

INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN
ROYAL SWEDISH ACADEMY OF ENGINEERING SCIENCES

PÅLKOMMISSIONEN

Commission on Pile Research

Anvisningar för provpålning med
efterföljande provbelastning

Stockholm 1980



rapport 59

INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN
ROYAL SWEDISH ACADEMY OF ENGINEERING SCIENCES

PÅLKOMMISSIONEN

Commission on Pile Research

**Anvisningar för provpålning med
efterföljande provbelastning**

Rapporten har utarbetats av en arbetsgrupp inom Pålkommisionen:
»Provb belastningsgruppen»

Stockholm 1980

Pris 50:—



rapport 59

FÖRORD

Föreliggande anvisningar ersätter Pålkommissionens tidigare utgivna Särtryck och Preliminära Rapporter nr 11 "Anvisningar för provpålning och enkel provbelastning". I dessa nya anvisningar beskrivs ett flertal olika provbelastningsmetoder och kombinationer av metoder, för att olika avsikter med provbelastningen skall kunna tillgodoses. Anvisningarna gäller främst i Sverige vanligen förekommande påltyper.

I jämförelse med tidigare anvisningar föreslås en ny utvärderingsmetod för bestämning av en påles "brottlast". Metoden är oberoende av lastdeformationskurvans form och ger ett entydigt värde på brottlasten vid måttlig deformation hos pålhuvudet, men ändock så stor deformation att brott normalt inträffat dels utmed pålens mantelyta, dels under pålspetsen.

I anvisningarna införs även begreppet kryplast, som bedöms ge ett bättre karakteristiskt värde på en påles bärförmåga. Denna kryplast jämförelses med det tidigare använda begreppet flytlast.

Anvisningarna har utarbetats av en arbetsgrupp inom IVA:s Pålkommission "Provb belastningsgruppen", som har bestått av följande personer.

Övering E Sandegren	Statens Järnvägar, ordförande
Övering U Bergdahl	Statens Geotekniska Institut
Civ ing B Fellenius	
Professor B H Fellenius	Ottawa University, Kanada
Övering L Hellman	Statens Geotekniska Institut
Civ ing G Hult	Scandiaconsult
Tekn lic S-E Rehnman	Statens Planverk
Civ ing P Sahlström	Statens Vägverk (numera Statens Planverk)
Civ ing J Wennerstrand	Statens Geotekniska Institut
Civ ing L Bjerin	Statens Geotekniska Institut, utredningsman

Stockholm i mars 1980

ANVISNINGAR FÖR PROVPÄLNING MED EFTERFÖLJANDE PROVBELASTNING

INNEHÅLLSFÖRTECKNING		sid
BETECKNINGAR		V
1	ORIENTERING	1
1.1	Allmänt	1
1.2	Kort beskrivning av olika prov- belastningsmetoder	2
1.3	Val av provbelastningsmetod	5
2	GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR I SAMBAND MED PROV- PÄLNING OCH EFTERFÖLJANDE PROVBELASTNING	8
2.1	Allmänt	8
2.2	Sondering	8
2.3	Provtagning	9
2.4	Laboratorieprovning	9
2.5	Insituprovning	9
2.6	Redovisning	10
3	PROVPÄLNING FÖR PROVBELASTNING	11
3.1	Provpåles konstruktion	11
3.2	Uppmätning av provpåle	11
3.21	Mätning av längd och uppmärkning av provpåle	11
3.22	Mätning av omkrets	11
3.23	Mätning av initialkrokighet	12
3.3	Slagning av provpåle	13
3.31	Anteckning av data	13
3.32	Slagningsprotokoll	13
3.33	Fjädringsmätning	14
3.34	Mätning av krokighet	16
3.4	Redovisning av provpålning	16
4	ANORDNINGAR FÖR PROVBELASTNING	18
4.1	Provpåle	18
4.2	Anordnande av mothåll	18
4.21	Allmänt	18

4.22	Mothållspålar	18
4.23	Förankringsstag	19
4.24	Överlast	19
4.25	Befintligt byggnadsverk	20
4.3	Utrustning för provbelastning	20
4.31	Domkraft	20
4.32	Lageranordningar	20
4.33	Pump	20
4.34	Manometer	21
4.35	Tryckdosa	21
4.36	Mätbalk och mätklockor för mätning av pålhuvuds vertikalrörelse	21
4.4	Särskild utrustning	22
4.41	Mätning av provpåles deformation	22
4.42	Mätning av kraft i provpåle	23
4.5	Redovisning av provningsutrustning	23
5	TEKNISKA ANVISNINGAR FÖR UTFÖRANDE AV PROVBELASTNING	25
5.1	Tidpunkt för provbelastning	25
5.2	Erforderlig belastning	25
5.3	Mätning av påles rörelse	25
5.4	Protokoll	26
5.5	Provbelastningsmetoder	26
5.51	Provbelastning med konstant nedpressningshastighet	26
5.52	Provbelastning med stegvis pålastning	27
5.53	Cyklisk provbelastning	28
5.54	Långtidsprovbelastning	29
5.55	Kombinationer av provbelastningsmetoder	30
5.551	Stegvis pålastning kombinerad med belastning med konstant nedpressningshastighet	30
5.552	Belastning med konstant nedpressningshastighet eller stegvis pålastning kombinerad med cyklisk belastning	30
5.553	Stegvis pålastning eller belastning med konstant nedpressningshastighet i kombination med dygns- lång konstant belastning, när brottlast ej uppnås	31
5.6	Redovisning av resultat från provbelastning	31

6	TOLKNING AV PROVBELASTNINGSRISULTAT	37
6.1	Allmänt	37
6.2	Bedömning av påles verkningsätt	38
6.3	Bestämning av påles brottlast	40
6.4	Bestämning av påles kryplast	42
6.5	Jämförelse mellan påles brottlast och kryplast	42
7	ATT BEAKTA VID VAL AV TILLATEN LAST	43
8	RAPPORTERING AV UTFÖRD PROVPAIUNG MED EFTERFÖLJANDE PROVBELASTNING	44
8.1	Allmänt	44
8.2	Checklista för rapportering av prov- pålning med efterföljande provbelastning	44
9	LITTERATURFÖRTECKNING	46

BILAGOR

BETECKNINGAR

- A = påles tvärsnittsarea
a = längdmått, mm ($= 20 + D/20$)
D = påles diameter eller ekvivalent påldiameter
d = påles initialkrokighet
 δ = pålhuvuds sättning
 δ_B = pålhuvuds sättning vid brottlast
E = påles elasticitetsmodul
L = påles längd
 ΔL = påles elastiska sammanpressning
P = pålagd last på pålhuvudet
 ΔP = pålagt lasttillskott på pålhuvudet
 Q_B = påles utvärderade brottlast
 Q_K = påles utvärderade kryplast
 $r_{\min}$ = minsta krökningsradie

ANVISNINGAR FÖR PROVPÅLNING MED EFTERFÖLJANDE PROVBELASTNING

1 ORIENTERING

1.1 Allmänt

Normalt kan man med ledning av resultat från geotekniska undersökningar bedöma vilken påltyp som skall användas för grundläggning av ett visst byggnadsverk. Detta gäller speciellt för spetsburna pålar, dvs pålar där huvuddelen av lasten överförs genom pålspetsen till berg eller bärkraftigt jordlager. Om tveksamhet råder beträffande den nivå vid vilken pålarna kan få tillräcklig spetsbärighet eller i de fall då man avser använda mantelburna pålar, dvs pålar där huvuddelen av lasten överförs till omgivande jord genom friktion eller adhesion längs mantelytan (friktionspåle, kohesionspåle), är det ofta lämpligt att utföra provpålning eventuellt kombinerad med provb belastning.

Provpålning används för att bestämma erforderlig längd på spetsburna pålar för ett visst byggnadsobjekt, pålbarheten i jorden eller för att bestämma en stoppnivå för friktionspålar, beräknad med slagningsformel.

Provb belastning används dels för att vid projektering bestämma erforderlig pållängd för mantelburna pålar, dels för att i samband med byggande kontrollera bärförmågan hos redan slagna pålar.

Kontroll av bärförmågan genom provbelastning erfordras bl a vid användning av högbelastade pålar enligt SBN-80 pålningsklass A, när bärförmågan ej kan verifieras på annat sätt. I sådana fall kan provbelastning bli aktuell på påle under färdigt byggnadsverk.

I föreliggande anvisningar redovisas hur provpålning med efterföljande provbelastning bör utföras. Planläggning och genomförande av såväl provpålning som provbelastning skall anpassas till aktuella jord- och belastningsförhållanden och ledas av en på detta område erfaren geotekniker. Nedan beskrivna metoder skall i möjlig mån

följas. Härigenom underlättas jämförelser med erfarenheter från andra provbelastningar och provpålningar, vilket ger bästa möjlighet att bedöma en påles funktionssätt och bärförmåga.

För att öka den samlade kunskapen om pålars beteende är det önskvärt att en kopia av resultat från varje utförd provpålning och provbelastning insänds till IVA:s Pålkommission, som efter hand sammanställer resultaten för olika ändamål. Till provbelastningsresultatet bör även fogas kopia av utförda geotekniska undersökningar.

Adress: IVA:s Pålkommission
c/o Statens geotekniska institut
581 01 LINKÖPING

1.2 Kort beskrivning av olika provbelastningsmetoder

De i Sverige vanligaste provbelastningsmetoderna är

- Provbekastning med konstant nedpressningshastighet¹⁾
- Provbekastning med stegvis pålastning²⁾
- Cyklisk provbelastning
- Långtidsbelastning med konstant last
- Kombinationer av ovanstående metoder.

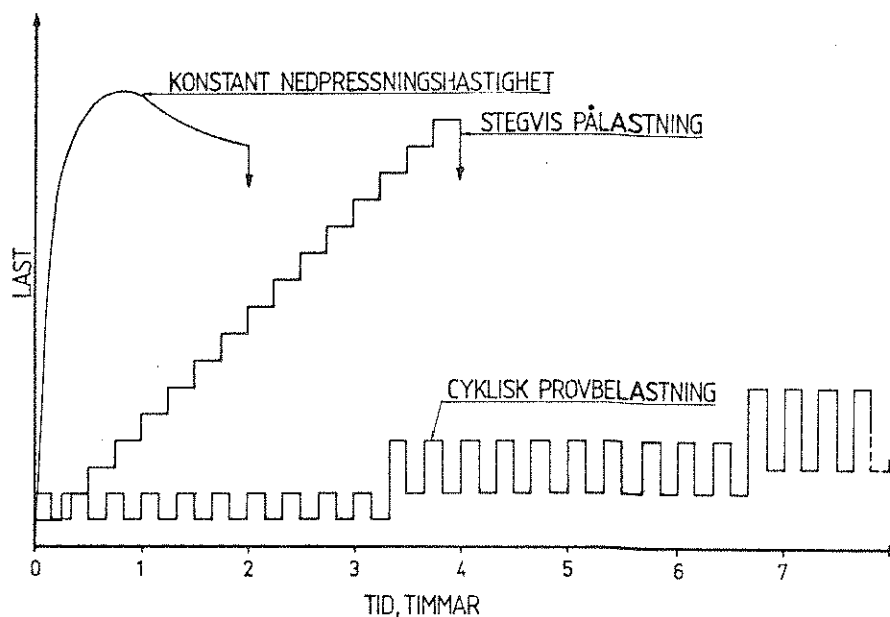
Provbekastningar kan i princip utföras på två sätt. Man kan antingen reglera deformationen och registrera erforderlig last eller reglera lasten och observera därav orsakade deformationer. Se Fig 1.1 och 1.2.

En provbelastning enligt principen reglerad deformation utförs med konstant nedpressningshastighet. Pålhuvudet trycks ned med en viss förutbestämd låg hastighet och härför erforderlig kraft uppmäts.

Vid stegvis pålastning påförs en viss last, som hålls konstant, samt registreras därav orsakade deformationer. Då deformationerna upphört eller efter en viss i förväg bestämd tid (15 min - 24 tim) ökas lasten ett steg enligt en i förväg uppgjord plan.

1) Motsvarar den europeiska metoden CRP = Constant Rate of Penetration

2) Motsvarar den internationella metoden ML = Quick Maintained Load test.



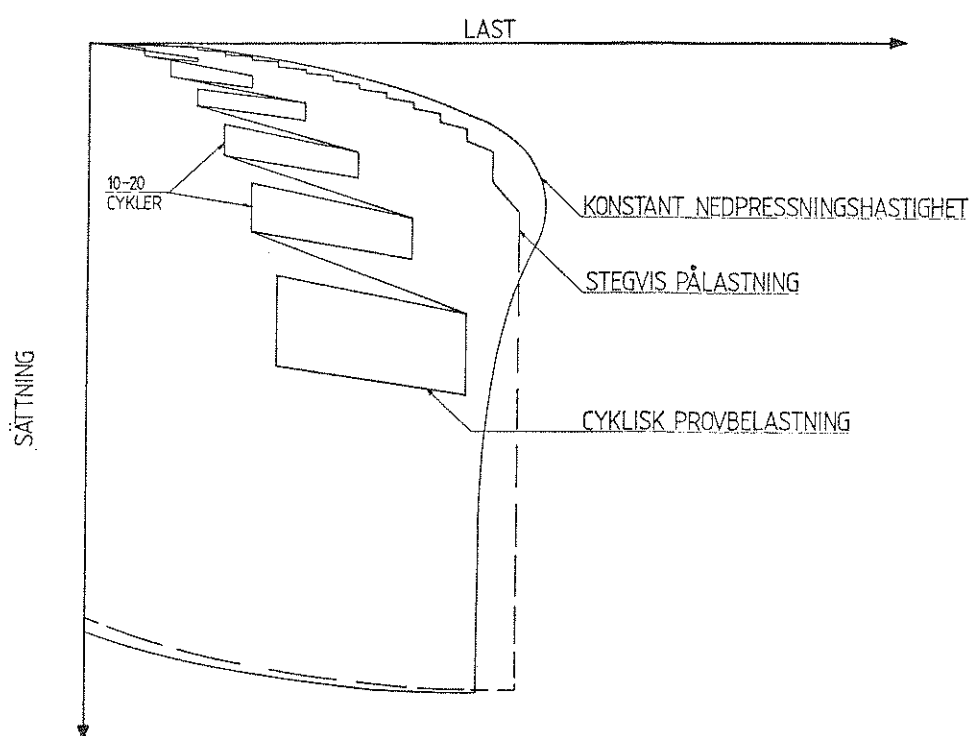
Figur 1.1. Jämförelse mellan last-tidkurvor för olika provbelastningsmetoder (principfigur).

Den nya lasten hålls konstant och deformationen registreras enligt ovan, osv. Laststegen är ofta lika stora och lika med 5 å 10% av den beräknade brottlasten.

Om man vill undersöka effekten av upprepade på- och avlastningar kan cyklisk provbelastning av pålar utföras. Lasten ökas i ett antal steg såsom vid stegvis provbelastning. Under ett laststeg hålls dock lasten vid denna metod ej konstant utan växlas regelbundet under exempelvis tjugo cykler mellan en maximilast, som hålls en viss tid, och halva denna last, som hålls lika lång tid. En fullständig provbelastnings varaktighet blir därigenom 15 å 20 timmar.

För att undersöka vissa långtidseffekter, t ex risken för knäckning av en påle p g a med tiden ökande sidoutböjning eller bärförmåga hos en kohesionspåle i lera vid långsam deformation, kan man hålla lasten konstant under lång tid: långtidsbelastning. Långtidslasten sätts normalt lika med pålens beräknade ständiga last multiplicerad med lämplig säkerhetsfaktor.

Om man vid något tillfälle vill studera en speciell egenskap hos en påle, kan det vara lämpligt att utföra provbelastningen enligt en metod som utgör en kombination av ovan nämnda förfaranden. Provbekastningen kan t ex utföras med stegvis pålastning till cirka 3/4 av beräknad brottlast och därefter med konstant nedpressningshastighet. I andra fall följs en provbelastning med stegvis pålastning eller konstant nedpressningshastighet av en cyklisk provbelastning vid förhållandevis hög last.



Figur 1.2. Jämförelse mellan last-sättningskurvor (arbetskurvor) för olika provbelastningsmetoder (principfigur).

Vid varje provbelastning registreras last och rörelse hos pålhuvudet. Ytterligare upplysningar om en påles verkningssätt eller kraftfördelningen i en påle kan erhållas genom att man förutom pålhuvudets rörelse även mäter pålens sammanpressning. Med hjälp av speciell mätutrustning kan även sammanpressningen hos delar av pålen mätas. Pålen kan även förses med exempelvis trådtöjningsgivare för bestämning av kraften i vissa pålsnitt.

1.3 Val av provbelastningsmetod

Genomförandet av en provpålning med efterföljande provbelastning är relativt kostnadskrävande. Det är därför betydelsefullt att den genomförs med sakkunskap så att all värdefull information kan tas till vara. Kostnaderna för provpålning och provbelastning fördelar sig ungefärligen enligt följande:

Pålar, slagning av provpålar och mothållspålar eller anordnande av annan mothållsanordning	60%
provb belastning inkl transport och uppriggning av utrustning	25%
utvärdering och rapportering	15%

Omfattningen av mät- och provningsprogrammet inverkar endast lite på totalkostnaden, varför mätprogrammet bör utformas så att största möjliga information för tolkning av pålens funktionssätt och bär-förmåga erhålls.

I föregående kapitel har kortfattat beskrivits ett antal olika sätt att utföra provbelastning av en påle. Vilken metod som skall väljas för en aktuell undersökning beror av flera faktorer som t ex:

- Problemställning; kontroll av bärförmåga, bestämning av erforderlig pållängd eller av påles verkningsätt, effekten av upprepade på- och avlastningar.
- Tillgänglig provtryckningsutrustning och mothållsanordning.
- Omfattning av sättnings- och deformationsmätningar samt typ av mätutrustning.

Det skall i detta sammanhang påpekas att de kraft-deformationssamband som erhålls med olika provbelastningsmetoder ej överensstämmer sinsemellan (Fig 1.2) samt att det är skillnad mellan brottlast och kryplast, jfr avsnitt 6.3 och 6.4. Tyvärr har några systematiska jämförelser på fullskalepålar med olika provningsmetoder ej utförts utan endast försök med halvskalepålar (Bergdahl & Hult, 1979).

