BIG-projekt B2020-17
Verifiering av valvverkan i träpålade bankar

Per Gunnvard, LTU

BIG Webbinarium 2026-10-16



TRAFIKVERKET
SWEDISH TRANSPORT ADMINISTRATION

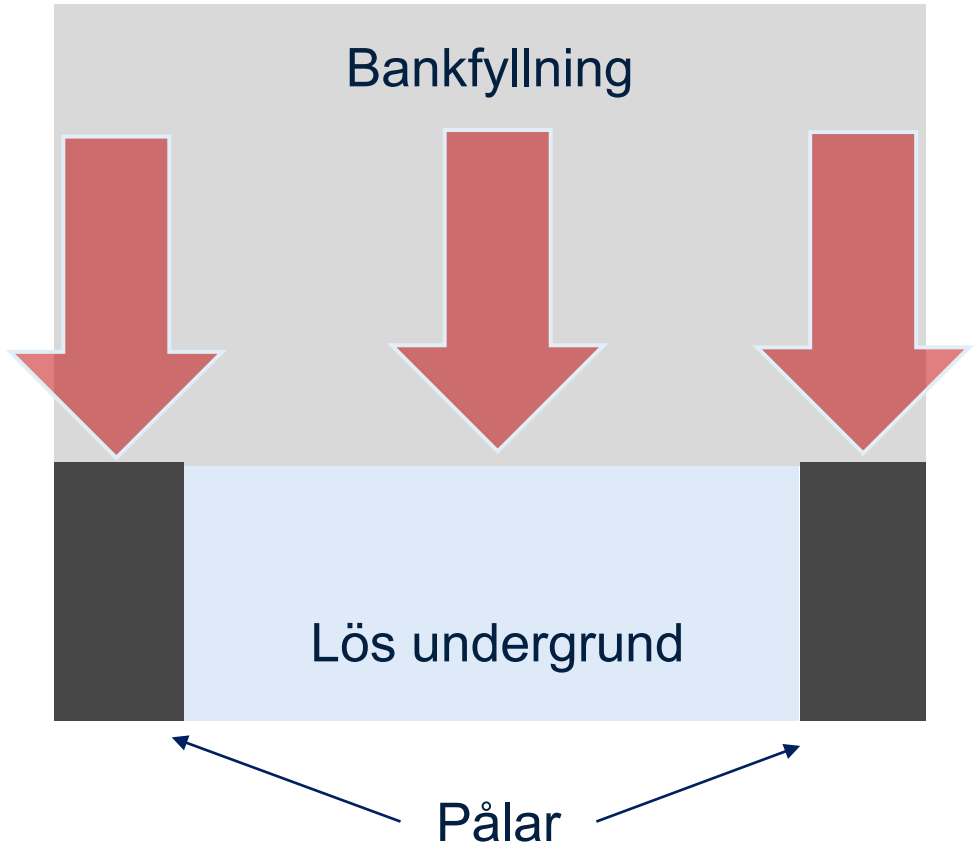
LULEÅ
TEKNISKA
UNIVERSITET

Bankpålning

- Väg och järnvägsgrundläggning
- Lös undergrund
- Lasten bärs av pålarna genom valvverkan



Foto: Sören Modig, ViaCon AB



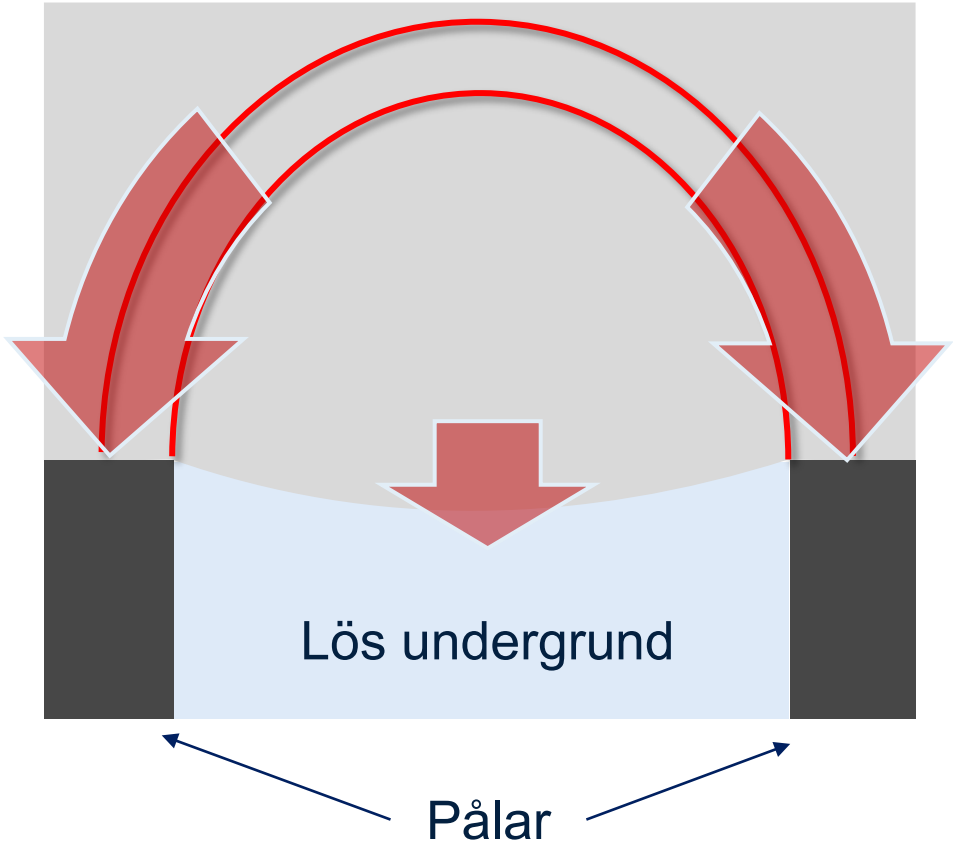
LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Bankpålning

- Väg och järnvägsgrundläggning
- Lös undergrund
- Lasten bärs av pålarna genom valvverkan
  - Sättning av undergrund → skjuvmotstånd



Foto: Sören Modig, ViaCon AB

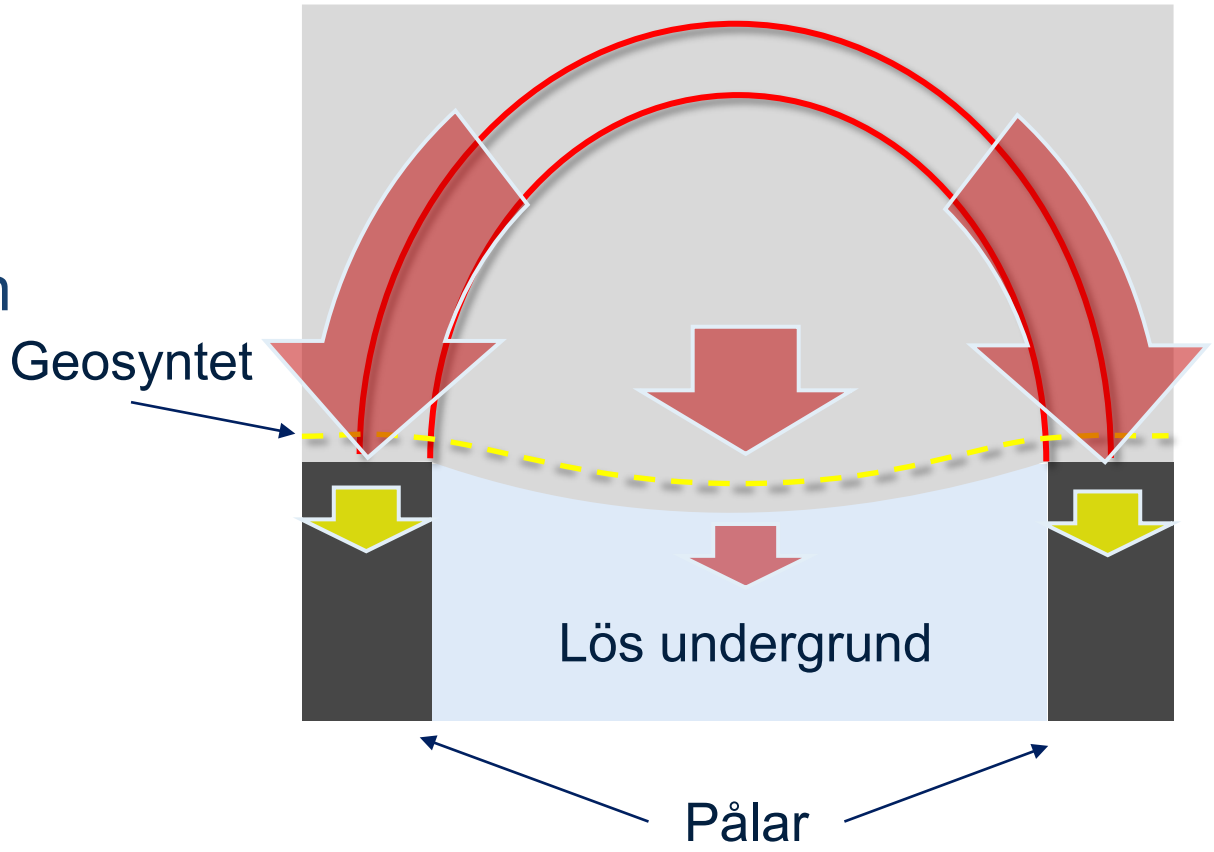


LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Bankpålning med jordarmering

