

Finnmap Consulting
FMC GROUP

Teräsbetonisten lyöntipaalujen

TUOTELEHTI

DI Antti Laitakari



RAKENNUSTEOLLISUUS

Yleistä

- Uusi TB-paalujen tuotelehti korvaa Rakennusteollisuuden aiemmin julkaisemat teräsbetonipaalua koskevat tuotelehdet liitteineen
- Paalujen valmistajat:
HTM (Helsingin Tukku-myynti Oy)
Kokemäen Tb-paalu Oy
Lujabetoni Oy
Parma Oy
Rudus Betonituote Oy



Yleistä

- Teräsbetonipaalujen koot:
250x250, 300x300 ja 350x350 mm²
- Paalujen suunnittelussa on huomioitu seuraavat ohjeet ja standardit:
 - SFS-EN 1992-1-1 Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu
 - SFS-EN 12794 + A1 Betonivalmisosat. Perustuspaalut
 - SFS-EN 12699 Pohjarakennustyöt. Maata syrjäyttävät paalut
 - SFS-EN 13369 Betonivalmisosien yleiset säännöt
 - Paalutusohje PO-2011 (RIL 265-2011)

Käyttökohteet

- Tyypillisiä käyttökohteita ovat liikenne- ja väylärakenteet, teollisuus- ja asuinrakentaminen, kuten kerros- ja pientalot.
- Uudistuneen teräsbetonipaalun etuja ovat muun ohella:
 - Hyvä korroosion kestävyys
 - Suuri nurjahduskestävyys
 - Ympäristöystävällisyys
 - Suuri kantavuus
 - Nopea ja turvallinen jäykkäjatkos
 - Kilpailukykyinen hinta
 - Koko maan kattava paalutehdasverkosto

Pohjatutkimukset

- Pohjatutkimuksien yleisiä vaatimuksia koskevat standardit SFS-EN 1997-1 ja SFS-EN 1997-2 sekä huomioon otettavat kansalliset asiakirjat.
- Yksityiskohtaisia ohjeita ja suosituksia pohjatutkimuksista annetaan Paalutusohjeessa 2011 (PO2011).
- Maan sisäisen leikkauslujuuden arvo c_k (kPa) tulee määrittää jos epäillään, että se on $< 10\text{kPa}$.

Mitat, materiaalit ja varusteet

- Paalun betonin lujuus on C35/45 (K-45) tai C40/50 (K-50)
- Pääteräksinä käytetään A500HW ja A700HW harjateräksiä

