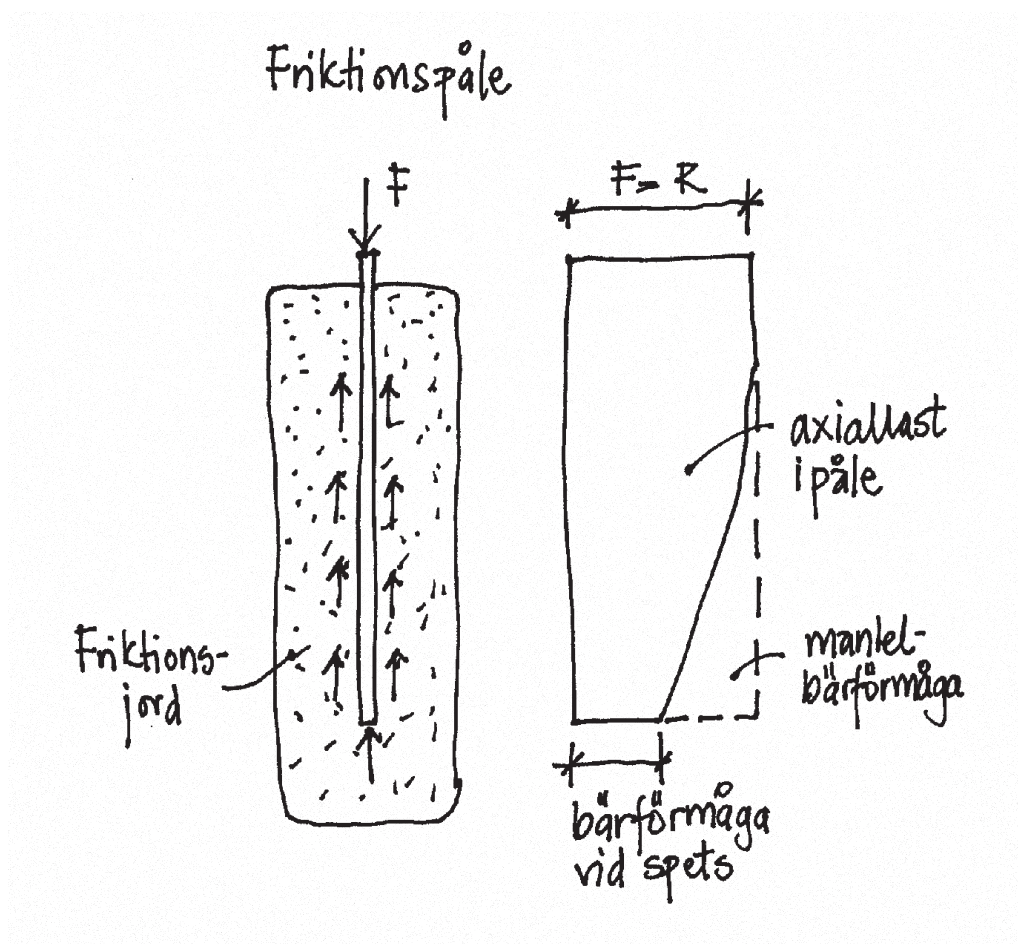


PÅLKOMMISSIONEN

Commission on Pile Research



Pålgrundläggning

Grundinformation för projektörer

information 2007:1

Förord

Denna framställning ger en översikt över den information av baskaraktär som en projektör kan behöva inför utformning av en pålgrundläggning. Mer ingående information och beskrivning av dimensioneringsmetoder måste hämtas från annan litteratur som handboken "Pålgrundläggning" (AB Svensk Byggtjänst och Statens Geotekniska Institut, 1993), Pålkommissionens rapporter, de byggande verkens projekteringsanvisningar eller konstruktionsbestämmelser etc. Förutsättningar för dimensionering, material och utförande finns också i övergripande normverk och standarder. Grundläggande krav på material, utförande och kontroll för de vanligast förekommande typerna av pålar finns även redovisat i Anläggnings-AMA (Svensk Byggtjänst).

Framställningen nedan avser den vanligast förekommande typen av pålgrundläggning i Sverige med huvudsakligen slagna, spetsburna pålar av betong och stål. Pålkommissionen redovisar årligen statistik över installerade påltyper.

Ytterligare information, råd och anvisningar finns i följande skrifter från Pålkommissionen i urval och i kronologisk ordning:

- Expanderkroppar – Anvisningar för dimensionering, utförande och kontroll, Rapport 79, 1988.
- Grova stålrörspålar – anvisningar för dimensionering, utförande och kontroll, Rapport 90, 1993.
- Beräkning av dimensionerande lastkapacitet för slagna pålar med hänsyn till pålmaterial och omgivande jord, Rapport 84a, 1995.
- Standardpålar av betong – lastkapacitet och geoteknisk bärförmåga, Rapport 94, 1996.
- Dimensioneringsprinciper för pålar – Lastkapacitet, Rapport 96:1, 1998 med Supplement 1, 2003.
- Stålkärnepålar – anvisningar för projektering, dimensionering, utförande och kontroll, Rapport 97, 2000.
- Verifiering av geoteknisk bärförmåga med dynamisk provbelastning – Normering av partialkoefficienter, Information 2001:2.
- Dimensioneringsanvisningar för slagna, slanka stålpålar, Rapport 98, 2000.
- Kohesionspålar, Rapport 100, 2004.
- Injekterade pålar, Rapport 102, 2004.
- Transversalbelastade pålar – statistiskt verkningssätt och dimensioneringsanvisningar, Rapport 101, 2006

På Pålkommissionens hemsida, www.palkommissionen.org, finns förteckning över samtliga rapporter samt sammanfattningar av de rapporter som utgivits under senare år.

Innehållsförteckning

1	Grundbegrepp.....	5
1.1	Lasteffekt.....	5
1.2	En påles bärförmåga.....	5
1.3	Lastkapacitet.....	5
1.4	Geoteknisk bärförmåga	6
2	Laster och lasteffekter	7
2.1	Laster	7
2.1.1	Laster från överbyggnad	7
2.1.2	Geotekniska laster	7
2.1.3	Installationslaster.....	7
2.2	Lasteffekter.....	8
2.2.1	Lasteffekter vid transporter och lyft.....	8
2.2.2	Lasteffekter vid lyft i pålkran.....	8
2.2.3	Lasteffekter vid installation.....	8
2.2.4	Lasteffekter för installerad påle.....	9
3	Generellt dimensioneringskrav	11
4	Pålars verkningssätt.....	12
4.1	Mantelburen påle - kohesionspåle	12
4.2	Mantelburen påle - friktionspåle	13
4.3	Spetsburen påle.....	14
4.4	Spetsburen påle med påhängslast	15
5	Lastkapacitet	17
6	Geoteknisk bärförmåga	18
6.1	Inledning.....	18
6.2	Mantelburen påle i kohesionsjord.....	18
6.3	Mantelburen påle i friktionsjord.....	18
6.4	Spetsburen påle.....	18
6.5	Utnyttjandegrad	19
6.6	Bedömningar utifrån de geotekniska förhållandena	20
6.6.1	Starkt lutande berg utan friktionsjord.....	20
6.6.2	Plant eller måttligt lutande berg utan eller med lite friktionsjord	20
6.6.3	Bottenmorän.....	20
6.6.4	Djupa friktionsjordlager	20
7	Erforderliga geotekniska undersökningar	21
8	Verifiering av geoteknisk bärförmåga	22
8.1	Inledning.....	22
8.1.1	Mantelburen påle i kohesionsjord	22
8.1.2	Mantelburen påle i friktionsjord.....	22
8.1.3	Spetsburen påle	22
8.2	Metoder	22
8.2.1	Slag/sjunkningssamband	22
8.2.2	Statisk provbelastning	24
8.2.3	Dynamisk provbelastning.....	24
9	Installation, kontroller, toleranser och reglering	29
9.1	Prylning	29
9.2	Lerproppar	29
9.3	Knektning	29
9.4	Toleranser i plan	29
9.5	Toleranser i höjd (pålavskärning).....	29

9.6	Lutande pålar	30
9.7	Verifiering av geoteknisk bärförmåga	30
9.8	Kontroll av pålens integritet (att pålen är hel)	30
9.9	Kontrollslagning	30
9.10	Efterslagning	31
9.11	Ersättningsregler	31
9.11.1	MER 2002	31
9.11.2	ME 95	31
9.12	Leveransbestämmelser	31
10	Ansvarsfördelning vid pålgrundläggning	32
11	Val av påltyp	32
12	Handlingar	33

1 Grundbegrepp

1.1 Lasteffekt

Med lasteffekt menas inverkan av den kombinerade last som i olika gränstillstånd före, under och efter installation kan komma att påverka en påles samtliga delar och snitt. Detta inkluderar effekten av samtliga laster, inklusive påhängslaster, och effekter av tvångsdeformationer orsakade av jordrörelser.

Lasteffekten i en påle avser normaltryckkraft, normaldragkraft, böjande moment, tvärkraft, vridande moment och kombinationer av dessa.

1.2 En påles bärförmåga

En påle installeras för att bära upp ett byggnadsverk med acceptabla rörelser för byggnadsverket och med acceptabel beständighet för pålen under byggnadsverkets livslängd.

För pålen skall vid projekteringen beaktas

- att pålens konstruktiva bärförmåga (lastkapaciteten) är tillräcklig.
- att pålens geotekniska bärförmåga är tillräcklig.

Dimensionerande bärförmåga för en installerad påle är det lägsta värdet av dimensionerande lastkapacitet och dimensionerande geoteknisk bärförmåga.

1.3 Lastkapacitet

Lastkapacitet (det dimensionerande värdet) definieras som

en påles konstruktiva bärförmåga, d v s dess möjlighet att överföra lasteffekter utan att pålen (inklusive skarvar och spets) går till brott eller deformeras på ett skadligt sätt.

Detta innebär att en påle ska ha förmåga att bära och överföra lasteffekter före, under och efter installation utan att motsvarande gränstillståndskrav för ingående pålmaterial överskrids.

Lastkapaciteten är objektsspecifik. Detta innebär att en påles dimensionerande lastkapacitet inte kan anges generellt eftersom den är beroende av förhållandena på den plats där pålen installeras. Sidostöttande effekt från omgivande jord påverkar lastkapaciteten liksom slagningspåverkan under installationen.

