

PÅLDAG 24

*pålgrundläggning av Kaj 16*

# Pålgrundläggning av Kaj 16

Dimensionering m.h.t. omgivningspåverkan  
och långtidssättningar

Lars Hall & Yanling Li  
NCC Teknik

## Agenda

- A. Projektet
- B. Projektering av pålgrundläggning
  - B1. Omgivningspåverkan
  - B2. Långtidssättningar
- C. Slutord



# PÅLDAG 24

pålgrundläggning av Kaj 16

## A. Projektet

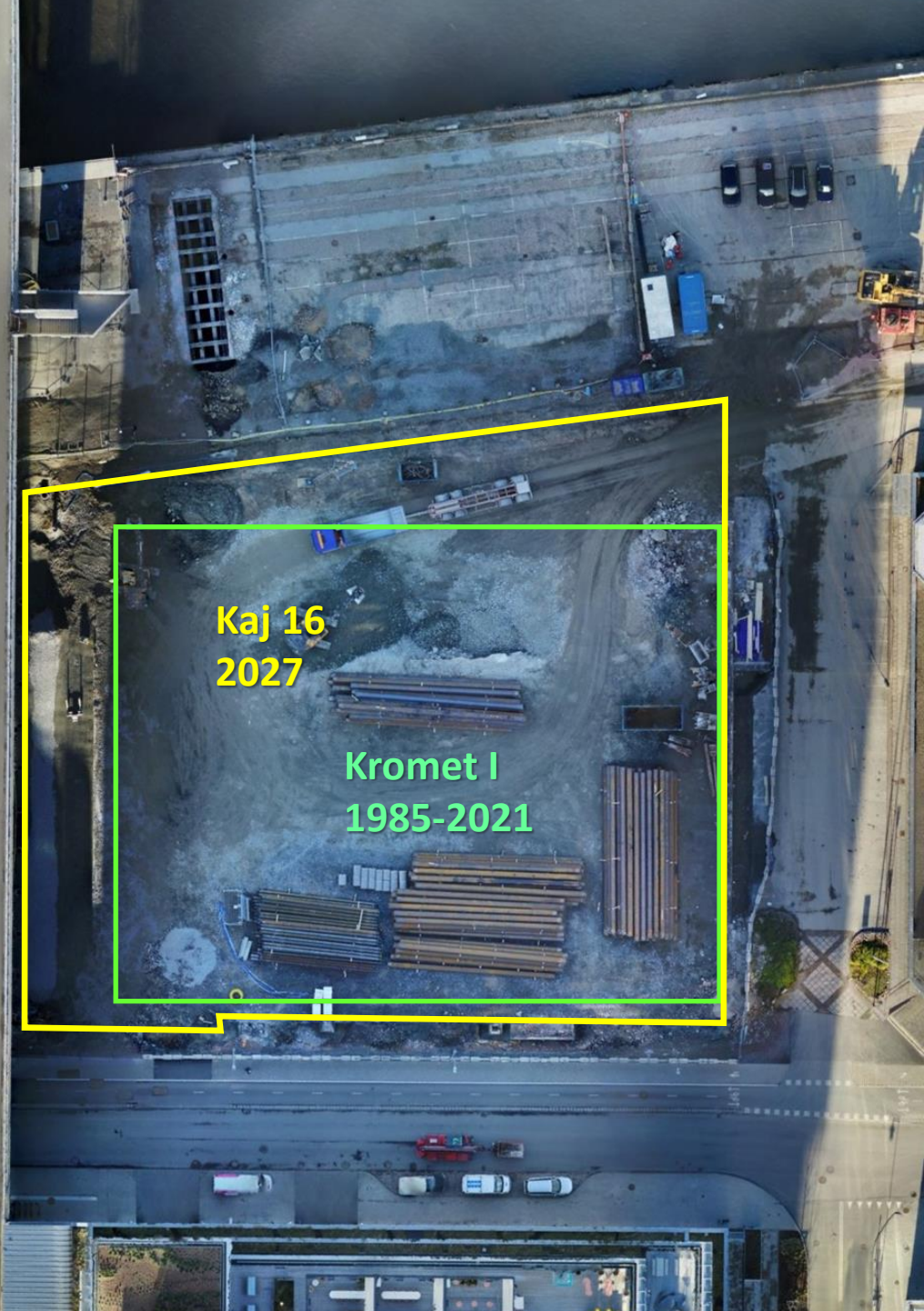
**Kaj 16** – ny kontorsbyggnad i Gullbergsvass, Göteborg

- Fotavtryck 4 200 m<sup>2</sup>
- 16 våningar med källare
- Grundläggningsnivå: ca 4m djup
- Grundläggning: kohesionspålar
- **Byggstart: 2023**
- Inflytt: 2027

**Kromet I** – tidigare kontorsbyggnad

- NCC kontor i Göteborg 1985-2021
- 5 våningar med källare
- Grundläggningsnivå: ca 3m djup
- Grundlagd med s.k. kryppålar
  - 44m långa kombipålar
- **Riven 2021**

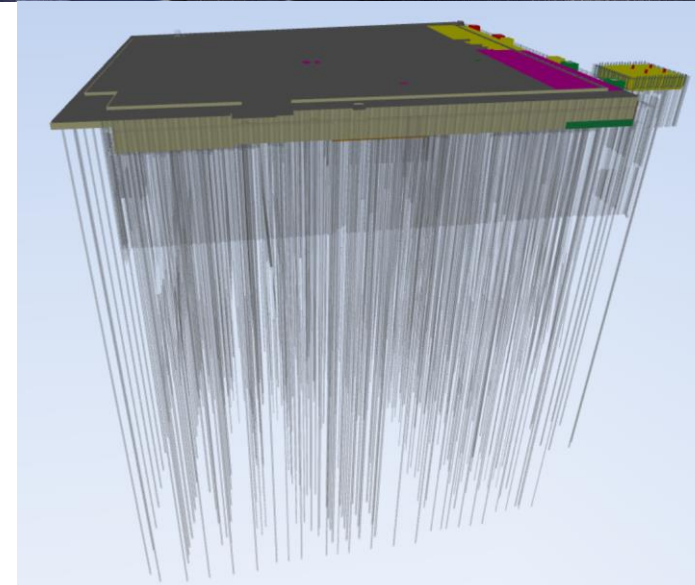
Hisingsbron  
2021-



## A. Projektet

### Tre entreprenader

1. Rivning av befintlig byggnad
2. Grundläggningsarbeten och källare
3. Färdig byggnad



Byggherre:



Huvud-  
entreprenörer:



Under-  
entreprenörer:



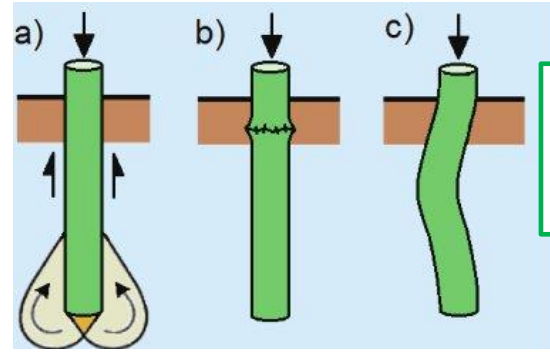
Konstruktörer:



