



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# TUULIVOIMAPUISTON INFRARAKENTAMI- SEN PROSESSI

Kaisa Riihimäki

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2016  
Rakennustekniikka  
Infrarakentaminen



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka  
Infrarakentaminen

RIIHIMÄKI KAISA:

Tuulivoimapuiston infrarakentamisen prosessi

Opinnäytetyö 36 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Huhtikuu 2016

---

Suomi on muiden EU –maiden tavoin sitoutunut vähentämään päästöjä ja lisäämään uusiutuvan energian käyttöä merkittävästi vuoteen 2020 mennessä. Tuulivoima on tähän sopiva keino. Se on puhdasta ja turvallista energiaa, ja se parantaa Suomen energiaomavaraisuutta. Tuulivoimakapasiteetti onkin lisääntynyt viime vuosina rajusti, ja uusia voimaloita rakennetaan edelleen. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selventää tuulivoimatyömailla työskenteleville toimihenkilöille infrarakentamisen työvaiheita ja vastuita. Tarkoituksena oli kuvata tuulivoimapuiston infrarakentamisen prosessia ja eri työmaatoimihenkilöiden tehtäviä prosessin aikana.

Koko infrarakentamisen prosessia käsiteltiin tässä opinnäytetyössä vain työvaiheittain. Sen sijaan perustusurakan prosessikuvauksessa avattiin myös eri työmaatoimihenkilöiden tehtäviä. Tuulivoimapuiston infrarakentamisen prosessi pitää sisällään monenlaisia työvaiheita. Pohjatutkimukset on tehtävä huolella, jotta maarakennus-, kaapelointi- ja perustustyöt voidaan suunnitella riittävällä tarkkuudella. Suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon niin ympäristönäkökohdat kuin voimalatoimittajan asettamat vaatimuksetkin. Maarakennustyöt ja kaapelointi sekä perustustyöt etenevät samaan aikaan. Töiden aikana on kiinnitettävä erityistä huomiota työn laatuun. Kaikki rakennustyöt suoritetaan suunnitelmien mukaisesti. Työpäällikön työtaakka on suurimmillaan työmaan valmisteluvaiheessa, kun suunnitellaan yleisaikataulua ja resursseja sekä tehdään hankintoja. Työmaasta on viime kädessä vastuussa työmaapäällikkö, mutta hän voi tarvittaessa jakaa vastuuta ja tehtäviä myös työnjohtajille.

Tässä opinnäytetyössä kuvattu prosessi on vain yksi esimerkki monista. Työmaasta ja organisaatiosta riippuen työvaiheet ja työtehtävät voivat vaihdella. Tuulivoimatyömaata koskevat kuitenkin samat lait ja määräykset kuin muitakin rakennustyömaita.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Civil Engineering

**RIIHIMÄKI, KAISA:**  
The Wind Farm Infrastructure Building Process

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 2 pages  
April 2016

---

Finland is committed to reducing emissions and increasing the use of new renewable energy significantly by 2020. Wind power is clean and safe energy source, and improve energy self-sufficiency of Finland. Wind power capacity has increased significantly in recent years and new power plants are still being built. The objective of this study was to find infrastructure construction phases and responsibilities to people who work in the wind power construction site. The purpose was to describe the wind farm infrastructure construction process and the roles of the various site clerical workers during the process.

In this study from the entire infrastructure construction process was presented only by work phases. Instead in the chapter of foundation works was presented responsibilities too. Construction process has many kind of phases. The ground surveys must be done carefully and planning must be given sufficient time. Project manager has lot of work particularly before the start of the construction site, but construction manager and foreman tasks focus over the construction site.

The process described in this thesis are only examples. Phases and responsibilities may vary depending on the construction site or organization. Wind power site must follow same laws and regulations than other construction sites.

---

Key words: wind power, infrastructure construction, process description

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TILAAJAN ESITTELY .....	6
	2.1 YIT Rakennus Oy .....	6
	2.2 YIT Rakennus Oy, Infrapalvelut .....	6
	2.3 YIT:n tuulivoimapalvelut .....	6
3	TUULIVOIMAN NYKYTILANNE.....	7
	3.1 Tuulivoimarakentaminen Euroopassa.....	7
	3.2 Tuulivoimarakentaminen Suomessa .....	9
	3.2.1 Tuulivoimakapasiteetti Suomessa.....	9
	3.2.2 Syöttötariffi .....	10
4	BOP-URAKAN TYÖVAIHEET .....	11
	4.1 Urakan sisältö .....	11
	4.2 Urakan työvaiheet .....	12
	4.2.1 Pohjatutkimusohjelma ja pohjatutkimukset .....	12
	4.2.2 Suunnittelu .....	13
	4.2.3 Erilaisia perustusratkaisuja.....	14
	4.2.4 Maarakennus- ja perustustyöt .....	16
	4.2.5 Voimalan pystyttäminen .....	17
	4.2.6 Tuulipuiston tarkastukset, testaukset ja koekäyttö.....	17
5	PERUSTUSURAKAN TYÖVAIHEET .....	19
	5.1 Valmistelevat toimenpiteet .....	19
	5.2 Työmaan aloittaminen .....	20
	5.3 Pulttikehän kasaus ja asentaminen.....	22
	5.4 Raudoitus- ja muotitustyöt.....	24
	5.5 Betonointi.....	26
	5.5.1 Betonin vaatimukset.....	26
	5.5.2 Työvaihekuvaus .....	27
	5.6 Jälkihoito.....	30
	5.7 Työmaan päättäminen .....	30
6	POHDINTA.....	32
	LÄHTEET .....	33
	LIITTEET .....	35
	Liite 1. BoP-urakan prosessikaavio .....	35
	Liite 2. Perustusurakan prosessikaavio .....	36

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selventää tuulivoimatyömailla työskenteleville toimihenkilöille infrarakentamisen työvaiheita ja vastuita. Tarkoituksena on kuvata tuulivoimapuiston infrarakentamisen prosessia ja eri työmaatoimihenkilöiden tehtäviä prosessin aikana.

Opinnäytetyön aluksi kerrotaan tuulivoiman nykytilanteesta Euroopassa ja erityisesti Suomessa, minkä jälkeen tulee tilaajan esittely. Luvussa 4 on kuvattu infrarakentamisen prosessi ja luvussa 5 keskitytään erityisesti tuulivoimalan perustusurakan työvaiheisiin. Lisäksi tässä työssä on kuvattu joitakin erilaisia tuulivoimalan perustusratkaisuja.

Opinnäytetyön tilaajana toimii YIT Rakennus Oy, Infrapalvelut, ja osa opinnäytetyössä käytetystä aineistosta on tilaajan omaa materiaalia. Lisäksi aineistona on käytetty asiantuntijahaastatteluja, verkkojulkaisuja sekä alan kirjallisuutta.

## **2 TILAAJAN ESITTELY**

### **2.1 YIT Rakennus Oy**

YIT Rakennus Oy on suomalainen rakennusalan yritys, jolla on kokemusta rakentamisesta jo yli 100 vuoden ajalta. Vuonna 2014 YIT:n liikevaihto oli noin 1,8 miljardia euroa ja se työllistää noin 6 000 henkilöä. YIT:n toimialue kattaa tällä hetkellä Suomen, Venäjän, Baltian maat, Tshekin, Slovakian ja Puolan. (YIT Rakennus Oy 2015)

YIT Rakennus Oy:llä on vankka osaaminen niin asunto- ja toimitilarakentamisessa kuin infrastruktuurin kehittämisessä. YIT on rakentanut myös kokonaisia kaupunkialueita. YIT:n menestyksen perusta on ammattitaitoinen henkilöstö ja jatkuva osaamisen kehittäminen. (YIT Rakennus Oy 2015)

### **2.2 YIT Rakennus Oy, Infrapalvelut**

YIT Rakennus Oy:llä on laaja osaaminen infrastruktuurin rakentamisesta. Yhtiön tuottamiin palveluihin sisältyvät kaikki mahdollinen silloista ja väylistä maanalaisiin pysäköintitiloihin. YIT:n infrapalvelut huolehtii myös katujen, teiden ja alueiden kunnossapidosta. (YIT Rakennus Oy 2015)

### **2.3 YIT:n tuulivoimapalvelut**

YIT on tähän mennessä toteuttanut useita tuulivoimaloiden perustusurakoita KVR-urakana. Perustusurakan prosessi on kuvattu luvussa 5. Lisäksi YIT:llä on tällä hetkellä hankkekehitysvaiheessa viisi tuulivoimahanketta. Hankkeiden eteneminen edellyttää kuitenkin uutta tukimuotoa. (YIT 2015)

