

HTM

HT-TERÄSPAALUT

HT-paalujen suunnittelu- ja asennusohjeet

Sisällys

1.	HT-paalut.....	3
1.1	Paalutuotteiden vaatimustenmukaisuus.....	3
1.2	Pienpaalut (HT90 – HT320).....	3
1.2.1	Rakenne ja teräslaji.....	3
1.2.2	Paalukärjet ja -hatut	3
1.3	Suurpaalut (HT400 – HT1200)	4
1.3.1	Teräslaji ja rakenne	4
1.3.2	Paalukärjet	4
1.4	HT-paalujen mitat ja geometriset poikkileikkaussuureet.....	4
2.	Paalutyyppien valinta	6
2.1	Lyömällä asennettava vs. poraamalla asennettava HT-paalu	6
2.2	Paalutustyöluokka.....	6
3.	Paalujen suunnittelu.....	7
3.1	Suunnitteluprosessi	7
3.2	Kuormat ja mitoitusolot.....	7
3.3	Pohjatutkimukset	7
3.4	Geotekninen kestävyys	7
3.4.1	Mitoitusmenetelmät	7
3.5	Rakenteen kestävyys	8
3.5.1	Asennuksen aikainen kestävyys	8
3.5.2	Käytönaikainen kestävyys.....	8
3.5.3	Korroosio	8
3.6	Muuta huomioitavaa	8
3.7	HT90-HT320 mitoituslaskut.....	9
4.	Paaluperustuksen suunnittelu.....	11
4.1	Paalujen kiinnittyminen yläpuoliseen rakenteeseen	11
4.2	HT-paalujen keskiö- ja reunaetäisyydet	11
4.3	Kaltevuudet	11
4.4	Paalutustyön vaikutus jo asennettuihin paaluihin, muihin pohjarakenteisiin ja lähiympäristöön	11
5.	Paalutustyö.....	12
5.1	Paalujen vastaanotto työmaalla, tarkastus ja varastointi	12
5.2	HT-paalujen asentaminen lyömällä	12
5.2.1	Paalutuskalusto	12
5.2.2	Paalutustyön aloittaminen	12
5.2.3	Upotuslyönnit.....	12
5.2.4	Paalun jatkaminen.....	12
5.2.5	Tukipaalun lyönnin päättäminen	12
5.2.6	Kitkapaalujen lopetuslyönnit	12
5.2.7	Paalun katkaisu	12
5.2.8	Paaluhatun asennus	12
5.3	Paalutustyön johtaminen, laadunvalvonta ja mittaukset	13
5.4	Paalutustyön dokumentointi	13
6.	Työturvallisuus ja ympäristönsuojelu	13

1. HT-paalut

1.1 Paalutuotteiden vaatimustenmukaisuus

HTM Yhtiöt Oy:n teräspalkkipaalut ovat Paalutusohjeessa PO-2011 RIL 254-2011 paalumateriaaleille ja paaluvälineille esitettyjen vaatimusten mukaisia.

HT-paaluissa käytetty rakenneputki on CE-merkitty EN 10219-1 mukaisesti.

Pieniläpimittaisille HT-paaluille on myönnetty VTT:n sertifikaatti VTT-C-11214-14.

Suuriläpimittaisten HT-paalujen kalliokärjille on myönnetty Liikenneviraston käyttöluva 565/090/2010.

Kaikkien paalutuotteiden valmistus tehdään standardin EN1090-1 kohdan 6.3 ja EN1090-2 mukaisesti. Valmistuksen laadunvarmentajana toimii Inspecta, sertifikaatti nro 7731-01.

HT-paaluissa käytettävien paaluputkien teknisissä toimitusehdoissa ja valmistuksessa noudatetaan standardia EN10219-1/2.

Paalumateriaalista toimitetaan tarvittaessa standardin SFS-EN 10204 tyyppin 2.2 tai 3.1 mukainen aineistodistus.

1.2 Pienpaalut (HT90 – HT320)

1.2.1 Rakenne ja teräslaji

HT-paalun rakenne siihen kiinteästi sekä erikseen liittyvin varusteluosin on esitetty kuvassa 1.

Perusteräslajina HT-paaluissa on EN10219-1 mukainen S460MH. Paaluputken minimiäänvoima on 460 MPa.

HT-paaluihin saatavissa oleva lyöntipaalun mekaaninen ulkopuolinen holkki-jatkos kattaa paalukoot HT90-HT220.

Jatkokset täyttävät PO-2011 ja Eurokoodi EN 1993-5 Teräsrakenteiden suunnittelu, Teräspaalut, kansallisen liitteen jäykkäliitoksille asetetut vaatimukset.

HT-pienpaalut ovat tarvittaessa jatkettavissa myös hitsaamalla (lähinnä poraamalla asennettavat).

Paaluniput toimitetaan merkinnöin, joissa on mainittuina valmistaja, mittatiedot ja paaluputken teräslaji.

