



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

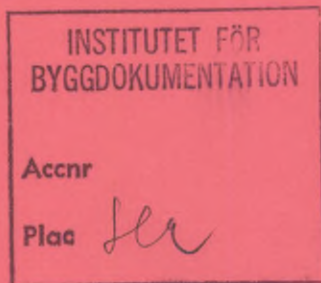
R45:1985

Partialkoefficientmetoden

Illustrerande beräkningar

**Lars Olsson
Sven-Erik Rehnman
Håkan Stille**

*R
01/85*



Byggforskningsrådet

R45:1985

PARTIALKOEFFICIENTMETODEN

Illustrerande beräkningar

Lars Olsson
Sven-Erik Rehnman
Håkan Stille

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830236-4
från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen
för jord- och bergmekanik, KTH, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R45:1985

ISBN 91-540-4364-6
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	4
1.1	Valda problem	4
1.2	Partialkoefficientmetoden	7
1.3	Betametoden	7
2	ARBETSGÅNG	11
2.1	Deterministisk beräkning	11
2.2	Kontroll av säkerhetsindex	11
2.3	Dimensionering med betametoden	15
	Exakta partialkoefficienter	
3	BERÄKNINGSRESULTAT	16
3.1	Kontroll av säkerhetsindex	16
3.1.1	Inverkan av korrelation mellan variabler	16
3.1.2	Modellfel	16
3.3	Dimensionering. Exakta partialkoefficienter.	16
3.4	Empiriska partialkoefficienter	17
4	SAMMANFATTNING. REKOMMENDATIONER.	19
5	LITTERATUR	20

1 INLEDNING

En revidering pågår av svensk byggnorm till den så kallade partialkoefficientmetoden.

I skrivande stund, juli 1984, finns färdiga normavsnitt för bl a stål- och betongkonstruktioner. Den del av normen som behandlar grundkonstruktioner, kapitel 23A, är under utarbetande och väntas sändas på allmän remiss under hösten.

Partialkoefficientmetoden är till sin teoretiska uppbyggnad riskbaserad och skiljer sig därför från den nu använda metoden med en empiriskt bestämd totalsäkerhetsfaktor. För en beskrivning av teorin och en diskussion av partialkoefficientmetoden från teoretiska grunder, se t ex Thoft-Christensen & Baker (1983), Olsson & Stille (1979, 1984), Bengtsson, Berggren, Olsson, Stille (1983, 1984).

Den i Sverige hittills bedrivna forskningen, i huvudsak BFR-stödd, har främst gällt de teoretiska grunderna för partialkoefficientmetoden. I samband med det praktiska normarbetet har behov uppkommit av illustrerande beräkningar för några typiska geokonstruktioner för att man skall få en uppfattning om olika faktorerers inverkan och storleksordningen av erforderliga partialkoefficienter. Främst avsågs studera inverkan av osäkerheten i olika jordparametrar eftersom denna osäkerhet torde vara större än de osäkerheter man arbetar med vid övriga konstruktionsmaterial. Viktigast var att se inverkan av dessa osäkerheter på partialkoefficienternas erforderliga storlek, eftersom dessas storleksordning var relativt outredd.

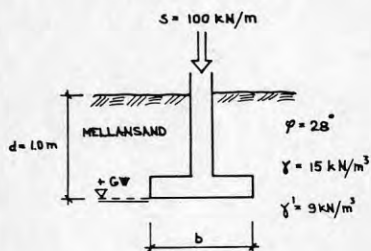
Denna rapport utgör resultatet av ett BFR-projekt som bedrivits vid Inst för jord- och bergmekanik, KTH, i samråd med Statens Planverk i vilket några sådana beräkningar gjorts.

1.1 Valda problem

Som illustrerande exempel har valts fyra grundkonstruktioner, platta på friktionsjord, platta på lera, friktionspåle och kohesionspåle. För att göra beräkningsresultaten mer lättöverskådliga har som exempel valts typfall. Vissa förutsättningar har gjorts icke varierande, så har t ex grundvattennivån ansetts konstant och känd, och lastriktningen har varit vertikal osv.

Valda formler och valda säkerhetstal (säkerhetsfaktorer) ansluter till byggnormen (SBN 80).

Mått, jorddata, formler, säkerhetstal och beräkningsresultat framgår av figurerna 1-4. (I figurerna har säkerhetstalet betecknats med δ i enlighet med ett förslag från Planverket).



$$R = \sigma \cdot S$$

$$\sigma = 2.52$$

$$R = 0.5 b^2 \gamma^s N_\gamma + b \gamma d N_q$$

$$N_q = [\tan^2(45 + \frac{\varphi}{2})] \exp(\pi \tan \varphi)$$

$$N_\gamma = (\alpha_1 + \alpha_2 \sin 2\varphi + \alpha_3 \sin^2 2\varphi) \cdot [1 - N_q \exp(\frac{\pi}{2} \tan \varphi)]$$

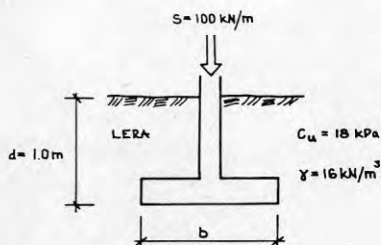
$$\alpha_1 = -0.08705$$

$$\alpha_2 = -0.3231$$

$$\alpha_3 = 0.04836$$

$$\text{BERÄKNAD PLATTBREDD } b = 0.95 \text{ m}$$

Fig. 1 Platta på sand



$$R = \sigma \cdot S$$

$$\sigma = 2.17$$

$$R = b[(\pi + 2) c_u + \gamma d]$$

$$\text{BERÄKNAD PLATTBREDD } b = 2.0 \text{ m}$$

Fig. 2 Platta på lera

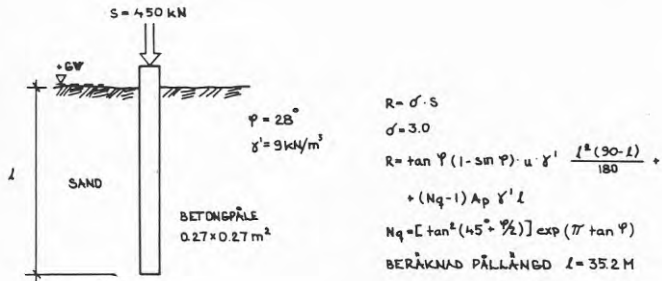


Fig. 3 Friktionspåle

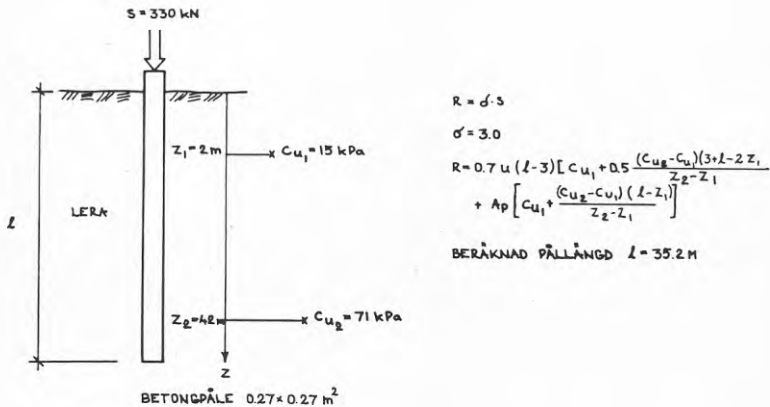


Fig. 4 Kohesionspåle

1.2 Partialkoefficientmetoden

Nedan ges en kortfattad beskrivning av partialkoefficientmetoden. För utförligare beskrivningar hänvisas till litteraturen, t ex den tidigare nämnda.

Säkerhetskravet på en konstruktion både vad gäller brottrisk och konsekvenser av ett eventuellt brott anses vid partialkoefficientmetoden vara uppfyllt om man kan visa att följande gäller:

Dimensionerande lasteffekt, S_d , är mindre än dimensionerande bärförmåga, R_d .

Dimensionerande lasteffekt fås genom att lastens karakteristiska värde, F_k , multipliceras med en given partialkoefficient, γ_f .

Dimensionerande bärförmåga fås genom att bärförmågans karakteristiska värde, f_k , divideras med två givna partialkoefficienter, en γ_m som avser materialet, och en som avser säkerhetsklassen, γ_n .

Som karakteristiskt värde för material kommer i normen troligen att anges medelvärdet.

Uttryckt i formler blir ovanstående säkerhetskrav:

$$S_d < R_d$$

$$S_d = F_k \gamma_f$$

$$R_d = f_k / \gamma_n \gamma_m$$

Problemet vid införandet av partialkoefficientmetoden är som tidigare nämnts valet av partialkoefficienternas storlek. Tidigare använd totalsäkerhetsfaktor kan visserligen vara till en viss ledning men bara en uppspaltning av denna är inte tillfyllest eftersom man nu har kravet på en definierad risknivå. En möjlighet är att utnyttja sambandet mellan beta-metoden och partialkoefficientmetoden.

1.3 Beta-metoden

För en mer detaljerad beskrivning av beta-metoden hänvisas till litteraturen, t ex den tidigare angivna. Här ges endast en kort sammanfattning:

I stället för att man försöker beräkna den "sanna" brottrisk, se fig. 5, inför man ett ställföreträdande riskmått beta, β . En förutsättning är att man kan teckna ett (brott)gränsuttryck av formen

$$g(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0$$

Brottgränsuttrycket är skrivet på en sådan form att brott inträffar för $g(\cdot) < 0$. X_i är så kallade basvariab-

ler, vilkas medelvärde, spridningsmått och statistiska fördelningstyp är kända.

Man normaliserar sedan dessa variabler X , så att de får medelvärdet 0 och standardavvikelsen 1 samt ersätter dem vid behov med ekvivalenta normalfördelade variabler. Dessa normaliserade variabler kallas Z .

$$Z_i = (X_i - \mu_i) / \sigma_i$$

Brottgränsuttrycket skrivs sedan om till $g(Z_i)$.

Säkerhetsindex beta definieras sedan som minsta avståndet från origo i Z -systemet till brottgränssytan, se fig. 6.

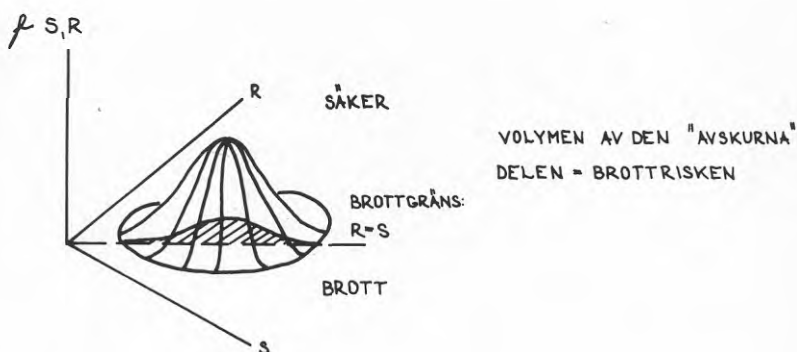


Fig. 5 Brottrisk

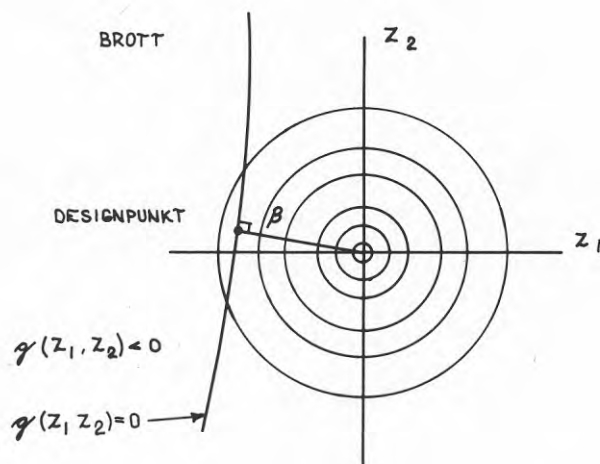


Fig. 6 Definition av β

Byggnormen har som bas för säkerhetskraven i AK 79/81 fastställda värden på β för olika säkerhetsklasser, se tabell 1.

Tabell 1. Säkerhetsklasser.

Säkerhetsklass	Säkerhetsindex	Brottsannolikhet
1	3.8	10^{-4}
2	4.3	10^{-5}
3	4.8	10^{-6}

Om man väljer partialkoefficienter så att nedanstående likhet är uppfylld fås en konstruktion med exakt det föreskrivna säkerhetsindex β .

$$\gamma_{mi} = X_{ki} / (\mu_i + \alpha_i \beta \sigma_i)$$

$$\gamma_{fj} = (\mu_i + \alpha_i \beta \sigma_i) / X_{kj}$$

Här är

X_{ki} = karakteristiskt värde för i:te motståndsvariabeln

X_{kj} = karakteristiskt värde för j:te lastvariabeln

μ = medelvärde

σ = standardavvikelse

α = sensitivitetsfaktorn

Sensitivitetsfaktorn α kan också ses som riktningscosinus för vektorn mellan origo i Z-systemet och designpunkten. Den är en funktion av brottgränsuttrycket genom att den innehåller partiella derivator av $g(X)$. α är svår att beräkna eftersom beräkningarna måste göras iterativt och deriveringarna ofta numeriskt vilket gör att dator krävs.

Man har därför sökt finna en approximativ metod att ta fram partialkoefficienter genom att ansätta konservativa värden på sensitivitetsfaktorn α , och därur beräkna värden på partialkoefficienterna. En sådan metod beskrivs i Thoft-Christensen & Baker (1982).

Vid denna metod måste man kunna rangordna de ingående variablerna efter fallande sensitivitetsfaktor (t ex från erfarenhet från betaberäkningar av liknande problem eller från andra överväganden). Därefter beräknas approximativa α -värden enligt

$$\alpha_i = 0.8 (\sqrt{i} - \sqrt{i-1})$$

Lastvariabler

$$\alpha_i = 0.7 (\sqrt{i} - \sqrt{i-1})$$

där i är variabelns ordningsnummer.

Som synes av uttrycket för partialkoefficienten beror den av ett antal faktorer, se figur 7.

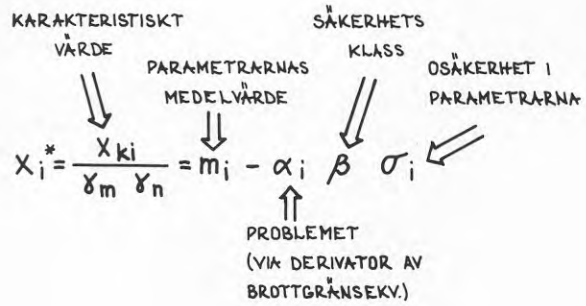


Fig. 7 Faktorer som påverkar partialkoefficientens storlek

2 ARBETSGÅNG

För att undersöka effekten av olika osäkerhetskällor har beräkningarna genomförts på följande sätt: först har konstruktionerna beräknats konventionellt (deterministiskt), därefter har säkerhetsindex β beräknats för dessa konventionellt dimensionerade konstruktioner. Slutligen har motsvarande konstruktioner dimensionerats med β -metoden och exakta partialkoefficienter räknats fram.

