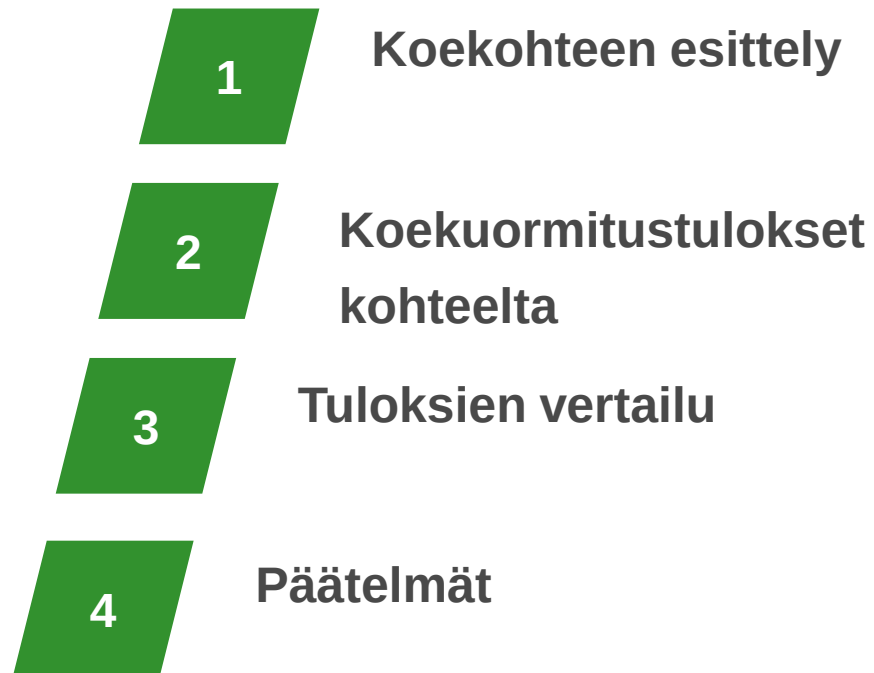


Paalujen dynaamisen ja staattisen koekuormituksen vertailu

Jussi Kinnunen

Paalujen dynaamisen ja staattisen koekuormituksen vertailu



Koekohteen esittely

DESTIA



Staattisen ja dynaamisen koekuormituksen vertailu

- Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia ja vertailla Suomessa käytettäviä koekuormitusmenetelmiä
- Suomessa on tehty hyvin vähän staattisen ja dynaamisen koekuormituksen vertailuja samassa kohteessa ja identtisille paaluille.
- Koekohde sijaitsi Ahvenistolla, Hämeenlinnassa. Koekohteeseen ollaan rakentamassa uutta Ahveniston keskussairaala.

Koejärjestelyt

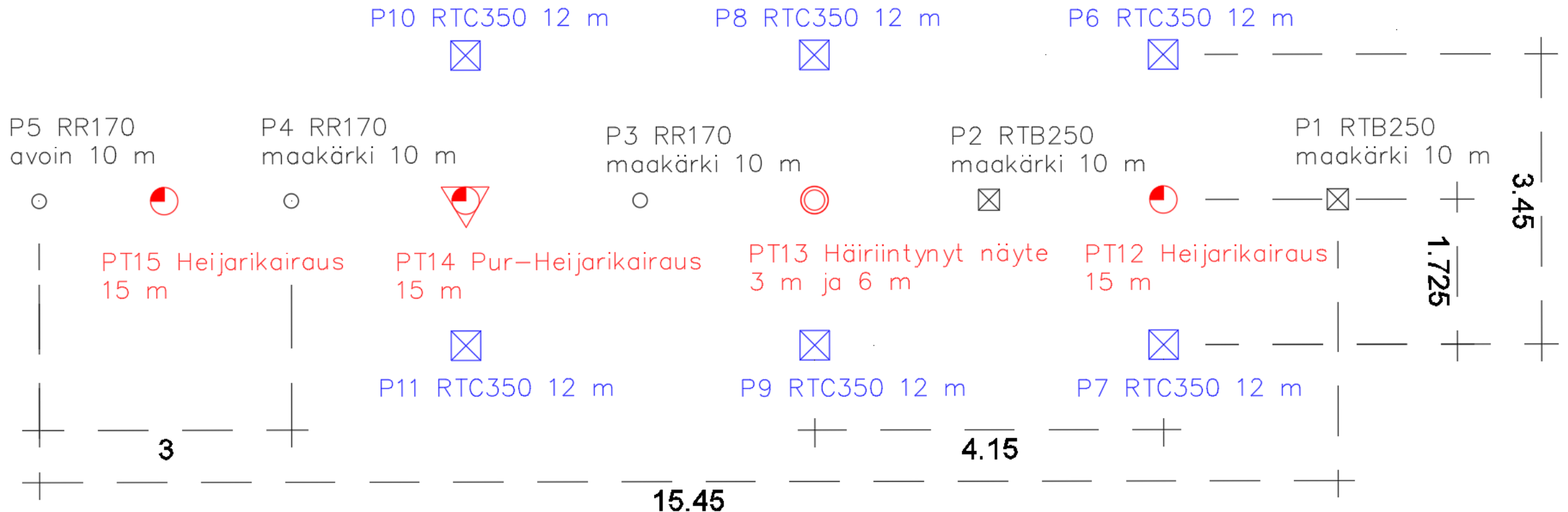
Koekuormituksia varten kohteeseen asennettiin

