

OPAS SUJUVAAN PAALUTUSPROSESSIIN

Betoniteollisuus ry
Suomen geoteknillinen
yhdistys ry
Väylävirasto



BETONITEOLLISUUS ry

OPAS SUJUVAAN PAALUTUSPROSESSIIN

Julkaisija:

Betoniteollisuus ry

Suomen geoteknillinen yhdistys ry

Väylävirasto

Tekijä:

Jussi Kinnunen,

Pirkan Rakentajapalvelu Oy

Kannen kuva:

Jussi Kinnunen

Kustantaja:

Rakennustuoteteollisuus RTT ry

Unioninkatu 14

00130 Helsinki

ISBN 978-952-5351-24-8

Sisältö

1 Johdanto	2	Maanrakennusurakoitsija	38
2 Paalutusprosessi	4	<i>Työ- ja aikataulusuunnittelu sekä riskienhallinta</i>	39
Paalutusprosessin kulku ja prosessin osapuolet	5	<i>Paalutusalusta</i>	39
Prosessin osien yhteensovittaminen	8	<i>Työmaalogistiikka</i>	40
3 Pohjatutkimukset	10	<i>Paalujen katkaisu</i>	41
Lähtötiedot ja tietokannat	12	<i>Työturvallisuus</i>	42
Pohjatutkimusohjelma	13	Paalutusurakoitsija	42
Kenttätutkimukset	15	<i>Työ- ja aikataulusuunnittelu sekä riskienhallinta</i>	42
Laboratoriotutkimukset	16	<i>Työturvallisuus</i>	43
Koepaalutukset	17	<i>Paalutilaus, -toimitukset ja logistiikka</i>	43
4 Tilajaat ja rakennuttajakonsultit	20	<i>Paalujen paikalleen mittaus ja lähtötiedot</i>	43
Hankemuodot ja organisointi	21	<i>Paalutustyö</i>	44
Aikataulu	22	<i>Vinopaalut</i>	44
Työturvallisuus	23	<i>Toteutuspoikkeamat työmaalla</i>	44
Tarjouspyynnöt	23	<i>Laadunvarmistus</i>	45
Pohjatutkimuksien tilaus	24	<i>Dokumentointi</i>	45
Suunnitelmien ja toteutuksen yhteensovittaminen	24	7 Materiaalivalmistajat ja -toimittajat	46
Dokumentaatio ja tiedon arkistointi	25	Teräsbetonipaalujen rasisitusluokat	47
5 Suunnittelijat	26	Tarjouspyyntö	48
Geosuunnittelu	27	Aikataulu	48
<i>Geosuunnittelu</i>	27	Paalujen tilaus	49
<i>Säilyvyysuunnittelu</i>	28	Paalujen toimitus ja käsittely työmaalla	49
<i>Ympäristövaikutukset</i>	30	<i>Toimituksen käynnistäminen</i>	49
<i>Toteutuksenaikaiset suunnitelmien muutokset</i>	30	<i>Toimituslauseke</i>	49
Rakennesuunnittelu	31	<i>Työturvallisuus</i>	49
<i>Rakennesuunnittelu</i>	31	<i>Kuormakoko</i>	50
<i>Mittauksien lähtötiedot</i>	32	<i>Työmaaolosuhteet</i>	50
<i>Ympäristövaikutukset</i>	33	<i>Kuormatoimituksen vastaanotto</i>	50
<i>Suunnitelmien yhteensovittaminen</i> ..	34	<i>Kuljetuskustannukset työmaalla</i>	51
<i>Toteutuksenaikaiset suunnitelmien muutokset</i>	34	Koepaalutus	51
Muut tekniikkalajit	35	8 Yhteenveto, yhteistyö ja tiedonkulku ...	52
6 Urakoitsijat	36	Lähteet	54
Pääurakoitsija	37	Liitteet	
<i>Aikataulusuunnittelu ja työvaiheiden yhteensovittaminen</i> ...	37	Liite 1: Junttan PMx22, 1924, konekohtaiset kallistustaulukot	56
<i>Tarjouspyynnöt</i>	38		
<i>Työturvallisuus</i>	38		

1 Johdanto

Paalutusalan toimikunnissa, seminaareissa ja koulutuksissa sekä useissa keskusteluissa eri toimijoiden välillä on havaittu selkeitä ja usein toistuvia haasteita tai ongelmia paalutusta koskevassa paalutusprosessissa, mihin on kaivattu opastusta, kehitystä ja parempia toimintatapoja. Paalutusprosessissa on useita osapuolia, jotka eivät aina tiedä, mitä toisen osapuolen pitäisi tehdä, miten asiat tulisi tehdä ja minkä takia. Asian tiimoilta kehittyi ajatus kirjoittaa asiasta opas, jossa informoidaan prosessin eri osapuolia muiden osapuolien toiminnasta ja lisätään yleisesti tietoisuutta paalutuksesta ja sen mahdollisista kehityskohdista.

Tämän oppaan tarkoituksena onkin paneutua näihin esiin nousseisiin ongelma-kohtiin ja pyrkiä parantamaan ja tehostamaan paalutusprosessia sekä lisäämään prosessin osapuolien tietämystä koko paalutusprosessista. Esitetyt kehitystoimet ja näkökohdat huomioituna paalutusprosessia voidaan parantaa ja samalla lisätä työturvallisuutta, vähentää paalutuksen aiheuttamia ympäristövaikutuksia, säästää rahaa, tehostaa prosessin läpivientä ja erityisesti parantaa rakentamisen laatua.

Oppaan tarkoituksena on esitellä paalutusprosessia hankkeiden eri osapuolille. Oppaassa käsitellään eri osapuolina tilaajat, rakennuttajakonsultit, suunnittelijat, urakoitsijat sekä materiaalivalmistajat ja -toimittajat. Suunnittelijaosiossa on tarkoitus keskittyä geo- ja rakennesuunnitteluun, mutta myös muiden tekniikkalajien huomioon otettavia seikkoja on esitelty. Urakoitsijaosiossa käsitellään pääurakoitsija, maanrakennusurakoitsija sekä paalutusurakoitsija.

Oppaan luvussa 2 esitellään paalutusprosessi ja prosessin osapuolet. Luvussa käsitellään myös prosessin osien yhteensovittamista. Luvussa 3 käsitellään pohjatutkimuksia prosessin eri osapuolien kannalta ja erilaisista näkökulmista. Luvuissa 4–7 käsitellään tilaajia ja rakennuttajakonsultteja, suunnittelijoita, urakoitsijoita sekä materiaalivalmistajia ja -toimittajia. Näissä luvuissa on pyritty käsittelemään kaikki prosessin eri osapuolet ja juuri heitä koskevat paalutusprosessin kehityskohdat kattavasti. Lopuksi on tehty yhteenveto oppaan asioista ja paneuduttu vielä osapuolien väliseen yhteistyöhön ja tiedonkulkuun. Lukujen 2–7 alussa on infolaatit, joissa on tiivistetysti pyritty kertomaan kappaleen tärkeimmät asiat.

Oppaassa on keskitytty nimenomaan paalutukseen ja paalutusprosessiin, joten oppaassa käsitellyt asiat on esitetty vain tältä näkökulmalta. Paalutus liittyy vahvasti kaikkeen muuhun rakennuskohteella tehtävään maa- ja pohjarakentamiseen

sekä suunnitteluun, joten tärkeimmät rajapinnat suunnitteluun ja toteutukseen onkin oppaassa esitelty. Muutoin oppaassa on pyritty keskittymään vain paalutukseen ja paalutukseen liittymättömiä asioita ei ole erikseen esitelty ja avattu. Opas on kirjoitettu etupäässä lyötävien teräsbetonipaalujen näkökulmasta, mutta oppaan periaatteet pätevät myös muille paalutyypeille ja paalujen asennustavoille.

Oppaassa on käytetty lähteenä Rakennusinsinööriliiton RIL-ohjeita, erityisesti Paalutusohjetta PO-2016, sekä Väyläviraston julkaisuja ja ohjeita (<https://vayla.fi/tietoa-meista/julkaisut>). Viittauksia ei ole erikseen tehty kaikissa oppaan kohdissa, vaan teksti on tarkoituksella haluttu pitää mahdollisimman helppolukuisena ja lähteet on listattu oppaan lopussa linkkien ja lisämateriaalin kanssa.

Oppaan taustaksi on haastateltu ammattilaisia kaikista hankkeen eri osapuolista. Haastateltaviksi on valikoitu ammattilaisia erilaisella taustalla ja kokemuksella, jotta oppaaseen saatiin monipuolisesti erilaisia näkemyksiä paalutusprosessista ja sen kehittämiskohteista. Haastatteluihin ei ole erikseen viitattu eikä niitä ole taltioidu, vaan haastattelujen tarkoituksena on ollut löytää paalutusprosessin kehityskohteet ja nostaa esiin ammattilaisten havaitsemat paalutukseen liittyvät haasteet ja ongelmat hankkeissa.

Oppaan työryhmä on koostunut kattavasta joukosta alan ammattilaisia erilaisilla taustoilla ja toimenkuvilla. Oppaan kirjoitusprosessin aikana opas on ollut kommenttikierroksella Suomen Geoteknillisen yhdistyksen paalutustoimikunnassa, Betoniteollisuus ry:n paaluvaliokunnassa ja joukolla alan ammattilaisia. Oppaan on rahoittanut Betoniteollisuus ry, Väylävirasto ja Suomen Geoteknillinen yhdistys.

Oppaan kirjoittajana on toiminut Jussi Kinnunen, Pirkan Rakentajapalvelu Oy, opastyöryhmän ohjauksessa.

Opastyöryhmään kuului:

Veli-Matti Uotinen, Väylävirasto

Mirva Koskinen, Helsingin kaupunki

Reijo Mustonen, HTM Oy

Olli Asp, A-Insinöörit Oy

Henri Kiiski, YIT Infra Oy

Raimo Isopahkala, Niskasen Maansiirto Oy

Ari Mantila, Betoniteollisuus ry

2

Paalutusprosessi

- Paalutusprosessin osapuolia ovat tilaajat ja rakennuttajakonsultit, pohjatutkijat, suunnittelijat, urakoitsijat sekä materiaalivalmistajat ja -toimittajat.
- Tulevan rakenteen mitat, kuormat sekä käytettävissä olevat tilat rakentamiselle yhdessä rakentamiskohteen pohjaolosuhteiden kanssa määrittelevät paalutuksen tarpeen.
- Perustamistavan on oltava kohteeseen oikeanlainen ja suunnittelun tulee perustua luotettaviin lähtötietoihin rakennuspaikan pohjaolosuhteista.
- Heti suunnittelun alkuvaiheessa on tarpeen selvittää kohteen pohjaolosuhteet. Vanhojen tutkimuksien selvitys tehdään tietokannoista.
- Suunnitelmien tulisi olla riittävän laadukkaita jo tarjouspyyntöjä lähetettäessä.
- Tilaajan tehtävänä on varmistaa ja toimittaa suunnitelmat, joilla paalutilaukset voidaan tehdä.
- Oikea hankintamuoto ja tilaustapa paalutuksen suhteen säästää tilaajalta rahaa ja vähentää paaluhukkaa.
- Noin viikkoa ennen paalutuksen aloitusta työmaalla pidetään aloituskatselmus, jolla varmistetaan, että valmius työmaalla on sellainen, että paalutustyöt voidaan suorittaa turvallisesti ja laadukkaasti. Paalujen mittauksia ja merkintöjä varten myös lähtötiedot on oltava riittävän ajoissa.
- Paalutustyön aikana tarvitaan työnaikaisia suunnittelupalveluita geo- ja rakennesuunnittelijalta.
- Ympäristövaikutusten ja CO₂-päästöjen näkökannalta paalutusprosessin jokaisessa vaiheessa voidaan vaikuttaa merkittävästi päästöjen suuruuteen.
- Prosessin osapuolien tulisi keskustella laajemmin keskenään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Keskusteluihin tulisi pyrkiä ottamaan mukaan useampi prosessin osapuoli.

Paalutusprosessilla tarkoitetaan prosessia, jossa aluksi paalutuksen tarve määritellään, paalutus suunnitellaan, paalutustyö suoritetaan ja lopputuloksena on valmis, dokumentoitu, paalutus. Prosessin osapuolina ovat tilaajat ja rakennuttajakonsultit, pohjatutkijat, suunnittelijat, urakoitsijat sekä materiaalivalmistajat ja -toimittajat.

Prosessi alkaa tilaajan tarpeella rakennettavalle rakenteelle tai rakennukselle tiettyyn kohteeseen. Tilaajan tarvetta seuraa prosessissa tutkimus- ja suunnitteluvaihe, joka alkaa pohjatutkimusvaiheesta ja päättyy valmiisiin toteutussuunnitelmiin. Prosessi päättyy urakoitsijavalintojen ja paalutustyön toteutuksen jälkeen, kun paalujen varaan rakennettavan rakenteen rakentaminen alkaa dokumentoidun paalutustyön jälkeen.

Tulevan rakenteen mitat, kuormat sekä käytävissä olevat tilat rakentamiselle yhdessä rakentamiskohteen pohjaolosuhteiden kanssa määrittelevät paalutuksen tarpeen. Pohjatutkimuksien perusteella määritetään paalutuksen tarve kohteen maaperän näkökulmasta ja tehdään varsinainen paalutuksen geotekninen ja rakenteellinen suunnittelu yhdessä muiden tekniikkalajien suunnittelun kanssa. Tässä kohtaa voidaan jo korostaa pohjatutkimuksien riittävän ja laadukkaan toteutuksen tarpeellisuutta, koska tutkimuksien tuloksien perusteella määritetään rakennuksen tai rakenteen perustamistapa, joka vaikuttaa merkittävästi hankkeen kustannuksiin ja rakenteen toimintaan koko käyttöiän ajan. Eli perustamistavan on oltava kohteeseen oikeanlainen ja suunnittelun tulee perustua luotettaviin lähtötietoihin rakennuspaikan pohjaolosuhteista.

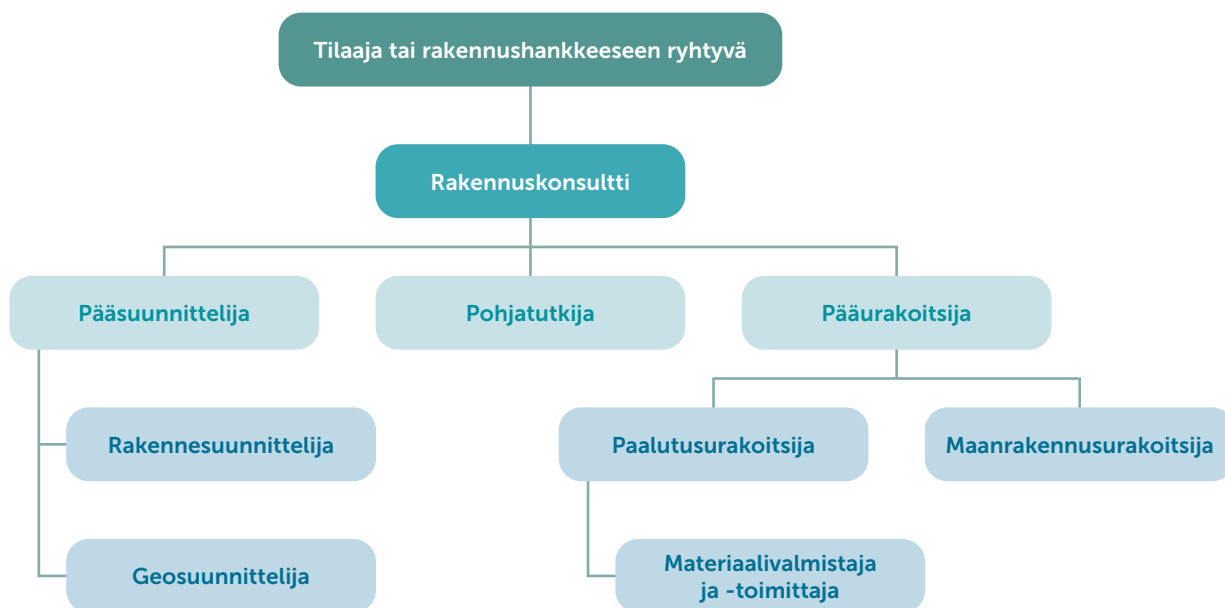
Paalutuksen tekeminen jälkikäteen olemassa olevan rakennuksen sisällä tai välittömässä läheisyydessä, eli perustusten vahvistaminen paalutuksella, on äärimmäisen kallista ja hidasta, joten sitä on syytä välttää kaikin keinoin, jos mahdollista. Myös perustamistavan vaihtaminen kesken rakentamisprosessin on kallista ja luo usein merkittäviä aikatauluviiveitä hankkeelle.

Paalutusprosessin kulku ja prosessin osapuolet

Paalutusprosessi alkaa uuden rakennuksen tai rakenteen tarpeesta hankitulle tai hankittavalle rakennuspaikalle. Prosessi lähtee käyntiin siis tilaajan tai rakennushankkeeseen ryhtyvän toimesta. Tilaaja tai rakennushankkeeseen ryhtyvä on voinut myös palkata rakennuttajakonsultin hoitamaan omia velvoitteitaan ja edustamaan itseään eli tilaajaosapuolta. Kuvassa 1 on esitetty yksi tavanomainen prosessin osapuolien järjestäytymiskaavio.

Tilaajaosapuoli valitsee kohteeseen osaavat suunnittelijat ja nimeää pääsuunnittelijan vastaamaan suunnittelusta kokonaisuudessaan. Heti suunnittelun alkuvaiheessa on tarpeen selvittää kohteen pohjaolosuhteet. Rakennuspaikalle tai sen läheisyyteen on mahdollisesti tehty pohjatutkimuksia jo aikaisemmin, joten näiden olemassaolo on hyvä selvittää aluksi kaupungilta tai tietokannoista. Aikaisempien tutkimuksien tuloksia on järkevää ja kustannustehokasta käyttää hyödyksi tehtäessä tutkimusohjelmaa uusista pohjatutkimuksista. Vanhojen tutkimustuloksien perusteella voidaan arvioida mahdollisia perustamistapoja, valita parhaiten kohteeseen soveltuvat pohjatutkimusmenetelmät sekä määritellä uusien tutkimuksien tarvetta tarkemmin. Arvioitaessa perustamistapaa on tiedossa oltava arviot tulevan rakenteen mitoista ja kuormista.

Paalutusprosessissa suunnittelu on tehtävä määräysten mukaan ja siitä vastaa pääsuunnittelija sekä vastaava pohjarakennesuunnittelija. Vastaavan pohjarakennesuunnittelijan on oltava perehtynyt paalutuksiin ja paaluperustuksien suunnitteluun. Pohjatutkimuksien suunnittelussa, tulkinnessa ja raportoinnissa on noudatettava standardia SFS-EN 1997-2 ja Väyläviraston sekä ELY-keskusten kohteissa Liikenneviraston ohjetta LO10/2015 geotekniset tutkimukset ja mittaukset. Vastaava pohjarakennesuunnittelija varmistaa, että käytettävät tutkimusmenetelmät ovat soveltuvia, tutkimusten laajuus on riittävä ja tutkimuspisteiden sijainti on sopiva.



Kuva 1. Paalutusprosessin osapuolet.

Pohjatutkimuksien jälkeen aloitetaan varsinainen geo- ja rakennesuunnittelu saatujen tutkimustuloksien perusteella. Suunnittelun edetessä tehdään tarvittaessa lisätutkimuksia. Kohteen suunnitelmat tehdään valmiiksi tarjouslaskentaa ja urakkakilpailutusta varten. Paalutusprosessin kannalta on tärkeää todeta suunnittelun alkuvaiheessa, tarvitaanko kohteessa paalutuksia ja miksi muut perustamistavat eivät sovellu kohteeseen. Prosessin alkuvaiheessa on syytä laatia myös rakennusprojektille budjetti ja aikataulu, jotka on syytä tehdä mahdollisimman realistisiksi heti alkuvaiheessa, jolloin suurilta yllätyksiltä voidaan välttyä ja kaikki osapuolet pystyvät suorittamaan roolinsa ja tehtävänsä vaatimat toimet järkevässä aikataulussa.

Urakkakilpailutusvaiheessa, jossa urakkamuotona voi olla kokonaisurakka, ST- tai KVR-urakka ja erilaiset yhteistoimintamallit kuten allianssi, tilaaja tai rakennuttajakonsultti lähettää tarjouspyynnöt kohteista pääurakoitsijoille. Paalutusurakoista tarjouspyynnöt polveutuvat paalutusurakoitsijoille pääurakoitsijoiden tai maanrakennusurakoitsijoiden kautta. Usein pääurakoitsija kysyy ja hankkii paalutuksen suoraan paalutusurakoitsijalta, mutta mah-

dollista on toki, että tilaaja kysyy tarjouksen ja hankkii paalutuksen suoraan paalutusurakoitsijalta. Joissakin tapauksissa pääurakoitsijat voivat lähettää maanrakennusurakasta ja paalutuksesta laajemman tarjouspyyntöpakettin maanrakentajille, jolloin maanrakennusurakka sisältää myös kohteen paalutukset. Näissä tapauksissa tarjouskyselyt polveutuvat kohteen varsinaisista pääurakkakyselyistä ensin maanrakentajille suunnatuista maanrakennusurakkakyselyistä ja vasta sitä kautta paalutusurakoitsijoille varsinaisena paalutusurakkakyselynä. Maanrakennus- ja paalutusurakassa on usein paljon rajapintoja ja limittäin tehtäviä työvaiheita, joten monesti voi olla perusteltu tapa yhdistää ja hankkia nämä urakat yhdeltä toimijalta, eli tässä tapauksessa maanrakentajalta, joka koordinoi maanrakennusta ja paalutusta kokonaisuutena.

Paalutusurakoitsija kysyy tarjousvaiheessa tarjouksen materiaalivalmistajalta ja -toimittajalta kohteen paaluista ja paaluvälineistä. Paalutusurakoitsijalla on käytössä paalutarjousta kysyttäessä samat tiedot, jotka hän on saanut omassa tarjouspyyntökyselyssään. Materiaalivalmistajalle ja -toimittajalle tulee useimmiten

siis sama tieto, joka ketjun alkupäässä on lähtenyt liikkeelle, mikäli kaikki ketjun osapuolet ovat jakaneet samat tiedot eteenpäin tarjouspyyntökyselyitä laatiessaan. Tästä syystä suunnitelmien tulisi olla riittävän laadukkaita tarjouspyyntöjä lähetettäessä ja suunnitelmat tulisi olla tarkastettu ristiin RAK- ja GEO-suunnitelmien osalta, ettei niissä esiinny ristiriitaisia tietoja.

Urakoitsijakilpailutuksen ja -valinnan jälkeen paalutusurakoitsija tekee materiaalitulaukset materiaalivalmistajalta ja -toimittajalta tilaajaltaan saamien tietojen perusteella. Paalutitulaukset voidaan erityistapauksissa tehdä ilman toteutussuunnitelmia, jos on tieto paaluista (tyyppi, määrä ja laatu) jo laskentavaiheen perusteella, eikä toteutussuunnitelmiin tule muutoksia laskentavaiheessa. Tilaajan tehtävänä on varmistaa ja toimittaa suunnitelmat, joilla paalutitulaukset voidaan tehdä.

Vaihtoehtoisesti tilaaja, pääurakoitsija tai maanrakennusurakoitsija voi tilata ja hankkia paalumateriaalit, jolloin paalutusurakoitsija suorittaa vain varsinaisen paalujen asennustyön. Suositeltavaa on kuitenkin, että paalutusurakoitsija tekee myös paaluhankinnat, koska hänellä on usein paras tieto ja taito hankkia paalut ja sopia päivittäiset toimitukset, jolloin vältetään useampi välikäsi tilaus- ja toimitusvaiheessa sekä puutteet muun muassa tiedonkulussa tilauksia ja toimituksia tehtäessä. Oikea hankintamuoto ja tilaustapa paalutuksen suhteen säästää tässä kohtaa useimmiten tilaajalta rahaa ja vähentää paaluhukkaa, eli pienentää myös paalutuksen aiheuttamaa ympäristökuormitusta.

Pääurakoitsija tai tilaaja johtaa yhteistä työmaata, aikatauluttaa työvaiheet ja toimittaa tarvittavat toteutussuunnitelmat riittävän ajoissa ennen työvaiheen alkamista. Toteutussuunnitelmien perusteella valmistellaan työmaa paalutuksia varten. Ennen paalutuksen aloitusta, noin viikkoa ennen on syytä pitää työmaalla aloituskatselmus ja varmistaa, että olosuhteet ja valmius työmaalla ovat sellaiset, että paalutustyöt voidaan suorittaa turvallisesti ja laadukkaasti. Paalujen mittauksia ja merkintöjä varten myös lähtötiedot on oltava riittävän ajoissa ennen

työn aloitusta. Edellytyksenä paalutustyön aloitukselle on myös mahdollisuus toimittaa paalut työmaalle turvallisesti. Aloituskatselmuksen perusteella voidaan vielä tehdä tarvittavia korjaustoimenpiteitä työmaalla, jotta työ voidaan aloittaa sovittuna ajankohtana ongelmitta.

Paalutustyön aikana voidaan tarvita työnaikaisia suunnittelupalveluita geo- ja rakennesuunnittelijalta. Geosuunnittelija voi joutua työn aikana arvioimaan esimerkiksi paalujen kärkien tavoitetasoja ja paalujen geoteknisen kestävyysarvoja uudelleen. Lisäksi geosuunnittelija voi joutua pohtimaan kohteen pohjaolosuhteita ja tarkastelemaan vaihtoehtoisia paalujen asennustapoja, jos havaitaan esimerkiksi täytötkerroksia, joita ei ongelmitta voida läpäistä lyöntipaalulla. Geosuunnittelijalle kuuluu lisäksi haastavissa kohteissa seurantamittaustarpeiden määrittäminen esimerkiksi tärinöiden, siirtymien, huokosvedenpaineen nousun suhteen sekä näiden mittaustuloksien seuranta ja analysointi rakentamisen aikana. Rakennesuunnittelija voi joutua määrittämään korvaavien paalujen paikkoja katkenneiden paalujen tilalle tai arvioimaan paalujen tarke- ja koekuormitustietojen perusteella tarvetta lisäpaaluille.

Paalujen toimituksien ja asennuksien jälkeen paalut katkaistaan ja paaluille tehdään tarkemittaukset paalujen katkaisun jälkeen. Toki rakennuskohteessa noudatetaan aina kohdekohtaista työselostusta ja laatuvaatimuksia, joissa on voitu määrittää myös tarkempia ohjeita paalujen sijainti- ja tarkkailumittauksista paalutustyön aikana. Katkaistut paalun pätkät kerätään pois paalutetulta pohjalta ja suunnittelija tarkastaa paalutuspöytäkirjat, tarkemittauksiedot ja mahdolliset koekuormitus- ja ehjyysmittausraportit ja hyväksyy paalutuksen tai määrittää tarvittavat lisätoimet, esimerkiksi lisäpaalut. Katkaistut paalun pätkät toimitetaan kierrätykseen tai joissakin tapauksissa paalun pätkiä voidaan käyttää paalulaattojen reunamuotteina tai muutoin hyödyksi työmaalla.

Väyläviraston ja ELY-keskusten hankkeissa urakoitsija tuottaa laatudokumentaation ja tekee paalutuksen itselleluovutuksen. Valvoja sekä

rakenne- ja geosuunnittelija tarkastavat paalutusaineiston ja lopullisesti paalutustyö hyväksytään koko hankkeen tai urakan vastaanotossa. Suunnitelmasta tai laatuvaatimuksista poikkeaminen tulee aina raportoida, eli tehdään poikkeamaraportti ja poikkeamat aina hyväksytään tilaajalla. Laadunosoitus Väyläviraston ja ELY-keskusten hankkeissa on kuvattu ohjeessa VO44/2020 Väylähankkeen laadunosoitus, laatu-prosessin kuvaus.

