

**INGENJÖRSVETENSKAPS AKADEMIEN  
ROYAL SWEDISH ACADEMY OF ENGINEERING SCIENCES**

# **PÅLKOMMISSIONEN**

**Commission on Pile Research**

## **FÖRTILLVERKADE BETONGPÅLAR FÖRSLAG TILL STANDARD MED DIMENSIONERINGSUNDERLAG**

**Författningsrådet har framtagits av arbetsgruppen  
för betongpålstandard och remissbehandlats  
av Pålkommisionen.**

**Stockholm 1984**

**Pris 50 :-**

**rapport 75**

INGENJÖRSVETENSKAPS AKADEMIEN  
ROYAL SWEDISH ACADEMY OF ENGINEERING SCIENCES

# PÅLKOMMISSIONEN

Commission on Pile Research



FÖRTILLVERKADE BETONGPÅLAR  
FÖRSLAG TILL STANDARD MED  
DIMENSIONERINGSUNDERLAG

Stockholm 1984



rapport 75

# FÖRTILLVERKADE BETONGPALAR

INNEHÅLL	sid
FÖRORD	1
0. INLEDNING	2
1. FÖRSLAG TILL STANDARD	2
1.1 Pålar	2
1.2 Pålhuvud	4
1.3 Pålskarvar	4
1.4 Pålspetsar	4
2. DIMENSIONERINGSUNDERLAG FÖR STANDARDPALAR	5
2.1 Allmänt	5
2.2 Förtillverkade pålar av betong	5

RITNING : PALE TYP PK 1-PK 3

ritn nr 1

BERÄKNINGSBILAGA

(30 sid)

## FÖRORD

I kommande byggnorm kommer i huvudsak endast funktionskrav att ställas på pålgrundläggningar. Detaljerade regler angående exempelvis armeringsmängd och armeringens fördelning i påltvärsnitt kommer ej att ges. Dylika frågor har överlätts till branschen/pålkommissionen att standardisera.

Med anledning av kommande förändringar i byggnormen tillsatte Pålkommissionen i april -82 en arbetsgrupp (arbetsgruppen för betongpålstandard) med uppdrag att ta fram förslag till standard för förtillverkade pålar av betong. Palar av trä eller stål har således ej ingått i gruppens arbetsuppgifter. Slagningsregler behandlas av en särskild utredningsgrupp.

I anslutning till förslaget till pålstandard har gruppen även tagit fram ett förslag till dimensioneringsunderlag enligt partialkoefficientmetoden.

Förslaget till pålstandard omfattar endast slakarmerade kvadratiska pålar. Övriga påltyper tillverkas ej i tillräcklig kvantitet för att standardisering skall anses motiverad. Dessa påltyper kan emellertid som förut typgodkännas.

Arbetsgruppen för betongpålstandard har bestått av:

Thorild Blomdahl	BINAB	- (ordf)
Stig Bernander	AB Skånska Cementgjuteriet	
Carl-John Grävare	Göteborgs Betongpålar AB	
Bo Jansson	Byggpaul Anläggning	
Sven Sahlin	Kungl tekniska högskolan	
Per Sahlström	Statens Planverk	
Erik Sandegren	Statens Järnvägar	
Lars Örnfelt	Vägverket	
Elvin Ottosson	SGI	(sekr)
Gunnar Ehnbåge	VBK	(adjungerad)

Föreliggande handling är arbetsgruppens förslag till standard med dimensioneringsunderlag för förtillverkade betongpålar.

Stockholm augusti 1984

Arbetsgruppen för betongpålstandard

## 0. INLEDNING

I föreliggande handling behandlas förtillverkade betongpålar och deras beslag samt dimensioneringsregler. Angivna standardpålar är framtagna med i kap 2 beskrivna dimensioneringsregler. Tillverkare av pålar kan av Statens Planverk erhålla typgodkännande av sin produkt, om gällande krav uppfylls samt avtal om tillverkningskontroll upprättas. Funktionskrav för skarvade pålar anges i SBN Godkännanderegler.....

## 1. FÖRSLAG TILL STANDARD

### 1.1 Pålar

Enligt standarden är förtillverkade betongpålar dimensionerade och utförda så, att de med betryggande säkerhet förutsätts uppta dimensionerande krafter för den färdiga grundkonstruktionen och uppträdande krafter under hantering, lagring, transport och slagnings. De är vidare utformade med hänsyn till kraven på beständighet för en armerad betongkonstruktion.

Regler för godkännande av förtillverkade pålar framgår av SBN Godkännanderegler.....

#### 1.1.1 Standardpålar

Med standardpålar avses pålar som serietillverkas på fabrik och med utförande enligt tabell 1.1, levereras till flera byggnadsplatser och underkastas tillverkningskontroll enligt SBN 12:12.

Tabell 1.1 Standardpålar

Påltyp	Kantmått, mm	Armering	Betong
PK1	<input type="checkbox"/> 235	4 $\phi$ 16, Ks 60	K55
PK2	<input type="checkbox"/> 270	8 $\phi$ 12, Ks 60	K55
PK3	<input type="checkbox"/> 270	8 $\phi$ 16, Ks 60	K55

Som bygelarmering väljs spiralbyglar av kalldragen ståltråd med fordrat minimivärde på trådens sträckgräns eller 0,2-gräns minst 390 N/mm<sup>2</sup>.

Påle bygelarmeras med 5 mm tråd 10 varv/m i första metern i varje ände, däremellan 5 varv/m vid huvudarmering  $\phi$ 16 och 6 varv/m vid huvudarmering  $\phi$ 12.

Täckande betongskikt till bygelarmering skall vara minst 30 mm. Täckskiktet till bygelarmeringen i mycket armeringsaggressiv miljö definierad enl BBK 79 7.3.2.3 (Band 2) ökas till 35 mm enligt tabell 3-5, BBK 79, Band 1.

Standardpålarnas utförande framgår i detalj av bilagd Ritning nr 1

Standardpålarnas dimensionerande bärformåga (kapacitet) i kN vid centrisk normalkraft för olika säkerhetsklasser, SK, (1, 2, 3) och olika kontrollklasser (A,B) enligt SBN kap 23 A framgår av tabell 1.2.

Tabell 1.2. Dimensionerande bärformåga.

Påltyp	Dimensionerande bärformåga, kN					
	SK1		SK2		SK3	
	A	B	A	B	A	B
PK1	870	700	790	630	730	580
PK2	1120	890	1020	810	930	740
PK3	1270	1020	1150	920	1060	850

Vid utnyttjande av angiven bärformåga förutsätts att inverkan av variationer i pållängd, avvikeler i planläge, lutning och dylikt har beaktats vid dimensioneringen.

#### 1.1.2 Lyftbyglar

Lyftbyglar utförs av stål 1312 enligt SS 141312 och konstrueras enligt SBN kap 21 A.

#### 1.1.3 Märkning

Standardpålar skall märkas med pålbeteckning enligt tabell 1.1, kontrollmärke, tillverkarens fabriksbeteckning, tillverkningsdatum, längd samt färg enligt tabell 1.3.

Tabell 1.3 Märkning

Påle	Färg
PK1	grön
PK2	blå
PK3	gul

Övriga pålar, dvs icke standardpålar skall märkas med svart färg.

#### 1.1.4 Toleranser

Tvärmått och tillåten krokighet enligt SBN Godkännenderegler.....

## 1.2 Pålhuvud

Pålhuvudets ändyta skall vara vinkelrät mot pålens centrumlinje med en största tillåten lutningsavvikelse av 1:100 eller får pålhuvudet vara kupat med en pilhöjd som inte är större än 10 mm. Påle skall förses med skydd för pålhuvudet bestående av en skoning av stål med dimension minst 4 x 75 mm och med avrundade hörn. Skoningens övre kant placeras ca 10 mm under betongavfasningen runt ändytan.

## 1.3 Pålskarvar

Pålskarvar skall vara så utformade att pålskarvens tvärsnitt överensstämmer med pålelementets tvärsnitt.

Pålens lutningsändring i skarven får inte överstiga 1:75.

Exempel på godtagna verifikationsmetoder för pålskarvar framgår av SBN Godkännanderegler.....

## 1.4 Pålspetsar

Pålspets förses med fastgjuten bergsko. Utförande av bergsko framgår av svensk standard SIS 811196. Exempel på godtagen verifikationsmetod för bergskor framgår av SBN Godkännanderegler..... Kohesionspålar förses med sprickring (4x75 mm) i stället för bergsko.

## 2. DIMENSIONERINGSUNDERLAG FÖR STANDARDPÅLAR

### 2.1 Allmänt

Föreslaget dimensioneringsunderlag har framtagits och använts vid upprättande av kap 1.

### 2.2 Förtillverkade pålar av betong

#### 2.2.1 Materialförutsättningar

Betong till pålar utförs i tillverkningsklass I enligt BBK 79. Betongen skall vara av hållfasthetsklass lägst K 55. Med hänsyn till miljön skall krav avseende betong i BBK 79, 7.3.2 vara uppfyllda.

Anm För pålelement i mycket respektive måttligt betongaggressiv miljö definierad enl BBK 79, 7.3.2.1 (Band 2) gäller att förhöjd lufthalt i betongmassan erfordras.

Kubhållfastheten kan vara ett ofullständigt mått på betongs slaghållfasthet. För att pålbetong skall få hög slaghållfasthet visar erfarenhet samt forskningsresultat att hänsyn bör tas till:

- vct/tillsatsmedel
- ballastens kvalitet
- volymandel sten (partiklar större än 8 mm)
- krossytegrad hos stenfraktionen
- härdningstid/härdningsmetod

För vidare information se CBI Fo 1:77 och 4:79 samt CBI Rapport Ra 1 1980.

Allmänna fordringar på armering anges i BBK 79.

Som längsarmering till pålar väljs kamstång enligt fordringarna i svensk standard för armering. Stångdiametern för ospänd armering väljs till minst 12 mm och högst 1/20-del av pålens diagonalmått.

#### 2.2.2 Konstruktivt utförande

Bygelarmering utförs enligt följande regel. Påle förses med bygelarmering av slutna byglar eller trådspiral. Inom sträckan 1 m från pålens ändar skall byglarna - räknade som tvåskäriga - kunna uppta en sammanlagd kraft på 100 kN. Därvid får påkänningen i bygeltråden

vara högst fyk/1,5, dock högst 260 MPa, där fyk är fordrat minimivärde på trådens sträckgräns eller 0,2-gräns.

Största centrumavstånd mellan byglarna (spiralens stigning) anges i BBK 79, 6.3.5.2.

Anm I undantagsfall såsom vid mycket svåra geotekniska förhållanden och slagningsförhållanden, kan pålar med kraftigare utförande än dessa standardpålar erfordras. Skaderisk kan också föreligga då betongpålar slås genom fritt vatten ned i fasta jordlager eller där jordlagren under grundvattenytan består av mycket vattengenomsläppliga material. I dessa fall bör armeringen ökas. Det har vidare visat sig vara verksamt att fördela armeringen på ett jämnare sätt över påltvärsnittet än vid standardutförande.

### 2.2.3 Dimensionering för hantering

#### Dimensionering i brottgränstillstånd

Belastningsfallen lyftning, hantering och lagring av pålar beaktas vid dimensioneringen.

Påle antas påverkad av en dynamisk last pga hantering, vars statiska ekvivalenta karakteristiska värde normalt sätts till minst 1,5 ggr pålens egentyngd (och ev andra tyngder som påverkar pålen vid lyftning). Den statiskt ekvivalenta lasten betraktas som variabel och bunden last.

Dimensionerande lasteffekt för de laster som påverkar pålen vid lyftning bestäms med partialkoefficienter ( $\gamma_f=1,3$ ) enligt SBN 21A:5232, fall a(normalt påverkas pålen vid hantering av dynamisk och statisk last från pålens massa och egentyngd).

Dimensionering av tvärsnitt för hantering utförs enligt BBK 79 med partialkoefficient  $\gamma_n=1,2$  enligt säkerhetsklass 3 (SK3).

