

Til: Bane Partner
v/: Arnulf Robsrud
Fra: Norges Geotekniske Institutt
Dato: 2003-12-19
Prosjekt: 20031485 Roven kryssningsspor, Kongsvingerbanen
Utarbeidet av: Tor Georg Jensen *Ta Georg*
Kontrollert av: Steinar Hermann *Stef*

Tittel: Stabilitetsvurderinger for enkelte snitt.

1 INNLEDNING / ORIENTERING

Jernbaneløst Region Øst skal anlegge nytt kryssningsspor på Kongsvingerbanen, km ca. 33,0 – 34,1. Man har tidligere prosjektert en løsning hvor kryssningssporet ble lagt på innsiden av eksisterende spor. Fordi denne løsningen medførte enkelte betydelige jordskjæringar har man nå besluttet å legge kryssningssporet på utsiden (mot Glomma) av eksisterende spor. NGI har tidligere gitt en vurdering av hvorvidt endringer i prosjektforutsetningene påvirker gjennomførbarheten av prosjektet, teknisk notat datert 2003-09-01 *Vurdering av endrede prosjektforutsetninger*. Det ble konkludert med at den planlagte endringen av prosjektforutsetninger ikke vil forverre gjennomførbarheten av prosjektet vesentlig. Det ble videre anbefalt å utføre noen supplerende grunnundersøkelser.

Supplerende grunnundersøkelser er nå utført. Resultater fra supplerende grunnundersøkelser vil bli presentert i en egen rapport fra Bane Partner. NGI har vært involvert i gjennomføringen av laboratorieundersøkelser og tolkning av CPTU sonderinger. Videre er NGI bedt om å gjøre stabilitetsvurderinger for tre snitt, henholdsvis ved km 33 250, 33 730 og 33 780. Dette notat omhandler resultater av stabilitetsberegninger.

2 STABILITETSBEREGNINGER

Stabilitetsberegninger er utført med programmet Postograf som benytter beregningsverktøyet Beast. Beregningene er utført for sirkulærsylindriske glideflater. Det er antatt plane tøyningsforhold, uten noen sideeffekter. Beregningene er i hovedsak utført som totalspenningsanalyser, men det er utført kontrollberegninger med effektivspenningsanalyse.

f:\p\2003\14\20031485\tnot\stabilitetsberegninger.doc

TGJ/STH/tgi

Postal address: P.O. Box 3930 Ullevaal Stadion, N-0806 OSLO, NORWAY
Street address: Sognsveien 72, OSLO
Internet: <http://www.ngi.no>

Telephone: (+47) 22 02 30 00
Telefax: (+47) 22 23 04 48
e-mail: ngi@ngi.no

Postal account: 0814 51 60643
Bank account: 5096 05 01281
Business No. 958 254 318 MVA

Valg av jordartsparemetere er gjort med basis i tidligere og nye grunnundersøkelser i området. Skjærstyrkeparemetere er valgt med basis i tolket aktiv skjærstyrke fra CPTU sonderinger. Det er benyttet anisotropiforhold gitt ved $S_u^d = 0,7 S_u^a$ og $S_u^p = 0,4 S_u^a$. Det er i denne omgang ikke tatt hensyn til den styrkeøkning som kan opptre under eksisterende jernbanefylling.

Det er utført stabilitetsberegninger for tre snitt, henholdsvis ved km 33 250, 33 730 og 33 780. De to sistnevnte snittene er relativt like og skiller seg fra hverandre først og fremst ved ulik fyllingshøyde. Disse snittene behandles derfor under ett.

Ved vurdering av sikkerhetsfaktorer, og nødvendige motfyllinger, er det lagt til grunn at det kreves en sikkerhetsfaktor på minst 1,4. Dette er etter det vi kan se i samsvar med tidligere stabilitetsvurderinger fra området. Sikkerhetsfaktor kan imidlertid justeres ved justering av motfyllinger. Det forutsettes at motfyllinger detaljprosjekteres senere.

3 TOLKEDE SKJÆRSTYRKEVERDIER

Udrenert aktiv styrke er tolket med basis i resultater fra CPTU sonderinger. Tolkningen verifiseres ved hjelp av ett treaksialforsøk utført i borpunkt BP 38.

CPTU sonderingene er tolket ut fra følgende sammenhenger:

- $S_u^a = (q_t - \sigma_{v0})/N_{KT}$ med $N_{KT} = 11$
- $S_u^a = \Delta u/N_{\Delta u}$ med $N_{\Delta u} = 7$ i ikke kvikk leire og $N_{\Delta u} = 9$ i kvikkleire
- $S_u^a = (q_t - u)/N_{KE}$ med $N_{KE} = 12 - 10 B_q$ hvor $B_q = \Delta u / (q_t - \sigma_{v0})$

Verdier for N_{KT} , $N_{\Delta u}$ og N_{KE} er basert på tidligere erfaringer med korrelasjon mellom CPTU og blokkprøver. Det bemerkes generelt at flere av CPTU sonderingene viser dårlig poretrykksrespons og tolkning må i hovedsak baseres på registrert spissmotstand. Tolkede skjærstyrkeverdier fra CPTU sonderinger er vist i figur 1 - 4

Ved tolkning av CPTU i hull BP 38 har det vært mulig å sammenligne tolkede skjærstyrkeverdier med resultat fra ett treaksialforsøk. Treaksialforsøket, figur 5, viser en oppførsel som tilsier at man har et forsøk med lite prøveforstyrrelse. Ut fra de kriterier NGI bruker for å vurdere treaksialforsøk faller forsøket i kategorien veldig bra til bra. "Peak" aktiv skjærstyrke er tolket til 52 kPa, det er da tatt hensyn til at forsøket ikke er kjørt med standard hastighet fram til ca 6 % tøyning.

Som det framgår av figur 2 viser tolkningen av CPTU meget godt samsvar med aktiv styrke fra treaksialforsøk, og man har dermed en lokal dokumentasjon på riktigheten av valgte N_{KT} og N_{KE} verdier. På grunn av dårlig metning av filter har man ikke fått en troverdig tolkning av skjærstyrke med basis i poretrykk, men med basis i tidligere erfaringer anses likevel valgte verdier for $N_{\Delta u}$ å være riktige.

Treaksialforsøket viser en typisk sprøbruddoppførsel ved belastning forbi "peak" styrke og ved valg av karakteristisk skjærstyrkeprofil fra CPTU anbefales normalt følgende fremgangsmåte:

Tolket styrkeprofil fra CPTU (tolket som forsiktig middelverdi) reduseres noe ut fra hvor sensitiv leira i området er. For kvikkleire reduseres tolket profil fra CPTU med 15 % for å finne karakteristisk udrenert aktiv styrke. For mindre sensitiv leire benyttes tilsvarende en 10 % reduksjon. Valgte karakteristiske skjærstyrkeprofiler er vist i figurene 1 – 4.

