

Ruukki stålrörspålar

Anvisningar för projektering och installation

Denna projekterings- och installationsmanual bygger på Eurokoder, Boverkets- och Trafikverkets föreskrifter samt Pålkommissionens rapporter med supplement.

Manualen innehåller:

- grunderna för projektering och dimensionering av grundläggningar med Ruukkis stålpålar
- hanterings- och installationsanvisningar
- rekommendationer för val av påltyp och storlek
- anvisningar för kvalitetsövervakning, mätning och dokumentering av pålningsarbete.

Manualen behandlar samtliga standarddimensioner av Ruukkis:

- slagna eller tryckta RR- och RRs-pålar
- borrade RD- och RDs-pålar.

De installations-, hanterings- och stoppslagningsanvisningar som ges i denna manual kan användas i anpassad form när objektet har projekterats utifrån tillåtna pållaster. Manualen kan användas vid enstaka pålar eller pålgrupper men även vid projektering och utförande av stödkonstruktioner av slagna och borrade stålrörspålar i RD-pålväggar och olika kombiväggs-konstruktioner. För att underlätta projektering och genomförande innehåller manualen tabeller med färdiga dimensioneringsberäkningar och exempel.

Användningsområden:

- småhus
- affärs-, kontors-, industri- och lagerbyggnader
- flervåningshus
- idrottsarenor
- grundförstärkning
- broar
- påldäck
- konstruktioner för trafikleder och kommunal teknik
- bullerskydd
- hamnar
- vind- och andra kraftverk.

Ruukki är en metallexpert som du kan lita på, oavsett om du behöver metallbaserade material, komponenter, system eller lösningar. Vi utvecklar fortlöpande vår verksamhet och vårt produktutbud för att svara mot dina behov.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. ALLMÄNT	4
2. RUUKKIS STÅLRÖRSPÅLAR	4
2.1 Stålsorter och standarder	4
2.2 Slanka RR- och RRs-pålar	5
2.2.1 Uppbyggnad, stålsorter och identifiering	5
2.2.2 Pålelement, pålrör och skarvar	5
2.2.3 Pålskor	6
2.3 Grova RR-pålar	6
2.3.1 Uppbyggnad, dimensioner och stålsorter	7
2.3.2 Pålskor	8
2.4 RD- och RDs-pålar	9
2.4.1 Uppbyggnad, dimensioner och identifiering	9
2.4.2 Skarvning av RD-pålar och stålsorter	10
2.6 Tryckplatta	12
2.7 Pålarnas dimensioner och geometriska tvärsnittsvärden	12
3 PROJEKTERING OCH DIMENSIONERING AV ENSKILD PÅLE	14
3.1 Normer och tillämpningsdokument	14
3.2 Rekommendationer för val av påltyp och påldimension	14
3.2.1 Laster	15
3.2.2 Installation	15
3.2.3 Toleranser	15
3.2.4 Omgivningspåverkan vid pålning	15
3.2.5 Installationsutrustning vid val av påle	15
3.3 Geoteknisk kategori (GK1, GK2, GK3)	15
3.4 Säkerhetsklass och dimensionerande lasteffekt (E_d)	15
3.5 Dimensionering i brottgränstillstånd (STR/GEO)	15
3.5.1 Dimensionering i gränstillstånd STR	17
3.5.2 Dimensionering i gränstillstånd GEO	19
3.5.3 Installationsskede	19
4 PROJEKTERING AV PÅLGRUPPER	21
4.1 Pålarnas anslutning till överliggande konstruktion	21
4.2 Centrumavstånd för stålpålar	21
4.3 Avstånd mellan pålsulans kant och pålarna	21
4.4 Pålarnas avstånd från andra konstruktioner	22
4.5 Toleranser vid installation	22
4.6 Omgivningspåverkan	23
5 PÅLNINGSARBETE	23
5.1 Lagring, hantering, kontroll och resning av stålpålar	23
5.2 Installation av RR-pålar	23
5.2.1 Pålningutrustning	23
5.2.2 Inledning av installation	25
5.2.3 Slag och tillåtna stålspänningar	25
5.2.4 Tilläggsanvisningar för installation och skarvning av RR75-RR220-pålar	27
5.2.5 Tilläggsanvisningar för installation av RR270-RR1200-pålar	27
5.2.6 Stoppslagning av spetsburen påle med frifallshejare	27
5.2.7 Stoppslagning av spetsburen påle med hydraul- eller tryckluftshammare	28
5.2.8 Provpålning och produktionskontroll	28
5.2.9 Stoppslagning av friktionspålar	28
5.3 Installation av RD-pålar	28
5.3.1 Pålningutrustning och borrhingsmetoder	28
5.3.2 Inledning av installation	29
5.3.3 Borrhning av RD-pålar	29
5.3.4 Hantering och installation av gängade pålelement och hylsskarvar	30

5.4 Skarvning av stålrörspålar genom svetsning	31
5.5 Kapning av påle	31
5.6 Rengöring av pålar.	31
5.7 Armering och betongfyllning av pålar.	31
5.8 Montering av tryckplattor	32
 Bilaga A. Dimensioneringstabeller för slagna pålar	33
A.1 RR®-pålar i brottgränstillstånd 1 + 0 mm rostmän	33
A.2 RR®-pålar i bruksgränstillstånd 1 + 0 mm rostmän.	34
A.3 RR®-pålar i brottgränstillstånd 2 + 0 mm rostmän	35
A.4 RR®-pålar i bruksgränstillstånd 2 + 0 mm rostmän.	36
A.5 RR®-pålar i brottgränstillstånd 2 + 1 mm rostmän	37
A.6 RR®-pålar i bruksgränstillstånd 2 + 1 mm rostmän.	38
A.7 RR®-pålar i brottgränstillstånd 3 + 0 mm rostmän	39
A.8 RR®-pålar i bruksgränstillstånd 3 + 0 mm rostmän.	40
A.9 RR®-pålar i brottgränstillstånd 3 + 1 mm rostmän	41
A.10 RR®-pålar i bruksgränstillstånd 3 + 1 mm rostmän.	42
 Bilaga B. Dimensioneringstabeller för borrade pålar	43
B.1 RD®-pålar i brottgränstillstånd 1 + 0 mm rostmän	43
B.2 RD®-pålar i bruksgränstillstånd 1 + 0 mm rostmän.	44
B.3 RD®-pålar i brottgränstillstånd 2 + 0 mm rostmän	45
B.4 RD®-pålar i bruksgränstillstånd 2 + 0 mm rostmän.	45
B.5 RD®-pålar i brottgränstillstånd 2 + 1 mm rostmän	46
B.6 RD®-pålar i bruksgränstillstånd 2 + 1 mm rostmän.	47
B.7 RD®-pålar i brottgränstillstånd 3 + 0 mm rostmän	48
B.8 RD®-pålar i bruksgränstillstånd 3 + 0 mm rostmän.	48
B.9 RD®-pålar i brottgränstillstånd 3 + 1 mm rostmän	49
B.10 RD®-pålar i bruksgränstillstånd 3 + 1 mm rostmän.	50

1. ALLMÄNT

Denna projekterings- och installationsmanual bygger på Pålkommissionens rapporter med dess supplement samt Eurokoder.

Manualen behandlar:

- grunderna för projektering av Ruukkis stålplåtar
- hanterings- och installationsanvisningar
- anvisningar för kvalitetsövervakning, mätning och dokumentering av pålningsarbete.

Manualen behandlar samtliga standarddimensioner av Ruukkis:

- slagna eller tryckta RR- och RRs-plåtar
- borrade RD- och RDS-plåtar.

Utöver denna manual finns produktbroschyrer för RR-, RRs-, RD- och RDS-plåtar där du kan läsa mer allmänt om stålplåtarnas användningsområden, material, uppbyggnad och dimensioner. Om pålningen har planerats på basis av tillåtna pållaster, kan pålningsanvisningarna för RR-plåtar och RD-plåtar följas.

Manualen kan användas vid enstaka plåtar eller plåtgrupper men även vid projektering och utförande av stödkonstruktioner som Ruukkis RD-plåtväggar, olika kombiväggkonstruktioner och andra stödväggar.

2. RUUKKIS STÅLRÖRSPÅLAR

Ruukkis stålplåtar uppfyller angivna krav i Eurokoder, Boverkets- och Trafikverkets krav och föreskrifter samt Pålkommissionens rapporter med supplement. Ruukkis RR-, RRs-, RD- och RDS-plåtar är CE-märkta pålsystem som omfattas av *ETA-12/0526* (European Technical Approval). För närvarande är Ruukkis pålsystem det enda CE-märkta pålsystemet på marknaden.

2.1 Stålsorter och standarder

Pålarnas stålsorter, kemiska sammansättning och mekaniska egenskaper presenteras i Tabell 2.1. Stålsorternas tillgänglighet per plåttyp efter diameter och godstjocklek presenteras i avsnitt 2.2, 2.3 och 2.4.

Tekniska leveransvillkor för plåtar följer standarden *SS-EN 10219-1*, dimensioner och toleranser följer standarden *SS-EN 10219-2*. Ruukkis stålplåtar med mekaniska skarvar tillverkas dock med snävare toleranser än vad som anges i *SS-EN 10219-2*. Materialintyg för plåtmaterialet lämnas enligt *SS-EN 10204*, typ 2.2 eller 3.1.

Tabell 2.1 Stålsorter för Ruukkis plåtar.

Stålsort	Kol- ekvivalent	Kemisk sammansättning, max				Mekaniska egenskaper				
									Slagseghet	
	CEV _{max}	C	Mn	P	S	f _{y min}	f _u	A _{5min}	T _{min}	KV _{min}
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[MPa]	[MPa]	[%]	[°C]	[J]
S355J2H	0.45	0.22	1.6	0.03	0.03	355	470-630	20	-20	27
S420MH	0.43	0.16	1.7	0.035	0.03	420	500-660	19	-20	40
S440J2H	0.39	0.16	1.6	0.02	0.02	440	490-630	17	-20*)	27
S460MH	0.46	0.16	1.7	0.035	0.03	460	530-720	17	-20	40
S550J2H	0.43	0.12	1.9	0.02	0.02	550	605-760	14	-20*)	27
X60	0.43	0.19	1.75**)	0.03	0.03	415	≥520	18	0	27
X70	0.43	0.19	2.00**)	0.03	0.03	485	≥570	18	0	27

**) Manganhalt kan ökas om kolhalten reduceras. API 5L/ISO 3183 Tabell 4, Not. b.

*) Värden för slagseghet bestäms separat för väggstjocklekar >12,5 mm

2.2 Slanka RR- och RRs-pålar

2.2.1 Uppbyggnad, stålsorter och identifiering

Slanka RR- och RRs-pålars uppbyggnad och ingående delar framgår av Figur 2.1. Standardstålsort i RRs-pålarna är S550J2H och för RR-pålarna är det S460MH men RR-pålarna kan även levereras i S420MH och S440J2H. Pålarna i mellansegmentet - RR270 till RR320, kan utöver ovanstående stålsorter också levereras i stålsort S355J2H.

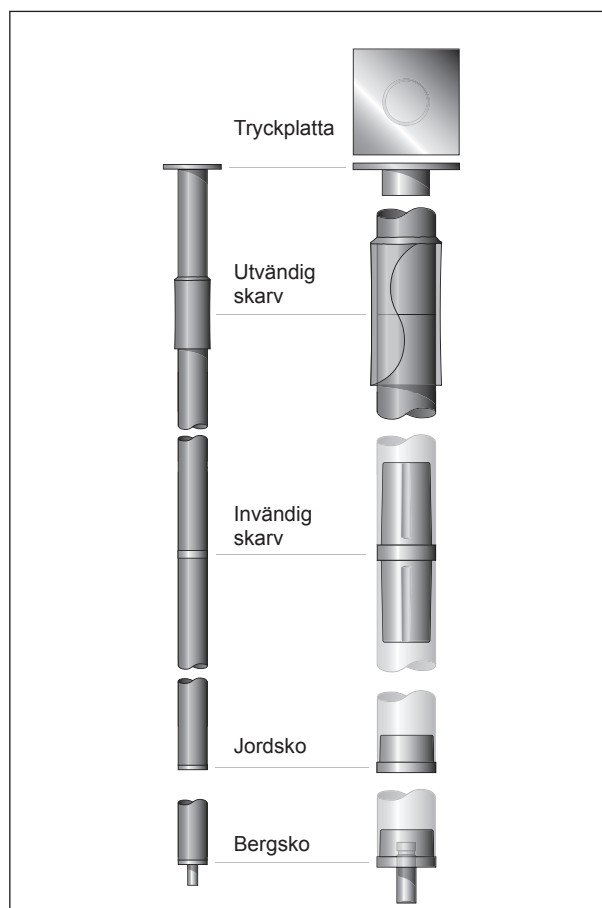
RR- och RRs-pålarna har mekaniska skarvar och pålskor baserade på friktion upp till pålstorlek RR220/12.5. Eventuella skarvar och pålskor till RR270 och RR320 svetsas.

Ruukki's slanka RR-pålar identifieras med märkning på sidan. Pålbuntarna levereras med lastsedlar som utöver tillverkare och dimension även anger stålsort.

2.2.2 Pålelement, pålrör och skarvar

Ett pålelement består av ett pålrör och en utvändig skarv. Tillverkningslängder för RR-pålelement och pålrör utan utvändiga skarvar visas i Tabell 2.2.

Pålstorlekar RR75 - RR220 i stålsort upp till S460MH kan skarvas med utvändiga skarvar. Pålstorlekarna RR140-RR220 kan oavsett stålsort även skarvas med invändiga, separata skarvar. RRs-pålarna tillverkas i tre dimensioner - RRs115/8, RRs140/10 och RRs170/10, de kan skarvas med utvändiga skarvar.



Figur 2.1. RR-pålarnas uppbyggnad, pålstorlekar mellan RR75 - RR220

Tabell 2.2. Tillverkningslängder för RR- och RRs-pålelement och pålrör.

Påltyp	Längd pålelement (inkl. skarv)								Längd pålelement (exkl. skarv)	
	12 m	6 m	4 m	3 m	2 m	1.5 m	1.2 m	1.0 m	12 m	16 m
RR75	-	X	O	O	O	O	O	O	X	-
RR90	-	X	O	O	O	O	O	O	X	-
RR115/6.3	O	X	O	O	O	O	O	O	X	-
RR115/8	X	X	O	O	O	O	O	O	X	O
RRs115/8	X	X	O	O	O	O	O	O	X	O
RR140/8	X	X	O	O	O	O	O	O	X	O
RR140/10	X	X	O	O	O	O	O	O	X	O
RRs140/10	X	O	O	O	O	O	O	O	X	O
RR170/10	X	O	O	O	O	O	O	O	X	O
RRs170/10	X	O	O	O	O	O	O	O	X	O
RR170/12.5	X	O	O	O	O	O	O	O	X	O
RR220/10	X	O	O	O	O	O	O	O	X	O
RR220/12.5	X	O	O	O	O	O	O	O	X	O

X = lagervara

O = projektspecifik vara

- = ej i produktion

Skarvarna uppfyller kraven enligt SS-EN 1993-5+NA (VVFS 2009:19) samt ETA-12/0526. Att skarvarna uppfyller kraven innebär att pålskarvarna inte begränsar pålens lastkapacitet vilket gör att pålarna kan installeras så rakt som möjligt. Kvalitetskriterier för utvändiga skarvar anges i Tabell 2.3

Tabell 2.3. Minimivärden för utvändiga skarvars kapacitet och böjstyvhet.

Påle	Dragkapacitet [kN]	Tryckkapacitet	Momentkapacitet	Böjstyvhet EI _(0.3-0.8 M)
RR75	91	P _{påle}	M _{påle}	0.75xEI _{påle}
RR90	108			
RR115/6.3	141			
RR115/8	176			
RRs115/8	220			
RR140/8	218			
RR140/10	269			
RRs140/10	336			
RR170/10	328			
RRs170/10	410			
RR170/12.5	404			
RR220/10	434			
RR220/12.5	535			

2.2.3 Pålskor

Typen av pålsko anpassas efter omständigheterna. De slanka RR- och RRs-pålarnas friktionsbaserade bergskor och jordskor uppfyller kraven i ETA-12/0526. Bergskons dubb tillverkas av härdat specialstål för att ge god inträngning i berget. Bergskor bör alltid användas när pålarna slås in snett eller om bergytan överlagras av ett moränlager med otillräcklig mäktighet. Med bergskor tränger pålarna lättare genom täta och steniga jordlager för att sedan mejslas in i berg.

För RR270–RR320 rekommenderas bergskor med härdat dubb. Samtliga bergskor till RR270-RR320 svetsas fast på pålröret. Mot specialbeställning kan pålspetsen skyddas med en bottenplatta eller med en annan bergsko än standardskon.

Dimensionerande bärförmåga för bergskor till RR270-RR320 visas i Tabell 2.4. Den mest kritiska fasen för bergskor är stoppslagning och/eller dynamisk provbelastning. Ruukkis bergskor är dimensionerade för den belastning som visas i Tabell 2.4. Installationsanvisningarna i avsnitt 5.2 måste följas, i synnerhet om pålspetsen träffar ett stenblock eller en sned bergyta.

Tabell 2.4. Strukturell bärförmåga hos bergskor till RR270-RR320

Påle	R _{d,L} [kN]
RR270	4075
RR320	4775

R_{d,L} = dimensionerande värde för bergskons strukturella bärförmåga i brottgränstillstånd för centrerad vertikallast i installationsläge (stoppslagning och stötvågmätning)

2.3 Grova RR-pålar

2.3.1 Uppbyggnad, dimensioner och stålsorter

Grova RR-pålar består av spiralsvetsade stålrör och tillverkas i längder upp till 38 meter men pålarna beställs oftast i standardlängder om 12 m. Lagerförda dimensioner visas i Tabell 2.5.

Grova RR-pålar tillverkas vanligen i stålsorterna S355J2H och S440J2H, men även de stålsorter som visas i Tabell 2.6 är möjliga.

I första hand rekommenderas RR400, RR500, RR600, RR700, RR800, RR900, RR1000 och RR1200 med en minsta godstjocklek för RR400–RR800 på 10 mm och för RR900–RR1200 12,5 mm.

Utöver standardmått i Tabell 2.6 kan RR-pålarna tillverkas med annan diameter och med måttbeställda godstjocklekar. Godstjocklek kan väljas med 0,1 mm noggrannhet. Genom val av annan godstjocklek, diameter och/eller stålsort kan konstruktionerna optimeras. Avvikelser från standardmått förutsätter dock att projektet är relativt stort. Optimeringen är särskilt värdefull i kombiväggar och RD-pålväggskonstruktioner, men även i objekt med stödpålar.

Ruukki's grova RR-pålar identifieras med märkning på sidan. Pålarna är vid leveransen försedda med lastsedlar som visar tillverkare, dimension och stålsort.

Tabell 2.5. Grova RR-pålar i lager (L=12 m)

Dimensioner diameter x godstjocklek [mm]	Stålsort
406 x 12.5	S355J2H
508 x 12.5	S355J2H
610 x 12.5	S355J2H
711 x 12.5	S355J2H
813 x 12.5	S355J2H

Tabell 2.6. Standardmått och sortiment av grova RR-pålar.

Påle	Diameter [mm]	Godstjocklek [mm]						
		8	10	12.5	14.2	16	18	20
RR400	406.4							
RR450	457.0							
RR500	508.0							
RR550	559.0							
RR600	610.0							
RR650	660.0							
RR700	711.0							
RR750	762.0							
RR800	813.0							
RR900	914.0							
RR1000	1016.0							
RR1200	1220.0							

Stålsorter: S355J2H, S420MH, S440J2H, S460MH, S550J2H, X60 och X70

Stålsorter: S355J2H, S420MH, S440J2H och S460MH

Stålsorter: S355J2H, S420MH och S440J2H

2.3.2 Pålskor

Det finns tre typer av bergskor till RR-pålar, se Figur 2.3. De vanligaste spetstyperna är bergsko med dubb av konstruktionsstål och härdad dubb. Ruukki levererar även bergskor med ihålig dubb, där man kan fylla dubben med betong och till exempel borra genom ett drags-tag som injekteras fast i berget.

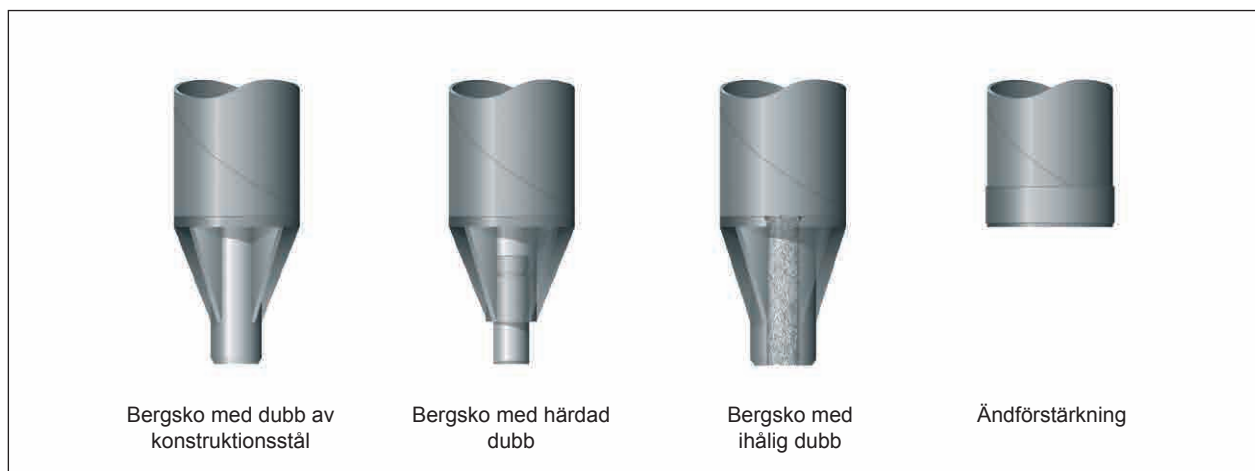
Bergskor med dubb av konstruktionsstål används vid pålning i grovkorniga jordlager eller morän eller när bergytan är relativt jämn och täcks med stödjande täta jordlager.

Bergskor med härdad dubb används när bergytan lutar, saknar täta grovkorniga jord- eller moränlager eller när dessa lager är tunna och man vill att pålspetsen ska nå bergytan. Bergskor med härdad dubb hindrar under de flesta förhållanden att pålspetsen glider i sidled.

Bergskor med ihålig dubb kan användas när man vill säkra att pålen sitter fast i berget genom att borra ett stag genom dubben och injektera fast det i berget. Ett typiskt användningsområde är kombiväggskonstruktion.



Figur 2.2. Grov RR-påle.



Figur 2.3. Pålskor för grova RR-pålar.

ner i hamnpirer där pålarna utsätts för stora horisontallaster. Bergskor med ihålig dubb används också i projekt där pålarna utsätts för draglaster. Genom hålet kan man då installera ett dragankare.

I stenfri eller nästan stenfri jord, där pålspetsen ska få stöd av jordlagren, kan man använda en förstärkt bottenplatta som skydd för pålens nedre ände. Vi rekommenderar ändå att man använder standardiserade dubbar av konstruktionsstål.

Öppna pålar förses ofta med en spetsförstärkning för att skydda pålens nedre ände. Spetsförstärkningen består vanligen av ett 150–500 mm brett stålband som svetsas fast på rörets utsida. Stålbandets tjocklek är i allmänhet 10, 15 eller 20 mm. Både spetsförstärkningar och förstärkta bottenplattor tillverkas enligt kundens önskemål för det specifika objektet.