Paalutusprosessista jää jäljelle käytännössä dokumentaatio paalutuksesta, eli paalutus-pöytäkirjat, tarkemittaustiedot, havainnot paalujen asennuksesta ja materiaalitodistukset. Lisäksi työmaalla on nähtävissä katkaistut paalujen päät maan pinnalla. Muutoin kaikki muu on maan alla, eikä paalutuksia voida myöhemmin enää samalla tavalla tarkastella kuin asennusvaiheessa. Tämän takia myös huomiot ja havainnot paalujen asennuksessa on tärkeä kirjata ylös, koska niistä voi myöhemmin olla paljon apua. Tämä korostaa dokumentaation tärkeyttä paalutusprosessissa. Koko paalutusprosessin kulku alusta loppuun on esitetty kuvassa 2.

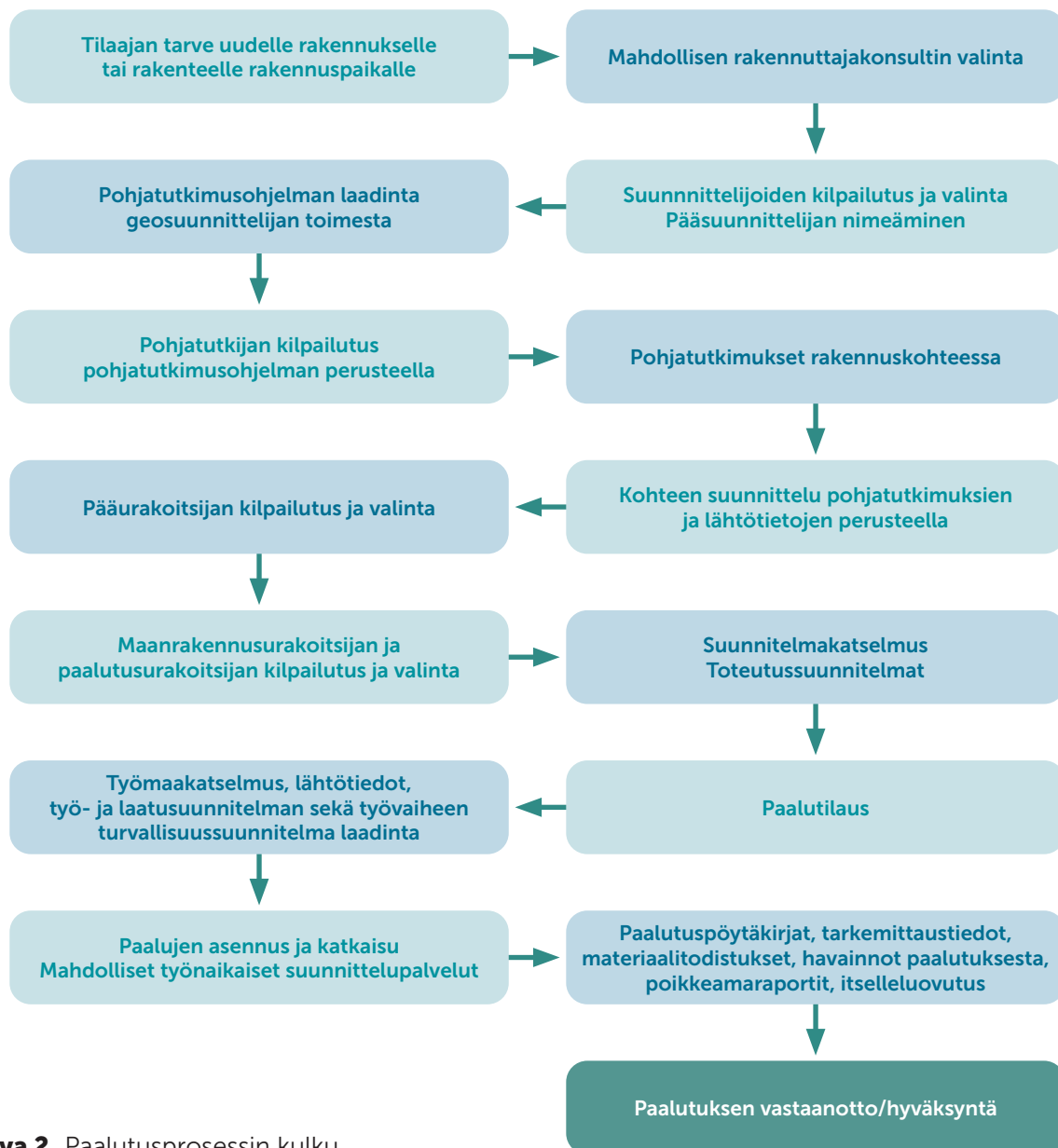
Ympäristövaikutusten ja CO₂-päästöjen näkökannalta paalutusprosessin jokaisessa vaiheessa voidaan vaikuttaa merkittävästi päästöjen suuruuteen. Tilaaja voi hanketta suunnitteluttaessaan vaikuttaa rakenneratkaisuiden ja materiaalien valinnalla päästöihin. Tilaaja voi myös pohjatutkimuksia tilatessa vaikuttaa merkittävästi suunnittelijoiden käytettävissä olevan tiedon määrään sekä laatuun ja siten vaikuttaa suunnittelun laatuun sekä varmuuteen. Paalutukset voidaan suunnitteluvaiheessa suunnitella järkevästi, jolloin paalutukset on optimoitu paalutyypin, -laadun, -kuormien, käyttöiän sekä määrien suhteen tehokkaaksi kokonaisuudeksi. Paaluja valmistettaessa raaka-aineiden toimitukset, raaka-ainemäärät, valmistusprosessin tehokkuus ja kuljetusmatkojen optimointi vaikuttavat merkittävinä tekijöinä koko prosessin päästöihin. Lisäksi voidaan käyttää paaluja, joiden CO₂-päästöt ovat normaalipaaluja alhaisempia, mutta näiden paalujen pidempi toimitusaika tulee huomioida.

Urakoitsija voi paaluja tilatessa ja työmaalla paaluja asentaessa optimoida paalupituuksia, käyttää vähempipäästöisiä koneita työmailla sekä pyrkiä kehittämään suunnitelmia ja ratkaisuja ennakkoon. Myös pääurakoitsija ja maanrakennusurakoitsija voivat omilla toimillaan vähentää ympäristövaikutuksia, kun esimerkiksi paalutusalueet ovat kunnossa, oikeassa tasossa ja kantavat paalutuskoneen ja paalurekat ongelmitta. Tällöin ei synny turhaa paaluhukkaa, ei tehdä työmaalla turhia maa-leikkauksia tai -täyttöjä, ei ajeta maata turhaan työmaalle tai työmaalta pois. Paalutusmestojen kunnollisuus tehostaa prosessia ja nopeuttaa työtä, koska paalutuskoneet, kaivinkoneet ja paalurekat eivät joudu odottamaan työmaalla ja käymään turhaa joutokäyntiä.

Prosessin osien yhteensovittaminen

Prosessin osapuolet nivoutuvat yhteen koko paalutusprosessin aikana, mutta selkeinä pareina prosessin eri vaiheissa toimivat tilaajataho ja suunnittelijat, tilaaja ja pääurakoitsija, suunnittelijat ja pääurakoitsija, maanrakentaja ja paalutusurakoitsija sekä paalutusurakoitsija ja materiaalitoimittaja. Toki kaikkien tahojen pitäisi keskustella asioista yhdessä, mutta usein vuoropuhelu toimii näiden esitettyjen parien välillä.

Ongelmana voidaankin nähdä se, että prosessissa kriittiset osapuolet eivät yleensä keskustele keskenään riittävän ajoissa. Kyse ei useinkaan ole halusta olla keskustelematta vaan se, että eri osapuolet selviävät vasta urakoitsijavalintojen jälkeen. Paalutusurakoitsija keskusteleee suunnittelijan kanssa vasta toteutusvaiheessa, kun toteutussuunnitelmat ovat valmiina ja materiaalitilaukset on jo tehty. Pahimmassa tapauksessa vasta silloin, kun ongelmia työmaalla on noussut esiin. Materiaalivalmistajaa ja -toimittajaa ei useinkaan kuulla riittävän ajoissa vaan vasta tarjouspyyntö- tai toteutusvaiheessa, kun on usein jo kiire. Pääurakoitsija ei aina ole esimerkiksi keskustellut maanrakentajan tai paalutusurakoitsijan kanssa eri työvaiheiden aikatauluista



Kuva 2. Paalutusprosessin kulku.

tai materiaalien saatavuuksista, vaan on sopinut tilaajansa kanssa ylioptimistisia aikatauluja, nopealla aloituksella ja monesti toteutus on voitu suunnitella vielä sellaisilla paalumateriaaleilla, joilla on pidempi toimitusaika.

Prosessin osapuolien tulisi keskustella laajemmin keskenään ja selvittää paalutukseen liittyviä asioita hyvissä ajoin budjetit ja aikatauluja laatissaan. Prosessin osia tulisi siis yhteenso-

vittaa aikaisemmin ja limittejä jo suunnittelu- ja hankintavaiheessa. Keskusteluihin tulisi pyrkiä ottamaan mukaan useampi toimija ajoissa, eikä käydä vuoropuhelua vain kahden osapuolen välillä prosessin eri vaiheissa.

3

Pohjatutkimukset

- Pohjatutkimuksilla on tarkoitus selvittää rakennuspaikan pohjaolosuhteet, pohjavesiolosuhteet ja maaperän ominaisuudet.
- Määrältään ja laadultaan riittävillä pohjatutkimuksilla voidaan säästää rahaa.
- Kenttätutkimuksilla selvitetään maaperän geotekniset ominaisuudet, maaperän kerrosrakenne, kalliopinnan sijainti, pohja- ja orsiveden pinnat sekä niiden vaihteluväli.
- Laboratoriotutkimuksilla määritetään eri maakerroksien lujuusominaisuudet kuten kitkakulma, koheesio, suljettu leikkauslujuus sekä määritellään maan muodonmuutosominaisuudet, maalaji, rakeisuus, vesipitoisuus, tilavuuspaino ja maan hydrauliset ominaisuudet.
- Laboratoriotutkimuksilla määritetään myös maa- ja pohjavesinäytteiden aggressiivisuus eli kemialliset ominaisuudet ja eri aineiden tai yhdisteiden pitoisuudet.
- Lähtötiedot on hankittava heti hankkeen alkuvaiheessa. Lähtötietojen hankkiminen on tehtävä ennen pohjatutkimusohjelman laatimista.
- Suunnittelu- ja pohjatutkimusprosessia nopeuttaa ja tehostaa, jos suunnittelun tarjouspyyntövaiheessa kohteen lähtötiedot on selvitetty jo mahdollisimman kattavasti tilaajan toimesta.
- Pohjatutkimusten suunnittelun tuloksena muodostuu pohjatutkimusohjelma.
- Aikataulun salliessa paras tapa olisi tehdä tutkimuksia kahdessa tai useammassa eri vaiheessa.
- Pohjatutkimuksissa on suositeltavaa käyttää vähintään kahta eri kairausmenetelmää.
- Suositeltavia pohjatutkimusmenetelmiä lyötävien paalujen suunnitteluun ovat paino-, heijari- ja puristinheijarikairaukset maakerrosrajojen, paalujen asennettavuuden ja kärjen tavoitetason selvittämiseksi sekä porakonekairaukset kallionpinnan sijainnin määrittämiseksi.
- Esitettäessä sulfaattirasitusta tutkimusraporteissa, tulisi ilmoittaa, onko sulfaattipitoisuus mitattu maaperästä vai pohjavedestä. Tehtyjen laboratoriotutkimusten perusteella tulisi lopputuloksena pystyä määrittämään kohteen rasisitusluokat tai korroosiovara paaluille.
- Koepaalutuksella tarkoitetaan ennen hankkeen varsinaista aloitusta tehtäviä paalutuksia, joissa tutkitaan esimerkiksi asennusolosuhteita, eri paalutyypin käytön mahdollisuuksia, paalujen tunkeutuvuutta, paalujen geoteknistä kestävyyttä ja verrataan pohjatutkimustuloksia paalutuksessa tehtyihin havaintoihin.
- Koepaalutuksen tuloksista hyötyvät kaikki prosessin osapuolet ja merkittävää prosessia sujuvoittavia tekijöitä on runsaasti.

Kappaleessa käsitellään pohjatutkimuksia ensin lähtötietojen ja tietokantojen osalta, sitten paneudutaan pohjatutkimusohjelmaan. Tämä jälkeen keskitytään varsinaisiin kenttä- ja laboratoriotutkimuksiin omissa alaluvuissaan. Viimeisessä luvussa paneudutaan koepaalutuksiin. Koepaalutukset eivät ole varsinaisen pohjatutkimusmenetelmä, mutta koepaalutus on niin merkittävä ennen varsinaisia paalutuksia tehtävä toimenpide ja tietolähde, että se on tässä kohtaa luontevaa käsitellä. Lisäksi koepaalutukset ja pohjatutkimukset täydentävät toisistaan saatuja tuloksia ja tietoja.

Pohjatutkimuksilla on tarkoitus selvittää rakennuspaikan pohjaolosuhteet, pohjavesiolosuhteet ja maaperän ominaisuudet. Tutkimuksien perusteella pitää pystyä kuvaamaan maapohjan ominaisuudet asianmukaisesti sekä arvioimaan mitoitustalokselmissa tarvittavia maaparametrejä luotettavasti. Luotettavuuden lisäämiseksi tutkimuksia on tehtävä useammalla eri menetelmällä. Geosuunnittelija suunnittelee pohjatutkimukset kohteesta ja tilaajasta riippuen Väyläviraston ohjeiden NCC17 ja LO10/2015 tai Ympäristöministeriön asetuksen pohjarakenteista mukaisesti. Vastaava geotekninen suunnittelija hyväksyy pohjatutkimusohjelman tilaajallaan. Pohjatutkimuksien tulokset ovat geosuunnittelijan tärkein lähtötieto ja näitä tuloksia voi luontevasti verrata rakennesuunnittelijan tarvitsemiin materiaaliominaisuuksiin kuten esimerkiksi betonin lujuusluokkaan ja teräksen kimmoduuliin.

Paalutusohjeen RIL 254-1-2016 mukaan *”Pohjatutkimukset on ulotettava niin syvälle ja laajalle alueelle, että tunnistetaan kaikki maapohjan muodostumat ja kerrostumat, joilla voi olla vaikutusta paalutustyöhön ja paalujen geotekniseen kestävyys, ja että tunnetaan maan lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet.”*

Pohjatutkimustuloksia saadaan kohteen sijainnista, koosta ja ajankohdasta riippuen normaalisti 2–4 kuukauden kuluttua pohjatutkimusohjelman valmistumisen jälkeen. Rakentaminen on toki kausiluontoista, joten hankkeen ajan-

kohta vaikuttaa merkittävästi pohjatutkijoiden aikatauluihin. Yleensä kiireisinä aikoina ja nopealla varoitusaajalla on tarjolla vain kevyempiä kairausvaunuja, joilla ei pystytä kairaamaan samalla tavalla haastavissa pohjaolosuhteissa, yhtä syvälle ja käyttämään samoja pohjatutkimusmenetelmiä kuin keskiraskailla tai raskailla kairavaunuilla.

Yleisesti pohjatutkimus- ja suunnitteluvaiheessa säästetään kuitenkin rahaa väärässä paikassa, jolloin rakentamisvaiheessa tulevat yllätykset ja muutokset ovat moninkertaisesti kalliimpia ja viivästyttävät projekteja merkittävästi. Määrältään ja laadultaan riittävillä pohjatutkimuksilla voidaan päinvastoin säästää rahaa, kun tiedon määrä ja varmuus kasvaa tutkittaessa kohteen olosuhteita ja maaperää kattavammin.

Kenttätutkimuksilla selvitetään muun muassa maaperän geotekniset ominaisuudet, maaperän kerrosrakenne, kalliopinnan sijainti, pohja- ja orsiveden pinnat sekä niiden vaihteluväli. Laboratoriotutkimuksilla voidaan määrittää eri maakerroksien lujuusominaisuudet kuten kitkakulma, koheesio, suljettu leikkauslujuus sekä määritellä maan muodonmuutosominaisuudet, maalaji, rakeisuus, vesipitoisuus, tilavuuspaino ja maan hydrauliset ominaisuudet. Laboratoriotutkimuksilla määritetään myös maa- ja pohjavesinäytteiden kemialliset ominaisuudet ja eri aineiden tai yhdisteiden pitoisuudet.

Paalutuksen aikana tehdään lisäksi usein ympäristön monitorointia. Monitorointimittauksiin kuuluu tärinämittaukset läheisistä rakenteista, huokosvedenpainemittaukset maaperästä ja mahdolliset painuma- ja siirtymämittaukset.



Kuva 3. Sähkökeskus paalujen keskellä.

Lähtötiedot ja tietokannat

Lähtötiedot on hankittava heti hankkeen alkuvaiheessa. Lähtötietojen hankkiminen on tehtävä ennen pohjatutkimusohjelman laatimista, jotta vältetään päällekkäisiltä tai ylimääräisiltä tutkimuksilta ja voidaan käyttää kohteeseen paremmin soveltuvia menetelmiä, kun saadaan tietoa kohteen historiasta, aikaisemmista tutkimuksista kohteesta ja sen lähialueilta.

Lähtötietoina voidaan käyttää karttoja, asemakaavakuvia, ilmakuvia ja ilmakuvahistoriaa sekä vanhoja suunnitelmia muun muassa alueen esirakentamisesta ja katujen rakentamisesta. Erilaisista tietokannoista ja arkistoista voi löytyä aikaisemmin alueella tehtyjen pohjatutkimuksien tuloksia, kuten kairausdiagrammeja, pohjavesimittauksia ja laboratoriotutkimuksien tuloksia. Kaupungit keräävät tietokantoihinsa pohjatutkimustuloksia, jonka lisäksi GTK:lla on oma pohjatutkimustietokantansa, josta löytyy pohjatutkimuksien tuloksia (<https://gtkdata.gtk.fi/Pohjatutkimukset/index.html>). Myös kaupunkien rakennusvalvontojen, Väyläviraston ja ELY-keskusten arkistoista voi löytyä vanhoja pohjatutkimustietoja. Vanhojen tutkimusten hyödyntäminen edellyttää kuitenkin niiden käyttökelpoisuuden ja luotettavuuden arviointia.

Pohjatutkimus- ja karttatietojen lisäksi lähtötietoina hankkeissa tarvitaan esimerkiksi tieto olevasta infrasta, rakenteista ja rakennuksista. Tärkeää on saada tieto myös varoetäisyyksistä oleviin rakenteisiin ja tekniikoihin. Esimerkiksi, kuinka lähelle betoniputkea, kaasulinjaa, sähkökeskusta tai vesijohtoa voidaan paalut asentaa aiheuttamatta vaurioita. Kuvassa 3 on esitetty paalutuksen keskellä jäänyt sähkökeskus, jonka takia osaa paaluista jouduttiin siirtämään. Keskus piti olla siirrettynä ennen kohteen paalutuksia, keskusta ei kuitenkaan ollut siirretty, eikä suunnittelijoilla ollut tietoa keskuksen olemassaolosta.

Tieto olevista rakenteista ja tekniikoista tulisi saada heti hankkeen suunnittelun alkuvaiheessa, jotta ne voidaan ottaa huomioon.

Lisäksi tarvitaan tieto, kuka tekniikan omistaa, onko ne käytössä ja koska ne saadaan siirrettyä. Erityisesti kaupunkialueilla niin sanottuja haittoja voi olla useita ja niiden selvittämiseen menee oma aikansa. Hankkeen tilaajan tai rakennuttajakonsultin tehtävän on tilata ja hankkia kohteessa tarvittavat lähtötiedot. Suunnittelu- ja pohjatutkimusprosessia nopeuttaa ja tehostaa, jos suunnittelun tarjouspyyntövaiheessa kohteen lähtötiedot on selvitetty jo mahdollisimman kattavasti tilaajan toimesta. Tämä helpottaisi muun muassa geosuunnittelijoiden tarjouksen tekemistä, kun kattavat lähtötiedot olisi jo olemassa tarjouspyynnön liitteenä, eikä jokainen tarjoava taho pyri selvittämään niitä erikseen.

Tärinäherkkien rakenteiden ja laitteiden osalta selvitysalueeksi riittää yleensä 30–50 m alue tärinälähteestä. Tärinäherkistä rakenteista ja laitteista selvitetään sallitut tärinärajat ja laitteet listataan. Joitakin tärinäherkkiä laitteita voidaan lisäksi vaimentaa tärinältä työnaikaisesti. (Rakentamisen aiheuttamat tärinät, RIL 253-2024). Kappaleessa 5.2.3. on käsitelty tarkemmin paalutuksen tärinäasioita sekä tärinäasian-tuntijan käyttöä hankkeissa.

Pohjatutkimusohjelma

Pohjatutkimusten suunnittelu on tärkeä osa kohteen geo- ja pohjarakennesuunnittelua. Pohjatutkimusten suunnittelun tuloksena muodostuu pohjatutkimusohjelma, jossa määritellään pohjatutkimusmenetelmät kenttä- ja laboratoriotutkimuksille, tutkimuspisteiden määrä sekä sijainti rakennuspaikalla ja ohjeistetaan tutkimuksien tekemistä. Geoteknisten tutkimuksien sisältö ja määrä sovitetaan kohteen geotekniseen luokkaan GL1-3. Pohjaolosuhteet, jotka voivat vaikuttaa kohteen geotekniseen luokkaan, tulisi selvittää heti tutkimuksien alkuvaiheissa. Pohjatutkimusohjelman laatii kohteen geotekninen suunnittelija. Pohjatutkimusohjelman tarkastaa vastaava pohjarakennesuunnittelija.



Kuva 4. Teräsbetonipaalujen pituuden vaihtelua paalulaatalla. Kuva: Väylävirasto

Tilaaja asettaa pohjatutkimusohjelmalle budjetin ja laatuvaatimukset sekä siten samalla määrittää myös riskitason. Samalla tilaaja käytännössä asettaa tietoisesti tai tietämättään myös riskitason lähtötietojen luotettavuudelle. Geosuunnittelija laatii pohjatutkimusohjelman näiden tilaajan määrittämien raamien perusteella ja ottaa tilaajan toiveet huomioon. Geosuunnittelijan tehtävänä on kuitenkin kertoa ja perustella tilaajalle tutkimuksien tarve ja kertoa myös puutteellisten tutkimuksien tuomat riskit, mikäli havaitsee, että tutkimuksien budjetti on liian pieni tai riskitaso korkea. Ylipäänsä pohjatutkimusohjelma tulee laatia ja tutkimukset tehdä siten, että lakeja, asetuksia ja kansallisia rakentamisohteita noudatetaan. Lakien ja määräyksien vähimmäisvaatimuksia ei voida alittaa millään perusteella.

Pohjatutkimusohjelmassa määritellään tutkimuspisteiden sijainnit, pohjatutkimusmenetelmät, maanäytteiden ottaminen ja käsittely, ohjeistetaan tutkimuksien suorittamista ja määritetään kohteen erityispiirteet tai -vaatimukset. Geosuunnittelija määrittelee tutkimuksien määrän ja tarpeellisuuden. Pohjatutkimusohjelman laadinnassa geosuunnittelijalla tulee olla käytössä kohteen alustavat suunnitelmat tai suunnitelmavaihtoehdot, jotta tutkimusten sijainnit osataan kohdistaa olennaisiin kohtiin. Hyvään suunnittelutapaan kuuluu, että pohjatutkimusohjelmaa laadittaessa suunnittelija käy maastossa tutustumassa rakennuspaikkaan tai vähintäänkin hyödyntää paikkatietodataa kohteesta (Google maps, Street View, ilmakuvat, karttatietopalvelut).

Pohjatutkimusohjelmassa merkittävänä huomioitavana seikkana on ennakkotiedot kohteesta. Ennakkotietoja ovat esimerkiksi vanhat alueelle tehdyt pohjatutkimukset, esiselvitykset ja GTK:n palveluista saatavat tiedot. Pohjatutkimusohjelman laatimiseen vaikuttaa merkittävästi pohjaolosuhteiden vaihtelut, kuten kalliopinnan sijainti ja sen muodot, savikerroksen paksuus, moreenikerroksen olemassaolo ja sen paksuus sekä mahdolliset täyttökerrokset. Erityisesti hankkeen vaatimukset ja mahdolliset rajoitteet tulee huomioida. Myös hankkeen aikataulu on

merkittävässä roolissa, eli voiko pohjatutkimuksia tehdä useammassa vaiheessa, kuinka paljon tutkimuksiin on varattu aikaa ja minkälainen aikataulu rakentamiselle on kaavailtu. Hankkeen geosuunnittelijan kokemuksesta ja paikallistuntemuksesta onkin merkittävä hyöty pohjatutkimusohjelmaa ja käytettäviä tutkimusmenetelmiä määritettäessä.

Aikataulun salliessa paras tapa olisi tehdä tutkimuksia kahdessa tai useammassa eri vaiheessa, jolloin ensimmäisen vaiheen tutkimusten tuloksien perusteella voidaan määrittää täydentäviä tutkimuksia tarpeen mukaan ja kohdistaa tutkimukset oikeisiin paikkoihin. Esimerkiksi ensimmäisen tutkimusvaiheen tuloksien perusteella rakennuksen sijoittelua tai tien yleistasausta voidaan muuttaa merkittävästi, jolloin toisen vaiheen tutkimukset voidaan kohdistaa täsmällisesti oikeaan paikkaan ja tietopuutteisiin. Näissä tilanteissa välttyään liian laajalta pohjatutkimusohjelmalta, eikä usein tehdä myöskään liian vähän tutkimuksia. Tämän tyyppinen tapa on mahdollista usein vain esimerkiksi väylähankkeissa, joita valmistellaan ajoissa ja on mahdollisuus tehdä tutkimuksia ja suunnittelua ajoissa eri vaiheissa. Edellä esitetty toimintatapa on kuitenkin suositeltava myös laajemmissa teollisuus- ja asuinrakennushankkeissa sekä muissa vastaavissa suuremmissa ja haastavammissa hankkeissa.

Pohjatutkimukset kilpailutetaan normaalisti pohjatutkimusohjelman perusteella ja pohjatutkimusohjelma toimii tällöin tarjouspyynnön raamina, jonka perusteella tarjous annetaan. Pohjatutkimusohjelmaa täydentävät tutkimukset ja nopealla aikataululla tarvittavat lisätutkimukset on kiireisimpinä aikoina hankala saada suoritetuksi pohjatutkimusohjelman mukaisilla kairausvaunuilla halutussa aikataulussa. Tästä syystä alun perin laadittava pohjatutkimusohjelma onkin syytä määritellä ja budjetoida järkevästi, jotta saadaan tarvittavat tiedot halutussa aikataulussa. Järkevä pohjatutkimusohjelma ja sen toteuttamiseen käytetty raha maksaa hyvin todennäköisesti takaisin hankkeen aikana. Toki investointia kunnolliseen

Taulukko 1. Puristinheijarikairauksen kairausluokat koneen painon ja suurimman puristusvoiman perusteella (SGY kairausopas VI, 2021).

Kairausluokka	Suurin puristusvoima	Pienin paino (varusteineen)
Raskas	30 kN	4 000 kg
Keskiraskas	20 kN	3 000 kg
Kevyt	15 kN	2 000 kg

pohjatutkimusohjelmaan ja sen suorittamiseen on hankala jälkikäteen arvottaa ja todentaa, mutta kustannukset ja viiveet puutteellisesta ohjelmasta ja tutkimuksista ovatkin usein helpommin todennettavissa.