# PÅLDAG 24

pålgrundläggning av Kaj 16

## B. Projektering av pålgrundläggning



Dimensionering m.a.p. påltyp, påldimension, pållängd & pålningsmetod

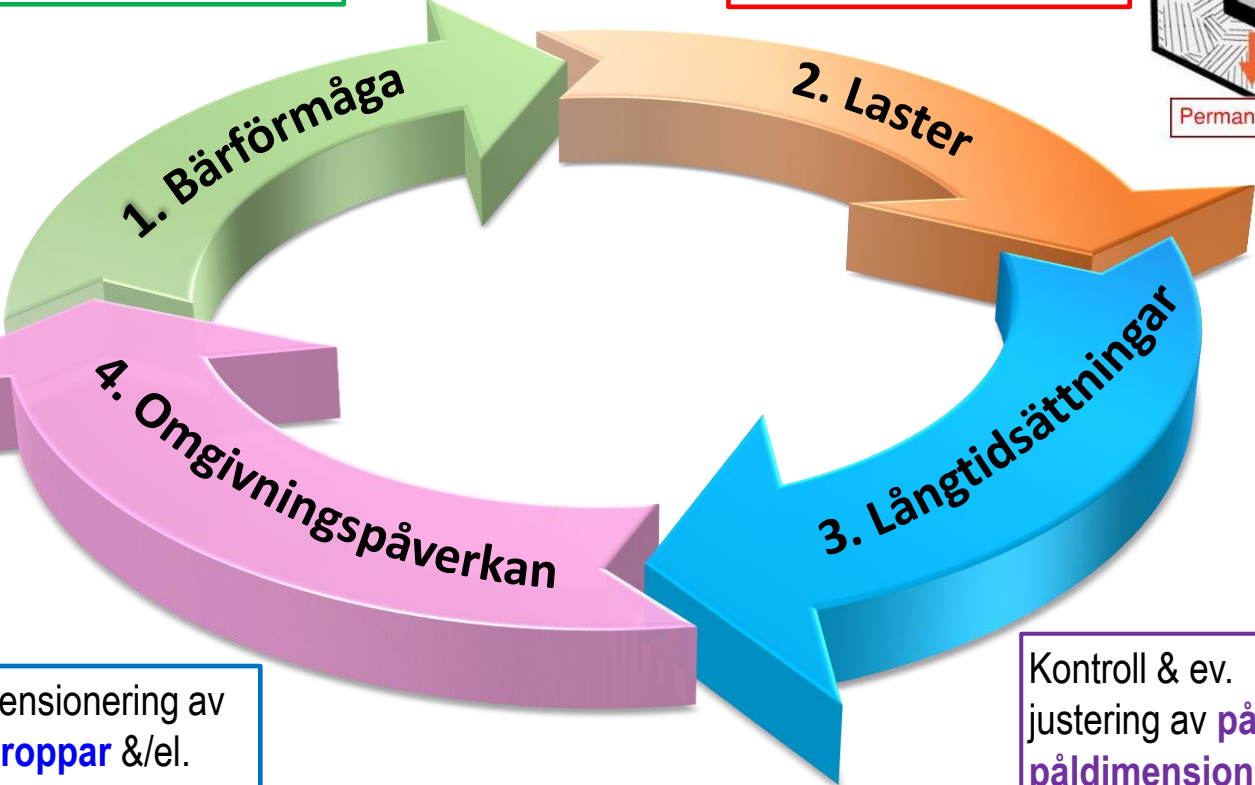
Geoteknisk och strukturell bärförmåga

Krav mht risk för

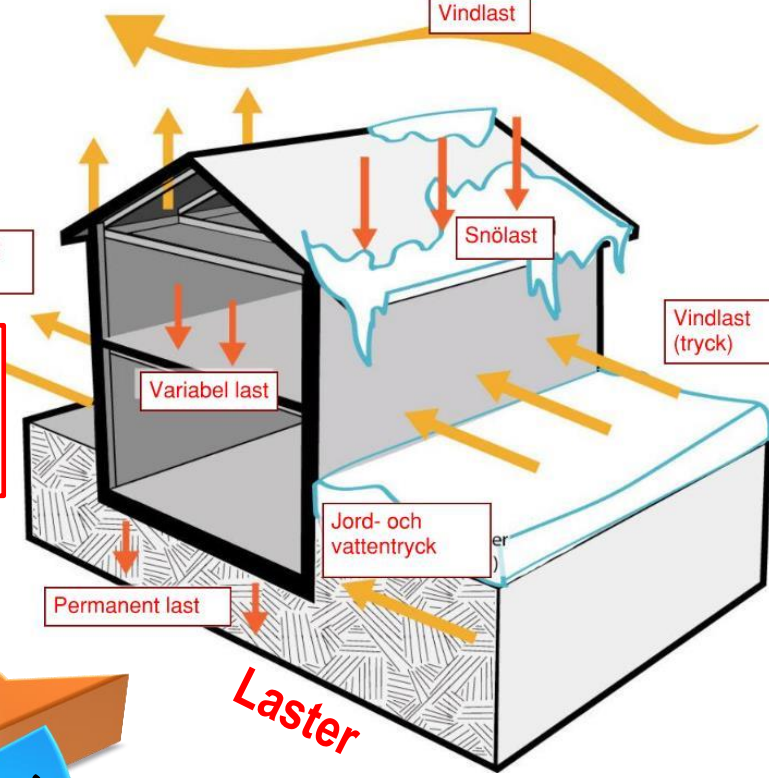
buller- vibrations- & deformations- skador



Dimensionering av lerproppar &/el. justering av påltyp, påldimension, el. pålningsmetod



Val & dimensionering av pålfundament & antal pålar (pålplan)



Kontroll & ev. justering av påltyp, påldimension, el. pållängd

Krav mht risk för sättningsskador

## B. Projektering av pålgrundläggning

### Förutsättningar – projekt Kaj 16

- Stora lerdjup (>100m) med pågående sättningar (6mm/år)
- Närhet till brostöd tillhörande Hisingsbron, samt både nya och äldre byggnader
  - **stränga krav på tillåtna markrörelse för omgivningen**
- Byggnad ska ha entré från bron
  - **krav på differentialsättningar mellan bron och planerad byggnad**

- 
- Grundläggning med **kohesionspålar**
  - Dimensionering och kontroll av pålgrundläggningen mht både omgivningspåverkan och sättningar.



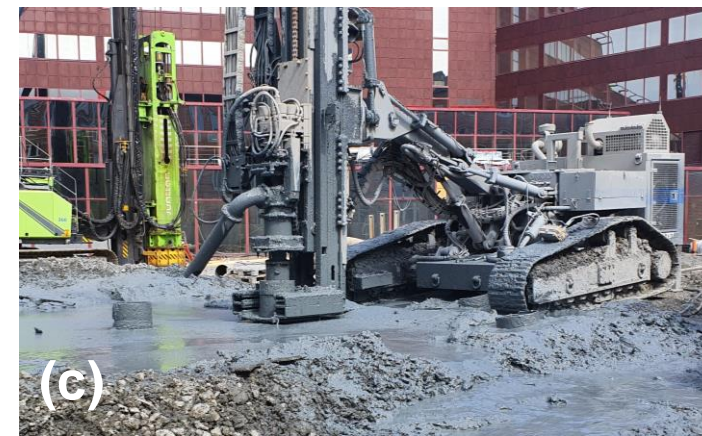
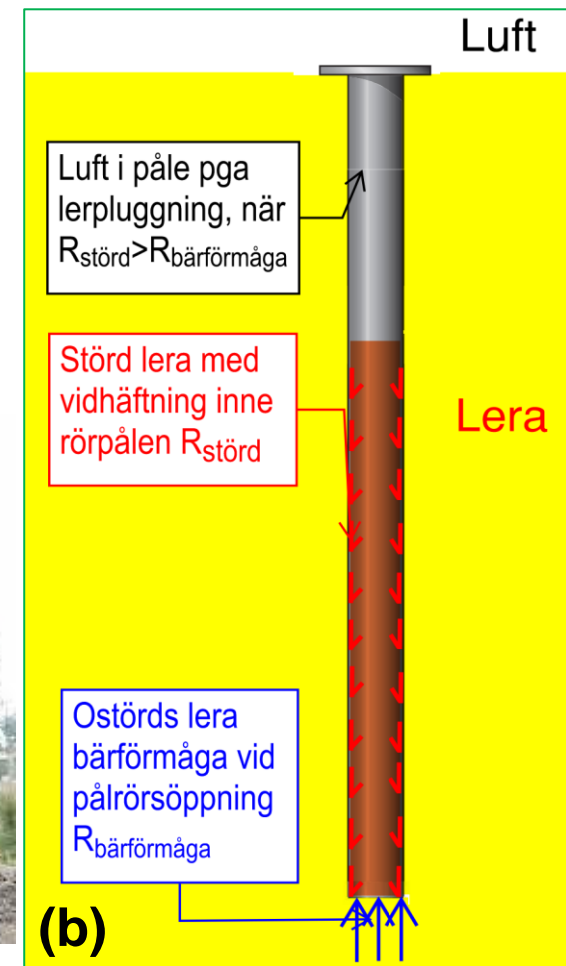
## B1. Omgivningspåverkan

### Minimera av markdeformationer från pålning

Markdeformationer vid pålning i lera orsakas främst av själva massundanträngningen när pålens drivs ned i lera

### Åtgärder

- **Lerproppdragning**
  - a. Augerskruv (maxdjup ca 12m)
    - Stålrör (maxdjup ca 30m)
- **Byta påltyp**
  - b. Öppna stålrörspålar
    - Är också massundanträngande pga lerpluggning och godstjocklek
- **Byta pålningsmetod**
  - Hejardrivning (normal)
  - Vibrodrivning
  - c. Borring
    - Stor störning av jorden pga meruttag av massor och/eller luft i jorden