Det anges ofta att de geotekniska modellerna, dvs beräkningsformlerna, är behäftade med stora osäkerheter. För att undersöka inverkan av sådan osäkerhet har statistiskt grundade beräkningar gjorts där en extra variabel införts vilken skulle motsvara modellfelet. Fastän det inte är helt korrekt ur statistisk synpunkt valdes att multiplicera de mothållande krafterna med variabeln, som gavs medelvärdet 1 och variationskoefficienter mellan 0 och 10%, värden som måhända är väl låga.

2.1 Deterministisk beräkning

Först har de valda problemen behandlats konventionellt, dvs en deterministisk dimensionering har gjorts, som indata till denna har antagits jorddata som är normala för svenska förhållanden. Konventionell säkerhetsfaktor har använts och som resultat har erhållits erforderlig plattbredd resp pällängd.

2.2 Kontroll av säkerhetsindex

Den på detta sätt framräknade konstruktionen har sedan kontrollerats med avseende på säkerhetsindex β . För denna beräkning måste indata ges som statistiska parametrar (medelvärde och standardavvikelse) för ingående storheter. (I stället för standardavvikelse kan man ange variationskoefficienten, som är standardavvikelsen dividerad med medelvärdet.) Dessutom måste statistisk fördelning anges.

Vid beräkningarna har de deterministiska värdena använts som medelvärden och som standardavvikelse har valts värden från litteraturen. Eftersom jordens hållfasthet visade sig ha en mycket stor betydelse undersöktes effekten av varierande medelvärden (både högre och lägre än det deterministiska) samt för varje medelvärde några olika variationskoefficienter. De värden på variationskoefficienten som använts är sådana som i litteraturen anges som typiska för jord. Man måste dock beakta att dessa avser den så kallade punktvariansen och att man i vissa fall bör beakta den så kallade variansreduktionen.

När man gör en betaberäkning måste man vara uppmärksam vid formuleringen av brottgränsfunktionen. Dels skall den vara en funktion som beskriver själva brottgränsen så att inga inbyggda säkerheter finns med, dels

måste man ibland separera olika delar av brottmekanismen.

Friktionspålen kan tjäna som exempel:

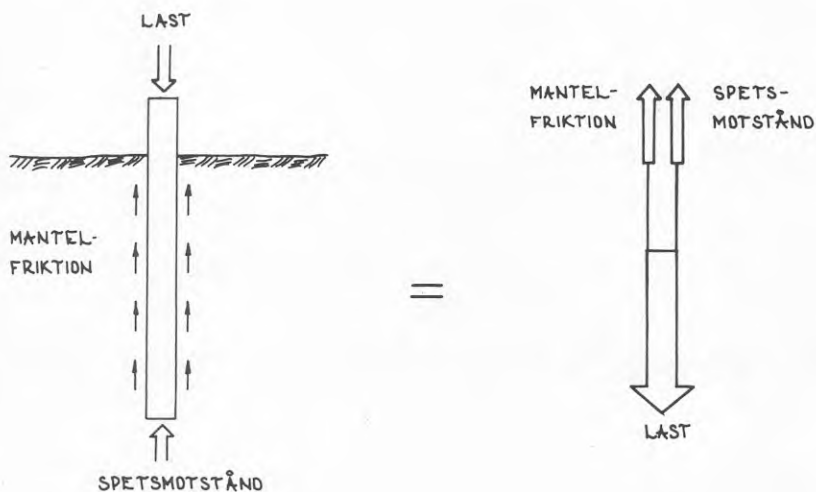


Fig. 8 Friktionspålen bärförmåga uppdelad.

Som framgår av figur 8, kan friktionspålen betraktas som ett system bestående av mantelfriktion och spetsmotstånd. Visserligen befinner sig delarna fysiskt i serie med varandra, men systemet är ändå ett parallellsystem, eftersom brott erhålls först när alla bärande komponenter fallerar.

Behandlingen av system är mycket svårare än behandlingen av enstaka komponenter, speciellt när det gäller parallellsystem med korrelation mellan komponenterna. (Friktionsvinkeln ingår i bägge, dessutom delar de lasten.)

I vårt fall är dock problemet inte så stort, eftersom pålen inte är ett klassiskt parallellsystem. Detta beror på den antagna materialmodellen där jorden beskrivs som idealt plastisk. Detta medför att de båda komponenterna alltid samverkar oavsett deformationens storlek och vi kan följaktligen skriva brottgränsuttrycket som summan av komponenternas bidrag. Detta hade inte varit möjligt vid exempelvis en spröd jord.

Vid beräkningen av säkerhetsindex har samtliga variabler modellerats som normalfördelade. Detta val strider i viss mån mot vad som brukar anges som lämpligt, nämligen att låta materialegenskaper vara lognormalfördelade

så att negativa värden på hållfasthet inte kan uppträda. Två faktorer talar för normalfördelningen: Beräkningarna går snabbare varigenom datatid sparas. Brottmekanismen är troligen sådan att det är rymdmedelvärden som skall användas i stället för punktvärden. Dessa rymdmedelvärden tenderar mot normalfördelningen (Olsson, Bengtsson, Berggren, Stille, 1984).

När det gäller friktionsvinkeln har som basvariabel använts friktionsvinkeln ϕ . Detta har gjorts därför att denna konventionellt använts. Ett bättre val hade varit $\tan \phi$ som har en fysikalisk innebörd och för vilken direkt gäller regler om variansreduktion.

Några av de valda fördelningarna återges grafiskt i fig. 9.

Sannolikhets-
täthet

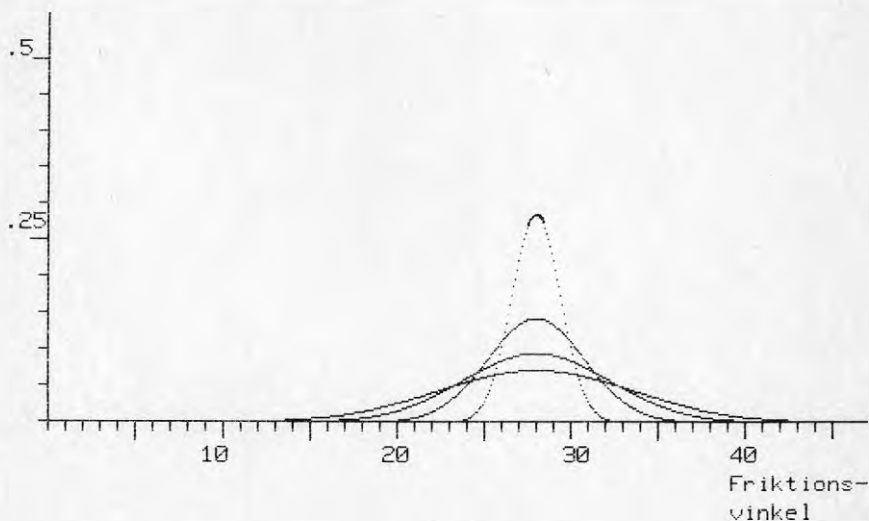


Fig. 9a Friktionsvinkelns täthetsfördelning
(variationskoefficienter 5, 10, 15, 20%).

Sannolikhets-
täthet

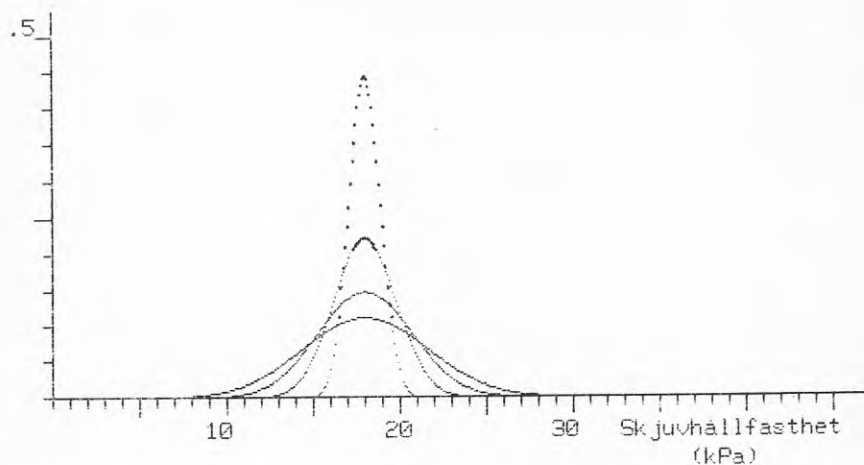


Fig. 9b. Skjuvhållfasthetens täthetsfördelning
(variationskoefficienter 5, 10, 15, 20%).

Sannolikhets-
täthet

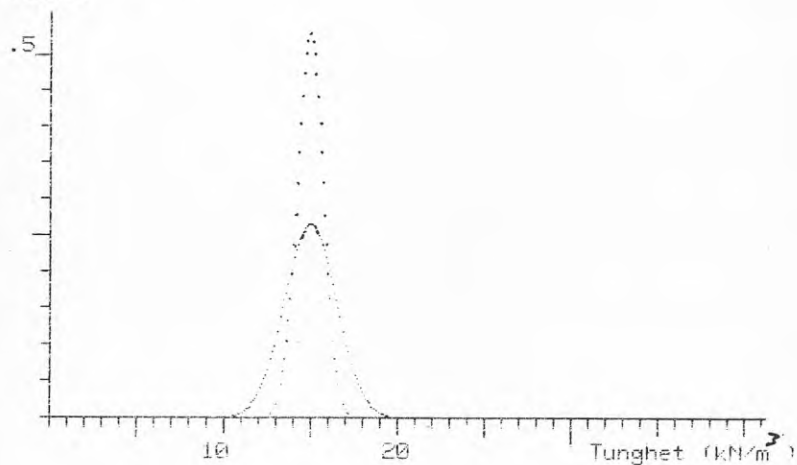


Fig. 9c. Tunghetens täthetsfördelning
(variationskoefficienter 5 och 10%).

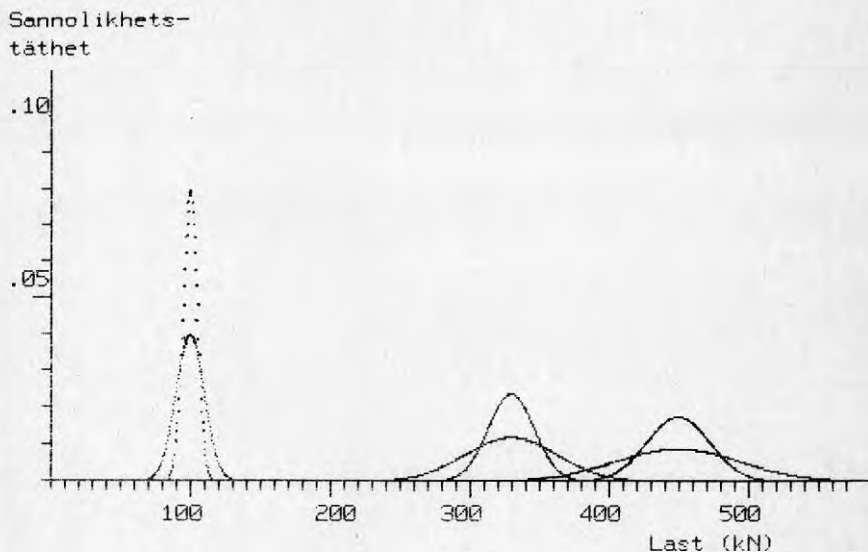


Fig. 9d. Lastens täthetsfördelningar
(variationskoefficienter 5 och 10%).

2.3 Dimensionering med betametoden. "Exakta" partialkoefficienter

För att undersöka hur stora förändringar i dagens konstruktioner en övergång till betametoden skulle innebära, har betametoden använts för dimensionering av plattbredd och pållängd. Härvid har beta varit bestämt till 4.26 och den mot detta svarande konstruktionsdimensionen har beräknats. Detta har gjorts för samma medelvärde på jordens hållfasthet som använts vid den deterministiska beräkningar och för olika variationskoefficienter. Dessutom har de teoretiska partialkoefficienterna beräknats för de olika fallen, dvs de partialkoefficienter som ger en konstruktion med exakt det krävda värdet på beta.

3 BERÄKNINGSRESULTAT

3.1 Kontroll av säkerhetsindex

Erhållna resultat redovisas i figurerna 10-13. I figurerna anges väsentliga statistiska data.

De viktigaste slutsatserna är följande:

- Variansen hos variablerna, dvs osäkerheten har en avgörande betydelse, särskilt vad gäller hållfastheten.
- Medelvärdets betydelse är inte så stor som variansens, och dess betydelse minskar när variansen ökar.
- Variansen hos övriga variabler har också en stor betydelse. Detta gäller inte enbart lasten utan även tungheten hos jorden.
- Inverkan av de olika variablerna är beroende av problemet, vilket tidigare visats i fig. 7.
- När någon varians blir stor dominerar den över övriga faktorer så att deras betydelse blir mycket liten.
- Med normala osäkerheter ger dagens konstruktioner värden på beta som är otillräckliga enligt de nya normkraven. Detta gäller även om ev modellosäkerhet inte medtagits i beräkningarna.

3.1.1 Inverkan av korrelation mellan variabler

Man kan ofta förutsätta att två jordegenskaper samvarierar så att den ena är stor när den andra är det. I statistiska termer kan detta beskrivas med korrelationen mellan variablerna. I figur 14 visas hur korrelation mellan sandens tunghet och dess friktionsvinkel påverkar säkerhetsindex för en friktionspåle. Det bör betonas att det är viktigt att använda en korrekt korrelationsstruktur vid beräkningarna. Det är nämligen inte bara säkerhetsindex som ändras utan även designpunkten och därmed variablernas inbördes vikt.

3.1.2 Modellfel

Modellfelets inverkan har undersökts för platta på sand resp på lera. Resultatet visas i figurerna 15 och 16. Som framgår av dessa har modellosäkerheten olika stor betydelse i de båda fallen. Detta torde bero på de olika beräkningsmodellerna med olika antal variabler osv. Väsentligt är att även ett rimligt modellfel sänker säkerhetsindex avsevärt.

3.3 Dimensionering. Exakta partialkoefficienter

I figurerna 17-20 samt i figur 22 redovisas resultaten från beräkningar där dimensionering gjorts av de olika geokonstruktionerna till ett givet beta. Valt värde på beta är 4.26 vilket motsvarar säkerhetsklass 2. Figurerna redovisar dels grafiskt dimension, dels i tabellform de exakta partialkoefficienter som motsvarar denna konstruktion.

Det bör observeras att de exakta partialkoefficienterna som redovisas tar hänsyn till säkerhetsklassen direkt genom valt $\beta = 4.26$. Vid en jämförelse med normförslag skall de alltså jämföras med γ_n γ_m och inte med enbart γ_m .

