BiG: Disturbing issues with piles part 2
SBUF: Prognos av massförskjutning på grund av pålinstallation i lösa jordar del 2

On quantifying the installation effects of displacement piles in natural clays

Jonatan Isaksson jonatan.isaksson@ncc.se
Jelke Dijkstra: Huvudhandledare
Mats Karlsson: Handledare
Lars Hall: Industrihandledare
Jorge Yannie: Industrihandledare

2026.05.29

https://research.chalmers.se/person/jonisak

Lera & Pålar

- Lera: Hög kompressabilitet, tidsberoende respons, belastning leder till tillståndsförändring
- Pålar: Krävs för grundläggning på lera, omfördelar last, massförträngande

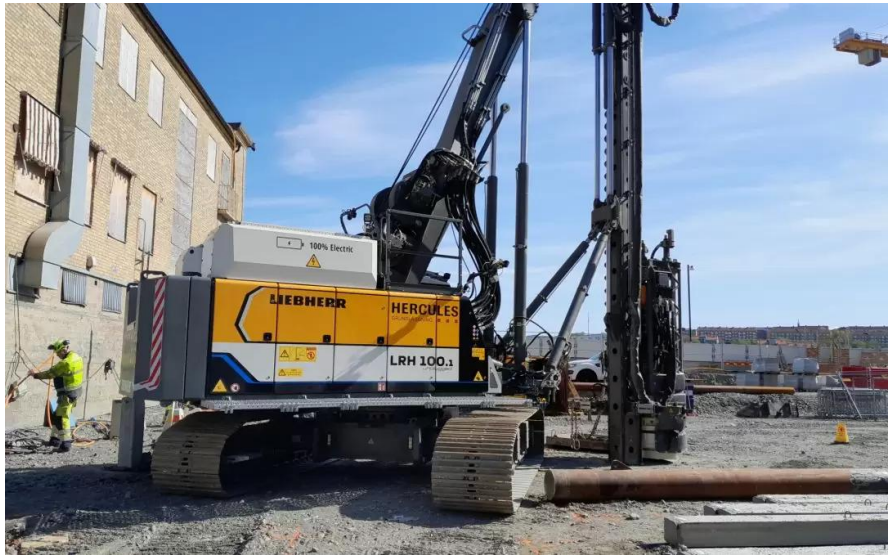

SGI (2025)

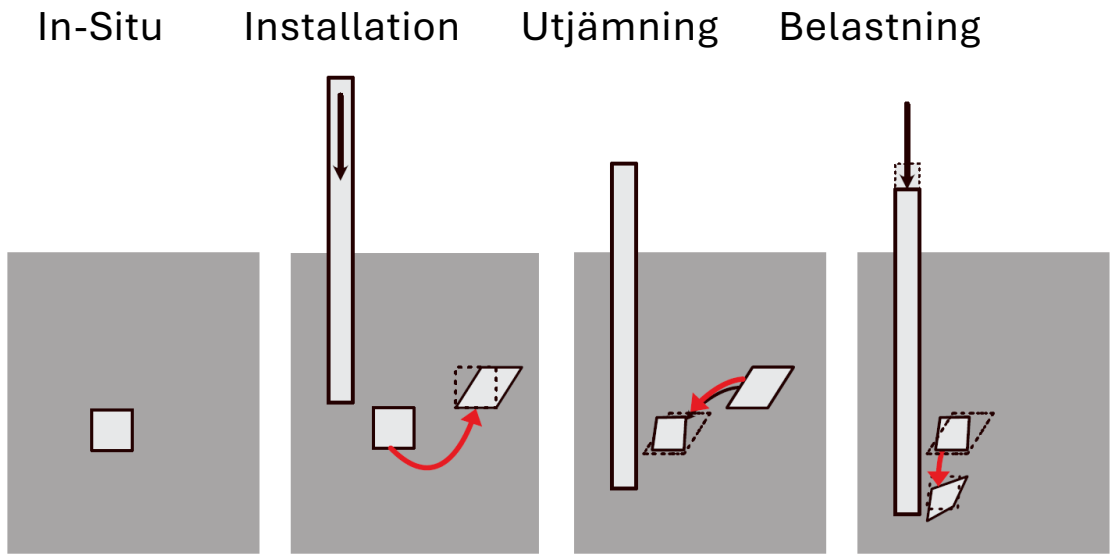




Pålcykeln i lera

- In-Situ
  - Egenskapen hos den naturliga leran
- Installation
  - Pålen slås/vibreras ned i leran
  - Rörelse (2x pållängd)
  - Tillståndsförändring (10x diameter)
- Utjämning
  - Konsolidering (vattenavgång)
- Belastning



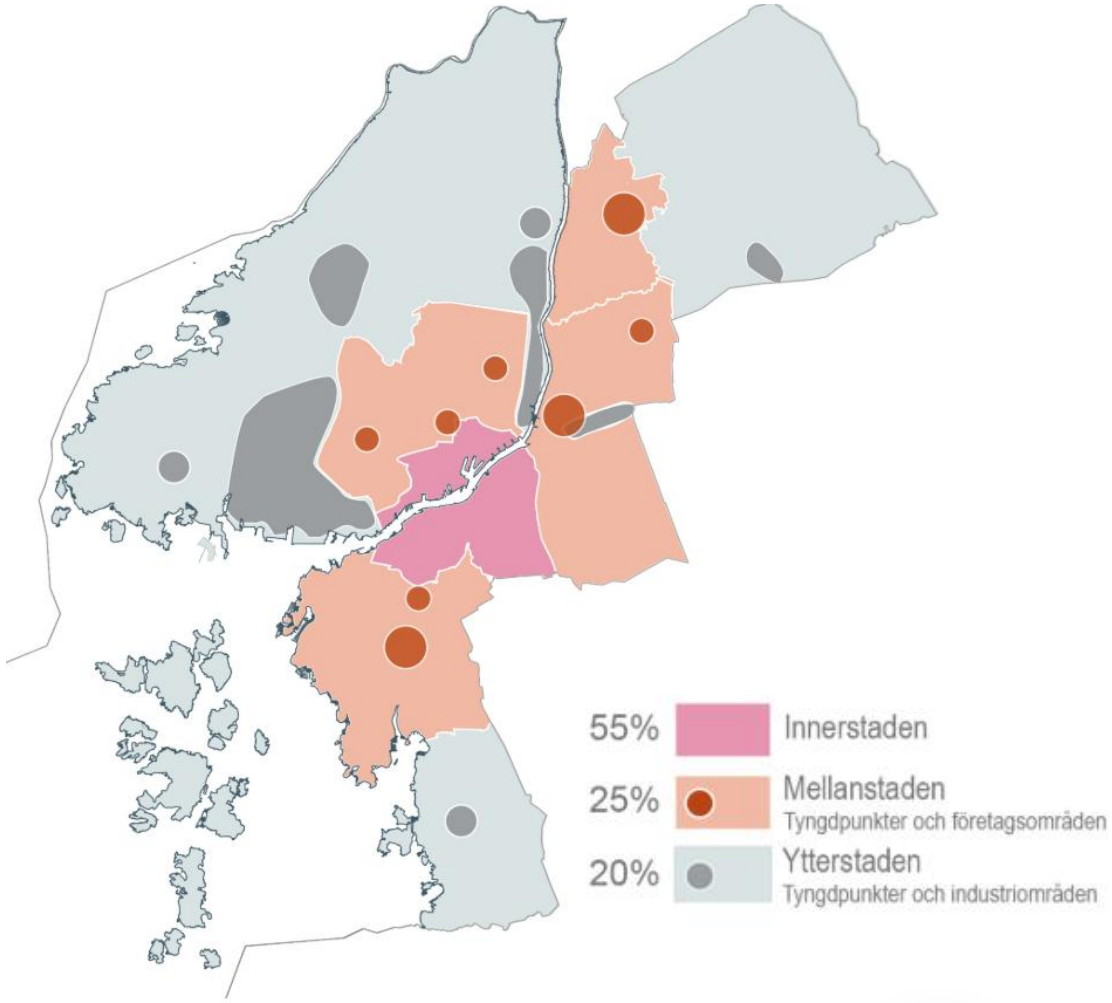


Urban miljö

- Stadsförtätning (Masthuggskajen)
- Pålning
- Inverkan på befintlig grundläggning
  - Rörelse
  - Jord-strukturinteraktion
  - Tillståndsförändring



