

## NOTAT

OPPDRAAG	<b>Konsulent Birkelid bro</b>	DOKUMENTKODE	10205474-RIG-NOT-001_rev00
EMNE	Geoteknikk - Forutsetninger/regelverk og prosjektering av motfylling langs Songdalselva	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	<b>Songdalen kommune</b>	OPPDRAAGSLEDER	Rune Mykland
KONTAKTPERSON	Harald Hinna	SAKSBEH	René Minarski
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10232012 Geoteknikk Kristiansand

## Referanser

- /1/ Multiconsult; Oppdragsnr. 10205474. Datarapport nr. 10205474-RIG-RAP-001\_rev00 datert 10.09.2018
- /2/ Multiconsult; Oppdragsnr. 312702. Notat nr. 312702-RIG-NOT-002\_rev00 vedr. "Kvikkleirekartlegging - områdestabilitet" datert 14.04.14

## Vedlegg

- A: Utskrifter fra stabilitetsberegninger

## 1 Innledning

Multiconsult er engasjert av Songdalen kommune til å foreta geoteknisk prosjektering av stabiliserende tiltak langs Songdalselva i forbindelse med planlagt reetablering av gang- og sykkel bro over elva mellom Rosselandsvegen på østside og Oasen skole på vestsida.

Foreliggende notat omhandler regelverk, standarder og retningslinjer som vil bli benyttet i forbindelse med prosjekteringen, samt en presentasjon av resultatene fra den geotekniske prosjekteringen.

00	07.03.19	Utarbeidet	renm	jaa	rmy
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## 2 Topografi og grunnforhold

Det undersøkte området ligger ved Songdalselva like øst for Oasen skole og vest for Rosselandsvegen.

Det har tidligere vært en bro som har forbundet boligbebyggelsen på østsiden av elva med skole og barnehage på vestsiden. Den gamle broen ble ødelagt ifm. flom høsten 2017 og skal nå bygges på nytt på omtrent samme sted som før.

Terrengnivået for området vest for elva ligger generelt på ca. kote +14 ifølge innmåling av borpunktene, mens det nærmest inntil elva faller ned til elvekant på ca. kote +11.

Beliggenheten av området fremgår av Figur 2-1 der omtrentlig planområde er markert med rødt omriss. Figur 2-2 viser videre flyfoto over aktuelt område.



Figur 2-1: Kartutsnitt over området, omtrentlig planområde er markert med rødt omriss [nve.no].



Figur 2-2 Flyfoto over området, omtrentlig planområde er markert med rødt omriss [finn.no].

Grunnforhold består, kort fortalt, av et topplag av sand med tykkelse inntil ca. 2,5 m på den vestre siden av elva og ca. 5,0 m på den østre siden, etterfulgt av siltig leire over morene til berg. Iht. resultatene fra laboratorieundersøkelsene er leira kvikk.

For ytterligere detaljer vedrørende utførte grunnundersøkelser, grunnforhold og topografi henvises det til datarapport nr. 10205474-RIG-RAP-001\_rev00 /1/.

### 3 Forutsetninger/regelverk for geoteknisk prosjektering

#### 3.1 Regelverk

Gjeldende regelverk legges til grunn for prosjekteringen, og for geoteknisk prosjektering gjelder dermed:

- Teknisk forskrift, TEK 17 § 7 og § 10
- NS-EN 1990-1:2002 + A1:2005 + NA:2016 (Eurokode 0)
- NS-EN 1997-1:2004 + A1:2013 + NA:2016 (Eurokode 7)
- NS-EN 1998-1:2004 + A1:2013 + NA:2014 (Eurokode 8)
- NS-EN 1998-5:2004 + NA:2014 (Eurokode 8)

I tillegg, og i den grad de er relevante, anbefales benyttet:

- Statens vegvesen (SVV), Håndbok V220 (tidl. 016) Geoteknikk i vegbygging, 6. utgave, juni 2010
- NVE Veileder 2014-7; Sikkerhet mot kvikkleireskred; april 2014

#### 3.2 TEK 17 § 7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til TEK17 § 7 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger:

- § 7.2 - Sikkerhet mot flom og stormflo
- § 7.3 - Sikkerhet mot skred

Prosjektet innebærer etablering av en stabiliserende motfylling, dvs. at dette ikke er et konvensjonelt byggverk med personopphold. Motfyllingen skal etableres med steinmasser som gir tilfredsstillende sikkerhet mot erosjon samt en bedring av stabiliteten, og sikkerheten mot flom og stormflo (§ 7.2) anses derfor som ivaretatt.

Hensikten med den stabiliserende motfyllingen er å bedre sikkerheten mot skred ytterligere ifht. dagens situasjon, samt å bedre sikkerheten mot erosjon. Motfyllingen er prosjektert ved å følge preaksepterte ytelser i § 7.3 mht. sikkerhet mot kvikkleireskred (områdestabilitet). Sikkerhet mot skred (§ 7.3) er dermed også ivaretatt.

#### 3.3 TEK 17 § 10, Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 17 § 10.1 vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (Eurokoder).

TEK 17 § 10.2 angir følgende:

*Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter Norsk Standard NS-EN 1990 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg.*

I veiledningen til TEK 17 står det:

*Forskriftens krav er oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard. Korrekt bruk av prosjekteringsstandardene gir samlet det nivået som tilsvarer det sikkerhetsnivået som er akseptert av myndighetene.*

Ved å benytte standarder (Eurokoder) som angitt i pkt. 3.1 i prosjekteringen, vil TEK 17 § 10 dermed være ivaretatt.

### 3.4 Geoteknisk kategori

NS-EN 1997-1:2004 + A1:2013 + NA:2016 stiller krav til prosjektering ut fra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 "Krav til prosjektering".

Prosjektet innebærer etablering av en motfylling for å heve sikkerheten mht. kvikkleireskred (områdestabilitet og lokalstabilitet) til et tilfredsstillende nivå, samt å sikre elvebredden mot erosjon. Prosjekteringen av motfyllingen og bestemmelse av motfyllingens geometri foretas ved å følge resultater av stabilitetsberegninger og -vurderinger.

Det er gjort grunnundersøkelser i området, og vi har omfattende erfaring med tilsvarende grunnforhold og problemstillinger.

Overordnet utføres arbeidet etter konvensjonelle metoder uten unormale risikoer ved å følge arbeidsprosedyre beskrevet i kap. 4.4.

Med dette som grunnlag velges følgende krav til prosjektering:

- **Motfylling** → Geoteknisk kategori 2

Dette innebærer at prosjekteringen bør omfatte kvantitative geotekniske data og analyser for å sikre at de grunnleggende kravene blir oppfylt.