Om man tar hänsyn till det i dessa anvisningar föreslagna brott-kriteriet visar halvskaleförsöken för friktionspålar:

- att brottlasten bestämd ur last-sättningskurvor från stegvis pålastning och cyklisk på- och avlastning i medeltal är 93% av brottvärdena från provningar med konstant nedpressningshastighet
- att kryplasten bestämd med cyklisk på- och avlastning respektive stegvis pålastning i medeltal är 80% av brottlasten från provningar med konstant nedpressningshastighet.

Från försöken med kohesionspålar i halvskala på Skå Edeby-fältet kan noteras:

- att brottlasten bestämd med cyklisk på- och avlastning eller stegvis pålastning i medeltal är 90% av de värden som erhålls av provningar med konstant nedpressningshastighet
- att kryplasten bestämd med cyklisk på- och avlastning eller stegvis pålastning i medeltal är 78% av den brottlast som bestäms vid konstant nedpressningshastighet.

Det skall dessutom poängteras att provningarna också visat att det förekommer skillnader i resultaten mellan provningar utförda på samma plats på samma sätt på identiskt lika pålar. Dessa skillnader kan vara av samma storlek som de som redovisats ovan.

Provb belastning med konstant nedpressningshastighet ger en kontinuerlig kurva över kraft-sättningsförloppet för pålen, även inom den del som visar pålens beteende sedan brott inträffat i jorden utmed pålen. Härigenom erhålls en god bild av pålens verkningssätt i jorden. Metoden är snabb (ca 2 tim). Detta kan dock medföra svårigheter att hinna med mer omfattande mätningar under provningens gång. Vid användning av denna metod behövs en elektrisk pump, som ger ett litet, konstant och på förhand inställbart oljeflöde.

Då många deformationsmätare eller andra mätvärdesgivare skall avläsas och man ej har tillgång till automatisk registreringsutrustning, är stegvis pålastning en lämplig metod. En annan fördel med

metoden är att sättningshastigheten under senare delen av varje laststeg utgör ett värdefullt tillskott till bedömningsunderlaget, när tillåten last för pålen skall bestämmas. Provb belastningen kan utföras med enkel handpump. Skall sättningshastigheten bestämmas, som t ex vid utvärdering av kryplast, erfordras pump med automatisk tryckreglering samt noggrann kraftmätning (jfr avsnitt 4.33).

Cyklisk provbelastning används ibland för pålar till konstruktioner utsatta för stora rörliga laster, t ex broar.

Kombinationer av metoder kan ibland vara lämpliga. En stegvis pålastning kan exempelvis avslutas med konstant nedpressning. Om belastningsanordningen skulle visa sig vara otillräcklig, så att pålen ej kan belastas till brott, avslutas lämpligen försöket med cyklisk provbelastning. Deformationerna under dessa lastcykler ger underlag för bedömning av hur nära brott- eller kryplast den maximalt tillgängliga lasten är.

2 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR I SAMBAND MED PROVPÅLNING OCH EFTERFÖLJANDE PROVBELASTNING

2.1 Allmänt

De geotekniska undersökningar som utförs före provpålning med efterföljande provbelastning skall ha sådan omfattning, att en beräkning av erforderliga pållängder kan göras för såväl prov- som eventuella mothållspålar. Sålunda måste jordens sammansättning och fasthet bestämmas genom hela den jordlagerföljd som berörs av en tänkt pålgrundläggning. Kan man misstänka att mindre bärkraftig jord, speciellt kohesionsjord, finns även under de tänkta pålspetsnivåerna, måste undersökningen utsträckas till större djup.

Inom Pålkommissionens Geogrupp utarbetas för närvarande förslag till anvisningar för geotekniska undersökningar för pålningsarbeten av olika slag. Sedan dessa anvisningar utkommit, bör dessa ersätta nedanstående text.

För beskrivning av utrustningar och metoder hänvisas till Svenska geotekniska föreningens standard (1979) för sondering, Svenska geotekniska föreningen: Förslag till geotekniska laboratorieanvisningar (LABAN)¹⁾, Handboken Bygg (1972) kap 178, samt till "Geoteknisk fält-handbok" utgiven av AB Jacobson & Widmark (1973).

2.2 Sondering

För spetsburna pålar utförs normalt hejarsondering, varvid standardmetod A är lämpligast. Härvid bör mantelfriktionen mot stängerna mätas med momentnyckel eller glappkoppling. Metod B kan väljas, då djupet till fastare lager är mindre än 15 å 20 m, dock ej i fast lera såsom moränlera. I sådana fall, där lös lera direkt överlagrar fast morän eller berg, kan även motorslagsondering användas. Vid stenig och blockig jord kan jord-bergsondering bli nödvändig.

För kohesionspålar utförs tryck- eller viktsondering till fasta bottenlager.

1) Under arbete, f n finns del 2-7 (av 10) utgivna i informationsblad från Statens institut för byggnadsforskning, se litt.förteckn.

För friktionspålar i grus, sand och silt utförs vikt- eller trycksondering samt hejarsondering metod A till fasta bottenlager.

Vid mycket stort djup till fast botten (>30 ä 40 m) samt vid silting jord och fast lera kan det inträffa, att stort slagningsmotstånd (> 200 ä 300 slag/0,2 m) erhålls med hejarsonden utan att sondspetsen nått fasta bottenlager. Härvid bör kontroll göras antingen med högre fallhöjd eller med extra tung hejare. Man kan även överväga att i sådana fall komplettera undersökningen med jord-bergsondering.

2.3 Provtagning

Vid provtagning i samband med provpålning och provbelastning upp-tas prover i sådan omfattning att en klar bild av jordlagerföljden erhålls om möjligt även under pålspetsnivån. I kohesionsjord tas ostörda prover, medan man i friktionsjord kan nöja sig med störda eller omrörda prover. Då spetsburna pålar skall användas, avgörs behovet av provtagning från fall till fall.

2.4 Laboratorieprovning

Samtliga prover undersöks med avseende på jordart och vattenkvot.

För kohesionspålning undersöks proverna dessutom med avseende på skjuvhållfasthet, sensitivitet, konflytgräns, skrymdensitet och kompressionsegenskaper. För sättningsberäkning erfordras undersökning av kompressionsegenskaperna även för jorden under aktuell pålspetsnivå.

2.5 Insituprovning

För kohesionspålar bestäms jordens skjuvhållfasthet lämpligen med vingborr.

För friktionspålar kan det ibland vara lämpligt att - som komplement till de ovan angivna sonderingarna och provtagningarna - bestämma jordens hållfasthets- och deformationsegenskaper med pressometerförsök, i synnerhet vid stora pålningsarbeten.

2.6 Redovisning

De geotekniska undersökningarna skall redovisas enligt Svenska geotekniska föreningens "Beteckningar för geotekniska undersökningar. blad 1-4". Den geotekniska undersökningen skall normalt bifogas rapporten från utförd provpålning och provbelastning.

3 PROVPÅLNING FÖR PROVBELASTNING

Före provpålning avgörs om provpålar och eventuella mothållspålar skall ingå i konstruktionspålningen eller ej. Med ledning härav och av resultatet av den geotekniska undersökningen väljs lämplig plats för provpålning och provbelastning. I samband härmed skall man även bedöma om mothållspålarna skall efterslås efter utförd provbelastning.

3.1 Provpåles konstruktion

Provpåles konstruktion, inklusive eventuella skarvar och pålsko skall framgå av ritning.

Provpåle av betong eller stål bör som regel vara försedd med inspektionsrör. I förtililverkade betongpålar skall detta utgöras av i pålen centriskt ingjutet rör med 42 $\pm$ 1 mm innerdiameter. För att inklinometermätning med godtagbar precision skall möjliggöras bör röret vara sömlöst, precisionsstålrör (DIN 2391). Ett svetsat precisionsstålrör utfört med särskild måttnoggrannhet (DIN 2393) kan i vissa fall användas. Se även Statens Vägverk "Anvisningar för pålningsarbeten" TB 108 1976-12.

3.2 Uppmätning av provpåle

3.21 Mätning av längd och uppmärkning av provpåle

Provpåles och pålelements längd skall mätas (mätnoggrannhet $\pm$ 10 mm). I samband härmed bör provpåle märkas på varje meter eller 0,2 m beroende på hur slagningsmotståndet skall protokollföras. Längdmätningen skall utgå från pålspetsens yttersta del, så att pålspetsens djup under markytan eller annat referensplan kan anges när som helst under slagningens gång.

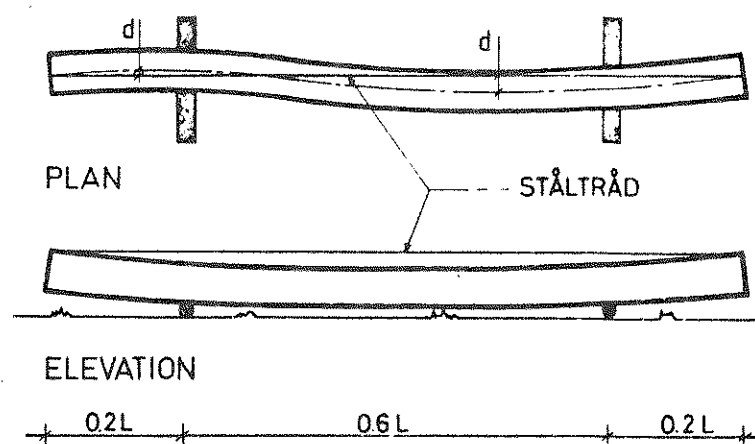
3.22 Mätning av omkrets

För träpålar och betongpålar (då de senare används som kohesionspålar) mäts provpåles eller påldels omkrets eller tvärmått (mätnoggrannhet $\pm$ 5 mm på omkretsen) på varannan meter, dock tätare, när oregelbundna variationer i tvärsnittsarean förekommer. Eventuellt utskjutande hörn (skägg) måste därvid först avlägsnas.

3.23 Mätning av initialkrokighet

Initialkrokighet hos provpåle eller påldel skall mätas i vissa fall därför att denna har betydelse för provpålnings- och provbelastningsresultaten. För provpålar av trä skall initialkrokigheten alltid mätas. För fabrikstillverkade betongpålar eller stål-pålar erfordras i regel ingen mätning av initialkrokigheten, såvida inte en okulär inspektion av påle eller påldel ger anledning härtill. Skarvbeslags vinkel i förhållande till pålens längdriktning kontrolleras däremot alltid. Beträffande godtagbara värden på krokighet och initialvinkeländring över skarv, se gällande bestämmelser.

Initialkrokigheten mäts enligt följande (se Fig 3.1). Pålen läggs på två stöd placerade på avståndet $0,2$ ggr pållängden (L) från var-dera änden. Pålens mittlinje markeras med punkter vid påländarna på den uppåt vända pålytan. Mellan dessa punkter spänns en ståltråd så att den blir rak. I mätpunkterna, lämpligen på varannan meter, och där avvikelserna är störst utmärks pålens centrumlinje (halva tvärmåttet eller diametern), varefter centrumlinjens horisontala avvikelse från ståltråden, d , uppmäts och anges med riktning, vänster eller höger, i förhållande till pålens längdmättningsriktning. För-farandet upprepas, sedan pålen vridits ett kvarts varv.



Figur 3.1. Princip för uppmätning av initialkrokighet. Avstånden d mäts.

Rund träpåle uppläggs så, att största avvikelse från en rak linje mellan topp och rotände mäts. Påle av betong läggs vid ena mätningen med gjutsidan uppåt (för rund påle den del av mantelytan som ej inneslutits i formen). Markering görs, så att uppmätning sker i två mot varandra vinkelräta plan.

Uppmätta avvikelser redovisas lämpligen på ritning.

3.3 Slagning av provpåle

Provpålar slås vanligtvis vertikalt.

Om provpåle, som blir friktionspåle eller spetsburen påle, slås före mothållspålar eller förankringsstag skall provpålen efterslås. Kohesionspåle däremot får ej efterslås, eftersom bärförmågan minskar om förnyad slagning sker efter viss tid.

3.31 Anteckning av data

För varje provpåle skall protokoll föras. Ofta är det lämpligt att även slagningen av mothållspålarna protokollförs. Blankett av bifogad typ bör användas (Bilaga 3.1). Även uppgifterna i blanketthuvudet skall fyllas i noggrant. (Blanketten kan beställas i block om 50 st hos Ingenjörsvetenskapsakademien, Biblioteket, Box 5073, 102 42 Stockholm.)

3.32 Slagningsprotokoll

Pålens sjunkning protokollförs under hela neddrivningsförloppet. Om prylning utförs genom fyllning, torrskorpa eller tjäle, skall anges till vilket djup detta skett liksom prylens tvärmått. Vidare skall av protokollet framgå, hur långt pålen sjunker för sin egen tyngd eller för pälens och hejarens tyngd. Slås pålen genom lösa jordlager med stor sjunkning per slag, anges i protokollet lämpligen erforderligt antal slag för varje meter som pålen sjunker. Vid ökat slagningsmotstånd mäts erforderligt antal slag per 0,2 m sjunkning hos pålen (normalförfarande).

Då slagningsmotståndet, med normal hejare och fallhöjd, uppgår till ca 100 slag per 0,2 m sjunkning görs lämpligen, som jämförelse

även registrering av pålens sjunkning för serier om 10 slag t ex genom ritsar på pålen. Vid slagningens avslutning görs alltid registrering av pålens sjunkning för minst 3 ä 5 serier om 10 slag (jämför "Pålar" Statens planverk godkännanderegler 1975:8). Bilaga 3.1 visar ett exempel på pålningsprotokoll utfört enligt ovanstående beskrivning. En fördel med denna registreringsmetod är, att man efter uppritning av resultatet i diagramform (se exempel i Bilaga 3.2) erhåller en god bild av vad som skett under slagningen och kan göra en direkt jämförelse med resultat från den geotekniska undersökningen.

Alternativt kan, i likhet med äldre praxis, slagningsmotståndet registreras såsom uppmätt pålsjunkning per serie om 10 alternativt 50 slag. Ett exempel på denna registreringsmetod framgår av Bilaga 3.1A (pålningsprotokoll) och Bilaga 3.2A (slagningsdiagram).

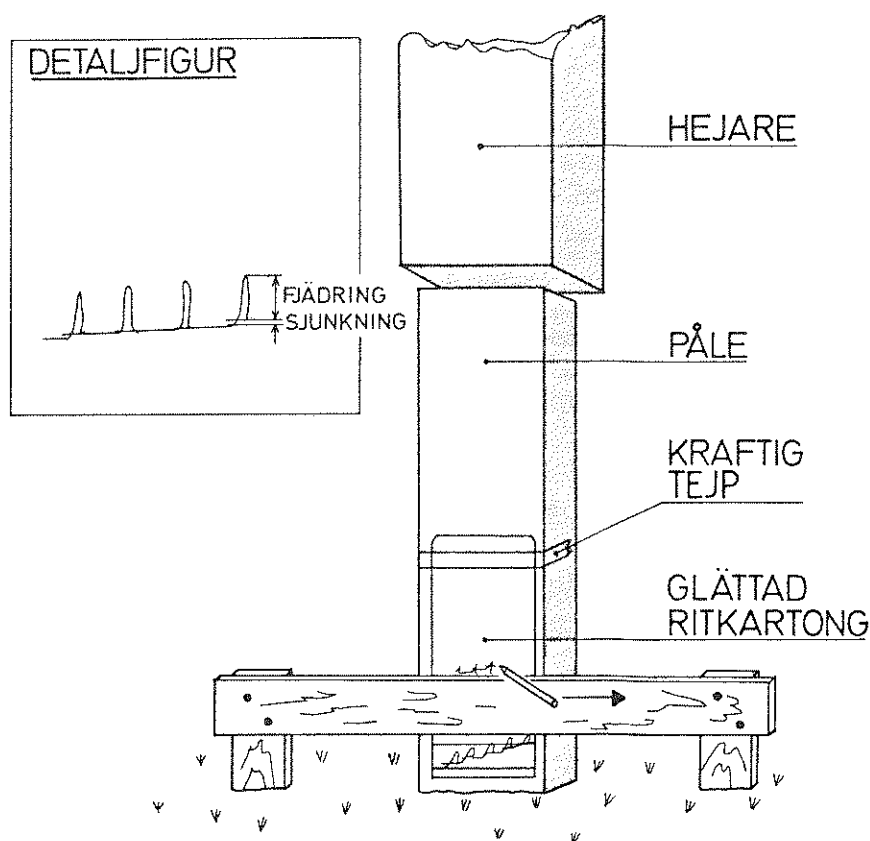
Parallellt med registreringen av slagningsmotståndet införs i protokollet pålspetsens djup under markytan. Därvid bör den längdmätning som tidigare markerats på pålen användas. (Observera att pålspetsens läge ej får beräknas genom summering av de uppmätta sjunkningarna för serier om 10 eller 50 slag.) När slagningen avslutats, avvägs pålhuvudet. Därefter kan pålspetsens nivå i aktuellt höjdsystem beräknas och införas i pålningsprotokollet.

Under slagningen antecknas i protokollet när nytt trä mellanlägg läggs in i slagdynan och, i förekommande fall, knekt påsätts. Tidpunkt för slagningens början och slut samt uppehåll i slagningen antecknas. I anmärkningskolumnen införs även övriga iakttagelser som görs under slagningens gång, t ex när hejarstuds inträffar, när skarvning sker. I samband med skarvning uppmäts normalt vinkeländring över skarv. Resultat av utförd efterslagning införs.

3.33 Fjädringsmätning

För stöd- och friktionspålar skall provpåles fjädring uppmätas vid stoppslag eller neddrivningens avslutning. På provpålen fästs då ett ark styvt, glättat papper eller kartong med tejp eller kraftiga gummiband. Framför provpålen anbringas vågrätt på högkant en styv

planka, upplagd fristående från pålkranen och eventuellt underlag för denna samt så nära intill provpålen, att man kan avbilda dess vertikala rörelser genom att under pågående slagning föra en blyertspenna utmed plankan mot papperet på pålen. Tolkning av fjädringsdiagrammet underlättas, om pennan efter varje slag hastigt förs tillbaka över sist gjorda markering. (Se Fig 3.2 och Bilaga 3.3). Diagrammet signeras av den som utfört detsamma och förses med övriga data enligt exempel i Bilaga 3.3. Erhållna diagram biläggs handlingarna i original eller direktkopia.



