

Sjøkanten Steinkjer

Notat

Utfylling i sjø - notat stabilitet og volum

Til: Sjøkanten Steinkjer AS v/ Pål Morten Oxaal

Fra: ERA Geo AS v/ Fredrik Kolsgaard

Kontrollert: ERA Geo AS v/ Michael Huber

Dokumentnr.: 24172-RIG01

Dato: 2.9.2024

Versjon: 1

Innhold

1	Innledning	1
2	Tiltak	1
3	Grunnforhold	2
3.1	Generelt	2
3.2	Områdeskredfare iht. NVE Veileder 1/19	3
3.3	Tolkning Norconsult og ERA Geo	3
4	Tidligere dokumenterte stabilitetsberegninger	4
5	Snitt vest – ERA Geo	5
6	Omfang sjøfylling	7
7	Fyllmasser	8
8	Erosjonssikring og plastring	8
9	Utlegging	9
10	Oppsummering	9
11	Referanser	10

1 Innledning

ERA Geo har utført geotekniske stabilitetsberegning og volumestimat for sjøfylling på Sjøkanten Steinkjer i forbindelse med søknad til Statsforvalteren.

Det er i dette notatet presentert forutsetninger for beregning av volum og areal for ny sjøfylling ifm. søknad til statsforvalter. Det er også presentert metode for utlegging av sjøfylling.

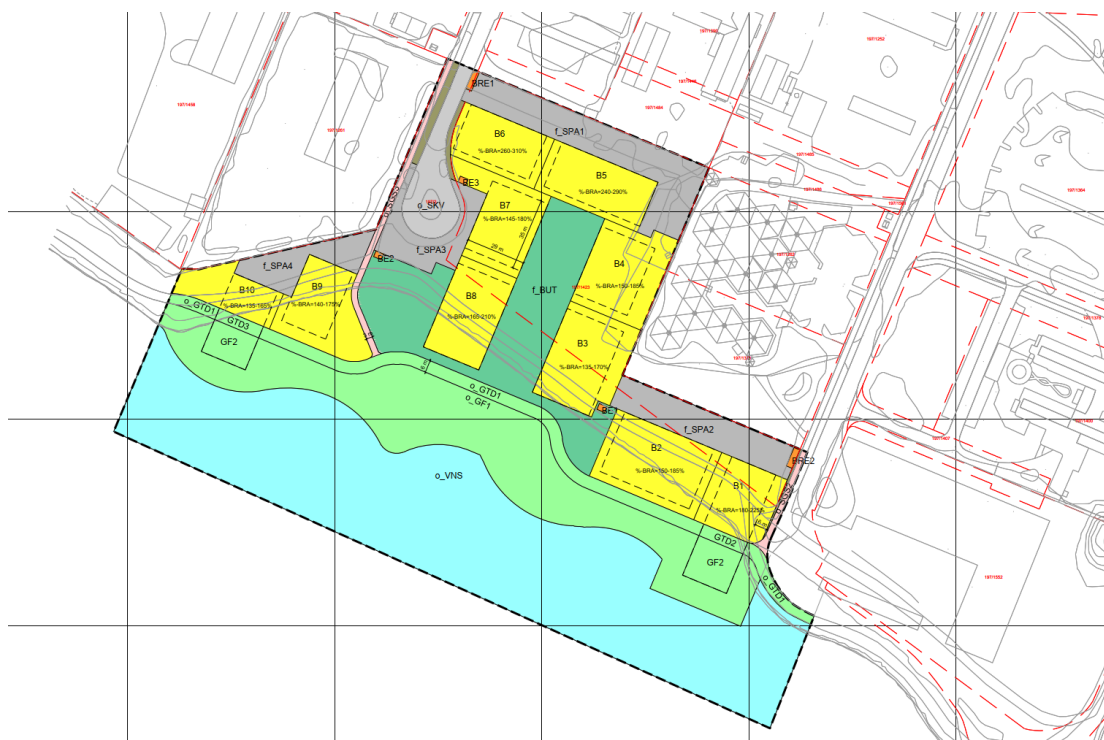
Plastring og erosjonssikring er ikke vurdert av ERA Geo, men krever vurdering av personell med hydrologisk kompetanse ettersom sjøfylling blir utsatt for blant annet bølger-, is- og strømmingserosjon.

Det er i dette notatet ikke vurdert fundamenteringsforhold for bygg eller infrastruktur på fyllingen.

2 Tiltak

Sjøkanten Steinkjer AS planlegger utfylling i sjø ifm. utvikling av området Sjøkanten på Steinkjer. Planområdet ligger på tidligere utfylte Nordsideleiret i Steinkjer, og planen

omfatter totalt 9 leilighetsbygg fordelt over flere byggetrinn, samt opparbeidelse av ny sjøfront. Utklipp fra plankart er vist i Figur 2-1. Ny sjøfront og flere av byggetrinnene havner delvis på ny sjøfylling. På figur under kan man se eksisterende sjøkant i grå linjer.



Figur 2-1 Utklipp fra plankart.

Vurderinger i dette notatet gjelder ny utfylling i sjø.

3 Grunnforhold

3.1 Generelt

Det er utført grunnundersøkelser i sjø i flere omganger, og ERA Geo har fått oversendt sjøbunnsinnmåling som er gjort.

Om terreng- og bunnforhold skriver Norconsult følgende i rapport 5190760-RIG-01 (1):

«Nordsidleiret ligger i utløpet av Steinkjerelva og var tidligere et fjæreområde. 1976 ble området oppfylt for å etablere nye industriområder i Steinkjer. Oppfyllingen ble utført ved å pumpe inn masser fra sjøbunn innenfor en stein molo. Totalt ble det pumpet inn 1,3 millioner m³ på området som er ca. 300 dekar.

Den aktuelle tomten er tilnærmet flat og ligger på kote +3. Mudringen utenfor tomten ble utført med to mudringsnivåer. Det første nivået er ned til kote – 8 ca. 40 m fra land og det andre er ned til kote -12 ca. 100 m fra land, se utsnitt fra bunnkartlegging ...»

Om grunnforhold har Norconsult skrevet i rapport 5190760-RIG-06 (2):

«Utført grunnundersøkelser indikerer at fyllingen består av lagvis sand og silt ned til original sjøbunn rundt kote -0,5 (NN2000) til -1,5. Det er også avdekket opptil 30 cm tykke lag av ren sagflis, med opphav fra tømmerfløtingen i Steinkjerelva og fra tømmerindustrien i fjæreområdet.

