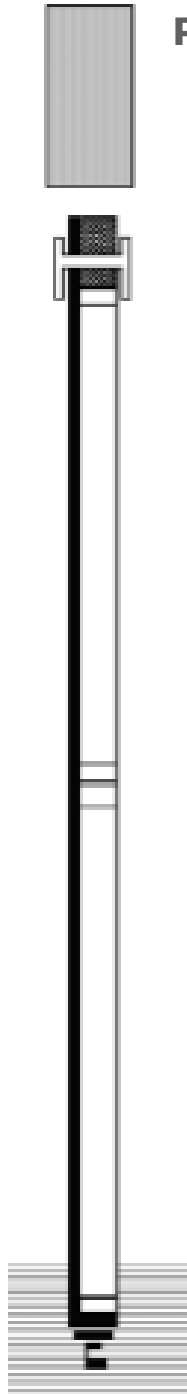


Samverkanspålar Stål-Betong

Pålkommisionens anvisningar
för användandet av Eurocode 1994
med i rör innesluten betong som
kompositpåle

→ **Pålkommisionen Rapport 108**



PÅLKOMMISSIONEN



Håkan Karlsson
Skanska Teknik
Anläggning och Geoteknik
Geogruppen Stockholm

Specialist
Geoteknik/Geokonstruktioner



Simon Håkansson
ELU Konsult
Anläggning Göteborg

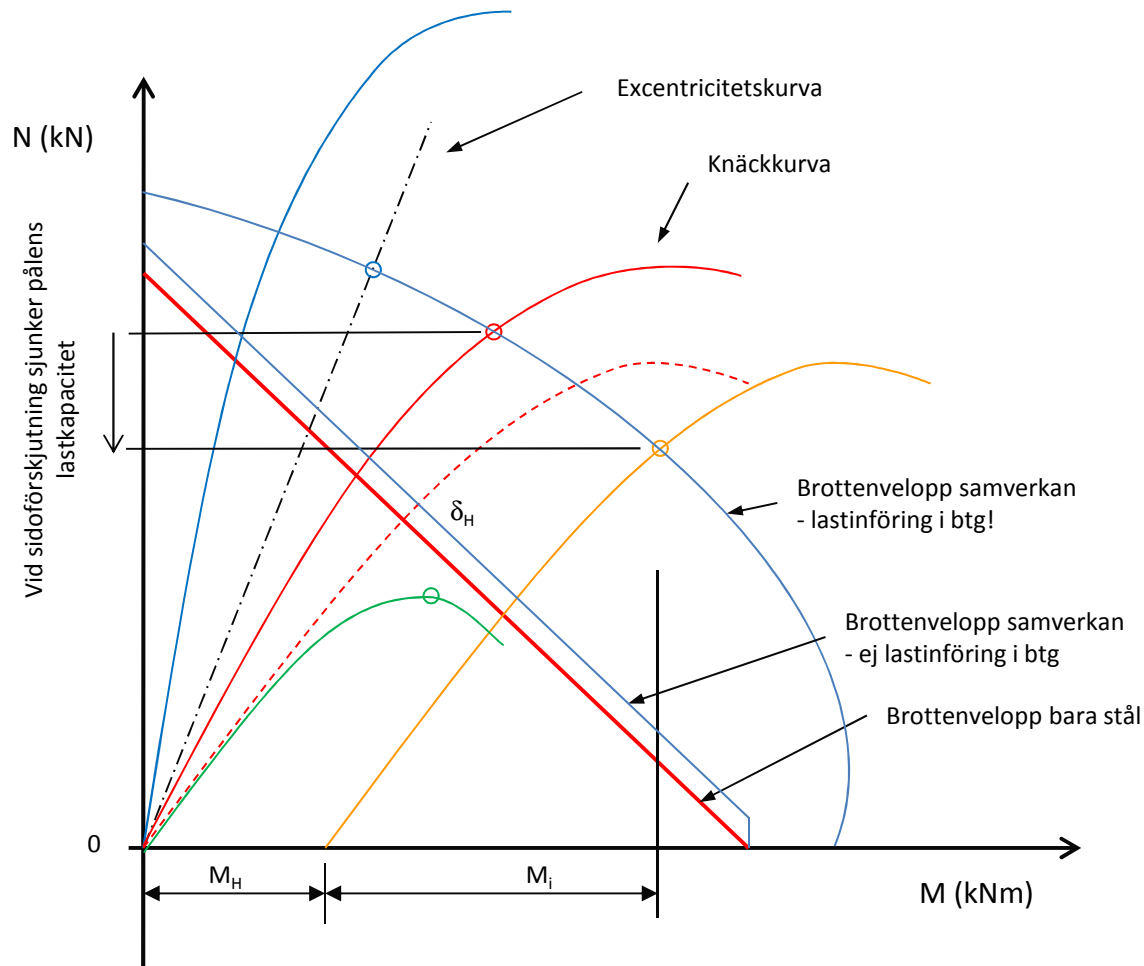
Uppdragsledare/ Specialist
Geokonstruktioner.