### 3.5 Konsekvensklasse/pålitelighetsklasse (CC/RC)

NS-EN 1990:2002+NA:2008 definerer byggverks plassering med hensyn til konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/RC). Konsekvensklasser er behandlet i standardens tillegg B (informativt), mens veiledende eksempler på klassifisering av byggverk i pålitelighetsklasser er vist i nasjonalt tillegg NA (informativt), tabell NA.A1 (901). Her er grunn- og fundamenteringsarbeider splittet i følgende to alternativer:

- "kompliserte tilfeller"
- "ved enkle og oversiktlige grunnforhold"

Basert på en forutsetning om at standardens intensjon er å knytte valg av pålitelighetsklasse til valgt geoteknisk kategori følger at geoteknisk kategori 2 gir pålitelighetsklasse 2. Forholdet er sammenstilt av Statens vegvesen i deres håndbok V220, figur 0.11, og er gjengitt i Figur 3-1 under.

Pålitelighetsklasse	1	2	3	4
Geoteknisk kategori 1	1			
Geoteknisk kategori 2		2		
Geoteknisk kategori 3			3	

Figur 3-1 Sammenheng mellom geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse (kilde: Statens vegvesen, Håndbok V220, figur 0.11)

Ut fra ovenstående velges:

- **Motfylling** → CC/RC = 2

### 3.6 Kvalitetssystem

NS-EN 1990-1:2002 + A1:2005 + NA:2016 krever at ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighets-klasse 2, 3 og 4 skal et kvalitetssystem være tilgjengelig, og at dette systemet skal tilfredsstillende NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Vårt system tilfredsstiller sistnevnte, og kravet er ivaretatt også for pålitelighetsklasse 2.

### 3.7 Prosjekteringskontroll

NS-EN 1990:2002+NA:2016 gir videre føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse.

I henhold til tabell NA.A1 (902) gir dette at det for geoteknisk prosjektering kan forutsettes minste prosjekteringskontrollklasse:

- **Motfylling** → **PKK2**

For PKK2 kreves egenkontroll, intern systematisk kontroll og utvidet kontroll.

Iht. pkt. NA.A1(903.4) kan utvidet kontroll i prosjekteringskontrollklasse PKK2 begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket.

### 3.8 Områdestabilitet - Tiltakskategori

NVE Veileder 7/2014 gir definisjoner for forskjellige tiltakskategoriene i områder der grunnforholdene består av sprøbruddmateriale og/eller kvikkleire. Prosjektet innebærer etablering av en gang- og sykkel bru (traffiksikkerhetstiltak) med begrenset personopphold, som fundamenteres på peler til berg og vil dermed ikke belaste grunnen. Kun lokal oppfylling for å heve nivået for gang- og sykkel vegen i vest vil medføre en økt belastning på grunnen, men da i meget begrenset utstrekning.

Med dette som grunnlag velges følgende tiltakskategori mht. å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot områdeskred:

- **Lokal oppfylling for heving avgang- og sykkel veg** → **Tiltakskategori K2**

Dette medfører krav om å gjennomføre stabiliserende tiltak (dvs. stabiliserende motfylling som er omhandlet i foreliggende notat) for at områdestabiliteten ikke skal forverres, samt at erosjon skal stoppes vha. erosjonssikkring for å unngå fremtidig forverring av stabilitetsforholdene. Det er imidlertid krav om at de lokale stabilitetsforholdene er tilfredsstillende (se kap 3.9).

### 3.9 Lokal stabilitet - Krav på sikkerhetsfaktor

For beregninger mht. lokalstabiliteten for oppfyllingen lokalt ved brua gjelder følgende faktorer:

- $F_c$  → **1,40**
- $F_{cp}$  → **1,25**

For beregninger i tilgrensende områder (se kap. 4) gjelder iht. NVE Veileder 7/2014-7 og Tiltakskategori K2 at tiltaket skal ikke påvirke områdestabiliteten negativt når stabiliserende tiltak er gjennomført.

## 4 Stabiliserende motfylling - Geoteknisk prosjektering og utførelse

### 4.1 Om prosjektet

På vestsiden er det i dag en mindre veg som leder fra skolen til broen. Det er tanken at det nye landkaret skal etableres langs denne vegen og en del lengre vest enn det eksisterende landkaret. Da vegens nivå faller i retning fra skolen til brua, så er planen at det nye landkaret etableres på et høyere nivå enn det gamle, og det vil således blir behov for heving av vegnivået lokalt med inntil ca. 2 m ifht. dagens nivå. Hensikten med nivåhevingen er primært at den nye brua vil bli liggende på et høyere nivå over elva enn tidligere og således gjøre den mindre utsatt for flom.

På østsiden er det i dag en trapp som leder fra den gamle broen til Rosselandsvegen. Denne trappen skal rives ifm. etablering av den nye broen. Også her vil det nye landkaret etableres på et høyere nivå enn det tidligere brofestet for å gi forbedret flomsikkerhet og enklere tilgang til Rosselandsvegen uten trapp.

I forbindelse med den nye brua (prosjekteres av totalentreprenør) er det i forkant behov for å bedre stabilitetsforholdene for skråningen ned mot elva, da det fra tidligere er kjent at disse lokalt kan være dårlige.

### 4.2 Beregninger og vurderinger

Multiconsult har tidligere foretatt stabilitetsberegninger og -vurderinger som er vist i notat 312702-RIG-NOT-002\_rev00 /2/. Basert på resultatene fra disse beregningene er det nå utført supplerende beregninger med tilpasset terrenggeometri og en tillagt oppfylling for den nye gang- og sykkel vegen som leder opp til den nye brua på vestsiden av elva. Videre er de geotekniske parametrene for løsmassene vurdert på nytt basert på resultat av de supplerende grunnundersøkelsene utført nylig /1/.

Resultat av beregningene er sammenstilt i Tabell 4-1.

Tabell 4-1: Sammenstilling av stabilitetsberegninger

Beregning	Snitt	Side	$S_u/\phi'$	Motfylling	Last	$F_c$
A1	I C/L nye bro	V	$S_u$	Ingen	Ingen	1,17
A2		H	$S_u$			2,32
A3		V	$S_u$	9 m bred i toppen; øvre platå ved +11,5; nedre platå ved +8,5	6,5 kPa for sykkelvegen; 20 kN/m <sup>3</sup> for fylling for sykkelvegen	1,4
A4		H	$S_u$			2,41
A5		V	$\phi'$			1,71
A6*	V	$S_u$	5 m bred i toppen; øvre platå ved +10,5; nedre platå ved +8,5	6,5 kPa for sykkelvegen; 10 kN/m <sup>3</sup> for fylling for sykkelvegen	1,40	
A7	Ved siden av ny bro	V	$S_u$	3 m bred i toppen; øvre platå ved +11,5; nedre platå ved +8,5	0 kPa for sykkelvegen; 20 kN/m <sup>3</sup> for fylling for sykkelvegen	1,3
A8		H	$S_u$			2,46

\*: Beregning er utført under antagelse at det brukes delvis lette masser for fylling for sykkelveien.

