figur 9: Kritisk bruddform fra beregning i Plaxis, gitt at bløtt sjikt er finsand. (Bruddform vises som annen farge enn mørk blå). Sikkerhetsfaktor (materialfaktor) $F=1,28$.



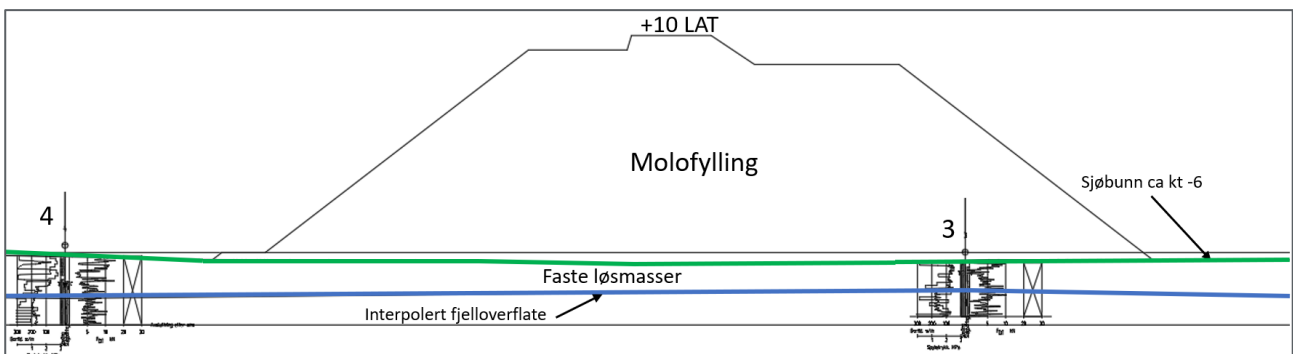
Figur 10: Kritisk bruddform fra beregning i Plaxis, gitt at bløtt sjikt er leire (eller silt). (Bruddformen vises som annen farge enn mørk blå). Sikkerhetsfaktor $F=1,27$.

6.3 Andre snitt som ikke er beregnet (A og D)

Snitt A er et snitt vinkelrett på moloen i vestre del av moloen, ved det dypeste lokale partiet i vestre del. Sjøbunnen er her omtrent på kote -6 og tilnærmet flat (se Figur 12 og tegning V202). Den begrensede sjødybden gjør at molofyllingens høyde og vekt blir tilsvarende mindre. Belastningene på underliggende masser er dermed vesentlig mindre enn i østre del (snitt B og C). Grunnundersøkelingspunkt 3 og 4 er nær snitt A. Disse viser liten løsmasseykkelse (1-2 m) og faste masser (se Figur 11). Ut fra den lavere belastningen og gode grunnforhold, vil stabiliteten i østre område være meget god. Av hensyn til stabilitet av selve molofyllingen, er det allikevel ikke aktuelt å etablere denne brattere enn 1:1,3.

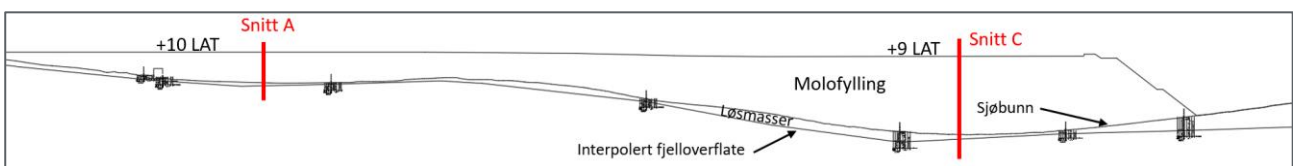


Figur 11: Utsnitt fra sonderingsprofiler 3 og 4 i østre område (snitt A). XXX indikerer fjelloverflaten.



Figur 12: Utsnitt av snitt A.

Snitt D er et snitt langs moloens lengdeakse. Snittet (Figur 13 og tegning V204) illustrerer hvordan sjødybden varierer langs moloen.



Figur 13: Utsnitt av snitt D.

Den bratteste delen av sjøbunnen i snitt D (langs moloen) er omtrent midtveis og har helning cirka 1:7.

I ferdig fylt situasjon vil stabilitet i snitt D kun være et tema ved enden av moloen. Her går sjøbunnen forsiktig opp videre mot øst i forlengelsen av moloen. Dette er stabilitetsmessig gunstig. Dessuten er fronthelningen den samme som i snitt C, mens sjødybden er moderat lavere. Stabiliteten i snitt D er derfor bedre enn i snitt C. Stabiliteten i lengderetningen av moloen vil være uproblematisk så lenge det fylles først der sjøen er dypest.

6.4 Diskusjon rundt beregningsresultater

Beregningene viser generelt at tilstrekkelig stabilitet vil oppnås med god margin i ferdig bygget tilstand.

Beregningene er basert på grunnundersøkellesdata så langt det har vært praktisk mulig å få gjennomført. Det er liten usikkerhet rundt fjellforløpet og sjøbunnsheiningen, mens styrken av løsmassene stedvis er mer usikker.

Vi har gjort sensitivitetsvurdering av usikkerheten i om eventuelt sammenhengende, bløtt sjikt er finsand eller leire. Resultatene viser at stabiliteten uansett vil være tilstrekkelig i snitt C, som er snittet med minst margin, og dermed er stabiliteten tilstrekkelig for hele moloen.

Beregning med elementmetodeprogrammet Plaxis 2D har generelt gitt lavere beregningsmessig stabilitet enn hva beregninger fra lamellemetodeprogrammet GeoSuite Stability gir. Selv om vi «tvinger» sistnevnte til å regne på samme geometri som kritisk bruddflate fra Plaxis, fås en betydelig høyere sikkerhet. I snitt C med leiresjikt er sikkerhetsfaktoren for kritisk bruddflate i Plaxis lik 1,27, mens samme bruddflate i GeoSuite har beregningsmessig sikkerhetsfaktor 1,39. Med sandsjikt er forskjellen minst like stor. Dette kan være fordi Plaxis har noe utfordring med å konvergere til en bruddform (og i realiteten ikke har nådd fullstendig bruddsituasjon), eller fordi beregningsmulighetene i GeoSuite ikke klarer å fange opp eksakt kritisk bruddgeometri. I og med at profil C, som har lavest beregnet sikkerhet i GeoSuite, har tilstrekkelig sikkerhet i Plaxis, er stabiliteten over minimumskravet.

Molofyllingen er som vanlig praksis forutsatt med sidehelninger 1:1,3. Dette samsvarer med erfaringsmessig naturlig helning som oppstår ved fylling fra lekter. Andre helninger vil være vanskelige å få til i det dypeste områder (øst), og er derfor ikke vurdert nærmere.

7 Rekkefølgekrav og utfyllingsmetode

7.1 Generelt om utfylling

Ved fylling i sjø/vann er det viktig å være oppmerksom på at det går med mer masse enn teoretisk beregnet fyllingsvolum, opp til anslagsvis 20 % tillegg. Dette skyldes blant annet egensetninger av fyllingen. Eventuell unøyaktig fylling og sterk strøm vil også påvirke masseforbruket.

Den vestre delen av moloen, dvs nærmest land, skal fylles på relativt flat og grunn sjøbunn. Denne delen av moloen kan om ønskelig fylles ut fra land, så lenge fronthelningen holdes på 1:1,3 eller slakere underveis i fyllingsarbeidene. Det vil si at det må fylles ved hjelp av gravemaskin, ikke direkte fra tipp ved fyllingsfronten.

Der sjøbunnen er dypere enn kote -7 (LAT), dvs i østre del av moloen, må det fylles fra flytende redskap (lekter) opp til minst kote -7. Utfylling bør starte i det dypeste området, slik at man ikke risikerer å utløse undersjøiske skred underveis i fyllingsarbeidene på grunn av midlertidige fyllingsfronter i område med brattest sjøbunn.

Om ønskelig og mulig, kan hele moloen fylles fra flytende redskap. Eventuell fylling fra sjøredskap i grunne sjøområder (inn mot land) må planlegges mht. dybder og tidevannsvariasjoner.

Det anbefales å benytte kvalitetsmasser med god steinkvalitet og kubisk kornform. Dette for å kunne opprettholde 1:1,3 helning for de aktuelle fyllingshøydene. Det er lagt til grunn fylling med samfengt stein av god kvalitet. Organisk innhold i fyllmassene må ikke forekomme.

7.2 Rekkefølge

Den vestre delen av moloen, dvs nærmest land, kan om ønskelig utfylles fra land. Dette gjelder strekningen der sjøbunnen er grunnere enn kote -7. Her er også sjøbunnen tilnærmet flat og det er lite løsmasser på sjøbunnen. Se inntegnet skille mellom østre og vestre del i tegning V200.

Den østre delen av moloen må fylles fra flytende redskap (lekter) minst opp til kote -7. Oppfylling skal gjøres noenlunde jevnt, slik at lokale overbelastninger unngås. Fylling skal starte i det dypeste området og fortsette slik at man etter hvert jobber mot områder med mindre vanddybde. Dette er stabilitetsmessig fordelaktig, da allerede utfylte masser vil støtte opp mot grunnbrudd i retning større vanddyp.

Fyllingsrekkefølge:

Det er valgfritt om østre eller vestre del fylles først. Imidlertid må rekkefølgen i hvert delområde være som følger:

- 1) Østre område: Fylle til kote -7. Denne utfyllingen skal starte i det dypeste området og fortsette slik at man etter hvert jobber mot områder med mindre vanddybde. Brå sprang i utfyllingshøyden må unngås, også underveis i arbeidene.
- 2) Fylle (videre) til kote +2 (omtrent til middelvannstanden). Dette kan gjøres med flytende utstyr eller fra land. Brå sprang i utfyllingshøyden underveis i arbeidene må unngås, dvs fronthelning tilnærmet 1:1,3 skal tilstrebes.
- 3) Fylle lagvis videre til ferdig nivå. Lagene komprimeres som Normal komprimering iht NS3458. Dette for å gi en fylling med minst mulig gjenværende egensetninger og dermed bedre utgangspunkt for å bygge en nøyaktig plastring av moloen. Komprimeringstidspunkt og detaljer i rekkefølgen tilpasses plastringarbeidene.

7.3 Andre krav

Etter at moloens østre del er fylt til kote -7, bør det utføres en scanning for å kartlegge overflaten / sjekke at denne er blitt som prosjektert. Eventuelle overheng/bratte partier i fyllingen må forsøkes slaket ut så langt det er mulig.

