

# Tapaustutkimuksia Puupaaluista Pohjanvahvistuksina Infrarakenteissa

Case Studies of Timber Piles as a Ground Improvement in Infrastructure

Diplomityö Jaakko Soinio



Bright ideas.  
Sustainable change.

# Organisaatio

**Tekijä:** Jaakko Soinio  
**Valvoja:** Prof. Sanandam Bordoloi, Aalto Yliopisto  
**Ohjaaja:** DI Matias Napari, Ramboll Finland Oy



## Yhteistyössä

**Toimeksiantaja:** Helsingin kaupunki  
**Ohjaus ja käytännön resurssit:** Ramboll Finland Oy



## Tarkoitus ja tausta

- Merkittävät ympäristöhyödyt
- Hiilen varastoituminen paaluihin
- Elinkaaren loppupäässä paalut usein hylätään maahan, ei pureta  
→ Hiili varastoituu maaperään (pohjavedenpinnan alapuolella)

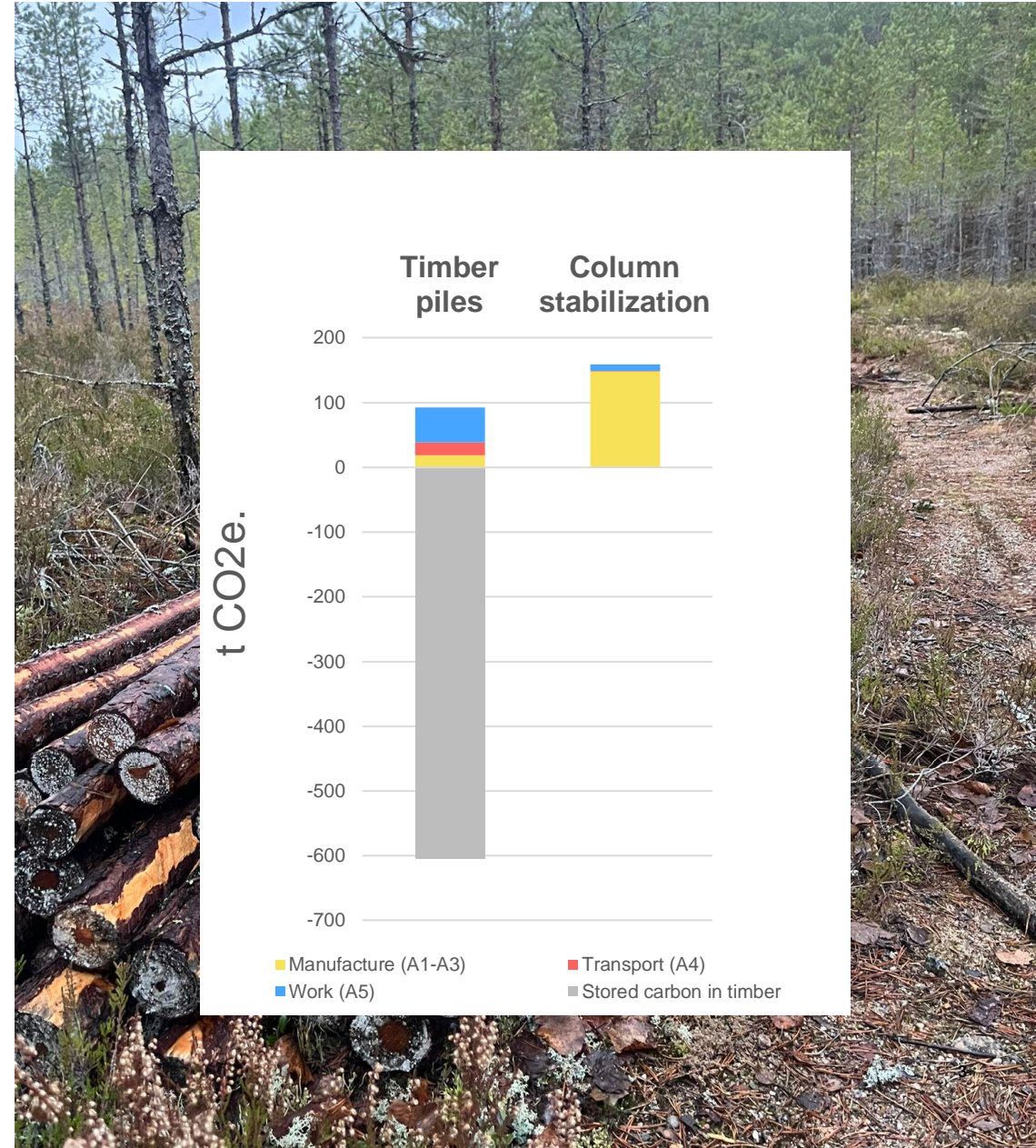
1 m<sup>3</sup> puuta ≈ 1 t CO<sub>2</sub>