- 2 kpl RTB-250-16 teräsbetonipaalua L=10 m

- 3 kpl 170/10 teräspankkipaalia L=10 m

Vetopaaluiksi

- 6 kpl teräsbetonisia RTC-350-16 paaluja L=12 m



Koejärjestelyt

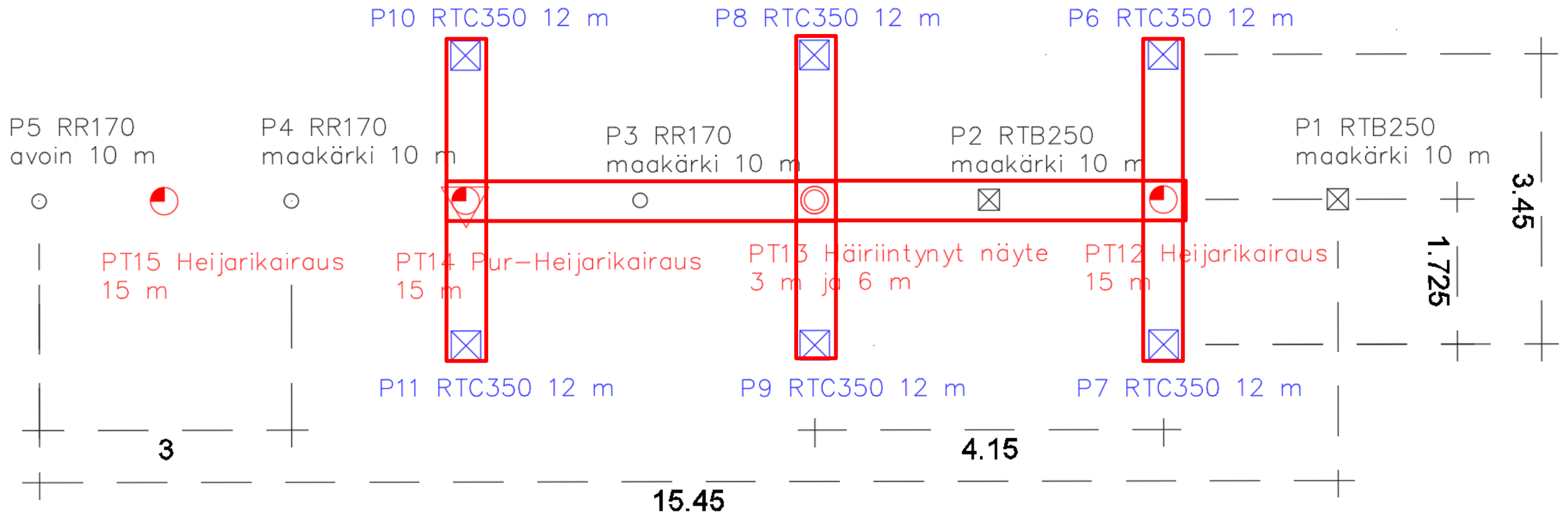
Koekuormituksia varten kohteeseen asennettiin