1.4 Geoteknisk bärförmåga

Geoteknisk bärförmåga (det dimensionerande värdet, R_d) definieras som

jordens och/eller bergets förmåga att vid en påles spets och längs dess mantel ta upp påförda lasteffekter utan att det uppstår brott i jord/berg eller att skadliga rörelser uppstår.

En påles geotekniska bärförmåga beror av de geotekniska förhållandena, pålens form och tvärsnittsytta, tillförd energi vid slagning, kontrollens utförande och omfattning samt säkerhetsklass.

Man talar även om andra värden på den geotekniska bärförmågan än det dimensionerande värdet, som

- drivningsmotstånd, R_u (bärighetsbrott i jorden längs och under pålen vid slagning)
- karakteristiskt värde, R_k (statistisk utvärdering av uppmätta bärighetsbrott för påle)

2 Laster och lasteffekter

2.1 Laster

2.1.1 Laster från överbyggnad

En pål kan från överbyggnaden belastas antingen av en ren axiellast eller en kombination av axiellast, moment och/eller transversallast.

Dimensionerande laster på en pål skall beräknas med beaktande av verkliga förhållanden. Detta innebär att hänsyn ska tas till att pålarna kommer att installeras med minst de toleranser som angivits i handlingarna.

Variationer i pållängder inom en pålgrupp ger också tillskottsbelastningar på de korta pålarna.

2.1.2 Geotekniska laster

2.1.2.1 Vertikal jordrörelse

Den installerade pålen kan även utsättas för laster från den omgivande jorden om pålen installeras genom sättningbenägna jordar (kohesionsjord, löst lagrad ensgraderad friktionsjord, åsmaterial med ensgraderade finkorniga lager på ensgraderade grovkorniga) som ger upphov till påhängslaster längs pålarnas mantelyta. I förekommande fall skall påhängslasten beräknas med geostatisk metod och beaktas vid beräkning av lasteffekten. Påhängslasterna är långvariga och skall kombineras med övriga långvariga laster som egenvikt.

För lutande pålar i jord skall på motsvarande sätt inverkan av framtida sättning i omgivande jord vilket ger moment i pålarna beaktas vid dimensionering.

2.1.2.2 Horisontell jordrörelse

För pålar, som utsätts för sidorörelser i omgivande jord, skall lasteffekten av dessa jordlaster beaktas.

2.1.3 Installationslaster

Vid påslagning skapar hejarens slag mot pålen en axiell stötvåg, som vandrar ned och upp i pålen och reflekteras både mot jorden/berget och hejaren. Påverkan i pålens olika delar beror förutom av fallhöjden även av hejarvikt, påltyp, pållängd, jordens egenskaper och pålens verkningsätt.

2.2 Lasteffekter

2.2.1 Lasteffekter vid transporter och lyft

En påle skall vara dimensionerad för att kunna uppta de lasteffekter som uppkommer vid normal hantering och lagring i fabrik, vid transporter och vid lyftning till pålkran. Genom att lyfta i särskilt valda punkter samt att låta pålen uppnå viss hållfasthet (betongpålar) säkras mot skador vid dessa lastfall. Pålfabrikanten ansvarar för dessa belastningsfall.

2.2.2 Lasteffekter vid lyft i pålkran

Omild behandling vid upplyft i pålkranens gejder kan också orsaka allvarliga skador på en betongpåle. Uppkomst av skador förhindras genom ett korrekt handhavande. Pålentreprenören ansvarar för korrekt hantering.

2.2.3 Lasteffekter vid installation

Vid installationen i form av slagning utsätts pålen för mycket stora laster och lasteffekter. Installationen kan vara den största belastning som pålen kommer att utsättas för. Detta begränsas genom restriktioner på hejarens vikt och fallhöjd samt antalet slag. Högre dimensionerande materialvärden än normalt får dock utnyttjas vid installation. Pålentreprenören ansvarar för dessa belastningsfall.

Hinder i jorden kan tvångsstyra pålen så att stora lasteffekter uppstår. Påtvingade deformationer vid installation kan ge upphov till stora lasteffekter i pålen. Förhållandena kan vara sådana att en borrarad påle är ett bättre val än en slagen påle. Projektören ansvarar för att påle med tillräcklig kapacitet valts eller föreslagits med hänsyn till rådande geotekniska förhållanden.

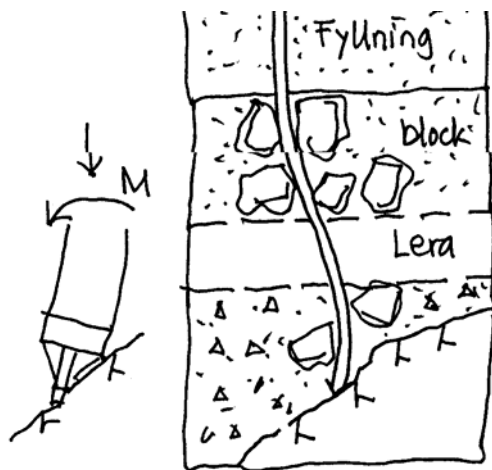


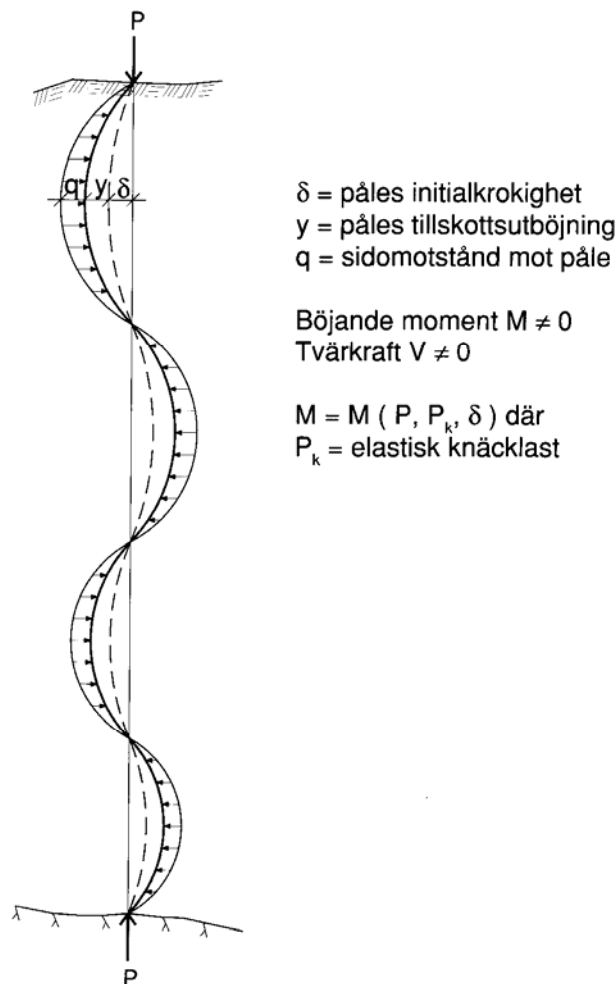
Fig 2.1. De geotekniska förhållandena kan ge upphov till stora lasteffekter i en påle.

2.2.4 Lasteffekter för installerad påle

En i jorden installerad påle kan betraktas som en av jorden sidostöttad pelare.

En installerad påle kan aldrig betraktas som helt rak utan har en initialkrokighet som förstoras vid belastning av pålen. Hänsyn till detta skall tas vid dimensioneringen. Dessutom skall hänsyn tas till snedställning i skarvarna och excentriskt lastangrepp vid spetsen.

Hänsyn ska vid stålpålar och pålelement av stål även tas till den eventuella inverkan som korrosion kan ha under brukstiden på tvärsnittsmått etc.

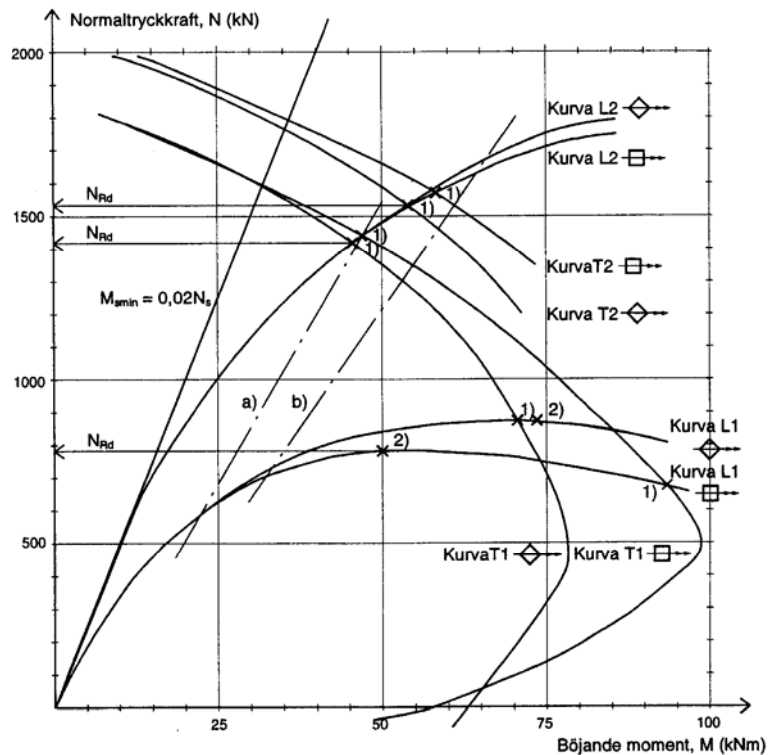


Figur 2.1.2a. Axiellt tryckbelastad påle.

Fig 2.2 Figuren är hämtad från Pålkommissionens Rapport 96:1
 ”Dimensioneringsprinciper för pålar. Lastkapacitet”.

En pÅle belastad med enbart axiellt riktad tryckande last får alltid lasteffekt bestående av normaltryckkraft i kombination med böjande moment och tvärkraft beroende på att den antas vara initialkrokig.

Sambandet mellan lasteffekterna normalkraft och böjande moment i en pÅle kan redovisas grafiskt med s k lasteffektkurvor.



Figur 2.2.2b Begrepp i samband med lastkapacitet.

