



# Paalutuksen aiheuttamat lisäkustannukset omakotitalojen perustamisessa

Tuomas Tikka

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2020

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

TIKKA, TUOMAS:  
Paalutuksen vaikutus omakotitalon rakentamisen kustannuksiin

Opinnäytetyö 45 sivua, joista liitteitä 10 sivua  
Huhtikuu 2020

---

Paalutuksen käyttö pohjarakentamisessa on lisääntynyt viime aikoina, koska rakentaminen on siirtynyt pohjaolosuhteiltaan pehmeämmille alueille. Tämä johtuu siitä, että taajamien läheisyydessä sijaitsevat pohjaolosuhteiltaan parhaille alueille on jo rakennettu.

Tämä opinnäytetyö on toteutettu yhteistyössä Pälkäneen kunnan kanssa. Paalutuksen aiheuttamat lisäkustannukset ovat aiheuttaneet paljon keskustelua Pälkäneen asukkaiden keskuudessa. Suurin syy tähän on Roholan asemakaava-alue, jonka omakotitalotonteista osa tulee paaluttaa. Roholan asemakaava-alueelle on tehty rakennettavuusselvitys, jossa paalutustarve todetaan.

Tämän työn tavoitteena on selvittää, kuinka suuria kustannuksia paalutuksesta aiheutuu ja mitkä asiat kustannuksiin vaikuttavat. Tässä opinnäytetyössä hyödynnetään Pälkäneen kunnan teettämää rakennettavuusselvitystä, jonka on toteuttanut Ramboll 2015. Lisäksi työssä hyödynnetään paalutukseen ja pohjarakentamiseen liittyvää kirjallisuutta.

Työn lopputuloksena on esitys siitä, kuinka suuri kustannusero on maanvaraisella perustuksella ja paalutetulla perustuksella. Kustannuksien syntymiseen vaikuttavia tekijöitä on useita ja ne on otettu huomioon tässä opinnäytetyössä.

---

Asiasanat: paalutus, paalutuskustannukset, pohjarakentaminen

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Site Management

TIKKA, TUOMAS:  
Additional Costs of Piling in Detached House Construction

Bachelor's thesis 45 pages, appendices 10 pages  
April 2020

---

The use of piling in foundation engineering has recently increased as construction has moved to areas with softer ground conditions. This is because the best ground conditions in the vicinity of the agglomerations, have already been built.

This thesis was done in cooperation with municipality of Pälkäne. The additional costs of piling have aroused much debate in Pälkäne. The main reason for this is the Rohola zoned area, where some of the plots should be piled. A feasibility study has been carried out on the Rohola zoned area, which identifies the need for piling.

The purpose of this thesis is to find out what are the costs of piling and which things incur these expenses. This thesis utilizes the feasibility study commissioned by the municipality of Pälkäne, carried out by Ramboll Oy on October 1, 2015 (Appendix 1). In addition, the work utilizes literature on piling and foundation construction.

The result of this thesis was a representation of how large the cost difference is between the earthly foundation and the pile foundation. There are several factors that influence to the costs and they are considered in this thesis.

---

Key words: piling, costs of piling, foundation engineering

## SISÄLLYS

1.1 Tausta .....	5
1.2 Tavoite .....	6
1.3 Rajaus .....	7
2 Rakennuksen perustukset .....	8
2.1.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki .....	8
2.1.2 Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 465/2014 .....	9
2.1.3 Rakentamismääräyskokoelma .....	9
2.1.4 Rakennusvalvontaviranomainen .....	10
2.2 Pohjaolosuhteet .....	10
2.2.1 Pohjarakennuskohteiden vaativuusluokitus .....	10
2.2.2 Roholan alueen pohjaolosuhteet .....	11
2.3 Pohjatutkimukset .....	12
3 Perustukset .....	14
3.1 Perustamistavan valinta .....	14
3.2 Maanvaraiset perustukset .....	14
3.2.1 Maapohja .....	14
3.2.2 Anturaperustukset .....	15
3.3 Paalutetut perustukset .....	16
3.3.1 Paalut .....	17
3.3.2 Paalutustyö .....	18
3.3.3 Paalujen liittäminen anturaperustukseen .....	19
4 Kustannusten muodostuminen .....	20
4.1 Maanvaraisten perustusten suunnittelutiedot .....	21
4.2 Maanvaraisten perustusten kustannukset .....	24
4.3 Paalutetun perustuksen suunnittelutiedot .....	25
4.4 Paalutetun perustuksen kustannukset .....	27
4.5 Paalutuksesta aiheutuvat kustannukset .....	28
4.6 Maaperätutkimuksen kustannukset .....	30
5 Yhteenveto .....	31
5.1 Maanvaraiset perustukset .....	31
5.2 Paalutetut perustukset .....	31
5.3 Kustannusten vertailu .....	32
6 Johtopäätökset ja pohdinta .....	34
LÄHTEET .....	35
LIITTEET .....	37



## JOHDANTO

### 1.1 Tausta

Pälkäne on Pirkanmaalla sijaitseva kunta. Roholan asemakaava-alue on Pälkäneen mittakaavassa suuri hanke. Alue on kooltaan 57,5 hehtaaria ja alueelle tulee 180 uutta omakotitonttia ja 25 kytkettyjen asuinpientalojen tonttia (Kuva 1). Alue on saanut negatiivista huomiota mediassa tonttien paalutustarpeen takia. Tästä johtuen oli tarve tehdä opinnäytetyö, jossa tarkastellaan paalutuksen aiheuttamia kustannuksia.



Kuva 1. Roholan asemakaava (Pälkäneen kunta, 2015).

Roholan asemakaava-alue on aikaisemmin ollut pääosin peltoa. Alueen itäosassa on kuitenkin myös metsäalueita. Roholan asemakaava-alue on jaettu rakennettavuusselvityksessä (liite 1) jaettu neljään alueeseen (kuva 1). Näistä

alueista alueet 3 ja 4 tulee paaluttaa. Alueella 2 voi olla myös tarvetta paalutukselle, mutta paalutustarve selviää vasta maaperätutkimuksessa. Alueella 1 voidaan perustaminen tehdä maanvaraisesti.



Kuva 2. Roholan rakennettavuusalueet (Ramboll Oy, 2019).

## 1.2 Tavoite

Työn tavoitteena on saada aikaan hinta-arvio siitä kuinka suuret kustannukset paalutukset lisätöineen perustamiseen aiheuttavat. Tonteille tulee vielä tehdä selvitys rakennuspaikan perustamis- ja pohjaolosuhteista maaperätutkimuksen muodossa (Jääskeläinen 2009, 13). Tontikohtaisen selvityksen perusteella suunnittelija määrittelee oikean perustamistavan kyseiselle tontille.

Kustannusten merkitys omakotitalo rakentajalle on suuri ja tämän työn tarkoituksena on perustamisen osalta antaa suuntaa rakentamisen kokonaiskustannuksiin. Maarakennus- ja perustustyöt ovat merkittävä osa omakotitalorakentamisen kustannuksia.

### **1.3 Rajaus**

Opinnäytetyö rajataan koskemaan vain Roholan asemakaava-aluetta. Lisäksi työ käsittelee paalutuksen aiheuttamia kustannuksia vain omakotitalojen perustamisessa. Tontin pohjaolosuhteet vaikuttavat myös muihin työvaiheisiin rakentamisessa, mutta tässä työssä ei oteta kantaa toisiin työvaiheisiin.

Tässä työssä käytetään Perustava Oy:n tekemiä perustussuunnitelmia. Perustussuunnitelmat on tehty Tampereelle rakennettuun taloon ja niitä on muokattu Roholan asemakaava-alueelle sopivaksi. Rakennus on suunniteltu tehtäväksi tuulettuvalla alapohjalla.

## **2 Rakennuksen perustukset**

### **2.1 Laki ja asetukset**

Suomessa rakentamista ohjaa maankäyttö- ja rakennuslaki asetuksineen. Näiden alla ohjeita antaa rakentamismääräyskokoelma. Maankäyttö- ja rakennuslaissa on useampi pykälä, jotka liittyvät rakennuksen perustuksiin ja niiden tekemisen valvontaan. Suurin merkitys kuitenkin on maankäyttö- ja rakennuslain pykälillä MRL 117 a § ja MRL 131 §.

#### **2.1.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki**

MRL 117 a § sanotaan ” Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan siten, että sen rakenteet ovat lujia ja vakaita, soveltuvat rakennuspaikan olosuhteisiin ja kestävät rakennuksen suunnitellun käyttöiän”.

MRL 131 § sanotaan, että rakennuslupahakemukseen useiden muiden liitteiden lisäksi on liitettävä ”selvitys rakennuspaikan perustamis- ja pohjaolosuhteista sekä näiden edellyttämästä perustamistavasta ja tarvittavista muista toimenpiteistä”.

Lain muissa pykälissä annetaan määräyksiä ja velvollisuuksia rakennushankkeeseen ryhtyvälle, vastaavalle työnjohtajalle ja suunnittelijoille. On tärkeää muistaa, että rakennushankkeeseen ryhtyvällä on huolehtimisvelvollisuus siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten mukaisesti (MRL 119 §). Siksi onkin tärkeää, että rakennushankkeeseen ryhtyvä palkkaa työnjohdon ja suunnittelun tehtäviin kelpoisuudet täyttävät henkilöt.

### **2.1.2 Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 465/2014**

Tätä ympäristöministeriön asetusta sovelletaan rakennusten pohjarakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Pohjarakenteiden suunnittelu on maan ja kallion käyttäytymisen yhteensovittamista pohjarakenteiden kanssa siten, että myös yläpuoliset rakenteet toimivat suunnitellulla tavalla ja että rakennus tai rakenne ei vaurioidu eikä tule käyttökelvottomaksi. (465/2014 1 §).

Asetuksen 4 §:ssä lukee, että ” Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee huolehtia, että pohjarakenteet suunnitellaan ottaen huomioon rakennuspaikan ja sen lähiympäristön olosuhteet sekä lähellä olevien rakennusten ja rakenteiden perustukset ja muut pohjarakenteet sekä mahdollisen tulevan rakentamisen vaikutukset” (465/2014 4 §).

Rakennuspaikan pohjaolosuhteet tulee selvittää suunnittelun yhteydessä pohjatutkimuksella. Tästä huolehtimisvelvollisuus on rakennushankkeeseen ryhtyvällä (465/2014 6 §).

Pohjarakenteiden suunnittelusta vastaavan henkilön on laadittava vaatimukset sisältävät toteutusasiakirjat ja tekniset tiedot ennen rakennustyön aloitusta. Näihin asiakirjoihin kuuluu työselostus, suunnittelupiirustukset, geotekninen mitoituslaskelma ja rakenteellinen mitoituslaskelma (465/2014 8 §).

### **2.1.3 Rakentamismääräyskokoelma**

Rakentamismääräyskokoelman julkaisee ympäristöministeriö. Rakentamismääräyskokoelma antaa ohjeita ja tarkennuksia lain noudattamiseksi. Tärkein osa rakentamismääräyskokoelmaa tätä opinnäytetyötä ajatellen on rakenteiden lujuus

ja vakaus: Pohjarakenteiden suunnittelu. Muissakin osissa rakentamismääräyskokoelmaa on tähän työhön liittyviä ohjeita, mutta tämä sisältää niistä olennaimmat.

