RAPPORT

BRÅTENVEIEN, FREDRIKSTAD

OPPDRAGSGIVER

Perspektiv Eiendomsutvikling AS

EMNE

ROS-analyse områdestabilitet

DATO / REVISJON: 25. januar 2022 / 03

DOKUMENTKODE: 10201186-RIG-RAP-002_rev03



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

Multiconsult

RAPPORT

OPPDRAG	**BRÅTENVEIEN, FREDRIKSTAD**	DOKUMENTKODE	10201186-RIG-RAP-002_rev03
EMNE	ROS-analyse geoteknikk	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	**Perspektiv Eiendomsutvikling AS**	OPPDRAGSLEDER	Dag Erik Julsheim
KONTAKTPERSON	Ivar Pedersen	UTARBEIDET AV	Helena Dang Larsen
KOORDINATER	SONE: 32N ØST: 613686 NORD: 6574185	ANSVARLIG ENHET	10111063 Fredrikstad Geoteknikk
GNR./BNR./SNR.	716/45		

SAMMENDRAG

Det er funnet kvikkleire og sprøbruddsmateriale i det aktuelle området, og det er derfor utført en vurdering av områdestabiliteten i henhold til NVEs retningslinjer nr. 2/2011: «Flaum- og skredfare i arealplanar», samt veileder nr. 1/2019: «Sikkerhet mot kvikkleireskred».

Det evaluerte området har:

Faregrad: Høy

Konsekvens: Meget alvorlig

Risikoklasse 5

Tiltaket medfører tilflytting, dvs. tiltaksklasse K4. Tiltak forverrer ikke stabiliteten som stiller det krav til sikkerhet på $F_{CU} \geq 1{,}4$ i udrenert tilstand og $F_{Ca\phi} \geq 1{,}25$ i drenert tilstand.

Det er god sikkerhet i dagens situasjon, et evt. initialras utenfor området vil ikke påvirke utbyggingsområdet.

ROS-analysen skal kvalitetssikres av uavhengig foretak.

Det forutsettes at utbyggingen på tomta ikke forverrer stabilitetsforholdene.

			HELED	DEJ	DEJ
03	25.01.2022	Revidert rapport etter uavhengig kontroll av Løvlien Georåd	Helena Dang Larsen	Dag Erik Julsheim	Dag Erik Julsheim
02	24.01.2022	Revidert rapport etter uavhengig kontroll av Løvlien Georåd	Helena Dang Larsen	Dag Erik Julsheim	Dag Erik Julsheim
01	17.12.2021	Revidert rapport etter ny NVEs veileder 1/2019	Helena Dang Larsen	Dag Erik Julsheim	Dag Erik Julsheim
00	12.11.2018	Utarbeidet rapport	Marianne Brænden/Helena Dang Larsen	Dag Erik Julsheim	Dag Erik Julsheim
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 Innledning 5
2 Referanser 5
3 Relevant regelverk 6
4 Topografi 6
5 Grunnforhold 8
6 Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området 9
7 Avgrens området med marine avsetninger 10
8 Tiltakskategori 10
9 Gjennomføring av befaring og grunnundersøkelser/vurdering av grunnlag 11
10 Avgrens faresoner 14
11 Klassifiser faresoner 19
11.1 Faregradevaluering 19
11.1.1 Tidligere inngrep i området 20
11.2 Skadekonsekvensklasser 21
11.2.1 Vurdering av flodbølge pga. utløp i Visterflo 22
11.3 Bestemmelse av risikoindikator 22
12 Krav til sikkerhet 23
13 Kritiske snitt og materialparametere 23
13.1 Laster 24
13.2 Tyngdetetthet til leirlag 24
13.3 Grunnvannstand og poretrykk 24
Anisotropifaktorer: 24
13.4 Tolkning av konsolideringsforhold 24
14 Stabilitetsberegninger 26
14.1 Parameterstudie 26
14.2 Resultater 28
14.2.1 Profil B-B 28
14.2.2 Profil C-C 28
15 Konklusjon 29

Vedlegg

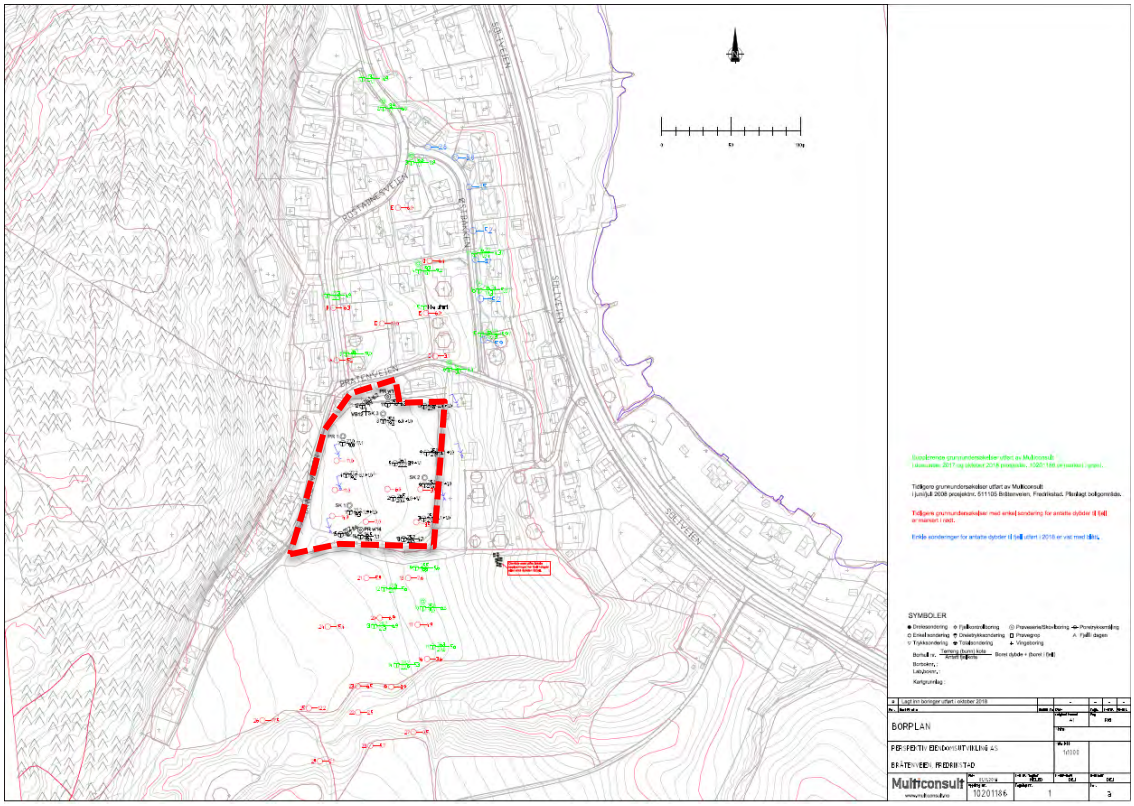
Vedlegg 1	Avgrens kvikkleire- og sprøbruddsmaterialeområder etter utførte grunnundersøkelser
Vedlegg 2	Terrengprofil mot nordøst, profil B-B
Vedlegg 3	Terrengprofil mot nordøst, profil C-C
Vedlegg 4	Stabilitetsberegning B-B med Su-analyse
Vedlegg 5	Stabilitetsberegning profil B-B, nedre del mot Soliveien, med Su-analyse
Vedlegg 6	Stabilitetsberegning B-B med aphi-analyse
Vedlegg 7	Stabilitetsberegning profil B-B, nedre del mot, Soliveien med aphi-analyse
Vedlegg 8	Stabilitetsberegning C-C med Su-analyse
Vedlegg 9	Stabilitetsberegning C-C med aphi-analyse

1 Innledning

Tomten 716/45 i Bråtenveien på Rostadneset i Fredrikstad ønskes omregulert til boligformål. Det planlegges utbygging av tomten med småhusbebyggelse.

Multiconsult Norge AS er engasjert som geoteknisk rådgiver. De første grunnundersøkelsene ble utført i 2008. Det ble funnet kvikkleire i utbyggingsområdet og er derfor utført grunnundersøkelser også utenfor tiltaksområdet. De siste undersøkelsene ble utført i oktober 2018. En samlet beskrivelse av grunnforholdene er gitt i vår rapport 10201186-RIG-RAP-001_rev01.

Den foreliggende rapporten er en revidert rapport med vurdering av stabilitetsforhold i henhold til ny retningslinje utarbeidet av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) 1/2019 [2] som gjelder for områder der det er funnet kvikkleire eller materiale med sprøbruddsegenskaper.



Figur 1.1: Utsnitt av borplan. Planlagte området viser i rødt.

2 Referanser

[1] NVE (2008). Retningslinjer nr. 2/2011: Flaum- og skredfare i arealplanar. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

[2] NVE (2019). Veileder nr. 1-2019: Sikkerhet mot kvikkleireskred. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

[3] NGI (2008). Rapport 20001008-2, rev. 3, «Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire». Rapport datert 08.oktober 2008.

[4] Multiconsult (2015). 511105-RIG-RAP-001_rev01: Datarapport grunnundersøkelser, Bråtenveien, Fredrikstad. Planlagt boligområde, datert 19.juni 2015.

[5] Multiconsult (2018). 10201186-RIG-RAP-001: Grunnforhold datarapport, Bråtenveien, Fredrikstad. Fredrikstad: 10111063 Østfold Geoteknikk. Rapport datert 23.januar 2018.

[6] Multiconsult (2018b). 10201186-RIG-RAP-001_rev01: Grunnforhold datarapport, Bråtenveien, Fredrikstad. Fredrikstad: 10111063 Østfold Geoteknikk. Rapport datert 07.november 2018.

[7] NVE (2020). Ekstern rapport nr. 9/2020: Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

[8] NVE (2021). Rapport nr. 12/2021: Kvikkleirekartlegging – metoder, status og videre arbeid. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

[9] NVE Atlas. NVE temakart som nettbasert.

3 Relevant regelverk

Den planlagte utbyggingen av området må tilfredsstille følgende regelverk med hensyn til områdeskredfare:

- TEK17 § 7-3 Sikkerhet mot skred
- TEK17 § 10-2 Konstruksjonssikkerhet

Kravene stilt til i gjeldende regelverk med tanke på områdeskred kan anses som tilfredsstilt der områdestabilitetsvurderingene er utført i henhold til NVEs veiledere nr. 2/2011 og nr. 1/2019 [1,2].

4 Topografi

Tiltaksområdet ligger på Rostadneset ved Visterflo i Fredrikstad. Utbyggingsområdet heller svakt mot øst fra ca. kote +29 i sørvest til ca. kote +24 helt nordøst i utbyggingsområdet. Videre faller terrenget med helning 1:5 til kote +1 ved elvekanten i Visterflo. Vest for utbyggingsområdet er det fjell i dagen. Det er også mye fjell i dagen øst for utbyggingsområdet. Se figur 4.1.



Figur 4.1: Oversikt over området, planlagt området i grønt, fjell i dagen eller små dybder til fjell i rødt. Kartet hentet fra Norgeskart.no.

5 Grunnforhold

Det er funnet kvikkleire og sprøbruddsmateriale på utbyggingstomten og nord for utbyggingsområdet. Det generelle bildet er at det er en smal, men dyp ravine vest i utbyggingsområdet og en fjellrygg øst i utbyggingsområdet i skråningen mot Soliveien. Det er generelt bratt fjelltopografi, og det må påregnes variasjon i fjelldybdene utover det som kan antas ved en rettlinjet interpolasjon mellom borpunktene.

For en detaljert beskrivelse av grunnforhold vises det til vår rapport 10201186-RIG-RAP-001_rev01, datert 07.11.2018 [6]. Et sammendrag fra grunnforholdrapportene:

Totalsonderingene ble avsluttet mot antatt fjell i dybder varierende fra rundt 2,4 m i nordøst av utbyggingsområdet til 19 m nordvest for utbyggingsområdet. Det generelle bildet er at det går en smal, men dyp ravine langs fjellet i vest og en fjellrygg i utbyggingsområdets østre del i skråningen ned mot Soliveien.

Det er i hele området 2 - 3 m tykt topplaget av middels fast tørrskorpeleire. I ravinen vest i utbyggingsområdet er det bløt og meget kompressibel leire. I nordvest i utbyggingsområdet og nordøstover er det kvikkleire og sprøbruddsmateriale fra 4 – 6 m dybde. Den uomrørte skjærfastheten er 15 – 30 kN/m^2 og de omrørte konusverdiene viser flere steder en udrenert skjærfasthet på under 0,5 kPa, hvilket viser kvikkleire.

