

Rapport

Oppdragsgiver: **NVE**

Oppdrag: **Kvikkleirekartlegging Lundamo
Kvernhusbekken, Leirtaket og Varegga**

Emne: **Geotekniske vurderinger
Faregradsvurdering, stabilitetsberegninger**

Dato: **28. mars 2008**

Rev. - Dato

Oppdrag- / Rapportnr. **412688 - 2**

Oppdragsleder: **Arne Vik**

Sign.: *Arne Vik*

Saksbehandler: **Ingrid Havnen/ Erik Tørum**

Sign.: *Ingrid Havnen*

Kontaktperson hos Oppdragsgiver: **Trude Skaret Krogstad**

Sammendrag:

Etter oppdrag fra NVE har Multiconsult AS utført en kvikkleirekartlegging, vurdering av faregrad og utført stabilitetsberegninger av stabilitetskritiske områder av området rundt Kvernhusbekken på Lundamo med boligområdene Varegga og Leirtaket. Dette i forbindelse med planlagt utbygging av et nytt boligområde på Varegga. Det er tidligere utført flere grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger i området i forbindelse med boligutbyggingen. Disse og nye omfattende supplerende grunnundersøkelser er presentert i Multiconsult rapport 412688-1. I dette prosjektet er det også utført supplerende poretrykksmålinger.

De utførte grunnundersøkelsene viser at det sannsynligvis er 3 lommer av kvikkleire innenfor den opprinnelige sonen, som dels går over hverandre i forskjellige lagdelinger. En lomme under Leirtaket boligområde, en under Varegga og en dypere lomme på flata ned mot Gaula i nord. Det er ikke registrert kvikkleire i den sørlige delen av Kvernhusdalen som skiller de to boligområdene, men det er usikkert om det er sammenhengende kvikkleireforekomster mellom disse lommene. Resultater fra felt- og laboratorieundersøkelsene viser at leira/kvikkleira generelt er noe overkonsolidert.

Det er foretatt en revurdering av faregrad som viser at hele sonen fortsatt har faregrad "høy". De stabilitetskritiske profilene har imidlertid faregrad "lav" til "middels".

Det er foretatt stabilitetsberegninger i fire profiler. Det er dokumentert lav sikkerhet for både langtidstilstanden ved drenerte effektivspenningsanalyser og i korttidstilstanden ved udrenerte totalspenningsanalyser i de to mest kritiske profilene fra høyden sør for Varegga. Det mest kritiske profilet ned mot vest har svært lav sikkerhet mot utglidning. De øvrige profiler ned mot Kvernhusbekken har tilfredsstillende sikkerhet både i langtid og korttidssituasjonen.

Vi anbefaler også at sikkerheten i de mest kritiske profilene bedres. Aktuelle tiltak for å utføre dette vil være avlastning på toppen av skråningene og/eller motfylling i bunn av skråningene.

Sikring av pågående erosjon i Kvernhusbekken og for øvrig i erosjonsutsatte raviner i kvikkleireområdet anbefales også utført.

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	4
2.	Terreng- og grunnforhold.....	4
2.1	Terreng.....	4
2.2	Grunnforhold - Kvikkleireutbredelse	4
2.3	Poretrykksmålinger – supplerende grunnundersøkelser	6
3.	Vurdering og klassifisering av sonen.....	8
3.1	Tiltaksklasse og krav til stabilitet og kontroll.....	8
3.2	Faregradsevaluering.....	8
4.	Områdestabilitet	10
4.1	Generell vurdering – bruddmekanismer	10
4.2	Tidligere stabilitetsberegninger og vurderinger.....	11
4.2.1	Nordlige del av Varegga.....	11
4.2.2	Sørlige delen av Varegga.....	11
4.2.3	Sentrale og sørlige delen av Leirtaket.	12
4.2.4	Nordre del av Leirtaket.....	12
4.2.5	Østlige delen av Leirtaket.....	12
4.3	Løsneområder	13
4.3.1	Leirtaket.....	13
4.3.2	Kvernhusdalen	13
4.3.3	Varegga.....	14
4.4	Kritiske snitt	14
5.	Stabilitetsberegninger.....	15
5.1	Analysemetoder	15
5.2	Styrkeparametre.....	15
5.3	Beregningsresultater – Profil A, D, F og G	17
6.	Prinsipper for sikringstiltak – Videre føringer	19
7.	Kritiske momenter.....	20
8.	Referanser	20

Tegninger

412688-0:	Oversiktskart
-2:	Borplan med antatt kvikkleireutbredelse
-49:	Poretrykksmålinger og tolket poretrykks(u)-profil
-50:	Tolket aktiv udrenert skjærstyrke, s_u^A ,-profil CPTU 2a
-51:	Tolket forkonsoliderings, p_c' ,-profil CPTU 2a
-52:	Tolket overkonsolideringsgrad, OCR-profil CPTU 2a
-53:	Tolket friksjonsvinkel, ϕ , CPTU 2a
-54:	Tolket s_u^A -profil CPTU 3
-55:	Tolket p_c' -profil CPTU 3
-56:	Tolket OCR-profil CPTU 3
-57:	Tolket friksjonsvinkel CPTU 3
-58:	Tolket s_u^A -profil CPTU 20
-59:	Tolket p_c' -profil CPTU 20
-60:	Tolket OCR-profil CPTU 20
-61:	Tolket friksjonsvinkel CPTU 20

Vedlegg

Vedlegg 1:	NGIs faregradskart
Vedlegg 2:	Faregradsevaluering profil A, C, D, G, I, M og Profil K2986–Profil 2, 3 og 4
Vedlegg 3:	Beregnet s_u^A styrke mot dybden Profil A, D og G
Vedlegg 4:	Utskrifter fra stabilitetsberegninger med STABIL
Vedlegg 5:	Utskrifter fra stabilitetsberegninger med PLAXIS

1. Innledning

Etter oppdrag fra NVE har Multiconsult AS utført en kvikkleirekartlegging av området rundt Kvernhusbekken på Lundamo, se oversiktskart 412688-0. På vestsiden av bekken ligger Varegga boligområde og på østsiden Leirtaket boligområde. Block Watne planlegger nå utbygging på deler av området på Varegga.

Det er tidligere utført flere grunnundersøkelser i området for boligområdene av både MULTICONSULT AS (Geoteam) og tidligere Kummeneje (nå Rambøll). Det er nå utført supplerende grunnundersøkelser i boligområdene og langs Kvernhusdalen, se MULTICONSULT rapport 412688-1. Her er tidligere og nye grunnundersøkelser sammenstilt.

Hele området ligger innenfor en kvikkleiresone med høy faregrad iht. NGI's faresonekart (www.skrednett.no), se vedlegg 1. NVE har nylig utgitt "Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag" 1/2007 (foreløpig) (heretter kalt NVE-veiledning). Denne må hensyntas i forbindelse med grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger i kvikkleireområder. I tråd med dette har MULTICONSULT AS utført supplerende grunnundersøkelser og vurderinger (ref MULTICONSULT rapport 412688-1).

På bakgrunn av NVE-veilederen er det i denne rapporten utført en faregradsevaluering av hele sonen, i tillegg til enkeltprofiler. Det gis en beskrivelse av kvikkleiresonen i tillegg til stabilitetsberegninger og vurdering av tiltak. I tillegg er det utført supplerende poretrykksmålinger.

2. Terreng- og grunnforhold

2.1 Terreng

Varegga og Leirtaket ligger i en nordvestvendt terrengskråning ca 1 km sørøst for Lundamo sentrum. I øst og dels i sør er det bratte fjellskråninger som stuper ned mot boligområdene, som dels ligger i skråningene og dels på flata ned mot Lundamo sentrum og E6. Kvernhusdalen med Kvernhusbekken, som deler boligområdene, renner i sør-nord retning, før den svinger av mot øst på flata. Dalen munner ut ved den nedre delen av boligområdet.

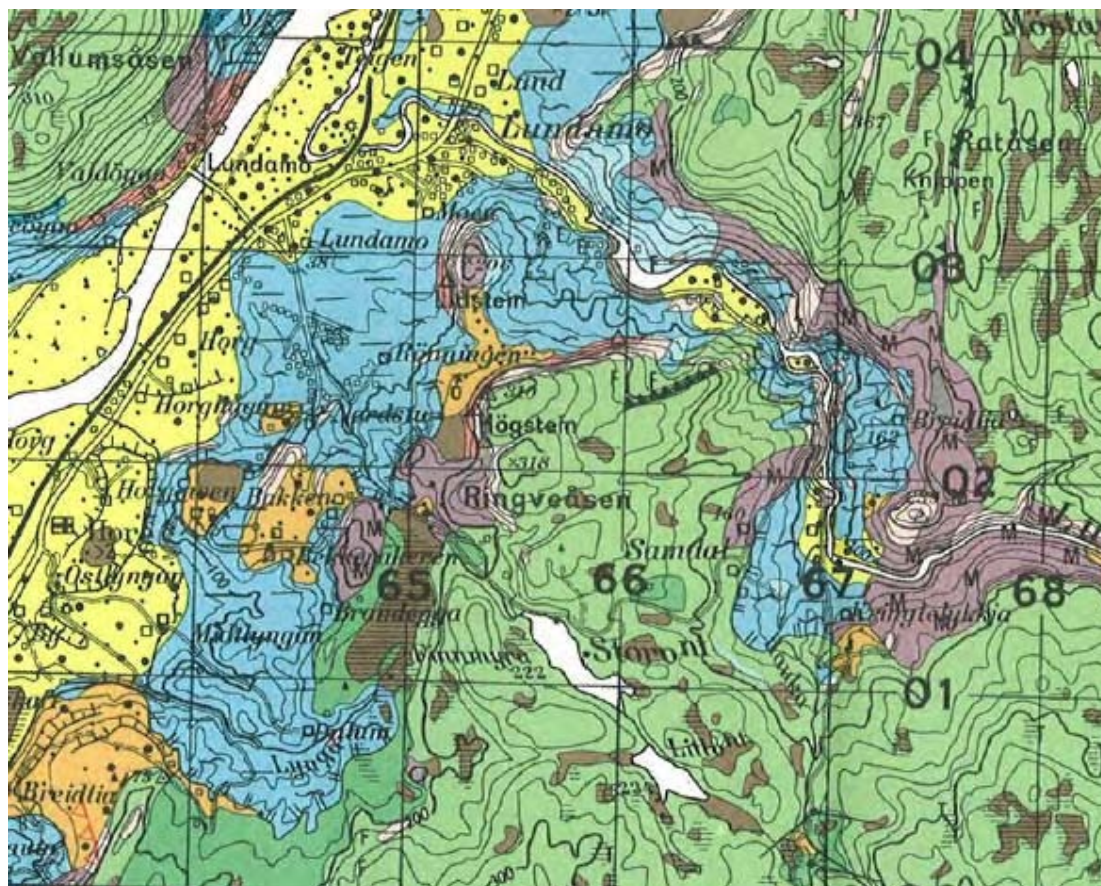
Området, spesielt Leirtaket er meget ravinert med 6 ravedaler, hvorav 3 går gjennom boligområdet og 3 ligger sørøst for boligområdet.

2.2 Grunnforhold - Kvikkleireutbredelse

Kvartærgeologiske kart over området, se figur 1, viser at løsmassene består i hovedsak av hav- og fjordavsetninger og marine strandavsetninger. Det er også lokale innslag av bart fjell i de sørlige og østlige delene av området og noe breelvavsetninger, spesielt på toppen av skråningen sør for Varegga. Det kvartærgeologiske løsmassekartet indikerer største mulige utbredelse av kvikkleire hvor det finnes marine strandavsetninger.

Kartet viser to skredgroper i området i avgrensingen av de blå (marine avsetningene) lengst sør på kartet.

Figur 1: Utsnitt av kvartærgeologisk kart NGU– Støren kartblad 1621 III



TEGNFORKLARING
Legend

LØSMASSER
Superficial deposits

- SKJENSBÅRERALE, SAMMENHENGENDE DEKKE, STØRRE MED STOR MERKELHET**
 T.B. continuous cover, locally of great thickness
- SKJENSBÅRERALE, USAMMENHENGENDE ELLER TVYR DEKKE**
 T.B. discontinuous or thin cover
- FIKKEDEKKE**
 Thinly bedded
- SPISSELAVSETNINGER (GLASFLUVIALE AVSETNINGER)**
 Glacial drift deposits
- RYGG-ØRDET BREEVAVSETNINGER (ESKTER)**
 Sand
- BRESLAVSETNINGER (GLASFLUKSTRIME AVSETNINGER)**
 Glacial stream deposits
- ELVAVSETNINGER (FLUVIALE AVSETNINGER)**
 Fluvial deposits
- HAV- OG FJORDAVSETNINGER (MARINE AVSETNINGER UNNTATT STRANDAVSETNINGER), SAMMENHENGENDE DEKKE, OFTEST MED STOR MERKELHET**
 Marine deposits (shore deposits not included), continuous cover, mostly of great thickness
- STRANDAVSETNINGER (MARINE AVSETNINGER, USAMMENHENGENDE DEKKE)**
 Marine deposits and shore deposits, discontinuous or thin cover
- HAV- OG FJORDAVSETNINGER OG STRANDAVSETNINGER, USAMMENHENGENDE ELLER TVYR DEKKE**
 Marine deposits and shore deposits, discontinuous or thin cover
- FORVITTNINGSVASSERALE, USAMMENHENGENDE ELLER TVYR DEKKE**
 Weathering material, discontinuous or thin cover
- IR (TALL)**
 Ice
- LITEN IR**
 Small ice
- TORG- OG MYRVAKSLER (ORGANISK MATERIALE)**
 Organic material
- FYLLMÅSSER (ANTHROPOGENT MATERIALE)**
 Anthropogenic material
- BART FJELL**
 Exposed bedrock
- BART FJELL**
 Exposed bedrock
- LITEN FJELLUTVIKING**
 Small exposure of subbedrock

ANDRE SYMBOLER
Other features

- BRU/VEGGRANSENING (GLASFLUVIAL VEKSLING)**
 Gradifluvial erosion line
- SMELTEVASSLEIPI I LØSMASSE (GLASFLUVIAL DRENERINGSFOR)**
 Meltwater channel in superficial deposits
- ØVEL**
 Gully
- ELVEDEKKE**
 Fluvial erosion bank
- FLUMLEI**
 Flood channel
- ELVE- ELLER BERKEVITTE**
 Fluvial fan
- LEGGESOP**
 Kettle hole
- SKONKTSKRANING**
 Ice-contact slope
- HAUGER OG RYDDER**
 Mounds and ridges
- TERFASSEKANT**
 Terrace-bank
- BEREDGRIF**
 Slide depression
- HØYT INNHOLD AV BLOKKER I OVERFLATEN**
 High frequency of boulders at the surface
- STOR BLOKK (>10 M)**
 Large block (>10M)
- GRUSTAK**
 Gravel pit
- REFRAKSIJONS-DEKSEK PROFIL MED REFERANSE**
 Seismic refraction profile with reference
- BORING (MED REFER.)**
 Boring (with ref.no.)

Illustrasjonsmateriale kartlagt av C. Funching, I. Hovli, B. Lien, A.-I. Reik, H. Svein og C. Sørensen.

Grunnundersøkelsene viser generelt at grunnen i området består av leire over kvikkleire som blir lagdelt i dybden. Overgangen til kvikkleire ligger generelt mellom ca 5 og 15 m under terreng. Det er registrert kvikkleiremektheter på inntil ca 30 m i den nordlige delen av området. Generelt ligger mektigheten på rundt 8-10 m på store deler av området.

Grunnundersøkelsene viser generelt at det ikke er registrert kvikkleire i dalbunnen. Det kan antas at det er to kvikkleireforekomster/lomme som kiler ut mot bekken. Det er imidlertid registrert kvikkleire på større dybde under dalbunnen mot nord, som kan være en tredje kvikkleireforekomst. Kvikkleireforekomsten på Leirtaket kan antas å være sammenhengende og forsvinne mot høyden i sør og sørøst.

På Varegga kan også kvikkleireforekomsten antas å være sammenhengende og gå inn under foten av skråningen opp mot høyden i sør. Kvikkleireutbredelsen mot nord og vest er noe usikker.

På tegning 412688-2 er område med antatt kvikkleireutbredelse på bakgrunn av undersøkelsene avmerket. Det er også skilt mellom de tre antatte lommene. Det må bemerkes at avgrensingene er skjønsmessige vurdert.

Det vises for øvrig til MULTICONSULT rapport 412688-1 for mer detaljert beskrivelse av terreng og grunnforholdene.

2.3 Poretrykksmålinger – supplerende grunnundersøkelser

På bakgrunn av grunnundersøkelsene og de noe uoversiktlige poretrykksmålingene ved de supplerende grunnundersøkelsene ble det vurdert behov for nye poretrykksmålinger.

Det ble innledningsvis utført poretrykksmålinger i 8 punkt. PZ1 (ved tidligere borpunkt M11793-2), PZ2, PZ3, PZ7, PZ11, PZ17, PZ20 og PZ28) hvorav 4 i to dybder. Poretrykksmålerne er satt på mellom 5 og 15 m dybde (se tabell 1).

Feltarbeidet med supplerende poretrykksmålere ble utført i uke 10 2008 under ledelse av borleder Olav Bakken. Det ble satt ned supplerende poretrykksmålere i følgende punkter:

- Borpunkt 2, PZ2, dybde 20 og 28 m under terreng (profil C)
- Borpunkt 411793-2, PZ1, dybde 16 og 23 m under terreng (profil C).
- Borpunkt 3, PZ3, dybde 14, 24 og 34 m under terreng (profil D).

For plassering av poretrykksmålingene vises til borplan tegning 412688-2.

Nye poretrykksmålinger ble utført i mars 2008. Resultat av poretrykksmålingene med dybder er vist i tabell 1.

Tidligere poretrykksmålinger i borpunkt K4506-1 antyder et grunnvannsnivå på ca kote +61, dvs ca 7 m under terreng på topp skråning på terrengryggen på den nordlige delen av Varegga i skråningen mot vest.

Tidligere poretrykksmålinger i sentrale deler av Leirtaket ved Rønningsveien borpunkt K8833-3 viser en grunnvannstand tilsvarende 5 m under terreng på skråningstopp ved hydrostatisk trykkfordeling i dybden (intet grunnvannstrykk på 3 m dybde og et vanntrykk på 10 kN/m² på 6 m dybde).

Tabell 1: Poretrykksmålinger

Poretrykksmåler/ Borpkt (Bunn/ topp skråning)	Dybde u/terr (m)	GV-måling 04.01.08 (m u/terr)	GV-måling 29.01.08 (m u/ terr)	GV-måling 10.03.08 (m u/ terr)	Høyeste målt Poretrykk (kPa)
PZ1/M411793-2 (bunn, profil C)	5	2,9	2,9	2,7	23
	12	*	11,8*	11,4	6
	15,8			14,8	10
	22,9			20,9	20
PZ2/2b (topp, profil C)	8	7,1	7,1	7,0	10
	20			16,6	34
	28			23,3	47
PZ3/3 (topp, profil D)	9	8,2	8,5*	8,1	9
	13,8			11,7	21,1
	23,8			21,1	27
	33,9			29,9	40
PZ7/7b (bunn, profil I)	5	1	1		40
	10	5,0	4,9		51
PZ11/11 (bunn, profil G)	5	Frosset *	0,1		49
PZ17/17 (bunn, profil D)	5	2,1	2,3		27
	10	*	9,8*		2
PZ20/20 (topp, profil M)	7	6,6	6,6*		4
	15	*	15,2		0
PZ28/28 (topp, profil I)	8	5,9	6,0		21

* Mulig tom måler/ ingen registrering

Poretrykksmålerne i bunn av skråningene viser generelt et hengende grunnvannsnivå 0-3 m under terreng, men lave poretrykk i dybden. På toppen av skråningene kan grunnvannet mulig antas noe lavere under terreng, med drenering i dybden og lavere poretrykk.

CPTU-sonderingene viser at massene setter opp poretrykk. Det er mulig at det er et hydrostatisk poretrykk i de øvre massene ned mot mer lagdelte masser i dybden, der grunnvannet dreneres ut. Det er sannsynlig at området dreneres av grovere masser i dybden eller mot de lavere områdene, sannsynligvis mot nord.

På toppen av skråningen sør for Varegga (PZ2) kan grunnvannet antas å ligge i underkant av sand/ gruslaget (ca 2 m under terreng ved borpunkt 2b) med et poretrykk i dybden på ca 18 % av hydrostatisk. I bunn av skråningen (PZ1) ligger poretrykket på ca 75 % av hydrostatisk i det øvre laget (hengende grunnvannsspeil) og rundt 10 % av hydrostatisk i dybden (fra 12-23 m).

Poretrykksfordeling i dybden for i PZ1, 2, 3, 17 og 20 (borpunkt 2b, 411793-2, 3, 17 og 20) er vist i tegning – 49.

Poretrykket vil kunne variere med årstid og nedbørsforhold.

3. Vurdering og klassifisering av sonen

3.1 Tiltaksklasse og krav til stabilitet og kontroll

Iht. NVE-veiledningen /1/ stilles det ulike krav til sikkerhetsmessig vurdering på reguleringsplannivå avhengig av tiltaksklassen sonen faller innenfor. Kravet til tiltak er inndelt i 4 tiltaksklasser og tre faregradsklasser.

For denne revurderingen av kvikkleiresonen er det lagt vekt på å dokumentere utbredelsen av kvikkleire og vurdere stabiliteten i antatt stabilitetskritiske profiler. Boligbygging fører til tilflytting av mennesker og prosjektet plasseres derfor i tiltaksklasse K3. Dette krever en faregradsevaluering og stabilitetsanalyse, der det dokumenteres tilstrekkelig materialfaktor γ_m eller tilstrekkelig %-vis forbedring av stabiliteten.

Sikkerhetsnivå mot utglidning representeres ved materialkoeffisient γ_m . Krav til sikkerhetsnivå i tiltaksklasse K3 og faregradsklasse "høy" er satt til $\gamma_m \geq 1,4$. Hvis det ikke kan dokumenteres tilstrekkelig sikkerhet kreves at stabiliteten forbedres iht. NVE-retningslinjenes vedlegg 2, figur 5.5.

Videre innebærer tiltaksklasse K3 at det skal foretas skjerpet kontroll av geoteknisk rådgiving iht. NS3480, inkludert ekstern 3.partskontroll.

Ovennevnte krav legges til grunn for videre vurderinger i sonen.

3.2 Faregradsevaluering

Området er tidligere definert med faregrad "høy", se vedlegg 1. Det er utført en revidert faregradevaluering basert på litteraturstudiet av tidligere grunnundersøkelser i området samt de nye grunnundersøkelsene utført høsten 2007. Faregradsevalueringen er utført iht. retningslinjer i NGI-rapport 20001008-2, rev. 2 datert 16.12.2002 "Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire" /3/, se tabell 5.

Den utregnede scoren for sonen er vist i tabell 3. Det er tatt utgangspunkt i total høydeforskjell for hele sonen da en vurdering av stabilitetskritisk profil samlet sett (skråningshøyde + kvikkleiremektighet) vil gi lavere score enn hele sonen.

Det er også utført faregradsevaluering for de antatt mest kritiske profilene (Profil A og C, D, G, I og M samt profilK2982 profil 2,3 og 4 på begge sider av grusryggen) disse er vist i vedlegg 2.

Tabell 2: Grunnlag for evaluering av faregrad, hentet fra /2/.

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidl. skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	> 30	20 - 30	15 - 20	< 15
Tidligere/ nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0 – 1,2	1,2 – 1,5	1,5 – 2,0	> 2,0
Poretrykk Overtrykk, kPa	+3	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk
	Undertrykk, kPa	-3	> -50	-(20 – 50)	
Kvikkleiremektighet	2	< H/2	H/2 – H/4	< H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	> 100	30 - 100	20 - 30	< 20
Erosjon	3	Aktiv/ glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep Forverring	+3	Stor	Noe	Liten	Ingen
	-3	Stor	Noe	Liten	
Sum poeng		51	34	16	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Faregradsklassene er inndelt tre faresoner ihht. /4/:

- Fareklasse lav: Poengverdi fra 0 til 17.
- Fareklasse middels: Poengverdi 18 til 25.
- Fareklasse høy: Poengverdi 26 til 51.

Tabell 3: Faregradsevaluering av hele faresonen, utført ihht. /4/.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	2	2	Geologisk kart for området viser at området ligger i en gammel skredgrop. Det har også vært flere mindre lokale skred på området, både i ravinene i Leirtaket og lenger sør i Kvernhusdalen.
Skråningshøyde	2	3	6	Total høydeforskjell mellom terrengrygg i sør (kt+100) og de flate partiene i nord (kt +50) ca H= 50 m.
OCR	2	1	2	Basert på tolking av CPTU-sonderinger ved topp skråning er gjennomsnittlig overkonsolideringsgrad i dybden OCR=2,0, basert på spissmotstand. OCR ved dalbunnen er høyere. I denne vurderingen settes OCR= 2,0.
Poretrykk	3/-3	0	0	Poretrykksmålinger indikerer mindre enn hydrostatisk fordeling i dybden. Antar imidlertid i denne sammenheng hydrostatisk.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Mektighet av kvikkleireforekomsten er registrert på opptil ca 30 m, dvs. > H/2, der H=50 m
Sensitivitet	1	3	3	Sensitiviteten er for enkeltprøver målt opptil St= 265 i kvikkleira (St>100)
Erosjon	3	3 (1)	9(3)	Det er pågående erosjon i dalbunn langs Kvernhusbekken og i ravedaler sør og øst for Leirtaket. Erosjonen er spesielt stor i profil D opp mot Leirtaket og i profil K.(tall i parentes ved sikring av disse)
Inngrep	3/-3	0	0	Ingen inngrep. Gjelder både for dagens situasjon. Ved evt. framtidig sikring kan en forbedring medregnes.
Poengverdi			28(22)	Gir faregradsklasse "høy" ("middels" ved sikring)

Hele sonen havner derfor i **faregradsklasse høy**, mens de kritiske profilene havner i fareklasse lav til middels. De antatt mest kritiske profilene, profil A og G har fareklasse lav, mens profil D har middels fareklasse, se vedlegg 2.