4.1. Tyypit, mitat ja materiaalit

b = paalun sivumitta

C = betonipeitteen paksuus

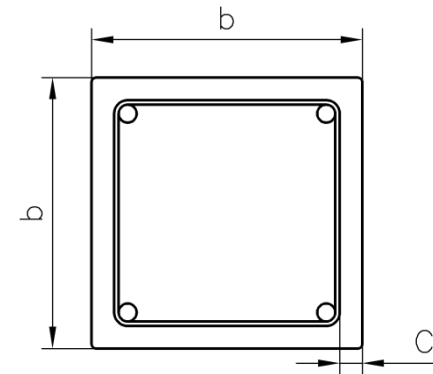
M = paalun massa

A = paalun kärjen ja poikkileikkauksen ala

A_u = paalun vaipan pinta-ala

f_{ck} = betonin puristuskestävyys

Taulukko 1. Paalun perustiedot

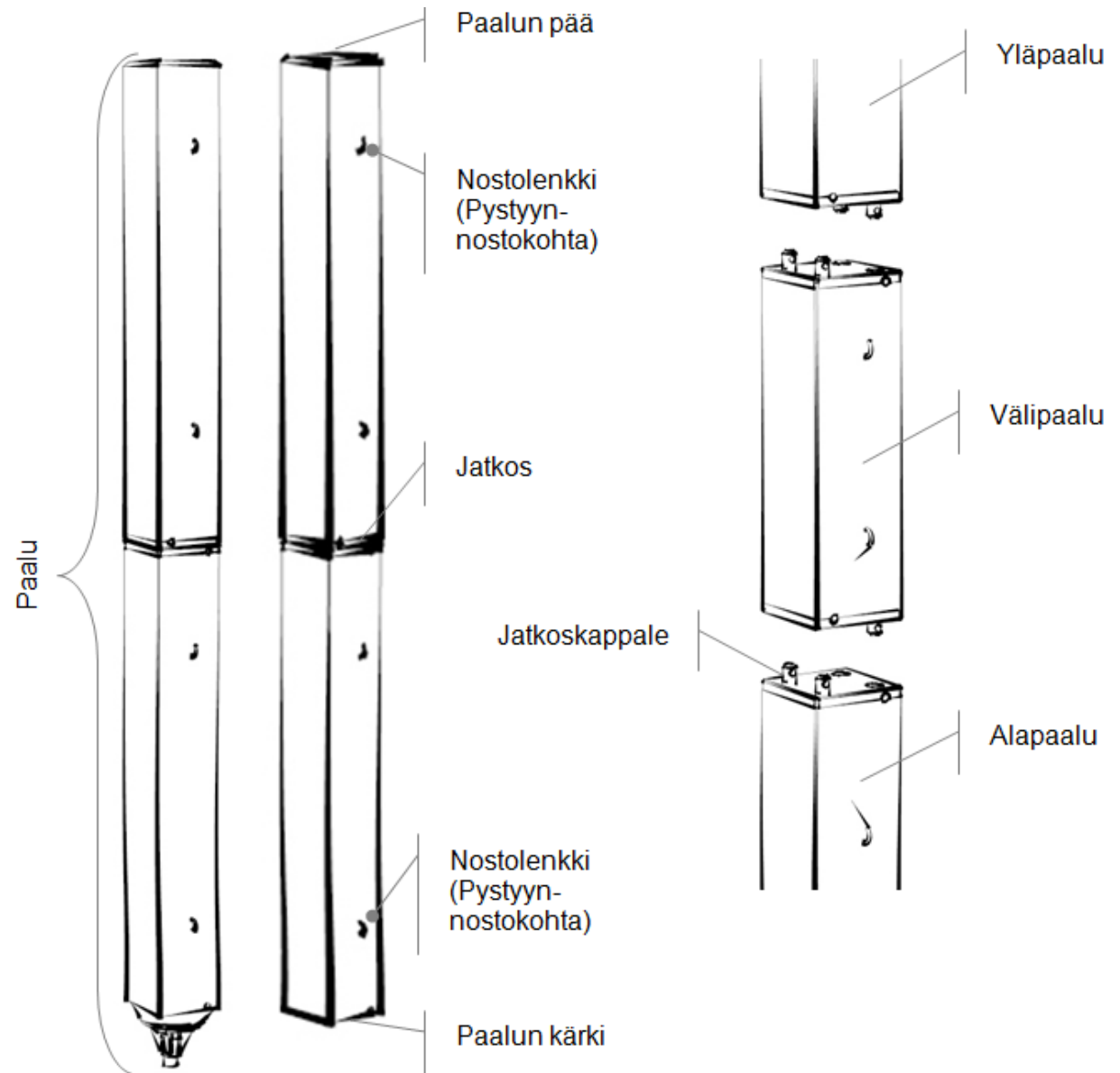


Paalu Tyyppi	b [mm]	C [mm]		M [kg/m]	A [mm ²]	A_u [m ² /m]	$f_{ck,cube}$ [MPa]	
TB250a	250	+15 -10	25	+10 -5	156	62500	1,00	45
TB250b	250				156	62500	1,00	45
TB300a	300				225	90000	1,20	45
TB300b	300				225	90000	1,20	45
TB300c	300				225	90000	1,20	50
TB350a	350				307	122500	1,40	50

Valmistustoleranssit ja -pituudet

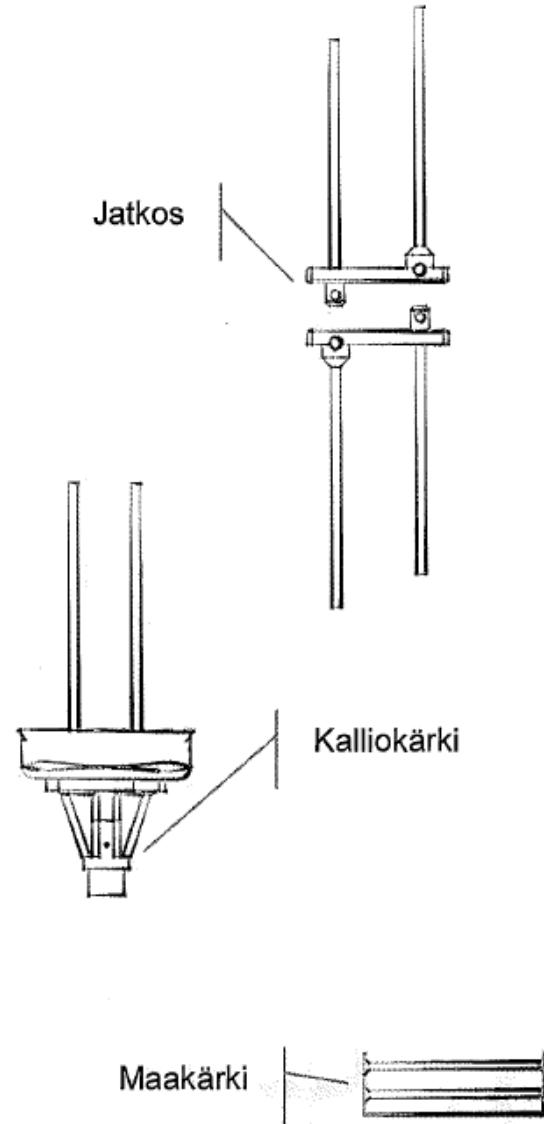
- Paalun nimellispituus: +150mm, -100mm
- Paalun varren akselin suoruus:
 - $L \leq 10\text{m}$ $\pm 20\text{mm}$
 - $10\text{m} < L < 20\text{m}$ $\pm 2L$ (pituuden L yksikkö [m])
 - $L \geq 20\text{m}$ $\pm 40\text{mm}$
- Teräsbetonipaaluja valmistetaan vakiopituuksina tasametrein.
 - Suurimmat valmistuspituudet:
 - Paalut TB250a ja TB300a 12m
 - Paalut TB250b, TB300b ja TB300c 15m
 - Paalu TB350a 14m