8 m paalu 10 cm halkaisijalla ≈ 50 kg CO<sub>2</sub>

8 m paalu 20 cm halkaisijalla ≈ 250 kg CO<sub>2</sub>

**Lisäksi:** Matalat päästöt valmistuksesta ja rakentamisesta

**Miten hyödynnetään?**



# Puupaalut pohjanvahvistuksina

## Käyttötapojen ja potentiaalin kartoitus:

- Pengerpaalutus koheesiopaaluilla
- Luiskien vahvistus paaluilla
- Tiivistyspaalutus
- Konsolidaatiopaalut (painuvat paalurakenteet)
  - Välilliset positiiviset vaikutukset maaperässä

## Lisäksi:

- Pengerpaalutus tukipaaluilla rajanvetona (Pohjanvahvistus vai perustusrakenne?)



# Tapaustutkimukset

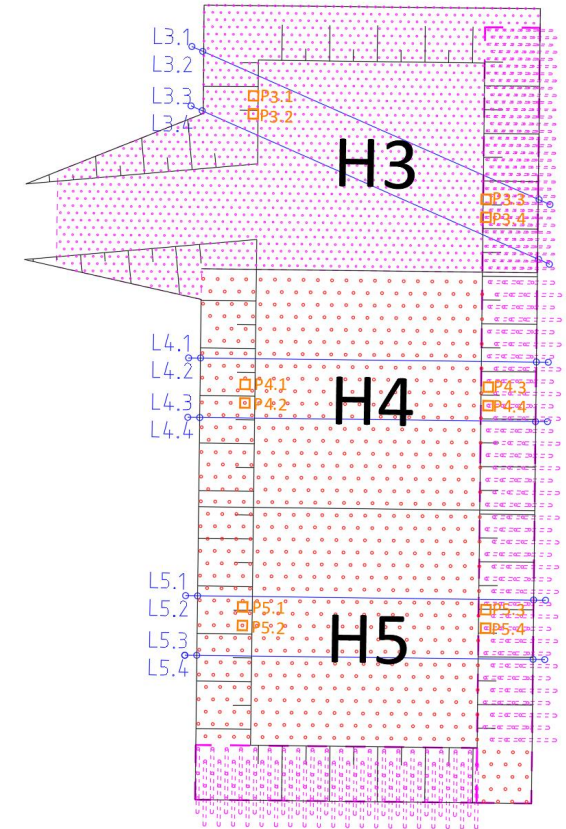
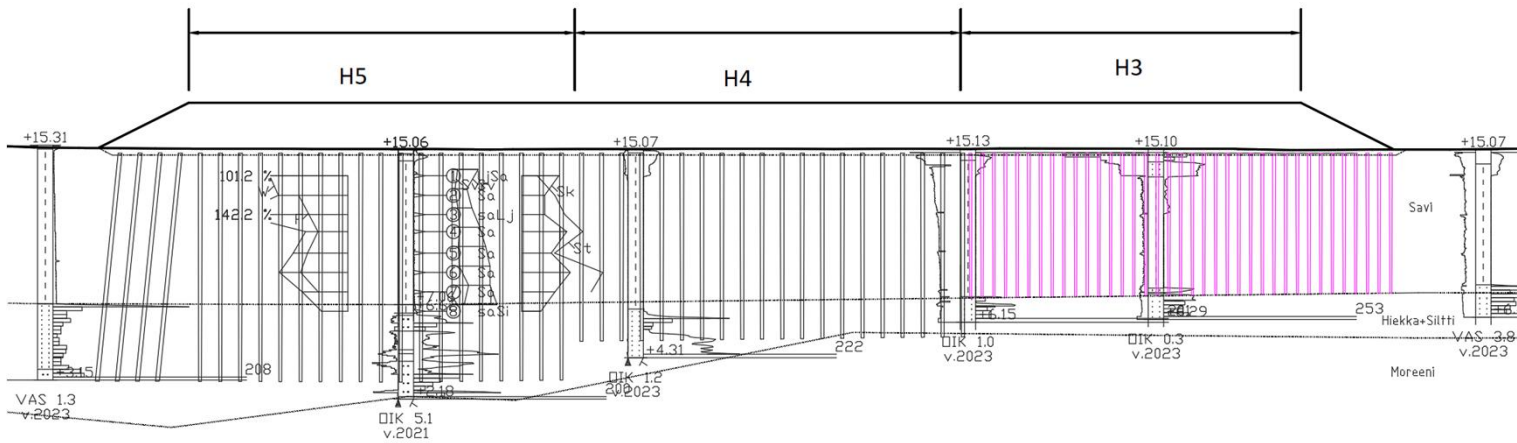
## Helsingin kaupungin projekteja

