

SKREDET VED BROBEKKVEIEN
ALNABRU 4.6.58
Tegning Gk. 2503, l-9

2503

S k r e d e t s u t v i k l i n g o g å r s a k

Skredet gikk om morgen den 4.6.58, kl. 8,40. Allerede natten før hadde det imidlertid inntruffet tegn til bevegelse, idet en lastebilsjåfför hadde observert et hull i veibanen. Oppsynsmann Dalsbotten, Oslo kommune fikk beskjed om dette og har forklart følgende:

" Jeg ble tidlig om morgen den 4.6. gjort oppmerksom på av en sjåfför som hadde kjørt en grusbil om natten at det var oppstått et hull i veien like nedenfor undergangen for Alnabanen. (Hullet er avmerket på tegning Gk. 2503.1). Jeg kom ned om morgen og fikk se at det var et lite hull i asfalten på ca. 20 cm tverrmål. Jeg merket av dette stedet med 2 bord som jeg satte i kryss på höykant for at biler ikke skulle kjøre ned i hullet. Klokken var da omkring 8,00.

Det var ingen merkbar hevelse av terrenget omkring hullet. Jeg tenkte på om det var et hull som var oppstått på grunn av brudd i vann eller kloakkledning. Jeg kikket ned og så at det var en åpning på skrå i $1\frac{1}{2}$ m dybde under veidekket, men det kom ikke frem noe vann. Jeg gikk deretter fra stedet og fikk gitt beskjed om oppsettning av bukker. Disse ble satt på plass like etterpå. Siden kom jeg ikke tilbake før etter at skredet var gått."

Det var bare ett øyenvitne til skredet, nemlig Odd Holum som var ansatt ved Alf Bjerckes fabrikker på Alnabru. Han forteller:

" Jeg var på vei til arbeidet og gikk nordover i Brobekkveien. Klokken var ca. 8,40. (Stedet hvor han befant seg er avmerket på tegning Gk. 2503.1). Plutselig hørte jeg en brummende lyd omtrent som fjernt tordenvær, og jeg så opp, men ble forbause over at det var helt klart vær. Like etter kjente jeg at veien løftet seg og på samme tid oppsto det en sprek i veien rett foran meg. Jeg kjente at en lysledning falt i hodet på meg. Det føltes omtrent som man skulle stå oppe på en æsende bröddeig. Jeg ble med en gang stiv av skrekk og trodde det var jordskjelv, men etter noen sekunder fikk jeg summet meg, hoppet over sprekken foran meg og løp i retning mot undergangen, tok av fra veien og løp opp jernbaneskråningen like til venstre for undergangen. Da jeg var kommet dit opp ble jeg stående og se på skredet. Det var da ennda bevegelse i massene på forskjellige steder i skredgropen".

Skredet førte med seg at en stor del av jernbanens pukklager på ca. 13 000 m³ ble forskjøvet og delvis sank ned i grunnen. Den samlede

masse som kom i bevegelse utgjorde ca. 6 000 m³ lagret pukk og ca. 25 000 m³ naturlig jord. En middels sterkt trafikert vei - Brobekkveien - som forbinder hovedtrafikkårene Trondheimsveien og Strömsveien ble brudt, idet veien ble forskjøvet 5 m og hevet seg ca. 2,5 m. Sideveien til jernbanens frilasterampe og pukklager på Alnabru ble også brudt.

Ingen av jernbanesporene ble berört, hverken den sterkt trafikerte Hovedbanen, på østsiden eller godsbansen Alnabru-Grefsen på vestsiden. Undergang Brobekkveien syntes imidlertid en tid truet da skredet var gått helt inn til landkarene. Trafikken ble stoppet på denne banen inntil en gjenstående pukkhaug nord-øst for undergangen var fjernet. Samme dag kl. 18,00 kunne trafikken igjen settes igang.

Pukklageret hadde en høyde av 7 m over terreng på skredområdet. Den samlede mengde pukk som lå innenfor skredbegrensningen utgjorde ca. 6 000 m³ hvilket tilsvarer en belastning på ca 10 000 tonn.

I tiden før skredet foregikk det både tilkjöring og opplasting av pukk. Tilkjöringen skjedde pr. lastebil. Bilene kjørte opp på toppen av pukkhaugen hvor massen ble tippet. Opplasting av pukk til jernbanevogner foregikk ved sidesporene nærmest Hovedbanen, altså inne på det område som ikke ble berört av skredet. Den siste måneden var det blitt fjernet noe mere masse enn det var tilkjört. All opplasting av pukk foregikk på østsiden av pukkhaugen og det meste av den tilkjørte pukk ble også tippet her i den siste tiden. Noen lass pukk ble imidlertid også tippet lenger mot syd ut mot Brobekkveien slik at belastningen innenfor skredgropen er øket inntil de siste dager før skredet.

Skredet må ha utviklet seg samtidig over hele skredgropen. Det gikk en markert sprekk tvers over skredfeltet mellom profilene B og C (tegning Gk. 2503.1). Dette kunne bringe tanken hen på at det kunne ha oppstått et initialskred på den ene eller annen side av sprekken. Øyenvidnet forteller at det flaket han sto på var under bevegelse samtidig som sprekken åpnet seg og veien på andre siden av sprekken løftet seg. Man må tro at skredkroppen har glidd ut samlet og at det er foregått i løpet av få sekunder. Sekundære bevegelser i kantene av skredet har imidlertid pågått i løpet av ca. 1 min. Litt nedrasing av pukk i bakre skredkant pågikk ennda en times tid etter skredet.

Det skal for ordens skyld nevnes at i den friske bruddflaten i pukken ble det observert spor av isrenner (fra sammentrykket sne) som på

dette tidspunktet var ifærd med å smelte. Isrennenes snittflate var imidlertid helt bagatellmessig.

G r u n n u n d e r s ö k e l s e r

Straks etter skredet ble det igangsatt grunnundersøkelser. Det er utført tilsammen 17 sonderboringer med belastet dreiebor, opptatt uforstyrrede prøver med Ø=40 mm prøvetaker i 4 borhull samt utført vingeboringer i 6 borhull. Poretrykksmålinger ble ikke utført da slike målinger er av tvilsom verdi etter et skred, spesielt når det samtidig gikk hull på vannledning og dette forårsaket oversvømmelser.

Airfotogrammetrisk kart ble opptatt av Widerøes Flyveselskap på grunnlag av luftfotografering som ble foretatt ca. 4 timer etter skredet, før noen vesentlig forandring var skjedd i området. Utsnitt av dette kart i målestokk 1:500 med 0,5 m ekvidistanse er gjengitt på tegning Gk. 2503.1 hvor skredets begrensning og samtlige borhull er inntegnet.

Resultatet av grunnundersøkelser fremgår av tegning Gk.2503.2-6 hvor vingeborresultater og analyseresultater er inntegnet på respektive profiler.

Det naturlige terreng består av et svakt hellende platå fra jernbanetomten på Alnabru til jernbanens oppkjørsel fra Brobekkveien. Herfra er det naturlig skråning 1:2, muligens litt veiskjæring ned mot Brobekkveien som ligger i bunnen av et dalsøkk.

Grunnen består av en vel utviklet tørrskorpeleire på 3-4 m tykkelse med underliggende løs leire. Leiren har avtagende fasthet mot dypet inntil 3-4 m over fjell. Den dypeste del av leiravsetningen består av kvikkleire med en skjærfasthet som i uforstyrret tilstand antas å ha ligget på 1,6 tonn/m² i middelverdi. De siste meter nærmest fjell er det fast sandig leire eller lag av sand og grus.

I den sentrale del av skredområdet er dybden til fjell vel 20 m. I bakkant av skredet er det dypere til fjell og i forkanten d.v.s. under Brobekkveien er det grunnere ca. 8 m. Skredet er blitt begrenset av oppstikkende fjell idet man har fjell i dagen eller grunntliggende fjell såvel på sidene som foran skredet i oppstuvningssonen. Det er grunntliggende fjell i hele dalsiden vest for Brobekkveien. Leiren er grov. Finhetstallet for den øvre del av leiravsetningen ligger på omkring 32, mens finhetstallet for den dypereliggende kvikkleire ligger på omkring 27. Flytegrensen varierer mellom 30 og 40 for det

øvre leirlag, og har verdien ca. 27 for kvikkleirelaget. Plastisitetsgrensen er henholdsvis ca. 22 og 19. Vanninnholdet er for den øvre leiravsetning omkring 30 % og for kvikkleiren omkring 35 %. Porositeten er henholdsvis 45 % og 50 %.