Basert på de nye vurderingene er dermed sonen fortsatt klassifisert med **faregrad høy**. På grunnlag av de oppsatte kriteriene vil dermed sonen, relativt sett, ha høy sannsynlighet for at skred skal inntreffe. Denne vurderingen gjelder før eventuelle tiltak for å forbedre sikkerheten iverksettes.

Ved erosjonssikring av Kvernhusbekken og erosjonsutsatte ravedaler vil området få en lavere faregrad og være klassifisert med middels faregrad.

4. Områdestabilitet

4.1 Generell vurdering – bruddmekanismer

Et generelt prinsipp for utbygging i områder med kvikkleire i grunnen er at stabilitetsforholdene som minimum ikke skal forverres gjennom inngrep. Utbygging som medfører endringer av stabiliteten i negativ retning frarådes derfor. Spesielt må gravedybder, fyllingsnivåer og metoder, mellomlagring av masser og endring av skråningshelning i anleggsfasen ha stor fokus i områder med kvikkleire. I tillegg må det fokuseres på mulig

erosjon og eventuell nødvendig sikring av elver og bekker, slik at det ikke oppstår initialras som kan starte større utglidninger.

Skulle inngrep eller belastninger utløse lokale skred, vil også kvikkleiras stabilitet kunne påvirkes og ukontrollerte glidninger oppstå. Kvikkleire har i motsetning til vanlig leire med stabil struktur en åpen metastabil kornstruktur ("korthus struktur"), som inneholder en stor andel porevann. Om kvikkleiras kornskjelett overbelastes vil "korthusstrukturen" kollapse og initiere en progressiv bruddutvikling i de omliggende kvikkleiremassene. Disse går over til en flytende suspensjon, idet store mengde porevann frigjøres. Den påfølgende skredutvikling kan bli katastrofal.

Aktuelle bruddmekanismer vurderes altså å kunne være retrogressive, dvs. bakovergripende. Der det er registrert kvikkleire i nivå over bekkebunn, kan lokalstabiliteten ned mot bekken være kritisk ved erodering fra bekken. Dette gjelder spesielt profil D opp mot Leirtaket der Kvernhusbekken graver seg inn i skråningen, og kvikkleireoverdekningen i skråningen kan være begrenset. Det er imidlertid her ikke registrert kvikkleire i dalbunnen. Tilsvarende situasjon kan en ha i profil F mot Varegga og profilene K og L i ravinen nordøst for Leirtaket, samt i profil J sør for Leirtaket. I de øvrige kritiske profilene kan det også oppstå slike brudd ved graving i bunn av skråningen.

Andre bruddmekanismer vurderes å være rotasjonsskred med dypere glidesirkler ned i kvikkleira. En kan også tenke seg flakskred.

4.2 Tidligere stabilitetsberegninger og vurderinger

4.2.1 Nordlige del av Varegga

Denne delen av Varegga er tidligere vurdert i Kummeneje rapport o.2986, datert 26.01.79 (ref K2986 på borplanen).

Området består av en rygg med for en stor del meget steile skråninger med overflatehelninger på 1:1,5 til 1:2. Overflatestabiliteten av skråningene er generelt betraktet som mindre god, spesielt ved ugunstige nedbør- og klimaforhold, endring i drensforhold, ved fjerning av vegetasjon eller andre inngrep som kan utløse overflateglidninger.

Vedrørende områdestabiliteten ble det anbefalt å tilstrebe en forbedring og ingen forverring av opprinnelig tilstand.

4.2.2 Sørlige delen av Varegga

Denne delen av Varegga med bratte skråninger med helninger opp mot 1:1,4 på det bratteste i mot nord er vurdert i Kummeneje rapport o.4506, datert 1.06.84 (ref K4506 på borplanen).

Med hensyn på dype glidninger ble stabiliteten i dagens situasjon vurdert som tilfredsstillende. Det ble imidlertid påpekt at med kvikkleire i dybden må inngrep som kan påvirke totalstabiliteten i ugunstig retning unngås. Det vil si at oppfylling nær skråningstopp eller graving nær skråningsfot ikke kan tillates. Ved utbygging bør man tilstrebe en bedring av totalstabiliteten.

Overflatestabiliteten i profil K4506-I (ref Multiconsult rapport 412688-1, vedlegg 2), der de bratteste skråningene har en helning på 1:1,4, vurderes som mindre god. Ugunstige nedbørsforhold, endringer i drensforhold, fjerning av vegetasjon eller andre inngrep kan utløse overflateglidninger. I profil K4506-II er skråningshelningen ca 1:2,5 noe som representerer et

gjennomsnitt for den sydlige delen av området. Her vurderes overflatestabiliteten å være akseptabel.

4.2.3 Sentrale og sørlige delen av Leirtaket.

Det er utført en vurdering av områdestabiliteten i Leirtaket med tanke på utbyggingen (Kummeneje rapport o.1618, datert 26.04.73. (ref K1618)). Utbyggingen ble vurdert som gjennomførbar, forutsatt at områdestabiliteten ikke ble forverret. Det ble anbefalt at erosjonsfarlige partier, bekker og elver i området ble lagt i rør eller steinsatt i bunn og sider for å hindre dette. Overskuddsmasser for utbyggingen kunne fylles i bunn av erosjonsdalene.

Det ble utført stabilitetsberegninger for skjæringer og fyllinger i forbindelse med vegnettet. Sikkerheten ble beregnet noe lav i profil K1618-V og -VI (ref Multiconsult rapport 412688-1, vedlegg 4) i kottidstilstanden (s_u -analyse med $F=1,2$). Langtidsstabiliteten ble imidlertid beregnet til å være tilfredsstillende ($a\phi$ -analyse med $F>1,5$).

For de bratte skråningene i profil K1618-III for vegskjæringen ned mot Kvernhusdalen ble kortidsstabiliteten vurdert noe lav (s_u -analyse med $F=1,2$). Langtidsstabiliteten syntes imidlertid ikke å bli forverret.

Etter utbygging, i 1992, inntraff det glidninger i skråningstopp i Rønningsveien. Det ble utført supplerende grunnundersøkelser (Kummeneje rapport o.8833-1, datert 21.07.92. (ref K8833, Multiconsult rapport 412688-1, vedlegg 6)). Det ble utført treaksialforsøk i den øvre leira og i kvikkleira (tanφ lik henholdsvis 0,6 og 0,4 ved 2 % def). Stabilitetsberegninger viste en tilfredsstillende sikkerhet for glidninger ned i kvikkleira ($F=1,4$). Glidningene foregikk i de øvre siltige massene, sannsynligvis i forbindelse med høy grunnvannstand. Tiltak for stabilisering av skråningen med utskifting av siltmassene i topp og en fyllingsfot i bunn ble foreslått og sannsynligvis utført.

4.2.4 Nordre del av Leirtaket

I den nordre delen av Leirtaket har det også gått flere glidninger i Kroken 6 og Flåttåvegen 5. (Ref. henholdsvis Kummeneje rapport o.6236-1, datert 23.12.86 og rapport 11951, datert 26.09.97. (ref K6236 og K11951 med tilhørende profiler, Multiconsult rapport 412688-1, vedlegg 5 og 7)). Det ble ikke registrert kvikkleire ved supplerende grunnundersøkelser i disse områdene som ligger på hver sin side av en erosjonsdal (ref borplanen). Kvikkleire var imidlertid registrert like nedenfor og også ved nye grunnundersøkelser, ref Multiconsult rapport 412688-1, profil J.

Skredet ved Kroken 6, i oktober 1986, oppstod etter utfylling i skråningen ned mot bekkedalen, sannsynligvis i kombinasjon med høyt grunnvannsnivå. Tiltak for å sikre rasgropa ble iverksatt med støttefylling av drenerende masser i skredgropen. Dette tiltaket gav en forbedring av sikkerheten på 18-20 % på kort sikt og 35-40% på langtid.

Glidninger og setninger i skråningen på motsatt side av bekkedalen ble vurdert som overflateproblematikk med bratte skråninger, i kombinasjon med oppbløtte masser og høyt grunnvannsnivå. Det ble ikke vurdert å være fare for totalstabiliteten. Masseutskifting i toppen eller å legge bekken i rør fra vegkultverten i vest forbi de ustabile områdene ble vurdert som aktuelle tiltak. Bekken er ikke lagt i rør, derfor er muligens førstnevnte tiltak iverksatt.

4.2.5 Østlige delen av Leirtaket

For vurdering av den østlige delen av sonen refereres til Geoteam rapport 9784.01, datert 17.01.85. (ref G9784). Det ble tidligere prosjektert en rundkjøring i endene av Stor-Trondsvei. Det ble utført stabilitetsberegninger for denne i profil G9784 (ref Multiconsult rapport 412688-

1, vedlegg 8). Det ble beregnet en sikkerhet på $F=1,5$ for dagens situasjon og $F=1,4$ med rundkjøring både ved S_u - og $\alpha\phi$ -analyse. Det ble anbefalt at planen ble justert slik at fylling kunne unngås. Rundkjøringen ble ikke bygd.

4.3 Løsneområder

4.3.1 Leirtaket

Leirtaket er meget ravinert, med 6 ravinedaler, hvorav 3 går gjennom boligområdet og 3 ligger sørøst for boligområdet. Eventuelle løsneområder her vil kunne ta med seg store deler av Leirtaket boligområde, men vil sannsynligvis ikke påvirke det planlagte boligfeltet på Varegga.

Overflatevann i ravinene gjennom boligområdet (nord for Stor Trondsvei) er ivaretatt med drensledninger i bunn av disse. Så lenge drenssystemet fungerer antas disse områdene som tilstrekkelig sikret. Graving i bunn av skråningene i profil I og N kan imidlertid være kritisk og et potensielt løsneområde, spesielt i området rundt profil N, da kvikkleireoverdekningen her er liten. Alle gravearbeider i området må vurderes av geotekniker. Beregninger i profil I kan antas å være dekket ved beregninger i profil D.

Ravinene Sør for Stor Tronds vei er ikke lagt i rør. Ved profil J er det en åpen bekk der det tidligere har gått flere glidninger. Denne bekkedalen bør erosjonssikres eller legges i rør forbi de bratteste skråningene ned til veikulverten for å hindre videre erodering og mulig skredvirksomhet. Et mulig skred her vil sannsynligvis ikke kunne utløse noen større skredaktivitet, da det ligger i den øvre delen av sonen.

I ravinene sørøst for boligområdet er det pågående erosjon i ravinen nærmest boligområdet ved profil L og K. Denne ravinen bør erosjonssikres, slikt at pågående erosjon stoppes. Ved vedvarende erosjon vil denne ravinen kunne bli et løsneområde for initialskred, da dybden til kvikkleire i bekkebunn kan være begrenset.

Evt. skred i profil M øst på området vil anses dekket ved beregninger i profil D.

4.3.2 Kvernhusdalen

Pågående erosjon i Kvernhusdalen opp mot Leirtaket og mot Varegga langs profil D vil kunne være et potensielt løsneområde for kvikkleireskred. Selv et mindre skred her vil kunne ta med seg store deler av boligområdene, men vil sannsynligvis ikke påvirke den motsatte siden av området. Et skred opp mot Leirtaket vil derfor sannsynligvis ikke påvirke det planlagte boligområdet på Varegga. Stabiliteten i profil D vurderes som kritisk og beregnes.

Erosjon i den nede delen av profil F vil også kunne utløse skred. Sikkerheten i dette profilet bør vurderes nærmere, da dette er vesentlig brattere enn profil D opp mot Varegga. Et evt. skred her vil kunne ta med seg store deler av Varegga, inklusive det nye boligfeltet.

En stabilitetsanalyse for området opp mot Varegga i profil D og F vurderes også å dekke forholdene på motsatt side av bekken, da grunnforholdene her er forholdsvis like. Dette gjelder også profil H.

Pågående erosjon lenger sør i Kvernhusdalen med et eventuelt skred vil sannsynligvis få mindre betydning, da det ikke er registrert kvikkleire her. Det anbefales imidlertid en plastring av skråninger utsatt for aktiv erosjon.

Et utløsningsområde lenger nord langs Kvernhusdalen anses som mindre sannsynlig, da området her er tilnærmet flatt og kvikkleira ligger dypt.

4.3.3 Varegga

Mot vest er det mest kritiske profilet profil G, der høydeforskjellen på skråningen er ca 55 m og med kvikkleire som går inn under skråningstopp. Dette profilet må stabilitetsberegnes. Et evt. skred her kan påvirke Varegga ved at hele skråningstoppen raser ut og drar med seg deler av Varegga, inklusive det planlagte utbyggingsområdet.

Mot sør er profil A det mest kritiske og dette må stabilitetsberegnes. Stabilitetsberegninger i profil A dekker også profil C. Et evt. skred her vil kunne true hele det planlagte boligområdet med rasmasser.

Utløsningsområder på nedsiden av Varegga vil kunne være profil K2986 profil 3, på nedsiden av grusryggen i vest. Dette profilet er imidlertid tidligere vurdert å ha tilfredsstillende sikkerhet i forbindelse med utbygging av dette området. Skråningshøyden er for øvrig også ca 5 m lavere enn for profil A og med omtrent samme skråningshelning og grunnforhold. Det vurderes derfor å ha tilfredsstillende stabilitet i langtidssituasjonen. Eventuelle gravearbeider i dette området, eller på nedsiden av grusryggen på motsatt side mot vest, må imidlertid godkjennes av geotekniker.

4.4 Kritiske snitt

På bakgrunn av topografi og grunnforhold vurderes følgende snitt som mest kritisk med behov for stabilitetsberegninger:

- **Profil A**, tegning 412866-100 – Skråningen fra Varegga opp mot Lyngen gård i sør med høyde på 25 m. Profilene har en bratt skråningshelning på ca. 1:1,8, med skråningshøyde på 20 m, derfra noe slakere skråning på ca 1:6. Skråningen har et kontinuerlig kvikkleirelag som går inn under skråningen. Tykkelsen på kvikkleirelaget øker fra ca 12 m tykkelse ved ca 7 m under terreng ved skråningsfot til 22 m tykkelse under topp skråning.
- **Profil D**, tegning 412866-101 – Skråningene øst for Varegga og vest for Leirtaket ned mot Kvernhusbekken. Profilet har en skråningshelning på ca 1:2,2 og en høyde på ca 16 m. Kvikkleirelaget ser ut til å munne ut i dalsidene, men har en tykkelse på ca 12 m over mulige sensitive masser også i større dybde ved skråningstopp. Kvikkleira ligger ca 8 m under terreng på skråningstopp, og dermed høyere enn dalbunn.
- **Profil F**, tegning 412866-102 – Skråningene øst for Varegga ned mot Kvernhusbekken. Profilet har en skråningshelning på ca 1:1 på det bratteste og en høyde på ca 10 m. Kvikkleirelaget ser ut til å ligge i nivå med dalbunn og munne ut her. Det har en tykkelse på ca 10 m over mulige sensitive masser også i større dybde.
- **Profil G**, tegning 412866-103 – Skråningen vest for Varegga ned fra Lyngen gård. Skråningen har en skråningshelning på ca 1:2,3 og en høyde på ca 55 m. På topp av skråningen er det registrert et kvikkleirelag med 23 m tykkelse ca 22 m under terreng som ser ut til å munne ut i dalsiden.

Grunnforholdene vurderes å være noenlunde samsvarende over hele området og andre kritiske snitt som profil C, I, H og M ansees i utgangspunktet å være dekket ved beregning av de ovennevnte snitt.

De utvalgte snittene er også i berøring med det planlagte utbyggingsområdet på Varegga.

Kummeneje (nå Rambøll) har tidligere utført beregninger på skråningen vest for Varegga og for kritiske områder i ravinene sentralt i boligområdet Leirtaket.

5. Stabilitetsberegninger

5.1 Analysemetoder

På bakgrunn av NVE-veiledningen vurderer vi det hensiktsmessig å utføre effektivspenningsanalyse (a θ -analyse) for langtidssituasjonen og en udrenert avansert totalspenningsanalyse (ADP-analyse) for kottidssituasjonen. For vurdering av langtidsstabiliteten på effektivspenningsbasis (a θ -analyse) og ved bestemmelse av udrenert skjærstyrkeprofil er poretrykksforholdene vurdert spesielt.

Analysene er i hovedsak utført med vårt stabilitetsprogram STABIL v3 og dels i elementmetode programmet PLAXIS. For å finne fram til erfaringstall for anisotropiforholdene benyttes erfaringsparametere basert på plastisitetsindeksen, I_p , og flytegrensa, w_L i programmet ESPAR i STABIL.

5.2 Styrkeparametre

Grunnforholdene vurderes å være forholdsvis jevne over området og CPTU-sonderingene er forholdsvis sammenfallende. Generelt viser disse at "leira" eller "grunnen" er noe overkonsolidert, sannsynligvis pga nederodering av grusrygger som stedvis er gjenværende på området.

Valgte styrkeparametere for udrenert skjærstyrke er hovedsakelig basert på utførte CPTU-sonderinger, med støtte i treksialforsøk og laboratoriedata fra hele området. Det vises i denne sammenheng til datarapporten, med treksialforsøk og geotekniske data.

Resultater fra tidligere rutineundersøkelser på opptatte 54 mm sylindrerprøver er vurdert å være forstyrret, slik at målte skjærstyrkeverdier sannsynligvis er for lave.

CPTU-resultatene er tolket ved hjelp av egenutviklede tolkingsverktøy /5/, der udrenert skjærstyrke er tolket med både teoretiske metoder og empiriske korrelasjoner. Innledende poretrykksmålinger har avdekket et lavt poretrykk i de fleste målerne. Det har blitt supplert med flere poretrykksmålinger for å avdekke poretrykksforholdene i dybden. Resultatene har vist lave poretrykk i grunnen. Denne gunstige effekten har blitt tatt inn i tolkningen av CPTU.

I våre tolkninger av CPTU-dataene er grunnvannstanden antatt 2 m under terreng. Det er videre antatt at poretrykket kan bygges opp til hydrostatisk ned til 7 m under terreng. Dvs. at det antas at poretrykket i denne sonen kan "mates" fra nedbør/ smeltevann. Videre i dybden er det benyttet en lineært økende poretrykkslinje basert på utførte poretrykkregistreringer. Dette er vist i tegning nr. 412688-49.

Tolkning av CPTU-dataene gir aktiv udrenert skjærstyrke s_u^A på bakgrunn $N_{\Delta u}$ og N_{kt} , basert på korrelasjoner mot tidligere resultater fra blokkprøver. Det er benyttet en B_q -korrelasjon både på poretrykks- og spissmotstandsbasis samt en korrelasjon på poretrykksbasis mot OCR, S_t og I_p /7/. Det er spesielt vektlagt spissmotstandsbasistolkning i dybden. Tolket s_u^A er vist i tegning 412688-50, -54 og -57. I og med at tolkningsfaktorene fra CPTU er erfaringsverdier fra blokkprøver inkluderer designlinjene en reduksjon av styrken på 10-15% som anbefales for blokkprøver /1/.

Det er utført en normalisering av skjærstyrken ihht SHANSEP-metoden. Ut fra tolking av CPTU-sonderinger (i punkt 2b og 3 og 20) samt erfaringsverdier for udrenert skjærstyrke i leirer jfr. ref /3/ og /4/ og MULTICONSULT's Espar-korrelasjoner, er det valgt følgende styrkeprofil:

$$s_u^A = 0,25 \cdot OCR^{0,75} \cdot p_0'$$

Det er tatt utgangspunkt i en tolket prekonsolideringsspenning, p_c' , ut fra en konstant tilleggsspenning ($\Delta p'$). Dette er tolket fra CPTU og vist i tegning nr. 412688-51, -55 og -58.

På plataet er det lagt til grunn en tilleggsspenning på $\Delta p' = 300$ kPa tolket fra CPTU i punkt 2b (CPTU 2b) mens det for punkt 3 og 20 med ca. 20 m lavere terrengnivå er benyttet $\Delta p' = 350$ kPa. Tolket OCR samt designprofil er vist i tegning nr. 412688-52, -56 og -59. OCR er videre beregnet nedover skråningene ut fra p_c' og tolket in situ effektivspenningsprofil. Utskrifter fra disse beregningene er vist i vedlegg 3.

Beregninger på totalspenningsbasis er utført som ADP-analyser i en anisotropisk jordmodell. Forhold mellom aktiv, direkte og passiv skjærstyrke er vurdert fra erfaringsdata, blant annet basert på målt vanninnhold og plastisitetsindeks, I_p , ved hjelp av MULTICONSULT's program Espar og ref /3/ og /4/. Følgende anisotropiforhold er benyttet i beregningene:

$$\frac{s_u^{DSS}}{s_u^A} = 0,64 \rightarrow 0,66$$

$$\frac{s_u^P}{s_u^A} = 0,21 \rightarrow 0,31$$

$$s_u^m = \frac{s_u^A + s_u^{DSS} + s_u^P}{3} \cdot s_u^A = 0,62 \rightarrow 0,66 \cdot s_u^A$$

På plataene viser dreietykkonderinger og CPTU sonderingene generelt et øvre kvikkleirelag som er forholdsvis homogent med enkelte tynne siltlag (ref CPTU3 ned til 18 m). I dybden er det imidlertid noe mer lagdelte forhold med siltlag (ref CPTU3 under 18 m). Denne massen kan også antas å være kvikkleire, dette er imidlertid noe usikkert (ref sonderinger og prøveserier i borpunkt 3 og 7). Vi har valgt å la dette laget ha kvikkleireoppførsel og kvikkleireutbredelsen er trukket ned i dette laget.

Effektivspenningsparametrene a (attraksjon) og $\tan\phi$ (friksjon) er dels valgt fra erfaringsverdier, dels tolket fra treksialforsøkene og CPTU-resultatene, jfr. tabell 4. Tabellen viser hvilke verdier for styrkeparametre i de ulike lag som er identifisert i grunnundersøkelsen.

Tabell 4: Sammendrag av valgte styrkeparametre for karakteristiske lag (identifikasjon i henhold til bruk i analyseprogrammet STABIL og PLAXIS).

Materiale	Tyngdetetthet (kN/m ³)	Friksjon tan φ (-)	Attraksjon a, (kPa)	Udrenert skjærstyrke s _u (kPa)
Tørrskorpe	20.0	0.65	0	Beregnes drenert (topplag 2 m tykkelse)
Sand, grus	20	0,8	0	Beregnes drenert (Profil A og G)
Leire, siltig	20.0	0.55	10	Aktiv udrenert skjærstyrke: $s_{uA} = 0,25 \cdot OCR^{0,75} \cdot p_0$ Direkte udrenert skjærstyrke, topp og bunn: $s_{uD} = 0,66 \cdot s_{ua}$ (STABIL) Passiv udrenert skjærstyrke, topp og bunn: $s_{uP} = 0,31 \cdot s_{ua}$ (STABIL) Midlere udrenert skjærstyrke, $s_{um} = 0,66 \cdot s_{ua}$ (PLAXIS)
Leire, meget sensitiv/ kvikk leire	19.0	0.40	10	Aktiv udrenert skjærstyrke: $s_{uA} = 0,25 \cdot OCR^{0,75} \cdot p_0$ Direkte udrenert skjærstyrke, topp og bunn: $s_{uD} = 0,64 \cdot s_{ua}$ Passiv udrenert skjærstyrke, topp og bunn: $s_{uP} = 0,21 \cdot s_{ua}$ Midlere udrenert skjærstyrke, $s_{um} = 0,62 \cdot s_{ua}$ (PLAXIS)
Sand/silt	19,0	0,6	10	Beregnes drenert (Bunnlag)

5.3 Beregningsresultater – Profil A, D, F og G

På grunn av vurderingene for områder med kritisk stabilitet er det utført stabilitetsanalyser i Profil A, D, F og G som har høyest faregrad og ligger i de bratteste skråningene. Profil C vurderes å være dekket opp av profil A. Skråningen opp mot Leirtaket i profil D vurderes å være dekket opp av profil D og F.

Resultater fra utførte beregninger på effektiv- og totalspenningsbasis er vist i vedlegg 4 og 5 og er oppsummert i Tabell 5.

Tabell 5: Beregnede sikkerhetsfaktorer for utførte stabilitetsanalyser.

Profil	Tilstand	Beregnet γ_m	Vedlegg	Analyse
Profil A	Drenert, langtid	1,31	4A	Aø-analyse, STABIL
	Udrenert, korttid	1,16	4B	ADP-analyse, STABIL
	Udrenert, korttid	1,10	5A	Su-middel, PLAXIS
Profil D	Drenert, langtid	1,53	4C	Aø-analyse, STABIL
	Udrenert, korttid	1,98	4D	ADP-analyse, STABIL
Profil F	Drenert, langtid	1,48	4E	Aø-analyse, STABIL
Profil G	Drenert, langtid	1,04	5B	aø-analyse, PLAXIS
	Udrenert, korttid	ca. 0,9*	5C	Su-middel, PLAXIS
	Udrenert, korttid	ca1.07*	5D	Su-middel, PLAXIS med vurdering av form på kritisk skjærflate (ADP-tilpassning)

* Generelt gir beregninger med Su-middel lavere sikkerhet enn en ADP-analyse som tar hensyn til anisotropi forholdene. Dette er forsøkt tilpasset ved vurdering av form på kritisk skjærflate i forhold til aktiv, passiv og direkte skjærstyrke i den kritiske glideflaten i PLAXIS beregningen, se vedlegg 5D.

Som det framgår av tabell 5 er beregnet sikkerhetsfaktor lavest for profil G som vil bli dimensjonerende for sikkerheten i området. Sikkerheten for skråningen i drenert langtidstilstand (effektivspenningsbasis) for profil G er $\gamma_m = 1,04$ og $\gamma_m \sim 1,07$ på avansert totalspenningsbasis (ADP-tilpassning) for korttids, udrenert analyse. Denne skråningen har dermed svært lav sikkerhet mot utglidning.