#### **2.1.4 Rakennusvalvontaviranomainen**

Viranomaistehtävistä kunnassa vastaa kunnan määräämä lautakunta tai muu monijäseninen toimielin. Kunnassa tulee olla rakennustarkastaja, joka vastaa rakentamisen neuvonnasta ja valvonnasta (MRL 21§).

Rakennusvalvontaviranomaisen tehtävänä on valvoa rakentamista ja osaltaan huolehtia siitä, että rakentamisessa noudatetaan lakia ja asetuksia. Valvontatehtävien laatua ja laajuutta tarkastellaan rakennuslupavaiheessa. Viranomaisvalvonnan laatuun ja laajuuteen vaikuttavat suunnittelusta ja toteuttamisesta vastaavien henkilöiden ammattitaito ja rakennushankkeen vaativuus (MRL 124§).

## **2.2 Pohjaolosuhteet**

### **2.2.1 Pohjarakennuskohteiden vaativuusluokitus**

Pohjarakennuskohteet jakautuvat kolmeen vaativuusluokkaan AA, A ja B. Tämä jaottelu on annettu rakentamismääräyskokoelman kohdassa A2 (Jääskeläinen 2009, 11). Näistä vaativin luokka AA ei koske tämän opinnäytetyön käsittelemää rakentamista.

Vaativuusluokkaan A kuuluvat sellaiset kohteet, jotka ovat rakenteiltaan suuria tai rakenteiltaan vaativia ja sijaitsee kallio- tai moreenialueella tai alueella, jonka maalaji on karkearakeista. Luokkaan A kuuluvat myös kooltaan tai rakenteiltaan tavanomainen rakennus, joka sijaitsee alueella, jonka maalaji on hienorakeinen (Jääskeläinen 2009, 11).

Vaativuusluokkaan B kuuluvat sellaiset kohteet, jotka ovat rakenteeltaan ja kooltaan tavanomaiset ja sijaitsevat alueella, joka on kallio- tai moreenialuetta tai maalajiltaan karkearakeista (Jääskeläinen 2009, 11).

Pohjaolosuhteiden määrittämiseksi tulee tehdä pohjatutkimus, joka tulee liittää rakennuslupahakemukseen. Pohjatutkimus tulee tehdä aina, paitsi helppoissa pohjarakennuskohteissa vaativuusluokka B, joissa riittää maastokatselmus. Maastokatselmuksesta tulee tehdä kirjallinen muistio, jossa esitetään tehdyt päätelmät. Muistio liitetään rakennuslupahakemukseen (Jääskeläinen 2009, 13).

### **2.2.2 Roholan alueen pohjaolosuhteet**

Roholan asemakaava-alueelle tehdyssä rakennettavuusselvityksessä annetaan tietoja alueen pohjaolosuhteista. Tutkimuksessa tehtiin 30 kpl:ta painokairauksia, jotka ovat päättyneet kiveen tai kallioon. Rakennettavuusselvitys on tehty kaavoituksen tarpeisiin ja se antaa vain yleisen käsityksen pohjaolosuhteista (liite 1, 3). Tonteille on vielä tehtävä maaperätutkimukset perustamistavan määrittämiseksi.

Alue voidaan rakennettavuusselvityksen perusteella jakaa neljään alueeseen (liite 2). Pohjaolosuhteet vaihtelevat näillä alueilla toisistaan merkittävästi. Pohjamaa vaihtelee alueella kalliosta turpeeseen.

Alueella 1, pohjamaa on pääosin kalliota ja moreenia. Tämä alue on omakotitalojen osalta vaativuusluokkaa B.

Alueella 2, pohjamaa on löyhää silttiä 2-4 metrin paksuudelta. Kairaukset päättyivät kiveen tai kallioon tämän kerroksen alapuolella. Tämä alue on omakotitalojen osalta vaativuusluokkaa A.

Alueella 3, pohjamaa on pääosin hiekkaista silttiä, savista silttiä tai silttiä. Tämä kerros ulottuu 4-8 metrin syvyyteen. Joillakin osin näillä alueilla on kerros turvetta,

jonka paksuus vaihtelee 0,2-2 metrin välillä. Tämä alue on omakotitalojen osalta vaatavuusluokkaa A.

Alueella 4, pohjamaa on hiekkaista silttiä tai silttiä. Tämän kerroksen paksuus ulottuu 8-17 metrin syvyyteen. Tämä alue on omakotitalojen osalta vaatavuusluokkaa A.

### **2.3 Pohjatutkimukset**

Laki velvoittaa selvittämään rakennuspaikan perustamis- ja pohjaolosuhteet ja liittämään selvityksen rakennuslupahakemukseen. Kaavoituksen käyttöön tehdyn rakennettavuusselvityksen tiedot eivät riitä selvitykseksi perustamis- ja pohjaolosuhteista. Roholan alueilla 2-4 tulee tehdä pohjatutkimukset. Alueella 1 riittää asiantuntijan tekemä maastokatselmus. Maastokatselmuksella tehdyt havainnot kirjataan ja liitetään rakennuksen suunnitelmien joukkoon.

Pohjatutkimuksella otetaan selvää maalajeista ja niiden kerrosrajoista. Rakennushankkeelle valittu geotekninen suunnittelija määrittelee pohjatutkimuksen menetelmän sekä tutkimuspisteiden määrän ja sijainnin. Yleensä tutkimuspisteet sijoittuvat rakennuksen kohdalle 10-15 metrin välein. Suunnittelijan tehtäviin kuuluvat myös pohjatutkimusten seuraaminen ja tulosten arviointi. Tarvittaessa pohjatutkimusta laajennetaan, jos alkuperäiset tutkimukset eivät riitä. Suunnittelija laatii geoteknisen suunnitteluraportin, jossa esitetyistä tulkinnoista hän vastaa. (rakentamismääräyskokoelma).

Pohjatutkimuksen tuloksina tulostetaan pohjatutkimuskartta, leikkauspiirustukset ja kirjallinen selostus. Kirjallisessa selostuksessa käsitellään tutkimuksen sisältö, kartoituksen sisältö ja pohjasuhteet. Pohjasuhteet sisältävät yleistopografian, geologiset muodostumat, maakerrosten tekniset ominaisuudet, pohjavesi olosuhteet ja kalliotopografian (RT 10-10619, 2).



Pohjatutkimuksen perusteella suunnittelija ratkaisee käytettävät perustusmenetelmät ja pohjarakennustyötavat. Siitä syystä suunnittelijan on pakko seurata tutkimusten etenemistä ja tarvittaessa täydentää alkuperäistä tutkimusohjelmaa, jotta tutkimuksesta saadaan aikaan luotettavat lopputulokset (Jääskeläinen 2009, 14).

### **3 Perustukset**

#### **3.1 Perustamistavan valinta**

Perustusten ensisijainen tehtävä on siirtää syntyneet kuormat maaperään. Maaperän kantokyky ja syntyneet kuormat ovat ratkaisevat tekijät valittaessa perustamistapaa. Maaperän kantokyky vaihtelee tonttikohtaisesti ja pohjatutkimuksessa määritellään maaperän kantokyky.

Maaperän kantokyvyn ja rakennuksesta syntyvien kuormien perusteella, rakennesuunnittelija ja arkkitehti määrittelevät perustamistavan pohjatutkimuksen perusteella. Maaperänperän kantokykyä verrataan toiseen ratkaisevaan tekijään eli kokonaiskuormaan. Kokonaiskuormaan lasketaan rakennuksen omapainosta aiheutuva kuorma, rakennuksen käytön mukaan hyötykuorma ja rakennuksen katotasoilta aiheutuva lumikuorma.

#### **3.2 Maanvaraiset perustukset**

##### **3.2.1 Maapohja**

Tärkeimpänä lähtökohtana maanvaraisella perustamisella on se, että rakenteet suunnitellaan siten, että varmuus maapohjan murtumista vastaan on riittävän suuri (Jääskeläinen 2009, 39). Maapohjalla tarkoitetaan suunnittelussa määritellyjä ja pohjaolosuhteisiin sopivia maakerroksia, jotka tehdään anturoiden alle.

Maanvaraisia perustuksia voidaan tehdä alueille, joiden perusmaa on moreenia tai karkearakeista. Jos karkearakeiset maakerrokset sijaitsevat hienorakeisten maakerrosten päällä voi maanvarainen perustaminen olla riskialtista (Suomen rakennusinsinöörienliitto RIL oy 2005, 67). Karkearakeisia maalajeja ovat hiekka ja sora. Alla olevassa taulukossa on luokiteltu maalajit rakeiden läpimitan mukaan (taulukko 1).

Taulukko 1: Maalajit lajiteltuna rakeisuuden mukaan

Päälaajite Nimi	Alajajite Lyhennys	Rakeiden läpimitta, mm GEO-luokitus	Rakeiden läpimitta, mm ISO-luokitus		
Savi	Sa	<0,002	<0,002	Hieno maa	
Siiltili	Si	>0,002...0,06	>0,002...0,063		
		Hienosiiltili	>0,002...0,006		>0,002...0,0063
		Keskisiiltili	>0,002...>0,02		>0,0063...0,02
	Karkeasiiltili	>0,02...0,06	>0,02...>0,063		
Hiekka	Hk	>0,06...2,0	>0,063...2,0	Karkeaa maa	
		Hienohiekka	>0,06...0,2		>0,063...0,2
		Keskihiiekka	>0,2...0,6		>0,2...0,63
		Karkeahiiekka	>0,6...2,0		>0,63...2,0
Sora	Sr	>2,0...60,0	>2,0...63,0	Hyvin karkea maa	
		Hienosora	>2,0...6,0		>2,0...6,3
		Keskisora	>6,0...20,0		>6,3...20,0
		Karkeasora	>20,0...60,0		>20,0...63,0
Kivet	Ki	>60,0...600,0	>63,0...200,0		
		Pienet kivet	>60,0...200,0		
		Isot kivet	>200,0...600,0		
Lohkareet	Lo	>600,0			
		Lohkareet			>200,0...630,0
		Suuret lohkareet			>630,0
Moreeni					
	SiMr	Siiltimoreeni	>0,002...63,0		
	HkMr	Hiekkamoreeni	>0,002...63,0		
	SrMr	Soramoreeni	>0,002...63,0		

### 3.2.2 Anturaperustukset

Geoteknisesti tulee anturaperustuksen koko mitoittaa siten, että varmuus maapohjan murtumista vastaan on riittävä. Perustusten painumaerot ja perustusten painumat on pysyttävä rakenteen sallimissa rajoissa (Pohjarakennusohjeet 2005, 72)

Anturoiden kantokyky mitoitetaan tunnetulla kantavuuskaavalla, joka ottaa huomioon perustamissyvyyden, perustusten koon, kuormitusresultantin vinouden ja maanpinnan kaltevuuden. Kantokyky voidaan laskea tällä kaavalla silloin, kun murtokuvio voi muodostua tasalaatuisessa maapohjassa (Pohjarakennusohjeet 2005, 73).

Tärkeätä on huomioida anturaperustuksia tehtäessä, että jäätyneen maan vaaraan ei voi tehdä betonivalua. Toinen tärkeä asia, joka tulee huomioida, on perusmaan häiriintymättömyys. Tämä asia tulee huomioida kaivutöitä tehtäessä.