Ved utfylling fra land må det kontinuerlig foretas kontroll av fyllingsgeometrien. Dette medfører blant annet systematisk kontroll av skråningshelningen. Bratte partier eller overheng må slakes ned.

Arbeidstegninger utarbeides av og i samråd med havneteknisk rådgiver (også Norconsult). Arbeidene skal utføres i tråd med disse, som er basert på konklusjonene blant annet fra den geotekniske prosjekteringen.

8 SHA og restrisiko

Vi har gjennomført en fareidentifikasjon av tekniske løsninger i vårt (Norconsults) oppdrag. Risiko er søkt redusert så langt som mulig gjennom tekniske valg i oppdraget.

Vi ser ingen spesielle geotekniske forhold som tilsier større risiko i forhold til andre tilsvarende prosjekter. Generelt er det viktig å sikre mest mulig presis utlegging for å unngå overheng, mv., som kan trigge lokale stabilitetsbrudd. Ved tvil om stabiliteten pga. uforutsette forhold, må geotekniker kontaktes uten ugrunnet opphold.

Før fyllingsarbeidene starter bør det gjennomføres en gjennomgang av de planlagte arbeidene, med hovedvekt på HMS/SJA. Prosjekterende foreslår følgende kontrollpunkt:

- På moloen bør det anlegges fysiske barrierer for å hindre at trafikkering nær skråningskant
- Vurdere behov for beredskap i tilfelle utforkjøring med bil/maskin, eksempelvis bør det være en båt tilgjengelig og ingen bør arbeide alene i anleggsområdet.
- Flyteutstyr (redningsvest o.l.) bør være tilgjengelig i maskinene.
- Personell på moloen benytter reflekterende arbeidsklær

Foreslåtte kontrollpunkt må ikke anses som dekkende for de tiltenkte arbeidene, entreprenør må selv supplere med aktuelle kontrollpunkt.

Vi anbefaler at det avholdes et møte mellom byggherre, geotekniker og entreprenørens feltpersonell ved oppstart av arbeidene med fokus på de kritiske faktorene. Dette for å unngå misforståelser.

9 Plan for kontroll og oppfølging

9.1 Kontroll av prosjektering

Den geotekniske prosjekteringen av moloen er plassert i tiltaksklasse 2, som medfører krav om uavhengig kontroll av prosjektering i henhold til SAK 10.

Prosjekteringen er utført iht. europeiske prosjekteringsstandarder, blant andre NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner. Iht. denne standarden havner den geotekniske prosjekteringen i pålitelighetsklasse 2, dermed minst prosjekteringskontrollklasse og utførelseskontrollklasse 2. Dette medfører krav om en tredjepartskontroll, kalt Utvidet kontroll, i tillegg til den uavhengige kontrollen iht. Plan- og bygningsloven / Byggesaksforskriften. Begge kontrollene kan forestås av samme foretak (som må være uavhengig av Norconsult) og kontrollene slås gjerne sammen slik at kontrollaktivitetene gjøres iht. NS-EN 1990 og rammene rundt kontrollen i samsvar med SAK10. Vi ber om å bli holdt orientert om eventuelle funn i kontrollen, slik at vi om nødvendig kan revidere prosjekteringen.

9.2 Oppfølging / kontroll i byggefase

Vi viser generelt til gjeldende (bransje)standarder for kontroll av aktuelle grunnarbeider. Komprimeringsstandard NS3458 vil være relevant for den delen av fyllingen som ligger over havnivået. For generelle fyllingsarbeider, som er aktuelt her, finnes det få standarder. Statens vegvesens veileder V221 om fyllinger, skjæringer og skråninger, samt Kystverkets molohåndbok, inneholder en del nyttige råd og tips.

De deler av grunnarbeidene som plasseres i tiltaksklasse 2 eller 3 blir gjenstand for uavhengig kontroll av utførelse i henhold til SAK10. Utfylling av steinmasser til molo er i pålitelighetsklasse 2 og utførelseskontrollklasse 2, som medfører krav til utvidet kontroll iht NS-EN 1990 (tredjepartskontroll) av utførelsen. Begge kontrollene kan forestås av samme foretak (som må være uavhengig av utførende foretak) og kontrollene slås gjerne sammen slik at kontrollaktivitetene gjøres iht. NS-EN 1990 og rammene rundt kontrollen i samsvar med SAK10.

Noen viktige kontrollpunkt for utførelsen er listet i tabellen under.

Kontrollpunkt	Beskrivelse	Ansvarlig
Fyllingsrekkefølge	Molofyllingen skal fylles som beskrevet i rekkefølgekapittelet. Dette er viktig for å sikre tilstrekkelig stabilitet underveis i fyllingsarbeidene.	Entreprenør
Scanning av fylling	Etter at østre del av moloen er fylt til kote -7, bør det utføres en scanning for å kartlegge overflaten. Utfyllingen skal ha sidehelninger og reposer/hyller som prosjektert.	Entreprenør
Steinkvalitet	Det anbefales å benytte kvalitetsmasser med god steinkvalitet og kubisk kornform. Dette for å kunne opprettholde 1:1,3 helning for de aktuelle fyllingshøydene. Det er lagt til grunn fylling med samfengt stein av god kvalitet (utenom plastringsmassene). Organisk innhold i fyllmassene må ikke forekomme.	Entreprenør
Komprimering	Fylling over havnivået (ca +2 LAT) og oppover komprimeres lagvis iht NS3458 Normal komprimering. Komprimeringstidspunkt tilpasses plastringsarbeidene.	Entreprenør

10 Referanser

Ref. 1: Lov om planlegging og byggesaksbehandling (PBL), tilgjengelig fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>

Ref. 2: Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK17), tilgjengelig fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840>

Ref. 3: Forskrift om byggesak (SAK10), tilgjengelig fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840>

Ref. 4: NS-EN 1990:2002+ A1:2005 + NA:2016: Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner

Ref. 5: NS-EN 1997-1: 2004+A1:2013+NA:2020: Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering Del 1: Allmenne regler

Ref. 6: NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021: Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger

Ref. 7: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Geoteknikk i vegbygging (Håndbok V220)», 2018

Ref. 8: Multiconsult AS, 2020. «10221760-RIG-RAP-001, Ytre Molo, Vardø». Datarapport – geoteknisk grunnundersøkelse.

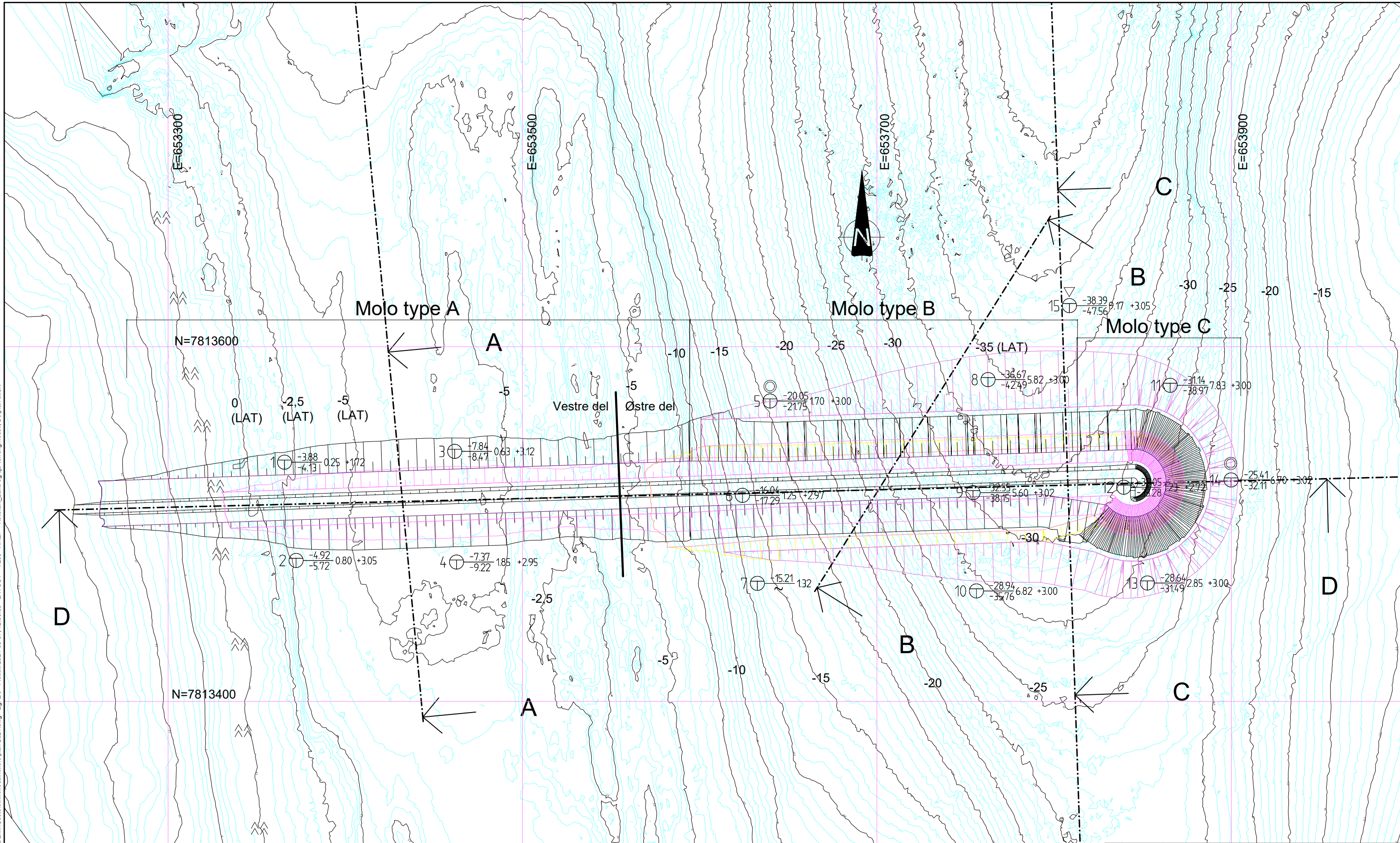
11 Tegninger

Følgende tegninger vedlegges rapporten for å gi oversikt over grunnforholdene.

Havneteknisk rådgiver utarbeider arbeidstegninger for moloen.

