

Rapport

Oppdragsgiver:	Trondheim kommune – Stabsenhet for byutvikling		
Oppdrag:	Gløshaugen – Bakklandet kvikkleireutredning		
Emne:	Geoteknisk vurdering - forprosjekt		
Dato:	14. oktober 2011		
Rev. – Dato	00 – 14. oktober 2011		
Oppdrag- / Rapportnr.	414871 – 001		
Oppdragsleder:	Rolf Sandven	Sign.:	
Saksbehandlere:	Rolf Sandven, Erik Schiøtz	Sign.:	
Kontaktperson hos Oppdragsgiver:	Tone Furuberg		
Trondheim kommune (TK), Studentsamskipnaden i Trondheim (SiT) og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) samarbeider om et forprosjekt for utredning av områdestabiliteten for Gløshaugen-Bakklandet kvikkleireområder. Multiconsult AS er engasjert av Trondheim kommune for utførelse av forprosjektet som grunnlag for eventuell videre utredning. Det behandlede området omfatter store deler av Bakklandet, Gløshaugen, Singsaker, Elgeseter og Gløshaugen, og er av praktiske hensyn inndelt i 7 delområder. Forprosjektet etablerer et grunnlag for nærmere utredning av grunnforholdene og stabiliteten i området og skal være et utgangspunkt for senere anbudskonkurranse for et hovedprosjekt. I forprosjektet er all geoteknisk informasjon som er stilt til disposisjon for prosjektet bearbeidet og presentert i kart eller tabellariske oversikter. Alle boreresultater er klassifisert og systematisert etter NVEs retningslinjer, der det er skilt mellom kvikkleire, sensitiv leire og ikke-sensitivt materiale. Kvikkleire og sensitiv leire benevnes samlet som sprøbrudmateriale i tråd med retningslinjene. Det er videre utført en innledende vurdering av stabiliteten, basert på tidligere og nye stabilitetsberegninger i utvalgte profiler. Områder med dårlig stabilitet er spesielt påvist i Duedalen-Lillegårdsbakken, ved Vollafallet, terrassene ved Schives gate, deler av skråningene rundt Høgskoledalen og på Prestegårdjordet ved Berg prestegård. Med grunnlag i klassifisering av tilgjengelige borer, samt resultater fra tidligere og nye stabilitetsundersøkelser, er det utarbeidet en oversikt som viser en foreløpig fordeling av sprøbrudmateriale i området. Denne oversikten omfatter et grunnlag for videre revisjon av faresoneinndelingen i prosjektområdet. Forprosjektet har også avdekket et behov for supplerende grunnundersøkelser for bedre bestemmelse av kvikkleireutbredelsen, spesielt i områder med manglende undersøkelser fra før, og der tidligere borer ikke er ført dypt nok til å påvise eventuelle kvikkleirelag i dybden. Når disse resultatene blir tilgjengelige vil det være grunnlag for en endelig revisjon av faresoneinndelingen i prosjektområdet. Det planlegges et hovedprosjekt som skal videreføre de aktivitetene som er påbegynt. Hovedprosjektet skal gi mer utfyllende og detaljerte vurderinger med hensyn på utbredelse og omfang av sprøbrudmateriale. På bakgrunn av dette vil det bli utført mer omfattende stabilitetsberegninger, samt en vurdering av mulige stabiliserende tiltak. Videre arbeid i hovedprosjektet vil også avklare om grunnforholdene gjør det nødvendig å innføre restriksjoner på arealbruk i deler av prosjektområdet.			

Innholdsfortegnelse

1.	Del 1: Oppsummering	5
2.	Del 2: Faglig beskrivelse	7
2.1	Innledning	7
2.2	Generell beskrivelse av prosjektområdet	8
2.2.1	Kvikkleiresoner i prosjektområdet	9
2.2.2	Inndeling av prosjektområdet i delområder	10
2.2.3	Tidligere grunnundersøkelser	14
2.3	Terreng og grunnforhold	15
2.3.1	Delområde 1 Duedalen – Lillegårdsbakken	15
2.3.2	Delområde 2 Bakklandet – Nedre Singsaker nord	15
2.3.3	Delområde 3 Bakklandet – Nedre Singsaker sør	16
2.3.4	Delområde 4 Gløshaugen vest - Hesthagen	17
2.3.5	Delområde 5 Gløshaugen øst - Høgskoledalen	19
2.3.6	Delområde 6 Tidemands gate	21
2.3.7	Delområde 7 Prestegårdsjordet	21
2.4	Utbredelse av sprøbruddmaterialer	22
2.4.1	Delområde 1 Duedalen - Lillegårdsbakken	22
2.4.2	Delområde 2 Bakklandet – Nedre Singsaker nord	23
2.4.3	Delområde 3 Bakklandet – Nedre Singsaker sør	23
2.4.4	Delområde 4 Gløshaugen vest - Hesthagen	23
2.4.5	Delområde 5 Gløshaugen øst - Høgskoledalen	25
2.4.6	Delområde 6 Tidemands gate	25
2.4.7	Delområde 7 Prestegårdsjordet	26
2.5	Klassifisering av aktuelle kvikkleiresoner	26
2.5.1	Faregradsevaluering av eksisterende kvikkleiresoner	26
2.6	Skredtekniske vurderinger	27
2.6.1	Mulige utløsningsmekanismer for skred	28
2.6.2	Utløp av skredmasser	30
2.6.3	Identifisering av stabilitetskritiske områder	33
2.7	Innledende stabilitetsberegninger	35
2.7.1	Utførelse av stabilitetsberegninger	35
2.7.2	Beregningsforutsetninger Delområde 1 Duedalen - Lillegårdsbakken	37
2.7.3	Beregningsforutsetninger Delområde 3 Bakklandet – Nedre Singsaker sør	38
2.7.4	Beregningsforutsetninger Delområde 5 Gløshaugen øst – Høgskoledalen	39
2.7.5	Beregningsforutsetninger Delområde 7 Prestegårdsjordet	41
2.7.6	Vurdering av stabiliteten i kritiske områder	44
2.8	Revisjon av faresoneinndeling	50
2.9	Behov for supplerende grunnundersøkelser	52
3.	Del 3: Forslag til Hovedprosjekt	54

3.1	Sammendrag	54
3.2	Innledning	55
3.3	Forslag til oppgaver og aktiviteter i hovedprosjektet	55
3.4	Omfang av supplerende grunnundersøkelser	57
3.4.1	Gjennomføring	57
3.5	Plassering av nye boringer	58
3.6	Kostnader og viktige innflytelsesfaktorer	59
3.7	Fremdrift og leveranser	59
4.	Referanser	64

Tegninger

414871-0:	Oversiktskart.
-1.1-1.2:	Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med inntegnet prosjektområde.
-2:	Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med kvikkleirestatus med inntegnet prosjektområde med delområder.
-3:	Oversikt over profiler med tidligere stabilitetsberegninger og utvalgte områder med forventet kritiske profiler.
-4:	Oversikt over antatt skredutvikling langs forventet kritiske profiler med indikasjon av utløpsretninger.
-5:	Status for utbredelse av sprøbruddmateriale innenfor prosjektområdet. Grunnlag for revidert faresoneinndeling.
-6:	Forslag til borplan for supplerende grunnundersøkelser – Trinn 1 Hovedprosjekt
-100.1-100.2:	Lengdeprofil med utvalgte boringer, Delområde 1, profil 1-1
-101:	Lengdeprofil med utvalgte boringer, Delområde 1, profil 1-2
-102.1-100.2:	Lengdeprofil med utvalgte boringer, Delområde 3, profil 3-1
-103:	Lengdeprofil med utvalgte boringer, Delområde 3, profil 3-2
-104:	Lengdeprofil med utvalgte boringer, Delområde 5, profil 5-4 Sammenheng mellom opprinnelig og ny borhullsidentitet – profiler i Delområde 7
-105:	Lengdeprofil med utvalgte boringer, Delområde 7, profil 7-3
-106:	Lengdeprofil med utvalgte boringer, Delområde 7, profil 7-4
-107:	Lengdeprofil med utvalgte boringer, Delområde 7, profil 7-5
-120.1-120.2:	Kritisk profil med tolket lagdeling, Delområde 1, profil 1-1
-121:	Kritisk profil med tolket lagdeling, Delområde 1, profil 1-2
-122.1-122.2:	Kritisk profil med tolket lagdeling, Delområde 3, profil 3-1
-123:	Kritisk profil med tolket lagdeling, Delområde 3, profil 3-2
-124:	Kritisk profil med tolket lagdeling, Delområde 5, profil 5-4

-200:	Resultater fra stabilitetsberegninger, Delområde 1, profil 1-1
-201:	Resultater fra stabilitetsberegninger, Delområde 1, profil 1-2
-202:	Resultater fra stabilitetsberegninger, Delområde 3, profil 3-1
-203:	Resultater fra stabilitetsberegninger, Delområde 3, profil 3-2
-204.1-204.2:	Resultater fra stabilitetsberegninger, Delområde 5, profil 5-1
-205.1-205.3:	Resultater fra stabilitetsberegninger, Delområde 5, profil 5-2
-206.1-206.4:	Resultater fra stabilitetsberegninger, Delområde 5, profil 5-3
-207.1-207.2:	Resultater fra stabilitetsberegninger, Delområde 5, profil 5-4
-208:	Resultater fra stabilitetsberegninger, Delområde 7, profil 7-3
-209.1-209.2:	Resultater fra stabilitetsberegninger, Delområde 7, profil 7-4
-210.1-210.2:	Resultater fra stabilitetsberegninger, Delområde 7, profil 7-5
-i:	Situasjonsplan med inntegnet prosjektområde med delområder, tidligere grunnundersøkelser med kvikkleirestatus og oversikt over profiler med tidligere stabilitetsberegninger og utvalgte områder med forventet kritiske profiler. A3-format
ii:	Status for utbredelse av sprøbruddmateriale innenfor prosjektområde. Grunnlag for revidert faresoneinndeling. A3-format

Figurliste - Hovedrapport

Figur 1: Oversikt over prosjektområdet (gul ring definerer søkeområdet i www.norgebilder.no).	9
Figur 2: Inndeling av prosjektområdet i delområder.	12
Figur 3: Oversikt over Delområdene 1 - 3 (Trondheim kommune, R1006).	24
Figur 4: Prinsippskisse for vurdering av potensielt volum for utløp av kvikkleireskred.	28
Figur 5: Kvikkleiresoner nær prosjektområdet.	31
Figur 6: Normalisert utløpsdistanse for norske kvikkleirer i forhold til totalt skredvolum (etter Karlsrud og By, 1981).	32

Tabelliste - Hovedrapport

Tabell 1: Detaljert oversikt over aktiviteter med forslag til omfang og kostnader.	60
Tabell 2: Fremdriftsplan og milepæler for gjennomføring av Hovedprosjekt – (korteste estimerte varighet)	63

Vedlegg

Vedlegg 1: Oversikt over faregrad i registrerte kvikkleiresoner i eller nær prosjektområdet
Vedlegg 2: Grunnlag for faregradsvurdering
Vedlegg 3: Oppsummering av utvalgte nye og tidligere stabilitetsberegninger i området
Vedlegg 4: Samlet oversikt over alle innlagte boringer i prosjektområdet
Vedlegg 5: Klassifisering av alle innlagte boringer i prosjektområdet
Vedlegg 6: Bestemmelse av laggrenser og dimensjoneringsparametre
Vedlegg 7: Koordinatliste (KOF-fil) for supplerende grunnundersøkelser, Trinn 1
Vedlegg 8: Mengdeliste for supplerende grunnundersøkelser
Vedlegg 9: Utfyllende informasjon fra supplerende rapporter (Rambøll)

1. Del 1: Oppsummering

Trondheim kommune (TK), Studentsamskipnaden i Trondheim (SiT) og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) samarbeider om et forprosjekt for utredning av områdestabiliteten for Gløshaugen-Bakklandet kvikkleireområder. På vegne av de samarbeidende partene er Multiconsult AS engasjert av Trondheim kommune for utførelse av forprosjektet som grunnlag for eventuelt videre utredning. Forprosjektet etablerer et grunnlag for nærmere bestemmelse av grunnforholdene og stabiliteten i området, og skal være et utgangspunkt for senere anbudskonkurranse for et hovedprosjekt.

Prosjektområdet omfatter store deler av Bakklandet, Gløshaugen, Singsaker, Elgeseter og Gløshaugen, og er av praktiske hensyn inndelt i 7 delområder, se tegning 414871-i. Inndelingen er basert på tidligere kartlagt forekomst av kvikkleire og nesten kvikk leire, terrengforhold og naturlige grenselinjer i terrenget, for eksempel veier og jernbane.

I forprosjektet er all geoteknisk informasjon som er stilt til disposisjon for prosjektet bearbeidet og systematisert. Alle boreresultater er klassifisert etter NVEs retningslinjer, der det er skilt mellom kvikkleire, nesten kvikk og ikke-kvikk leire. Kvikkleire og nesten kvikk leire benevnes samlet som sprøbruddmateriale* i tråd med retningslinjene. På bakgrunn av dette innledende arbeidet er det utarbeidet karter og oversikter som viser utbredelse av sprøbruddmateriale i boringer innenfor prosjektområdet, se tegning 414871-i.

Det er påvist mektige og kontinuerlige forekomster av sprøbruddmateriale i området Duedalen-Lillegårdsbakken, på søndre del av Bakklandet fra Nidelven ved Vollafallet oppover mot Schives gate, i Høgskoledalen, på østre del av Gløshaugplataået og videre over mot Prestegårdsjordet ved Berg prestegård. Det er behov for supplerende grunnundersøkelser for å klarlegge sprøbruddmaterialenes utstrekning i prosjektområdet. Dette gjelder spesielt for områder der tidligere boringer ikke er ført dypt nok til å påvise eventuelle lag med sprøbruddmateriale i dybden, og der det tidligere ikke har vært utført grunnundersøkelser. Det kan ikke utelukkes at disse undersøkelsene vil avdekke nye forekomster av sprøbruddmateriale utover de nevnte.

Det er videre utført en innledende vurdering av stabiliteten i prosjektområdet. Vurderingen omfatter gjennomgang og oppsummering av tidligere utførte stabilitetsberegninger for å fremskaffe en oversikt over områder med dårlig stabilitet. Det er også utført nye supplerende beregninger i fem utvalgte profiler som en del av forprosjektet. Videre er det tatt i bruk beregninger for seks profiler basert på nylig utførte prosjekter på Gløshaugen (Solbygget, NINA nybygg og Kjemihallen). Se profilenes beliggenhet i tegning 414871-i. Disse nye beregningene er i tråd med NVEs retningslinjer for stabilitetsvurderinger i kvikkleireområder.

Områder med dårlig stabilitet er påvist i området Duedalen-Lillegårdsbakken, i Vollafallet og ved Vollabakken, ved Schives gate, på vestsiden av Høgskoledalen og på deler av Prestegårdsjordet ved Berg prestegård. I disse områdene er beregnet sikkerhet lavere enn det som kreves i henhold til NVEs retningslinjer med hensyn på igangsetting av nye tiltak. Beregningene viser imidlertid at sikkerhetsnivået er akseptabelt for dagens situasjon.

Stabilitetsvurderingene baserer seg på resultater fra tidligere grunnundersøkelser i de aktuelle områdene, blant annet med bestemmelse av materialenes skjærfasthet, tidligere spenningstilstand og poretrykksforhold. Grunnlaget er stedvis noe mangelfullt, og det må derfor gjennomføres supplerende grunnundersøkelser for å fremskaffe et bedre beregningsgrunnlag for sikrere analyser i disse områdene.

Med grunnlag i klassifisering av tilgjengelige boringer, samt resultater fra tidligere og nye stabilitetsundersøkelser, er det utarbeidet en revidert oversikt over utbredelsen av sprøbruddmateriale i prosjektområdet, se tegning 414871-ii. Denne oversikten danner et grunnlag for en videre revisjon av faresoneinndelingen i området. I oversikten skilles det mellom soner med mektige og kontinuerlige lag med sprøbruddmateriale, soner med antatt eller usikker bestemmelse av sprøbruddmateriale og soner uten eller med bare marginale forekomster

av sprøbruddmateriale. Det foreligger også uklassifiserte soner der informasjon om grunnforholdene mangler.

Arbeidet i forprosjektet planlegges videreført i et hovedprosjekt. Dette skal videreføre de aktivitetene som ble påbegynt i forprosjektet, slik at man oppnår en logisk sammenheng og fullt ut utnytter det grunnlag som er lagt. Aktivitetene i hovedprosjektet skal gi mer utfyllende og detaljerte vurderinger med hensyn på grunnforholdene, særlig i forhold til utbredelse og omfang av sprøbruddmateriale. Forprosjektet har avdekket et behov for supplerende grunnundersøkelser for bedre bestemmelse av kvikkleireforholdene, spesielt i områder med manglende undersøkelser fra før, og der tidligere borer ikke er ført dypt nok til å påvise eventuelle lag med sprøbruddmateriale i dybden. Når disse resultatene blir tilgjengelige vil det også være grunnlag for en endelig revisjon av faresoneinndelingen i prosjektområdet.

Det vil på bakgrunn av dette bli utført mer omfattende stabilitetsberegninger med vurdering av mulige utløsende årsaker til skred. Det vil også være nødvendig å vurdere mulighetene for stabiliserende tiltak i områder med dårlig stabilitet. Videre arbeid i hovedprosjektet vil også avklare om grunnforholdene gjør det nødvendig å innføre restriksjoner på arealbruk i deler av prosjektområdet.

**Sprøbruddmateriale: Materiale (leire og silt) som viser en utpreget sprøbruddoppsørsel, med betydelig reduksjon i fasthet ved tøyninger større enn bruddtøyningen. Omfatter kvikkleire (leire som er flytende i omrørt tilstand, dvs. med omrørt skjærfasthet $s_r < 0,5$ kPa) og nesten kvikk leire (sensitiv leire med sensitivitet $S_t > 15$ og omrørt skjærfasthet $0,5 \text{ kPa} < s_r < 2,0 \text{ kPa}$), jfr. NVEs retningslinjer 2/2011 /1/.*

2. Del 2: Faglig beskrivelse

2.1 Innledning

Trondheim kommune (TK), Studentsamskipnaden i Trondheim (SiT) og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) samarbeider om et forprosjekt for utredning av områdestabiliteten for Gløshaugen-Bakklandet kvikkleireområder. På vegne av de samarbeidende partene er Multiconsult AS engasjert av Trondheim kommune for utførelse av forprosjektet som grunnlag for eventuelt videre utredning. Det behandlede området omfatter store deler av Bakklandet, Gløshaugen, Singsaker, Elgeseter og Gløshaugen, og er av praktiske hensyn inndelt i 7 delområder, se tegning 414871-2. Forprosjektet etablerer et grunnlag for nærmere bestemmelse av grunnforholdene og stabiliteten i området, og skal være et utgangspunkt for senere anbudskonkurranse for et hovedprosjekt.

Nye tiltak i kvikkleireområder krever at områdestabiliteten dokumenteres i henhold til *NVE Retningslinje. Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire. Teknisk veiledning, endelig utgave, 1/2008, rev.2/2011 /1/*. Sikkerhetskravet gjelder ikke bare i forhold til kvikkleireskred som utløses innenfor et avgrenset område. Det gjelder også dersom bebyggelsen ligger i utløpsområdet (skredbanen) for kvikkleireskred utløst i tiliggende områder, og som kan medføre fare for liv og helse på grunn av strømmende skredmasser.

Rapporten fra forprosjektet behandler følgende forhold:

- **Gjennomgang av grunnlagsmateriale**
 - Gjennomgang av eksisterende og tidligere kartgrunnlag
 - Tidligere grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger, herunder utførte stabilitetsanalyser
- **Oppsummering av all tilgjengelig geoteknisk informasjon**
 - Utarbeidelse av oversikt over alle tilgjengelige grunnundersøkelser innenfor prosjektområdet
 - Klassifisering og systematisering av påvist eller antatt sprøbruddmateriale (kvikkleire med omrørt skjærfasthet $s_r < 0,5$ kPa og sensitiv leire med sensitivitet $S_t > 15$ og omrørt skjærfasthet $s_r < 2,0$ kPa) i tidligere grunnundersøkelser i henhold til definisjoner gitt i NVEs retningslinjer /1/
 - Kartlegging av dybde til og mektighet av lag med sprøbruddmateriale
 - Oversikt med visualisering av sprøbruddmaterialenes fordeling og utstrekning innenfor prosjektområdet
- **Foreløpig vurdering av sikkerhet mot kvikkleireskred**
 - Systematisering av tidligere stabilitetsanalyser med forutsetninger
 - Identifisering av delområder med lav sikkerhet, inklusive vurdering av antatt kritiske profiler
 - Orienterende og supplerende beregninger basert på dagens situasjon
 - Innledende vurdering av utløsende årsaker til skred
 - Utarbeidelse av grunnlag for revisjon av eksisterende faresoneinndeling
 - Behov for supplerende grunnundersøkelser
- **Forslag til innhold i hovedprosjektet – grunnlag for ny anbudskonkurranse**
 - Gjennomføring og rapportering av supplerende grunnundersøkelser
 - Detaljerte og supplerende stabilitetsanalyser i antatt kritiske profiler
 - Behov for utredning av nærliggende kvikkleiresoner (Singsaker – Tyholt)

- Vurdering av utløsende årsaker til skred
- Vurdering av skredmekanismer og beregningsmetodikk for stabilitetsberegninger
- Vurdering av utløpsdistanse fra eventuelle kvikkleireskred utenfor prosjektområdet
- Utarbeidelse av endelig faresoneinndeling med bestemmelse av faregrad, konsekvens- og risikoklassifisering
- Vurdering av eventuelle stabiliserende og preventive tiltak i hele eller deler av prosjektområdet
- Vurdering av eventuelle restriksjoner på arealbruk i deler av prosjektområdet

Vurderingene i forprosjektet baserer seg på resultater fra tidligere grunnundersøkelser i prosjektområdet, blant annet med bestemmelse av materialenes skjærfasthet, konsolideringsforhold og poretrykksforhold som grunnlag for stabilitetsberegningene.

Forprosjektet har også avdekket et behov for supplerende grunnundersøkelser i store deler av prosjektområdet. Nye grunnundersøkelser forutsettes utført i hovedprosjektet for å oppnå en sikrere bestemmelse av sprøbruddmaterialenes utbredelse, samt mer grunnleggende dokumentasjon av stabiliteten i de mest kritiske områdene.

2.2 Generell beskrivelse av prosjektområdet

Prosjektområdet er definert i Trondheim kommunes grunnlagsdokumenter for forprosjektet, og er vist på kart datert 16.3.2011, se situasjonsplan i Figur 1. Prosjektområdet dekker områdene Duedalen-Lillegården, Bakklandet, Gløshaugen, Prestegårdsjordet og deler av Singsaker, og avgrenses av Nidelven i vest, Småbergan og Nedre Bakklandet i nord, Øvre Singsaker og Berg i øst, samt Lerkendal i sør. Området dekker et areal på ca. 2 km², og er i all vesentlighet urbanisert og bebygget med småhusbebyggelse, unntatt Gløshaugen med NTNUs bygninger og anlegg. Nidelven er et dominerende landskapselement i randen av området mot vest, for øvrig er det ikke registrert elver eller bekker innenfor prosjektområdet. Hva angår infrastruktur går Stavne-Leangenbanen langs søndre begrensnings av prosjektområdet. For øvrig er Strindveien, Jonsvannsveien, Eidsvolls gate, Christian Fredriks gate, Klostergata og Høgskoleringen blant de mest trafikkerte veier og gater i området.

Både i søndre og nordre del av prosjektområdet er Nidelven sikret mot erosjon ved steinplastring. Elvebredden nedenfor Nidelven terrasse er sikret mot utglidning, erosjon og annen skade av et bolverk. Bolverket består av en nedrammet stålspunt og en ytterkledning av trebjelker. Bolverket ble anlagt tidligere, men ble rehabilitert i forbindelse med bygging av Nidelven terrasse i 1997. Her ble det også lagt ut en midlertidig fylling for å stabilisere området i byggefasen.

I området rundt teglverket på Bakklandet påvises i dag et søkk med relativt bratte skråninger som omkranser den tidligere teglverkstomten. Dette skyldes hovedsakelig et skred i 1906, som følge av tidligere leiruttak til teglproduksjon i dette området.

Duedalen nedenfor Kristiansten festning er et klassisk eksempel på en pæreformet skredgrop fra et tidligere kvikkleireskred i 1625. Skredgropen er delvis gjenfylt med opparbeidelse av ballplass, men terrengformen viser fremdeles de karakteristiske kjennetegn på tidligere skredaktivitet. Det gikk også et skred ved Brubakken på Bakklandet i 1634, litt lenger nord og nærmere elven i forhold til skredet i 1625. Til sammen 23 mennesker omkom i de to skredulykkene.

Lillegårdsbekken hadde tidligere sitt løp parallelt med Duedalen, ned bak Teglverket og ut i Nidelven. Bekken er tidligere lagt i rør, og bekkefareten synes ikke lenger i terrenget.

Elgeseterbekken rant tidligere på strekningen fra Høgskoledalen og ned til Nidelven. Bekkefareten ble trolig gjenfylt tidlig på 1900-tallet, samtidig med at bekken ble lagt i rør (ca. 1904).

2.2.1 Kvikkleiresoner i prosjektområdet

Det er tidligere registrert og kartlagt to kvikkleiresoner innenfor det definerte prosjektområdet:

- Sone 188 Berg studentby
- Sone 183 Øvre Bakklandet – Singsaker

For oversikt over sonenes beliggenhet og utstrekning, se vedlegg 1.

Nedenfor er det gitt en kortfattet beskrivelse av de to kvikkleiresonene.



Figur 1: Oversikt over prosjektområdet (gul ring definerer søkeområdet i www.norgebilder.no).

Kvikkleiresone 188 Berg studentby: Rambøll har tidligere utført en utredning av områdestabiliteten for Berg kvikkleiresone i forbindelse med utbyggingen av Berg studentby /43/ /44/. Kvikkleiresonen ble her inndelt i 4 delsoner (I-IV), se tegning 414871-2, basert på terrengformasjoner og naturlige utløpsretninger for skred. Rambøll utredet kun de to østligste delsonene (I og II) i dette arbeidet, ettersom de vestlige deler av sonen (III og IV) ikke var forventet å ha innvirkning på stabilitetsforholdene for utbyggingen. Østre del av kvikkleiresonen er klassifisert med **Middels** faregrad.

Som vist i vedlegg 1 og tegning 414871-2 har kvikkleiresonen en vestlig utbredelse på sørsiden av Richard Birkelands vei, under Materialteknisk senter, før den grenser inn mot Realfagbygget og Kjemihallen på NTNU campus. Sonen er opprinnelig ikke trukket på nordsiden av Richard Birkelands vei, men omfatter en lomme på vestsiden av Strindveien lenger nord. Videre fortsetter sonen over Strindveien og Prestegårdsjordet, krysser Stavne-Leangen banen og brer seg sørøstover mot Nardo. Her går sonen over i en ny kvikkleiresone (Nardo nordre) med klassifiseringsmessig **Lav** faregrad.

Delsonen III strekker seg fra krysset mellom Jonsvannsveien og Strindveien i nord, til Prestegårdsveien i øst, Lars Onsagers vei i sør og Strindveien/Verstedteknisk laboratorium i vest. Delsonen IV begrenses av Richard Birkelands vei i nord, Strindveien i øst, Høgskoleringen ved NTNU Driftsavdelingen i sør og Gløshaugveien i vest.

Prosjektområdet omfatter bare de to vestligste delsonene III og IV, og disse vil bli nærmere behandlet her. Skredmasser fra et eventuelt kvikkleireskred i de østlige delsonene I og II kan imidlertid true bebyggelsen innenfor prosjektområdet, men stabiliteten innenfor delsonene er tidligere utredet og funnet akseptabel /43/ /44/.

Kvikkleiresone 183 Øvre Bakklandet – Singsaker: Kvikkleiresonen har en eksisterende klassifisering med **Høy** faregrad. Sonen har en vestlig utbredelse mot elveslyngen ved Nidaros domkirke over en strekning på ca. 500 m, og strekker seg nordover mot Brubakken og Gamle bybro. Sonen strekker seg videre i sør-østlig retning gjennom terrasseområdet ved Vollabakken og videre oppover mot Gløshaugplatået. Den avsluttes omtrent ved munningen av Høgskoledalen ("Dodens dal") i sørlig retning, men strekker seg videre østover mot Singsaker og Duedalen. Her går sonen over i en ny kvikkleiresone (Singsaker – Tyholt) med **Lav** faregrad.

Sonene Øvre Bakklandet – Singsaker og Berg studentby er ikke tegnet sammenhengende i den opprinnelige kartleggingen, se vedlegg 1. Både tidligere og nyere boringer som er utført i området (for eksempel /16/ og /17/) viser imidlertid at laget med sprøbruddmateriale strekker seg innunder området ved Kjemihallen og fortsetter videre nordover på begge sider av Høgskoleringen. Den vestlige skråningen av Høgskoledalen ser også ut til å inneholde sprøbruddmateriale, mens sørlige deler av den østlige skråningen, der terrenget (og bergoverflaten) skråner opp mot Jonsvannsveien, ser ut til å være fri for sprøbruddmateriale. Det er imidlertid påvist en stor kvikkleirelomme i nordøstre del av skråningen opp mot Eidsvolls gate.

Dette indikerer at det kan være en kontinuerlig smal korridor med sprøbruddmateriale som forbinder kvikkleiresonene 188 Berg studentby og 183 Øvre Bakklandet – Singsaker, noe som gjør områdesituasjonen mer ugunstig. Stabilitetsproblematikk knyttet til denne erkjennelsen er tidligere ikke utredet fullt ut, men vil måtte vurderes nærmere i hovedprosjektet.

2.2.2 Inndeling av prosjektområdet i delområder

Som vist i situasjonsplan i Figur 1 og tegning 414871-1 avgrenses prosjektområdet av Brubakken i nord, Kristianstensbakken og østre skråning av Duedalen i nordøst, Festningsgaten og Jonsvannsveien i øst, Stavne-Leangenbanen i sør, Holtermannsveien/Elgeseter gate i vest samt Nidelva mellom Elgeseter bro og Gamle bybro i vest.

For å bedre oversikten er prosjektområdet inndelt i 7 delområder:

- **Delområde 1:** Duedalen – Lillegårdsbakken
- **Delområde 2:** Øvre Bakklandet – Nedre Singsaker – nordre del
- **Delområde 3:** Øvre Bakklandet – Nedre Singsaker – søndre del
- **Delområde 4:** Gløshaugen Vest - Hesthagen
- **Delområde 5:** Gløshaugen Øst – Høgskoledalen
- **Delområde 6:** Tidemands gate
- **Delområde 7:** Prestegårdsjordet

For oversikt og inndeling av delområdene henvises til Figur 2 og tegning 414871-2.



Figur 2: Inndeling av prosjektområdet i delområder.

Inndelingen er basert på topografi, tidligere påviste kvikkleireforekomster, grenselinjer som veier og jernbane, samt naturlige barrierer eller terrengformasjoner. I det følgende er delområdene beskrevet med hensyn på geografisk begrensning, terrengforhold og grunnforhold, med en særlig beskrivelse av tidligere påviste forekomster av sprøbruddmaterialer innenfor delområdene.

2.2.2.1 Delområde 1 Duedalen - Lillegårdsbakken

Delområde 1 avgrenses av Brubakken i nord, Kristianstensbakken og østre begrensnings av skredgropen i Duedalen i nordøst, Festningsgaten i sørøst og Lillegårdsbakken i sørvest. Begrensningen av delområdet følger Nidelven frem til Gamle bybro i vest.

Viktige terrenglementer innenfor delområdet er den delvis gjenfylte skredgropen i Duedalen, plataet på toppen av Brubakken og Skansegaten, samt skråningen fra dette plataet ned mot Lillegårdsbakken. Området er stort sett bebygget, med unntak av områdene ved Småbergan, i Duedalen og skråningen mellom Lillegårdsbakken og Skansegaten.

2.2.2.2 Delområde 2 Bakklandet – Nedre Singsaker nord

Delområde 2 grenser inn mot Delområde 1 langs Lillegårdsbakken i nord - nordøst, mot Delområde 6 langs Eidsvoll's gate i sørøst. Grenselinjen mot Delområde 3 går langs Gudes gate, Professorveien og deler av Schives gate i sørvest, samt Nidelven fra Lillegårdsbakken til tidligere Trondhjems jernindustri i nordvest.

Viktige terrenglementer er terrassene fra det øvre plataet ved Singsaker og nedover mot Nidelven, det tidligere leirtaket ved Teglverket samt utfyllingen og erosjonssikringen langs Nidelven.

2.2.2.3 Delområde 3 Bakklandet – Nedre Singsaker sør

Delområde 3 grenser inn mot Delområde 2 langs Gudes gate, Professorveien og deler av Schives gate i nord – nordøst. Videre begrensninger er Eidsvoll's gate og Gløshaugplataet i sør, Høgskoleveien fra Studentersamfundet til NTNU Hovedbygningen i sørvest, samt Nidelven fra Elgeseter bro i vest – nordvest til Trondheims jernindustri.

Viktige terrenglementer er terrassene nedenfor Eidsvoll's gate og NTNU ved Hovedbygningen mot Nidelva, det tidligere leirtaket ved Teglverket, Vollafallet samt elvebredden langs Nidelven.

2.2.2.4 Delområde 4 Gløshaugen vest - Hesthagen

Delområde 4 grenser opp mot Delområdene 3 og 5, og begrenses av Høgskoleveien fra Studentersamfundet til NTNU Hovedbygget i nord – nordøst. Grenselinjen mot øst følger videre sentralaksen gjennom Gløshaugplataet fra Hovedbygget via Sentralbyggene, Kjemiblokkene, Realfagsbygget og Lerkendalsbygget ned til Høgskoleringen. I sør begrenses delområdet av Hans Osnes vei ned mot Holtermannsveien. Grenselinjen i vest utgjøres av Holtermannsveien/Elgeseter gate.

Viktige terrenglementer er Gløshaugplataet og de bratte skråningene fra plataet ned mot Hesthagen i vest.

2.2.2.5 Delområde 5 Gløshaugen øst – Høgskoledalen

Delområde 5 grenser til delområdene 3, 4, 6 og 7 og utgjør i hovedsak østre del av Gløshaugplataet, inklusive Høgskoledalen ("Dødens dal"). Delområdet avgrenses i nord av Eidsvoll's gate og Øvre allé, i øst - nordøst av Tidemanns gate, i øst av Strindveien og i sør av Høgskoleringen/Stavne-Leangen banen.

Dominerende terrenglementer er erosjonsravinen i Høgskoledalen og Gløshaugplataet.

2.2.2.6 Delområde 6 Tidemanns gate

Delområde 6 grenser mot delområdene 2, 5 og 7, og er avgrenset av Jonsvannsveien i øst, Strindveien i sør – sørøst, Tidemanns gate i vest og Eidsvoll's gate i nord – nordøst.

Området heller fra Strindveien/Jonsvannsveien mot vest, uten spesielt fremtredende terrenglementer.

2.2.2.7 Delområde 7 Prestegårdsjordet

Delområde 7 Prestegårdsjordet grenser opp til delområdene 5 og 6 og er nær sammenfallende med vestre delsoner (III, IV) av kvikkleiresone 188 Berg studentby. Delområdet avgrenses av Strindveien i vest – nordvest, Jonsvannsveien i nordøst, Berg studentby og Stavne-Leangenbanen i øst – sørøst.

Viktige terrenglementer er plataået ved Berg prestegård samt Stavne – Leangenbanen som delvis går gjennom et område stabilisert med elektro-osmose på nedre del av Prestegårdsjordet.

2.2.3 Tidligere grunnundersøkelser

Det er tidligere utført en rekke grunnundersøkelser i prosjektområdet, i hovedsak for prosjektering av næringsbygg, boligbygg og infrastruktur i området, men også som følge av kvikkleirekartlegging og annen relatert aktivitet. En oversikt over utførte og registrerte boringer er vist i tegningene 414871-1.1 og -1.2. Det bemerkes at alle borpunkter har fått ny prosjektintern identitet, se vedlegg 6.

I forbindelse med dette prosjektet er det fra Trondheim kommunes database stilt til rådighet en rekke tidligere grunnundersøkelsesrapporter med boredata. Datamengden er koordinatfestet i x-, y- og z-retning og klassifisert med hensyn på utførende aktør og grunnboringsmetode, se oversikt over opprinnelige borhullslister i vedlegg 4.

Høydesystem NN2000 er benyttet for boringer i alle tegninger og profiler i denne rapporten.

Aktørene er delt inn i 4 grupper:

1. Trondheim kommune
2. Rambøll, herunder Kummeneje og SCC Scandiaconsult
3. Multiconsult, herunder NOTEBY og Geoteam
4. Andre aktører, herunder Statens vegvesen, Jernbaneverket, NGI og NTNU/SINTEF.

Multiconsult har gjennomgått alle data og systematisert den foreliggende datamengde med hensyn på kvikkleirestatus, der NVEs definisjon av sprøbruddmaterialer er lagt til grunn:

- | | |
|----------------|--|
| Rød status: | Kvikkleire (K) med $s_r < 0,5$ kPa eller sensitiv leire (S) med $0,5 < s_r < 2,0$ kPa og $S_t > 15$ verifisert i laboratorieforsøk på opptatt prøvemateriale eller i felt ved vingeboringer. Samlet omtales disse materialene som sprøbruddmateriale, som karakteriseres ved en utpreget sprøbruddoppførsel med betydelig reduksjon i fasthet ved tøyninger større enn bruddtøyningen. |
| Orange status: | Antatt (A) eller usikker (U) bedømmelse av sprøbruddmateriale basert på tolkning av sonderingsresultater eller annen ikke-verifisert informasjon |
| Grønn status: | Ikke påvist eller antatt sprøbruddmateriale i resultater fra felt- eller laboratorieundersøkelse |
| Hvit status: | Informasjon om borerresultater mangler |

Tabellarisk oversikt over status for alle borpunkter er vist i vedlegg 5. Foruten den opprinnelige informasjon om boringene inneholder tabellene fargekode i henhold til inndelingen over, estimert dybde til overkant av sensitivt lag, samt estimert tykkelse av laget. Vedlegg 5 er organisert med resultater fra Trondheim kommune, Rambøll, Multiconsult og andre aktører i rekkefølge.

Klassifisering av resultater er også vist grafisk i tegning 414871-2, der alle boringer er vist med symbol for anvendt metode og fargestatus i henhold til inndelingen over.

2.3 Terreng og grunnforhold

Topografien i området varierer, med høyeste punkt på ca. kote +79 i krysset Jonsvannsveien-Prestegårdsveien og laveste på ca. kote +1 ved Nidelven. I sør ligger Stavne-Leangen banen på ca. kote +35, og det går en jevn skråning fra denne opp mot Gløshaugplataet på ca. kote +51. På østsiden av dette plataet ligger Høgskoledalen som et karakteristisk terrenglement på ca. kote +35. Områdene ved Singsaker skole ligger på samme nivå som Gløshaugplataet, og herfra går terrenget i trappeformede avsatter (terrasser) ned mot Nidelven. De mest markerte terrassene ligger ved Singsaker, Schives gate og ved Vollabakken. Den siste terrassen går i en bue fra Vollafallet rundt det gamle teglverket på Bakklandet og ned Jørgen Bjelkes gate. I den nordøstre del av prosjektområdet ligger Duedalen på ca. kote +38.

I de følgende delkapitler er det gitt kommentarer til hvert delområde. For enkelte delområder (1, 3, 5 og 7) er det vist utvalgte profiler som grunnlag for nye stabilitetsberegninger. Disse er samlet i tegningene 414871-100.1 -100.7, med lagdelingstolkning i tegningene 414871-120 -124. Beregningsgrunnlag og valgte forutsetninger for disse profilene er samlet i vedlegg 6.

2.3.1 Delområde 1 Duedalen – Lillegårdsbakken

Området domineres av Duedalen, der terrenget i bunn av Duedalen ligger på ca. kote + 38. Fra Duedalen går en rygg fra Lillegården ned mot Duelunden før terrenget blir mer terrassert nedover mot Bakklandet. Terrenget heller herfra vestover mot Øvre Bakklandet og Nidelva.

Mot nord domineres terrenget av plataet på toppen av Brubakken og Skansegaten, som ligger på ca. kote +30 til +35. I skråningen mot bunn av Lillegårdsbakken er det påvist middels fast, lite plastisk marin leire under et tørrskorpelag på ca. 3 m. Leiren er middels til meget sensitiv og stedvis kvikk. Tynne lag med grovere fraksjoner er påvist, for det meste med innhold av silt og sand. Leiren er bløtest like under tørrskorpelaget og blir gradvis fastere ned mot berg. Det er imidlertid også registrert fastere lag nært terrengoverflaten. Sedimentene er noe overkonsolidert med en overkonsolideringsgrad på $OCR = 2-4$.

Dybden til berg er bestemt på flere steder i området. I den nordligste delen varierer løsmassetykkelsen mellom 0 og 29 m. Det er berg i dagen ved Kristiansten festning i nord og ved Skjælingshella i Nidelven, så her er løsmasseoverdekningen liten.

Ned mot Lillegårdsbakken er løsmassetykkelsen så stor at dybden til berg ikke er registrert. Bergoverflaten faller generelt brattere enn terrenget til antatt stor dybde mot Nidelven. Over berget ligger et 1-3 m tykt fast bunnmorenelag, der det stedvis er registrert artesisk poretrykk i borer. Tidligere poretrykksmålinger har vist at grunnvannstanden kan variere mellom 1-4 m dybde under terrengoverflaten i området.

En oversikt over utvalgte resultater for dokumentasjon av grunnforholdene i kritiske profiler er samlet i vedlegg 6.1.

2.3.2 Delområde 2 Bakklandet – Nedre Singsaker nord

Langs elven på Øvre Bakklandet er terrenget nesten helt flatt fra Lillegårdsbakken til Vollabakken, med kun en slak helning ned til elvebredden. Bunnen av Nidelven er også på det nærmeste flat i dette området. For øvrig heller terrenget nedover fra nedre del av Jonsvannsveien ned til Nidelven. Det eksisterer imidlertid flere plataer/terrasser etter perioder med forskjellig havnivå. Den laveste terrassen finnes ved Øvre Bakklandet på ca. kote +10 og en ved Jørgen Bjelkes gate på ca. kote +25. Her danner terrassen en bratt (1:5) skråning opp mot Duelunden. Det er også en terrasse ved Neufeldts gate på ca. kote +32 og på ca. kote +41 ved Nedre Allé, med svak stigning videre opp mot Eidsvolls gate på kote +48.

Området rundt teglverket er relativt flatt, men det går i dag et søkk med relativt bratte skråninger som omkranser den tidligere teglverkstomten. Grunnforholdene beskrives med et topp lag av matjord, fyllmasse, grus og siltige materialer av ca. 2-3 m tykkelse. Under dette laget påtreffes bløt til middels fast/fast, noe lagdelt leire med siltlag. Leiren er mest sannsynlig

overkonsolidert og blir fastere med dybden. Leire kan stedvis forekomme helt opp i dagen, og i de øverste sjikt kan den være meget bløt og sensitiv. Bløt leire synes spesielt å forekomme i området rundt Øvre allé.

Lokalt kan leiren også være sandblandet og inneholde lommer av sensitivt materiale. Blant annet er det påvist sensitiv leire ved Neufeldts gate. Sonderingene her er grunnere enn ellers i dette området. Det kan derfor ikke utelukkes at det eksisterer lag med sprøbruddmateriale på større dyp (> 25 m) i dette delområdet. Muligens kan disse eventuelle dype lagene henge sammen med påviste kvikkleirelag ved Duedalen og i Lillegårdsbakken. Dette bør avklares gjennom supplerende grunnundersøkelser i hovedprosjektet.

På elvebredden rett ut for Teglverkstomten ligger det øverst et 2 m tykt lag med fast sand og grus, over 5-8 m med middels fast leire. Dette laget blir kvikt/sensitivt med dybden. I elvekanten utenfor Trondheim jernindustri ligger det 2-3 m kvikkleire som går over i sensitiv leire med dybden. Terrassen på ca. kote +10 opp fra Øvre Bakklandet består av sand, silt og leire, med et topplag av sand og silt.

Dybden til berg er bestemt på flere steder i skråningen. I den nordligste delen varierer løsmassetykkelsen mellom 0 og 29 m. Ned mot Lillegårdsbakken er løsmassetykkelsen så stor at dybden til berg ikke er registrert. Bergoverflaten faller generelt brattere enn terrenget til antatt stor dybde mot Nidelven.

Poretrykksfordelingen antas overveiende hydrostatisk fra grunnvannstanden. Ved foten av skråningene mot Nidelven er det påvist et svakt poreovertrykk, tilsvarende høyvannstand i elven.

2.3.3 Delområde 3 Bakklandet – Nedre Singsaker sør

I likhet med Delområde 2 er det i dette området flere platåer/terrasser, blant annet ved Vollabakken/Korsgaten. Terrassene ble dannet i perioder med varierende havnivå. Området avgrenset av Nidelven, tidligere Trondhjems jernindustri og Schives gate ligger stort sett på et horisontalt platå på ca. kote +20. Ved Schives gate, ca. 200 m inn fra elven, ligger terrenget på ca. kote +30. Herfra stiger terrenget videre oppover mot neste nivå ved Nedre alle på ca. kote +40. Fra dette platået faller terrenget temmelig steilt ned mot et lavere platå ved Vollafallet (ca. kote +6 til +10) og videre ned mot Nidelven. I nordøstlig retning heller terrenget i varierende grad ned mot Bakklandet på ca. kote +10. Den bratte skråningen ut mot Nidelven ved Vollafallet slakes således kraftig ut nedover mot tidligere Trondheim jernindustri. Nidelven har erodert i yttersving i området mellom Vollafallet og Øvre Bakklandet og tidligere initiert små ras i leirmølene.

I store trekk kan grunnforholdene beskrives ved at grunnen fra det øvre platå består av vekslende lag med grus, sand og grovsilt, deretter kvikk silt med tynne leirlag og så kvikkleire. Laggrensene ser ut til å ha en helning på 5-10° ut mot Nidelven. Ned mot elven er imidlertid lagrekkefølgen forstyrret, sannsynligvis på grunn av nedraste masser fra det øvre platå. Boringer på toppen av skråningene i Schives gate viser lag med sterkt varierende fasthet ned til maksimalt 10 m under terreng. Videre antas det å være leire med økende fasthet i dybden.

I vestre del av området nede ved Nidelven består massene av grusig sand over siltig leire ned til ca. 4 m under terreng. Videre består løsmassene av middels fast silt med tynne kvikkleirelag ned til ca. 9 m dybde, der det påtreffes et mektig sandlag med ca. 4-5 m tykkelse. Under dette består løsmassene igjen av silt og leire til over 30 meters dybde.

På flaten mellom Klostergaten/Vollabakken og Nidelven består grunnforholdene av et øvre lag med silt og sand over et grovere lag med grus, sand og litt stein. Videre påvises et ca. 5 m tykt lag med silt, før massene blir lagdelte med innhold av kvikkleire og silt.

Området ved Singsakersletten og Christian Fredriks gate ligger delvis over en dalsenkning som tidligere fortsatte nedover fra Høgskoledalen ved Gløshaugen. Terrenget ligger i dag på ca. kote +23 til +29 fallende langs Christian Fredriks gate mot vest – nordvest.

Under skråningene og på plataået ned mot Nidelven er grunnforholdene noe skiftende, men består stort sett av friksjonsjordarter med sand, grus og grov silt ned til 5-10 meters dybde. Under dette laget er det påvist kvikkleire, spesielt i den nordlige delen. Midt på plataået er topplaget mektigere, opp mot 15 m dybde. Boringene ble her ikke ført langt nok ned til å påvise eventuelt sprøbruddmateriale her.

Den nedre terrassen ved Nidelven ligger på kote +5 og er en kunstig motfylling som ble etablert på 1960-tallet. Under de grove fyllmassene består massene her av et ca. 7 m tykt siltlag etterfulgt av kvikkleire. Under terrassen på ca. kote +20 påtreffes øverst et topplag bestående av grovt friksjonsmateriale med stort steinnhold og noen mer finkornige finsand- og siltlag. Laget er mektigst mot sørvest, og forsvinner mot skråningene i nordøst. Videre påtreffes et opptil 5 meter tykt lag av fast og grov silt som går over i et 1-5 m tykt lag av kvikk silt med kvikkleirelinser. Under dette laget på ca. 10-15 m dybde er det en markert overgang til fet kvikkleire som i dybden blir mer siltig. Under ca. 30 m dyp er leiren ikke lenger kvikk. Grunnforholdene ved Korsgaten domineres av løst lagret sand, silt og leire ned til 3-4 m under terreng, over et lag med fast sand før overgang til leire i ca. 8-9 m dybde. Ved Studentersamfundet/Vollan består massene i hovedsak av sand til ca. 14 m dybde. Sanden er øverst fast og grusig sand som blir finere og løsere med dybden. På større dyp påtreffes også her silt og leire ned til ca. 35 m dybde.

I området fra akse Volla bakken – NTNU Idrettsbygget og nordover er det påvist store variasjoner i avsetningene. Under et 2-6 m lag av fyllmasse påvises vanligvis sand eller silt over leire. Ved Singsakerbakken/Singsakersletten oppover mot Christian Fredriks gate er det noe usikkert hvor dypt fyllmassene i den gamle dalbunnen når. Det antas imidlertid at den største fyllmassemektigheten vil være ca. 6-7 m i forhold til dagens terrengnivå. Hoveddelen av fyllmassen er grusig sand, med innhold av organisk materiale, silt og leire, og kvaliteten av fyllmassen er svært varierende. Grunnen under fyllingen består i hovedsak av leirig silt med innslag av sprøbruddmateriale i lag ned til ca. 10 m under terreng. Under silten påtreffes middels fast, homogen leire som delvis er sensitiv. Nyere undersøkelser indikerer forekomst av sprøbruddmateriale på stor dybde, ca. 15-25 m under terreng. Original grunn på siden av fyllmassene viser variable grunnforhold med finsand, silt, tørrskorpeleire og leire i de øvre 4-6 m. Dette er sannsynligvis tidligere rasmasser.

Ved NTNU Idrettsbygget består grunnforholdene av et ca. 5 m tykt topplag av grov silt, deretter lag med siltig leire som etter hvert blir mer homogen. Under den homogene leiren påtreffes et 10-12 m tykt lag med kvikkleire. Grunnforholdene i Christian Fredriks gate består av organisk materiale over sand, men dette går over til silt nærmere Høgskoledalen. Det er imidlertid sparsomt med boringer i dette området, og det må gjennomføres supplerende grunnundersøkelser i hovedprosjektet for å vurdere kvikkleireforholdene opp mot og inn under Høgskoledalen.

Grunnvannstanden i området varierer noe og ligger forholdsvis lavt på det øvre plataået, ca. 5-7 m under terreng. Ved de lavere plataåene ligger grunnvannstanden på ca. 1-4 m under terreng. Poretrykksfordelingen er overveiende hydrostatisk fra grunnvannstanden. Ved foten av skråningene mot Nidelven er det påvist et svakt poreovertrykk, tilsvarende høyvannstand i elven.

Bergoverflaten antas å ligge dypere enn kote +10 i øvre deler av området, og dypt nede ved Nidelven. Dybden til berg over store deler av området er sannsynligvis så stor at den er uten praktisk betydning i dette prosjektet.

En oversikt over utvalgte resultater for dokumentasjon av grunnforholdene i kritiske profiler er samlet i vedlegg 6.2.

2.3.4 Delområde 4 Gløshaugen vest - Hesthagen

Gløshaugen er bygget ut som en deltaavsetning fra sørøst mot nordvest, men tidligere kart (1935) viser at terrenget har endret seg vesentlig i ettertid. Deltaflaten har opprinnelig trolig

strukket seg fra Byåsen over mot Gløshaugen og Singsaker. Avsetningen er bygget ut mest i front med lag som skrår nedover mot øst, og finere masser er avsatt på skrå nedover langs kantene av deltaet. Dannelseshistorien forklarer hvorfor det jevnt over påtreffes grovere masser på vestsiden av Gløshaugen enn på østsiden.

Gløshaugen strekker seg i dag som en rygg i retning nord – sør med ca. 500 m lengde og 150 m bredde. Gløshaugplataet heller svakt oppover mot Kjemiblokkene i sør, mens terrenget er tilnærmet flatt mot Sentralbyggene og Hovedbygget. Området ligger ca. på kote +48,0 til +48,5, stigende til ca kote +51 i sør. I østre del av området heller terrenget nedover mot Høgskoledalen, som ligger som en forsenkning på ca. kote +35,0 til +36,0 etter tidligere oppfylling. Terrenget skrår opp mot Eidsvolls gate og Jonsvannsveien. Mellom bergblotningene ved Lerkendalsveien og Jonsvannsveien ligger det tykke lag av leire som danner terrengformene.

Grunnforholdene oppe på Gløshaugplataet er godt undersøkt, blant annet ved Papirforskningens forskningsinstitutt (PFI) /39/ /40/, sentralbyggene /26/, materialteknisk institutt /27/, Kjemihallen og Kjemiblokkene /16/ og ved Gamle metallurgi (Solbygget) /17/. Området rundt ligger ca. på kote +50,0 til +51,5. Eldre kart tyder på at opprinnelig terreng har ligget ca. 2 m høyere enn dagens terreng på deler av dette området. Dalen nordøst for PFI er delvis oppfylt.

Skråningen ned mot Lerkendalsbygget – vestre del

Terrenget ved Kjemiblokkene ligger på ca. kote +51 mens Lerkendalsbygget i bunn av skråningen ligger på kote ca.+41. Dette innebærer en total høydeforskjell i skråningen på ca. 10 m. Skråningen i sørvest ned mot Gløshaugveien står med meget bratt helning på ca. 1:1,2. Østover er terrenget slakere og skråningen mellom Kjemiblokkene og Lerkendalsbygget hadde tidligere helning 1:7.

Tidligere kart viser at terrenget i området har endret seg vesentlig. Skråningen sør for Kjemiblokkene var opprinnelig like bratt som skråningene i vest, men er utslaket ved 2-5 m nedplanering av terrenget ved Kjemiblokkene og oppfylling ned mot flaten ved Lerkendalsbygget. Realfagsbygget ble oppført rundt 1996 og representerer i dag en endring i betingelsene for skråningen i forhold til det som er beskrevet over.

Original grunn i området består generelt av et øvre sandlag over middels fast til fast leire over berg. Det øvre sandlaget har ca. 15 m mektighet ved sørføyen av Kjemiblokkene, avtagende til 6-9 m tykkelse ned mot Gløshaugveien i vest og mot sør. Tidligere terrenglinje viser at terrenget er avlastet 4-5 m på toppen, og at noe planeringsmasse kan være fylt ut i skråningen. Sandlaget synes å være middels fast til fast, med lav kompressibilitet. Leirlaget har også størst mektighet i vest, med avtakende tykkelse østover. Leiren er middels fast til fast, og er til dels sensitiv.

I midten av skråningen varierer lagdelingen noe fra vest til øst. I vest består massene av et mektig topplag av sand, over silt og leire til stor dybde. Videre østover er det fyllmasse av sand og tørrskorpeleire i toppen over original sand og leire. Lengst øst mot Høgskoleringen er berg påtruffet ca. 20 m under terrengoverflaten.

Bergoverflaten ligger med fall fra nordøst mot sørvest, fra ca. kote +25 ved Materialteknisk senter til under kote +10 ved Gløshaugveien vest for Lerkendalsbygget.

Grunnvannstanden står dypt og tilnærmet horisontalt på kote +32 - +34 på vestre og midtre del av området. Stort sett følger grunnvannstanden overgangen mellom sand og leire.

Gløshaugplataet

Original grunn på Gløshaugen-plataet består generelt av et øvre lag med sand og silt over middels fast til fast leire over berg. Bergoverflaten skrår nedover fra sør mot nord, og det gjør også leirlaget som ligger over. Sandlaget har varierende mektighet, med størst mektighet på ca. 15 - 20 m i nordvest, generelt avtagende mot øst og sør. I midtre og østre deler av plataet er

leirlaget sensitivt/kvikt, men det er lite indikasjoner på sprøbruddmateriale på platåets vestre del. Det er imidlertid påvist sensitive materialer mellom Sentralbygg 1 og 2, samt nordvest for Lerkendalsbygget.

Terrenget i vest heller slakt nedover langs Kjemiblokkene, etter hvert brattere ned mot Hesthagen. I sør dominerer Realfagsbygget, med terreng svakt hellende nedover mot Lerkendalsområdet. Terrengnivået i området ligger på ca. kote +46-+48. Skråningen utenfor platået mot sørvest har gjennomsnittlig helning på ca. 1:3 – 1:4 ned mot platået ved Klæbuveien på kote +21.

Grunnforholdene i dette området synes å være dominert av 2-3 m fyllmasse over løst lagret lagdelt silt med lag av sand og leire ned til ca. 10-12 m under terreng. Enkelte av leirlagene kan være sensitive. Under disse massene påtreffes fastere materialer, sannsynligvis sand eller silt. Lenger ned, rundt 25 m dybde under terreng, kan det også påtreffes faste, lite sensitive leirer, men i enkelte punkt er det påvist økende sensitivitet med dybden.

Grunnvannstanden står dypt og tilnærmet horisontal på kote +32 til +34 på vestre og midtre del av området. Stort sett følger grunnvannstanden overgangen mellom sand/grus og leirlaget, mens poretrykksfordelingen i enkelte områder er lavere enn hydrostatisk, spesielt oppe på platået.

Hesthagen

Det er relativt lite tilgjengelig informasjon om grunnforholdene i Hesthagen og Gløshaugens vestskråning. Boringer nede i Hesthagen-området indikerer et forholdsvis klart skille mellom rasmasser og intakt leire. Mektigheten av laget med rasmasse/fyllmasse/tørskorpe kan være 4-5 m på det tykkeste, og ligger over forholdsvis fast, siltig leire med lav sensitivitet. Det er ikke påvist sprøbruddmateriale i de boringer som er tilgjengelige i dette prosjektet.

I skråningen fra vestre del av Gløshaugplatået ned mot Hesthagen består grunnforholdene for det meste av relativt faste masser, delvis fyllmasse i de øverste lagene, særlig på platåets nordvestre del. Under fyllmassen påtreffes for det meste løs til middels silt, med en del lag med leire og finsand. Videre består massene for det meste av fast sand og silt før det påtreffes fast leire på store dyp (> 25 m). Heller ikke her er det påtruffet sprøbruddmateriale i boringene, men enkelte leirlag har hatt sensitiv karakter.

I Høgskoleveien er det påvist et 4-5 tykt topplag av sand som blir finere med dybden og fra ca. 8 m er det påvist silt. Leirinnholdet øker også med dybden, og fra 11,5 m klassifiseres materialet som siltig leire.

Poretrykksmålinger viser at det kan være flere grunnvannsspeil på platået og ned mot skråningen. Målinger viser et øvre grunnvannsspeil på kote +45, med et lavere grunnvannsspeil på kote +36-+38. Trolig kan begge disse nivåene variere noe over tid.

2.3.5 Delområde 5 Gløshaugen øst - Høgskoledalen

En oversikt over utvalgte resultater for dokumentasjon av grunnforholdene er samlet i vedlegg 6.3.

Skråningen ned mot Lerkendalsbygget – østre del

Ved bygging av Materialteknisk institutt ble terrenget senket, og store mengder fyllmasse ble fylt ut i skråningen mot sørvest. Grunnforholdene i skråningen ned mot Lerkendalsbygget har et topplag (delvis fyllmasse) av varierende mektighet (5-10 m), over ikke-sensitiv leire og delvis kvikkleire. Denne del av skråningen viser den største fyllmassemektigheten, opptil 8-10 m på det tykkeste. Fyllmassen består stort sett av sand og tørskorpeleire, men det er også påvist humusholdige masser lokalt. Under fyllmassen følger originale avsetninger av sand og leire, der både sand- og leirlaget avtar i tykkelse fra vest mot øst. Sandlaget er også her fast lagret med lav

kompressibilitet, mens leiren er middels fast. Lengst øst er det påvist et lag med kvikkleire over berg. Mektigheten av dette kvikkleirelaget er målt opptil 7 m.

Ved Lerkendalsbygget består original grunn av meget fast tørrskorpeleire over middels fast til meget fast leire.

Grunnvannstanden følger stort sett laggrensen mellom sand/tørrskorpeleire og leire. Poretrykksmålinger viser at poretrykket ved toppen av skråningen øker mindre enn hydrostatisk med dybden, mens trykkøkningen med dybden er større enn hydrostatisk i bunn av skråningen.

Gløshaugplataet

Mektigheten av topplaget varierer mellom 1,5 og 15,5 m, og øker generelt i mektighet vest for Gamle metallurgi (Solbygget) inn mot Sentralbyggene, der det tidligere er foretatt noe oppfylling og planering. Overgang til marine sedimenter ligger høyt der mektigheten av topplaget er minst. Topplaget synes å være tynneste på kanten av og i skråningen ned mot Høgskoledalen, og synes å øke i mektighet innover på plataet. Laget kan lokalt være påvirket av tidligere graving og tilbakefylling.