- 2 kpl RTB-250-16 teräsbetonipaalua L=10 m

- 3 kpl 170/10 teräspankkipaalia L=10 m

Vetopaaluiksi

- 6 kpl teräsbetonisia RTC-350-16 paaluja L=12 m

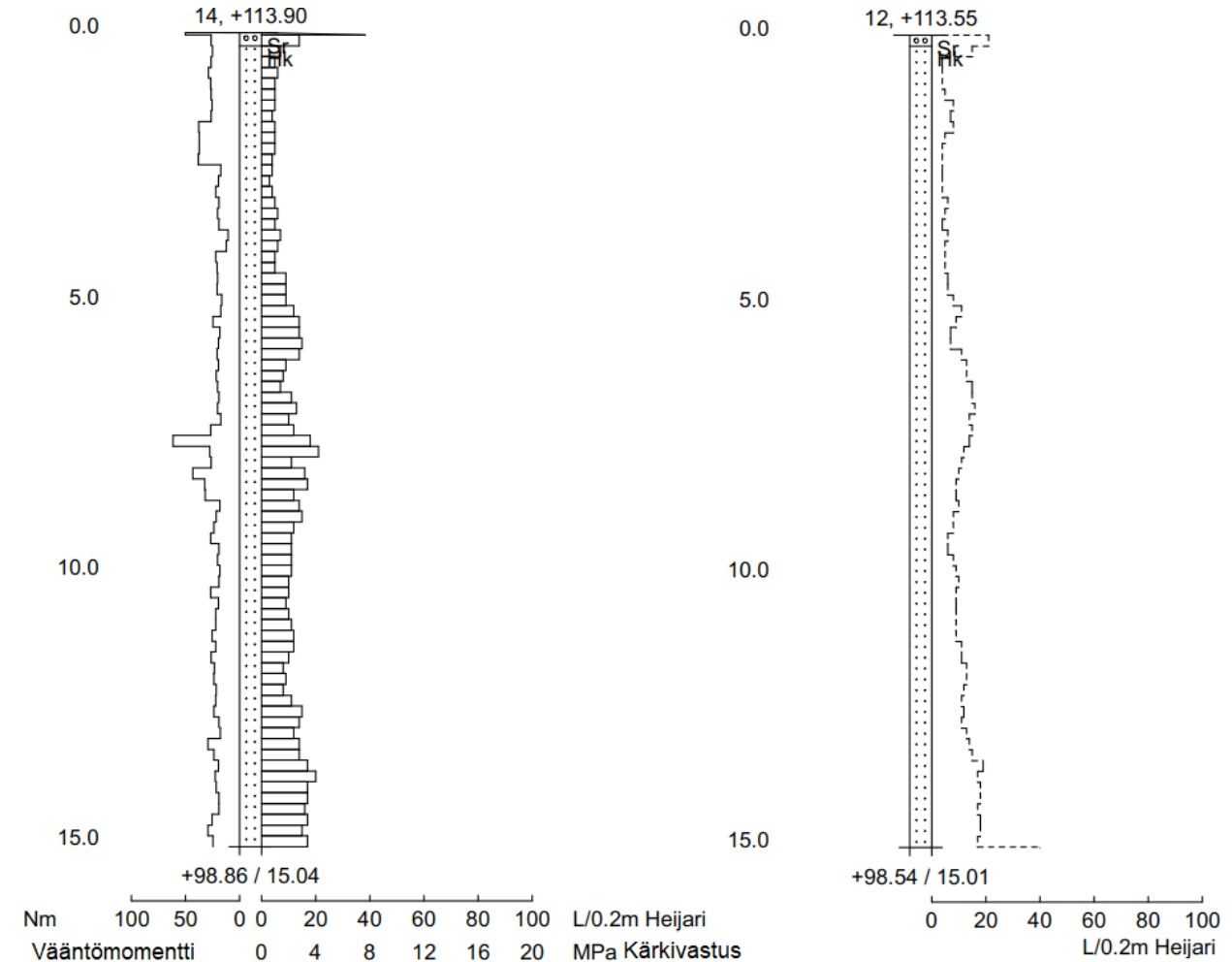




Pohjasuhteet

- Kairaukset
- Maanäytteet
- Pohjavesi
- Lyöntimäärät ja loppulyönnit

Paalu-numero	Paalu-tyyppi	Kokonais-lyöntimäärä	Lyöntimäärä viimeiselle metrille	Pudotus-korkeus [cm]	Loppulyönnit [mm/10 lyöntiä]
P1	RTB-250-16	425	65	20	154
P2	RTB-250-16	480	60	20	167
P3	RR170/10	192	30	20	333
P4	RR170/10	174	48	10	208
P5	RR170/10 avoin	145	31	10	323