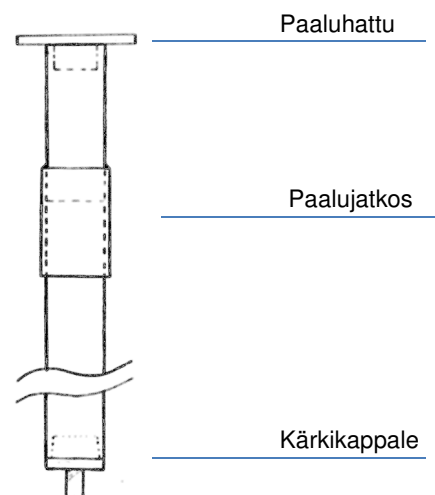
HT-paalujen sekä ilman jatkosholkkia toimitettavien paaluputkien varastopituudet on paaluilla HT90-HT140 6 metriä ja paaluilla HT140-HT320 12 metriä. Paaluputkia ja –elementtejä voidaan toimittaa tarvittaessa määrämittäisinä asiakkaan toiveiden mukaisesti.

1.2.2 Paalukärjet ja -hatut

Lyömällä asennettavaan HT-paaluun mekaanisesti kiinnitettävät maa- ja kalliokärjet ovat PO-2011 vaatimusten mukaisia. Karkearakeisissa, kiviä sisältävissä maakerroksissa sekä vinoon kalliopintaan tukeutuviissa paaluissa määrätään kärjeksi pääsääntöisesti kalliokärki, jonka karkaistu kärkitappi läpäisee kiviset maakerrokset tehokkaammin ja estää paremmin paalun luiskahtamisen sivusuuntaan kaltevalla kalliopinnalla.

Poraamalla asennettavaan HT-paaluun voidaan jo tehtäällä kiinnihitsata asiakkaan toimittama maakenkä / avarrinkruunu.

Ylärakenteiden kuormat siirretään paaluille yleensä paaluhatulla. Paaluhatuissa oleva keskitysholkki ohjaa paaluhatun keskeisesti paikalleen. Paaluhatun levyssä käytettävä teräslaji on S355J2. Paaluhatun mitoituskestävyysarvot R_d on esitetty taulukossa 1.



Kuva 1. Teräspaalun rakenne.

Taulukko 1.

Paaluhatun teräsosan kestävyys tasaisena pintakuormana Rd [kN]		
Paalutyyppi	Levyn koko	Kestävyys
HT90	150x15x15	490
HT115	200x200x20	890
HT125	200x200x20	890
HT140	250x250x25	1400
HT170	300x300x30	1950
HT220	300x300x30	2750
HT270	350x350x35	4100
HT320	450x450x40	4900

Taulukko 2.

Kalliojärkien kestävyys Rd,L [kN]		
Paalutyyppi	Karkaistu kärkitappi	Rakenneteräksinen kärkitappi
HT270	4 150	
HT320	5 000	
HT400	5 400	5 400
HT500	7 600	7 600
HT600	9 800	9 800
HT700	12 000	12 000
HT800	13 800	13 800
HT900	16 000	16 000
HT1000	17 900	18 500
HT1200	20 000	20 000

1.3 Suurpaalut (HT400 – HT1200)

1.3.1 Teräslaji ja rakenne

Hitsaamalla jatkettavien suuriläpimittaisten HT-paalujen yleisimmin käytetty teräslaji on S355J2H, mutta muitakin teräslajeja on tarvittaessa saatavilla.

HT-suurpaalut toimitetaan yleensä määrämittaishina.

Paalut toimitetaan merkinnöin, joissa on mainittu valmistaja, mittatiedot ja teräslaji.

1.3.2 Paalukärjet

Lyömällä asennettavat HT-suurpaalut ovat yleensä varustettu kalliojärjillä, joiden käytölle Liikennevirasto on myöntänyt käyttöluvan 565/090/2010. Kalliojärjen tehtävä on suojata paalun alapäästä asennuksen aikaisilta rasituksilta ja estää paalun sivusuuntainen liike. Kalliojärjet on varustettu pääsääntöisesti rakenneteräksisellä tai karkaistulla kärkitapilla.

Poraamalla asennettaviin HT-paaluihin voidaan jo tehtaalla kiinnihitsata asiakkaan toimittama maakenkä.

Taulukossa 2 on esitetty HT-suurpaalojen kalliojärkien mitoituskestävyysarvot.

1.4 HT-paalujen mitat ja geometriset poikkileikkaussuureet

HT-paalujen mitat ja geometriset poikkileikkaussuureet on esitetty taulukossa 3.



Taulukko 3.