Ved prøvegravingstidspunktet i 2019 ble grunnvannstanden observert omtrent 2,0 m under terreng, noe som tilsvarer ca. kote +0. Original sjøbunn består generelt av siltig sand med enkelte tynne lag av leire, ned til omtrent kote -15/-20, over siltig leire/leirig silt og bløtere

leire. Det er antatt påtruffet morene mellom kote -35 og -40. Det er på det dypeste sondert omtrent til kote -52,5 uten å ha påtruffet fjell. Vurdert løsmasseprofil i Steinkjerfjorden utenfor Bogatangen indikerer at løsmassemektigheten kan være opp mot 100 m».

3.2 Områdeskredfare iht. NVE Veileder 1/19

Norconsult rapport 5190760-RIG06:

«Iht. rapport 5190760-RIG04 (3) tilsier terreng- og grunnforhold at tomte ikke er utsatt for områdeskredfare. I etterkant av nevnte rapport er det også utført supplerende grunnundersøkelser på tomte, og i bukta utenfor. Disse grunnundersøkelsene avdekket heller ikke gruntliggende lag av kvikkleire/sprøbruddmateriale. Sikkerheten mot områdeskredfare jf. TEK17 § 7-3 er således tilfredsstillende for planlagt utbygging.

3.3 Tolkning Norconsult og ERA Geo

Norconsult har tidligere utført geotekniske grunnundersøkelser, samt vurderinger og prosjektering av deler av sjøfyllingen. ERA Geo har gått gjennom Norconsult sine tolkninger av grunnforhold fra presenterte beregningssnitt i rapport 5190760-RIG-R06 (2) *Sjøkanten geotekniske vurderinger for anbudsgrunnlag*, hvor Norconsult prosjekterte østre del av sjøfyllingen for utførelsesentreprise.

Oversikt over Norconsults benyttede materialparametere er presentert i tabellene under.

Snitt D3 (NC), <i>helt i øst.</i>	Tyngdetetthet	Neddykket tyngdetetthet	Friksjonsvinkel	Kohesjon	C-profil (intervall)
Kvalitetsfylling	19	9	43	9,3	
Fyllmasser	18	8	33	3,2	
Siltig sand/sandig silt	18,5	8,5	32	3,7	
Siltig leire/leirig silt	19,5	9,5	28	5,3	X
Bløt leire	19,5	9,5	26	4,9	X
Morene	18,5	8,5	42	9	

Snitt D2 (NC), <i>vest for snitt D3.</i>	Tyngdetetthet	Neddykket tyngdetetthet	Friksjonsvinkel	Kohesjon	C-profil (intervall)
Kvalitetsfylling	19	9	43	9,3	
Fyllmasser	18	8	33	3,2	
Siltig sand/sandig silt	18,5	8,5	32	3,7	
Siltig leire/leirig silt	19,5	9,5	28	5,3	X
Bløt leire	19,5	9,5	26	4,9	X
Morene	18,5	8,5	42	9	

X: Se vedlegg i Norconsults rapport 5190760-RIG-R06 (2): Stabilitetsberegninger.

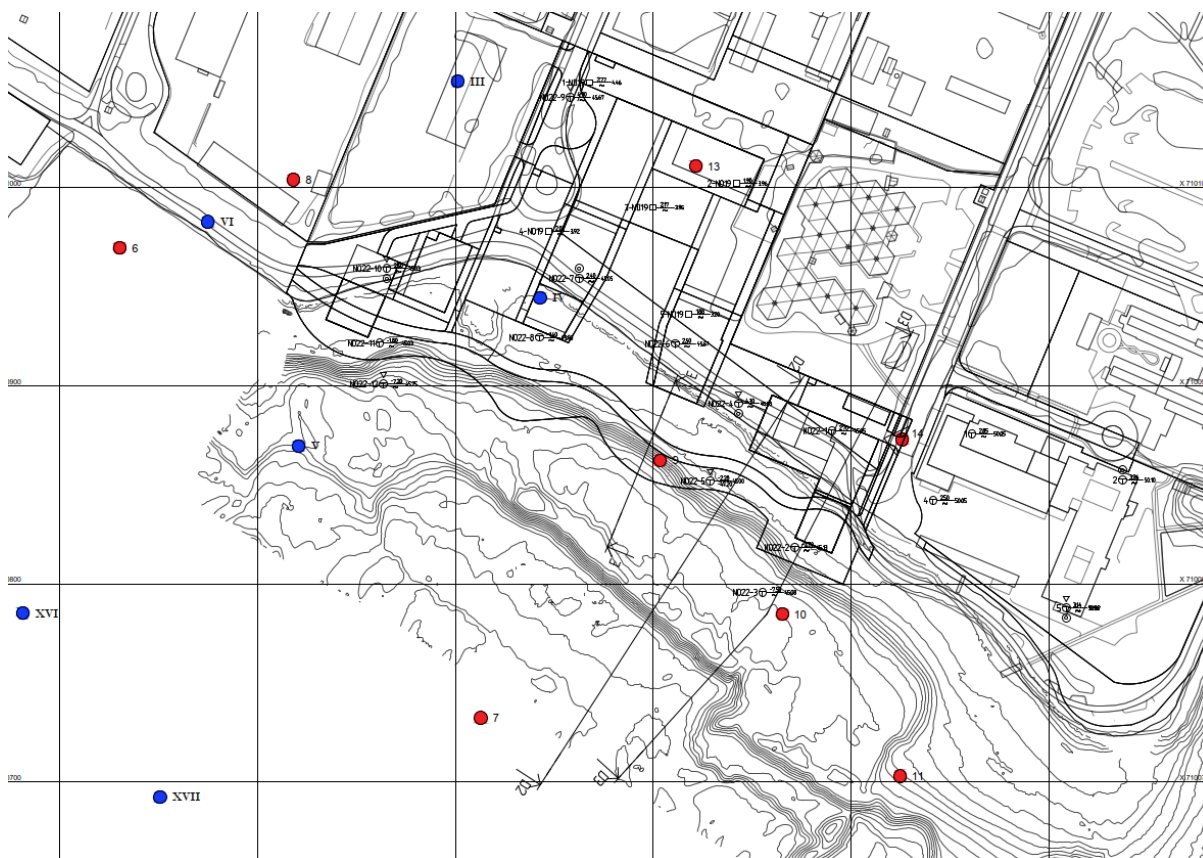
ERA Geo har gått gjennom tolkning av CPTU i NO22-4 som ser ut til å være datagrunnlaget for udrenert skjærstyrkeprofiler benyttet i stabilitetsberegningene. ERA Geo er enig i tolkningen, og benytter derfor tolkningen videre.

Det var ikke utført stabilitetsberegninger i vestre del av planlagt sjøfylling av Norconsult, men det er utført grunnundersøkelser også for dette området. ERA Geo har tolket grunnforholdene for kritiske beregningssnitt i vestre del. Se vedlegg for C-profiler fra tolkede CPTUer.