- Jordarmering, geosyntetförstärkning
  - Geonät eller geotextil
- Membraneffekt
- Minskad belastning på undergrunden





LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Lätt bankpålning med träpålar

- **Prio: Minskat koldioxidutsläpp!**
- Träpålar
  - Stenåldersmetod
  - Förnybart material & kolsänka
  - Ofta billigare än stål och betong
  - Obehandlat trä
    - Många träskyddsmedel är giftiga
    - Anaeroba förhållanden
      → Lång livstid (100–200+ år)
  - Skonsam drivning
    - Halvflytande, inte fullt spetsburna



Foto: Sören Modig, ViaCon AB

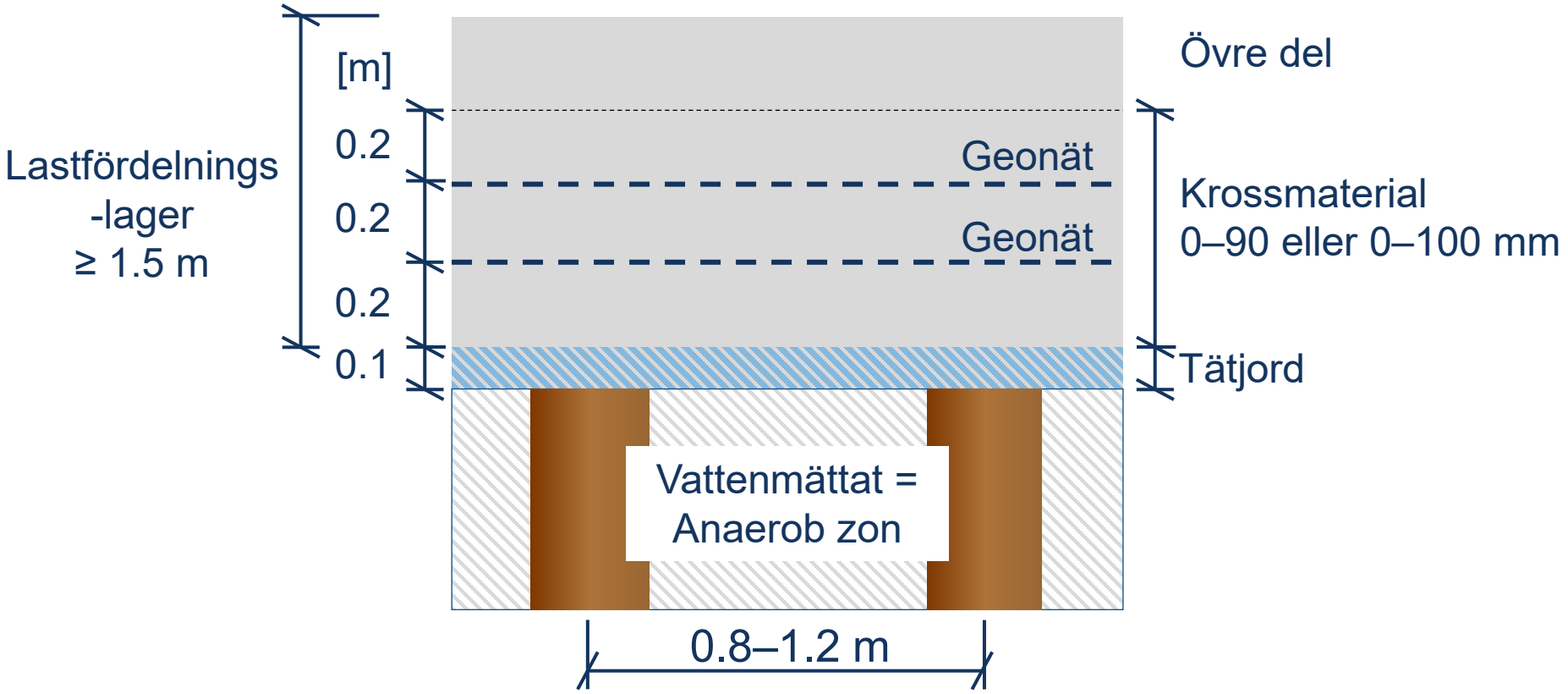
LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TRVINFRA-00230 v3.0 Kapitel 8.7

- Smalt pålavstånd (inga pålplattor)
- Två geonät (”balkteori”)
- Konservativ och stelbent
  - Stor resursåtgång

Osäkerheter:

- Ingen “best practice” tillgänglig
  - Ovanlig metod internationellt
- Hur mycket jordarmering behövs?
- Erforderligt pålavstånd?



LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

BiG-projekt A2020-17 & B2020-17

- A2020-17 Användning av geosynteter som förstärkning vid lätt bankpålning
  - Fältlokal, E4 Råneå
    - Hur är lasterna fördelade?
    - Långsiktigt beteende
    - Mätningar från september 2020 och framåt
  - Numerisk modellering
  - Föreslagna riktlinjer vid dimensionering
- B2020-17 Verifiering av valvverkan I träpålade vägbankar
  - Verifiera resultaten från A2020-17