Figur 3.2. Principfigur för fjädringsmätning.

Under senare år har utvecklats även andra metoder att mäta pålars bärförmåga och verkningssätt under slagning med hjälp av accelerometrar och trådtöjningsgivare, t ex Case-metoden. Dessa mätningar kan utföras som komplement till ovan angivna mätningar vid provpåling, speciellt vid sådana förhållanden där pålens verkningssätt är svårbedömbart.

3.34 Mätning av krokighet

Normalt kan kontroll av påles krokighet efter slagning utföras med lodtolk (se "Pålar" Statens planverks godkännanderegler 1975:8). Kontroll med lodtolk innebär dock, att endast stora krökningar (små krökningsradier) på pålen kan upptäckas. För noggrann kontroll av en påles krokighet bör mätning med inklinometer utföras. Denna utförs i ett antal punkter i pålens inspektionsrör (jfr avsnitt 3.1). Vid varje mätpunkt registreras pålens maximala lutningsvinkel och den bäring i vilken denna lutning registreras. Alternativt kan pålens lutningsvinkel mätas i två mot varandra vinkelräta riktningar. Ur dessa värden kan sedan pålens krökningsradie eller vinkeländring över en viss sträcka av pålen framräknas. Genom summerande beräkning kan pålens form i jorden beräknas. Inklinometermätning skall alltid utföras av personal, som är väl förtrogen med mätutrustningen.

Vid bedömning av en påles krokighet efter slagning bör vinkeländringen över skarv skiljas från pålelementens krokighet. Utvärdering av mätresultaten måste vidare ställas i relation till avsedd brukslast på pålen, jordförhållanden etc.

3.4 Redovisning av provpålning

Slagningsförloppet redovisas i diagram enligt Bilaga 3.2 eller 3.2A beroende på hur registreringen av slagningsförloppet utförts.

I diagrammet redovisas slagningsarbetet (i erforderligt antal slag per 0,2 m eller i pålsjunkning per slag) som funktion av djupet. Mot slutet av slagningen, då neddrivningsmotståndet ökat, kan en förändring av diagramskalan erfordras. I diagrammet införs även en summakurva, som visar totala antalet slag och övriga iakttagelser, som antecknats i slagningsprotokollet i enlighet med vad som nämnts under "slagningsprotokoll". Vid pålspetsens läge i diagrammet införs resultat av sjunkningsmätning under de avslutande slagserierna liksom resultat av kontroll- och efterslagning. På slagningsdiagrammet skall anges pålens beteckning, pålspetsens djup, hejarens massa, fallhöjd samt datum. Erhållna fjädringsdiagram redovisas enligt Bilaga 3.3 och det utvärderade resultatet införs på aktuella nivåer i slagningsdiagrammet.

Pålarnas läge i plan och sektioner redovisas på de geotekniska ritningarna. Där så är möjligt redovisas även slagningsdiagrammen på dessa ritningar.

4 ANORDNINGAR FÖR PROVBELASTNING

4.1 Provpåle

För provpåle och slagning av provpåle skall gälla det som ovan anförs i kap 3, Provpålning för provbelastning.

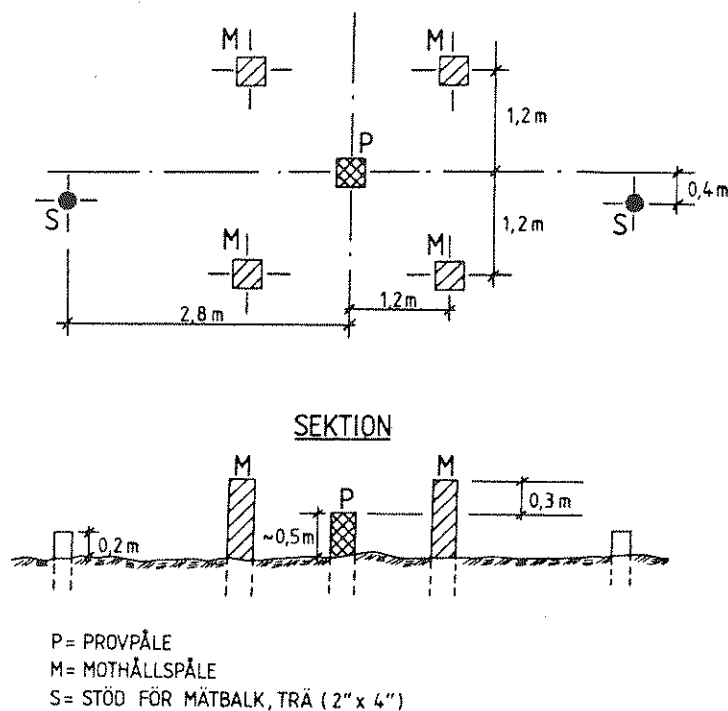
4.2 Anordnande av mothåll

4.21 Allmänt

Mothållsanordningarna utformas normalt så att provbelastningen kan drivas till minst 3 ggr den största last som pålen beräknas få uppbära i konstruktionen. Det är dock önskvärt att kohesions- och friktionspålar kan belastas till brott i jorden. Vid dimensioneringen tas hänsyn till viss excentricitet hos last och aktuella säkerhetskrav.

4.22 Mothållspålar

Mothåll för domkraft vid provbelastning kan anordnas på olika sätt. Vanligen används mothållspålar av trä, betong eller stål.



Figur 4.1. Exempel på inbördes placering av provpåle och mothållspålar.

Antalet mothållspålar samt deras längd är beroende av provbelastningsanordningens utformning och erforderlig mothållskraft. Förekommer flera mothållspålar erfordras ibland, att samverkan åstadkoms genom ett balksystem. Mothållspålarna bör dimensioneras så att erforderligt mothåll kan erhållas med viss säkerhet (säkerhetsfaktor 1,3-1,5) p g a osäkerheten avseende pålars utdragsmotstånd, ojäm lastfördelning mellan mothållspålarna etc. I löst lagrad sand exempelvis, är utdragsmotståndet endast hälften av mantelmotståndet vid nedpressning av samma påle (Bergdahl & Wennerstrand, 1976). Före slagning av mothållspålarna klargörs vilken provbelastningsanordning som skall användas, så att lämplig placering av mothållspålarna erhålls, se Figur 4.1. Centrumavståndet mellan provpåle och mothållspåle bör ej understiga 1,5 m. För friktionspålar bör ett större avstånd eftersträvas. (Enligt en teoretisk studie av Poulos (1974) bör avståndet vara ca 10 gånger påldiametern D.) Mothållspålar skall om möjligt slås före provpålar. Protokoll över slagningen bör normalt föras enligt punkt 3.32 ovan. Istället för mothållspålar kan nedslagen järnspont användas som mothåll.

4.23 Förankringsstag

Mothåll kan även anordnas med förankringsstag i berg eller eventuellt i jord. Stagen bör vid förankring i berg sättas vertikalt och på minst 1,5 m avstånd från provpålen. Stagen bör förspännas mot t ex slipers- eller balkpallning till så stor kraft att eventuella sidokrafter vid pålprovningen kan tas upp under hela provningen genom friktion mellan pallning och jord. Alternativt kan sidokrafter tas upp med spont eller korta pålar.

4.24 Överlast

I vissa fall kan det vara lämpligt att anordna överlast genom att på glesa slipers- eller balkpallningar placerade på betryggande avstånd (helst > 1,5 m) från provpålen, lägga stål balkar och betongpålar som motvikt. Dessa uppläggs så, att överlastens tyngdpunkt kommer mitt över provpålen. Kontroll bör göras av överlastens stabilitet med avseende på risken för stjälpning och markgenombrott. Kombinationer av dragpålar och överlast kan även användas.

4.25 Befintligt byggnadsverk

Ibland görs provbelastning först sedan hela eller del av en byggnadskonstruktion uppförts, varvid denna kan utnyttjas som mothåll. Speciell utformning av mothållskonstruktionen med beaktande av den stora lokala belastningen på byggnadskonstruktionen kan därvid erfordras. Särskilt gäller detta vid provbelastning i äldre bebyggelse.

4.3 Utrustning för provbelastning

4.31 Domkraft

Domkraft bör vara hydraulisk med liten inre friktion och skall ha i förhållande till pumpen tillräcklig kapacitet och slaglängd. Den skall vara kalibrerad tillsammans med den pump och manometer som skall användas vid provbelastningen om tryckdosa ej används.

4.32 Lageranordningar

För att begränsa friktionen i domkraften på grund av excentrisk belastning skall sfäriska lageranordningar anbringas över eller under domkraften. Även gummiplattor kan användas, varvid man dock bör uppmärksamma risken för snedbelastning i domkraften.

Om provbelastning utförs på lutande påle, skall lasten påföras axiellt i provpålens riktning. Rörelsemätningar utförs härvid också i provpålens riktning.

4.33 Pump

Pumputrustning bör väljas med hänsyn till provbelastningsmetod.

När pålen belastas genom att pålhuvudet pressas ned med konstant hastighet, erfordras speciell pump som ger konstant och inom vissa gränser reglerbart oljeflöde.

Vid stegvis pålastning kan en handpump eller motordriven pump användas. Skall deformationshastigheten bestämmas med precision, erfordras dock pump med automatisk tryckreglering.

Vid cyklisk belastning och vid konstant belastning under längre tid bör pumpen vara motordriven och försedd med tryckhållningsdon, t ex av fotocelltyp, monterad på precisionsmanometer. Intervallet mellan till- och frånslagspunkterna bör ej överstiga 1 å 2% av pålagd last.

4.34 Manometer

Precisionsmanometer med stor visartavla bör användas. Mätnoggrannheten bör vara bättre än 2% av mätområdet.

4.35 Tryckdosa

För bestämning av påförd last bör tryckdosa placerad på pålhuvudet användas, eftersom friktionen i domkraften ofta kan medföra betydande fel, om pålagd last beräknas ur det uppmätta oljetrycket. Mätnoggrannheten i tryckdosan bör vara bättre än 2% av beräknad brottlaster.

4.36 Mätbalk och mätklockor för mätning av pålhuvuds vertikallrörelse

Pålhuvuds vertikallrörelse uppmäts med minst två mätklockor, som monteras på en mätbalk.

Mätklockorna placeras på var sin sida om provpålen och på lika avstånd från pålens centrum. Mätklockorna bör vara graderade i 1/10 mm, helst 1/100 mm, och bör i regel ha minst 50 mm mätlängd, så att så få omställningar som möjligt behöver göras under provbelastningens gång. Omställning bör ske genom att passbitar av lämplig storlek inläggs mellan mätklocka och underlag.

Mätbalken uppläggs helt skild från mothållspålar och belastningsanordningar (eventuellt på särskilda upplagspålar). Mätbalkens längd bör avpassas så, att dess upplag kan placeras minst 1,5 m från närmaste mothållspåle. Mätbalken skall skyddas från temperaturväxlingar under provbelastningen genom t ex övertäckning med presenning, som ej vidrör mätbalken.

I de fall då tveksamhet råder om mothållspålars eller dragstags utdragshållfasthet mäts även deras vertikallrörelse med mätklockor eller genom avvägning.

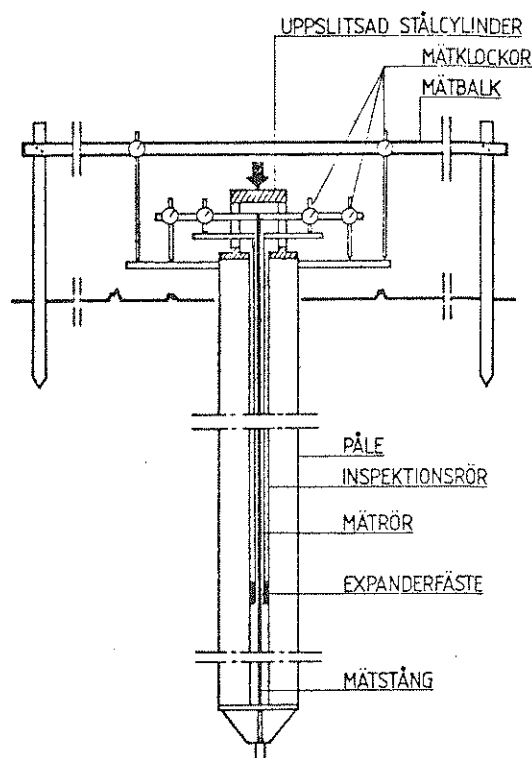
I pålar med inspektionshål kan med enkla medel pålspetsens rörelse mätas, se 4.4 nedan.

4.4 Särskild utrustning

4.41 Mätning av provpåles deformation

Vid varje provbelastning bör möjligheten utnyttjas att med en stång nedförd till pålspetsen genom pålens inspektionsrör mäta pålspetsens rörelse.

Om man önskar erhålla underlag för en bättre bedömning av lastfördelningen i pålen, dvs lastens uppdelning på spets- och mantelmotstånd samt mantelmotståndets fördelning längs pålen erfordras minst ytterligare en mätpunkt. Med hjälp av ett rör försett med ett expanderfäste i nederdelen (Broms och Hellman, 1968) kan pålens sammanpressning mätas på en övre och en undre del av pålen. Detta rör omsluter stangen, som nedförts till pålspetsen. Med kännedom om pålens elasticitetsmodul kan man sedan ur mätresultaten beräkna ungefärlig medelspänning i pålens olika delar (Fig 4.2).



Figur 4.2. Principfigur för mätning av påles sättning och sammanpressning inom olika delar av pålen.

Spetsstången och expanderröret får sticka upp ca 0,1 m över pålhuvudet, spetsstången något längre än expanderröret. På röret och stången fästs horisontala ok och mätlockor ansluts mellan oken och pålhuvudet. En särskild anordning, exempelvis en uppslitsad stålcyllinder, ställs sedan på pålen för överföring av lasten från domkraften till pålhuvudet.

Även andra system finns, med vilka samma slags mätningar kan utföras.

4.42 Mätning av kraft i provpåle

För noggrann beräkning av lasten i vissa snitt av pålen kan pålen förses med elektriska givare. Sådana givare, resistansgivare eller svängande-stränggivare, registrerar pålens deformation över en kort sträcka och ger således riktigare värden på lasten och lastfördelningen i pålen än deformationsmätning med rör och stänger. Utvärderingen av resultaten baseras dock även för dessa på pålmaterialets elasticitetsmodul.

Korrekt värde på lasten i pålen kan endast erhållas med speciella, noggranna pålkraftmätare, som mäter lasten oberoende av pålens elasticitetsmodul. En sådan mätare, som även mäter det böjande momentet i pålen, finns beskriven av Fellenius och Haagen, 1970.

4.5 Redovisning av provningsutrustning

Uppgifter om använd utrustning, arrangemang, utförande m m, som kan vara av värde vid utvärdering av provbelastningen, skall dokumenteras, gärna också med foto.

Ur redovisningen skall framgå hur mothåll för domkraft anordnats. Mothållsanordningen med måttuppgifter visas lämpligen med hjälp av en skiss. Av särskild vikt är var och hur jorden belastas av mothållsutrustningen (drag- eller tryckspänningar).

Har mothållspålar använts, bör det visas hur dessa varit konstruerade och, om de varit skarvade, hur skarvarna utförts och dessas nivå. Protokoll från slagning av mothållspålar bifogas. Speciellt skall framgå, om mothållspålarna slagits före eller efter provpåle, avstånd till provpåle samt till vilket djup de slagits.

Använd belastningsutrustning inklusive tillverkningsnummer eller annan identifieringsmöjlighet skall anges samt det maximala felet vid mätning av lastens storlek. Mätbalkens uppläggning och använda rörelsemätare redovisas. Om speciella mätningar exempelvis med expander- eller töjningsgivare utförts, bör dessa beskrivas utförligt.

5 TEKNISKA ANVISNINGAR FÖR UTFÖRANDE AV PROVBELASTNING

5.1 Tidpunkt för provbelastning

Friktionspålar i grovkornig jord och spetsburna pålar kan normalt provbelastas redan ett dygn efter påslagning.

För övriga pålar måste tidpunkten för provbelastningen bestämmas med beaktande av pål- och jordmaterial samt tidsprogrammet för de kommande byggnadsarbetena. En kohesionspåles bärförmåga växer med tiden genom att den omrörda leran närmast pålen successivt återvinner sin skjuvhållfasthet (rekonsoliderar). Tidpunkten för provbelastningen bör normalt väljas så att större delen av hållfasthetstillväxten inträffat, när provbelastningen görs. I sådana fall, då pålarna kommer att få stor del av sin dimensionerande last kort tid efter installationen, kan tidpunkten för provbelastningen behöva väljas med hänsyn härtill.

Den relativt höga permeabiliteten i träpålar medför att de kan verka som vertikaldräner, varför de erhåller sin bärförmåga snabbare än pålar av stål och betong. Pålar av de sistnämnda materialen, som ingår i täta pålgrupper, har långsammare tillväxt av bärförmågan än motsvarande enstaka påle.

Normalt bör kohesionspålar av trä ej provbelastas tidigare än 1 månad och kohesionspålar av stål eller betong 4-6 månader efter påslagningen. Är man osäker om hur snabbt pålarnas bärförmåga tillväxer med tiden kan upprepad provbelastning tillgripas.

5.2 Erforderlig belastning

Provb belastning av påle, som utförs i samband med projektering, skall normalt drivas till brott i jord. Vid kontroll av påles bärförmåga skall provbelastningen normalt utföras till 3 ggr avsedd tillåten last på pålen.

5.3 Mätning av påles rörelse

Under provbelastningens gång mäts kontinuerligt pålhuvudets rörelse i pålens längdriktning med mätklockor. Pålhuvudets rörelse beräknas

som mätklockornas medelvärde. Skulle under provbelastningens gång väsentlig differens (1 å 2 mm) erhållas mellan mätvärdena på klockorna, förorsakad av snedbelastning, måste provbelastningen avbrytas och åtgärder för centrering av lasten vidtas.

I vissa fall är det nödvändigt att förutom rörelser i pålens längdled (vanligtvis vertikalt) även mäta sidorörelser (horisontalt).

