

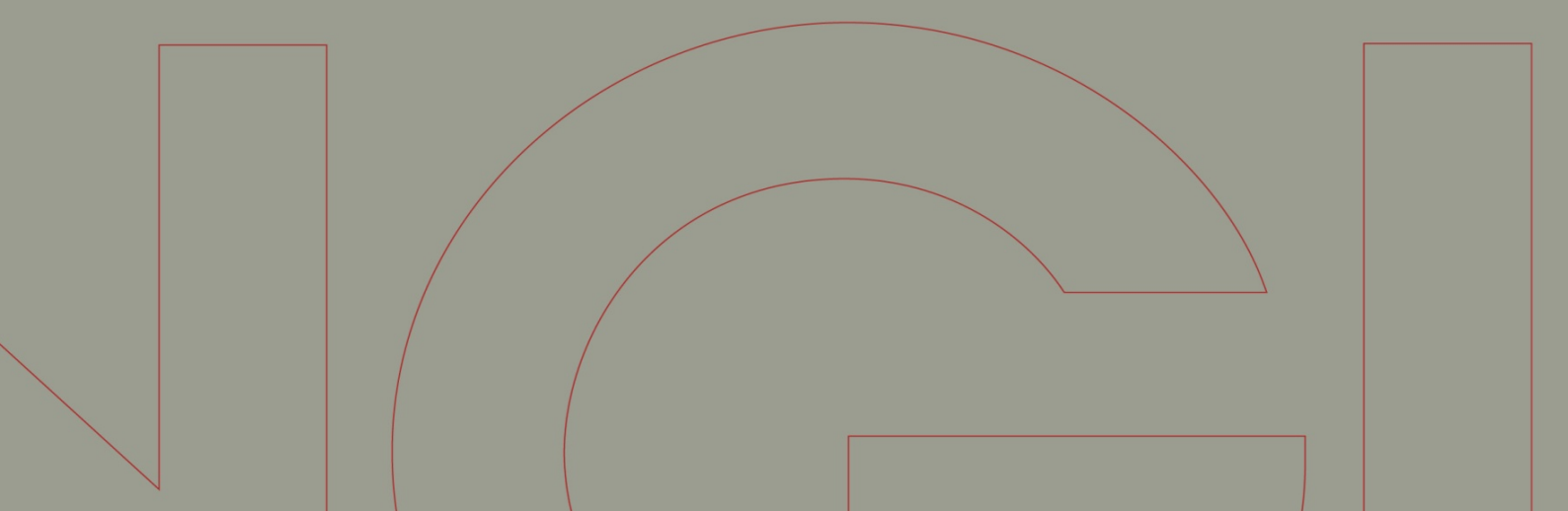


Rapport / Report

Kvikkleireskred i Kattmarka, Namsos

Vurdering av stabilitetsforhold og sikringstiltak i Kattmarka

20091257-00-4-R
26. mai 2009
Rev. 1



Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGL.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGL.



Prosjekt

Prosjekt: Kvikkleireskred i Kattmarka, Namsos
Dokumentnr...: 20091257-00-4-R
Dokumenttittel: Vurdering av stabilitetsforhold og sikringstiltak i Kattmarka
Dato: 26. mai 2009
Rev. 1

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat
Oppdragsgivers
kontaktperson:
Kontraktreferanse: Avtaledokument datert 2009-04-21

For NGI

Prosjektleder: Kjell Karlsrud
Rapport utarbeidet av: Odd Gregersen
Kjell Karlsrud
Ragnar Mohold

Sammendrag

Grunnen i Kattmarka består av marin leire med påvist mektighet inntil 20 m. Undersøkelsene viser at leiren, under 2-3 m tørrskorpe, for en stor del er kvikk (mister sin styrke ved omrøring). Også i skråningen i nord er det kvikkleire, sammenhengende fra fot til topp skråning, se figur 2.1.

NGI anser at skredrisikoen for bebyggelsen i Kattmarka i dag er uakseptabelt høy. Det samme gjelder risikoen forbundet med mulig skred i skråningen ned mot sjøen på nordsiden. Stabiliserende tiltak anbefales derfor gjennomført både på sørsiden og nordsiden av boligfeltet før boligene tas i bruk igjen. På begge steder anbefales sikringsarbeidene utført ved dypstabilisering med kalk-/sementpeler satt i ribbemønster.

Det er laget en skisse til sikring mot skred som utvikler seg fra skredkanten sør for bebyggelsen. Sikringstiltakene omfatter etablering av en anleggsvei opp til

BS EN ISO 9001
Serifisert av BSI
Reg. No. FS 32989

skredkanten i nord, og sikring av skredkanten ved bruk av vertikaldren og kalk/semtribber. Etablering av anleggsveien vil antagelig også kreve stabiliserende tiltak i form av installasjon av vertikaldren og lokal overflatestabilisering ved innblanding med kalk/semment. Mer detaljerte planer må utarbeides på grunnlag av mer grunnundersøkelser nede i skredgropa. Tiltakene bør også sees i sammenheng med andre ønsker som måtte fremkomme med hensyn til reetablering av av permanente veier og nye tekniske anlegg frem til bebyggelsen.

For å sikre bebyggelsen mot skred i skråningen i nord, foreslås det installert ribber av kalk-/semmentpeler ved toppen av skråningen, nord for bebyggelsen. Tiltaket vil ha som formål å gi en god sikkerhet mot at bebyggelsen blir berørt av skred som måtte utløses lengre nede i skråningen. Skisse til løsning fremgår av figur 2.1.

Før sikringsarbeidene kan påbegynnes, må det etableres anleggsvei gjennom skredgropa. Dette vil i seg selv trolig være en relativt krevende oppgave. Der kvikkleiren ligger opp i dagen, må antagelig overflaten stabiliseres (innblanding av kalk/semment). Deretter installeres vertikaldren for å drenere ut og sikre rask gjenoppbygging av styrken i omrørt kvikkleire. Videre legges ut armeringsduk og bærelag.

Innhold

1	Innledning	6
2	Grunnforhold	8
2.1	Generelt	8
2.2	Beskrivelse av løsmasser	8
2.3	Poretrykk	10
2.4	Styrkeparametre	12
3	Stabilitetsberegninger	20
3.1	Metode	20
3.2	Området fra skredgropen og frem under boligområdet	20
3.3	Skråningen nord for boligområdet	20
4	Vurdering av skredfare og sikringstiltak	21
4.1	Skredkant syd for bebyggelsen	21
4.2	Skråning nord for bebyggelsen	25
4.3	Grovt kostnadsoverslag	26
5	Referanser	26

Tegninger

010	Borplan		M = 1:1 000
100	Profil A-A	Grunnforhold	M = 1:500
101	Profil B-B og C-C	Grunnforhold	M = 1:500
102	Profil D-D og E-E	Grunnforhold	M = 1:500
103	Profil F-F	Grunnforhold	M = 1:500
104	Profil A-A	Stabilitet bakkant skredgrop	M = 1:500
105	Profil F-F	Stabilitet skråning mot nord	M = 1:500

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Den 13. mars 2009 gikk det et kvikkleireskred i Kattmarka utenfor Namsos, som beskrevet i /1/. Skredet tok med seg deler av et boligområde og et hyttefelt. Oversiktskartet i figur 1.1 viser beliggenheten og fotografiet i figur 1.2 viser skredet.



Figur 1.1 Oversiktskart Kattmarka



Figur 1.2 Skredet i Kattmarka 13. mars 2009 sett fra syd mot nord.

Norges Geotekniske Institutt (NGI) er engasjert av NVE for å vurdere sikkerheten for gjenstående bebyggelse i Kattmarka like nord for skredgroppen, og herunder vurdere behov for eventuelle stabiliserende tiltak som ansees nødvendig for å bringe sikkerheten opp på et akseptabelt nivå.

NGI har i denne sammenheng utarbeidet program for supplerende grunnundersøkelser, besørget oppfølging av feltarbeidene, evaluert boredata, foretatt bestemmelse av leirens styrkeparametere og utført stabilitetsanalyser. Aktuelle stabiliserende tiltak er vurdert i tilknytning til behovet for sikkerhet for bebyggelsen i Kattmarka.

I denne revisjon 1 av rapporten er det gjort en korrigering av udrenert styrke tolket for CPTU trykksonderingen ved alle borehullene. Dette på bakgrunn av at Multiconsult AS som utførte disse sonderingen, hadde feilaktig korrigert målte poretrykk for lufttrykk. Konsekvensen av dette var at tolket styrke fra CPTU resultatene ble for lave. NGI oppdaget at det var åpenbare feil ved sonderingene i nordskråningen og så derfor bort fra disse resultater når vi valgte styrker for stabilitetsberegningen av denne skråningen. De korrigerede CPTU-styrkene for nordskråningen stemmer ganske godt med hva som var først lagt til grunn for NGI's beregninger. Det innebærer at beregnet sikkerhetsfaktor for skråningen i nord ikke har endret seg vesentlig.

Med hensyn til sikkerheten mot skredgroppen viser de korrigerede CPTU resultatene en god del høyere styrke enn tidligere antatt av NGI. Bergningsmessig sikkerhet har derfor økt med ca. 20 %. NGI anbefaler likevel

fortsatt at rasskråningen sikres, men omfanget av tiltak kan bli noe mindre enn tidligere antatt.

2 Grunnforhold

2.1 Generelt

Resultatene fra grunnundersøkelser utført før og etter skredet er sammenstilt i NGIs rapport 20091257-1, datert 30.04.2009, ref./2/. Alle boringer er utført av Multiconsult AS. Resultatene fra Multiconsults tidligere undersøkelser i området fremgår av /3/. NGI har utført laboratorieforsøk, inklusive ødometer og treaksialforsøk, på prøver tatt opp ved hull 22 et stykke nede i skråningen mot nord.

Tegning 010 – Borplan, M=1:1 000, viser plassering av alle utførte boringer, skredkant og koter fjell/fast grunn. Fra skredkanten på sørsiden av det gjenstående boligfeltet (nordre skredkant), stiger terrenget fra kote 13 til kote 28 ved nordre ende av boligfeltet, over en strekning på 200m. Området med marine leiravsetninger er avgrenset mot fjell i dagen langs både øst- og vestsiden. Bredden øker fra 30-50 m rett bak skredkanten til 150-200 m nord for boligfeltet. Videre nordover faller terrenget mot sjøen med en gjennomsnittlig helning på 1:6. Lokalt er helningen her så bratt som 1:4. Avstanden fra boligfeltet til sjøen er ca 180 m. Utenfor strandlinjen er det langgrunt.

Det går en bekkeravine gjennom boligområdet, med skråningshøyde inntil ca 5m, som mot nord ligger nær den østre fjellsiden.

2.2 Beskrivelse av løsmasser

2.2.1 *Fra skredkanten til og med boligfeltet*

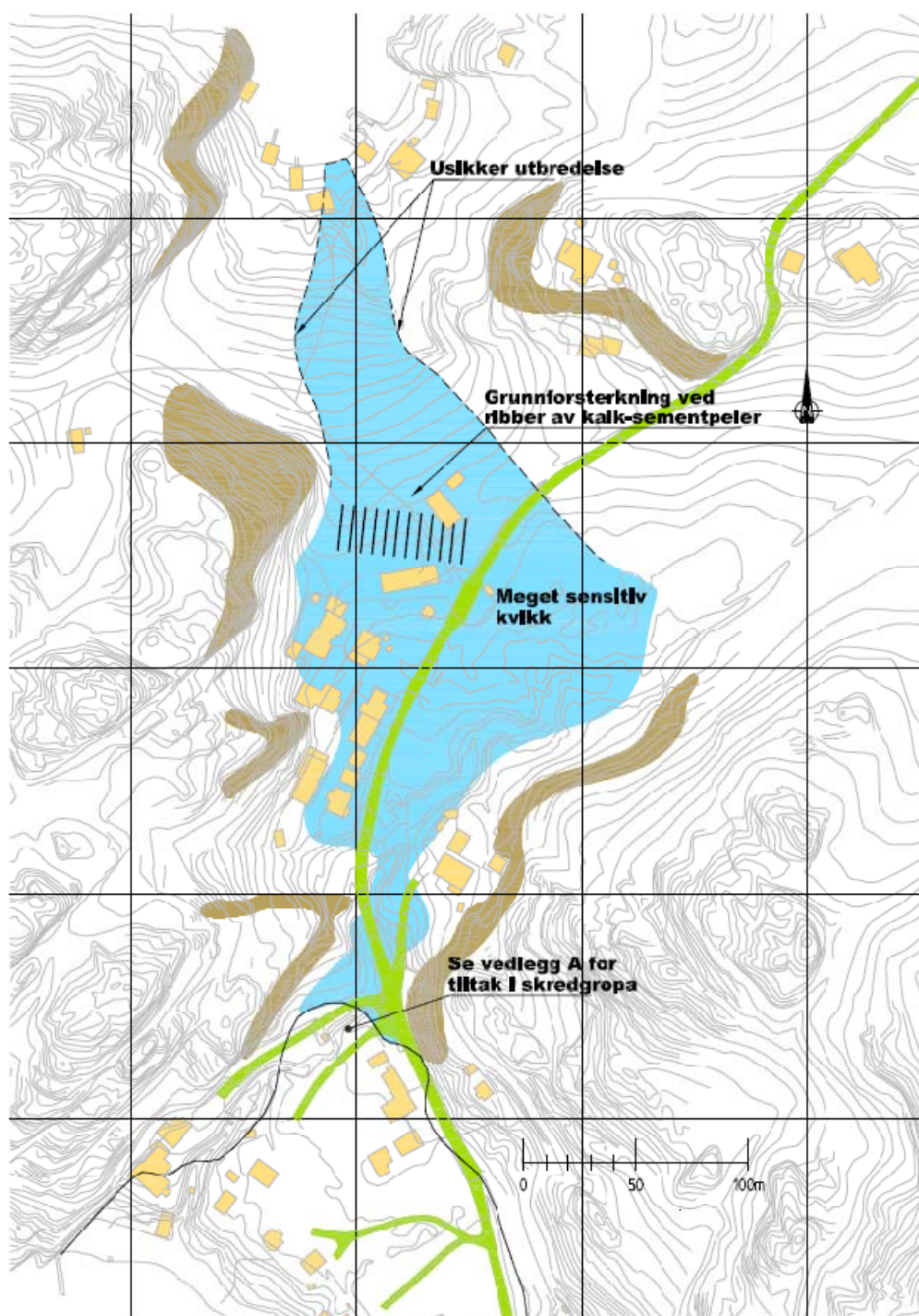
Lengdeprofil tegning nr. 100 og tverrprofilene i tegning nr. 101 og 102 viser de viktigste resultater av boringene med hensyn til dybde til fjell og hvor det er registrert kvikkleire.