Paalun osat



Varusteet

- Jatkos
- Kalliokärki
- Maakärki

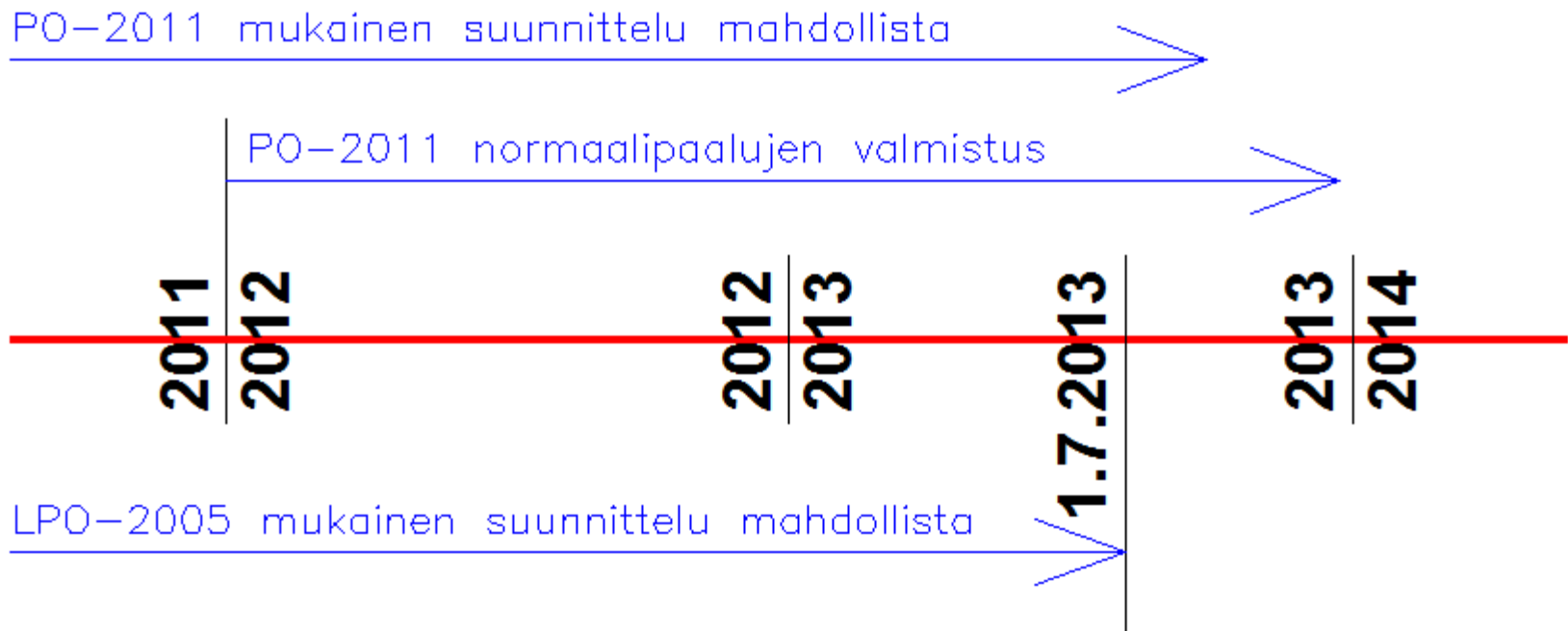


Merkintä

- Tuotelehden mukaisesti valmistettu paalu on merkitty Rakennusteollisuuden RT-tunnuksella sekä tämän tuotelehden nimellä (RT 2011).
- Jatkossa paalut CE-merkitään.
- Paalujen harmonisoidun tuotestandardin mukainen CE-merkintä 1.7.2013 mennessä.