De supplerende undersøkelsene i 2018 viser i Østbakken (veien lengst i øst før skråningen ned til Soliveien) 1,5 – 8,8 m til fjell i borpunktene. Totalsonderingene indikerer her ikke sprøbruddsmateriale, noe som bekreftes av prøveserien.

Leirmassene har et vanninnhold på ca. 25 - 50 %, noe som indikerer at massene er middels til meget kompressible.

Det er ikke satt ned piezometre for nøyaktig måling av grunnvannstanden. Grunnvannstanden står antakelig dypt, på grunn av skrånende terreng i øst og høyt innhold av sand og silt i løsmassene. Ut fra tykkelsen på tørrskorpelaget antar vi at grunnvannstanden generelt står i ca. 2 – 3 m dybde i utbyggingsområdet. Det vil være variasjoner i grunnvannstanden avhengig av årstid og nedbørsforhold.

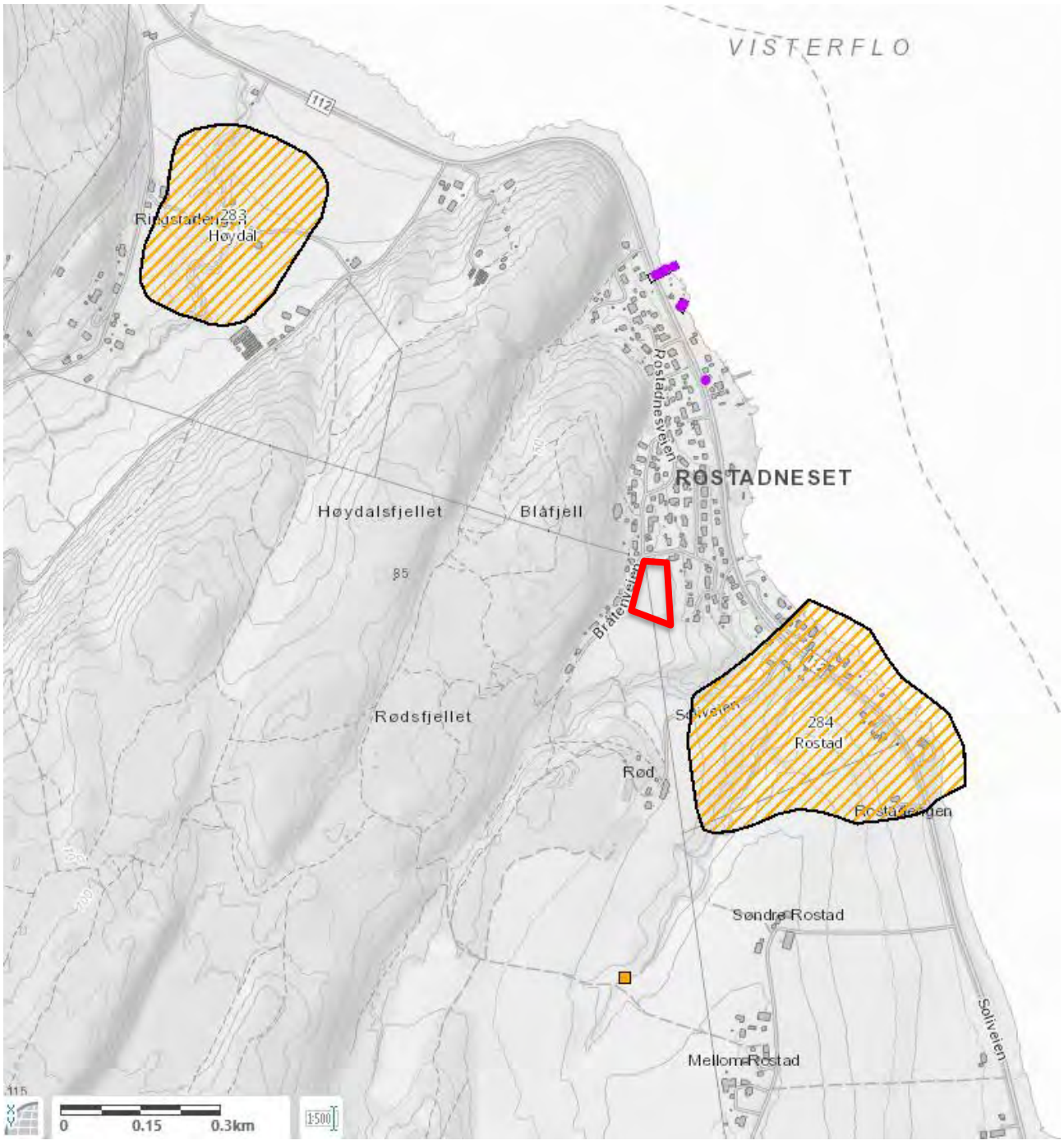
Resultater fra supplerende grunnundersøkelser utført i oktober 2018 viser registrert fjelldybde i området i boringene ca. 4,4 til 6,0 m. Prøveserien viser det er bløt til fast siltig leire med variasjon av forvitring og innholdet av sand og grus i ca. 3 – 6 m dybde under et ca. 3 m tykt topplag av fyllmasser som sand og murstein og siltig tørrskorpeleire.

6 Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området

Ifølge NVE Atlas er det registrert kvikkleireområde/kvikkleirepunkt i området mot nord for planlagt området (merker med lilla på figur 6.1). Det er en kvikkleiresone (sone 284 Rostad) ca. 150 m sørøst for planlagt området.

Ifølge kartet var det registrert et leirskred i 1896 ca. 500 m sør for utbyggingsområdet. Det gjøres oppmerksom på at dette er ukjent for de personer vi har kontaktet i området.

Det gjøres oppmerksomt på at kvikkleire kan forekomme utenfor påviste soner.



Figur 6.1: Utsnitt fra kart av skredregistrering, NVE Atlas. Planlagt området i rødt. [9]

7 Avgrens området med marine avsetninger

Det vises til opplysninger fra NGUs kvartærgeologiske kart. Løsmassene i området består av tykk havavsetning. Se figur 7.1.



Figur 7.1: NGUs kvartærgeologiske kart.

8 Tiltakskategori

Tiltakskategori bestemmes ut fra konsekvens for tiltaket ved skred, og velges fra NVE-veileder 1/2019 [2]. Det planlegges nytt boligfelt bestående av mange småhus som medfører større tilflytting og personopphold, tiltakskategori K4 benyttes. Tabell 8.1 viser tiltakskategori med eksempler på type tiltak fra NVE-veileder 1/2019.

Tabell 8.1: Fra NVE-veileder 1/2019, tabell 3.2.

Tabell 3.2 Tiltakskategori med eksempler på type tiltak

Tiltaks-kategori	Type tiltak
K0	**Små tiltak som medfører svært begrensede terrenginngrep. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer** Garasjer, naust, tilbygg/påbygg til eksisterende bebyggelse, frittstående uthus, redskapsbod, landbruk- og skogsveger
K1	**Tiltak av begrenset størrelse. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer** Mindre driftsbygninger i landbruket, lagerbygg av begrenset verdi, lokale VA-anlegg, private og kommunale veger, mindre parkeringsanlegg og trafikksikkerhetstiltak (G/S-veg, midtdeler)
K2	**Tiltak som kun innebærer terrengendring; utgraving, opp- og utfylling og masseflytting** Massedeponier, komposteringsanlegg, bakkeplanering/nydyrking, massetak, andre massefyllinger
K3	**Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, større byggverk med begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi** Bolighus/fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, lagerbygg med større verdi, mindre nærings- og industribygg, mindre utendørs publikumsanlegg, større VA-anlegg
K4	**Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold, samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner** Bolighus/fritidsboliger med mer enn to boenheter, sykehjem, sykehus, skoler, barnehager, idrettshaller, utendørs publikumsanlegg og nærings- og industribygg

9 Gjennomføring av befaring og grunnundersøkelser/vurdering av grunnlag

Det er utført grunnundersøkelser som viser sprøbrudds- og kvikkleire på store partier.

Videre er det utført flere befaringer for å se etter synlig fjell samt erosjonsforholdene langs Visterflo.

Erosjon mot Visterflo:

Den 14.11.2021 ble utført en befaring for å kartlegge fare for erosjon i området langs Visterflo.

Generelt det er liten strøm i vannet i Visterflo i området her.

Område 1: Vest for området er det mye fjell i dagen og i tillegg det ikke registrert kvikkleire i borpunktene. Det vil si hvis det skjer erosjon her, vil ikke blir forårsak til skred.

Andre områdene, langs kanter mot vannet har det enten plastring eller tett vegetable som beskytter kantene mot erosjon. Se bildene som tatt ved befaringen.



Bilde 1: Oversikt bilde, bildet tatt av drone. Foto Helena D Larsen, 14.11.2021.



Bilde 2: Bildene tatt ved område 2. Foto Helena D Larsen, 14.11.2021.



Bilde 3: Bildene tatt ved område 3. Foto Helena D Larsen, 14.11.2021.



Bilde 4: Bildene tatt ved område 4. Foto Helena D Larsen, 14.11.2021.

10 Avgrens faresoner

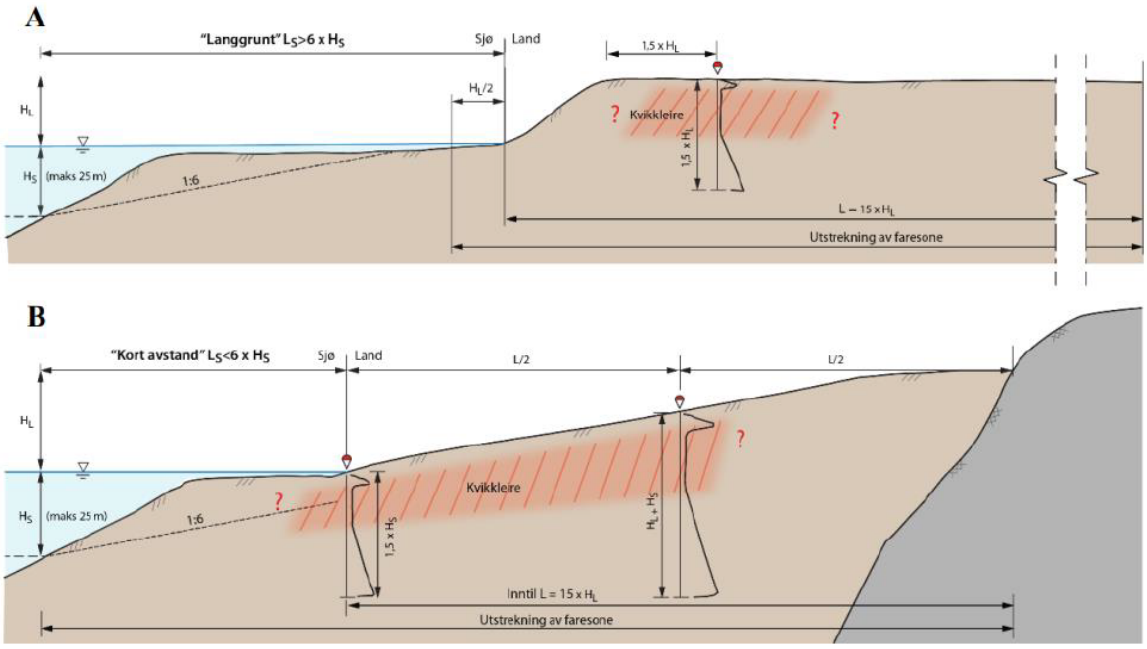
Det har blitt utført terrenganalyse for utbyggingsområdet og omkringliggende områder:

- Mot vest: Det er fjell i dagen.
- Mot øst: Det er også fjell i dagen på mange steder i øst ellers små dybder til fjell og det ikke er registrert kvikkleire eller sprøbruddsmateriale her.
- Området mot sør og sørøst: Øst i dette området er det moderate dybder til fjell og ikke sprøbruddsmateriale. Ved dalsøkket lenger syd er det små dybder til fjell. På det flate partiet (rødt borpunkt 24 med 15,4 m til fjell) kan det være sprøbruddsmateriale, men her er helningen slaktere enn 1:15.
- Områder mot nord og nordøst: Det er påvist kvikkleire og sprøbruddsmateriale vest i planområdet. Dette laget går videre mot nord og også noe mot nordøst.
- Det er bratt ved innsjøen, Visterflo, med skråning på 1:4 til 1:6. Det er ikke utført grunnundersøkelser ved Visterflo. Derfor kan man ikke se bort fra at det ikke er kvikkleire langs og ved Visterflo.