Fig 2.3. Figuren är hämtad från Pålkommissionens Rapport 96:1 "Dimensioneringsprinciper för pÅlar. Lastkapacitet". Kurvorna L1 gÅller för lös jord och L2 för medelfast jord.

3 Generellt dimensioneringskrav

Det generella dimensioneringskravet är:

Dimensionerande lastkapacitet och dimensionerande geoteknisk bärförmåga skall var för sig vara större än dimensionerande lasteffekter.

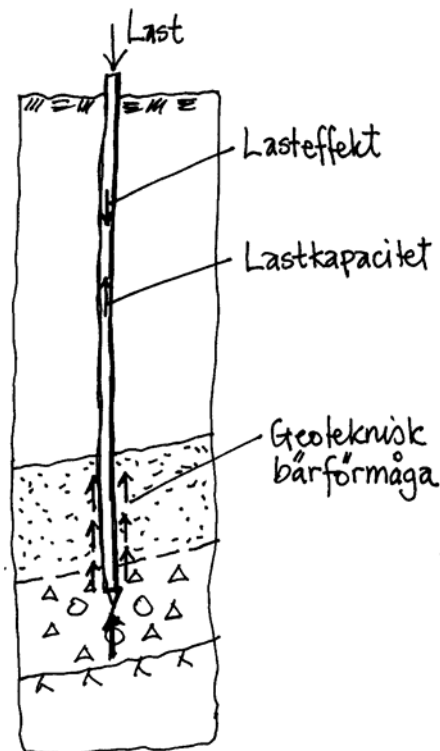


Fig 3.1 Grundbegrepp

$$\begin{array}{l} \text{Dimensionerande lastkapacitet} \\ \text{Dimensionerande geoteknisk bärförmåga} \end{array} \geq \text{Dimensionerande lasteffekter}$$

Kravet innebär att de dimensionerande lasteffekter som påverkar en påle före, under och efter installation inte får vara större än motsvarande dimensionerande lastkapaciteter (konstruktiv bärförmåga hos pålmaterialet). Efter installation gäller dessutom att dimensionerande lasteffekt inte får vara större än dimensionerande geoteknisk bärförmåga (bärförmåga med hänsyn till brott i omgivande jord eller berg).

4 Pålars verkningsätt

4.1 Mantelburen påle - kohesionspåle

Den geotekniska brottlasten för en kohesionspåle i lös och medelfast lera har en fördelning enligt figuren nedan.

Den geotekniska bärförmågan utgörs i stort sett enbart av mantelbärförmåga. Pålspetsen har mycket liten bärförmåga och kräver dessutom större rörelser än manteln för mobilisering av brottlast i jorden.

Lasten från pålen förs ut i den omgivande jorden och ger upphov till sättning i denna. Sättningarna påverkar det byggnadsverk som pålningen utförs för och omgivningen. Pålslängden anpassas normalt så att acceptabla sättningar erhålls.

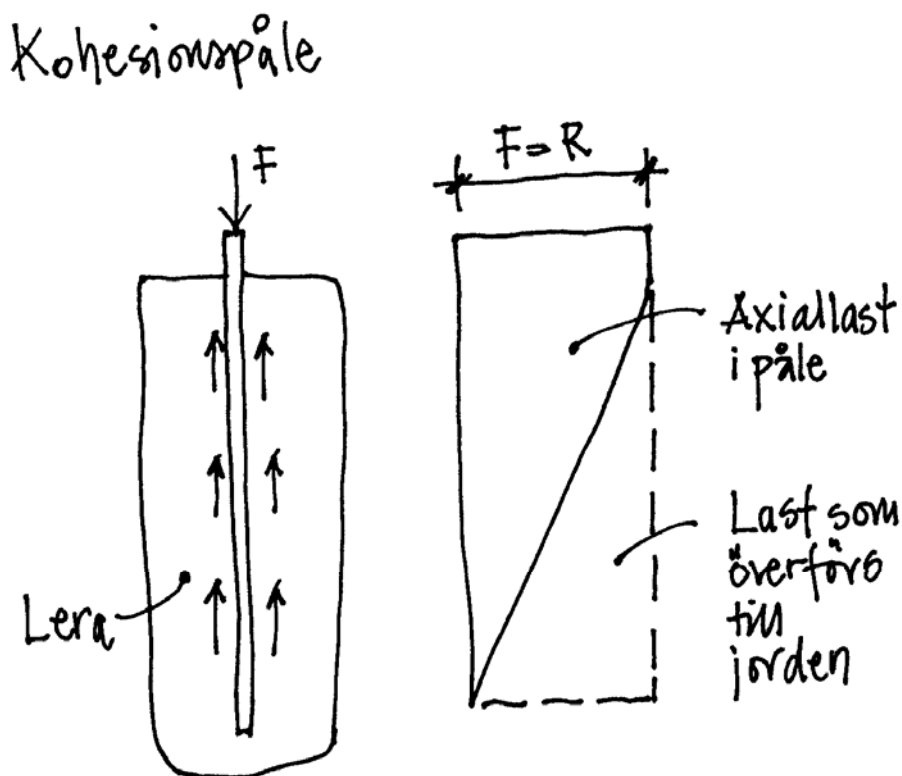


Fig 4.1 Mantelburen påle i lös och medelfast kohesionsjord

4.2 Mantelburen påle - friktionspåle

Den geotekniska brottlasten för en påle i friktionsjord har en fördelning längs pålen enligt figuren nedan.

Den geotekniska bärförmågan utgörs av både spets- och mantelbärförmåga. Det erfordras relativt större rörelse vid spetsen än vid manteln för mobilisering av geoteknisk bärförmåga.

Slagning av pålar i löst lagrad friktionsjord kan ge upphov till sättningar, vilket kan skada omgivningen.

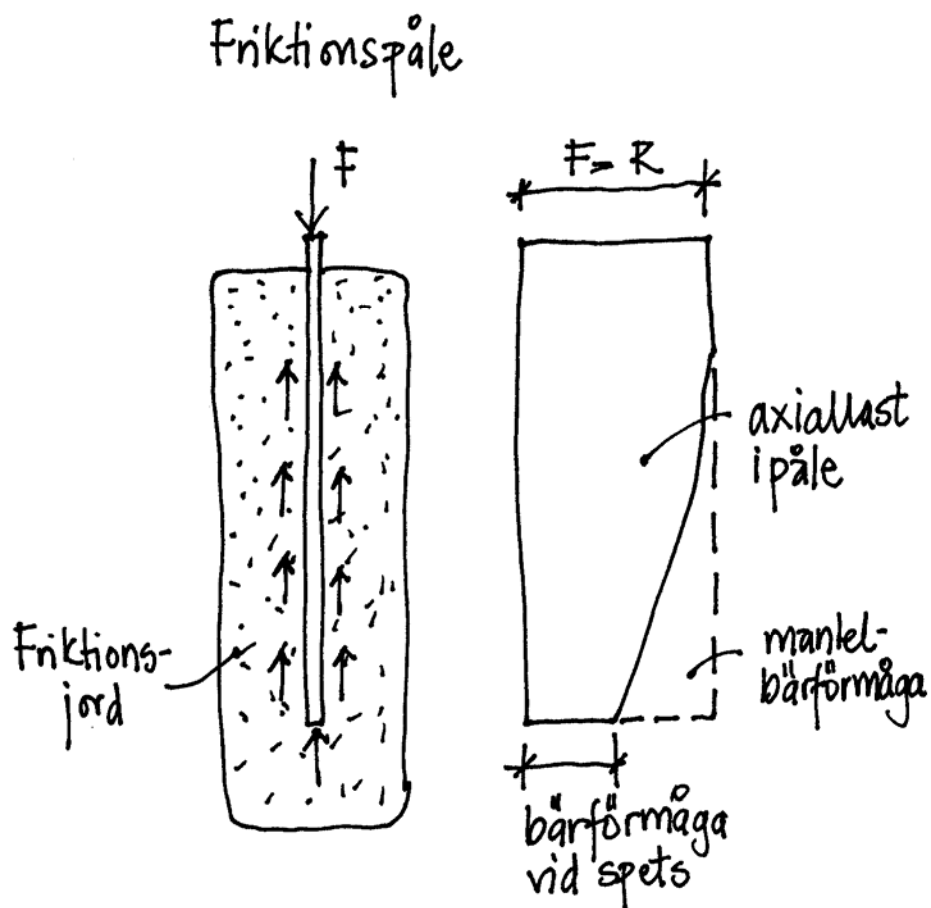


Fig 4.2 Mantelburen påle i friktionsjord

4.3 Spetsburen påle

Den geotekniska brottlasten för en spetsburen påle, slagen ned i morän genom lös och medelfast lera, har en fördelning längs pålen enligt figuren nedan.

Den geotekniska bärförmågan utgörs huvudsakligen av spetsbärförmåga. Mantelbärförmågan i lera är liten vid slagningen. Mantelbärförmåga i lera bör normalt inte inräknas i den utnyttjade bärförmågan.

Hur stor bärförmåga som kan påvisas vid spetsen beror av om tillförd energi vid slagningen är så stor att fullt brott utbildas vid spetsen – att rörelsen vid spetsen är tillräckligt stor.