Uudet normaalipaalut

- Paalujen tuotelehden (PO-2011) mukaisesti suunniteltuja normaalipaaluja aletaan valmistaa vuoden 2012 alussa.
- LPO-2005 mukaan voidaan suunnitella 1.7.2013 asti.



Suunnittelu ja ominaisuudet

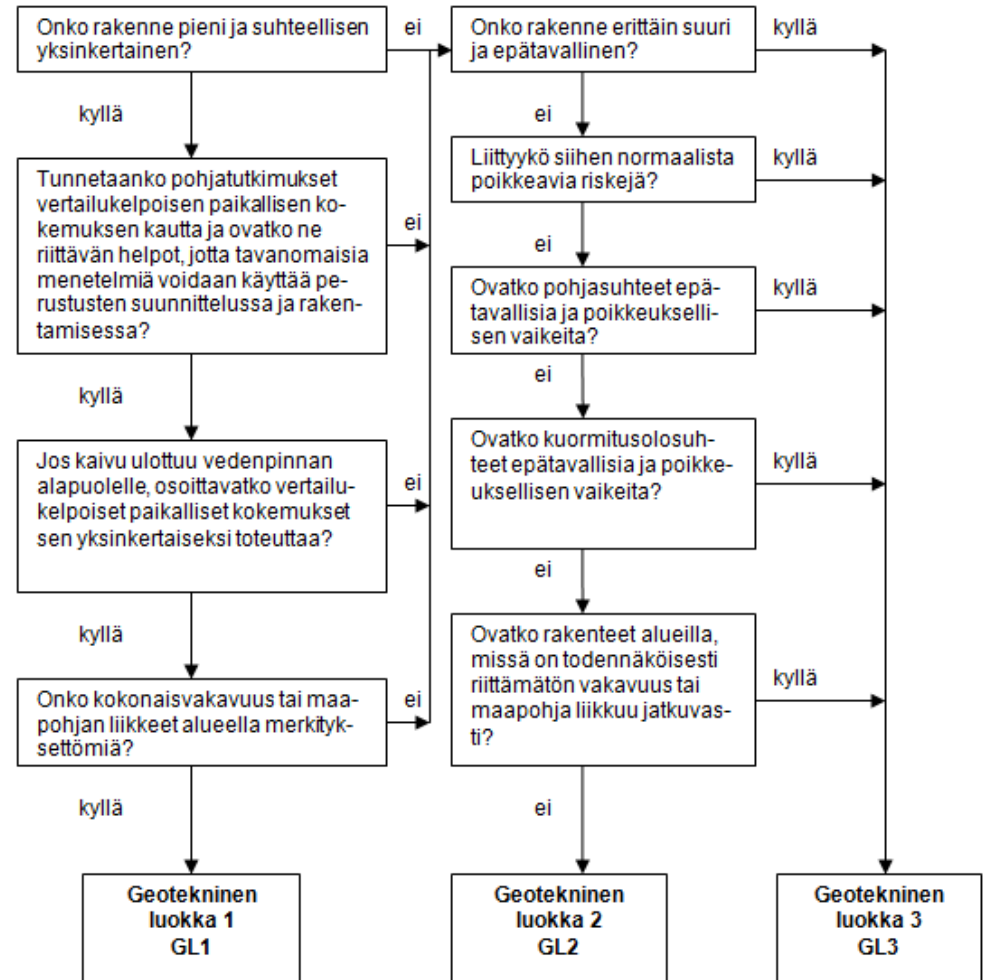
- Paalun kuormitus lasketaan Eurokoodien mukaisilla osavarmuuskertoimilla.
- Suunnittelija merkitsee piirustukseen paalun tyyppin ja paalutustyöluokan (esim. TB300b, PTL2)
- Paalutustyöluokan määrittäminen.

Uutta suunnittelussa: Paalujen luokittelu

- LPO-2005 mukaan paalut jaoteltiin paalutusluokkiin III, II, IB ja IA (vaativin).
- PO-2011 mukaan paalut jaotellaan paalutustyöluokkiin PTL1, PTL2 ja PTL3 (vaativin).
- PO-2011 paalutustyöluokka huomioi rakenteen geoteknisen luokan ja seuraamusluokan

Uutta suunnittelussa: PO-2011 geotekninen luokka

- Määrittää rakenteen geotekniset suunnitteluvaatimukset.
- GL1: helpot rakenteet
- GL2: normaalit rakenteet
- GL3: vaikeat rakenteet
- PO-2011:ssä esitetään geoteknisen luokan valintakaavio



Uutta suunnittelussa: PO-2011 seuraamusluokka

- Määritetään SFS-EN 1990 mukaan.
- CC1: helpot rakenteet
- CC2: normaalit rakenteet
- CC3: vaikeat rakenteet