HT-paalujen mitat ja poikkileikkaussuureet							
Paalutyyppi	Halkaisija	Seinämä					
	d	t	A	M	Wei	I	EI
HT90/6,3	88,9	6,3	1634,8	12,8	31,5	140,2	294
HT115/6,3	114,3	6,3	2137,5	16,8	54,7	312,7	657
HT115/8	114,3	8,0	2671,6	21,0	66,4	379,5	797
HT125/6,3	127,0	6,3	2388,9	18,8	68,7	436,2	916
HT140/8	139,7	8,0	3310,0	26,0	103,1	720,3	1513
HT140/10	139,7	10,0	4074,6	32,0	123,4	861,9	1810
HT170/10	168,3	10,0	4973,1	39,0	185,9	1564,0	3284
HT170/12,5	168,3	12,5	6118,3	48,0	222,0	1868,4	3924
HT220/10	219,1	10,0	6569,1	51,6	328,5	3598,4	7557
HT220/12,5	219,1	12,5	8113,2	63,7	396,6	4344,6	9124
HT270/10	273,0	10,0	8262,4	64,9	524,1	7154,1	15024
HT270/12,5	273,0	12,5	10229,8	80,3	637,2	8697,4	18265
HT320/10	323,9	10,0	9861,5	77,4	750,7	12158,3	25533
HT320/12,5	323,9	12,5	12228,6	96,0	916,7	14846,5	31178
HT400/12,5	406,0	12,5	15452,7	121,3	1474,8	29939,3	62873
HT500/12,5	508,0	12,5	19458,2	152,7	2352,6	59755,4	125486
HT600/12,5	610,0	12,5	23463,8	184,2	3434,6	104754,7	219985
HT700/12,5	711,0	12,5	27430,0	215,3	4707,3	167343,2	351421
HT800/12,5	813,0	12,5	31435,6	246,8	6195,8	251860,3	528907
HT900/12,5	914,0	12,5	35401,8	277,9	7871,1	359708,4	755388
HT1000/12,5	1016,0	12,5	39407,4	309,3	9766,2	496123,1	1041858
HT1200/12,5	1219,0	12,5	47379,1	371,9	14145,7	862181,1	1810580



2. Paalutyypin valinta

Kohteeseen parhaiten soveltuva paalutyyppi ja paalukoko valitaan mm. pohjasuhteiden, kuormitusten sekä ympäröivien rakenteiden perusteella.

Määrittämällä kohteeseen useampaa paalukokoa sekä -tyyppejä voidaan hankkeen perusratkaisut monesti optimoida mahdollisimman kustannustehokkaalla tavalla.

2.1 Lyömällä asennettava vs. poraamalla asennettava HT-paalu

Paalun asentaminen lyömällä on yleensä kustannustehokkain asennustapa. Niissä olosuhteissa joissa HT-paaluja ei ole kuitenkaan mahdollista asentaa lyömällä voidaan paalu monesti asentaa poraamalla. Poraamalla paalut voidaan asentaa lähes kaikissa maaperäolosuhteissa.

Haastavat olosuhteet, kuten isolohtokareiset paksut täytemaakerrokset, saattavat vaatia riskittömän asentamisen (paalun käyristymisen välttäminen) varmistamiseksi hieman suurempaa paalukokoa. Kitkamaakerroksien puuttuessa kalliopinnan päältä, kalliopinnan ollessa lähellä maanpintaa (<3...5m) tai sen ollessa kovin vino, on poraamalla asennettava HT-paalu varmin ratkaisu haluttaessa varmistaa paalun alapään riittävä tukeutuminen.

Valittaessa sopivaa paalukokoa on huomioitavaa, että poraamalla (ehjään kallioon) asennettavan HT-paalun kestävyysmitoitussarvo on pääsääntöisesti huomattavasti suurempi (jopa kaksinkertainen) kuin lyömällä asennettavan vastaavan kokoisien HT-paalun.

Paalukoon suurentuessa kasvaa myös lyömällä asennettavien HT-paalujen kyky tunkeutua kantaan maakerrokseen saakka. Kalliokärjellä varustettuna lyömällä asennettavan HT-paalun tunkeutumiskyky paranee huomattavasti ja riski sijainti- sekä kaltevuuspoikkeamiin vähenee. Samalla riski, etteivät paalut ulotu kantavaan maakerrokseen saakka tai paalut käyristyvät, vähenee huomattavasti.

2.2 Paalutustyyli

Valtaosa hankkeista määritetään kuuluviksi paalutustyyliin PTL2 tai PTL3.

Pientalokohteissa (HT90 – HT140) suositellaan pääosin käytettäväksi paalutustyyliä PTL2. Aluerakentamishankkeissa (suuret paalumäärät) tai pohjasuhteiden ollessa hankalat, saattaa olla tarpeellista käyttää paalutustyyliä PTL3.

Paalupisteiden määrän kasvaessa olennaisesti tai haluttaessa pienentää paalutuksen ympäristövaikutuksia käytettäessä lyömällä asennettavia HT-paaluja kannattaa harkita paalutustyyliä PTL3. Paalunkestävyyden suuremmasta mitoitusarvosta johtuen on mahdollista vähentää paalujen lukumäärää suurimmillaan jopa 20 % verrattuna PTL2:n.

HT-suurpaaluilla tulee kantavuuden varmistaminen tehdä aina dynaamisilla kuormituskokeilla ja paalutustyyliä on rakenteiden optimoinnin kannalta suositeltava käyttää PTL3.

