

Henri Pulkka

Pientaloalueen omakotitalojen perustusvaihtoehtojen vertailu

Opinnäytetyö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Kesäkuu 2016



KYAMK
University of Applied Sciences

Tekijä (tekijät)	Tutkinto	Aika
Henri Pulkka	Rakennusinsinööri	Kesäkuu 2016
Opinnäytetyön nimi Pientaloalueen omakotitalojen perustusvaihtoehtojen vertailu		34 sivua 9 liitesivua
Toimeksiantaja Rakennusliike Tommola Ky		
Ohjaaja Lehtori Juha Karvonen		
<p data-bbox="146 654 290 676">Tiivistelmä</p> <p data-bbox="146 721 1359 846">Tämän opinnäytetyön aiheena on pientalojen perustusvaihtoehtojen vertailu tilaajan omistamalle rakennuspaikalle. Alueelle on suunniteltu rakennettavan noin 25 pientaloa. Työn tarkoituksena on löytää teknisesti ja taloudellisesti sopivimmat perustusvaihtoehto rakennuksille.</p> <p data-bbox="146 891 1375 1115">Opinnäytetyössä käydään läpi pientalojen yleisimmät perustustavat sekä niiden rakentamista koskevat määräykset. Työn teoriaosassa on käsitelty määräyksiä, säädöksiä, urakoitsijoiden tuottamaa materiaalia sekä rakennusalan ohjeistusta ja kirjallisuutta. Työn lähtötietoina on esitetty rakennettavan alueen kartta, rakennusalueen alustavat suunnitelmat sekä kohteessa tehdyt pohjatutkimukset tuloksineen. Alueen maakerrokset ovat kokoonpuristuvia ja pehmeitä, joten rakennukset tullaan perustamaan paaluille. Koska rakennuspaikka sijaitsee korkean radonpitoisuuden alueella, suositellaan käytettävän tuulettuvaa alapohjaa.</p> <p data-bbox="146 1160 1375 1285">Rakennuksien paaluperustuksien vaihtoehtoina vertailussa olivat teräspaalu ja teräsbetoninen pienpaalu. Paalujen yläpuolisten rakenteiden osalta vertailtiin paikalla valettua perusmuurianturaa, paikalla valettuja paaluanturoita ja ontelosokkelielementtejä sekä paaluanturaelementtejä ja sokkelielementtejä.</p> <p data-bbox="146 1330 1391 1688">Rakennuksien perustusvaihtoehtoista tehtiin kustannuslaskelmat budjettihintojen perusteella. Koska laskelmat perustuvat urakoitsijoilta pyydettyihin alustaviin budjettihintoihin ei kustannuksia voi pitää täysin tarkkoina, mutta niitä voidaan pitää suuntaa antavana. Vertailun tuloksena voidaan todeta että paaluksi soveltuu kohteessa parhaiten teräsbetoninen pienpaalu. Paalujen yläpuoliset rakenteiden osalta paikalla valettu perusmuuriantura todettiin työläimmäksi ja kalleimmaksi vaihtoehdoksi. Paikalla valetut paaluanturat ja ontelosokkelielementit sekä paaluanturaelementit ja sokkelielementit ovat ominaisuuksiltaan ja kustannuksiltaan hyvin samankaltaisia. Tutkimuksen tulosten perusteella suositellaan valittavaksi jompikumpi edellä mainituista. On syytä todeta että loppujen lopuksi kunkin rakennettavan pientalon perustusratkaisut valitaan rakennushetkellä vallitsevien resurssi- ja kustannustilanteiden sekä kohteissa tehtyjen kohdekohtaisten pohjatutkimuksien perusteella.</p>		
Asiasanat pientalot, perustukset, kustannukset, rakennuselementit		



KYAMK

University of Applied Sciences

Author (authors) Henri Pulkka	Degree Bachelor of Engineering	Time June 2016
Thesis Title Comparison of Foundations in a Residential Area with Detached Houses		34 pages 9 pages of appendices
Commissioned by Rakennusliike Tommola Ky		
Supervisor Juha Karvonen, Senior Lecturer		
Abstract <p>The objective of the thesis was to find technically and financially suitable detached house foundation choice for a plot of land, which is owned by the commissioner. It has been planned that building area would contain 25 detached houses.</p> <p>The thesis introduces the most common types of foundations and building regulations for foundations. The thesis presents regulations, rules, building material produced by contractors, construction instructions, and literature. The thesis deals with the map of buildable area and documents of the buildable area such as design sketches and ground survey report. The buildable area contains compressible and soft soil layers. Therefore, piles are recommended for buildings. The area is located on a high radon area, so it is recommended that ventilated base floor is used on buildings.</p> <p>Comparison of pile foundations were made between the steel pile and small concrete pile. Comparison of foundations were made between cast-in-place plinth foundation, cavity plinth elements, which include cast-in-place pile foundations, and closed plinth elements, which include pile foundation elements.</p> <p>Cost calculations of foundation options were done by budget values. Because the prices were budget values, cost calculations are not accurate but cost calculations can be used as preliminary values. As a result of comparison, the small concrete pile is recommended for buildings.</p> <p>Cast-in-place plinth foundation takes most work hours and is the most expensive choice. Cavity plinth elements including cast-in-place pile foundations and closed plinth elements including pile foundation elements are similar by features and expenses. It is recommended that choice is made between cavity plinth elements including cast-in-place pile foundations and closed plinth elements including pile foundation elements. Nevertheless, resources available and economic situation influences the choice of a suitable foundation type in each building project.</p>		
Keywords detached houses, foundations, expenses, precast building component		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	Pientalojen perustusmenetelmät	6
2.1	Määräykset.....	6
2.2	Pohjaolosuhteet.....	7
2.3	Perustaminen pehmeikölle	10
2.4	Routiminen	12
2.5	Kosteudenhallinta.....	13
2.6	Radon.....	13
3	Perustusten rakennetyypit	14
3.1	Anturaperustukset	14
3.2	Laattaperustukset.....	16
3.3	Kallionvaraiset perustukset.....	16
3.4	Perustuksien rakentamismenetelmät.....	17
4	Rakennuspaikka.....	19
4.1	Yleistä	19
4.2	Pohjaolosuhteet.....	21
5	Rakennukselle soveltuvat perustamistavat.....	23
5.1	Massanvaihto	23
5.2	Paalutus	24
5.3	Paikalla valettu perusmuuriantura.....	26
5.4	Paikalla valetut anturat ja ontelosokkelielementit.....	26
5.5	Paaluantura- ja umpisokkelielementit	28
6	Perustustapojen vertailu	29
7	Yhteenveto	30
	LÄHTEET	33
	LIITTEET	
	Liite 1. Asemakaavaluonnos	
	Liite 2. Pohjatutkimus piirrustukset	
	Liite 3. Pohjakuva talotyyppi A	
	Liite 4. Kustannuslaskelmat	

1 JOHDANTO

Työn tilaaja Rakennusliike Tommola Ky omistaa tontin Kotkan kaupungin Rauhalan kaupunginosasta. Tontti on pinta-alaltaan noin 1,8 hehtaaria ja sillä on rakennusoikeutta noin 0,5 hehtaaria. Alueelle suunnitellaan tiivistä ja matalaa pientaloaluetta. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on löytää teknisesti ja taloudellisesti sopivimmat perustusvaihtoehdot rakennuksille.

Tässä opinnäytetyössä tullaan käsittelemään pientalon yleisimpiä perustustapoja sekä niitä koskevia määräyksiä. Lisäksi tutustutaan rakennettavan alueen kartta- ja luonnospiirustuksiin sekä kohteessa suoritettuun alustavaan pohjatutkimukseen. Teoria osuuden ja alueen pohjaolosuhteiden perusteella valitaan sopivat perustusvaihtoehdot vertailua varten.

Rakennettavalla alueella maakerrokset ovat kokonaisuudessaan kokoonpuristuvia ja pehmeitä, joten vertailuun valitaan massanvaihto, teräsbetoniset pienpaalut sekä teräksinen RR-paalu. Yläpuolisista rakenteista vertailuun valitaan paikalla valettu perusmuuriantura, paikalla valetut paaluanturat ja ontelosokkelielementit sekä paaluantura- ja umpisokkelielementit. Eri vaihtoehdoista on tarkoitus tehdä kustannuslaskelmat budjettihintojen perusteella.

Pientalon perustustapaan tulee kiinnittää paljon huomiota. Väärin tehtyjä perustuksia on erittäin vaikea lähteä jälkikäteen korjaamaan. Korjaaminen voi myös tulla hyvin kalliiksi. Perustukset vaikuttavat suuresti talon lämmöneristävyyteen, kosteudenhallintaan sekä rakenteellisiin ominaisuuksiin. Lisäksi perustuksilla on myös suuri taloudellinen merkitys pientalohankkeessa. Tässä tapauksessa on suunniteltu rakennettavaksi useita pientaloja, joten taloudellinen merkitys korostuu entisestään ja pienikin taloudellinen säästö on kannattavaa.

Nykypäivänä hyvät rakennuspaikat ovat harvassa. Taloja joudutaan rakentamaan myös alueelle, jossa kantava pohja voi olla syvälläkin tai pohjaveden pinta on korkealla. Tämä on johtanut siihen, että perustusvaihtoehtoja on tullut lisää. Tämä avaa rakentajalle enemmän mahdollisuuksia valita eri perustusvaihtoehdoista. Lisääntyneet vaihtoehdot mahdollistavat taloudellisen kilpailutuksen.

Rakennettavalle tontille on tehty alustava pohjatutkimus vuonna 1983. Tontille on myönnetty poikkeuslupa, jonka mukaan rakentaminen alueelle olisi voitu aloittaa jo vuonna 2009. Rakentamista ei kuitenkaan ole aloitettu, ja poikkeuslupa on vanhentunut. On kuitenkin erittäin todennäköistä, että uusi poikkeuslupa rakentamiseen saadaan, sillä alue on vehreällä, erittäin hyvällä ja keskeisellä paikalla palvelujen välittömässä läheisyydessä. Alueelle rakennettavat talot soveltuvat myös monenlaisille asukasryhmille, joten luvan saaminen uudelleen voimaan lienee hyödyllistä myös Kotkan kaupungille.