4 BEREGNINGSRESULTATER PROFIL 33 250

Beregningsresultater for profil 33 250 er vist i figur 6 – 8. Det er lagt til grunn skjærstyrkeprofil fra boring BP 32, figur 1, ved totalspenningsanalyser. Beregningene viser at for fylling lagt på utsiden av eksisterende spor er sikkerhet mot brudd $F_c = 1,28$ ved totalspenningsanalyse, figur 6. En slik sikkerhet vil være i underkant av hva som kan anses som tilfredsstillende. Figur 7 viser at sikkerhet bedres vesentlig ved utlegging av en ca 5 meter bred motfylling. Høydeforskjell mellom ok motfylling og ok spor er ca 4 meter. Geometri for motfylling er ikke ytterligere detaljert. For effektivspenningsanalyser er sikkerheten god også uten motfylling, figur 8.

5 BEREGNINGSRESULTATER PROFIL 33 730 OG 33 780

Profilene 33 730 og 33 780 skiller seg fra hverandre først og fremst ved noe ulik fyllingshøyde.

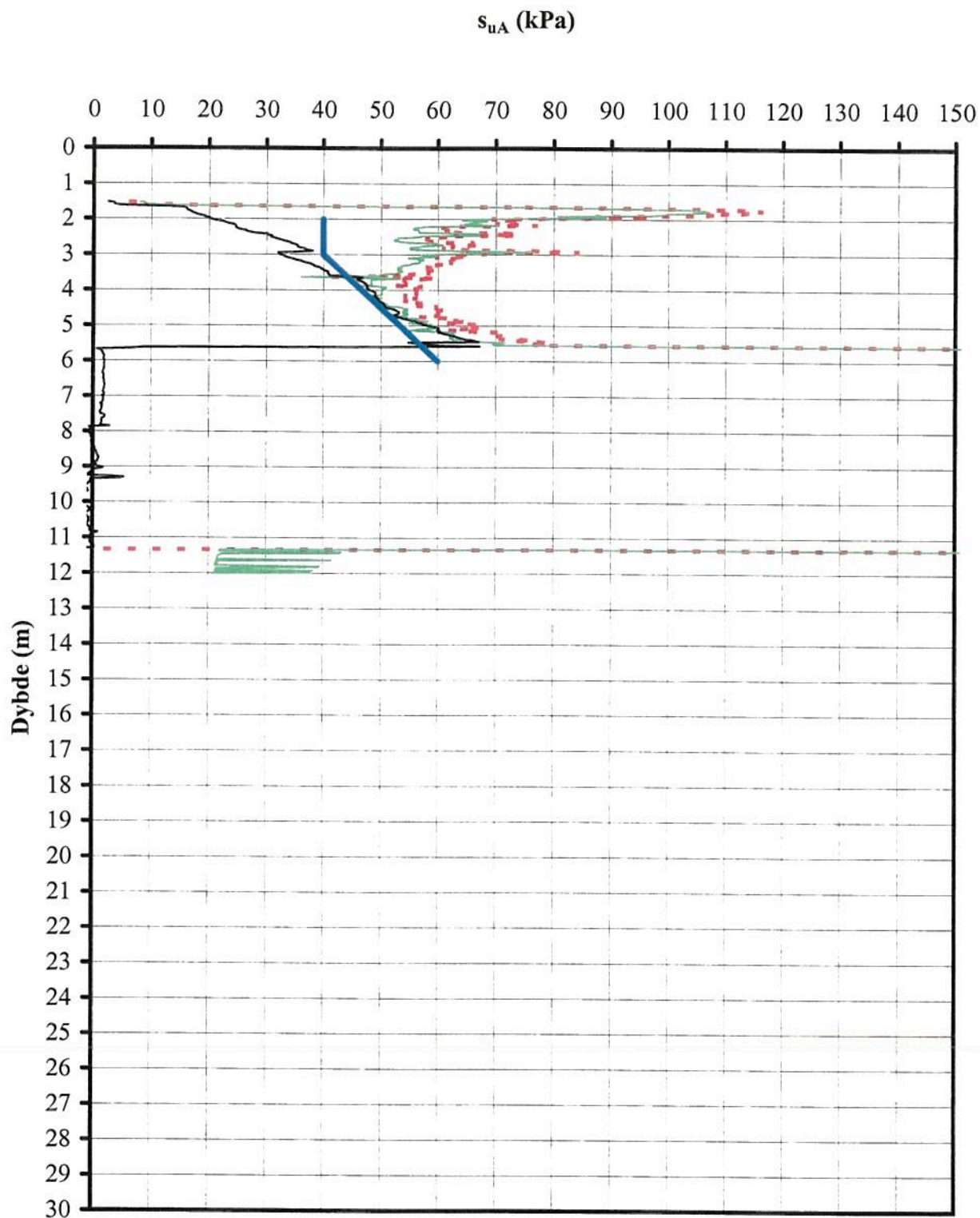
For begge profiler er lagdeling og skjærstyrkeverdier vurdert med basis i sonderinger i profil 33 730 og tolkede skjærstyrkeverdier fra CPTU sondering i BP 38. Figur 9 viser resultater av stabilitetsberegninger i profil 33 730. Sikkerhetsfaktor varierer fra 1.06 – 1.13 avhengig av helning på fyllinga. Det er behov for motfylling på begge sider av sporet. Figur 10 viser at en ca. 10 meter bred motfylling gir sikkerhetsfaktor så vidt over 1.4. Sikkerhet ved effektivspenningsanalyse er god selv uten motfyllinger, figur 11, og er ikke vurdert videre.

Profil 33 780 viser resultater i rimelig samsvar med profil 33 730, figur 12, og det er ikke utført videre beregninger i snittet.

For begge snitt viser beregningene behov for motfyllinger. Det vil være behov for motfyllinger på begge sider av sporet og overkant motfylling bør ligge ca 4 meter under topp fylling.

6 KONKLUSJON

Utførte stabilitetsberegninger viser generelt at det er behov for motfyllinger, av varierende omfang, langs sporet. I dette notat er det gjort forholdsvis grove antagelser vedrørende utforming av motfyllinger og det vil trolig være rom for en viss optimalisering. Endelig omfang og detaljert utforming av motfyllinger forutsettes prosjektert i en senere fase.