For dagens situasjon vil sikkerheten i en langtidstilstand (effektivspenningsbasis) være mest riktig. For byggefasen, gitt at eksisterende reguleringsplan gjennomføres, vil det imidlertid være riktigst å vurdere sikkerheten med en udrenert totalspenningsanalyse. I forbindelse med gjennomføring av byggearbeidene vil det kunne oppstå fare for udrenerte tilstander i området, for eksempel ved masseflytning, trafikk av anleggsmaskiner, ekstrem nedbør og flom, utgravninger og belastning fra ny bebyggelse. Sikkerhetsnivået ved Profil G er uansett for lavt i forhold til stabilitetskravet på $\gamma_m = 1,4$ i NVE-veiledningen. Dette gjelder også for Profil A.

Profil D og F har tilstrekkelig sikkerhet i forhold til NVE-veiledningen.

Beregninger på avansert totalspenningsbasis (ADP-analyse) for korttids, udrenert analyse er basert på tolkede verdier for aktiv udrenert skjærstyrke fra CPTU og erfaringstall for bestemmelse av direkte skjær (s_{uD}) og passiv udrenert skjærstyrke (s_{uP}). Tørrskorpelaget er modellert som et drenert effektivspenningsmateriale også i denne analysen. Ved fastleggelse av skjærstyrkeprofilen i skråningen er det videre tatt hensyn til nåværende og tidligere effektivspenningsforhold i skråningen, ved at jordprofilen i dalbunnen har et noe høyere overkonsolideringsforhold og derved høyere skjærstyrke enn det dagens effektivspenningsforhold skulle tilsi. Denne overkonsolideringen gjør at ADP-analysene blir mer gunstige lenger ned på området, og mindre gunstige på de høyeste partiene. Dette fører til at ADP-analysene er dimensjonerende (gir laveste sikkerhetsfaktor) i profil A og G, mens beregninger i profil D viser at drenert langtidstilstand (effektivspenningsbasis) gir lavere sikkerhet enn ADP-analysen. Det er av denne grunn ikke utført udrenert korttidsanalyse for

profil F. Det vil sannsynligvis heller ikke her oppstå en udrenert korttidstilstand i forbindelse med en evt. boligutbygging.

Det må for øvrig bemerkes at den aktuelle geometri og topografi for skråningen ved øvre del av Profil G ikke tilsier at tredimensjonale innspenningseffekter influerer positivt på stabiliteten.

Faregradsevalueringer for både skråning i profil A og G (se vedlegg 2) gir lav faregradsklasse, dette tilsier at stabiliteten i skråningen må forbedres med henholdsvis ca 5,5 % og 10 % ihht. figur 5.5 i /1/ når beregnet materialkoeffisient ligger på ca 1,18 og 1,0 slik den gjør i dette tilfellet, se tabell 5.

Aktuelle tiltak for å bedre sikkerheten er å etablere en motfylling i bunn av skråningene og/ eller avlastning på toppen av skråningen. Vi har utført et overslag på et slikt tiltak vist i vedlegg 5E, som viser at dette er mulig. Det må imidlertid utføres flere beregninger i forbindelse med den videre prosjektering av aktuelle tiltak.

Det forutsettes videre at sikkerheten for de mest utsatte deler av skråningene må dokumenteres nærmere i forbindelse med byggeplanen for alle faser i byggeprosjektet.

6. Prinsipper for sikringstiltak – Videre føringer

Kritiske forhold i forbindelse med planlagt utbygging vil være relatert til bygge- og anleggsfasen. Det er av avgjørende betydning at stabiliteten ikke forverres i noen fase av utbyggingen, og at det gjennomføres stabiliserende tiltak for de mest stabilitetsutsatte områdene i forkant av utbyggingen. Dette vil sette krav til rekkefølge av byggearbeidene, spesielt knyttet til etablering av infrastruktur i området.

Av konkrete stabiliseringstiltak vurderes motfylling i bunn av skråningen langs skråningen i sør. Motfyllingen vurderes å måtte etableres langs hele skråningen, men begrenses av eksisterende rekkehus mellom profil A og G. For å forbedre sikkerheten i det mest kritiske profilet (profil G) kan det være aktuelt å etablere en motfylling i nedre del av skråningen i vest, i tillegg til at det kan være aktuelt å avlaste på toppen. På toppen av skråningen står det i dag flere bolighus. Tiltak må beregnes og detaljeres nærmere, og det kan ikke utelukkes at eksisterende hus kan bli berørt ved tiltaksgjennomføringen.

Som del av reguleringsbestemmelsene må det forutsettes at stabilitetsberegninger av aktuelle tiltak må gjøres for å dokumentere den stabilitetsmessige gevinst for området, i forhold til de krav til forbedring som stilles i NVE-veiledningen. Detaljering av nødvendige stabiliseringstiltak forutsettes også utført i byggeplanfasen som del av stabilitetsberegningene.

Andre tiltak som bør utføres for å sikre at områdestabiliteten ikke forverres er sikring av Kvernhusbekken og andre erosjonsutsatte ravedaler for å hindre videre erosjon. Dette gjelder spesielt i skråningen ned fra Leirtaket i profil D og i ravedalen ved profil L og K. I den sistnevnte ravedalen kan det vurderes å føre overflatevann i rør. Dette kan også være aktuelt i området ved profil J der en også evt. kan heve bekkeløpet.

Det er viktig at tiltak som blir utført ikke fører til poretrykksøkning som følge av evt. tetting av dreinsveier da dette vil forverre stabiliteten. Det er i denne sammenheng viktig at eksisterende og nye dreinsystemer fungerer etter hensikten og at overvann føres bort. Videre tilrås at det foretas jevnlig målinger av poretrykket over en lengre periode for å registrere årstidsvariasjoner.

For øvrig skal alle tiltak i området kontrolleres og godkjennes av geotekniker for hele reguleringsplanområdet.

7. Kritiske momenter

Kritiske forhold i forbindelse med planlagt utbygging vil være relatert til bygge-/anleggsfasen, spesielt ved utbyggingen av boligene nær skråningen. Det er avgjørende at stabiliteten ikke forverres i noen fase av utbyggingen, og at det gjennomføres stabiliserende tiltak for de mest stabilitetsutsatte områdene. Dette må finne sted før oppstart av anleggsarbeider som kan påvirke stabiliteten i ugunstig retning.

Dette vil sette krav til rekkefølge av arbeidene, spesielt ved etablering av infrastruktur i området. Ved beskrivelse av arbeidene er det derfor viktig at det settes klare restriksjoner for rekkefølge av grave- og fyllingsarbeider, ledningsarbeider og mellomlagring av gravemasser.

Dette krever behov for ytterligere medvirkning av geotekniker videre i planprosessen og under utførelse av arbeidene. Detaljvurderinger for dokumentasjon av stabiliteten for de mest utsatte områder kan medføre behov for supplerende grunnundersøkelser.

Sikring av erosjonsutsatte raviner og stabilitetskritiske skråninger anbefales gjennomført uavhengig av en eventuell boligutbygging for å sikre det øvrige boligområdet.

8. Referanser

- /1/ NVE. *Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag*. Foreløpig utgave februar 2007.
- /2/ NGI-rapport 20001008-2, rev. 2. *Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire*. Datert 16.12.2002
- /3/ Karlsrud K. (2003). *Tolkning og fastlegging av jordparametere. Karakteristisk jordprofil*. NGF-kurs. Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger, innlegg 4.1. 20-22 mai 2003, Hell.
- /4/ Karlsrud K. , Aas G. and Gregersen O. (1984). *Can we predict landslides hazards in soft sensitive clays? Summary of Norwegian Practice and Experiences*. Proceedings of the 4th International Symposium on Landslides, Toronto, Vol I, p. 107-130.
- /5/ CPTU EXTRA. *Regneark for avansert tolkning av CPTU*. Brukermanual utviklet av Rolf Sandven. Datert 25.06.2007.
- /6/ Lunne T., Robertson P.K. og Powell J.J.M. (1997). *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*. Blackie Academic & Professional.
- /7/ Karlsrud K. et al. (2005). *CPTU correlations for clays*. Proceedings, ICSMGE, Osaka s 693 - 702.
- /8/ PLAXIS bv (2006). *PLAXIS 2D - Version 8 users manual*. Delft, Nederland.
- /9/ STABIL v.3 (2000). *A Program for Stability Analysis of Slopes*. Multiconsult rapport nr. 39100-1, datert 01.10.2000.

Arkivreferanser:

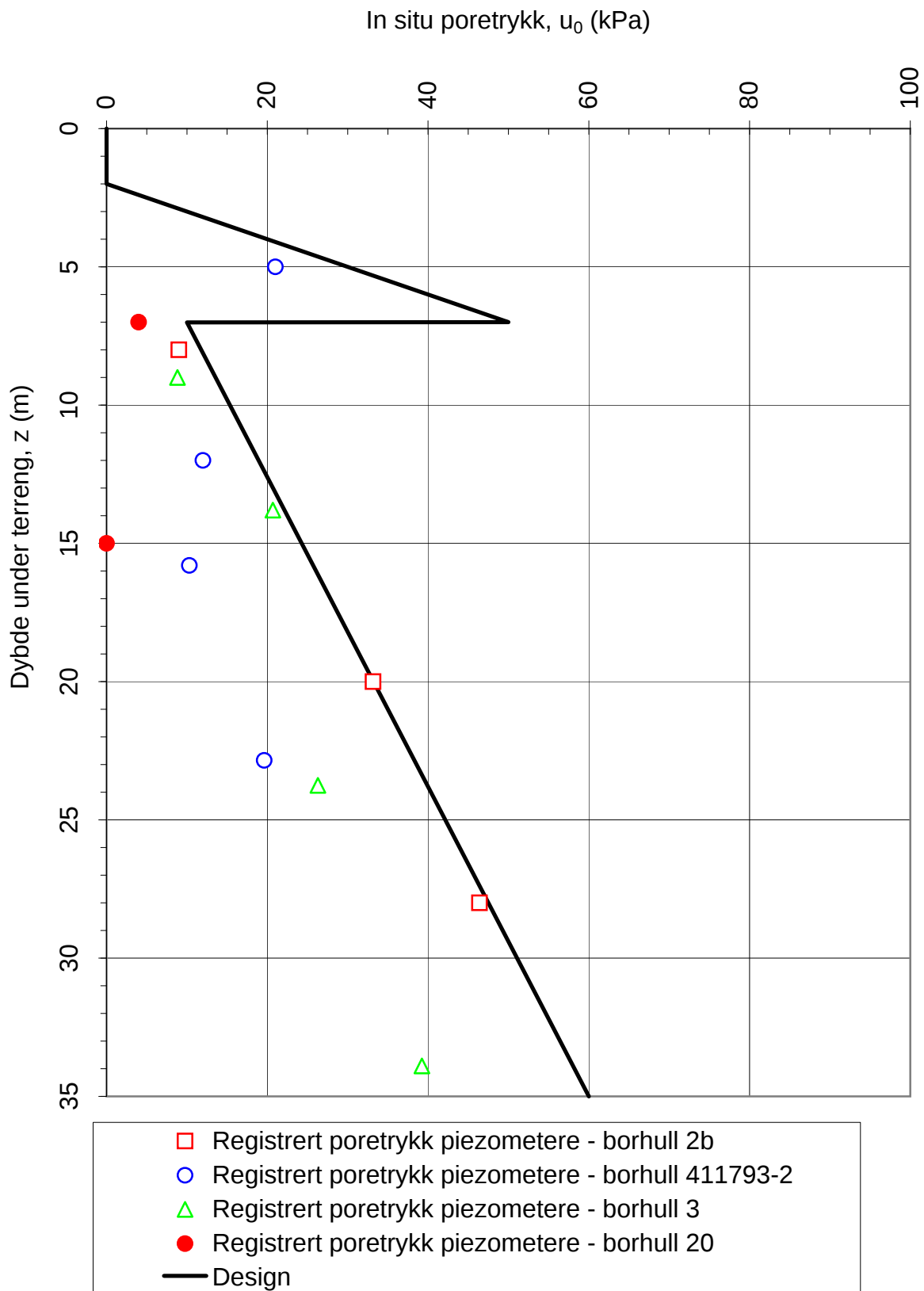
Fagområde:	Geoteknikk		
Stikkord:	kvikkleire, stabilitet, faregrad		
Land/Fylke:	Sør-Trøndelag	Kartblad:	1621
Kommune:	Melhus	UTM koordinater, Sone:	32V
Sted:	Lundamo	Øst: 5643	Nord: 70021

Distribusjon:

- Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)
 Intern
 Fri

Dokumentkontroll:

		Dokument		Revisjon 1		Revisjon 2		Revisjon 3	
		28. mars 2008							
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutsetninger	Utarbeidet	28/3-08	J.Ø.						
	Kontrollert	28/3-08	ET						
Grunnlagsdata	Utarbeidet	28/3-08	ET/JO						
	Kontrollert	28/3-08	J.Ø.						
Teknisk innhold	Utarbeidet	28/3-08	J.Ø.						
	Kontrollert	28/3-08	ET						
Format	Utarbeidet	28/3-08	J.Ø.						
	Kontrollert	28/3-08	J.Ø.						
Anmerkninger									
Godkjent for utsendelse (Seksjonsleder/Avdelingsleder)				Dato:		Sign.:			
				21.03.2008					



NVE Kvikkleirekartlegging Lundamo

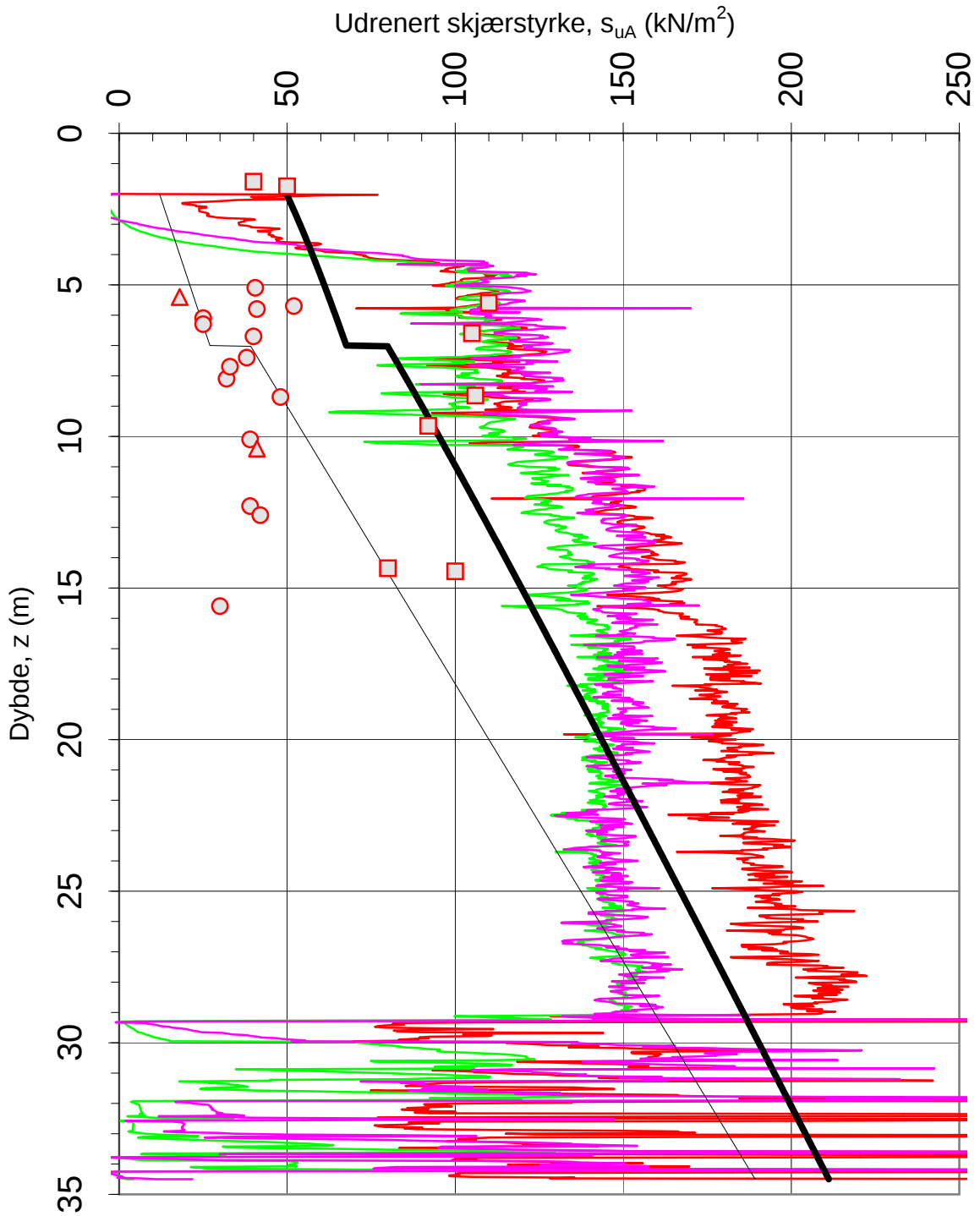
Tegningens filnavn:

Poretrykksprofil



id.: Poretrykksmålinger og tolket u - profil

MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	13.03.2008	EriT	IH	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412688	49	26.06.2007	



- suA, $N_{kt}=f(B_q)=18.7-12.5B_q$
- suA, $ND_u=f(St,OCR,I_p)=9.8-4.5\log OCR$
- suA, $ND_u=f(B_q) = 1.8 + 7.25 B_q$
- suA, NC, $0,3p_o'$
- Design: SHANSEP-suA - $\Delta p' =300$ kPa
- suA, aktiv treaks
- suA, rutine konus
- △ suA, rutine enaks

NVE Kvikkleirekartlegging Lundamo

Tegningens filnavn:

Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot B_q .



CPTU id.:

CPTU 2b

MULTICONSULT AS

Dato:
13.03.2008

Tegnet:
EriT

Kontrollert:
IH

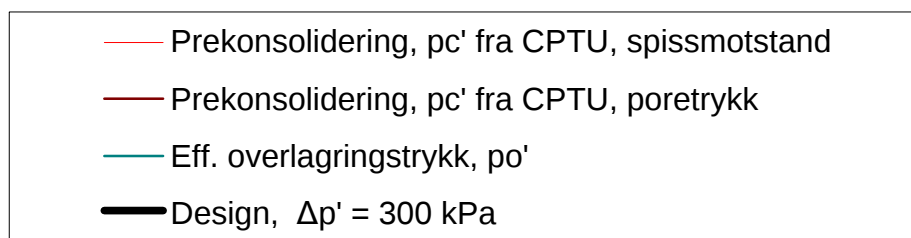
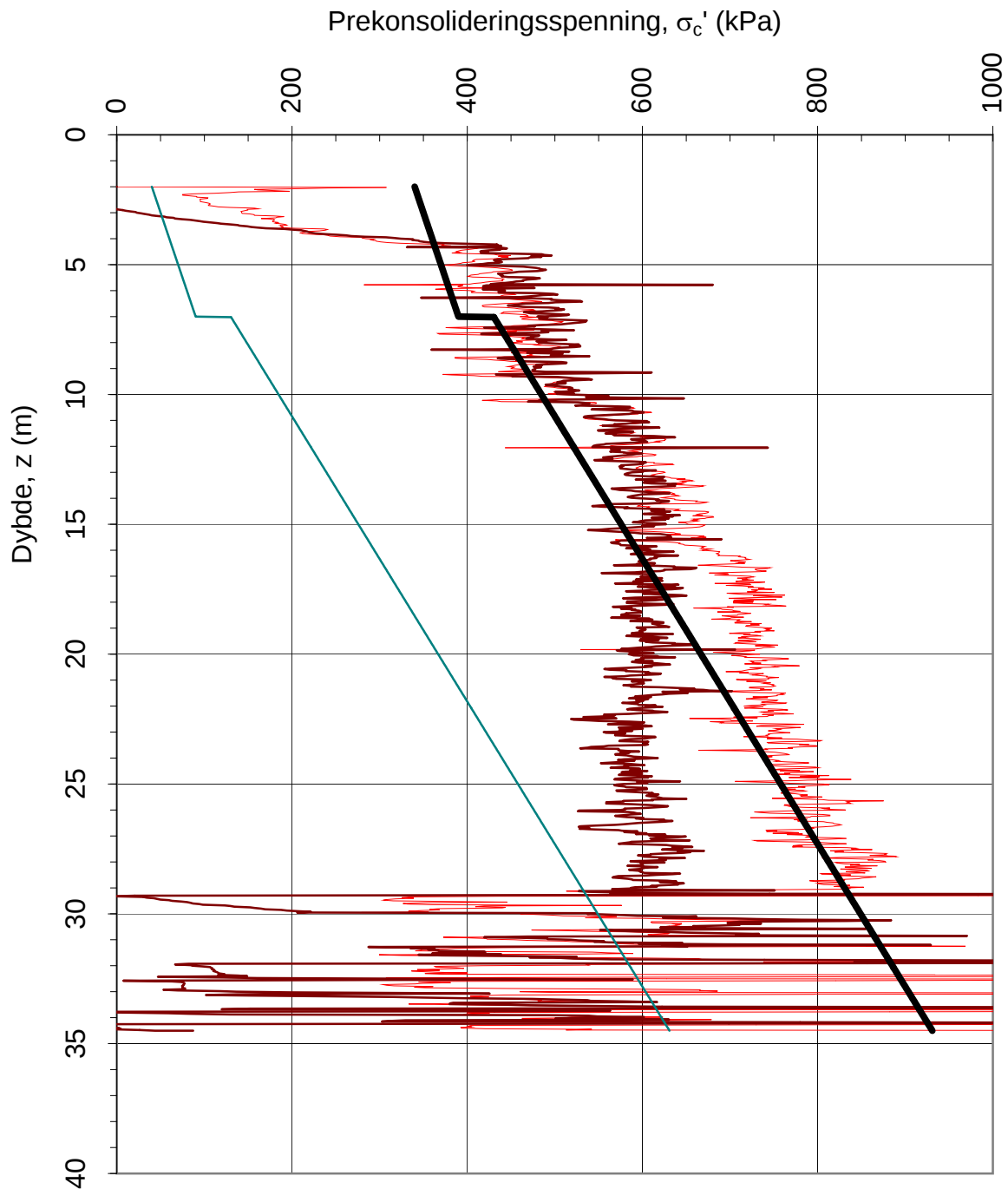
Godkjent:


Oppdrag nr.:
412688

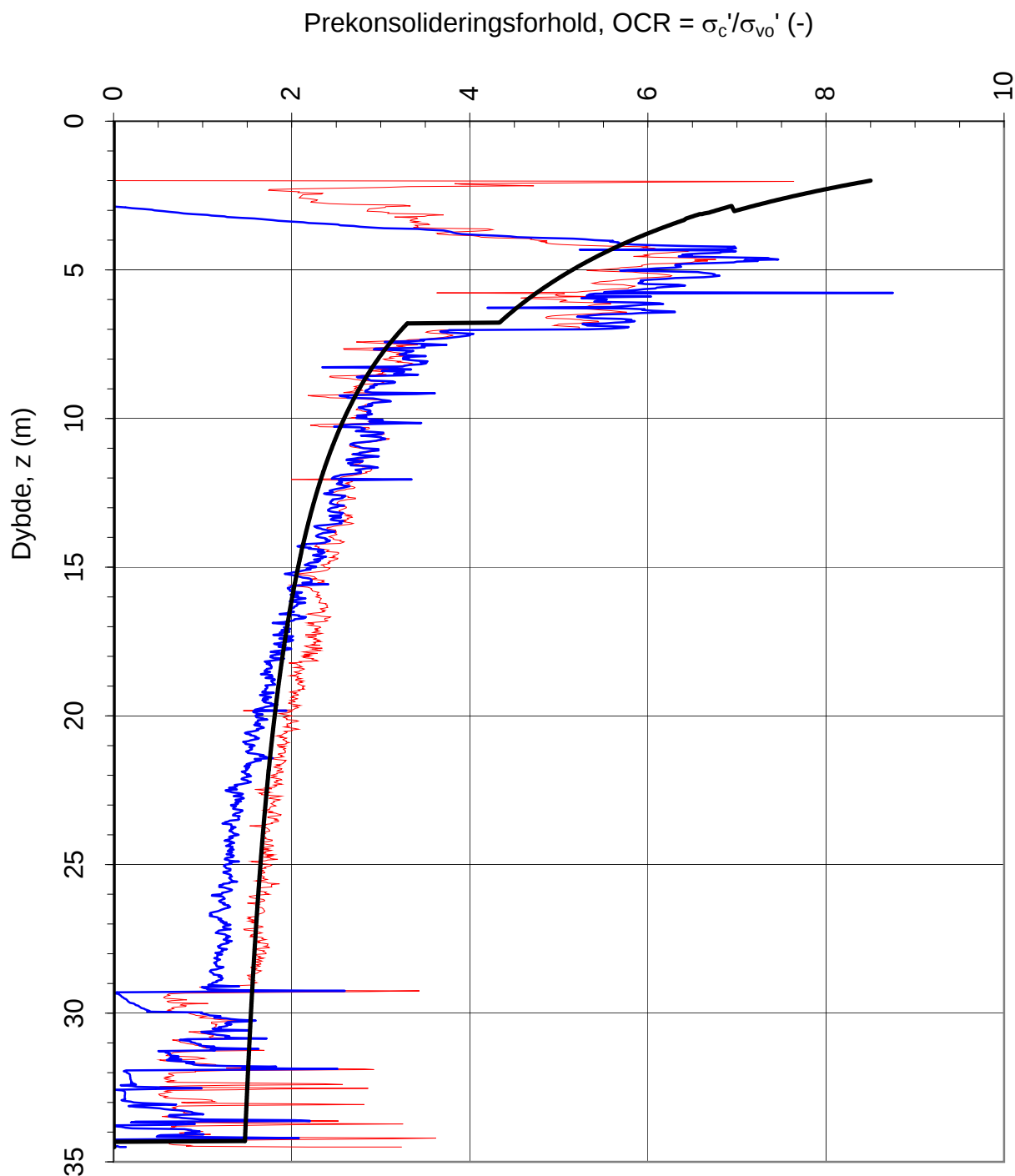
Tegning nr.:
50

Programrevisjon:
26.06.2007

Rev.:



NVE Kvikkleirekartlegging Lundamo				Tegningens filnavn:
Prekonsolideringsspenning σ'_c .				
CPTU id.:	CPTU 2b			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	13.03.2008	EriT	IH	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412688	51	26.06.2007	



- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, spissmotstand
- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, poretrykk
- Design, $\Delta p' = 300$ kPa

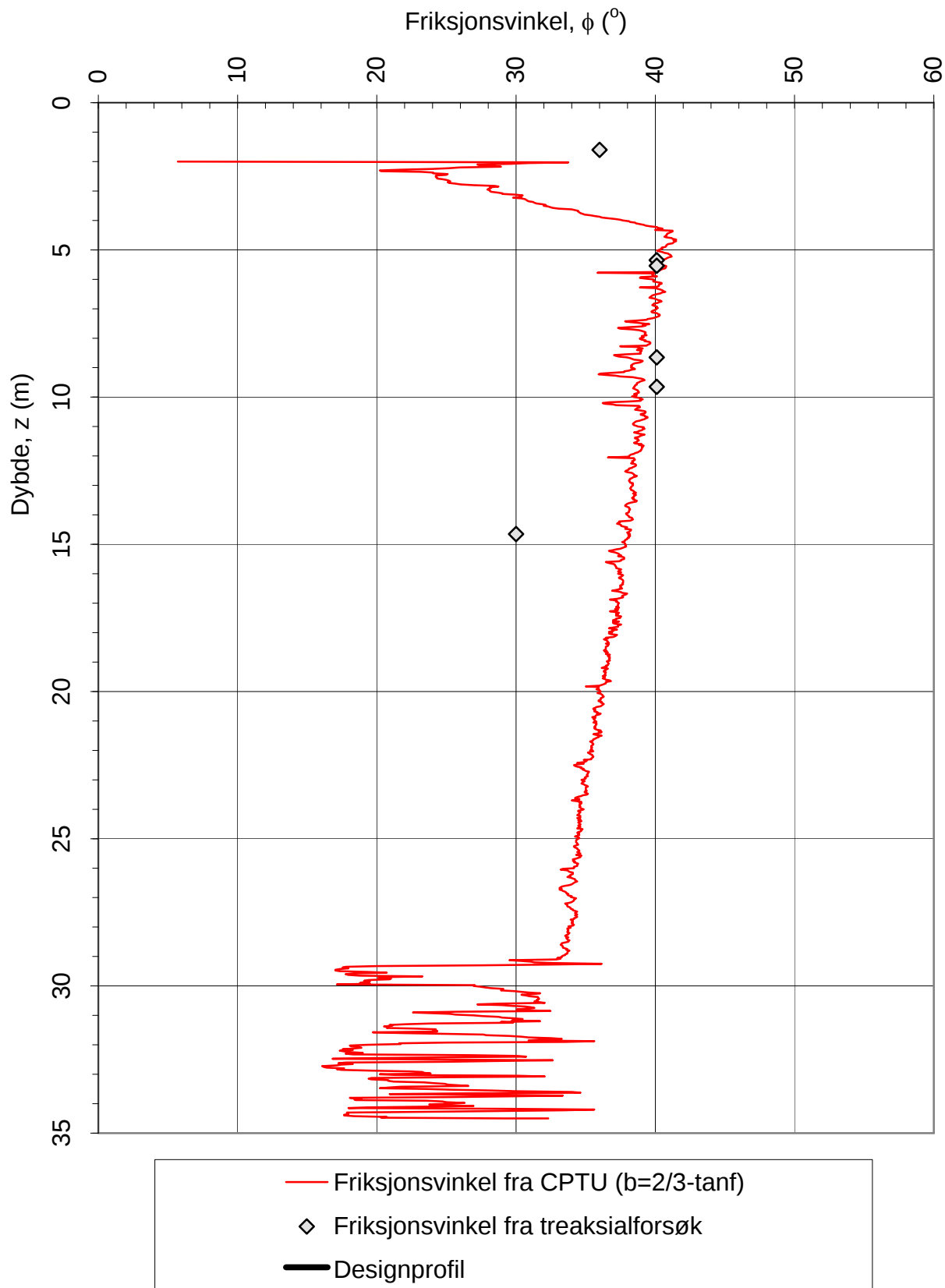
NVE Kvikkleirekartlegging Lundamo

Tegningens filnavn:

Spenningshistorie, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{v0}'$.



CPTU id.:	CPTU 2b							
MULTICONSULT AS	Dato:	13.02.2008	Tegnet:	EriT	Kontrollert:	IH	Godkjent:	
	Oppdrag nr.:	412688	Tegning nr.:	52	Programrevisjon:	26.06.2007	Rev.:	



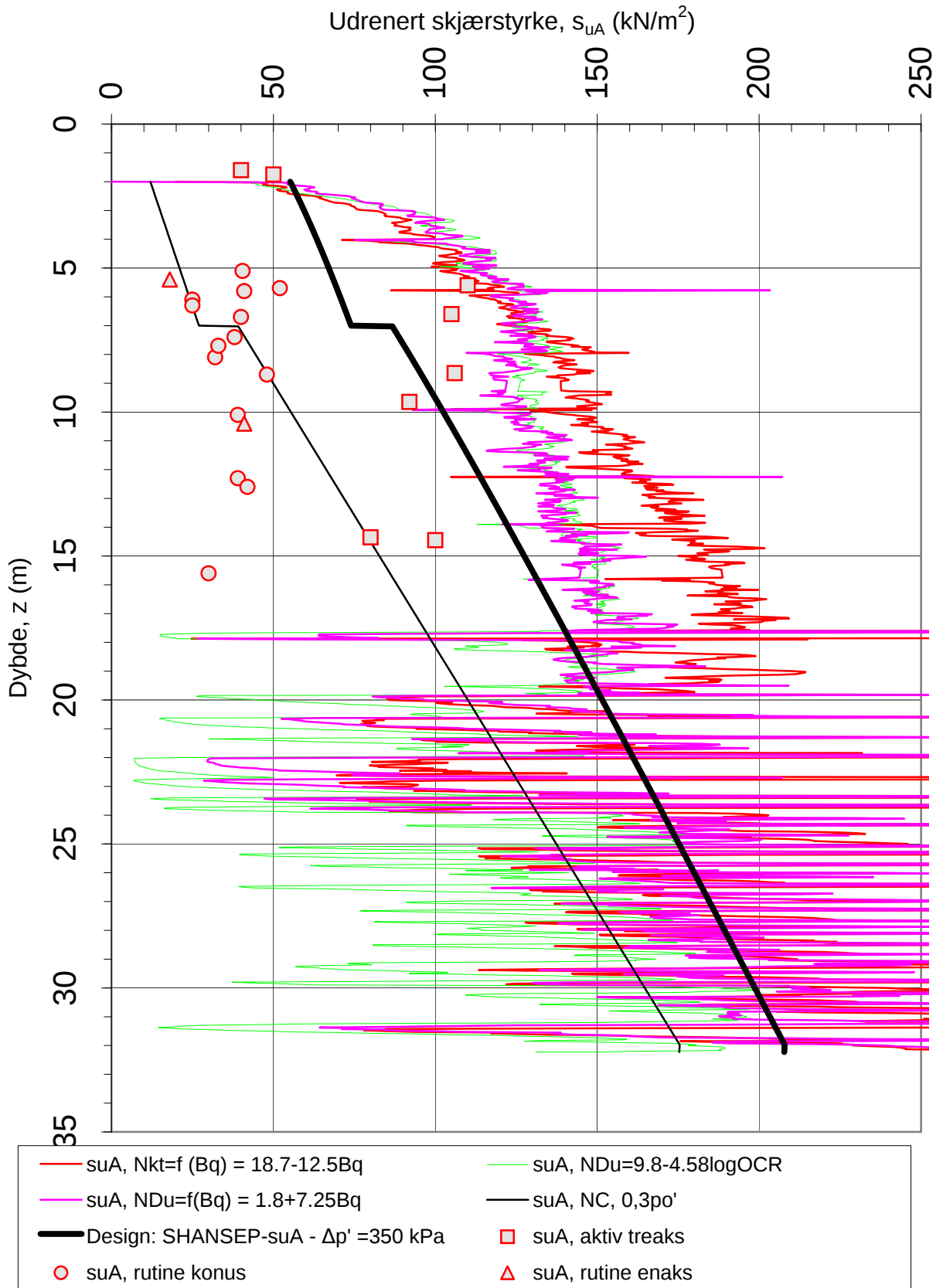
NVE Kvikkleirekartlegging Lundamo

Tegningens filnavn:

Friksjonsvinkel ϕ .



CPTU id.:	CPTU 2b			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	09.01.2008	RS	IH	
	412688	53	26.06.2007	



NVE Kvikkleirekartlegging Lundamo

Tegningens filnavn:

Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot B_q .



CPTU id.:

CPTU 3

MULTICONSULT AS

Dato:

13.03.2008

Tegnet:

EriT

Kontrollert:

IH

Godkjent:

Oppdrag nr.:

412688

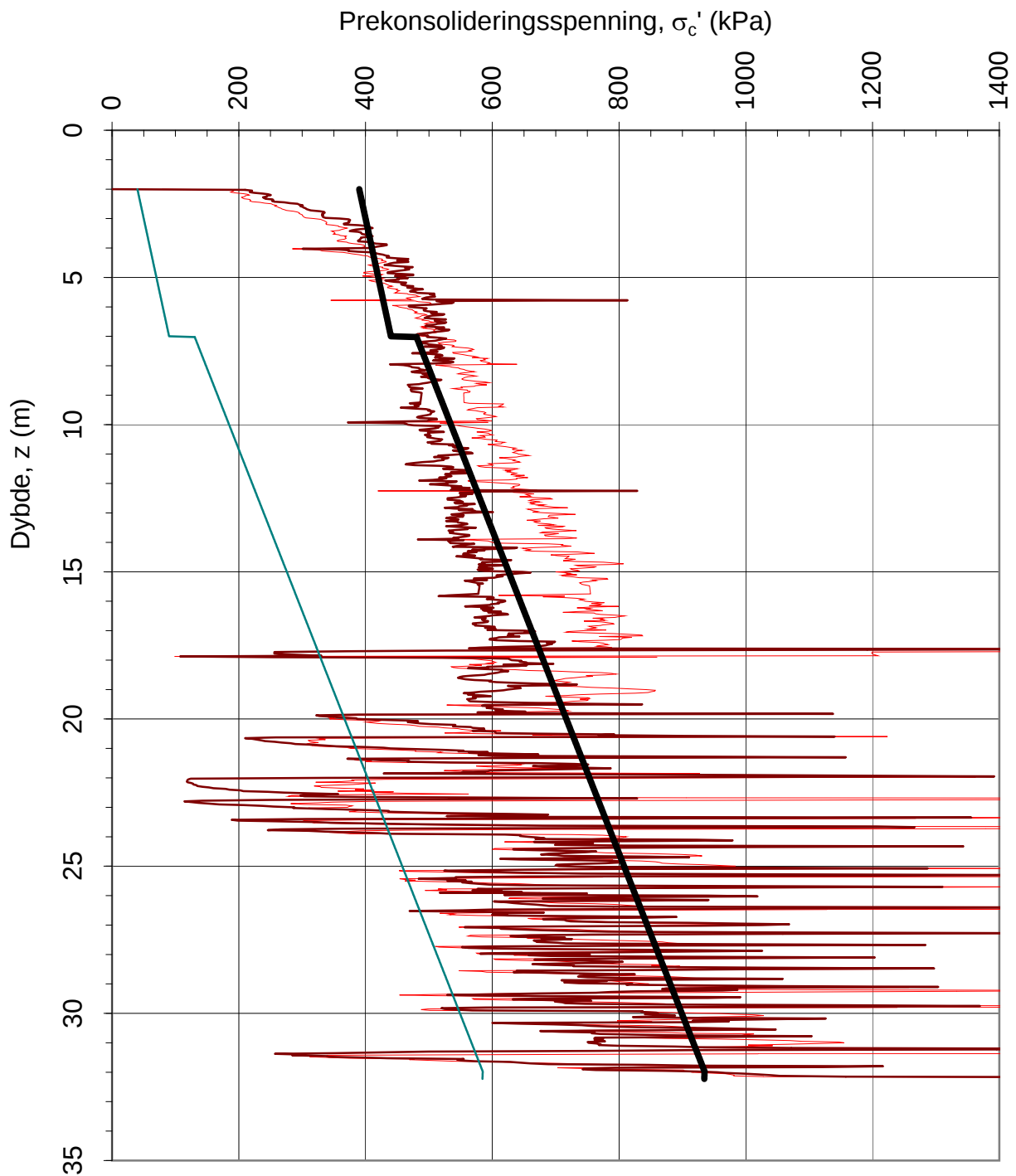
Tegning nr.:

54

Programrevisjon:

26.06.2007

Rev.:




- Prekonsolidering, p_c' fra CPTU, spissmotstand
- Prekonsolidering, p_c' fra CPTU, poretrykk
- Eff. overlagingstrykk, p_o'
- Design, $\Delta p' = 350$ kPa

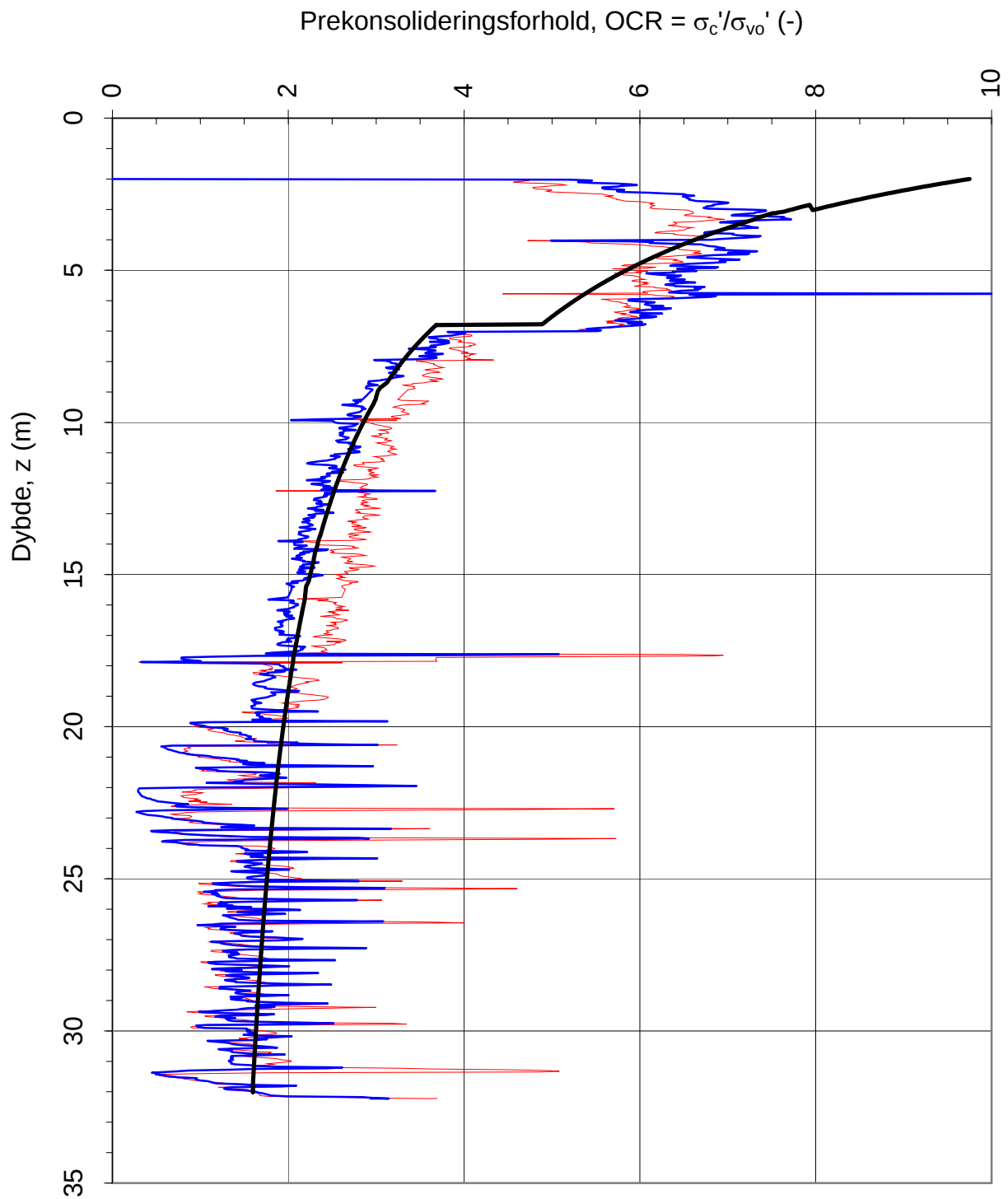
NVE Kvikkleirekartlegging Lundamo

Tegningens filnavn:

Prekonsolideringsspenning σ_c' .



CPTU id.:	CPTU 3			
MULTICONSULT AS	Dato: 13.03.2008	Tegnet: EriT	Kontrollert: IH	
	Oppdrag nr.: 412688	Tegning nr.: 55	Programrevisjon: 26.06.2007	Rev.:



- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, spissmotstand
- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, poretrykk
- Design, $\Delta p' = 350 \text{ kPa}$

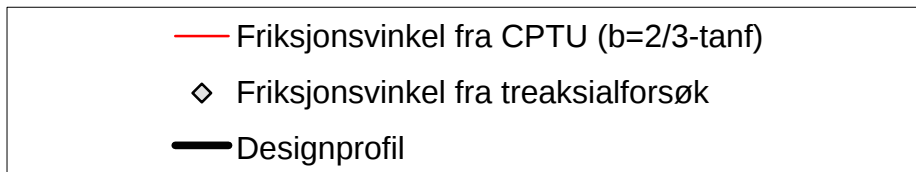
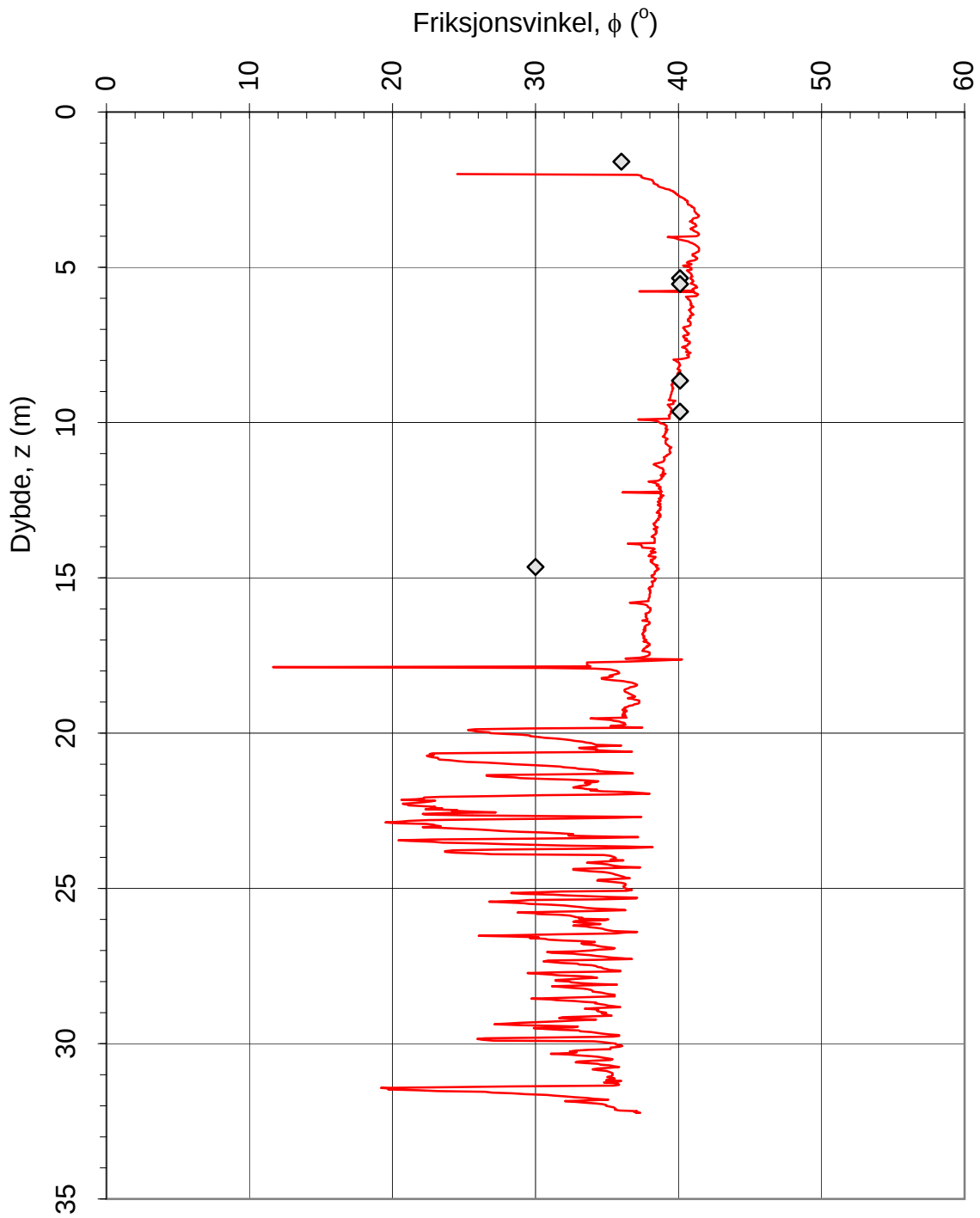
NVE Kvikkleirekartlegging Lundamo

Tegningens filnavn:

Spenningshistorie, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{v0}'$.



CPTU id.:	CPTU 3			Godkjent:
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Rev.:
	13.03.2008	EriT	IH	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	
	412688	56	26.06.2007	



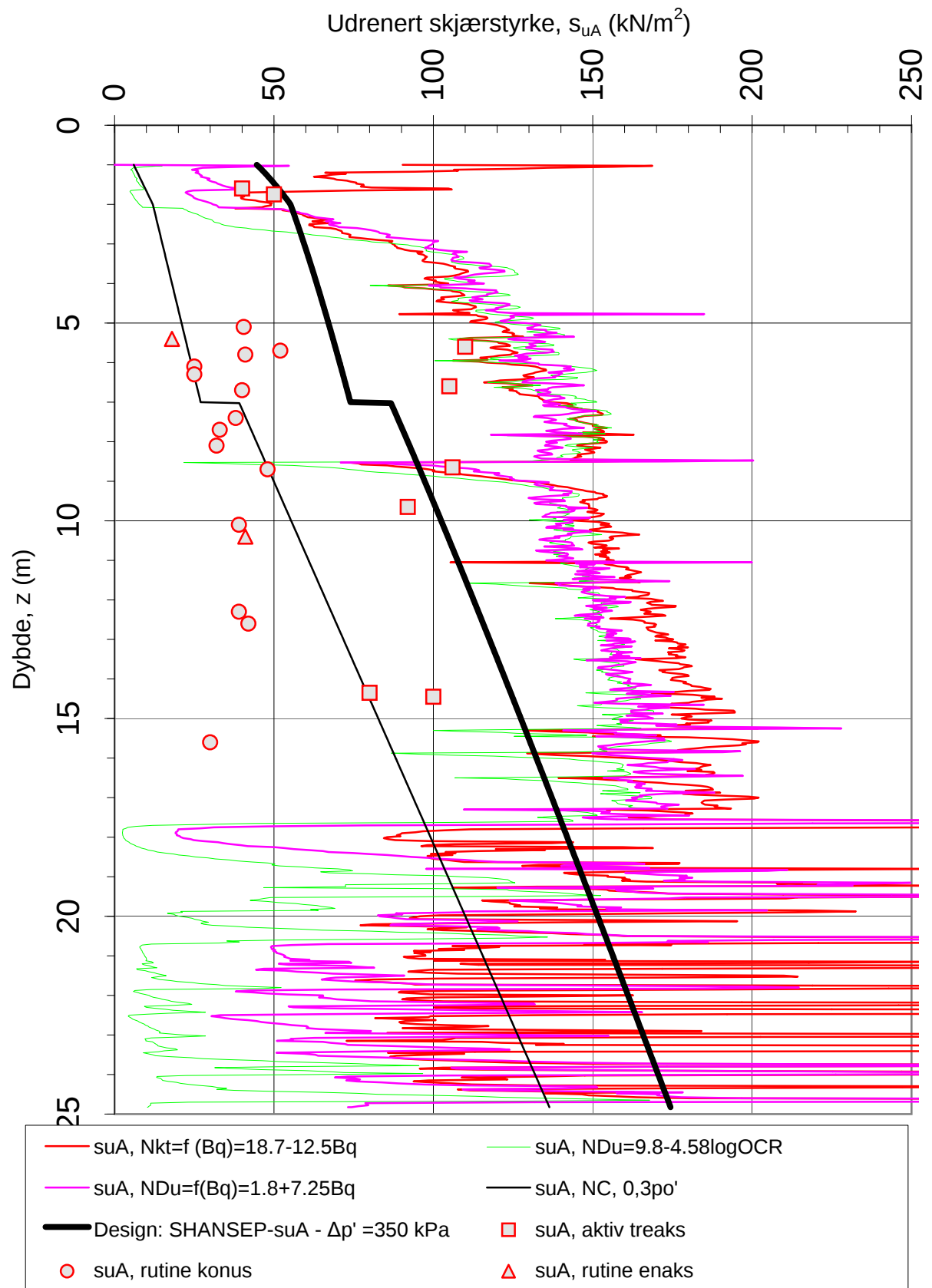
NVE Kvikkleirekartlegging Lundamo

Tegningens filnavn:

Friksjonsvinkel ϕ .