masthuggskajen.se



https://oversiktsplan.goteborg.se/

Mål

Kvantifiera effekten av pålinstallation i lera

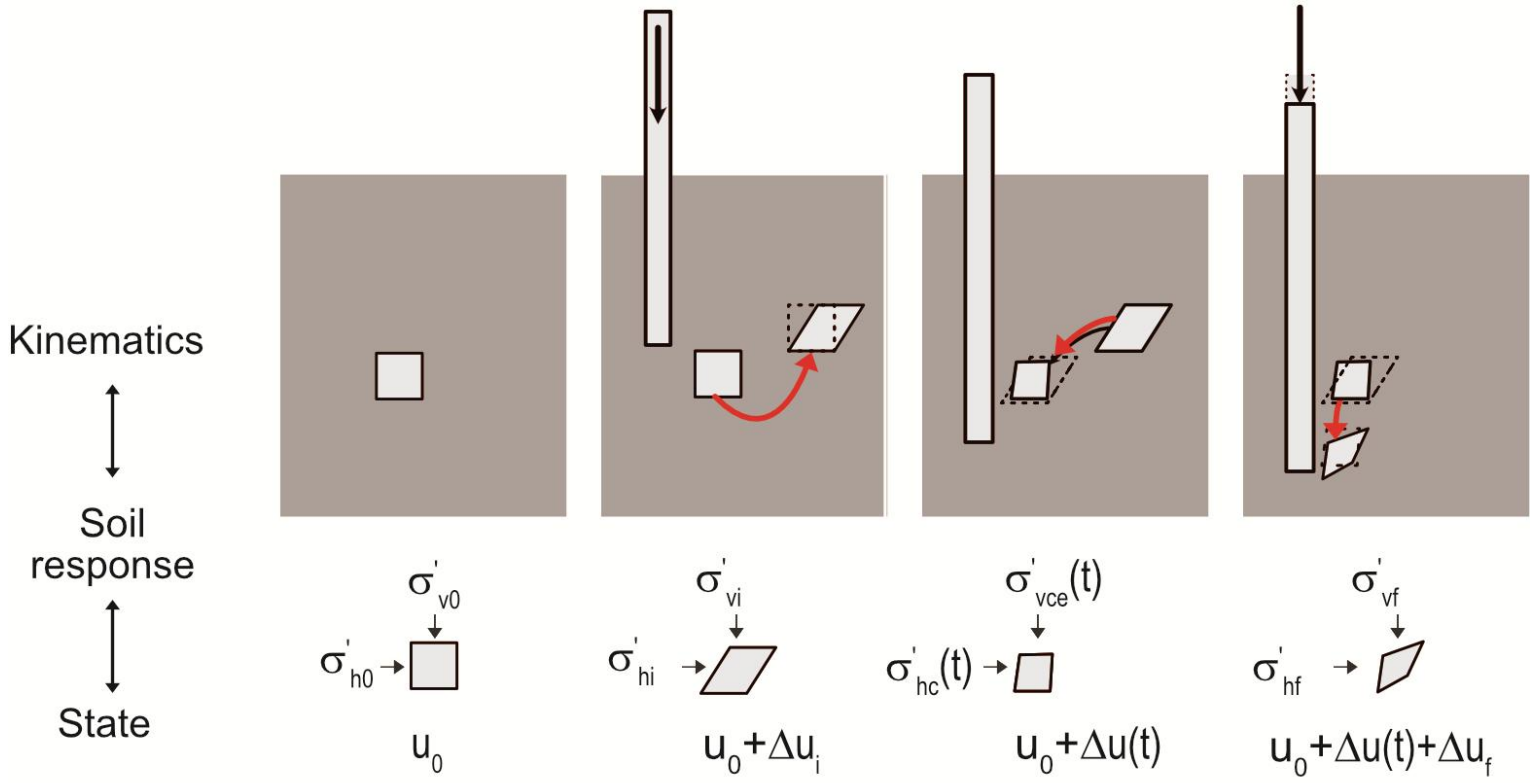
Syfte

Numeriskt undersöka:

- Inverkan av **modellkomplexitet** på den prognosticerade massförskjutningen från pålinstallation
- Det med tiden **föränderliga tillståndet** i påle-jordsystemet över pålcykeln
- Inflytandet av **existerande konstruktioner** och **storleken på domänen** på fördelningen av massförskjutningen till följd av pålinstallation

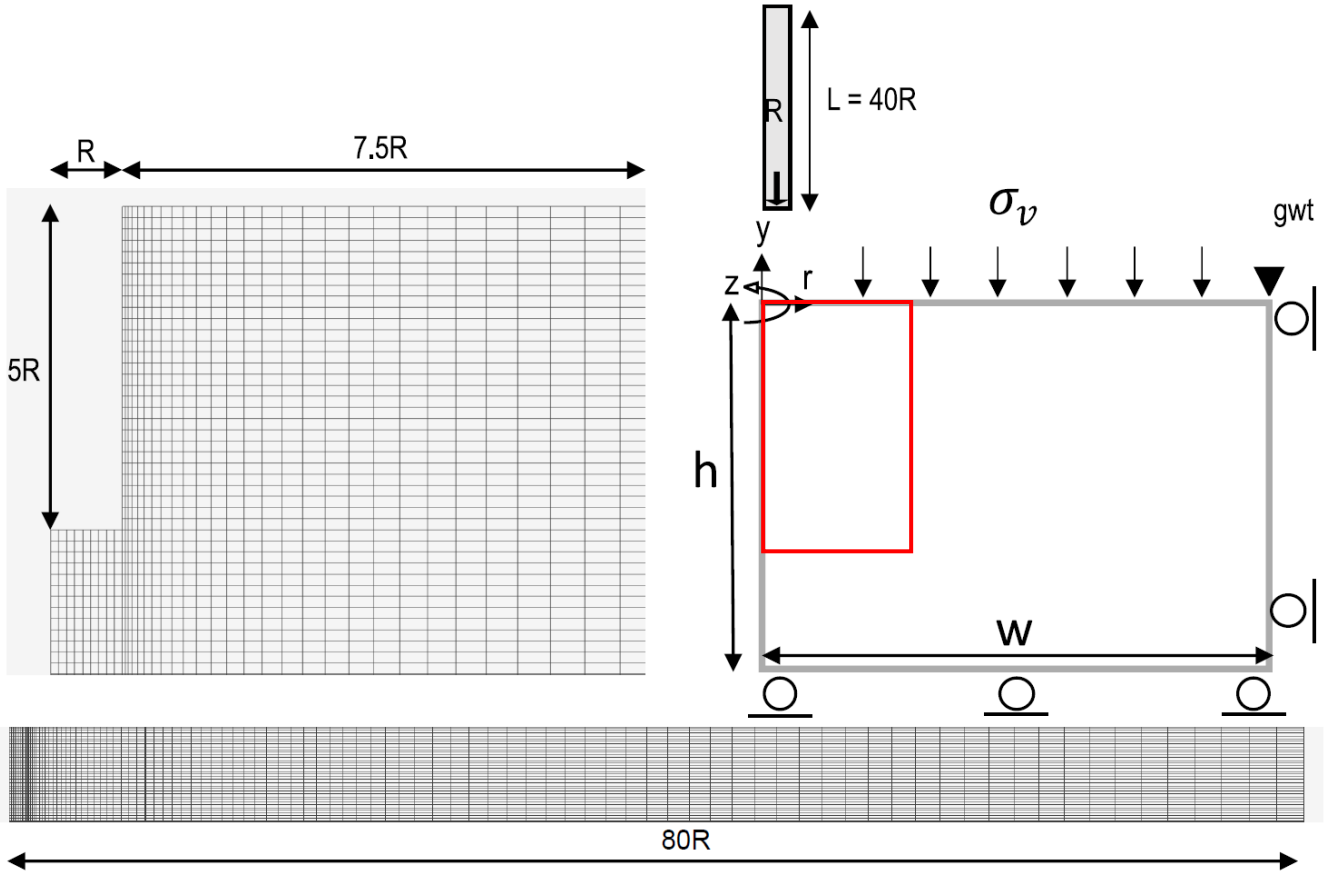
Numerisk modell

- Kinematik
- Jord
  - Konstitutivmodell
  - Portryck
- Geometri
- Systemets tillstånd
  - Framträder från kinematik och jordrespons



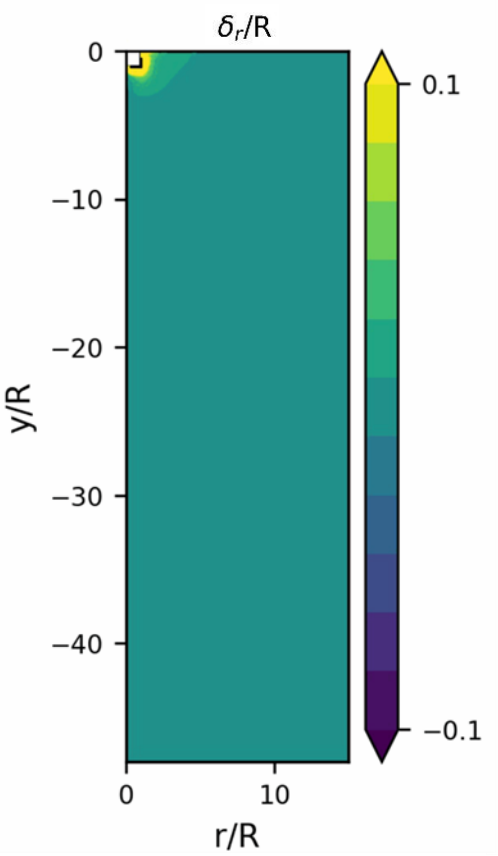
Numerisk modell

- Axisymmetrisk
  - R = 0.155 m, Area Ω = $R^2\pi$
  - L = 40R
  - h = 80R
  - w = 240R
- Vertikal installation
  - Stora deformationer
    - Eulerian (Tochnog Professional)
- Konstitutiv modell
  - (Creep-)SCLAY1S
- Kopplad jord-porvattenformulering

