



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

R60:1978

Grundförstärkningen av gamla hus

**Undersökning av nedpressade
betongpålars verkningsätt i
åsmaterial**

**Per Olof Sahlström
Bengt Bergvall**

Byggforskningen

R60:78

GRUNDFÖRSTÄRKNINGEN AV GAMLA HUS

Undersökning av nedpressade betongpålars
verkningsätt i åsmaterial

Bengt Bergvall
Sven Hultsjö
Per Olof Sahlström
Rudolf Thelander

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 730238-4 från
Statens råd för byggnadsforskning till Hagconsult AB, Stockholm.

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

Nyckelord

äldre byggnader
grundförstärkning
tryckpålar
friktionspålar
långtidsegenskaper
sättningar
provpålning
fullskaleförsök
metodutveckling

UDK 624.154:531.223
69.059.32

R60:78

ISBN 91-540-2890-6
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

GRUNDFÖRSTÄRKNING AV GAMLA HUS

Undersökning av nedpressade betongpålars
verkningsätt i äsmaterial

Bengt Bergvall
Sven Hultsjö
Per Olof Sahlström
Rudolf Thelander

Denna rapport hänför sig till forskningsprojektet "Grundförstärkningens tillförlitlighet vid bevarande av äldre byggnadsverk samt förslag till förbättrade metoder". Anslag 730238-4 från Statens råd för byggnadsforskning till Hagconsult AB, Stockholm.

Förord

Att bevara den äldre bebyggelsen i våra städer anses i dag vara en väsentlig uppgift. Sjunkande grundvattenytter har i många fall givit ohjälpliga rötskador på de äldre byggnadernas grundläggning av träpålar och trärustbäddar. I många fall måste därför renovering av äldre byggnader föregås av grundförstärkning. Denna utföres oftast med betongpålar som pressas ned med domkrafter.

I några fall har man kunnat konstatera att grundförstärkta hus fortsatt att röra sig, framförallt i samband med grundläggningsarbeten på angränsande tomter.

Då en grundförstärkning av en byggnad är en investering av storleken 2-5 miljoner kronor framstår det som utomordentligt angeläget att grundförstärkningsmetoderna utvecklas så att de blir helt tillförlitliga.

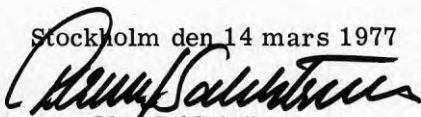
För att studera dessa frågor bildades på initiativ av civilingenjör Sven Tyrén en forskningsgrupp bestående av civilingenjörerna Bengt Bergvall, Byggnadsstyrelsen, Rudolf Thelander, Sven Tyrén AB samt Sven Hultsjö och Per Olof Sahlström, Hagconsult AB.

Forskningsgruppen har med anslag från BFR studerat nedpressade pålars verknings sätt i åsmaterial vid praktiska försök i kv. Uttern i Stockholm.

Resultaten av dessa försök anger efter vilka vägar man kan utveckla förbättrade metoder för grundförstärkning av byggnader.

Det är vår förhoppning att det påbörjade forskningsarbetet skall kunna fullföljas fram till helt tillförlitliga metoder för grundförstärkning av äldre byggnader.

Stockholm den 14 mars 1977



Per Olof Sahlström

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND	5
2	NEDPRESSADE BETONGPÅLAR	7
3	ÅSMATERIAL	9
3.1	Lagringstäthet	10
4	FORSKNINGSLOKALEN	12
5	GEOLOGISK-GEOTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR	13
6	PROVNINGSUTRUSTNING	16
7	PROVPÅLNING	18
7.1	Provpålningsprogram	18
7.2	Resultat	21
8	UNDERSÖKNING AV METODER ATT FÖRBÄTTRA PÅLARNAS NEDTRÄNG- NINGSFÖRMÅGA	23
9	DISKUSSION AV RESULTATEN	25
	Bilaga 1 - 5	29-47

1 BAKGRUND

Det förekommer ofta att byggnaders ursprungliga grundläggningar efter en tid ej längre fungerar som avsetts. Orsaken kan vara ändrade betingelser, t. ex. grundvattensänkning som ger rötangrepp i träpålar eller djup nybyggnad på en angränsande tomt. Om byggnaden skall bevaras måste den i så fall grundförstärkas. Den vanligaste metoden, i vart fall vad beträffar tyngre byggnader, är hydraulisk nedpressning av skarvade betongpålelement. Sedan metoden introducerades i Sverige på 1930-talet har tusentals byggnader grundförstärkts på detta sätt. De senare årens önskan att bygga djupt i kombination med en stark önskan att bevara stadsmiljöer medför att allt fler hus kommer att behöva grundförstärkas.

I ett antal fall har sättningar uppstått i byggnader som grundförstärkts med nedpressade pålar. Problemet synes vara begränsat till de fall där undergrunden utgörs av åsmaterial.

Syftet med denna undersökning har varit att dels söka klarlägga verknings sättet för nedpressade pålar i åsmaterial och dels anvisa vägar för utveckling av modifierade eller nya grundförstärkningsmetoder.

Forskningen har huvudsakligen bedrivits med fullskaleförsök på provpålar i kvarteret Uttern i Stockholms centrum. Byggnaden, som inrymmer Akademien för de fria konsterna, ägs och förvaltas av Byggnadsstyrelsen, KBS. Forskningen har letts av en grupp med representanter från Hagconsult AB, KBS och Sven Tyrén AB. Hagconsult AB har utfört de praktiska försöken.

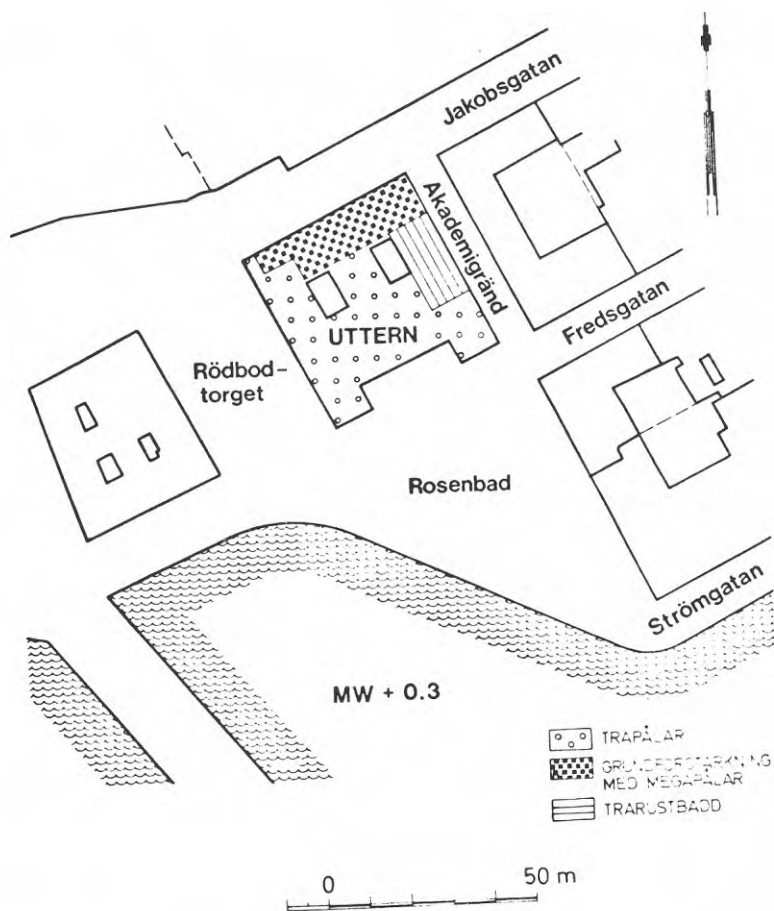


FIG. 1. Karta visande Konstakademien i kv. Uttern i Södra Klara i Stockholm.

2 NEDPRESSADE BETONGPÅLAR

Principen vid grundförstärkning med nedpressade betongpålar, eller tryckpålar som de vanligen kallas, är att korta (mindre än en meter) pålelement av betong pressas ned i marken med hjälp av hydrauliska domkrafter, varvid den befintliga byggnaden används som mothåll. Sedan ett element neddrivits skarvas ett nytt på tills dess pålen ej kan tryckas vidare. Tryckpålen kan, beroende på markförhållandena, föras med olika typer av pålskor.

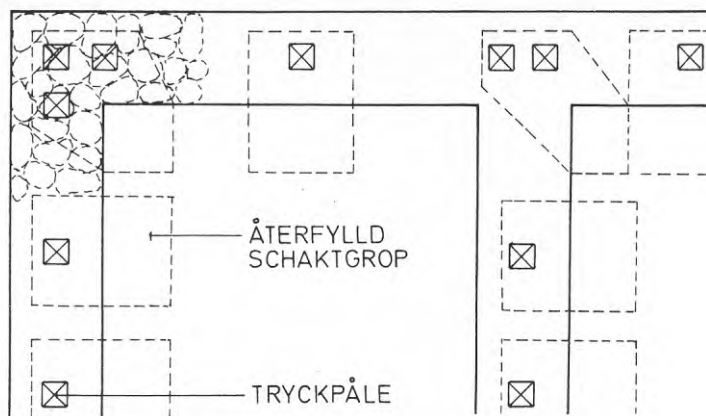
Anslutningen av pålarna till byggnadsstommen sker vanligen endera genom att pålarna trycks från gropar under grundmurarna och ansluts direkt till dessa, eller genom att utföra någon form av nytt bärverk, t. ex. en betongplatta, under byggnaden och dess grundmurar och ansluta pålarna till detta. Särskilt i det förra fallet brukar pålarna anslutas till byggnaden förbelastade till nyttig last.

Nedpressade pålar skiljer sig således högst avsevärt från slagna pålar, vilket innebär att gällande pålnormer (SBN 1975) ej är tillämpliga. Detta gäller särskilt vad beträffar frågor som hur pålstopp skall bestämmas, samband mellan stoppkriterium och bärighet - tillåten last etc.

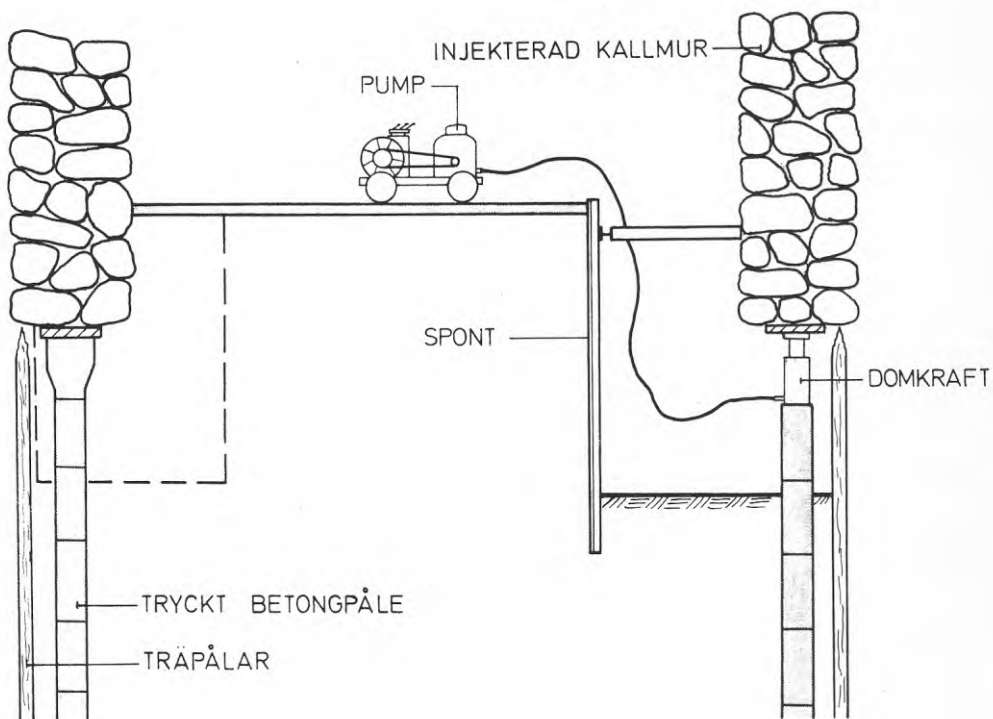
Normalt brukar tryckpålar utnyttjas till halva den last de på något sätt stopptryckts för. Med hänsyn till att en gammal byggnad används som mothåll, erhålles vanligen brukslasten mellan 300 och 600 kN.

