

# Visa bärförmågan – ett fall för en riktig hejare

*Ingemar Hermansson  
Pålanalys i Göteborg AB*



# Bärförmåga

Geoteknisk eller  
konstruktiv bärförmåga?

# Konstruktiv bärförmåga

En slagen påle kan betraktas som en av jorden sidostöttad pelare.

Konstruktiv bärförmåga beror bland annat av:

- Initialkrokighet
- Jordens hållfasthet
- Antalet slag för att slå pålen

# Geoteknisk bärförmåga

En slagen påles geotekniska bärförmåga är jordens och/eller bergets förmåga att ta upp påförda lasteffekter utan att det uppstår brott eller skadliga rörelser.















# Verifiering enligt Eurocode

Provning alternativt "Hävdvunna metoder"

Exempel på hävdvunna metoder  
avseende verifiering av bärförmåga är  
stoppslagningstabeller för betongpålar

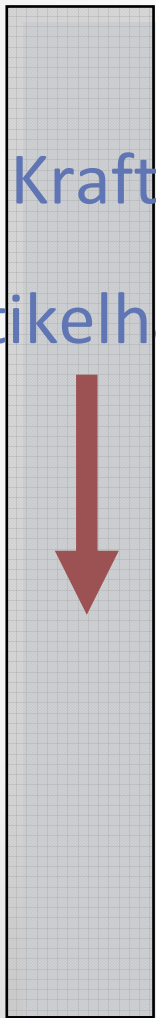
# Geoteknisk bärförmåga

Dimensionerande bärförmåga för  
betongpålar slagna till en sjunkning av 10  
mm per 10 slag:

Hejare (ton)	Fallhöjd (m)	Påltyp SP1	Påltyp SP2
4	0,3	590	700
4	0,4	700	820
4	0,5	785	925