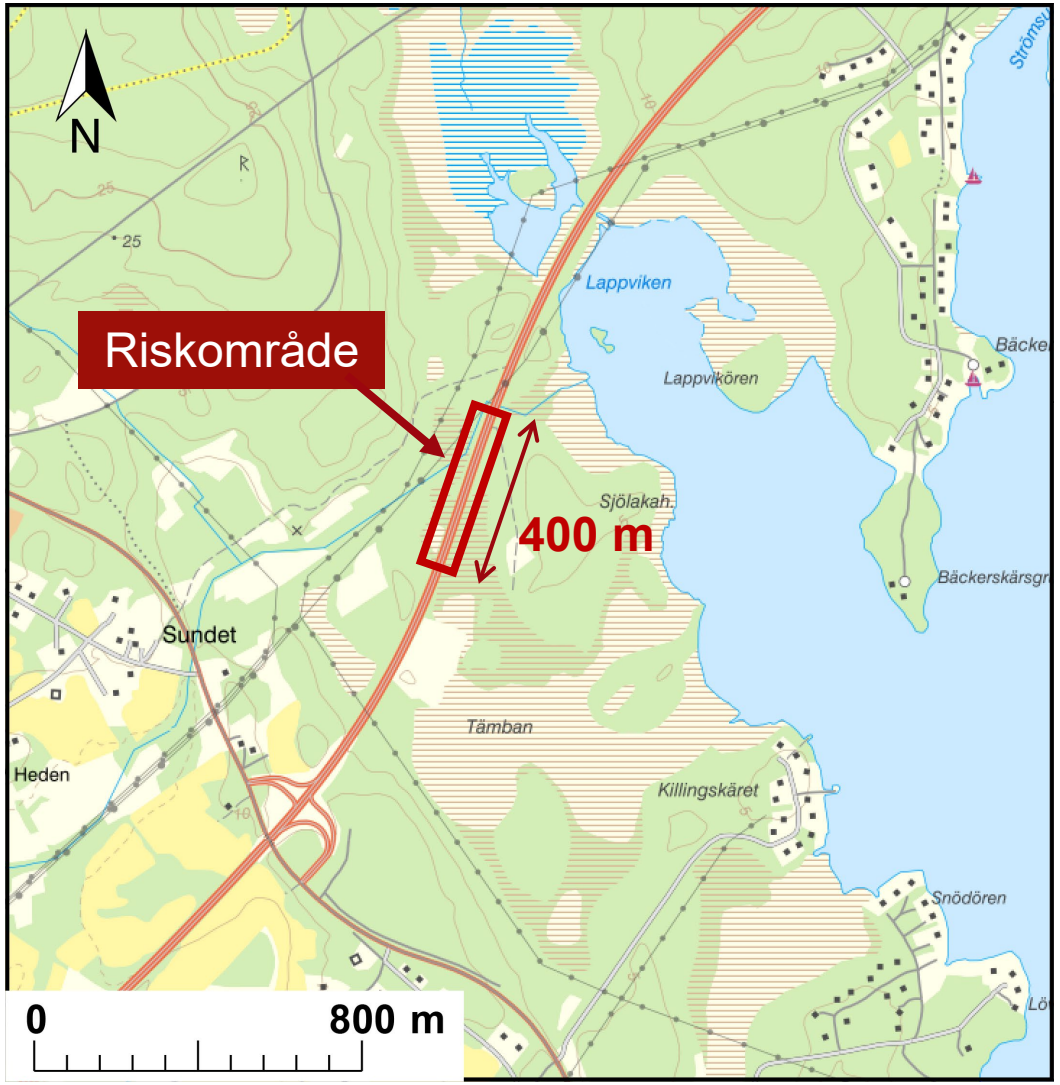
Foto: Hjalmar Törnqvist, AFRY

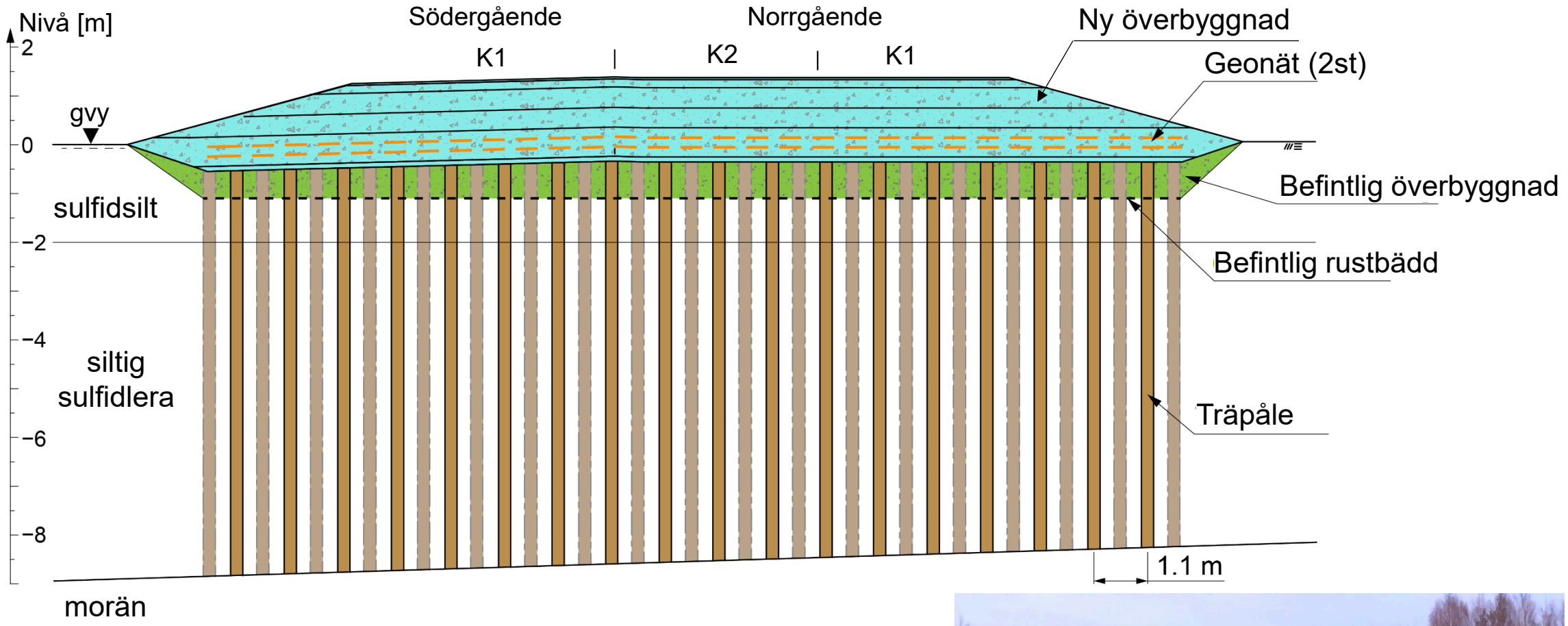


LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

E4 Råneå


Råneå
Luleå
Sweden
Norway
Finland
Gulf of Bothnia
Helsinki
Oslo
Stockholm
Tallinn
Estonia
Baltic Sea
Riga
Latvia
Denmark
Copenhagen
Lithuania
Google


N
Riskområde
400 m
Lappviken
Lappvikören
Sjölakah.
Bäcke
Bäckerskärsgr
Sundet
Tämban
Heden
Killingskäret
Snödören
Strömsu
0
800 m

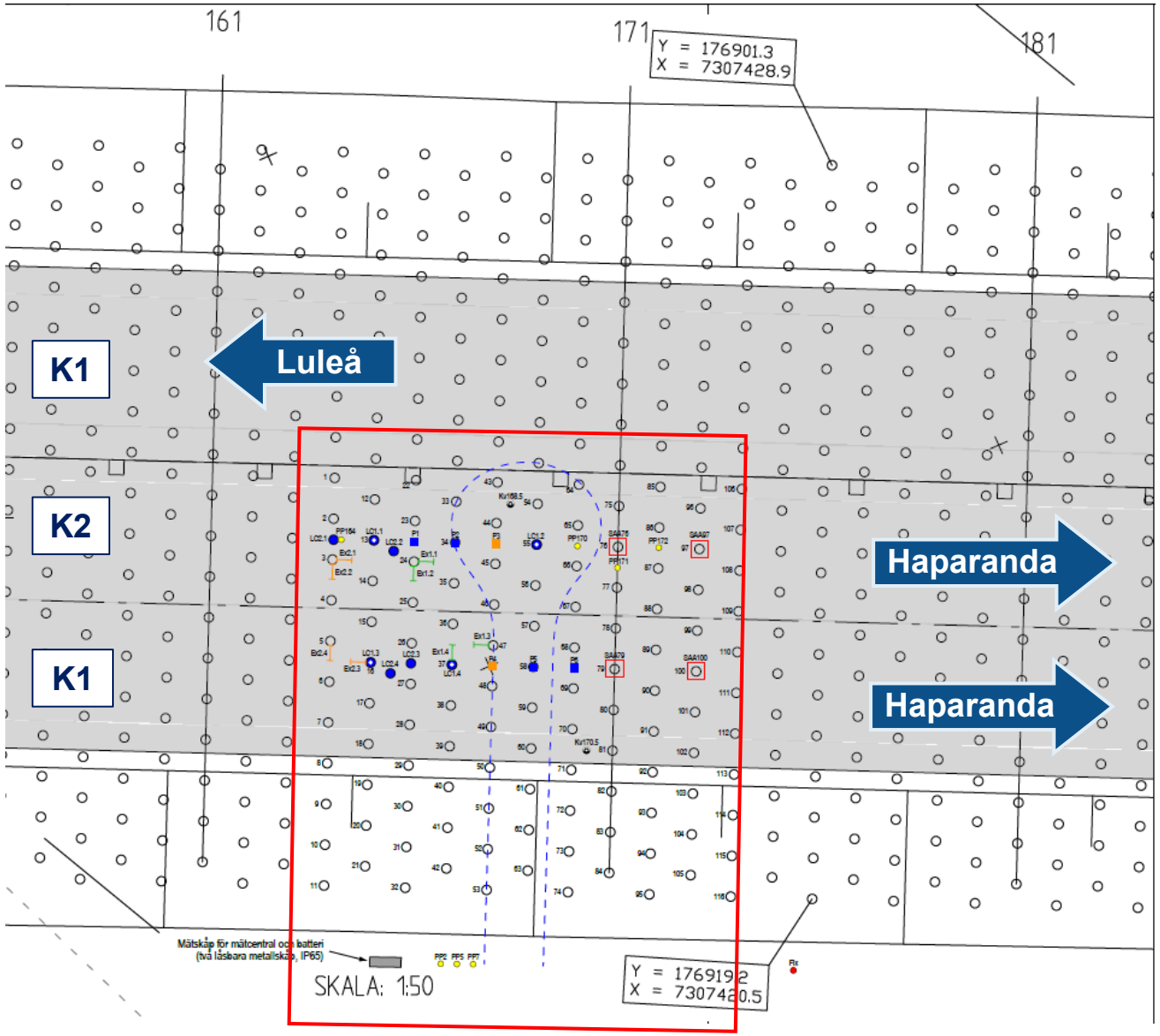


- 1.8 m hög bank (2 biaxiala geonät)
- Träpålar, 8 m långa c/c 1.1 m
- Befintlig rustbädd & hyttstenslager som undergrund