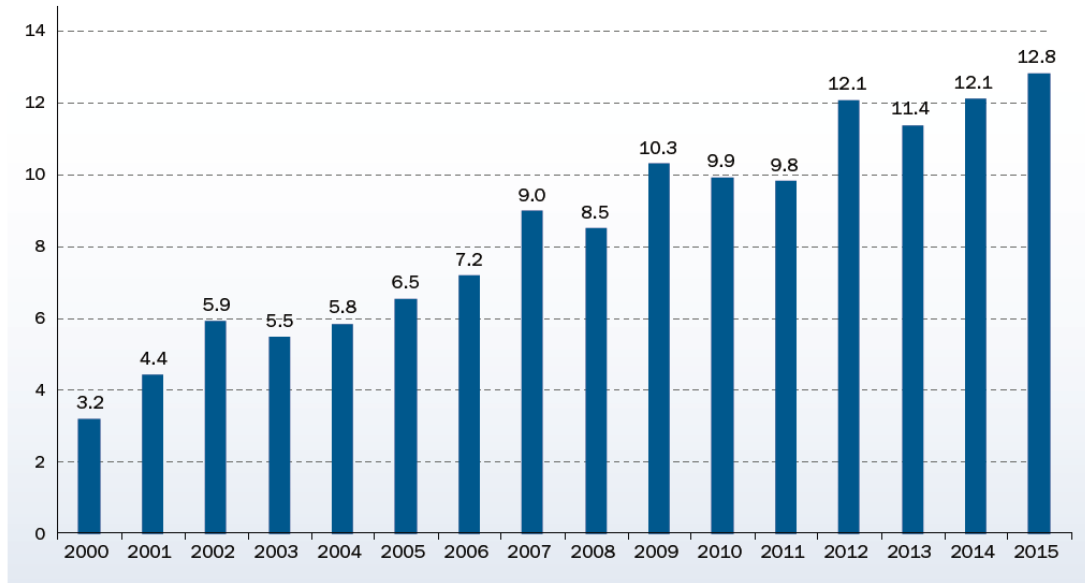
### 3 TUULIVOIMAN NYKYTILANNE

#### 3.1 Tuulivoimarakentaminen Euroopassa

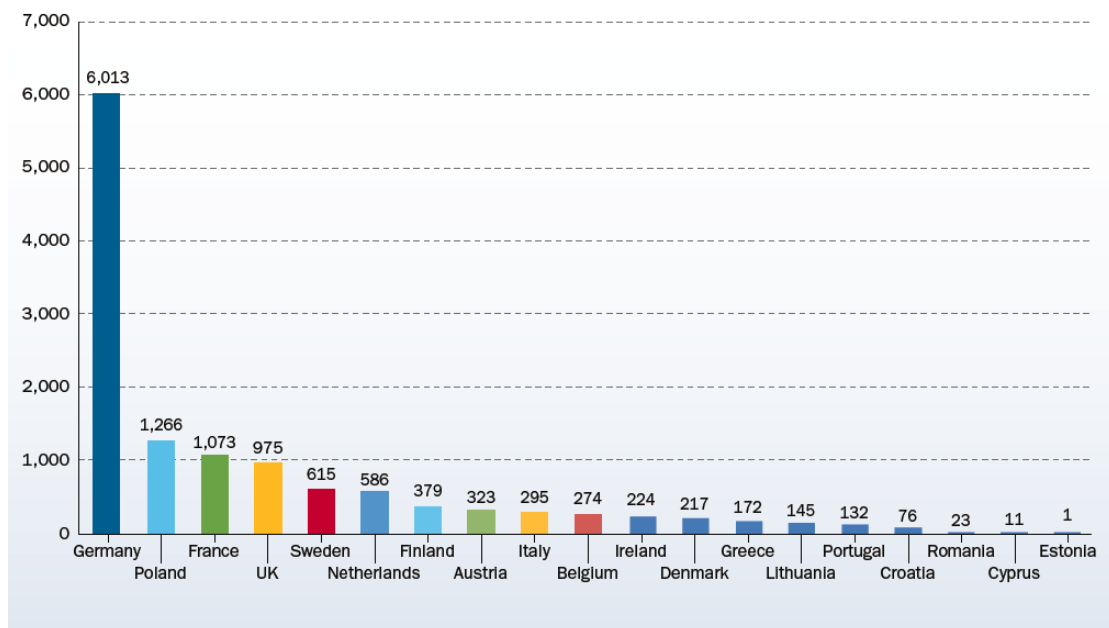
Tuulivoimatuotannon määrä Euroopassa on kasvanut vuodesta 2000 voimakkaasti EU:n pyrkiessä luopumaan kivihiilen ja öljyn käytöstä energian tuotannossa. Euroopan tuulienergiayhdistyksen (EWEA) tekemän vuosittaisen selvityksen mukaan tuulivoiman tuotantokapasiteetti Euroopan unionin alueella vuonna 2015 oli yhteensä noin 142 GW, joista 92 prosenttia sijaitsee mantereella ja vajaa 8 prosenttia merellä. Tällä tuotantokapasiteetilla pystytään tuottamaan 315 TWh sähköä, mikä kattaa 11,4 prosenttia Euroopan sähkönkulutuksesta. (Wind in Power: 2015 European Statistics 2015, 3)

Vuoden 2015 aikana uutta tuulivoimakapasiteettia lisättiin yhteensä 12,8 GW, mikä on 0,7 GW enemmän, kuin edellisenä vuonna. Eri maiden välillä näkyi kuitenkin isoja eroja tuulivoimarakentamisessa. Tällä hetkellä Euroopan suurimmat tuulivoiman tuottajamaat ovat Saksa, Espanja, Iso-Britannia ja Ranska. Näistä vain Saksa onnistui lisäämään vuosittaista kasvuaan. Kasvun syitä olivat tehokas politiikka, suuren merelle rakennetun kapasiteetin kytkeminen verkkoon sekä pyrkimys saada asennettava kapasiteetti toimintaan ennen Saksan siirtymistä markkinaehtoisin järjestelyihin vuonna 2017. Joidenkin maiden kohdalla puolestaan poliittisen näkyvyyden puute sekä asetusten tehottomuus johtivat siihen, että vuosittainen kapasiteetin kasvu jäi lähelle nolaa. (Wind in Power: 2015 European Statistics 2015, 3, 9–10)

Kuvassa 1 on kuvattu tuulivoimakapasiteetin vuosittainen kasvu vuosina 2000–2015. Kuvasta voidaan nähdä, että kasvu on ollut melko tasaista, vaikka esimerkiksi vuoden 2008 talouskriisi näkyikin tuloksissa. Kuvassa 2 näkyy tuulivoimatuotannon vuosittainen kasvu maakohtaisesti. Voidaan todeta, että Saksan osuus koko Euroopan Unionin kasvusta on yli 46 prosenttia.



KUVA 1. Tuulivoiman vuosittainen kasvu EU:ssa. (GW). (Wind in Power: 2015 European Statistics 2016, 9.)



KUVA 2. Maakohtaiset kasvut tuulivoimakapasiteetissa vuonna 2015 (MW). (Wind in Power: 2015 European Statistics 2016, 10.)

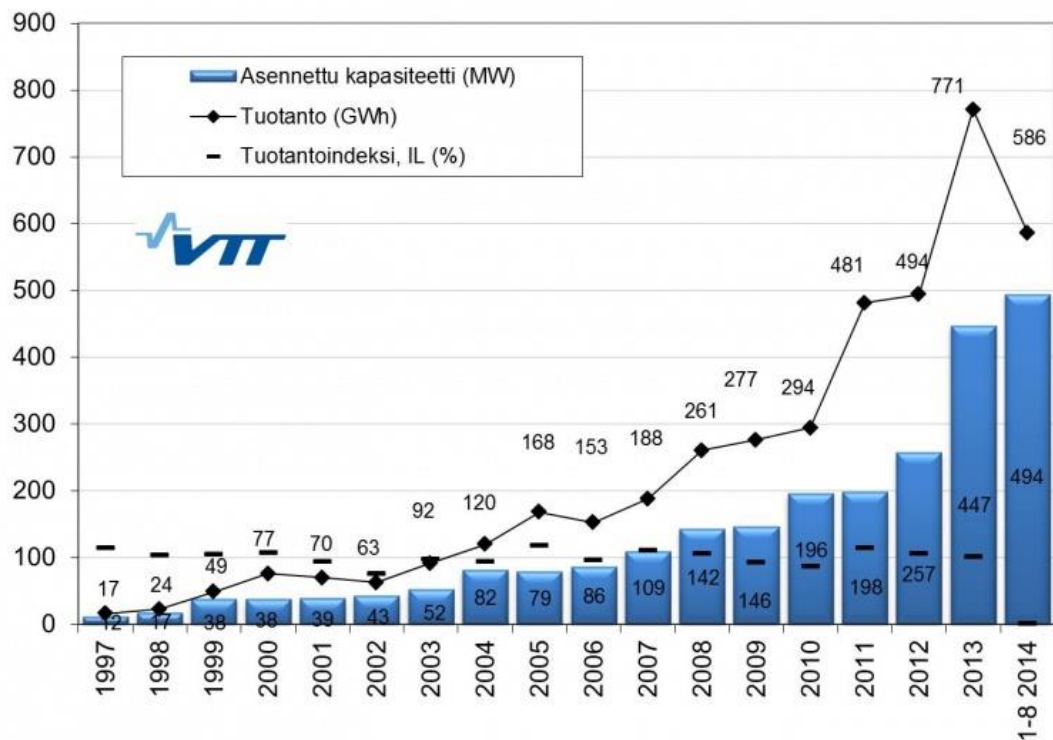


## 3.2 Tuulivoimarakentaminen Suomessa

### 3.2.1 Tuulivoimakapasiteetti Suomessa

Suomen tuulivoimatuotanto on vielä toistaiseksi melko vähäistä verrattuna muun maailman tuotantoon. Vuoden 2015 lopussa Suomessa oli toiminnassa 387 tuulivoimalaa, joiden yhteenlaskettu teho oli 1005 MW. Tuulisähköä tuotettiin 2,3 TWh, mikä riittää kattamaan 2,8 prosenttia koko maan sähkönkulutuksesta. Valtioneuvosto on 20.3.2013 sääntämässään asetuksessa asettanut tuulivoimalla tuotetun energian tuotantotavoitteeksi noin 9 terawattituntia vuoteen 2025 mennessä. Tämä vastaa noin 3750 megawatin kapasiteettia. (Suomen tuulivoimayhdistys 2016; Jääskeläinen & Syrjänen 2014. 551)

Tuulivoimakapasiteetin kehitys on paria viime vuotta lukuun ottamatta ollut melko hidasta. Kapasiteetin ja sähkötuotannon kehitys on kuvattu alla olevassa kuvassa 3.