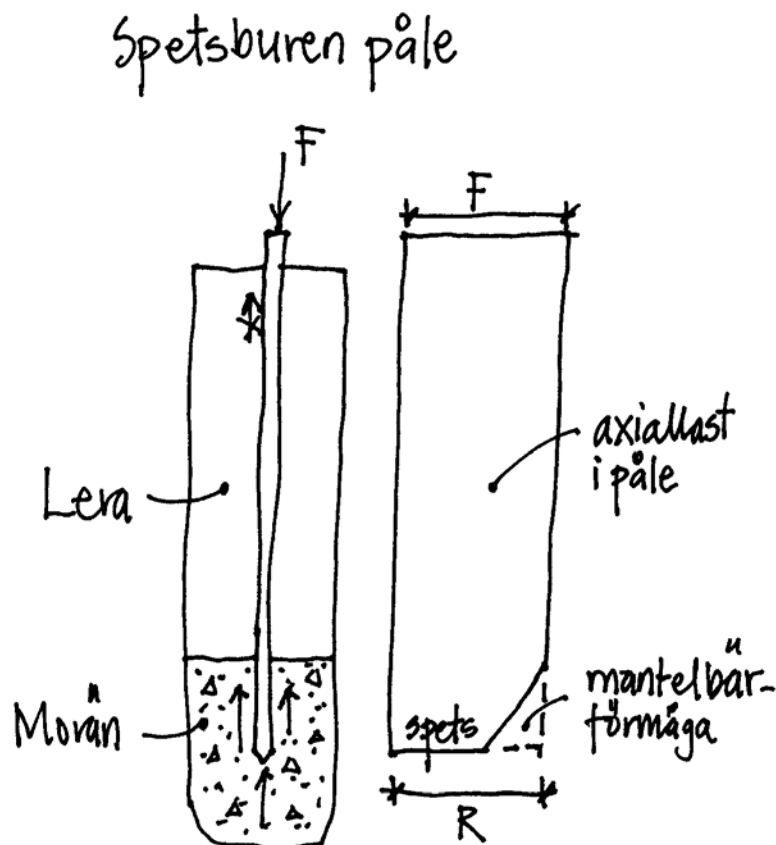


Fig 4.3 Spetsburen påle

4.4 Spetsburen påle med påhängslast

Lastfördelningen i en spetsburen påle, slagen ned i morän genom lera med pågående konsolideringssättningar, kan se ut enligt figuren nedan.

Förutom last från byggnadsverket förekommer påhängslast orsakad av att leran sätter sig relativt pålen. I figuren nedan förekommer sättning i hela lerprofilen. Den geotekniska bärförmågan utgörs huvudsakligen av bärförmåga vid spetsen.

Påhängslaster skall framtas av projektören och redovisas med sin fördelning längs pålen. Påhängslasterna skall kombineras med dimensionerande långtidslaster för byggnadsverket.

Påhängslaster kan även förekomma vid mantelburna pålar.

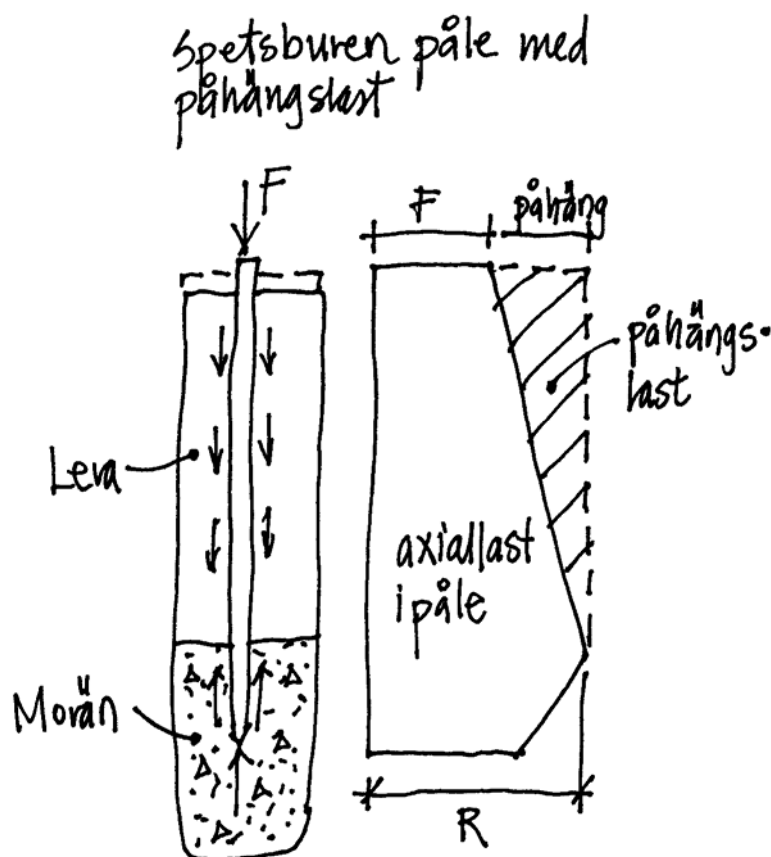


Fig 4.4 Spetsburen påle med påhängslast

Vid kohesionsjord brukar en relativ förskjutning jord-påle på mellan 1 och 5 mm anses vara tillräcklig för att erhålla full mantelkohesion. Enligt svensk praxis anses påhängslasten från lera motsvara 70 % av den odränerade, okorrigerade skjuvhållfastheten uppmätt genom vingförsök.

Oftast förekommer bara sättningar i lerlagrets övre del, vilket begränsar påhängslastens totala storlek. Risker för påhängslaster kan påvisas genom sättningsmätningar av mark och byggnader inom det aktuella området. Var i jorden som sättningarna uppkommer kan påvisas genom jämförelser mellan uppmätta förkonsolideringstryck och det effektiva trycket i jorden. På de nivåer där effektivtrycket är högre än 80 % av förkonsolideringstrycket är det troligt att sättningar förekommer i jordprofilen. Observationer kan göras med bälgsättningsmätare varvid sättningarnas storlek mäts på olika nivåer i jordprofilen.

5 Lastkapacitet

Verifiering av pålars lastkapacitet (dimensionering av påle) skall göras genom beräkning, provning eller genom någon kombination därav. Verifieringen skall omfatta pålens samtliga delar som pålelement, pålskarvar och bergskor samt alla möjliga kritiska snitt i dessa såväl i brott- som i bruksgränstillstånd.

Vid dimensioneringen skall hänsyn tas till förhållanden av betydelse, som bl a :

- installationens inverkan på materialegenskaperna.
- pålmaterialets beständighet
- jordens sidomotstånd mot pålen
- pålens initialkrokighet.

En påles lastkapacitet skall alltid verifieras för aktuella förhållanden. Detta görs normalt genom beräkningar. I **Pålkommissionens rapport 96:1 med Supplement nr 1** redovisas allmänna förutsättningar och principer, inverkan dimensioneringsförutsättningar med avseende på pålmaterial, jordmaterial och pålar samt hur dimensioneringen skall göras i brott- och bruksgränstillstånd. Rapporten behandlar lastkapacitet för förtillverkade, slagna pålar av betong, stål och trä samt även pålskarvar och pålskor. Även dimensioneringsförutsättningar för stålrörspålar med betongkärna och stålkärnepålar behandlas. Dock behandlas endast lastkapaciteten för installerad påle.

Pålens materialegenskaper kan behöva reduceras på grund av installationen med hänsyn till slagningens inverkan och aktuella jord- och bergförhållanden. Eventuell integritetskontroll ger möjlighet att minska den reduktion som förutsatts vid projekteringen. För pålmaterialet betong reduceras tryckhållfastheten till följd av slagningens inverkan beroende av påltyp, antal slag och hejarvikt/fallhöjd.

Om särskilt svårt och omfattande slagningsarbete kan förutses bör betongpålars armering förstärkas och stålpålars godstjocklek ökas.

Brottmoderna med avseende på en påles lastkapacitet är:

- materialbrott (kontrolleras genom tvärsnittskontroll)
- instabilitet/knäckning (kontrolleras genom knäckningskontroll)

Vid axialtrycklast måste alltid båda brottmoderna kontrolleras.

En påles lastkapacitet kan utnyttjas fullt ut förutsatt att den geotekniska bärförmågan är tillräcklig. Lastkapaciteten beror av pålens initialkrokighet och styvhet samt av sidomotståndet från jorden mot pålen. Ökad initialkrokighet och minskad styvhet hos pålen samt minskat sidomotstånd från jorden mot pålen medför minskad lastkapacitet för pålen.

Pålkommissionens rapport 98 ”Dimensioneringsanvisningar för slagna, slanka stålpålar”, behandlar lastkapacitet både under installation och för installerad påle.

Lastkapacitetsberäkning av en av jord omgiven påle utförs enligt **Pålkommissionens rapport 84a ”Beräkning av lastkapacitet för slagna pålar med hänsyn till pålmaterial och omgivande jord”**.

6 Geoteknisk bärförmåga

6.1 Inledning

En påles geotekniska bärförmåga bestäms vid projektering genom geostatisk beräkning utgående från mätta geotekniska parametrar och empiriska samband. För slagna pålar kan den geotekniska bärförmågan bestämmas utgående från dokumenterad och systematiserad erfarenhet som formuleras i ett stoppslagningsvillkor. Erfarenheten baseras ursprungligen på pålformler utgående från energibetraktelser och jämförelser med statisk provbelastning men baseras numera huvudsakligen på dynamisk provning.

6.2 Mantelburen påle i kohesionsjord

Den dimensionerande geotekniska bärförmågan för tryckkraft för en mantelburen påle i kohesionsjord (kohesionspåle) skall beräknas enligt **Pålkommissionens Rapport 100 "Kohesionspålar"**. För dragkraft beräknas den geotekniska bärförmågan på samma sätt som för tryckkraft. Enligt svensk praxis reduceras dock vanligen den dimensionerande geotekniska bärförmågan för dragkraft jämfört med tryckkraft.

6.3 Mantelburen påle i friktionsjord

Den dimensionerande geotekniska bärförmågan för tryckkraft för en mantelburen påle i friktionsjord kan beräknas enligt **Pålgrundläggningshandboken, avsnitt 6.4** utgående från jordens inre friktionsvinkel eller trycksonderingsresultat. För dragkraft beräknas den geotekniska bärförmågan på samma sätt som för tryckkraft men det dimensionerande värdet reduceras vanligen till hälften av värdet för tryckkraft. En rapport från Pålkommissionen om slagna friktionspålar är under utarbetande.

Till ledning vid projektering kan **Pålkommissionens Rapport 86 "Friktionspålares bärförmåga och last/förskjutningssamband – en jämförelse mellan olika beräkningsmetoder och statisk och dynamisk provbelastning"** och **Rapport 91 "Friktionspålar – bärförmågans tillväxt med tiden"** användas.