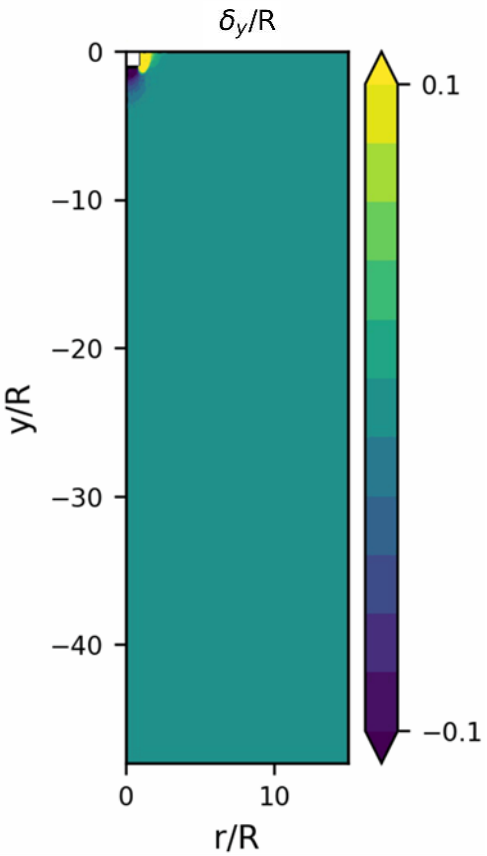


Kvantifiering av pålinstallation

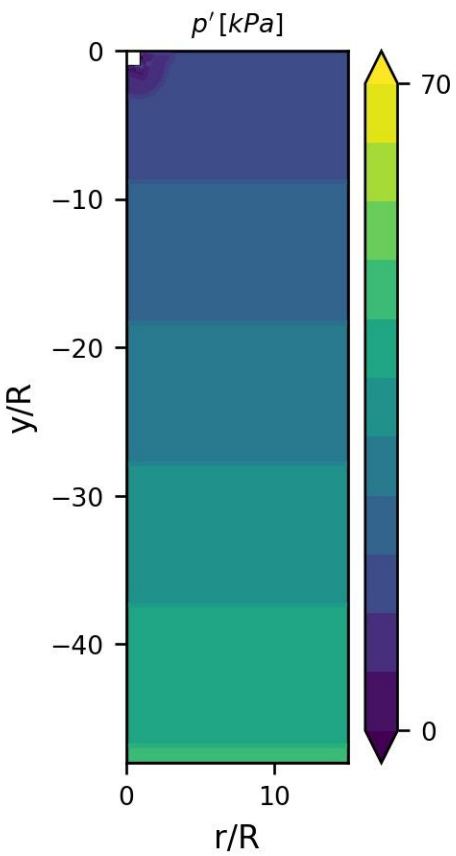
Horisontella rörelser



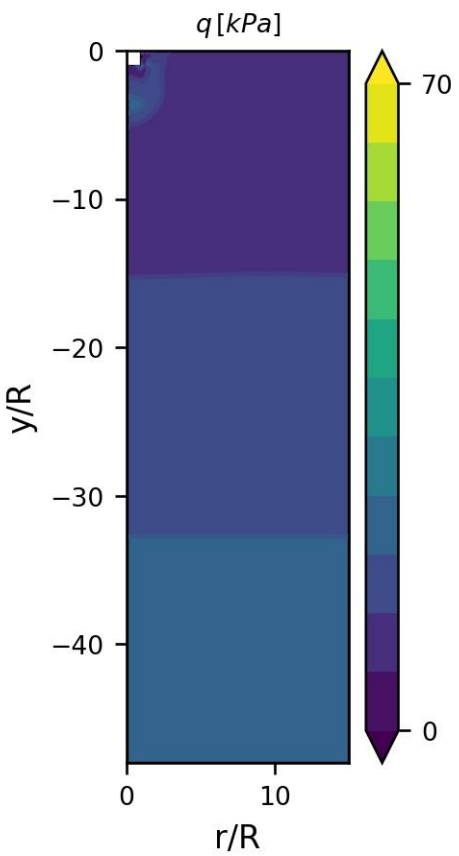
Vertikala rörelser



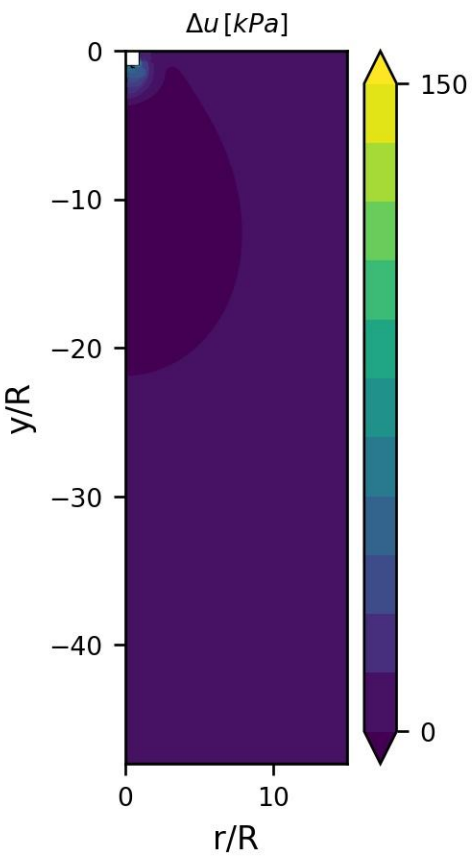
Effektivspänning



Skjuvspänning

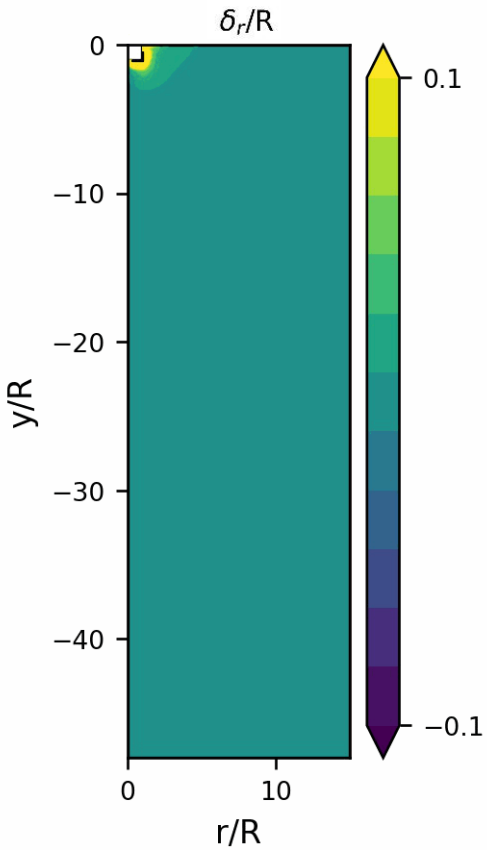


Porövertryck

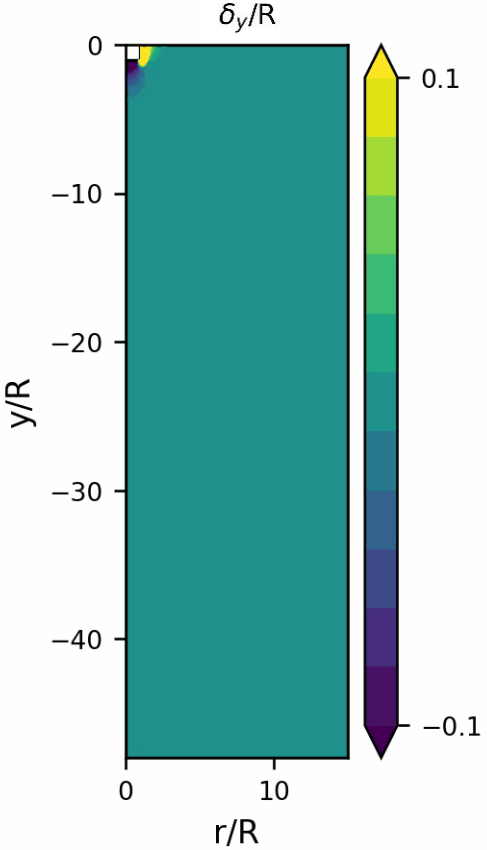


Kvantifiering av pålinstallation

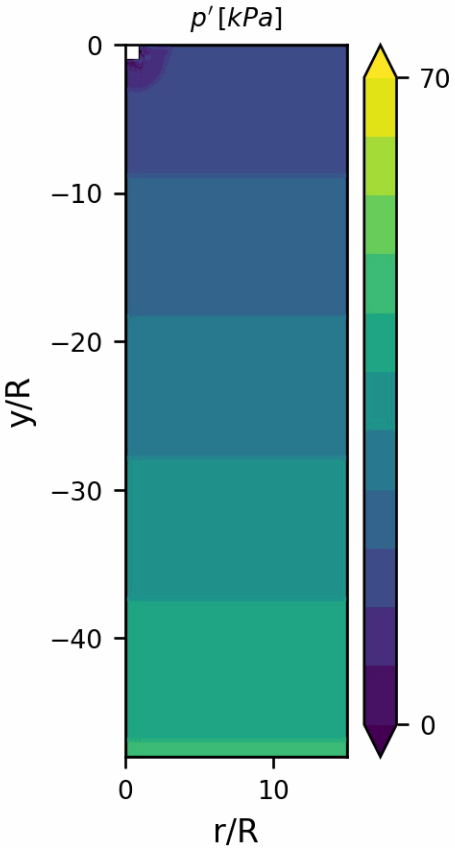
Horisontella rörelser



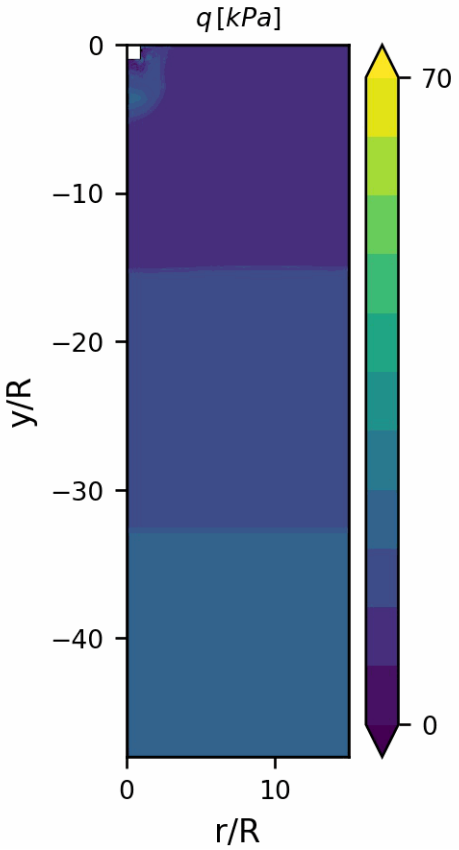
Vertikala rörelser



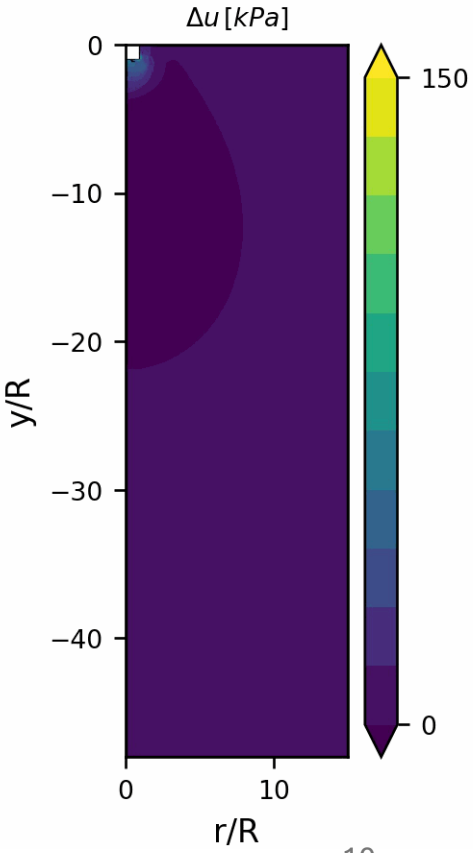
Effektivspänning