KUVA 3. Tuulivoimakapasiteetin ja sähkötuotannon kehitys Suomessa vuosina 1997–2014. (Suomen tuulivoimayhdistys 2015)

### 3.2.2 Syöttötariffi

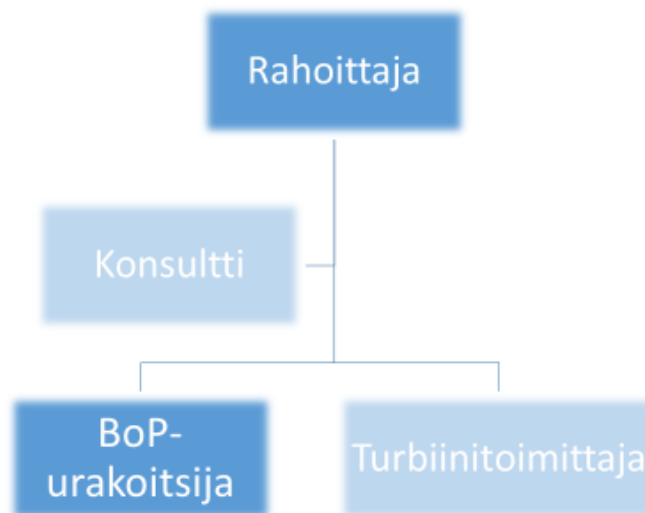
Tuulivoimatuotantoa on tuettu Suomessa vuodesta 2011 asti syöttötariffilla. Syöttötariffijärjestelmässä valtio maksaa tuottajalle tavoitehinnan ja sähkön markkinahinnan erotuksen mukaista tukea. Syöttötariffijärjestelmä ei kuitenkaan ole kovin kustannustehokas ja sen on todettu vääristävän sähkönhintoja. Tuotantotukilain (1396/2010) muutoksen tavoitteena oli lopettaa syöttötariffi hallitusti tuulivoimaloiden osalta. Leikkauspäätös sai kuitenkin aikaan sen, että useat tuulivoimalat hakivat yhtä aikaa kiintiöpäätöstä ja 2 500 megavoltiampeerin kokonaiskapasiteetti täyttyi hetkessä. Tuotantotukilain muutos astui voimaan 26.10.2015. (Motiva 2015; Energiavirasto 2015)

Tällä hetkellä uusia kiintiöpäätöksiä ei enää myönnetä ja syöttötariffijärjestelmään hyväksytään vain jo kiintiöpäätöksen saaneet voimalat. Tämän vuoksi useat tuulivoimahankkeet ovat tällä hetkellä jäissä. Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) työryhmä valmistelee parhaillaan uutta tukimuotoa uusituvalle energialle. Tuen tarkoituksena on lisätä päästötöntä, uusiutuvaa energiaa, jotta Suomi tavoittaisi päästötavoitteensa. (Lapin kansa 2015)

## 4 BOP-URAKAN TYÖVAIHEET

### 4.1 Urakan sisältö

BoP -urakka (Balance of Plant) on tuulivoimalarakentamisessa käytetty urakkamuoto, joka tarkoittaa tuulipuiston täydellistä rakentamista lukuun ottamatta turbiineja ja perustukseen asennettavaa pulttikehää. Urakan osapuolina ovat useimmiten urakan rahoittajana toimiva energiayhtiö sekä maarakennus- ja perustustöistä vastaava urakoitsija (kuvio 1). YIT:n laskemissa urakoissa urakan sisältö on tyypillisesti ollut maaperätutkimukset, maarakennuksen suunnittelu, maarakennustyöt, perustusten, sähköaseman ja aluekaapeloinnin suunnittelu ja rakentaminen sekä puiston testaus. BoP-urakan prosessikaavio on liitteessä 1. (Työpäällikkö Kiesi 2016)



KUVIO 1. BoP –urakan osapuolet

## 4.2 Urakan työvaiheet

### 4.2.1 Pohjatutkimusohjelma ja pohjatutkimukset

Pohjatutkimusohjelma voidaan tehdä joko itse tai teettää konsultilla. Itse tehtäessä on mietittävä tarvittava tutkimusten laajuus ja menetelmät, joilla pohjatutkimukset toteutetaan. Aikaa ja resursseja on varattava riittävästi. Noin kymmen voimalan puistossa aikaa pohjatutkimuksille ja suunnittelulle on varattava neljästä kuuteen kuukautta. Kilpailukykyinen tarjous vaatii kokeneen pohjasuunnittelijan. (Kiesi 2016).

Pohjatutkimusten tavoitteena on selvittää rakennuspaikan pohjaolosuhteet niin, että rakennustyöt voidaan suunnitella luotettavasti ja toteuttaa turvallisesti. On tärkeää selvittää ainakin maakerrokset ja niiden laatu, pohjaveden pinta sekä tiivis maakerros ja kallio-pinta. Näiden perusteella pohjasuunnittelija voi laskea muun muassa tarvittavat kantavuus- ja painumalaskelmat sekä maanpainelaskut. (Jääskeläinen 2011, 240–241.)

Pohjatutkimukset aloitetaan selvittämällä, onko kyseiseltä alueelta olemassa jo aiempia tutkimustuloksia. Lisäksi selvitetään ainakin tonttien rajatiedot sekä olemassa olevien kaapeleiden ja putkien sijaintitiedot. Näiden tietojen perusteella laaditaan pohjatutkimusohjelma, josta käy ilmi kairausten ym. sijainti ja tiheys sekä käytettävät laitteet. Pohjatutkimusohjelman laatijan on myös hyvä henkilökohtaisesti käydä paikalla. (Jääskeläinen 2011, 241–242.)

Pohjatutkimuksia tehtäessä on tärkeää valita juuri kyseiseen kohteeseen ja tarkoitukseen parhaiten soveltuvat menetelmät. Kuvassa 4 on esitetty yleisimmät käytössä olevat kairausmenetelmät. Kuvasta käy ilmi, että kallionpintaa maakerrosten läpi ei voi tarkasti määrittellä millään muulla tavalla kuin porakonekairaamalla. Puristinkairalla saadaan parhaiten maalajikerrokset selville, mutta varsinainen maalajien nimeäminen on järkevintä tehdä näytteiden avulla. Pohjatutkimustulosten perusteella laaditaan perustamistapalausunto, jossa kerrotaan pohjatutkimusten tulokset ja suositeltava perustamistapa voimailloille. (Jääskeläinen 2011, 242–243.)

TAULUKKO 1. Yleisimmät kairausmenetelmät (Jääskeläinen 2011)

Kairausmenetelmän pääasiallinen käyttötarkoitus	Selvitettävä seikka	Kallion pinnan sijainti	Tiiviin pohjakerroksen sijainti	Tiiviydeltään erilaisten maakerrosten rajat	Maakerrosten lujuus iikimäärin	Maakerrosten lujuus tarkasti	Maakerrosten tiiviys iikimäärin	Maalajiryhmä	Lyöntipaaluituksen arviointi
●  ○									
Painokairaus		○	●	●	○		●	●	○
Heijarikairaus		○	●	○	○		●	○	●
Puristinkairaus			○	●	●		●	●	○
Siipikairaus						●			
Tärykairaus		○	●					○	○
Porakonekairaus (paineilmakairaus)		●	○						○

#### 4.2.2 Suunnittelu

Urakoitsija saa tilaajalta tarvittavat tiedot, joiden mukaan mitoittaa mm. kantavuudet, kaarre- ja pyörityssäteet, maksimipituuskaltevuudet, teiden leveydet, platformien elinosto- ja lastausalueiden muodot ja koot sekä platformien ja perustusten yläpintojen korot. Tarvittavia tietoja ovat esimerkiksi voimalan dimensiot, kuormatiedot ja sijainnit, alustavat pohjatutkimukset sekä pohjarakentamisen tarkkuus. Suunnittelijan tulee osata tulkita maastoa siten, että löytäisi mahdolliset varamaanottopaikat ja ylijäämämaiden läjityspaikat puiston alueelta. Maa-ainesten käytössä on pyrittävä massatasapainoon ilman ulkopuolelta tulevia ma-aineksia. Maa-aineksen ollessa vaikeasti saatavilla on hyvä miettiä vaihtoehtoisia pohjanvahvistusmenetelmiä, kuten geoverkkoja tai -kankaita. Myös paalutusta voidaan harkita. Lisäksi suunnittelussa on huomioitava ympäristönäkökohdat, kuten ilmasto, maaperä sekä pinta-, avo- ja pohjavedet. (K. Kiesi 2016; Pohjarakennusohjeet 2005, 57.)