Tegning nr	Beskrivelse
V200	Situasjonsplan for grunnundersøkelser og molo – beregningssnitt for stabilitet inntegnet
V201	Geotekniske sonderingsprofiler (fra Multiconsults tidl. grunnundersøkelser)
V202	Snitt A og B – med grunnundersøkelsesprofiler (sonderingsprofiler) inntegnet
V203	Snitt C – med grunnundersøkelsesprofiler (sonderingsprofiler) inntegnet
V204	Snitt D – med grunnundersøkelsesprofiler (sonderingsprofiler) inntegnet

\\norconsult.com\inf\vat\toppdrag\Tromsheim\52303773\BIM\Cadeteknikk\Modell\Molo\plan 2024.dwg - EgAbe - Plottet: 2024-03-07 12:59:39 - LAYOUT = V200 - XREF = Kotehøi_Land og sjo terrenngmodell, Borplan utført

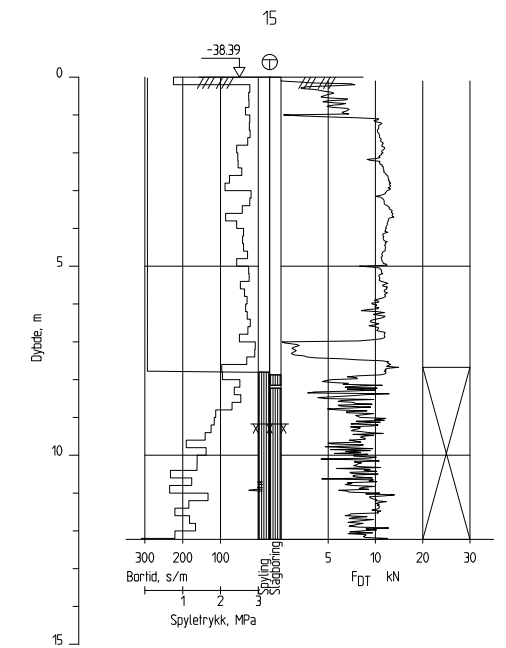
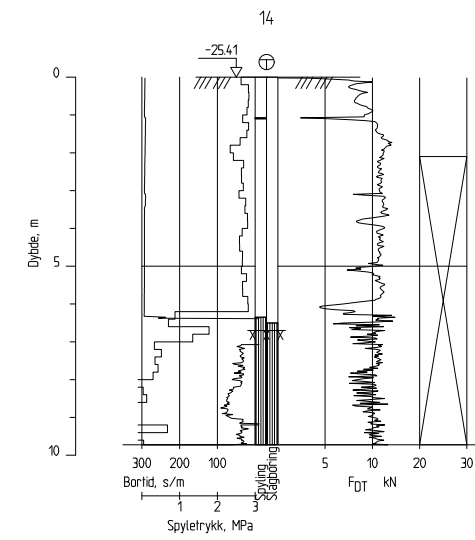
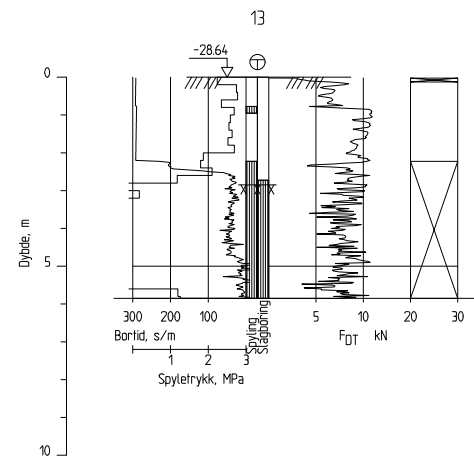
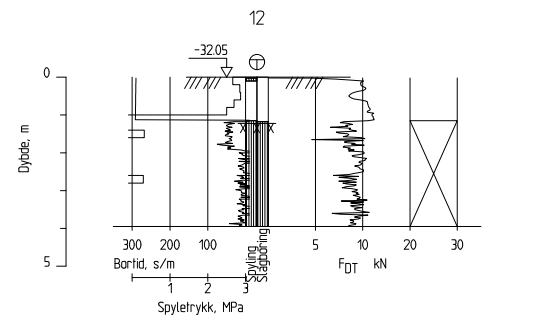
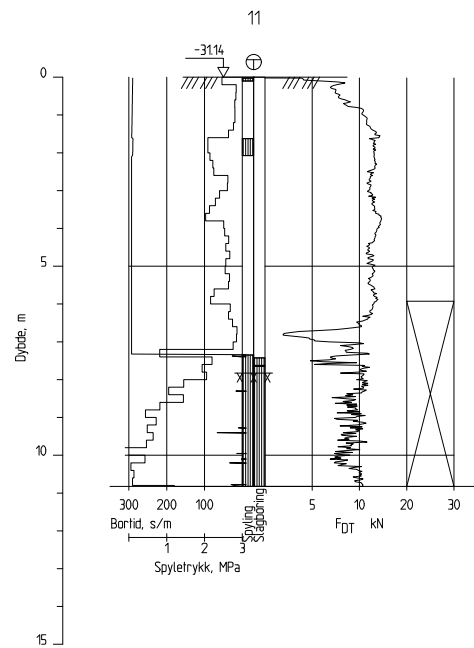
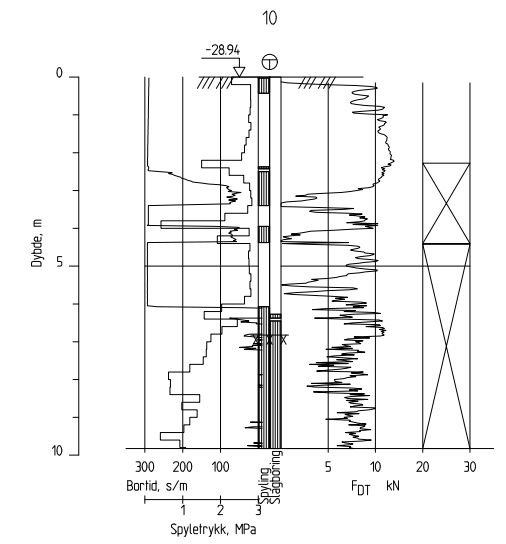
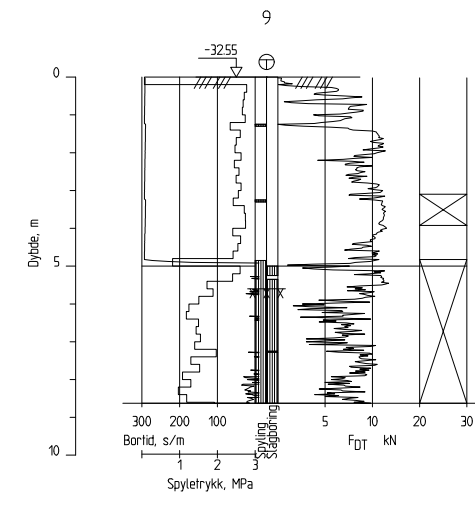
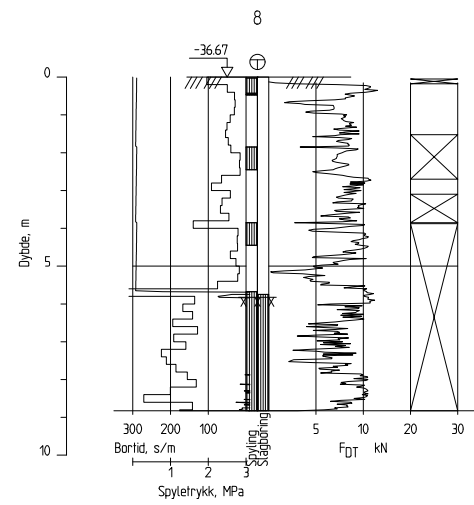
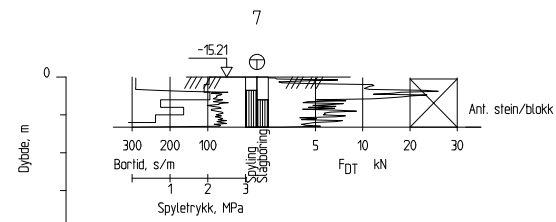
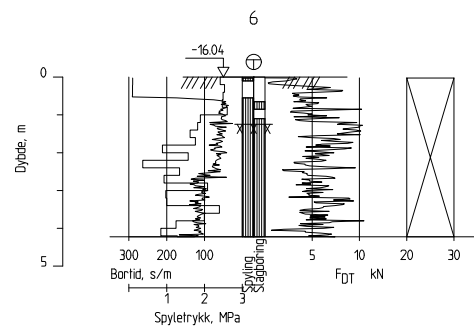
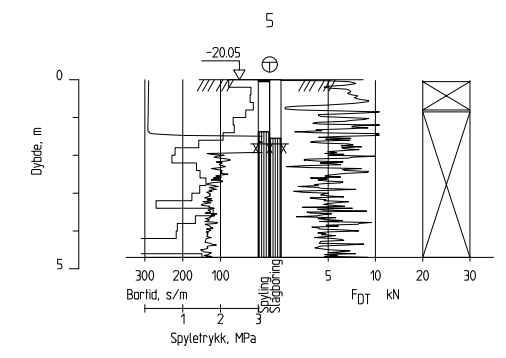
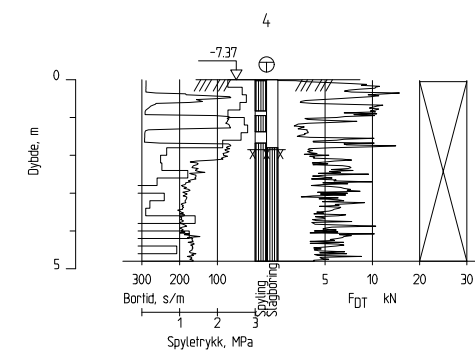
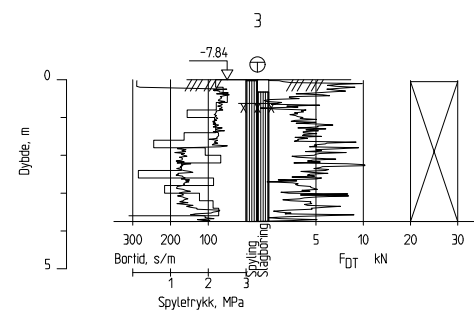
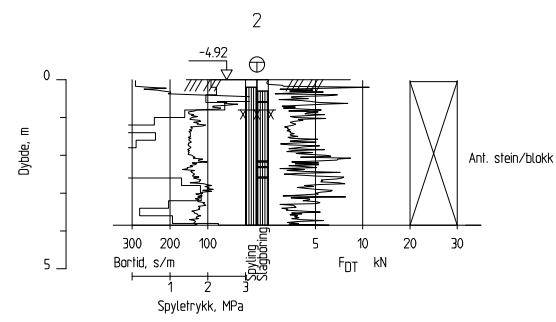
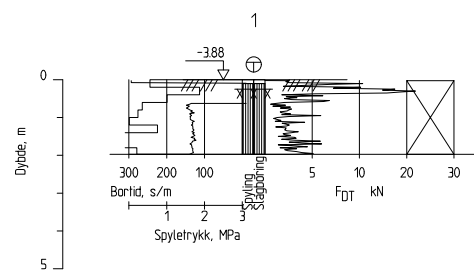