Instrumentering

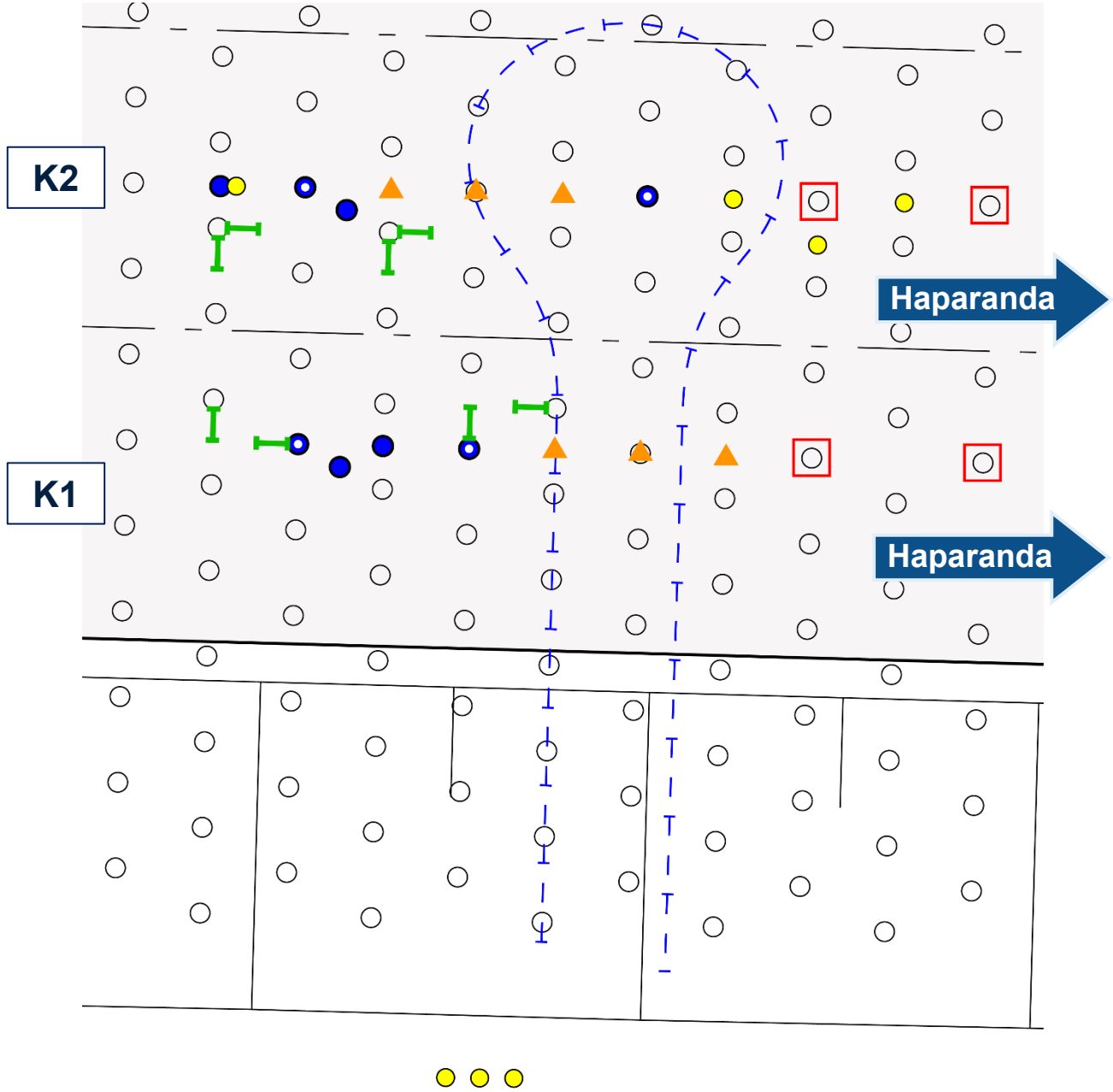




Instrumentering

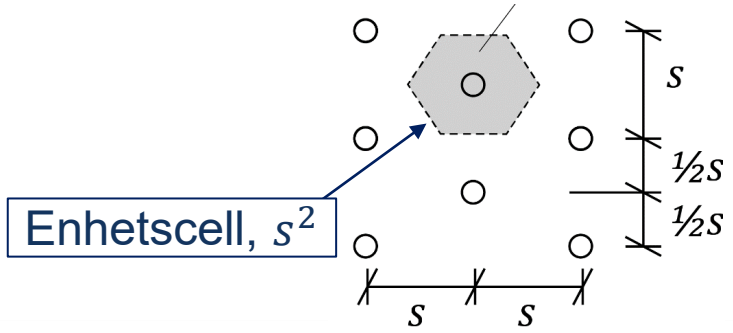
Vad mäter vi?

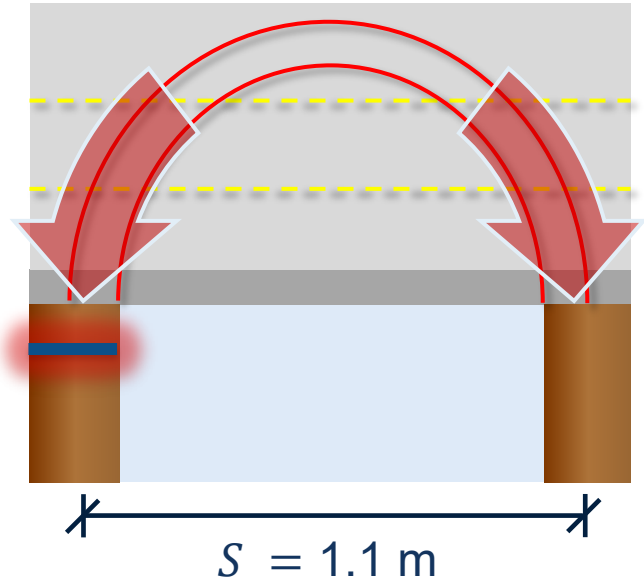
- Sättningar
  (peglar ▲ & sättningsslang ⊢–⊢)
- Portryck (BAT-spetsar ●)
- Pålutböjning (SAA □)
- **Lastfördelning**
  - Tryckceller
    (4 st i pålar ◎ & 4 st mellan pålar ●)
- Töjning av geonäten
  - Extensometrar ⊢⊢
    (4 st i övre & 4 st i nedre)

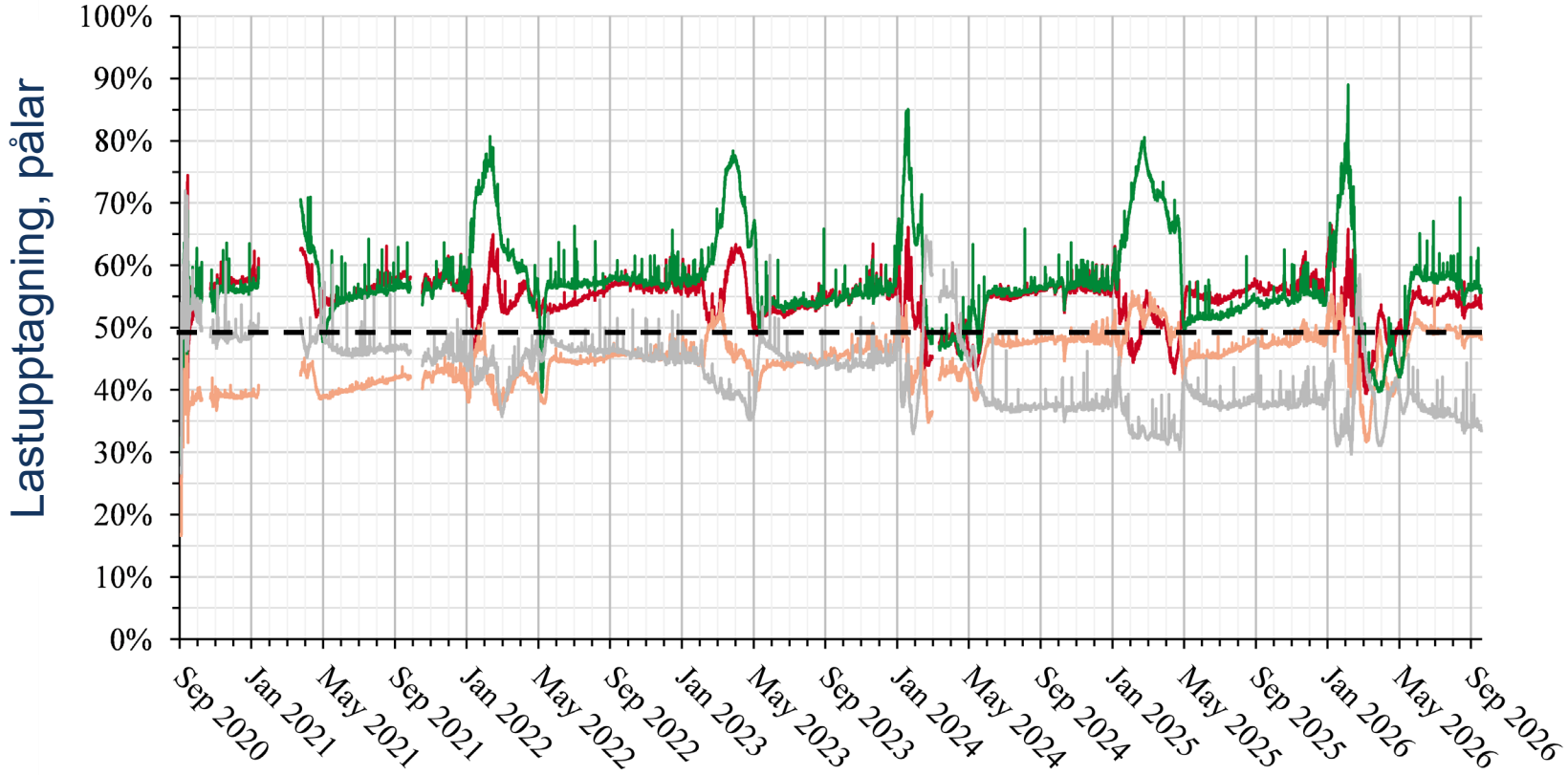


Lastfördelning

Pålskallar







- I medel tas 49 % av lasten av pålarna (barmarkssäsongen)
- Vid dimensionering antar vi 100 %
- Varierande belastning över året…?

$$\text{Lastupptagning} = \frac{\text{uppmätt vertikaltryck}}{\text{tryck av vägbank + trafik}}$$