Løsmassene består av marin leire og derunder noe sand/grus over fjell. Det går en dyprenne gjennom området. Leirmektigheten er her påvist til inntil 20 m. Dyprennen følger i store trekk midten av ravinen, se tegning 010- Borplan. Inntegnede koter over fjell/fast grunn er beheftet med en viss usikkerhet, men viser hovedtrekkene i dybdeforholdene i området.

Undersøkelsene viser at leiren, under 2-3 m tørrskorpe, har høy sensitivitet (mister styrken ved omrøring) og lav styrke.

Figur 2.1 viser at utbredelsen av leire med høy sensitivitet/kvikkleire strekker seg fra nordre skredkant og inn under det meste av bebyggelsen langs vestsiden

av eksisterende vei i Kattmarka og videre nedover skråningen mot sjøen i nord. Alle boringer indikerer leire med høy sensitivitet bortsett fra boringene 3, 7, 9 og 13 på østsiden av ravinen og boring 8 på vestsiden av ravinen.



Figur 2.1- Situasjonsplan med utbredelse av kvikkleire

Det er tatt opp sylinderprøver og utført laboratorieundersøkelser ved borhull 6 og 11. Borhull 11, 40 m nord for skredkanten, viser vanninnhold på 35 til 45 %

i den sensitive/kvikke leiren. Flytegrensen ligger på 30 %. Udrenert skjærstyrke, målt ved konusforsøk og enaksiale trykkforsøk, ligger på ca 15 kPa. Sensitiviteten er målt til inntil 63. Borehull 6, 110 m nord for skredkanten, viser vanninnhold på 32 til 45 % i den sensitive/kvikke leiren. Flytegrensen ligger på 27 % (bare en måling). Udrenert skjærstyrke, målt ved konusforsøk ligger på 12 til 15 kPa ned til 11 m dybde. Sensitiviteten er målt til mellom 14 og 27. Det skal bemerkes at de lave målte uomrørte styrkeverdiene viser at prøvematerialet er betydelig forstyrret fra prøvetaking og transport. Virkelige sensitivitetsverdier er høyere, kanskje med en faktor på 2.

2.2.2 Skråning nord for boligfeltet

Løsmassene består av marin leire og derunder sand/grus over fjell. Størst mektighet av leire, 22 m, er påvist i boring 32, på toppen av skråningen. Boringene nedover i skråningen viser mektigheter av leire på fra 10 til 14 m.

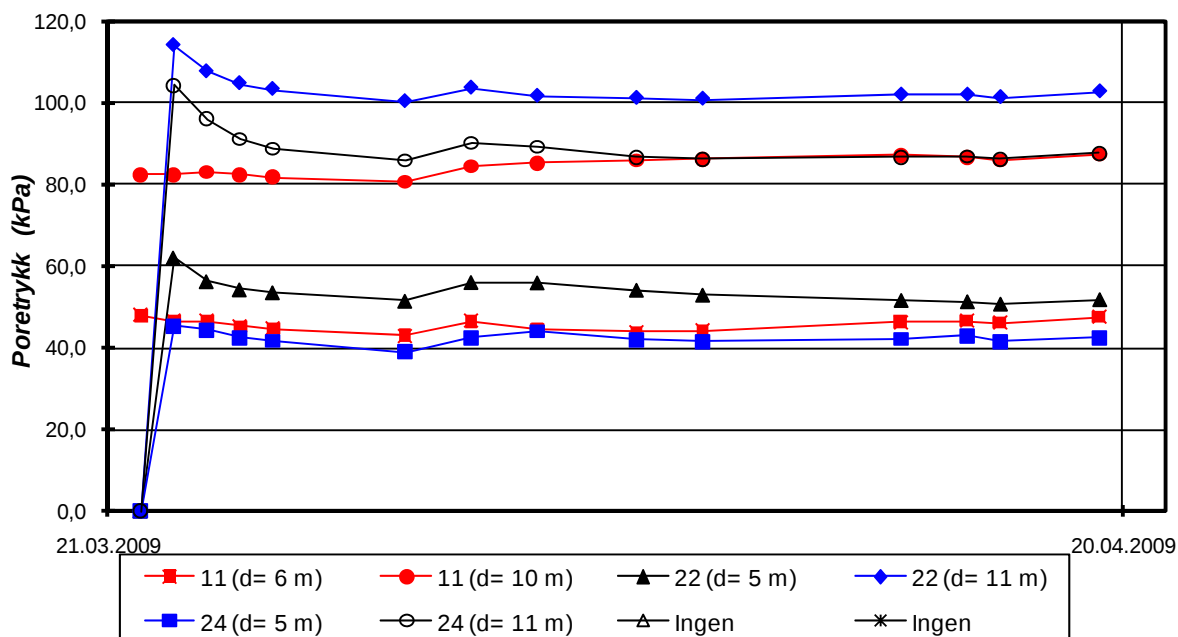
Sonderingene indikerer at overgangen til leire med høy sensitivitet/kvikkleire ligger på fra 3 til 6 m under terreng og strekker seg helt ned til sand-/gruslaget over fjell. Det sensitive leirlaget er gjennomgående fra toppen av skråningen og helt ned til sjøen slik det fremgår av figur 2.2. Merk at det nedover i skråningen bare er boret langs et sentralt profil, men det må antas at det finnes kvikkleire i hele skråningen mellom de to fjellryggene som avgrenser området langs vester og østre side.

Det er tatt opp sylindrerprøver og utført laboratorieundersøkelser ved borhull 22, i øvre del av skråningen. Undersøkelsene viser kvikkleire fra ca 5 m under terreng. Vanninnholdet i kvikkleiren ligger på mellom 30 og 40 % og flytegrensen på 25 til 29 %. Udrenert skjærstyrke, målt ved konusforsøk og enaksiale trykkforsøk, viser verdier på mellom 10 og 15 kPa ned til 11 m dybde. Sensitiviteten er målt til mellom 28 og 43. Det skal bemerkes at de lave målte uomrørte styrkeverdiene viser at dette prøvematerialet er betydelig forstyrret fra prøvetaking og transport. Virkelige sensitivitetsverdier er høyere, kanskje med en faktor på 2.

2.3 Poretrykk

Det er målt poretrykk ved tre lokaliteter, to i skråningen mot nord (hull 22 og 24), og ved hull 11 ca. 40 m nord for skredkanten. Det er installert målere i to dybder på hvert sted.

Figur 2.2 viser målte trykk mot tid og tabell 2.1 sammenstiller høyeste og laveste målte trykk.



Figur 2.2- Tidsforløp poretrykk

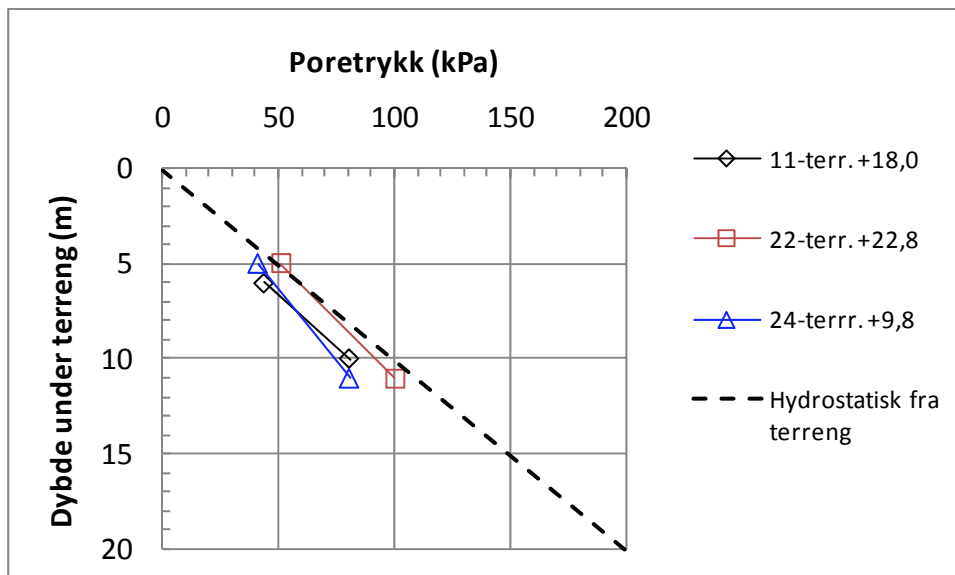
Poretrykkene har vært ganske stabile gjennom måleperioden på vel 4 uker, men man ser en viss temporær økning helt i begynnelsen av april som antagelig har sammenheng med mildvær snøsmelting og nedbør disse dagene.

Tabell 2.1- Sammenstilling av målte poretrykk

Måler nr.	Terr. kote (m)	Dybde	Kote spiss (m)	Målte poretrykk	
				Løvt (kPa)	Høyt (kPa)
11	18,0	6,0	12,0	44	47
11	18,0	10,0	8,0	81	88
22	22,8	5,0	17,8	51,5	57
22	22,8	11,0	11,8	100,5	105
24	9,8	5,0	4,8	41,5	44
24	9,8	11,0	-1,2	81	92

Figur 2.3 sammenlikner de målte poretrykkene mot en hydrostatisk trykkfordeling regnet fra terreng (lave verdier fra tabell 2.1). Målingene ved hull 11 nær skredgropen (tegning 010) viser tilnærmet en hydrostatisk fordeling med grunnvannstand i 2 m dybde under terreng. Ved hull 22 nær toppen av skråningen mot nord tyder målingene på en grunnvannstand nær terreng, men et noe lavere enn hydrostatisk trykk i forhold til terreng i 11 m dybde. Ved hull 24 lenger ned i skråningen er poretrykket noe lavere enn ved hull 22, og også noe lavere enn hva en hydrostatisk fordeling tilsier i ca. 11 m dybde. Hull 24 ligger nær en liten ravine (tegning nr. 010) og kan være noe påvirket av denne. Ved vurdering av skjærstyrker er det i dette området derfor

antatt at poretrykket er tilnærmet hydrostatisk med grunnvannstand i 1 m dybde.



Figur 2.3- Variasjon i poretrykk med dybde under terreng (basert lave verdier fra tabell 2.1).

2.4 Styrkeparametre

2.4.1 Generelt

For Kattmarka var det opprinnelig planlagt å bestemme udrenerte styrke av leire på grunnlag av CPTU trykksonderinger. For området i Fiolveien hadde dette også vist seg å gi godt samsvar med styrker fra udrenerte treaksialforsøk. Etter hvert som NGI fikk oversendt resultatene av CPTU sonderingene, de siste rett før påsken, reagerte vi på resultatene og mente det måtte være grunnleggende feil ved dem. Multiconsult AS som gjorde disse CPTU sonderingene meldte tilbake at ikke kunne finne noen feil i dataene. NGI var fortsatt sikre på at noe var grunnleggende feil. Det ble derfor anbefalt å ta en prøveserie og utføre udrenerte treaksialforsøk på disse. Disse resultatene bekreftet at det måtte være feil ved CPTU resultatene, og disse ble da også for det meste oversett i NGIs stabilitetsberegninger som ble fremlagt i første versjon av denne rapporten.

Den 6 mai 2009 fikk NGI beskjed fra Multiconsult om at de likevel hadde funnet feil ved CPTU-dataene. Feilen bestod i at målte poretrykk var korrigeret for lufttrykk to ganger, det vil si at oppgitte poretrykk var 100 kPa for små. Når dette ble kjent gjennomgikk NGI alle CPTU sonderingene på nytt. Det er disse reviderte tolkninger som er vist i denne rev.1 av rapporten, og som er benyttet som grunnlag for reviderte stabilitetsberegninger.

Tolking av styrke fra trykksonderinger baserer seg på de korrelasjoner mellom udrenert aktiv trykkstyrke, s_{uA} , og målt poretrykk og spissmotstand, slik det er anbefalt av NGI i /5/. Korrelasjonene er basert på resultat av laboratorieforsøk på blokkprøver av høy kvalitet og målt korrigeret spissmotstand, q_t , og poreovertrykk, Δu , og er som følger:

1) Basert på korrigeret spissmotstand

$$s_{uA} = (q_t - \sigma_{v0})/N_{kt}$$

For leire med lav sensitivitet ($S_t < 15$)

$$N_{kt} = 7.8 + 2.5 \log OCR + 0.082 I_p$$

For leire med høy sensitivitet ($S_t > 15$)

$$N_{kt} = 8.5 + 2.5 \log OCR$$

2) Basert på poretrykk

$$s_{uA} = \Delta u / N_{\Delta u}$$

For leire med lav sensitivitet ($S_t < 15$)

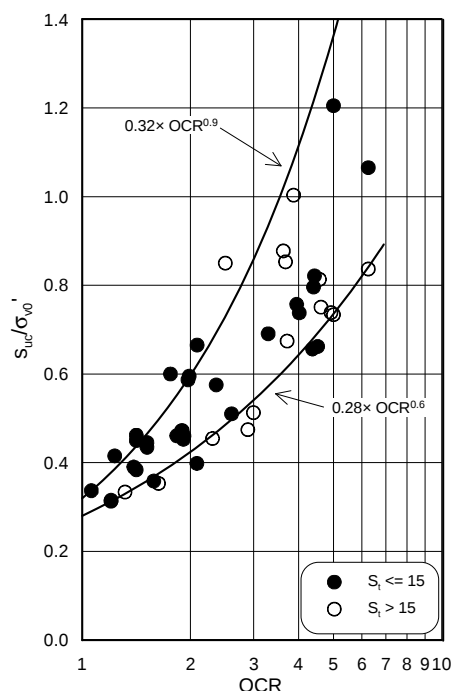
$$N_{\Delta u} = 6.9 - 4.0 \log OCR + 0.07(I_p) \quad I_p \text{ i } \%$$

For leire med høy sensitivitet ($S_t > 15$)

$$N_{\Delta u} = 9.8 - 4.5 \log OCR$$

I tråd med anbefalinger gitt i /3/ er valgte styrker i utgangspunktet primært basert poretrykkstolkningen. Dette fordi korrelasjonene relatert spissmotstand generelt viser større spredning.

Den OCR som inngår i tolkingen er til en viss grad tilpasset de normaliserte styrkeverdier som kommer ut av tolkingen. Det vil si at OCR er tilbakeregnet ut fra figur 2.4.