Løsmassene for øvrig består i hovedsak av middels fast leire ned til 8-10 m under terreng. Under dette påtreffes lokalt kvikkleire, men mektighet og utstrekning av kvikkleirelaget kan variere betydelig. Sentralt på plataet kan kvikkleiren ligge forholdsvis dypt, rundt 15 m under terreng, mens det i nord bare er påvist mulige tynne lag med sprøbruddmateriale.

Bergoverflaten har i dette området svakt fall mot vest og ligger mellom kote +38 - +42. Mot sør faller bergoverflaten bratt nedover, ned til kote +27 - +28.

Det er sannsynlig at grunnvannstanden stort sett følger overgangen mellom sand- og leirlaget oppe på plataet. Det er videre naturlig at grunnvannet ligger noe lavere oppe på plataet enn nede i skråningene. Grunnvannsmålinger utført for Kjemihallen /15/ indikerer at grunnvannstanden ligger ca. 3 – 5 m under terreng, og med en poretrykksfordeling med dybden noe lavere enn hydrostatisk. Dette tyder på at det er noe drenering mot sør og vest i området, muligens også mot Høgskoledalen i nord. Dette bekreftes av poretrykksmålinger utført i forbindelse med bygging av Realfagsbygget. Tidligere utførte poretrykksmålinger på Gløshaugplataet har vist at grunnvannstand og poretrykk i de øvre lag varierer til dels betydelig med nedbørsforhold og årstidene.

Høgskoledalen

Nede i Høgskoledalen er det foretatt oppfylling i flere etapper med en fyllingshøyde i dalbunnen på maksimalt 4-5 m. Grunnforholdene består for det meste av et ca. 5 m topplag med fyllmasse/fast sand over ca. 4 m middels fast, ikke sensitiv silt og leire. Sprøbruddmateriale antas fra ca. 9 m under terreng og ned til fast lag/fjell ca. 26.0 m under terrengoverflaten. Leiren blir grovere og mer siltig med dybden. Over bergoverflaten, som her ligger ca. 20 m under terreng, ligger et grovt lag med sand og grus. Overgangen til marine sedimenter ligger grunnest der tykkelsen av topplaget er minst. Opprinnelig terreng ligger ca. 2 m over dagens, noe som gjør at stedlige masser er noe overkonsolidert.

I den vestlige del av Høgskoledalen opp mot Høgskoleringen er det stor mektighet av sand, med tykkelse fra 5 til 10 m. Sanden ligger over silt og leire, som delvis kan være kvikk eller sensitiv, spesielt langs Høgskoleringen. Det er imidlertid ikke påvist sprøbruddmateriale på vestsiden av de Varmetekniske laboratorier nord på plataet.

Lenger sør i skråningen opp mot Lerkendalsveien er det registrert faste eller middels faste masser, med berg i beskjedne dybder. Hele skråningen har fyllmasse og matjord i det øverste sjiktet, deretter følger lag med silt med litt sand. Under dette ligger det lag av leire i dybde mellom 4 og 6 m under overflaten. Dybden til berg anslås til ca. 20-23 m.

I skråningen opp mot Eidsvoll's gate i nordvest er det påvist en forholdsvis stor lomme med silt og bløt, kvikk leire. På toppen av skråningen ligger kvikkleirelommen på kote ca. +35, under ca. 15 m med fyllmasse, sand og silt. Nede i dalen ligger kvikkleirelaget under ca. 5 m med oppfylte sandmasser og tidligere matjordlag.

Grunnforholdene i skråningen i søndre del av Høgskoledalen består til dels av et topplag av sand over middels fast leire ned til 8-10 m under terreng. Under dette påtreffes noen steder kvikkleire som antas å fortsette ned i Høgskoledalen.

Grunnvannsmålinger utført for NTNU Gamle metallurgi /17/ indikerer at grunnvannstanden ligger minst 7,5 m under terreng på kanten av Høgskoledalen. Dette er noe lavere enn hva som er påvist i grunnundersøkelsen for Kjemihallen /16/ lenger sør, og kan begrunnes med en beliggenhet nærmere skråningen og derav større drenasje. Målinger nede i Høgskoledalen viser et poretrykk noe høyere enn hydrostatisk. Dette kan være forårsaket av vannstrømning inn mot bunnen av skråningen.

2.3.6 Delområde 6 Tidemands gate

Terrenget stiger forholdsvis bratt i vestre del fra ca. kote +36 i Høgskoledalen for det flater ut på ca. kote +50 i Tidemands gate. Derfra stiger terrenget slakt opp til kote ca. +75 i krysset mellom Jonsvannsveien og Strindveien.

Grunnforholdene innenfor området er forholdsvis entydige og består i hovedsak av marin leire. Øverst er det et lag av tørrskorpeleire med tykkelse 2 - 4 m. Under tørrskorpelaget påtreffes leire med varierende fasthet. Lengst i nord er leiren middels fast til fast, lenger sør mot Strindveien blir leiren gradvis fastere. Dybden til berg øker langs Jonsvannsveien fra 5 meter ved Eidsvoll's gate til 20 meter ved Strindveien. Tilsvarende grunnforhold synes også å være gjeldende øst for Jonsvannsveien ved Eidsvoll's gate.

Det er registrert flere bergblotninger i området mellom Tidemands gate og Lerkendalsveien, samt i området fra Tidemands gate til Strindveien. Ved Strindveien synes løsmassemektheten å øke til ca. 20 m.

2.3.7 Delområde 7 Prestegårdsjordet

En oversikt over utvalgte resultater for dokumentasjon av grunnforholdene er oppsummert i vedlegg 6.4.

Prestegårdsjordet ligger i et område som heller nedover i sørvestlig retning. Berg prestegård ligger på ca. kote +73 og definerer det høyeste partiet i området, mens de nedre deler av Prestegårdsjordet ned mot Stavne-Leangenbanen ligger på ca. kote +49. I vestre del av området ut mot Strindveien ligger terrenget på ca. kote +50 i sør ved Prestegårdsveien, stigende til ca. kote +60 ved Richard Birkelands vei og ca. kote +65 i nord. Mot øst ligger det undersøkte området mellom ca. kote +60 i sør v/Prestegårdsveien, stigende til ca. kote +75 i nordre del ved Jonsvannsveien.

Terrenget langs Strindveien skråner slakt fra Prestegårdsjordet opp mot Prestegårdsveien, brattere opp mot Prost Castbergs vei der terrenget flater ut og definerer et platå der blant annet Berg prestegård ligger. Strindveien har jevn stigning og følger ikke terrenget oppover. Veien ligger på fylling langs nedre del av Prestegårdsjordet og i bunn av skråning fra Prestegårdsveien og et stykke nordover opp mot krysset med Jonsvannsveien.

Området er tettbebygget med bolighus, barnehage og studentboliger i østre del. Det er anlagt et fredet, åpent parkområde ved Berg prestegård, og det finnes også åpne områder i tilknytning til barnehagen på Prestegårdsjordet.

Tidligere grunnundersøkelser viser at grunnforholdene i området består av marine sedimenter under et topplag av tørrskorpe og stedvis fyllmasse med varierende mektighet. De marine

sedimentene består vesentlig av finkornig leire og silt, med innslag av sprøbruddmateriale (kvikk og sensitiv leire) over store deler av området.

Helt øverst, i krysset mellom Strindveien og Jonsvannsveien, er det registrert et topplag av fyllmasse (sand) over fast, til dels meget fast leire. Lenger sør, ned mot krysset med Richard Birkelands vei, inneholder også løsmassene et topplag av fyllmasse/tørskorpe med varierende mektighet.

I områder uten fyllmasse i topplaget kan grunnforholdene grovt sett inndeles i et øvre tørskorpelag over et lag med sprøbruddmateriale. Under dette laget påtreffes et fast morenelag over berg. Mektigheten av tørskorpen varierer mellom 0,5 og 3 m og synes ikke å følge noe spesielt mønster innenfor området. Overgangen til faste masser varierer fra ca 16 m i øvre og vestlige deler av området til over 32 m mot øst.

Nye poretrykksmålinger indikerer at grunnvannstanden er variabel i området /15/ /46/ /47/. Målingene indikerer grunnvannstand mellom ca. 1,0 og 5,0 m, og en poretrykkfordeling noe lavere enn hydrostatisk. Rambøll (2008) utførte poretrykksmålinger i forbindelse med bygging av Berg studentby /46/ /47/. Poretrykket ble målt i henholdsvis dybde 7,0 og 14,0 m under terreng og viste tilnærmet hydrostatisk fordeling med dybden. Målingene tilsvarte en grunnvannstand på ca. 3,5 m under terreng. Det må for øvrig påregnes årstidsvariasjoner i grunnvannstandens beliggenhet og poretrykkets størrelse.

2.4 Utbredelse av sprøbruddmaterialer

Det er påvist betydelige mengder sprøbruddmateriale i borerer innenfor prosjektområdet, slik det fremgår av tegningene 414871-2 og -5. Her er borerer merket med rødt og oransje verifisert eller antatt å inneholde sprøbruddmateriale i henhold til NVEs definisjoner, se kapittel 2.2.3. Som det fremgår av tegning 414871-5 er sprøbruddmateriale spesielt påvist på Singsaker, fra Duedalen og nedover Lillegårdsbakken, på østre og søndre deler av Gløshaugen, på Prestegårdsjordet, samt på søndre deler av Bakklandet. Det kan ikke utelukkes at sprøbruddmateriale kan påvises andre steder enn i de registrerte punktene, da enkelte borerer med grønn status i klassifiseringen kan ha vært for grunne til å påvise dypere lag med denne materialer.

Klassifisering av sprøbruddmateriale fra nyere grunnundersøkelser avviker noe fra tidligere undersøkelser når det gjelder omfang av klassifisert kvikkleire. Tidligere ble kvikkleire definert som leire med sensitivitet $S_t > 8$ og et naturlig vanninnhold (w) som oversteg flytegrensen (w_l). Ut i fra dagens klassifisering ($s_{ur} < 0,5$ kPa) vil omfanget av kvikkleire derfor være mindre enn det som tidligere ble antatt. Det er imidlertid sannsynlig at begge definisjoner faller innenfor definisjonen av sprøbruddmateriale, slik dette nå er beskrevet i NVEs retningslinjer.

Forekomstene av sprøbruddmateriale innenfor de 7 delområdene er nærmere omtalt i de følgende kapitler, med henvisning til tegning 414871-5.

2.4.1 Delområde 1 Duedalen - Lillegårdsbakken

De mektigste forekomstene av sprøbruddmateriale synes å ligge i østre del av området ved Duedalen, der det er påvist kvikkleire med ca. 10 m mektighet i den tidligere skredgropen. Mektigheten ser ut til å øke sørover inn under Singsaker studentherjem og Singsaker skole, der mektigheten lokalt kan overstige 20 m. Også øst for Singsaker skole opp mot Festningsgaten er det påvist store mengder bløt kvikkleire. Lenger sør synes mektighetene å avta noe, og sør for profil D-D i Figur 3 er det bare spredte og mindre mektigheter av sprøbruddmateriale.

Kvikkleirelaget synes å være sammenhengende nedover mot Bakklandet og nedre del av Lillegårdsbakken. En mulig tolkning av grunnforholdene kan være to adskilte lag med sprøbruddmateriale, et grunt og et dypere liggende. Det kan heller ikke utelukkes at lagene er sammenhengende på større dyp ($> 10-15$ m) over hele eller deler av området.

Det er påvist kvikk eller sensitiv leire i store deler av skråningen fra Lillegårdsbakken opp mot plataået i nord ved Skansegaten. Det er også påvist sprøbruddmateriale under bunnen av Nidelven, blant annet i profil D-D på Figur 3.

2.4.2 Delområde 2 Bakklandet – Nedre Singsaker nord

Det er påvist sprøbruddmateriale i Delområdene 1 og 3 som grenser opp mot Delområde 2. Det er imidlertid få markeringer i nordre del av dette delområdet. Kvikkleirelaget som påtreffes i Delområde 1 synes således ikke å bre seg sørover og inn i Delområde 2, og kan for eksempel ikke spores forbi teglverksområdet.

Ettersom de fleste borer i dette delområdet er forholdsvis grunne, kan det imidlertid ikke utelukkes at det forekommer lommer eller sammenhengende lag med kvikk eller sensitiv leire på større dyp (> 15 - 20 m).

2.4.3 Delområde 3 Bakklandet – Nedre Singsaker sør

I vestre del av området nede ved Nidelven består massene av grusig sand over siltig leire ned til 4 m under terreng. Videre består løsmassene av middels fast silt med tynne kvikkleirelag ned til ca. 9 meters dybde, der det påtreffes et mektig sandlag med ca. 4-5 m tykkelse.

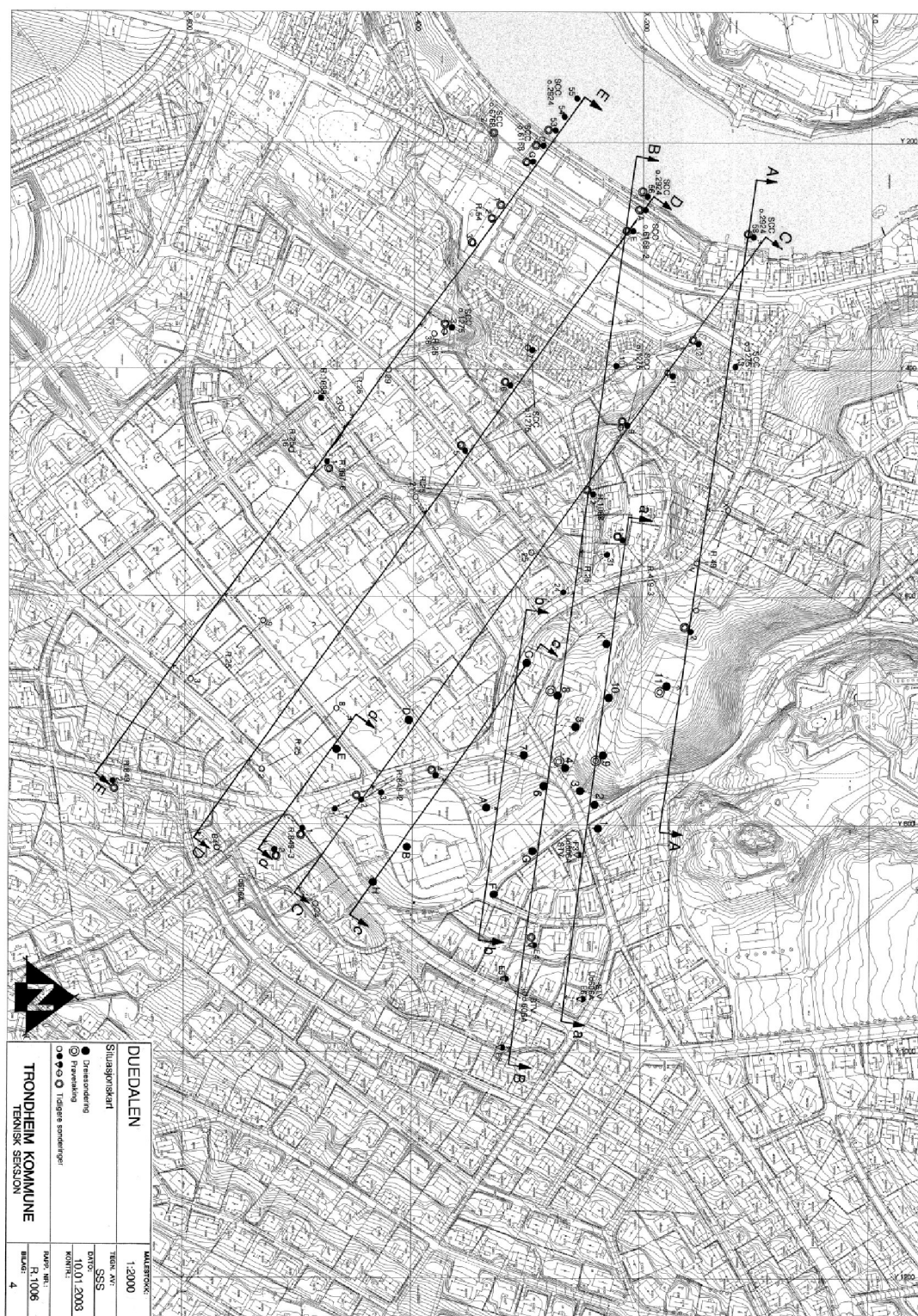
På det horisontale plataået ved Schives gate på ca. kote +20 påtreffes et opptil 5 meter tykt lag av fast og grov silt som går over i et 1-5 m tykt lag av kvikk silt med kvikkleirelinser. På ca. 10-15 m dybde under dette laget er det en markert overgang til fet kvikkleire som i dybden blir mer siltig. Under ca. 30 m dyp er leiren ikke lenger kvikk.

Under skråningene og plataået ned mot Nidelven er grunnforholdene noe skiftende, men består stort sett av friksjonsjordarter med sand, grus og grov silt ned til 5-10 meters dybde. Under dette laget er det påvist sprøbruddmateriale, spesielt i den nordlige delen. Midt på plataået er topplaget mektigere, opp mot 15 m dybde. Boringene er heller ikke her ført langt nok ned til å påvise eventuell dypereliggende lag av sprøbruddmateriale.

Lenger sør i området ved Singsakerbakken/Singsakersletten og Christian Fredriks gate indikerer grunnundersøkelsene forekomst av sprøbruddmateriale på stor dybde, ca. 15-25 m under terreng.

2.4.4 Delområde 4 Gløshaugen vest - Hesthagen

Grunnforholdene på vestre del av Gløshaugplataået synes å være dominert av 2-3 m fyllmasse over løst lagret lagdelt silt med lag av sand og leire ned til ca. 10-12 m under terreng. Enkelte av leirlagene kan være sensitive. Under disse massene påtreffes fastere materialer, sannsynligvis sand eller silt. Lenger ned, rundt 25 m dybde under terreng, kan det også påtreffes faste, lite sensitive leirer, men i enkelte punkt er det påvist økende sensitivitet med dybden. Det er påvist sensitive materialer mellom Sentralbygg 1 og 2, samt nordvest for Lerkendalsbygget. Det er for øvrig ikke påvist mektige eller kontinuerlige lag av sprøbruddmaterialer på vestre del av Gløshaugplataået, men antallet tilgjengelige borer er her meget begrenset.



Figur 3: Oversikt over Delområdene 1 - 3 (Trondheim kommune, R1006).

I skråningen ned mot Hesthagen på vestsiden av Gløshaugplataet er det ikke verifisert innhold av sprøbruddmateriale i utførte grunnundersøkelser. Selv om antall boringer innenfor området er meget begrenset, synes grunnforholdene å være relativt entydige i beskrivelsen av middels til meget fast leire som ikke er sensitiv.

2.4.5 Delområde 5 Gløshaugen øst - Høgskoledalen

Grunnforholdene på østre del av Gløshaugplataet består til dels av sand som lokalt kan være påvirket av tidligere graving og tilbakefylling. Løsmassene for øvrig består i hovedsak av middels fast leire ned til 8-10 m under terreng. Under disse massene påtreffes noen steder kontinuerlige kvikkleirelag. Bergoverflaten har i dette området svakt fall mot vest og ligger mellom kote +38 og +42. Mot sør faller bergoverflaten bratt nedover, ned til kote +27 - +28.

Det er påvist sprøbruddmateriale over berg i inntegnet kvikkleiresone 188 Berg studentby. Overflaten av leirlaget skråer jevnt nedover mot nordvest. Leirlaget består av sprøbruddmateriale, men viser ikke-sensitiv, homogen oppførsel i den øverste sonen.

Ved den sørøstre del av Materialteknisk institutt viser boringer kvikkleire under et maksimum 5 m tykt topplag av fyllmasse/tørskorpe/leire med fjell antatt i ca. 15-20 m dybde. Bergoverflaten antas her påtruffet i ca. 15 til 20 m dybde. Det er også påtruffet kvikkleire under deler av Kjemihallen som synes å henge sammen med kvikkleiresone 188 Berg studentby. Det er også påtruffet kvikkleire i nye boringer, både ved Gamle metallurgi (Solbygget), på østsiden av Varmeteknisk laboratorium (VTL) og nede i Høgskoledalen. Oversikt over kvikkleirefunn i skråningen i gitt i datarapporten for Gamle metallurgi (Solbygget) /17/. Ved VTL er det påvist leire av varierende fasthet, med bløt og kvikk leire lokalt i dypere lag ved Høgskoleringen ned mot Høgskoledalen. Det er imidlertid ikke påvist sprøbruddmateriale på vestsiden av VTL nord på plataet.

Ut i fra foreliggende vurdering av alle boringer i området er det muligheter for en kontinuerlig korridor med sprøbruddmateriale nord og øst for Kjemihallen. Denne kan etablere en kontinuerlig forbindelse mellom kvikkleiresone 188 Berg studentby og kvikkleiresone 183 Øvre Bakklandet – Singsaker. Hvis dette medfører riktighet, kan det eksistere en sammenhengende kvikkleiresone fra Berg, over Gløshaugplataet og ned mot Nidelven i vest. Sprøbruddmaterialenes utbredelse og beliggenhet i dette området må avklares gjennom supplerende grunnundersøkelser for å kunne vurdere stabilitetsforholdene mellom Gløshaugplataet og områdene ned mot Nidelven. Dette vil være en prioritert oppgave i hovedprosjektet.

I skråningen fra Høgskoleringen ned mot Høgskoledalen påtreffes sprøbruddmateriale over store deler av skråningen, spesielt oppe på plataet. Mektigheten varierer imidlertid betydelig. Laget med sprøbruddmateriale ligger dypest oppe på plataet, mellom ca. 14-18 m under terreng. I skråningen ned mot Høgskoledalen ligger sprøbruddmaterialene grunnere, fra ca. 3,5 til 9,5 m under terreng. Tykkelsen av laget er minst 12 m oppe på plataet, men avtar nedover mot Høgskoledalen til mellom 0 og 8,5 m, men med store lokale variasjoner. Sprøbruddmateriale ligger altså forholdsvis dypt og under et forholdsvis mektig lag med faste, grove masser.

I skråningen opp mot Eidsvoll's gate i østre del av Høgskoledalen er det påvist en stor lomme med silt og bløt, kvikk leire. På toppen av skråningen ligger kvikkleirelommen på kote ca. +35, under ca. 15 m med fyllmasse, sand og silt. Nede i dalen ligger kvikkleirelaget under ca. 5 m med oppfylte sandmasser og tidligere matjordlag.

2.4.6 Delområde 6 Tidemand's gate

Det er ikke verifisert innhold av sprøbruddmateriale i boringer innenfor dette delområdet, men det er påvist noen få boringer med usikker status i søndre del av området. Selv om antall boringer området er meget begrenset, synes grunnforholdene for øvrig å være relativt entydige i beskrivelsen av middels til meget fast, ikke-sensitiv leire. Det planlegges flere boringer i dette

området i den supplerende grunnundersøkelsen for å avklare eventuelt innhold av sprøbruddmateriale.

2.4.7 Delområde 7 Prestegårdsjordet

Det er påvist sensitiv eller kvikk leire over store deler av dette delområdet, men mektigheten varierer betydelig. Størst mektighet er påvist i området ved Berg prestegård og nedover mot Prost Castbergs vei i sør og mot Biskop Skaars gate i sørøst. Det sensitive laget kan her lokalt være mellom 15 og 20 m tykt. Det er også påvist lag av sprøbruddmateriale ut mot Strindveien i vest. Laget med sprøbruddmateriale ligger grunnest der mektigheten av de sensitive massene er størst, og det kan her påtreffes fra ca. 2 m under terrengoverflaten.

Lenger sør i området avtar det sensitive laget i mektighet ned mot Prestegårdsveien. Sør for denne kan det forekomme lokale tynnere lag eller lommer med sprøbruddmateriale. Dette synes å strekke seg videre over mot østre deler av kvikkleiresone 188 Berg studentby gjennom en forholdsvis smal sone mellom den nye studentbyen, Peder Kroghs vei og Biskop Skaars gate.

Forekomster av sprøbruddmateriale som er påvist i området synes å henge sammen med kvikkleiresone 188 Berg studentby østre del, slik som forutsatt i tegning av faresonens utbredelse, se vedlegg 1.

2.5 Klassifisering av aktuelle kvikkleiresoner

I henhold til NVEs retningslinjer /1/ stilles det ulike krav til sikkerhetsmessig vurdering på reguleringsplannivå, avhengig av tiltaksklassen tiltaket er plassert i. Kravet til sikkerhetsnivå, og eventuelt forbedring av dette, er avhengig av tiltaks- og faregradsklasse. NVEs retningslinjer krever derfor at det foretas en faregradsevaluering av områder der det er påvist kvikkleire eller annet sprøbruddmateriale i grunnen. Det utføres også en bestemmelse av skadekonsekvens- og risikoklasse.

2.5.1 Faregradsevaluering av eksisterende kvikkleiresoner

Faregradsevalueringen gjennomføres etter anbefalte retningslinjer utarbeidet av Norges Geotekniske Institutt, se vedlegg 2. Tabellen er hentet fra NGI-rapport 20001008-2, rev. 3 "Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire" /2/, som beskriver detaljerte retningslinjer for evalueringen. Etter dette inndeles klassifiseringen av faregrad etter følgende poengsummer:

Lav faregrad:	0-17 poeng
Middels faregrad:	18-25 poeng
Høy faregrad:	26-51 poeng

Det er tidligere utført følgende faregradsevalueringer som grunnlag for vurderingene i denne rapporten:

- Sone 183 Øvre Bakklandet – Singsaker
- Sone 188 Berg studentby, østre del
- Sone 188 Berg studentby, vestre del

2.5.1.1 Sone 183 Øvre Bakklandet – Singsaker

Denne kvikkleiresonen strekker seg fra Nidelvens østre bredd ved Nidarosdomen og opp mot Gløshaugen, der sonen avgrenses ved utløpet av Høgskoledalen, omtrent i høyde med Alfred Getz vei. Kvikkleiresonen er tidligere klassifisert med **Høy** faregrad, og denne klassifiseringen

er fremdeles gjeldende. Faregradsevalueringen er basert på data fra foreliggende grunnundersøkelser i området.

2.5.1.2 Sone 188 Berg studentby

Østre del

Den østre del av kvikkleiresonen er tidligere definert med faregrad **Middels** i forbindelse med utbyggingen av ny Berg studentby /46/ /47/.

Vestre del

Kvikkleiresonens vestlige del er avgrenset til området vest for Prestegårdsveien inn mot Strindveien og videre innover på Gløshaugplataet, se tegning 414871-2.

Faregradsevalueringen er basert på data fra foreliggende grunnundersøkelser i området, inklusive de nylig utførte grunnundersøkelsene for Kjemihallen /16/ og Gamle metallurgi (Solbygget) /17/ og på Prestegårdsjordet /14/ /15/.

Den utregnede scoren for vestre del av sonen er vist i vedlegg 2 og kvalifiserer for **Middels** faregrad, på grensen til **Lav**. Faregraden for den østlige del av sonen er tidligere klassifisert som **Middels**. Det er i vurderingene tatt utgangspunkt i total høydeforskjell for området vest for Prestegårdsveien ned mot Gløshaugplataet ved Materialteknisk institutt, som er det mest aktuelle løseområdet for skred som kan ha påvirkning på bebyggelsen på Gløshaugen.

2.6 Skredtekniske vurderinger

Ved vurdering av stabiliteten i et område må både drenert langtidssikkerhet og udrenert korttidsstabilitet være tilstrekkelig for at et tiltak skal kunne iverksettes. I en drenert situasjon tilsvarende poretrykket en drenert likevektstilstand, uten påvirkning fra eventuelle belastningsendringer. Selv om den drenerte langtidssikkerheten er tilstrekkelig, kan et skred bli utløst av en tilstrekkelig stor, hurtig og udrenert belastningsendring med oppbygging av et poreovertrykk i grunnen. For denne tilstanden krever NVEs retningslinjer en minste sikkerhet på $\gamma_m = 1,4$, eller en dokumentert prosentvis forbedring av stabiliteten avhengig av faregrad og tiltaksklasse.

Størrelsen på et eventuelt skred som følge av dette vil være avhengig av utløsende årsak, grunnforholdene og topografiske forhold, og kan i prinsippet beskrives i følgende skredtyper:

- Initialskred
- Retrogressive skred (skred med bakovergripende skredutvikling)
- Flaskskred
- Rotasjonsskred

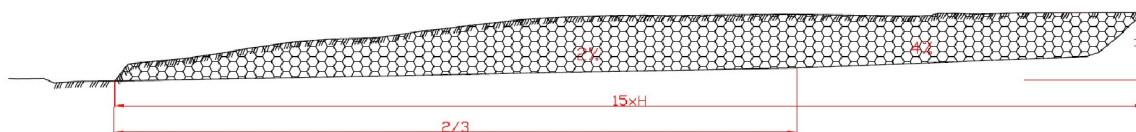
En bakovergripende eller retrogressiv skredutvikling, der skredet utvikler seg i bakkant av et mindre initialskred, er den mest sannsynlige skredmekanismen hvis den utløsende årsaken er lokal eller av mindre omfang. Den retrogressive skredutviklingen etter et initialskred vil fortsette til skredkantene er stabile eller skredutviklingen stopper mot barrierer i grunnen, for eksempel ikke-sensitive lag eller bergterskler. Her vil utløpsmassen fra skred være et stort problem.

Rotasjonsskred med sirkulære glideflater inntreffer ofte ved homogene grunnforhold der laggrenser og grunnforholdsbarrierer ikke påvirker skredutviklingen.

Flaskskred inntreffer ofte der en har grunnforhold bestående av et bløtt, sensitivt topplag over fastere masser. Laget med sprøbruddmateriale må være kontinuerlig og mektig nok over et større område for å kunne medføre en større, flakliknende utglidning. For at et slikt skred skal kunne utløses, kreves vanligvis et større inngrep i terrenget, eventuelt at flaskskredet inntreffer i

en sen fase av skredutviklingen etter at en større skredport har åpnet seg. Skred av en slik størrelse kan også utløses av en naturlig belastningsendring, for eksempel som følge av omfattende poretrykksendringer på grunn av endret belastningstilstand. I noen tilfeller kan også større rystelser, eventuelt jordskjelv, bidra til utløsning av skredet.

Sammenstillinger av tidligere norske kvikkleireskred har vist at maksimalt forhold mellom skråningshøyde (H) og lengde (L) i skredgroper er 1:15 (/8/). Erfaringsgrunnlaget bygger i hovedsak på skredgroper etter kvikkleireskred med helning rundt 2-3 %, se Figur 4.



Figur 4: Prinsippskisse for vurdering av potensielt volum for utløp av kvikkleireskred.

En orienterende begrensning på utbredelsen av skredets bakkant kan indikeres ved å bestemme erfaringstall for forholdet mellom skråningshøyde og lengde av skredgroper.

2.6.1 Mulige utløsningsmekanismer for skred

Skred med bakovergripende skredutvikling (retrogressiv skredutvikling)

Basert på topografi og grunnforhold finner vi at den mest sannsynlige skredtypen for hele området betraktet er et skred med bakovergripende (retrogressiv) skredutvikling. Et slikt skred karakteriseres ved en serie av hurtig bakovergripende partialskred, utløst med utgangspunkt i ett eller flere beskjedne initialskred. Skredutviklingen kan starte i form av et rotasjonsskred som blottlegger kvikkleiren og setter den bakovergripende prosessen i gang. Initialskredet kan utløses av menneskeskapte belastningsendringer eller naturlige årsaker. Menneskeskapte årsaker kan være terrenginngrep med fylling eller utgraving av masse, rystelser fra sprengning, anleggsarbeid og lignende. Naturlige årsaker kan være erosjon, øket nedbørbelastning, rystelser fra jordskjelv, muligens også kryp eller langtidsdeformasjoner. Hvis både drenert langtidssikkerhet og udrenert korttidssikkerhet i nå-situasjonen er tilfredsstillende, vil et skred kun skje som følge av en udrenert belastningsendring som forverrer stabiliteten i forhold til dagens tilstand.

Der terrenget i prosjektområdet består av terrasser eller andre større uregelmessigheter kan overflatestabiliteten lokalt være dårlig, og en bakovergripende bruddutvikling kan settes i gang fra et initialskred i terrassene hvis disse inneholder sprøbruddmateriale. Et mulig skredscenario i prosjektområdet kan være utløsning av et initialskred innenfor de antatt kritiske profilene i Delområdene 1, 3, 5 og 7, og at videre skredutvikling brer seg bakover fra initialskredet til det treffer en barriere slik at skredutviklingen stopper opp. En slik barriere kan være et lag eller lomme av ikke -sensitivt materiale, endringer i sprøbruddmaterialenes helning og beliggenhet, topografiske forhold eller en oppstikkende bergoverflate.

Følgende forutsetninger må etter vårt syn tilfredsstilles for at en slik hendelse skal inntreffe:

1. Det må være et sammenhengende lag av sprøbruddmateriale innenfor det aktuelle området.

2. Topografien og helningen av laget med sprøbruddmateriale må muliggjøre en kontinuerlig, bakovergripende skredutvikling.

Et eventuelt initialskred ved Nidelven i delområde 2 eller 3 vil for eksempel ha en avstand på ca. 0,5 km til nordre del av Høgskoledalen. Erfaringsmessig utbredelsesdistanse er estimert til 0,6 km med høydedifferanse til Høgskoledalen som referanse. Med forutsetninger om et kontinuerlig kvikkleirelag over hele strekningen kan altså et bakovergripende skred nå Høgskoledalen. Vurderingene forutsetter tilnærmet horisontale skredgroper, mens vi i dette tilfellet vil kunne ha en skredgrop med vesentlig større helning. Det foreligger imidlertid lite erfaringsdata for slike tilfeller.

Resultater fra tidligere grunnundersøkelser innenfor delområdene 2 og 3 tyder på at sonen ikke består av kontinuerlige lag med sprøbruddmateriale, og påviste lag har også varierende mektighet. Forutsetningen om sammenhengende lag med sprøbruddmateriale synes altså ikke å være oppfylt.

Tilsvarende vurderinger kan gjøres for andre delområder, der grunnforholdene kan ligge til rette for denne type skredutvikling over en lengre distanse. Spesielt vil forholdene være ugunstige i Delområde 1, med et initialskred utløst i nedre del av Lillegårdsbakken og videre skredutvikling oppover mot Duedalen, som ligger på omtrent samme høydekote som Høgskoledalen. Et skred som utløses ved Nidelven kan altså ha potensial til å utvikle seg oppover mot Duedalen og Singsaker. Andre aktuelle steder vil være Delområde 7, med initialskred utløst på nedre deler av Prestegårdsjordet og videre utvikling oppover mot Berg prestegård.

Flakskred

Et større flakskred med momentan utløsning av et større volum med sprøbruddmateriale som omfatter store deler av prosjektområdet, anses å være lite sannsynlig. Dette begrunnes i det følgende:

- I prosjektområdet viser grunnundersøkelser lag av ikke-sensitivt materiale i tillegg til kvikk eller sensitiv leire. Lagene med sprøbruddmateriale synes ikke å være kontinuerlige over hele prosjektområdet, men viser varierende mektighet og sammensetning mellom kvikk ($s_r < 0,5$ kPa) og sensitiv leire ($S_t > 15$, $s_r < 2,0$ kPa). Stedvis er disse materialene på grensen til å være sprøbruddmateriale på grunn av for høy omrørt skjærfasthet. Dette tilsier at en stor del av massene forventes å være noe mer sakteflytende enn ordinær kvikkleire, og utstrømningspotensialet vil derfor være noe redusert.
- Bebyggelsen i prosjektområdet er etablert og fortettet, og det er således ikke særlige rom for større anleggstekniske inngrep i området, med mindre parkanlegg og andre grøntområder ønskes bebygget. Det vil videre være restriksjoner på igangsetting av selv mindre tiltak som medfører inngrep i grunnen, ettersom store deler av prosjektområdet ligger innenfor en kvikkleiresone. Med streng kontroll av nye tiltak er det lite som tilsier at et skred kan utløses av menneskelige inngrep, men dette kan selvfølgelig ikke utelukkes.
- Utløsningsmekanismer som erosjon, grunnvanns- og poretrykksendringer som følge av ekstremnedbør, samt rystelser fra sprengningsarbeider eller jordskjelv må også vurderes. Erosjon er ikke særlig aktuelt da Nidelvens elvebredder er plastret og godt erosjonssikret, blant annet med bolverk. Graving i elvebunnen kan imidlertid ikke utelukkes, og dette kan medføre blotting av eventuelle lag med sprøbruddmateriale ute i elven. Det forekommer for øvrig ikke andre elver/bekker i prosjektområdet.
- Grunnvanns- og poretrykksendringer kan være et aktuelt scenario i forbindelse med forventede klimaendringer, men øket nedbør forventes å ha liten effekt på grunnvannstanden på grunn av urbanisering og et rimelig godt utbygget system for drenering av overflatevann i området. Sammenhengen mellom nedbørsmengde og

utløsning av større kvikkleireskred er heller ikke entydig. Lekkasjer på vannledningsnettene kan imidlertid være et bidrag til økning av vanntrykket i grunnen over tid. Brudd på vannledninger kan være en kilde til erosjon og utrasing lokalt.

- Hva angår rystelser er det ingen kjente tilfeller her til lands der rystelser fra sprengning eller jordskjelv er eneste årsak til at skred utløses. Skråningsstabiliteten må vurderes for innflytelse av seismiske laster etter ny Eurokode 8 med hensyn på effekt av jordskjelvbelastning. Med de aktuelle rystelsesnivåer forventes imidlertid ikke jordskjelv å være en potensielt utløsende årsak for et kvikkleireskred i området. Dette må imidlertid utredes nærmere som del av hovedprosjektet.
- Langtidsdeformasjoner kan være et interessant fenomen, selv om det ikke kan sies å være en utløsende årsak i seg selv. Problemstillingen kan være reell for en skråning med lav drenert langtidssikkerhet på effektivspenningsbasis, der det kan utløses skred på grunn av langtidsdeformasjoner/kryp, uten noen påviselig ytre utløsende årsak av ny dato. Med de beregnede langtidssikkerheter for denne tilstanden anses ikke en slik problemstilling å være særlig aktuell.

Samlet sett synes sannsynligheten for en momentan utløsning av et større flaskred derfor å være svært liten. Hendelsen kan likevel vurderes i forbindelse med beregning av utløpsdistanse for skredmasser innenfor prosjektområdet, med begrunnelse i det absolutt verst tenkelige scenarioet forårsaket av et skred innenfor eller i nærheten av prosjektområdet.

Oppsummering av mulige skredårsaker:

En vurdering av mulige årsaker til skred innenfor prosjektområdet tilsier at utløsning av et initialskred med påfølgende bakovergripende skredutvikling er den mest sannsynlige skredmekanismen. Årsaken til initialskredet kan være lokal overbelastning av grunnen som følge av byggeaktivitet eller erosjon, særlig ute i elven. Omfanget av den bakovergripende skredutviklingen er usikkert, og avhenger av mektighet og kontinuitet av sprøbruddmateriale i området nær utløsningsstedet.

Et større flaklignende skred som dekker større deler av prosjektområdet anses som lite sannsynlig. Andre skredårsaker som brudd på vannledninger, rystelser og lignende kan medføre forverring av stabiliteten, men er sjelden de eneste årsaker til skred.

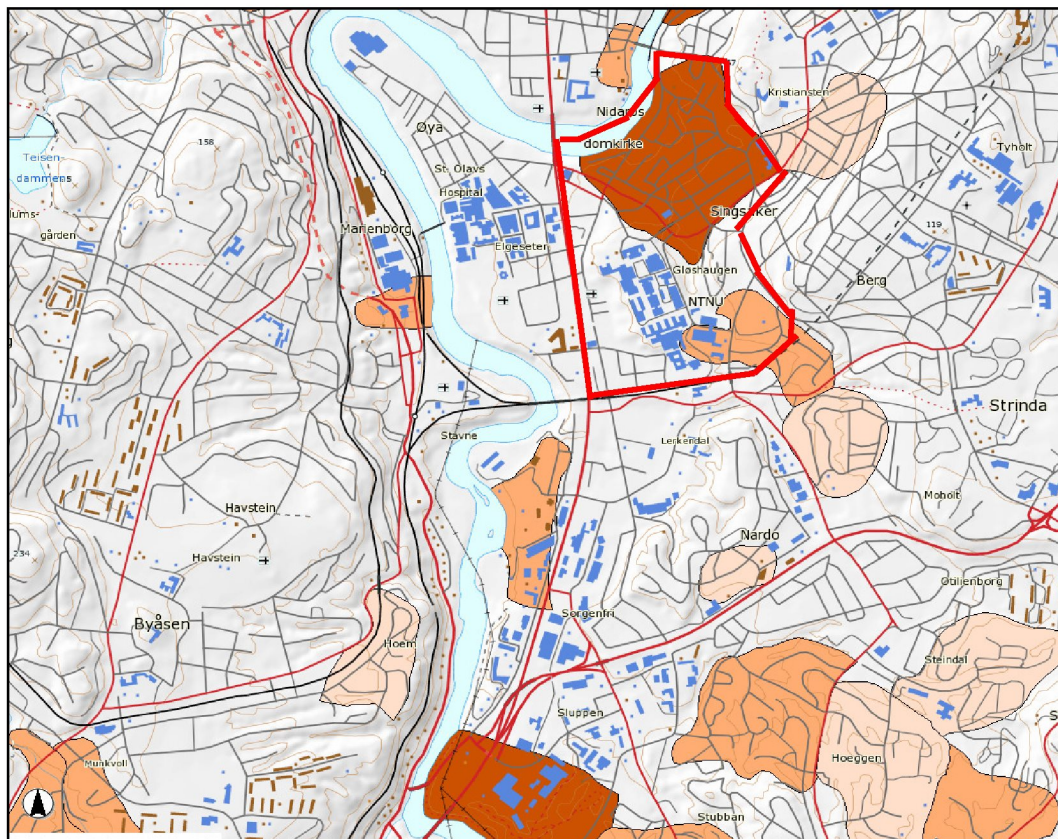
I enkelte deler av prosjektområdet er beregnet sikkerhet lavere enn det som kreves i henhold til NVEs retningslinjer med hensyn på igangsetting av nye tiltak. Beregningene fra tidligere undersøkelser viser imidlertid at sikkerhetsnivået er akseptabelt for dagens situasjon.

2.6.2 Utløp av skredmasser

Det må også vurderes om bebyggelse og infrastruktur innenfor prosjektområdet kan trues av omrørte og flytende skredmasser fra nærliggende kvikkleiresoner, se oversikt over nærliggende kvikkleiresoner i Figur 5. I denne sammenheng gjelder det først og fremst direkte utstrømning av mulige skredmasser fra kvikkleiresone Singsaker – Tyholt, som grenser opp til prosjektområdet i øst. Skredmassene vil i hovedsak kunne true Delområdene 1, 2 og 3 innenfor prosjektområdet. Det bør gjøres en grundigere vurdering av denne faren i hovedprosjektet, blant annet med vurdering av mulig skredvolum fra denne sonen, mektighet og kontinuitet av kvikkleirelagene og utredning av maksimal utstrømningsdistanse mot vest.

Eventuelle skredmasser fra kvikkleiresonene Berg studentby østre del og Nardo kan strømme ut mot Delområdene 4, 5 og 7 og forårsake skade her. For skredmasser fra de øvrige kvikkleiresonene i Figur 3 tilsier avstand og topografiske forhold at eventuelle skredmasser ikke vil nå prosjektområdet. Det kan imidlertid ikke utelukkes at skredmasser indirekte kan true bebyggelsen langs Nidelven ved at skredmasser enten flyter langs elveløpet eller blokkerer elven midlertidig og forårsaker flom når leirdemningen brister.

Det er vanskelig å estimere utløpsdistanser på bakgrunn av teoretiske betraktninger, så en vurdering av disse er oftest basert på erfaringsverdier. Her inngår blant annet variablene skredvolum (V), utløpsdistanse (x) og høydeforskjell (h) mellom skredets bakkant og terrenghøyden foran skredmassene, se erfaringsdata i Figur 6. I tillegg forutsettes det et homogent og sammenhengende lag av sprøbruddmateriale.



Figur 5: Kvikkleiresoner nær prosjektområdet.

Det er imidlertid knyttet betydelig usikkerhet til anslagene om skredmassenes utbredelse. For at omfanget av omrørte skredmasser skal kunne utgjøre en trussel mot liv, helse og bygninger nedstrøms løsnereområdet, må det etter vårt syn forutsettes at skredvolumet utløses som et flakskred med en hurtig og fullstendig omrøring av sprøbruddmaterialet. Imidlertid vil en rekke forhold kunne påvirke dette forholdet, med en reduksjon av aktuelt skredvolum og beregnet utløpslengde av skredmassene som resultat:

- Det er tidligere vurdert som lite sannsynlig at et større flakskred vil kunne utløses som følge av en udrenert respons i prosjektområdet. Scenarioet kan likevel vurderes i forbindelse med beregning av utløpsdistanse for skredmasser, med begrunnelse i at dette er det verst tenkelige scenarioet forårsaket av et skred utenfor området.
- På grunn av stedlige topografiske forhold og obstruksjoner som bolighus, næringsbygg og infrastruktur i de mulige skredbanene som vil skredmassene miste mye av sin energi, og utbredelse og skade forårsaket av skredmassene vil reduseres.
- Vanligvis vil lagene med sprøbruddmateriale også inneholde lommer og linser av grovere, ikke-sensitivt materiale, samt leire med moderat sensitivitet og relativt høy omrørt skjærfasthet. Dette vil kunne bidra til en mer begrenset og diskontinuerlig utstrømning av omrørt materiale enn det modellen forutsetter. Ettersom skredet

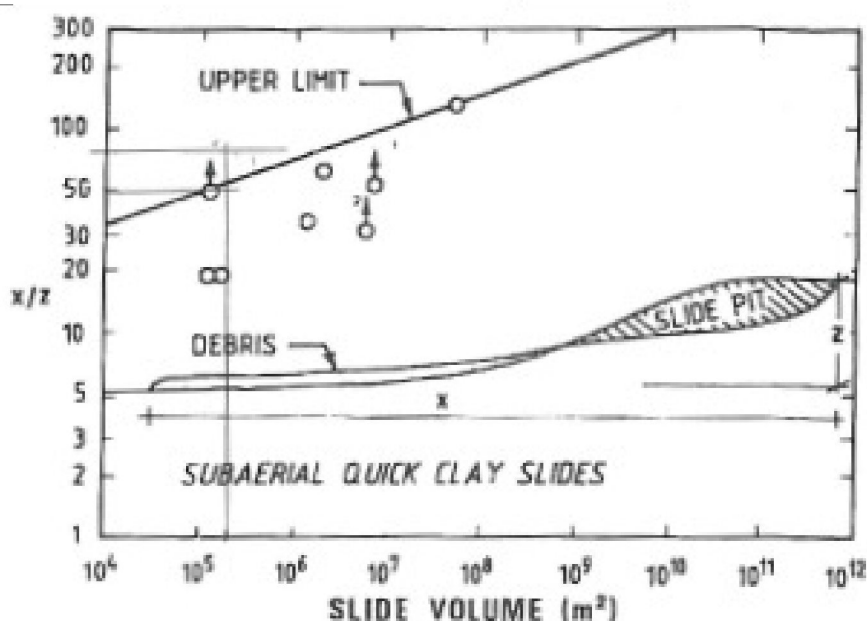
sannsynligvis utvikler seg bakover i flere etapper, vil de fastere deler av de involverte skredmassene avleire seg tidligere enn det omrørte sprøbruddmateriale. Dette vil bidra til en økt hindring for senere skredfaser, noe som representerer en lavere dimensjonsløs høydeforskjell ($a = x/z$ – tall) i Figur 6.

- Erfaringer fra kvikkleireskred viser at det ofte står igjen rygger av intakt materiale inne i skredgropen etter skredet. Slike ryggdannelser er ikke tatt hensyn til i de estimerte skredvolumene.
- Studier viser at skredmassene ofte vil strømme gjennom en skredport der initialraset ble utløst. Denne skredporten vil fungere som en flaskehals mot bakenforliggende, utstrømmende skredmasser, og således også redusere energi og forsinke utbredelse av skredmassene.

Tykkelsen på og hastigheten av de flytende massene vil, begrunnet i argumentasjonen over, etter all sannsynlighet være mindre enn beregnet. Dette kan være avgjørende i forhold til begrensning av risiko for tap av menneskeliv eller større skader på bygg eller omgivelser.

Utløpsdistansen ved et eventuelt skred vil i tillegg være avhengig av en rekke faktorer som:

- Forholdet mellom kvikkleire, sensitiv leire og ikke-sensitiv masser i grunnen
- Sprøbruddmaterialenes beliggenhet
- Leirens sensitivitet og omrørte skjærfasthet
- Topografi i løseområdet
- Topografi nedstrøms løseområdet
- Eventuelle hindringer i skredbanen



Figur 6: Normalisert utløpsdistanse for norske kvikkleirer i forhold til totalt skredvolum (etter Karlsrud og By, 1981)

Tegning 414871-4 viser en oversikt over antatt skredutvikling langs forventet kritiske profiler med indikasjon av utløpsretninger. Tegningen er ment som en innledende overslagsbetraktning, og ytterligere vurderinger bør gjennomføres i hovedprosjektet.

2.6.3 Identifisering av stabilitetskritiske områder

De aktuelle geotekniske problemstillingene for kommende utbyggingsprosjekter innenfor prosjektområdet er hovedsakelig relatert til:

- Lokal og global stabilitet i forbindelse med fortetting og etablering av boliger, næringsbygg og infrastruktur, både i anleggsfasen og permanent fase.
- Valg av fundamenteringsløsninger for samme.
- Setninger av oppførte byggverk, inklusive setninger som følge av midlertidige eller permanente grunnvannsendringer.
- Kontroll med erosjon i strandsonen og i forbindelse med håndtering av overvann.

2.6.3.1 Tidligere vurdering av lokal og global stabilitet innenfor prosjektområdet

Det er tidligere gjennomført en rekke stabilitetsanalyser i forbindelse med byggetiltak innenfor prosjektområdet. I varierende grad reflekterer disse dagens situasjon ettersom belastningstilstand og terrengformer kan ha endret seg gjennom tidligere tiltak. Analysene gir likevel en pekepinn på dagens sikkerhetsnivå.

I det følgende er det gitt en kort oversikt over tidligere stabilitetsanalyser i de ulike delområdene. Det henvises til tegning 414871-3 og vedlegg 3 for en oversikt over profilenes beliggenhet og beregnede sikkerhetsfaktorer.

Delområde 1 – Duedalen og Lillegårdsbakken

Det er tidligere utført stabilitetsanalyser og -vurderinger både på totalspennings- og effektivspenningsbasis i området mellom Skansegaten og Lillegårdsbakken, blant andre av NGI /50/, NTNU/NTH /79/ og Rambøll /45/. Det er også utført stabilitetsanalyser i mer langstrakte profiler fra Duedalen og nedover mot Petersborg /57/. Det er også utført analyser av lokalstabiliteten på Petersborg /74/.

Delområde 2 – Bakklandet – Nedre Singsaker nord

Det er utført lokale stabilitetsanalyser i området mellom Teglverket – Øvre Bakklandet og Nidelven og ved tidligere Trondhjems jernindustri /24/ /25/ /36/ /37/. Det er ikke utført stabilitetsanalyser for øvre del av området oppover mot Singsaker.

Delområde 3 – Bakklandet – Nedre Singsaker sør

Det er gjort en rekke stabilitetsanalyser i dette delområdet, blant annet som følge av stabilisering av området med motfylling ved Nidelven /24/ /25/ /32/, nybygg for Arkitektavdelingen /32/, samt nybygg for Studentsamskipnaden /41/ /43/. Området mellom Klostergata og Øvre Bakklandet, inklusive Vollabakken og Vollafallet, er derfor godt dekket av tidligere stabilitetsberegninger.

Det er også utført stabilitetsanalyser for terrassene ved Vollafallet /21/ og Schives gate /24/. Globalstabiliteten for langstrakte profiler gjennom området og oppover mot Høgskoledalen og Gløshaugplataet er derimot ikke i særlig grad undersøkt.

Delområde 4 – Gløshaugen vest - Hesthagen

Det er få tilgjengelige stabilitetsanalyser innenfor dette delområdet, men søndre del er delvis dekket gjennom stabilitetsvurderinger for Realfagsbygget /12/ /13/. Det foreligger også noen stabilitetsanalyser for utbyggingen av Elektrobyggene og Akustisk laboratorium på Gløshaugen plataet /18/ /28/ /33/ /34/.

Delområde 5 – Gløshaugen øst - Høgskoledalen

Stabiliteten i dette området er forholdsvis godt undersøkt, spesielt i vest- og sørskråningen. Blant annet er det nylig utført grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger for ombygging av Kjemihallen /16/ og Gamle metallurgi (Solbygget) /17/. Lenger tilbake er stabiliteten undersøkt i forbindelse med tidligere Geologisk institutt /51/ og Materialteknisk institutt /27/, samt for Lerkendalsforbindelsen på østsiden av Høgskoledalen /63/.

Skråningen ned mot Lerkendal er vurdert gjennom arbeidene for Bygningsingeniøravdelingen (Lerkendalsbygget) /30/ /31/, Materialteknisk institutt /27/ og Realfagsbygget /12/ /13/. Nylig er også stabiliteten vurdert for NINAs nybygg ved Lerkendalsbygget /14/ /15/, også i forbindelse med trussel fra strømmende skredmasser fra omkringliggende kvikkleiresoner.

Delområde 6 – Tidemands gate

Det er så vidt Multiconsult har oversikt over ikke utført stabilitetsanalyser innenfor dette delområdet.

Delområde 7 - Prestegårdsjordet

Dette delområdet samsvarer med kvikkleiresone 188 Berg Studentby vestre del. Tidligere er stabiliteten i kvikkleiresonens østre del vurdert av Rambøll i forbindelse med utbyggingen av Berg studentby /46/ /47/.

Stabiliteten på Prestegårdsjordet er nylig utredet i sammenheng med NINAs nybygg på Lerkendalsbygget, slik at stabiliteten i sonens vestre del på det nærmeste er utredet /14/ /15/. Dette inkluderer både lokale profiler i området ved Berg prestegård, samt mer langstrakte profiler ned mot søndre del av Gløshaugplataet og Stavne-Leangen banen. Det bør imidlertid utføres stabilitetsberegninger i noen globale profiler opp mot Jonsvannsveien for denne del av kvikkleiresonen anses å være fullstendig utredet.

2.6.3.2 Vurdering av stabilitetskritiske områder med profiler

Kritiske profiler vil dels kunne være langstrakte med sammensatt geometri som inkluderer relativt store jordvolum, eller sirkulærsylindriske profiler med noe mindre skredomfang. I stabilitetsberegningene i forprosjektet er primært sirkulære flater vurdert.

Med grunnlag i tidligere utførte stabilitetsanalyser og kartlegging av kjente forekomster av sprøbruddmateriale innenfor prosjektområdet har Multiconsult vurdert stabilitetskritiske delområder og profiler innenfor prosjektområdet. I disse områdene er det påvist lav sikkerhet i tidligere stabilitetsvurderinger, samtidig som det er påvist ugunstige terrengforhold og sprøbruddmateriale i stort omfang.

Det er i forprosjektet utført supplerende stabilitetsvurderinger i tidligere beregnede profiler. Beregningene er basert på dagens belastningstilstand og med nye vurderinger av laggrenser og materialparametre, se vedlegg 6. Det er i tråd med NVEs retningslinjer utført supplerende ADP totalspenningsanalyser i de nye stabilitetsberegningene.

I de kritiske delområdene må stabiliteten utredes nærmere med flere stabilitetsanalyser på total- og effektivspenningsbasis for å få et mer presist inntrykk av sikkerheten. Det bør videre utføres supplerende grunnundersøkelser for bedre bestemmelse av grunnlaget for beregningene. Dette vil være en vesentlig oppgave i det kommende hovedprosjektet. Supplerende grunnundersøkelser i prosjektområdet kan avdekke forekomster av sprøbruddmaterialer som hittil ikke har vært kjent. De foreslåtte stabilitetskritiske områder og profiler vil derfor kunne suppleres med nye i hovedprosjektet hvis ny kunnskap om grunnforholdene tilsier det.

Multiconsult vurderer foreløpig følgende delområder og profiler som stabilitetskritiske, se tegning 414871-3 for en oversikt (profiler med blå/grønn farge).

- **Delområde 1 – Duedalen og Lillegårdsbakken**
 - Global stabilitet – langt profil fra Duedalen ned mot Nidelva ved Lillegårdsbakken
 - Lokal stabilitet – kort profil fra Skansegata ned mot Lillegårdsbakken
- **Delområde 3 – Bakklandet – Nedre Singsaker sør**
 - Global og lokal stabilitet – langt profil fra Singsakerbakken gjennom Vollafallet til Nidelven
 - Lokal stabilitet – kort profil fra Vollafallet mot Nidelven
- **Delområde 5 – Gløshaugen øst - Høgskoledalen**
 - Global stabilitet – langt profil fra Kjemihallen mot Høgskoledalen sør
 - Lokal stabilitet – korte profiler fra Høgskoleringen mot Høgskoledalen vest
 - Lokal stabilitet – kort profil fra Eidsvoll's gate mot Høgskoledalen øst
- **Delområde 7 - Prestegårdsjordet**
 - Global stabilitet – langt profil fra Jonsvannsveien til Prestegårdsjordet
 - Global stabilitet – langt profil fra Jonsvannsveien til Stavne-Leangen banen
 - Global stabilitet – langt profil fra Berg prestegård til NTNU Lerkendal
 - Lokal stabilitet – kort profil fra Berg prestegård til NTNU Driftsavdelingen
 - Lokal stabilitet – kort profil fra Berg prestegård til Richard Birkelands vei
 - Lokal stabilitet – kort profil fra Berg prestegård til Stavne-Leangen banen

Identifisering og nærmere beskrivelse av profilene er gitt i kapittel 2.7.2 til 2.7.5.

2.7 Innledende stabilitetsberegninger

For vurdering av områdestabiliteten er det lagt vekt på å dokumentere utbredelsen av sprøbruddmateriale, samt å vurdere stabiliteten i antatt kritiske profiler i det berørte området. I arbeidet er det nødvendig å dokumentere tilstrekkelig sikkerhet $\gamma_m > 1,4$, alternativt foreta en prosentvis forbedring av stabiliteten ved for lav sikkerhet. Sikkerhetsnivå mot utglidning representeres ved en materialkoeffisient γ_M . Krav til sikkerhetsnivå er satt til $\gamma_M \geq 1,4$ for både anleggsfasen og permanenttilstanden i henhold til krav i NVEs retningslinjer. Dersom dette sikkerhetsnivået ikke oppnås, stilles det krav til reell forbedring av stabiliteten, avhengig av områdets faregrad og tiltaksklasse.

2.7.1 Utførelse av stabilitetsberegninger

2.7.1.1 Beregningsmetodikk

Det er utført stabilitetsberegninger med GeoSuite Stabilitet /7/. I dette programmet modelleres skjærfastheten ved interpolering mellom ulike skjærfasthetsprofiler i dybden. Beregningene tar først og fremst sikte på å gi en orienterende sikkerhetsfaktor for utvalgte snitt. Stabilitet for dagens tilstand er i forprosjektet beregnet med udrenert avansert totalspenningsanalyse (ADP-analyse), og sirkulærsylindriske glideflater da disse stort sett mangler fra før i de kritiske områdene. Resultatene fra de orienterende analysene vil således supplere resultatene fra tidligere stabilitetsanalyser. En udrenert stabilitetsanalyse forutsetter at det skjer en endring i

belastnings- eller mobiliseringstilstanden i jorden. Dette kan medføre en udrenert spenningsendring som kan resultere i brudd og utglidning.

Det bemerkes for øvrig at det i beregningene ikke er inkludert rand- og 3D-effekter, som vil kunne gi en forbedret sikkerhet i forhold til de beregnede verdier. Slike effekter er vanskelige å beregne direkte, men estimeres til 5-10 % i tilfeller der sikkerheten er beregnet for langstrakte glideflater, og der geometri og topografi tilsier at slike effekter bør tas hensyn til.

2.7.1.2 Bestemmelse av beregningsparametre

For de utvalgte kritiske delområdene innenfor prosjektområdet er det et noe varierende beregningsgrunnlag for utførelse av stabilitetsanalyser. Bortsett fra i Delområde 7 er det ikke utført passive treaksialforsøk for bestemmelse av anisotropiforhold i ADP-analysene. I Delområde 5 og 7 er det utført CPTU som gir kontinuerlig informasjon om skjærfasthet og deformasjonsparametre.

