

Program for økt sikkerhet mot leirskred

Risiko for kvikkleireskred Melhus kommune

Sone: Bortn, Flå kirke, Engan, Høyeggen

Rapport 20051784-2

30.03.2007



Program for økt sikkerhet mot leirskred

Risiko for kvikkleireskred, Melhus kommune.

Sone: Bortn, Flå kirke, Engan, Høyeggen

20051784-2

30.03. 2007

Oppdragsgiver:

NVE Region Midt

Kontaktperson:

Mads Johnsen

Kontraktreferanse:

Avtale av 24.03.2006

For Norges Geotekniske Institutt og Rambøll

Prosjektleder:

Kyrre Emaus / NGI

Rapport utarbeidet av:

Einar Lyche / Rambøll

Arbeid også utført av:

Odd Arne Rye/Rambøll
Kåre Eggereide/Rambøll
Tomas Norrman/Rambøll

Sammendrag

På oppdrag fra Norges Vassdrags og Energidirektorat (NVE) har Norges Geotekniske Institutt (NGI) i samarbeid med Rambøll Norge AS foretatt stabilitetsanalyser for vurdering av faren for større kvikkleireskred i Melhus kommune.

Arbeidet er utført med bakgrunn i en risikoklassifisering som ble foretatt i 2004/2005 (ref/1/) og som viste høy risikoklasse og høy faregradsklasse for flere av de kartlagte sonene i kommunen.

Denne rapporten omhandler analyse for følgende soner:

- 450 Bortn
- 451 Flå kirke
- 452 Engan
- 1111 Høyeggen/(1112 Lerli)

Som grunnlag for analysene er det utført supplerende grunnundersøkelser, ref. /2/.

Basert på foreliggende opplysninger og gjennomførte stabilitetsanalyser er det konkludert med:

- **Sone 450 Bortn**

Sonen får uendret klassifisering og soneutstrekning. Områdestabiliteten er med dagens terreng- og belastningsforhold tilfredsstillende, bortsett fra på et uavklart punkt.

Det uavklarte punktet består i grunnforholdene i østre deler av sonen (mot Våttåsen), hvorvidt det er mektigere løsmasseavsetninger med kvikkleire i/omkring øvre del av profil B-B. Hvis tilfelle, kan dette innebære at stabiliteten i denne del av området må forbedres før utbygging eller andre inngrep i sonen kan gjennomføres.

Bortna (med sideraviner) og Kaldvella forutsettes erosjonssikret gjennom/forbi hele sonen, for å sikre mot negativ utvikling av stabiliteten over tid.

- **Sone 451 Flå kirke**

Sonen får uendret klassifisering og soneutstrekning. Nordvestlig del av sonen kan omfatte et større sammenhengende område uten kvikkleire. Videre kartlegging av grunnforholdene kan evt. gi grunnlag for regulering av sonen her.

Det er dårlig stabilitet i de høye skråningene ut mot Kaldvella og Møsta i østlig del av sonen. Erosjonssikring av disse må gjennomføres for å forebygge negativ utvikling av stabiliteten over tid.

Nødvendig stabilitetsforbedring vil som tiltak kreve reduksjon av de store høydeforskjeller i skråningene.

- **Sone 452 Engan**

Sonen får uendret klassifisering og soneutstrekning. Det er dårlig stabilitet i flere av de høye skråningene i området, hovedsakelig ut mot Kaldvella – men også ut mot Møsta.

Kaldvella og Møsta må erosjonssikres videre oppover langs sonen (fortsettelse fra sone Flå kirke), for å forebygge negativ utvikling av stabiliteten over tid.

Tiltak for å oppnå nødvendig forbedring av stabilitetsmessig sikkerhet i de mest kritiske skråningene, vil kreve reduksjon av de store høydeforskjellene mellom bunn og topp.

- **Sone 1111 Høyeggen/(1112 Lerlia)**

De utførte grunnundersøkelsene har gitt grunnlag for endring av sonegrensene. For den gjenværende sonen resulterer ny klassifisering i faregrad middels, konsekvensgrad alvorlig, og risikoklasse 3.

Det er ikke påvist behov for å iverksette stabilitetsforbedrende tiltak, ut fra dagens terreng og belastningsforhold. Det er heller ikke identifisert behov for erosjonssikringstiltak.

Felles for sone Flå kirke og Engan, er at nødvendige stabilitetsforbedrende tiltak vil være meget ressurskrevende. Både store planeringsarbeider og veg- og bekkeomlegging (evt. bekkelukking) vil være aktuelle tiltak. Omfang og prosjektering av disse tiltak må baseres på supplerende grunnundersøkelser og beregninger.

Felles for alle sonene er at før utbygging eller andre inngrep i sonen kan gjennomføres, må de påvist nødvendige stabilitetsforbedrende tiltak og evt. anbefalt erosjonssikring gjennomføres.

Utbygging og andre inngrep i kvikkleiresonene må dessuten gjennomføres i hht. krav gitt i NVEs utkast til veileder for "Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire", ref./44/.

Innhold

1	INNLEDNING	6
2	FELT- OG LABORATORIEUNDERSØKELSER	6
3	GENERELL BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLD	6
3.1	Kvartærgeologi	6
3.2	Topografi og løsmassenes beskaffenhet	8
3.3	Styrkeegenskaper	9
4	ANALYSEMETODE	11
4.1	Generelt	11
5	STABILITETSANALYSER / FORSLAG TIL TILTAK	12
5.1	Sone 450 Bortn	12
5.2	Sone 451 Flå kirke	14
5.3	Sone 452 Engan	17
5.4	Sone 1111 Høyeggen / (1112 Lerlia)	20
6	GENERELT OM TILTAK I KVIKKLEIRESONER	23
7	RETTIGHETER TIL BRUK AV BEREGNINGSGRUNNLAGET	23
8	REFERANSER	24

Figurer

Nr.:	Figurtittel:	Målestokk M:
1	Oversiktskart	2.000.000
2 - 7	CPTU pkt. 31 – 37 – 38 – 40 – 104 - 6: <ul style="list-style-type: none"> Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons. Skjærstyrke beregnet på grunnlag av terrengnivå/OCR (Shanshep). 	-
8	Oversiktskart sone 450 Bortn med forslag til sikringstiltak	10.000
9	Oversiktskart sone 451 Flå kirke med forslag til sikringstiltak	10.000
10	Oversiktskart sone 452 Engan med forslag til sikringstiltak	10.000
11	Oversiktskart sone 1111 Høyeggen/(1112 Lerli)	10.000
12-13-14-14X	Stabilitetsanalyser sone 450 Bortn: Profil A – B – C – D med resultater.	1.000 5.000
15-16-17-18	Stabilitetsanalyser sone 451 Flå kirke: Profil A – B – C – D med resultater.	1.000 5.000
19-20-21	Stabilitetsanalyser sone 452 Engan: Profil A – B – C med resultater.	1.000 5.000
22	Stabilitetsanalyser sone 452 Engan: Profiloversikt a-o: Resultater fra overslagsberegninger.	1.000 5.000
23	Stabilitetsanalyse sone 1111 Høyeggen/(1112 Lerli). Profil A med resultater.	1.000 5.000
24	Faregradskart: Sone 450 Bortn – 451 Flå kirke – Sone 452 Engan.	20.000 1.000.000
25	Konsekvenskart: Sone 450 Bortn – 451 Flå kirke – Sone 452 Engan.	20.000 1.000.000
26	Risikokart: Sone 450 Bortn – 451 Flå kirke – Sone 452 Engan.	20.000 1.000.000
27	Faregradskart: Sone 1111 Høyeggen/(1112 Lerli)	20.000 1.000.000
28	Konsekvenskart: Sone 1111 Høyeggen/(1112 Lerli)	20.000 1.000.000
29	Risikokart: Sone 1111 Høyeggen/(1112 Lerli)	20.000 1.000.000

Kontroll- og referanseside

1 INNLEDNING

På oppdrag fra NVE har NGI foretatt risikoklassifisering av en del kvikkleiresoner i Trøndelag. Sonene i Melhus kommune i Sør-Trøndelag ble klassifisert i 2004/2005. Resultatene er presentert i NGI-rapport 20001008-7 av 12. april 2005, ref. /1/.

NVE og Melhus kommune har besluttet at det skal foretas supplerende undersøkelser av alle soner i risikoklasse 4 og 5, samt sonene 1111 Høyeggen (1112 Lerli) og 448 Egga som er plassert i risikoklasse 3.

NGI har i samarbeid med Rambøll Norge AS vært ansvarlig for planlegging, oppfølging av grunnundersøkelser, evaluering av data, stabilitetsanalyser samt utarbeidelse av forslag til sikringsarbeider for ovennevnte soner.

Grunnundersøkelsene er utført i eget oppdrag av Multiconsult AS, ref /2/.

Denne rapporten, utarbeidet for NGI av Rambøll, omhandler stabilitetsanalyse og forslag til sikringstiltak i sonene **450 Bortn, 451 Flå kirke, 454 Engan og 1111 Høyeggen / (1112 Lerli)**.

2 FELT- OG LABORATORIEUNDERSØKELSER

Grunnundersøkelser og laboratoriearbeider er utført av Multiconsult AS i egen avtale med NVE. Undersøkelsene er utført etter plan utarbeidet av Rambøll/NGI.

Resultatene er presentert i Multiconsult's rapport 411760-1 av 03. juli 2006, ref. /2/.

Andre undersøkelser som inngår i grunnlagsmaterialet for vurderingene i denne rapporten framgår av ref. /3/ til /43/. Disse gir et vesentlig supplement til de undersøkelser som nå er utført.

3 GENERELL BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLD

3.1 Kvartærgeologi

3.1.1 Generelt

For ca 10.000 år siden startet avsmeltningen av iskapen, som dekket landet under siste istid. I indre deler av Trøndelag sto havet da ca 175 – 180 m høyere enn i dag. Etterhvert som iskapen smeltet og trakk seg innover i landet, fulgte havet etter.

Smeltevannet fra isen førte med seg fint oppmalt til leir- og siltpartikler samt sand og grus, ved isens skuring over fjellgrunnen på land. De fineste partiklene holdt seg svevende lengst, og ble derfor avsatt på hav/fjordbunnen et stykke utenfor isfronten. Grovere partikler sedimenterte nærmere smeltevannets utløp i fjorden.

På denne måten ble mektige silt- og leirlag avsatt i havet. De store løsmasseavsetningene under det tidligere havnivået (øvre marine grense – ØMG) i Gauldalen er dannet slik, men opprinnelig som nokså flat fjordbunn.

Kvartærgeologiske undersøkelser viser således at løsmassene i Gaula-dalføret, spesielt nord for Hovin, i hovedtrekk består av hav- og fjordavsetninger, hovedsakelig innen fraksjonene leire og silt. I forbindelse med landhevingen har Gaula og sideelvene til denne også medført avsetning av mer sand- og grusholdige materialer (elveavsetninger) i randsonen til elva, over de marine avsetningene. Ytterligere har rasaktivitet i øvre deler av dalføret, ført til sekundær avsetning av vekslende rasmasser (hovedsakelig leire) over de opprinnelige avsetningene – kanskje særlig i nordre deler av Gauldalen.

De kvartærgeologiske undersøkelserne indikerer også at tidligere fjordbunnivå i Gauldalsføret og i nedre del av sidedalføret Kaldvelldalen kan ha vært mellom 100 og 150 meter høyere enn dagens terreng i dalbunn, på kote ca +20 – +25 v/Ler og +5 - +10 nordligst i Melhus.

Etterhvert, i takt med landhevingen, har Gaula og sideelvene erodert ned gjennom de løse leiravsetningene, og ved erosjon og påfølgende skredaktivitet formet landskapet slik vi ser det i dag.

Sone Høyeggen skiller seg fra ovennevnte beskrivelse, ved at denne markerte terrengryggen fremstår mest trolig som en randavsetning, dannet under en periodisk fremrykning av isen, ved at masser avsatt foran denne er skjøvet opp i en vel 100 m høy voll over dalbunnen. Her er det ved undersøkelser påvist noe varierende leire – dels med sensitive lag i ryggens øvre del, ned mot 10 m dybde under toppen. Videre til ca 15 - 30 m dybde er det fast og kompakt silt og leire over grusig/sandig morene videre i dybden. I nedre del av ryggens nordside er det på kvartærgeologisk kart avmerket en eldre skredkant. Videre nordover langs østre dalside samsvarer den angitte skredkanten ca med et delvis blottlagt fjellbelte, som deler skråningen i en øvre bratt og nedre slak del.

3.1.2 Kvikkleire

Når finkornige leirminerale av fraksjonene silt og leire avsettes i saltvannsmiljø, dannes en korthusstruktur hvor elektrostatiske bindingskrefter holder det ellers ustabile kornskjelettet sammen. Bindingskreftene er betinget av porevannets saltinnhold (som elektrolytt).

Silt- og leiravsetninger, som opprinnelig ble avsatt i salt havvann, er under og etter landhevingen utsatt for varierende utvasking av saltinnholdet i porevannet. Dette pga. gradvis gjennomstrømning av ferskt grunnvann.

Når det ustabile kornskjelettet på denne måten taper sine stabiliserende bindingskrefter, kan selv små påkjenninger føre til styrketap og brudd i korthusstrukturen, slik at mineralkornene blir flytende i sitt eget porevann.

Leire (og silt) som har utviklet slike egenskaper, kalles *kvikkleire*.

3.2 Topografi og løsmassenes beskaffenhet

3.2.1 Topografi

Sone Bortn gjennomskjæres av elva Bortna, og leirterrenget skråner slakt mot nord og øst opp mot ca kote + 100 - +125, hvor det avsluttes mot stigende åssider (opp mot Vassfjellet/Våttåsen). Mot sone Flå kirke i syd grenser terrenget til elven Kaldvella på ca kote +30 - +40, og mot vest grenser sonen til elvesletta i Gauldalen på ca kote +25 - +30. Sone Bortn preges av sterkt ravinert leirterreng langs Bortna, forøvrig av markerte terrasser/hauger og rygger av leire opp mot ca kote + 100 i syd/øst.

Sone Flå kirke grenser i nord mot elva Kaldvella og fjellskråningen Våttåsen. Mot øst er det trukket grense mot sone Engan gjennom et vekslende ravinert leirterreng opp mot ca kote +100. I syd grenser sonen mot elva Møsta på ca kote +40 - +50, og mot vest grenser sonen til elvesletta i Gauldalen på ca kote +25 - +30. Innafor sonegrensen er terrenget preget av mange raviner og leirhauger/platåer opp mot ca kote +100.

Sone Engan grenser i nordvest mot Våttåsen/Kaldvella mellom ca kote +40 og +100, i vest mot sone Flå kirke gjennom et vekslende ravinert leirterreng opp mot ca kote +100. I sør grenser sonen mot Møsta på kote +40 - +50, og mot øst dels mot framstikkende fjell mellom ca kote +100 og +150 langs Aunåsen. Mot nordøst strekker det ravinerte leirterrenget seg opp mot kote +125 - +150, hvor disse overdekkes av breelvavsetninger i den markerte Fremo-terrassen, opp til ca kote + 175.

Sone Høyeggen (og dels Lerlia) skiller seg topografisk fra sonene på Ler ved at – spesielt Høyeggen – fremstår som en fritt utstikkende høy løsmasserygg fra dalsiden, som praktisk talt sperrer dalføret på tvers øst for Gaula. På syd-, vest-, og vestlig del av ryggens nordside er det svært bratte og høye skråninger ned fra toppen, som varierer mellom ca kote +100 (mot vest) og ca kote +150 der ryggen løper ut fra fjellsiden i øst. I nedre del av nordskråningen lengere øst er skråningen betydelig slakere.

3.2.2 Løsmassenes beskaffenhet

Leirterrenget i sonene på Ler er generelt sterkt ravinert og fremstår med til dels store høydeforskjeller og bratte skråninger mellom markerte topper / terrengrygger og bunnen av de delvis erosjonsaktive bekkedalene.

Etter siste istid har omfattende erosjon og skredvirksomhet gjort at dagens terrengnivå er senket tildels vesentlig lavere enn tidligere nivå. Dette gjelder særlig i de dypeste bekkedalene og ut mot Gaula-dalførets elveslette, i noe mindre grad i det ravinerte leirterrenget mellom bekkedalene forøvrig.

Der terrengsenkingen er størst, er de underliggende leirmassene blitt ”forkonsolidert” pga. av trykket fra tidligere båret vekt. Kunnskapen om dette er svært viktig i geoteknisk sammenheng, da forkonsolidert leire har høyere styrke enn normalkonsolidert leire. Konsolideringsforholdene vil således ha direkte betydning for stabilitetsanalysene.

Beskrivelsen foran gjelder også sonen Høyeggen (og delvis Lerlia), med det spesielle forhold at hovedtyngden av de faste løsmassene i dybden trolig er forkonsolidert også ved trykk fra isen.

Forøvrig består løsmassene innenfor sonene på Ler generelt av mektige leiravsetninger. Leira er tildels siltig og generelt lagdelt med silt- og sandlag. Denne lagdelingen gir gunstige drenasjebetingelser på grunn av høyere permeabilitet enn i mer homogene leiravsetninger. Samtidig kan lagdelingen ha gitt bidrag til øket utvasking av saltet i leiras porevann, med påfølgende kvikkleiredannelse.

Poretrykksmålinger i sonene indikerer generelt grunnvannsspeil som ligger i flere meters dybde under terrengforhøyninger, mindre i forsenkninger. Til ca 20 m dybde under grunnvannspeilet indikeres generelt varierende trykkøkning, men mindre enn hydrostatisk trykk tilsier. Det er registrert drenerende lag på både mindre og større dybde. Det er imidlertid få målinger, slik at det foreløpig er valgt å se bort fra den gunstige innvirkning lavt poretrykk har på stabilitetsforholdene.

3.3 Styrkeegenskaper

Stabilitetsforholdene er beregnet i utvalgte profiler, med basis i den udrenerte skjærstyrke s_u i leirmassene. Erfaringer fra skred og laboratorieforsøk på kvikkleire viser at når opptredende skjærspenninger overskrider en kritisk terskelverdi - tilsvarende den udrenert skjærstyrken, skjer det en eksplosiv poretrykksøkning som medfører brudd i leira, ref./42/.

Bestemmelse av udrenert skjærstyrke har i de senere år i økende grad blitt bestemt gjennom CPTU-forsøk. Sammenheng mellom CPTU-resultater, udrenert skjærstyrke s_u og overkonsolideringsforhold er utviklet for bløt til middels fast leire, som er representert i stor utstrekning i sonene på Ler - og

øverst i ryggen og i nedre del av nordskrånningen på sone Høyeggen (og Lerlia). Korrelasjonene er basert på sammenstilling av CPTU-resultater plottet mot udrenert, treaksial aktiv skjærstyrke s_{uA} , og forkonsolideringsgrad OCR bestemt på høykvalitets blokkprøver fra 17 ulike lokaliteter, ref. /43/. Det er her påvist sammenheng mellom udrenert skjærstyrke og ulike CPTU-faktorer. Sammenstillingene viser at poretrykkfaktoren, N_{du} , gir den mest pålitelige sammenheng med udrenert skjærstyrke, og er derfor lagt mest vekt på i dette tilfelle.

Skjærstyrkeprofilene fra de enkelte CPTU-boringene er vist på figur nr. 2-7. Aktiv skjærstyrke, s_{uA} , er vist både på grunnlag av poretrykkfaktor N_{du} (sort kurve), spissmotstandsfaktor N_{kt} (rød kurve).

For forkonsolidert leire kan udrenert aktiv skjærstyrke s_{uA} bestemmes på grunnlag av overkonsolideringsgrad OCR, utledet fra følgende formel:

$$s_{uA} = 0,3 p_0' \times OCR^{0,65}$$

hvor: $OCR = p_c' / p_0'$

p_0' = effektivt overlagringstrykk i dag

p_c' = forkonsolideringstrykk ut fra antatt tidligere terrengnivå.

Udrenert aktiv skjærstyrke s_{uA} i hht. ovenstående formel ved de utførte CPTU-boringene er vist ved strekstiplotet sort kurve på figur 2 – 7.

Av fig. 2 – 7 vises at enkelte av CPTU-boringene, pga. av ujevne og vekslende grunnforhold, ikke gir godt tolkbare men sprikende resultater. CPTU-boringene utført ved jevne grunnforhold i leire gir imidlertid god overensstemmelse mellom de aktuelle tolkninger.

Lokaliseringen av CPTU-boringene sammenfaller bare i begrenset utstrekning med de endelig valgte og beregnede stabilitetsprofiler. Valgt karakteristisk aktiv skjærstyrke s_{uA} for de beregnede stabilitetsprofilene er derfor generelt beregnet ut fra den foran angitte formel, hvor OCR-forholdet er basert på opprinnelig terrengnivå - antatt varierende mellom ca kote +120 og +170. Disse referansenivåer er tolket ut fra kvartærgeologisk kart og gjenværende, høyeste marine løsmasseformasjoner i området.

Spesielt nevnes her at for sone Engan kan det valgte referansenivå kote +170 diskuteres. Det er påvist marine leiravsetninger helt opp til kote +140, men disse kan ha vært overdekket helt opp mot kote +170 tidligere. Tolkning av CPTU-boringene gir støtte til denne antakelse om overdekning.

For høyt valgt referansenivå vil i stabilitetsanalyser medføre en overvurdering av leiras skjærstyrke, og følgelig også sikkerheten. Dette er medtatt i vurderingene for sone Engan.

Referansenivå og dimensjonerende styrkeprofiler er vist på beregningsprofilene på fig.12–23.

4 ANALYSEMETODE

4.1 Generelt

Stabilitetsberegningene er generelt utført med programmet Postograf.

Det er også utført enkle overslagsberegninger av sirkelflater i Excel regneark.

Postograf og Excel-beregningene baserer seg på en likevektsbetraktning av potensielle bruddflater i bruddgrensetilstand.

Alle beregninger er utført for sirkulære glideflater. Terrenglast er ikke medregnet.

I Postograf-beregningene er det tatt hensyn til at leire er et anisotrop materiale, det vil si at skjærstyrken varierer med glideflatens helning (ADP-analyse).

Utgangspunktet er udrenert aktiv skjærstyrke s_{uA} , som gjelder der glideflaten har positiv helning med horisontalen. Denne skjærstyrken kan beregnes med utgangspunkt i formelen gitt i kap. 3.3., eller på grunnlag tolkede CPTU-boringer.

Erfaringstall fra forsøk og studier vedr. anisotropiforhold på en rekke norske leirer danner grunnlag for å sette forholdet mellom styrkeverdiene til:

- $s_{uD} = 0,7 s_{uA}$ (styrke for den plane del av glideflaten)
- $s_{uP} = 0,4 s_{uA}$ (passiv styrke der glideflaten har negativ helning med horisontalen)

Med det datagrunnlag som foreligger, anses en oppnådd beregningsmessig sikkerhet på $F_c \geq 1,4$ basert på Postograf-beregninger med anisotropiske styrkeforhold, som tilfredsstillende for nåværende terreng- og belastningsforhold, jfr. /44/.

Excel-beregningene er basert på isotrop skjærstyrke s_{uD} i leira, og tar derfor ikke tilstrekkelig hensyn varierende styrke pga skjærflatens geometri. Da metoden er enkel og rask, er den imidlertid velegnet til å få oversikt over de stabilitetsmessig relativt sett mest kritiske skråningspartiene i et område, for påfølgende kontrollberegning med Postograf og anisotrop styrke.

5 STABILITETSANALYSER / FORSLAG TIL TILTAK

5.1 Sone 450 Bortn

De stabilitetsmessig antatt ugunstigste profilene A-A, B-B, C-C og D-D er vist på figur 12 – 14X.

Valg av profilene er basert på informasjon fra tidligere grunnundersøkelser, ref. /3, 7, 10, 15, 16, 28 og 37/, og fra de nå utførte undersøkelser, ref./2/.

Grunnundersøkelsesresultater er delvis vist på profilene, og laggrenser er vist så langt det er holdepunkter for.

Topografi og kvikkleire:

Opprinnelig terreng i sone Bortn er anslått til kote +120 i nedre deler – stigende til kote +145 i bakre områder, opp mot Våttåsen.

I de slake skråningene mellom ca kote +70 og +40 på begge sider av Bortna, indikeres leiravsetninger til 20 – 25 m dybde, over gradvis grovere og fastere avsetninger. Kvikkleire indikeres fra ca 6 – 7 til vel 20 m under terreng, og strekker seg trolig innunder Bortna sentralt og østover i nordlig del av sonen.