Figur 2.4 - Relasjon mellom normalisert udrenert styrke fra aktive treksialforsøk mot overkonsolideringsgrad basert forsøk på blokkprøver av høy kvalitet (fra ref. /3/)

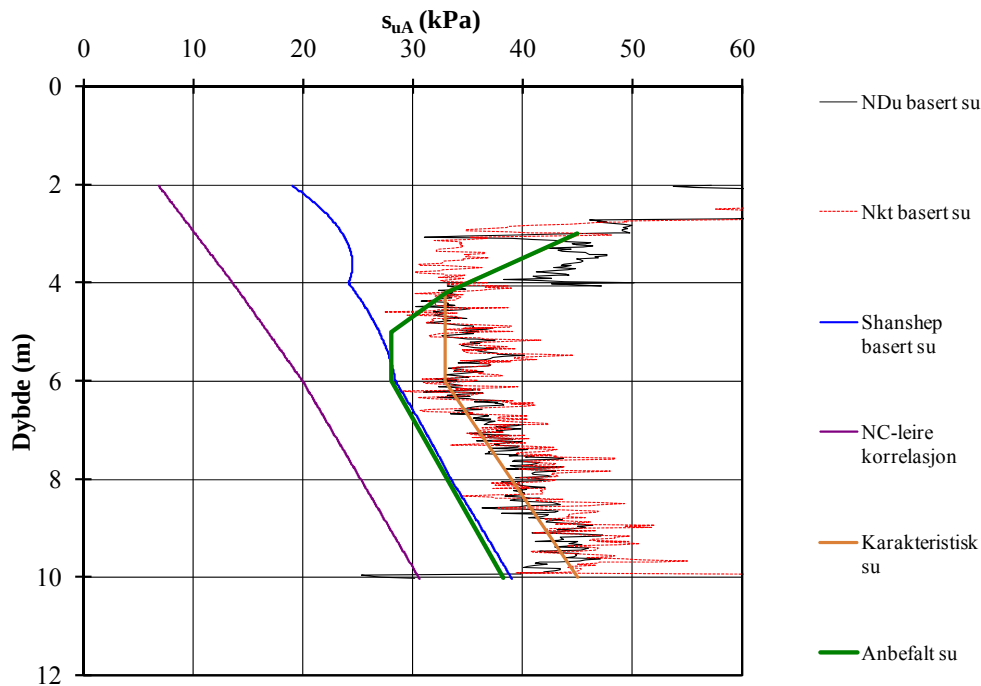
2.4.2 Fra skredgropen til boligområdet

Figur 2.5 viser udrenert aktiv trykkstyrke tolket fra CPTU11 nærmest skredgropen.

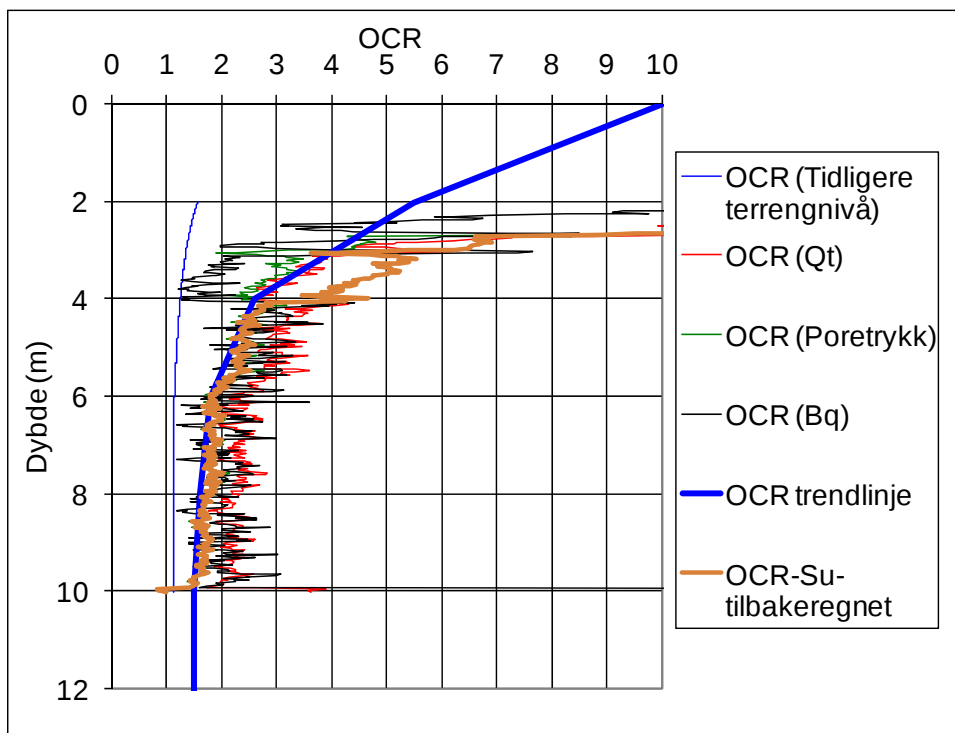
Noen kommentarer til denne figuren:

- Kurven kalt **karakteristisk styrke** i figur 2.5 er i prinsippet beste tilpasning til styrke basert på poretrykksresponsen, men gir her meget godt samsvar med styrke tolket fra spissmotsanden.
- Kurven **Shansep-basert** legger til grunn at $s_{uC} = 0,28 \sigma'_{v0} OCR^{0,6}$, der OCR er valgt i henhold til antatt trendlinje i figur 2.6. Denne korrelasjonen vil normalt gi styrke på konservativ side. Det er den samme OCR trendlinjen som ligger til grunn for bestemmelse av $N_{\Delta u}$ og N_{kt} ved beregning av styrkeverdiene.
- Kurven **NC-leire** tilsvarer en leire som er helt normalkonsolidert med styrke tilsvarende $s_{uA} = 0,28 \sigma'_{v0}$. Det er absolutt nedre grense for hva styrken kan være.
- Kurven **anbefalt styrke karakteristisk styrke** redusert med 15 % for å ta hensyn til potensiell effekt av sprøbrudd på udrenert aktiv trykkstyrke av kvikkleire bestemt på grunnlag av blokkprøver. Dette er i tråd med de anbefalinger som er gitt i /4/.

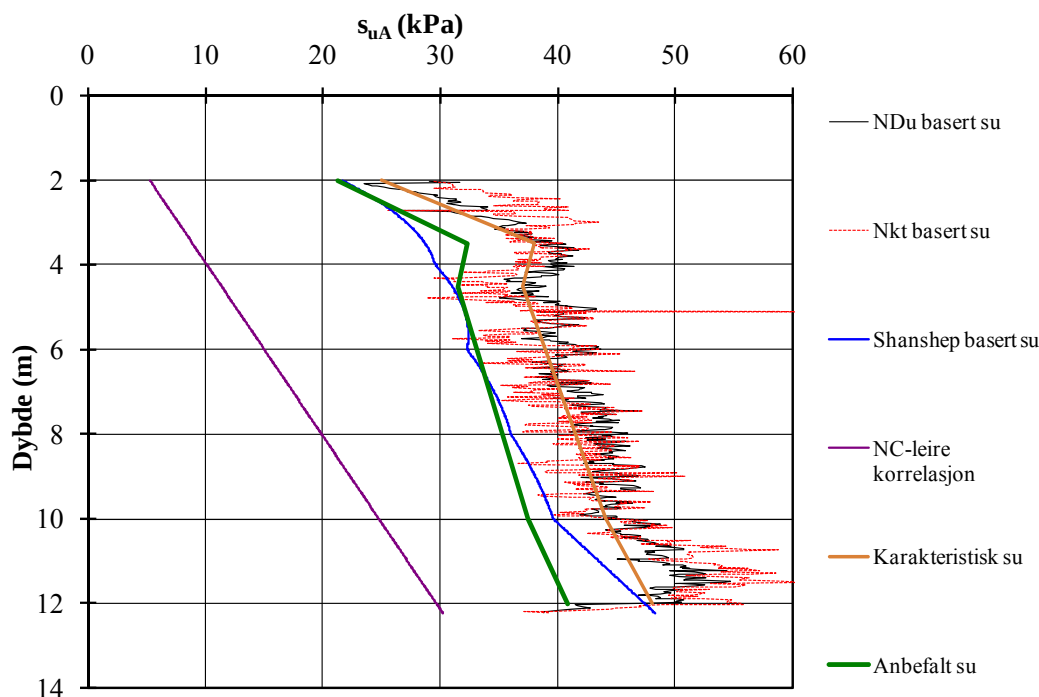
Figur 2.7 viser tilsvarende tolking av styrke for CPTU12 som ligger på kote 13,6 noe nærmere bebyggelsen (Tegning 010). Også i dette tilfellet er det meget godt samsvar mellom styrke tolket fra poretrykk og spissmotstand.



Figur 2.5- Udrenert aktivtrykkstyrke tolket fra CPTU 11- terrengkote +



Figur 2.6- OCR som ligger til grunn for tolking CPTU11



Figur 2.7- Udrenert aktivtrykkstyrke tolket fra CPTU 12- terrengkote +

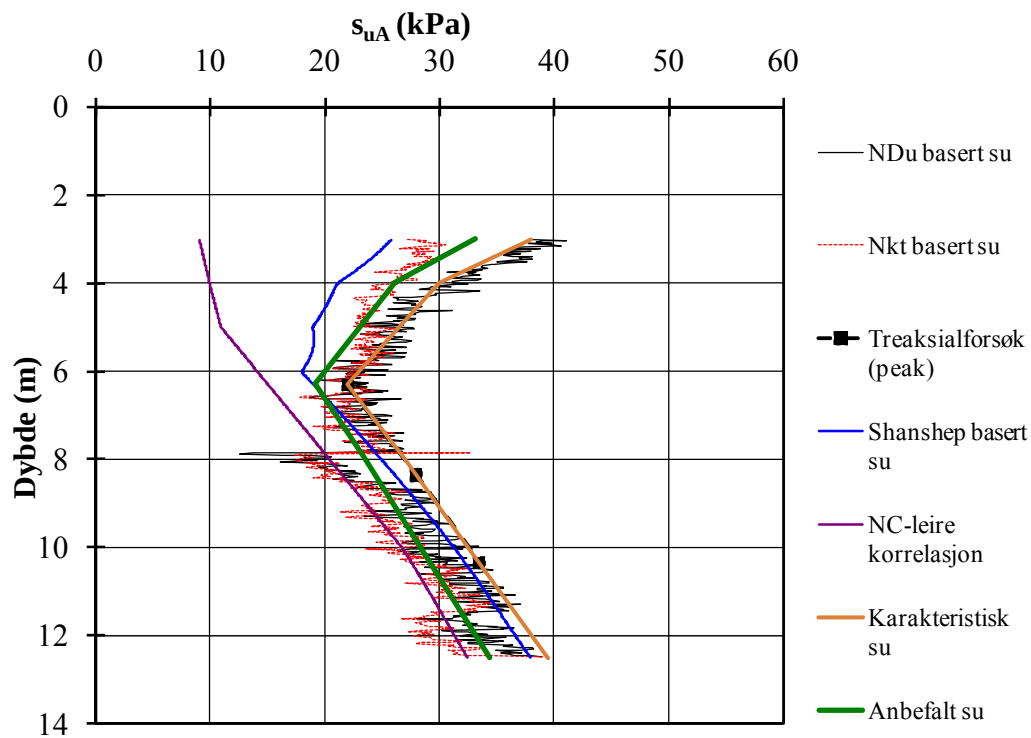
2.4.3 Skråningen nord for boligområdet

Ødometer og treksialforsøkene på prøvene fra hull 22 viste at prøvene må ha vært av meget god kvalitet. Dette var kjennetegnet av ganske beskjeden volumendring under rekonsolidering av prøvene til in-situ spenningstilstand, en tydelig knekk i ødometerkurvene ved forkonsolideringstrykket og en liten tøyning til brudd (aksiell tøyning ved brudd på 0,3-0,5 %). Resultatene fra forsøkene er oppsummert i tabell 2.1.

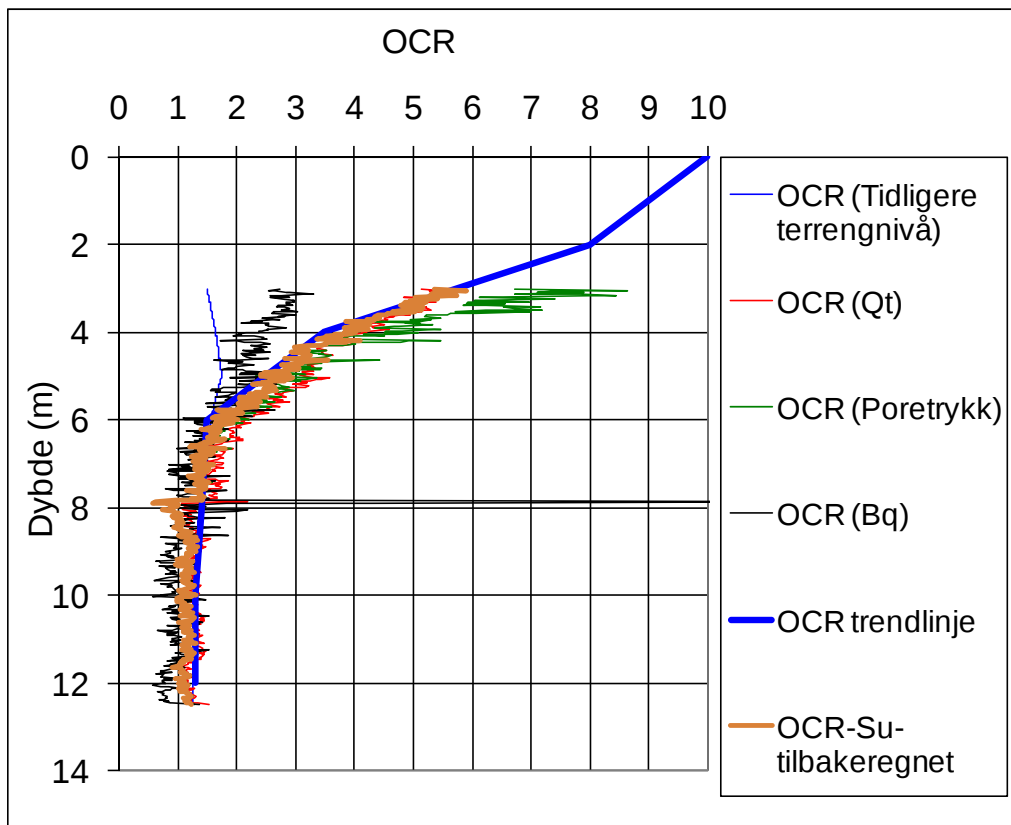
Tabell 2.1- Sammenstilling av resultater fra ødometer og treksialforsøk på prøver fra hull 11

Dybde (m)	σ_{v0} (kPa)	S_{uA} (kPa)	S_{uA} / σ_{v0}	p_c (ødom) (kPa)	OCR-ødom.	OCR basert S_{uA} / σ_{v0}
6,40	54,7	22	0,402	68	1,24	1,3-1,8
8,37	77,3	28	0,362	105	1,36	1,2-1,5
10,38	100,2	33,5	0,334	120	1,20	1,2-1,3

Figur 2.8 sammenlikner målt udrenert styrke fra treksialforsøkene mot styrke tolket fra CPTU sonderingen utført med 1t Geotech sonden. Styrke tolket både fra poretrykk og spissmotstand viser generelt meget god overensstemmelse med treksialforsøkene, men noe på den konservative siden. Trendlinjen for OCR anvendt ved beregning av N-verdier er delvis tilpasset ødometer og treksialforsøkene, men i toppen tilpasset tolkning fra CPTU sonderingene.