Anm Ur personsäkerhetssynpunkt kan säkerhetsklass 1 (SK1) väljas men SK3 har valts för att reducera risken för skador på pålarna. Tillverkaren skall, enligt godkänd kontrollplan, påvisa att vid lyftning och hantering uppträdande karakteristiska värden på krafter ej överstiger de som antagits vid dimensioneringen av pålen.

#### Dimensionering i bruksgränstillstånd (lyftning, transport och lagring)

För standardpåle skall kontrolleras att sprickbredden beräknad enligt BBK 79 är högst 0,4 mm.

Sprickbreddkontrollen utförs med vanligt lastvärde på den statiskt ekvivalenta lasten, som får sättas till 1,25 ggr pålens egentyngd (och ev andra tyngder som påverkar pålen vid lyftning, transport och lagring).

Hanteringsanvisning skall upprättas av tillverkaren. För lyftning tillåtet område markeras på pålen. Vid enpunktslyft i pålkran får i pålen ingjuten lyftögl ej användas, eftersom denna ofta kan ha skadats eller deformerats under tidigare lyftning ur form eller vid transport.

## 2.2.4 Dimensionering för slagning

### Grundvärde för dynamisk påkänning och kraft

Dimensionerande påkänningar vid tryck och dragning beror, förutom på jordlagerföljden på pålningsplatsen, i första hand på initial-påkänningen i pålen pga slagningen.

Grundvärdet på den dynamiska påkänningen och kraften sätts till

$$\sigma_c^i = a + b \sqrt{k} h$$

$$F_c^i = A \sigma_c^i$$

där  $a = 5,0$  för 3-4 tons hejare i enkel part  
 $= 2,5$  för frifallshejare

$b = 28$  för 3-4 tons hejare i enkel part  
 $= 30$  för frifallshejare

$k = 0,8$  för 3-4 tons hejare i enkel part  
 $= 1,0$  för frifallshejare

$h =$  den beordrade fallhöjden i meter (0,2-0,6)

$F_c^i =$  95%-fraktilen för initialkraften i MN

$A =$  pålens tvärsnittsarea (bxb)

$\sigma_i =$  95%-fraktilen för initialpåkänningen i MPa

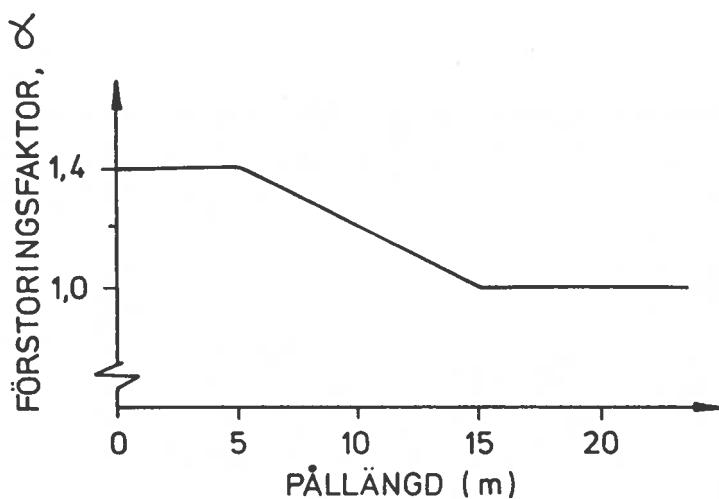
### Dimensionerande krafter vid drivning

#### Dimensionerande tryckkraft $F_{cd}$

Vid slagning med hejarstuds får  $F_{cd}$  sättas  $= \gamma_f 1,35 F_c^i$ .

Vid slagning utan hejarstuds får  $F_{cd}$  sättas  $= \gamma_f 1,0 F_c^i$ .

Vid slagning med hejarstuds på pålar kortare än 15 m mot berg ökas  $F_{cd}$  med faktorn  $\alpha$  enligt figur 2.1.



Figur 2.1 Förstoringsfaktor  $\alpha$  för  $F_{cd}$  vid slagning med hejarstuds mot berg.  
 $F_{cd} = \alpha \gamma_f 1,35 F_c^i$

Partialkoefficienten  $\gamma_f$  enligt ovan sätts vid dimensionering i brottgränstillstånd i allmänhet = 1,3. Vid dimensionering m h t utmattning sätts  $\gamma_f = 1,0$ .

Anm Klassindelning med åtföljande  $\gamma$ -värden beroende på slagningsteknik och kontroll vid drivningen kan behöva göras, t ex

$$F_{cdA} = \gamma_A F_{cd}$$

$$\gamma_A > 1$$

#### Dimensionerande dragkraft $F_{td}$

Maximal dragkraft i pålen beror bl a på reflexionsförhållandena vid pålspetsen.

Vid drivning i lera sätts dimensionerande dragkraft

$$F_{td} = \gamma_f \beta F_c^i$$

där  $\beta = 0,50$  för 3-tons hejare  
 $\beta = 0,35$  för 4-tons hejare

Vid hård slutslagning med hejarstuds sätts  $F_{td} = \gamma_f 0,25 F_c^i$

Partialkoefficienten  $\gamma_f$  enligt ovan ges värde lika som för dimensionerande tryckkraft.

## Dimensionerande bärformåga vid drivning

### Dimensionerande hållfasthet hos betong och stål

Dimensionerande hållfasthetsvärden hos betong och armeringsstål i brottgränstillståndet får tas ur BBK 79, som vid dimensionering för olyckslast. Pga kortvarig belastning får BBK:s hållfasthetsvärden vid dimensionering av betongpålar för slagning multipliceras med 1,33.

### Hänsyn till betongens och armeringens utmattning

Betongens och armeringens dynamiska hållfasthet avtar väsentligt vid upprepad belastning. För normala pålningsarbeten ges godtagna hållfasthetsvärden i 2.3.3 och 2.4.3 i BBK 79.

I 3.3 i BBK 79 ges föreskrifter och godtagna metoder beträffande dimensionering m a p utmattning. Vid beräkning av betongens tryckhållfasthet m a p utmattning har förutsatts att betongtvärsnittet är uppsprucket.

Föreskriven minsta excentricitet enligt 3.6.1 i BBK 79 har beaktats.

Vid utmattning med varierande påkänningsgränser (som vid drivning resp. slutslagning) godtas metoden med reducerat antal påkänningscykler enligt 2.4.3 i BBK 79. Lastkollektivet skall vid dimensionering typiseras så att kollektivparametern K ( $K < 1$ ) kan ges ett värde så att dimensioneringen bedöms bli på säkra sidan.

### Instabilitet

Om knäckning av pålen kan vara aktuell vid slagning, t ex om någon del av pålen är fri eller svagt sidostyrd av jorden, måste bärformågan reduceras pga knäckningsrisken med hänsyn till aktuella förhållanden eller åtgärder vidtas för att hindra knäckning. Metoder angivna i BBK 79 kan i tillämpliga delar användas.

För påle sidostyrd av jord med bedömd liten risk för knäckning får bärformågan under slagning beräknas enligt 6.3.3.2 i BBK 79 för  $l_c/h = 10$ . Påltvärsnittet kontrolleras även för inverkan av aktuell normalkraft  $N_d$  jämte moment motsvarande en minsta excentricitet hos normalkraften enligt 3.6.1 i BBK 79.

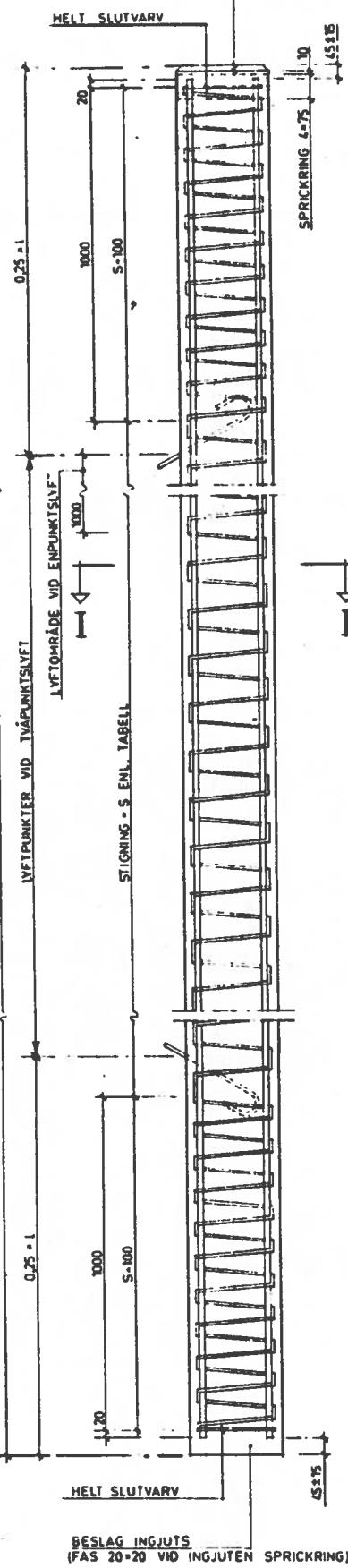
### 2.2.5 Dimensionering för lastupptagning (bruksgränstillstånd, brottgränstillstånd)

Betongpålars bärformåga kan i tillämpliga delar beräknas enl BBK 79 och SBN kap 23A. Dimensioneringen baseras på  $l_c/h = 20$ . Pålars bärformåga i olika jordar regleras i SBN kap 23A.

PÅELEMENTETS LÄNGD = 1 ENL. TABELL

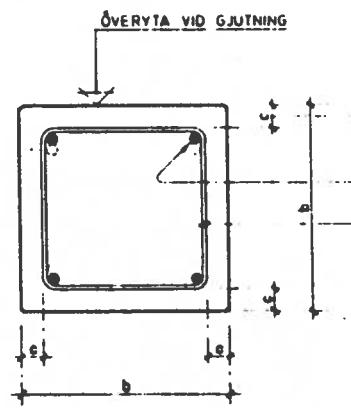
LYFTPUNKTER VID TÅPLÄNKTYSFT

STIGNING = S ENL. TABELL



ELEVATION

1:10



TÄCKANDE BETONGSKIKT c=30 mm  
I MYCKET ARMERINGSAGGRESSIV  
MILJÖ DOCK c=35 mm.

LÄNGSGÄNDE ARMERING ENL. TABELL:

BYULAR + 5 AV KALDRAGEN STÄLTRÅD  
MED FORDRAT MINIMIVARDE PÅ TRÅDEN  
STRÄCKGRÄNS ELLER 0,2 GRÄNS > 390 MPa  
STIGNING ENL. ELEVATION OCH TABELL  
MINST VAR S-E BYGEL NAJAS FAST  
VID DEN LÄNGSGÄNDE ARMERINGEN.

I - I 1:5

PÅLE TYP	DIMENSIONER		BETONG BTG I ENL. BBK 79 MAX STEN - STORLEK 35mm HÄLLF. KLASS	ARMERING			ANMÄRKNING
	MAX - LÄNGD (m)	KANT MÄTT bl/mm		ANTAL Diagonal mm	KVAL kg/m	STIGNING S/mm	
PK 1	14	225	K 55	6	0.16	K 60	200
PK 2	14	270	K 55	8	0.12	--	167 BUNTAD ARM.
PK 3	14	270	K 55	8	0.16	--	200 -- --

MINIMIKRÄV PÅ BETONGKVALITET MED HÄNSYN TILL MILJÖN ENL. BBK 79,732.

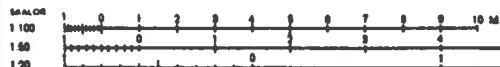
LÄNGSGÄNDE ARMERING  
FÄR EJ SKARVAS

### HANTERING

LYFTNING SKER I DE PÅ PÅLEN MARKERADE LÄGENA.  
VID LYFTNING UR FORM SHALL BETONGHÅLLFASTHETEN  
MOTSWARA FORDRINGARNAS FÖR K 25.  
VID LEVERANS FRÅN FABRIK SHALL BETONGHÅLLFASTHETEN  
MOTSWARA FORDRINGARNAS FÖR K 55.