Varför en rapport om samverkanspålar?

- Spretande beräkningar från alla aktörer
- Gruppsammansättning (Pålkommisionens projekt)
Håkan Karlsson Skanska*, Simon Håkansson ELU, Fredrik Sarvell Ruukki**, Björn Nyblad BTB*,***, Andreas Hansson Hercules*,***
- Tolkning av Eurocode 1994
- Focus på gemensamt synsätt
- Gemensam beräkningsmodell

Sedan starten senhösten 2014:
*) Föräldralediga ca 6 mån
**) Bytt arbetsgivare 2 ggr
***) Startat egen verksamhet

Brottenvelopper och Knäckkurvor för ett samverkanstvärsnitt



Brottenveloppen styrs av:

$$\left(\frac{N}{N_R} + \frac{M}{M_R}\right)^x \leq 1,0$$

Knäckkurvan styrs av:

$$M/N \leftrightarrow EI, c_u, \delta_0, y, \delta_H$$

Excentricitetskurvan styrs av:

$$M = N \cdot e$$

O = Dimensionerande lastkapacitet (**N**) och momentkapacitet (**M**) för respektive knäckkurva, röd, blå, grön och orange.

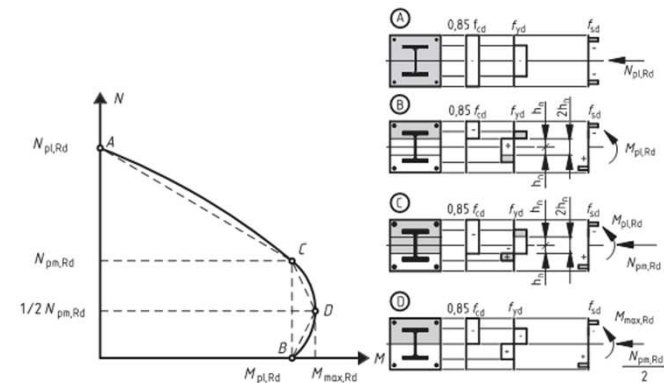
Nyheter för pålar map EC4

Eurokod 4 kapitel 6.7 gäller för samverkanspelare.

- gäller endast för stål S235 – S460 och betong C20/25 – C50/60.
- stålbidragskvoten δ vara mellan 0,2 – 0,9.
Kvoten redogör utnyttjandegraden för stålröret. $<0,2$ medför dimensionering som betongtvärsnitt och $>0,9$ medför dimensionering som ståltvärsnitt.
- Tvärsnittskapacitet beräknas i brottgräns med antagandet om full plasticering av stål och betong.

(1) Stålbidragskvoten δ definieras som:

$$\delta = \frac{A_a f_{yd}}{N_{pl,Rd}}$$



Figur 6.19 – Förenklad interaktionskurva och motsvarande spänningsfördelningar

Forts EC4

- För att beakta skillnaden i plastiskt och elastiskt böjmotstånd reduceras momentkapaciteten M_{pl} med en faktor α_M .
0,9 vid $f_{yk} < 355$ MPa och 0,8 vid $f_{yk} < 460$ MPa.
- Detta gäller för pelare.
Hur ska vi göra i Sverige vid dimensionering av pålar, dvs pelare sidostöttade av jord ???