OBS: Kotehøyder i borpunkt angitt i NN2000

TEGNFORKLARING:

- FJELL I DAGEN
- TOTALSONDERING TRYKKSONDERING PRØVESERIE
- BORHULL ID. KOTE TERRENG ELLER SJØBUNN
EVT. KOTE ANTATT FJELL BORET DYBDE I LØSMASSE + (BORET I FJELL)

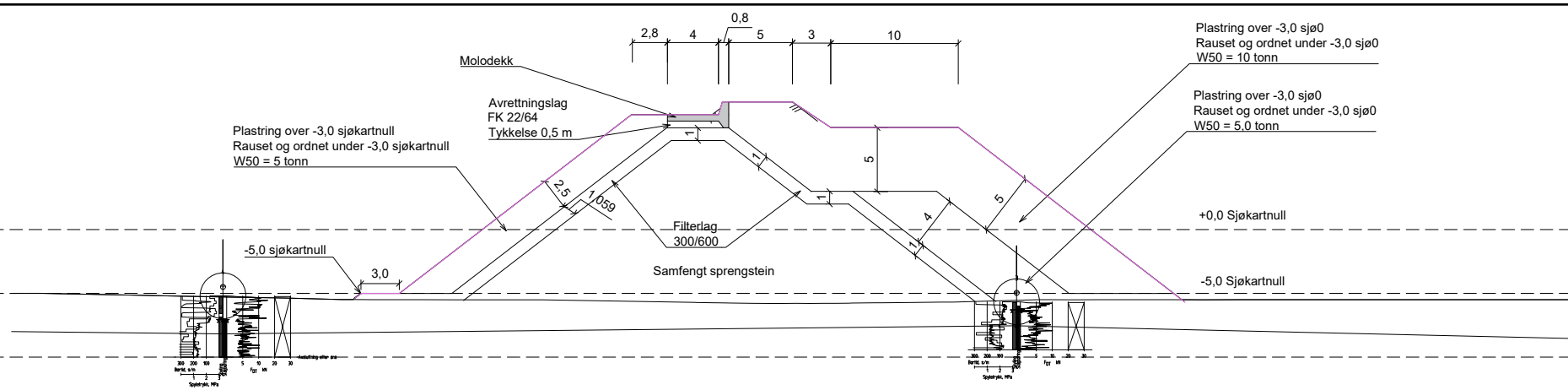
Rev.	Dato	For bruk	EgAbe	GreWia	AtSas
		Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
<small>Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tillater.</small>					
Kystverket					Målestokk (gjelder A3) 1:2000
Fiskerihavn Vardø Ytre molo					
Situasjonsplan for grunnundersøkelser og molo Beregningssnitt for stabilitet inntegnet					
Norconsult		Oppdragsnummer 52303773	Tegningsnummer V200	Revisjon J01	



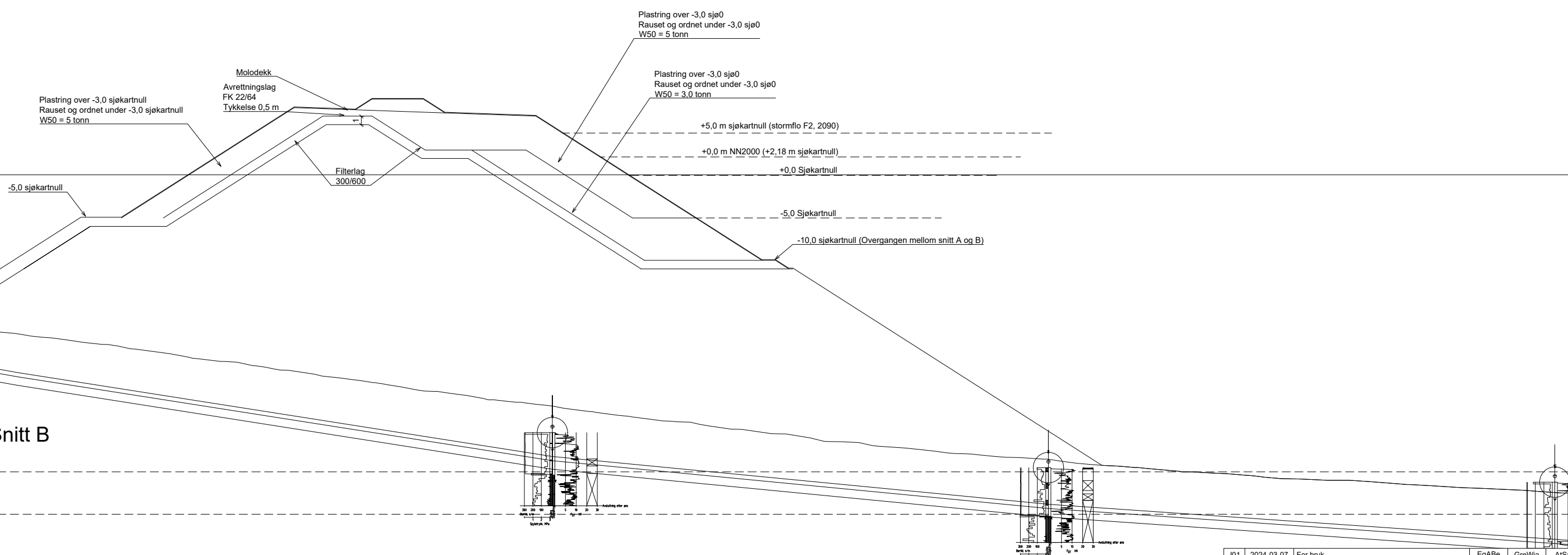
\\norconsult.com\uf\in\at\oppdrag\Tromheim\52303773\BIM\Geoteknik\Moell\1\201 Sonderingsprofiler.dwg - EgABe - Plottet: 2024-03-07, 11:31:05 - LAYOUT = V201*

J01	2024-03-07	For bruk	EgABe	GreWia	AtSas
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.					
Kystverket					Målestokk (gjelder A3) 1:200
Fiskerihavn Vardø Ytre molo					
Geotekniske sonderingsprofiler (fra Multiconsult) OBS: Høydereferanse NN2000					
Oppdragsnummer Norconsult		Tegningsnummer 52303773		Revisjon V201	
				J01	

Snitt A

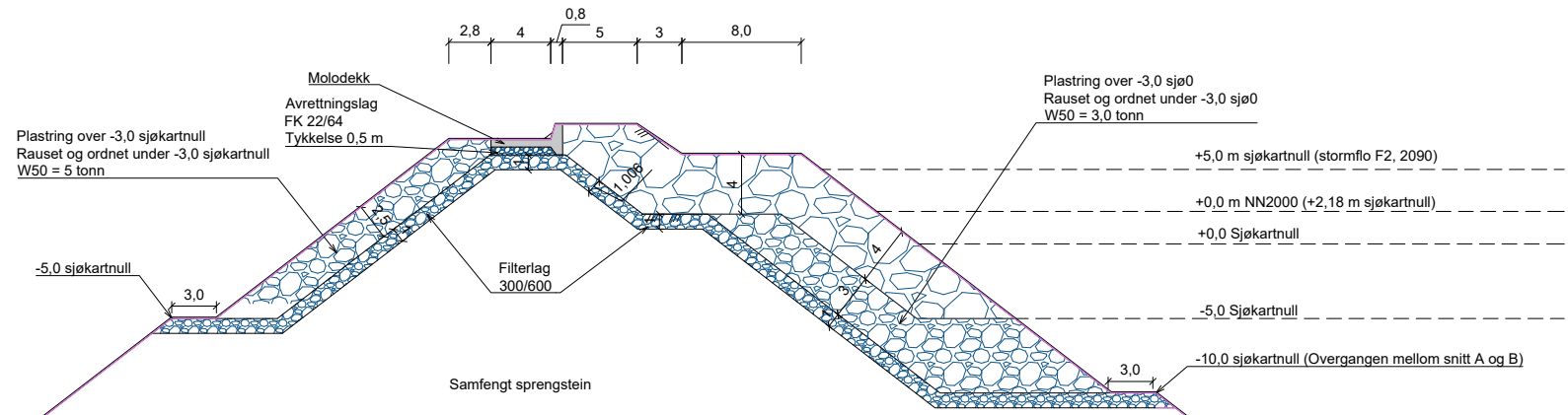


Snitt B

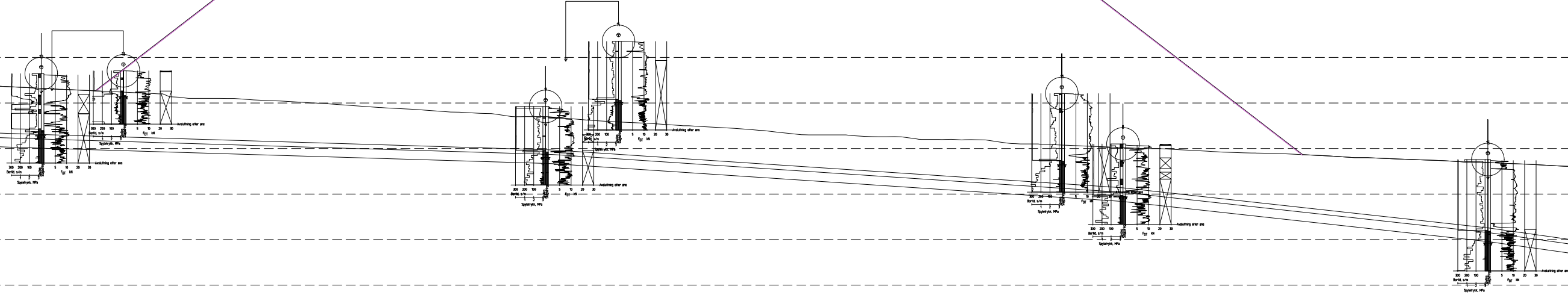


Rev.	Dato	Beskrivelse	EgABe	GreWia	AtSas
J01	2024-03-07	For bruk			
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.			Målestokk (gjelder A3) 1:500		
Kystverket Fiskerihavn Vardø Ytre molo Snitt A og B					
Norconsult		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		52303773	V202	J01	

\\norconsult.com\uf\in\toppdrag\Tromsheim\52303773\BIM\Geoteknikk\Modell\Samlede snitt.dwg - EgABe - Plottet: 2024-03-07, 13:48:21 - LAYOUT = V202