Bergskorna förvärms inför svetsningen som utförs med svetsrobot. Varje bergsko numreras så att spårbarheten kan säkerställas.

Dimensionerande bärförmåga hos bergskor till grova RR-pålar visas i tabell 2.7. Den mest kritiska fasen för bergskor är stoppslagning och/eller dynamisk provbelastning. Dessutom måste installationsanvisningarna i avsnitt 5.2 följas vid installationen, i synnerhet om pålspetsen träffar ett stenblock eller en sned bergyta.

I projekteringskedet måste dock bärförmågan för varje pålstorlek begränsas till respektive påles $R_{d,L}$ -värde.

Tabell 2.7. Strukturell bärförmåga för bergskor med härdad dubb.

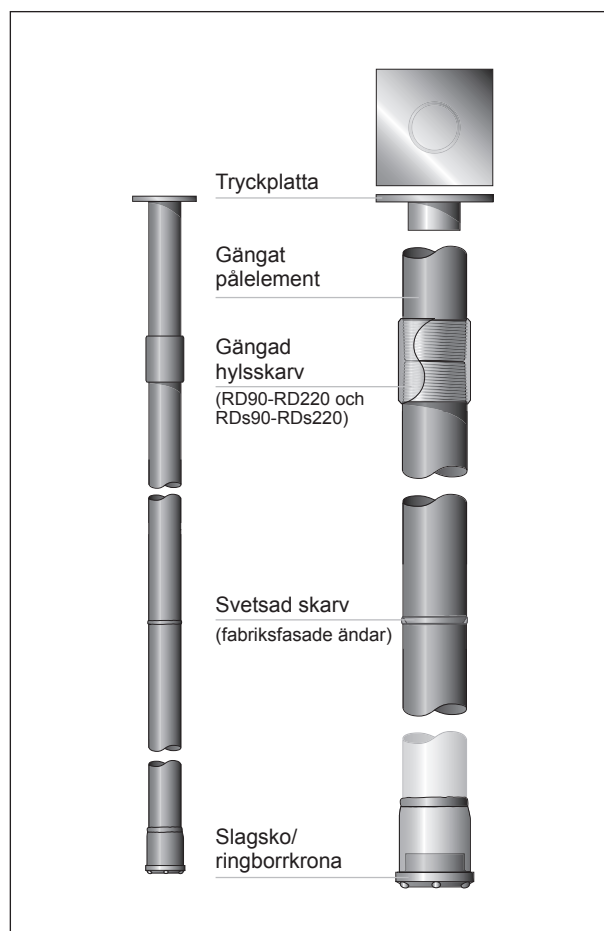
Påle	$R_{d,L}$ [kN]
RR400	4900
RR450	5920
RR500	7550
RR550	7940
RR600	9680
RR650	10060
RR700	11610
RR750	12340
RR800	12530
RR900	14890
RR1000	15690
RR1200	19260

$R_{d,L}$ = dimensionerande värde för bergskons strukturella bärförmåga i brottgränstillstånd för centrerad vertikallast i installationsläge stoppslagning och stötvägs mätning)

2.4 RD- och RDs-pålar

2.4.1 Uppbyggnad, dimensioner och identifiering

RD-pålens uppbyggnad presenteras i Figur 2.4. Standardstålsort för RD90–RD220 är S460MH. RDs-pålarna är av stålsort S550J2H. Standardstålsorter för RD270–RD320 är S460MH och S550J2H men även S355J2H går att få. För RD400–RD1200 kan alla stålsorter användas som ingår i Ruukkis stålpileprodukter. Standardmått och stålsorter för RD/RDs-pålar presenteras i Tabell 2.8. För grova RD-pålar rekommenderas RD400, RD500, RD600, RD700, RD800, RD900, RD1000 och RD1200.



Figur 2.4. Uppbyggnad av slanka RD/RDs-pålar.

Tabell 2.8. Standardmått och stålsorter för RD/RDs-pålar.

Påle	Diameter [mm]	Godstjocklek [mm]							
		6,3	8	10	12,5	14,2	16	18	20
RD90	88.9								
RD115	114.3								
RD140	139.7								
RD170	168.3								
RD220	219.1								
RD270	273.0								
RD320	323.9								
RD400	406.4								
RD450	457.0								
RD500	508.0								
RD550	559.0								
RD600	610.0								
RD650	660.0								
RD700	711.0								
RD750	762.0								
RD800	813.0								
RD900	914.0								
RD1000	1016.0								
RD1200	1220.0								

	Stålsorter: S420MH, S440J2H, S460MH, S550J2H
	Stålsorter: S355J2H, S420MH, S440J2H, S460MH, S550J2H, X60 och X70
	Stålsorter: S355J2H, S420MH, S440J2H och S460MH
	Stålsorter: S355J2H, S420MH och S440J2H

Pålarna levereras antingen som pålrör eller RD-pålelement med gängade ändar. Längder för pålrör och pålelement framgår av Tabell 2.9. Den invändiga längsgående svetssömmen på RD90-RD320 kan tas bort på beställning. Vid användning av de vanligaste pilotborrkronorna är det i allmänhet inte nödvändigt att ta bort innersömmen, men det finns skäl att beakta sömmens påverkan vid val av pilotborrkrona.

2.4.2 Skarvning av RD-pålar och stålsorter

RD/RDs90-RD/RDs220/12,5 kan skarvas med utvändiga skarvhylsor, se Figur 2.4 och Figur 2.6. Vid användning av sänkborrhämmare är pålrörets och hylsans gängor vänstergängade och vid användning av toppborrhämmare hörgängade. Anvisningar om hantering och montering av skarvar samt mått på gängade skarvhylsor och rekommenderade typer och dimensioner av ringborrkronor finns i avsnitt 5.3.4.

Skarvarna uppfyller kraven enligt SS-EN 1993-5+NA (VVS 2009:19) samt ETA-12/0526.

Skarvens draghållfasthet är garanterat 50 % av pälens tryckhållfasthet om skarven hanteras och monteras enligt föreliggande anvisningar. För vissa dimensioner är draghållfastheten lika stor som pålens tryckhållfasthet. Alla RD-pålar kan även skarvas genom svetsning.

Tabell 2.9. Längdsortiment av RD- och RDs-pålar

Påle						
Pållängd		RD90 RDs90	RD115 RDs115	RD140-RD220 RDs140-RDs220	RD270-RD320	RD400-RD1200
1 m		O	O	O	O	O
1.2 m		O	O	O	O	O
1.5 m		O	O	O	O	O
2 m		O	O	O	O	O
3 m		O	O	O	O	O
4 m		O	O	O	O	O
6 m		X	X	O	O	O
12 m		—	X	X	X	X
12–16 m		—	O	O	O	O
16–34 m		—	—	—	—	O

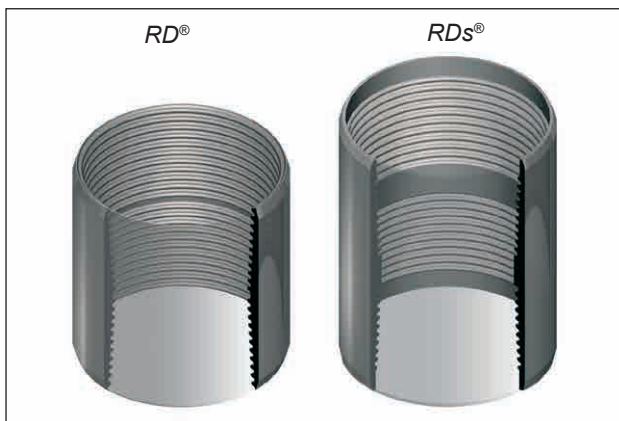
Rör till RD-pålar:

- X = lagervara
- O = projektspecifik vara
- = ej i produktion
-  = tillgängliga som gängade pålelement till RD och RDs.

Ruukis RD-pålar identifieras med märkning på sidan. Pålrören och pålelementen är vid leveransen försedda med lastsedlar som visar tillverkare, dimension och stålsort.



Figur 2.5. Grov RD-påle.



Figur 2.6. Skarvhylsor för RD- och RDs-pålar.

Tabell 2.10. Hållfasthet i gängad skarvhylsa.

Påle	Dragkapacitet [kN]	Påle	Dragkapacitet [kN]	Tryckkapacitet	Momentkapacitet	Böjstyvhet $EI_{(0.3 - 0.8 M)}$
RD90	360	RDs90	450	$P_{\text{påle}}$	$M_{\text{påle}}$	$0.75 \times EI_{\text{påle}}$
RD115/6.3	470	RDs115/6.3	590			
RD115/8	590	RDs115/8	750			
RD140/8	730	RDs140/8	910			
RD140/10	900	RDs140/10	1120			
RD170/10	1100	RDs170/10	1370			
RD170/12.5	1350	RDs170/12.5	1680			
RD220/10	1450	RDs220/10	1810			
RD220/12.5	1790	RDs220/12.5	2230			

2.6 Tryckplatta

I övre änden av slanka RR/RRs- och RD/RDs-pålar monteras oftast en tryckplatta med vars hjälp belastningen från överliggande konstruktioner överförs till pålen. Tryckplattan centreras på pålen med en invändig hylsa, som har till uppgift att hålla den på plats. Tryckplattor tillverkas av stålsort S355J2 som standard. Standardmått visas i Tabell 2.12 och i samma tabell visas även riktvärdet, R_d , för tryckplattans dimensionerande bärförmåga. Bärförmågan bör kontrolleras med avseende på tryckhållfasthet och skjuvhållfasthet, både för tryckplattan och för betongen ovanpå, när lastens dimensioneringsvärde är cirka 90–100 % av tryckplattans dimensioneringsvärde och när hållfasthetsklasser C30/37–C35/45 för betong används.

Tryckplattor kan även tillverkas med andra objektanpassade mått och former än standard, t.ex. hålförsedda för att möjliggöra dragförankring.

2.7 Pålarnas dimensioner och geometriska tvärsnittsvärden

Mått och geometriska tvärsnittsvärden för längdsvetsade slanka RR- och RD-pålar visas i Tabell 2.13 och motsvarande mått och värden för grova spiralsvetsade RR- och RD-pålar visas i Tabell 2.14.

Tabell 2.12. Tryckplattornas mått samt vägledande dimensionerande hållfasthet.

Påle	Dimensioner för tryckplattor [mm x mm x mm]	Föreslagen dimensionerande bärförmåga R_d [kN]
RR75	150 x 150 x 15	380
RR/RD90	150 x 150 x 15	450
RR/RD115/6.3	200 x 200 x 20	780
RR/RD115/8	250 x 250 x 25	910
RR/RD140/8 och RR/RD140/10	250 x 250 x 25	1240
RR/RD170/10 och RR/RD170/12.5	300 x 300 x 30	1810
RR/RD220/10**	300 x 300 x 30	2090
RR/RD220/12.5	300 x 300 x 30	2090
RDs220/12.5	350 x 350 x 35	2700
RR/RD270/10	350 x 350 x 35*	2700
RR/RD270/12.5	350 x 350 x 35*	2700
RR/RD320/10	400 x 400 x 30*	3480
RR/RD320/12.5	400x 400 x 30*	3480
RR/RD270/10 S550J2H	400 x 400 x 30*	2950
RR/RD270/12.5 S550J2H	450 x 450 x 40*	3750
RR/RD320/10 S550J2H	450 x 450 x 40*	4050
RR/RD320/12.5 S550J2H	500 x 500 x 40*	4520

*) Produkt finns ej i lager
 **) Samma tryckplattor för RR75 till RR220/10 i både S460MH och S550J2H

Tabell 2.13. Mått och geometriska tvärsnittsvärden för RR®- och RD®-mikropålar.

A = Tvärsnittsarea A _u = Mantelarea A _b = Area pålände						Z = Pålens impedans I = Yttre röghetsmoment W _{el} = Elastiskt böjmomentstånd				Tvärsnittsegenskaper inkl. rostmån med 1,2 mm och 2,0 mm					
D [mm]	t [mm]	M [kg/m]	A [mm²]	A _u [m²/m]	A _b [mm²]	W _{el} [cm³]	I [cm⁴]	EI [kNm²]	Z [kNs/m]	A _{1,2} [mm²]	A _{2,0} [cm²]	I _{1,2} [cm⁴]	I _{2,0} [cm⁴]	EI _{1,2} [kNm²]	EI _{2,0} [kNm²]
76.1	6.3	10.8	1382	0.24	4548	22.3	84.8	178	56.1	1099	916	65.0	52.8	137	111
88.9	6.3	12.8	1635	0.28	6207	31.6	140.2	295	66.4	1304	1089	108.4	88.7	228	186
114.3	6.3	16.8	2138	0.36	10261	54.7	312.7	657	86.8	1711	1432	244.5	201.4	514	423
114.3	8.0	21.0	2672	0.36	10261	66.4	379.5	797	108.5	2245	1966	311.3	268.2	654	563
139.7	5.0	16.6	2116	0.44	15328	68.8	480.5	1009	85.9	1594	1251	355.3	275.4	746	578
139.7	8.0	26.0	3310	0.44	15328	103.1	720.3	1513	134.4	2788	2445	595.1	515.2	1250	1082
139.7	10.0	32.0	4075	0.44	15328	123.4	861.9	1810	165.4	3553	3210	736.7	656.8	1547	1379
168.3	10.0	39.0	4973	0.53	22246	185.9	1564.0	3284	201.9	4343	3928	1344.1	1202.7	2823	2526
168.3	12.5	48.0	6118	0.53	22246	222.0	1868.4	3924	248.4	5488	5073	1648.5	1507.1	3462	3165
219.1	10.0	51.6	6569	0.69	37703	328.5	3598.4	7557	266.7	5748	5205	3110.9	2794.7	6533	5869
219.1	12.5	63.7	8113	0.69	37703	396.6	4344.6	9124	329.4	7292	6749	3857.0	3540.9	8100	7436
273.0	10.0	64.9	8262	0.86	58535	524.1	7154.1	15024	335.5	7238	6560	6207.9	5590.9	13037	11741
273.0	12.5	80.3	10230	0.86	58535	637.2	8697.4	18265	415.3	9205	8527	7751.2	7134.2	16278	14982
323.9	10.0	77.4	9861	1.02	82397	750.7	12158.3	25533	400.4	8645	7839	10574.7	9538.5	22207	20031
323.9	12.5	96.0	12229	1.02	82397	916.7	14846.5	31178	496.5	11012	10206	13262.9	12226.7	27852	25676

Tabell 2.14. Mått och geometriska tvärsnittsvärden för grova RR®- och RD®-pålar.

A = Tvärsnittsarea A _u = Mantelarea A _b = Area pålände						Z = Pålens impedans I = Yttörghetsmoment W _{el} = Elastiskt böjmomentstånd				Tvärsnittsegenskaper inkl. rostmän med 1,2 mm och 2,0 mm					
D [mm]	t [mm]	M [kg/m]	A [mm²]	A _u [m²/m]	A _b [mm²]	W _{el} [cm³]	I [cm⁴]	EI [kNm²]	Z [kNs/m]	A _{1,2} [mm²]	A _{2,0} [cm⁴]	I _{1,2} [cm⁴]	I _{2,0} [cm⁴]	EI _{1,2} [kNm²]	EI _{2,0} [kNm²]
406.4	8.0	78.6	10013	1.28	129717	978.0	19873.9	41735	406.5	8485	7472	16738.8	14679.5	35151	30827
406.4	10.0	97.8	12453	1.28	129717	1204.5	24475.8	51399	505.6	10926	9912	21340.7	19281.4	44815	40491
406.4	12.5	121.4	15468	1.28	129717	1477.9	30030.7	63064	628.0	13941	12927	26895.6	24836.3	56481	52156
457.0	8.0	88.6	11284	1.44	164030	1244.9	28446.4	59737	458.2	9566	8426	23984.0	21048.1	50366	44201
457.0	10.0	110.2	14043	1.44	164030	1535.7	35091.3	73692	570.1	12325	11184	30628.9	27693.0	64321	58155
457.0	12.5	137.0	17455	1.44	164030	1888.2	43144.8	90604	708.7	15737	14597	38682.4	35746.5	81233	75068
508.0	8.0	98.6	12566	1.60	202683	1546.5	39280.0	82488	510.2	10656	9387	33145.8	29104.6	69606	6112
508.0	10.0	122.8	15645	1.60	202683	1910.2	48520.2	101893	635.2	13735	12466	42386.1	38344.9	89011	80524
508.0	12.5	152.7	19458	1.60	202683	2352.6	59755.4	125486	790.0	17548	16279	53621.3	49580.1	112605	104118
508.0	14.2	172.9	22029	1.60	202683	2645.6	67198.6	141117	894.4	20118	18849	61064.5	57023.3	128235	119749
559.0	10.0	135.4	17247	1.76	245422	2325.6	65001.1	136502	700.3	15144	13748	56822.5	51428.6	119327	108000
559.0	12.5	168.5	21460	1.76	245422	2868.0	80161.8	168340	871.3	19358	17961	71983.2	66589.3	151165	139837
559.0	14.2	190.8	24303	1.76	245422	3228.3	90230.7	189485	986.7	22201	20804	82052.1	76658.2	172309	160982
610.0	8.0	118.8	15130	1.92	292247	2247.6	68551.4	143958	614.3	12835	11310	57918.1	50898.9	121628	106888
610.0	10.0	148.0	18850	1.92	292247	2781.9	84846.6	178178	765.3	16554	15029	74213.3	67194.1	155848	141108
610.0	12.5	184.2	23464	1.92	292247	3434.6	104754.7	219985	952.7	21169	19644	94121.5	87102.3	197655	182915
610.0	14.2	208.6	26579	1.92	292247	3869.0	118003.9	247808	1079.2	24284	22759	107370.6	100351.4	225478	210738
610.0	16.0	234.4	29858	1.92	292247	4320.7	131781.4	276741	1212.3	27563	26038	121148.2	114129.0	254411	239671
610.0	18.0	262.8	33477	1.92	292247	4812.8	146790.8	308261	1359.2	31182	29657	136157.5	129138.3	285931	271190
660.0	10.0	160.3	20420	2.07	342119	3268.8	107870.5	226528	829.1	17937	16286	94396.3	85495.1	198232	179540
660.0	12.5	199.6	25427	2.07	342119	4039.6	133306.4	279943	1032.4	22944	21293	119832.2	110931.0	251648	232955
660.0	14.2	226.1	28809	2.07	342119	4553.4	150263.1	315552	1169.7	26326	24675	136788.9	127887.6	287257	268564
660.0	16.0	254.1	32370	2.07	342119	5088.5	167921.2	352634	1314.3	29887	28237	154447.0	145545.7	324339	305646
711.0	8.0	138.7	17668	2.23	397035	3070.7	109162.2	229241	717.4	14992	13214	92310.2	81170.3	193851	170458
711.0	10.0	172.9	22023	2.23	397035	3805.9	135301.4	284133	894.2	19347	17568	118449.4	107309.5	248744	225350
711.0	12.5	215.3	27430	2.23	397035	4707.3	167343.2	351421	1113.7	24754	22975	150491.3	139351.4	316032	292638
711.0	14.2	244.0	31085	2.23	397035	5309.0	188735.2	396344	1262.1	28409	26630	171883.3	160743.4	360955	337561
711.0	16.0	274.2	34935	2.23	397035	5936.4	211039.8	443184	1418.4	32259	30480	194187.9	183047.9	407794	384401
711.0	18.0	307.6	39188	2.23	397035	6621.9	235410.0	494361	1591.1	36512	34733	218558.1	207418.2	458972	435578
711.0	20.0	340.8	43417	2.23	397035	7295.4	259350.9	544637	1762.8	40741	38962	242498.9	231359.0	509248	485854
762.0	10.0	185.4	23624	2.39	456037	4383.9	167028.4	350760	959.2	20757	18850	146276.7	132551.0	307181	278357
762.0	12.5	231.0	29432	2.39	456037	5426.0	206731.0	434135	1195.0	26565	24658	185979.3	172253.7	390557	361733
762.0	14.2	261.9	33359	2.39	456037	6122.6	233271.2	489870	1354.4	30492	28585	212519.5	198793.9	446291	417467
762.0	16.0	294.4	37497	2.39	456037	6849.7	260973.3	548044	1522.4	34630	32723	240221.6	226496.0	504465	475642
813.0	8.0	158.8	20232	2.55	519124	4032.0	163900.5	344191	821.4	17171	15136	138689.6	122006.2	291248	256213
813.0	10.0	198.0	25227	2.55	519124	5002.8	203363.9	427064	1024.3	22167	20131	178153.0	161469.6	374121	339086
813.0	12.5	246.8	31436	2.55	519124	6195.8	251860.3	528907	1276.3	28375	26340	226649.4	209966.0	475964	440929
813.0	14.2	279.7	35635	2.55	519124	6994.2	284314.9	597061	1446.8	32575	30539	259103.9	242420.6	544118	509083
813.0	16.0	314.5	40062	2.55	519124	7828.3	318221.7	668266	1626.6	37001	34966	293010.8	276327.4	615323	580288
813.0	18.0	352.9	44956	2.55	519124	8741.7	355350.0	746235	1825.3	41896	39861	330139.1	313455.7	693292	658257
813.0	20.0	391.1	49826	2.55	519124	9641.1	391909.3	823010	2023.0	46765	44730	366698.4	350015.0	770067	735032
914.0	8.0	178.7	22770	2.87	656118	5112.7	233651.4	490668	924.5	19329	17040	197811.3	174074.7	415404	365557
914.0	10.0	222.9	28400	2.87	656118	6349.0	290147.2	609309	1153.1	24959	22670	254307.1	230570.4	534045	484198
914.0	12.5	277.9	35402	2.87	656118	7871.1	359708.4	755388	1437.4	31961	29672	323868.3	300131.7	680124	630277
914.0	14.2	315.1	40141	2.87	656118	8891.6	406344.5	853323	1629.8	36699	34410	370504.4	346767.8	778059	728212
914.0	16.0	354.3	45138	2.87	656118	9959.3	455141.8	955798	1832.7	41697	39408	419301.7	395565.1	880534	830687
914.0	18.0	397.7	50668	2.87	656118	11130.5	508664.8	1068196	2057.2	47226	44937	472824.7	449088.1	992932	943085
914.0	20.0	440.9	56172	2.87	656118	12285.8	561461.2	1179068	2280.7	52731	50441	525621.1	501884.5	1103804	1053957
1016.0	8.0	198.9	25334	3.19	810732	6334.2	321779.8	675738	1028.6	21508	18963	272532.5	239894.6	572318	503779
1016.0	10.0	248.1	31604	3.19	810732	7871.1	399849.7	839684	1283.2	27779	25233	350602.3	317964.5	736265	667725
1016.0	12.5	309.3	39407	3.19	810732	9766.2	496123.1	1041858	1600.0	35582	33036	446875.7	414237.9	938439	869899
1016.0	14.2	350.8	44691	3.19	810732	11038.6	560762.0	1177600	1814.5	40865	38320	511514.6	478876.8	1074181	1005641
1016.0	16.0	394.6	50265	3.19	810732	12371.6	628479.4	1319807	2040.9	46440	43894	579232.0	546594.2	1216387	1147848
1016.0	18.0	443.0	56436	3.19	810732	13835.7	702854.2	1475994	2291.4	52610	50064	653606.9	620969.0	1372574	1304035
1016.0	20.0	491.3	62581	3.19	810732	15282.0	776323.9	1630280	2540.9	58755	56209	727076.6	694438.7	1526861	1458321
1220.0	8.0	239.1	30461	3.83	1168987	9169.5	559341.0	1174616	1236.8	25866	22808	474023.3	417424.5	995449	876591
1220.0	10.0	298.4	38013	3.83	1168987	11405.5	695737.9	1461050	1543.4	33419	30360	610420.2	553821.4	1281883	1163025
1220.0	12.5	372.2	47418	3.83	1168987	14169.3	864326.6	1815086	1925.3	42824	39765	779008.9	722410.0	1635919	1517061
1220.0	14.2	422.3	53791	3.83	1168987	16028.9	977764.6	2053306	2184.0	49197	46139	892446.9	835848.1	1874139	1755281
1220.0	16.0	475.1	60520	3.83	1168987	17980.7	1096821.7	2303325	245						

I tabellen visas dimensioner för pålar i standardproduktion. På beställning kan även pålar med andra dimensioner enligt SS-EN 10219-2 tillverkas.