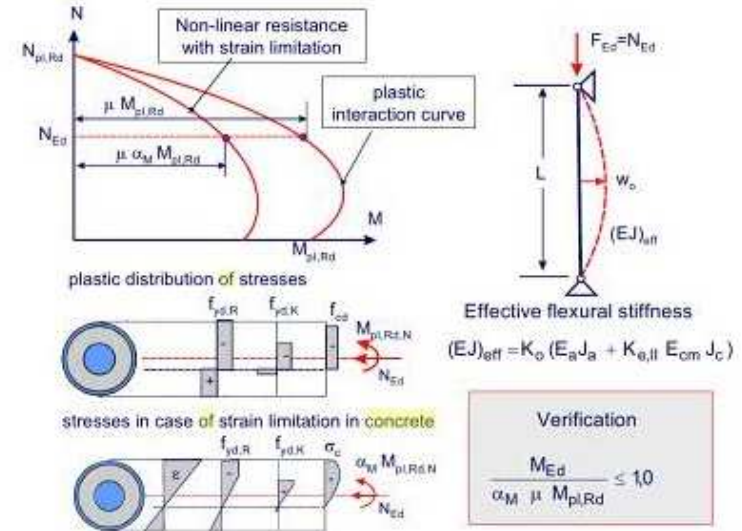


Fig. 12- Simplified design method according to Eurocode 4-1-1

Verifierande provningar



OBS! Provkroppen har inte kontrollerats mot instabilitet med andra ordningens effekter av böjknäckning utan endast böjning med ett konstant moment (och plastisk deformation) över studerat tvärsnitt.