Avgrensning av løsneområdet vurderes både for deler på land og Visterflo.

a) Faresoner i og ved Visterflo:

Det meste av kvikkleirekartleggingen har hittil vært rettet mot skred inn mot raviner og vassdrag. Helning i sjø/strandsonen var tidligere ikke vurdert, noe som kan ha ført til at alle kritiske områder ikke er kartlagt. NVEs eksterne rapport 9/2020 [7] og NVEs rapport 12/2021 [8] foreslår prinsipp for kartlegging av faresoner i sjø. Ved kartlegging i strandsonen vurderes det om det er langgrunt ut fra avstand til marbakken, der marbakker brattere enn 1:6 vurderes. Se figur nede.



Figur 9 Prinsipp - topografiske kriterier i strandsonen og på land. (A) Plassering av boringer og avgrensing av faresone der det er "langgrunt" i sjøen. Eksempelet viser "platåterreng" på land. (B) Plassering av boringer og avgrensing av faresone der det er "kort avstand" til marbakken. Eksempelet viser "jevnt hellende terreng" på land.

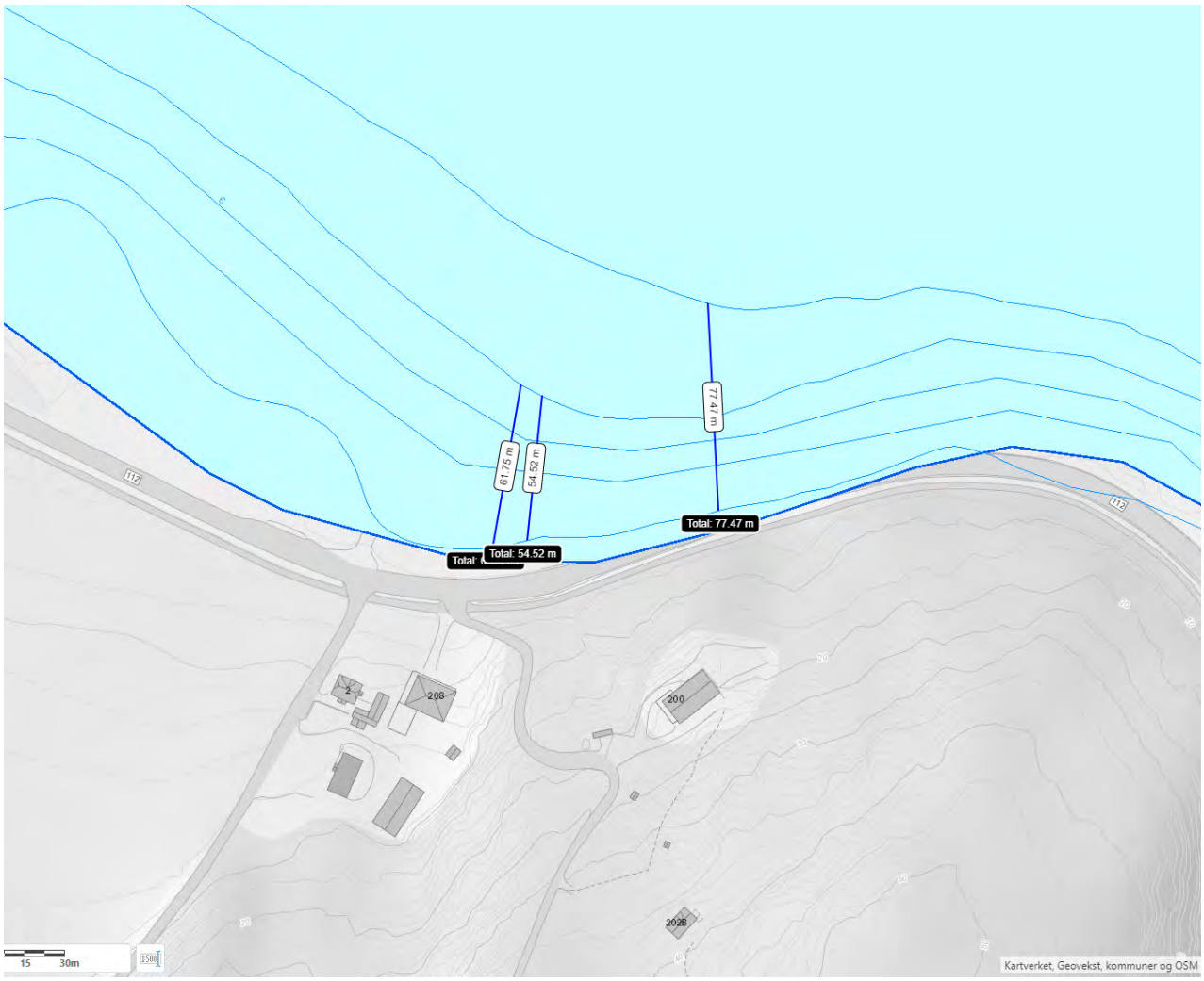
Figur 10.1: Utsnitt av prinsipp – topografiske kriterier i strandsoner og på land for kartlegging av faresoner, NVEs 12/2021 [8].

Opplysning om dybder til Visterflo hentet fra NVEs kart (https://atlas.nve.no/).

Området her er det kort avstand med terreng i Visterflo brattere enn 1:6 fra kote -12,0 til kote 0,0.

Løsneområdet er regnes fra områder i Visterflo med terreng kote -12,0 helt til strandlinje.

Faresone i Visteflo vil avgrenses hvor terreng er slakere enn 1:6. Det er området foran Soliveien 208 som har terreng på ca. 1:7. Se figur 10.2.



Figur 10.2: Utsnitt fra Atlas.nve.no – Innsjødatabase.

b) Faresoner på land:

Å identifisere en reell skredmekanisme er avgjørende for størrelsen på løsne- og utløpsområdet og gjøres i henhold til NVEs veileder nr. 1/2019 kapittel 4.5. Flytskjemaet gitt i veilederen for vurdering av aktuell skredmekanisme er gjengitt i figur 10.3.



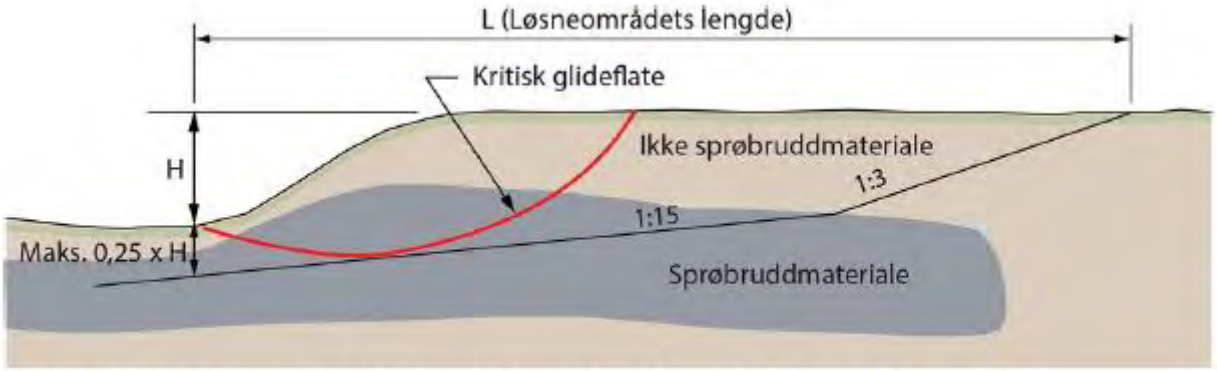
Figur 4.3 Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme

Figur 10.3: Utsnitt av flytskjemaet for vurdering av aktuell skredmekanisme fra NVE-veileder 1/2019.

Utførte boringene viser andel sprøbruddsmateriale over mest kritiske glideflate som er på ca. 20 %. Her blir det enten rotasjonsskred eller flakskred. Men det er noen steder i nord som har ikke utført grunnundersøkelser. For å være konservativ antar det at andel sprøbruddsmateriale over mest kritiske glideflate er mer enn 40 %, med andre ord vi er konservative å anta at det er retrogressivt skred.

Løsneområder for et retrogressivt skred:

Løsneområdet er avgrenset basert på kravene angitt i NVE-veileder 1/2019 [2], figur 10.4.



Figur 4.7 Vurdering av løsneområde for retrogressive skred som tar hensyn til lagdeling (NGI-metoden)

Figur 10.4: Utsnitt av vurdering av løsneområde for retrogressive skred, NVEs 9/2019.

På grunn av det er bratt ved og i Visterflo langs området nord for tiltaksområdet, samt det kan ikke se bort fra at områdene er kvikkleire. Om det utløser et skred ved Visterflo vil utvide videre inn på land og videre helt inntil tiltakstomta.

Løsneområdet blir hele områdene i nord og nordøst helt til området like foran Soliveien 208 med unntak enkelte steder hvor de blir begrenset av fjell eller grunt til fjell. Områder i rødt er fjell eller grunt til fjell (figur 10.6). Figur 10.5 viser en profil gjennom borpunkt 2 (utført i 2017, oppdragsnr. 10201186), grønn linje i figur 10.6. Profilen viser at kritiske glideflater blir stoppet på grunn av fjell. Dvs. utglidning mot nord og nordøst blir da gjennom en begrenset åpning mellom fjellside mot vest og borpunkt 2.

Utløpsområder

Utløpsområdets omfang avhenger av typen skred som forekommer og de topografiske forholdene i selve utløpsområdet. Kapittel 4.6 i NVEs veileder nr. 1/2019 angir følgende maksimale utstrekning for ulike skredtyper og topografier.

- Retrogressive skred i kanalisert terreng: $L_U = 3L$
- Retrogressive skred i åpent terreng: $L_U = 1{,}5L$
- Flakskred eller rotasjonsskred: $L_U = 0{,}5L$

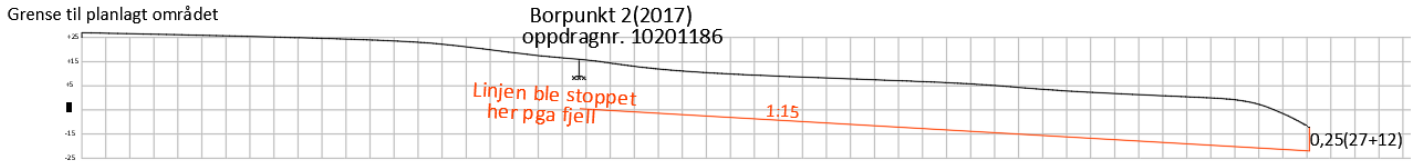
Hvor L er lengden av løsneområdet. Veilederen angir også bredden av utløpsområdet å tilsvare bredden av løsneområdet basert på erfaringer fra tidligere skred.

Området sør for Rostadnesveien 16 hvor grunnundersøkelsene viser andel sprøbruddsmateriale over mest kritiske glideflate som er på ca. 20 %, som defineres flak- eller rotasjonsskred. Dvs. utløpsområdet her blir begrenset med en utstrekning lik 0,5 x lengde på løsneområdet.