Under provbelastningen skall mätklockor m m skyddas mot sol, regn och blåst.

5.4 Protokoll

Under provbelastning förs protokoll, vari antecknas nedpressningskraft enligt avläsning på tryckdosa eller manometer, pålhuvudets sättning och pålens sammanpressning enligt avläsning på mätklockorna och tidpunkt för avläsningarna. Alla avläsningar skall normalt ske samtidigt. I vissa fall kan man välja att läsa av mätklockorna under t ex en minut. Det är då viktigt att klockorna hela tiden läses i samma ordning. I provbelastningsprotokollet anges även väderleksförhållanden och andra iakttagelser, som kan påverka resultatet t ex sidoförskjutning av pålhuvudet.

Exempel på provningsprotokoll framgår av Bilaga 5.1.

Arbetskurvan (last-sättningskurvan) för provpålen (pålhuvudet) bör uppritas preliminärt allteftersom provbelastningen framskrider. Härigenom underlättas bedömningen av resultatet, t ex när brottlaster uppnåtts och hur långt provbelastningen skall drivas.

5.5 Provb belastningsmetoder

5.51 Provb belastning med konstant nedpressningshastighet

Metoden syftar vanligen till att bestämma påles brottlaster och verkningssätt.

Provb belastningen utförs genom nedpressning av pålen så, att vertikalrörelsen mätt vid pålhuvudet har konstant hastighet. Erforderlig nedpressningskraft och rörelsens storlek avläses och protokollförs lämpligen varannan minut. Vid snabba laständringar förtätas avläsningarna, t ex vid korta spetsburna pålar.

Spetsburen påle nedpressas till brott eller tills maximal tillgänglig nedpressningskraft uppnåtts.

Mantelburen påle nedpressas normalt totalt minst 60 mm. Kohesionspåle skall om möjligt nedpressas ca 20 mm efter det att maximal erforderlig nedpressningskraft uppnåtts. Skall kohesionspåle provbelastas flera gånger bör dock nedpressningen avbrytas, så snart som maxlast uppnåtts, dvs när lasten blir konstant eller tenderar att sjunka.

Nedpressningshastigheten väljs normalt till ca 0,5 mm/min. Vid korta spetsburna pålar måste dock, för att erforderliga mätningar skall hinnas med, nedpressningshastigheten minskas, lämpligen till ca 0,1 mm/min. När nedpressningen avbrutits, avlastas pålen och last och uppfjädring mäts enligt följande:

Domkraftens manometertryck minskas så att lasten snabbt sjunker. Då lasten sjunkit till ca 75, 50, 25, 10 och 5% av maximalt ansatt last görs uppehåll i avlastningen 1 à 2 min, dvs så lång tid att pålens uppfjädring något så när hunnit avstanna och avläsning av mätklockorna gjorts. När lasten nedgått till noll mäts uppfjädringen omedelbart samt 5, 15 och 30 min efter avlastning och om möjligt även efter längre tid.

Under provbelastningens gång görs ingen avlastning, såvida inte något inträffar som motiverar ett avbrott, t ex märkbar snedställning hos pålen.

5.52 Provbelastning med stegvis pålastning

Metoden syftar till att bestämma påles brottlast och kryplast.

Vid denna provbelastningsmetod ökas lasten var 15:e minut varje gång med en bestämd konstant last, ca 5% av beräknad brottlast, i allmänhet avrundad till jämnt 10-, 20-, 50- eller 100-tal kN. Mätklockorna avläses 3, 6, 9, 12 och 15 min efter det att laständringen inom varje steg påbörjats. Omedelbart efter 15 min-avläsningen påbörjas ny laständring.

För att kryplasten skall kunna utvärderas måste kraftmätning och konstanthållning av lasten utföras med god precision. Vidare får lasten under upplastningsskedena inte i något ögonblick överstiga den senare konstanthållna lasten.

Pålastningen avbryts vid samma deformationer som vid provbelastning med konstant nedpressningshastighet (se 5.51).

Avlastning utförs likaledes enligt 5.51.

5.53 Cyklisk provbelastning

Metoden syftar till att bestämma pålens kryplast, enligt definitionen nedan.

Provbelastningen tillgår så att lasten växlas mellan en hög och en låg last, den högre i allmänhet dubbelt så stor som den lägre. Respektive last hålls konstant och får verka under 10 min räknat från laständringens början. En cykel omfattar en tidsperiod med en hög och en direkt följande låg last och således i tid 20 min.

Vid stora laster, då växlingen mellan låg och hög last kanske tar 2 å 3 min, kan det bli nödvändigt att förlänga cykeltiden till 30 eller 40 min. Cykeltiden, som bör vara lika för samtliga cykler under hela provbelastningen, skall vara så lång, att pålens rörelser nära avstannat innan nästa last påförs.

Pålens deformationer mätta vid pålhuvudet registreras och protokollförs lämpligen varannan minut.

Antalet cykler inom varje laststeg väljs till minst 10 upp till halva den beräknade brottlasten och ökas därefter till minst 20. Det är viktigt att inte för litet antal lastcykler genomförs särskilt när lasten börjar närma sig kryplasten.

Undan för undan upprepas samma procedur med högre laster. Som lämpliga laststeg föreslås 2/16 - 1/16; 4/16 - 2/16; 6/16 - 3/16; 8/16 - 4/16 osv av beräknad brottlast.

Under provbelastningens gång uppritas påhuvudets rörelse som funktion av antalet lastcykler enligt avsnitt 5.6 (Obs! Lin-log-papper erfordras).

När denna kurva böjer av nedåt efter ett antal cykler (mellan 1 och 20) anses kryplasten ha överskridits. För lägre laster är denna kurva konkav uppåt eller rak.

Sedan kryplasten överskridits avlastas enligt 5.51.

Metoden kräver stor noggrannhet vid utförandet. Laständringarna bör utföras med så jämn hastighet som möjligt. Det är viktigt, att under laständringens slutskede försiktigt närma sig den avsedda lasten, så att den inte överskrids vid pålastning respektive underskrids vid avlastning. Lasten måste hållas konstant under respektive hög och låg lastperiod. Om så ej sker, får ovannämnda kurva ett oregelbundet förlopp och lutningsförändringar blir svåra att utläsa. Skulle man i någon cykel råka lasta på för stor last, måste man öka antalet cykler tills efterföljande del av kurvan visar en klar tendens varvid den "för höga" lasten används som övre lastgräns. Obs! Den nedåt konkava delen av kurvan kan uppkomma först vid de sista lastcyklerna i en omgång.

5.54 Långtidsprovbekastning

Långtidsprovbekastning syftar till att kontrollera påles krypning.

Beroende på förhållandena kan belastningstider av storleken 1 dygn till 0,5 å 1 år vara aktuella. Vid dygnsång belastning väljs en lastnivå lika med uppskattad krypgräns. Denna bedöms med ledning av resultat av belastningsförsök med stegvis pålastning (5.52), cyklisk belastning (5.53) eller konstant nedpressningshastighet (5.51). Belastningstider på 1-2 månader per laststeg erfordras för att klarlägga krypförlopp orsakade av påles utböjning.

Lastreglering och erforderliga mätningar utförs i möjligaste mån kontinuerligt, så att inverkan av laständringar utanför pålen, t ex genom grundvattennivåns variationer, registreras. Om så är

möjligt görs med vissa mellanrum, förslagsvis varannan månad, en kortvarig, t ex 4 tim lång, avlastning till ca 10% av långtidslasten.

Deformationernas storlek och förlopp studeras och möjlighet bör finnas, att genom mätningar i pålens inspektionsrör bestämma eventuell sidoutböjning hos pålen.

5.55 Kombinationer av provbelastningsmetoder

Ofta kombineras olika provbelastningsmetoder. Nedan redogörs för vanligt förekommande kombinationer.

5.551 Stegvis pålastning kombinerad med belastning med konstant nedpressningshastighet.

Vid provbelastning med stegvis pålastning sker i närheten av brott övergång till belastning med konstant nedpressningshastighet. Härigenom erhålls en kontinuerlig och detaljerad last-sättningskurva av vilken man kan bedöma pålens verkningssätt.

Provbelastningen utförs enligt 5.52 tills den last uppnåtts, för vilken pålhuvudet under senare delen av en 15-minutersperiod sjunker ca 0,1-0,2 mm/min. Härfter görs direkt nedpressning av pålen med konstant hastighet 0,5 mm/min varefter provbelastningen avslutas med avlastning enligt 5.51.

5.552 Belastning med konstant nedpressningshastighet eller stegvis pålastning kombinerad med cyklisk belastning.

Om tillgänglig mothållande kraft eller domkraftens eller pumpens kapacitet är lägre än pålens brottlast, utförs nedpressning eller stegvis pålastning upp till högsta tillgängliga last, enligt 5.51 resp 5.52. Därefter utförs minst 20 cykler enligt 5.53 mellan högsta tillgängliga last och halva densamma. Slutlig avlastning utförs enligt 5.51.

- 5.553 Stegvis pålastning eller belastning med konstant nedpressningshastighet i kombination med dygnslång konstant belastning, när brottlast ej uppnås.

Provb belastning enligt 5.52 resp 5.51 utförs till högsta möjliga belastning. Pålens brottlast uppnås därvid ej. Pålen avlastas enligt 5.51 till ca 25% av ansatt last och pålastas därefter med korta laststeg (2 å 3 min) till uppskattad kryplast, i princip enl 5.42 och Fig 5.3. Automatiskt tryckhållningsdon (se 4.33) inkopplas. Avläsningen utförs till att börja med med 15 å 60 min intervall och kan därefter utglesas till 6 å 8 tim intervall (belastningstidens tredjedelspunkter bör avläsas). Efter slutlig avläsning avlastas pålen enligt 5.51.

5.6 Redovisning av resultat från provbelastning

För bestämning av brottlast (se avsnitt 6.3) redovisas resultaten från provbelastning med konstant nedpressningshastighet, stegvis pålastning och cyklisk på- och avlastning i form av ett last-sättningsdiagram (arbetskurva) enligt exempel på figurerna 5.1 och 5.2. Vid stegvis pålastning används härvid sättningsvärdena från avläsning efter 15 min. Vid cyklisk på- och avlastning används sättningen efter 10 min vid första upplastningen till en ny högre last. Arbetskurvans avlastningsgren skall även redovisas. Har pålspetsens vertikallrörelse bestämts, uppritas spetsrörelsen i samma diagram som funktion av lasten på pålhuvudet.

Nedpressningslasten avsätts efter horisontalaxeln och pålhuvudets sättning (resp pålspetsens) efter vertikalaxeln, med lastskalan 10 kN = 1 mm och längdskalan 1 mm i verkligheten = 2 mm i diagrammet. Skalorna kan i undantagsfall varieras, men förhållandet dem emellan skall bibehållas. Härigenom underlättas jämförelsen mellan resultat från olika provbelastningar.

Förutom arbetskurvan skall pålens "pelarlinje" anges, dvs den linje som motsvarar pålens elastiska sammantryckning, om hela pålen stod fritt i luft. Härvid bör följande elasticitetsmoduler användas såvida andra värden ej påvisats vara riktigare: betong 30.000 MPa, trä 10.000 MPa, stål 210.000 MPa.

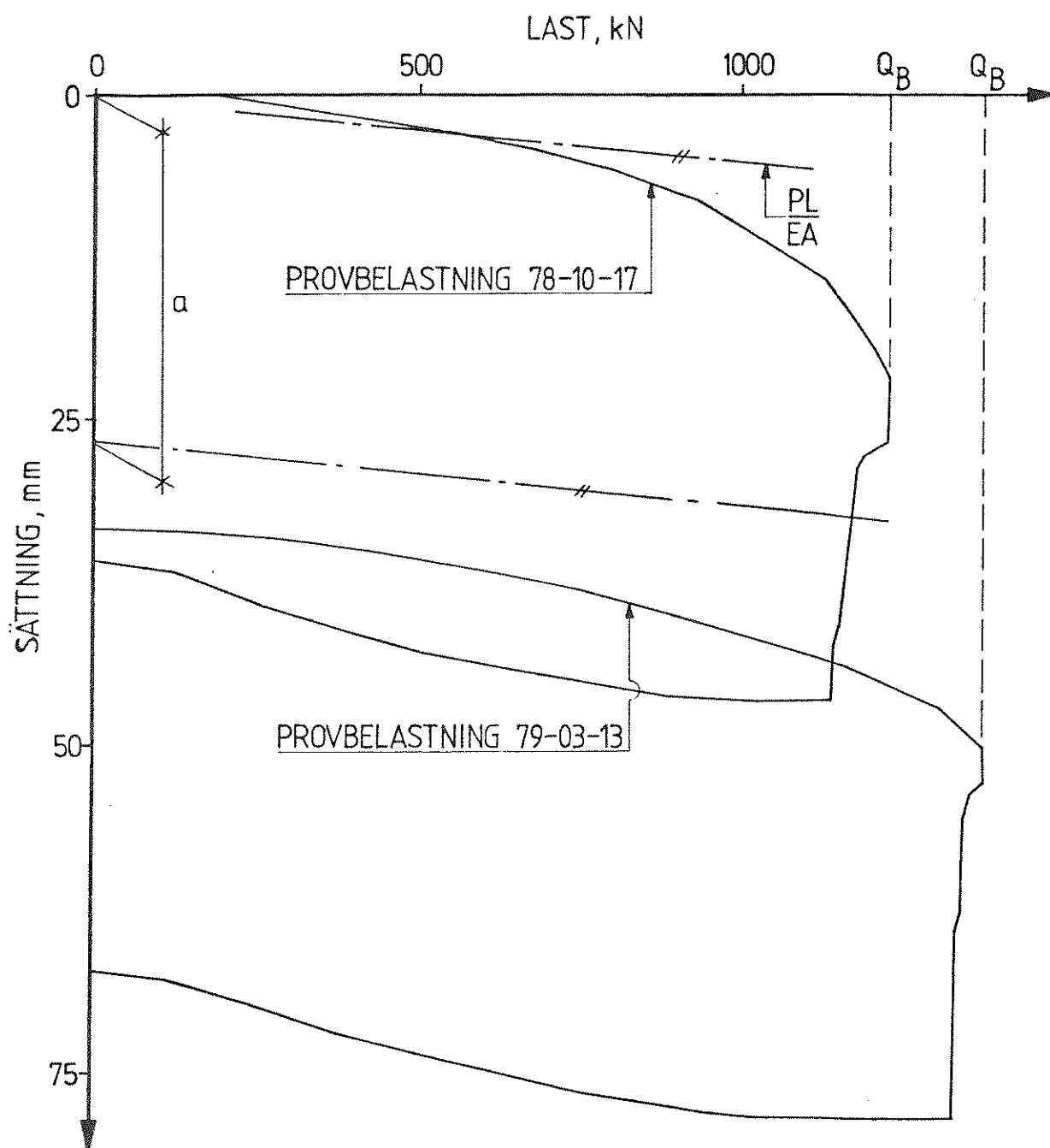
För bestämning av kryplasten (se avsnitt 6.4) vid provbelastning med stegvis pålastning avsätts krypningen under laststegets senare del (exempelvis sättningen mellan tidpunkterna 9-15 eller 12-15 min efter pålastning) som funktion av pålagd last enligt figur 5.3.

Vid cyklisk provbelastning bestäms kryplasten i ett diagram, där pålhuvudets sättning uppritas som funktion av antal lastcykler (se figur 5.4). I diagrammet avsätts pålhuvudets sättning vid den högre lasten i varje cykel omedelbart före avlastning till lägre last. Sättningen avsätts nedåt i linjär skala efter vertikalaxeln och antalet lastcykler efter horisontalaxeln i logaritmisk skala.

Ibland uppritas också kurvor som visar sättningen vid den mindre lasten inom varje lastcykel.

Förutom provbelastningsresultatet bör i redovisningen anges uppgifter om provpålen: material, dimensioner, längd i jord samt slagnings- och provbelastningstidpunkter, vidare bör jordlagerföljden anges schematiskt. I de fall stoppslagning eller fjädringsmätning utförts anges även dessa värden.

Utvärderad brott- eller kryplast skall markeras i arbetskurvan eller i redovisningsdiagrammet.