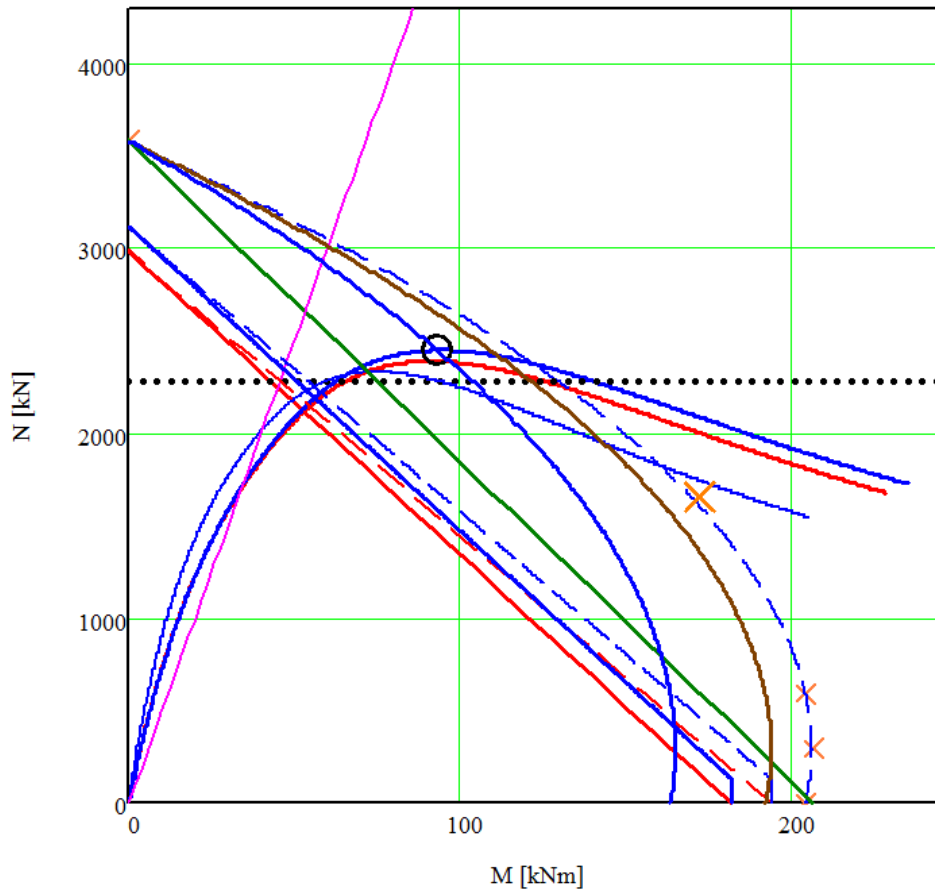
Brottenvelopper och Knäckkurvor

- Vi vill fortsätta använda vår traditionella beräkningsmodell beskriven i PKR 84a/96:1. Men vad behöver vi anpassa?
- Egenspanningens inverkan moduleras genom att initialkrokigheten ökas samt att stålets karakteristiska E-modul reduceras till 90%, som tidigare.
- Samverkanstvärsnittets böjstyvhet med beaktande av 2:a ordningens effekter beräknas enligt EC4:

$$\begin{aligned} EI_{eff,II} &= K_0 (E_{sk,rör} I_{rör} + K_{e,II} E_{cd} I_c) \\ &= 0,9 (210 \text{ GPa} I_{rör} + 0,5 E_{cd} I_c) \end{aligned}$$

- Då betongens långtidseffekter också beaktas (E_{cd}) blir resultatet att betongens styvhetsbidrag är högst marginell.