Kylmissä olosuhteissa betonivaluja tehtäessä tulee huomioida, että betonin kuivuminen kestää kauemmin kuin kesällä. Betonin kuivumiseen vaikuttaa betonin laatu ja lämpötila. Betoni ei saa jäättyä, ennen kuin jäätymisluku on saavutettu. Jäätymisluku kaikilla betoniluokilla on  $5 \text{ MN/m}^2$ .

Yleisimpiä maanvaraisia perustamistapoja ovat perusmuurianturat, pilarianturat ja yhtenäiset jäykistetyt laatat. Näistä yleisimmin omakotitaloissa käytetään perusmuurianturoita. Siitä syystä tässä opinnäytetyössä käytetään vertailulaskennassa kohdetta, jossa perustamistapana on perusmuuriantura. Rakennuksen liisäosien perustaminen on suunniteltu pilarianturoiden varaan.

Perustamisen minimimitat ovat pilarianturoissa  $0,4 \times 0,4$  metriä ja perusmuurianturan minimi leveys on  $0,3$  metriä. Perustamissyvyyden minimimita on  $0,5$  metriä (Jääskeläinen 2009, 40). Anturoiden paksuus pitää olla niin suuri, että se on maapohjaan nähden pidettävissä jäykkänä rakenteena (pohjarakennusohjeet 2005, 72).

Anturaperustukset tehdään yleensä betonista ja ne valetaan suoraan maakerrosten varaan. Anturan alle levitetään ja tiivistetään vähintään  $0,2$  metriä paksu kerros soraa tai mursketta. Tämä kerros tasoittaa anturan pohjapainetta maaperää vasten ja estää maapohjan häiriintymistä (Pohjarakennusohjeet 2005, 72).

### **3.3 Paalutetut perustukset**

Paalutettuja perustuksia käytetään tilanteissa, joissa perustaminen maan varaan ei ole mahdollista. Yleisin syy paalujen käyttöön on rakennuspaikan hienorakeiset maalajit, jotka estävät maanvaraisen perustamisen painumisen takia. Näissä tapauksissa siirretään kuormat paalujen avulla kantavalle maakerrokselle tai kalliolle (Pohjarakennusohjeet 2005, 83).

Paaluperustuksille on aina tehtävä pohjatutkimus. Pohjatutkimuksen laatu, laajuus, syvyys ja menetelmä tehdään paalutuskohteen paalujen toimintatavan ja

paalutyypin perusteella. Mikäli käytetään maakerrokseen tukeutuvia paaluja, tulee pohjatutkimukset ulottaa tavoitetason alapuolelle. On myös käytettävä sellaisia menetelmiä, joilla saavutetaan varmuus paalujen toimintatavan ja geoteknisten mitoitussarvojen luotettavuudesta (Pohjarakennusohjeet 2005, 85).

### 3.3.1 Paalut

Paaluja jaotellaan kolmella tavalla, joita ovat kantavuustavan perusteella, materiaalin perusteella ja asentamistavan perusteella.

Paalut voidaan kantavuuden perusteella jakaa kolmeen ryhmään. Nämä kolme ryhmää ovat tukipaalut, koheesiopaalut ja kitkapaalut. Lisäksi on vielä välimuoto-paalut, jotka kantavat samaan aikaan useammalla tavalla.

Tukipaalu siirtää pääosan kuormasta kallioon tai maakerrokseen, kärjen avulla. Koheesiopaalu siirtää pääosan kuormasta maakerrokseen paalun vaippapinnalla vaikuttavan adheesion avulla. Kitkapaalun toiminta perustuu vaippapinnan ja maakerroksen välille aiheutuneeseen kitkaan (pienpaalutusohje PPO-2007 2007, 31).

Paaluissa käytettävät materiaalit ovat puu, teräs ja teräsbetoni. Puupaalut ovat yleensä koheesiopaaluja. Puupaalun kantavuus on lähes sama kuin paalun vaippapinta-ala kerrottuna saven leikkauslujuudella. Puupaaluja käytetään nykyään pääasiassa tilapäisrakenteina (Jääskeläinen 2009, 72).

Teräsbetonipaalut ovat tehdasolosuhteissa valmistettuja rakenteita. Teräsbetonipaalujen koot ovat yleensä 250 x 250 mm, 300 x 300 mm ja 350 x 350 mm. Paalujen pituus on yleensä 3-15 metriä. Teräsbetonipaalut asennetaan aina lyöntipaalutuksena. Teräsbetonipaaluja käytetään vain harvoin pientalokohteissa. Syynä tähän on paalutuskoneen suuruus ja paalutuksen aiheuttama tärinä.

Teräspaalujen läpimitta vaihtelee 76 mm ja 800 mm välillä. Omakotitalorakentamisessa ei kuitenkaan yleensä käytetä suurempia kuin halkaisijaltaan 170 mm

paaluja. Paalujen seinämä vahvuudet vaihtelevat 6,3 mm ja 23 mm välillä. Lyöntipaaluksena asennetut teräspaalut ovat yleisimmin käytetty vaihtoehto paalutetuissa perustuksissa.

Paaluja voidaan asentaa lyömällä ja poraamalla. Poraamalla voidaan asentaa ainoastaan teräspaaluja. Lyöntipaaluksella voidaan asentaa kaikista materiaaleista valmistettuja paaluja.

### **3.3.2 Paalutustyö**

Paalutustyöstä laaditaan kohdekohtainen toteutussuunnitelma, jonka laatii paalutustyön suorittaja. Toteutussuunnitelma on kirjallinen ja siinä esitetään työkoheet ja työtavat, joilla päästään pohjarakennesuunnitelmassa esitettyihin vaatimuksiin (Paalutusohje 2016, 199).

Paalutustyöhön ryhdyttäessä tulee varmistua siitä, että tekijöillä ja valvojilla on riittävä koulutus ja kokemus paalutustyöstä. Paalutustyöhön nimetään paalutustyönjohtaja. Paalutustyönjohtajana voi toimia vastaavatyönjohtaja tai siihen nimitetään erityisalan työnjohtaja. Paalutustyönjohtajan kelpoisuusvaatimukset määrittävät paalutustyön vaativuuden mukaan (Paalutusohje 2016, 200).

Ennen varsinaiseen paalutustyöhön ryhtymistä merkitään paalujen paikat työmaa-alueelle rakennesuunnittelijan laatiman suunnitelman mukaan. Merkitseminen voi kuulua paalutusurakkaan tai sen voi teettää rakennushankkeeseen ryhtyvä.

Paalutustyön työmaa-alue tulee olla sellainen, että kaikki työmaan toiminnot pysytään suorittamaan aiheuttamatta vaaraa ympäristölle. Lisäksi työskentelytason

vakavuus tulee olla sellainen, että se kantaa paalutuskaluston. Paalutusalueen suunnitellaan aina tapauskohtaisesti käytettävän kaluston ja maaperän kantavuuden mukaan (Paalutusohje 2016, 204).

Paalutuskalusto tulee olla valituille paaluille sopiva. Kaluston tulee olla sellainen, että paalun maahan tunkeutuminen pystytään riittävällä tarkkuudella seuraamaan. Paalutuskoneen tulee olla sellainen, että sillä pystytään työmaa-alueella liikku-  
maan turvallisesti ja luotettavasti (Pienpaalutusohje 2007, 149).

### **3.3.3 Paalujen liittäminen anturaperustukseen**

Paalut tulisi upottaa maahan mahdollisimman tarkasti suunnitellulle kohdalle, jotta ne toimisivat rakenteessa suunnitellusti. Asennustoleranssit vaihtelevat 100 mm ja 200 mm välillä, riippuen paaluryhmän koosta. Paaluryhmän painopisteen kohdalla toleranssi on kuitenkin vain 50 mm (Jääskeläinen 2009, 76).

Paalun yläpää katkaistaan halutusta kohdasta paalutuksen jälkeen. Katkaisukohta määritellään rakennekuvassa, jonka on tehnyt rakennesuunnittelija. Paaluun asennetaan paaluhattu ja antura raudoitetaan suunnitelmien mukaisesti.

#### 4 Kustannusten muodostuminen

Perustustöiden kustannukset muodostuvat työstä ja materiaaleista. Työvaiheet ovat samat sekä maanvaraisissa että paalutetuissa perustuksissa sillä erolla, että paalutustyö tulee lisäksi paalutetuissa perustuksissa.

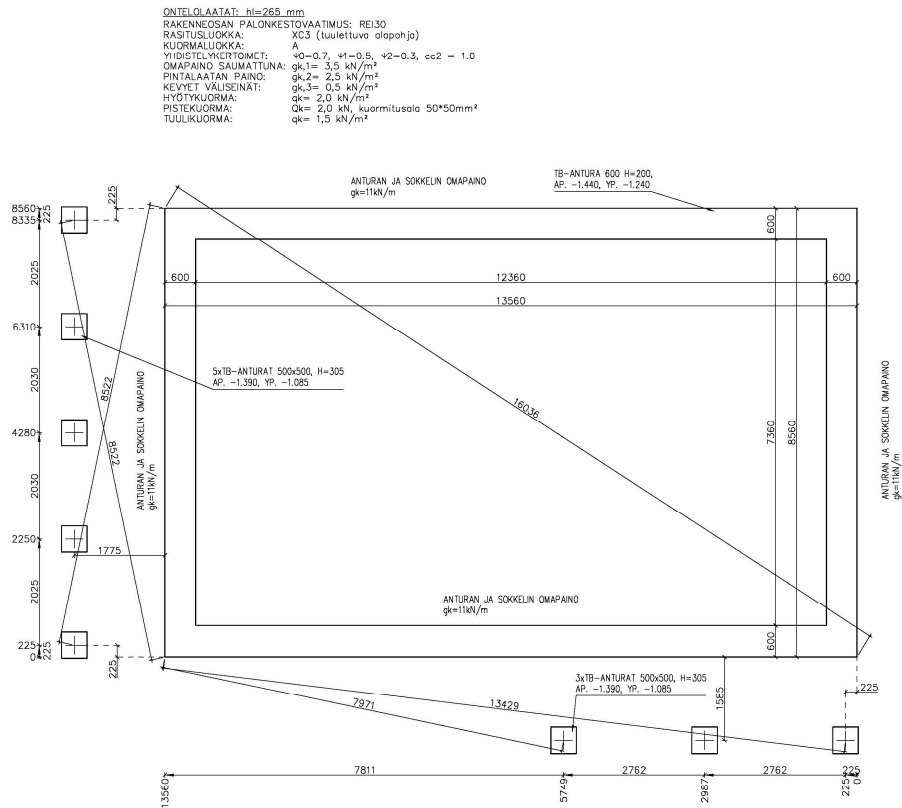
Maarakennustyöt ovat suurehko kustannuserä omakotiorakentamisessa. Maanrakennustöiden kustannuksia ei tässä opinnäytetyössä tarkastella tarkemmin, mutta pitää mainita, että esimerkiksi louhintatyöt saattavat aiheuttaa suuren kustannuserän maanvaraisia perustuksia tehtäessä.

Työvaiheet, joita tässä opinnäytetyössä paalutuksen lisäksi käsitellään ovat paikalleen mittaus, muottityö, raudoitustyö ja betonointi. Lisäksi huomioidaan maaperätutkimuksen aiheuttamat kustannukset. Maaperätutkimusta ei tarvitse kaikissa olosuhteissa tehdä. On kuitenkin huomioitava, että paalutettaviin perustuksiin maaperätutkimus on aina tehtävä.