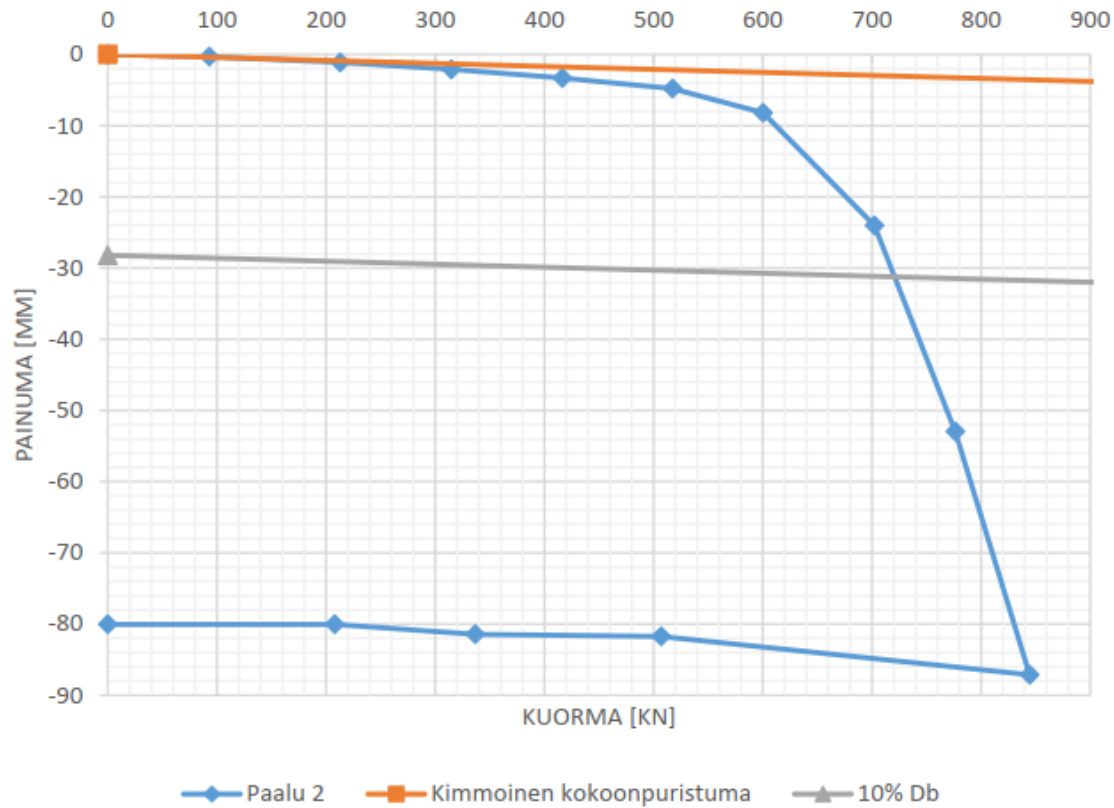


Koekuormitustulokset kohteelta

DESTIA

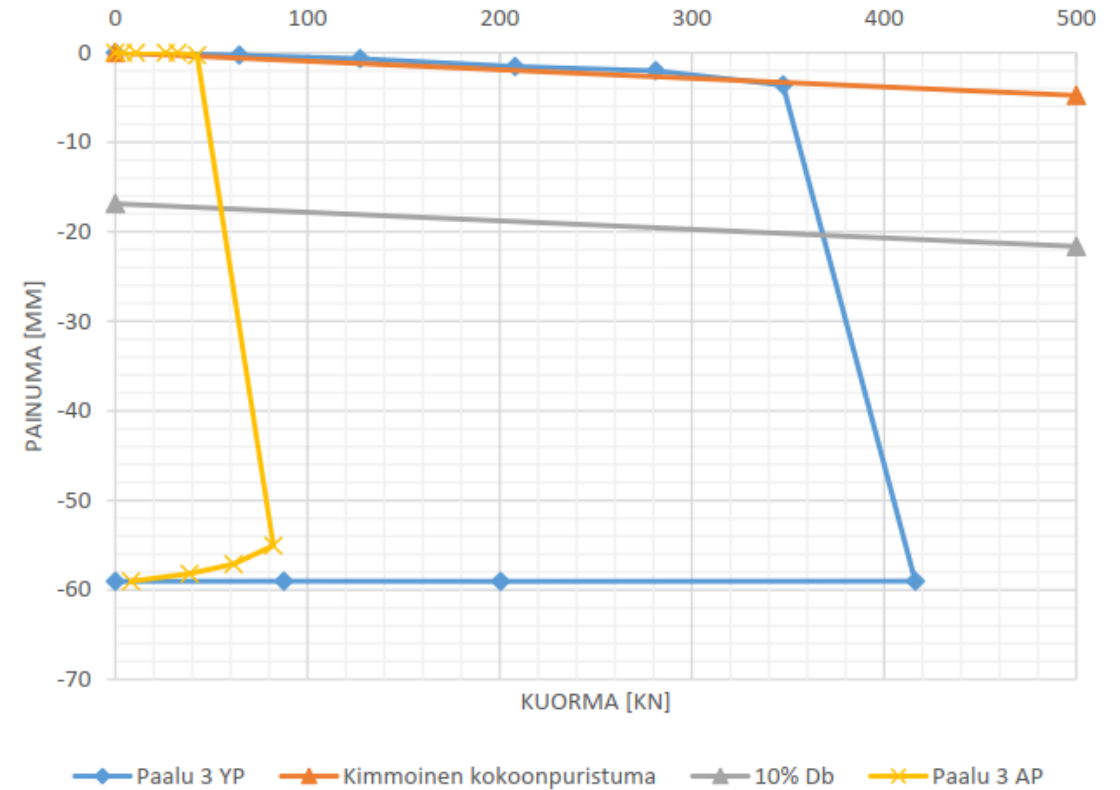
Staattiset koekuormitukset

Teräsbetonipaalu RTB-250-16



Geotekninen murtokestävyys $R_{c;m}$ on 720 kN,
Raakadatasta määritetty arvo **770 kN**

Teräspaalu 170/10



Geotekninen murtokestävyys $R_{c;m}$ on 370 kN,
Raakadatasta määritetty arvo **420 kN**

Dynaamiset koekuormitukset ja signaalinsovitus

Ensimmäinen mittauskierros 18.2.2020

Dynaaminen koekuormitus

Paalu-numero	Paalu-tyyppi	Lyöntienergia [kJm]	DMX [mm]	Pysyvä painuma [mm]	RMX Jc 0,6 [kJ]
P1	RTB-250-16	28,2	33	25	788
P2	RTB-250-16	36,7	43	39	738
P3	RR170/10	22,9	52	53	389
P4	RR170/10	31,5	60	60	462
P5	RR170/10 avoin	23,4	48	40	459

Signaalinsovitus

Paalu-numero	Paalu-tyyppi	SF [kJ]	SFu [kPa]	EB [kJ]	Jc [-]	RU [kJ]
P1	RTB-250-16	602	63	209	0,48	811