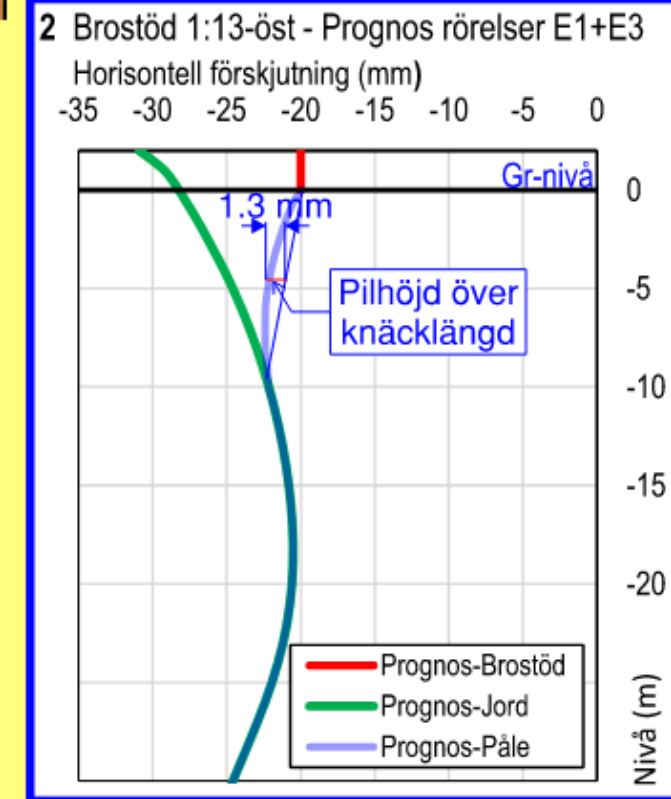
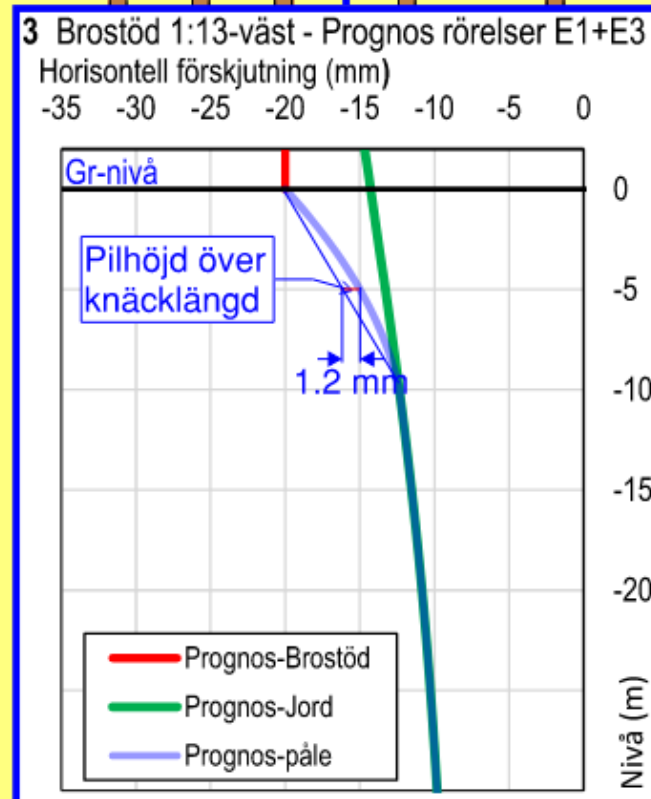
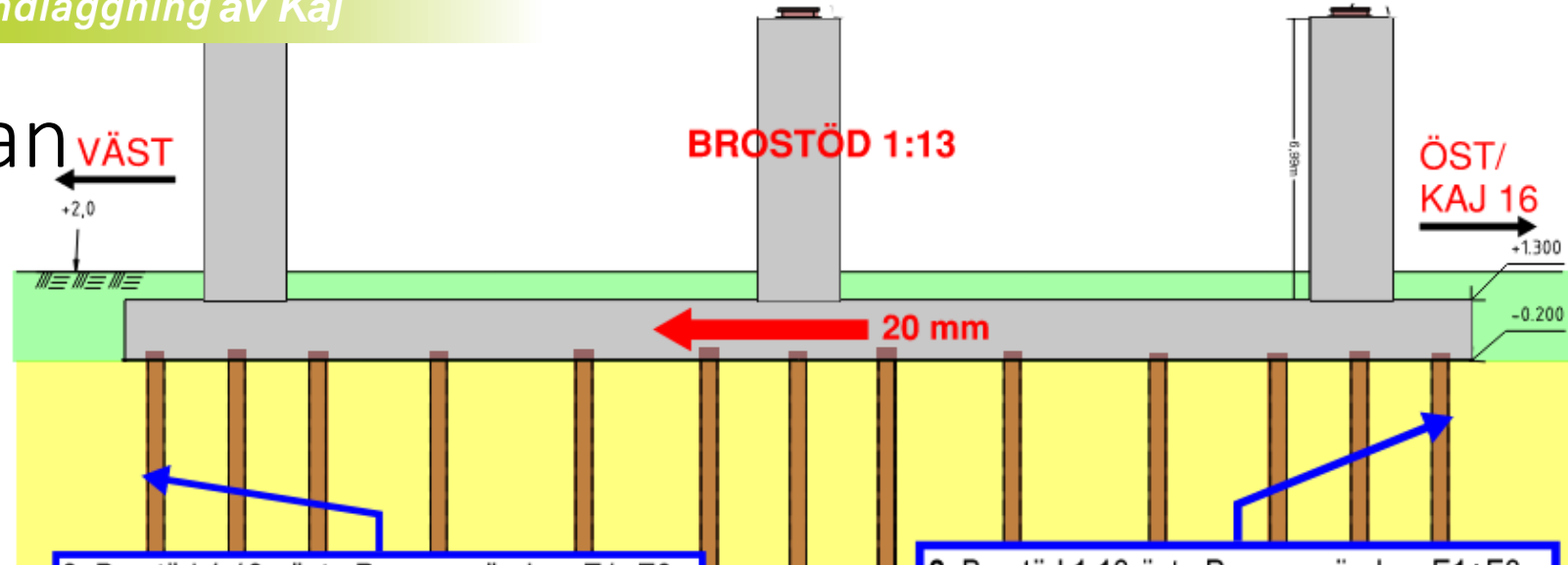


### B1. Omgivningspåverkan

#### Marklovsansökan

- Hänsyn till **omgivningspåverkan**, pga närheten till Hisingsbron, var **villkorad för att få marklov** för planerad byggnad.
- **Acceptans** erhöles för prognos av markdeformationer för med fallet
  - Öppna stålrörspålar för samtliga pålar.
  - Stort antal (60st) lerproppar med 30m långt 406/12,5-stålrör.
  - Några (8st) borrade pålar.
- Även kontroll av påverkan på **bef. pålarnas strukturella bärförmåga**.

Prognosticerade deformationer från massundanträngande pålar och spont beräknade enligt en **analytisk lösning** med **SSPM** (eng. shallow stress path method) av Sagasetta et al (1997).





# PÅLDAG 24

pålgrundläggning av Kaj 16

## B1. Omgivningspåverkan Aktuella grundläggningsarbeten

### Kaj 16 – etapp 1

- Provpålning (15st pålar á 81m): feb 23
- Inst. yttre spont (435st plank á 17m): mars 23

BROSTÖD 1:14

KAJ (Påldäck)

BROSTÖD 1:13

KAJ 16

HUS  
KROMET  
III

LEDNINGSTRÅK

BROSTÖD 1:12

HUS PLATINAN

HUS  
KOPPARN

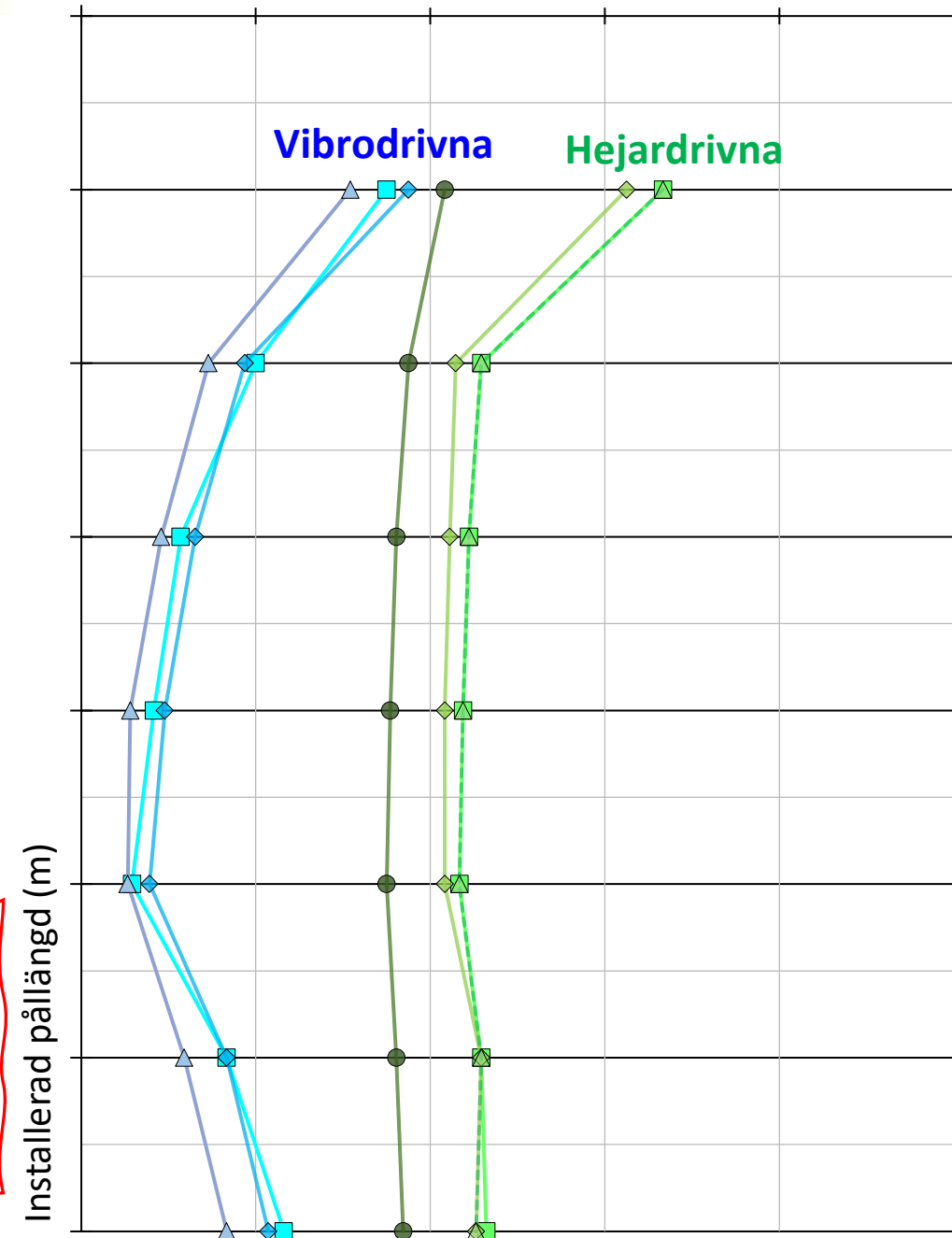
## B1. Omgivningspåverkan

### Provpålning (etapp 1)

- Testning av olika metoder för att **minimera lerpluggning** i stålrörpålarna (15 st pålar)
  - Hejardrivning (normal drivning)
  - Vibrodrivning
  - Diverse andra åtgärder
- Vibrodrivning i kombination med andra åtgärder gav minskad lerpluggning
  - Mer än 30 % lägre andel luftfyllt stålrör jmf hejardriven påle.
- Övriga testade åtgärder hade marginell positiv effekt.