Grunnlaget for valgt udrenert skjærfasthet er som følger:

- s_{uA}/σ'_{vo} – forhold vurdert mot laboratorieresultater
- CPTU-tolkning i delområder der data foreligger (Delområdene 5 og 7)
- Aktive og passive treaksialforsøk (Passive forsøk bare i Delområde 7)
- Prekonsolideringsforhold fra ødometerforsøk
- Rutinedata med konus og enaksielt trykkforsøk
- Vingeformmålinger (Delområde 1)

CPTU-sonderingene er tolket ved hjelp av egenutviklet tolkingsverktøy /4/, der udrenert skjærfasthet er tolket via empiriske korrelasjoner med laboratorieresultater fra blokkprover /5/ /6/. Følgende orienterende korrelasjoner er benyttet:

$S_t < 15$:

$$s_{uA} = q_n/N_{kt}, \text{ der } N_{kt} = 19-12,5B_q \text{ og } s_{uA} = q_n/(7,8+2,5\log OCR+0,082I_p)$$

$$s_{uA} = \Delta u/N_{\Delta u}, \text{ der } N_{\Delta u} = 1,8+7,25B_q \text{ og } s_{uA} = \Delta u_2/(6,9-4\log OCR+0,07I_p)$$

$S_t > 15$:

$$s_{uA} = q_n/N_{kt}, \text{ der } N_{kt} = 19-12,5B_q \text{ og } s_{uA} = q_n/(8,5+2,5\log OCR)$$

$$s_{uA} = \Delta u/N_{\Delta u}, \text{ der } N_{\Delta u} = 1,8+7,25B_q \text{ og } s_{uA} = \Delta u_2/(9,8-4,5\log OCR)$$

Det er i hovedsak benyttet tolkning på poretrykksbasis i de bløte kvikkleirelagene. Profilene er i utgangspunktet tolket med en konservativ antagelse om hydrostatisk poretrykk, med antatt grunnvannstand i overgangen mellom tørrskorpe og intakt leire, eller mellom topplag av grove masser og underliggende leirlag. Bestemmelse av udrenert aktiv skjærfasthet er justert etter SHANSEP-prinsippet, med vurdering av tidligere overlaging og konsolideringstilstand.

For uttaket av designprofil er udrenert skjærfasthet i kvikkleirelagene redusert med 15 % der skjærfasthetsbestemmelsen er basert på CPTU med blokkprøvekorrelasjoner /5/ /6/. Dette for å ta hensyn til sprøbruddoppførsel og tidseffekter ved langsommere belastning enn i laboratoriet.

I ADP-analyser er forholdstall for anisotropi i leire stort sett basert på erfaringstall fra tidligere laborieforsøk på høykvalitets prøver, bl.a. presentert i /9/. For typiske, magre kvikkleirer ($I_p < 5$ %) som ofte finnes i Trøndelag er det tidligere dokumentert svært lave anisotropiforhold. For beregninger presentert i denne rapporten er det derfor benyttet antatt konservative faktorer på henholdsvis $s_{uD}/s_{uA} = 0,6$ og $s_{uP}/s_{uA} = 0,3$ i sprøbruddmateriale og $s_{uD}/s_{uA} = 0,7$ og $s_{uP}/s_{uA} = 0,4$ i ikke-sensitiv leire.

Bestemmelse av effektivspenningsparametre for drenerte langtids effektivspenningsanalyser er basert på

- CPTU-tolkning i delområder der data foreligger (Delområdene 5 og 7)
- Aktive treaksialforsøk
- Erfaringsverdier i aktuelle masser

Karakteristiske verdier for effektivspenningsparametre er bestemt ved 1-2 % aksielt tøyningsnivå.

Grunnlaget for valgte prekonsolideringsspenninger er som følger:

- Trinnvise ødometerforsøk
- Kontinuerlige ødometerforsøk
- CPTU-tolkning i delområder der data foreligger
- Studier av terreng og topografiske forhold

2.7.1.3 Vannivå i Nidelven

Laveste astronomiske lavvann (LAT) for Nidelven basert på /11/ er lagt til grunn for stabilitetsberegningene.

2.7.1.4 Terrengbelastning

Terrengbelastningen fra boligbebyggelse er stort sett satt til 10 kPa. Eneste unntak er det store huset i Skansegaten 25 ("Vinterpalasset") på toppen av skråningen ned mot Lillegårdsbakken hvor både 20 og 30 kPa er evaluert. Terrengbelastning fra småveier er stort sett satt til 5 kPa. For enkelte større veier som virker ugunstig på stabiliteten er det benyttet en høyere verdi. For langstrakte profiler er boligbebyggelse og veier slått sammen og 10 kPa er brukt. Det anbefales at man i hovedprosjektet går mer detaljert til verks når det gjelder virkelig terrengbelastning basert på størrelse på veien og antall etasjer og eventuell kjeller i bolighusene. Dette må ses i sammenheng med om belastningen har drivende eller stabiliserende effekt på områdestabiliteten.

2.7.2 Beregningsforutsetninger Delområde 1 Duedalen - Lillegårdsbakken

Valg av beregningsparametre er basert på resultater fra grunnundersøkelser for vurdering av områdestabilitet gjennomført av NGI i 1955 /50/, byggevirkosomhet i Skansegata og på Skrenten /71/ /77/ /66/, og for planlagt barnehage i Lillegårdsbakken /78/ og barnehagen ved Petersborg /59/. Det er også benyttet data fra forskningsstudier på NTNUs prøvefelt i Lillegårdsbakken, nærmere bestemt Egeland og Flateland i 1986 /79/ og Sandven i 1990 /80/.

For generell lagdeling og jordartsbeskrivelse henvises til kapittel 2.4.1, samt vedlegg 6.1 for detaljerte beskrivelser av de borpunkt som er benyttet til utarbeidelse av beregningsgrunnlaget.

2.7.2.1 Profil 1-1 - profil fra Duedalen langs Lillegårdsbakken mot Nidelva

Profil 1-1 går fra bunn av Duedalen, ned langs Lillegårdsbakken på nordsiden av denne, krysser Øvre og Nedre Petersborggate og skråningen nedenfor Skansegaten, forbi krysset mellom Øvre Bakklandet og Lillegårdsbakken før det avsluttes i Nidelven omtrent på høyde med Nidarosdomen. Det henvises til tegning 414871-3 for nærmere oversikt over beliggenheten. Tegning 414871-100.1 og -100.2 viser lengdeprofil med utvalgte områder, mens tegning 414871-120.1 og -120.2 viser profil med tolket lagdeling.

Profilen er ca. 490 m lang.

Tyngdetettheten er satt til en konstant verdi på 20 kN/m³.

Enkelte prøver, spesielt de dype, viser veldig lav skjærfasthet som mest sannsynlig indikerer prøveforstyrrelse. Det er her valgt å anta s_u/s_{vo} – forhold på 0,35. Dette tilsvarer en overkonsolideringsgrad på 1,5 med SHANSEP – tilpasning ($\alpha=0,25$, $m=0,85$). Dette stemmer godt overens med rutineresultater fra de fleste borpunkt, men er muligens for konservativt i nedre del av skråningen ved Lillegårdsbakken. Her er sannsynligvis overkonsolideringsgraden noe større. Det kan argumenteres for en noe lavere udrenert skjærfasthet opp mot Duedalen, men på det nåværende stadium uten mer presise grunnundersøkelsesdata anses dette å være rimelig representativt. Skjærfasthetsprofilene fra /50/ gir veldig lave verdier basert på hovedsakelig vingeborresultater (0,20-0,25) og er ikke spesielt vektlagt. Skjærfasthetsverdiene (T_{max}) fra treaksialforsøk /79/ /80/ er betydelig høyere og anses å gi et mer realistisk nivå for den aktive skjærfastheten.

Materialparameterne til tørrskorpeleire er antatt til $\phi = 30^\circ$, $c = 0$ kPa. Materialparameterne til bunnmorene er antatt til $\phi = 30^\circ$, $c = 3$ kPa. Grunnvannstanden er antatt å følge bunn av dette topplaget, noe som stemmer godt med de generelle beskrivelsene for materiale 2-4 m under terrenget. Poretrykksfordelingen antas hydrostatisk med dybden.

Vurdering av lagdeling fra relevante borpunkt samt utvalgte resultater fra enkeltforsøk er samlet og beskrevet i vedlegg 6.1.1.

2.7.2.2 Profil 1-2 - profil fra Skansegangen mot Lillegårdsbakken

Profil 1-2 tilsvarer profilet som ble undersøkt i hovedoppgaven av Egeland og Flateland. Profilet går fra Skansegangen 25 ("Vinterpalasset") ned mot Lillegårdsbakken, omtrent midtveis mellom krysset med Kristianfeldts gate og Øvre Bakklandet. Profilet ligger mellom stabilitetsprofilene B og C fra NGIs grunnundersøkelse /50/. Det henvises til tegning 414871-3 for nærmere oversikt over beliggenheten. Tegning 414871-101 viser lengdeprofil med utvalgte områder, mens tegning 414871-121 viser profil med tolket lagdeling.

Profilet er ca. 75 m langt.

Vurdering av lagdeling fra relevante borpunkt samt utvalgte resultater fra enkeltforsøk er samlet og beskrevet i kap.2.1 i grunnlagsrapport 2.

Materialparameterne til tørrskorpeleire er antatt til $\phi = 30^\circ$, $c = 0$ kPa. Materialparameterne til bunnmorene er antatt til $\phi = 30^\circ$, $c = 3$ kPa.

I forhold til Profil 1-1 er det noe usikkerhet omkring ved hvilken dybde sprøbruddmateriale begynner. Her er konservative antagelser lagt til grunn. For udrenert skjærfasthetsprofil observeres lave verdier for rutinedata i forhold til resultater fra spesialforsøk. Det er benyttet en kombinasjon av maksimal skjærfasthet fra treaksialforsøk og SHANSEP-tilpasning med et overkonsolideringsforhold $OCR = 2$, med noen tilpasninger nær topp og bunn av profilet.

Utfyllende kommentarer til lagdeling og parametervalg er sammenfattet i vedlegg 6.1.2.

2.7.3 Beregningsforutsetninger Delområde 3 Bakklandet – Nedre Singsaker sør

Valg av beregningsparametre er blant annet basert på grunnundersøkelser for Bakklandsutredningen /61/, stabilitetsvurderinger ved Vollafallet /21/, Vollabakken /25/, Øvre Bakklandet /68/ /69/, Schives gate /24/, tidligere Arkitektavdelingen ved NTNU /32/ og idrettsbygget ved Gløshaugen /23/ /44/.

For generell lagdeling og jordartsbeskrivelse i området henvises til kapittel 2.4.3, samt vedlegg 6.2 for detaljerte beskrivelser av de borpunkt som er benyttet til utarbeidelse av beregningsgrunnlaget.

Tyngdetettheten ved beregninger er satt til verdier på 19-20 kN/m³.

2.7.3.1 Profil 3-1 - profil fra Singsakerbakken mot Nidelva

Profil 3-1 går fra Singsakerbakken ved Øvre allé, krysser Neufeldts gate og terrassen ved Schives gate, fortsetter forbi Vollabakken og terrassen ved Vollafallet før det fortsetter ut i Nidelven. Det henvises til tegning 414871-3 for nærmere oversikt over beliggenheten. Tegning 414871-102.1 og -102.2 viser lengdeprofil med utvalgte områder, mens tegning 414871-122.1 og -122.2 viser profil med tolket lagdeling.

Profilen er ca. 500 m langt.

Lagdelingen i profilen er noe varierende men viser i grove trekk et topplag med tørrskorpe, silt, grus og sand med opptil 10 m mektighet. Under dette påtreffes marine sedimenter med silt og sensitiv/kvikk leire til store dyp. Over berg er det forutsatt ca. 1 m tykk bunnmorene, men det er få om noen sikre bestemmelser av berg i området.

Grunnvannstanden i området kan variere mellom 1,5 og 7 m, avhengig av målepunktets beliggenhet i skråningen og i forhold til elven.

Materialparametrene til topplaget (fyllmasser og tørrskorpelag) er antatt lik $\phi = 30^\circ$ og $c = 0$ kPa. Materialparameterne til bunnmorene er antatt til $\phi = 30^\circ$, $c = 3$ kPa. Det er benyttet samme s_u -profil for analysene med opprinnelig og dagens terrengnivå. Tyngdetettheten er satt til en konstant verdi på 19 kN/m^3 . Skjærfasthetsprofilen for sprøbruddmaterialet er fastsatt på bakgrunn av anbefalte verdier i /44/ og SHANSEP-prinsippet med antatt overkonsolideringsgrad.

Utfyllende kommentarer til lagdeling og parametervalg er sammenfattet i vedlegg 6.2.1.

2.7.3.2 Profil 3-2 - profil fra Vollafallet mot Nidelva

Profil 3-2 går fra krysset mellom Vollabakken og Klostergaten, krysser terrassen ved Vollafallet og fortsetter ut i Nidelven. Det henvises til tegning 414871-3 for nærmere oversikt over beliggenheten. Tegning 414871-103 viser lengdeprofil med utvalgte områder, mens tegning 414871-123 viser profil med tolket lagdeling.

Profilen er ca. 225 m langt.

Lagdelingen i profilen er noe varierende men viser i grove trekk et topplag med tørrskorpe, silt, grus og sand med opptil 10 m mektighet. Under dette påtreffes marine sedimenter med silt og sprøbruddmateriale til store dyp. Over berg er det forutsatt ca. 1 m tykk bunnmorene, men det er få om noen sikre bestemmelser av berg i området.

Grunnvannstanden i området kan variere mellom 1,5 og 7 m, avhengig av målepunktets beliggenhet i skråningen og i forhold til elven.

Tørrskorpelaget har her en grovere karakter og høyere friksjonsvinkel er benyttet. Det er benyttet samme s_u -profil for analysene med opprinnelig og dagens terrengnivå. Tyngdetettheten er satt til en konstant verdi på 20 kN/m^3 .

Utfyllende kommentarer til lagdeling og parametervalg er sammenfattet i vedlegg 6.2.2.

2.7.4 Beregningsforutsetninger Delområde 5 Gløshaugen øst – Høgskoledalen

Valg av beregningsparametre er blant annet basert på grunnundersøkelser for Realfagsbygget /12/ /13/, Papirindustriens forskningsinstitutt /39/ /40/, Kjemihallen /16/ og Gamle metallurgi (Solbygget) /17/ på Gløshaugen-plataet. For østre del av Høgskoledalen er parameterbestemmelsene i tillegg basert på grunnundersøkelser for blant annet Lerkendalsforbindelsen /63/.

For generell lagdeling og jordartsbeskrivelse henvises til kapittel 2.4.5, samt vedlegg 6.3 for oppsummering av egenskaper som er benyttet til utarbeidelse av beregningsgrunnlaget.

2.7.4.1 Profil 5-1 – profil fra Gamle metallurgi-sør mot Høgskoledalen vest

Profilen indikerer lokal stabilitet av vestskråning for Høgskoledalen opp mot Høgskoleringen og bebyggelsen på vestsiden av denne. Skråningen inneholder kvikkleire, og et lokalt utløst skred i denne skråningen kan utvikle seg bakovergripende i sørlig retning og true Kjemihallen.

Det henvises til tegning 414871-3 for nærmere oversikt over beliggenheten.

Profilen er ca. 110 m langt.

Profilen er tidligere utredet av Multiconsult som del av stabilitetsvurderingene for ombygging av NTNU Kjemihallen. Detaljerte resultater er vist i /17/.

Det er utført ødometerforsøk som del av grunnundersøkelsene i området. Resultatene fra disse forsøkene viser et prekonsolideringsforhold $OCR = 1-2$ oppe på Gløshaugplataet, økende til $2-3$ i bunn av Høgskoledalen, der den opprinnelige bunn av dalen lå på ca. kote +30.

For uttaket av designprofil er udrenert skjærfasthet i kvikkleirelagene redusert med 15 % der skjærfasthetsbestemmelsen er basert på CPTU med blokkprøvekorrelasjoner /5/ /6/. Dette for å ta hensyn til sprøbruddoppførsel og tidseffekter ved langsommere belastning enn i laboratoriet.

Bestemmelse av udrenert aktiv skjærfasthet er basert på resultater fra treaksialforsøk, CPTU og for prekonsolidering etter SHANSEP-prinsippet. Denne fremgangsmåten tilsvarer gjennomsnittlige s_{uA}/σ'_{vo} -forhold i størrelsesorden mellom 0,33 og 0,38, noe avhengig av prekonsolideringen i området. I analysene er det benyttet $s_{uA}/\sigma'_{vo} = 0,25$ i kvikkleirelagene og som grunnlag for SHANSEP-beregnet skjærfasthet ($s_{uA} = 0,25(\sigma'_{vo} + \Delta\sigma')$). Verdiene for skjærfastheten er forsiktig antatt og anses å være rimelig konservative.

Forholdstall for anisotropi i leire er basert på erfaringstall fra tidligere laboratorieforsøk på høykvalitets prøver, bl.a. presentert i /9/. For typiske, magre kvikkleirer ($I_p < 5\%$) som ofte finnes i Trøndelag er det tidligere dokumentert svært lave anisotropiforhold. For beregninger presentert i denne rapporten er det derfor benyttet antatt konservative faktorer på henholdsvis $s_{uD}/s_{uA} = 0,6$ og $s_{uP}/s_{uA} = 0,3$ i kvikkleire og $s_{uD}/s_{uA} = 0,7$ og $s_{uP}/s_{uA} = 0,4$ i ikke-sensitiv leire.

Det er utført aktive treaksialforsøk som del av den supplerende grunnundersøkelsen i dette området /17/. Resultatene fra disse forsøkene er inkludert i de reviderte vurderingene. Karakteristisk skjærfasthet fra utførte treaksialforsøk er bestemt ved 1-2 % aksielt tøyingsnivå. Prøvekvaliteten synes å være noe varierende for de utførte forsøkene.

For effektivspenningsparametre benyttes en gjennomsnittlig friksjonsvinkel på 33° i fyllmasse, 25° i ikke-sensitiv leire og 22° i de sensitive/kvikke lagene.

Målingene indikerer isolert at grunnvannstanden kan variere betydelig i området. Det er sannsynlig at grunnvannstanden følger overgangen mellom sand- og leirlaget i området. Det må for øvrig påregnes årstidsvariasjoner i grunnvannstandens beliggenhet og poretrykkets størrelse.

Forutsetninger for lagdeling og parametervalg er sammenfattet tabellarisk i vedlegg 6.3.1.

2.7.4.2 Profil 5-2 – profil fra Geologi mot Høgskoledalen vest

Profilen indikerer lokal stabilitet av vestskråning for Høgskoledalen opp mot Høgskoleringen og bebyggelsen på vestsiden av denne. Skråningen inneholder kvikkleire, og et lokalt utløst skred i denne skråningen kan utvikle seg bakovergripende i sørlig retning og true området ved Kjemihallen.

Det henvises til tegning 414871-3 for nærmere oversikt over beliggenheten.

Profilen er ca. 75 m langt.

Profilen ble utredet av Multiconsult som del av stabilitetsvurderingene for arbeider på NTNU Gamle metallurgi (Solbygget). Detaljerte resultater fra denne undersøkelsen er ikke endelig rapportert.

For parametervurderinger henvises til kapittel 2.7.4.1 da profilene 5.1 – 5.3 ligger forholdsvis nær hverandre.

Utfyllende kommentarer til lagdeling og parametervalg er sammenfattet i vedlegg 6.3.1.

2.7.4.3 Profil 5-3 - profil fra Kjemihallen mot Høgskoledalen vest

Profilen går fra Kjemihallen mot nordøst, over plataet vest for PFI og Geologibygget og ned skråningen mot Høgskoledalen. Dette profilet representerer den globale stabiliteten i området.

Det henvises til tegning 414871-3 for nærmere oversikt over beliggenheten.

Profilen er ca. 220 m langt.

Profilen ble utredet av Multiconsult som del av stabilitetsvurderingene for arbeider på NTNU Kjemihallen. Detaljerte resultater er vist i /16/.

I tillegg er stabiliteten beregnet ved ulike motfyltingsalternativer i profilet for å kontrollere om dette tiltaket kan bedre stabiliteten tilstrekkelig.

For parametervurderinger for øvrig henvises til kapittel 2.7.4.1 da profilene 5-1 - 5-3 ligger forholdsvis nær hverandre.

Utfyllende kommentarer til lagdeling og parametervalg er sammenfattet i vedlegg 6.3.2.

2.7.4.4 Profil 5-4 - profil fra Eidsvoll's gate mot Høgskoledalen øst

Profilen går fra toppen av skråningen mot Eidsvoll's gate 1b ned mot Høgskoledalen og beskriver stabilitetsforholdene på østsiden av Høgskoledalen. Det henvises til tegning 414871-3 for nærmere oversikt over beliggenheten. Tegning 414871-104 viser lengdeprofil med utvalgte boringer, mens tegning 414871-124 viser profil med tolket lagdeling.

Profilen er 46 m langt.

Generelt observeres godt samsvar når det gjelder lagrekkefølgen i de tilgjengelige boringene. Det er antatt et topp lag med fyllmasse over leire, så bunnmorene over bergoverflaten. Grunnvannstanden forventes å ligge i bunn av opprinnelig tørrskorpelag, og det er derfor antatt at grunnvannstanden følger bunnen av dette laget.

Opprinnelig tørrskorpelag og de finsandige massene mot toppen av skråningen er antatt som drenerende friksjonsmateriale med $\phi = 30^\circ$ og $c = 0$ kPa.

Materialparameterne til fyllmasser (antatt kvalitetsmasser) og bunnmorene er valgt lik $\phi = 30^\circ$ og $c = 3$ kPa. Det er benyttet samme s_u -profil for analysene med opprinnelig og dagens terrengnivå. Dette fordi topografien og tidligere prekonsolidering tilsier at de oppfylte massene tilsvarer en spenningstilvekst innenfor det overkonsolidererte området. Tyngdetetthet i profilet er satt til 19 kN/m^3 .

Resultater fra utførte ødometerforsøk i dette området indikerer et overkonsolideringsforhold på $OCR \sim 4$ i 4 m dybde, avtagende med dybden nede i Høgskoledalen. Et noe lavere overkonsolideringsforhold forventes oppover i skråningen mot Tidemand's gate. Profilet for udrenert skjærfasthet s_u er basert på SHANSEP-tilpasning med en konservativt valgt, lav OCR på 2,0.

Utfyllende kommentarer til lagdeling og parametervalg er sammenfattet i vedlegg 6.3.3.

2.7.5 Beregningsforutsetninger Delområde 7 Prestegård'sjordet

Parameterbestemmelser er i hovedsak basert på resultater fra den supplerende grunnundersøkelsen utført av Multiconsult i oktober 2010 er vist i /15/, samt kommunale undersøkelser langs Strindveien /67/, Jonsvannsveien /65/ og Dybdahls vei /64/.

For generell lagdeling og jordartsbeskrivelse henvises til kapittel 2.4.7, samt vedlegg 6.4 for oppsummering av egenskaper som er benyttet til utarbeidelse av beregningsgrunnlaget.

2.7.5.1 Profil 7-1 – profil fra krysset Jonsvannsveien/Strindveien mot Prestegårdsveien

Profilen går fra krysset mellom Strindveien og Jonsvannsveien, langs Strindveien ned til Lars Onsagers vei. Profilet supplerer de 3 hovedprofilene fra Berg prestegård og skal dekke de nordlige deler av kvikkleiresone Berg studentby vest for å oppnå en full utredning av denne.

Det henvises til tegning 414871-3 for nærmere oversikt over beliggenheten.

Profilet er ca. 400 m langt.

Profilet foreslås utredet som en del av hovedprosjektet med grunnlag i supplerende grunnundersøkelser. Det er derfor ikke utført profilering eller stabilitetsberegninger for dette profilet nå.

2.7.5.2 Profil 7-2 - profil fra Jonsvannsveien mot Prestegårdsjordet sør

Profilet går fra skråningen opp mot Jonsvannsveien, sørvest for krysset mellom Jonsvannsveien og Prestegårdsveien like øst for terrasseblokken. Profilet går videre nedover gjennom krysset mellom Prestegårdsveien og Biskop Skaars gate og videre ned til krysningen mellom Lars Onsagers vei og tunnelen for Stavne-Leangen banen. Profilet supplerer de 3 hovedprofilene fra Berg prestegård og skal dekke de nordøstlige deler av kvikkleiresone Berg studentby vest for å oppnå en full utredning av denne. Det henvises til tegning 414871-3 for nærmere oversikt over beliggenheten.

Profilet er ca. 325 m langt.

Profilet foreslås utredet som en del av hovedprosjektet med grunnlag i supplerende grunnundersøkelser. Det er derfor ikke utført profilering eller stabilitetsberegninger for dette profilet nå.

2.7.5.3 Profil 7-3 - profil fra Berg prestegård til Stavne-Leangenbanen

Profilet går fra Berg prestegård i retning sørvest, over de sentrale deler av Prestegårdsjordet ned mot Stavne – Leangenbanen sør for Lars Onsagers vei, der profilet slutter. Omrørte skredmasser fra et skred langs dette profilet kan følge terrenget nedstrøms langs Stavne – Leangen banen og i verste fall oversvømme området ved Lerkendalsbygget og NINAs nybygg. På grunn av terrengforhold, retning for og obstruksjoner i skredbanen er det imidlertid lite trolig at dette scenarioet vil inntreffe.

Det henvises til tegning 414871-3 for nærmere oversikt over beliggenheten. Tegning 414871-105 viser lengdeprofil med utvalgte boringer.

Profilet er ca. 290 m langt.

Stabiliteten langs profilet er tidligere utredet av Multiconsult for Norsk Institutt for Naturforsknings (NINA) nybygg ved NTNU Lerkendalsbygget /14/.

Dimensjoneringsparametrene er i hovedsak basert på resultater fra rutine-, ødometer og treksialforsøk fra tidligere og supplerende grunnundersøkelser på Prestegårdsjordet (/15/), langs Strindveien fra Jonsvannsveien ned mot Stavne-Leangenbanen /67/ og langs Dybdahls vei /64/.

Resultater fra ødometerforsøk viser et prekonsolideringsforhold på 2-3 i øvre del av området ved Berg prestegård og nedover mot Richard Birkelands vei/Strindveien. Rambølls grunnundersøkelser i forbindelse med utbygging av Berg studentby indikerer et tidligere terrengnivå på kote +73 - +76 i dette området /46/ /47/, noe som antas representativt også for forholdene på Prestegårdsjordet. For vurdering av prekonsolideringstilstand er det antatt et øvre terrengnivå på ca. kote +76 på østsiden av Strindveien, skrånende ned til ca. kote +53 på Gløshaugen-plataet. I tillegg er det tatt utgangspunkt i en målt prekonsolideringsspenning på $\Delta\sigma' = 350-400$ kPa fra en serie ødometerforsøk på Prestegårdsjordet, tilsvarende et terrengnivå på kote +42.

Leirlaget er middels fast til fast, med udrenert skjærfasthet $s_u = 40 - 80$ kPa og består delvis av sensitive masser med sensitivitet 10 - 20. I leirlaget varierer udrenert skjærfasthet mellom 40 og 60 kPa, mens skjærfastheten for laget med sprøbruddmateriale er noe lavere og ligger mellom 25 og 40 kPa. Skjærfasthetsreduksjonen kan være noe påvirket av prøveforstyrrelse. Sensitiviteten i sprøbruddmaterialet varierer mellom 80 og 260.

Anisotropiforholdene mellom aktiv og passiv skjærfasthet er bestemt fra treaksialforsøk med verdier mellom 0,39 og 0,56. Dette er betydelig høyere enn vanlige erfaringstall for anisotropiforholdet, og det er derfor valgt å benytte erfaringstall inntil høyere verdier kan dokumenteres fra flere forsøksresultater i trønderske leirer.

Anisotropiforholdene er basert på erfaringstall fra tidligere laboratorieforsøk på høykvalitets prøver, bl.a. presentert av Karlsrud et. al /5/ /6/. For typiske magre kvikkleirer ($I_p < 5$ %) er det tidligere dokumentert svært lave ADP-forhold. I revisjon av beregningene er derfor følgende anisotropiforhold benyttet:

Forholdet mellom direkte skjær og aktiv skjærfasthet: $s_{uD}/s_{uA} = 0,60$

Forholdet mellom passiv og aktiv skjærfasthet: $s_{uP}/s_{uA} = 0,30$

I treaksialforsøkene er karakteristisk friksjonsvinkel stort sett bestemt ved 0,75 - 1,5 % aksial tøyning. Karakteristisk friksjonsvinkel ϕ_k for aktive forsøk varierer mellom 27,4° og 31,0° for prøver med tilfredsstillende eller perfekt kvalitet. Tilhørende attraksjon varierer mellom 4 og 8 kPa. Fellestolkning basert på samleplott av sammenlignbare spenningsstier gir $\phi_k = 27 - 29^\circ$. Tilhørende attraksjon er henholdsvis 8 og 5 kPa. Det er her ikke funnet grunnlag for å skille mellom ikke-sensitiv og sensitiv leire ved uttak av effektive skjærfasthetsparametre.

I øvre del av profilet er det tatt utgangspunkt i hydrostatisk poretrykksfordeling fra en antatt grunnvannstand under tørrskorpelaget på ca. 2,0 m under terreng. I nedre del av profilet ligger grunnvannstanden ca. 10 m under terreng, noe økende fra nord til sør i profilet.

Utfyllende kommentarer til lagdeling og parametervalg er sammenfattet i vedlegg 6.4.3.

2.7.5.4 Profil 7-4 - profil fra Berg prestegård til NTNU Driftssentralen

Profilet går fra Berg prestegård i noe mer vestlig retning enn Profil 7-3. Omrørte skredmasser fra et skred langs dette profilet kan følge terrenget nedstrøms på østsiden av Materialteknisk institutt og NTNU Driftssentral og i verste fall oversvømme området ved Lerkendalsbygget. Det henvises til tegning 414871-3 for nærmere oversikt over beliggenheten.

Tegning 414871-106 viser lengdeprofil med utvalgte boringer.

Profilet er ca. 380 m langt.

Stabiliteten langs profilet er tidligere utredet av Multiconsult for Norsk Institutt for Naturforskning (NINA) nybygg ved NTNU Lerkendalsbygget /14/.

Utfyllende kommentarer til lagdeling og parametervalg er sammenfattet i vedlegg 6.4.3

Det henvises også til nærmere beskrivelse av grunnforholdene i kapittel 2.7.5.3.

2.7.5.5 Profil 7-5 - profil fra Berg prestegård til NTNU Lerkendalsbygget

Profilet går fra Berg prestegård i retning vest-sørvest og følger kvikkleiresonen ned mot Kjemihallen. Der bøyer profilet litt av og fortsetter ned skråningen forbi Realfagsbygget og frem mot Lerkendalsbygget. Det henvises til tegning 414871-3 for nærmere oversikt over beliggenheten. Tegning 414871-107 viser lengdeprofil med utvalgte områder.

Profilet er ca. 480 m langt.

Stabiliteten langs profilet er tidligere utredet av Multiconsult for Norsk Institutt for Naturforskning (NINA) nybygg ved NTNU Lerkendalsbygget /14/.

Utfyllende kommentarer til lagdeling og parametervalg er sammenfattet i vedlegg 6.4.4.
Det henvises også til nærmere beskrivelse av grunnforholdene i kapittel 2.7.5.3.

2.7.6 Vurdering av stabiliteten i kritiske områder

2.7.6.1 Delområde 1 – Duedalen – Lillegårdsbakken

Sammendrag av resultater

I nye stabilitetsanalyser er det kun utført avanserte totalspenningsanalyser (ADP-analyser) på sirkulærsylindriske glideflater, se vedlegg 3.1.

For det globale Profil 1-1 fra Duedalen til Petersborg er minimum sikkerhetsfaktor for udrenert totalspenningstilstand med bruk av ADP-analyse beregnet til $\gamma_m = 1,37$ for sirkulærsylindriske glideflater, med verdier mellom 1,37 – 2,06, se resultater i vedlegg 3.1 og tegning 414871-200. Dette er nær tilfredsstillende sikkerhet i henhold til kravene i /1/, og det kreves kun en marginal forbedring av sikkerheten i dette profilet. Resultatene viser noe høyere sikkerhet enn tidligere beregninger /57/, men dette kan skyldes forbedret parametergrunnlag og mer presise analyser. Drenert langtidssikkerhet er ikke beregnet, men det forventes at denne vil tilfredsstille kravene i /1/ med god margin.

For den lokale stabilitetsundersøkelsen i Profil 1-2 fra Skanseгатen til Lillegårdsbakken er minimum sikkerhetsfaktor for udrenert totalspenningstilstand med bruk av ADP-analyse beregnet til $\gamma_m = 1,07 - 1,09$ for sirkulærsylindriske glideflater, se resultater i vedlegg 3.1 og tegning 414871-201. Dette er for lav sikkerhet i henhold til kravene i /1/, og det kreves en forbedring på ca. 12,5 % til minst $\gamma_m = 1,20$ for at stabiliteten skal være tilfredsstillende. Forbedringsbehovet er basert på en situasjon med **Middels** faregrad, tiltaksklasse **K3** og laveste beregningsmessige sikkerhet i nå-situasjonen (1,07).

Beregnete verdier gir vesentlig høyere sikkerhet enn den som ble beregnet av NGI i 1955 /50/ (0,6 – 0,7), der skjærfasthet målt med vingebor og konus ble lagt til grunn. Beregnet sikkerhet er imidlertid vesentlig lavere i forhold til rapporterte verdier i Flateland & Egeland /79/, der sikkerheten på totalspenningsbasis ble bestemt til ca ~1,35, basert på skjærfasthetsverdier fra treksialprøver konsolidert til omtrent samme nivå som prekonsolideringsspenningen.

Drenert langtidssikkerhet er foreløpig ikke beregnet, men det forventes at denne vil tilfredsstille kravene i /1/ med god margin.

Et eventuelt initialskred ved Nidelven vil ha en avstand på ca. 400 m opp til Duedalen. Erfaringsmessig utbredelsesdistanse er estimert til 0,6 km med høydereferanse til samme. Hvis det forutsettes et kontinuerlig kvikkleirelag over hele strekningen kan altså en bakovergripende skredutvikling nå Duedalen som følge av et initialskred nede ved Nidelven. Vurderingene forutsetter tilnærmet horisontale skredgroper, mens vi i dette tilfellet vil ha en skredgrop med vesentlig større helning. Det foreligger imidlertid lite erfaringsdata for slike tilfeller.

Resultater fra tidligere grunnundersøkelser innenfor sone 183 Øvre Bakklandet – Singsaker tyder på at kvikkleiresonen ikke består av kontinuerlige lag med sprøbruddmateriale. Det er blant annet påvist lag med fastere, ikke sensitive masser i nedre del av skråningen ved Lillegårdsbakken. Påviste lag har også forskjellig mektighet. Scenarioet kan likevel være aktuelt, men i mindre omfang, i andre deler av området.

Mulige sikringstiltak

Området er forholdsvis tett bebygget, spesielt i nedre del, og det er derfor vanskelig å gjennomføre konstruktive sikringstiltak for å bedre lokal eller globalstabiliteten, for eksempel ved hjelp av motfyllinger. Det vil derfor være nødvendig med en streng håndtering av nye tiltak og endret arealbruk innenfor sonen, spesielt i områdets nedre del. Dagens boligmonster tilsier små muligheter for videre fortetting i dette området, med unntak av det åpne området mellom

Skansegaten og Lillegårdsbakken. Det er påvist i forprosjektet at sikkerheten i denne skråningen er anstrengt, og at sikringstiltak vil være nødvendige for å bedre sikkerheten. For øvrig vil det være nødvendig å se til at sikringskonstruksjoner med bolverk og plastring/steinfyllinger mot Nidelven er intakte og fungerer etter hensikten. Det er også nødvendig å følge opp erosjonstilstanden for elvebunnen regelmessig i samarbeid med NVE.

2.7.6.2 Delområde 3 – Bakklandet – Nedre Singsaker sør

Sammen drag av resultater

Resultater fra stabilitetsberegningene i globalt Profil 3-1 er sammenfattet i vedlegg 3.2 og vist i tegning 414871-202. Minimum sikkerhetsfaktor for udrenert totalspenningstilstand med bruk av ADP-analyse er beregnet til $\gamma_m = 0,96$ for sirkulærsylindriske glideflater, med variasjon mellom 0,96 og 2,49 langs profilet. Dette er for lav sikkerhet i henhold til kravene i /1/, og det kreves en forbedring på ca. 15 % til minst $\gamma_m = 1,15$ for at stabiliteten skal være tilfredsstillende. Forbedringsbehovet er basert på en situasjon med **Middels** faregrad, tiltaksklasse **K3** og laveste beregningsmessige sikkerhet i nå-situasjonen (0,96). Det er ingen sammenlignbare resultater fra tidligere beregninger for dette profilet. Det bør bemerkes at det er benyttet konservative antagelser der beregningsgrunnlaget ikke har gitt tilstrekkelig informasjon.

Resultater fra stabilitetsberegningene i lokalt Profil 3-2 er sammenfattet i vedlegg 3.2 og vist i tegning 414871-203, både for total- og effektivspenningsanalyse. Minimum sikkerhetsfaktor for udrenert totalspenningstilstand med bruk av ADP-analyse er beregnet til $\gamma_m = 0,97$ for sirkulærsylindrisk glideflate. Dette er for lav sikkerhet i henhold til kravene i /1/, og det kreves en forbedring på ca. 15 % til minst $\gamma_m = 1,15$ for at stabiliteten skal være tilfredsstillende. Forbedringsbehovet er basert på en situasjon med **Middels** faregrad, tiltaksklasse **K3** og laveste beregningsmessige sikkerhet i nå-situasjonen (0,97). Faregraden kan endres i ny klassifisering.

Beregnet sikkerhetsfaktor på effektivspenningsbasis (drenert langtidstilstand, sirkulære glideflater) fra tidligere beregninger er høyere enn i ADP-analysen og viser en langtidssikkerhet på mellom 1,2 og 2,2. Dette er også noe i underkant av akseptabel sikkerhet i henhold til kravene.

Innenfor dette området er det knyttet stor interesse til mulighetene for et langstrakt skred fra dette området opp mot Høgskoledalen. Nyere funn av kvikkleire i dette området tilsier at det kan være kontinuerlige kvikkleireforekomster i dette området som knytter kvikkleiresonene 183 Øvre Bakklandet –Singsaker og 188 Berg studentby sammen. Et eventuelt initialskred ved Nidelva vil ha en avstand på ca. 0,5 km til Høgskoledalen. Erfaringsmessig utbredelsesdistanse er estimert til 0,6 km med referanse og høydedifferanse til Høgskoledalen. Med forutsetninger om et kontinuerlig lag med sprøbruddmateriale over hele strekningen kan skredets utbredelse altså nå Høgskoledalen. De samme vurderingene tilsier imidlertid at det er tvilsomt om skredet vil kunne utvikle seg videre. Vurderingene forutsetter tilnærmet horisontale skredgroper, mens vi i dette tilfellet vil kunne ha en skredgrop med vesentlig større helning. Det foreligger imidlertid lite erfaringsdata for slike tilfeller.

Resultater fra tidligere grunnundersøkelser innenfor sone 183 Øvre Bakklandet – Singsaker tyder på at kvikkleiresonen ikke består av kontinuerlige lag med sprøbruddmateriale. Det er blant annet påvist et lag med fastere, ikke sensitive masser ved Neufeldts gate. Påviste lag har også forskjellig mektighet. Den første forutsetningen over synes således ikke å være oppfylt.

Scenarioet kan likevel være aktuelt, men i mindre omfang, men med et initialskred nede ved Nidelven som sprer seg i kvikkleiresonen til mindre sensitive masser hindrer videre skredutvikling. Disse forholdene må utredes nærmere som en del av hovedprosjektet, og betinger supplerende grunnundersøkelser mellom øvre deler av Delområde 3 og Delområde 5 med Høgskoledalen.

Mulige sikringstiltak

Området er forholdsvis tett bebygget, spesielt i øvre del, og det er derfor vanskelig å gjennomføre konstruktive sikringstiltak for å bedre lokal eller globalstabiliteten. Det er tidligere gjennomført stabiliseringstiltak på deler av elvestrekningen mellom Elgeseter bro og tidligere Trondhjems jernindustri /24/ /25/, noe som har bedret lokalstabiliteten i denne del av området betraktelig. Det er imidlertid påvist i forprosjektet at sikkerheten i dette området fremdeles er anstrengt, og at det bør gjennomføres sikringstiltak for å bedre sikkerheten til akseptabelt nivå ($\gamma_m > 1,4$ eller tilstrekkelig prosentvis forbedring). Videre stabiliseringstiltak i dette området er teknisk mulig, men vil kreve endringer i dagens parkområde og strandpromenade. Det vil derfor fortsatt være nødvendig med en streng håndtering av nye tiltak med endret arealbruk innenfor sonen, spesielt i områdets nedre del.

Dagens boligmonster tilsier små muligheter for videre fortetting i øvre del av området, med unntak av enkelte åpne områder med begrenset utstrekning. For øvrig vil det være nødvendig å se til at sikringskonstruksjoner med bolverk og plastring/steinfyllinger mot Nidelven er intakte og fungerer etter hensikten. Det er også nødvendig å følge opp erosjonstilstanden for elvebunnen regelmessig i samarbeid med NVE.

2.7.6.3 Delområde 5 – Gløshaugen øst – Høgskoledalen

Sammendrag av resultater.

Stabilitet for dagens tilstand er beregnet både med drenert, langtidseffektivspenningsanalyse og udrenert avansert totalspenningsanalyse (ADP-analyse), og med sirkulærsylindriske og sammensatte glideflater. Udrenert stabilitetsanalyse forutsetter at det skjer en endring i belastnings- eller mobiliseringstilstanden i jorden som medfører en udrenert spenningsendring i jorden som kan medføre brudd.

Resultater fra stabilitetsberegningene i Profil 5-1 er sammenfattet i vedlegg 3.3 og vist i tegning 414871-204.1 til -204.2, både for total- og effektivspenningsanalyse. Minimum sikkerhetsfaktor for udrenert totalspenningstilstand med bruk av ADP-analyse er beregnet til $\gamma_m = 1,11$ for sirkulærsylindrisk glideflate og $\gamma_m = 1,26$ for sammensatt glideflate. Dette er for lav sikkerhet i henhold til kravene i /1/, og det kreves en forbedring på ca. 11 % til minst $\gamma_m = 1,23$ for at stabiliteten skal være tilfredsstillende. Forbedringsbehovet er basert på en situasjon med **Middels** faregrad, tiltaksklasse **K3** og laveste beregningsmessige sikkerhet i nå-situasjonen (1,11).

Beregnet sikkerhetsfaktor på effektivspenningsbasis (drenert langtidstilstand, sirkulære glideflater) er høyere enn i ADP-analysen og viser en langtidssikkerhet på mellom 1,90 og 3,00 som er tilstrekkelig i henhold til kravene.

Resultater fra stabilitetsberegningene i Profil 5-2 er sammenfattet i vedlegg 3.3 og vist i tegning 414871-205.1 til -205.3, både for total- og effektivspenningsanalyse. Minimum sikkerhetsfaktor for udrenert totalspenningstilstand med bruk av ADP-analyse beregnet til $\gamma_m = 1,12$ for sirkulærsylindrisk glideflate. Dette er for lav sikkerhet i henhold til kravene i /1/, og det kreves en forbedring på ca. 11 % til minst $\gamma_m = 1,24$ for at stabiliteten skal tilfredsstillende /1/. Forbedringsbehovet er basert på en situasjon med **Middels faregrad**, tiltaksklasse **K3** og laveste beregningsmessige sikkerhet i nå-situasjonen (1,12).

Beregnet sikkerhetsfaktor på effektivspenningsbasis (drenert langtidstilstand, sirkulære glideflater) er høyere enn i ADP-analysen og viser en langtidssikkerhet på mellom 1,49 og 2,10 som er tilstrekkelig i henhold til kravene.

Resultater fra stabilitetsberegningene i Profil 5-3 er sammenfattet i vedlegg 3.3, og vist i tegning 414871-206.1-5, både for total- og effektivspenningsanalyse. I tillegg er det utført stabilitetsanalyser for stabiliseringsalternativer 1 og 2 med motfyllingsarrangementer nede i Høgskoledalen. Minimum sikkerhetsfaktor for udrenert totalspenningstilstand med bruk av ADP-analyse er beregnet til $\gamma_m = 0,98$ -1,10 for sirkulærsylindrisk glideflate og $\gamma_m = 1,28$ -1,73 for

sammensatt glideflate i sørskråningen (alle byggefaser inkludert). Dette er for lav sikkerhet i henhold til kravene i /1/, og det kreves i henhold til NVE veilederen en forbedring på ca. 15 % til minst $\gamma_m = 1,15$ for at stabiliteten skal tilfredsstillende /1/. Forbedringsbehovet er basert på en situasjon med **Middels** faregrad, tiltaksklasse **K3** og laveste beregningsmessig sikkerhet i nå-situasjonen (ca. 1,00).

Beregnet sikkerhetsfaktor på effektivspenningsbasis (drenert langtidstilstand) er høyere enn i ADP-analysen og viser en langtidssikkerhet på 1,87 (sirkulær glideflate). Dette er tilstrekkelig i henhold til kravene.

Resultater fra stabilitetsberegningene i Profil 5-4 i østre del av Høgskoledalen er sammenfattet i vedlegg 3.3 og vist i tegning 414871-207.1 og -207.2. Minimum sikkerhetsfaktor for udrenert totalspenningstilstand med bruk av ADP-analyse er beregnet til $\gamma_m = \sim 1,38$ for sirkulærsylindrisk glideflate. Tilstanden tilsvarer naturlig terreng i Høgskoledalen før oppfylling, dvs. ca. kote +30. Dette er tilnærmet akseptabel sikkerhet for opprinnelig tilstand i henhold til kravene i /1/. For dagens terreng etter oppfylling til ca. kote +35 er sikkerheten ca. $\gamma_m = \sim 1,65$. Dette er tilstrekkelig sikkerhet for denne skråningen, som virker å være stabil med tilstrekkelig sikkerhet. Endring i sikkerhet ved tidligere oppfylling representerer en prosentvis forbedring på ca. 20 %. Tilsvarende vurdering må gjøres for de andre profilene på vest- og sørsiden av Høgskoledalen.

Beregnet sikkerhetsnivå samsvarer bra med tidligere stabilitetsanalyser for sørskråningen i Høgskoledalen, utført i forbindelse med bygging av det gamle Geologibygget. Beregninger på drenert effektivspenningsbasis med bruk av lamellemetode viste en sikkerhetsfaktor mellom 1,65 og 2,0. Selv om bebyggelsen har endret seg noe i området siden den gang, indikerer dette et sikkerhetsnivå som også ser ut til å være retningsgivende for dagens drenerte tilstand.

Lokalstabiliteten for nedre del av skråningen mot ballplassen i Høgskoledalen er beregnet med et sikkerhetsnivå mellom $\gamma_m = 1,18$ og 2,44. Stabiliteten i foten av skråningen vurderes derfor å tåle en moderat motfylling i dette området, sett i forhold til dagens beregnede sikkerhet. Dette gjelder også for situasjonen etter utlegging av motfylling i skråningen.

Det er ikke tatt spesielt hensyn til 3D-effekter i stabilitetsberegningene. Der slike effekter opptrer, som regel på grunn av topografiske og terrengmessige forhold, vil de ha en gunstig virkning på stabiliteten. Særlig vil dette gjelde Profil 5-3 fra Kjemihallen til Høgskoledalen, der 3D-effekter på vil kunne gi høyere sikkerhet enn beregnet på grunn av topografiske forhold. Ved endelig utforming av sikringstiltakene i Høgskoledalen bør 3D-effekter derfor trekkes inn i beregningene for eventuelt å redusere omfanget av motfylling i Høgskoledalen.

I videre analyser er det spesielt interessant å vurdere stabilitetsforholdene mot nord, der mulighetene for en sammenhengende korridor med sprøbruddmateriale mellom Høgskoledalen og Nidelven er til stede. Ettersom det er behov for oppfylling i Høgskoledalen for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet, spesielt i nordre del av området, vil man kunne komme i en situasjon der man øker belastningsnivået på toppen av skråningen ned mot Bakklandet og Nidelven. Sikkerheten for denne situasjonen må avklares i hovedprosjektet, og vil kreve supplerende grunnundersøkelser for å avdekke kvikkleireforholdene i øvre del av Delområde 3 og Høgskoledalen i Delområde 5.

Mulige sikringstiltak

Forbedring av stabiliteten i området kan i prinsippet oppnås med terrenginngrep i området, som for eksempel reduksjon av vekt på skråningstopp eller ved motfylling i bunn av skråning. Forholdene på denne del av Gløshaugplataet ligger imidlertid ikke vel til rette for dette på grunn av tett bebyggelse og mye infrastruktur, men noen muligheter finnes. En mulighet for et permanent sikringstiltak vil være en moderat avlastning av terrenget på toppen av skråningen der det i dag er plassert et midlertidig anlagt brakkekompleks. Ettersom sprøbruddmaterialet

ligger dypt er det ingen risiko for eksponering av dette laget ved avtaking av masse på toppen av skråningen.

Et annet stabiliseringstiltak vil være å etablere motfyllinger i nedkant av skråningen slik at man oppnår en bedring av stabiliteten. Motfyllingene kan etableres på forskjellig vis, men generelt må massen plasseres slik at det stabiliserende moment tilleggsmassen representerer blir størst mulig.

I det aktuelle tilfellet er det mulig å legge ut masse i sørskråningen i Høgskoledalen. I denne omgang har vi på orienterende nivå estimert den stabiliserende effekt av motfylling i Høgskoledalen for de to forskjellige alternativene, se /16/. Et orienterende omfang av de to stabiliseringsalternativene kan fås fra stabilitetsberegningene i tegningene 414871-206.1 til -206.4 og 414871-207.1 til -207.2.

- Alternativ 1: Motfylling starter i terrengnivå ved brakkekompleks ved topp skråning og legges slik at skråningen får en jevn helning ned mot ballplass i bunnen av skråningen. Dette gir relativt mye masse tilført området, og en del av massen nær topp skråning vil virke forverrende på stabiliteten totalt sett. Dette alternativet vil ha en fordel ved at det gir en slakere adkomst ned i Høgskoledalen fra sør.
- Alternativ 2: Terrassert løsning der dagens topografi videreføres, men der terrassehøyden økes for plassering av stabiliseringsmassen. Fordelen med dette alternativet er at det tilføres mindre masse, men stabiliseringseffekten er bedre fordi massen plasseres gunstigere i skråningen. Rent estetisk menes også dette og være en bedre løsning.

Ved etablering av motfylling i henhold til foreslått Alternativ 1, med en jevnt skrånende helning av motfyllingen fra brakkene på topp av sørskråningen ned i Høgskoledalen, oppnås for eksempel en betydelig forbedret minstesikkerhet til $\gamma_m = 1,18-1,24$ for sirkulærsylindrisk flate og 1,41 for sammensatt flate (Fase 1). Dette viser at en riktig anlagt motfylling i Høgskoledalen potensielt kan forbedre stabiliteten i sørskråningen i tilstrekkelig grad. Tilsvarende fremgangsmåte må gjennomføres for vurdering av vestskråningen mot Høgskoleringen.

En terrassert motfyllingsløsning i Alternativ 2, med heving av terrassehøyden i forhold til dagens topografi, vil gi en beregningsmessig minstesikkerhet på 1,23 for sylindrisk og 1,40 for sammensatt flate (byggefase 2-4). Dette alternativet vil imidlertid ikke gi en tilstrekkelig forbedring av sikkerheten for alle potensielle glideflater i henhold til /1/ og fremstår derfor som en dårligere utforming av sikringstiltakene.

I forbindelse med utvidelse av NTH på 1950- og 1960-tallet ble det utført stabilitetsvurderinger fra Gløshaugplataet og ned mot Høgskoledalen, blant annet ved VTL og ved det tidligere Geologibygget nær sørskråningen av Høgskoledalen. Som følge av stabilitetsvurderingene ble det utført en oppfylling av Høgskoledalen for å bedre stabilitetsforholdene. Multiconsult har ikke utført en full vurdering av disse arbeidene i forprosjektet, men dette bør gjennomføres som en del av hovedprosjektet. Det kan da vurderes om denne tidlige oppfyllingen kan trekkes inn i forbindelse med nødvendig stabilitetsforbedring i området, i tråd med NVEs retningslinjer. I disse detaljerte beregningene må også innflytelse av 3D-effekter på lokal og global stabilitet vurderes nærmere.

Etter det Multiconsult kjenner til har Studentsamskipnaden planer om utvidelse av idrettsanlegget i Høgskoledalen, der det kan være aktuelt med noe oppfylling av området. I tillegg arbeides det med oppgradering/påbygging av Gamle Metallurgi (Solbygget) og Varmetekniske laboratorier (VTL). Sikringstiltak for de planlagte byggearbeidene bør ses i sammenheng, slik at det oppnås en helhetlig stabilitetsforbedring for alle skråningene mot Høgskoledalen. Supplerende grunnundersøkelser i motfyllingsområdet vil være nødvendig,

blant annet for en mer nøyaktig kartlegging av dybde til og mektighet av kvikkleireforekomstene i området.

2.7.6.4 Delområde 7 – Prestegårdsjordet

Sammendrag av resultater

Stabiliteten på Prestegårdsjordet ble utredet av Multiconsult for Norsk Institutt for Naturforskning (NINA) nybygg ved NTNU Lerkendalsbygget /14/. Vedlegg 3.4 viser resultater fra stabilitetsberegninger med reviderte sikkerhetsfaktorer basert på resultater fra supplerende grunnundersøkelser.

Stabiliteten for Profil 7-1 og Profil 7-2 må utredes nærmere i hovedprosjektet da det kreves ytterligere informasjon om grunnforholdene gjennom supplerende grunnundersøkelser. Det er derfor ikke utført profilering eller stabilitetsberegninger i disse profilene nå.

For Profil 7-3 mellom Berg prestegård og nedre del av Prestegårdsjordet ved Stavne – Leangenbanen er minimum sikkerhetsfaktor for udrenert totalspenningstilstand med bruk av ADP-analyse og SHANSEP-tilpasning beregnet til $\gamma_m = 1,13$ for sirkulær flate og 1,27 for sammensatt glideflate, se vedlegg 3.4 og tegning 414871-208. Sikkerheten tilfredsstillende således ikke kravene i /1/. Analysene er imidlertid basert på opprinnelig antatte og forholdsvis konservative antagelser av grunnforholdene, og reell sikkerhet på totalspenningsbasis ligger noe høyere, se diskusjonen for Profil 7-4.

Sikkerheten på drenert effektivspenningsbasis ligger mellom $\gamma_m = 1,73$ og $\gamma_m = 1,83$ for sirkulære glideflater og $\gamma_m = 1,97$ og $\gamma_m = 2,34$ for sammensatte flater. Sikkerheten på langtidsbasis er derved tilfredsstillende.

For Profil 7-4 mellom Berg prestegård og NTNU Driftssentralen er minimum sikkerhetsfaktor for udrenert totalspenningstilstand med bruk av ADP-analyse med SHANSEP-tilpasning beregnet til $\gamma_m = 1,44 - 1,62$ for sirkulære glideflater og 1,64 - 1,73 for sammensatte flater, se vedlegg 3.4 og tegning 414871-209.1 og -209.2. Beregningene er revidert med bakgrunn i resultater fra supplerende grunnundersøkelser, og gir et riktigere bilde av stabilitetsforholdene i området enn de opprinnelige analysene. Sikkerheten tilfredsstillende således kravene i /1/.

For øvre del av Profil 7-5 er opprinnelig minimum sikkerhetsfaktor for udrenert totalspenningstilstand med bruk av ADP-analyse beregnet til mellom $\gamma_m = 0,78$ og 1,21. For en SHANSEP-tilpasning, som gir en noe mer presis vurdering av skjærfasthetsvariasjonene, er sikkerheten noe større, mellom 1,14 og 1,28, se vedlegg 3.4 og tegning 414871-210.1-2. Beregnet sikkerhetsfaktor på effektivspenningsbasis (drenert langtidstilstand) varierer mellom 1,34 og 2,29 for de aktuelle flatene og er stort sett tilfredsstillende.

Basert på reviderte grunnforhold er minimum sikkerhetsfaktor for udrenert totalspenningstilstand med bruk av ADP-analyse beregnet til mellom $\gamma_m = 1,66$ og 1,87 (sammensatte glideflater) og 1,43 til 1,53 (sirkulære glideflater) for øvre del av Profil 7-5. Sikkerhetsfaktor på effektivspenningsbasis (drenert langtidstilstand) er ikke beregnet på nytt, da denne tidligere er funnet tilfredsstillende. Med sikrere parameterbestemmelser fra supplerende grunnundersøkelser er derved stabiliteten i dette profilet tilfredsstillende.

For nedre del av Profil 7-5, skråningen mellom Materialteknisk institutt og området ved Lerkendalsbygget, er minimum sikkerhetsfaktor for udrenert totalspenningstilstand med bruk av ADP-analyse beregnet til $\gamma_m = 1,77$, se vedlegg 3.4 og tegning 414871-210.1-2. For en SHANSEP-tilpasning, som gir muligheter for en vurdering av skjærfasthetens variasjon med konsolideringsforholdene, beregnes sikkerheten til mellom 1,66 og 1,94. Sikkerheten i nedre del av Profil 7-5 synes derfor å være bedre enn øverst i profilet, og tilfredsstillende med god margin kravene i /1/, også for drenerte langtidsanalyser. Dette underbygges av stabilitetsberegningene som ble utført for prosjektering av Realfagbygget i skråningen nord for Lerkendalsbygget /12/ /13/, se vedlegg 3.4. Sikkerheten ble her beregnet til $\gamma_m > 1,4$ for samtlige utvalgte profiler i skråningen mellom Kjemiblokkene og Materialteknisk institutt. Stabilitetsanalyser følger

noenlunde de samme prinsipper og forutsetninger som er gjort i denne rapporten. En nærmere beskrivelse av profilenes beliggenhet, samt forutsetninger for parametervalg og stabilitetsberegninger er samlet i /12/ og /13/.

Mulige sikringstiltak

Vestre del av kvikkleiresone 188 Berg studentby er gjennom arbeid med annet oppdrag på Gløshaugplataet (nybygg NINA) nylig undersøkt og dokumentert med stabilitetsberegninger. Stabiliteten er imidlertid ikke vurdert i alle deler av delsonene, og det gjenstår derfor noe arbeid før sonen kan sies å være fullstendig utredet. Det utelukkes ikke at stabiliteten kan være dårligere i andre profiler enn de som foreløpig er vurdert, og at det derfor vil være behov for sikringstiltak i deler av sonen. Dette kan i prinsippet oppnås med terrenginngrep, som for eksempel reduksjon av vekt på skråningstopp eller ved motfylling i bunn av skråninger.

Forholdene innenfor de vestre delsonene ligger imidlertid ikke vel til rette for mekaniske stabiliseringstiltak på grunn av tett og etablert bebyggelse og godt utbygget infrastruktur. Det vil av disse og andre årsaker derfor være vanskelig å etablere kontinuerlige sikringstiltak i nødvendig omfang for å oppnå en permanent stabilitetsforbedring av området.

2.8 Revisjon av faresoneinndeling

Multiconsult har utarbeidet et grunnlag som kan benyttes for en revidert faresoneinndeling i hovedprosjektet. Utgangspunktet er den gjeldende faresoneinndelingen for området (se vedlegg 1), samt Multiconsults gjennomgang av tidligere og nye bordata. Revisjonen av faresoneinndelingen er foreløpig og ment som et grunnlag for nærmere utredning i hovedprosjektet, blant annet på bakgrunn av supplerende grunnundersøkelser.

Det må bemerkes at enkelte tidligere boringer som klassifiserer materialer som kvikkleire delvis ble utført på 1950-tallet, da det ble benyttet en annen definisjon enn den som brukes i dag ($s_r < 0,5$ kPa).

På grunn av topografiske og geologiske forhold anses det som usannsynlig at alle delområdene med forekomst av sprøbruddmateriale kan rase ut i ett og samme skred. Det er derfor hensiktsmessig å dele inn området i ulike faresoner, der en faresone i prinsippet gjenspeiler maksimal lokal utbredelse av ett enkeltstående skred. Prosjektområdet er etter dette underinndelt i faresoner etter prinsippene beskrevet i NGI rapport 20001008-2 /2/. Inndelingen er i hovedsak basert på forekomst av kvikkleire, men topografiske forhold og barrierer i form av soner med ikke-sensitive materialer oppstikkende berg eller bergterskler er også vurdert. Det er på dette grunnlag utført ny faregradsevaluering av soner med betydelig innslag av sprøbruddmateriale, se vedleggene 2.1 – 2.4 for detaljerte resultater.

I følge tidligere og nye boringer på Gløshaugplataet er det påvist kvikkleire i en smal korridor, langs og på begge sider av Høgskoleringen og ned i Høgskoledalen. Tidligere begrensninger for kvikkleiresone 183 Øvre Bakklandet – Singsaker er omtrent midt på idrettsplassen i Høgskoledalen, mens sone 188 Berg studentby stopper omtrent ved Kjemiblokken, se vedlegg 1. Korridoren med påvist kvikkleire kan innebære mulighetene for en sammenhengende kvikkleiresone fra sone 188 Berg studentby via Gløshaugplataet og ned mot sone 183 Øvre Bakklandet – Singsaker. Det er tatt hensyn til disse resultatene i vårt foreløpige forslag til nye utbredelsessoner, som må videreutvikles til en revidert faresoneinndeling i hovedprosjektet.