Tässä opinnäytetyössä käytetään Perustava oy:n tekemiä suunnitelmia. Kohde on alkuperäisesti suunniteltu ja rakennettu Tampereelle. Talon ulkomitat ovat 8360x13360 mm (kuva 3).

Tässä työssä esimerkkinä käytetty rakennus on hirsirakenteinen ja alapohjarakenne on tuulettuva. Mikäli alapohjarakenne tehtäisiin maanvaraisena, tulisi myös alapohja mahdollisesti paaluttaa.

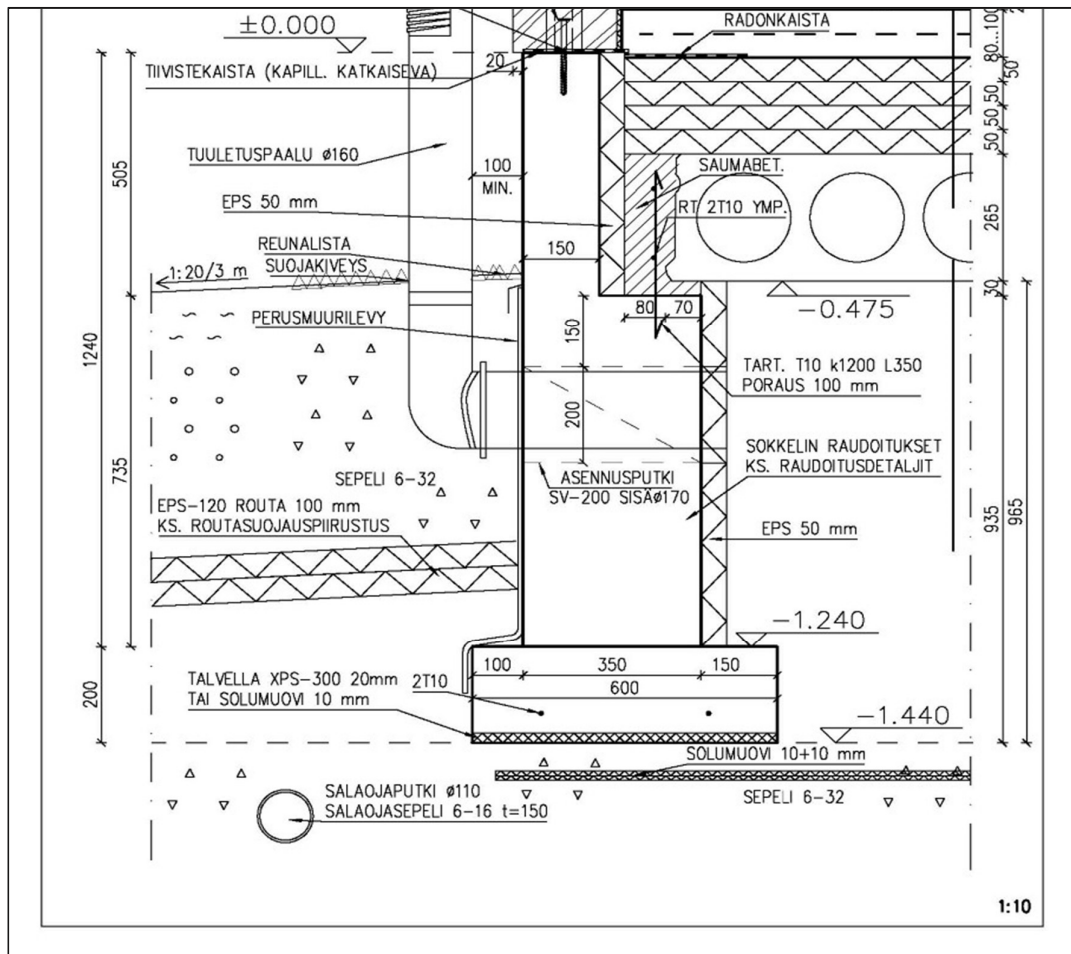




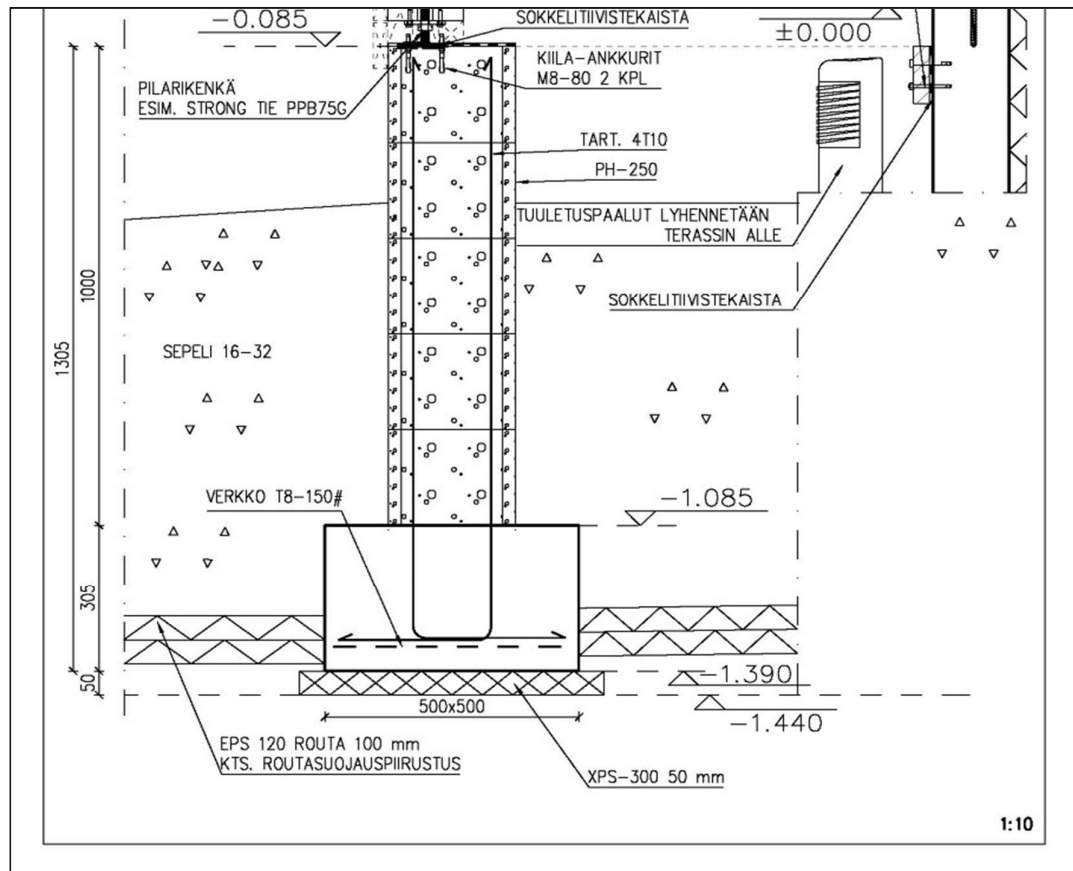
Kuva 3. Maanvarainen perustuksen tasokuva (Perustava Oy, 2019).

#### 4.1 Maanvaraisten perustusten suunnittelutiedot

Tässä opinnäytetyössä esimerkkikohteena käytettävä rakennus on suunniteltu tehtäväksi betonianturan varaan, joka on kooltaan 200 mm korkea ja 600 mm leveä. Anturan päälle tehdään betonisokkeli, joka on leveydeltään alareunasta 350 mm ja yläreunasta 150 mm leveä (kuva 4). Sokkelin korkeus on 1240 mm. Pilarit on suunniteltu tehtäväksi betoniharkoista, jotka valetaan täyteen sokkeli-valun yhteydessä (kuva 5).



Kuva 4. Maanvaraisten perustusten rakenneleikkaus (Perustava Oy, 2019).



Kuva 5. Maanvaraisten perustusten Rakenneleikkaus pilari (Perustava Oy, 2019).

Perustusten mitoitukseen vaikuttavat kuormat ja maaperän vakavuus. Tavalliset omakotitalon perustamiseen vaikuttavat kuormat ovat rakennuksen omapaino, hyötykuorma, lumikuorma ja tuulikuorma. Kaikkiin kuormiin vaikuttaa useampi tekijä. Tärkein tässä kohteessa huomioitava tekijä rakennuksen omapainossa on alapohjan rakenne. Rakennus on suunniteltu tuulettuvalla alapohjalla, josta muodostuu huomattava lisäkuorma anturalle.

## 4.2 Maanvaraisten perustusten kustannukset

Maanvaraisessa perustuksessa on tässä kohteessa antura, sokkeli, pilarianturat ja pilarit. Materiaalikustannuksiin lasketaan muottimateriaalit, raudoitteet, pilariharkot ja betoni. Työkustannuksiin lasketaan muottityö, raudoitustyö ja betonointi. Materiaalien menekit on laskettu rakenneleikkausten perusteella.

Betoniksi anturoihin on suunniteltu lujuusluokaltaan C20/25 ja rasitusluokaltaan XC2 laadun betoni. Sokkeleihin on suunniteltu lujuusluokan C30/37 ja rasitusluokaltaan XC4 laadun betoni. Betonin hinnoitteluun käytetään Rudus Oy:n valmisbetonihinnastoa (Rudus Oy, 2020). Betonin kokonaishintaan vaikuttavat kuljetusmatka, pumppausaika ja betonilaatu.

Valumuotit on suunniteltu tehtäväksi vanerista ja 47x100 puutavarasta. Raudoitteet on hinnoiteltu valmiiksi taivuteltuina. Pilariharkoiksi on suunniteltu 250x250 betoniharkot.

Työn hinnoitteluun käytetään rakennustiedon ylläpitämästä ratu-kortistosta, korttia 1198-S. Kortti 1198-S on tehty perustuksille ja se sisältää tehtäväsuunnittelun, työkaupat ja aliurakat. Tuntiveloituksena esimerkkilaskennassa käytetään 37 euroa + alv 24 % hintaa. Materiaalien hinnat kysyttiin paikallisilta toimijoilta. Tarvikekustannukset esitetään taulukossa 2 ja työkustannukset taulukossa 3.