### FÖRESKRIFTER

PÅLE UTFÖRS I ENLIGHET MED SVENSK BYGGNORM,  
OCH SÖN GODKÄNNANDEREGLER ..... AVSEENDE PÅLAR SAMT IVA-S  
PÅLKOMMISSIONS FÖRSLAG TILL STANDARD FÖR FÖRTILLVERKADE PÅLAR.  
BESLAG SÅSAM BERGSKO, PÅLSKARY, SPRICKRING ETC. SKALL  
INGJUTAS I PÅLEN.  
BERGSKO OCH PÅLSKARY SKALL VARA TYPGODKÄNTA.



IVA:S PÅLKOMMISSION  
ARBETSGRUPPEN FÖR  
BETONGPÅLSTANDARD  
PÅLE TYP PK 1 - PK 3

Datum 1:10, 15  
1984-06-05

1



Sid.	
Arb. nr	
Datum	
Sign.	

## BERÄKNINGSBILAGA

DIMENSIONERING AV  
FÖRTILLVERKADE BETONGPÅLAR  
ENLIGT IVA:S PÅLKOMMISSIONS  
FÖRSLAG TILL STANDARD MED  
DIMENSIONERINGSUNDERLAG.

GÖTEBORG 1984-08-10  
Gunnar Ehnås  
Gunnar Ehnås

# DIMENSIONERING AV FÖRTILLVERKADE PÄLAR AV BETONG

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SID.

### DIMENSIONERING FÖR HANTERING ENLIGT J.Z.3

Dimensionering i brottsgränsstillstånd

1

Dimensionering i bruksgränsstillstånd

5

### DIMENSIONERING FÖR SLAGNING ENLIGT Z.Z.4

Dimensionering i brottsgränsstillstånd

8

Dimensionering m.a.p. utmattning

14

Förutsättningar och metod

14

Beräkning av fallåten fallhöjd och antal

slag på pälle av standardpälle typ PK 2:

Slagning utan hejärstuds med 3-4 tons hejare

i enkel part

17

Slagning med hejärstuds med 3-4 tons hejare

i enkel part

22

Resultat av dimensionering m.a.p. utmattning

slagning med 3-4 tons hejare i enkel part,

utan och med hejärstuds

25

Dimensionering m.a.p. utmattning vid  
varierande påtäckningsgränser.

26

Exempel 1

28

Exempel 2

30

## FÖRTILLVERKADE PÄLAR AV BETONG.

### DIMENSIONERING FÖR HANTERING ENLIGT Z.Z.J.

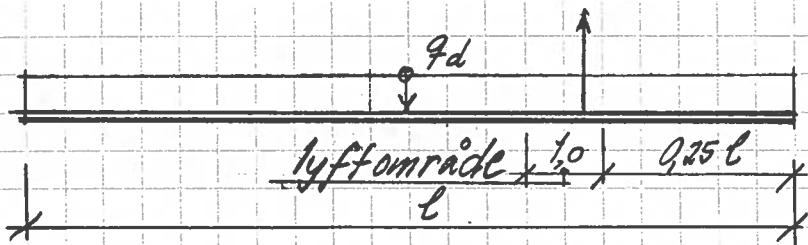
#### BERÄKNING AV MAXIMALT TILLÅTTEN PÄLLÄNGD.

Dimensionering m. a. p. enpunktsslyft på arbetsplatsen har förutsatts vara bestämmande.

#### DIMENSIONERING I BROTTGRÄNSTILLSTÅND

#### DIMENSIONERANDE MOMENT VID ENPUNKTSLYFT AV PÄLELEMENT

Med tillåtet lyftområde 1,0 m placerat 0,25 l från päländen enligt figur nedan erhålls:



$$M_{sd} = q_d (0,25l + 1,0)^2 / 2$$

$$M_{fd} = q_d \left[ (0,75l)^2 / 8 - (0,25l)^2 / 2 + 1/2 \right] = 0,05469 \cdot q_d \cdot l^2$$

där  $q_d$  är dimensionerande last

$$q_d = \gamma_f \cdot q_k$$

$$q_k = 1,5g \quad g = \text{pälens egen tyngd}$$

$$\gamma_f = 1,3 \text{ enligt SBN 21 A : 5232}$$

$$q_d = 1,3 \cdot 1,5g = 1,95g$$

För päl med längd  $l$  större än ca 12 m blir fältmomentet  $M_{fd}$  bestämmande.

$$M_d = 0,05469 \cdot q_d \cdot l^2$$

## MAXIMALT TILLÄTEN PÄLLÄNGD $\ell_{max}$ .

Maximalt tilläten pållängd beräknas ur villkoret

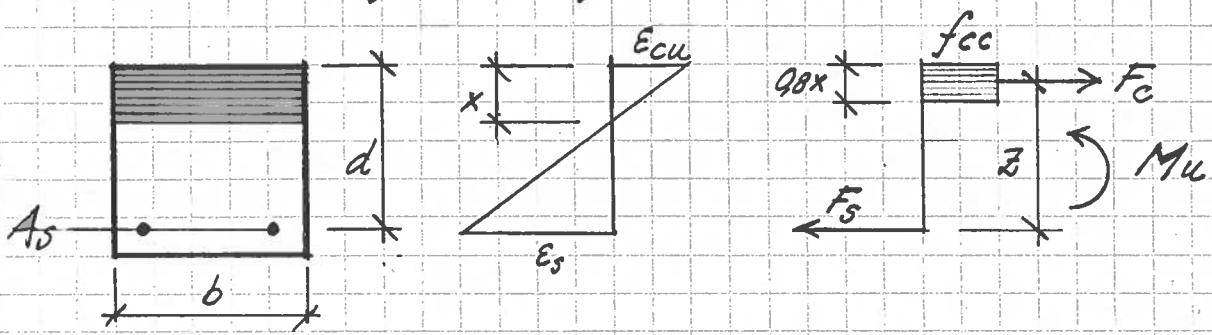
$$M_u \geq M_d = 0,05469 \cdot q_d \cdot \ell^2 \text{ som ger}$$

$$\ell_{max} = \sqrt{\frac{M_u}{0,05469 \cdot q_d}}$$

där  $M_u$  är pälens brottmoment beräknat enl. BBK.

### BROTTMOMENT ENLIGT BBK

För enkelarmert rektangulärt träsnitt med enbart moment och med varmvälsad armering erhålls med beteckningarna enligt BBK.



$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{st}}{b \cdot d \cdot f_{cc}}$$

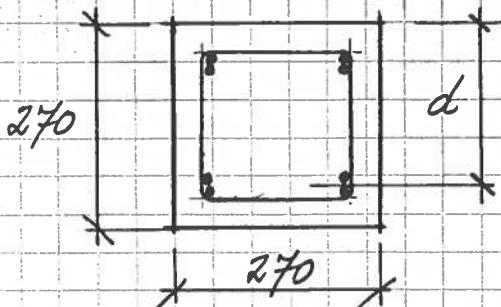
$$M = M_u = A_s \cdot f_{st} \cdot d \left(1 - \frac{\omega}{z}\right) \text{ under förutsättning att:}$$

$$\omega \leq \omega_{bal} = 0,80 \cdot \frac{E_{cu}}{E_{cu} + E_{sy}} \quad (\text{dvs } \sigma_s = f_{st})$$

Brottmomentet  $M_u$  enligt ovan beräknar ej överkantsarmeringens bidrag. För palar är detta bidrag litet p.g.a. den lilla innre hävaren. Maximalt tilläten pållängd beräknad med  $M_u$  enligt ovan blir därfor obetydligt på västra sidan.

STANDARD PÅLE TYP PK 2

Trävmäst  $\phi 270$  mm, Betong K55, Armering  $8\phi 12$ ,  $t_{360}$ .



$4 \times 2\phi 12$  buntad armering

$$\phi_{bunt} = \phi \sqrt{n} = 12 \cdot \sqrt{2} = 17 \text{ mm}$$

täckande betongskikt till

$$\text{bygelarmeringen } c = 30.$$

Dimensionerande hållfastheter

Vid leverans från fabrik skall betonghållfastheten motsvara fördringarna för K55.

säkerhetsklass 3 (SK 3)  $\gamma_n = 1,2$

$$f_{cc} = \frac{f_{ck}}{1,5 \gamma_n} = \frac{39,0}{1,5 \cdot 1,2} = 21,7 \text{ MPa} \quad (\text{BBK 2.3.1})$$

Vid utpräglad korttidslast får  $f_{cc}$  multipliceras med 1,1

$$f_{ct} = \frac{f_{ctk}}{1,5 \gamma_n} = \frac{2,40}{1,5 \cdot 1,2} = 1,33 \text{ MPa} \quad (\text{BBK 2.3.2})$$

$$f_{st} = \frac{f_{yk}}{1,1 \cdot \gamma_n} = \frac{590}{1,1 \cdot 1,2} = 447 \text{ MPa} \quad (\text{BBK 2.4.1})$$

$$f_{sc} = f_{st} = 447 \text{ MPa} \quad (\text{BBK 2.4.2})$$

Brottmoment  $M_u$ 

$$h = 270, \quad d = 270 - 35 - 17/2 = 226,5 \text{ mm}$$

$$A_s = 2 \times 2 \times \pi \cdot 1,2^2 / 4 = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$w = \frac{A_s \cdot f_{st}}{b \cdot d \cdot f_{cc}} = \frac{4,52 \cdot 10^{-4} \cdot 447}{0,270 \cdot 0,2265 \cdot 1,1 \cdot 21,7} = 0,1384 < w_{621} = 0,443$$

$$M_u = A_s \cdot f_{st} \cdot d (1 - w/2) = 4,52 \cdot 10^{-4} \cdot 447 \cdot 0,2265 (1 - 0,1384/2) = 0,04260 \text{ MNm}$$

Maximal pållängd  $\ell_{max}$  vid enpunktstlyft enligt ovan.

$$g = 9,870^2 \cdot 24 = 1,75 \text{ kN/m}$$

$$q_d = 1,95 \cdot g = 1,95 \cdot 1,75 = 3,47 \text{ kN/m.}$$

$$\ell_{max} \leq \sqrt{\frac{M_u}{0,05469 \cdot q_d}} = \sqrt{\frac{0,04260}{0,05469 \cdot 0,00341}} = 15,1 \text{ m}$$

DIMENSIONERING I BRUTSGRÄNSTILLSTÅNDKONTROLL AV SPRICKBREDD ENLIGT BBK 4.5.4

$$w_k = 1,7 w_m$$

$$w_m = \gamma \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot s_{rm}$$

$$\gamma = 1 - \frac{\beta}{2,5 \cdot k_1} \cdot \left( \frac{s_{sr}}{\sigma_s} \right)^2$$

$\sigma_s$  = armeringsspänning i sprickan av dimensionerande moment i brutsgränsstillstånd

$$\sigma_{sr}/\sigma_s = M_{sprick}/M = w \cdot f_{cbt}/M$$

$$f_{cbt} = k \cdot f_{ct} / 5 \quad (\text{BBK 4.5.3})$$

$$s_{rm} = \alpha \cdot (C + 0,15) + k_1 \cdot k_2 \cdot \phi / p_r \quad (\text{BBK 4.5.4})$$

Moment i påk vid enpunktsslyft enligt ovan.

$$M_{fält} = 0,05469 \cdot q \cdot l^2 \quad \text{med } q = 1,25 \text{ g}$$

STANDARDPÅLE TYP PK2 med  $l = 14,0 \text{ m}$ ,  $C = 30 \text{ mm}$

$$M_{fält} = 0,05469 \cdot 1,25 \cdot 1,75 \cdot 14,0^2 = 23,45 \text{ kNm}$$

Beräkning av armeringsspänning  $\sigma_s$

$$x = \alpha \cdot p \cdot \left( \sqrt{1 + 2/\alpha \cdot p} - 1 \right) \cdot d. \quad d = 270 - 35 - 17/2 = 226,5$$

$$\alpha = E_s/E_c \quad \text{för såffas} = 15$$

$$p = \frac{A_s}{d \cdot d} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1,13}{27 \cdot 226,5} = 0,00739$$

$$x = 15 \cdot 0,00739 \cdot \left( \sqrt{1 + 2/15 \cdot 0,00739} - 1 \right) \cdot 0,2265 = 0,08446 \text{ m}$$