Kenttätutkimukset

Pohjatutkimuksissa on suositeltavaa käyttää vähintään kahta eri kairausmenetelmää. Suositeltavia pohjatutkimusmenetelmiä lyötävien paalujen suunnitteluun ovat paino-, heijari- ja puristinheijarikairaukset maakerrosrajojen, paalujen asennettavuuden ja kärjen tavoitetasen selvittämiseksi sekä porakonekairaukset kallionpinnan sijainnin määrittämiseksi. Kairauspisteet tulee sijoittaa vähintään rakennettavan rakennuksen nurkkiin ja 5–15 m välein, riippuen kohteen pohjaolosuhteista. Kairaukset tulisi lisäksi ulottaa vähintään 1–2 m paalujen kärjen tavoitetasen alapuolelle (RIL-254-1-2016). Väyläviraston ja ELY-keskusten kohteissa pohjatutkimuksien suhteen noudatetaan Väylävirasto ohjeistusta (erityisesti LO10/2015 ja porapaalujen osalta NCCI7). Ulottamalla kairaukset paalujen tavoitetasen alapuolelle pyritään varmistamaan, ettei välittömästi paalujen kärjen alapuolella ole pehmeää maakerrosta.

Kairauksina käytetään yleensä paino-, heijari-, puristinheijari, porakone-, siipi- ja CPTu-kairauksia. Teräsbetonipaalutuksen kannalta suositeltavia kairausmenetelmiä ovat yleensä heijari- ja puristinheijarikairaus sekä kalliopinnan sijainnin määrittämiseksi tehtävät porakonekai-

raukset. Pehmeissä maissa myös painokairaus, CPTu- ja siipileikkauskoe ovat paalutuksen kannalta hyödyllisiä pohjatutkimusmenetelmiä. Paino- ja CPT-kairauksia voidaan käyttää määrittämään pehmeämpien maakerroksien rajoja sekä siipi-, ja CPTu-kairauksella määrittää hienorakeisen maan leikkauslujuus. Pohjavesiputket ovat myös kenttätutkimusmenetelmä. Pohjavesiputkilla määritellään pohja- tai orsiveden pinnan taso ja sen vaihteluväli pidemmällä aikavälillä tekemällä useita seurantamittauksia.

Kairauskaluston paino on yleensä 2–10 t. Taulukossa 1 on esitetty esimerkinomaisesti puristin-heijarikairausyksiköiden jako eri kairausluokkiin kairauskoneen painon ja suurimman puristusvoiman perusteella. Kaikille kairausmenetelmille ei ole kuitenkaan olemassa yleispätevää kairausluokittelua kairauskoneen ominaisuuksien perusteella. Porakonekairauksissa keskiraskaan hydrauliporakoneen määritelmäksi on jossakin tapauksessa asetettu esimerkiksi kairauskoneen omapaino ilman varusteita ≥ 2500 kg, poravasaran iskuenergia ≥ 125 J, poravasaran vääntömomentti ≥ 1500 Nm, syöttövoima ≥ 40 kN ja ylösvetovoima ≥ 70 kN.

Kevyimmillä kairauksilla, eli käytännössä painokairauksilla, voi olla ongelmia määrittää paalujen tavoitetaso luotettavasti, ainakin erityisesti haastavammissa olosuhteissa, koska painokairaus saattaa pysähtyä moreenikerroksen pintaan kiviin tai lohkareisiin ja antaa väärän kuvan niin sanotun kovan pohjan sijainnista. Painokairauksen päättymistason alapuolella voi olla useita metrejä, jopa kymmeniä metrejä löyhää moreenia ennen tiivistä pohjamoreenia

tai kalliota. Kevyet kairauskalustot eivät siten sovellu täyttöalueille eikä tiiviiden maakerroksien tai paksujen moreenikerroksien tutkimiseen. Lisäksi kevyellä kairauskalustolla voi olla rajoituksia maanäytteenottoon liittyen. Toki kevyellä kalustolla on omat etunsa vaikeakulkuisessa maastossa ja paikoissa, joissa on varottava ympäristöä.

Keskiraskailla ja raskailla kairavaunuilla voidaan määrittellä paalujen tavoitetasot luotettavasti heijarikairauksin tai puristinheijarikairauksin, joita täydennetään porakonekairauksien avulla tehtävillä kalliovarmennuksilla. Lisäksi maanäytteiden otto onnistuu haastavissakin pohjaolosuhteissa hyvin raskailla ja keskiraskailla kairavaunuilla. Pohjatutkimuksien kannalta onkin tärkeää määrittellä oikeanlaiset kairavaunun ominaisuudet pohjatutkimusohjelmassa ja pohjatutkimuksien tarjouspyynnöissä.

Kohteen suunnittelun kannalta on järkevämpää tehdä mieluummin reilusti pohjatutkimuksia kuin liian vähän, koska silloin suunnittelussa varmuus kasvaa ja suunnittelua voidaan tehdä tarkemmin, kun on enemmän ja luotettavampaa tietoa kohteesta. Tällöin myös voidaan minimoida muun muassa paaluhukkaa, koska paalujen tavoitetasot pystytään määrittämään tarkemmin, ja tavoitetasojen pohjalta tietomallit paalutuksesta pystytään tekemään tarkemmin. Tietomallien pohjalta määritetään lopulta paaluluetteloiden paalupituusarvot.

Laboratoriotutkimukset

Laboratoriotutkimuksilla tarkoitetaan maasta otetuille maanäytteille tehtyjä laboratoriotutkimuksia. Tutkimuksilla voidaan selvittää maaperän ominaisuuksia, maaparametreja sekä maaperän aggressiivisuutta ja kemiallisia ominaisuuksia. Usein ongelmana on maaperän aggressiivisuuden selvittämättömyys, joko unohduksen tai tietämättömyyden seurauksena.

Maaperätutkimuksia voidaan tehdä myös kaivamalla koekuoppia kohteeseen ja tekemällä

kuopista visuaalisia havaintoja tai ottamalla maanäytteitä koekuopista. Maanäytteiden lisäksi kohteesta tarvitaan myös vesinäytteitä, jotka voidaan ottaa pohjavesiputkista laboratoriotutkimuksia varten.

Maaperän ominaisuuksia ja maaparametreja tutkitaan laboratoriossa häirittyjen tai häiriintymättömien maanäytteiden perusteella. Ensisijaisesti maanäytteistä määritetään maan perusominaisuudet, kuten maalaji (rakeisuus), humus- ja vesipitoisuus sekä hienorakeisilla mailla juoksuraja. Kairausdiagrammien, kairajaan havaintojen ja maanäytetietojen perusteella määritetään maakerrosrajat. Maakerrosten kokoonpuristuvuus- ja lujuusominaisuudet määritetään ödometri- tai kolmiaksiaalikokeilla. Maakerrosten kokoonpuristuvuus- ja lujuusominaisuuksia tarvitaan vaativimpien paalutuskohteiden suunnittelussa. Paalutusohjeessa PO-2016 ja Väylän ohjeissa on tarkemmin ohjeistettu laboratoriotutkimuksien tarpeesta ja määrästä.

Paalujen korroosiorasitusta ja kemiallista rasitusta arvioidaan maa- ja pohjavesinäytteistä tehtävillä kemiallisilla analyyseillä. Huonosti vettäläpäisevissä maissa tutkimukset suositellaan tehtäväksi maanäytteistä. Maanäytteitä tulisi ottaa vähintään kahdelta tasolta, pohjavesipinnan yläpuolelta tai paalujen yläpäiden korkeudelta sekä pohjaveden pinnan alapuolelta. Vaihtelevissa pohjaolosuhteissa minimimäärä, kaksi näytettä, ei kuitenkaan riitä, vaan tarvitaan useampia maanäytteitä. Tutkimuspisteet tulee sijoittaa epäedullisimpiin pisteisiin arvioituna muiden lähtötietojen ja pohjatutkimuksien perusteella. Väyläviraston julkaisemassa Eurokoodin soveltamisohjeessa Geotekninen suunnittelu - NCCI7, liitteessä 5 on esitetty vaatimuksia ja ohjeistusta maa- ja vesinäytteiden ottamiselle ja tutkimiselle.

Kemialliset määritykset tulee tehdä mahdollisimman nopeasti näytteenoton jälkeen, koska näytteen hapettuminen vaikuttaa muun muassa sulfidipitoisuuteen ja pH-arvoon. Rakennuspaikan kemiallisia ominaisuuksia voidaan arvioida myös alueellisten ja lähialueiden

pima-tutkimuksien ja korroosiomäärityksien perusteella. (RIL-254-1-2026).

Esitettäessä sulfaattirasitusta tutkimusraporteissa, tulisi ilmoittaa onko sulfaattipitoisuus mitattu maaperästä vai pohjavedestä. Tehtyjen laboratoriotutkimuksien perusteella tulisi lopputuloksena pystyä määrittämään kohteen rasitusluokat tai korroosiovara paaluille. Rasitusluokilla on huomattava vaikutus teräsbetonipaalujen toimitusaikaan ja saatavuuteen. Rasitusluokat tulee ilmoittaa selkeästi paalukartassa, suunnitteluraporteissa ja työselostuksissa. Sulfidimaiden esiintymisestä Suomessa löytyy lisätietoa GTK:n happamat sulfaattimaat -karttapalvelusta. Karttapalvelun perustana on kuitenkin harva tutkimuspisteverkosto, joten karttapalvelussa esitetty riskiluokitus ei korvaa rakennuspaikkakohtaista sulfaattimaatutkimusta. Sulfidimaiden tunnistaminen ja tutkimusmenetelmät on kuvattu Ympäristöministeriön julkaisussa 2022:3, Happamien sulfaattimaiden kansallinen opas rakennushankkeisiin.

Koepaalutukset

Koepaalutuksella tarkoitetaan ennen hankkeen varsinaista aloitusta tehtäviä paalutuksia, joissa tutkitaan esimerkiksi asennusolosuhteita, eri paalutyypin käytön mahdollisuuksia, paalujen tunkeutuvuutta, paalujen geoteknistä kestävyyttä ja verrataan pohjatutkimustuloksia paalutuksessa tehtyihin havaintoihin. Varsinainen koepaalutus ei ole siis hankkeen alussa tehtävä paalupituuksien tarkastus, jossa asennetaan paalut rakennettavan alueen reunoille. Tässä vaiheessa ei yleensä enää voida vaihtaa paalutyyppiä tai asennusmenetelmää ja paalupituuksiakin voidaan optimoida vain ennakkotilauksen asettamissa puitteissa. Muutokset edellä esitettyihin ovat toki mahdollisia, mutta ei ilman merkittäviä kustannuksia sen jälkeen, kun paalut on jo tilattu.

Koepaalutuksesta voidaan puhua siis silloin, kun voidaan realistisesti muokata suunnitelmia ja suunnitelmien perusteella tehtäviä paaluti-



Kuva 5. Katkaistuja teräsbetonipaaluja.

lauksia koepaalutuksessa tehtyjen havaintojen perusteella. Tämä ei silti tarkoita sitä, että työn alussa tehtävä ”koepaalutus tyyppinen aloitus” ei olisi suotavaa, mutta sitä ei pidä sekoittaa varsinaiseen koepaalutukseen. Koepaalutus ei millään tavalla korvaa kuitenkaan pohjatutkimuksia, vaan nämä täydentävät toisiaan. Pohjatutkimuksien tuloksia tarvitaan joka tapauksessa paalutuksien suunnittelussa.

Koepaalutus on ymmärrettävästi pienissä ja usein myös keskikokoisissa hankkeissa mahdollon järjestää ja varsinkin silloin, kun sille ei ole varattu aikaa. Isommissa hankkeissa kannattaa aina suorittaa koepaalutus ja vielä hyvissä ajoin, koska silloin pystytään ennalta arvioimaan paalutuksen vaatima aika, optimoimaan paalutustyytit, -määrät ja -pituudet sekä ylipäättään määrittämään kohteessa toimiva paalujen asennusmenetelmä. Koepaalutus onkin usein ainoa tapa, jolla voidaan sujuvoittaa koko paalutusprosessia huomattavasti verrattuna muihin mahdollisiin lisätutkimuksiin.

Koepaalutuksen merkitys korostuu erityisesti kitkapaaluja käytettäessä tai niiden käyttömahdollisuuksia arvioitaessa. Kitkapaalujen mitoitus pelkästään maaparametrien ja pohjatutkimustuloksien perusteella johtaa yleensä ylimitoitukseen, koska käytössä olevat pohjatutkimustuloksiin perustuvat mitoitusmenetelmät eivät sovellu kitkapaaluille. Pelkkään pohjatutkimustuloksiin nojaavan mitoituksen seurauksena on yleensä liian pitkät kitkapaalut. Koepaalutuksella voidaan määrittää optimaaliset paalupituudet ja paalujen tavoitetasot.

Koepaalutuksen avulla voidaan jo ennalta varautua mahdollisiin haasteisiin rakennuspaikalla, jolloin niistä ei synny turhia aikatauluviiveitä varsinaisen rakentamisen aikana. Nyrkkisääntö koepaalutukselle on se, että koepaalutuksen tuloksien tulisi olla käytettävissä suunnittelussa. Infrapuolen (Väyläviraston) hankkeissa koepaalutuksia on käytetty järkevästi ja ennakoiden, mutta niitä voisi käyttää kuitenkin vielä enemmän ja useammissa kohteissa. Talopuolen hankkeissa koepaalutuksia on hyödynnetty todella niukasti.

Haasteena koepaalutuksella on usein paalutusmestojen ja -alustojen valmius koepaalutusvaiheessa. Tällöin ei ole useinkaan valittuna vielä edes pääurakoitsijaa, saati maanrakentajaa, jolloin mestoja ei ole voitu valmistella ja useinkaan hankkeissa neitseellinen rakennuskohde ei ole vielä koepaalutusvalmis. Ongelmana voi olla myös se, että vain osa rakennuskohteesta on koepaalutusvalmis, jolloin koko alueelta ei saada kattavasti tietoa. Koepaaluja ja koepaalutusta varten rakennettuja alustoja tulisi mahdollisuuksien mukaan pyrkiä käyttämään hyödyksi varsinaisissa rakenteissa, jolloin koepaalutuksen kustannukset eivät kasva kohtuuttomasti.

Koepaalutuksessa paaluja tulisi asentaa eri tavoitetasoihin ja eri loppulyöntitiukkuuksiin sekä koekuormittaa eri ajankohtina asennuksen jälkeen, esimerkiksi 1 vrk, 1 vk ja 2 vk asennuksen jälkeen. Toki odotusajat ovat hanke- ja olosuhderiippuvaisia ja merkittävämpiä käytettäessä kitkapaaluja tukipaalujen sijasta.

Koepaalutuksen on aina siis myös suunniteltava ja koepaalutuksen suunnittelun pääroolissa on usein geotekninen suunnittelija. Koepaalutuksen suunnittelu muodostaa siis myös kustannuksia.

Koepaalutuksen suunnittelun tehtäviin kuuluu:

- koepaalutustyytit,
- koepaalujen sijoittelu,
- koepaalujen pituudet/tavoitetasot,
- koepaalujen määrät,
- asennuksen ohjeet koepaalutuksen esim. loppulyöntitiukkuus,
- paalutusalueen suunnittelu koepaalutusta varten,
- koepaalutustyön dokumentoinnin ohjeet,
- ohjeet koepaalujen koekuormituksista,
- koepaalutusten tulosten analysointi ja raportointi.

Koepaalutuksen tuloksista hyötyvät kaikki prosessin osapuolet ja merkittäviä prosessia sujuvoittavia seikkoja ovat muun muassa:

- Valitaan oikea paalun asennustapa kohteeseen.
- Valitaan oikea paalutyyppi kohteeseen tai saadaan varmistus paalutyyppin valinnasta.
- Saadaan merkittävästi lisätietoa pohjaolosuhteista paalutuksen näkökulmasta.

Kolmeen ensimmäiseen kohtaan liittyy merkittävästi myös paalutuksen aiheuttama värinä (koepaalutuksen aikaiset värinämittaukset) ja haastavissa kohteissa maaperän siirtymät sekä huokosvedenpaineen nousu (koepaalutuksen aikaiset mittaukset ja monitoroinnit).

- Voidaan määritellä paalupituudet luotettavammin.
- Voidaan säätää tarvittavia paalujen pistemääriä perustuksissa.
- Minimoidaan paaluhukka tarkemman pituustiedon avulla.
- Pystytään arvioimaan paremmin paalutuksen vaatima aika.
- Voidaan luoda koko hankkeelle tarkempi aikataulu.
- Osataan arvioida tarvittavia päivittäisiä paalutoimitusmääriä paremmin.
- Paalutehtaan tuotannon suunnittelu tarkentuu.
- Voidaan optimoida loppulyöntiehdot paaluille, ei asenneta siis liian pitkiä paaluja kohteeseen, ei lyödä paaluja turhan tiukkaan, eikä siten rikota paaluja niin herkästi.
- Voidaan määritellä kohteeseen tarkemmin oikeantyyppinen asennuskalusto.
- Pystytään tarkemmin määrittelemään asennuskaluston vaatima paalutusalusta kohteessa.
- Saadaan tietoa paalujen geoteknisestä kestävydestä koepaalutuksen aikana tehtävillä koekuormituksilla.
- Paalutehtaalalle saadaan aikaa varautua oikeiden paalutyyppien valmistuksiin ja toimituksiin.
- Pystytään tekemään paalutehtaalalle käytettävistä paaluista puskuria varastoon.

Koepaalutuksen suorat kustannukset syntyvät koepaalutuksen suunnittelusta, paalutuskaluston mobilisaatiosta, koepaalutukseen käytetyistä työvuoroista paalutuskoneelle ja työryhmälle, koepaalujen koekuormituksista sekä mahdollisista varsinaisessa rakentamisessa hyödyntämättä jääneistä paaluista ja paalutusalustasta. Keskimäärin koepaalutuksen saa suoritettua jopa alle 10 000 €, kun koepaalu- materiaaleja ja paalutusalustan tekoa ei huomioida. Kustannus toki kasvaa, jos koepaaluja ja paalutusalustoja ei voi hyödyntää varsinaisina rakenteina. Listattuja hyötyjä on siis todella paljon, ja vaikka vain osa näistä saataisiin todellisuudessa hyödynnettyä, on koepaalutuksen tekeminen silti perusteltua ja järkevää.

4 Tilaajat ja rakennuttajakonsultit

- On suositeltavaa hankkia osaava rakennuttajakonsultti hoitamaan rakennuttaminen ja tilaajan lakisääteiset velvoitteet.
- Tilaajan aikataulussa tulisi huomioida pohjatutkimuksien ja suunnittelun vaatima aika.
- Tilaajan tulisi kytkeä geosuunnittelija hankkeeseen riittävän aikaisessa vaiheessa.
- Tilaajan tai rakennuttajan on nimettävä yhteiselle rakennustyömaalle pätevä turvallisuuskoordinaattori.
- Tilaajan tai rakennuttajan tehtäviä ovat hankkeen turvallisuusasiakirjan ja riskienhallintasuunnitelman laadinta, joissa tunnistetaan paalutustyön vaarat ja esitetään menetelmät vaarojen poistamiseksi.
- Tarjouspyynnöissä tulisi olla vähintään paalukartta PDF- ja dwg-tiedostoina, paaluluettelot Excel- ja PDF-tiedostoina, mahdollisimman kattava pohjatutkimusaineisto, maa- ja pohjarakentamisen työselostus, asemakuva, mahdolliset kaivu- ja tuentasuunnitelmat, urakkaohjelma ja -rajat, mahdolliset hankkeen erityisvaatimukset sekä hankkeen aikataulu.
- Sopivana tarjouksen laskenta-aikana voidaan hankkeen laajuuden mukaan pitää 2–4 viikkoa.
- Hankkeen erityispiirteet tulee käydä selkeästi ilmi tarjouspyynnöstä.
- Tilaaja kilpailuttaa ja tilaa pohjatutkimukset yleensä geosuunnittelijan laatiman pohjatutkimusohjelman perusteella.
- Pohjatutkimuksia ja geosuunnittelua ei tulisi tilata yhtenä kokonaisuutena samalta toimijalta, koska tällöin yleensä halvimman tarjouksen antaa ja työn saa se, joka ohjelmoi vähiten tutkimuspisteitä kohteeseen.
- Suunnittelun ja toteutuksen yhteensovittaminen on yksi tilaajan tai rakennuttajakonsultin tärkeimmistä tehtävistä paalutusprosessin sujuvuuden kannalta. Keskusteluyhteys suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä tulee avata mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.
- Suositeltava toimintatapa on pitää suunnitelmakatselmus ennen paalutuksen tai tietyn rakentamisvaiheen aloittamista.
- Kaikki kohteen tiedot, suunnitelmat ja tutkimusaineisto tulee dokumentoida asianmukaisesti.
- Pohjatutkimustietojen luovuttaminen yleisiin tietokantoihin ja rekistereihin on myös todella suotavaa.

Tässä luvussa käsitellään paalutuksien tilaajan ja rakennuttajakonsultin tehtäviä ja näkökulmia sujuvan paalutusprosessin kannalta. Tilaaja voi hankkia rakennuttajakonsultin hoitamaan velvoitteitaan ja tekemään tarvittavia kilpailutuksia sekä hankintoja. Useinkaan tilaajalla ei ole riittävää kokemusta rakentamisprosessista, saati paalutuksesta, joten on suositeltavaa hankkia osaava rakennuttajakonsultti hoitamaan rakennuttaminen ja tilaajan lakisääteiset velvoitteet. Osaavan rakennuttajakonsultin palkkio on usein suhteellisen maltillinen verrattuna riskeihin, joita voi syntyä, jos tilaaja ei ole perillä hänelle kuuluvista velvoitteista ja vastuista.

Luvussa esitellään eri hankemuotoja, hankkeen organisointia, aikataulutusta ja työturvallisuutta tilaajan näkökulmasta. Luvussa perehdytään myös tarjouspyyntöihin, pohjatutkimuksien tilaamiseen, suunnitelmien ja toteutuksen yhteensovittamiseen sekä dokumentaatioon ja tiedon arkistointiin paalutuksen näkökulmasta.

Hankemuodot ja organisointi

Tilaajan tai rakennuttajakonsultin on ennen hankintojen käynnistämistä päätettävä, millä hanke- tai toteutusmuodolla hanke on tarkoitus viedä läpi. Hankemuodon valintaan vaikuttaa merkittävästi tilaajan oma osaaminen ja resurssit sekä tavoitteet hankkeen suhteen. Onnistuneeseen lopputulokseen päästään kuitenkin usein silloin, kun kaikki hankkeen osapuolet hyötyvät hankkeesta ja pystyvät osaltaan vaikuttamaan hankkeen ratkaisuihin ja päätöksiin.

Ennen varsinaisen hankemuodon valintaa, tilaajan on päätettävä myös millä muodolla suunnittelu hankitaan ja miten projektia johdetaan. Projektin organisointi riippuu merkittävästi valittavasta hankemuodosta. Projektin johtamisesta ja johtamistavasta on päätettävä aikaisessa vaiheessa ja samalla tulee myös organisoida ja resursoida projektin läpivienti. Valinnat riippuvat tilaajan osaamisesta, kokemuksesta ja resursseista.

Normaaleja hankemuotoja ovat allianssimalli, projektijohtourakka tai projektinjohtopalvelu, kokonaisvastuurakentaminen (KVR-urakka), suunnittele- ja toteuta -urakka (ST-urakka), kokonaishintainen urakka ja jaettu urakka. Kaikki nämä hankemuodot vaikuttavat omalla tavallaan paalutuksiin ja paalutusprosessiin.

Allianssimallissa osapuolet työskentelevät yhteisen päämäärän eteen, päätökset tehdään yhdessä ja riskit sekä hyödyt jaetaan sovituissa suhteissa osapuolien kesken. Paalutuksen kannalta allianssimallissa hyvinä puolina ovat eri osapuolten osaamisen hyödyntäminen, suunnitelmien kehittäminen sekä kustannustehokkaiden ratkaisujen hakeminen. Allianssimallin ongelmana voi olla kuitenkin suunnittelun nopea aikataulu kehitysvaiheen jälkeen, jolloin suunnittelun ja toteutuksen välille ei jää aikaa, vaan valmiit suunnitelmat lähtevät heti toteutukseen.

Projektinjohtourakka sopii sellaisiin hankkeisiin, joissa osapuolilta vaaditaan ratkaisuhakuisuutta ja saumatonta yhteistyötä. Projektinjohtourakassa toimii myös taloudelliset kannustimet tai sanktiot sovituista tavoitteista. Projektinjohtopalvelussa aliurakoitsijat ovat suoraan sopimussuhteessa tilaajaan ei projektinjohtopalvelun tuottajaan. Paalutuksen kannalta projektinjohtourakka ei useinkaan poikkea kokonaishintaisesta urakasta paalutusurakoitsijan näkökulmasta, koska molemmissa toimitaan aliurakoitsijana pääurakoitsijalle, eikä suunnitelmien kehittämiselle ole useinkaan varattu mahdollisuutta tai aikaa.

KVR- ja ST-urakoissa tilaaja ei suunnittele hanketta vielä pitkälle, vaan asettaa selvät vaatimukset hankkeelle, jolloin urakoitsija voi kehittää suunnitelmia ja ratkaisuja halutulla tavalla. Urakoitsijalla on tällöin myös suunnitteluvastuu hankkeesta. KVR-urakassa paalutuksien suunnittelulle ja suunnitelmien kehitykselle on usein eniten mahdollisuuksia ja kannustimia. Tällöin urakoitsijalla on todellinen mahdollisuus vaikuttaa paalutussuunnitelmiin ja ohjata suunnittelua, koska niitä ei ole tehty valmiiksi tai viety vielä liian pitkälle.

Kokonaishintaisessa urakassa tilaaja vastaa suunnittelusta ja suunnitelmat ovat toteutussuunnitteluvaiheessa ennen urakkakilpailutusta. Tällöin tilaaja hankkii suunnittelun ja suunnitelmat ennen urakoitsijoiden kilpailutusta ja valintaa. Kokonaishintaisessa urakassa paalutuksien suunnitelmat ovat valmiit ja suunnitelmien kommentoinnille tai kehittämiselle ei ole useinkaan realistista mahdollisuutta.

Jaetussa urakassa urakat kilpailutetaan ja hankitaan pienemissä osissa ja töiden yhteensovittamisen vastuu on tällöin tilaajalla. Tämä sopii sellaisiin hankkeisiin, joissa tilaaja haluaa itse valita tärkeän erikoisurakoitsijan esimerkiksi haastavaan paalutukseen. Töitä voidaan lisäksi teettää laskutustyönä tai yksikköhintaisena sovituin yksikköhinnoin.

Hankemuotojen lisäksi urakoissa on aliurakoita ja ketjutusta eri töissä, joita on voitu sopia tehtäväksi laskutustyönä, yksikköhintaisena tai kokonaishintaisena. Paalutusurakoitsija toimii usein ketjussa viimeisenä lenkinä maanrakennusurakoitsijan tai pääurakoitsijan aliurakoitsijana. Toki paalutusurakoitsijalla esimerkiksi paalujen katkenta tulee joskus aliurakana paalunkatkaisua tarjoavalta yritykseltä.

Hankemuodot eroavat toisistaan merkittävästi siinä, kuinka hankkeen osapuolet osallistuvat päätöksentekoon ja kuinka avoimesti hankkeessa toimitaan. Hankemuoto määrittää merkittävästi eri osapuolien ansaintalogiikkaa ja ohjaa siten toimintaa itselle edullisempaan suuntaan. Tämä voidaan nähdä paalutuksessa esimerkiksi paaluhukan määrässä, jos vertailukohtina on yksikköhintainen urakka paalujen hankintapituudella tai kokonaishintainen urakka, jossa määriä ei ole sidottu. Kokonaishintainen urakka, ilman määrien sidontaa, kannustaa urakoitsijaa pyrkimään mahdollisimman pieneen hukkaan, kun taas yksikköhintaisessa hankintapituuskaupassa urakoitsija laskuttaa myös paaluhukasta hukan määrästä riippumatta. Laskutustyössä, jossa töitä tehdään tuntihinnalla voi työsaavutus olla huomattavasti matalampi kuin kokonaishintaisessa tai yksikköhintaisessa urakassa. Hankintamuodolla on

siis huomattava vaikutus hankkeen läpimeno-aikaan sekä paaluhukkaan ja sitä kautta myös ympäristöpäästöihin. Kannustimien on oltava kaikilla osapuolilla oikeanlaiset.