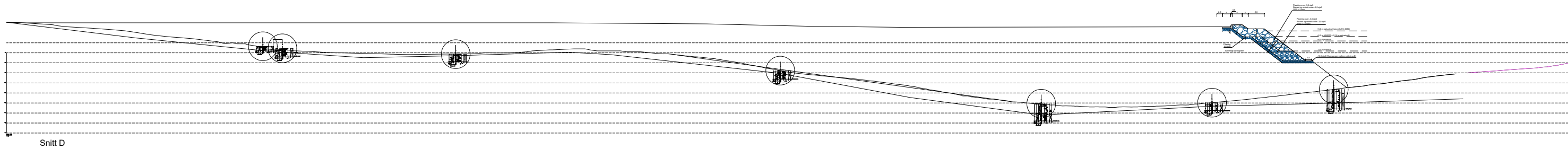


Snitt C



J01	2024-03-07	For bruk	EgABe	GreWia	AtSas
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.					Målestokk (gjelder A3)
Kystverket					1:500
Fiskerihavn Vardø Ytre molo					
Snitt C					
Norconsult		Oppdragsnummer 52303773	Tegningsnummer V203	Revisjon J01	

\\norconsult\dat\com\uf\in\top\pdr\ag\Tromsheim\52303773\BIM\Cadet\teknisk\Modell\Samlede snitt.dwg - EgABe - Plottet: 2024-03-07, 13:48:29 - LAYOUT = V203



Snitt D

\\norconsultad.com\uf\va\top\pdrag\Tromsheim\52303773\BIM\Geoteknik\Modell\Samlede snitt.dwg - EgABe - Plottet: 2024-03-07, 13:48:36 - LAYOUT = V204

J01	2024-03-07	For bruk	EgABe	GreWia	AtSas
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tillater.					Målestokk (gjelder A3)
Kystverket					1:2000
Fiskerihavn Vardø					
Ytre molo					
Snitt D (lengdesnitt molo)					
Norconsult		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		52303773	V204	J01	

Kystverket

► Innseiling Vardø

Geoteknisk detaljprosjekteringsrapport for mudring

Oppdragsnr.: 52303773 Dokumentnr.: RIG-R02 Versjon: J01 Dato: 2024-07-12



Oppdragsgiver: Kystverket
Oppdragsgivers kontaktperson: Louise Viketun Skjøndal
Rådgiver: Norconsult Norge AS, Stortorget 2, NO-9008 Tromsø
Oppdragsleder: Athul Sasikumar
Fagansvarlig: Greger Lyngedal Wian
Andre nøkkelpersoner: Simon Prochaska

J01	2024-07-12	Til bruk	SimPro	GreWia	ATSAS
A01	2024-07-09	Til intern kontroll	SimPro		
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammendrag

Kystverket planlegger å etablere en ny molo nord-vest for Vardø havn, som krever sjøutdyping for ny innseiling til Vardø havn på moloens østside. Utdyping omfatter mudringsmengde på om lag 5700m³ berg og 41700m³ løsmasser (inkludert 10% usikkerhet).

Området ligger på mellom ca. kote -4 i øst og ca. kote -13 i vest. Sjøbunnskart viser et lite platå ved prosjektområdet før bunnen bli brattere mot vest. Helning i den brattere del er ca. 1:7. Berg i det aktuelle området ligger på mellom ca. kote -10,7 og -14,2. Generelt består grunnen av ett lag avsandige/grusige friksjonsmasser med delvis morene, etterfulgt av antatt berg. Friksjonsmassene er gjennomsnittlig 2-3m tykk.

Området ligger under marine grensen og dermed innenfor aktsomhetsområdet for marine leire. Derimot har grunnboringer bare påvist friksjonsmasser over berg. Det betyr at det er ikke fare for områdeskred. Videre ligger prosjektområdet ikke innenfor utløpssone for områdeskred.

Arbeidene innebærer fjerning av løsmasser og delvis sprenging av berg. Det må forhindres, at løsmasser eroderes inn i mudrings- og sprengingsarealet. Derfor kan graving i løsmasser bli gjennomført åpent, men med helning ikke brattere enn 1:2,5 og med en hylle på min. 3 meter på toppen av skjæringer i berg. Det er ikke avtalt hvor utgravet og sprengte masser kan bli deponert. Dette må avklares med tiltakshaver.

► Innhold

1	Innledning	5
1.1	Dagens tomt	5
1.2	Planlagt utdyping	7
2	Utførte grunnundersøkelser	8
3	Grunnforhold	9
3.1	Berg	9
3.2	Løsmasser	9
	<i>Lagdeling</i>	9
	<i>Materialparametere</i>	10
3.2.1	<i>Vannstand</i>	10
3.2.2		
4	Prosjekteringsforutsetninger	11
3.2.3		
4.1	Grunnlag	11
4.2	Styrende dokumenter	11
4.3	Klassifisering iht. regelverk	11
4.4	Materialfaktorer	14
4.5	Laster	14
4.6	Jordskjelv	15
4.7.1	4.7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger	15
4.7.2	<i>Skred i bratt terreng</i>	16
4.7.3	<i>Flom</i>	16
	<i>Kvikkleire</i>	16
5	Stabilitet	17
5.1	Områdestabilitet	17
5.2	Lokalstabilitet/Skråningsstabilitet	17
6	Utførelse	18
6.1	Graving	18
6.2	Gjenbruk av masser	18
6.3	Arbeidsgang	18
7	SHA / HMS ved anleggsarbeidene	19
8	Plan for kontroll og oppfølging	20
9	Risikovurdering / restrisiko etter prosjektering	21
10	Referanser	22

1 Innledning

Kystverket planlegger å etablere en ny molo nord-vest for Vardø havn, som krever sjøutdyping for ny innseiling til Vardø havn på molos østside. Planområdet ligger nord for Vardøs havn og vest for Hasselneset, som vist i Figur 1-1.

Alle høydekoter i denne rapporten referer til høydesystem NN2000, som er i Vardø 218cm høyere enn laveste lavvann (LAT, Sjøkartnull).

Norconsult Norge AS er engasjert som rådgivende ingeniører i flere disipliner. Denne rapporten er utarbeidet fra rådgivende ingeniører geoteknikk (RIG), og inneholder prosjektering for utdypingsområdet. RIG har allerede utført en datarapport for borpunktene i sammen området, som er grunnlag for denne rapporten (ref. [1]).



Figur 1-1: Oversiktskart over prosjektområdet (rød sirkel). (Kilde: norgeskart)

1.1 Dagens tomt

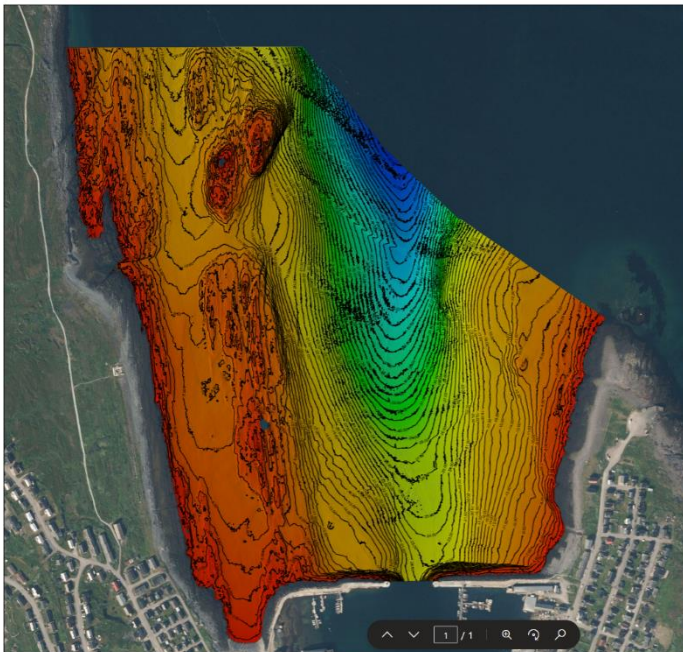
Tomta er sjøareal. Kystlinjen er naturlig, som vist i sammenligningen i historiske flyfoto i Figur 1-2 og Figur 1-3. Sjøbunnen har et lite plåtå nord-vest for Hasselneset (ca. kote -8) men faller ned lenger ut mot vest fra Hasselneset med gjennomsnittlig helning ca. 1:7. Sjøbunmodellen er vist i Figur 1-4.



Figur 1-2: Prosjektområdet i 1946. (Kilde: finn.no)



Figur 1-3: Prosjektområdet i 2018. (Kilde: finn.no)



Forklaring:
 Kotekart er generert ut fra en
 Gridmodell med ruter på 0.5 m.
 Modellen består av data
 sanket med
 multistråleekkolodd.
 Bunnkoter har ekvidistanse
 1m.

Modellen gjengir middelveier
 av punktskyen med bunndata.

utstyr benyttet under
 datainnsamlingen:
 -R2Sonic 2022 wideband
 multistråleekkolodd
 -Applanix POS MV
 Wavemaster RTK GNSS
 posisjon og
 orienteringssensorer
 -SAIV CTD/STD - Model
 SD204 lydshastighetsprofilerer
 -CPOS RTK
 korreksjonssignaler

NOVATEK AS Fosbøka 81/S, 8001 BOCØ.	Dato 23.09.2020
bunnkotekartlegging Vardø hamn	Side nr. 001
Norconsult AS	001

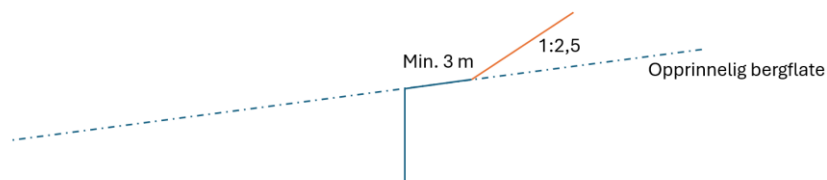
Figur 1-4: Tegning av kotekart fra sjøbunnsmodellen.

1.2 Planlagt utdyping

Figur 1-5 viser planlagt utdyping området i oransje. Figur 1-6 forklarer tverrsnitt gjennom prosjektområdet. I henhold til Norconsults prosjekterende for havn medfører tiltaket en mudringsmengde på 5700m³ berg og 41700m³ løsmasser (inkludert 10% usikkerhet).