I toppen av den markerte ca 20 m høye terrasseskråningen på ca kote +40 ned mot elvesletta vest i den nordlige del av sonen, er det fra ca 3 m dybde påvist kvikkleire i ca 10 m mektighet, lagdelt med enkelte grovere lag, over leirmasser med sterkt tiltagende fasthet. Tidligere undersøkelser langs foten av terrassen viser fast leire til stor dybde.

Den sydlige del av sonen er over lengre tid utbygd for boligformål etter tildels omfattende arronderinger av terrenget. Her er det ved tidligere undersøkelser påvist kvikk og sensitiv leire i mektighet varierende mellom ca 5 m og 15 m, fra ca 5-10 m under terreng. Uten mer omfattende undersøkelser, må kvikkleira antas å strekke seg nordover i sonen mot Bortna. Kvikkleiras utstrekning og mektighet østover i sonen er usikker, og bør klarlegges nærmere.

Poretrykksforholdene i sonen er lite kartlagt, men tidligere undersøkelser i sydlig del indikerer grunnvannstand 5 – 10 m under rygger/topper, og avtakende trykkstigning med dybden i forhold til hydrostatisk trykk. Disse undersøkelsene indikerer også drenerende grove lag i dybde 25 – 30 m under store deler av høydedragene med kvikkleire. Siden det er få målinger å støtte seg til, og nordlig del av sonen er dårlig dekket med poretrykksmåling, er det i stabilitetsanalysene generelt regnet med hydrostatisk økende poretrykk med dybden.

Stabilitetsanalyser og vurderinger:

Stabilitetsanalyser i nordlig del av sonen gir laveste beregnet sikkerhet $F_c = 2,14$ for profil A-A i terrasseskråningen ut mot elvesletta/Ler sentrum, og i profil D-D typisk variasjon i området $F_c = 2,96 - 4,83$ lokalt omkring bekkedalen og i de slake skråningene sentralt ned mot Bortna. Områdestabiliteten i denne del av sonen synes derved i utgangspunktet tilfredsstillende.

Imidlertid eroderer Bortna i et kupert og sterkt ravinert landskap. Slik erosjon vil over tid svekke sikkerheten, og kan føre til initielle, lokale brudd i kvikkleira som indikeres å ligge i nivå med bekkens bunn. Ved dette kan det oppstå en ukontrollerbar bruddutvikling i kvikkleira. Det vil derfor være avgjørende viktig for konservering av den ellers tilfredsstillende områdestabilitet i denne del av sonen at det foretas erosjonssikring av bekken.

Stabilitetsanalyser i sydlig del av sonen gir $F_c = 1,30$ i profil B-B i nedre del av den ubebygde skråningen nord for boligfeltet Ler II og $F_c = 0,80$ i øvre del av skråningen. I øvre del er ikke grunnforholdene avklart, og beregningsresultatet kan derfor være misvisende, slik resultatet i seg selv indikerer. Det vil være naturlig å søke en nærmere avklaring her, da øvre del av skråningen er lagt innenfor den klassifiserte sonen.

Profil C-C gjennom boligfelt Ler II, hvor tilstøtende bebygde "hauger" er nedplanert, har beregnet sikkerhet $F_c = 1,45$ mot vest og $F_c = 2,01$ mot øst. Nedplaneringstiltakene har i betydelig grad bedret sikkerheten i og omkring boligfeltet.

Sikkerheten i den ubebygde, nedre del av profil B-B er i utgangspunktet ikke tilfredsstillende, og det må ved evt. planer om inngrep her gjennomføres stabilitetsforbedrende tiltak. Grunnforholdene i øvre del av profilet er uavklart og kan være kritiske, også med konsekvens for nedre del av profilet. Her må det utføres supplerende grunnundersøkelse, før profilet kan ferdigvurderes. Dersom vesentlige avsetninger av kvikk leire her finnes over kote +80 - +100, er det sannsynlig at sikkerheten ikke er tilfredsstillende.

Beregningsmessig sikkerhet i profil C-C gjennom boligfeltet er tilfredsstillende med $F_c \geq 1,40$, men kan være kritisk følsom for evt. nye inngrep. Det er her viktig å overvåke evt. nye inngrep, med sikte på å forebygge svekkelse av stabiliteten.

Langs sydsiden renner Kaldvella forbi boligfeltet. Elva er erosjonssikret i de fleste yttersvingene. Iflg. observasjonsrapport er imidlertid flere av disse sikringstiltakene skadet, og overflateglidninger er utløst på sterkt påkjente partier. På bakgrunn av de knappe sikkerhetsmarginene, er det et sterkt behov for å utbedre de oppståtte skadene. Det bør også foretas steinsetting av bunnen på utsatte partier for å sikre mot ytterligere bunnsenking.

5.1.1 Forslag til tiltak

- *Bortna med sideraviner (2-3 stk. mot nord) erosjonssikres gjennom hele sonen, opp mot fossen i øst, med formål å konservere den tilfredsstillende områdestabiliteten. Erosjonssikringen utføres som sidesikring (tosidig) av skråningene med anslått høyde ca. 2 meter og steinsetting av bunnen. Gjennomsnittelig tykkelse antas til 1 meter over en samlet bredde på ca 8 m., med total lengde langs elva og sideravinene på ca. 1700 meter. Dette tilsvarer et massebehov på ca. 7.500 m³ (se fig.8).*
- *Kaldvellas bestående erosjonssikring gjennomgås langs hele sonen, med reparasjon og utbedring av oppståtte erosjonsskader og steinsetting av ubeskyttet bunn. Det er ikke lagt grunnlag for bestemmelse av arbeidets omfang. Aktuell elvestrekning er ca 1000 m (se fig.8), og det antas foreløpig et massebehov i gjennomsnitt på ca 2 – 3 m³ pr. m langs halve strekningen, dvs. ca 1000 – 1500 m³.*
- *Det er forøvrig ikke avdekket behov for stabiliserende tiltak innenfor sonen i dagens situasjon, bortsett fra at det bør gjøres videre undersøkelser for avklaring på stabilitetsforholdene mot øst i sydlig del av sonen. Før slike avklaringer er gjennomført, bør det ikke planlegges utbygging eller andre inngrep i områdene tilstøtende profil B-B.*

5.1.2 Utstrekning og klassifisering av sonen

- *De utførte undersøkelser gir ikke grunnlag for å redusere utstrekningen av sonen. Sonen får uendret klassifisering. Det er potensiale for reduksjon av sonens østlige utstrekning opp mot Våttåsen. Dette må evt. avklares ved videre grunnundersøkelser.*

5.2 Sone 451 Flå kirke

De stabilitetsmessig antatt ugunstigste profilene A-A, B-B, C-C og D-D er vist på figur 15 – 18.

Valg av profilene er dels basert på informasjon fra tidligere grunnundersøkelser, ref. /22 - 24/, og fra de nå utførte undersøkelser, ref./2/.

Grunnundersøkelsesresultater er delvis vist på profilene, og laggrenser er vist så langt det er holdepunkter for.

Topografi og kvikkleire:

Opprinnelig terreng i sone Flå kirke er anslått til kote +120.

Sonen består av et kupert høydedrag stigende i retning SV – NØ, opp mot ca kote +110. Sonen avgrenses mot laveste terreng ca kote +35 - +50 ut mot Kaldvella i nord, mot Møsta i syd og ca kote +25 ut mot bunn av Gauldalen i vest.

Høydedragets skråninger ut mot syd og sydvest er sterkt ravinert, men uten markert aktive grunnvannssig i flere enn én. Mot nord er det jevnt bratte leirskråninger ned mot Kaldvella.

De utførte grunnundersøkelsene innenfor sonen indikerer leiravsetninger til minst 30 – 40 m dybde under terreng, dels lagdelt med antatte silt-/sandlag i varierende dybdeintervaller.

Kvikkleire indikeres tilstede i sentrale deler av sonen, fra ca 10-15 m dybde under terreng, og med mektighet fra ca 6–7 m opptil vel 12 m. Dels er det registrert et dypereliggende ca 5 m tykt kvikkleirelag omkring 30 m dybde under de høyeste partiene. Ut mot skråningskantene i SV og N korresponderer kvikkleirelaget med nedre del av skråningene, ned til dalbunnen.

Undersøkelser til ca 30 m dybde under dalbunnen langs Møsta, viser imidlertid lite sensitiv, fast leire. Nordvest i sonen er det ikke indikert kvikk leire, bortsett fra ytterst i den markerte ryggen ved Flå kirke. Her indikeres et ca 8 – 10 m tykt sterkt lagdelt kvikkleirelag fra ca 3 m under terreng.

Poretrykket indikeres drenert via grovere lag i dybden, fra en grunnvannstand i dybde 3 – 5 m under terreng sentralt i sonen. Det er imidlertid få målinger å støtte seg til. Det er derfor i beregningene regnet med hydrostatisk økende poretrykk med dybden.

Stabilitetsanalyser og vurderinger:

Stabilitetsanalyser av høydedraget mot nord, viser for de 30 – 40 m høye skråningene i profil B-B og D-D beregnede sikkerheter $F_c = 1,16-1,28-1,40$.

Stabilitetsanalyser av høydedragets 40 – 60 m høye skråninger mot syd gir i profil A-A laveste sikkerheter i området $F_c = 1,46 - 1,52$. Tilsvarende gir de 40 – 70 m høye skråningene i profil C-C laveste sikkerhet i området $F_c = 1,07 - 1,13$.

Årsak til forskjellig sikkerhet i sydskråningen skyldes dels ulik høydeforskjell, dels at skjærflatene i profilene følger ulikt høydenivå med forskjellig OCR-grad og skjærstyrke.

Ut fra de gjennomførte analyser konkluderes at områdestabiliteten i de lavere skråningene lengst vest i sonen (profil A-A og D-D), både mot syd og nord, er tilfredsstillende ved dagens terreng- og belastningsforhold. Marginene er imidlertid små, og alle inngrep/endringer må derfor forutsettes å gi positive bidrag til stabiliteten.

I de høyere skråningspartiene lengre øst i sonen (profil B-B og C-C), ut mot Kaldvella i nord og Møsta i syd, viser analysene ikke tilfredsstillende sikkerhet. Her må sikkerheten forbedres dersom endringer i terreng- eller belastningsforhold i denne del av sonen skal aksepteres.

Dessuten må all aktiv erosjon i raviner og bekker i sonen bringes under kontroll (stabilitetsskonserverende erosjonssikring), da det ellers kan oppstå risiko for ukontrollerbar bruddutvikling i kvikkleira, som indikeres å strekke seg ut mot skråningsfot i dalbunnen.

5.2.1 Forslag til tiltak

- *Kaldvella og Møsta må erosjonssikres langs sonen, både i bunn og sider, i en samlet løsning med de tilstøtende deler av elvene i sone Bortn og Engan, se fig.9.*

Kaldvellas bestående erosjonssikring og behov for videre utbedring er medtatt under tiltaksbeskrivelsen for sone Bortn.

Tilsvarende gjelder for nedre del av Møsta (nedenfor grensen mot sone Engan), som delvis er erosjonssikret (i yttersvinger). Også denne sikring er skadet og overflateutglidninger har oppstått. Møsta må gjennomgås langs hele sonen, ca 600 m, med reparasjon og utbedring av oppståtte erosjonsskader og steinsetting av ubeskyttet bunn. Det er ikke laget grunnlag for bestemmelse av arbeidets omfang. Det antas foreløpig et massebehov i gjennomsnitt på ca 3 – 4 m³ pr. m langs halve strekningen, dvs. ca 900 – 1200 m³.

- *Den anbefalte erosjonssikringa vil være forebyggende med hensyn til videre utvikling av erosjon, men har i seg selv ikke stabiliserende virkning.*
- *Tiltak for å oppnå nødvendig forbedring av beregningsmessig sikkerhet i de mest kritiske områder, vil kreve reduksjon av de store høydeforskjeller i skråningene. Dette må da skje ved terrengavlastning (nedplanering av topper), eller også oppfylling (heving) av dalbunn langs skråningsfot – om nødvendig med lukking av bekkeløp. Det kan dreie seg om et behov på mellom 5% og 15% forbedring av sikkerheten.*

Ved en skråningshøyde på 40 – 60 m kan dette i størrelsesorden tilsvare en samlet reduksjon av høydeforskjell på 5 – 15 m. Dette innebærer arbeider som vurderes som meget omfattende, og omfang/løsninger må baseres på mer detaljerte undersøkelser og beregninger, med utstrakt kontroll ved gjennomføringen.

5.2.2 Utstrekning og klassifisering av sonen

- *De utførte grunnundersøkelser gir ikke tilstrekkelig grunnlag for endring av sonens klassifisering. Nordvestlig del av sonen har imidlertid ikke påvist sammenhengende kvikkleire, og kan få endret klassifisering ved videre kartlegging. Denne del av sonen vil ellers få faregrad lav, når tilfredsstillende erosjonssikring er etablert.*

5.3 Sone 452 Engan

De stabilitetsmessig antatt ugunstigste profilene A-A, B-B, og C-C er vist på figur 19 – 21.

I tillegg er det på egen oversikt i fig. 22 vist resultater fra stabilitetsoverslag i 15 forenklete profiler utført ved ordinær sirkelberegning vha regneark med isotrop skjærstyrke s_{uD} . Overslagene er gjort for å kunne vurdere et større antall skråninger etter en forenklet og rask beregningsmetode. Det er også foretatt en sammenligning av beregnet sikkerhet ved de anvendte analysemetoder (med/uten anisotrop skjærstyrke).

Valg av profilene er basert på informasjon fra tidligere grunnundersøkelser, ref. /17, 18 og 38/, og fra de nå utførte undersøkelser, ref./2/. Borerresultater fremgår ikke på profilene (orientert til side for boringene), mens laggrenser er vist så langt det er holdepunkter for.

Topografi og kvikkleire:

Opprinnelig terreng i sone Engan er anslått til kote +170. Denne referansehøyde korresponderer godt med tolket OCR-terrengnivå ut fra CPTU-boringene.

Sonen består av et kupert og ravinert leirterreng, i hovedtrekk stigende fra ca kote +100 i SV opp mot ca kote +140 i NØ, og med "tverrfall" ned mot sonegrensen langs Kaldvella i NV, mellom kote +50 - +75. Lengst S faller terrenget ned mot ca kote +40 - +50 langs sonegrensen mot Møsta.

I de sentrale og høyestliggende deler av sonen er det registrert og indikert minst 50 – 70 m mektige leiravsetninger.

Kvikkleire synes utbredt innenfor største del av sonen, med mektighet for det meste mellom 20m og 30m i høyereliggende og sentrale deler. Ut mot Kaldvella indikeres kvikkleirelagets mektighet avtakende, og muligens fraværende under dalbunnen langs Bortna i sør.

Overdekningen over kvikkleira varierer fra ca 5m til ca 25m, avhengig av topografi. Overkant av kvikkleirelaget stiger relativt jevnt, fra ca kote +60 - +70 lengst i sør og ut mot Kaldvella, opp mot ca kote +90 - +100 sentralt og videre til ca kote +120 - +130 lengst i NØ.

Det indikeres generelt at poretrykket øker noe mindre enn hydrostatisk gjennom kvikkleirelagene, regnet fra en grunnvannstand ca 2 – 3 m u terreng – både i skråningen ned mot Kaldvella og på ”flat” mark i de mektige leiravsetningene NØ i sonen. Det er imidlertid også her få målinger å støtte seg til. Det er derfor i beregningene regnet med hydrostatisk økende poretrykk med dybden.

Stabilitetsanalyser og vurderinger:

I denne sonen er det en rekke høye og bratte leirskråninger (H = 30-55m), som ved de foreliggende grunnforhold forventes å ha svak stabilitet.

Beregningsprofilene i fig. 19-21 er valgt ut for Postograf-analyse på grunnlag av overslagsberegninger med Sirkla (jfr. oversikt stabilitetsprofiler vist på fig.22). I disse profiler er laveste beregnet sikkerhet $F_c = 1,25$ for profil A-A, $F_c = 1,44$ for profil B-B og $F_c = 1,48$ for profil C-C.

De beregnede sikkerheter ved Postograf-analysene ligger ca 20 – 30 % høyere enn ved overslagsberegningene med isotrop skjærstyrke. På denne bakgrunn indikeres at kanskje opp mot 3 –6 av de vurderte skråningene, i tillegg til profil A-A, kan ha tilfredsstillende lav sikkerhet – dvs. $F_c < 1,40$. Mest anstrengt synes stabiliteten i skråningene ned mot Kaldvella (profil A-A med $F_c = 1,25$), men også i de høyeste og bratteste skråningspartiene lengst syd og nord i sonen indikeres sikkerheten tilfredsstillende lav.

De foran beregnede sikkerheter vil være noe lavere enn angitt, dersom et lavere referansenivå for styrkeberegning legges til grunn.

Det er karakteristisk at de stabilitetsmessig svakeste skråningene grenser ned mot vassdrag, som kan påvirke og redusere sikkerheten ytterligere over tid, dersom ikke tilfredsstillende erosjonssikring er etablert.

Noe opp i skråningssidene langs nedre del av Kaldvella indikeres underkant av kvikkleirelaget å ligge ca i nivå med, eller noe lavere enn elva. Langs øvre del av Kaldvella kan boringene tyde på at hele kvikkleirelaget ligger dypere enn elva. Tidligere undersøkelser langs nedre del viser kvikkleire med liten overdekning ute i de bratte skråningene ned mot Kaldvella, men kvikkleirelaget kan synes å

ikke stikke helt fram mot elva ved skråningsfot. Dvs. at evt. erosjon her ikke foregår direkte i kvikkleira.

I de høye skråningene ned mot Møsta er bildet av grunnforholdene noe usikrere. Her indikeres ved boringer i god avstand innenfor skråningene et ca 20 m tykt kvikkleirelag å ligge med underkant ca korresponderende med elvas bunn-nivå. Boringer ved skråningsfot langs Møsta viser imidlertid ikke kvikkleire inntil ca 30 m under dalbunnen. Det kan ikke utelukkes at forholdene er som i skråningene langs Kaldvella, at kvikkleira likevel strekker seg langt fram ut i skråningene ned mot elva.

Sikkerheten i disse skråningsområdene er ikke tilfredsstillende ved dagens terreng- og belastningsforhold, også tatt i betraktning at valgt referansenivå for beregning av skjærstyrke kan være høyere enn reelt. Alle inngrep/endringer må derfor forutsettes å gi positive bidrag til stabiliteten.

Ved de påviste forhold bør både Kaldvella og Møsta erosjonssikres, for å motvirke ytterligere forverring av den svake stabiliteten. Erosjonssikringen vil i seg selv ikke føre til nevneverdig forbedring av stabiliteten, men konserverer dagens situasjon.

Det ligger store utfordringer i å få etablert ønsket bedring av sikkerheten i skråningene, særlig ut mot Kaldvella. Her har tidligere større overflateglidninger blitt utløst etter langvarig nedbør i skråningene godt ovenfor elva, og glidningene har gått nesten helt ned mot kvikkleira. Dette åpner for et nytt scenario, hvor dårlig overflatestabilitet kan gi glidninger som utløser lokale brudd ned i kvikkleira – med mulig videre progressiv skredutvikling.

Ønsket bedring av sikkerheten i disse skråningene vil innebære flere meter reduksjon av høydeforskjellen mellom topp og bunn. En oppfylling av dalbunnen og høyt oppover den svake skråningsoverflaten (utslaking av skråningen) vil trolig gi best effekt, men kan samtidig synes minst realistisk gjennomførbar av hensyn til konsekvens for de etablerte veger og selve Kaldvella.

5.3.1 Forslag til tiltak

- *Kaldvella og Møsta må erosjonssikres videre oppover langs sonen (fortsettelse fra sone Flå kirke), både i bunn og sider (se fig. 10).*

Kaldvella er tidligere delvis forbygd i yttersvinger, men forbygningene oppgis skadet flere steder, og overflateglidninger er utløst. Det må derfor foretas en grundig gjennomgang med sikte på å bestemme omfang av reparasjoner og videre sikring. Anslått omfang kan være steinsetting av bunn og tosidig

sidesikring, over en strekning på ca 1500 – 1800 m. Her antas foreløpig et et massebehov på ca 3 – 4 m³/m langs halve strekningen, dvs. opp mot 3. – 4.000 m³.

Møsta er ikke forbygd langs sone Engan. Befaring har avdekket et klart behov for gjennomgående erosjonssikring av sider og dels steinsetting av bunnen over en lengde på ca 600 m, regnet fra Møstadalsvegen i vest. (Forut for erosjonssikringen vil det måtte utføres et betydelig ryddearbeid langs nedre del av Møsta, som nærmest er tildekket med store mengder trefall. Terrenget må også utbedres etter et par større utglidninger helt ut mot bekken).

Vi vil anslå behov for 2-sidig sidesikring i 1 m tykkelse til ca 2 m høyde, og gjennomsnittelig 0,5 m steinsetting i 4 m bredde over hele strekningen, dvs. et samlet massebehov på ca 3. – 4.000 m³.

- *Den anbefalte erosjonssikringa vil være forebyggende med hensyn til videre utvikling av erosjon, men har i seg selv ikke stabiliserende virkning.*
- *Tiltak for å oppnå nødvendig forbedring av beregningsmessig sikkerhet i de mest kritiske områder, vil – som for sone Flå kirke - kreve reduksjon av de store høydeforskjeller i skråningene. Dette innebærer planerings- og oppfyllingsarbeider som vurderes som meget omfattende, med behov for bekkelukking og vegomlegging. Omfang/løsninger må baseres på mer detaljerte undersøkelser og beregninger, med utstrakt kontroll ved gjennomføringen.*

5.3.2 Utstrekning og klassifisering av sonen

- *De utførte grunnundersøkelser gir ikke grunnlag for endring av sonens klassifisering.*

Det kan ikke igangsettes nye inngrep/endringer i sonen, uten at det er foretatt tilstrekkelig stabilitetsforbedrende tiltak i de stabilitetsmessig kritiske områdene ned mot/langs Kaldvella og Møsta.

5.4 Sone 1111 Høyeggen / (1112 Lerlia)

Sone Høyeggen er vurdert i sammenheng med nabosonen (1112 Lerlia), dvs. at det er sett på sammenheng mellom grunnforhold og stabilitet i begge sonene.

På dette grunnlag er det stabilitetsmessig antatt mest ugunstige profil A-A vist i fig. 23. Profilet ligger i grenseområdet mellom sonene Høyeggen og Lerlia.

Valg av profilet og ny avgrensning av sonene er basert på informasjon fra tidligere grunnundersøkelser, ref. /4-6, 8-9, 11-14, 19-20, 25-27, 29, 32-36, 39-41/, og fra de nå utførte undersøkelser, ref./2/.

Boreresultater og laggrensener er tatt med på profil A-A så langt disse anses dekkende.

Topografi og kvikkleire:

Opprinnelig terreng i sone Høyeggen/Lerlia er anslått til kote +140.

Sone Høyeggen fremstår som en høy løsmasserygg som praktisk talt sperrer Gauldalføret på tvers, øst for Gaula. På syd-, vest-, og vestlig del av ryggens nordside er det svært bratte og høye skråninger ned mot dalbunnen. Ryggen ("eggen") stiger bratt opp fra dalbunnen (= elvesletta - varierende mellom ca kote +15 og +25), opp til ca kote +100 lengst vest på ryggen - videre opp mot ca kote +150 der ryggen løper ut fra fjellsiden i øst. I nedre del av nordskråningen lengere øst er skråningen vesentlig slakere.

Sammenhengende kvikkleirelag er bare påvist under det slake, lavere skråningspartiet ovenfor skråningsfoten på nordsiden av Høyeggen og videre nordover i Lerlia, i mektighet ca 10 – 15 m i øvre del, avtakende nedover mot fylkesvegen langs skråningsfoten. Registrert overdekning er 4 – 6 m.

Grunnundersøkelser og observasjoner viser faste løsmasser over gruntliggende fjell/fjell i dagen i et "belte" høyere opp i skråningen langs Lerlia, jfr. kartutsnittet på fig. 23. Ovenfor dette "beltet" er det et varierende ca 0-10 m mektig løsmasselag, i nord stort sett bestående av faste, ikke sensitive leir/siltavsetninger. Laget fortsetter videre sydover og utover Høyeggen i vest, med vekslende faste og bløtere leir/siltavsetninger ned mot ca 10 m dybde under terreng. Her finnes det også begrensede lag i ca 2 – 3 m tykkelse med sensitiv leire. Det kan utelukkes lag av kvikkleire som utgjør massiv skredfare i området, men grunnforholdene kan være stabilitetsmessig krevende lokalt, i forbindelse med grunnarbeider, graving og fylling.

I dybden går avsetningene i Høyeggen videre over i faste og godt konsoliderte avsetninger av leire, og fra ca 15 – 30 m dybde er det påvist sandige/grusige morenemasser sentralt i ryggen.