Aikataulu

Tilaajan hankkeelle suunnittelema aikataulu määrittelee vaihtoehtoja hankemuodon valinnalle ja samalla se määrittää suunnittelun ja pohjatutkimuksien aikataulua. Tilaajan aikataulussa tulisi huomioida pohjatutkimuksiin vaadittu aika sekä tämän lisäksi suunnittelun tarvitsema aika. Geosuunnittelija tarvitsee pohjatutkimustuloksia lähtötiedoksi suunnitelmilleen, joten ilman niitä ei voida edetä suunnittelussa määrättyä pidemmälle. Mahdolliset lisätutkimukset tulisi myös huomioida aikataulussa tai varautua pohjatutkimusohjelmassa valmiiksi riittävän laajoihin ja kattaviin tutkimuksiin, jolloin voidaan minimoida lisätutkimusten tarve myöhemmässä vaiheessa.

Tilaajan tulisi kytkeä geosuunnittelija hankkeeseen riittävän aikaisessa vaiheessa, jotta edellä esitetyt asiat voidaan huomioida. Talonrakennushankkeissa geosuunnittelija tulee monesti hankkeeseen mukaan vasta rakennuslupa-vaiheessa, jolloin aikatauluun ja tutkimuksien ohjelmointiin ei ole varattu riittävästi, jos ollenkaan aikaa. Väyläviraston hankkeissa merkittävimmät ratkaisut pohjanvahvistuksien suhteen tehdään jo ennen rakentamissuunnittelua yleissuunnitelmavaiheessa tai vaihtoehtoisesti tie- ja ratasuunnitelmavaiheessa. Kaupungeilla vastaavasti pohjanvahvistusratkaisuja määritetään jo osayleiskaava- ja asemakaavavaiheessa, mutta varsinainen suunnittelu tehdään kuitenkin katusuunnitelma- ja rakentamissuunnitelmavaiheessa. Näissä kaikissa edellä mainituissa vaiheissa geosuunnittelija on otettava mukaan, koska geosuunnittelijan rooli on erityisen tärkeä kokonaisuuden kannalta.

Työturvallisuus

Tilaajan tai rakennuttajan on nimettävä yhteiselle rakennustyömaalle pätevä turvallisuuskoordinaattori, joka huolehtii tilaajalle tai rakennuttajalle kuuluvista velvoitteista. Tilaajan tai rakennuttajan tehtäviä ovat hankkeen turvallisuusasiakirjan ja riskienhallintasuunnitelman laadinta, joissa tunnistetaan paalutustyön vaarat ja esitetään menetelmät vaarojen poistamiseksi. (Väylä 1/2020, Paalutustyön turvallisuusohje). Lisäksi tilaajan tulee huolehtia, että turvallisuuskoordinaattori hoitaa tehtävänsä. Rakennuttajan on hanketta valmisteltaessa huolehdittava, että hanke on suunniteltu siten, että se voidaan toteuttaa turvallisesti. Tilaajan tehdessä suunnittelutoimeksiantoa, on edellytyksenä oltava, että suunnittelijat ottavat työturvallisuuden huomioon rakentamisessa.

Rakentamisen aikana turvallisuuskoordinaattori varmistaa, että päätoteuttaja tekee turvallisuussuunnitelmat. Rakennuttajan on lisäksi laadittava kirjalliset rakennuskohteen ylläpitoa, huoltoa, kunnossapitoa ja korjaamista koskevat käyttö- ja huolto-ohjeet. Näiden ohjeiden on sisällettävä työturvallisuus- ja terveystiedot. (Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu, Rakennushanke, <https://tyosuojelu.fi/tyosuojelu-tyopai-kalla/vastuut-tyosuojelussa/rakennushanke>).

Tarjouspyynnöt

Tilaajan tai rakennuttajakonsultin tulee määrittellä valitun hankemuodon perusteella, kuinka tarjoukset paalutuksista kysytään. Tarjoukset voidaan kysyä suoraan paalutusurakoitsijoilta, jos paalutus hankitaan sivu-urakkana. Muutoin paalutuskyselyt tehdään pääurakkatarjoukselyiden kanssa yhtenä kokonaisuutena. Valittu hankemuoto määrittelee myös suunnitelmien valmiusastetta tarjouspyyntövaiheessa. Useissa tapauksissa talonrakennushankkeissa paalutuksia ollaan jo kuitenkin aloittamassa työmaalla ennen kuin toteutussuunnitelmat ovat vielä edes valmistuneet. Infrakohteissa paalutus on niin oleellinen osa kokonaisuutta, että toteutussuunnitelmat on oltava valmiit ajoissa.

Perinteisessä kokonaishintaisessa urakassa tarjouspyyntöaineistossa tulisi olla jo toteutussuunnitelmat paalutuksesta ja pohjarakentamisesta. Tarjouspyynnöissä tulisi olla tällöin vähintään paalukartta PDF- ja dwg-tiedostoina, paaluluettelot Excel- ja PDF-tiedostoina, mahdollisimman kattava pohjatutkimusaineisto, maa- ja pohjarakentamisen työselostus, asemakuva, mahdolliset kaivu- ja tuentasuunnitelmat, urakkaohjelma ja -rajat, mahdolliset hankkeen erityisvaatimukset sekä hankkeen aikataulu. Paalukartasta ja tarjouspyyntöaineistosta tulisi ristiriidatta käydä ilmi paalutyyppi, rasisluokat, paalupistemäärät ja korkoympäristö paalutuksille. Korkoympäristöllä tarkoitetaan paalujen katkaisukorkoja, työskentelytasoja ja nykyistä maanpintaa kohteessa, eli tehdäänkö paalutustyöt nykyisestä tasosta, kaivannossa vai täytön päältä.

Usein hankkeissa paalutustarjouspyynnöissä jaetaan koko hankkeen tarjouspyyntöaineisto, jossa voi olla satoja suunnitelma-asiakirjoja, jotka eivät liity tarjoukseen. Tällaisissa tapauksissa paalutukseen liittyvät asiakirjat tulisi kerätä omaan tarjous-pyyntökansioon. Ehdoton vähimmäisvaatimus on, että mukana on asiakirjaluettelo tarjouspyynnön asiakirjoista, mistä selviää paalutukseen liittyvät dokumentit, jotta ei ole tarpeen käydä kaikkia tarjoukseen liittyttämiä dokumentteja läpi.

Paalutuksien tarjouspyynnöissä tulisi olla riittävä laskenta-aika, myös lomakaudet huomioituna. Sopivana laskenta-aikana voidaan hankkeen laajuuden mukaan pitää 2–4 viikkoa. Tarjouspyynnössä tulisi mainita myös, mikä on hankkeen vaihe, eli onko kyseessä budjettihinta, ennakkotarjouspyyntö vai toteutusvaiheen tarjouspyyntö. Tarjouspyynnöissä tulee varata lisäksi mahdollisuus työmaahan tutustumiseen paikan päällä, jotta tarjoajat voivat vierailla työmaalla ja tehdä omia havaintoja työmaan olosuhteista, ympäristöstä ja muun muassa kulkureiteistä työmaalle.

Hankkeen erityispiirteet tulee käydä selkeästi ilmi tarjouspyynnöstä. Tällaisia erityispiirteitä ovat esimerkiksi melu- ja värinärajoitteet, konei-

den päästöluokkiin ja polttoaineisiin liittyvät rajoitukset, rajoitukset koneiden korkeuksiin ja painoihin, työmaalogistiikan rajoitteet tai mahdolliset varaumat määrien muutoksiin.

Pohjatutkimuksien tilaus

Tilaaaja kilpailuttaa ja tilaa pohjatutkimukset yleensä geosuunnittelijan laatiman pohjatutkimusohjelman perusteella. Geosuunnittelijan olisi hyvä ohjeistaa selkeästi pohjatutkimusohjelmassa tutkimuksien tekeminen, määrittää vaadittu tutkimuskalusto ja kertoa kohteen erityispiirteistä. Tilaaajalla ei ole kuitenkaan aina samaa geosuunnittelijan ammattitaitoa kilpailuttaessaan tutkimuksia pohjatutkimusyrityksillä. Tästä syystä pohjatutkimusohjelman tulisi olla mahdollisimman selkeä ja yksiselitteinen.

Tilaaajalla on monesti osaamispuutteita geotekniikan tuntemuksessa ja tutkimuksien tilaamisessa. Geosuunnittelijan onkin tärkeä konsultoida ja kertoa tilaajalle tutkimuksien tarpeellisuudesta ja mahdollisista riskeistä, jos tiettyjä tutkimuksia ei tehdä tai niitä karsitaan liikaa. Joskus tilaaja-taho voi ottaa kuitenkin myös tietoisin riskin teettäessään minimaaliset pohjatutkimukset.

Pohjatutkimuksia ja geosuunnittelua ei tulisi tilata yhtenä kokonaisuutena samalta toimijalta, koska tällöin yleensä halvimman tarjouksen antaa ja työn saa se, joka ohjelmoi vähiten tutkimuspisteitä kohteeseen. Tämä hankintatapa aiheuttaa ongelman, kun pohjatutkimuspisteitä karsitaan työn saamisen toivossa. Tilaaajan kannalta parhaan lopputuloksen saa hankkimalla pohjatutkimukset ja geosuunnittelun erikseen. Joskus kuitenkin, muissa kuin julkisissa hankinnoissa, tilaaajan sekä geosuunnittelu- ja pohjatutkimusyrityksen välille on muodostunut ammattitaitoinen ja luottamuksellinen kumppanuussuhde, jolloin pohjatutkimuksien ja geosuunnittelun tilaaminen samalta toimijalta on luontevaa. Myös yhteistyö suunnittelijan ja pohjatutkijan välillä toimii yleensä luontevasti, kun molemmat palvelut tulevat samalta toimijalta. Tämä malli voi myös edesauttaa

pohjatutkimusten ja suunnittelun aikataulussa pysymistä, kun suunnittelija ei voi vedota, että tutkimuksissa on laatu puutteita tai tutkimukset ovat myöhässä aiheuttaen viivästystä.

Rakentamismääräyskokoelman pohjarakenteiden suunnitteluohjeen mukaan vastuu tutkimuksien määrittelystä on geosuunnittelijalla. Mikäli tilaaja karsii tutkimuspisteitä suosituksista huolimatta ja haluaa ottaa tietoisin riskin, on geosuunnittelijan syytä oikeusturvansa vuoksi kirjauttaa tämä pöytäkirjaan tai muuten dokumentoida oman tutkimussuunnitelman perusteluiden kera.

Rakennuttajakonsultit saattavat pyrkiä myös osaoptimoimaan pohjatutkimuksia ja säästämään rahaa niissä. Toteutuvat riskit muodostuvat usein kuitenkin huomattavasti merkittävämmiksi kuin säästetyt tutkimuskustannukset. Pohjatutkimuksien ja niiden tuloksien tulee olla luotettavia ja tutkimuksien tavoitteena on kaikkien osapuolien hyöty. Tutkimuksia ei tule osaoptimoida niin, että vain joku taho hyötyy tutkimustuloksista, vaan tuloksista pitää olla hyötyä tilaajalle, suunnittelijalle ja urakoitsijalle.

Pohjatutkimusyrityksen tulee pohjatutkimusohjelman perusteella pystyä tarjoamaan kohteen tutkimukset ohjelmoiduilla tutkimusmenetelmillä ja sellaisella kalustolla, että tutkimukset pystytään suorittamaan asianmukaisesti määritellyiltä syvyyksiltä.

Suunnitelmien ja toteutuksen yhteensovittaminen

Suunnittelun ja toteutuksen yhteensovittaminen on yksi tilaaajan tai rakennuttajakonsultin tärkeimmistä tehtävistä paalutusprosessin sujuvuuden kannalta. Keskusteluyhteys suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä tulee avata mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja mahdollistaa vuoropuhelu suunnitelmista ja niiden mahdollisista kehitysideoista. Tämä keskusteluyhteys mahdollistaa usein myös kustannus- ja aikataulusäästöjä sekä lisää suunnittelijoiden osaamista

toteutuksesta ja urakoitsijoiden ymmärrystä suunnittelusta. Ennen toteutusta avattu keskustelu yhteys toimii myös toteutuksen aikana, jolloin mahdolliset puutteet toteutuksen aikaisessa kommunikaatiossa urakoitsijan ja suunnittelijan välillä voidaan minimoida tällä tavalla.

Tilaajan suositellaan tekevän sopimuksen suunnittelijan kanssa myös työmaapalveluista eli ei pelkästä ennalta tehtävästä suunnittelusta. Talo- ja infrapuolella työmaapalveluiden sopimisesta ja tilaamisesta on vaihtelevia käytäntöjä, mutta kaikissa hankkeissa tarvitaan yleensä suunnittelijan työmaapalveluita myös, eli tämä on syytä huomioida suunnittelua hankittaessa.

Lähtötietojen ja katselmuksien sopiminen on osa suunnitelmien ja toteutuksen yhteensovittamista, kun suunnittelussa ja toteutuksessa tarvitaan tietoon olemassa olevat kaapelit, johdot, rakenteet ja värinäherkät laitteet. Tilanetta helpottaa, jos tilaaja omistaa kiinteistöt ja rakenteet rakennettavan kohteen ympärillä, mutta muutoin tulee nämä tiedot hankkia tilaajan toimesta sekä tehdä tiedotus ja katselmointi lähialueiden rakennuksiin, mikäli muuta järjestelyä asian hoitamiseksi ei ole sovittu.

Suositeltava toimintatapa on suunnitelmakatselmus ennen paalutuksen tai tietyn rakentamisvaiheen aloittamista. Suunnitelmakatselmuksessa suunnittelija esittelee suunnitelmat ja suunnitteluratkaisuiden taustat tilaajalle ja urakoitsijoille. Tämä toimintamalli helpottaa vuoropuhelua hankkeen toimijoiden välillä ja nostaa esiin mahdolliset ongelmat tai puutteet suunnitelmissa ennen töiden aloittamista.

Dokumentaatio ja tiedon arkistointi

Kaikki kohteen tiedot, suunnitelmat ja tutkimusaineisto tulee dokumentoida asianmukaisesti, jotta ne olisivat myös myöhemmin käytettävissä ja hyödynnettävissä. Asianmukainen tietojen dokumentointi on osa omaisuuden hallintaa ja tietojen säilyttäminen asianmukai-

sesti mahdollistaa tietojen käytön myös jatkossa. Esimerkiksi pohjatutkimuksien tulokset eivät ole kertakäyttöisiä tietoja vaan niitä voidaan hyödyntää myös myöhemmin esimerkiksi laajennusosien tai lähialueilla rakennettavien rakenteiden suunnittelussa ja lähtötietona kohteen ominaisuuksista.

Dokumentoidut tutkimustiedot voivat esimerkiksi säästää toisen, usein tarpeellisen, pohjatutkimuksien täydennyskierroksen kokonaan, kun verrataan rakentamista kohteeseen, josta ei ole vastaavia tietoja olemassa. Pohjatutkimustietojen luovuttaminen yleisiin tietokantoihin ja rekistereihin on myös todella suotavaa, koska tällöin tutkimuksia voidaan hyödyntää laajemmin myös muissa alueen rakentamishankkeissa. Väylävirasto ja ELY-keskukset edellyttävät, että tutkimukset toimitetaan GTK:n pohjatutkimusrekisteriin. Pohjatutkimustietokantoja ja -rekistereitä ylläpitää GTK:n lisäksi muun muassa Helsingin kaupunki ja muut suu-remmat kaupungit.

Pohjatutkimustietojen tallentaminen tulisi tehdä infra-pohjatutkimusformaattissa. Tutkimustiedot tulisi siis tallentaa myös muussa kuin PDF-tiedostona, jotta tietoja voidaan hyödyntää jatkossa helpommin ja paremmin. Pohjatutkimustöiden työraportti tulee myös arkistoida tärkeänä lisätietona pohjatutkimuksista ja niiden suorituksen aikaisista havainnoista.

Kohteiden paalutuspöytäkirjat, tarkemittausaineistot, koekuormitusraportit ja havainnot paalutuksesta ovat todella arvokkaita lähtötietoja, jos kohteeseen tai sen lähialueille rakennetaan jatkossa uusia paalutettavia rakenteita. Paalutuspöytäkirjoista voidaan melko luotettavasti arvioida paalujen pituuksia. Koekuormitusraporttien ja paalutuksen aikaisien havaintojen perusteella voidaan arvioida paalutustyyppin valintaa ja paalujen geoteknistä kestävyyttä. Aikaisemmin suoritettu ja hyvin dokumentoitu paalutus toimii monesti koepaalutuksen tavoin uusia paalutettavia kohteita suunniteltaessa lähialueille.

5 Suunnittelijat

- Paalutuksien suunnittelussa tulisi tehdä tiivistä yhteistyötä eri suunnittelulajien välillä.
- Pohjatutkimuksien laatu ja laajuus määrittelevät merkittävältä osalta niistä johdettujen suunnitelmien laadun ja toimivuuden.
- Suunnittelijan tulee varmistaa, että tilaaja hankkii tai tilaa lähtötiedot suunnittelua varten.
- Paalutettavissa kohteissa geosuunnittelijan tulee määritellä kohteeseen soveltuva paalutyyppe ja paalujen asennustapa. Pohjatutkimuksien perusteella geosuunnittelijan tulee arvioida kohteen paalupituuksia ja paalupituuksien vaihtelua.
- Paalutusalustan suunnittelussa geosuunnittelija voi käyttää hyödyksi PO-2016 löytyviä tyyppiratkaisuja eri paalutuskalustoille.
- Käyttöikä- ja säilyvyysuunnittelussa tarvitaan tieto mahdollisesta maaperän ja pohjaveden aggressiivisuudesta.
- Paalutuksien geosuunnitteluun kuuluu paalujen ympäristövaikutuksien huomiointi paalutuksia suunniteltaessa.
- Paalutukset tulee suunnitella siten, että ne eivät aiheuta vahinkoa tai haittaa rakennettavan kohteen lähirakenteille tai -ympäristölle.
- Geo- ja rakennesuunnittelijan tulee olla käytettävissä myös hankkeen toteutuksen aikana mahdollisten toteutuksenaikaisten suunnitelmien muutoksien varalta.
- Rakennesuunnittelija määrittelee paaluille tulevat kuormitukset, paalujen kestävyysvaatimukset, mahdollisen vinopaalujen käytön, paalujen sijaintitoleranssien vaatimukset, katkaisutasot, mahdolliset teräksien esiin piikkaukset.
- Turvallinen ja sujuva paalutustyömaa on suunniteltu siten, että paalutustyöt pystytään tekemään tasaiselta kantavalta alustalta.
- Paalutuksen kannalta tärkeimmät dokumentit ovat paalukartta ja paaluluettelo.
- Vinopaalujen suunnittelussa rakennesuunnittelijan tulee huomioida paalujen asennettavuus.
- Paalukartta tulisi olla käännettynä maailmankoordinaatistoon (ETRS-GK) ja korkotiedot N2000. Mikäli paalukartta ja paaluluettelo ovat 0-koordinaatistossa, tulisi paalutuksen tilaajan kääntää/käännättää nämä maailmankoordinaatistoon.
- Kaikissa hankkeissa tulisi tehdä suunnitelmien yhteensovittaminen, jossa voidaan havaita suunnitelmien mahdolliset ongelmakohdat ja risteämiset.

Suunnittelijoiden tehtävänä on suunnitella tilaajan toimeksiannosta ja ohjeistuksella kohteeseen soveltuva ratkaisu paalutukselle voimassa olevia lakeja ja määräyksiä noudattaen. Paalutuksien suunnittelussa tulisi tehdä tiivistä yhteistyötä eri suunnittelulajien välillä. Yhteistyötä tulee tehdä muidenkin kuin pelkkien geo- ja rakennesuunnittelijoiden välillä.

Arkkitehti toimii useissa hankkeissa pääsuunnittelijana, joten pääsuunnittelijan vastuu on tällöin myös arkkitehdillä. Pääsuunnittelija vastaa suunnittelusta kokonaisuudessaan ja sen laadusta. Pääsuunnittelijan vastuuseen kuuluu varmistaa, että kaikki tarvittavat suunnitelmat tehdään ja ne ovat ristiriidattomia toistensa kanssa. Pääsuunnittelijan velvoitteista säädetään maankäyttö- ja rakennuslaissa, maankäyttö- ja rakennusasetuksessa sekä Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen suunnittelijoista ja suunnitelmista. Paalutukset eivät kuitenkaan ole arkkitehtien vahvinta osaamisaluetta, joten hankkeeseen on syytä resursoida pätevä vastaava pohjarakennesuunnittelija aikaisessa vaiheessa.

Infrahankkeissa suunnittelusta vastaa pääsuunnittelija, jonka lisäksi hankkeessa on yleensä ainakin väyläsuunnittelija (tie- tai ratasuunnittelija), geosuunnittelija tai pohjarakennesuunnittelija ja rakennesuunnittelija. Infrahankkeissa esimerkiksi tie- tai ratapuoli voi johtaa suunnittelua ja heiltä tulee periaateratkaisut aluksi, jonka mukaan muut suunnitteluosapuolet laativat suunnitelmiaan pääsuunnittelijan johdolla. Yleensä pääsuunnittelija on myös suunnittelua vetävän tekniikkalajin edustaja.

Tässä luvussa käsitellään ensin paalutuksien geosuunnittelu, sitten rakennesuunnittelu ja viimeisenä paalutuksiin liittyvät muut tekniikkalajit. Kukin suunnittelulaji on käsitelty omassa alaluvussaan.

Geosuunnittelu

Geosuunnittelijan tehtäviin kuuluu pohja- ja maaperätutkimuksien ohjelmointi ja ohjelman tuloksien perusteella tehtävä kohteen perustamistavan määrittäminen. Geosuunnittelijalle kuuluu lisäksi kaivuu- ja louhintasuunnitelmat, tuentasuunnitelmat, painumalaskelmat ja painumien hallinnan suunnittelu ja pohjanvahvistusten suunnittelu. Paalutettavissa kohteissa geosuunnittelijalle kuuluu lisäksi paalupituuksien arviointi, koepaalutusohjelman laatiminen ja paalutusalueen suunnittelu. Talonrakennushankkeissa hankekohtaiset geosuunnittelijan tehtävät määritetään kuitenkin esimerkiksi Rakennustiedon Pohjarakennesuunnittelun tehtäväluettelon GEO 18 avulla. Väyläkohteissa geosuunnittelun tehtävät on esitetty Väyläviraston toimintaohjeissa, joita täsmennetään tarvittaessa hankekohtaisessa tehtävänmäärittelyssä.

Kaikkiin edellä esitettyihin suunnitelmiin ja tehtäviin tarvitaan lähtötiedoiksi kuitenkin luotettavat ja kattavat pohjatutkimustulokset. Pohjatutkimuksien laatu ja laajuus määrittelevät merkittävältä osalta myös niistä johdettujen suunnitelmien laadun ja toimivuuden.

Suunnittelijan tulee varmistaa, että tilaaja hankkii tai tilaa lähtötiedot suunnittelua varten. Lähtötietoja ovat johtokartat, tiedot olemassa olevista rakenteista rakennuskohteessa ja kohteen ympäristössä. Geosuunnittelijan tehtäviin kuuluu paalutuksien osalta myös paalujen säilyvyysuunnittelu ja paalutuksen ympäristövaikutuksien huomioiminen suunnitelmissa. Kaikki nämä tehtävät vaativat kuitenkin saumatonta yhteistyötä niin rakennesuunnittelijan kuin muidenkin tekniikkalajien suunnittelijoiden kesken.

Geosuunnittelu

Paalutettavissa kohteissa geosuunnittelijan tulee määritellä kohteeseen soveltuva paalutyyppi ja paalujen asennustapa. Pohjatutkimuksien perusteella geosuunnittelijan tulee arvioida kohteen paalupituuksia ja paalupituuksien

vaihtelua. Geosuunnittelija määrittelee paaluille vaaditut rasitusluokat maa- ja pohjavesianalyysien perusteella. Erityistä huomiota vaatii paalutuksien ympäristövaikutuksien huomioiminen suunnitteluvaiheessa.

Geosuunnittelija laatii kohteen perustamis- tapalausunnon, maa- ja pohjarakentamisen työselostuksen, pohjatutkimuskartan ja -leikkaukset. Pohjatutkimusleikkauksiin geosuunnittelija merkitsee paalujen arvioidut tunkeutumistasot tai -vyöhykkeet. Geosuunnittelija määrittelee rakennesuunnittelijalle lisäksi paalutyypit ja paalujen arvioidut pituudet paalukarttaa ja -luetteloa varten. Paalutyyppejä ei tule valita kohteeseen liian montaa, koska se hankaloittaa usein työmaalla toteutusta. Paalutyypit tulisi vakiodia alueittain tai rakenteittain ja kohteessa tulisi käyttää korkeintaan 2–3 eri paalukokoa tai -tyyppiä. Paalukokojen ja -tyyppien suhteen ei tule tehdä ylioptimointia, koska sillä on usein kustannuksien kannalta päinvastainen vaikutus kuin mikä on optimoinnin alkuperäinen tarkoitus.

Paalutusalustan suunnittelussa geosuunnittelija voi käyttää hyödyksi PO-2016 löytyviä tyyppiratkaisuja eri paalutuskalustoille. Suomessa tavallisin Junttan lyöntipaalutuskalusto painaa noin 65 t. Paalutusalustan suunnittelu on syytä tehdä kuitenkin konservatiivisesti, jos tarkempaa tietoa kalustosta ei vielä ole paalutusalustaa suunniteltaessa. Tarkemmat tiedot paalutuskoneista ja niiden mitta- ja painotiedot löytyvät paalutusurakoitsijoilta ja konevalmistajilta.

Geosuunnittelija tai pohjarakennesuunnittelija esittää suunnitelmissaan paalutuksen ja muiden rakennustöiden työtavat ja työjärjestykset silloin, kun ratkaisun tekninen toteutettavuus ja työturvallisuus sitä edellyttää. (Väylä 1/2020, Paalutustyön turvallisuusohje). Normaaleissa tapauksissa geosuunnittelijan on siis määritettävä työtavat ja työjärjestys suunnitelmissaan, jotta paalutukset ja muut pohjarakenteet voidaan toteuttaa laadukkaasti ja turvallisesti.

Säilyvyysuunnittelu

Paalutuksien geosuunnitteluun kuuluu paalujen säilyvyysuunnittelu, jolla tarkoitetaan paalujen ympäristöolosuhteiden arviointia ja niiden perusteella tehtäviä materiaalivalintoja ja suojaamistoimenpiteitä paalujen suunniteltu käyttöikä huomioiden. Suunniteltu käyttöikä määräytyy käyttöikäsuunnittelun perusteella. *Käyttöikäsuunnittelulla tarkoitetaan rakenteiden kestävyysuunnittelua säilyvyyden osalta. Lähtötietona käyttöikäsuunnitteluun tarvitaan ympäristöolosuhteet (rasitusluokat) sekä ajanjakso, jonka rakenteen edellytetään kestävän (suunnittelukäyttöikä).* (Betoni 2/2017, Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu). Pohjatutkimuksien yhteydessä tehtävien maaperä- ja pohjavesianalyysien perusteella hankitaan tietoa ympäristöolosuhteista eli mahdollisesta maaperän tai pohjaveden aggressiivisuudesta.