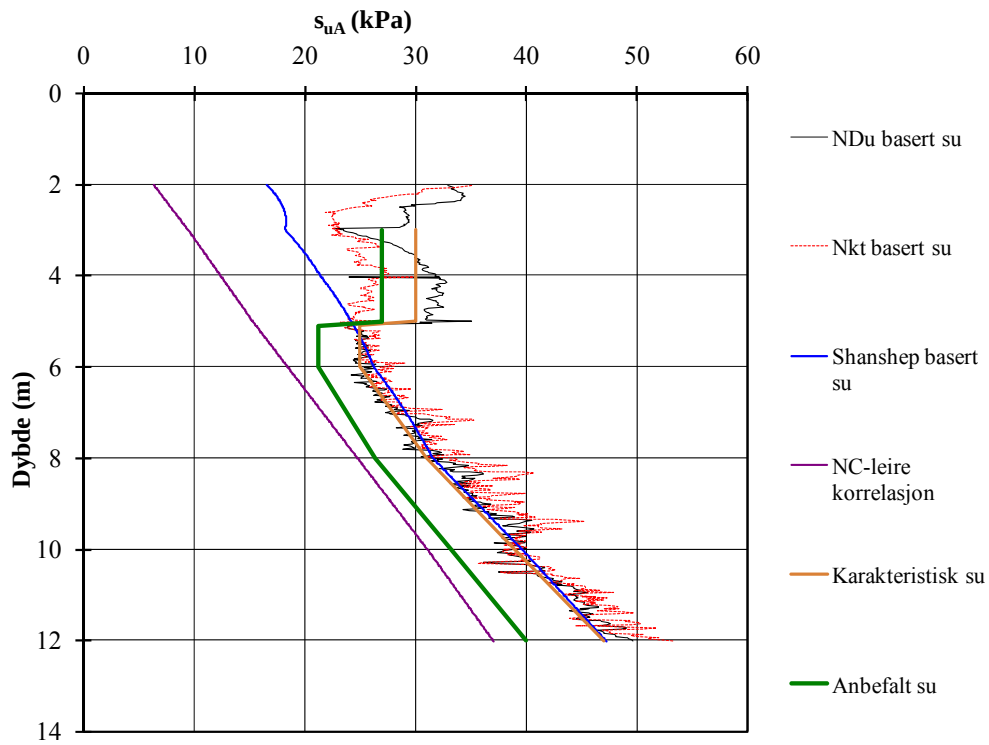


Figur 2.8- Udrenert styrke fra treksialforsøk og CPTU ved hull 22-terrengkote +22,8

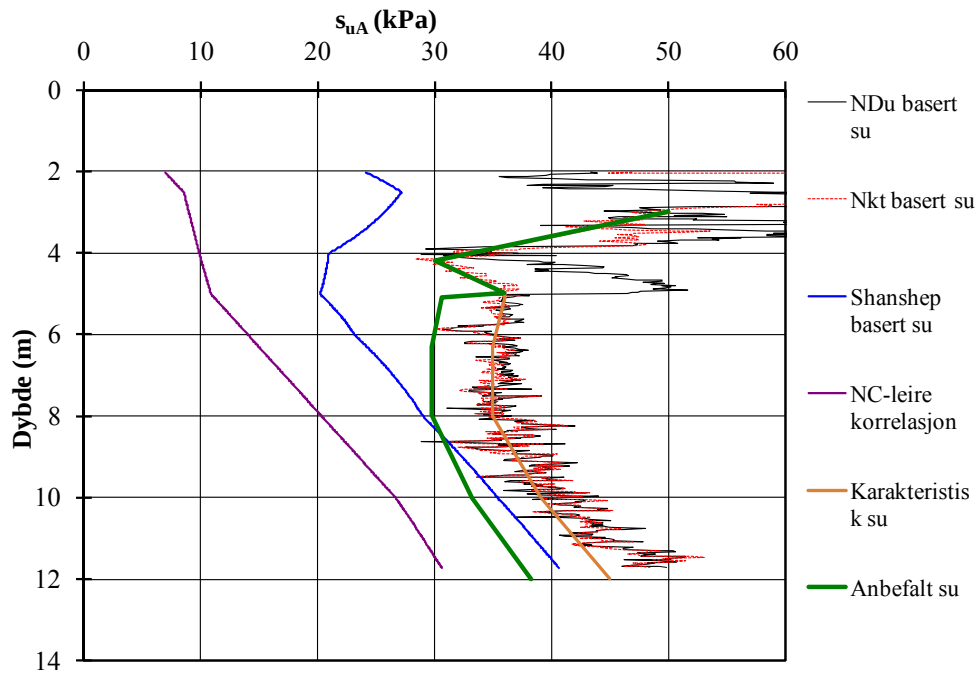


Figur 2.9 – Tolket OCR fra CPTU-hull 22.

Figur 2.10 og 2.11 viser styrke tolket for boringene ved hull 24c nederst i skråningen og hull 21c øverst i skråningen. I begge tilfeller er det meget godt samsvar mellom styrker tolket fra poretrykk og spissmotstand



Figur 2.10- Udrenert aktivtrykkstyrke tolket fra CPTU 24- terrengkote +



Figur 2.11- Udrenert aktiv trykkstyrke tolket fra CPTU 21- terrengkote +27,8

3 Stabilitetsberegninger

3.1 Metode

Stabilitetsanalysene er utført med beregningsprogrammet GeoSuite Stability, som regner etter grenselikevektsmetoden. Materialfaktoren (tilsvarende sikkerhetsfaktor), γ_M , bestemmes i beregningene ut fra kravet om horisontal-, vertikal- og momentlikevekt. Det er gjort beregninger for både sirkulærsylindriske og sammensatte glideflater for å finne frem til ugunstigste bruddfigur.

En kombinert effektivspennings- og totalspenningsanalyse er benyttet. Leirlaget er modellert med udrenert skjærstyrke (s_u) og anisotropiforhold som gitt i kapittel 2.4. For tørrskorpeleiren i toppen er det antatt en friksjonsvinkel på 30°. Poretrykk er valgt i tråd med høyeste verdier i tabell 2.1.

3.2 Området fra skredgropen og frem under boligområdet

Tegning 104 viser resultat at utvalgte mest kritiske bruddfigurer som skjærer terrenget bak skredkanten i ulike avstander fra denne. I sammenheng med disse beregninger skal det bemerkes at styrkeegenskapene for leira ute i skredgropen forsiktig er satt til i gjennomsnitt 5 kPa.

Beregningene viser ikke overraskende at den lokale skredkanten ligger med en beregningsmessig sikkerhet nær 1,0 (labil likevekt) Sikkerheten for glideflater som strekker seg lenger bakover øker med avstand fra skredkanten.

For glideflater som strekker seg godt bakover vil beregningsmessig sikkerhet være noe større på grunn av geometrieffekt. En ny lokal glidning i skredkanten vil imidlertid gi lavere sikkerhet for det gjenstående terrenget, og kunne medføre en progressiv bruddutvikling som vil kunne true bebyggelsen.

3.3 Skråningen nord for boligområdet

Tegning 105 viser at beregningsmessig sikkerhet for skråningen ned mot sjøen nord for boligområdet er så lav som 0,95 med de forutsetninger som er lagt til grunn i kapittel 2.4.3. Selv om det for aktuell geometri, dvs. begrenset utstrekning sideveis av et potensielt skred, kan regnes med en geometrieffekt på ca. 5-10 %, blir beregningsmessig sikkerhet fortsatt lavere enn hva som normalt aksepteres.

Går det først et skred i denne skråningen, er det liten tvil om at store deler av den bebyggelsen i Kattmarka som står på kvikkleire, vil bli berørt.

4 Vurdering av skredfare og sikringstiltak

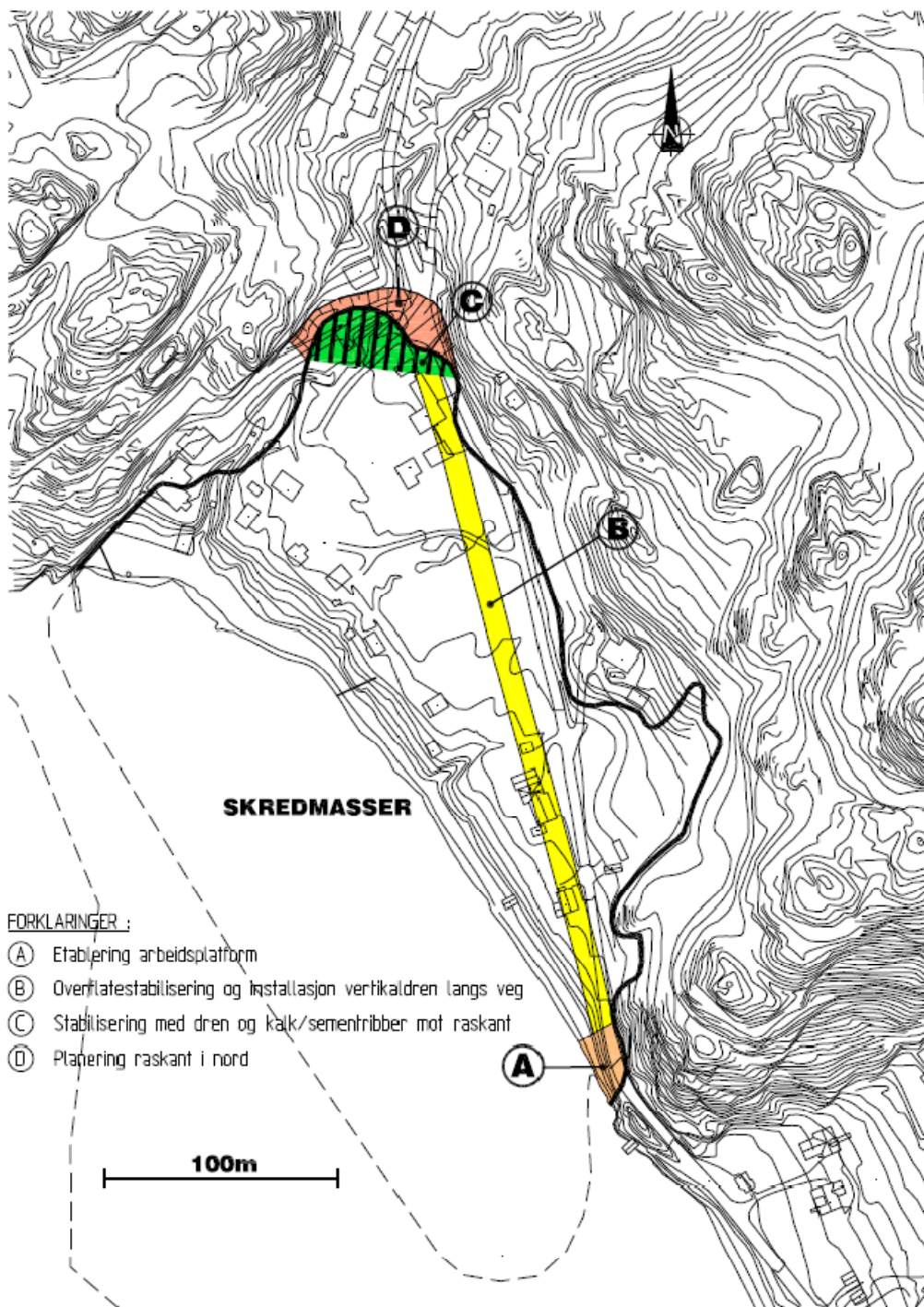
4.1 Skredkant syd for bebyggelsen

Beregningsmessig sikkerhet mot ny skredutvikling rett bak dagens skredkant (syd for bebyggelsen i Kattmarka) er lav. Påvirkning av nedbør og erosjon vil kunne medføre tendenser til nye utglidninger som i verste fall kan forplante seg bakover mot bebyggelsen i Kattmarka. Visse tiltak bør derfor iverksettes for å bedre stabilitetsforholdene rundt skredkanten. En skisse til sikring mot skred er beskrevet i det etterfølgende. Mer detaljerte planer vil utarbeides på grunnlag av noe mer grunnundersøkelser nede i skredgropa, og hvilke ønsker kommunen og andre interessenter har med hensyn til linjeføringen for en ny vei opp gjennom skredgropa.

Med henvisning til figur 4.1 er hovedelementene i det stabiliserende tiltaket er som følger:

- Etablering av en anleggsvei opp gjennom skredgropa. Dette vil antagelig kreve noe lokal stabilisering av omrørt kvikkleire der denne ligger helt opp i dagen ved innblanding med kalk/ement, deretter installasjon av vertikaldren for å drenere ut og sikre rask gjenoppbygging av styrken i omrørt kvikkleire som finnes i større dybde, og til slutt utlegging av armeringsduk og bærelag for anleggsvei.
- Når anleggsvei er ført frem til oppunder nordre skredkant, settes først vertikaldren. Deretter gjennomføres dypstabilisering med kalk/ement peler satt i ribbemønster. Til slutt fylles det opp masser inn mot skredkanten og for vei opp over skredkanten.