Beregninger viser at snittet i C/L av den nye g/s-vegen og brua oppnår tilstrekkelig sikkerhet (lokalstabilitet) med en motfylling med 9 m bredde på kote +11,5. Dette anses imidlertid for å være en relativt konservativ tilnærming da oppfyllingen for gang- og sykkelvegen er meget lokal (bredde lik ca. 3 m), samt at denne motfyllingen vil påvirke strømningsforholdene/kapasiteten i elva i veldig stor grad. Det er dermed utført en beregning der den lokale oppfyllingen for sykkelvegen er redusert/halvert for å bedre representere en glideflate med en mer reell utstrekning/bredde (se

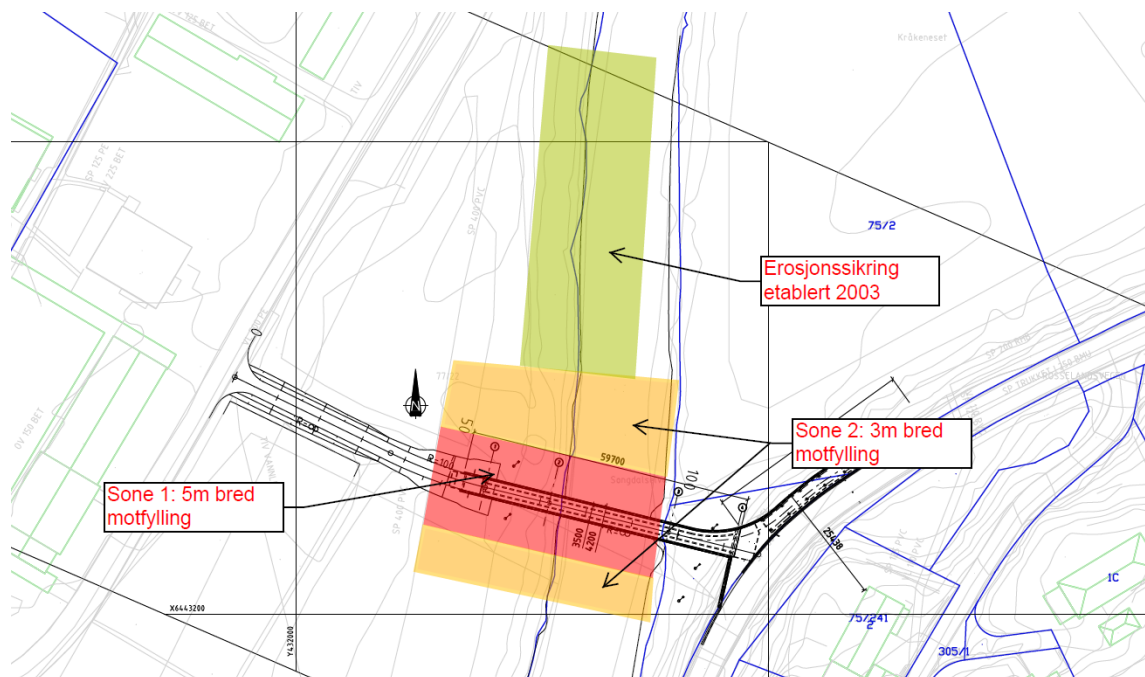
beregning A6). Denne beregningen viser tilstrekkelig stabilitet med en motfylling med 5 m bredde opp til kote +10,5.

For området utenfor C/L ny g/s-veg og bru viser beregningene at det er tilstrekkelig med en motfylling med 3 m bredde på kote 8,5 (se beregning A7 og A8).

### 4.3 Utrekning i plan

Som nevnt over deles motfyllingen i to soner. Sone 1 (markert med rødt i Figur 4-1) skal ha en utstrekning lik 10m både opp- og nedstrøms brua. Motfylling utføres med geometri som vist i beregning A6.

Sone 2 skal strekke seg videre oppstrøms til eksisterende motfylling i nord, samt videre nedstrøms (syd for brua) til en avstand 20 m fra brua. Motfylling utføres med geometri som vist i beregning A7 og A8.



Figur 4-1 Motfyllingens utstrekning i plan

### 4.4 Utførelse av motfylling

Den valgte geometrien for motfyllingen fremgår av beregningene A6, A7 og A8.

Etableringen av motfyllingen anbefales foretatt fra nord mot syd som følger:

1. Plassering av siltgardiner i langsgående retning og i to steg som tillater fylling på ene side av elva og fiskepassering på andre side.
2. Utlegging av egnet fiberduk og nett på naturlige løsmasser
3. Utlegging av plastringslag (se beregning A6 og A7) med gravemaskin fra etablert front (dvs. eksisterende motfylling i nord).
4. Utlegging av motfyllingen med gravemaskin fra etablert front.

Maskinen ved toppen av skråningen bør operere så langt inn fra skråningskanten som mulig for å redusere faren for lokal utglidning i øvre del av skråningen.

Det anbefales å foreta arbeidene i den tørre årstiden da vannstanden i elva er minst. Videre bør det tilstrebes å ha så liten høydeforskjell som mulig ved at oppfyllingen foretas fra nord opp til ca. vannstanden, som så benyttes som arbeidsplattform for videre oppfylling mot syd. Deretter kan oppfylling til prosjektert nivå fullføres

## 5 SHA - Grunnarbeider

Det kan være risiko for utglidninger ved arbeid med motfylling langs elv. Arbeidet med motfyllingen må utføres forsiktig og det må ikke brukes tyngre maskiner og utstyr enn det som er nødvendig. Maskiner og utstyr som ikke er i bruk må plasseres på områder som har tilstrekkelig stabilitet. Det må ikke mellomlagres masser eller påføres tilleggslast på områder med liten stabilitet. Arbeid i områder der det kan være risiko for utglidning må utføres med åpen dør på maskiner og personell må bruke flytevest. Det bør i anleggsfasen være minimum 2 personer til stede.

Entreprenøren må som en del av sin HMS/SHA-planlegging utføre selvstendige risikovurderinger knyttet til arbeidene og foreslå risikobegrensende tiltak. For arbeider som vurderes som kritiske, utføres SJA (sikker-jobb-analyse)

Valgte løsninger for grunnarbeider i prosjektet er tradisjonelle og kjente og innebærer ingen økt risiko i forhold til sammenlignbare arbeider.

Risikoelementer knyttet til utførelse av anleggsarbeidene behandles av utførende entreprenør. Entreprenøren må som sin del av sin HMS/SHA-planlegging utføre selvstendige risikovurderinger knyttet til arbeidene og foreslå begrensede tiltak. For arbeider vurdert som kritiske, utføres SJA (Sikker-jobb-analyse).

Ved usikkerhet knyttet til stabilitet i anleggsfasen, og ved evt. hendelser/utglidninger, forutsettes det at geoteknisk fagkyndig tilkalles.