Med referanse til tegning 414871-5 er det benyttet samme fargekoding som for kvikkleirestatus i enkeltboringer, men med noe forskjellig begrunnelse:

Rød:	Det er påvist kvikkleire (K) med $s_r < 0,5$ kPa eller sensitiv leire (S) med $0,5 < s_r < 2,0$ kPa og $S_t > 15$ i mektige og antatt kontinuerlige lag over større avstand. Samlet omtales disse materialene som sprøbruddmateriale, som karakteriseres ved en utpreget sprøbruddoppsørsel med betydelig reduksjon i fasthet ved tøyninger større enn bruddtøyningen.
Oransje:	Det er påvist antatt (A) eller usikker (U) forekomst av sprøbruddmateriale i et visst omfang, men det er ikke sikker bestemmelse av kvikkleire eller sensitiv leire i borer.
Grønn:	Det er ikke påvist eller antatt sprøbruddmateriale i resultater fra felt- eller laboratorieundersøkelser. Sensitiv/kvikke materialer i tynne, antatt lokale lag kan forekomme.
Hvit:	Informasjon om borerresultater mangler og området er foreløpig ikke klassifisert.

Utbredelsessonene i det foreløpige grunnlaget til revidert faresoneinndeling kan beskrives som følger:

Rød status

Sone Duedalen - Lillegårdsbakken

Sonen dekker hele Delområde 1, se tegning 414871-5.

Faregradsevalueringen er oppsummert i vedlegg 2.1 og gir faregradsklasse "Middels".

Sone Bakklandet – Nedre Singsaker sør

Sonen dekker hele Delområde 3, bortsett fra øverste del mot Høgskoledalen der det foreligger et mangelfullt grunnlag for klassifisering med oransje status, se tegning 414871-5. Faregradsevalueringen er oppsummert i vedlegg 2.2 og gir faregradsklasse "Middels".

Sone Gløshaugen øst - Høgskoledalen

Sonen dekker hele Delområde 5, se tegning 414871-5. I tillegg grenser sonen opp til oransje sone Richard Birkelands vei – Strindveien som kan få rød status ved sikker påvisning av sprøbruddmateriale. Faregradsevalueringen er oppsummert i vedlegg 2.3 og gir faregradsklasse "Middels".

Sone Prestegårdsjordet (~188 Berg studentby vest)

Sonen dekker hele Delområde 7, se tegning 414871-5. I tillegg grenser sonen opp til oransje sone Richard Birkelands vei – Strindveien som kan få rød status ved sikker påvisning av sprøbruddmateriale. Faregradsevalueringen er oppsummert i vedlegg 2.4 og gir faregradsklasse "Lav".

I tillegg er noen soner gitt oransje status. En slik klassifisering innebærer mest sannsynlig at statusen endres til rød hvis supplerende grunnundersøkelser avdekker hittil ukjente kontinuerlige lag med sprøbruddmateriale. Følgende soner er aktuelle:

Oransje status

Sone Bakklandet – Nedre Singsaker nord (Delområde 2)

Denne sonen tilsvarer Delområde 2 i inndelingen av prosjektområdet, se tegning 414871-5. Det finnes en rekke tidligere boringer innenfor området som til dels gir oransje status i vurderingen. Boringene er i hovedsak grunne, og gir få sikre holdepunkter i forhold til dypereliggende kvikke eller sensitive lag. Det legges opp til dype supplerende boringer innenfor denne sonen for å undersøke hvorvidt forekomstene av sprøbruddmaterialene i Delområdene 1 og 3 strekker seg inn i Delområde 2 på større dyp. Dette vil i så fall helt eller delvis kunne endre sonens status til rød.

Grønn status

Delsone Richard Birkelands vei – Strindveien

I den sydøstre delen av Delområde 6 er det antatt sprøbruddmateriale i flere boringer, se tegning 414871-5. Delsonens status må vurderes nærmere på bakgrunn av supplerende grunnundersøkelser. Ved verifikasjon av sprøbruddmateriale her blir status endret til Rød, og området tilpasses til faresonene Gløshaugen Øst – Høgskoledalen og Prestegårdsjordet slik at de utgjør en sammenhengende sone.

Delsone Høgskolebakken – Høgskoledalen

Denne sonen er av stor viktighet å få kartlagt nærmere, både for avklaring av forholdene i nordre del av Gløshaugplataet og for kvikkleirestatus mellom Delområde 3 (Bakklandet - Nedre Singsaker sør) og Delområde 5 (Gløshaugen Øst – Høgskoledalen). Delsonen strekker seg langs Høgskoleveien og inn i nordre del av Høgskoledalen.

Grønne soner i tegning 414871-5 representerer soner eller delområder der det finnes et overveiende antall boringer uten indikasjon på sprøbruddmaterialer, og der et tilstrekkelig antall enkeltboringer er ført til større dyp. Dette gjelder følgende soner eller delområder:

Delsone Gløshaugen vest - Høgskoleparken

Det synes ikke å være påvist sprøbruddmaterialer i boringer eller sonderinger i denne delsonen som strekker seg fra nordre del av Hesthagen innover i Høgskoleparken.

Delsone Lerkendal sør

Søndre del av NTNU campus, begrenset av NTNU Lerkendalsbygget, Stavne-Leangen banen, Klæbuveien og Strindveien, synes stort sett å være fri for indikasjoner på sprøbruddmateriale, se tegningene 414871-2 og -5.

På bakgrunn av foreliggende boringer er det bare delsonen Hesthagen som har fått hvit status. Her er omfang av boringer meget mangelfullt, og det er foreløpig ikke mulig å gi en sikker klassifisering av eventuelle forekomster av sprøbruddmaterialer. Det bør her utføres noen spredte boringer i programmet for supplerende grunnundersøkelser for å bringe status på det rene.

2.9 Behov for supplerende grunnundersøkelser

Den innledende vurdering av områdestabiliteten har avdekket et behov for supplerende grunnundersøkelser i store deler av prosjektområdet. Dette vil kunne gi en sikrere bestemmelse

av sprobruddmaterialenes mektighet og utstrekning, en nærmere dokumentasjon av stabiliteten og et bedre grunnlag for vurdering av mulige skredvolum i forbindelse med anslag av utløpsdistanser for skred langs kritiske profiler. De supplerende grunnundersøkelsene bør gjennomføres i flere trinn i hovedprosjektet, og justeres i forhold til eventuelle funn av sprobruddmateriale som gjøres underveis.

I Trinn 1 legges det opp til et omfattende sonderingsprogram i hele prosjektområdet, samt noen boringer i tilgrensende kvikkleiresone Singsaker – Tyholt, se forslag til borplan i tegning 414871-6. Sonderingene suppleres med prøvetaking i nøkkelpunkter for profilering av grunnforholdene. Deretter gjennomføres supplerende prøvetaking og in-situ målinger og eventuelle tilleggssonderinger i Trinn 2 etter behov.

For utførelse av stabilitetsanalyser i kvikkleireterreng krever NVEs retningslinjer parameterbestemmelse med høyeste kvalitet. Det anbefales spesielt å utføre aktive og passive treaksialforsøk, eventuelt også direkte skjærforsøk, for sikrere bestemmelse av anisotropiforholdene i leiren. Disse forholdene har betydelig innflytelse på beregnet sikkerhet og bør bestemmes for profiler med kritisk stabilitet.

En mer detaljert beskrivelse av opplegget for supplerende grunnundersøkelser, inklusive foreslått omfang og metodevalg presentert på borplan er beskrevet i **Del 3 Forslag til Hovedprosjekt**. I Trinn 1 tas det sikte på å dekke soner med lite undersøkelser fra tidligere, samt supplere med dypereleggende boringer der det før er undersøkt til grunne dyp.

I Trinn 2 prioriteres trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) og høykvalitets prøvetaking i områder og profiler med dårlig stabilitet. Ambisjonen med denne del av grunnundersøkelsen er at det skal foreligge et kvalitetsmessig tilfredsstillende beregningsgrunnlag langs hvert av de utvalgte kritiske beregningsprofilene.

Kostnader for ulike faser av de supplerende grunnundersøkelsene er estimert på bakgrunn av forventede mengder. Totale kostnader er i særlig grad avhengig av omfanget av kvikkleire som avdekkes i undersøkelsen, samt behovet for høykvalitets prøvetaking og nødvendige spesialforsøk i laboratoriet.

3. Del 3: Forslag til Hovedprosjekt

3.1 Sammendrag

Trondheim kommune (TK), Studentsamskipnaden i Trondheim (SiT) og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) samarbeider om et forprosjekt for utredning av områdestabiliteten for Gløshaugen-Bakklandet kvikkleireområder. Multiconsult AS er engasjert av Trondheim kommune, på vegne av de samarbeidende partene, for utførelse av forprosjektet som grunnlag for eventuelt videre utredning. Forprosjektet etablerer et grunnlag for nærmere utredning av grunnforholdene og stabiliteten i området, og skal være et utgangspunkt for senere anbudskonkurranse for et hovedprosjekt.

Denne rapportdelen beskriver et forslag til innhold i hovedprosjektet. Hovedprosjektet skal videreføre det arbeidet som ble påbegynt i forprosjektet, slik at man oppnår en logisk sammenheng mellom de to aktivitetene, og fullt ut utnytter det grunnlag som er lagt. Aktivitetene i hovedprosjektet skal gi mer utfyllende og detaljerte vurderinger med hensyn på grunnforhold, utbredelse av sprøbruddmateriale, stabilitetsberegninger og eventuelle stabilitetsforbedrende tiltak, samt revisjon av faresoneinndeling og eventuelle restriksjoner på arealbruk.

Hovedprosjektet er strukturert i 12 hovedaktiviteter og et antall delaktiviteter, der det skal estimeres kostnader for hver delaktivitet. Estimatenes avhengig av en rekke usikkerhetsfaktorer, der de viktigste er omfanget av supplerende grunnundersøkelser i felt- og laboratorium, eventuell etablering av nye kritiske profiler med tilhørende stabilitetsberegninger og dokumentasjon. Kostnader forbundet med uavhengig kontroll representerer også en viss usikkerhetsfaktor. Det er utarbeidet en fremdriftsplan for hovedprosjektet som antyder en korteste gjennomføringstid for utførelse av alle aktiviteter på ca. 12 måneder. Det vil sannsynligvis være mulig å tilpasse fremdriften slik at utredningen prioriteres i enkelte delområder ved gjennomføringen av hovedprosjektet.

Leveranser fra hovedprosjektet forutsettes å være datarapporter og utarbeidelse av beregningsgrunnlag fra grunnundersøkelser, digitale oversikter over alle relevante boringer innenfor prosjektområdet med klassifisering av status for utbredelse av sprøbruddmateriale, hovedprosjektrapport med alle geotekniske vurderinger og analyser, samt grunnlagsrapporter med grunnforholdsdata og dokumentasjon av analyser og beregninger. Videre presenteres endelige kart og oversikt over utbredelse av sprøbruddmateriale, kritiske stabilitetsprofiler med vurdering av utløpsdistanse for skredmasser, revidert faresoneinndeling med klassifisering av faregrad, skadekonsekvens- og risikoklasse.

Med dette som utgangspunkt er kostnadsoverslaget for hovedprosjektet antydnet til kNOK **3.200**, med usikkerhet i anslaget på $\pm 15 \%$ (**475,000**), begrunnet i påvirkningsfaktorene nevnt over.

3.2 Innledning

Trondheim kommune (TK), Studentsamskipnaden i Trondheim (SiT) og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) samarbeider om et forprosjekt for utredning av områdestabiliteten for Gløshaugen-Bakklandet kvikkleireområder. Multiconsult AS er engasjert av Trondheim kommune, på vegne av de samarbeidende partene, for utførelse av forprosjektet som grunnlag for eventuelt videre utredning. Forprosjektet etablerer et grunnlag for nærmere utredning av grunnforholdene og stabiliteten i området, og skal være et utgangspunkt for senere anbudskonkurranse for et hovedprosjekt. Det vises for øvrig til rapportens Del 1 Oppsummering og Del 2 Faglig beskrivelse for nærmere beskrivelse av innholdet i forprosjektet.

Denne rapportdelen beskriver et forslag til innhold i hovedprosjektet. Dette skal videreføre det arbeidet som ble påbegynt i forprosjektet, slik at man oppnår en logisk sammenheng mellom de to aktivitetene, og fullt ut utnytter det grunnlag som er lagt. Aktivitetene i hovedprosjektet skal gi mer utfyllende og detaljerte vurderinger med hensyn på grunnforhold, utbredelse av sprøbruddmateriale, stabilitetsberegninger og eventuelle stabilitetsforbedrende tiltak, vurderinger av faresoneinndeling samt eventuelle restriksjoner på arealbruk.

3.3 Forslag til oppgaver og aktiviteter i hovedprosjektet

Oppgaver i hovedprosjekt er fra tidligere beskrevet i konkurransegrunnlagets punkt 2.4. Med utgangspunkt i dette, og de erfaringer Multiconsult har gjort i forprosjektet, foreslås følgende hoved- og delaktiviteter i hovedprosjektet.

Gjennomgang av forprosjekt

Utførende for hovedprosjektet må gjennomgå det eksisterende grunnlag fra forprosjektet og konkurransegrunnlaget, herunder Multiconsults rapport fra forprosjektet (414871-RIG-RAP-001_rev00), registrerte og klassifiserte borhullslister med grunnforholdsdata og annet grunnlagsmaterieil.

Supplerende grunnundersøkelser – Trinn 1 Kartlegging og profilering

Det er behov for supplerende grunnundersøkelser for å oppnå bedre oversikt over utstrekning av sprøbruddmateriale innenfor prosjektområdet, samt et forbedret beregningsgrunnlag for stabilitetsanalyser. I Trinn 1 foreslås vektlagt sonderinger og prøvetakinger i utvalgte punkt for en bedre kartlegging av sprøbruddmaterialenes utbredelse.

Supplerende grunnundersøkelser – Trinn 2 Parameterbestemmelse

I Trinn 2 foreslås vektlagt trykksonderinger med poretrykksmåling (CPTU), prøvetakinger og poretrykksmålinger i utvalgte punkt for sikrere bestemmelse av beregningsgrunnlaget for stabilitetsanalyser. Det kan også være aktuelt med et mindre omfang sonderinger for utfyllende profilering. Undersøkelsene plasseres i nøkkelpunkter i områder/profiler med dårlig beregningsmessig stabilitet. Målsettingen er at det skal foreligge et beregningsgrunnlag av høyeste kvalitet etter /1/ i hvert av de utvalgte kritiske stabilitetsprofilene. Det bør derfor vurderes om spesielle prøvetakingsteknikker skal benyttes i nøkkelpunkter.

Stabilitetsvurderinger i utvalgte områder

Det gjennomføres supplerende og nye stabilitetsberegninger i utvalgte områder for å få en mer nøyaktig bestemmelse av sikkerheten. Det henvises til rapporten fra forprosjektet for beskrivelse av aktuelle delområder og utvalgte profiler med dårlig stabilitet. Det må tas høyde

for etablering av nye profiler for stabilitetsberegninger som følge av funn i de supplerende grunnundersøkelsene. Dette er spesielt aktuelt i Delområde 2 Bakklandet – Nedre Singsaker nord, samt for langstrakte flater opp mot Høgskoledalen i Delområde 3 Bakklandet – Nedre Singsaker sør.

Spesielle analyser og vurderinger

Som en del av stabilitetsvurderingene i hovedprosjektet bør det gjennomføres en vurdering av mulige årsaker til skred innenfor prosjektområdet, og hvilke skredmekanismer som kan være aktuelle under de foreliggende grunnforholdene. Det tenkes her spesielt på mulighetene for bakovergrepene (retrogressiv) skredutvikling forårsaket av et mindre initialskred, samt utløsning av et større flakskred i en langstrakt, global glideflate. Det foreslås også å gjennomføre en vurdering av utløpsdistanser fra skred langs de utvalgte kritiske profiler, basert på eksisterende erfaringsdata.

En oversikt over sprøbruddmaterialenes utbredelse, dybde under terreng og mektighet bør visualiseres på kart for å etablere et hensiktsmessig hjelpemiddel i den kommunale planleggingen. Skredtruede områder bør visualiseres på kart for å få et bedre inntrykk av hvilke områder som er i faresonen.

Etter innføring av Eurokodene må det i hovedprosjektet også gjennomføres vurderinger av hvilken effekt jordskjelv kan ha på stabiliteten av utvalgte profiler (Eurokode 8).

Vurdering av tilgrensende faresoner

Prosjektområdet ligger nært opp til kvikkleiresonene Berg studentby (østre del) og Singsaker – Tyholt. Det må vurderes om skred utløst i disse nabosonene kan føre til utstrømmende skredmasser inn i prosjektområdet og true liv, helse og materielle verdier her. Sone Berg studentby østre del er utredet tidligere /46/ /47/ og har tilfredsstillende sikkerhet som følge av sikringstiltak ved bygging av ny Berg studentby. Kvikkleiresone Singsaker – Tyholt er ikke utredet fra før. Det er forholdsvis få registrerte boringer i denne kvikkleiresonen, og det er derfor tatt med supplerende boringer også i denne sonen, selv om den ligger utenfor det definerte prosjektområdet. Dette vil gjøre det mulig å vurdere trusselbildet fra utstrømmende skredmasse mer realistisk. Kostnader for disse boringene skal også estimeres for utførelse i hovedprosjektet.

Utarbeidelse av endelige faresonekart

Den reviderte inndelingen over sprøbruddmaterialenes utbredelse presentert i forprosjektrapporten (tegning 414871-5) er basert på den eksisterende faresoneinndelingen i området (se vedlegg 1), samt Multiconsults gjennomgang av tidligere og nye bordata. Inndelingen er å betrakte som et grunnlag for videre revisjon, og beskriver kun en foreløpig status for utbredelsen. Revidert faresoneinndeling må utredes nærmere i hovedprosjektet, blant annet på bakgrunn av resultater fra supplerende grunnundersøkelser. Det endelige forslaget vil bli presentert og klassifisert etter standard fargevalg og inndeling for slike faresonekart.

Vurdering av preventive og stabiliserende tiltak

For hvert av områdene med dårlig stabilitet vurderes eventuelle konstruktive tiltak til stabilitetsforbedring i området, eksempelvis med motfyllinger, terrengendringer eller andre fysiske tiltak som forbedrer stabiliteten. Hovedprosjektet skal også avklare om grunnforholdene gjør det nødvendig å innføre restriksjoner på arealbruk (preventive tiltak) i hele eller deler av prosjektområdet.

Prosjektadministrasjon, møter og rapportering

Det tas med en post for prosjektadministrasjon og møter mellom Trondheim kommune/prosjektpartnerne og hovedkonsulent. I tillegg er utarbeidelse av hovedprosjektrapport en forholdsvis stor oppgave som vil være avhengig av omfanget av de andre delaktivitetene i hovedprosjektet.

Uavhengig kontroll

Kostnadsestimatet skal inneholde kostnader for hovedkonsulent og for gjennomføring av kontrollen av kontraktfestet uavhengig kontrollør. De estimerte kostnadene skal dekke kontroll av borplan, datarapport og beregningsgrunnlag, stabilitetsberegninger og forutsetninger for dette, samt selve hovedprosjektrapporten. Kostnadsestimatet skal også inkludere tid til møter mellom uavhengig kontrollør, hovedkonsulent og oppdragsgiver.

3.4 Omfang av supplerende grunnundersøkelser

Den innledende vurdering av områdestabiliteten har avdekket et behov for supplerende grunnundersøkelser i store deler av prosjektområdet. Siktemålet med de supplerende grunnundersøkelsene er å oppnå en sikrere bestemmelse av mektighet og utstrekning av sprøbruddmaterialer, et forbedret grunnlag for dokumentasjon av stabiliteten med muligheter for vurdering av mulig skredvolum og utløpsdistanser for skred i dette området.

De supplerende grunnundersøkelsene bør gjennomføres i flere trinn og justeres med hensyn på plassering, boreddybde og metodevalg basert på eventuelle funn av sprøbruddmateriale som gjøres underveis.

3.4.1 Gjennomføring

Innledningsvis foreslås frikjøp av tidligere bordata for å supplere den tidligere datamengden som er tilgjengelig i prosjektet. Dette gjelder først og fremst for området ved Hesthagen i Delområde 4, der det tidligere er utført boringer som gir en rimelig dekning av dette området.

I Trinn 1 legges det i første omgang opp til et omfattende sonderingsprogram med kontrollerende prøvetakinger i grunnundersøkelsen. Et forslag til borplan er vist i tegning 414871-6 i rapportdel 2. Grunnundersøkelsen i Trinn 1 foreslås å omfatte følgende boringer:

Feltundersøkelser

- Ca. 63 dreietrykksonderinger/eventuelt totalsonderinger til varierende dybde. Et visst antall av boringene bør føres til dybder ca. 1,5 ganger høydeforskjellen mellom borpunkt og referansenivå (ca. kote +1 ved Nidelva).
- Ca. 10 prøvetakingshull med stempelprøvetaking, forventet gjennomsnittlig antall på 4 sylindre pr. hull

Laboratorieundersøkelser

- Rutineundersøkelser med standard prøveåpning på ca. 40 prøvesylindre.
- Gjennomføring av et mindre antall odometer- og treaksialforsøk etter nærmere vurdering av prøve kvalitet for opptatte prøver.

Mengdelister etter NGF med beskrivelse av omfang og metodevalg for Trinn 1 i grunnundersøkelsen er vist i vedlegg 8.1.

I Trinn 2 av den supplerende grunnundersøkelsen suppleres det innledende borprogrammet med høykvalitets prøvetaking, poretrykksmåling og CPTU i viktige områder og profiler. Det kan også være aktuelt å utføre noen supplerende sonderinger for utfyllende profilering. For utførelse av stabilitetsanalyser i kvikkleireterreng krever NVEs retningslinjer parameterbestemmelse med høyeste kvalitet. Det bør derfor vurderes om spesielle prøvetakingsteknikker skal benyttes i enkeltpunkter.

Det anbefales spesielt å utføre aktive og passive treaksialforsøk, eventuelt også direkte skjær forsøk, for sikrere bestemmelse av anisotropiforholdene i leiren. Disse forholdene har betydelig innflytelse på beregnet sikkerhet og bør bestemmes for profiler med kritisk stabilitet.

Et endelig forslag til borplan for grunnundersøkelsene i Trinn 2 må utarbeides etter at supplerende grunnundersøkelser i Trinn 1 er ferdigstilt.

Forslag til undersøkelsesprogram i Trinn 2 inkluderer følgende boringer:

Feltundersøkelser

- Ca. 10 dreietrykksonderinger til varierende dybde. Et visst antall av boringene bør føres til dybder 1,5 ganger høydeforskjell mellom borpunkt og referansenivå (ca. kote 1 ved Nidelven).
- Ca. 10 prøvetakingshull med stempelp prøvetaking, forventet gjennomsnittlig antall på 4 sylindre pr. hull. Alternative prøvetakingsmetoder vurderes med hensyn på krav til prøve kvalitet.
- Ca. 15 trykksonderinger med poretrykksmåling (CPTU) som et supplement til prøvetaking for tolkning av parametre for beregningsgrunnlaget.
- Ca. 8 poretrykkstasjoner med 2 piezometerinstallasjoner pr. stasjon. Gjennomsnittlig måledybde 10 m i dybdeintervallet 5 – 20 m.

Laboratorieundersøkelser

- Rutineundersøkelser med standard prøveåpning på ca. 40 provesylindre.
- Ca. 15 kontinuerlige ødometerforsøk for bestemmelse av deformasjons- og konsolideringsparametre
- Ca. 20 udrenerte treaksialforsøk for bestemmelse av totale og effektive skjærfasthetsparametre.

Et forslag til mengdelister etter NGF med beskrivelse av omfang og metodevalg for grunnundersøkelsen i Trinn 2 er vist i vedlegg 8.2.

3.5 Plassering av nye boringer

Følgende retningslinjer er benyttet for plassering av supplerende boringer i prosjektområdet:

- Plassering i områder med lite eller ingen informasjon om grunnforholdene fra før, slik som for eksempel Delområde 6 Tidemands gate og deler av Delområde 4 mellom Hogskoleparken og Hesthagen.
- Utførelse av dype boringer i områder der det kan forekomme dype lag av sprøbruddmateriale. Et eksempel på dette er Delområde 2 Bakklandet – Nedre Singsaker, der det er relativt mange grunne og få dype boringer fra før. Sonderingene føres til minst 1,5 ganger skråningshøyde i området.
- Utførelse av nye boringer der stabiliteten langs antatte kritiske profiler skal utredes. Her vil det i hovedsak utføres prøvetakinger og CPTU for bedre bestemmelse av beregningsgrunnlaget.

Med henvisning til foreslått borplan i tegning 414871-6 er det plassert flest sonderingspunkter innenfor Delområde 2, da hele dette området fra før ligger innenfor faresonen. Flere dype sonderinger og eventuelt prøvetakinger vil dokumentere eventuelle dype lag av sprøbruddmateriale. Dette vil være vesentlig informasjon i forhold til dette delområdets status i endelig faresoneklassifisering. Ved nye boringer tas det også sikte på å oppnå en avklaring av kvikkleirestatus i Delområde 6 mellom Strindveien og Tidemands gate, der i hvert fall de søndre deler av området synes å inneholde sensitive materialer.

Det planlegges også utført flere boringer i og nær Høgskoledalen for å avklare kvikkleireforholdene her. Det er nylig samlet inn relevante grunnforholdsdata gjennom grunnundersøkelsene for Kjemihallen, Solbygget (Gamle metallurgi) og Varmetekniske laboratorier (VTL). Nye boringer vil ligge nord for disse, og disse er i hovedsak plassert mellom nordre del av Høgskoledalen og nedover mot Singsakersletten. Hensikten med disse boringene er å identifisere eventuelle sammenhengende lag med sprøbruddmateriale fra nedre deler av Delområde 3 opp i mot og inn under Høgskoledalen.

Det er også planlagt flere borpunkter innenfor nærliggende kvikkleiresone Singsaker – Tyholt for å skaffe til veie mer informasjon om grunnforholdene i denne sonen.

Bruk av geo-elektriske målinger (motstandsmålinger) vil bli vurdert gjennomført for om mulig å identifisere beliggenhet og kontinuitet av sprøbruddmaterialer. Det kan også medføre en reduksjon av antall boringer. Metoden har vært benyttet med hell til dette formål utenfor tettbygd strøk, men kan være mindre egnet i bymessige strøk på grunn av måleforstyrrelser. Metodens brukbarhet innenfor prosjektområdet vil bli vurdert i samarbeid med faglig ekspertise.

3.6 Kostnader og viktige innflytelsesfaktorer

Hovedprosjektet er strukturert i 12 hovedaktiviteter med en rekke delaktiviteter, der det er estimert kostnader for de ulike aktivitetene. Estimatenes avhengig av en rekke usikkerhetsfaktorer, der de viktigste er omfanget av supplerende grunnundersøkelser i felt- og laboratorium, eventuell etablering av nye kritiske profiler med tilhørende stabilitetsberegninger og dokumentasjon. Kostnader forbundet med uavhengig kontroll representerer også en viss usikkerhetsfaktor. Det er også utarbeidet en fremdriftsplan for hovedprosjektet som antyder en korteste gjennomføringstid på ca. 12 måneder. Kostnadsoverslag for foreslåtte hoved- og delaktiviteter i hovedprosjektet er vist i Tabell 1. Overslaget for hovedprosjektet er på totalt **kNOK 3,200**, og er å betrakte som et foreløpig kostnadsestimat for hovedprosjektet. Det må antas en usikkerhet i anslaget på $\pm 15\%$, **ca. kNOK 475**.

3.7 Fremdrift og leveranser

Det er også utarbeidet en fremdriftsplan for hovedprosjektet som antyder en korteste gjennomføringstid på ca. 12 prosjektmåneder, se Tabell 2. Fremdrift og endelig avslutning av prosjektet vil være avhengig av de samme innflytelsesfaktorene som beskrevet i kapittel 3.6, og gjennomføringstiden vil sannsynligvis være noe lengre enn antydnet. Det vil sannsynligvis være mulig å tilpasse fremdriften slik at utredningen i enkelte delområder prioriteres ved gjennomføringen.

Leveranser fra hovedprosjekt forutsettes å være data- og parameterrapporter fra grunnundersøkelser, digitale oversikter over alle relevante boringer innenfor prosjektområdet, hovedprosjektrapport med alle geotekniske vurderinger og analyser, samt grunnlagsrapporter med grunnforholdsdata og dokumentasjon av vurderinger som ligger til grunn for analyser og beregninger.

Videre presenteres endelige karter og oversikter med utbredelse av sprøbruddmaterialer, kritiske stabilitetsprofiler med vurdering av utløpsdistanse for skredmasser, faresoneinndeling samt klassifisering for faregrad, skadekonsekvens og risikoklasse.

Tabell 1: Detaljert oversikt over aktiviteter med forslag til omfang og kostnader.

Aktivitet ID	Aktivitet	Kostnader (kNOK)	Merknad
1. Gjennomgang av forprosjekt			
1.1	Gjennomgang av forprosjektrapport og eksisterende datagrunnlag		
1.2	Eventuell supplering av datamengde – frikjøp av utfyllende bordata		
Sum aktivitet			
2. Supplerende grunnundersøkelser – Trinn 1 Kartlegging og profilering			
2.1	Planlegging, administrasjon av grunnundersøkelsen		
2.2	Utførelse av borearbeid Trinn 1 Sonderinger, prøvetaking		
2.3	Utførelse av laboratoriearbeid Trinn 1		
2.4	Utarbeidelse av datarapport Trinn 1		
2.5	Oppdatering av borhullslister, kart og oversikter.		Klassifisering og innlegging av nye boringer.
2.6	Vurdering og eventuell revisjon av delområdeinndeling		
Sum aktivitet			
3. Supplerende grunnundersøkelser – Trinn 2 Parameterbestemmelser			
3.1	Planlegging, administrasjon av grunnundersøkelsen		
3.2	Utførelse av borearbeid Trinn 2 Sonderinger, CPTU, prøvetaking		
3.3	Utførelse av laboratoriearbeid Trinn 2		
3.4	Utarbeidelse av datarapport Trinn 2		
3.5	Oppdatering av borhullslister, kart og oversikter		Klassifisering og innlegging av nye boringer.
3.6	Utarbeidelse av beregningsgrunnlag rapport Trinn 2		Til tredjepartskontroll
3.7	Vurdering og eventuell revisjon av kritiske områder med stabilitetsprofiler		
Sum aktivitet			
4. Stabilitetsvurderinger i utvalgte områder			
4.1	Detaljerte stabilitetsanalyser i utvalgte områder/profiler		Supplerende stabilitetsvurderinger i utvalgte profiler.

4.2	Detaljerte stabilitetsanalyser i nye områder basert på resultater fra supplerende grunnundersøkelser		Avhengig av resultater fra supplerende grunnundersøkelser.
Sum aktivitet			
5. Spesielle analyser og vurderinger			
5.1	Vurdering av mulige skredutøsningsårsaker og skredmekanismer		
5.2	Vurdering av risiko for bakovergripende skredutvikling og større flakskred		Avhengig av resultater fra supplerende grunnundersøkelser.
5.3	Vurdering av utløpsdistanser fra kritiske profiler med visualisering på kart		Avhengig av resultater fra supplerende grunnundersøkelser.
5.4	Jordskjelvvurderinger i henhold til Eurokode 8.		
Sum aktivitet			
6. Vurdering av tilgrensende faresoner			
6.1	Utbredelse av skredmasser fra tilgrensende kvikkleiresoner		Gjelder sonene Berg studentby øst og Singsaker – Tyholt.
6.2	Mulig utredning av kvikkleiresone Singsaker – Tyholt		Avhengig av resultater fra supplerende grunnundersøkelser.
Sum aktivitet			
7. Utarbeidelse av endelige faresonekart			
7.1	Vurdering av endelig faresoneinndeling		Avhengig av resultater fra supplerende grunnundersøkelser.
7.2	Bestemmelse av faregrads-, skadekonsekvens- og risikoklasse for alle faresoner		Avhengig av resultater fra supplerende grunnundersøkelser.
7.3	Utarbeidelse av kartgrunnlag med visualisering av sprøbruddmaterialenes utstrekning (x, y, z – fordeling)..		
Sum aktivitet			
8. Vurdering av preventive og stabiliserende tiltak			
8.1	Konstruktive stabiliseringstiltak i kritiske soner		Inklusive supplerende stabilitetsberegninger for dokumentasjon av effekt.
8.2	Erosjonssikring og rutiner for inspeksjon		
8.3	Vurdering av begrensninger i arealbruk – praktisering i ulike faresoner		Avhengig av resultater fra supplerende grunnundersøkelser.

Sum aktivitet			
9. Prosjektadministrasjon, møter og rapportering			
9.1	Prosjektadministrasjon og oppdragsledelse		
9.2	Møter med oppdragsgiver		
9.3	Utarbeidelse av hovedprosjektrapport		
9.4	DAK – tegningsproduksjon		
Sum aktivitet			
10. Uavhengig kontroll			
10.1	Uavhengig kontroll – grunnundersøkelser og rapportering		
10.2	Uavhengig kontroll – hovedprosjektrapport		
10.3	Møter og diskusjoner mellom hovedkonsulent og uavhengig kontrollør		
10.4	Forberedelser og møter for hovedkonsulent.		
Sum aktivitet			
11. Supplerende undersøkelser og analyser etter uavhengig kontroll			
11.1	Supplerende grunnundersøkelser 10 % av post 2+3		
11.2	Supplerende analyser og vurderinger 10 % av post 4+5		
Sum aktivitet			
12. Oppsummering av hovedprosjektet			
12.1	Utarbeidelse av oppsummeringsnotat		
Sum aktivitet			
Sum aktivitet 1-10 – Totale kostnader			

Tabell 2: Fremdriftsplan og milepæler for gjennomføring av Hovedprosjekt – (korteste estimerte varighet)

Aktivitet	Prosjektmåned																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Gjennomgang av forprosjekt	■																	
Supplerende grunnundersøkelser Trinn 1 m/datarapport	■	■																
Supplerende grunnundersøkelser Trinn 2 m/datarapport og beregningsgrunnlag		■	■	■														
Uavhengig kontroll beregningsgrunnlag				■														
Supplerende grunnundersøkelser Trinn 3 m/datarapport og revidert beregningsgrunnlag				■	■													
Stabilitetsvurderinger i utvalgte områder					■	■	■											
Spesielle analyser og vurderinger					■	■	■											
Vurdering av tilgrensende faresoner				■		■												
Uavhengig kontroll stabilitetsvurderinger							■	■										
Utarbeidelse av endelige faresonekart								■										
Vurdering av preventive og stabiliserende tiltak								■	■									
Rapportering Hovedprosjekt									■	■								
Uavhengig kontroll hovedrapport										■	■	■						
Supplerende arbeider											■	■	■					
Prosjektavslutning - oppsummering												■						
Milepæler																		
Møter	V			V			V				V	V						
Rapportering		V	V			V			V			V						

4. Referanser

LITTERATURHENVISNINGER

- /1/ NVE. *Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag. Endelig utgave, 5.mars 2009.*
- /2/ NGI rapport nr.20001008-2. *Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rev 2, datert 16.12.2006.*
- /3/ NGI rapport nr.20001008-7. *Evaluering av risiko for kvikkleireskred. Melhus kommune. Datert 12.04.2005.*
- /4/ CPTU EXTRA v2.0. *Regneark for avansert tolkning av CPTU. Brukermanual utviklet av Rolf Sandven. Datert 03.10.2009.*
- /5/ Lunne T., Robertson P.K. og Powell J.J.M. (1997). *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*. Blackie Academic & Professional.
- /6/ Karlsrud K. et al. (2005). *CPTU correlations for clays*. Proceedings, ICSMGE, Osaka s 693 - 702.
- /7/ GeoSuite Stability v.4.0 (2008). *Novapoint GeoSuite Toolbox*. Vianova GeoSuite AB , datert 16.04.2008.
- /8/ Karlsrud K., Aas G. & Gregersen O. (1984). *Can we predict landslides hazards in soft sensitive clays? Summary of Norwegian Practice and Experiences*. Proceedings, 4th International Symposium on Landslides, Toronto, Vol I, p. 107-130.
- /9/ Karlsrud K. (2003). *Tolkning og fastlegging av jordparametere. Karakteristisk jordprofil*. NGF-kurs. Stabilitetsanalyser av skrånninger, skjæringer og fyllinger, innlegg 4.1. 20-22 mai 2003, Hell.
- /10/ Lunne T., Berre T. & Strandvik S. (1997). *Sample disturbance effects in soft low plasticity Norwegian clay*. Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics, Almeida (ed.), Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 885.
- /11/ Statens kartverk, sjø (2010). *Tidevanntabeller. For den norske kyst med Svalbard*. 73. årgang.

FAGLIGE RAPPORTER

- /12/ NOTEBY (1995). Statsbygg. 92033 Realfagbygget på Gløshaugen. Geoteknisk datarapport 57000-1.
- /13/ NOTEBY (1995). Statsbygg. 92033 Realfagbygget på Gløshaugen. Forprosjekt. Geoteknisk prosjektering 57000-2.
- /14/ MULTICONSULT (2009). NINA. Nytt bygg Gløshaugen Trondheim. Grunnundersøkelser. Datarapport. Geoteknisk vurdering og områdestabilitet. Rapporter nr. 413642-1 og -2.
- /15/ MULTICONSULT (2010). NINA. Nytt bygg Gløshaugen Trondheim. Datarapport supplerende grunnundersøkelser. Utredning kvikkleiresone Berg studentby, vest. Rapport nr. 413642-3.
- /16/ MULTICONSULT (2009). NTNU Eiendomsavdelingen. Ombygging Kjemihallen. Datarapport grunnundersøkelser. Områdestabilitet. Rapporter nr. 413798-1 og -2.
- /17/ MULTICONSULT (2010). NTNU/SINTEF Solbygget. Datarapport grunnundersøkelser. Beskrivelse av grunnforhold. Rapport nr. 414034-1, september 2010.
- /18/ Kummeneje (1961). Geoteknisk vurdering. Akustisk laboratorium NTH. O.70-1 og O.70.2.
- /19/ Kummeneje (1961). Grunnundersøkelser. Varmeteknisk laboratorium NTN. O.90-1 og O.90-2.
- /20/ Kummeneje (1962). Grunnundersøkelser og fundamentering. Verkstedtekniske laboratorier NTH.
- /21/ Kummeneje (1962). Grunnundersøkelse Vollafallet 12. O.160.
- /22/ Kummeneje (1963). Orienterende grunnundersøkelser i NTH's interesseområde. A. Vollen - Grensen. D. Lerkendal – Valgrinda. E. Valsletten. O.248.
- /23/ Kummeneje (1963). Grunnundersøkelse og fundamentering for idrettsbygg ved NTH. O.195.
- /24/ Kummeneje (1964). Grunnundersøkelse av området fra Schives gate ned mot Nidelva mellom Klostergata og Trondhjems Jernindustri. O.185.
- /25/ Kummeneje (1965). Grunnundersøkelser for kontrafylling mot Nidelva. Strekningen fra Elgeseter bro til Trondhjems Jernindustri. O.185-2.
- /26/ Kummeneje (1964). Grunnundersøkelse for Sentralbygg II NTH. O.297.

- /27/ Kummeneje (1967). Nybygg ved Materialteknisk Institutt NTH. Supplerende grunnundersøkelser og fundamentering. O.593.
- /28/ Kummeneje (1967). Elektroblokk D og påbygg av Akustisk laboratorium. O.644-2.
- /29/ Kummeneje (1967). Administrasjons- og velferdsbygg for Studentsamskipnaden i Trondheim. Grunnundersøkelse og geoteknisk vurdering. O.643.
- /30/ Kummeneje (1968). Bygningsingeniøravdelingen NTH (Lerkendalsbygget). O.669.
- /31/ Kummeneje (1971). Nybygg Bygningsingeniøravdelingen NTH. Supplerende grunnundersøkelse. Stabilitet og fundamentering. O.669-3 og -5.
- /32/ Kummeneje (1970). Arkitektavdelingen NTH. Nybygg ved Vollabakken. O.629.
- /33/ Kummeneje (1981). SBED. NTH – Elektroteknisk avdeling og Elektrisitetsforsyningens Forskningsinstitutt. O.3493.
- /34/ Kummeneje (1981). SBED. NTH – Elektroteknisk avdeling og Elektrisitetsforsyningens Forskningsinstitutt. Supplerende grunnundersøkelser med stabilitetsvurdering. O.5027.
- /35/ Kummeneje (1987). Boligtomt, Petersborggate 3. Grunnundersøkelser. Geotekniske vurderinger. O.6440.01.
- /36/ Kummeneje (1987). Trondhjems jernindustri. Boligprosjekt Øvre Bakklandet. O.6768.
- /37/ Kummeneje (1987). Trondhjems jernindustri. Utbygging Bakklandet. O.6168.
- /38/ Kummeneje (1995). Kjelhuset NTH Ombygging. Grunnundersøkelse. Geoteknisk vurdering. 10.665.1.
- /39/ Kummeneje (1996). *PFI – NTNU. Nybygg, Gløshaugen*. Grunnundersøkelser. Geotekniske vurderinger for forprosjekt. 11238.1.
- /40/ Kummeneje (1996). *PFI – NTNU. Nybygg, Gløshaugen*. Grunnundersøkelser. Datarapport for anbud. 11238.2.
- /41/ SCC Kummeneje (2000). Nedre Singsakerslette. Byggetrinn 1. Grunnundersøkelse, datarapport. Geoteknisk vurdering. 600002.1-5.
- /42/ SCC Kummeneje (2000). NTNU Bygg P15. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering. 600271.

- /43/ Rambøll Divisjon Geo & Miljø (2004). Studentsamskipnaden i Trondheim. Nybygg Korsgata. 640498+640498A.
- /44/ Rambøll Divisjon Geo & Miljø (2005). Utvidelse av idrettsbygg Gløshaugen. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering. 640039A.
- /45/ Rambøll Divisjon Geo & Miljø (2005). Lillegårdsbakken. Ny barnehage. Teknisk notat.
- /46/ Rambøll Divisjon Geo & Miljø (2006). Berg studentby. Studentsamskipnaden i Trondheim. 6060971A-1. Datarapport fra grunnundersøkelse.
- /47/ Rambøll Divisjon Geo & Miljø (2008). Berg studentby. Reguleringsplan. Geoteknisk utredning, rev.1. 6070721.
- /48/ Rambøll Divisjon Geo & Miljø (2006). NTNU, teknisk avdeling. Utvidelse av Studentersamfundet. 6060200.01.
- /49/ Rambøll Divisjon Geo & Miljø (2010). NTNU, teknisk avdeling. Regulering av Samfundet og fengselstomta. 6100099.
- /50/ NGI (1955). Grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger for et terrengområde på Bakklandet i Trondheim. O.190-1 og -2.
- /51/ NGI (1958). Grunnforhold for Geologisk institutt på Gløshaugplataet på grunnlag av tidligere grunnundersøkelser i østskrånningen. O.641.
- /52/ Statens vegvesen (1990). Nord-Sør forbindelsen. Tunneltrase mellom Lerkendal og Bakkegata. Datarapport. Ud606A.
- /53/ Jernbaneverket (1943). Foreløpig grunnundersøkelse. Forbindelseslinje Stavne – Leangen. Gk-500.
- /54/ Jernbaneverket (1943). Kompletterende grunnundersøkelse. Forbindelseslinje Stavne – Leangen. Gk-508.
- /55/ Trondheim kommune (1910). Grunnboringer i terrenget mellom Skansegate og Øvre Bakklandet sør for Kristianstensbakken. Teknisk rapport. R.0025.
- /56/ Trondheim kommune (1913). Brev fra byingeniøren vedrørende grunn- og stabilitetsforholdene ved Teglverket, Nedre Singsaker. Teknisk notat. R.0028.
- /57/ Trondheim kommune (1958). Grunnundersøkelser i Duedalen. Datarapport. R.0049.
- /58/ Trondheim kommune (1960). Grunnboringer Biskop Wexelsens gate. Datarapport. R.0061.
- /59/ Trondheim kommune (1970). Vedrørende tomt for barnehage på Bakklandet. Teknisk notat. R.0158.

- /60/ Trondheim kommune (1975). Klostergata 20. Grunnundersøkelse og stabilitet. R.0366.
- /61/ Trondheim kommune (1978). Bakklandsutredningen. Grunnforhold i planområdet. Geoteknisk vurdering av hovedalternativer. R.0419-3.
- /62/ Trondheim kommune (1981). Støttemur Øvre Bakklandet 23. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering. R.0549.
- /63/ Trondheim kommune (1987). Lerkendalsforbindelsen. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering. R.0715.
- /64/ Trondheim kommune (1991). Dybdahls vei. Grunnundersøkelser, geoteknisk vurdering. R.0827.
- /65/ Trondheim kommune (1991). Jonsvannsveien gang- og sykkelvei. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering. R.0849.1-3.
- /66/ Trondheim kommune (1992). Lillegårdsbakken. Skansegata. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering. R.0840.
- /67/ Trondheim kommune (1996). Strindveien. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering. R.0974.1-4.
- /68/ Trondheim kommune (1996). Øvre Bakklandet/Brubakken. Grunnundersøkelser. Datarapport. R.0982.
- /69/ Trondheim kommune (1997). Øvre Bakklandet 62. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering. R.0953.1-2.
- /70/ Trondheim kommune (1997). Neufeldts gate. Grunnundersøkelser. Datarapport. R.1089.
- /71/ Trondheim kommune (1999). Skansegata. Grunnundersøkelser. Datarapport. R.1090.
- /72/ Trondheim kommune, teknisk seksjon (2000). Dybdahls vei. Grunnundersøkelser datarapport. R.1122.
- /73/ Trondheim kommune, teknisk seksjon (2001). Strindveien. Grunnundersøkelser datarapport. R.974.1-4.
- /74/ Trondheim kommune (2000). Petersborg 8. Grunnundersøkelser. Datarapport. R.1110.
- /75/ Trondheim kommune (2003). Duedalen. Grunnundersøkelser. Datarapport. R.1006.
- /76/ Trondheim kommune (2006). Kluvers gate. Grunnundersøkelser. Datarapport. R.1322.
- /77/ Trondheim kommune (2007). Bakklandet. Lillegårdsbakken. Grunnundersøkelser. Datarapport. R.1243.

- /78/ Trondheim kommune (2007). Lillegårdsbakken 16. Barnehage. Grunnundersøkelser. Datarapport. R.1283.
- /79/ Norges Tekniske Høgskole (1986). Grunnundersøkelser og stabilitetsvurdering for Bakklandet. Hovedoppgave Anne Kristine Egeland og Marta Flateland.
- /80/ Sandven, R. (1990). Strength and deformation parameters from piezocone tests. Dr.ing.avhandling. NTH 1990:3.

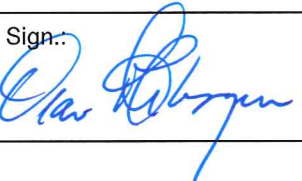
Arkivreferanser:

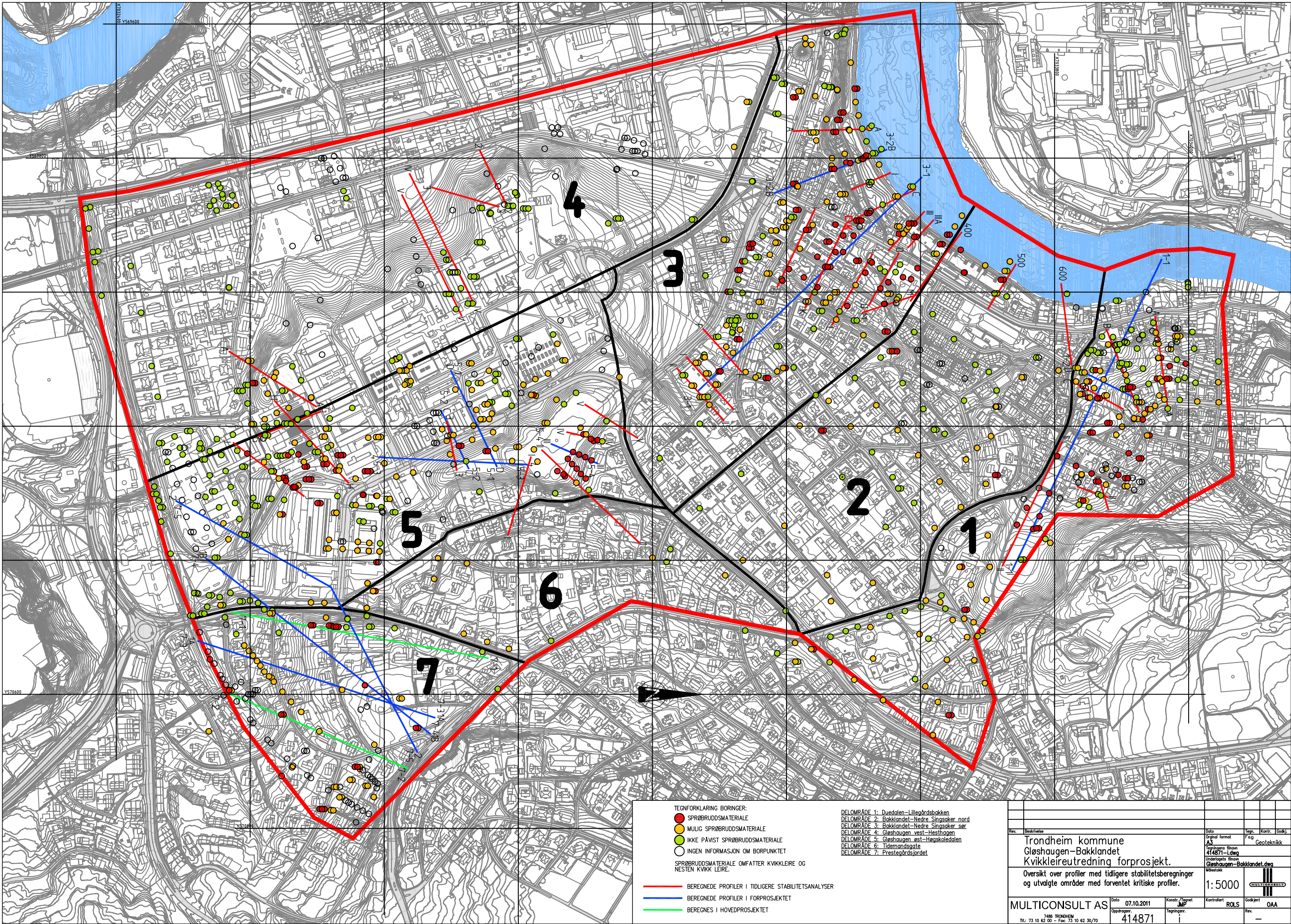
Fagområde:	Geoteknikk		
Stikkord:	Kvikkleire, områdestabilitet		
Land/Fylke:	Sør-Trøndelag	Kartblad:	1621 IV
Kommune:	Trondheim	UTM koordinater, Sone:	32V
Sted:	Gløshaugen - Bakklandet	Øst: 5703	Nord: 70325

Distribusjon:

- ☒ Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)
☐ Intern
☐ Fri

Dokumentkontroll:

		Dokument 14. oktober 2011		Revisjon 1		Revisjon 2		Revisjon 3	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutsetninger	Utarbeidet	14.10.11							
	Kontrollert	14.10.11							
Grunnlagsdata	Utarbeidet	14.10.11							
	Kontrollert	14.10.11							
Teknisk innhold	Utarbeidet	14.10.11							
	Kontrollert	14.10.11							
Format	Utarbeidet	14.10.11							
	Kontrollert	14.10.11							
Anmerkninger									
Godkjent for utsendelse					Dato:	Sign.:			
Olav Årbogen (Oppdragsansvarlig)					14.10.2011				



TEGNFORKLARING BORINGER:

- SPRØBRUDDSMATERIALE
- MULIG SPRØBRUDDSMATERIALE
- IKKE PÅVIST SPRØBRUDDSMATERIALE
- INGEN INFORMASJON OM BORPUNKTET

SPRØBRUDDSMATERIALE OMFATTER KVIKKLEIRE OG NESTEN KVIKK LEIRE.

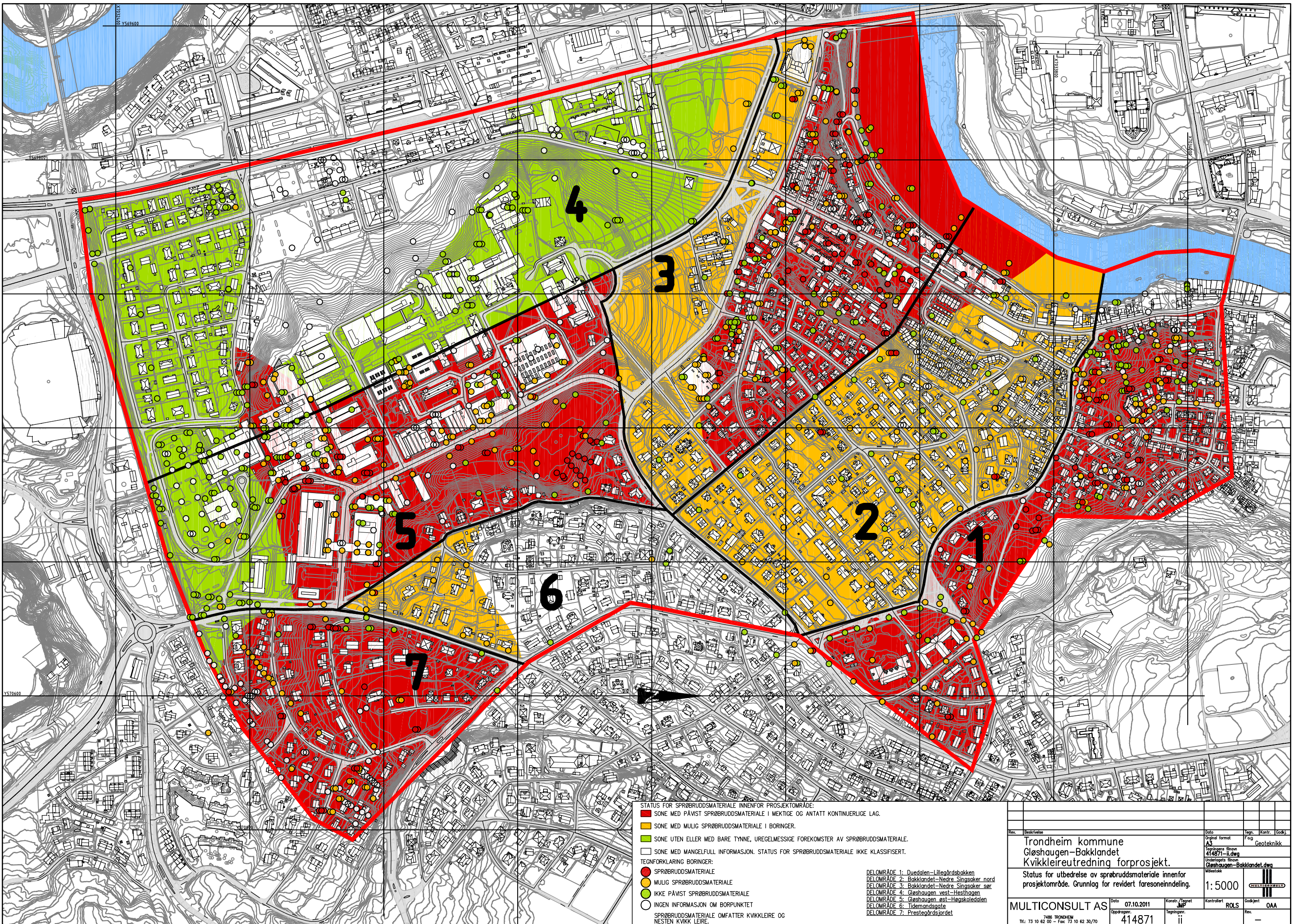
BEREGNEDE PROFILER I TIDLIGERE STABILITETSANALYSER

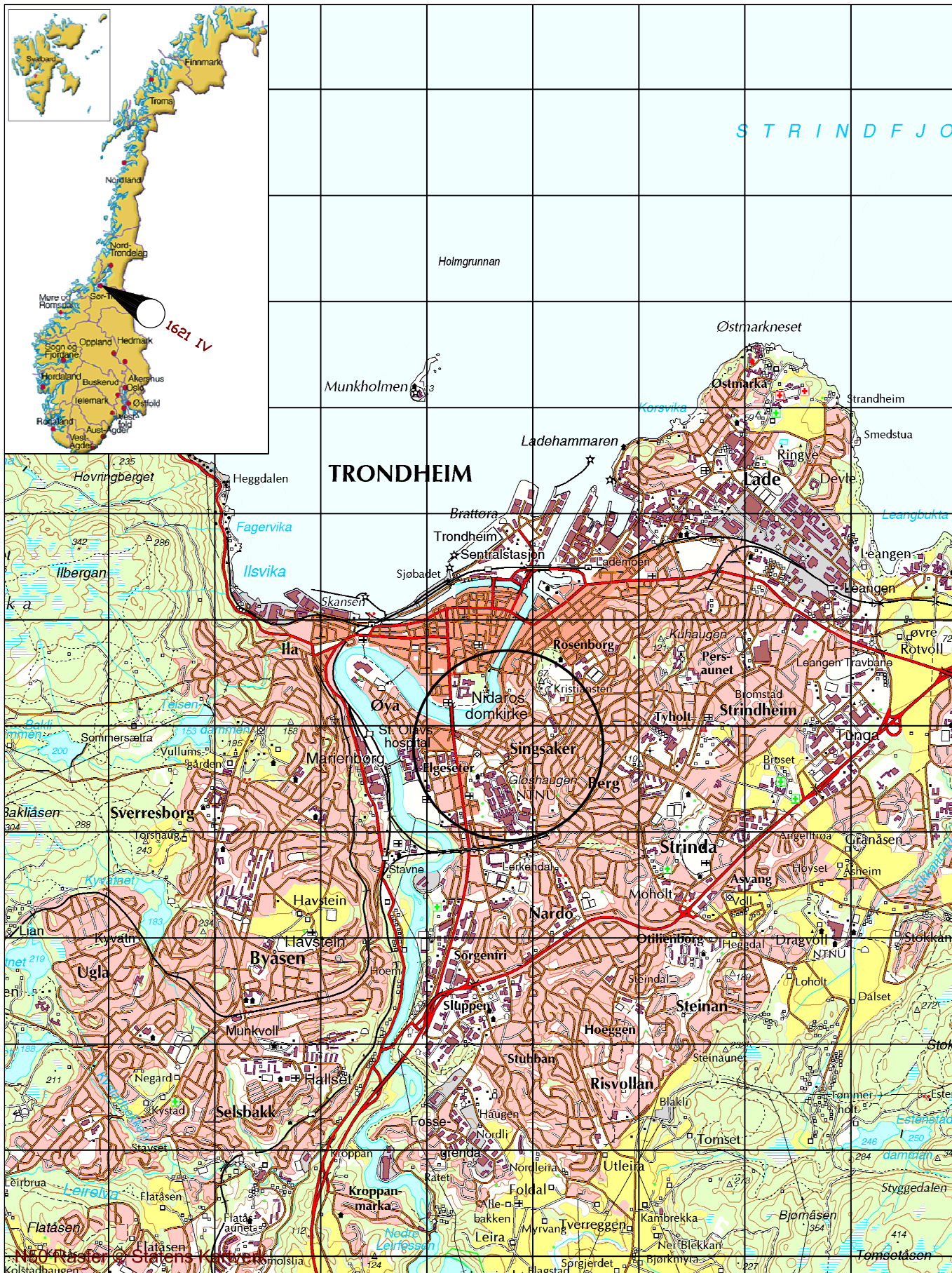
BEREGNEDE PROFILER I FORPROSJEKTET

BEREGNES I HOVEDPROSJEKTET

DELOMRÅDE 1: Duedalen–Lillegårdsbakken
DELOMRÅDE 2: Bakklundet–Nedre Singsaker sør
DELOMRÅDE 3: Bakklundet–Nedre Singsaker sør
DELOMRÅDE 4: Gløshaugen vest–Hegshagen
DELOMRÅDE 5: Gløshaugen øst–Hegskole dalen
DELOMRÅDE 6: Tidemandsgate
DELOMRÅDE 7: Prestegårdsjordet

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godk.
	Trondheim kommune Gløshaugen–Bakklundet Kvikkleireutredning forprosjekt.	Original format A3	F&G		Geoteknikk
	Oversikt over profiler med tidligere stabilitetsberegninger og utvalgte områder med forventet kritiske profiler.	1: 5000			
MULTICONSULT AS		Dato 07.10.2011	Konstr./Tegnet JMP	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414871	Tegningsnr. i		





OVERSIKTSKART

Trondheim kommune
Gløshaugen-Bakklandet kvikkleireutredning

MULTICONSULT AS

7486 Trondheim
Tlf: 73 10 62 00 - Faks: 73 10 62 30/70

Dato
26.09.2011

Oppdragsnr.
414871

Tegnet
JMP

Tegningsnr.
0

Kontrollert
ROLS

Rev.