Område for stabilitetsberegninger	Datagrunnlag, CPTU	Tolket og utført
Snitt vestre del	NO22-10	ERA Geo
	NO22-12	ERA Geo
Snitt østre del (D2 og D3)	NO22-1 NO22-4	Norconsult

4 Tidligere dokumenterte stabilitetsberegninger

Norconsult utførte stabilitetsberegninger ifm. anbudsgrunnlaget for utfyllingsentreprisen, altså en detaljprosjektering av østre del av sjøfyllingen. Plantegning fra rapporten er vist under, med plassering av stabilitetssnittene D2, D3 og E.



Figur 4-1 Norconsults tegning R06-V100 (2) «Utførte grunnundersøkelser og beregningssnitt».

Resultater presentert i rapporten er vist i utklipp fra tabell under. Det er vurdert at forbelastningsfase er kritisk ettersom det er planlagt forbelastning med 150% av antatt brukslast. Det er i de to vurderte kritiske snittene benyttet kun sprengstein i sjøfyllingen for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet. Det ser ut til at Snitt E ble vurdert som ikke-kritisk etter at D2 og D3 ble beregnet.

Tabell 3 Oppsummering av resultater fra stabilitetsberegninger i profil D2 og D3.

Profil	Situasjon	Sikkerhetsfaktor γ_M		Tegning
		Oppnådd	Krav	
D2	Forbelastningsfase ($a\varphi$)	1,38*/1,46**	1,25	RIG-R01-V200
	Forbelastningsfase (ADP)	1,54*/1,61**	1,40	RIG-R01-V201
D3	Ferdigsituasjon ($a\varphi$)	1,54*/1,59**	1,25	RIG-R01-V202
	Ferdigsituasjon (ADP)	1,49*/1,68**	1,40	RIG-R01-V203
	Forbelastningsfase ($a\varphi$)	1,49*/1,50**	1,25	RIG-R01-V204
	Forbelastningsfase (ADP)	1,40*/1,40**	1,40	RIG-R01-V205
	Anleggsfase ($a\varphi$)	1,26*	1,25	RIG-R06-V207

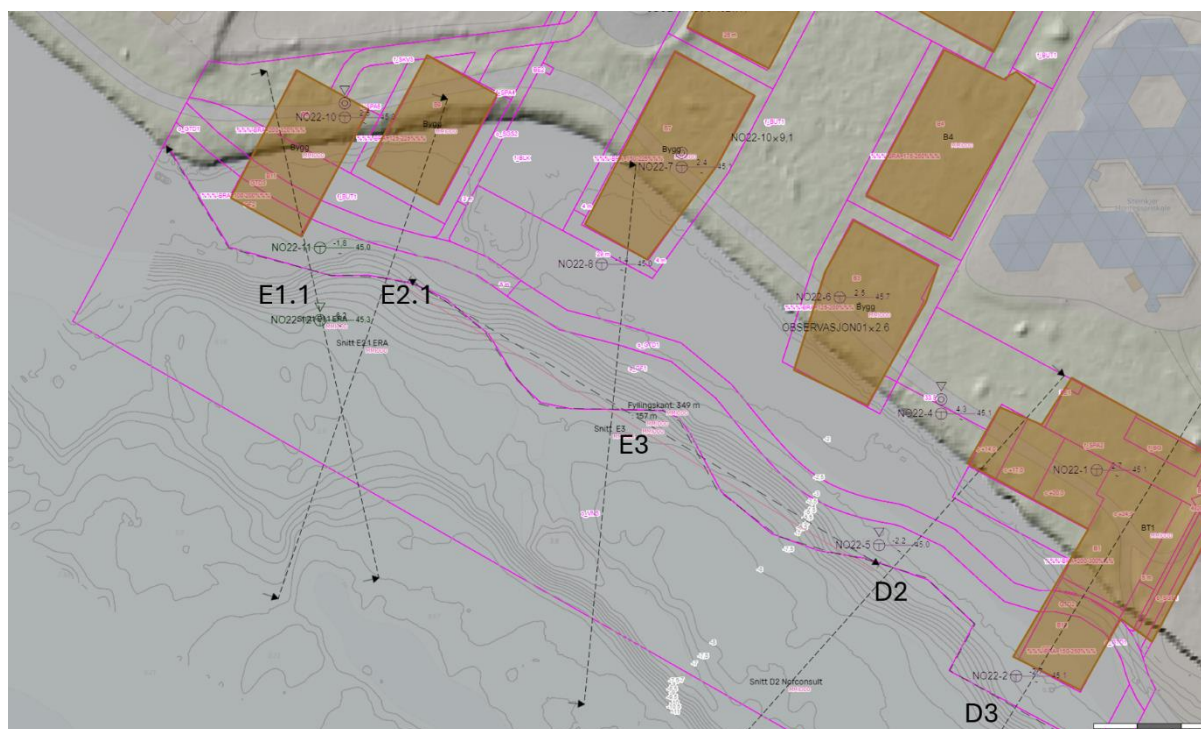
* Sirkulær skjærflate

** Sammensatt skjærflate

Det er av Norconsult dokumentert tilstrekkelig sikkerhet ved fyllingshelning 1:2 for D3, og 1:1,5 for D2, for forbelastningsfase, ferdigsituasjon og anleggsfase. Norconsult beskrev en omslutningsmolo som utførelsesmetode.

5 Snitt vest - ERA Geo

Det var av Norconsult ikke utført beregninger eller tolkning av materialparametere for vestre del av fyllingen. For vestre del har ERA Geo derfor valgt ut to snitt som vurderes som kritisk: E1.1 og E2.1.



Figur 5-1 Situasjonsplan – beregningssnitt. Fra venstre Snitt E1.1, E2.1, E3 (ERA Geo), videre omtrentlig plassering av Norconsults snitt D2 og D3.

Snitt E1.1 og E2.1 er valgt som kritisk etter overslagsberegninger, hvor E3 viste å ha lengre avstand fra bygg til sjøfront enn for de to førstnevnte. For snitt E1.1 foreligger det CPTU i to posisjoner, og prøvetaking med laboratorieforsøk i en av posisjonene.

Massene virker å ligge i grensesjikt for å klassifiseres som drenert eller udrenert materiale. Det er registrert poretrykkoppbygning i nedre lagene ved CPTU, men kornfordelingsforsøk indikerer sandig silt og sandig leirig silt. ERA Geo har derfor i tillegg til drenert beregning utført beregning med udrenerte parametere utledet fra CPTU-data (korrelasjoner).

