

# Massastabiloinnin pitkäaikaistoimivuus

*Pyry Piispanen*

*Pohjanvahvistuspäivät 24.8.2017*

# Esityksen sisältö

- **Tutkimustyön tavoite**
- **Kohteet**
- **Analyysi**
- **Havainnollistava esimerkki (Case Veittostensuo)**
- **Johtopäätökset**

# Massastabiloinnin pitkäaikaistoimivuustutkimus

- **Diplomityö**
- **Tutkimustyö aloitettu kesällä 2015**
- **Työn ohjaajana Juha Forsman (Ramboll Finland Oy) ja valvojana Leena Korkiala-Tanttu (Aalto-yliopisto)**
- **DI-työn rahoitus: Ramboll Finland Oy**
- **Tutkimuskohteissa useita muita rahoittajia (Liikennevirasto, Helsingin kaupunki, Finnsementti, Nordkalk, YIT, Ramboll, ...)**
- **Diplomityö valmistuu 9/2017**

# Tutkimustyön tavoite ja raja

- Massastabiloinnin pitkäaikaistoimivuutta on tutkittu vähän
- Tavoitteena on arvioida massastabiloinnin pitkäaikaistoimivuutta eri side- ja runkoaineyhdistelmillä
- Tässä työssä...
  - Pitkäaikaistoimivuutta tutkittiin pitkäaikaislujuuden ja painumahavaintojen kautta
  - Pitkäaikaislujuutta tutkittiin in situ -tutkimuksin (kairauksin ja näyttein)
  - Valittujen kohteiden in situ -lujuuden muutosta tutkittiin vertaamalla alkuperäisiä laadunvalvontatuloksia sekä pääosin tämän tutkimustyön aikana suoritettuja uusia tuloksia
    - *Uudet tutkimukset suoritettiin alkuperäisiä laadunvalvontatutkimuksia vastaavin menetelmin, mikäli se oli mahdollista*

# Kohteet

- **Tutkimustyön kohteiden valintaan vaikuttivat:**
  - Ikä (kulunut aika massastabiloinnista)
  - Saavutettavuus
  - Saatavilla oleva dokumentaatio
- **Tutkimuskohteiksi valittiin (turve, savi, ruoppausmassa):**
  - **Tattarisuo**, Helsinki (25 v)
  - **Veittostensuo**, Iitti (23 v)
  - **Kivikonlaita**, Helsinki (9,5-18,5 v)
    - *ESS-koepenger* (18,5 v)
    - *1 ha -alue* (16,5 v)
    - *Urakka-alue 4* (13,5 v)
    - *Alue C* (9,5 v)
  - **Sörnäistenranta**, Helsinki (17 v)
  - **Vuosaaren satama**, Helsinki (9,5 v)
  - **Kose-Mäo**, Viro (6,5 v)

# Analyyysi



# Analyysi



## Kairaustulokset

- Raakadata Infra-formaatissa

## Alustava käsittely

- Datat jakaminen 0,01 m syvyysväleihin
- Aloitustason normalisointi massastabiloinnin yläpintaan

```

TY 6799 Kivikonlaidan_ja_Tattarisuon_massastabilointi
PK - RHA - - -
TT CU - 0 - -
XY 6683355.55 25502998.77 +15.56 06022017 C405
0.02 0.00 0.0 0.395 100.0
0.04 0.00 0.0 0.375 101.9
0.05 0.00 0.0 0.355 99.2
0.07 0.00 0.0 0.375 117.9
0.09 0.00 0.0 0.400 121.5
0.11 0.00 0.0 0.505 120.3
0.13 0.00 0.0 0.500 123.2
  
