

tp TAp

Särtryck och preliminära rapporter nr 10

Stoppslagning av stålpålar slagna med lätta slagdon (trycklufthammare)

Delrapport II
Av Gunnar Fjelkner^x

GENIÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN
PÅLKOMMISSIONEN



Särtryck och preliminära rapporter nr 10

Stoppslagning av stålplålar slagna med lätta slagdon (trycklufthammare)

Delrapport II
Av Gunnar Fjelkner^x

x Statens Geotekniska Institut

De i rapporten framförda åsikterna är författarens och behöver icke vara pålkommissionens ståndpunkt.

Pris 5:--

STOPPSLAGNING AV STÅLPÅLAR SLAGNA MED LÄTTA SLAGDON (TRYCKLUFTHAMMARE)

Allmänt

Inom IVA:s pålkommission pågår för närvarande en försöksserie med syfte att uppställa stoppslagningsregler för stålplålar slagna med lätta slagdon (trycklufthammare). Försöken utförs under ledning av civ ing Gunnar Fjelkner, Statens Geotekniska Institut, i samråd med en arbetsgrupp inom IVA:s pålkommission bestående av tekn dr H-Chr Fischer, Atlas Copco, civ ing L Hellman, Ingenjörfirman Orrje & Co samt civ ing C-H Silfwerbrand, Stockholms Stads Gatukontor.

Det första försöket i försöksserien är redovisat i "Särtryck och preliminära rapporter nr 7" från IVA:s pålkommitté. I denna andra delrapport redovisas resultaten från mätningar vid Tegelbacken i Stockholm den 28-29 september 1967.

Försöksplats

Sydost om Stadshusbron bygger Stockholms Stads Gatukontor en stödmur. Denna vilar till en del på en bottenplatta (monolit 2),

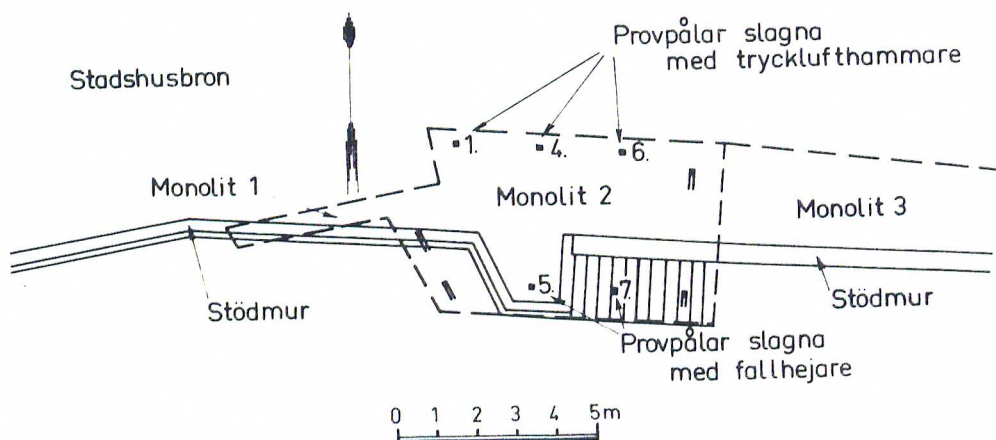


Fig 1. Pålplan

grundlagd med nio stålplålar. Pålplanen redovisas på figur 1. På pålarna 1, 4 och 6 mättes krafter och sjunkningar under slagning-

en, vilken gjordes omväxlande med tre typer av trycklufthammare. De tre pålarna slogs den 28-29 september 1967. Som jämförelse med trycklufthammarslagningen slogs pålarna 5 och 7 med fallhejare. Under denna slagning, som utfördes den 6 och 9 oktober 1967, mättes pålarnas sjunkningar.

Grundförhållanden

På försöksplatsen har dels hejarsondering och dels jordbergsondering utförts. Dessa, jämte tidigare undersökningar inom Tegelbacksområdet, visar att jorden överst består av 5 à 8 m fyllning, vilken underlagras av lera, som ligger på ett 2 à 5 m tjockt lager av friktionsmaterial på berg. Markytans nivå var vid försöken avschaktad till + 1,0 m samt bergytans nivå bestämdes vid sonderingarna till ungefär - 17 m.