- **Vald pålningsmetod** och metod för att dra lerproppar
  - Stålrörspålar  $\geq 273.9\text{mm}$ : **vibrodrivning**
  - Stålrörspålar  $\leq 219.1\text{mm}$ : **hejardrivning**
  - Lerproppar: **augerskruv i pällägen** för stålrörspålar  $\geq 273.9\text{mm}$

Andel luftfyllt rör av installerad pällängd (%)



# PÅLDAG 24

pålgrundläggning av Kaj 16

## B1. Omgivningspåverkan Aktuella grundläggningsarbeten






### Lilla Bommen

- Schakt i spont och schaktsläde (djup 4,5m): apr – juni 23
- Schakt i sänkbrunnar (djup 7m): april-nov 23

### Kaj 16 – etapp 1

- Provpålning (15st pålar á 81m): feb 23
- Inst. yttre spont (435st plank á 17m): mars 23

### Kaj 16 - kontrollprogram

- Prismor & dubb 
- Inklinometerrör 
- Markspik 
- Vibrationsgivare 
- Fissurometer 

### Kaj 16 – etapp 2

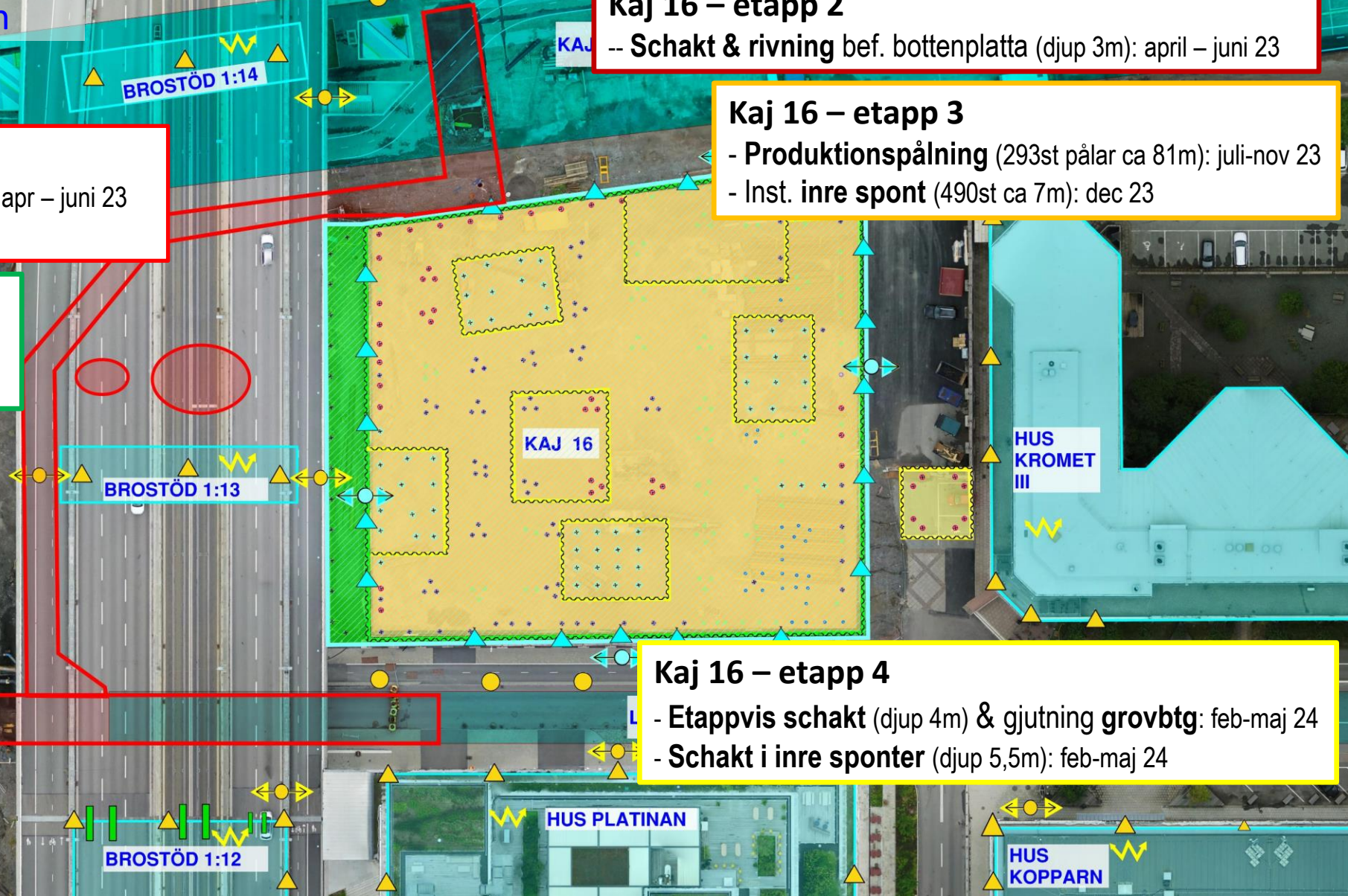
- Schakt & rivning bef. bottenplatta (djup 3m): april – juni 23

### Kaj 16 – etapp 3

- Produktionspålning (293st pålar ca 81m): juli-nov 23
- Inst. inre spont (490st ca 7m): dec 23

### Kaj 16 – etapp 4

- Etappvis schakt (djup 4m) & gjutning grovbtg: feb-maj 24
- Schakt i inre sponter (djup 5,5m): feb-maj 24



# PÅLDAG 24

pålgrundläggning av Kaj 16

## B1. Omgivningspåverkan

### Uppföljning

(uppmätt vs prognos)

### Horisontella deformationer

#### Brostöd 1:14

- Rörelseriktning som prognos.
- Storlek något större än prognos.
- Ev. påverkan från annan entreprenad.

#### Brostöd 1:13

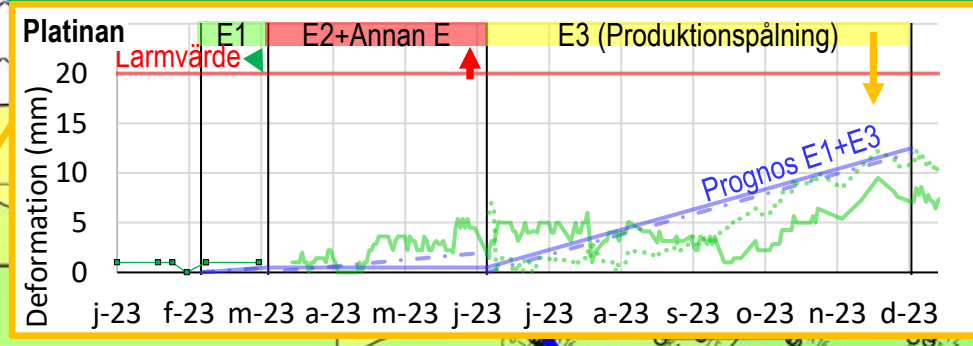
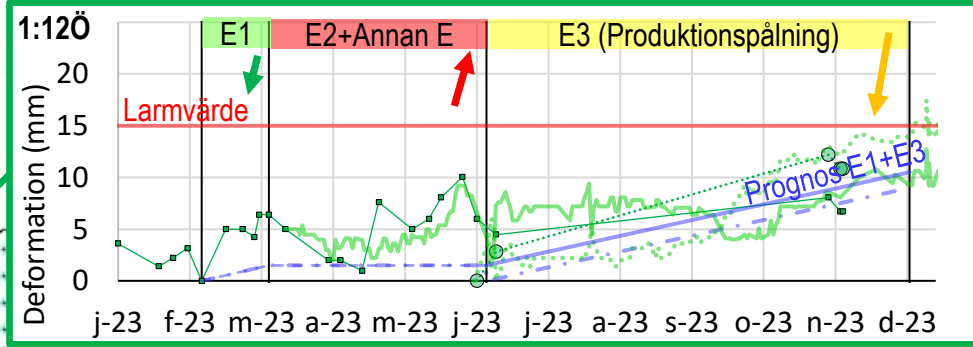
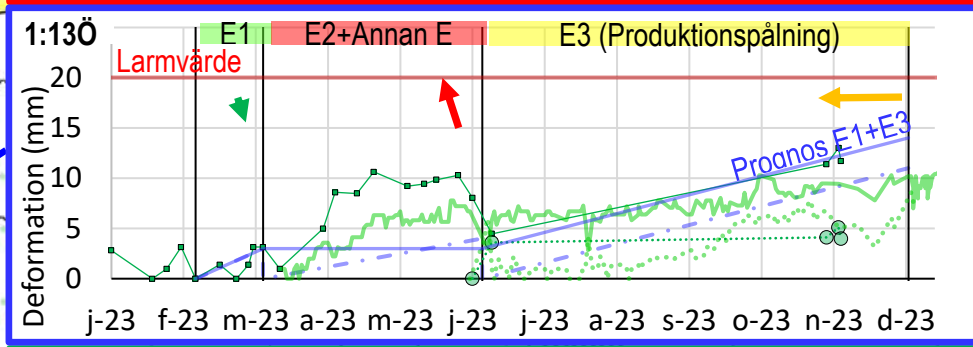
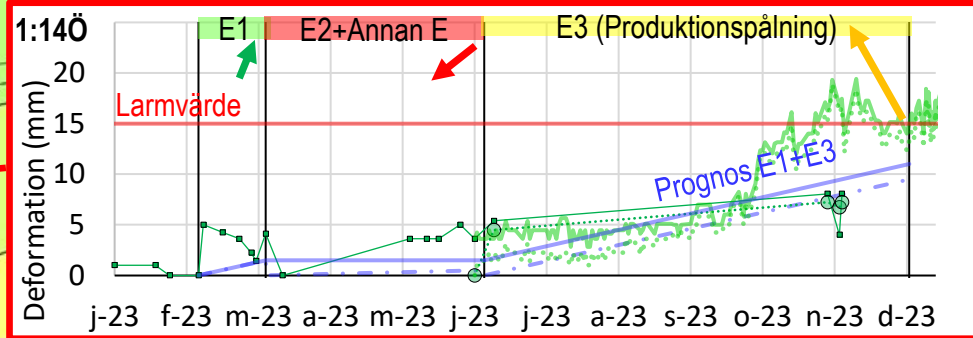
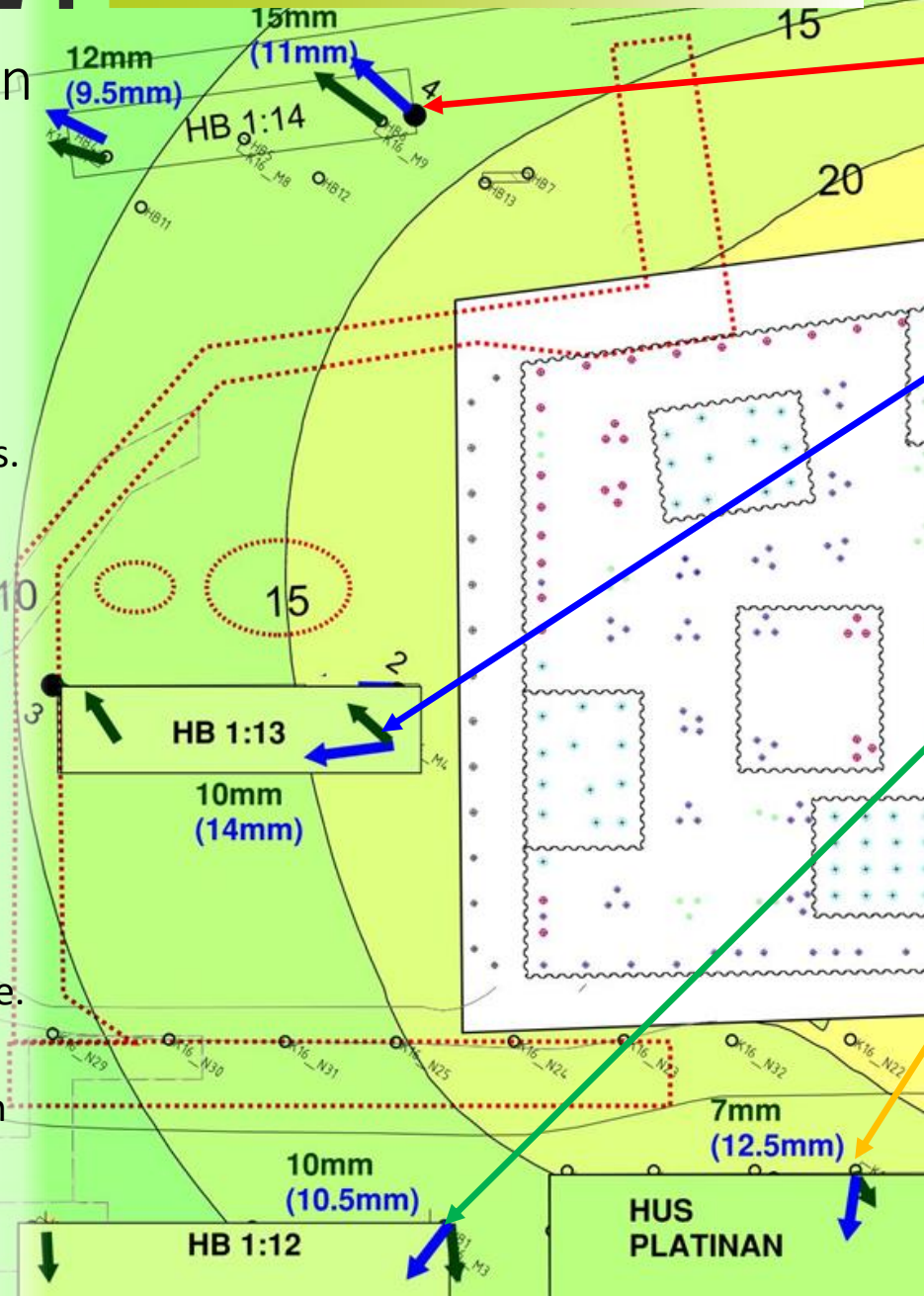
- Rörelseriktning mot annan entreprenad (E2).
- Något mindre än prognos.