6.4 Spetsburen påle

För en spetsburen påle nedslagen mot kristallint berg är vanligtvis den geotekniska bärförmågan högre än pålens lastkapacitet. Pålar slagna till fasta jordlager under lös jord utgör ett mellanting mellan spetsburna och mantelburna pålar. Bärförmågan består dels av mantelbärförmåga och dels av spetsbärförmåga, men spetsbärförmågan är oftast dominerande. Den geotekniska bärförmågan för pålspets som inte når berg kan beräknas med hjälp av de uttryck som gäller för spetsbärförmåga för mantelburna pålar i friktionsjord enligt beräkningsmetoder i **Pålgrundläggningshandboken, avsnitt 5.33**. En rapport från Pålkommissionen om slagna friktionspålar är under utarbetande.

I **Pålkommissionens rapport 94 "Standardpålar av betong"** anges dimensionerande värden på den geotekniska bärförmågan för betongpålarna SP1, SP2 och SP3 enligt den tidigare standarden SS 81 11 03 i tabellerna 1.3 och 1.5. Bärförmågevärdena förutsätter stoppslagning enligt angivna sjunkningsmått.

6.5 Utnyttjandegrad

Huvudsakligen spetsburna, slagna betongpålar kan indelas i:

- lågbelastade pålar
- medelbelastade pålar
- högbelastade pålar

I Boverkets konstruktionsregler (BKR) anges för geoteknisk klass 1 (GK 1) att förtillverkade betongpålar enligt den tidigare standarden SS 81 11 03 måste vara oskarvade och spetsburna och får nyttjas högst till 300 kN. Verifiering skall göras genom stoppslagning med hjälp av schablon angiven i BKR. I geoteknisk klass 2 (GK 2) får en allmän stoppslagningsschablon användas medan objektsspecifika stoppslagning villkor skall framtas för utförande i geoteknisk klass 3 (GK 3).

Stoppslagningstabellerna i **Pålkommissionens Rapport 94** är tänkta att brukas om provning av den geotekniska bärförmågan inte utförs. Bärförmågan begränsas härvid till 550 kN för påltyp SP1 och till 750 kN för påltyperna SP2/SP3 i säkerhetsklass 2.

Om projektören vid ett högre utnyttjande av bärförmågan önskar ett visst dimensionerande värde på bärförmågan måste också motsvarande karakteristiska värde på den geotekniska bärförmågan bedömas. Härvid är de geotekniska förhållandena men även kontrollens utförande och omfattning avgörande. Ett högre utnyttjande kan t ex erhållas om kontrollinsatsen ökas så att fler pålar kontrolleras med dynamisk provning. I en första ansats är det rimligt att förutsätta att det karakteristiska värdet måste vara dubbelt så stort som det dimensionerande värdet. Således om projektören önskar utnyttja en påle till 850 kN (dimensionerande värde på bärförmågan, R_d) så ska entreprenören kunna påvisa 1700 kN (karakteristiskt värde på den geotekniska bärförmågan, R_k) med rimligt slagarbete. En ökad kontrollinsats minskar denna marginal. Utgående från det karakteristiska värdet och de geotekniska förhållandena görs en bedömning av hur lång en installerad påle blir (regleringslängd).

Det är det karakteristiska värdet på den geotekniska bärförmågan (R_k) som man försöker förutsäga. Detta beror av de geotekniska förhållandena och kan även bero på tillförd slagen energi vid slagna pålar. Det karakteristiska värdet på den geotekniska bärförmågan verifieras senare vid stoppslagningen. Det dimensionerande värdet beror av de geotekniska förhållandena, hur verifieringen görs och dess omfattning samt av säkerhetsklass (byggnadsverkets utformning).

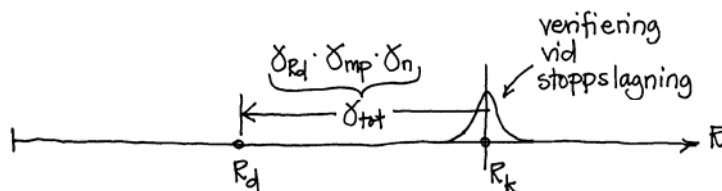


Fig 6.1 Dimensionerande och karakteristiskt värde för den geotekniska bärförmågan

Det använda förhållandet mellan R_k och R_d bestäms även vilken spridning de påvisade bärförmågevärdena kan förväntas ha på arbetsplatsen. Ovan är R_k markerat som ett medelvärde av påvisade bärförmågevärden, men skall egentligen vara ett lägre värde t ex 5%-fraktilen.

Vid mycket högbelastade pålar måste förutsättas att pålarna når berg med rimligt slagningsarbete.

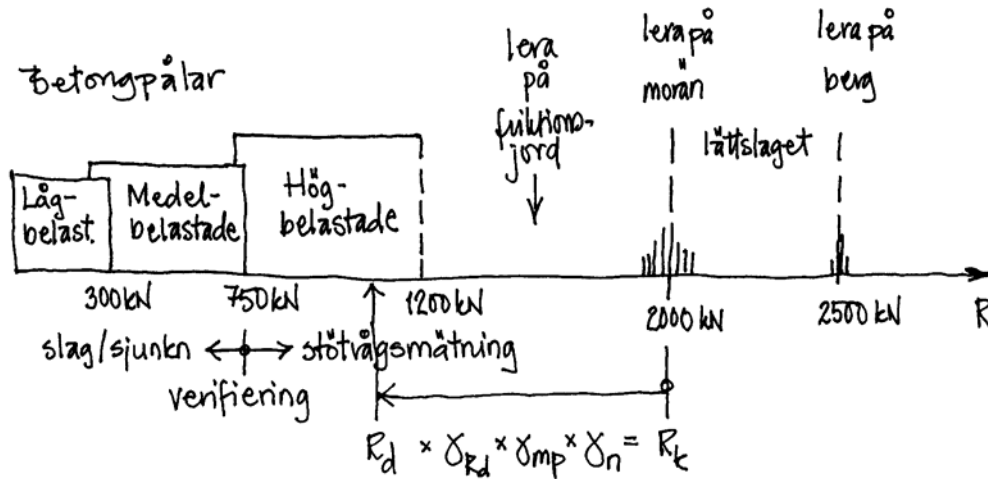


Fig 6.2 Olika utnyttjande av bärförmåga för slagna betongpålar

6.6 Bedömningar utifrån de geotekniska förhållandena

6.6.1 Starkt lutande berg utan friktionsjord

Den geotekniska bärförmågan bestäms av bergets hållfasthet. Det kan emellertid vara mycket svårt att få fäste med pålspetsen mot en starkt lutande bergyta utan friktionsjordställe. Risk kan föreligga om bergytan lutar mer än 1:1,5 och särskilt om pålen snedslås i samma riktning som berget lutar.

Pålar med borrard dubb och styrrör, stålkärnepålar eller i berg borrarade stålrörspålar är lämpligt vid mycket lutande berg med lite friktionsjord ovan bergytan.

6.6.2 Plant eller måttligt lutande berg utan eller med lite friktionsjord

Vid dessa fall bestäms den geotekniska bärförmågan av bergets hållfasthet, som för kristallina bergarter är högre än pålmaterialets, med undantag av hållfastheten för den härdade bergdubben. Slagarbetet är litet. Enbart vid dessa fall kan projektören vara säker på att pålens lastkapacitet kan utnyttjas fullt ut.

6.6.3 Bottenmorän

Även vid lös jord direkt på bottenmorän kan pålens lastkapacitet utnyttjas i hög grad. Den geotekniska bärförmågan bestäms av jordens hållfasthet, som är hög för bottenmorän.

6.6.4 Djupa friktionsjordlager

Den geotekniska bärförmågan bestäms av jordens hållfasthet, som vanligtvis är lägre än pålmaterialets hållfasthet. Slagningsarbetet kan bli omfattande, vilket betyder mer än 3000 slag. Tillförd slagningsenergi måste vara tillräckligt stor för att erhålla brottbärförmåga i jorden vid spetsen.

7 Erforderliga geotekniska undersökningar

Beroende av de geotekniska förhållandena skall projektören välja pålar med visst verkningsätt. För detta val måste ett tillräckligt bra underlag finnas i form av en geoteknisk undersökning utförd som underlag för pålgrundläggning. Undersökningen bör föregås av arkivstudier av undersökningar och pålningar utförda i grannskapet.

En geoteknisk undersökning för pålning utförs lämpligtvis på följande sätt:

- Bestäm den lösa jordens tjocklek med trycksondering (Tr).
- Bestäm bergytans läge med jord-bergsondering (Jb) om spetsburna pålar är ett alternativ.
- Bestäm lagringstätheten hos friktionsjord ovan berget med hejarsondering (HfA) om mantel- eller spetsburna pålar är ett alternativ och om friktionsjordens tjocklek är större än 8 å 10 m.
- Utför borrar i berg till större djup än normalt (3 m) om pålen ska förses med förankring i berg eller om stålkärnepålar är ett alternativ.
- Kunskap om den lösa jordens skjuvhållfasthet erfordras för beräkning av sidomotstånd mot pålar och för dimensionering av kohesionspålar. Skjuvhållfastheten erhålls vid försök med fältvinge (Vb) eller med fallkon på upptagna ostörda prover. De erhållna värdena skall korrigeras (innebär vanligtvis en reduktion) med hjälp av värden på lerans konflytgräns vid beräkning av sidomotståndet, men inte vid beräkning av bärförmågan för en kohesionspåle. Vid friktionspålar kan andra undersökningar vara aktuella som spetstrycksondering (CPT) eller prov med dilatometer och pressometer.
- Kunskap om jordens sättningsegenskaper erfordras vid misstanke om att påhängslaster måste beaktas och vid dimensionering av kohesionspålgrundläggning. Provtagning görs med kolvprovtagare (Kv) varefter proverna belastas i ödometer på laboratorium.

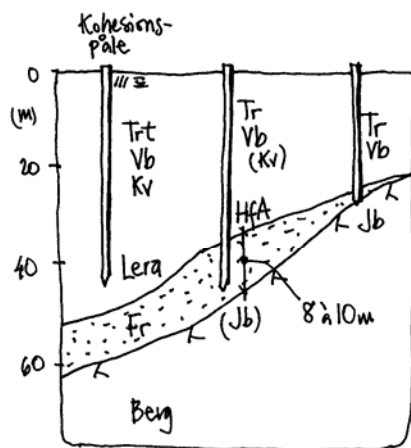


Fig 7.1 Översikt över geotekniska fältundersökningar för pålar med olika verkningsätt

8 Verifiering av geoteknisk bärförmåga

8.1 Inledning

Verifiering av geoteknisk bärförmåga görs genom beräkning eller stoppslagning med eller utan dynamisk provning. Provning kan även göras statiskt. Med stoppslagning menas kontroll i slutet av påslagningen av att installationen av pålen uppfyller föreskrivna krav beträffande pålens sjunkning.