CPTU id.:	CPTU 3			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	
	09.01.2008	RS	IH	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412688	57	26.06.2007	



NVE Kvikkleirekartlegging Lundamo

Tegningens filnavn:

Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot B_q .



CPTU id.:

CPTU 20

MULTICONSULT AS

Dato:

14.03.2008

Tegnet:

EriT

Kontrollert:

Programrevisjon:
26.06.2007

Godkjent:

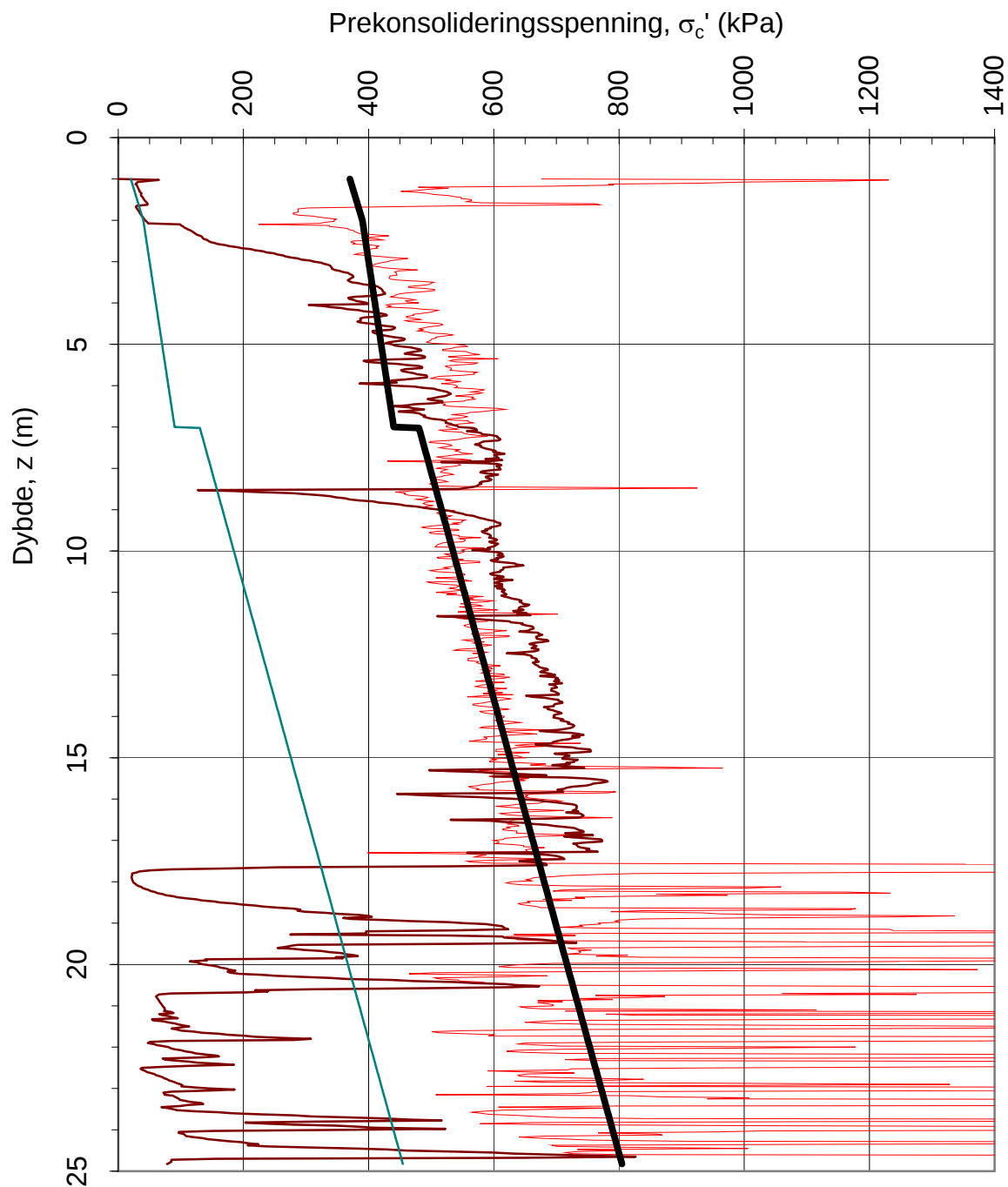
Rev.:

Oppdrag nr.:

412688

Tegning nr.:

58



- Prekonsolidering, pc' fra CPTU, spissmotstand
- Prekonsolidering, pc' fra CPTU, poretrykk
- Eff. overlagingstrykk, po'
- Design, $\Delta p' = 350$ kPa

NVE Kvikkleirekartlegging Lundamo

Tegningens filnavn:

Prekonsolideringsspenning σ_c' .



CPTU id.:

CPTU 20

MULTICONSULT AS

Dato:

14.03.2008

Tegnet:

EriT

Kontrollert:

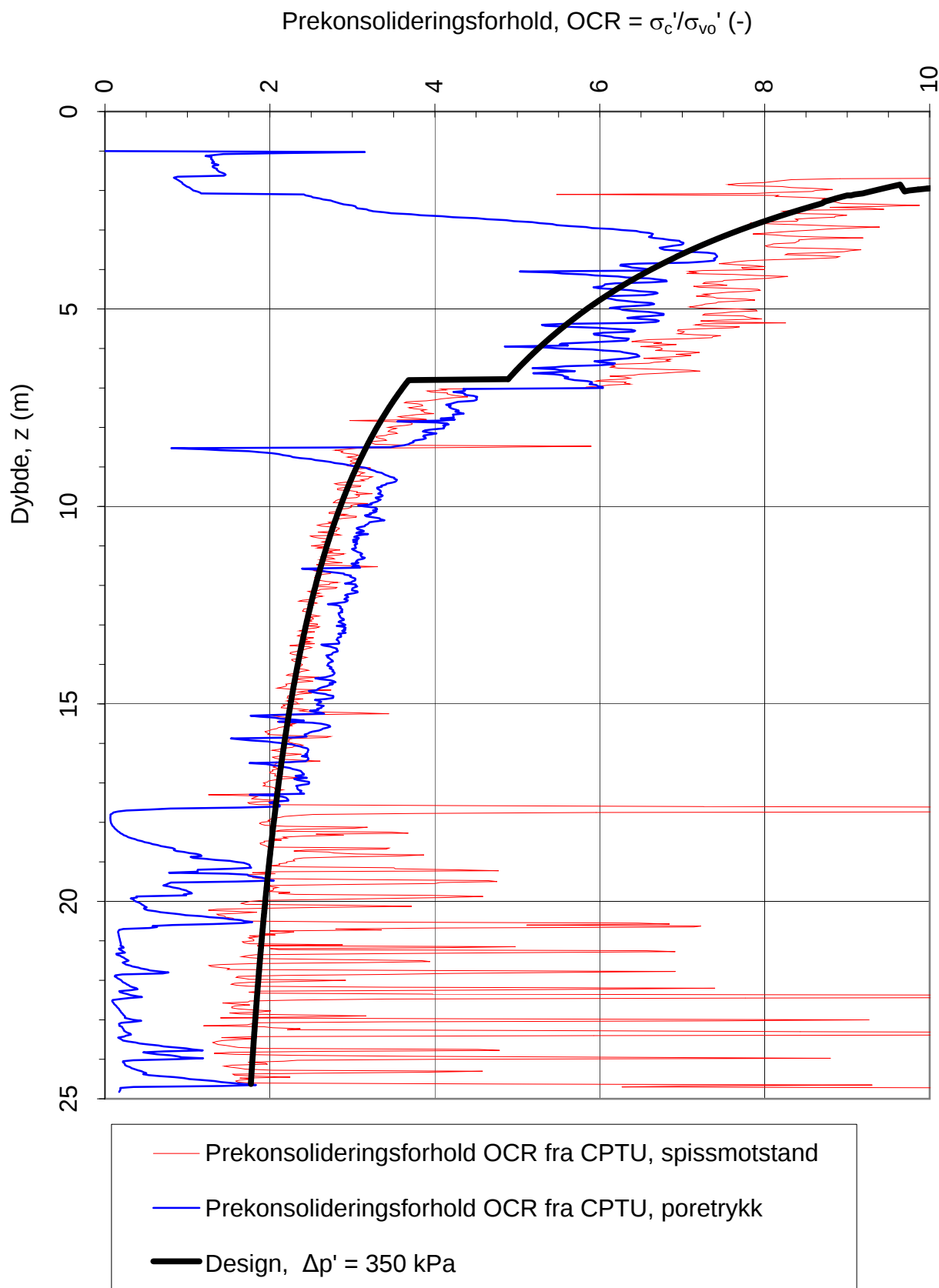
Programrevisjon:
26.06.2007

Godkjent:

Oppdrag nr.:
412688

Tegning nr.:
59

Rev.:



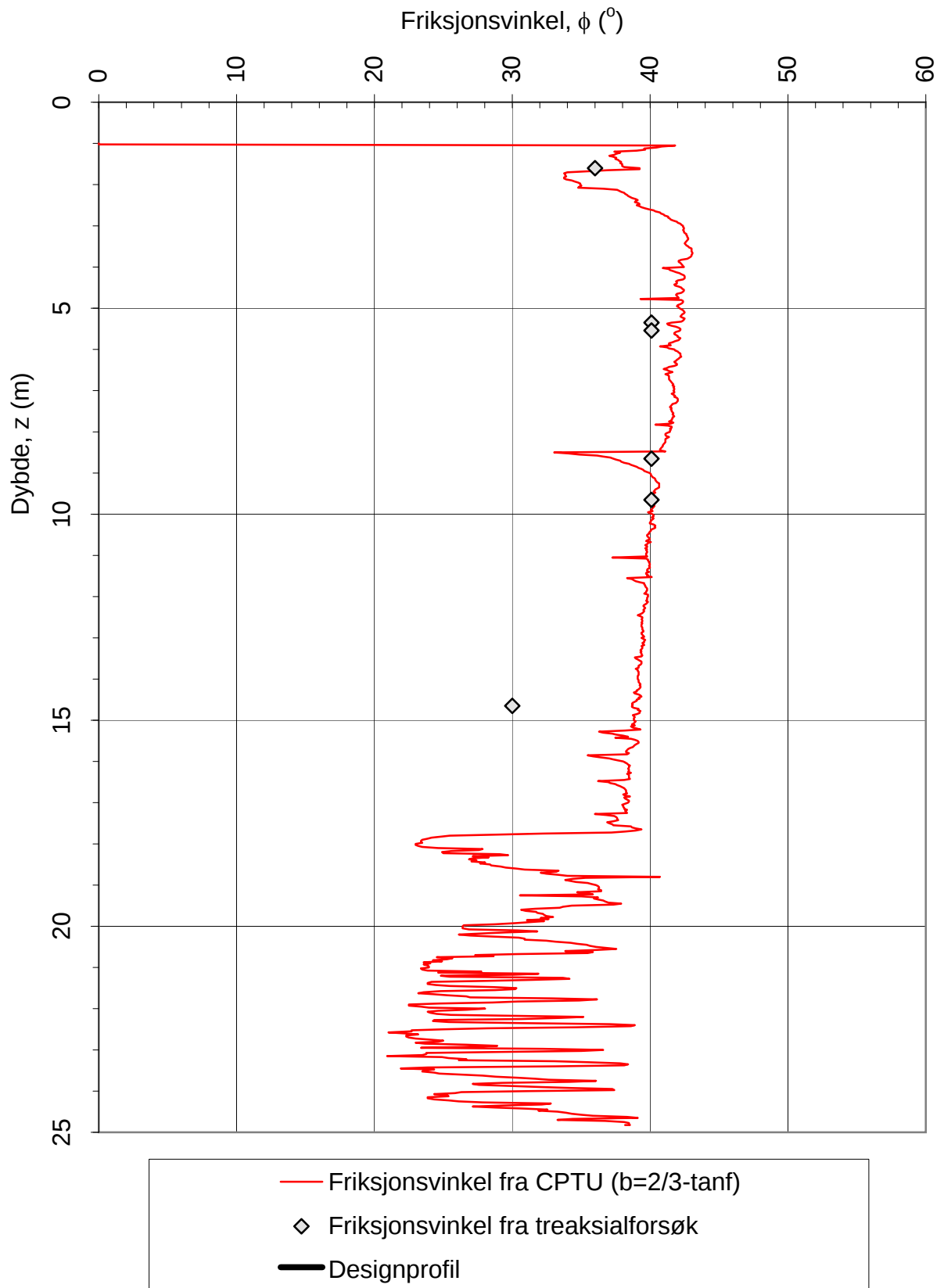
NVE Kvikkleirekartlegging Lundamo

Tegningens filnavn:

Spenningshistorie, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{v0}'$.



CPTU id.:	CPTU 20			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	14.03.2008	EriT		
	412688	60	26.06.2007	



NVE Kvikkleirekartlegging Lundamo

Tegningens filnavn:

Friksjonsvinkel ϕ .



CPTU id.:

CPTU 20

MULTICONSULT AS

Dato:

09.01.2008

Tegnet:

RS

Kontrollert:

Programrevisjon:
26.06.2007

Godkjent:

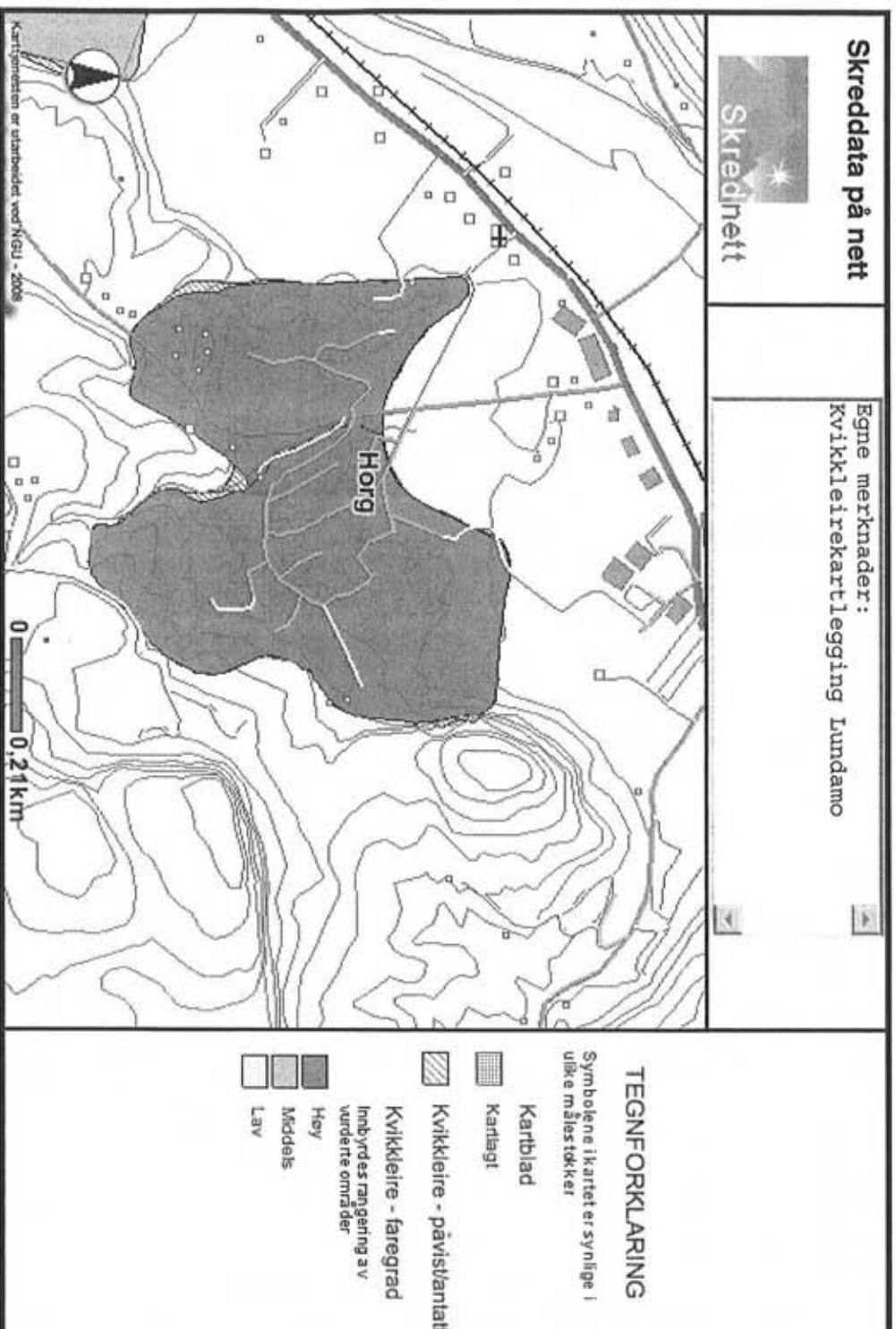
Oppdrag nr.:
412688

Tegning nr.:
61

Rev.:

Vedlegg 1:

NGIs faresonekart.



Vedlegg 2:

Faregradsevaluering profil A, C, D, G, I, M og
Profil 2986-Profil 2, 3, 4 mot nord og sør

Profil A (og C):

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	0	Ingen tidl. skredakt i skråningen med profil A og B. Det har vært skredaktivitet i Kvernhusdalen og terrenget er ravinert, men dette ansees å være et stykke fra profilet.
Skråningshøyde	2	2 (1)	4 (2)	Total høydeforskjell mellom terrengrygg og der skråningen slaker ut er ca. H= 25 m profil A (og 18 m profil C)
OCR	2	1	2	Basert på tolking av CPTU-sonderinger ved topp skråning er gjennomsnittlig overkonsolideringsgrad i dybden OCR=2,0, basert på spissmotstand. OCR ved dalbunnen er høyere. I denne vurderingen settes OCR= 2,0.
Poretrykk	3/-3	0	0	Poretrykksmålinger indikerer mindre enn hydrostatisk fordeling i dybden. Antar imidlertid i denne sammenheng hydrostatisk.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Mektighet av kvikkleireforekomsten er registrert inntil ca. 22 m i profil A og 16 m i profil B, dvs. > H/2, der H=25 og 18 m
Sensitivitet	1	3	3	Sensitiviteten er for enkeltprøver målt opptil St= 265 i kvikkleira (St>100)
Erosjon	3	0	0	Ev. erosjon i Kvernhusbekken vil ikke influere på vurderingen i disse profilene. Dette krever i så fall utrasing av profil D, da bekken ligger langt bort fra skråningsfoten i dette profilet. Derav ingen.
Inngrep	3/-3	0	0	Ingen. Gjelder både for dagens og framtidig situasjon
Poengverdi			15 (13)	Gir faregradsklasse "Lav"

Profil D:

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	0	Ingen skredaktivitet i senere tid. Det har vært skredaktivitet (overflate skred) lenger sør i Kvernhusdalen og terrenget er ravinert i området, men dette ansees å være et stykke fra profilet.
Skråningshøyde	2	1	2	Total høydeforskjell mellom terrengrygg og der skråningen slaker ut er ca. H= 16 m.
OCR	2	1	2	Basert på tolking av CPTU-sonderinger ved topp skråning er gjennomsnittlig overkonsolideringsgrad i dybden OCR=2,0, basert på spissmotstand. OCR ved dalbunnen er høyere. I denne vurderingen settes OCR= 2,0.
Poretrykk	3/-3	0	0	Poretrykksmålinger indikerer mindre enn hydrostatisk fordeling i dybden. Antar imidlertid i denne sammenheng hydrostatisk.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Mektighet av kvikkleireforekomsten er registrert på ca 12 m , dvs. > H/2, der H=16 m
Sensitivitet	1	3	3	Sensitiviteten er for enkeltprøver målt opptil St= 265 i kvikkleira (St>100)
Erosjon	3	3	9	Det er pågående erosjon i dalbunn langs Kvernhusbekken. Erosjonen er spesielt opp mot skråningen opp mot Leirtaket i nordøst.
Inngrep	3/-3	0	0	Ingen inngrep. Gjelder både for dagens og framtidig situasjon
Poengverdi			22	Gir faregradsklasse "Middels"

Profil G:

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	0	Ingen tidl. skredakt i profil G.
Skråningshøyde	2	3	6	Total høydeforskjell mellom terrenngrygg og der skråningen slaker ut er ca. H= 55 m
OCR	2	1	2	Basert på tolking av CPTU-sonderinger ved topp skråning er gjennomsnittlig overkonsolideringsgrad i dybden OCR=2,0, basert på spissmotstand. OCR ved dalbunnen er høyere. I denne vurderingen settes OCR= 2,0.
Poretrykk	3/-3	0	0	Poretrykksmålinger indikerer mindre enn hydrostatisk fordeling i dybden. Antar imidlertid i denne sammenheng hydrostatisk.
Kvikkleiremektighet	2	2	4	Mektighet av kvikkleireforekomsten er registrert inntil ca. 22 m dvs. H/2-H/4, der H=55 m
Sensitivitet	1	3	3	Sensitiviteten er for enkeltprøver målt opptil St= 265 i kvikkleira (St>100)
Erosjon	3	0	0	Ingen bekk eller erosjon i dalbunn. Derav ingen.
Inngrep	3/-3	0	0	Gjelder både for dagens og framtidig situasjon
Poengverdi			15	Gir faregradsklasse "Lav"

Profil I (og M):

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	0	Ingen tidl. skredakt i profil I.
Skråningshøyde	2	1	2	Total høydeforskjell mellom terrenngrygg og der skråningen slaker ut er ca. H= 17 m
OCR	2	1	2	Basert på tolking av CPTU-sonderinger ved topp skråning er gjennomsnittlig overkonsolideringsgrad i dybden OCR=2,0, basert på spissmotstand. OCR ved dalbunnen er høyere. I denne vurderingen settes OCR= 2,0.
Poretrykk	3/-3	0	0	Poretrykksmålinger indikerer mindre enn hydrostatisk fordeling i dybden. Antar imidlertid i denne sammenheng hydrostatisk.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Mektighet av kvikkleireforekomsten er registrert inntil ca. 30 m (12 m for profil M) dvs. > H/4, der H=17 m
Sensitivitet	1	3	3	Sensitiviteten er for enkeltprøver målt opptil St= 265 i kvikkleira (St>100)
Erosjon	3	0	0	Ingen bekk eller erosjon i dalbunn. Derav ingen.
Inngrep	3/-3	0	0	Gjelder både for dagens og framtidig situasjon
Poengverdi			13	Gir faregradsklasse "Lav"

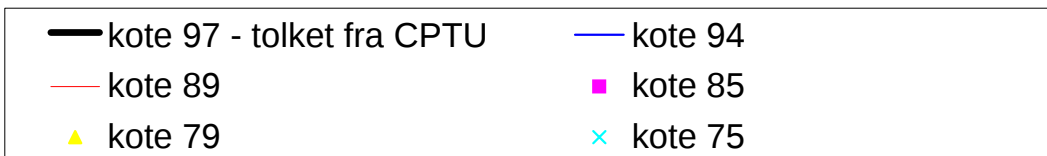
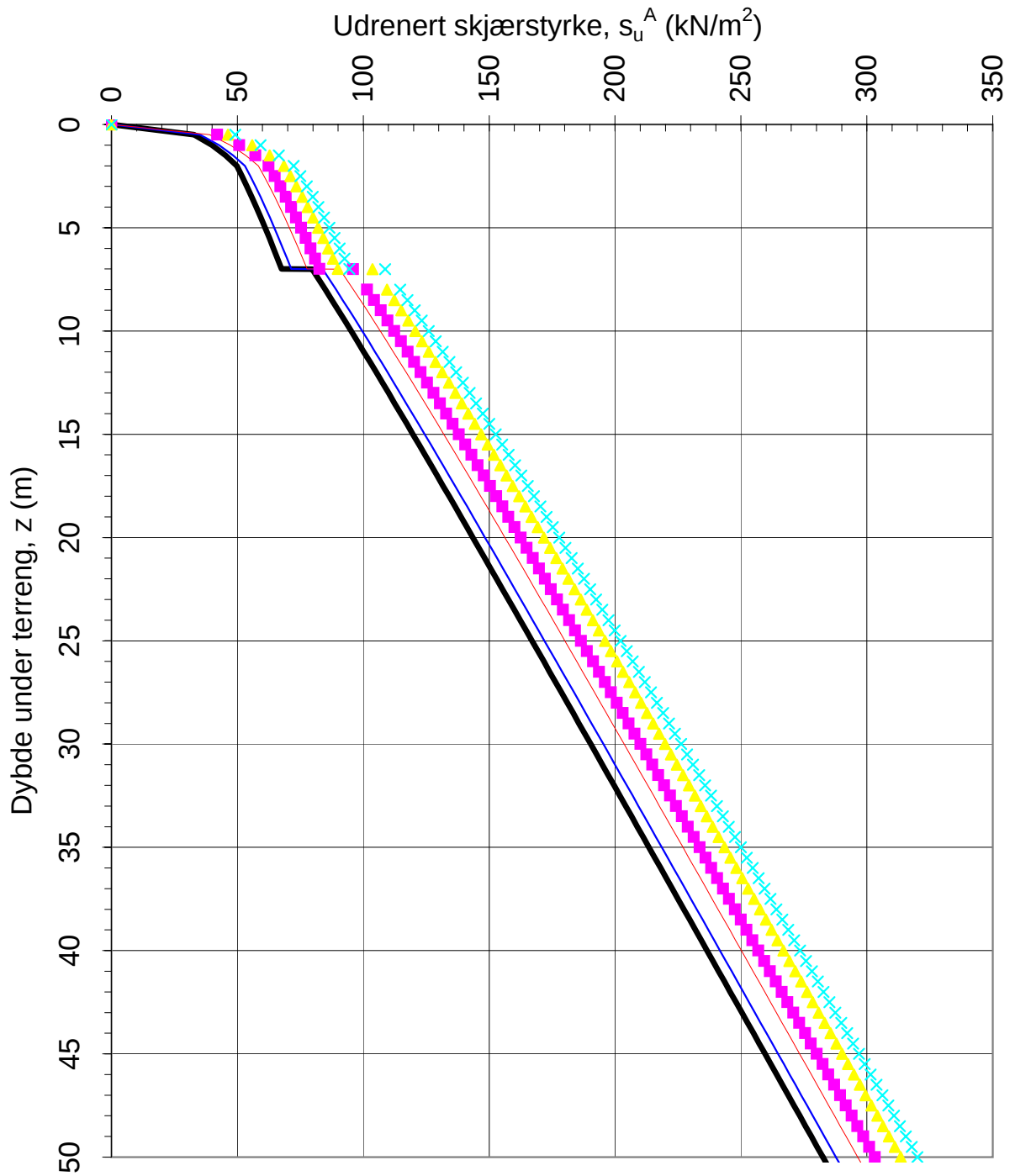
Profil K2986–Profil 2, 3 og 4 mot sør og nord (grusryggen på Varegga):