Skjuvspänning

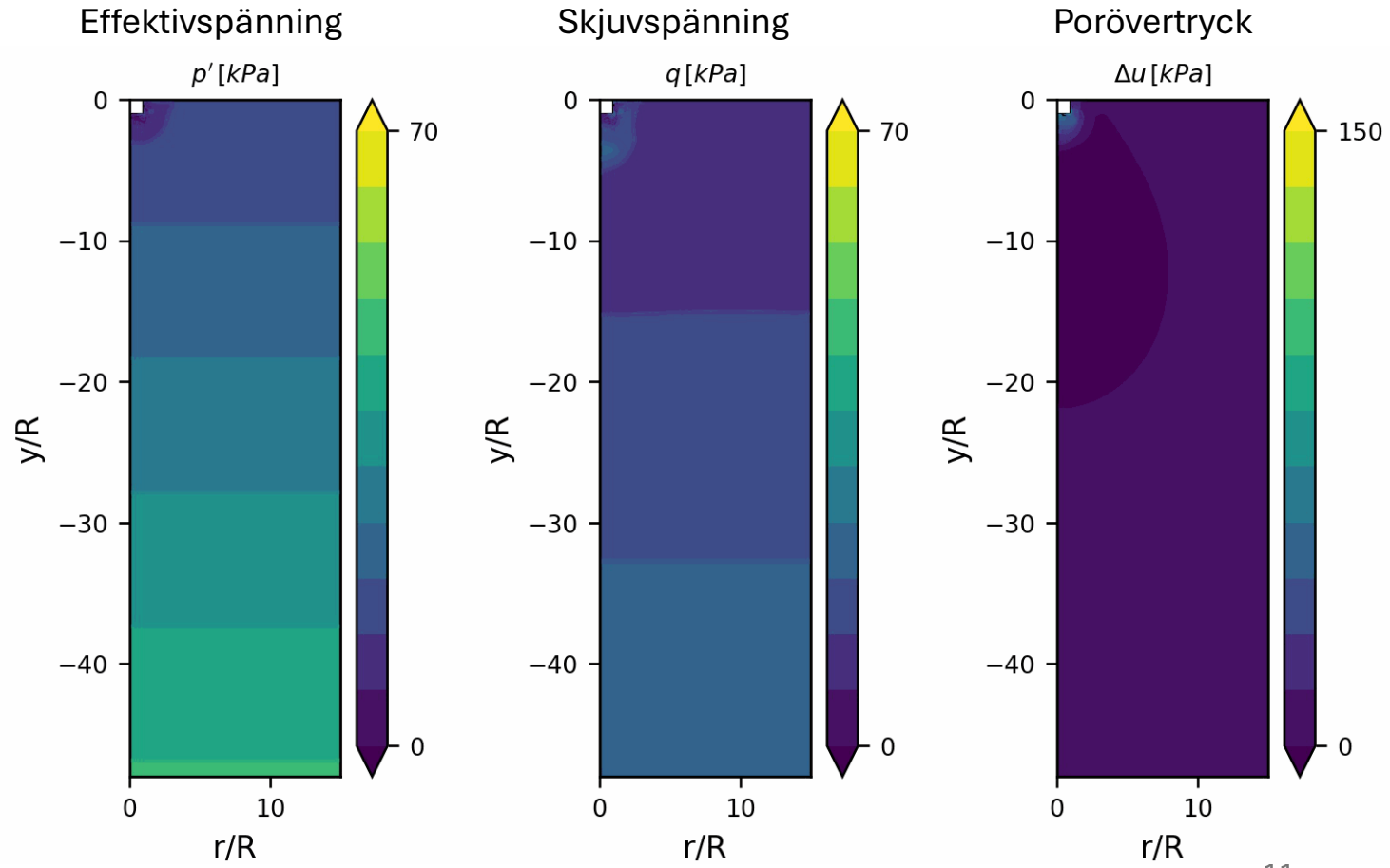


Porövertryck



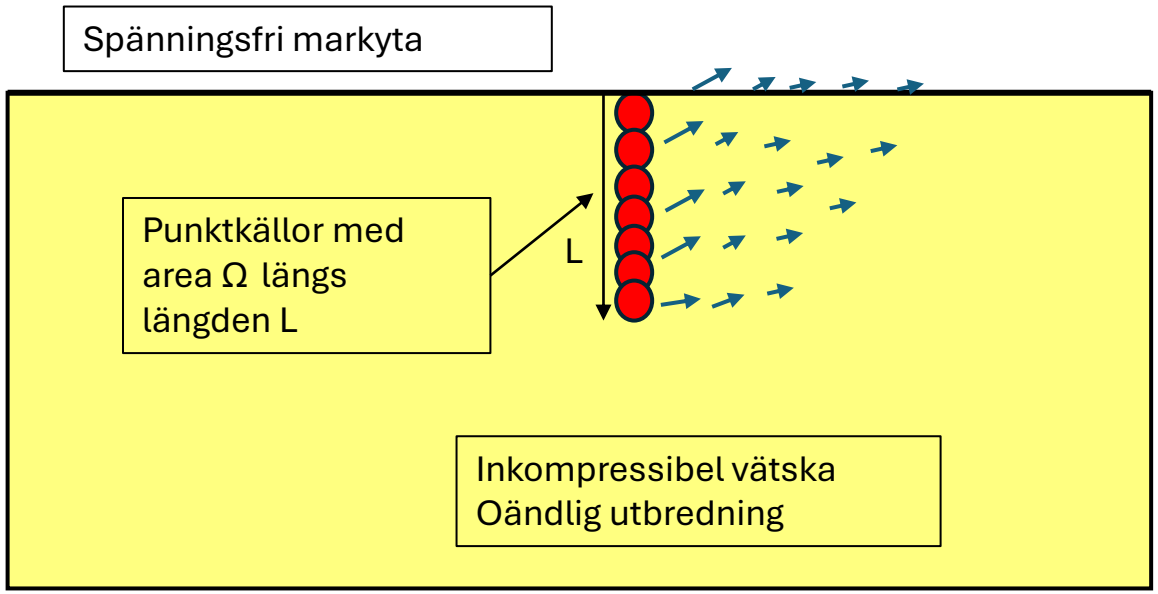
Kvantifiering av pålinstallation

- Resultat
  - Odränerad installation
  - Installationseffekt
    - Rörelse
    - Störning
  - Tidseffekt
    - Konsolidering
    - Belastningshastighet
  - CPTu
    - Jord
    - Dräneringsförhållanden

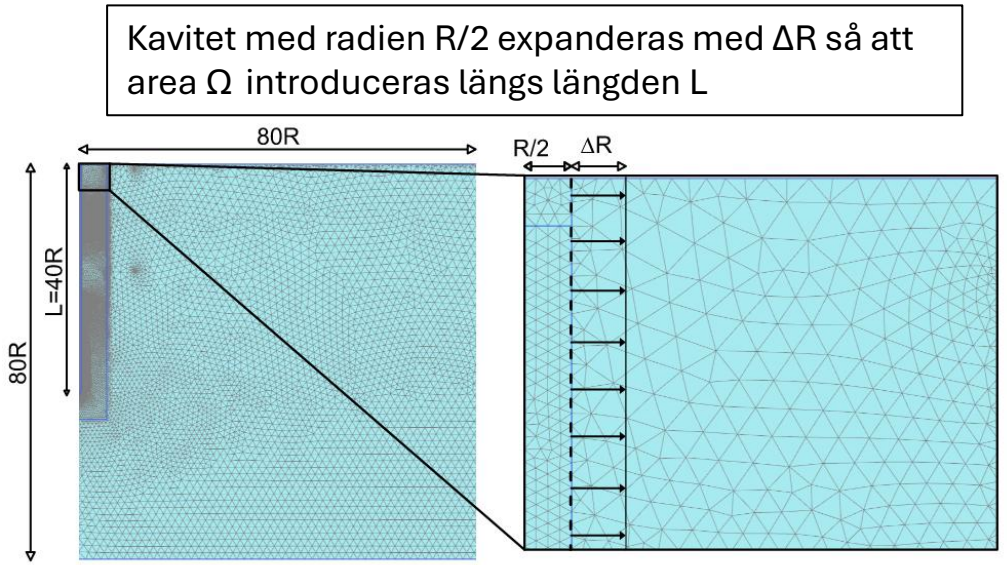


Rörelse – Inflytande av modellkomplexitet

SSPM – Vertikal penetration
- Sluten form på ytan
- Numerisk integration mot djupet



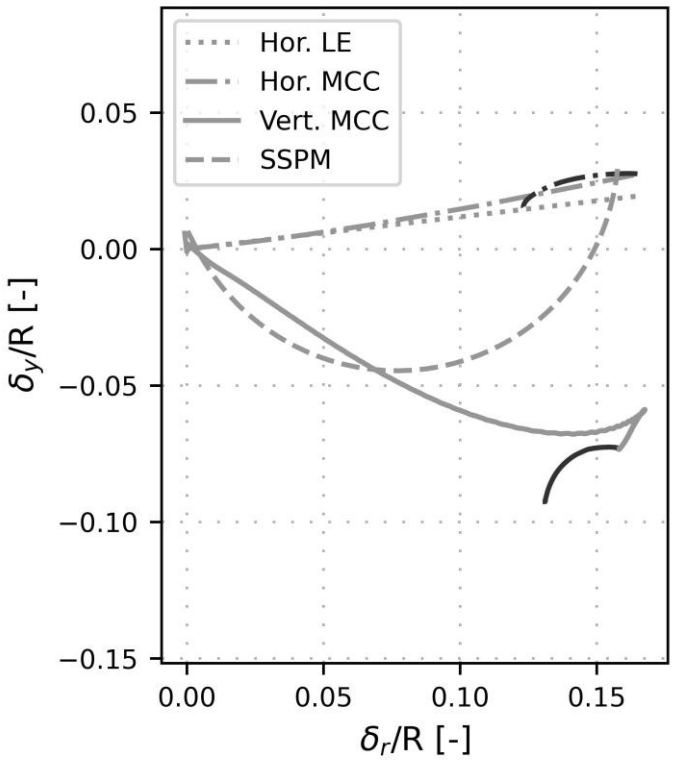
Kavitetsexpansion FEM - Horisontell expansion