PÅLE: ÖVERPÅLE BETONG 20,0 m C450
 UNDERPÅLE TRA 18,1 m $\phi_{sp}=134$ mm
 TOTAL LÄNGD 38,1 m

PÅLEN SLAGEN: 1978-06-15

PÅLEN PROVBELASTAD: 1978-10-17 OCH 1979-03-13

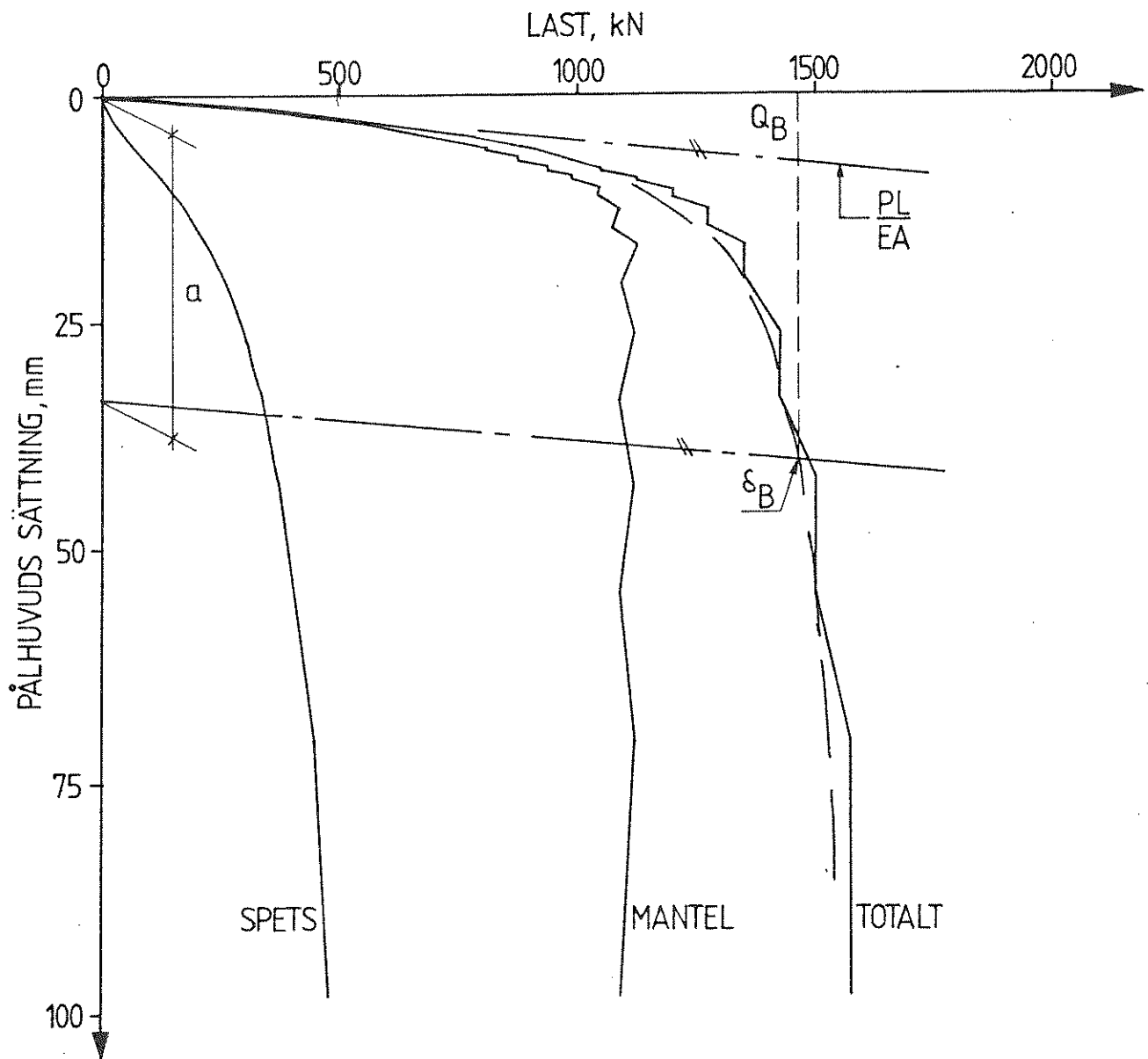
JORDLAGER: 0-2 m TORRSKORPA
 2-55 m FAST LERA
 55-60 m FRIKTIONSJORD

BROTTLAST: 4 MÅN EFTER SLAGNING 1230 kN
 9 MÅN EFTER SLAGNING 1380 kN

VÄG E6 MALMÖ-GÖTEBORG
 DELEN ÅSKLOSTER-FRILLES-ÅS

PROVBELASTNING AV PÅLAR VID
 BRO N 582. PROVPÅLE 2

Figur 5.1. Exempel på redovisning av resultat (arbetskurvor) från provbelastning med konstant nedpressningshastighet.



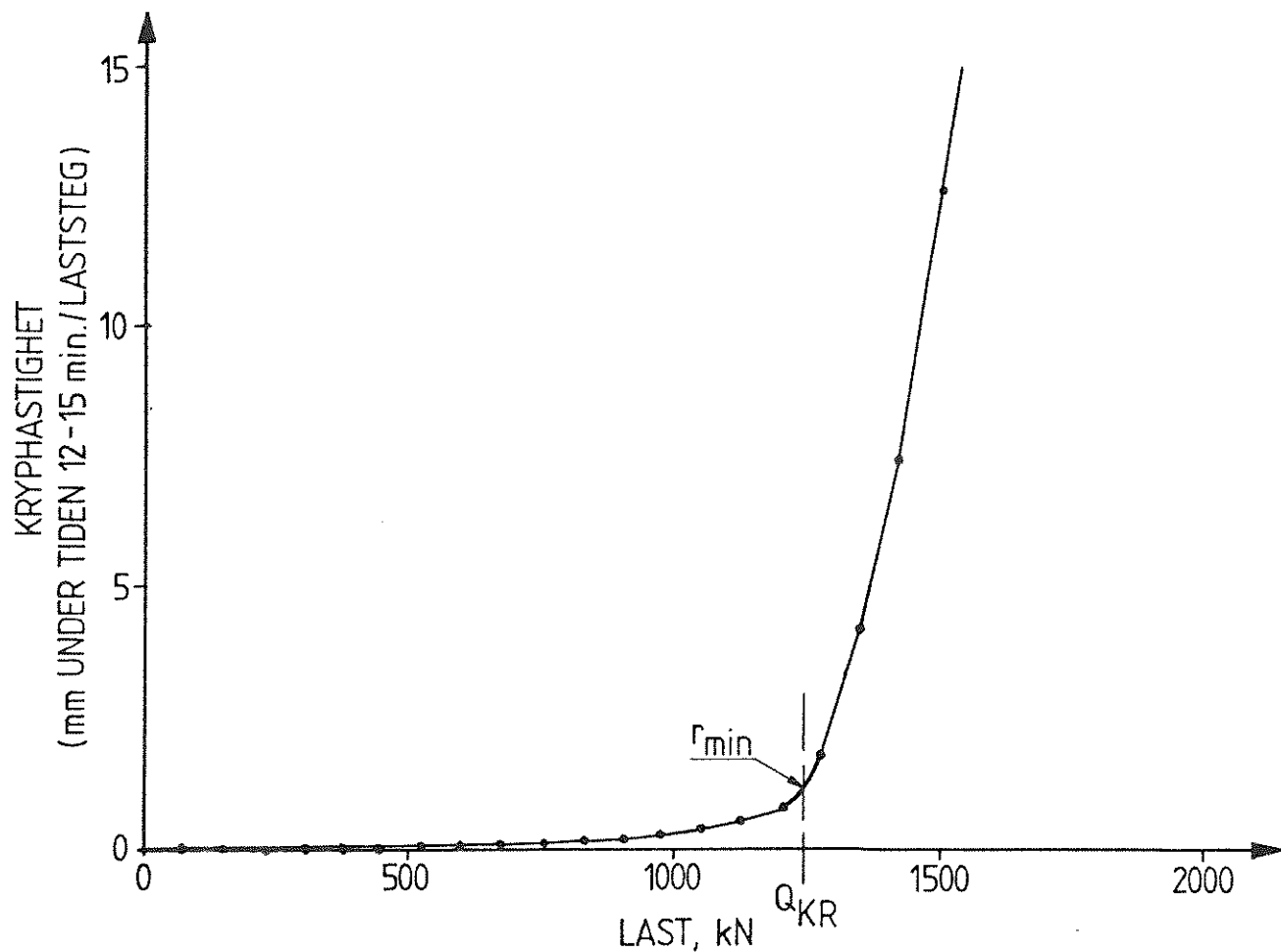
PÅLE: BETONG $\varnothing$ 270 mm L=11,0 m
 PÅLEN SLAGEN: 1978-02-10
 PÅLEN PROVBELASTAD: 1978-03-28

JORDLAGER: 0-4 m GYTTJIG SILT
 4-21 m SAND

BRO ÖVER NYA
 KARLSVIKSVÄGEN
 LULEÅ KOMMUN

UTVÄRDERAD BROTTLAST: 1440 kN

Figur 5.2. Exempel på redovisning av resultat (arbetskurvor) från provbelastning med stegvis pålastning.



PÅLE: BETONG $\varnothing$ 270 mm, L=11,0 m

PÅLEN SLAGEN: 1978-02-10

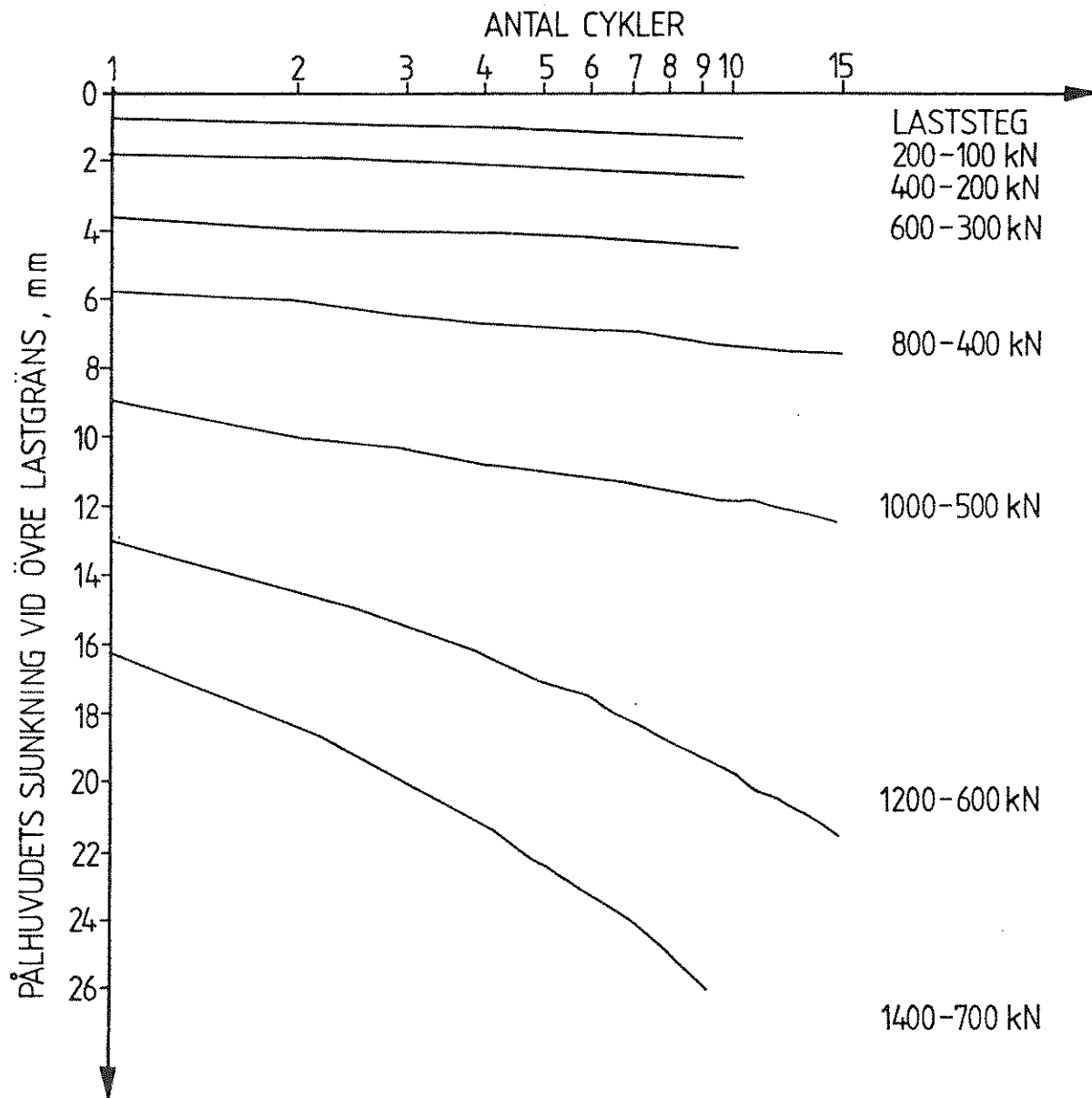
PÅLEN PROVBELASTAD: 1978-03-28

JORDLAGER: 0-4 m GYTTJIG SILT
4-21 m SAND.

BRO ÖVER NYA
KARLSVIKSVÄGEN
LULEÅ KOMMUN

UTVÄRDERAD KRYPLAST: 1250 kN

Figur 5.3. Exempel på redovisning av "krypkurva" från provbelastning med stegvis pålastning.



PÅLE: BETONG (250 x 250 mm) 24,87 m

PÅLEN SLAGEN: 1977-01-21

PÅLEN PROVBELASTAD: 1977-05-20

JORDLAGER: 0-6 m FINSAND
6-16 m GROVSILT
16-30 m SILT
> 30 m MORÄN

BRO ÖVER DALÄLVEN
VID DUVÅKER
RESULTAT AV PROVBELASTNING
PROVPÅLE NR 5

UTVÄRDERAD KRYPLAST = 1000 kN

Figur 5.4. Exempel på redovisning av resultat från cyklisk provbelastning.

6 TOLKNING AV PROVBELASTNINGSRISULTAT

6.1 Allmänt

Såsom inledningsvis angetts utförs provbelastning av pålar dels för att vid projektering bestämma erforderlig pållängd vid mantelburna pålar, dels för att vid byggande kontrollera en påles bärförmåga vid såväl spets- som mantelburna pålar.

I det första fallet utgår man från kända belastningar på konstruktionen och att pålen om möjligt skall nyttjas maximalt med hänsyn till pålmaterialets hållfasthet. Provb belastningsresultatet används härvid bl a för bestämning av pålens "bärförmåga" i jord vid en viss längd. I sådana fall då pålens verkningssätt i jorden är oklart kan detta också bedömas ur provbelastningsresultatet, jfr kap 6.2. "Bärförmågan" hos pålen i jord kan uttryckas dels som en brottlast, dels som en kryplast.

Med en påles brottlast avses den last vid vilken brott uppnås såväl längs pålens mantelyta som under spetsen.

Med en påles kryplast avses den största last varmed en påle kan belastas utan väsentligt tilltagande deformation vid varaktig belastning eller upprepade på- och avlastningar.

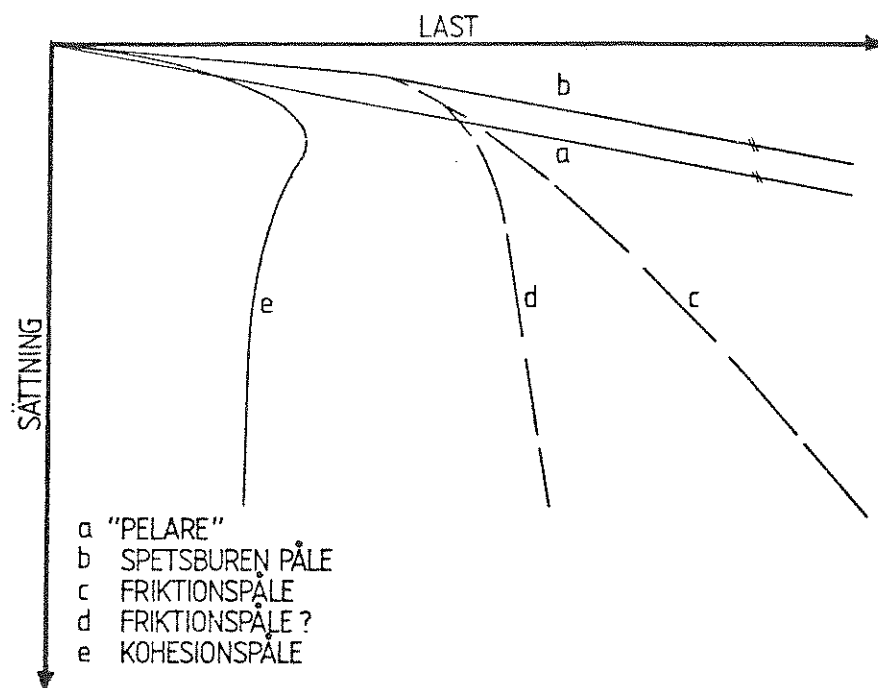
Pålarnas "bärförmåga" (brottlast, kryplast) kan med ovannämnda definitioner i allmänhet ej entydigt bestämmas ur ett provbelastningsresultat. Därför har det utvecklats ett antal kriterier för bestämning av brott- eller kryplast ur provbelastningsresultat.

I de fall då pålars bärförmåga skall kontrolleras genom provbelastning kan ofta av praktiska och ekonomiska skäl pålarnas "bärförmåga" ej uppnås. Härvid måste övre lastgräns och kriterier för godkännande bestämmas för varje särskilt projekt. Detta kan t ex göras genom studium av last-sättningskurvan för en eller flera pålar, som provas till högre last än övriga pålar (eventuellt provpålar).

6.2 Bedömning av påles verkningsätt

Av arbetskurvans form från en provbelastning, som drivits till brott i jorden, kan man ofta bedöma en påles verkningsätt, dvs huruvida den fungerar som spetsburen påle, som friktions- eller kohesionspåle. Pålens verkningsätt jämförs med vad man kan förvänta utifrån resultaten av de geotekniska undersökningarna.

I Fig 6.1 redovisas några typexempel på arbetskurvor som erhålls vid provning med konstant nedpressningshastighet. Olika mellanformer av arbetskurvor förekommer speciellt i växellagrad jord och mellanjord.



Figur 6.1. Typiska arbetskurvor för pålar med olika verkningsätt. (Provning med konstant nedpressningshastighet).

Pelare

Antas en påle stå fritt i luften med pålspetsen mot orubbligt underlag, blir arbetskurvan den räta linjen a, "pelarlinjen", vars lutning beror av pålens tvärsnittsarea och längd samt pålmaterialets elasticitetsmodul, enligt formeln $\Delta L = \frac{P L}{E A}$, (knäckningsrisken antas eliminerad).

Spetsburen påle (spetsen står mot fast underlag)

Pålen är omgiven av jord, varför en del av lasten överförs till jorden via mantelytan. Pålhuvudets vertikallrörelser blir därigenom mindre än för motsvarande påle i luft (kurva b).

Friktionspåle

Pålen är helt omgiven av friktionsjord och pålspetsens bärförmåga utgör endast en del av pålens totala bärförmåga. Arbetskurvan får då ett utseende enligt kurva c eller kurva d beroende på pålens längd och spetsmotståndets andel av den totala bärförmågan.

Kohesionspåle

Pålen är helt omgiven av kohesionsjord. Arbetskurvan får då ett utseende ungefär enligt kurva e. Nedpressningskraften når ett maximumvärde och avtar sedan vid ökad nedpressning till ett s k restvärde (residualvärde), som är beroende av bl a den omgivande jordens sensitivitet.