Poraamalla asennettavilla HT-paaluilla suositellaan käytettäväksi alinta seuraamusluokan ja geoteknisen luokan sallimaa paalutustyyliä.

3. Paalujen suunnittelu

Eurokoodijärjestelmää noudatetaan talonrakentamisen kohteissa Ympäristöministeriön asetusten mukaisesti. Infratöissä noudatetaan myös Liikenneviraston ohjeistuksia.

Hankkeen pohjarakennesuunnittelija määrittää kohteen geoteknisen luokan (GL1, GL2 tai GL3), jonka valinta tehdään PO-2011 ja RIL 207 (Eurokoodi 7) mukaan. Paalutustyöluokka (PTL1, PTL2 tai PTL3) määräytyy geoteknisen luokan ja seuraamusluokan (CC1...CC3) mukaisesti.

3.1 Suunnitteluprosessi

Tavanomaisissa kohteissa, missä paaluihin kohdistuva kuormitus on pääasiassa aksiaalista, suunnitteluun kuuluu:

1. Paalutyypin valinta
 - pohjasuhteet
 - kuormitukset
 - ympäristö
2. Paalutustyöluokka
3. Paalujen geotekninen kestävyys $R_{d,geo}$
 - HT90 – HT320 tukipaaluilla loppulyöntiohjeet ja taulukot 4-6.
 - poraamalla asennettavilla HT-paaluilla geotekninen kestävyys ei yleensä ole mitoittava
 - dynaamiset koekuormitukset HT-suurpaaluilla
 - rakenteen jäykkyys
4. Paalujen rakenteellinen kestävyys $R_{d,rak}$
 - korroosiovara
 - loppulyöntiohjeet
 - HT270 – HT1200 rakenteellisen kestävyuden huomioiminen
5. Paalun kestävyuden mitoitusarvo
 - pienempi arvo ($R_{d,geo}$ vs. $R_{d,rak}$)
6. Mahdolliset siirtymät
7. Ympäristövaikutukset (paalutuksesta johtuva)
 - tärinä, melu, maan syrjäytyminen, huokosvesipaine ja pohjamaan tiivistyminen
8. Vaikutuksiin varautuminen
 - paalutyyppi
 - asennuksen suunnittelu
 - seurantamittaukset (tärinä jne.)
 - erikoistoimenpiteet
9. Paaluperustuksen rakennesuunnittelu
 - liitokset
 - toleranssit (sijainti ja kaltevuus)
 - korkeusasemat
 - keskiöetäisyydet

- etäisyys olemassa olevista rakenteista
- paaluanturan reunan etäisyys paalusta

10. Pohjarakennussuunnitelman tulosteet

- rakennusselostus
- paaluperustuspäiirustukset
- mitoituslaskelmat
- toteumapiirustus ("tarkkeet")

3.2 Kuormat ja mitoitusolanteet

RIL 201-1-2008 julkaisu sisältää soveltamisohjeiden standardin SFS-EN 1991 mukaiset kuormien mitoitusarvot. Kuormitukset jotka aiheutuvat maapohjan siirtymisestä, esim. negatiivinen vaippahankaus, mitoitetaan paaluun kohdistuvana pysyvänä kuormana.

3.3 Pohjatutkimukset

Talonrakentamisen pohjatutkimusten yleiset vaatimukset on esitetty PO-2011 ja infrahankkeiden vastaavasti Liikenneviraston voimassaolevissa ohjeissa. Lahirakenteet (putket, kaapelit, rakennukset yms.), niiden sijainti, kunto, perustamistapa sekä tärinäherkkyys tulee olla selvitettyinä riittävässä laajuudessa.

Pohjatutkimusraportissa tulee ilmetä seuraavat suunnittelun ja mitoituksen kannalta olennaiset asiat:

- maan suljettu leikkauslujuus
- korroosiovara
- arvioitu paalupituus (arvion peruste)
- asennukseen vaikuttavat pohjamaan ominaisuudet (kivisyys, täytöt, kallionpinnan kaltevuus yms.)
- kärkeityyppi
- negatiivinen vaippahankaus

3.4 Geotekninen kestävyys

3.4.1 Mitoitusmenetelmät

PO-2011 mahdollistaa teräspaaluja geoteknisen puristuskestävyyden määrittämisen usealla eri tavalla.

Iskuaaltoanalyysi

Lyömällä asennettaville HT90-HT320 paaluille paalutustyöluokissa PTL 1 ja PTL 2 on ensisijainen menetelmä iskuaaltoanalyysillä määritetyt loppulyönnit.

Dynaaminen koekuormitus

Soveltuu kaikissa paalutustyöluokissa kitka- ja tukipaaluille paalukooilla HT90-HT1200. PTL 3:ssa tulee aina käyttää dynaamisia koekuormituksia ja HT-suurpaaluilla (HT400-HT1200) on suositeltavaa tehdä koekuormituksia myös PTL 2:ssa.

Paalutuskäyttöä määritetty kestävyys

Paalutuskäyttöä käytetään PO-2011 mukaisesti paalutustyöluokissa PTL 1 ja PTL 2, kun paalutustyöhön käytetty lyöntilaite ei kykene mobilisoimaan riittävää murtokuormaa.