Fallet platta på lera har undersökts mer grundligt än övriga. För detta fall har dels beräkningarna gjorts för olika kombinationer av variationskoefficienter hos de ingående variablerna (fig. 18a-d), dels har inverkan av modellosäkerhet undersökts (fig. 19 a,b). Vid beräkningen av modellfelets inverkan har två olika modeller använts: I första fallet har hela motståndet multiplicerats med en modellfelsfaktor, i det andra endast delen $(\pi + 2) c_u$. Samtliga partialkoefficienter har beräknats med medelvärdet av variabeln som karakteristiskt värde, alltså även för modellfelet (karakteristiskt värde = 1) och för lasten. Detta gör att partialkoefficienten för last inte är direkt jämförbar med normerade värden som beräknas för en percentil.

Följande slutsatser kan dras ur resultatet:

- När osäkerheterna i data har storlekar som anses normala enligt litteraturen ökar dimensionen hos konstruktionen till mycket över vad som erhålls vid en deterministisk beräkning. Detta är särskilt tydligt vid friktionspålen, där en variationskoefficient av 20% hos friktionsvinkeln ger en sådan pållängd att bärförmågan hos pålen minskar och $\beta = 4.26$ ej kan uppnås. (Jämför fig. 21. Minskningen beror av korrektionsfaktorn $(90-L)/90$.)
- När någon variabels variationskoefficient dominerar för variabeln en mycket stor partialkoefficient samtidigt som övriga partialkoefficienter minskar.

3.3 Empiriska partialkoefficienter

En direkt framtagning av partialkoefficienter genom beräkning av exakta koefficienter enligt ovan är mycket tidskrävande.

Som omtalades under 1.2 finns det metoder att beräkna approximativa värden på sensitivitetsfaktorn α .

Om erforderligt värde på β , variabelns medelvärde och variationskoefficient samt karakteristiskt värde är kända kan man sedan beräkna partialkoefficienterna ur de tidigare givna sambanden. Detta har gjorts för $\beta = 4.26$ och karakteristiskt värde = medelvärdet för några olika variationskoefficienter.

Resultaten redovisas i tabell 2.

Tabell 2. Empiriska partialkoefficienter för exemplen

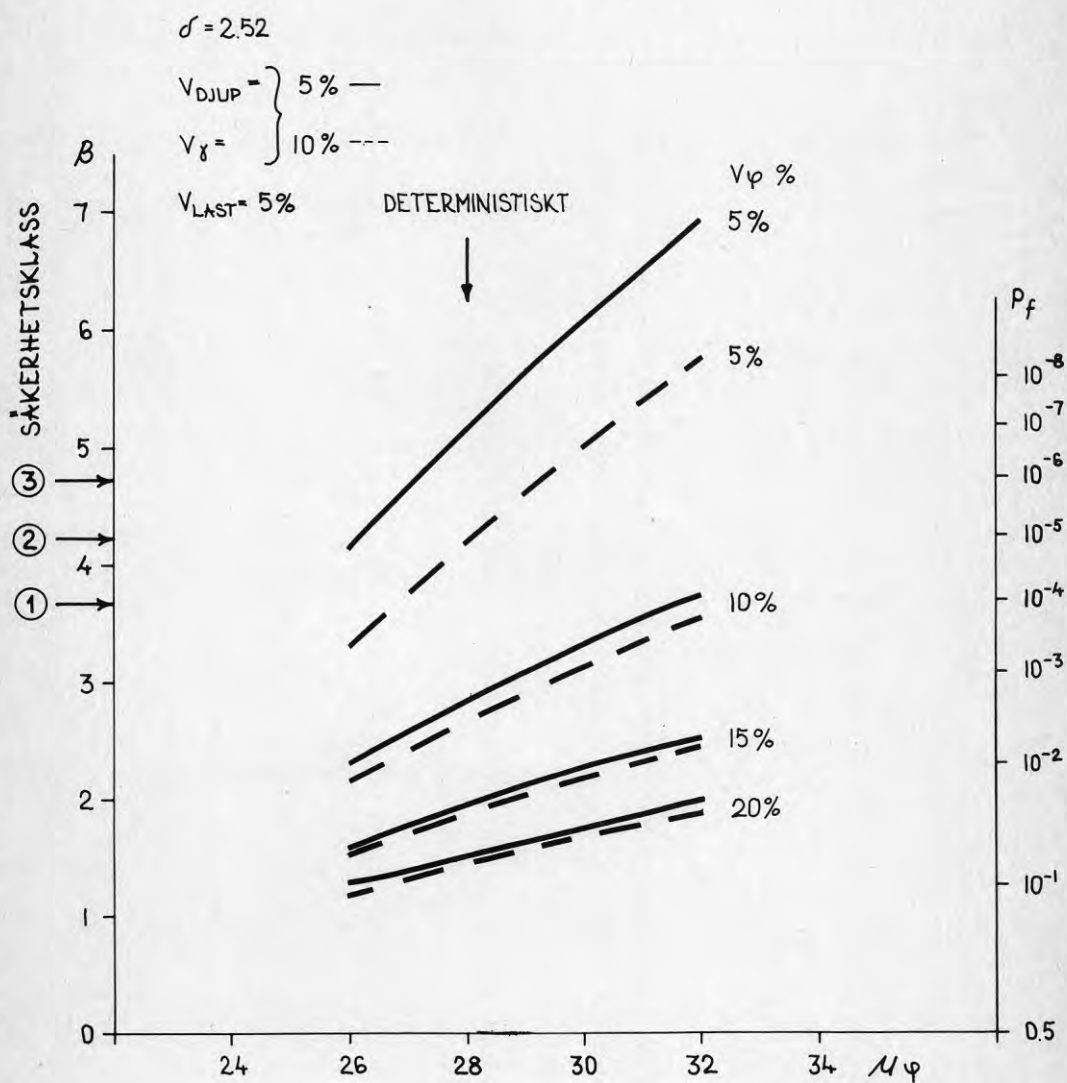
Lastvariabler ordningstal					
1	2	3	4	5	
1.15	1.06	1.05	1.04	1.04	V= 5.%
1.30	1.12	1.09	1.08	1.07	V= 10.%
1.45	1.19	1.14	1.12	1.11	V= 15.%
1.60	1.25	1.19	1.16	1.14	V= 20.%
Motståndsvvariabler ordningstal					
1	2	3	4	5	
1.21	1.08	1.06	1.05	1.04	V= 5.%
1.52	1.14	1.12	1.10	1.09	V= 10.%
2.05	1.27	1.19	1.16	1.14	V= 15.%
3.14	1.39	1.28	1.22	1.19	V= 20.%

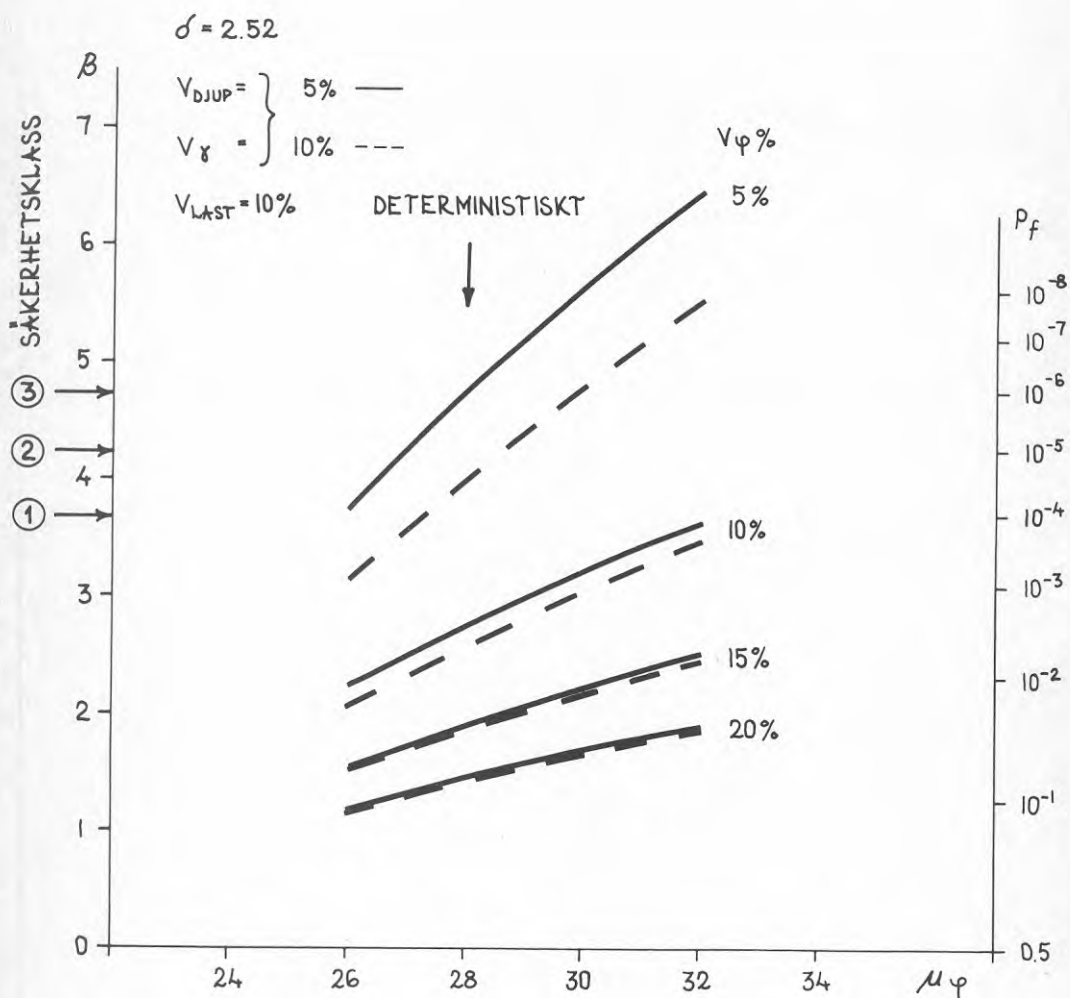
Dessa empiriska värden kan jämföras med de exakta (fig. 17-22). Det måste härvid poängteras att denna jämförelse inte får anses ge generella slutsatser, eftersom de exakta koefficienternas storlek påverkas i hög grad av de gjorda antagandena om fördelningar, spridningar och statistisk korrelationsstruktur.

Följande framkommer vid jämförelsen:

- Partialkoefficienten för last är oftast, men inte alltid, på säkra sidan jämfört med den exakta.
- Partialkoefficienterna för motståndsvvariablerna är ibland på osäkra sidan, i vissa fall kraftigt på osäkra sidan.
- Det är troligen relativt svårt att rangordna variablerna utan någon betaberäkning. Huvudproblemet ligger antagligen i svårigheten att bedöma inverkan av korrelationen mellan variablerna.

Det bör observeras, att jämförelsen endast gäller partialkoefficienternas storlek, inte om en konstruktion som beräknats med de empiriska koefficienterna får ett tillräckligt beta. Det kan ju mycket väl tänkas att om en enstaka koefficient är på osäkra sidan, detta i tillräcklig grad motverkas av övriga, konservativa koefficienter.

Fig. 10 a Kontroll av β . Platta på sand.

Fig. 10 b. Kontroll av β . Platta på sand.

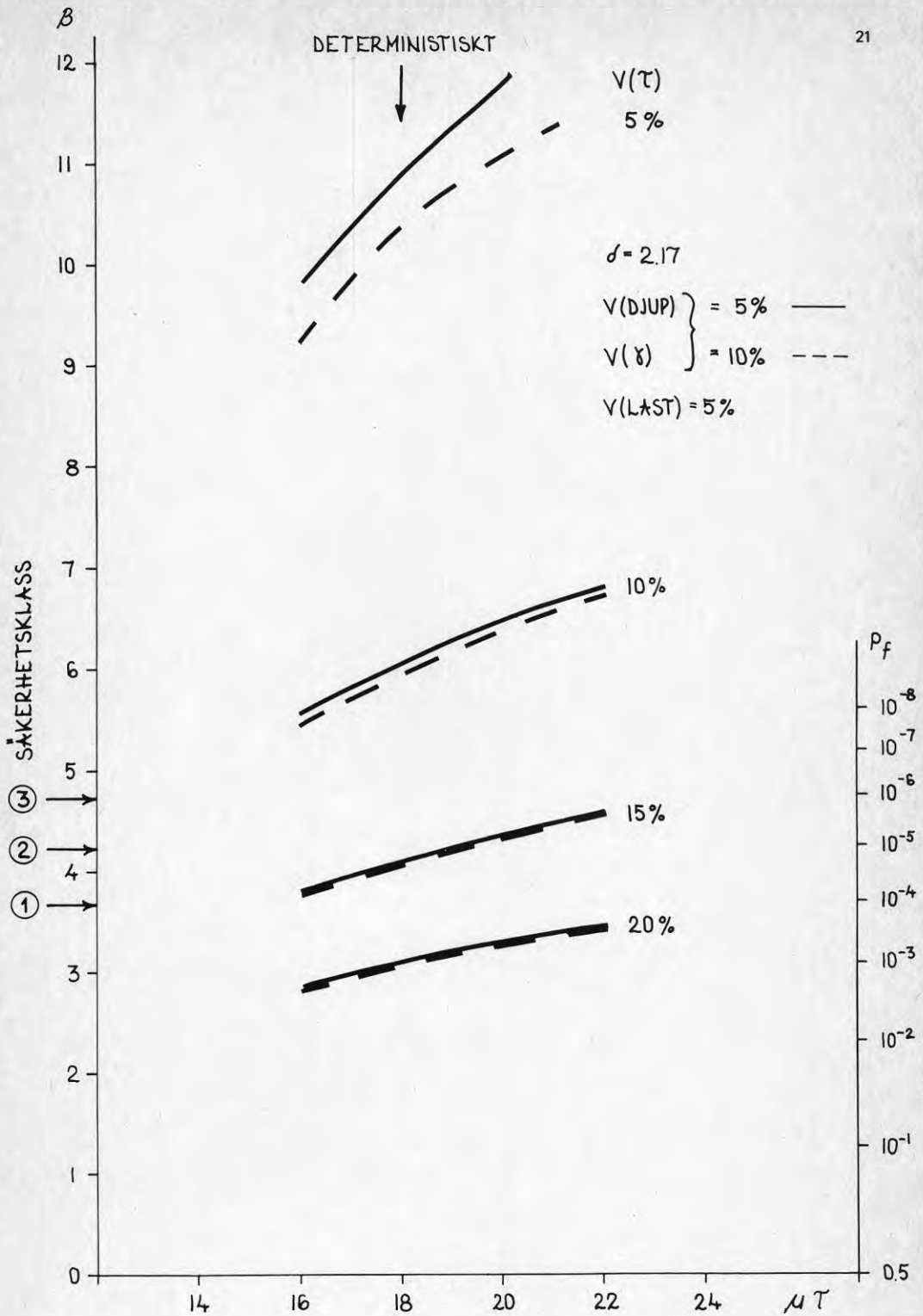


Fig. 11 a. Kontroll av β . Platta på lera.