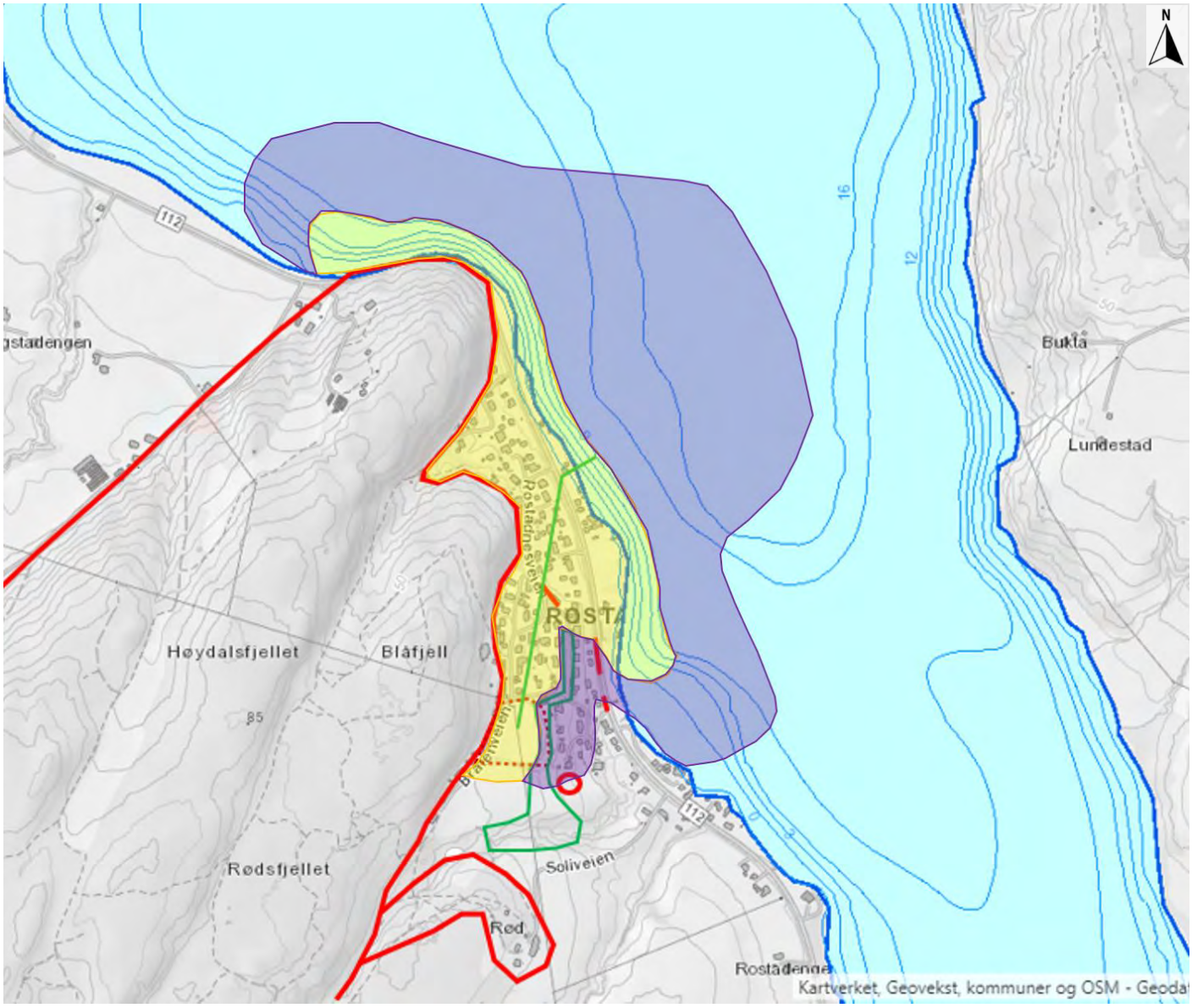
Området fra Rostadnesveien 16 og videre mot nord og nordøst antar som et retrogressivt skred. Her er et åpent terreng. Dvs. utløpsområdet blir begrenset med en utstrekning lik 1,5 x lengde på løsneområdet.

Løsneområder og utløpsområder viser i figur 10.6 som er veldig konservativ siden vi ikke tar med effekt av sidekreftene pga. fjell eller grunn til fjell.

Løsneområdene er i oransjer og utløpsområdene i lilla.



Figur 10.5: Grønn profil gjennom borpunkt 2 (utført i 2017, oppdragsnr. 10201186).



Figur 10.6: Løsneområder og utløpsområder kart. Stiplet rødt er tiltakstomta. Rødt viser fjell i dagen eller små dybder til fjell. Grønt viser ikke kvikkleireområder.

11 Klassifiser faresoner

Faregrad- og konsekvens evaluering i henhold til kap.4 i NVE Ekstern rapport 9/2020 [2].

11.1 Faregradevaluering

Klassifisering av faregrad i hht. Kap.4 i NVE Ekstern rapport 9/2020 [2] er vist i tabellen under og gjengir faktorene og vekttallene som legges til grunn ved evalueringen.

Tabell 3: Evaluering av faregrad [2].

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk Overtrykk, kPa:	3	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk
Undertrykk, kPa:	-3	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Kraftig	Noe	Litt	Ingen
Inngrep: forverring	3	Stor	Noe	Liten	
forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Sum		51	34	17	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %
Faresonene fordeles i faregradklasser etter samlet poengsum:					
Lav faregrad = 0-17 poeng					
Middels faregrad = 18-25 poeng					
Høy faregrad = 26-51 poeng					

Tabell 4: Evaluering av faregrad

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	3	3	Det var registrert et leirskred i nærheten av området, men ukjent for de som bor i området. Se kap.6.
Skråningshøyde	2	3	6	Hvis det er antatt kvikkleire i bunnen av Visteflo, blir det skråningshøyde 27 + (-12) = 39, se kap 10.
OCR	2	2	4	Beregnet OCR = 1,36 i ødometerforsøkene i ett borpunkt. Antatt OCR for hele området = 1,2 – 1,5.
Poretrykk	3	3	9	Det er ikke satt ned piezometer for måling nøyaktig poretrykk. Antar det at det er poreovertrykk i området.

Kvikkleiremektighet	2	3	6	Kvikkleiremektigheten er >H/2.
Sensitivitet	1	3	3	Sensitiviteten 180 på det meste.
Erosjon	3	0	0	Ingen erosjon.
Inngrep	+3/-3	1	3	Det skal bygges små hus med kompensering fundament. Konservativ med antagelse at det er liten inngrep. For tidligere inngrep beskrives i kap. 11.1.1.
Poengverdi (Faregradsindikator, F_i)			**34**	**Dette gir faregradsklasse «Høy».**

11.1.1 Tidligere inngrep i området

Området har en jevnlig utvikling etter årene fra et landsbruktsområde til et boligstrøk, dette bekreftes av person med god lokalkunnskap og historiske karter. Figur 11.1 viser et utsnitt av historiske bilder over området.



Figur 11.1: Historiske bilder over området fra 1947 (bilde til venstre) og fra 2021 (bilde til høyre), hentet fra kart.finn.no.



Figur 11.2: Bildet viser en liten høydeforskjell mellom husene og gatene, noe som tyder på liten inngrep på terreng. Bilde tatt fra kryss mellom Bråtenveien og Østbakken (Google Maps).



Figur 11.3: Bildet viser en liten høydeforskjell mellom husene og Soliveien, noe som tyder på liten inngrep på terreng. Bilde tatt fra Soliveien, Visterflo til venstre (Google Maps).

11.2 Skadekonsekvensklasser

Evaluering av konsekvensen i hht. Kap.4 i NVE Ekstern rapport 9/2020 [2] er vist i tabellen under og gjengir faktorene og vekttallene som legges til grunn ved evalueringen.

Tabell 5: Evaluering av konsekvensen [2].

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligenheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	> 50	10 – 50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, bruk	2	Person-trafikk	Gods-trafikk	Normalt ingen trafikk	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning og flodbolge	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum poeng		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %
Faresonene fordeles i konsekvensklasser etter samlet poengsum: **Mindre alvorlig = 0-6 poeng** **Alvorlig = 7-22 poeng** **Meget alvorlig = 23-45 poeng**					

Tabell 6: Skadekonsekvensevaluering

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Boligenheter, antall	4	3	12	Ikke spesielt tettbebygd i området.
Næringsbygg, personer	3	0	0	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	Ingen
Vei, ÅDT	2	2	4	Registrert ÅDT er rundt 4800 i 2021
Toglinje	2	0	0	Ingen
Kraftnett	1	1	1	Ingen
Oppdemming	2	3	6	Se kap. 11.2.1
Poengverdi			**23**	**Skadekonsekvensklasse «Meget alvorlig»**

11.2.1 Vurdering av flodbølge pga. utløp i Visterflo

Hvor stor flodbølge som oppstår etter skred og hvor stort område som blir rammet, er det noe som vanskelig å forutsi. Rissa-raset og Nord-Statland-raset er brukt som utgangspunktet for å angi hvor langt fra løsneområdet som kan bli rammet.

For Rissa-raset var det ca. 5 mil m3 som raste ut og lavtliggende bebyggelse som ligger mer enn 5 km fra løsneområdet på motsatt side av innsjøen ble rammet. Nord-Statland-raset hadde mindre rasmasser, ca. 350 – 400 tusen m^3 som raste ut, og bebyggelse som ligger innenfor en avstand 400 m ble rammet.

I dette tilfellet, har løsneområdet et rundt 117000 m^2 areal. Registrerte fjelldyder i området er mellom 5 – 19 m, dvs. hvis det løsner et skred, vil det bli ca. 117000 x 19 = 2,2 mil. m^3 masser som raser ned mot Visterflo (konservativ antatt). Dvs. bebyggelser som ligger innenfor en ca. 2 km avstand kan bli rammet.

Det er ca. 8 bygg på andre sida av Visterflod som er lavtliggende, under kote +10, med ca. 1 – 1,4 km avstand til løsneområdet. Disse byggene kan bli rammet hvis angitt løsneområdet raser ut.

11.3 Bestemmelse av risikoindikator

Risiko er lik skadekonsekvens x faregrad. Dvs. risiko er lik 3407 som gjør at man havner i risikoklasse 5.

12 Krav til sikkerhet

Vurderingen omfatter utbygging av bolig- og næringsformål og er plassert i tiltakskategori K4.

Det planlegges utbygging av tomten med lette småhusbebyggelse (trehus i maks 2 etasjer), dvs. det føres neste ikke tillegg last på terreng fra husene. Tiltaket forverrer ikke områdestabiliteten.

For tiltak som ikke forverrer stabiliteten, stilles det krav til sikkerhet på $F_{cu} \geq 1{,}4$ i udrenert tilstand og $F_{C\phi} \geq 1{,}25$ i drenert tilstand. Dersom beregnet sikkerhet er lavere kreves det prosentvis økning basert på faregrad og beregnet sikkerhet.

For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1.25$, samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1.20$. Ved lavere sikkerhet og/eller robusthet skal $F_{c\phi}$ og F_{cu} økes prosentvis.

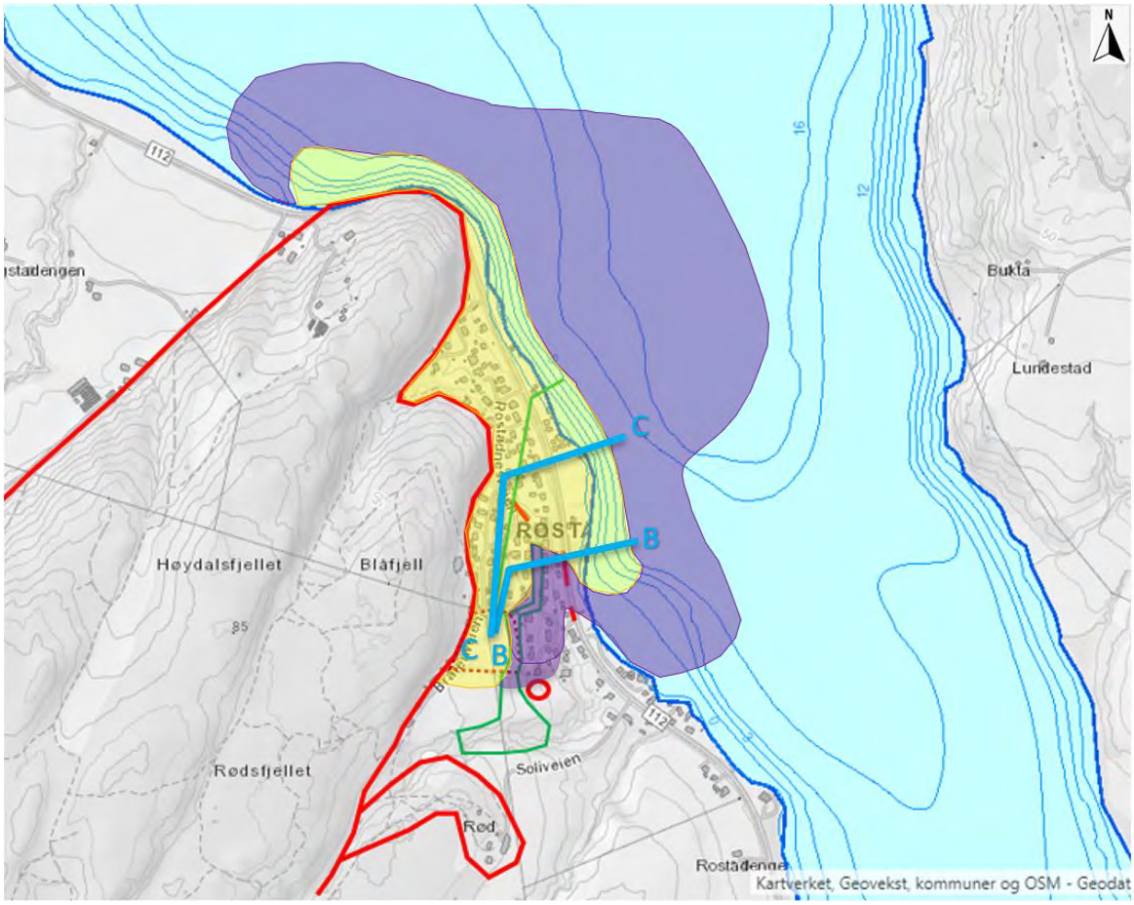
Ingen fare for erosjon i området.