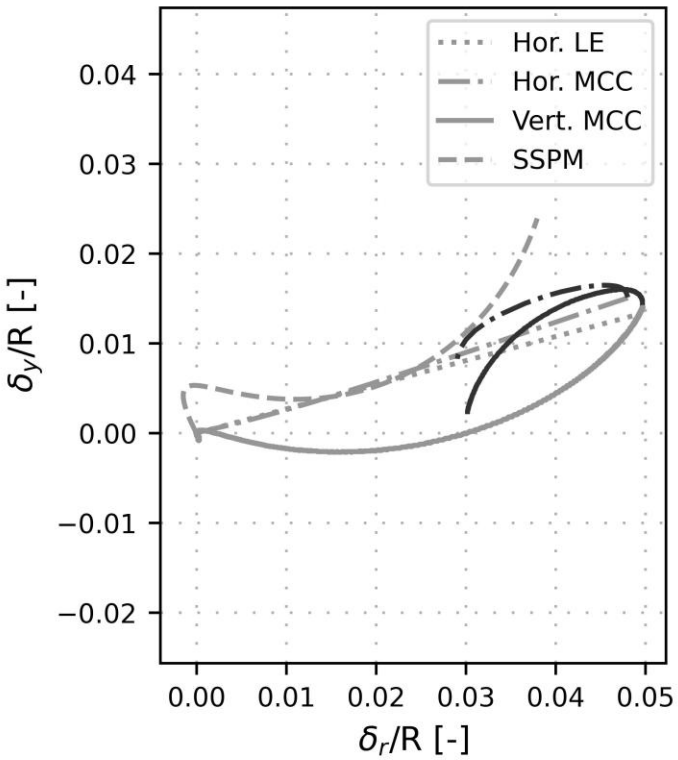
Rörelse – Inflytande av modellkomplexitet

- 4 metoder
  - Vertikal FEM MCC
    - Effektivspänning
  - Horisontell FEM MCC
    - Effektivspänning
  - Horisontell FEM LE
    - Totalspänning, konstant volym
  - SSPM
- Resultat
  - Nära påle spelar installations-mekanism stor roll
  - På avstånd kan rörelse prognosticeras med enklare metoder

r=3R, y = 19R



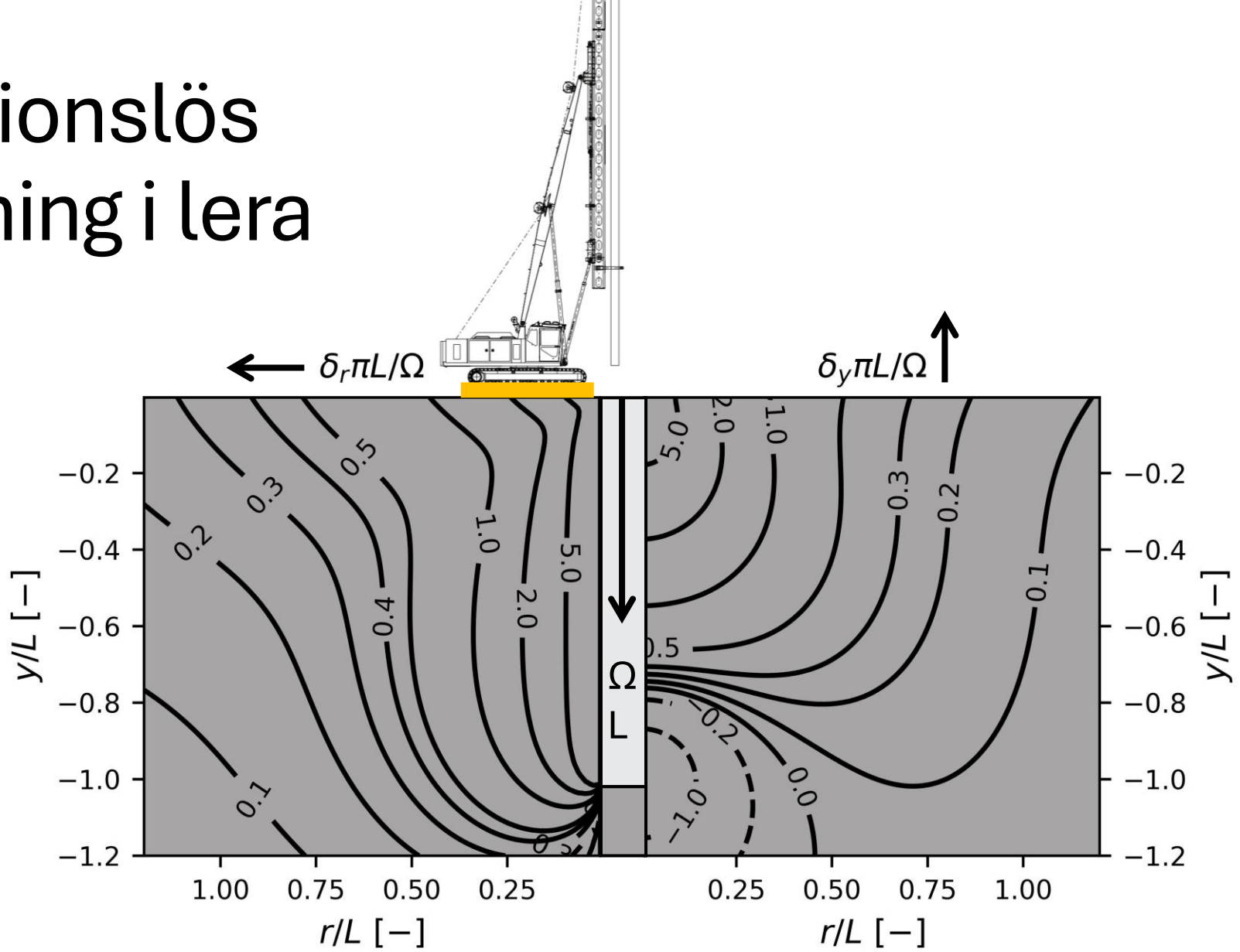
r=10R, y = 19R



SSPM - Dimensionslös rörelse från pålning i lera

$$\frac{\delta L}{R^2} = \frac{\delta \pi L}{\Omega} = f(\frac{r}{L}, \frac{y}{L})$$

- δ_r & δ_y ges av dimensionslös grupp:
  - Area (Ω)
  - Längd (L)
  - Relativ koordinat (r/L, y/L)

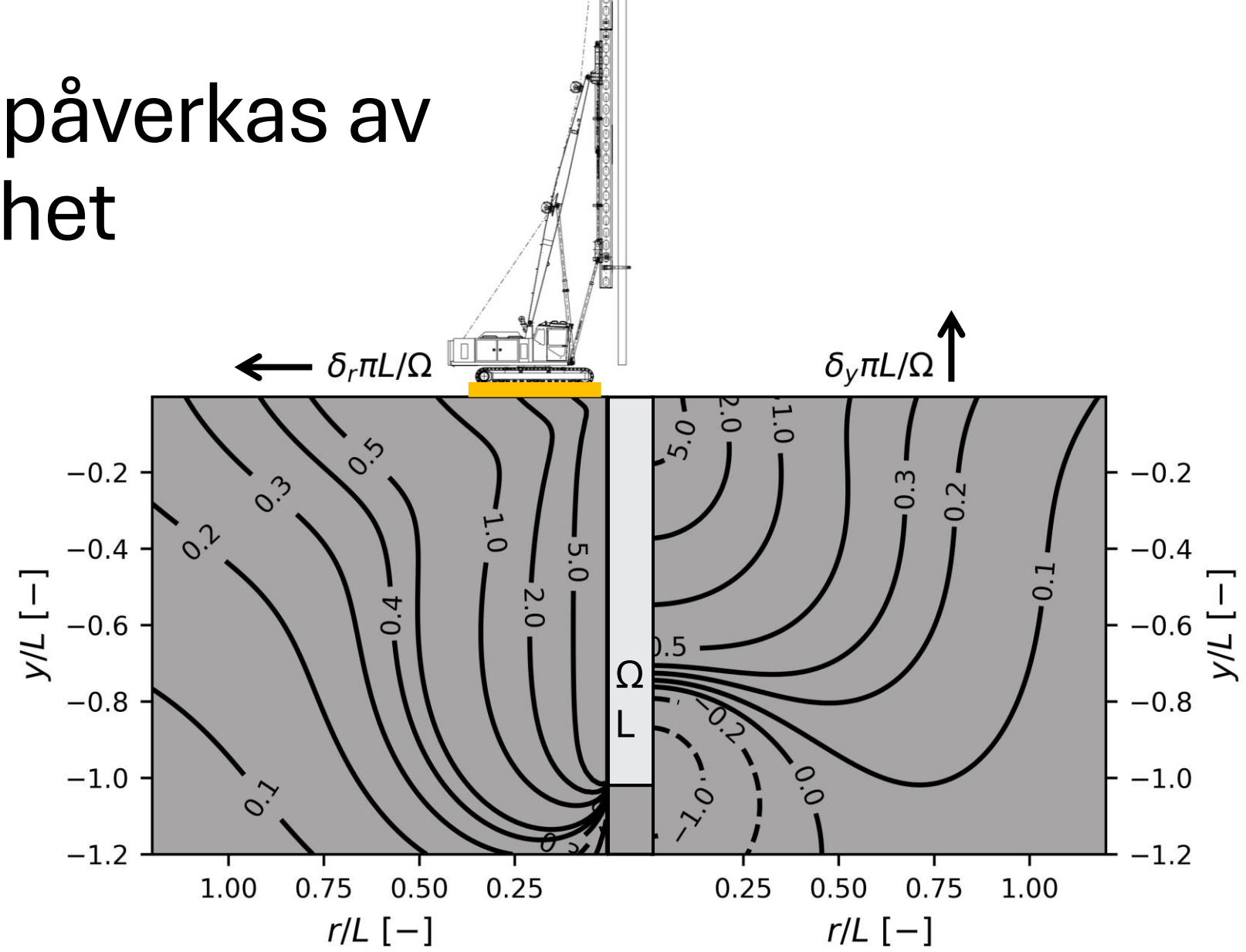


Baserad på SSPM (Sagaseta et al. 1997)
Normaliserad respons från, Sagaseta & Whittle (2001)