Pålar

De fem provpålarna (1, 4, 5, 6 och 7) var s k valsämnespålar tillverkade av stål 1312. De hade kvadratisk tvärsnitt med 11 cm kantlängd. Samtliga pålar slogs vertikalt och bestod av en över- och en underpåle, som skarvades med en svetsfog, vars utseende framgår av figur 2. Pålarna hade följande längder:

Påle	1	4	5	6	7
Överpålens längd (m)	10,09	10,09		9,98	
Underpålens längd (m)	12,13	12,13		12,17	
Totallängd (m)	22,22	22,22	22	22,15	22

De fem provpålarna var försedda med fastsvetsade, skålade, bergdubbar av stål 1650. Dubbarna var 11 cm långa och hade 10 cm diameter.

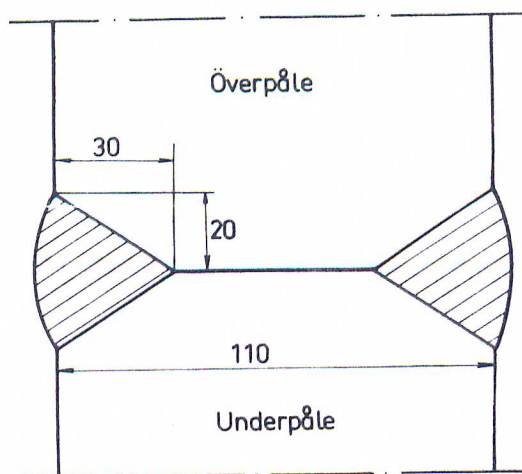


Fig. 2. Svetsfog

Slagdon

Slagningen av de tre provpålarna 1, 4 och 6 utfördes med tre typer av trycklufthammare; Mc Kiernan-Terry nr 6 och 5 samt Atlas Copco PH 180K. Dessa hammare är samtliga dubbelverkande, d v s tryckluft matas växelvis in på kolvens över- och undersida. Hammarna har följande data:

	Mc K-T nr 6	Mc K-T nr 5	PH 180
Totalvikt (kg)	1315	680	820
Kolvvikt (kg)	182	91	116
Kolvdiameter (mm)	248	178	180
Slaglängd (mm)	222	178	210
Ungefärlig luftförbrukning (m ³ /min)	11	7	4,5

Trycklufthammarna var anslutna till en stationär tryckluftanläggning, vars kopplingsschema framgår av figur 3.

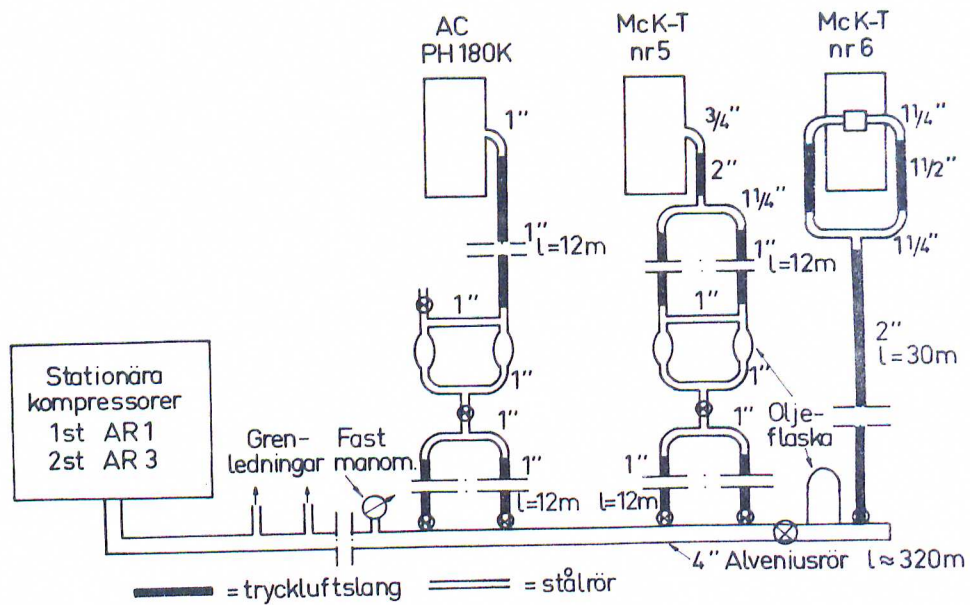


Fig. 3. Kopplingsschema för tryckluftanläggning

Vid slagningen användes inget trä mellanlägg mellan hammaren och pålskallen, utan hammarens slagplatta (städ) vilade direkt på pålen.

De två provpålarna 5 och 7 slogs med 3 tons fallhejare upphängd i enkel part. Fallhöjden var 40 cm under hela provslagningen.