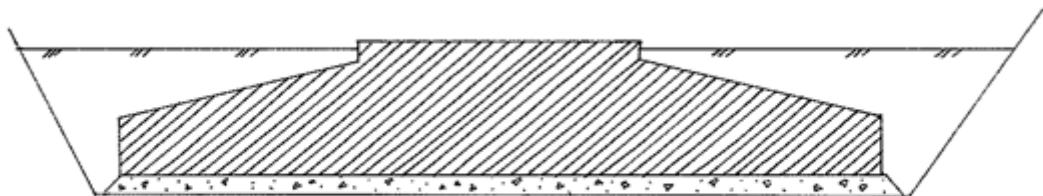
Sopiva perustamistapa perustuksille voidaan päätellä maaperätutkimusten perusteella. Perustukset suunnitellaan huomioiden turbiinotoimittajan asettamat vaatimukset, jotka voivat koskea mm. pulttikehää, maadoitusta, kaapeliputkituksia tai jälkivaluja. Tähän

työvaiheeseen kuuluu myös sähköaseman sekä aluekaapeloinnin suunnittelu. Aluekaapeloinnilla tarkoitetaan keskijännite- ja tietoliikennekaapelointia. Sähköaseman ja kaapeloinnin suunnitteluun tarvitaan erityisesti sähköalan osaamista. (Kiesi 2016)

### 4.2.3 Erilaisia perustusratkaisuja

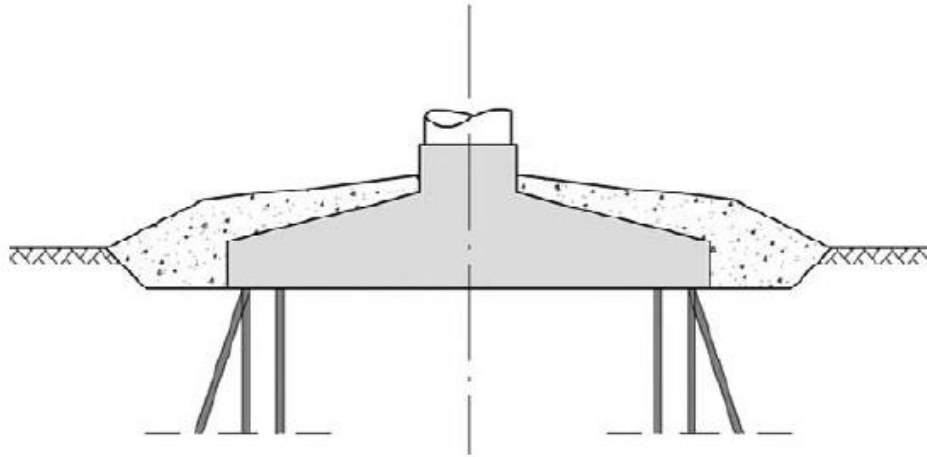
Yleisin tuulivoimalan perustusratkaisu on maanvarainen gravitaatioperustus, jonka rakennusprosessiin tässä luvussa tarkemmin perehdytään. Pohjaolosuhteista riippuen voidaan kuitenkin käyttää muitakin ratkaisuja.

Maanvarainen gravitaatioperustus on tyypillisesti napakorkeudeltaan 130 metrisellä tuulivoimalla halkaisijaltaan noin 24–25 metriä oleva teräsbetoni-laatta, jonka syvyys on kolmesta neljään metriä (kuva 4). Betonilaatta valetaan yhtenä valuna ja tarvittava betonin määrä on 750–800 m<sup>3</sup>. Terästä perustus vaatii jopa 85 tonnia. Maanvaraista perustusta käytettäessä pohjamaan tulee olla joko soraa tai hiekkaa. Myös tiivis moreeni sopii pohjamaaksi. Vastaavasti kallionpinnan ollessa tarpeeksi lähellä voidaan voimalat perustaa kalliivaraisesti. (Piiirustukset; EPV Tuulivoima Oy 2012, 30.)



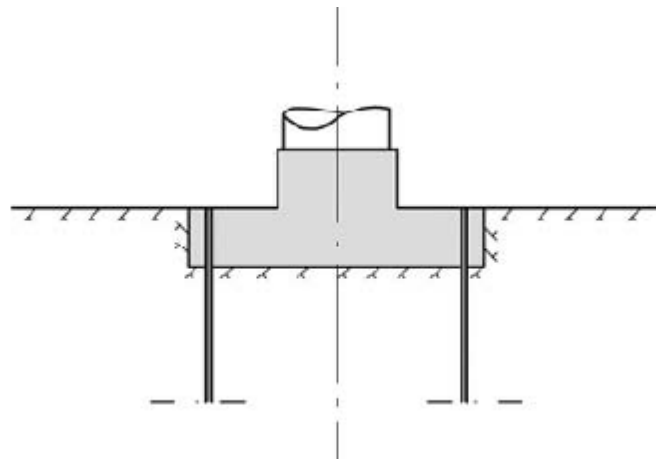
KUVA 4. Periaateratkaisu maanvaraisesta gravitaatioperustuksesta

Mikäli pohjamaan kantavuus on heikko ja kovan pohjan ollessa syvällä, voidaan voimalat perustaa paalujen varaan (kuva 5). Tällöin pintamaa poistetaan ja alueelle tehdään ohut murskekerros. Paalutyypistä riippuen paalut asennetaan maahan normaaliin tapaan ja niiden päälle valetaan teräsbetoniperustus. (EPV Tuulivoima Oy 2012, 32)



KUVA 5. Paaluperustus (EPV Tuulivoima 2012, 31)

Kalliopinnan ollessa 0–2 metriä maanpinnasta ja hyvälaatuista tuulivoimala voidaan perustaa myös kallioon ankkuroimalla (kuva 6). Kallioon louhitaan varaus perustusta varten ja ankkuroimiseen käytetään jännitettäviä ankureita, jotka porataan ja kiinnitetään kallioon. Kooltaan kallioon ankkuroitu perustus on huomattavasti pienempi maanvaraiseen perustukseen verrattuna. Kuluvan betonin määrä on vain noin  $40 \text{ m}^3$  ja terästä tarvitaan hyvin vähän. (Kiesi 2015; EPV Tuulivoima 2012, 32).



KUVA 6. Periaatekuva kallioankkuroidusta perustuksesta (EPV Tuulivoima 2012, 31)

#### 4.2.4 Maarakennus- ja perustustyöt

Maarakennustöihin kuuluvat yleisimmin tiet, platformit, perustusten kaivut, arinat, täytöt sekä mahdolliset paalutukset, louhinnat ja rummut. Pienessä, alle 10 voimalan puistossa-kin, näihin on varattava aikaa vähintään neljä kuukautta. Aikataulut ovat usein tiukkoja ja siirrettävä massat suurina, joten kalustoa tulee olla riittävästi ja työkoneiden tarpeeksi suurina. (Kiesi 2016)

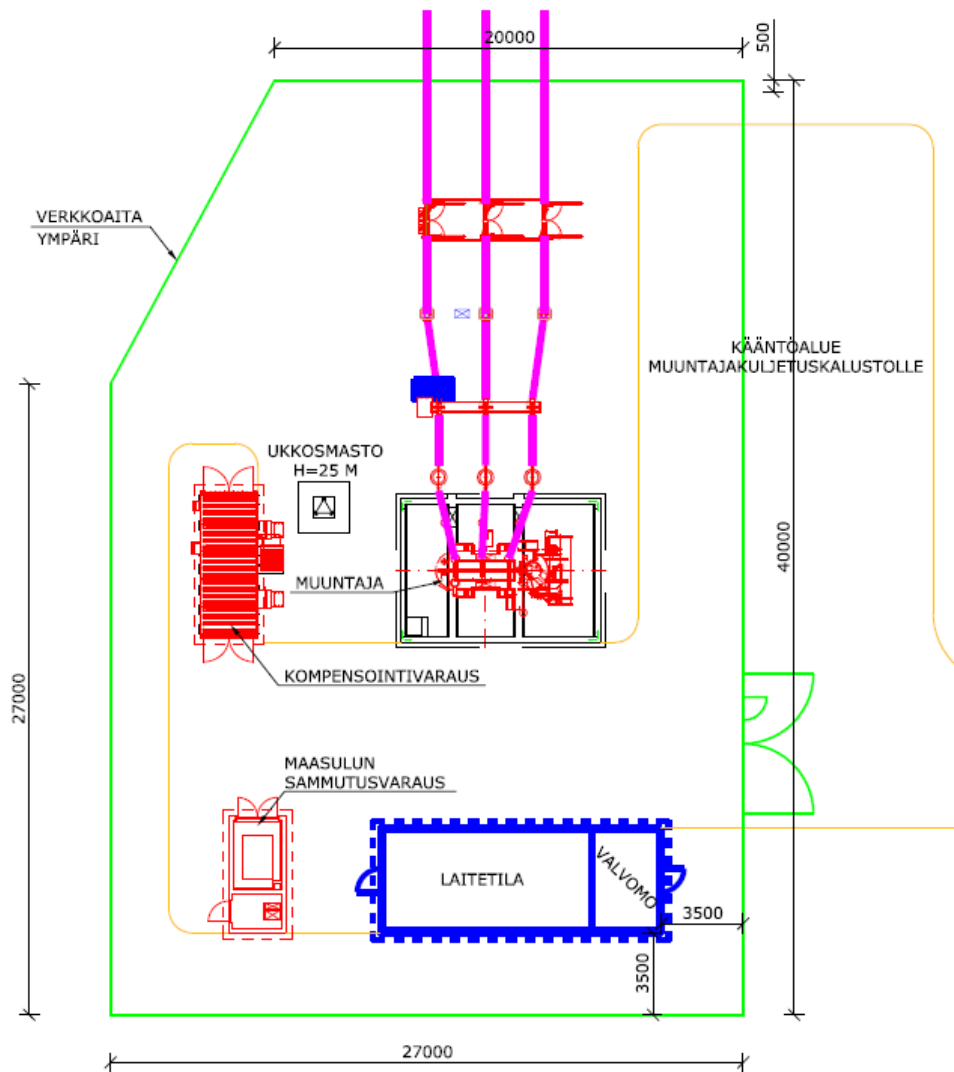
Maarakennustyöt voidaan jakaa raivaustöihin, leikkaus- ja kaivutöihin, kuormaukseen ja kuljetukseen, pengerrykseen sekä tiivistykseen. Suunniteltaessa maarakennustöitä mahdollisimman tarkasti tulee ottaa huomioon mm. maa-ainesten erilainen kaivuvastus, löyhtyminen, tiivistyminen ja kuljetettavuus. Nämä voivat oleellisesti vaikuttaa työtehoon ja kustannuksiin. (Jääskeläinen 2010, 16, 28)