Men… rörelsen påverkas av systemets styvhet

$$\frac{\delta L}{R^2} = \frac{\delta \pi L}{\Omega} = f(\frac{r}{L}, \frac{y}{L})$$

- Styva gränser
- Skikt av friktionsjord
- Varierande marknivå
- Spänningssituation
- Tid
- Jordegenskaper
- Existerande grundläggningar

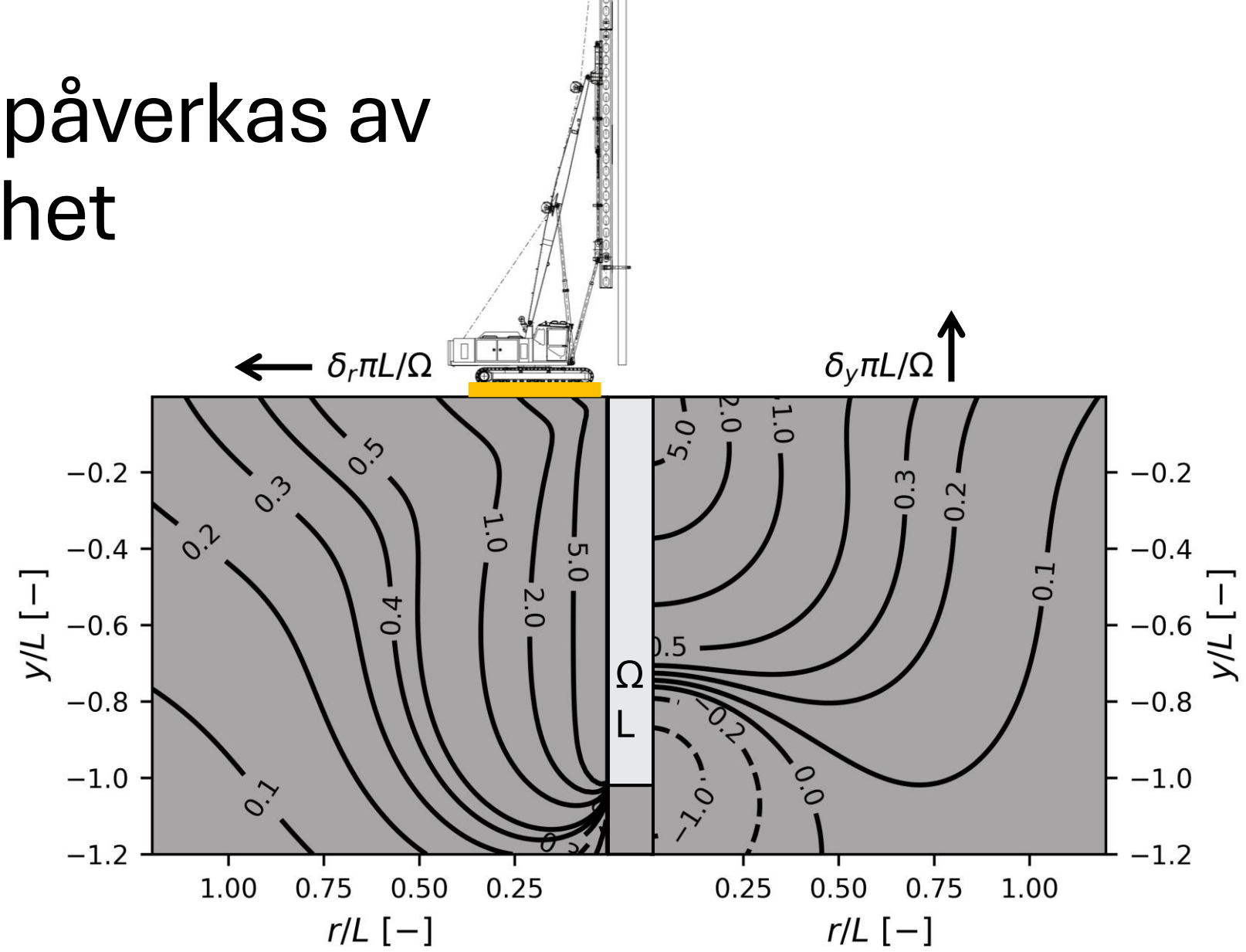


Baserad på SSPM (Sagaseta et al. 1997)
Normaliserad respons från, Sagaseta & Whittle (2001)

Men… rörelsen påverkas av systemets styvhet

$$\frac{\delta L}{R^2} = \frac{\delta \pi L}{\Omega} = f(\frac{r}{L}, \frac{y}{L})$$

- Styva gränser
- Skikt av friktionsjord
- Varierande marknivå
- Spänningssituation
- Tid
- Jordegenskaper
- Existerande grundläggningar



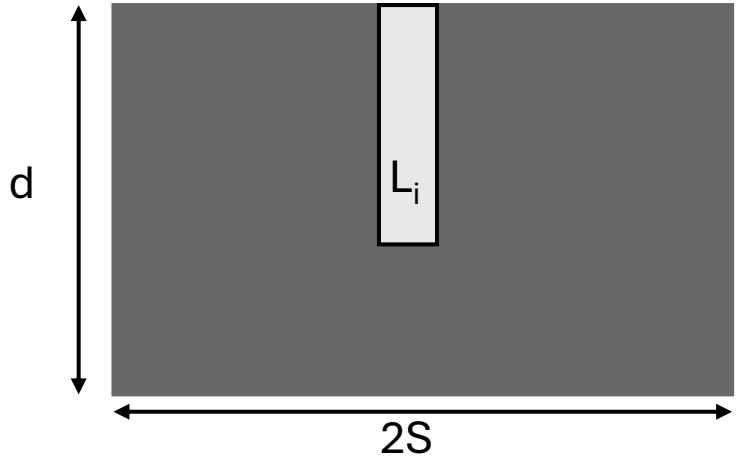
Baserad på SSPM (Sagaseta et al. 1997)
Normaliserad respons från, Sagaseta & Whittle (2001)

Inflytande av modellgränser

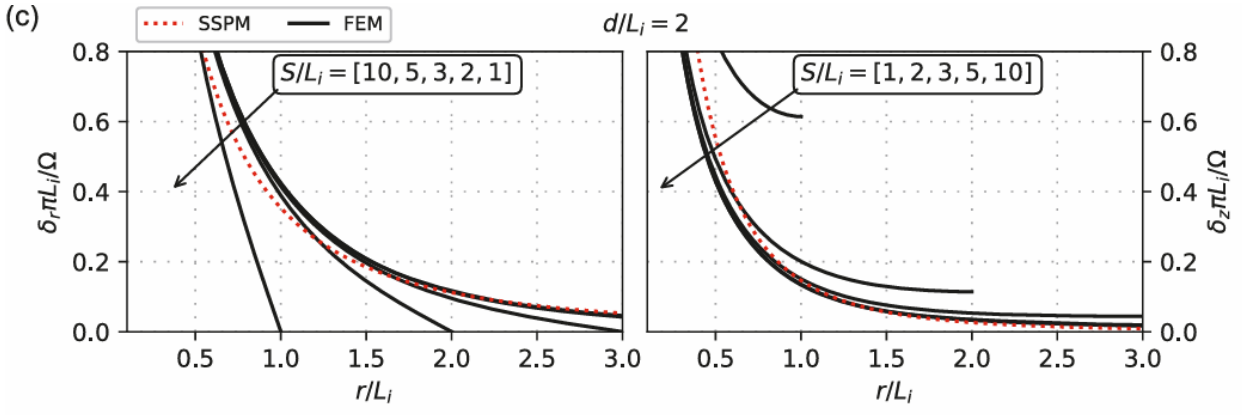
- Kavitetsexpansion
  - LE, totalspänning ,konstant volym
  - L_i 10-200m
- Dimensionslösa gruppen håller i korttid

$$\frac{\delta L}{R^2} = \frac{\delta \pi L}{\Omega} = f(\frac{r}{L}, \frac{y}{L})$$

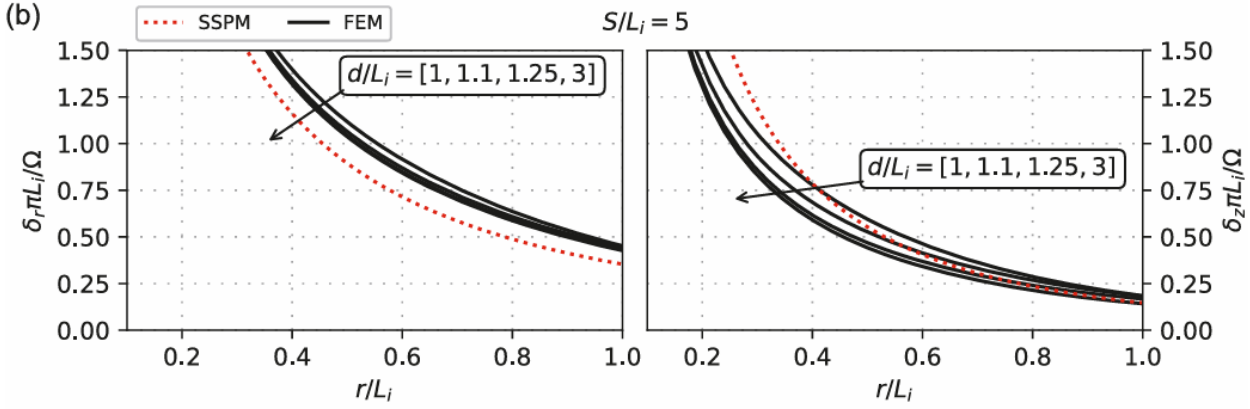
- Om d/L_i & S/L_i hålls konstanta
- Modellens storlek
  - Modellgränser
  - Naturliga gränser