#### Brostöd 1:12

- Rörelse i broriktning.
- Storlek som prognos.
- Ev. temperaturberoende rörelse.

#### Byggnader

- Rörelseriktning och storlek som prognos (E3).



# PÅLDAG 24

pålgrundläggning av Kaj 16

## B1. Omgivningspåverkan

### Uppföljning

(uppmätt vs prognos)

### Vertikala deformationer

#### Brostöd 1:14

- Något större än prognos, men samma under E3.
- Ev. påverkan från annan entreprenad.

#### Brostöd 1:13

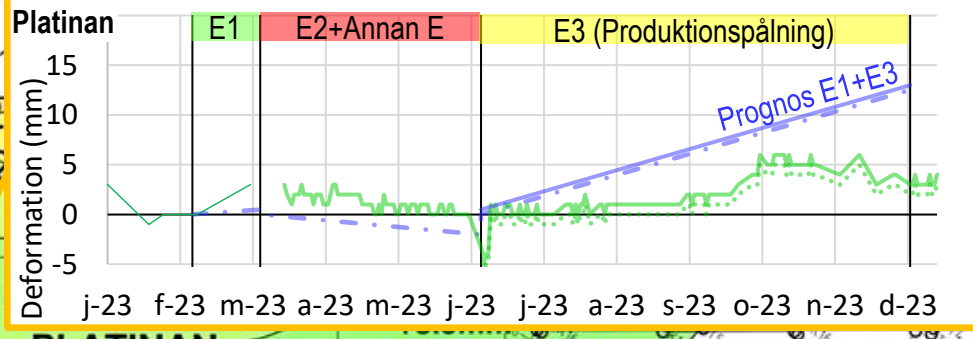
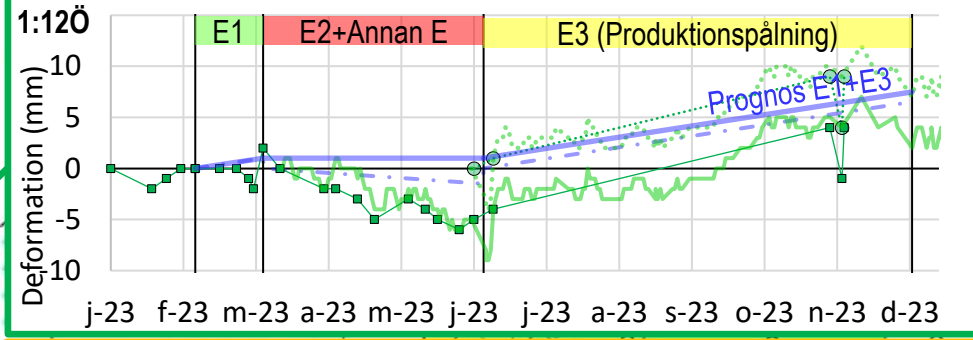
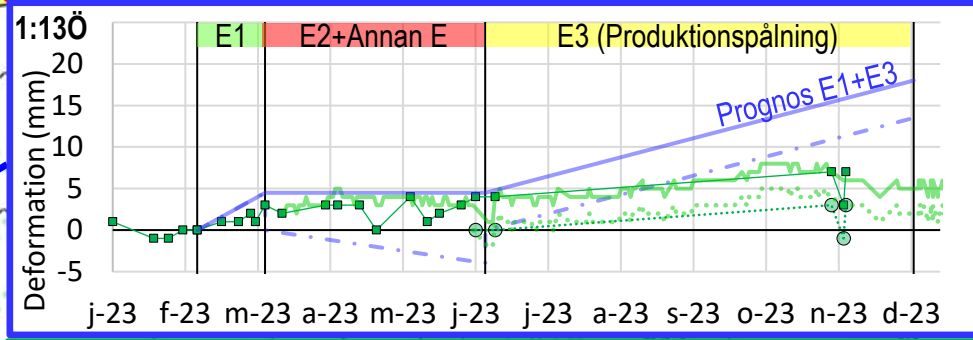
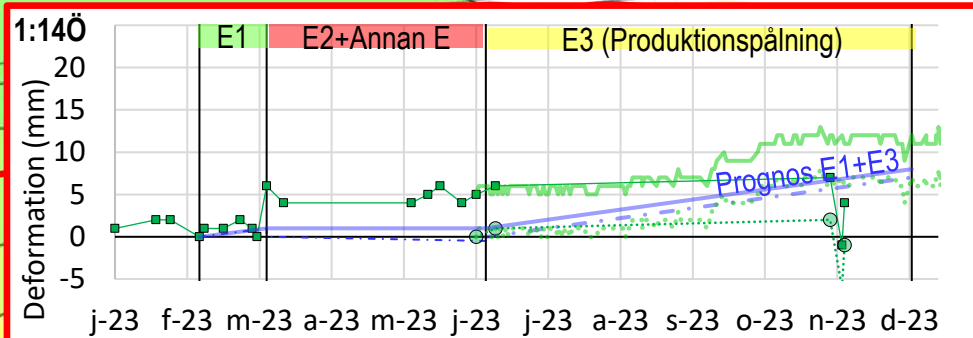
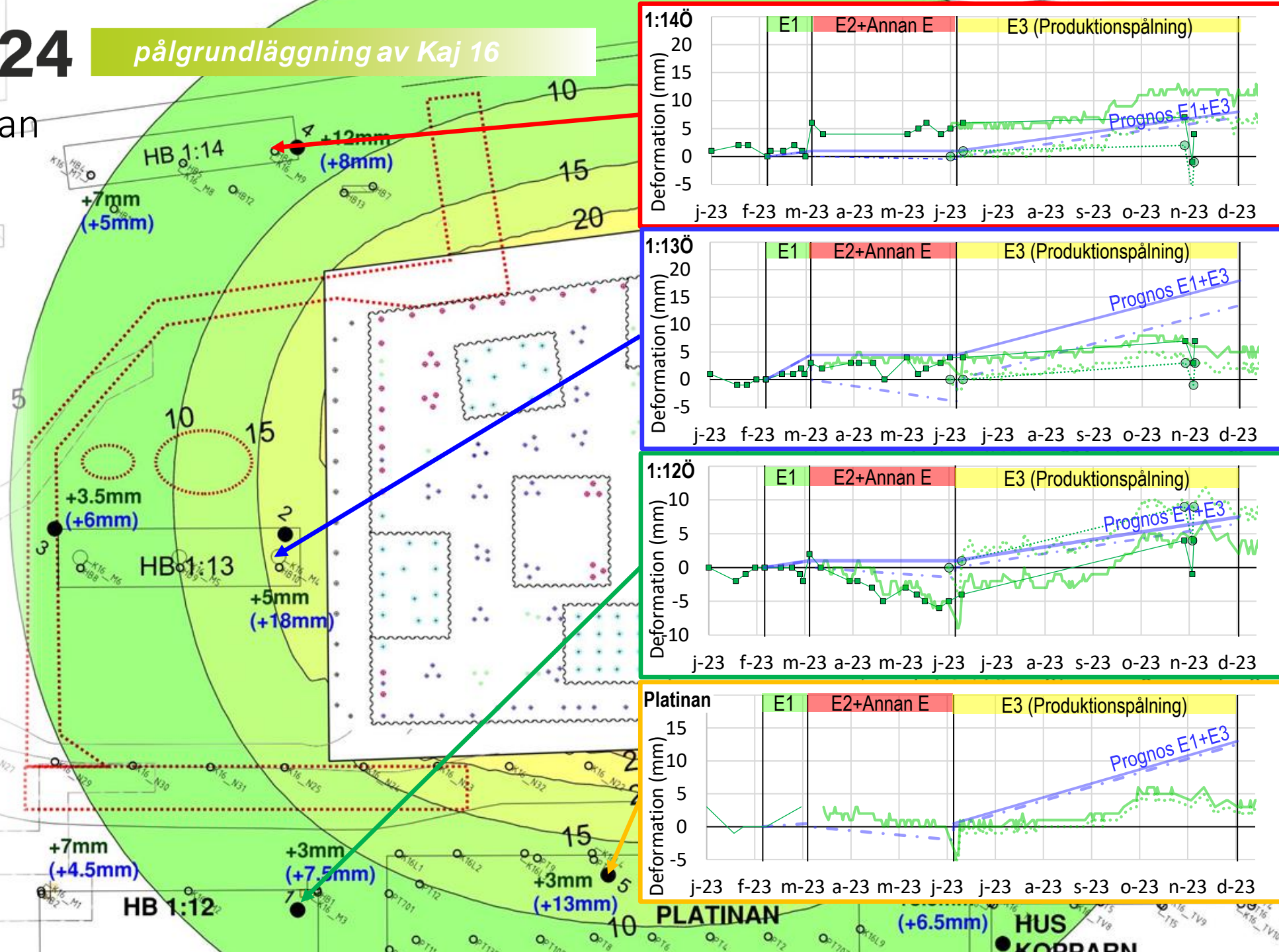
- Betydligt lägre än prognos.
- Ev. påverkan från annan entreprenad.