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s (d - x/3)} = \frac{0,02345}{4,52 \cdot 10^{-4} (0,2265 - 0,08446/3)} = 261,6 \text{ MPa}$$

Beräkning av  $\gamma$

$$\gamma = 1 - \frac{\beta}{2,5 \cdot k_1} \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2$$

$\beta = 0,5$  vid lastupprening

$k_1 = 0,4$  för kamstänger

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{M_{sprick}}{M} = \frac{w \cdot f_{cbt}}{M}$$

$$f_{cbt} = k \cdot f_{ct} / 5 \quad (\text{BBK 4.5.3})$$

Betong K55 Brutsgräns tillstånd  $f_{ct} = f_{ctk} = 2,40 \text{ MPa}$

$h = 0,27 \text{ m}$  Fig 4-1 i BBK ger  $k = 1,16$

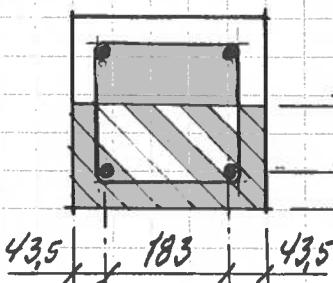
$$f_{cbt} = 1,16 \cdot 2,40 / 1,0 = 2,78 \text{ MPa}$$

$$M_{sprick} = 0,27 \cdot 0,27^2 / 6 \times 2,78 = 0,00912 \text{ MNm}$$

$$\gamma = 1 - \frac{0,5}{2,5 \cdot 0,4} \cdot \left( \frac{9,12}{23,45} \right)^2 = 0,924$$

Beräkning av  $S_{rm}$  (medelksprickavstånd)

$$S_{rm} = 2(c + 0,15) + k_1 \cdot k_2 \cdot \phi / p_r$$



$$\phi = \phi_{bunt} = 12 \cdot \sqrt{2} = 17$$

$c = 35$  ( till bunt-  
armeringen )

$$S = 183$$

$$k_1 = 0,4$$

$$p_r = \frac{A_s}{Acf} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1,13}{27,0 \cdot 17,1} = 0,00979$$

$$k_2 = 0,125 (\epsilon_1 + \epsilon_2) / \epsilon_1 = 0,125 \cdot (1 + \epsilon_2 / \epsilon_1)$$

$$\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} = \frac{h - x - (8\phi + c)}{h - x} = \frac{270 - 84,5 - 171}{270 - 84,5} = \frac{14,5}{185,5} = 0,078$$

$$k_2 = 0,125 (1 + 0,078) = 0,1348$$

$$S_{rm} = 2(35 + 0,1 \cdot 183) + 0,4 \cdot 0,1348 \cdot 17 / 0,00979 = \\ = 106,6 + 93,6 = 200,2 \text{ mm}$$

## Beräkning av sprickbredd

$$W_m = \gamma \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot s_{km}$$

Bruksgräns tillstånd  $E_s = E_{sk} = 200 \text{ GPa}$

$$W_m = 0,924 \cdot \frac{261,6}{200\,000} \cdot 200,2 = 0,242 \text{ mm}$$

$$W_k = 1,7 \cdot W_m = 1,7 \cdot 0,242 = 0,41 \text{ mm} \approx 0,4 \text{ mm}$$

∴ Maximal pållängd  $l_{max} = 14,0 \text{ m}$

(kontroll av sprickbredd är dimensionerande.)

## DIMENSIONERING FÖR SLAGNING ENLIGT Z.L. 4.

### DIMENSIONERING I BROTTGRÄNSTILLSTÅND

#### KONTROLL M.A.P. BEORDRAD FALLHÖJD

Beordrad fallhöjd,  $h$ , skall väljas så att pällementets bärförmåga vid slagning  $\geq$  dimensionerande lasteffekt.

#### DIMENSIONERANDE KRAFT VID SLAGNING

Grundvärde för dynamisk påkäring  $\gamma_c^i$

$$\gamma_c^i = a + b \cdot \sqrt{k \cdot h} \text{. För mastin med 3-4 tons hejare i enkel part}$$

För frifallshejare gäller  $a=50$ ;  $b=28$  och  $k=0,8$ .

$\gamma_c^i$  verkande på pälens bruttotränsnittsarea ger

grundvärde för dynamisk kraft  $F_c^i$

$$F_c^i = \gamma_c^i \cdot b^2$$

#### Dimensionerande tryckkraft vid drivning $F_{cd}$

Hård slagning med hejrstuds

$$F_{cd} = \gamma_f \cdot 1,35 \cdot F_c^i$$

$$\gamma_f = 1,3$$

Slagning med hejrstuds på korta pölar mot berg.

$$\text{Max. } F_{cd} = \alpha \cdot \gamma_f \cdot 1,35 \cdot F_c^i \quad \alpha = 1,4; \gamma_f = 1,3$$

#### Dimensionerande dragkraft vid drivning $F_{cd}$

Hård slutslagning med hejrstuds

$$F_{cd} = \gamma_f \cdot 0,25 \cdot F_c^i$$

$$\gamma_f = 1,3$$

Drivning av pölar i lera ger

$$\text{Max. } F_{cd} = \gamma_f \cdot \beta \cdot F_c^i \quad \beta = 0,50 \text{ vid slagning med 3 tons hejare}$$

$$\gamma_f = 1,3$$

$$\beta = 0,35 \quad -" -$$

$$4 tons -" -$$

BERÄKNINGSEXEMPEL: SLAGNING AV STANDARDPÅLE TYP PK23-TONS HEJARE I ENKEL PART, FALLHÖJD  $h = 0,60 \text{ m}$ DIMENSIONERANDE KRAFTER VID SLAGNING

$$\sigma_c^c = 50 + 28 \sqrt{0,8 \cdot 0,60} = 24,40 \text{ MPa}$$

$$F_c^c = 24,40 \cdot 0,270^2 = 1,779 \text{ MN}, (177,9 \text{ ton})$$

$$F_{cd} = 1,3 \cdot 1,35 \cdot 1,779 = 3,122 \text{ MN} \quad \text{Hård slagningsmed}$$

$$\text{Max. } F_{cd} = 1,4 \cdot 1,3 \cdot 1,35 \cdot 1,779 = 4,371 \text{ MN} \quad \begin{matrix} \text{hejarsföds} \\ \text{korta pålar mot berg} \end{matrix}$$

$$F_{ed} = 1,3 \cdot 0,25 \cdot 1,779 = 0,578 \text{ MN} \quad \text{Hård slutslagningsmed}$$

$$\text{Max. } F_{ed} = 1,3 \cdot 0,50 \cdot 1,779 = 1,156 \text{ MN} \quad \begin{matrix} \text{hejarsföds} \\ \text{Pålar i lera.} \end{matrix}$$

DIMENSIONERANDE HÅLLFASTHETER

Vid leverans från fabrik skall betonghållfastheten motsvara fordringarna för K55.

$$f_{cc} = \frac{1,33 \cdot f_{ck}}{1,2 \cdot \gamma_n} = \frac{1,33 \cdot 390}{1,2 \cdot 1,0} = 43,2 \text{ MPa} \quad (\text{inkl. } 33\% \text{ förhöjning})$$

$$f_{ct} = \frac{1,33 \cdot f_{ctk}}{1,2 \cdot \gamma_n} = \frac{1,33 \cdot 2,40}{1,2 \cdot 1,0} = 2,66 \text{ MPa}$$

$$f_{st} = \frac{1,33 \cdot f_{yk}}{1,0 \cdot \gamma_n} = \frac{1,33 \cdot 590}{1,0 \cdot 1,0} = 785 \text{ MPa}$$

$$f_{sc} = f_{st} = 785 \text{ MPa}$$

## BERÄKNING AV BÄRFÖRMÄGA NÅ FÖR CENTRISK TRYCKKRAFT

Påle förutsätts sidostyrd av jord så att den under slagning har mycket liten risk för knäckning. Bärformigan beräknas som för centriskt tryck enligt 6.3.3.2 i BBK 79 med  $\epsilon_c/h = 10$ .

$$N_u = k_c \cdot \frac{A_c \cdot f_{cc}}{1 + K_\phi \cdot \varphi_f} + k_s \cdot A_s \cdot f_{st}$$

med beteckningar enligt BBK 79 sid. 102.

$$\text{Befong K55}, \epsilon_c/h = 10 \Rightarrow k_c = 0,878$$

Kraft av slagning  $\Rightarrow \varphi_f = 0$

$$\text{Armering Ks 60}, \epsilon_c/h = 10 \Rightarrow k_s = 0,745$$

Armering  $8 \phi 12$

$$\begin{aligned} N_u &= 0,878 \cdot \frac{0,270^2 \cdot 43,2}{1 + 0} + 0,745 \cdot 8 \cdot 1,13 \cdot 10^4 \cdot 785 = \\ &= 2,765 + 0,529 = 3,294 \text{ MN} > F_{cd} = 3,122 \text{ MN} \\ &< \text{Max } F_{cd} = 4,371 \text{ MN} \end{aligned}$$

Slagning av korta pålar mot berg måste :

utföras med fallhöjd  $h < 0,60 \text{ m}$ .

Fallhöjd  $h = 0,29 \text{ m}$  ger

$$\sigma_c^i = 5,0 + 28\sqrt{0,80 \cdot 0,29} = 18,49 \text{ MPa}$$

$$F_c^i = 18,49 \cdot 0,27^2 = 1,348 \text{ MN}$$

$$\text{max } F_{cd} = 1,4 \cdot 1,3 \cdot 1,35 \cdot 1,348 = 3,312 \text{ MN} \approx N_u = 3,294 \text{ MN}$$

$$h = 0,29 \text{ m OK}$$

KONTROLL AV PÅLTVÄRSNITT FÖR INVERKAN AV  $N_d$   
JÄMTE MOMENT MOTSVARANDE MINSTA ICKE AVSEDDA  
EXCENTRICITET ENLIGT 3.6.1 i BBT 79.

Minsta icke avsedda excentricitet  $e_{min} = h/30 \geq 20 \text{ mm}$

$$\underline{N_d = F_{cd} = 3,122 \text{ MN}}$$

$$\underline{e_{min} = h/30 = 270/30 = 9 \geq 20 \text{ mm}}$$

$$\underline{M_d = N_d \cdot e_{min} = 3,122 \cdot 0,020 = 0,0624 \text{ MNm}}$$

Kontroll av armeringen utförs som dimensionering för symmetriskt och dubbelarmerat rektangulärt tvärsnitt enligt Diagram VI i Diagram- och Tabellbilagan till BBT 79.

Påle 41 270 med  $4 \times 2 \phi 12$  täckande betongskikt till byggarmering  $c = 30$ .  
Kantavstånd  $d' = 43,5 \text{ mm}$

$$d'/d = 43,5 / 226,5 = 0,192$$

$$\frac{M}{b \cdot d^2 \cdot f_{cc}} = \frac{0,0624}{0,270 \cdot 0,2265^2 \cdot 43,2} = 0,104 \quad \uparrow \quad \text{Diagram VI } *)$$

$$\frac{N}{b \cdot d \cdot f_{cc}} = \frac{3,122}{0,270 \cdot 0,2265 \cdot 43,2} = 1,181 \quad ]$$

$$w_{os} = 0,1$$

$$\begin{aligned} A_s = A_s' &= w_{os} \cdot b \cdot d \cdot f_{cc} / f_{st} = 0,1 \cdot 0,270 \cdot 0,2265 \cdot 43,2 / 785 = \\ &= 3,36 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 3,36 \text{ cm}^2 < A_s \text{ bef.} = \\ &= 2 \times 2 \phi 12 = 4,52 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kontroll m.a.p. moment av minsta excentricitet är  $\therefore$  ej dimensionerande

\*) Bor ge korrekt resultat då vi lägger i del av diagrammet som är beroende av betong- och armöringshöjdsvärden.