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä maa- ja vesirakennuskohteita koskevia esimerkkejä
CC3	Suuret seuraamukset hengenmenetysten <i>tai hyvin suurten</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Pääkatsomot; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat suuret (esim. konserttitalo)
CC2	Keskisuuret seuraamukset hengenmenetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Asuin- ja liikerakennukset; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat keskisuuret (esim. toimistorakennus)
CC1	Vähäiset seuraamukset hengenmenetysten <i>tai pienten tai merkityksettömien</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Maa- ja metsätalousrakennukset, joissa ei yleensä oleskele ihmisiä (esim. varastorakennukset), kasvihuoneet

Uutta suunnittelussa: PO-2011 paalutustyöluokka

PAALUTUSTYÖLUOKAN MÄÄRITYS

- Riippuu rakenteen geoteknisestä luokasta ja seuraamusluokasta.
- PO-2011 kohdan 4.7.1.2 taulukon 4.18 mukaan:

Taulukko 4.18. Paalutustyöluokat PTL1, PTL2 ja PTL3 tavanomaisessa rakentamisessa.

	Seuraamusluokka, ks. SFS-EN 1990		
Geotekninen luokka, ks. kohta 2.3	CC1	CC2	CC3
GL1*	PTL1...(PTL3)	PTL2...(PTL3)	PTL2...(PTL3)
GL2	PTL1...(PTL3)	PTL2...(PTL3)	PTL3
GL3	PTL2...(PTL3)	PTL2...(PTL3)	PTL3

*ei ole yleensä paaluttamista edellyttävä kohde

Paalujen kestävyys

- Taulukossa esitetään:
- Puristuskestävyydet
- Nurjahdusmurto-kestävyydet erilaisilla pitkä- ja lyhytaikaiskuorman suhteilla

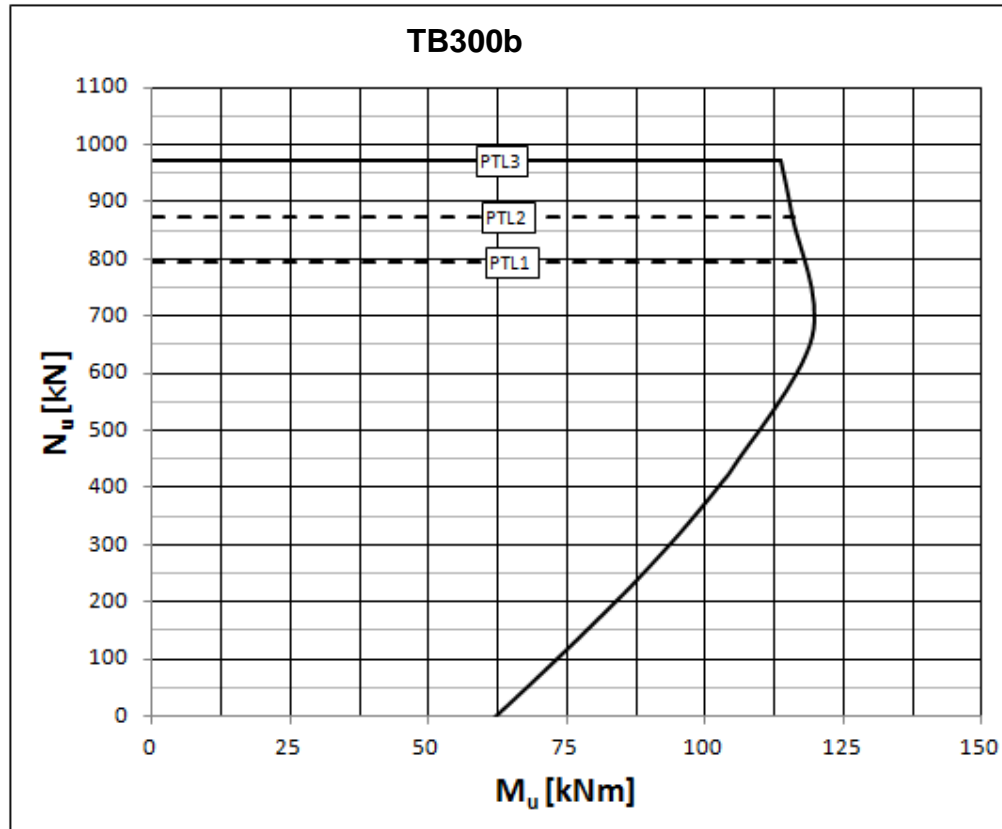
Paalun tyyppi	R _{d,nurj} [kN] nurjahduksen mukaan						R _{d,max} [kN]		
	c _{uk} [kPa]	P [%]	L [%]	5	7	10	PTL3	PTL2	PTL1
TB250a	L _{cr} / 150	100	0	443	541	A	605	544	495
		50	50	568	700	A			
		0	100	674	A	A			
	L _{cr} / 300	100	0	552	A	A			
		50	50	762	A	A			
		0	100	A	A	A			
TB250b	L _{cr} / 150	100	0	463	566	A	682	614	558
		50	50	592	730	A			
		0	100	699	A	A			
	L _{cr} / 300	100	0	580	A	A			
		50	50	798	A	A			
		0	100	A	A	A			
TB300a	L _{cr} / 150	100	0	643	786	A	870	783	711
		50	50	824	1016	A			
		0	100	977	A	A			
	L _{cr} / 300	100	0	802	A	A			
		50	50	1107	A	A			
		0	100	A	A	A			
TB300b	L _{cr} / 150	100	0	669	818	A	972	874	795
		50	50	855	1055	A			
		0	100	1010	A	A			
	L _{cr} / 300	100	0	838	A	A			
		50	50	1153	A	A			
		0	100	A	A	A			
TB300c	L _{cr} / 150	100	0	743	909	A	1124	1012	920
		50	50	941	1164	A			
		0	100	1102	A	A			
	L _{cr} / 300	100	0	939	A	A			
		50	50	1284	A	A			
		0	100	A	A	A			
TB350a	L _{cr} / 150	100	0	1002	1226	A	1509	1358	1234
		50	50	1270	1571	A			
		0	100	1488	A	A			
	L _{cr} / 300	100	0	1266	A	A			
		50	50	1732	A	A			
		0	100	A	A	A			