#### Brostöd 1:12

- Samma som prognos (E3)

#### Byggnader

- Betydligt lägre än prognos för Platinan.
- Samma som prognos för hus Kopparna och Kromet III.



+7mm (+4.5mm)

+3mm (+7.5mm)

+3mm (+13mm)

HB 1:12

PLATINAN

(+6.5mm)

HUS KOPPARNA

## B1. Omgivningspåverkan **Sammanfattning**

- Omgivningspåverkan var dimensionerande för
  - val av påltyp (**öppna stålrörspålar**),
  - pålningsmetod (**vibrodrivning**) &
  - omfattning av lerproppdragning (**augerskruv**).
- **Provpålning** visade att vibrodrivning ger mindre lerpluggning i stålrörspålar än jmf hejardrivning.
- **Prognosticerad markdeformation**, enligt SSPM, stämde relativt bra med mätningar.
  - Försvårade utvärdering pga annan samtida pågående grundläggningsentreprenad.



## B2. Långtidsättningar

### Bakgrund

- **Krav** på totalsättning för planerad byggnad och differentialsättning mot närmast brostöd
  - Uppgifter om brons prognosticerade sättningar med tid saknades.
- Beräkningarna utfördes i en **tre dimensionell numerisk modell** för att kunna
  - **kontrollera** förväntade sättningar för
    - planerad byggnads bottenplatta
    - jämförelse mot närliggande brostöds sättningar.
  - **säkerställa** att planerad byggnadens grundläggning inte ger negativt påverkan
    - för det närliggande brostöds pågående sättningar.
  - **ge underlag** till bygg- och pålkonstruktör angående
    - påhängslaster för planerad byggnads nya pålar.
    - hur kvarlämnade "korta" pålar från tidigare byggnad beter sig i relation till ny grundläggning.

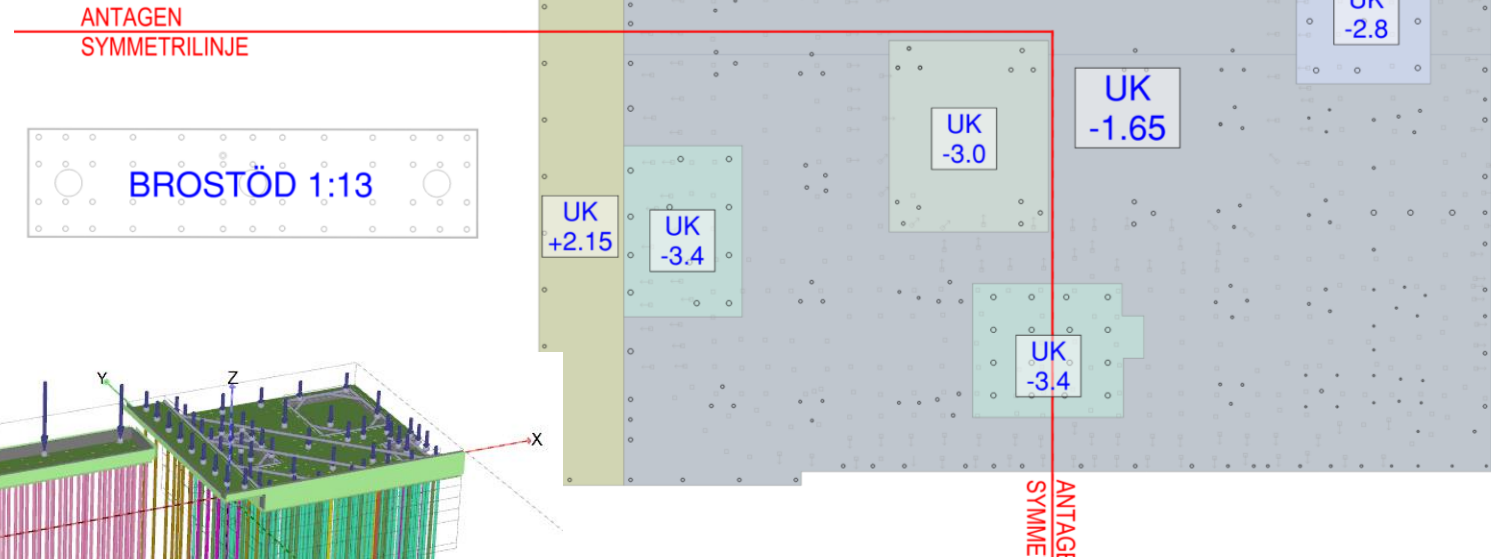
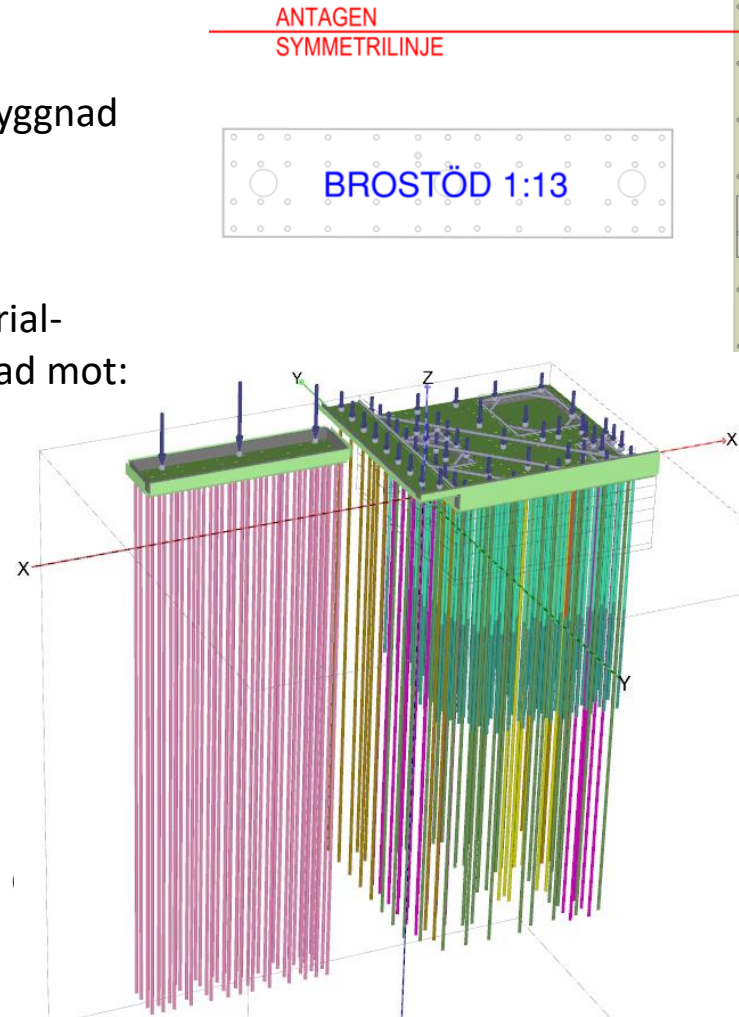
#### Sättningskrav enligt FU

$s_{acc} \leq 300\text{mm}$  efter 100 år (totalsättning byggnad)

$\Delta s_{acc} \leq 60\text{mm}$  efter 100 år (differentialsättning byggnad-bro)

## B2. Långtidsättningar Modellering

- Geometri
  - Symmetri antogs för 1/4 av planerad byggnad inkl. närliggande brostöd 1:13.
- Materialmodell
  - Lerans sättningsegenskaper med materialmodellen SSC (Soft Soil Creep) kalibrerad mot:
    - Ödometerförsök
    - Uppmätta porvattenövertryck
    - Uppmätta sättningar
  - Pålarna med "embedded beam".
- Beräkningssteg
  1. Grundläggning av brostöd
  - ....
  6. Konsolideringssättningar efter 100 år från färdig byggnad.