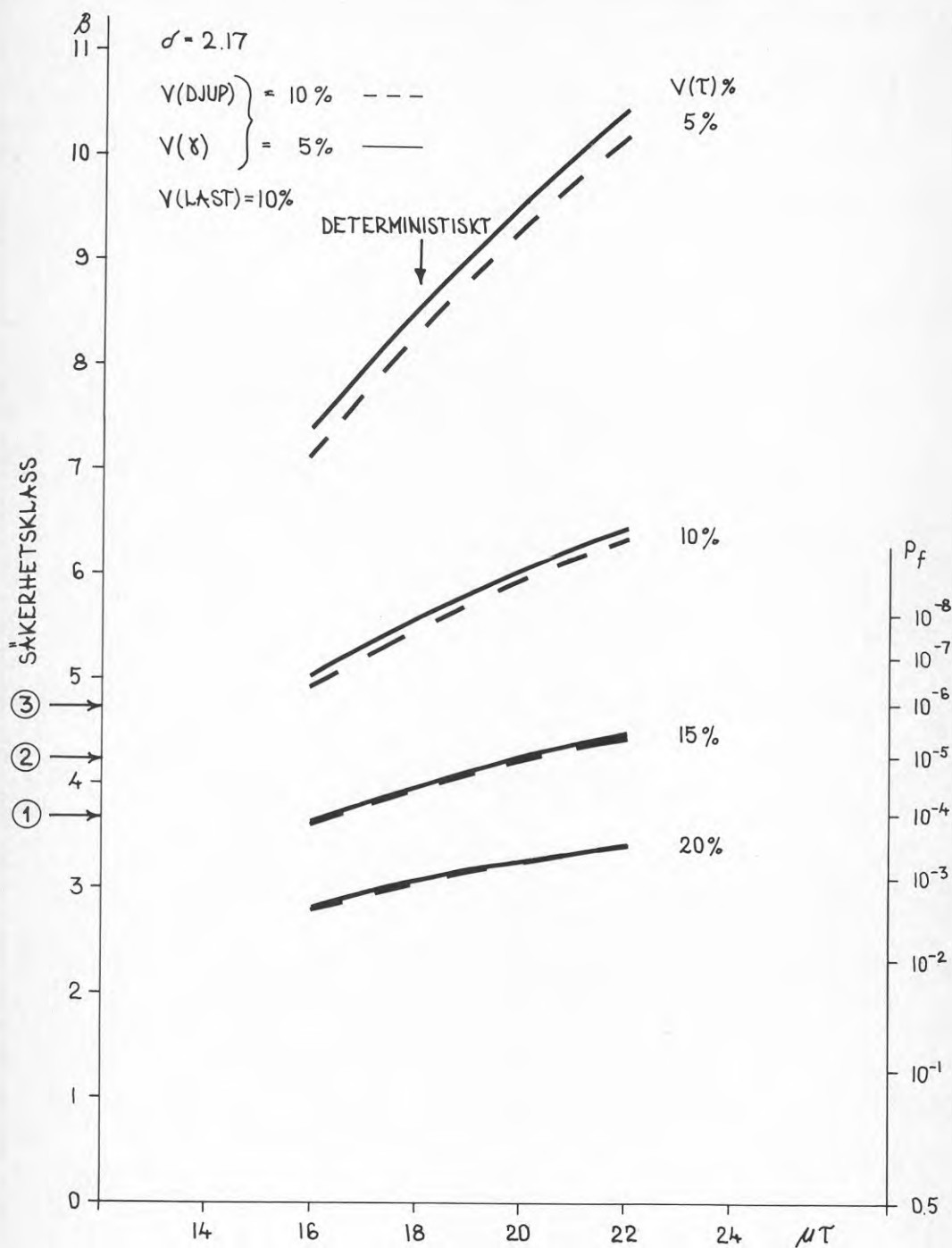


Fig. 11 b. Kontroll av β . Platta på lera.

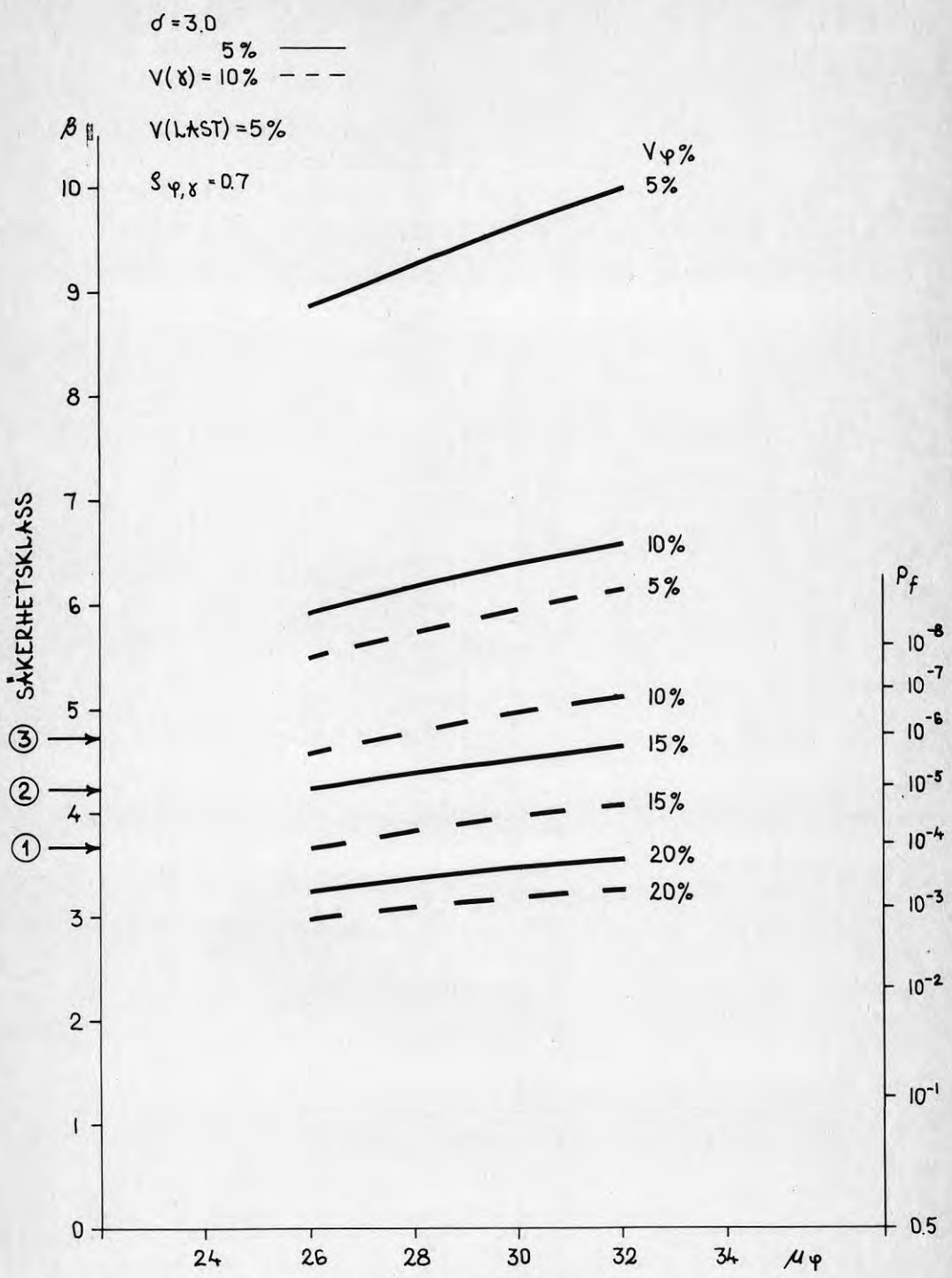


Fig. 12 a. Kontroll av β . Friktionspåle.

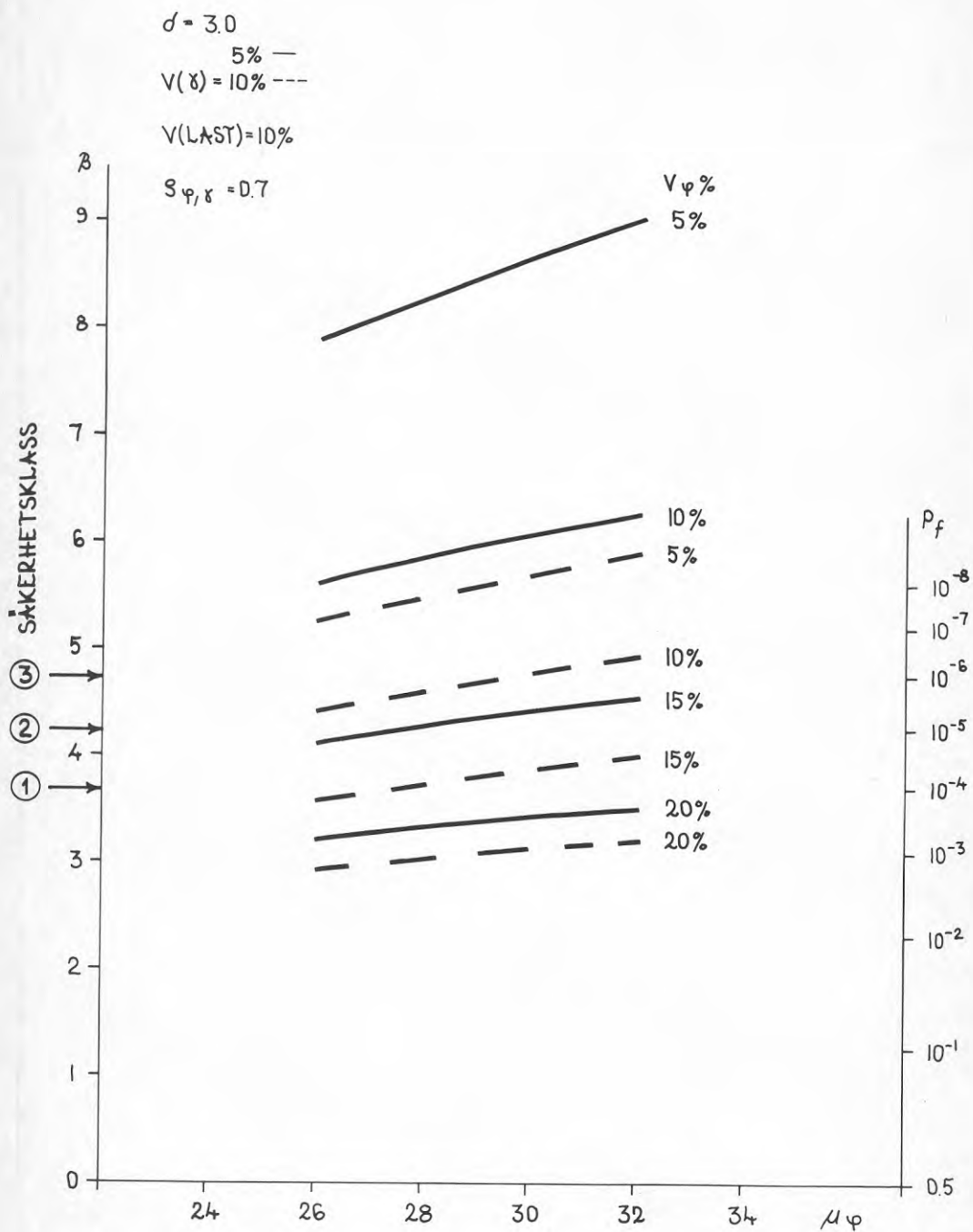


Fig. 12 b. Kontroll av β . Friktionspåle.

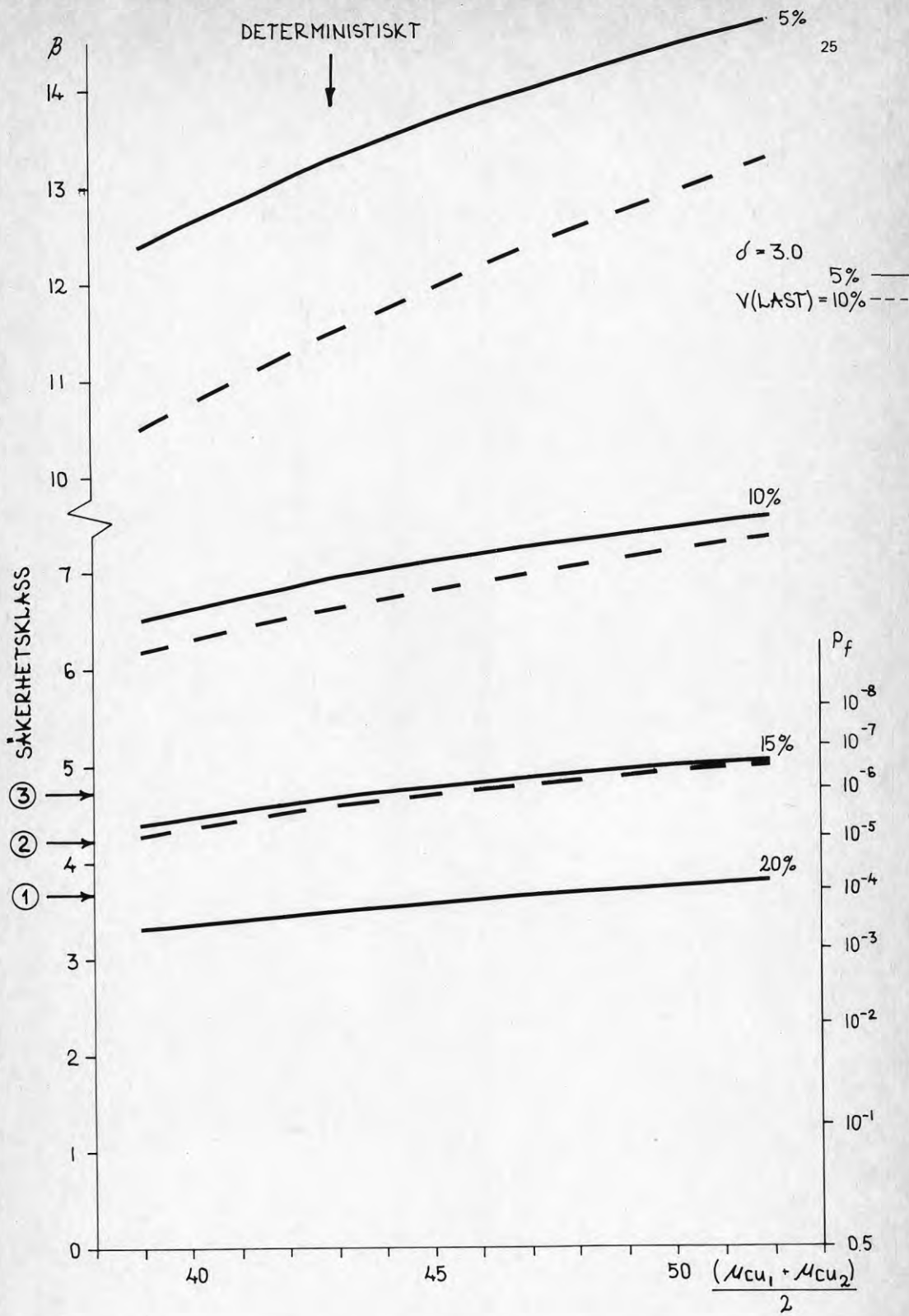


Fig. 13 Kontroll av β . Kohesionspåle.