- - - Basert på Nkt
 - - - Basert på NKe
 — Basert på Ndu
 — Valgt aktiv skjærstyrke

Terrengkote : 102,7 m

Grunnvannstand : 1 m under terreng

F:\PI\2003\14\20031485\Div\BP32-7-11.xls\SuA

Roven kryssningsspor

Resultater fra CPT BP 32

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

Rapport nr.
20031485

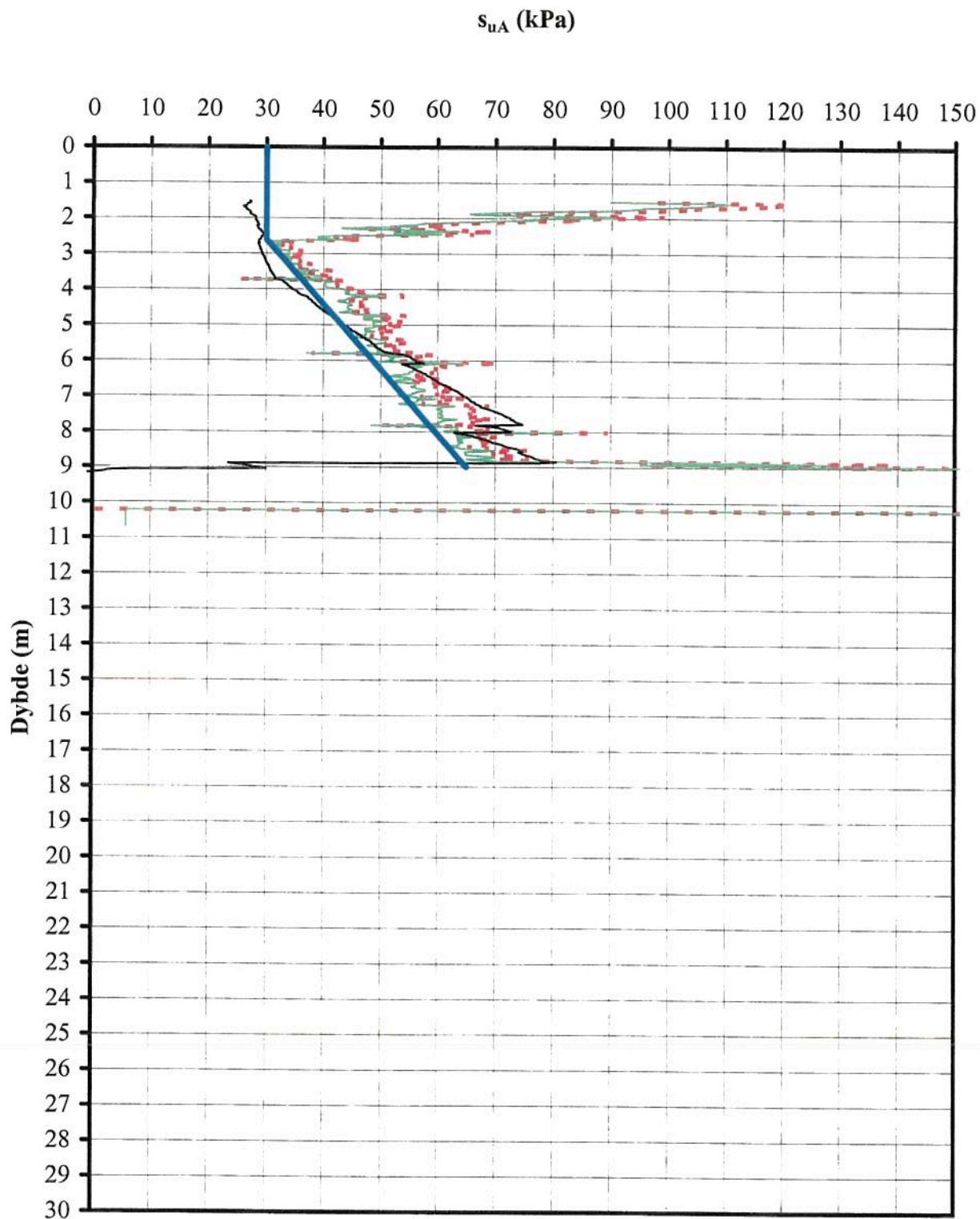
Tegner *TGJ*
TGJ

Kontrollert
TGJ
Godkjent

Figur nr.
1

Dato
16.12.2003








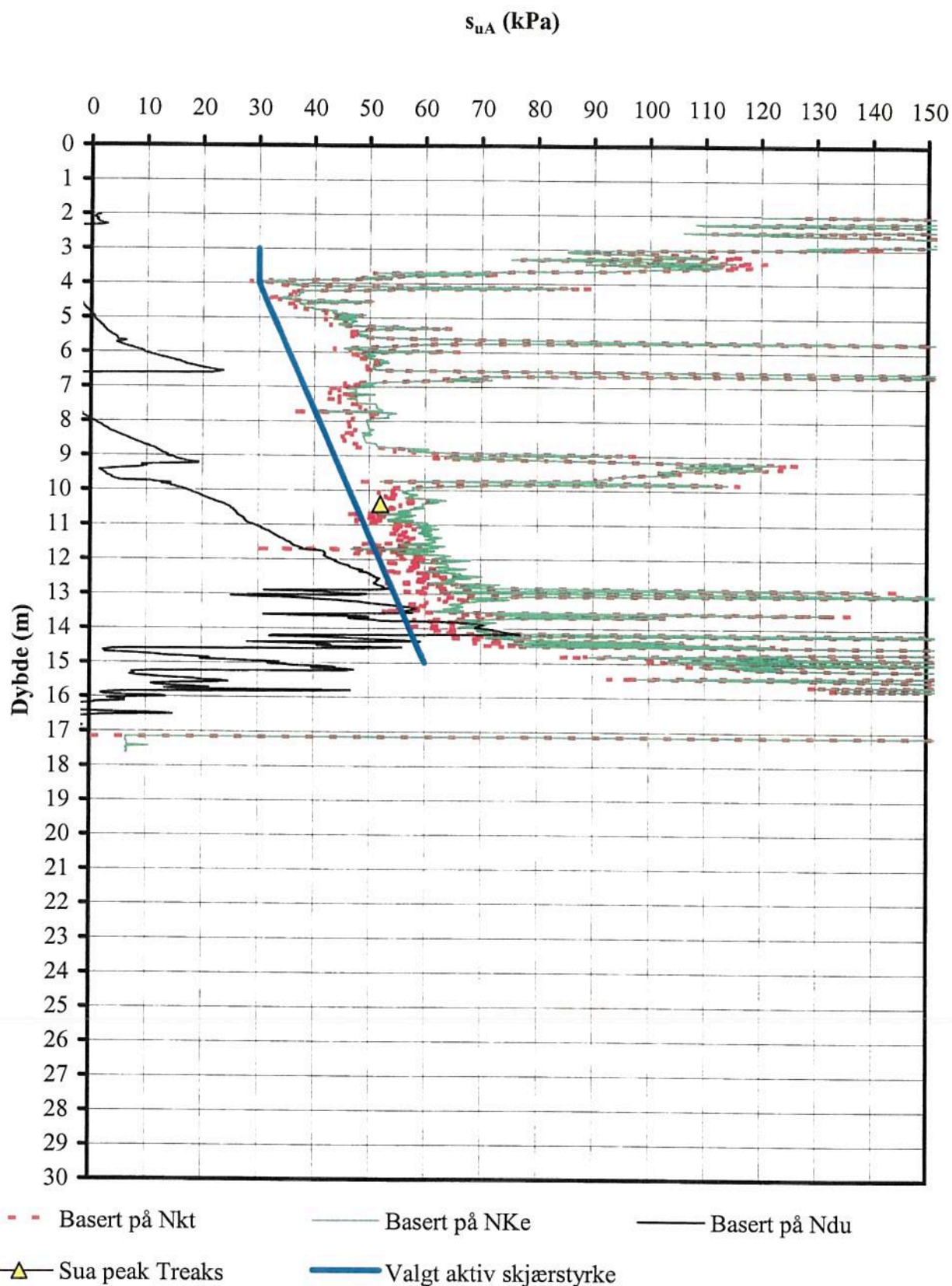
- - - Basert på Nkt
 — Basert på NKe
 — Basert på Ndu
 — Valgt aktiv skjærstyrke