- Valmistuneita kohteita
  - ✓ Longinoja puron ylitys – Malmi
  - ✓ Pohjoiset koepenkereet – Malmi
  - ✓ Vanhan kaatopaikan vastapenger – Vuosaari
- Suunnittelu projekteja
  - Kumpulanpuro luiskanvahvistus – Toukola
  - Ojapuisto koepenger – Mellunkylä



Kuva: M. Löfman, Ramboll

# Malmi pohjoiset koopenkereet



# Malmi pohjoiset koepenkeret

## Kolme paalurakennetta:

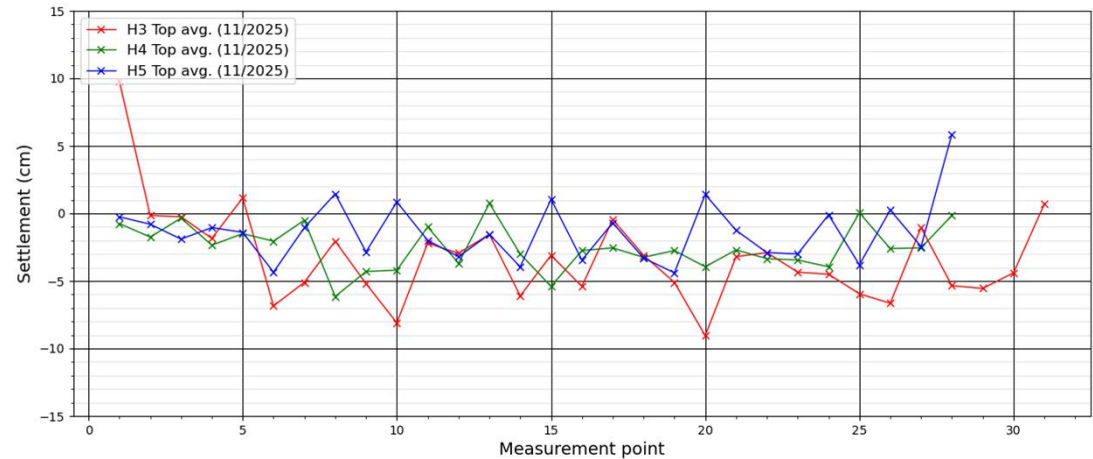
- Koheesiopaalut H3
- Tukipaalut H4 & H5