Variation bredd

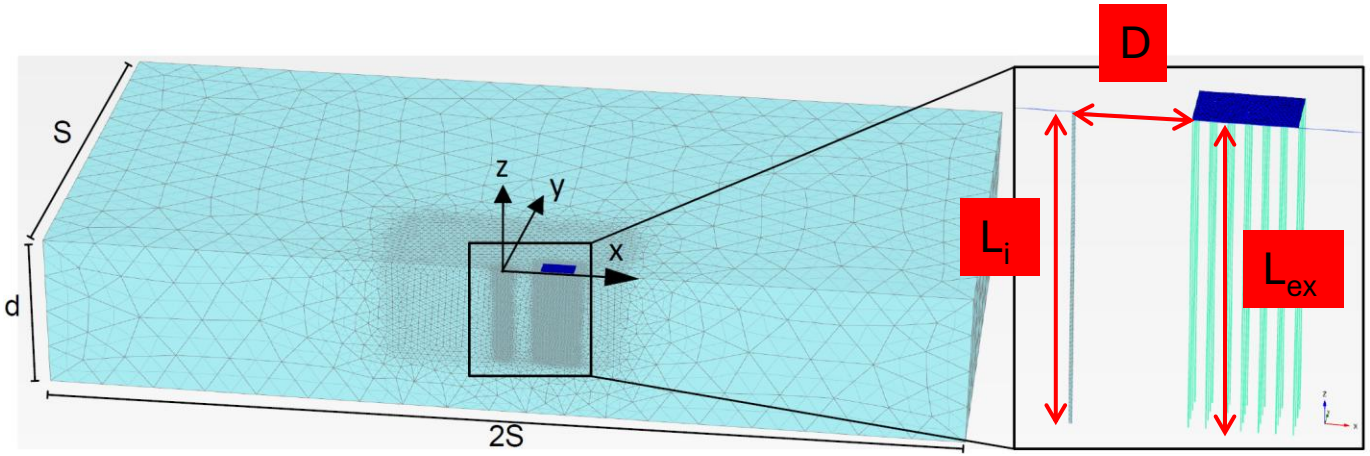


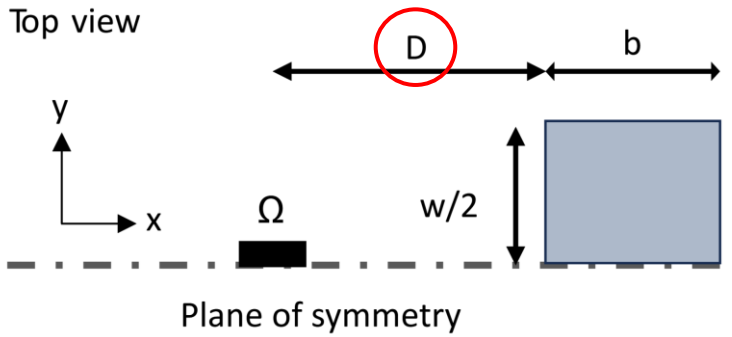
Variation djup

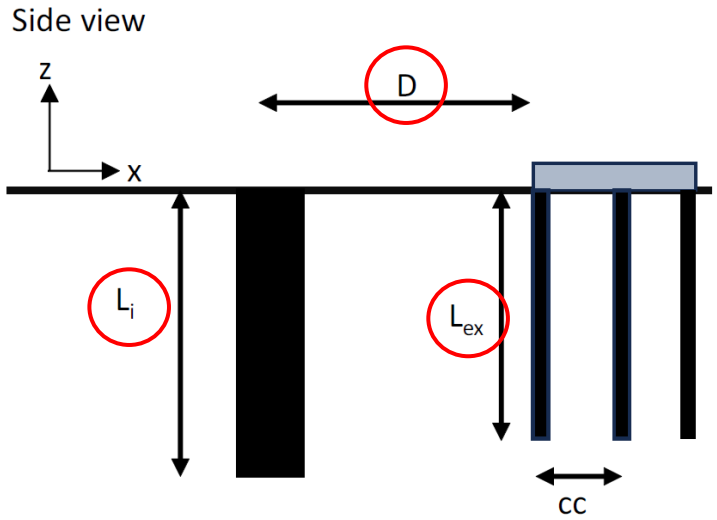


Inflytande av/på existerande grundläggning

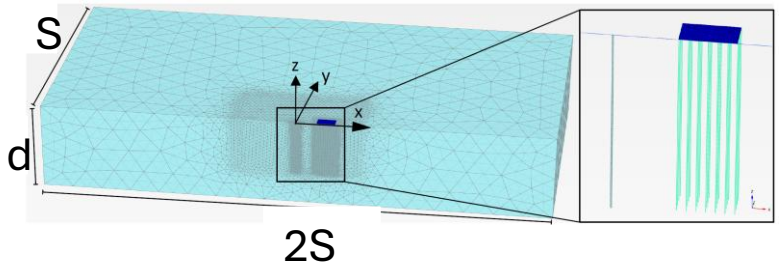
- Kavitetsexpansion
  - LE, totalspänning ,konstant volym
- Befintlig grundläggning
  - Pålar - Embedded beam
    - Ledad inspänning
  - Bottenplatta – plattelement
    - Kontakt med jorden
- Parameterstudie på grundläggningens rörelse