S t a b i l i t e t s b e r e g n i n g e r

Ved et nærmere studium av profil C, tegning Gk.2503.4, som går midt gjennom skredgropen er det mulig å fastlegge glideflatens beliggenhet med stor nøyaktighet. På tegning Gk.2503.7 er glideflaten inn tegnet på grunnlag av de konklusjoner man kan trekke av analyseresultater og observasjoner i marken. Den opprinnelige terrengoverflaten er inntegnet på grunnlag av Oslo Oppmålingsvesens kotekart opptatt i 1952. Bevegelsesretningen for forskjellige punkter innenfor glidelegemet er angitt ved piler. Pilenes lengde angir samtidig hvor langt hvert enkelt punkt har beveget seg.

Glideflaten er lagt gjennom de dypestliggende punkter hvor det er påvist omrört leire og betegner således begrensningen mellom omrört og uomrört leire. Over denne glideflaten er imidlertid leiren omrört i flere meters tykkelse. Skarpest markert er glidesonen i borhull 13 hvor det er omrört leire fra dybden 6,8 til 7,7 m med markert skille mellom uforstyrret og omrört leire i prøvene både ved øvre og nedre grense.

I profil C er glideflatene meget nær en sirkel bortsett fra ved oppstuvningssonen hvor den går over til en tangent til sirkelen. Glidelegemet har rotert en vinkel på ca. 14° . I oppstuvningssonen har törrskorpen løftet seg og leiren er presset ut til siden under törrskorpeflaket.

Det foreligger her et tilfelle hvor det er lagt meget arbeide på og hvor det også har lykkes å konstatere glideflatens beliggenhet.

En glidesnittsberegning i planet på grunnlag av et s_u -analyse gir sikkerhets-koeffisient på 0,79 for den sammensatte glideflate (sirkel + tangent). For en helt sirkulær glideflate blir sikkerhetskoeffisienten = 0,74. Skjærfastheten i leiren er da rekonstruert på grunnlag av bninger tatt umiddelbart utenfor skredet og under glideflaten. Beregningene fremgår av tegning Gk. 2503.8.

En glidesnittsberegning i planet forutsetter i virkeligheten et sirkulærskjærylinderisk skredlegeme med uendelig utstrekning perpendikulært på planet. Dette vil aldri være tilfelle i praksis. Jo mindre utstrek-

ning skredet har i bredden desto större innflytelse vil skjærkraftene i cylinderens endeflater få for stabiliteten. Når det gjelder en stabilitetsanalyse for en prosjektert fylling tar man sjeldent hensyn til sidekraftene, men ved etterberegning av et inntruffet skred er dette nödvendig for å kunne beregne den teoretiske sikkerhetskoeffisienten umiddelbart før skredet ble utlöst.

Tegning 2503.9 viser glideflatens beliggenhet i et tverrprofil loddrrett på profil C. Glideflaten er lagt inn på grunnlag av borer på samme måte som på tegning 2503.7. Det fremgår av dette at glideflaten ikke er en cylinderflate, men en mellomting mellom en cylinder og en kuleflate.

En glidesnittsberegning på grunnlag av en kuleflate vil bli en meget komplisert beregning i betraktning av at leiren er lagdelt med lag av forskjellig fasthet som skjærer kuleflaten i ulike plan. Teoretisk kunne en eksakt beregning utføres ved summasjon av en rekke sirkulær-cylindriske glideflater begrenset av linjene c-d, e-f osv., hvor man for hver cylinderflate tok hensyn til skjærfastheten i endeflatene a-c, d-e osv. En slik beregningsmåte er imidlertid også komplisert og under ingen omstendigheter gjennomførbar med det begrensede antall borer som er utført i skredgropen. Summen av cylinderflatenes projeksjoner a-c, d-e osv. er imidlertid meget nær cylinderflatene A-B og C-D. Ved å beregne skredet på grunnlag av et sirkulær-cylindrisk skredlegeme A-B og C-D blir beregningen meget enkel.

Glidesirkelen i profil C er lagt til grunn for beregningen men det er foretatt en kontrollberegning også for profil B. Sikkerhetskoeffisienten for dette siste profil er beregnet til $F_s = 0,75$ uten hensyn til sidekrefter, hvilket er meget nær den samme verdi som profil C. (beregning for profil B er ikke medtatt som bilag).

Sikkerhetskoeffisienten for skredet med korreksjon for endeflatenes skjærkrefter kan beregnes på grunnlag av følgende formel:

$$F_s = \frac{M_s}{M_d} + 2 \cdot \frac{s}{M_d \cdot b} \cdot \sum A \cdot d$$

F_s = sikkerhetsfaktor

M_s = "stabiliserende moment" d.v.s. skjærkreftenes moment

M_d = "drivende moment" d.v.s. moment av jord og nyttelast

s = midlere skjærfasthet i endeflatene

b = glidegelemts bredde
(se fig.) uttas av nedenstående diagram.

Med denne beregningsmåte blir sikkerhetsfaktoren 0,99, eller meget

nær 1,00 som betegner labilitet. Gjennomfört s_u -analyse med de i marken konstaterte skjærfastheter har følgelig gitt et fullt tilfredsstillende resultat.

Den del av pukkhaugen som ligger innenfor skredområdet ble tilfört pukk inntil de siste dager før skredet. Belastningen har økt suksessivt inntil det oppsto brudd i jorden. Trafikkbelastning og trafikkrystelser (Brobekkveien, oppkjørselsvei til Alnabru stasjon) anses i dette tilfelle å ha vært av helt underordnet betydning i forhold til den økende pukklasten.

K o n k l u s j o n

Skredets årsak er overbelastning av grunnen, som består av en øvre fast leire med dypereliggende lag av løs kvikkleire. Glideflaten går ned i kvikkleirelaget og har tilnærmet sirkulærsvylindrisk form.

En etterberegning av stabiliteten ved hjelp av s_u -analyse viser at sikkerhetskoeffisienten for skredet er meget nær $F_s = 1,0$ når det i beregningen korrigeres for skjærkreftene i glidelegemets endeflater.

O s l o , den 2.9.58.