Stopptryckningssätten och stoppkriterierna har varierat och varierar. De fastställs oftast i samråd mellan Byggnadsnämnden och berörda konsulter och entreprenörer.

Man har i vissa fall, särskilt under tidigare år, valt statisk långtidsbelastning av pålarna med krav på begränsad sjunkning. Härvid belastas pålen till 120-150 % av brukslasten och den uppkomna deformationen mätes under 1 dygn eller längre tid.



PLAN



SEKTION

FIG. 2. Tryckpålar under grundmurar.

Ett annat och nyare sätt är en metod liknande stoppslagningen av slagpålar, där man belastar pålarna med snabba serier av växlingar mellan 0 och avsedd max. last, med krav på begränsad sjunkning.

Dessa stopptryckningskrav speglar skilda synsätt på pålens verkningssätt, varför det är angeläget att detta klarläggs. Intill dess detta skett är det också väsentligt att dagens rutin med provbelastning av en viss del av pålarna för ett projekt bibehålls som kontroll av att det valda stoppkriteriet är lämpligt med hänsyn både till grundförhållanden och byggnadens kondition.

3 ÅSMATERIAL

Grusåsarna var naturliga lokaler för tidiga stadsbildningar då de erbjöd fast byggnadsmark, enkla landtransporter och god tillgång på vatten. Vid städernas expansion utnyttjades sedermera även åsarnas lertäckta randområden för bebyggelse. Grundläggning av tyngre byggnader fordrade här träpålar eller trärustbäddar, vilka för sitt goda bestånd är beroende av en stabil grundvattenyta. Grundvattensänkningar har senare medfört att många av dessa trägrunder exponerats för luften och börjat ruttna. För dessa byggnader har därför grundförstärkning med tryckpålar erfordrats. Dessa pålar trycks genom den lösa leran till stopp i underliggande friktionsjord som ofta består av åsmaterial.

Grusåsar är heterogena i sin uppbyggnad med materiallager med starkt varierande kornstorlek och lagringstäthet. Åsen har bildats genom en serie årskullar, som mer eller mindre ränger ihop. Inlandsisens avsmältning gick ryckvis beroende på årstidsväxlingar (i Stockholmstrakten ungefär 250 m/år). På detta förhållande baserar sig lervarvskronologin och den däri ingående glacialleran är det mest distala sedimentet till isälvarna. Denna periodicitet kan även iakttagas under gynn samma förhållanden i rullstensåsens topografi. Då isälvsintensiteten varit låg under vintern sökte sig älven ofta ett nytt

lopp, i Stockholmsområdet företrädesvis mot väster, vilket kallas för att åsen kastar, t. ex. vid Johannes kyrka, där det gamla åsavsnittet tar slut och det nya börjar med Observatoriekullen.

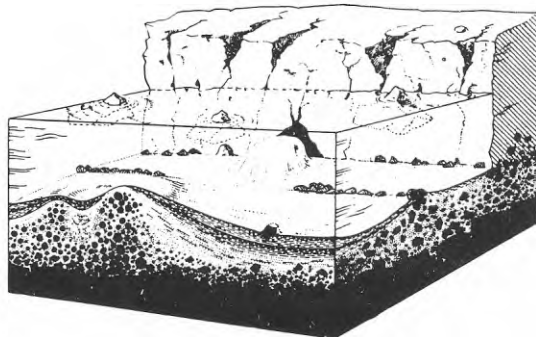


FIG. 3. Blockdiagram visande iskantens förskjutning bakåt under 2 år (svart = fast berg; svarta, kantiga partier + prickar = morän; do med runda prickar = isälvsgrus; korta streck = varvig lera). Isen utmynnar i havet, i vilket tre isberg flyter; framför isen syns två blockrader - ändmoräner - och utanför tunneln mitt på isbräckan är en rullstensås uppbyggd (jfr FIG. 4). Efter E. Granlund.

3.1 Lagringstäthet

Friktionsmaterial avlagras i många miljöer och av olika medier. Granlund (1976) har visat att lagringstätheten hos sand i naturen är lägst i åsmaterial jämfört med strandsand och flodsand beroende på de senares lugnare och enhetligare sedimentationsförhållanden. Förekomster av sand med ännu lägre lagringstäthet har oftast samband med uppträngande grundvatten, som därvid har en uppluckrande effekt på redan avsatta sediment. Detta är t. ex. fallet i avlagringar mellan ebb- och flodområden i tidvattenpåverkade kuster.

För att en rullstensås skall kunna bildas fordras en istunnel med ett mycket högt vattentryck, som utanför tunneln helt

upphör, varvid det av isälven transporterade materialet avsätts. I Stockholmstrakten skedde all deposition av material ca 150 m under dåvarande havsytan. Vid mycket stora åsar av Brunkebergsåsens dimensioner kan det tänkas att en hel del material avsätts redan i istunneln. Vattenströmmen gick då dels ovanför det redan avsatta materialet, dels som en, av högt tryck påverkad, grundvattenström i den nya åsens botten. Under lägliga avsmältningförhållanden bildade åsen årskullar och eftersom topografin var lägst mellan två kullar utgjorde detta en svaghetspunkt och man fick ett kraftigt grundvattenutträde som följde. Då ytterligare sand avlagrades i denna svacka, t. ex. distalt material till nästa årskulle, påverkades sedimentets packningsgrad under vissa förhållanden av det utströmmande grundvattnet. En sådan förklaring till löst packad sand, som påträffats djupt inne i Brunkebergsåsen, torde vara realistisk. Den luckra uppbyggnaden av kornskellet har troligen bevarats beroende på att ytterligare mäktiga sedimentavlagringar täckt de första. Den här beskrivna sanden är ej unik utan har påträffats i flera fall. Bl. a. har i kvarteret Torsken och vid det provisoriska Riksdagshuset i Stockholms City löst avlagrat material påträffats vars bildningssätt kan förklaras på liknande vis.

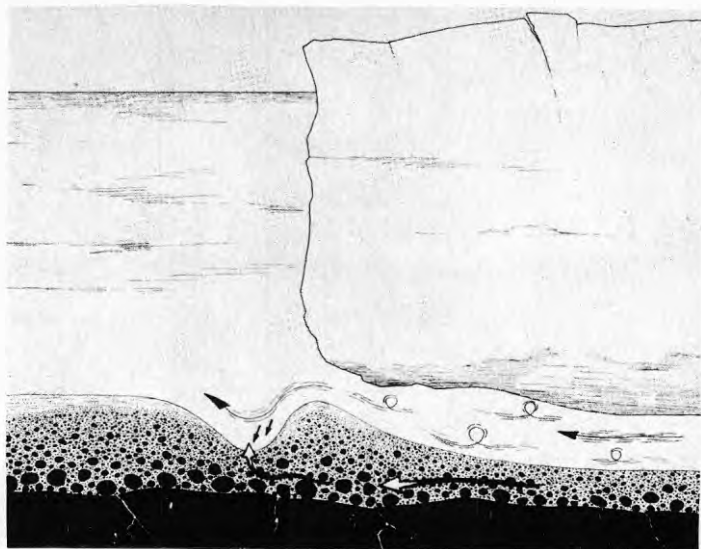


FIG. 4. Principskiss genom Brunkebergsåsen visande den löst lagrade sandens bildningssätt.

Denna sand var så löst lagrad att viktsondering kunde utföras med fri sjunkning 15 m under markytan. Lokalt var också jorden extremt sättningskänslig för vibrationer.

Sättningar i tryckpålade byggnader förekommer enligt vad som är känt framförallt i åsar och uppstår ofta i samband med vibrerande byggnadsverksamhet i omgivningen. Problemet synes alltså primärt vara förorsakat av de speciella jordmaterial-egenskaper som åsens bildningssätt givit upphov till.

4 FORSKNINGSLOKALEN

Fullskaleförsöken genomfördes i kvarteret Uttern i Stockholms centrum. Den äldsta delen av byggnaden härstammar från slutet av 1600-talet och utgör det parti som ligger utefter Jakobs-gatan. Grundläggning skedde på för den tiden sedvanligt sätt med murar av sten på en plankbädd av trä.

Efter diverse om- och påbyggnader fick huset sin nuvarande utformning under den sista stora byggnadsperioden 1892-96. Då nyuppfördes stora delar, vilka i huvudsak grundlades på slagna träpålar. Endast vid ett mindre parti utefter Akademi-gränd anordnades rustbädd av trä. I samband med denna sista byggnadsperiod gjordes även försök att förbättra grundläggningen för den äldsta delen bl. a. genom att gjuta betong mot de befintliga grundmurarna.

Den äldsta delen satte sig trots detta relativt kraftigt till följd av rötangrepp i plankbädden, vilket motiverade en grundförstärkning som utfördes med tryckpålar år 1941. Pålarna, som hade en längd av ca 8 m, stopptrycktes på nivå ca -6,0 m. Byggnadens tyngd var emellertid på flera ställen inte tillräcklig som mothåll, vilket medförde att pålarna stopptrycktes med reducerad last. Detta i kombination med åsens heterogena lagring medförde att pålarna stannade på olika nivåer. I stort kan dock sägas att denna grundförstärkning hejdade den pågående sättningen.

När nybyggnadsverksamheten i slutet på 60-talet startade i närbelägna kvarter med bl. a. intensiv spont- och påslagning började sättningar åter uppträda. Vibrationer från dessa arbeten utlöste bl. a. i den år 1941 grundförstärkta delen sättningar, under det att delen från 1891-96 i stort sett ej påverkades. Största sättningen uppgår idag till 30 mm.

Inledningsvis förmodades att tryckpålarna ej hade tillräcklig bärförmåga på grund av att stopptryckningen delvis skett med reducerad last. Därför schaktades ett antal pålar fram och provbelastades, varvid man fann att de bar dubbla brukslasten utan nämnvärd sjunkning, även då belastningen skedde i form av cyklisk av- och pålastning. Detta innebär att de uppfyllde det stoppkriterium som nu normalt används vid projekt som granskas av Stockholms byggnadsnämnd.

Dessa resultat, dvs. att sättningar uppstod i byggnaden trots att pålarna uppfyllde normala stoppkriterier, initierade den aktuella forskningen.

5 GEOLOGISK-GEOTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

Kvarteret Uttern ligger på Brunkebergsåsens västsluttning. Åsens geologi i stora drag är väl dokumenterad genom de grundundersökningar och schakter som utförts i samband med City-saneringen i Stockholm. Vid dessa undersökningar har också, som tidigare nämnts, ett flertal avvikelser från den traditionella, regelbundna bilden av en grusås upptäckts. Därför erfordrades en noggrann detaljundersökning av jordlagren inom det område där provpålarna skulle tryckas. FIG. 5.

Enkla metoder, som viktsondering, för bedömning av friktionsmaterials lagringstäthet visade sig vara olämpliga då stångfriktion och stenig jord förrycker resultatet. Sonderingen utfördes därför inom ett foderrör som successivt borrarades ned efter sondstången.

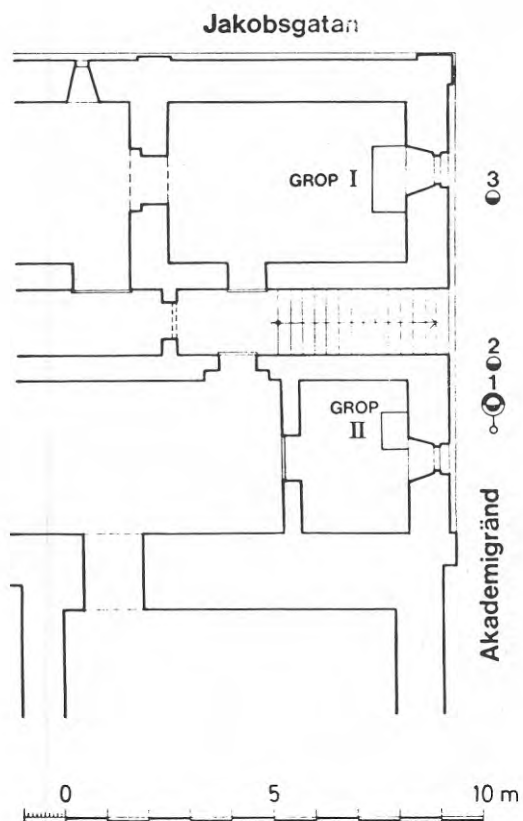


FIG. 5. Planlägs för borrpunkter och tryckgropar
Borrpunktsbeteckningarna hänför sig till
SGF:s beteckningsblad, bilaga 1.