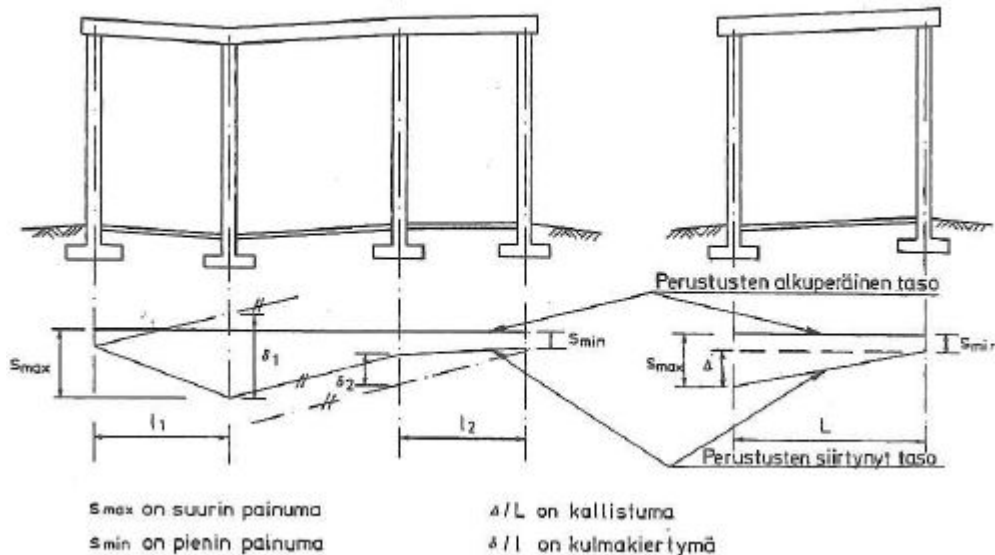
2 PIENTALOJEN PERUSTUSMENETELMÄT

2.1 Määräykset

Maa- ja pohjarakenteet tulee suunnitella rakennuksissa siten, että mahdollisten painumien, siirtymien, kiertymien ja muodonmuutosten määrät olisivat mahdollisimman pieniä, jotta yläpuoliset rakenteet eivät vaurioituisi (1). Rakennuksen sallituille painumille ja kulmakiertymille on annettu raja-arvoja taulukossa 1. Painumien ja kulmakiertymien käsitteet on esitetty kuvassa 1. Näillä raja-arvoilla pyritään estämään haitalliset jännitykset rakennukselle. Nämä raja-arvot eivät koske rakenteita, joilla on erityisvaatimuksia. (2, 56 – 57.)

Taulukko 1. Sallitut painumat ja kulmakiertymät (2, 57).

Rakennetyyppi	Kokonais-painuman raja-arvoja (mm)	Kulmakiertymien raja-arvojen vaihteluväli	
		Karkearakeinen maapohja	Hienorakeinen maapohja
Massiiviset jäykät rakenteet	100	1/250–1/200	1/250–1/200
Staattisesti määrätyt rakenteet	100	1/400–1/300	1/300–1/200
Staattisesti määräämättömät rakenteet:			
– Puurakenteet	100	1/400–1/300	1/300–1/200
– Teräsrakenteet	80	1/500–1/200	1/500–1/200
– Muuratut rakenteet	40	1/1000–1/600	1/800–1/400
– Teräsbetonirakenteet	60	1/1000–1/500	1/700–1/350
– Teräsbetonielementtirakenteet	40	1/1200–1/700	1/1000–1/500
– Teräsbetonikehäarakenteet	30	1/2000–1/1000	1/1500–1/700



Kuva 1. Kulmakiertymien ja painumien käsitteet (4, 63).

Maa- ja pohjarakenteilla tulee olla riittävä lujuus ja vakaus, ettei haitallisia halkeamia tai murtumia pääse syntymään. Lisäksi routimisen ja maasta rakenteisiin siirtyvän kosteuden aiheuttamat rakennukselle haitalliset vaikutukset on pyrittävä ehkäisemään, ettei rakennukseen pääse syntymään vaurioita sen suunnitellun käyttöiän aikana. Myös radon on otettava huomioon suunniteltaessa rakenteita korkean raadonpitoisuuden alueille. Maa- ja pohjarakenteet on suunniteltava ja toteutettava siten, että niillä ei ole haitallisia vaikutuksia lähiympäristöön tai alueella jo oleviin rakennuksiin. (1.)

2.2 Pohjaolosuhteet

Ennen rakentamista on selvítettävä rakennettavan tontin pohjaolosuhteet. Pohjaolosuhteet selvitetään pohjatutkimuksilla, joiden laajuus vaihtelee ympäristön, olosuhteiden ja toteutettavien rakenteiden mukaan. Pohjatutkimuksessa selvitetään tyypillisesti maaperän ominaisuuksia, kuten maakerroksien kerrosrajat, maalajit ja kerrosten lujuusparametrit. Lisäksi selvitetään usein myös pohjaveden pinnan taso sekä kallion asema. Pohjatutkimusraportin perusteella voidaan suunnitella tontilla tarvittavat maanrakennustyöt, viemärointi, tulevan rakenteen korkeusasema sekä perustustapa. (3, 50.)

Geoteknisessä maalajiluokituksessa maalajiryhmiä on neljä: eloperäiset, hienorakeiset, karkearakeiset sekä moreenimaalajit. Eloperäisiä maalajeja ovat turve ja lieju. Hienorakeisia maalajeja, joissa hienoainesta on yli 50

painoprosenttia, ovat savi ja siltti. Hienorakeisissa maalajeissa esiintyy maksimissaan kaksi, mutta yleensä yksi vallitseva päälajite, eli maalaji on lajittunutta. Karkearakeiset maalajit ovat niin ikään lajittuneita, mutta sisältävät hienoainesta alle 50 painoprosenttia. Karkearakeisiin maalajeihin kuuluvat hiekka ja sora. Moreenimaalajit sisältävät useita eri lajitteita, eli moreenimaalaji on lajittumaton. Tämä tarkoittaa sitä, että maalajista ei löydy yhtä vallitsevaa lajiketta. Maalajiryhmät, maalajit sekä lajitepitoisuudet on esitetty taulukossa 2. (4, 19.)

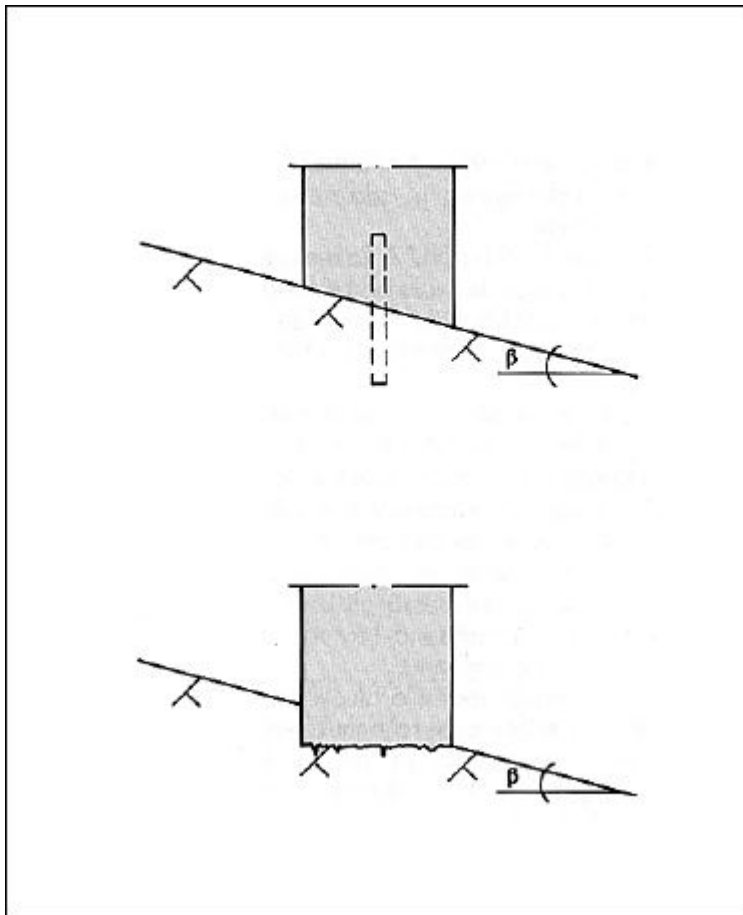
Taulukko 2. Geotekninen maalajiluokitus maalajiryhmien ja maalajien mukaan (4, 21).

Maalajiryhmä	Maalaji	Lyhen- nys	Lajitepitoisuus, paino-%			Raekoko d_{50} , mm
			Savi $d \leq 0,002$ mm	Hieno- aines $d \leq 0,06$ mm	Sora $d > 2,0$ $d \leq 60,0$ mm	
Eloperäiset maalajit	Turve Lieju (eloperäistä ainesta > 6 %)	Tv Lj				
Hienorakeiset maalajit	Savi Siltti	Sa Si	≥ 30 < 30	≥ 50	< 5	$\leq 0,06$
Karkearakeiset maalajit	Hiekka Sora	Hk Sr		< 50 < 5	≤ 50 > 50	$> 0,06 - 2$ $> 2 - 60$
Moreeni- maalajit	Silttimoreeni Hiekkamoreeni Soramoreeni	SIMr HkMr SrMr		≥ 50 $5 - 50$ ≥ 5	≥ 5 $5 - 50$ > 50	$\leq 0,06$ $> 0,06 - 2$ > 2

Hyvin kantavia maakerroksia ovat tyypillisesti pohjamoreenikerrokset sekä karkearakeiset kerrokset. Niiden päälle voidaan yleensä rakentaa maanvaraisia perustuksia. On kuitenkin mahdollista, että nämä karkearakeiset kerrokset ovat lievekerrostumia, joissa karkearakeiset maakerrokset ovat hienorakeisten kerrosten päällä. Tällöin rakentamiseen sisältyy riskejä. (4, 67-68.)

Hienorakeisten maakerrosten kohdalla suositellaan perustamistavaksi massanvaihtoa tai paalutusta, koska nämä maakerrokset painuvat pitkäaikaisen kuormituksen vuoksi. Myös eloperäisissä maakerroksissa tapahtuu jatkuvaa, hidasta painumista kokoonpuristumisen ja virumisen takia. Siksi rakentamista eloperäisten kerroksien alueelle tulisi välttää. Rakenteen alle tulevat täyttökerrokset on aina tiivistettävä suunnitellusti. (4, 67-68.)

Mikäli rakennuspaikka sijaitsee kalliotontilla voi rakentaminen olla hyvässä tapauksessa edullista ja ratkaisut yksinkertaisia. Kuitenkin kalliotontilla tulee tarvittaessa suorittaa tutkimuksia, joissa selvitetään kallion kivilaatu, rakoilu, halkeilu sekä sen mahdolliset heikkousvyöhykkeet. Tarvittaessa kalliota pitää vahvistaa tulevia rakenteita varten. Suomen kallioperä on kuitenkin yleensä riittävä rakoilusta ja halkeamista huolimatta kestäämään rakenteiden perustamisen. Kallion pinnan kaltevuus on myös tärkeä asia selvittää. Jos pinta on kaltevampi kuin 15° , niin kalliota joudutaan joko louhimaan tasaisemmaksi tai ankkuroimaan perustus kallioon kiinni, ettei synny rakenteen liukumista (kuva 2). (4, 68-69.)



Kuva 2. Jos kulma $\beta > 15^\circ$, niin perustuksen liukuminen tulee estää joko ankkuroimalla tai louhimalla kalliopintaa tasaisemmaksi (4, 7).

Pohjaveden pinnan taso tulee selvittää pohjatutkimuksessa. Pohjaveden pinnan korkeus vaihtelee vuodenaikasta riippuen. Olisikin suotavaa että tarvittaessa pohjaveden pinnan korkeutta seurattaisiin pidemmällä aikavälillä. Tällöin saataisiin selville pohjaveden pinnan vaihteluväli. Rakenteet tulisi

toteuttaa pohjaveden ylimmän tason yläpuolelle. Jos tämä ei ole mahdollista, rakenteisiin siirtyvä kosteus tulee ottaa huomioon suunnittelussa. (4, 32–34.)

Pohjaveden pinnan tutkimisessa tulee myös huomioida maaperän vedenläpäisevyys. Alueilla, joilla on paljon täyttömaita, syntyy orsivesiä, joiden pinta voi olla pohjavedenpintaa ylempänä. Orsivesi syntyy, kun vettä läpäisemättömät maakerrokset ovat pohjaveden painetason ja vettä läpäisevien kerrosten yläpuolella. On myös tärkeää ottaa huomioon, ettei pohjavedelle aiheuteta haittaa rakennuksen käyttöiän tai rakentamisen aikana. (4, 32-34.)