Tärkeimpien rakennusosien käyttöiät määritetään rakennuksen suunnittelukäyttöiän perusteella, mutta kaikkien rakennusosien käyttöikien ei tarvitse olla yhtä pitkät kuin koko rakennuksen. Periaatteena onkin mitä vaikeampaa ja kalliimpaa rakennusosan korjaaminen on, sitä pidemmäksi käyttöikävaatimus on asetettava. Esimerkiksi perustusten ja rakennuksen rungon suunnittelukäyttöiäksi on valittava vähintään rakennuksen suunnittelukäyttöikä. (Betoni 4/2004, Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu)

Käyttöikä- ja säilyvyysuunnittelussa tarvitaan siis tieto mahdollisesta maaperän ja pohjaveden aggressiivisuudesta, jonka perusteella voidaan määritellä tarvittavat toimenpiteet ja materiaalivalinnat paalujen suojaamiseksi. Paalujen tulee kestää vaurioitumatta koko niiden suunniteltu käyttöikä. Normaaleissa tapauksissa paalut suunnitellaan 100 vuoden käyttöiälle.

Teräspalkkipaaluilla normaali korroosio tavanomaisissa olosuhteissa otaksutaan olevan vähintään 1,2 mm (Väyläviraston/ELY-keskuksen/Helsingin kaupungin kohteissa 2,0 mm) sadassa vuodessa paalun ulkopuolista pintaa kohti. Teräspaalun korroosio riippuu paalua ympäröivistä olosuhteista. Teräspalkkipaalujen



Kuva 6. Teräsbetonipaalulaatta ratatyömaalla, jossa käynnissä useita samanaikaisia työvaiheita.

Kuva: Väylävirasto

mitoituksessa olosuhderiippuvainen korroosio otetaan huomioon teräsputken seinämävahvuutta määritettäessä. Vaihtoehtoisesti teräspalkkipaalut voidaan suojata korroosiolta erilaisilla korroosionsuojamenetelmillä. Korroosion mitoitusravoista ja korroosion huomioimisesta mitoituksessa on lisää ohjeistusta Paalutusohjeessa PO-2016 ja NCCI7:ssä.

Teräsbetonipaalujen normaali rasisitusluokka on XC2. Näissä normaalitapauksissa paalut jäävät pohjaveden pinnan alapuolelle, jossa betoni karbonatisoituu hyvin hitaasti, eikä raudoitteet

ruostu. Tyypillisimpiä kemiallisia rasisituksia on maaperän sulfaattirasisitus tai pohjaveden kloridirasisitus. Sulfaattien aiheuttamat rasisitusluokat ovat XA1-XA3 ja kloridien aiheuttaman teräskorroosion rasisitusluokat XS1-XS3. Muut mahdolliset rasisitusluokat määritellään aina tutkimuksien perusteella tapauskohtaisesti. Pakkasrasisitukselle paalut eivät normaalisti altistu, koska ovat maanalaisia rakenteita. Myöskään muiden kuin meriveden kloridien aiheuttamia teräskorroosioluokkia (XD) paaluilla tarvitaan harvoin. Lisää tietoa paalujen säilyvyysuunnittelusta ja rasisitusluokista löytyy

Rakennusteollisuus ry:n Tuotelehti PO-2016 mukaiseen paalutuksen suunnitteluun ja paalutustyöhön RT betonipaaluilla sekä Betonilehden Paaluinfosta 2/20216 Teräsbetonipaalujen säilyvyysuunnittelu. Lisäksi luvussa 7 on kerrottu lisää teräsbetonipaalujen rasitusluokista ja niiden määrittämisestä.

Ympäristövaikutukset

Paalutuksien geosuunnitteluun kuuluu paalujen ympäristövaikutuksien huomioiminen paalutuksia suunniteltaessa. Paalutukset tulee suunnitella siten, että ne eivät aiheuta vahinkoa tai haittaa rakennettavan kohteen lähirakenteille tai -ympäristölle. Paalutukset eivät saa myöskään heikentää aikaisemmin asennettujen paalujen geoteknistä tai rakenteellista kestävyyttä.

Paalutuksen aiheuttamina ympäristövaikutuksina on huomioitava muun muassa värinä ja melu, maan siirtyminen ja syrjäytyminen, maan häiriintyminen, huokosvedenpaineen nousu, paineellinen pohjavesi ja maan tiivistyminen tai löyhtyminen. Lyötävät teräsbetonipaalut ovat maata syrjäyttäviä paaluja, joten paalujen asentaminen syrjäyttää maata niin pysty- kuin vaakasuunnassakin. Aikaisemmin asennetut paalut saattavat nousta paalutuksen edetessä ja mahdollista nousua on tarkkailtava työmaalla. Mikäli paalujen nousua on havaittu, on nousseet paalut jälkilyötävä takaisin alkuperäiseen asemaansa.

Hienorakeisissa maissa paalutus saattaa aiheuttaa huokosvedenpaineen nousua ja maaperän häiriintymistä. Mikäli huokosvedenpaineen noususta ja maaperän häiriintymisestä on haittaa, on niitä seurattava työn aikana ja vaikutuksia ehkäistävä. Huokosvedenpaineen nousu ja maan häiriintyminen pienentää maan tehokasta lujuutta, mikä voi aiheuttaa siirtymiä ja painumia ympäristöön. Myös paalutusalueen stabiliteetti voi oleellisesti heikentyä maapohjan lujuuden heikkenemisen seurauksena. Löyhä karkearakeinen maa voi lisäksi tiivistyä lyöntipaalutuksen yhteydessä, mikä voi aiheuttaa painumia lähialueiden rakenteille.

Kaikki edellä esitetyt ympäristövaikutukset tulee huomioida paalutuksien geosuunnittelussa. Lisää tietoa paalutuksen ympäristövaikutuksista on löydettävissä Paalutusohjeesta PO-2016.

Toteutuksenaikaiset suunnitelmien muutokset

Geosuunnittelijan tulee olla käytettävissä myös hankkeen toteutuksen aikana mahdollisten toteutuksenaikaisten suunnitelmien muutosten varalta. Paalutusprosessin sujuvuuden kannalta geosuunnittelun rakentamisen aikainen reagointi ja toiminta on merkittävässä roolissa. Geosuunnittelijan on usein reagoitava nopeasti muutoksiin, jotta työmaan työt etenevät aikataulussa keskeytyksettä. Esimerkiksi kohteen olosuhteet voivat poiketa lähtötiedoista merkittävästi, valittu paalutyyppi tai paalutusmenetelmä ei sovellu kohteeseen, paaluja rikkoontuu asennettaessa, paalujen geoteknisen kestävyuden vaatimukset eivät täyty koekuormituksissa, maapohja häiriintyy paalutuksesta tai paalutuskoneelle suunniteltu paalutusalue ei ole riittävä.

Näissä edellä esitetyissä tapauksissa geosuunnittelijalta vaaditaan usein pikaisia suunnitelmamuutoksia, katselmuksia tai ohjeistusta työmaalle, jotta paalutusprosessia voidaan viedä eteenpäin ilman pidempiä keskeytyksiä. Moniin työmaalla esiin tuleviin ongelmiin ja seikkoihin voidaan valmistella ratkaisu jo ennalta ja antaa ohjeistus toimintatavoista, jolloin prosessista tulee sujuvampi ja pidemmiltä keskeytyksiltä välttyään.

Geosuunnittelijan tulisi esittää nämä mahdollisia poikkeamia aiheuttavat tekijät tilaajalle aikaisessa vaiheessa, jotta mahdolliset aikatauluvaikutukset voidaan ottaa huomioon aikatauluja laadittaessa ja jo pohjatutkimusohjelmaa tehtäessä. Tiukka aikataulu, nopea aloitus ja karsittu pohjatutkimusohjelma ovat usein huono yhdistelmä hankkeen paalutuksien ja pohjarakentamisen toteutuksen kannalta.

Rakennesuunnittelu

Rakennesuunnittelija määrittelee paaluille tulevat kuormitukset, paalujen kestävyysvaatimukset, mahdollisen vinopaalujen käytön, paalujen sijaintitoleranssien vaatimukset, katkaisutasot, mahdolliset teräksien esiin piikkaukset. Rakennesuunnittelijan tiedoilla geosuunnittelija taas pystyy määrittämään paalutyypit, paalujen pituusarviot ja koekuormituksien tarpeen ja vaatimukset. Geosuunnittelijan tulee lisäksi kertoa rakennesuunnittelijalle mahdollisimman aikaisin, jos sijaintitoleranssivaatimusten saavuttamisessa voi olla riskejä esimerkiksi täyttöjen, maaperän kivisyyden tai esimerkiksi vanhojen puupaalujen takia.

Rakennesuunnittelijan tehtäviin kuuluu siis paalutuksien ja pohjarakenteiden rakennesuunnittelu, mutta lisäksi myös mittakuvien laatiminen ja omalta osaltaan paalutuksien ympäristövaikutusten huomioiminen ja siihen liittyvät suunnittelutehtävät. Rakennesuunnittelija voi vaikuttaa paalutustyön toteutettavuuteen Väyläviraston oppaan 1/2020 Paalutustyöturvallisuuden huomioiminen suunnitteluvaiheessa mukaisesti, muun muassa rakenteiden korkeusaseman järkevällä valinnalla. Turvallinen ja sujuva paalutustyömaa on yleensä suunniteltu siten, että paalutustyöt pystytään tekemään tasaiselta kantavalta alustalta, missä ei ole runsaasti erilaisia syvennyksiä tai pengerryksiä. Usein myös mahdollinen olemassa oleva kuivakuorikerros on hyödynnetty osana paalutusalustaa, kun rakenteiden korkeusajat on työjärjestyksellä valittu järkevästi.

Rakennesuunnittelu

Rakennesuunnittelija laatii kohteesta paalukartan, paaluluettelon ja tarvittavat perustus- ja leikkauskuvat. Rakennesuunnittelija saa tarvittavat tiedot paaluista ja paalujen tavoitetasoista geosuunnittelijalta. Lisäksi geosuunnittelijalta voi tulla suosituksia tai reunaehdotuksia rakenteiden korkeusasemiin paalutuksen, kaivantojen tai täyttöjen teknisen toteutettavuuden kannalta. Muihin tekniikkalajeihin liittyen rakennesuunnittelija tarvitsee tiedot olemassa olevasta

ja uudesta suunniteltavasta infrasta, kuten sähkökaapeleista, vesijohdoista ja viemäreistä.

Paalutuksen kannalta tärkeimmät dokumentit ovat paalukartta ja paaluluettelo.

Paalukartassa (PDF- ja dwg-tiedostona) tulee esittää:

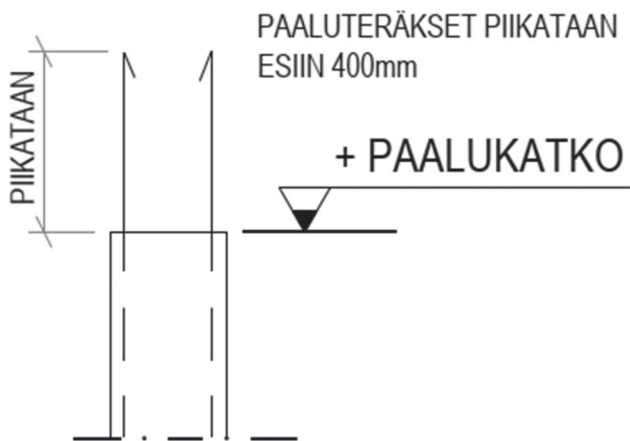
- paalujen numerot,
- paalutyypit,
- paalujen rasisitusluokat,
- paalutustyöluokka,
- seuraamusluokka,
- paalujen sijaintitoleranssit,
- paalujen kaltevuudet ja kaltevuuksien suuntakulmat,
- ohjeistus paalujen katkaisusta ja teräksien esiin piikkauksesta,
- mahdollinen ohjeistus korvaavien paalujen asentamisesta.

Paaluluettelossa (Excel- ja PDF-tiedostona) paaluista tulee esittää:

- paalujen numerot,
- paalutyypit,
- arvio paalupituudesta paaluittain,
- paalujen x- ja y-koordinaatit,
- paalujen katkaisukorot,
- mahdolliset teräksien esiin piikkaukset (katkaisukorko ja esiin piikattava teräksien pituus),
- vinopaalujen kaltevuudet ja suuntakulmat.

Katkaisukorkona esitetään korko, josta ylöspäin harjateräkset piikataan esiin tartuntapituuden verran. Kuvassa 7 on havainnollistettu teräksien esiin piikkausta. Hankekohtaisesti paaluilla ei tulisi käyttää samoja numeroita, vaikka kohteessa olisi eri rakennuksia. Paaluilla tulisi olla siis hankekohtaisesti juokseva numerointi ja suunnitelmamuutoksissa lisäpaalut numeroida juoksevasti numerojonon lopusta, ei muuttamalla koko paalukon numerointia.

Mahdolliset suunnitelmien revisioinnit tulee esittää kuvissa selkeästi, eli milloin ja mitä on muutettu ja korostaa muutokset myös suunnitelmakuvissa. Työsuunnitelmat tulisi olla kuitenkin vähintään 4 viikkoa ennen paalutuksen aloitusta valmiina, jonka jälkeen muutoksia ei enää suunnitelmiin tule, lukuun ottamatta mahdollisia työn aikana tulevia muutoksia. Suunnitelmien muuttaminen tarkoittaa paalutuksen päivittämistä ja muuttamista paalutehtaalle, mittausaineistojen uusimista, paalutuskoneiden mallien päivittämistä ja mahdollisten paperikuvien teettämistä uudelleen, joten suunnitelmien tulisi olla valmiit ennen paalutuksia sekä mittaus- ja toteutusaineistojen valmistelua työmaalle.



Kuva 7. Teräksien esiin piikkaus ja katkaisukorko.

Vinopaalujen suunnittelussa rakennesuunnittelijan tulee huomioida paalujen asennettavuus, eli vinopaalujen sijoittelussa ja kaltevuuksissa tulee ottaa huomioon tavanomaisesti käytettyjen kalustojen rajoitukset sekä työmaan reunaehdot työtilojen, täyttötöiden ja leikkauksien suhteen. Liitteessä 1 on esitetty tavanomaisen Junttan PMx22-paalutuskoneen kallistustaulukot eri kallistussuuntiin. Junttan-paalutuskoneiden kallistustaulukot ovat aina konekohtaisia ja työmaalle tulevan koneen taulukoita on aina käytettävä arvioitaessa mahdollisia kallistuksia ja kallistussuuntia. Vastaavien koneiden kallistustaulukoita voidaan käyttää tehtäessä alustavia arvioita ja suunnitelmia.

Väyläviraston oppaassa 1/2020 Paalutustyöturvallisuuden huomioiminen suunnitteluvaiheessa on esitetty vinopaalujen huomioiminen suunnittelussa seuraavasti:

"Mikäli teräsbetonisia lyöntipaaluja, suuriläpimittaisia teräsputkipaaluja (metripaino > 120...150 kg/m), tarvitaan jyrkempään kaltevuuteen kuin 8:1 ja asennetaan tavanomaisella 55–90 t kokonaispainoisella (paalun paino mukana) paalutuskalustolla, on paalutus käytännössä tehtävä ns. takakallistuksella, ellei kallistustaulukon mukaan toisenlainen asennus ole mahdollista tai käytetä lyhyitä paaluelementtejä. Tämä tarkoittaa, että asennettavan paalun "takana" on oltava vähintään 10–12 metriä tilaa paalutuskoneelle. Yleisesti ottaen vinopaaluja ei tulisi suunnitella kaltevampaan kuin 3.5:1...4:1." Kuvassa 8 on esitetty työmaalla asennettuja vinopaaluja ja samalla kuva havainnollistaa vinopaalujen asentamiseen vaadittavia tiloja.

Mittausten lähtötiedot

Rakennesuunnittelijalta tarvitaan paalutuksen lähtötietoina paalukartta PDF- ja dwg-muotoisina tiedostoina sekä paaluluettelo Excel-taulukkona. Myös kohteen mahdollinen tietomalli on hyödyllinen lähtötieto paalutuksessa, mutta pelkkä tietomalli ei kuitenkaan riitä lähtötiedoksi. Paalukartta tulisi olla käännettynä maailmankoordinaatistoon (ETRS-GK) ja korkotiedot



Kuva 8. Vinopaaluja asennettuna työmaalla, jossa koneella on riittävät työtilat.

N2000-korkeusjärjestelmään. Mikäli paalukartta ja paaluluettelo ovat 0-koordinaatistossa, tulisi paalutuksen tilaajan kääntää nämä maailmankoordinaatistoon. Oman ongelmansa kääntämisessä aiheuttaa paalukartan ja perustuskuvan skaalaus samaan kokoon asemakaavakuvaan kanssa. Usein paalukartta on millimetrinen ja asemakuva metrinen, jolloin skaalaus tulee tehdä millimetreistä metreihin, jotta paalukartta saadaan asemoitua asemakaavakuvaan. Lisäksi asemakuvassa on rakennuksen ulkomitat, eli ulkovuoren ulkolaita ja paalukartassa näitä samoja mittalinjoja ei useinkaan ole. Tällöin tarvitaan apupisteet tai moduulilinjat kääntöä varten. Suositeltavaa on, että talonrakennuskohteissa rakennesuunnittelija esittää paalukartassa rakennuksen ulkolinjat ja nurkkapisteet.

Edellä esitetyn lisäksi talonrakennuskohteissa tilaajalta tulisi saada rakennusluvan mukaiset rakennuksen nurkkapisteet ja korko joko maastoon merkittynä, tai mieluiten siten että

kunnan mittausosasto kartoittaa tarra-apupisteet valmiiksi kohteeseen ja antaa näiden koordinaatit sekä rakennuksen nurkkien koordinaatit. Siten kaikilla olisi samat lähtötiedot ja 0-koordinaatistosta maailmankoordinaatistoon käännöt voidaan tehdä helpommin ja pienemmällä virheen todennäköisyydellä.

Ympäristövaikutukset

Tärinä ja ympäristövaikutukset tulisi huomioida hankkeiden suunnittelussa. Erityisesti paalutuksen aiheuttama tärinä ja melu voi olla merkittävässä roolissa hankkeen paalutustapaa määritettäessä. Melun ja tärinän häiriöalue tulee myös määrittää, jotta katselmukset ja mittaukset voidaan suorittaa riittävän laajalle alueelle.

Tärinöiden huomioon ottamisesta voi suunnitteluvaiheessa huolehtia vastaava pohja-, kallio- rakenne- tai rakennesuunnittelija. Rakennushankkeeseen ryhtyvällä tulee olla käytettävissä

riittävän ajoissa kuitenkin rakennushankkeen vaativuutta vastaavat kelpoisuusvaatimukset täyttävä värinäsiantuntija. Ainakin vaativuusluokan 3 hankkeissa on suositeltavaa nimetä luokan kelpoisuusvaatimukset täyttävä värinäsiantuntija jo hankkeen alkuvaiheessa. (RIL-253-2024).

Värinän ohjearvoihin vaikuttaa rakennuksien rakentamis- ja perustamistapa. Värinän heilahdusnopeuden v (mm/s) ohjearvon laskentakaava ja kaavan kertoimien taulukot sekä suurimman odotettavissa olevan pystysuoran heilahdusnopeuden laskentakaava ja ohjeistus kaavan käytöstä on esitetty Paalutusohjeessa PO-2016. Geosuunnittelija pystyy yleensä arvioimaan paremmin värinän suuruuden, kun taas rakennesuunnittelija pystyy arvioimaan rakenteiden kestävyysvärinän suhteen.

Paalutuksen meluun voidaan vaikuttaa asennuskaluston ja paalutyyppien valinnalla. Melutasoa voidaan pienentää lisäksi melulähteen eristämällä (järkäleen koteloointi ja syvä iskupesä) sekä iskutyynyn ja -suojan valinnalla. Melutaso teräsbetonipaalujen lyöntityössä on normaalisti nykyajaisella koteloidulla Junttan SHK-järkäleellä noin 90–95 dB 10 m etäisyydellä paalupisteestä.

Suunnitelmien yhteensovittaminen

Valmiisiin paalutussuunnitelmiin tarvitaan siis sekä geo- että rakennesuunnittelijan tietoja ja yhteistyötä, unohtamatta muita tekniikkalajeja, kuten LVI-suunnittelijaa ja väylähankkeissa kuivatussuunnittelija. Valmiiden suunnitelmien laatu ja aikataulu riippuu hyvin paljon siitä, kuinka mutkattomasti yhteistyö suunnitteluosapuolien välillä toimii. Monesti koko suunnitteluprosessi on sujuvampi, kun geo- ja rakennesuunnitelmat tulevat samasta suunnittelutoimistosta.

Suunnitelmien yhteensovittamisessa tulee kiinnittää huomiota erityisesti suunnitelmien toteuttavuuteen työmaalla. Erityishuomiota vaativia seikkoja ovat muun muassa tuetut kaivannot, vinopaalut, paalutusjärjestys sekä paalutustason

ja katkaisukorkojen erot. Kaikissa hankkeissa tulisi tehdä suunnitelmien yhteensovittaminen, jossa voidaan havaita suunnitelmien mahdolliset ongelmakohtat ja risteämiset.

Pohjatutkimustuloksien perusteella tehtävästä tietomallinnuksesta saadaan paaluille tavoitetasot, jotka tulevat rakennesuunnittelijan käyttöön. Rakennesuunnittelija saa paalujen tavoitetasojen perusteella määritettyä paalujen pituudet paaluluetteloon. Paalujen tietomallinnus samaan kuvaan olemassa olevien ja rakennettavien tekniikoiden kanssa auttaa usein paljastamaan mahdolliset ongelmat, kun voidaan havaita mahdolliset rakenteiden risteämiset tai törmäämiset ja samalla saadaan sijaintitoleransseille tarkempia vaatimuksia, jos jotkin rakenteet ovat hyvin lähellä toisiaan tietomallin perusteella. Esimerkiksi LVI- ja kuivatussuunnittelijoiden suunnittelemien putkijohtojen ja geo- ja rakennesuunnittelijoiden suunnittelemien paalujen yhteensovittamisessa on ollut useasti haasteita.

Toteutuksenaikaiset suunnitelmien muutokset

Paalutuksia suoritettaessa työmaalla tulee usein muutoksia ja suunnittelijan apua tarvitaan myös työn aikana. Paalu voi esimerkiksi katketa asennettaessa tai paalun toteutunut sijainti voi muuttua suunnitellusta huomattavasti maassa olevien kivien, muiden esteiden tai vinon kalliopinnan seurauksena. Lisäksi paalun geotekninen kestävyys voi olla alhaisempi kuin suunnitelmissa on määritetty. Näissä tapauksissa on syytä olla viipymättä yhteydessä suunnittelijaan, jotta tarvittavat toimenpiteet voidaan määritellä nopeasti. Mahdolliset lisäpaalut tai korvaavat paalut ja niiden paikat olisi hyvä saada tietoon välittömästi tarpeen ilmettyä, mutta viimeistään sinä aikana, kun paalutuskone on vielä töissä työmaalla ja lisäpaalun asennuspaikan ympärille ei ole asennettu vielä kaikkia paaluja hankaloittamaan korvaavan lisäpaalun asennusta.

Jos muut paalut on asennettu jo lisäpaalun suunnitellun sijainnin ympärille, voi joutua teke-

mään paalutuskoneelle työalustan katkaistujen paalujen yläpäiden yläpuolelle, siten että asennetut paalut eivät vaurioidu tai siirry ajettaessa paalutuskoneella niiden päälle. Vaihtoehtona voi olla myös paalutyypin tai asennustavan vaihto lisäpaalulle. Molemmat vaihtoehdot ovat kuitenkin kustannuksiltaan merkittäviä, verrattuna tilanteeseen, jossa on saatu nopeasti tieto poikkeamista suunnittelijalle ja suunnittelijalta tieto lisäpaalun paikasta. Nopealla reagoinnilla urakoitsijan ja suunnittelijan tahoilta voidaan lisäpaalut asentaa ongelmitta työmaalla olevalla kalustolla.

Urakoissa pitäisi sopia myös, kuka käy keskustelun suunnittelijan kanssa. Voiko paalutusurakoitsija keskustella ja ilmoittaa havaintoja suoraan suunnittelijalle vai täytyykö ilmoitukset tehdä pääurakoitsijalle sekä valvojalle, jotka välittävät tiedon sitten suunnittelijalle. Mitä pidempi tämä ketju on, sitä kauemmin asioissa yleensä kestää. Suositeltavaa olisi, että samassa tiedonjaossa on niin paalutusurakoitsija, suunnittelija, maanrakennusurakoitsija kuin pääurakoitsijakin, jolloin tieto tulee kaikille samaan aikaan. Tilaajan tehtävänä on viimekädessä määrittää ja ohjeistaa tämä tiedonkulkuketju työmaalla.

Paalutuksista sijaintitarkkeet mitataan usein vasta, kun paalut on katkaistu. Ongelmaksi tarkkeiden ottoon ennen paalujen katkaisua tulee yleensä pitkät paalukannot, vinopaalut ja katkaisutaso työpedin alapuolella. Lisäksi toteutunut katkaisutaso selviää vasta paalun katkaisun jälkeen. Paalun asennuksen jälkeen ennen varsinaisten tarkkeiden ottoa geosuunnittelijalle toimitetaan paalun alapään korkeus-asema, toteutunut kaltevuus ja GPS-tarkkuus paalun sijainnista.

Suositeltavaa on, että suunnittelija vierailee työmaalla myös työn aikana ja näkee käytännössä, kuinka paalutus työmaalla sujuu. Tosin suunnittelijan työmaavierailut ovat tilaajalle kustannuskysymys, joista voidaan helposti tinkiä. Useimmiten suunnittelija kutsutaan työmaakatselmukselle vasta, kun työmaalla ilmenee ongelmia.

Muut tekniikkalajit

Muilla tekniikkalajeilla tarkoitetaan muun muassa infrasuunnittelua, tiesuunnittelua, ratasuunnittelua, kuivatussuunnittelua ja LVIS-suunnittelua. Muiden kuin geo- ja rakennesuunnittelun tiedot ovat erittäin tärkeitä lähtötietoja paalutuksien suunnittelussa, kun lopputilanteessa kaikkien suunnitelmien ja tekniikoiden tulee olla ristiriidattomasti toteutettavissa ja kaikkia edellä mainittuja tarvitaan kuitenkin valmiissa kohteessa. Muiden tekniikkalajien osalta tulee huomioida niin olemassa oleva infra ja tekniikka kuin myös rakennettavaksi tulevat rakenteet.

Tärkeimpänä seikkana eri tekniikkalajien välillä on suunnitelmien yhteensovittaminen. Kaikissa hankkeissa tulisi tehdä suunnitelmien yhteensovittamista, eli tarkastaa että kaikki eri rakenteet ja tekniikat voidaan toteuttaa ongelmitta. Tarvittaessa olemassa olevia tekniikoita täytyy siirtää tai suunniteltuja sijainteja muuttaa, mutta tämä tulee tehdä ennen rakentamisen aloittamista. Suunnitelmien yhteensovituksessa tulisi tarkastaa erityisesti korkomaailma, eli että kaikki rakenteet ovat samassa korkomaailmassa ja korot eivät risteä, rakenteiden sijainti tulisi tarkistaa samassa koordinaatistossa, jotta rakenteet eivät ole toistensa tiellä.

Väyläviraston hankkeissa yleensä tie- tai rata- puoli vetää suunnittelua, ja heiltä tulee periaateratkaisut hankkeen alussa. Periaateratkaisujen perusteella geo- ja rakennesuunnittelu sekä muut tekniikkalajit tekevät omaa suunnitteluaan. Toki suotavaa on, että geo- ja rakennesuunnittelun ohjaamana tielinjauksia ja silta- paikkoja voidaan optimoida, koska juuri geo- ja rakennesuunnittelu muun muassa siltojen osalta vaikuttaa merkittävästi hankkeen toteutavuuteen ja kustannuksiin.