Mätutrustning

På de tre provpålarna 1, 4 och 6 limmades två omgångar trådtöjningsgivare före slagningen. Varje omgång bestod av fyra givare, kopplade i en fullbrygga enligt figur 4.

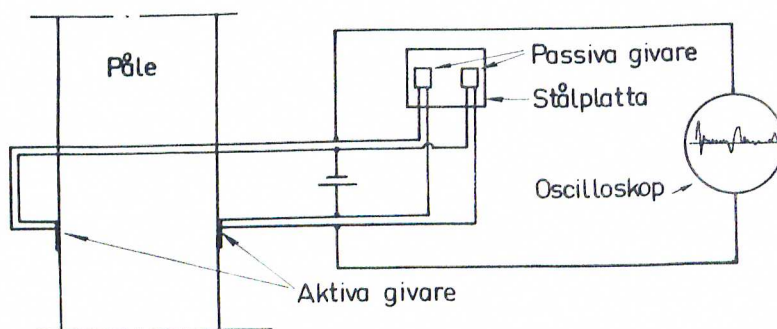


Fig. 4. Kopplingsschema för trådtöjningsgivare

De aktiva givarna limmades på pålen och de passiva på en lös stålplåt, som under slagningen fästes vid pålen. De två givaromgångarna (fullbryggorna) anbringades 2,5 och 3,0 m från överpåsens skalle.

Under nedslagningen av överpåsen registrerades slagkrafterna med två oscilloskop, som var anslutna till de två omgångarna trådtöjningsgivarna. Hela förloppet lagrades i en högvärdig databandspelare av typ PI 6200, vilket gjorde det möjligt att i efterhand rekonstruera hela slagförloppet, d v s man kan spela upp såväl enskilda slag som hela slagserier och ur de senare kan man t ex mäta upp hammarens slagtal.

Samtidigt som slagkrafterna mättes gjordes sjunkningsmätningar på pålen, genom att varje halv minut fotografera av ett, längs påsens sida fastlimmat, måttband. Referensnivån vid mätningarna utgjordes av en kraftig stålbalk, som i ändarna var upplagd på oeftergivliga upplag. Referensnivåns plushöjd var + 1,81 m.

Under slagningen mättes lufttrycket i hammarens tillopps-slang. Mätningen gjordes med en nålmanometer, som anbringades 10 à 12 m från hammaren.

Resultat

Som nämnts slogs de tre provpålarna 1, 4 och 6 med tre typer av tryckluftshammare. Påle 1 slogs med Mc Kiernan-Terry nr 6, påle 4 slogs växelvis med Mc Kiernan-Terry nr 5 och nr 6 samt påle 6 slogs växelvis med Atlas Copco PH 180K och Mc Kiernan-Terry nr 6.