P2	RTB-250-16	596	68	149	0,57	745
P3	RR170/10	333	69	55	0,66	388
P4	RR170/10	407	85	55	0,3	462
P5	RR170/10 avoin	428	89	28	0,67	456

Toinen mittauskierros 10.3.2020

Paalu-numero	Paalu-tyyppi	Lyöntienergia [kJm]	DMX [mm]	Pysyvä painuma [mm]	RMX Jc=0,6 [kJ]
P1	RTB-250-16	20,7	24	20	861
P2	RTB-250-16	17,3	22	20	731
P3	RR170/10	24,1	53	40	427
P4	RR170/10	21,2	33	30	570
P5	RR170/10 avoin	24,1	38	30	633

Paalu-numero	Paalu-tyyppi	SF [kJ]	SFu [kPa]	EB [kJ]	Jc [-]	RU [kJ]
P1	RTB-250-16	672	76	216	0,42	888
P2	RTB-250-16	588	66	138	0,64	726
P3	RR170/10	345	72	84	0,45	429
P4	RR170/10	510	106	58	0,62	568
P5	RR170/10 avoin	576	120	54	0,68	630

3

Tuloksien vertailu

DESTIA

Toinen mittauskierros, mitoitusarvojen vertailu

Paalujen geoteknisen kestävyysmitoitussarvot,
korrelaatiokertoimet paalujen lukumäärän mukaan
Lukumäärä 1 tai 2 kpl