Terrengkote : 107 m

Grunnvannstand : 1,5 m under terreng

F:\P\2003\14\20031485\Div\BP35-7-11.xls]SuA

Roven krysningsspor	Rapport nr. 20031485	Figur nr. 2
Resultater fra CPT BP 35	Tegner  TGJ	Dato 16.12.200:
Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons	Kontrollert 	
	Godkjent	



Terrengekote : 103,2 m

Grunnvannstand : 1,5 m under terreng

F:\P\2003\14\20031485\Div\BP38-1-7-11.xls\SuA

Roven kryssningsspor

Resultater fra CPT BP 38-1

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

Rapport nr.
20031485

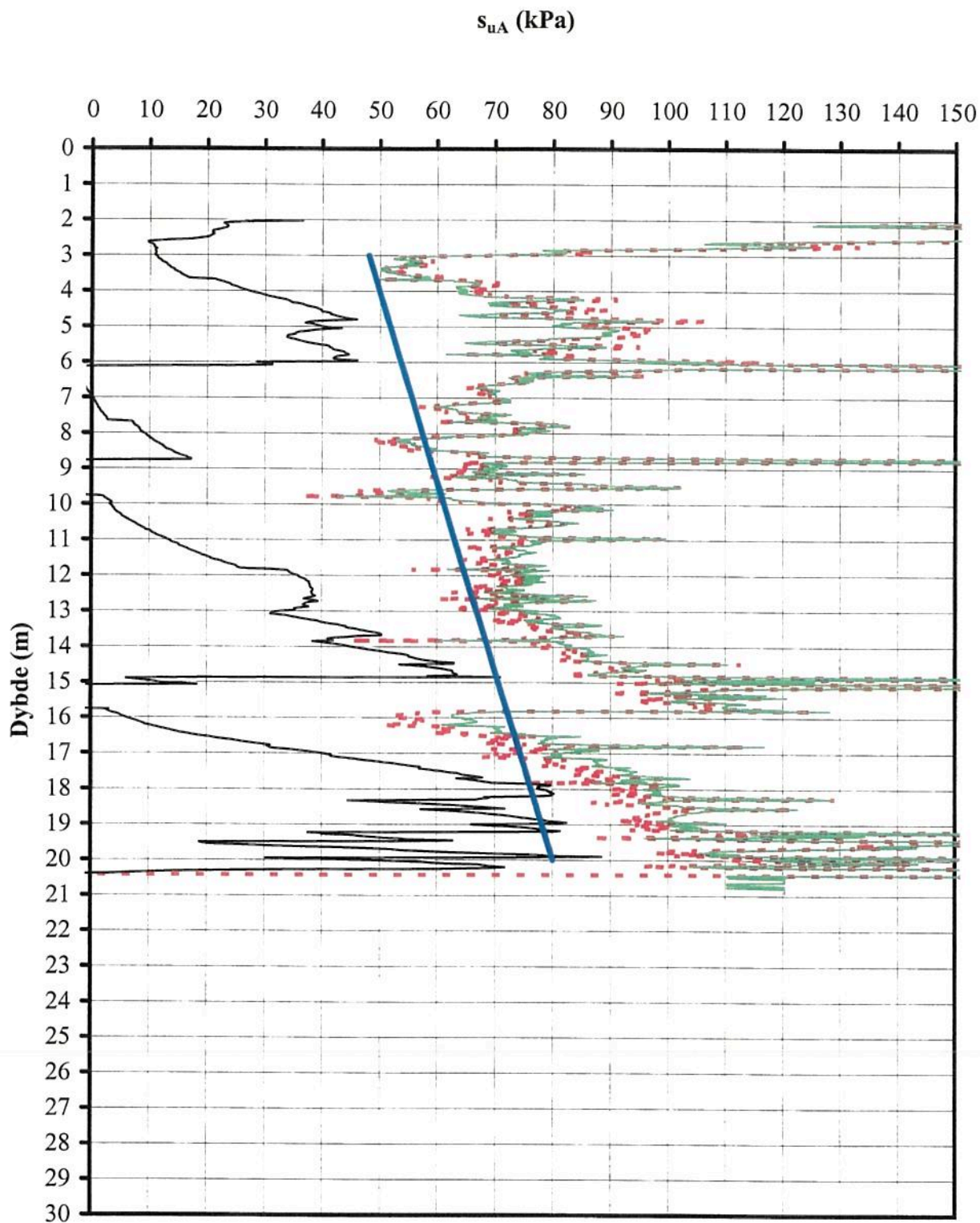
Tegner
TGJ

Kontrollert
Rj
Godkjent

Figur nr.
3

Dato
16.12.2003






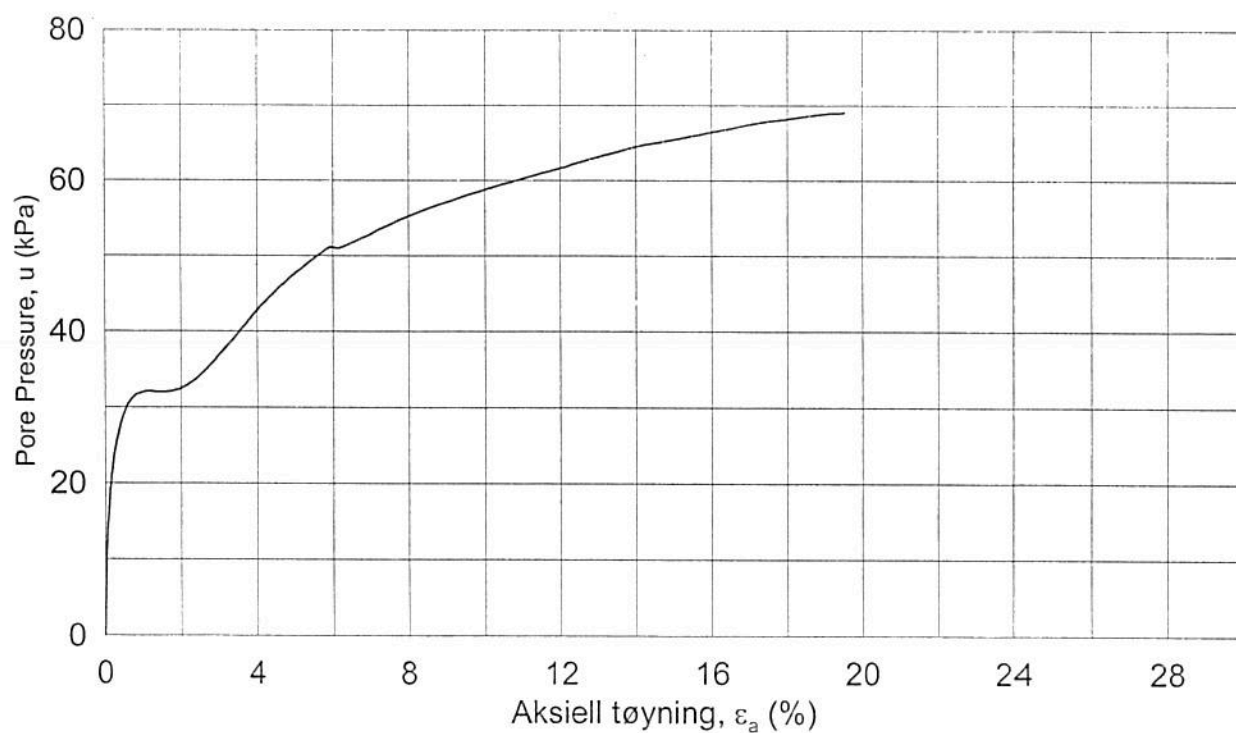
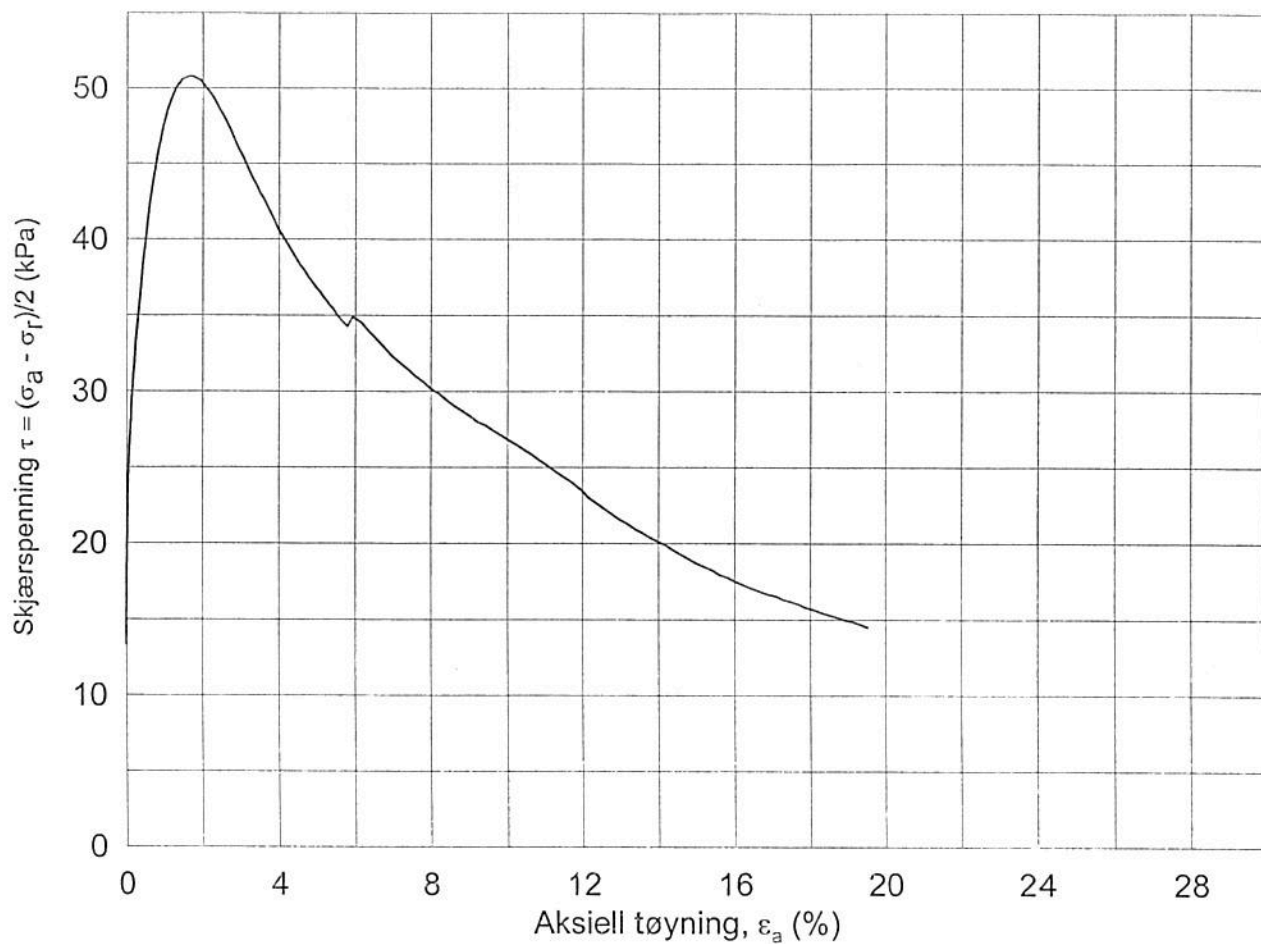
- - - Basert på Nkt
 — Basert på NKe
 — Basert på Ndu
— Valgt aktiv skjærstyrke

Terrengkote : 105,6 m

Grunnvannstand : 2 m under terreng

F:\P\2003\14\20031485\Div\BP45-7-11.xls]SuA