Poretrykket gjennom kvikkleirelagene i fot av nordskråningen øker vesentlig mindre enn hydrostatisk, og antas drenert via de grovere avsetningene i dybden. Grunnvannsnivået antas i dybde ca 2 – 3 m u terreng. Pga få observasjoner er det i beregningene likevel regnet med hydrostatisk økende poretrykk med dybden.

Stabilitetsanalyser og vurderinger:

Stabilitetsanalyse i profil A-A av det slake skråningspartiet med påvist kvikkleire nederst i nordskråningen gir tilfredsstillende sikkerhet $F_c = 2-2,5$ mhp. områdestabilitet for dagens terreng og belastninger.

Grave- og fyllingsarbeider i skråningsområdet kan raskt redusere sikkerheten lokalt, og gi risiko for progressiv bruddutvikling i kvikkleira. Alle inngrep/belastningsendringer i skråningen må derfor kontrolleres stabilitetsmessig, og må i utgangspunktet forutsettes å gi positive bidrag til stabiliteten.

Ovenstående vurdering gjelder nå den reviderte sonen, med utstrekning som vist på fig. 27-29, med navn "Nordegga - Lerlia".

5.4.1 Forslag til tiltak

- *Det er ikke identifisert eroderende bekker som over tid kan påvirke områdestabiliteten innenfor den foreslåtte nye sonen.*
- *Det er ikke påvist behov for å iverksette stabilitetsforbedrende tiltak, ut fra dagens terreng og belastningsforhold.*

5.4.2 Utstrekning og klassifisering av sonen

- *De utførte grunnundersøkelser har gitt grunnlag for endring av sonegrensene, som vist på fig. 27 – 29.*

Innenfor den gjenværende sonen er det foretatt ny ROS-klassifisering, resulterende i faregrad middels, konsekvensgrad alvorlig, og risikoklasse 3.

6 GENERELT OM TILTAK I KVIKKLEIRESONER

Alle tiltak i kvikkleiresoner må utføres med stor aktsomhet for å unngå stabilitetssvekkelse. Dette gjelder både i utførelsesfase og permanent tilstand.

De foreliggende data om grunnforholdene, som danner basis for områdemessig stabilitets- og risikovurdering, er normalt ikke omfattende nok som grunnlag for vurdering av evt. mer konkrete tiltak i sonen. Både behov for evt. supplerende undersøkelser og stabilitetsmessige konsekvenser må derfor vurderes av geoteknisk fagkyndig i hvert enkelt tilfelle.

7 RETTIGHETER TIL BRUK AV BEREGNINGSGRUNNLAGET

Stabilitetsanalyser og vurderinger i denne rapporten er basert på grunnlagsmateriale som angitt i referansene. Analysene er foretatt på grunnlag av tolkning/evaluering av dette materialet og er NGI/Rambøll sin forståelse av foreliggende data. Det presiseres derfor at tolkninger/evalueringer utført av NGI/Rambøll ikke må anvendes av andre i fremtidige prosjekter, under henvisning til NGI/Rambøll sitt arbeid.

Grunnlagsmaterialet må tolkes/evalueres selvstendig i hvert enkelt tilfelle. NGI/Rambøll har ikke noe ansvar for hvordan andre måtte anvende vårt beregningsmateriale.

8 REFERANSER

Ref. nr.:	Rapport utført av:	Rapport tittel: (Tittel mrk. * er forkortet)	Rapport nr.:	Dato år:
/1/	Norges Geotekniske Institutt (NGI),	”Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred i Melhus kommune”	2000 1008-7	2004/ 2005
/2/	Multiconsult AS	”Kvikkleirekartlegging Melhus-Geoteknisk datarapport”	411760-1	2006
/3/	Kommeneje	Melhus kommune: Skole og samfunnshus, Ler. Grunnundersøkelse og fundamentering	O.146	21.03.64
/4/	Kommeneje	Melhus kommune: Grunnundersøkelse ved påtenkt fyllplass ved Leirli.	O.1286	01.09.71
/5/	Kommeneje	Melhus kommune: Skoletomt ved Løvsetvn. Grunnundersøkelse.	O.1785	31.01.74
/6/	Kommeneje	Melhus kommune: Barneskole Høgegga Løvsetv- Melhus. Suppl. grunnundersøkelse*.	O.1785-2	07.09.76
/7/	Kommeneje	Melhus Tomteselskap AS: Ler boligfelt. Felt C Grunnundersøkelse	O.2120	02.05.80
/8/	Kommeneje	Melhus kommune: Reg.plan Høgegga. Orienterende grunnundersøkelse*.	O.2697A	30.06.78
/9/	Kommeneje	Melhus kommune: Reg.plan Løvset-Høgegga. Orienterende grunnundersøkelse*.	O.2697B	19.09.78
/10/	Kommeneje	Melhus tomteselskap: Boligfelt Våttåsen. Grunnundersøkelse.	O.3563	Sept.-81
/11/	Kommeneje	Samson Fabrikker AS: Høyeggen Boligfelt. Grunnundersøkelse*.	O.3898-1	06.08.87
/12/	Kommeneje	Melhus Tomteselskap: Høyeggen Boligfelt. Supplerende grunnundersøkelse*.	O.4037	13.02.84
/13/	Kommeneje	Melhus Tomteselskap: Løvsetvn.,pel 400-500 Grunnundersøkelse*.	O.5626-1	14.02.86
/14/	Kommeneje	Melhus Tomteselskap: Løvsetvn. Pel 400-500 Stabilitetsforhold. Vurdering av vegtrace.	O.5626-2	18.02.86

/15/	Kummeneje	Melhus kommune: Boligfelt – felt C, Ler Grunnundersøkelse.	O.5573–1	24.03.87
/16/	Kummeneje	Brødrene Flårønning AS: Industribygg Ler.Grunnundersøkelse*.	O.6133–1	27.07.87
/17/	Kummeneje	Fv.U-713: Stabilitetsforhold ved Simensbakken. Grunnundersøkelser*.	O.6519–1	06.04.88
/18/	Kummeneje	Fv.U-713 Ras ved Simensbakken. Grunnundersøkelse*.	O.6519–2	19.06.92
/19/	Kummeneje	Jernbeton AS/AS Melhus Tomteselskap: Boligfelt Østerdalsvolden og Loddgårdstrøa. Grunnundersøkelse.	O.7008–1	19.05.88
/20/	Kummeneje	Veg til Østerdalsvolden og Loddgårdstrøa. Grunnundersøkelse.	O.7273–1	13.01.89
/21/	Kummeneje	Uni Forsikring/Steinar Sæther, Melhus: Grunnundersøkelse*.	O.7329–1	21.03.89
/22/	Kummeneje	Melhus kommune: Kjell B.Grytdal. Møstadalen. Grunnundersøkelse*.	O.7398–1	16.11.89
/23/	Kummeneje	Ras Møstadalen Grunnundersøkelse*.	O.7435–1	10.04.89
/24/	Kummeneje	Ras Møstadalen. Supplerende grunnundersøkelser.	O.7435–2	10.07.92
/25/	Kummeneje	Østerdalsvolden Vest, Bokfinkvegen 8. Grunnundersøkelse*.	O.7498–1	09.05.89
/26/	Kummeneje	Melhus tomteselskap: Bokfinkvegen 6/8: Grunnundersøkelse*.	O.7498–2	05.04.00
/27/	Kummeneje	Høyeggen 58, Melhus. Eneboligtomt Grunnundersøkelse.	O.7614–1	10.07.89
/28/	Kummeneje	Melhus Tomteselskap: Boligområde Ler. Generell geoteknisk vurdering.	O.7789–2	25.01.90
/29/	Kummeneje	Fv.736 Meeggen – Rødde. Grunnundersøkelser.	O.8266–1	25.02.91
/30/	Kummeneje	Melhus kommune: Skade på enebolig Flå. Grunnundersøkelse*.	O.8478	03.07.91
/31/	Kummeneje	Jens Paul Moe, Melhus: Boligtomter Bellingmo Grunnundersøkelse*.	10731 –1	08.12.94
/32/	Kummeneje	Høyeggen 24-30: Glidning/ras i skråning Geotekniske vurderinger*.	10899–1	28.04.95
/33/	Kummeneje	Høyeggen 24-30: Glidning/ras i skråning Grunnundersøkelser	10899–2	13.07.95

/34/	Kummeneje	Melhus kommune: Omsorgsboliger Lena 10995–1 Grunnundersøkelse*	21.07.95
/35/	Kummeneje	Melhus kommune: Høyeggen skole, 2.byggetrinn.Grunnundersøkelser*.	11154–1 24.01.96
/36/	SCC Kummeneje	Selmer Skanska: Lena Melhus – Trinn 4. Grunnundersøkelse*.	600162-1 05.09.01
/37/	SCC Kummeneje	AS Melhus Tomteselskap. Boligfelt Ler II. Grunnundersøkelser*.	600167–1 04.08.00
/38/	Scandiaconsult	Nedre Langeland/Hoven. Kaldvelldalen, Melhus. Grunnundersøkelse.	620298 25.11.02
/39/	Rambøll	Leiligheter Lidarende,Melhus. Grunnundersøkelser.	6050283-1 12.07.05
/40/	Vegdirektoratet/ Veglaboratoriet	Europaveg E6 v/Melhus: Seismiske dybdemålinger og grunnundersøkelser.	U-23 01.11.66
/41/	SVV Sør-Trøndelag	Fv U-742/G-S veg langs Løvsetvegen: Grunnundersøkelse	Ud 30.05.86 537A-1
/42/	Karlsrud, K. , Aas, G. og Gregersen,O.	”Can we predict landslide hazards in soft sensitive clays?” Proceedings, International symposium on Landslides, Torino (1984) Vol. 1, pp. 107-130.	NGI publ. 1984 158
/43/	Karlsrud,K. , Lunne T., D.A.Kort and Strandvik S.	”CPTU-correlations for Clays”.	NGI rapp. 2005 2041198-1
/44/	NVE komité: Multiconsult/Rambøll/ Vegdirektoratet/NGI	Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire	Foreløp. 2007 utgave nr.7.**

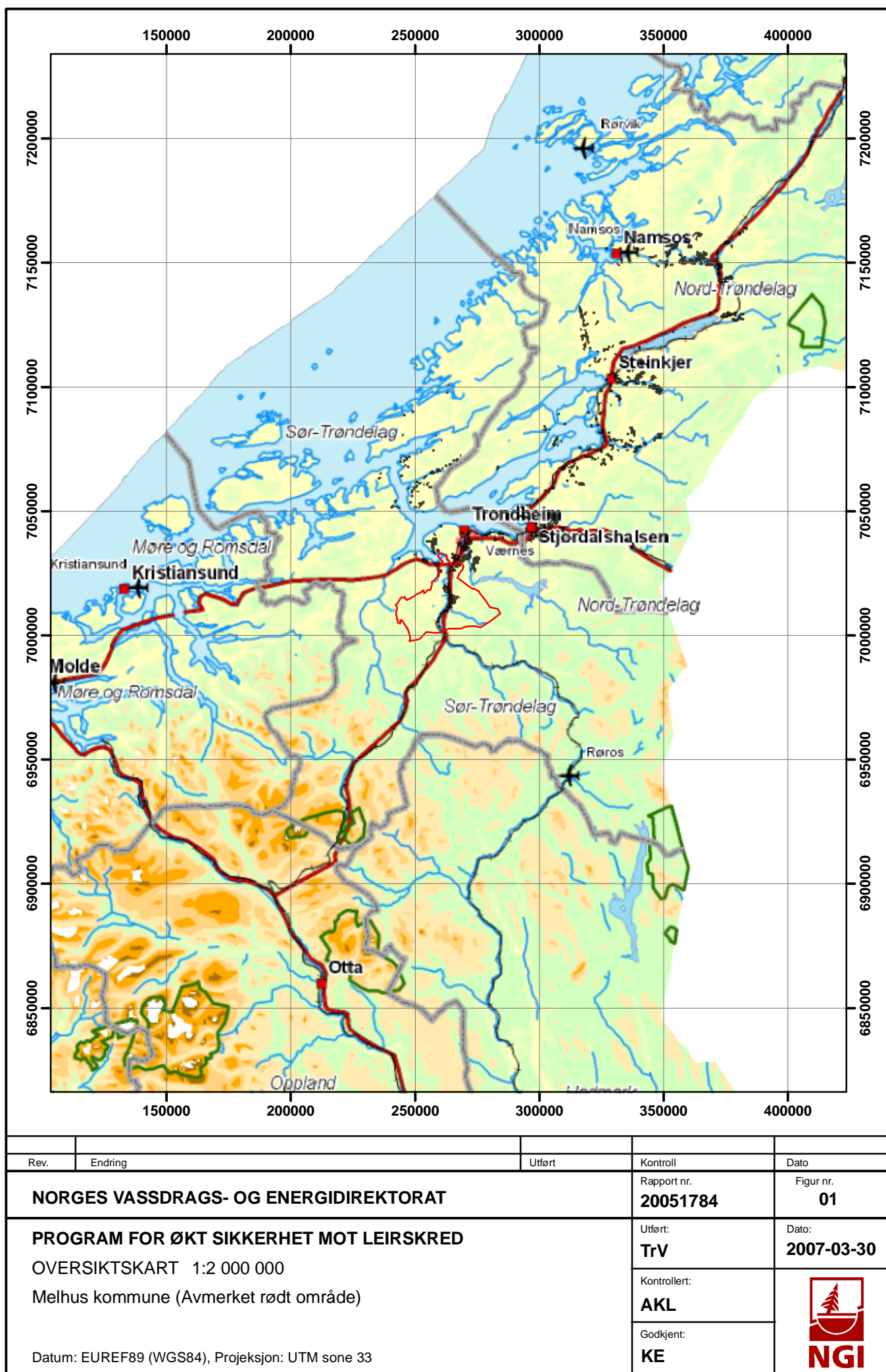
** Utgave nr.8 er under bearbeidelse (mindre justeringer), og forventes framlagt som endelig høringsutkast.

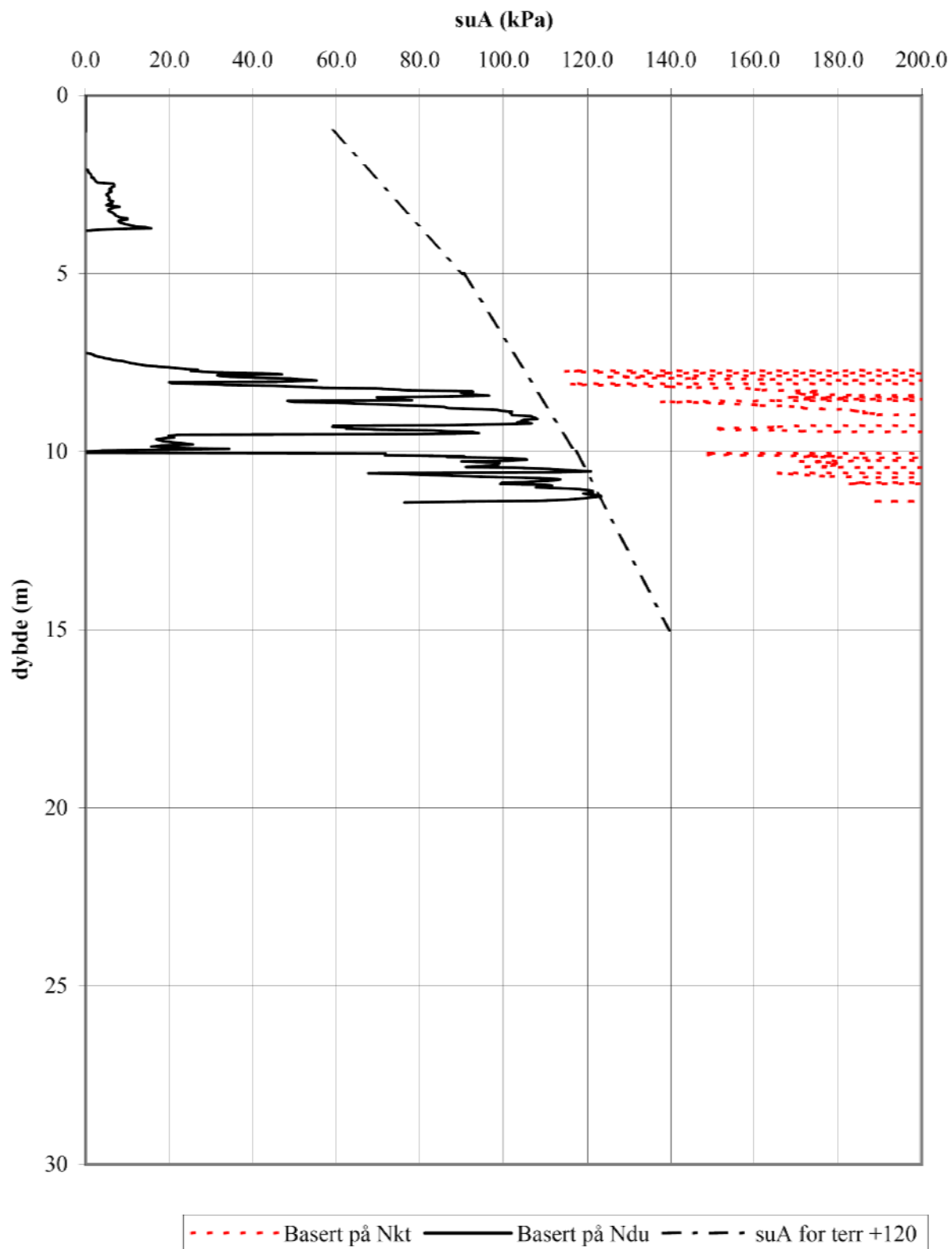
(Kummeneje = Siv.ing. Ottar Kummeneje AS, senere SCC Kummeneje, nå Rambøll Norge AS).

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information						
Dokumenttittel/Document title Risiko for kvikkleireskred Melhus kommune Sone: Bortn. Flå kirke, Engan, Høyeggen				Dokument nr/Document No. 20051784-2		
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date 30. mars 2007		
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited		Rev.nr./Rev.No.		
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited				
		<input type="checkbox"/> Ingen/None				
Oppdragsgiver/Client NVE Region Midt						
Emneord/Keywords Kvikkleire, stabilitet, erosjon, risiko, sikringstiltak						
Stedfesting/Geographical information						
Land, fylke/Country, County N/ Sør Trøndelag				Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Melhus				Feltnavn/Field name		
Sted/Location Melhus / Flå				Sted/Location		
Kartblad/Map 1621 III Støren				Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates						
Dokumentkontroll/Document control						
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001						
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:	
0	Original dokument	EL	KE			
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date		Sign. Prosjektleder/Project Manager		
				Kyrre Emaus		