Joillakin alueilla on olemassa riski, että maat ovat pilaantuneet. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että maaperään on joutunut haitallisia kemikaaleja esimerkiksi tontin aikaisemman käytön seurauksena. Erityisesti pohjavesialueet ovat riskialttiita, koska haitalliset aineet kulkeutuvat paikasta toiseen veden välityksellä. Nykyisin kunnilla on hyvä käsitys riskialueista. Jos todetaan, että maat eivät ole pilaantuneet, erillisiä tutkimuksia ei tarvita. Jos riski on alueella olemassa, suoritetaan tutkimuksia, joissa selvitetään pilaantuneiden maiden laatu ja laajuus, eli kuinka paljon pilaantuneita maita on. Jos pilaantuneita maita on sen verran, että raja-arvot ylittyvät, pilaantunut maa joudutaan eristämään, poistamaan tai puhdistamaan. (4, 42-43.)

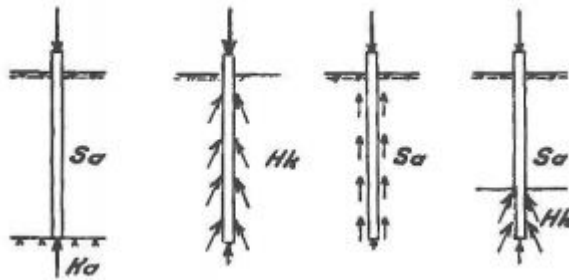
2.3 Perustaminen pehmeikölle

2.3.1 Paalutus

Jos maapohjan kantavuus todetaan pohjatutkimuksien perusteella liian heikoksi maanvaraiseen perustamiseen, voi kohteessa olla järkevää käyttää paaluperustusta. Paalujen avulla saadaan rakenteesta tulevat kuormat johdettua kallioperään tai syvälle maaperän kantavaan kerrokseen. Paalutuksessa on otettava huomioon se, ettei paalutustyöstä syntyvästä tärinästä ole haittaa lähiympäristölle. Paalutustyön aikana tärinän määrää on tarvittaessa seurattava. (5, 35.)

Paalujen geoteknisen toimintaperiaattien perusteella ne voidaan jakaa tuki-, kitka-, koheesio- ja välimuotopaaluihin (kuva 3). Tukipaalut lyödään niin syvälle, että ne kantavat tulevat kuormat kärjellään kallioperästä tai kantavasta maapohjasta. Kitkapaalut kantavat niiden vaipan ja maaperän välisen kitkan avulla kuormia. Kuitenkin karkearakeisen maakerroksen tai

moreenikerroksen tulee olla riittävän paksu, jotta paalun vaipan ja maakerroksen välinen kitka on riittävä. Koheesiopaaluja ei yleensä käytetä pitkäaikaisissa rakenteissa, koska ne siirtävät kuormaa maaperään paalujen vaippapinnan adheesion välityksellä ja painuvat liian paljon pitkäaikaisen kuormituksen takia. Välimuotopaalut kantavat kuormaa monella eri tavalla yhtä aikaa. Esimerkiksi välimuotopaalu voi kantaa kärjellään sekä maaperän ja paalun vaipan kitkan avulla. (4, 84.)



Kuva 3. Paalujen eri toimintaperiaatteita. Vasemmalta tukipaalu, kitkapaalu, koheesiopaalu ja välimuotopaalu. (6, 53.)

Paalut katkaistaan tyypillisesti siten, että vähintään 50 mm paalusta on paaluanturan sisällä. Paalut tulee sijoittaa paaluanturaan siten, että paaluanturan reunan ja paalun välinen etäisyys on vähintään puolet paalun halkaisijaista. Paaluanturaan ei saa syntyä lohkeamisvaaraa paalun takia. (5, 170.)

2.3.2 Massanvaihto

Massanvaihto on järkevää toteuttaa silloin, kun huonosti kantavan maalajikerrospaksuus on pieni. Massanvaihdossa huonosti kantava maalajike vaihdetaan hyvin kantavaan maalajikkeeseen. Massanvaihtoa kannattaa pohtia ja suorittaa laskelmat tarkasti. Jos vaihdettavia massoja on paljon, tulee se taloudellisesti kalliimmaksi kuin paalutus. Tuulettuvissa ja kellarillisissa perustuksissa massanvaihto on hieman taloudellisempaa, koska maata joudutaan kaivamaan pois joka tapauksessa. Lisäksi massanvaihdossa vaihdettavasta materiaalista on hyötyä routasuojauksessa ja salaojituksessa. (7.)

Kevennysperustuksen idea on sama kuin massanvaihdon. Erona kuitenkin on se, että kaikkea huonosti kantavaa maalajia ei vaihdeta. Tavoitteena on saada painumat pysymään sallituissa rajoissa (ks. taulukko 1) ja keventää perustusta

vaihtamalla tarvittava määrä maamassoja kevyempiin rakennuksen alla. (9, 4.)

2.3.3 Maan lujittaminen

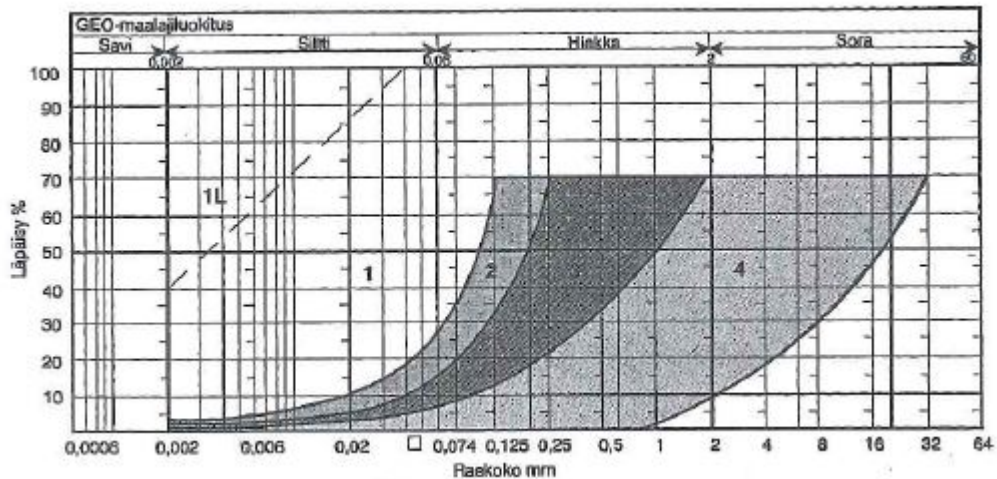
Löyhän maakerroksen kantavuuden parantaminen on mahdollista myös erilaisilla injektointi- ja stabilointiaineilla. Tämä vaatii kuitenkin paljon tutkimuksia ja ennakkokokeita. (4, 55.) Maan lujittaminen injektioimalla ja stabiloimalla tapahtuu siten, että maaperään sekoitetaan sidosaineita, jotka reagoidessaan muodostavat kovempaa ja kantavampaa maaperää. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi suihkuinjektointi (suihkupaalutus), pilaristabilointi ja massastabilointi. Pilari- ja massastabilointi ovat syvästabilointimenetelmiä. On syytä korostaa, että stabilointi ei poista kerroksien kokoonpuristumista vaan pienentää sitä. (8.)

2.4 Routiminen

Pohjarakennesuunnitelmassa yhteydessä tulee ottaa huomioon roudan vaikutus rakenteisiin. Routiminen ei saa aiheuttaa ongelmia tai haittaa rakenteisiin tai rakennukseen kuuluviin putkistoihin. Esimerkiksi rakennuksen sivuilla kulkevat salaojaputket eivät saa jäätyä eivätkä mennä rikki roudan takia. Tästä syystä putket on eristettävä ja asennettava routimattomaan tilaan. Perustukset tulisi sijoittaa roudattomaan syvyyteen, mutta jos tämä ei ole mahdollista, rakennuksen perustukset on routasuojattava. Roudan ulottumissyvyyteen vaikuttavat alueen keskimääräinen lämpötila, maalajike sekä lumipeitteen paksuus. Lumipeitteen paksuutta ei kuitenkaan huomioida roudan syvyyttä määritettäessä, koska valmiin rakennuksen ympärillä ei ole samaa lumimäärää kuin rakentamattomassa ympäristössä. Syvyyttä arvioidessa voidaan myös ottaa huomioon talosta tuleva lämpö, joka estää maan jäätyksen. (9.)

Lämpimän rakennuksen yhteydessä roudan syvyyden arvioinnissa hyödynnetään F50 maksimipakkasmäärää eli kerran 50 vuodessa toistuvaa lämpötilaa. Maalajien routivuudesta voisi yksinkertaistetusti sanoa, että maalajit, joissa on paljon hienoainesta, ovat routivia. Näitä ovat esimerkiksi savi ja siltti. Karkeammat maalajit ovat routimattomia, näistä mainittakoon hiekka ja sora. Rakeisuuskäyrän mukaan ne maalajit, jotka sijoittuvat alueelle

1L ovat lievästi routivia. Alueelle 1 sijoittuvat maalajit ovat routivia ja alueilla 2-4 maalajit ovat routimattomia (Kuva 4.) (4, 35-39.)



Kuva 4. Routivuuden arviointi rakeisuuskäyrän perusteella (4, 36).

2.5 Kosteudenhallinta

Rakennuksen kuivanapidon kannalta on tärkeää suunnitella ja toteuttaa toimiva salaojitusjärjestelmä sekä tarpeelliset kapillaarikatkot.

Salaojakerroksen maamateriaalien tulee olla rakeisuudeltaan karkeaa, jotta vapaa vesi pääsee kulkeutumaan hyvin ja luonnollisesti salaojaputkiin.

Hienompirakeinen maa-aines estää vettä kulkeutumasta putkiin. Siksi salaojaputki tulee suojata esimerkiksi kuitukankaalla, josta hienoaines ei pääse kulkeutumaan läpi. Salaojaputket tulisi sijoittaa perustusten alle, mutta kuitenkin pohjavedenpinnan yläpuolelle. Salaojaputkijärjestelmä liitetään joko kunnan viemärintijärjestelmään tai kuivatusvedet johdetaan kauemmas talosta ja imeytetään maaperään. (13, 42-43.)

Kapillaarikatko suojaa rakenteita maakosteudelta ja muulta kapillaarisesti nousevalta vedeltä. Kapillaarikatko voidaan toteuttaa maalajikekerroksella, mineraalivillalla tai solumuovisella eristyslevyllä. Yleisin tapa on käyttää eristyslevyjä, koska niitä voidaan käyttää myös lämmöneristeenä. (13, 42-43.)

2.6 Radon

Radon on radioaktiivinen jalokaasu, jonka hajoamistuotteet aiheuttavat radioaktiivista säteilyä. Tämä säteily voi pitkäaikaisaltistuksella aiheuttaa syöpää. Radioaktiivinen säteily pystyy kiinnittymään esimerkiksi pölyhiukkasiin ja kiinteisiin pintoihin, kuten keuhkoihin. (7, 19.)

Rakennukset tulisi suunnitella ja toteuttaa siten, ettei radonpitoisuuden vuodenkeskiarvo raja 200 bq/m^3 ylittyisi. Huoneilman radonpitoisuuden raja on 400 Bq/m^3 .(10.)