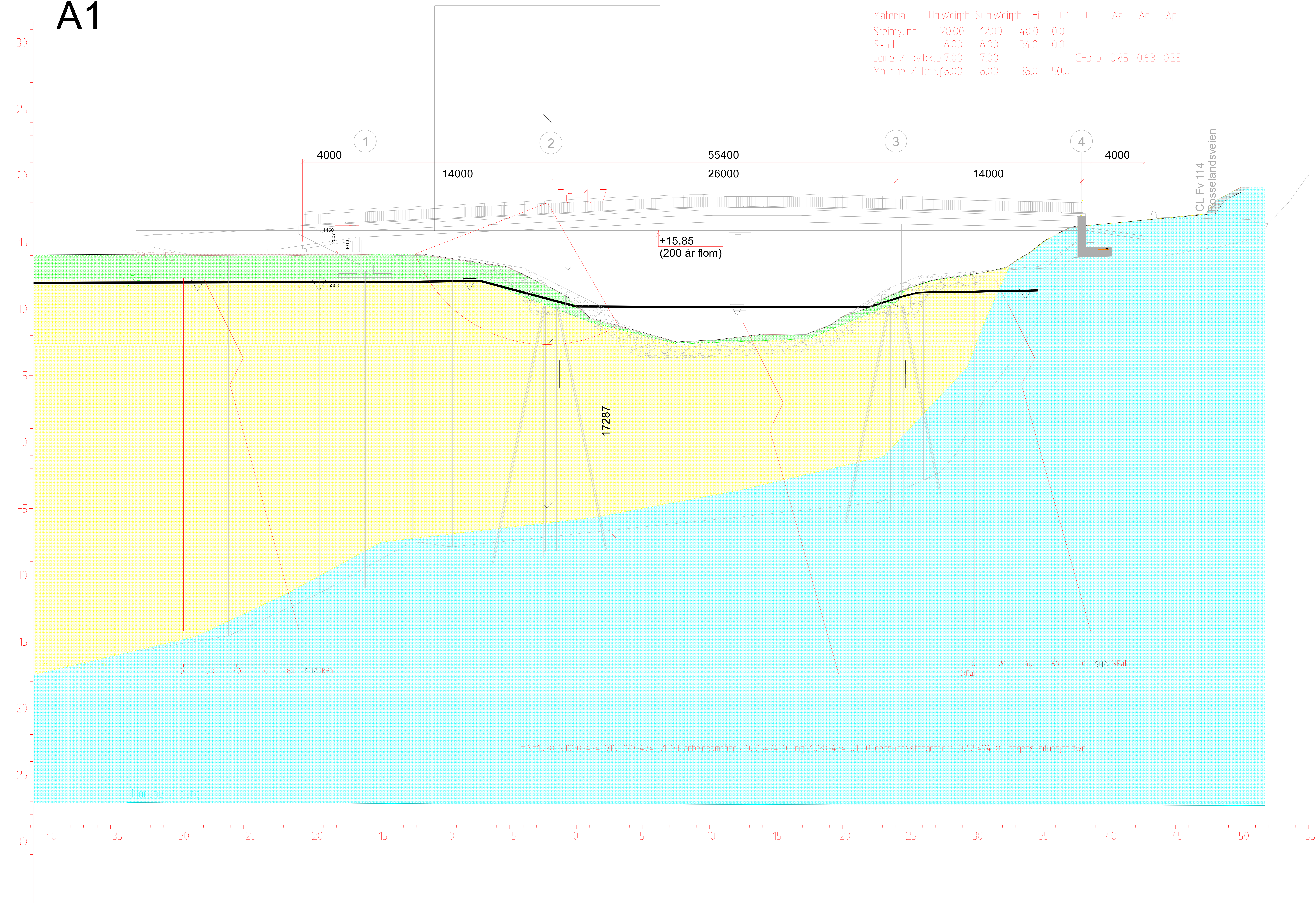
## **VEDLEGG A**

Utskrifter fra stabilitetsberegninger

# A1

Search area (tangent)

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	20.00	12.00	40.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire / kvikklei	17.00	7.00			C-prof	0.85	0.63	0.35
Morene / berg	18.00	8.00	38.0	50.0				