$N_{kt} = 10,5$
 $N_{\Delta u} = 10$

Terrengkote : + 61,1
 Grunnvannstand : 5 m under terreng



NVE: PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED,
 MELHUS KOMMUNE

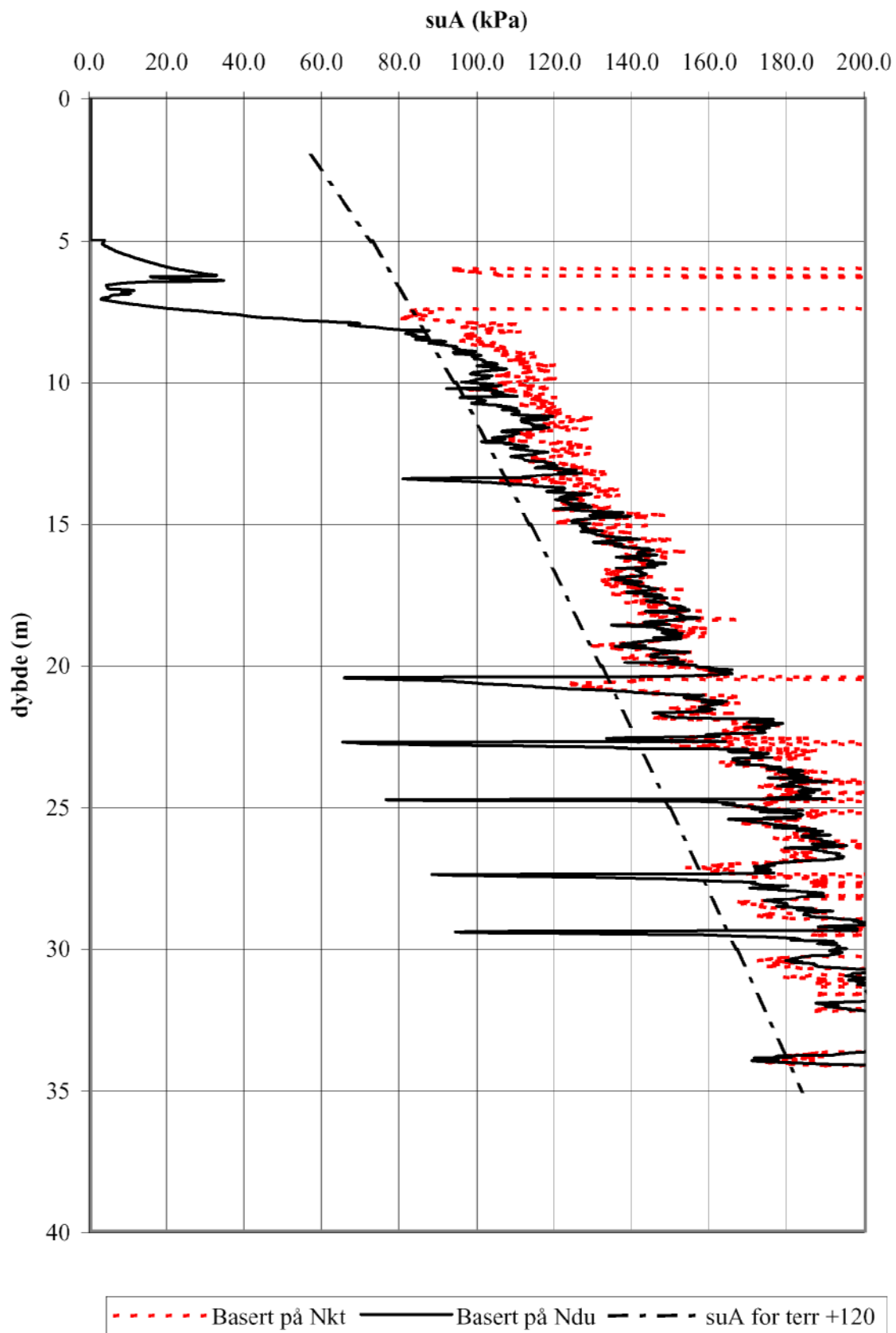
Resultater fra CPT 31

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

OPPDRAG
 20051784-2

DATO
 11.12.06

FIGUR NR.
 2



$N_{kt} = 10,5$

$N_{\Delta u} = 10$

Terrengkote : + 84,4

Grunnvannstand : 2 m under terreng

RAMBOLL

NVE: PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED,
MELHUS KOMMUNE

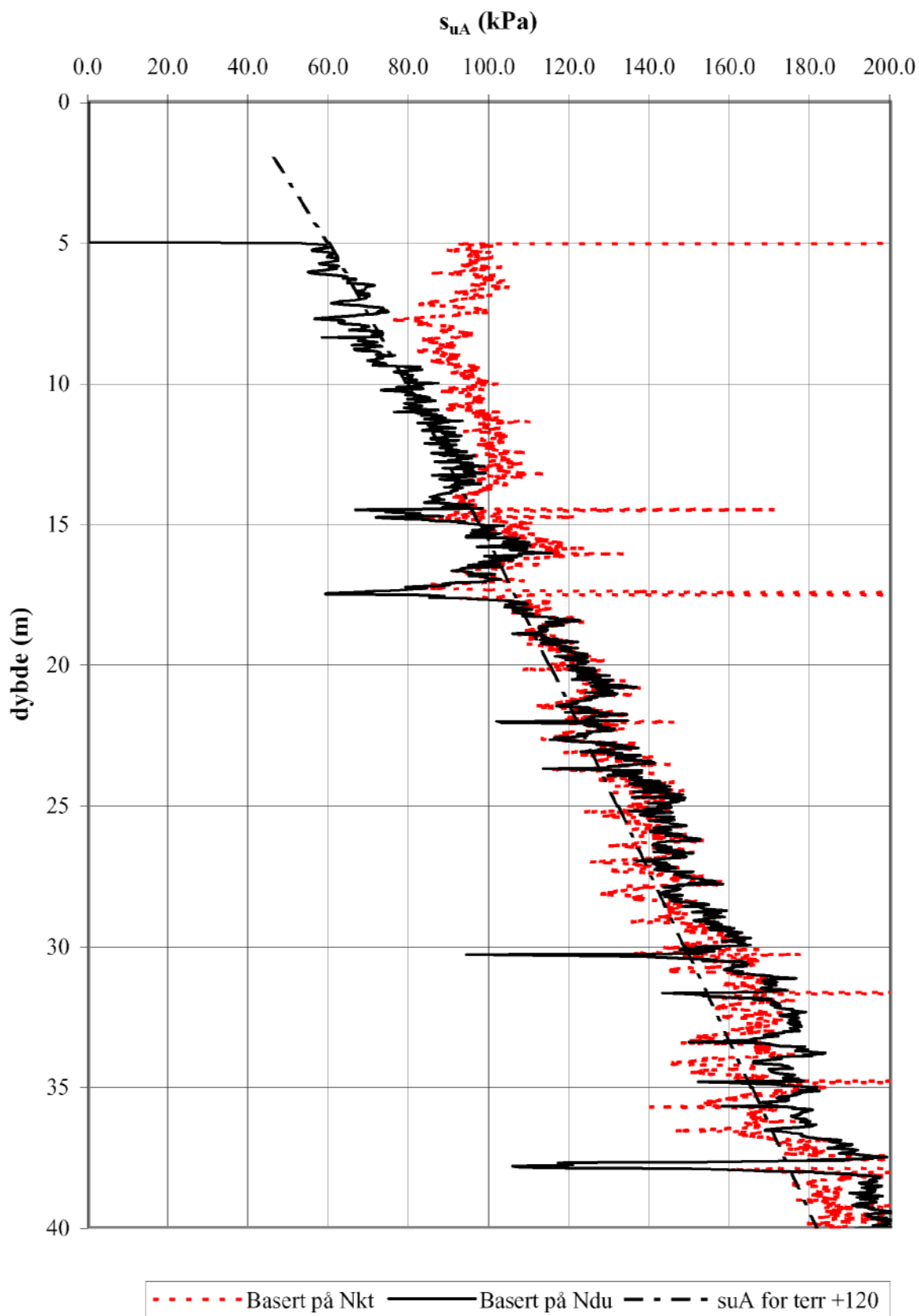
Resultater fra CPT 37

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretryksrespons

OPPDRA
20051784-2

DATO
11.12.06

FIGUR NR.
3



$N_{kt} = 10,5$
 $N_{\Delta u} = 10$

Terrengkote : + 95,6
 Grunnvannstand : 2 m under terreng

RAMBOLL

NVE: PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED,
MELHUS KOMMUNE

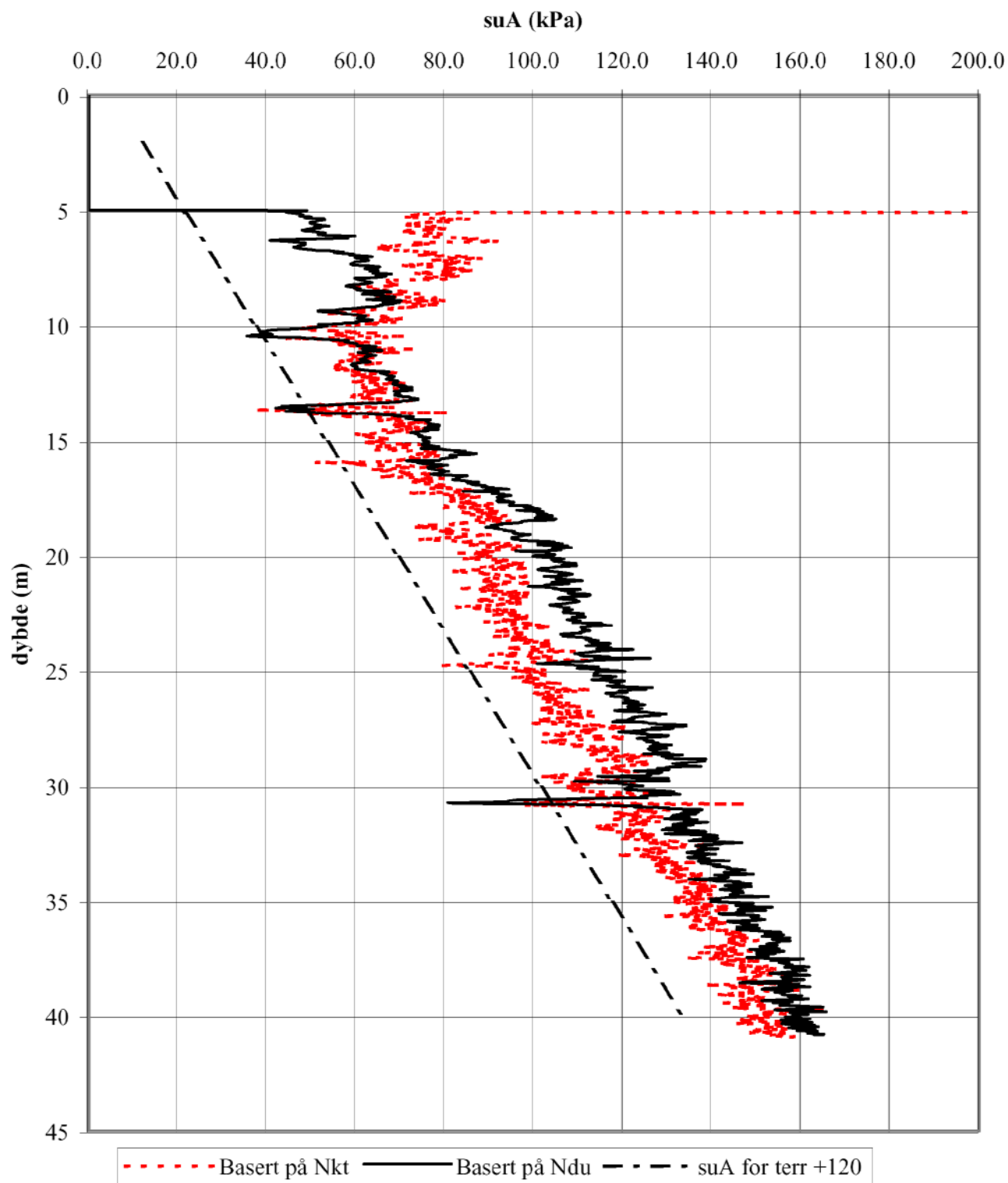
Resultater fra CPT 38

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

OPPDRAG
20051784-2

DATO
11.12.06

FIGUR NR.
4



$N_{kt} = 10,5$

$N_{\Delta u} = 10$

Terrengkote : +120,2

Grunnvannstand : 2 m under terreng

RAMBOLL

NVE: PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED,
MELHUS KOMMUNE

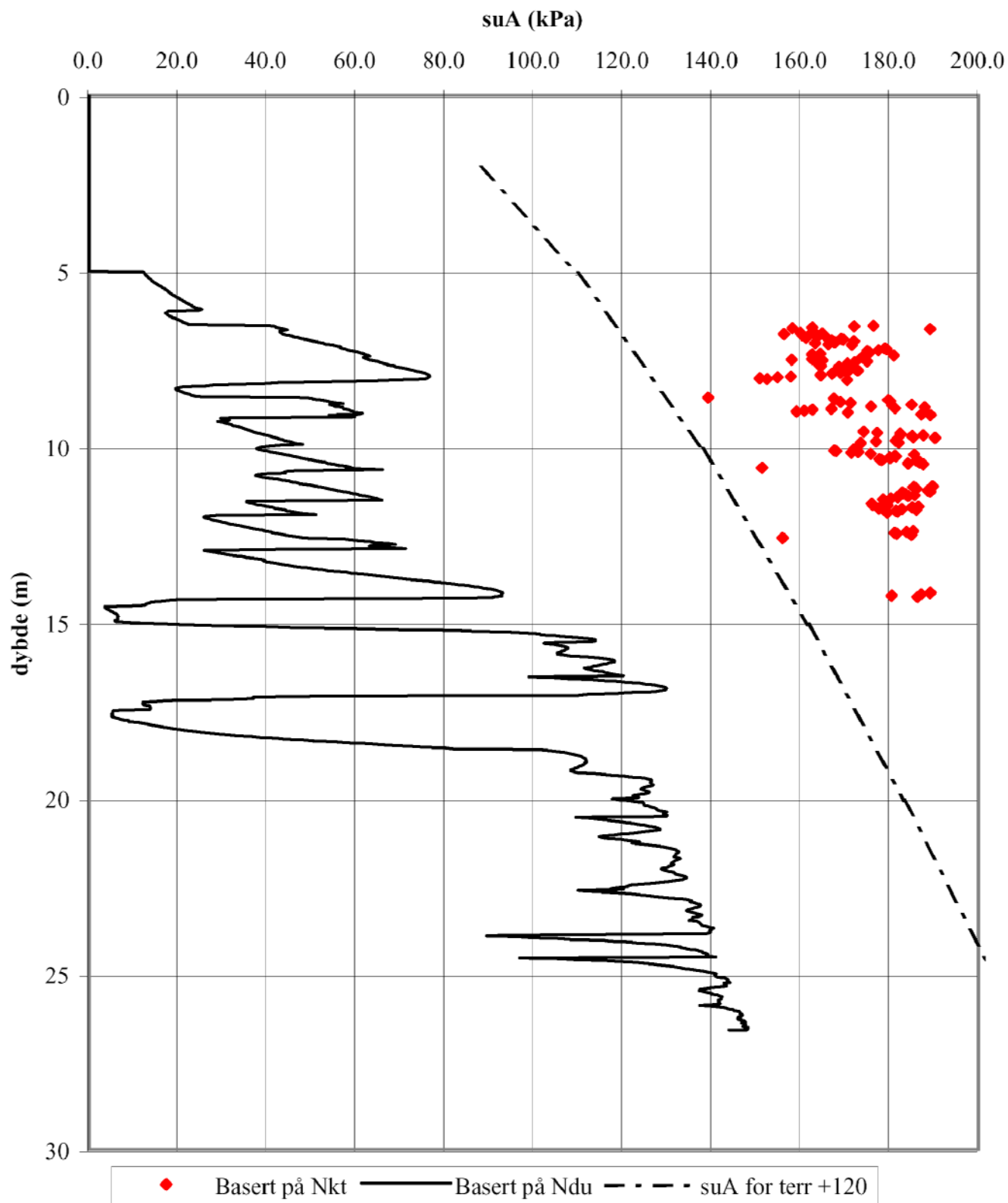
Resultater fra CPT 40

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

OPPDRAG
20051784-2

DATO
11.12.06

FIGUR NR.
5



$N_{kt} = 10,5$
 $N_{\Delta u} = 10$

Terrengkote : +45,9
 Grunnvannstand : 2 m under terreng

RAMBOLL

NVE: PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED,
 MELHUS KOMMUNE

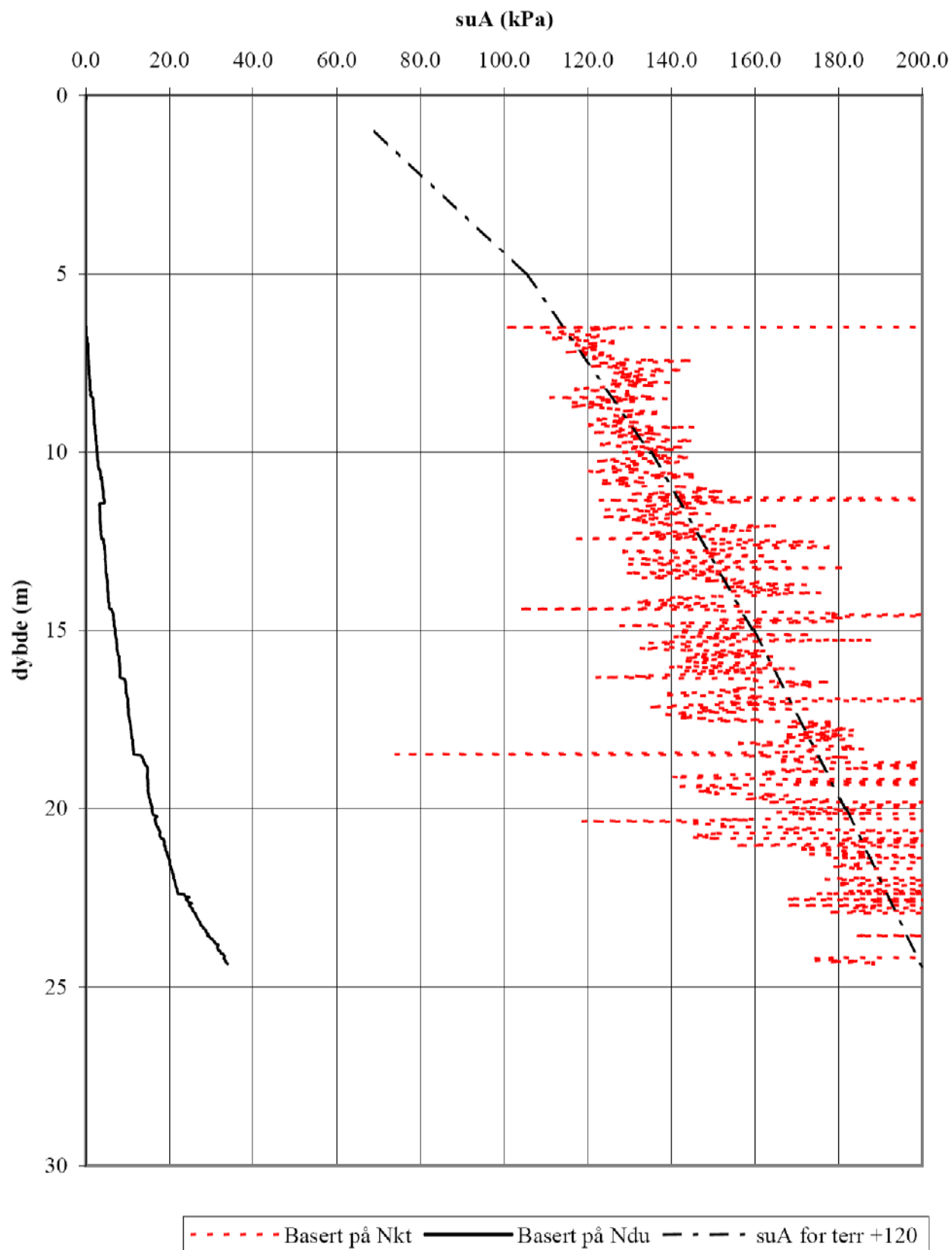
Resultater fra CPT 104

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

OPPDRAG
 2005178-2

DATO
 11.12.06

FIGUR NR.
 6



$N_{kt} = 10,5$
 $N_{\Delta u} = 10$

Terrengekote : + 44,2
 Grunnvannstand : 16 m under terreng



NVE: PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED,
MELHUS KOMMUNE

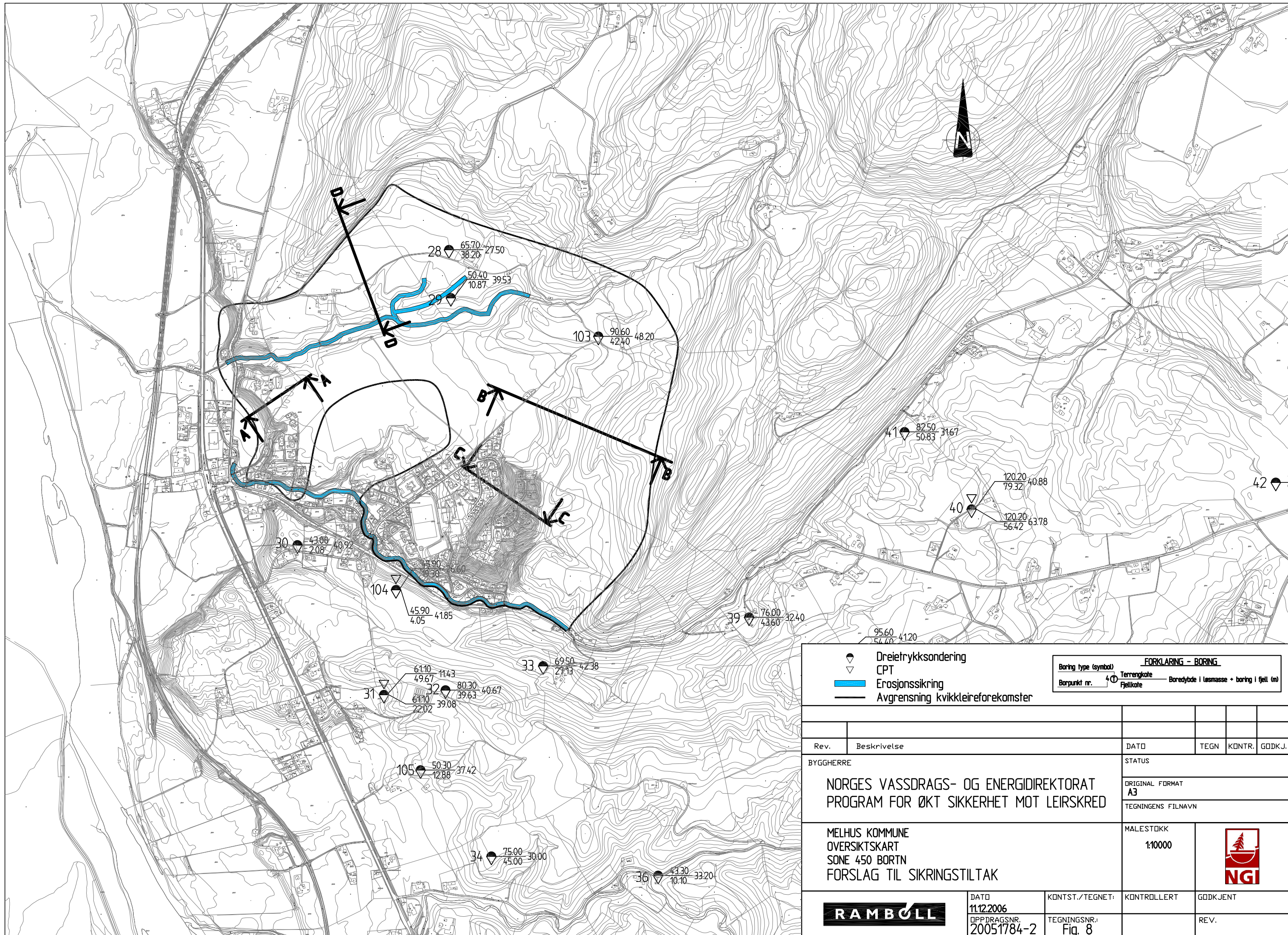
Resultater fra CPT 6

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

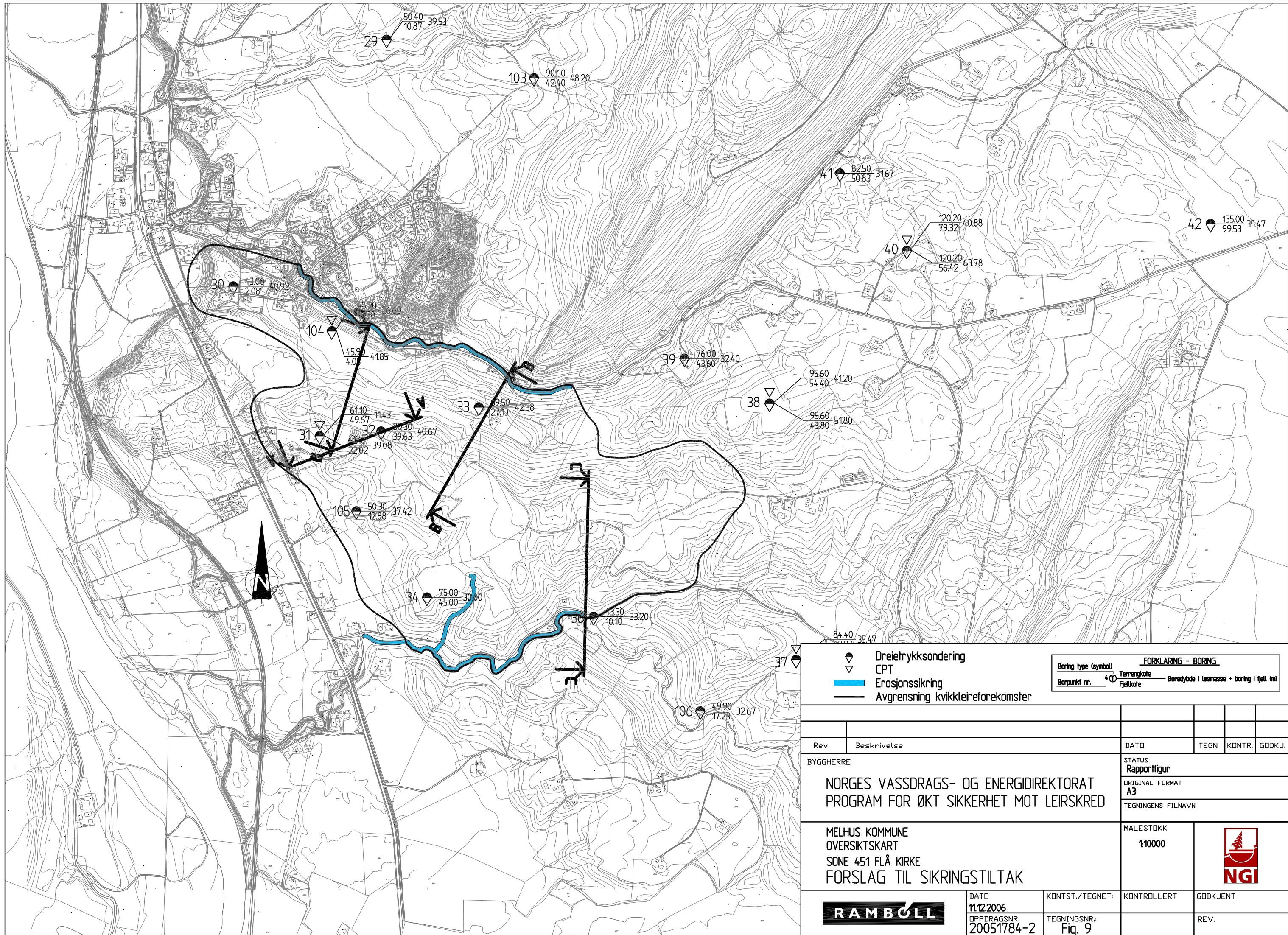
OPPDRAG
20051784-2

DATO
11.12.06

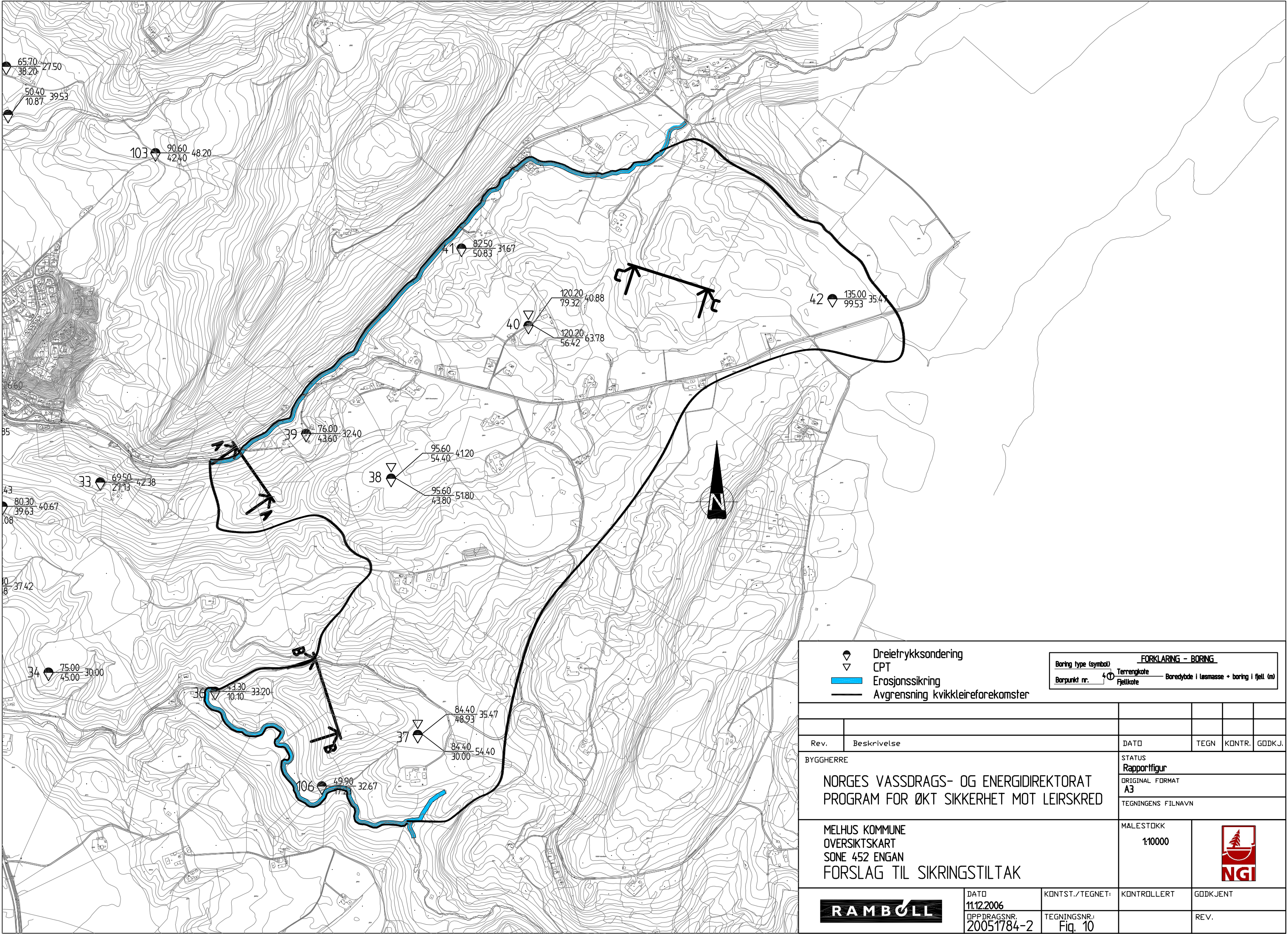
FIGUR NR.
7

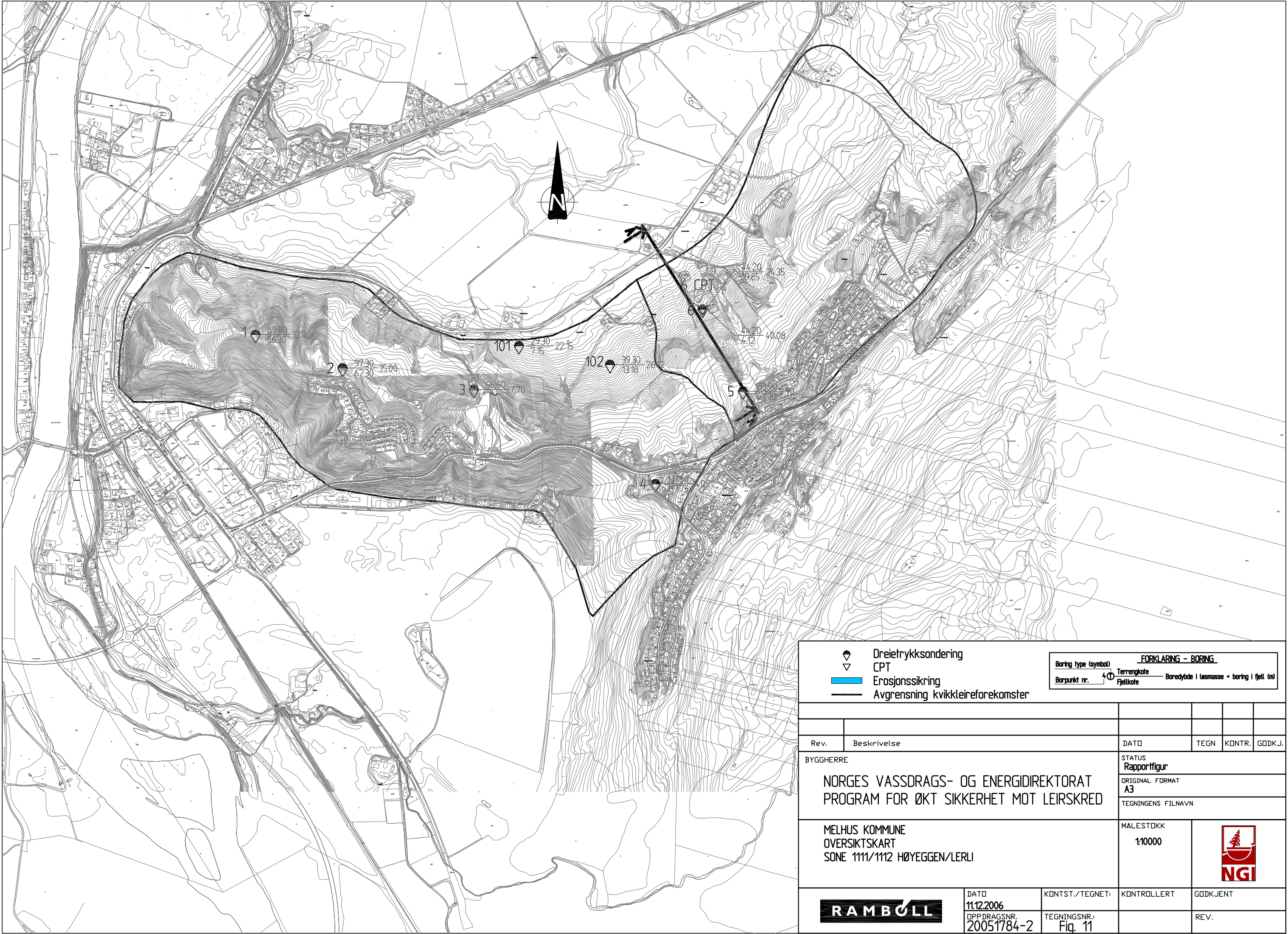


<div><div><div><div></div><div>Dreietrykkssondering</div></div><div><div></div><div>CPT</div></div><div><div></div><div>Erosjonssikring</div></div><div><div></div><div>Avgrensning kvikkleireforekomster</div></div></div><div><div><div>Boring type (symbol)</div><div>Terrengekote</div><div>Borpunkt nr.</div></div><div><div><div></div><div>Fjellkote</div></div><div>Boredybde i løsmasse + boring i fjell (m)</div></div></div></div> <div><div><div>FORKLARING - BORING</div></div></div>						