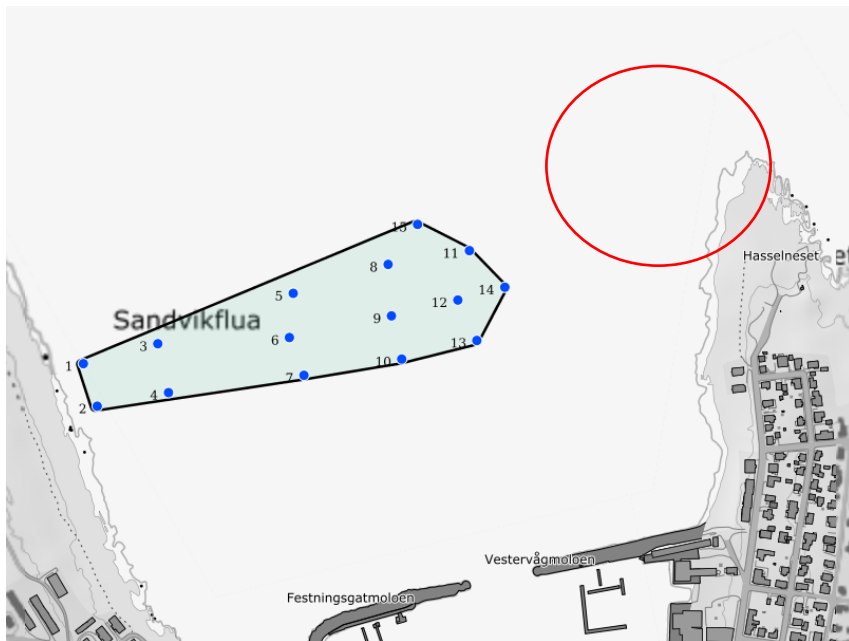
Figur 1-5: Planlagt utdyping området.



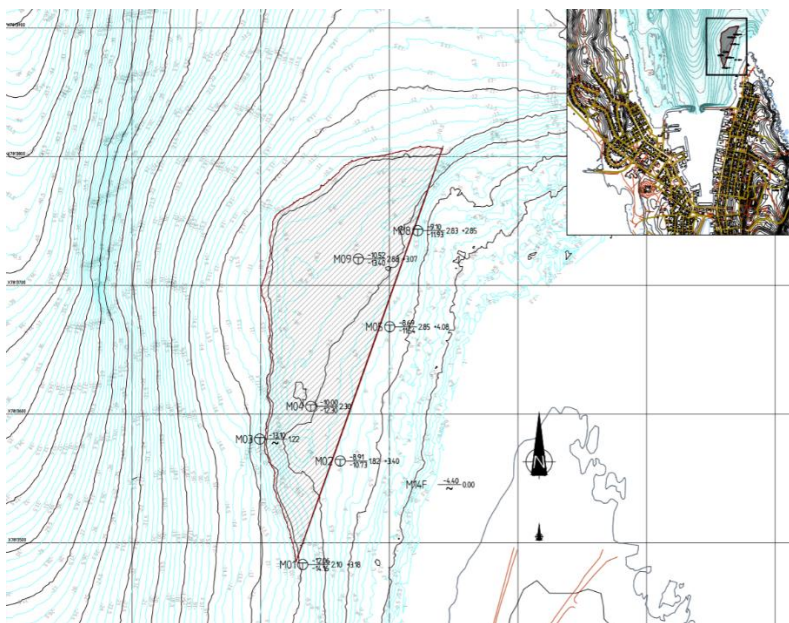
Figur 1-6: Tverrsnitt gjennom utdyping området. Skrånings

2 Utførte grunnundersøkelser

Det var tidligere utført grunnundersøkelser av Norconsult Norge AS på sjø i 2020, som er vist i NADAG (Figur 1-2). Videre utførte Norconsult Norge AS grunnboringer vest for Hasselneset. Dette området er vist i Figur 1-2 med rød sirkel. Borplanen gir en oversikt over de 7 utførte boringer.



Figur 2-1: Grunnundersøkelser utført i 2020 av Norconsult. Rød sirkel viser det aktuelle prosjektområdet. (Kilde: NADAG)



Figur 2-2: Borplanen av boringer utført i 2024.

3 Grunnforhold

Området ligger på mellom ca. kote -4 i øst og ca. kote -13 i vest. Sjøbunnskart viser et lite platå ved prosjektområdet før bunnen bli brattere mot vest. Helning i den brattere del er ca. 1:7.

3.1 Berg

Berg i det aktuelle området er undersøkt til å ligge mellom ca. kote -10,7 og -14,2. Det kan ikke utelukkes at berget avviker betydelig fra dette utenfor de undersøkte punktene.

3.2 Løsmasser

NGU's løsmassekart, vist i Figur 3-1, viser bare bart fjell i området. Kartet gir ingen indikasjon over løsmasser på sjøbunnen og boringer må være tolket for å få et inntrykk over løsmasser i sjøen.

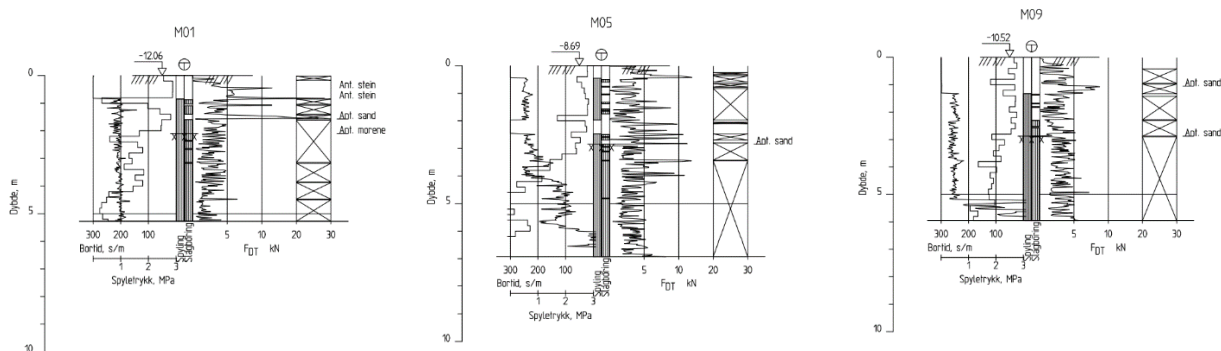


Figur 3-1: NGU's løsmassekart. (Kilde: NGU)

Lagdeling

Figur 3-2 viser tre utvalgte borprofiler som representerer generelt grunnforhold i prosjektområdet. Plassering av disse vises i borplan i Figur 2-2.

Generelt er det et lag med middels til høy sonderingsmotstand som indikerer friksjonsmasser antatt bestående av sand, grus og stein. Det er ofte brukt spyl- og slagboring som viser faste masser. Det er generelt stein og morene. Som beskrevet i Kap. 3.1 Berg, er antatt berg påtruffet mellom ca. kote -10,7 og -14,2. Det betyr berg er påvist etter gjennomsnittlig 2-3m boring i friksjonsmasser.



Figur 3-2: Utvalgte borprofiler.

Materialparametere

Materialparametere er vist i Tabell 1. Det var ikke utført CPTu eller prøvetaking og derfor følger disse erfaringsverdier angitt i Statens vegvesens Hb. V220 (ref. [2]), Tabell 2-21.

Tabell 1: Materialparametere (tyngdetetthet og styrke)

Materiale	Tyngdetetthet/Neddykket tyngdetetthet, γ / γ'	Friksjonsvinkel, ϕ	Attraksjon, a
Løsmasser	19/9	38	0

3.2.3

Vannstand

Grunnvannstand antas å følge havnivå. For Vardø angir seahavnivå.no følgende:

- 1000 års høyvann (stormflo) +225
- Årlig høyvann (stormflo) +168
- Laveste astronomiske tidevann (sjøkartnull) -217

4 Prosjekteringsforutsetninger

4.1 Grunnlag

De geotekniske vurderingene er basert på informasjon fra grunnundersøkelser utført av Norconsult Norge AS i 2024.

Vi mener at disse grunnundersøkelsene gir et tilstrekkelig bilde av grunnforholdene for prosjektering og utdyping av prosjektområdet.

4.2 Styrende dokumenter

Geoteknisk prosjektering er utført med bakgrunn i gjeldende regelverk, standarder og håndbøker, samt andre relevante publikasjoner. De viktigste for det aktuelle oppdraget er listet her:

- FOR-2017-06-19-840: Byggeteknisk forskrift (TEK 17), (ref. [3])
- FOR-2010-03-26-488: Byggesaksforskriften (SAK 10), (ref. [4])
- NS-EN 1990:2002+NA:2008 + A1:2005 + NA:2016: Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, (ref. [5])
- NS-EN 1997-1: 2004+A1:2013+NA:2020: Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering Del 1: Allmenne regler, (ref. [6])
- NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021: Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger, (ref. [7])
- Statens vegvesens håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, (ref. [2])
- Vegnormal N200 Vegbygging, 2022, (ref. [8])

4.3 Klassifisering iht. regelverk

Norconsults forslag til klassifisering av tiltaket ut fra gjeldende regelverk er gitt i Tabell 2. Prosjekteringen er gjort i henhold til Eurokodene for prosjektering av konstruksjoner.

Tabell 2: Tiltaksklassifisering iht. regelverk

Klassifisering	Begrunnelse
Pålitelighetsklasse iht. Eurokode 0 (NS-EN 1990): CC/RC 1	Tabell NA.A1 (901) (Figur 4-1) i ref. [5] angir veiledende eksempler på plassering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler i pålitelighetsklasser (CC/RC) 1-4. Grunnarbeider i forbindelse med utdypning av ny innseiling innebærer utdypning av sjøbunn og sprengning. Med dette som grunnlag, plasseres arbeidene i pålitelighetsklasse (CC/RC) 1.
Kontrollklasse – prosjektering og utførelse iht. Eurokode 0 (NS-EN 1990):	Krav til prosjekteringskontroll og utførelseskontroll fastsettes ut fra henholdsvis Tabell NA.A1(902) (Figur 4-2) og Tabell NA.A1(903) (Figur 4-3) i Ref. [5]. Pålitelighetsklasse CC/RC1 gir kontrollklassene PKK1/UKK1. Dette medfører krav om egenkontroll etter Eurokode 0 (NS-EN 1990)
Tiltaksklasse for geoteknisk prosjektering iht. plan og bygningsloven (PBL):	Tiltaksklasse fastsettes ut ifra § 9-4 Oppdeling i tiltaksklasser. Tomt med liten kompleksitet og vanskelighetsgrad, men mangler eller feil kan føre til

Klassifisering	Begrunnelse
	middels til store konsekvenser for helse, miljø og sikkerhet, plasseres prosjektet i tiltaksklasse 2 for geoteknikk.
Geoteknisk kategori iht. Eurokode 7 (NS-EN 1997-1): 1	Ut fra tiltakets kompleksitet og de observerte grunnforhold anser vi geoteknisk kategori 1 i henhold til Eurokode 7 (NS-EN 1997) å være aktuell.
Seismisk grunnstype iht. Eurokode 8 (NS-EN 1999-1): A	Grunntype fastsettes ut fra Tabell NA.3.1. i ref. [7], se Figur 4-4. Grunnundersøkelser utført i forbindelse med prosjektet viser dybder til berg i gjennomsnitt 2-3m og faste masser øver.