Taulukon merkinnät

- Jatkettu paalu: $L_{cr}/150$, Jatkamaton paalu: $L_{cr}/300$
- P [%] = pitkäaikaiskuorman, L [%] = lyhytaikaiskuorman osuus kokonaiskuormasta
- L_{cr} = kriittinen nurjahduspituus, c_{uk} = maan suljettu leikkauslujuus
- $R_{d,nurj}$ = paalun nurjahdusmurtokestävyys
- $R_{d,max}$ = paalun suurin puristuskestävyys
- PTL1, PTL2, PTL3 = paalutustyöluoka
- A = paalun kestävyiden määrää $R_{d,max}$

Paalun tyyppi	$R_{d,nurj}$ [kN] nurjahduksen mukaan						$R_{d,max}$ [kN]		
	c_{uk} [kPa]	P [%]	L [%]	5	7	10	PTL3	PTL2	PTL1
TB300b	$L_{cr}/150$	100	0	669	818	A	972	874	795
		50	50	855	1055	A			
		0	100	1010	A	A			
	$L_{cr}/300$	100	0	838	A	A			
		50	50	1153	A	A			
		0	100	A	A	A			

Paalujen yhteisvaikutuskäyrästöt



Kuva 4. Paalun TB300b poikkileikkauksen yhteisvaikutuskäyrästö

PTL1 = paalutustyöluokka 1

PTL2 = paalutustyöluokka 2

PTL3 = paalutustyöluokka 3

Paalujen pääterästen ankkurointi

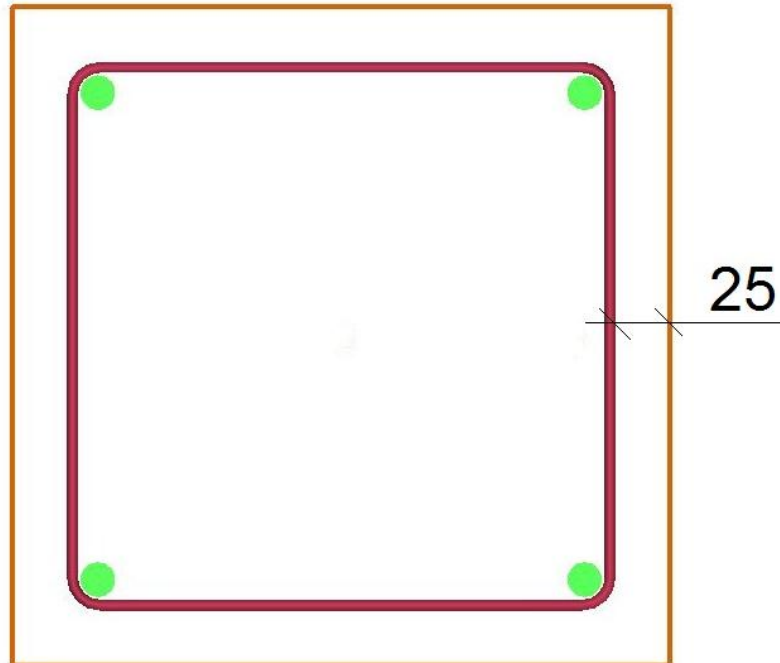
- Paalujen pääterästen ankkurointipituudet täydelle voimalle paalun yläpuolisen rakenteeseen on esitetty taulukossa 4