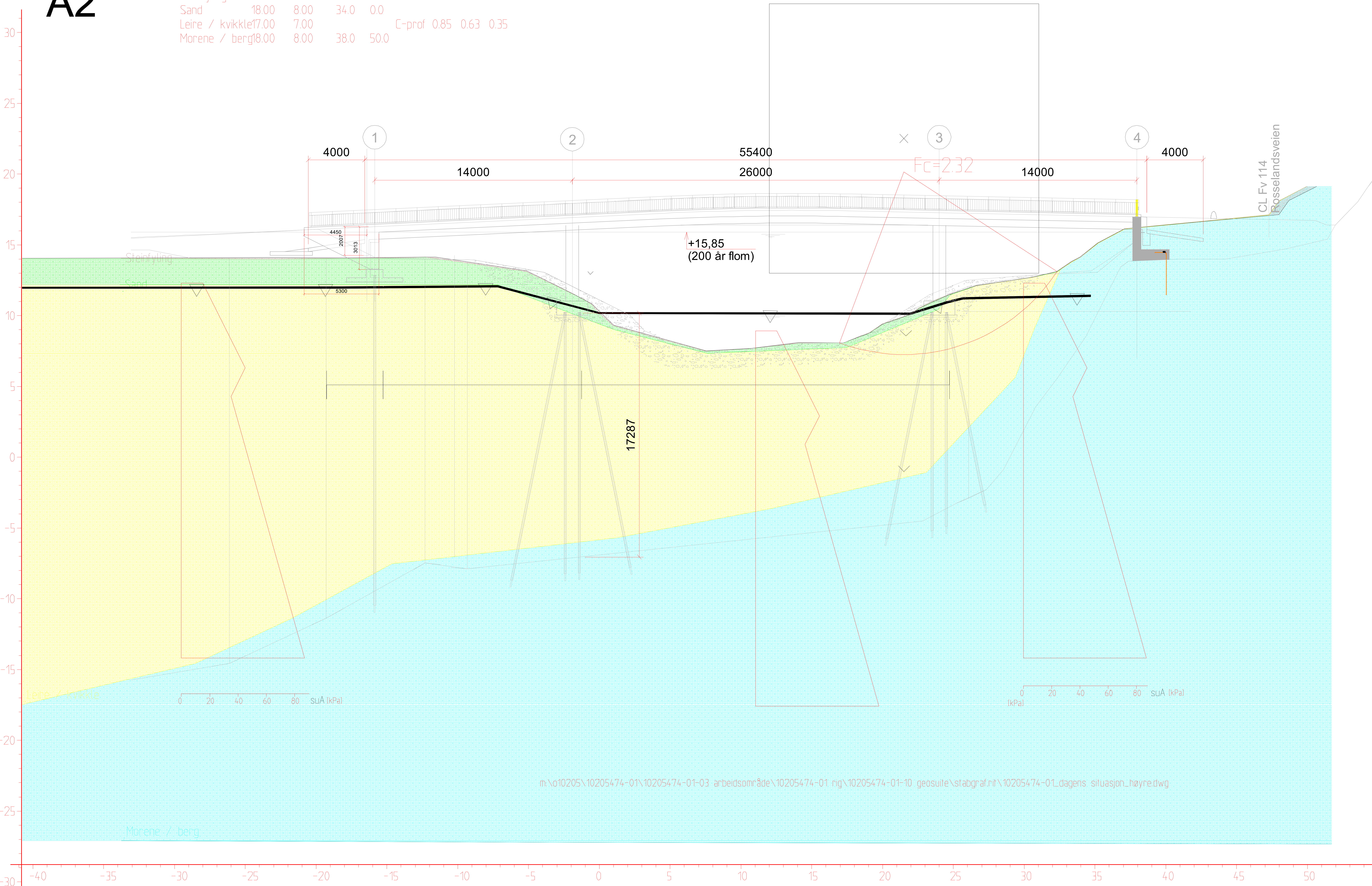
CL Fv 114  
Røsselandsveien

m:\0205\10205474-01\10205474-01-03 arbeidsområde\10205474-01.rig\10205474-01-10 geosuite\stabgraf.rtf\10205474-01\_dagens\_situasjon.dwg

# A2

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	F <sub>i</sub>	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	20.00	12.00	40.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire / kvikkle	17.00	7.00			C-prof	0.85	0.63	0.35
Morene / berg	18.00	8.00	38.0	50.0				

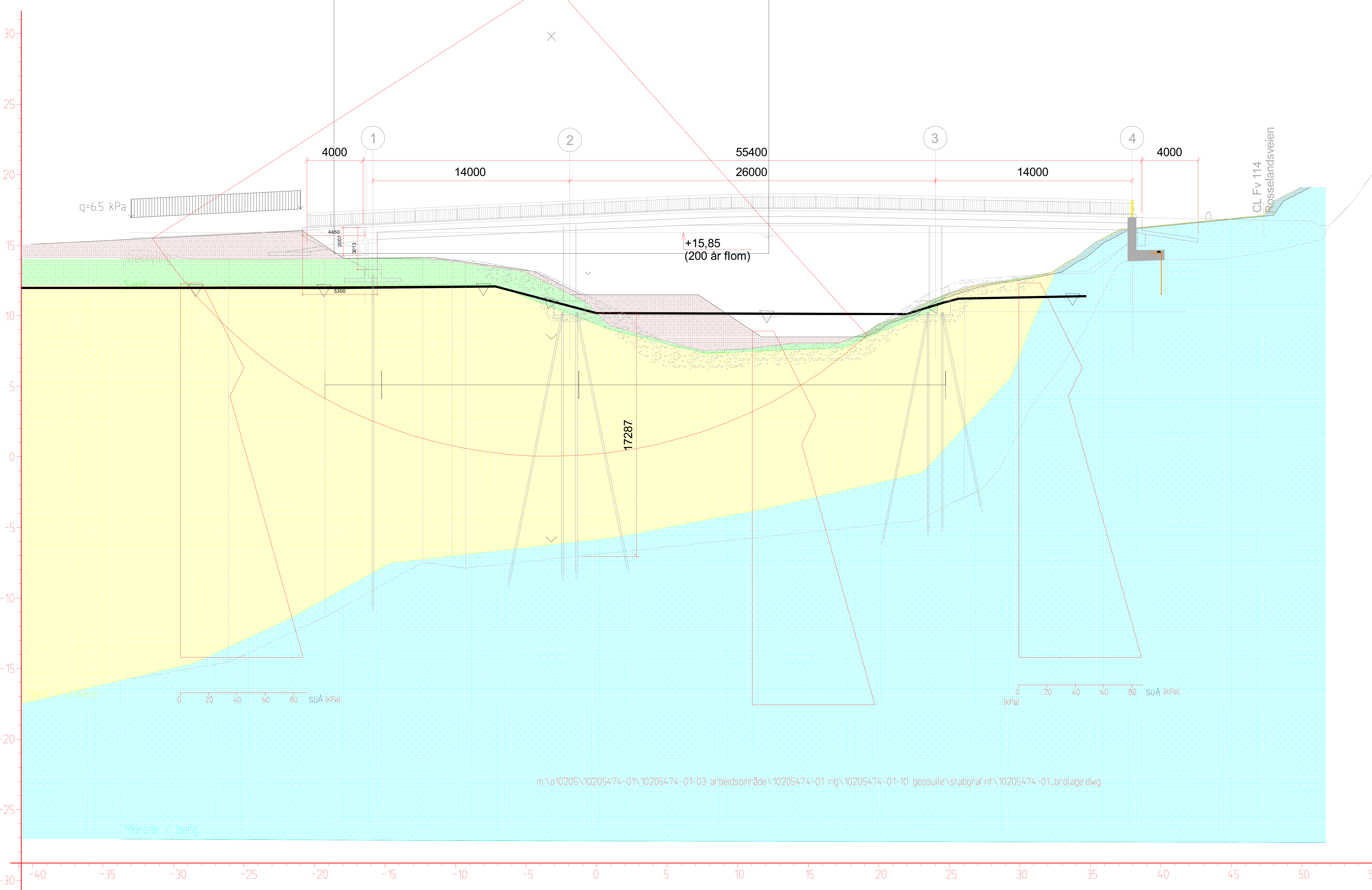
Search area (tangent)



m:\0205\10205474-01\10205474-01-03 arbeidsområde\10205474-01.nig\10205474-01-10 geosuite\stabgraf\rit\10205474-01\_dagens\_situasjon\_høyre.dwg