Taulukko 2: Tarvikekustannukset maanvarainen perustus

	Betoni	Raudoitteet	Pilarit	Muotit	Yhteensä
Määrä	19,9 m <sup>3</sup>	578 kg	40 kpl	131,3 m <sup>2</sup>	
Hinta	3267 Euroa	665 Euroa	88 Euroa	1848 Euroa	5868 Euroa

Taulukko 3: Työkustannukset maanvarainen perustus

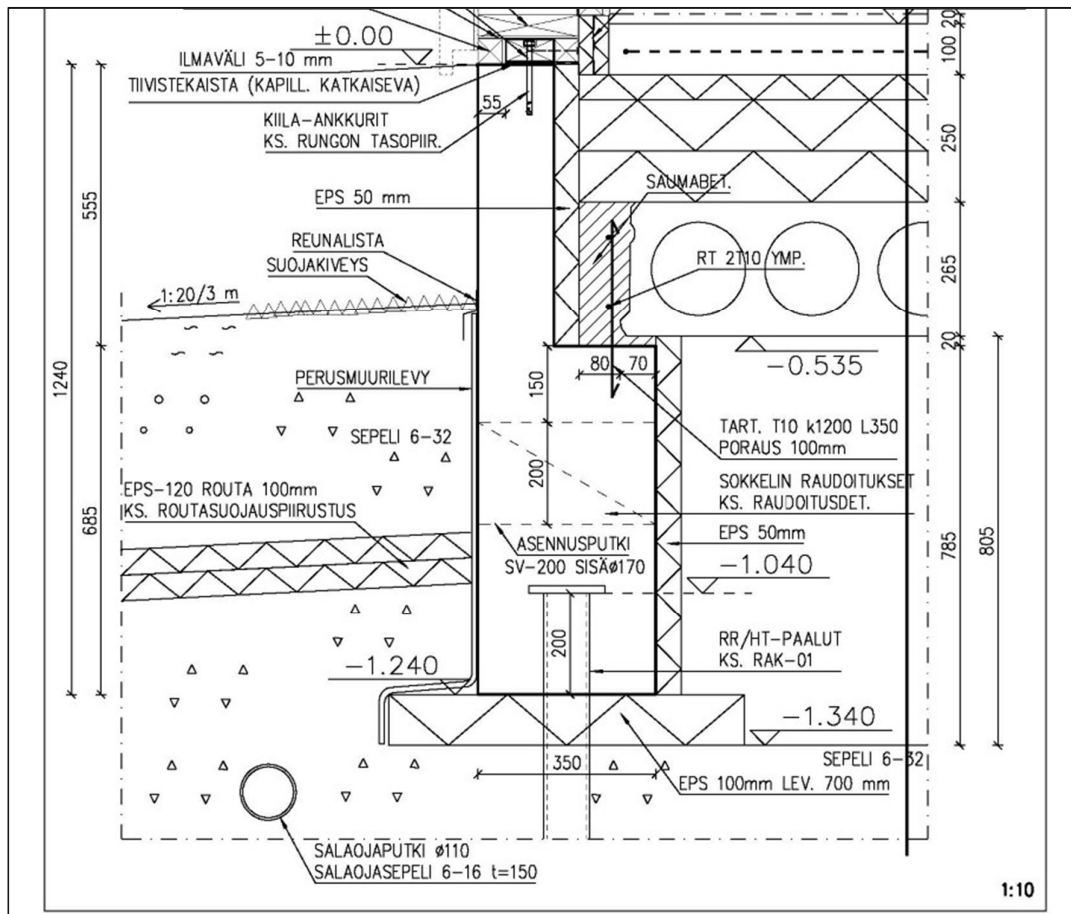
	Betonointi	Raudoitus	Muottityö	Yhteensä
Määrä	19,9 m <sup>3</sup>	578 kg	131,3 m <sup>2</sup>	
Hinta	421 Euroa	448 Euroa	2963 Euroa	3823 Euroa

Kustannuksiin vaikuttavia tapauskohtaisesti vaihtelevia tekijöitä ovat sijainti, sääolosuhteet ja työmaaolosuhteet. Sijainti vaikuttaa olennaisesti tarvikkeiden kuljetushintaan. Sääolosuhteet vaikuttavat betonin jälkihoitoon ja suojaukseen. Kovat pakkaset saattavat myös viivästyttää aikataulua ja aiheuttaa lisäkustannuksia. Työmaaolosuhteet saattavat vaikeuttaa kaikkia työvaiheita. Siksi onkin tärkeää, että maanrakennustyöt tehdään siten, että perustustyöt ovat mahdollisimman helppo toteuttaa.

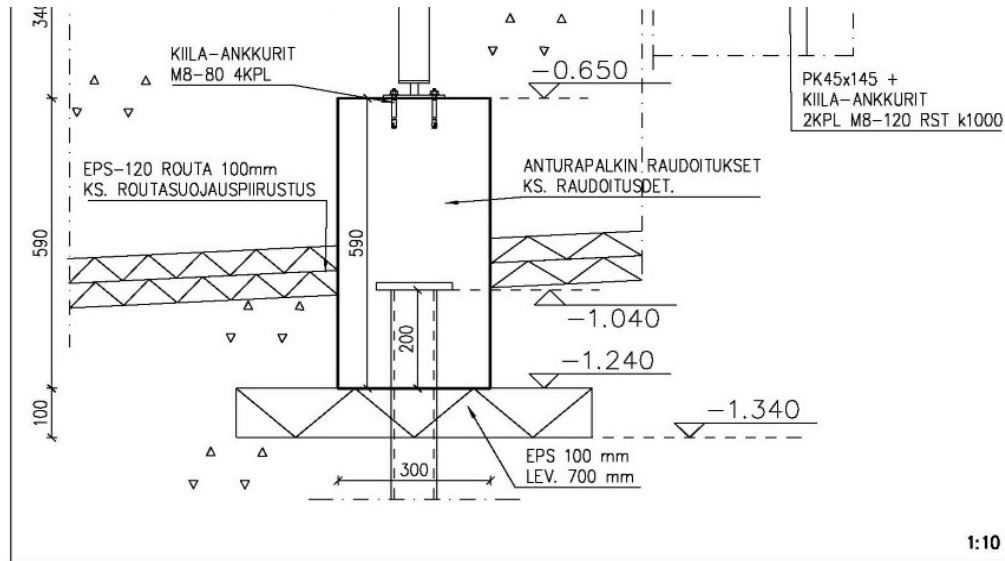
Materiaalikustannuksiksi saadaan näillä rakenteilla ja toteutustavoilla 5868 euroa ja työkustannuksiksi 3823 euroa. Maanvaraisten perustusten kokonaiskustannuksiksi näillä rakenteilla ja toteutustavoilla tulee 9691 euroa.

#### 4.3 Paalutetun perustuksen suunnittelutiedot

Paalutettu perustus tehdään nimensä mukaan paalujen varaan. Varsinainen anturasokkeli tehdään 115x6,3 mm:n teräspaalujen varaan. Pilarit tehdään sokkeli-palkin päälle, joka tehdään 90x6,3 mm:n teräspaalujen varaan. Paalut upotetaan 200 mm anturasokkeliin (kuva 6) ja sokkelipalkkiin (kuva 7).



Kuva 6. Paalutettujen perustusten rakenneleikkaus (Perustava Oy, 2019).



Kuva 7. Paalutettujen perustusten rakenneleikkaus Sokkelipalkki (Perustava Oy, 2019).

Paalutettu perustus on suunniteltu tehtäväksi anturasokkellilla, joka on 1240 mm korkea, alaosasta 350 mm leveä ja yläosasta 150 mm leveä. Anturasokkeli on määritelty tehtäväksi betonista, joka on lujuusluokaltaan C30/37 ja rasiusluokaltaan XC4. Pilarien perustukset ovat suunniteltu tehtäväksi sokkelipalkilla. Sokkelipalkki on korkeudeltaan 590 mm ja leveydeltään 300 mm (kuva 5).

Perustusten mitoitukseen vaikuttavat kuormat ovat samat kuin maanvaraisessa perustuksessa. Maanvaraisessa perustuksessa kantokyvyn mitoituksessa ratkaiseva tekijä on maaperän kantokyky ja paalutetussa perustuksessa ratkaiseva tekijä on paalun kantokyky.

#### 4.4 Paalutetun perustuksen kustannukset

Kustannusten laskenta suoritetaan samalla tavalla kuin maanvaraisessakin perustuksessa. Maanvaraiseen perustukseen nähden kustannuksiin lisätään maaperätutkimuksen ja paalutuksen aiheuttamat kustannukset.

Kustannuksissa on hieman eroja, koska rakenteet poikkeavat vähän toisistaan. Betonoinnin, muottityön ja raudoituksen aiheuttamat työkustannukset ovat esitetty taulukossa 4. Betonin, raudoitteiden ja muottimateriaalien aiheuttamat kustannukset ovat esitetty taulukossa 5.

Taulukko 4: Paalutettu perustus työkustannukset

	Betonointi	Raudoitus	Muottityö	Yhteensä
Määrä	15,9 m	821 kg	131,3 m	
Hinta	335 Euroa	945 Euroa	2963 Euroa	4216 Euroa

Taulukko 5: Paalutettu perustus materiaalikustannukset

	Betoni	Raudoitteet	Muotti	Yhteensä
Määrä	15,9 m	821 kg	131,3 m	
Hinta	2705 Euroa	636 Euroa	1848 Euroa	5189 Euroa

Paalutetun perustuksen työkustannuksiksi tällä rakenteella ja rakentamisratkaisuilla muodostuu 4216 euroa. Materiaalikustannuksiksi tällä rakenteella ja rakentamisratkaisuilla muodostuu 5189 euroa. Kokonaiskustannuksiksi muodostuu 9405 euroa.

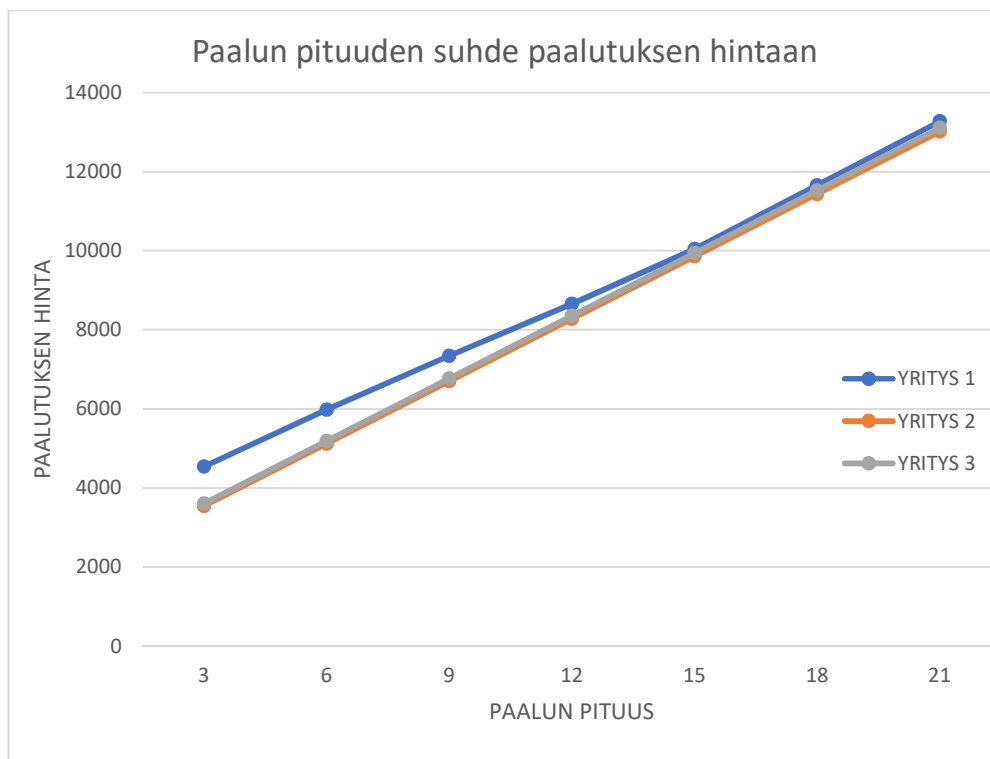
#### 4.5 Paalutuksesta aiheutuvat kustannukset

Paalutuksen aiheuttamien kustannusten suuruuteen vaikuttavat paalun koko, paalun pituus, paalujen lukumäärä, rahdit ja paalujen tarkemittaus. Tämän opinäytetyön esimerkkikohteessa käytetään kahta eri kokoista paalua 90x6,3 mm ja 115x6,3 mm. Paalujen pituudet laskennassa ovat 3, 6, 9, 12, 15, 18 ja 21 metriä. Tällä vaihtelulla saadaan aikaan useampaan paikkaan sopiva laskenta. Paalujen pituudet on valittu Roholan rakennettavuusselvityksen perusteella. Muut hintaan vaikuttavat tekijät ovat vakioita ja vaihtelevat hieman yrityksien välillä.