3 PROJEKTERING OCH DIMENSIONERING AV ENSKILD PÅLE

Följande flödesschema kan med fördel användas vid projektering av pålgrundläggningar. Ett mer detaljerat förfarande beskrivs i *IEG Rapport 2:2008, Rev. 2 Tillämpningsdokument – Grunder* samt *IEG Rapport 8:2008, Rev. 2 Tillämpningsdokument – Pålår*.



3.1 Normer och tillämpningsdokument

Vid projektering av pålgrundläggningar används i normala fall följande standarder:

- SS-EN 1990 Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk
- SS-EN 1991 Laster på bärverk
- SS-EN 1992 Dimensionering av betongkonstruktioner
- SS-EN 1993 Dimensionering av stålkonstruktioner
- SS-EN 1994 Dimensionering av samverkanskonstruktioner i stål och betong
- SS-EN 1997 Dimensionering av geokonstruktioner

Ovanstående standarder hänvisar till nationella bilagor som även måste tas i beaktande beroende på grundläggningens funktionsområde:

- Boverkets författningssamling: BFS 2011:10 – EKS 8
- Trafikverkets författningssamling: VVFS 2009:19

Som hjälp att tolka och praktisera ovanstående standarder rekommenderas följande tillämpningsdokument:

- IEG Rapport 2:2008, Rev. 2
Tillämpningsdokument – Grunder
- IEG Rapport 8:2008, Rev. 2
Tillämpningsdokument – Pålår
- IEG Rapport 2:2009, Rev. 1
Tillämpningsdokument – Stödkonstruktioner

Även Pålkommissionens rapporter är i många fall nödvändiga att tillämpa, nedan anges endast ett urval:

- Pålkommissionens rapport 84a + supplement
- Pålkommissionens rapport 96:1,
Dimensioneringsprinciper för pålar + supplement
- Pålkommissionens rapport 98,
Dimensioneringsanvisningar för slagna slanka stålpålår
- Pålkommissionens rapport 104,
Borrade stålörspålår
- Pålkommissionens Rapport 106,
Verifiering av geoteknisk bärförmåga för pålar enligt Eurokod

Vid infrastrukturprojekt där Trafikverkets dokument åberopas är följande kravdokument vanligt förekommande:

- TK Geo 11 – Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner
- TRVK Bro 11 – Trafikverkets tekniska krav Bro

3.2 Rekommendationer för val av påltyp och påldimension

Användningsområden och fördelar med olika typer av Ruukkis stålpålår redovisas i broschyrerna *Ruukki RR®- och RRs®-pålår*, *Ruukki RD®- och RDs®-pålår* samt *RD®-pålvägg*.

Valet av lämplig påltyp påverkas i första hand av rådande geotekniska förutsättningar, men även egenskaper hos överliggande konstruktioner och konstruktioner i omgivningen har stor betydelse. Nedan presenteras anvisningar och rekommendationer för val av påltyp och dimension.

3.2.1 Laster

Utifrån de laster som pålarna utsätts för kan Ruukki stålplåtar delas in på följande sätt vad gäller pålstorlek och användningsområde:

Tabell 3.1. Påldimensioner och vanliga tillämpningsområden

RR75–RR/RD140/8	1 & 2 familjshus och andra byggnader utsatta för relativt små laster
RR/RD140/8–RR/RD270	Flervåningshus med cirka 3 till 8 våningar
RR/RD220–RR/RD500	Tunga flervåningshus (>5 våningar) eller industribyggnad
RR/RD220–RR/RD400	Pålar till bullerskydd med enstaka pålar
RR/RD500–RR/RD1200	Bro- och hamnkonstruktioner samt byggnader som är högre än 10 till 15 våningar

Vid val av pålstorlek mellan RR- och RD-pålar bör man observera att i oskadat berg är RD-pålarnas dimensionerande bärformåga normalt större än för RR-pålar av motsvarande storlek. Det är alltid möjligt att optimera grundkonstruktionerna genom att laborera med olika stålsorter och flera olika pålstorlekar (typiskt två eller tre) inom objektet.

3.2.2 Installation

RD-pålar kan installeras i alla markförhållanden. I extremt utmanande förhållanden, till exempel mäktiga lager av fyllningsmassor med stora block, kan risken för utböjning för slankare RD-pålar (pålstorlekar cirka RD90–RD140) vara något större än för grova RD-pålar. Om bergytan är väldigt sned eller om bergytan ligger nära markytan (<3–5m) och/eller om det saknas stödjande friktionsjordlager på bergytan, är RD-pålen en mycket pålitlig lösning.

Slagna pålar är normalt den mest ekonomiska pålgrundläggningsmetoden. Den lämpar sig dock bäst när jorden är fri från sten och block. När mängden och storleken på sten och block ökar eller när jordens fasthet ökar så ökar även risken för toleransavvikelser. Av samma anledning ökar risken att pålarna kröks eller inte når ända fram till bärande jordlager. Slagna RR- och RRs-pålars penetrationsförmåga ökar vid användning av bergskor. För småhusobjekt i stenig och mäktig moränjord rekommenderas minst pålstorlek RR 115/6,3.

3.2.3 Toleranser

Horisontella och vertikala toleranser samt lutningstoleranser uppnås enklast med borrade RD-pålar. Exempel på då snäva toleranser krävs är byggnationer där överkonstruktionen för ned lasterna genom pelare. Snäva toleranser kan också krävas vid grundförstärkningar och industribyggnation.

3.2.4 Omgivningspåverkan vid pålning

Omgivningspåverkan och frågor kring val av påle behandlas i kapitel 4.

3.2.5 Installationsutrustning vid val av påle

Med lätta maskiner (<20–25 t) kan RR/RRs-pålar installeras upp till ungefär pålstorlek RR170 och RD/RDs-pålar upp till ungefär RD320. Med lätta maskiner kan man i synnerhet på mycket mjuk mark använda ett betydligt tunnare bärlager än med tung pålningsutrustning (>40–60 t). Lätt installationsutrustning ger också mindre omgivningspåverkan (särskilt vibrationer) vid pålningen.

3.3 Geoteknisk kategori (GK1, GK2, GK3)

Genom val av geoteknisk kategori skapas överblick och insikt i det aktuella projektet. Valet styr omfattning av undersökning, dimensionering, kontroll, uppföljning etc. Nedanstående Figur 3.1 illustrerar ett allmänt beslutschema med kriterier för val av geoteknisk kategori. Figuren är identisk med Figur 5.2 i *Tillämpningsdokument – Grunder*. Kompletterande information finns i *Tillämpningsdokument – Pålar*. I denna manual förutsätts GK2.

3.4 Säkerhetsklass och dimensionerande lasteffekt (E_d)

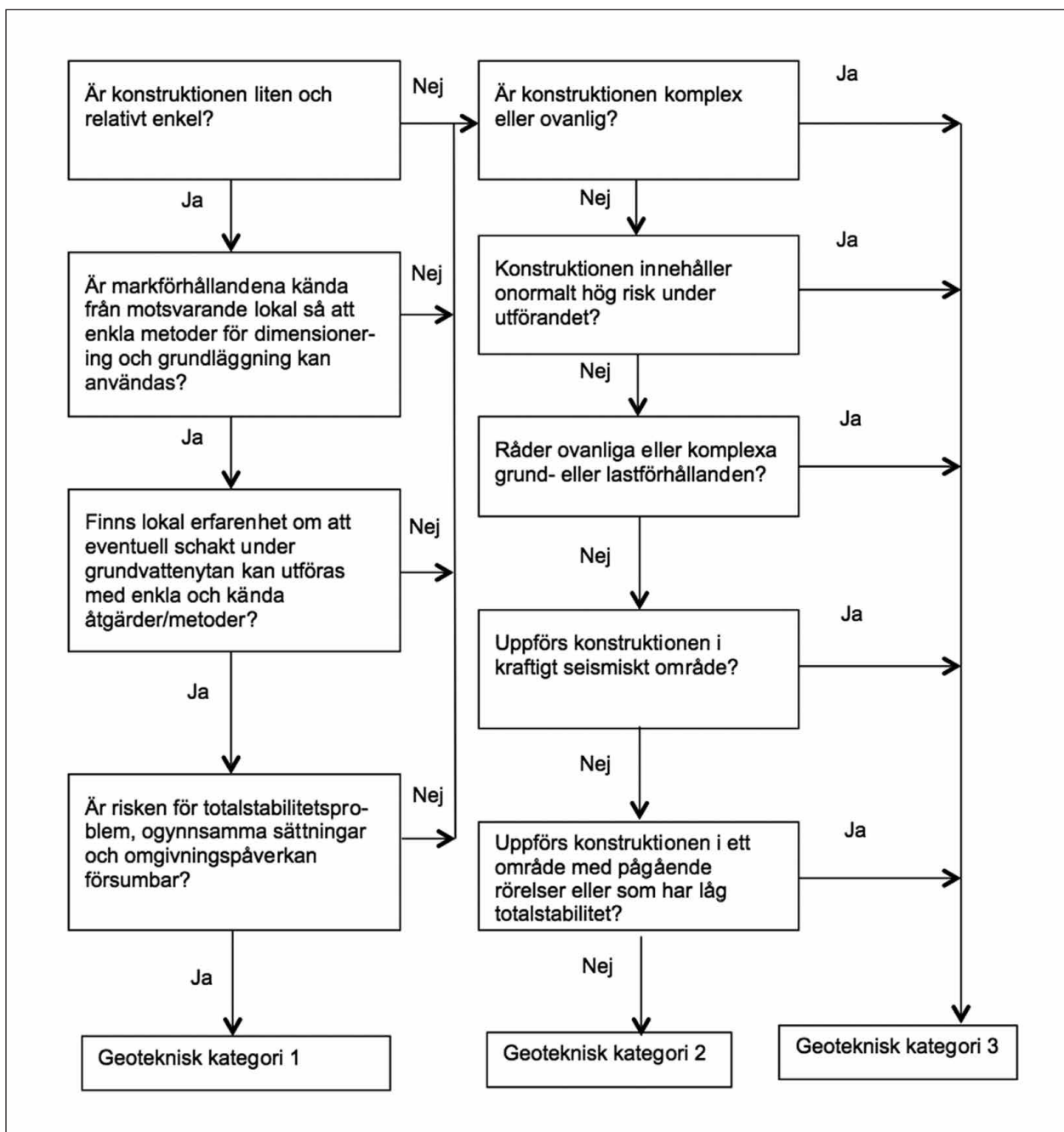
Partialkoefficient för säkerhetsklass appliceras på lasterna enligt SS-EN 1991. Både strukturella laster och geotekniska laster som exempelvis påhängslaster från omgivande jord måste beaktas. Hur dessa dimensioneras beskrivs närmare i *Tillämpningsdokument – Pålar*.

3.5 Dimensionering i brottgränstillstånd (STR/GEO)

Dimensionering av geokonstruktioner kan baseras på fyra metoder:

1. Beräkning
2. Hävdvunna åtgärder
3. Provb belastning
4. Observationsmetod

För pålar i GK2 verifieras normalt bärformågan enligt metod 1, 2 och 3 i kombination.



Figur 3.1. Allmänt beslutsschema för val av geoteknisk kategori direkt hämtat från IEG Rapport 2:2008, Rev. 2 Tillämpningsdokument – Grunder.

Enligt SS-EN 1997-1, med tillhörande nationella bilagor, ska pålar dimensioneras enligt dimensioneringssätt 3 (DA3) för strukturell bärförmåga (STR) samt dimensioneringssätt 2 (DA2) för geoteknisk bärförmåga (GEO). Brottgräns STR anger alltså bärförmågan i pålen och brottgräns GEO anger bärförmågan i marken. Strukturell bärförmåga beräknas enligt *Pålkommisionens rapport 96:1 + supplement* och värden kan erhållas med hjälp av

Bilaga A eller B eller Ruukkis dimensioneringsprogram för RR- och RD-pålar. Då den invändiga korrosionen är noll förutsätts pålarna vara betongfyllda. Värden anges då för samverkan stål-betong beräknade enligt SS-EN 1994. I Ruukkis beräkningsprogram inkluderas endast en böjstyvhetsökning då pålarna betongfylls vilket medför att dessa värden är något lägre än de som anges i Bilaga A eller B.

3.5.1 Dimensionering i gränstillstånd STR

Lastkapacitetsberäkningar har gjorts för dimensioner mellan RR75 – RR220 samt RD90 – RD220. Dimensionerande lastkapacitet beräknas enligt *Pålkommisionens rapport 84a + supplement* samt *Pålkommisionens rapport 96:1 + supplement*. Olika dimensioneringsvärden för tvärsnittstorheterna redovisas i Tabell 2.13. Beräkningarna gäller RR- och RD-pålar med respektive utan betongfyllning. Resultatet av beräkningarna redovisas i Bilaga A och B.

Geokonstruktionens dimensionerande värde

Som tidigare nämnts beräknas pålmaterialets strukturella bärförmåga för statisk last enligt *Pålkommisionens rapport 96:1 + supplement*. Dimensionerande värde för den omgivande jorden kan beräknas enligt *Tillämpningsdokument – Pålar* som:

$$X_d = \frac{1}{\gamma_M} * \underbrace{\eta * \bar{X}}_{\text{Definierat som karakteristiskt värde enligt SS-EN 1997-1.}} \quad \text{Ekv 3.1}$$

γ_M = fast partialkoefficient, för lera $\gamma_M = 1,5$, se *VVFS 2009:19* eller *BFS 2011:10*.

η = omräkningsfaktor som tar hänsyn till osäkerheter relaterade till jordens egenskaper och aktuell geokonstruktion, se *Tillämpningsdokument – Pålar*

$\bar{X}$ = värderat medelvärde baserat på härledda värden, måste korrigeras med avseende på konflytgränsen.

Rakhet hos pålar

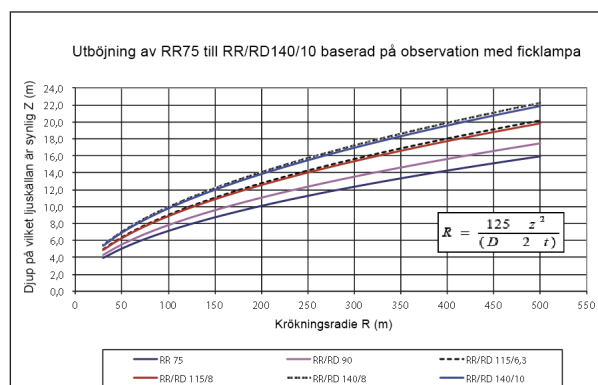
RR-pålarna tillverkas med ett krav på rakhet $\delta < L/800$. Beroende på hur man senare driver ner och stoppslår pålarna kommer dessa att få en krokighet $\delta = L_k/xxx$. Pålar- nas krokighet efter installation beror förutom på geotekniska förhållanden som sten/block eller fasta lager som kan styra iväg pålarna även på hur pålarna drivs ned och stoppslås. Med försiktig slagning fås raka pålar. Slår man däremot med för höga fallhöjder styr pålarna lättare iväg och blir krokiga. RR-pålarna kan drivas ned och stoppslås med tunga fallhejare alternativt med lätta snabbslående hydraul- eller tryckluftshammare. Vid slagning med tunga fallhejare ökar riskerna för krokiga pålar jämfört med om pålarna drivs ned och stoppslås med lätta tryckluft- eller hydraulhammare. Förväntad rakhet hos en RR-påle slagen i lös till medelfast lera är en pilhöjd $\delta < L_k/400$. I friktionsjordar förväntas pålen få en rakhet bättre än $\delta < L_k/300$. Pålens rakhet kan bestämmas med inklinometer och uppskattas med ficklampa. Schablonvärden enligt *Pålkommisionens rapport 96:1* anges i Tabell 3.2.

Tabell 3.2. Schablon för bestämning av dimensionerande rakhet hos slagna RR-pålar enligt Pålkommisionens rapport 96:1.

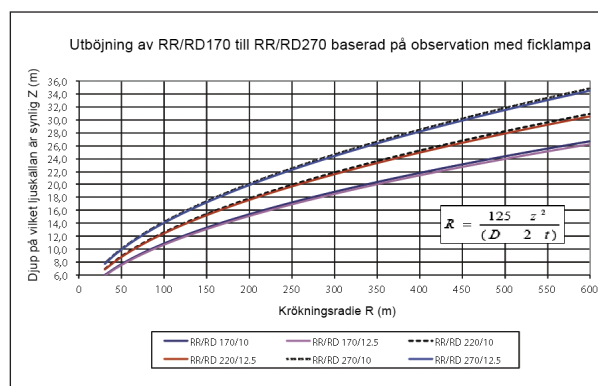
Åtgärd	Påle utan skarv	Påle med skarv
Ingen kontroll	$L_k/300$	$L_k/200$
Godkänd kontroll	Mätvärde dock bäst $L_k/600$	Mätvärde dock bäst $L_k/400$

Med ficklampsobservationer får man ett värde på krökningsradien i pålens överdel fram till det djup där ljuset försvinner. I långa pålar kan krökningsradien nedanför det djup där skenet försvinner inte bedömas med ficklampsobservation. När ljuset syns ända till botten är krökningsradien minst den som anges i Figur 3.2 eller 3.3 men är oftast större, framför allt i större pålar. Vid större påldiametrar kan man med hjälp av ljusobservation visuellt märka om det finns t.ex. lokala krökta delar längs pålen. I formeln i Figur 3.2 och 3.3 anges pålens diameter (D) och tjocklek (t) i millimeter.

Pilhöjden kan enligt kordasatsen beräknas som $\delta = L_k^2/(8 R)$.



Figur 3.2. Bedömning av utböjning av RR75 till RR/RD140/10 med ficklampsmetoden



Figur 3.3. Bedömning av utböjning av RR/RD170 till RR/RD270 med ficklampsmetoden

Kontroll med ficklampa får endast ses som översiktlig kontroll. Om pålar bedöms vara för krokiga efter kontroll med ficklampa måste dessa mätas med inklinometer. Inklinometermätningar är oftast aktuella för pålar som står i mäktig kohesionsjord och där eventuella fyllningslager och moränlager innehåller block och sten eller andra hinder. Pålar som inte uppfyller rakhetskravet ska meddelas till den ansvariga geokonstruktören som bestämmer om fortsatta åtgärder. Krökningsradie som beräknats på basis av ficklampasobservation eller mätts med inklinometer jämförs med den krökningsradie som använts vid dimensioneringen. Vi jämförelsen måste man ta hänsyn till omständigheterna kring den aktuella pålen. Pålens strukturella kapacitet dimensioneras i allmänhet för det svagaste jordlagret. Pålens krökningsradie kan vara betydligt mindre i grovkorniga jordlager tack vare jordens goda sidostöd än i kohesionsjordlager. Om krökningsradien är eller bedöms vara mindre än den som använts vid projekteringen, beräknas på basis av krökningsradien dimensioneringsvärdet för pålens strukturella bärförmåga och jämförs med dimensioneringsvärdet för lasten på pålen. Borrade RD-pålar blir normalt rakare än RR-pålar efter installation, se

Pålkommissionens rapport 104, Borrade stålörspålar för mer information angående rakhets hos RD-pålar.

Beständighet

Stålörspålar dimensioneras normalt med rostmän, dvs. att man vid beräkning av pålens lastupptagning tar hänsyn till att en del av godset kommer att rosta bort under pålens livslängd. Den geotekniska undersökningen bör inkludera en utvärdering av korrosionsförhållanden.

Det finns tre olika rekommenderade vägar att ta med hänsyn till rostmän. Den första metoden påträffas i *SS-EN 1993-5 Design of Steel Structures: Piling*, se Tabell 3.3.

Den andra metoden består av de senaste rönerna gällande avrostning hos stålörspålar i jord enligt VTT-undersökning *Korrosion på stålörspålar - Dimensionering utgående från empiriskt material* samt Korrosionsinstitutets granskning av denna rapport, se Tabell 3.4.

Den tredje metoden för att dimensionera rostmän finns beskriven i *Pålkommissionens rapport 98*, se Tabell 3.5 och 3.6

Tabell 3.3. Dimensionerande rostmän enligt SS-EN 1993-5 Design of Steel Structures: Piling.

Jordförhållanden	Avsedd livslängd				
	5 år	25 år	50 år	75 år	100 år
Ostörd, naturlig jord (sand, silt, lera, skifferjord etc.)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Förorenad, naturlig jord och jord i industriområde	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Aggressiv, naturlig jord (träskmark, myrmark, torv etc.)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Opackade och icke-aggressiva fyllningar (lera, skifferjord, sand, silt etc.)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Opackade och aggressiva fyllningar (innehåll av aska, slagg etc.)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75
Noter: 1) Värdena är endast angivna som vägledning. Lokala förhållanden bör beaktas. 2) Korrosionshastigheten i kontrollerad fyllning är lägre än i okontrollerad fyllning. För kontrollerad fyllning kan tabellvärdena för okontrollerad fyllning halveras. 3) Korrosionsvärdena för livslängderna 5 och 25 år är baserade på faktiska mätningar medan värden för andra livslängder har extrapolerats.					
Källa: European Committee for Standardization EN 1993-5. Eurocode 3: Design of Steel Structures – Part 5: Piling. CEN 2007					

Tabell 3.4. Dimensionerande rostmän enligt VTT.

Hörhållanden	Dimensionerande korrosion [mm]/100 år
Homogena naturjordsförhållanden ovan och under grundvattenytan	1,20 – 1,50
Packade mineraljordsutfyllnader ovan och under grundvattenytan	1,50 – 2,00
Opackade mineraljordsutfyllnader ovan och under grundvattenytan	2,00 – 2,50
* Källa: Jouko Törnqvist: "Korrosion på stålörspålar – Dimensionering utgående från empiriskt material". VTT Bygg och Transport. Esbo, Oktober 2004, ISBN 952-5004-54-6.	

Tabell 3.5. Dimensionerande rostmän för 100 år i jord, enkla förhållanden. För andra förhållanden se Pålskommissionen rapport 98.

Jordant	Dimensionerande rostmän (mm)	
	Över GW	Under GW
Sand, grus samt sandiga/grusiga moräner och fyllningar	2	2
Lera, silt, leriga/siltiga moräner	3	2
Gyttjig lera/silt, gyttja, torv, dy (vattenkvot >80 %)	4	3

Tabell 3.6. Dimensionerande invändig rostmän för 100 år, Pålskommissionen rapport 98.

Omgivande grundvatten	Dimensionerande rostmän (mm)
Sött	1
Salt, bräckt	1,5

3.5.2 Dimensionering i gränstillstånd GEO

Nedan presenteras dynamisk provbelastning med stöt-vågs-mätning som metod för verifiering av geoteknisk bärförmåga. För en spetsburen stålrörspåle är detta den allra vanligaste verifieringsmetoden. Friktionsburna mantelinjekterade CSG-RR-pålar kan även verifieras genom beräkning, se *Pålskommissionens Rapport 102, Injekterade pålar, Pålskommissionen Rapport 103, Slagna friktionspålar, Pålskommissionen Rapport 100, Kohesionspålar, IEG Rapport 8:2008, Rev. 2 Tillämpningsdokument – Pålar samt SS-EN 1997*.