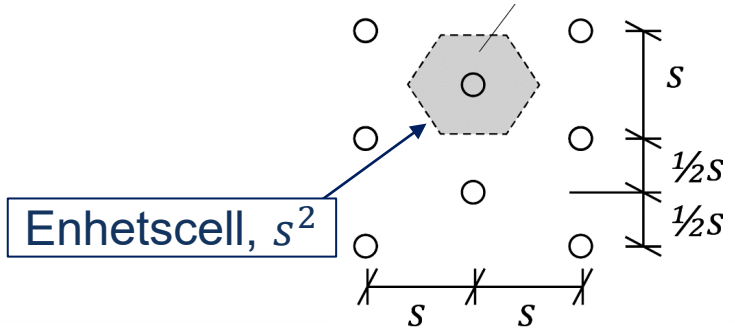
→ 100 % = all last på pålskallarna

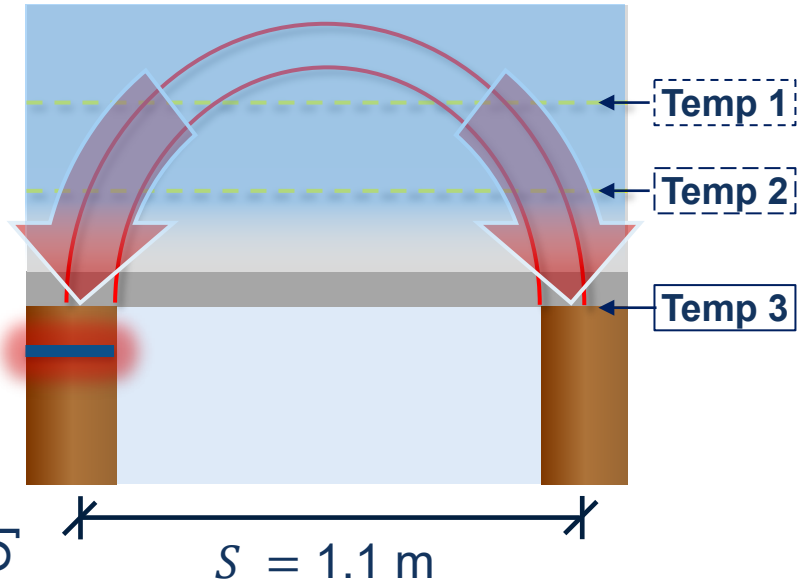
→ 0 % = ingen valvverkan

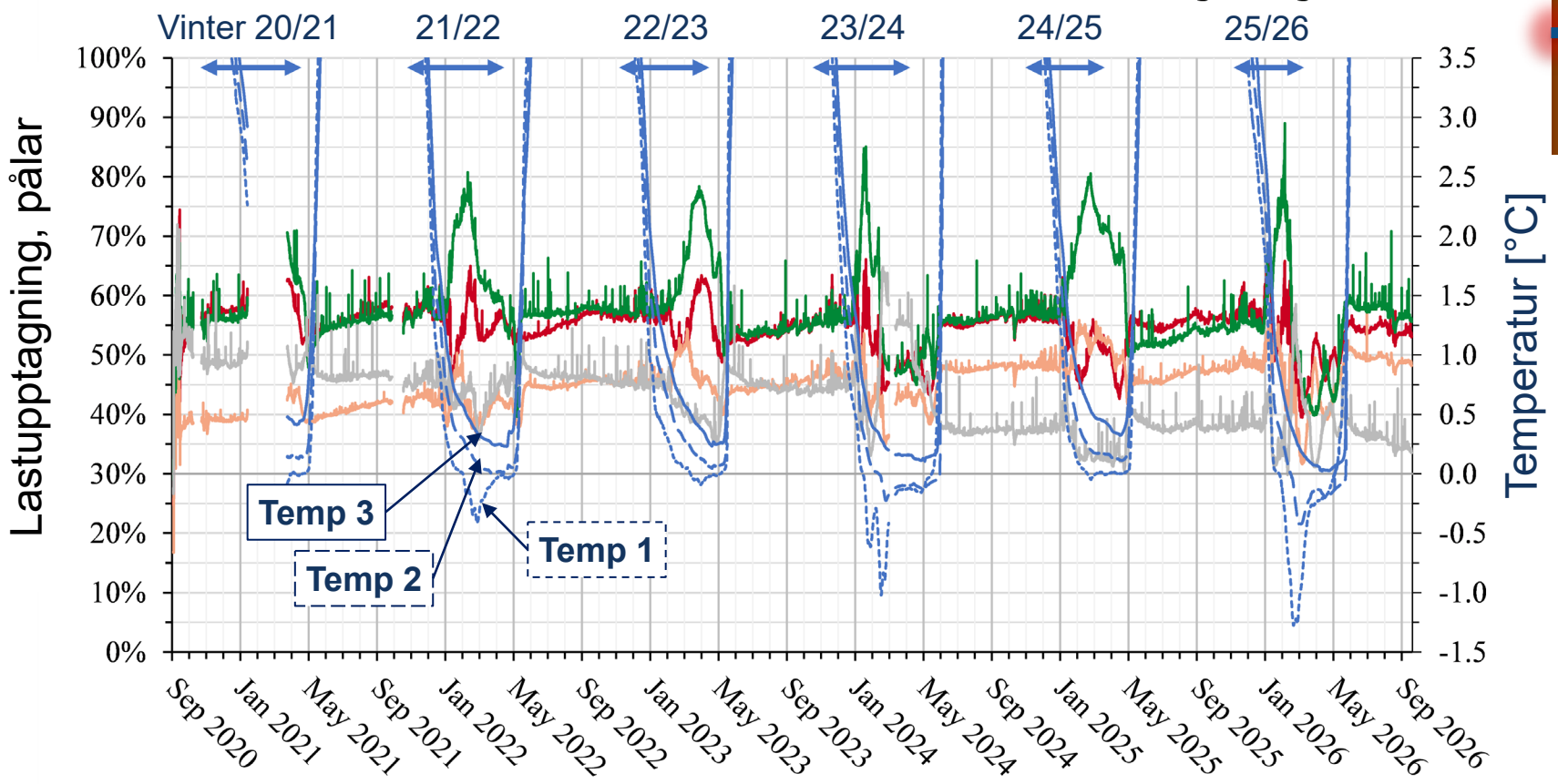
LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Lastfördelning

Pålskallar







- Ökad lastupptagning vintertid…
- …när tjälen nått lastfördelningslagret

$$\text{Lastupptagning} = \frac{\text{uppmätt vertikaltryck}}{\text{tryck av vägbank + trafik}}$$

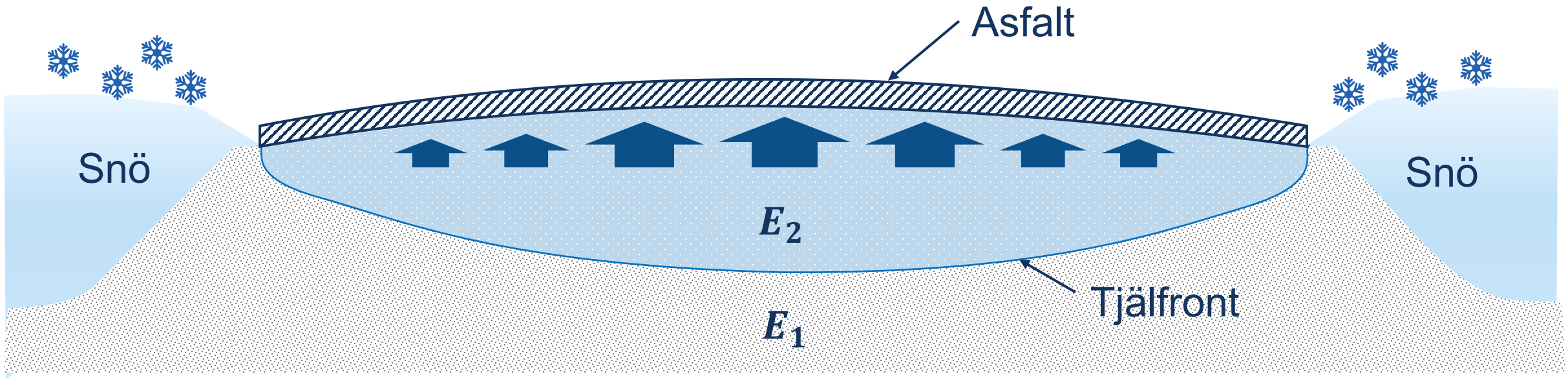
→ 100 % = all last på pålskallarna

→ 0 % = ingen valvverkan

LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

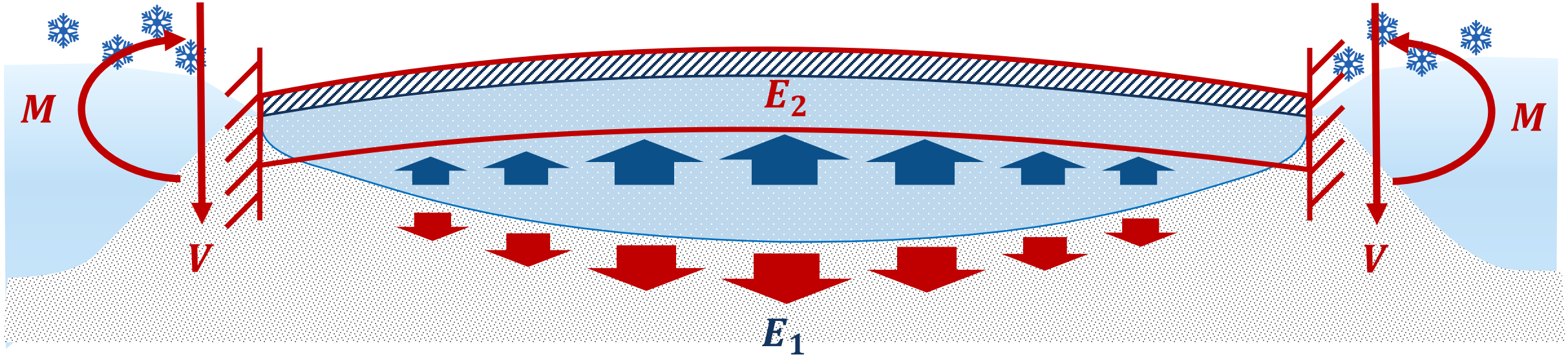
Tjällast

- Ojämnt tjäldjup pga snö i dikena → Ojämnt tjällyft
- Ökad styvhet hos de frysta materialen, $E_2 > E_1$



Tjällast

- Banken trycks upp likt en balk, böjmotståndet ger en resulterande kraft nedåt
- Analytisk modell av Rajani & Zhan (1996) för att beräkna tjällasten