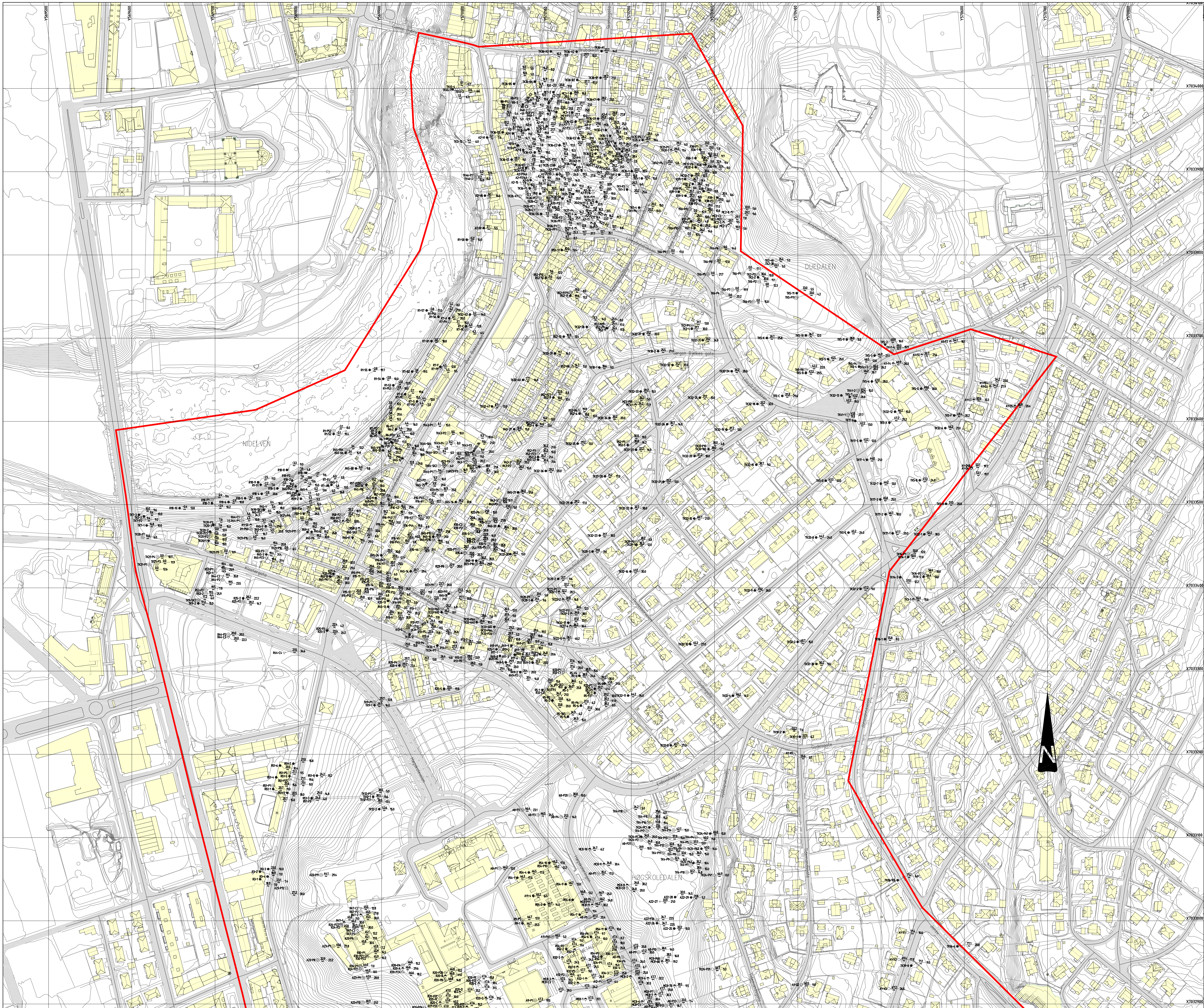
Borplan nr.

-11-2

Målestokk
1:50 000



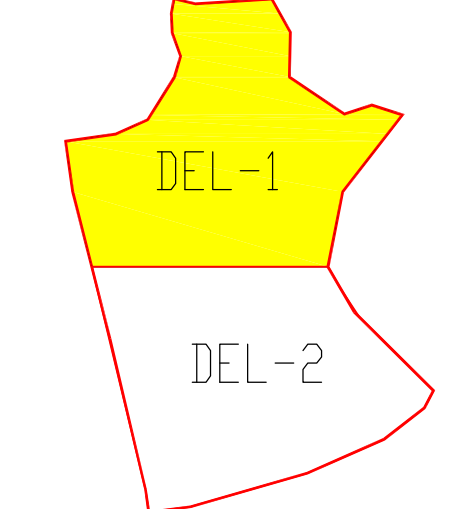
Godkjent
OAA



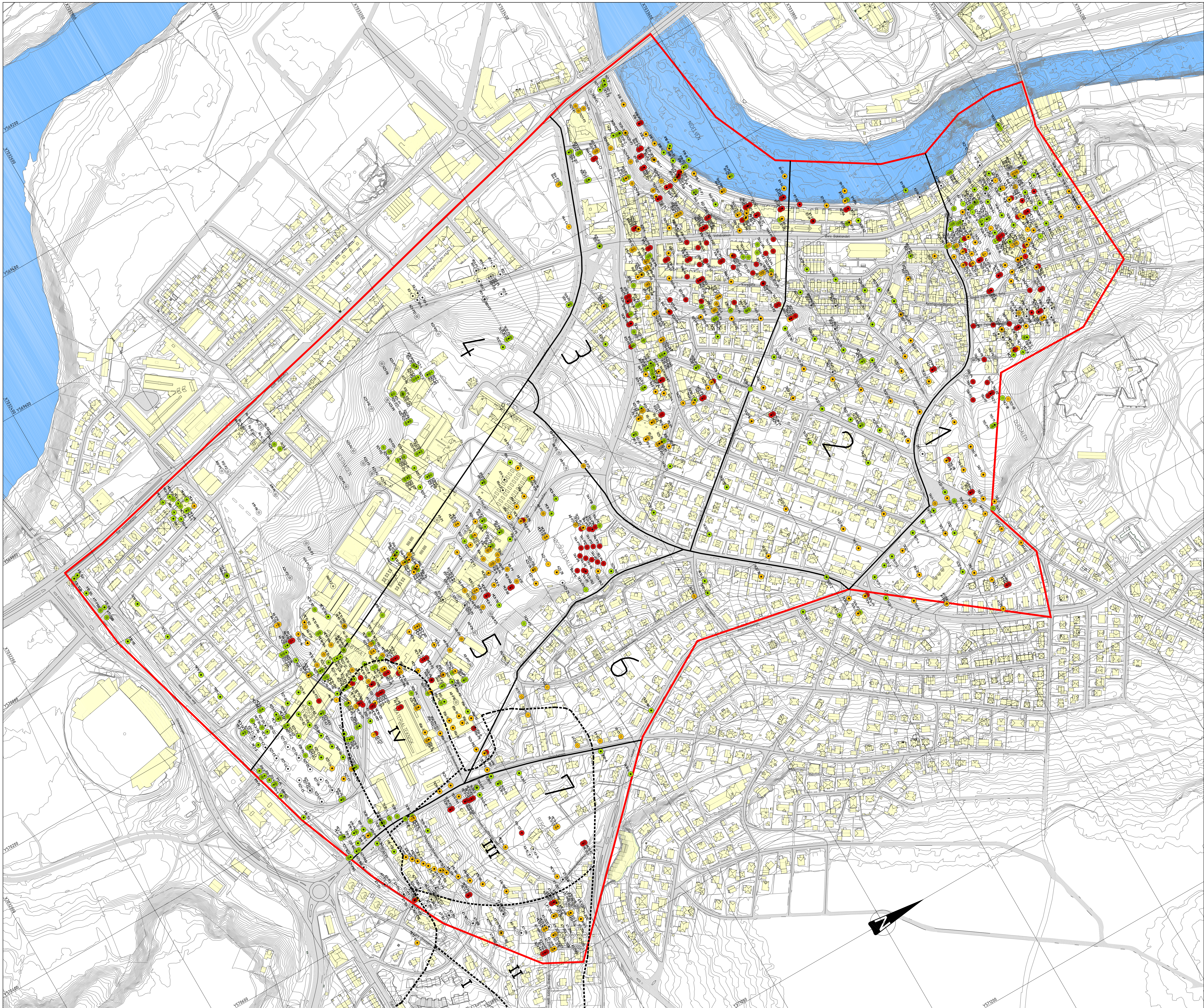
- TEGNFORKLARING:**
- DRESSONERING
 - ✱ FULLEKONTROLLBORING
 - PRØVEBORING
 - + VINGEBORING
 - INNEKL. SONDERING
 - KLIENTBORING
 - PRØVEGROP
 - FORETRYKKHALLING
 - ▼ RAMSONDERING
 - DREKTRYKSSONDERING
 - ▽ TRYKSSONDERING
 - △ FJELL I DAGEN
 - TOTALSONDERING
 - SKRUPLETIDBOK
 - LØSNINGSUTSARBEIDET
 - DATUM F. J. 2000

TIDligere BORINGER:
Tidligere boringer er angitt med indiker foran boringsnr.
Dersom over 10 tidligere boringskataloger er gitt i vedlegg 5.
TK-K BORINGER FRA TRONDHEIM KOMMUNE
MK-K BORINGER FRA MULTICONSULT
R-K BORINGER FRA RAMBØLL
A-K BORINGER FRA ANDRE

HYDROFERSKRANS PÅ BORINGER: NK2000
KORRIGERT/STYRT LUND BY SANL 329
KARTGRUNNLAG: DATUM I FRA TRONDHEIM KOMMUNE, NK2000



Rev.		beskrivelse	dato	utgitt	kontrollert	godkjent
1		Trondheim kommune Gleshaugen-Baklandet Kvikkleireutredning forprosjekt. Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert prosjektområde. Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
2		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA
3		Trondheim kommune	26.09.2011	414871	1.1	OAA
4		Gleshaugen-Baklandet	26.09.2011	414871	1.1	OAA
5		Kvikkleireutredning forprosjekt.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
6		Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert	26.09.2011	414871	1.1	OAA
7		prosjektområde.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
8		Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
9		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA
10		Trondheim kommune	26.09.2011	414871	1.1	OAA
11		Gleshaugen-Baklandet	26.09.2011	414871	1.1	OAA
12		Kvikkleireutredning forprosjekt.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
13		Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert	26.09.2011	414871	1.1	OAA
14		prosjektområde.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
15		Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
16		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA
17		Trondheim kommune	26.09.2011	414871	1.1	OAA
18		Gleshaugen-Baklandet	26.09.2011	414871	1.1	OAA
19		Kvikkleireutredning forprosjekt.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
20		Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert	26.09.2011	414871	1.1	OAA
21		prosjektområde.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
22		Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
23		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA
24		Trondheim kommune	26.09.2011	414871	1.1	OAA
25		Gleshaugen-Baklandet	26.09.2011	414871	1.1	OAA
26		Kvikkleireutredning forprosjekt.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
27		Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert	26.09.2011	414871	1.1	OAA
28		prosjektområde.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
29		Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
30		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA
31		Trondheim kommune	26.09.2011	414871	1.1	OAA
32		Gleshaugen-Baklandet	26.09.2011	414871	1.1	OAA
33		Kvikkleireutredning forprosjekt.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
34		Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert	26.09.2011	414871	1.1	OAA
35		prosjektområde.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
36		Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
37		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA
38		Trondheim kommune	26.09.2011	414871	1.1	OAA
39		Gleshaugen-Baklandet	26.09.2011	414871	1.1	OAA
40		Kvikkleireutredning forprosjekt.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
41		Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert	26.09.2011	414871	1.1	OAA
42		prosjektområde.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
43		Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
44		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA
45		Trondheim kommune	26.09.2011	414871	1.1	OAA
46		Gleshaugen-Baklandet	26.09.2011	414871	1.1	OAA
47		Kvikkleireutredning forprosjekt.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
48		Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert	26.09.2011	414871	1.1	OAA
49		prosjektområde.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
50		Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
51		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA
52		Trondheim kommune	26.09.2011	414871	1.1	OAA
53		Gleshaugen-Baklandet	26.09.2011	414871	1.1	OAA
54		Kvikkleireutredning forprosjekt.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
55		Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert	26.09.2011	414871	1.1	OAA
56		prosjektområde.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
57		Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
58		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA
59		Trondheim kommune	26.09.2011	414871	1.1	OAA
60		Gleshaugen-Baklandet	26.09.2011	414871	1.1	OAA
61		Kvikkleireutredning forprosjekt.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
62		Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert	26.09.2011	414871	1.1	OAA
63		prosjektområde.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
64		Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
65		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA
66		Trondheim kommune	26.09.2011	414871	1.1	OAA
67		Gleshaugen-Baklandet	26.09.2011	414871	1.1	OAA
68		Kvikkleireutredning forprosjekt.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
69		Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert	26.09.2011	414871	1.1	OAA
70		prosjektområde.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
71		Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
72		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA
73		Trondheim kommune	26.09.2011	414871	1.1	OAA
74		Gleshaugen-Baklandet	26.09.2011	414871	1.1	OAA
75		Kvikkleireutredning forprosjekt.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
76		Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert	26.09.2011	414871	1.1	OAA
77		prosjektområde.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
78		Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
79		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA
80		Trondheim kommune	26.09.2011	414871	1.1	OAA
81		Gleshaugen-Baklandet	26.09.2011	414871	1.1	OAA
82		Kvikkleireutredning forprosjekt.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
83		Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert	26.09.2011	414871	1.1	OAA
84		prosjektområde.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
85		Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
86		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA
87		Trondheim kommune	26.09.2011	414871	1.1	OAA
88		Gleshaugen-Baklandet	26.09.2011	414871	1.1	OAA
89		Kvikkleireutredning forprosjekt.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
90		Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert	26.09.2011	414871	1.1	OAA
91		prosjektområde.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
92		Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
93		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA
94		Trondheim kommune	26.09.2011	414871	1.1	OAA
95		Gleshaugen-Baklandet	26.09.2011	414871	1.1	OAA
96		Kvikkleireutredning forprosjekt.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
97		Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med integrert	26.09.2011	414871	1.1	OAA
98		prosjektområde.	26.09.2011	414871	1.1	OAA
99		Del-1	26.09.2011	414871	1.1	OAA
100		MULTICONSULT AS	26.09.2011	414871	1.1	OAA



TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- TOTALSONDERING
- TILNÆRMEDE BOREPUNKT
- ☆ FJELLSKUTTEBORING
- KLERNEBORING
- DREIETRYKSONDERING
- SKRAPERFORING
- PRØVESERIE — VIKKEBORING
- PRØVESERIE — FØRSTYKKMALING
- TRYKSONDERING I DAGEN

- TEGNFORKLARING BORINGER:
- SPRØRBUDDSMATERIALE
 - MULIG SPRØRBUDDSMATERIALE
 - IKKE PÅVIST SPRØRBUDDSMATERIALE
 - INGEN INFORMASJON OM BORPUNKTET

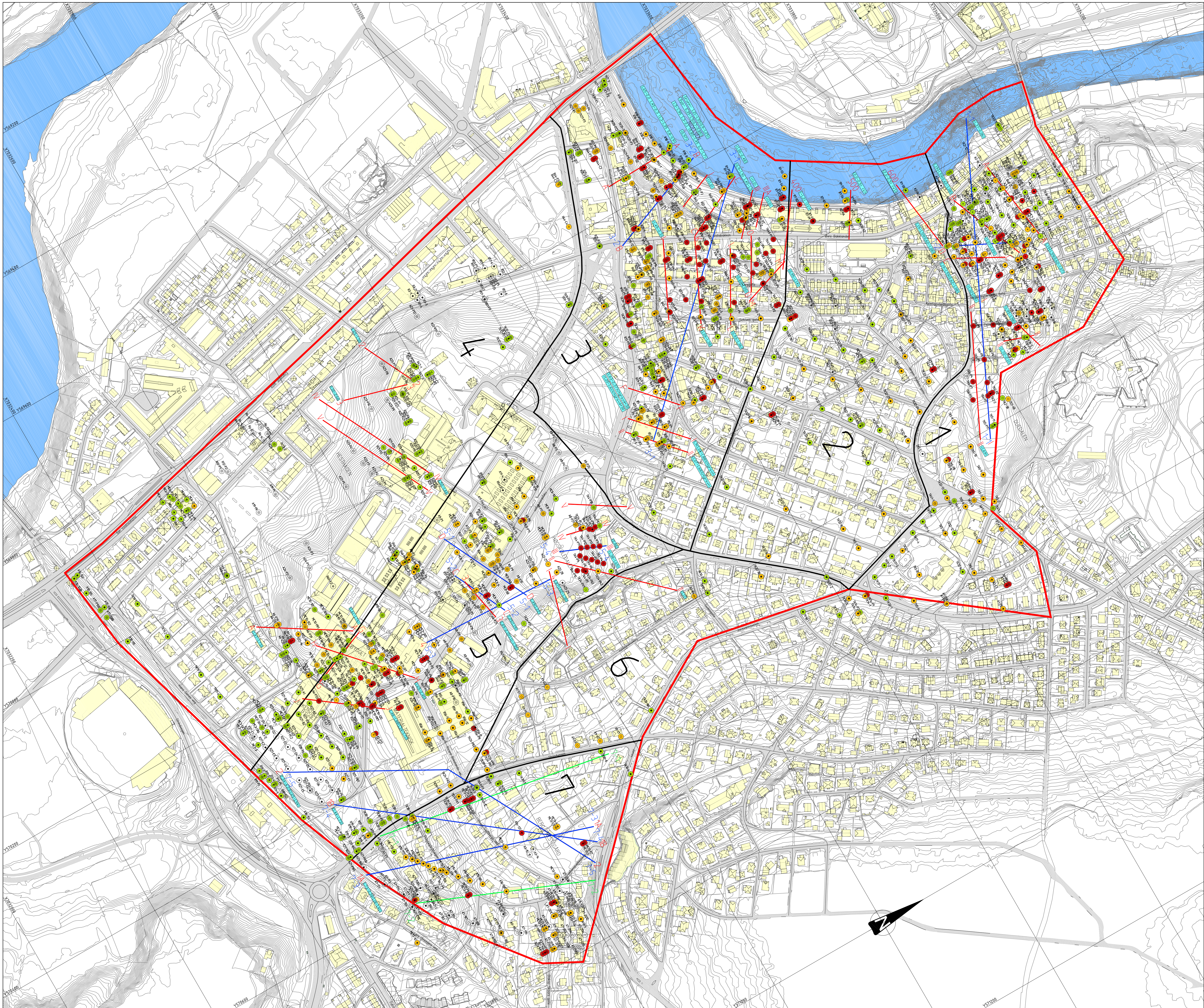
I, II, III, IV
DELSONER I BERG STUDENTBY ETTER RAMBØLL RAPPORT NR 6070721-002

DELOMRÅDE 1: Duesdalen-Lillegårdsbakken
DELOMRÅDE 2: Baklandet-Nedre Singaker nord
DELOMRÅDE 3: Baklandet-Nedre Singaker sør
DELOMRÅDE 4: Gleshaugen vest-Hesthagen
DELOMRÅDE 5: Gleshaugen øst-Hagakleddalen
DELOMRÅDE 6: Tildemossdalen
DELOMRÅDE 7: Prestegårdsprødet

TIDLIGERE BORINGER:
Tidligere boringer er angitt med indreks foran boringsnr.
Oversikt over tryk og tidligere bormarkeringer er gitt i vedlegg 5.
TK-X: BORINGER FRA TRONDHEIM KOMMUNE
MC-X: BORINGER FRA MULTICONSULT
R-X: BORINGER FRA RAMBØLL
A-X: BORINGER FRA ANDRE

HØYDEREFERANSE PÅ BORINGER: NN2000
KORDINATSYSTEM: EUREF 89 SONE 32V
KARTGRUNNLAG: DIGITALT FRA TRONDHEIM KOMMUNE, NN2000

Trondheim kommune		Sjef		Sjef	
Gleshaugen-Baklandet		Sjef		Sjef	
Kvikkleireutredning forprosjekt.		Sjef		Sjef	
Oversikt over tidligere grunnundersøkelser med status.		Sjef		Sjef	
1:2000		Sjef		Sjef	
MULTICONSULT AS		Sjef		Sjef	
26.09.2011		Sjef		Sjef	
414871		Sjef		Sjef	
2		Sjef		Sjef	
ROL		Sjef		Sjef	
OAA		Sjef		Sjef	



TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- TOTALSONDERING
- ✱ FJELLKONTROLLBORING
- KJERNEBORING
- DREITRYKKSONDERING
- ✱ SKJUPLETTFORSK
- PRØVESEKKE
- PRØVEGRØP
- TRYKKSØNDERING
- VINGEBORING
- PEDRYKKOMLING
- FJELL I DAGEN

TEGNFORKLARING BORINGER:

- SPØRBRUDDSMATERIALE
- MULIG SPØRBRUDDSMATERIALE
- IKKE PÅVIST SPØRBRUDDSMATERIALE
- INGEN INFORMASJON OM BORPUNKTET

BEREGNEDE PROFILER I TIDIGERE STABILITETSANALYSER

BEREGNEDE PROFILER I FORPROSJEKTET

BEREGNES I HOVEDPROSJEKTET

XXX-YYY XXX-YYY
→ Sikkerhet, eff. spenn. analyse
→ Sikkerhet totalspen. analyse

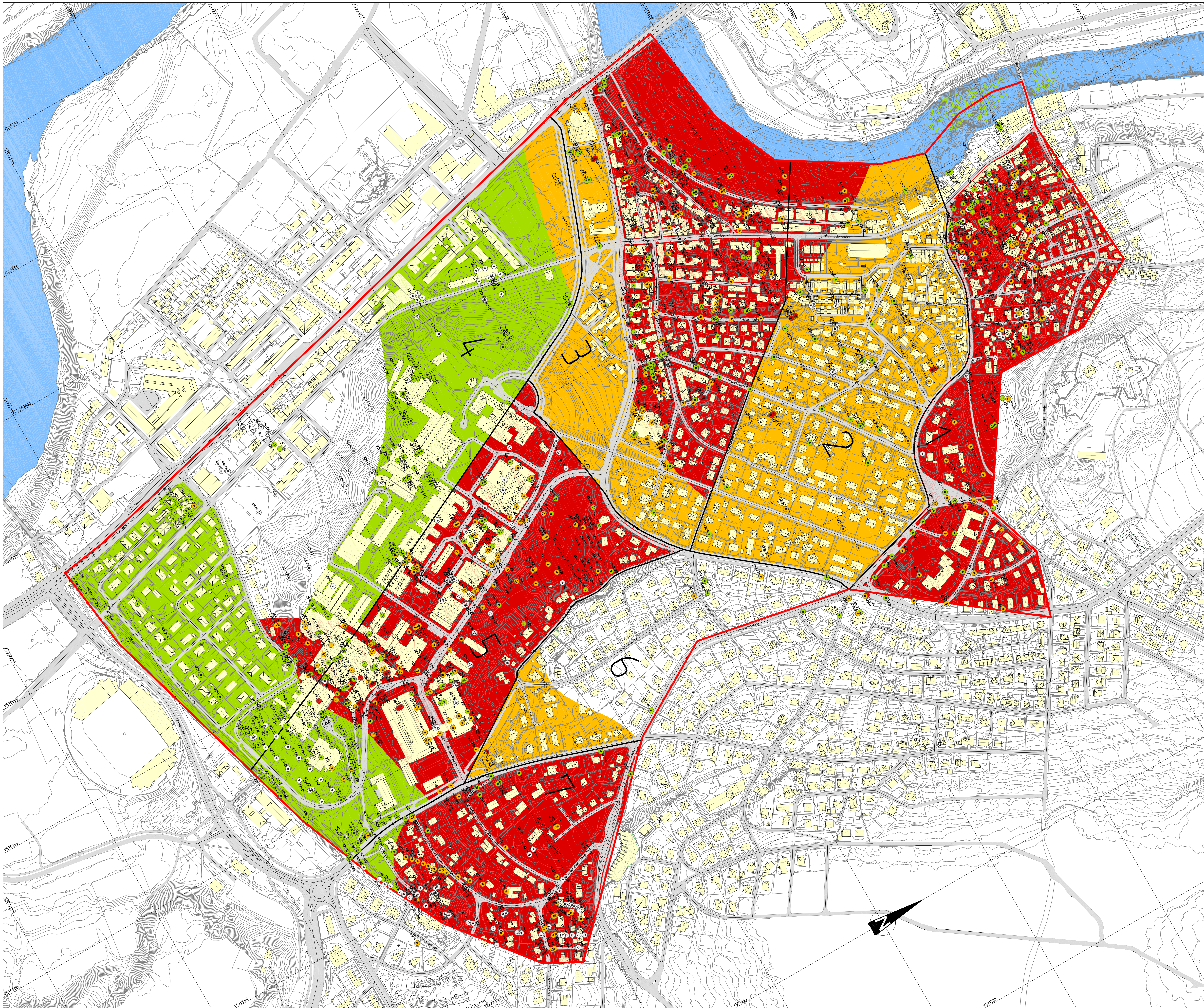
DELOMRÅDE 1: Duesdalen-Lillegrødsbakken
DELOMRÅDE 2: Bakklundet-Nedre Singaker nord
DELOMRÅDE 3: Bakklundet-Nedre Singaker sør
DELOMRÅDE 4: Gashaugen vest-Hesthaugen
DELOMRÅDE 5: Gashaugen øst-Hesthaugen
DELOMRÅDE 6: Tidemannsgate
DELOMRÅDE 7: Prestegårdsplassen

TIDIGERE BORINGER:
Tidligere boringer er angitt med indekser foran boringslett i vedlegg 5.
Oversikt over ty og tidligere boringslett (Kartong er gitt i vedlegg 5).

TK-X: BORINGER FRA TRONDHEIM KOMMUNE
MK-X: BORINGER FRA MULTICONSULT
P-X: BORINGER FRA RAMBOLL
A-X: BORINGER FRA ANDRE

HØYDEREFERANSE PÅ BORINGER: NN2000
KORDINATSYSTEM: EUREF 89 SONE 12V
KARTGRUNNLAG: DIGITALT FRA TRONDHEIM KOMMUNE, NN2000

Trondheim kommune		414871-3.dwg	
Gashaugen-Bakklundet		Gashaugen-Bakklundet.dwg	
Kvikkleireutredning forprosjekt.		1:2000	
Oversikt over profiler med tidligere stabilitetsberegninger og utvalgte områder med forventet kritiske profiler.		ROL	
MULTICONSULT AS		414871	
26.09.2011		3	
414871		3	



TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ⊙ TOTALSONDERING
- ☆ FJELDKONTROLLBORING
- ⊕ KJERNEBORING
- ⊙ DREIETRYKSONDERING
- ⊙ SKRUPLETETSTEST
- PRØVESEKKE
- PRØVEGRUPP
- ▽ TRYKSONDERING
- + VANDREBORING
- ⊕ PORETRYKKMÅLING
- ⊕ FJELL I DAGEN

STATUS FOR SPRØBRUDDSMATERIALE INNENFOR PROSEKTOMRÅDE:

- SONE MED PÅVIST SPRØBRUDDSMATERIALE I MEKTIGE OG ANTATT KONTINUERLIGE LAG.
- SONE MED MULIG SPRØBRUDDSMATERIALE I BORINGER.
- SONE UTEN ELLER MED BARE TYNNE, UREGELMESSIGE FOREKOMSTER AV SPRØBRUDDSMATERIALE.
- SONE MED MANGELFULL INFORMASJON. STATUS FOR SPRØBRUDDSMATERIALE IKKE KLASSIFISERT.

TEGNFORKLARING BORINGER:

- SPRØBRUDDSMATERIALE
- MULIG SPRØBRUDDSMATERIALE
- IKKE PÅVIST SPRØBRUDDSMATERIALE
- INGEN INFORMASJON OM BORPUNKTET

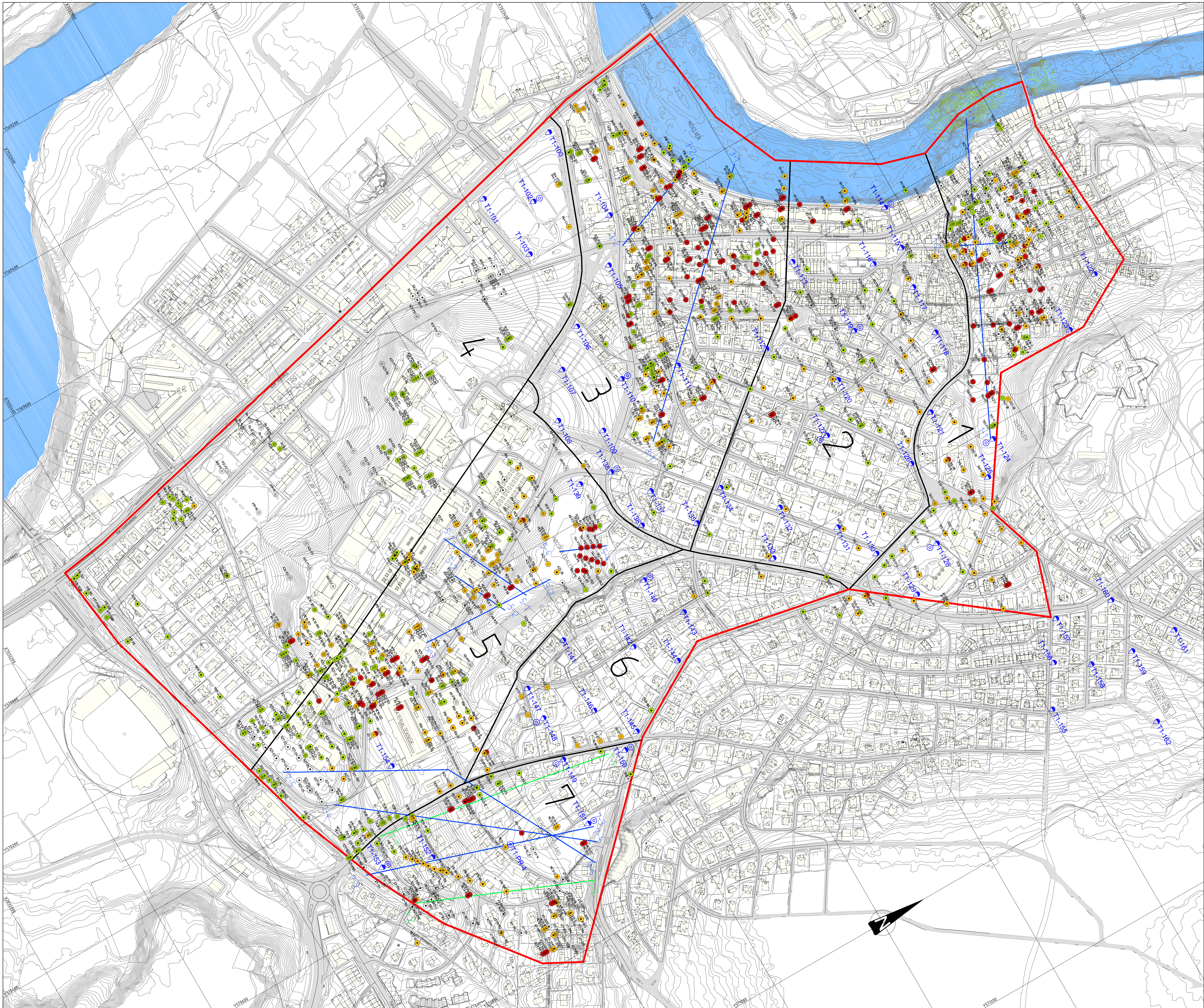
DELOMRÅDE 1: Duedden-Lillegrødsbakken
DELOMRÅDE 2: Baklandet-Nedre Singaker nord
DELOMRÅDE 3: Baklandet-Nedre Singaker sør
DELOMRÅDE 4: Gjøshaugen vest-Hesthaugen
DELOMRÅDE 5: Gjøshaugen øst-Høgskolegården
DELOMRÅDE 6: Litteraturskolegården
DELOMRÅDE 7: Prestegårdspromenaden

TILLEGGENDE BORINGER:
Tidligere boringer er angitt med indekser foran borhullstallet.
Oversikt over tryk og tidligere boringsidentifikasjon er gitt i vedlegg 5.

TK-X: BORINGER FRA TRONDHEIM KOMMUNE
MC-X: BORINGER FRA MULTICONSULT
R-X: BORINGER FRA RAMBØLL
A-X: BORINGER FRA ANDRE

HØYDEREFERANSE PÅ BORINGER: NN2000
KOORDINATSYSTEM: EUREF 89 SONE 32V
KARTGRUNNLAG: DIGITALT FRA TRONDHEIM KOMMUNE, NN2000

Trondheim kommune		Dato		Sogn		Tegn	
Gjøshaugen-Baklandet		414871-5.dwg		Geo		Geoteknikk	
Kvikkleireutredning forprosjekt.		1:2000		ROLS		OAA	
Status for utbredelse av sprøbruddsmateriale innenfor prosjektovråde. Grunnlag for revidert faresoneinndeling.		26.09.2011		414871		5	
MULTICONSULT AS		26.09.2011		414871		5	
Trondheim		414871		5		5	



TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING
 - ENKEL SONDERING
 - ▼ RAMMSONDERING
 - TOTALSONDERING
 - ☆ FJELLKONTROLLBORING
 - ⊕ KJERNEBORING
 - ⊕ DREIETRYKKSONDERING
 - ⊕ SKRUPLETETTSBOK
 - PRØVESEKKE
 - PRØVEGREP
 - ▽ TRYKKSONDERING
 - ⊕ VINGEBORING
 - ⊕ PEDRETRYKKNALING
 - ⊕ FJELL I DAGEN
- TEGNFORKLARING: BORINGER:
- SPRØRBUDDSMATERIALE
 - MULIG SPRØRBUDDSMATERIALE
 - IKKE PÅVIST SPRØRBUDDSMATERIALE
 - INGEN INFORMASJON OM BORPUNKTET
 - TT-XX PLANLAGTE SUPPLERENDE BORINGER TRINN 1
 - BEREGNEDNE PROFILER I FORPROSJEKTET
 - BEREGNES I HOVEDPROSJEKTET

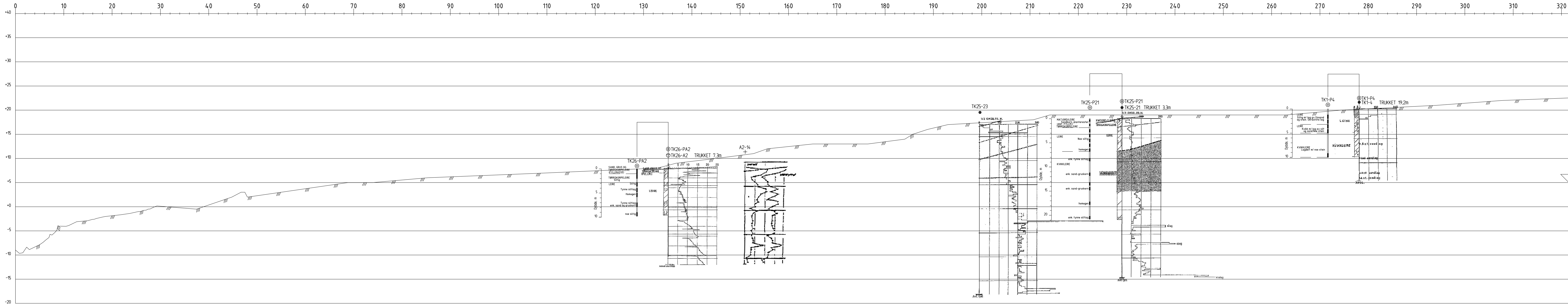
DELOMRÅDE 1: Duedalen-Illegårdsbakken
DELOMRÅDE 2: Bakklundet-Nedre Singsaker nord
DELOMRÅDE 3: Bakklundet-Nedre Singsaker sør
DELOMRÅDE 4: Gleshaugen vest-Hestingsen
DELOMRÅDE 5: Gleshaugen øst-Hegskoleidalen
DELOMRÅDE 6: Tødemossagata
DELOMRÅDE 7: Prestegårdsområdet

TIDLIGERE BORINGER:
Tidligere boringer er angitt med indeks for boringsnavn.
Oversikt over tryk og tidligere bormarkeringer er gitt i vedlegg 5.

TK-X: BORINGER FRA TRONDHEIM KOMMUNE
MC-X: BORINGER FRA MULTICONSULT
R-X: BORINGER FRA RAMBOLL
A-X: BORINGER FRA ANDRE

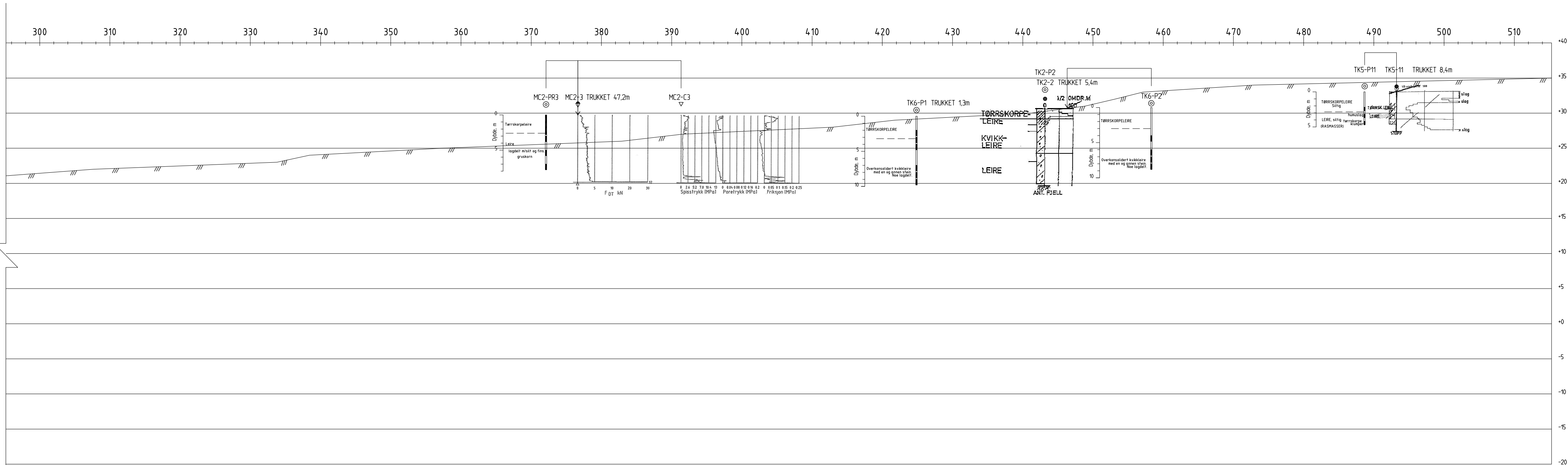
HØYDEREFERANSE PÅ BORINGER: NN2000
KOORDINATSYSTEM: EUREF 89 SONE 32V
KARTGRUNNLAG: DIGITALT FRA TRONDHEIM KOMMUNE, NN2000

No. 414871		Dato 23.09.2011		Kontrollert ROLS	
Trondheim kommune		Oppgaven 414871-6.dwg		Gjort av DAA	
Gleshaugen-Bakklundet		Kartprosjekt		1:2000	
Kvikkleireutredning forprosjekt		Forslag til borplan for supplerende grunnundersøkelser		Rev.	
- Trinn 1 Hovedprosjekt.		414871		6	



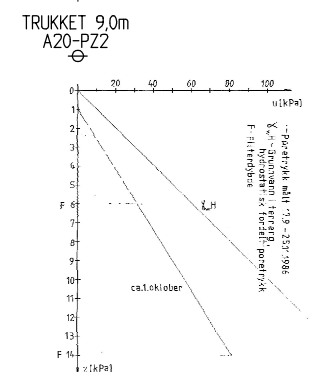
DEL-1

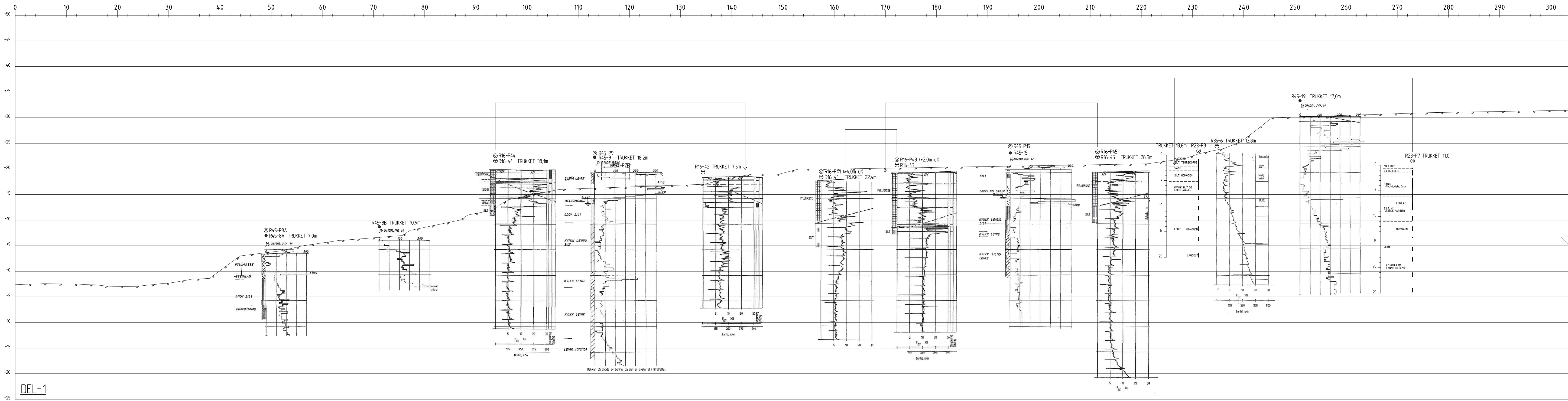
Rev.		Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Trondheim kommune Gløshaugen-Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt.	Original format A3-forlenget Tegningens filnavn 414871-100.dwg Underlagets filnavn Gløshaugen-Bakklandet.dwg	Fag Geoteknikk		
		Lengdeprofil med utvalgte borer, Delområde 1, profil 1-1 Del-1	Målestokk 1: 400	MULTICONSULT		
MULTICONSULT AS		Dato 26.09.2011 Oppdragsnr. 414871	Konstr./Tegnet JMP Tegningsnr. 100.1	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA	Rev.
		7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70				



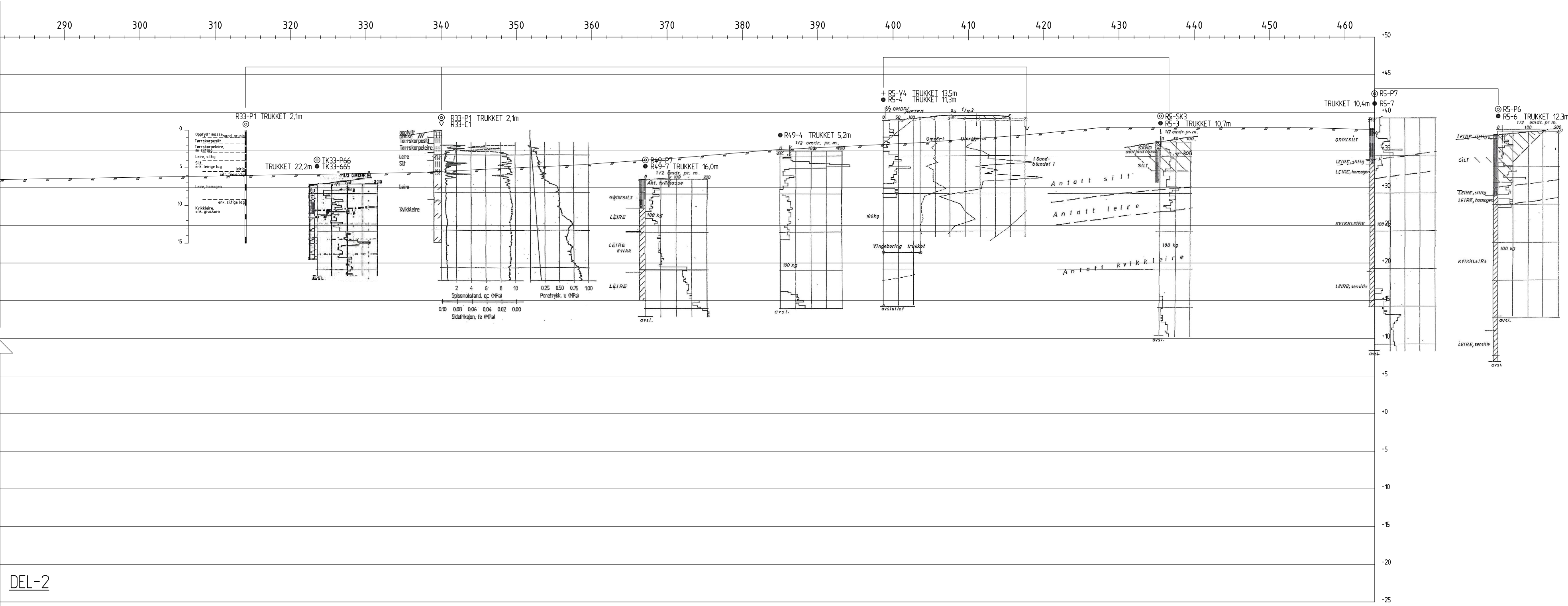
DEL-2

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen-Baklandet Kvikkleireutredning forprosjekt.	Original format A3-forlengget Tegningsnavn 414871-100.dwg Underlagets filnavn Gløshaugen-Baklandet.dwg	F o g	Geoteknikk	
	Lengdeprofil med utvalgte borer, Delområde 1, profil 1-1 Del-2	Målestokk 1: 400			
MULTICONSULT AS	Dato 26.09.2011 Oppdragsnr. 414871	Konstr./Tegnet JMP Tegningsnr. 100.2	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA	Rev.
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70					

[illegible]

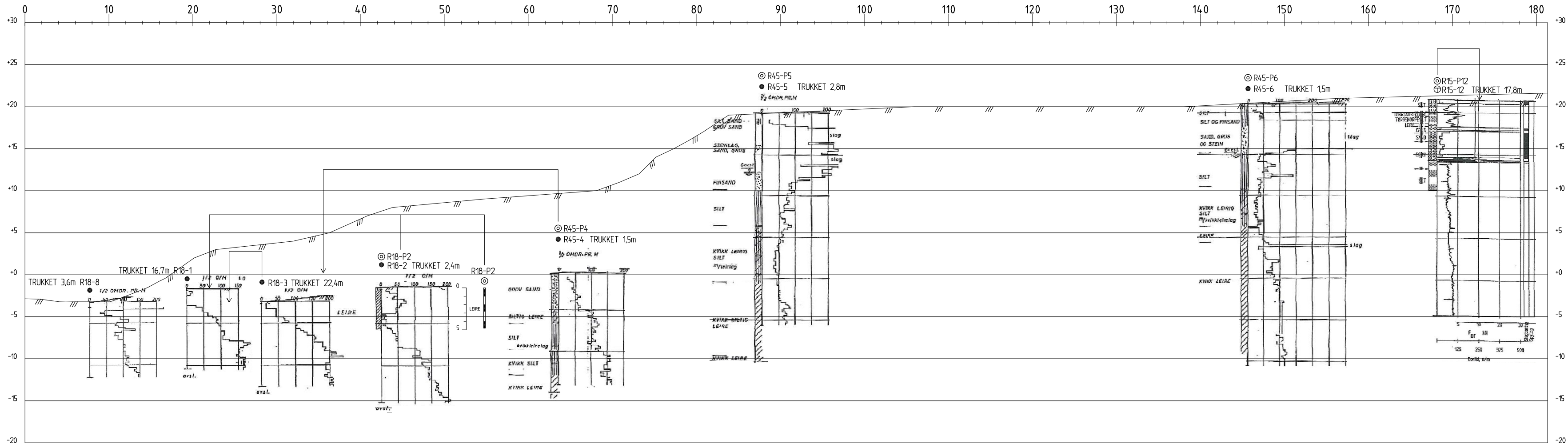


Rev.		Beskrivelse	Dato		Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Trondheim kommune Gløshaugen-Baklandet Kvikkleireutredning forprosjekt.	Original format A3-forlenget Tegningsnr. filnavn 414871-102.dwg		Fag Geoteknikk		
		Lengdeprofil med utvalgte boringer, Delområde 3, profil 3-1 Del-1	Underlagets filnavn Gløshaugen-Baklandet.dwg		Målestokk 1: 400		
MULTICONSULT AS		Dato 26.09.2011	Konstr./Tegnet JMP		Kontrollert ROLS		Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414871	Tegningsnr. 102.1		Rev.		

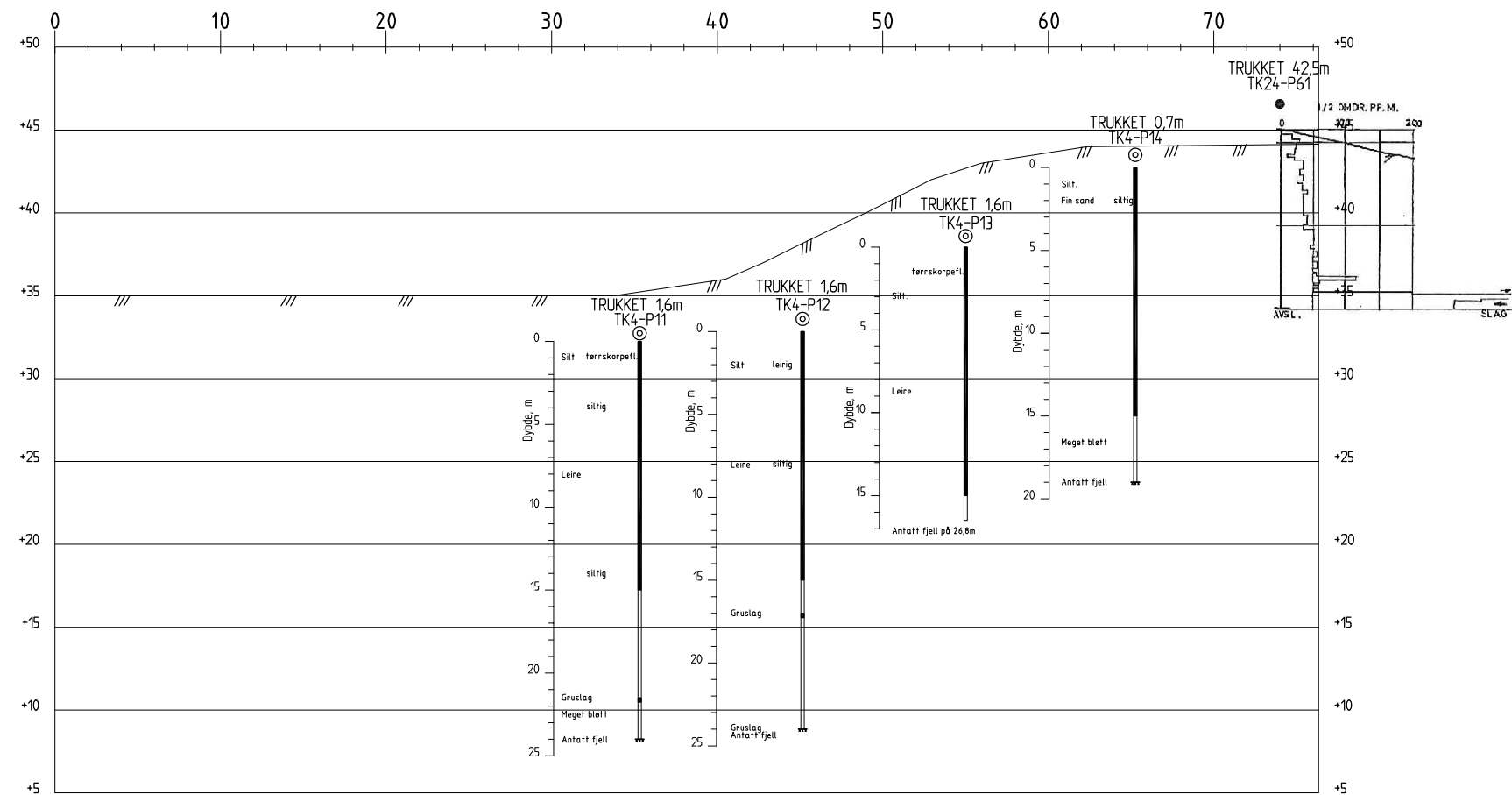


DEL-2

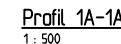
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godk.
	Trondheim kommune Gløshaugen-Baklandet Kvikkleireutredning forprosjekt.	Original format A3-forlenget Tegnings nr. 414871-102.dwg	F04		Geoteknikk
	Lengdeprofil med utvalgte borer, Delområde 3, profil 3-1 Del-2	Underlagets filnavn Gløshaugen-Baklandet.dwg			
		Målestokk 1:400			
MULTICONSULT AS	Dato 26.09.2011	Konstr./Tegnet JMF	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA	
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 414871	Tegningsnr. 102.2		Rev.	

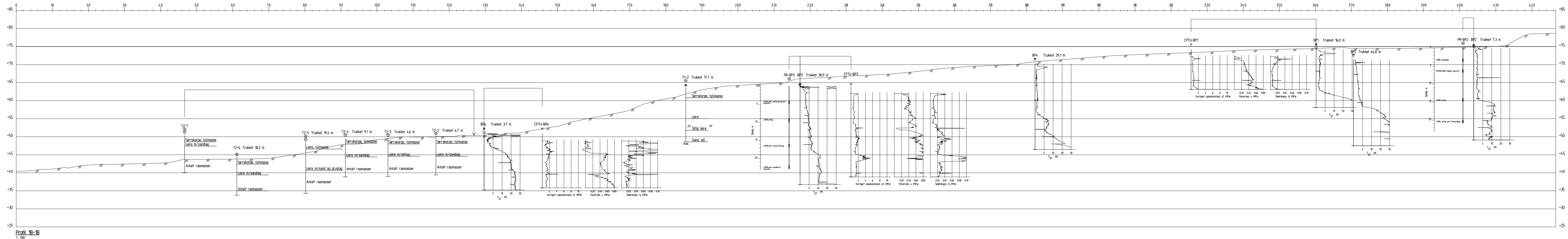


Rev.	Beskrivelse	Dato				Tegn.	Kontr.	Godkj.	
Trondheim kommune Gløshaugen–Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt.		Original format A3–forlenget				Fag Geoteknikk			
		Tegningens filnavn 414871–103.dwg							
		Underlagets filnavn Gløshaugen–Bakklandet.dwg							
		Målestokk							
Lengdeprofil med utvalgte borer, Delområde 3, profil 3–2		1:400							
MULTICONCONSULT AS		Dato	26.09.2011	Konstr./Tegnet JMP	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA			
		Oppdragsnr.	414871	Tegningsnr.	103	Rev.			
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70									

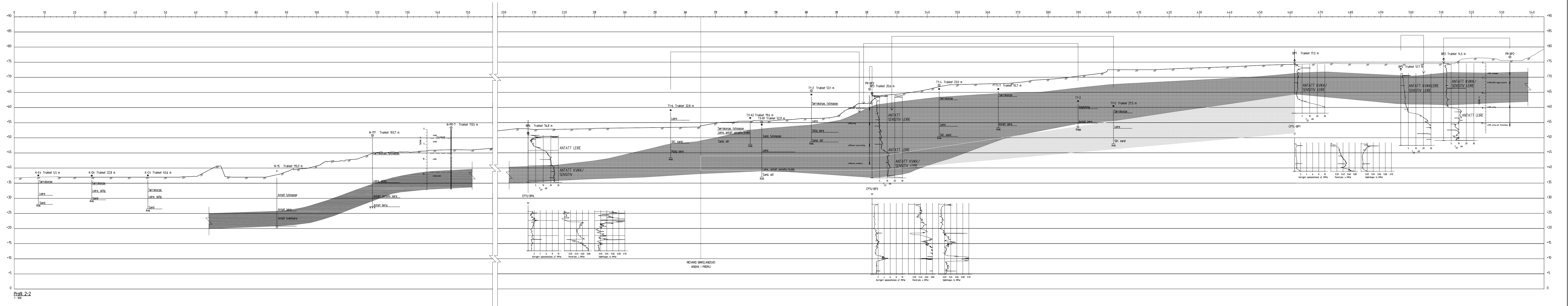


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen-Baklandet Kvikkleireutredning forprosjekt.	Original format A3	Fag	Geoteknikk	
	Lengdeprofil med utvalgte boringer, Delområde 5, profil 5-4	Tegningens filnavn 414871-104.dwg Underlagets filnavn Gløshaugen-Baklandet.dwg	Målestokk 1:400		
MULTICONSULT AS	Dato 26.09.2011	Konstr./Tegnet JMP	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA	
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 414871	Tegningsnr. 104	Rev.		

[illegible]



Rev.		Beskrivelse		Data		Tegn.		Kontr.		Godkj.	
		Trondheim kommune		Original format		A3-forlengt		Fag		Geoteknikk	
		Gløshaugen – Baklandet		Tegningsnavn: BAKDET		413642-101.dwg		Underlagte filnavn		Kartunderlag_101104	
		Kvikkleireutredning forprosjekt		Underlagte filnavn		Kartunderlag_101104		Målestokk		1:500	
		Lengdeprofil med nye og tidligere borer.		Opprinnelig Profil 1B 413642 NINA nybygg		1:500		MULTICONSULT			
		Profil 7-4		Dato		20.09.2011		Konstr./Tegnet		JMP	
		Opprinnelig Profil 1B 413642 NINA nybygg		Oppdrager		7486 TRONDHEIM		Tegningstegn		106	
		MULTICONSULT AS		Oppdragsnr.		414871		Kontrollert		ROLS	
		7486 TRONDHEIM		Tegn.		106		Godkjent		OAA	
		Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Rev.							



Justert lagdeling for kvikk/sensitiv leire
etter supplerende grunnundersøkelser.

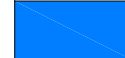
Opprinnelig antatt lagdeling for
kvikk/sensitiv leire.