Geoteknisk bärförmåga kan ibland även verifieras med statisk provbelastning genom provdragning. Bärförmågan i drag begränsas för RR-pålar till 15 % av tryckkapaciteten samt för RD-pålar till 50 % av tryckkapaciteten.

Dynamisk provbelastning

Dimensionerande geoteknisk bärförmåga genom stöt-vågs-mätning bestäms enligt

$$R_{d, GEO} = \frac{R_k}{\gamma_b \gamma_{Rd}} \quad \text{Ekv 3.2}$$

där karakteristisk geoteknisk bärförmåga (R_k) ska bestämmas som det minsta värdet av den uppmätta medelbärförmågan, R_{medel} , och det minsta uppmätta enskilda värdet, R_{min} , enligt

$$R_k = \min \left(\frac{R_{medel}}{\xi_5}, \frac{R_{min}}{\xi_6} \right) \quad \text{Ekv 3.3}$$

$\gamma_b = 1,3$ enligt BFS 2011:10 EKS 8 och 1,2 enligt VVFS 2009:19

$\gamma_{Rd} = 0,85$ modellfaktor vid stöt-vågs-mätning av spetsburen påle med liten spetsfjädring eller för stöt-vågs-mätning där Capwap-analys har utförts →

ξ_5 = Korrelationskoefficient som tar hänsyn till antalet provade pålar och det uppmätta medelvärdet enligt Tabell A.11 i VVFS 2009:19 respektive Tabell I.11 i BFS 2011:10–EKS 8

ξ_6 = Korrelationskoefficient som tar hänsyn till antalet provade pålar och det uppmätta minimivärdet enligt Tabell A.11 i VVFS 2009:19 respektive Tabell I.11 i BFS 2011:10–EKS 8

Ovanstående tillämpas med fördel vid provpålning som äger rum innan produktionspålningen. Ofta utförs dock provpålningen i samband med produktionspålningen eller till och med efter att pålningen har utförts. Detta medför att den geotekniska bärförmågan måste uppskattas i förväg. I dessa fall behövs ett omfattande geotekniskt underlag som beskriver omständigheterna väl eller att geokonstruktören har så pass god kunskap om den aktuella geologin att ett mindre omfattande geotekniskt underlag kan anses vara tillräckligt. Tabell 3.7 anger rekommenderad maximal dimensionerande bärförmåga med hänsyn till slagning samt minsta omfattning för verifiering av bärförmågan, se *Pålskommissionen Rapport 106, Verifiering av geoteknisk bärförmåga för pålar enligt Eurokod, Rapport 106* är i skrivande stund ännu inte utgiven varför vi reserverar oss för eventuella mindre skillnader. Observera att Tabell 3.7 endast anger riktlinjer. Vid komplexa förutsättningar kan bärförmågan visa sig vara lägre trots större andel mätning. I *Pålskommissionen Rapport 106* anges något mer försiktiga värden motsvarande $0,30 \times F_{stuk}$, $0,40 \times F_{stuk}$ samt $0,50 \times F_{stuk}$ för Nivå 1, Nivå 2 respektive Nivå 3. För borrarade pålar som inborrats i friskt berg kan värdena i Tabell 3.7 ökas med 10 %, se Bilaga B. Detaljerade riktlinjer för hur bärförmågan kan bedömas beroende på olika förutsättningar finns att läsa i *Rapport 106*.

3.5.3 Installationsskede

Pålspetsens hållfasthet för slagning

Lasterna under installation och stoppslagning måste begränsas enligt Tabell 3.8. Enligt utförandestandarder för mikropålar och massundantvängande pålar SS-EN 14199 respektive SS-EN 12699 får inte tillförd energi orsaka tryckspänningar som överstiger $0,9 \times$ den karakteristiska sträckgränsen för stålet. Medelbärförmågan som krävs vid mätning för de olika stoppslagningsnivåerna i Tabell 3.7 presenteras i högra kolumnen i Tabell 3.8.

Tabell 3.7. Rekommenderad maximal bärförmåga med hänsyn till slagning samt minsta omfattning för verifiering av bärförmågan.

NIVÅ	Maximal bärförmåga med hänsyn till överbelastning av pålmaterial vid slagning ¹	Omfattning av verifiering
NIVÅ 1: Härdvunna åtgärder eller beräkning (WEAP)	$R_{d,max} = 0,33 \times F_{stuk}$	Stoppslagning av samtliga pålar enligt schablon ² eller efter resultat från WEAP-analys
NIVÅ 2: Provpålning	$R_{d,max} = 0,44 \times F_{stuk}$	Provpålning med minst 3 st ³ representativa mätpålar inom ett kontrollobjekt motsvarande ett område med en yta på max 25x25 m.
NIVÅ 3: Provpålning + Produktionskontroll	$R_{d,max} = 0,55 \times F_{stuk}$	Provpålning enligt ovan samt minst 10 % produktionskontroll ⁴

¹ Avser neddrivning, stoppslagning och stötvågsmätning. Max tillåten slagkraft under installation;
 $N_{impact} \leq 0,9 \times f_{yk} \times A_s$. Om tryckspänningar mäts under installation får spänningsnivån vid enstaka slag inte överstiga den ovan nämnda med mer än 20 % $\rightarrow (N_{impact} \leq 1,08 \times f_{yk} \times A_s)$, se SS-EN 14199 respektive SS-EN 12699

² 5 mm/10 slag för stålrörspålar stoppslagna med frifallshejare och 5 mm/min för stålrörspålar stoppslagna med luftdriven hammare/hydraulhammare

³ Slutlig omfattning bör motsvara minst 5 % av pålarna inom kontrollobjektet

⁴ Slutlig omfattning beror på observationer vid provpålningen och produktionskontrollen

Slutlig dimensionerande bärförmåga bestäms enligt Bilaga A eller B som det minsta värdet av $R_{d,STR}$ och $R_{d,GEO}$.

Tabell 3.8. Maximal slagkraft under installation med avseende på pålspets och jord/berg.

Max tillåten slagkraft under installation* N_{impact}	Geoteknisk medelbärförmåga som uppskattingsvis krävs vid mätning R_{medel}
$\leq 0,9 \times f_{yk} \times A_s$	Nivå 1: Härdvunnen åtgärd
	Nivå 2: $R_{medel} = 0,8 \times N_{impact}$
	Nivå 3: $R_{medel} = N_{impact}$
*Om tryckspänningar mäts under installation får spänningsnivån vid enstaka slag inte överstiga den ovan nämnda med mer än 20 % $\rightarrow N_{impact} \leq 1,08 \times f_{yk} \times A_s$, se SS-EN 14199 respektive SS-EN 12699	

Pålelementets hållfasthet för slagning

Pålelementets lastkapacitet för slagning beräknas enligt *Pålkommissionen Rapport 84a*, med karakteristiska värden på pålen och dynamiska värden hos jordens bäddmodul och brottlast. Den sidostöttade pålen belastas vid en stoppslagning av både normalkraft och moment. Normalkraften i pålen är den stötpuls som skapas av hejarens slag mot pålen respektive av reflexer mot jorden/berget. Moment i pålen beror på att stötpulsen belastar pålen med en viss excentricitet. Excentriciteten av slaget sätts till värdet på förväntad pilhöjd med hänsyn till pålens krokighet. I lös lera förväntas krokigheten vara

bättre eller lika med $e < L_k/600$ respektive i fast lera samt i friktionsjord bättre än $e < L_k/300$. Momentet förstoras där efter enligt andra ordningens teori. Pålelementens lastkapacitet för slagning har beräknats med karakteristiska värden på materialet. Beräkningar har gjorts för materialet i egenspanningsgrupp a. Ytterligare har det teoretiska värdet för formfaktorn vid böjning använts. Resultaten för de olika RR-pålarnas lastkapacitet för slagning redovisas i Tabell 3.9 som funktion av lerans dimensionerande skjuvhållfasthet. Blir kraften i pålelementen vid stoppslagning högre än dessa värden finns det risk för att pålen plasticeras och slås bort.

Tabell 3.9. Pålspetsens respektive påelementets lastkapacitet för slagning med dynamiska värden på jord, stålsort S460MH för RR respektive S550J2H för RRs.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	EI ₀ [kNm ²]	Pålspetsens lastkapacitet N _{Impact} [kN]	Rakhet L _k /xxx	Pålelementets lastkapacitet ¹ [kN]				
					Odränerad dimensionerande skjuvhållfasthet hos jord c _{ud} [kPa]				
					5	10	20	30	40
RR75	635	178	572	L _k /600	468	555	579	588	594
				L _k /300	378	497	542	555	563
RR90	752	295	677	L _k /600	603	665	690	700	705
				L _k /300	492	607	648	663	671
RR115/6,3	983	657	885	L _k /600	816	885	911	922	928
				L _k /300	732	822	860	877	849
RR115/8	1229	797	1106	L _k /600	989	1088	1129	1144	1153
				L _k /300	808	998	1060	1084	1098
RRs115/8	1469	797	1322	L _k /600	1000	1270	1338	1361	1373
				L _k /300	808	1149	1252	1285	1304
RR140/8	1523	1513	1371	L _k /600	1285	1367	1409	1426	1436
				L _k /300	1120	1246	1330	1356	1371
RR140/10	1874	1810	1687	L _k /600	1497	1657	1720	1744	1758
				L _k /300	1220	1508	1614	1651	1673
RRs140/10	2241	1810	2017	L _k /600	1506	1936	2039	2074	2093
				L _k /300	1220	1724	1906	1957	1987
RR170/10	2288	3284	2059	L _k /600	1902	2049	2114	2140	2155
				L _k /300	1661	1889	1993	2034	2058
RRs170/10	2735	3284	2462	L _k /600	2053	2412	2511	2548	2569
				L _k /300	1661	2208	2359	2414	2447
RR170/12,5	2814	3924	2533	L _k /600	2212	2481	2578	2615	2637
				L _k /300	1784	2273	2418	2474	2507
RR220/10	3022	7557	2720	L _k /600	2611	2746	2817	2847	2864
				L _k /300	2359	2564	2671	2717	2744
RR220/12,5	3732	9124	3359	L _k /600	3131	3351	3454	3496	3520
				L _k /300	2742	3107	3259	3324	3362

¹Beräkning med dynamiska värden på jord samt $\mu = 1,0$ och egenspanningsgrupp a

För att mobilisera ovanstående laster krävs vissa hammare, hejare och fallhöjder. Dessa finns angivna i avsnitt 5.2.

4 PROJEKTERING AV PÅLGRUPPER

4.1 Pålarnas anslutning till överliggande konstruktion

Anslutningen mellan pålen och den överliggande konstruktionen kan dimensioneras som en led. Pålarna kapas då så att övre änden gjuts in minst 50 mm i den överliggande betongkonstruktionen. Täcksikt eller andra omständigheter kan kräva andra ingjutningslängder.

Det rekommenderas att korta, under 3 meter långa pålar, monteras som fast inspända till överkonstruktionen. Beroende på konstruktion kan även längre pålar kräva fast inspänning. Normalt sett kan RR75–RR/RD220-pålar anses som fast inspända i överkonstruktionen när påländen är ingjuten minst $2 \times D$, dock minst 200 mm, i betongen. Om pålar ansluts direkt till en överliggande stålkonstruktion, fås en styv infästning genom svetsning. Infästning av armerade pålar görs oftast genom att förlänga armeringen i pålarna upp i överliggande betongkonstruktioner. Vid fast inspänning ska momenthållfastheten i pålens övre ände kontrolleras.

För axiellt tryckbelastade pålar kan tryckplattor enligt Tabell 2.12 användas.

4.2 Centrumavstånd för stålpålar

Minsta centrumavstånd mellan pålar beror bland annat på egenskaperna hos omgivande jord och påltyp. Som tumregel är det minsta centrumavståndet 300 mm för RR75 och RD90 samt 800 mm för RR/RD220. Värdena för övriga pålstorlekar kan bestämmas med linjär interpolering. Vid projektering av fränlutande pålar kan avståndet minskas.

4.3 Avstånd mellan pålsulans kant och pålarna

Pålsulan ska hålla för spänningarna från pålkrafterna och det får inte finnas någon risk att pålsulans kant spricker. I normala fall ska avståndet från pålsulans kant till närmaste påles utsida eller tryckplåts kant vara minst hälften av pålens diameter eller tryckplåtens sida. Vid projekteringen ska hänsyn tas till pålens toleranser i plan.

4.4 Pålarnas avstånd från andra konstruktioner

Pålarnas miniaavstånd från andra konstruktioner bedöms specifikt vid varje tillfälle med hänsyn till pålningsutrustning, påltyp, vibrationer från pålningen, förtätning, erosion eller undanträngning av jord samt speciella krav och begränsningar som grundförhållandena och omgivande konstruktioner medför.

Om den enda begränsande faktorn är pålningsutrustningen och det utrymme som står till förfogande brukar ca 250 – 350 mm vara minsta avstånd till aktuella hinder. Om hindret fortsätter vertikalt under mark kan minsta avstånd uppskattas med följande tumregel:

$(2,5 \times \text{pålens diameter}) + 2 \text{ cm} / \text{meter i djupled}$

4.5 Toleranser vid installation

Pålar installeras på utsatt position och efter installation sker inmätning för att verifiera att pålarna befinner sig inom gränserna för de toleranskrav som angivits.

Om inte byggnationskrav, myndighetsanvisningar, grundförhållanden, pålningsutrustning eller mycket djupt ligande kapningsnivå förutsätter annat, använd följande tillåtna toleranser.

För slanka RR-, CSG-RR- och RD-pålar (RR75 – RR/RD320), använd

- individuella vertikala eller lutande pålar: $e \leq e_{\max} = 0,10 \text{ m}$
- enskild påle i liten pålgrupp (4–8 pålar): $e \leq e_{\max} = 0,15 \text{ m}$
enskild påle i större pålgrupp: $e \leq e_{\max} = 0,2 \text{ m}$
för hela gruppens tyngdpunkt: $e \leq e_{\max} = 0,05 \text{ m}$
- enskilda vertikala pålar eller lutande pålar:
 $i \leq i_{\max} = 0,04 \text{ (0,04 m/m)}$
- den horisontella riktningen hos projektionen av lutande pålar bör inte avvika mer än 10 grader

För grova RR- och RD-pålar (RR/RD400 – RR/RD1200) använd

- vertikala och lutande pålar, horisontellt från arbetsnivån:
 $e \leq e_{\max} = 0,10 \text{ m (RR/RD400–RR/RD1000)}$
 $e \leq e_{\max} = 0,12 \text{ m (RR/RD 1200)}$
- vertikala eller lutande pålar med lutning $\geq 15:1$ ($\Theta \geq 86^\circ$):
 $i \leq i_{\max} = 0,02 \text{ (0,02 m/m)}$
- lutande pålar med $4:1 \leq \text{lutning} < 15:1$ ($76^\circ \leq \Theta < 86^\circ$):
 $i \leq i_{\max} = 0,04 \text{ (0,04 m/m)}$.

Med RD-pålar, särskilt vid användning av centriska borrhningssystem, är det oftast möjligt att uppnå striktare toleranskrav än ovanstående. För RD-pålar rekommenderas att använda snävare toleranser om det, ur konstruktions- och belastningssynvinkel, är ändamålsenligt. För att uppnå snävare toleranser krävs det stor noggrannhet både hos mätutrustning och för pålens placering vid installation.

Med hänsyn till arbetets karaktär finns det dock ingen anledning att utan välgrundade skäl använda snävare toleranskrav för RD-pålar än

- enskilda vertikala och lutande pålar: $e \leq e_{\max} = 0,025 \text{ m}$
- raka eller lutande pålar med lutning $\geq 15:1$ ($\Theta \geq 86^\circ$):
 $i \leq i_{\max} = 0,015 \text{ (0,015 m/m)}$
- lutande pålar med $4:1 \leq \text{lutning} < 15:1$ ($76^\circ \leq \Theta < 86^\circ$):
 $i \leq i_{\max} = 0,025 \text{ (0,025 m/m)}$.

I kombivägg- och RD-pålväggkonstruktioner är det ofta ändamålsenligt att sträva efter betydligt snävare toleranser än ovanstående allmänna plan- och lutningstoleranser. Vilka toleranser som ska användas fastställs från fall till fall, och redan i planeringsfasen måste man åtminstone preliminärt avgöra vilka åtgärder som behövs för att uppnå snäva toleranser.

I kombiväggskonstruktioner används i allmänhet ramverk av stålbalkar eller liknande som mallar, med vars hjälp pålarna kan placeras exakt på rätt plats. I RD-pålväggskonstruktioner bestämmer startpålen i vägglinjen i praktiken hela väggens riktning och lutning, varför startpålens (startpålarnas) placering och toleranser måste planeras mycket noggrant.

Avvikelser i pålarnas läge och lutning som uppstår i samband med installation beaktas vid planeringen av pålgrunder. Efter installationen mäts pålarnas faktiska position och lutning. Om de på ritningen tillåtna toleranskraven överskrids, måste man undersöka eventuell överbelastning för varje del i konstruktionen och vid behov vidta nödvändiga åtgärder.

4.6 Omgivningspåverkan

Pålgrundläggningar ska projekteras och utföras på ett sådant sätt att de inte reducerar tidigare installerade pålars bärförmåga och inte orsakar skador eller störningar på byggarbetsplatsens närmiljö. Om det finns känsliga konstruktioner i arbetsplatsens omedelbara närhet, ska de undersökas i tillräcklig omfattning i samband med grundundersökningen eller senast innan pålningen startar. Vid behov ska omkringliggande konstruktioners skick utredas.

Omgivningspåverkan kan i hög grad begränsas genom valet av påltyp, pålningsmetod och pålningsutrustning. Slanka slagna RR-pålar tränger undan mycket lite jord i förhållande till sin bärförmåga. Det gör att ökningen av portryck, massundantäckning i marken och hävning i området och dess närhet oftast blir mycket liten. På grund av den slanka tvärsnittsytan kan pålarna drivas ner med bara liten slagenergi under grundvattennivån i lösa silt- och sandjordar. Det medför att kompaktering av ovanstående jordlager på grund av pålningen blir liten. På motsvarande sätt kan neddrivning i täta, vibrations-skapande jordlager genomföras med relativt liten slagenergi, vilket minimerar vibrationerna från pålningen. Särskilt vid användning av lätt pålningsutrustning kan slagna RR-pålar i allmänhet tryggt installeras mycket nära befintliga konstruktioner.

RD-pålar och i synnerhet slanka RD-pålar som installeras enligt installationsanvisningarna tränger normalt inte undan jord och spolar normalt sett inte heller bort extra jord, vilket betyder att miljöpåverkan såsom massundantäckning, förtätning, vibration och ökande porvatten-tryck är mycket liten. Med stora RD-pålar ($\geq$ RD400) kan det på grund av stor mängd spolning (oftast tryckluft) och större sänkborrhamarutrustning uppstå en viss, mindre miljöpåverkan, som måste beaktas vid planering och utförande. Framför allt när RD-pålar installeras i omedelbar närhet av befintliga konstruktioner.

RR-tryckpålen som oftast används i grundförstärknings-objekt är den påltyp som i allmänhet orsakar minst omgivningspåverkan, och den har också en mycket låg bullernivå.

På mjuk mark kan tung pålningsutrustning ($>40\text{--}60\text{ t}$) orsaka större vibration än själva pålningen.

5 PÅLNINGSARBETE

5.1 Lagring, hantering, kontroll och resning av stålpålar

För lagring och hantering av stålpålar på arbetsplatsen finns en särskild anvisning *Pålar och tillbehör, -Säkerhetsrekommendationer för hanteringen på byggplatsen*. Den kan laddas ned från Ruukis hemsida.

Mottagningsbesiktning av pålarna och tillbehören görs omedelbart efter att leveransen anlänt till arbetsplatsen. Vid mottagningsbesiktningen kontrolleras visuellt att leveransen stämmer överens med beställningen och fraktsedeln. Pålarnas stålsort och dimensioner kontrolleras mot lastsedeln och mot märkningen på pålröret. Pålelementen och tillbehören ska motsvara produkterna i konstruktionshandlingarna för projektet. Defekta eller felaktiga produkter får inte installeras.

Närmare anvisningar om hantering och installation av gängade RD-pålar och gängade skarvhylsor ges i avsnitt 5.3.

Före installation inspekteras pålarna och tillbehören ytterligare en gång för att kontrollera att pålarna inte har skadats under den tid de hanterats och lagrats på arbetsplatsen.

Resning av pålelement och pålrör görs i allmänhet genom att lyfta påländen med lyftvajer eller liknande. Vid resningen är det mycket viktigt att iakttä säkerhet, t.ex. att lyftanordningen inte kan släppa från pålen. Pålningsutrustningen bör vara placerad intill pålen under resningen, så att den inte behöver flyttas mer än för nödvändiga justeringar medan pålen är rest.

Momentbelastningen som orsakas av pålens egen vikt är aldrig kritisk vid resning av RR- eller RD-mikropålar. Gränslängden för när grova pålar kan resas i påländen utan noggrannare kontroll är 20 meter. Resning av längre pålar än så måste planeras från fall till fall med hänsyn till pålens dimensioner. Vid resningen måste man beakta pålningsmaskinens stabilitet och iakttä de vikt- eller räckviddsbegränsningar och de anvisningar som gäller för lyft med maskinen.

5.2 Installation av RR-pålar

5.2.1 Pålningsutrustning

Allmänt

Pålningsutrustningar omfattas av SS-EN 996 samt SS-EN 791. Slagutrustning som lämpar sig för installation av RR-pålar kan delas in i följande huvudklasser:

- fall- och hydraulhejare
- hydraul- och tryckluftshammare
- annan slagutrustning
- hydrauliska domkrafter.

Slagutrustningens tillverkare, importör eller användare ska undersöka de faktorer som väsentligt påverkar pålningen, såsom slagningens totala effektivitet, tillämpliga stötskydd för pålslagningen och stötskyddets påverkan på spänningar som överförs till pålen. Ovanstående faktorer kan kontrolleras t.ex. med stötvågmätningar, och pålningsentreprenörerna bör arkivera och vid behov

analysera resultaten av stötvågmätningarna. I samband med väsentliga ändringar av slagutrustningen eller vid installation av nya påltyper med utrustningen ska data uppdateras.

Vid pålning av RR-pålar med hjälp av kranmonterad slagutrustning måste pålen på något vis stöttas. Hela pålningsutrustningen ska vara förankrad och monterad på ett sätt som gör att den inte svajar vid pålningen.

Frifallshejare

Fallhöjden för fallhejare kan i allmänhet väljas fritt med beaktande av den aktuella utrustningens begränsningar. Lämplig massa för hejare beror av pålstorleken och grundförhållanden. Vid slagning av RR-mikropålar i tät jord kan en tung hejare vara en fördel, men samtidigt ökar risken för krökning av pålen. Rekommenderad min- och maxvikt för hejaren visas i Tabell 3.9. För RR270 – RR800 rekommenderas hejarvikter mellan 4 ton – 9 ton.

Tabell 5.1. Hejarvikter och fallhöjder för stoppslagning enligt Nivå 1. Stoppslagning med frifallshejare till sjunkning $s < 5\text{ mm}/10\text{ slag}$, stålsort S460MH för RR-pålar och S550J2H för RRs-pålar.