Tähän opinnäytetyöhön kysyttiin paalutuksesta tarjouksia useammasta yrityksestä. Kolme tarjouksen antanutta yritystä olivat Teräspaalaus Tamminen Oy, Auranmaan Teräspaaluttajat Oy ja Kankareen paalutus Oy. Kaikkien tarjoukset olivat varsin lähellä toisiaan, vaikka yritykset käyttivät hinnoittelussa hieman eri mekanismeja.

Paalutustarjouksien kokonaishintoihin ainoa vaikuttava muuttuja laskennassa on paalun pituus. Paalutuksen hinta vaihtelee 3550 euron ja 13200 euron välillä (kaavio 1). Halvin hinta on saatu 3 metrin paalulla ja kallein hinta 21 metrin paalulla. Roholan alueen rakennettavuusselvityksessä on arvioitu pisimpienkin paalujen olevan 17 metriä (liite1, 6).



Kaavio 1. Paalutuksen hinnan kehitys paalun pituuteen nähden

#### **4.6 Maaperätutkimuksen kustannukset**

Maaperätutkimuksen kustannuksista hinta-arvioita pyydettiin kolmelta eri toimijalta. Hinnoittelut on tiedusteltu puhelimitse kaikilta yrityksiltä 27.2.2020. Hinta-arvion antaneet yritykset ovat Maavakio Oy, Taratest Oy ja Geopalvelu Oy. Hinta-arviot vaihtelivat 1000-2000 euron välillä.

Hinta-arviot pitävät sisällään kairauksen, pintavaaituksen ja perustamistapalautsunnon. Maaperätutkimus pitää sisällään 4-6 kairausta. Kairausten lukumäärään vaikuttaa tontin koko ja rakennusten koko.

## **5 Yhteenveto**

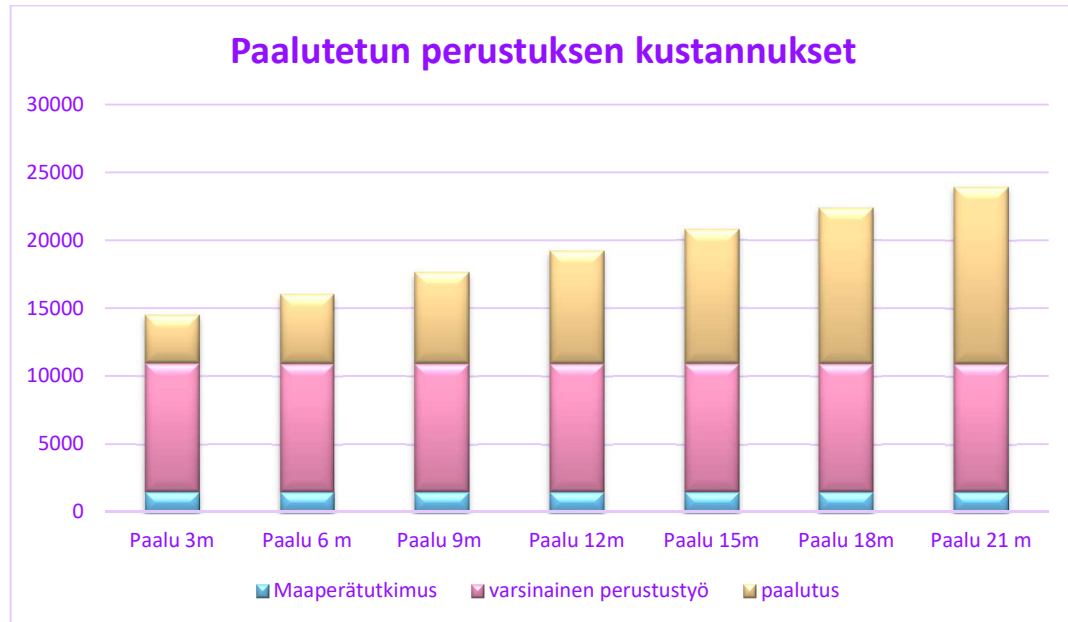
### **5.1 Maanvaraiset perustukset**

Kustannusten vertailua tehdään suoraan euromääräisenä erotuksena. Varsinaisissa perustustöissä ei tule suurta eroa maanvaraisen ja paalutetun perustuksen osalta. Suurimmat kustannuserot maanvaraisten ja paalutettujen perustusten välille muodostuvat maaperätutkimuksesta ja paalutuksesta.

Maanvaraisen perustuksen kokonaiskustannukset ovat tällä laskentatavalla 9691 euroa. Tulee huomioida, että näissä kustannuksissa ei ole maaperätutkimusta. Perustussuunnitelmaan tulee olla joka tapauksessa perustamistapalautus. Siinä mielessä maaperätutkimuksen hinta on sen verran vähäinen, että se kannattaisi jokaiselle kohteelle tehdä.

### **5.2 Paalutetut perustukset**

Paalutetun perustuksen kustannukset muodostuvat kolmesta tekijästä. Nämä kolme tekijää ovat maaperätutkimus, paalutus ja varsinainen perustustyö. Paalun mitta on ainoa muuttuva tekijä, jonka mukaan hinnat muuttuvat. Paalutuksen hinnat vaihtelevat 3500 euron ja 13000 euron välillä. Varsinaisen perustustyön aiheuttamat kustannukset ovat 9405 euroa, joka on hieman vähemmän kuin maanvaraisella perustuksella. Maaperätutkimuksen kustannuksena käytetään arvoa 1500 euroa, joka on keskimääräinen kustannus tarjouksissa.

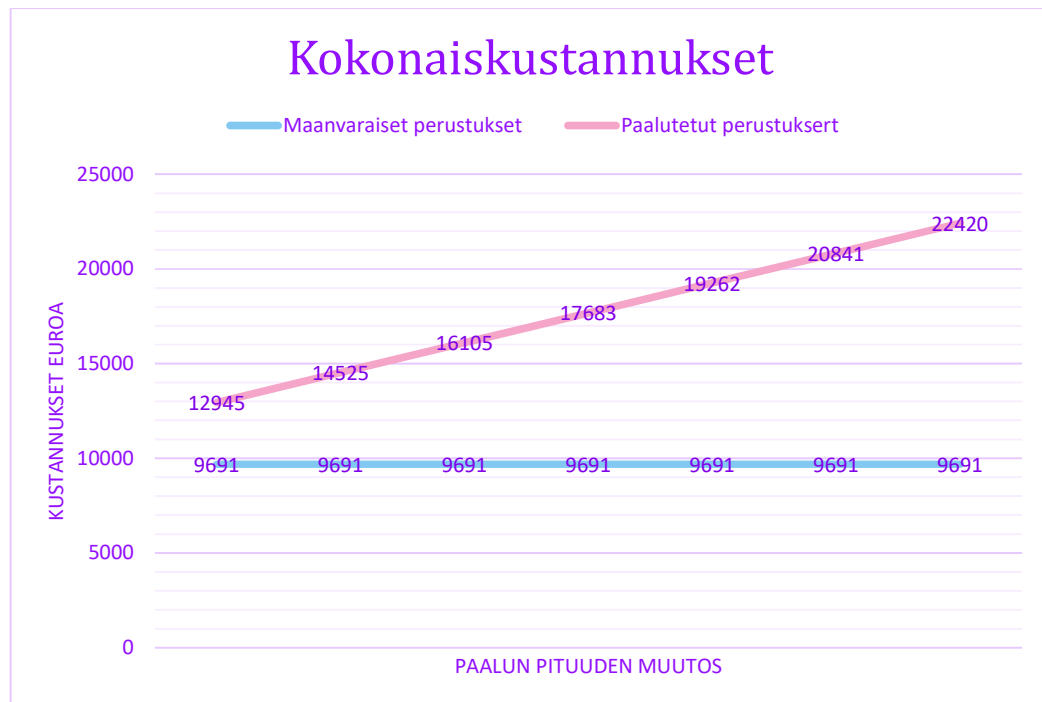


Kaavio 2. Paalutetun perustuksen kustannukset

### 5.3 Kustannusten vertailu

Varsinainen vertailu kustannusten eroista maanvaraisen perustuksen ja paalutetun perustuksen välillä on esitetty kaaviossa 3. On huomioitavaa, että lyhyillä paalun pituuksilla perustusten väliset kustannuserot eivät ole suuret. Paalutetun perustuksen kustannukset nousevat lineaarisesti paalun pituuden muuttuessa.

Kustannusten ero on pienimmillään 3254 euroa, paalun pituuden ollessa 3 metriä. Suurimmillaan kustannusero on 12729 euroa, paalun pituuden ollessa 21 metriä. Näin pitkiä paaluja ei pitäisi Roholan alueella tarvita alustavan rakennettavuusselvityksen perusteella, mutta todellinen paalun pituus selviää vasta maaperätutkimuksessa. Tästä syystä työhön otettiin laskentaan vielä 21 metrin paalut.



Kaavio 3. Kustannusten vertailu

## 6 Johtopäätökset ja pohdinta

Kokonaiskustannusten ero jää tässä työssä käytetyillä menetelmillä ja rakennevalinnoilla varsin kohtuulliseksi. Varsinkin lyhyillä paaluilla kustannusero on pieni. Kun maanvaraisten perustusten kustannuksia verrataan omakotitalon rakentamisen kokonaiskustannuksiin, eivät ne edusta kuin n. 3% kustannuksia, jos kokonaiskustannukset ovat 300000 euroa. Paalutetun perustuksen kustannukset ovat n.4,3-7,5% kokonaiskustannusten ollessa 300000 euroa.

Lisäkustannukset korostuvat, kun rakentamisen kokonaiskustannukset alenevat. Mikäli kokonaiskustannukset jäävät 200000 euroon ovat maanvaraisten perustusten osuus kokonaiskustannuksista n.5 %. Paalutettujen perustusten osuus kokonaiskustannuksista on n.6,5-11,2 % kokonaiskustannusten ollessa 200000 euroa.

Roholan alueelle ollaan suunnittelemassa uusia pientontteja, joille olisi tarkoitus rakentaa pienehköjä taloja. Pienissä omakotitaloissa yleensä kustannuksetkin jäävät pienemmiksi, jolloin kustannuslisä tuntuu merkittävämmiin kokonaiskustannuksissa.

## LÄHTEET

Jääskeläinen, R. 2009. Pohjarakennuksen perusteet. 2. painos. Tampere: Tam-  
mertekniikka/Amk-Kustannus Oy.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.

Paalutusohje PO-2016. RIL 254-2016. 2016. Suomen rakennusinsinöörien liitto  
RIL ry.

Pienpaalutusohje PPO-2007. RIL 230-2007. 2011. Suomen rakennusinsinöö-  
rien liitto RIL ry.