## BERÄKNING AV BÄRFÖRMÅGA $F_u$ FÖR CENTRISK OCH EXCENTRISK DRAGKRAFT

För centrisk dragkraft erhålls:

$$F_u = A_s \cdot f_{st} \text{ med betongen förutsatt uppsprucken } *)$$

$$F_u = 8 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4} \cdot 785 = 0,710 \text{ MN} > F_{td} = 0,578 \text{ MN}$$

$$< \text{Max } F_{td} = 1,156 \text{ MN}$$

Kontroll m. a. p.  $F_u$  och moment av minsta excentricitet

$$c_{min} \geq 20 \text{ mm}$$

Härd slutslagning med hejärstuds.

$$F_d = F_{td} = 0,578 \text{ MN. } (h = 0,60 \text{ m})$$

$$M_d = 0,578 \cdot 0,020 = 0,01156 \text{ MNm}$$

För uppsprucket tvärsnitt bestående av enbart armering erhålls arméeringsarea  $A_s$  per pålsida.

$$A_{s, bef.} = \frac{F_d}{2 \cdot f_{st}} - \frac{M_d}{2 \cdot f_{st}} =$$

$$= \frac{0,578}{2 \cdot 785} + \frac{0,01156}{(0,270 - 2 \cdot 0,0435) \cdot 785} =$$

$$= (3,68 \pm 0,80) \cdot 10^{-4} = \begin{cases} 4,48 \text{ cm}^2 < A_{s, bef.} & 4 \neq 12 \\ 2,88 \text{ cm}^2 & = 4,52 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$h = 0,60 \text{ m } \text{OK}$$

\*) Betongen osprucken om  $k \sigma_n^2 + \sigma_m^2 \leq k \cdot f_{ct} / 3$  (BSR 4.53)

$$\sigma_m^2 = 0 \Rightarrow \sigma_n^2 \leq f_{ct} / 3 \quad 3 = 1,0$$

$$\sigma_n^2 = F_{td} / A_c = 0,563 / 0,270^2 = 7,72 > f_{ct} = 2,66 \text{ MPa}$$

∴ Betongen är uppsprucken.

Kontroll m.a.p.  $F_u$  och moment av minsta  
eccentricitet  $e_{min} \geq 20$  mm.

Drifning av påle i lera med 3 tons hejare.

$$F_d = \text{max } F_{ed} = 1,156 \text{ MN} \quad (h = 0,60 \text{ m})$$

$$M_d = 1,156 \cdot 0,020 = 0,02312 \text{ MNm}$$

$$A_s = \frac{1,156}{2 \cdot 785} \pm \frac{0,02312}{(0,270 - 2 \cdot 0,0435) \cdot 785} =$$

$$= 7,36 \pm 1,61 = \begin{cases} 8,97 \text{ cm}^2 > 4\phi 12 = 4,52 \text{ cm}^2 \\ 5,75 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

Slagning av påle i lera enligt ovan kräver:

fallhöjd  $h < 0,60 \text{ m}$

Fallhöjd  $h = 0,09 \text{ m}$

$$\sigma_c^i = 5,0 + 28 \cdot \sqrt{0,80 \cdot 0,09} = 12,51 \text{ MPa}$$

$$F_c^i = 12,51 \cdot 0,270^2 = 0,912 \text{ MN}$$

$$\text{max } F_{ed} = 1,3 \cdot 0,50 \cdot 0,912 = 0,593 \text{ MN}$$

$$F_d = 0,593$$

$$M_d = 0,593 \cdot 0,020 = 0,01186 \text{ MNm}$$

$$A_s = \frac{0,593}{2 \cdot 785} \pm \frac{0,01186}{(0,270 - 2 \cdot 0,0435) \cdot 785} =$$

$$= 3,78 \pm 0,82 = \begin{cases} 4,60 \text{ cm}^2 \approx 4\phi 12 = 4,52 \text{ cm}^2 \\ 2,96 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$h = 0,09 \text{ m}$  OK

## DIMENSIONERING M. A. P. UTMATTNING

### FÖRUTSATTNINGAR OCH METOD

Tillåten fallhöjd  $h_{\text{fall}}$  och antal slag på påle beror av inom vilka gränser påkänningsarna i pålen varierar under drivning och slutslagning. Påkänningsarna beror bl.a. av jordförhållanden, fallhöjd och om slagning sker utan eller med hejärstuds.

Två fall kan studeras:

- I. PÅLE vid slagning UTAN hejärstuds.
- II. PÅLE vid hård slagning MED hejärstuds (vid slutslagning).

I. Vid slagning UTAN hejärstuds blir

$$\begin{aligned} F_{cd} &= \gamma_f \cdot 1,0 \cdot F_c^i = 1,0 \cdot F_c^i \\ F_{td} &\geq 0 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{i pålens andre och övre} \\ \text{del. } \gamma_f = 1,0 \end{array} \right\}$$

II. Vid slagning MED hejärstuds blir

$$\begin{aligned} F_{cd} &= \gamma_f \cdot 1,35 \cdot F_c^i = 1,35 \cdot F_c^i \\ F_{td} &\geq 0 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{i pålens andre del och} \\ \text{övre del. } \gamma_f = 1,35 \end{array} \right\}$$

$$\begin{aligned} F_{cd} &= \gamma_f \cdot 1,0 \cdot F_c^i = 1,0 \cdot F_c^i \\ F_{td} &= \gamma_f \cdot 0,25 \cdot F_c^i = 0,25 \cdot F_c^i \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{i pålens övre del. } \gamma_f = 0,25 \end{array} \right\}$$

Dimensionering m.a.p. utmattning av påle vid slagning utföres enligt 3.3 i BBK 79.

Betongens hållfasthet i pålens undre del förutsätts vara bestämmande.

Dragkraft i påle förutsätts medföra uppröckning av betongen. Dimensionering m.a.p. utmattning utförs under denna förutsättning.

Beträffande påkänningsvariationen förutsätts i ledningsvis att denna sker inom konstanta påkänningsgränser.

Beräkning av tillåten fallhöjd och antal slag på påle m.h.t. utmattning utförs då enligt nedanstående beräkningsgång (enligt 3.3 i BBK 79, sid 44 2:a stycket)

### BERÄKNING AV TILLÅTEN FALLHÖJD OCH ANTAL

#### SLAG M.H.T. UTMATTNING

För ett visst tillåtet antal slag  $n_1$ , avläses ur Fig 2-1 med  $\sigma_2/f_{cc} = 0$  ett visst värde =  $= x_1$  för  $\sigma_1/f_{cc}$

Tilläten beträffande halvfasthet m.a.p. utmattning,  $\sigma_{till}$ , beräknas sedan enligt

$$\delta_1^{\text{till}} = x_i \cdot fcc \cdot \eta \quad \text{där} \quad \eta = 0,5 \text{ för } n \geq 10^6 \\ 1,0 \text{ för } n \leq 500$$

För mellanliggande värden interpoleras mot log n.  
Härför kan tillåten fallhöjd  $H$  till beräknas

$$\text{ut sambandet } \sigma_c(h^{\text{till}}) = \sigma_i^{\text{till}}$$

$\sigma_c$  ("höll") = betongtryckspanning i den mest tryckta kanten orsakad av normalkraft och tillhörande moment av minsta excentricitet p.g.a slagningsmed tillfälten fallhöjd. 1)

# GRUNDVÄRDEN FÖR HÅLLFASTHET

Dimensioneringsvärden utan hänsyn till utmattning.

Ökning av hållfasthetsvärden med 33 % ger

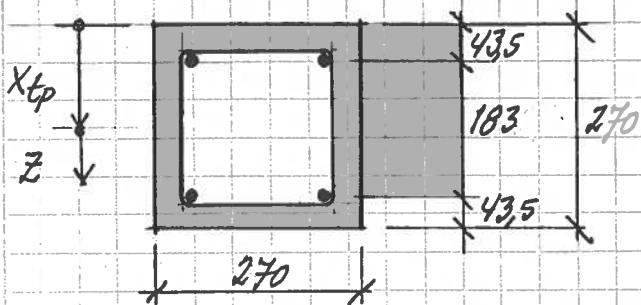
$$f_{cc} = \frac{1,33 \cdot f_{cck}}{1,20 \cdot f_n} = \frac{1,33 \cdot 39,0}{1,2 \cdot 1,0} = 43,2 \text{ MPa} \quad \text{Befragt K55.}$$

$$fct = \frac{1,33 \cdot fck}{1,2 \cdot f_{rn}} = \frac{1,33 \cdot 2,40}{1,2 \cdot 1,0} = 2,66 \text{ MPa}$$

$$f_{st} = f_{sc} = \frac{1,33 : f_{yk}}{1,0 \cdot g_n} = \frac{1,33 : 590}{1,0 \cdot 1,0} = 785 \text{ MPa} \quad k_s 60$$

1) Beräkning av  $I_a$  skall härvid ske för halva vändet på  $E_a$ .

Spänning beräkning av symmetriskt dubbelarmat  
rektagulärt tvärsnitt överkatt av excentriskt  
tryckande normalkraft  $F_{ed}$



$$A_{sk} = 4,52 \text{ cm}^2 (4 \phi 12)$$

$$A_{sk} = 4,52 \text{ cm}^2 (4 \phi 12)$$

Om hela tvärsnittet vid påverkan av tryckkraft  
antages vara tryckt erhålls som för osprucket  
tvärsnitt enligt Betonghandboken 4.3:22.

$$J_{cz} = J_n + J_m = \frac{N}{A_I} + \frac{M_{tp}}{I_I} \cdot z$$

med beteckningar enligt detta

$$\text{Symmetrin ger } x_{tp} = h/2 = 0,270/2 = 0,135 \text{ m}$$

$$A_I = b \cdot h + A_s (\alpha - 1) \cdot 2 = 0,270^2 + 4,52 \cdot 10^{-4} (1,4 - 1) \cdot 2 = \\ (729,0 + 94,0) \cdot 10^{-4} = 823,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I_I = b \cdot h^3/12 + A_s (\alpha - 1) \cdot (z_s/2)^2 \cdot 2 = 0,270^4/12 + 4,52 \cdot 10^{-4} \cdot 10,4 \cdot (0,183/2)^2 \cdot 2 = \\ (4,4287 + 0,7871) \cdot 10^{-4} = 5,2158 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$J_{cök} = \frac{N}{A_I} - \frac{M}{I_I} \cdot x_{tp} = - \frac{1,656}{823,0 \cdot 10^{-4}} - \frac{0,03312}{5,2158 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,135 = \\ = -20,12 - 8,57 = -28,69 \text{ MPa}$$

$$J_{cuk} = -20,12 + 8,57 = -11,55 \text{ MPa}$$

Hela tvärsnittet är  $\therefore$  tryckt, antagandet över är  
korrekt.

BERÄKNING AV TILLÅTEN FALLHÖJD OCH ANTALSLAG PÅ PÅLE AV STANDARDPÅLE TYP PK 2SLAGNING UTAN HEJARSTUDS, med 3-4 tons hejare i enkel part.1) Beräkning av tillåten fallhöjd,  $h_{till}$ , för  $n = 10.000$  slagFör uppsprucken betong med  $\sigma_z/f_{cc} = 0$  erhålls ur Fig 2-1 BBK 79 2.3.3.

$$\sigma_z/f_{cc} = 0,75$$

$$n = 10.000 \text{ slag} \Rightarrow \gamma = 1 - \frac{4-2,70}{6-2,70} \cdot 0,50 = 0,803$$

$$\sigma_z^{till} = 0,75 \cdot 0,803 \cdot f_{cc} = 0,75 \cdot 0,803 \cdot 43,2 = 26,0 \text{ MPa}$$

Tillåten fallhöjd,  $h_{till}$ , bestämmes ur sambandet att betongtryckspänningen i den mest tryckta kanten,  $\sigma_c(h_{till}) = \sigma_z^{till}$ .Prova att beräkna aktuell tryckspänning för  $h=0,50 \text{ m}$ Krafter och moment vid slagnings UTAN hejarstuds

$$\sigma_c^i = 5,0 + 28 \cdot \sqrt{0,80 \cdot 0,50} = 22,71 \text{ MPa}$$

$$F_{ci} = 22,71 \cdot 0,270^2 = 1,656 \text{ MN} \quad \gamma_f = 1,0$$

$$F_{cd} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,656 = 1,656 \text{ MN UTAN hejarstuds}$$

$$M_{cd} = F_{cd} \cdot c_{min} = 1,656 \cdot 0,020 = 0,03312 \text{ MNm.}$$

Beräkning av påkärningar.