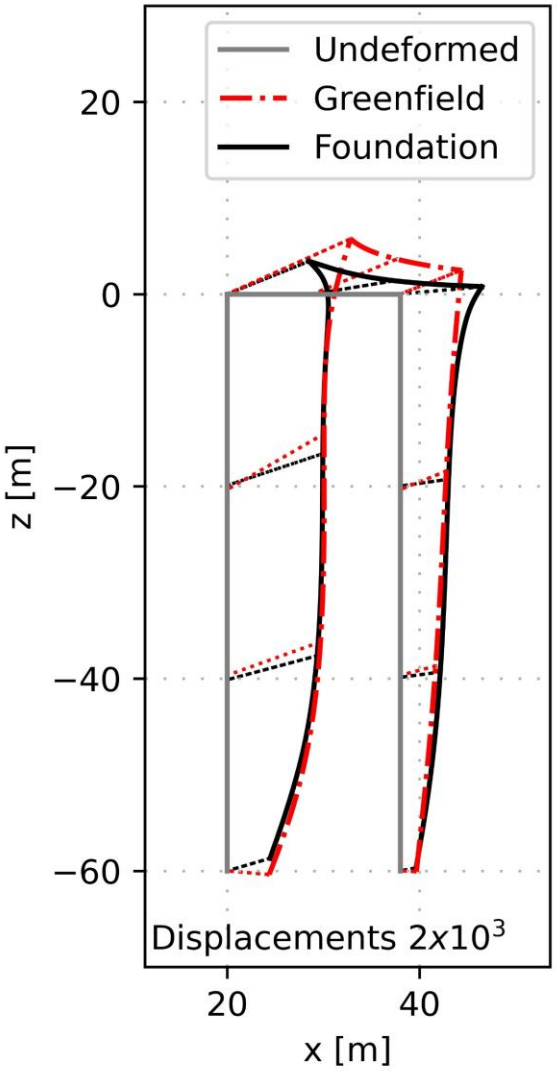


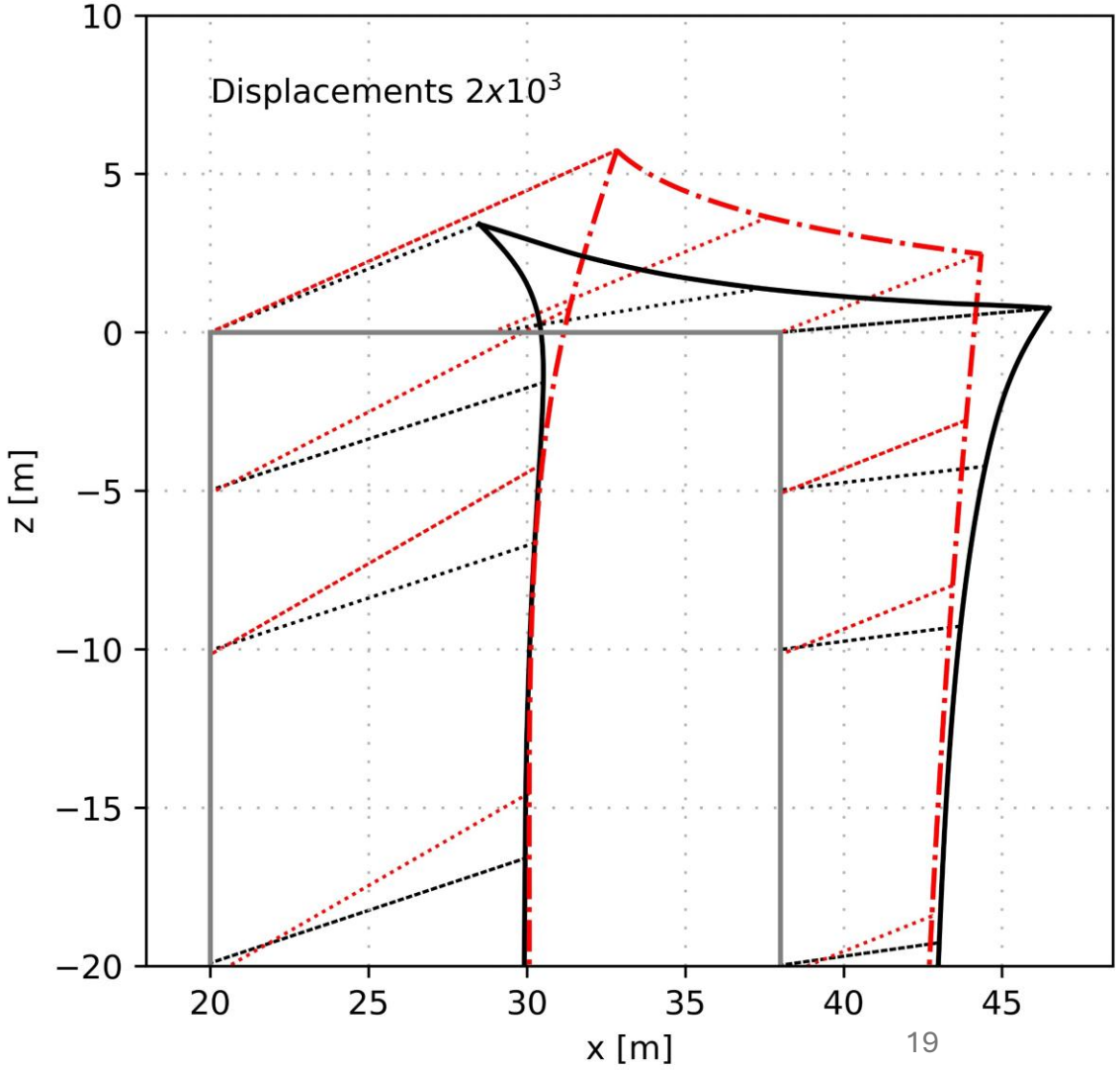




Inflytande av/på existerande grundläggning

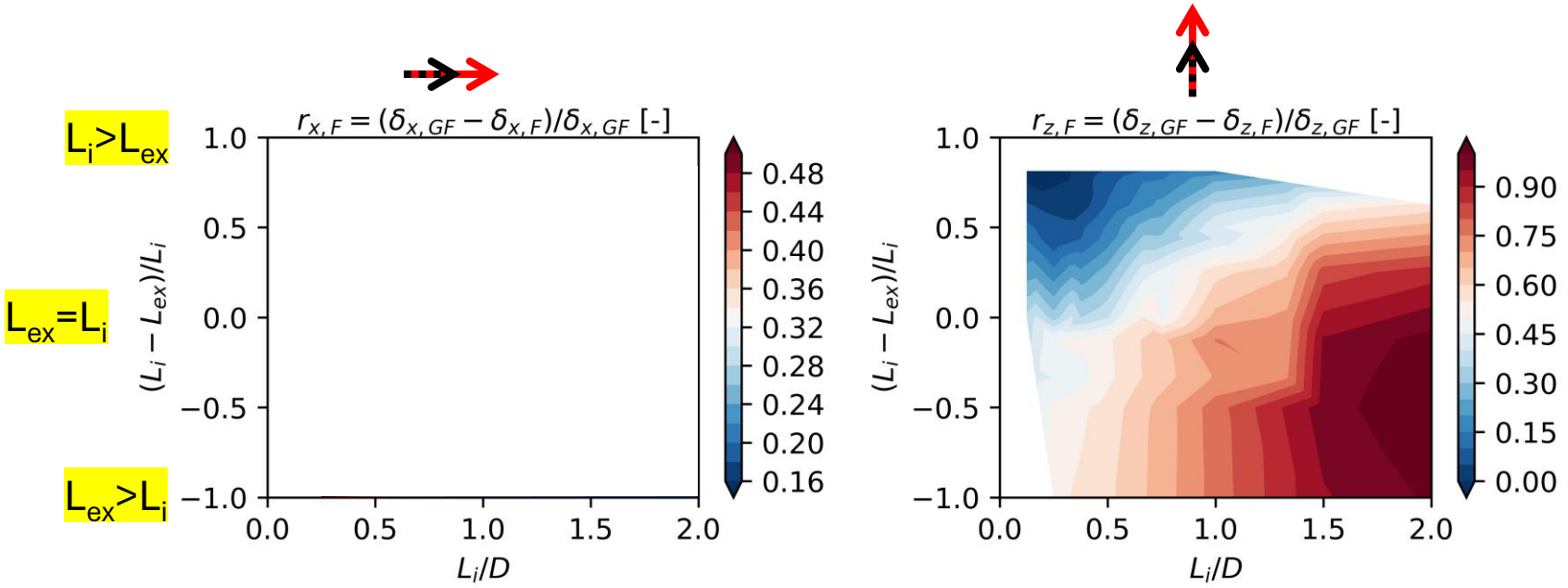


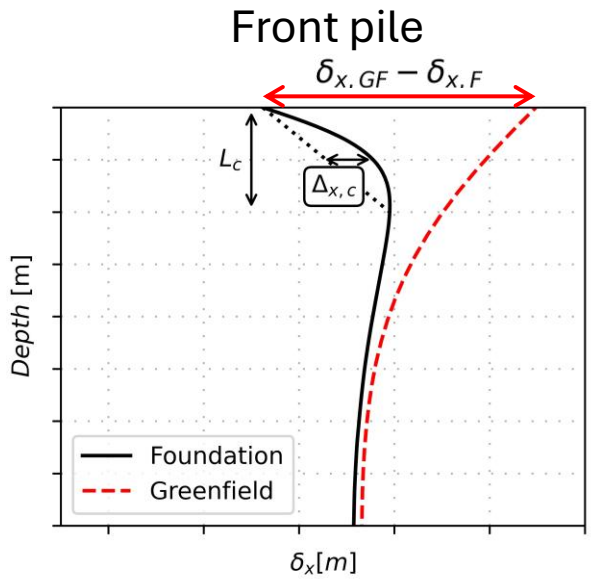


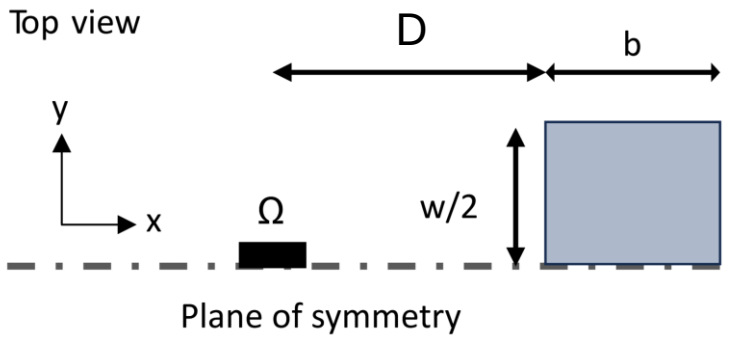


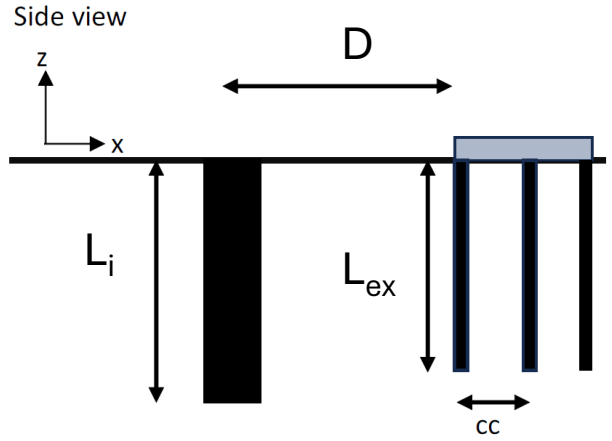
Inflytande av/på existerande grundläggning

- Responsdiagram
  - Modifieringsfaktorer*GF förskjutning







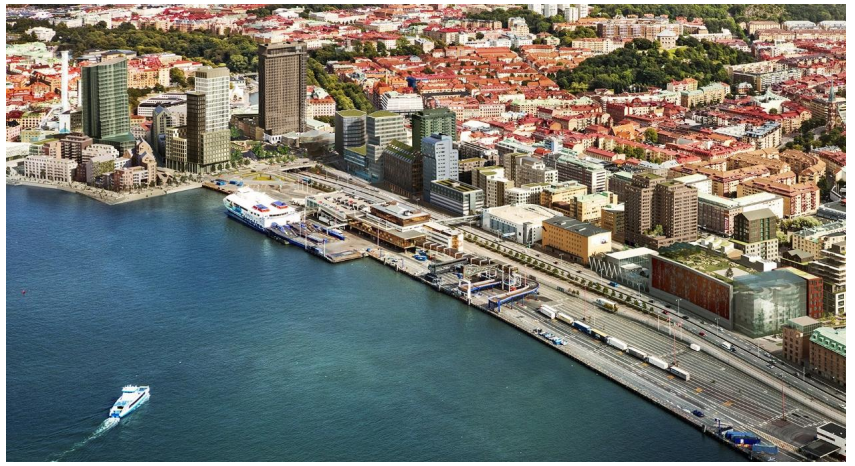


Slutsatser & Rekommendationer

- Modellkomplexitet
  - Enkla modeller: SSPM & linjärelastisk FEM räcker för att prognosticera rörelse (korttid)
  - Långtidsrörelsen kan fångas med en förenklad installationsmekanism
- Tillståndsförändringen vid pålinstallation går att modellera:
  - Insikt i de drivande processerna
  - Kräver eftertanke avseende effekten av modelleringsantaganden
    - Konstitutiv modell
    - Installationsmekanism
    - Modellgeometri
- Styvhetsfördelning i systemet påverkar rörelsen till följd av pålinstallation i lera. Effekten bör inkluderas
  - Numeriska beräkningar
  - Byggnader
    - Design charts
  - Domänens begränsningar
    - Normaliserat inflytande
  - Erfarenhetsvärden

Några kvarstående frågor

- Studera urbana geotekniska system
  - Tidseffekter för rörelse vid installation av pålgrupper
  - Effekten av tillståndsförändring till följd av pålning
- Effekten av skyddsåtgärder
  - Proppdragning
  - Skyddsslitsar



masthuggskajen.se



Göteborgs Stad Trafikkontoret, 2021

Tack till:

B2019-19 Disturbing issues with piles part 1 & 2

SBUF: 14186 Prognos av massförskjutning på grund av pålinstallation i lösa jordar del 1 & 2