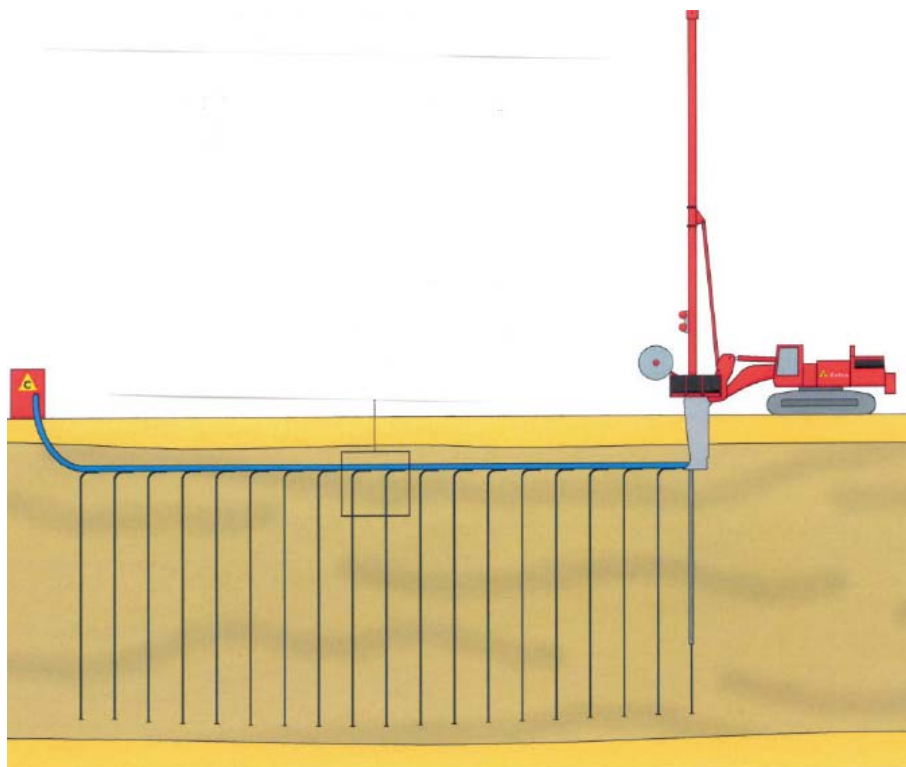
Det bemerkes spesielt at NVEs anliggende kun er å sikre bebyggelsen på Kattmarka. Anleggsveien skal sikre adkomst til skredkanten og adkomst for utstyr som er nødvendig for å sikre skråningen på nordsiden av bebyggelsen. Permanent vei og reetablering av tekniske anlegg (strøm, vann, kloakk) er andres ansvar.



Figur 4.1- Skisse til sikringstiltak syd for bebyggelsen i Kattmarka

Det mest sentrale element i forslaget er å sørge for raskest mulig rekonsolidering av massene i skredgropa ved installasjon av prefabrikerte vertikaldren (PVD). Prinsippet for metoden er skissert i figur 4.2. Metoden er velkjent og har vært i utstrakt bruk i Norge og utlandet, også i kvikkleire. PVD-drenene presses ned med en såkalt drensstikker helt ned til fjell, eventuelt begrenset til dybde der det finnes omrørt kvikkleire. Drenene settes med

senteravstand tilpasset den tid man ønsker at rekonsolideringen skal ta, men



kan antydningvis være ca. 1,5 m. Da forventes massene å rekonsolidere fullstendig i løpet av noen måneder.

Figur 4.2- Prinsipp for installasjon av PVD vertikaldren

Rekonsolidert kvikkleire vil erfaringsmessig oppnå meget god styrke som er vesentlig større enn hva styrken av kvikkleira var opprinnelig. Leira vil da heller ikke lenger være sensitiv og vil danne grunnlaget for å oppnå en god og fullstendig trygg byggegrunn for vegen over skredgroppen.

For å komme utpå skredmassene med riggen som installerer vertikaldren må det etableres en arbeidsplattform som riggen kan stå på. Dette kan, avhengig av de lokale forholdene i groppa, kreve følgende tiltak eller kombinasjon av disse:

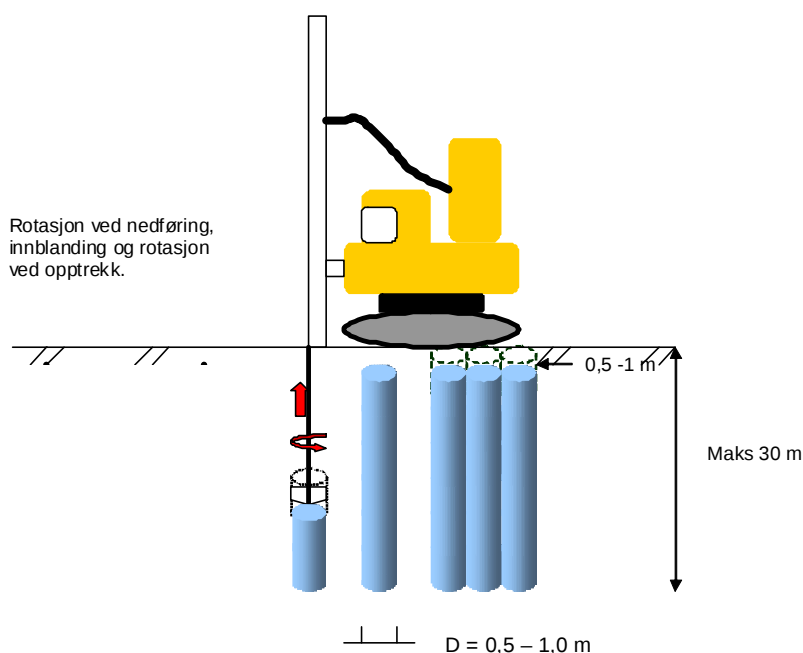
- Overflate stabilisering med kalk/sement ved bruk av et spesielt ustyr med en roterende "visp" som sitter på en lang arm, figur 4.3. Denne vil derved kunne stabilisere masser foran seg som den så kan kjøre på. Styrkeøkningen skjer med det samme.
- Utlegging av en kraftig armeringsduk som det legges et bærelag og drensag av grus oppå.



Figur 4.3- Eksempel på utstyr for massestabilisering med kalk/semment

Det virker som at det i den største delen av gropa er en ganske faste flak av tørrskorpe som ligger over den omrørte kvikkleiren. I slike områder kan armeringsduk/nett og grus vise seg tilstrekkelig.

For å sikre området rundt skredkanten i nord kan det etter at vertikaldreneringen har virket noen tid være nødvendig å installere ribber med kalk-sementpeler inn mot skredkanten. Dette både som permanent sikring og for å gi godt og stabilt underlag for fremtidig vei. Figur 4.4 viser prinsippet for metoden.



Figur 4.4- Prinsipp for dypstabilisering med kalk/semest peler

4.2 Skråning nord for bebyggelsen

Skråningen mot nord har ligget slik i mange hundre år. Sett på den bakgrunn er det liten umiddelbar fare for at det skal gå et skred her. Skråningen har imidlertid vesentlig lavere beregningsmessig sikkerhet enn hva som normalt aksepteres i nærheten av boligområder. Uforutsette menneskelige inngrep eller endringer i de naturlige forhold kan lett utløse et større skred i den bratteste del av skråningen. Hvis det skulle skje, er det betydelig fare at boligene i Kattmarka.

Å sikre denne lange skråningen ned mot sjøen i nord er en utfordrende oppgave. Dette fordi store deler av skråningen ligger med marginal sikkerhet i dag. NVE har signalisert at de primært vil bidra til sikring av permanent boligbebyggelsen i Kattmarka, og at de to hyttene nederst i skråningen ikke kan prioriteres.

Med disse begrensninger, og for ikke å svekke skråningens stabilitet under gjennomføringen av sikringstiltak, anbefaler NGI at et område ved topp av skråningen sikres ved installasjon av kalk/semest ribber som grovt skissert i plan i figur 2.1. Denne stabiliseringen vil senere dimensjoneres i mer detalj, men vil ha som mål å gi en god sikkerhet mot at bebyggelsen blir berørt av skred som måtte utløses lengre nede i skråningen.

Selv etter et slikt stabiliserende tiltak må skråningen nedenfor, som ikke blir stabilisert, klassifiseres som høy faregradklasse i forhold til skred, og behandles slik av kommunen i fremtiden.

4.3 Grovt kostnadsoverslag

Tabell 1 angir anslåtte kostnader for å etablere en anleggsveg gjennom skredgropen og opp til eksisterende gjenværende bebyggelse i Kattmarka, sikre skredkanten i nord permanent, og lage nye bekkeløp.

Tabell 1- Anslått kostnad bare for reetablering av veg, sikring skredkanter og nye bekkeløp

Tiltak	Enhet	Enhetspris (kr)	Anslått mengde	Kostnad NOK
Arbeidsplattform sone A	RS	500 000	1	500 000
Forberede underlag for drenerigg langs vegen	m2	300	3 100	930 000
Installasjon dren cc 1,5 m, antatt 15 m dybde i snitt	m2	150	3 100	465 000
KS ribber sone C	m3	400	1 000	400 000
Motfylling mot skredkant	RS	500 000	1	500 000
Bygging anleggsveg gjennom gropa	lm	4 000	320	1 280 000
Nye bekkeløp	lm	2 000	300	600 000
Rydding og arrondering langs vegen	RS	100 000	1	100 000
Total sum				4 775 000
Generell rigg og uforutsette kostnader	%		30	1 432 500
Total sum inkl. rigg				6 207 500

5 Referanser

- /1/ NGI (2009)
Skred Kattmarka, Namsos. Oppsummering fra befaring og møter 14-16 mars 2009. Teknisk notat, datert 19.03.2009.
- /2/ NGI (2009)
"Kvikkleireskred Kattmarka, Namsos. Grunnundersøkelser. Datarapport".
NGI rapport nr 20091257-1, datert 30.april 2009.
- /3/ Multiconsult (2009)
"Kattmarken boligfelt, grunnundersøkelser. Geoteknisk datarapport med orienterende geoteknisk vurdering".
Multiconsult rapport nr 413456-1, datert 06.03.2009.
- /4/ Karlsrud,K.;Lunne,T.;Kort,D.A.;Strandvik,S.(2005)
CPTU correlations for clays. International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 16. Osaka 2005. Proceedings, Vol. 2, pp. 683-702.

- /5/ Karlsrud, K. (2003)
Skjærstyrkeegenskaper av leire og bruk i stabilitetsanalyser.
Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger. Kurs Norsk
Geoteknisk Forening, Hell 2003. Foredrag 4.2.
- /6/ NGI (2002)
Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og
klassifisering av faresoner, kvikkleire.
Rapport 20001008-2, Revisjon 3, datert 8.oktober 2008.

Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Kvikkleireskred Kattmarka, Namsos			Dokument nr/Document No. 20091257-2		
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date 26. mai 2009	
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited		Rev.nr./Rev.No. 1	
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited			
		<input type="checkbox"/> Ingen/None			
Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags- og energidirektorat					
Emneord/Keywords Kvikkleireskred, udrenert skjærstyrke, stabilitet, sikringstiltak					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Nord-Trøndelag				Havområde/Offshore area	
Kommune/Municipality Namsos				Feltnavn/Field name	
Sted/Location fiolveien				Sted/Location	
Kartblad/Map N50 1723 IV Namsos				Felt, blokknr./Field, Block No.	
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL173526					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	KK	OG		
1		KK	OG		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date		Sign. Prosjektleder/Project Manager	
				Kjell Karlsrud	

NGI er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

NGI arbeider i følgende markeder: olje og gass, bygg og anlegg, samferdsel, naturskade og miljøteknologi.

NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002, og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

www.ngi.no

NGI is a leading international centre for research and consulting in the geosciences.

NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the environment, installations and structures.

NGI works within the oil and gas, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA. NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002, and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002 og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

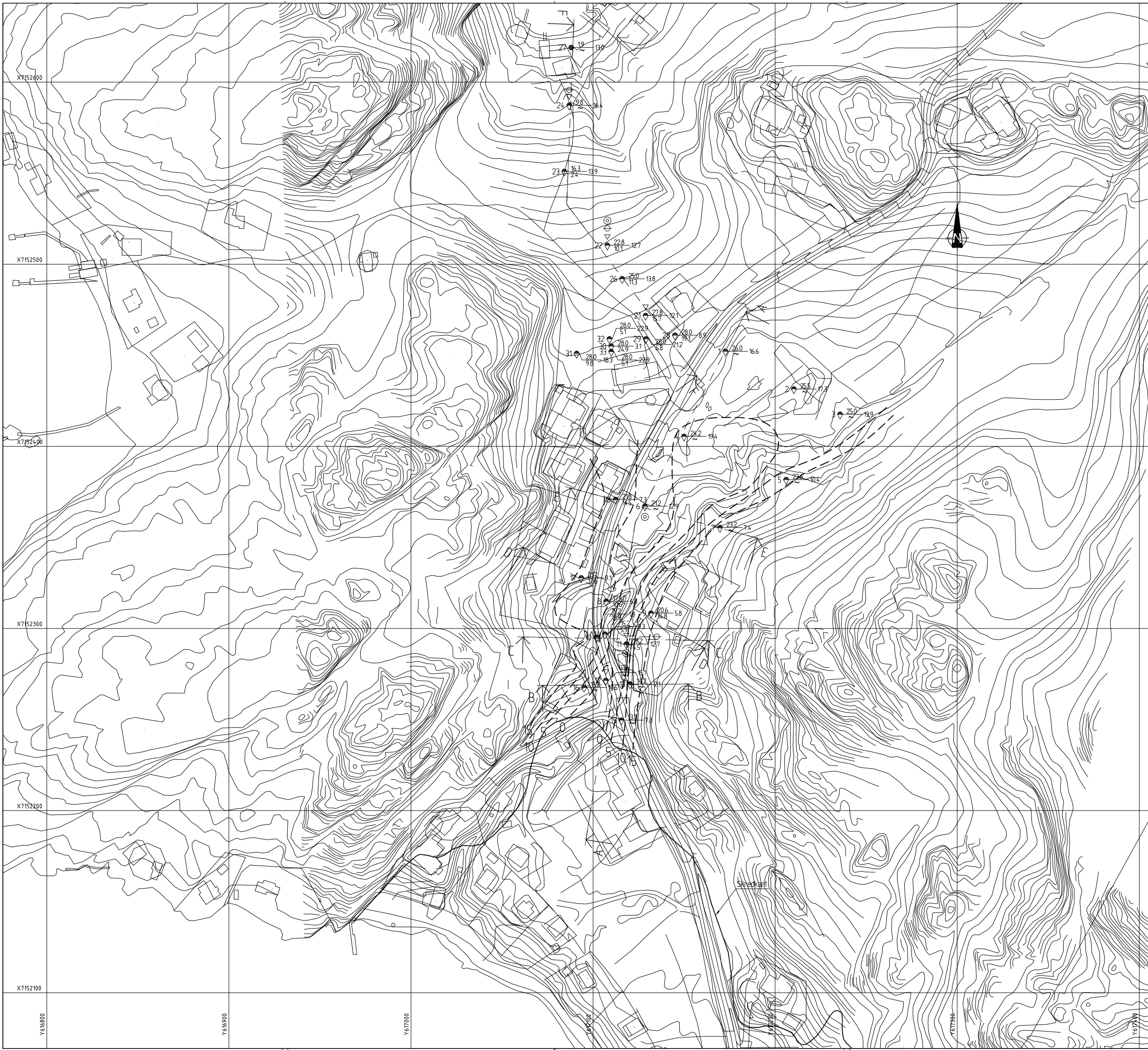
Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr 5096 05 01281/IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989