Paalun tyyppi	Ankkurointipituus		
	C25/30	C30/37	C35/45
TB250a	700	600	550
TB250b	800	700	600
TB300a	800	700	600
TB300b	900	800	700
TB300c	1150	1000	850
TB350a	1300	1150	1000

Taulukko 4. Paalujen pääterästen ankkurointipituudet

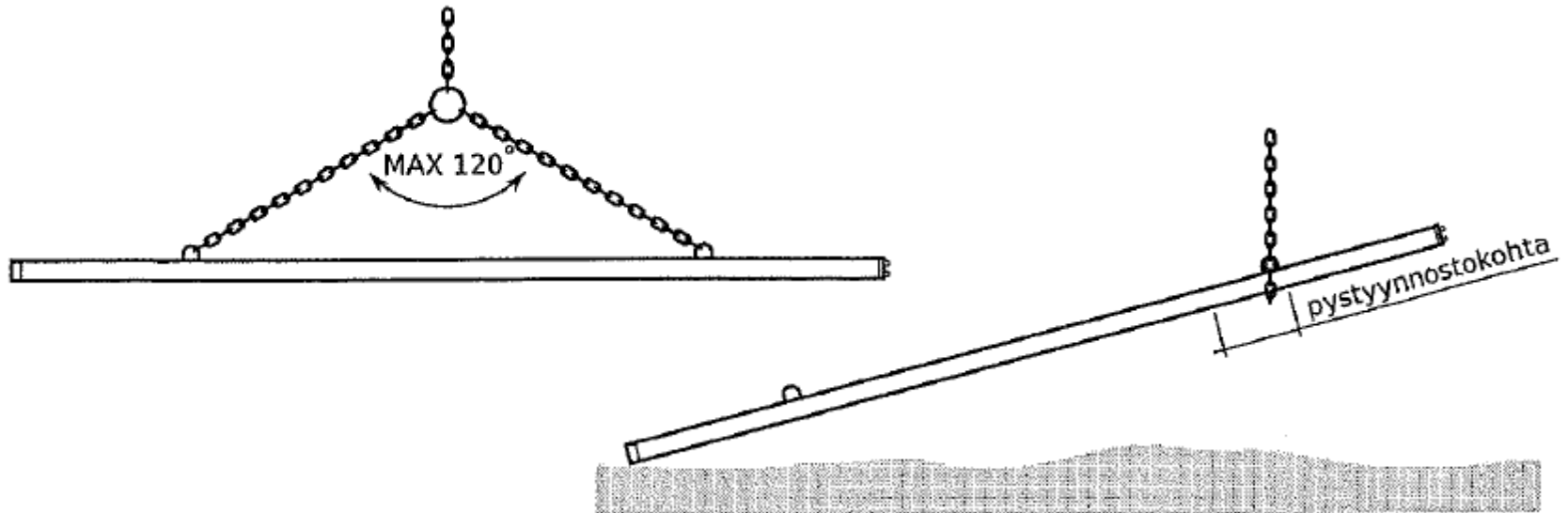
Paalujen käyttöikä

- Paalut on suunniteltu 100v käyttöiälle rasitusluokassa XC2
- Paalujen betonipeitteen paksuus haan pintaan on 25mm



Käsittely ja varastointi

- Varastointi työmaalla nostolenkkien kohdalle asetettujen tukien varaan tai tasaiselle maalle rinnakkain.
- Kuljetustuenta kuten varastoitaessa ja kuorman huolellinen kiinnittäminen.
- Nosto ja pystyynnosto



Paalujen asentaminen

■ Upotuslyönnit

Taulukko 5. Sallitut pudotuskorkeudet upotuslyönneissä lyötäessä saveen tai täyttöön.

*) noudatettava erityistä varovaisuutta ja käytettävä järkäleen minimipudotuskorkeutta

***) kiihdyttävillä järkäleillä minimipudotuskorkeus

****) noudatettava erityistä varovaisuutta ja maksimipaalupituus 12 m

*****) noudatettava erityistä varovaisuutta ja maksimipaalupituus 20 m

Lyöntitilanne	paalu TB250a	paalu TB250b	paalu TB300a	paalu TB300b	paalu TB300c	paalu TB350a
lyönti saveen uudella 100mm koivusta valmistetulla iskusuojalla (E=350MPa)	0,1m	0,1m	0,1m **)	0,1m	0,2m	0,2m
lyönti saveen kuluneella 50mm koivusta valmistetulla iskusuojalla (E=1000MPa)	0,1m **)	0,1m	0,1m ****)	0,1m **)	0,1m	0,1m
lyönti 3m paksun täytön läpi, täytön alla savea 47m, käytössä uusi 100mm koivusta valmistettu iskusuoja (E=350MPa)	0,1m ***)	0,1m	0,1m ***)	0,1m	0,2m	0,1m
lyönti 3m paksun täytön läpi, täytön alla savea 47m, käytössä kulunut 50mm koivusta valmistettu iskusuoja (E=1000MPa)	0,1m ***)	*)	0,1m ***)	0,1 m ****)	0,1m	0,1m