6

Urakoitsijat

- Tilaajan ja pääurakoitsijan kannalta paalutuksen hankkiminen maanrakennusurakassa helpottaa urakkarajoista sopimista ja työmaalla töiden yhteen sovittamista maanrakentajan ja paalutusurakoitsijan kesken.
- Ideaalitapauksessa urakoitsijoilla olisi mahdollisuus kommentoida ja kertoa näkemyksenä suunnitelmista ja niiden toteuttamisen mahdollisista haasteista.
- Työvaiheet tulisi yhteensovittaa siten, että ne voidaan tehdä kukin omina vaiheinaan aiheuttamatta vaaraa toisille tai itselleen.
- Mikäli paaluilla on useita eri katkaisutasoja huomattavasti eri koroissa, tulee suunnitelmissa esittää suunnittelijan näkemys työjärjestyksestä ja kaivutasoista.
- Varsinaiset toteutusvaiheen tarjouspyynnöt tulisi lähettää 2–3 kuukautta ennen varsinaista paalutuksen aloitusta ja paalutusurakoitsijavalinta tehdä 6–8 viikkoa ennen paalutuksen aloitusta.
- Paalutuksen kannalta pääurakoitsijan tulee vaatia paalutuskoneiden pystytystarkastuspöytäkirjat ja paalutuskoneiden voimassa olevat vuositarkastusdokumentit ennen töiden aloitusta.
- Maanrakentaja tekee geosuunnittelijan suunnitelmien pohjalta paalutuskoneelle paalutusalustan, huolehtii kulkuteistä ja ajoluiskista, tekee tarvittavat kaivut tai täytöt paalujen katkaisuja varten sekä huolehtii paalupätkien keräämisestä ja poisviennistä.
- Normaalisti katkaisutason tulisi olla noin 15 cm maanpinnan yläpuolella ja maksimissaan noin 80 cm korkeudella maanpinnasta. Katkaisua varten paalun ympärillä tulisi olla noin 1 m vapaa tila joka puolella.
- Junttan konevalmistajan ohjeen mukaan vaara-alue on keilin pituus + 20 m, eli tavanomaisella Junttan PMx22 lyöntipaalutuskoneella vaara-alue on noin 45 m.
- Sujuvan työmaatoiminnan vuoksi paalutusurakoitsijan tulee toimia hyvässä yhteistyössä maanrakennusurakoitsijan ja pääurakoitsijan kanssa. Urakoitsijat laativat yhteisen aikataulun töiden suorittamisella, sopivat paalutusmestojen valmisteluista ja paalutuksen etenemisjärjestyksestä.
- Työmaalla havaituista toteutuspoikkeamista otetaan välittömästi yhteys tilaajaan ja suunnittelijaan, jotta he voivat määrittää poikkeamasta seuraavat toimenpiteet.
- Tilaajan on tärkeä huolehtia, että dokumentointi tehdään asianmukaisesti ja kaikki tarvittava tieto on dokumentoitu.

Paalutusurakoitsijat toteuttavat paalutukset suunnittelijoiden laatimien suunnitelmien perusteella. Paalutusurakan ketjutus voi olla useampiportainen, eli tilaaja ei aina tilaa paalutusta suoraan paalutusurakoitsijalta. Joskus pääurakoitsijalla on aliurakoitsijana maanrakennusurakoitsija, jonka aliurakoitsijana on paalutusurakoitsija. Tilaajan ja pääurakoitsijan kannalta paalutuksen hankkiminen maanrakennusurakassa helpottaa urakkarajoista sopimista ja työmaalla töiden yhteen sovittamista maanrakentajan ja paalutusurakoitsijan kesken. Infrakohteissa usein pääurakoitsijana, maanrakennusurakoitsijana ja myös paalutusurakoitsijana on sama toimija. Tämä ainakin teoriassa sujuvoittaa yhteistyötä ja tiedonkulkua hankkeella, kun kaikki toiminnot tulevat samalta organisaatiolta.

Usein ongelmana urakoiden ketjutuksessa on urakan nopea alku työn tilaamisesta, jolloin suunnitelmia ei ehdi tai pysty kommentoimaan, eikä muutoksiin olisi edes aikaa. Ideaalitapauksessa urakoitsijoilla pitäisi olla myös mahdollisuus kommentoida ja kertoa näkemyksenä suunnitelmista ja niiden toteuttamisen mahdollisista haasteista. Tämän kommentointimahdollisuuden tarjoaa aikaisemmin esitetty suunnitelmakatselmus yhdessä suunnittelijoiden ja tilaajan kanssa, joka on pidettävä riittävän ajoissa ennen töiden aloittamista.

Tässä urakoitsijaluvussa käsitellään pääurakoitsija, maanrakennusurakoitsija ja paalutusurakoitsija. Käsittelyjärjestys on sama kuin usein paalutusurakan ketjutus tavanomaisissa hankkeissa. Kussakin alaluvussa käsiteltävät asiat on valittu siten, että ne edustavat kunkin urakoitsijakentän tehtäviä asioita ja mahdollisia haasteita.

Pääurakoitsija

Pääurakoitsijalla on kohteen päätoteuttajan velvollisuudet, ja mikäli rakennuttaja ei ole nimennyt päätoteuttajaa, on päätoteuttajan velvollisuudet rakennuttajalla. Päätoteuttajan velvollisuuksiin kuuluu nimetä työmaan vastuuhenkilö, joka vastaa koneiden ja lait-

teiden turvallisuuden varmistamisesta, sekä viikoittaisista kunnossapitotarkastuksista ja turvallisuusseurannasta. Lisäksi päätoteuttaja laatii työmaan aluesuunnitelman ja suunnitelmat työturvallisuudesta. Päätoteuttajan velvollisuuksiin kuuluu lisäksi huolehtia työmaan turvallisuudesta jatkuvasti kaikilla osa-alueilla. Tämä velvollisuus sisältää niin töiden yhteensovittamisen kuin tiedottamisen ja tiedonkulun varmistamisen. Päätoteuttaja myös perehdyttää kaikki työmaan työntekijät.

Aikataulusuunnittelu ja työvaiheiden yhteensovittaminen

Pääurakoitsija laatii kohteen yleisaikataulun ja vastaa työvaiheiden yhteensovittamisesta. Yhteensovittamisessa tulee huomioida töiden turvallinen suorittaminen. Usein työvaiheita limitetään liikaa päällekkäin, jolloin esimerkiksi paalutuksen vaatimat vaara-alueet eivät täyty, kun paaluja asennetaan ja katkaistaan vierekkäin sekä välittömässä läheisyydessä tehdään vielä anturoille pohjia ja rakennetaan muotteja ja raudoituksia. Työvaiheet tulisi yhteensovittaa siten, että ne voidaan tehdä kukin omina vaiheinaan aiheuttamatta vaaraa toisille tai itselleen.

Ensin suoritetaan paalutusalueen teko, sitten asennetaan paalut, katkaistaan ne, otetaan tarkkeet, tehdään tarvittavat anturapohjat, rakennetaan muotit ja tehdään raudoitukset ja valut. Monesti paalujen asennuksen jälkeen joudutaan kaivamaan katkaisutasoja näkyviin, jotta katkaisu voidaan suorittaa. Työpedin nousua paalutustyön seurauksena ei ole aina huomioitu tai sitä ei ole voitu leikata syvemmälle aikaisemmin. Syynä voi olla esimerkiksi kuivakuorikerros, jota ei ole haluttu leikata pois ennen paalutuksien suorittamista. Tämä työvaihe jää usein suunnittelematta tai huomioimatta aikataulussa ja se aiheuttaa usein viivettä työmaalla. Työvaiheita voidaan tietenkin limit-tää, mutta tarvittavien turvaetäisyyksien tulee täyttyä ja kaikkien töiden suorittamiseen on oltava varattuna realistinen aika.

Mikäli paaluilla on useita eri katkaisutasoja huomattavasti eri koroissa, tulee suunnitelmissa

esittää suunnittelijan näkemys työjärjestyksestä ja kaivutasoista. Työjärjestyksellä voi olla merkittävä vaikutus kaivantojen ja paalutusalojen stabiiliteettiin ja mahdollisiin paalujen siirtymiin asennuksen jälkeen. Määritelty työjärjestys vaikuttaa merkittävästi aikatauluun ja työvaiheiden yhteensovittamiseen. Aikaisemmin esitetyn suunnitelmakatselmuksen tarve korostuu tämän kaltaisissa hankkeissa.

Tarjouspyynnöt

Pääurakoitsijana ennakkotarjouspyynnöt paalutuksista lähetetään yleensä sen jälkeen, kun tarjouspyynnöt tilaajilta ovat saapuneet pääurakoitsijoille ja tilaajien tarjouspyynnöt on pääurakoitsijoiden toimesta käyty läpi. Budjettihintoja on toki voitu kysyä ja saada jo ennen varsinaisia ennakkotarjouksia. Budjettihinnoittelua varten suunnitelmat ovat yleensä todella vajavaisia, jos niitä on lainkaan. Ennakkotarjousvaiheessa suunnitelmat ovat yleensä jo pidemmälle vietyjä ja selkeästi valmiimpia. Toki tämä riippuu paljon tilaajasta ja hankkeen tyypistä.

Varsinaiset toteutusvaiheen tarjouspyynnöt tulisi lähettää 2–3 kuukautta ennen varsinaista paalutuksen aloitusta ja paalutusurakoitsijavalinta tehdä mieluummin 6–8 viikkoa ennen paalutuksen aloitusta, toki vielä aikaisemmin on parempi, mutta harvoin tilanne on tämä. Nyrkisääntönä voidaan pitää, että mitä suurempi hanke, sitä aikaisemmin on saatava tieto urakoitsijavalinnoista. Tämä pätee myös tarjouspyyntöjen lähetykseen ja laskenta-aikaan, kun isoissa hankkeissa on yleensä enemmän aineistoa ja ne vaativat enemmän resursseja niin paalutusurakoitsijalta kuin paalutehtaalta.

Pääurakoitsija voi kysyä paalutusurakasta tarjouksen suoraan paalutusurakoitsijalta tai maanrakennusurakoitsijalta, joka vuorostaan kysyy paalutuksesta tarjouksen paalutusurakoitsijalta.

Työturvallisuus

Päätoteuttajan velvollisuuksiin kuuluu työmaan työturvallisuussuunnitelmien laadinta, hankekohtainen vaarojen tunnistaminen ja ris-

kienarviointi sekä turvallisuusseuranta kaikilla työmaan osa-alueilla. Päätoteuttajan velvollisuuksiin kuuluu lisäksi yhteisen rakennustyömaan työntekijöiden perehdyttäminen, työmaa-alueen käytön suunnittelu, työnaikaisten liikennejärjestelyiden suunnittelu sekä kunnossapitotarkastukset. Päätoteuttaja vastaa myös työalustasta, kulkuteistä, kaapelinäytöistä sekä turvallisesta työalueesta. (Väylä 1/2020, Paalutustyön turvallisuusohje). Töiden turvallinen suorittaminen vaatii työnsuunnittelua ja järkevää aikataulusta.

Paalutuksen kannalta pääurakoitsijan tulee vaatia paalutuskoneiden pystytystarkastuspöytäkirjat asianmukaisesti täytettynä ennen töiden aloitusta. Lisäksi pääurakoitsijan tulee vaatia paalutuskoneiden voimassa olevat vuositarkastusdokumentit. Paalutuskoneiden tarkastuksilla parannetaan paalutustöiden turvallisuutta, kun voidaan havaita työturvallisuuteen vaikuttavat viat ja puutteet ennen vahinkojen sattumista. Paalutuskoneiden tulee olla lisäksi CE-merkitettyjä ja käyttötarkoitukseen soveltuvia.

Maanrakennusurakoitsija

Maanrakennusurakoitsijalla on tärkeä tehtävä paalutustyömaiden valmistelevien töiden tekemisessä sekä paalutusurakoitsijan ja perustusurakoitsijan tehtävien yhteensovittamisessa. Maanrakennusurakoitsija tekee paalutuskoneiden vaatimat paalutusaloitukset valmiiksi, huolehtii paalujen katkaisun vaatimista pohjista ja työtiloista, kerää katkaistut paalun pätkät pois ja tekee pohjat valmiiksi muottitöitä varten.

Paalutustyön kannalta maanrakennusurakoitsija laatii kohteen aikataulun yhdessä pääurakoitsijan ja paalutusurakoitsijan kanssa. Maanrakennusurakoitsija huolehtii omien töiden työturvallisuudesta sekä paalutustöiden turvallisen toteuttamisen vaatimista seikoista. Maanrakentaja tekee geosuunnittelijan suunnitelmien pohjalta paalutuskoneelle paalutusaloitukset ja huolehtii kulkuteistä ja ajoluiskista, jotta paalujen toimitukset ja muu työmaalogis-

tiikka saadaan tehtyä turvallisesti ja ongelmitta. Lisäksi maanrakentaja tekee tarvittavat kaivut tai täytöt paalujen katkaisuja varten ja huolehtii paalupätkien keräämisestä ja poisviennistä.

Työ- ja aikataulusuunnittelu sekä riskienhallinta

Maanrakennusurakoitsija laatii oman työsuunnitelmansa ja työvaiheiden aikataulun. Aikataulusuunnittelu tehdään pääurakoitsijan yleisaikataulun perusteella. Pääurakoitsijan, maanrakennusurakoitsijan sekä paalutusurakoitsijan tulisi tehdä maanrakennus- ja paalutustöiden aikataulutus yhdessä, jotta siinä voidaan huomioida kunkin osapuolen vaatimat mestojen valmistelut, materiaalien toimitusajat, suunnitellut työjärjestykset ja turvallinen töiden suoritus.

Paalutusalusta

Maanrakennusurakoitsijan tulee tehdä paalutuskoneille, paalurekoille ja paaluille kantavat, tasaiset ja kuivat alustat, jotta paalutustyö ja paalulogistiikka voidaan hoitaa turvallisesti ja tehokkaasti. Alustan tulee kantaa paalutuskone ja sen aiheuttamat kuormitukset työn aikana varmuudella.

Paalutusalustan suunnittelee geosuunnittelija ja maanrakentaja toteuttaa alustan suunnitelmien mukaan. Paalutusurakoitsijalta saa paalutuskoneesta mittatiedot ja työskentelypainon, joita geosuunnittelija tarvitsee paalutusalustan suunnittelua varten. Teräsbetonipaaluksia tehdään Suomessa kuitenkin pääosin noin 65 t painavilla Junttan-paalutuskoneilla, joiden tarkat mitta- ja painotiedot ovat tiedossa ja saatavilla paalutusurakoitsijoilta ja konevalmistajilta.

Geosuunnittelijan on erityisen tärkeää suunnitella paalutusalusta käytetyille paalutuskalustolle, mutta yhtä tärkeää on maanrakentajan myös tehdä paalutusalusta suunnitelmien mukaisesti. Työmaalla paalutusalustan suunnitelmien mukaisuuden varmistaminen koko pohjalta on hankalaa ja työlästä, joten alusta on tehtävä suunnitelmien mukaisesti koko

pohjalle, eikä oikaista kerrospaksuuksissa, kiviainesmateriaaleissa, suodatinkankaissa, mahdollisissa geolujitteissa eikä kuivatuksessa.

Paalutuskoneille on tehtävä myös meno- ja paluuluiskat paalutettavalle pohjalle, mikäli rakennuskohteessa on korkeuseroja. Luiskien mitat ja kaltevuudet on myös käytävä läpi yhdessä paalutusurakoitsijan kanssa ennen töiden aloitusta. Koko paalutettava alue on myös pystyttävä paaluttamaan turvallisesti kantavalta ja tasaiselta pohjalta. Usein työmailla haasteena on viimeisien paalujen asennukset. Ne pitäisi tehdä kulkuluiskasta tai -väylältä, koska pohjalla ei ole enää tilaa paalutuskoneelle ja kaikkien paalujen asennusta ei ole otettu huomioon pohjaa leikatessa ja työtiloja valmisteltaessa. Kaikki kohteen paalut tulee pystyä asentamaan tasaiselta ja kantavalta alustalta sekä paalut purkamaan ja varastoimaan tasaiselle ja kantavalle alustalle paalutuskoneen läheisyyteen työmaan alusta loppuun.

Mikäli suunnittelija määrittelee paalutusalustan ennen kuin käytettävä paalutuskalusto on tiedossa, täytyy suunnittelijan käyttää valmiita tyyppiratkaisuja hyödyksi näissä tilanteissa. Paalutusalustan mitoituksessa on tällöin syytä käyttää konservatiivisia pohjapaineen arvoja ja tehdä työalustan suunnittelu normaalia raskaamman paalutuskaluston perusteella. Normaalisti Junttan-paalutuskaluston työpaino on 60–90 t ja pohjapaine telojen alla on 80–100 kPa. Äärimmäisemmässä tapauksessa pohjapaine voi olla etukallistustilanteessa telojen kärjessä jopa yli 800 kPa. Paalutusurakoitsijalta ja konevalmistajalta on saatavissa koneiden työpainoja, mittatietoja, kallistustaulukoita, vaatimuksia työtiloista ja mahdollisia koneiden rajoituksia työskentelyasentojen suhteen.

Paalutusohjeessa PO-2016 on esitetty esimerkkilaskelmia paalutusalustan stabiliteetista eri konetyypeille. Yleisesti voidaan todeta, että paalutusalustassa tulisi käyttää N3-luokan suodatinkangasta ja 0,5–1 m kalliomursketta 0/63–90 mm. Erikoistapauksissa voidaan joutua käyttämään geoverkkoja tai -lujitteita useammassa kerroksessa, paksumpia murskekerroksia,

stabilointia tai muita ratkaisuja alustan vahvistamiseksi.

Suunnitelmien valmius korostuu myös paalutusalustoja tehdessä, koska suunnitelmien päivitys ja mahdolliset lisäpaalut työn aikana tarkoittavat monesti paalutusalustojen tekemistä uudelleen jo asennettujen ja katkottujen paalujen päälle. Lisäpaalut täytyy päästä asentamaan paalutuskoneella siten, että ei aiheuteta siirtymiä tai vaurioita jo asennetuille paaluille. Sama paalutuspetien teko asennettujen paalujen päälle tulee vastaan myös silloin, jos asennettujen paalujen toteutuneiden sijaintien perusteella vaaditaan lisäpaalutusta.

Työmaalogistiikka

Työmaalogistiikka tulee huomioida työmaan ja paalutusalustan suunnittelussa. Vähälle huomiolle jää usein paalulogistiikan vaatimukset työmaateiden, paalutusalustan ja yleisesti työmaan suunnittelussa. Paalutoimitukset tehdään paalurekoilla ja paalurekoilla on omat vaatimuksensa työmaaliittymiltä, ajoluiskilta ja pohjan kantavuudelta. Paalurekka painaa 52–76 t ja pohjapaine etuakselin renkaiden alla voi kohota jopa 500 kPa. Tässä tapauksessa työmaalogistiikka saattaa aiheuttaa suuremmat kuormat työalustalle kuin paalutuskone. Kuvassa 9 on esitetty esimerkki paalurekan akselipainoista ja pintapaineista. Pintapaineet riippuvat todellisuudessa useasta eri tekijästä, muun muassa renkaiden uppoamasta maahan, jolloin renkaan pinta-ala kasvaa ja pinta-

paine laskee. Työmaatiet voidaan mitoittaa esimerkiksi LO38/2018 Tierakenteen suunnittelu ohjeen mukaisesti noudattaen Soratie 60Sr asetettuja vaatimuksia. Lisäksi rakennekerrokset tulee tiivistää InfraRYL:n mukaisesti.

Paalutoimitukset tulee pystyä tekemään turvalisesti ja tehokkaasti myös työmaan viimeisimpien paalukuormien osalta samalla tavalla kuin paalutuksen toteutuksessa pitää huomioida myös viimeisien paalujen asennus. Paalurekka vaatii kääntymiseen riittävän laajan kääntöpaikan tai tarvittaessa liikenteenohjausta, jos paalurekka joutuu peruuttamaan työmaalta suoraan yleiselle tielle tai kadulle. Paalurekalle täytyy huomioida myös riittävän loivat meno- ja paluuluiskat paalutuspohjalle samalla tavalla kuin paalutuskoneellekin.

Paalutoimituksissa paalut puretaan useimmiten paalurekan omalla nostimella paalurekan molemmille puolille paalutuskoneen läheisyyteen. Paalukuormat tulisi pystyä purkamaan maksimissaan noin 20 m etäisyydelle paalutuskoneesta tasaiselle ja kantavalle alustalle. Tällöin paalutuskoneen paaluvaijerilla ylettyä vetämään paalut koneen viereen ja nostamaan paalut pystyyn. Joissakin tapauksissa voidaan joutua käyttämään nosturia paalukuormien purussa ja paalujen siirrossa purkupaikalta paalutuskoneen läheisyyteen, mutta nämä ovat usein erikoistapauksia, kun kyseessä on esimerkiksi ahtaassa kaivannossa tehtävä paalutus, jonne ei saada rakennettua riittävää ajoluiskaa tai kääntöpaikkaa paalurekalle.



Kuva 9. Paalurekan esimerkinomaiset akselipainot ja pintapaineet 52 t kokonaispainolle.



Kuva 10. Katkaistuja paaluja ja teräksien paljastuksia ahtaissa työmaaolosuhteissa.

Paalujen katkaisu

Paalujen katkonnot ja teräksien piikkaukset voidaan suorittaa käsityökaluin tai kaivinkoneeseen asennettujen katkaisu- ja piikkauslaitteiden avulla. Paalujen katkonnot on huomioitava useita seikkoja maanrakentajan toimesta. Paalujen katkaisutasojen tulee olla näkyvissä riittävästi, jotta katkaisu voidaan suorittaa. Lisäksi katkaisutaso ei voi myöskään olla liian korkealla, jotta katkaisu pystytään suorittamaan turvallisesti. Normaalisti katkaisutason tulisi olla noin 15 cm maanpinnan yläpuolella ja maksimissaan noin 80 cm korkeudella työskentelytasosta.

Katkaisua varten paalun ympärillä tulisi olla noin 1 m vapaa tila joka puolella. Paalutuksen seurauksena paalutusalustan pinta voi nousta, kun lyötävät paalut syrjäyttävät maata asennettaessa. Joissakin tapauksissa paalutusalusta voi toki myös painua paalutustyön seurauksena, muun muassa löyhällä silteillä ja hiekkamailla pohjaveden pinnan alapuolella voi käydä näin. Geosuunnittelijan tehtävänä on suunnitelmisaan tuoda esiin mahdollisuus paalutusalustan

nousuun tai laskuun paalutuksen seurauksena, koska nämä mahdollisuudet tulisi pystyä huomioimaan jo paalutusalustaa ja paalutusalustan korkeusasemaa suunniteltaessa ja pohjan täyttöä tai leikkausta tehdessä.

Katkaisua varten paalun kylkien tulisi olla puhtaasti maa-aineksesta, jota normaalisti voi olla tarttuneena paalun kylkiin kaivun jälkeen. Katkaisukorko tulisi merkitä vähintään kahdelle sivulle teräsbetonipaaluun ja teräsputkipaaluilla koko paalun ympärysmitalle. Paalukatkaista ja terästen paljastusta varten työalustan tulee olla kantava ja kuiva, jotta paalunkatkoja tai katkaisukone pystyy turvallisesti toteuttamaan katkaisun.

Katkaistut paalut kaadetaan heti katkaisun jälkeen maahan ja teräksien paljastuksissa irrotettu paalun päät nostetaan pois. Mikäli katkaistuja paaluja ei kaadeta heti maahan, piilee tässä iso turvallisuusriski, koska paalu voi kaatua työmaalla jonkun päälle tärinän seurauksena, eikä valmiiksi katkaistu kaatamaton paalu ole välttämättä niin selvästi eroavainen muista paalujen kannoista.

Käsityökaluin tehtävissä terästen esiin paljastuksissa piikattu paalun kanto tulee yleensä nostaa kaivinkoneella pois teräksien keskeltä. Lyhyet alle 400 mm paalupätkät on mahdollista siirtää käsin pois, mutta tuota pidemmissä terästen esiin paljastuksissa tarvitaan kaivinkoneapua. Toki erityistapauksia tulee aina vastaan, mutta näitä mittoja ja ohjeita voi pitää yleisohjeena. Katkaistuja paaluja ja teräksien paljastuksia ahtaissa olosuhteissa on esitetty kuvassa 10.

Työturvallisuus

Paalutusalusta, työmaalogistiikka ja paalujen katkaisu ovat merkittävässä roolissa paalutustyön työturvallisuutta käsiteltäessä. Työmaa tulisi aikatauluttaa ja suunnitella siten, että maanrakentajan kaivinkoneiden ja työntekijöiden tai mahdollisten muotitus- tai raudoitustyöryhmien työntekijät eivät ole paalujen asennuksen tai katkonnan välittömässä läheisyydessä. Vaara-alue on ensisijaisesti paalutuskoneen valmistajan ilmoittama, mutta mikäli paalutuskoneen valmistaja ei ole määrittänyt vaara-alueen vaara-alueen laajuus vähintään paalutuskoneen keilin pituus työskentelytasosta + 5 m (Lisälehti PO-2016). Junttan konevalmistajan ohjeen mukaan vaara-alue on keilin pituus + 20 m, eli tavanomaisella Junttan PMx22 lyöntipaalutuskoneella vaara-alue on noin 45 m. Paalujen katkonnassa vaara-alueena voidaan pitää 10 m etäisyyttä katkaistavasta paalusta.

Myöskään työmaan kulkureittien ja ajoväylien ei tulisi sijaita vaara-alueen sisäpuolella. Monesti nämä vaara-alueet ovat kuitenkin haastavia täyttää ahtaissa kohteissa, mutta niihin tulisi kaikin keinoin pyrkiä. "Mikäli rakennuskohteen olosuhteet ovat sellaiset, että rakennus tai yleinen kulkuväylä tms. sijoittuu paalutuksen vaara-alueelle, tulee riskinarvioinnin avulla ja yksityiskohtaisilla turvallisuustoimenpiteillä varmistaa paalutustyön turvallinen toteuttaminen. Ko. tilanteet ovat pääsääntöisesti tiedossa jo suunnitteluvaiheessa, jolloin tämä tulee tuoda esiin jo rakennuttajan työturvallisuusasiakirjassa ja riskienhallintasuunnitelmassa." (Lisälehti PO-2016). Paalutustyön vaara-alueen ja sen huomioimista suunnitte-

lussa ja toteutuksessa on käsitelty tarkemmin Paalutusohjeen PO-2016 lisälehdessä (Lisälehti RIL 254-2016 Paalutusohje PO-2016)

Paalutusurakoitsija

Paalutusurakoitsija suorittaa kohteen paalutustyöt ja paalumateriaalien hankinnat. Paalutusurakoitsija voi suorittaa myös paalujen paikalleen mittaukset, tasakatkaisut, teräksien paljastukset sekä koekuormitukset ja ehjyysmittaukset. Paalujen katkaisu on hyvä järjestellä siten, että kaikki kohteen paalut voidaan katkaista kerralla tai noin 100–150 kpl erissä.

Sujuvan työmaatoiminnan vuoksi paalutusurakoitsijan tulee toimia hyvässä yhteistyössä maanrakennusurakoitsijan ja pääurakoitsijan kanssa. Urakoitsijat laativat yhteisen aikataulun töiden suorittamisella, sopivat paalutusmestojen valmisteluista ja paalutuksen etenemisjärjestyksestä. Hyvissä ajoin ennen työmaan aloitusta tarvitaan myös toteutussuunnitelmat ja lähtötiedot paalujen mittauksia varten.

Työ- ja aikataulusuunnittelu sekä riskienhallinta

Ennen paalutustöiden aloitusta paalutustyöstä laaditaan aikataulu sekä työ- ja laatusuunnitelma. Aikataulun tulee olla realistinen ja mahdollistaa töiden suorittamisen turvallisesti. Riskienhallinnan kannalta eri työvaiheiden aikataulutus ja yhteensovittaminen on keskiössä.