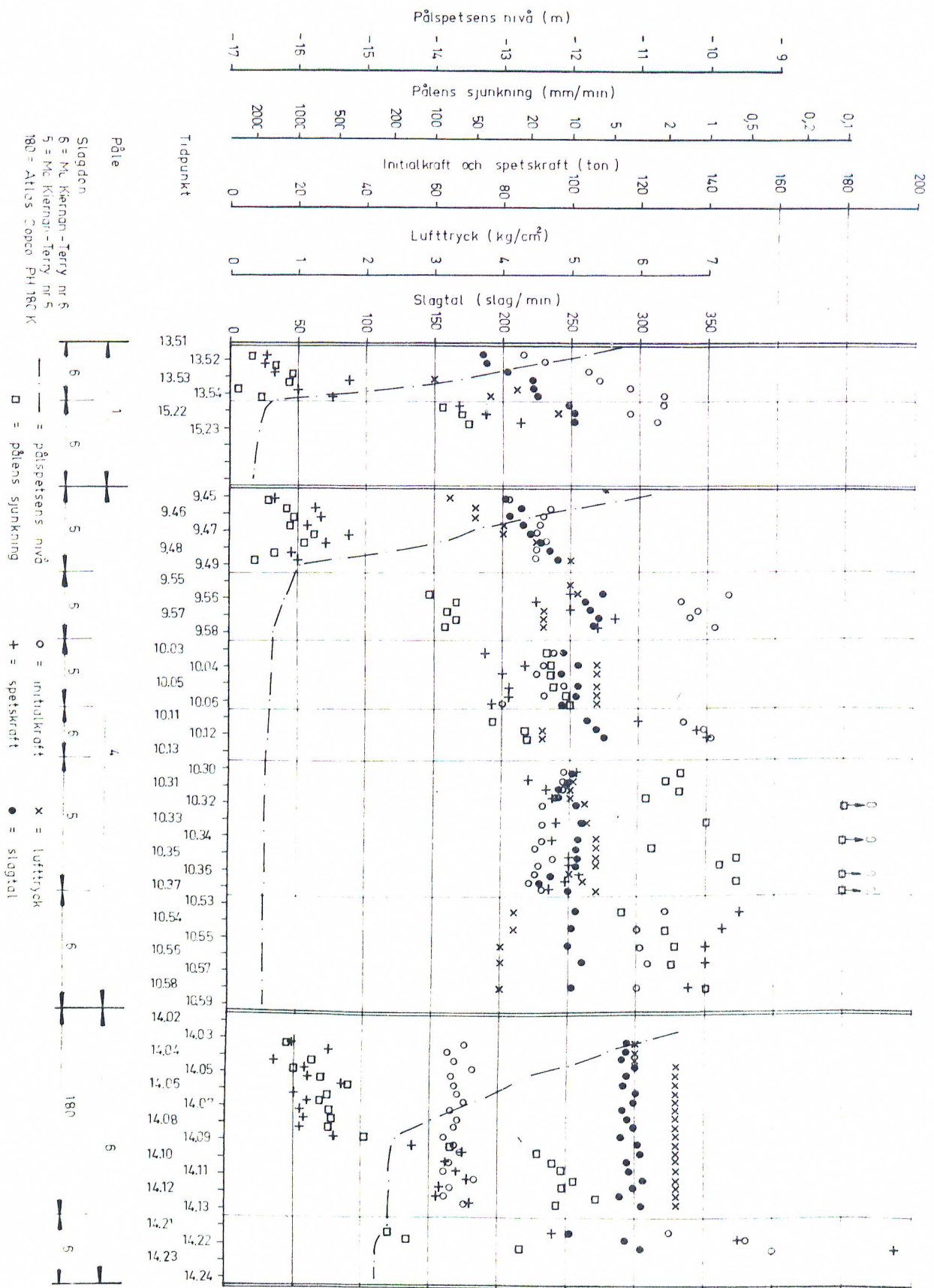


Fig. 5 Sammansättning av resultat

Diagrammet på figur 5 innehåller samtliga mätdata från slagningen av de tre provpålarna. I diagrammet har de olika slagningsdata redovisats i relation till tidpunkten. Följande data återfinnes i diagrammet:

- pålspetsens nivå.
- pålens sjunkning.
- trycklufthammarens anslagskraft, den s k initialkraften, som mätts med oscilloskopet.
- spetskraften, d v s reaktionskraften från jorden under pålspetsen. Spetskraften kan beräknas genom att "summera" initialkraften med den reflexkraft, som reflekteras från spetsen. Metoden har beskrivits närmare i "Särtryck och preliminära rapporter nr 7" från IVA:s pålkommitté.
- typ av trycklufthammare.
- hammarens slagtal, som mätts med oscilloskop och bandspelare.
- lufttryck på nålmanometern, som stucks in i tryckluftslangen c:a 10 m från hammaren.

Som jämförelse med slagningen med trycklufthammare visas resultatet från slagningen med fallhejare på pålarna 5 och 7.

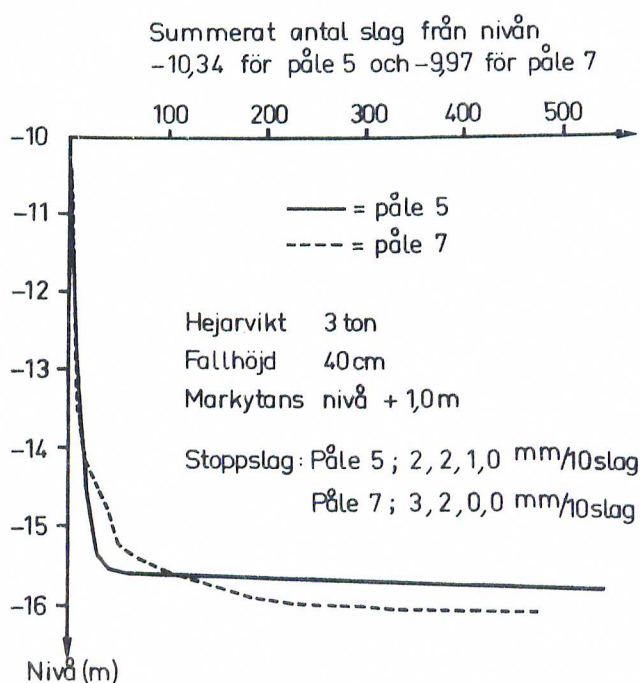


Fig. 6. Slagningsdiagram för påle 5 och 7.