Brottenvelopper och Knäckkurvor

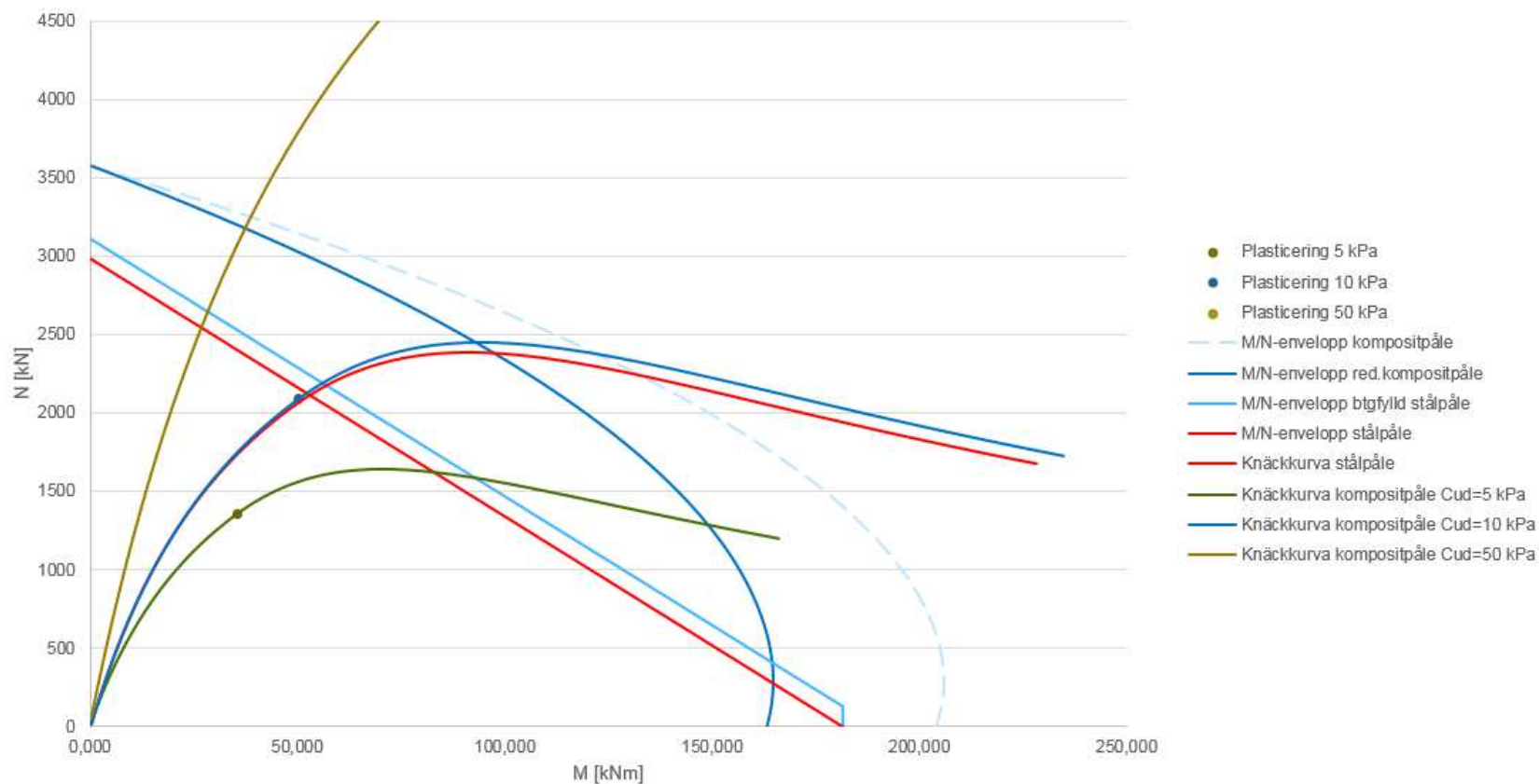


Ex: **RD220x12,5 S460MH + C30/37**,
 85% långtidslast, 2,4 mm rostmå, $c_{ud}=10$ kPa,
 En skarv per knäcklängd ($\delta_0=22,4$ mm)

- Knäckkurva stålpåle (oskarvad/svetsskarv)
- × × Pkt A-D (enl. EC4 mm)
- M/N-envelop kompositpåle Wpl.rör (enl. EC4 mm)
- M/N-envelop stålpåle Wpl.rör=Wel.rör*1.25
- Knäckkurva kompositpåle (oskarvad/svetsskarv)
- Ca max påvisbar geoteknisk bärförmåga (max lasteffekt)
- Knäckkurva kompositpåle 0.75 EI (hylsskarv enl. SSAB)
- × Kontrollpunkt E
- Dimensionerande lastkapacitet STR
- M/N-envelop enligt BKR
- Min excentricitet
- M/N-envelop stålpåle, full plasticering Wpl
- M/N-env. kompositpåle utan särskild lastinföring i btg, Wpl
- M/N-envelop kompositpåle Wpl.rör=Wel.rör*1.25
- M/N-env. kom.p. utan särskild lastinföring i btg, Wpl=Wel*1.25
- M/N-envelop med beaktande av alfa M enl. EC4 6.7.3.6 (1)