Pohjarakennusohjeet. RIL 121-2004. 2004. Suomen rakennusinsinöörien liitto  
RIL ry.

Rakennusteollisuus RT ry. Ratu 1198-s Perustukset. 2002. Rakennusteollisuus  
RT ry.

Rudus Oy. 2020. Valmisbetoni hinnasto. Luettu 24.2.2020.  
<https://www.rudus.fi/hinnasto-ja-esitteet/hinnastot/betonihinnasto>

Suomen Betoniyhdistys ry 2018. Betonitekniikan oppikirja 2018 by 201. By-kou-  
lutus oy.

Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista. 17.6.2014/465.

Ympäristöministeriö. 2020. Suomen rakentamismääräyskokoelma  
[https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_oh-  
jeet/Rakentamismaarayskokoelma](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_oh-jeet/Rakentamismaarayskokoelma)

**LIITTEET****Liite 1: Roholan alueen rakennettavuusselvitys**



1 (9)

Vastaanottaja  
**Pälkäneen kunta**

Asiakirjatyyppi  
**Rakennettavuusselvitys**

Päivämäärä  
**1.10.2015**

# **RAKENNETTAVUUSSELVITYS**

## **ROHOLAN ALUE PÄLKÄNE**



2 (9)

**RAKENNETTAVUUSSELVITYS  
ROHOLAN ALUE PÄLKÄNE**

Tarkastus **1/10/2015**  
Päivämäärä **1/10/2015**  
Laatija **Maija Lahtinen**  
Tarkastaja **Jouko Noukka**  
Kuvaus **Rakennettavuus selvitys**  
Piirustukset **1510021411/1...10**

Viite 1510021411

Ramboll  
PL 718  
Pakkahuoneenaukio 2  
33101 Tampere  
P +358 20 755 611  
F +358 20 755 6201  
[www.ramboll.fi](http://www.ramboll.fi)

**SISÄLTÖ**

<b>1.</b>	<b>YLEISTÄ</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>POHJAOLosuhteet</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>RAKENNETTAVUUS ALUEITTAIN</b>	<b>4</b>
3.1	Alue 1	4
3.2	Alue 2	5
3.3	Alue 3	5
3.4	Alue 4	6
<b>4.</b>	<b>YLEISIÄ HUOMIOITA PERUSTAMISTAVOISTA JA MAA- RAKENTAMISESTA</b>	<b>7</b>
4.1	Esikuormitus	7
4.2	Paalutus	7
4.3	Massanvaihto	7
4.4	Täytöt	7
4.5	Kellarit	7
<b>5.</b>	<b>JATKOTOIMENPITEET</b>	<b>8</b>

**LIITTEET:**

1	Tutkimuskartta	1:5000
2	Leikkaus A-A	1:1000/1:200
3	Leikkaus B-B	1:1000/1:200
4	Leikkaus C-C	1:1000/1:200
5	Leikkaus D-D	1:1000/1:200
6	Leikkaus E-E	1:1000/1:200
7	Leikkaus F-F	1:1000/1:200
8	Leikkaus G-G	1:1000/1:200
9	Leikkaus H-H	1:1000/1:200
10	Leikkaus I-I	1:1000/1:200

## 1. YLEISTÄ

Selvityksen kohde on Roholan asemakaava-alue Pälkäneen kunnassa.

Alueen kokonaispinta-ala on noin 57,5 hehtaaria. Selvitysalue on jaettu viiteen eri osaan pohjaolosuhteiden perusteella. Alueet on esitetty piirustuksessa 1510021411/1.

Alueella on tehty seuraavia maaperätutkimuksia:

- 30 kpl painokairauksia
- 6 pisteestä häiriintyneitä näytteitä.

Tutkitun alueen kairaukset ovat päättyneet kiveen tai kallioon. Kallion pintaa ei ole varmistettu porakonekairauksin.

Tutkimusohjelma on laadittu alueen kaavoituksen tarpeisiin ja antaa pohjasuhteista yleispiirteisen käsityksen. Perustamistapa-alueiden tarkempi rajaaminen ja jatkosuunnittelu edellyttävät lisätutkimuksia.

Alueen rakennettavuutta on tarkasteltu viiden eri rakennus-/rakennetyypin kannalta:

- **Piha-alueet, parkkipaikat ja liikuntakentät** ovat tyypillisesti päällystämättömiä tai osittain päällystettyjä, laajoja alueita. Näillä alueilla voidaan yleensä sallia vähäisiä painumia, varsinkin, jos painumat ovat tasaisia. Mikäli alueelle tulee pohjanvahvistuksia esimerkiksi putkijohtojen takia, on painumaeroja tasaamaan yleensä tehtävä siirtymärakenne.
- **Putkijohdot** ovat maahan asennettavia vietto- tai paineviemäreitä. Varsinkaan viettoviemärit ei-vät salli painumia juuri lainkaan. Joissain tapauksissa voidaan pieniä painumaeroja hallita raken-tamalla viettokaltevuudet riittävän suuriksi. Paineviemäreiden toiminnallisuus ei häiriinny yhtähelposti, kuin viettoviemäreiden, mutta myös näillä painuminen voi rikkoa viemärin, varsinkin mikäli putki liittyy painumattomaan rakenteeseen (kuten esimerkiksi paaluilla perustettuun rakennukseen).
- **Kevyet rakennukset, jotka sallivat pieniä painumia** ovat tyypillisesti esimerkiksi matalia puu-/teräsrakennuksia, asfalttilattaisia halleja tai kevyitä katoksia. Näillä rakennuksilla on tyypillisestikokonaispainuman raja-arvo 80...100 mm ja kulmakiertymän raja-arvo 1/500-1/200.
- **Raskaat rakennukset ja rakennukset, jotka eivät salli painumia** ovat esimerkiksi raskaat (esim. useampikerroksiset) rakennukset, muuratut rakennukset tai muuten painumille arat rakennukset. Näillä rakennuksilla on tyypillisesti kokonaispainuman raja-arvo 30...40 mm ja kulmakiertymän raja-arvo 1/1000-1/500.
- **Kaduilla** painumisen raja vaihtelee 50...100 mm riippuen katuluokasta ja päällystämateriaalista. Mikäli kadun alueelle tulee pohjanvahvistuksia esimerkiksi putkijohtojen takia, on painumaerojatasamaan yleensä tehtävä siirtymärakenne.

## 2. POHJAOLOSUHTEET

Maapinnan taso vaihtelee alueella tasolla +85...+113. Matalimmillaan maanpinta on alueen länsiosassa. Korkein kohta on alueen koillisosassa.

Nykyisellään selvityksen kohteena olevat alueet ovat pääosin rakentamatonta aluetta, johon on tehty asemakaava. Lännessä aluetta rajaa lännessä Kostianvirta ja Lahdentie.

Alueen pohjamaa vaihtelee turpeesta kalliioon. Kallioiden ympäristössä pohjamaa on pääosin moreenia. Moreenialueilla kairaukset ovat päättyneet kiveen tai kalliioon noin 1-2 m syvyydessä. Laajimmat moreenialueet ovat alueen itäosassa. Moreenin päällä on paikoin ohut kerros löyhää silttiä. Tiiviin moreenialueen ympäristössä pohjamaa on löyhää silttiä 1-4 m syvyyteen ja kairaukset ovat päättyneet kiveen tai kalliioon. Syvyydeltään 1-4 m löyhät siltti alueet sijoittuvat alueen luoteiskulmaan ja itäosaan moreenialueen ympärille. Syvemmät pehmeikköalueet sijoittuvat alueen keskiosaan ja lounaiskulmaan. Pehmeiköt ovat 5-17 m syviä. Syvimmit pehmeiköt ovat savista silttiä ja silttiä. Pohjamaassa esiintyy paikoin hyvin pieniä määriä liejua. Aivan alueen eteläkulmassa on alue, jossa pohjamaa on 2 m syvyyteen turvetta, jonka alla on savea ja silttiä.

Arvioitu kallionpinta on esitetty liitteenä olevissa leikkauksissa niillä alueilla, jossa se on lähellä maanpintaa. Arvio on tehty maaperäkartan perusteella.

Pohjavedestä ei ole tehty erikseen havaintoja. Maanpinnan taso vaihtelee alueella lähes 30 m joten todennäköisesti myös pohjaveden pinnan taso vaihtelee alueen eri osissa. Turvealueilla pohjaveden tai orsiveden pinta sijaitsee lähellä maanpintaa. Kostianvirran ylä- ja alapuolisten järvien pinnantaso on noin +84.

Pohjamaa on kauttaaltaan routivaa.

### 3. RAKENNETTAVUUS ALUEITTAIN

Perustamistavat on esitetty tässä aluekohtaisin ohjein, jotka koskevat vain otsikossa mainittua osa-alueita. Harvan tutkimusverkon vuoksi perustamistapa-alueiden rajaukset ovat likimääräisiä.

#### 3.1 Alue 1

##### POHJAOLosuhteet

Pohjamaa on pääosin moreenia ja kalliota. Moreenipeitteen paksuus on noin 1-2 m tai vähemmän. Rakentaminen alueelle saattaa vaatia louhintoja. Moreenialueilla pohjamaa on routivaa.

##### PIHA-ALUEET, PARKKIPAIKAT JA LIIKUNTAKENTÄT

Piha-alueet voidaan tällä alueella perustaa maanvaraisesti tai kalliion varaan. Louhinta aiheuttaa lisäkustannuksia.

##### PUTKIJOHDOT

Putkijohdot voidaan tällä alueella perustaa kalliion varaan. Suunnittelussa on syytä ottaa huomioon siirtyminen kantavalta pohjamaalta pehmeälle esimerkiksi siirtymärakentein. Louhinta aiheuttaa lisäkustannuksia.

##### KEVYET RAKENNUKSET, JOTKA SALLIVAT PIENIÄ PAINUMIA

Rakennukset voidaan perustaa maanvaraisesti tai kalliion varaan. Mikäli rakennus sijoittuu osittain kalliion ja maakerroksen varaan on painumaero otettava huomioon suunnittelussa. Painumaeroja voidaan vähentää esimerkiksi massanvaihdolla ja esikuormituksella.

##### RASKAAT RAKENNUKSET JA RAKENNUKSET, JOTKA EIVÄT SALLI PAINUMIA

Rakennukset voidaan perustaa maanvaraisesti tai kalliion varaan. Mikäli rakennus sijoittuu osittain kalliion ja maakerroksen varaan on painumaero otettava huomioon suunnittelussa. Painumaeroja voidaan vähentää esimerkiksi massanvaihdolla.

##### KADUT

Kadut voidaan perustaa maan-/kalliionvaraisesti.

### 3.2 Alue 2

#### POHJAOLosuhteet

Pohjamaa on noin 2...4 m paksuudelta löyhää silttiä. Tämän kerroksen alapuolella kairaukset ovat päättäneet kiveen tai kallioon. Alueella voi olla myös ohut turvekerros maan pinnassa varsinkin moreenialueiden väliin jäävällä alueella. Pohjamaa on kivistä. Pohjamaa on hyvin routivaa.

#### PIHA-ALUEET, PARKKIPAIKAT JA LIIKUNTAKENTÄT

Alueet, joilla sallitaan pieniä painumia, voidaan perustaa maanvaraisesti. Paikalle voidaan tehdä massanvaihto tai käytönäkaisia painumia tulee pienentää esikuormituksella. Ennen esikuormitusta tulee poistaa mahdolliset turvekerrokset. Esikuormituksen soveltuvuus tulee varmistaa maanäytteistä.