Radonin pitoisuuksien ylittymistä voidaan ehkäistä huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella. Yleisesti radonin ennaltaehkäisyyn on kaksi menetelmää. Rakennuksen pohjaratkaisut voidaan toteuttaa erittäin tiiviisti, ettei radon pääse maaperästä kulkeutumaan rakennuksen sisälle. Tätä käytetään, kun rakennetaan perustuksia maanvaraisesti. Toinen vaihtoehto on huolehtia riittävästä ilmanvaihdosta, jolloin radon kulkeutuu ulkoilmaan eikä rakennuksen sisälle. Tätä käytetään tuulettuvissa alapohjissa. (11,1.)

3 PERUSTUSTEN RAKENNETYYYPIT

Perustuksia voidaan luokitella monin eri tavoin. Tässä opinnäytetyössä luokittelu on tehty julkaisun RIL 121-2004 mukaisesti. Perustuksia on monia eri tyyppisiä, jotka yleisesti ovat eri perustustapojen yhdistelmiä. Perustustavoilla vaikutetaan siihen miten kuormat siirtyvät maaperään.

Lähes kaikkiin perustustapoihin voidaan rakentaa myös kellarillinen talo. Paalujen päälle tehdään yleensä paaluanturaperustukset, mutta on myös mahdollista käyttää laattaperustusta. Tällöin laattaan on tehtävä vahvistuksia paalukaistojen kohdalle, etteivät paalut lävistä laattaa.

3.1 Anturaperustukset

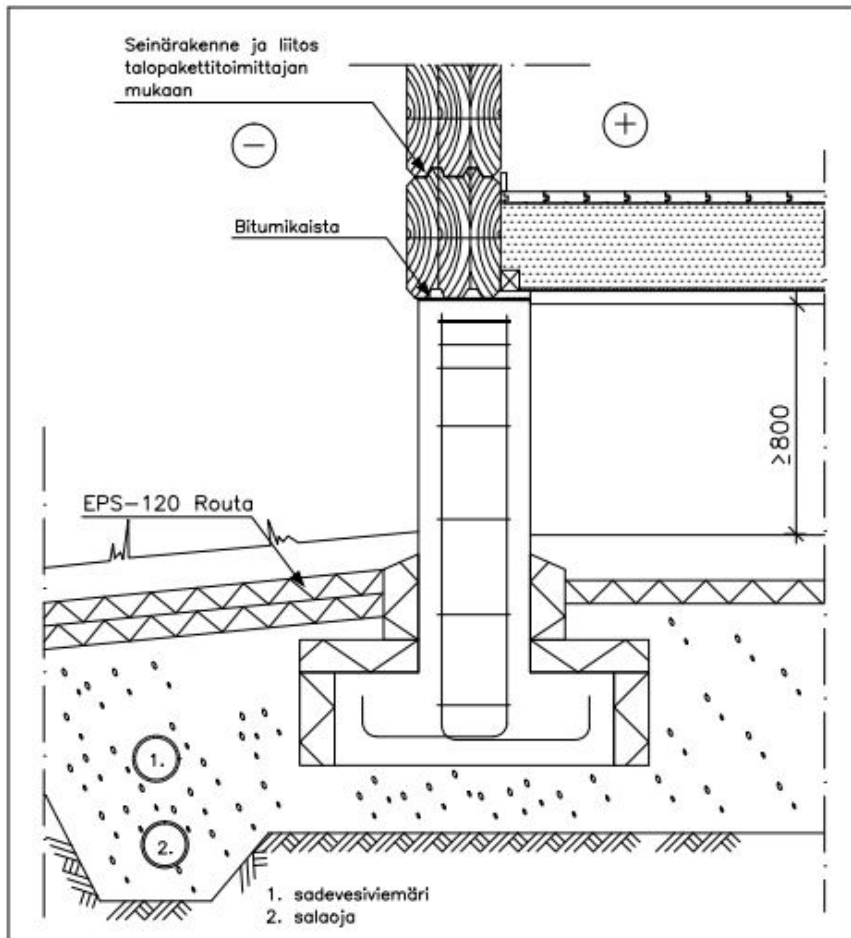
Anturaperustuksia käytetään kun maapohja on hyvin kantava.

Anturaperustukset tehdään suoraan karkearakeiselle maapohjalle, moreenille tai paaluille.(5, 5.) Moreenille perustettaessa suositellaan käytettäväksi anturoiden alla sora- tai murskearaina, joka on vähintään 0,2 metriä paksu tiivistetty kerros. Tämä kerros tasoittaa anturan tai anturoiden pohjapainetta maaperään. Anturoiden tyyppi voi olla perusmuuriantura (leveys vähintään 0,3 m), joissa anturan päälle tehdään perusmuuri tai pilariantura (koko vähintään $0,4 \times 0,4 \text{ m}^2$). (4, 72.)

Pilarianturoissa rakennuksen aiheuttamat kuormat tuodaan pilareitten välityksellä anturoille. Pilarianturaperustus sopii hyvin kohteisiin, joissa perusmuuria on hankala tehdä maaston tai maaperän takia.

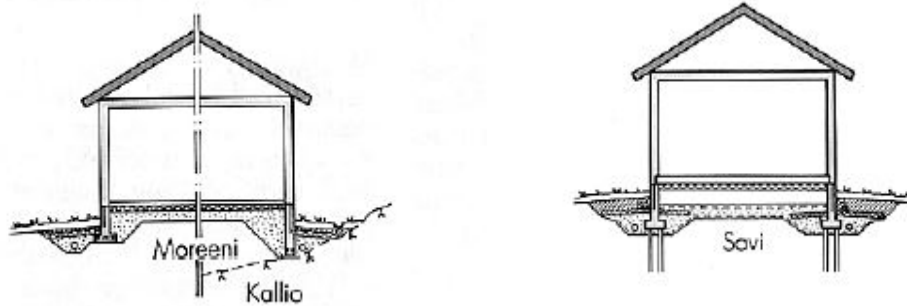
Pilarianturaperustuksissa on hyötynä se, että maankaivuuta ei ole

välttämätöntä tehdä koko rakennuspohjalle, vaan pelkät anturoiden kohdat riittävät. Kuitenkin on varattava riittävästi työskentelytilaa. Pilareitten ja anturoiden koko tulee suunnitella tulevien kuormien perusteella sopiviksi. (12.) Pilarianturaperustuksen periaatekuva on alla (kuva 5).



Kuva 5. Pilarianturaperustuksen periaatekuva (12).

Anturoihin voidaan yhdistää maanvarainen laatta tai perustus voidaan tehdä tuuletettuna esimerkiksi paalujen varaan (kuva 6). Kuvassa 6 vasemmalla puolella rakennuksen toisen sivun alapuolella on kalliopohja, joten kallionpinta on kaivettu esiin ja tehty perusmuuri suoraan kallion päälle. Anturaperustukset tehdään yleensä matalaperustuksina, jolloin perustukset joudutaan suojaamaan roudan vaikutuksilta. (3, 56.)

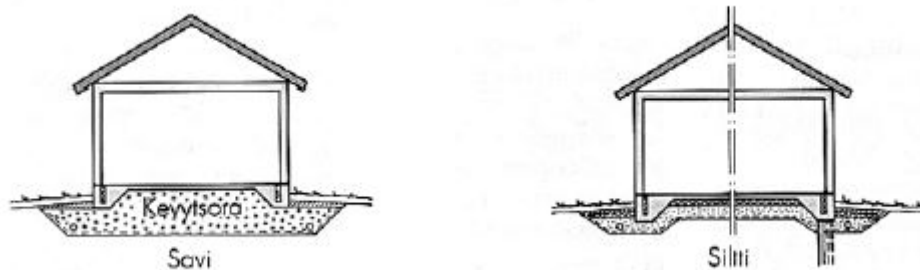


Kuva 6. Vasemalla perusmuuriantura ja maanvarainen laatta sekä kallionvarainen perusmuuri. Oikealla rakennuksessa on paikalla valettu paaluanturaperustus sekä sokkelipalkit tuulettavalla alapohjalla. (9, 6.)

3.2 Laattaperustukset

Laattaperustukset sopivat lähes jokaiselle maapohjalle, kunhan vain kulmakiertymät ja kokonaispainumat pysyvät sallituissa rajoissa.

Laattaperustuksia käytetään erityisesti hieman heikommin kantavalla maapohjalla, koska sillä saadaan painuma jakautumaan tasaisemmin ja laajemmalle alueelle. Voidaan myös tehdä kevennysperustus, jossa painuvia maakerroksia vaihdetaan kevyempään materiaaliin (kuva 7). (5, 5.)



Kuva 7. Vasemmalla kevennetyt perusta ja maanvarainen laatta. Oikealla reunavahvistettu laatta. (9, 6.)

Laattaan tulee tehdä tarvittaessa vahvistuksia erityisesti ulkoseinien sekä kantavien rakenteiden alle, jotta halkeamisia tai murtumisia ei tapahtuisi (kuva 7). Vahvistuksia tulee tehdä myös silloin, jos rakennukseen tulee raskaita rakenneosia, kuten tulisijoja. (5, 5.)

3.3 Kallionvaraiset perustukset

Kallion varaan rakennettaessa on kallion ominaisuudet tarvittaessa tutkittava. Jos kalliolla on heikkousvyöhykkeitä, tulee perustukset suunnitella siten, että kuormat eivät siirry heikkousvyöhykkeen alueelle. Irti louhittu ja tiivistetty kallio pohja toimii kuten hyvin kantava maapohja. (4, 82-83.)

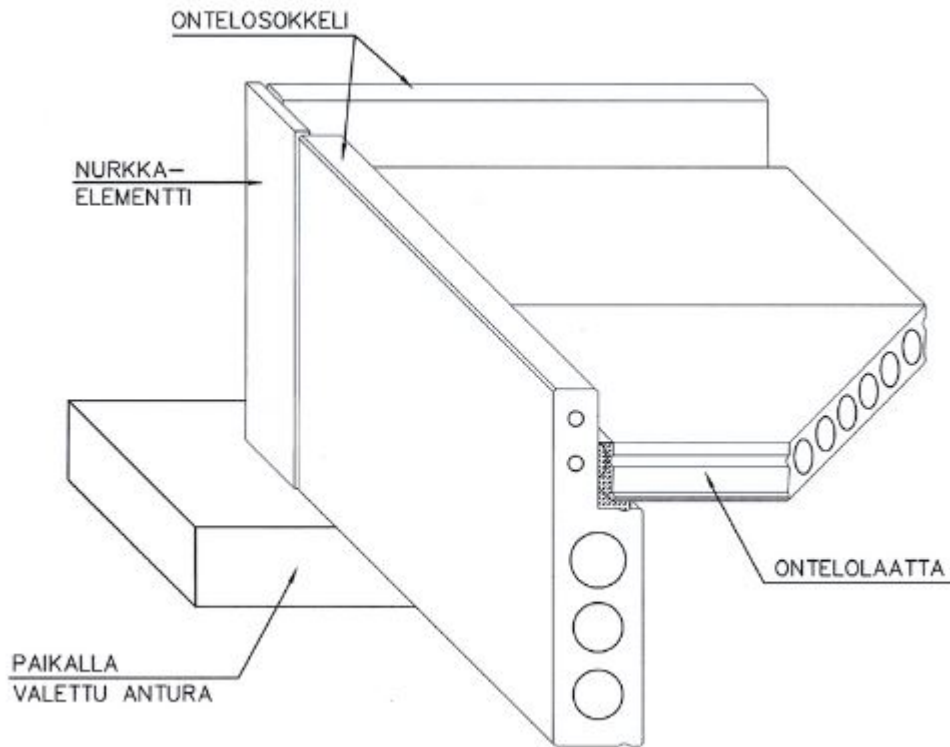
Kallion varaan perustaessa riittää joko perusmuuri tai peruspilarit, erillisiä anturoita ei tarvitse rakentaa. Kallion kaltevuus tulee kuitenkin aina ottaa huomioon, jottei liukumista pääse syntymään (ks. kuva 2). (5, 5.)