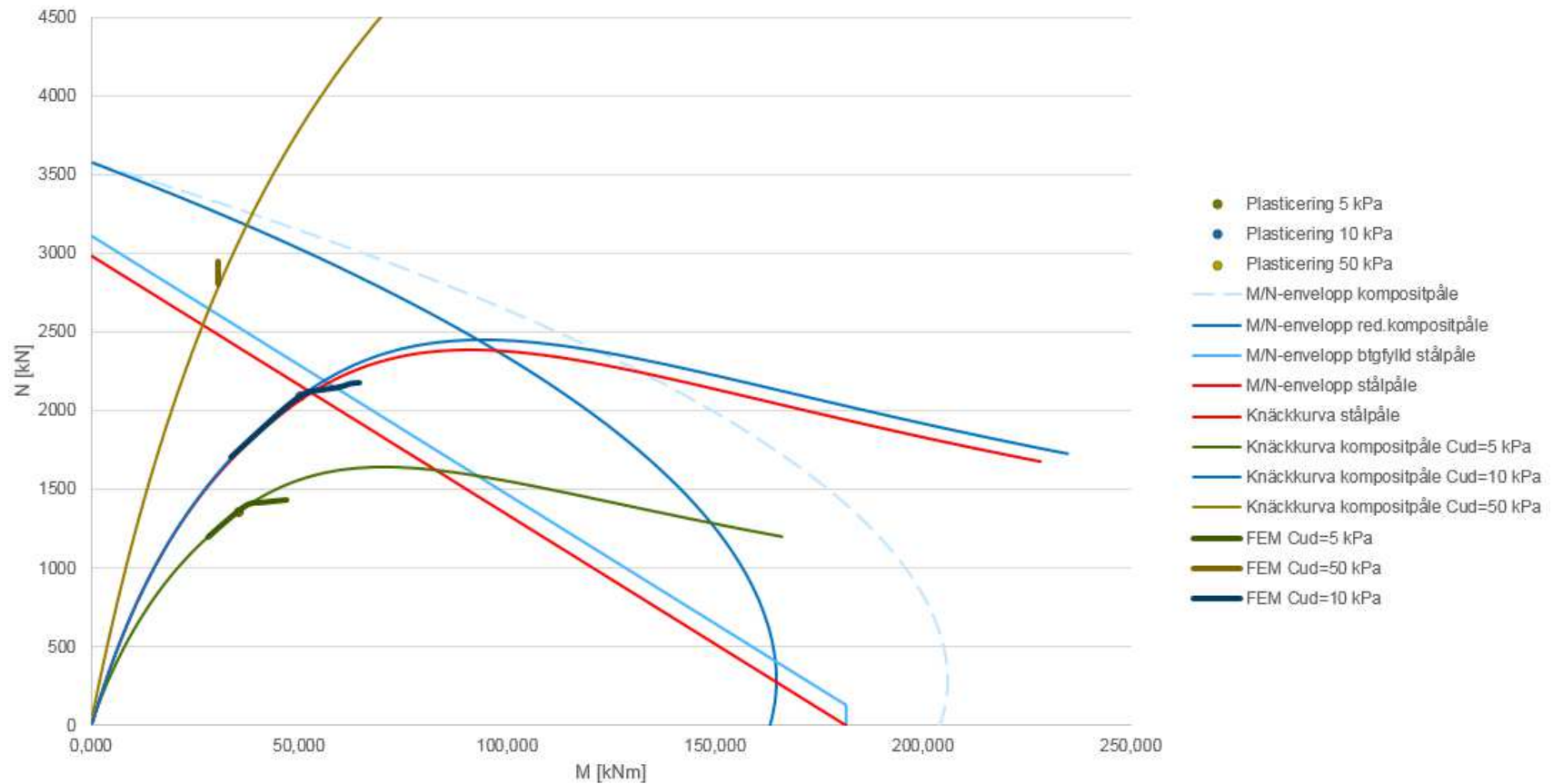
Resultat i olika jordar

Samverkanspåle (komposit) stål och betong enligt Eurocode 4 ULS
 $\phi 219,1 \times 12,5$ S460MH+C30/35 rostmån 2,4 mm, 85% långtidslast, en skarv per knäcklängd