```

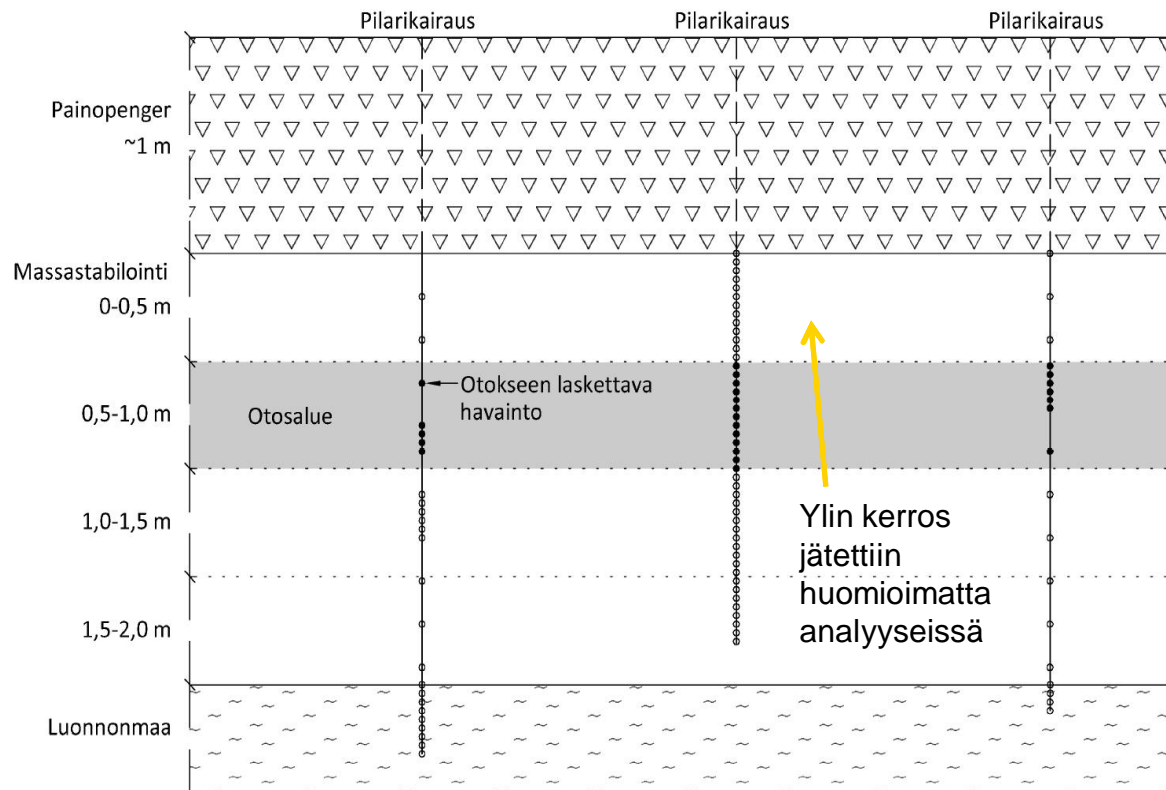


Syvyys	Vastus	Huokospaine	Leikkauslujuus	Pistetunnus	Kairaustapa	Kärki	Kohde	Aika
0,74	0,32	7 P	32	C407	CU		Tattarisuo	2 2017
0,75	0,425	6,7 P	43	C407	CU		Tattarisuo	2 2017
0,76	0,425	6,7 P	43	C407	CU		Tattarisuo	2 2017
0,77	0,38	6,2 P	38	C407	CU		Tattarisuo	2 2017
0,78	0,38	6,2 P	38	C407	CU		Tattarisuo	2 2017
0,79	0,44	6,1 P	44	C407	CU		Tattarisuo	2 2017
0,8	0,44	6,1 P	44	C407	CU		Tattarisuo	2 2017
0,81	0,45	6,4 P	45	C407	CU		Tattarisuo	2 2017

# Analyysi



- Datan jako 0,5 m syvyysvälejä kuvaaviksi otoksiksi
  - *Arvioitiin 0,5 m syvyysvälin edustavan tarpeeksi hyvin "samaa materiaalia"*
  - *Tavoitteena verrata samoja syvyysvälejä eri ajanhetkinä*
  - *Otos = samalla syvyysvälillä olevat saman kairaustyypin havaintopisteet*