8.1.1 Mantelburen påle i kohesionsjord

För mantelburna pålar framtas den geotekniska bärförmågan huvudsakligen genom beräkning. Särskilt för mantelburna pålar i kohesionsjord, om den inte är mycket fast, verifieras eller kontrolleras inte den beräknade bärförmågan vid grundläggningsarbetena. Den vid projekteringen beräknade erforderliga pållängden används vid grundläggningsarbetena. Om eventuella ändringar görs av pållängd eller pålens utformning i övrigt så beräknas pålens geotekniska bärförmåga igen på samma sätt som gjorts vid projekteringen. För en kohesionspålad grundläggning är det dock vanligt att en viss pållängd valts för att nedföra lasterna till sådant djup att sättningarna blir acceptabla varför pållängden inte kan ändras enbart av bärförmågeskäl.

8.1.2 Mantelburen påle i friktionsjord

Den vid projekteringen beräknade pålen används som utgångslängd vid grundläggningsarbetena, men verifiering av den geotekniska bärförmågan görs med slag/sjunkningsmätning och dynamisk provning. Bärförmågan skall bestämmas vid minst två tillfällen.

8.1.3 Spetsburen påle

Verifiering av den geotekniska bärförmågan utförs genom stoppslagning med eller utan provning.

8.2 Metoder

8.2.1 Slag/sjunkningssamband

Det enklaste sättet att verifiera den geotekniska bärförmågan är genom slag/sjunkningsmätning vid stoppslagning och användande av någon stoppsjunkningsschablon.



Fig 8.1 Registrering av pålens sjunkning vid stoppslagning

Härvid används en kvarstående sjunkning av pålen vid slag med hejare som mått på den geotekniska bärförmågan. Stoppslagningen skall omfatta minst tre slagserier om tio slag under vilka sjunkningen skall vara konstant eller avtagande. För en hydraul- eller tryckluftshejare används i stället sjunkningen under en given tidsperiod, t ex 60 sekunder, som en parameter.

Den geotekniska bärförmåga som kan påvisas beror av:

- tillförd energi (hejarvikt och fallhöjd)
- pålens tvärsnittsytta
- jordens fjädring (quake)
- pålens lastkapacitet för detta lastfall

8.2.1.1 Betongpålar

För spetsburna betongpålar enligt den tidigare standarden SS 81 11 03 skall **Pålkommisionens Rapport 94 (1996), tabellerna 1.3 och 1.5** användas. Tabellerna är framtagna för stoppslagning med spets mot mycket fast morän eller berg.

Tabellerna anger dimensionerande geoteknisk bärförmåga för kvarstående sjunkning av högst 10 mm/10 slag respektive 3 mm/10 slag. Tabell 1.3 gäller för Standardpåle 1 (SP1) som har tvärsnittsarean 0,055 m² och tabell 1.5 för Standardpåle 2 och 3 (SP2 och SP3) vilka har tvärsnittsarean 0,073 eller 0,076 m².

Rapport 94 är framtagen för verifiering av geoteknisk bärförmåga utan provning av bärförmåga och kontroll av pålens integritet varför bärförmågan för installerad påle är begränsad med hänsyn till lasteffekten under stoppslagningen till max 550 kN för påltyp SP1 och max 750 kN för påltyperna SP2 och SP3 i säkerhetsklass 2. Förutsättningar för maximal fallhöjd och maximalt antal slag framgår av tabell 1.1 i rapporten.

Standardpålarna enligt ovan täcks numera in av SS-EN 12794 "Förtillverkade betongprodukter – betongpålar".

8.2.1.2 Slanka stålpålar

I utförandeklass 2A enligt **Pålkommissionens Rapport 98** får den geotekniska bärformågan verifieras med stoppslagningsregel, som skall gälla för aktuell påle och hejare. Regeln skall vara baseras på vedertagen metod, t ex den som beskrivs i **Pålkommissionens Rapport 92 "Datorsimulering av pålslagning"**. Sådana stoppslagningsregler skall förutsätta att pålarna installeras genom lättdriven friktionsjord eller kohesionsjord till distinkt stopp mot mycket fast morän eller berg. Stålpålar tränger normalt ned till fastare jord än betongpålar.

8.2.2 Statisk provbelastning

Statisk provbelastning är numera mycket sällsynt i Sverige. Sådan provning kan emellertid utföras relativt enkelt om mothållet redan finns tillgängligt som vid grundförstärkningsentreprenader.

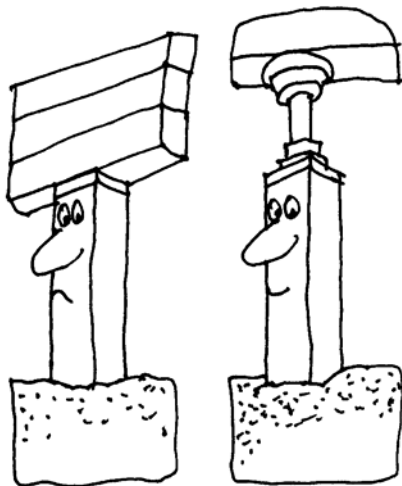


Fig 8.2 Statisk provbelastning. T v med lösa vikter, t h med ovanliggande konstruktion som mothåll.

Utomlands är statiska provbelastningar fortfarande vanligt förekommande.

8.2.3 Dynamisk provbelastning

Dynamisk provbelastning med hjälp av stötvågsmätning är numera vanligt förekommande i Sverige. Platsspecifika stoppslagningskriterier kan tas fram med sådan provning.

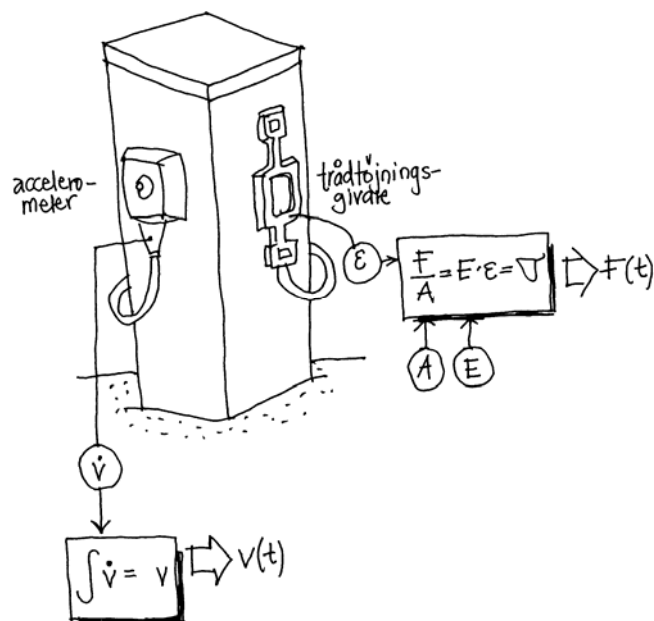


Fig 8.3 Instrumentering vid dynamisk provning med accelerometer och töjningsgivare

Mätningen görs samtidigt som pålen slås ned i jorden.

Med hjälp av en särskild dator med speciell programvara (CASE) kan den mobiliserade geotekniska bärförmågens storlek och fördelning längs pålen studeras för enskilda hejarslag. Metoden finns beskriven i **Pålgrundläggningshandboken, avsnitt 9.3**

För en noggrannare analys kan signalerna vidarebearbetas med hjälp av t ex datorprogrammet CAPWAP. Även detta finns beskrivet i Pålgrundläggningshandboken.

Det är viktigt att tillräcklig energi tillförs för att verifiera önskad bärförmåga. Hejarvikten bör vara minst 1 – 1,5 % av karakteristisk bärförmåga. Detta gäller särskilt för slanka stålpålar, som ofta slås med för små hydraulhejare.

8.2.3.1 Omfattning av dynamisk provning

8.2.3.1.1 Byggnadsverk tillhörande Vägverket och Banverket

8.2.3.1.1.1 Betongpålar

För spetsburen påle med liten fjädring, högst $d/60$, hos pålspetsen godtas att den karakteristiska geotekniska bärförmågan bestäms enligt CASE-metoden. Pålens sjunkning skall då vara högst 3 mm/slag. Vid större sjunkning godtas att den karakteristiska geotekniska bärförmågan, R_k , bestäms genom analys av uppmätta accelerations- och töjningsförlopp. Sådan analys kan utföras med datorprogrammet CAPWAP eller likvärdigt. Den dimensionerande geotekniska bärförmågan R_d skall bestämmas enligt formeln

$$R_d = R_k / (\gamma_{Rd} \cdot \gamma_{mp} \cdot \gamma_n) = R_m / \gamma_{tot}$$

R_m = medelvärdet av uppmätt bärförmåga

γ_{tot} = den sammansatta säkerhetsfaktorn inklusive hänsyn till skillnaden mellan medelvärde och karakteristiskt värde.

γ_{tot} skall minst ges värde enligt tabellen nedan

Tabell 8.1 (BRO 2004)

Antal prov	Säkerhetsklass 2		Säkerhetsklass 3	
	berg	jord	berg	jord
3	1,70	1,95	1,80	2,10
4	1,60	1,85	1,70	2,00
6	1,55	1,80	1,65	1,90
10	1,50	1,70	1,60	1,80
≥ 20	1,45	1,65	1,55	1,75

Varje enskilt värde skall minst vara 0,85 gånger det uppmätta medelvärdet.