Den geotekniska undersökningen utfördes i gatumark intill den mur där provpålarna senare trycktes ned. Den omfattade jordbergsondering och provtagning till 20 meters djup i en punkt, Bh 1. I denna utfördes också viktsondering genom 3" foderrör, på så sätt att viktsondering utfördes en meter, varefter foderröret drevs ned till sondspetsens nivå och sonderingen fortsatte en meter osv. Vidare utfördes en konventionell viktsondering nära foderröret, Bh 2, och en viktsondering 5 meter därifrån, Bh 3. (Se BIL. 2)

Av resultaten framgår att marken räknat från gatunivå +4, 0, under ca fyra meter fyllning består av sand åtminstone till ca 15 meters djup. Sanden är i vissa lager grusig, och lerinslag förekommer på ca 10 meters djup. Mot djupet är materialet grövre så att grusinnehållet ökar och rena gruslager förekommer. I lagren närmast bergytan, som ligger på drygt 30 meters djup, är jorden stenig. Grundvattenytan låg vid undersökningstillfället på nivå -0, 16.

Av intresse är att jämföra de tre viktsonderingarna. Bh 3, som alltså representerar ett konventionellt sonderingsförfarande, ger vid handen att sanden är mycket fast lagrad från ca 10 meters djup under markytan (nivå -6, 0), medan Bh 1, där stågfriktionens inverkan eliminerats, visar att vissa sandlager även under nivå -6, 0 är så löst lagrade att vridning av sonden ej erfordrats. Av sonderingsresultatet där framgår det vidare att det endast är enstaka sandlager med någon meters mäktighet som kan betecknas som fast lagrade.

Vidare framgår det av resultatet från Bh 2, som utfördes efter Bh 1 och intill detta, att jordegenskaperna kan förändras radikalt av en yttre störning, i detta fall spolningen, vibrationerna och volymminskningen när foderrören drogs upp. Jordens lagring är i Bh 2 lös ända ned till nivå -14.

6 PROVNINGSSUTRUSTNING

För provpålarna, tre stycken, utvecklades en speciell påltyp, baserad på standardsystemet Mega 300, dvs. betongelement med kvadratisk tvärsnitt ∇ 300 och centrumhål \emptyset 90. I det aktuella fallet användes bergsko med genomgående hål \emptyset 90. Neddrivning skedde med hydrauliska domkrafter från två gropar under byggnadens yttergrundmur och med muren som mot-håll. Provpålarna placerades så långt från de äldre grundförstärkningspålarna som omständigheterna medgav.

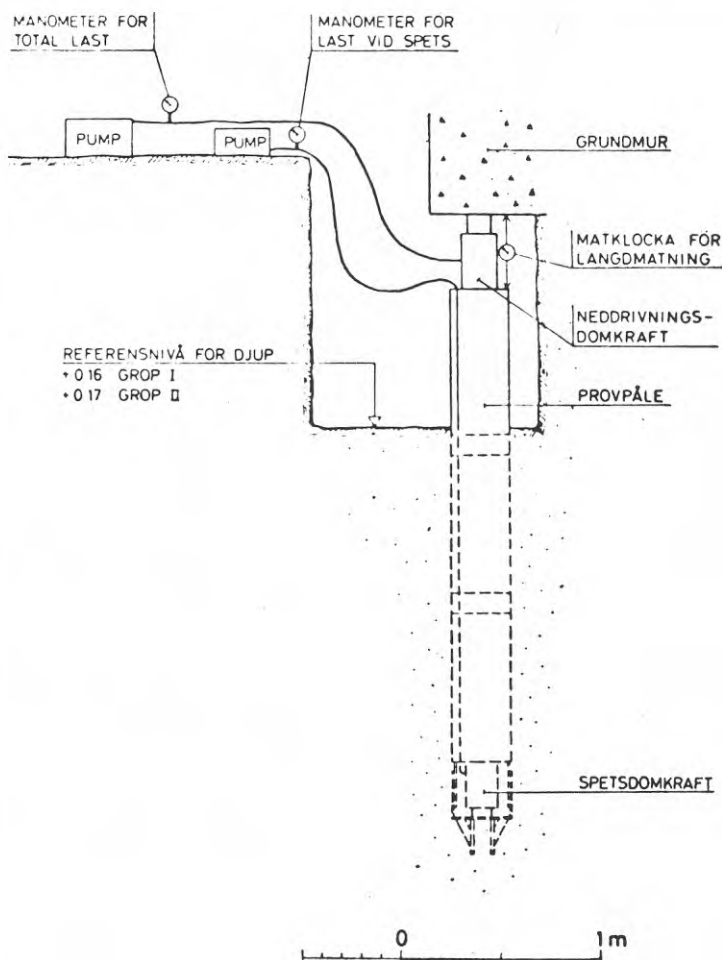


FIG. 6. Tryckgrop för provpåling med uppställning av utrustning för försöken.

Den totala påförda lasten kunde på ett enkelt sätt mätas med hjälp av neddrivningsdomkraften. För att kunna särskilja spetsmotstånd och mantelfriktion försågs provpålarna med en speciell spets, innehållande en mätcell. Nederdelen av pålskon var teleskopiskt rörlig i förhållande till pålen. I spetsen fanns en hydraulisk domkraft, NIKE 450 HF60, vars oljeslang drogs upp genom en ursparing i pålen och anslöts till en manometer. På denna kunde således spetsmotståndet avläsas.

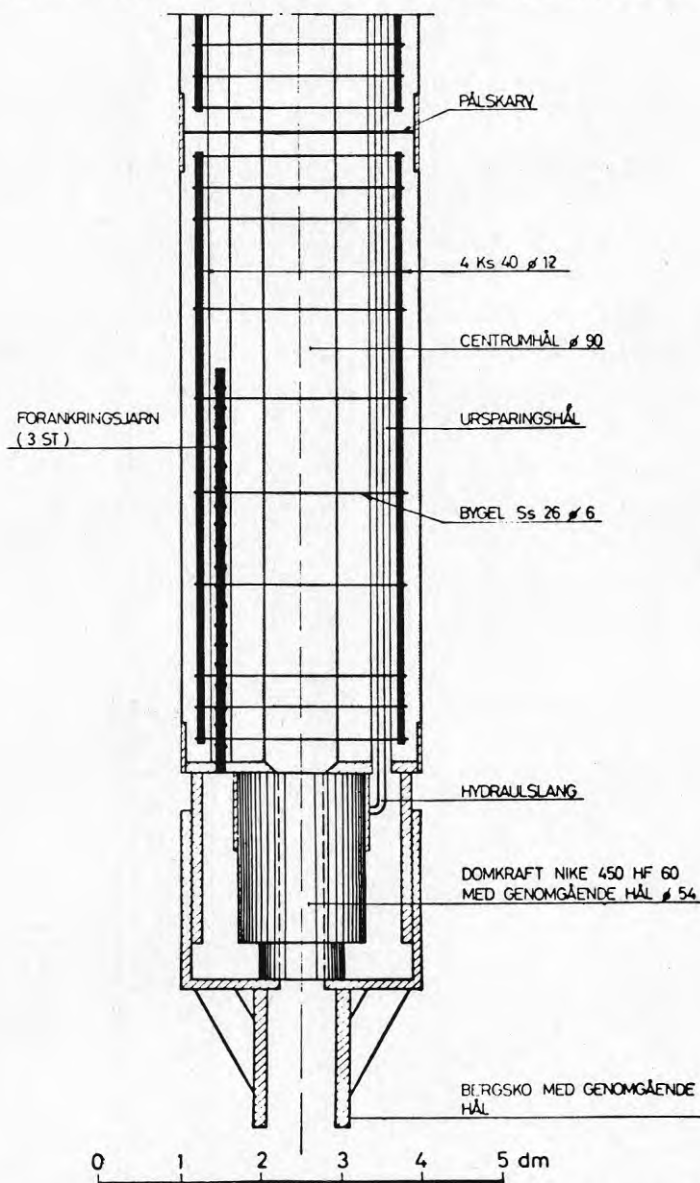


FIG. 7. Konstruktiv utformning av tryckpåle med mätcell.

7 PROVPÅLNING

Provpålningen utfördes enligt planerna så att man så långt som möjligt följde den normala arbetsgången för en pålning vid en grundförstärkning (punkt a-c i pålningsprogrammet).

Därefter undersöktes dels möjligheten att reducera mantelfriktionen genom vibrering, dels möjligheten att driva pålen vidare genom mammutpumpning (punkt d-f).

7.1 Provpålningsprogram

- a. Schakt av tryckgropar till nivå ca -0,2 (grundvattenytan).
- b. Montering av tryckkytor, pålar och domkrafter.
- c. Tryckning av pålen till stopp för 900 kN med konventionellt tryckförfarande, med kontinuerlig mätning av totalt neddrivningsmotstånd och spetsmotstånd.
- d. "Väckning" av pålen med vibrering med lufthammare Tep 40, frekvens 19,6 Hz, energi 120 Nm/slag.
- e. Tryckning av pålen till stopp under vibrering med mätning enligt c.
- f. Mammutpumpning vid pålspets, därefter fortsatt drivning med mätning.

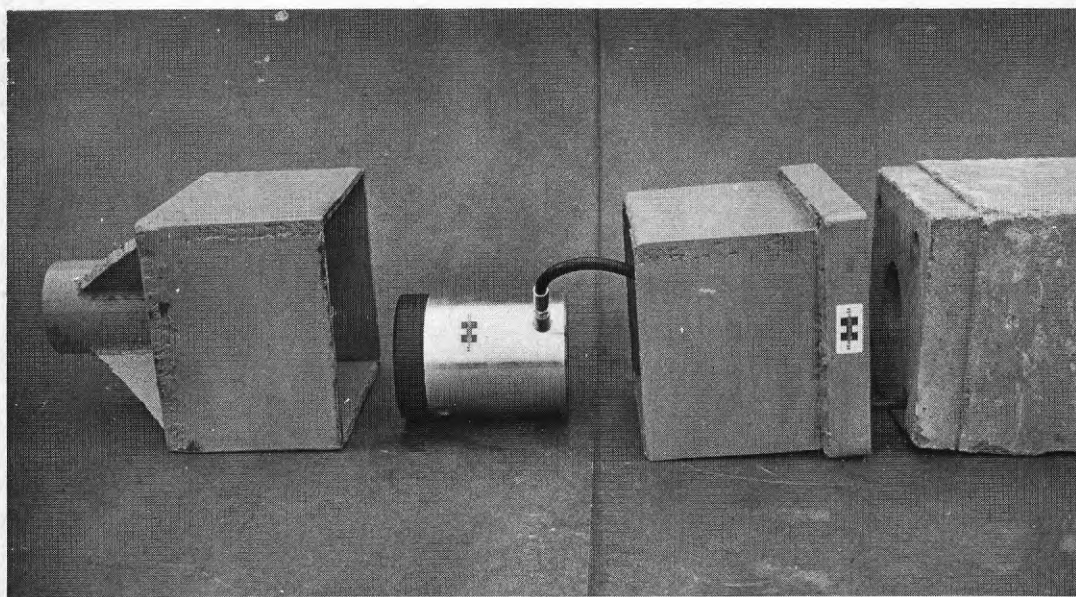
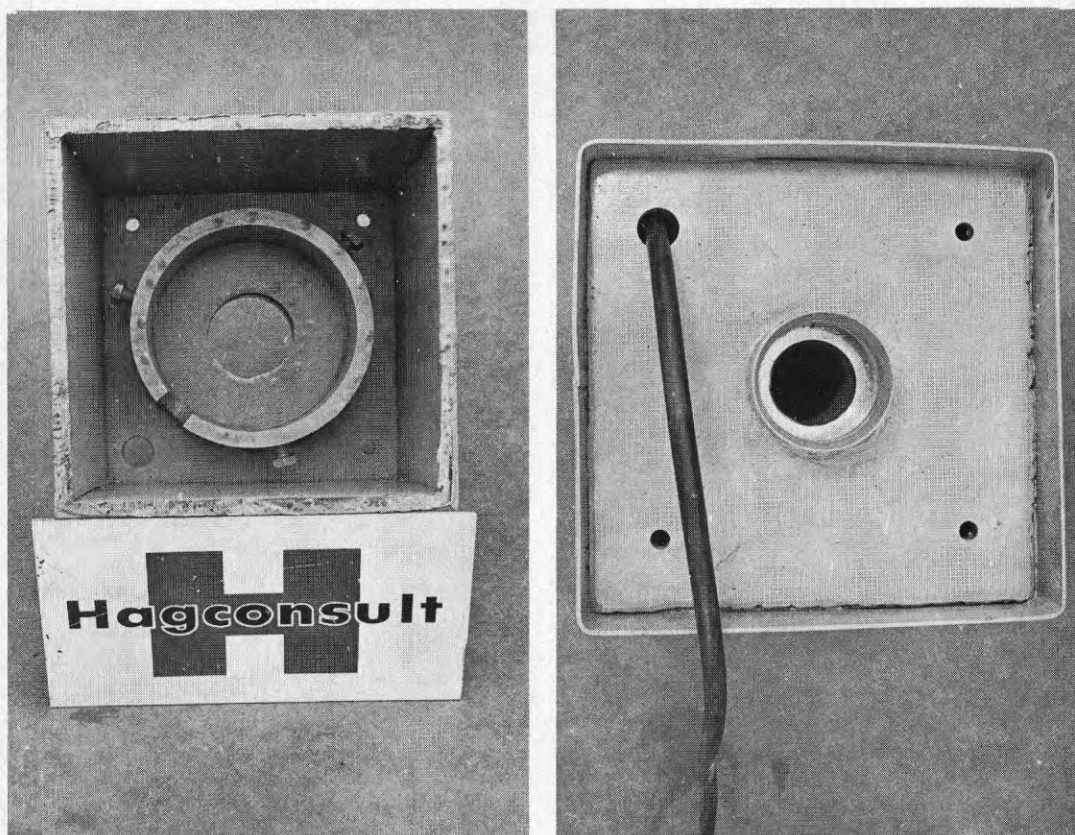


FIG. 8. Detaljer av mätcell visande inbyggnad av domkraft NIKE HF60 och hydraulslang.