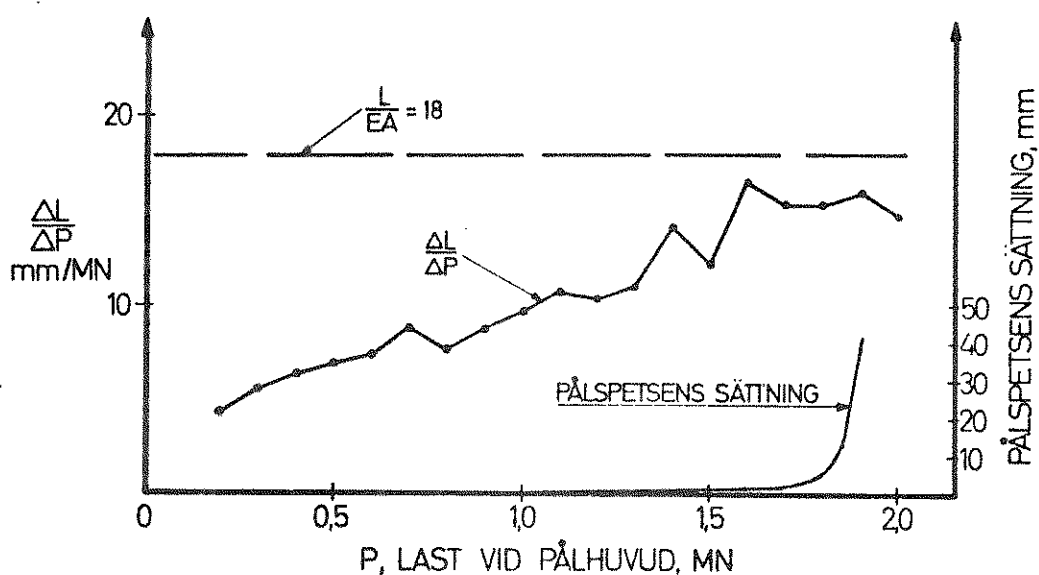
Fördelning av bärförmåga mellan påles spets och mantelyta

En säker bestämning av fördelningen mellan en påles spets- och mantelbärförmåga är endast möjlig, om pålen förses med spetskraftmätare och, om provtryckning med efterföljande provdragning av pålen utförs, eftersom pålen normalt ej är spänningsfri vid provbelastningens början. Provdragning är ej nödvändig om spetskraftmätaren ej påverkas under nedslagningen av pålen.

Genom att under provbelastningen mäta pålens sammantryckning erhålls en möjlighet att bedöma från och med vilken last hela lastökningen tas upp vid pålspetsen (Fig 6.2).

Kvoten $\Delta L / \Delta P$ (pålens sammanpressning i förhållande till pålagt lasttillskott) ökar, när mantelbärförmågan successivt mobiliseras, men blir därefter nära konstant, eftersom pålkraften från fortsatt lastökning förs direkt ända ned till pålspetsen. Detta konstanta slutvärde på kvoten är teoretiskt lika med L / EA för den provade pålen. Den last från och med vilken kvoten $\Delta L / \Delta P$ är konstant utgör en övre gräns för pålens mantelbärförmåga.

Normalt är pålens mantelbärförmåga dock mindre, eftersom pålen, som nämnts, ej är spänningsfri vid provbelastningens början.



Figur 6.2. Påles elastiska sammanpressning i förhållande till pålagt lasttillskott och pålspetsens sättning som funktion av pålagd last. (Provbelastning för bro över Sävån på järnvägen Lärje-Sävenäs.)

Om sammantryckningen av olika delar av pålen mätts, kan ytterligare information om fördelningen mellan spets- och mantelbärförmågan erhållas, jämför t ex Fellenius (1969) och (1980) och Leonards & Lovell (1978).

6.3 Bestämning av påles brottlast

För bestämning av en påles brottlast utgår man från arbetskurvan (last-sättningskurvan) från provbelastningen. I de fall (t ex kohe-sionspålar) då ett maximivärde på lasten erhålls anges pålens brottlast som den största last varmed pålen belastats förutsatt att sättningen då är mindre än brottsättningen δ_B enligt nedan, se Figur 5.1.

Ofta får dock arbetskurvan inget maximivärde utan lasten ökar med ökad sättning. Detta är vanligt vid friktionspålar. Pålens

brottlast¹⁾ bestäms i dessa fall som den last för vilken pålhuvudet erhållit sättningen δ_B enligt följande formel:

$$\delta_B = a + \frac{P L}{E A}$$

där $a = 20 + \frac{D}{20}$ (mm)

D = pålspetsens diameter (mm) eller, vid icke cirkulärt tvärsnitt diametern hos ett cirkulärt tvärsnitt med lika stor tvärsnittsarea (vid kvadratisk tvärsnitt är $D = 1,13 \times$ pålens tvärmått)

$\frac{P L}{E A}$ = pålens sammantryckning om den belastas som en pelare (mm)

E = pålens elasticitetsmodul enligt avsnitt 5.6.

För att mobilisera en påles spetsmotstånd krävs normalt större deformation än för att mobilisera pålens mantelmotstånd. Erforderlig nedpressning av pålhuvudet (δ_B) för att brott i jorden skall uppnås både vid spetsen och längs manteln har därför bestämts så att erforderlig spetsrörelse uppnås. Sammantryckningen av pålen är normalt mindre än $\frac{P L}{E A}$ beroende på att kraftresultanten till spets- och mantelmotståndet ej påverkar hela pålen. För långa friktionspålar erhålls emellertid med ovanstående definition en önskad ökning av δ_B så att bärighetstillväxten p g a ökade spänningar i jorden inkluderas.

Brottlasten bestäms enklast genom att i arbetskurvan dra en linje med pelarlinjens lutning som skär deformationsaxeln vid sättningen a mm. Brottlasten erhålls ur skärningspunkten mellan nämnda linje och arbetskurvan, se Figur 5.2.

Brottlasten kan bestämmas ur arbetskurvan för samtliga de ovan redovisade provningsmetoderna men man skall då observera att det är en viss skillnad i resultaten, jfr avsnitt 1.3. I medeltal kan man anta att brottlasten bestämd ur provningar med stegvis pålastning och cyklisk på- och avlastning är 90% av den brottlast som bestäms vid provning med konstant nedpressningshastighet.

1) Det i Sverige tidigare vanligen använda kriteriet benämns 90%-regeln. Enligt detta är brottlasten den minsta last vid vilken sättningen är dubbelt så stor som för 90% av samma last. Kriteriet har i många fall visat sig olämpligt genom att arbetskurvan har sådan form att kriteriet ej kunnat uppfyllas trots stora totala sättningar.

6.4 Bestämning av påles kryplast

Bestämning av en påles kryplast är aktuell vid provbelastning med stegvis pålastning eller vid cyklisk provbelastning.

Vid stegvis pålastning kan pålhuvudets sättning under varje laststegs senare del, lämpligen under tiden 9-15 eller 12-15 min av belastningstiden 15 min, avsättas som funktion av pålagd last (krypkurva, jfr Figur 5.3). I regel kan en markant ökning av kryphastigheten konstateras från och med en viss last. Den last vid vilken krypkurvan har sin största krökning (minsta krökningsradie) definieras som pålens kryplast.

Vid cyklisk provbelastning redovisas pålhuvudets deformation som funktion av antal lastcykler i ett halvlogaritmiskt diagram enligt avsnitt 5.6. Kryplasten anses överskriden, när sättningsförloppet för pålen i diagrammet blir konkav nedåt (jfr Figur 5.4). Eftersom pålastningen här sker i steg om ca 1/8 av brottlasten, kan kryplasten lätt överskridas vid en ökning av den övre lastgränsen. Detta gör bestämningen onoggrann eftersom en bedömning måste ske av hur nära man legat krypgränsen vid de sista och näst sista laststegen. Man bör därför även rita upp last-sättningskurvor för dessa provningar och bestämma brottlasten enligt ovan.

6.5 Jämförelse mellan påles brottlast och kryplast

Såsom nämnts i avsnitt 1.3 och som framgår av definitionerna ovan är det en viss skillnad mellan en påles kryplast och brottlast. Normalt kan man anta att kryplasten är 80% av den brottlast som bestäms utifrån provning med konstant nedpressningshastighet.

Vid utvärdering av ett provbelastningsresultat bör man utvärdera såväl kryplast (där så är möjligt) som brottlast och studera relationerna dememellan. En stor skillnad mellan dessa värden kan indikera att pålen t ex är krokig.

7 ATT BEAKTA VID VAL AV TILLÅTEN LAST

Tillåten last för pålar bestäms så att erforderlig säkerhet mot brott i jorden eller i pålmaterialet erhålls och så att sättningar och sättningsskillnader ej överstiger acceptabla värden.

Godtagbar säkerhet mot brott i jorden och mot brott i pålmaterialet erhålls normalt ur för konstruktionen gällande normer:

Svensk Byggnorm, SBN 80, Statens Planverk, 1980

"Pålar" Planverkets godkännanderegler 1975:8, Statens Planverk, 1975

Bronormer, TB 103, Statens Vägverk, 1976

Anvisningar för pålningsarbeten, TB 108, Statens Vägverk, 1976

Pålar för SJ spår och byggnader. Föreskrifter och anvisningar. (SJ FT 541.1:11.1), 1979

Vid bedömning av tillåten last för pålar i en pålgrupp bör även beaktas den provbelastade pålens representativitet för pålgruppen med hänsyn till omfattningen av utförda geotekniska undersökningar och slagningsmotståndet för pålarna. Vidare bör hänsyn tas till antalet provbelastade pålar i förhållande till totala pålantalet.

Acceptabla värden för storleken av förväntade sättningar och sättningsskillnader bör bestämmas i samråd med konstruktören för varje projekt. För beräkning av pålgruppers sättning hänvisas till Broms (1973), Torstensson (1971) och Vesic (1977).

Upphängningskrafter p g a att den omgivande jorden sätter sig relativt pålarna kan ge upphov till sättningar för grupper av mantelburna pålar. Särskild uppmärksamhet bör ägnas åt sättningar hos stora grupper av mantelburna pålar.

8 RAPPORTERING AV UTFÖRD PROVPÅLNING MED EFTERFÖLJANDE PROVBELASTNING

8.1 Allmänt

Resultat av utförd provpålning och provbelastning bör redovisas i en rapport upprättad av den för projektet ansvarige ingenjören. Rapporten bör förutom resultatet från provbelastningen även innehålla sådana uppgifter som har betydelse för förståelsen av förutsättningarna för provpålningen och provbelastningen samt uppgifter som har betydelse vid fortsatt projektering och utförande av objektet. I följande avsnitt lämnas en checklista till ledning för rapportskrivningen. Se för övrigt avsnittet redovisning under respektive kapitel.

8.2 Checklista för rapportering av provpålning med efterföljande provbelastning

- 1) Uppdragsgivare
- 2) Uppdrag, förutsättningar
- 3) Objekt, provplats
- 4) Syfte med provpålning, provbelastning
- 5) Geoteknisk undersökning (kort sammanfattning, hela geotekniska utredningen biläggs rapporten)
- 6) Kort beskrivning av jord- och grundvattenförhållanden
- 7) Provpålar, mothållspålar, annat mothåll
 - typ, skarvar, inspektionsrör
 - pållängder (omkrets, krokighet)
 - placering
- 8) Slagning av provpålar, mothållspålar
 - tidpunkt
 - slagningsutrustning (pålkrantyp, hejarens massa, fallhöjd, typ av dyna)
 - slagningsordning
 - stoppslagningskriterium
- 9) Resultat från slagning av provpålar, mothållspålar
 - inmätning av provpålar, mothållspålar (koordinatinmätning, pålhuvuds nivå, verklig pållängd, pållutning)
 - slagningsdiagram
 - fjädringsmätning
 - övriga iakttagelser (sättning/hävning av påle eller jord, packningseffekt, jämförelse med geotekniska undersökningar)

- 10) Provbelastning
 - tidpunkt
 - typ av provbelastning
 - utrustning för provbelastning
 - mothåll
- 11) Resultat av provbelastning
 - provbelastningsdiagram
 - tolkning av provbelastningsresultatet
- 12) Rekommendationer för val av
 - påltyp
 - pållängd
 - stoppslagningskriterium
 - tillåten pållast
- 13) Fortsatta undersökningar

Kopia av rapporten över provpålning och provbelastning bör för kännedom sändas till: IVA:s Pålkommission, c/o Statens geotekniska institut, 581 01 LINKÖPING 1.

9 LITTERATURFÖRTECKNING

- Bergdahl, U. & Wennerstrand, J. (1976): Bearing capacity of driven friction piles in loose sand. Proc. 6th Europ. Conf. SMFE. Wien. Vol. 1.2, pp. 355-360.
- Bergdahl, U. & Hult, G. (1979): Provb belastning av friktionspålar - En studie av olika provbelastningsmetoder. IVA Pålkommissionen, Rapport nr 56, Stockholm.
- Broms, B. (1973): Piles - General Reports, Basic Theories, Measurements and Case Records of Buckling. 1. Settlements of Pile Groups. Statens geotekniska institut, Särtr o Prel Rapp No 53, Stockholm.
- Broms, B. & Hellman, L. (1968): A New Settlement Gauge, Pile Driving Effects and Pile Resistance Measurements. Statens geotekniska institut, Särtr o Prel Rapp No 25, Stockholm.
- Fagerström, H. & SGFs laboratoriekommitté, 1971: Packningsegenskaper. Byggforskningens informationsblad B2:1971, Stockholm.
- Fagerström, H., Wiesel, C.E. & SGFs laboratoriekommitté: Permeabilitet och kapillaritet, Byggforskningens informationsblad B7:1972, Stockholm.
- Fellenius, B.H. (1969): Friktionspålars bärförmåga. IVA Pålkommissionen, Särtr o Prel Rapp No 22, Stockholm.
- Fellenius, B. & Haagen, T. (1970): New pile force gauge for accurate measurements of pile behavior during and following driving. Särtryck från Can. Geot. Journal, No. 3 1969, Statens geotekniska institut, Särtr o Prel Rapp No 35, Stockholm.
- Fellenius, B.H. (1980): The analysis of results from routine pile load tests, Manuskript för publikation i Ground Engineering 1980.
- Handboken Bygg (1972): kap 178, Stockholm.
- Jacobson & Widmark (1973): Geoteknisk fälthandbok, Lidingö.
- Karlsson, R. & SGFs laboratoriekommitté, 1975: Konsistensgränser. Byggforskningens informationsblad B11:1974, Stockholm.

- Leonards, G.A. & Lovell, D. (1979): Interpr. of load tests on high capacity driven piles. ASTM, STP 670. Behavior of deep found., Boston.
- Poulos, H.G. (1974): A theoretical examination of errors in measured settlements of test piles. Res. Rept. No. R-257, School of Civil Eng., The Univ. of Sidney, 21 pp, Sidney.
- Pusch, R. & SGFs laboratoriekommitté, 1973: Densitet, vattenhalt och portal. Byggforskningens informationsblad B5:1973, Stockholm.
- Pusch, R. & SGFs laboratoriekommitté, 1974: Jords uppbyggnad. Byggforskningens informationsblad B14:1972.
- Pålkommisionen (1970): Förslag till anvisningar för provpålning och enkel provbelastning. Andra omarbetade upplagan. IVA Pålkommisionen, Särtr o Prel Rapp No 11, Stockholm.
- Sandegren, E. (1979): Pålar för SJ spår och byggnader. Statens Järnvägars Centralförvaltning, Geoteknik och ingenjörgeologi. Meddelande No 38, Stockholm.
- Statens Planverk (1975): Pålar, Godkännanderegler 1975:8, Stockholm.
- Statens Planverk (1980): Svensk byggnorm, SBN -80, Stockholm.
- Statens Vägverk (1976): Bronormer TB 103 1976-09, Stockholm.
- Statens Vägverk (1976): Anvisningar för pålningsarbeten TB 108 1976-12, Stockholm.
- Svenska Geotekniska Föreningen (1976): Beteckningar för geotekniska undersökningar, blad 1-4, Stockholm.
- Svenska Geotekniska Föreningen (1979): Standard för sondering, fastställd 1979-09-25, Stockholm.
- Stål, T. & SGFs laboratoriekommitté, 1972: Kornfördelning. Byggforskningens informationsblad B2:1972, Stockholm.
- Torstensson, B.A. (1971): Sättningar hos kohesionspålade byggnader. Byggmästaren 1971:5, Stockholm.
- Vesic, A.S. (1977): Design of pile foundations, T.R.B., NCHRP Synthesis 42, 68 p., Washington DC.

Företag:

VÅGBYGGEKONSORTIET

Blad nr:

1

PÄLNINGSPROTOKOLL

ARBETSPLATS: BRO ÖVER DAGÅN VID ÅKÖPINGDetalj: VÄSTRA LANDEFÄSTET☒ BetongpåleDimension 270 x 270 Armering 4 Ø 20Inspektionsrör Ø 42 SÖMLÖST☐ Stålpåle

Profil _____

☐ Träpåle

Toppdiameter _____

Pålsko BERGSPETS, DUBBEN MÄRKT SPS, 134 H F₄Pålskarv MOMENTSTYV TYP HERKULES

(enl. stand. ritn. el. dyl.)

☐ FallhejareHejarvikt 3^{x)} ton☒ Enkel part☐ Dubbel part☐ Tryckluftshammare. Fabrikat och typ _____☐ Knekt

material _____

☐ Lerpropptvärsnitt _____ cm²

diam. _____ cm

längd _____ cm

djup _____ m

vikt _____ ton

Slagdyna typ EK-TRÄ vikt 0,55 ton

Mellanlägg typ _____

Pållängd vid slagning 12,04 + 12,07 + 10,10 + - = 34,21 mPållängd efter kapning - m Pållängd i jord: 32,85 mPålhuvudets nivå + 9,46 Pålspetsens nivå - 24,75Referensplan (markyta el. dyl.) MY Nivå + 8,10

PÅLE NR 1

78-08-12

Slagen den / 19

78-06-30

Tillv. den / 19

Ålder vid slagningen 42 dygn σ_{K28} 54.3 MPa
(enl. intyg)

ANM.