Työ- ja laatusuunnitelmassa esitetään Paalutusohjeessa PO-2016, InfraRYL:ssä tai MaaRYL:ssä (kohteen tilaajasta ja laatuvaatimuksista riippuen) määritetyt vaatimukset työ- ja laatusuunnitelman sisällöstä. Väyläviraston ja ELY-keskusten hankkeissa noudatetaan myös ohjetta VO44/2020 Väylähankkeen laadunosoitus, laatuprosessin kuvaus. Työ- ja laatusuunnitelmassa käsitellään myös työturvallisuustoimenpiteitä ja -tarkastuksia. Työ- ja laatusuunnitelman lisäksi paalutustyöstä laaditaan työvaiheen turvallisuussuunnitelma TTS.

Työvaiheen turvallisuussuunnitelmassa esitetään kaikki paalutustyön työvaiheet alkaen koneiden saapumisesta työkohteeseen ja päättyen valmiiseen paalutukseen ja koneiden poistamiseen. TTS:ssa jokainen erillinen työvaihe esitellään, määritetään työvaiheen vaarat ja toimenpiteet, joilla vaara voidaan poistaa, korvata vaarattomalla, rajata altistumista, käyttää suojausta tai henkilösuojausta. Työnjohto yhdessä työntekijöiden kanssa laatii ennen töiden aloittamista paalutustyöstä työvaiheen turvallisuussuunnitelman. TTS:n tarkoituksena on varmistaa turvallisen työnteon edellytykset. Paalutus on korkean riskin työtä, jolloin TTS:n laatimisessa on noudatettava erityistä huolellisuutta.

Työturvallisuus

Paalutuksessa käytettävien koneiden ja laitteiden kunto on erityisen tärkeää paalutustyön turvallisuuden kannalta. Ennen töiden aloitusta koneiden saavuttua kohteeseen on paalutuskalustolle tehtävä niin sanottu pystytystarkastus, josta täytetään tarkastuslomake. Nostoapuvälineiden tulee olla vuosittain tarkastettuja ja tarkastuksien tulee olla asianmukaisesti dokumentoitu. Pystytystarkastuksen ja vuosittaisen nostoapuvälineiden tarkastuksen lisäksi paalutuskaluston ja nostoapuvälineiden kuntoa tarkkaillaan työn aikana jatkuvasti. Päivittäin ennen töiden aloitusta koneelle ja nostoapuvälineille tehdään lisäksi silmämääräinen tarkastus.

Paalutuskoneiden tulee olla lisäksi vuosittain määräaikaistarkastettuja ja tarkastuksessa havaitut viat tai puutteet tulee korjata viipymättä (VNa 403/2008 34§). Paalutuskoneiden tulee olla lisäksi CE-merkittyjä ja käyttötarkoitukseensa soveltuvia.

Paalutusurakoitsija vastaa paalutustyön työ- ja laatusuunnitelman sekä työvaiheen turvallisuussuunnitelman tekemisen lisäksi työhön osallistuvien työnopastuksesta, työntekijöiden perehdyttämisestä työ- ja laatusuunnitelmaan sekä vastaa paalutustyön turvallisesta toteutuksesta. Paalutustyötä tekevien tulee käyttää tarvittavia suojarusteita, varmistaa koneiden ja laitteiden toimintakunto sekä työalustan ja työkohteen

suoja-alue. Lisäksi paalutustyötä tekevät huolehtivat omasta sekä muiden työmaalla olevien työntekijöiden turvallisuudesta, poistavat mahdollisuuksien mukaan havaitut vaaratekijät sekä noudattavat annettuja turvallisuusohjeita. (Väylä 1/2020, Paalutustyön turvallisuusohje).

Paalutilaus, -toimitukset ja logistiikka

Paalutusurakoitsija sopii paalutehtaan kanssa paalujen toimituksesta paalutilauksen yhteydessä. Paalutilaus tulisi tehdä vähintään 4–6 viikkoa ennen töiden alkua paalutehtaalalle. Tämä ei ole kuitenkaan kaikissa tapauksissa mahdollista, mutta on enemmän kuin suositeltavaa kaikkien osapuolien kannalta. Tilasta tehdessä pitää tietää paalupisteiden lukumäärät, paalupituudet, paalutyypit ja rasitusluokat, toimitusosoite, toimitusaikataulu ja työmaan erityisvaatimukset.

Hyvissä ajoin, noin 3–5 työvuoroa, ennen töiden aloitusta tulisi määritellä kohteen tarkka aloitusajankohta, tiedot ensimmäisistä paalukuormista ja paalujen arvioitu asennusnopeus. Tässä kohtaa on syytä muistuttaa vielä työmaan mahdollisista erityisvaatimuksista ja toimitusohjeista.

Paalujen paikalleen mittaus ja lähtötiedot

Paalutuksen vaatimia mittauksia varten tarvitaan lähtötiedot kohteesta. Lähtötietoja ovat ETRS-GK koordinaatistoon käännetty paalukartta dwg-muodossa, 2–3 tarrapistettä koordinaatteineen rakennuskohteesta, paaluluettelo, jossa on paalujen koordinaatit, katkaisukorot, arvio paalupituuksista, kaltevuudet ja suuntakulmat sekä tiedot terästen paljastuksista. Paalukartassa tulee olla lisäksi paalujen kallistuksien suunnat eli suuntakulmat. Lisäksi kohteen IFC-malli on hyödyllinen lähtötieto, mikäli sellainen on saatavilla, vaikka pelkkä IFC-malli ei riitäkään ainoaksi lähtötiedoksi. Esimerkiksi Väyläviraston hankkeissa paaluluetteloissa on usein jo valmiina tarvittavat tiedot paalujen mittauksia varten.

Koordinaattikäännösten ongelmana on vastuut tilanteissa, joissa käänнос on tehty virheellisesti ja paalut asennettu tämän seurauksena väärään paikkaan. Virhe voi olla esimerkiksi lähtötiedoissa tai koordinaattikäännöksessä.

Paalutustyö

Paalutustyössä paaluja tulee käsitellä työmaalla ja kuljetuksessa asianmukaisesti ja huolellisesti, siten että paalut eivät vaurioidu. Paalujen asennuksessa on huomioitava, että paalumateriaalit tarkastetaan paalujen saapuessa työmaalle ja virheelliset tai väärät tuotteet poistetaan työmaalta. Virheellisiä, vääriä tai vaurioituneita tuotteita ei saa asentaa maahan. Paalut tulee varastoida työmaalla asianmukaisesti ja paaluja tulee käsitellä oikeaoppisesti, jotta paalut eivät vaurioidu työmaalla ennen asennusta tai asennuksen aikana.

Teräsbetonipaalujen asennuksena iskusuojana voidaan käyttää koivua tai muuta ominaisuuksiltaan sopivaa puuta. Nykyään käytössä on myös monia muovipohjaisia tuotteita joiden kimmomoduuli voi olla tavanomaista puista iskusuojaa huomattavasti korkeampi. Muovipohjaisia iskusuoja käytettäessä iskusuojien käyttölämpötila, samoin kuin oikea tapa käyttää ja vaihtaa näitä iskusuoja, tulee huomioida. Lisäksi korkeamman kimmomoduulin iskusuoja tulisi pystyä huomioimaan paalujen loppulyöntiohjeita käytettäessä samoin kuin paalujen asennuksessa, jotta paalut kestävät asennuksen aikaiset rasitukset.

Paaluille tulee tehdä työmaalla vaaditut laadunvarmistustoimenpiteet kuten paalujen loppulyönnit, dynaamiset koekuormitukset (PDA) ja ehjyysmittaukset (PIT, PET, SIT). Koekuormituksia ja ehjyysmittauksia tulee tehdä suunnitelmissa määritellylle määrälle paaluja ja suunnittelijan ohjeistusta noudattaen. Koekuormituksista ja ehjyysmittauksista toimitetaan raportti tilaajalle ja suunnittelijalle viipymättä raportin valmistumisen jälkeen, jotta suunnittelija pystyy määrittämään mahdollisesti tarvittavat toimenpiteet raportin perusteella. Paalujen loppulyönnit esitetään paalutuspöytäkirjoissa ja

paalutuspöytäkirjat toimitetaan samaan tapaan viipymättä tilaajalle ja suunnittelijoille.

Paaluja voidaan saattaa telatason alapuolelle niin sanotulla apupaalulla. Apupaalulla normaali saattopituus on noin 1–2 m telatasosta alaspäin. Apupaalun käytöllä voidaan vähentää paaluhukkaa ja tehdä paalutus ylemmältä tasolta, jos maapohja on katkaisutasossa todella pehmeää ja paalutus on syytä tehdä esimerkiksi kuivakuorikerroksen päältä. Myös mahdolliset anturamonttujen kaivut on usein parempi tehdä vasta paalutuksen jälkeen, jolloin paalutustyö on mahdollista suorittaa tasaisella työalustalla.

Vinopaalut

Vinopaalujen käyttö on lisääntynyt huomattavasti Eurokoodisuunnittelun ja FEM-mallien käyttöönoton seurauksena. FEM-malleja käytettäessä koko rakennusta on mahdollista tarkastella rakennusta jäykistävänä rakenteena, joka siten lisää vinopaalujen käyttöä. Vinopaalujen asennettavuus jää usein kuitenkin tarkastelematta, jos suunnittelijalla ei ole paalutuskoneenkuljettajan kokemusta tai näkemystä.

Puutteellinen asennettavuuden tarkastelu johtaa työmaalla ongelmiin paaluja asennettaessa ja siitä seuraa ylimääräisiä paalujen katkoja, työnaikaisia lisätäyttöjä tai – kaivuja, jotta kaikki paalut saadaan asennettua. Monesti ympäröivät rakenteet ja paalutuskoneiden rajoitteet kallistuskulmille asettavat omia rajoituksia vinopaalujen käyttöön ja asennettavuuteen. Liitteessä 1 on esitetty tavanomaisen Junttan PMx22 paalutuskoneen kallistustaulukoita eri kallistus-suuntiin. Taulukoiden avulla voi arvioida vastavien koneiden kallistuskulmia ja asentoja, mutta Junttan-paalutuskoneiden kallistustaulukot ovat aina kuitenkin konekohtaisia.

Toteutuspoikkeamat työmaalla

Työmaalla havaituista toteutuspoikkeamista otetaan välittömästi yhteys tilaajaan ja suunnittelijaan, jotta he voivat määrittää poikkeamasta seuraavat toimenpiteet. Poikkeamista

laaditaan poikkeamaraportti ja korjaustoimenpiteet hyväksytetään tilaajalla. Väyläviraston ja ELY-keskusten hankkeissa noudatetaan ohjetta VO44/2020 Väylähankkeen laadunosoitus, laatu-prosessin kuvaus. Toteutuspoikkeamia ovat esimerkiksi katkenneet paalut, uppopaalut, vinoon, väärään sijaintiin tai väärään kaltevuuteen asennuksessa menneet paalut, paalujen kärkitason merkittävät poikkeamat suunnittelusta, paalujen kantavuusvaatimuksien alitukset tai paalutuksen aiheuttamat, asetetut raja-arvot ylittävät, vaikutukset ympäristöön. Lisäksi merkittävät poikkeamat pohjaolosuhteissa on syytä ilmoittaa viipymättä kohteen geosuunnittelijalle.

Toteutuspoikkeamista seuraavat suunnitelmamuutokset on tärkeä päästä käsittelemään pikaisesti, jotta mahdolliset lisäpaalut tai muut tarvittavat toimenpiteet voidaan tehdä paalutuskaluston ollessa työmaalla ja vielä siinä vaiheessa, kun kaikkia paaluja ei ole asennettu. Tällöin muutoksen kohteena olevalle paikalle on mahdollista vielä päästä ilman suurempia avustavia töitä.

Havaittaessa poikkeama, joka ilmoitetaan tilaajalle ja suunnittelijalle, on mahdollisuuksien mukaan hyvä paaluttaa jotain muuta työmaan osaa sillä välin, kun suunnittelija määrittää tarvittavia toimenpiteitä. Tällöin voidaan välttää turhat maatyöt ja paalutusalan teko esimerkiksi korvaavien paalujen lyömiseksi.

Tärkeintä toteutuspoikkeamissa on välitön yhteys suunnittelijaan ja tieto poikkeamasta. Samalla myös suunnittelijan on viipymättä reagoitava poikkeamaan ja tehtävä tarvittava suunnittelutyö ja muutossuunnitelma asian ratkaisemiseksi.

Joissakin hankkeissa voidaan edellyttää katkaisulupaa suunnittelijalta ennen paalujen katkaisua. Normaaleissa kohteissa ei yleensä tarvita tai vaadita paalujen katkaisulupaa, jos paalutuksessa ei esiinny merkittäviä poikkeamia. Jos esimerkiksi toteutuneissa paalupituuksissa on merkittäviä poikkeamia suunniteltuihin pituuksiin, paalujen pituudet vaihtelevat huomattavasti samalla alueella tai koekuormitustulok-

set poikkeavat merkittävästi vaatimuksista, on suunnittelijan syytä käydä toteumatiedot läpi ja antaa katkaisulupa paaluille.

Laadunvarmistus

Paalutustyömaalla laadunvarmistustoimenpiteenä tehdään muun muassa paalujen kantavuusmittauksia, eli dynaamisia (PDA) tai staattisia koekuormituksia, sekä paalujen ehjyysmittauksia (PIT, PET, SIT). Lisäksi laadunvarmistustoimenpiteenä voidaan tehdä paalujen siirtymämittauksia paalutustyön aikana, mikäli mittauksia on määritelty tehtäväksi paalutustyön aikana. Paalutuspöytäkirjat ja toteutamittaukset ovat osa paalutuksen laadunvarmistustoimenpiteitä samoin kuin paalujen materiaalitodistukset.

Materiaalien osalta laadunvarmistus tehdään materiaalitodistuksien ja työmaalla tehtävien silmämääräisten tarkasteluiden perusteella. Virheellisiä tai vaurioituneita paaluja ei saa asentaa ja ne pitää merkitä ja poistaa viipymättä työmaalta.

Paalutustyön valvonta ja paalutustyönjohtaja ovat osa paalutustyön laadunvarmistusta. Paalutustyönjohtajan tulee johtaa ja valvoa kaikkia paalutukseen liittyviä tehtäviä ja hoitaa tarpeelliset tarkastukset. Laadunvarmistuksena verrataan kohteen paalutuspöytäkirjoja, koekuormitusraportteja, ja tarkemittaustietojen kohteen suunnitelma-asiakirjoihin ja näiden tulee vastata toisiaan.

Dokumentointi

Paalutustyöstä dokumentoidaan paalutuspöytäkirjat, tarkemittaustiedot, koekuormitusraportit, materiaalitodistukset, työn aikana tehdyt havainnot ja kohteen toteutussuunnitelmat. Dokumenttien hallinta on osa omaisuuden hallintaa ja tilaajan on tärkeä huolehtia, että dokumentointi tehdään asianmukaisesti ja kaikki tarvittava tieto on dokumentoitu.

7 Materiaalivalmistajat ja -toimittajat

- Paalujen suunniteltu käyttöikä on normaalituotteilla 100 vuotta, tätä pidemmille suunnitelluille soveltuvia paalutuotteita on saatavilla erikoistuotteina.
- Vakiopaalutyypit toimivat rasisluokissa XC2 ja XA1.
- Jo tarjouspyynnöissä tarvitaan oikeat tiedot ja riittävät tarkennukset tuotteista pituuksiin ja rasisluokkiin. Myös osoite, aikataulu sekä tarvittava työvuorokohmainen paalumäärä on tarpeellinen. Paalukartta on myös suositeltava.
- Tarjouspyynnössä tarvitaan tiedot hankkeen vaiheesta, onko kysymys ennakko-tarjouksesta vai piakkoin toteutuvasta kohteesta.
- Tarjouspyynnössä tiedot erityisistä työmaolosuhteista ja työmaateistä muun muassa sähkölinjojen tai sisäpaalutusten aiheuttamat tuotevaatimukset (lyhyet osapaalut). Myös mahdolliset työaikarajoitteet tulisi tietää.
- Materiaalivalmistajalle ja -toimittajalle tulee antaa riittävästi aikaa tarjota kohde.
- Tarjouksen voimassaolon umpeuduttua, pyydetään uusi tarjous tai päivitys tarjoukselle.
- Tilattaessa tarkennetaan kohteen paalutyypit, rasisluokat, erityisominaisuudet ja määrät metreinä sekä kappaleina, sovitetaan aikataulut ja lisäksi sovitaan toimittava tehdas ja molempien osapuolten yhteystiedot vahvistetaan.
- Tilattaessa sovitetaan myös tarkemmin työvuorokohmainen toimitettava paalumäärä ja pidetään tarvittaessa aloituspalaveri, mikäli työmaan erityispiirteet, koepaalutus, työturvallisuus tai muu seikka sitä vaatii.
- Paalutoimitus käynnistyy ensimmäisellä kuormatoimituksella, joka on tehtävä toimitettavalle tehtaalle n. 3 työpäivää ennen varsinaista toimitusta.
- Kuormatoimitukset on kerrottava seuraavaa työpäivää varten toimittavalle tehtaalle ajoissa. Tällöin sovitaan laadut, mitat, määrät ja lastausohjeet sekä purkamisen aloitusajankohta. Myös kuormatoimitusten peruuntuminen tulee tehdä riittävän ajoissa.
- Paalut toimitetaan työmaalla yleensä paalutuskoneen ulottuville, joten turvallinen sekä sujuva toimitus edellyttää, että tilaaja varmistaa työmaateiden olevan kohdan 6.2.3 vaatimusten mukaisessa kunnossa.

Opas ja erityisesti tämä luku on kirjoitettu lyötävien teräsbetonipaalujen näkökulmasta, mutta luvun periaatteet pätevät pääosin myös muille paalutypeille ja paalujen asennustavoille. Hyvä paalutoimitus muodostuu useista eri toimijoiden ammattitaidolla tekemistä työsuorituksista. Niiden sovittaminen sujuvaksi ketjuksi edellyttää yhteistyötä ja eri osapuolten tekemän työn arvostusta.

Materiaalivalmistajat ja -toimittajat toimittavat tilatut paalumateriaalit ja paalutarvikkeet paalutustyömaille sovittuna aikana. Materiaalivalmistajat ja -toimittajat toimivat useimmiten tiiviissä yhteistyössä paalutusurakoitsijan kanssa tarjousvaiheesta toteutuksen loppuun saakka. Paalutusurakoitsijat toimivat useimmiten paalujen tilaajana, koska heillä on tähän paras osaaminen ja kokemus. Tällä toimintamallilla voidaan parantaa koko prosessia aikataulujen pitävyyden, hukan minimoimisen ja poikkeamien hallinnan kannalta. Paalujen tilaaminen ei pääty varsinaisen paalutilauksen tekemiseen, vaan jatkuu päivittäisenä yhteydenpitona ja tietojen päivittämisenä koko paalutoimituksen ajan.

Paalujen valmistusta varten materiaalivalmistajat hankkivat esimerkiksi harjateräkset, sementit, kiviaineksen ja paaluosat kuten kalliokärjet ja jatkokset omilta materiaalivalmistajiltaan ja -toimittajiltaan. Tässäkin tapauksessa toimitusketju ei siis ala paalumateriaalin valmistajasta. Paalukärjet ja jatkokset ovat lisäksi erityyppisiä paalukoosta ja -tyypistä riippuen. Paaluvälineitä ei pidetä varastossa isoja määriä ja näillä tuotteilla on myös oma toimitusaika paalutehtaille.

Tässä luvussa on käsitelty paalutusprosessia materiaalivalmistajan ja -toimittajan näkökulmasta ja esitelty kehityskohtia heidän kantansa katsottuna. Merkittävimpinä kehityskohtina ja huomioitavina seikkoina nousivat paalujen rasisitusluokat, tarjouspyynnöt, hankkeen aikataulu, paalujen tilaus ja koepaaluutus.

Teräsbetonipaalujen tulee olla CE-merkityjä ja Paalutusohjeen PO-2016 vaatimusten

mukaisia. Suomessa käytettävät teräsbetoniset lyöntipaalut ovat RT ry:n RT Betonipaalujen Tuotelehden mukaisia ja paalutyypit ovat RTB-250-16, RTB-300-16, RTC-300-16 ja RTC-350-16. Näissä luvut 250, 300 sekä 350 ovat paalujen sivumittoja millimetreinä ja RTB sekä RTC kuvaavat paalutyyppiä.

RT Betonipaalujen Tuotelehdessä kerrotaan muun muassa paalujen hyväksynnästä, varusteista ja muusta itse paaluun liittyvästä. Tuotelehdessä on myös laajat osiot suunnittelulle ja paalutustyölle. Teräsbetonipaalutuksen loppulyöntiehtodot voidaan määrittää PDA-mittauksilla tai vaihtoehtoisesti RT Betonipaalujen Tuotelehdessä kohdassa 3.4 esitetyistä loppulyöntitaulukoista, joiden käyttö edellyttää kuitenkin kimmomoduuliltaan noin 1000 MPa iskusuojan käyttöä.

Teräsbetonipaalujen rasisitusluokat

Paalujen suunniteltu käyttöikä on normaali-tuotteilla 100 vuotta, tätä pidemmille suunnitelluille soveltuvia paalutuotteita on saatavilla erikoistuotteina, joiden toimitusajat ja hinnat poikkeavat vakiotuotteista.

RT betonipaaluja on saatavilla erilaisiin ympäristöolosuhteisiin, joita kuvataan rasisitusluokilla. Vakiopaalutyypit toimivat rasisitusluokissa XC2 ja XA1, normaalista poikkeaviin rasisitusluokkiin on tarjolla E-paalut: XC2 + XS2/XD2 + XA1 ja SR-E paalut: XC2 + XS2/XD2 + XA2 (kun XA2 rasisitusluokka perustuu sulfaattirasisitukseen).

Paaluille voidaan määritellä normaalin XC2 rasisitusluokan lisäksi täydentäviä rasisitusluokkia, mikäli siihen on perusteltuja syitä. Rasisitusluokkia ei ole syytä määrätä varmuuden vuoksi, vaan maaperän ja pohjaveden sulfaatti, kloridi ja muut kemiallisia rasisituksia aiheuttavat pitoisuudet on selvitettävä maaperä- ja pohjavesianalyysillä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Rasisitusluokalla voi olla merkittävä vaikutus paalumateriaalin ja -välineiden

hintaan ja saatavuuteen. Tästä syystä paalujen rasisluokkien tulisi yksiselitteisesti ja ristiiridattomasti ilmetä kohteen suunnitelmista jo tarjouspyyntövaiheessa, mutta viimeistään paalutoimituksen tilausta tehtäessä. Vasta tilausvaiheessa tietoon tuleva rasisluokka voi vaikutta paalujen saatavuuteen ja toimitusaikaan huomattavasti.

Tarjouspyyntö

Paalumateriaalien ja -varusteiden tarjouspyynnössä tulisi olla seuraavat tiedot:

- kohteen nimi ja sijainti,
- paalutyypit, paalujen pituudet ja määrät,
- rasisluokat ja paalujen suunniteltu käyttöikä,
- toimitusaikataulu,
- työvuorokohtainen toimitusnopeus (esimerkiksi m/päivä),
- mahdolliset erityisvaatimukset ja poikkeukset.

Tarjouspyynnössä esitetyn oikean paalutyyppin, rasisluokkien ja paalumäärän perusteella materiaalivalmistaja ja -toimittaja voi antaa realistisen arvion paalujen saatavuudesta ja toimitusajasta sekä tarvittaessa selvittää ja varautua poikkeuksellisen suuriin tai muutoin haastaviin paalutoimituksiin.

Tarjouspyynnössä tulisi ilmoittaa myös realistinen hankkeen aloitusajankohta sekä kesto, jotta tuotanto ja paalukuljetukset voidaan suunnitella jo tarjousvaiheessa ja näin varmistaa täsmälliset toimitukset. Mitä suuremmista ja erikoisemmista hankkeista on kyse, sitä enemmän aikaa materiaalivalmistajat ja -toimittajat tarvitsevat tuotannon suunnitteluun ja järjestylyyn, joten toivottavaa on, että tarjouspyyntöjen lähetyksen ja kohteen aloituksen väliin jää reilusti aikaa.

Aikataulu

Materiaalivalmistajan ja -toimittajan kannalta olennainen seikka on hankkeen aikataulu, eli koska hanke on alkamassa ja millä tahdilla paalutukset tulee suorittaa. Tämä vaikuttaa paalujen valmistukseen, eli kuinka paljon paaluja pitää olla toimitusvalmiina sekä missä järjestyksessä paaluja toimitetaan ja asennetaan. Materiaalivalmistajan ja -toimittajan tulee varata myös kuljetuskalusto paalutoimituksiin, joten toimitusvauhti ja -aikataulu ovat todella tärkeässä roolissa. Toki, toimituksiin voi tulla muutoksia, paalutehtaan, kuljetuskaluston, paalutuskaluston tai työmaan takia, mutta näistä on aina syytä välittömästi informoida muita osapuolia.

Materiaalivalmistajat ja -toimittajat suunnittelevat tuotantoaan pitkälle eteenpäin ja pyrkivät tilaamaan tulevat raaka-ainetarpeet ajoissa, rytmittämään lomat ja varaamaan kuljetuskaluston tuleviin hankkeisiin. Lopulliset urakoitsijoilta saatavat aikataulut, paaluluettelot ja paalutilaukset ovat tarpeen, jotta materiaalivalmistajat ja -toimittajat voivat suunnitella ja sitoa materiaalihankintoja sekä tuotantoa tuotteiden valmistusta varten.

Ihannetapauksessa paalut voidaan toimittaa työmaalle aikaisintaan 1–2 viikon kuluessa tilauksesta, jos paaluja löytyy paalutehtaan varastosta tai raaka-aineet ovat paalutehtaalla valmiina ja tuotanto on vapaana odottamassa seuraavaa paalutilauksen valmistusta. Teräsbetonipaalut ovat toimitusvalmiita työmaalle, kun paalujen betoni on saavuttanut riittävän lujuuden. Tällöin ei tule lukita toimitusvalmiiden paalujen ikää, vaan lujuutta, jonka kehitystä seurataan paalutehtaalla olosuhteiden ja betonin koostumuksen perusteella ja varmistetaan lujuustesteillä. Toimitettavilta paaluilta aikaisemmin vaadittu ikä, esimerkiksi 14 vuorokautta, ei ole nykyisin tarpeellinen, sillä Paalutusohjeen PO-2016 mukaan paalujen tulee olla toimitus- ja asennushetkellä saavuttanut vähintään vaaditun lujuuden. Ikävaatimus vain hidastaa prosessia eikä paranna laatua.

Paalujen tilaus

Paalutusurakoitsijan tulee paalutilausta tehdessä toimittaa paaluluettelo (paalutyypit, rasioluokat ja suunniteltu käyttöikä, paalujen pituudet ja kappalemäärät) sekä toimitusjärjestys ja -aikataulu. Nämä tiedot tulisi olla paalutehtaalla paalutyyppistä ja hankkeen kokoluokasta riippuen 2–8 viikkoa ennen paalutustöiden aloittamista. Materiaalivalmistajat ja -toimittajat eivät normaalisti pidä paaluja varastossa isoja määriä tai erikoisia paalutyypejä, joten paalujen valmistus- ja toimitusaika on aina huomioitava hankkeiden aikataulussa ja aloituksessa.

Varsinainen paalutoimitus käynnistyy ensimmäisenä kuormatoimituksena yhteisesti sovittuna aikana, kun tilaaja on vahvistanut vähintään 2–3 työpäivää ennen työmaan arvioitua käynnistymistä tehtaan paalulähtämöön, että työmaa on valmis vastaanottamaan ensimmäisiä kuormatoimituksia. Mikäli paalutoimitukseen tulee muutoksia, pitäisi tehtaalle varata vähintään 4 päivää muutosten toteuttamiseen. Yksittäistä paalukuormatilauksen yhteydessä sovitaan myös kuormatoimituksen perilletuloaika, oikean toimitusajan varmistamiseksi kuormakohtainen tilaus tulisi tehdä paalutehtaan lähettämöön ajoissa, viimeistään toimitusta edeltävänä työpäivänä kello 14 mennessä. Samalla ilmoitetaan, mikäli kuormatoimituksen suhteen on jotakin erikoistoivomuksia, esimerkiksi mihin suuntaan paalujen lyöntipäät sijaitsevat kuormassa.