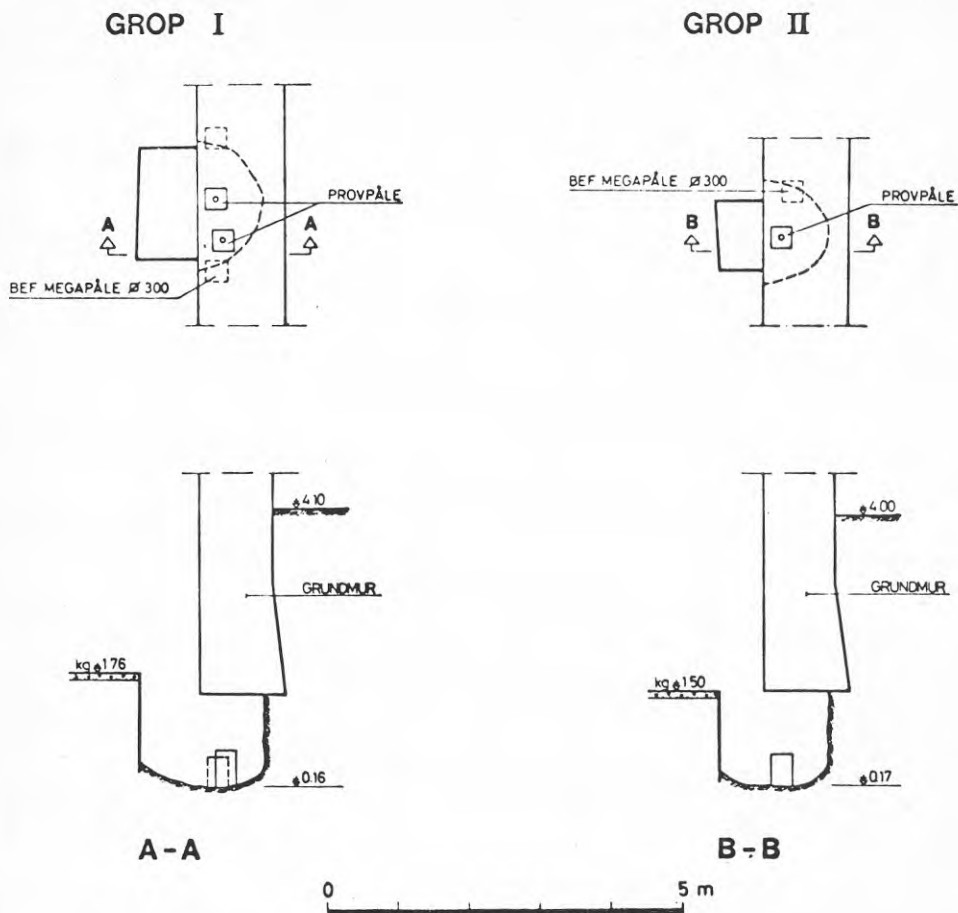


FIG. 9. Pålplacering i tryckgropar.

Provpåle 1 trycktes under successivt ökande motstånd ned till nivå $-2,0$ där maximallast 900 kN uppnåddes. Spetsmotståndet utgjorde under tryckningsfasen ned till nivå $-1,5$ ca 50% av den totala neddrivningslasten. På denna nivå synes pålspetsen ha lämnat ett fast lager i marken och spetsmotståndet sjönk därefter till ca 10 kN.

Man avsåg att stopptrycka samtliga pålar på normalt "stockholmsvis", dvs. med fem serier om 10 lastväxlingar mellan

0 och 900 kN med maximalt tillåten permanent sjunkning av 2 mm/serie. Vid stopptryckning till 900 kN utgjorde spetsmotståndet endast 40 kN. Vid denna last kantrade pålen och kunde ej riktas upp och vidare pådrivning fick avbrytas.

Mätvärden visar att mantelfriktionen kan bli mycket stor även vid korta pållängder. Under den del av neddrivningen, 1,6-1,9 meters djup under schaktbotten, där spetsmotståndet var 0, gjordes upprepade funktionskontroller av spetsdomkraften. Förklaringen torde vara att pålen klämts mellan två block eller mot ett block i marken.

Provpåle 2 trycktes till knappt 8 meters djup under schaktbotten, men kunde ej stopptryckas då de upprepade lastväxlingarna vid 900 kN gav skador i byggnaden. Belastningsmätningarna återspeglar jordens varviga uppbyggnad. Vid ca 3 meters djup var totala lasten i det närmaste 900 kN för att sedan sjunka till hälften ned till 6 meters djup, där ett fastare lager vidtar. I detta erhöles pålstopp, men sonderingen visar att det följer flera lösa lager under denna nivå. Mantelfriktionen utgör från fyra meters djup hälften av pålens totala neddrivningsmotstånd.

Provpåle 3 kunde ej drivas djupare än tre meter i sanden och stopptrycktes på detta djup. Mantelfriktionen svarar där för 3/4 av den totala bärförmågan, se BIL. 2.

För samtliga pålar gäller att stopptryckning enligt "stockholmsmetoden" ej kunde slutföras då de upprepade lastväxlingarna medförde skador i byggnaden.

7.2 Resultat

Provpålningen visar att mantelfriktionen är stor även vid de små pållängder och de måttliga överlagringstryck som var aktuella, eller annorlunda uttryckt, att spetsmotståndets andel i den totala pålbärigheten är relativt liten. Motsvarande förhållande har i och för sig kunnat konstateras tidigare, men då för betydligt längre, slagna friktionspålar.

För en påle i friktionsmaterial brukar bärigheten ofta betraktas som sammansatt av spetsmotstånd och mantelfriktion enligt

$$P_{\text{tot}} = N \cdot \bar{\sigma}_{\text{spets}} \cdot A + \int_0^{L_j} K \cdot \tan \delta \cdot \bar{\sigma}_z \cdot U \cdot dz$$

där N är en bärighetsfaktor
 $\bar{\sigma}$ är vertikala effektivspänningen i jorden
 A är pålspetsens area
 L_j är pållängd i jord
 K är förhållandet mellan horisontell och vertikal effektivspänning
 $\tan \delta$ är friktionskoefficienten mellan påle och jord
 U är pålens omkrets och
 z är djupet under markytan.

Vid jämförelse av korta pålars bärighet torde antagandet om ett rätlinjigt samband mellan mantelfriktion och djup kunna användas. Se BIL. 3.

För likadana friktionspålar i samma jord bör bärigheten teoretiskt endast variera med pållängden. Så är uppenbarligen vid de tryckta pålarna ej fallet, samtliga pålar bär ca 900 kN. Utifrån lastmätningarna har N och $K \tan \delta$ utvärderats vid olika nivåer under neddrivningen av pålarna. Det framgår att spridningen är stor för de aktuella pålarna och att mantelfriktionens andel i pålbärigheten således knappast generellt låter sig beräknas för så korta pålar även om mätningarna visar att den är stor. $\bar{\sigma}$ har beräknats med utgångspunkt från markytan.

Den enda pålen, som kunde tryckas genom det första fastare lagret, visar något större regelmässighet vid djup större än ca fem meter. Där är N ca 5 i lös sand och ca 30 i fast sand. $K \tan \delta$ är ca 0,5 oberoende av lagringstätheten.

Som jämförelse kan nämnas att man vid utvärdering av provbelastningar på långa slagna friktionspålar i Sverige funnit en god överensstämmelse mellan teoretisk och verklig brottlast med koefficienterna $N = 8$ och $K \tan \delta = 0,35$.

Sammanfattningsvis kan konstateras att provpålningens resultaten visar

- att mantelfriktionens andel i pålens bärförmåga är stor men att den för korta pålar är svår att teoretiskt beräkna,
- att spetsmotståndet varierar med marksammansättningen, i detta fall sandens lagringstäthet, som den kommer till synes i sonderingsmotståndet samt
- att man vid påltryckning i åsmaterial kan få pålstopp högt ovan lösa lager, vilka vid praktisk grundförstärkning borde genomträngas för en fullgod grundläggning av byggnaden. Förklaringen till detta torde vara att mantelfriktionen representerar en så stor del av den totalt tillgängliga neddrivningslasten att även en mycket måttlig ökning av spetsmotståndet ger pålstopp.

8 UNDERSÖKNING AV METODER ATT FÖRBÄTTRA PÅLARNAS NEDTRÄNGNINGSFÖRMÅGA

Provpålarna nr 2 och 3 kunde ej drivas djupare enbart med belastning av påltoppen med hänsyn till risken för skador i byggnaden, vilket parentetiskt är en vanlig företeelse vid grundförstärkning av äldre byggnader.

För att trycka pålarna vidare utan att öka lasten måste således spets- och/eller mantelmotståndet temporärt reduceras.

En metod som är tänkbar är reduktion av mantelfriktionen medelst smörjning, t. ex. genom bentonitinjektning. Denna metod bedömdes dock ej vara praktiskt användbar, då reduktionen torde bli permanent och då metoden dessutom innebär uppenbara risker för att bärförmågan hos omgivande befintliga grundläggningar äventyras. Metoden undersöktes därför ej.

Vibrering av pålen under neddrivning, något som bör reducera såväl spets- som mantelmotstånd, undersöktes genom att en snabbslående lätt sponthammare fästes till pålens överdel varefter påltryckningen återupptogs. Sponthammaren var av typ Atlas Copco Tep 40, med totalvikten 59 kg, kolvvikten

2, 5 kg, slagfrekvensen 19, 2 Hz och slagenergin 120 Nm/slag. Vibreringen ledde ej till att pålarna kunde drivas vidare med reducerad last. Däremot kunde pålarna genom utnyttjande av pulserande belastning mellan 0 och tidigare uppnådd max. last (900 kN) tryckas ned under samtidig vibrering. Neddrivningshastigheten var dock ej skönjbart högre än vid den föregående stopptryckningen, och mätresultaten visar att vibreringen ej åstadkom någon signifikant reduktion vare sig av spetsmotståndet eller av mantelfriktionen. Kraftigare hejare kan av utrymmesskäl svårligen användas vid grundförstärkning. BIL. 4.

Därefter provades mammutpumpning under pålen på så sätt att tryckluft tillfördes vid pålspetsen med ett rör som nedförts genom pålens centrumhål. Grundvatten, jordmaterial och luft strömmade upp genom centrumhålet, som således fungerade som pumprör. Detta gav en omedelbar kraftig reduktion av det totala neddrivningsmotståndet, men däremot ej någon väsentlig påverkan på spetsmotståndets storlek, vilket leder till den något överraskande slutsatsen att huvudsakligen mantelfriktionen reducerats.