3.4 Perustuksien rakentamismenetelmät

Perustuksia voidaan toteuttaa paikalla valettuna, elementteinä sekä harkoista rakentamalla. Nykyisin elementit ovat nostaneet suosiotaan aikatauluista ja taloudellisista hyödyistä johtuen. Tehdasolosuhteissa valmistetuissa elementeissä saavutetaan asetetut laatu-tavoitteet kuin paikalla valettaessa. (3, 58 – 60.)

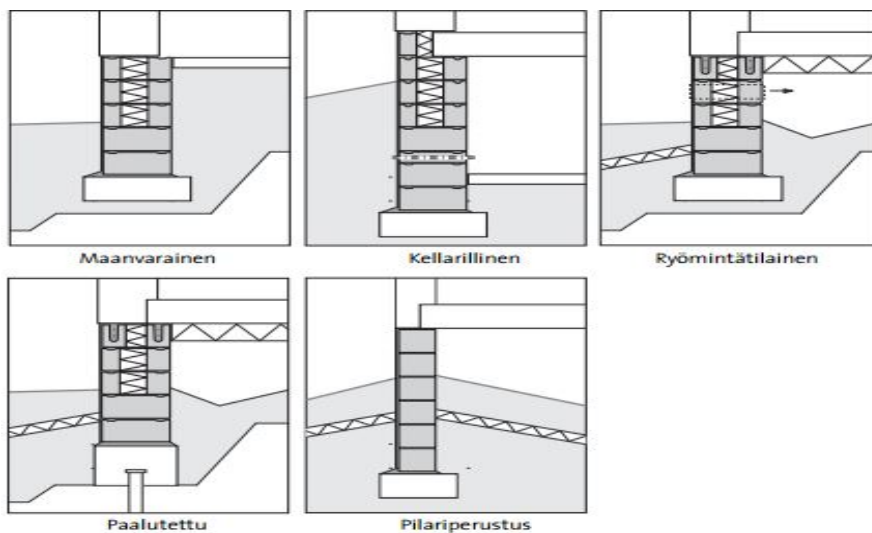
Anturat toteutetaan yleensä paikalla valaen. Nykyisin on kuitenkin tarjolla paljon erilaisia muotti- ja raudoituselementtejä, joilla saadaan nopeutettua anturoiden tekoa. Tämä taas vähentää kustannuksia työmaalla. (14.)

Perusmuurit ja laattaperustukset voidaan toteuttaa niin paikalla valettuina kuin elementteinäkin. Elementtiratkaisut ovat yleensä erittäin tiiviitä, mikä on eduksi radonpitoisilla alueilla. Lisäksi elementtien valutyöt tehdään tehtaissa valvotuissa olosuhteissa, joten laatu varmistuu samalla ja sääolot perustusta tehdessä eivät ole riskitekijä. (15.) Alla periaatekuva (kuva 8) ontelosokkeliperustuksista.



Kuva 8. Periaatekuva ontelosokkeliperustuksista (15).

Kolmas vaihtoehto on tehdä perustus harkkoista. Harkkoja on kehitetty siten, että niistä on saatu entistä kilpailukykyisempiä muiden vaihtoehtojen rinnalle. Harkkoja on kevennetty ja ominaisuuksia muutettu siten, että syntyy myös kustannussäästöjä työnopeuden ja menekkien osalta. Harkkoperustus tehdään yleensä betonisen jatkuvan anturan päälle tai anturaharkon päälle, jos maapohja on hyvin kantava ja tasainen. Anturaharkkoa käytettäessä säästytään täysin muotti- ja betonointitoilta. (16, 5.) Harkkoperustus sopii monelle eri perustamistavalle, mutta yleisimpiä lienevät maanvaraiset ja tuulettuvat perusmuuriperustukset (kuva 9).



Kuva 9. Yleisimmät harkkoperustukset (17).

4 RAKENNUSPAIKKA

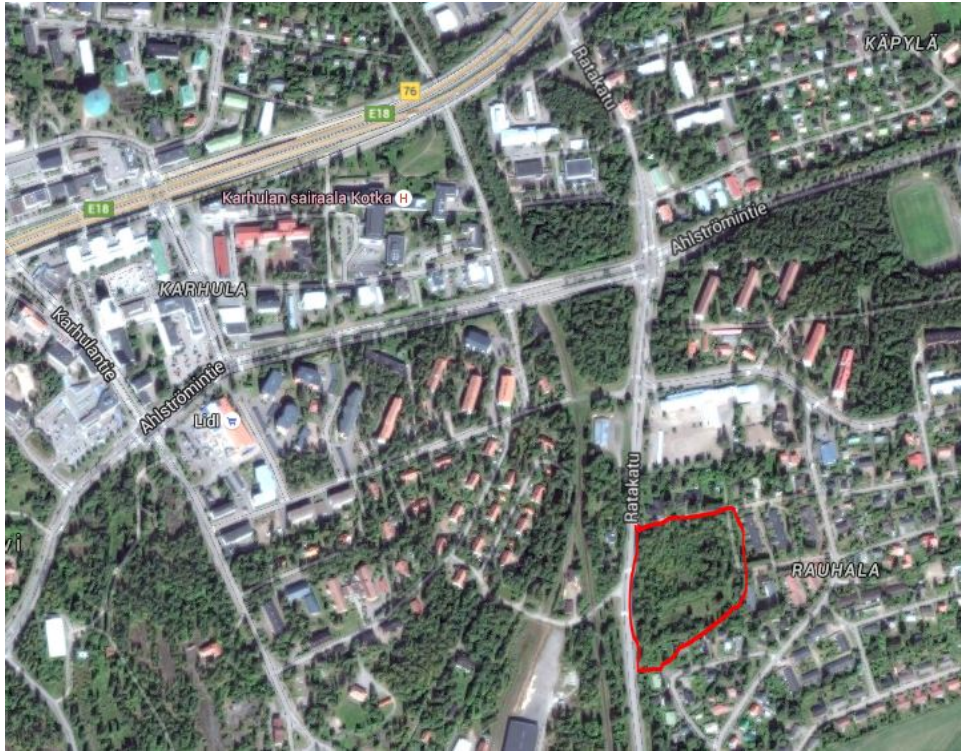
4.1 Yleistä

Rakennusliike Tommolan tontti sijaitsee Kotkan kaupungin Rauhalan kaupunginosassa. Alue on suosittua asuinalueetta, joka on vuosien kuluessa kasvanut voimakkaasti. Vanha rakennuskanta koostuu 1950 – 1960-luvuilla rakennetuista pienomakotitaloista ja loivakattoisista 1970-luvun rivitaloista. Alueelle on lisäksi rakennettu myös 1980- ja 1990 -luvulla samantyyllisiä rakennuksia. Alla olevassa valokuvassa on rakennettava alue toukokuussa 2016. Kuva on otettu alueen kaakkoisosasta (kuva 10).



Kuva 10. Rakennettava alue toukokuussa 2016.

Alueen lähiympäristössä on hyvät palvelut. Lähistöllä on päiväkotiki sekä alakoulu. Kotkan Karhulan kaupunginosakeskus sijaitsee noin kilometrin päässä rakennettavasta alueesta. Karhulasta löytyy yläkoulu, lukio, sairaala, ravintoloita, päivittäistavarakauppoja sekä muita palveluita. Liikenneyhteydet rakennettavalle alueelle ovat hyvät. Moottoritie E18 sijaitsee noin kilometrin päässä. Linja-autoyhteydet löytyvät viereisen tien varrelta (kuva 11).



Kuva 11. Satelliittikuva ympäristöstä. Punaisella rajattu alue on rakennettava alue. Vasemmalla ylhäällä on Karhulan kaupunginosakeskus sekä moottoritie E18. (18.)

Rakennettavan alueen kolmen tontin yhteispinta-ala on 17929 m^2 ($e=0,30$) ja rakennusoikeus 5379 m^2 . Tämän lisäksi alueeseen kuuluu 1095 m^2 liikennealue. Kuvassa 12 on arkkitehdin suunnittelema luonnos pientalojen sijoittelusta rakennettavalle alueelle. Asemakaavaluonnos on liitteessä 1.



Kuva 12. Pientalojen sijoittelu rakennusalueella.

Voimassa olevan kaavan määritysten mukaan alueelle olisi rakennettava yksikerroksisia rivitaloja, mutta tavoitteena on rakentaa tiivistä ja matalaa pientaloaluetta. Pientaloalue sisältäisi yksi- ja kaksikerroksisia erillistaloja. Rakennusliike Tommola on käynyt keskustelua kaavoitusviranomaisten kanssa, ja kaavamuutoksen myötä tällä tavalla rakentaminen olisi voitu aloittaa poikkeusluvalla jo 2009. Nyt poikkeuslupa on mennyt jo vanhaksi. Erittäin suurella todennäköisyydellä uusi lupa tullaan saamaan alueen ominaisuuksien ja sijainnin takia.

4.2 Pohjaolosuhteet

Alueella on suoritettu sen alustavaa suunnittelua varten pohjatutkimus vuonna 1983 IPT Pohjatutkimus Oy:n toimesta. Alueelle tehtiin pintavaaitus sekä painokairaus kolmessatoista eri pisteessä. Pohjatutkimuspiirustukset ovat liitteessä 2.

Alue on alavaa vanhaa peltoaluetta, jonka pintakerros on hyvin pehmeää ja kokoonpuristuvaa turvetta ja savea. Tämä maakerros ulottuu noin 3 – 4 metrin syvyyteen. Pehmeikön syvyys on noin metrin verran pienempi pohjois- ja eteläreunoilla kuin keskellä. Savikerroksen alla on löyhärakenteista siltinsekaista hiekkaa tai silttimoreenia noin 2 – 4 metriä. Hiekkakerroksen alla on tiivis moreenikerros 5 – 7 metrin syvyydessä maanpinnasta. Tähän kerrokseen kairaukset päätettiin, ja syvimmäksi kairaukseksi tuli 8 metriä. Kallion pintaa ei ole varmistettu porakonekairauksin. Luonnontilallinen maanpinta vaihtelee tasolla +3,8 – +4,5 eli rakennusalue on topografialtaan melko tasainen. (19.)

Pohjaveden pinnan tasosta oli tehty yksi havainto huhtikuussa 1983 (+3,6). Pintavesien määrä on kuitenkin ollut tuolloin runsas, joten pohjaveden keskimääräistä tasoa ei voida määrittää luotettavasti. Pohjavesi on kuitenkin ollut tutkitulla alueella lähellä luonnollista maanpintaa. (19.)