Tabell NA.A1(901) – Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitelighetsklasse ²⁾ (CC/RC)			
	1	2	3	4
Atomreaktorer, lager for radioaktivt avfall				x
Dammer			x	(x)
Marine konstruksjoner for petroleumsindustrien			x	(x)
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller ¹⁾		(x)	x	(x)
Veg- og jernbanebruer			x	
Byggverk med store ansamlinger av mennesker (tribuner, kinosaler, sportshaller, kjøpesentre, forsamlingslokaler, osv.)		(x)	x	
Kai- og havneanlegg		x	(x)	
Tårn, master, skorsteiner, siloer		x	(x)	
Industrianlegg		x	(x)	
Kontor- og forretningsbygg, skoler, institusjonsbygg, boligbygg osv.		x	(x)	
Oppdrettsanlegg		x	(x)	
Landbruksbygg	(x)	x		
Feste av kledninger, taktekking og lignende komponenter	x	(x)		
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg ved enkle og oversiktlige grunnforhold ¹⁾	x	(x)		
Småhus, rekkehus, mindre lagerhus osv.	x			
Kaier og fortøyningsanlegg for sport og fritid	x			

¹⁾ Ved vurdering av pålitelighetsklasse for grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg skal det også tas hensyn til omkringliggende områder og byggverk.
²⁾ Kryss uten parentes angir normalt valg av pålitelighetsklasse.

Figur 4-1: Utklipp fra NS-EN1990, veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler. (Kilde: NS-EN1990)

Tabell NA.A1(902) – Valg av prosjekteringskontrollklasse og krav til kontrollform ved prosjektering

Valg av prosjekteringskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste prosjekteringskontrollklasse	Egenkontroll (DSL 1) ¹⁾	Intern systematisk kontroll (DSL 2) ¹⁾	Utvidet kontroll (DSL 3) ¹⁾
1	PKK1 ²⁾	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	PKK2 ²⁾	kreves	kreves	kreves
3	PKK3	kreves	kreves	kreves
4	Skal spesifiseres	kreves	kreves	kreves

¹⁾ Se punkt B4 (informativt tillegg B) for betegnelsen DSL.
²⁾ Det kan velges høyere prosjekteringskontrollklasse.

Figur 4-2: Prosjekteringskontrollklasse (Kilde: NS-EN1990)

Tabell NA.A1(903) – Valg av utførelseskontrollklasse og krav til kontrollform ved utførelse

Valg av utførelseskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste utførelseskontrollklasse	Egenkontroll (IL 1) ¹⁾	Intern systematisk kontroll (IL 2) ¹⁾	Utvidet kontroll (IL 3) ¹⁾
1	UKK1 ²⁾	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	UKK2 ²⁾	kreves	kreves	kreves
3	UKK3	kreves	kreves	kreves
4	UKK3, eventuelt med tilleggsbestemmelser	kreves	kreves	kreves

¹⁾ Se punkt B5 (informativt tillegg B) for betegnelse IL.
²⁾ Det kan velges høyere utførelseskontrollklasse.

Figur 4-3: Utførelseskontrollklasse. (Kilde: NS-EN1990)

Tabell 3.1 – Grunntyper

Grunntype	Beskrivelse av stratigrafisk profil	Parametere		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (slag/30cm)	c_u (kPa)
A	Fjell eller fjell-liknende geologisk formasjon, medregnet høyst 5 m svakere materiale på overflaten.	> 800	–	–
B	Avleiringer av svært fast sand eller grus eller svært stiv leire, med en tykkelse på flere titalls meter, kjennetegnet ved en gradvis økning av mekaniske egenskaper med dybden.	360 – 800	> 50	> 250
C	Dype avleiringer av fast eller middels fast sand eller grus eller stiv leire med en tykkelse fra et titalls meter til flere hundre meter.	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	Avleiringer av løs til middels fast kohesjonsløs jord (med eller uten enkelte myke kohesjonslag) eller av hovedsakelig myk til fast kohesjonsjord.	< 180	< 15	< 70
E	En grunnprofil som består av et alluviumlag i overflaten med v_s -verdier av type C eller D og en tykkelse som varierer mellom ca. 5 m og 20 m, over et stivere materiale med $v_s > 800$ m/s.			
S_1	Avleiringer som består av eller inneholder et lag med en tykkelse på minst 10 m av bløt leire/silt med høy plastisitetsindeks ($PI > 40$) og høyt vanninnhold.	< 100 (indikativ)	–	10 - 20
S_2	Avleiringer av jord som kan gå over i flytefase (liquefaction), sensitive leirer eller annen grunnprofil som ikke er med i typene A – E eller S_1 .			

Figur 4-4: Tabell for fastsettelse av seismisk grunntype, kopiert fra Eurokode 8 (ref. [7])

4.4 Materialfaktorer

Eurokode 7 (Ref.4) stiller generelt krav til materialfaktor (partiell sikkerhetsfaktor for løsmassene) større enn eller lik 1,4 i udrenert analyse (korttidssituasjon i leire/silt) og 1,25 i drenert analyse (langtidssituasjon).

I dette tilfellet gjelder derimot krav til sikkerhetsfaktor for drenert analyse, siden løsmassene består av grus, sand og stein.

Ingen statlige eller fylkeskommunale veier vil bli geoteknisk påvirket av utbyggingen, og følgelig er det ikke nødvendig å tilfredsstille krav til materialfaktorer gitt i Statens vegvesens håndbøker (som til dels er strengere enn Eurokode 7).

4.5 Laster

Prosjektet inneholder utdyping av innseilingsvei til Vardø havn som betyr at det er ingen laster som virker på prosjektområdet. Det er derimot viktig ved utgraving å ikke forvare lokalstabiliteten med for bratt skråning. Dette er beskrevet i Kapittel 6.

4.6 Jordskjelv

Seismisk dimensjonering eller eventuell utelatelseskriterier vil avhenge av blant annet seismisk klasse som gitt i Figur 4-5. Prosjekterende for de ulike konstruksjonene må vurdere seismisk dimensjonering, gitt seismisk grunnstype A.

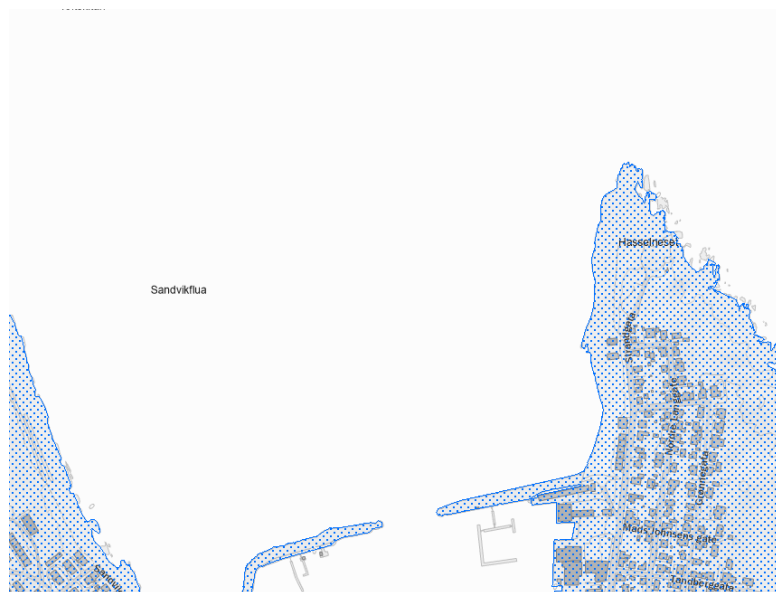
Tabell NA.4 (902) — Veiledende valg av seismisk klasse

Byggverk	I	II	IIIa	IIIb	IV
Byggverk der konsekvensene av sammenbrudd er særlig store					x
Viktig infrastruktur: sykehus, brannstasjoner, redningssentraler, kraftforsyning og lignende			(x)	x	
Industrianlegg ^{a)}		x	x		
Tårn, skorsteiner, siloer	(x)	x			
Kaier og havneanlegg ^{b)}	x	(x)			
Støttemurer, nedgravde konstruksjoner, geotekniske konstruksjoner ^{c)}	x	(x)			
Byggverk med store, og vedvarende, ansamlinger av mennesker og som ofte er i bruk: kjøpesentre, konferanselokaler, kinosaler, kulturelle institusjoner			x		
Byggverk med store, men sjeldne, ansamlinger av mennesker: tribuner, sportshaller		x			
Byggverk med små, men vedvarende, ansamlinger av mennesker og som ofte er i bruk: idrettsbygg		x			
Skoler og institusjonsbygg		(x)	x		
Kontorer, forretningsbygg, hotell og boligbygg		x			
Småhus, rekkehus, mindre lagerhus	x				
Landbruksbygg ^{d)}	x				
Kaier og fortøyningsanlegg for sport og fritid	x				
MERKNAD Kryss uten parentes angir normalt valg av seismisk klasse. a Der det er fare for stor skade på miljø og/eller biomangfold bør klasse IIIa velges. b Der havneanlegg er en del av industrianlegg må disse vurderes også som industrianlegg c Der bortfall av konstruksjoner påvirker stabiliteten til en konstruksjon med høyere konsekvensklasse må tilsvarende høyere konsekvensklasse vurderes. Konstruksjoner som bidrar til stabilitet langs vei og spor bør vurderes tilsvarende som bruer, se NS-EN 1998-2/NA. d Landbruksbygg med fare for stor skade på miljø bør vurderes som industribygg					

Figur 4-5: Tabell for bestemmelse av seismisk klasse. (Kilde: NS-EN 1998-1)

4.7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger

Ifølge TEK17 § 7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger, skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger som flom, stormflo og ras. Utskrift fra NVE Atlas vises i Figur 4-6 nedenfor.



Figur 4-6: Naturfare. NVE-Atlas viser forskjellige naturfarer. I prosjektområdet finnes det bare aktsomhetsområdet for marin leire (blå). (Kilde: NVE-Atlas)

4.7.1 **Skred i bratt terreng**

Tomta ligger utenfor kartlagte aktsomhetsområde for snøskred, steinsprang og jord- og flomskred.