Epävakaat sääolosuhteet tuovat lisää epävarmuutta maarakennustöihin. Esimerkiksi kova pakkas tai rankkasade voi tuoda lisäkustannuksia ja ne on huomioitava jollakin tavalla työnsuunnittelussa. Toisaalta esimerkiksi talviaikaan pitkää pakkasjaksoa voi yrittää hyödyntää joissakin rakennustöissä. (Jääskeläinen 2010, 49)

Maarakennustyöt etenevät kuten missä tahansa muussakin urakassa. Työt suoritetaan ennalta laaditun pohjarakennussuunnitelman sekä työ- ja laatusuunnitelmien mukaisesti. Vaikka suurin osa töistä jää myöhemmin piiloon, on laatuun silti kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä niitä on myöhemmin vaikea ja työläs tarkistaa. Siksi työtä tarkastetaan jatkuvasti ja työstä tehdään pöytäkirjamerkinnot. Laatua valvoo riittävän pätevyyden omaava työnjohtaja. Perustustöiden prosessi on kuvattu myöhemmin luvussa 5. (Pohjarakennusohjeet 2005, 113; Jääskeläinen 2010, 142)

Samaan aikaan maarakennus- ja perustustöiden kanssa etenee sähköaseman (kuva 7) ja kaapeloinnin rakentaminen. Nämä voidaan sisällyttää maarakennustöihin, mutta usein ne toteutetaan erillisenä urakkana tai ostetaan aliurakoitsijalta niiden vaatiman erityisosaamisen vuoksi. Kuitenkin BoP –urakoitsijalla on hyvä olla sähkötöihin pätevä työnjohtaja, joka valvoo töiden laatua ja kustannuksia. (Kiesi, K. 2016)





KUVA 7. Sähköaseman layout.

#### 4.2.5 Voimalan pystyttäminen

Varsinaisten turbiinien asentaminen ei yleensä kuulu BoP –urakkaan, vaan pystyttäminen on tilaajan vastuulla. Yleensä kuitenkin tilaaja vaatii, että myös BoP –urakoitsijan edustajan tulee olla paikalla ainakin niissä tapauksissa, kun tornien alalohkojen jälkivalut kuuluvat BoP –urakkaan. (Kiesi 2016)

#### 4.2.6 Tuulipuiston tarkastukset, testaukset ja koekäyttö

Ennen tuulipuiston käyttöönottoa voimaloille tehdään tarvittavat tarkastukset ja testaukset. Tuulivoimalan testaukseen on varattava aikaa 2–3 kuukautta, mutta tästä vastaa

yleensä turbiinitoimittaja. Tarkastusten aikana voimalan kaikki osat käydään läpi ja varmistetaan, että voimala on turvallista ottaa käyttöön. Joskus tilaaja voi vaatia, että urakoitsija suorittaa erillisiä tarkastuskäyntejä takuuajana. (Kiesi 2016)

## 5 PERUSTUSURAKAN TYÖVAIHEET

Tässä luvussa perehdytään tuulivoimaloiden perustusurakoiden työvaiheisiin. Prosessi-kaavio löytyy liitteestä 2.

### 5.1 Valmistelevat toimenpiteet

Tuulivoimatyömaita koskevat pääsääntöisesti samat määräykset ja lait, kuin muitakin rakennustyömaita. (Jääskeläinen & Syrjänen 2014, 551)

Ennen varsinaisen työmaan alkua on lukuisia asioita, joita rakennuttaja, urakan päätoteuttaja tai voimalatoimittaja voi vaatia. Varsinkin työpäällikön rooli on tässä työvaiheessa merkittävä. Työmaan valmistelevat toimenpiteet on syytä tehdä huolella, jotta varsinaisen työmaan aikana asiat sujuisivat mahdollisimman sujuvasti ja ikäviltä yllätyksiltä välttäisiin.

Työpäällikkö huolehtii työmaan yleisaikataulun laatimisesta ja hankkii tarvittavat työjohtoresurssit yhdessä yksikön johtajan ja resurssikoordinaattorin kanssa. Ennen valmiita rakennesuunnitelmia työpäällikkö kilpailuttaa ja tilaa täydentävät pohjatutkimukset ja ohjaa suunnittelua. Työpäällikkö johtaa myös hankintoja. Tarjousvertailujen perusteella tehdään toimittajavalinnat ja neuvotellaan aliurakoitsijasopimukset. Näissä tehtävissä on mukana myös työmaatoimihenkilöt ja yrityksen hankintahenkilöt, mutta työpäällikön tehtävä on jakaa vastuuta ja tehtäviä. Työpäällikkö laatii työmaan tavoitearvion ja kassavirtaennusteen sekä maksuerätaulun. Hän myös huolehtii, että projektin vakuudet ja vakuutukset ovat kunnossa. Aloituspalaverissa työpäällikkö tekee porttikatselmuksen ja tiedottaa työmaatoimihenkilöille tarvittavat sopimukselliset asiat. Myös työmaahenkilöiden tulostavoitteiden laatiminen kuuluu työpäällikölle. (Kiesi 2016).

Työmaapäällikön vastuulle ennen varsinaista työmaan alkamista kuuluu työmaan yksityiskohtainen aikatauluttaminen sekä työmaan alue-, laatu-, turvallisuus- ja työsuunnitelmien laatiminen. Työmaapäällikkö arvioi myös henkilö- ja koneresurssien määrän. Työmaapäällikkö osallistuu yhdessä muiden työmaatoimihenkilöiden ja työpäällikön kanssa hankintoihin ja aliurakoitsijaneuvotteluihin. (Työmaapäällikkö Luusuaniemi 2016)

Työnjohtajan tehtäviin valmistelevien töiden vaiheessa kuuluu laatia työ- ja laadunvarmistussuunnitelmat sekä turvallisuus- ympäristö- ja aluesuunnitelmat. Työnjohtaja tekee pienmateriaalihankinnat ja hankkii työmaa-ajoneuvot. Lisäksi hän osallistuu betonitoimittajaneuvotteluihin. (Työnjohtaja Lehto 2016)

Valmistelevat toimenpiteet on esitetty alla olevassa taulukossa 2 työmaatoimihenkilökohteisesti.

TAULUKKO 2. Työmaatoimihenkilöiden vastuulla olevat tehtävät valmisteluvaiheessa

Työpäällikkö	Työmaapäällikkö	Työnjohtaja
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yleisaikataulun laadinta</li> <li>• Työnjohtoresursien hankinta</li> <li>• Pohjatutkimusten hankinta</li> <li>• Suunnittelun ohjaus</li> <li>• Tavoitearvio, kassavirtaennuste ja maksuerätaulukko</li> <li>• Työmaahenkilöiden tulostavoitteet</li> <li>• Aliurakoitsijoiden valinta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yksityiskohtainen aikatauluttaminen</li> <li>• Alue-, laatu-, turvallisuus- ja työsuunnitelmat</li> <li>• Henkilö- ja koneresurssit</li> <li>• Hankinta</li> <li>• Aliurakoitsijaneuvottelut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alue-, laatu-, turvallisuus- ja työsuunnitelmat</li> <li>• Pienmateriaalihankinnat</li> <li>• Betonitoimittajan valinta</li> </ul>

## 5.2 Työmaan aloittaminen

Työmaan aloittamisvaiheessa työmaalle tuodaan tarvittava määrä työmaakoppeja toimistoa ja taukotiloja varten sekä työkaluvarastoiksi. Urakoitsija huolehtii, että alueella on riittävä määrä jätelavoja sekä ensiapuvälineet ja alkusammutuskalusto ovat kaikkien saatavilla. Työmaalle johdetaan sähköt ja vesi ja toimivat puhelin- ja internetyhteydet. Jokaiselle työmaahenkilölle pidetään perehdytys ja aloituskokouksessa tiedotetaan ja sovietaan kaikkia koskevista asioista.

Työpäällikön tehtävä työmaan aikana on seurata ja ennustaa työmaan taloutta vähintään kuukausittain sekä osallistua työmaakokouksiin ja mahdollisiin johdon seurantakatkopalavereihin. (Työpäällikkö Kari Kiesi 2016)

Rakennustöiden alkaessa työmaapäällikön tärkeimpiin tehtäviin kuuluu muiden toimihenkilöiden ja työntekijöiden kokonaisvaltainen työnjohto. Työmaapäällikkö pitää aliurakoitsijoille aloituskokouksen ja huolehtii, että kaikki työntekijät saavat asianmukaisen perehdytyksen työmaahan. Lisäksi työmaapäällikkö jakaa vastuualueet jokaiselle työmaahenkilölle ja huolehtii, että jokaisella on myös sijainen. Työmaan aikana työmaapäällikkö osallistuu tilaajan viikkopalavereihin sekä pitää omalle väelle ja aliurakoitsijoille viikkopalavereja. Työmaapäällikön tehtäviin kuuluu myös täydentää tarvittaessa työmaan suunnitelmia. Myös työmaan laskujen seuranta ja raportointi TAS:iin kuuluu työmaapäällikölle. Työmaapäällikön tulee myös varmistaa, että MVR -tulokset syötetään järjestelmään. (Luusuaniemi 2016)

Työmaan aloitusvaiheessa työmaan tukikohdan perustaminen on työnjohtajan vastuulla. Työnjohtaja hankkii työmaalle riittävän määrän jätelavoja, työkaluvarastoja ja työmaakoppeja. Hänen tehtävänä on myös muiden työntekijöiden perehdyttäminen. Yhdessä työmaapäällikön kanssa hän aikatauluttaa työt. Lisäksi työnjohtaja huolehtii materiaalin vastaanotosta ja laadun tarkkailusta. (Lehto 2016)

Työmaan aloitusvaiheen työtehtävät on esitetty alla olevassa taulukossa 3 työmaatoimihenkilökohtaisesti.