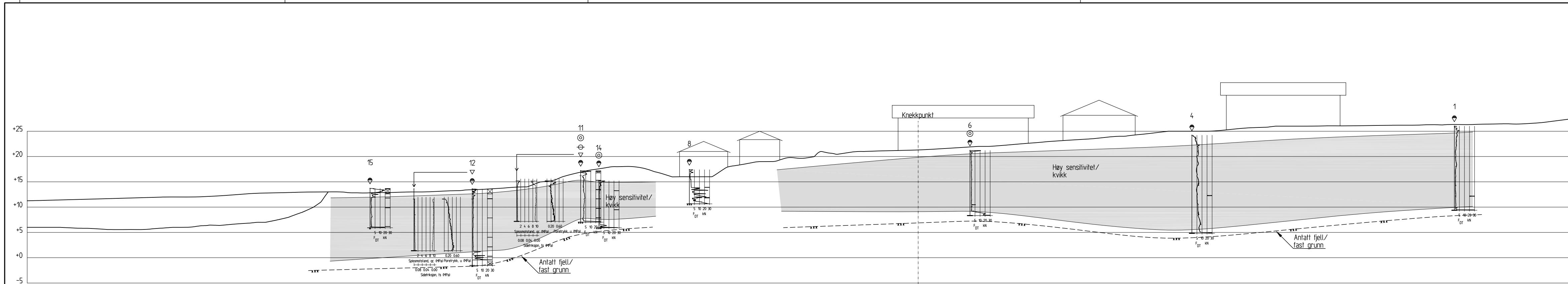
FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkelt sondering
- ▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⊙ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

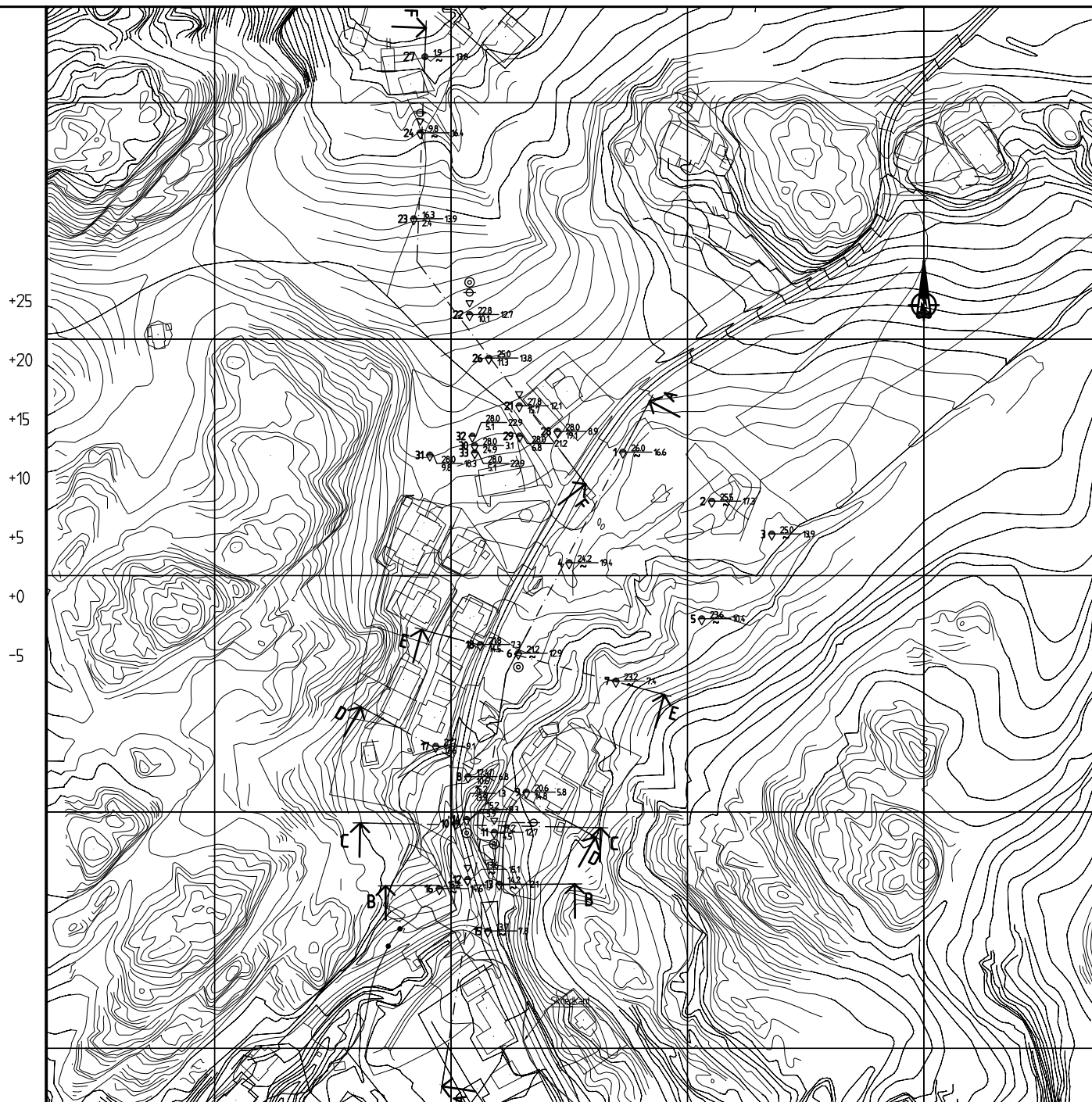
Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Tegningsstilt:	Tegningsnr.:	Rev.:
BORPLAN MED KOTER TIL FJELL/FAST GRUNN	010	

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT KVIKKLEIRESKRED KATTMARKA, NAMSOS					Status Original format A-1 Tegningens filnavn G:\geoteknik\20091257\autograf_rit\010.dwg Målestokk
STABILITETSFORHOLD OG SIKRINGSTILTAK GRUNNFORHOLD BORPLAN MED KOTER TIL FJELL/FAST GRUNN					1:1000
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0606 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no					Dato 30.04.2009 Opprappnr. 20071257 Konstr./Tegnet 010 Kontrollert Godkjent Rev.



Profil A-A
1 : 500



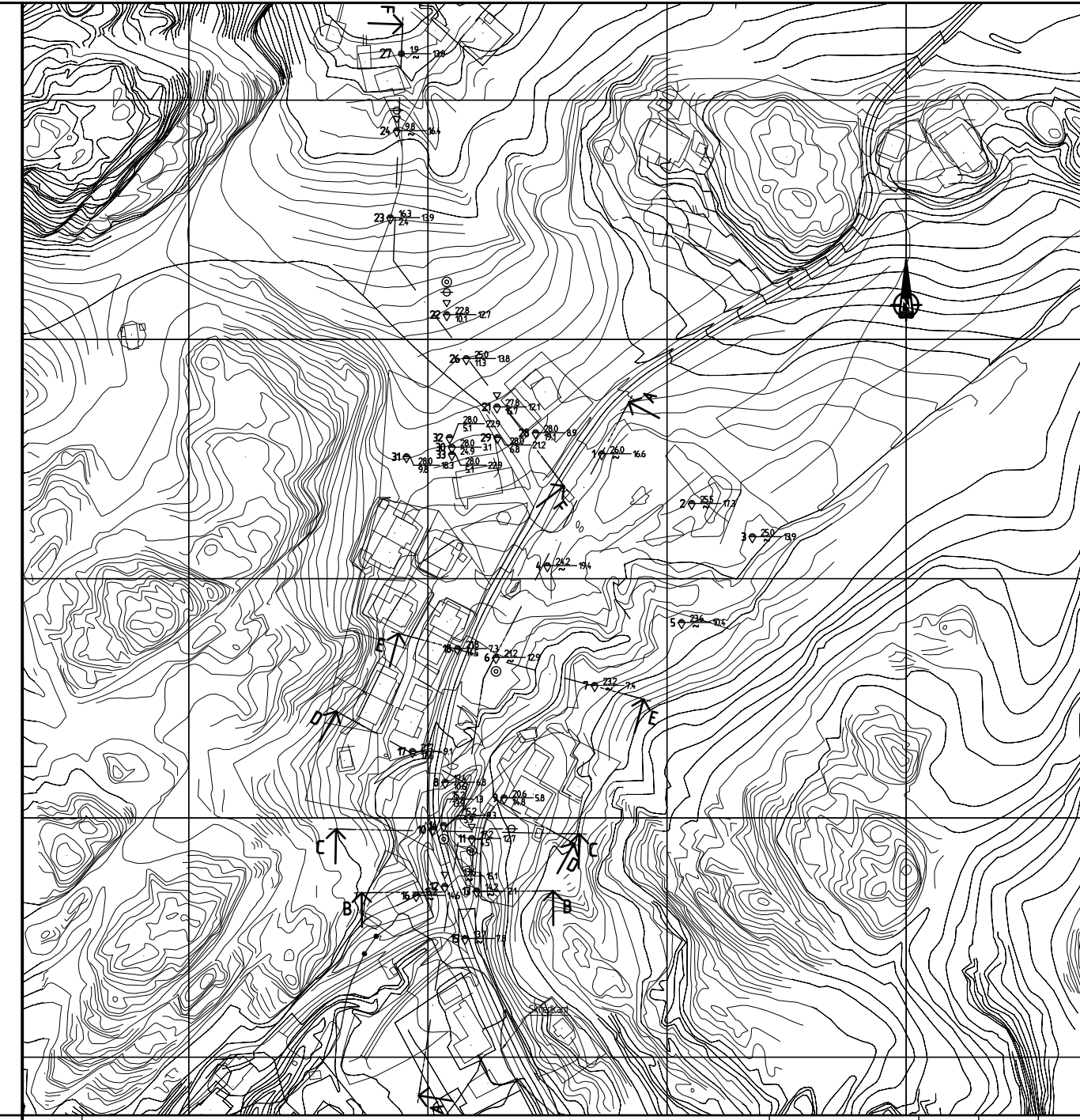
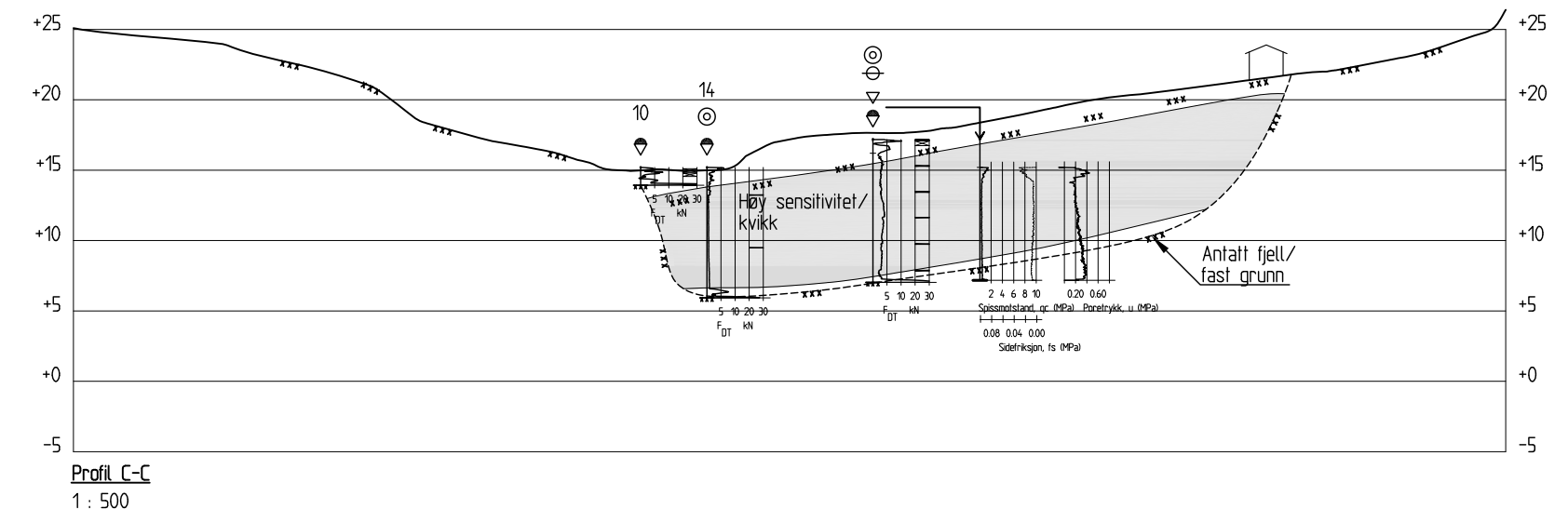
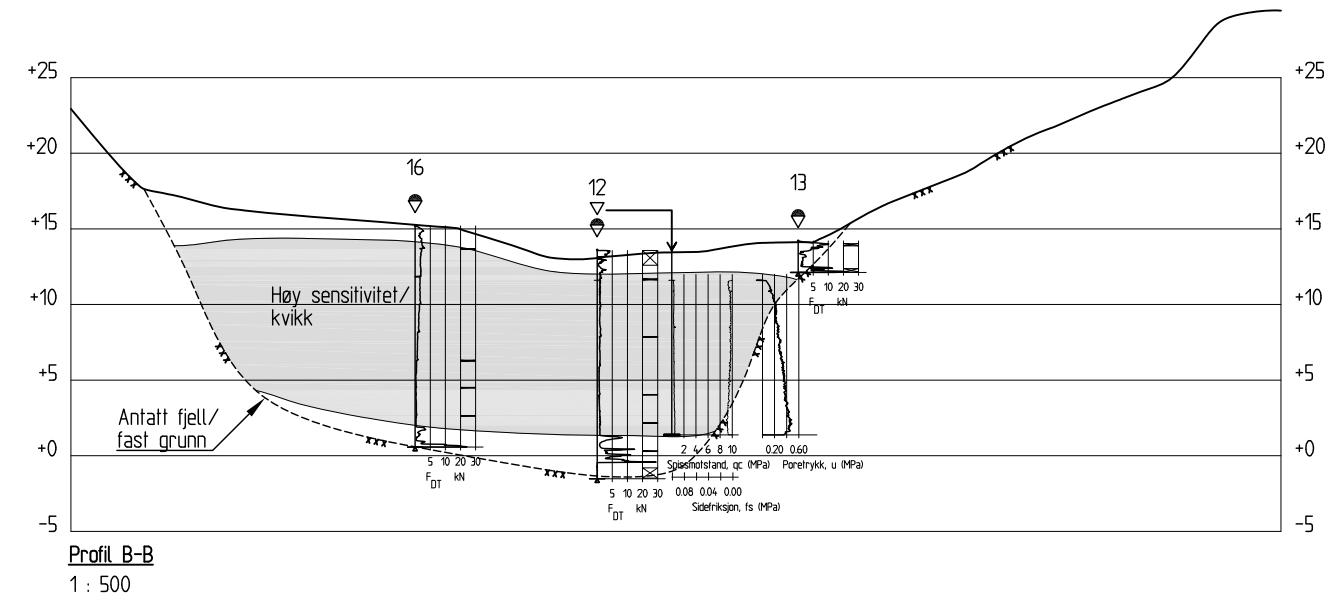
FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

	Rev. Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT KVIKKLEIRESKRED KATTMARKA, NAMSOS		Original format A-3L Tegningens filnavn G:/gearkiv/20091257/autograf.rit/profiler.dwg Målestokk			
STABILITETSFORHOLD OG SIKRINGSTILTAK PROFIL A-A, GRUNNFORHOLD		1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 16.04.2009	Oppdragsnr. 20091257	Konstr./Tegnet Tegningsnr. 100	Godkjent Rev.