Pohjatutkimuksen perusteella määritetty kestävyys

Pohjatutkimuksen perusteella tehtävä geoteknisen kestävyden määrittäminen tehdään PO-2011 osan 1 ja kohdan 4.5.2.5 mukaan.

Staattinen koekuormitus

Käytetään pääasiassa puristus- ja vetopaalojen geoteknisessä mitoituksessa.

Taulukko 4.

Geoteknisen kestävyden mitoitusarvot Rd [kN]			
Paalutyyppe	PTL1	PTL2	PTL3
HT90/6,3	230	307	384
HT115/6,3	301	401	502
HT115/8	376	502	627
HT125/6,3	336	449	561
HT140/8	466	621	777
HT140/10	574	765	956
HT170/10	700	934	1167
HT170/12,5	862	1149	1436
HT220/10	925	1233	1542
HT220/12,5	1142	1523	1904
HT270/10	1163	1551	1939
HT270/12,5	1441	1921	2401
HT320/10	1389	1852	2314
HT320/12,5	1722	2296	2870

3.5 Rakenteen kestävyys

3.5.1 Asennuksen aikainen kestävyys

Lyömällä tai iskumaisella rasituksella asennetun paalun rakenteen ja paaluvarusteiden tulee kestää PO-2011 osa 1:n taulukon 4.19 mukaiset vaatimukset.

3.5.2 Käytönaikainen kestävyys

Paalun käytönaikainen kestävyys tulee tarkastaa Paalutusohjeen PO-2011 mukaisesti paalun rakenteen ja maan murtumisen suhteen.

Aksiaalisesti kuormitetun paalun nurjahduskestävyys lasketaan PO-011 kohdan 4.7.5 mukaisesti.

Kohdassa 4.10 on valmiiksi laskettuja rakenteen kestävyden mitoitusarvoja.

3.5.3 Korroosio

Korroosioksi tavanomaisissa olosuhteissa suojaamattomalle teräspaaluille maan sisällä arvioidaan olevan minimissään 1,2 mm paalun ulkopuolista syöpyvää pintaa kohden sadassa vuodessa. Sisäpuolinen korroosio voidaan jättää huomioimatta paalun alapään ollessa suljettuna tai paalun ollessa täytettynä betonilla. Suunnittelussa käytettävät suositellut korroosiovarat on esitetty standardissa 1993-5.

Tavanomaisista poikkeavissa olosuhteissa on syytä käyttää seinämäpaksuuden ylimitoitusta tai ulkopuolisia pinnoitteita.

3.6 Muuta huomioitavaa

Pystysuuntaiset siirtymät

Edellyttäen, että murtorajataarkastelut on tehty, ei tiiviiseen moreeniin tai kallioon tukeutuville teräspaaluille yleensä tarvitse tehdä painumien tarkastelua. Tarvittaessa paaluperustusten pystysuuntaiset siirtymät tarkastellaan PO-2011 kohdan 4.5.4 mukaan.

Negatiivinen vaippahankaus

Negatiivinen vaippahankaus (vaippakitka) tulee ottaa huomioon PO-2011 osan 1 kohdan 4.2.2.2 mukaisesti.

Poikittaiskuormitetut paalut

Poikittaiskuormitetujen paalojen suunnittelun tulee noudattaa soveltuvin osin PO-2011 osan 1 kohtien 4.3 ja 4.4 suunnittelusääntöjä.

Lyhyet paalut

Lyhin lyömällä asennetun HT-paalun pituus maassa on

HT90-HT220	1,5 m
HT270-HT320	2,0 m
HT400-HT600	2,5 m
HT700-HT1200	3,0 m

Paalun maassa olevan pituuden ollessa alle 5 metriä, tulee arvioida maan paalulle antavan sivuttaisen tuen riittävyys. Kalliokärkiä käyttämällä saadaan usein parannettua sivutuenta, paalujen kiinnittyessä paremmin kallioon. Poraamalla asennettavilla HT-paaluille ei ole vähimmäispituutta.

3.7 HT90-HT320 mitoitusaulukot

Taulukko 5.