Påltyp	Vikt [kg/m]	F _{stuk} [kN]	Dim. geoteknisk bärförmåga R _{d,GEO} Nivå 1 [kN]	Hejare [kN]	Fallhöjd i meter vid olika pållängder i meter				
					5 m	10 m	20 m	30 m	40 m
RR75	10,8	635	210	5	0,40	0,45	0,55	0,65	0,80
				7,5	0,25	0,35	0,45	0,50	0,60
				10	0,20	0,30	0,35	0,40	0,45
RR90	12,8	752	248	5	0,50	0,65	0,80	0,90	1,10
				7,5	0,35	0,50	0,60	0,70	0,85
				10	0,30	0,40	0,45	0,50	0,60
RR115/6,3	16,8	983	324	7,5	0,50	0,65	0,80	0,95	1,15
				10	0,35	0,50	0,60	0,65	0,80
				20	0,20	0,30	0,35	0,40	0,50
RR115/8	21,0	1229	406	10	0,45	0,60	0,70	0,80	0,95
				20	0,25	0,35	0,40	0,45	0,55
RRs115/8	21,0	1469	485	10	0,70	0,95	1,10	1,25	1,50
				20	0,40	0,55	0,60	0,70	0,85
RR140/8	26,0	1523	503	20	0,30	0,45	0,55	0,60	0,70
				30	0,20	0,30	0,40	0,45	0,55
RR140/10	32,0	1874	618	20	0,35	0,50	0,60	0,70	0,85
				30	0,25	0,40	0,45	0,50	0,60
RRs140/10	32,0	2241	740	20	0,55	0,80	0,95	1,10	1,30
				30	0,40	0,60	0,70	0,80	0,95
RR170/10	39,0	2288	755	30	0,35	0,50	0,60	0,65	0,80
				40	0,25	0,40	0,50	0,55	0,65
RRs170/10	39,0	2735	903	30	0,55	0,80	0,95	1,00	1,25
				40	0,40	0,60	0,80	0,85	1,00
RR170/12,5	48,0	2814	929	30	0,40	0,55	0,65	0,75	0,95
				40	0,30	0,45	0,55	0,60	0,70
RR220/10	51,6	3022	997	30	0,50	0,75	0,85	0,95	1,20
				40	0,40	0,55	0,65	0,75	0,90
				50	0,30	0,45	0,55	0,65	0,75
RR220/12,5	63,7	3732	1232	30	0,60	0,80	0,95	1,10	1,30
				40	0,45	0,65	0,75	0,85	1,00
				50	0,35	0,55	0,60	0,70	0,85

Mellan hejaren och pålen sitter en slagdyna. Vid slagning av betongpålar används vanligtvis dynträ mellan slagdynan och pålhuvud. Vid slagning av stålrörspålar behövs i allmänhet inte dynträ. Påländen måste dock placeras i slagdynan på ett sätt som gör att slagen centeras.

Vid installation av skarvade pålar som är utrustade med utvändiga hylsskarvar med hylsan uppåt ska anpassat slagdon alltid användas, så att slaget går förbi hylsan och fördelar lasten på pålelementet, se Figur 5.1. Pålningen kan även utföras med hylsan nedåt så att slagen angriper änden utan skarv. Även i dessa fall krävs ett anpassat slagdon.



Figur 5.1. Exempel på lastfördelande slagdon mellan hammaren och pålen.

Installation av grova spetsburna stålörspålar i nordisk geologi kan för det mesta utföras med relativt små hejare. I mäktiga friktions- och moränjordar måste man använda tillräckligt stor slagen energi för att neddrivningen av pålen ska vara effektiv. Genom förberedande undersökningar kan man bedöma om installationsutrustningen har tillräcklig slagen energi och efterföljande provbelastning visar om hejare och fallhöjd kan mobilisera tillräckligt geotekniskt statiskt motstånd. Det faktiskt mobiliserbara motståndet är starkt beroende av pålstorleken, pållängden och grundförhållandena. Med kortare pålar som säkert drivs in i berget är det lättare att uppnå tillräckligt statiskt motstånd än med långa pålar som drivs i moränlager.

Hydraul- och tryckluftshammare

Hydraul- och tryckluftshammare är snabbslående anordningar som lämpar sig ytterst väl för installation av slanka RR - pålar. De lämpar sig också för installation av grövre pålar om optimering av geoteknisk bärförmåga inte är ett krav. Fördelar med hydraul- och tryckluftshammare vid installation av RR-pålar är bl.a. högt slagantal och stor slagkraft, som gör att installationen går snabbt; pålarna kan i de flesta fall installeras mycket rakt, och slagutrustningen är lätt och kan monteras på flera slags basmaskiner.

Vid nyttjande av dessa hejare är det ett krav att hammarens slagkolv skall ha en vikt på minst 2 ggr pålens vikt per löpmeter. Exempel på lämpliga hammare redovisas i Tabell 5.2. Det är upp till entreprenören att ställa in dessa och kontrollera att dessa hammare slår med lämplig och godtagbar slagen energi mot pålarna. Alternativt krävs kontrollslagning med godkänd hejare eller stöt-vågmätningar för att verifiera slagningen.

Hydrauliska domkrafter

Vid grundförstärkningar installeras tryckta pålar med hjälp av hydrauliska domkrafter. Installationsutrustning och tryckningsmetod ska väljas så att pålarna säkert kan tryckas med planerad tryckkraft utan att arbetet ger skador på närliggande konstruktioner. Anordningen för mätning av installationsutrustningens tryckkraft ska vara kalibrerad och ge tillförlitliga mätresultat.

Övrig installationsutrustning

Användning av vibrerande aggregat kan vara fördelaktigt vid installation av RR-pålar i de fall pålarna installeras till ett bestämt djup, t.ex. som fundament till bullerskydd. Vibratorn kan fästas antingen i påländen eller mitt på pålen och bör ha en frekvens över 25 Hz. Neddrivningen av pålen kan effektiviseras genom att trycka pålen nedåt. Vibratorns lämplighet och val av vibrator för olika pålstorlekar beror dels på grundförhållanden dels på pålens längd eller massa. I grundförhållanden där friktionsjordar ovan berget inte innehåller sten, inte är så täta och är förhållandevis tunna, kan RR-pålar installeras mycket pålitligt med hjälp av vibrator ända till bergytan.

Om det har projekterats stora vertikala laster på den vibratorinstallerade pålen måste stoppslagning och/eller stötvågsmätningar ske med en annan slagutrustning enligt ovan. Användning av vibrator vid installation av stål-pålar behandlas utförligare i *Pålkommissionens rapport 99 "Vibratorers användningsmöjligheter vid drivning av pålar och spont"*.

5.2.2 Inledning av installation

Pålen positioneras noggrant och lutningen kontrolleras t.ex. med vattenpass eller lutningsmätare i pålningsutrustningen. Slagen styrs i pålens längdaxelriktning och centrerat på påländen. I den inledande fasen av installationen, när pålspetsen har sjunkit ner en aning i marken, kontrolleras pålens lutning och position igen.

5.2.3 Slag och tillåtna stålspänningar

I mjuka jordlager används en slagen energi som ger en rimlig sjunkning i storleksordningen ca 100 mm per slag, varvid man undviker risken att mekaniska skarvar på mikropålar lossnar. Vid neddrivning används den slagen energi och det slagantal, beroende på motståndet, som gör pålningen effektiv.

Under installationen får spänningarna inte överstiga 90 % av stålets sträckgräns. Om stålspänningarna övervakas under produktionen kan spänningar motsvarande 1,08 ggr stålets sträckgräns tillåtas, se avsnitt 3.5.3. Om pålen före stoppslagningen exempelvis stöter på en stor sten rekommenderas att något mindre fallhöjder eller slagen energier används än de som anges i Tabell 5.1 respektive 5.2, så inte risken för överskridande av spänningarna blir för stor. När hindret har passerats kan fallhöjden / slagen energi åter ökas.

Tabell 5.2. Data på olika hammare enligt specifikation från tillverkarna.

Hammare	Kolvvikt [kg]	Max slagenergi enligt tillverkare [J]	Max fallhöjd [m] ²⁾	Spettvikt [kg] ¹⁾	N _{min} [slag/min]	N _{max} [slag/min]
Furukawa:						
HB 3G	9,45	392	4,23	13	550	1450
HB 5G	16,7	686	4,19	23	400	1050
HB 8G	28,6	1079	3,85	40	400	850
HB 10G	47,9	1765	3,76	67	450	1050
HB 15G	68,3	2746	4,10	96	400	900
HB 20G	101,0	4119	4,16	141	400	800
F 5	12,2	710	5,93	17	700	900
F 6	18,2	884	4,95	25	650	1600
F 9	31,0	1305	4,29	43	400	1400
F 12	46,0	2320	5,14	64	450	900
F 19	64,0	3579	5,70	90	400	750
F 22	95,0	4572	4,91	133	360	700
F 35	135,0	6883	5,20	189	320	600
F 45	174,0	8829	5,17	244	300	500
Krupp:						
HM 110	11,8	450	3,89	17	850	1000
HM 200	24,0	800	3,40	34	480	650
HM 700	60,5	2400	4,04	85	400	500
HM 800	93,0	3200	3,51	130	300	600
HM 900	95,0	3850	4,13	133	450	900
HM 2000	135,0	8500	6,42	189	325	585
Atlas Copco:						
TEX 200/250	12,1	565	4,76	17	300	900
TEX 600	22,0	1100	5,10	31	360	720
Tryckluftshejare:						
MKT 5	91	1380	1,55	39		300
MKT 6	181	3460	1,95	91		275
MKT 7	363	5740	1,61	140		225
BSP 500N; MK2	91	1650	1,85	113		330
BSP 600N; MK2	227	4150	1,86	227		250
BSP 700N; MK2	385	6500	1,72	281		225

¹⁾Vikt på spett antagen till 1,4*vikt slagkolv

²⁾Slagenergi omräknad till fallhöjd ($W = m \cdot g \cdot h$)

För att centrera slaget och skydda påländen används på samma sätt som för tunga hejare ett slagdon av stål mellan pålen och hammaren, se Figur 5.1.

Vid installation av lutande pålar måste man tänka på att den slagen energi som överförs till pålen kan vara betydligt mindre än vid slagning av vertikala pålar.

För stora pålar och kombinationer med slaganordning och påle, som inte tidigare har analyserats, kan spänningar vid slagning bedömas genom simulering baserad på stötvågsteori. Stålspänningen och slagens centrering kan dock lättast övervakas i samband med dynamiska stötvågsmätningar.

Om pålens kapningsnivå ligger under mark- eller vattennivån, kan man montera en förlängningspåle längs pålens längdaxel mellan slaganordningen och påländen. Förlängningspålen ska ha ungefär samma impedans som pålen, dvs. ett stålrör med samma eller nästan samma (+/- 20 %) ståltvärsnittsarea som själva pålen.

5.2.4 Tilläggshanvisningar för installation och skarvning av RR75-RR220-pålar

Slagning av RR75-RR220-pålar börjar i allmänhet med en oskarvad påldel, t.ex. en tidigare kapad påle. Före installationen sätts en pålsko (jord- eller bergsko) fast på pålens nedre ände t.ex. med en slägga. Det är inte tillåtet att slå på en bergskos härdade dubb på grund av splittrrisken. Bergskorna har ett maskinbearbetat spår och placeras så att spåret passas mot pålens längsgående invändiga svetssöm. Pålskor måste slås fast tillräckligt hårt så de inte kan lossa på grund av dragspänningar under slagningen. Under stoppslagningen slås pålsko och rör ihop till slutligt läge.

Pålen kan installeras så att den utvändiga skarven antingen hamnar upptill eller nedtill. Vid slagning med skarvhylsan uppåt måste man använda ett slagdon som för slagkraften förbi skarvhylsan till pålröret. Det är inte tillåtet att slå på skarvhylsan. Om pålningen utförs så att slagen angriper änden utan skarv rekommenderas istället en anpassad slaghatt.

Om man använder invändig skarv ska skarven monteras i den undre pålen så att det maskinbearbetade spåret kommer mitt för den längsgående invändiga svetssömmen. Före skarvningen kontrolleras skicket på pålens övre ände och den eventuellt skadade delen repareras eller tas bort. Skarvstycket trycks eller slås försiktigt fast varpå en glipa mellan pålen och skarvstycket uppstår. Efterföljande pålelement monteras sedan på motsvarande sätt på skarvstycket.

5.2.5 Tilläggshanvisningar för installation av RR270-RR1200-pålar

Pålen ska stödjas i början av slagningen eller neddrivningen så att den håller sig på avsedd plats och har rätt lutning. Under slagningen eller neddrivningen ska stödet fungera som styrning för pålen så att pålens kapningsnivå hela tiden hålls inom gränsen för angivna tolerans-

krav. Om det är svårt att ordna med stöd åt pålens övre ände måste den övre ändens placering och lutning följas noggrant under pålningsarbetet. I de fall pålen avviker från utsatt position och lutning måste man försöka korrigera felet. Om pålspetsen stöter mot en sten eller ett block i marken och försöker ändra riktning på grund av detta ska man kunna släppa på styrningen så att pålen kan undvika hindret utan att krökas. Om man behöver släppa på styrningen mer än vad toleranserna för pålens position och lutning tillåter, krävs det att man kontrollerar dimensioneringen av pålgrundens konstruktion.

RR270-RR1200-pålar skarvas med svetsning enligt avsnitt 5.4. Före skarvningen kontrolleras skicket på pålens övre ände och den eventuellt skadade delen repareras eller tas bort.

Vid installation av grova pålar med täta pålskor i vattendrag eller under grundvattennivån, utsätts pålen för en lyftkraft som, beroende på jordens egenskaper, kan överstiga den sammanlagda kraften från pålens vikt och pålens mantelmotstånd. I sådana fall är det enklast att fylla pålarna helt eller delvis med vatten för att få tillräcklig motvikt.

Vid beställning av stora pålar bör man ta hänsyn till att det för PDA-mätning behövs en sträcka på $2 \times D$ för mätningen i pålens överdel.

5.2.6 Stoppslagning av spetsburen påle med frifallshejare

Innan stoppslagningen börjar får ingen paus göras i installationen och stoppslagningen ska göras utan avbrott. Om man är tvungen att avbryta stoppslagningen och pålarnas geotekniska bärförmåga inte kan betraktas som tillräcklig utifrån redan slagna serier, sjunkningsnivå eller bärighetsmätningar, måste pålen "lossas" innan stoppslagningen fortsätter med t.ex. 3-5 serier av tio slag med utnyttjande av cirka 50-70 % slagen energi i förhållande till stoppslagningsvillkorets nivå.

När man närmar sig bergytan vid installation av pålar med härdad dubb används mindre fallhöjd än stoppslagningsanvisningarna anger. När man nått bergytan ökas fallhöjden gradvis till stoppslagningsanvisningarnas nivå. När bergytan är relativt jämn och täcks av friktionsjord eller moränlager som ger bra stöd, kan fallhöjden ökas mycket snabbt till den nivå som stoppslagningen kräver. Om spetsen då börjar glida eller bergytan är sned, måste fallhöjden återigen minskas för att möjliggöra inmejsling av bergskons dubb, varefter fallhöjden ökas till den nivå som stoppslagningsvillkoren kräver. Med små pålar kräver inmejsling av dubben i sned bergyta minst 300-500 slag efter att den nått berget och med stora pålar upp till tusentals slag. Vid slagning av RR400-RR1200 med bergskor med dubb av konstruktionsstål följs samma principer.

En påle som nått berg kan stöta i så hårt när den slås mot berget att pålspetsen efter slaget lossar från bergy-

tan. Då slås pålen efter den sista stoppslagningsserien några gånger med låg fallhöjd, så att pålspetsen sitter kvar i berget.

5.2.7 Stoppslagning av spetsburen påle med hydraul- eller tryckluftshammare

RR-pålar kan med fördel även stoppslås med lätta hydraul- eller tryckluftshammare. Vid nyttjande av dessa hejare är det ett krav att hammarens slagkolv skall ha en vikt på minst 2 ggr pålens vikt per löpmeter. Exempel på lämpliga hammare redovisas i Tabell 5.2. Pålens sjunkning per minut skall vara max 5 mm. Det är upp till entreprenören att ställa in dessa och kontrollera att dessa hammare slår med lämplig och godtagbar slagenergi mot pålarna. Projektspecifika stoppslagningskriterier kan bestämmas genom simulering med s.k. WEAP-analys. I de fall stötvägs-mätningar ska utföras kan kontrollslagning med godkänd hejare användas för att verifiera stoppslagningen.

Innan stoppslagningen börjar får ingen paus göras i installationen och stoppslagningen ska göras utan avbrott. Om man är tvungen att avbryta stoppslagningen och pålarnas geotekniska bärförmåga inte kan betraktas som tillräcklig utifrån redan slagna serier, sjunkningsnivå eller bärighetsmätningar, måste pålen "lossas" innan stoppslagningen fortsätter.

När man närmar sig en bergyta vid installation av RR-pålar med bergsko används mindre värden för slagkraft och slagantal än hammarens maximala kapacitet. Efter att man nått bergytan höjs slagkraften och slagantalet gradvis till hammarens maximinivå. Om spetsen börjar glida på släntberg, måste slagenergin återigen minskas för att möjliggöra inmejsling av bergskons dubb. Därefter höjs återigen slagkraften och slagantalet till hammarens maximinivå. För att dubben säkert ska fastna i en sned bergyta krävs det i allmänhet en slagserie på minst 1–2 minuter (minst 300–500 slag) med mindre slagkraft än maximieffekt.

5.2.8 Provpålning och produktionskontroll

I början av pålningsarbetet installeras provpålar på ställen som är representativa för grundförhållandena i projektet. Oftast placeras en eller flera pålar på ställen där pållängderna är som störst eller grundförhållandena som besvärligast med hänsyn till utförandet. I allmänhet är provpålar pålar som ska användas i den slutliga konstruktionen, men vid behov kan särskilda provpålar installeras.

Vid provpålningen görs en dynamisk provbelastning av pålarna. Vid provbelastning av pålar som installeras med hydraul- eller tryckluftshammare rekommenderas att man använder en särskild provbelastningshejare för att mobilisera tillräcklig geoteknisk bärförmåga. Om installationen tyder på att pålarna vilar på berg, kan provbelastningarna göras mycket snart eller genast efter installationen av pålarna. För pålar som vilar i jordlager rekommenderas att

det dröjer minst ett dygn, helst längre, mellan installationen och provningen. I allmänhet blir motståndet som mäts i pålarna större ju längre man väntar.

På basis av de dynamiska provbelastningarna fastställs lämpliga stoppslagningsvillkor. Om pållängderna eller grundförhållandena är mycket skiftande, ges separata stoppslagningsvillkor för olika pållängder och grundförhållanden.

5.2.9 Stoppslagning av friktionspålar

I början av, eller före det egentliga pålningsarbetet, görs en provpålning där friktionspålarna slås till en nivå som bedömts utifrån grundundersökningar, statiska bärighetsformler, och/eller utifrån stötvägsteorin analyserad stoppslagningskriterium. Den geotekniska bärförmågan mäts med dynamiska provbelastningar med hjälp av signalmatchning (CAPWAP-analys). I grovkorniga jordlager utvecklas mantelmotstånd i allmänhet inom en vecka, men i silthaltig jord kan det ta betydligt längre tid. På basis av dynamiska provbelastningar fastställs pållängd och/eller föreskrivet stoppslagningskriterium.

5.3 Installation av RD-pålar

5.3.1 Pålningsutrustning och borrhningsmetoder

Vid installation av RD-pålar används utrustning som bygger på antingen topphammare eller sänkborrhammare. Med båda typerna av utrustning kan man använda antingen excentrisk eller centrisk borrhningsmetod.

Utrustning med topphammare

En topphammare kan vara antingen pneumatisk eller hydraulisk. Med topphammarutrustning kan man installera pålar med diametrar upp till RD170. Borrhammarens slag riktas i allmänhet mot en roterande borrhstång inuti pålen och vidare mot en slagsko i spetsen på RD-pålen. Borrhningseffekten minskar med större pållängd och större antal skarvar. Den största möjliga pållängden vid installation med topphammare är i allmänhet 30 meter, även om det går att installera 50-meterspålar i mäktigt och mjuk kohesionsjord.

Utrustning med sänkhammare

Vid sänkhamarborrning angriper hammaren pålrörets nedre ände. Slaget träffar slagskon, varvid RD-pålen "dras" ner i marken. Till skillnad från topphammarborrning medför detta ökad effektivitet vid drivning samt minskade slagljud. Med borrhutrustning som bygger på sänkborrhammare är det möjligt att installera alla dimensioner som Ruukki tillhandahåller. Pålens längd har i praktiken ingen större betydelse med avseende på borrhningseffekt och installationshastighet, åtminstone inte för de längder som normalt förekommer inom pålgrundläggning.

Erfarenhetsmässigt är RD-pålar som installeras med sänkhammare i allmänhet rakare än RD-pålar som installeras med topphammarutrustning.

Excentrisk borrhingsmetod

Vid excentrisk borrning används en pilotborrkrona med en fast ansluten excentrisk del. Metoden kan användas både med topp- och sänkborrhambaserad utrustning. Vid borrningen rymmer pilotkronan ett hål som blir något större än pålens ytterdiameter. En del av jorden som tas bort spolas ut i den omgivande jorden, en del spolas också upp till markytan längs utsidan av pålen och en del kommer in i pålen och går ut den vägen.

När avsett borrhjup har uppnåtts roteras piloten i motsatt riktning, varvid kronans excentriska del stängs och borrhkronan, borrhstängerna och eventuell borrhhammare kan tas upp ur pålen.

Vid excentrisk borrning hamnar nedre änden av pålen på en "hylla", vars dimensioner definieras utifrån den borrhkrona som används. Hyllans inverkan på pålens geotekniska bärförmåga måste beaktas vid projektering och kontroll av pålarna. En vanlig metod är att betongfylla, om inte hela pålen, åtminstone nedre änden av hålet.

Centrisk borrhingsmetod

Vid centrisk borrning monteras i pålens nedre ände en slagsko och en ringborrkrona som kan rotera utan att pålen roterar. Under borrning är ringborrkronan låst i pilotborrkronan och efter borrhningens slut roteras pilotborrkronan loss från ringborrkronan och lyfts upp.

Vid behov kan underborrning fortsätta som vanlig bergborrning. På marknaden finns borrhsystem med vilka bergborrningen kan fortsätta med samma pilotkrona, så kallade genomborrande pilotborrkronor. Det vanligaste är dock att underborrningen utförs genom byte av pilotborrkrona.

Metoden kan användas både med topp- och sänkborrhambaserad utrustning. Erfarenhetsmässigt får man med centrisk borrhingsmetod i allmänhet rakare pålar än med excentriska metoder, och i besvärliga förhållanden (blockiga jordar) är den centriska metoden oftast den mest tillförlitliga och snabbaste.

5.3.2 Inledning av installation

Pålen positioneras noggrant på avsedd plats och pålens lutning kontrolleras t.ex. med vattenpass. I objekt med snäva plan- och lutningstoleranser måste man fästa särskild uppmärksamhet vid mätningen. I den inledande fasen av installationen, när pålspetsen har sjunkit ner en aning i marken, kontrolleras pålens lutning och position. Om man bedömer eller uppmäter positionsavvikelsen som alltför stor, lyfts pålen upp och positioneras på nytt.

5.3.3 Borrning av RD-pålar

Vid borrhning av RD-pålar följs tillverkarens anvisningar och rekommendationer för hammare och borrhkronor. Slagskon eller den integrerade slagskon/ringkronan monteras i allmänhet genom svetsning på pålröret enligt

tillverkarens anvisningar. Ringborrkronan som används i centrerade borrhingsmetoder sätts fast på slagskon enligt tillverkarens anvisningar. Slagskon och ringborrkronan ska hålla för minst lika stor belastning under användning som pålen förväntas tåla. För slagskons och borrhkronans hållbarhet ansvarar tillverkaren.