Minst tre pålar per kontrollobjekt skall provas och de provade pålarna skall vara ett representativt urval av pålarna i kontrollobjektet. Om alla pålar i en pålgrupp mäts godtas att γ_{tot} enligt ovan sätts till

1,40 för berg i säkerhetsklass 2

1,60 för jord i säkerhetsklass 2

1,50 för berg i säkerhetsklass 3

1,70 för jord i säkerhetsklass 3

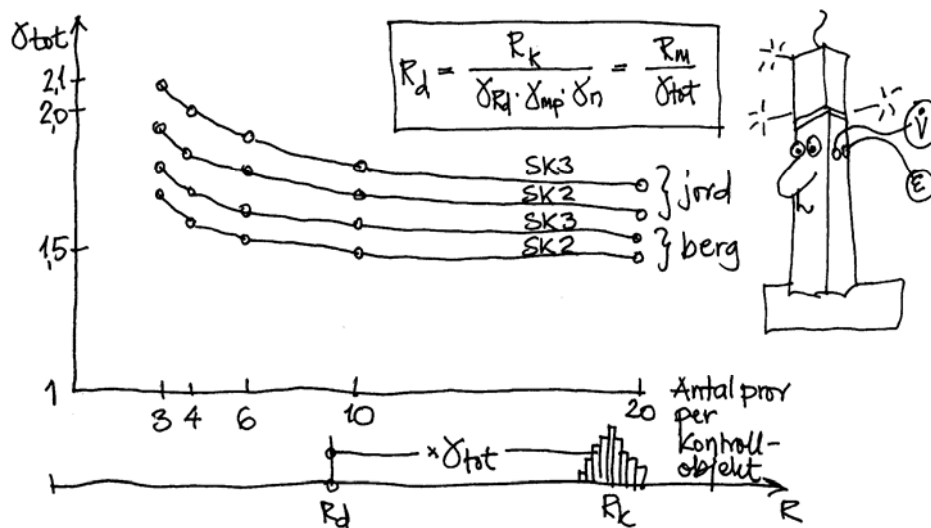


Fig 8.4. Illustration av tabell 8.1

Kontrollobjektet är mycket väldefinierat då varje pålgrupp för ett brostöd är ett kontrollobjekt.

8.2.3.1.1.2 Slanka stålplålar

Provningens omfattning skall minst motsvara utförandeklass 2C enligt **Pålkommis-sions Rapport 98**.

8.2.3.1.2 Byggnadsverk för vilka BKR är tillämplig

Det är numera vanligt att den geotekniska bärförmågan verifieras med hjälp av stötvågsmätning även för byggnader.

Förhållandet mellan karakteristisk och dimensionerande bärförmåga avgörs av de geotekniska förhållandena, pålens verkningssätt, säkerhetsklass och kontrollens omfattning per kontrollobjekt. Någon så snäv definition av kontrollobjekt som för broar finns inte för husgrundläggning.

8.2.3.1.2.1 Betongpålar

Bestämning av det dimensionerande värdet på den geotekniska bärförmågan kan göras enligt **Pålgrundläggningshandboken avsnitt 6.33**.

$$R_d = R_k / (\gamma_{Rd} \cdot \gamma_{mp} \cdot \gamma_n)$$

Om stötvågsmätning utförs på 3 á 5 % av pålantalet (enbart provpålning) så kan $\gamma_{Rd} \cdot \gamma_{mp}$ sättas till 1,6 för frifallshejare. Minst fyra pålar fördelade över området skall mätas.

Om stötvågsmätning utförs på minst 25 % av pålantalet (provpålning och produktionskontroll) så kan $\gamma_{Rd} \cdot \gamma_{mp}$ sättas till 1,3 för frifallshejare.

γ_n är partialkoefficient som beaktar säkerhetsklassen.

R_k , det värde som skall påvisas, skall enligt detta betraktelsesätt bestämmas som 5%-fraktilen av mätta pålar. Detta behandlas utgående från medelvärde, spridningsmått och antal utförda mätningar i **Pålgrundläggningshandboken, avsnitt 9.37**.

8.2.3.1.2.2 Slanka stålpålar

Provningens omfattning skall minst motsvara någon av utförandeklasserna 2B eller 2C enligt **Pålkommissionens Rapport 98**.

8.2.3.2 Analys av dynamisk provning

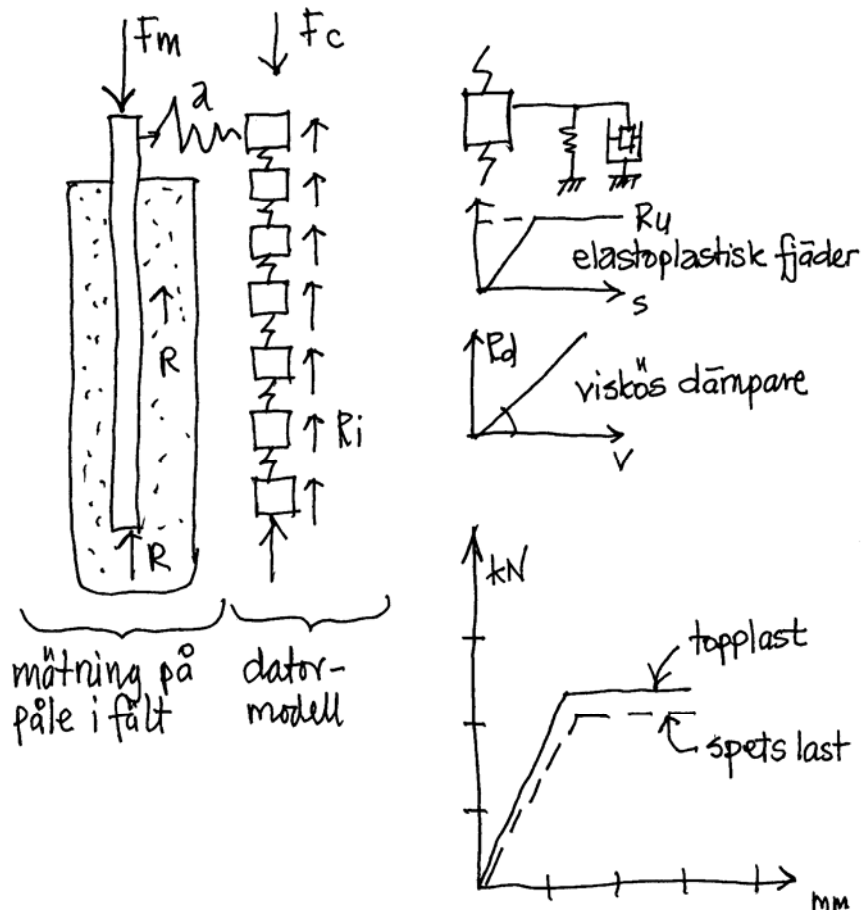


Fig 8.5 Illustrering av analys med datorprogrammet CAPWAP

Analys av utförd stötvågsmätning kan göras med datorprogrammet CAPWAP. (CAPWAP = Case Pile Wave Analysis Program). Med detta kan man analysera:

- jordkonstanter
- mantelmotståndets fördelning längs pålen
- spetsmotstånd

Som ingångsvärde används signal som i fält uppmätts då stötvågen är på väg nedåt i pålen. Utgående från denna beräknas det teoretiska utseendet på den uppåtgående stötvågen. Denna jämförs sedan med den mätta uppåtgående vågen. Den beräknade och den mätta kurvan för dessa vågor matchas mot varandra genom ändring av indata för jorden tills god överenskommelse erhålls.

Som resultat av beräkningarna erhålls en simulerad statisk provbelastning

9 Installation, kontroller, toleranser och reglering

9.1 Prylning

Pålar kan inte drivas genom tjocka fyllningar eftersom risk kan uppkomma att fyllningen skadar pålen. I enklare fall, med liten fyllningstjocklek, kan en s k pryl användas. Prylen kan bestå av en stålbalk eller ett rör.

Vid mycket svår genomträngliga fyllningar kan förborring eller bortschaktning av fyllningen vara nödvändig innan pålningen kan utföras. Alternativet kan även vara en borrarad påle.

9.2 Lerproppar

För att minska markhävning och jordförskjutningar som kan skada omgivningen och påverka redan installerade pålar kan s k lerproppsdragning göras. Lerproppar tas med ett rör som trycks eller slås ner. Röret har vanligtvis längden 12 m och diametern 270 mm. Leran pressas in i röret vid nedpressningen och kvarhålls vanligen med hjälp av undertryck i röret vid uppdragningen. Fyllning över leran måste tas bort före propptagningen, som också kan försvåras av förekomst av torrskorpa. Normalt sett tas proppar ned till 8 å 10 m djup. Möjligt djup beror av lerans skjuvhållfasthet. Med tillslutning av rörets nederända kan proppar tas till större djup. Proppar kan även tas med skruv ("auger").

9.3 Knektning

Om en påles kapningsnivå är belägen under pålmaskinens arbetsnivå kan en s k knekt användas. Som knekt används ofta en stålbalk eller ett stålrör. Balken måste anpassas till pålens tvärsnittsytta. Energiförluster innebär att fallhöjden måste ökas vid stoppslagningen.

9.4 Toleranser i plan

Om marken är fri från hindrande grundrester, sten, block, ledningar och eventuellt förekommande tjäle kan en påle i bästa fall installeras med en tolerans av ± 10 cm. Detta mått finns angivet i Pålentreprenörföreningens leveransbestämmelser för slagna pålar. Vid beräkning av laster i pålar skall projektören ta hänsyn till pållägen inom dessa marginaler.

Vid pålning t ex under en vägg eller en mur (sträckpålning) bör projektören ta hänsyn till toleranserna genom att medvetet placera varannan påle lite förskjuten i tvärled för att reducera risken att slagna pålar systematiskt hamnar åt ett och samma håll.

9.5 Toleranser i höjd (pålavskärning)

Projektören skall ange toleranser i höjd (pålavskärning) för slagen eller kapad påle. Normalt anges ± 30 å 50 mm för byggnader (ingjutningslängd 100 mm). Vägverket anger 0 till -100 mm för broar (ingjutningslängd 200 mm). För pålar där toppen kommit 50 – 1500 mm under angiven pålavskärningsnivå bör projektören ange hur pågjutning skall göras.

Observera att för påle som skall dragförankras, och för vilken armeringen skall friläggas för senare nedböjning och integrering i byggnadsverkets övriga armering, måste pållängd för reglering och pålavskärningsnivå anpassas till detta.

9.6 Lutande pålar

Pålentreprenörföreningen anger i sina leveransbestämmelser en maximal pållutning av 4:1.

9.7 Verifiering av geoteknisk bärförmåga

Det vedertagna begreppet för avslutningen av en påles slagning är ”stoppslagning”, vilket utförs för huvudsakligen spetsburna pålar och friktionspålar. Mantelburna pålar i kohesionsjord slås till vid projekteringen förutsatta längder.