Pålarna kunde under pågående mammutpumpning drivas vidare med mindre än halva maximala totallasten. Då pumpningen avbröts ökade neddrivningsmotståndet omedelbart och pålarna kunde åter stopptryckas som tidigare med 900 kN last. Fördelningen mellan spets- och mantelmotstånd vid denna stopptryckning överensstämmer väl med den som uppmättes vid den första stopptryckningen.

Av dessa försök framgår att vibrering, i vart fall med de små vibratorer som är användbara i de trånga utrymmen som står till buds vid grundförstärkningsarbeten, ej ger någon förbättrad nedträngningsförmåga för pålarna. Däremot gav mammutpumpning vid pålspetsen den önskade temporära reduktionen av neddrivningsmotståndet. Detta ökade snabbt så snart pumpningen avbröts, vilket innebär att denna metod i princip ger möjligheter att på ett kontrollerat sätt nå ned till en önskvärd stoppnivå om jorden ej innehåller sten och block.

9 DISKUSSION AV RESULTATEN

Mätningarna visar att mantelfriktionen är mycket stor för korta tryckpålar i åsmaterial. Detta innebär att pålen ofta ej kan drivas vidare trots att spetsen står i löst lagrat material, dvs. att pålen i princip är mantelbärande. Detta kan givetvis leda till sättningar i framtiden om mantelfriktionen av något skäl skulle minska.

En utvärdering av faktorn $K \tan \delta$, som bestämmer mantelfriktionens storlek, visar att denna faktor varierar starkt. Variationen torde väsentligen orsakas av K , då $\tan \delta$ kan förmodas vara konstant.

Det horisontella jordtrycket mot pålen $K \cdot \bar{\sigma}$ ökas uppenbarligen av den komprimering av jorden som sker runt pålen i samband med jordundanträngningen vid pålens neddrivning. Denna ökning, som leder till ökad mantelfriktion, är med nödvändighet lokal, eftersom pålens neddrivning, till skillnad från t. ex. slagpålars, är helt vibrationsfri. Om jordmaterialet senare utsätts för vibrationer torde en viss utjämning av horisontalspänningarna ske, vilket leder till minskad mantelbärighet för pålen, och eventuellt till en sättning då ett större spetsmotstånd skall mobiliseras som kompensation.

En annan delförklaring till att tryckpålar i åsmaterial kan sätta sig trots att de genom provbelastningar och stopptryckningar visats kunna bära dubbla brukslasten, torde vara att djupt liggande lösa lager i åsmaterialet kan komprimeras av vibrationer. Detta leder till en allmän sättning i jorden under de nivåer där pålarna står och således till en sättning även i pålarna.

Av detta framgår att man för att säkerställa en god grundläggning vid grundförstärkning med tryckpålar måste tillse dels att spetsbärigheten utgör en väsentlig del av den totala bärförmågan och dels att spetsen står på en sådan nivå att det ej finns löst lagrad sättningsbenägen jord därunder.

Detta kräver en kännedom om jordmaterialegenskaperna utöver vad som idag är brukligt vid grundförstärkningsarbeten.

Grundundersökningen måste även omfatta lager djupt under normala viktsondsstopp och måste dessutom inkludera undersökningsmetoder varmed lagringstätheten kan studeras. För denna uppgift är viktsondering helt otillräcklig, på grund av inverkan från stångfriktion, medan den av oss provade metoden med viktsondering i foderrör synes ge acceptabel noggrannhet.

Vidare krävs att pålen kan drivas genom högre liggande fasta lager till den önskade säkra spetsnivån. Detta är ej möjligt enbart genom nedpressning. Mammutpumpning under pålspetsen i samband med påltryckningen synes vara en effektiv metod att förbättra pålarnas nedträngningsförmåga. Metoden medför dock risker för okontrollerad materialtransport som kan äventyra intillstående pålars eller intilliggande befintliga grundläggningars bärförmåga. Om samtliga pålars bärförmåga kontrolleras efter det att mammutpumpningen avslutats förefaller metoden dock värd att utveckla. En begränsning för dess användbarhet är beroendet av grundvattenytans läge i förhållande till både påltoppen och pålspetsen, och att stenig och blockig jord ej kan forceras med denna metod. På nivåer ovanför grundvattenytan, där mammutpumpning ej fungerar, kan enligt erfarenhet, en viss förbättring av pålens nedträngningsförmåga erhållas med hjälp av spolning med vatten vid pålspetsen.

Stopptryckningsserierna enligt dagens praxis ger ingen garanti för pålens framtida bärförmåga i åsmaterial, under det att de ofta mycket omfattande lastväxlingarna som fordras för att kravet på begränsad sjunkning skall innehållas, lätt leder till skador i den byggnad som skall grundförstärkas, särskilt som stommens kondition ofta är nedsatt då grundförstärkningen påbörjas. Godtagbart pålstopp bör istället väljas främst med hänsyn till en stoppnivå som utvärderas ur grundundersökningen. Eftersom mantelfriktionen alltid kommer att vara stor så snart mammutpumpning e. d. avbryts bör stopptryckningen ha karaktären av en statisk provbelastning eller en långtidsbelastning varvid eventuella krypningstendenser kan studeras. Med sådana metoder undviks dessutom skadeökningar i byggnaden.

Slutligen bör det noteras att forskningen styrker erfarenheten att problemet med tryckpålars tillförlitlighet i form av risk för framtida sättningar är kopplat till åsmaterial. Pålar som trycks genom lera till stopp på morän eller berg kan utnyttjas med dagens stoppkriterier utan risk för hithörande problem.

Mot bakgrunden av ett redan idag stort och i framtiden ökande behov av grundförstärkning av äldre byggnadsverk på eller in till åsar i våra städer måste de studerade problemen lösas på ett praktiskt tillämpligt och ekonomiskt sätt. En tänkbar, men knappast praktisk lösning, är att använda nedpressade pålar på konventionellt sätt och att införa restriktioner för vibrerande verksamhet i omgivningen. Detta torde kräva spontnings- och slagpålningsförbud.

En annan lösning är att modifiera tryckpålningstekniken enligt de vägar som studerats i samband med denna forskningsupp- gift och att således praktiskt utveckla sonderings- och mam- mutpumpningsförfarandena.

En tredje lösning vore att använda helt nya grundförstärknings- metoder för arbeten i åsmaterial. Nedträngningsförmågan skulle då säkerställas genom borrning och spetsbärigheten me- delst t. ex. injektering. Ett sådant system för vibrationsfri pålning finns idag utvecklat för nybyggnad. Det framstår som angeläget att denna metod utvecklas och anpassas för använd- ning vid grundförstärkning.

Bilaga 1:1

Svenska Geotekniska Föreningen Blad 1–3

Sondering

- Enkel sondering (sticksondering utan angivande av jordens fasthet)
- Statisk sondering (vikt-, tryck- eller maskinsondering; jordens fasthet bestämd genom belastning, med eller utan vridning)
- Dynamisk sondering (hejarsondering, sondering med slagborrmaskin eller genom vibrering)

Tillägg för djup- och bergbestämning

- Sondering till förmodad fast botten
- Sondering till förmodat berg (s k bergsvar erhållet)
- Bergsondering minst 3 m under förmodad bergyta
- D:o samt undersökning av borrhax
- Kärnborrning minst 3 m under förmodad bergyta

Provtagning

- Störda prover (vanligen tagna med spad-, kann- eller skruv-provtagare)
- Ostörda prover (vanligen tagna med kolvprovtagare av standardtyp)
Uppgift om använd provtagare finns i regel såväl på ritning som i geotekniskt utlåtande

Hydrologiska bestämmingar

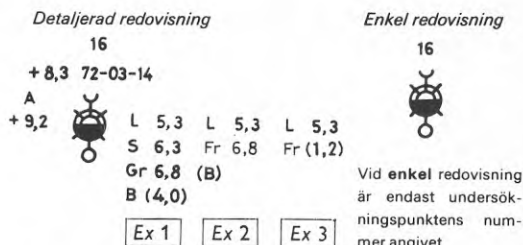
- Vattennivå bestämd, i t ex provtagningshål
- Grundvattennivå(-yta) bestämd vid kort- resp långstids-observation (öppet system)
Jfr blad 4, hål 5 och 6
- Provpumpning eller infiltrationsförsök
- Porttryckmätning

Övriga bestämmingar

- Vingprovning (hållfasthetsbestämning in situ)
- Deformationsmätning i fält medelst t ex jordpegel eller inklinometer
- Seismisk undersökning
Tecknet anger ändpunkt i undersökningslinje
- Provgrop (större) eller geoteknisk undersökningspunkt i övrigt (t ex provbelastning)

Exempel

(Kombination av tecken samt övrig redovisning i plan)



Enligt det kombinerade tecknet har följande undersökningar utförts:

- statisk sondering
- sondering ned i berg (minst 3 m, under förmodad bergyta)
- tagning av ostörda prover
- bestämning av grundvattennivån vid korttidsobservation
- vingprovning

I övrigt betyder:

(Förkortningar förklaras på blad 3)

- 16 undersökningspunktens nummer
- +8,3 grundvattennivå
- 72-03-14 observationsdatum vid bestämning av grundvattennivå
- A analys utförd för bestämning av t ex korrosionsrisk
- +9,2 markytans nivå (eller annan utgångsnivå för djupangivelse)

Redovisning av lagerföljder enligt exempel till höger om tecken

Ex 1

- L 5,3 lerans underyta ligger på 5,3 m djup
- S 6,3 under leran följer sand ned till 6,3 m djup
- Gr 6,8 därunder följer grus ned till 6,8 m djup
- B (4,0) berg följer direkt under gruslagret, dvs. på 6,8 m djup; sondering har utförts 4,0 m ned i berget (för bergkontroll), dvs. till 10,8 m djup

Ex 2

- L 5,3 lerans underyta ligger på 5,3 m djup
- Fr 6,8 under leran följer friktionsjord ned till 6,8 m djup
- (B) berg bedöms följa på 6,8 m djup

Ex 3

- L 5,3 lerans underyta ligger på 5,3 m djup
- Fr (1,2) parentes anger att sondering utförts 1,2 m ned i friktionsjord


















I vissa fall anges nivåer (plushöjder) i stället för djup under referensnivå

REDOVISNING I SEKTION

Beteckningar för jordarter

Används vid provtagning
















Beträffande bedömda jordar vid sondering, se blad 4

 Fyllning Fyllningens art angiven, som regel enl förkortningar på blad 3	 Lera	 Block
 Mylla (matjord)	 Mjåla (= finsilt och mellansilt)	 Morän (i allmänhet)
 Torv (i allmänhet)	 Finmo (= grovsilt)	
 Filttorv	 Grovmo och sand (= finsand, mellansand och grovsand = sand)	 Växtdelar och trärester
 Dytorv	 Grus	 Snäckskal
 Dy eller gyttja	 Sten	 Block eller större sten, genomborrad(-d)

Kombinerade tecken anger blandjordar

1 Ersätter mjåla och finmo (grovmo hänförs till sand)

Sonderingshåls avslutning

 Sannolikt berg (Motsvarar  för markering i plan)	 Andra fall då sonden ej kan neddrivas ytterligare enligt normalt förfarande* (Motsvarar  för markering i plan)
 Block eller berg (Motsvarar  för markering i plan)	 Sonderingen avbruten utan att stopp erhållits (Motsvarar  för markering i plan)
 Sannolikt sten eller block (Motsvarar  eller  för markering i plan)	 Jord-bergsondering (Motsvarar  eller  för markering i plan)
	 Sonderingsdjup ned i bedömt berg (ritat skalenligt)

* Se "Upphandling av geotekniska utredningar. Anvisningar och kommentarer", utgiven av SGF/SKIF 1971.