Rakenteen puristuskestävyyden mitoitusarvot Rd [kN]								
Korroosio 1,2 mm		Suljettu leikkauslujuus						
Paalutyyppi	Alkutaipuma	5	7	10	15	20	30	50
HT90/6,3	Lcr/400	274	336	396	429	449	472	495
	Lcr/600	320	383	418	451	470	493	514
HT115/6,3	Lcr/400	421	511	551	589	611	638	664
	Lcr/600	489	539	580	617	639	663	686
HT115/8	Lcr/400	464	568	677	734	768	810	850
	Lcr/600	541	654	714	772	806	845	882
HT127/6,3	Lcr/400	504	587	629	670	694	721	749
	Lcr/600	572	619	662	701	724	749	773
HT140/8	Lcr/400	653	799	882	946	985	1030	1075
	Lcr/600	758	860	929	993	1030	1072	1112
HT140/10	Lcr/400	710	870	1056	1149	1205	1272	1338
	Lcr/600	829	1007	1115	1209	1265	1329	1389
HT170/10	Lcr/400	975	1194	1353	1456	1519	1592	1665
	Lcr/600	1134	1316	1426	1530	1590	1659	1724
HT170/12,5	Lcr/400	1057	1295	1604	1752	1842	1948	2054
	Lcr/600	1234	1501	1695	1846	1935	2038	2135
HT220/10	Lcr/400	1519	1766	1892	2013	2084	2167	2249
	Lcr/600	1720	1862	1990	2107	2174	2250	2322
HT220/12,5	Lcr/400	1654	2026	2280	2453	2556	2679	2799
	Lcr/600	1922	2219	2403	2576	2676	2790	2898
HT270/10	Lcr/400	2175	2333	2477	2611	2690	2782	2874
	Lcr/600	2294	2455	2598	2725	2798	2880	2960
HT270/12,5	Lcr/400	2391	2809	3014	3210	3326	3462	3595
	Lcr/600	2733	2962	3171	3362	3471	3595	3712
HT320/10	Lcr/400	2704	2879	3036	3182	3267	3367	3467
	Lcr/600	2848	3025	3177	3313	3390	3478	3564
HT320/12,5	Lcr/400	3177	3493	3720	3934	4059	4206	4352
	Lcr/600	3424	3679	3906	4110	4226	4358	4485

Taulukko 6.

Rakenteen puristuskestävyyden mitoitusarvot R_d [kN]								
Korroosio 2,0 mm		Suljettu leikkauslujuus						
Paalutyyppi	Alkutaipuma	5	7	10	15	20	30	50
HT90/6,3	Lcr/400	251	308	343	368	383	401	419
	Lcr/600	292	334	361	386	401	418	434
HT115/6,3	Lcr/400	388	444	475	504	522	542	562
	Lcr/600	433	468	499	528	544	562	580
HT115/8	Lcr/400	435	532	609	656	685	719	752
	Lcr/600	506	591	642	690	717	749	779
HT127/6,3	Lcr/400	464	509	542	573	591	613	634
	Lcr/600	499	536	569	599	616	635	653
HT140/8	Lcr/400	613	736	792	845	877	914	951
	Lcr/600	711	776	833	886	916	950	983
HT140/10	Lcr/400	675	827	975	1055	1104	1162	1219
	Lcr/600	787	943	1028	1110	1158	1212	1264
HT170/10	Lcr/400	929	1138	1247	1337	1391	1454	1516
	Lcr/600	1079	1217	1313	1403	1455	1513	1569
HT170/12,5	Lcr/400	1016	1245	1510	1641	1722	1817	1911
	Lcr/600	1185	1441	1593	1728	1808	1898	1984
HT220/10	Lcr/400	1451	1631	1741	1845	1907	1978	2049
	Lcr/600	1595	1719	1829	1930	1987	2051	2113
HT220/12,5	Lcr/400	1594	1952	2141	2296	2389	2498	2605
	Lcr/600	1850	2090	2255	2410	2498	2599	2695
HT270/10	Lcr/400	2014	2151	2276	2392	2460	2539	2618
	Lcr/600	2123	2262	2384	2493	2555	2626	2694
HT270/12,5	Lcr/400	2308	2644	2828	3003	3106	3227	3346
	Lcr/600	2579	2786	2972	3142	3239	3348	3453
HT320/10	Lcr/400	2499	2651	2787	2912	2986	3072	3159
	Lcr/600	2631	2783	2913	3029	3095	3171	3244
HT320/12,5	Lcr/400	3061	3284	3487	3678	3790	3921	4050
	Lcr/600	3227	3456	3658	3839	3942	4059	4171

4. Paaluperustuksen suunnittelu

4.1 Paalujen kiinnittyminen yläpuoliseen rakenteeseen

Yläpuolisen rakenteen ja paalun välinen liitos on mahdollista mitoittaa nivelenä. Ellei rakenteen suunnittelu tai paalujen kiinnittäminen muuta edellytä, tulee paalujen yläpään ulottua vähintään 50 mm yläpuoliseen betonirakenteeseen (useimmiten paaluanturaan).

Paalupituuden jäädessä alle 3 metrin, pyritään paalut aina kiinnittämään ylärakenteeseen jäykästi. Myös pitemmillä paaluilla voidaan kiinnittäminen toteuttaa jäykästi.

Aksiaalisesti puristetuissa HT-paaluissa voidaan käyttää taulukon 1 mukaisia vakiopaaluhattuja.

4.2 HT-paalujen keskiö- ja reunaetäisyydet

Suunnitelmissa esitettävät paalujen väliset minimikeskiöetäisyydet ovat seuraavat:

HT90-HT270	800 mm k/k
------------	------------

HT320	850 mm k/k
-------	------------

HT-suurpaaluilla (HT400-HT1200) etäisyydet ovat 1 000 mm-2 400 mm PO-2011 mukaisesti.