Påkärningar vid utvärtningslast får enligt 3.3 i BBK 79 beräknas på samma sätt som i bruksgränsstillstånd. Vid beräkning av dragsprucken betong skall aktuell tryckspänning dock beräknas för halva värdelet på  $E_c$ .

$$\alpha = \frac{E_s}{E_c} \cdot (1 + \varphi_g) = \frac{200}{35,0/2} (1+0) = 11,4$$

$$\sigma_c = \sigma_{cök} = 28,69 \text{ MPa} > \sigma_i^{\text{till}} = 26,0 \text{ MPa}$$

fillåten fallhöjd  $\therefore < 0,50 \text{ m}$ .

Konstant eccentricitet =  $e_{\min}$  med för att  $\sigma_c^i(h^{\text{till}})$  kan beräknas genom proportionering:

$$\sigma_c^i(h^{\text{till}}) = \frac{\sigma_i^{\text{till}}}{\sigma_c(h=0,50)} \times \sigma_c^i(h=0,50) = \frac{26,0}{28,69} \times 22,71 = 20,58 \text{ MPa}$$

$$h^{\text{till}} = \left( \frac{\sigma_c^i(h^{\text{till}}) - 5,0}{28} \right)^2 \cdot 1/0,80 = \left( \frac{20,58}{28} \right)^2 \cdot 1/0,80 = 0,39 \text{ m}$$

Kontroll:

$$h^{\text{till}} = 0,39 \text{ m} \Rightarrow \sigma_c^i = 20,64 \text{ MPa} \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} F_{cd} &= 1,505 \text{ MN} \\ M_{cd} &= 0,0301 \text{ MNm} \end{aligned} \quad \Rightarrow$$

$$\sigma_c = -\frac{150,5}{823,0 \cdot 10^{-4}} - \frac{0,0301}{5,2158 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,135 = -18,29 - 7,79 = -26,08 \text{ MPa}$$

$$\approx \sigma_i^{\text{till}} = 26,0 \text{ stämmer.}$$

2.) Ber. av tillämplig fallhöjd för  $n = 1000$  slag

$$\text{Fig. 2-1 } \delta_a/f_{cc} = 0 \Rightarrow \delta_i/f_{cc} = 0,84$$

$$n = 1000 \text{ slag} \Rightarrow \gamma = 1 - \frac{3-2,70}{6-2,70} \times 0,50 = 0,955.$$

$$\delta_i^{\text{till}} = 0,84 \cdot 0,955 \cdot 43,2 = 34,7 \text{ MPa}$$

Beräkning av  $h$  till kan ske ut  $\sigma_c^i$  till.

Da fräckraftens excentricitet förutsättes konstant ( $e = c_{\min} = 0,020 \text{ m}$ ) kan  $\sigma_c^i(h^{\text{till}})$  beräknas genom proportionering från påräkningar för  $h = 0,50 \text{ m}$ .

$$\sigma_c^i(h^{\text{till}}) = \frac{34,7}{28,69} \times 22,71 = 27,47 \text{ MPa}$$

$$h^{\text{till}} = 0,80 \text{ m} \Rightarrow \sigma_c^i = 27,40 \text{ MPa.}$$

3)  $\sigma_1^{\text{till}}$  för  $n=100.000$  slag

$$\text{Fig. 2-1 } \sigma_2/\text{fcc} = 0 \Rightarrow \sigma_1/\text{fcc} = 0,67$$

$$n = 100.000 \Rightarrow \gamma = 1 - \frac{5-2,70}{6-2,70} \cdot 0,50 = 0,65$$

$$\sigma_1^{\text{till}} = 0,67 \cdot 0,65 \cdot 43,2 = 18,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c^i(h^{\text{till}}) = \frac{18,8}{28,69} \cdot 22,71 = 14,88 \text{ MPa}$$

$$h^{\text{till}} = 0,16 \text{ m} \Rightarrow \sigma_c^i = 15,0$$

4)  $\sigma_1^{\text{till}}$  för  $n=5000$  slag

$$\text{Fig. 2-1 } \sigma_2/\text{fcc} = 0 \Rightarrow \sigma_1/\text{fcc} = 0,78$$

$$n = 5000 \text{ slag} \Rightarrow \gamma = 1 - \frac{3,70-2,70}{6,0-2,70} \cdot 0,50 = 0,848$$

$$\sigma_1^{\text{till}} = 0,78 \cdot 0,848 \cdot 43,2 = 28,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c^i(h^{\text{till}}) = \frac{28,6}{28,69} \cdot 22,71 = 22,64 \text{ MPa}$$

$$h = 0,50 \text{ m} \quad \sigma_c^i = 22,71 \text{ MPa}$$

BERÄKNING AV TILLÅTEN FALLHÖJD,  $h_{\text{till}}$ , OCH ANTAL  
SLAG PÅ PÄLE AV STANDARDPÄLE TYP PK 2

SLAGNING MED HEJARSTUDS, med 3-4 tons hejare i enkel part.

Tillåtet antal slag m.a.p. utmattning av betongen i pålens undre del beräknas med förutsättning att betongen är uppsprucken.

Tillåten fallhöjd och antal slag med hejarstuds för påle bestämmes på samma sätt som för slagnings utan hejarstuds.

- 1.) Beräkning av tillåten fallhöjd för  $n = 10.000$  slag med hejarstuds.

$$\text{Fig. 2-1, } \sigma_2/f_{cc} = 0 \Rightarrow \sigma_1/f_{cc} = 0,75$$

$$n = 10.000 \text{ slag} \Rightarrow \gamma = 1 - \frac{4-2,70}{6-2,70} \cdot 0,50 = 0,803$$

$$\sigma_1^{\text{till}} = 0,75 \cdot 0,803 \cdot 43,2 = 26,0 \text{ MPa} =$$

= tillåten betongtryckspänning vid slagnings utan hejarstuds.

Pröva att beräkna aktuell tryckspänning för  $h=0,17\text{ m}$   
Krafter och moment vid slagnings MED hejärstuds

$$\sigma_c^i = 5,0 + 2,8 \cdot \sqrt{0,17 \cdot 0,80} = 15,32 \text{ MPa}$$

$$F_{cd} = 1,0 \cdot 1,35 \cdot F_c^i = 1,35 \cdot 15,32 \cdot 0,27^2 = 1,508 \text{ MN}$$

$$M_{cd} = F_{cd} \cdot e_{min} = 1,508 \cdot 0,020 = 0,03016 \text{ MNm}$$

### Beräkning av påkämnningar

$$\alpha = \frac{E_s}{E_c/2} = \frac{200}{35/2} = 11,4$$

$$A_I = 0,27^2 + 4,52 \cdot 10^{-4} (11,4 - 1) \times 2 = 823,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I_I = 0,27^4/12 + 4,52 \cdot 10^{-4} \cdot 10,4 \cdot (0,183/2)^2 \times 2 = 5,2158 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$\sigma_c = - \frac{1,508}{823,0 \cdot 10^{-4}} - \frac{0,03016}{5,2158 \cdot 10^{-4} \cdot 0,135} = -18,32 - 7,01 = -26,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c \approx \sigma^{till} = 26,0 \text{ MPa.}$$

$$\therefore h^{till} = 0,17 \text{ m}$$

$h^{till}$  för slagnings med n slag MED hejärstuds  
kan enligt ovan beräknas ur etkv.

$$\sigma_c^i(h^{till}) = \frac{\sigma_c^i(h^{till} \text{ utan studs})}{1,35}$$

$$\text{T.ex. } h = 10.000$$

$$\sigma_c^i(h^{till} \text{ utan studs}) = \frac{20,58}{1,35} = 15,24 \text{ MPa}$$

$$h = 0,17 \text{ m} \implies \sigma_c^i = 15,32 \text{ MPa.}$$

2) Beräkning av tillåten fallhöjd för  $n = 1000$  slag.

$$\sigma_c^i(h^{\text{till}}) = \frac{\sigma_c^i(h^{\text{till utan studs}})}{1,35} = 27,47 / 1,35 = 20,35 \text{ MPa}$$

$$h^{\text{till}} = 0,38 \text{ m} \Rightarrow \sigma_c^i = 20,44 \text{ MPa}$$

3)  $n = 100.000$  slag

$$\sigma_c^i(h^{\text{till}}) = 14,88 / 1,35 = 11,02 \text{ MPa.}$$

$$h^{\text{till}} = 0,06 \text{ m} \Rightarrow \sigma_c^i = 11,13 \text{ MPa.}$$

4)  $n = 5000$  slag

$$\sigma_c^i(h^{\text{till}}) = 22,64 / 1,35 = 16,77 \text{ MPa}$$

$$h^{\text{till}} = 0,22 \text{ m} \Rightarrow \sigma_c^i = 16,75 \text{ MPa}$$

5)  $n \leq 500$  slag, Betonghållfastheten antas vara oavverkad av utmattning

$$\therefore \sigma_i/f_{cc} = 1,00 \quad \eta = 1,0$$

$\sigma_i^{\text{till}} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 43,2 = 43,20$  Proportionering från på-känningar för  $h = 0,50 \text{ m}$  utan studs ger

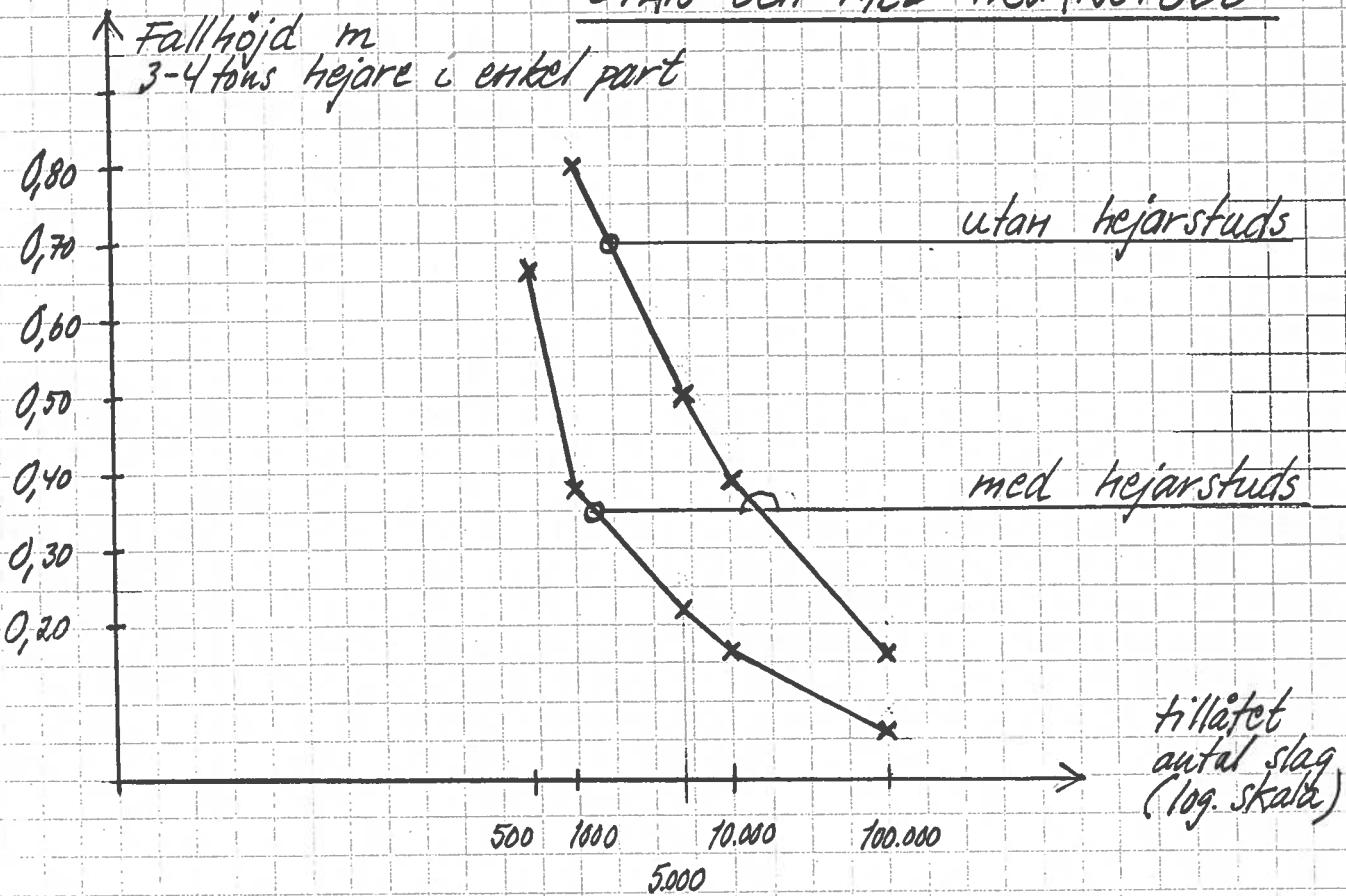
$$\sigma_c^i(h^{\text{till}}) = \frac{43,20}{28,69} \times 22,77 \times 1 / 1,35 = 25,33 \text{ MPa}$$