Det ovan beskrivna försöket ingår som ett delförsök i en utredning, i vilken man bl a skall söka uppställa en stoppslagningsformel för slagning med lätta slagdon, d v s slagdon vars kolv- eller hejarvikt är lägre än pålens vikt. Stoppslagningsformler för fallhejarslagning har sedan länge varit i bruk i Sverige. En av dessa formler är Kreügers formel i Statens Vägverks Brobyggnadsanvisningar. För att kunna använda denna formel krävs emellertid att hejarens vikt är minst lika stor som pålens, varför formeln inte kan användas för slagning av stålplålar med trycklufthammare.

Det kan emellertid vara av intresse att studera uppbyggnaden av Kreügers formel. Det primära i formeln, som grundar sig på ett teoretiskt resonemang, är sambandet mellan spetskraften och pålens sjunkning. Detta samband är emellertid även beroende av hejarens anslagskraft mot pålskallen, vilket bl a representeras av hejarens fallhöjd. Det visar sig att man även vid det ovan beskrivna försöket vid Tegelbacken kan ställa upp ett samband mellan pålens sjunkning och den dynamiska spetskraften från jorden. Detta samband är, liksom vid slagning med fallhejare, beroende av hammarens anslagskraft, som i fortsättningen benämns initialkraft.

Liksom vid fallhejarslagning kommer spetskraften vid trycklufthammarslagning, att bli högre ju högre hammarens initialkraft är. Det är därför naturligt att bilda kvoten mellan spetskraften (från jorden) och initialkraften (från hammaren) och ställa denna kvot i relation till pålens sjunkning per minut. Detta samband, som visas på figur 7, blev förvånansvärt gott, trots att de tre undersökta hamrarna slår med mycket olika initialkrafter. Diagrammet på figur 7 visar att vid mycket stora sjunkningar är spetskraften endast 0,1 à 0,2 av initialkraften medan vid mycket små sjunkningar spetskraften är 1,0 à 1,1 av initialkraften. Teoretiskt kan spetskraften bli dubbelt så stor som initialkraften. För detta fordras emellertid att pålspetsen står på absolut oeftergivligt underlag vilket ej är fallet ens om spetsen står på berg. Det måste här betonas att sambandet enligt figur 7 gäller för slagning av 11 x 11 cm stålplålar vid Tegelbacken och bör därför, tills ytterligare undersökningar gjorts, ej generellt tillämpas på andra platser.