Rev.	Beskrivelse		DATO	TEGN	KONTR.	GODKJ.
BYGGHERRE			STATUS			
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED			ORIGINAL FORMAT A3			
			TEGNINGENS FILNAVN			
MELHUS KOMMUNE OVERSIKTSKART SONE 450 BORTN FORSLAG TIL SIKRINGSTILTAK			MALESTOKK 1:10000			
		DATO 11.12.2006 OPPDRAGSNR. 20051784-2	KONTST./TEGNET: TEGNINGSNR.: Fig. 8	KONTROLLERT	GODKJENT	
					REV.	



<div><div><div></div><div>▽</div></div><div></div><div></div></div>	Dreietrykksondering CPT Erosjonssikring Avgrensning kvikkleireforekomster	<div><div><div>Boring type (symbol)</div><div>Borpunkt nr.</div></div><div><div>4</div><div>①</div></div><div><div>Forklaring - Boring</div><div>Terrengkote Fjellkote</div><div>Boredybde i løsmasse + boring i fjell (m)</div></div></div>			
Rev.	Beskrivelse	DATO	TEGN	KONTR.	GODKJ.
BYGGHERRE		STATUS Rapportfigur			
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED		ORIGINAL FORMAT A3			
		TEGNINGENS FILNAVN			
MELHUS KOMMUNE OVERSIKTSKART SONE 451 FLÅ KIRKE FORSLAG TIL SIKRINGSTILTAK		MÅLESTOKK 1:10000			
		DATO 11.12.2006	KONTST./TEGNET:	KONTROLLERT	GODKJENT
		OPPDRAGSNR. 20051784-2	TEGNINGSNR.: Fig. 9		REV.





Dreietrykkssondering

CPT

Erosjonssikring

Avgrensning kvikkleireforekomster

Boring type (symbol)

Borpunkt nr.

4

1

Terrengekote

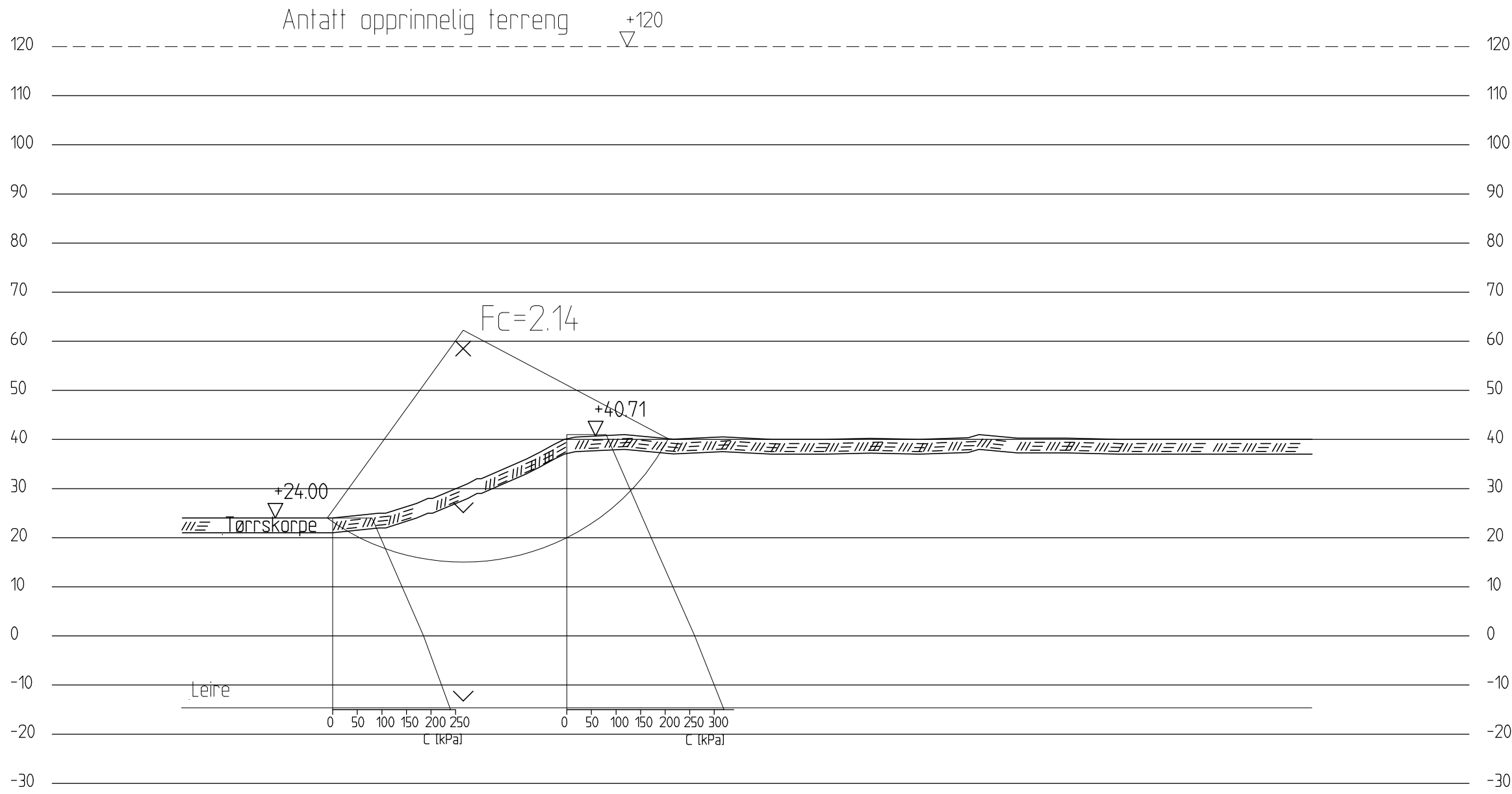
Fjellkote

FORKLARING - BORING

Boredybde i løsmasse + boring i fjell (m)

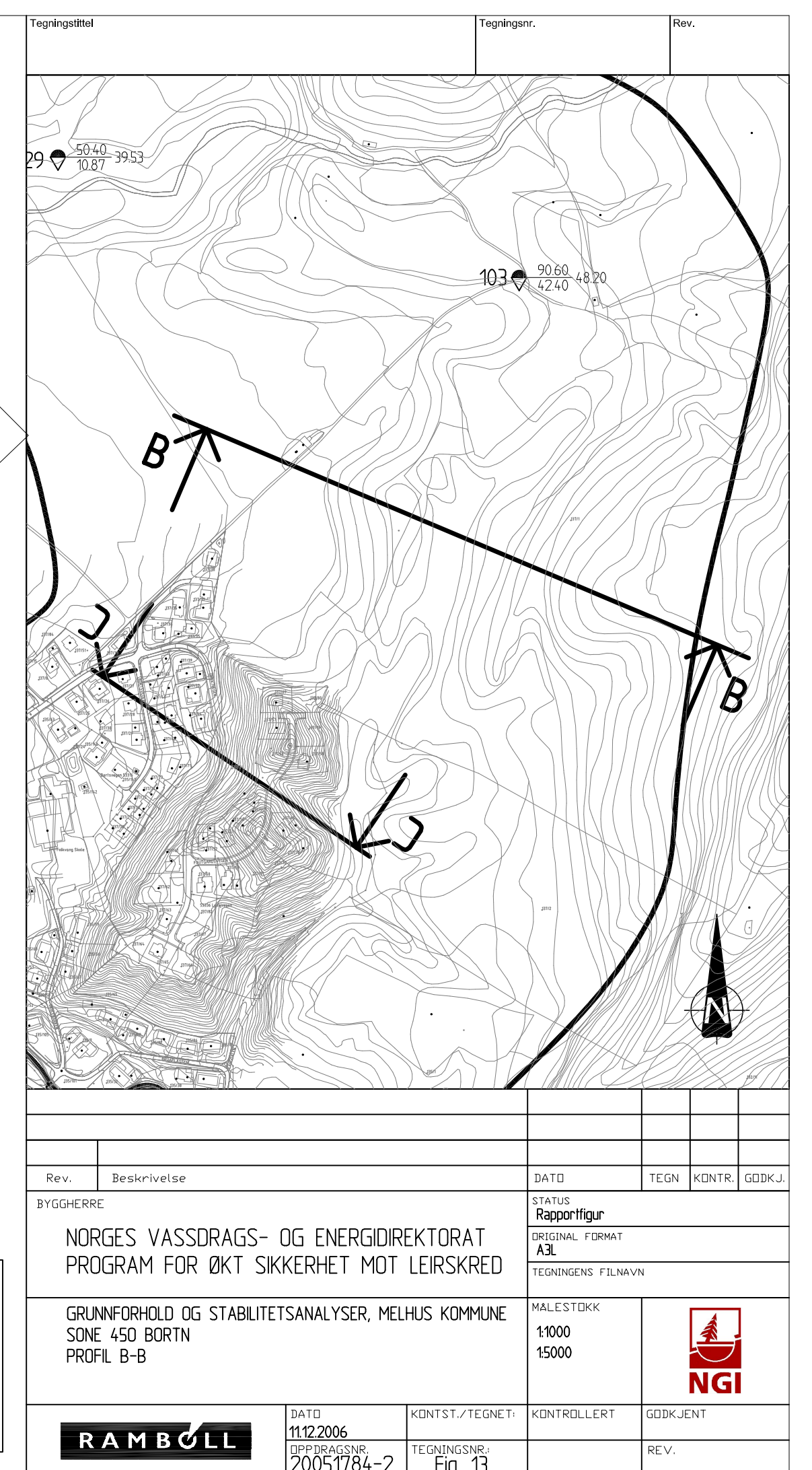
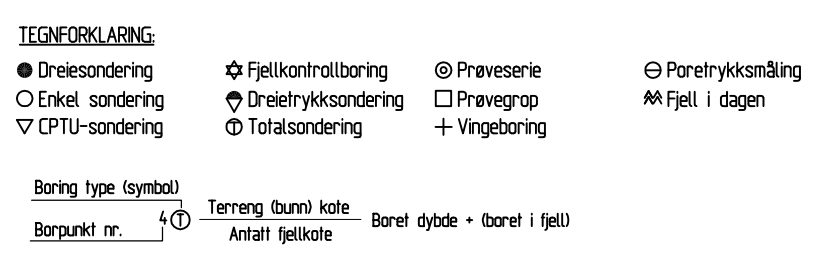
Rev.	Beskrivelse	DATO	TEGN	KONTR.	GODK.J.
BYGGHERRE		STATUS			
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT		Rapportfigur			
PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED		ORIGINAL FORMAT			
		A3			
		TEGNINGENS FILNAVN			
MELHUS KOMMUNE		MÅLESTOKK			
OVERSIKTSKART		1:10000			
SONE 1111/1112 HØYEGGEN/LERLI					
		DATO	KONTST./TEGNET	KONTROLLERT	GODKJENT
		11.12.2006			
		DPPDRAGSNR.	TEGNINGSNR.	REV.	
		20051784-2	Fig. 11		

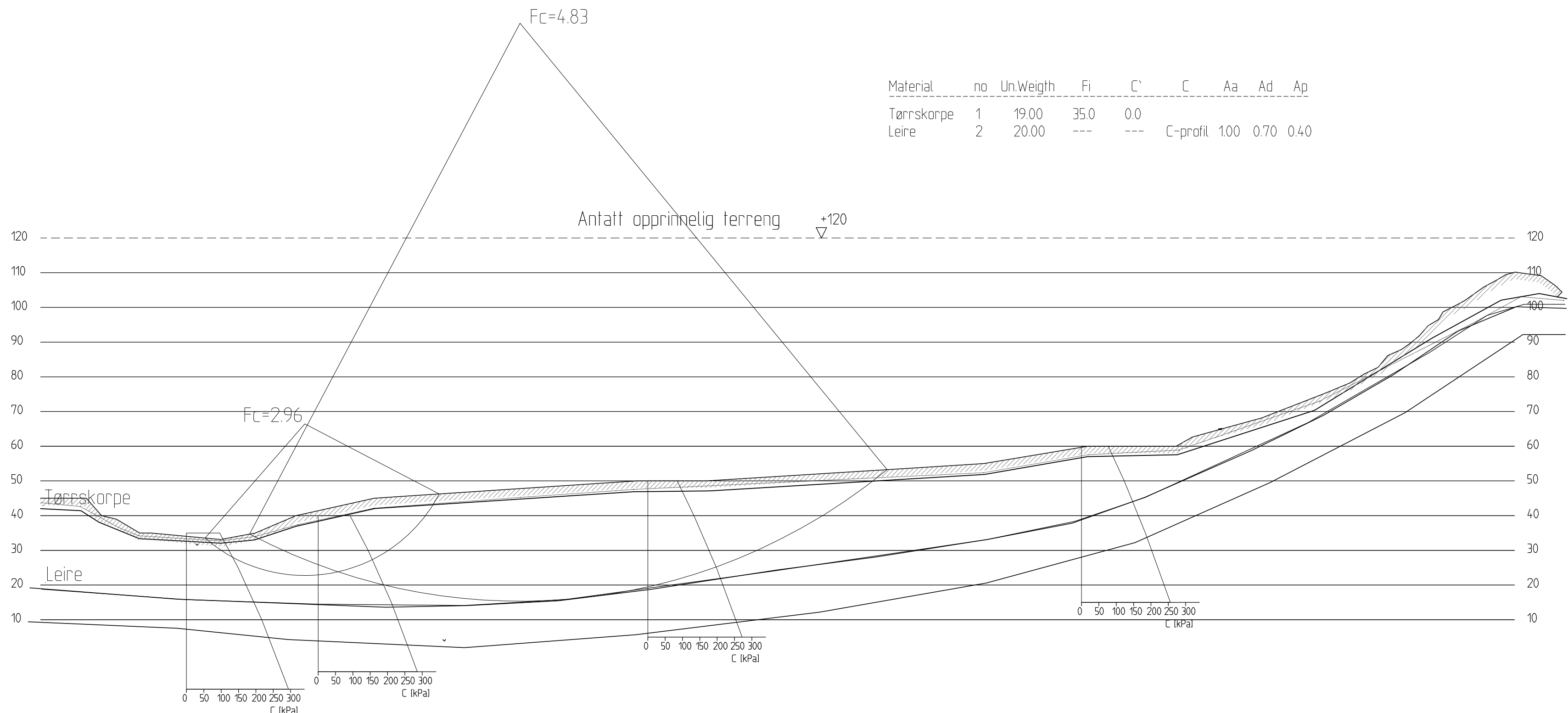
Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørsskorpe	2	19.00	35.0	0.0				
Leire	1	20.00	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40



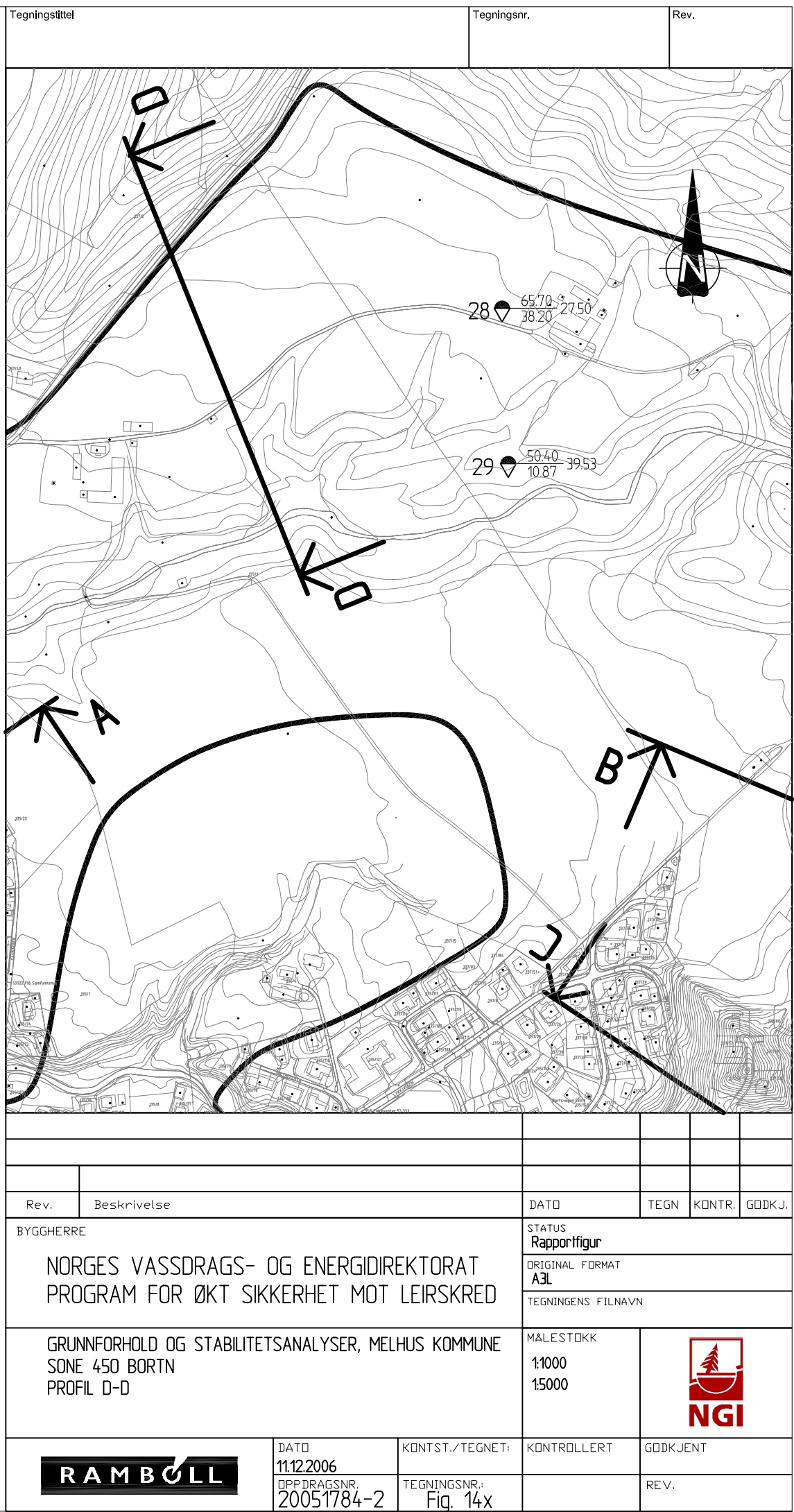
TEGNEFORKLARING			
● Driesondring	✱ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊙ Poretrykksmåling
○ Enkel sondering	⊙ Driesykksondring	□ Prøvegrop	AA Fjell i dagen
▽ CPTU-sondering	⊙ Totalsondring	+ Vingeboring	
Boring type (symbol)			
Borpunkt nr. 1	Terreng bunn kote	Boret dybde + boret i fjell	