# Nedåtgående våg

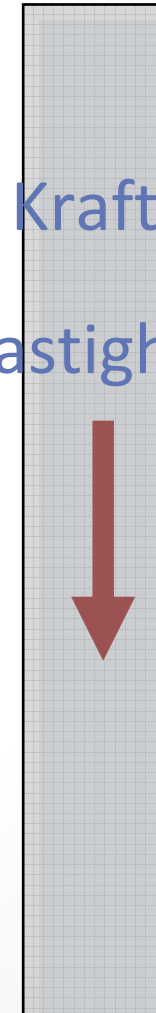
Tryckvåg



Partikelhastighet +

Kraft

Dragvåg



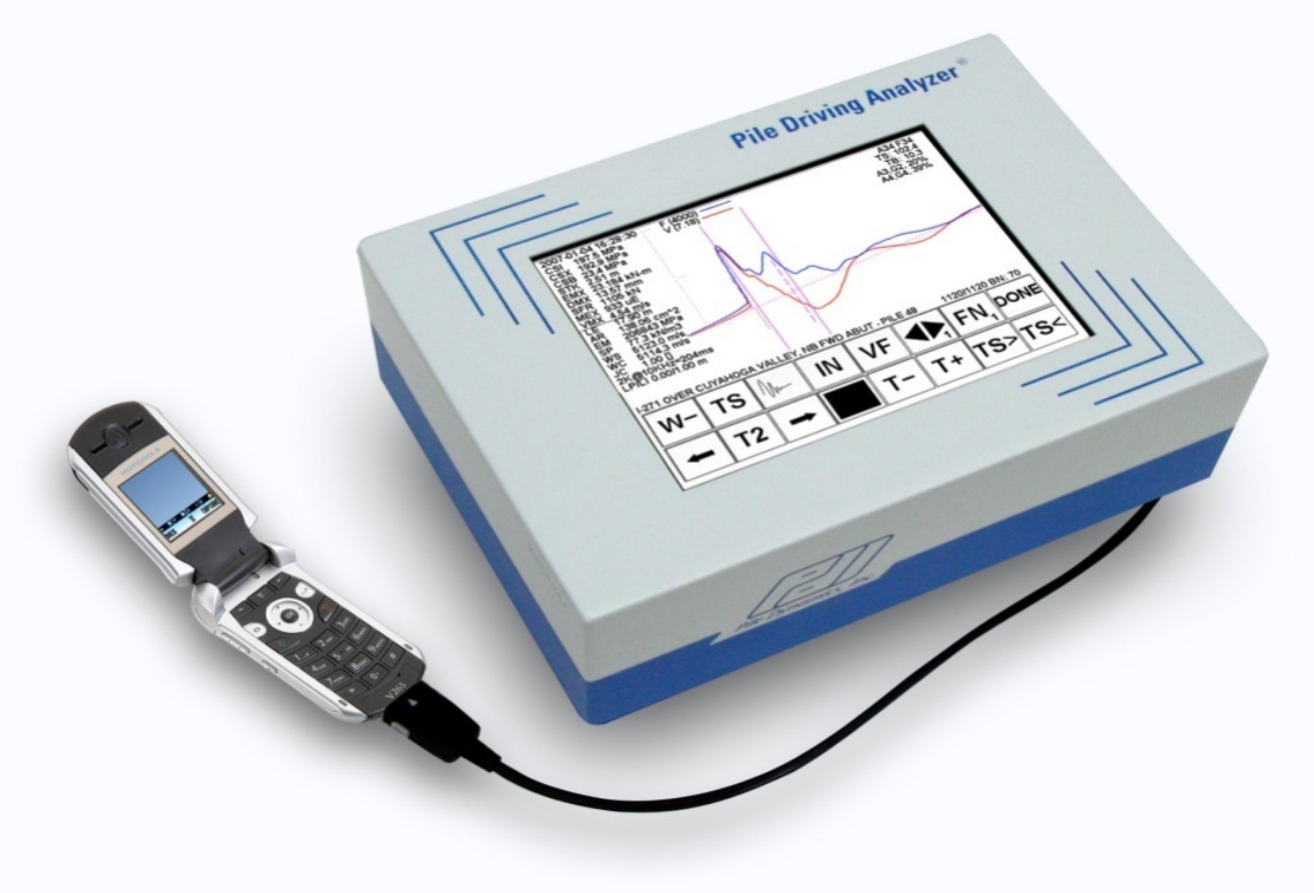
Partikelhastighet -

Kraft -

$$F = Zv$$
$$Z = EA/c$$







# Hejarvikt

En första förutsättning för att slå en påle till önskad pållast är att hejaren är tillräckligt tung. I typgodkännanden för slanka stålpålar finns en rekommendation att slagkolven i lätta hydraul- eller tryckluftshejare skall ha en vikt på minst 2 gånger pålens vikt per löpmeter.

# Hejarvikt – fallhöjd

För att verifiera den tillgängliga bärförmågan erfordras att pålen får en permanent sjunkning på några millimeter för mätslaget. Detta kräver såväl hejarvikt som fallhöjd.

Tumregler:

- Fallhöjd 7-8 % av pållängden
- Hejarvikt 2,5-3 % av pållasten



# Hejarvikt – fallhöjd

Sambandet mellan anslagshastighet och fallhöjd erhålles ur energibetraktelsen:

Rörelseenergi = Lägesenergi

$$mv^2/2 = mgH$$

$$H = v^2/2g \text{ eller}$$

$$v = \sqrt{2gH}$$

# Hejarvikt – fallhöjd

Exempel 1: Stålpåle 115x6,3 (last 400 kN)

Beräkning av Z (EA/c):

A (Area): 21,5 cm<sup>2</sup> (0,00215 m<sup>2</sup>)

E (Elasticitetsmodul): 210000 MPa

c (Gånghastighet): 5120 m/s

$Z = 210000 * 10^6 * 0,00215 / 5120 = 88180 \text{ Ns/m} =$

88 kNs/m

# Hejarvikt – fallhöjd

Om pålen ges partikelhastigheten 3 m/s  
alstras följande nedåtgående kraft i pålen:

$$F = v * Z = 3 * 88 = 264 \text{ kN}$$

För att ge pålen denna hastighet krävs en  
teoretisk fallhöjd av:

$$H = v^2 / 2g = 3^2 / 2 * 10 = 0,45 \text{ m}$$

På grund av energiförluster mellan hejaren  
och pålen måste fallhöjden vara högre.

# Hejarvikt – fallhöjd

Om pålen ges partikelhastigheten 6 m/s  
alstras följande nedåtgående kraft i pålen:

$$F = 6 \cdot 88 = 528 \text{ kN}$$

För att ge pålen denna hastighet krävs en  
teoretisk fallhöjd av:

$$H = v^2/2g = 6^2/2 \cdot 10 = 1,8 \text{ m}$$

På grund av energiförluster mellan hejaren  
och pålen måste fallhöjden vara högre.



# Hejarvikt – fallhöjd

För pålar som stoppslås mot berg överlagras nedåt- och uppåtgående vågor så att en högre bärförmåga än den nedåtgående kraften i pålen kan uppmätas. Detta är speciellt tydligt för korta pålar.

För att beräkna den dimensionerande bärförmågan skall den uppmätta bärförmågan divideras med en partialkoefficient, 1,5-2,0 beroende på pållast, omfattning av stötvågsmätningen m m.

# Hejarvikt – fallhöjd

Tryckspänningen i stålpålen är nära sträckgränsen vid mätslaget – viktigt att pålen är kapad med ett horisontellt snitt och att hejaren är centrerad på pålen.

# Hejarvikt – fallhöjd

Exempel 2: Betongpåle SP2 (last 900 kN)

Beräkning av Z (EA/c):

A (Area): 756 cm<sup>2</sup> (0,0756 m<sup>2</sup>)

E (Elasticitetsmodul): 40000 MPa

c (Gånghastiget): 3900 m/s

$Z = 40000 * 10^6 * 0,0756 / 3900 = 775380 \text{ Ns/m} =$   
775 kNs/m

# Hejarvikt – fallhöjd

Om betongpålen ges partikelhastigheten 3 m/s alstras följande nedåtgående kraft i pålen:

$$F=3*775=2325 \text{ kN}$$

För att ge pålen denna hastighet krävs en teoretisk fallhöjd av:

$$H=v^2/2g = 3^2/2*10 = 0,45 \text{ m}$$

På grund av energiförluster mellan hejaren och pålen måste fallhöjden vara högre.

# Hejarvikt – fallhöjd

Om betongpålen slås med fallhöjden 1,2 m erhålles följande partikelhastighet:

$$V = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1,2} = 4,9 \text{ m/s}$$

Följande kraft alstras i pålen (bortsett från energiförluster i slagdynan):

$$F = 4,9 \cdot 775 = 3798 \text{ kN, vilket motsvarar en spänning av } 3,798 / 0,0756 = 50 \text{ MPa.}$$

Pålen klarar begränsat antal slag med den spänningen!

# Datorsimulering

En förfinad beräkning av erforderlig hejarvikt och fallhöjd kan utföras med hjälp av datorprogrammet WEAP (Wave Equation Analysis Program).



# Levande hejare