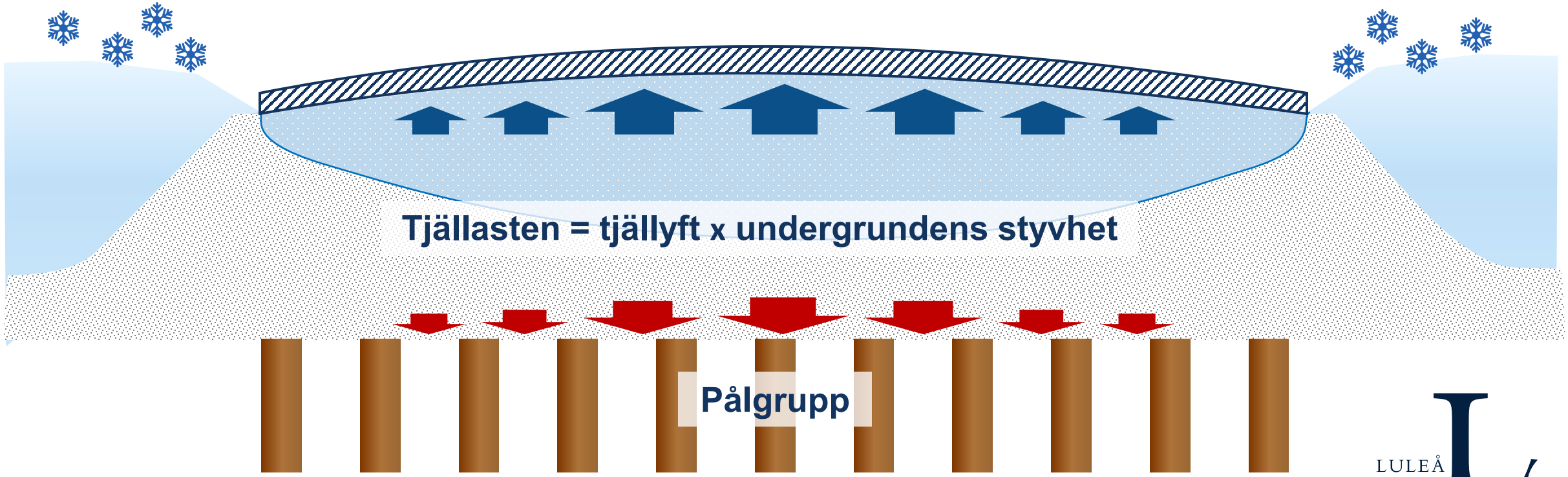


Rajani, B. and Zhan, C., 1996. *On the estimation of frost loads*. Canadian Geotechnical Journal 33: 629–641.

LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Tjällast

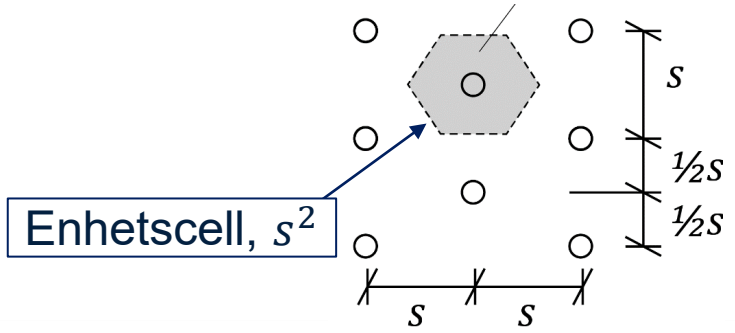
- Tjällasten ger ökat vertikaltryck på pålavskärningsplanet
- Analytisk modell av Rajani & Zhan (1996) → ca 30 kPa tjällast

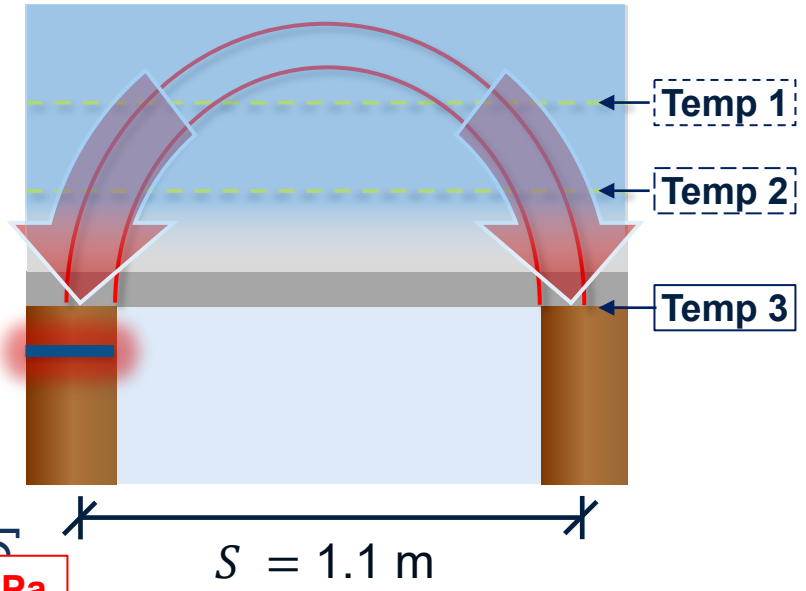


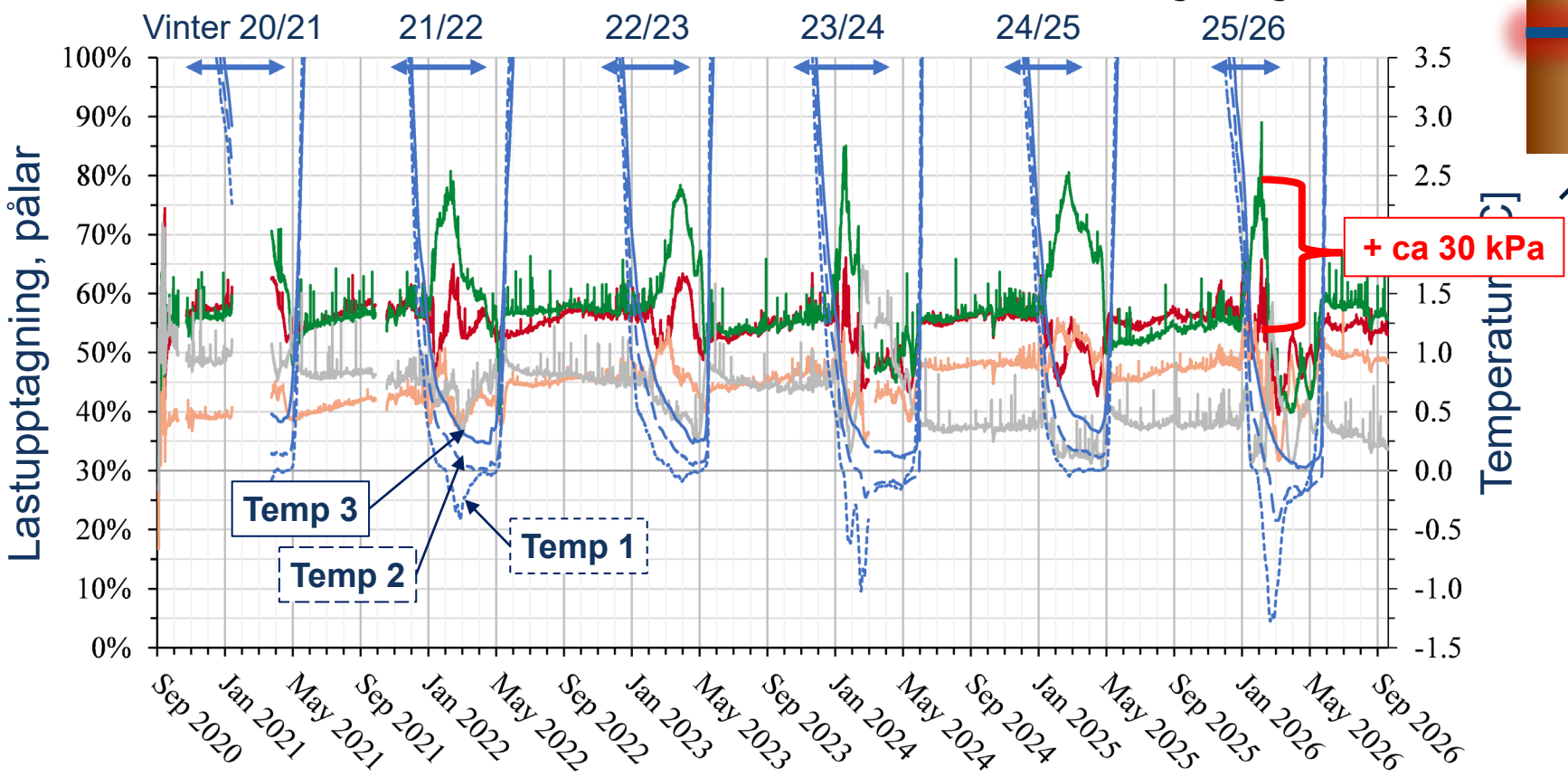
LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Lastfördelning

Pålskallar







- De största ökningarna motsvarar ca 30 kPa (antaget 50% last på pålar)
- Initial ökning, sedan sjunker tjällasten.
- Tjällyftningen är ojämn, tjällasten likaså

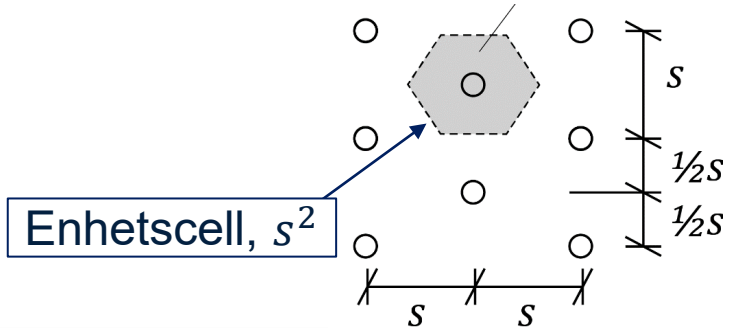
$$\text{Lastupptagning} = \frac{\text{uppmätt vertikaltryck}}{\text{tryck av vägbank + trafik}}$$