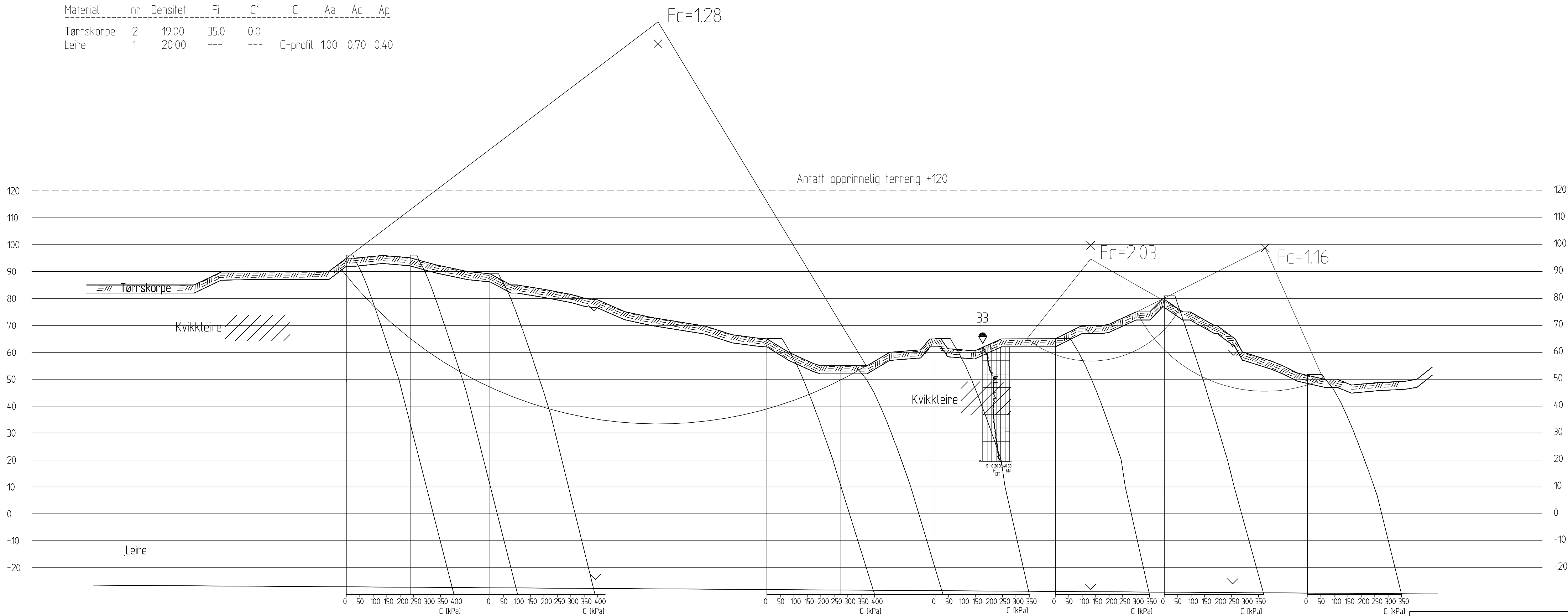




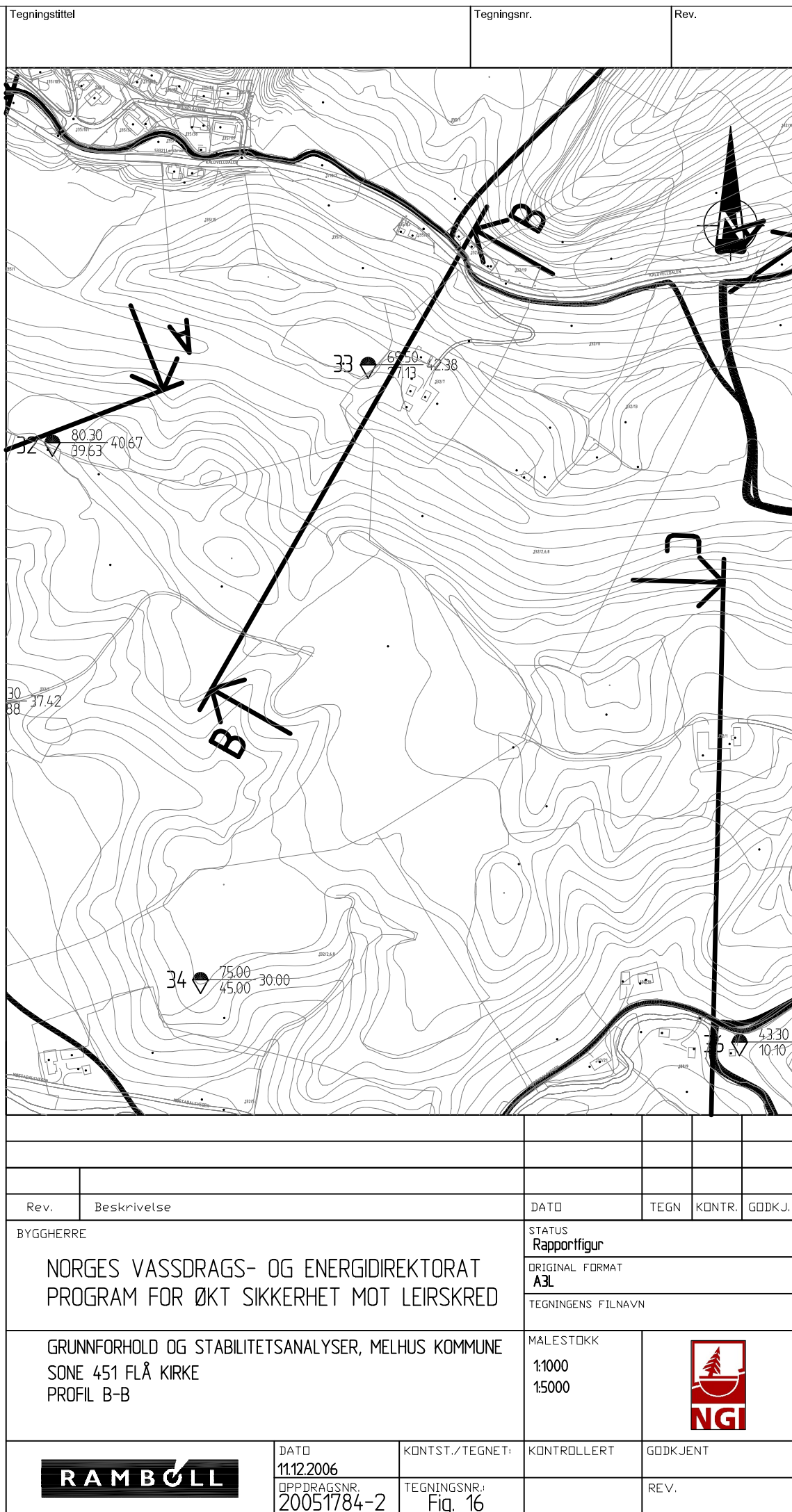
TEGNEKLARING			
● Dreiesonering	✱ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊙ Poretrykksmåling
○ Enkel sondering	⊕ Dreietrykkssondering	□ Prøvegrop	✱ Fjell i dagen
▽ CPTU-sondering	⊕ Totalsondering	+ Vingeboring	
Boring type (symbol)			
Borpunkt nr.	↑	Terreng (buret) kote	
		Antatt fjellkote	Buret dybde + Buret i fjell

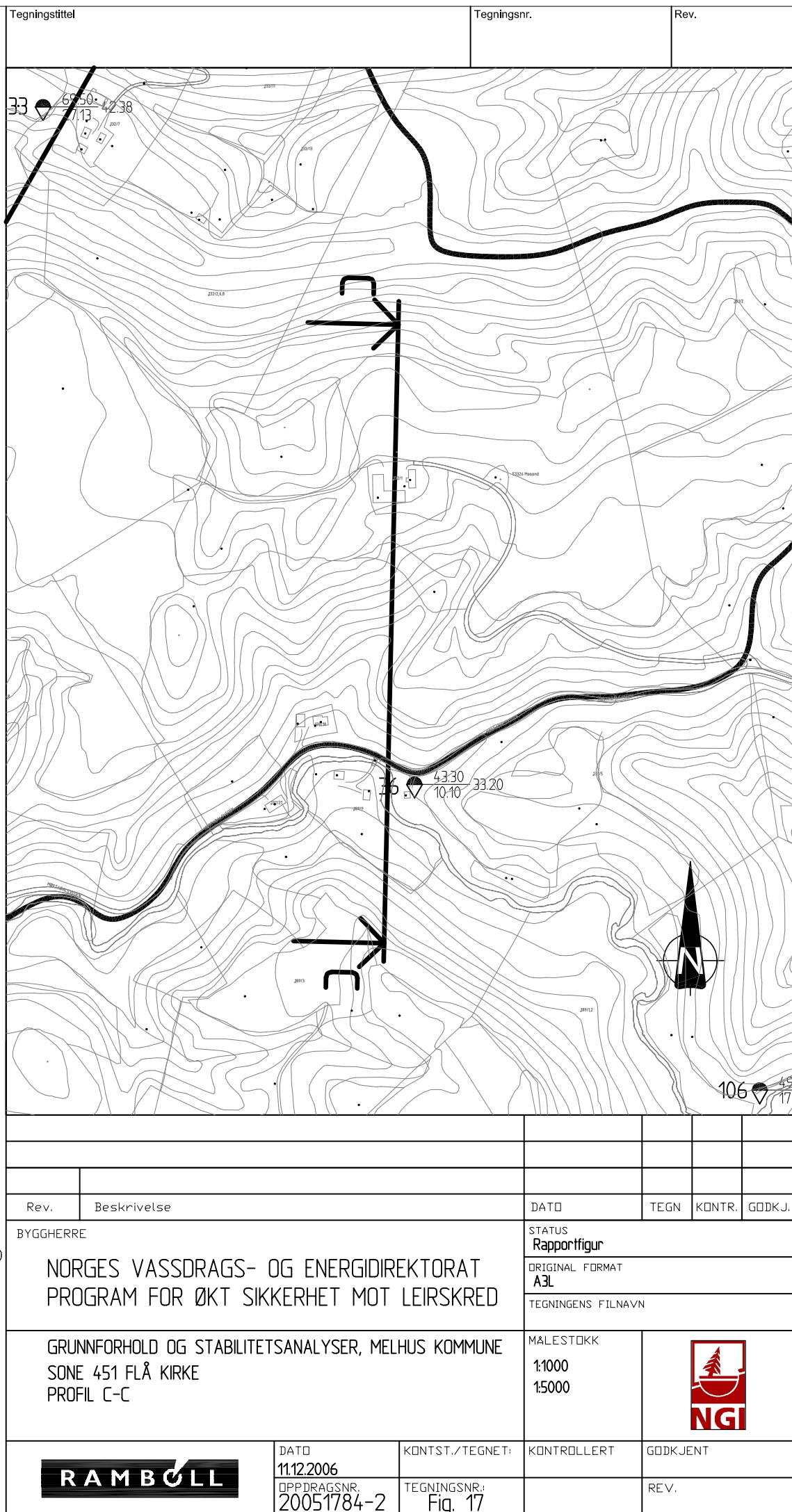
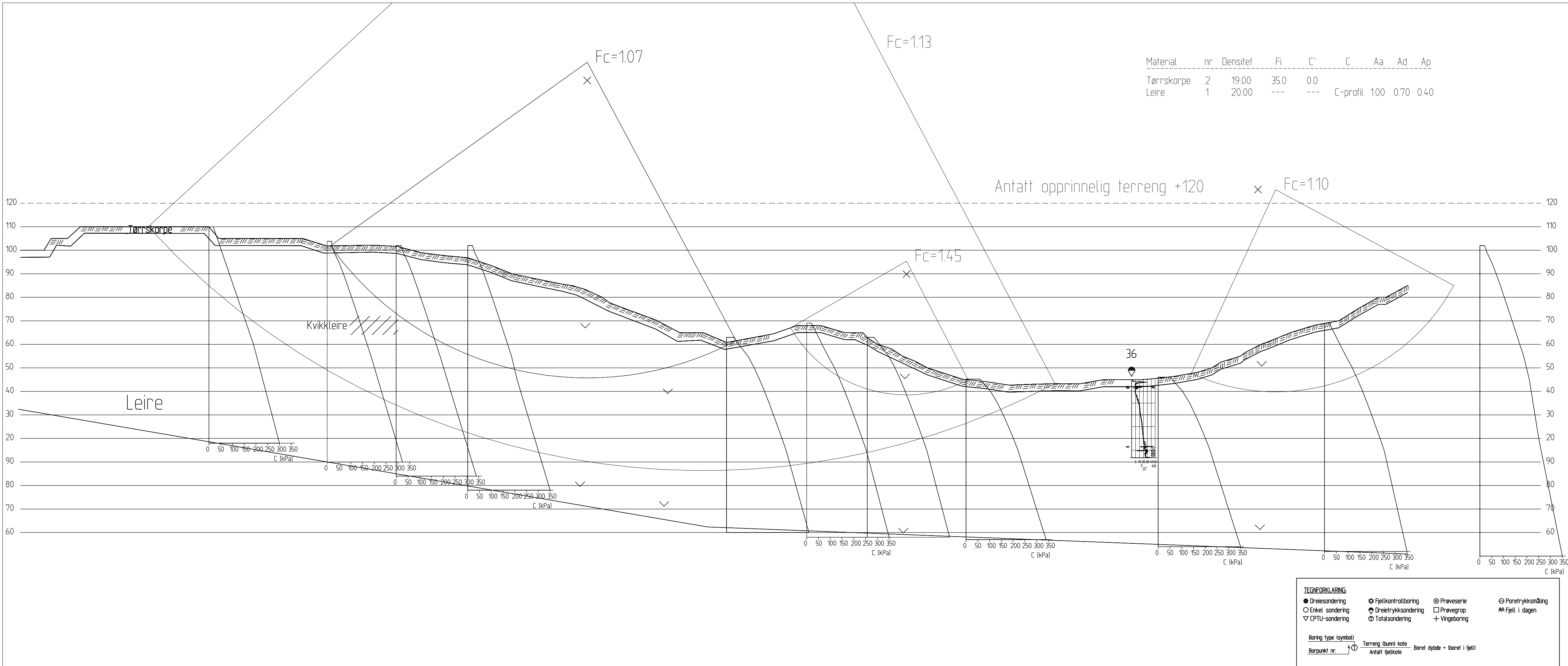


Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørsskorpe	2	19.00	35.0	0.0				
Leire	1	20.00	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40

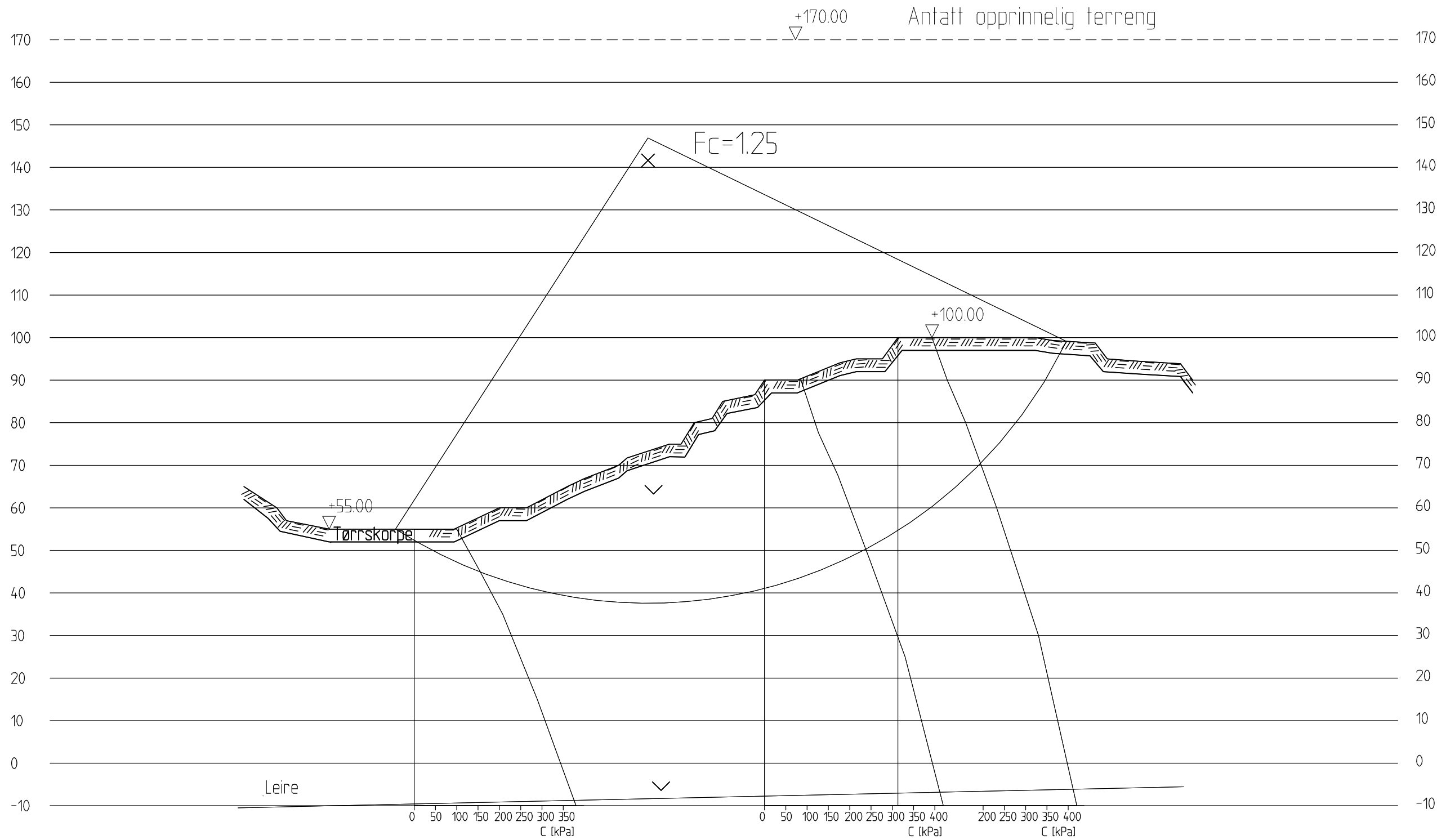


TEGNEKORTLØSNING			
● Direktesondering	⊕ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊖ Parertrykksondring
○ Enkel sondering	⊕ Direktrykksondering	□ Prøvegrip	⊕ Fjell i dagen
▽ CPTU-sondering	⊕ Totalsondering	+ Vingeboring	
Boringstype (symbol)			
Borpunkt nr.	Terreng (bunn) kote	Boret dybde	Boret i fjell
	Antall fjellkote		

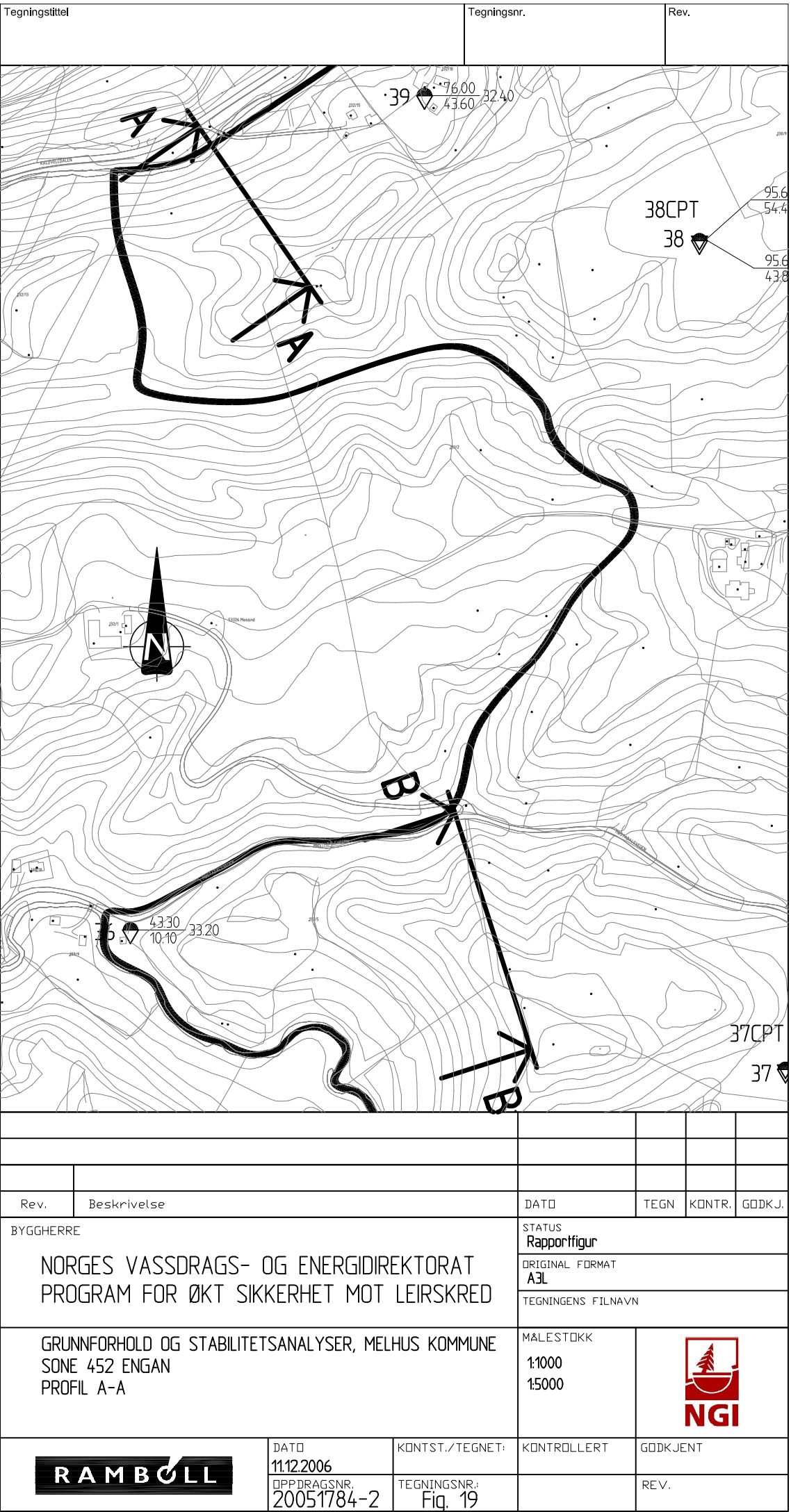




Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpe	2	19.00	35.0	0.0				
Leire	1	20.00	---	---	C-profil	100	0.70	0.40



TEGNEFORKLARING			
● Diresonering	✱ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊙ Poretrykksmåling
○ Enkel sondering	⬢ Dreielektrisksondering	□ Prøvegrop	AA Fjell i dagen
▽ CPTU-sondering	⊙ Totalsondering	+ Vingeboing	
Boring type (symbol)			
Boringsnr. 1	Terreng bunn kote	Boret dybde + boret i fjell	