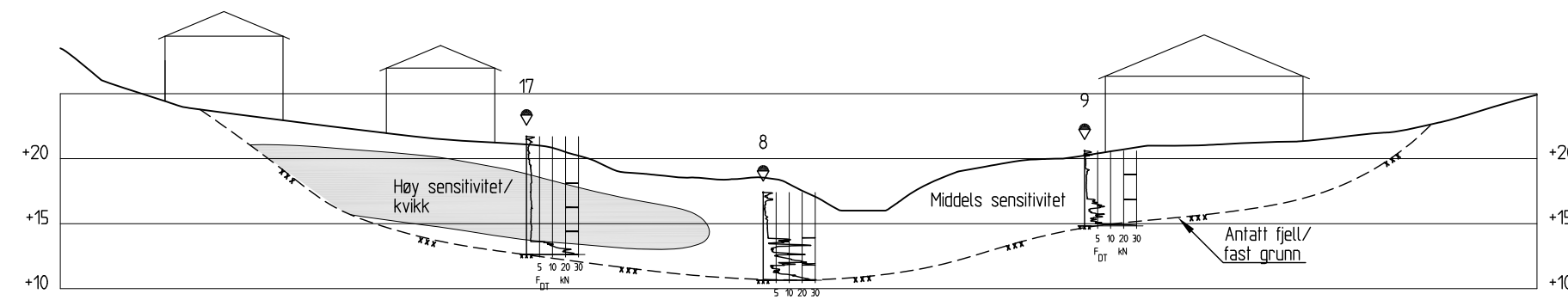


FORKLARINGER:

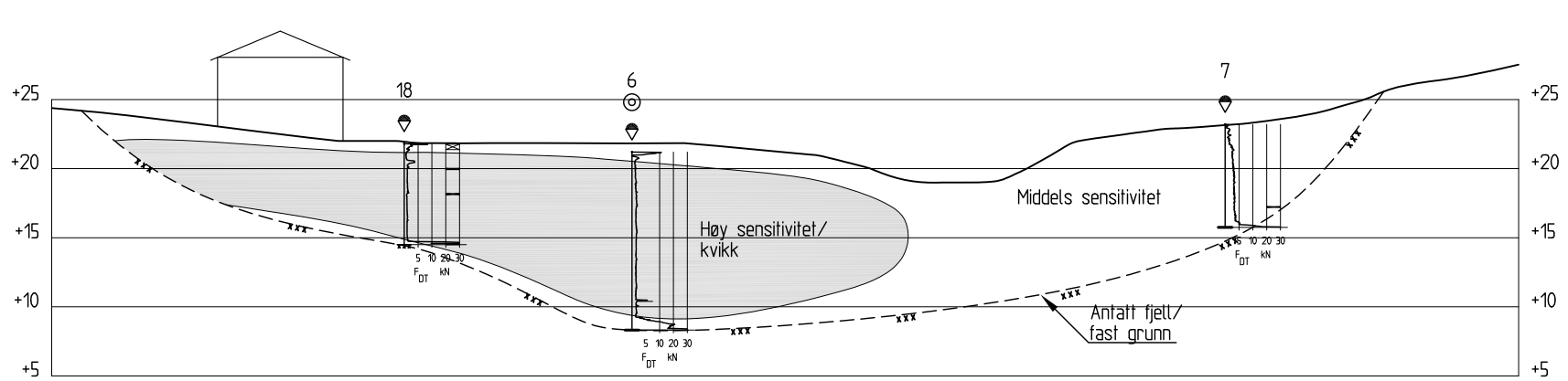
- Dreiesondering ✪ Fjellkontrollboring ⊙ Prøveserie ⊖ Poretrykksmåling
- Enkel sondering ⬇ Dreietrykksondering □ Prøvegrop ⚡ Fjell i dagen
- ▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vingeboring

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

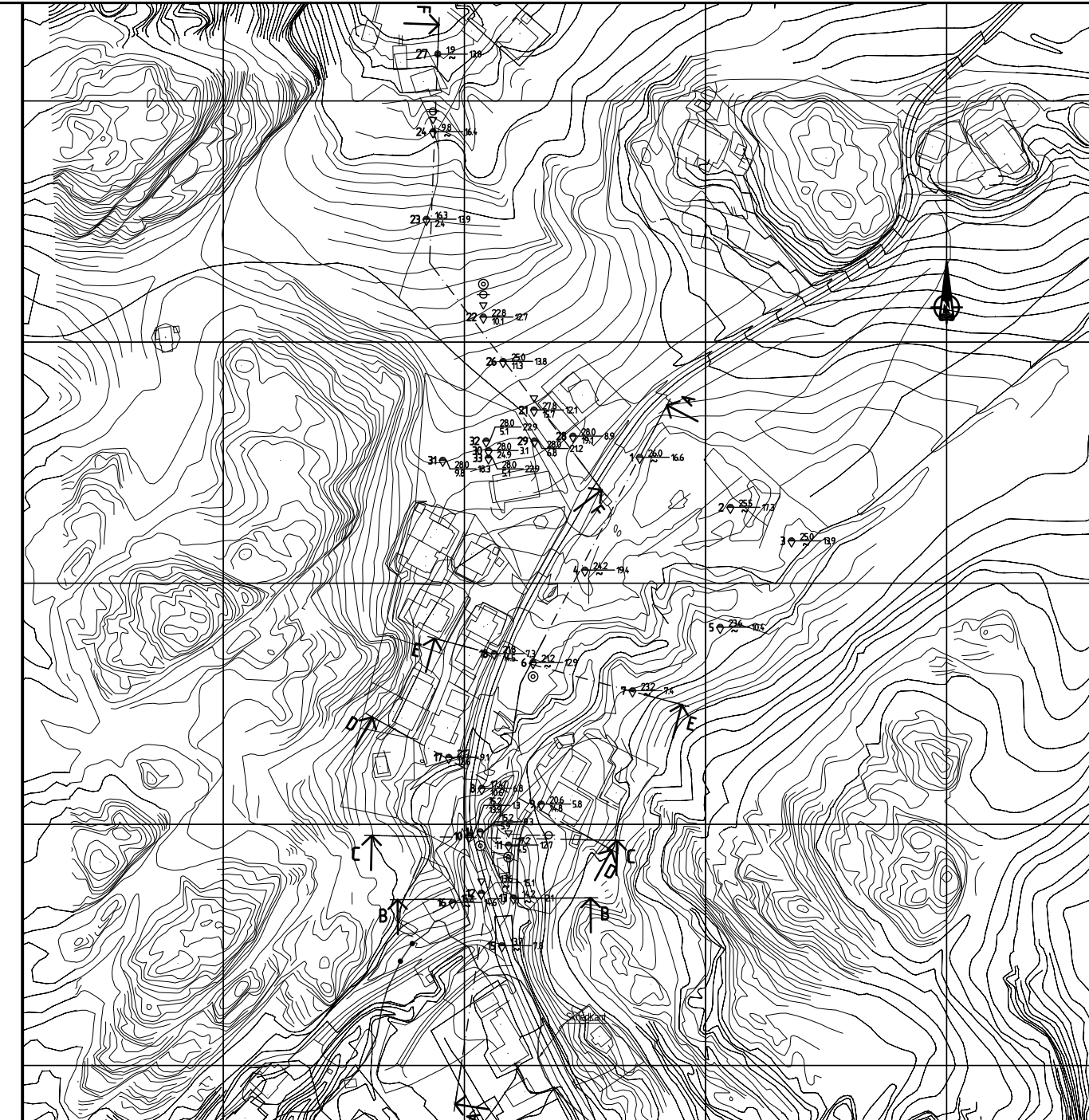
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn. Kontr. Godkj.
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT KVIKKLEIRESKREDKATTMARKA, NAMSOS		Original format A-3L	
		Tegningens filnavn G:/gearkiv/20091257/autograf.rit/profiler	
		Målestokk	
STABILITETSFORHOLD OG SIKRINGSTILTAK PROFIL B-B OG C-C, GRUNNFORHOLD		1500	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 16.04.2009	Godkjent
		Oppdragsnr. 20091257	Rev.
		Tegningsnr. 101	



Profil D-D
1 : 500



Profil E-E
1 : 500

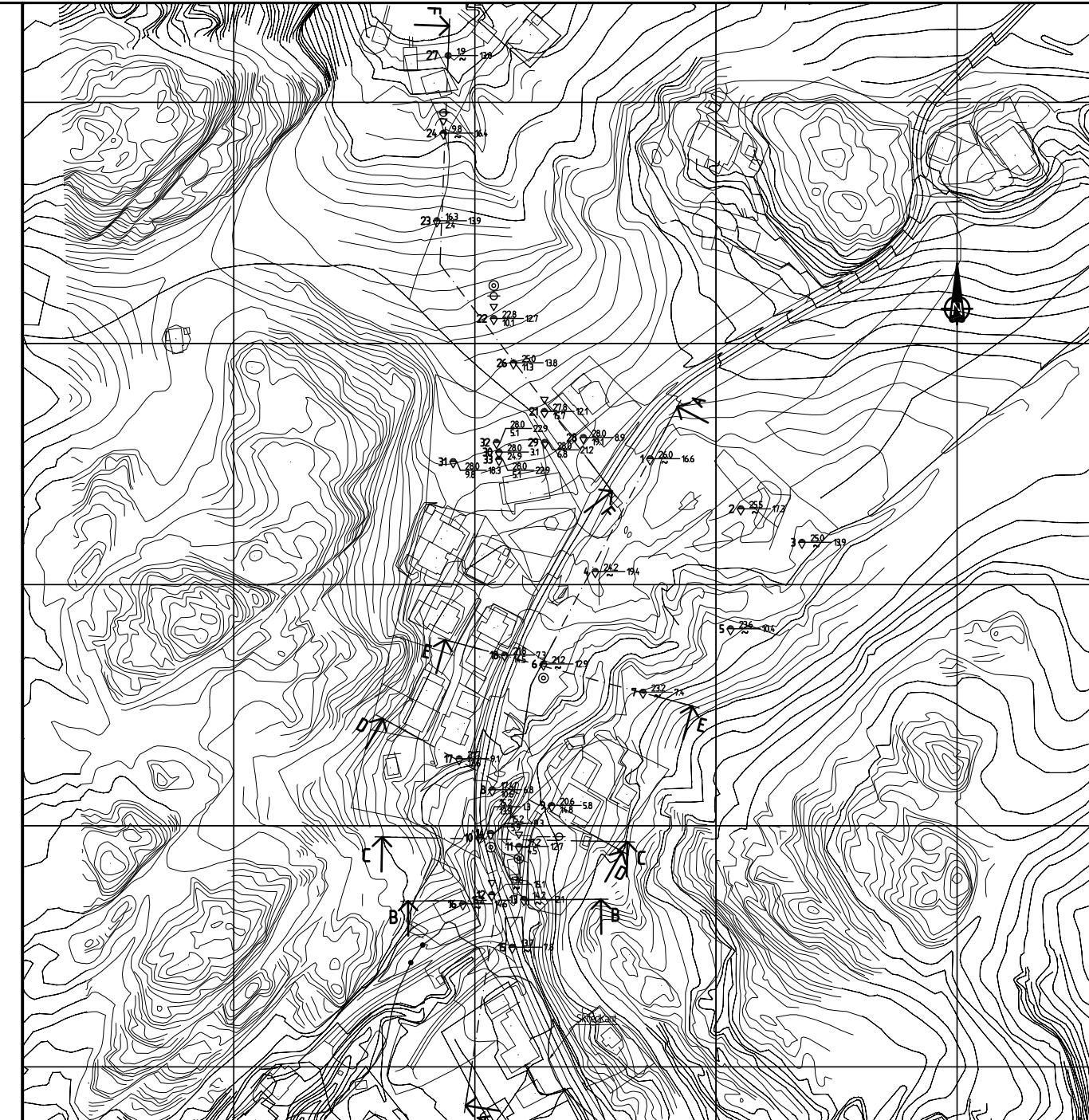
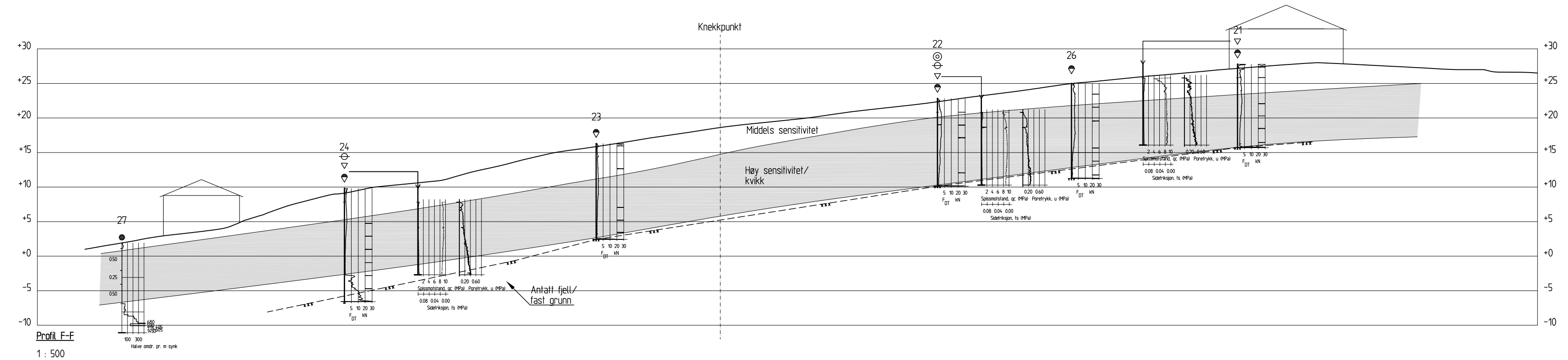