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	0	Ingen tidl. skredakt.
Skråningshøyde	2	2	4	Total høydeforskjell mellom terrenngrygg og der skråningen slaker ut er ca. H= 21 m
OCR	2	1	2	Basert på tolking av CPTU-sonderinger ved topp skråning er gjennomsnittlig overkonsolideringsgrad i dybden OCR=2,0, basert på spissmotstand. OCR ved dalbunnen er høyere. I denne vurderingen settes OCR= 2,0.
Poretrykk	3/-3	0	0	Poretrykksmålinger indikerer mindre enn hydrostatisk fordeling i dybden. Antar imidlertid i denne sammenheng hydrostatisk.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Mektighet av kvikkleireforekomsten er registrert inntil ca. 12 m dvs. > H/4, der H=21 m
Sensitivitet	1	3	3	Sensitiviteten er for enkeltprøver målt opptil St= 265 i kvikkleira (St>100)
Erosjon	3	0	0	Ingen bekk eller erosjon i dalbunn. Derav ingen.
Inngrep	3/-3	0	0	Gjelder både for dagens og framtidig situasjon
Poengverdi			15	Gir faregradsklasse ”Lav”

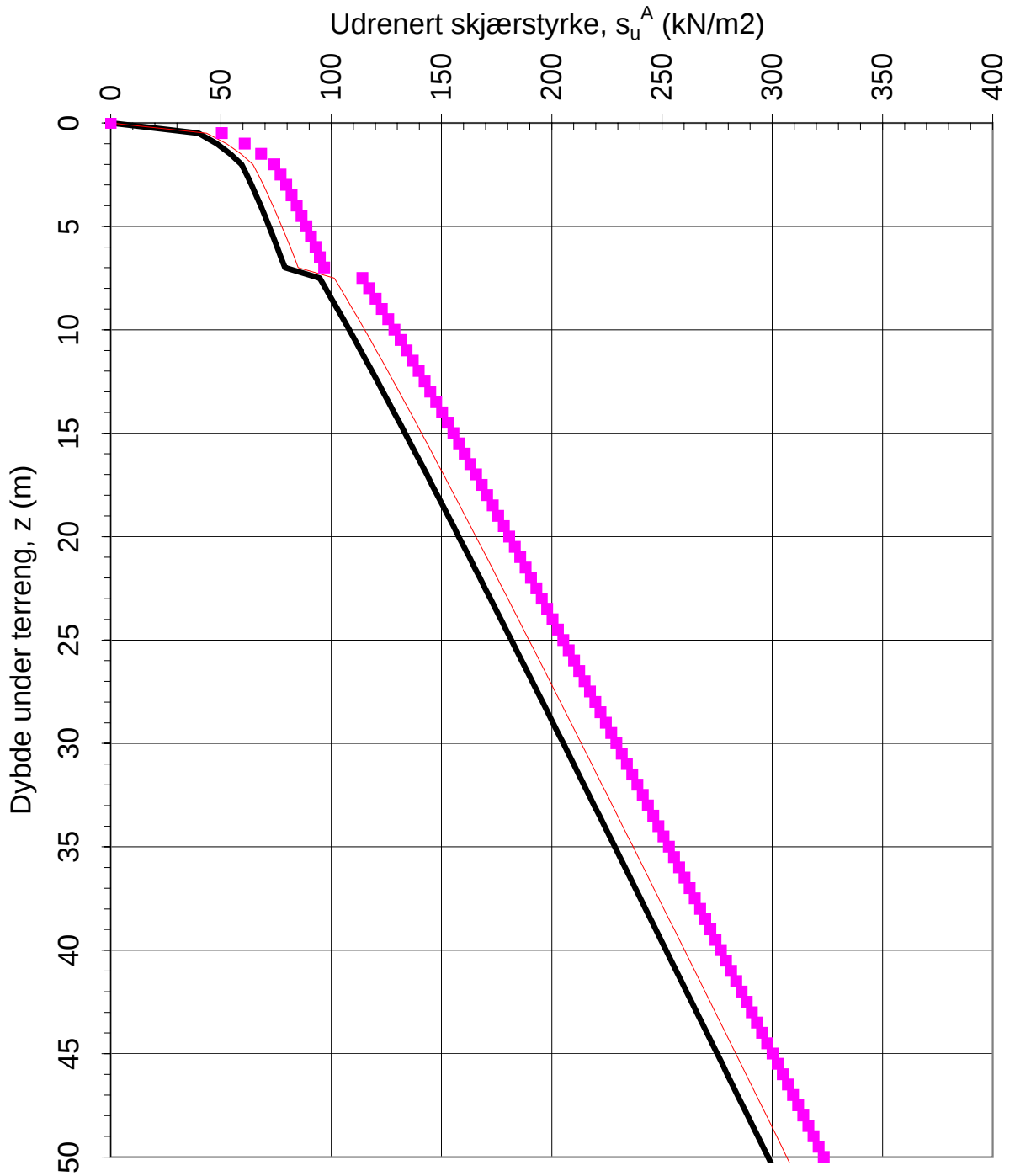
Vedlegg 3:

Beregnet s_u^A styrke mot dybden
Profil A, D og G

Beregnet SHANSEP s_u^A mot dybde - Profil A / G



Beregnet SHANSEP s_u^A mot dybde - Profil D



— kote 75

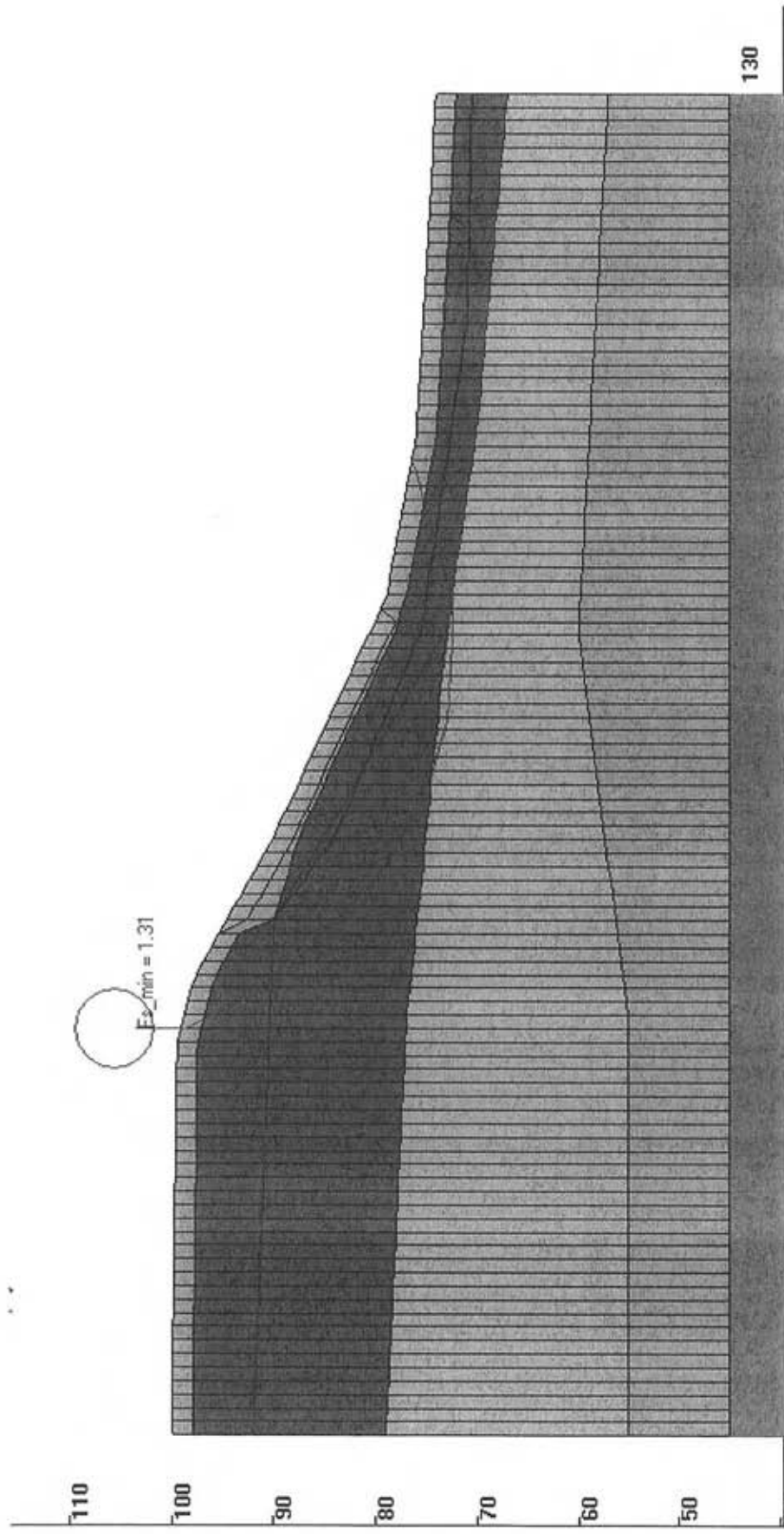
— kote 70

■ kote 65

Vedlegg 4:

Utskrifter fra stabilitetsberegninger STABIL

Verilleg 4 A



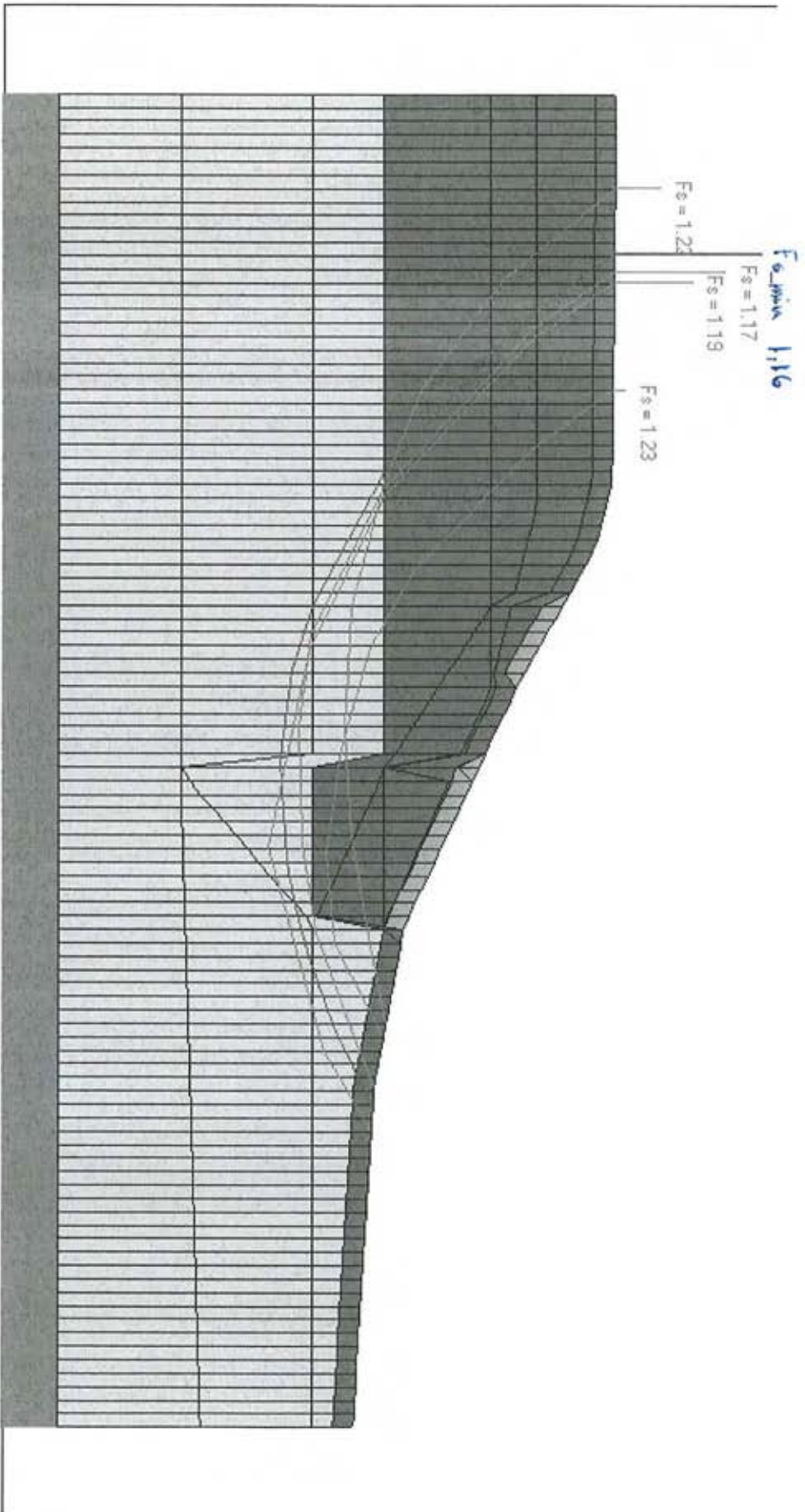
MULTICONCONSULT AS
 Avd. NOTEBY
STABIL
 Stabilitetsanalyse av skraaminger

Prosjekt Beskrivelse: 412688 NVE- Lundamo
 Profil A - Dagens situasjon aø-analyse

Prosjekt: Lundamo
 Dato: 26.03.2008
 Inndata Filnavn: Z:\412688\412688 Kvikkleirevurdering Lundamo, NVE\09_Beregninger\Stabilitetsberegninger\stabil\profilA.a

Autorisert bruker: MULTICONCONSULT AS
 Bruker Navn: Ingrid Havnen

Versjon: 3.1



MULTICONSULT AS
 Avd. NOTEBY
STABIL
 Stabilitetsanalyse av skrånninger

Prosjekt Beskrivelse:
 Prosjekt:
 Lundamo

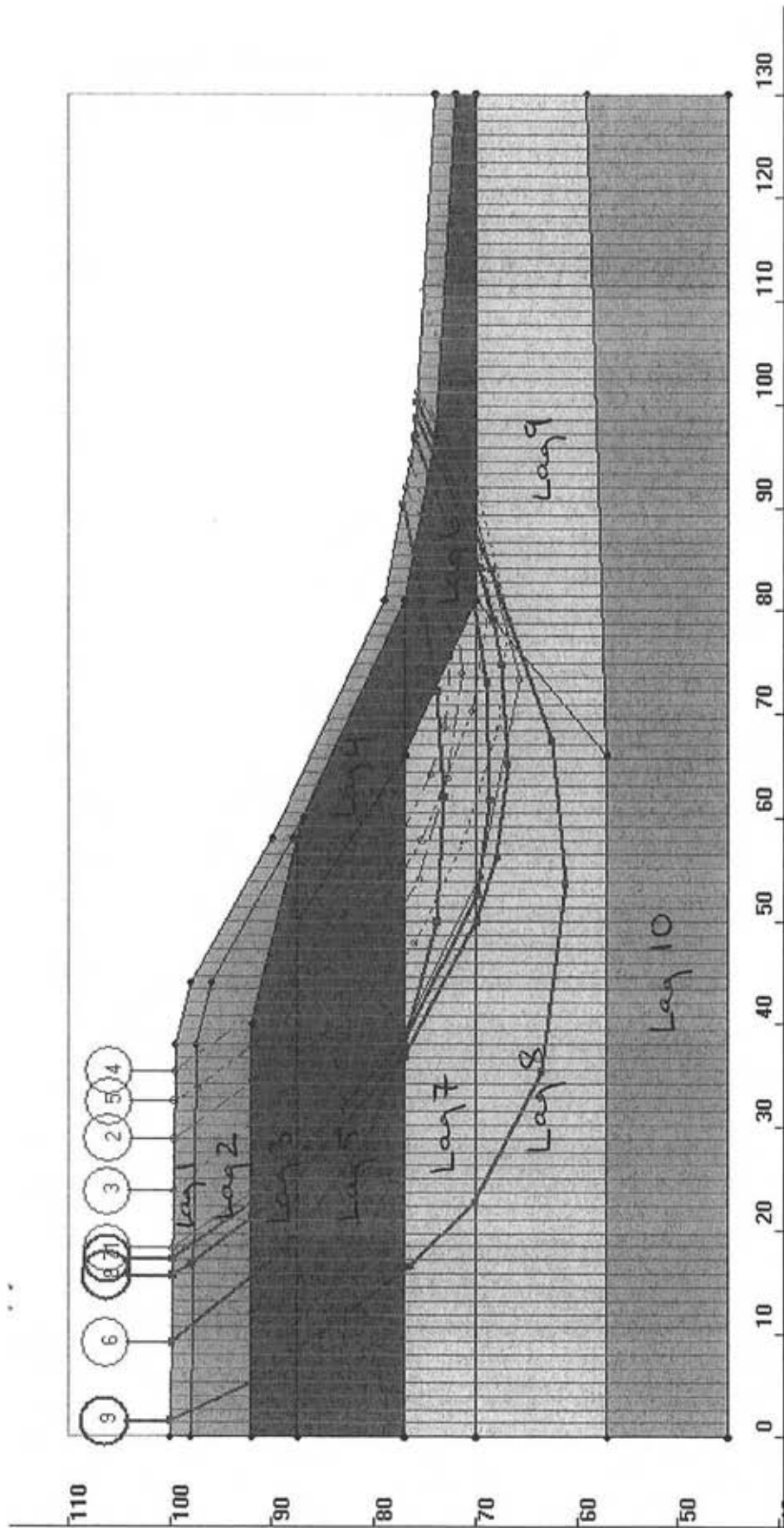
412688 NVE- Lundamo
 Profil A - Dagens situasjon ADP-analyse

Dato:
 28.03.2008
 Inndata Filnavn:
 Z:\412688\412688 Kalkuleringsmateriale Lundamo, NVE\09_Beregninger\Stabilitetsberegninger\stabil\profilAV

Versjon: 3.1

Autorisert bruker: MULTICONSULT AS

Bruker Navn: Ingrid Havnen

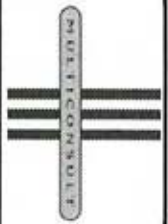


MULTICONCONSULT AS
 Avd. NOTEBY
STABIL
 Stabilitetsanalyse av skraaninger

Prosjekt Beskrivelse: 412688 NVE- Lundamo
 Profil A - Dagens situasjon ADP-analyse

Prosjekt: Lundamo
 Dato: 26.03.2008
 Inndata Filnavn: Z:\412688\412688 Kvikkleirevurdering Lundamo, NVE09_Beregning\Stabilitetsberegning\stabil\profilAV

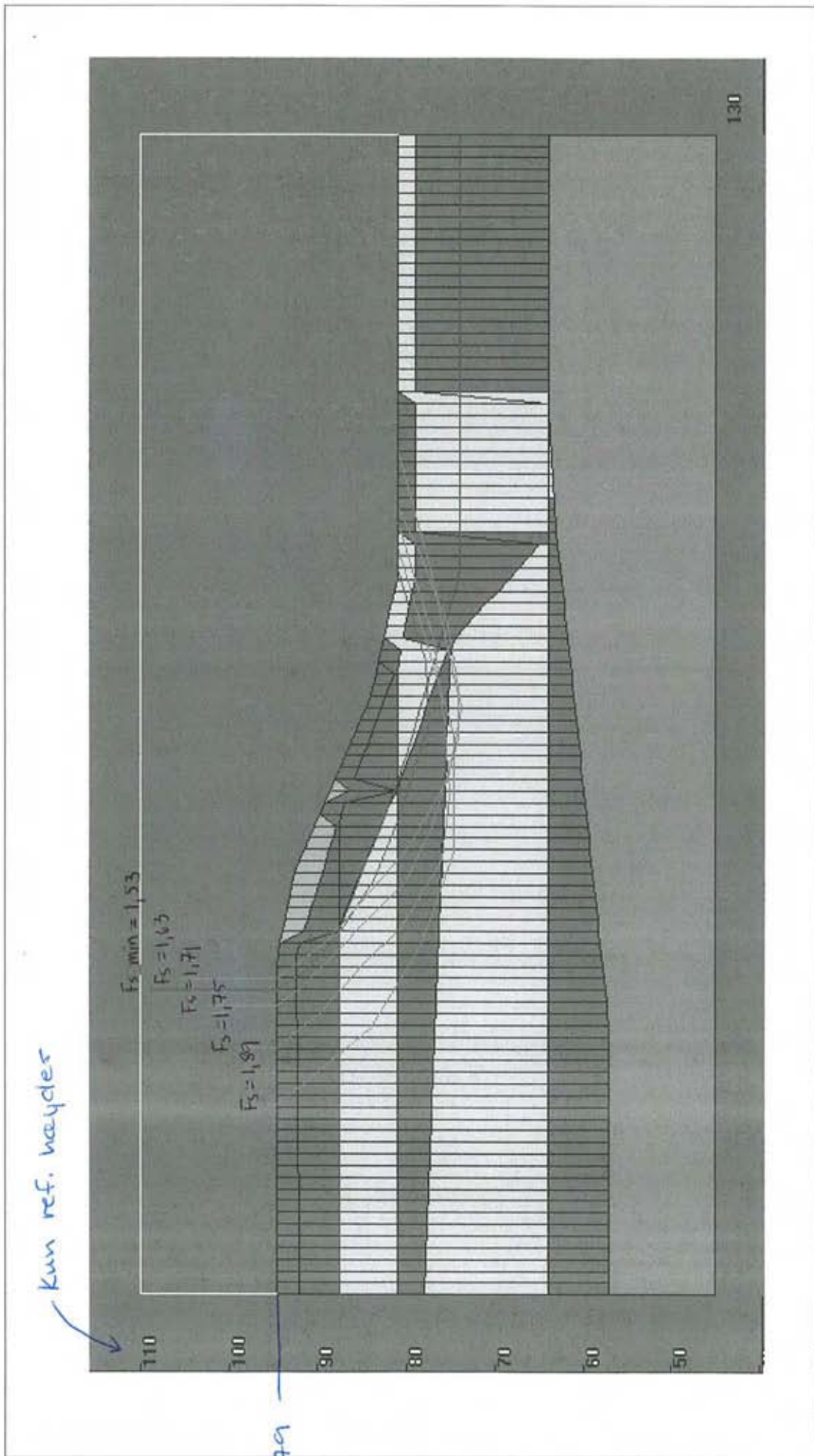
Autorisert bruker: MULTICONCONSULT AS
 Bruker Navn: Ingrid Havnen

Prosjekt: Lundamo	P.nr: 412688	Utført av: ih	Dato: 28.03.2008	
Beregninger: Stabilitetsberegninger - Profil A		Kontrollert av:	Dato:	
Antatt su-profil				

$$s_u^{DSS} = \left[\frac{s_u^{DSS}}{p_0'} \right]_{NC} \cdot OCR^m \cdot p_0' \quad Dp^i=300 \text{ kN/m}^2$$

$(s_u^{DSS}/p_0')_{NC} = 0.25$ $Ip=10$ $(s_u^{DSS}/Sua) = 0.64$ $Ip=15$
 $m = 0.75$ $(s_u^P/Sua) = 0.21$ 0.66 0.31

Materiale	p_0'	p_c	OCR	s_u^A	s_u^D	s_u^P	Y	I_p	K_0	tan	ϕ	a	
Lag 1	topp						20	15	0.52	0.55	10		
Tørskorpe	bunn						20	15	0.52				
Lag 2	topp						20	15	0.37	0.8	0		
Sand	bunn						20	15	0.52				
Lag 3	topp	130	430	3.3	79.7	52.6	24.7	20	0.52	0.55	10		snitt ved kt 100
Silt/leire	bunn	230	530	2.3	107.5	71.0	33.3	20	0.52				
Lag 4	topp	40	460	11.5	62.4	41.2	19.4	20	0.52				snitt ved kt 85
Silt/leire	bunn	90	510	5.7	82.6	54.5	25.6	20	0.52				
Lag 5	topp	202	503	2.5	90.1	59.5	27.9	20	0.52				snitt ved kt 97
Silt/leire	bunn	367	667	1.8	129.3	85.3	40.1	20	0.52				
Lag 6	topp	40	510	12.8	60.7	40.1	18.8	20	0.52				snitt ved kt 80
Silt/leire	bunn	90	560	6.2	79.8	52.7	24.7	20	0.52				
Lag 7	topp	239	609	2.5	108.5	69.4	22.8	19	0.63	0.4	10		snitt ved kt 90
Kvikkleire	bunn	367	736	2.0	139.2	89.1	29.2	19	0.63				
Lag 8	topp	367	736	2.0	139.2	89.1	29.2	19	0.63				snitt ved kt 90
Kvikkleire	bunn	603	974	1.6	194.4	124.4	40.8	19	0.63				
Lag 9	topp	130	600	4.6	102.3	65.5	21.5	19	0.63				snitt ved kt 80
Kvikkleire	bunn	330	800	2.4	160.3	102.6	33.7	19	0.63				
Lag 10	topp								0.5	0.6	10		
Sa/silt	bunn								0.5				