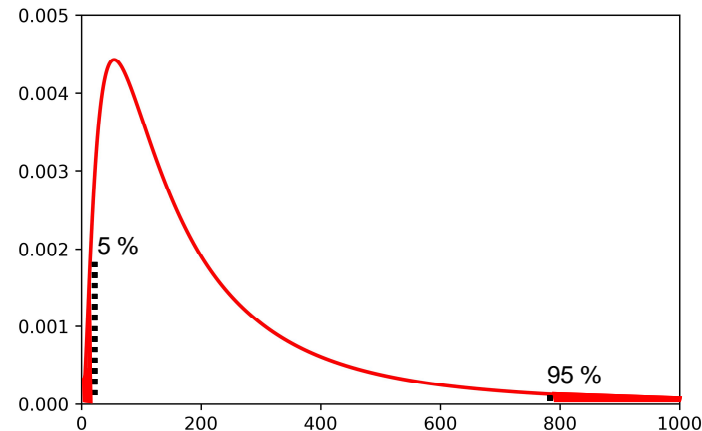




# Analyysi



- Otoksen havaintojen filtteröinti jakaumaoletuksen ja luottamusvälin avulla
  - *Log-normaalijakauma kuvasi aineistoa parhaiten*
  - *Kaksihäntäinen 90 % -luottamustaso*
- Tilastollisten perusarvojen laskenta filtteröidylle otokselle
  - *Keskiarvo, mediaani, keskihajonta, variaatiokerroin*
- Tietokannan luonti tuloksista



	Kohde	Alue	Kairaus	Kärki
	Tattarisuo	A4	CU	10 cm
Med	Ka	STD	COV	n
41,00	47,17	22,95	0,49	140
48,00	55,04	22,65	0,41	132
45,00	48,63	21,28	0,44	111
<b>42,00</b>	<b>49,62</b>	<b>26,13</b>	<b>0,53</b>	<b>400</b>

# Analyysi



## Kohteittain

- Tutkittujen syvyysvälien tilastollisten tunnuslukujen vertaaminen saman syvyyden, mutta eri lujittumisajan suhteen

## Kohteiden välillä

- Lujuuden muutosten vertaaminen runkoaineeltaan ja/tai sideainetyypiltä vastaavien kohteiden välillä

# Case Veittostensuo - Esittely

- litissä sijaitseva koestabiloitalue, massastabiloitu 1993
- Suomen (ja todennäköisesti maailman) ensimmäinen laajamittainen in situ -turvemassastabilointikoe.
- Massastabilointi suoritettiin kahdella eri sideaineyhdistelmällä eri koe-alueille:
  - *Pikasementin ja Finnstabin seoksella (F + PSe) 250 kg/m<sup>3</sup> suhteella 1:1 (A1) sekä pikasementin ja masuunikuonan seoksella (PSe + MaKu) 300 kg/m<sup>3</sup> suhteella 1:1 (A2)*
- Kairausten ja painumaseurannan perusteella täytti sille asetetut tavoitteet

# Case Veittostensuo – Tutkimukset 2016

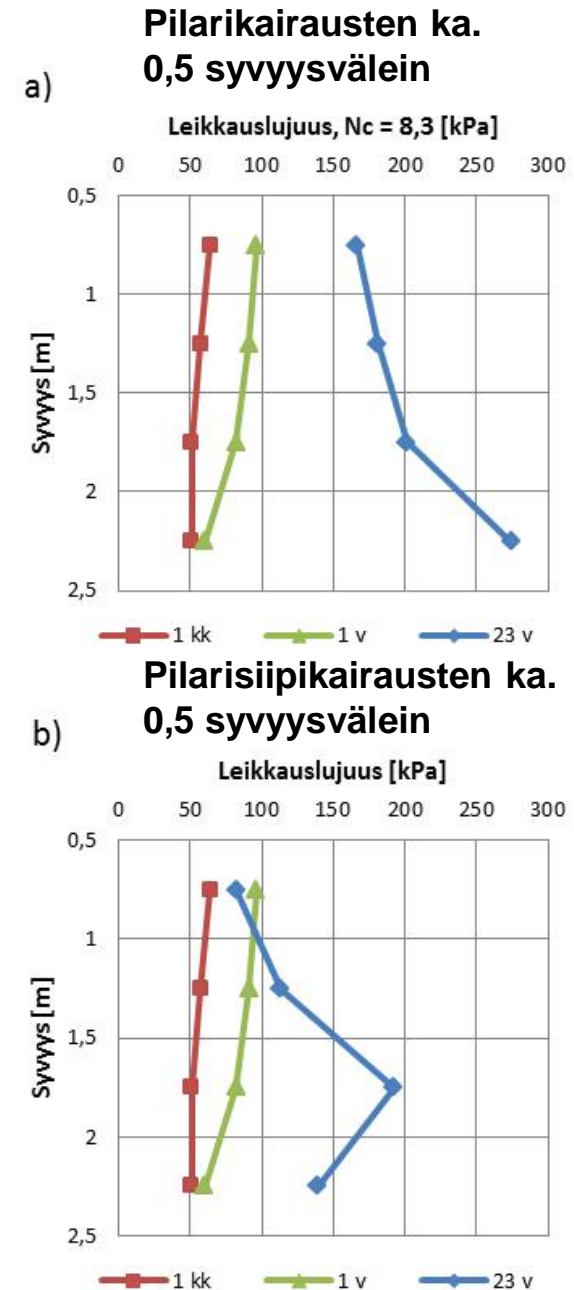
- **Aiemmat tutkimukset koealueittain:**
  - 1 kk (1993) : 6 pilarikairausta ja 3 pilarisiipikairausta
  - 1 v (1994): 3 pilarikairausta ja 3 pilarisiipikairausta + näytteenotto (pH, w)
- **Vuonna 2016 suoritettut tutkimukset koealueittain:**
  - 23 v: 6 pilarikairausta ja 6 pilarisiipikairausta + näytteenotto (pH, w)