Morene / berg

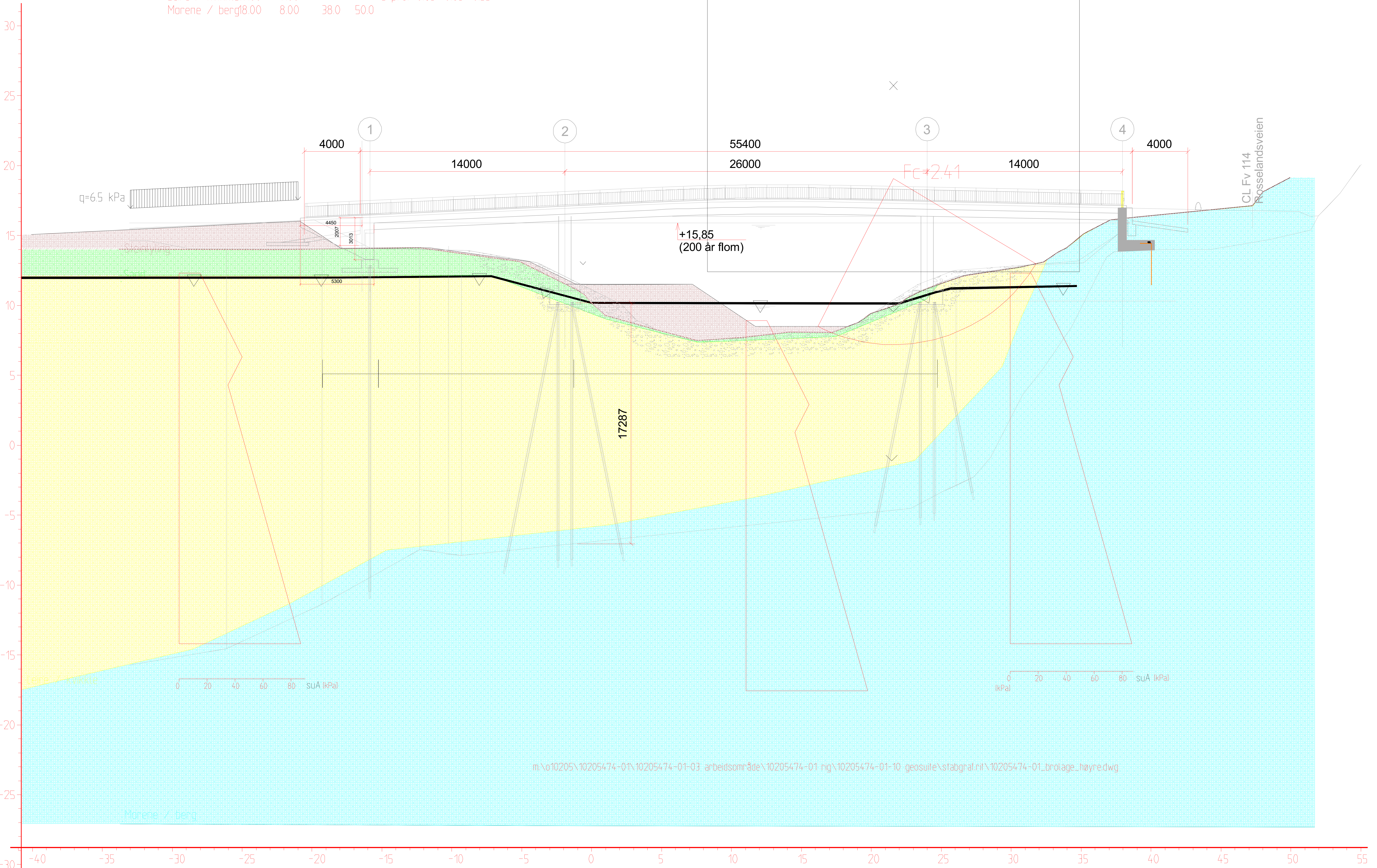
Material	Un>Weigth	Sub>Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	20.00	12.00	40.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire / kvikklei	17.00	7.00			C-prof	0.85	0.63	0.35
Morene / berg	18.00	8.00	38.0	50.0				



m:\p10205\10205474-01\10205474-01-03 arbeidsområde\10205474-01.nig\10205474-01-10 geosuite\stabgraf.nit\10205474-01\_brolage.dwg

-40 -35 -30 -25 -20 -15 -10 -5 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	20.00	12.00	40.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire / kvikklei	7.00	7.00			C-prof	0.85	0.63	0.35
Mørene / berg	8.00	8.00	38.0	50.0				



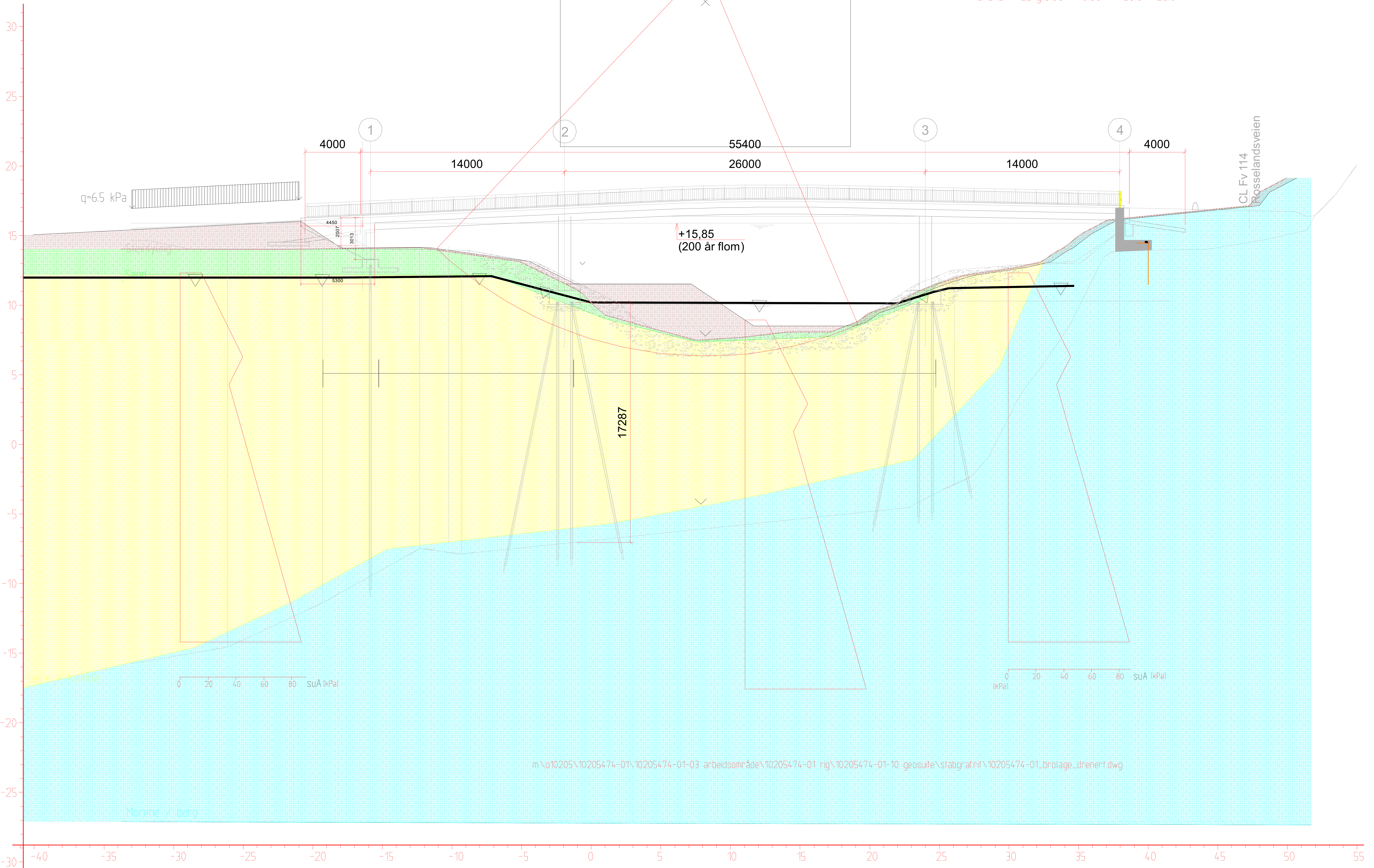
m:\010205\10205474-01\10205474-01-03 arbeidsområde\10205474-01.nig\10205474-01-10 geosuite\stabgnaf.nif\10205474-01\_brotlage\_høyre.dwg