$$h^{\text{till}} = 0,66 \text{ m} \Rightarrow \sigma_c^i = 25,35 \text{ MPa.}$$

## SAMMANFATTNING

RESULTAT AV DIMENSIONERING M.A.P. UTMATTNING

STANDARDPÄLE TYP PK 2

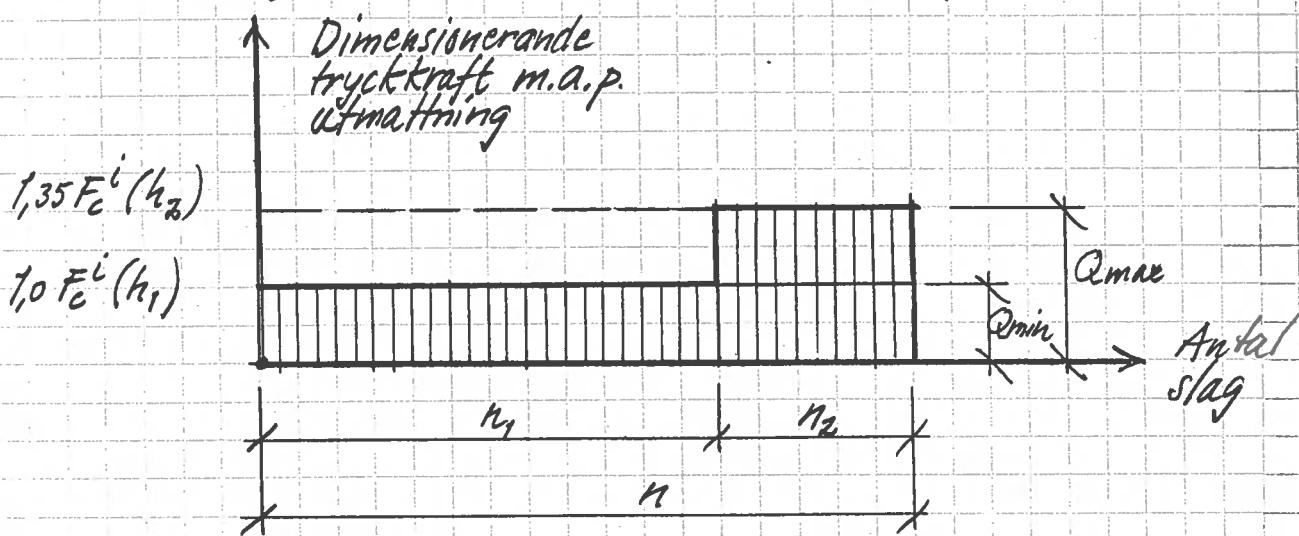
SLAGNING MED 3-4 TONS HEJARE I ENKEL PART,UTAN OCH MED HEJARSTUDS

Samband mellan fallhöjd och tillåtet antal slag m. h. t. utmattning av uppsprucken betong för standardpäle typ PK 2 ( $\# 270$ , bfg k55, 8  $\# 12$  k5 60) vid slagning med 3-4 tons hejare i enkel part, utan och med hejarduds.

## DIMENSIONERING M.A.P. UTMATTNING

### BERÄKNING AV TILLÅTTET ANTAL SLAG PÅ PÄCE VID UTMATTNING VID VARIERANDE PÅKÄNNINGSGRÄNSER

Päle som neddrives med  $n_1$  slag med fallhöjd  $h_1$  utan hejärtuds och som slutslås med  $n_2$  slag med fallhöjd  $h_2$  med hejärtuds utsätts för utmattning vid varierande påkänningsgränser.



Approximation enligt den streckade kurvan ovan ger konstanta påkänningsgränser men tillåtet antal slag blir mycket på säkra sidan (alla slag med hejärtuds).

Enligt BBK 2.3.3 1:a stycket sid. 24 godtas vid varierande påkänningsgränser metoden med reducerat antal påkänningscykler  $n_f$  enligt 2.4.3. Enligt 2.4.3 gäller vid kollektivparameter  $K < 1.0$ , d.v.s. vid varierande påkänningsgränser, att:

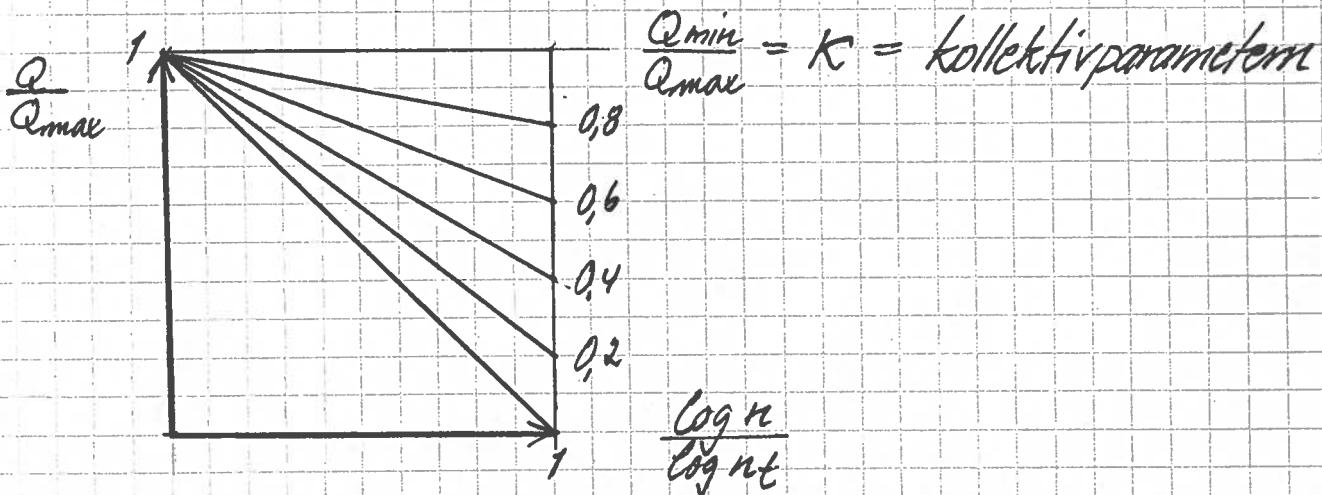
$$n_f = \theta \cdot n \text{ där } \theta < 1 \text{ är en funktion av } K$$

$$\Rightarrow n = n_f / \theta.$$

För ett visst värde på reducerat antal slag  
n och för ett visst värde på kollektivpara-  
metern k kan fallhöjd för n antal  
slag beräknas på samma sätt som tidigare.

Kollektivparametern k framgår bl.a. i SBN 214:

: 5214 sid. 23 och AR F9 2.4.14 sid 38.



$Q_{\max}$  uppnås (överskrides) en gång

$Q_{\min}$  överskrides n ganger

## Utmattning med varierande pakörningsgränser

Ex. 1 Driftning med  $h_1 = 0,50 \text{ m}$  OTAN STODS  $n_1$ , slag

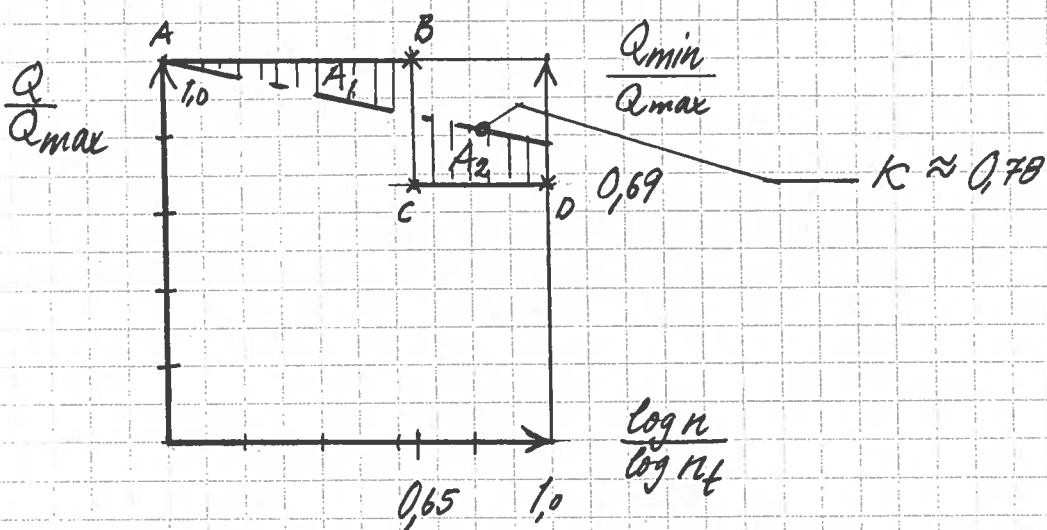
Slutslägning med  $h_2 = 0,60 \text{ m}$  MED STODS  $n_2$ , slag

$$\frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} = \frac{1,0 \cdot J_c^i(h=0,50)}{1,35 \cdot J_c^i(h=0,60)} = \frac{22,71}{1,35 \cdot 24,40} = 0,69$$

antag  $\frac{\log n_2}{\log(n_1 + n_2)} = \frac{\log n_2}{\log n_t} = 0,65$

Om pakörningsgränserna vid slägning utan resp. med hejärstuds förutsätts vara konstanta får kurvan

A B C D



( $Q_{\max}$  överskrides  $n_2$  av  $n_t$  gånger).

Om kollektivparametern  $K$  bestämmes så att ytan  $A_1 = ytan A_2$  får  $K \approx 0,78$ .

För  $K = 0,78$  bestämmes  $\theta$  enl. BBK 2. 4. 3.