13 Kritiske snitt og materialparametere

Terreng ved Visterflo er relativ like bratt langs hele strekningen. To representerte utglidninger er valgt til videre vurdering hvor de som er mest kritiske terrengprofiler i området, profil B-B, se vedlegg 2, og profil C-C, vedlegg 3.

Profil B-B som er korteste vei til tiltakstomta. Mens profil C-C som har bratteste terreng ved Visteflo. Om det er tilstrekkelig sikkerhet ved C-C vil det også tilstrekkelig sikkerhet lengre mot nord.

Omtrentlig plassering av kritiske profilene er vist i figur 13.1.



Figur 13.1: Faresoner med mest kritiske profiler, profil B-B og C-C. Løsneområdene er i oransjer og utløpsområdene i rødt. https://atlas.nve.no.

13.1 Laster

Dimensjonerende trafikklast er på 19,5 kPa.

13.2 Tyngdetetthet til leirlag

Prøveseriene viser at tyngdetetthet til det ikke sensitive leirlaget er rundt 18 – 20 kN/m3. Til det sensitive leirlaget er rundt 16 – 20 kN/m3.

Tyngdetetthet er derfor valgt i beregningene for ikke sensitivt leirlaget fra 18 – 20 kN/m3, og 16 – 20 kN/m3 for sensitivt leirlaget for å se om det gir noe utslag ved forskjellige verdier av tyngdetettheten.

13.3 Grunnvannstand og poretrykk

Det er ikke satt ned piezometre for nøyaktig måling av grunnvannstand og poretrykk. Grunnvannstanden antas å være rett under topplag, i ca. 2 – 3 m dybde, etter lagdelinger og erfaring av grunnforhold i området.

Området med jevn hellende terreng ned mot Visterflo og ingen høydedrag som bidrag til å bygge poreovertrykk.

Grunnundersøkelsene viser at fjell er noe grunnere langs Østbakken enn i planlagt området og området vest for Østbakken, noe som kan føre til poreovertrykk i området der, men trolig ikke mye. Som sagt vi ikke har satt ned poretrykkmåling her. Om det er poreovertrykk, vil det oppstå ved fjelloverflaten, vi setter et 30 kPa poreovertrykk der.

Det er antatt at vannstand i Visterflo er på kote -1,0 i beregningene.

Anisotropifaktorer:

Det er kun utført konus og enaksialforsøker i oppdraget, og korrelasjonene beskrevet i NIFS rapport nr. 14/2014 [21], og vist i tabell 13.1, legges derfor til grunn for vurdering av anisotropifaktorer.

Tabell 13.1: Omforent anbefaling av anisotropifaktorer (ADP-faktorer) hentet fra NIFS rapport nr. 14/2014 [21].

I_P	S_{UD}/ S_{UA}	S_{UP}/ S_{UA}
$I_P \leq 10\%$	0,63	0,35
$I_P > 10\%$	0,63+0,00425*(I_P-10)	0,35+0,00375*(I_P-10)

Konservativ: Ip = 13 %

Dvs. SuA = 1,5 SuD

SuP = 0,5 SuD

13.4 Tolkning av konsolideringsforhold

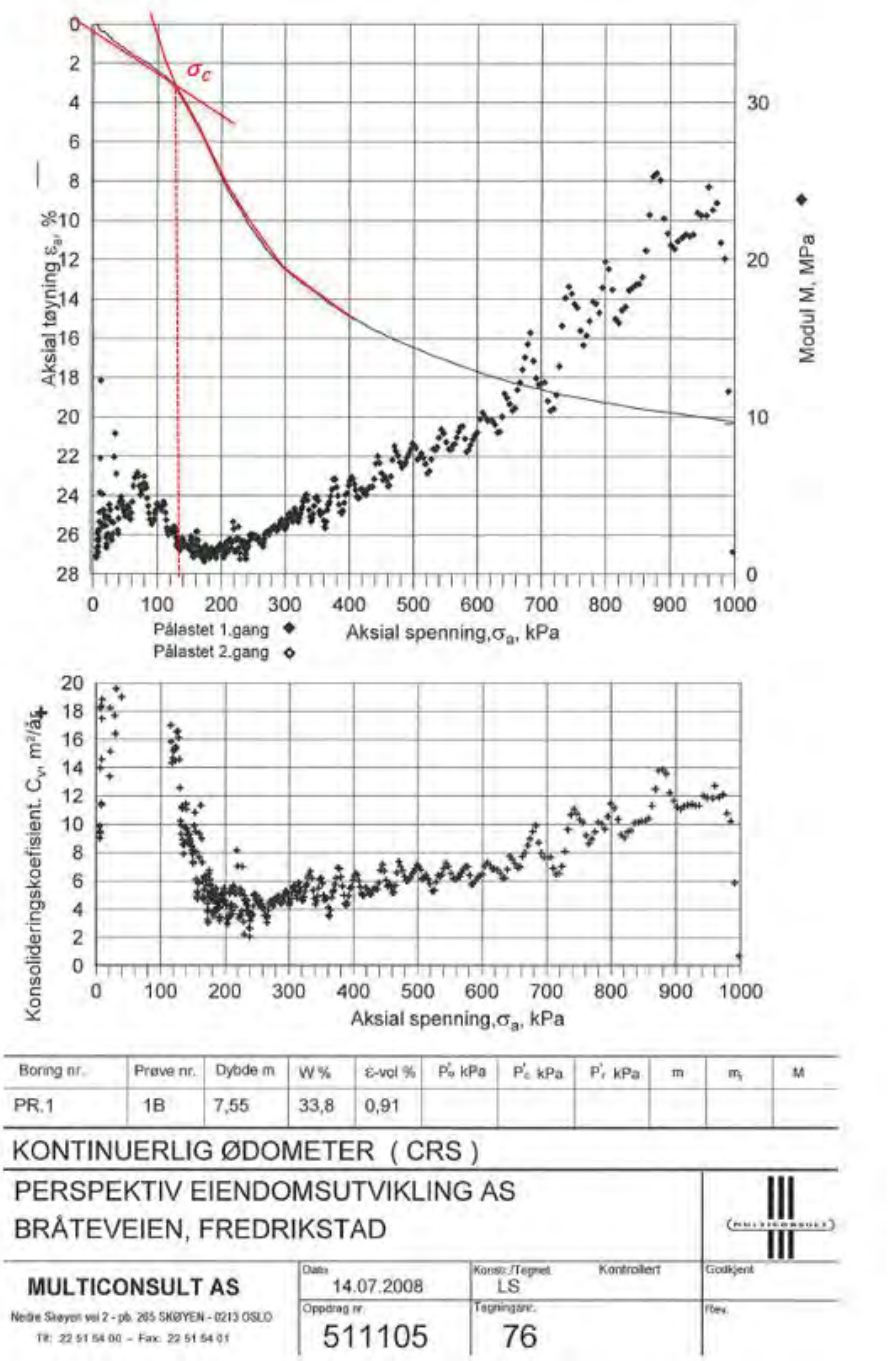
Ødometerforsøkene som var utført fra prøvene tatt ved borpunkt 1 (utført i 2008, oppdragsnr. 511105) brukes til å fremskaffe informasjon om prekonsolideringsspenninger og overkonsolideringsgrad.

Prekonsolideringsspenningen:

$\sigma_c = 130\ kPa$

Dvs. overkonsolideringsgrad:

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} = \frac{130}{2 * 20 + 5{,}55 * 10} = 1{,}36$$



Boring nr.	Prøve nr.	Dybde m	W %	ε-vol %	P'_o kPa	P'_c kPa	P'_f kPa	m	m_v	M
PR.1	1B	7,55	33,8	0,91						

KONTINUERLIG ØDOMETER (CRS)

PERSPEKTIV EIENDOMSUTVIKLING AS
BRÅTEVEIEN, FREDRIKSTAD

MULTICONSULT AS
Nedre Skøyen vei 2 - pb. 265 SKØYEN - 0213 OSLO
Tlf: 22 51 54 00 – Fax: 22 51 54 01

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
14.07.2008	LS		
Oppdrag nr.	Tegningsnr.		Rev.
511105	76		

Figur 13.1: Resultater fra ødometerforsøk utført av prøvet fra borpunkt 1 (utført i 2008, oppdragsnr. 511105).

14 Stabilitetsberegninger

Stabilitetsberegninger blir utført i de mest kritiske profilene, profil B-B og C-C, vedlegg 4 tom. 9.

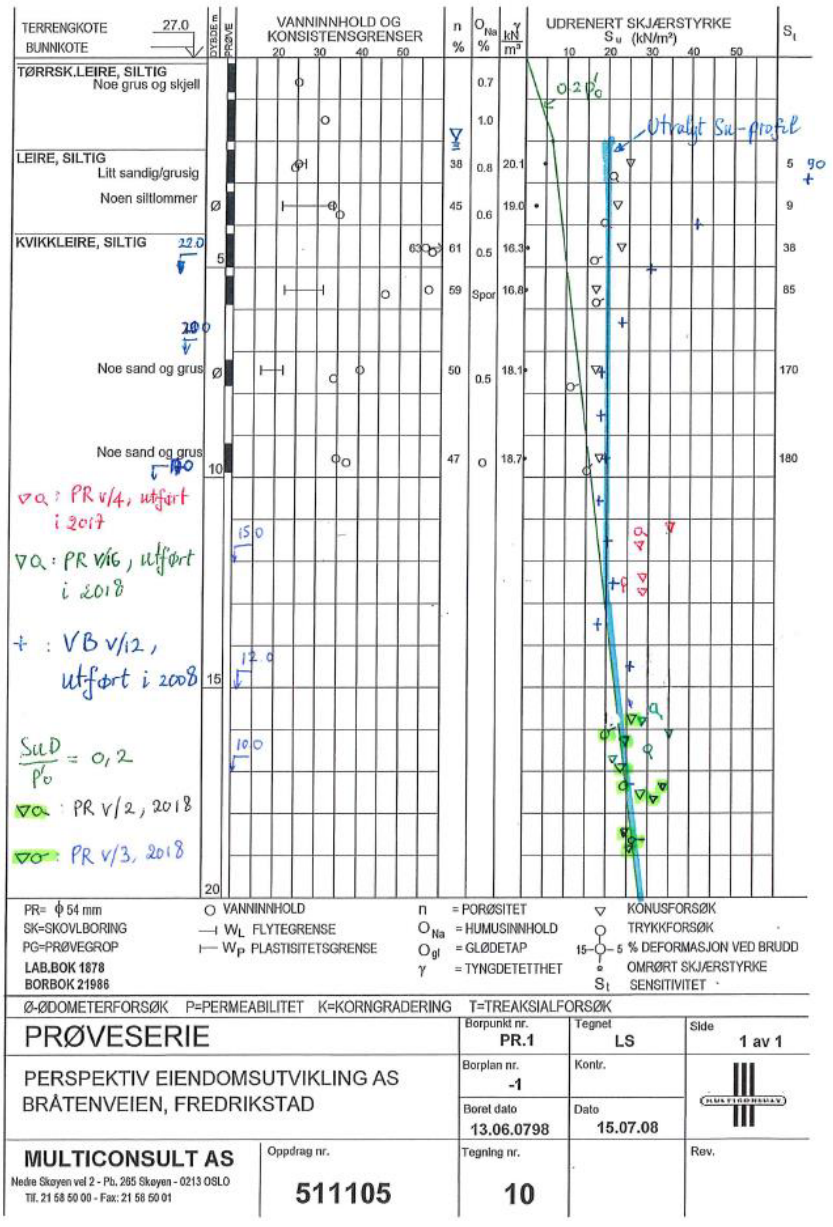
Skråningen lengre mot Soliveien, mellom Østbakken og Soliveien, profil B-B, blir også vurdert for å sikre at et ras i området her ikke påvirke kvikkleire i bakkanten lengre opp.

Stabilitetsberegningene er utført med GeoSuite Stability, versjon 22.0.1.0, med beregningsmetode Beast 2003.