# A5

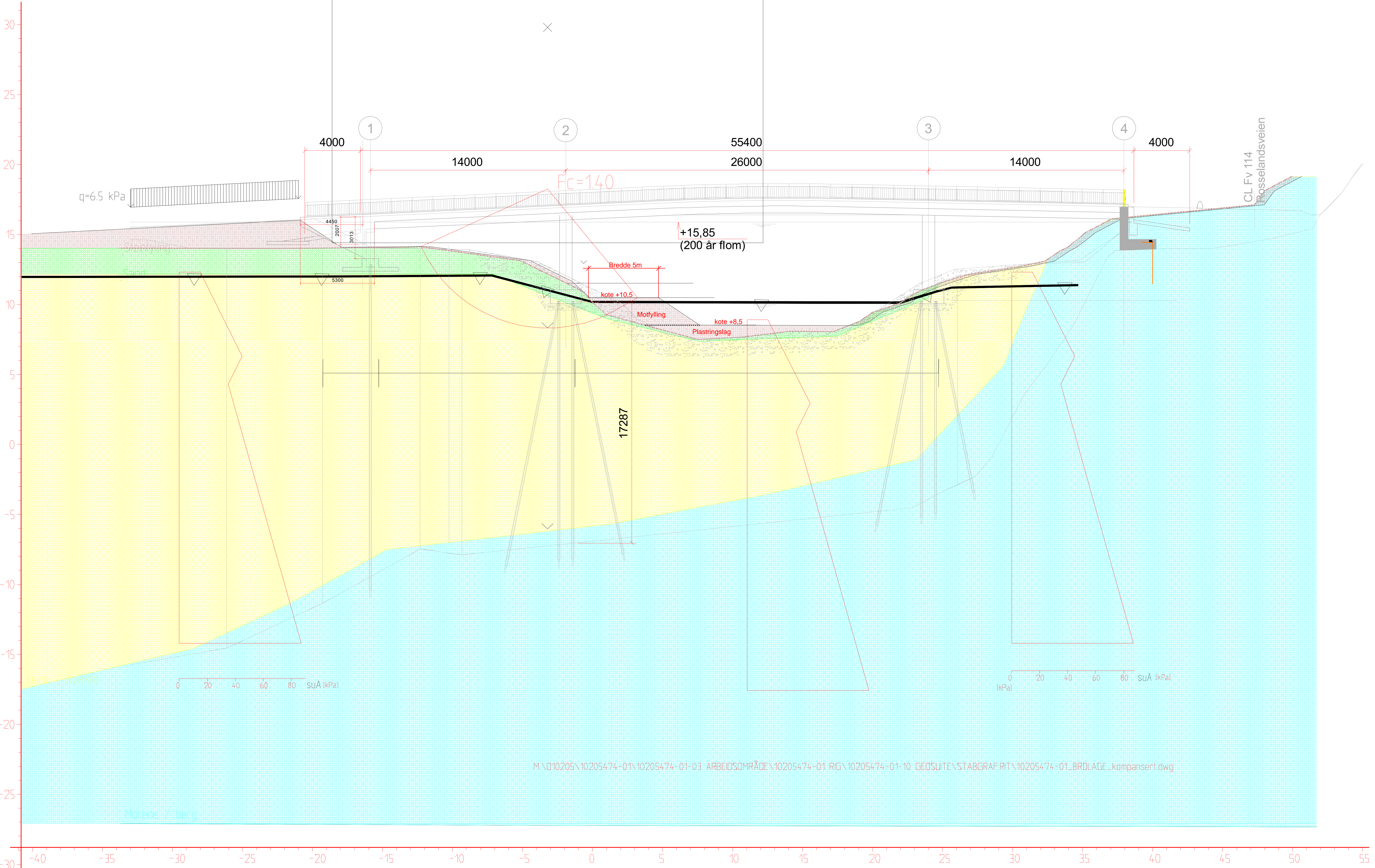
Search area (tangent)

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	20.00	12.00	40.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire / kvikklei	7.00	7.00	22.0	0.0				
Morene / berg	8.00	8.00	38.0	50.0				

$F_c \varphi = 1.71$



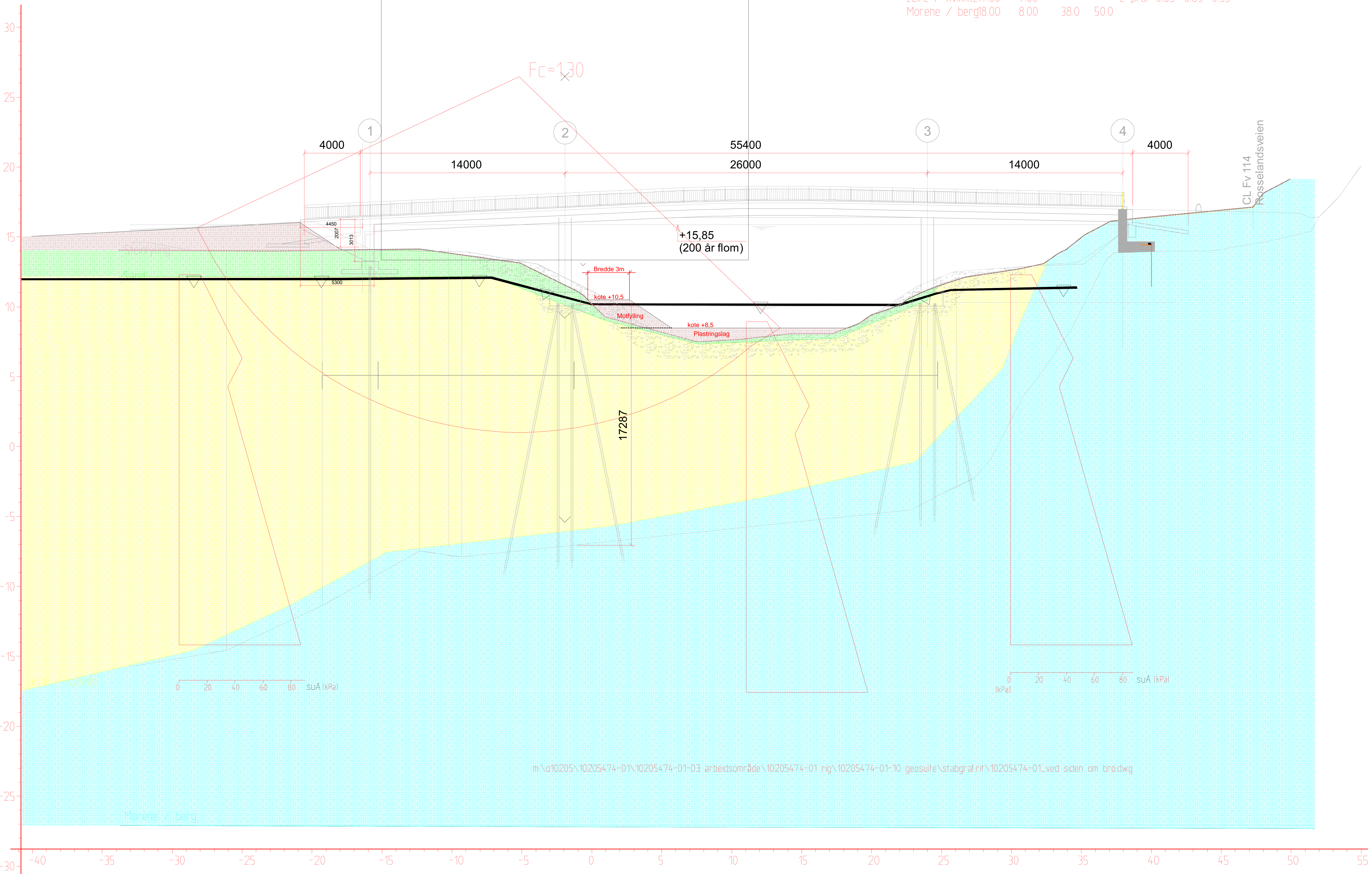
Material	UnWeigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	
Steinfylling	10.00	10.00	40.0	0.0					
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0					
Leire / kvikkele	17.00	7.00				C-prof	0.85	0.63	0.35
Morene / berg	18.00	8.00	38.0	50.0					