Lähimmän paalun ulkopinnasta tai paaluhatun reunasta tulee olla minimissään puolet paalun halkaisijasta tai paaluhatun sivumitasta paaluanturan ulko-reunaan. Suunnittelussa tulee huomioida mahdolliset asennuksen aiheuttamat sijaintipoikkeamat.

Minimietäisyydet muista rakenteista tulee aina huomioida tapauskohtaisesti ottaen huomioon mm. pohjasuhteet, paalutyyppi, paalutuskalusto ja mahdolliset lähirakenteiden rajoitukset.

4.3 Kaltevuudet

Paaluperustuksen vakavuutta saadaan lisättyä vinopaaluilla mutta vinopaaluja suunniteltaessa tulee huomioida mahdolliset maakerrosten muodonmuutosten paaluihin aiheuttamat rasitukset. Lisäksi tulee selvittää asennuskaluston ominaisuudet ja mahdollisuus asentaa paaluja poikkeuksellisiin kaltevuuksiin.

HT-paaluille sallittavat sijainti- ja kaltevuuspoikkeamat on esitetty PO-2011 osassa 2 kohdassa 4.4.

4.4 Paalutustyön vaikutus jo asennettuihin paaluihin, muihin pohjarakenteisiin ja lähiympäristöön

Rakennuskohteen pohjarakennustyöt (kaivu-, täyttö- ja paalutustyöt) tulee suunnitella ja suorittaa siten, etteivät ne vähennä aikaisemmin asennettujen paalujen kestävyyttä, eivätkä aiheuta vahinkoa tai haittaa rakennuspaikan lähiympäristössä. Erityistä huomiota tulee kiinnittää perustusten vahvistuskohteissa, joissa vahvistettava rakennus on usein jo valmiiksi vaurioitunut ja täten herkkä siirtymille ja tärinöille. Tarvittaessa on syytä suorittaa katselmus ennen paalutustyön aloittamista.



5. Paalutustyö

PO-2011 osan 2 kohdassa 5.1 on esitetty paalutus-työhön tarvittava aineisto, työ- ja laatusuunnitelma.

5.1 Paalojen vastaanotto työmaalla, tarkastus ja varastointi

Välittömästi paalojen sekä paaluvälineiden saapuesssa työmaalle tulee suorittaa silmämääräinen vastaanottotarkastus. Samalla tulee todeta toimituksen vastaavan tilausta. Mikäli paaloja ja paaluvälineitä on varastoitu työmaalla, tulee ennen asennuksen aloittamista varmistaa etteivät tuotteet ole vahingoittuneet käsittelyn tai varastoinnin yhteydessä. Virheellistä tai väärää tuotetta ei saa asentaa.

5.2 HT-paalojen asentaminen lyömällä

5.2.1 Paalutuskalusto

HT-paalojen asentamiseen soveltuvat seuraavat lyöntilaitteet:

- pudotus- ja hydraulijärkäleet
- hydrauliset ja paineilmapäivät
- muut lyöntilaitteet
- hydrauliset tunkit

Paalutuskoneiden vaatimuksia on esitetty PO-2001:n kohdassa 5.4.2.1

5.2.2 Paalutustyön aloittaminen

HT90-HT220 paalon päähän asennetaan esim. leikalla lyömällä suunnitelmien mukainen kärkikappale (maa- tai kalliokärki), jonka jälkeen paalu asennetaan tarkalleen suunnittelijan suunnitelmiin määrittämälle paikalle ja paalon pystysuoruutta tai kaltevuutta tarkastetaan esim. vatu-passilla asennuksen aikana. HT270-HT1200 paaluilla kärkikappale on kiinnitetty paaluun tehtaalla. Lyönnit tulee ohjata keskeisesti paalon päähän ja tarvittaessa käyttää paalon yläpäästä suojaavaa lyöntikappaletta.

5.2.3 Uputuslyönnit

Sopiva upotuslyönneissä käytettävä iskuenergia riippuu kohteen olosuhteista ja siten tehokkain iskuenergia / iskuluku löytyy kokeilemalla. Lyöntijännitykset eivät saa ylittää 90 % paalon myötörajan.

Riski pienpaalojen mekaanisten jatkosten avautumiseen vältetään käyttämällä pehmeissä maakerroksissa sellaista lyöntienergiaa, että painuma iskua kohti on kohtuullinen (noin 100 mm).

5.2.4 Paalon jatkaminen

Paalu voidaan asentaa joko jatkos ylöspäin tai alaspäin. Lyötäessä paalua jatkosholkki ylöspäin on suositeltavaa käyttää sovitekappaletta, joka välittää lyönnin jatkosholkin ohi suoraan paaluputkeen. Jatkosholkkia käytettäessä on varmistuttava, että holkkiin liitettävän putken pää on purseeton etenkin jos putki on katkaistu työmaalla. Holkin kiinni lyöminen on aloitettava varoen ja varmistuttava, että jatkettavat paaluputket ovat samassa linjassa toisiinsa nähden.