14.1 Parameterstudie

Parametere for korttidsstabilitet – udrenert totalspenningsanalyse:

I figuren under er en sammenstilling av de relevante udrenerte skjærstyrkemålingene i området. Det er prøveserie 1 utført ved borpunkt 7 og vingeboring ved borpunkt 12 i 2008 [4], samt prøveseriene utført ved borpunkt 2, 3, 4 og 6 i 2018 [5] brukt til vurderingen. I tillegg ble Espa-program brukt til å kontrollere Su-profil ut ifra forhold Su/p'_0.



Figur 14.1: Sammenstilling av de udrenerte skjærstyrkemålingene i området.

Parametere for langtidsstabilitet – drenert effektivspenningsanalyse:

Det er ikke utført treaksialforsøk. I beregningene bruker vi erfaring tall fra Statens vegvesen håndbok, V220.

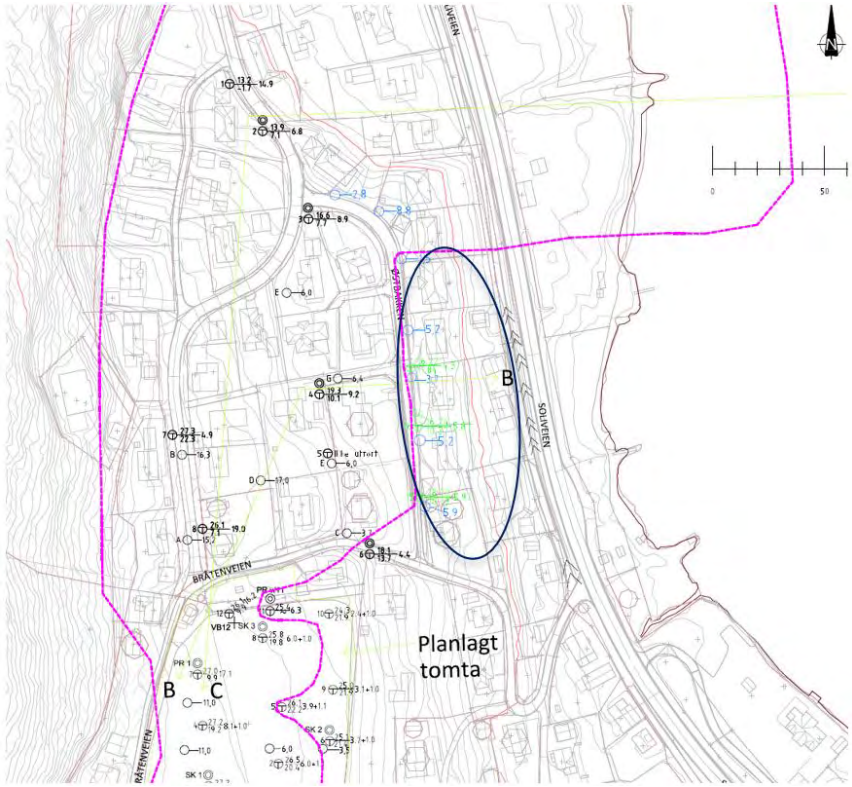
Plassering		Materiale		Dim. tyngde-tetthet γ	Karakteristisk indre friksjonsvinkel φ		Attraksjon a
				kN/m^3	grader	tan φ	kN/m^2
Bak og foran landkar og støttemur	**Tilførte komprimerte Masser ***	Sprengstein **		19	42	0,90	0 - 10
		Grus		19	38	0,78	0
		Sand		18	36	0,73	0
	Naturlige, ikke komprimerte masser	Grus		19	35	0,70	0
		Sand		17	33	0,65	0
		Silt		18	31	0,60	0
		Leire og leirig silt	Fast ***	20	26	0,49	0
			Bløt ***	19	20	0,36	0
Under landkar-såle	**Tilførte komprimerte Masser ***	Sprengstein ** og ****		19	42/45	0,90/1,0	10
		Grus *****		19	38/40	0,78/0,84	10
		Sand		18	36	0,73	10
	Naturlige, ikke komprimerte masser	Grus	Fast	19	38	0,78	0-10
			Løs	18	36	0,73	0-5
		Sand	Fast	18	36	0,73	0-10
			Løs	17	33	0,65	0-5
		Silt	Fast	19	33	0,65	0-10
			Bløt	18	31	0,60	0-5
		Leire og leirig silt	Fast ***	19	26	0,49	0-20
			Bløt ***	19	20	0,36	0-5

* Gjelder lagvis utlagte og komprimerte masser på land.
** Sprengstein. Gjelder også maskinkult. Høyere verdier av a kan vurderes avhengig av steinstørrelse.
*** Leire (eller leirig silt), fasthetsparametrene må bestemmes på uforstyrrede prøver.
**** For sprengstein av god kvalitet brukt under landkaret kan den høyeste verdien benyttes.
***** For grus av god kvalitet brukt under landkaret kan den høyeste verdien benyttes.

Friksjonsvinkel for ikke sensitivt leirlag er valgt på 25 grader og 20 grader for sensitivt leirlag.

Område mellom Østbakken og Soliveien:

Område er bratt, merket med mørkeblå. Stabilitetsforhold blir sjekket slik at et ras som løsner ut her ikke vil påvirkes kvikkleira i bakkanten like vest for Østbakken. Det er ikke påvist kvikkleire i boringene som er utført langs Østbakken. Registrert dybder til fjell er på rundt 1,5 – 6 m og fjell i dagen langs like vest for Soliveien. Det er veldig liten sannsynlighet for at løsmassene her er kvikkleire/sprøbruddsmateriale.



Figur 14.2: Utsnitt av borplan.

14.2 Resultater

Beregningene viser at ved forskjellige input data av tyngdetettheten for lagene gir forskjellige resultater.

Resultatene presenteres i vedlagte tegninger er for de laveste verdiene av sikkerheten ved utslag av forskjellige verdier av tyngdetettheten.

14.2.1 Profil B-B

Stabilitetsberegningene viser en sikkerhet på minst 1,57 for Su-analyse, se vedlegg 4, og 1,36 for aphi-analyse, se vedlegg 6, dvs. tilstrekkelig sikkerhet i dagens situasjon.

Stabilitetsberegningene i skråning mellom Østbakken og Soliveien viser en sikkerhet på minst 1,45 for Su-analyse, se vedlegg 5, og 1,33 for aphi-analyse, se vedlegg 7, dvs. tilstrekkelig sikkerhet i dagens situasjon, og det vil ikke utløse et ras slik at kvikkleiren i bakkanten blir påvirket.

14.2.2 Profil C-C

Stabilitetsberegningene viser en sikkerhet på minst 1,64 for Su-analyse, se vedlegg 8, og 1,52 for aphi-analyse, se vedlegg 9, dvs. tilstrekkelig sikkerhet i dagens situasjon.

15 Konklusjon

Basert på topografien og grunnforholdene er det utført stabilitetsberegninger. Beregningene viser at stabiliteten av det bratteste området med sprøbruddsleire tilfredsstiller NVEs krav til sikkerhet.

Videre prosjektering må sikre at lokalstabiliteten er ivaretatt. Og utbygging på tomta skal sikres for at stabiliteten ikke er forverret.

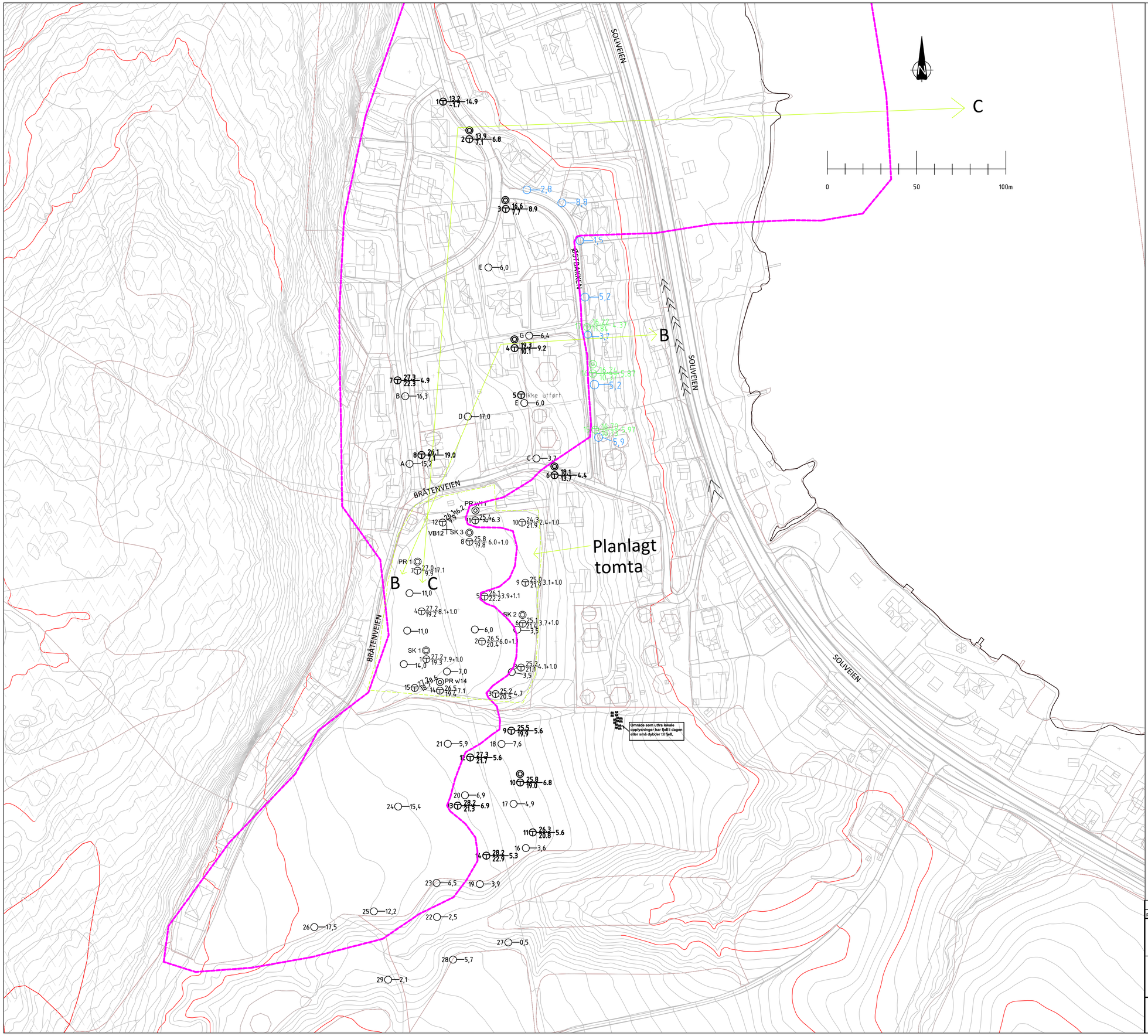
Det evaluerte området har:

Faregrad: Høy

Konsekvens: Meget alvorlig

Risikoklasse 5

ROS-analysen må kvalitetssikres av uavhengig foretak.



Områder antas å være kvikkleire eller sprøbruddsmateriale

Supplerende grunnundersøkelser utført av Multiconsult
i desember 2017 prosjektnr. 10201186 er markert i grønt.

Tidligere grunnundersøkelser utført av Multiconsult
i juni/juli 2008 prosjektnr. 511105 Bråtenveien, Fredrikstad. Planlagt boligområde.

Tidligere grunnundersøkelser med enkel sondering for antatte dybder til fjell er markert i rødt.

Enkle sonderinger for antatte dybder til fjell, utført i 2018 er vist med blått.