## Painuma letkuja kahdessa tasossa:

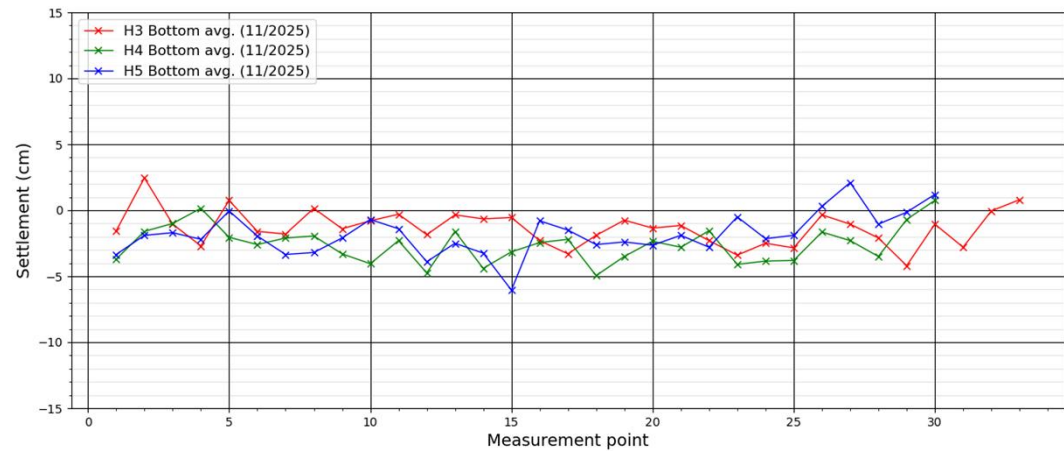
Yläletku penkereen keskitasolla:

→ Painumat välillä: **0...100 mm**

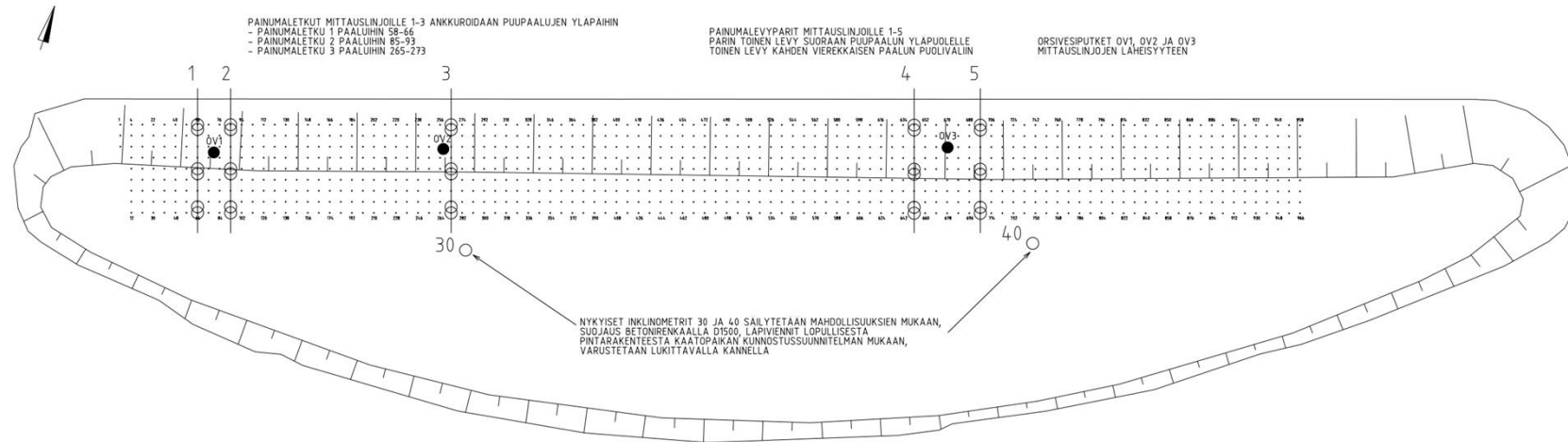


Alaletku paalujen yläpäiden tasolla,  
paalujen välissä:

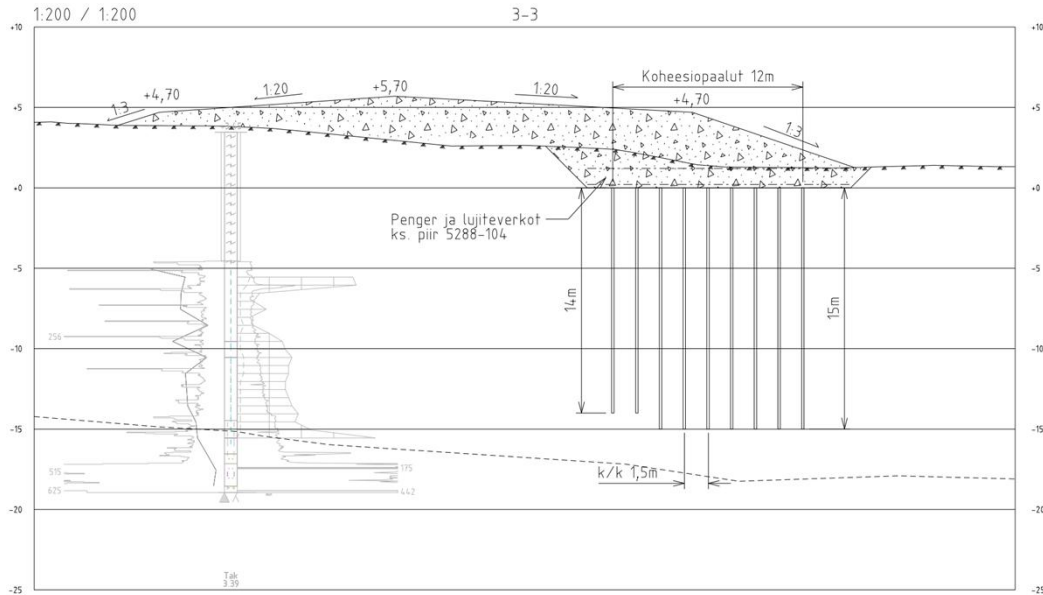
→ Painumat välillä: **0...60 mm**



# Vuosaaren kaatopaikan vastapenger

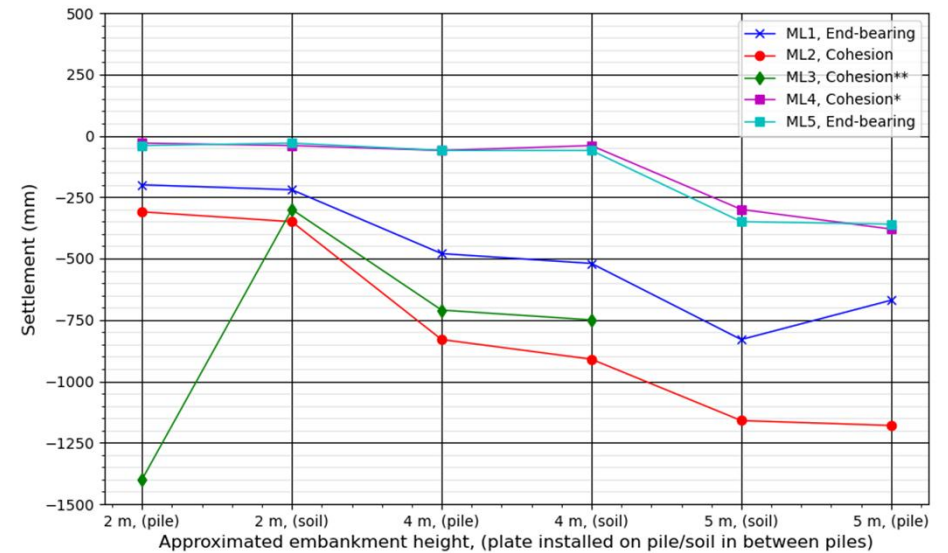


# Vuosaaren kaatopaikan vastapenger



- Pengerkorkeus **2 – 5 m**
- Harva paaluväli **1,50 m**
- Suunniteltu painuma **440 mm**