FORKLARINGER:

- Dreiesondering ⚙ Fjellkontrollboring ⊙ Prøveserie ⊖ Poretrykksmåling
- Enkel sondering ⚡ Dreietrykksondering □ Prøvegrop ⚡ Fjell i dagen
- ▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vingeboring

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn. Kontr. Godkj.
<p>NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT KVIKKLEIRESKRED KATTMARKA, NAMSOS</p>		<p>Status</p> <p>Original format A-3L</p> <p>Tegningens filnavn G:/gearkiv/20091257/autograf.rit/profiler.dwg</p> <p>Målestokk</p>	
<p>STABILITETSFORHOLD OG SIKRINGSTILTAK PROFIL D-D OG E-E, GRUNNFORHOLD</p>		<p>1500</p>	
<p>NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no</p>		<p>Dato 16.04.2009</p> <p>Oppdragsnr. 20091257</p>	<p>Konstr./Tegnet 102</p> <p>Kontrollert</p> <p>Godkjent</p> <p>Rev.</p>



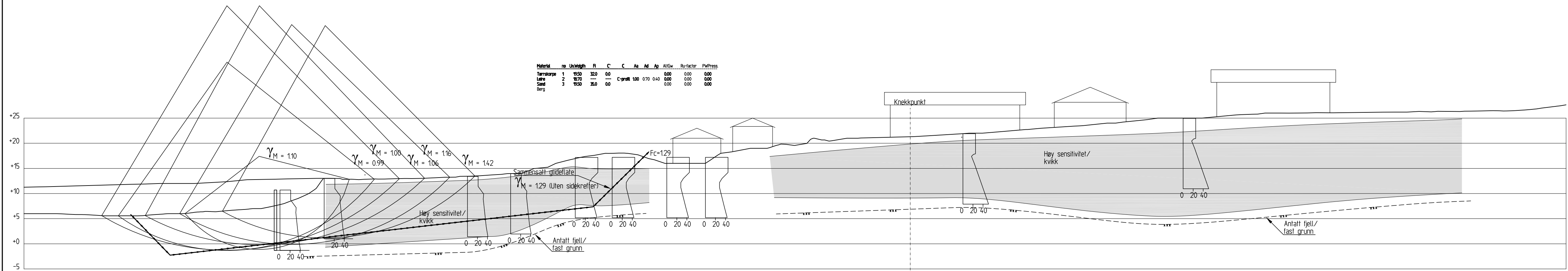
FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

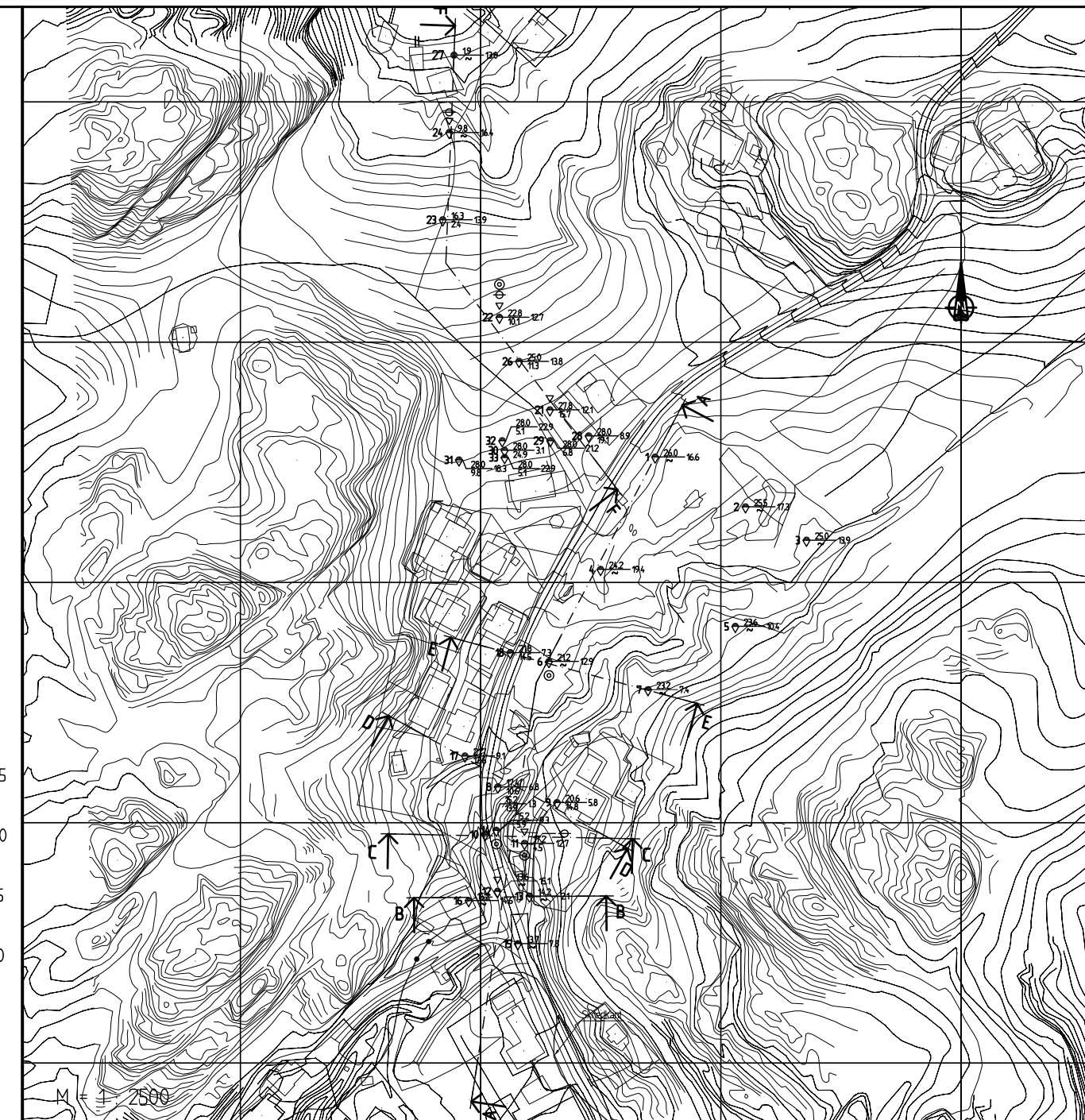
Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT KVIKKLEIRESKRED KATTMARKA, NAMSOS		Original format A-3L Tegningens filnavn G:/gearkiv/20091257/autograf.rit/profiler.dwg Målestokk			
STABILITETSFORHOLD OG SIKRINGSTILTAK PROFIL F-F, GRUNNFORHOLD		1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 16.04.2009	Konstr./Tegnet Oppdragsnr. 20091257	Kontrollert Tegningsnr. 103	Godkjent Rev.

Materiell	nr	Univ	Wgh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	AlGw	Re-factor	PwPress
Terrskorpe	1	1950	320	0.0						0.00	0.00	0.00
Løse	2	1970			C-profil	100	0.70	0.40		0.00	0.00	0.00
Sand	3	1950	350	0.0						0.00	0.00	0.00
Berg												



Profil A-A
1: 500




Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kontr	Godkj

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT
KVIKKLEIRESKRED KATTMARKA, NAMSOS

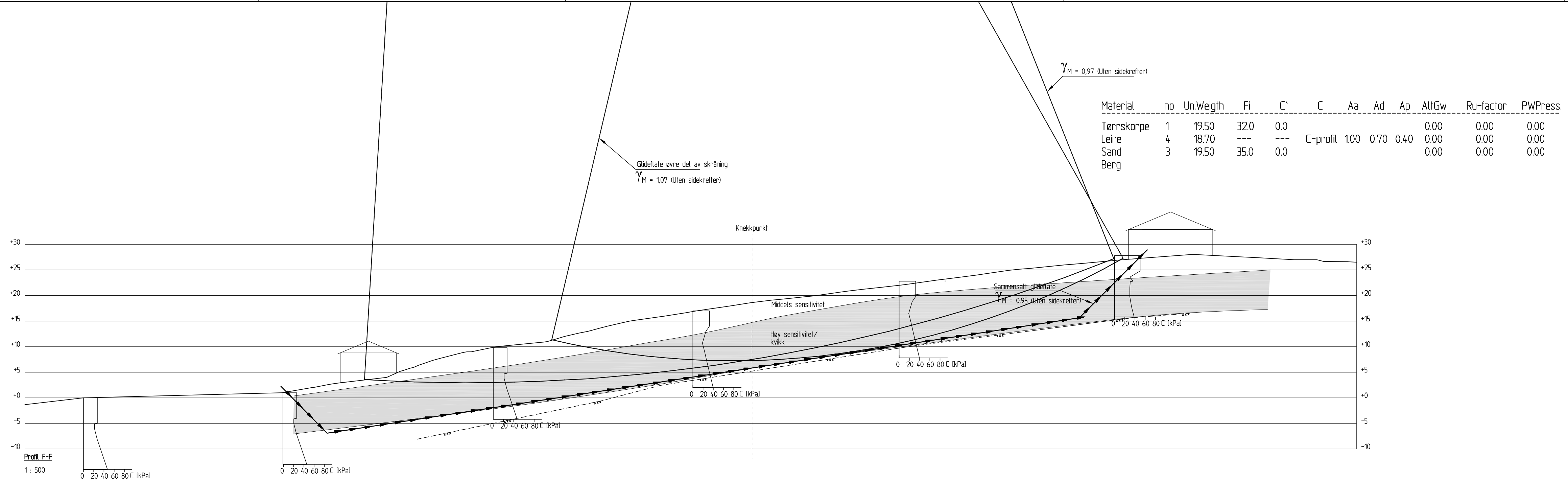
Original format
A-3L
Tegningens filnavn
G:/gearkiv/20091257/autograf.rit/profiler.dwg

STABILITETSFORHOLD OG SIKRINGSTILTAK
PROFIL A-A
RASKANT, STABILITET DAGENS SITUASJON

Målestokk
1500

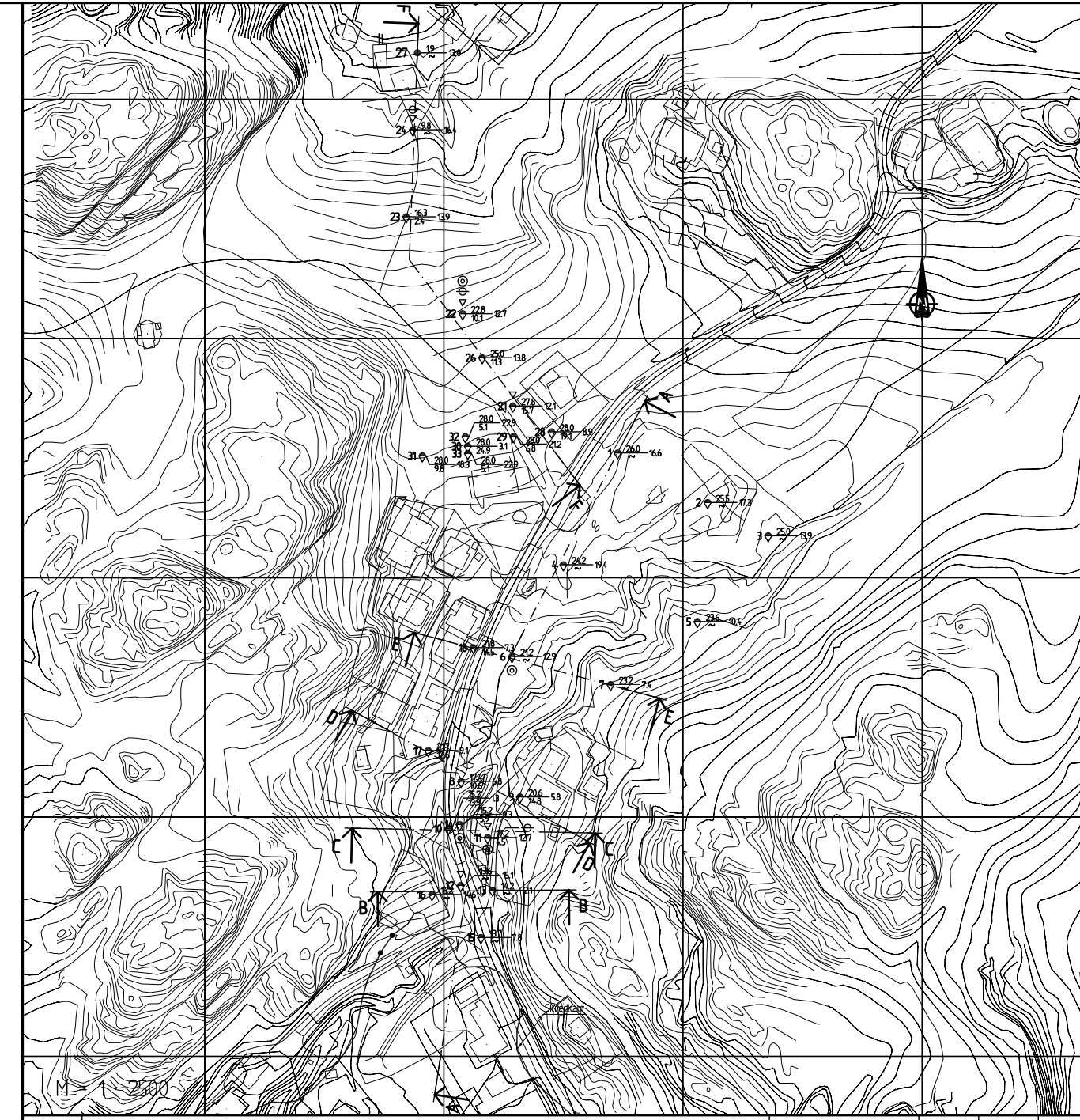


NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 26.05.2009 Oppdragsnr. 20091257	Konstr./Tegnet Tegningsnr. 104	Kontrollert	Godkjent
---	---	--------------------------------------	-------------	----------



Material	no	Un.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress
Tørrskorpe	1	19.50	32.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire	4	18.70	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Sand	3	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Berg											

Profil F-F
1 : 500



Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kontr	Godkj

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT
KVIKKLEIRESKRED KATTMARKA, NAMSOS

STABILITETSFORHOLD OG SIKRINGSTILTAK
PROFIL F-F
SKRÅNING MOT NORD, STABILITET DAGENS SITUASJON

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 26.05.2009	Konstr./Tegnet Oppdragsnr. 20091257	Kontrollert Tegningsnr. 105	Godkjent Rev.
---	--------------------	---	-----------------------------------	------------------

1500