Roven kryssningsspor Resultater fra CPT BP 45 Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons	Rapport nr. 20031485	Figur nr. 4
	Tegner <i>TGJ</i> TGJ	Dato 16.12.200
	Kontrollert <i>TGJ</i>	
	Godkjent	



Datoheiv: 2002-01-02/00

Roven X-Spor

Rapport nr. 20031485-1
Figur nr. 5

Treaksial forsøk: CAUa

Leire

Tegner *MA*
Dato 2003-11-20

Boring: BP38

Dybde = 10.40 m

Konsolidering-spenninger

Sylinder: 11

$p_{o'}$ = 110.0 kPa

(kPa) maks. min. endelig

Del: D

w_i = 30.8 %

σ_{ac}' = - - 110.0

Test: 1

w_c = 29.6 %

σ_{rc}' = - - 83.0

Kontrollert *GS*

Godkjent



×

$F_c = 1.28$

Km 33.250

$P = 110.0 \text{ kN/m}$

$P = 90.0 \text{ kN/m}$

90 kN/m^2

110 kN/m^2

110

108

106

104

Sprengstein

CLOMMA 17.11.03

100

Leire

0 10 20 30 40 50 60 70 80 [kPa]

Sand

31

32

102.0

102.7

Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	1	2.00	38.0	0.0				
fylling	2	1.98	35.0	0.0				
Leire	3	1.98	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40
Sand	4	1.90	36.0	0.0				