HT-suurpaalu ja poraamalla asennettavat paalut jatketaan hitsaamalla ja hitsauksen, tarkastuksen ja testauksen sekä niihin liittyvien toimintojen tulee täyttää PO-2011 mukaiset vaatimukset. Tarvittaessa sovelletaan standardin EN1090-1/2 ohjeita.

5.2.5 Tukipaalon lyönnin päättäminen

Tukipaalon lyönti voidaan lopettaa, kun paalon kärki on lähellä arvioitua tavoitetasoa ja kun ennalta määritetyt loppulyöntiehdot täyttyvät.

5.2.6 Kitkapaalojen lopetuslyönnit

Koepaalutuksessa kitkapaalu lyödään tavallisesti pohjatutkimuksen ja staattisten kantavuuskaavojen perusteella suunniteltuun tasoon ja/tai alustavasti arvioituun tai iskuaaltoteorian perusteella analysoituun lyöntitiukkuuteen. Karkearakeisissa maakerroksissa vaippavastus kehittyy yleensä alle viikossa, mutta siltipitoisessa maassa voi odotusaika olla huomattavasti pidempi. Dynaamisen koekuormituksen perusteella määritetään paaluille määräsyvyystaso ja/tai loppulyöntitiukkuus.

5.2.7 Paalon katkaisu

Paalon katkaisu voidaan tehdä esimerkiksi kulmahiomakoneella tai plasmaleikkaamalla, suunnitelman mukaiseen katkaisutasoon kohtisuoraan paalon pituusakselia vastaan. Katkaistun paalon suora-kulmaisuusvaatimus on yleensä <2%.

5.2.8 Paaluhattu asennus

Paaluhattu asennetaan paaluputkeen keskeisesti paaluhatussa olevan holkiputken avulla. Paaluhattu on suositeltava asentaa paikoilleen, ettei paaluputkeen joudu sinne kuulumattomia aineita. Etenkin isojen paaluputkien yhteydessä joihin liittyy puutoamisvaara on päiden suojaaminen tehtävä huolellisesti ja tarvittaessa paaluhattu on kiinnitettävä paaluun.

5.3 Paalutustyön johtaminen, laadunvalvonta ja mittaukset

Teräspaalutustyön johtaminen ja valvonta toteutetaan PO-2011 osan 2 kohdan 6.1 mukaisesti. Paalutustyönjohtaja vastaa laadunvalvonnasta ja siihen liittyvistä toimenpiteistä.

Materiaalien laadunvalvonnassa noudatetaan PO-2011 osan 2 kohtaa 6.1.2 ja niiden dokumentoinnissa PO-2011 osan 2 kohtaa 7.3

Seuranta- ja mittaustarkkailussa asentamisen ja tekemisen aikana noudatetaan PO-2011 osan 2 kohtaa 6.2 ja infrahankkeissa Liikenneviraston voimassa olevia ohjeita.

Asennetun HT-paalun suoruus tarkastetaan ja dokumentoidaan esimerkiksi ns. taskulamppumittauksella. Suoruuksivaatimukset alittavat paalut tulee ilmoittaa hankkeen vastaavalle pohjarakennesuunnittelijalle mahdollisia jatkotoimenpiteitä (esim. korvaavan paalun asentaminen) varten.

5.4 Paalutustyön dokumentointi

Kaikki paalutukseen liittyvät dokumentit kootaan talonrakentamisen hankkeissa rakennustyön tarkastusasiakirjaan PO-2011 osan 2 kohdan 7.1 mukaisesti. Infrahankkeissa noudatetaan vastaavasti Liikenneviraston voimassa olevia ohjeita tai hankekohtaisia ohjeita.

Paalutustyön dokumentoinnissa noudatetaan EN 1997-1 ja PO-2011 osa 2 kohtaa 7.2.

Paalutustyön valmistuttua laaditaan toteumapiirustus, jonka sisällön ja laatimisen osalta noudatetaan PO-2011 osan 2 kohtaa 7.4. Seuranta ja mittaustarkkailu dokumentoidaan PO-2011 osan 2 kohdan 7.3 mukaisesti.

6. Työturvallisuus ja ympäristönsuojelu

Työturvallisuudessa noudatetaan PO-2011 osan 2 kohtaa 8.

Paaluja käsiteltäessä tulee aina noudattaa voimassa olevia turvallisuusohjeita ja työmaan erityisvaatimuksia.

Teräspaaluja käsiteltäessä on käytettävä kypärää, suojakäsineitä ja suojavaatetusta.

Nostoissa ja siirroissa tulee käyttää vain hyväksytyjä nostoapuvälineitä. Nostoissa on varmistuttava, että välineitä käytetään ohjeiden mukaisesti. Roikuvan taakan alle ei saa mennä.

Nostovanteita ei saa käyttää tuotteiden nostamisessa. Vanteet ovat jännitettyjä ja katkaistaessa vannetta tulee noudattaa erityistä varovaisuutta.

Kylmään aikaan teräspaalut ja paaluniput voivat olla lumesta ja jäätä johtuen erittäin liukkaita.