Laster

Det er i stabilitetsberegningene forutsatt at nye bygg vil direktefundamenteres, og at bygningsarealene skal forbelastes innen bygging. Laster er presentert i snitt tabell under. Denne lasten må ikke overstiges i hverken byggefase (forbelastning) eller permanent situasjon, for at stabilitetsberegningene skal være gjeldende.

Profil	Last ytre del av bygg	Last indre del av bygg	Fyllingshelning
Snitt E1.1	45 kPa	90 kPa	1:2
Snitt E2.1	Ikke relevant	90 kPa	1:1,5

Stabilitetsberegninger er utført i Geosuite stability for situasjon med forbelastning iht. laster fra tabell over. Beregnet sikkerhetsfaktor / partialfaktor er presentert i tabellen under.

Profil	Beregnet sikkerhet (drenert)	Beregnet robusthet (udrenert)	Fyllingshelning
Snitt E1.1	1,89	1,45	1:2
Snitt E2.1	1,80	1,58	1:1,5

For anleggsfasen er det beregnet to situasjoner med anleggstrafikk for Snitt E1.1 på fylling opplagt til kote +0, med tippelning 1:1,3 i front. Denne beregningen er vist på tegning V301.

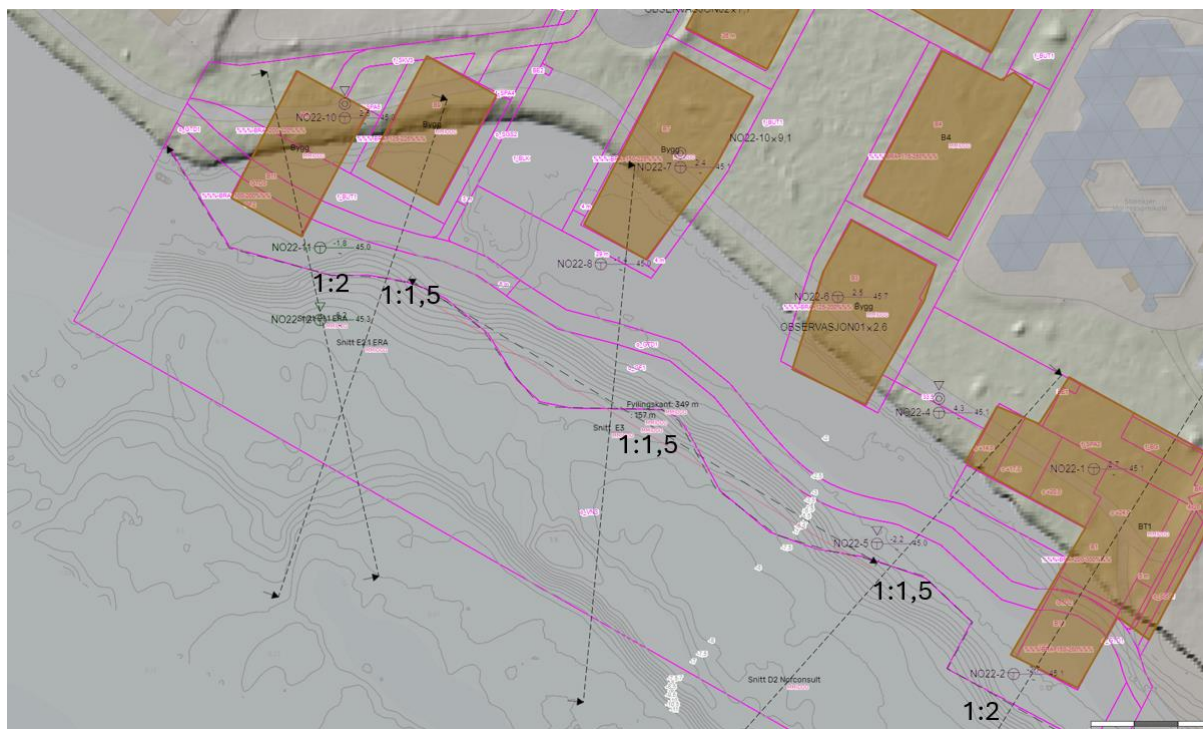
Profil	Beregnet sikkerhet (drenert)	Beregnet robusthet (udrenert)	Fyllingshelning
Snitt E1.1	1,53	>1,53*	1:1,3 (fra tipp)

*bruddflaten når ikke ned til udrenerende masser for oppgitt sikkerhet.

Oppsummert fyllingshelning for sjøfylling basert på gjeldende stabilitetsberegninger:

Snitt	E1.1	E2.1	E3	D2	D3
Fyllingshelning maks	1:2	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:2
Tegning	V301 (ERA)	V302 (ERA)	-	5190760-RIG-R06 (Norconsult)	

Oversikt over bratteste fyllingshelninger for beregnede snitt er vist under, og arbeidsgrunnlaget for utfyllingsarbeidet kan utarbeides videre basert på disse profilene. For estimat av omfang og volum ved søknad til Statsforvalter tas det utgangspunkt i at det benyttes fyllingshelning 1:2 for hele fyllingen. Det gir robusthet til detaljeringsfasen, slik at man har muligheten til å redusere fyllingsutslaget noe ved å gjøre skråningen brattere (1:1,5) der stabiliteten tillater dette.



6 Omfang sjøfylling

ERA Geo har estimert et areal og volum av sjøfylling basert på oversendt plankart og med fyllingshøyde +3,2 (NN2000), og med skråningshelning 1:2.

Sjøfyllingens teoretiske omfang, høyde +3,2 (NN2000) er basert på «omriss sjøfylling.dwg» og modell «Sjøfylling 3d surfaces 1-2.dwg». Nevnt modell- og tegningsfil er oversendt kunde 19.7.2024.

Volum sjøfylling 1:2, teoretisk	Ca. 109 000 m ³	Sprengstein. Tatt ut i Civil 3D (mellom innmålt sjøbunn og vedlagt modell).
Areal bunn sjøfylling	Ca. 22 000 m ²	Areal fra «Omriss sjøfylling»
Areal topp sjøfylling	Ca. 15 000 m ²	Areal fra «Omriss sjøfylling»
Vanndybde	0-8,5 m	Basert på innmålt sjøbunn.

Fyllingsutslaget av sjøfyllingen er vist med rød strek i Figur 6-1, for 1:2 helning.



Figur 6-1 Utklipp fra dwg «omriss sjøfylling», som viser omfanget av sjøfyllingen. Rød linje viser fyllingsfot ved 1:2 skråningshelning.