# Case Veittostensuo – Kairaustulokset A1

Kairaus:		Veittostensuo A1 (PSe 125 + F 125 kg/m <sup>3</sup> )				
PK2/100 + PSK	syvyys [m]	ka [kPa]	med [kPa]	std [kPa]	COV	n
pvm: 25.4.1993	0,5 – 1,0	64	-	-	-	-
ikä [d]: 31	1,0 – 1,5	57	-	-	-	-
kpl: 6 + 3*	1,5 – 2,0	51	-	-	-	-
	2,0 – 2,5	51	-	-	-	-
pvm: 25.3.1994	0,5 – 1,0	96	-	-	-	-
ikä [d]: 365	1,0 – 1,5	91	-	-	-	-
kpl: 3 + 3*	1,5 – 2,0	82	-	-	-	-
	2,0 – 2,5	60	-	-	-	-
pvm: 15.8.2016	0,5 – 1,0	166	157	28	0,17	38
ikä [d]: 8544 =23,5 v	1,0 – 1,5	181	192	36	0,20	27
kpl: 6	1,5 – 2,0	201	192	46	0,23	24
	2,0 – 2,5	274	264	56	0,20	20
<b>PSK130/65</b>						
pvm: 15.8.2016	0,5 – 1,0	82	-	69	0,84	6
ikä [d]: 8544 =23,5 v	1,0 – 1,5	113	-	66	0,58	6
kpl: 6	1,5 – 2,0	192	-	85	0,45	6
	2,0 – 2,5	139	-	62	0,44	6

\*PK2/100 + PSK = pilari- sekä pilarisiipikairauksien pohjalta laskettu keskiarvo