Under borrningen är trycket som orsakas av matningskraften under pilotkronan mindre än spolningstrycket, varvid kronans spolgångar hålls öppna under hela borrningen. Om spolgångarna täpps igen, kan man försöka rensa dem genom att öka spolningstrycket till högsta tillåtna värde samt justera rotations- och matningskraften. Man kan också försöka rensa hålen genom att byta spolningsmedel från vätska till luft. Om spolgångarna inte kan rensas måste pilotkronan lyftas upp ur röret och rensas.

Om RD-pålen stöter mot en stor sten, ett stenblock eller berg hålls matningstrycket nere och rotationshastigheten ökas. Med denna metod minskas risken för sidoförflyttning, lutning och krökning av pålen.

Om det vid installation av RD-pålen finns risk att pålen stöter emot trä i marken, rekommenderas att använda specialkronor för att komma genom hindret och behålla kapaciteten. När man använder större RD-pålar med vanliga borrhkronor kommer man oftast genom, men borrningen går långsammare. Med mindre RD-pålar är risken större att man misslyckas med att ta sig genom trärester. Det är mycket osäkert att borra genom metallskrot i marken utan att riskera att utrustningen blir skadad.

Om RD-pålen går av eller om borrhkronan eller slagskon skadas under borrningen så att neddrivning inte längre är möjlig, ska man försöka lyfta upp hela pålen. Om det inte är möjligt lämnar man i allmänhet kvar pålen. Vid grundförstärkningsarbete är det i allmänhet lämpligt att göra en separat utredning om den skadade pålens geotekniska eller strukturella bärförmåga. På basis av utredningen fastställs i vilken grad den skadade pålen kan utnyttjas.

Under borrningen kontrolleras installationenseffekter på den omgivande marken. Borrning i grovkorniga jordlager kan orsaka att täta jordlager blir lösare eller att lösa jordlager blir tätare. Jorden som stöder pålen blir lösare om volymen på den jord som försvinner vid borrningen är större än pålens volym.

Borrning i finkorniga jordlager kan orsaka störningar i marken och ökning av porvattentrycket. I de fallen minskar jordlagrens fasthet. Fastheten återkommer ganska långsamt och i överkonsoliderade jordlager bara delvis.

Störningar och ökning av porvattentrycket kan förebyggas t.ex. genom att:

- välja borrhingsmetod som passar för grundförhållandena
- begränsa spolningstrycket
- dela upp borrningen av pålarna i etapper eller förlänga pålningstiden.

Som spolningsmedel för borrhningen kan användas luft, vatten, polymerer eller cementbruk. Volymen på jord som försvinner ur marken tillsammans med spolningsmedlet bör vara något mindre eller högst samma som pålens volym och mängden vatten som avlägsnas bör motsvara den mängd som används vid spolningen.

Alltför mycket vatten och/eller jord som stiger upp tillsammans med spolningsmedlet kan orsaka:

- störningar i jordlagren som omger pålen
- negativa effekter under fundament till närliggande konstruktioner
- negativa effekter på närliggande installerade injekterade pålar eller andra nyligen injekterade konstruktioner.

Risken för höjning av mark och/eller vatten ökar:

- i lösa jämnkorniga jordlager
- i mjuka finkorniga jordlager
- vid användning av borrhningsutrustning som bygger på sänkhämmare vid direktspolning under grundvattnenivån.

Om luften som används som spolningsmedel helt absorberas i marken måste borrhningen avbrytas.

RD-pålar borrar in i berget till avsett djup. Vid bergborrningen uppmärksammas borrhkaxets färg, penetreringshastighet och uppfyllande av vatten. Utifrån detta kan man bedöma bergets kvalitet.

RD-pålar som inbarras i berget kontrollsås alltid efter att borrhstängerna och pilotkronan lyfts upp. Pålröret kan dras med upp en aning när pilotkronan och borrhstängerna lyfts ur pålen. Kontrollslagningar kan göras till exempel genom att slå med borrhhammaren på pålen.

5.3.4 Hantering och installation av gängade pålelement och hylsskarvar

Mottagning och inspektion

Pålelementen levereras till arbetsplatsen med den koniska gängan lätt inoljad och skyddad med en plastfilm. I samband med mottagandet ska man kontrollera att materialen och dimensionerna motsvarar det som föreskrivits.

RDs-pålens skarvhylsa är längre än RD-pålens skarvhylsa vid motsvarande pållängd och den har en ögångad rak del i hylsans ändar. RDs-pålelementen har motsvarande raka svarvade del, vilket inte RD-pålelementen har. Skarvhylsor för RD- och RDs-pålar får inte förväxlas.

Kontrollera att det inte finns skador på gängorna och undvik att utsätta gängorna för rostangrepp. Undvik i möjligaste mån även att öppna pålbuntarna före installationen.

Gängriktning

Installationsutrustningen har betydelse för pålarnas gängning. Vid användning av sänkhämmarutrustning

(DTH) roterar borrhspetsen medsols. Då tenderar även pålen i installationsskedet att rotera medsols. För att säkerställa att skarvarna sitter fast bör därför pålarna och hylsorna vara vänstergängade. Vid användning av topphammarutrustning roterar borrhkronan motsols, varför pålarna och hylsorna ska vara högergängade.

Transport och förvaring

Pålelement ska hanteras vid transport och på arbetsplatsen på ett sätt som gör att gängorna inte blir skadade. Pålelementen kan förvaras utomhus, men för att förhindra att gängorna rostar bör pålarna skyddas med presenningar. Presenningarna ska placeras så att pålbuntarna kan torka. Gängade hylsor bör förvaras inomhus. Genom omsorgsfull hantering och förvaring av pålprodukterna förebyggs skador och problemfri installation av skarvarna säkerställs.

Installation

- Borrhkronor

Innan borrhningen inleds bör man kontrollera att ytterdiametern på den borrhkrona som ska användas överensstämmer med skarvhylsans ytterdiameter. I Tabell 5.3 presenteras rekommenderade borrhkronor för normala markförhållanden. Om marken innehåller svårgeometrisk hinder som träbitar eller betongkonstruktioner måste man efter övervägande använda för ändamålet utvecklade specialkronor.

Vid tillverkningen av längdsvetsade rör uppstår det en längsgående svetssöm på insidan av röret. Borttagning av sömmen är inte nödvändig vid användning av de vanligaste pilotkronorna, men det finns skäl att beakta innersömmens påverkan vid valet av pilotkrona. På beställning kan innersömmen tas bort vid tillverkningen av pålröret.

- Skydd av gängorna

Under resningen av pålelementen ska man se till att gängorna inte skadas. Lätta pålelement kan resas utan skydd av ändarna. Tyngre pålelement bör skyddas t.ex. med skyddshylsa av plast eller metall. Skyddet kan t.ex. vara monterat över elementens gängor eller bestå av ett mekaniskt låsbart skydd på pålen.

- Rengöring och smörjning

Innan hylsan vrids på plats måste man kontrollera att både pålelementets ände och hylsans gängor är rena och hela. Vid behov rengörs gängorna med borste, vatten eller tryckluft. Om det har uppstått ytrost på gängorna under förvaring, ska rosten tas bort före montering t.ex. med stålborste. För att försäkra sig om god åtdragning av den gängade skarven, insmörjs de rena gängorna på pålelementen och/eller skarvens gängor med biologiskt nedbrytbart smörjmedel innan installation. Vid användande av ett visköst smörjmedel kan, speciellt vid kalla förhållanden, åtdragningen av skarven bli svårare.

Tabell 5.3. Dimensioner och åtdragningsmoment för gängade hylsskarvar samt typer och dimensioner för borkkronor

Pålprodukter						Borrsystem				
RD-påle	Skarvhylsa		RDs-påle	Skarvhylsa		Erforderligt åtdragnings- moment för skarvar, RD- och RDs-pålar [kNm]	Atlas Copco Rotex	Ytter- diameter ringborr- krona [mm]	Robit Rocktools	Ytter- diameter ringborr- krona [mm]
	D [mm]	L [mm]		D [mm]	L [mm]					
RD90	101.6	110	RDs90	101.6	140	1	Symmetrix P89/8-RD *	107	ROX+ RD90/8 *	105
RD115/6.3	127.0	120	RDs115/6.3	127.0	150	1	Symmetrix P114/8-RD	132	DTH-ROX+ RD115/10	134
RD115/8	127.0	120	RDs115/8	127.0	150	1	Symmetrix P114/8-RD	132	DTH-ROX+ RD115/10	134
RD140/8	152.4	140	RDs140/8	152.4	180	1	Symmetrix P140/8-RD	158	DTH-ROX+ RD140/10	160
RD140/10	152.4	140	RDs140/10	152.4	180	1	Symmetrix P140/10-RD	158	DTH-ROX+ RD140/10	160
RD170/10	181.9	180	RDs170/10	181.9	210	1	Symmetrix P168/10-RD	183	DTH-ROX+ RD170/12.5	188
RD170/12.5	181.9	180	RDs170/12.5	181.9	210	1	Symmetrix P168/12.5-RD	188	DTH-ROX+ RD170/12.5	188
RD220/10	234.9	180	RDs220/10	234.9	210	3	Symmetrix P219/10-RD	239	DTH-ROX+ RD220/12.5	240
RD220/12.5	234.9	180	RDs220/12.5	234.9	210	3	Symmetrix P219/12.5-RD	239	DTH-ROX+ RD220/12.5	240

Notering: Alla ringborkkronor är till sänkhammarutrustning utom de som markerats med en asterisk (*), de används vid topphammarboring. Vid sänkhammarboring är hylsa och påle vänstergängade, men hörgängade vid topphammarboring.

• Åtdragning

Hylsan vrids fast för hand i det monterade pålelementet och dras åt lätt med kedjenyckel eller pålningsutrustningens rotationsenhet. Slutlig åtdragning görs efter att det översta pålelementet monterats. Efter montering av skarvhylsan monteras det övre pålelementet på hylsan och dras åt med pålningsutrustningens rotationsenhet eller för hand med kedjenyckel. Se vid monteringen till att gängorna hamnar rätt. Skarvens slutliga åtdragningsmoment ska vara minst det som anges i Tabell 5.3. Det är inte nödvändigt att skarven gängas till dess att påländarna får kontakt utan skarven är utformad så att kraven tillgodoses om installationen utförs enligt ovanstående instruktioner.

5.4 Skarvning av stålörspålar genom svetsning

Alla stålsorter som används vid tillverkningen av Ruukis stålörspålar lämpar sig väl för svetsning. Broschyren *Skarvning av stålörspålar genom svetsning*, som kan laddas ner från Ruukis hemsida, beskriver svetsningsarbetets utförande samt krav på kvalitet och inspektion.

5.5 Kapning av påle

Stålpålarna kapas normalt enligt angivet pålavskärningsplan vinkelrätt mot pålens längdaxel. Kapningen kan göras med vinkelslip eller skärbrännare. Eventuella ojämnheter efter kapningen tas bort med slipskiva. God anliggning tillgodoses enligt angivna krav i SS-EN 1090-2.

5.6 Rengöring av pålar

Före betongfyllning av RR-pålar och RD-pålar kontrolleras att de är rena. RD-pålar rengörs i allmänhet genom (trycklufts)spolning i samband med att pilotkronan lyfts

upp. Eventuellt borkkax som fastnat i RD-pålarna spolats bort med vatten. Pålen kan normalt antas vara ren, när det uppstigande vattnet är rent. Eventuell rengöring av slagna pålar som är öppna i nedre änden planeras och utförs från fall till fall.

5.7 Armering och betongfyllning av pålar

Armeringsstålet ska uppfylla SS-EN 10080, andra stål går att använda om deras egenskaper uppfyller kraven i SS-EN 1992-1.

Enligt SS-EN 12699 (Massundantäckande pålar) ska betongtäcksikt från pålrörets insida till huvudarmeringen vara minst 40 mm. Vid användning av mindre rör som armering är minsta täcksikt vanligtvis 25 mm.

Om påldiametern är under 200 mm (RR75–RR/RD170) används ofta injekteringsbruk som fyllning, i grövre pålar används ofta betong med högre hållfasthet. Betongfyllning utförs om möjligt alltid som torrgjutning. Kontrollera att pålröret är rent före gjutning. I slagna pålar som är försedda med mekaniska bergskor och skarvar kan det komma in vatten genom pålspetsen eller skarvarna. I allmänhet är dock tillrinningen av vatten så långsam, att pålarna kan torrgjutas om pålarna pumpas tomma strax innan gjutningen.

I bergborrade RD-pålar kan det komma så mycket vatten genom den öppna botten att torrgjutning inte är möjlig. Då kan man gjuta en betongpropp i pålens botten med undervattensgjutning. När pålens botten är vattentät pumpas vattnet bort och pålen armeras och gjuts.

Om pålarna dimensioneras och installeras som samverkanskonstruktioner eller om stålörspålen i grova pålar

bara fungerar som gjutform i den slutliga konstruktionen, görs eftervibrering på 1,5 m avstånd. Före eftervibreringen måste separerad massa av dålig kvalitet tas bort från betongytan.

5.8 Montering av tryckplattor

Standard tryckplattor (Tabell 2.12) monteras centrerat i pålröret med hjälp av hylsan i topplåten. På betongfyllda pålar trycks tryckplattan fast mitt i påländen efter betongfyllningen. Vid vibrering i samband med gjutning av betongkonstruktioner som ska vila på pålarna måste man se till så att tryckplattan inte stiger. För pålar som dimensionerats för samverkanskonstruktioner är det extra viktigt att gjutningen av stålpålarna och monteringen av tryckplattorna görs noggrant. Det får inte förekomma något tomrum mellan undersidan av tryckplattan och betongen. Vid behov används tryckplattor med hål genom vilka efterinjektering kan utföras för att fylla eventuella tomrum. Om det uppstår skjuv- eller momentspänningar mellan tryckplattan och pålen svetsas plattan fast i pålröret. Se *SS-EN 1090-2* för information om de toleranser som krävs för att uppnå god anliggning.

Bilaga A Dimensioneringstabeller för slagna pälår

Lastkapacitetsberäkningar har gjorts för dimensioner mellan RR75 – RR220. Dimensionerande lastkapacitet modelleras och beräknas enligt *Pålkommisionen rapport 84a + supplement* samt *Pålkommisionen rapport 96:1 + supplement*. Olika dimensioneringsvärden för tvärsnittstorheterna redovisas i Tabell 2.13. Beräkningarna gäller RR-pälår med respektive utan betongfyllning. Stålsorten är S460MH för RR-pälår och S550J2H för RRs-pälår. Andelen långtidslast har genomgående antagits till 85 % i brottgränstillstånd samt 100 % i bruksgränstillstånd. I nivå 1 har maximal geoteknisk bärförmåga antagits till $0,33 \times F_{\text{stuck}}$, i nivå 2 till $0,44 \times F_{\text{stuck}}$ och i nivå 3 till $0,55 \times F_{\text{stuck}}$. Observera att bärförmågan kan visa sig vara både högre och lägre beroende på objektspecifika förutsättningar. Vid samverkan betong - stål tillses att överkonstruktionen vilar med god anliggnng mot pälårna, se avsnitt 5.8 ovan och SS-EN 1090-2.

A.1 RR®-pälår i brottgränstillstånd | 1 + 0 mm rostmån

Tabell A.1. Dimensionerande bärförmåga i brottgräns. Avrostning: 1 mm utvändig, 0 mm invändig. Betongfyllda RR-pälår är beräknade som samverkanskonstruktioner enligt SS-EN 1994. I Tabell A.1 har antagits betongfyllda pälår i hållfasthetsklass C30/37.

Pälåtyp	F_{stuck} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L_k/xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid dimensionerande skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RR75	635	210	280	350	$L_k/200$	144	171	217	257	287	326	343	360
					$L_k/300$	161	191	242	284	318	356	376	390
					$L_k/600$	187	220	278	327	357	395	414	427
RR90	752	248	331	414	$L_k/200$	190	225	285	335	366	410	433	448
					$L_k/300$	211	250	318	371	402	445	468	484
					$L_k/600$	245	289	365	421	452	492	515	529
RR115/6,3	983	324	433	541	$L_k/200$	294	349	437	495	537	582	616	636
					$L_k/300$	329	389	489	550	588	637	665	685
					$L_k/600$	379	448	562	618	654	701	728	747
RR115/8	1229	406	541	676	$L_k/200$	317	377	480	560	611	684	732	759
					$L_k/300$	356	421	533	627	678	754	793	820
					$L_k/600$	411	485	612	704	762	833	871	897
RR140/8	1523	503	670	838	$L_k/200$	447	532	678	779	830	921	970	1003
					$L_k/300$	504	597	757	854	921	1002	1048	1081
					$L_k/600$	583	687	865	967	1024	1104	1149	1179
RR140/10	1874	618	825	1031	$L_k/200$	477	569	726	839	941	1062	1134	1176
					$L_k/300$	541	640	812	943	1045	1164	1228	1271
					$L_k/600$	626	739	932	1086	1183	1290	1351	1391
RR170/10	2288	755	1007	1258	$L_k/200$	655	779	996	1143	1259	1391	1471	1522
					$L_k/300$	748	886	1122	1288	1382	1518	1591	1641
					$L_k/600$	865	1020	1285	1443	1549	1675	1745	1792
RR170/12,5	2814	929	1238	1548	$L_k/200$	702	830	1063	1265	1397	1602	1710	1778
					$L_k/300$	801	949	1202	1417	1573	1756	1855	1921
					$L_k/600$	927	1094	1380	1614	1762	1948	2042	2105
RR220/10	3022	997	1330	1662	$L_k/200$	1053	1244	1548	1747	1862	2028	2123	2190
					$L_k/300$	1182	1399	1746	1927	2042	2198	2291	2357
					$L_k/600$	1363	1608	1989	2157	2266	2417	2505	2564
RR220/12,5	3732	1232	1642	2053	$L_k/200$	1129	1335	1651	1969	2105	2349	2473	2559
					$L_k/300$	1266	1499	1898	2132	2286	2554	2675	2759
					$L_k/600$	1463	1726	2176	2446	2607	2816	2933	3010

A.2 RR®-pålar i bruksgränstillstånd | 1 + 0 mm rostmån

Tabell A.2. Dimensionerande bärförmåga i bruksgräns. Avrostning: 1 mm utvändig, 0 mm invändig. Betongfyllda RR-pålar är beräknade som samverkanskonstruktioner enligt SS-EN 1994. I Tabell A.2 har antagits betongfyllda pålar i hållfasthetsklass C30/37

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid karaktäristisk skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RR75	635	210	280	350	L _k /200	93	112	147	178	206	268	322	351
					L _k /300	113	136	177	213	245	317	366	381
					L _k /600	145	173	223	266	304	384	405	420
RR90	752	248	331	414	L _k /200	123	149	195	235	272	354	419	436
					L _k /300	150	180	234	281	324	418	456	472
					L _k /600	191	229	294	350	401	479	504	520
RR115/6,3	983	324	433	541	L _k /200	193	234	305	369	426	554	596	618
					L _k /300	234	282	366	440	506	617	648	669
					L _k /600	298	356	457	545	623	684	715	735
RR115/8	1229	406	541	676	L _k /200	205	249	326	393	455	592	709	738
					L _k /300	250	302	392	471	543	701	771	800
					L _k /600	320	383	492	586	672	811	853	881
RR140/8	1523	503	670	838	L _k /200	294	357	466	563	651	846	938	973
					L _k /300	358	431	560	672	774	970	1020	1055
					L _k /600	456	546	700	834	955	1076	1126	1160
RR140/10	1874	618	825	1031	L _k /200	311	377	494	597	691	899	1082	1143
					L _k /300	380	458	595	715	824	1064	1195	1241
					L _k /600	487	582	748	891	1021	1256	1322	1367
RR170/10	2288	755	1007	1258	L _k /200	435	527	689	832	962	1252	1423	1478
					L _k /300	529	638	828	994	1146	1470	1547	1602
					L _k /600	676	808	1037	1236	1415	1631	1709	1762
RR170/12,5	2814	929	1238	1548	L _k /200	459	556	728	880	1019	1327	1597	1729
					L _k /300	560	676	878	1056	1217	1572	1806	1877
					L _k /600	719	860	1105	1318	1510	1896	1999	2068
RR220/10	3022	997	1330	1662	L _k /200	696	843	1101	1329	1537	1956	2056	2129
					L _k /300	845	1017	1319	1584	1824	2132	2234	2306
					L _k /600	1074	1283	1645	1959	2196	2363	2463	2530
RR220/12,5	3732	1232	1642	2053	L _k /200	736	892	1166	1408	1629	2119	2393	2484
					L _k /300	896	1079	1401	1683	1939	2472	2602	2693
					L _k /600	1144	1367	1755	2092	2395	2744	2874	2961

A.3 RR®-pålar i brottgränstillstånd | 2 + 0 mm rostmån

Tabell A.3. Dimensionerande bärförmåga i brottgräns. Avrostning: 2 mm utvändig, 0 mm invändig. Betongfyllda RR-pålar är beräknade som samverkanskonstruktioner enligt SS-EN 1994. I Tabell A.3 har antagits betongfyllda pålar i hållfasthetsklass C30/37.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid dimensionerande skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RR75	635	210	280	350	L _k /200	131	156	198	229	250	278	294	304
					L _k /300	147	174	220	253	275	303	318	328
					L _k /600	169	200	252	289	305	334	349	359
RR90	752	248	331	414	L _k /200	173	205	261	293	320	348	368	380
					L _k /300	193	229	286	327	348	380	398	410
					L _k /600	223	263	331	369	389	419	436	447
RR115/6,3	983	324	433	541	L _k /200	271	322	397	441	466	504	527	544
					L _k /300	303	358	440	484	506	546	569	585
					L _k /600	348	411	496	539	564	601	622	636
RR115/8	1229	406	541	676	L _k /200	297	353	449	516	560	617	649	672
					L _k /300	332	393	494	572	613	670	702	724
					L _k /600	383	452	570	644	685	739	770	791
RR140/8	1523	503	670	838	L _k /200	421	500	621	699	753	824	863	891
					L _k /300	473	560	697	779	825	893	932	959
					L _k /600	546	644	794	875	920	983	1020	1045
RR140/10	1874	618	825	1031	L _k /200	454	541	690	798	882	977	1033	1070
					L _k /300	513	607	770	895	964	1065	1118	1155
					L _k /600	593	700	882	1004	1082	1176	1228	1262
RR170/10	2288	755	1007	1258	L _k /200	623	743	950	1092	1151	1276	1344	1389
					L _k /300	712	843	1064	1187	1283	1389	1452	1496
					L _k /600	822	969	1212	1346	1426	1530	1591	1631
RR170/12,5	2814	929	1238	1548	L _k /200	673	798	1022	1215	1331	1503	1592	1651
					L _k /300	768	910	1152	1321	1462	1635	1724	1783
					L _k /600	888	1048	1321	1538	1655	1812	1895	1951
RR220/10	3022	997	1330	1662	L _k /200	1006	1157	1483	1622	1727	1864	1948	2009
					L _k /300	1130	1336	1606	1792	1879	2019	2102	2160
					L _k /600	1301	1534	1843	2000	2087	2219	2296	2347
RR220/12,5	3732	1232	1642	2053	L _k /200	1086	1284	1593	1816	1998	2194	2307	2385
					L _k /300	1219	1443	1825	2056	2194	2385	2493	2569
					L _k /600	1407	1659	2078	2319	2446	2627	2731	2800