TAULUKKO 3. Työmaatoimihenkilöiden vastuulla olevat tehtävät työmaan aloitusvaiheessa

Työpäällikkö	Työmaapäällikkö	Työnjohtaja
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Työmaan talouden seuranta ja ennustaminen</li> <li>• Työmaakokouksiin ja seurantakatkopalavereihin osallistuminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Työnjohto</li> <li>• Aloituskokous</li> <li>• Perehdytyksestä huolehtiminen</li> <li>• Viikkopalaverit tilaajan kanssa</li> <li>• Viikkopalaverit</li> <li>• Työmaan laskujen seuranta</li> <li>• Työturvallisuusseuranta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tukikohdan perustaminen</li> <li>• Työntekijöiden perehdytys</li> <li>• Töiden aikatauluttaminen</li> <li>• Materiaalien vastaanotto ja laadun tarkkailu</li> </ul>

### 5.3 Pulttikehän kasaus ja asentaminen

Ennen pulttikehän kasausta on kaivannon tarkastus ja vastaanotto. Mittamies tarkista, että pohjan korot ovat oikein. Vastaanoton jälkeen valetaan työbetonilaatta perustukselle (kuva 8), jonka jälkeen voidaan aloittaa kasaus ja asennus. Tässä työvaiheessa kasataan pulttikehä ja asennetaan paikalleen. Useimmiten pulttikehä koostuu neljästä lohkoista, jotka kootaan paikan päällä. Ennen paikalleen asentamista betonilaatan päälle asetetaan pohjaraudoitteet. Kehikko asetetaan paikalleen yksi lohko kerrallaan käyttäen vinotukia. Lohkot kiinnitetään toisiinsa varatuilla kiinnityslevyillä, jolloin pulttikehä saa riittävän jäykkyyden. Pulttikehä linjataan mittamiehen avulla oikeaan asemaan (kuva 9). Voimalatoimittaja on asettanut tarkat laatuvaatimukset työlle ja työmaapäällikön tehtävä on varmistaa, että aliurakoitsijat toimivat vaatimusten mukaisesti sekä toimittavat tilaajan ja voimalatoimittajan vaatimat aineistot. (Luusuaniemi 2016; Raudoitustöiden työsuunnitelma 2014).



KUVA 8. Työbetonilaatta oikeassa korossa.





KUVA 9. Valmis pulttikehä paikalleen asennettuna.

Työnjohtaja järjestää pulttikehän asentajille pulttikehäkoulutuksen ja järjestää mittamiehen paikalle. Kasauksen ja asentamisen aikana hän valvoo asennustyötä ja ongelmatilanteissa hakee ratkaisuja. Työnjohtaja käy mittamiehen kanssa läpi mittaustulokset ja dokumentoi ne. (Lehto 2016)

Pulttikehän kasaus- ja asennusvaiheen työtehtävät on esitetty alla olevassa taulukossa 4 työmaatoimihenkilökohtaisesti.

TAULUKKO 4. Työmaatoimihenkilöiden vastuulla olevat tehtävät asennusvaiheessa

Työpäällikkö	Työmaapäällikkö	Työnjohtaja
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Työmaan talouden seuranta ja ennustaminen</li> <li>• Työmaakokouksiin ja seurantakatkopalaveriin osallistuminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Työnjohto</li> <li>• Perehdytyksestä huolehtiminen</li> <li>• Viikkopalaverit tilaajan kanssa</li> <li>• Viikkopalaverit omalle välle ja aliurakoitsijoille</li> <li>• Työmaan laskujen seuranta</li> <li>• Työturvallisuusseuranta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulttikehäkoulutuksen järjestäminen</li> <li>• Mittamiehen hankkiminen</li> <li>• Asennustyön valvonta</li> <li>• Mittaustulosten dokumentointi</li> </ul>



#### 5.4 Raudoitus- ja muotitustyöt

Kaikkien perustuksissa käytettävien terästen tulee olla voimassa olevien SFS-standardien mukaisia, ja niiden tulee olla puhtaita. Raudoitukset tehdään suunnitelmapiiirustusten mukaisesti ja erityiskohdissa, kuten nurkissa, pielissä, työsaumoissa jne. noudatetaan raudoituksen yleisohjetta. Suunnitelmapiiirustuksiin on merkitty terästen keskinäiset etäisyydet, taivutukset ja jatkospituudet. Peikko –perustuksissa raudoituksen hitsaaminen on kiellettyä. (Betonityöselitys)

Tähän työvaiheeseen kuuluu perustuksen raudoituksen asentaminen ja maadoittaminen sekä valumuottien kiinnittäminen paikalleen. YIT:n käyttämissä Peikko –perustuksissa raudoitustyöt aloitetaan asentamalla pulttikehikon sisälle tuleva Modix –keskusankkuri. Tämän jälkeen raudoitustyöt etenevät suunnitelmien mukaisesti perustuksen alapinnasta yläpintaan (kuvat 10 ja 11). Raudoituksen yhteydessä kiinnitetään maadoituskaapeli suunnitelmien mukaisesti. (Raudoitustyösuunnitelma 2014)





KUVA 10. Perustuksen alapinnan raudoitusta



KUVA 11. Raudoitettu perustus

Raudoitustöiden valmistuttua valumuotit kiinnitetään paikoilleen perustuksen alareunaan sekä kaulukseen. Peikko-perustuksissa muottien ja terästen väliin asennetaan muoviset rauditusvälitteet ja muotit kiinnitetään teräksiin surrilangalla limittäin. Muottisiivut taitutetaan perustuksen muotoiseksi ja muovihelma käännetään perustuksen alle. Kauluksessa muovihelma jätetään betonin ulkopuolelle. Läpiviennit tiivistetään teippaamalla. (Muotitustyösuunnitelma 2014)

Ennen raudoitustöitä työmaapäällikkö huolehtii, että tarvittavat teräkset ovat oikeanlaisia ja niitä on oikea määrä. Työmaapäällikkö huolehtii, että aliurakoitsijalla on riittävä nostokalusto käytettävissä ja valvoo aliurakoitsijan työaikaa ja -tehoa. Lisäksi työmaapäällikkö hankkii muotit. (Luusuaniemi 2016).

Työnjohtaja osallistuu aliurakoitsijapalaveriin ennen raudoitustöiden alkua ja töiden edessä, sekä on yhteydessä suunnittelijaan ja tavarantoimittajiin. Hän myös valvoo raudoitustöiden etenemistä ja toimii yhteyshenkilönä ongelmatilanteissa. Raudoitustöiden valmistuttua työnjohtaja tekee raudoitustarkastuksen yhdessä valvojan kanssa. (Lehto 2016).

Raudoitus- ja muotitusvaiheen työtehtävät on esitetty alla olevassa taulukossa 5 työmaatoimihenkilökohtaisesti.

TAULUKKO 5. Työmaatoimihenkilöiden vastuulla olevat tehtävät raudoitusvaiheessa

Työpäällikkö	Työmaapäällikkö	Työnjohtaja
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Työmaan talouden seuranta ja ennustaminen</li> <li>• Työmaakokouksiin ja seurantakatko-palavereihin osallistuminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Työnjohto</li> <li>• Perehdytyksestä huolehtiminen</li> <li>• Viikkopalaverit tilaajan kanssa</li> <li>• Viikkopalaverit omalle välle ja aliurakoitsijoille</li> <li>• Työmaan laskujen seuranta</li> <li>• Työturvallisuusseuranta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aliurakoitsijapalaveri</li> <li>• Yhteydenpito suunnittelijaan ja tavarantoimittajiin</li> <li>• Asennustyön valvonta</li> <li>• Raudoitustarkastus</li> </ul>

## 5.5 Betonointi

### 5.5.1 Betonin vaatimukset

Tuulivoimalan perustusten suunniteltu käyttöikä on tyypillisesti 50 vuotta, ja ne ovat 1-luokan betonirakenteita. Betonin laatu- ja lujuusluokat esitetään aina voimalakohtaisissa rakennepiirustuksissa. Samoin betonin koostumusta ja betonipeitteen paksuutta koskevat vaatimukset näkyvät piirustuksissa. Betonointityössä tulee noudattaa voimassa olevaa lainsäädäntöä sekä viranomaisten määräyksiä ja ohjeistuksia, joita ovat mm. Maankäyttö- ja rakennuslaki, Suomen rakentamismääräyskokoelman kohdat RakMK B2, RakMK B3, RakMK B4 ja RakMKB7 sekä Valtioneuvoston asetukset. Betonityösuunnitelman mukaan noudatetaan myös seuraavia ohjeita:

- Betoninormit

BY 50/2012

- Betonirakentamisen laatuohjeet BY 47/2013
- Betonirakenteiden pinnat BY 40/2003
- Betonityöohjeet RIL 149/1995
- Betonikiviainekset SFS-EN 12620
- Sementti SFS-EN 197-1
- Betoniteräkset SFS-EN 10080
- Betoni. Osa 1:  
Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus SFS-EN 206-1
- Teräsrakenteet RIL 173/1997
- Työturvallisuuden varmistaminen  
rakennushankkeen suunnittelussa RIL 191/1998
- Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset.  
Talonrakennuksen runkotyöt,  
RunkoRYL 2010 RT 14-11016
- RIL:n normit ja ohjeet

Peikko –perustuksissa käytettävän betonin rasitusluokka perustuksen alaosassa on tyyppillisesti XC2 ja perustuksen yläosassa XC3–4 ja XF3. Perustuksen alaosassa betonin lujuus on C35/45-3. Ensimmäiset 100 m<sup>3</sup> valetaan massalla, jonka raekoko on 16 mm ja notkeus S4, minkä jälkeen massan notkeudeksi muutetaan S2-S3 ja raekooksi 32 mm. Perustuksen yläosa valetaan betonilla, jonka lujuus on C45/55-3, maksimi raekoko 16 mm ja notkeus S2. (Peikko-perustukset 2015; Betonityösuunnitelma 2014)

### 5.5.2 Työvaihekuvaus

Ennen betonointityötä on varmistettava, että muotit ovat puhtaat ja käsitelty öljyllä. Perustukset valetaan pumppaamalla. Valaminen aloitetaan perustuksen keskeltä ja siirrytään ulkolaidalle. Pintaa nostetaan tasaisesti maksimissaan 30 cm:n paksuisina kerroksina ja valun loppuvaiheessa pinta viistetään oikeaan muotoonsa (kuva 13). Pinta hierretään hyvin (kuva 12) ja heti sen jälkeen ruiskutetaan jälkihoitoaine. Valmiin perustuksen pinta on siisti ja tasainen (kuva 14). Pinnan kovetuttua hieman perustus peitetään hyvin lämpöeristepeitteellä. (Betonointisuunnitelma 2014; Betonityöselitys 2015)



Betonoidessa käytetään valuputkea tai letkua, jotta vältetään erottumiselta liian suuren pudotuskorkeuden vuoksi. Perustuksen alaosa valetaan heikoimmalla betonilla ja siirryttäessä yläpintaa kohti vaihdetaan lujempaan betoniin. Betoni tiivistetään hyvin erityisesti terästen ympäriltä tärysauvoilla. Työn edetessä tarkkaillaan muottien pitävyyttä ja kestävyttä sekä raudoituksen suojaetäisyyksiä. Betonin roiskumista yläpinnan teräksiin on vältettävä. (Betonointisuunnitelma 2014)



KUVA 12. Betonipinnan hiertoa



KUVA 13. Perustuksen pinnan tekoa



KUVA 14. Valmis perustus

Työnjohtajan on tehtävä ennen valutöiden aloittamista betonointisuunnitelma ja hyväksyttävä se tilaajan edustajalla. Hän laatii betonitöiden aikataulun sekä suunnittelee miten lämmönseuranta toteutetaan. Työnjohtaja valvoo, että valutyö sujuu suunnitelmien mukaan ja huolehtii oikeasta toimitusajasta ja laadusta. Lisäksi hänen tulee seurata sääitä ja olla varautunut ongelmatilanteisiin. Valun jälkeen työnjohtaja pitää vielä palautepalaverin betonitoimittajan ja aliurakoitsijan edustajan kanssa. (Lehto 2016)

Betonointivaiheen työtehtävät on esitetty alla olevassa taulukossa 6 työmaatoimihenkilökohtaisesti.

TAULUKKO 6. Työmaatoimihenkilöiden vastuulla olevat tehtävät betonointivaiheessa

Työpäällikkö	Työmaapäällikkö	Työnjohtaja
<ul style="list-style-type: none"> <li>Työmaan talouden seuranta ja ennustaminen</li> <li>Työmaakokouksiin ja seurantakatkopalaveriin osallistuminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Työnjohto</li> <li>Perehdytyksestä huolehtiminen</li> <li>Viikkopalaverit tilaajan kanssa</li> <li>Viikkopalaverit omalle välle ja aliurakoitsijoille</li> <li>Työmaan laskujen seuranta</li> <li>Työturvallisuusseuranta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betonointisuunnitelma</li> <li>Betonoinnin aikataulututtaminen</li> <li>Lämmönseurannan suunnittelu</li> <li>Betonoinnin valvominen</li> <li>Palautepalaveri</li> </ul>

## 5.6 Jälkihoito

Betonin jälkihoitoon kuuluu sen suojaaminen jälkihoitoaineella ja peittäminen sekä kovettuvan betonin lämpötilan seuraaminen. Betonin pintaa kastellaan vedellä viikon ajan 1–2 kertaa vuorokaudessa, jotta pinta ei pääse kuivumaan ja näin synny halkeamia. Betonin lämpötiloja seurataan kaksi viikkoa valun jälkeen. Näin varmistetaan, ettei betonin lämpötila nouse yli 60 asteen tai eri rakenneseosien lämpötilaero ylitä 20 astetta. Suuret lämpötilaerot voivat aiheuttaa betonin lujuuskatoa. Jälkihoitoa jatketaan kunnes betoni on saavuttanut 70 prosenttia nimellislujuudestaan. (Betonointisuunnitelma 2014)

Työnjohtaja tilaa työmaalle jälkihoitoaineen ja suunnittelee jälkihoitotyöt. Lisäksi hänen vastuullaan on työntekijöiden ohjeistus ja jälkihoitotyön valvonta. (Lehto 2016).

Jälkihoitovaiheen työtehtävät on esitetty alla olevassa taulukossa 7 työmaatoimihenkilökohtaisesti.

TAULUKKO 7. Työmaatoimihenkilöiden vastuulla olevat tehtävät jälkihoitovaiheessa

Työpäällikkö	Työmaapäällikkö	Työnjohtaja
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Työmaan talouden seuranta ja ennustaminen</li> <li>• Työmaakokouksiin ja seuranta-katkokopalaverihin osallistuminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Työnjohto</li> <li>• Perehdytyksestä huolehtiminen</li> <li>• Viikkopalaverit tilaajan kanssa</li> <li>• Viikkopalaverit omalle väelle ja aliurakoitsijoille</li> <li>• Työmaan laskujen seuranta</li> <li>• Työturvallisuusseuranta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jälkihoitoaineen hankkiminen</li> <li>• Jälkihoitotöiden suunnittelu</li> <li>• Työntekijöiden ohjeistus</li> </ul>

## 5.7 Työmaan päättäminen

Kun varsinaiset rakennustyöt on tehty, on vielä saatettava työmaa päätökseen. Työmaa-alue siivotaan ja puretaan. Perustuksen laatu tarkastetaan yhdessä tilaajan edustajan



kanssa ja luovutetaan tilaajalle. Mikäli tilaajalla on jotain huomautettavaa työn laadusta, korjaustoimenpiteet tehdään ennen luovutusta.

Työpäällikön tehtäviin kuuluu osallistua työmaan vastaanottokokoukseen ja taloudellisen loppuselvityksen tekeminen. Lisäksi työpäällikkö huolehtii takuuajan vakuuden hankkimisesta. (Kiesi 2016)

Työmaapäällikkö kokoaa työmaan päättyessä yhdessä betonityönjohtajan kanssa luovutuskansiot ja toimittaa ne tilaajalle. Yhdessä työpäällikön kanssa työmaapäällikkö tekee taloudellisen loppuselvityksen ja jälkilaskennan. (Luusuaniemi 2016)

Työnjohtaja tarkistaa yhdessä tilaajan edustajan kanssa, että perustukset ovat luovutuskunnossa. Tarvittaessa hän huolehtii korjaustöiden toteuttamisesta. Työnjohtaja luovuttaa perustukset tilaajalle ja tekee tarvittavat dokumentoinnit luovutuskansioon. (Työnjohtaja Vesa Lehto 2016)

Työmaan päättämisvaiheen työtehtävät on esitetty alla olevassa taulukossa 8 työmaatoimihenkilökohtaisesti.

TAULUKKO 8. Työmaatoimihenkilöiden vastuulla olevat tehtävät työmaan lopetusvaiheessa

Työpäällikkö	Työmaapäällikkö	Työnjohtaja
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Työmaan talouden seuranta ja ennustaminen</li> <li>• Vastaanottokokous</li> <li>• Taloudellinen loppuselvitys</li> <li>• Takuuajan vakuuden hankinta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luovutuskansioiden kokoaminen</li> <li>• Taloudellinen loppuselvitys</li> <li>• Jälkilaskenta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vastaanottotarkastus</li> <li>• Mahdollisten korjaustöiden toteuttaminen</li> <li>• Luovutuskansio</li> </ul>

## 6 POHDINTA

Tuulivoimapuiston infrastruktuurin rakentaminen on pitkä prosessi ja siinä tulee huomioida monenlaisia asioita. Pohjatutkimusten merkitystä ei voida aliarvioida. Mitä paremmin pohjaolosuhteet on tutkittu, sitä helpompaa rakennustöiden suunnittelu on. Myös monet ikävät yllätykset voidaan välttää rakennusaikana, kun lähtötiedot ovat kunnossa.