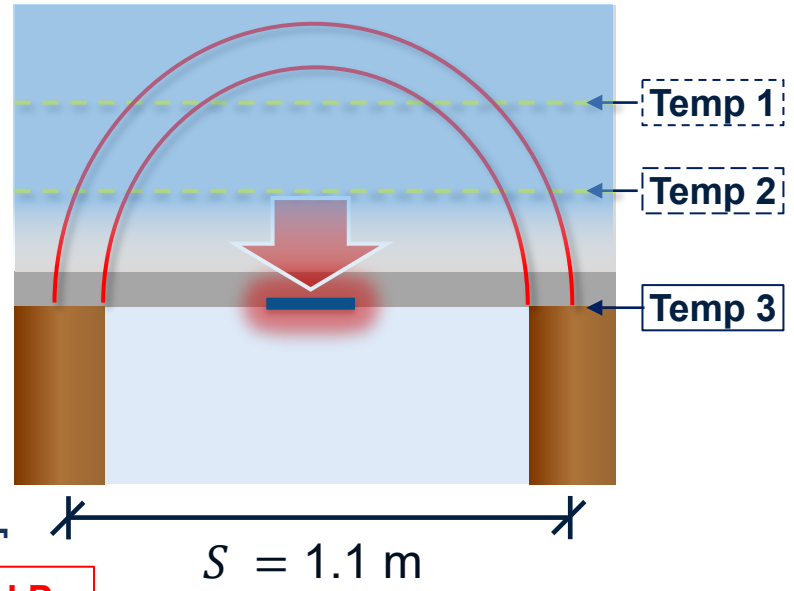
→ 100 % = all last på pålskallarna

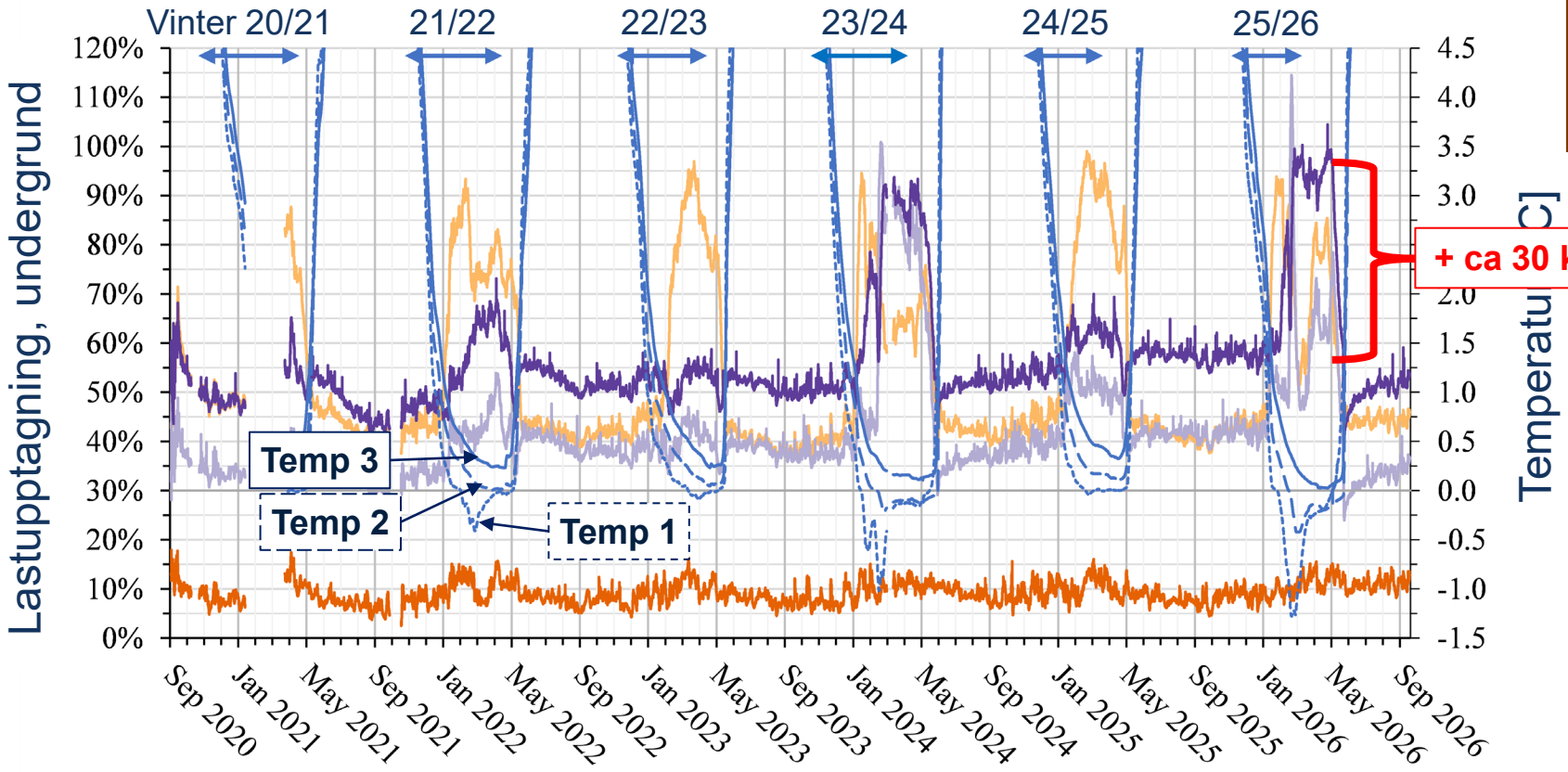
→ 0 % = ingen valvverkan

LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Lastfördelning
Undergrund







- De största ökningarna motsvarar även här ca 30 kPa
- Tjällasten övergår från påle till undergrund

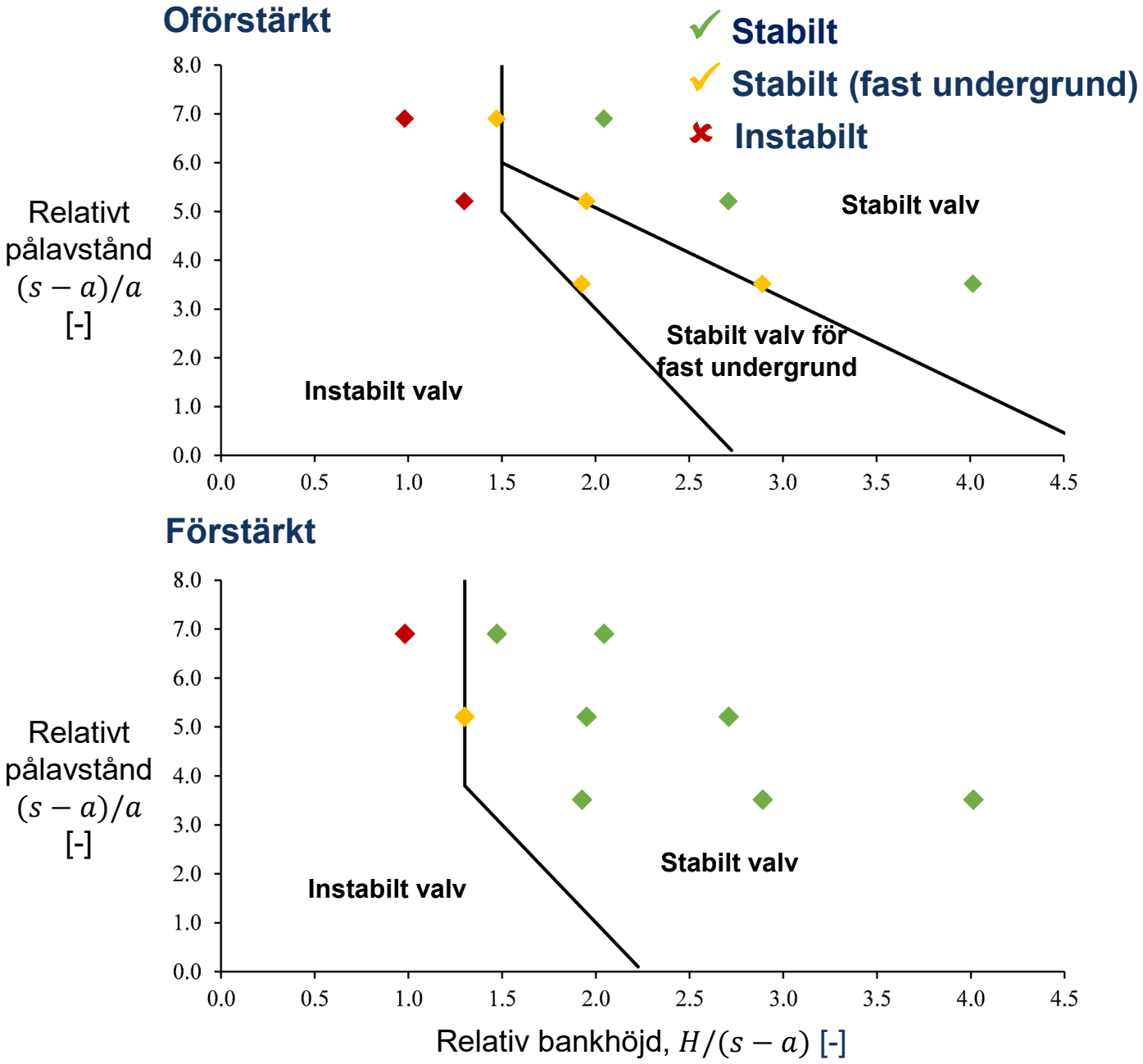
$$\text{Lastupptagning} = \frac{\text{uppmätt vertikaltryck}}{\text{tryck av vägbank + trafik}}$$