Koko paalutilauksen viivästyminen ja peruminen tapahtuu Rakennustuotteiden yleisen hankinta- ja toimitusehtojen (RYHT 2000) mukaisesti. Ehtoja on mahdollisesti täydennetty materiaalivalmistajien ja toimittajien omilla toimitusmääräyksillä.

Paalujen toimitus ja käsittely työmaalla

Hyvä paalutoimitus muodostuu useista eri toimijoiden ammattitaidolla tekemistä työsuorituksista. Niiden sovittaminen sujuvaksi ketjuksi edellyttää yhteistyötä ja eri osapuolten tekemän työn arvostusta.

Toimituksen käynnistäminen

Toimitus käynnistyy paalutilauksen yhteydessä yhteisesti sovittuna aikana. Ostaja ilmoittaa tehtaalle, että työmaa on valmis vastaanottamaan ensimmäisiä kuormatoimituksia. Tämä ilmoitus on jätettävä tehtaan paalulähtämöön vähintään 2–3 työpäivää ennen työmaan arvioitua käynnistymistä.

Toimituslauseke

Lähes aina betonipaalujen kaupassa toimituslauseke on TOP työmaa FIN01. TOP kuvaa kauppatapaa, jossa myyjän vastuu ja velvollisuudet ovat enimmillään. Myyjä siis vastaa kuormatoimituksesta siihen asti, kunnes kuorma on purettu työmaalla ostajan edustajan osoittamaan paikkaan. Tämä johtuu pääosin siitä, että betonipaalujen kuljettamiseen tarvitaan erikoiskalustoa.

Työturvallisuus

Materiaalivalmistajat ja -toimittajat vaativat henkilöstöään ja alihankkijoitaan työskentelemään laissa määrättyjen ja alalla tunnettujen parhaiden käytäntöjen mukaisesti, huomioiden myös yhteisesti sovitut työmaan erityispiirteet. Paalutustyömaalla noudatetaan työturvallisuusohjeita ja paaluautojen kuljettajat käyttävät henkilökohtaisia suojausvälineitä. Paaluautojen nosturit ja nostoapuvälineet on tarkastettu ja todistukset tehdyistä toimenpiteistä ovat esitettävissä. Paalun tunnuksen on merkitty paalun paino, joka on otettava huomioon nostovälinettä valittaessa.

Paalujen käsittelyssä tulee noudattaa RT tuotelehden (3.1.2) osiossa annettuja ohjeita.

Taulukko 2. Täyden paalukuorman paalumetrit ja kuorman painot.

Paalukoko	Täyden kuorman paalumetrit	Kuorman paino
RTB-250	n. 203 m	31,5 t
RTB-300 ja RTC-300	n. 140 m	31,5 t
RTC-350	n. 103 m	31,5 t

Paalujen nostolenkit ovat tarkoitettut paalun siirtämiseen vain nostamalla. Paalua voidaan kuitenkin siirtää vetämällä maata pitkin kiinnittämällä vajerin koukku nostolenkkiin. Tällöin tulee huolehtia siitä, että paalu pääsee vapaasti liikkumaan vaurioutumatta. Pystyyyn nosto tapahtuu nostolenkin kohdalta paalun keski-osan puolelta ”pystyynnostokohdasta” kiristytvästi paalun ympäri sidotusta nostoketjusta käsittelyohjeiden mukaan (RT tuotelehti 3.1.3). Pystyyyn noston aikana työmaan henkilöstö on noston vaikutusalueen ulkopuolella.

Kuormakoko

Kuormatoimitus tapahtuu ns. täysinä kuormina tilausvahvistuksen ja ostajan edustajan ilmoittaman kuormatilauksen mukaisesti. Paalun poikkileikkauksesta riippuu, kuinka monta metriä täyteen kuormaan sopii. Taulukossa 2 on esitetty täyden kuorman paalumetrit ja paino. Kuormatoimitukset vaihtelevat jonkin verran johtuen paalun poikkileikkauksesta, pituudesta ja auton kantavuudesta.

Työmaaolosuhteet

Paalut toimitetaan työmaalla yleensä paalutuskoneen ulottuville ja turvallinen sekä sujuva toimitus edellyttää, että tilaaja varmistaa työmaateiden olevan sivulla 40 esitettyjen vaatimusten mukaisessa kunnossa. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota työmaateiden ja paalutus-alustojen kantokykyyn ja liukkauden torjuntaan sekä riittävään vapaaseen tilaan paalujen purkupaikalla.

Jos työmaalla on erityistä huomioitavaa kuljetusten suhteen, tulee siitä ilmoittaa paalulä-

hettämöön. Paaluauton kuljettaja ei ole velvolinen ajamaan ostajan edustajan osoittamaan paikkaan, jos olosuhteet työmaalla eivät hänen mielestään ole siinä kunnossa, että purkupaikkaan ajaminen on turvallista ja mahdollista.

Kuormatoimituksen vastaanotto työmaalla

Ostajan edustaja osoittaa kuorman purkupaikan etukäteen tai sen saavuttua työmaalle. Paalut nostetaan nosturilla auton viereen tasaiselle maalle rinnakkain. Nostolenkkien kohdalle asetettujen aluspuiden käyttö on suositeltavaa. Pitkät paalut on voitava purkaa auton molemmin puolin.

Purkupaikan leveyden tulee olla vähintään 7 metriä. Auton nosturi nostaa enintään 3000 kg painavan paalun korkeintaan 4 metrin etäisyydelle lavan reunasta ja 4000 kg painavan paalun 2 m etäisyydelle lavan reunasta. Jokaiseen paaluun on kiinnitetty tunnus, josta voi todeta paalun tyypin, valmistuspäivämäärän, pituuden ja painon sekä paalun rasitusluokat. Lisäksi siinä on ilmoitettu CE-merkintä ja RT:n tuotelehden numero, jonka mukaan paalu on valmistettu. Paalujen laatuvaatimukset on määritetty pääosiltaan RT:n tuotelehdessä. Paalujen käsittelyssä tulee noudattaa myyjän RT:n tuotelehdessä antamia ohjeita.

Vastaanottaja tarkastaa kuormatoimituksen silmäämääräisesti. Ostajan edustaja kuittaa kuormakirjan kuormatoimituksen hyväksymisen merkiksi ja se on tämän jälkeen laskutuskelpoinen. Jos kuormatoimitus ei sisällöltään tai laadultaan vastaa sitä, mitä on sovittu, tulee ostajan edustajan ilmoittaa siitä välittömästi

paalulähettämöön ja tehdä merkintä asiasta kuormakirjaan. Työmaalla vastaanoton yhteydessä tehtävät merkinnät tulee laittaa kuljettajan antamaan tehtaalle palautuvaan kuormakirjaan. Merkintöjä voi olla muun muassa mahdollinen poikkeama aikataulussa, laadussa tai työturvallisuudessa.

Työmaalla mahdollisesti ylijääneistä palautettavista paaluista pitää ilmoittaa paalutehtaalle ja sopia kustannukset etukäteen ennen paalujen palautusta.

Kuljetuskustannukset

Myyjä sitoutuu kuljettamaan tilausvahvistuksessa mainituin hinnoin vain ns. täysiä kuormia, ellei kyseessä ole työmaan viimeinen kuormatoimitus, eli niin sanottu lopputoimitus. Yleisimmän toimituslausekkeen, TOP työmaa FIN01, ollessa kyseessä, voi viimeinen kuormatoimitus olla ns. vajaa kuorma. Siitä ei aiheudu ostajalle lisäkustannuksia. Muissa tapauksissa myyjä veloittaa vajaista kuormista ostajaa Kuljetuslisä-nimellä. Ostajan edustajan kannattaa kysyä sen määrän tapauskohtaisesti paalulähettämöstä etukäteen.

Koepaalutus

Koepaalutus nähdään kaikkien paalutushankkeen osapuolten kannalta tärkeänä vaiheena isommissa ja keskikokoisissa hankkeissa. Koepaalutuksen perusteella voidaan tilata ja valmistaa todennäköisemmin oikean mittaisia paaluja kohteeseen, jolloin vältetään liian lyhyet ja pitkät paalut. Koepaalutuksella ei tarkoiteta työmaan alussa tehtävää paalupituuksien määrittelyä työmaalla, vaan riittävän ajoissa tehtävää, erillistä koepaalutusta. Oikeaoppisen koepaalutuksen perusteella voidaan muuttaa vielä paalutyyppejä, asennusmenetelmää sekä optimoida paalupituuksia ja minimoida paaluhukkaa.

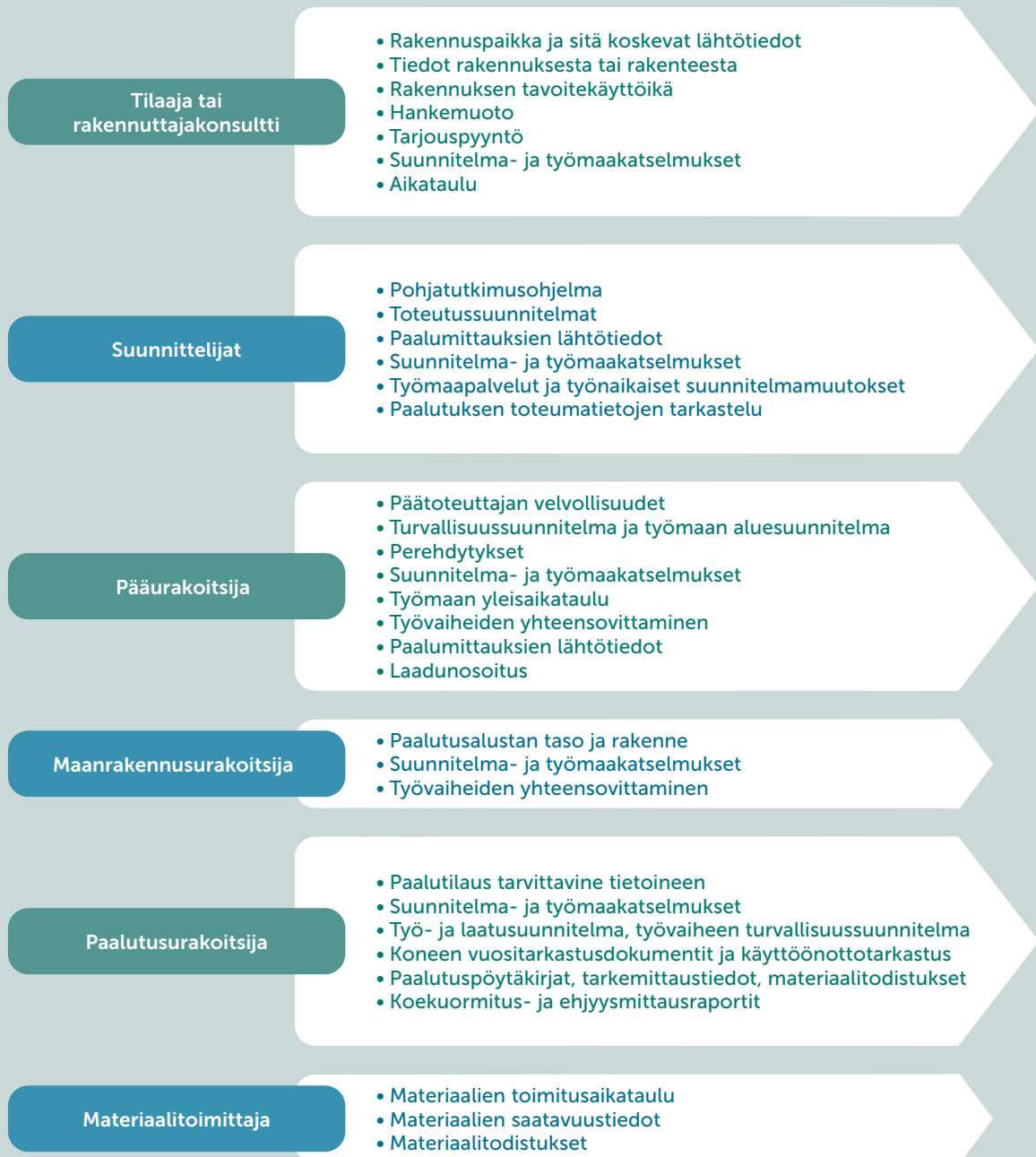
Materiaalivalmistajan ja -toimittajan näkökulmasta koepaalutuksilla voidaan varmistaa täsmällisiä paalutoimituksia ja vähentää teh-

taalla pidettävän paaluvaraston tarvetta, mikä on tärkeää erityisesti erikoispaalutuotteiden ollessa kyseessä. Koepaalutuksen perusteella voidaan todeta paalutuskoneiden työsaavutus kohteessa, tämä auttaa määrittämään paalujen toimitusaikatauluja ja -määriä. Isommissa kohteissa paalujen valmistuksen ja toimituksien kannalta on iso merkitys sillä, asentaako paalutuskoneella työvuorossa 200 vai 600 paalumetriä. Tämä seikka ei selviä pelkästään katavilla pohjatutkimuksilla, vaikka niistä onkin merkittävä apu asian arvioimisessa.

Kohteen asennusolosuhteet ja mahdollisesti asennuksessa rikkoontuvien paalujen määrään varautuminen on tarkemmin arvioitavissa vasta koepaalutuksen perusteella. Havainnollistavana esimerkkinä voidaan esittää 1000:n paalun kohdetta, jossa on erikoisempi paalutyyppejä ja koepaalutuksessa todetaan, että yksi paalu 20 koepaalusta on rikkoontunut asennuksessa maaperän kivisyyden takia. Tällöin paalutehdas voi varautua, että kohteeseen menee todennäköisesti ainakin 50 kpl enemmän näitä erikoisempia paaluja, joita ei ole varastossa normaalisti ja joiden paalutarvikkeita ei myöskään pidetä isoja määriä varastossa.

Tärkeimpänä koepaalutuksesta ja sen yhteydessä tehtävistä paalujen koekuormituksesta saatavana hyötynä on kuitenkin paalujen pituuksien optimointi, jolloin turhaa hukkaa ei synny eikä rikota paaluja liian tiukoilla loppulyöntiehdoilla. Tällöin säästetään useimmiten rahaa ja vähennetään ympäristöpäästöjä.

8 Yhteenveto, yhteistyö ja tiedonkulku



Kuva 11. Tehtävät ja vastuut paalutusprosessissa.

Paalutusprosessissa on useita eri osapuolia erilaisella osaamisella ja taustalla. Koko prosessia voidaan kehittää sujuvammaksi tämän oppaan oppien avulla. Sujuva paalutusprosessi tarkoittaa kuitenkin tiivistä yhteistyötä kaikkien osapuolien välillä, vuoropuhelua, suunnitelmien ja työmaiden katselmointeja, toisten osapuolien ymmärtämistä ja arvostusta sekä ennen kaikkea halua kehittää toimintaa sujuvammaksi. Kaikilla prosessin osapuolilla on toiminnassaan kehitettävää ja oppaan oppien avulla se on mahdollista pienilläkin panostuksilla. Prosessin kehittäminen säästää rahaa, aikaa ja ympäristöä.

Tilaajan tai rakennuttajakonsultin kannalta on tärkeää kiinnittää pätevät suunnittelijat aikaisessa vaiheessa hankkeeseen, jotka tekevät laadukkaat suunnitelmat toteutusta varten. Erityistä huomiota tulee kiinnittää lähtötietojen hankintaan mahdollisimman aikaisin, geoja rakennesuunnittelijan valintaan ja heidän yhteistyöhönsä, kattavan pohjatutkimusohjelman laadintaan ja pohjatutkimuksien teettämiseen pohjatutkimusohjelman mukaisesti. Koko prosessin kannalta hankkeen realistinen aikataulu on kuitenkin kaiken keskiössä.

Pääurakoitsijan, maanrakennusurakoitsijan sekä paalutusurakoitsijan kannalta hankkeen realistinen aikataulu on työturvallisuuden, laadun ja työn toteutettavuuden kannalta keskipisteessä. Kattavat pohjatutkimukset, laadukkaat toteutussuunnitelmat ja yhteistyö toimijoiden välillä tulee tärkeysjärjestyksessä heti realistisen aikataulun jälkeen. Urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden on pidettävä yhteisiä suunnitelma- ja työmaakatselmuksia tilaajan edustajan kanssa aina tarpeen mukaan ja vähintään ennen töiden aloittamista.

Paalutusalueista, vaara-alueiden huomioiminen sekä töiden yhteensovittaminen työmaalla ovat merkittävässä roolissa paalutustyön turvallisuutta kehitettäessä. Nykyaikaisella paalutuskalustolla voidaan lisäksi parantaa paalutustyön turvallisuutta merkittävästi. Paalutuskoneet tulee lisäksi katsastaa vuosittain, jolla pyritään osaltaan parantamaan paalutustyön turvalli-

suutta. Tilaajien on syytä vaatia paalutuskoneiden katsastusdokumentit nähtäville ennen töiden aloitusta.

Materiaalihukka näyttelee merkittävää osaa paalutuksen ympäristörasituksesta, johon voidaan vaikuttaa laadukkaalla suunnittelulla, katavilla pohjatutkimuksilla sekä koepaalutuksella. Paalutuskoneiden päästöihin ja melutasoihin voi paalutusurakoitsijat vaikuttaa käyttämällä nykyaikaista kalustoa, jossa on koteloidut järkäleet, syvemmät iskupesät sekä nykyaikaiset moottorit ja siten alhaisemmat päästötasot.

Paalutusprosessissa yhteensovitetään useiden eri toimijoiden töitä ja paalutus sisältääkin paljon tietojen vaihtoa ja yhteistyötä. Paalutusprosessin tehtävät ja vastuut on esitetty kuvassa 11. Kaavio havainnollistaa prosessin osapuolien tietoja ja toimia, jotka heidän on välitettävä tai tehtävä muille prosessin osapuolille, jotta koko paalutusprosessi saadaan hoidettua sujuvasti.

Lähteet

RIL 254-1-2016, Paalutusohje PO-2016.

Saatavilla: <https://www.ril.fi/kirjakauppa/ohjeet-ja-normit/ril-254-2016-paalutusohje-po-2016-p-720.html>

RIL 254-2016, Paalutusohje PO-2016. Lisälehti PO-2016. Paalutustyön vaara-alue ja sen huomioiminen suunnittelussa ja toteutuksessa.

Saatavilla: <https://ril.fi/wp-content/uploads/2024/12/RIL-254-2016-Paalutustyon-vaara-alue-19122024.pdf>

SFS-EN 1997-2, Eurokoodi 7. Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimus ja koestus.

Liikenneviraston ohjeita 10/2015, Geotekniset tutkimukset ja mittaukset.

Saatavilla: https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2015-10_geotekniset_tutkimukset_web.pdf

Väylähankkeen laadunosoitus, Laatusproessin kuvaus. Väyläviraston ohjeita 44/2020.

Saatavilla: https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2020-44_vaylahankkeen_laadunosoitus_web.pdf

Eurokoodin soveltamisohje Geotekninen suunnittelu - NCCI7, Väylävirasto, liite 5.

Saatavilla: https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-14_NCCI_7_web.pdf

RT 103032, Rakennustiedon Pohjarakennesuunnittelun tehtäväluettelo GEO 18. 2019.

Saatavilla: <https://www.rakennustietokauppa.fi/sivu/tuote/rt-103032-pohjarakennesuunnittelun-tehtavaluettelo-geo18/2742678>

Kairausopas VI. 2021. Suomen geoteknillinen yhdistys.

Saatavilla: <https://sgy.fi/content/uploads/2017/04/kairausopas-6-cptu-puristinkairaus-puristin-heijarikairaus.pdf>

GTK:n happamat sulfaattimaat karttapalvelu.

Saatavilla: <https://gtkdata.gtk.fi/hasu/>

Ympäristöministeriön julkaisuja 2022:3, Happamien sulfaattimaiden kansallinen opas rakennushankkeisiin.

Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163782/YM_2022_3.pdf

Työsuojelu.fi. Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. Rakennushanke, Rakennuttajan vastuut, pää toteuttajan vastuut ja työnantajan vastuut.

Saatavilla: <https://tyosuojelu.fi/tyosuojelu-tyopaikalla/vastuut-tyosuojelussa/rakennushanke>

Rakennusteollisuus ry:n Tuotelehti PO-2016 mukaiseen paalutuksen suunnitteluun ja paalutustyöhön RT betonipaaluilla.

Saatavilla: <https://betoni.com/wp-content/uploads/2022/11/RT-Betonipaalu-Tuotelehti-17-11-2022.pdf>

Betonilehti, Paaluinfo 2/2016, Teräsbetonipaalujen säilyvyysuunnittelu.

Saatavilla: <https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/10/Terasbetonipaalujen-sailyvyys-suunnittelu.pdf>

Betonilehti, 2/2017, Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu, Jouni Punkki.

Saatavilla: https://betoni.com/wp-content/uploads/2017/05/BET1702_66-71.pdf

Betonilehti, 2/2004, Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu, Jouni Punkki.
Saataavilla: https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/11/BETO404_s36-41.pdf

Betonilehti, Paaluinfo 1/2019, Kloridirasitusten (XD- ja XS-rasitusluokat) huomioiminen betoni-paalujen suunnittelussa.
Saataavilla: https://betoni.com/wp-content/uploads/2019/02/BET1901_86-87.pdf

Väyläviraston oppaita 1/2020. Paalutustyöturvallisuuden huomioiminen suunnitteluvaiheessa.
Saataavilla: https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/opas_2020-01_paalutustyoturvallisuuden_web.pdf

RIL 253-2024, Rakentamisen aiheuttamat tärinät.
Saataavilla: <https://www.ril.fi/kirjakauppa/tulossa/ril-253-2024-rakentamisen-aiheuttamat-tarinat-p-847.html>

InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Maa-, pohja- ja kalliorakenteet. Rakennustieto Oy.

MaaRYL – Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen maatyöt. Rakennustieto Oy.

VNa 403/2008. Valtioneuvoston asetus työvälaineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta. 12.6.2008/403.
Saataavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403#L5>

Väylä 1/2020, Paalutustyön turvallisuusohje.
Saataavilla: https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/esite_paalutustyon_turvallisuus-ohje_web.pdf

Liikennevirasto ohjeita 38/2018. Tierakenteen suunnittelu.
Saataavilla: https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-38_tierakenteen-suunnittelu_web.pdf

Paaluvalmistajien ohjeet

HTM Oy Paalujen asiakirjat ja ohjeet
<https://htmyhtiot.fi/tuotteet-ja-palvelut/htm-paalut/paalujen-asiakirjat>

Lujabetoni Oy Paalutuotteet
<https://lujabetoni.fi/tuotteet/betonituotteet/paalut/>
<https://lujabetoni.fi/luja-pienpaalutus/>

SSAB teräspaalujen suunnittelu ja asennusohjeet
<https://www.ssab.com/fi-fi/brandit-ja-tuotteet/terasluokat/terasmaalut-ja-paineputket/ladat-tavat-tiedostot>

Scandia Steel
<https://scandiasteel.se/en/our-products/>

Liitteet

Liite 1

Junttan PMx22, 1924, kallistustaulukot. Taulukko on konekohtainen koneelle 1924.



2.4 KALLISTUSTAULUKKO 4, EN 16228 NC, KEILI 18 M

1. Kone tukevalla maaperällä ja telasto täysin levitettyinä. Maan maksimi kaltevuus 5°.
2. Vastapainon asento: maksimi massa ja täysin ulkona paitsi takakallistuksissa vastapaino on sisällä.
3. Ennen kallistuksia keilin kantaa voidaan nostaa 0.3 m irti maasta. Paalun pitäminen maata vasten on suositeltavaa.
4. Takajalat: takajalat aina maata vasten takakallistuksissa.

Keilin pituus: 18.0 m + köydenohjain 1.5 m
 Keilin modulointi: 13.8 + 4.2 m
 Vastapaino: Kokonaismassa 6 400 kg
 Hydraulinen järkele: SHK5, kokonaismassa 9 800 kg

Paalujen maksimi massa kg

Paalu 15 m

Vaakapuomin asento		Maks. 300 mm ulkona			Maks. 600 mm ulkona			Maks. 900 m ulkona			Maks. 1200 m ulkona		
Kallistus		Eteen	Taakse	Sivulle	Eteen	Kallistus	Eteen	Taakse	Sivulle	Eteen	Kallistus	Eteen	Taakse
1:3	18,43°		1500			1500			1500			1500	
1:3.5	15,95°		3500			3500			3500			3000	
1:4	14,03°		5000			5000			4000			3000	
1:5	11,31°		5500			5500			4000			3000	
1:6	9,46°		5500			5500			4000			3000	
1:8	7,12°	1500	5500			5500			4000			3000	
1:10	5,71°	2500	5500	5500		5500	5500		4000			3000	
1:20	2,86°	5500	5500	5500	4000	5500	5500	2000	4000	4000		3000	3000
Pystyssä 0°		5500			5500			4000			3000		

Paalu 14 m

Vaakapuomin asento		Maks. 300 mm ulkona			Maks. 600 mm ulkona			Maks. 900 m ulkona			Maks. 1200 m ulkona		
Kallistus		Eteen	Taakse	Sivulle	Eteen	Kallistus	Eteen	Taakse	Sivulle	Eteen	Kallistus	Eteen	Taakse
1:3	18,43°		2000			2000			2000			2000	
1:3.5	15,95°		4000			4000			4000			3000	
1:4	14,03°		5500			5500			4000			3000	
1:5	11,31°		5500			5500			4000			3000	
1:6	9,46°		5500			5500			4000			3000	
1:8	7,12°	2000	5500			5500			4000			3000	
1:10	5,71°	3500	5500	5500	2000	5500	5500		4000			3000	
1:20	2,86°	5500	5500	5500	4500	5500	5500	3000	4000	4000	1500	3000	3000
Pystyssä 0°		5500			5500			4000			3000		

KÄYTTÖRAJOITUKSET

Ainoastaan koulutetut henkilöt saavat käyttää paalutuskonetta. Koneen käyttö, joka ei tapahdu ohjekirjan ohjeiden mukaan voi johtaa siihen, että kone vaurioituu tai tapahtuu henkilövahinkoja.

Jos tarvitset lisää tietoa paalutuskoneen vakavuudesta, ota yhteyttä valmistajaan tai valtuutettuun jälleenmyyjään. Työn keskeytymisen välttämiseksi huomioi mahdollisten lisäselvitysten vaatima aika.

Paalutuskonetta saa käyttää ainoastaan maaperällä, jonka kaltevuus on vähemmän kuin 5°. Kaikki annetut kallistukset perustuvat siihen, että kone työskentelee vaakasuoralla alustalla.

- Telasto täysin levitettyinä
- Kallistustaulukot on laskettu 360° ylävaunun käännölle.
- Käännettäessä ylävaunua 360° keilin on oltava pystyasennossa tai hieman taaksepäin kallistettuna.
- Iskutyynyn paino sisältyy järkäleen painoon.
- Kallistustaulukko on laskettu maksimissaan 20 m/s tuulelle.
- Suositeltava käyttölämpötila on 20 °C–+40 °C.
- Kaikki ohjaustoimenpiteet on tehtävä ilman äkkinäisiä liikkeitä.
- Koneen ajaminen paalun ollessa keilissä on kielletty.



Kuva: Väylävirasto

betoni

RT RAKENNUS-
TEOLLISUUS



Väylävirasto
Trafikledsverket



Suomen Geoteknillinen Yhdistys
– Finnish Geotechnical Society