Bergtecken inom parentes innebär stor osäkerhet i fråga om bergytans läge
Betr notering av sprickor och slag, se blad 4

FÖRKORTNINGAR

Blad 3

(För berg, jord, utrustning och metoder)

Berg och jord

B	berg				
Bl	blockjord	bl	blockig		
Br	rösberg				
Dt	dytorv	dt	dytorvig	<u>dt</u>	dytorvskikt
Dy	dy	dy	dyig	<u>dy</u>	dyskikt
Ft	filttorv	ft	filttorvig	<u>ft</u>	filttorvskikt
G	gyttja	g	gyttjig	<u>g</u>	gyttjeskikt
Gr	grus	gr	grusig	<u>gr</u>	grusskikt
L	lera	l	lerig	<u>l</u>	lerskikt
M	mo (grovsilt och finsand)	m	moig	<u>m</u>	moskikt
M _f	finmo (= grovsilt)	m _f	finmoig	<u>m_f</u>	finmoskikt
M _s	grovmo (= finsand)	m _s	grovmoig	<u>m_s</u>	grovmoskikt
Mj	mjåla (= finsilt och mellansilt)	mj	mjålig	<u>mj</u>	mjålskikt
Mn	morän				
Mnl	moränlera				
My	mylla (matjord)	my	mullhaltig	<u>my</u>	mullskikt
S	sand	s	sandig	<u>s</u>	sandskikt
Si	silt	si	siltig	<u>si</u>	siltskikt
Sk	snäckskal	sk	med snäckskal	<u>sk</u>	snäckskalskikt
Skgr	skalgrus	skgr	skalgrusig	<u>skgr</u>	skalgrusskikt
St	stenjord	st	stenig	<u>st</u>	stenskikt
T	torv	t	torvig	<u>t</u>	torvskikt

F	fyllning (jfr blad 2)				
Vx	växtdelar (trärester)	vx	med växtdelar	<u>vx</u>	växtdelskikt
G/L	kontakt, gyttja överst, lera underst	()	något exempelvis	()	tonna skikt
t	(efter huvudord) torrskorpa, t ex Lt och Sit = torrskorpa av lera resp silt	v	varvig		

Vid angivande av en blandjordart är adjektiven placerade före substantivet och så, att den kvantitativt större fraktionen står efter den mindre. Skiktangivelsen står efter substantivet. Exempel: sisL (si) = siltig, sandig lera med tunna siltskikt.

Sammanfattande förkortningar

Fr	frikationsjord	P	oorganisk eller organisk kohesionsjord
Ko	organisk kohesionsjord		Beteckningen används när man ej kan skilja på dessa jordar.
O	organisk jord	X	kan användas när jordart ej bestämts eller jord ej bedömts

Fr, Ko och O används när man genom neddrivningsmotstånd eller hörselintryck (eller av närliggande provtagning) ej kunnat ange jordart. Kan även användas som sammanfattande beteckning vid provtagning.

Anm
Jord = jordskorpans lösa avlagringar (ej närmare definierade)
Jordart = klassificerad jord (enligt olika indelningssätt)

¹ Typ av utrustning m m framgår av utlåtande eller anmärkning på ritning.

² Tidigare benämnd vattenhalt

Sondering¹

Hf	hejarsond, med förtjockad spets
Ho	hejarsond, utan förtjockad spets
Jb	jord-bergsondering
Slb	slagborrmaskin
Sti	sticksond
Tr	trycksond
Vi	viktsond
Vim	viktsond, maskinell vridning

Provning in situ¹

Pm	pressometer
Pp	portryckmätare
Vb	vingsond, vingborr

Provtagning¹

Fo	folieprovtagare
Grk	gruskannborr
Js	jalusiprovtagare
K	kannprovtagare
Kv	kolvprovtagare
Ps	provtagningsspets
Skr	skruvprovtagare
Sp	spadprovtagare
C	kontinuerligt (prov)
D	stört (prov)
U	ostört (prov)
y	ytligt (prov)
z	djupt (prov)

Speciella metoder

IkI	inklinometermätning
Pg	provgrop
Rf	rör med filter
Rt	rotationsborrning
Rö	öppet rör
Se	seismik
Vfm	vattenförlustmätning

Övriga förkortningar

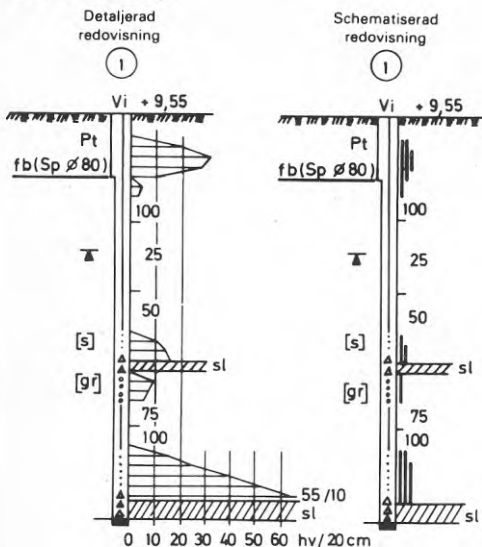
A	analys (speciell)
fb	förborrning, med t. ex. spad- eller skruvprovtagare
GW	grundvattennivå (-yta)
hv	halvvarv
sl	slagning eller stötning
uvr	utan vridning
vr	vridning
W	vattenyta
w	vattenknot ² , naturlig
w _F	konflytgräns (finlekstal)
w _L	stötflytgräns
w _P	plasticitetsgräns

BETECKNINGAR VID GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR
REDOVISNING I PLAN OCH SEKTION SAMT FÖRKORTNINGAR

Bilaga 1:2

Svenska Geotekniska Föreningen Blad 4

Viktsondering



Detaljerad redovisning

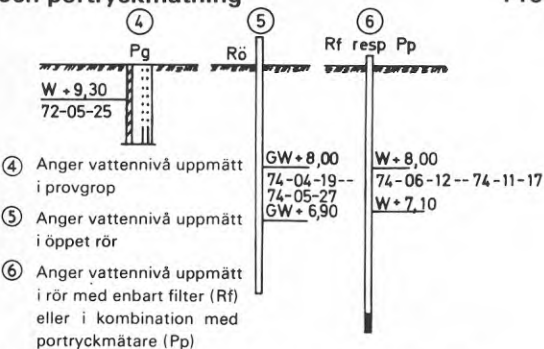
Diagrammet (vid sidan av hålet) anger erforderligt antal halvvarv för att sonden skall sjunka 20 cm (hv/20 cm). Detta antal är avsatt vid undre gränsen för varje 20 cm sjunkning. Viktbelastningen på sonden är då 100 kg. (Där diagram saknas, sjunker sonden utan vridning. De horisontala strecken i diagrammet kan vara utelämnade.) Beteckningen 55/10 är exempel på antal halvvarv för mindre sjunkning än 20 cm (även nollsjunkning stundom redovisad, tex 40/0).

Schematiserad redovisning

Diagrammet (enligt detaljerad redovisning) är vid schematiserad redovisning ersatt av vertikala grova streck, varvid

- || ett streck anger 1–10 hv/20 cm sjunkning
- ||| två streck anger 11–20 hv/20 cm sjunkning
- |||| tre streck anger >20 hv/20 cm sjunkning

Observation av (grund)vattennivå och porttryckmätning



Högsta och lägsta uppmätta vattennivå (trycknivå) samt observationsperiod anges.

Har inte (grund)vatten påträffats, utsätts ordet "torrt" på lägsta kontrollerade nivå med angivande av observationsdata i likhet med ovan

Gemensamt gälller

Om ej annat anges, är sonderingen utförd enligt SGFs standard.

Beteckning över sonderingshål

- ① hålets nummer (samma som på plan)
- Vi använd metod (se Förkortningar på blad 3; flera metoder kan förekomma i samma undersökningspunkt)

Beteckningar i sonderingshål

- ||| kohesionsjord
 - || sandig jord
 - || grusig jord
 - ▲ föremot av sten (sonden "hugger")
 - när beteckning saknas, har jordkaraktern ej bedömts
- Bedomt vid fältundersökning, framst med ledning av ljud i sondstängens under neddrivningen

Anm. Vid viktsondering med maskinell vridning (Vim) kan jordkaraktern normalt ej bedömas

Avslutning av sonderingshål, se blad 2

Beteckning vid sidan av hålet

Siffror anger belastning på sonden i kg

Pt Torrskorpa av kohesionsjord.

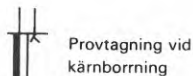
Förkortning inom klammer, tex [s], är en extra förklaring av jordkarakter (bedömd vid sonderingen). Om klammer saknas, har jordarten bedömts vid tex förborring eller med ledning av provtagning i närheten. (Jordartförkortningar i övrigt, se blad 3.)

fb(Sp \varnothing 80) Horisontalt grovt streck anger hur långt förborring (fb) gjorts. Sp \varnothing 80 anger använt redskap och dess diameter i mm. (Förborring är även markerad genom vidgning av sonderingshålet.)

▲ Ytterligare (tidigare) sonderingsförsök har gjorts med stopp på markerad nivå (tyder på förekomst av block, större stenar eller annat hinder).

|||| Sonden har drivits ned med slag (sl)

Provtagning i berg

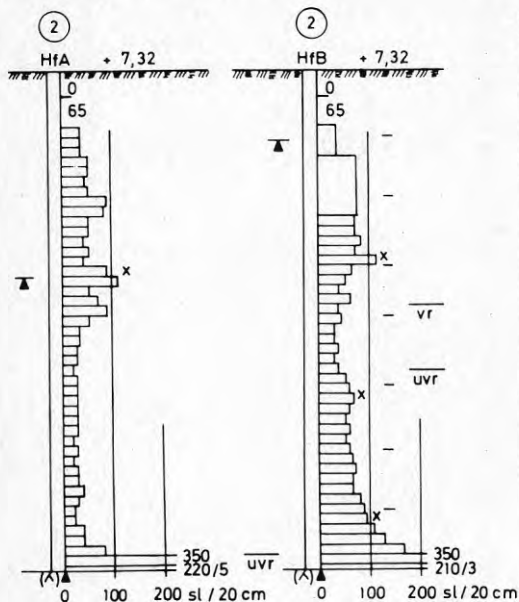


Provtagning vid kärnborring



Provtagning av borrhax

Hejarsondering



Gemensamt gäller

Exemplen följer SGFs standard, tv enligt högre kvalitetskrav (metod A) och th enligt lägre krav (metod B). Observera att exemplen visar två intilliggande sonderingshål enligt resp metod.

Diagrammen (vid sidan av hålen) anger erforderligt antal slag för att sonden skall sjunka 20 cm (sl/20 cm). Där diagram saknas, sjunker sonden utan belastning av hejaren (0) resp med belastning (65) av hejaren. Där sonderingen av någon anledning påbörjats på visst djup, anges detta med tex förborrning (fb) till detta djup. (De horisontala linjerna kan i vissa fall vara utelämnade.) Beteckningen 350 är exempel på de fall då antalet slag för 20 cm sjunkning ej ryms inom den normala skalan. Beteckningen 220/5 resp. 210/3 anger att sonderingen avbrutits innan 20 cm sjunkning erhållits ('fast botten' bedömts uppnådd).

Schematiserad redovisning

Diagrammen eller delar därav kan vara schematiserade såsom visas på exemplet HfB, övre delen. Härvid betyder en vertikal linje vid skalvärdet

5 sl/20 cm	att sonden sjunker 20 cm för	1–10	slag
15 sl/20 cm	20 cm	.. 11–20 ..
35 sl/20 cm	20 cm	.. 21–50 ..
75 sl/20 cm	20 cm	.. 51–100 ..
100 sl/20 cm	20 cm	.. >100 ..

Speciella beteckningar

- anger skifte av killås och därmed samtidig vridning av sonden enligt standard. Gäller endast metod B.
- X anger vid metod A längre uppehåll och vid metod B annat uppehåll än för skifte av killås och samtidig vridning.

vr anger att vridning enligt metod A utförts från den markerade nivå

uvr anger att vridning enligt metod A ej utförts från den markerade nivå

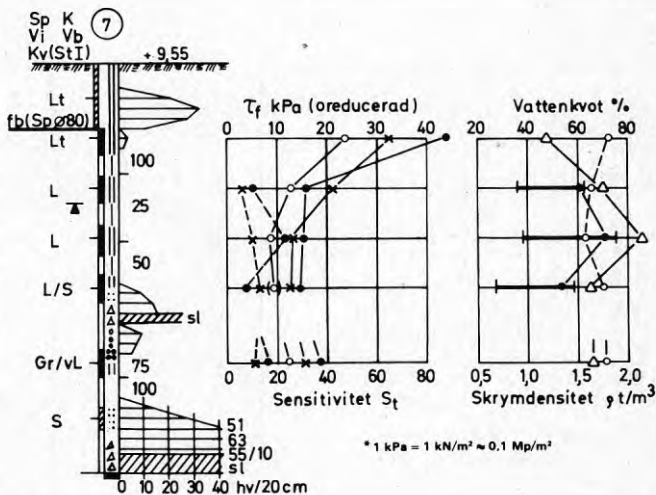
Övriga beteckningar förklaras under viktsondering. Jfr även blad 2 och 3.