SYMBOLER

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- Trykksondering
- Fjellkontrollboring
- Dreietrykksondering
- Totalsondering
- Prøveserie/Skovlboring
- Prøvegrop
- Vingeboring
- Poretrykksmåling
- Fjell i dagen

Borhull nr. Terreng (bunn) kote / Antatt fjellkote — Boret dybde + (boret i fjell)

Borboknr. :

Lab.boknr. :

Kartgrunnlag :

Rev.	Beskrivelse	Endr.liste	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-			-	-	-	-

BORPLAN MED AVGRENS KVIKKLEIRE- SPRØBRUDDSMATERIALEOMRÅDER

Original format: A1 | Fag: RIG | Status:

PERSPEKTIV EIENDOMSUTVIKLING AS

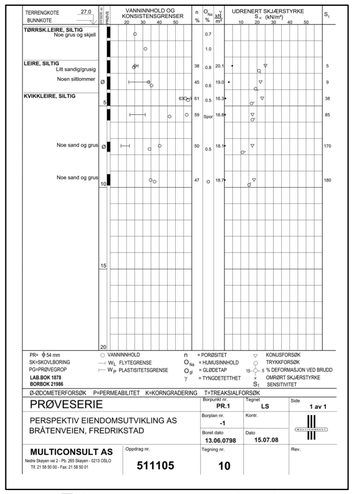
BRÅTENVEIEN, FREDRIKSTAD

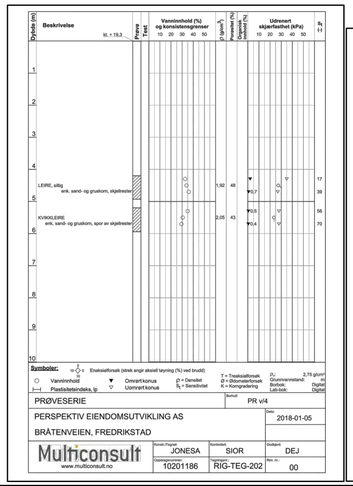
Målestokk: 1:1000

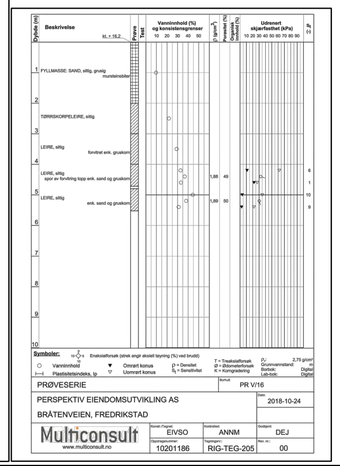
Multiconsult
www.multiconsult.no

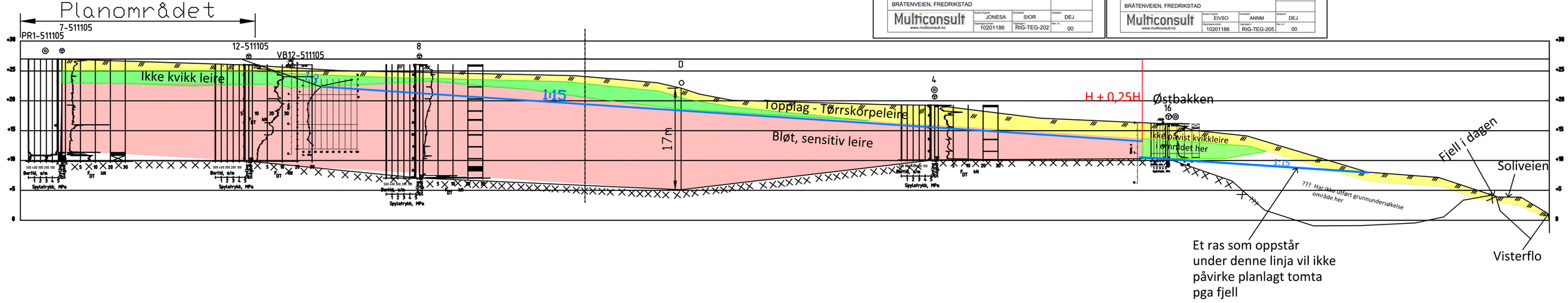
Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
03.12.2021	MARINAB	DEJ	DEJ

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
10201186	Vedlegg 1	00

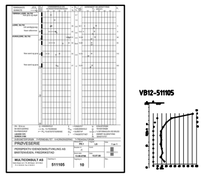


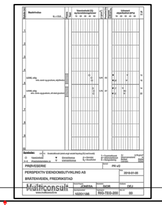


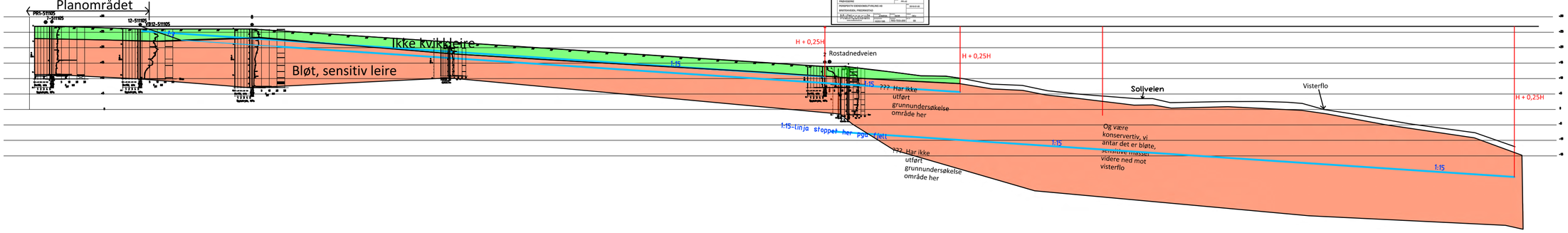




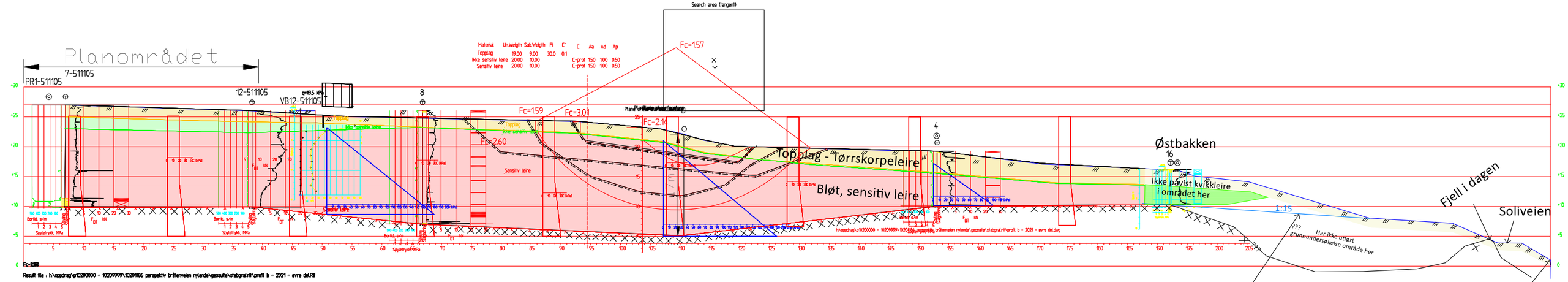
TERRENGPROFIL B-B			Original format A3	Fag RIG
			Tegningens filnavn	
PERSPEKTIV EIENDOMSUTVIKLING AS BRÅTENVEIEN, FREDRIKSTAD			Målestokk 1:500	Multiconsult
Multiconsult Storgate 35 – 1607 Fredrikstad Tlf. 69 38 39 00 - Fax: 69 38 39 99	Dato 13.12.2021	Konstr./Tegnet HELED	Kontrollert DEJ	Godkjent DEJ
	Oppdrag nr. 10201186	Tegning nr. Vedlegg 2		Rev.





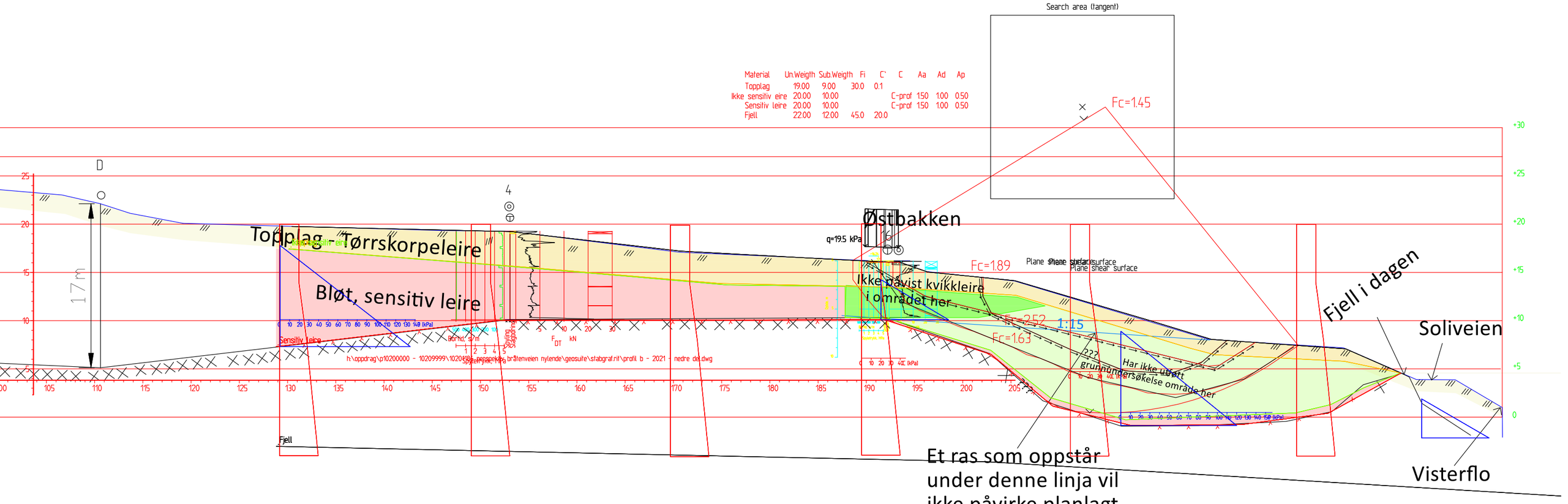


TERRENGPROFIL C-C		Original format A3	Fag RIG
		Tegningens filnavn	
PERSPEKTIV EIENDOMSUTVIKLING AS BRÅTENVEIEN, FREDRIKSTAD		Målestokk 1:500	Multi consult
Multiconsult Storgata 35 – 1607 Fredrikstad Tlf: 69 38 39 00 - Fax: 69 38 39 99	Dato 13.12.2021	Konstr./Tegnet HELED	Kontrollert DEJ / Godkjent DEJ
	Oppdrag nr 10201186	Tegning nr Vedlegg 3	Rev.

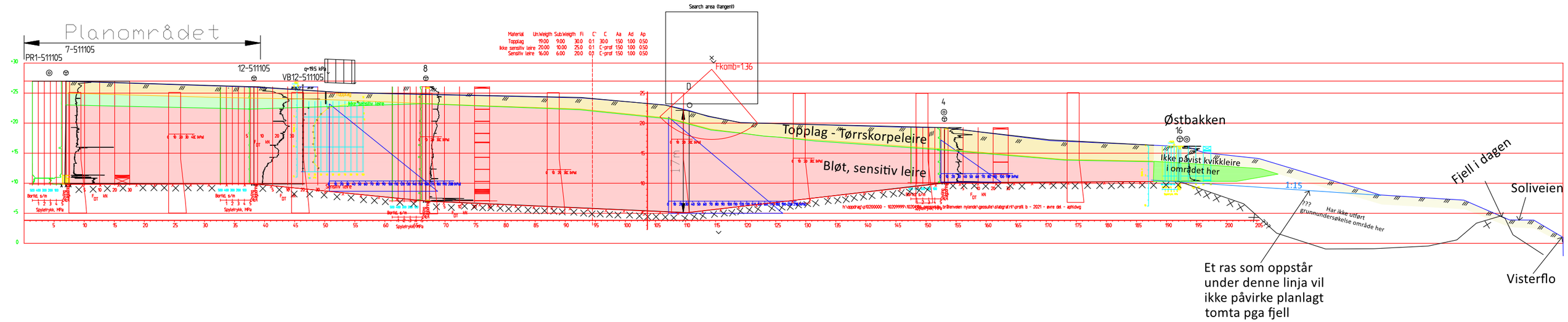


BEREGNING PROFIL B-B – Su-Analyse			Original format A1	Fag RIG
			Tegningens filnavn	
PERSPEKTIV EIENDOMSUTVIKLING AS BRÅTENVEIEN, FREDRIKSTAD			Målestokk -	Multi consult
Multiconsult Storgate 35 – 1607 Fredrikstad Tlf. 69 38 39 00 - Fax: 69 38 39 99	Dato 19.01.2022	Konstr./Tegnet HELED	Kontrollert DEJ	Godkjent DEJ
	Oppdrag nr. 10201186	Tegning nr. Vedlegg 4		Rev.