Interpolering ger  $\theta = 0,30 + \frac{0,71}{0,16} \cdot 0,30 = 0,506$

Tillåtet reducerat antal påkänningscykler  $n_f$  vid slagnings med hejärstuds och fallhöjd 900 m beräknas på samma sätt som tidigare och kan avläsas ur upprättat diagram

$$n_f \approx 600$$

Tillåtet totalt verkligt antal påkänningscykler  $n$  för varierande påkänningsgränser med kollektivparametern  $K = 0,78$  blir då enligt BISK 2.4.3

$$\underline{n} = n_f / \theta = 600 / 0,506 = \underline{1190 \text{ slag}}$$

med  $\frac{\log n_2}{\log n_{\text{totalt}}} = 0,65$  erhålls

$$\underline{n_2} = 10^{0,65 \log n_{\text{totalt}}} = 10^{0,65 \log 1190} = \underline{100 \text{ slag}}$$

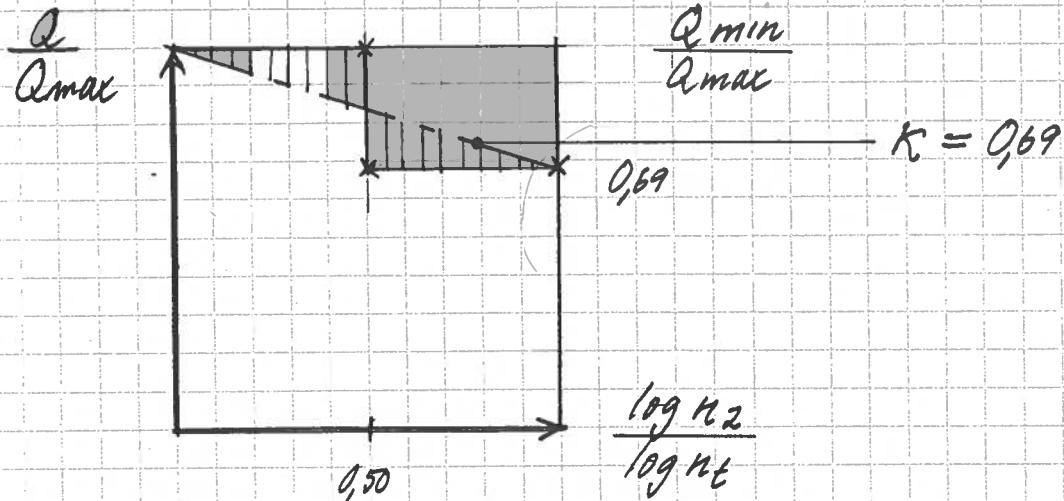
$$\underline{n_1} = 1190 - n_2 = \underline{1090 \text{ slag}}$$

Kontroll:

$$\frac{\log n_2}{\log n} = \frac{\log 100}{\log 1190} = \frac{2,00}{3,08} = 0,65 \text{ som förutsetts.}$$

Ex. 2 lika Ex 1 med undantag av  $\frac{\log n_2}{\log n_t}$

som antages = 0,50



$$\text{För } K = 0,69 \text{ erhålls } \theta = 0,30 + \frac{0,02}{0,16} \cdot 0,30 = 0,338$$

$n_f = 600$  (oförändrat)

$$n = n_f/\theta = 600/0,338 \approx 1780 \text{ slag}$$

$$n_2 = 10^{0,50 \log n_{tot.}} = 10^{0,50 \log 1780} = 42 \text{ slag} \approx 40 \text{ slag}$$

$$n_1 = 1780 - 42 \approx 1740 \text{ slag}$$



## INGENJÖRSVETENSKAPS AKADEMIEN

## Pålkommisionen

## Utgivna handlingar

## Meddelanden

- 1 Slagningsprov av pålskor med bergdubbar  
Bror Fellenius  
1963 10:–
- 2 Provpålning för broar inom blivande  
Olskroks- och Gullbergsmoten i samband med  
byggande av Europaväg 6 genom Göteborg  
Bror Fellenius – Waldemar Pejrud  
1964 Slut
- 3 Jämförelse mellan moment, krökningsradie  
och sprickvidd i betongpålar slagna genom  
lös lera till släntberg vid Tingstadsdelen,  
Göteborg  
Bror Fellenius  
1964 10:–
- 4 Pålprovning för järnvägsbro vid Vännäs  
Bror Fellenius  
1964 Slut
- 5 Beräkningsmetoder för sidobelastade pålar  
Bengt Broms  
1965 Slut
- 6 Brottlast för snett belastade pålar  
Bengt Broms  
1965 10:–
- 7 Beräkning av vertikala pålars bärighet  
Bengt Broms  
1965 10:–
- 8 Provpålning mot släntberg vid Skansen  
Lejonet, Göteborg  
Waldemar Pejrud  
1965 25:–
- 9 Inverkan av armeringsmängd, förspänning  
och fallhöjd på sprickrisken hos betongpålar  
vid slagnings  
Sven Sahlin  
1965 15:–
- 10 Bärighet hos armerade betongpålar  
slagna till fast bergbotten  
Hjalmar Granholm  
1967 20:–
- 11 Bärighet hos pålar slagna till släntberg  
Bengt Broms  
1965 15:–
- 12 Dynamisk draghållfasthet hos modellpålar  
av oarmerad betong. Resultat av orienterande  
försök  
Sven Sahlin – Lars Hellman  
1966 15:–
- 13 Pålgruppars bärighet  
Bengt Broms  
1967 10:–

- 14 Påkänningar, sprickbildning och utmattnings  
vid slagnings av armerade modellpålar av  
betong  
Bo Göran Hellers – Sven Sahlin  
1971 30:–
- 15 Bärighet hos släntberg vid statisk belastning  
av bergspets. Resultat av modellförsök  
Sven-Erik Rehnman  
1968 15:–
- 16 Stålpålars bärighet. Resultat av fältförsök  
med lätta slagdon  
Gunnar Fjelkner  
1970 30:–
- 17 Bergdubbens hållfasthet. Resultat från  
statiska belastningsförsök  
Sven-Erik Rehnman  
1970 20:–
- 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:–
- 19 Damping of stress waves in piles during  
driving. Results from field tests  
Gunnar W Fjelkner – Bengt B Broms  
1972 30:–
- Särtryck och preliminära rapporter
- 1 Allowable bearing capacity of initially bent  
piles  
Bengt Broms  
Referat från pålkommitténs informationsdag  
25 okt 1965
- Provbelastning av påle slagen i lera och friktionsmaterial  
Gunnar Hellström
- Knäcklasten för momentstyvt skarvade pålar  
i lera  
Krister Cederwall  
1965 10:–
- 2 Provbelastning av stödpålar av betong inom  
östra Nordstaden, Göteborg. Delrapport  
Gunnar Hellström  
1965 5:–
- 3 Bärighet hos släntberg vid statisk belastning  
av bergspets. Resultat av modellförsök  
Sven-Erik Rehnman  
1966 5:–
- 4 Om påslagning och pålbärighet (Informationsdagen 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 stålspålar slagna med tryck- lufthammare. Delrapport I. Gunnar Fjelkner 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	
9	Digitalisering av stötvågmätningar. Delrapport I Lennart Vilander 1968	5:-		Frikionspålars bärformåga. Resultat från fältförsök i Kanada Bengt H Fellenius	
10	Stoppslagning av stålspålar med lätta slagdon (trycklufthammare). Delrapport II Gunnar Fjelkner 1968	Ersatt av Medd 16	23	Pålars bärformåga i elastiskt medium under hänsynstagande till egenspänningar i pål- materialet Stig Bernander 1969	20:-
11	Förslag till anvisningar för pålprovning och enkel provbelastning. (Andra omarbetade upplagan) 1970	20:-	24	IVA:s Pålkommission 1959–1969. Uppsatser utgivna i samband med Pålkommissionens tioårsjubileum 1969	20:-
12	Tillåtna laster på långa stödpålar av betong i östra Nordstaden, Göteborg. Slutrapport Gunnar Hellström 1969	15:-	25	Statistik över antal slagna pålmeter år 1962, 1966 och 1968 1969	Ersatt av SPR 30
13	Kvarstående förspänningsskraft i slagna betongpålar. Undersökning av pålar från grundens till Silo 68, Köping Bo-Göran Hellers 1968	5:-	26	Föredrag vid Pålkommissionens jubileums- möte den 20 november 1969 Den norske pelekomités arbeide Kaare Flaate	
14	Föredrag vid Halmstad Järnverks armerings- dag 17/11 1967 Bengt Broms – Gunnar Sundberg – Per Möller – Thorild Blomdahl 1968	5:-		Aktuella forskningsbehov inom pålnings- området Bengt Broms 1970	20:-
15	Statistik över antal slagna pålmeter 1962 och 1966 1968	Ersatt av SPR 30	27	Rapport från en resa till Mexiko, USA, Kanada och England 23.8–13.9 1969 Bengt H Fellenius 1970	20:-
16	Frikionspålars bärformåga. En studie av utförda provbelastningar Sven Hultsjö – Jan Svensson 1969	25:-	28	Mätning av fallhejares anslagshastighet vid pålslagning Karl-Erik Sundström 1970	15:-
17	Ett program för beräkning av stötvågsför- loppet vid friktionspålning. Delrapport II Lennart Vilander 1969	15:-	29	Studier av en friktionspåles verkningsätt Åke Nilsson – Torbjörn Winqvist 1971	25:-
18	Pålkraftmätare Bengt H Fellenius – Thomas Haagen  Negative skin friction for long piles driven in clay Bengt H Fellenius – Bengt Broms 1969	15:-	30	Statistik över antal slagna pålmeter 1962, 1966, 1968 och 1970 1971	Ersatt av SPR 38

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	Jordundanträgning vid pålslagning – resultat av modellförsök Rainer Massarsch 1974	20:-	
33	Sättningar vid pålning olika djupgrundläggningssmetoder 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 böjstyrheten i ett försprånt, delvis uppsprucket betongtvärssnitt Bo-Göran Hellers 1973	15:-	47	Jordgjutna pålar — en redovisning av vanliga metoder K Rainer Massarsch 1975	30:-	
38	Statistik över antal slagna pålmeter år 1962, 1966, 1968, 1970 och 1972 1973	10:-	48	Svensk statistik över antal tillverkade och slagna pålmeter åren 1962–1974 1975	20:-	
39	Inventering och sammanställning av utförda böjprovningar med oskarvade och skarvade 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 betong-pålar 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)	35:-	53	Svensk statistik över antal tillverkade och slagna pålmeter åren 1962–1976 1978	20:-	
	Pålningsprotokoll. Blanketter upprättade enligt Särtryck och preliminära rapporter nr 11. Block om 50 blad	Pris per block 10:-	54	Pålgrupper med sidomotstånd och inspänning Håkan Bredenberg – Bengt Broms 1978	40:-	
			55	Rälspålars böjstyrhet — resultat av böjprovningar Elvin Ottosson 1979	40:-	

56	Provbelastning av friktionspålar - En studie av olika provningsmetoder U Bergdahl - G Hult 1979	40:-	68	Parameterstudie av olika faktorerors inverkan på pålars bärighet som funktion av sjunkningen Carl-John Grävare - Ingemar Hermansson 1982	50:-
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:-	69	Stålspålar - Användningsområden och praxis för utförande Håkan Bredenberg - Ulf Eriksson - Anders Eriksson - Göran Camitz 1983	95:-
58	Grävpålansvisningar Dimensionering, utförande och kontroll av grävda, i jorden gjutna pålar 1979	40:-	70	Buller vid pål- och spontslagning. En studie av mätmetoder, bullernivåer och bekämpningsåtgärder Ove Bennenhult - Ulf Bergdahl 1983	95:-
59	Anvisningar för provpålning med efterföljande provbelastning 1980	50:-	71	Svensk statistik över antal tillverkade och slagna pålmeter åren 1962-1982 1983	40:-
60	Negativ mantelfriktion längs pålar Bengt Broms 1979	40:-	72	Förspänd tallriksfjäderdyna. Resultat av stötvågs-teoretiska studier, dator-simulering, modell- och fullskaleprovning Bo Berglars 1983	95:-
61	Recent pile research. Activities of the Swedish Commission on Pile Research Bengt Broms 1980	40:-	73	Svensk pålningsteknik under 1980-talet Håkan Bredenberg - Crister Bådholm - Lars Hellman - Göran Holm 1984	50:-
62	Svensk statistik över antal tillverkade och slagna pålmeter åren 1962-1978 1980	25:-	74	Skarv för kombinationspålar trä-betong. Resultat av drag- och böj-provningar Elvin Ottosson 1984	50:-
63	Slagning av betongpålar med trycklufthejare. Resultat av fältförsök i Västerås 1973 Gunnar Fjelkner - Ake Eriksson - Håkan Bredenberg 1981	40:-	75	Förtillverkade betongpålar. Förslag till standard med dimensioneringsunderlag 1984	50:-
64	Kohesionspålers bärighet En studie av utförda provbelastningar på kohesionspålar av betong Ulf Bergdahl - Ake Eriksson - Ture Nilsson 1981	50:-			
65	Swedish Building Code 1980 Chapter 23.3 Pile Foundations  Swedish Building Code 1975 Approval Rules No. 1975:8 Piles Translated by Bengt Broms, 1981 (in English)	50:-			
66	Svensk statistik över antal tillverkade och slagna pålmeter åren 1962-1980 1982	30:-			
67	Negativ mantelfriktion längs pålar Resultat av enkät år 1979 Lars Bjerin - Jan Fallsvik 1982	40:-			