4.7.2 **Flom**

Aktsomhetsområdet flom er ikke vist i Figur 4-6, men siden prosjektområdet ligger i sjøområdet så ligger tomta naturlig nok innenfor aktsomhetsområde for stormflo.

Kvikkleire

Tomta ligger under marin grense. Figur 4-6 viser bare blå markering (aktsomhetsområde marine leire) på land, men siden prosjektområdet ligger under kote 0, så er den også innenfor aktsomhetsområde marine leire.

Dette utløser krav til vurdering av områdestabilitet i henhold til NVEs veileder 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred (ref. [9]).

5 Stabilitet

Ifølge TEK17 § 10-2 Konstruksjonssikkerhet (ref. [3]) skal byggverket prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot brudd og tilstrekkelig stivhet og stabilitet for laster som kan oppstå under forutsatt bruk.

I områder med mistanke om underliggende sprøbruddmateriale skal det i tillegg utredes aktsomhetsområder og faresoner i henhold til NVEs veileder 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred (ref. [9]).

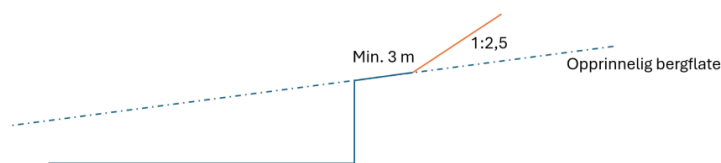
5.1 Områdestabilitet

Det er ikke krav for å følge hele prosedyren for utredning av områdeskred, fordi prosjektområdet består bare av bart fjell og morene og sand/grus materialer. Tomta ligger derfor ikke innenfor utløps- og løснеområdet for kvikkleireskred.

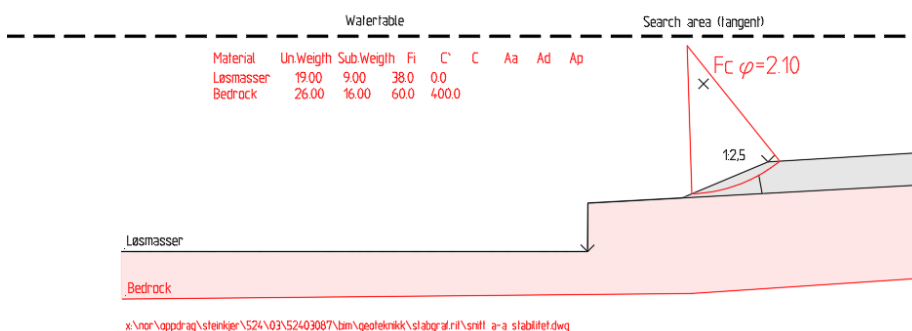
5.2 Lokalstabilitet/Skråningsstabilitet

Det er planlagt å utdype løsmasser og fjell i prosjektområdet som vist i skisse i Figur 5-1. Utdyping skal tilfredsstillende krav til stabilitet i TEK17§ 10-2 Konstruksjonssikkerhet (ref. [3]). Figur 5-2 viser stabilitetsberegning om lokalstabilitet for mudringsområdet.

Beregninger var utført med Trimbles's Geosuite Stability Version 22.0.3.0. Materialparametere for beregning finnes i Figur 5-2.



Figur 5-1: Skissen skal viser et tverrsnitt gjennom prosjektområdet.



Figur 5-2: Stabilitetsberegning for skråning i løsmasser over berg.

6 Utførelse

Arbeidene innebærer graving, mudring og sprenging i forbindelse med planlagt nye innseiling.

6.1 Graving

Arbeidene utføres i henhold til Arbeidstilsynets forskrift om utførelse av arbeid, § 21 Gravearbeid (ref. [10]). Behov for eventuelt tiltak med tanke på forurensing i grunn er ikke vurdert i denne rapporten.

Arbeidene innebærer fjerning av løsmasser og delvis sprenging av berg. Det må forhindres, at løsmasser eroderer inn i mudrings- og sprengings areal. Derfor kan graving i løsmasser bli gjennomført åpent, men med helning ikke brattere enn 1:2,5. Stabilitetsvurdering er vist i Figur 5-2.

6.2 Gjenbruk av masser

Basert på resultat fra grunnboringer i prosjektområdet vurderes løsmasser som sand- og grusmasser. Når det er behov for gjenbruk, skal geotekniker kontaktes for vurdering av masser. Dette avtales nærmere med byggherre, dersom aktuelt.

Avhengig av mudringsmassenes og sprengmaterialenes kvalitet og form, kan det for eksempel bli brukt som innerste lag (kjernemasse) i planlagt molo (nord-vest for Vardø, 1 Innledning). For innerste lag er det viktig, at rasvinkelen for mudringsmasser er ikke slakere enn den vinkelen som er forutsatt i moloens beskrivelse.

6.3 Arbeidsgang

Arbeidene skal begynnes med fjerning av løsmasser. På østre sida skal det bli etablert skråningen med 1:2,5 helning. Når det er påtruffet berg, kan den bli fjernet med sprenging. Norconsults prosjekterende for havn dimensjonerer nødvendige kotehøyder for mudringsareal.

Arbeider er under vann og skal utføres fra sjøredskap.

7 SHA / HMS ved anleggsarbeidene

Bygge- og anleggsarbeidene må planlegges og utføres på en slik måte at det ikke oppstår skader på personer, utstyr og anlegg. Entreprenøren må utarbeide en sikker-jobb-analyse (SJA) med påvisning av potensielle farer og valg av avbøtende tiltak før arbeidene settes i gang. På nåværende tidspunkt vurderes det ikke å være planlagt arbeider som medfører spesiell risiko.

8 Plan for kontroll og oppfølging

Tabell 3: Plan for kontroll og oppfølging

Kontrollpunkt	Beskrivelse	Ansvalrig
Grunnforhold	Det kontrolleres at de opptredende grunnforholdene er som forventet iht. beskrivelsen i geoteknisk rapport under grunnforhold og gravearbeidet. Hvis det påtreffes forhold som ikke er beskrevet/påtruffet i grunnundersøkelsene, skal geotekniker kontaktes umiddelbart.	Entreprenør / byggleder
Skråningshelning	Skråningshelning skal ikke være brattere enn beskrevet. Løsmasseskråninger skal ikke være brattere enn 1:2,5.	Entreprenør / byggleder
Etablering av hylle	En min. 3m hylle må etableres foran skråning	Entreprenør byggleder
Lagring av masser	Det må være avtalt med oppdragsgiver, hvor mudringsmasser kan bli deponert.	Entreprenør / byggleder

9 Risikovurdering / restrisiko etter prosjektering

"Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplasser (Byggherreforskriften)" omfatter krav til prosjekterende om, innenfor rammene av sitt oppdrag, å risikovurdere egne løsninger. I henhold til § 17 skal de prosjekterende under utførelsen av sine oppdrag risikovurdere forhold knyttet til sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA) på bygge- eller anleggsplassen.

Hensynet til SHA skal ivaretas gjennom valg av arkitektoniske og/eller tekniske løsninger. De forhold som kan ha betydning for fremtidige arbeider skal dokumenteres, jf. § 12. Dersom det kan oppstå risikoforhold som krever spesifikke tiltak, skal dette beskrives og meddeles byggherren.

Det er gjennomført en fareidentifikasjon av arkitektoniske og tekniske løsninger i Norconsults oppdrag. Risiko er søkt redusert så langt som mulig gjennom tekniske valg i oppdraget.

Denne rapporten oppsummerer spesiell restrisiko forbundet med Norconsults løsninger i oppdraget, og er ment å ivareta kravet til dokumentasjon av risiko til byggherre iht. forskriftens § 17.

Det beskrives spesiell restrisiko forbundet med arkitektoniske og/eller tekniske løsninger i Norconsults oppdrag. "Restrisiko" betegner risiko knyttet til spesielle risikoforhold som er identifisert, men ikke lar seg eliminere eller redusere ytterligere gjennom de løsninger Norconsult har ansvaret for i oppdraget.

Vurderingen er overordnet og kvalitativ og omfatter spesielle risikoforhold forbundet med:

- Bygging (bygging/anlegg/installasjon/montasje)
- Drift og vedlikehold
- Ombygging og/eller riving

Vurderingene er basert på foreliggende løsninger presentert i denne rapporten og omfatter geotekniske arbeider, med hovedvekt på utgraving og fylling av tomt.

Vurderingene omfatter ikke risikoforhold som entreprenøren er pålagt å ivareta i sitt styringssystem i henhold til HMS-lovgivningen.

Tabell 4: Restrisikoangir beskrivelse av eventuell spesiell restrisiko og forslag til tiltak. I dette prosjektet omfatter de geotekniske arbeidene i hovedsak utgraving og sprenging under vann.

Tabell 4: Restrisiko

Spesiell restrisiko	Forslag til tiltak
Risiko forbundet med bygging	For geoteknikk er det ikke restrisiko forbundet med arbeidene i byggefasen
Risiko forbundet med drift og vedlikehold	For geoteknikk er det ikke forbundet noen spesiell restrisiko i drifts- og vedlikeholdsfasen

10 Referanser

- [1] N. N. AS, «52303773-RIG-R01 Innseiling Vardø _geoteknisk datarapport,» 2024.
- [2] «Statens Vegvesen, 2018. Veiledning, Håndbok V220, Geoteknikk i vegbygging.».
- [3] D. f. B. (DiBK), «u.å. FOR-2017-06-19-840, Byggteknisk forskrift (TEK 17) med veiledning. Tilgjengelig på <dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17>».
- [4] «Direktoratet for Byggkvalitet (DiBK), u.å. FOR-2010-03-26-488, Byggesaksforskriften (SAK 10) med veiledning. Tilgjengelig på <dibk.no/regelverk/sak>».
- [5] «Norsk Standard, 2016. NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, Eurokode 0 - Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner».
- [6] «NS-EN 1997-1: 2004+A1:2013+NA:2016 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering Del 1: Allmene regler.».
- [7] «Norsk Standard, 2021. NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+Na2021, Eurokode 8 - Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 1: Almenne regler, seismiske laster og regler for bygninger».
- [8] S. Vegvesen, «Vegnnormal, N200 Vegbygging,» 2021.
- [9] NVE, «ISSN: 1501-0678, Veileder Nr. 1/2019, Sikkerhet mot kvikkleireskred,» 2020.
- [10] Arbeidstilsynet, «FOR-202205-10-820, Kapittel 21. Gravearbeid».