Provtagning i jord

kombinerad med viktsondering och redovisning av provningsresultat

Vidgningen av hålet (överst) markerar hur djupt spadprovtagningen (eller i förekommande fall provgrop) sträcker sig. Stapeln tv om hålet anger provtagning, fylld stapeldel ostört prov, streckad stapeldel stort. Stapeldels längd motsvarar den totala provlängden. Horisontalt streck (mitt för stapeldel) markerar läge av prov insänt till laboratorium (normalt mellersta provhylan).

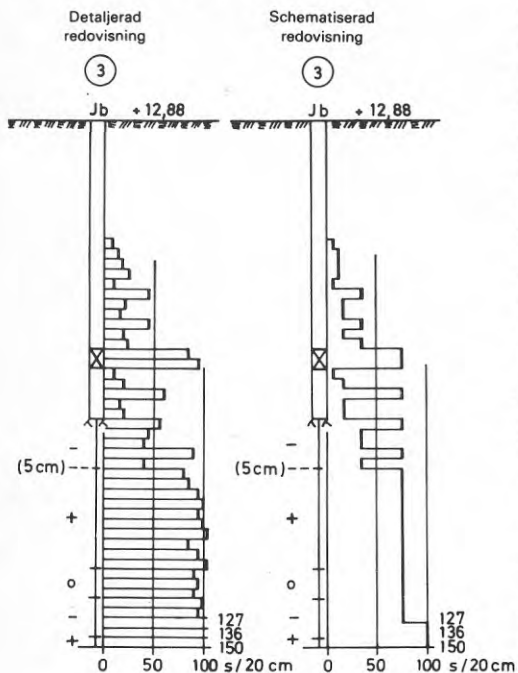
Beteckningar i hålet av jordarter anges dels som jordart bestämd på upptagna prover och markerade enligt blad 2, dels som jordart bestämd med ledning av viktsondering (hål ① på detta blad).



* 1 kPa = 1 kN/m² ≈ 0.1 Mp/m²

Observera att figurerna på detta blad är nedreproducerade till 90%

Jord-bergsondering



Gemensamt gäller

Övre delen av hålen (dubbla linjer) anger sondering i jord, undre delen (en linje) sondering i berg (bergnivån bedömd). Diagrammet anger sjunkningshastighet i sekunder för varje 20 cm sjunkning ($s/20$ cm) och är i exemplen begränsade till 100 $s/20$ cm. Observera de grova vertikala strecken i diagrammen, varigenom jord-bergsondering kan skiljas från hejarsondering. (De horisontala linjerna i den detaljerade redovisningen t v kan i vissa fall vara utelämnade.)

Sonderingen har, om ej annat anges, utförts med kedjematad bormaskin. Använd utrustning framgår av särskild anteckning på ritning och/eller i utlåtande.

Avvikelse från "normalt" sonderingsförfarande är speciellt angivet, t ex ej registrerat motstånd (ir), nedsatt spolningstryck, stopp i spolkanal eller genomborrat block.

Schematiserad redovisning

Diagrammet kan vara schematiserat såsom visas i exemplet th. Härvid betyder en vertikal linje vid skalvärdet

5 $s/20$ cm	att sonden sjunker 20 cm under	0— 10 s
15 $s/20$ cm	20 cm .. 11— 20 s
35 $s/20$ cm	20 cm .. 21— 50 s
75 $s/20$ cm	20 cm .. 50—100 s
100 $s/20$ cm	20 cm .. > 100 s

Notering av sprickor och slag

(t v om hålens nedre del)

- + ej märkbara sprickor; jämn sjunkning av sonden
 - 0 sprickigt berg; märkbara sprickor (sonden "hugger")
 - mycket sprickigt berg; sonden "hugger" hela tiden, svårigheter att vrida sonden
 - — slag i berget (öppet eller lerfyllt); i stort sett fri sjunkning av sonden; mått och nivå av slag har noterats
 - ib förekomst av sprickor eller slag har ej bedömts
- Observera att någon säker bedömning av sprickigheten med ledning av enbart jord-bergsondering ej är möjlig.

Sondering med motordriven slagbormaskin (Slb)

Diagrammen anger sjunkningshastighet i sekunder för varje 20 cm sjunkning ($s/20$ cm). Diagrammen är uppritade som vid jord-bergsondering, men de vertikala linjerna är ritade tunna som vid hejarsondering. Normalt förekommer vidstående skala.

0 10 20 30 40 $s/20$ cm

Utrustningen (vanligen bensindriven) inklusive spetstyp är angiven på ritning och/eller i utlåtande.

Vid *schematiserad redovisning* betyder en linje vid skalvärdet

3 $s/20$ cm	att sonden sjunker 20 cm under	0— 5 s
10 $s/20$ cm	20 cm .. 6—15 s
20 $s/20$ cm	20 cm .. 16—25 s
35 $s/20$ cm	20 cm .. 26—50 s
50 $s/20$ cm	20 cm .. > 50 s

Beteckningar i

Skjuvhållfasthetsdiagram

- Skjuvhållfasthet (τ_r) enl konmetoden**
- ✱ Skjuvhållfasthet (τ_r) enl vingmetoden
- Skjuvhållfasthet (τ_r) enl tryckmetoden
- Sensitivitet (S_v) enl konmetoden
- ✱ Sensitivitet (S_v) enl vingmetoden

Vattenkvotsdiagram

- △ Naturlig vattenkvot (w) (vikt-% av torrsubstans)
- Konflytgräns (w_f)
- Stötflytgräns (w_L)
- Plasticitetsgräns (w_p) (utrullningsgräns)
- Skrymdensitet (ρ)

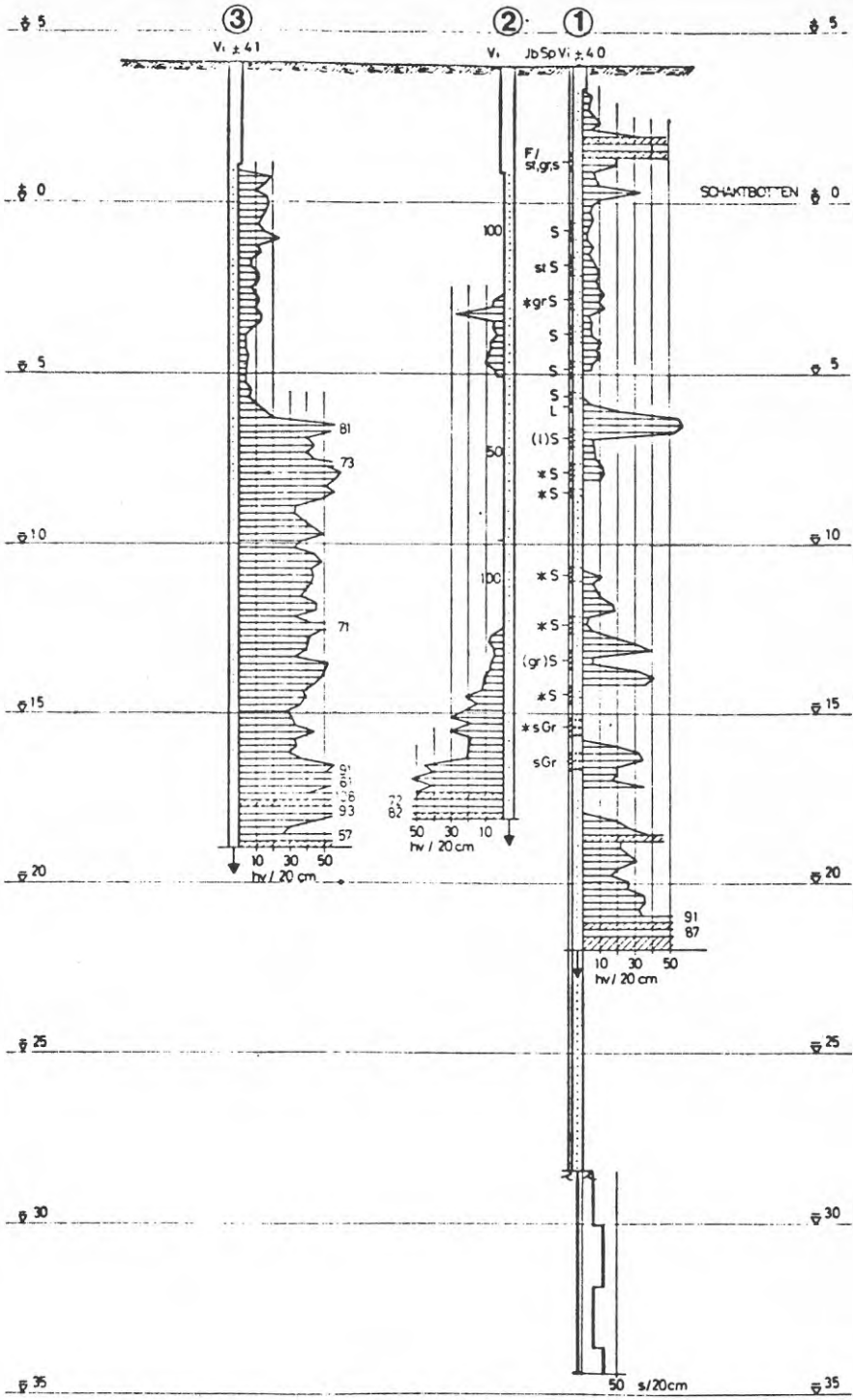
() Anger att värdet ej är helt representativt, tex på grund av viss störning av provet.

Anm
I undantagsfall kan diagram ersättas med siffror i tex tabellform.

** Utvärderad efter SGF:s provisoriska rekommendationer till tolkning av fallkonprov (jan 1962).

BETECKNINGAR VID GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR REDOVISNING I SEKTION AV SONDERING, PROVTAGNING, GRUNDVATTEN-OBSERVATION, VINGPROVNING I FÄLT OCH VISSA LABORATRIERESULTAT

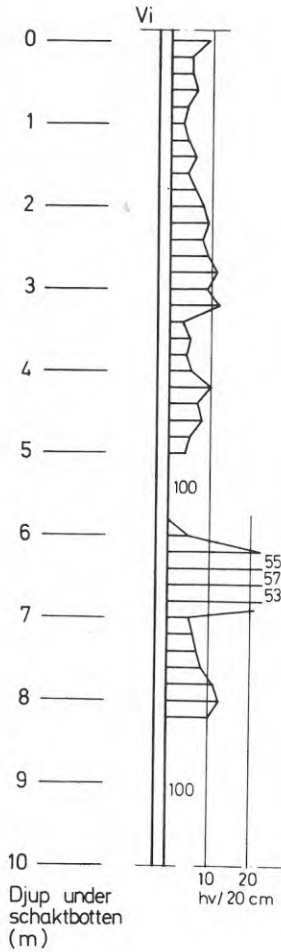
Bilaga 2.



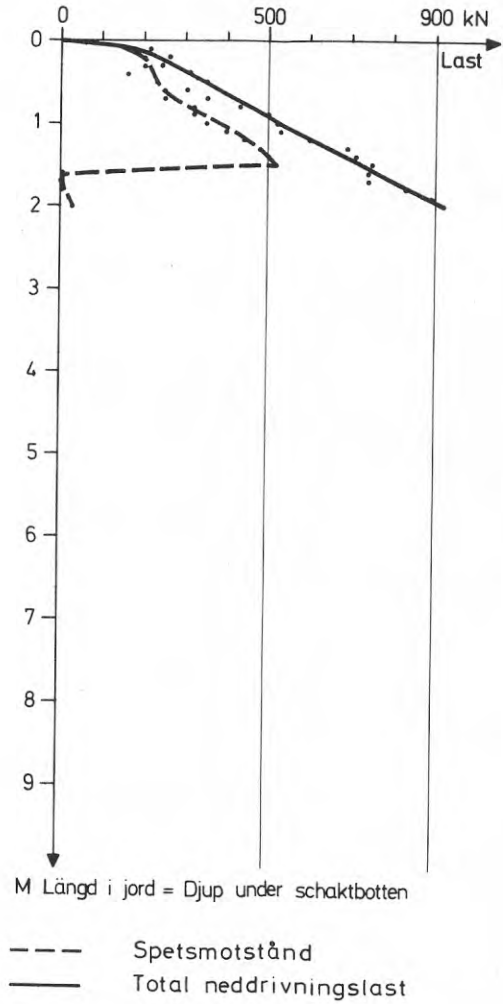
Bil. 2

Bilaga 3.