Roven kryssningsspor

Profil 33 250 Totalspenningsanalyse

Rapport nr.
22031485

Figur nr.
6

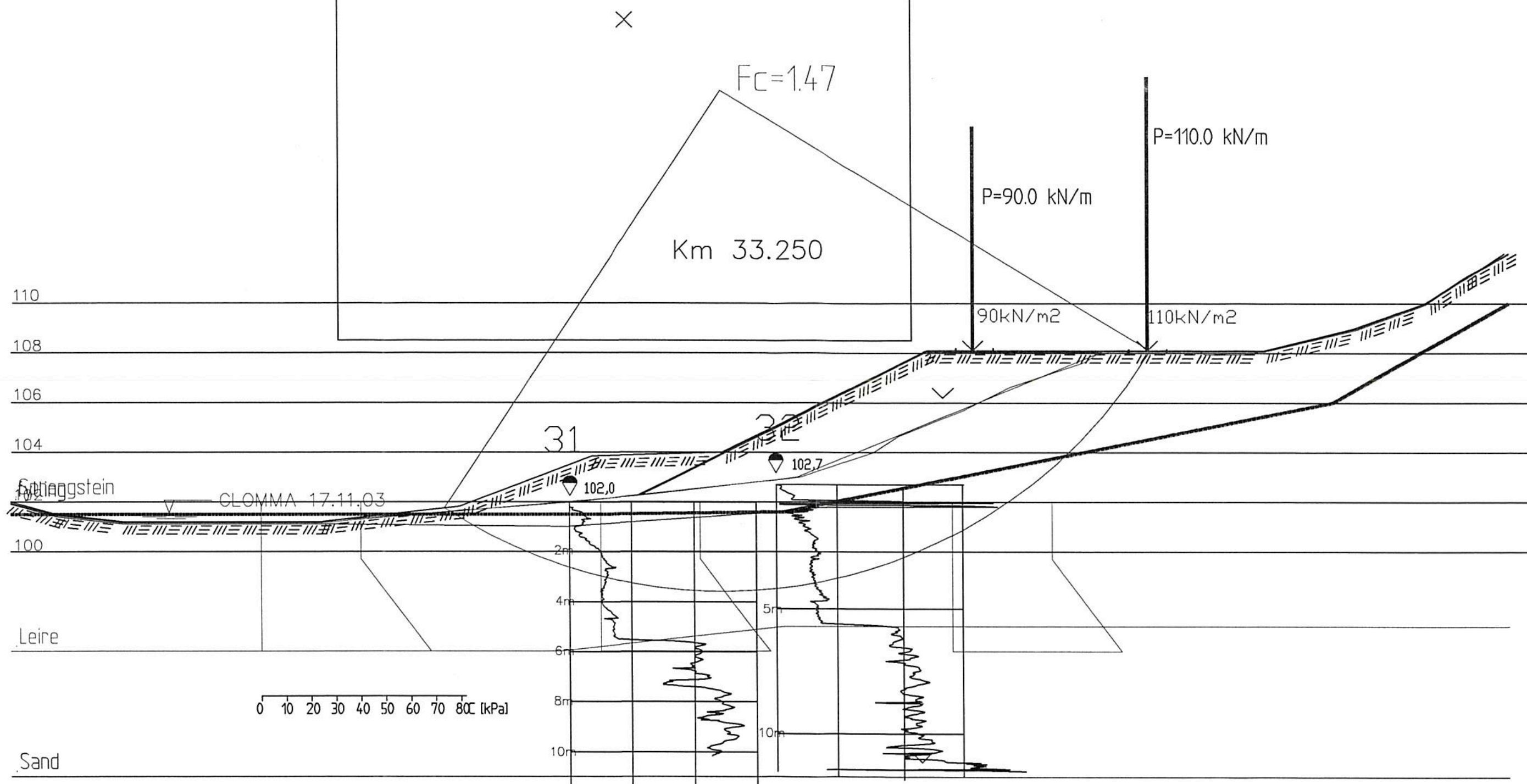
Tegner
TGJ 745

Dato
03.12.14

Kontrollert
7.5

Godkjent





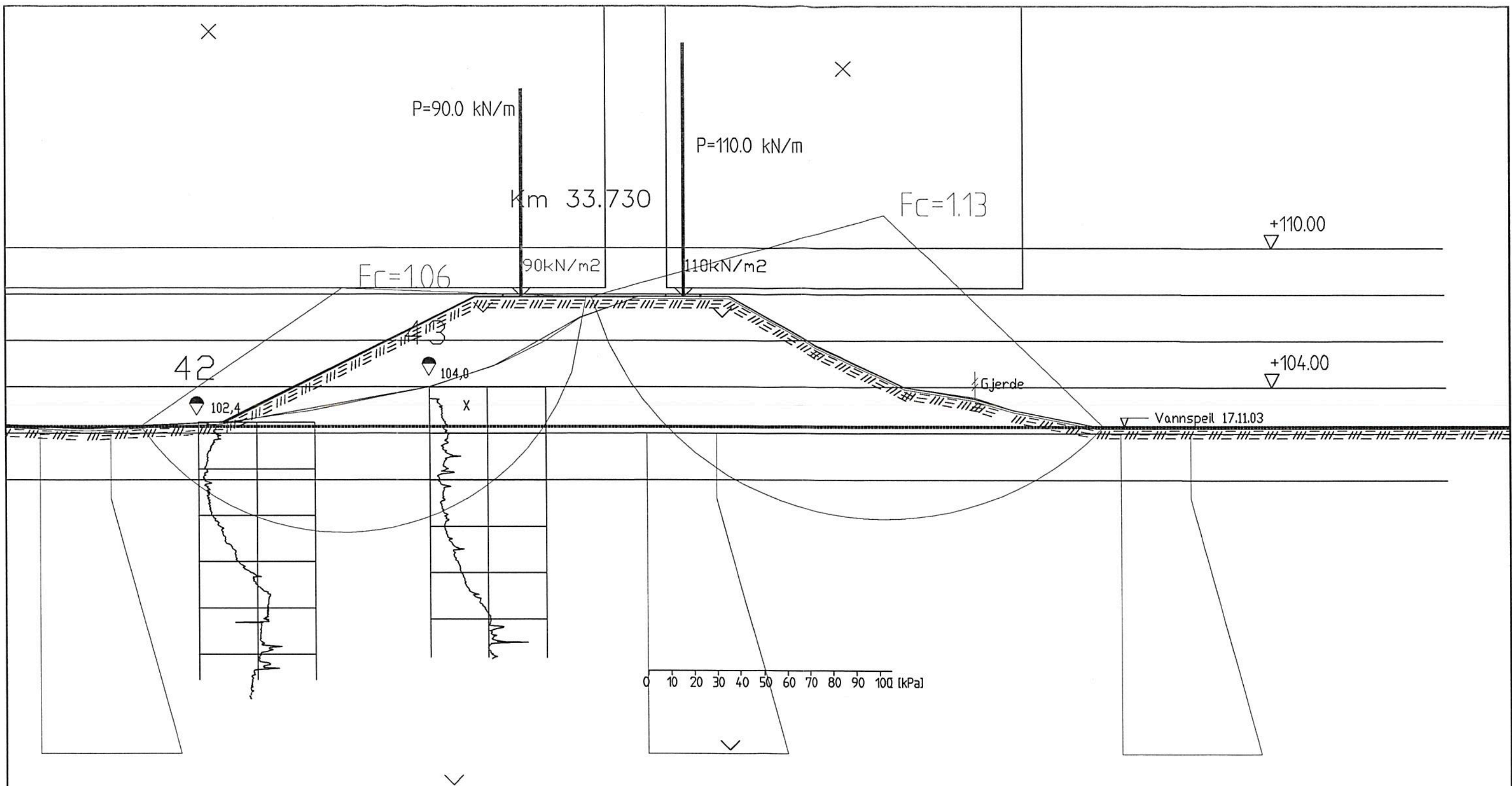
Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	1	2.00	38.0	0.0				
fylling	2	1.98	35.0	0.0				
Leire	3	1.98	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40
Sand	4	1.90	36.0	0.0				