#### PUTKIJOHDOT

Painumille herkkien viettoviemärien kohdalla on varauduttava esimerkiksi esikuormitukseen tai massanvaihtoon. Ennen esikuormitusta tulee poistaa mahdolliset turvekerrokset. Suunnittelussa on syytä ottaa huomioon painumaerot pehmeän ja kantavan pohjamaan välillä esimerkiksi siirtymärakentein. Kaivettaessa pohjaveden alapuolelle löyhä siltti saattaa häiriintyä helposti.

#### KEVYET RAKENNUKSET, JOTKA SALLIVAT PIENIÄ PAINUMIA

Rakennukset voidaan perustaa maanvaraisesti. Pohjamaata esikuormitetaan tai tehdään massanvaihto löyhän silttikerroksen pohjaan. Ennen esikuormitusta tulee poistaa mahdolliset turvekerrokset. Joillakin alueilla pehmeän maakerroksen paksuus vaihtelee ja rakennusten perustamisen suunnittelussa tulee ottaa huomioon mahdolliset painumaerot ja niiden tasaaminen.

#### RASKAAT RAKENNUKSET JA RAKENNUKSET, JOTKA EIVAT SALLI PAINUMIA

Rakennukset voidaan perustaa maanvaraisesti. Maanvarainen perustaminen onnistuu, kun pohjamaata esikuormitetaan tai tehdään massanvaihto löyhän silttikerroksen pohjaan. Ennen esikuormitusta tulee poistaa mahdolliset turvekerrokset. Alueella pehmeän maakerroksen paksuus vaihtelee ja rakennusten perustamisen suunnittelussa tulee ottaa huomioon mahdolliset painumaerot ja niiden tasaaminen.

#### KADUT

Kadut voidaan perustaa maanvaraisesti. Mahdolliset turvekerrokset poistetaan ja alue esikuormitetaan tai tehdään massanvaihto.

### 3.3 Alue 3

#### POHJAOLosuhteet

Pohjamaa on pääosin pehmeää savista silttiä, silttiä ja hiekkaista silttiä 4...8 m syvyyteen. Pohjamaa on osin kivistä. Pohjamaa on routivaa. Alueella voi olla myös ohut turvekerros maan pinnassa varsinkin moreenialueiden väliin jäävällä alueella. Aivan alueen eteläkärjessä moreenialueen pohjoispuolella on siltin päällä 2 m turvetta.

#### PIHA-ALUEET, PARKKIPAIKAT JA LIIKUNTAKENTÄT

Alueet, joilla sallitaan pieniä painumia, voidaan perustaa maanvaraisesti. Käytönäkaisia painumia tulee pienentää esikuormituksella. Ennen esikuormitusta tulee poistaa mahdolliset turvekerrokset. Esikuormituksen soveltuvuus tulee varmistaa maanäytteistä.

#### PUTKIJOHDOT

Putkijohdot perustetaan massanvaihdon tai tukipaaluilla kantavan maapohjan (moreenin tai kalli-on) varaan. Tukipaaluina voidaan käyttää lyötäviä teräsbetonipaaluja tai lyötäviä teräspuutkipaaluja. Tukipaalujen pituus on arviolta noin 3-8 m.

**KEVYET RAKENNUKSET, JOTKA SALLIVAT PIENIÄ PAINUMIA**

Rakennukset perustetaan ensisijaisesti tukipaalulla kantavan maapohjan (moreenin tai kallion) varaan. Tukipaaluna voidaan käyttää lyötäviä teräsbetonipaaluja tai lyötäviä teräsputkipaaluja. Tukipaalujen pituus on arviolta noin 3-8 m. Mahdollisesti voidaan rakennukset perustaa myös maanvaraisesti massanvaihdon ja esikuormituksen avulla, joiden soveltuvuus selvitetään tarkemmalla tonttikohtaisella pohjatutkimuksella.

**RASKAAT RAKENNUKSET JA RAKENNUKSET, JOTKA EIVÄT SALLI PAINUMIA**

Rakennukset perustetaan ensisijaisesti tukipaalulla kantavan maapohjan (moreenin tai kallion) varaan. Tukipaaluna voidaan käyttää lyötäviä teräsbetonipaaluja tai lyötäviä teräsputkipaaluja. Tukipaalujen pituus on arviolta noin 3-8 m. Mahdollisesti voidaan rakennukset perustaa myös maanvaraisesti massanvaihdon ja esikuormituksen avulla, joiden soveltuvuus selvitetään tarkemmalla tonttikohtaisella pohjatutkimuksella.

**KADUT**

Kadut voidaan perustaa maanvaraisesti, jos pohjamaa esikuormitetaan. Ennen esikuormitusta tulee poistaa turvekerrokset. Kadut voidaan perustaa myös massanvaihdon tai tukipaalulla kantavan maapohjan (moreenin tai kallion) varaan.

**3.4 Alue 4****POHJAOLosuhteet**

Pohjamaa on pääosin silttiä ja hiekkaista silttiä 8-17 m syvyyteen.

**PIHA-ALUEET, PARKKIPAİKAT JA LIIKUNTAKENTÄT**

Alueet, joilla sallitaan pieniä painumia, voidaan perustaa maanvaraisesti. Käytönaikaisia painumia tulee pienentää esikuormituksella. Esikuormituksen soveltuvuus tulee varmistaa maanäytteistä.

**PUTKIJOHDOT**

Putkijohdot perustetaan tukipaalulla kantavan maapohjan (moreenin tai kallion) varaan. Tukipaaluna voidaan käyttää lyötäviä teräsbetonipaaluja tai lyötäviä teräsputkipaaluja. Tukipaalujen pituus on arviolta noin 6-17 m.

**KEVYET RAKENNUKSET, JOTKA SALLIVAT PIENIÄ PAINUMIA**

Rakennukset perustetaan ensisijaisesti tukipaalulla kantavan maapohjan (moreenin tai kallion) varaan. Tukipaaluna voidaan käyttää lyötäviä teräsbetonipaaluja tai lyötäviä teräsputkipaaluja. Tukipaalujen pituus on arviolta noin 6-17 m. Mahdollisesti voidaan rakennukset perustaa myös maanvaraisesti massanvaihdon ja esikuormituksen avulla, joiden soveltuvuus selvitetään tarkemmalla tonttikohtaisella pohjatutkimuksella.

**RASKAAT RAKENNUKSET JA RAKENNUKSET, JOTKA EIVÄT SALLI PAINUMIA**

Rakennukset perustetaan tukipaalulla kantavan maapohjan (moreenin tai kallion) varaan. Tukipaaluna voidaan käyttää lyötäviä teräsbetonipaaluja tai lyötäviä teräsputkipaaluja. Tukipaalujen pituus on arviolta noin 6-17 m.

**KADUT**

Kadut voidaan perustaa maanvaraisesti, jos pohjamaa esikuormitetaan. Kadut voidaan perustaa myös tukipaalulla kantavan maapohjan (moreenin tai kallion) varaan.

## 4. YLEISIÄ HUOMIOITA PERUSTAMISTAVOISTA JA MAA-RAKENTAMISESTA

### 4.1 Esikuormitus

Esikuormitusta voidaan käyttää katujen, rakennusten ja piha-alueiden käytönaikaisten painumien vähentämiseksi. Esikuormitus tehdään esimerkiksi louhepenkereellä tai vastaavalla kitkamaalla. Penkereen taso on tyypillisesti noin 1...2 m lopullisen katutasen tai rakennuksen lattiapinnan yläpuolella.

Silttinen pohjamaa soveltuu pääasiassa hyvin esikuormittamiselle. Turve- ja liejukerrokset on poistettava, sillä ne heikentävät esikuormituksen käyttökelpoisuutta. Silttikerroksissa saattaa olla myös liejuista silttiä. Esikuormituksen käytön edellytyksenä on pohjamaan sopivuuden selvittäminen maaperänäytteenotoin.

Esikuormitusta käytettäessä on painuma-aikaa varattava riittävästi sekä seurattava painumia kuormituksen aikana. Tyypillinen esikuormitusaika on 6...12 kk. Esikuormituspengertä ei saa rakentaa jäätyneen maan päälle.

### 4.2 Paalutus

Paaluina voidaan käyttää lyötäviä teräsbetonipaaluja tai teräsputkipaaluja. Paalut on syytä varustaa kalliojärjillä. Paalutustyössä tulee huomioida paalutustärinän vaikutus ympäröiviin rakenteisiin (esimerkiksi lähistöllä sijaitsevat tiilirakennukset) sekä paalutustärinän mahdollisesti pohjamaata tilapäisesti heikentävä vaikutus, joka voi vaikuttaa pehmeikölle rakennettujen täyttöjen vakavuuteen sortumaa vastaan. Paalutetut rakenteet ovat käytännössä painumattomia, joten näihin liittyviin rakenteisiin (esimerkiksi paalutettuun talon liittyvässä vesihuoltolinjassa) on otettava huomioon mahdollinen painumaero esimerkiksi siirtymärakenteella.

### 4.3 Massanvaihto

Massanvaihto on taloudellisesti kannattava pohjanvahvistusratkaisu yleensä, kun massanvaihtosyvyyden on noin 2...3 m.

Pohjaveden alapuolisiin massanvaihtoihin materiaalina suositellaan käytettävän kalliolouhetta. Mikäli massanvaihtoa ei tehdä pehmeän kerroksen pohjaan saakka, on massanvaihtoon alapuolinen maakerroksen painuminen otettava huomioon suunnittelussa.

### 4.4 Täytöt

Rakennusten alapuoliset täytöt pitää tehdä karkearakeisesta, routimattomasta maamateriaalista esimerkiksi sorasta, hiekasta, sora-moreenista tai murskeesta. Rakennettaessa alueille 2-5 täytöjä maanvaraisen rakennuksen viereen tulee huomioida täytön pohjamaata kuormittava vaikutus, joka voi olla suurempi kuin maanvaraisella rakennuksella itsellään ja näin ollen aiheuttaa painumia rakennukselle. Alueilla 3-5 on huomioitava täyttöjen aiheuttama maan sortumariski. Esimerkiksi paalutettujen rakennusten lähistölle tehdyt täytöt voivat aiheuttaa liukusortuman rakennuksen alle.

### 4.5 Kellarit

Alueilla, jossa orsi tai Pohjavesi on lähellä maanpintaa, ei suositella maanalaisten kellareiden rakentamista.



## 5. JATKOTOIMENPITEET

Maaperäolosuhteet vaihtelevat tehtyjen kairausten perusteella kalliosta moreeniin ja saviseen silttiin. Tämän vuoksi jatkosuunnittelun yhteydessä tulee tehdä riittävästi lisätutkimuksia. Kaikkien rakennusten ja katujen perustaminen edellyttää erillistä selvitystä perustamis- ja pohjaolosuhteista sekä korkeusasemasta. Paalupituudet on pääosin arvioitu painokairausten perusteella. Luotettavampaa arviota varten alueelle olisi syytä tehdä heijari- tai puristinheijarikairauksia sekä ottaa maaperänäytteitä. Kallionpinnan tarkempi sijainti voidaan varmistaa porakonekairauksin.