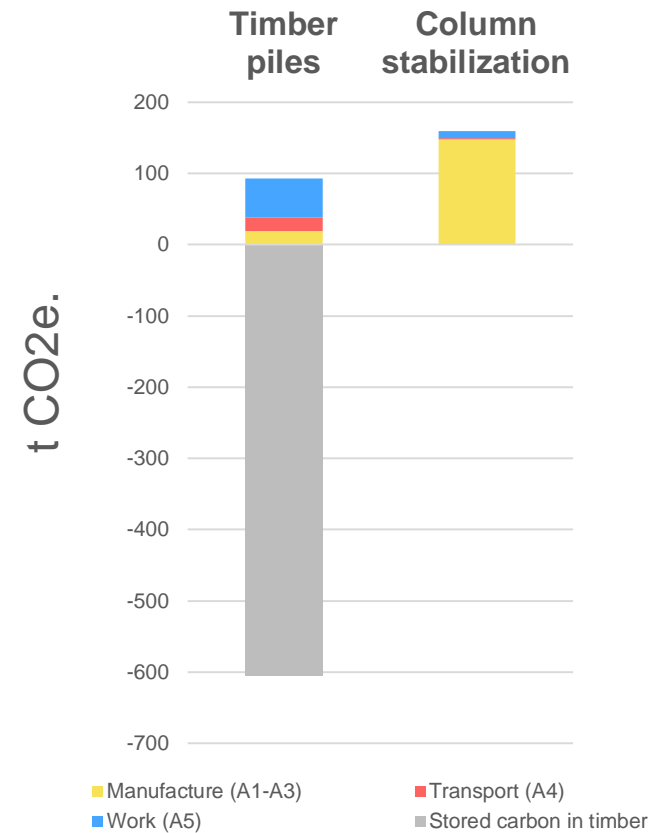
- Painumat 2 m penkereellä: **50 – 325 mm**
- Painumat 5 m penkereellä: **400 – 1200 mm**



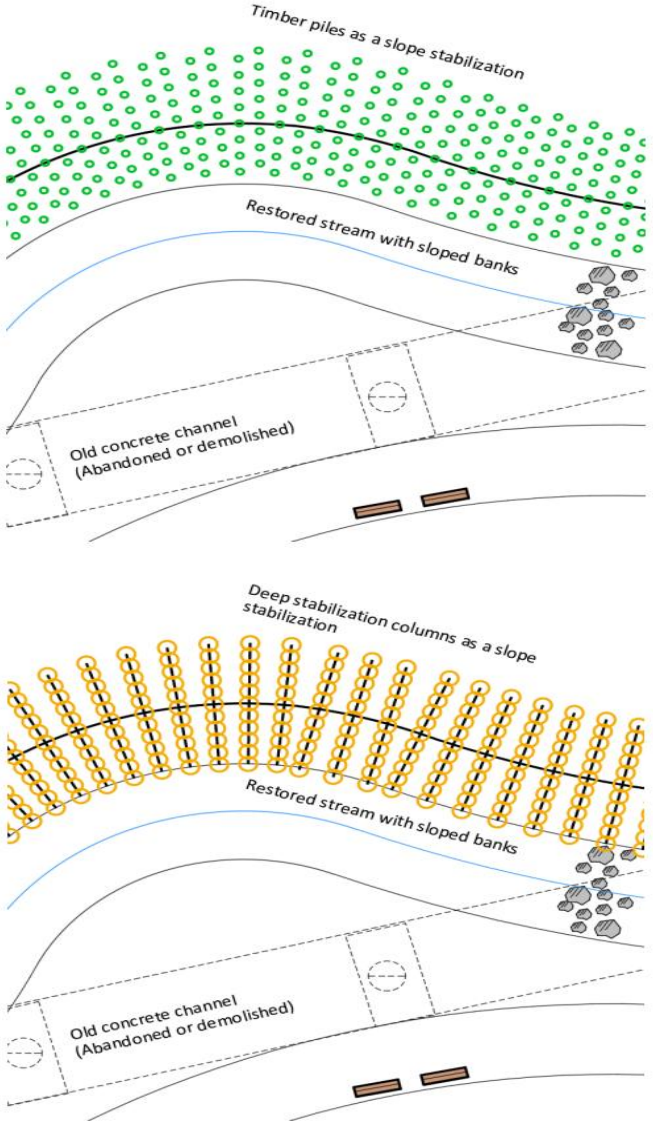
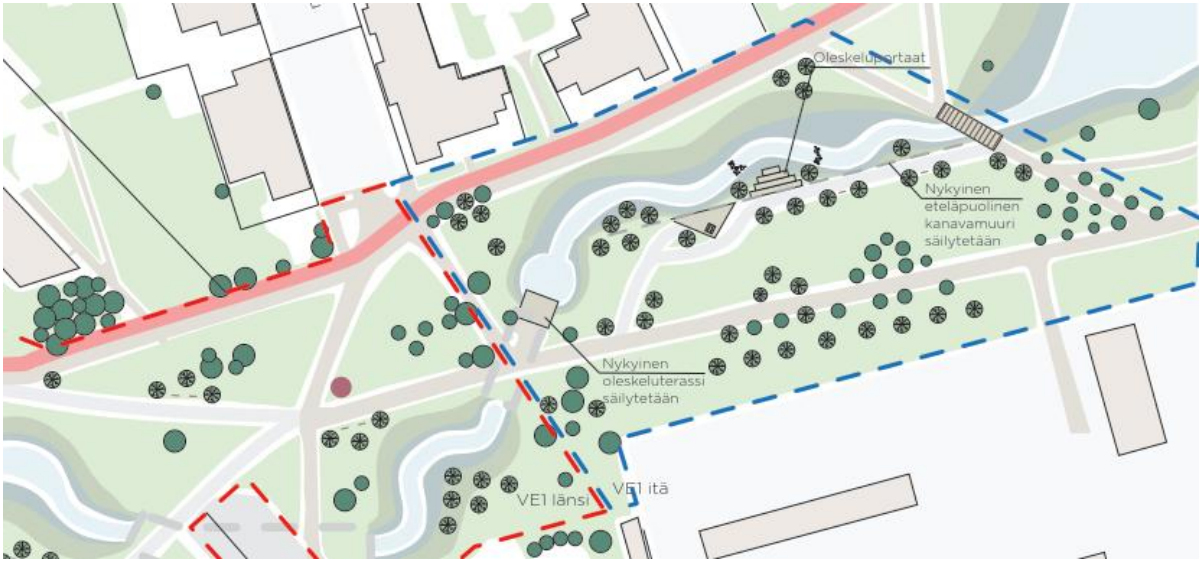
# Kumpulanpuron luiskanvahvistus YS