A.4 RR®-pålar i bruksgränstillstånd | 2 + 0 mm rostmån

Tabell A.4. Dimensionerande bärförmåga i bruksgräns. Avrostning: 2 mm utvändig, 0 mm invändig. Betongfyllda RR-pålar är beräknade som samverkanskonstruktioner enligt SS-EN 1994. I Tabell A.4 har antagits betongfyllda pålar i hållfasthetsklass C30/37.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid karaktäristisk skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RR75	635	210	280	350	L _k /200	86	104	136	164	190	247	284	296
					L _k /300	104	126	163	196	226	291	309	321
					L _k /600	133	159	204	243	278	325	342	353
RR90	752	248	331	414	L _k /200	114	138	181	218	252	327	356	369
					L _k /300	139	167	216	260	299	368	387	400
					L _k /600	176	210	270	321	367	408	427	440
RR115/6,3	983	324	433	541	L _k /200	180	218	285	344	397	487	511	529
					L _k /300	218	263	340	408	470	530	555	573
					L _k /600	276	330	423	503	547	588	612	628
RR115/8	1229	406	541	676	L _k /200	195	236	308	372	430	559	628	652
					L _k /300	236	285	369	444	511	649	683	707
					L _k /600	301	360	462	550	629	720	754	778
RR140/8	1523	503	670	838	L _k /200	280	339	442	534	617	794	836	866
					L _k /300	339	408	529	635	732	866	908	938
					L _k /600	431	514	659	785	890	960	1002	1030
RR140/10	1874	618	825	1031	L _k /200	299	362	473	571	661	859	1000	1039
					L _k /300	363	438	568	683	786	1015	1087	1127
					L _k /600	464	554	712	848	971	1145	1202	1240
RR170/10	2288	755	1007	1258	L _k /200	418	506	661	798	923	1199	1300	1349
					L _k /300	507	611	793	952	1096	1345	1413	1461
					L _k /600	646	772	990	1179	1349	1493	1560	1606
RR170/12,5	2814	929	1238	1548	L _k /200	444	538	704	850	984	1280	1541	1604
					L _k /300	541	652	847	1018	1173	1514	1677	1741
					L _k /600	692	828	1063	1267	1451	1763	1855	1917
RR220/10	3022	997	1330	1662	L _k /200	671	812	1060	1279	1478	1800	1890	1955
					L _k /300	813	978	1267	1521	1750	1962	2053	2116
					L _k /600	1030	1230	1576	1876	2027	2174	2261	2320
RR220/12,5	3732	1232	1642	2053	L _k /200	714	864	1130	1364	1577	2050	2232	2315
					L _k /300	867	1045	1355	1627	1874	2309	2426	2509
					L _k /600	1104	1320	1693	2017	2309	2562	2678	2757

A.5 RR®-pålar i brottgränstillstånd | 2 + 1 mm rostmån

Tabell A.5. Dimensionerande bärförmåga i brottgräns. Avrostning: 2 mm utvändigt, 1 mm invändigt.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid dimensionerande skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RR75	635	210	280	350	L _k /200	114	136	165	181	190	205	213	219
					L _k /300	128	151	182	197	207	220	228	233
					L _k /600	147	173	205	219	227	239	246	251
RR90	752	248	331	414	L _k /200	149	177	209	222	233	249	259	265
					L _k /300	166	197	229	244	253	267	276	282
					L _k /600	191	224	253	268	276	289	297	302
RR115/6,3	983	324	433	541	L _k /200	228	263	292	311	322	339	350	357
					L _k /300	252	283	318	335	345	362	371	378
					L _k /600	290	323	351	365	375	389	397	402
RR115/8	1229	406	541	676	L _k /200	265	315	383	421	443	476	495	508
					L _k /300	296	349	418	461	482	512	530	542
					L _k /600	340	401	478	509	528	556	572	582
RRs115/8	1469	485	646	808	L _k /200	265	315	400	462	496	549	576	594
					L _k /300	296	349	441	511	546	592	617	635
					L _k /600	340	401	505	566	602	646	669	685
RR140/8	1523	503	670	838	L _k /200	370	440	505	550	575	610	632	647
					L _k /300	414	481	560	598	619	653	673	687
					L _k /600	476	554	623	655	676	706	723	735
RR140/10	1874	618	825	1031	L _k /200	426	494	613	691	737	797	831	855
					L _k /300	467	553	689	760	798	858	891	914
					L _k /600	539	635	784	842	883	936	966	985
RRs140/10	2241	740	986	1233	L _k /200	416	494	630	731	821	912	964	997
					L _k /300	467	553	701	817	882	988	1036	1067
					L _k /600	539	635	800	927	996	1082	1126	1155
RR170/10	2288	755	1007	1258	L _k /200	563	671	828	895	936	1006	1044	1071
					L _k /300	640	756	900	979	1018	1079	1116	1141
					L _k /600	736	867	1008	1077	1115	1171	1203	1224
RRs170/10	2735	903	1203	1504	L _k /200	563	671	857	987	1069	1163	1217	1254
					L _k /300	640	756	956	1072	1162	1252	1303	1338
					L _k /600	736	867	1086	1211	1279	1363	1410	1441
RR170/12,5	2814	929	1238	1548	L _k /200	623	743	950	1092	1151	1269	1332	1373
					L _k /300	712	843	1064	1187	1273	1374	1431	1470
					L _k /600	822	969	1212	1346	1410	1503	1555	1590
RR220/10	3022	997	1330	1662	L _k /200	858	1024	1180	1257	1309	1383	1429	1461
					L _k /300	990	1109	1288	1362	1407	1478	1520	1549
					L _k /600	1136	1291	1425	1489	1531	1593	1628	1651
RR220/12,5	3732	1232	1642	2053	L _k /200	987	1137	1392	1563	1658	1774	1843	1892
					L _k /300	1109	1311	1578	1718	1795	1905	1971	2016
					L _k /600	1276	1504	1780	1898	1966	2069	2127	2165

A.6 RR®-pålar i bruksgränstillstånd | 2 + 1 mm rostmån

Tabell A.6. Dimensionerande bärförmåga i bruksgräns. Avrostning: 2 mm utvändig, 1 mm invändig.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid karakteristisk skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RR75	635	210	280	350	L _k /200	77	93	121	146	169	196	205	211
					L _k /300	93	112	144	173	198	212	220	226
					L _k /600	117	140	179	210	219	232	240	245
RR90	752	248	331	414	L _k /200	101	122	159	192	221	238	248	255
					L _k /300	122	146	189	227	242	257	266	272
					L _k /600	153	182	233	257	266	280	289	294
RR115/6,3	983	324	433	541	L _k /200	156	189	246	293	304	323	334	342
					L _k /300	188	225	291	318	329	347	358	365
					L _k /600	235	280	334	350	361	377	386	392
RR115/8	1229	406	541	676	L _k /200	177	214	279	337	389	454	474	488
					L _k /300	214	258	334	400	459	491	511	524
					L _k /600	271	323	414	487	507	538	556	568
RRs115/8	1469	485	646	808	L _k /200	177	214	279	337	389	505	550	569
					L _k /300	214	258	334	400	460	566	593	612
					L _k /600	271	323	414	492	563	622	648	665
RR140/8	1523	503	670	838	L _k /200	251	303	396	477	544	580	603	620
					L _k /300	303	364	471	564	590	626	648	663
					L _k /600	381	454	581	627	650	683	703	716
RR140/10	1874	618	825	1031	L _k /200	277	335	438	528	611	761	797	822
					L _k /300	336	404	524	629	724	824	859	884
					L _k /600	426	509	652	776	849	906	938	960
RRs140/10	2241	740	986	1233	L _k /200	277	335	438	528	611	793	922	956
					L _k /300	336	404	524	629	724	932	995	1029
					L _k /600	426	509	652	776	888	1042	1090	1122
RR170/10	2288	755	1007	1258	L _k /200	383	463	604	729	842	957	998	1027
					L _k /300	463	557	721	865	970	1034	1074	1101
					L _k /600	585	698	894	1030	1070	1133	1168	1192
RRs170/10	2735	903	1203	1504	L _k /200	383	463	604	729	842	1093	1160	1199
					L _k /300	463	557	721	865	995	1195	1250	1287
					L _k /600	585	698	894	1064	1217	1312	1364	1398
RR170/12,5	2814	929	1238	1548	L _k /200	418	506	661	798	923	1199	1279	1322
					L _k /300	507	611	793	952	1096	1321	1381	1423
					L _k /600	646	772	990	1179	1349	1454	1512	1550
RR220/10	3022	997	1330	1662	L _k /200	603	729	950	1145	1236	1314	1363	1398
					L _k /300	726	873	1129	1291	1338	1415	1461	1493
					L _k /600	912	1088	1356	1424	1471	1541	1581	1608
RR220/12,5	3732	1232	1642	2053	L _k /200	661	800	1044	1259	1455	1687	1761	1813
					L _k /300	800	962	1247	1496	1708	1824	1896	1945
					L _k /600	1012	1208	1548	1813	1887	2000	2065	2108

A.7 RR®-pålar i brottgränstillstånd | 3 + 0 mm rostmån

Tabell A.7. Dimensionerande bärförmåga i brottgräns. Avrostning: 3 mm utvändig, 0 mm invändig. Betongfyllda RR-pålar är beräknade som samverkanskonstruktioner enligt SS-EN 1994. I Tabell A.7 har antagits betongfyllda pålar i hållfasthetsklass C30/37.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid dimensionerande skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RR75	635	210	280	350	L _k /200	117	139	175	196	210	228	240	248
					L _k /300	131	155	191	216	229	248	259	267
					L _k /600	151	178	220	239	255	273	283	290
RR90	752	248	331	414	L _k /200	156	184	227	252	266	288	302	311
					L _k /300	174	206	251	277	289	313	326	335
					L _k /600	200	236	285	307	323	344	356	364
RR115/6,3	983	324	433	541	L _k /200	246	288	342	371	390	420	438	450
					L _k /300	274	322	378	408	426	454	472	484
					L _k /600	315	369	424	453	471	498	514	525
RR115/8	1229	406	541	676	L _k /200	276	327	410	455	491	539	565	584
					L _k /300	308	364	458	510	450	584	610	628
					L _k /600	355	418	521	570	601	643	668	684
RR140/8	1523	503	670	838	L _k /200	393	467	575	629	669	723	755	779
					L _k /300	440	521	631	695	727	783	815	837
					L _k /600	507	597	722	775	809	860	890	910
RR140/10	1874	618	825	1031	L _k /200	430	512	652	749	800	883	931	963
					L _k /300	484	573	726	822	880	962	1007	1038
					L _k /600	559	659	829	929	985	1060	1104	1133
RR170/10	2288	755	1007	1258	L _k /200	592	706	870	997	1064	1161	1216	1255
					L _k /300	675	798	980	1093	1166	1258	1313	1351
					L _k /600	777	915	1130	1231	1296	1385	1436	1470
RR170/12,5	2814	929	1238	1548	L _k /200	642	765	979	1124	1238	1385	1471	1524
					L _k /300	735	870	1101	1266	1358	1517	1592	1644
					L _k /600	849	1001	1261	1440	1542	1675	1748	1797
RR220/10	3022	997	1330	1662	L _k /200	956	1104	1353	1485	1571	1698	1773	1825
					L _k /300	1075	1270	1478	1644	1722	1839	1911	1961
					L _k /600	1236	1456	1712	1831	1905	2019	2085	2129
RR220/12,5	3732	1232	1642	2053	L _k /200	1042	1231	1533	1749	1845	2042	2140	2210
					L _k /300	1170	1384	1728	1908	2050	2214	2311	2379
					L _k /600	1349	1591	1968	2162	2279	2437	2529	2590

A.8 RR®-pålar i bruksgränstillstånd | 3 + 0 mm rostmån

Tabell A.8. Dimensionerande bärförmåga i bruksgräns. Avrostning: 3 mm utvändig, 0 mm invändig. Betongfyllda RR-pålar är beräknade som samverkanskonstruktioner enligt SS-EN 1994. I Tabell A.8 har antagits betongfyllda pålar i hållfasthetsklass C30/37.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid karaktäristisk skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RR75	635	210	280	350	L _k /200	78	95	124	149	172	220	232	240
					L _k /300	95	114	148	177	204	240	252	260
					L _k /600	120	143	183	218	246	266	278	286
RR90	752	248	331	414	L _k /200	105	127	165	199	230	278	293	303
					L _k /300	126	152	197	236	271	303	318	328
					L _k /600	159	190	244	290	313	336	350	360
RR115/6,3	983	324	433	541	L _k /200	167	201	262	316	365	407	426	440
					L _k /300	201	241	312	374	412	443	462	476
					L _k /600	252	301	385	440	460	490	509	521
RR115/8	1229	406	541	676	L _k /200	183	221	289	349	403	519	547	567
					L _k /300	222	267	345	415	477	566	594	614
					L _k /600	281	335	430	511	581	628	656	674
RR140/8	1523	503	670	838	L _k /200	264	319	417	502	580	698	733	758
					L _k /300	319	384	497	596	686	760	796	820
					L _k /600	403	481	616	733	786	843	877	899
RR140/10	1874	618	825	1031	L _k /200	285	345	451	544	629	817	901	935
					L _k /300	346	417	540	649	747	931	979	1014
					L _k /600	440	526	674	803	919	1033	1082	1114
RR170/10	2288	755	1007	1258	L _k /200	400	484	632	762	881	1119	1177	1220
					L _k /300	484	583	756	907	1044	1220	1279	1321
					L _k /600	614	734	940	1119	1256	1353	1411	1450
RR170/12,5	2814	929	1238	1548	L _k /200	428	519	678	819	948	1232	1424	1480
					L _k /300	521	628	815	978	1127	1454	1548	1605
					L _k /600	664	794	1019	1215	1390	1631	1711	1766
RR220/10	3022	997	1330	1662	L _k /200	645	779	1017	1226	1417	1644	1723	1781
					L _k /300	779	937	1213	1455	1664	1791	1871	1926
					L _k /600	984	1174	1503	1774	1855	1983	2059	2110
RR220/12,5	3732	1232	1642	2053	L _k /200	691	836	1092	1318	1523	1968	2071	2146
					L _k /300	837	1008	1307	1569	1807	2145	2251	2325
					L _k /600	1064	1271	1629	1940	2206	2379	2483	2553

A.9 RR®-pålar i brottgränstillstånd | 3 + 1 mm rostmån

Tabell A.9. Dimensionerande bärförmåga i brottgräns. Avrostning: 3 mm utvändig, 1 mm invändig.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid dimensionerande skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RR75	635	210	280	350	L _k /200	97	112	126	134	140	148	153	156
					L _k /300	108	124	138	146	150	158	163	166
					L _k /600	123	139	152	159	164	170	174	177
RR90	752	248	331	414	L _k /200	126	142	156	165	171	180	185	189
					L _k /300	139	155	170	178	183	191	196	200
					L _k /600	159	173	186	194	198	206	210	212
RR115/6,3	983	324	433	541	L _k /200	176	187	204	214	220	231	238	243
					L _k /300	193	207	222	231	238	248	254	258
					L _k /600	217	230	245	253	259	267	273	276
RR115/8	1229	406	541	676	L _k /200	239	280	328	350	367	389	403	413
					L _k /300	266	313	360	382	395	417	430	438
					L _k /600	305	356	398	418	431	451	462	469
RRs115/8	1469	485	646	808	L _k /200	239	284	357	398	416	452	471	484
					L _k /300	266	314	389	432	454	485	503	515
					L _k /600	305	360	441	476	498	526	543	553
RR140/8	1523	503	670	838	L _k /200	335	385	433	457	473	498	514	525
					L _k /300	374	422	466	492	507	531	546	555
					L _k /600	427	472	515	537	551	572	583	591
RR140/10	1874	618	825	1031	L _k /200	387	460	567	616	643	694	721	741
					L _k /300	434	514	622	673	702	745	772	790
					L _k /600	499	588	694	742	769	810	833	848
RRs140/10	2241	740	986	1233	L _k /200	387	460	586	676	724	798	840	866
					L _k /300	434	514	650	740	794	863	900	925
					L _k /600	499	588	741	834	878	941	975	997
RR170/10	2288	755	1007	1258	L _k /200	526	626	729	789	825	875	906	928
					L _k /300	595	701	805	853	888	937	966	986
					L _k /600	682	799	893	940	969	1013	1038	1054
RRs170/10	2735	903	1203	1504	L _k /200	526	626	799	889	944	1017	1059	1089
					L _k /300	595	702	869	972	1020	1090	1131	1159
					L _k /600	682	804	985	1066	1118	1183	1219	1243
RR170/12,5	2814	929	1238	1548	L _k /200	592	706	902	997	1064	1153	1203	1238
					L _k /300	674	798	980	1093	1159	1242	1290	1323
					L _k /600	777	915	1130	1225	1278	1355	1399	1428
RR220/10	3022	997	1330	1662	L _k /200	804	916	1046	1106	1143	1202	1239	1265
					L _k /300	922	1038	1134	1189	1225	1281	1314	1337
					L _k /600	1050	1149	1246	1296	1328	1376	1403	1421
RR220/12,5	3732	1232	1642	2053	L _k /200	936	1052	1327	1439	1508	1605	1664	1706
					L _k /300	1052	1242	1448	1566	1627	1720	1776	1814
					L _k /600	1209	1423	1631	1721	1778	1864	1912	1944

A.10 RR®-pålar i bruksgränstillstånd | 3 + 1 mm rostmån

Tabell A.10. Dimensionerande bärförmåga i bruksgräns. Avrostning: 3 mm utvändig, 1 mm invändig.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid karakteristisk skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RR75	635	210	280	350	L _k /200	67	81	105	126	133	141	147	150
					L _k /300	80	96	124	139	144	152	157	160
					L _k /600	100	119	146	153	158	165	170	173
RR90	752	248	331	414	L _k /200	88	106	138	156	162	171	177	181
					L _k /300	105	126	161	169	175	184	189	193
					L _k /600	131	156	178	186	191	199	204	207
RR115/6,3	983	324	433	541	L _k /200	137	165	204	214	221	232	239	244
					L _k /300	163	195	221	231	237	248	254	259
					L _k /600	202	228	244	253	259	268	273	276
RR115/8	1229	406	541	676	L _k /200	163	196	256	308	348	371	386	396
					L _k /300	196	235	304	362	377	400	414	424
					L _k /600	246	293	374	401	415	436	449	457
RRs115/8	1469	485	646	808	L _k /200	163	196	256	308	356	430	449	463
					L _k /300	196	235	304	364	419	464	483	497
					L _k /600	246	293	374	445	476	508	526	538
RR140/8	1523	503	670	838	L _k /200	231	279	363	430	447	474	491	503
					L _k /300	277	333	430	467	483	509	525	536
					L _k /600	346	412	491	514	530	554	567	576
RR140/10	1874	618	825	1031	L _k /200	261	315	412	496	573	661	690	711
					L _k /300	315	379	491	589	669	715	743	763
					L _k /600	398	475	608	710	739	784	809	827
RRs140/10	2241	740	986	1233	L _k /200	261	315	412	496	573	744	801	829
					L _k /300	315	379	491	589	677	825	864	891
					L _k /600	398	475	608	723	827	906	944	969
RR170/10	2288	755	1007	1258	L _k /200	361	436	569	686	780	832	865	889
					L _k /300	435	523	677	811	846	897	929	951
					L _k /600	547	653	835	899	931	980	1008	1026
RRs170/10	2735	903	1203	1504	L _k /200	361	436	569	686	792	964	1008	1040
					L _k /300	435	523	677	811	932	1041	1084	1115
					L _k /600	547	653	835	993	1069	1140	1180	1207
RR170/12,5	2814	929	1238	1548	L _k /200	400	484	632	762	881	1101	1153	1190
					L _k /300	484	583	756	907	1044	1192	1244	1280
					L _k /600	614	734	940	1119	1227	1311	1359	1391
RR220/10	3022	997	1330	1662	L _k /200	570	688	895	1039	1078	1141	1181	1209
					L _k /300	684	821	1061	1127	1166	1226	1264	1289
					L _k /600	855	1018	1187	1241	1277	1332	1363	1384
RR220/12,5	3732	1232	1642	2053	L _k /200	633	766	999	1204	1391	1525	1588	1633
					L _k /300	765	920	1190	1427	1548	1647	1708	1750
					L _k /600	964	1151	1473	1645	1707	1801	1856	1892

Bilaga B Dimensioneringstabeller för borrade pälår

Lastkapacitetsberäkningar har gjorts för dimensioner mellan RD90 – RD220. Dimensionerande lastkapacitet modelleras och beräknas enligt *Pålkommisionen rapport 84a + supplement* samt *Pålkommisionen rapport 96:1 + supplement*. Olika dimensioneringsvärden för tvärsnittstorheterna redovisas i Tabell 2.13. Beräkningarna gäller RD-pälår med respektive utan betongfyllning. Stålsorten är S460MH för RD-pälår och S550J2H för RDs-pälår. Andelen långtidslast har genomgående antagits till 85 % i brottgränstillstånd samt 100 % i bruksgränstillstånd. I nivå 1 har maximal geoteknisk bärförmåga antagits till $0,36 \times F_{\text{stuck}}$, i nivå 2 till $0,48 \times F_{\text{stuck}}$ och i nivå 3 till $0,61 \times F_{\text{stuck}}$. Observera att bärförmågan kan visa sig vara både högre och lägre beroende på objektspecifika förutsättningar. Vid samverkan betong - stål tillses att överkonstruktionen vilar med god anliggning mot pälårna, se avsnitt 5.8 ovan och SS-EN 1090-2.

B.1 RD®-pälår i brottgränstillstånd | 1 + 0 mm rostmån

Tabell B.1. Dimensionerande bärförmåga i brottgräns. Avrostning: 1 mm utvändig, 0 mm invändig. Betongfyllda RD-pälår är beräknade som samverkanskonstruktioner enligt SS-EN 1994. I Tabell B.1 har antagits betongfyllda pälår i hållfasthetsklass C30/37.

Påltyp	F_{stuck} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L_k/xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid dimensionerande skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RD90	752	271	361	459	$L_k/400$	227	268	339	400	445	500	527	545
					$L_k/600$	245	289	365	430	475	527	554	572
RD115/6,3	983	354	472	600	$L_k/400$	352	415	525	608	651	714	748	770
					$L_k/600$	379	448	564	651	695	752	784	806
RD115/8	1229	442	590	750	$L_k/400$	380	450	569	671	750	845	893	924
					$L_k/600$	411	485	612	721	801	893	938	969
RD140/8	1523	548	731	929	$L_k/400$	539	637	805	943	1026	1125	1179	1216
					$L_k/600$	583	687	866	1011	1089	1184	1237	1273
RD140/10	1874	675	900	1143	$L_k/400$	579	685	865	1021	1126	1302	1383	1433
					$L_k/600$	626	739	932	1097	1224	1378	1454	1503
RD170/10	2288	824	1098	1396	$L_k/400$	800	946	1195	1405	1538	1704	1790	1848
					$L_k/600$	865	1020	1285	1506	1631	1795	1879	1935
RD170/12,5	2814	1013	1351	1717	$L_k/400$	857	1013	1282	1513	1714	1967	2089	2167
					$L_k/600$	927	1094	1380	1626	1836	2072	2198	2274
RD220/10	3022	1088	1451	1843	$L_k/400$	1263	1492	1884	2088	2281	2464	2572	2645
					$L_k/600$	1363	1608	2025	2250	2405	2591	2695	2765
RD220/12,5	3732	1344	1791	2277	$L_k/400$	1354	1600	2021	2375	2552	2867	3008	3105
					$L_k/600$	1463	1726	2176	2551	2748	3018	3158	3252

Ruukki är en metallexpert som du kan lita på, oavsett om du behöver metallbaserade material, komponenter, system eller lösningar. Vi utvecklar fortlöpande vår verksamhet och vårt produktutbud för att svara mot dina behov.