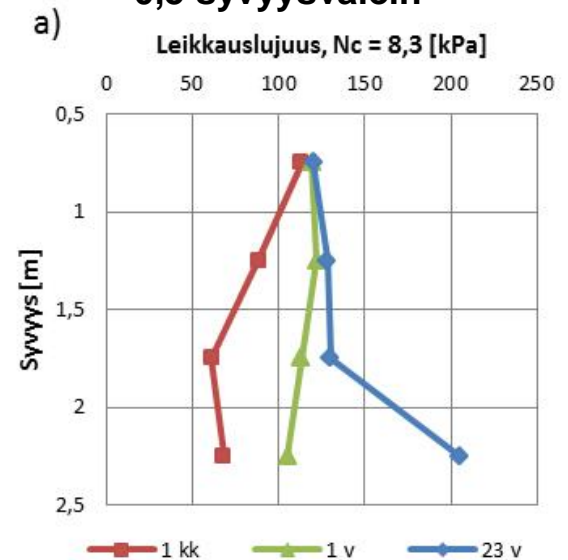


# Case Veittostensuo – Kairaustulokset A2

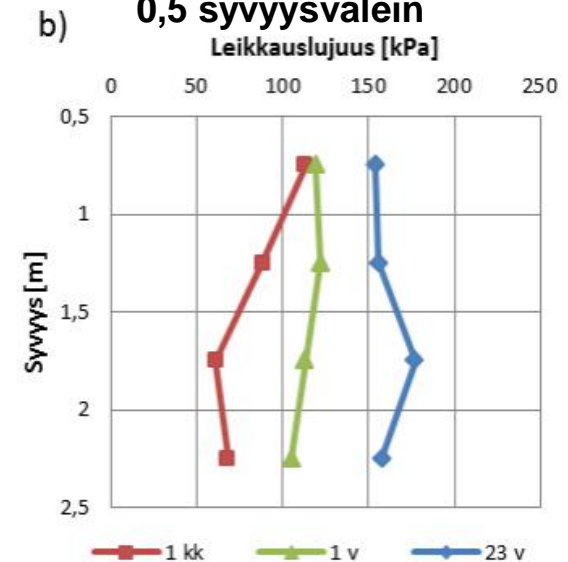
Kairaus:		Veittostensuo A2 (PSe 150 + MaKu 150 kg/m <sup>3</sup> )				
PK2/100 + PSK	syvyys [m]	ka [kPa]	med [kPa]	std [kPa]	COV	n
pvm: 25.4.1993	0,5 – 1,0	113	-	-	-	-
ikä [d]: 31	1,0 – 1,5	88	-	-	-	-
kpl: 6 + 3*	1,5 – 2,0	61	-	-	-	-
	2,0 – 2,5	68	-	-	-	-
pvm: 25.3.1994	0,5 – 1,0	119	-	-	-	-
ikä [d]: 365	1,0 – 1,5	122	-	-	-	-
kpl: 3 + 3*	1,5 – 2,0	113	-	-	-	-
	2,0 – 2,5	105	-	-	-	-
<b>PK2/100</b>						
pvm: 15.8.2016	0,5 – 1,0	120	108	52	0,43	69
ikä [d]: 8544	1,0 – 1,5	128	118	50	0,39	77
kpl: 6 =23,5 v	1,5 – 2,0	130	118	51	0,39	73
	2,0 – 2,5	205	165	127	0,62	69
<b>PSK130/65</b>						
pvm: 15.8.2016	0,5 – 1,0	154	-	62	0,41	6
ikä [d]: 8544	1,0 – 1,5	156	-	64	0,41	6
kpl: 6 =23,5 v	1,5 – 2,0	177	-	70	0,40	6
	2,0 – 2,5	158	-	98	0,62	6

\*PK2/100 + PSK = pilari- sekä pilarisiipikairausten tuloksista laskettu keskiarvo

## Pilarikairausten ka. 0,5 syvyysvälein

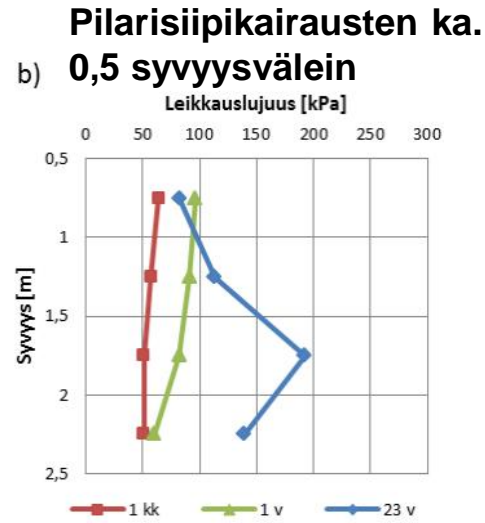
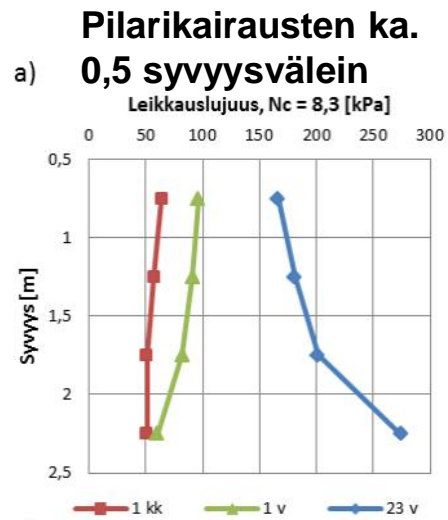