Rev.		Beskrivelse	Dato		Tegn.	Kontr.	Godk.
		Trondheim kommune Gløshaugen – Baklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3-forlengt Tegningsnavn: Bakket 413642-102.dwg		Geoteknikk		
		Lengdeprofil med nye, tidligere boringer og Profil 7-5 Opprinnelig Profil 2 413642 NINA nybygg	Underlagte filnavn kartunderlag_101104		Målestokk		
			1:500		MULTICONSULT		
MULTICONSULT AS		7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Dato 20.09.2011	Konstr./Tegnet JMP	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA	Rev.
			Oppdragsnr. 414871	Tegningsnr. 107			

Tegnforklaring:

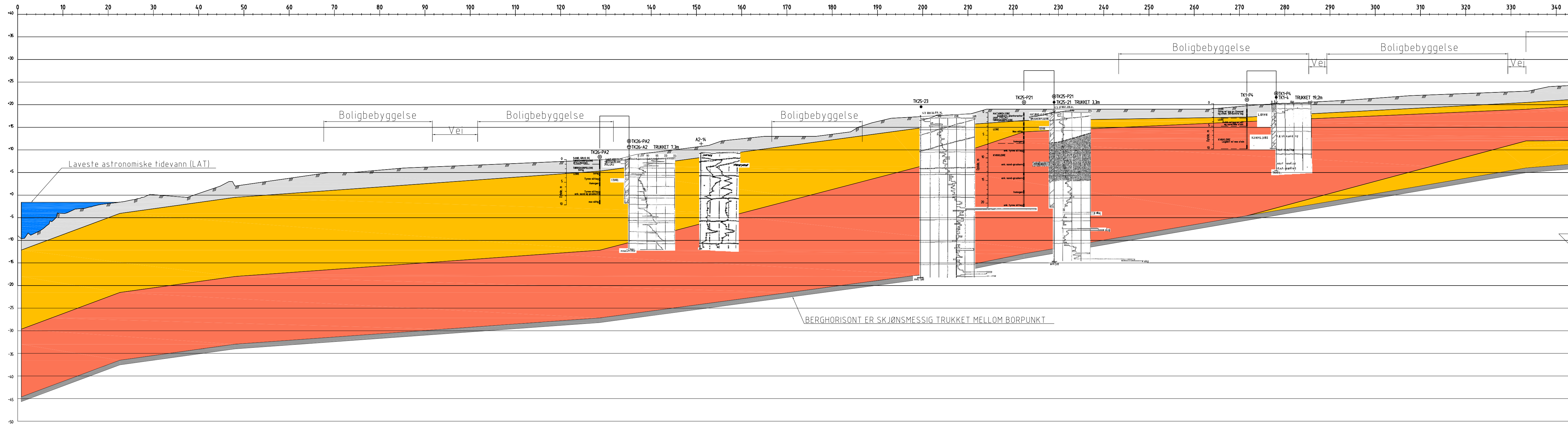
 Sprøbruddsmateriale

 Tørreskorpeleire

 Nidelva

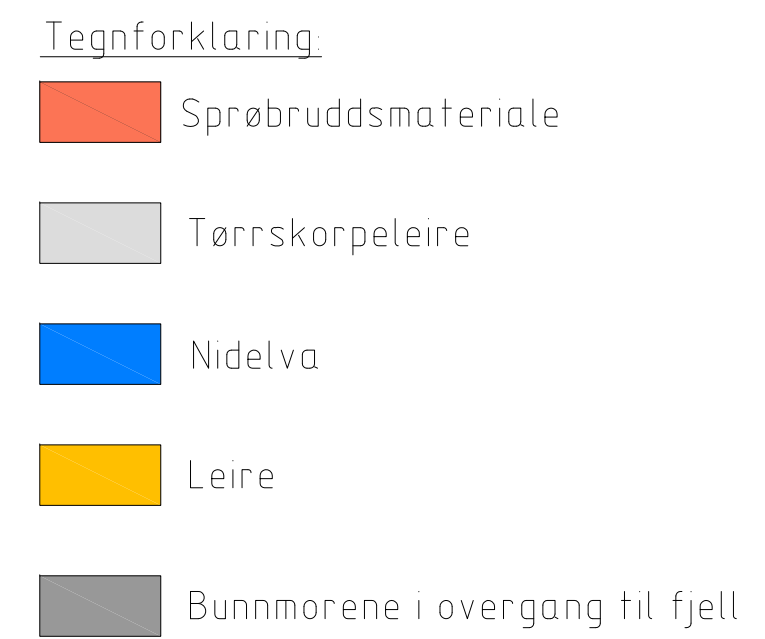
 Leire

 Bunnmorene i overgang til fjell



DEL-1

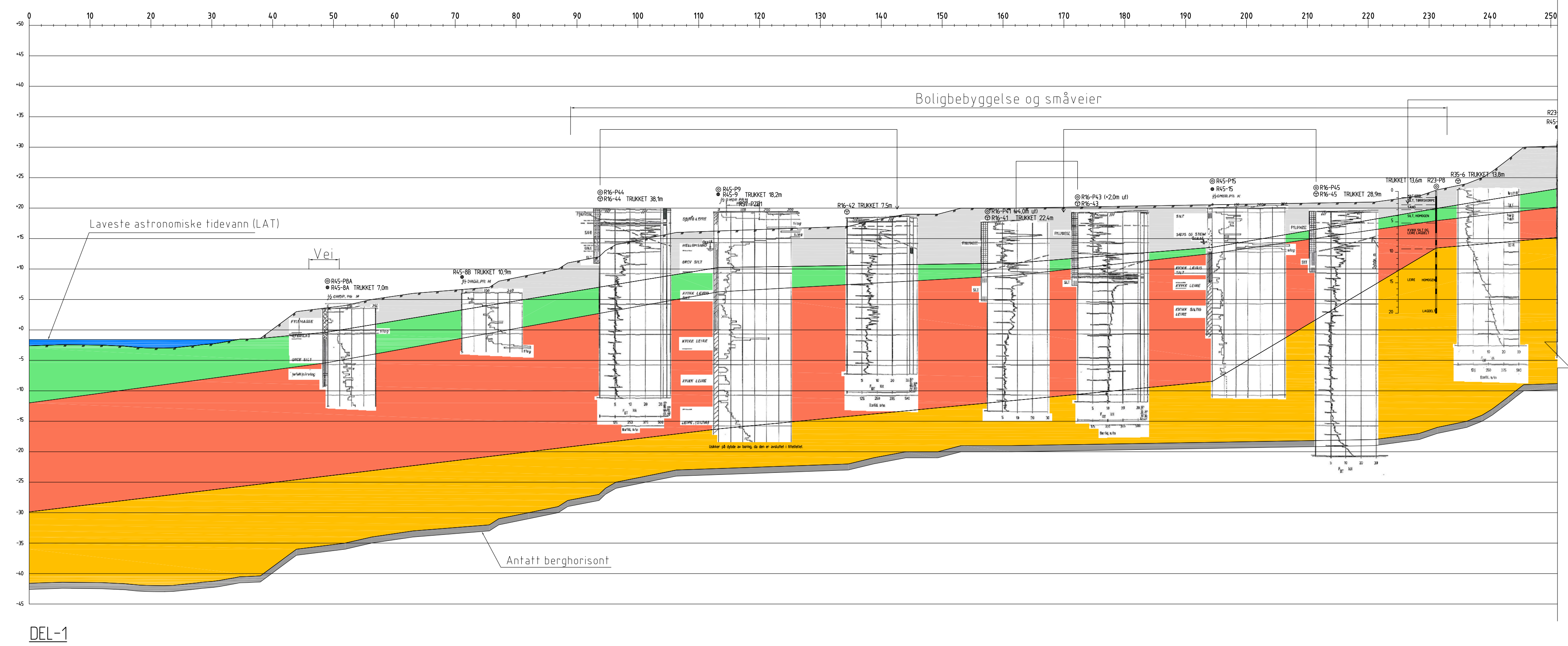
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen-Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3-forlenget Tegningens filnavn 414871-120.dwg	Fag	Geoteknikk	
	Lengdeprofil 1-1 Del-1 Tolket lagdeling	Målestokk 1: 500			
MULTICONSULT AS		Dato 07.09.2011	Konstr./Tegnet Eris	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsgiver 414871	Tegningssk. 120.1	Rev.	—

[illegible]

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
		Tegningsens filnavn 414871-121.dwg			
		Underlagets filnavn Gløshaugen-Bakklandet.dwg			
	Lengdeprofil 1-2 Tolket lagdeling	Målestokk 1 : 400			
MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Dato 09.09.2011 Oppdragsnr. 414871	Konstr./Tegnet EriS Tegningsnr. 121	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA	Rev. -

Tegnforklaring

- Sprøbruddsmateriale
- Fyllmasser, sand, grus, tørrskorpelag
- Leire
- Bunnmorene i overgang til fjell
- Silt (grov, finsandig, leirig)
- Nidelva

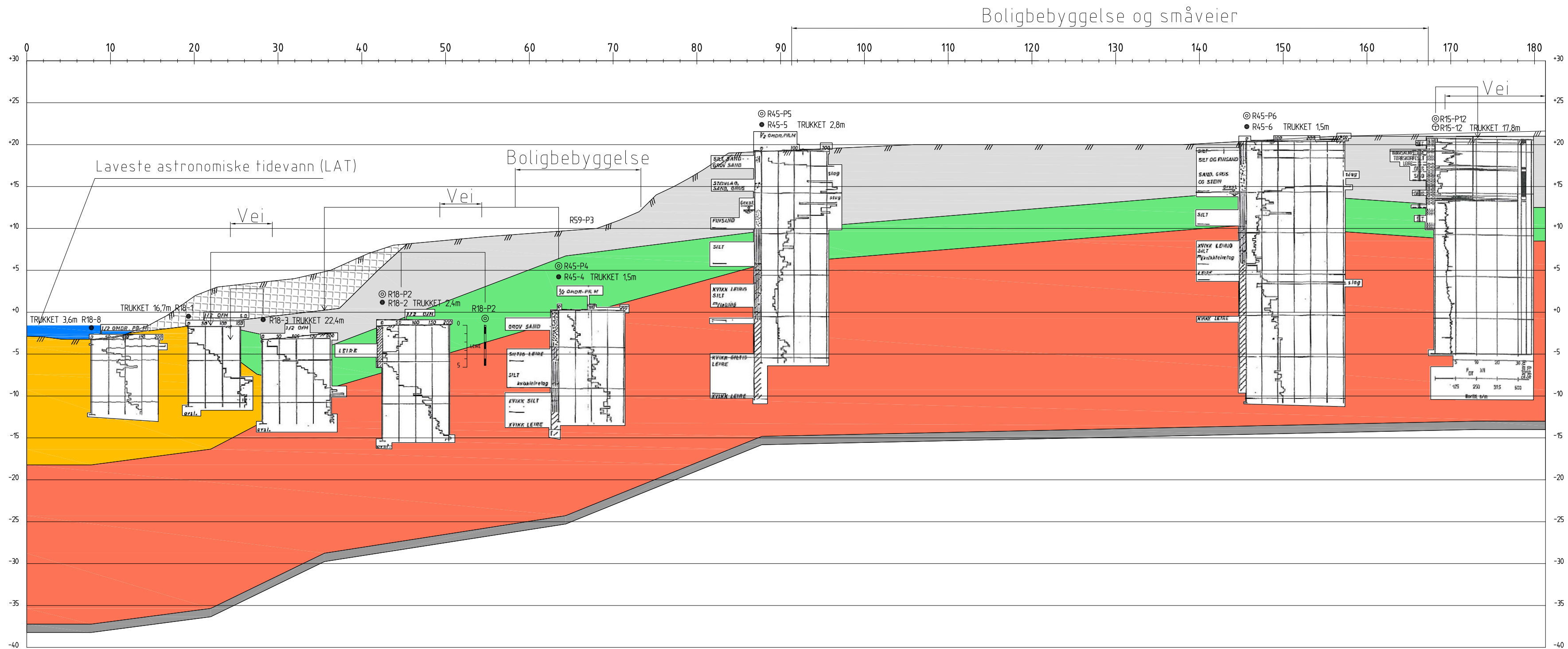


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen-Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3-forlengt Tegningens filnavn 414871-122.dwg	Fag	Geoteknikk	
	Lengdeprofil 3-1 Del-1 Tolket lagdeling	Målestokk 1: 500			
MULTICONSULT AS		Dato 25.09.2011	Konstr./Tegnet Eris	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsgiver 414871	Tegningssnr. 122.1	Rev.	—



	Sprøbruddsmateriale
	Fyllmasser, sand, grus, tørrskorpelag
	Leire
	Bunnmorene i overgang til fjell
	Silt (grov, finsandig, leirig)
	Nidelva

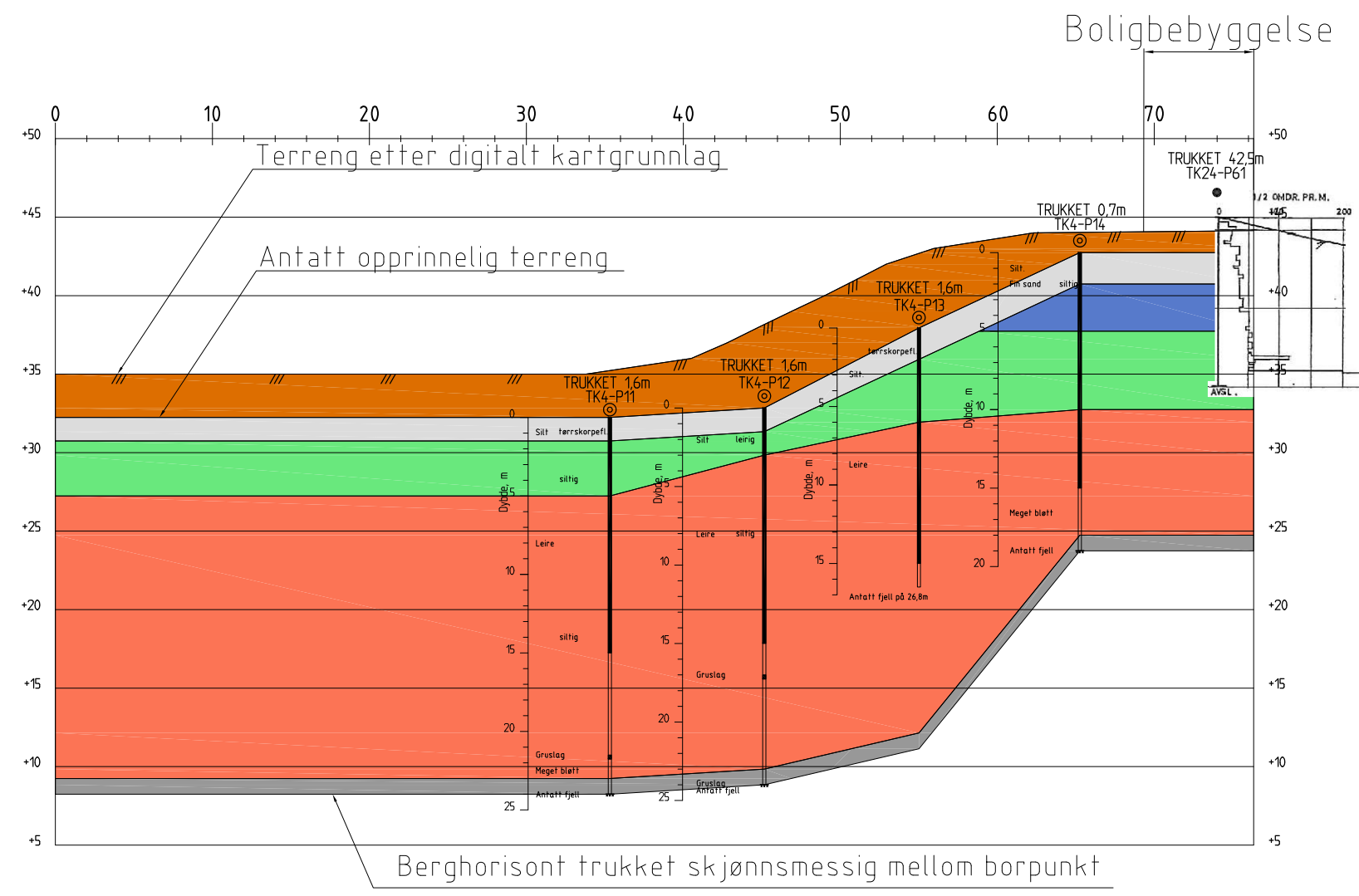
Rev.	Beskrivelse	Date	Tegn.	Kontr.	Godkj.				
Trondheim kommune Gløshaugen-Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt						Original format A3-førløpet Tegningsnr. 414871-122.dwg Underlagets filnavn Gløshaugen-Bakklandet.dwg			
Lengdeprofil 3-1 Del-2 Talket lagdeling						Målestokk 1: 500 			
MULTICONSULT AS		Dato 25.09.2011	Konstr./Tegnet EriS	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA	Oppdragsnr. 414871 Tegningsnr. 122.2			
Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70						Rev. —			



Tegnforklaring

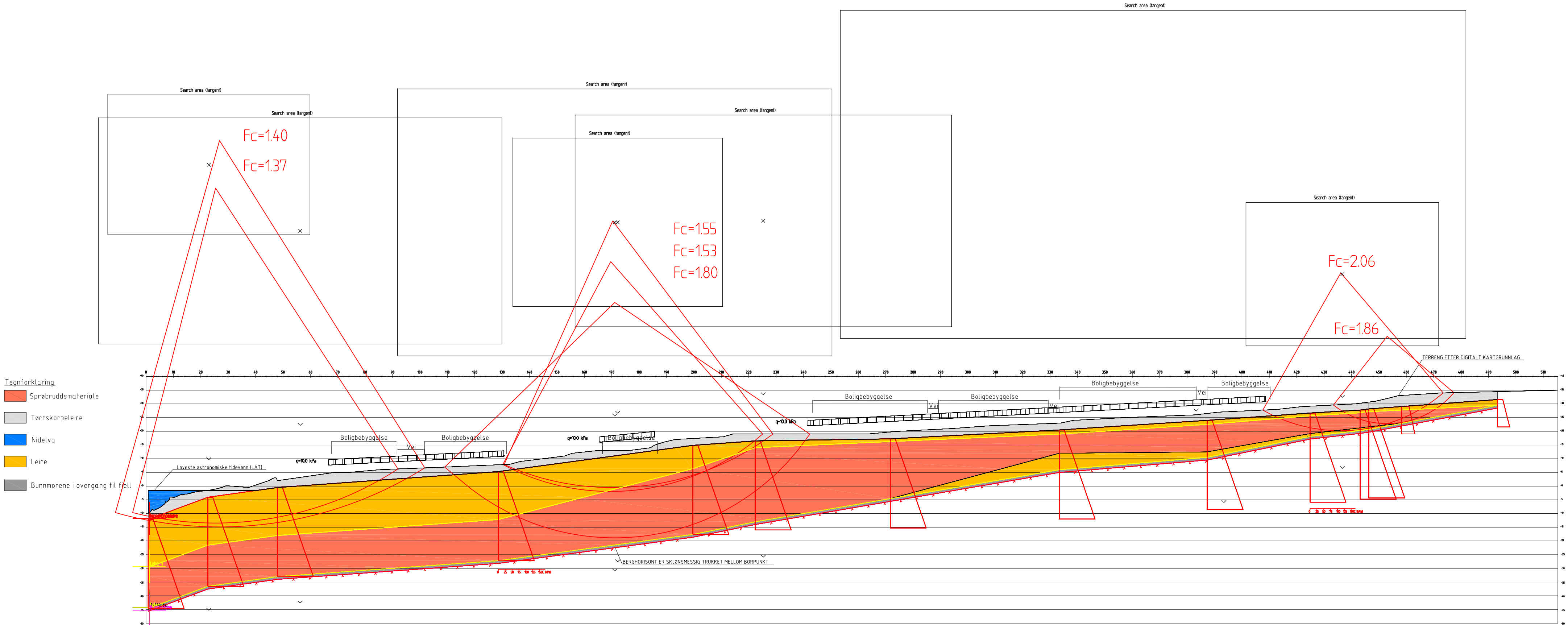
- Kvikk leirig silt med kvikkleire i dybden
- Grus/sand/tørreskorpeleire
- Leire
- Bunnmorene i overgang til fjell
- Silt, grov/finsandig
- Nidelva
- Fylling i strandsonen

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune	Original format	A3 forlenget	Fag	Geoteknikk
	Kvikkleireutredning forprosjekt	Tegningens filnavn	414871-123_tolket_lagdeling_3-2.dwg		
	Gløshaugen – Bakklandet	Underlagets filnavn	Gløshaugen-Bakklandet.dwg		
	Lengdeprofil 3-2	Målestokk	1: 400		
	Tolket lagdeling				
	MULTICONSULT AS	Dato	14.09.2011	Konstr./Tegnet	Eris
	7486 TRONDHEIM	Oppdragsnr.	414871	Tegningsnr.	123
	Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Kontrollert	ROLS	Godkjent	OAA
		Rev.	—		



- Tegnforklaring:
- Sprøbruddsmateriale
 - Opprinnelig tørrskorpelag
 - Fyllmasser (antatt kvalitetsmasser)
 - Bunnmorene i overgang til fjell
 - Silt, leirig (leire, siltig)
 - Fin sand siltig

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn 414871–124.dwg			
		Underlagets filnavn Gløshaugen–Bakklandet.dwg			
	Lengdeprofil 5–4 Tolket lagdeling	Målestokk 1: 400			
MULTICONCONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Dato 19.09.2011	Konstr./Tegnet EriS	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 414871	Tegningsnr. 124		Rev. —



- Tegnforklaring:
- Sprebruddmateriale
 - Tørskorpeleire
 - Nidelva
 - Leire
 - Bunnmorene i overgang til fjell

Fc=186
Analyse 2: øvre del, fin
Result file : z:\4148xx\414871 stabilitetsanalyser\glosaugen - bakklundet\geosuite\stabgraf.nit\profil_1-1 adp rev1R2

Fc=206
Analyse 1: øvre del, grov
Result file : z:\4148xx\414871 stabilitetsanalyser\glosaugen - bakklundet\geosuite\stabgraf.nit\profil_1-1 adp rev1R1

Fc=155
Analyse 3: midtre del, grov
Result file : z:\4148xx\414871 stabilitetsanalyser\glosaugen - bakklundet\geosuite\stabgraf.nit\profil_1-1 adp rev1R3

Fc=153
Analyse 4: midtre del, fin
Result file : z:\4148xx\414871 stabilitetsanalyser\glosaugen - bakklundet\geosuite\stabgraf.nit\profil_1-1 adp rev1R4

Fc=140
Analyse 5: Nedre del, grov
Result file : z:\4148xx\414871 stabilitetsanalyser\glosaugen - bakklundet\geosuite\stabgraf.nit\profil_1-1 adp rev1R5

Fc=137
Analyse 6: Nedre del, fin
Result file : z:\4148xx\414871 stabilitetsanalyser\glosaugen - bakklundet\geosuite\stabgraf.nit\profil_1-1 adp rev1R6

Fc=180
Analyse 7: Midtre del, grov, tyvunget dypere
Result file : z:\4148xx\414871 stabilitetsanalyser\glosaugen - bakklundet\geosuite\stabgraf.nit\profil_1-1 adp rev1R7

Material	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
tørskorpeleire	20.00	30.0	0.0				
Leire 1	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Kvikkleire	20.00			C-prof	1.00	0.60	0.30
Leire 2	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Bunnmorene	20.00	30.0	3.0				

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklundet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A2	Fag Geoteknikk		
	Beregningsprofil 1-1 Stabilitetsanalyse dagens situasjon ADP analyse	Tegningsnr. 414871	Konstr./Tegnet EriS	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA
	Målestokk 1:1000				
	MULTICONSULT AS	Oppdragsnr. 414871	Tegningsnr. 200		
	7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70				

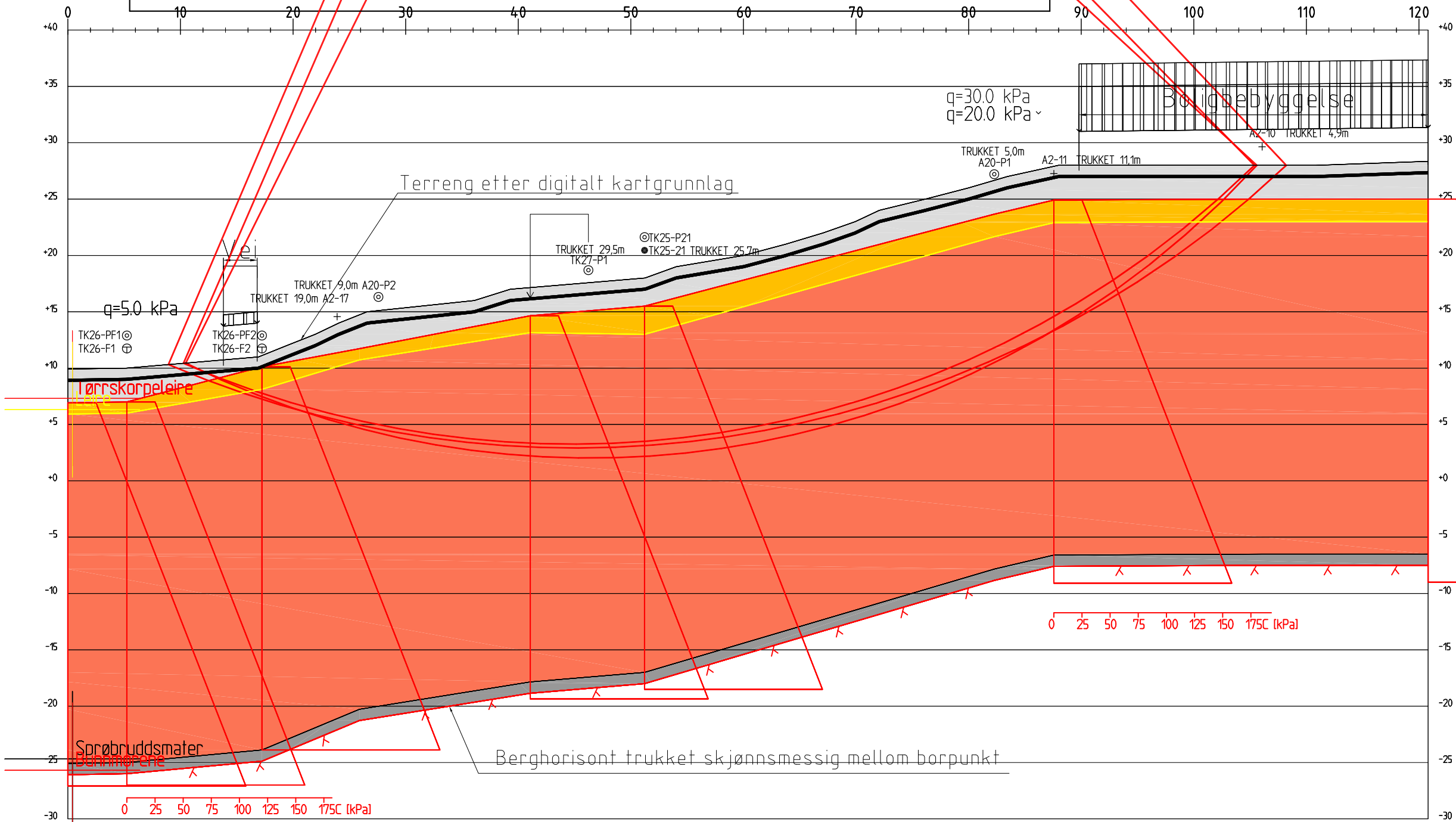
Fc=1.07
Fc=1.09
Fc=1.09

Fc=1.09
Analyse 1: q=20 kPa, grov inndeling
Result file : z:\4148xx\414871 stabilitetsanalyser gloshaugen - bakklandet\geosuite\stabgraf.rit\profil 1-2 adp rev0.R1

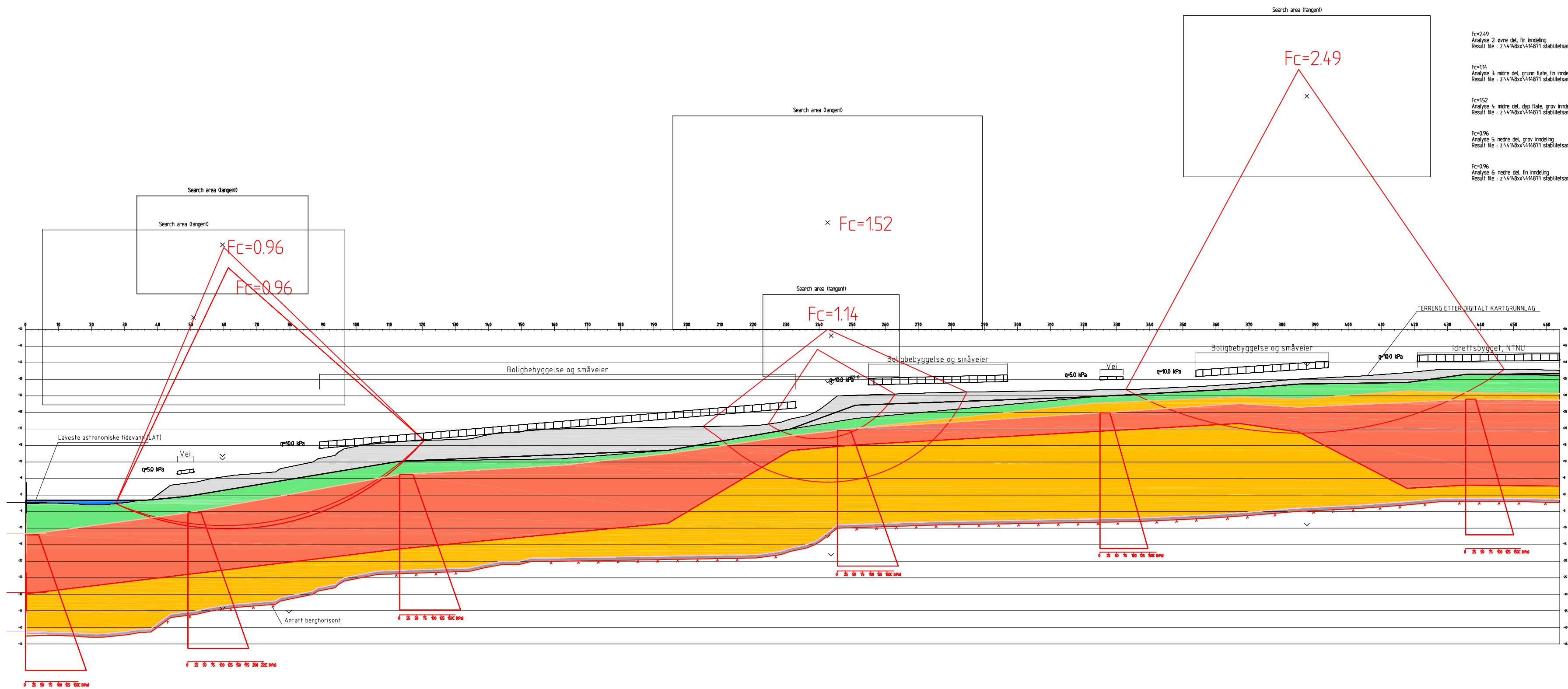
Fc=1.09
Analyse 2: q=20kPa, fin inndeling
Result file : z:\4148xx\414871 stabilitetsanalyser gloshaugen - bakklandet\geosuite\stabgraf.rit\profil 1-2 adp rev0.R2

Fc=1.07
Analyse 3: q=30 kPa, fin inndeling
Result file : z:\4148xx\414871 stabilitetsanalyser gloshaugen - bakklandet\geosuite\stabgraf.rit\profil 1-2 adp rev0.R3

Material	Un.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Tørnskorpeleire	20.00	30.0	0.0				
Leire	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sprøbruddsmater	20.00			C-prof	1.00	0.60	0.30
Bunnmorene	20.00	30.0	3.0				



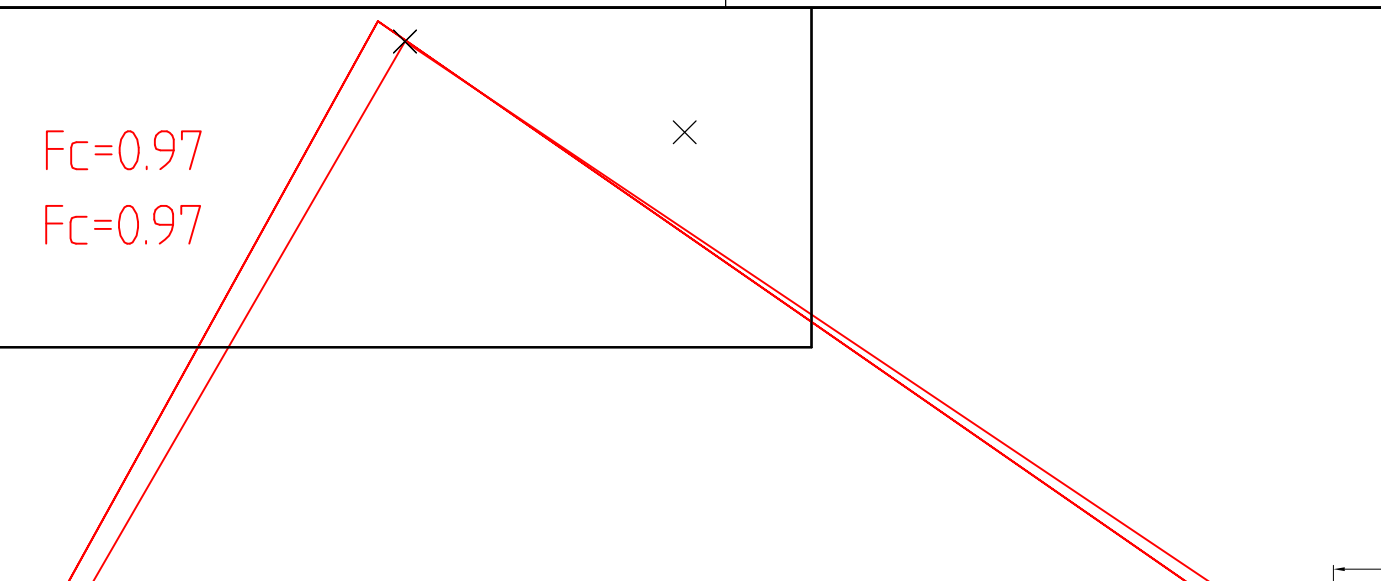
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen-Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	15.09.2011	EriS	ROL	OAA
	Beregningsprofil 1-2 Stabilitetsanalyse dagens situasjon ADP analyse	Oppdragsnr. 414871	Tegningsnr. 201	Kontrollert ROL	Godkjent OAA
	Målestokk 1: 400				
	MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70				



- Tegnforklaring:
- Sprøbruddsmateriale
 - Fyllmasser, sand, grus, tørrskorpelag
 - Leire
 - Bunnmorene i overgang til fjell
 - Silt (grov, finsandig, leirig)
 - Nidelva

Material	Un.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasser	19.00	30.0	0.0				
Silt	19.00			40.0	1.00	0.70	0.40
Leire 1	19.00			40.0	1.00	0.70	0.40
Sprøbruddmater	19.00			C-prof	1.00	0.60	0.30
Leire 2	19.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Bunnmorene	19.00	30.0	3.0				

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A2	Fag Geoteknikk		
	Beregningsprofil 3-1 Stabilitetsanalyse dagens situasjon ADP analyse	Tegningsnr. 414871-202_stabilitet_profil_3-1.dwg	Underlagets filnavn *.dwg	Målestokk 1:1000	
	MULTICONSULT AS	Dato 25.09.2011	Konstr./Tegnet EriS	Kontrollert RØLS	Godkjent OAA
	7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 414871	Tegningsnr. 202	Rev.	—



Fc=0.97
Fc=0.97

Fc=0.97
Analyse 1: grov inndeling
Result file : z:\4148xx\414871 stabilitetsanalyser_gloshaugen - bakklandet\geosuite\stabgraf.rtf\profil 3-2 adp rev0.R1

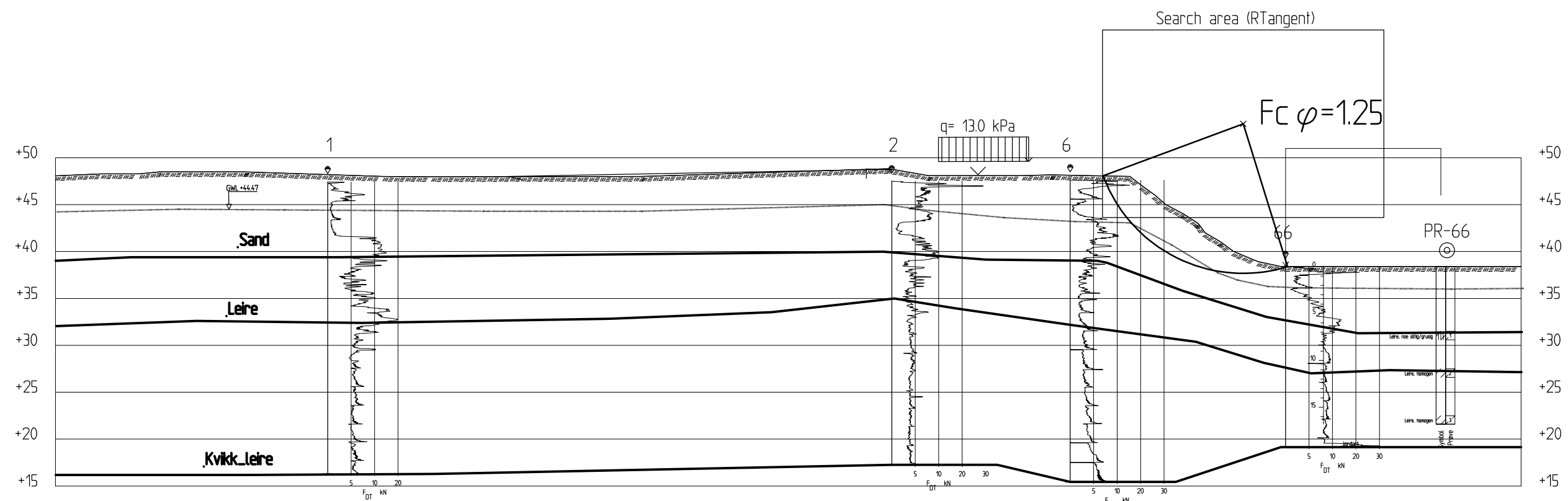
Fc=0.97
Analyse 2: fin inndeling
Result file : z:\4148xx\414871 stabilitetsanalyser_gloshaugen - bakklandet\geosuite\stabgraf.rtf\profil 3-2 adp rev0.R2

Material	Un.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
steinfylling	20.00	38.7	4.0				
Topplag: sand	20.00	38.7	4.0				
silt	20.00			60.0	1.00	0.70	0.40
leire under Nid	20.00			50.0	1.00	0.70	0.40
Kvikk leirlig s	20.00			C-prof	1.00	0.60	0.30
Bunnmorene	20.00	30.0	3.0				

Tegnforklaring:

- Kvikk leirlig silt med kvikkleire i dybden
- Grus/sand/tørreskorpeleire
- Leire
- Bunnmorene i overgang til fjell
- Silt, grov/finsandig
- Nidelva
- Fylling i strandsonen

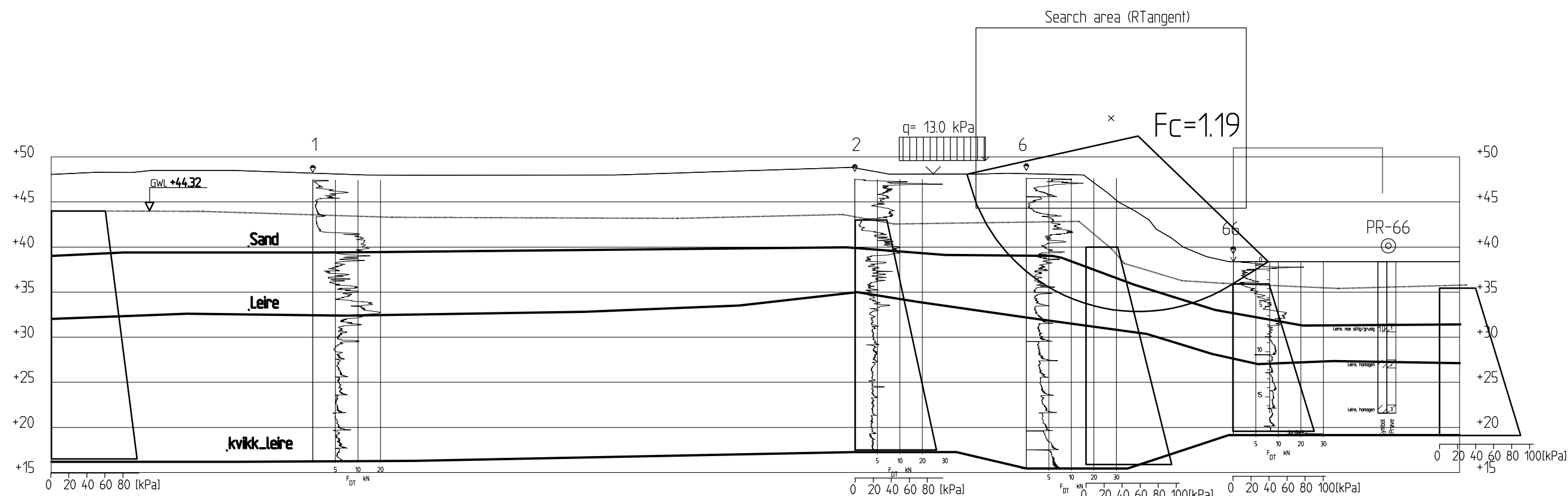
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3 forlenget	Fag		
	Beregningsprofil 3-2 Stabilitetsanalyse dagens situasjon ADP analyse	Tegningens filnavn 414871-203_stabilitet_profil_3-2.dwg Underlagets filnavn *.dwg			
	MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Date 15.09.2011 Oppdragsnr. 414871	Konstr./Tegnet Eris Tegningsnr. 203	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA



Profil C-C
1 : 200

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Sand	1	19.00	30.0	1.7					0.00	0.00	0.00
Leire	2	19.50	22.0	2.0					0.00	0.00	0.00
Kvikk_leire	3	20.00	22.0	2.0					0.00	0.00	0.00

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3	Fag	Geoteknikk	
	Stabilitetsanalyse Profil 5-1, effektivspenningsanalyse, drenert Opprinnelig Profil C, 414034 NTNU Solbygget	Tegningens filnavn 414034-103.dwg			
		Underlagets filnavn Profil_C.dwg			
		Målestokk 1:500			
	MULTICONCONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Dato 20.09.2011 Oppdragsnr. 414871	Konstr./Tegnet miab Tegningsnr. 204.1	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA

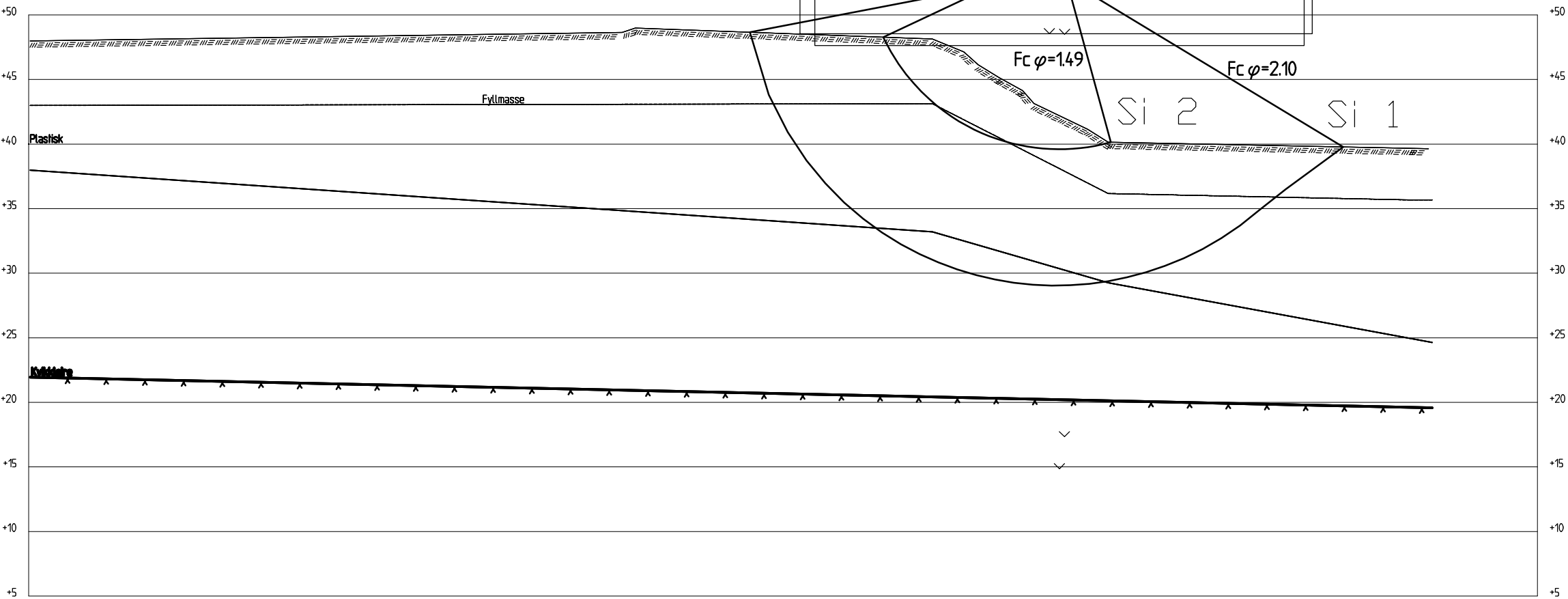


Profil C-C
1 : 200

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Sand	1	19.00	30.0	1.7					0.00	0.00	0.00
Leire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.67	0.33	0.00	0.00	0.00
kvikk_leire	3	20.00	---	---	C-profil	1.00	0.67	0.33	0.00	0.00	0.00

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3	Fag	Geoteknikk	
	Stabilitetsanalyse Profil 5-1, ADP totalspenningsanalyse, korttid Opprinnelig Profil C 414034 NTNU Solbygget	Tegningens filnavn 414034-102.dwg			
		Underlagets filnavn Profil_C.dwg			
		Målestokk 1: 500			
	MULTICONCONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Dato 20.09.2011	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 414871	Tegningsnr. 204.2		Rev.

Material	no	Un	Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	ALLGw	Ru-factor	PwPress.
Fyllmasse	1	19.00	330	0.1						0.00	0.00	0.00
Plastisk leire	2	19.50	25.0	4.6						0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	3	19.50	22.0	2.0						0.00	0.00	0.00
Berg												



Fcf=2.10
Dren. Ugunstigste skjærfate som berører kvikkleire
Result file : Z:\4137XX\413798-1\GEOSUITE\STABGRAF.RIT\PROFIL 3A.R1

Fcf=1.49
Drenert. Ugunstigste skjærfate som berører leire.
Result file : Z:\4137XX\413798-1\GEOSUITE\STABGRAF.RIT\PROFIL 3A.R2

Profil 3
1 : 400

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt		Orginal format A3	Fag		
		Tegningens filnavn Profil 3 drenert analyse.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
Stabilitetsanalyse Profil 5–2, drenert analyse, korttid Opprinnelig Profil 3 413798 NTNU Kjemihallen		Målestokk 1:400			
MULTICONCONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Dato 20.09.2011	Konstr./Tegnet SBH	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 414871	Tegningsnr. 205.1		Rev.

Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AllGw	Ru-factor	PwPress.
Fyllmasse	1	19.00	33.0	0.1					0.00	0.00	0.00
Plastisk	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	3	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.60	0.30	0.00	0.00	0.00

Berg

Search area (RTangent)

Fc=1.12

Si 1

Fyllmasse

Plastisk

Kvikkleire

Profil 3

1 : 400

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.			
	Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3	Fag					
		Tegningens filnavn Profil3 udrenert.dwg						
		Underlagets filnavn *.dwg						
	Stabilitetsanalyse Profil 5–2, udrenert analyse Opprinnelig Profil 3 413798 NTNU Kjemihallen	Målestokk 1: 400						
MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Dato	20.09.2011	Konstr./Tegnet	SBH	Kontrollert	ROLS	Godkjent	OAA
	Oppdragsnr.	414871	Tegningsnr.			205.2	Rev.	

Material Properties Table:

Material	no	Un.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PwPress.
Fyllmasse	1	19.00	33.0	0.1							
Plastisk	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	3	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.60	0.30	0.00	0.00	0.00
Berg											

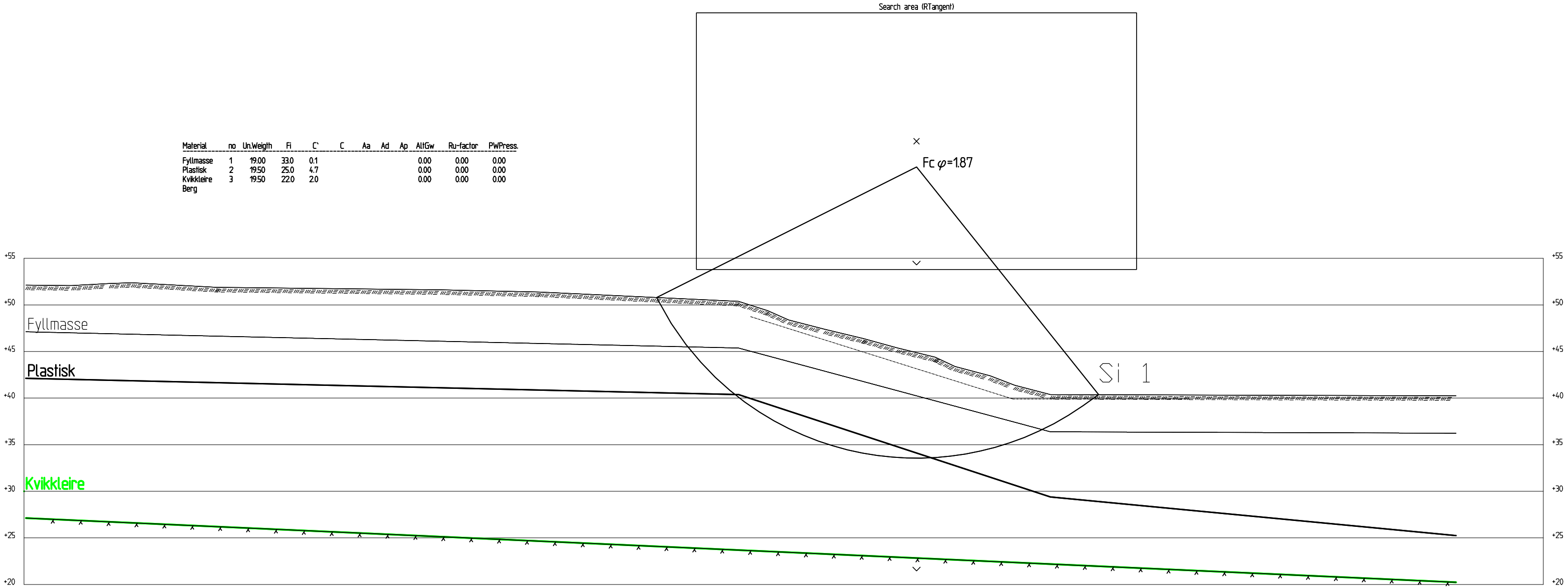
Diagram Labels and Parameters:

- Search area (RTangent):** A rectangular box at the top right.
- Fc=2.01:** A label near the failure surface.
- Si 1:** A label near the failure surface.
- Fyllmasse:** A label for the fill mass.
- Plastisk:** A label for the plastic layer.
- Kvikkleire:** A label for the quick clay layer.
- Berg:** A label for the rock layer.
- Failure Surface:** A curved line representing the failure surface, with a search area indicated by a box.
- Groundwater Table:** A line with 'x' markers representing the groundwater level.

Result file : Z:\4137XX\413798-1\GEOSUITE\STABGRAF.RIT\413798-502E PROFIL 3E UDRENERT MED Fyllingsalt 1R1

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3	Fag		
		Tegningens filnavn Profil 3 motfylling alt 1.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
	Stabilitetsanalyse Profil 5–2, udrenert analyse, motfylling i Høgskoledalen Opprinnelig Profil 3 413798 NTNU Kjemihallen	Målestokk 1: 400			
MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Dato 20.09.2011	Konstr./Tegnet SBH	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 418741	Tegningsnr. 205.3		Rev.

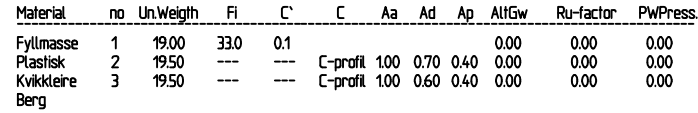
Material	no	Un	Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PwPress.
Fyllmasse	1	19.00	330	0.1						0.00	0.00	0.00
Plastisk	2	19.50	250	4.7						0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	3	19.50	220	2.0						0.00	0.00	0.00
Berg												



Profil 4
1 : 400

Fci=187
Drenert. Kritisk sirkstyl. skjærfilte
Result file : Z:\4137XX\413798-1\GEOSUITE\STABGRAF.ROT\PROFIL 4A.R1

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3–forlenget	Fag		
		Tegningens filnavn Profil 4 drenert.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
	Stabilitetsanalyser Profil 5–3, drenert analyse, langtid Opprinnelig profil 4 413798 NTNU Kjemihallen	Målestokk 1:400			
	MULTICONSULT AS	Dato 20.09.2011	Konstr./Tegnet SBH	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA
	7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 414871	Tegningsnr. 206.1		Rev.

[illegible]



1 : 400

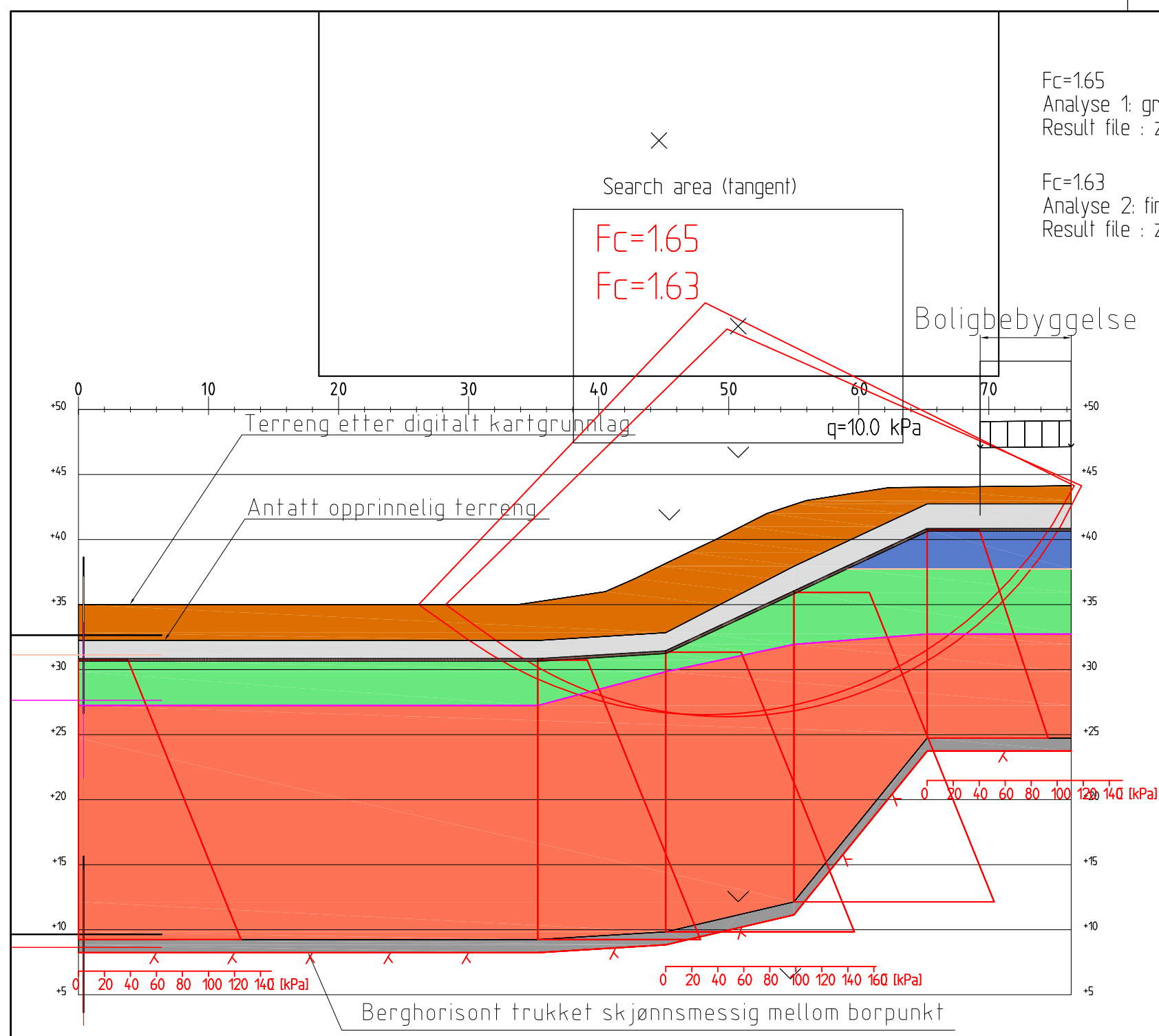
Udrenert. Kritisk sirk.syl. skjærflate. Med bygg.
Result file : Z:\4137XX\413798-\1\GEOSUITE\STABGRAF\IT\PROFIL 4A.R4

Udrenert. Selvvalgt skjærflate. Fyllingsalt 1
Result file : Z:\4137XX\413798-1\GEOSJITE\STABGRAFRIT\413798-503E PROFIL 4E FORLENGET MED FYLNINGR2

[illegible]

Fc=1.65
Analyse 1: grov inndeling
Result file : z:\4148xx\414871 stabilitetsanalyser gloshaugen - bakklandet\geosuite\stabgraf.rit\profil_5-4_2

Fc=1.63
Analyse 2: fin inndeling
Result file : z:\4148xx\414871 stabilitetsanalyser gloshaugen - bakklandet\geosuite\stabgraf.rit\profil_5-4_2

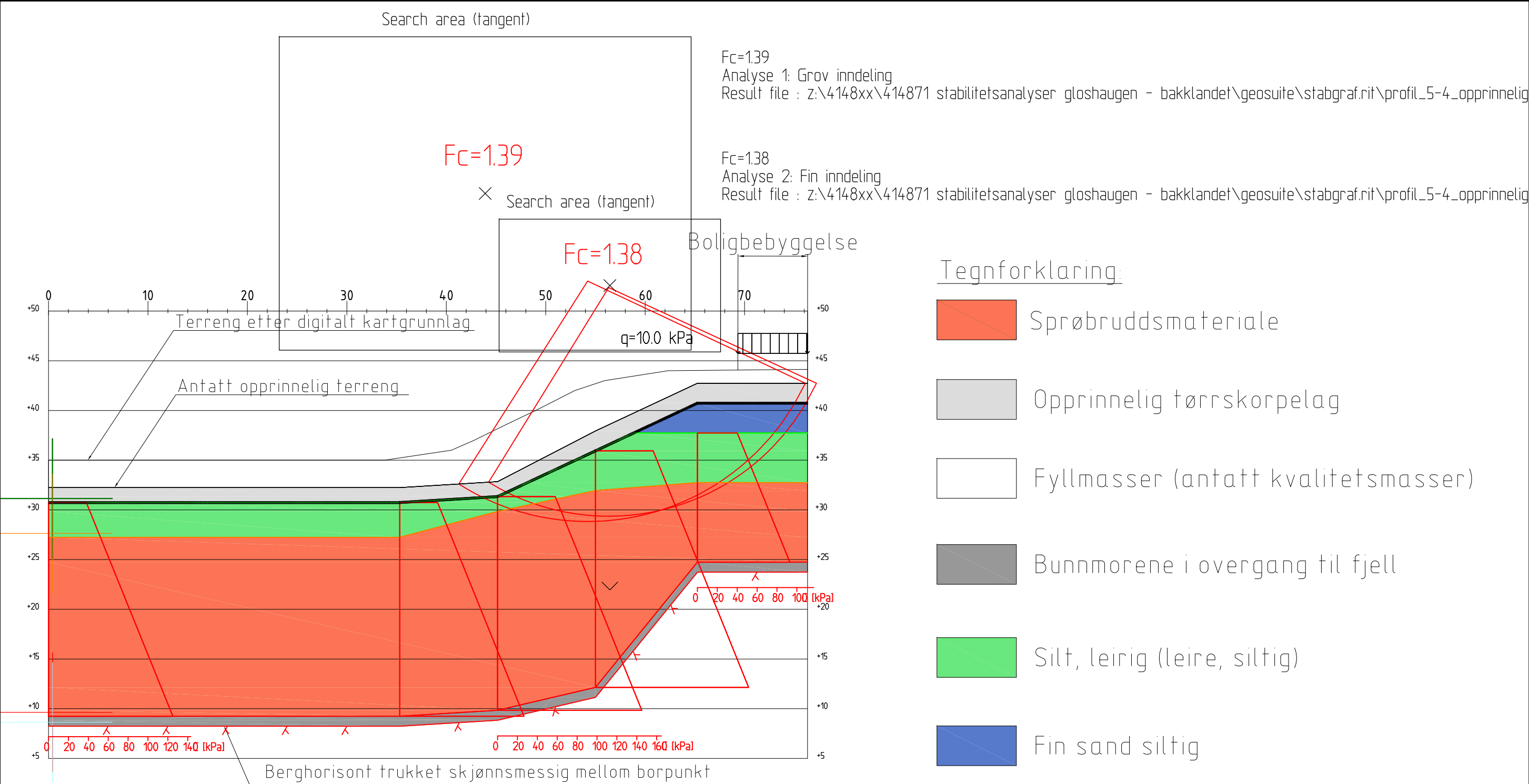


Tegnforklaring:

- Sprøbruddsmateriale
- Opprinnelig tørrskorpelag
- Fyllmasser (antatt kvalitetsmasser)
- Bunnmorene i overgang til fjell
- Silt, leirig (leire, siltig)
- Fin sand siltig

Material	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasser	19.00	30.0	3.0				
Opprinnelig tørrskorpelag	19.00	30.0	0.0				
fin sand, silt	19.00	30.0	0.0				
silt, leirig	19.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sprøbruddsmateriale	19.00			C-prof	1.00	0.60	0.30
Bunnmorene	19.00	30.0	3.0				

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3	Fag Geoteknikk		
	Beregningsprofil 5-4 Stabilitetsanalyse dagens situasjon ADP analyse	Tegningens filnavn 414871-207.dwg	Underlagets filnavn Gløshaugen-Bakklandet.dwg	Målestokk 1:400	
	MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Dato 19.09.2011	Konstr./Tegnet EriS	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 414871	Tegningsnr. 207.1	Rev.	—



Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Opprinnelig tør	19.00	30.0	0.0				
Fin sand siltig	19.00	30.0	0.0				
Silt leirig	19.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sprøbruddmaterie	19.00			C-prof	1.00	0.60	0.30
Bunnmorene	19.00	30.0	3.0				

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3	Fag Geoteknikk		
	Beregningsprofil 5–4 Stabilitetsanalyse opprinnelig terreng ADP analyse	Tegningens filnavn 414871–207.2.dwg Underlagets filnavn Gløshaugen–Bakklandet.dwg	Målestokk 1:400		
	MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Dato 19.09.2011 Oppdragsnr. 414871	Konstr./Tegnet EriS Tegningsnr. 207.2	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA Rev. —

Fc=124
Antall kritisk skjertale, 13 i Prestegårdsvegen
Resultat: File: Z:\4137\KK\413798-1\GEOS\JITE\STABGRAF\JITE\PROFIL_1A.R3

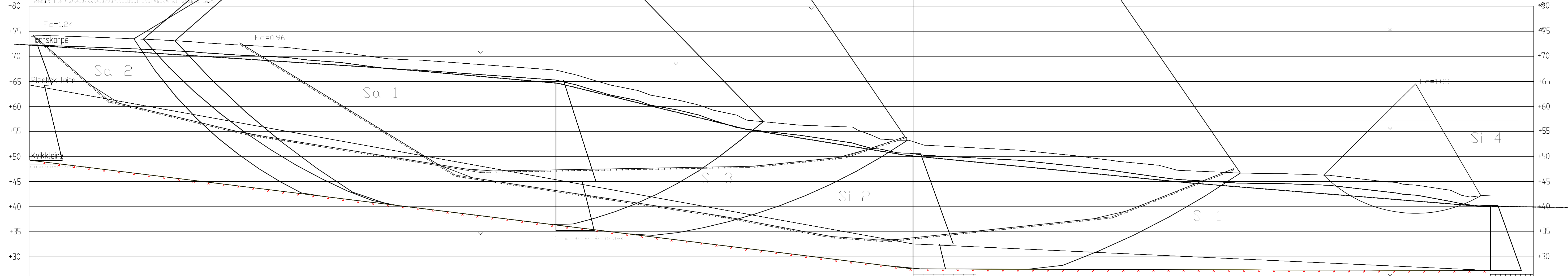
Fc=107
Overflatestabilitet, 14 ovenfor Prestegårdsveien
Resultat: File: Z:\4137\KK\413798-1\GEOS\JITE\STABGRAF\JITE\PROFIL_1A.R2

Fc=090
Overflatestabilitet, 13 i Prestegårdsvegen
Resultat: File: Z:\4137\KK\413798-1\GEOS\JITE\STABGRAF\JITE\PROFIL_1A.R3

Fc=084
Kritisk sirkulærtrykiske skjertale
Resultat: File: Z:\4137\KK\413798-1\GEOS\JITE\STABGRAF\JITE\PROFIL_1A.R1

Fc=183
Overflatestabilitet, 14 leangenbanen
Resultat: File: Z:\4137\KK\413798-1\GEOS\JITE\STABGRAF\JITE\PROFIL_1A.R4

Fc=096
Selvvalg kritisk skjertale
Resultat: File: Z:\4137\KK\413798-1\GEOS\JITE\STABGRAF\JITE\PROFIL_1A.R5



Profil 1
1 : 400

Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Tørsskorpe	1	1950	30.0	0.1					0.00	0.00	0.00
Plastisk	2	1950	---	---	C-profil	100	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	3	1950	---	---	C-profil	100	0.60	0.30	0.00	0.00	0.00
Berg											

Prestegårdsvegen

Rev.		Beskrivelse		Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt				Original format A3-forlenget	Fag		
Stabilitetsanalyser Profil 7–3, udrenert analyse, ADP Opprinnelig Profil 1A 413642 NINA Gløshaugen				Tegningens filnavn 1a udrenert analyse.dwg			
				Underlagets filnavn *.dwg			
Målestokk				1: 400			
MULTICONCONSULT AS				7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70			
Dato		20.09.2011		Konstr./Tegnet	SBH		
Oppdragsnr.		414871		Tegningsnr.	208		
Kontrollert		ROLS		Godkjent		OAA	
Rev.							