Tuulivoimasta on vielä toistaiseksi melko vähän painettua aineistoa, joten lähdemateriaalina käytin pääasiassa alan verkkojulkaisuja ja oppikirjoja. Lisäksi tein muutamia henkilöhaastatteluja ja käytin tilaajan omaa materiaalia. Verkossa on runsaasti saatavilla tuulivoimaan liittyvää aineistoa, jonka todenperäisyyteen ei voi luottaa. Tämän vuoksi lähdeaineiston suhteen oli oltava erityisen kriittinen.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kuvata tuulivoimapuiston infrarakentamisen prosessia keskittyen erityisesti perustusurakkaan. Halusin opinnäytetyöstä helposti luettavan ja selkeän prosessikuvauksen. Kovin yksityiskohtaisia työohjeita opinnäytetyö ei anna. Niitä varten ovat tehtäväsuunnitelmat. Tässä työssä kuvattu työmaatoimihenkilöiden tehtäväjako on vain yksittäistapaus. Vastuut ja tehtävät saattavat vaihdella riippuen työmaasta ja organisaatiosta. Työssä keskityttiin tarkemmin YIT:n paljon käyttämään Peikko-gravi-taatioperustuksen rakennusprosessiin. Perustustyyppin muuttuessa saattavat myös työvaiheet muuttua. Tuulivoimatyömaalla noudatetaan kuitenkin aina samoja asetuksia ja määräyksiä, kuin muillakin rakennustyömailla.



## LÄHTEET

Energiavirasto, 23.10.2015, Tuotantotukilain muutos voimaan 26.10.2016, Luettu 29.3.2016, [https://www.energiavirasto.fi/-/tuotantotukilain-muutos-voimaan-26-10-2015?redirect=https%3A%2F%2Fwww.energiavirasto.fi%2Fuutisar-kisto%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_c1lTKRwQcXY6%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-1%26p\\_p\\_col\\_pos%3D1%26p\\_p\\_col\\_count%3D2](https://www.energiavirasto.fi/-/tuotantotukilain-muutos-voimaan-26-10-2015?redirect=https%3A%2F%2Fwww.energiavirasto.fi%2Fuutisar-kisto%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_c1lTKRwQcXY6%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2)

EPV Tuulivoima Oy, 15.3.2012, Laihian Rajavuoren Tuulivoimapuiston YVA–selostus, Luettu 30.3.2016, <http://www.epvtuulivoima.fi/wp-content/uploads/sites/5/Laihian-YVA-Selostus.pdf>

Jääskeläinen, L. & Syrjänen, O. 2014. Maankäyttö- ja rakennuslaki. 4. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Jääskeläinen, R. 2010. Maarakennuksen ja louhinnan perusteet. 1. painos. Tampere: Tammertekniikka/AMK-kustannus.

Jääskeläinen, R. 2011. Geotekniikan perusteet. 3. painos. Tampere: Tammertekniikka / AMK-kustannus.

Kiesi, K. projektipäällikkö. 2016. Haastattelu 1.2.2016. Haastattelija Riihimäki, K. Tampere

Lapin kansa, 25.11.2015, Työryhmä alkaa valmistella uutta tukijärjestelmää uusiutuvalle energialle, Luettu 29.3.2016, <http://www.lapinkansa.fi/kotimaa/tyoryhma-alkaa-valmistella-uutta-tukijarjestelmaa-uusiutuvalle-energialle/>

Lehto, V. työnjohtaja. 2016. Haastattelu 4.2.2016. Haastattelija Riihimäki, K. Tampere

Luusuaniemi, M. työmaapäällikkö. 2016. Haastattelu 2.2.2016. Haastattelija Riihimäki, K. Tampere

Motiva, 26.8.2015, Syöttötariffi, Luettu 29.3.2016, [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/uusiutuva\\_energia\\_suomessa/uusiutuvan\\_energian\\_tuet/syottotariffi](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa/uusiutuvan_energian_tuet/syottotariffi)

RIL 121-2004. 2005. Pohjarakennusohjeet. 2. painos. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL R.Y.

Suomen tuulivoimayhdistys, 20.1.2016. Ennätyksellinen tuulivoimavuosi 2015 – tuplattu tuotanto ja jätti-investoinnit. Luettu 28.1.2016. [http://www.tuulivoimayhdistys.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2093/ennatyksellinen\\_tuulivoimavuosi\\_2015\\_-\\_tuplattu\\_tuotanto\\_ja\\_jatti-investoinnit](http://www.tuulivoimayhdistys.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2093/ennatyksellinen_tuulivoimavuosi_2015_-_tuplattu_tuotanto_ja_jatti-investoinnit)

Wind in power: 2014 European statistics. The European Wind Energy Association. 2015. Luettu 5.1.2016. <http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA-Annual-Statistics-2014.pdf>

YIT Rakennus Oy, 14.9.2015, Tuulivoimahankkeet, Luettu 29.3.2016,  
[http://www.yit.fi/yit\\_fi/infrapalvelut/tuulivoima/hankkeet](http://www.yit.fi/yit_fi/infrapalvelut/tuulivoima/hankkeet)

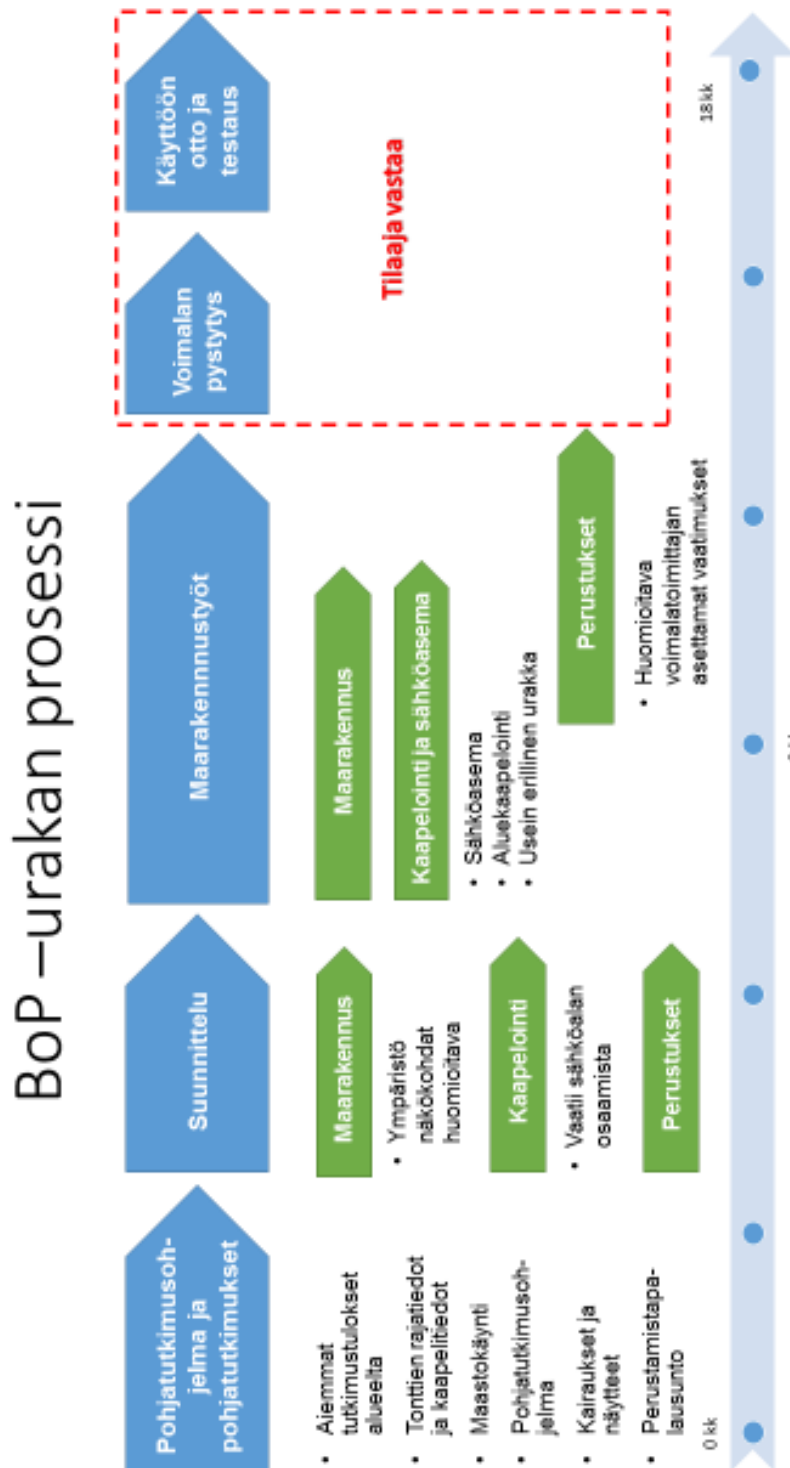
YIT Rakennus Oy. Päivitetty 12.10.2015. YIT lyhyesti. Luettu 11.1.2016.  
[http://www.yit.fi/yit\\_fi/Tietoa\\_YITsta/Perustietoa\\_YITsta/YIT%20lyhyesti](http://www.yit.fi/yit_fi/Tietoa_YITsta/Perustietoa_YITsta/YIT%20lyhyesti)

YIT Rakennus Oy. 2015. Infrapalvelut. Luettu 29.1.2016. [http://www.yit.fi/yit\\_fi/Infra-palvelut](http://www.yit.fi/yit_fi/Infra-palvelut)

YIT Rakennus Oy. 12.3.2014. Betonityöselitys. Luettu 30.3.2016.

## LIITTEET

Liite 1. BoP-urakan prosessikaavio



## Liite 2. Perustusurakan prosessikaavio

## Perustusurakan prosessi