Oppgitt volum er teoretisk volum, og om teoretisk VS praktisk volum for sjøfylling skriver Statens Vegvesen i håndbok V221 følgende:

«Ved fylling i sjø/vann er det viktig å være oppmerksom på at det går med mye mer masse enn teoretisk beregnet i profilene, kanskje helt opp til 20 %. Årsaken er at en god del masse havner utenfor fyllingsprofilen pga. unøyaktig fylling eller sterk strøm, noe går med til egensetning i fyllinga og noe går med til å fortrenge løsmasser.»

7 Fyllmasser

Både ERA Geo og Norconsult har i stabilitetsberegningene forutsatt at fyllingen bygges av sprengsteinsmasser med normal komprimering over vannivå. Hensyn til miljø og evt. avbøtende tiltak må vurderes av miljørådgiver for planlagte masser. Under fremtidig bygg er det viktig at fylling over vannivå legges ut lagvis med normal komprimering iht. *NS3458 Komprimering – krav og utførelse*.

Setninger er ikke vurdert i dette notatet, men må vurderes i detaljprosjekteringen. Det må forventes store setninger for sjøfyllingen, ettersom løsmassene er vurdert å være setningsømfintlige.

8 Erosjonssikring og plastring

Stabilitetsberegningene forutsetter at sjøbunn og fyllmasser blir liggende uten erosjon hverken av fyllingskråning eller sjøbunn/fyllingsfot.

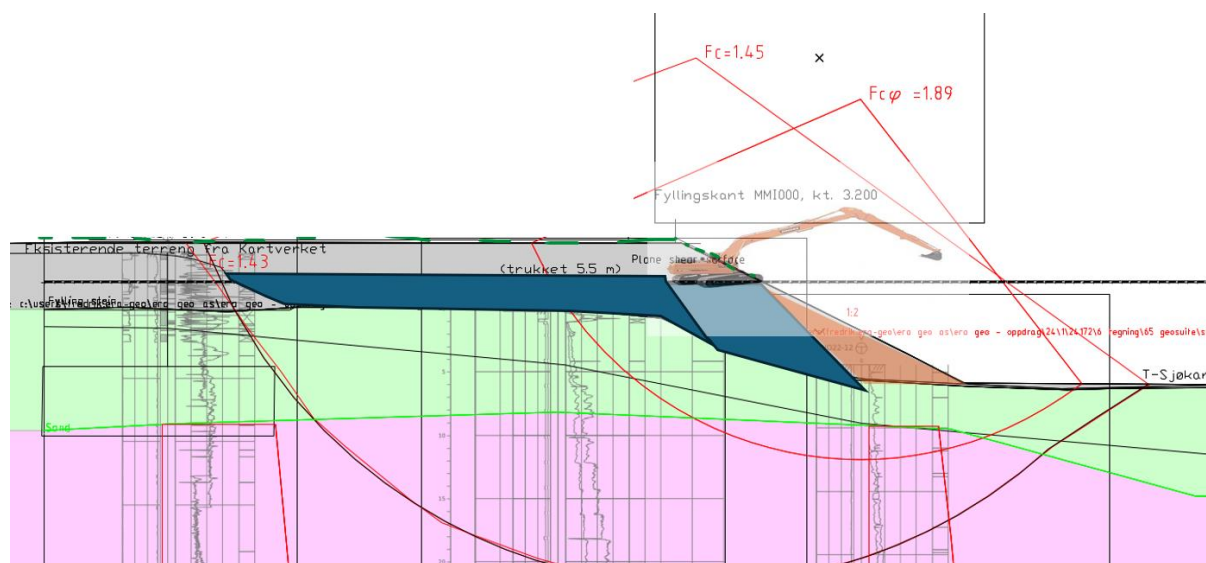
Plastring og erosjonssikring må derfor ivaretas av hydrolog for sjøfylling basert på geometrien som er benyttet i stabilitetsberegningene.

9 Utlegging

Stabilitetsberegningene krever fyllingshelninger 1:1,5 og 1:2, noe som er slakere enn fylling utlagt ved tipp under vann normalt blir (1:1,3-1:1,5) iht. Statens vegvesen håndbok V221.

For områder hvor fyllingshelningen må være slakere enn 1:1,5 pga. stabilitetshensyn, må fyllingen legges ut med lagvis utlegging for å oppnå slakere helning enn tippvinkel. For disse områdene kan det benyttes langgraver (hvis tilstrekkelig rekkevidde) eller lekter. Med dypeste dybde på fyllingsfoten på kote -8.5, vil det kreve langgraver med minimum 17 m rekkevidde for utlegging til fyllingsfoten, med antagelse om arbeidshøyde i kote +0 (NN2000).

Forslag til bruk av langgraver er enkelt illustrert i Figur 9-1, og danner basis på beregnet stabilitet for anleggsfase i snitt E1.1.



Figur 9-1 Eksempel på utlegging av sjøfylling: Blått volum utlagt fra tipp opp til tørr kotehøyde, og ytre fylling med krav til slakere helning enn tippvinkel lagt ut med langgraver. Må detaljeres etter at erosjonssikring er prosjektert.

OBS: Design av erosjonssikring/plastring vil ha påvirkning på utleggingsmetode for front av sjøfyllingen, og anleggsteknikk må tilpasses hydrologs anbefaling til fyllingsfront og evt. fot.

10 Oppsummering

ERA Geo har utført supplerende stabilitetsberegninger for planlagt sjøfylling for Sjøkanten Steinkjer i forbindelse med søknad til statsforvalteren. For denne fasen er det valgt å gå videre med Norconsults beregninger i øst, og ERA Geos beregninger i vestre del av fyllingen.

Sikkerhet mot kvikkleireskred iht. NVE Veileder 1/19 er tidligere ivaretatt av Norconsult AS. Lokal stabilitet for sjøfylling med en angitt forbelastning er dokumentert i dette notatet, samt forslag til utleggingsmetode. Det er estimert et volum av sjøfyllingen basert på innmålt sjøbunn, plankart og fyllingshelning.

Dette notatet inneholder ikke detaljprosjektering av fyllingen. ERA Geo har ikke utført vurderinger knyttet til miljø og hydrologi (plastring), som må ivaretas av rådgivere med fagkompetansen på disse fagfeltene.

Versjoner

Indeks	Dato	Beskrivelse	Ansvarlig	Kontroll
1	19.7.2024	Utarbeidet ifm. søknad til Statsforvalter	Fredrik Kolsgaard	Michael Huber

11 Referanser

1. Norconsult AS. *5190760-RIG-01: Stabilitetsvurderinger og forbelastning av byggetomt*. 2019.
2. —. *5190760-RIG-06 Sjøkanten Steinkjer, Geotekniske vurderinger for anbudsgrunnlag*. s.l. : Sjøkanten Steinkjer AS, 2023.
3. —. *5190760-RIG04 Sjøkanten - Skredfarevurdering*. 2020.