NORM $\sigma_{K28} = 50.0$ MPax) 4 TON VID STOPP-SLAGNINGKRAN: LANDSVERK KL-250EJ KAPAD

UPPMÄTNING AV PROVPÅLEN

Avstånd från pålspets m	Omkrets mm	Avvikelse från räta linjen mm	Avstånd från pålspets m	Omkrets mm	Avvikelse från räta linjen mm	Övriga anteckningar (Måttuppgifter för pålspets och skarvbeslag, om ritningar saknas. Ev. felaktigheter, vinkelavvikelser vid fastgjutning av pålspets och skarvbeslag).	
0,3	1280		30,0	1295	-4	SKARVBESLAGENS INGJUTN. ÄR UTAN VINKELAVVIKELSE x) EFTER VÄNDNING 90°	
2,0	1280	+2	32,0	1300	0		
4,0	1300	+4	34,0	1300	-		
6,0	1285	+2	2,0 ^{x)}		0		
8,0	1295	-4	4,0		+2		
10,0	1280	0	6,0		-2		
12,0	1260	-	8,0		0		
14,0	1265	+2	10,0		0		
16,0	1290	+2	14,0		-4		
18,0	1280	+4	16,0		-3		
20,0	1295	+2	18,0		-2		
22,0	1275	0	20,0		+2		
24,0	1280	-	22,0		+2		
26,0	1290	0	26,0		+2	30,0	-4
28,0	1275	-2	28,0		-4	32,0	+1

SLAGNINGSPROTOKOLL

Blad nr 1

Hejarens fallhöjd		Antal slag		Sjunk- ning i mm för slagen	Pålspetsens djup under re- ferensplan m	Anmärkning	Hejarens fallhöjd		Antal slag		Sjunk- ning i mm för slagen	Pålspetsens djup under re- ferensplan m	Anmärkning	
0,3	per serie	summa	0,3				per serie	summa						
0,3	48		2000	MY		START 07 ⁵⁵	42	0,3	50	1782	80	32.53	HEJARSTUDS	1.5
	12	60	2000	2.0			167	"			60	32.61	BYTE TILL	1.3
	70	130	11200	4.0		- SKARVNING	131	"	1882	60	60	32.67	4TON HEJARE	1.1
	12	142	800	13.2			60	"			80	32.73		1.0
	17	159	1000	14.0			66	"	1982	20	20	32.81	FJÄDR.M	0.4
	20	179	"	15.0			50	"	2032	10	10	32.83		0.2
	18	197	"	16.0			55	0.4	2082	10	10	32.84	FÄRDIG KL.10	0.2
	20	217	"	17.0			55					32.85	FJÄDR.M	
	23	240	"	18.0			43						LODAT 33.89m	
	25	265	"	19.0			40							
	23	288	"	20.0			43							
	28	316	"	21.0			46							
	60	376	"	22.0			17							
	82	458	"	23.0			12							
	67	525	"	24.0			15	0.3	50		10		EFTERSLAGNING	
	62	587	"	25.0			16	0.4	"		15		78-08-15	
	50	637	"	26.0			20	"			10		FJ. MÄTN.	0.3
	30	667	"	27.0			17	"			10			0.2
	30	697	500	27.5		SKARVNING+	17					32.80		
	100	797	1000	28.0		RAST 1 TIM	10							
	85	882	1000	29.0		NYTT MELLAN	5.4							
	50	932	260	30.0		LÄGG	5.3							
	"		260	30.26			5.2							
	"	1032	230	30.52			4.6							
	"		210	30.75			4.2							
	"	1132	180	30.96			3.7							
	"		170	31.14			3.4							
	"	1232	120	31.31			2.2							
	"		110	31.43			2.3							
	"	1332	130	31.54			2.5							
	"		130	31.67			2.6							
	"	1432	170	31.80			2.7							
	"		100	31.97			2.7							
	"	1532	120	32.07			2.4							
	"		100	32.19			1.9							
	"	1632	90	32.29			1.7							
	"		70	32.38			1.5							
	50	1732	80	32.45			1.5							
				32.53										

I anmärkningskolumnen bör följande iakttagelser antecknas:

Förpålning med pryl genom fyllningslager eller torrsköpa.
 Upptagning av lerpropp.
 Påles sjunkning för egen vikt.
 Påles sjunkning för egen vikt+hejare.
 Inläggning av nytt trä mellanlägg i slagdynan.
 Eventuella hinder i jorden.
 Om påle i sådana fall dras upp och sätts på nytt.
 Skarvning.
 Uppkommen pållutning eller kontrollmätning av fastställd pållutning.
 Uppkomna skador på påle.
 Påsättning av knekt.

Tid.

Slagningens början och slut samt ev. avbrott.

Fjädringsmätning.

Kontroll genom lodning i påle med inspektionsrör.
Hejarstuds.

ÅKÖPING

78-08-15

Pål Måtare

Protokollförare

Företag:

VÅGBYGGEN AB

Blad nr:

1

PÅLNINGSPROTOKOLL

ARBETSPLATS: VIADUKT VID SLAGBY

Detalj: SÖDRA LANDFÄSTET

☒ Betongpåle

Dimension 270 x 270 Armering 4 ϕ 20

Inspektionsrör ϕ 42 mm SÖMLÖST

☐ Stålpåle

Profil

☐ Träpåle

Toppdiameter

Pålsko BERGSPETS, DUBBEN MÄRKT SIS 2090

Pålskarv MOMENTSTYV ABB - SKARV

(enl. stand. ritn. el. dyl.)

☒ Fallhejare

Hejarvikt 4 ton

☒ Enkel part☐ Dubbel part☐ Trycklufthammare. Fabrikat och typ☐ Knekt

material

tvärsnitt cm²

längd cm

vikt ton

☐ Lerpropp

diam. cm

djup m

Slagdyna typ ASABE'-TRÄ vikt 0.45 ton

Mellanlägg typ

Pållängd vid slagning 10.30 + 10.10 + 10.05 + = 30.45 m

Pållängd efter kapning m Pållängd i jord: 30.02 m

Pålhuvudets nivå + 11.83 Pålspetsens nivå - 18.82

Referensplan (markyta el. dyl.) MY Nivå + 11.40

PÅLE NR 12

78-10-25

Slagen den / 10

78-09-20

Tillv. den / 10

Alder vid slagningen 39 dygn

σ_{K 28} 55.3 MPa
(enl. intyg)

ANM.

NORM
σ_{K 28} = 50.0 MPa

KRAN: ÅKERMANN 750

LUTNING: 8:1

EJ KAPAD

UPPMÄTNING AV PROVPÅLEN

Avstånd från pålspets m	Omkrets mm	Avvikelse från rät linjen mm	Avstånd från pålspets m	Omkrets mm	Avvikelse från rät linjen mm	Ovriga anteckningar (Måttuppgifter för pålspets och skarvbeslag, om ritningar saknas. Ev. felaktigheter, vinkelavvikelser vid fastgjutning av pålspets och skarvbeslag).
0.3	1015	-	30.0	1005		SKARVBESLAGETS INGJUTNING UTAN VINKELAVVIKELSE
2.0	1010	0				
4.0	1020	0	x) 2.0		0	
6.0	1010	+2	4.0		0	
8.0	1015	+3	6.0		+2	
10.0	1020	-	8.0		0	
12.0	1000	0	12.0		+4	
14.0	995	-4	14.0		+3	
16.0	995	-3	16.0		+3	
18.0	1000	-4	18.0		0	
20.0	995	-	22.0		0	
22.0	1005	0	24.0		-3	
24.0	1005	-3	26.0		+2	
26.0	1010	-2	28.0		-2	
28.0	1005	+1				x) MÄTNING EFTER VÄNDNING 90°

Hejarens fallhöjd m	Antal slag		Sjunk- ning i m för slagen	Påspetsens djup under re- ferensplan m	Anmärkning	Hejarens fallhöjd m	Antal slag		Sjunk- ning i m för slagen	Påspetsens djup under re- ferensplan m	Anmärkning
	per serie	summa					per serie	summa			
0,4	21		1,0	MY	START 07 ⁴⁵	4	0,4	38	1600	0,2	15.6
	46	67		1,0		9		55	1655	0,2	15.8
	61	128		2,0		12		35			16.0
	72	200		3,0		14		48			
	69	269		4,0		14		50			
	71	340		5,0		14		42			
	80	420		6,0		16		43	1873		
	75	495		7,0		15		51		17,0	
	75	570		8,0		15		46			
	108	678		9,0		22		42			
	20	698	0,2	10,0	SKARVNING			40			
	27							38	2090		
	28							40		18,0	
	20							38			
	20	798						35			
	30			11,0				35			
	26							37	2275		
	25							35		19,0	
	27							36			
	28	935						36			
	28			12,0				35			
	25							85	2505		
	27							65		20,0	
	30							85			SKARVNING NYTT TRÄMELLANLÄGG
	30	1075						70			
	33			13,0				65			
	32							65	2855		
	33							70		21,0	
	37							65			
	37	1247						60			
	38			14,0				65			
	42							60	3175		
	38							55		22,0	
	28							60			
	44	1437						60			
	40			15,0				65			
	43							75	3490		
0,4	42	1562				0,4	80	3570	0,2	23,0	
				15,6						23,2	

FORTS. BLAD 2

I anmärkningskolumnen bör följande iakttagelser antecknas:

Förpålning med pryl genom fyllningslager eller torrsropa.

Upptagning av lerpropp.

Påles sjunkning för egen vikt.

Påles sjunkning för egen vikt+hejare.

Inläggning av nytt trä mellanlägg i slagdynan.

Eventuella hinder i jorden.

Om påle i sådana fall dras upp och sätts på nytt.

Skarvning.

Uppkommen pållutning eller kontrollmätning av fastställd pållutning

Uppkomna skador på påle.

Påsättning av knekt.

Tid.

Slagningens början och slut samt ev. avbrott.

Fjädringsmätning.

Kontroll genom lodning i påle med inspektionsrör.

Hejarestuds.

_____ den / 19__
_____ Protokoliförare

SLAGNINGSPROTOKOLL

Blad nr 2

Hejarens fallhöjd m	Antal slag		Sjunk- ning i mm för slagen	Pålspetsens djup under re- ferensplan m	Anmärkning	Hejarens fallhöjd m	Antal slag		Sjunk- ning i mm för slagen	Pålspetsens djup under re- ferensplan m	Anmärkning
	per serie	summa					per serie	summa			
0,4	85	3655	0,2	23.2	- RAST 30 MIN.	0,5	50		7		EFTERSLAGNING
	80					0,6	10		2		78-11-01
	80						10		3		
	85	3900					10		2		FJÄDRINGSMÄTN
	90			24.0						38.01	
	85										
	80										
	70										
	70	4295									
	75			25.0							
	70										
	65										
	70										
	70	4645									
	75			26.0							
	70										
	70										
	65										
	70	4995									
	75			27.0							
	80										
	85										
	85										
	80	5400			- RAST 15 MIN						
	95			28.0							
	85										
	85										
	75										
	75	5815									
	90			29.0							
	154	6069	0,2	29.2							
0,4	152	6221	0,1	29.4	OBS = 304 sl/0,2 m						
0,2	300		50 %	29.51	% SJUNKNING I mm						
0,6	10		2 %	30.01							
"	10		3 %		FJÄDRINGSMÄTN						
"	10		3 %								
				30.02							
					LODAT 30.18 m						
					FÄRDIGT KL. 11 ⁴⁰						

I anmärkningskolumnen bör följande iakttagelser antecknas:

Förpålning med pryl genom fyllningslager eller torrskopa.
 Upptagning av lerpropp.
 Påles sjunkning för egen vikt.
 Påles sjunkning för egen vikt+hejare.
 Inläggning av nytt trä mellanlägg i slagdynan.
 Eventuella hinder i jorden.
 Om påle i sådana fall dras upp och sätts på nytt.
 Skarvning.
 Uppkommen pållutning eller kontrollmätning av fastställd
 pållutning
 Uppkomna skador på påle.
 Påsättning av knekt.

Tid.

Slagningens början och slut samt ev. avbrott.

Fjädringsmätning.

Kontroll genom lodning i påle med inspektionsrör.
Hejarstuds.

SLAGBY

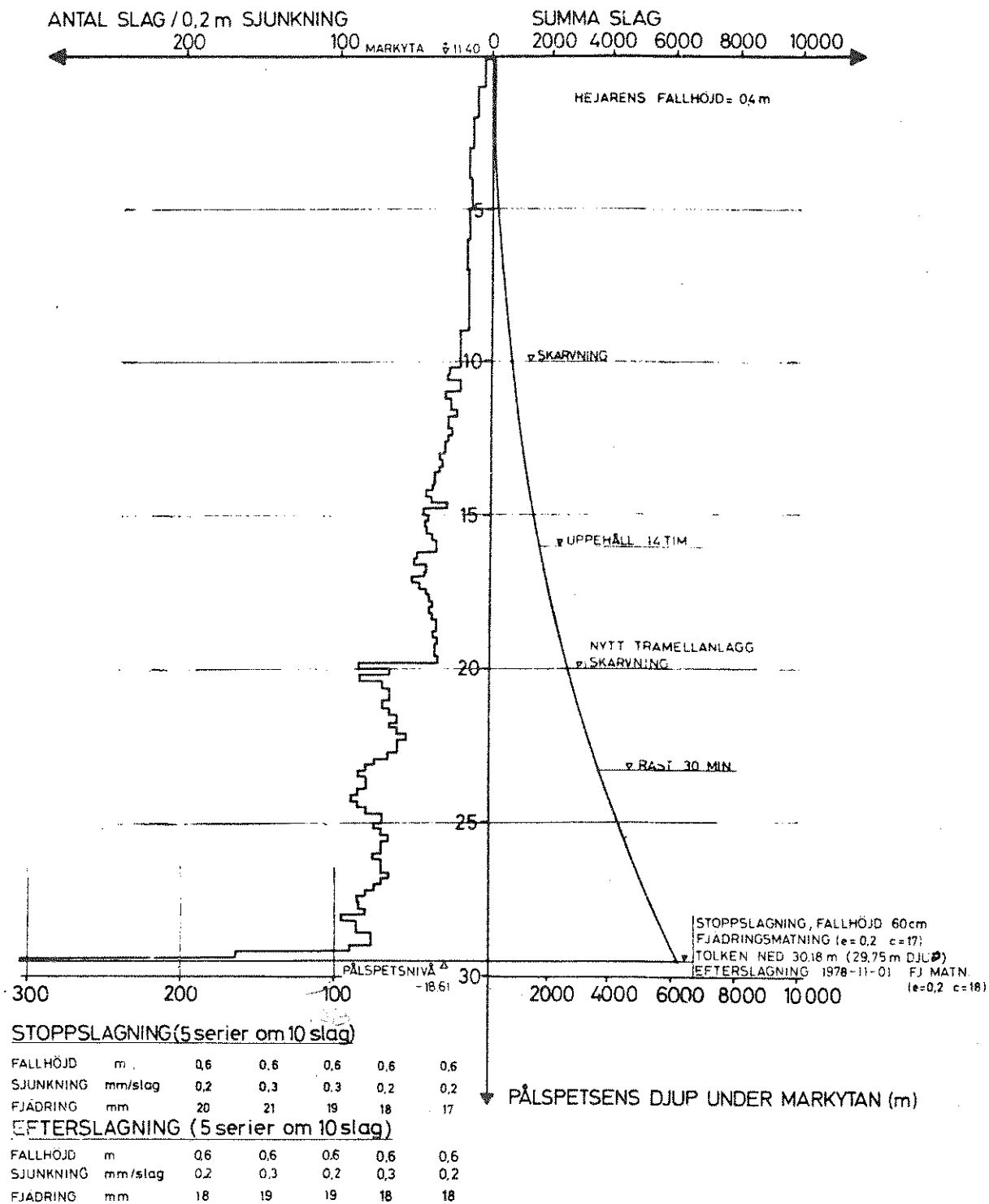
78-11-01

den / 19

Pål Mataro

Protokollförare

BETONGPÅLE 270x270mm MED BERGSKO
 LÄNGD VID SLAGNINGEN 10,30+10,10+10,05=30,45m
 LUTNING 8:1
 HEJARENS MASSA 4 ton I ENKEL PART
 SLAGEN 1978-10-25
 EFTERSLAGEN 1978-11-01



Bilaga 3.2 Exempel på redovisning av påslagningsdiagram vid protokollföreläggning enligt principen antal slag/0,2 m nedträngning.