## Pilarisiipikairausten ka. 0,5 syvyysvälein

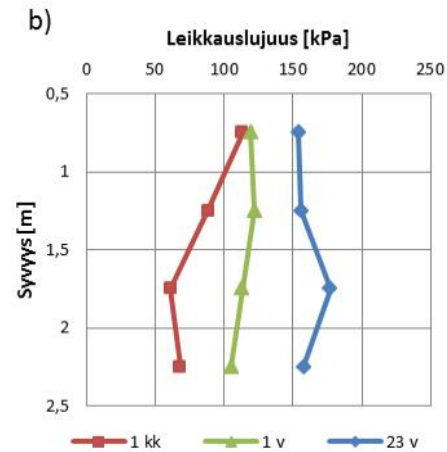
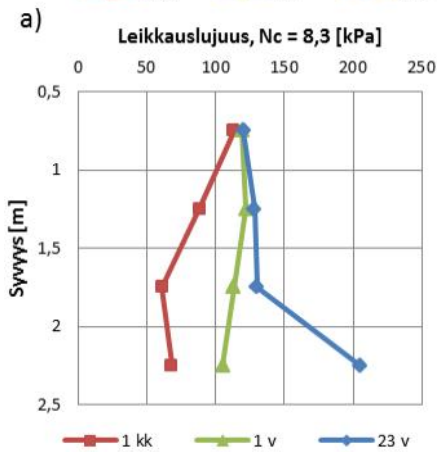


# Case Veittostensuo – Kairaustulokset

**A1:**  
Pikasementti +  
Finnstabi



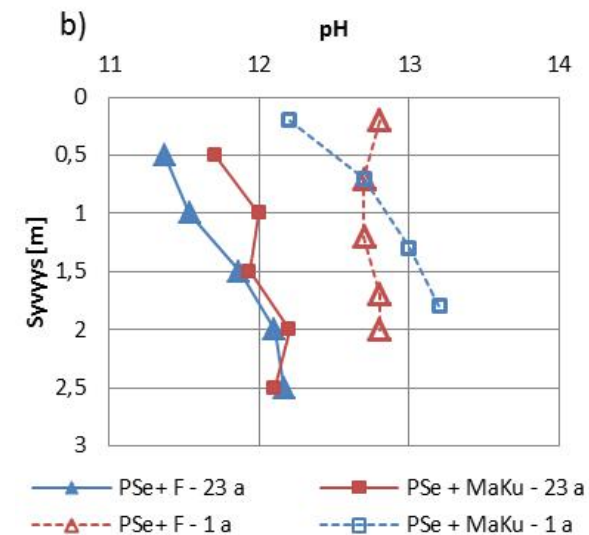
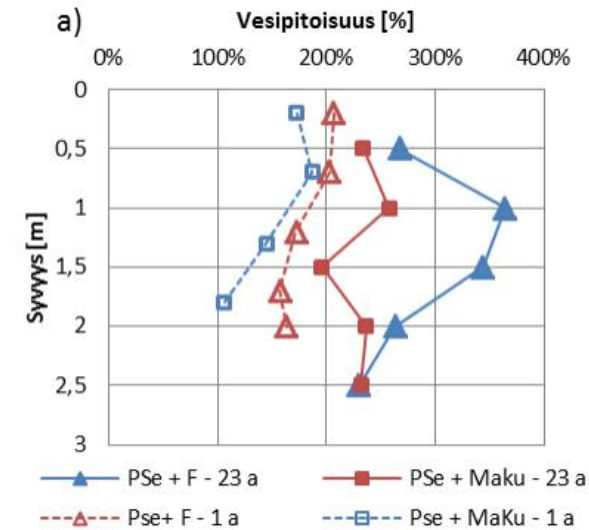
**A2:**  
Pikasementti +  
Masuunikuona





# Case Veittostensuo - Näytetutkimukset

- Näytteitä otettiin 3 koekuopasta per koealue
- Näytteistä selvitettiin vesipitoisuus ja pH
- Havaittiin vesipitoisuuden laskeneen ja pH-arvon laskeneen kummallakin sideaineella