## Tekninen, taloudellinen ja ekologinen vertailu: Lamellistabilointi vai puupaalu

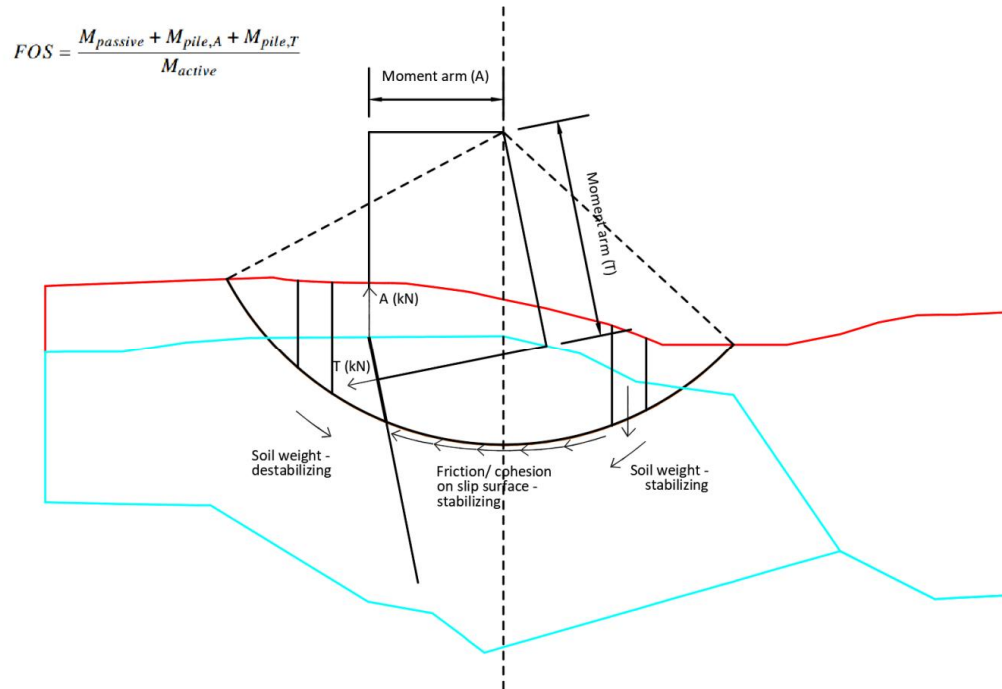
- Puupaalut **parempia ekologisesta** näkökulmasta
- Puupaalujen määrä suurempi -> **kokonaishinta suurempi**
- **Teknisesti tasavertaiset** (suunnittelupöydällä)
- **Käytännön kokemus** luiskapaalutuksesta **puuttuu**