## B2. Långtidsättningar

### Resultat – sättningar

- **Totalsättningar** för bottenplattan (Kaj 16):

- $s_d = \gamma_m \cdot \gamma_{Rd} \cdot s_k \leq s_{acc} = 300\text{mm}$
- $s_d \approx 1,3 \cdot 150\text{mm} \approx 200\text{mm} \leq s_{acc} \leq 300\text{mm}$

- **Lutning** inom bottenplatta (Kaj 16):

- $\frac{\Delta s_k}{L} \approx \frac{1}{1000} \leq \frac{1}{500}$

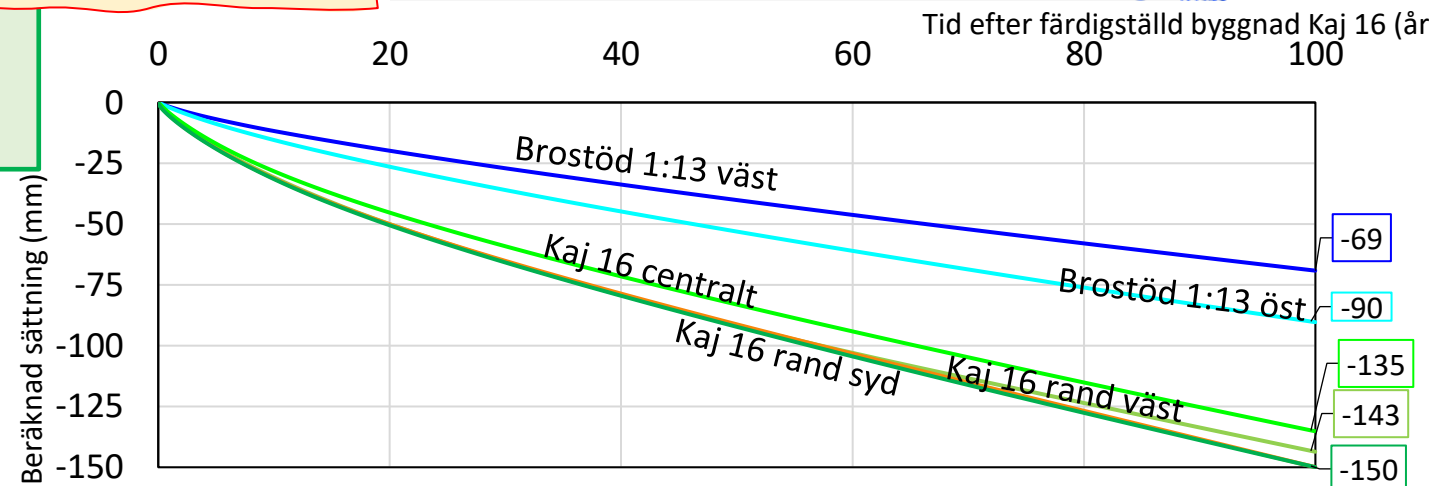
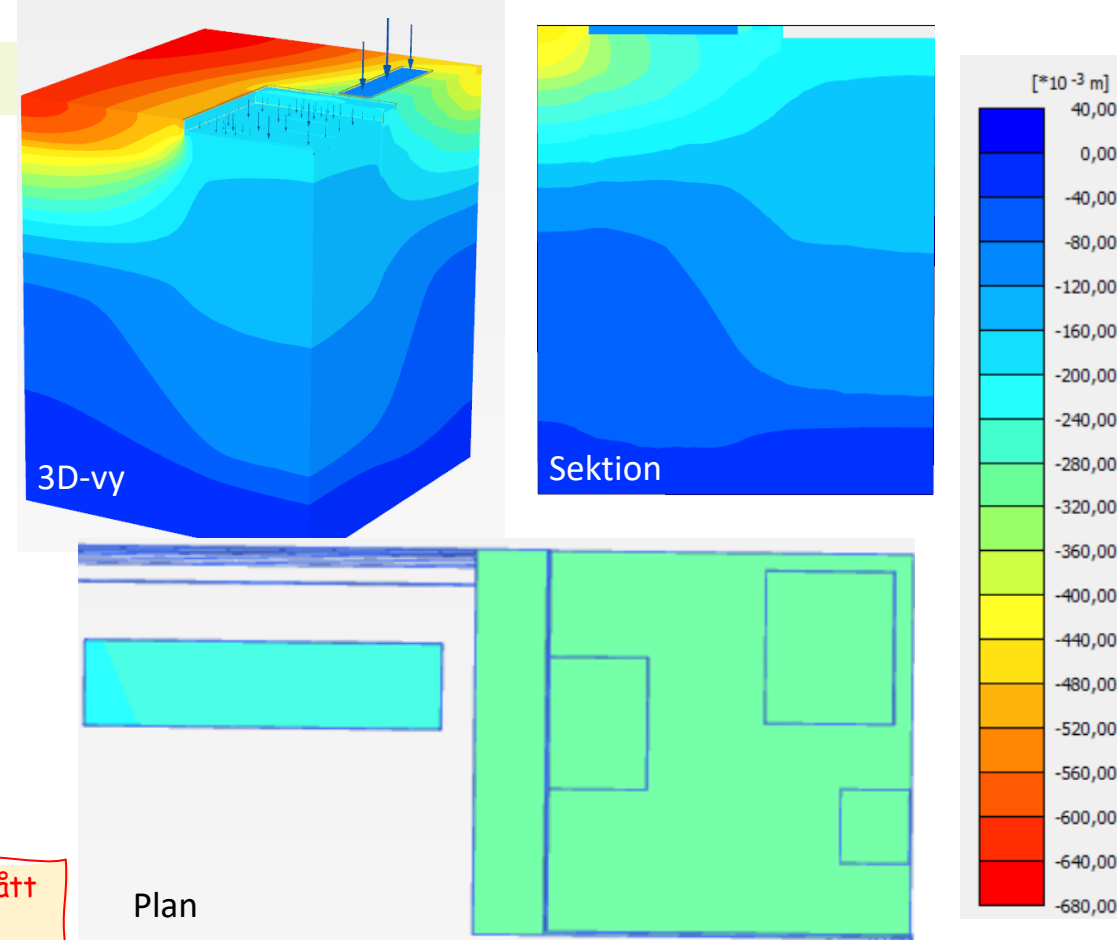
- **Differentialdeformation** mellan Kaj 16 och brostöd

- $\Delta s_d = s_k(a) \cdot \gamma_m \cdot \gamma_{Rd} - s_k(b) \leq \Delta s_{acc} = 60\text{mm}$
- $\Delta s_d \approx 143\text{mm} \cdot 1,3 - 90 \approx 95\text{mm} > \Delta s_{acc}$

- **Lutning** inom brostödet pga Kaj 16:

- $\frac{\Delta s_k}{L} \approx \frac{1}{1300} \leq \frac{1}{1000}$

Överskridet krav, men har fått acceptans av byggherren.