B.2 RD®-pålar i bruksgränstillstånd | 1 + 0 mm rostmån

Tabell B.2. Dimensionerande bärförmåga i bruksgräns. Avrostning: 1 mm utvändig, 0 mm invändig. Betongfyllda RD-pålar är beräknade som samverkanskonstruktioner enligt SS-EN 1994. I Tabell B.2 har antagits betongfyllda pålar i hållfasthetsklass C30/37.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid karakteristisk skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RD90	752	271	361	459	L _k /400	168	202	260	312	358	460	518	538
					L _k /600	191	229	294	250	401	511	546	567
RD115/6,3	983	354	472	600	L _k /400	262	315	407	487	559	701	738	764
					L _k /600	298	356	457	545	623	740	778	803
RD115/8	1229	442	590	750	L _k /400	281	338	436	522	600	771	876	911
					L _k /600	320	383	492	586	672	857	924	959
RD140/8	1523	548	731	929	L _k /400	401	482	622	744	855	1098	1162	1204
					L _k /600	456	546	700	834	955	1163	1225	1266
RD140/10	1874	675	900	1143	L _k /400	427	513	662	794	912	1172	1357	1412
					L _k /600	487	582	748	891	1021	1304	1431	1487
RD170/10	2288	824	1098	1396	L _k /400	593	713	921	1102	1266	1626	1761	1827
					L _k /600	676	808	1037	1236	1415	1761	1857	1922
RD170/12,5	2814	1013	1351	1717	L _k /400	630	757	978	1172	1348	1732	2049	2135
					L _k /600	719	860	1105	1318	1510	1929	2162	2249
RD220/10	3022	1088	1451	1843	L _k /400	946	1135	1464	1752	2011	2426	2549	2635
					L _k /600	1074	1283	1645	1959	2242	2562	2685	2768
RD220/12,5	3732	1344	1791	2277	L _k /400	1005	1206	1558	1865	2143	2752	2962	3072
					L _k /600	1144	1367	1755	2092	2395	2963	3123	3231

B.3 RD®-pålar i brottgränstillstånd | 2 + 0 mm rostmån

Tabell B.3. Dimensionerande bärförmåga i brottgräns. Avrostning: 2 mm utvändig, 0 mm invändig. Betongfyllda RD-pålar är beräknade som samverkanskonstruktioner enligt SS-EN 1994. I Tabell B.3 har antagits betongfyllda pålar i hållfasthetsklass C30/37.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid dimensionerande skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RD90	752	271	361	459	L _k /400	207	244	309	359	389	427	447	461
					L _k /600	223	263	332	384	413	449	469	483
RD115/6,3	983	354	472	600	L _k /400	323	382	473	535	566	612	638	656
					L _k /600	348	411	512	570	601	644	669	685
RD115/8	1229	442	590	750	L _k /400	355	420	530	614	678	752	790	816
					L _k /600	383	452	570	665	725	792	829	854
RD140/8	1523	548	731	929	L _k /400	506	597	755	865	922	1002	1047	1078
					L _k /600	546	644	810	918	974	1054	1098	1127
RD140/10	1874	675	900	1143	L _k /400	549	649	820	968	1069	1192	1258	1301
					L _k /600	593	700	882	1038	1134	1260	1322	1364
RD170/10	2288	824	1098	1396	L _k /400	761	899	1136	1319	1414	1559	1633	1683
					L _k /600	822	969	1221	1412	1506	1641	1713	1761
RD170/12,5	2814	1013	1351	1717	L _k /400	822	971	1228	1450	1622	1837	1941	2010
					L _k /600	888	1048	1321	1557	1736	1940	2041	2108
RD220/10	3022	1088	1451	1843	L _k /400	1206	1424	1789	1966	2105	2262	2356	2420
					L _k /600	1301	1534	1899	2111	2222	2377	2468	2528
RD220/12,5	3732	1344	1791	2277	L _k /400	1303	1539	1943	2262	2420	2676	2803	2889
					L _k /600	1407	1659	2091	2425	2598	2816	2941	3024

B.4 RD®-pålar i bruksgränstillstånd | 2 + 0 mm rostmån

Tabell B.4. Dimensionerande bärförmåga i bruksgräns. Avrostning: 2 mm utvändig, 0 mm invändig. Betongfyllda RD-pålar är beräknade som samverkanskonstruktioner enligt SS-EN 1994. I Tabell B.4 har antagits betongfyllda pålar i hållfasthetsklass C30/37.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid karaktäristisk skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RD90	752	271	361	459	L _k /400	155	186	240	287	330	418	441	457
					L _k /600	176	210	270	321	367	441	464	480
RD115/6,3	983	354	472	600	L _k /400	244	292	377	451	517	604	634	655
					L _k /600	276	330	423	503	575	638	668	688
RD115/8	1229	442	590	750	L _k /400	265	318	410	491	564	724	777	806
					L _k /600	301	360	462	550	629	777	819	848
RD140/8	1523	548	731	929	L _k /400	379	455	587	703	806	984	1036	1071
					L _k /600	431	514	659	785	898	1040	1091	1126
RD140/10	1874	675	900	1143	L _k /400	407	489	632	756	869	1116	1236	1285
					L _k /600	464	554	712	848	971	1233	1304	1352
RD170/10	2288	824	1098	1396	L _k /400	568	682	880	1053	1209	1528	1611	1668
					L _k /600	646	772	990	1179	1349	1614	1698	1754
RD170/12,5	2814	1013	1351	1717	L _k /400	607	729	943	1129	1297	1666	1905	1982
					L _k /600	692	828	1063	1267	1451	1853	2010	2087
RD220/10	3022	1088	1451	1843	L _k /400	908	1090	1405	1680	1928	2235	2344	2420
					L _k /600	1030	1230	1576	1876	2145	2360	2468	2541
RD220/12,5	3732	1344	1791	2277	L _k /400	971	1166	1505	1801	2069	2622	2765	2864
					L _k /600	1104	1320	1693	2017	2309	2770	2914	3011

B.5 RD®-pålar i brottgränstillstånd | 2 + 1 mm rostmån

Tabell B.5. Dimensionerande bärförmåga i brottgräns. Avrostning: 2 mm utvändig, 1 mm invändig.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid dimensionerande skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RD90	752	271	361	459	L _k /400	177	209	256	273	287	304	314	321
					L _k /600	191	225	270	290	301	317	326	332
RDs90	899	324	432	548	L _k /400	177	209	264	304	325	352	366	376
					L _k /600	191	225	283	323	343	368	382	390
RD115/6,3	983	354	472	600	L _k /400	270	313	360	380	392	412	423	430
					L _k /600	291	339	378	398	410	428	438	444
RDs115/6,3	1176	423	564	717	L _k /400	270	319	380	413	432	460	477	488
					L _k /600	291	342	408	436	454	482	498	508
RD115/8	1229	442	590	750	L _k /400	316	373	462	514	543	581	603	617
					L _k /600	340	401	500	542	572	608	628	641
RDs115/8	1469	529	705	896	L _k /400	316	373	470	555	605	670	700	721
					L _k /600	340	401	505	594	645	701	731	751
RD140/8	1523	548	731	929	L _k /400	442	521	630	676	703	743	766	782
					L _k /600	476	560	663	711	736	775	796	810
RDs140/8	1820	655	874	1110	L _k /400	442	521	659	747	802	862	895	918
					L _k /600	476	560	706	795	839	900	932	953
RD140/10	1874	675	900	1143	L _k /400	500	590	745	841	906	974	1014	1040
					L _k /600	539	635	800	897	952	1021	1058	1083
RDs140/10	2241	807	1076	1367	L _k /400	500	590	745	880	975	1111	1173	1211
					L _k /600	539	635	800	942	1055	1171	1227	1264
RD170/10	2288	824	1098	1396	L _k /400	682	806	1001	1101	1153	1227	1270	1299
					L _k /600	736	867	1071	1154	1211	1282	1322	1348
RDs170/10	2735	985	1313	1668	L _k /400	682	806	1018	1185	1298	1416	1478	1520
					L _k /600	736	867	1092	1275	1364	1482	1542	1581
RD170/12,5	2814	1013	1351	1717	L _k /400	761	899	1136	1319	1430	1559	1627	1674
					L _k /600	822	969	1221	1412	1517	1635	1701	1745
RDs170/12,5	3365	1211	1615	2053	L _k /400	761	899	1136	1341	1521	1757	1876	1943
					L _k /600	822	969	1221	1438	1626	1863	1965	2030
RD220/10	3022	1088	1451	1843	L _k /400	1055	1245	1458	1544	1599	1682	1730	1762
					L _k /600	1136	1338	1530	1619	1672	1750	1794	1823
RDs220/10	3613	1301	1734	2204	L _k /400	1055	1245	1527	1664	1752	1874	1946	1995
					L _k /600	1136	1338	1637	1763	1846	1966	2035	2080
RD220/12,5	3732	1344	1791	2277	L _k /400	1183	1396	1756	1931	2028	2165	2243	2295
					L _k /600	1276	1504	1863	2039	2134	2263	2336	2384
RDs220/12,5	4462	1606	2142	2722	L _k /400	1183	1396	1764	2075	2242	2496	2608	2683
					L _k /600	1276	1504	1894	2224	2407	2613	2722	2793

B.6 RD®-pålar i bruksgränstillstånd | 2 + 1 mm rostmån

Tabell B.6. Dimensionerande bärförmåga i bruksgräns. Avrostning: 2 mm utvändigt, 1 mm invändigt.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid karaktäristisk skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RD90	752	271	361	459	L _k /400	136	162	209	250	274	293	303	311
					L _k /600	153	182	233	277	289	307	317	324
RDs90	899	324	432	548	L _k /400	136	162	209	250	286	337	353	363
					L _k /600	153	182	233	278	317	354	369	379
RD115/6,3	983	354	472	600	L _k /400	209	250	321	361	375	396	408	417
					L _k /600	235	280	357	380	394	414	425	433
RDs115/6,3	1176	423	564	717	L _k /400	209	250	321	383	430	460	477	489
					L _k /600	235	280	357	425	452	482	498	509
RD115/8	1229	442	590	750	L _k /400	239	287	369	441	506	559	582	598
					L _k /600	271	323	414	492	549	587	609	624
RDs115/8	1469	529	705	896	L _k /400	239	287	369	441	506	641	674	696
					L _k /600	271	323	414	492	563	673	706	728
RD140/8	1523	548	731	929	L _k /400	337	404	520	621	670	714	739	757
					L _k /600	381	454	581	678	706	748	772	788
RDs140/8	1820	655	874	1110	L _k /400	337	404	520	621	712	824	860	885
					L _k /600	381	454	581	691	790	865	900	924
RD140/10	1874	675	900	1143	L _k /400	375	450	581	695	797	937	979	1008
					L _k /600	426	509	652	776	888	985	1026	1053
RDs140/10	2241	807	1076	1367	L _k /400	375	450	581	695	797	1022	1128	1169
					L _k /600	426	509	652	776	888	1124	1184	1224
RD170/10	2288	824	1098	1396	L _k /400	517	620	798	954	1095	1178	1225	1257
					L _k /600	585	698	894	1064	1159	1237	1281	1311
RDs170/10	2735	985	1313	1668	L _k /400	517	620	798	954	1095	1353	1420	1465
					L _k /600	585	698	894	1064	1217	1422	1488	1531
RD170/12,5	2814	1013	1351	1717	L _k /400	568	682	880	1053	1209	1499	1572	1622
					L _k /600	646	772	990	1179	1349	1578	1650	1698
RDs170/12,5	3365	1211	1615	2053	L _k /400	568	682	880	1053	1209	1552	1804	1875
					L _k /600	646	772	990	1179	1349	1720	1895	1966
RD220/10	3022	1088	1451	1843	L _k /400	809	969	1246	1466	1523	1614	1668	1704
					L _k /600	912	1088	1391	1544	1602	1689	1739	1772
RDs220/10	3613	1301	1734	2204	L _k /400	809	969	1246	1488	1706	1870	1946	1998
					L _k /600	912	1088	1391	1654	1833	1961	2034	2082
RD220/12,5	3732	1344	1791	2277	L _k /400	893	1071	1381	1651	1894	2078	2162	2220
					L _k /600	1012	1208	1548	1842	2041	2182	2263	2316
RDs220/12,5	4462	1606	2142	2722	L _k /400	893	1071	1381	1651	1894	2383	2504	2585
					L _k /600	1012	1208	1548	1842	2107	2505	2625	2704

B.7 RD®-pålar i brottgränstillstånd | 3 + 0 mm rostmån

Tabell B.7. Dimensionerande bärförmåga i brottgräns. Avrostning: 3 mm utvändig, 0 mm invändig. Betongfyllda RD-pålar är beräknade som samverkanskonstruktioner enligt SS-EN 1994. I Tabell B.7 har antagits betongfyllda pålar i hållfasthetsklass C30/37.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid dimensionerande skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RD90	752	271	361	459	L _k /400	186	219	275	307	324	350	365	376
					L _k /600	200	236	294	326	343	368	383	393
RD115/6,3	983	354	472	600	L _k /400	292	345	420	454	475	508	527	540
					L _k /600	315	371	443	481	501	533	551	564
RD115/8	1229	442	590	750	L _k /400	329	388	490	562	600	655	686	706
					L _k /600	355	418	527	597	636	690	719	739
RD140/8	1523	548	731	929	L _k /400	470	555	696	768	815	877	914	938
					L _k /600	507	597	746	816	861	922	957	980
RD140/10	1874	675	900	1143	L _k /400	518	612	773	906	975	1080	1133	1169
					L _k /600	559	659	830	961	1039	1137	1189	1224
RD170/10	2288	824	1098	1396	L _k /400	720	850	1075	1216	1300	1411	1474	1517
					L _k /600	777	915	1154	1302	1375	1484	1545	1586
RD170/12,5	2814	1013	1351	1717	L _k /400	785	928	1173	1385	1510	1696	1792	1853
					L _k /600	849	1001	1261	1478	1617	1794	1882	1942
RD220/10	3022	1088	1451	1843	L _k /400	1146	1352	1654	1819	1923	2058	2139	2194
					L _k /600	1236	1456	1775	1932	2027	2161	2238	2289
RD220/12,5	3732	1344	1791	2277	L _k /400	1250	1476	1864	2132	2285	2483	2596	2672
					L _k /600	1349	1591	2003	2261	2415	2612	2722	2794

B.8 RD®-pålar i bruksgränstillstånd | 3 + 0 mm rostmån

Tabell B.8. Dimensionerande bärförmåga i bruksgräns. Avrostning: 3 mm utvändig, 0 mm invändig. Betongfyllda RD-pålar är beräknade som samverkanskonstruktioner enligt SS-EN 1994. I Tabell B.8 har antagits betongfyllda pålar i hållfasthetsklass C30/37.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid dimensionerande skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RD90	752	271	361	459	L _k /400	141	169	218	260	298	345	363	375
					L _k /600	159	190	244	290	331	365	382	394
RD115/6,3	983	354	472	600	L _k /400	223	268	345	412	468	506	529	545
					L _k /600	252	301	385	458	496	534	556	571
RD115/8	1229	442	590	750	L _k /400	248	297	383	458	526	643	677	701
					L _k /600	281	335	430	511	585	679	714	737
RD140/8	1523	548	731	929	L _k /400	356	427	550	658	755	866	909	938
					L _k /600	403	481	616	733	839	915	957	985
RD140/10	1874	675	900	1143	L _k /400	387	465	600	717	824	1056	1115	1156
					L _k /600	440	526	674	803	919	1116	1176	1216
RD170/10	2288	824	1098	1396	L _k /400	542	650	838	1002	1150	1388	1459	1509
					L _k /600	614	734	940	1119	1280	1466	1537	1586
RD170/12,5	2814	1013	1351	1717	L _k /400	584	701	905	1084	1245	1598	1761	1829
					L _k /600	664	794	1019	1215	1390	1757	1857	1925
RD220/10	3022	1088	1451	1843	L _k /400	869	1042	1343	1604	1841	2043	2138	2204
					L _k /600	984	1174	1503	1788	2000	2157	2250	2313
RD220/12,5	3732	1344	1791	2277	L _k /400	937	1124	1451	1735	1992	2439	2567	2656
					L _k /600	1064	1271	1629	1940	2219	2577	2705	2791

B.9 RD®-pålar i brottgränstillstånd | 3 + 1 mm rostmån

Tabell B.9. Dimensionerande bärförmåga i brottgräns. Avrostning: 3 mm utvändig, 1 mm invändig.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid dimensionerande skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RD90	752	271	361	459	L _k /400	149	166	183	193	199	209	215	219
					L _k /600	159	177	194	203	209	219	224	228
RDs90	899	324	432	548	L _k /400	150	176	205	221	230	244	253	258
					L _k /600	161	189	218	233	242	256	263	269
RD115/6,3	983	354	472	600	L _k /400	Tvärsnittsklass 4, beräknas ej.							
					L _k /600								
RDs115/6,3	1176	423	564	717	L _k /400								
					L _k /600								
RD115/8	1229	442	590	750	L _k /400	284	335	403	429	449	474	489	499
					L _k /600	305	360	424	453	470	494	508	517
RDs115/8	1469	529	705	896	L _k /400	284	335	423	479	510	550	571	586
					L _k /600	305	360	453	510	536	574	595	608
RD140/8	1523	548	731	929	L _k /400	398	466	529	558	577	605	621	632
					L _k /600	428	499	557	585	602	629	643	653
RDs140/8	1820	655	874	1110	L _k /400	398	470	565	606	634	676	700	717
					L _k /600	428	504	599	641	668	708	732	747
RD140/10	1874	675	900	1143	L _k /400	463	547	686	757	791	847	878	899
					L _k /600	499	588	728	793	835	886	915	934
RDs140/10	2241	807	1076	1367	L _k /400	463	547	691	811	887	976	1021	1050
					L _k /600	499	588	741	867	939	1022	1066	1094
RD170/10	2288	824	1098	1396	L _k /400	634	749	892	967	1008	1066	1099	1122
					L _k /600	682	804	951	1019	1056	1111	1142	1162
RDs170/10	2735	985	1313	1668	L _k /400	634	749	945	1076	1148	1236	1284	1316
					L _k /600	682	804	1013	1139	1209	1291	1337	1367
RD170/12,5	2814	1013	1351	1717	L _k /400	720	850	1075	1216	1306	1410	1468	1507
					L _k /600	777	915	1154	1302	1375	1478	1533	1569
RDs170/12,5	3365	1211	1615	2053	L _k /400	720	850	1075	1268	1424	1614	1698	1754
					L _k /600	777	915	1154	1359	1520	1694	1776	1830
RD220/10	3022	1088	1451	1843	L _k /400	982	1142	1282	1350	1393	1458	1495	1520
					L _k /600	1057	1216	1351	1413	1454	1514	1548	1570
RDs220/10	3613	1301	1734	2204	L _k /400	982	1159	1363	1471	1536	1633	1690	1729
					L _k /600	1057	1245	1462	1555	1616	1710	1764	1799
RD220/12,5	3732	1344	1791	2277	L _k /400	1121	1323	1619	1760	1845	1956	2021	2065
					L _k /600	1209	1424	1738	1862	1935	2042	2103	2142
RDs220/12,5	4462	1606	2142	2722	L _k /400	1121	1323	1672	1920	2084	2263	2357	2420
					L _k /600	1209	1424	1794	2055	2198	2366	2457	2515

B.10 RD®-pålar i bruksgränstillstånd | 3 + 1 mm rostmån

Tabell B.10. Dimensionerande bärförmåga i bruksgräns. Avrostning: 3 mm utvändigt, 1 mm invändigt.

Påltyp	F _{stuk} [kN]	Max geoteknisk bärförmåga [kN]			Rakhet L _k /xxx	Strukturell bärförmåga [kN] vid karaktäristisk skjuvhållfasthet [kPa] hos lera							
		Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3		3	4	6	8	10	15	20	25
RD90	752	271	361	459	L _k /400	117	140	179	192	199	210	216	220
					L _k /600	131	156	192	202	209	219	225	229
RDs90	899	324	432	548	L _k /400	117	140	179	214	229	244	253	259
					L _k /600	131	156	199	231	241	256	264	269
RD115/6,3	983	354	472	600	L _k /400	Tvärsnittsklass 4, beräknas ej.							
					L _k /600								
RDs115/6,3	1176	423	564	717	L _k /400								
					L _k /600								
RD115/8	1229	442	590	750	L _k /400	218	261	336	401	428	456	472	483
					L _k /600	246	293	374	433	451	478	493	503
RDs115/8	1469	529	705	896	L _k /400	218	261	336	401	459	526	550	565
					L _k /600	246	293	374	445	508	552	575	590
RD140/8	1523	548	731	929	L _k /400	308	368	473	531	550	581	599	612
					L _k /600	346	412	527	559	578	608	624	636
RDs140/8	1820	655	874	1110	L _k /400	308	368	473	565	631	675	701	718
					L _k /600	346	412	527	626	664	707	732	748
RD140/10	1874	675	900	1143	L _k /400	352	422	543	649	744	814	848	870
					L _k /600	398	475	608	723	799	855	887	908
RDs140/10	2241	807	1076	1367	L _k /400	352	422	543	649	744	933	981	1013
					L _k /600	398	475	608	723	827	981	1028	1060
RD170/10	2288	824	1098	1396	L _k /400	485	581	747	893	961	1023	1060	1085
					L _k /600	547	653	835	972	1012	1072	1107	1130
RDs170/10	2735	985	1313	1668	L _k /400	485	581	747	893	1024	1181	1234	1269
					L _k /600	547	653	835	993	1134	1240	1291	1324
RD170/12,5	2814	1013	1351	1717	L _k /400	542	650	838	1002	1150	1355	1417	1459
					L _k /600	614	734	940	1119	1280	1425	1486	1526
RDs170/12,5	3365	1211	1615	2053	L _k /400	542	650	838	1002	1150	1474	1632	1692
					L _k /600	614	734	940	1119	1280	1625	1713	1772
RD220/10	3022	1088	1451	1843	L _k /400	760	909	1168	1282	1328	1400	1442	1471
					L _k /600	855	1018	1282	1350	1395	1463	1502	1527
RDs220/10	3613	1301	1734	2204	L _k /400	760	909	1168	1394	1527	1629	1689	1729
					L _k /600	855	1018	1301	1539	1605	1705	1762	1799
RD220/12,5	3732	1344	1791	2277	L _k /400	853	1022	1317	1573	1757	1877	1948	1997
					L _k /600	964	1151	1473	1752	1851	1969	2037	2081
RDs220/12,5	4462	1606	2142	2722	L _k /400	853	1022	1317	1573	1804	2161	2263	2331
					L _k /600	964	1151	1473	1752	2003	2270	2370	2435

Ruukki Sverige AB, Forskargatan 3, SE-781 70 Borlänge, Sverige, tf. 010-7878 000, www.ruukki.com

Denna manualbroschyr har kontrollerats så noggrant som möjligt. Vi ansvarar dock inte för eventuella fel eller direkta eller indirekta skador som kan uppkomma på grund av felaktig användning av informationen. Rättigheter till ändringar förbehålls.

Copyright © 2013 Rautaruukki Abp. Alla rättigheter förbehålles. Ruukki, Rautaruukki, Living. Working. Moving. och Ruukkis produktamn är varumärken eller registrerade varumärken som tillhör Rautaruukki Corporation.