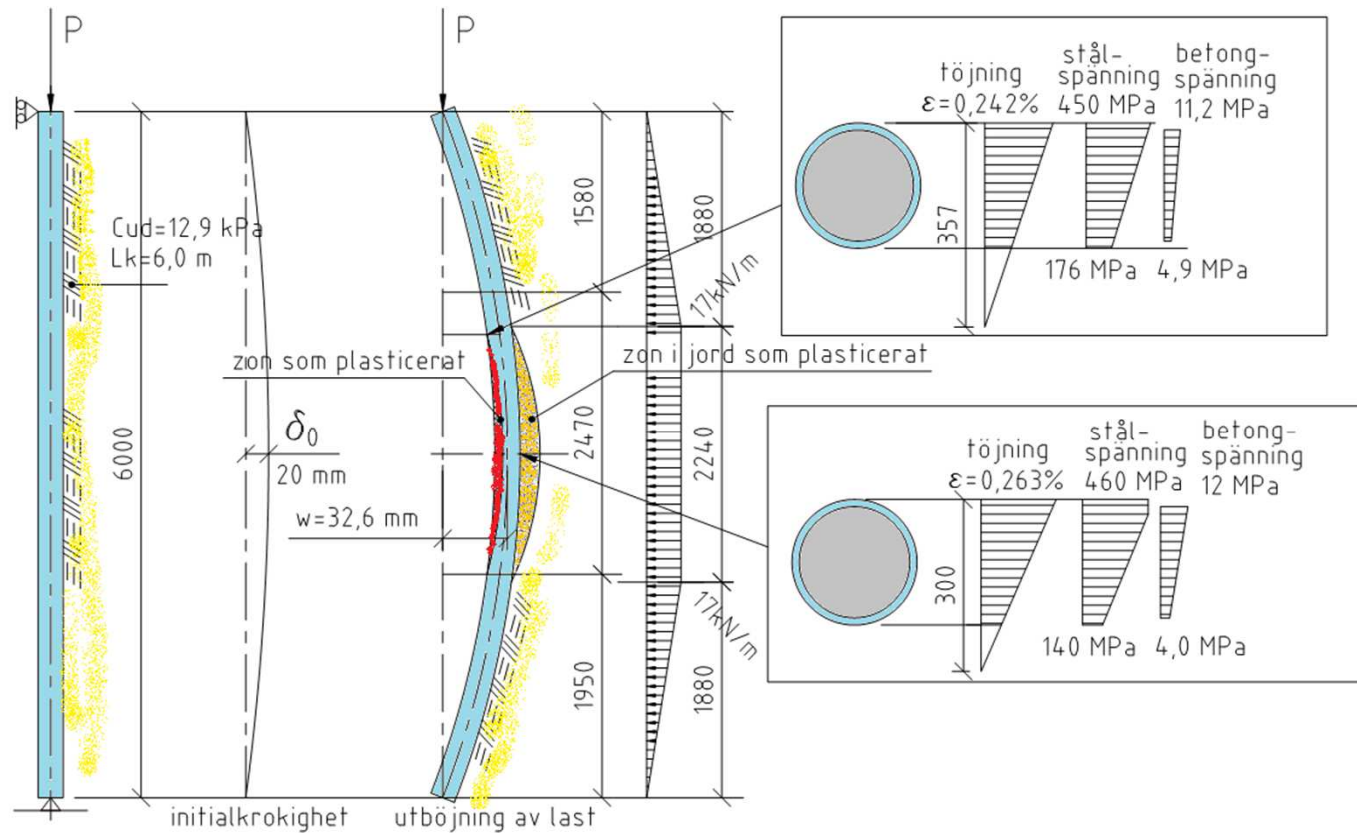


Resultat från FEM-beräkningar

Samverkanspåle (komposit) stål och betong enligt Eurocode 4 ULS
 $\phi 219, 1 \times 12,5$ S460MH+C30/35 rostman 2,4 mm, 85% långtidslast, en skarv per knäcklängd