MULTICONCONSULT AS
 Avd. NOTEBY
STABIL
 Stabilitetsanalyse av skraaninger

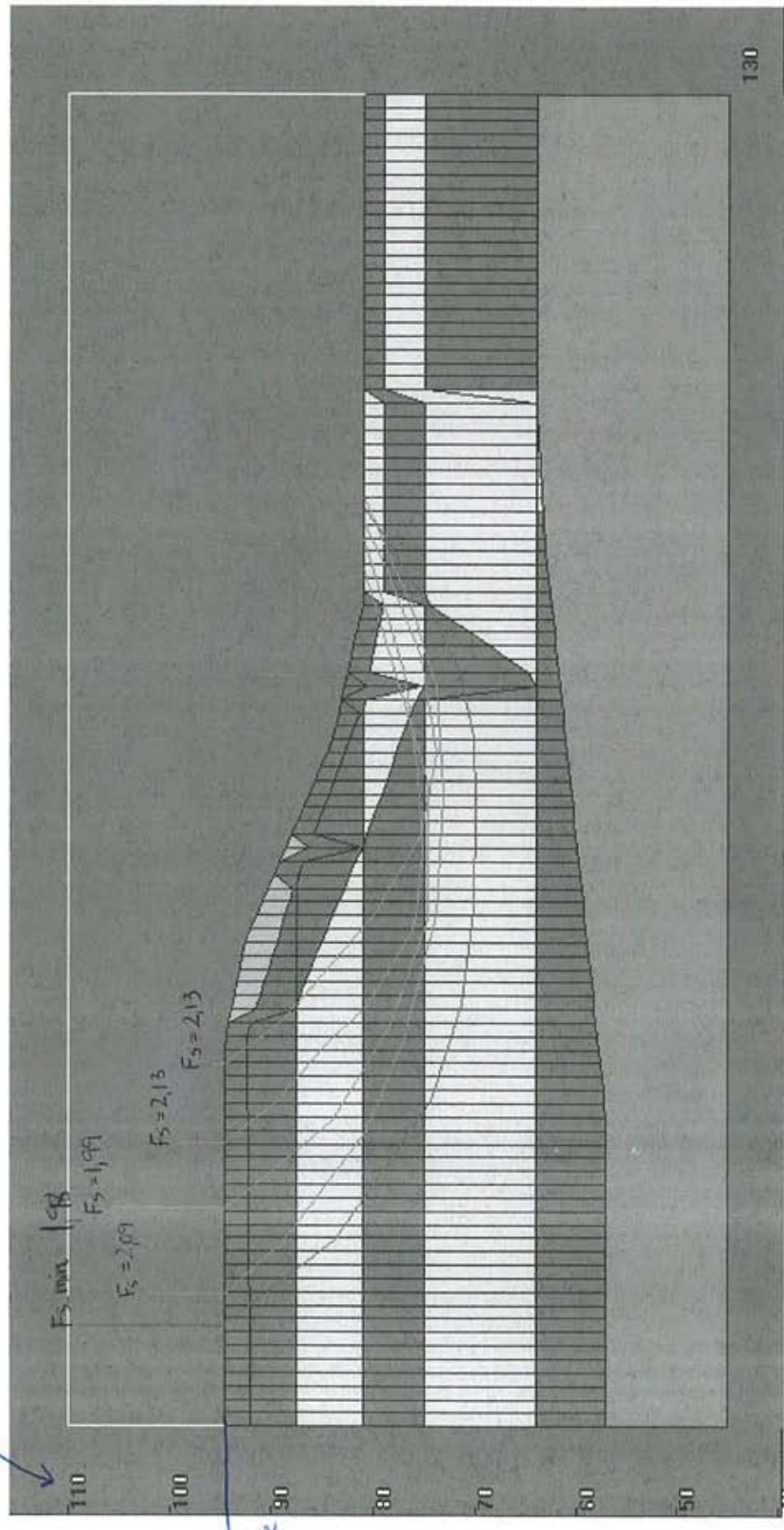
Prosjekt Beskrivelse: 412688 NVE- Lundamo
 Profil D- Dagens situasjon aø-analyse

Prosjekt: Lundamo
 Dato: 25.03.2008
 Inndata Filnavn: Z:\412688\412688 Kvikkleirevurdering Lundamo, NVE\09_Beregninger\Stabilitetsberegninger\stabil\profilD\4

Autorisert bruker: MULTICONCONSULT AS

Bruker Navn: Ingrid Havnen

Kun ref. høyder



Kt. 79
(= ref. høyde
94.5)



MULTICONCONSULT AS
Avd. NOTEBY

STABIL

Stabilitetsanalyse av skrånninger

Prosjekt Beskrivelse:

412688 NVE- Lundamo
Profil A - Dagens situasjon ADP-analyse

Prosjekt:

Lundamo

Dato:

25.03.2008

Inndata Filnavn:

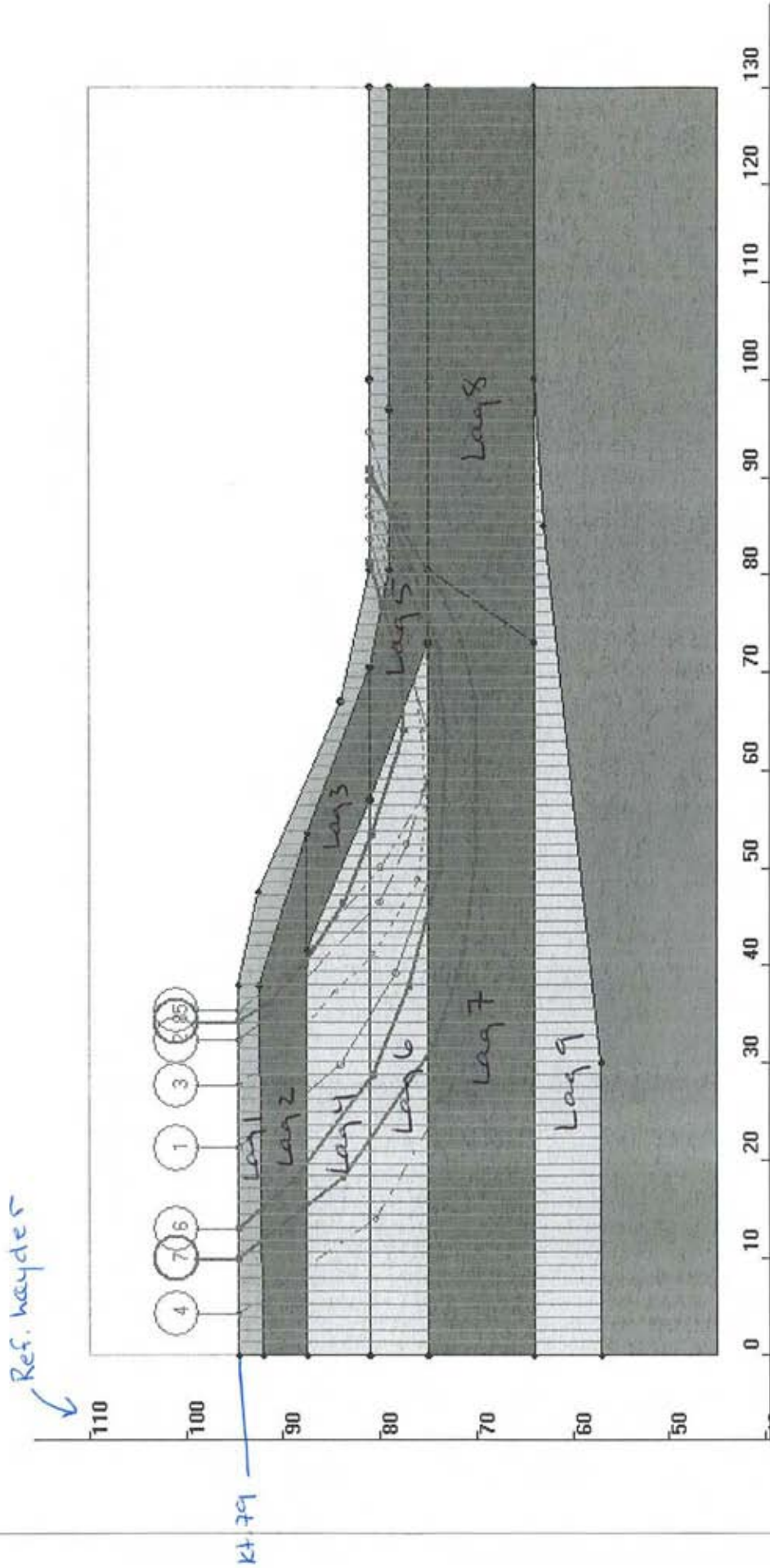
Z:\412688\412688 Kvikkleirvurdering Lundamo, NVE09_Beregninger\Stabilitetsberegninger\stabilprofilA

Versjon: 3.1

Autorisert bruker: MULTICONCONSULT AS

Braker Navn: Ingrid Havnen

ADP D 2



MULTICONCONSULT AS
Avd. NOTEBY

STABIL

Stabilitetsanalyse av skræninger

Prosjekt Beskrivelse:

412688 NVE- Lundamo
Profil D - Dagens situasjon ADP-analyse

Prosjekt:

Lundamo

Dato:

26.03.2008

Inndata Filnavn:

Z:\412688\412688 Kvikklevurdering Lundamo, NVE\09_Beregninger\Stabilitetsberegninger\stabilprofilD.a

Versjon: 3.1

Autorisert bruker: MULTICONCONSULT AS

Bruker Navn: Ingrid Havnen

Prosjekt: Lundamo Beregninger: Stabilitetsberegninger - Profil D Antatt su-profil		P.nr.: 412688 ih	Utført av: KONTROLLERT	Dato: 26.03.2008	
			Kontrollert av: Dato:		

$$s_{u, DSS} = \left[\frac{s_{u, DSS}}{P_{0,1}} \right]_{NC} \cdot OCR^m \cdot P_{0,1}$$

DP=350 kN/m²

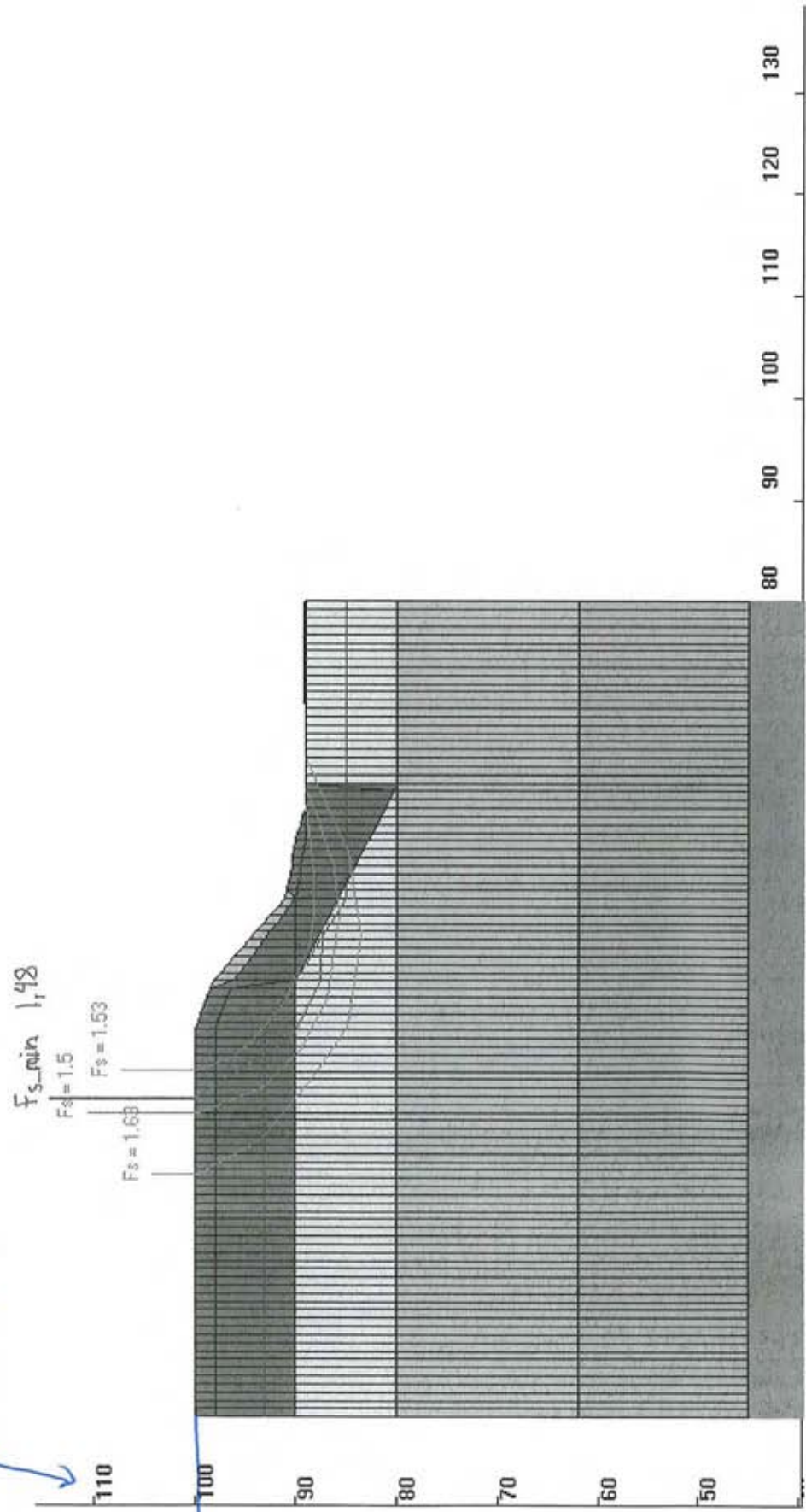
$$\frac{(s_{u, DSS}/P_{0,1})_{NC}}{m} = \frac{(s_{u, DSS}/S_{ua})}{(s_{u, P}/S_{ua})} = \frac{0.25}{0.75} = \frac{0.64}{0.21}$$

Materiale	P _{0,1}	P _c	OCR	s _{u,A}	s _{u,D}	s _{u,P}	Y	I _p	K ₀	tan	fi	a
Lag 1							20		0.45	0.65		0
Tørrskorpe							20					
Lag 2	40	430	10.8	59.4	38.0	12.5	20	10	0.52	0.55		10
Silt/leire	90	480	5.3	79.0	50.5	16.6	20	10	0.52			snitt ved kt 75
Lag 3	40	455	11.4	61.9	39.6	13.0	20	10	0.52			gjennnitt ved kt 70/75
Silt/leire	90	505	5.6	82.0	52.5	17.2	20	10	0.52			snitt ved kt 75
Lag 4	139	530	3.8	85.3	54.6	17.9	19	10	0.63	0.4		10
Kvikkleire	248	638	2.6	113.3	72.5	23.8	19	10	0.63			snitt ved kt 65
Lag 5	40	536	13.4	63.0	40.3	13.2	20	10	0.52	0.55		10
Silt/leire	90	580	6.4	81.9	52.4	17.2	20	10	0.52			snitt ved kt 75
Lag 6	185	675	3.6	109.9	70.3	23.1	19	10	0.63	0.4		10
Kvikkleire	303	793	2.6	140.3	89.8	29.5	19	10	0.63			snitt ved kt 70
Lag 7	212	652	3.1	110.8	70.9	23.3	19	10	0.63			10
leire/kvikk	412	852	2.1	159.9	102.3	33.6	19	10	0.63			10
Lag 8	139	629	4.5	107.8	69.0	22.6	19	10	0.52	0.55		10
leire	321	811	2.5	160.8	102.9	33.8	19	10	0.52			10
Lag 9	412	852	2.1	177.6	113.7	37.3	19	10	0.63	0.4		10
Kvikkleire	458	898	2.0	189.7	121.4	39.8	19	10	0.63			10

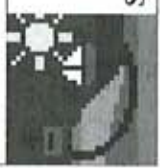
Det er benyttet samme I_p i alle leir lag (konservervativt).

F_s = 1,98

Ref. høyder



kt 70



MULTICONSULT AS
Avd. NOTEBY

STABIL

Stabilitetsanalyse av skræninger

Prosjekt Beskrivelse:

412688 NVE- Lundamo
Profil F - Dagens situasjon øø-analyse

Prosjekt:

Lundamo

Dato:

27.03.2008

Inndata Filnavn:

Z:\4126xx\412688 Kvikkleirevurdering Lundamo, NVE09_Beregninger\Stabilitetsberegninger\stabilprofil\F

Versjon: 3.1

Autorisert bruker: MULTICONSULT AS

Bruker Navn: Ingrid Havnen

fa

Vedlegg 5:

Utskrifter fra stabilitetsberegninger PLAXIS

- VEDLEGG 5a -

Automatic generated PLAXIS REPORT

03/27/2008

User: MULTICONSULT AS

Title: Profil A udrenert

Table of Contents

1. General Information.....	2
2. Geometry.....	2
3. Mesh data.....	3
4. Material data.....	4
5. Calculation phases.....	6
5.1. Total multipliers.....	6
6. Results for phase 2.....	7
6.2. Deformations.....	7
6.2.1. Plot of total increments.....	7

4. Material data

Table [5] Soil data sets parameters

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3	4
		Tørrskorpe - drenert	Sand/ grus	Sand/ silt	Leire - kote 97
Type		Drained	Drained	Drained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	19.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	19.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.010	0.001	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.010	0.001	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	10000.000	10000.000	5000.000
ν	[-]	0.200	0.300	0.300	0.200
G_{ref}	[kN/m ²]	2083.333	3846.154	3846.154	2083.333
E_{oed}	[kN/m ²]	5555.556	13461.538	13461.538	5555.556
c_{ref}	[kN/m ²]	0.00	0.00	6.00	52.60
ϕ	[°]	33.00	38.66	31.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	0.000	0.000	0.000	92.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	3.25
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

<i>Mohr-Coulomb</i>		5	6	7	8
		Leire 2 - kote 89	Leire 2 - kote 79	Kvikkleire - kote 75	Leire - kote 75
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.200	0.200	0.200	0.200
G_{ref}	[kN/m ²]	2083.333	2083.333	2083.333	2083.333
E_{oed}	[kN/m ²]	5555.556	5555.556	5555.556	5555.556
c_{ref}	[kN/m ²]	59.80	68.40	67.40	47.80
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	82.000	75.000	68.000	73.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	3.44	3.48	3.00	2.92
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

Mohr-Coulomb		9	10	11	12
		Leire - kote 79	Leire - kote 89	Kvikkleire kote 97	Kvikkleire - kote 89
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.200	0.200	0.200	0.200
G_{ref}	[kN/m ²]	2083.333	2083.333	2083.333	2083.333
E_{oed}	[kN/m ²]	5555.556	5555.556	5555.556	5555.556
c_{ref}	[kN/m ²]	45.20	38.50	86.10	78.80
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	77.000	87.000	78.000	75.000
$c_{\text{increment}}$	[kN/m ² /m]	2.82	2.56	2.86	2.90
$T_{\text{str.}}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{\text{inter.}}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

Mohr-Coulomb		13
		Kvikkleire - kote 79
Type		UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00
k_x	[m/day]	0.000
k_y	[m/day]	0.000
e_{init}	[-]	0.500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000
ν	[-]	0.200
G_{ref}	[kN/m ²]	2083.333
E_{oed}	[kN/m ²]	5555.556
c_{ref}	[kN/m ²]	103.40
ϕ	[°]	0.00
ψ	[°]	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00
y_{ref}	[m]	72.000
$c_{\text{increment}}$	[kN/m ² /m]	2.91
$T_{\text{str.}}$	[kN/m ²]	0.00
$R_{\text{inter.}}$	[-]	1.00
Interface permeability		Neutral

5. Calculation phases

Table [6] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
Gravitasjon	1	0	Plastic analysis	Total multipliers	1	10
Fs	2	1	Phi/c reduction	Incremental multipliers	11	110

Table [7] Staged construction info

Ph-No.	Active clusters	Inactive clusters	Active beams	Active geotextiles	Active anchors
0	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.				

5.1. Total multipliers

Table [8] Total multipliers - reached values

Ph-No.	Displ.	Load A	Load B	Weight	Accel	Time	s-f
0	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000
2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0948

6. Results for phase 2

6.2. Deformations

6.2.1. Plot of total increments

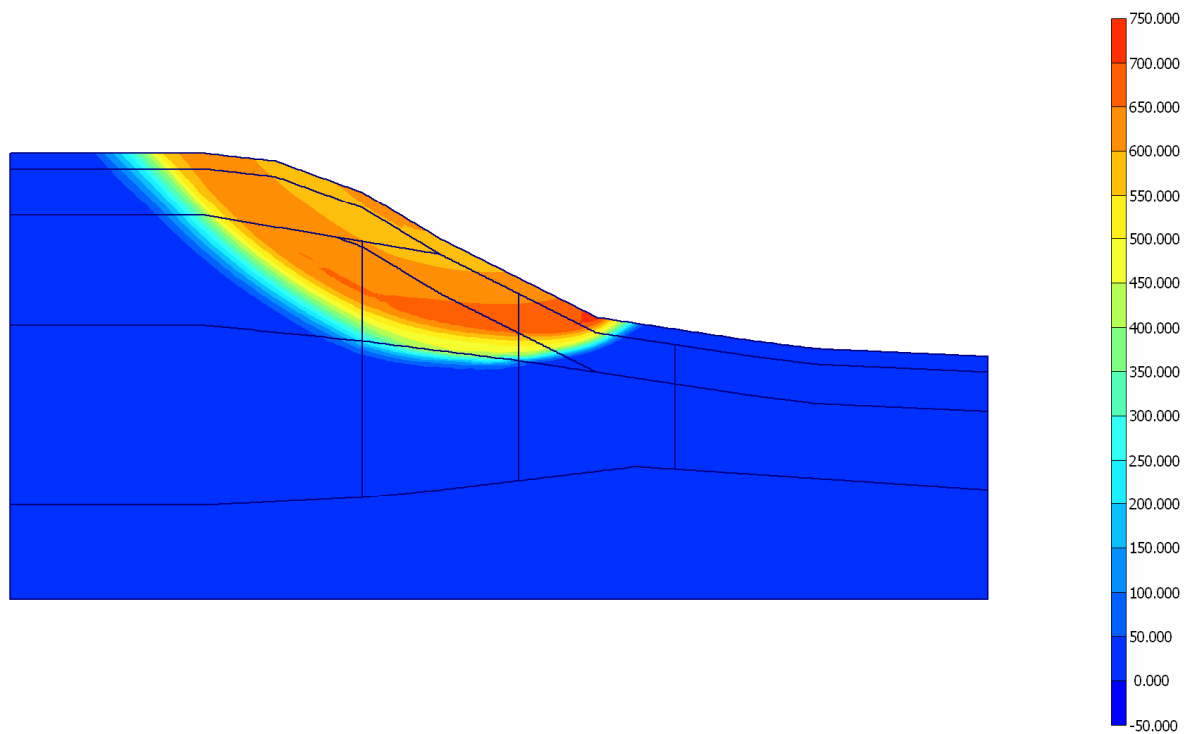


Fig. 3 Plot of total increments (shadings)
- Step no: 110 - (Phase: 2)

- VEDLEGG 5b -

Automatic generated PLAXIS REPORT

03/27/2008

User: MULTICONSULT AS

Title: Profil G drenert

Table of Contents

1. General Information.....	2
2. Geometry.....	2
3. Mesh data	2
4. Material data	3
5. Calculation phases	4
5.1. Total multipliers.....	4
6. Results for phase 2.....	5
6.2. Deformations.....	5
6.2.1. Plot of total increments	5

4. Material data

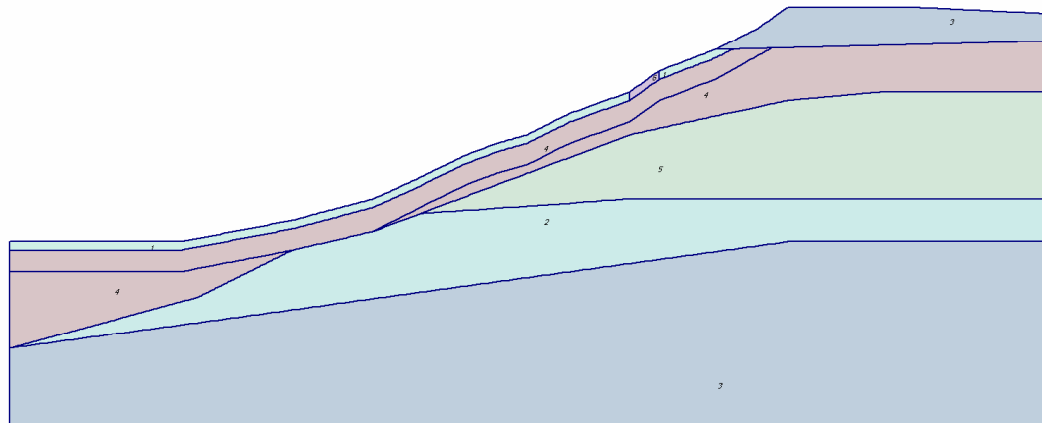


Fig. 2 Plot of geometry with material data sets

Table [5] Soil data sets parameters

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3	4
		Tørrskorpe - drenert	Sand/ silt	Sand/ grus	Leire - drenert
Type		Drained	Drained	Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	19.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	19.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.001	0.010	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.001	0.010	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	10000.000	9999.395	5000.000
ν	[-]	0.350	0.300	0.300	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	3846.154	3845.772	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	13461.538	13462.629	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	0.00	6.00	0.00	5.50
ϕ	[°]	33.00	31.00	38.66	28.81
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	0.000	0.000	0.000	0.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

<i>Mohr-Coulomb</i>		5	6
		Kvikkleire - drenert	Tørrskorpe drenert (a høy)
Type		Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.350	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	4.00	50.00
ϕ	[°]	21.80	33.00
ψ	[°]	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	0.000	0.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral

5. Calculation phases

Table [6] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
Gravitasjon	1	0	Plastic analysis	Total multipliers	1	10
Fs	2	1	Phi/c reduction	Incremental multipliers	11	310

Table [7] Staged construction info

Ph-No.	Active clusters	Inactive clusters	Active beams	Active geotextiles	Active anchors
0	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.				