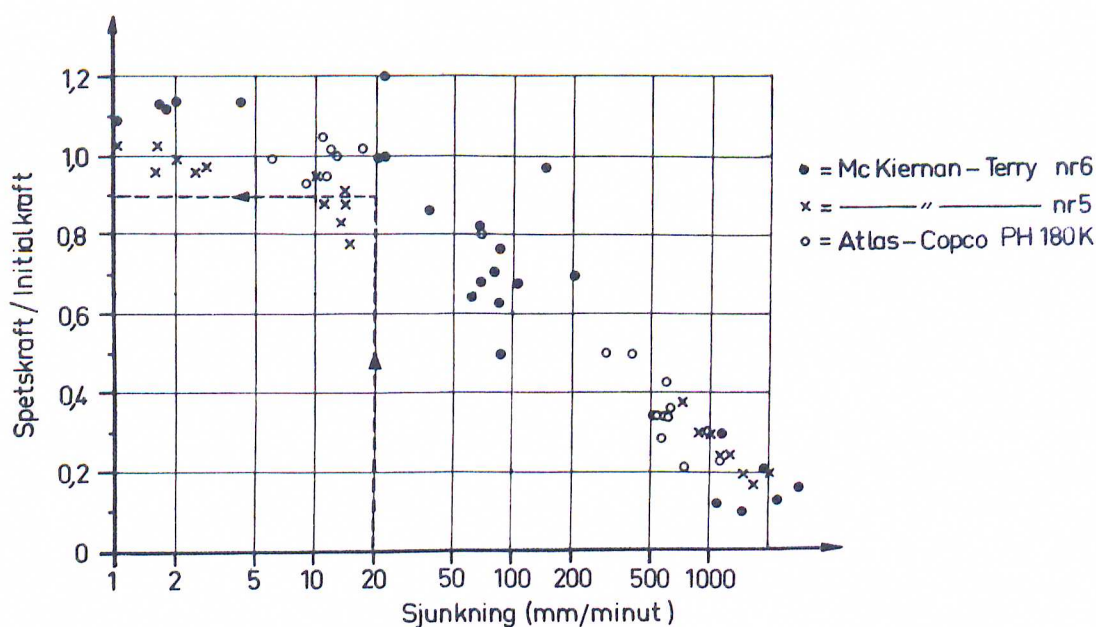


Fig.7. Samband mellan kvoten spetskraft/initialkraft och pålens sjunkning vid slagning utan trä mellanlägg på 11x11 cm stålplålar.

För att man ur sambandet på figur 7 skall kunna beräkna spetskraften vid olika sjunkningar, fordras att man känner initialkraften. Denna visar sig vara i stort sett proportionell mot hammarens slagtal, som uppmätts med oscilloskopet. Sambandet mellan initialkraft och slagtal framgår av figur 8. Det visar sig att initialkrafterna för de tre trycklufthammarna Mc Kiernan-Terry nr 6 och nr 5 samt Atlas Copco PH 180K, vid normala slagtal, är c:a 150, 100 resp 80 ton vid slagning utan trä mellanlägg på 11 x 11 cm stålplålar.

Ur figur 7 och 8 kan man beräkna spetskraften vid en godtycklig sjunkning. Beräkningen framgår av nedanstående exempel: En 11 x 11 cm stålplåle slås med trycklufthammare Mc Kiernan-Terry nr 6. När pålen sjunker 20 mm/minut uppmäts slagtalet 275 slag per minut. Enligt figur 8 blir då initialkraften c:a 150 ton och enligt figur 7 blir kvoten mellan spetskraft och initialkraft c:a 0,9. Spetskraften blir alltså ungefär $0,9 \cdot 150 = 135$ ton.

För att beräkna spetskraften fordras alltså, att man kan mäta hammarens slagtal. Detta har vid undersökningen gjorts med bandspelare och oscilloskop men mätningen kan även utföras "för hand".

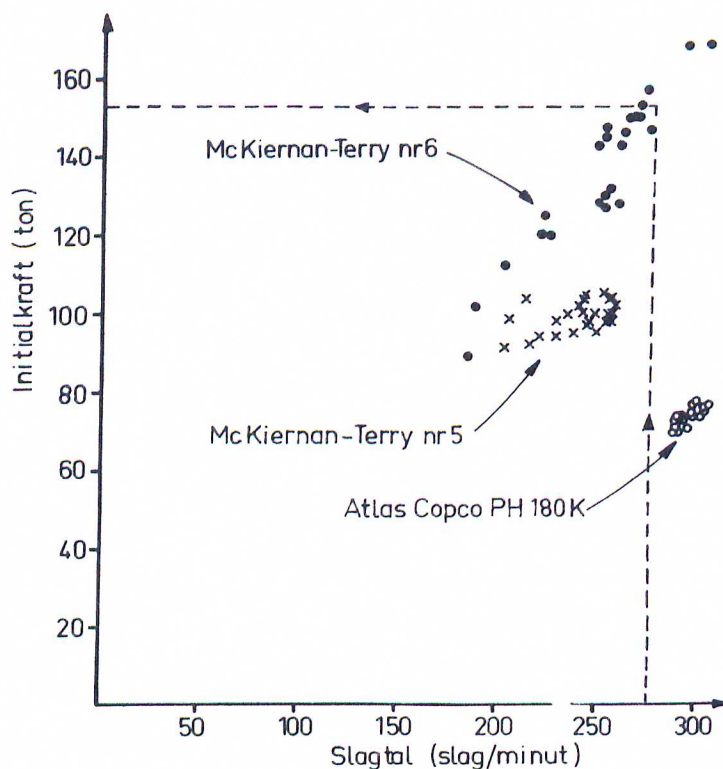


Fig.8. Samband mellan initialkraft och slagtal vid slagning utan trä mellanlägg på 11x11 cm stålplålar.

De flesta människor kan med någon träning räkna slagtal på upp till 400 slag per minut. Det borde även vara relativt enkelt att utveckla någon form av mätapparat för att mäta slagtal.

Fortsatta undersökningar

Nästa steg i den pågående försöksserien skall bli undersökningar på andra typer av stålplålar, såsom räls- och profilplålar. Vid dessa undersökningar kommer även ett antal plålar att provbelastas för att man skall jämföra den beräknade dynamiska spetskraften med den statiska brottlasten från provbelastningen. Eventuellt kommer de senare försöken även att utföras som förberedande modellförsök.