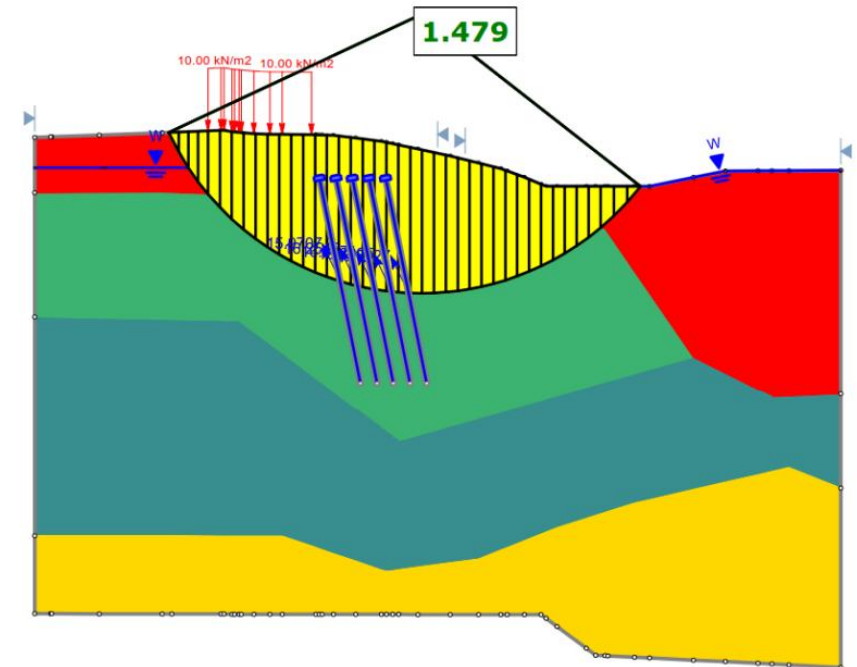
# Kumpulanpuron luiskanvahvistus YS



# Kumpulanpuron luiskanvahvistus YS



Suunnittelussa paalurivien ja määrän arviointi käsinlaskentamenetelmällä Tiehallinto 1992, Näätänen



Diplomityössä käytetty vertailumenetelmä Slide2 + RSPile

# Johtopäätökset ja tärkeimmät havainnot

- Molemmat tuki- ja koheesiopaalutetut penkereet Malmilla teknisesti toimivia
  - **Koheesiopaalujen alhainen geotekninen kapasiteetti otettava huomioon**
- Suurten tai pitkäaikaisten painumien ennustaminen paaluille on hankalaa eikä kovin yleistä
  - **Tarvitaan menetelmiä, jos välillisiä vaikutuksia halutaan hyödyntää (Kelluvat paalurakenteet)**

## Lisäksi:

- Luiskapaalutusten suunnitteluun on tarvittavat työkalut saatavilla ja tulokset on analyttisesti varmistettu
- Pienempiä sivuhavaintoja liittyen mm. asentamiseen, suorituskykyyn ja kestävyYTEEN
- **Tarvitaan lisää kokemuksia ja rakenteiden seuranta**



# Tapaustutkimuksia puupaaluista pohjanvahvistuksina infrarakenteissa

**Case Studies of Timber Piles as a Ground Improvement in infrastructure**

**Jaakko Soinio**

**Kiitos!**