VÄGBYGGEN AB
 VIADUKT VID SLAGBY
 SÖDRA LANDFÄSTET
 PÅLE NR.12
 PÅSLAGNINGSDIAGRAM

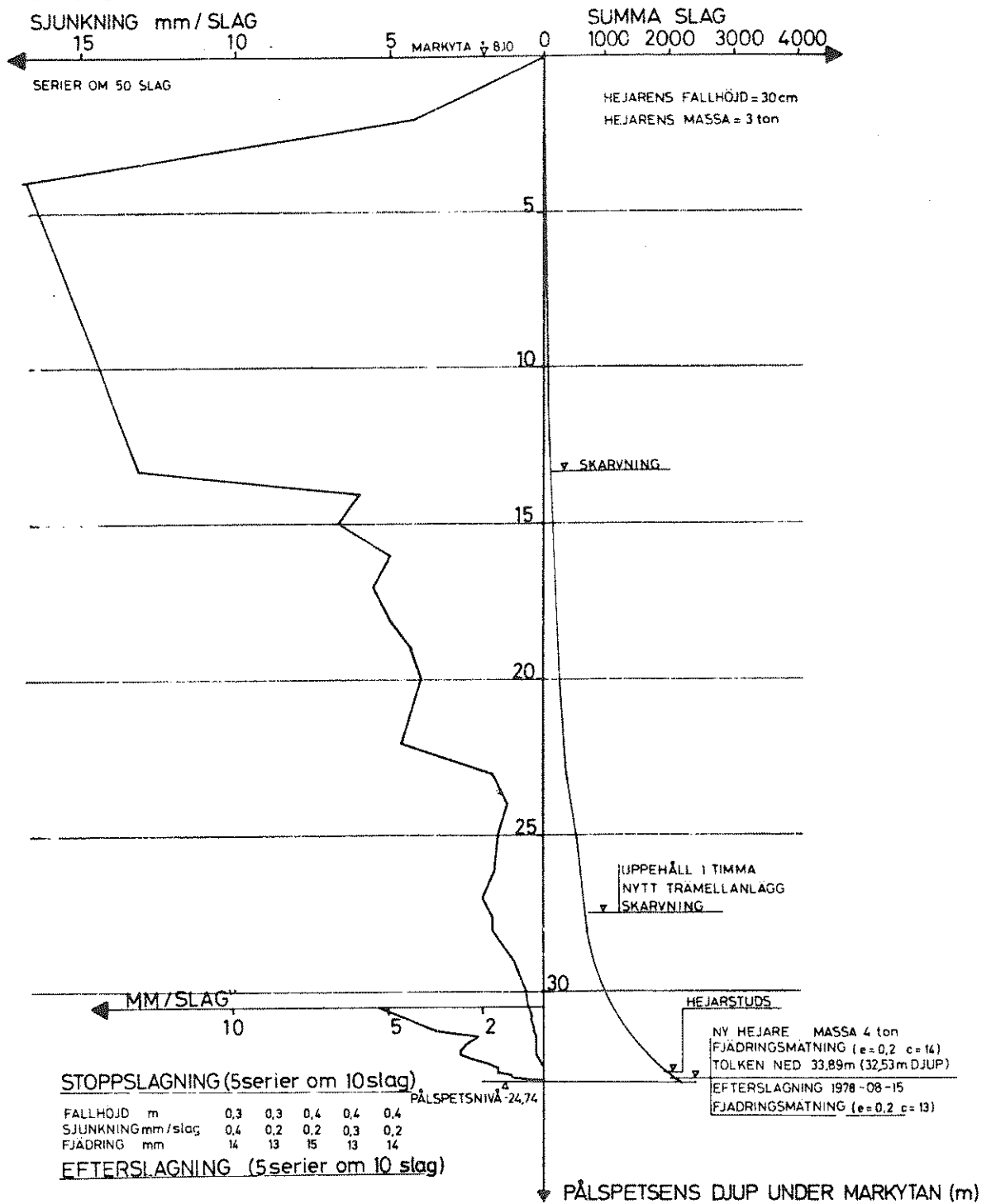
BETONGPÅLE 270x270 MM MED BERGSKO
 LÅNGD VID SLAGNINGEN 12,04 + 12,07 + 10,10 = 34,21 m
 VERTIKAL PÅLE

HEJARENS MASSA 3 ton i ENKEL PART
 KNEKT EJ ANVAND

SLAGEN 1978-08-12

EFTERSLAGEN 1978-08-15

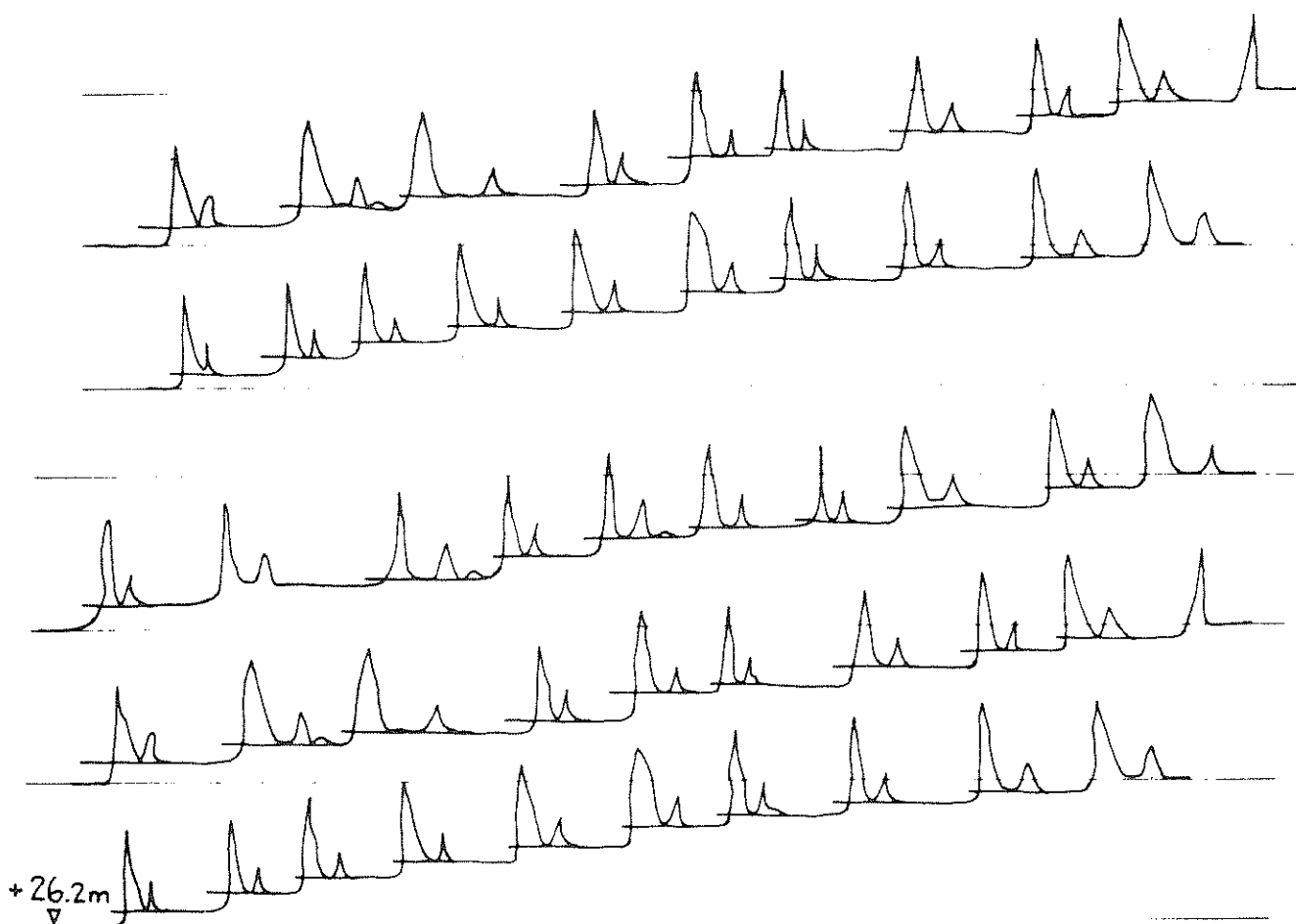
SJUNKNING mm/SLAG



Bilga 3.2A

Exempel på redovisning av påslagningsdiagram
 vid protokollföreläring enligt principen
 sjunkning/serie slag

VÄGBYGGEKONSORTIET
 BRO ÖVER DAGÅN VID ÅKÖPING
 VÄSTRA LANDFÄSTET
 PÅLE NR. 1
 PÅLSLAGNINGSDIAGRAM

FJÄDRINGSMÄTNINGARBETSPLATS BROBYGGETPÅLE NR 3DETALJ MITTSTÖDPÅLSPETSENS DJUP 26.3 MHEJARENS MASSA 3 TONFALLHÖJD 0.5 M

medeltal per serie om 10 slag

FJÄDRING MM / SLAG	11,0	11,0	11,0	11,5	11,0
SJUNKNING MM / SLAG	1,9	2,0	2,1	1,9	2,0

ORT SLAGSTA DATUM 1978-11-23Pål Mätare



INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN
Pålkommissionen

Utgivna handlingar

Meddelanden

- | | | | | | |
|----|--|------|---|--|------|
| 1 | Slagningsprov av pålskor med bergdubbar
Bror Fellenius
1963 | 10:— | 14 | Påkänningar, sprickbildning och utmattning
vid slagning av armerade modellpålar av
betong
Bo Göran Hellers — Sven Sahlin
1971 | 30:— |
| 2 | Provpålning för broar inom blivande
Olaskroks- och Gullbergsmoten i samband med
byggande av Europaväg 6 genom Göteborg
Bror Fellenius — Waldemar Pejrud
1964 | Slut | 15 | Bärförmåga hos släntberg vid statisk belastning
av bergspets. Resultat av modellförsök
Sven-Erik Rehnman
1968 | 15:— |
| 3 | Jämförelse mellan moment, krökningsradie
och sprickvidd i betongpålar slagna genom
lös lera till släntberg vid Tingstadsdelen,
Göteborg
Bror Fellenius
1964 | 10:— | 16 | Stålpålars bärförmåga. Resultat av fältförsök
med lätta slagdon
Gunnar Fjellkner
1970 | 30:— |
| 4 | Pålprovning för järnvägsbro vid Vännäs
Bror Fellenius
1964 | Slut | 17 | Bergdubbens hållfasthet. Resultat från
statiska belastningsförsök
Sven-Erik Rehnman
1970 | 20:— |
| 5 | Beräkningsmetoder för sidobelastade pålar
Bengt Broms
1965 | Slut | 18 | Negative skin friction on long piles in clay.
I. Results of a full scale investigation
II. General views and design recommendations
Bengt H Fellenius
1971 | 30:— |
| 6 | Brottlast för snett belastade pålar
Bengt Broms
1965 | 10:— | 19 | Damping of stress waves in piles during
driving. Results from field tests
Gunnar W Fjellkner — Bengt B Broms
1972 | 30:— |
| 7 | Beräkning av vertikala pålars bärförmåga
Bengt Broms
1965 | 10:— | <i>Särtryck och preliminära rapporter</i> | | |
| 8 | Provpålning mot släntberg vid Skansen
Lejonet, Göteborg
Waldemar Pejrud
1965 | 25:— | 1 | Allowable bearing capacity of initially bent
piles
Bengt Broms
Referat från pålkommitténs informationsdag
25 okt 1965 | |
| 9 | Inverkan av armeringsmängd, förspänning
och fallhöjd på sprickrisken hos betongpålar
vid slagning
Sven Sahlin
1965 | 15:— | | Provbelastning av påle slagen i lera och frik-
tionsmaterial
Gunnar Hellström | |
| 10 | Bärförmågan hos armerade betongpålar
slagna till fast bergbotten
Hjalmar Granholm
1967 | 20:— | | Knäcklasten för momentstyvt skarvade pålar
i lera
Krister Cederwall
1965 | 10:— |
| 11 | Bärförmågan hos pålar slagna till släntberg
Bengt Broms
1965 | 15:— | 2 | Provbelastning av stödpålar av betong inom
östra Nordstaden, Göteborg. Delrapport
Gunnar Hellström
1965 | 5:— |
| 12 | Dynamisk draghållfasthet hos modellpålar
av oarmerad betong. Resultat av orienterande
försök
Sven Sahlin — Lars Hellman
1966 | 15:— | 3 | Bärighet hos släntberg vid statisk belastning
av bergspets. Resultat av modellförsök
Sven-Erik Rehnman
1966 | 5:— |
| 13 | Pålgruppers bärförmåga
Bengt Broms
1967 | 10:— | 4 | Om pålslagning och pålbärighet (Informa-
tionsdagen 14/11 1966)
1967 | Slut |

- | | | | | | |
|----|---|-------------------|----|--|------------------|
| 5 | Resultat av pålprovning vid Göteborg C
Bror Fellenius 1955
(omtryckt 1967) | 20:— | 19 | Datorberäkning av stötvågsförlopp i pålar
medelst variation av modellparametrar.
Delrapport III
Lennart Vilander
1969 | 15:— |
| 6 | Om stoppslagning av stödpålar
Lars Hellman
1967 | 5:— | 20 | Nya pålnormer. Föredrag vid informations-
möte 25/4 1969
Göte Åström — Per Sahlström — Erik Sandegren
1969 | Slut |
| 7 | Undersökning med syfte att uppställa stopp-
slagningsregler för stålpålar slagna med tryck-
lufthammare. Delrapport I.
Gunnar Fjellkner
1967 | Ersatt av Medd 16 | 21 | Negative skin friction on piles in clay.
A literature survey
Bengt H Fellenius
1969 | 20:— |
| 8 | Industriell tillverkning av betongpålar
Kajsa Sundberg — Arne Forsell
1968 | 10:— | 22 | Deformationsegenskaper hos slagna betong-
pålar
Bengt H Fellenius — Torsten Eriksson

Friktionspålares bärförmåga. Resultat från
fältförsök i Kanada
Bengt H Fellenius
1969 | 20:— |
| 9 | Digitalisering av stötvågsmätningar.
Delrapport I
Lennart Vilander
1968 | 5:— | 23 | Pålares bärförmåga i elastiskt medium under
hänsynstagande till egenspanningar i pål-
materialet
Stig Bernander
1969 | 20:— |
| 10 | Stoppslagning av stålpålar med lätta slagdon
(trycklufthammare). Delrapport II
Gunnar Fjellkner
1968 | Ersatt av Medd 16 | 24 | IVA:s Pålkommission 1959—1969. Uppsatser
utgivna i samband med Pålkommissionens
tioårsjubileum
1969 | 20:— |
| 11 | Förslag till anvisningar för pålprovning och
enkel provbelastning. (Andra omarbetade
upplagan)
1970 | 20:— | 25 | Statistik över antal slagna pålmetrar år 1962,
1966 och 1968
1969 | Ersatt av SPR 30 |
| 12 | Tillåtna laster på långa stödpålar av betong
i östra Nordstaden, Göteborg. Slutrapport
Gunnar Hellström
1969 | 15:— | 26 | Föredrag vid Pålkommissionens jubileums-
möte den 20 november 1969

Den norske pelekomités arbeide
Kaare Flaate

Aktuella forskningsbehov inom pålnings-
området
Bengt Broms
1970 | 20:— |
| 13 | Kvarstående förspänningskraft i slagna
betongpålar. Undersökning av pålar från
grunden till Silo 68, Köping
Bo-Göran Hellers
1968 | 5:— | 27 | Rapport från en resa till Mexiko, USA,
Kanada och England 23.8—13.9 1969
Bengt H Fellenius
1970 | 20:— |
| 14 | Föredrag vid Halmstad Järnverks armerings-
dag 17/11 1967
Bengt Broms — Gunnar Sundberg —
Per Möller — Thorild Blomdahl
1968 | 5:— | 28 | Mätning av fallhejares anslagshastighet vid
pålslagning
Karl-Erik Sundström
1970 | 15:— |
| 15 | Statistik över antal slagna pålmetrar 1962
och 1966
1968 | Ersatt av SPR 30 | 29 | Studier av en friktionspålares verkningssätt
Åke Nilsson — Torbjörn Winqvist
1971 | 25:— |
| 16 | Friktionspålares bärförmåga. En studie av
utförda provbelastningar
Sven Hultsjö — Jan Svensson
1969 | 25:— | 30 | Statistik över antal slagna pålmetrar 1962,
1966, 1968 och 1970
1971 | Ersatt av SPR 38 |
| 17 | Ett program för beräkning av stötvågsför-
loppet vid friktionspålning. Delrapport II
Lennart Vilander
1969 | 15:— | | | |
| 18 | Pålkraftmätare
Bengt H Fellenius — Thomas Haagen

Negative skin friction for long piles driven
in clay
Bengt H Fellenius — Bengt Broms
1969 | 15:— | | | |

31	Friktionspålning för brostöd nr 2 vid Albysjön, tunnelbana 2 SV, Botkyrkabanan Sven-Erik Rehnman 1971	25:—	42	Pålar i lera. En geoteknisk återblick med speciell anknytning till Göteborgs-förhållanden Bror Fellenius 1974	15:—
32	Aktuellt forskningsbehov för pålområdet i Sverige i juni 1971 Ulf Bergdahl 1971	15:—	43	Jordundanträngning vid pålslagning — resultat av modellförsök Rainer Massarsch 1974	20:—
33	Sättningar vid pålning olika djupgrundläggningsmetoder Intryck från pålkonferens 1972	20:—	44	Pålning för Silo 68 i Köping. En redovisning av mätresultat Ulf Bergdahl — Åke Nilsson 1974	20:—
34	On the bearing capacity of driven piles 1972	20:—	<i>Rapporter</i>		
35	Load testing of piles according to the polish regulations B K Mazurkiewicz 1972	15:—	45	Aktuellt forskningsbehov för pålområdet i Sverige 1974 Ulf Bergdahl 1974	20:—
36	Undersökning av konventionell slagdyna. Beräkningsanalyser och beräkningsresultat för olika fall Martti Laine 1972	15:—	46	»Root-piles» Small-diameter injected borepiles Anton Frank 1975	15:—
37	Approximativ bestämning av böjstyvheten i ett förspänt, delvis uppsprucket betongtvärsnitt Bo-Göran Hellers 1973	15:—	47	Jordgjutna pålar — en redovisning av vanliga metoder K Rainer Massarsch 1975	30:—
38	Statistik över antal slagna pålmetrar år 1962, 1966, 1968, 1970 och 1972 1973	10:—	48	Svensk statistik över antal tillverkade och slagna pålmetrar åren 1962—1974 1975	20:—
39	Inventering och sammanställning av utförda böjprovningar med oskavade och skavade betongpålar Björn Kvist — Pär Sandin 1973	20:—	49	Deformationsmätningar vid slagning av pålar nära en stenmur — resultat av stereofotogrammetriska mätningar K Rainer Massarsch — Gunnar Ivmark 1975	25:—
40	Undersökning av avklingande stötvågs utseende efter passage genom dyna med tallriksfjädrar Bo Larsson 1973	20:—	50	Pålgrundläggning i Sovjetunionen 1976	25:—
41	Om korrosion på stål, speciellt i betongpålar Bengt H Fellenius 1974	15:—	51	Soil movements caused by pile driving in clay K Rainer Massarsch 1976	50:—
<i>Övrigt</i>			52	Angelägenheten hos forskningsprojekt inom pålområdet i Sverige 1975 — enkätresultat Ulf Bergdahl — Gunnar Ivmark 1977	15:—
Slagning och provbelastning av långa pålar. Försök i Gubbero, Göteborg. (Statens Råd för Byggnadsforskning, rapport 99)			53	Svensk statistik över antal tillverkade och slagna pålmetrar åren 1962—1976 1978	20:—
Pålningensprotokoll. Blanketter upprättade enligt Särtryck och preliminära rapporter nr 11. Block om 50 blad Pris per block			54	Pålgrupper med sidomotstånd och in-spänning Håkan Bredenberg — Bengt Broms 1978	40:—
10:—			55	Rälsplårs böjstyvhet — resultat av böjprovningar Elvin Ottosson 1979	40:—

- 56 Provb belastning av friktionspål ar —
En studie av olika provningsmetoder
U Bergdahl — G Hult
1979 40:—
- 57 Swedish Building Code 1975
Chapter 23.6 Pile Foundations.
Swedish Building Code 1975
Approval Rules No. 1975:8 Piles
Translated by B Broms
1979 40:—
- 58 Grävpålanvisningar
Dimensionering, utförande och kontroll
av grävda, i jorden gjutna pålar
1979 40:—
- 59 Anvisningar för provpålning med efter-
följande provbelastning
1980 50:—