Paalujen asentaminen

- Lopetuslyönnit
 - Loppulyöntitaulukot on esitetty kullekin paalutyypille erikseen
 - Taulukoissa on ilmoitettu eripituisten paalujen painaumat millimetreinä kymmenen loppulyönnin sarjalle. Tulokset on ryhmitelty paalutustyöluokan ja tarvittavan pudotuskorkeuden/lyöntienergian mukaan jaoteltuna.
 - Paalutustyöluokassa 3 loppulyönnit tarkistetaan PDA-mittauksella.

Paalujen asentaminen

- Esim. taulukosta 7 nähdään, että kun lyödään PTL2:ssa 30m pitkä TB250b paalua 5tn hydraulijärkäleellä ja pudotuskorkeudella 0,25m niin paalu saavuttaa suunnitellun kestävyuden, jos 10 lyönnin sarjan aikana paalu uppoaa 15mm tai vähemmän.

Taulukko 7. Lopetuslyönnit paalulle TB250b

PTL	Lyöntilaite	Paalupituus [m]						Pudotuskorkeus lyöntienergia	
		5	10	20	30	40	50	H[m]	E[tm]
PTL 1	Hydraulijärkäle 4t	22	15	14	14	14	14	0,25	1,00
	Kiihdytetty hydraulijärkäle 4t	31	24	22	22	22	21	0,25	1,00
	Hydraulijärkäle 5t	36	29	24	24	23	23	0,25	1,25
	Kiihdytetty hydraulijärkäle 5t	32	23	18	18	18	17	0,20	1,00
PTL 2	Hydraulijärkäle 4t	24	16	15	15	15	14	0,30	1,20
	Kiihdytetty hydraulijärkäle 4t	23	16	15	14	14	14	0,25	1,00
	Hydraulijärkäle 5t	28	20	15	15	14	14	0,25	1,25
	Kiihdytetty hydraulijärkäle 5t	28	28	21	20	20	20	0,25	1,25
PTL 3	Hydraulijärkäle 4t	24	17	15	15	14	14	0,35	1,40
	Kiihdytetty hydraulijärkäle 4t	25	18	16	15	15	15	0,30	1,20
	Hydraulijärkäle 5t	23	23	17	16	16	15	0,30	1,50
	Kiihdytetty hydraulijärkäle 5t	30	30	22	21	21	20	0,25	1,25

Liitteet

- Paalujen sallitut puristuskestävyydet – taulukko helpottamaan suunnittelijan työtä RakMK- ja Eurokoodi-normien siirtymävaiheessa

Paalu Tilaustunnus	R _{sall,nurj} [kN] nurjahduksen mukaan						R _{sall,max} [kN]		
	c _{uk} [kPa]	P [%]	L [%]	5	7	10	PTL3	PTL2	PTL1
TB250c	L _{cr} / 150	100	0	328	401	A	457	411	374
		50	50	428	528	A			
		0	100	449	A	A			
	L _{cr} / 300	100	0	409	A	A			
		50	50	575	A	A			
		0	100	A	A	A			
TB250a	L _{cr} / 150	100	0	343	419	A	515	463	421
		50	50	447	551	A			
		0	100	466	A	A			
	L _{cr} / 300	100	0	429	A	A			
		50	50	602	A	A			
		0	100	A	A	A			
TB300c	L _{cr} / 150	100	0	476	582	A	657	591	537
		50	50	622	767	A			
		0	100	651	A	A			
	L _{cr} / 300	100	0	594	A	A			
		50	50	835	A	A			
		0	100	A	A	A			
TB300a	L _{cr} / 150	100	0	496	606	A	734	660	600
		50	50	645	796	A			
		0	100	673	A	A			
	L _{cr} / 300	100	0	621	A	A			
		50	50	870	A	A			
		0	100	A	A	A			
TB300b	L _{cr} / 150	100	0	550	674	A	848	764	694
		50	50	711	878	A			
		0	100	734	A	A			
	L _{cr} / 300	100	0	696	A	A			
		50	50	969	A	A			
		0	100	A	A	A			
TB350a	L _{cr} / 150	100	0	742	908	A	1139	1025	931
		50	50	959	1186	A			
		0	100	992	A	A			
	L _{cr} / 300	100	0	938	A	A			
		50	50	1307	A	A			
		0	100	A	A	A			

KIITOS