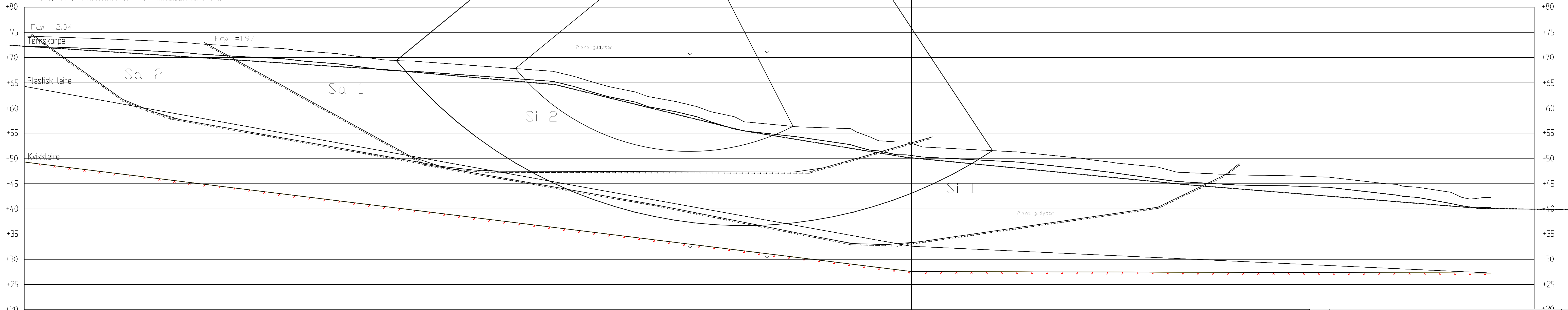
Fcd=183
Drenert analyse, tvungen sirkulærsylindrisk skjærfalste
Resultat File : Z:\4137\KK\413799-1\GSDS\JITE\STABGRAF\IT\PROFIL_1A.R11

Fcd=173
Drenert analyse, sirkulær sylindrisk skjærfalste
Resultat File : Z:\4137\KK\413799-1\GSDS\JITE\STABGRAF\IT\PROFIL_1A.R10

Fcd=197
Drenert analyse, antatt kritisk skjærfalste 2
Resultat File : Z:\4137\KK\413799-1\GSDS\JITE\STABGRAF\IT\PROFIL_1A.R13

Fcd=234
Drenert analyse, antatt kritisk skjærfalste 1
Resultat File : Z:\4137\KK\413799-1\GSDS\JITE\STABGRAF\IT\PROFIL_1A.R12

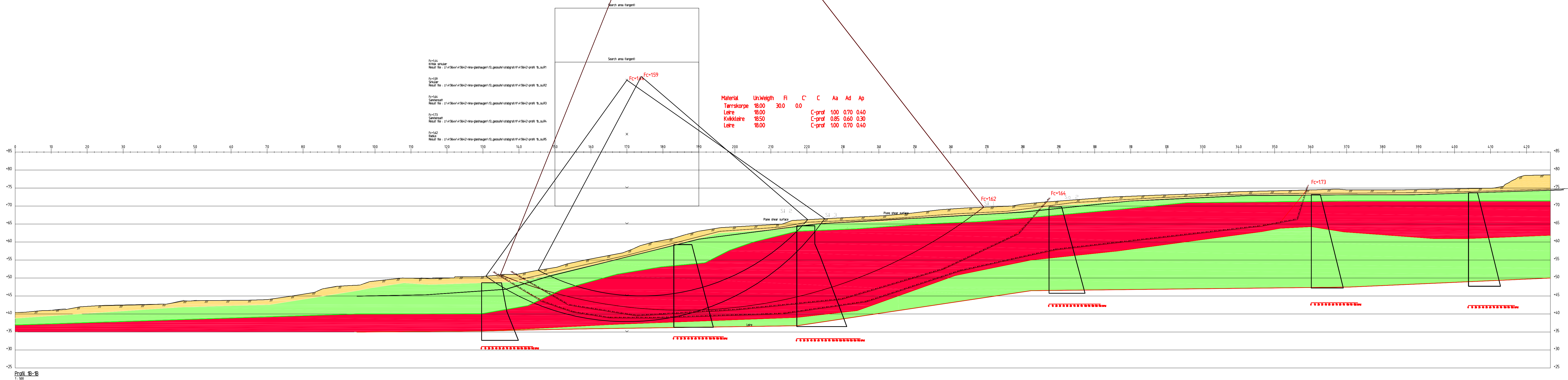
Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Tørnrskorpeleire	1	19.50	30.0	0.2					0.00	0.00	0.00
Plastisk	2	19.50	25.0	4.7					0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	3	19.50	22.0	2.0					0.00	0.00	0.00
Berg											



Profil 1
1 : 400

Prestegårdsvegen

Rev.		Beskrivelse		Dato		Tegn.		Kontr.		Godkj.	
Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt				Original format A3-forlenget		Fag					
				Tegningens filnavn profil 1 drenert.dwg							
				Underlagets filnavn *.dwg							
Stabilitetsanalyser Profil 7-4, drenert analyse Opprinnelig Profil 1B 413642 NINA Gløshaugen				Målestokk 1: 400		Konstr./Tegnet SBH		Kontrollert ROLS		Godkjent OAA	
MULTICONCONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70				Dato 21.01.2010		Oppdragsnr. 414871		Tegningsnr. 209.1		Rev.	



Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tærskorpe	18.00	30.0	0.0				
Leire	18.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Kvikkleire	18.50			C-prof	0.85	0.60	0.30
Leire	18.00			C-prof	1.00	0.70	0.40

Fc=164
Search area
Result file: z:\413642\NINA-gløshaugen\3_gesuthe\stab\profil 1B.suR1

Fc=159
Search area
Result file: z:\413642\NINA-gløshaugen\3_gesuthe\stab\profil 1B.suR2

Fc=164
Search area
Result file: z:\413642\NINA-gløshaugen\3_gesuthe\stab\profil 1B.suR3

Fc=173
Search area
Result file: z:\413642\NINA-gløshaugen\3_gesuthe\stab\profil 1B.suR4

Fc=162
Search area
Result file: z:\413642\NINA-gløshaugen\3_gesuthe\stab\profil 1B.suR5

Profil 1B-B
1:500

Rev.	Beskrivelse	Date	Tegn.	Kont.	Godk.
	Trondheim kommune Gløshaugen – Baklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3-forlengnet 413642-303A_Profil 1B_Tot... 413642-303A_Profil 1B_Tot... 413642-303A_Profil 1B_Tot... 413642-303A_Profil 1B_Tot...			
	Stabilitetsberegning Profil 7-4, udrenert analyse, ADP Opprinnelig Profil 1B 413642 NINA Gløshaugen				
MULTICONSULT AS	7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Date 20.09.2011 Oppdraget 414871	Konstr./Tegnet CRH Tegning 209.2	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA

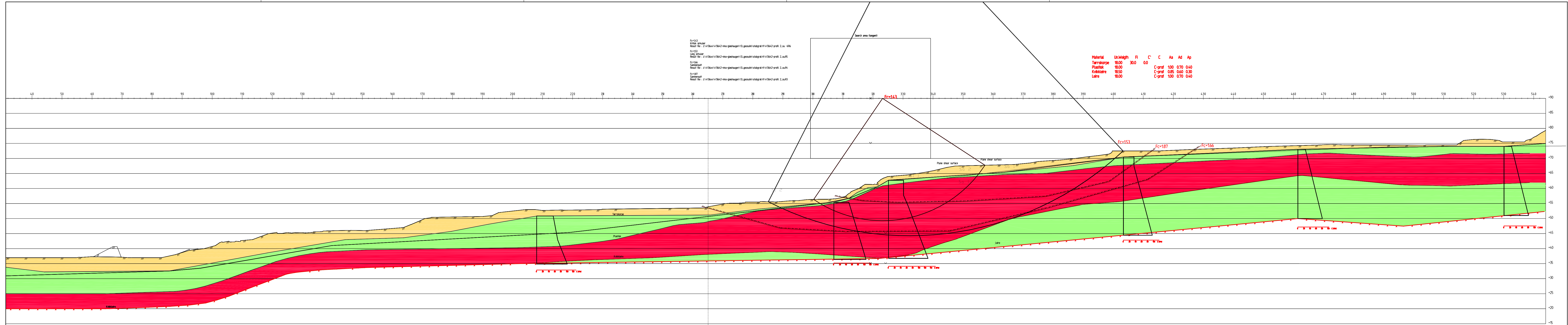
Search area (RTange

+80

[illegible]

Richard Birkelands veg

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.									
Trondheim kommune Gløshaugen – Bakklandet Kvikkleireutredning forprosjekt						Original format A3–forlenget								
						Tegnings filnavn Profil 2 drenert.dwg								
						Underlagets filnavn *.dwg								
Stabilitetsanalyser Profil 7–5, drenert analyse, langtid Opprinnelig Profil 2 413642 NINA Gløshaugen						Målestokk 1 : 500								
MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Date	20.09.2010	Konstr./Tegnet	SBH	Kontrollert	ROLS	Goddjent	OAA					
		Oppdragsnr.	414871	Tegningsnr.	210.1	Rev.								



Profil 2-2
1 : 500

RICHARD BIRKELANDSVØ
(KNEK 1 PROFIL)

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kont.	Godk.
	Trondheim kommune Gløshaugen – Baklandet Kvikkleireutredning forprosjekt	Original format A3 – forlengt Tegningsnavn: Bakket 413642-302A_Profil_2_Tota...dwg			Geoteknikk
	Stabilitetsberegning Profil 7-5, udrenert analyse, ADP Opprinnelig Profil 2 413642 NINA Gløshaugen				Underlagte filnavn: karlunderlag_101104
					Målestokk
					1: 500
					MULTICONSULT
MULTICONSULT AS	Dato 20.09.2011	Konstr./Tegnet CRH	Kontrollert ROLS	Godkjent OAA	Rev.
	Oppdraget 7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Tegningens 414871			210.2

Vedlegg

Gløshaugen – Bakklandet kvikkleireutredning Geoteknisk vurdering - forprosjekt

Innholdsfortegnelse

1.	Vedlegg 1: Oversikt over faregrad i registrerte kvikkleiresoner i eller nær prosjektområdet	4
2.	Vedlegg 2: Grunnlag for faregradsvurdering	6
2.1	Ny faregradsvurdering for delområde 1: Duedalen – Lillegårdsbakken	7
2.2	Ny faregradsvurdering for delområde 3: Bakklandet – Nedre Singsaker sør	8
2.3	Ny faregradsvurdering for delområde 5: Gløshaugen øst – Høgskoledalen	9
2.4	Ny faregradsvurdering for delområde 7: Prestegårdsjordet	10
3.	Vedlegg 3: Oppsummering av utvalgte nye og gamle stabilitetsberegninger i området	11
3.1	Delområde 1: Duedalen – Lillegårdsbakken	11
3.2	Delområde 3: Bakklandet – Nedre Singsaker sør	13
3.3	Delområde 5: Gløshaugen øst – Høgskoledalen	15
3.4	Delområde 7: Prestegårdsjordet	17
4.	Vedlegg 4: Samlet oversikt over alle innlagte boringer i prosjektområdet	18
5.	Vedlegg 5: Klassifisering av alle innlagte boringer i prosjektområdet	19
6.	Vedlegg 6: Bestemmelse av laggrenser og dimensjoneringsparametere	20
6.1	Delområde 1: Duedalen – Lillegårdsbakken	21
6.1.1	Profil 1-1 Duedalen – Lillegårdsbakken (Tegning nr. 100.1 og 100.2)	21
6.1.2	Profil 1-2 Skanseveien – Lillegårdsbakken (Tegning nr. 101)	24
6.2	Delområde 3: Bakklandet – Nedre Singsaker sør	27
6.2.1	Profil 3-1 Singsakersletten – Nidelven (Tegning nr. 102.1 og 102.2)	27
6.2.2	Profil 3-2 Vollafløyet – Nidelven (Tegning nr. 103)	30
6.3	Delområde 5: Gløshaugen øst – Høgskoledalen	32
6.3.1	Profil 5-1 Gamle metallurgi (Solbygget) – Høgskoledalen vest (Tegning nr. 204.1 og 204.2) og profil 5-2 Geologi – Høgskoledalen vest (Tegning nr. 205.1, 205.2 og 205.3)	34
6.3.2	Profil 5-3 Kjemihallen – Høgskoledalen sør (Tegning nr. 206.1, 206.2, 206.3 og 206.4)	36
6.3.3	Profil 5-4 Eidsvollsgate – Høgskoledalen øst (Tegning nr. 104)	38
6.4	Delområde 7: Prestegårdsjordet	39
6.4.1	Profil 7-1 Jonsvannsveien – Nedre Prestegårdsjordet	41
6.4.2	Profil 7-2 Jonsvannsveien – Stavne – Leangenbanen øst	41
6.4.3	Profil 7-3 Berg prestegård – Stavne – Leangenbanen (Tegning nr. 105) og profil 7-4 Berg prestegård – NTNU Driftsentralen (Tegning nr. 106)	42
6.4.4	Profil 7-5 Berg prestegård – NTNU Lerkendalsbygget (Tegning nr. 107)	44
7.	Vedlegg 7: Koordinatliste (KOF-fil) for supplerende grunnundersøkelser Trinn 1	46
8.	Mengdeliste for supplerende grunnundersøkelser	48
8.1	Trinn 1	48
8.2	Trinn 2	48
9.	Vedlegg 8: Utfyllende informasjon fra supplerende rapporter (Rambøll)	49

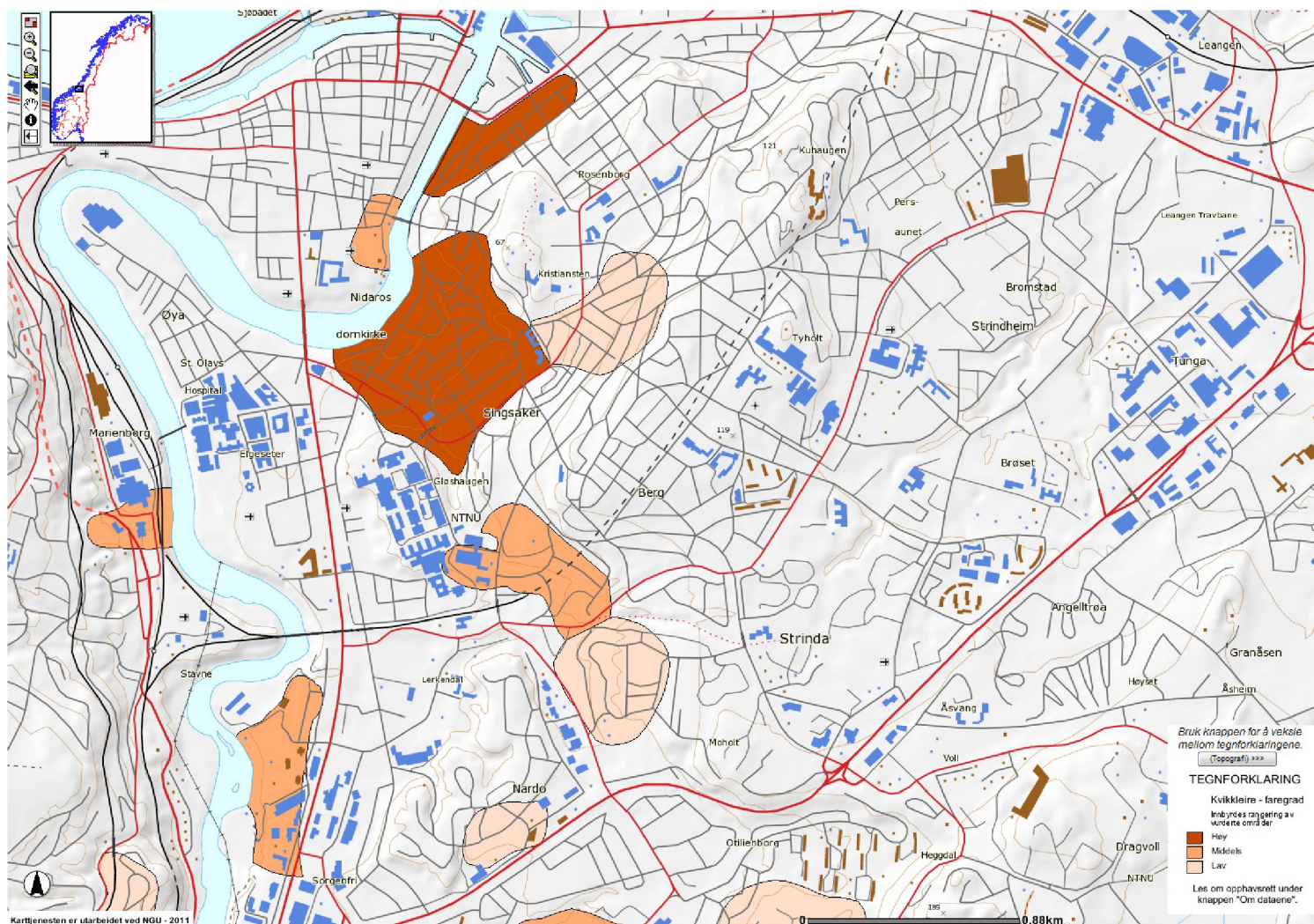
Figurliste - vedleggsfigurer

Figur 1: Oversikt over faregrad i registrerte kvikkleiresoner i eller nær prosjektområdet (NGI, 2003)	5
Figur 2: Oversiktskart fra Kummeneje rapport O.2924 (1978)	50
Figur 3: Profil A fra Kummeneje rapport O.2924 (1978)	51
Figur 4: Profil B fra Kummeneje rapport O.2924 (1978)	52
Figur 5: Oversiktskart fra Kummeneje rapport O.6168 (1987)	53
Figur 6: Profil I fra Kummeneje rapport O.6168 (1987)	54
Figur 7: Profil II fra Kummeneje rapport O.6168 (1987)	55

Tabelliste - vedleggstabeller

Tabell 1: Grunnlag for evaluering av faregrad etter NGI 2006 /2/.....	6
Tabell 2: Ny faregradsvurdering for delområde 1: Duedalen – Lillegårdsbakken.....	7
Tabell 3: Ny faregradsvurdering for delområde 3: Bakklandet – Nedre Singsaker sør.	8
Tabell 4: Ny faregradsvurdering for delområde 5: Gløshaugen øst - Høgskoledalen.....	9
Tabell 5: Ny faregradsevaluering av delområde 7: Prestegårdsjordet.....	10
Tabell 6: Utvalgte resultater fra nye og tidligere stabilitetsberegninger, Delområde 1 Duedalen – Lillegårdsbakken.	11
Tabell 7: Utvalgte resultater fra nye og tidligere stabilitetsberegninger, Delområde 3 Bakklandet – Nedre Singsaker sør.	13
Tabell 8: Utvalgte resultater fra nye og tidligere stabilitetsberegninger, Delområde 5 Gløshaugen øst - Høgskoledalen.....	15
Tabell 9: Resultater fra stabilitetsberegninger, Realbygget NTNU.	16
Tabell 10: Utvalgte resultater fra nye og tidligere stabilitetsberegninger, Delområde 7 Prestegårdsjordet.	17
Tabell 11: Sammenheng mellom opprinnelig og ny borhullsidentitet – profiler i Delområde 5.....	32
Tabell 12: Oversikt over utvalgte resultater for vurdering av lagdeling og jordart i området mellom NTNU Kjemihallen og Høgskoledalen.	33
Tabell 13: Oversikt over utvalgte resultater for vurdering av skjærfasthets- og konsolideringsparametre for Profil 5-1 og Profil 5-2, lokal stabilitet i Høgskoledalen vest.	34
Tabell 14: Lagdeling med skjærfasthetsparametre for Profil 5-1 og Profil 5-2, lokal stabilitet i Høgskoledalen, vestskråning, inkludert data fra grunnundersøkelsen for NTNU Solbygget/VTL.	35
Tabell 15: Oversikt over utvalgte resultater for vurdering av skjærfasthets- og konsolideringsparametre for Profil 5-3, fra NTNU Kjemihallen til Høgskoledalen, inklusive data fra grunnundersøkelsen for NTNU Solbygget/VTL.....	36
Tabell 16: Lagdeling og skjærfasthetsparametre for Profil 5-3, fra NTNU Kjemihallen til Høgskoledalen sør.	37
Tabell 17: Sammenheng mellom opprinnelig og ny borhullsidentitet – profiler i Delområde 7.....	39
Tabell 18: Oversikt over utvalgte resultater for vurdering av lagdeling og jordart i området mellom Lerkendal og Berg, inklusive resultater fra supplerende grunnundersøkelser i sone 188 Berg studentby, vestre del.	40
Tabell 19: Oversikt over utvalgte resultater for vurdering av skjærfasthets- og deformasjonsparametre i Profil 7-3 og Profil 7-4, fra Berg prestegård til Stavne – Leangen banen.	42
Tabell 20: Revidert lagdeling med skjærfasthetsparametre i Profil 7-3 og 7-4, øvre del fra Berg prestegård til Prestegårdsvegen. (For opprinnelige antagelser henvises til rapport MC 413642-2, rev. 1).	43
Tabell 21: Revidert lagdeling og skjærfasthetsparametre i Profil 7-3 og 7-4, nedre del fra Prestegårdsvegen til Stavne-Leangen banen. (For opprinnelige antagelser henvises til rapport MC 413642-2, rev. 1).	43
Tabell 22: Oversikt over utvalgte resultater for vurdering av skjærfasthets- og konsolideringsparametre for Profil 7-5. Øvre del fra Berg prestegård til NTNU Lerkendalsbygget vest.....	44
Tabell 23: Revidert lagdeling med skjærfasthetsparametre for Profil 7-5. Øvre del fra Berg prestegård til Richard Birkelands veg.	45
Tabell 24: Lagdeling med skjærfasthetsparametre for Profil 7-5. Nedre del fra Richard Birkelands veg til NTNU Lerkendalsbygget vest.....	45
Tabell 25: Forslag til supplerende grunnundersøkelser for hovedprosjektet, trinn 1	46

1. **Vedlegg 1: Oversikt over faregrad i registrerte kvikkleiresoner i eller nær prosjektområdet**



2. Vedlegg 2: Grunnlag for faregradsvurdering

Tabell 1: Grunnlag for evaluering av faregrad etter NGI 2006 /2/.

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidl. 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	Aktiv/ glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep Forverring	+3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
Sum poeng		51	34	16	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

2.1 Ny faregradsvurdering for delområde 1: Duedalen – Lillegårdsbakken

Tabell 2: Ny faregradsvurdering for delområde 1: Duedalen – Lillegårdsbakken.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	2	2	Tidligere større skred i Duedalen (1625).
Skråningshøyde	2	2	4	Total høydeforskjell innenfor delområdet er ca. H=30 m.
OCR	2	1	2	Basert på tolking av utført er overkonsolideringsgrad (OCR) i dybden .
Poretrykk	3/-3	0	0	Usikker og noe varierende størrelse i området, det er derfor benyttet hydrostatisk fordeling.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Mektighet av kvikkleireforekomsten er maksimalt registrert til ca. 25 m, dvs. >H/2, der H=30 m
Sensitivitet	1	3	3	$S_t > 100$ er målt på flere steder i kvikkleirelaget.
Erosjon	3	1	3	Tidligere påvist erosjonsgrop i Nidelva. Ingen aktiv erosjon er registrert på land.
Inngrep	3/-3	0	0	Det er tatt utgangspunkt i dagens situasjon. Ved større inngrep i tiltaksklasse K2-K3 kreves det dokumentert sikkerhet og evaluering for det aktuelle prosjektet.
Poengverdi			20	Gir faregradsklasse "Middels"

2.2 Ny faregradsvurdering for delområde 3: Bakklandet – Nedre Singsaker sør

Tabell 3: Ny faregradsvurdering for delområde 3: Bakklandet – Nedre Singsaker sør.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	2	2	Noe skredaktivitet på Bakklandet i forbindelse med masseuttak. Antatt høy skredaktivitet som følge av elveerosjon i eldre tid.
Skråningshøyde	2	2	4	Total høydeforskjell innenfor delområdet er ca. H=30 m.
OCR	2	1	2	Basert på tolking av utført er overkonsolideringsgrad (OCR) i dybden.
Poretrykk	3/-3	0	0	Usikker og noe varierende størrelse i området, det er derfor benyttet hydrostatisk fordeling.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Mektighet av kvikkleireforekomsten er maksimalt registrert til $> H/2$, der H=30 m
Sensitivitet	1	3	3	$S_t > 100$ er målt på flere steder i kvikkleirelaget.
Erosjon	3	1	3	Tidligere påvist erosjonsgroper i Nidelva. Ingen aktiv erosjon er registrert på land. Antatt høy skredaktivitet som følge av elveerosjon i eldre tid.
Inngrep	3/-3	0	0	Det er tatt utgangspunkt i dagens situasjon. Ved større inngrep i tiltaksklasse K2-K3 kreves det dokumentert sikkerhet og evaluering for det aktuelle prosjektet.
Poengverdi			20	Gir faregradsklasse "Middels"

2.3 Ny faregradsvurdering for delområde 5: Gløshaugen øst – Høgskoledalen

Tabell 4: Ny faregradsvurdering for delområde 5: Gløshaugen øst - Høgskoledalen.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	1	1	Noe skredaktivitet i randsonene i nordre del av Gløshaugen-platået.
Skråningshøyde	2	1	2	Total høydeforskjell mellom Gløshaugen-platået og bunn av Høgskoledalen er ca. H=12 m.
OCR	2	1	2	Basert på tolking av utført er overkonsolideringsgrad (OCR) i dybden 1,5- 2.
Poretrykk	3/-3	0	0	Poretrykksmålinger viser stort sett lavere fordeling enn hydrostatisk. Usikker og noe varierende størrelse i området, det er derfor benyttet hydrostatisk fordeling.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Mektighet av kvikkleireforekomsten er maksimalt registrert til ca.21 m, dvs. $> H/2$, der H=12 m
Sensitivitet	1	3	3	$S_t > 100$ er målt på flere steder i kvikkleirelaget.
Erosjon	3	0	0	Ingen pågående erosjon er registrert.
Inngrep	3/-3	1	3	Det er tatt utgangspunkt i dagens situasjon. Ved større inngrep (tiltaksklasse K2-K3) kreves det dokumentert sikkerhet og evaluering for det aktuelle prosjektet.
Poengverdi			17	Gir faregradsklasse "Middels"

2.4 Ny faregradsvurdering for delområde 7: Prestegårdsjordet

Tabell 5: Ny faregradsevaluering av delområde 7: Prestegårdsjordet.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	2	2	Noe skredaktivitet i randsonene til Gløshaugplatået og i nedre del av Berg-området.
Skråningshøyde	2	2	4	Total høydeforskjell innenfor vestre del av sonen er ca. H=25 m.
OCR	2	1	2	Basert på tolking av utført er overkonsolideringsgrad (OCR) i dybden 1,5- 2.
Poretrykk	3/-3	0	0	Nye poretrykksmålinger viser stort sett lavere fordeling enn hydrostatisk. Usikker og noe varierende størrelse i området, det er derfor benyttet hydrostatisk fordeling.
Kvikkleiremektighet	2	2	4	Mektighet av kvikkleireforekomsten er maksimalt registrert til ca. 12 m, dvs. = H/2-H/4, der H=25 m
Sensitivitet	1	3	3	$S_t > 100$ er målt på flere steder i kvikkleirelaget.
Erosjon	3	0	0	Ingen pågående erosjon er registrert.
Inngrep	3/-3	0	0	Det er tatt utgangspunkt i dagens situasjon. Ved større inngrep i tiltaksklasse K2-K3 kreves det dokumentert sikkerhet og evaluering for det aktuelle prosjektet.
Poengverdi			15	Gir faregradsklasse "Lav"

3. Vedlegg 3: Oppsummering av utvalgte nye og gamle stabilitetsberegninger i området

3.1 Delområde 1: Duedalen – Lillegårdsbakken

Tabell 6: Utvalgte resultater fra nye og tidligere stabilitetsberegninger, Delområde 1 Duedalen – Lillegårdsbakken.

Profil id.	Beliggenhet	Analyse	Type flate	Sikkerhet F _c	Referanser
NYE ANALYSER					
1-1	Global flate fra Duedalen til Nidelva ved Nedre Bakklandet. Forlenget versjon av profil I (R.0049).	ADP Udrenert korttid	Sirkulær Sirkulær Sirkulær Sirkulær Sirkulær Sirkulær Sirkulær	1,86 2,06 1,80 1,55 1,53 1,40 1,37	MC414871-200
1-2	Lokal flate fra Skansegata til Lillegårds-bakken.	ADP Udrenert korttid	Sirkulær Sirkulær Sirkulær	1,07 1,07 1,09	MC414871-201
TIDLIGERE ANALYSER					
I	Global flate fra Duedalen til Petersborg.	Udrenert korttid Drenert langtid Før utfylling	Sirkulær Sammensatt Sirkulær Sirkulær	1,04 1,32 1,35 2,5	R.0049
II	Global flate fra Duedalen til Petersborg.	Udrenert korttid Før utfylling	Sirkulær Sirkulær	1,01 1,69	R.0049
I	Lokal flate ved Petersborggate.	Udrenert korttid	Sirkulær Sirkulær Sirkulær Sirkulær	1,95 1,98 1,95 1,96	O.6440
II	Lokal flate ved Petersborggate.	Udrenert korttid	Sirkulær Sirkulær Sirkulær	2,11 1,86 1,72	O.6440
A	Lokal flate fra Skansegata til Nedre Bakklandet.	Udrenert analyse korttid, ving Drenert langtid	Sirkulær Sirkulær	≥ 0,62 1,35 (1,19 – 1,60)	NGI (1955)
B	Lokal flate fra Skansegata til krysset Nedre Bakklandet – Lillegårdsbakken.	Udrenert korttid, ving Drenert langtid	Sirkulær Sirkulær	≥ 0,62 1,35 (1,19 – 1,60)	NGI (1955)

C	Lokal flate fra Skansegata til nedre del av Lillegårdsbakken.	Udrenert korttid, ving/konus	Sirkulær	$\geq 0,62$	NGI (1955)
		Drenert langtid	Sirkulær	1,35 (1,19 – 1,60)	
D	Lokal flate fra Skansegata til nedre del av Lillegårdsbakken.	Udrenert korttid, ving	Sirkulær	0,70	NTH (1986)
		Udrenert korttid, $\tau_{\max}$	Sirkulær	1,40	
		Drenert langtid	Sirkulær	1,32 (1,19 – 1,60)	

3.2 Delområde 3: Bakklandet – Nedre Singsaker sør

Tabell 7: Utvalgte resultater fra nye og tidligere stabilitetsberegninger, Delområde 3 Bakklandet – Nedre Singsaker sør.

Profil id.	Beliggenhet	Analyse	Type flate	Sikkerhet F_c	Referanser
NYE ANALYSER					
3-1	Global flate fra NTNU Idrettsbygget til Nidelva ved nordre del av Vollafallet.	ADP udrenert korttid	Sirkulær Sirkulær Sirkulær Sirkulær	0,96 1,14 1,52 2,49	MC414871
3-2	Lokal flate fra Vollabakken-Chr. Fredriks gate til Nidelva ved søndre del av Vollafallet. Tilsvarende flate som profil B (O.185).	ADP udrenert korttid	Sirkulær Sirkulær	0,97 0,97	MC414871-203
TIDLIGERE ANALYSER					
A	Lokal flate fra Vollan til Nidelva ved Søndre del av Vollafallet. Med motfylling.	Udrenert korttid Drenert langtid	Sammensatt, oppfylt, dim. Sammensatt, oppfylt, ADP Sammensatt motfylling, dim. Naturlig skråning eks. kontrafyll Sammensatt, oppfylt	0,92-0,97 1,09-1,29 1,02 1,22 2,20	O.185
B	Lokal flate fra Vollabakken-Chr. Fredriks gate til Nidelva ved søndre del av Vollafallet. Tilsvarende flate som profil 3-2. Med motfylling.	Udrenert korttid	Sammensatt, oppfylt, dim. Sammensatt, oppfylt, ADP	0,97-1,10 1,05-1,13	O.185
C	Lokal flate fra topp platå Vollabakken mot Nidelva. Med motfylling.	Udrenert korttid	Sammensatt, oppfylt, dim. Sammensatt, oppfylt, ADP	1,18-1,45 1,43	O.185
400 (IV)	Lokal flate fra bunn Vollabakken mot Nidelva. Med motfylling.	Udrenert korttid	Sirkulær	1,18 Gj.snitt	O.2924 O.2924-2 O.6168
500 (V)	Lokal flate fra Øvre Bakklandet mot Nidelva. Med motfylling.	Udrenert korttid	Sirkulær	1,75-2,94 Gj.snitt	O.2924 O.2924-2 O.6168

600 (VI)	Lokal flate fra Øvre Bakklandet v/Lillegårdsbakken mot Nidelva. Med motfylling.	Drenert langtid	Sirkulær Sirkulær Sirkulær Sirkulær	1,25 1,10 1,15 1,05	O.2924 O.2924-2 O.6168
		Udrenert korttid	Sirkulær	0,93	
V12	Lokal flate fra Nordre Jons gate via Vollafallet mot Nidelva.	Drenert langtid	Sirkulær Sirkulær Sirkulær Sirkulær Sirkulær	1,39 2,02 1,16 1,80 1,36	O.160 O.161
		Udrenert korttid	Sirkulær	0,93	
III	Lokal flate fra Vollabakken-Øvre Bakklandet mot Nidelva ved tidl. Trondheim Jernindustri.			N/A	O.6768
IIIa	Lokalt flate fra Vollabakken-Øvre Bakklandet mot Nidelva ved tidl. Trondheim Jernindustri.			N/A	O.6768
I	Lokal flate fra Schives gate til Vollabakken ved NTNU Arkitektavd.	Udrenert korttid	Sirkulær	2,30	O.629
K	Lokal flate fra Schives gate til Vollabakken ved NTNU Arkitektavd.	Udrenert korttid	Sirkulær	1,28	O.629
L	Lokal flate fra Schives gate til Vollabakken ved NTNU Arkitektavd.	Udrenert korttid	Sirkulær Sirkulær Sirkulær Sirkulær	1,21 1,04 1,18 1,16	O.629
M	Lokalt profil fra Korsgata mot Vollabakken.	Udrenert korttid	Sirkulær Sirkulær Sirkulær Sirkulær Sirkulær	1,14 1,05 1,20 1,61 1,52	O.629
O	Lokalt profil fra Korsgata mot Vollabakken.	Udrenert korttid	Sirkulær	1,01	O.629
		Drenert langtid	Sirkulær	1,2	
F	Lokalt profil ved Singsakerbakken fra Christian Fredriks gate til Klüvers gate.	Udrenert korttid	<u>Utgravd. kt.30</u> Sirkulær Sirkulær Sirkulær	1,61 1,23 1,20	O.195-2
		Udrenert korttid	<u>Utgravd kt. 32</u> Sirkulær Sirkulær Sirkulær	2,37 1,85 1,63	

I	Lokalt profil fra Singsakerbakken til Christian Fredriks gate ved NTNU Idrettsbygget.	Udrenert korttid	Sirkulær	1,04	O.195-2
		Drenert langtid	Sirkulær	1,9	
II	Lokalt profil fra Singsakerbakken til Christian Fredriks gate ved NTNU Idrettsbygget.	Udrenert korttid	Sirkulær	1,45	O.195-2
			Sirkulær	1,39	
			Sirkulær	1,19	
			Sirkulær	1,07	

3.3 Delområde 5: Gløshaugen øst – Høgskoledalen

Tabell 8: Utvalgte resultater fra nye og tidligere stabilitetsberegninger, Delområde 5 Gløshaugen øst - Høgskoledalen.

Profil id.	Beliggenhet	Analyse	Type flate	Sikkerhet F_c	Referanser
NYE ANALYSER					
5-1	Lokal flate fra Gamle metallurgi (Solbygget) mot Høgskoledalen vest.	ADP Udrenert korttid	Sirkulær	1,11	MC414034
			Sirkulær	1,20	
			Sammensatt	2,57	
			Sammensatt	1,26	
			Sammensatt	1,35	
		Drenert langtid	Sirkulær	1,90	
			Sirkulær	2,17	
			Sammensatt	3,00	
5-2	Lokal flate fra nye Geologi mot Høgskoledalen vest.	ADP Udrenert korttid	Sirkulær	1,12	MC413798
			Sirkulær	2,01	
		Drenert langtid	Sirkulær	2,10	
			Sirkulær	1,49	
5-3	Global flate fra Kjemihallen mot Høgskoledalen sør.	ADP Udrenert korttid	Sammensatt	1,47	MC413798
			Sammensatt	1,73	
			Sammensatt	1,28	
			Sammensatt	1,32	
			Sirkulær	0,98	
			Sirkulær	1,10	
			Sirkulær	2,28	
		Drenert langtid	Sirkulær	1,87	
5-4	Lokal flate fra Tidemannsgate mot Høgskoledalen øst.	ADP Udrenert korttid, opprinnelig terreng	Sirkulær	1,38	MC414871
			Sirkulær	1,39	
		ADP Udrenert korttid, hevet terreng i Høgskoledalen	Sirkulær	1,65	
			Sirkulær	1,63	

TIDLIGERE ANALYSER					
V	Lokal flate fra tidligere Geologisk institutt ut mot Høgskoledalen.	Drenert langtid	Sirkulær	1,65	0.641
VI	Lokal flate fra tidligere Geologisk institutt ut mot Høgskoledalen.	Drenert langtid	Sirkulær	2,00	0.641
VII	Lokal flate fra tidligere Geologisk institutt ut mot Høgskoledalen.	Drenert langtid	Sirkulær	2,00	0.641
I	Lokal flate fra Eidsvolls gate/Tidemanns gate mot Høgskoledalen øst.	Udrenert korttid	Sirkulær	0,45	0.378 NGI
III	Lokal flate fra Tidemanns gate mot Høgskoledalen øst.	Udrenert korttid	Sirkulær	1,02-1,30	0.378 NGI
		Drenert langtid	Sirkulær	1,87	

Tabell 9: Resultater fra stabilitetsberegninger, Realfagbygget NTNU.

Profil id.	Sikkerhetsfaktor F_c	Beliggenhet	Type flate	Analyse
A – A	1,73	Fra Kjemisørfløy til området vest for Lerkendalsbygget	Sammensatt 1	ADP total
	1,47		Sammensatt 2	ADP total
	1,68		Sammensatt 3	ADP total
E – E	1,66	Fra Kjemiblokk III/IV til Lerkendalsbygget	Sammensatt 1	ADP total
	1,61		Sammensatt 2	ADP total
	1,74		Sammensatt 3	ADP total
H – H	1,96	Fra platå øst for Kjemiblokkene gjennom Realfagsbygget til Lerkendalsbygget	Sammensatt 1	ADP total
	2,40		Sammensatt 2	ADP total
	1,69		Sammensatt 3	ADP total
J – J Uten/med seksjonering	1,34/1,46	Fra Materialteknisk institutt til Lerkendalsbygget	Sammensatt 1	ADP total
	1,76/1,74		Sammensatt 2	ADP total
	1,68/1,85		Sammensatt 3	ADP total
	1,65/3,50		Sammensatt 4	ADP total
J – J Uten/med seksjonering	1,55/1,91	Fra Materialteknisk institutt til Lerkendalsbygget	Sammensatt 1	Drenert, eff.sp.
	1,88/1,94		Sammensatt 2	Drenert, eff.sp.
	1,48/1,62		Sammensatt 3	Drenert, eff.sp.
	1,64/2,26		Sammensatt 4	Drenert, eff.sp.

3.4 Delområde 7: Prestegårdsjordet

Tabell 10: Utvalgte resultater fra nye og tidligere stabilitetsberegninger, Delområde 7 Prestegårdsjordet.

Profil id.	Beliggenhet	Analyse	Type flate	Sikkerhet F _c	Referanser
NYE ANALYSER					
7-1	Global flate fra Jonsvannsvegen til Prestegårdsjordet vest.	ADP udrenert korttid	Utredes i hovedprosjekt		
7-2	Global flate fra Jonsvannsvegen til Stavne – Leangen banen øst	ADP udrenert korttid	Utredes i hovedprosjekt		
7-3	Global flate fra Berg prestegård til Stavne – Leangenbanen.	ADP udrenert korttid SHANSEP	Sammensatt	1,27	MC413642
			Sammensatt	1,41	
			Sirkulær	1,13	
			Sirkulær	1,18	
		Drenert langtid	Sammensatt	1,97	
			Sammensatt	2,34	
			Sirkulær	1,83	
			Sirkulær	1,73	
7-4	Global flate fra Berg prestegård til NTNU Driftssentralen	ADP Udrenert korttid SHANSEP suppl.grus.	Sammensatt	1,73	MC413642
			Sammensatt	1,64	
			Sirkulær	1,62	
			Sirkulær	1,59	
			Sirkulær	1,44	
7-5aI	Lokal flate fra Berg prestegård til Richard Birkelands veg	ADP Udrenert korttid SHANSEP	Sammensatt	1,24	MC413798 MC413642
			Sammensatt	1,28	
			Sirkulær	1,14	
			Sirkulær	1,19	
		Drenert langtid	Sammensatt	2,29	
			Sammensatt	2,20	
			Sirkulær	1,99	
			Sirkulær	1,34	
7-5aII	Lokal flate fra Berg prestegård til Richard Birkelands veg	ADP Udrenert korttid SHANSEP suppl. grus.	Sammensatt	1,66	MC413798 MC413642
			Sammensatt	1,87	
			Sirkulær	1,53	
			Sirkulær	1,43	
7-5b	Lokal flate fra Richard Birkelands veg til Lerkendals-bygget	ADP Udrenert korttid SHANSEP	Sammensatt	1,94	MC413798 MC413642
			Sirkulær	1,66	
		Drenert langtid	Sammensatt	4,23	
			Sirkulær	2,34	
TIDLIGERE ANALYSER					
Det er ikke funnet noen andre relevante stabilitetsanalyser for Delområde 7.					

4. Vedlegg 4: Samlet oversikt over alle innlagte boringer i prosjektområdet

Se vedlagte borhullslister (Excel regneark) mottatt fra Trondheim kommune:

- Boringer utført av Trondheim kommune (TK):
Trondheim kommune_borhullsliste.xlsx
- Boringer utført av Multiconsult (Noteby, Geoteam) (MC):
Multiconsult_borhullsliste.xlsx
- Boringer utført av Rambøll (Kummeneje, Scandiaconsult) (R):
Rambøll_borhullsliste.xlsx
- Boringer utført av andre aktører (NGI, Jernbaneverket, NTNU, Statens Vegvesen) (A):
Andre_borhullsliste.xlsx

5. Vedlegg 5: Klassifisering av alle innlagte boringer i prosjektområdet

Se vedlagte borhullslister (Excel regneark):

- Boringer utført av Trondheim kommune (TK):
Trondheim kommune_borhullsliste_bearbeidet.xlsx
- Boringer utført av Multiconsult (Noteby, Geoteam) (MC):
Multiconsult_borhullsliste_bearbeidet.xlsx
- Boringer utført av Rambøll (Kummeneje, Scandiaconsult) (R):
Rambøll_borhullsliste_bearbeidet.xlsx
- Boringer utført av andre aktører (NGI, Jernbaneverket, NTNU, Statens Vegvesen) (A):
Andre_borhullsliste_bearbeidet.xlsx

6. Vedlegg 6: Bestemmelse av laggrenser og dimesjoneringsparametere

Notatene nedenfor gir en oversikt over hvilke borpunkt som har blitt brukt og hvilke generelle vurderinger som er gjort i utarbeidelse av lagdeling og fastsettelse av parametere.

Sammenhengen mellom ny og gammel borhullsidentitet er sammenstilt i Tabell 11 Tabell 17 for henholdsvis delområde 5 og 7.

6.1 Delområde 1: Duedalen – Lillegårdsbakken

6.1.1 Profil 1-1 Duedalen – Lillegårdsbakken (Tegning nr. 100.1 og 100.2)

Generelle vurderinger:

- Tørrskorpelaget på toppen varierer noe. Er stort sett satt til 2,5 m under terreng. GV er antatt å følge bunn av dette topplaget. Stemmer godt overens med de generelle beskrivelsene som er 2-4 m under terreng.
- Over fjell er det antatt 1 m med bunnmorene (friksjonsmasser). De generelle beskrivelsene sier 1-3 m tykt bunnmorenelag.
- Romvekten er satt til konstant verdi på 20 kN/m³.
- Material parameterne til tørrskorpeleire er antatt til: $\phi = 30^\circ$, $c' = 0$
- Material parameterne til bunnmorene er antatt til: $\phi = 30^\circ$, $c' = 3$

Begynner på toppen og vurderer punkt for punkt.

Pkt TK5-11, -P11

- 0-2,9 m: tørrskorpeleire
- 2,9-5,0 m: leire, siltig
- Antatt berg 6 m under terreng med 1 m bunnmorene over

Pkt TK2-2, -P2

- 0-2,5 m: tørrskorpeleire
- 2,5-3,5 m: leire
- 3,5-9,0 m: sprøbruddsmateriale (ut ifra vår definisjon er laggrensen satt dypere sammenlignet med rapporten)
- 9,0-10 m: leire
- Antatt berg 11 m under terreng med 1 m bunnmorene over

Pkt TK6-P2

- Antatt lik TK2-2 ettersom den er adskillig nyere (1978 vs. 1958). TK6-P2 gir tørrskorpeleire 0-3,2 m med underliggende OC kvikkleire.

Pkt TK6-P1

- Veldig lik TK-P2. Har derfor gjort samme antagelser og brukt samme laginndeling som TK2-2, men satt fjellet 1 m dypere, med 1 m tykkere sprøbruddslag.

MC2-3

- Er trukket 47 m og er derfor kun brukt orienterende mht. styrkeparametere. Stemmer relativt godt overens med 0,35 p_0' .

TK6-8

- Laggrenser satt ut ifra tabulerte verdier for s_u og $s_{u,rem}$. Veldig gammel rapport (1958). Verdiene for intakt s_u ligger langt under SHANSEP i de bløte lagene (pga. prøveforstyrrelse)
- 0-2,5 m: tørrskorpeleire
- 2,5-4,0 m: leire
- 4,0-14,0 m: sprøbruddsmateriale
- 14,0-16 m: leire
- Antatt berg 17 m under terreng med 1 m bunnmorene over. Usikkerhet knyttet til berghorisonten, men det passer relativt godt overens med fallende berghorisont jo lenger ned i skråningen man kommer. Trolig liten innvirkning på stabilitetsanalysene.

TK6-9, -10

- Ganske lik TK6-8, men sensitivitetsverdiene indikerer en litt grunnere slutt på kvikkleirelaget. Er videre antatt 1 m dypere berghorisont.
- 0-2,5 m: tørrskorpeleire
- 2,5-4,0 m: leire
- 4,0-11,0 m: sprøbruddsmateriale
- 11,0-17 m: leire
- Antatt berg 18 m under terreng med 1 m bunnmorene over.

TK1-P4

- 0-2,5 m: tørrskorpeleire
- 2,5-3,5 m: leire
- 4,0 => berg: sprøbruddsmateriale. Konservativt antatt at kvikkleirelaget går helt ned til berg. Har altså antatt at leirlaget under kvikkleirelaget fader ut. Benytter oss av SHANSEP for input av s_u så at vi antar et veldig tykt kvikkleirelag får kun innvirkning på presentasjonen.
- Borhorisont basert på rett linje mellom TK6-9, -10 og TK25-21. Store usikkerheter her, men trolig så dypt at det får liten innvirkning på stabilitetsanalysene. Antatt 1 m bunnmorene over berg.

TK25-P21

- 0-2,5 m: tørrskorpeleire
- 2,5-5,0 m: leire
- 5,0-32,0 m: Sprøbruddsmateriale. Usikkert om det er sensitiv leire helt ned til fjell, men borhullsdata viser sensitivitet over 30 ned til ~20 m under terreng. Sonderingen viser bløte lag under dette.
- Berg 33 m under terreng med 1 m bunnmorene over.

TK25-P23

- 0-2,5 m: tørrskorpeleire
- 2,5-11 m: leire (neglisjerer det tynne laget definert som sensitivt i rapporten)
- 11-35 m: sprøbruddsmateriale. Usikkert om det er sensitivt i øvre del av dette laget, men rapporten definerer det som sensitivt. Kan være at man drar med seg friksjonen fra det bløtere laget over. Ser altså ut som at kvikkleirelaget fra lengre opp i skråningen går dypere her (dupper ned).
- Berg 36 m under terreng med 1 m bunnmorene over.
- Dreiesondering. Kan sette spørsmålstegn ved tolkningen som er gjort på figuren. Har valgt å neglisjere det tynne sensitive laget under tørrskorpelaget og beholdt grensen til sensitiv leire ved ca. 11 m. Dette er konservativt sammenlignet med å sette grensen ved 18 m som sonderingen kanskje indikerer (økende motstand fra 11-18).

TK26-PA2

- 0-2,5 m: tørrskorpeleire
- 2,5-20 m: leire. Boringen avsluttet ved 19,8 m.
- 20-35,0 m: sprøbruddsmateriale. Antar at kvikkleirelaget fra lengre opp i skråningen går dypere.
- Antar berghorisont 36 m (basert på TK25-23) under terreng med 1 m bunnmorene over. Hvor dypt bergoverflaten ligger har liten betydning for stabilitetsanalysene.

Lagdeling og materialparametere lenger ned i skråningen er satt lik pkt TK26-PA2

Oppsummering:

Mange prøver, spesielt de dype viser veldig lav skjærfasthet, noe som indikerer prøveforstyrrelse. Har valgt å ta utgangspunkt i $0,35 \cdot p_0'$. Dette tilsvarer en overkonsolideringsgrad på 1,5 med SHANSEP ($\alpha=0,25$, $m=0,85$). Dette stemmer godt overens med de fleste borhull (kun rutine), men er muligens for konservativt i nedre del av skråningen hvor overkonsolideringsgraden sannsynligvis er noe høyere. Man kan argumentere for at noe lavere su mot toppen av skråningen, selv om mange prøver er forstyrret. Su-profilene fra hovedoppgaven (mye vingebor) fra 1986 gir veldig lave verdier (ned $0,20-0,25 p_0'$) og er ikke vektlagt. Treksverdiene gir betydelig høyere skjærhasthet.

6.1.2 Profil 1-2 Skansegaten – Lillegårdsbakken (Tegning nr. 101)

Generelle vurderinger

- Tørskorpelaget på toppen varierer noe. 1-3 m under terreng.
- GV er satt 1 m under terreng i tråd med poretryksmålingene gjort i A20 (NTH 1986). Sandven (1990) indikerer GV 3 m under terreng. Antar konservativt 1m.
- Over berg er det antatt 1 m bunnmorene (friksjonsmasser). Dette er basert på vurderingene gjort for profil 1-1. Dette har ingen betydning for stabilitetsanalysene da bruddsirkene ikke går så dypt.
- Materialparametre for bunnmorenen er satt til: $\phi = 30^\circ$, $c' = 3$ (a~5kPa)
- Tyngdetettheten er satt til konstant verdi på 20 kN/m^3 .
- Material parametrene for tørskorpeleire er antatt til: $\phi = 30^\circ$, $c' = 0$
- A20 (NTH 1986): Økende overkonsolidering med dybden. $\sigma'_c = 3-4 \sigma'_{vo}$ i hull 1(øverst) og 2-3 σ'_{vo} i hull 2 (nederst). Uvanlig at det er høyere overkonsolideringsgrad på toppen av skråningen.

Begynner på toppen og vurderer punkt for punkt.

Pkt A2-10 (NGI 1958, O.190)

Finner ikke denne rapporten. Antar samme som A2-11 og A20-1.

Pkt A2-11 (NGI 1958, O.190)

- 0-3,0 m: tørskorpeleire
- 3,0-5,5 m: leire
- 5,5-12,5 m: kvikkleire / sensitiv leire
- 12,5-20,5 m: leire. Dette leirlaget kan falle under kategorien sprøbruddsmateriale. Stor sannsynlighet for prøveforstyrrelse og at intakt konusfasthet og følgelig også sensitiviteten blir undervurdert. Konusfastheten ligger videre under enaksfastheten. A20-1 viser sensitivitet >15 (fra konus) ved samme dybde.
- 20,5-34,5 m: Kvikkleire / sensitiv leire
- Berg 35,5 m under terreng med 1 m bunnmorene over.

Pkt A20-1 (NTH 1986)

- 0-3,0 m: tørskorpeleire
- 3,0-5,0 m: leire, lagdelt siltig gruskorn (muligens sensitiv)
- 5,0-20 m: kvikkleire / sensitiv leire
- GV ca. 1 m under terreng, hydrostatisk fordeling med dybden.
- Rapporten tilsier leire hele veien under tørskorpelaget. Ut ifra vår definisjon og sensitiviteten fra konus er det sensitiv leire fra 5 m under terreng (muligens grunnere). Sensiviteten fra vingebor gir lave verdier men vektlegges i liten grad.
- Antar samme dybden til berg som i A2-11

TK25-P21, -21

- 0-2,5 m: tørskorpeleire
- 2,5-5,0 m: leire
- 5,0-32,0 m: kvikkleire / sensitiv leire. Usikkert om det er sensitiv leire helt ned til berg, men borhullsdata viser sensitivitet over 30 ned til ~20 m under terreng. Sonderingen viser bløte lag under dette.
- Berg 33 m under terreng med 1 m bunnmorene over.

TK25-23 (nærmere profil 1-2 enn TK25-P21)

- 0-2,5 m: tørrskorpeleire
- 2,5-11 m: leire (neglisjerer det tynne laget definert som sensitivt i rapporten).
- 11-35 m: kvikkleire / sensitiv leire. Usikkert om det er sensitivt i øvre del av dette laget, men rapporten definerer det som sensitivt. Berg 36 m under terreng med 1 m bunnmorene over.
- Som nevnt under tolkningen til Profil 1-1 kan man sette spørsmålsteget ved laggrensene for denne sonderingen. Passer dårlig med den generelle trenden i profilet.

TK27-P1

- 0-2,5 m: tørrskorpeleire
- 2,5-4,0 m: leire
- 4,0-35 m: kvikkleire / sensitiv leire. Usikkert om det er sensitiv leire helt ned til berg, men borhullsdata viser sensitivitet over 15 ned til ~12 m under terreng. Sonderingen viser bløte lag under dette.
- Berg 36 m under terreng med 1 m bunnmorene over.

TK27-P4

- 0-2,5 m: tørrskorpeleire
- 2,5-4,5 m: Leire
- 4,5-35 m: Kvikkleire / sensitiv leire. Usikkert om det er sensitiv leire helt ned til fjell, men borhullsdata viser sensitivitet over 15 ned til ~12 m under terreng. Sonderingen viser bløte lag under dette.
- Fjell 36 m under terreng med 1 m bunnmorene over.

Pkt A2-17(NGI 1958, O.190)

- 0-2,0 m: tørrskorpeleire
- 2,0-3,0 m: Leire
- 3,0-20 m: Kvikkleire / sensitiv leire
- Ingen info om berghorisont

Pkt A20-2

- 0-3,5 m: tørrskorpeleire
- 3,5-6,0 m: Leire, lagdelt siltig gruskorn (muligens grunnere)
- 6,0-20 m: Kvikkleire / sensitiv leire
- GV ca. 1 m under terreng, hydrostatisk fordeling med dybden.
- Rapporten sier leire hele veien under tørrskorpelaget. Utifra vår definisjon og sensitiviteten fra konus er det sensitiv leire fra 5 m under terreng (muligens grunnere). Sensitiviteten fra vingebor gir lave verdier men vektlegges i liten grad.

Resultater fra Sandven (1990) ligger like ved Pkt A20-2.

Pkt TK26-PF2

- 0-1,0 m: grus, sand og leire
- 1,0-3,0 m: leire, siltig
- 3,0-12,0: kvikkleire / sensitiv leire.
- Har ikke prøver dypere, men sonderingen viser bløtt materiale, med noe lagdeling. Naturlig å anta sprøbruddsmateriale fra 3 m og nedover hele veien.
- Ingen info om berghorisont. Antar samme berghorisont som TK27-4, dvs. fjell 36 m under terreng med 1 m bunnmorene over.

Pkt TK26-PF1

- 0-3,0 m: matjord/tørreskorpeleire/fyllmasse/rasmasse
- 3,0-4,0 m: leire. Prøve mistet, mulig sensitiv?
- 4,0-8,0: kvikkleire / sensitiv leire.
- 8,0-9,0: leire? $S_t = 4$. Antar sprøbruddsmateriale ut ifra omkringliggende boringer.
- Har ikke prøver dypere, men sonderingen viser bløtt materiale, med noe lagdeling. Naturlig å anta sprøbruddsmateriale fra 4 m og nedover hele veien.
- Ingen info om berghorisont. Antar samme berghorisont som TK27-4, dvs. fjell 36 m under terreng med 1 m bunnmorene over.

Når det gjelder TK26-PF1 og -PF2 kan man ut ifra sonderingene anta leire (ikke sprøbruddsmateriale) fra ca. 10 m og nedover, men som en konservativ tilnærming og basert på borpunktene høyere opp antar vi sprøbruddsmateriale helt ned til berg/bunnmorene.