Osavarmuusluku kaikilla 1,2
Dynaaminen koekuormitus, mallikerroin 1,05 kitkapaaluille
Signaalinsovitus, mallikerroin 0,9

Paalujen geoteknisen kestävyysmitoitussarvot,
korrelaatiokertoimet paalujen prosenttiosuuden mukaan
Prosenttiosuus 50 tai 100 %

Paalu- tyyppi	$\xi_1 = 1,4$ R1	$\xi_5 = 1,6$ R2	$\xi_6 = 1,5$ R3	$\xi_5 = 1,6$ R4	$\xi_6 = 1,5$ R5
Teräs- betoni	458 kN	395 kN	387 kN	445 kN	427 kN
Teräs	250 kN	247 kN	226 kN	275 kN	227 kN
		-13,9 %	-15,6 %	-3,0 %	-6,9 %
		-1,1 %	-9,6 %	+9,9 %	-9,2 %

Paalu- tyyppi	$\xi_1 = 1,2$ R8	$\xi_5 = 1,4$ R9	$\xi_6 = 1,25$ R10	$\xi_5 = 1,4$ R11	$\xi_6 = 1,25$ R12
Teräs- betoni	535 kN	451 kN	464 kN	508 kN	512 kN
Teräs	292 kN	283 kN	271 kN	314 kN	303 kN
		-15,6 %	-13,2 %	-4,9 %	-4,2 %
		-3,1 %	-7,0 %	+7,7 %	+3,8 %

Vertailu

- Kun paalujen kestävyysmitoitussarvot laskettiin suoraan dynaamisten koekuormitusten tulosten perusteella, olivat ne aina pienemmät kuin staattisten koekuormitusten tulosten perusteella lasketut mitoitussarvot. **Vaihteluväli oli -7 % ...-15 %.**
- Korrelaatio koemenetelmien välillä näyttäisi olevan järkevissä rajoissa.
- Paaluilla geoteknisen kestävyyskasvu oli 9-37 % 20-21 vuorokauden aikana. Kasvu pääosin paalun vaippavastuksessa.



Paalu-numero	Paalu-tyyppi	RMX 1 d Jc 0,6 [kN]	RMX 21 d Jc 0,6 [kN]	Kasvu kN	Kasvu %
P1	RTB-250-16	788	861	73	9,3
P2	RTB-250-16	738	731	-7	-0,9
P3	RR170/10	389	427	38	9,7
P4	RR170/10	462	570	108	23,4
P5	RR170/10 avoin	459	633	174	37,9

4

Päätelmät

DESTIA

Päätelmät tutkimuksen tuloksista

- Koekuormitusmenetelmät vastaavat toisiaan riittävällä tarkkuudella. Eroavaisuudet johtuivat lähinnä paalujen koekuormitusjärjestyksestä.
- Tutkimuksen tuloksien perusteella Suomessa käytettäviä korrelaatio- tai mallikertoimia ei ole syytä muuttaa. Korrelaatiokertoimet määräytyvät koemenetelmien luotettavuuden mukaisesti.
- Paalujen geotekninen kestävyys kasvaa maltillisesti, vaikka paalut sijaitsevat pohjavedenpinnan yläpuolella.
- Staattisissa koekuormituksissa paalujen painuma kestävyyden mitoitusarvoilla noudatteli paalun elastista kokoonpuristumaa, vaikka paalun murtokuormalla painumat olivat suuria.
 - Teräsbetonipaalu painui paalun mitoituskestävyyttä (458–535 kN riippuen mitoitusavasta) vastaavalla kuormalla noin 4–6 mm
 - Teräsputkipaalu vastaavasti (mitoituskestävyys 250–292 kN) painui noin 2 mm.
- Tutkimuksen rajoituksena voidaan pitää melko pientä otantaa



Paalujen staattisen ja dynaamisen koekuormituksen vertailu

Väyläviraston julkaisu 38/2020

https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_202038_koekuormitusten_vertailu_web.pdf

Tutkimushanketta oli rahoittamassa ja tukemassa:

Väylävirasto

Suomen Geoteknillinen yhdistys

Destia Oy

Junttan Oy

HTM Oy

SSAB Europe Oy

Kiwa Inspecta Oy

Skanska Oy

Kreate Oy



Kiitos!

Kysymyksiä?