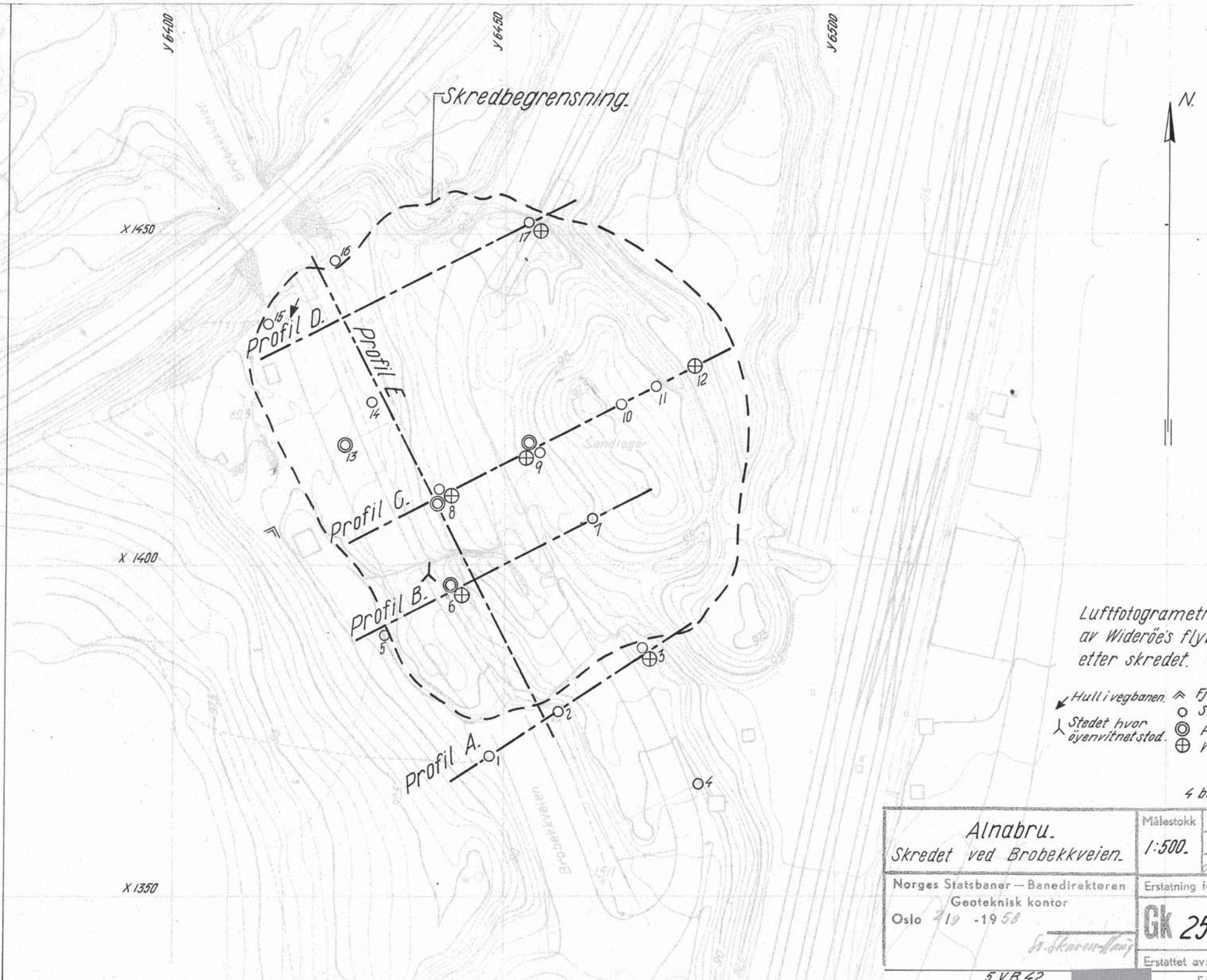
Sv. Hæren-Haug

N.B.:

Lagerplassen ble tilfört pukk hele året. Utkjøring av pukk foregikk i tiden mai-november. Ved siste tidspunkt var lageret vanligvis tomt. Maksimale pukkmengder på lager om våren var i 1956 ca. 9000 m³, 1957 ca. 11000 m³ og 1958 ca. 13400 m³.

H. Harpmark





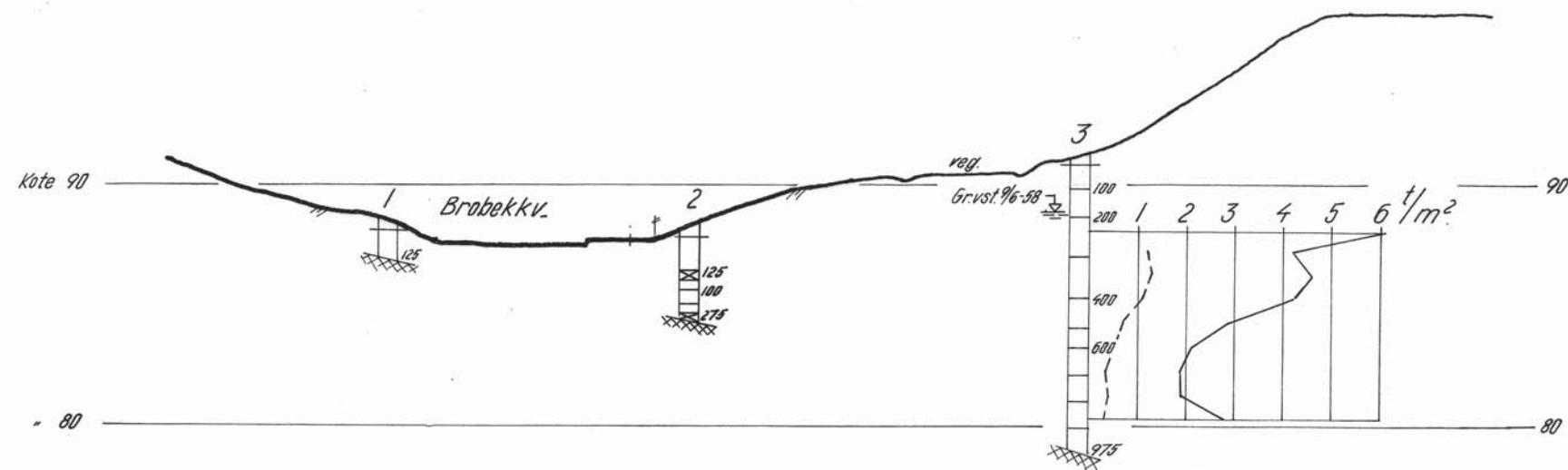
Luftfotogrammetrisk kart oppattet
 av Wideröe's flyveselskap ca. 4t.
 etter skredet. 4/6-1958.

- ↙ Hull i vegbanen. ↗ Fjell i dagen.
- Sonderboring.
- ◎ Prøver.
- ⊕ Vingeboring.

36-82/205.
4 boringsbøker.

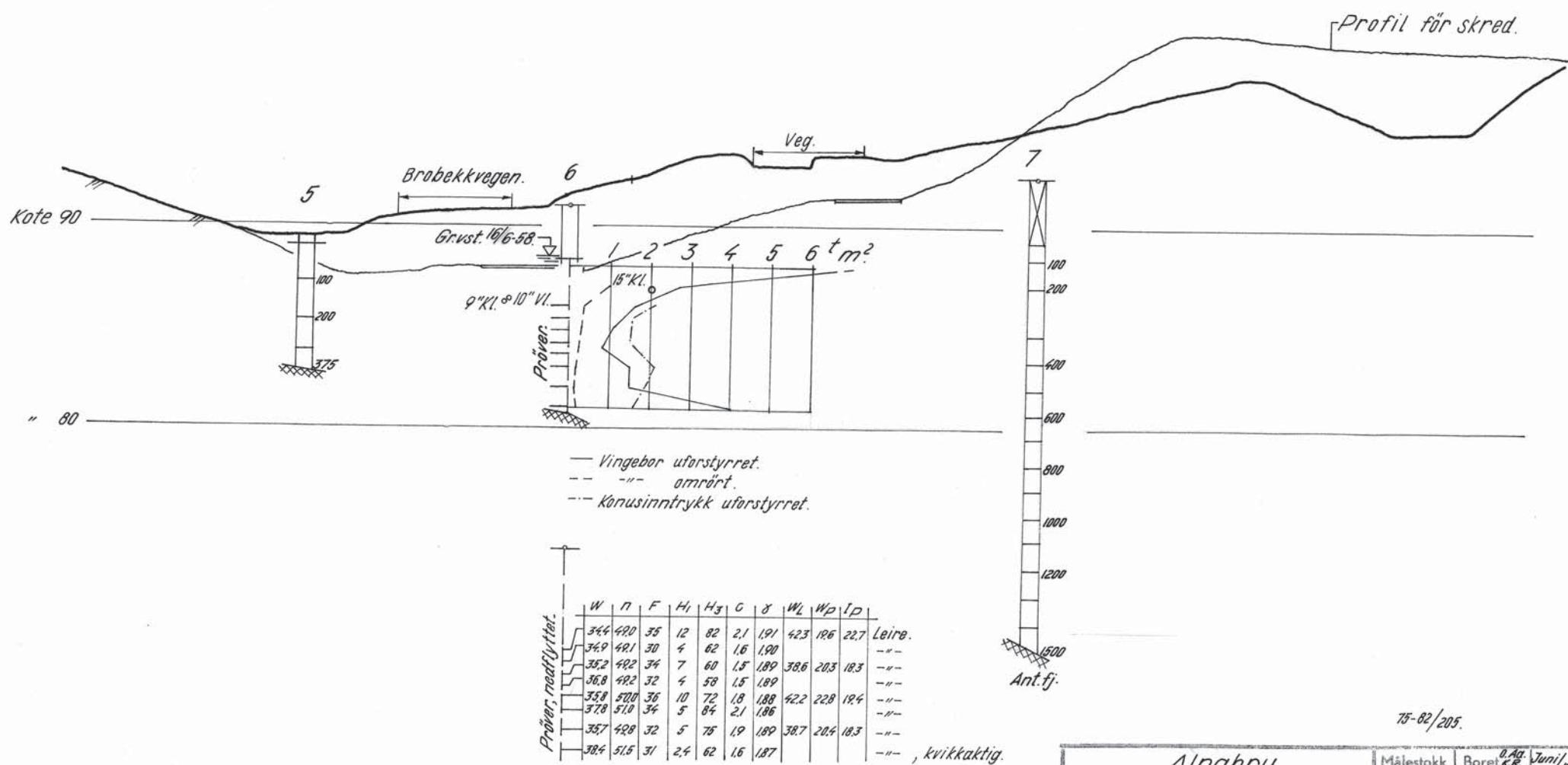
Alnabru. Skredet ved Brobekkveien. Norges Statsbaner — Banedirektøren Geoteknisk kontor Oslo 19 - 1958	Målestokk	Boret	Juni 1958.
	1:500.	Tegnet	27/6-1958.
			<i>H. H. Bergmark</i>
Erstatning for;			
Gk 2503.1.			
Erstattet av:			
Format A			