Roven kryssningsspor

Profil 33 250 Totalspenningsanalyse
Med 5 meter bred motfylling

Rapport nr. 22031485	Figur nr. 7
Tegner TGJ <i>TGS</i>	Dato 03.12.14
Kontrollert <i>TGS</i>	
Godkjent	





Material	nr	Densitet	F_i	C'	C	A_a	A_d	A_p
Sprengstein	1	2.00	38.0	0.0				
Gammel	2	1.90	35.0	0.0				
Leire	3	1.90	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40

Roven krysningspor

Profil 33 730 Totalspenningsanalyse

Rapport nr.
20031485

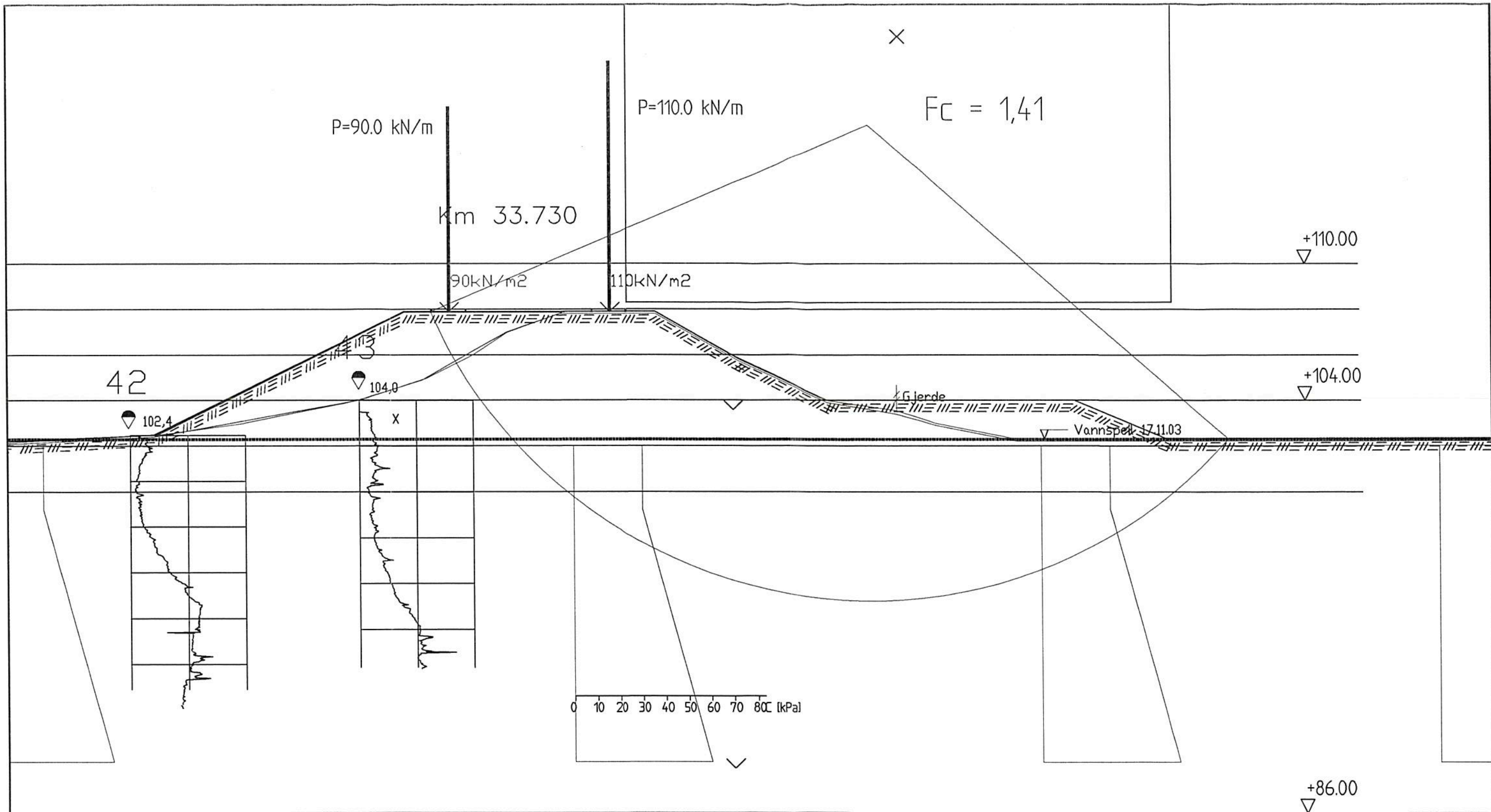
Figur nr.
9

Tegner
TGJ TGS

Dato
03.12.14

Kontrollert
TGS
Godkjent





Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	1	2.00	38.0	0.0				
Gammel	2	1.90	35.0	0.0				
Leire	3	1.90	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40