Rakennuksia ei voida perustaa maanvaraisesti ilman pohjanvahvistusmenetelmiä, koska pohjamaa tutkitulla alueella on hyvin kokoonpuristuvaa ja pehmeää. Näiden kokoonpuristuvien maakerrosten paksuuden vuoksi pohjatutkimusraportissa suositellaan rakennuksien perustamista lyöntipaaluilla pohjamoreenin ja / tai kallion varaan. (19.)

Lattioita ei suositella perustettavaksi maanvaraisesti. Jos kuitenkin halutaan rakentaa maanvaraisia lattioita, tulee tutkia niiden alle jäävän saven kokoonpuristuvuus. Lattian ja täytön aiheuttama lisäkuormitus on pyrittävä pitämään mahdollisimman kevyenä. (19.)

5 RAKENNUKSELLE SOVELTUVAT PERUSTAMISTAVAT

Rakennukselle on monia eri perustusvaihtoehtoja. Tässä opinnäytetyössä tullaan vertailemaan maapohjan huonon kantavuuden vuoksi massanvaihtoa ja paalutusta. Paalutuksen osalta vertaillaan teräsbetonisia pienpaaluja ja teräksisiä RR-paaluja. Lisäksi yläpuolisista rakenteista vertaillaan:

- paikalla valettua perusmuurianturaa
- paikalla valettuja paaluanturoita ja ontelosokkelielementtejä
- paaluantura- ja umpisokkelielementtejä

Kustannuslaskemat perustusrakennetyyppien osalta sisältävät myös ontelolaatta-alapohjan, jotta saataisiin laskettua kokonaisuus perustuksien osalta.

Pohjatutkimuksessa ei suositella rakennettavan maanvaraista lattiaa, koska alapuoliset maakerrokset ovat kokoonpuristuvia. Tästä syystä on mahdollista, että lattian alle syntyisi jossain vaiheessa tyhjä tila, kun täyttömaat painuisivat. Perustukset tullaan tämän takia toteuttamaan tuuletettuina. Lisäksi Kymenlaakso on radonpitoista aluetta. Tuulettuvalla alapohjalla saadaan vähennettyä radonriskiä ja lisättyä asumisen turvallisuutta.

Kustannuslaskelmissa (liite 4) työ kustannuksien tuntihintana on käytetty 30€/tunti, joka sisältää sosiaalikulut. Kaikki kustannuslaskelmissa olevat hinnat ovat ALV 0%. Kustannusvertailu tehtiin vain yhden rakennuksen osalta (liite 3). Materiaalimenekkien sekä työtuntien arvioinnissa käytettiin apuna omaa kokemusta, tilaajan antamaa tietoa, rakennustieto Rakennusosien kustannuksia 2016 ja Ratu Rakennustöiden menekit 2015 -kirjaa.

5.1 Massanvaihto

Massanvaihdossa kokoonpuristuvat ja pehmeät maakerrokset tulisi vaihtaa hyvin kantavaan maamateriaaliin. Massanvaihtoa ei voi kuitenkaan rajata pelkästään rakennuksen alalle, vaan massoja on vaihdettava myös rakennuksen sivuilta noin 3 metrin matkalta. Jos vaihdetaan kaikki pehmeät massat ja arvioidaan, että keskimäärin kokoonpuristuvaa ja pehmeää maainesta on kuuden metrin kerros, vaihdettavia massoja olisi 2200 m³. Määrä on todella suuri vaihdettavaksi.

Etuna tässä vaihtoehdossa on, että kantavuus myös rakennuksen ympärillä paranee. Kuitenkin on huomioitava, että kyse on pientaloalueesta, jossa rakennukset ovat lähekkäin. Tämän vuoksi vaihdettavien massojen määrä voi kasvaa erittäin suureksi.

Massanvaidon kustannusarvioksi tuli 88 000 €. Maankaivuun, kuljetuksen ja soratäytön kuutio hinnat perustuvat tilaajan antamiin hintoihin. Kuljetus sisältää alle kahden kilometrin kuljetusmatkan.

5.2 Paalutus

Kohteessa kannattaa käyttää kevyitä paaluja eli pienpaaluja. Sopivia paaluvaihtoehtoja olisivat teräsbetonipienpaalu ja RR90 teräspaalu. Vaikka kallion pinnan tasoa ei ole varmistettu pohjatutkimuksessa porakonekairauksin, jäävät paalutuksen taloudelliset riskit pieneksi, koska vain paalun pituus muuttuisi.

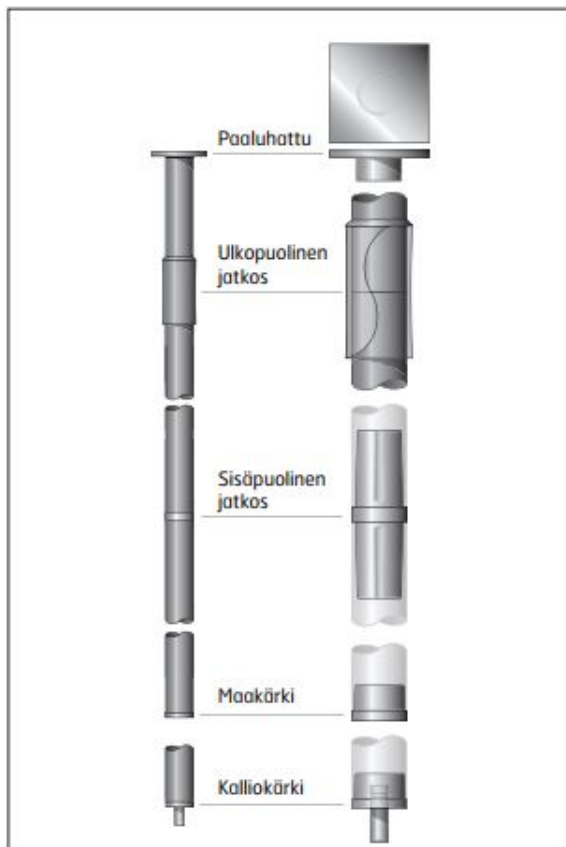
Teräsbetoninen pienpaalun poikkileikkaus on kooltaan 180x180 mm². Paalut ovat kuusi metriä pitkiä paaluelementtejä, joita voidaan jatkaa paalujatkoksilla työmaaolosuhteissa. Hukkaprocentti on alhainen, koska katkaistulla paalulla voidaan aloittaa uusi paalutus. Teräsbetonipienpaalut voidaan kiinnittää nivelellisesti paaluanturaelementtiin, mutta lyhyet, alle kolmen metrin paalut tulee kiinnittää jäykästi paaluanturaan. Tämä aiheuttaa hieman lisätyötä. Kuitenkin kohteessa paalujen pituudet alustavan pohjatutkimuksen perusteella on 6 – 7 metriä, joten jäykkiä liitoksia ei tarvitse käyttää. (20, 6, 12, 15.)

Teräsbetonisista pienpaaluista pyydettiin budjettihinta ja tehtiin kustannusarvio. Kokonaishinta-arvio yhden rakennuksen perustukselle oli 4 282 €, josta paalutuksen osuus oli 3 802 €. Hinta sisältää:

- teräsbetonipienpaaluja 22 kpl, 132 jm sekä tarvittavat jäykkäjatkokset 22 kpl
- pienpaalun lyöntityön paalutussuunnitelman mukaan, alusmiehen ja paalutuspöytäkirjanpidon
- pienpaalun suoran katkaisun tasakorosta
- paalujen katkaisukoron merkitseminen tilaajan antamasta katkaisukorkotasosta
- paalutuskoneen yhden siirron työmaalle ja pois

Ennen paalutustyötä tilaajan tehtäväksi jää tehdä tasainen ja kantava paalutusalue noin 100 mm katkaisukorkoa alemmaksi. Tilaaja vastaa myös tarvittavista paikalleen- ja tarkemittauksista sekä mahdollisesti tarvittavista tärinämittauksista. Lisäksi tilaaja vastaa tarvittavista katselmuksista ja maanrakennustöistä. Jos paalumeneikki ylittää 132 jm, lisäkustannus on 23,50 €/jm.

Teräspaalat RR90 ovat teräslaata S440J2H teräslaataa ja halkaisijaltaan 90 mm. Paalujen varastointimitta on kuusi metriä, mutta projektikohtaisesti on mahdollista saada myös pidempiä paaluja. Paaluja voidaan myös jatkaa työmaalla paalun ulkopuolisilla holkkijatkoksilla. Holkkijatkoksen avulla voidaan katkaistulla paalulla aloittaa uusi paalutus, joten myös tässä hukkaprosentti on alhainen. Paaluihin tulee kiinnittää mekaanisesti sopivat paalukärjet ja paaluhatut. (21, 5.) Teräspaalun rakenne on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. RR-teräspaalun (RR75-RR220) rakenne ja osat (21, 5).

Teräspaaluista pyydettiin budjettihintaa, mutta vastausta ei saatu. Tästä syystä teräspaaluista tehtiin kustannusarvio tilaajan antaman hinta-arvion perusteella. Kokonaishinta-arvioksi tuli 8 400 €, josta paalutuksen osuus oli 7 920 €.

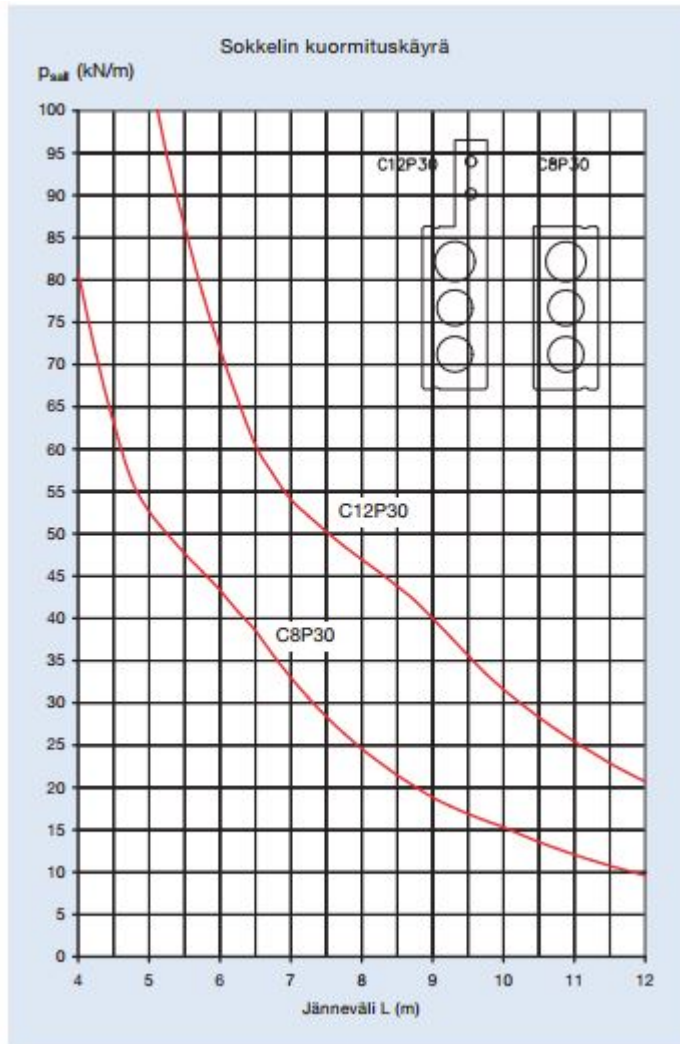
5.3 Paikalla valettu perusmuuriantura

Paikalla valettu perusmuuriantura on kaikkein työläin vaihtoehto. Laatuun joudutaan kiinnittämään paljon huomiota työmaalla sekä olosuhteiden huomioimista etenkin betonityön aikana. Paikalla valaen saadaan kuitenkin tehtyä rakennuksessa olevat lyhyet kulmat helpommin kuin elementeistä tehdessä. Muoteista syntyy jonkin verran purkujätettä. Tätä ei ole kustannusarviossa otettu huomioon. Kustannusarvio sisältää ontelolaattaalapotin.