Profil A. (Syd for skredbegrensning.)



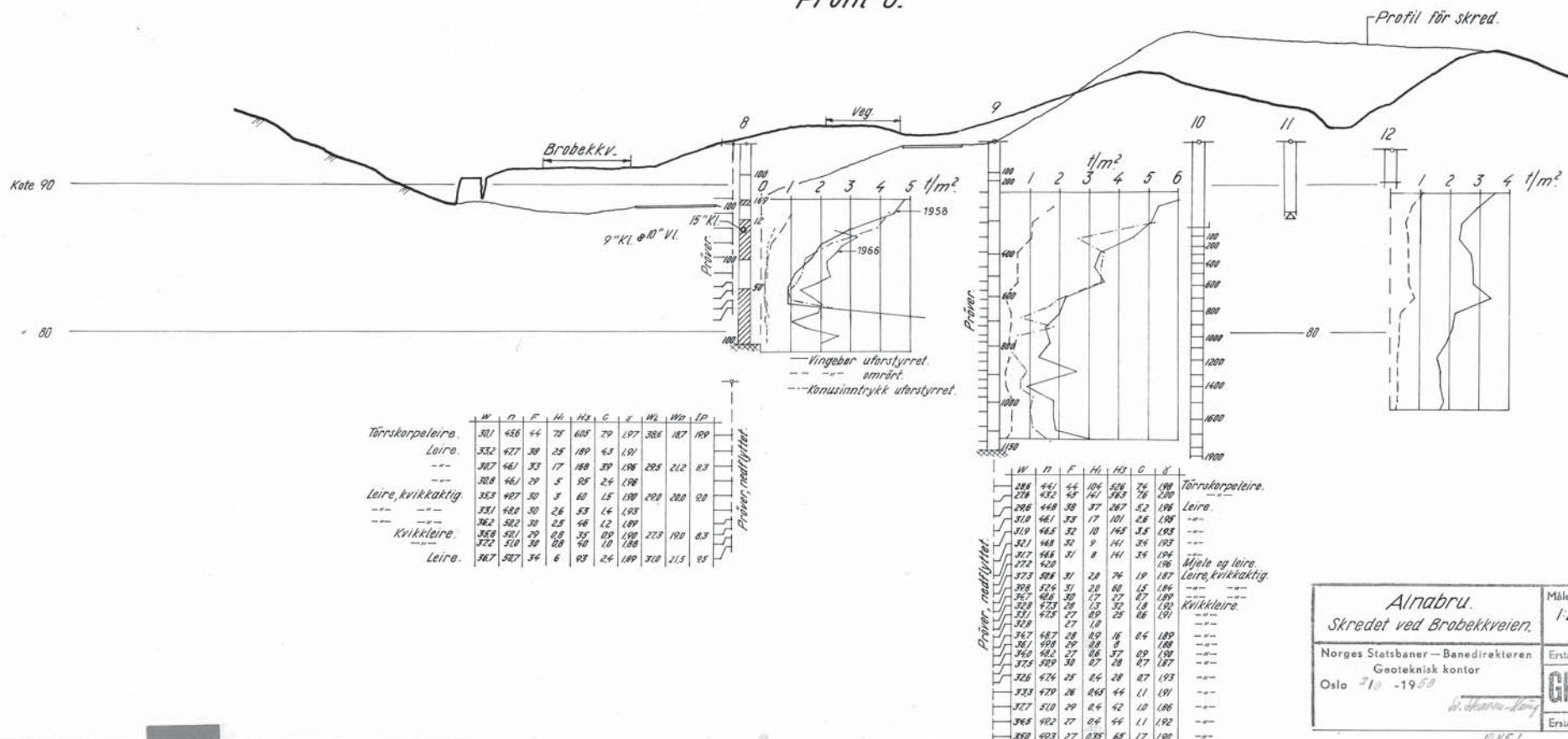
Alnabru.		Målestokk 1:200.	Boret K.R. H.B.	Juni 1958
Skredet ved Brobekkveien.		Tegnet 27.8.1958.	<i>H. H. Lunde</i>	
Norges Statsbaner — Banedirektøren Geoteknisk kontor Oslo 21.8. - 1958		Erstatning for: Gk 2503.2		
		Erstattet av: <i>S. Haugen-Kaag</i>		
		5 VB 43.		
		Format A		

Profil B.

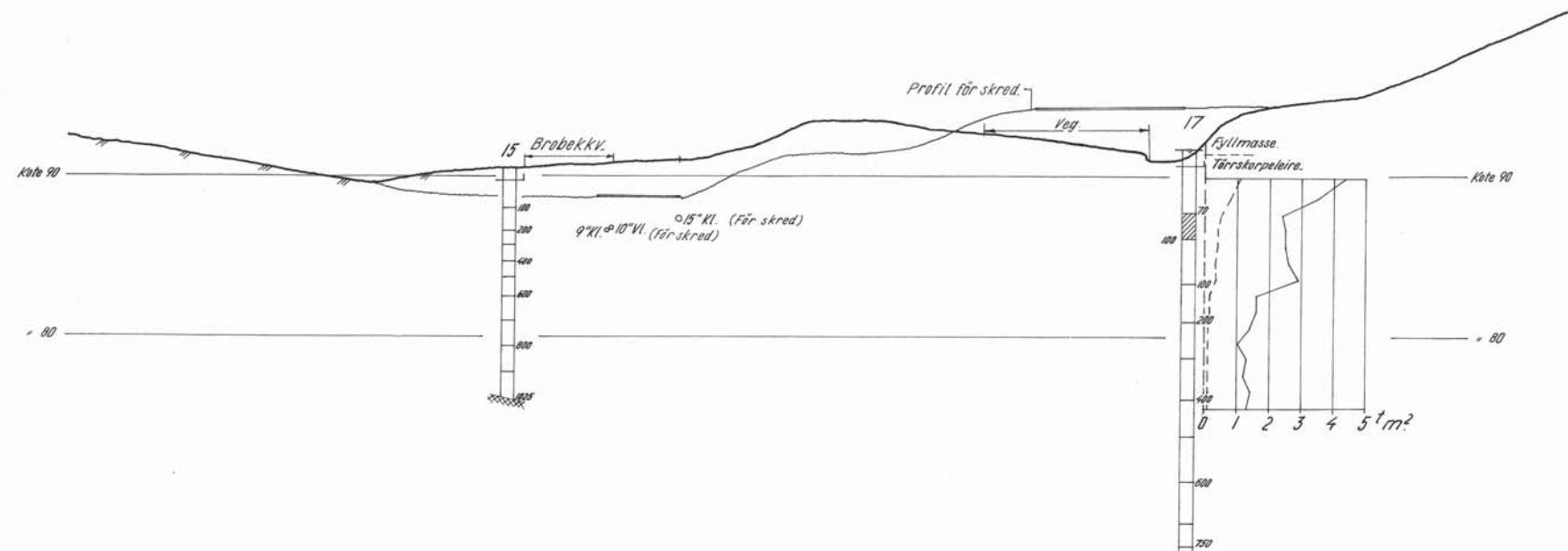


<i>Alnabru.</i>		Målestokk	Boret	0. Ag AB	Juni/1958
Skredet ved Brabekkveien.		Tegnet	55	27/8-1958	<i>J. Hartmann</i>
Norges Statsbaner — Banedirektøren		Erstatning for;			
Geoteknisk kontor					
Oslo 219 -1958					
<i>Gk 2503,3</i>					
<i>J. Harboe-Haug</i>		Erstattet av:			
5VB44.		format A			

Profil C.