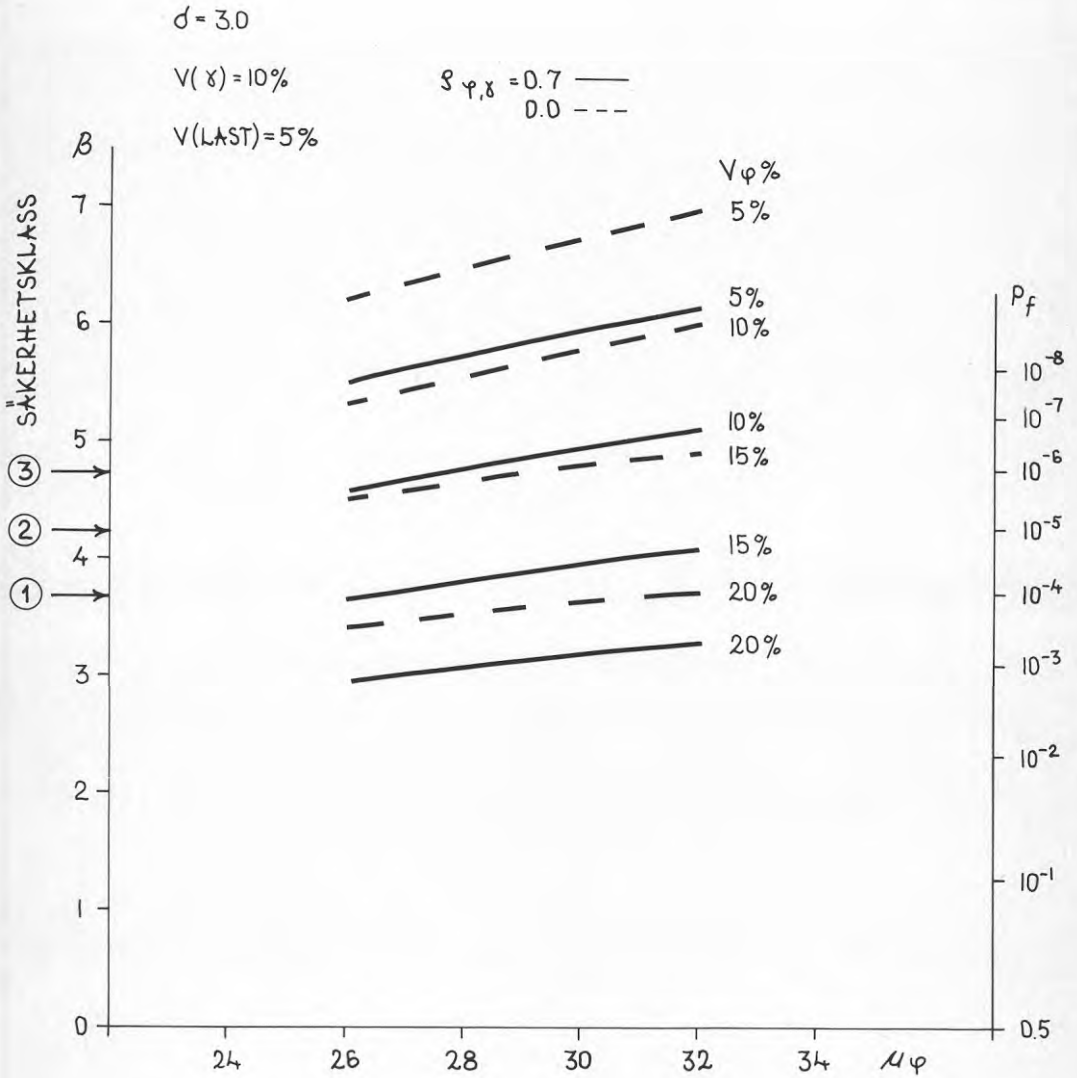


Fig. 14 Inverkan av korrelation mellan ρ och ϕ .
Friktionspåle.

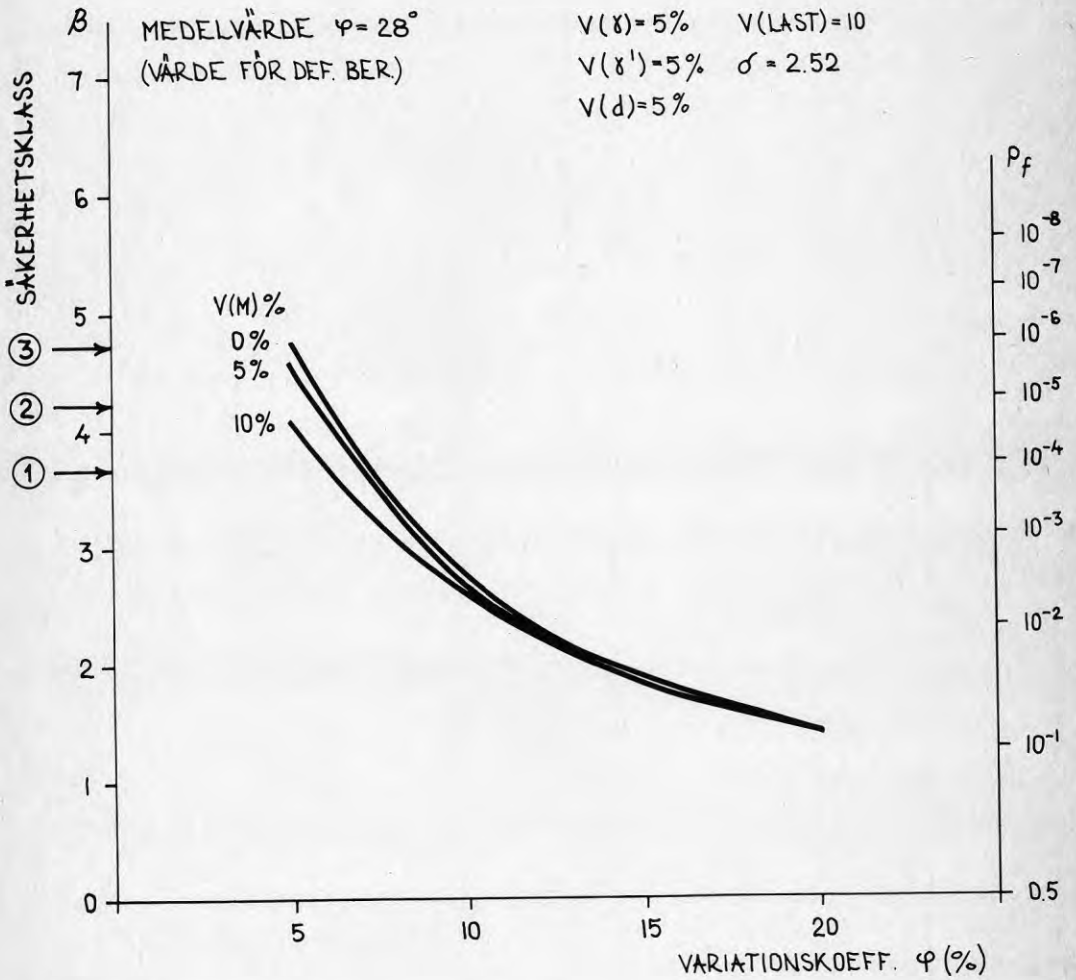


Fig. 15 Inverkan av modellfel. Platta på sand.

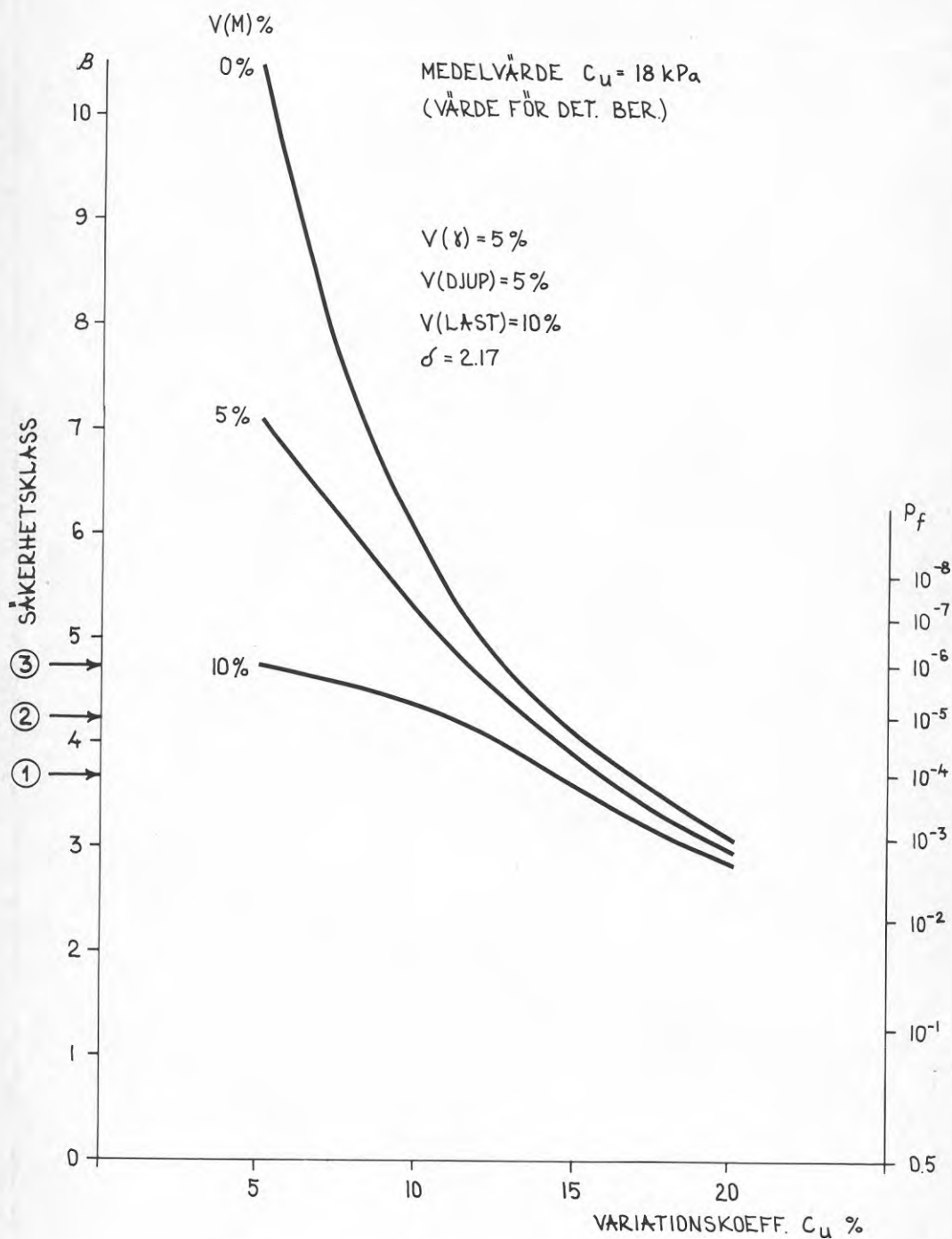
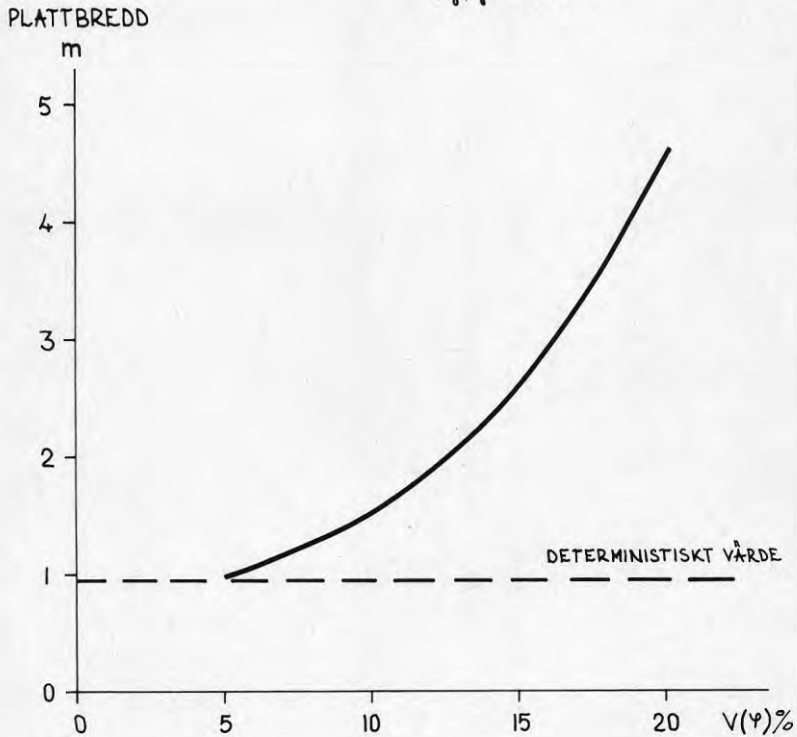


Fig. 16 Inverkan av modellfel. Platta på lera.

$$\begin{aligned} \mu_{\varphi} &= 28^{\circ} & \mu_{\gamma} &= 15 \text{ kN/m}^3 & V_{\gamma} &= 10\% \\ \beta_{\text{erf.}} &= 4.26 & \mu_{\gamma'} &= 9 \text{ kN/m}^3 & V_{\gamma'} &= 10\% \\ & & \mu_{\text{DJUP}} &= 1.0 \text{ m} & V_{\text{DJUP}} &= 10\% \\ & & \mu_{\text{LAST}} &= 100 \text{ kN/m} & V_{\text{LAST}} &= 5\% \\ & & S_{\gamma, \gamma'} &= 0.8 & & \end{aligned}$$



TEORETISKA PARTIALKOEFFICIENTER

$V(\varphi)\%$	γ_{φ}	γ_{γ}	$\gamma_{\gamma'}$	γ_d	γ_{LAST}	PLATTBREDD
5	1.17	1.30	1.25	1.23	1.04	0.97
10	1.62	1.16	1.14	1.13	1.03	1.54
15	2.56	1.10	1.09	1.09	1.02	2.59
20	5.84	1.07	1.06	1.07	1.02	4.58

Fig. 17 a. β -dimensionering av platta på sand.