→ 0 % = all last på pålskallarna
→ 100 % = ingen valvverkan

LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

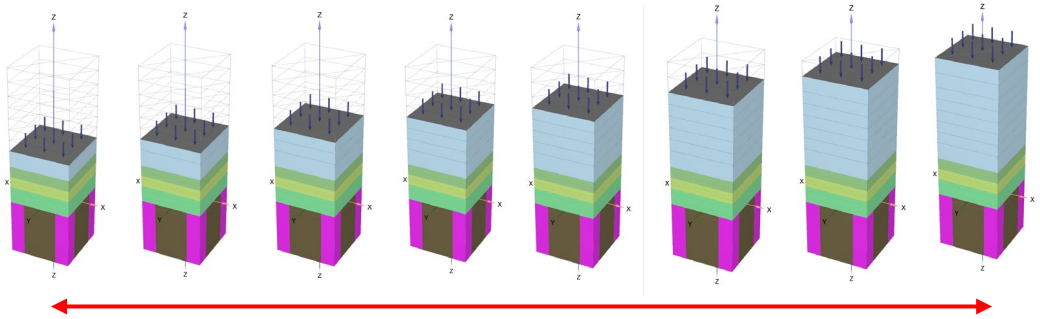
Föreslagna riktlinjer

- A2020-17 Användning av geosynteter som förstärkning vid lätt bankpålning
- Finita elementmodell
  - Kalibrerad mot fältresultaten i Råneå
- **Oförstärkt (inget geonät)**
  - Stabil valvverkan för högre banker och fastare undergrund
- **Förstärkt (ett eller två geonät)**
  - 1 biaxialt / 2 enaxiella / 2 biaxiella
    - Likartad stabilitet
  - Stabilare valvverkan med geonät



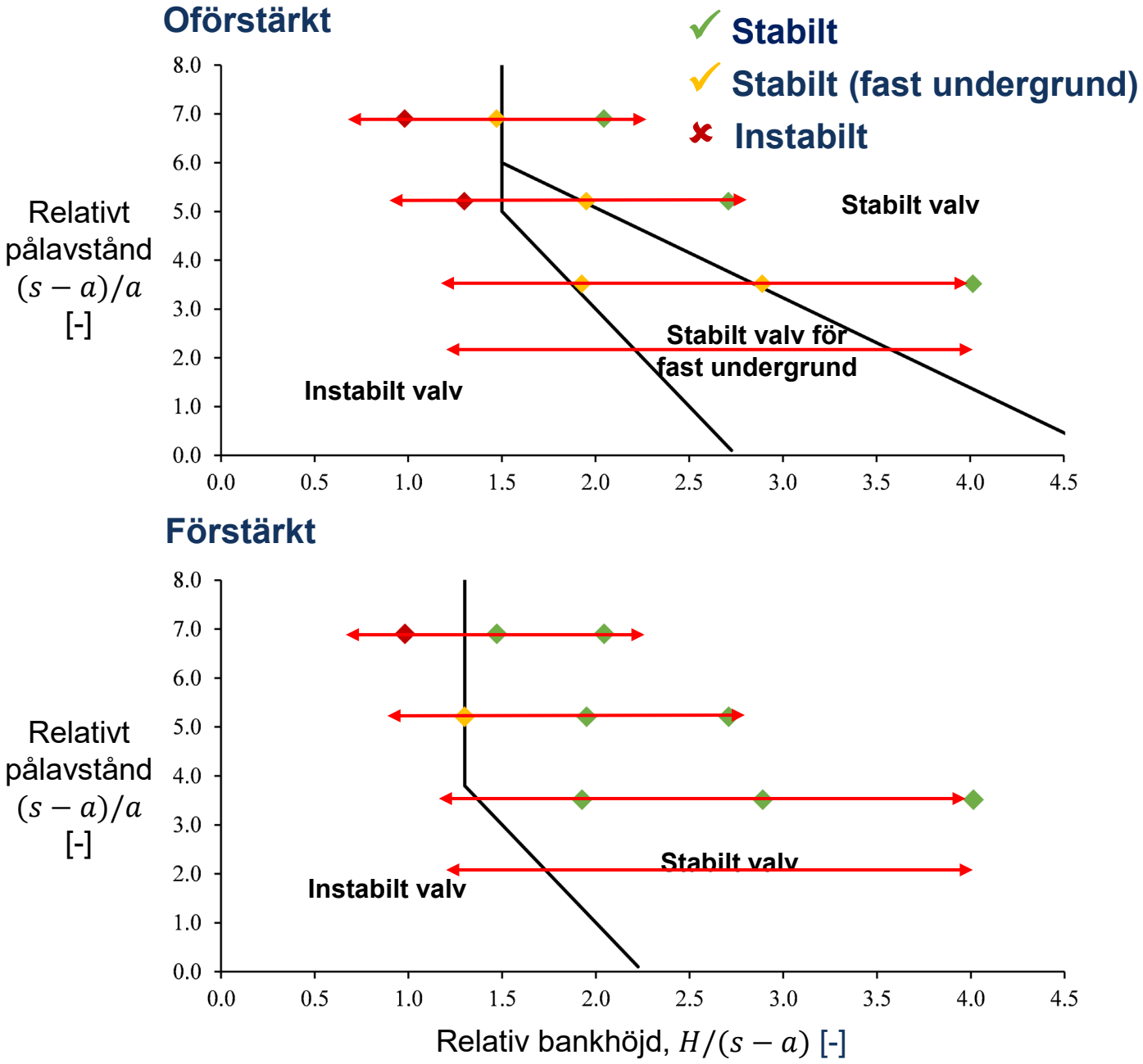
Föreslagna riktlinjer

- Verifiering av resultaten
  - Utökad mängd simulerade fall
  - Tydligare gräns instabil/stabil



Ex. Variation av bankhöjd 1,0 – 2,5 m
250 mm påldiameter

- Fysisk modellering?



Slutsatser: Verifiering av valvverkan?

- ✓50/50 lastfördelning pålgrupp/undergrund
  - 100% på pålarna antas vid dimensionering
  - Undergrundsstödet underskattas vid dimensionering
- ✓Tjällyft kan öka lasten på pålar och undergrund
  - Överslagsräkning av tjällasten kan göras baserat på antaget tjäldjup
  - Viss påverkan på geonäten, men töjningarna är förhållandevis små
- ✓Stöd vid dimensionering
  - Pågående verifiering av föreslagna riktlinjer



Foto: Sören Modig, ViaCon AB

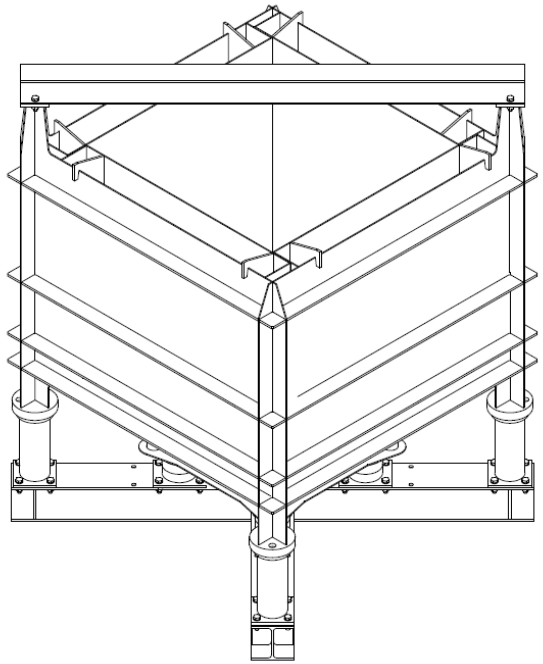
LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

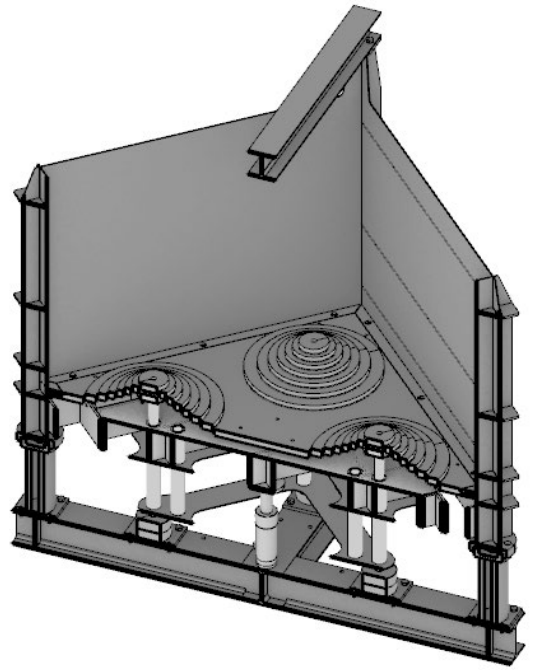
Nästa steg

- Vidare undersöka tjällasten
  - Hur ska den tas i beaktning vid dimensionering?



- Fysisk modellering med ny labbutrustning
  - Sandlåda med fallucka, 4 st pålar
  - Skala 1:4
  - Verifiera föreslagna riktlinjer






LULEÅ
TEKNISKA
UNIVERSITET