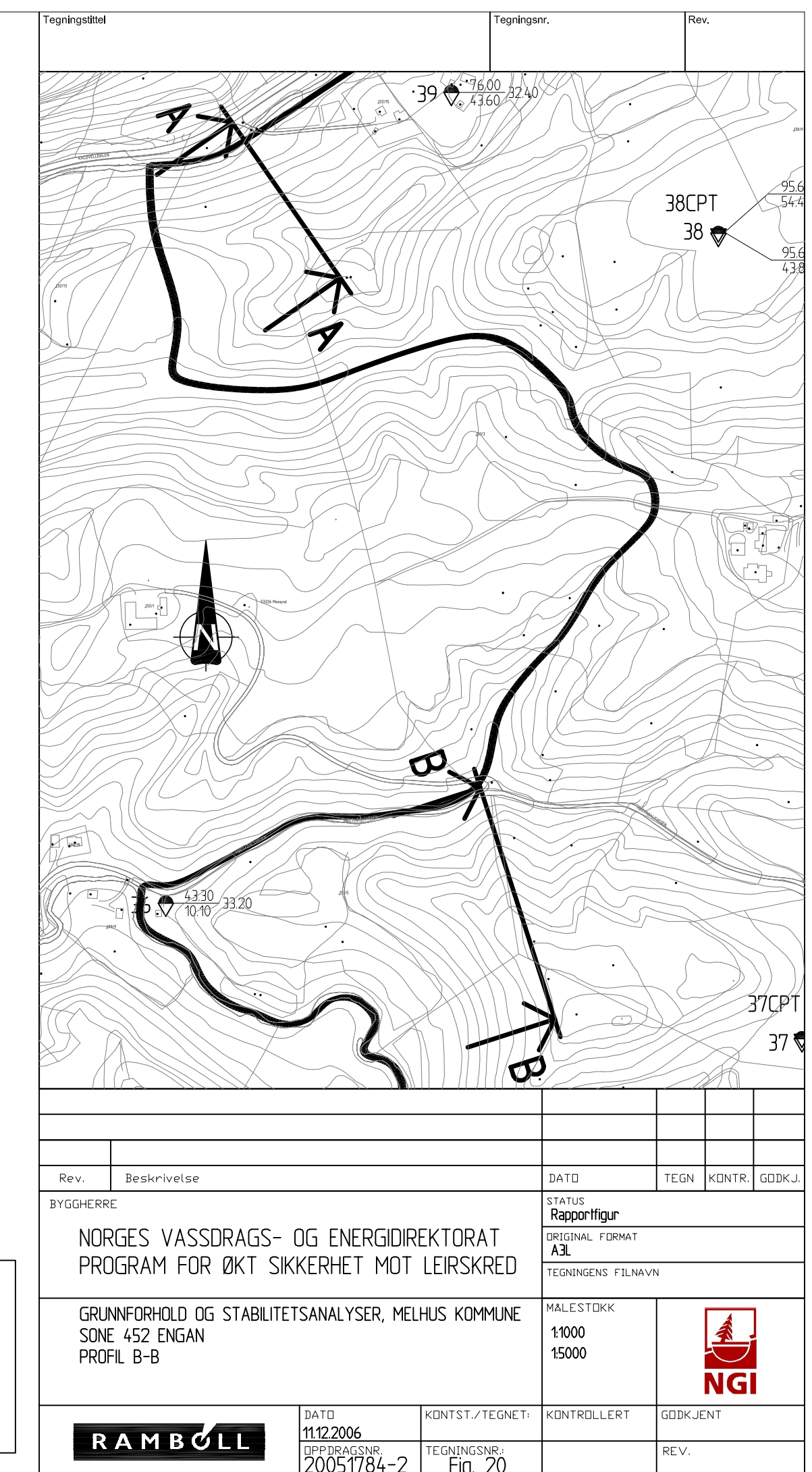


Rev.	Beskrivelse	DATO	TEGN	KONTR	GODKJ.
BYGGHERRE	NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED	STATUS Rapportfigur ORIGINAL FORMAT A3 TEGNEGENS FJLNAVW	MALESTOKK 1:1000 15000	KONTROLLERT	GODKJENT
RAMBOLL	DATO 11/12/2006 OPPROGSRNR. 20051784-2	KONTST./TEGNET TEGNEGENS Fig. 19	REVISJON		

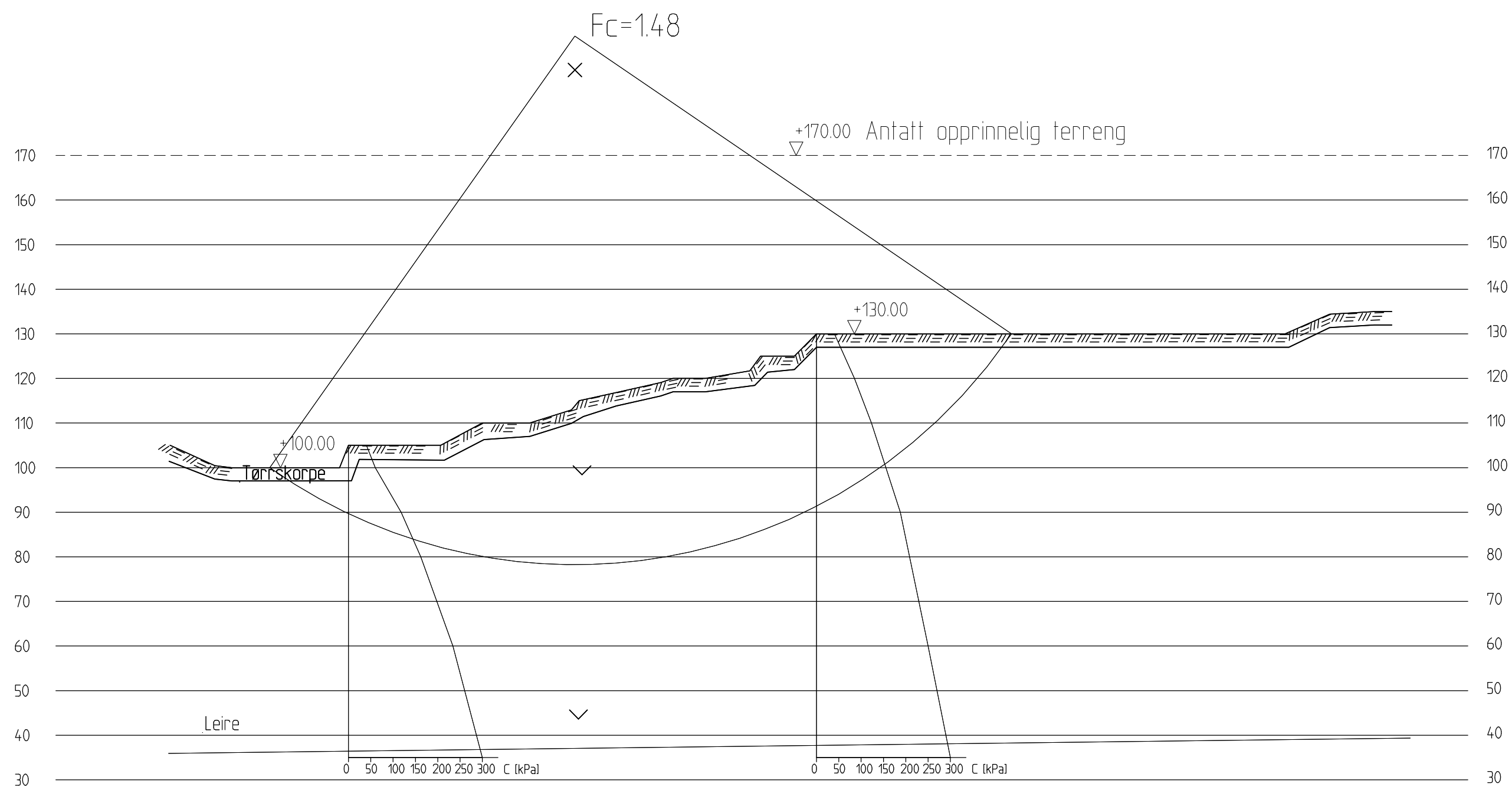
Technical drawing of a road cross-section showing a parabolic curve with a 1.44% grade. The drawing includes a profile view with elevations of +55.00, +95.00, and +99.27, and a plan view showing the road layout and a 'Leire' (clay) area. The horizontal axis is labeled 'C (kPa)' and ranges from 0 to 400.

● Diresondering ✱ Fjellkontrollboring ☉ Prøveserie ☹ Poretrykksmåling
 ○ Enkel sondering ⚡ Dreietrykksondering ☐ Prøvegrop ✱ Fjell i dagen
 ▽ CPTU-sondering ⊕ Totalsondering + Vingebooring

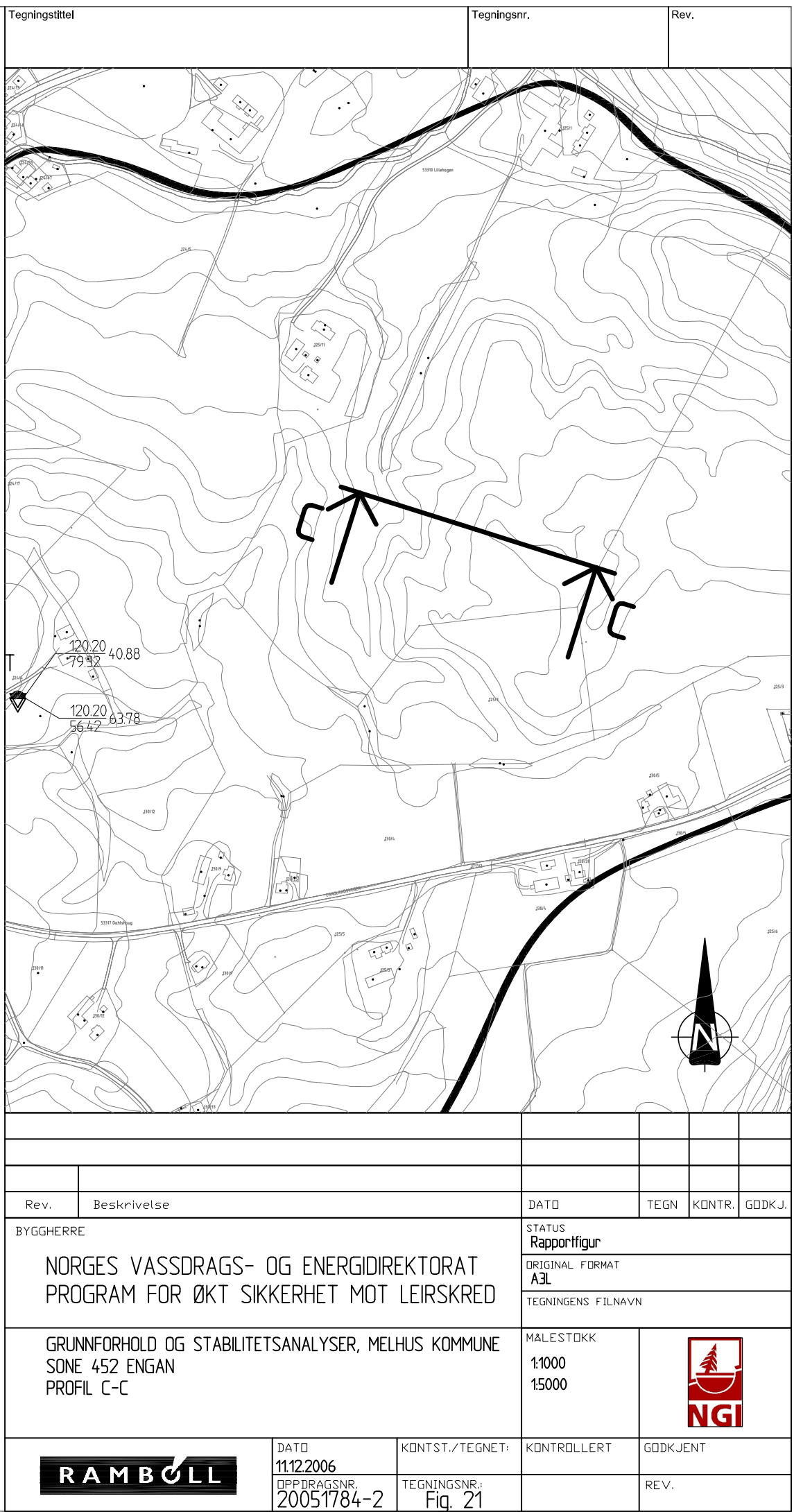
Boring type (symbol) Terrang (bunn) kote
 Boring nr. 4 Antall fjellkote Boret dybde + (boret i fjell)

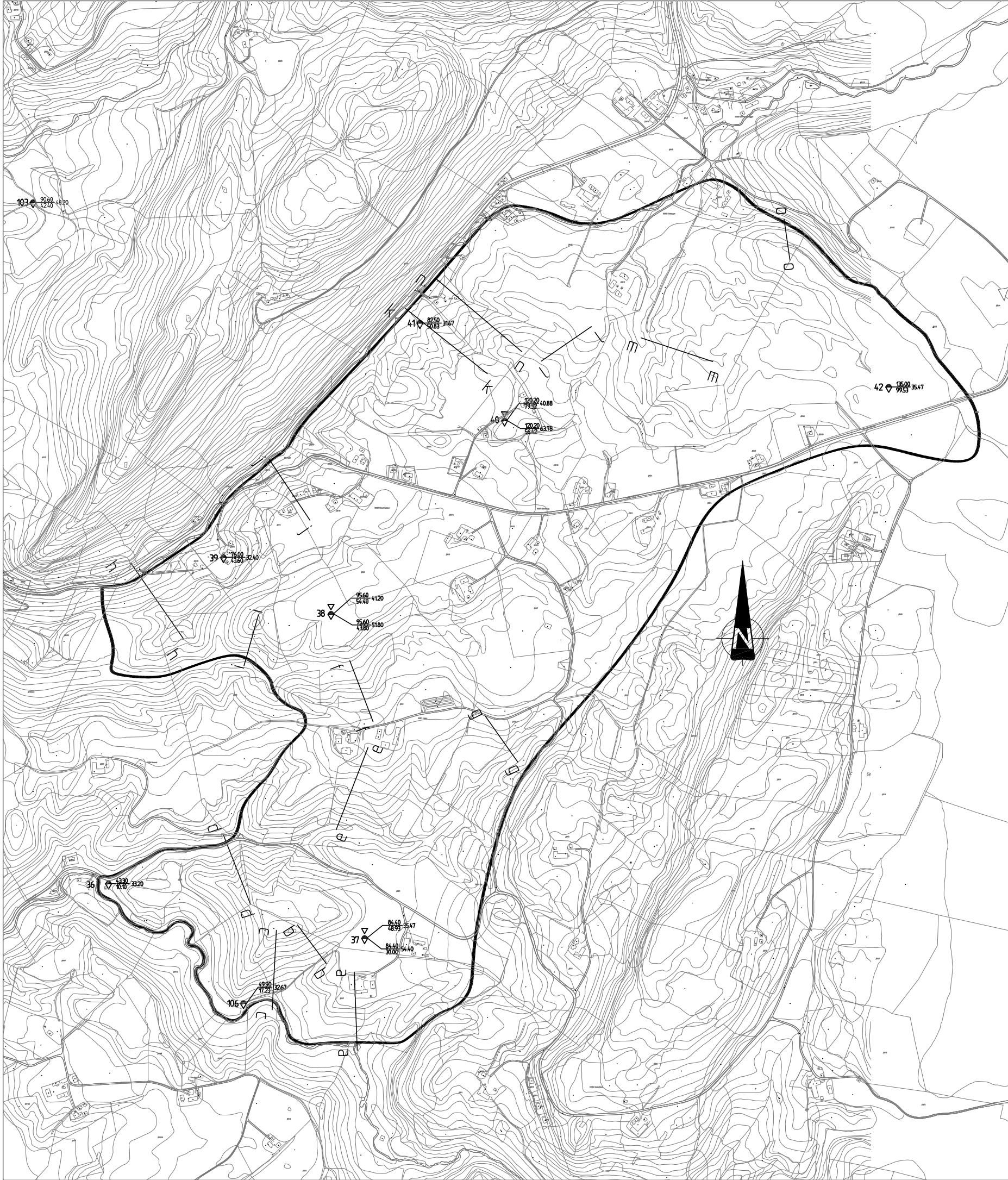


Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørnsskorpe	2	19.00	35.0	0.0				
Leire	1	20.00	---	---	C-profil	100	0.70	0.40



TEGNEFORKLARING			
● Driesonering	✱ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊙ Poretrykksmåling
○ Enkel sondering	⊙ Drietrykkssondering	□ Prøvegrop	AA Fjell i dagen
▽ CPTU-sondering	⊙ Totalsondering	+ Vingeboring	
Boring type (symbol)			
Boringsnr. 1	Terrang bunn i kote	Boret dybde + boret i fjell	





6060016 Engan

Sammendrag av sirkelberegninger med Excel for bestemmelse av kritiske profiler.

Sammenligning med Postograf-analyser

Y_{ref} og K_{Suvalgt} bestemt av S_{UA}=0,3 p_U OCR^{A0.65} og S_{UD} = 0.7 S_{UA}

OCR beregnet for y_{opp} = kote +170

Sirkel: y_{terreng} manuelt fra kart med 5 m ekvidistanse

ADP: Digital profilkonstruksjon

Profilnavn		Terrengdata for sirkelberegning				Styrkedata			Sikkerhetsfaktor			
Sirkel-beregning	Y _{terreng} topp	Y _{terreng} fot	Δ H	Helning cotg α	Y _{ref} topp	Y _{ref} fot	K _{Suvalgt}	Sirkel S ₀ =S _{UD} =K _{Suvalgt} (Y _{ref} -Y)	ADP-analyse	Isotrop analyse	Profil Postograf	
a	80	55	25.0	3.4	100.0	80.0	3.15	1.87				
b	105	74	31.0	2.6	119.0	95.0	3.15	1.29				
c	105	50	55.0	2.6	121.5	79.0	2.94	1.03				
d	100	50	50.0	2.3	117.0	78.0	3.00	1.14	1.44	1.26	Engan B	
e	110	65	45.0	3.2	124.0	89.5	3.00	1.21				
f	110	80	30.0	3.3	124.0	101.0	3.00	1.40				
g	110	87	23.0	2.9	124.0	106.0	3.00	1.43				
h	100	55	45.0	2.2	117.0	82.0	3.00	1.07	1.25	1.10	Engan A	
i	105	65	40.0	2.0	121.0	91.0	2.94	1.03				
j	97	63	34.0	2.3	114.0	87.0	3.04	1.24				
k	110	78	32.0	4.3	124.0	100.0	3.00	1.57				
l	130	105	25.0	3.6	143.0	125.5	2.60	1.35				
m	130	98	32.0	3.6	143.0	120.5	2.60	1.11	1.48	1.33	Engan C	
n	130	80	50.0	4.3	141.0	104.0	2.80	1.21				
o	130	103	27.0	2.4	142.0	123.0	2.67	1.09				

Rev.

Beskrivelse

DATO

TEGN

KONTR.

GODKJ.

BYGGHERRE

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT
PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED

STATUS
Rapportfigur

ORIGINAL FORMAT
A3

TEGNINGENS FILNAVN

MELHUS KOMMUNE
SONE 452 ENGAN
PROFILOVERSIKT a-o
RESULTATER FRA OVERSLAGSBEREGNINGER - STABILITET

MÅLESTOKK
1:10000

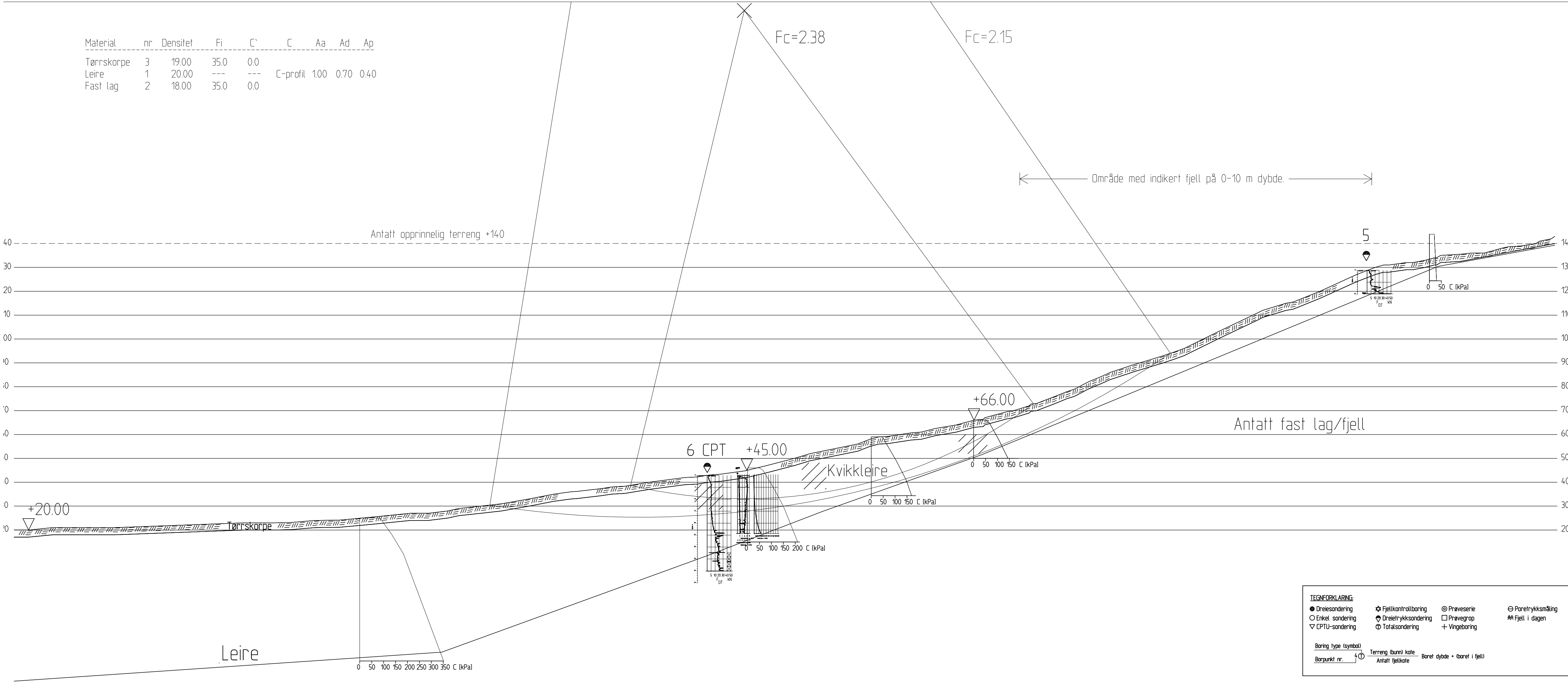
DATO
11.12.2006
OPPDRAGSNR.
20051784-2

KONTST./TEGNET:
TEGNINGSNR.:
Fig. 22

KONTROLLERT

GODKJENT

REV.

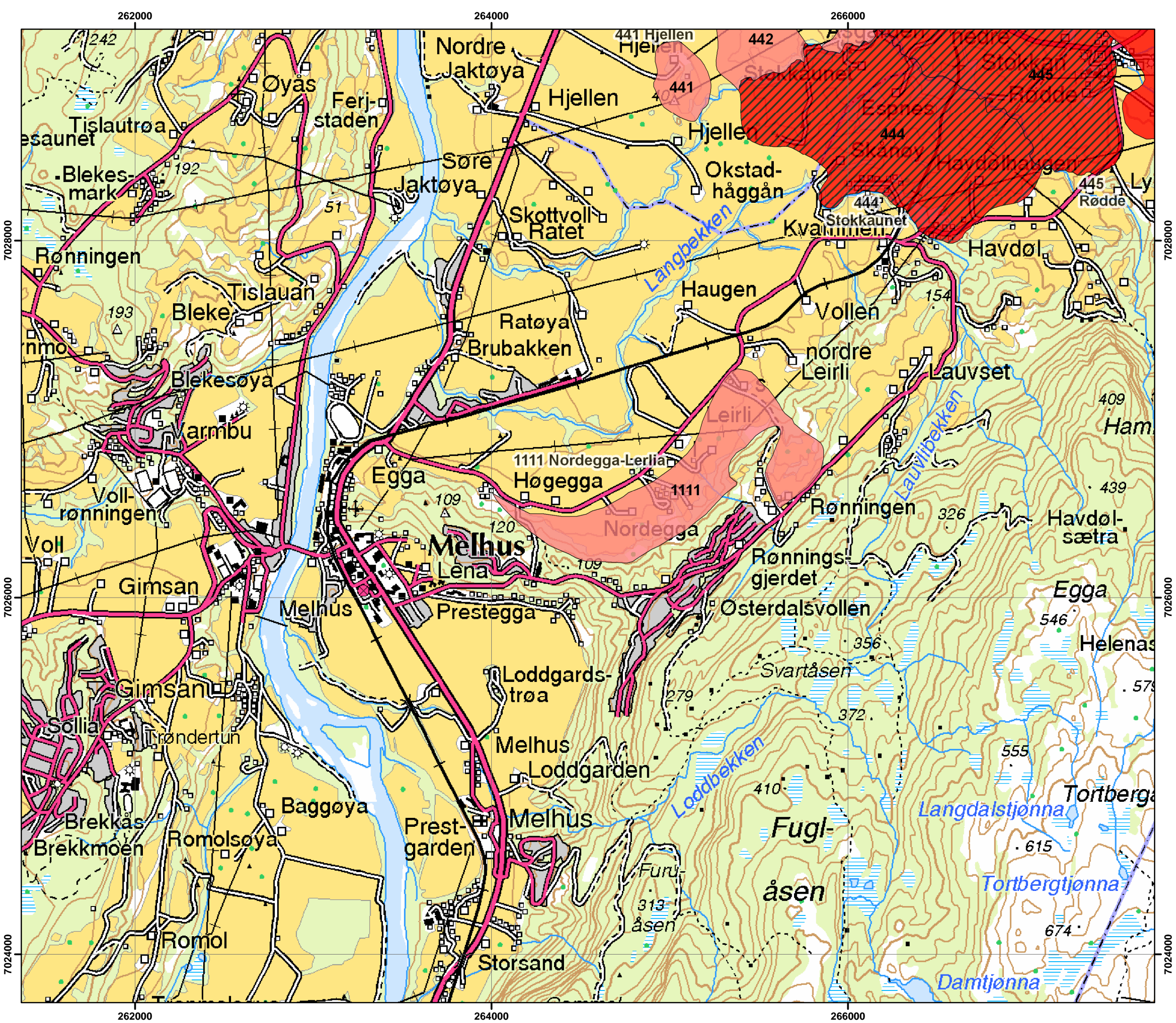


Tegningstittel

Tegningens

Rev.