Stockholm den 10.4.1968

Gunnar Fjelkner

UTGIVNA HANDLINGAR

Meddelanden

Nr	1	Slagningsprov av pålskor med bergdubbar Bror Fellenius 1963	10 kr
	2	Provpålning för broar inom blivande Olskroks- och Gullbergsmoten i samband med byggande av Europa- väg 6 genom Göteborg Bror Fellenius och Waldemar Pejrud 1964	slut
	3	Jämförelse mellan moment, krökningsradie och sprickvidd i betongpålar slagna genom lös lera till släntberg vid Tingstadsleden, Göteborg Bror Fellenius 1964	10 kr
	4	Pålprovning för järnvägsbro vid Vännäs Bror Fellenius 1964	10 kr
	5	Beräkningsmetoder för sidobelastade pålar Bengt Broms 1965	slut
	6	Brottlast för snett belastade pålar Bengt Broms 1965	10 kr
	7	Beräkning av vertikala pålars bärförmåga Bengt Broms 1965	10 kr
	8	Provpålning mot släntberg vid Skansen Lejonet, Göteborg Waldemar Pejrud m fl 1965	25 kr
	9	Inverkan av armeringsmängd, förspänning och fallhöjd på sprickrisken hos betongpålar vid slag- ning Sven Sahlin 1965	15 kr
	10	Bärförmågan hos armerade betongpålar slagna till fast bergbotten Hjalmar Granholm 1967	20 kr
	11	Bärförmågan hos pålar slagna till släntberg Bengt Broms 1965	15 kr
	12	Dynamisk draghållfasthet hos modellpålar av oarmerad betong. Resultat av orienterande för- sök Sven Sahlin och Lars Hellman 1966	15 kr
	13	Pålgruppers bärförmåga Bengt Broms 1967	10 kr
	14	Påkänningar, sprickbildning och utmattning vid slagning av armerade modellpålar av betong Sven Sahlin och Bo-Göran Hellers (under utgivning)	ej fast- ställt

Särtryck och preliminära rapporter

- Nr 1 Allowable bearing capacity of initially bent piles
Bengt Broms (slut)
Referat från pålkommitténs informationsdag 25 okt
1965
Korta pålars sidomotstånd. Bengt Broms
Korta pålar. Beskrivning av några aktuella
påltyper och utförda försök. Sven-Erik
Bjerking, Thorild Blomdahl och Per Möller.
Provbelastning av påle slagen i lera och friktions-
material
Gunnar Hellström
Knäcklasten för momentstyvt skarvade pålar i lera
Krister Cederwall 10 kr
- 2 Provbelastning av stödpålar av betong inom Östra
Nordstaden, Göteborg 5 kr
Gunnar Hellström
- 3 Bärighet hos släntberg vid statisk belastning av
bergspets. Resultat av modellförsök 5 kr
Sven-Erik Rehnman
- 4 Om pålslagning och pålbärighet (Informationsdagen
14.11.66) slut
- 5 Resultat av pålprovning vid Göteborg C 20 kr
Bror Fellenius 1955 (under nytryckning)
- 6 Om stoppslagning av stödpålar 5 kr
Lars Hellman
- 7 Undersökning med syfte att uppställa stoppslagnings-
regler för stålpålar slagna med tryckluftshammare
Delrapport I 5 kr
Gunnar Fjellkner
- 8 Industriell tillverkning av betongpålar ej fast-
Kajsa Sundberg och Arne Forsell (under utgivning) ställt
- 9 Digitalisering av stötvågsmätningar 5 kr
Delrapport I
Lennart Vilander
- 10 Stoppslagning av stålpålar slagna med lätta slag- 5 kr
don (tryckluftshammare)
Gunnar Fjellkner
- Övrigt
- Slagning och provbelastning av långa betongpålar. För- 35 kr
sök i Gubbero, Göteborg
Statens Råd för Byggnadsforskning, rapport 99, 1964
- Slagning av långa betongpålar. Statens institut för 1 kr
byggnadsforskning, informationsblad 1964:26
Lars Hellman

Rättelse till "Särtryck och preliminära rapporter nr 10"

Diagrammen i figur 7 och 8 skall förses med nedanstående kurvor:

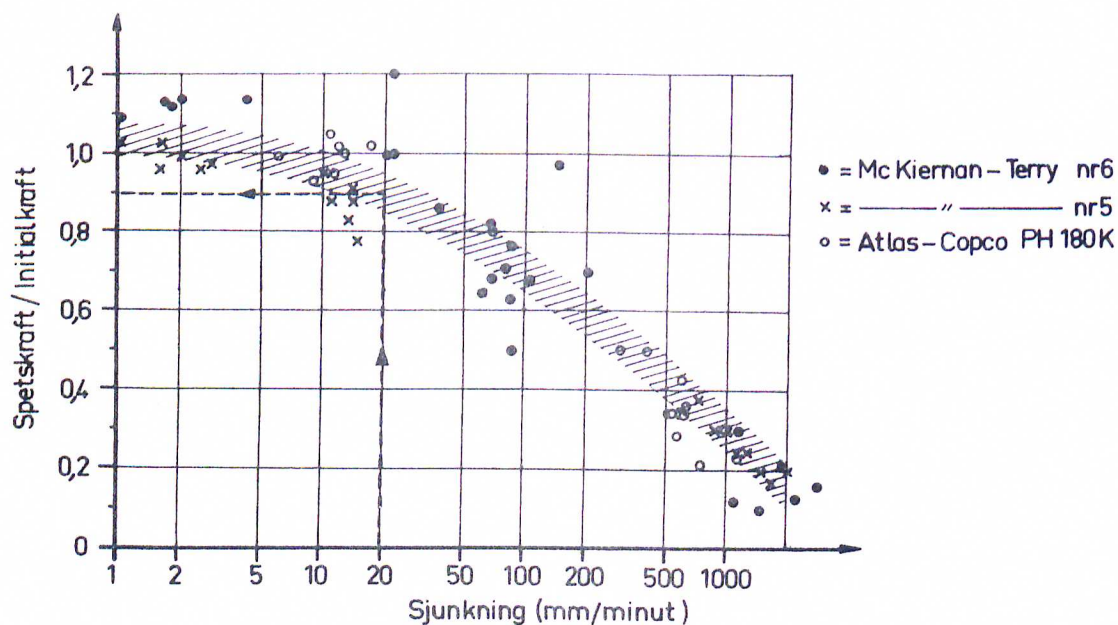


Fig. 7. Samband mellan kvoten spetskraft/initialkraft och pålens sjunkning vid slagning utan trä mellanlägg på 11x11 cm stålplålar.

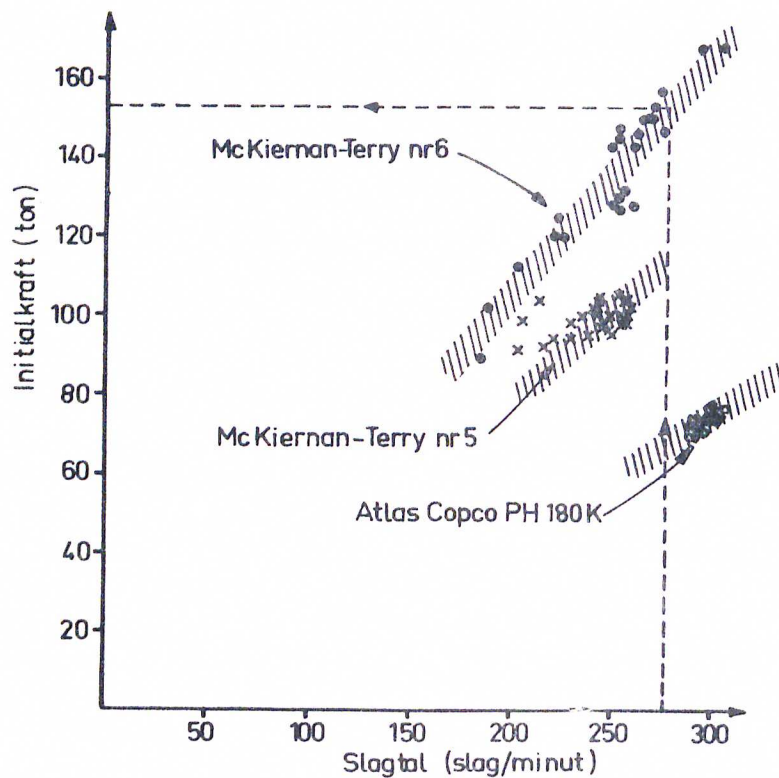


Fig. 8. Samband mellan initialkraft och slagtal vid slagning utan trä mellanlägg på 11x11 cm stålplålar.