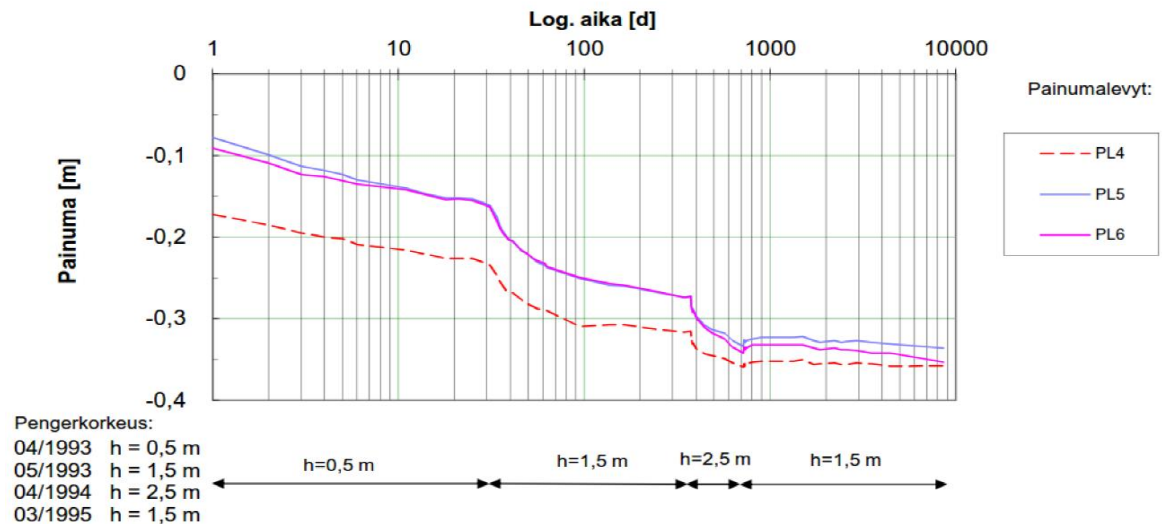
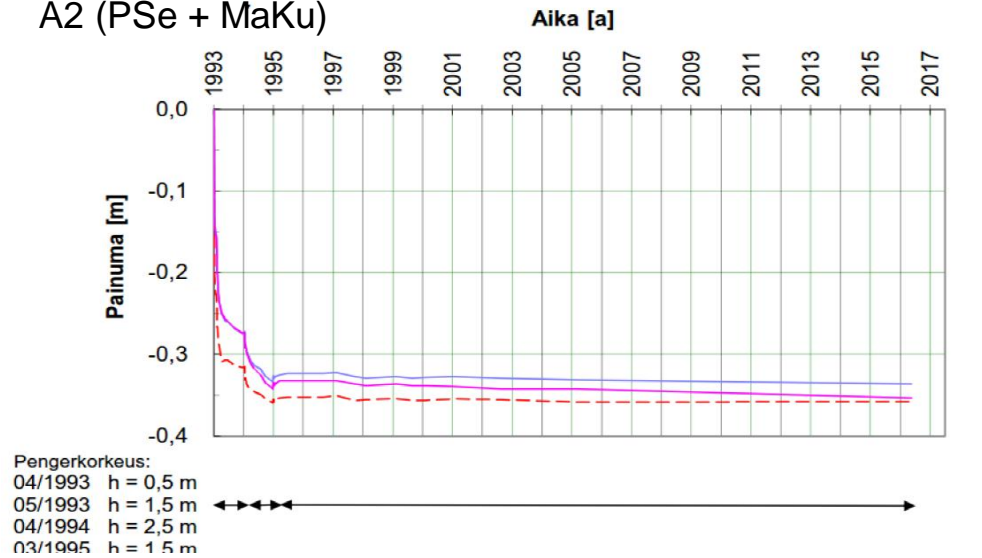