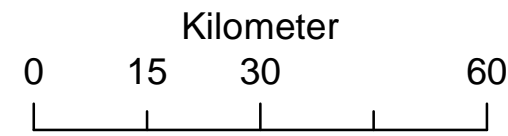
Rev.	Beskrivelse	STATUS	TEGN	KONTR	GOD
BYGGHERRE		RAPPORTTITTEL			
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT		ORIGINAL FORMAT			
PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED		TEGNINGENS FILNAVN			
GRUNNFORHOLD OG STABILITETSANALYSER, MELHUS KOMMUNE		MALESTOKK			
SONE 1111/1112 HØYEGGEN/LERLI		1:1000			
PROFIL A-A		15000		GODKJENT	
RAMBOLL		STATUS	TEGN	KONTR	GOD
11.12.2006		TEGNINGSNR.		REV.	
20051784-2		Fig. 23			



Tegnforklaring

Risikoklasse

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

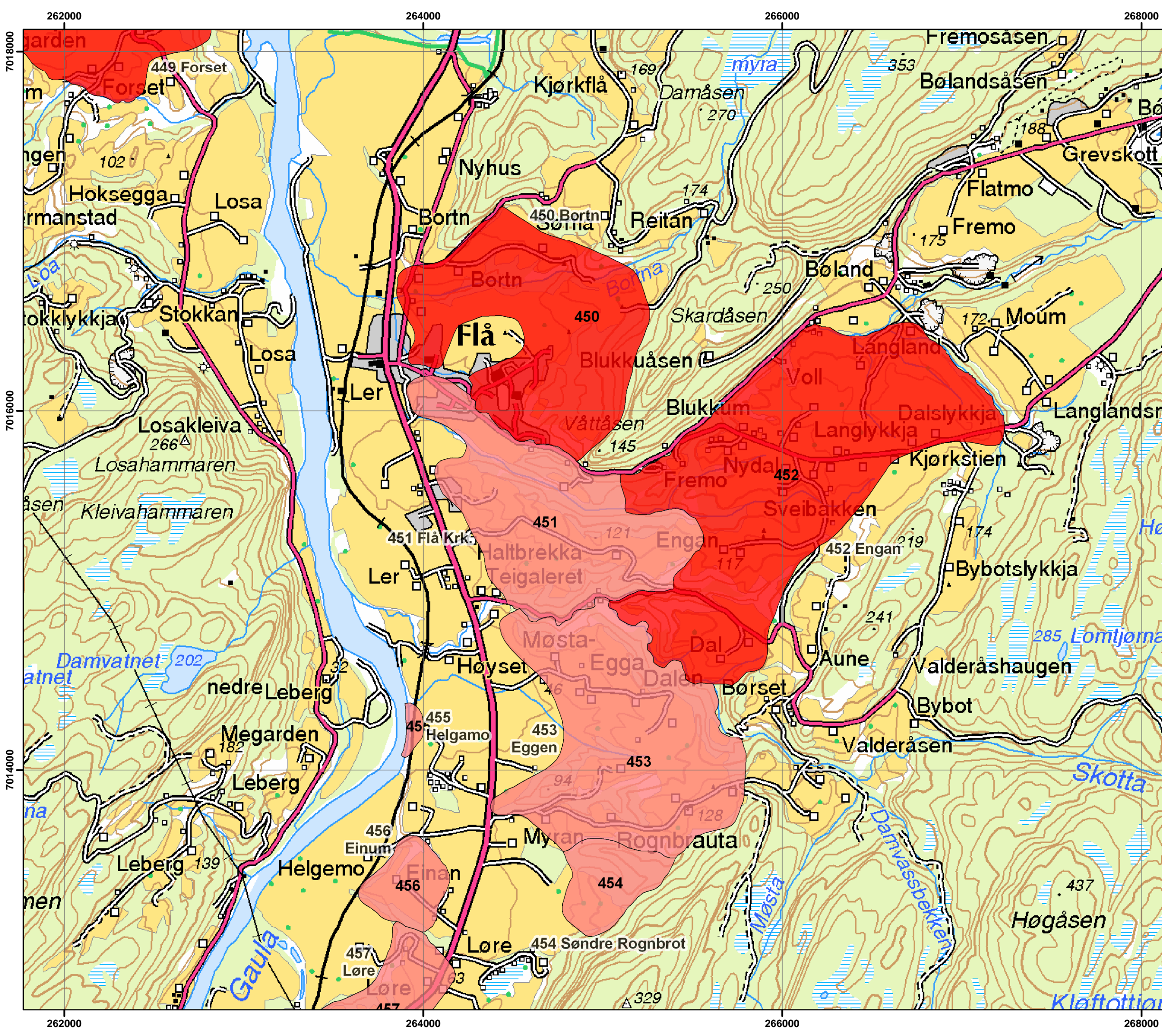


Kartgrunnlag: N5-raster ©GEOVEKST

A					
Rev.	Endring-årsning	Uttent	Kontrollert	Godkjent	Dato

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT

PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED	Rapportnr. 20051784	Kartbilag nr. 29
Risikokart, Melhus kommune Målestokk hovedkart 1 : 20 000 Målestokk oversiktskart 1 : 1000 000	Uttent TrV	Dato 2007-03-30
	Kontrollert AKL	
	Godkjent KE	
Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM, Sone: 33		



Tegnforklaring

Faregradklasse


- Lav
- Middels
- Høy

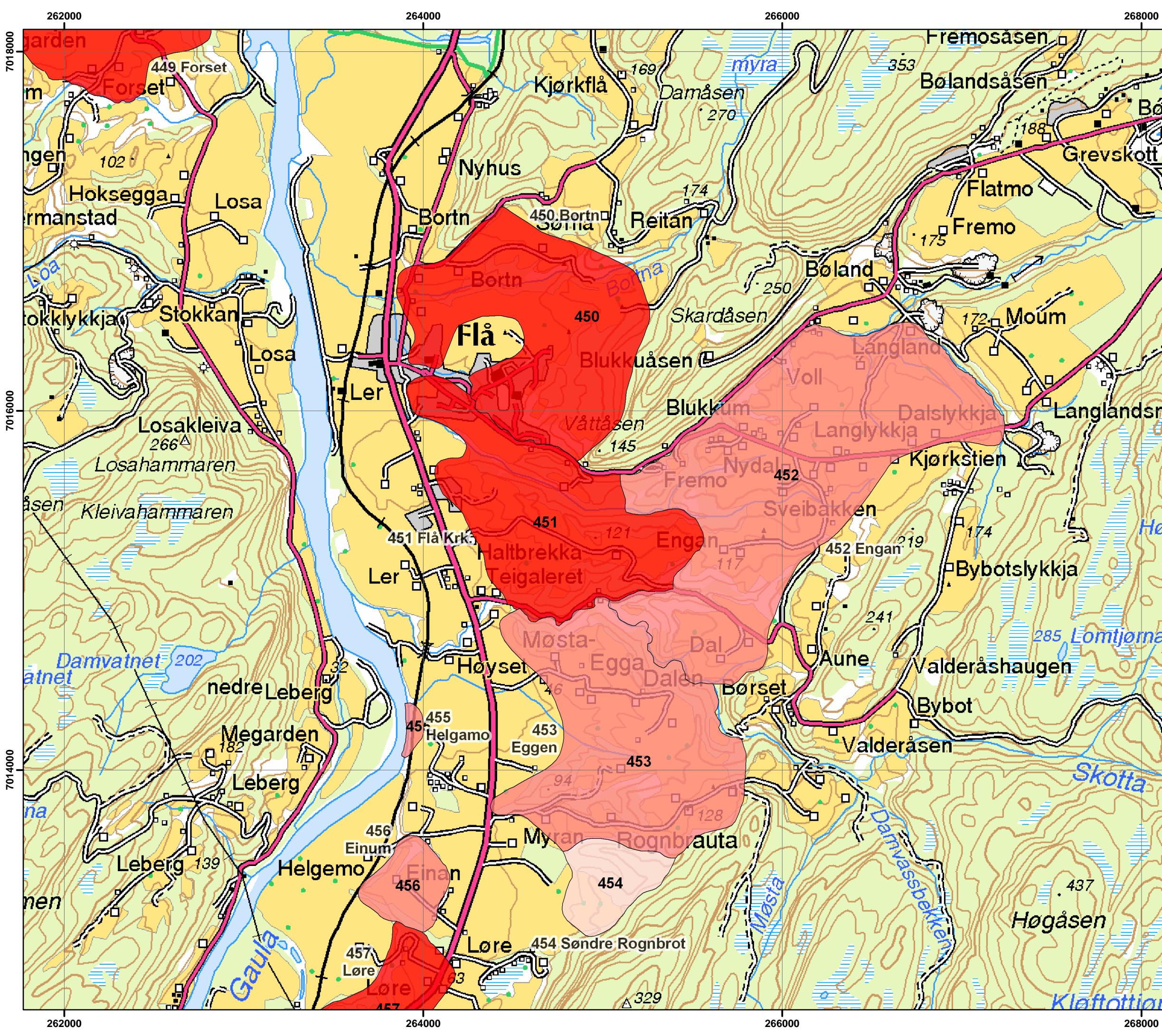
Kilometer

0 15 30 60

GEOVEKST Kartgrunnlag: N5-raster ©GEOVEKST

B				
A				
Rev.	Endring - versjon	Uttrent	Kontrollert	Godkjent
				Dato

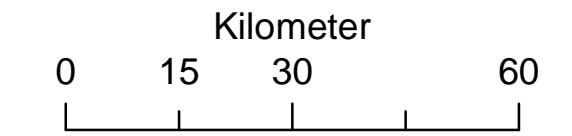
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT		
PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED	Rapportnr. 20051784	Kartbilag nr. 24
Faregradkart, Melhus kommune Målestokk hovedkart 1 : 20 000 Målestokk oversiktskart 1 : 1000 000	Uttrent TrV	Dato 2007-03-30
	Kontrollert AKL	
	Godkjent KE	
	Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM, Sone: 33	



Tegnforklaring


Konsekvensklasse

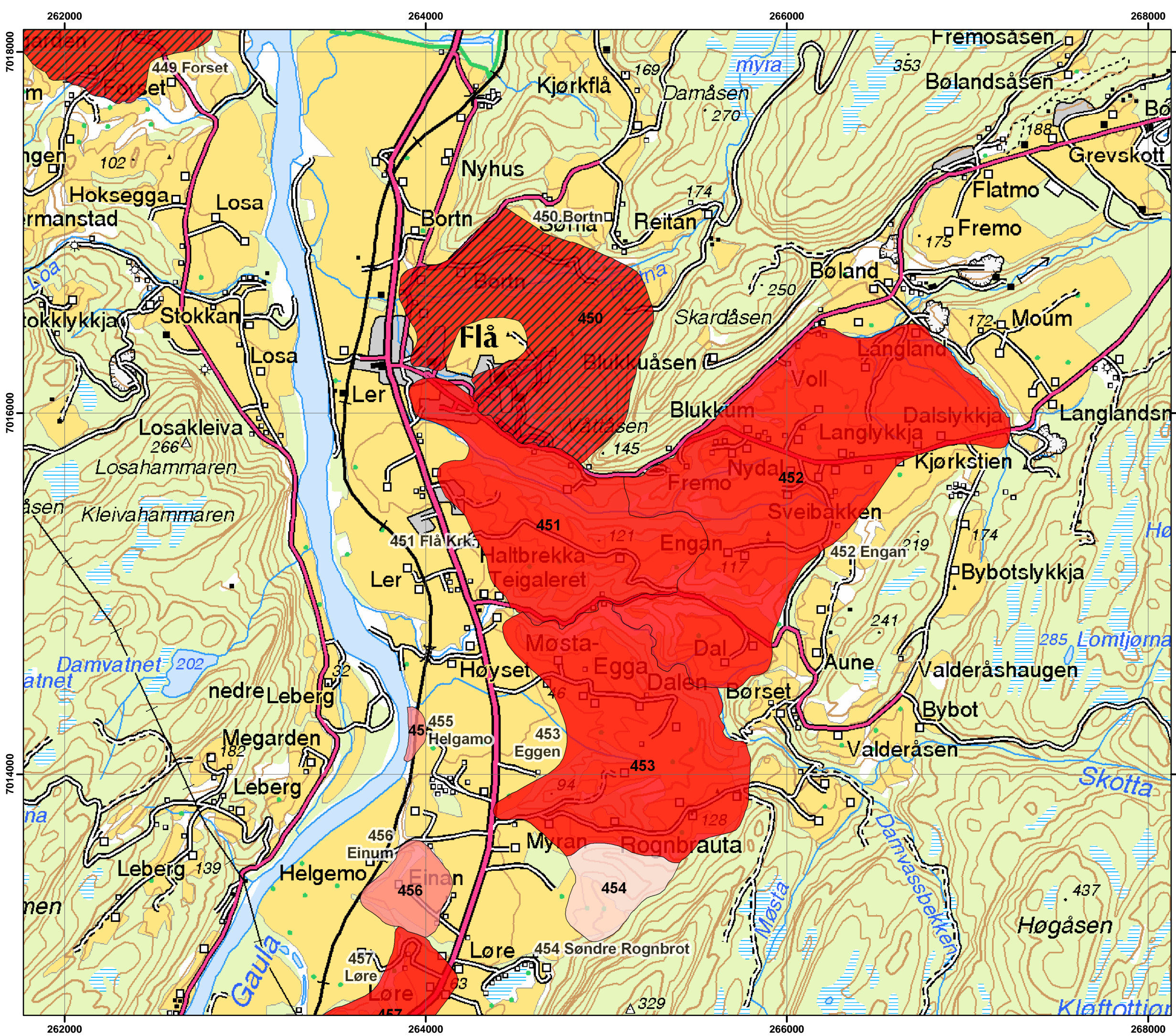
- Mindre alvorlig
- Alvorlig
- Meget alvorlig



GEOVEKST Kartgrunnlag: N5-raster ©GEOVEKST

B				
A				
Rev.	Endring - versjon	Uttrent	Kontrollert	Godkjent
				Dato

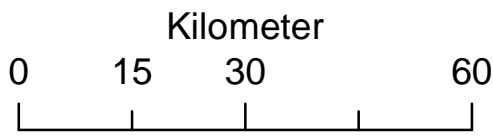
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT		
PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED	Rapportnr. 20051784	Kartbilag nr. 25
Konsekvenskart, Melhus kommune Målestokk hovedkart 1 : 20 000 Målestokk oversiktskart 1 : 1000 000	Uttrent TrV	Dato 2007-03-30
	Kontrollert AKL	
	Godkjent KE	
Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM, Sone: 33		



Tegnforklaring


Risikoklasse

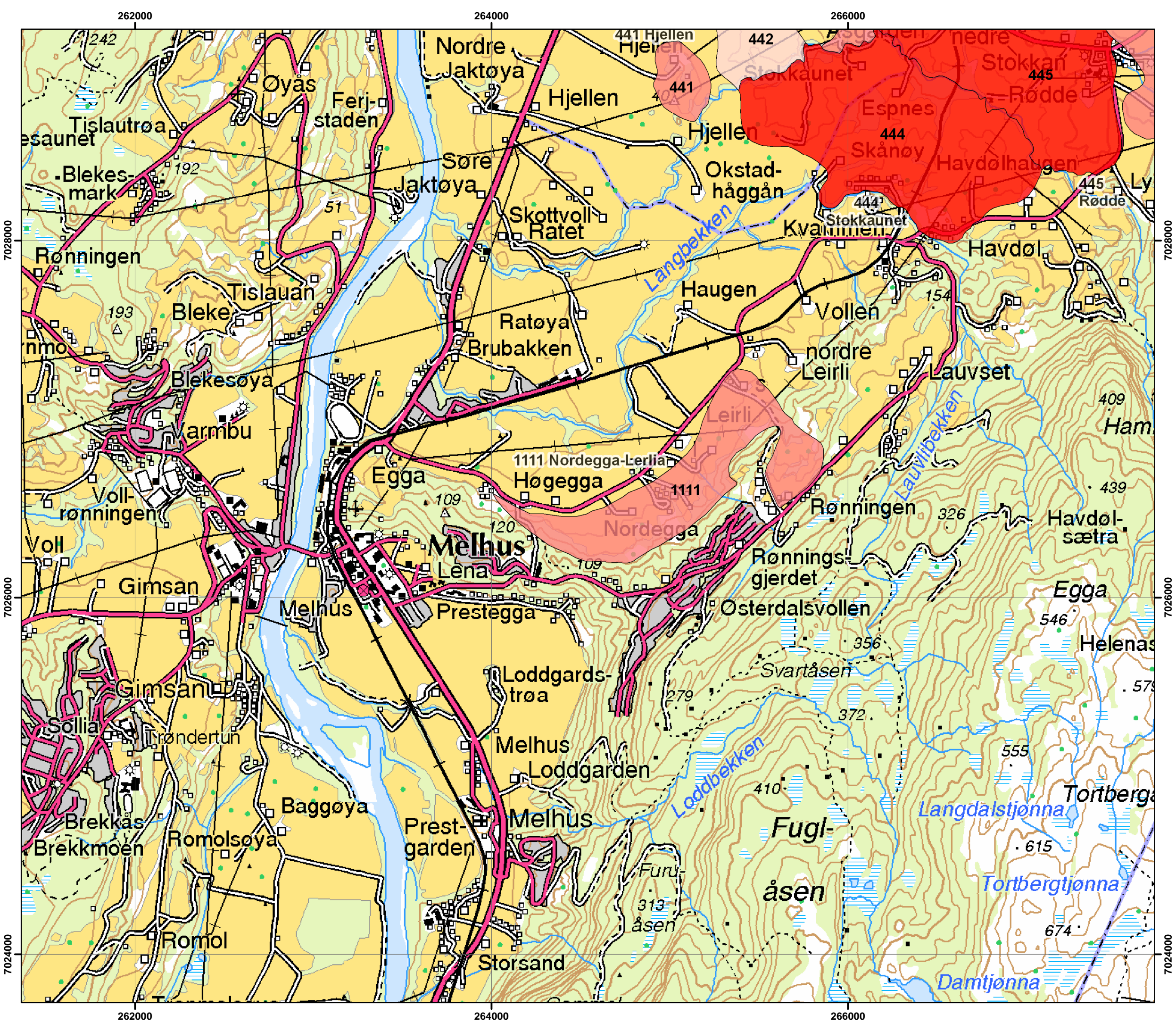
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



Kartgrunnlag: N5-raster ©GEOVEKST

B					
A					
Rev.	Endring - erstatning	Uttrent	Kontrollert	Godkjent	Dato

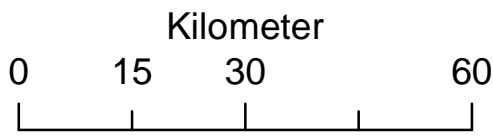
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT		
PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED	Rapportnr.	Kartbilag nr.
	20051784	26
Risikokart, Melhus kommune Målestokk hovedkart 1 : 20 000 Målestokk oversiktskart 1 : 1000 000	Uttrent	Dato
	TrV	2007-03-30
	Kontrollert	
	AKL	
Godkjent		
KE		
Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM, Sone: 33		



Tegnforklaring


KONSEKVENSKLASSE

- Mindre alvorlig
- Alvorlig
- Meget alvorlig

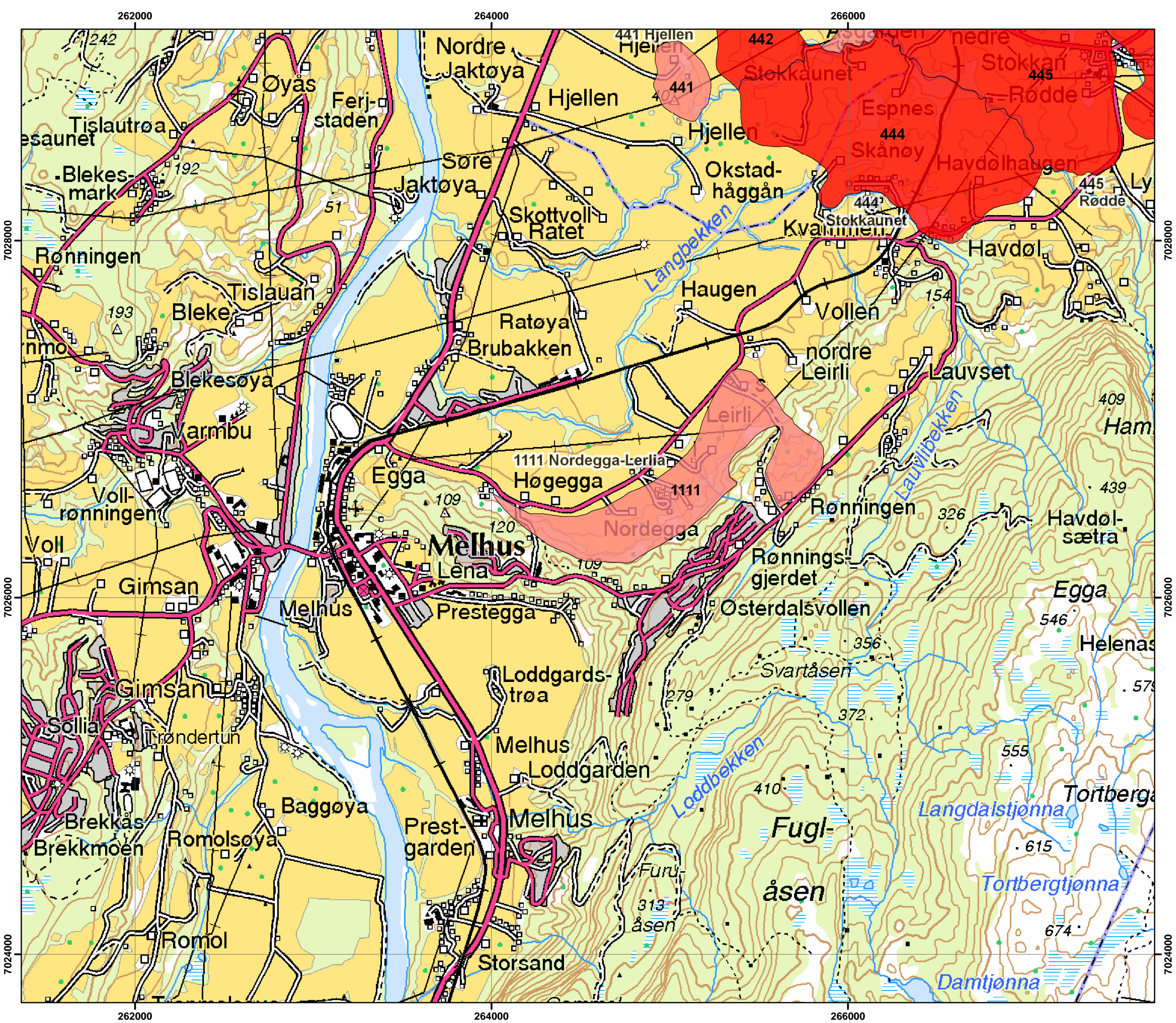


GEOVEKST Kartgrunnlag: N5-raster ©GEOVEKST

B					
A					
Rev.	Endring - versjon	Uttatt	Kontrollert	Godkjent	Dato

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT		
PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED	Rapportnr.	Kartbilag nr.
	20051784	28
Konsekvenskart, Melhus kommune Målestokk hovedkart 1 : 20 000 Målestokk oversiktskart 1 : 1000 000	Uttatt	Dato
	TrV	2007-03-30
	Kontrollert	
	AKL	
Godkjent		
KE		

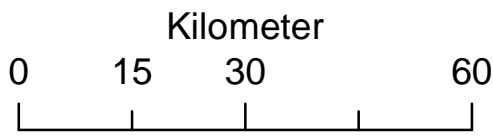
Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM, Sone: 33	
---	--



Tegnforklaring


Faregradklasse

- Lav
- Middels
- Høy



GEOVEKST Kartgrunnlag: N5-raster ©GEOVEKST

B					
A					
Rev.	Endring - erstatning	Uttatt	Kontrollert	Godkjent	Dato

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT		
PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED	Rapportnr.	Kartbilag nr.
	20051784	27
Faregradkart, Melhus kommune Målestokk hovedkart 1 : 20 000 Målestokk oversiktskart 1 : 1000 000	Uttatt	Dato
	TrV	2007-03-30
	Kontrollert	
	AKL	
	Godkjent	
	KE	

Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM, Sone: 33