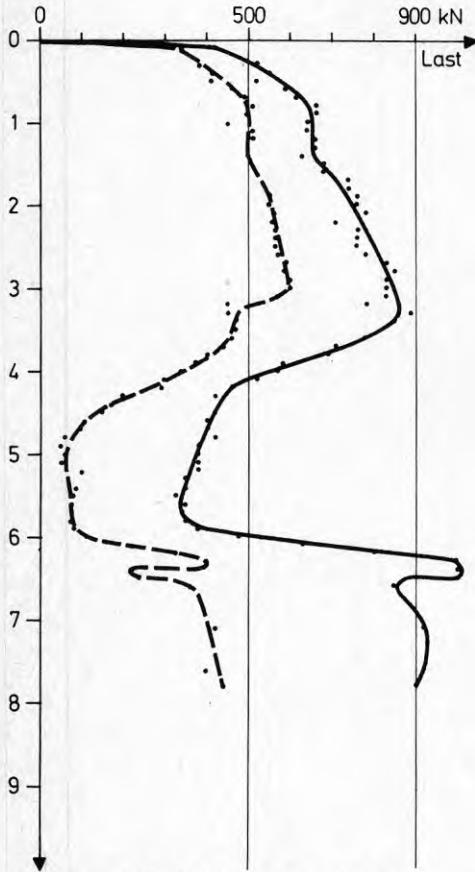
BH 1



PROVPÅLE 1

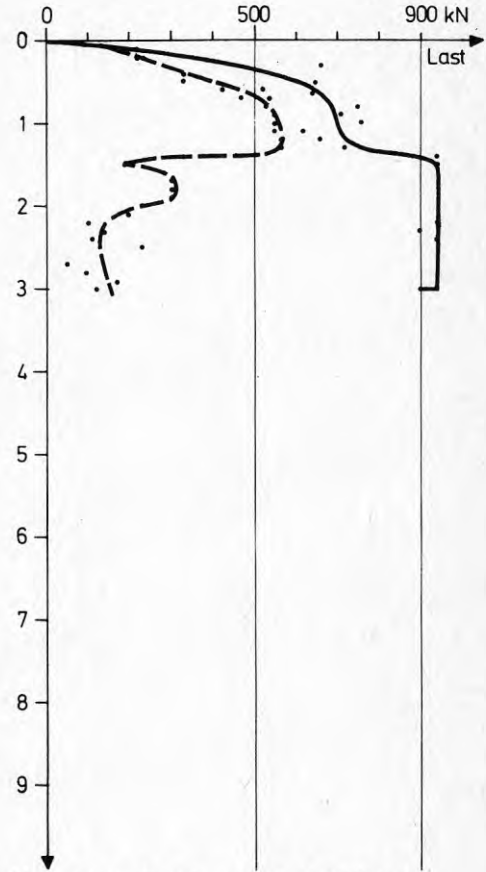


PROVPÅLE 2



M Längd i jord = Djup under schaktbotten

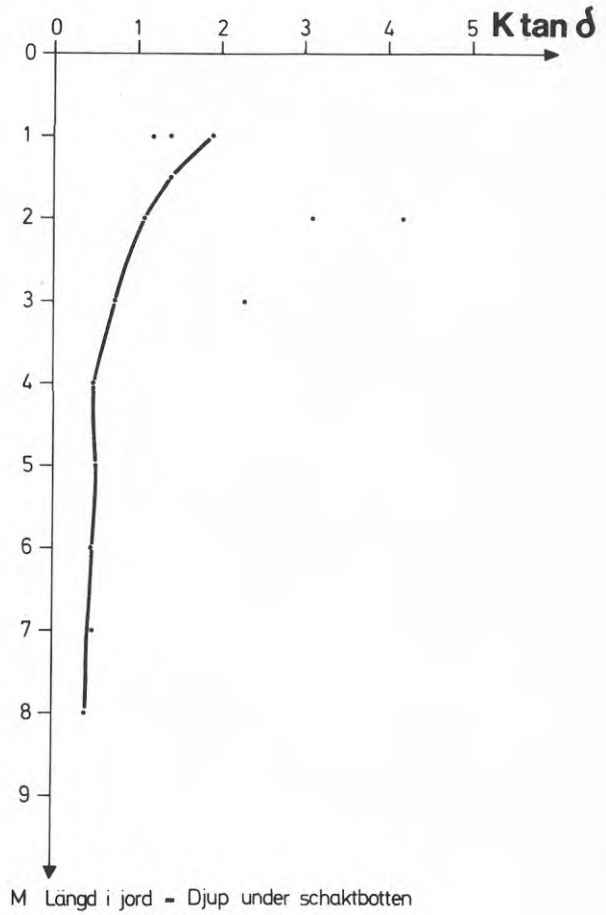
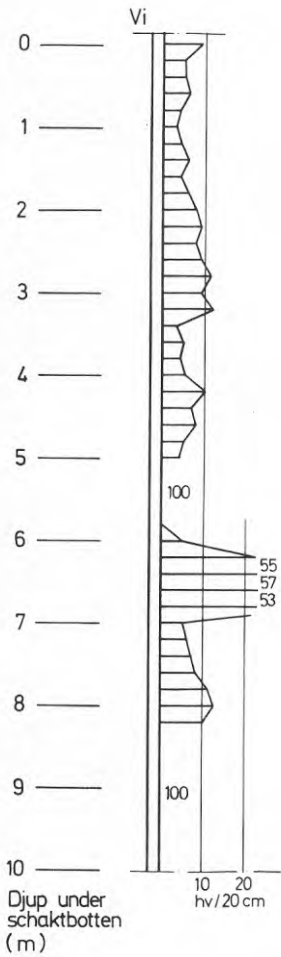
PROVPÅLE 3



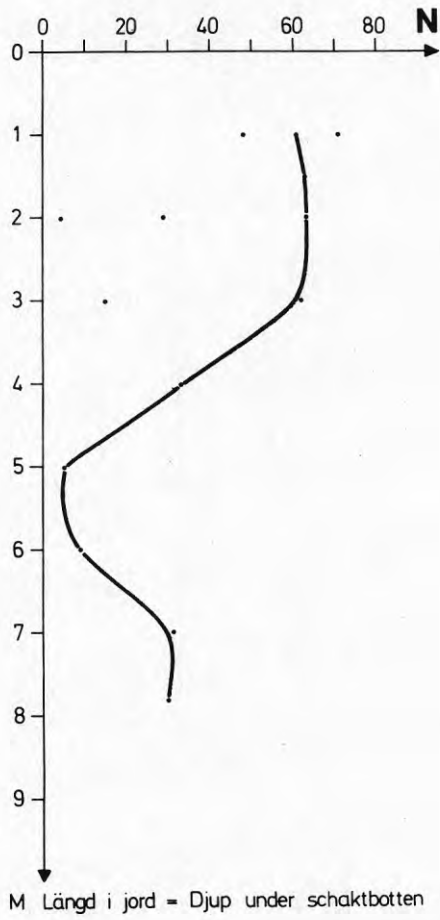
M Längd i jord = Djup under schaktbotten

Bilaga 4.

BH 1



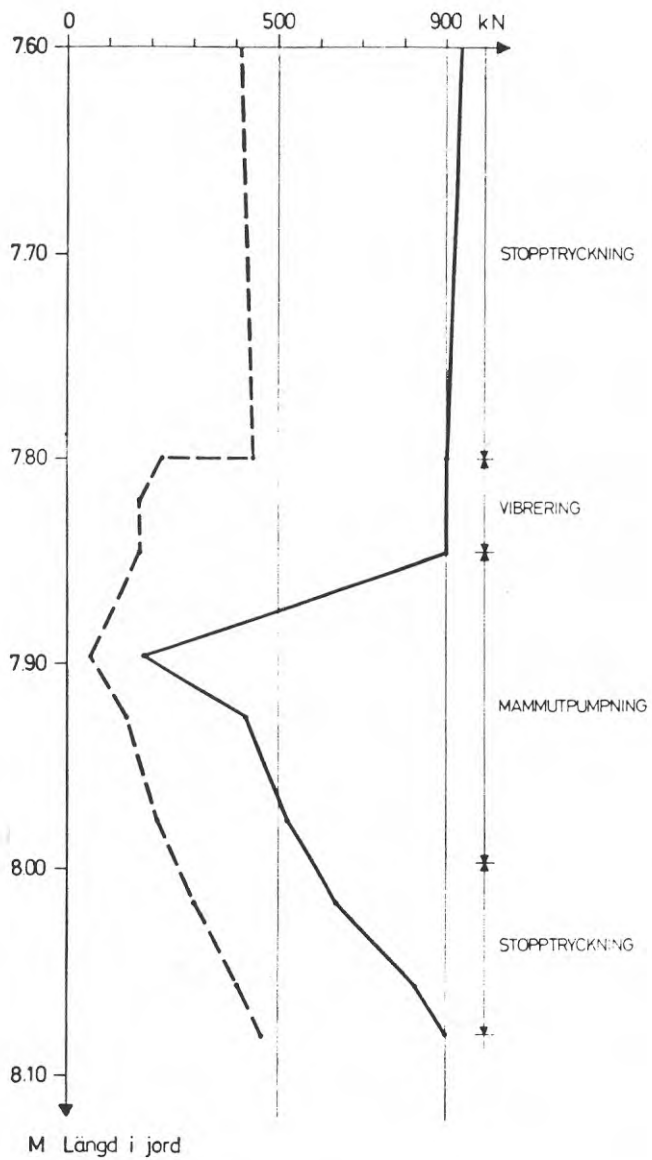
Anm. Den dragna linjen gäller påle 2



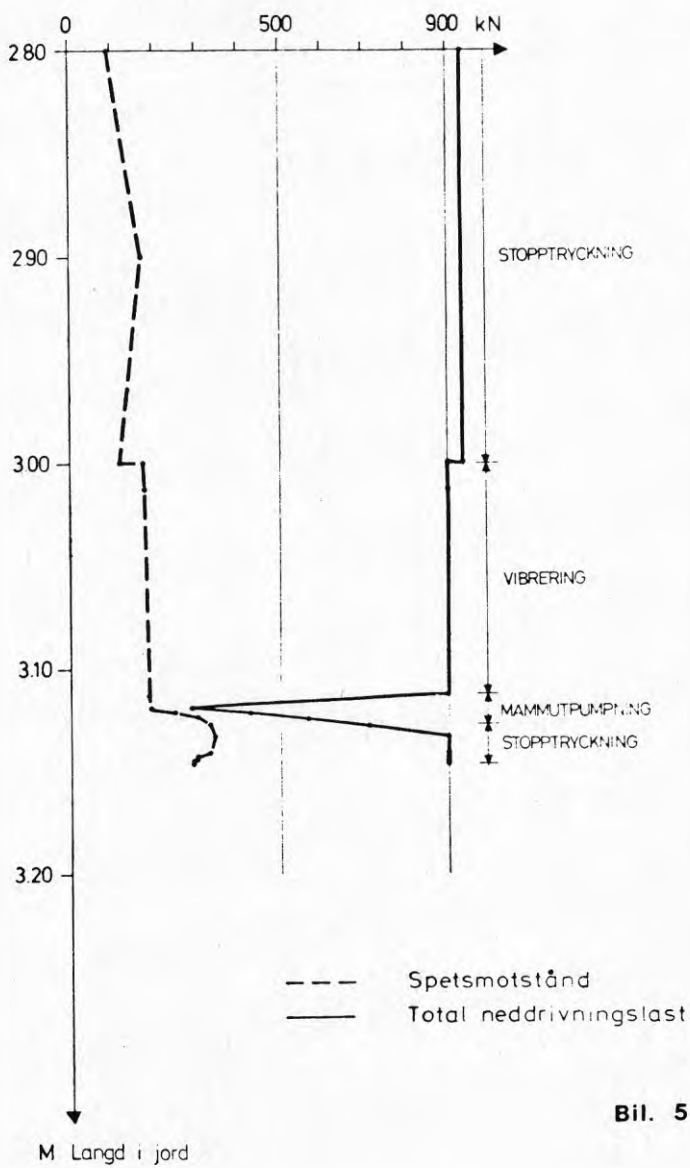
Bil. 4

Bilaga 5.

PROVPÅLE 2



PROVPÅLE 3



Bil. 5

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 730238-4 från
Statens råd för byggnadsforskning till Hagconsult AB,
Stockholm.**

R60: 1978

ISBN 91-540-2890-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6600760

**Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktioner och material**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirkapris: 20 kr exkl moms