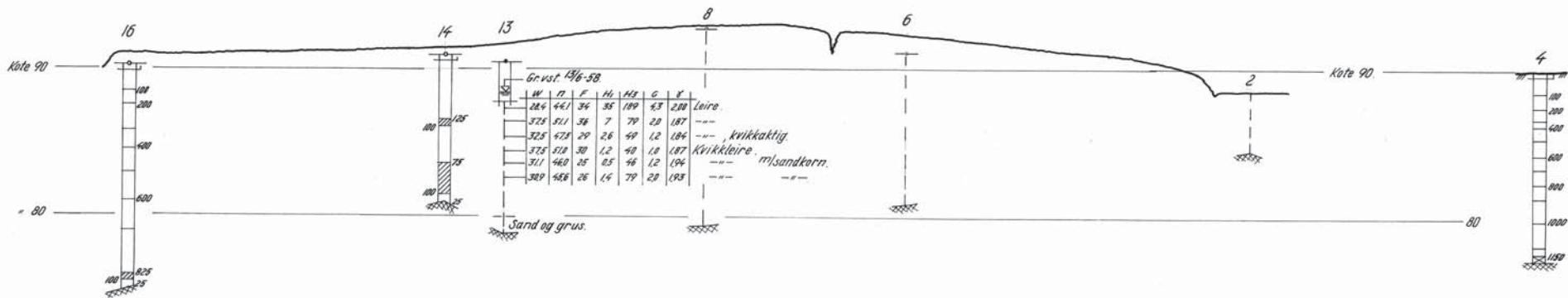


Profil D.



Alnabru. Skredet ved Brobekkveien.	Målestokk Borett 277 m Tegnet 276-1958 <i>Alnabru</i>
1:200.	Borett 277 m Tegnet 276-1958 <i>Alnabru</i>
Norges Statsbaner—Banedirektøren Geotekniske kontor Oslo 276 -1958 <i>J. Henningsen</i>	Erstatning for; Gk 2503.5.
Ersattet av: 10 VF2 Format A	

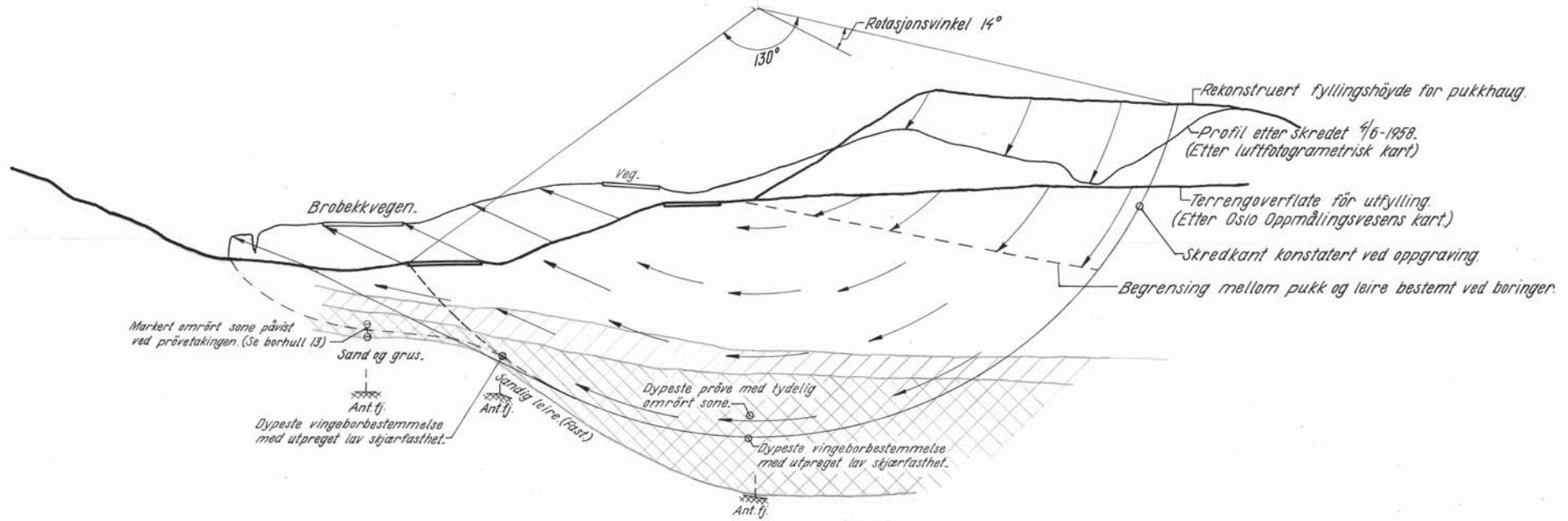
Profil E



36-41/205.

Alnabru.		Målestokk
Skredet ved Brobekkveien.		Boreid. ¹⁹⁵⁸ JUNI / 1958
		Tegnet. ¹⁹⁵⁸ 27.6.1958.
Norges Statsbaner — Banedirektøren		A. Hartmann
Geotekniske kontor		
Oslo 219 - 1958		
A. Hartmann-Kaas		GK 25036.
		Erstatning for:
		Erstatning av:
10 VF 3		Format A

Profil C.



Skredførlopet:

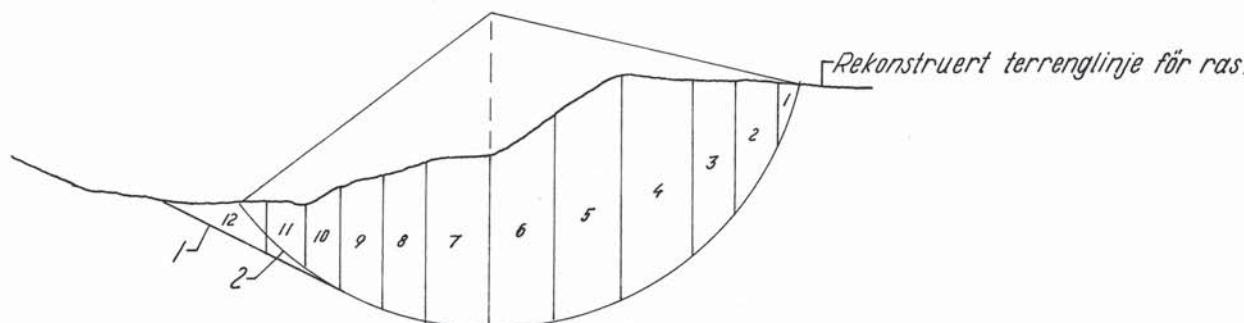
Terrengprofil for skredet og rekonstruert fyllingsbegrensning er angitt med tykk linje.
Profil etter skredet er angitt med tynn linje.

Pilene angir bevegelsesretningen for skredet i forskjellige punkter. Pilenes lengde svarer til forskynningens lengde i hvert punkt.
Kvikkleirelagets beliggenhet etter skredet er angitt ved skravur.

Dobbelt skravert område betegner kvikkleire,
enkelt skravert betegner kvikkaktig leire.

Alnabru. Skredet ved Brabekkveien.	Bore	009	Jun/1958
	Tegnet	1/200	1958
Norges Statsbaner — Banedirektoratet Geotekniske kontor Oslo 219 - 1958	Erstatning for:		
J. H. Haugen	GK	25037.	
			Erstattet av:
			10 VF 4.
			Format A

Profil C.