$$\mu_{\varphi} = 28^{\circ}$$

$$\mu_{\gamma} = 15 \text{ kN/m}$$

$$V_{\gamma} = 10\%$$

$$\beta_{\text{crit.}} = 4.26$$

$$\mu_{\gamma'} = 9 \text{ kN/m}^3$$

$$V_{\gamma'} = 10\%$$

$$\mu_{\text{DJUP}} = 1.0 \text{ m}$$

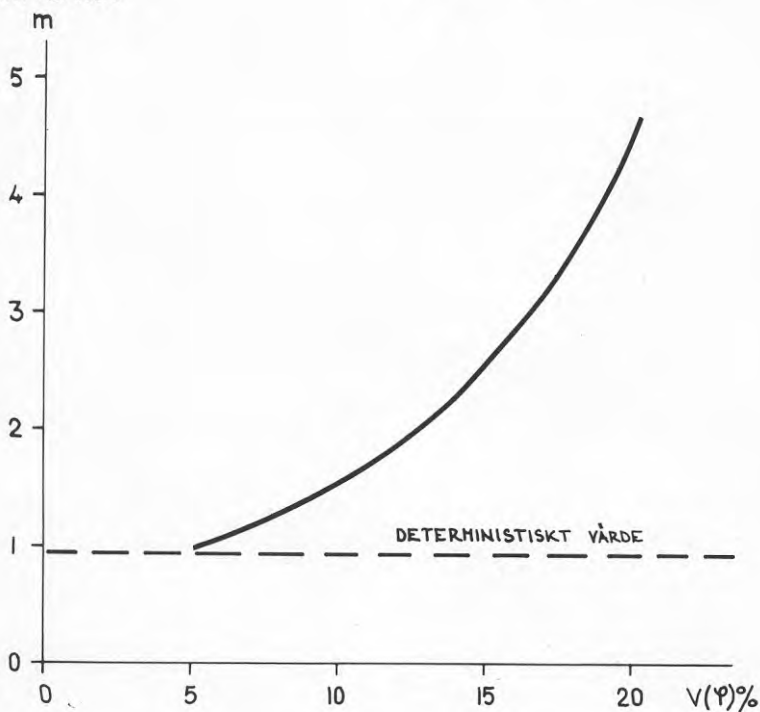
$$V_{\text{DJUP}} = 10\%$$

$$\mu_{\text{LAST}} = 100 \text{ kN/m}$$

$$V_{\text{LAST}} = 10\%$$

$$S_{\gamma, \gamma'} = 0.8$$

PLATTBREDD



V(φ)%	γ_{φ}	γ_{γ}	$\gamma_{\gamma'}$	γ_d	γ_{LAST}	PLATTBREDD
5	1.17	1.28	1.23	1.21	1.15	1.012
10	1.59	1.16	1.13	1.13	1.11	1.59
15	2.51	1.10	1.09	1.09	1.08	2.66
20	5.64	1.07	1.06	1.07	1.06	4.66

Fig. 17 b. β -dimensionering av platta på sand.

$$\beta_{\text{eff}} = 4.26$$

$$\mu_{\gamma} = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$V_{\gamma} = 5\%$$

$$\mu_{\tau} = 18 \text{ kPa}$$

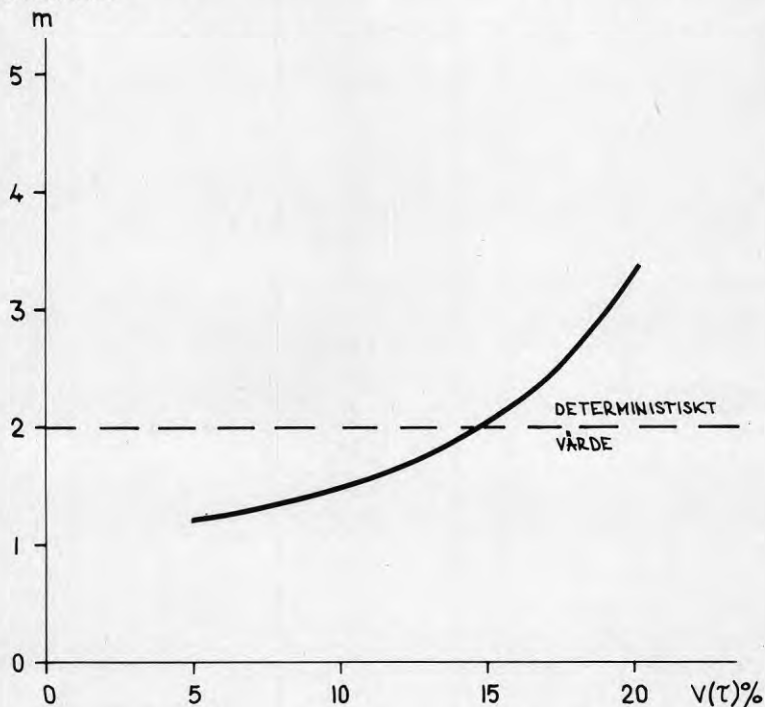
$$\mu_{\text{DJUP}} = 1.0 \text{ m}$$

$$V_{\text{DJUP}} = 5\%$$

$$\mu_{\text{LAST}} = 100 \text{ kN}$$

$$V_{\text{LAST}} = 5\%$$

PLATTBREDD



PARTIALKOEFFICIENTER $\tau_{\text{KAR.}} = \mu_{\tau}$

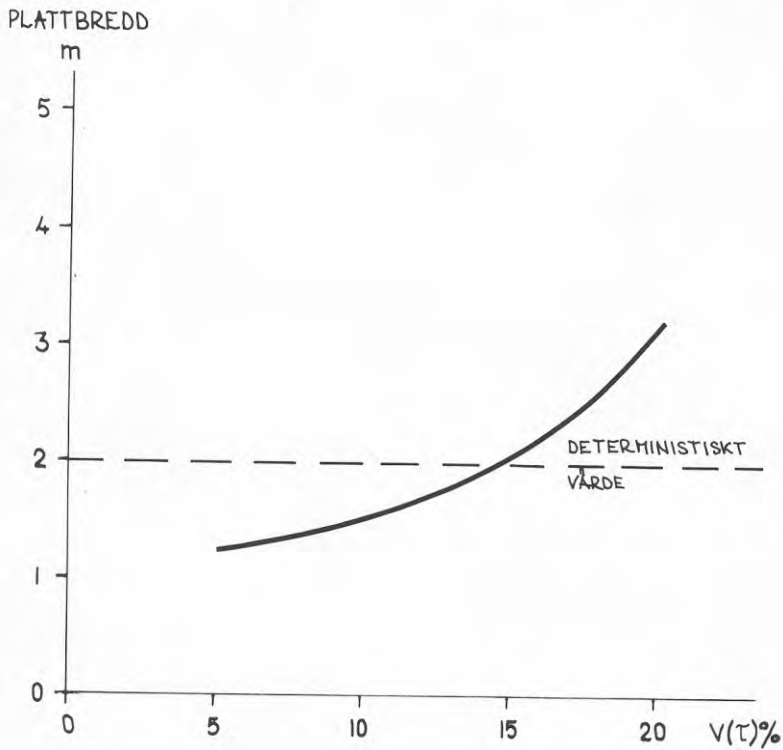
$V(\tau)\%$	δ_{τ}	δ_{γ}	δ_{DJUP}	δ_{LAST}
5	1.19	1.03	1.03	1.14
10	1.66	1.02	1.02	1.07
15	2.69	1.01	1.01	1.04
20	6.55	1.01	1.01	1.02

Fig. 18 a. β -dimensionering av platta på lera.

$$\beta_{\text{eff}} = 4.26 \quad \mu_{\gamma} = 16 \text{ kN/m}^3 \quad V_{\gamma} = 10\%$$

$$\mu_{\tau} = 18 \text{ kPa} \quad \mu_{\text{DJUP}} = 1.0 \text{ m} \quad V_{\text{DJUP}} = 10\%$$

$$\mu_{\text{LAST}} = 100 \text{ kN} \quad V_{\text{LAST}} = 5\%$$



PARTIALKOEFFICIENTER $\tau_{\text{KAR.}} = \mu_{\tau}$

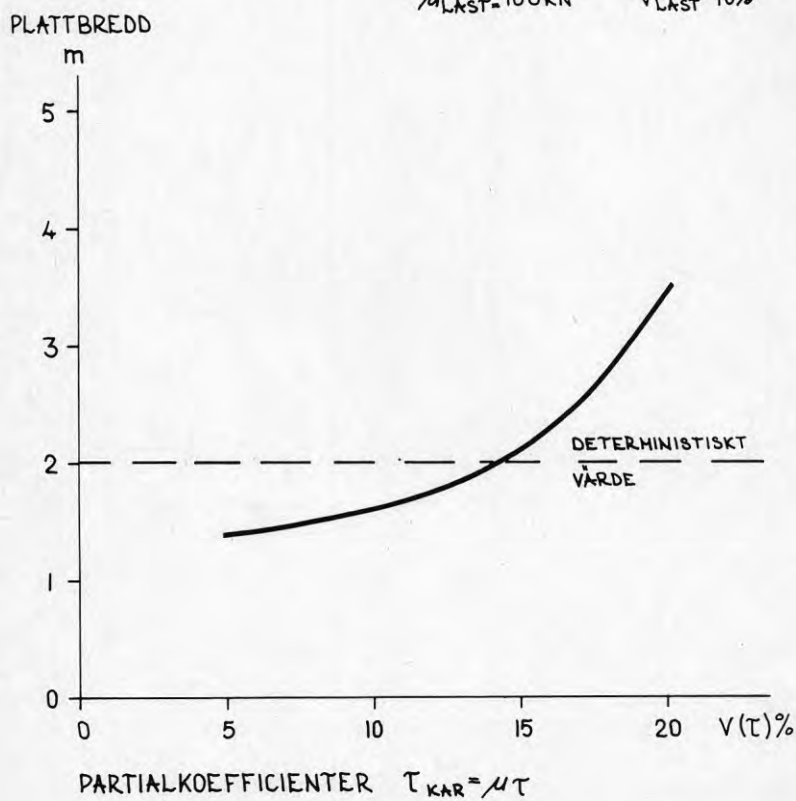
V(τ)%	δ_{τ}	δ_{γ}	δ_{DJUP}	δ_{LAST}
5	1.18	1.11	1.11	1.13
10	1.65	1.07	1.07	1.07
15	2.65	1.05	1.05	1.04
20	6.42	1.04	1.04	1.02

Fig. 18 b. β -dimensionering av platta på lera.

$$\beta_{\text{eff}} = 4.26 \quad \mu_{\gamma} = 16 \text{ kN/m}^3 \quad V_{\gamma} = 5\%$$

$$\mu_{\tau} = 18 \text{ kPa} \quad \mu_{\text{DJUP}} = 1.0 \text{ m} \quad V_{\text{DJUP}} = 5\%$$

$$\mu_{\text{LAST}} = 100 \text{ kN} \quad V_{\text{LAST}} = 10\%$$



$V(\tau)\%$	δ_{τ}	δ_{γ}	δ_{DJUP}	δ_{LAST}
5	1.13	1.02	1.02	1.36
10	1.55	1.02	1.02	1.23
15	2.53	1.01	1.01	1.13
20	6.29	1.01	1.01	1.07

Fig. 18 c. β -dimensionering av platta på lera.

$$\beta_{\text{eff}} = 4.26$$

$$\mu_{\gamma} = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$V_{\gamma} = 10\%$$

$$\mu_{\tau} = 18 \text{ kPa}$$

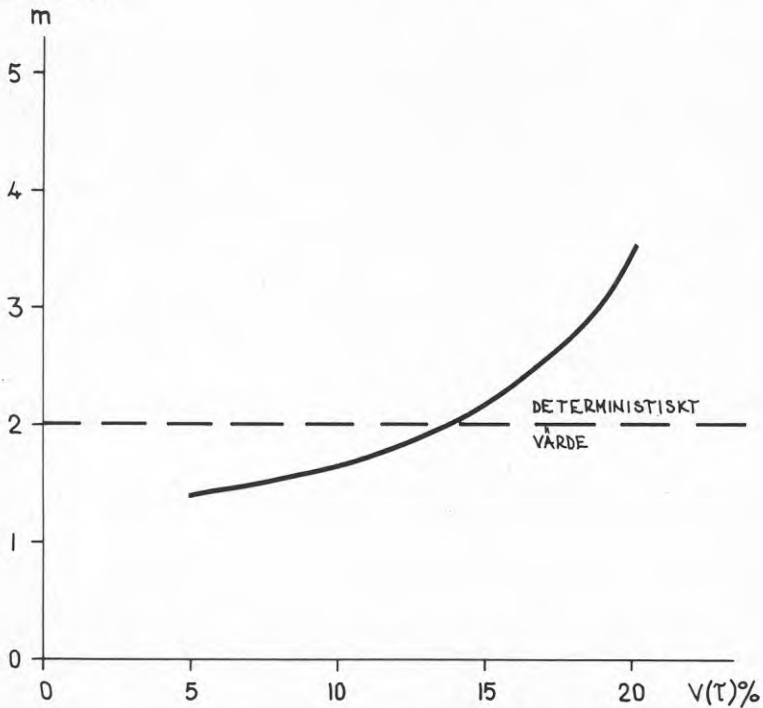
$$\mu_{\text{DJUP}} = 1.0 \text{ m}$$

$$V_{\text{DJUP}} = 10\%$$

$$\mu_{\text{LAST}} = 100 \text{ kN}$$

$$V_{\text{LAST}} = 10\%$$

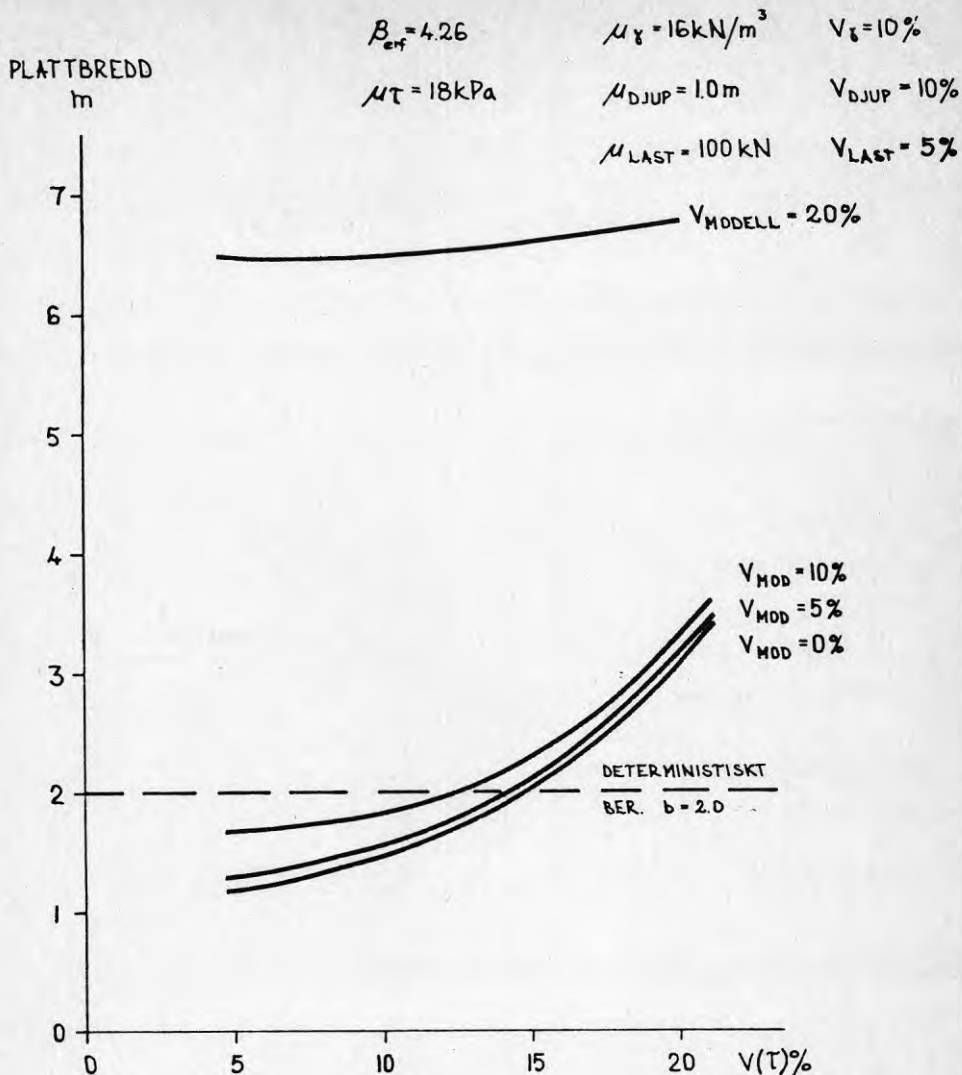
PLATTBREDD



PARTIALKOEFFICIENTER $\tau_{\text{KAR}} = \mu_{\tau}$

$V(\tau)\%$	δ_{τ}	δ_{γ}	δ_{DJUP}	δ_{LAST}
5	1.13	1.08	1.08	1.35
10	1.54	1.06	1.06	1.23
15	2.49	1.05	1.05	1.13
20	6.19	1.04		1.06

Fig. 18 d. β -dimensionering av platta på lera.