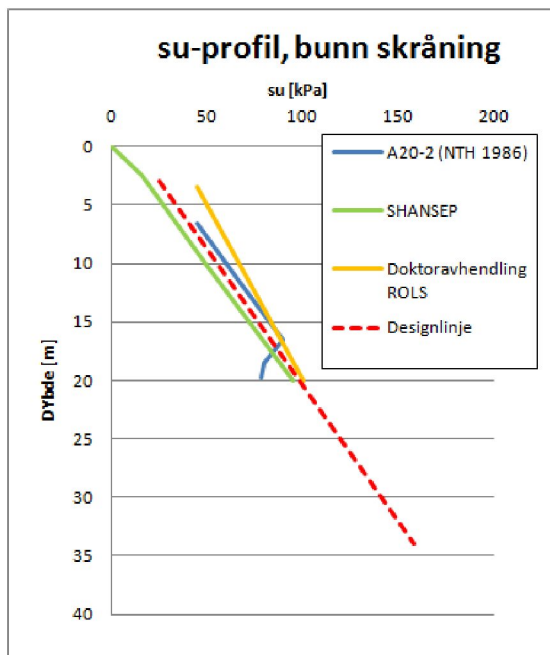
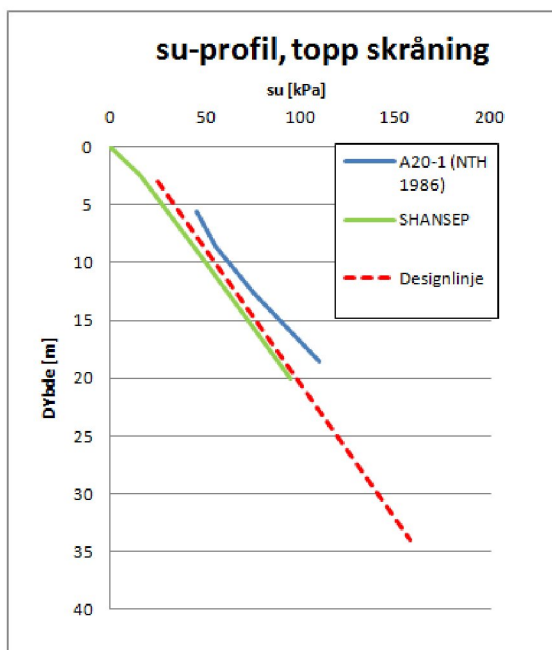
Oppsummering:

På toppen av skråningen (Pkt A2-1 og A20-1, legger mest vekt på sistnevnte). Antar samme lagdeling som angitt for A20-1.

Midtre del (TK25-23 og -21). Som nevnt tidligere passer TK25-23 litt dårlig med den generelle trenden, spesielt at det sensitive laget starter så dypt som 11 m under terreng. Velger derfor å være konservativ og vektlegge TK25-21. Ettersom TK25-23 er nærmere profil 1-2 brukes berghorisonten herfra, dvs. 36 m under terreng med 1 m bunnmorene over.

I neste punkt ligger flere sonderinger: TK27-P4, A2-17, A20-2 og Sandven (1990). Noe usikkerhet rundt tykkelsen på tørreskorpelaget og tykkelsen på det underliggende leirelaget. Konservativ kombinasjon: 3 m tørreskorpe, 1 m leire, sprøbruddsmateriale videre. Fjell 36m med 1 m bunnmorene over. Blir da i tillegg lik TK26-PF1

s_u -profil: rutinedata indikerer veldig lav skjærfasthet sammenlignet med spesialforsøk. Velger å legge vekt på sistnevnte. Bruker en kombinasjon av A20 (T_{max}), Sandven (1990) og SHANSEP med et konservativt anslag på $OCR = 2,0$. SHANSEP gir noe lav skjærfasthet i toppen (også sammenlignet med rutine), setter derfor $s_u = 25$ kPa i bunn av tørreskorpelaget og s_u ved 34 m under terreng tilsvarende SHANSEP med $OCR = 2,0$.



6.2 Delområde 3: Bakklandet – Nedre Singsaker sør

6.2.1 Profil 3-1 Singsakersletten – Nidelven (Tegning nr. 102.1 og 102.2)

Generelle vurderinger

I materialet mottatt fra Trondheim kommune er det ikke skilt mellom rapport o.195 (Idrettsbygg NTH, 1963) og o.195-2 (Tilbygg av svømmehall, 1967). Dette blir problematisk da begge rapportene inneholder borpunkt med nummerering 6 og 7. Borplanene i de to rapportene indikerer at borpunkt 6 og 7 fra rapport o.195-2 bør flyttes ca. 35 m i nordvestlig retning, slik at borpunkt 6 fra rapport o.195-2 sammenfaller med borpunkt 4 fra rapport o.195. Koordinatene for disse borpunktene/prøveseriene bør dobbeltsjekkes.

Berg er ikke påvist på noen av boringene. De dypeste boringene er dypere enn 35 m. Har derfor antatt ca berghorisont 40 m under terreng med 1m bunnmorene over. Dette har ingen betydning for stabilitetsanalysene.

Fyllmassene i området består hovedsakelig av sand, grus og til dels stort innhold av organisk materiale. Fyllmassene inneholder også en god del silt, leire og biter av teglstein etc. Rapport R16 beskriver fyllingsmassene som tilfeldig karakter med svært variabel kvalitet. Mektigheten av fyllingsmassene er størst mellom Vollabakken og Korsgata. Antatt materialparametere for fyllingsmassene er satt til: $\phi=30^\circ$ og $a=0$.

Tyngdetettheten er satt til en konstant verdi på $19,0 \text{ kN/m}^3$.

Rapport R33 gir designparametere. Basert på dette er følgende brukt:

Silt og leirlaget som ligger over sprøbruddsmateriale i øvre del av skråningen: 40 kPa. Siltlaget har stedvis grov karakter og i disse områdene er det veldig konservativ å anta udrenert materiale med s_u på 40 kPa. Dette gjelder spesielt i nedre del mor elven.

Når det gjelder s_u -profilen for sprøbruddsmateriale og underliggende leirlag så er det tatt utgangspunkt i den anbefalte designlinjen fra rapport R33 ($s_{uA}=35 + 1,35 \cdot z$). Denne linjen er sammenlignet med SHANSEP-linjen for ulike OCR-verdier for borpunkt R33-P1. OCR på 1,3 (tilsvarer $0,31 \cdot \sigma_{vo}$) ga godt samsvar og er brukt i øvre del av profil 3-1. I midtre og nedre del ble en noe høyere overkonsolideringsgrad ($\sim 1,5$) lagt til grunn.

I tillegg til borpunktene gitt nedenfor er følgende supplerende rapporter benyttet, se vedlegg 9:

- Kummeneje (1978). Grunnundersøkelse – Datarapport. Bakklandsutredningen ytre linje. O.2924.
- Kummeneje (1978). Bakklandsutredningen ytre linje. Stabilitet. O.2924-2.
- Kummeneje (1987). Grunnundersøkelse – Datarapport. A/S Trondhjems jernindustri utbygging Bakklandet. O.6168.

Pkt R5-6 og -7 (rapport o.195)

Noen meter med tørrskorpe over lagdelt silt (stedvis grov), leire og f.o.m. 15 m under terreng sank boret ned til 35 m hvor et fastere lag inntraff.

GV i pkt 7 ca. 1 m under terreng (noe svakere stigning i dybden enn hydrostatisk).

Pkt 6 fra rapport o.195-2 (ingen nummerering i vårt system)

- 0-1,5 m: tørrskorpe lag bestående av siltig leire
- 1,5-7 m: silt
- 7-8 m: siltig leire
- 8-9 m: homogen leire
- 9-30: sprøbruddsmateriale

Pkt R33-C1 og -P1

- 0-3 m: tørrskorpelag
- 3-4 m: leire, siltig
- 4-5,5 m: silt med enkelte leirige lag
- 5,5-9: leire, homogen
- 9=> sprøbruddsmateriale
- GV 3 m under terreng, dvs. i bunn av tørrskorpelag
- Denne rapporten gir anbefalte designparametere for de ulike lagene.

Pkt R49-4

- 0-1,5 m: tørrskorpelag/fyllmasse
- 1,5-6 m: silt (grov silt)
- 6-8,5 m: leire
- 8,5-16> sprøbruddsmateriale.
- 16=> leire. Sonderingene viser tydelig et fastere lag i dybden. Borpunkt nr. 7 viser en sensitivitet lavere enn 15 og omrørt skjærfasthet over 2 kPa i dypere lag. Velger derfor å definere de dypere lagene som ikke sprøbruddsmateriale, selv om et er naturlig å anta noe prøveforstyrrelse og således en noe undervurdert S_t .

Pkt R49-7

- 0-1,5 m: tørrskorpelag/fyllmasse
- 1,5-4 m: grov silt
- 4-6 m: leire, homogen
- 6-12: sprøbruddsmateriale. Noe fastere i dybden (overgang fra kvikkleire til leire i rapporten). Prøvene viser en sensitivitet lavere enn 15 og omrørt skjærfasthet over 2 kPa i dypere lag. Velger derfor å definere de dypere lagene som ikke sprøbruddsmateriale, selv om et er naturlig å anta noe prøveforstyrrelse og således en noe undervurdert S_t . Sonderingen er avsluttet ved 18 m, usikkert om det er leire eller sprøbruddsmateriale under dette. Basert på borpunkt høyere opp i skråningen antas det leire i dypere lag, altså ikke sprøbruddsmateriale.

Pkt TK33-665

- 0-2 m: sand, grus, fyllmasser
- 2-4 m: silt, tørrskorpe
- 4 m=>: leire, grovsiltig.
- Borpunktet er trukket 22 m og vektlegges i liten grad

Pkt R23-10 (ikke med på profil, men veldig relevant)

Basert på sondering, mangler borhullsdata og således er det ikke mulig å vurdere om grensene stemmer overens med vår definisjon på sprøbruddsmateriale. Bruker følgende laggrensar:

- 0-7 m: fyllmasse
- 7-10 m: silt, finsandig
- 10-15 m: sprøbruddsmateriale (silt, leirig kvikk)
- 15=>: leire
- GV baseres på pkt 11 som også ligger på toppen av skråningen. 3 m under terreng.

Pkt R23-7 og -8

Ganske stor variasjon mellom borpunkt 7 og 8, spesielt øverste 5-6 m. Vektlegger 8 da denne passer bedre overens med borhull 10:

- 0-3 m: matjord, silt, tørrskorpe, sand
- 3-5 m: silt, homogen
- 3-9,5 m: sprøbruddsmateriale (kvikk silt og leire lagdelt)
- 9,5=>: Leire. Homogen øverst, lagdelt med tynne siltlag mot dybden
- GV i bunn av sandlag, dvs. 3 m under terreng.

Pkt R45-15

Ganske stor variasjon mellom borpunkt 7 og 8, spesielt øverste 5-6 m. Velger og vektlegg borpunkt 7 da dette er nærmest profil 3-1 og stemmer bedre (lagdeling og GV) med neste borpunkt (R45-15).

- 0-2 m: silt, noe sandblanding
- 2-7 m: grus og stein
- 7-8 m: silt (antatt et tynt siltlag for å få kontinuitet i laggrensene)
- 8 m => sprøbruddsmateriale (kvikk leirig silt, kvikkleire, kvikk siltig leire)
- Overgang til leire settes til 29 m under terreng basert på lagdeling gitt i rapport R45
- GV i ca 5,5 m under terreng.

Pkt R16-41, -42, -43, -44, -45 (disse ligger innenfor en lengde på ca. 40 m. Bruker de som vurderes som mest aktuelle mtp. plassering)

- 0-9 m: Fyllmasse (trolig samme lag som det som er kalt sand/grus/stein høyere opp i skråningen. Rapporten nevner at fyllingsmassene begrenses til området mellom Vollabakken og Korsgata, og at kvaliteten på fyllmassene er variabel og til dels meget dårlig.)
- 9-11 m: silt, leirig med kvikke leirlag mot dybden.
- 11 => sprøbruddsmateriale (basert på helningen på totalsonderingen)
- Overgangen til leire er basert på interpolering mellom R45-15 og R45-9, ca. 31,5 m under terreng.

Pkt R45-9, -P9

- 0-6 m: Torrskorpe, siltig leire (antar at dette tilsvarer fyllmasse)
- 6-10 m: grov silt
- 10 m => sprøbruddsmateriale (kvikk leirig silt, kvikkleire, kvikk siltig leire)
- Overgang til leire settes til 32,5 m under terreng basert på lagdeling gitt i rapport R45
- GV i ca 6 m under terreng.

Pkt R45-8A

- 0-4 m: fyllmasse
- 4-5 m: steinlag
- 5 m => grov silt med underliggende sprøbruddsmateriale
- Antar overgang til sprøbruddsmateriale 10 m under terreng. Store usikkerheter knyttet til lagdeling under Nidelva.

6.2.2 Profil 3-2 Vollafallet – Nidelven (Tegning nr. 103)

Generelle vurderinger

- GV er basert på R45-5 (~7 m) og -6 (~6 m) og R59-3 (~1,5 m). Følger opprinnelig terreng og ned til LAT (kote -1,58 m).
- Over berg er det antatt 1 m bunnmorene (friksjonsmasser).
- Tyngdetettheten er satt til konstant verdi på 20 kN/m³.
- Parametre for bunnmorene er antatt til: $\phi = 30^\circ$, $c' = 3$ (a~5 kPa)
- Topplaget som hovedsakelig består av grus, sand og stein. Topplaget her er av grovere karakter enn de andre profilene. Har antatt samme materialparametere som for steinfyllingen ut mot Nidelva: $\tan\phi=0,80$ ($\phi=38,7^\circ$) og $a=5$ kPa. Materialparameterne for disse lagene har liten betydning for stabilitetsberegningene.
- Siltlaget og leirlaget under elven er gitt suA på henholdsvis 60 og 50 kPa.
- s_u-profilen for sprøbruddsmateriale er basert på SHANSEP med en OCR på 1,5.

I tillegg til borpunktene gitt nedenfor er følgende supplerende rapporter benyttet, se vedlegg 9:

- Kummeneje (1978). Grunnundersøkelse – Datarapport. Bakklandsutredningen ytre linje. O.2924.
- Kummeneje (1978). Bakklandsutredningen ytre linje. Stabilitet. O.2924-2.

Begynner på toppen og vurderer punkt for punkt.

Pkt R15-12, -P12

- 0-5 m: tørrskorpeleire/silt/grus/sand
- 5-8,5 m: grus. => Slår sammen disse to lagene til ett
- 8,5-10 m: silt, lagdelt med kvikkleirelag
- Har ingen info under 10 m. Baserer videre lagdeling på R45-P6, dvs. 4 m silt over kvikk leirlig silt med kvikkleire i dybden. Dette laget antas helt ned til berg som er satt til 35m under terreng (ingen påvirkning på stabilitetsanalysene).

Pkt R45-6, -P6

- 0-6 m: tørrskorpeleire/silt/grus/sand
- 6-10 m: silt, grov og finsandig
- 10 m => kvikk leirlig silt med kvikkleire i dybden
- Bergoverflaten antatt 35 m under terreng (ingen påvirkning på stabilitetsanalysene).

Pkt R45-5, -P5

- 0-9,5 m: grus/sand m finsand i overgang til silt
- 9,5-13,5 m: silt, grov og finsandig
- 13,5 m => kvikk leirlig silt med kvikkleire i dybden
- Berg antatt 35 m under terreng (ingen påvirkning på stabilitetsanalysene).

Pkt R59-P3

- 0-3 m: sand
- 3-10,5 m: grov silt
- 10,5 m => Leire, kvikk
- Berg antatt 35 m under terreng (ingen påvirkning på stabilitetsanalysene).

Pkt R45-4, -P4 (i forhold til original grunn)

- 0-9,5 m: grus/sand m finsand i overgang til silt
- 9,5-13,5 m: silt, grov og finsandig
- 13,5 m => kvikk leirlig silt med kvikkleire i dybden
- Berg antatt 35 m under terreng (ingen påvirkning på stabilitetsanalysene).

Pkt R18-2 (ser bort ifra R18-1 og -3)

- 0-5: leire
- Sonderingen viser et grovere lag på toppen, men borhullsdata sier leire. Sonderingen viser ikke kvikke lag. Har derfor antatt leire øverste 15m. kvikk leirlig silt antatt under leirlaget (ingen påvirkning på stabilitetsanalysene).

6.3 Delområde 5: Gløshaugen øst – Høgskoledalen

Tabell 11: Sammenheng mellom opprinnelig og ny borhullsidentitet – profiler i Delområde 5.

Profil	Borhullsidentitet opprinnelig	Borhullsidentitet ny	Tegning nr.
DELOMRÅDE 5 GLØSHAUGEN ØST – HØGSKOLEDALEN			
5.1	1	MC8-1	414871-204.1-2
	2	MC8-2	
	6	MC8-6	
	6b (66), PR6b (66)	MC8-6B, MC8-P6B	
5.2	4, CPTU4	MC8-4, MC8-C4	414871-205.1-3
	7, PR7	MC8-7, MC8-P7	
	11	A8-P11	
	12	A8-P12	
5.3	4, CPTU4	MC8-4, MC8-C4	414871-206.1-4
	6b, PR6b	MC8-6B, MC8-P6B	
	7, PR7	MC8-7, MC8-P7	
	7b	MC8-7b	
	13	A8-P13	
	14	A8-P14	
	15	A8-P15	
	25	A22-25	
	28	A22-28	

Tabell 12: Oversikt over utvalgte resultater for vurdering av lagdeling og jordart i området mellom NTNU Kjemihallen og Høgskoledalen.

Undersøkelse ref. vedlegg 2	Profil/ Borpunkt	Stedsreferanse	Laggrense-jordart
Multiconsult 414034-3 NTNU Solbygget/VTL	414034-1, PR6b 7-8,11-12,16-17	Nede i Høgskoledalen v/Høgskoleringen/Alfred Getz veg 2	0-6,0 m: Topplag m/sand og grus 7,0-11,0 m: LEIRE, noe siltig, grusig 11,0-19,0 m: LEIRE, homogen
Multiconsult 414034-3 NTNU Solbygget/VTL	414034-1, PR7 15-16,18-19,20-21	Topp av skråning ned mot Høgskoledalen ved Alfred Getz veg 2.	0-12,0 m: Topplag m/sand og grus 12,0-16,0 m: LEIRE, noe siltig 16,0-25,0 m: LEIRE, kvikk 25,0-30,0 m: LEIRE, siltig
Multiconsult 414034-3 NTNU Solbygget/VTL	414034-1, PR11 20-21,24-25	Området ved VTL ned mot Høgskoledalen.	0-2,0 m: Topplag m/sand og grus 2,0-14,0 m: Silt, sand 14,0-20,0 m: LEIRE, siltig 20,0-30,0 m: LEIRE, kvikk
Trondheim kommune R.0715 Lerkendalsforbindel sen	III+IV/NGI O.378 21	Nede på flaten i Høgskoledalen.	0-0,25: Matjord 0,25-3: Kvikkleire 3-10: Silt
Kummeneje O.90 NTH Varmeteknisk laboratorium	I + II/5	Platå ved vestskråning Høgskoledalen	0-6: Fyllmasse, sandig 6-8: Sikt, fin, leirig 8- : Sand, grusig
NGI O.641 Geologibygget	V/14	På platå ved Høgskoledalens sørskråning	0-5: Sand 5-11: Leire 11-22: Silt, fin, leirig, kvikk
NGI O.641 Geologibygget	V/15	På kanten ved Høgskoledalens sørskråning	0,25-2: Fyllmasse 2-9: Sand 9-11: Silt, fin 11-16: Leire, siltig 16-26: Silt, fin, leirig, kvikk
NGI O.641 Geologibygget	V/16	Nede i Høgskoledalens sørskråning	0-1,5: Sand, grus 1,5-5: Silt 5-6: Leire 6+: Antatt fjell?
Kummeneje 11238-1 PFI	A/2	Mellom VTL og tidl. Geologisk inst.	0-3: Sand 3-10,5: Leire, middels
Kummeneje 11238-1 PFI	B/4	Mellom VTL og tidl. Geologisk inst.	0-3: Sand 3-9,5: Leire, siltig 9,5-17: Leire, kvikk
Multiconsult 413798-1 Kjemihallen	B/3	Øst for Kjemihallen, mot MTI	0-10,5: Sand, siltlag 10,5-14: Leire, homogen 14-16: Leire, kvikk
Multiconsult 413798-1 Kjemihallen	E/1	Sør for Kjemihallen, v/Kjemiblokker	0-8: Sand, siltlag 8-10,5: Leire, homogen 10,5-20: Leire, kvikk

6.3.1 Profil 5-1 Gamle metallurgi (Solbygget) – Høgskoledalen vest (Tegning nr. 204.1 og 204.2) og profil 5-2 Geologi – Høgskoledalen vest (Tegning nr. 205.1, 205.2 og 205.3)

Tabell 13: Oversikt over utvalgte resultater for vurdering av skjærfasthets- og konsolideringsparametre for Profil 5-1 og Profil 5-2, lokal stabilitet i Høgskoledalen vest.

Undersøkelse ref. vedlegg 2	Borpunkt /dybde	Stedsreferanse	Undersøkelse	Kvalitetsbedømmelse
Trondheim kommune R.0715 Lerkendals-forbindelsen	B1/z=4,65+7,35 m	Krysset Richard Birkelandsveg-Strindvegen	Lab, treaks, aktiv	God/tilfredsstillende
Trondheim kommune R.0715 Lerkendals-forbindelsen	B1/z=4,5+7,3 m	Krysset Richard Birkelandsveg-Strindvegen	Lab, ødometer	God/tilfredsstillende
Kummeneje 11238-1 PFI	4/z=5,35+10,55 m	Høgskoleringen vis-a-vis Kjemihallen	Lab, ødometer	God/tilfredsstillende
	2/z=2,50+7,50 m		Lab, ødometer	God
	5/z=2,55+10,5 m		Lab, ødometer	God
Multiconsult 413798-1 Kjemihallen	1/z=22 m	Krysset Høgskoleringen – Richard Birkelands veg	Felt, CPTU	God (klasse 2)
	3/z=25 m		Felt, CPTU	God (klasse 2)
	3/z=8,35 m		Lab, treaks, aktiv	Akseptabel
	3/z=8,50+10,38 m		Lab, ødometer	Forstyrret/Tilfredsstillende
Multiconsult 414034-1 Solbygget/VTL.	PR6b/z= 6,40 m, aktiv	Høgskoledalen, vestre del v/Høgskoleringen	Lab, treaks, aktiv	Forstyrret/tilfredsstillende
Multiconsult 414034-1 Solbygget/VTL.	PR7/z= 18,40 m, aktiv	Høgskoleringen v/Alfred Getz veg	Lab, treaks, aktiv	Forstyrret/tilfredsstillende
Multiconsult 414034-1 Solbygget/VTL.	PR6b/z= 11,32 m	Høgskoleringen v/Alfred Getz veg	Lab, ødometer, kont.	Forstyrret/tilfredsstillende
	PR/6b/z=11,54 m		Lab, ødometer, trinn.	

Tabell 14: Lagdeling med skjærfasthetsparametere for Profil 5-1 og Profil 5-2, lokal stabilitet i Høgskoledalen, vestskråning, inkludert data fra grunnundersøkelsen for NTNU Solbygget/VTL.

Lag	Materiale	Laggrense Start profil Slutt profil z [m]	Tyngde- tetthet γ [kN/m ³]	Friksjons- vinkel ϕ' [°]	Attraksjon a [kPa]	Udrenert skjærfasthet s_{uA} [kPa]	$s_{uD}/$ s_{uA} [-]	$s_{uP}/$ s_{uA} [-]
1	Fyllmasse Leire/sand	0-5,0 0-4,0	19,0	33,0	0	-	-	-
2	Ikke-sensitiv leire	5,0-10,0 4,0-15,0	19,5	25,0	10	$0,25(\sigma_{vo}' + \Delta\sigma')$ $\sim 0,33\sigma_{vo}'$	0,7	0,4
3	Kvikkleire	10,0-25,0 15,0-20,0	19,5	22,0	5	$0,25\sigma_{vo}'$	0,6	0,3
4	Berg	25,0 20,0	-	-	-	-	-	-

6.3.2 Profil 5-3 Kjemihallen – Høgskoledalen sør (Tegning nr. 206.1, 206.2, 206.3 og 206.4)

Tabell 15: Oversikt over utvalgte resultater for vurdering av skjærfasthets- og konsolideringsparametre for Profil 5-3, fra NTNU Kjemihallen til Høgskoledalen, inklusive data fra grunnundersøkelsen for NTNU Solbygget/VTL.

Undersøkelse ref. vedlegg 2	Borpunkt /dybde	Stedsreferanse	Undersøkelse	Kvalitets-bedømmelse
Trondheim kommune R.0715 Lerkendals-forbindelsen	B1/4,65+7,35 m	Krysset Richard Birkelandsveg-Strindvegen	Lab, treaks, aktiv	God/tilfredsstillende
Trondheim kommune R.0715 Lerkendals-forbindelsen	B1/4,5+7,3 m	Krysset Richard Birkelandsveg-Strindvegen	Lab, ødometer	God/tilfredsstillende
Kummeneje 11238-1 PFI	4/z=5,35+10,55 m	Høgskoleringen vis-a-vis Kjemihallen	Lab, ødometer	God/tilfredsstillende
	2/z=2,50+7,50 m		Lab, ødometer	God
	5/z=2,55+10,5 m		Lab, ødometer	God
Multiconsult 413798-1 Kjemihallen	1/z=22 m	Krysset Høgskoleringen – Richard Birkelands veg	Felt, CPTU	God (klasse 2)
	3/z=25 m		Felt, CPTU	God (klasse 2)
	3/z=8,35 m		Lab, treaks, aktiv	Akseptabel
	3/z=8,50+10,38 m		Lab, ødometer	Forstyrret/Tilfredsstillende
Multiconsult 414034-1 Solbygget/VTL.	PR6b z= 6,40 m, aktiv	Høgskoledalen, vestre del v/Høgskoleringen	Lab, treaks, aktiv	Forstyrret, tilfredsstillende
Multiconsult 414034-1 Solbygget/VTL.	PR7/z= 18,40 m, aktiv	Høgskoleringen v/Alfred Getz veg	Lab, treaks, aktiv	Forstyrret, tilfredsstillende
Multiconsult 414034-1 Solbygget/VTL.	PR6b/z= 11,32 m	Høgskoleringen v/Alfred Getz veg	Lab, ødometer, kont.	Forstyrret, tilfredsstillende
	PR6b/z=11,54 m		Lab, ødometer, trinn.	

Tabell 16: Lagdeling og skjærfasthetsparametere for Profil 5-3, fra NTNU Kjemihallen til Høgskoledalen sør.

Lag	Materiale	Laggrense Start profil Slutt profil z [m]	Tyngde- tetthet γ [kN/m ³]	Friksjons- vinkel ϕ' [°]	Attraksjon a [kPa]	Udrenert skjærstyrke s_{uA} [kPa]	$s_{uDSS}/$ s_{uA} [-]	$s_{uP}/$ s_{uA} [-]
1	Fyllmasse Leire/sand	0-5,0 0-4,0	19,0	33,0	0	-	-	-
2	Ikke-sensitiv leire	5,0-10,0 4,0-15,0	19,5	25,0	10	$0,25(\sigma_{vo}' + \Delta\sigma')$ $\sim 0,33\sigma_{vo}'$	0,7	0,4
3	Kvikkleire	10,0-26,0 15,0-20,0	19,5	22,0	5	$0,25\sigma_{vo}'$	0,6	0,3
4	Berg	26,0 20,0	-	-	-	-	-	-

6.3.3 Profil 5-4 Eidsvolls gate – Høgskoledalen øst (Tegning nr. 104)

Generelle vurderinger

- GV ligger i bunn av opprinnelig tørrskorpelag. Har derfor antatt at GV følger bunn av dette laget.
- Over fjell er det antatt 1 m med bunnmorene (friksjonsmasser).
- Tyngdetettheten er satt til konstant verdi på 19 kN/m^3 .
- Material parameterne til opprinnelig tørrskorpelag og fin sand (på toppen av skråningen): $\phi = 30^\circ$, $c' = 0$
- Materialparameterne til fyllmassene (antatt kvalitetsmasser) og bunnmorene: $\phi = 30^\circ$, $c' = 3 \text{ kPa}$ ($a \sim 5 \text{ kPa}$)
- TK4-P10 bør fjernes fra profilet da denne er trukket 34 m. Ser ingen grunn til å trekke inn TK4-P9, da denne trekkes inn nesten på TK4-11. Generelt godt samsvar når det gjelder lagene.
- Basert på ødometerforsøk ved på østsiden av skråningen (Lerkendalsforbindelsen pkt C2) settes OCR til en konservativ lav verdi på 2,0, noe som gir en s_{uA} på ca $0,45 \sigma_{vo}'$ (SHANSEP).
- Bruker samme s_u -profil for begge analysene (opprinnelig og dagens terreng). Dette fordi topografi og σ_c' tilsier at man selv med fylling ligger innenfor det overkonsoliderte området. Altså ingen ytterligere konsolidering fra fyllingen.

Begynner på toppen og vurderer punkt for punkt. Lagdeling gitt nedenfor er i forhold til opprinnelig terreng. Forskjellen mellom opprinnelig og dagens terreng antas å være fyllmasser.

Pkt TK4-P14

- 0-2 m: tørrskorpeleire/silt
- 2-5 m: fin sand, siltig
- 5-10 m: silt, leirlig (leire, siltig)
- 10-18 m: sprøbruddsmateriale
- Antatt berg 19 m under terreng med 1 m bunnmorene over.

Pkt TK4-P13

- 0-2 m: tørrskorpeleire/silt
- 2-6 m: silt, leirlig (leire, siltig)
- 6-25,8 m: sprøbruddsmateriale
- Antatt berg 26,8 m under terreng med 1 m bunnmorene over.

Pkt TK4-P12

- 0-1,5 m: tørrskorpeleire/silt
- 1,5-3 m: silt, leirlig (leire, siltig)
- 3-23 m: sprøbruddsmateriale
- Antatt berg 24 m under terreng med 1 m bunnmorene over.
- GV 1,5 m under terreng

Pkt TK4-P11

- 0-1,5 m: tørrskorpeleire/silt
- 1,5-5 m: silt, leirlig (leire, siltig)
- 5-23 m: sprøbruddsmateriale
- Antatt berg 24 m under terreng med 1 m bunnmorene over.
- GV 1,5 m under terreng

6.4 Delområde 7: Prestegårdsjordet

Tabell 17: Sammenheng mellom opprinnelig og ny borhullsidentitet – profiler i Delområde 7.

Profil	Borhullsidentitet opprinnelig	Borhullsidentitet ny	Tegning nr.
DELOMRÅDE 7 PRESTEGÅRDSJORDET			
7.3	BP1, CPTU-BP1 BP2, PR-BP2 BP4 BP5 BP7 BP8, PR-BP8 BP10	MC13-1, MC13-C1 MC13-2, MC13-P2 MC13-4 MC13-5 MC13-7 MC13-8, MC13-P8 MC13-10	414871-105
7.4	BP1, CPTU-BP1 BP2, PR-BP2 BP3, BR-BP3, CPTU-BP3 BP4 BP6, CPTU-BP6 T1-2 T2-1, T2-2, T2-3, T2-4, T2-6	MC13-1, MC13-C1 MC13-2, MC13-P2 MC13-3, MC13-P3, MC13-C3 MC13-4 MC13-6, MC13-C6 TK38-2 TK39-1, TK39-2, TK39-3 TK39-4, TK39-6	414871-106
7.5	BP1, CPTU-BP1 BP2, PR-BP2 BP3, PR-BP3 BP5 BP6, CPTU-BP6 T1-2, T1-3, T1-5, T1-4, T1-6, T1-7 T3-A2, T3-B1	MC13-1, MC13-C1 MC13-2, MC13-P2 MC13-3, MC13-P3 MC13-5 MC13-6, MC13-C6	414871-107

Tabell 18: Oversikt over utvalgte resultater for vurdering av lagdeling og jordart i området mellom Lerkendal og Berg, inklusive resultater fra supplerende grunnundersøkelser i sone 188 Berg studentby, vestre del.

Undersøkelse ref. vedlegg 2	Profil/ Borpunkt	Stedsreferanse	Laggrense-jordart
Multiconsult 413642-3 Prestegårdsjordet.	413642-3 CPTU BP 1	Området ved Berg prestegård	0-3,0: Tørreskorpe 3,0-10,0: Sensitiv/kvikk leire 10,0-11,5: Morene, sand
Multiconsult 413642-3 Prestegårdsjordet.	413642-3 Prøveserie BP 2 3-4, 6-7, 14-15, 20-21	Området ved Berg prestegård	0-1,5: Tørreskorpe 1,5-4,0: Leire, siltig 4,0-11,0: Leire, sensitiv, kvikk 11,0-16,0: Leire, siltig 16,0-20,0: Leire, siltig, mulig sensitiv 20,0-25,5: Leire, siltig, sandlag
Multiconsult 413642-3 Prestegårdsjordet.	413642-3 Prøveserie BP 3 4-5, 9-10, 16-17, 22-23, CPTU BP 3	Prestegårdsjordet ved Strindvegen-Prost Castbergs veg	0-2,0: Tørreskorpe 2,0-5,0: Leire, sensitiv 5,0-20,0: Leire, siltig 20,0-26,0: Leire, sensitiv 26,0-27,0: Morene, sand
Multiconsult 413642-3 Prestegårdsjordet.	413642-3 CPTU BP 6	Prestegårdsjordet ved Prestegårdsvegen	0-2,0: Tørreskorpe 2,0-10,0: Leire, siltig, fast 10,0-15,0: Leire, siltig, mulig sensitiv, sandlag
Multiconsult 413642-3 Prestegårdsjordet.	413642-3 Prøveserie BP 8 4-5, 7-8	Prestegårdsjordet ved Prestegårdsvegen	0-2,0: Tørreskorpe 2,0-4,0: Leire, siltig 4,0-6,0: Leire, siltig, sensitiv 6,0-14,0: Leire, siltig 14,0-17,0: Fast materiale
Multiconsult 413642-3 Prestegårdsjordet.	413642-3 CPTU BP 9	Prestegårdsjordet ved Biskop Skaars gate	0-1,0: Tørreskorpe 1,0-4,0: Leire, siltig 4,0-14,0: Leire, siltig, kvikk/sensitiv 14,0-20,0: Leire, siltig, sensitiv 20,0-30,0: Leire, siltig, sensitiv/kvikk

			30,0-32,0: Leire, sensitiv/kvikk
Trondheim kommune R.0974-1 Strindvegen	R0974-1, Profil III/ 4	Strindvegen, v/Nannestadsvengen	0-0,5: Sand 0,5-3: Tørrskorpe 4-: Leire, siltig, middels fast
Trondheim kommune R.0974-3 Strindvegen	R0974-3, Profil IV/2C	Strindvegen, v/Prost Castbergsveg	0-1: Sand, grus, leire 1-2,5: Tørrskorpe 2,5-10: Leire, siltig 10-11: Leire, kvikk 11-: leire, siltig, sensitiv
Trondheim kommune R.0974-4 Strindvegen	R0974-4, Profil A/5	Strindvegen, v/Prost Castbergsveg	0-4: Leire, siltig, sandig 4-5,5: Leire, sand, grus 5,5-: Leire, sand, grus (rasmasser)
Trondheim kommune R.0974-3 Strindvegen	R0974-4/2C, Profil A/1	Strindvegen, v/Lars Onsagers veg	0-3: Leire, siltig, tørrsk.
Trondheim kommune R.0715 Lerkendalsforbindelsen	Profil A Profil B/ B1	Krysset Richard Birkelands veg-Strindvegen	0-4: Sand, fyllmasse 4-8: Leire, siltlag
Rambøll 6060971-01, 6080324, Berg studentby	3, 4, 7	Prestegårdsjordet, vest for Berg studentby	0-1: Leire, tørrsk. 3-19: Leire, middels sens.
Trondheim kommune R.849 Jonsvannsvegen	Profil 1/5	Krysset Jonsvannsvegen-Strindvegen	0-1: Sand, grusig, leirig 1-2,5: Tørrskorpe 2,5-7: Leire
NTH, Westerlund (1978), dr.avh.. Prestegårdsjordet	31-34	Prestegårdsjordet v/Stavne-Leangen banen	0-1: Tørrskorpe 1-12: Leire, delvis siltig

6.4.1 Profil 7-1 Jonsvannsvegen – Nedre Prestegårdsjordet

Utredes i hovedprosjektet

6.4.2 Profil 7-2 Jonsvannsvegen – Stavne – Leangenbanen øst

Utredes i hovedprosjektet

6.4.3 Profil 7-3 Berg prestegård – Stavne – Leangen banen (Tegning nr. 105) og profil 7-4 Berg prestegård – NTNU Driftsentralen (Tegning nr. 106)

Tabell 19: Oversikt over utvalgte resultater for vurdering av skjærfasthets- og deformasjonsparametre i Profil 7-3 og Profil 7-4, fra Berg prestegård til Stavne – Leangen banen.

Undersøkelse ref. vedlegg 2	Borpunkt /dybde (m)	Stedsreferanse	Undersøkelse	Kvalitets- bedømmelse
Multiconsult 413642-3 Prestegårdsjordet.	BP 2: T: 3.15, 3,50, 6.30, 6.45. Ø: 3,40, 6,65 CPTU: 1,9	Prestegårdsjordet fra Berg prestegård ned mot Stavne- Leangenbanen	Lab: Treaks Lab: Ødometer Felt: CPTU	Akseptabel Akseptabel Anv.klasse 1
Multiconsult 413642-3 Prestegårdsjordet.	BP 3: T: 9.25, 9.35, 16.32. Ø: 9,15, 16,72 CPTU: 3, 6	Prestegårdsjordet ved krysset mellom Strindvegen og Prost Castbergs veg	Lab: Treaks Lab: Ødometer Felt: CPTU	Perfekt-forstyrret Perfekt-forstyrret Anv.klasse 1
Trondheim kommune R.0974-1 Strindvegen	Profil III/4 4,52+4,62	Strindvegen, v/Nannestadveien	Lab: Treaks	God/tilfredsstillende
Trondheim kommune R.0974-3 Strindvegen	Profil IV/2C 8,40+8,65	Strindvegen, v/Prost Castbergs veg	Lab: Treaks	Tilfredsstillende
Trondheim kommune R.0715 Lerkendals- forbindelsen	B1/ 4,65+7,35	Krysset Richard Birkelands veg- Strindvegen	Lab: Treaks	God/tilfredsstillende
Trondheim kommune R.0715 Lerkendals- forbindelsen	B1/ 4,5+7,3	Krysset Richard Birkelands veg- Strindvegen	Lab: Ødometer	God/tilfredsstillende
Rambøll 6060971-01, 6080324. Student- samskipnaden, Berg studentby	4 7: Ø: 3,65, 7,69.	Prestegårdsjordet v/Berg studentby/Peder Kroghs veg	Felt: CPTU Lab: Ødometer	God/tilfredsstillende
NTH, Westerlund (1978). Dr.avh. Prestegårdsjordet	31-34	Prestegårdsjordet v/Stavne-Leangen banen	Lab: Treaks	God
NTH, Westerlund (1978). Dr.avh. Prestegårdsjordet	31-34	Prestegårdsjordet v/Stavne-Leangen banen	Lab: Ødometer	God

Tabell 20: Revidert lagdeling med skjærfasthetsparametere i Profil 7-3 og 7-4, øvre del fra Berg prestegård til Prestegårdsvegen. (For opprinnelige antagelser henvises til rapport MC 413642-2, rev. 1).

Lag	Materiale	Laggrenser Start profil Slutt profil z [m]	Tyngde- tetthet γ [kN/m ³]	Friksjons- vinkel ϕ' [°]	Attraksjon a [kPa]	Udrenert Skjærfasthet Start profil Slutt profil s_{uA} [kPa]	s_{uDSS}/s_{uA} [-]	s_{uP}/s_{uA} [-]
1	Tørreskorpe	0-1,0 0-1,5	18,0	30,0	2	-	-	-
2	Ikke-sensitiv leire	1,0-3,5/13,0-25,5 1,5-19,5	18,0	29,0	5	$0,28(\sigma_{v0}'+55)$ $0,28(\sigma_{v0}'+200)$	0,7	0,4
3	Kvikkleire	3,5-13,0 -	18,5	29,0	8	$0,28(\sigma_{v0}'+55)$ $0,28(\sigma_{v0}'+55)$	0,6 (0,7)	0,3 (0,4)
4	Berg	25,5 19,9	-	-	-	-	-	-

Tabell 21: Revidert lagdeling og skjærfasthetsparametere i Profil 7-3 og 7-4, nedre del fra Prestegårdsvegen til Stavne-Leangen banen. (For opprinnelige antagelser henvises til rapport MC 413642-2, rev. 1).

Lag	Materiale	Laggrense Start profil Slutt profil z [m]	Tyngde- tetthet γ [kN/m ³]	Friksjons- vinkel ϕ' [°]	Attraksjon a [kPa]	Udrenert Skjærfasthet Start profil Slutt profil s_u^A [kPa]	s_{uDSS}/s_{uA} [-]	s_{uP}/s_{uA} [-]
1	Tørreskorpe	0-1,5 0-1,0	19,5	29,0	2	-	-	-
2	Ikke-sensitiv leire	1,5-19,5 1,0-20,0	19,5	29,0	10	$0,28(\sigma_{v0}'+200)$ $0,28(\sigma_{v0}'+130)$	0,7	0,4
3	Kvikkleire	- (20,0-33,0)	19,5	29,0	5	$0,28(\sigma_{v0}'+200)$ $0,28(\sigma_{v0}'+130)$	0,6 (0,7)	0,3 (0,4)
4	Berg	19,9 34,5	-	-	-	-	-	-

6.4.4 Profil 7-5 Berg prestegård – NTNU Lerkendalsbygget (Tegning nr. 107)

Tabell 22: Oversikt over utvalgte resultater for vurdering av skjærfasthets- og konsolideringsparametre for Profil 7-5. Øvre del fra Berg prestegård til NTNU Lerkendalsbygget vest.

Undersøkelse	Borpunkt /dybde	Stedsreferanse	Undersøkelse	Kvalitetsbedømmelse
Multiconsult 413642-3 Prestegårdsjordet.	PR2/z= 6,40 m, aktiv	Prestegårdsjordet ved Berg prestegård	Lab, treaks, aktiv	
Multiconsult 413642-3 Prestegårdsjordet.	PR2/z= 6,60 m, passiv	Prestegårdsjordet ved Berg prestegård	Lab, treaks, passiv	
Multiconsult 413642-3 Prestegårdsjordet.	PR3/z=9,40 m, aktiv CPTU 3	Prestegårdsjordet ved Strindvegen ved Prost Castbergs veg	Lab, treaks, aktiv Felt, CPTU	
Multiconsult 413642-3 Prestegårdsjordet.	PR3/z=9,60 m CPTU 3	Prestegårdsjordet ved Strindvegen ved Prost Castbergs veg	Lab, treaks, passiv Felt, CPTU	
Trondheim kommune R.0974-1 Strindvegen	Profil III/4 z=4,52+4,62 m	Strindvegen, v/Nannestadsv	Lab, treaks, aktiv	God/tilfredsstillende
Trondheim kommune R.0974-3 Strindvegen	Profil IV/2C z=8,40+8,65 m	Strindvegen, v/Prost Castbergsv	Lab, treaks, aktiv	Tilfredsstillende
Trondheim kommune R.0715 Lerkendals- forbindelsen	B1/z=4,65+7,35 m	Krysset Richard Birkelandsveg- Strindvegen	Lab, treaks, aktiv	God/tilfredsstillende
Multiconsult 413642-3 Prestegårdsjordet.	PR2/z= 3,50 m PR2/z=6,50 m	Prestegårdsjordet ved Berg prestegård	Lab, ødometer	
Multiconsult 413642-3 Prestegårdsjordet.	PR3/z=9,50 m PR3/z=16,50 m CPTU 3	Prestegårdsjordet ved Strindvegen ved Prost Castbergs veg	Lab, ødometer Felt, CPTU	
Trondheim kommune R.0974-1 Strindvegen	Profil III/4 z=4,52+4,62 m	Strindvegen, v/Nannestadsv	Lab, treaks, aktiv	God/tilfredsstillende
Kummeneje 11238- 1 PFI	4/z=5,35+10,55 m 2/z=2,50+7,50 m 5/z=2,55+10,5 m	Høgskoleringen vis- a-vis Kjemihallen	Lab, ødometer Lab, ødometer Lab, ødometer	God/tilfredsstillende God God

Tabell 23: Revidert lagdeling med skjærfasthetsparametre for Profil 7-5. Øvre del fra Berg prestegård til Richard Birkelands veg.

Lag	Materiale	Laggrense Start profil Slutt profil z [m]	Tyngde- tetthet γ [kN/m ³]	Friksjons- vinkel ϕ' [°]	Attraksjon a [kPa]	Udrenert skjærfasthet s_u^A [kPa]	$s_{uD}/$ s_{uA} [-]	$s_{uP}/$ s_{uA} [-]
1	Tørskorpe	0-1,0 0-1,0	19,5	30,0	2	-	-	-
2	Ikke-sensitiv leire	1,0-3,5/13,0-25,5 1,0-3,5	19,5	29,0	5	$0,28(\sigma_{v0}'+55)$ 50	0,7	0,4
3	Kvikkleire	3,5-13,0 3,5-23,0	19,5	29,0	5-8	$0,28(\sigma_{v0}'+55)$ $0,28(\sigma_{v0}'+230)$	0,6 (0,7)	0,3 (0,4)
4	Berg	25,5 27,2	-	-	-	-	-	-

Tabell 24: Lagdeling med skjærfasthetsparametre for Profil 7-5. Nedre del fra Richard Birkelands veg til NTNU Lerkendalsbygget vest.

Lag	Materiale	Laggrense Start profil Slutt profil z [m]	Tyngde- tetthet γ [kN/m ³]	Friksjons- vinkel ϕ' [°]	Attraksjon a [kPa]	Udrenert skjærfasthet s_{uA} [kPa]	$s_{uD}/$ s_{uA} [-]	$s_{uP}/$ s_{uA} [-]
1	Fyllmasse Leire/sand	0-5,0 0-3,0	18,0	33,0	0	-	-	-
2	Ikke-sensitiv leire	5,0-10,0 3,0-27,0	19,5	25,0	10	$0,25(\sigma_{v0}'+\Delta\sigma')$ $\sim 0,33\sigma_{v0}'$	0,7	0,4
3	Kvikkleire	10,0-23,0 -	19,5	22,0	5	$0,25\sigma_{v0}'$	0,6	0,3
4	Berg	23,0 27,0	-	-	-	-	-	-

7. Vedlegg 7: Koordinatliste (KOF-fil) for supplerende grunnundersøkelser Trinn 1

Tabell 25: Forslag til supplerende grunnundersøkelser for hovedprosjektet, trinn 1

Borpunkt ID	x-koordinat	y-koordinat	Forslag til metode
T1-100	7033370.405	569635.870	Dreietrykksondering
T1-101	7033226.773	569676.148	Dreietrykksondering
T1-102	7033293.806	569719.629	Dreietrykksondering Prøvetaking
T1-103	7033246.212	569789.615	Dreietrykksondering
T1-104	7033388.185	569799.367	Dreietrykksondering
T1-105	7033346.882	569868.473	Dreietrykksondering
T1-106	7033253.743	569927.914	Dreietrykksondering
T1-107	7033198.860	569975.980	Dreietrykksondering
T1-108	7033152.070	570043.740	Dreietrykksondering
T1-109	7033206.915	570093.373	Dreietrykksondering
T1-110	7033273.780	570036.770	Dreietrykksondering Prøvetaking
T1-111	7033362.633	570062.644	Dreietrykksondering
T1-112	7033498.355	570110.569	Dreietrykksondering
T1-113	7033604.341	570010.731	Dreietrykksondering
T1-114	7033776.690	570009.240	Dreietrykksondering Prøvetaking
T1-115	7033766.779	570078.381	Dreietrykksondering
T1-116	7033715.339	570078.647	Dreietrykksondering
T1-117	7033751.712	570142.682	Dreietrykksondering
T1-118	7033746.263	570223.224	Dreietrykksondering
T1-119	7033634.993	570155.777	Dreietrykksondering Prøvetaking
T1-120	7033572.925	570211.199	Dreietrykksondering
T1-121	7033675.590	570330.087	Dreietrykksondering
T1-122	7034013.601	570269.595	Dreietrykksondering
T1-123	7033934.755	570327.152	Dreietrykksondering
T1-124	7033740.619	570416.850	Dreietrykksondering Prøvetaking
T1-125	7033703.365	570466.029	Dreietrykksondering
T1-126	7033607.523	570385.793	Dreietrykksondering
T1-127	7033513.237	570279.526	Dreietrykksondering Prøvetaking
T1-128	7033579.017	570517.124	Dreietrykksondering
T1-129	7033510.986	570571.645	Dreietrykksondering
T1-130	7033487.156	570482.629	Dreietrykksondering
T1-131	7033454.526	570415.258	Dreietrykksondering
T1-132	7033390.100	570341.340	Dreietrykksondering
T1-133	7033340.645	570406.550	Dreietrykksondering
T1-134	7033323.877	570266.573	Dreietrykksondering
T1-135	7033262.810	570296.906	Dreietrykksondering
T1-136	7033184.412	570255.760	Dreietrykksondering
T1-137	7033224.162	570215.359	Dreietrykksondering
T1-138	7033184.576	570157.139	Dreietrykksondering
T1-139	7033131.804	570149.209	Dreietrykksondering
T1-140	7033143.641	570333.453	Dreietrykksondering
T1-141	7032983.414	570352.034	Dreietrykksondering
T1-142	7033075.480	570417.681	Dreietrykksondering
T1-143	7033173.078	570409.782	Dreietrykksondering
T1-144	7033125.921	570472.176	Dreietrykksondering
T1-145	7033012.277	570537.329	Dreietrykksondering

T1-146	7032970.022	570474.462	Dreietrykksondering Prøvetaking
T1-147	7032895.088	570390.477	Dreietrykksondering
T1-148	7032893.675	570444.355	Dreietrykksondering Prøvetaking
T1-149	7032887.615	570517.692	Dreietrykksondering Prøvetaking
T1-150	7032981.386	570554.198	Dreietrykksondering Prøvetaking
T1-151	7032871.299	570626.702	Dreietrykksondering Prøvetaking
T1-152	7032628.043	570548.417	Dreietrykksondering
T1-153	7032550.566	570522.452	Dreietrykksondering Prøvetaking
T1-154	7032644.632	570389.323	Dreietrykksondering
T1-155	7033606.202	570839.939	Dreietrykksondering
T1-156	7033646.040	570776.440	Dreietrykksondering
T1-157	7033684.409	570716.984	Dreietrykksondering
T1-158	7033696.911	570808.558	Dreietrykksondering
T1-159	7033763.971	570822.998	Dreietrykksondering
T1-160	7033775.951	570735.507	Dreietrykksondering
T1-161	7033839.251	570827.119	Dreietrykksondering
T1-162	7033741.940	570940.400	Dreietrykksondering
T1-PR4	7032741.512	570588.180	Prøvetaking

8. Mengdeliste for supplerende grunnundersøkelser

8.1 Trinn 1

Se vedlagte Excell regneark basert på NGF melding 10:

- NGF Melding 10 mengdeliste Trinn 1.xls

8.2 Trinn 2

Se vedlagte Excell regneark basert på NGF melding 10:

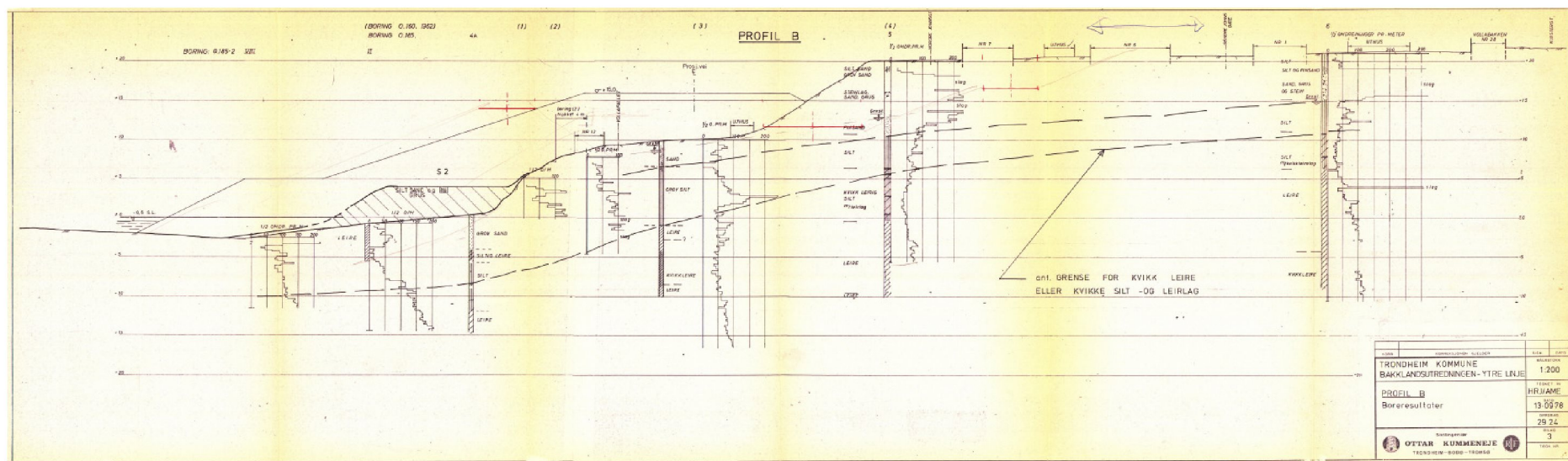
- NGF Melding 10 mengdeliste Trinn 2.xls

**9. Vedlegg 8: Utfyllende informasjon fra supplerende rapporter
(Rambøll)**

[illegible]

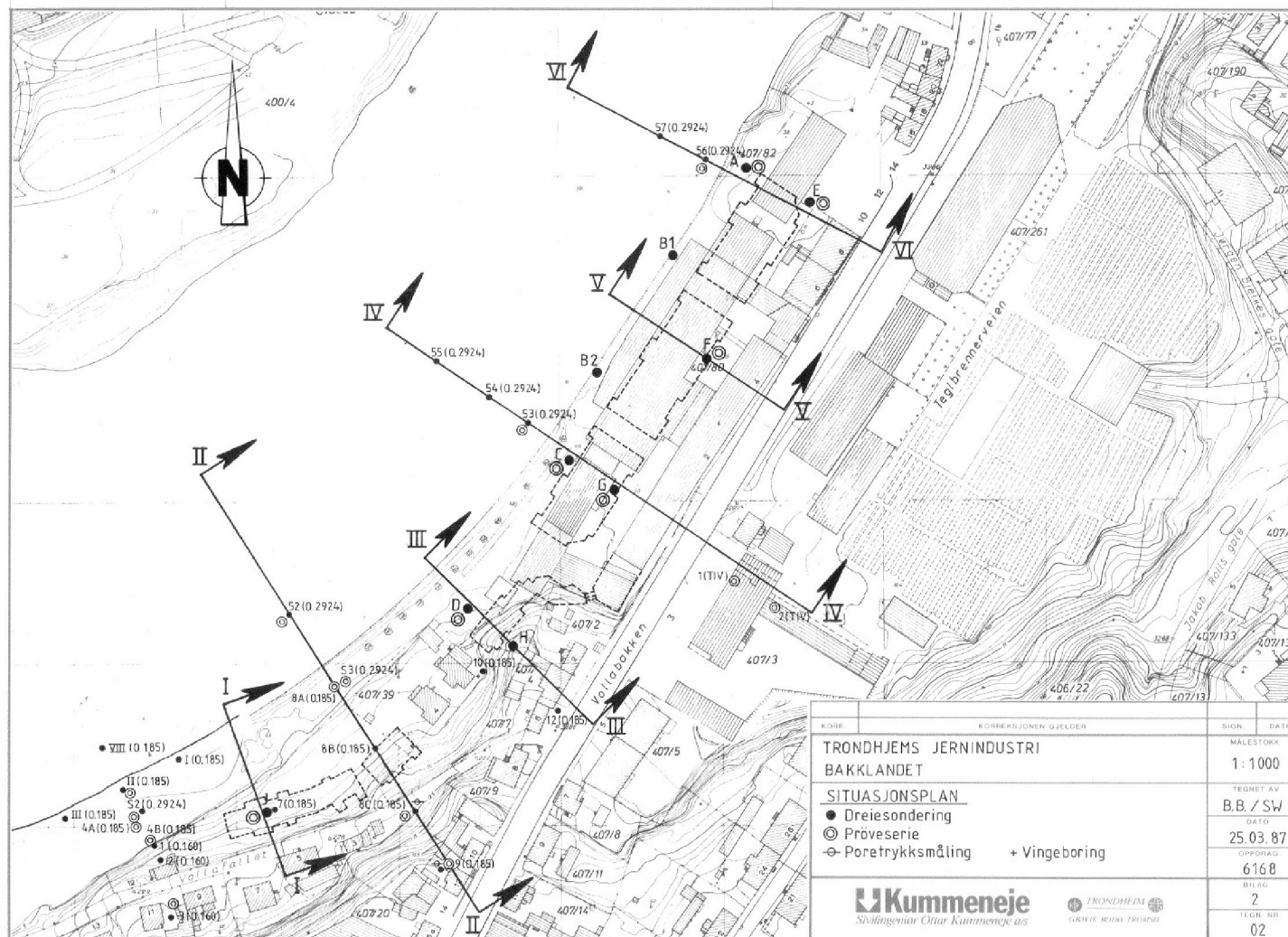
414871/es 14. oktober 2011
c:\users\eris\otlocal\mia\workbin\8211f4.0\414871-rig-rap-001_rev00_vedlegg.docx



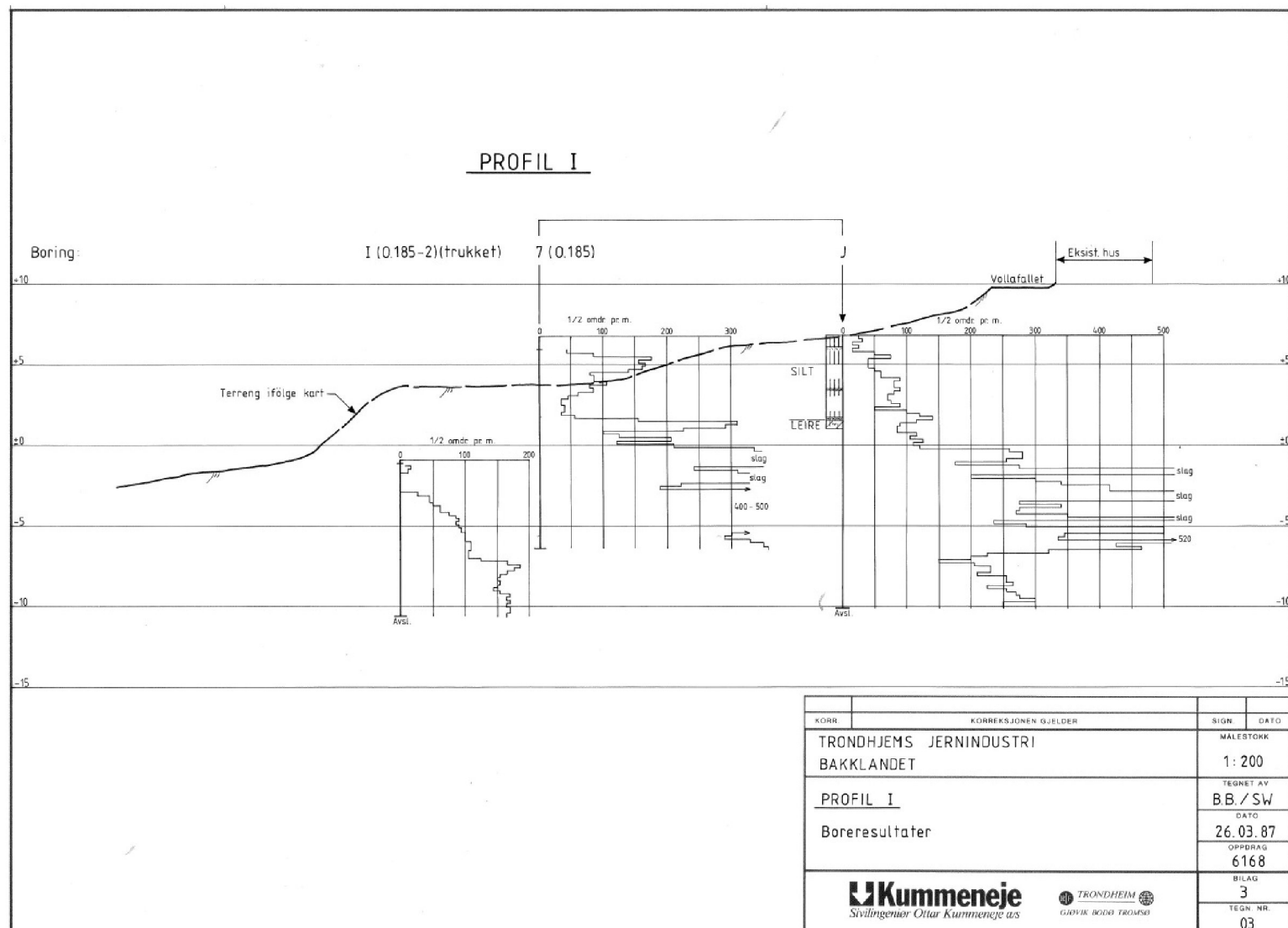


Figur 4: Profil B fra Kummeneje rapport O.2924 (1978)

Utdrag fra: Kummeneje (1987). Grunnundersøkelse – Datarapport. A/S Trondhjems jernindustri utbygging Bakklandet. O.6168.



Figur 5: Oversiktskart fra Kummeneje rapport O.6168 (1987)



Figur 6: Profil I fra Kummeneje rapport O.6168 (1987)