Roven kryssningsspor

Profil 33 730 Totalspenningsanalyse
Med 10 meter bred motfylling

Rapport nr.
20031485

Figur nr.
10

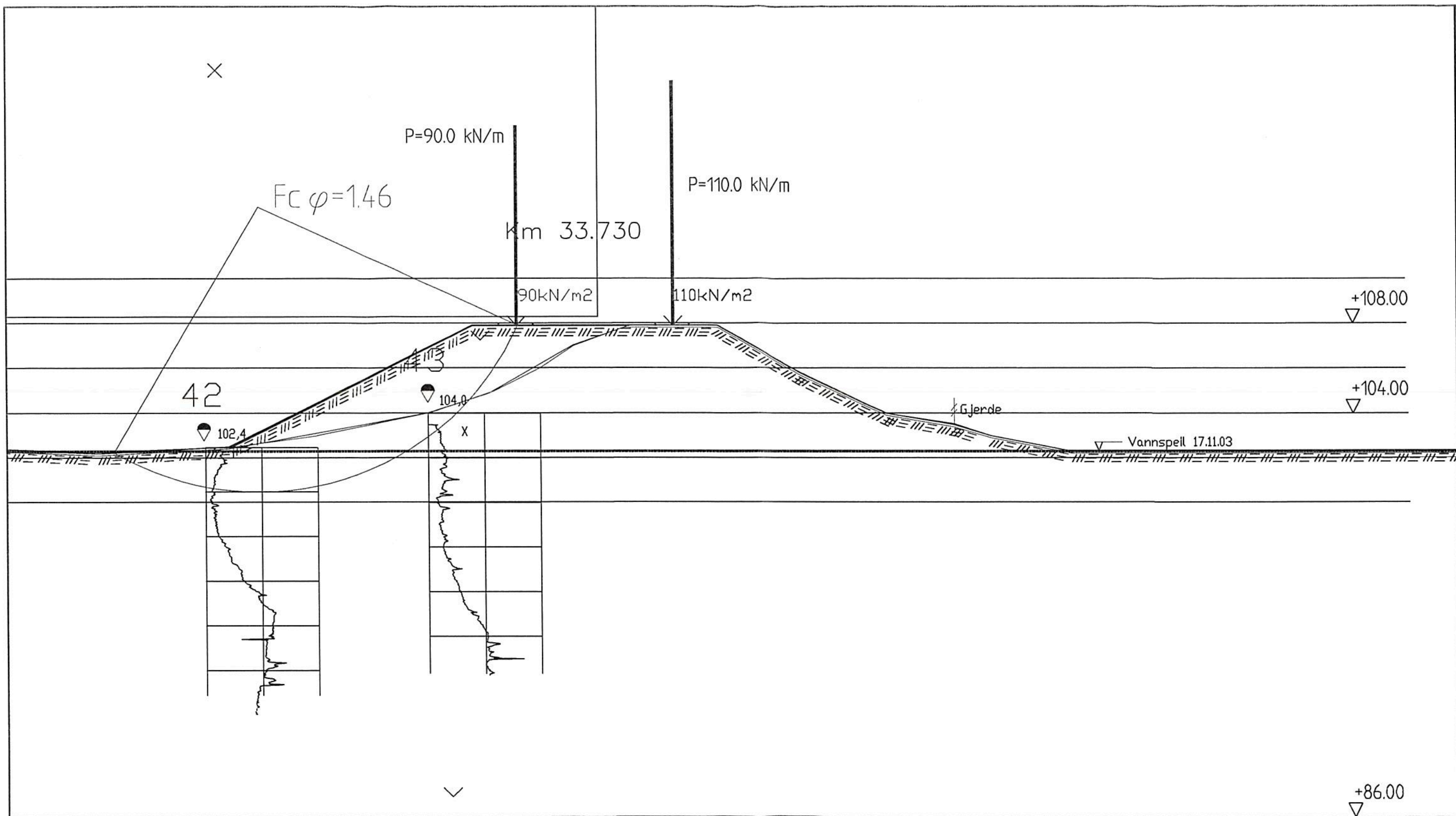
Tegner
TGJ *TGS*

Dato
03.12.15

Kontrollert
PLS

Godkjent





Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	1	2.00	38.0	0.0				
Gammel	2	1.90	35.0	0.0				
Leire	3	1.90	30.0	0.0				

Roven kryssningsspor

Profil 33 730 Effektivspenningsanalyse

Rapport nr.
20031485

Figur nr.
11

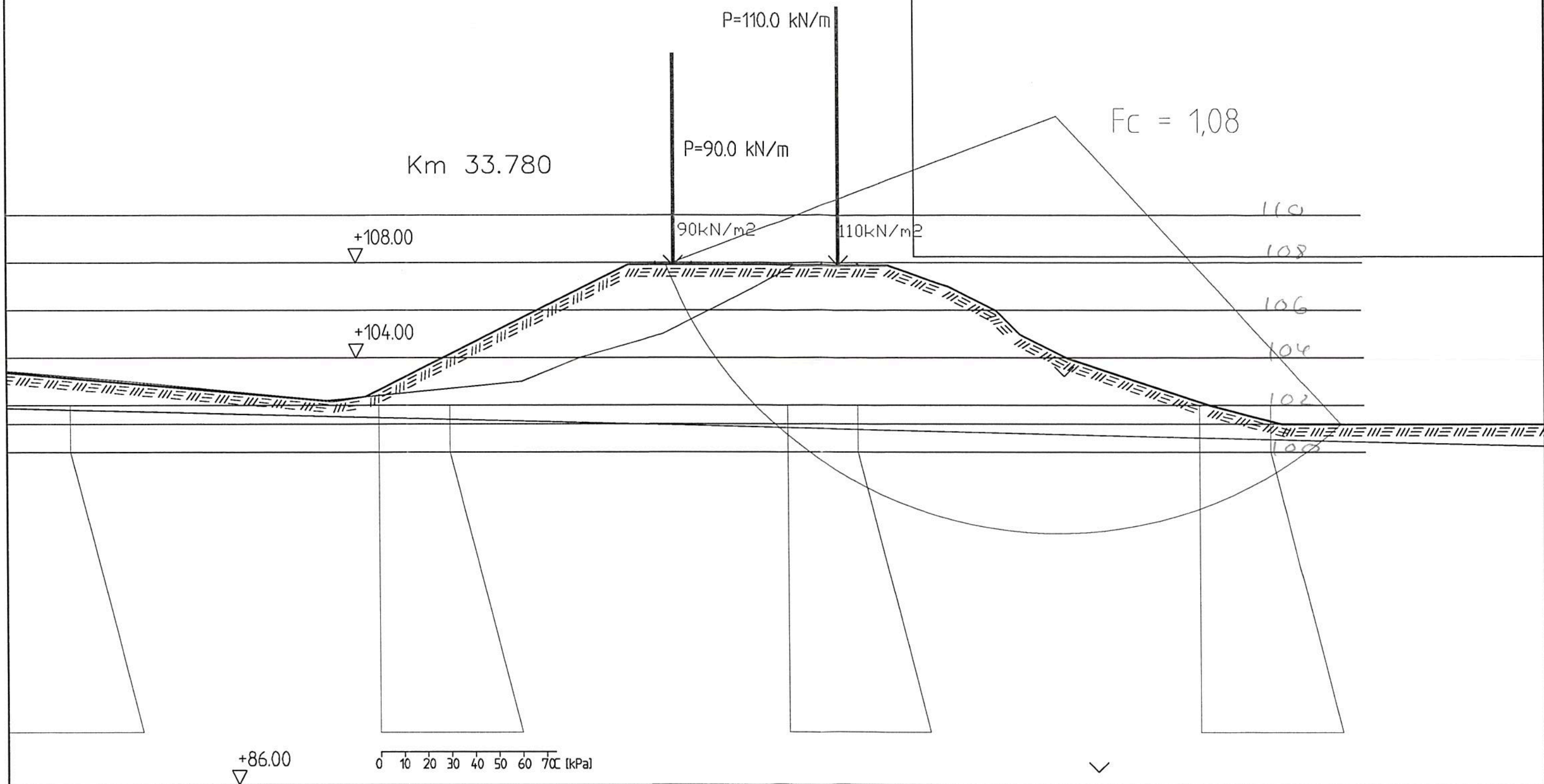
Tegner
TGJ T45

Dato
03.12.15

Kontrollert
T45

Godkjent





Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	1	2.00	38.0	0.0				
Fyllmasse	2	1.90	35.0	0.0				
Leire	3	1.90	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40

Roven kryssningsspor

Profil 33 780 Totalspenningsanalyse

Rapport nr.
20031485

Figur nr.
12

Tegner
TGJ *TGS*

Dato
03.12.16

Kontrollert
TGS
Godkjent