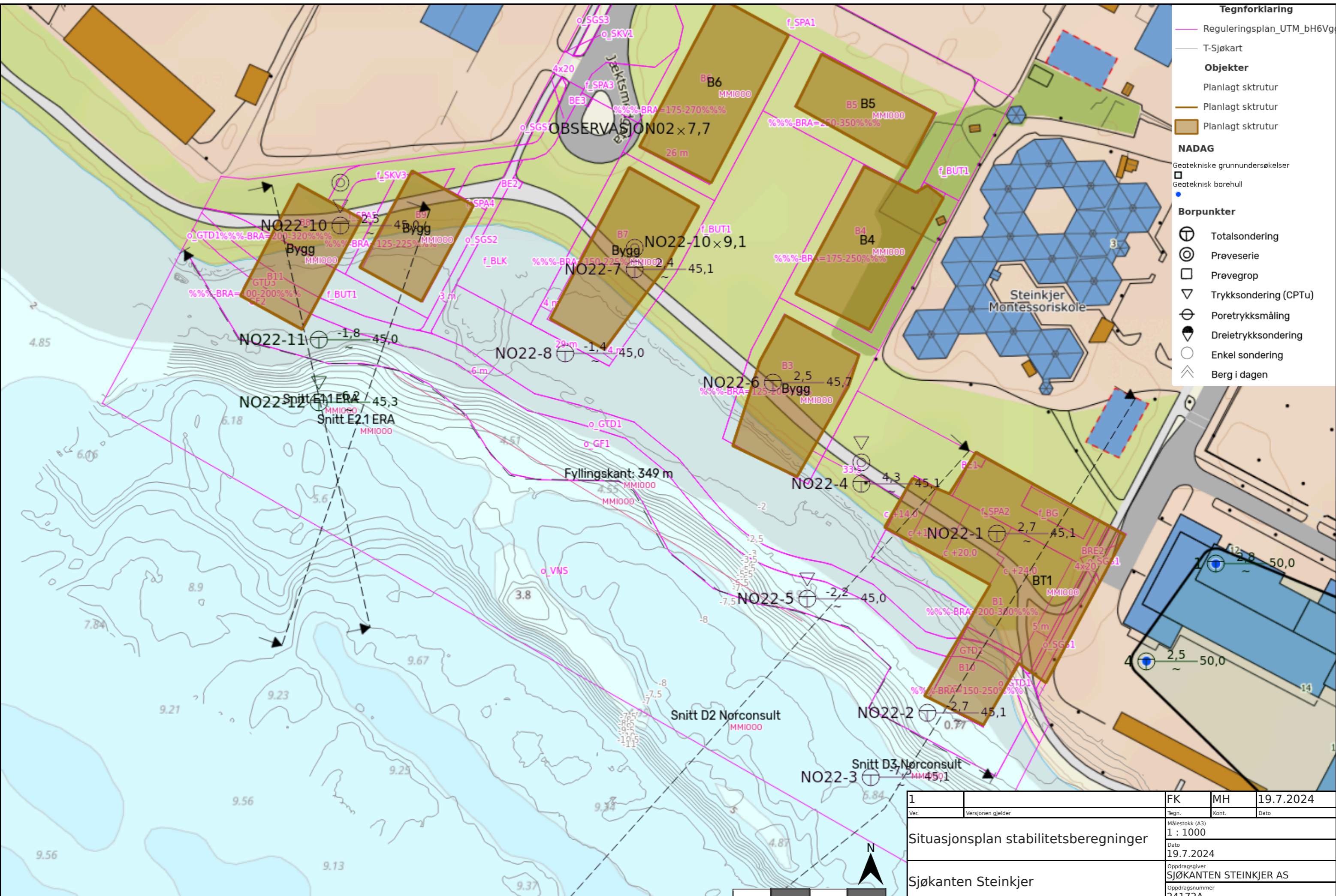
Vedlegg

CPTU Tolkning NO22-10, NO22-12

Stabilitetsberegninger E1.1 (V301, V303) og E2.1 (V302)

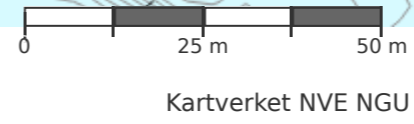
Situasjonsplan Sjøfylling V101

Situasjonsplan stabilitetsberegninger Sjøfylling V102



- Tegnforklaring**
- Reguleringsplan_UTM_bH6Vg
 - T-Sjøkart
- Objekter**
- Planlagt sktrutur
 - Planlagt sktrutur
 - Planlagt sktrutur
- NADAG**
- Geotekniske grunnundersøkelser
 - Geoteknisk borehull
- Borpunkter**
- Totalsondering
 - Preveserie
 - Prøvegrop
 - Trykksondering (CPTu)
 - Poretrykksmåling
 - Dreietrykksondering
 - Enkel sondering
 - Berg i dagen