Lam.	α°	tg α	cos α	ΔW	Beregning.			
					Δl	S	$\Delta W \cdot \text{tg} \alpha$	$\frac{\Delta l \cdot S}{\cos \alpha}$
1	70	2,747	0,342	10,2	6,3	1,2	28,0	22,4
2	58	1,600	0,530	65,2	7,5	4,4	102,1	58,0
3	45	1,000	0,707	107,2	5,7	2,7	107,2	21,8
4	32	0,625	0,848	225,8	8,1	2,2	141,0	21,0
5	17	0,306	0,956	231,4	6,5	1,7	71,5	11,5
6	5	0,087	0,996	196,8	6,2	1,7	18,8	10,6
7	-7	0,123	0,993	178,4	6,2	1,7	-22,2	10,7
8	-16	0,287	0,961	108,0	4,3	1,7	-31,0	7,4
9	-24	0,445	0,913	84,2	4,4	1,7	-37,4	8,2
10	-25	0,466	0,906	51,6	3,8	1,7	-24,0	7,1
11	-25	0,466	0,906	41,8	4,2	1,7	-19,5	7,9
12	-25	0,466	0,906	41,1	8,2	3,8	-19,2	34,4
$\sum =$				315,3	221,0			

$$F_S = 1,125 \cdot \frac{221,0}{315,3} = \underline{\underline{0,79}}$$

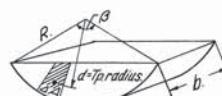
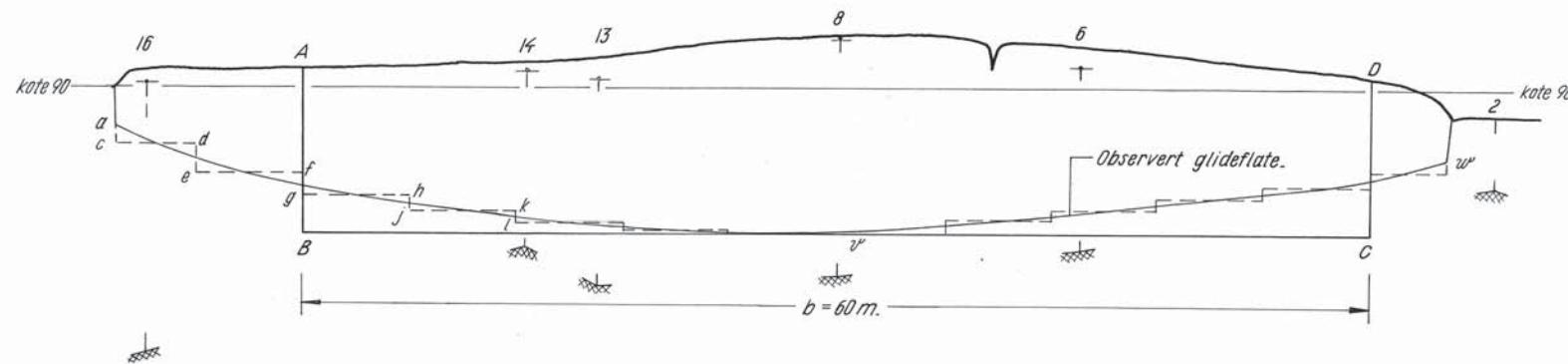
Lam.	α°	sin α	ΔW	Beregning.			
				Δl	S	$\Delta W \cdot \sin \alpha$	$\Delta l \cdot S$
1	70	0,940	10,2	6,3	1,2	9,6	7,5
2	58	0,848	63,6	7,5	4,4	54,0	33,0
3	45	0,707	107,2	5,7	2,7	75,8	15,4
4	32	0,530	225,3	8,1	2,2	119,2	17,8
5	17	0,292	235,2	6,5	1,7	68,6	11,0
6	5	0,087	205,3	6,0	1,7	17,8	10,2
7	-7	0,120	181,0	6,0	1,7	-22,1	10,2
8	-16	0,276	108,0	4,2	1,7	-29,8	7,1
9	-24	0,407	84,2	4,4	1,7	-34,3	7,5
10	-30	0,500	50,4	4,0	1,7	-25,2	6,8
11	-40	0,643	53,2	5,0	2,4	-21,3	12,0
12	-50	0,766	7,1	2,7	5,0	-5,4	13,5
$\sum =$				206,9	152,0		

$$F_S = \frac{152,0}{206,9} = \underline{\underline{0,74}}$$

Med sidekrefter: $F_S = 0,74 + 2 \cdot \frac{30 \cdot 15300}{6100 \cdot 60} \approx \underline{\underline{1,00}}$

Alnabru.		Målestokk Boret <small>0,60 48</small>	Junii 1958
Skredet ved Brobekkveien.		Tegnet <small>ABG</small>	39-1958
Norges Statsbaner — Banedirektøren Geoteknisk kontor Oslo 219 - 1958		Erstatning for:	
Gk 2503,8.		Erstattet av:	
J. Steen-Haug		5VB 45	

Tverrprofil E.



Formel for beregning av sikkerhetskoeffisienten med korreksjon for endeflatenes skjærkrefter:

$$F_s = \frac{M_s}{M_d} + 2 \cdot \frac{s}{M_d} \cdot b \cdot \sum \Delta A d$$

F_s = sikkerhetsfaktor.

M_s = stabiliserende moment dvs. skjærkreftenes moment.

M_d = drivende moment dvs. moment av jord og grunntlast.

s = middlere skjærfasthet i endeflatene.

b = glideleiemets bredde.

Alnabru.
Skredet ved Brøbekkveien.

Norges Statsbaner — Banedirektoraten
Geoteknisk kontor

Oslo 419 -19 58

J. H. Hansen-Haug

Målestokk	Boret	Jun/1958
	2503,9	
Tegnet	19-1958	
	H. Hansen-Haug	

1:200

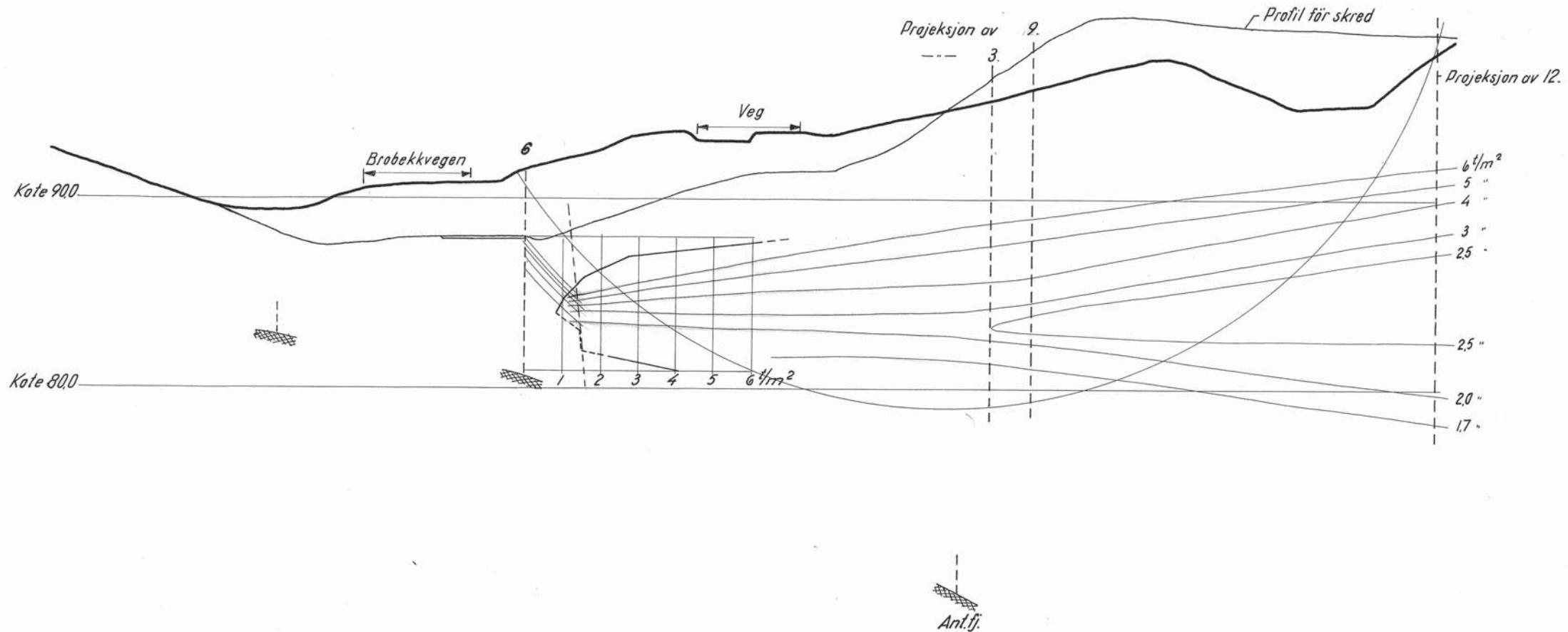
GK 2503,9

Erstatning for:

10 VEF5.

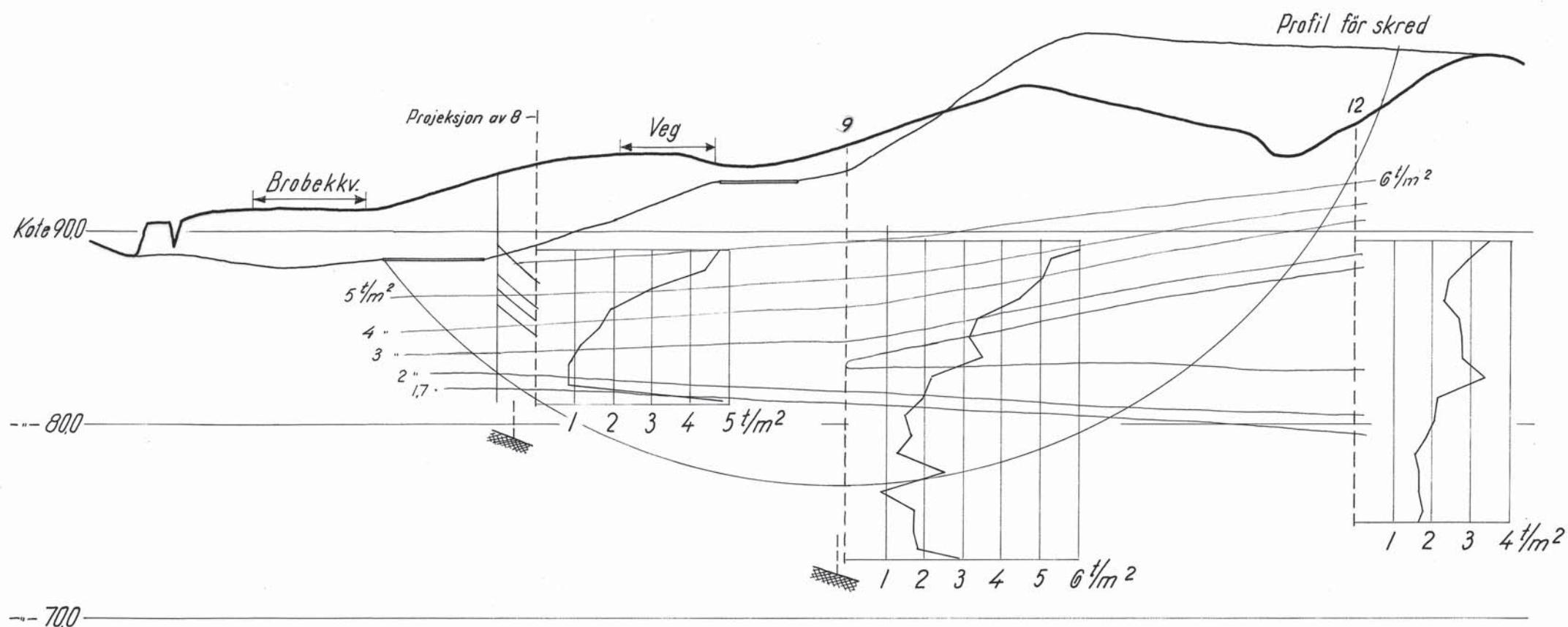
Format A

Profil B



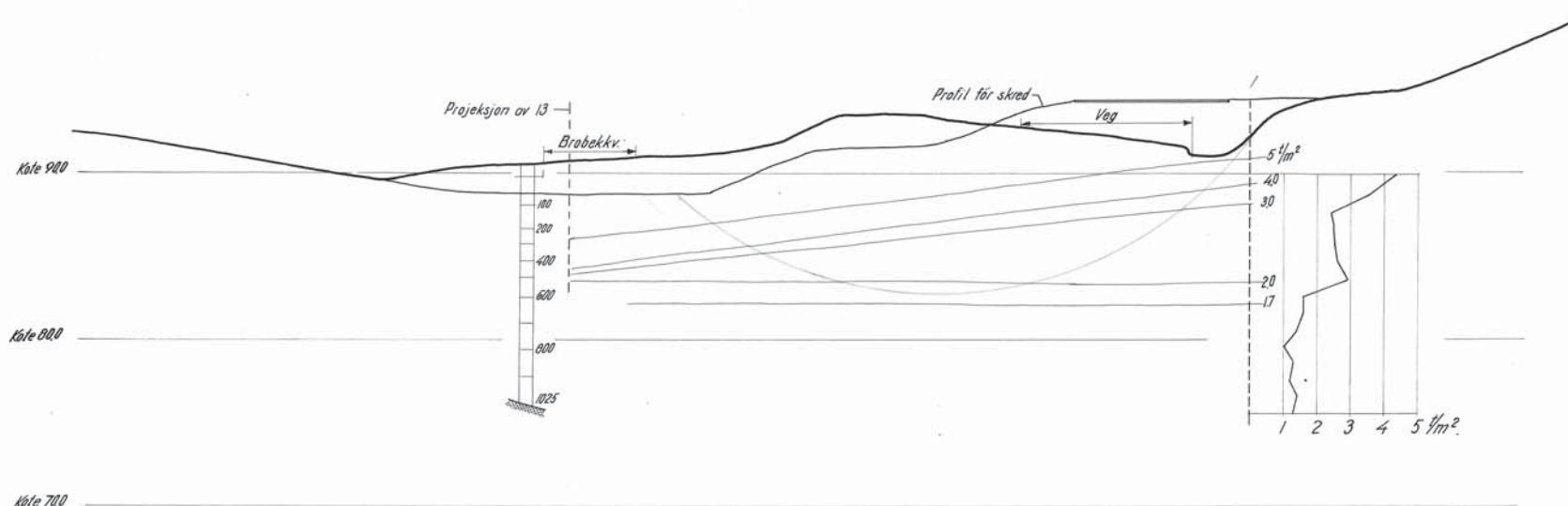
Målestokk	Boret	
Norges Statsbaner – Banedirektøren		Erstatning for;
Geoteknisk kontor		
Oslo	/ -19	
Gk 2503,10		Erstattet av:
Format A 5HF8		

Profil C.