TEORETISKA PARTIALKOEFFICIENTER

V_T	γ_T	γ_Y	γ_{djup}	γ_{last}	γ_{modell}	V_{modell}	Plattbredd
5	1.18	1.11	1.11	1.13	-	0	1.24
	1.13	1.08	1.08	1.11	1.16	5	1.34
	1.06	1.04	1.04	1.06	1.65	10	1.70
	1.01	1.01	1.07	1.01	6.78	20	6.34
10	1.65	1.07	1.07	1.07	-		1.52
	1.57	1.06	1.06	1.07	1.09		1.58
	1.32	1.04	1.04	1.05	1.58		1.85
	1.03	1.01	1.01	1.01	6.66		6.34
15	2.65	1.05	1.05	1.04	-		2.09
	2.58	1.05	1.05	1.04	1.04		2.13
	2.28	1.04	1.04	1.04	1.22		2.29
	1.07	1.01	1.01	1.01	6.59		6.49
20	6.42	1.04	1.04	1.02	-		3.47
	6.27	1.04	1.04	1.02	1.02		3.48
	5.92	1.04	1.04	1.02	1.08		3.60
	1.15	1.01	1.07	1.01	6.36		6.64

Fig.19 a. β -dimensionering av platta på lera. Modellfel.

$$\beta_{\text{eff}} = 4.26$$

$$\mu_{\gamma} = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$V_{\gamma} = 10\%$$

$$\mu_{\tau} = 18 \text{ kPa}$$

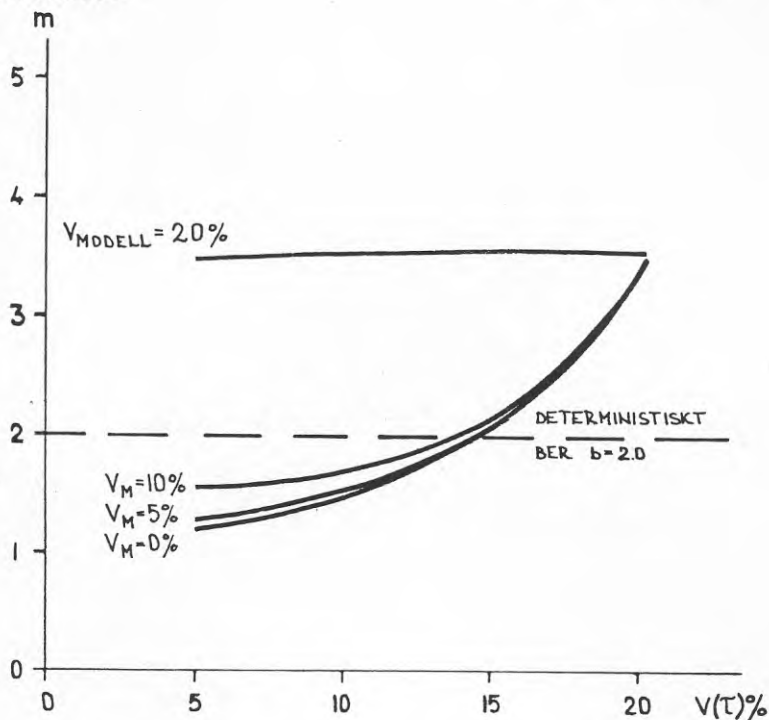
$$\mu_{\text{DJUP}} = 1.0 \text{ m}$$

$$V_{\text{DJUP}} = 10\%$$

$$\mu_{\text{LAST}} = 100 \text{ kN}$$

$$V_{\text{LAST}} = 5\%$$

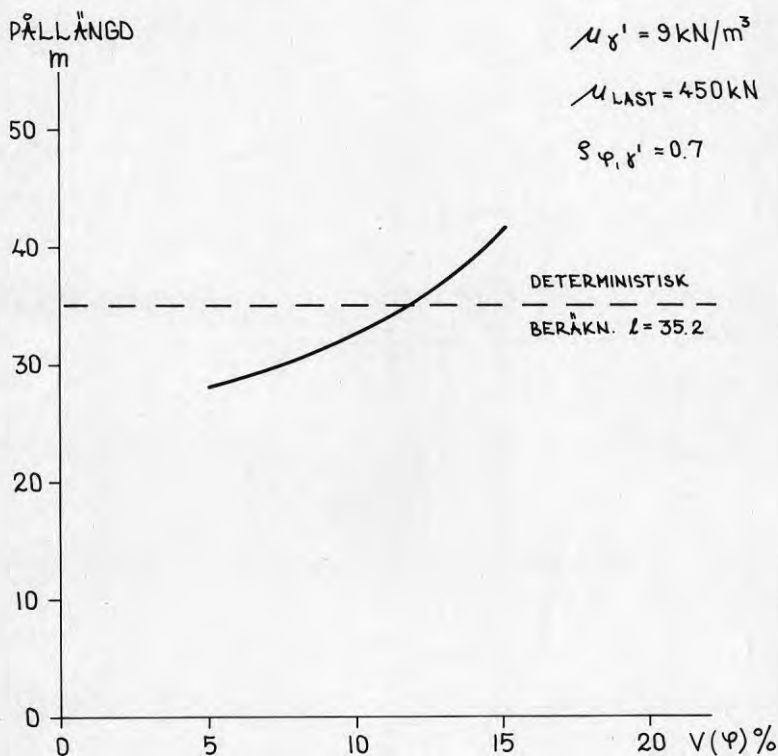
PLATTBREDD



TEORETISKA PARTIALKOEFFICIENTER

V %	γ_{τ}	γ_{γ}	γ_{djup}	γ_{last}	γ_{modell}	V_{modell} %	Plattbredd
5	1.18	1.11	1.11	1.13	-	0	1.24
	1.14	1.10	1.10	1.11	1.14	5	1.31
	1.07	1.07	1.07	1.07	1.60	10	1.56
	1.01	1.04	1.04	1.07	6.34	20	3.46
10	1.65	1.07	1.07	1.07	-		1.52
	1.60	1.07	1.07	1.07	1.07		1.56
	1.39	1.07	1.07	1.06	1.39		1.71
	1.04	1.04	1.04	1.02	6.28		3.49
15	2.65	1.05	1.05	1.04	-		2.09
	2.60	1.05	1.05	1.04	1.03		2.11
	2.45	1.05	1.05	1.04	1.14		2.18
	1.09	1.04	1.04	1.02	6.04		3.52
20	6.42	1.04	1.04	1.02	-		3.47
	6.33	1.04	1.04	1.02	1.01		3.46
	6.28	1.04	1.04	1.02	1.04		3.50
	2.42	1.06	1.06	1.03	2.42		3.43

Fig. 19 b. β -dimensionering av platta på lera. Modellfel i $(\pi + 2) \cdot \tau$.



EXAKTA PARTIALKOEFFICIENTER

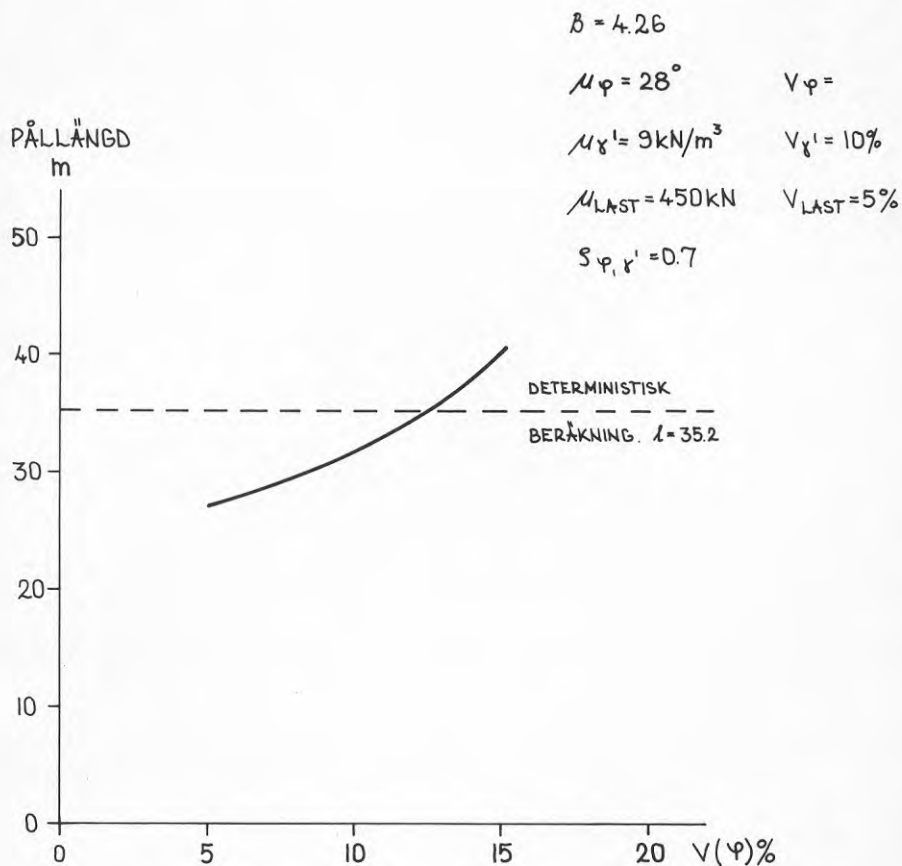
$V(\varphi)\%$	δ_{φ}	$\delta_{\gamma'}$	δ_{LAST}
5	1.19	1.63	1.17
10	1.57	1.61	1.13
15	2.53	1.56	1.09
20	—*	—*	—*

$$\varphi_{\text{KAR}} = \mu_{\varphi}$$

$$\varphi_{\text{KAR}} = \mu_{\varphi}$$

* ERF. PÅLLÄNGD SÅ STOR, ATT BÄRFÖRMÅGAN ENL. ANV. FORMEL MINSKAR MED ÖKANDE PÅLLÄNGD. $\beta = 4.26$ KAN EJ UPPNÅS

Fig. 20 a. β -dimensionering av friktionspåle.



EXAKTA PARTIALKOEFFICIENTER

$V(\varphi)\%$	δ_{φ}	$\delta_{\gamma'}$	δ_{LAST}
5	1.21	1.69	1.05
10	1.61	1.65	1.04
15	2.61	1.57	1.02
20	-*	-*	-*

ERF. PÅLLÄNGD SÅ STOR, ATT BÄRFÖRMÅGAN
ENL. ANV. FORMEL MINSKAR MED ÖKANDE
PÅLLÄNGD. $\beta = 4.26$ KAN EJ UPPNÅS.

Fig. 20 b. β -dimensionering av friktionspåle.

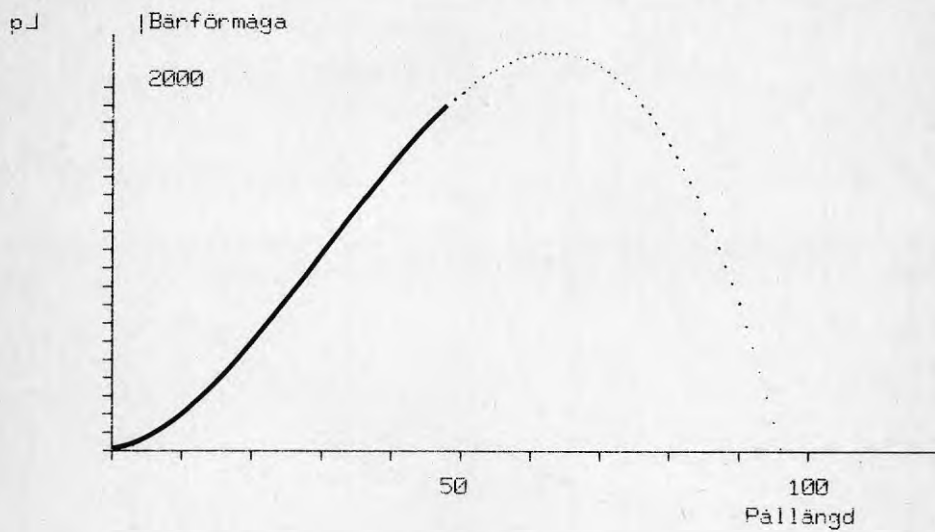
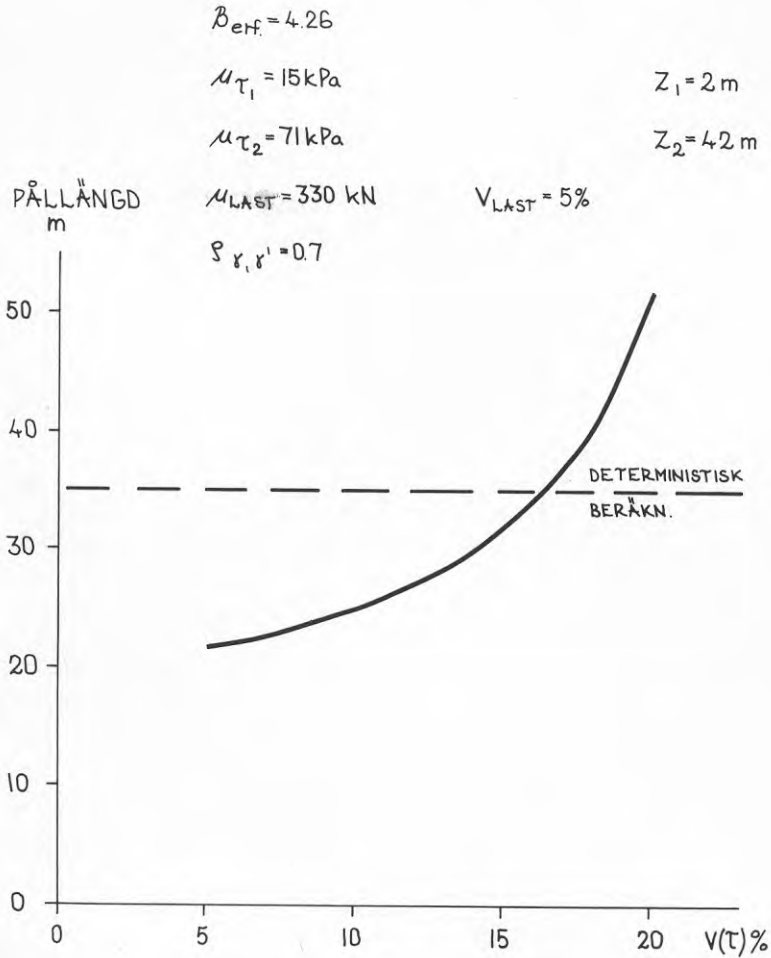


Fig. 21. Friktionspålens teoretiska bärförmåga vid ökande pållängd.