## B2. Långtidssättningar

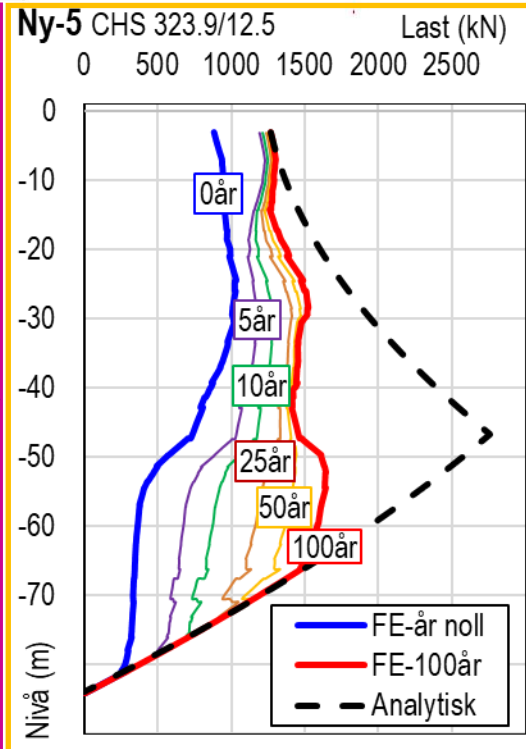
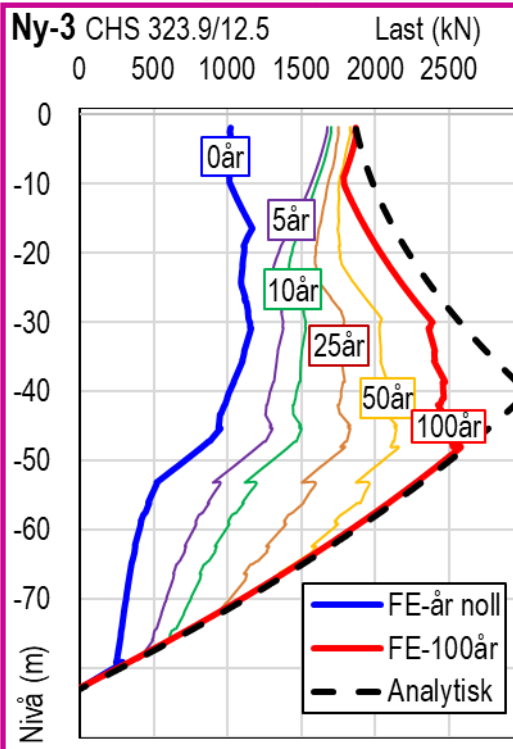
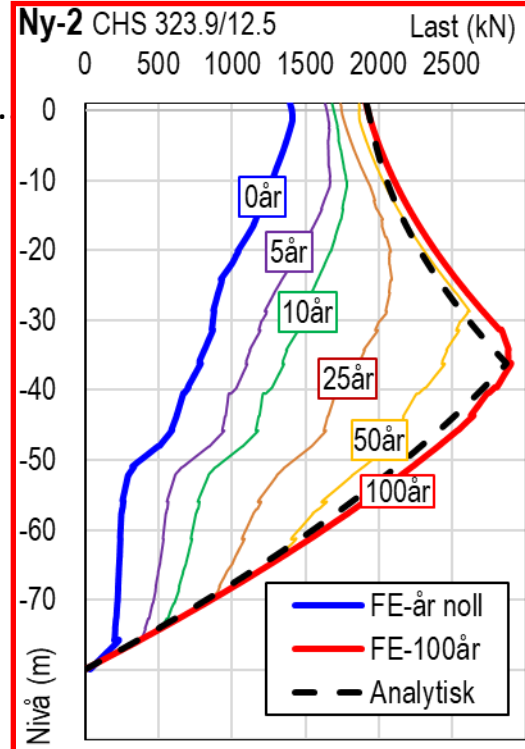
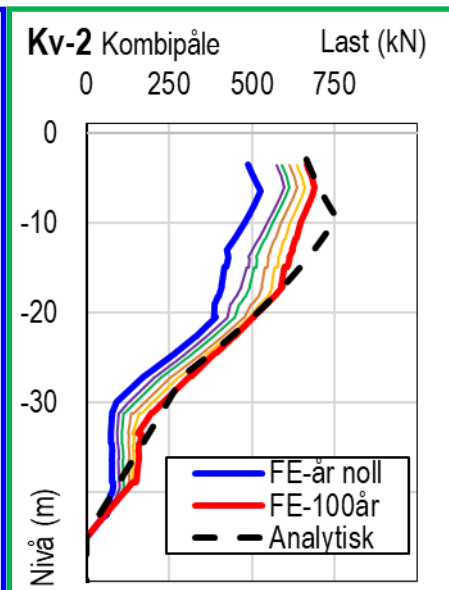
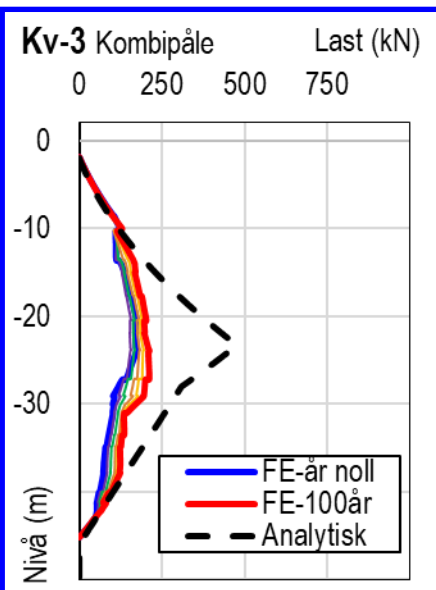
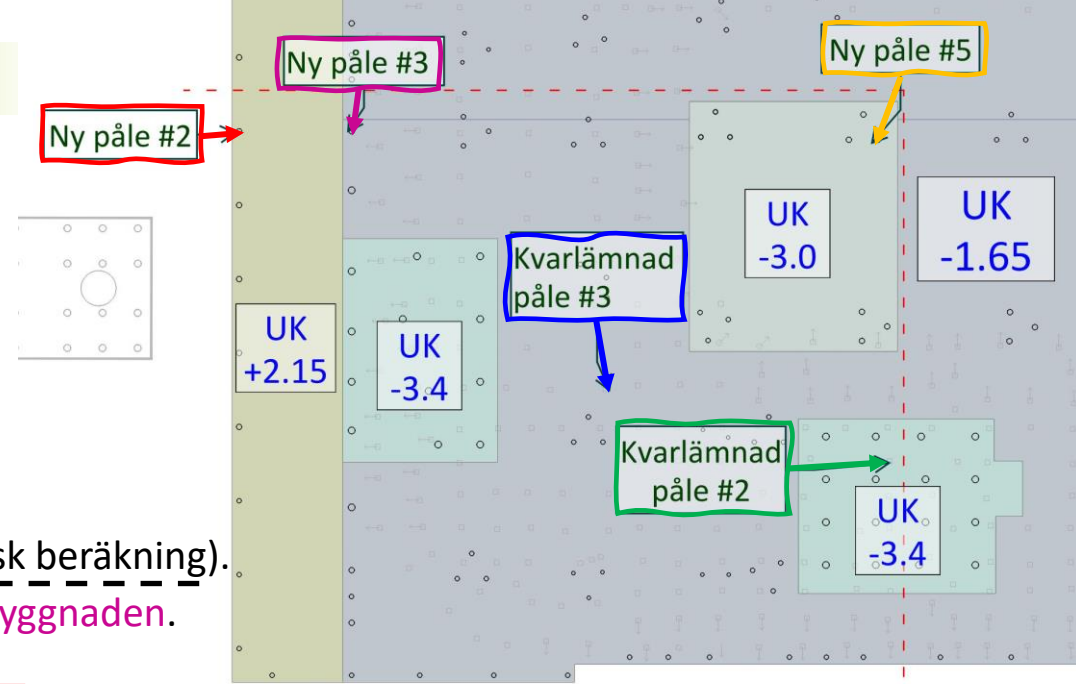
### Resultat – last i pålarna

#### • Nya (långa) pålar

- Inledningsvis tar leran under bottenplattan del av lasten.
- Pålarna tar full last från bottenplattan efter 1-2 år.
- Full påhänglast utbildas efter 50år för pålar i **byggnadens ränderna** (FE≈analytisk beräkning).
- Tar längre tid (>100år) för full påhänglast att utbildas för pålar mer **centralt i byggnaden**.

#### • Kvarlämnade (korta) pålar

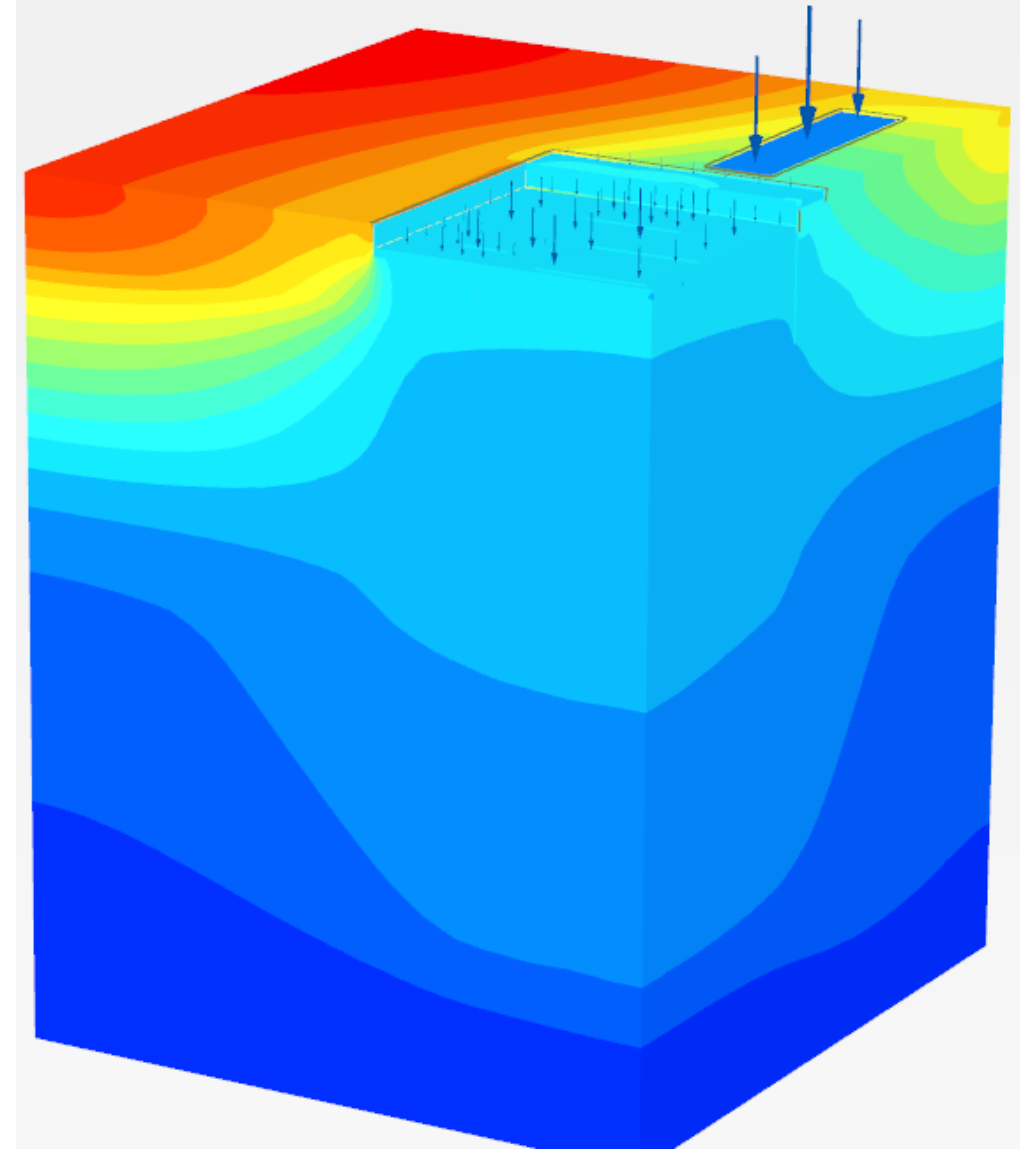
- Pålar **under bottenplattan** tar ingen last.
- Pålar **i kärnor** (lägre grundläggningsnivåer) tar last.



## B2. Långtidssättningar

### Sammanfattning

- Beräkning av sättningar med tredimensionell numerisk modell har använts för
  - Kontroll av förväntade **sättningar** i planerad byggnad **mot krav**.
  - Underlag till **dimensionering av länkplatta** mellan bro och byggnad
  - Underlag till hantering av **kvarlämnade "korta" pålar** från tidigare byggnad.
  - Underlag till dimensionering av pålar mht **påhängslaster**.



## C. Slutord

- Pålprojekteringen i projekt Kaj 16 är ett exempel där:
  - hänsyn till **omgivningspåverkan** har varit avgörande vid val påltyp och pålningsmetod.
  - **sättningsberäkningar** har gett underlag till påhängslaster i nya pålar och hur kvarlämnade pålar skulle hanteras.
  - arbete har utförts i **nära samarbete** mellan konstruktörer, entreprenörer och beställare.



Tack till alla i projekt Kaj 16 – entreprenad 2!

# Vasakronan



**MARK & ENERGI  
BYGGARNA**

**HERCULES**  
GRUNDLÄGGNING ■ ■ ■

**TEODOLITEN**

**NCC**  **TEKNIK**

**COWI**