Sjunkningen vid stoppslagningen används som verifikation av den geotekniska bärförmågan. För verifieringen tillämpas ibland stoppslagningskrav i form av generella regler (schabloner). Sjunkningen (mm/10 slag) får då inte överstiga vissa erfarenhetsvärden. Användning av schabloner får enbart tillämpas upp till vissa bärförmågenivåer.

Slagningen kan också anpassas efter de förhållanden som råder på platsen, d v s specifika stoppslagningskrav för arbetsplatsen tas då fram. För detta erfordras provpålning och dynamisk provbelastning. Stoppslagningsvillkoren bör tas fram vid efterslagning tidigast ett dygn efter slagningen. Dels för att kontrollera att pålens bärförmåga inte är lägre än vid själva slagningen men oftast för att utnyttja att bärförmågan kan öka med tiden, särskilt i friktionsjord (bärförmågetillväxt).

Projektören skall ange hur den geotekniska bärförmågan skall verifieras. Detta görs med hänsyn till de geotekniska förhållandena och hur stor geoteknisk bärförmåga som eftersträvas.

9.8 Kontroll av pålens integritet (att pålen är hel)

Med en pålens integritet menas dess funktionsduglighet att ta hand om projekterad lasteffekt. Tidigare användes inspektionsrör ingjutna i pålar för vilka osäkerhet befarats för deras krökning vid slagning mot lutande berg. Kontroll utfördes genom tolkning av röret. Sådan kontroll utförs för stålörspålar innan de igengjuts med betong. För betongpålar kan integritetskontroll göras med stötvågsmätning varvid sprickbildning och skador kan upptäckas. Sådan kontroll görs vid tolkning av stötvågskurvor vid normal stoppslagning, men kan också utföras som fristående kontroll utan pålkran. Kontrollen utförs då genom slag med slägga och mätning med accelerometer (”low-strain test”). Denna metod kan dock bara användas för pålens övre del, för en betongpåle ned till översta skarven, eftersom stötvågen kan ha för liten energi för passage av skarv.

9.9 Kontrollslagning

Kontrollslagning utförs i regel i omedelbar anslutning till själva pålslagningen utan förflyttning av pålmaskinen. Denna slagning utförs för att kontrollera att pålens spets inte har rört sig vid slagning av närbelägna pålar. Detta kan bli aktuellt om lös lera direkt överlagrar berg och vid kortare pållängder än 3 m.

9.10 Efterslagning

Efterslagning görs när påslagningen avslutats inom det område där den aktuella pålen kan påverkas. Syftet med efterslagningen är att kontrollera pålens bärförmåga och utförs för spetsburna pålar och friktionspålar. Pålarna kan ha lyfts eller rubbats i läge vid schaktning, att risk förekommer för s k falskt stopp eller att slagning av närliggande pålar orsakat omlagring av friktionsjord. Normalt påvisas dock en högre bärförmåga i friktionsjord vid efterslagning än vid normal stoppslagning. Efterslagningen utförs som förnyad stoppslagning.

9.11 Ersättningsregler

Pålningsarbeten ersätts med verkligt utfall utgående från i handlingarna angivna regleringsmängder och i anbud angivna regleringspriser. Normalt sett ersätts inte ”bortslagna” pålar eller pålar slagna väl utanför toleranserna.

Till hjälp för regleringen finns mät- och ersättningsregler, som framtagits av branschens parter.

9.11.1 MER 2002

MER 2002 Anläggning gäller tillsammans med Anläggnings-AMA. Arbete mäts i antal pålar per angivna längder. Pålslängden (regleringslängden) mäts från pålavskärningsplanet till pålspetsen. Pålsko och bergsko inräknas i påles längd. Reglering av ersättning av påles längd utförs för skillnad mellan angiven och verklig pållängd större än 1,0 m. Vid minskad längd (avdrag) för slagen påle reduceras å-priset (per m) med 50 %.

Tillägg gäller för antal pålar för vilka utförs:

- Prylning eller förborring.
- Lerproppsdragning.
- Efterslagning.
- Förankring av dragen påle.
- Av beställaren beordrad extra stötvågmätning.
- Tilläggsskarvar (avvikelse från gruppstillhörighet vid betongpålar avseende pållängder).

9.11.2 ME 95

ME 95 (VV Publ 1995:65) gäller än så länge för Vägverkets arbeten.

9.12 Leveransbestämmelser

Anbudsgivare åberopar som regel ”Leveransbestämmelser för pålningsarbeten, slagna betongpålar” (PEFLEV 2006), som utarbetats av Pålentreprenörföreningen och Sveriges Byggindustrier och kan hämtas på deras hemsida.

10 Ansvarsfördelning vid pålgrundläggning

Följande ansvarsfördelning föreligger vid en pålgrundläggning:

- Geotekniska förutsättningar: Byggherren ansvarar för att förhållandena är undersökta i erforderlig omfattning.
- Val av påltyp: Byggherrens eller entreprenörens projektör ansvarar för att de rådande förhållandena beaktas vid val av påltyp och utnyttjande av pålmaterial och jord.
- Belastningar av konstruktion och jord: Projektören ansvarar för att pålgrundläggningen utformas så att förutsatta laster kan tas om hand. Detta gäller givetvis laster från byggnadsverket men även laster från jord (påhängslaster orsakat av sättningar), tillskottslaster vid pålplaceringar inom angivna toleranser samt inverkan vid slagningen (bedömd påverkan).
- Bygghandlingar: Projektören ansvarar, på byggherrens uppdrag, för att handlingar upprättas så att anbudsgivning och entreprenadarbeten kan genomföras. Kontrollens utförande och omfattning, anpassat till förhållandena och lastutnyttjandet, skall anges. Regleringslängder för pålarna ska framtas.
- Ekonomisk reglering av pålningen utgår enligt branschöverenskomna mät- och ersättningsregler utgående från angivna regleringslängder i det förfrågningsunderlag som projektören upprättat.

11 Val av påltyp

Projektören skall ställa sig följande frågor inför val av påltyp samt se till att frågorna besvaras och att resultatet redovisas i handlingarna:

- Hur känslig är omgivningen för buller, vibrationer och hävning/sättning?
- Krävs det åtgärder för att begränsa omgivningspåverkan och hur ska detta i så fall göras? Erfordras annan pålinstallation än slagning?
- Från vilken nivå skall/kan/får pålningen utföras?
- Erfordras prylning genom fyllning eller borrarade pålar?
- Erfordras knektning samt efterföljande schaktning?
- Vilket värde på dimensionerande lastkapacitet/ bärförmåga önskas?
- Vilket verkningssätt får pålen (spetsburen, mantelburen, spets- och mantelburen)?
- Vilken geoteknisk bärförmåga (karakteristiskt värde) kan förväntas och vid vilka pållängder?
- Vilket värde på den dimensionerande geotekniska bärförmågan är rimligt att utnyttja för rådande geotekniska förhållanden?
- Har tvärsnittsytan stor betydelse för att erhålla önskad geoteknisk bärförmåga och för pållängden?
- Analysera möjliga påltyper. Slagna betongpålar och slanka stålrörspålar är billigast. De senare är skonsammare när det gäller massundantvängning, men blir längre och kan kräva totalt fler slag, borrarade pålar – typ stål kärnepålar – är bra men dyra etc.
- Vilken konkurrenssituation finns för aktuella påltyper?
- Vilken påltyp kan vara den optimala för förhållandena?
- Vilka regleringslängder skall väljas?
- Hur stort slagningsarbete och antal slag kan förväntas?
- Hur skall den geotekniska bärförmågan verifieras och hur påverkar detta den dimensionerande värdet på den geotekniska bärförmågan?

12 Handlingar

Förfrågningsunderlag och arbetshandlingar bör innehålla följande information i beskrivning eller på ritningar för en utförandeentreprenad:

- Gällande normer, bestämmelser, råd och anvisningar.
- Dimensioneringsförutsättningar när det gäller säkerhetsklass, geoteknisk klass och partialkoefficient för den lösa jordens skjuvhållfasthet. De geotekniska förhållandena beskrivs kortfattat i den tekniska beskrivningen. Särskilt beskrivs den jord i vilken stoppslagning förväntas bli utförd. Hinder i form av fyllningar samt eventuell blockförekomst i jorden anges liksom eventuell förekomst av starkt lutande berg.
- Vald påltyp i form av pålelement, skarvar och skor. Om påle är standardiserad anges detta med angivelse av nummerbeteckning, om inte måste pålen beskrivas mera detaljerat. Särskild utformning med avseende på beständighet anges.
- Numrering av varje påle med angivelse av läge och regleringslängd, angiven i hela metrar med beaktande av ersättningsreglerna, samt pålavskärningsnivå.
- Särskild angivelse vad gäller pålar som ska ta drag och vars armering skall friläggas och anslutas till pål- eller bottenplatta.
- Dimensionerande last i brottgränstillstånd och dimensionerande långtidslast i bruksgränstillstånd med angivelse av lastkombination.
- Dimensionerande långtidslast i brottgränstillstånd att kombineras med påhängslast med angivelse av lastkombination. Påhängslastens storlek och fördelning skall anges.
- Omfattning av eventuell prylning.
- Verifieringsmetod för geoteknisk bärförmåga och integritet med angivelse av kontrollobjektens storlek och kontrollens omfattning med eventuella provpål-lar. Förslag till provpålarnas placering bör anges.
- Omfattning av övrig utförandekontroll som kontroll- och efterslagning.
- Åtgärder för att reducera omgivningspåverkan som t ex lerproppstagnning, slag-ningsrestriktioner och krav på viss slagningsordning.
- Toleranser i plan, höjd och med avseende på lutning.
- Åtgärder vid slagning utanför toleranser.
- Krav på redovisning av provpålning, produktionskontroll och verkligt utfall när det gäller pållängder och pålarnas lägen.
- Å-prislista som underlag för reglering.

Vid totalentreprenad kan det vara tillräckligt att beskriva:

- Geotekniska förutsättningar.
- Laster från ovanförliggande byggnadsverk med lastfall, storlek och läge.
- Restriktioner beträffande omgivningspåverkan.