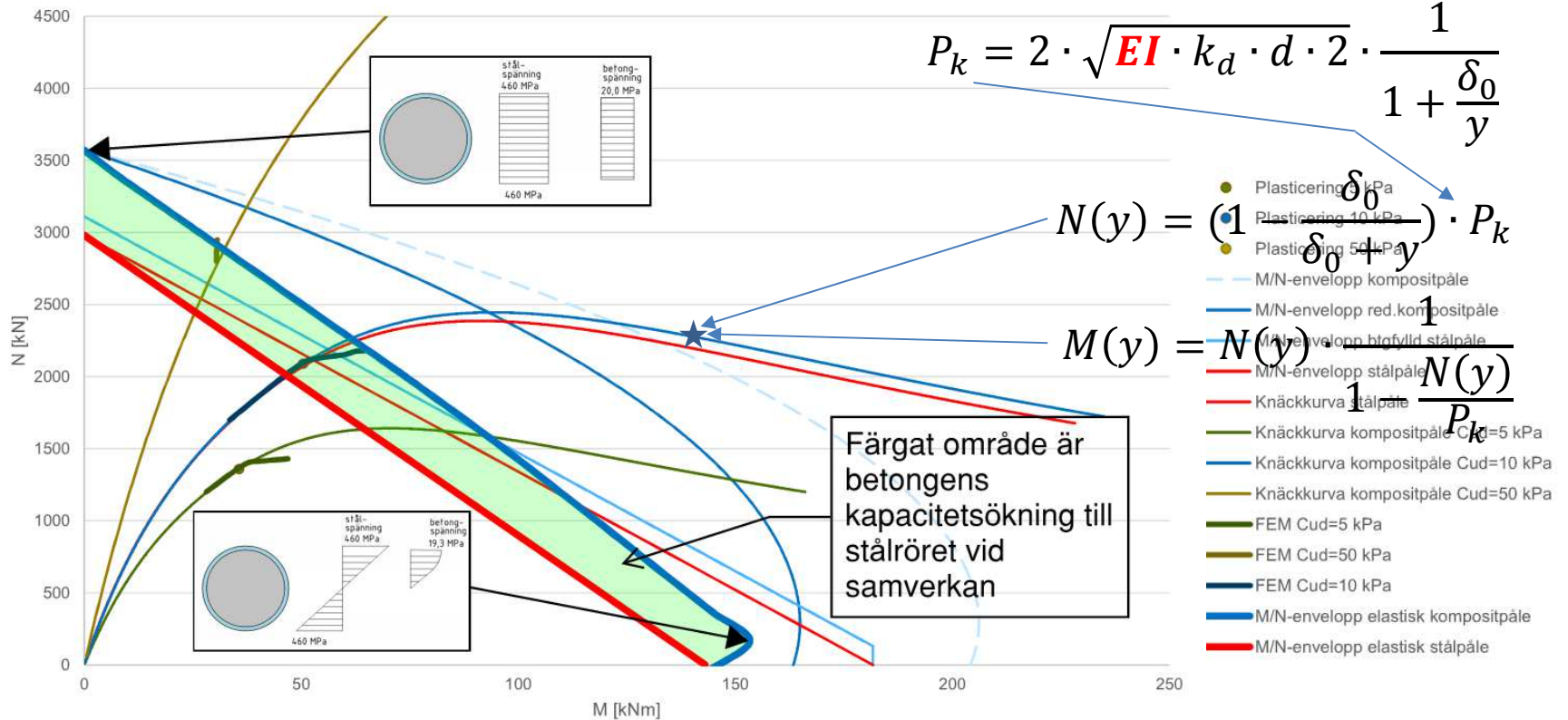
Resultat från FEM-beräkningar



Pålen vid jämviktsläge innan knäckning

Resultat från FEM-beräkningar

Samverkanspåle (komposit) stål och betong enligt Eurocode 4 ULS
 φ219,1x12,5 S460MH+C30/35 rostmän 2,4 mm, 85% långtidslast, en skarv per knäcklängd



Reduktion med α_M verkar inte vara tillräckligt med avseende på instabilitet för pålar!
 Tvärsnittskapacitet beräknad för elastisk förhållanden + knäckkurva som planar av
 fortare krävs.

Hur gör vi nu???

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{i\pi x^2} dx = \sqrt{\frac{1}{i}} \lim_{x \rightarrow 1^-} \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^n = \sum_{n=1}^{\infty} a_n$$

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{\varphi(s)\sqrt{1-\varphi(t)^4} + \varphi(t)\sqrt{1-\varphi(s)^4}}{\varphi(s)} \right) = 0$$

$$\int_0^1 \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} dx = \frac{\pi}{2}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$$

$$\frac{\partial M}{\partial x} = 0$$

- När vi kommit fram till en beräkningsmodell som vi kan rekommendera är faktainsamlingen klar och rapporten kan skrivas klart.
- Tidplanen är att ha en rapport för klar för remiss i december 2017.