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	19.00	9.00	30.0	0.1				
Ikke sensitiv eire	20.00	10.00			C-prof	1.50	1.00	0.50
Sensitiv leire	20.00	10.00			C-prof	1.50	1.00	0.50
Fjell	22.00	12.00	45.0	20.0				

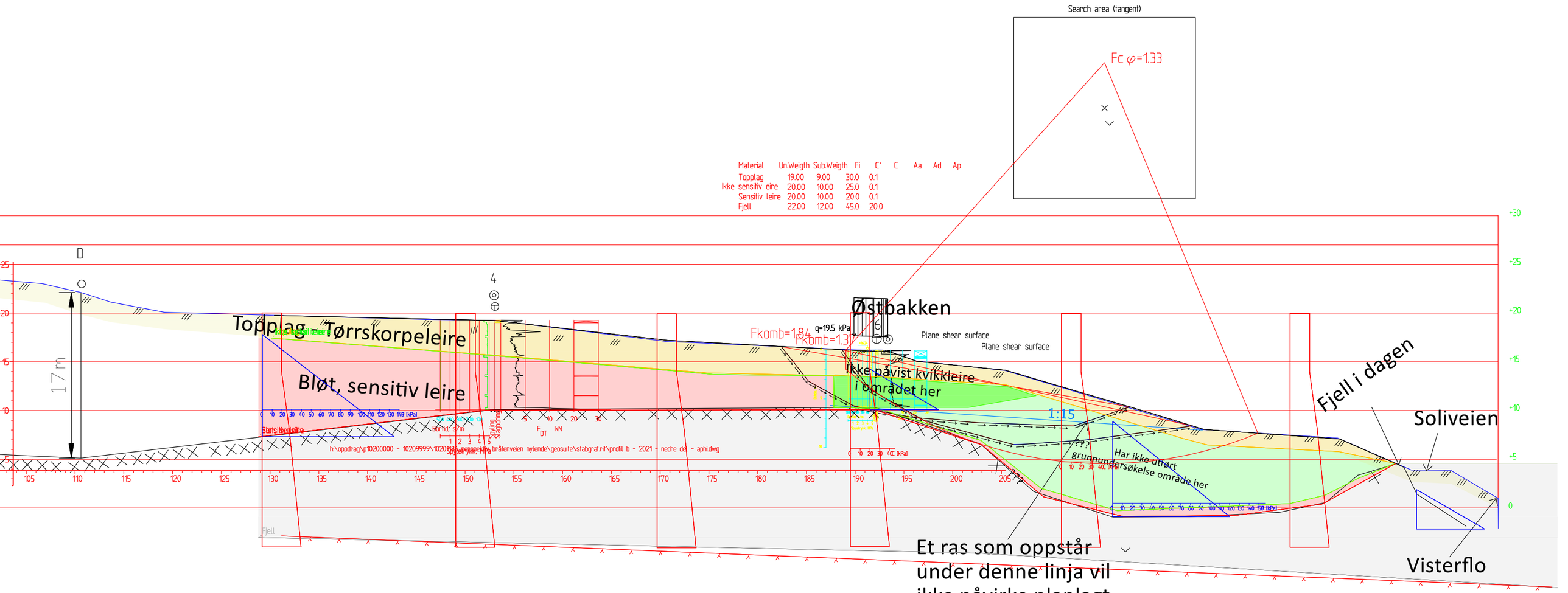


BEREGNING PROFIL B-B – Nedre del mot Soliveien **Su-Analyse**			Original format A3	Fag RIG
			Tegningens filnavn	
PERSPEKTIV EIENDOMSUTVIKLING AS **BRÅTENVEIEN, FREDRIKSTAD**			Målestokk -	Multi consult
Multiconsult Storgate 35 – 1607 Fredrikstad Tlf. 69 38 39 00 - Fax: 69 38 39 99	Dato 19.01.2022	Konstr./Tegnet HELED	Kontrollert DEJ	Godkjent DEJ
	Oppdrag nr. 10201186	Tegning nr. Vedlegg 5		Rev.

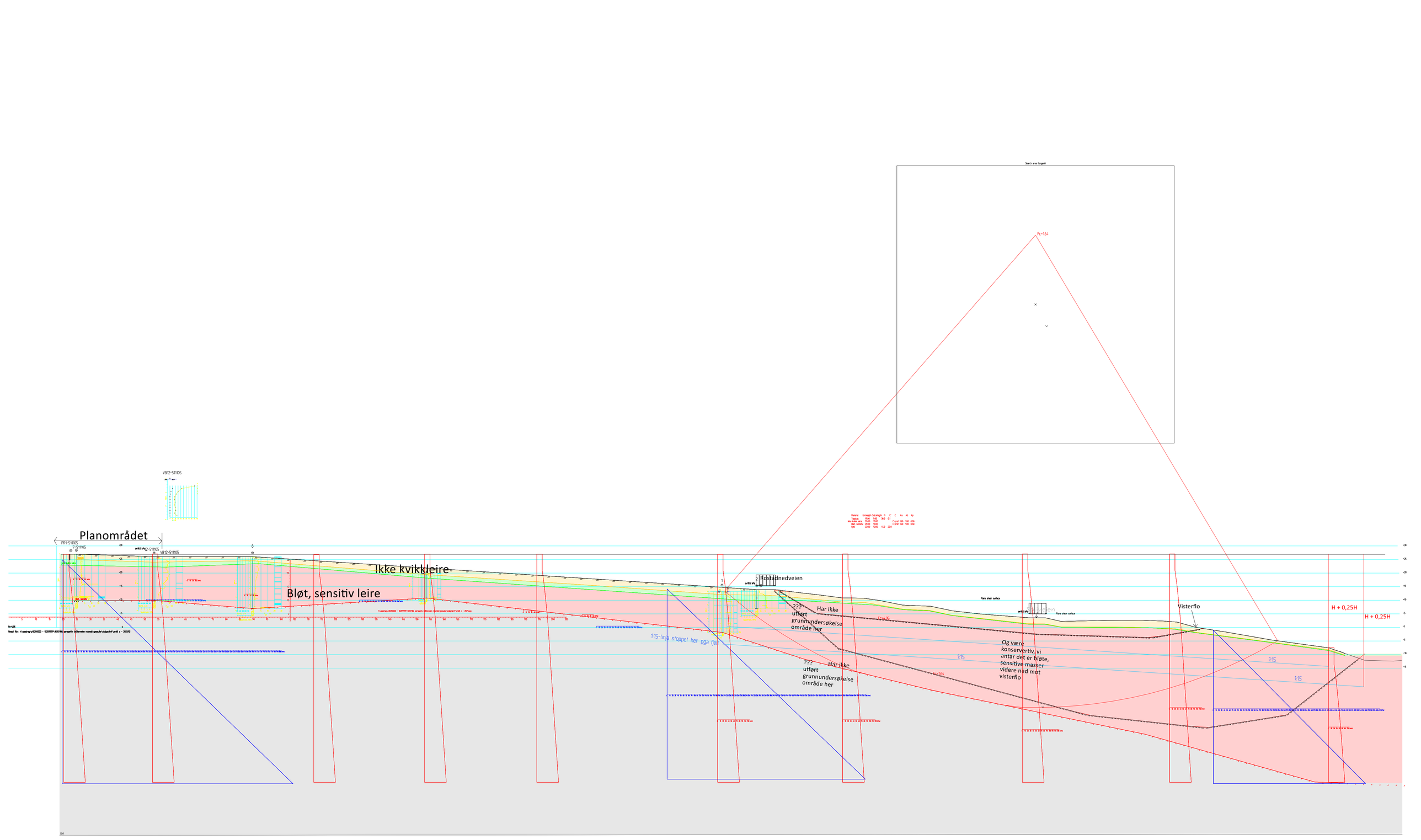


BEREGNING PROFIL B-B – aphi-Analyse			Original format A3	Fag RIG
			Tegningens filnavn	
PERSPEKTIV EIENDOMSUTVIKLING AS BRÅTENVEIEN, FREDRIKSTAD			Målestokk -	Multi consult
Multiconsult Storgate 35 – 1607 Fredrikstad Tlf. 69 38 39 00 - Fax: 69 38 39 99	Dato 19.01.2022	Konstr./Tegnet HELED	Kontrollert DEJ	Godkjent DEJ
	Oppdrag nr. 10201186	Tegning nr. Vedlegg 6		Rev.

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	19.00	9.00	30.0	0.1				
Ikke sensitiv eire	20.00	10.00	25.0	0.1				
Sensitiv leire	20.00	10.00	20.0	0.1				
Fjell	22.00	12.00	45.0	20.0				



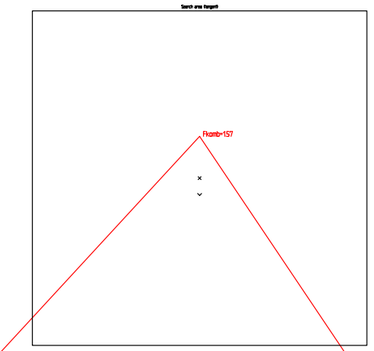
BEREGNING PROFIL B-B – Nedre del mot Soliveien aphi-Analyse			Original format A3	Fag RIG
			Tegningens filnavn	
PERSPEKTIV EIENDOMSUTVIKLING AS BRÅTENVEIEN, FREDRIKSTAD			Målestokk -	Multi consult
Multiconsult Storgate 35 – 1607 Fredrikstad Tlf. 69 38 39 00 - Fax: 69 38 39 99	Dato 19.01.2022	Konstr./Tegnet HELED	Kontrollert DEJ	Godkjent DEJ
	Oppdrag nr. 10201186	Tegning nr. Vedlegg 7		Rev.

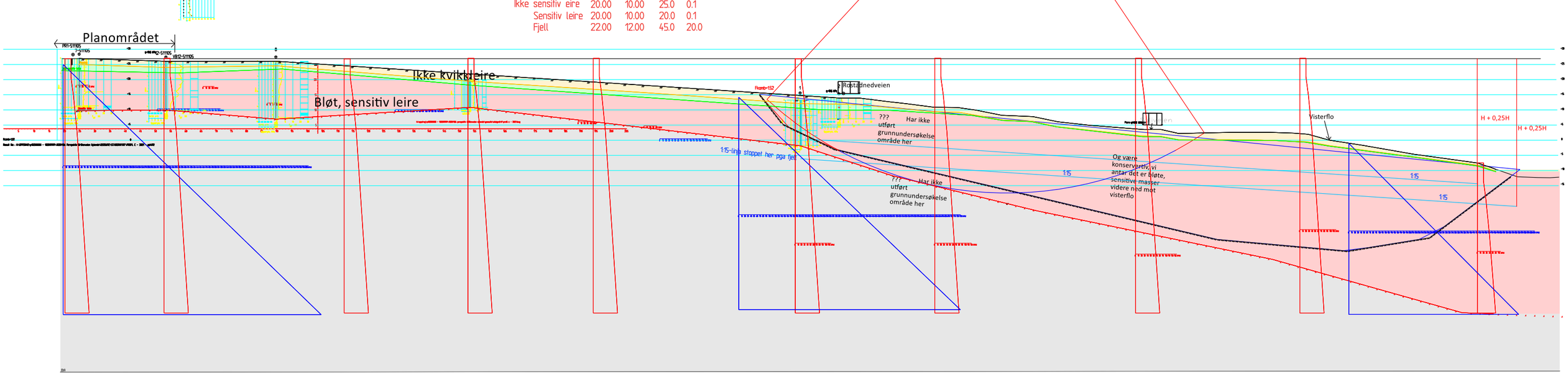


BEREGNINGPROFIL C-C – Su-analyse			Original format A3	Fag RIG
			Tegningens filnavn	
PERSPEKTIV EIENDOMSUTVIKLING AS BRÅTENVEIEN, FREDRIKSTAD			Målestokk -	Multi consult
Multiconsult Storgate 35 – 1607 Fredrikstad Tlf. 69 38 39 00 - Fax: 69 38 39 99	Dato 19.01.2022	Konstr./Tegnet HELED	Kontrollert DEJ	Godkjent DEJ
	Oppdrag nr. 10201186	Tegning nr. Vedlegg 8		Rev.

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	19.00	9.00	30.0	0.1				
Ikke sensitiv eire	20.00	10.00	25.0	0.1				
Sensitiv leire	20.00	10.00	20.0	0.1				
Fjell	22.00	12.00	45.0	20.0				







BEREGNINGPROFIL C-C – aphi-analyse

PERSPEKTIV EIENDOMSUTVIKLING AS
BRÅTENVEIEN, FREDRIKSTAD

Original format: A3				Fag: RIG
Tegningens filnavn				
Målestokk: -				Multiconsult
Multiconsult Storgate 35 – 1607 Fredrikstad Tlf. 69 38 39 00 - Fax: 69 38 39 99	Dato: 19.01.2022	Konstr./Tegnet: HELED	Kontrollert: DEJ	Godkjent: DEJ
	Oppdrag nr.: 10201186	Tegning nr.: Vedlegg 9		Rev.