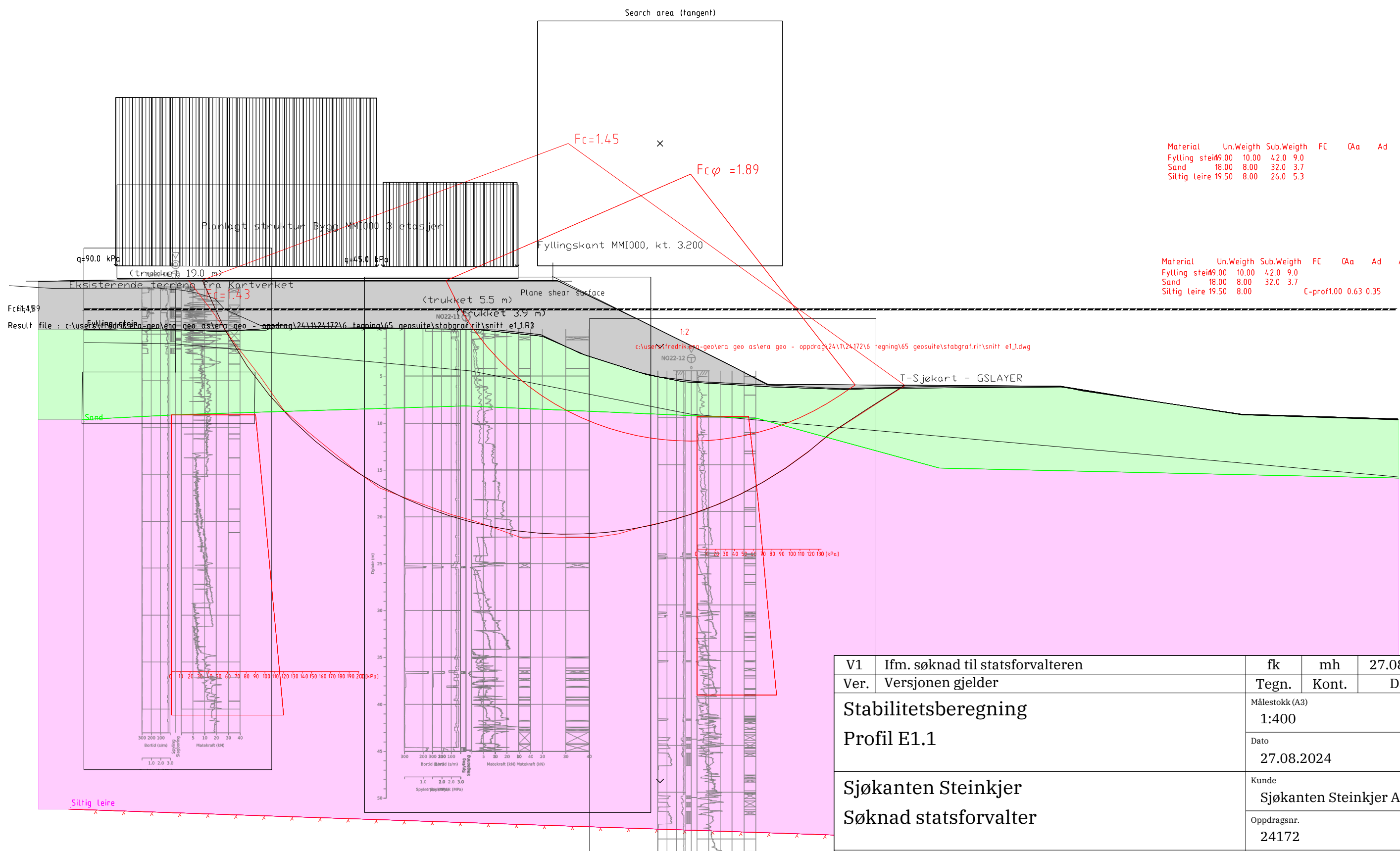
1		FK	MH	19.7.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato
Situasjonsplan stabilitetsberegninger		Målestokk (A3) 1 : 1000		
		Dato 19.7.2024		
Sjøkanten Steinkjer		Oppdragsgiver SJØKANTEN STEINKJER AS		
		Oppdragsnummer 24172A		
ERA Geo		Vedlegg til 24172-RIG01		
		V102	1	



Kartverket NVE NGU

c:\users\fredrik.era-geo\era-geo\as\era-geo - oppdrag\24\1\24172\6 tegning\65 geosuite\stabgraf.rit\snitt e1_1.dwg

27.08.2024 09:24



Material	Un.Weight	Sub.Weight	FC	Ga	Ad	Ap
Fylling stein	9.00	10.00	42.0	9.0		
Sand	18.00	8.00	32.0	3.7		
Siltig leire	19.50	8.00	26.0	5.3		

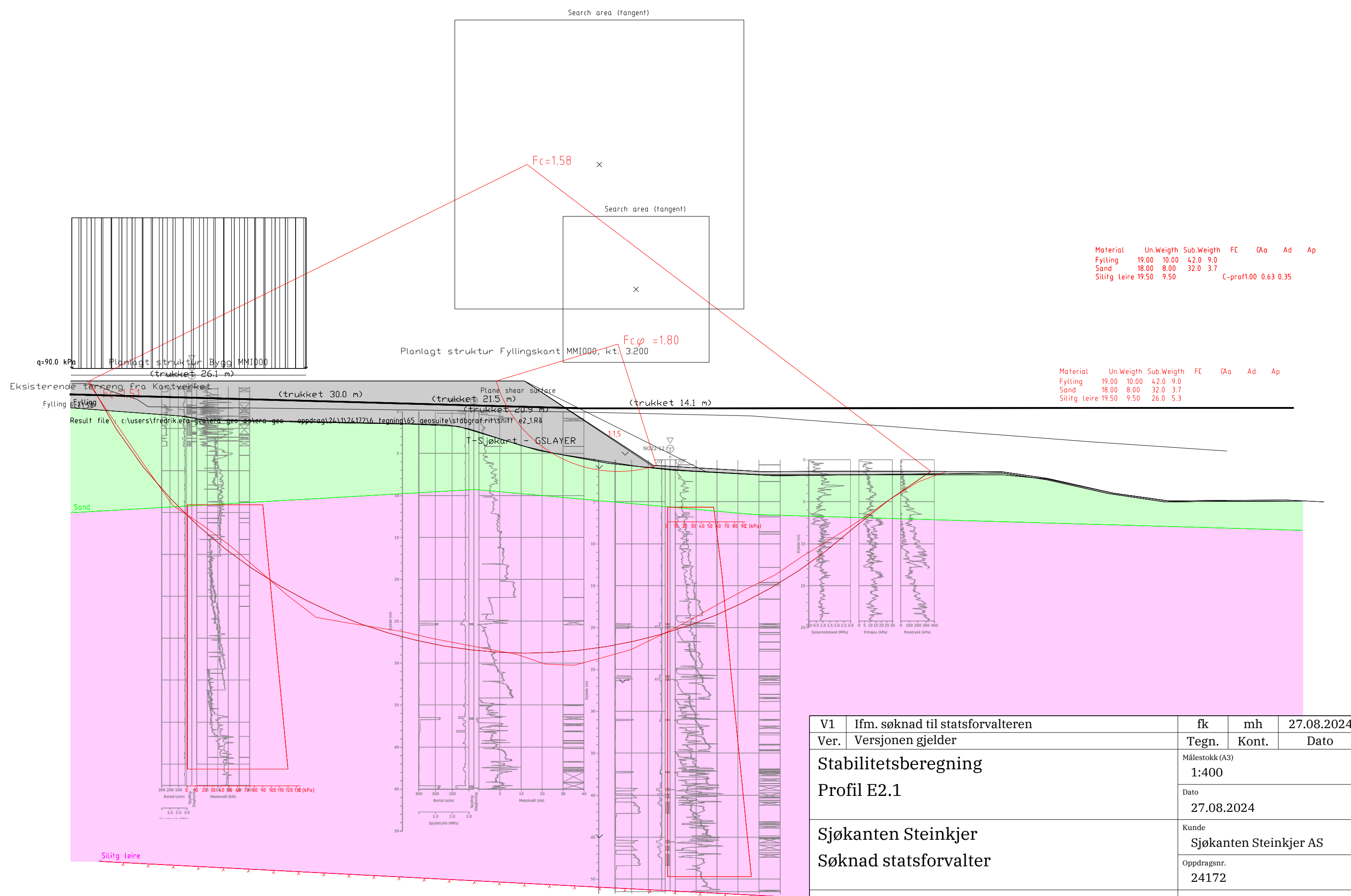
Material	Un.Weight	Sub.Weight	FC	Ga	Ad	Ap
Fylling stein	9.00	10.00	42.0	9.0		
Sand	18.00	8.00	32.0	3.7		
Siltig leire	19.50	8.00			C-prof1.00	0.63 0.35