Paikalla valetun perusmuurianturan kokonaiskustannusarvioksi tuli 27 474 €. Kustannusarviossa on mukana ontelolaatta alapohja, jonka osuus kokonaiskustannusarviosta on 9 134 €. Kustannusarviossa muotit ja rauditus toteutettiin työmaaolosuhteissa.

5.4 Paikalla valetut anturat ja ontelosokkelielementit

Ontelosokkelielementit asennetaan paikalla valettavien anturalaatikoiden päälle. Sokkelielementeillä päästään pitkiin jänneväleihin pientalojen kuormilla (kuva 14). Elementit tehdään tehdasolosuhteissa annettujen suunnitelmien mukaan, jotta saadaan työmaalle valmiita ja oikeankokoisia elementtejä. Työmaalla elementit nostetaan oikealle paikalleen ja valetaan toisiinsa kiinni juotosbetonilla. (22, 3, 8).



Kuva 14. Ontelosokkelielementtien kuormituskäyrä ja jänneväli (22,8).

Tehdasolosuhteissa tehdyille elementeille tehdään tehtaalla valmiiksi tarvittavat varaukset ja varmistetaan laatu. Lisäksi elementtejä käytettäessä purkujätteen määrä työmaalla vähenee. Perustuksen periaate kuva ks. kuva 8.

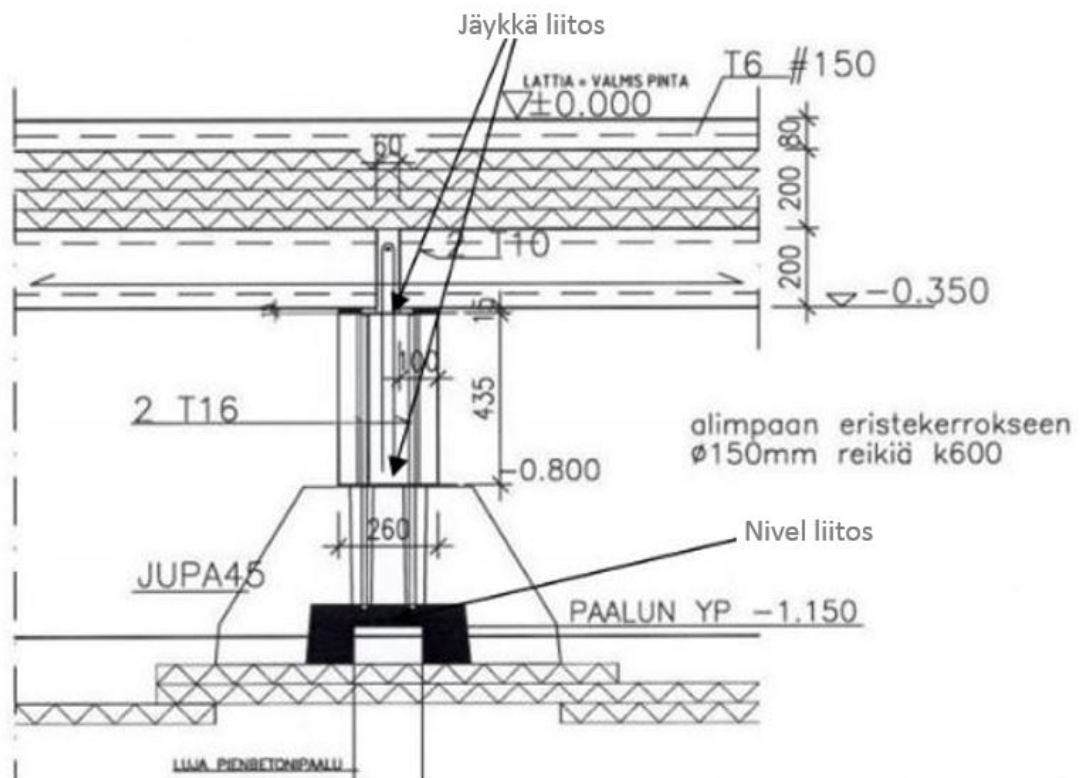
Paikalla valettujen anturoiden sekä ontelosokkelielementtien kokonaishintarvioksi tuli 21 029 €. Ontelosokkelielementtien hinnaksi tuli 5 238€. Kustannusarviossa on mukana ontelolaatta alapohja, jonka osuus kokonaiskustannusarviosta on 9 134 €. Ontelosokkelielementtien hinta sisältää:

- ontelosokkelielementit C12P30, noin 55 jm
- ontelosokkelielementit C8P30, noin 14 jm
- ulkonurkissa nurkkaelementit CN12, 8 kpl
- toimitus sisältää tulevat reiät ja sahaukset

Elementtien nosto ja asennus eivät sisälly toimitukseen.

5.5 Paaluantura- ja umpisokkelielementit

Tässä vaihtoehdossa sekä paaluanturat että umpisokkelit ovat elementteinä. Paaluanturat ovat 900 x 900 mm² ja korkeus on 150 mm. Sokkelipalkit ovat umpinaisia toisin kuin ontelosokkelielementtinvaihtoehdossa. Tässä vaihtoehdossa siis kaikki elementit valmistetaan tehdasolosuhteissa, ja työmaalla suoritettavaksi toimenpiteeksi jää vain elementtien liittäminen toisiinsa kiinni juotosbetonilla. Alla periaatekuva paaluantura- ja umpisokkelielementeistä (kuva 15). Tämä säästää paljon aikaa työmaolosuhteissa ja purkujätettä perustusten osalta syntyy todella vähän.



Kuva 15. Periaatekuva paaluantura- ja umpisokkelielementeistä (23).

Umpisokkelielementtiperustuksen kokonaishinta-arvioksi tuli 23 088 €

Elementtien hinnaksi tuli 10 262 €. Kustannusarviossa on mukana ontelolaatta alapohja, jonka osuus kokonaiskustannusarviosta on 9 134 €

Umpisokkelielementtien hinta sisältää:

- paaluantura, 22 kpl
- sokkelipalkki SP130-260x800, 51 jm
- välipalkki VP260x335, 35 jm
- huoltoluukku (tuulettuva ap), 2kpl
- juotosbetoni Fescon 600/3 1000 kg säkki, 3 kpl
- tartunta, 16 mm, A500HW, L=1000, 88 kpl

6 PERUSTUSTAPOJEN VERTAILU

Anturoiden alapuolisten rakenteiden kustannusarvioiden perusteella massanvaihto voidaan jättää vertailusta pois sen suuren kustannuksen perusteella. Näin ollen voidaan valita joko teräsbetoninen pienpaalu tai teräksiset RR90 paalut massanvaihdon sijaan.

Teräsbetonisten pienpaalujen kustannusarvio oli noin 4 000 € halvempi kuin RR90 teräspaalujen. On kuitenkin huomioitava, että RR90 teräspaalujen hinnasta ei saatu budjettihintaa toimittajalta, vaan hinta perustuu tilaajan antamaan hinta-arvioon. Uskoisin, että kustannusarvio olisi pienempi jos hinta olisi saatu toimittajalta. Kuitenkin Teräsbetonipienpaalun metrihinta (noin 30 €/jm) on todella kilpailukykyinen. Taulukossa 3 on esitetty yhteenveto massanvaihdon, teräsbetonipienpaalujen sekä teräspaalujen kustannuksista.

Taulukko 3. Yhteenveto massanvaihdon, teräsbetonipienpaalujen ja teräspaalujen kustannusarvioista.

	€/yks.	Yhteensä
Massanvaihto	40,00 €/m ³	88 000,00 €
Teräsbetonipienpaalut	28,80 €/jm	4 282,00 €
Teräspaalut	60,00 €/jm	8 400,00 €

Perustuksien osalta paikalla valettu perusmuuriantura on kustannusarvion mukaan kaikkein kallein vaihtoehto. Paikalla valettu perusmuuriantura on noin 5 000 € kalliimpi kuin umpisokkelielementit ja noin 7 000 € kalliimpi kuin ontelosokkelielementit. Paikalla valettuun perusmuurianturaan kuluu eniten työtunteja (250 tth). Seuraavaksi eniten työtunteja kuluu ontelosokkelielementteihin (152 tth) ja vähiten työtunteja kuluu umpisokkelielementteihin (134 tth). Ontelosokkelielementtien ja umpisokkelielementtien työtuntien erotus johtuu ontelosokkelielementtien alle paikalla valettavista paaluanturoista. Taulukkoon 4 on tehty yhteenveto paikalla valetun perusmuurianturan, ontelosokkelielementtien ja umpisokkelielementtiperustuksen kustannusarvioista.

Taulukko 4. Yhteenveto perustusrakennetyyppien kustannusarvioista.

	Työtunnit (tth)	Ainekustannus	Alihankinta palvelut	Yhteensä
1. Paikalla valettu perusmuuriantura	250	18 073,97 €	2 470,00 €	27 473,97 €
2. Paikalla valetut paaluanturat ja ontelosokkelielementit	152	15 890,47 €	1 909,10 €	21 029,57 €
3. Paaluantura- ja umpisokkelielementit	134	18 738,16 €	1 260,00 €	23 088,16 €

Ontelosokkelielementtien kustannusarvio oli noin 2 000 € halvempi kuin umpisokkelielementtiperustus. Umpisokkelielementtiperustuksen hinta sisältää autokatokseen sekä terassiin tulevat välipalkkielementit, joita ontelosokkelielementtivaihtoehdon tarjous ei sisällä. Lisäksi umpisokkelielementtiperustuksen tarjous sisältää tarvittavan raudoituksen, juotosbetonin sekä huoltoluukut, mitä ei myöskään ollut ontelosokkelielementin vaihtoehdon tarjouksessa. Jos tarjoukset olisivat täysin yhtenäiset, uskoisin, että kustannusero olisi hyvin pieni. Kuitenkin tulee huomioda, että ontelosokkelielementtien alle tulevat paikalla valetut paaluanturat. Paaluanturoiden teko ei vie suurta määrää työtunteja, mutta betonin kuivumisaika tulee ottaa huomioon.

Paikalla valetun perusmuurianturan kustannusarviota saataisiin pienemmäksi, jos hyödynnettäisiin valmiita raudoituksia sekä elementtimuotteja. Tällä tavoin pienennettäisiin reilusti myös purkujätteen määrää työmaalla.

7 YHTEENVETO

Pientalojen maanrakennuksesta ja perustuksista syntyvät kustannukset muodostavat noin viidenneksen rakentamisen kokonaiskustannuksista. Tämän takia on todella tärkeää valita sopiva perustamistapa kohteelle. Hyvällä suunnittelulla ja toteutuksella pyritään ehkäisemään perustuksien vauriot, koska korjaaminen on hankalaa perustuksien ollessa muiden rakenteiden alla.