# Case Veittostensuo - Painumat

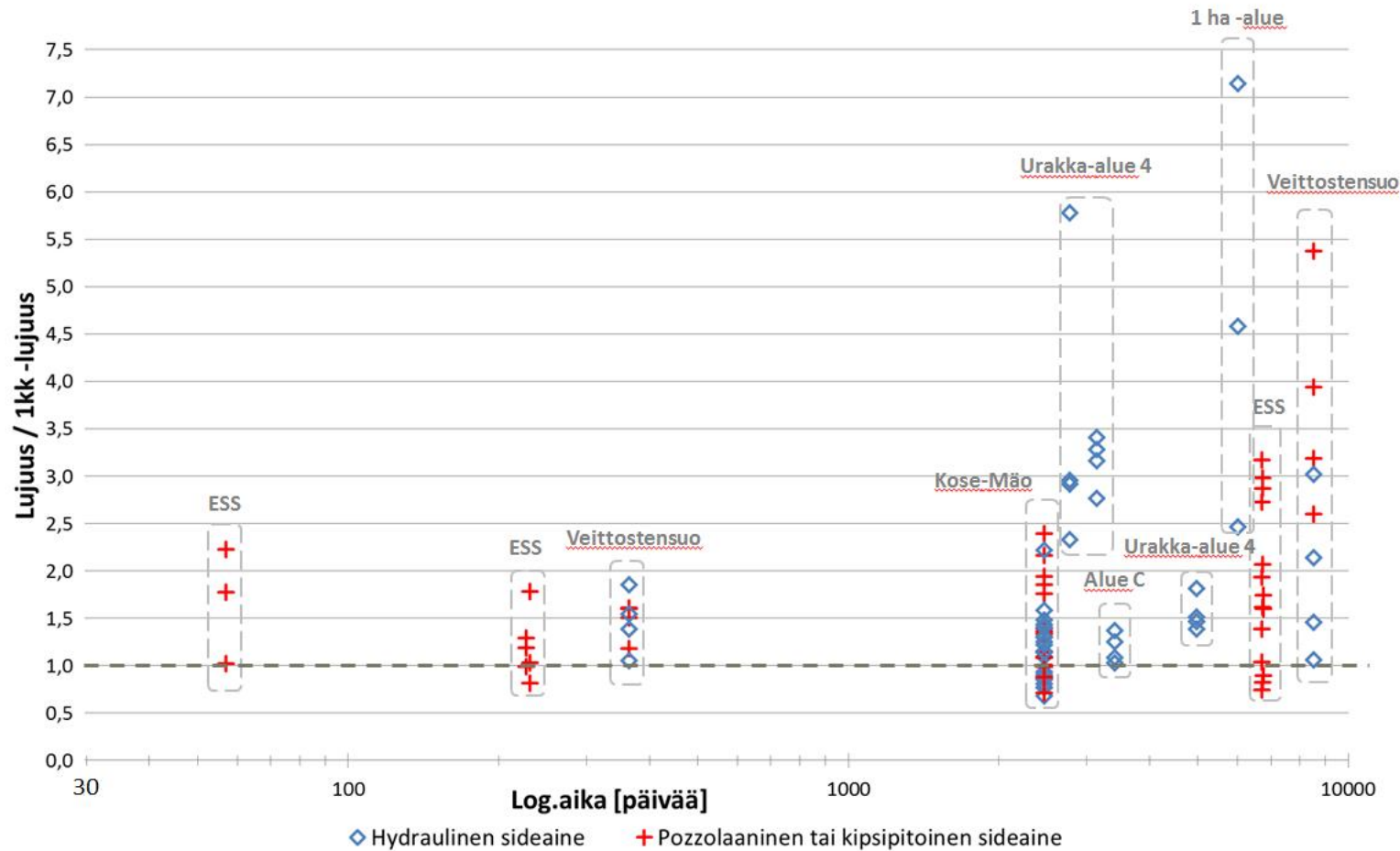
- Painumia seurattu 4/1993-8/2016
- Havaittu painuman odotetusti lähes pysähtyneen

A2 (PSe + MaKu)



# Johtopäätökset

- Turvemassastabilointikohteiden lujuuden kehittymisen yhteenveto:



# Johtopäätökset

## Turvemassastabiloinnit:

- Pääsääntöisesti lujittuneet, yksittäiset havaitut lujuuden alenemiset perusteltavissa

## Savi-/ruoppausmassamassastabiloinnit

- Lujittuneet selvästi
- Osa kohteista niin lujia, että edustavan tuloksen saaminen vaikeaa

**Suoritettujen tutkimusten perusteella massastabiloinnin pitkäaikaistoimivuus paranee lujuuden pääsääntöisesti kasvaessa työssä tarkastellulla 25 vuoden havaintojaksolla.**

**Kiitos!**