V1	Ifm. søknad til statsforvalteren	fk	mh	27.08.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato
Stabilitetsberegning		Målestokk (A3)		
Profil E1.1		1:400		
		Dato		
		27.08.2024		
Sjøkanten Steinkjer		Kunde		
Søknad statsforvalter		Sjøkanten Steinkjer AS		
		Oppdragsnr.		
		24172		



70 23 89 00 | www.era-geo.no | Verftsgata 10, 6416 Molde

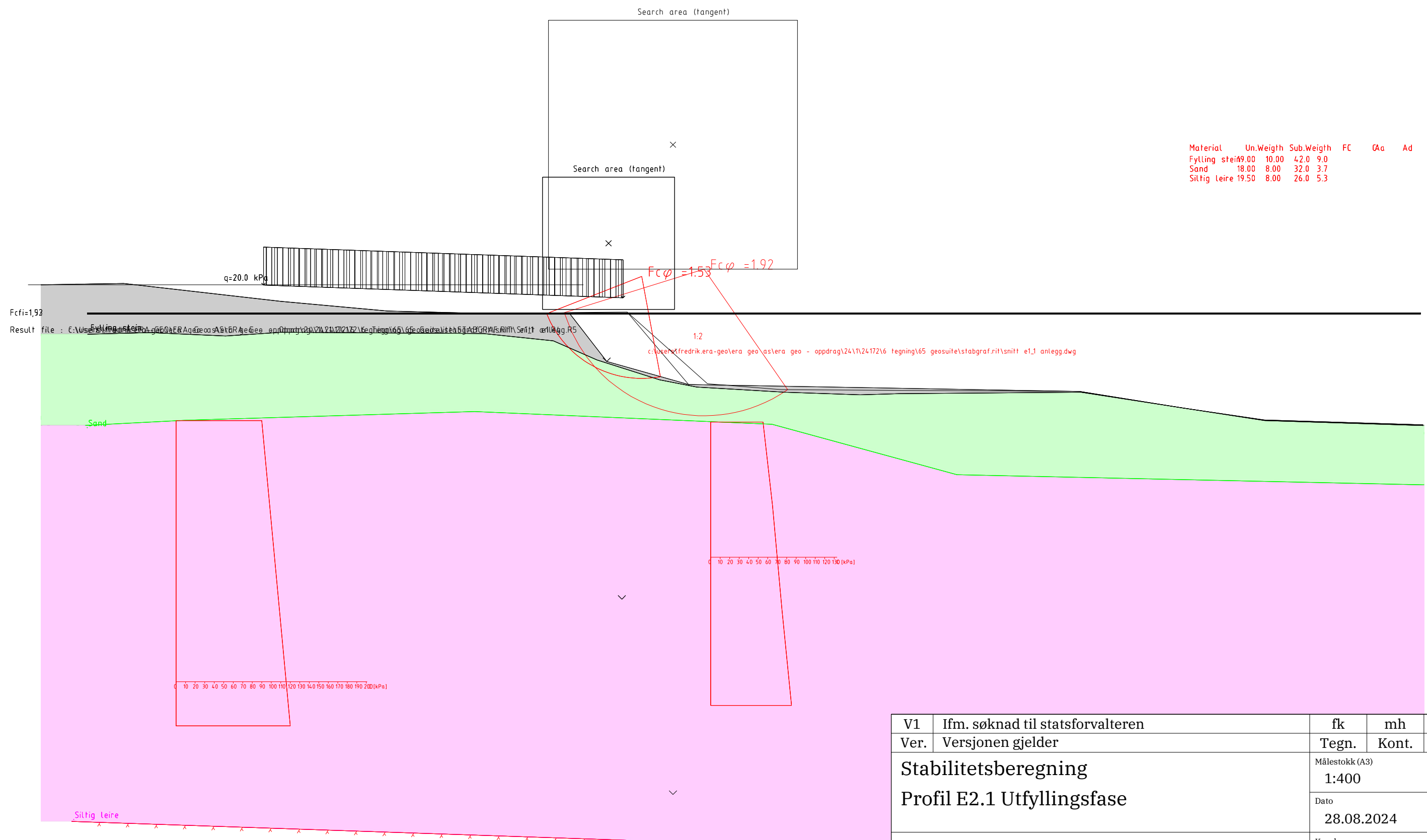
c:\users\fredrik.era-geo\era-geo\as\era-geo - oppdrag\24\1\24172\6 tegning\65 geosuite\stabgraf.rit\plotref\1.e2.1.dwg 27.08.2024 09:21



Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	FC	Ca	Ad	Ap
Fylling	19.00	10.00	42.0	9.0		
Sand	18.00	8.00	32.0	3.7		
Siltig leire	19.50	9.50			C-prof1.00	0.63 0.35

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	FC	Ca	Ad	Ap
Fylling	19.00	10.00	42.0	9.0		
Sand	18.00	8.00	32.0	3.7		
Siltig leire	19.50	9.50	26.0	5.3		

V1	Ifm. søknad til statsforvalteren	fk	mh	27.08.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato
Stabilitetsberegning		Målestokk (A3)		
Profil E2.1		1:400		
		Dato		
		27.08.2024		
Sjøkanten Steinkjer		Kunde		
Søknad statsforvalter		Sjøkanten Steinkjer AS		
		Oppdragsnr.		
		24172		
ERA Geo				
70 23 89 00 www.era-geo.no Verftsgata 10, 6416 Molde				
V302			1	



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	FC	Ca	Ad	Ap
Fylling stei	49.00	10.00	42.0	9.0		
Sand	18.00	8.00	32.0	3.7		
Siltig leire	19.50	8.00	26.0	5.3		

V1	Ifm. søknad til statsforvalteren	fk	mh	28.08.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato
Stabilitetsberegning		Målestokk (A3)		
Profil E2.1 Utfyllingsfase		1:400		
		Dato		
		28.08.2024		
Sjøkanten Steinkjer		Kunde		
Søknad statsforvalter		Sjøkanten Steinkjer AS		
		Oppdragsnr.		
		24172		
ERA Geo				
70 23 89 00 www.era-geo.no Verftsgata 10, 6416 Molde				
V303				1