5.1. Total multipliers

Table [8] Total multipliers - reached values

Ph-No.	Displ.	Load A	Load B	Weight	Accel	Time	s-f
0	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000
2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0363

6. Results for phase 2

6.2. Deformations

6.2.1. Plot of total increments

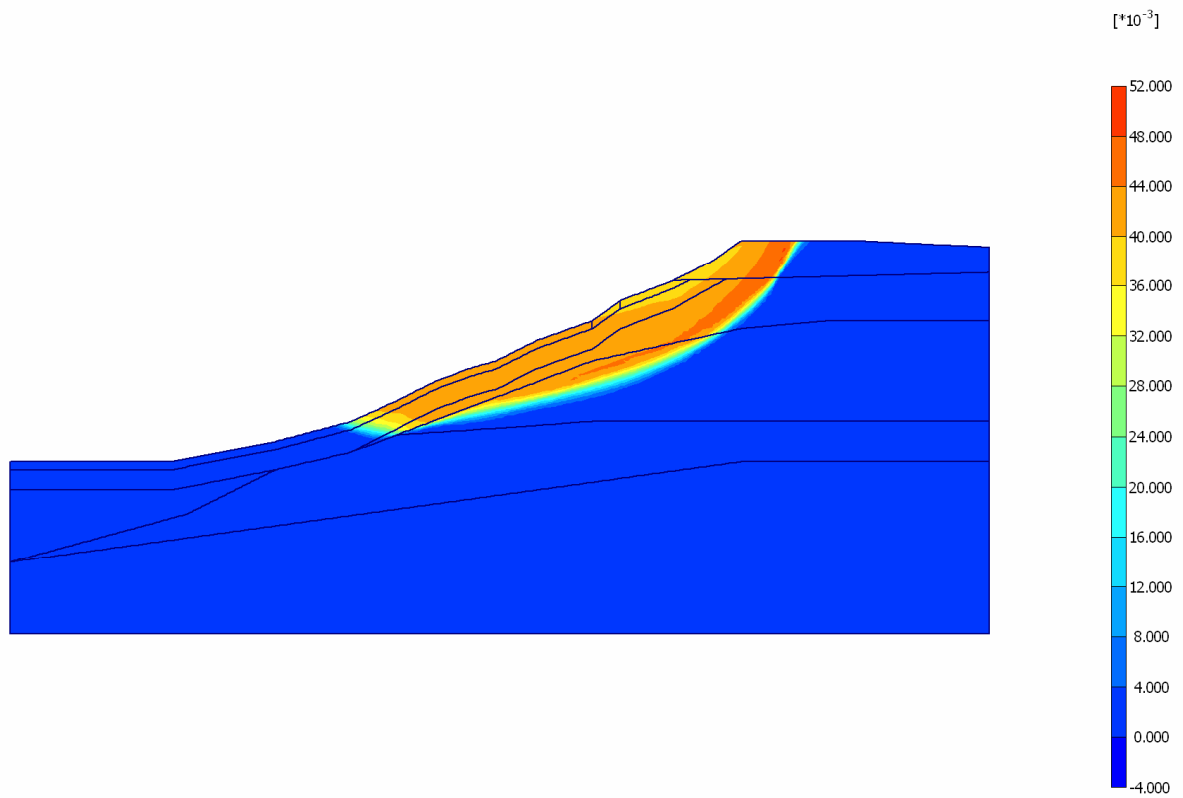


Fig. 3 Plot of total increments (shadings)
- Step no: 310 - (Phase: 2)

- VEDLEGG 5c -

Automatic generated PLAXIS REPORT

03/27/2008

User: MULTICONSULT AS

Title: Profil G udrenert

Table of Contents

1. General Information.....	2
2. Geometry.....	2
3. Material data	3
4. Calculation phases	7
4.1. Total multipliers.....	7
5. Results for phase 1	8
5.2. Deformations.....	8
5.2.1. Plot of total increments	8

3. Material data

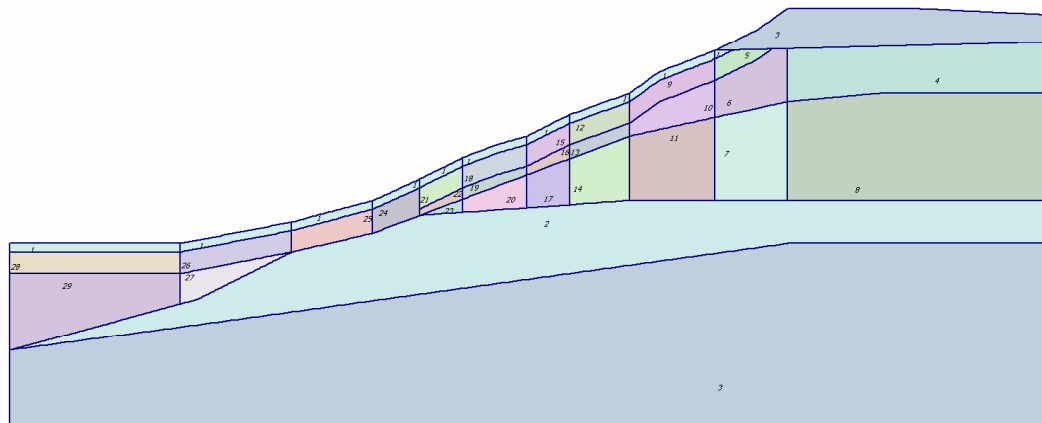


Fig. 2 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3	4
		Tørrskorpe - drenert	Sand/ silt	Sand/ grus	Leire - kote 97
Type		Drained	Drained	Drained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	19.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	19.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.001	0.010	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.001	0.010	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	10000.000	9999.395	5000.000
ν	[-]	0.350	0.300	0.300	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	3846.154	3845.772	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	13461.538	13462.629	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	0.00	6.00	0.00	59.50
ϕ	[°]	33.00	31.00	38.66	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	0.000	0.000	0.000	91.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	3.25
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

Mohr-Coulomb		5	6	7	8
		Leire 1 - kote 94	Leire 2 - kote 94	Kvikkleire - kote 94	Kvikkleire - kote 97
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.350	0.350	0.350	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	1851.852	1851.852	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	8024.691	8024.691	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	35.00	55.40	86.10	80.20
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	90.000	86.000	76.000	80.000
$c_{\text{increment}}$	[kN/m ² /m]	2.43	3.30	2.88	2.88
$T_{\text{str.}}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{\text{inter.}}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

Mohr-Coulomb		9	10	11	12
		Leire 1 - kote 85	Leire 2 - kote 85	Kvikkleire - kote 85	Leire 1 - kote 77
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.350	0.350	0.350	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	1851.852	1851.852	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	8024.691	8024.691	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	41.20	63.30	79.30	46.50
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	83.000	78.000	72.000	75.000
$c_{\text{increment}}$	[kN/m ² /m]	2.66	3.53	3.00	2.87
$T_{\text{str.}}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{\text{inter.}}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

Mohr-Coulomb		13	14	15	16
		Leire 2 - kote 77	Kvikkleire - kote 77	Leire 1 - kote 72	Leire 2 - kote 72
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.350	0.350	0.350	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	1851.852	1851.852	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	8024.691	8024.691	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	70.10	76.50	49.70	74.20
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	70.000	67.000	70.000	65.000
$c_{\text{increment}}$	[kN/m ² /m]	3.78	3.16	3.00	3.93
$T_{\text{str.}}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{\text{inter.}}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

Mohr-Coulomb		17	18	19	20
		Kvikkleire - kote 72	Leire 1 - kote 68	Leire 2 - kote 68	Kvikkleire - kote 68
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.350	0.350	0.350	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	1851.852	1851.852	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	8024.691	8024.691	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	77.10	52.20	77.50	83.90
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	63.000	66.000	61.000	58.000
$c_{\text{increment}}$	[kN/m ² /m]	3.30	3.10	3.96	3.38
$T_{\text{str.}}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{\text{inter.}}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

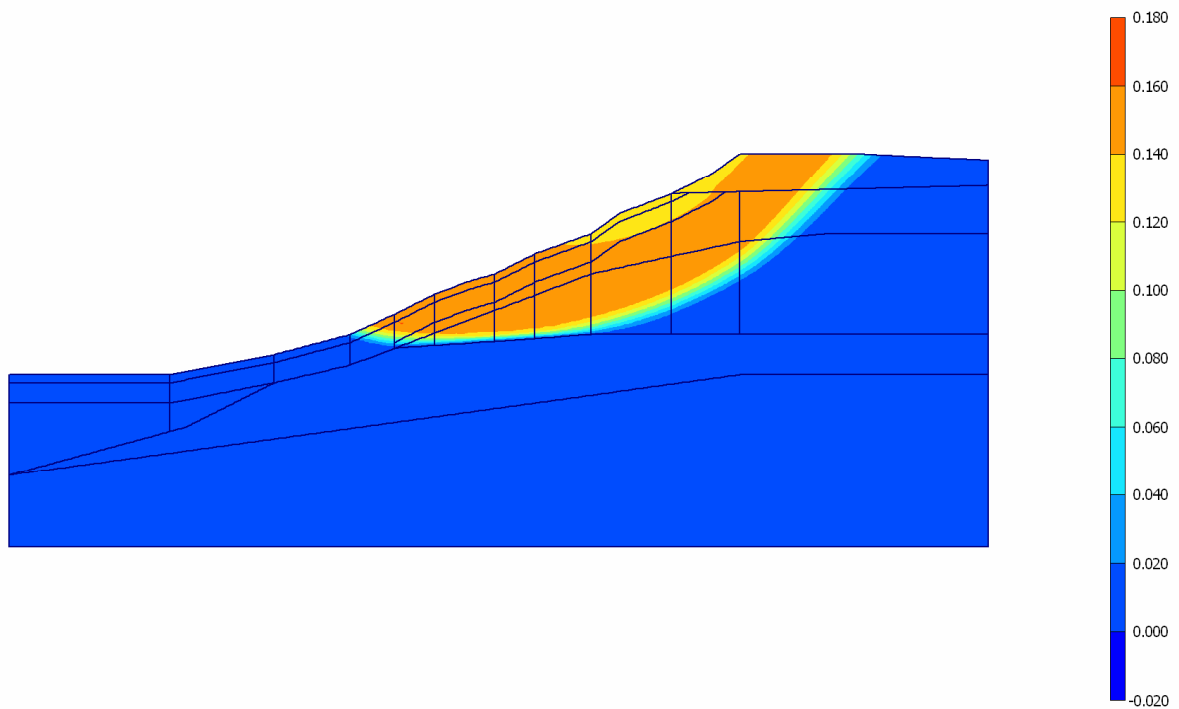
Mohr-Coulomb		21	22	23	24
		Leire 1 - kote 63	Leire 2 - kote 63	Kvikkleire - kote 63	Leire 1 - kote 58
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.350	0.350	0.350	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	1851.852	1851.852	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	8024.691	8024.691	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	55.30	81.50	84.20	58.30
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	61.000	56.000	54.000	56.000
$c_{\text{increment}}$	[kN/m ² /m]	3.22	4.12	3.63	3.35
$T_{\text{str.}}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{\text{inter.}}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

Mohr-Coulomb		25	26	27	28
		Leire 1 - kote 53	Leire 1 - kote 48	Leire 2 - kote 48	Leire 1 - kote 45
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.350	0.350	0.350	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	1851.852	1851.852	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	8024.691	8024.691	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	61.20	64.20	93.10	65.90
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	51.000	46.000	41.000	43.000
$c_{\text{increment}}$	[kN/m ² /m]	3.47	3.59	4.09	3.66
$T_{\text{str.}}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{\text{inter.}}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

5. Results for phase 1

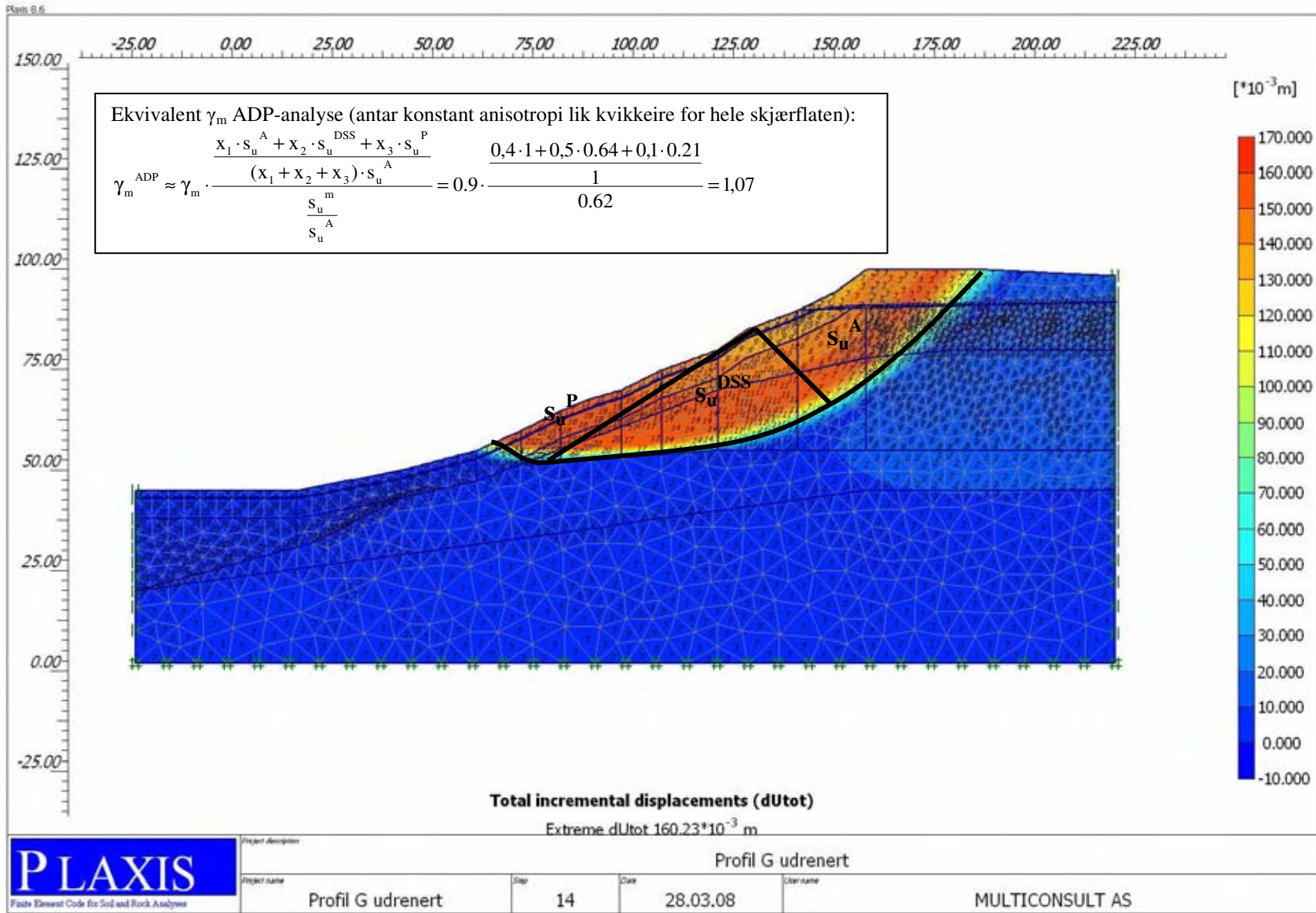
5.2. Deformations

5.2.1. Plot of total increments



**Fig. 3 Plot of total increments (shadings)
- Step no: 14 - (Phase: 1)**

VEDLEGG 5D – Ekvivalent ADP-analyse



Automatic generated PLAXIS REPORT

03/31/2008

User: MULTICONSULT AS

Title: Profil G udrenert med tiltak – avlasting på topp og neddosning i skråning

Table of Contents

1. General Information.....	2
2. Geometry.....	2
3. Mesh data	2
4. Material data	3
5. Calculation phases	7
5.1. Total multipliers.....	7
6. Results for phase 2.....	8
6.2. Deformations.....	8
6.2.1. Plot of total increments	8

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24.000	220.000
Y	2.000	100.000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Geometry

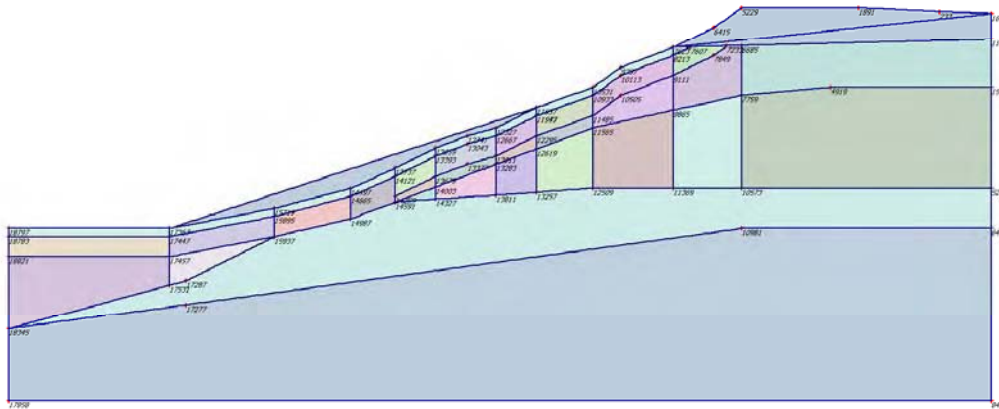


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

3. Mesh data

Table [4] Numbers, type of elements, integrations

Type	Type of element	Type of integration	Total no.
Soil	15-Noded	12-point Gauss	2318

4. Material data

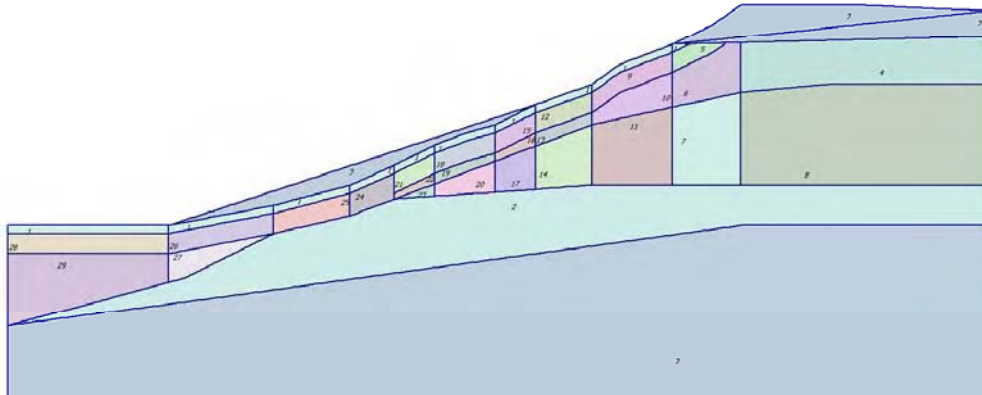


Fig. 2 Plot of geometry with material data sets

Table [5] Soil data sets parameters

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3	4
		Tørrskorpe - drenert	Sand/ silt	Sand/ grus	Leire - kote 97
Type		Drained	Drained	Drained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	19.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	19.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.001	0.010	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.001	0.010	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	10000.000	9999.395	5000.000
ν	[-]	0.350	0.300	0.300	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	3846.154	3845.772	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	13461.538	13462.629	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	0.00	6.00	0.00	59.50
ϕ	[°]	33.00	31.00	38.66	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	0.000	0.000	0.000	91.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	3.25
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

<i>Mohr-Coulomb</i>		5	6	7	8
		Leire 1 - kote 94	Leire 2 - kote 94	Kvikkleire - kote 94	Kvikkleire - kote 97
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.350	0.350	0.350	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	1851.852	1851.852	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	8024.691	8024.691	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	35.00	55.40	86.10	80.20
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	90.000	86.000	76.000	80.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	2.43	3.30	2.88	2.88
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

<i>Mohr-Coulomb</i>		9	10	11	12
		Leire 1 - kote 85	Leire 2 - kote 85	Kvikkleire - kote 85	Leire 1 - kote 77
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.350	0.350	0.350	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	1851.852	1851.852	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	8024.691	8024.691	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	41.20	63.30	79.30	46.50
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	83.000	78.000	72.000	75.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	2.66	3.53	3.00	2.87
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

<i>Mohr-Coulomb</i>		13	14	15	16
		Leire 2 - kote 77	Kvikkleire - kote 77	Leire 1 - kote 72	Leire 2 - kote 72
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.350	0.350	0.350	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	1851.852	1851.852	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	8024.691	8024.691	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	70.10	76.50	49.70	74.20
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	70.000	67.000	70.000	65.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	3.78	3.16	3.00	3.93
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

<i>Mohr-Coulomb</i>		17	18	19	20
		Kvikkleire - kote 72	Leire 1 - kote 68	Leire 2 - kote 68	Kvikkleire - kote 68
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.350	0.350	0.350	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	1851.852	1851.852	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	8024.691	8024.691	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	77.10	52.20	77.50	83.90
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	63.000	66.000	61.000	58.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	3.30	3.10	3.96	3.38
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

<i>Mohr-Coulomb</i>		21	22	23	24
		Leire 1 - kote 63	Leire 2 - kote 63	Kvikkleire - kote 63	Leire 1 - kote 58
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.350	0.350	0.350	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	1851.852	1851.852	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	8024.691	8024.691	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	55.30	81.50	84.20	58.30
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	61.000	56.000	54.000	56.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	3.22	4.12	3.63	3.35
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

<i>Mohr-Coulomb</i>		25	26	27	28
		Leire 1 - kote 53	Leire 1 - kote 48	Leire 2 - kote 48	Leire 1 - kote 45
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00	20.00	20.00	20.00
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.350	0.350	0.350	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852	1851.852	1851.852	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691	8024.691	8024.691	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	61.20	64.20	93.10	65.90
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	51.000	46.000	41.000	43.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	3.47	3.59	4.09	3.66
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

<i>Mohr-Coulomb</i>		29 Leire 2 - kote 45
Type		UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.00
k_x	[m/day]	0.000
k_y	[m/day]	0.000
e_{init}	[-]	0.500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000
ν	[-]	0.350
G_{ref}	[kN/m ²]	1851.852
E_{oed}	[kN/m ²]	8024.691
c_{ref}	[kN/m ²]	95.40
ϕ	[°]	0.00
ψ	[°]	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00
y_{ref}	[m]	38.000
$c_{\text{increment}}$	[kN/m ² /m]	3.77
$T_{\text{str.}}$	[kN/m ²]	0.00
$R_{\text{inter.}}$	[-]	1.00
Interface permeability		Neutral

5. Calculation phases

Table [6] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
Gravitasjon	1	0	Plastic analysis	Total multipliers	1	9
Fs	2	1	Phi/c reduction	Incremental multipliers	10	109

Table [7] Staged construction info

Ph-No.	Active clusters	Inactive clusters	Active beams	Active geotextiles	Active anchors
0	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41.	39.			

5.1. Total multipliers

Table [8] Total multipliers - reached values

Ph-No.	Displ.	Load A	Load B	Weight	Accel	Time	s-f
0	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000
2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.1443

6. Results for phase 2

6.2. Deformations

6.2.1. Plot of total increments

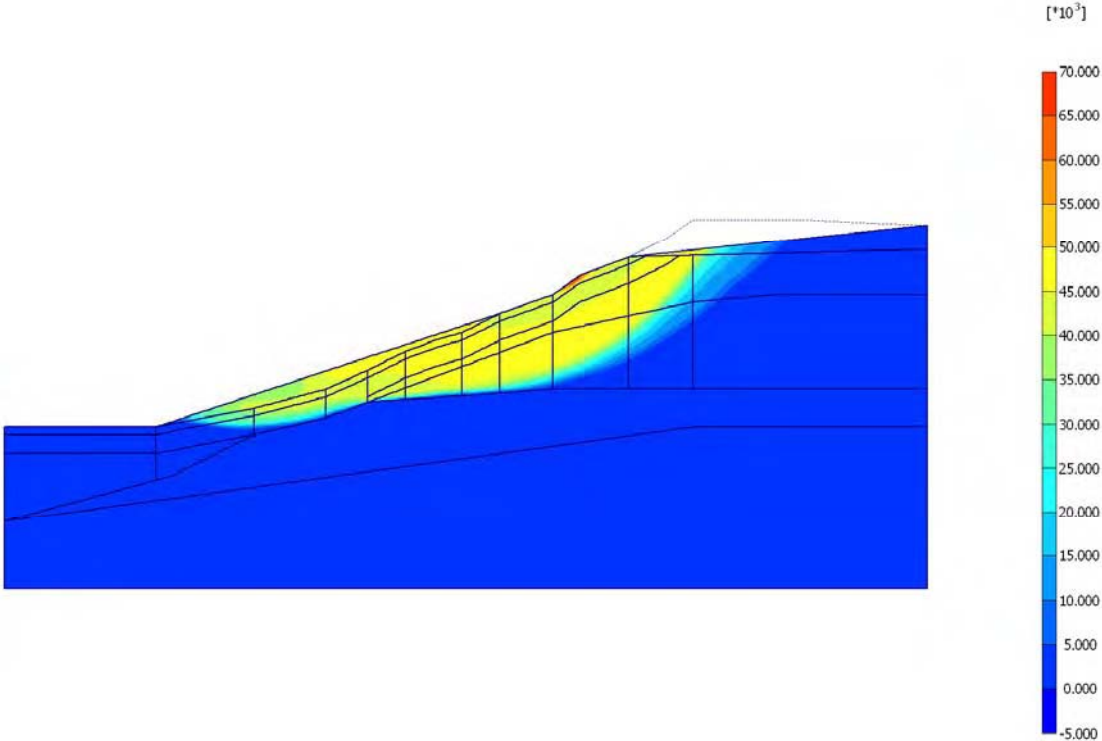


Fig. 3 Plot of total increments (shadings)
- Step no: 109 - (Phase: 2)