Målestokk	Boret	
Tegnet		
Norges Statsbaner – Banedirektøren Geoteknisk kontor Oslo / -19	Erstatning for;	
Gk 2503,11		
	Erstattet av:	
	Format A 5HF9	

Profil D

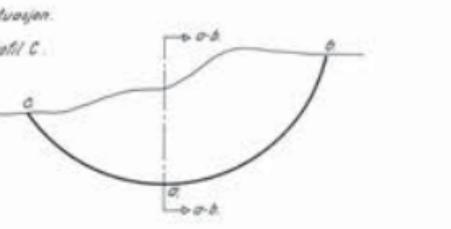
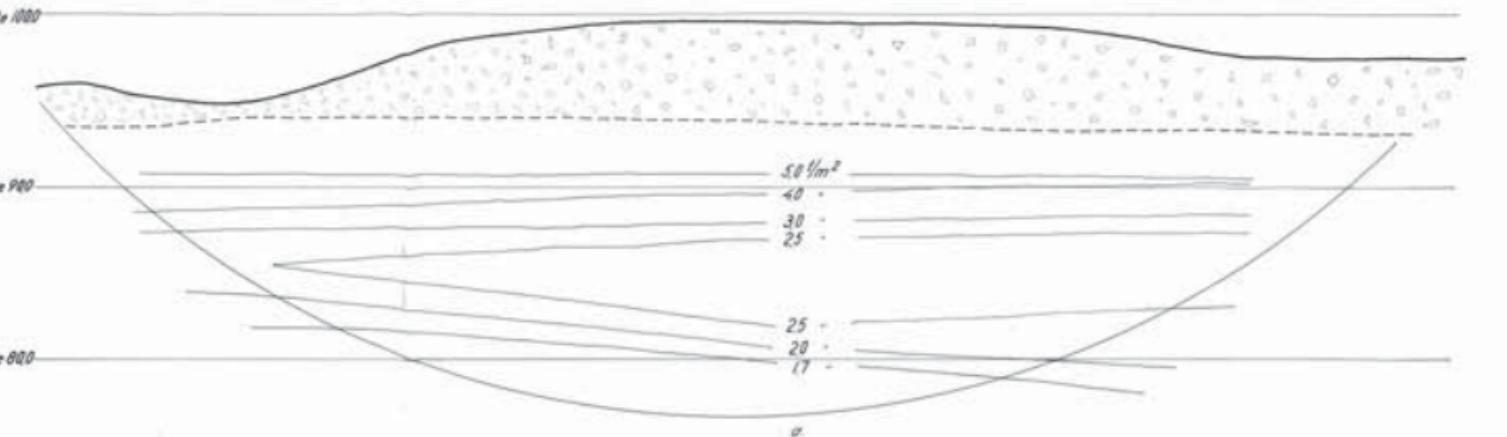


2503,12

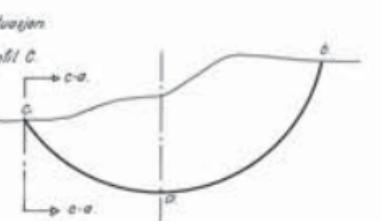
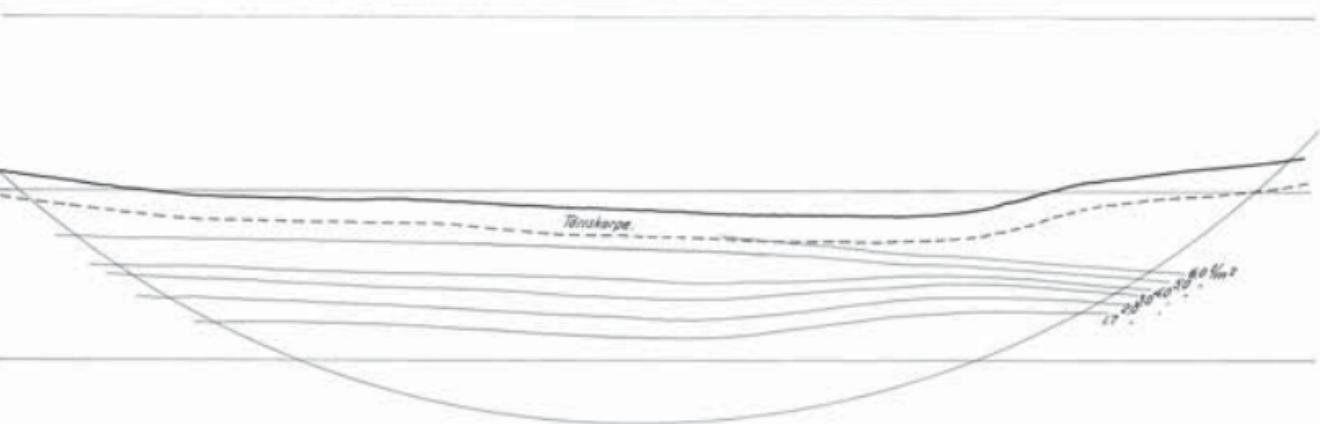
		Målestokk	Boret	
		Tegnet		
		Erstating for:		
		Norges Statsbaner - Banedirektoraten Geoteknisk kontor Oslo / -19		
		Gk 2503,12		
		Erstattet av:		
		Formal A 10 BEV		

Rolasjonsakse kote 106

a-b.



c-a.



Skjærlasthet i glideflatene på partiene a-b og c-a
prosjektert inn på et vertikalt plan.

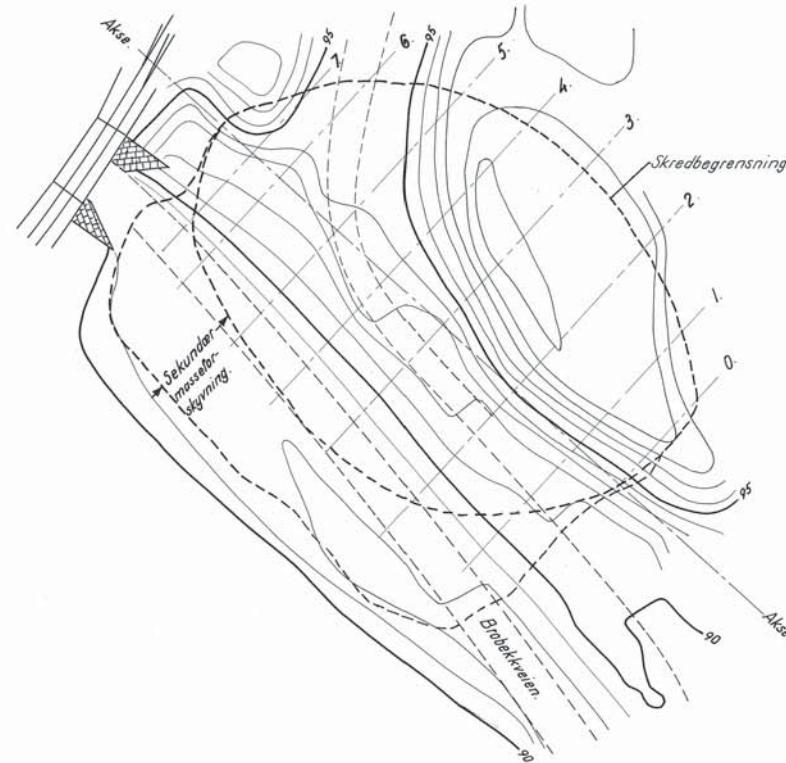
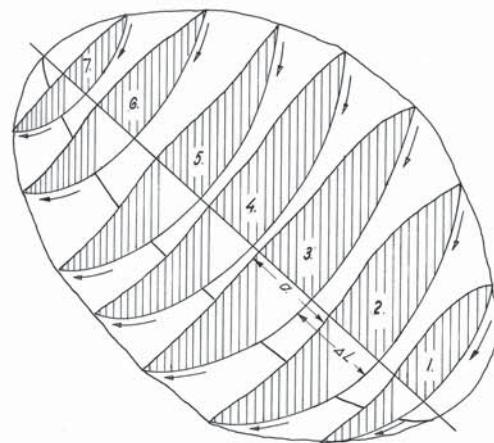
Målestokk	Boret	
1:200	Tegnet	
Oppstilling nr:		
GK 2503.13		
Oppmålt av:		
Format A 300x300		

Norges Statistiske - Banedirektoratet
Geoteknisk kontor
Oslo / -19

Ersattes av:

Foto av:

Skredet Alnabru.



Kart over rasområdet
förför skredet.
 $M=1:500$.

Profil nr.	σ	ΔM_d	ΔM_d mid.	$M_d =$ $\Delta M_d \cdot mid \cdot \sigma$	ΔL	ΔM_s	ΔM_s mid	$M_s =$ $\Delta M_s \cdot mid \cdot \Delta L$
0		0				0		
	8,0		1004	8032	9,1	1440	13100	
1		2008				2880	3250	43500
2		4391				3620	4050	55900
3		6485				4480	4520	48800
4		6008				4560	4292	44100
5		3328				4025		
6		1101				2910	3467	41900
7		613				2080		
8		5,0	306	1530	6,0	1040	6240	
						259137		266310

$F_s = 1,03$

2503.1Y

	Målestokk
Norges Statsbaner — Banedirektoratet Geotekniske kontor	Erstatning for:
- 19	
10/4/47	Gk 250314