EXAKTA PARTIALKOEFFICIENTER $\tau_{\text{KAR}} = \mu \tau$

$V(\tau)\%$	δ_{τ_1}	δ_{τ_2}	δ_{LAST}
5	1.17	1.19	1.13
10	1.53	1.65	1.06
15	2.07	2.64	1.03
20	2.78	6.61	1.01

Fig. 22 a. β -dimensionering av kohesionspåle.

$$\beta = 4.26$$

$$\mu_{\tau_1} = 15 \text{ kPa}$$

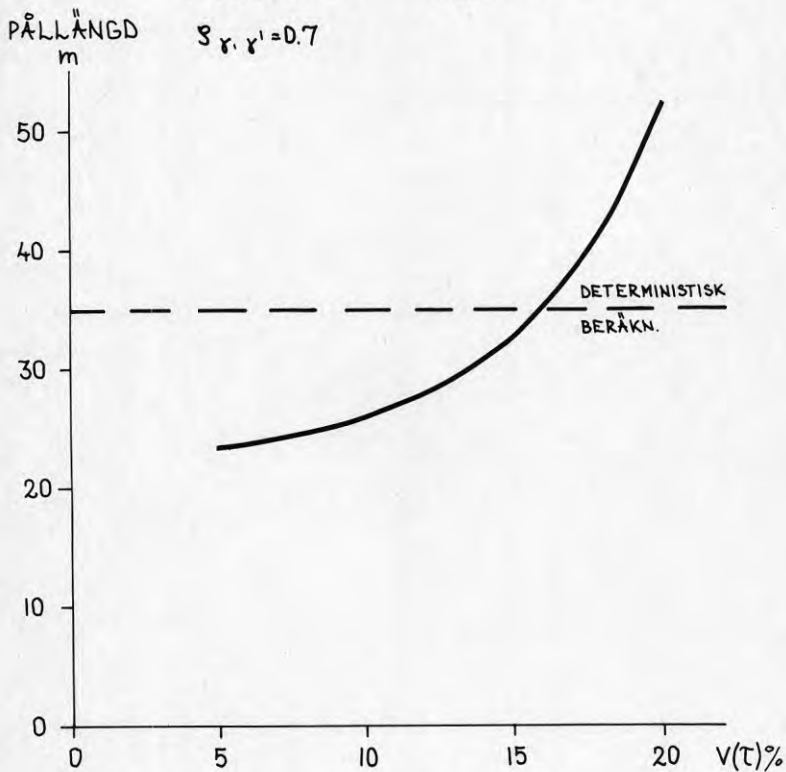
$$Z_1 = 2 \text{ m}$$

$$\mu_{\tau_2} = 71 \text{ kPa}$$

$$Z_2 = 42 \text{ m}$$

$$\mu_{\text{LAST}} = 330 \text{ kN} \quad V_{\text{LAST}} = 10\%$$

$$\gamma, \gamma' = 0.7$$



EXAKTA PARTIALKOEFFICIENTER $\tau_{\text{KAR}} = \mu_{\tau}$

$V(\tau)\%$	δ_{τ_1}	δ_{τ_2}	δ_{LAST}
5	1.12	1.14	1.35
10	1.46	1.56	1.21
15	2.02	2.56	1.11
20	2.76	6.50	1.04

Fig. 22 b. β -dimensionering av kohesionspåle.

4 SAMMANFATTNING. REKOMMENDATIONER

De gjorda beräkningarna utgör inte någon fullständig analys av problemställningarna vid valet av storlek på partialkoefficienter för bruk i en norm. Vissa väsentliga slutsatser kan dock dras:

- Variablernas osäkerhet (variationskoefficient) är av mycket stor betydelse.
- Med variationskoefficienter av den storleksordning som anges i litteraturen och med de säkerhetsindex som krävs i byggnormen måste ofta dagens konstruktioner göras större.
- Fasta värden på partialkoefficienterna skulle ge konstruktioner med varierande storlek, beroende på typ av konstruktion.
- Modellosäkerheten har en stor inverkan.

För att i viss mån komma till rätta med dessa problem och ändå behålla partialkoefficientmetodens enkelhet bör följande krav uppfyllas:

- Partialkoefficienterna bör på något sätt vara en funktion av osäkerheten i indata.
- Möjligheterna att utnyttja variansreduktion bör undersökas.
- All information som kan minska osäkerheten, t ex lokal erfarenhet, bör utnyttjas.
- Modellosäkerheten bör utredas för olika typer av konstruktioner.
- Möjligheten att ha olika partialkoefficienter för olika konstruktioner bör övervägas.
- Användandet av empiriska partialkoefficienter kan vara förenat med risk för understarka konstruktioner. Ytterligare utredning krävs.

Viktigast är dock att ytterligare erfarenhet fås. Därför bör partialkoefficientmetoden först införas under en provperiod. Under denna bör beräkningar enligt konventionella metoder jämföras med beräkningar gjorda med statistiska metoder. Vid dessa bör hänsyn tas till ovan angivna faktorer som modellosäkerhet, variansreduktion, erfarenhet osv.

Som allmän norm bör under denna period gälla den konventionella metoden med den noggranna metoden som tillåtet alternativ.

Samtidigt och på bas av detta arbete tas relevanta partialkoefficienter fram för att senare kunna normeras.

5 LITTERATUR

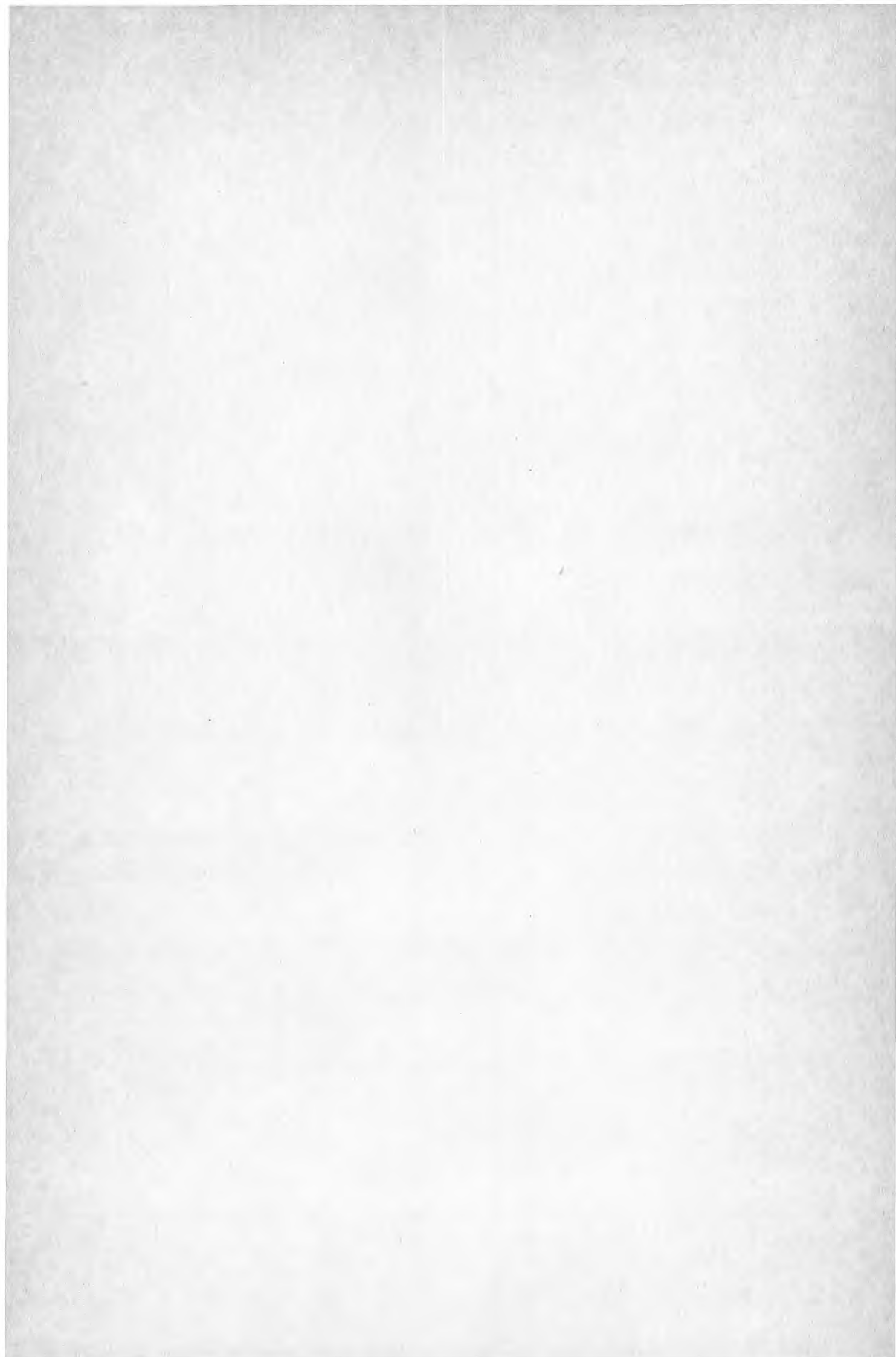
Bengtsson, P E, Berggren, B, Olsson, L, Stille, H, 1984, Geoteknik och statistik (BFR-projekt 810430-4), del 2 (1983), del 3 (1984), SGI, Linköping.

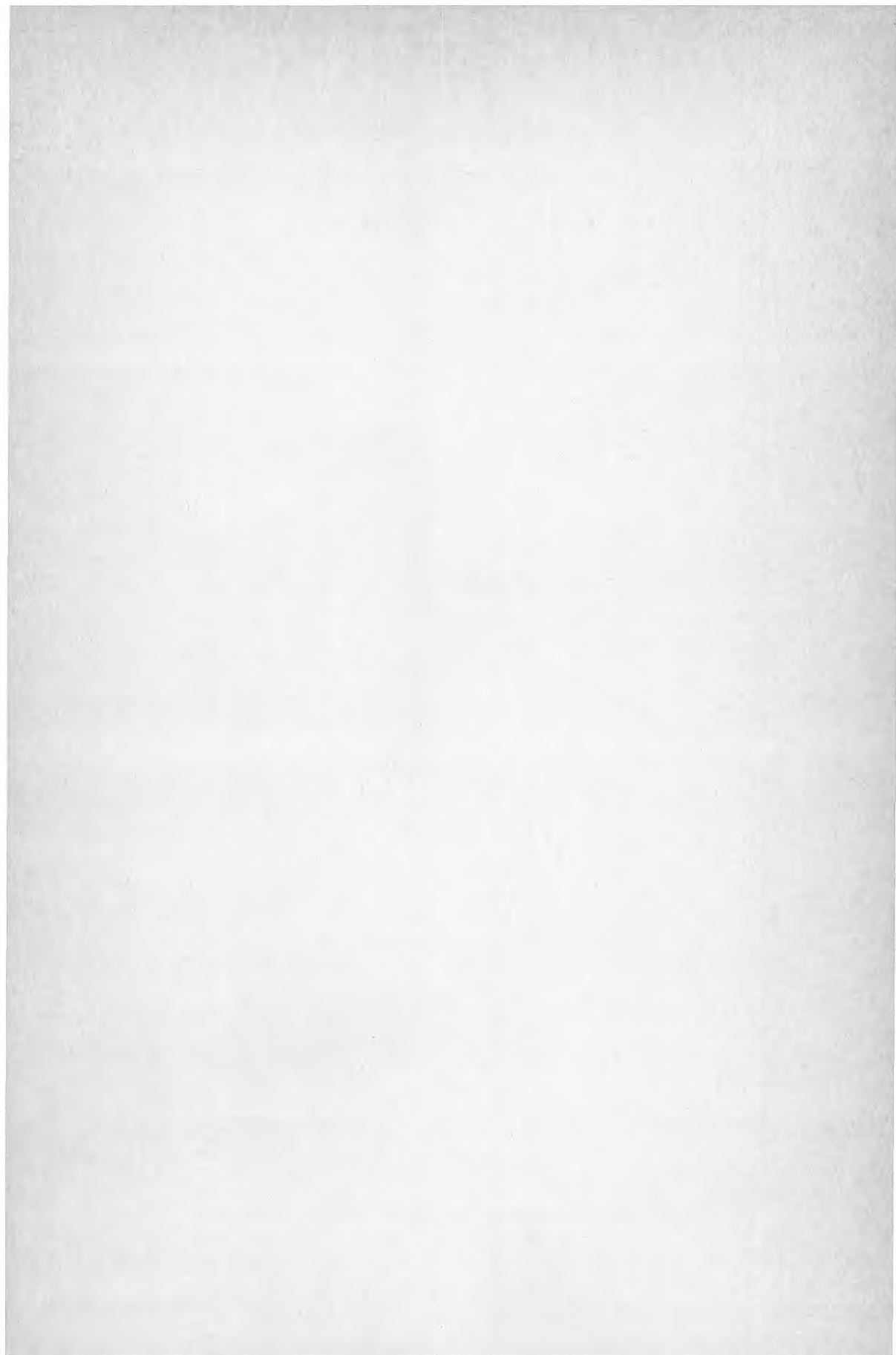
Olsson, L, Bengtsson, P E, Berggren, B, Stille, H, 1984, Variansreduktionens betydelse. NGM-84, Nordiska Geoteknikermötet, Linköping, Juni 1984, Vol. 1, s. 255-263.

Olsson, L & Stille, H, 1979, Geoteknisk riskbedömning. Etapp 1: Statistiska metoder tillämpade på svensk geoteknik (Statens råd för byggnadsforskning) R 126:1979. Stockholm.

Olsson, L, Stille, H, 1984, Partialkoefficientmetoden i geotekniken. Teoretisk grund. Byggnadsforskningsrådet, Rapport R52:1984, Stockholm, 85 s.

Thoft-Christensen, P & Baker, M J, 1982, Structural Reliability and Its Application, Springer-Verlag.





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830236-4
från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen
för jord- och bergmekanik, KTH, Stockholm.**

R45: 1985

ISBN 91-540-4364-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705045

**Abonnemangsgrupp:
V. Anläggningsteknik**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 30 kr exkl moms