# A7

Search area (tangent)

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	20.00	12.00	40.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire / kvikkle	17.00	7.00			C-prof	0.85	0.63	0.35
Morene / berg	18.00	8.00	38.0	50.0				



m:\10205\10205474-01\10205474-01-03 arbeidsområde\10205474-01.rig\10205474-01-10 geosuite\stabgraf.rvt\10205474-01\_ved siden om brø.dwg

Morene / berg

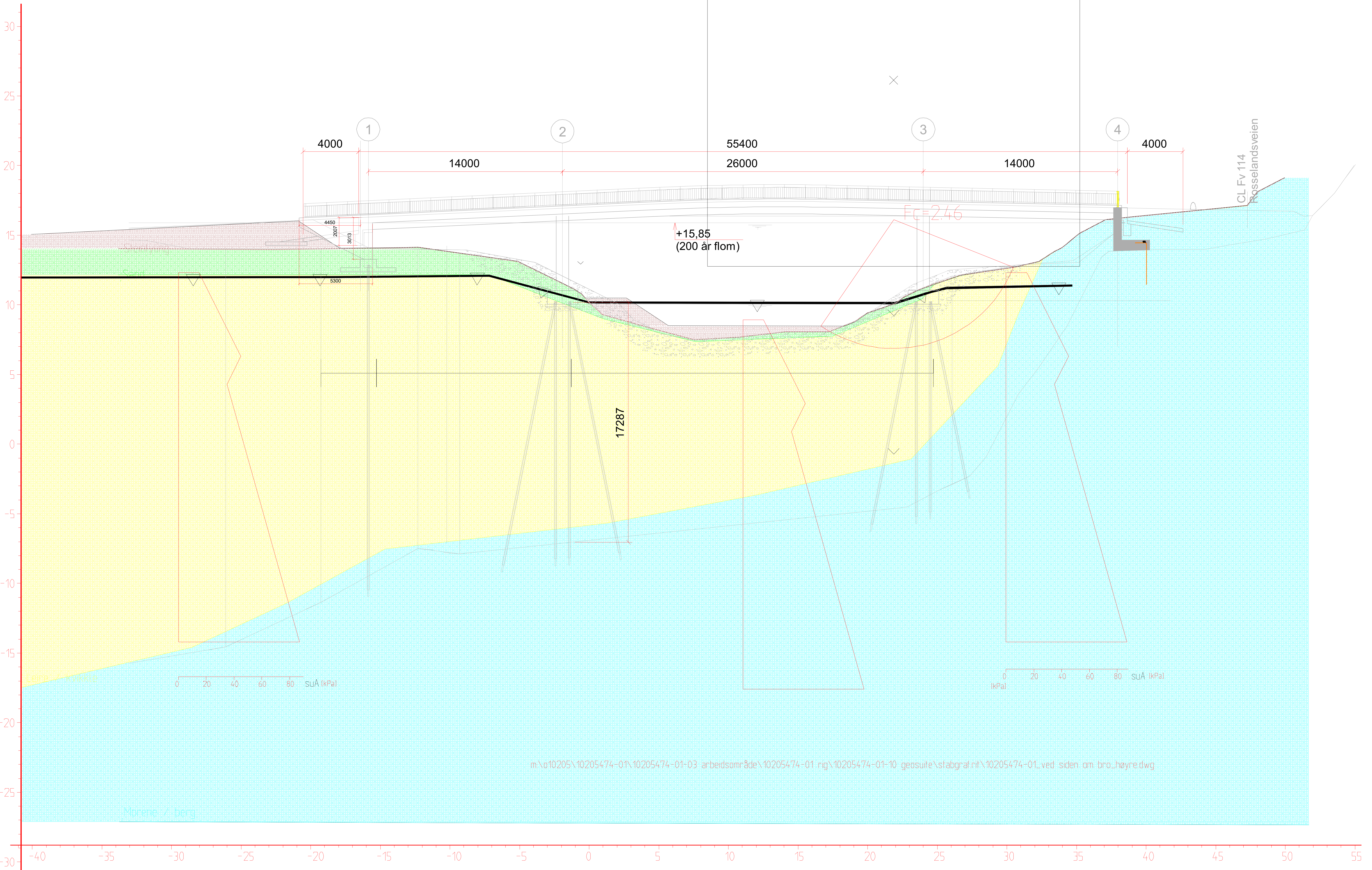
CL Fv 114  
Rosselandsveien



# A8

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	20.00	12.00	40.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire / kvikklei	7.00	7.00			C-prof	0.85	0.63	0.35
Marene / berg	8.00	8.00	38.0	50.0				

Search area (tangent)



m:\010205\10205474-01\10205474-01-03 arbeidsområde\10205474-01.rig\10205474-01-10 geosuite\stabgraf.rif\10205474-01\_ved siden om bro\_høyre.dwg