Tässä opinnäytetyössä pyrittiin löytämään teknisesti ja taloudellisesti sopiva perustusvaihtoehto Kotkan Rauhalan kaupunginosaan suunnitellulle pientaloalueelle. Kustannusarviot on tehty budjettihinnoin. Tästä syystä hinnat tulee tarkastaa ja pyytää tarjoukset urakoitsijoilta todellisen kustannusarvion saamiseksi. Tuloksia voidaan kuitenkin pitää suuntaa antavina.

Rakennettavan alueen kantavan maakerroksen ollessa syvällä suositellaan rakennukset perustettavaksi paaluille. Massanvaihto ei kustannussyistä ole järkevä vaihtoehto toteutettavaksi alueella. Paalujen osalta vertailtiin teräsbetonipienpaaluja sekä teräspaaluja. Kustannussyistä rakennukset suositellaan perustettavaksi teräsbetonipienpaalujen varaan. Lisäksi alueella on todennäköistä, että paalujen pituudet vaihtelevat 5-7 metrin välillä. Teräsbetonipaaluja käytettäessä voidaan katkaistulla paalulla aloittaa uusi paalutus, mikä vähentää hukkaprosenttia merkittävästi.

Rakennuksissa suositellaan käytettäväksi tuulettuvaa alapohjaa. Rakennettava alue sijaitsee radonpitoisella alueella, joten tuulettuvalla alapohjalla saadaan pienennettyä radonriskiä ja lisättyä asumisen turvallisuutta. Lisäksi tuulettuva alapohja toimii teknisesti paremmin kuin maanvarainen alapohja, sillä maakerrokset ovat kokoonpainuvia ja pehmeitä. Alueen ominaisuuksien takia tuulettuva alapohja on teknisesti helppo toteuttaa, ja arkkitehtuurisesti se soveltuu hyvin lähiympäristöön. Lisäksi tuulettuva alapohja soveltuu hyvin paaluperustuksia käytettäessä.

Paalujen yläpuolisten rakenteiden osalta vertailtiin kolmea eri vaihtoehtoa:

- paikalla valettua perusmuurianturaa
- paikalla valettuja paaluanturoita ja ontelosokkelielementtejä
- paaluantura- ja umpisokkelielementtejä

Paikalla valettu perusmuuriantura on kaikkein työläin ja kallein vaihtoehto, joten tätä vaihtoehtoa ei suositella kohteeseen.

Ontelosokkelielementtivaihtoehto oli noin 9 % halvempi kuin umpisokkelielementtivaihtoehto. Umpisokkelielementti vaihtoehto sisälsi sokkelielementit myös terassin sekä autokatoksen osalta, mitä ei oltu huomioitu ontelosokkelielementtien budjettihinnassa. Budjettihintojen sisältöjen ollessa yhtenäiset olisivat kustannusarviot näiden kahden vaihtoehdon osalta todennäköisesti samansuuruiset.

Teknisesti ontelosokkelielementtivaihtoehdolla ja umpisokkelielementtivaihtoehdolla ei ole suurta eroa. Kustannusarvioiden ja teknisten ominaisuuksien ollessa samankaltaisia ei paalujen yläpuolisiin rakenteisiin haluta tehdä tiettyä valintaa.

Valintaa suunnitellessa suositellaan tutkimaan paikalla valetun perusmuurianturan kustannus, jos hyödynnetään valmiita raudoituksia sekä elementtimuotteja. Lisäksi voitaisiin myös tutkia harkkoperustusta rakennuksiin.

LÄHTEET

1. YM1-21614. 2014. Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista.
Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B9614C9B5-0722-4210-8768-1CEC2B2A99BE%7D/101092> [Viitattu 30.4.2016].
2. RIL 207-2009. 2009. Geotekninen suunnittelu – eurokoodin EN 1997-1 suunnitteluohje. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto.
3. Koskenvesa, A. & Mäki, T. 2006. Pientalon rakentaminen. 3. painos. Helsinki: Rakennustieto.
4. RIL 121-2004. 2006. Pohjarakennusohjeet. 3. painos. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörienliitto.
5. RIL 254-2011. 2011. Paalutusohje 2011- PO-2011. 2. painos. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörienliitto.
6. Jääskeläinen, R. 2009. Pohjarakennuksen perusteet. 2. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy
7. Hemgren, P. 2007. Pientalon perustukset. Helsinki: Rakennustieto.
8. Tietoa stabiloinnista. Saatavissa: <http://www.finnsementti.fi/Tietoa-stabiloinnista> [Viitattu 3.5.2016].
9. Rakennustieto Oy. 1992. RT 81-10486. Pientalon perustamistavan valinta.
10. Sosiaali- ja terveysministeriön päätös asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvosta. 21.10.1992/944.
11. Rakennustieto Oy. 2012. RT 81-11099. Radonin torjunta.
12. Pilariperustus. 2012. Saatavissa: <http://www.rakentaja.fi/artikkelit/9506/pilariperustus.htm> [Viitattu 19.5.2016].
13. Hemgren, P & Wannfors, H. 2009. Pientalon käsikirja. 4. painos. Helsinki: Tammi.
14. TASSU anturamuotti. Saatavissa: <http://lammi-perustus.fi/tuotteet/tassuanturamuotti/> [Viitattu 5.5.2016].

15. Luotettava perustusratkaisu ontelolaatoilla. 2016. Saatavissa: http://www.rakentaja.fi/artikkelit/7285/perustukset_helposti_ja.htm [Viitattu 5.5.2016].
16. Leca® perustus suomalaisten kesto-suosikki. 2010. Saatavissa: <http://shop.e-weber.fi/kronodocs/23221.pdf> [Viitattu 5.5.2016].
17. Leca® harkkorakenteet. 2013. Saatavissa: <http://shop.e-weber.fi/kronodocs/43142.pdf> [Viitattu 5.5.2016].
18. Google Maps. Saatavissa: <https://www.google.fi/maps/@60.5135639,26.9409371,943m/data=!3m1!1e3> [Viitattu 12.5.2016].
19. IPT Pohjatutkimus Oy. 1983. Pohjatutkimusraportti.
20. Luja-pienpaaluohje. 2013. Saatavissa: http://www.lujabetoni.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/luja/embeds/lujabetoniwwwstructure/20126_Luja-pienpaaluohje20x.pdf [Viitattu: 12.5.2016].
21. SSAB:n teräspaalut. Saatavissa: <http://www1.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Infra/Teraspaalut%20esitteet%20ja%20ohjeet/Tekninen%20ohje%20EUROCODE%20-%20Ruukin%20teraspaalut%20Suunnittelu%20ja%20Asennusohjeet.ashx> [Viitattu 18.6.2016].
22. PARMAperustukset: ontelosokkeli ja PARMAontelolaatat.2010. Saatavissa: http://www.parma.fi/images/files/publications/PARMAperustukset_suunnohje_FSI_3.pdf [Viitattu 12.5.2016].
23. Pihlajamäki, P. 2016. Myyntipäällikön sähköposti 13.5.2016. Lujabetoni Oy. Pernaja.

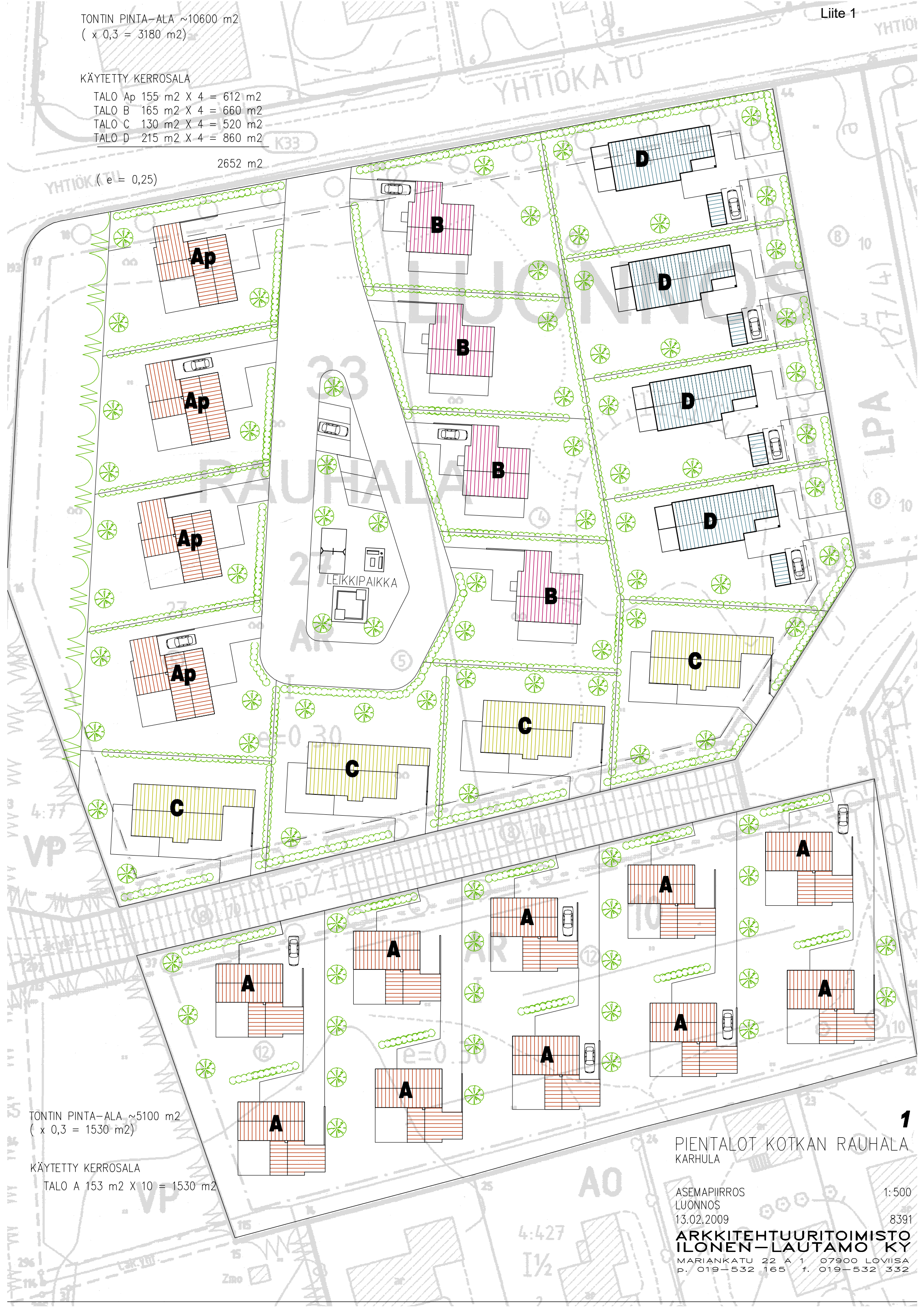
TONTIN PINTA-ALA ~10600 m²
(x 0,3 = 3180 m²)

KÄYTETTY KERROSALA

- TALO Ap 155 m² X 4 = 612 m²
- TALO B 165 m² X 4 = 660 m²
- TALO C 130 m² X 4 = 520 m²
- TALO D 215 m² X 4 = 860 m²

2652 m²

YHTIÖK (e = 0,25)



TONTIN PINTA-ALA ~5100 m²
(x 0,3 = 1530 m²)

KÄYTETTY KERROSALA

TALO A 153 m² X 10 = 1530 m²

PIENTALOT KOTKAN RAUHALA
KARHULA

ASEMAPIIRROS
LUONNOS
13.02.2009

1:500
8391

ARKKITEHTUURITOIMISTO
ILONEN-LAUTAMO KY

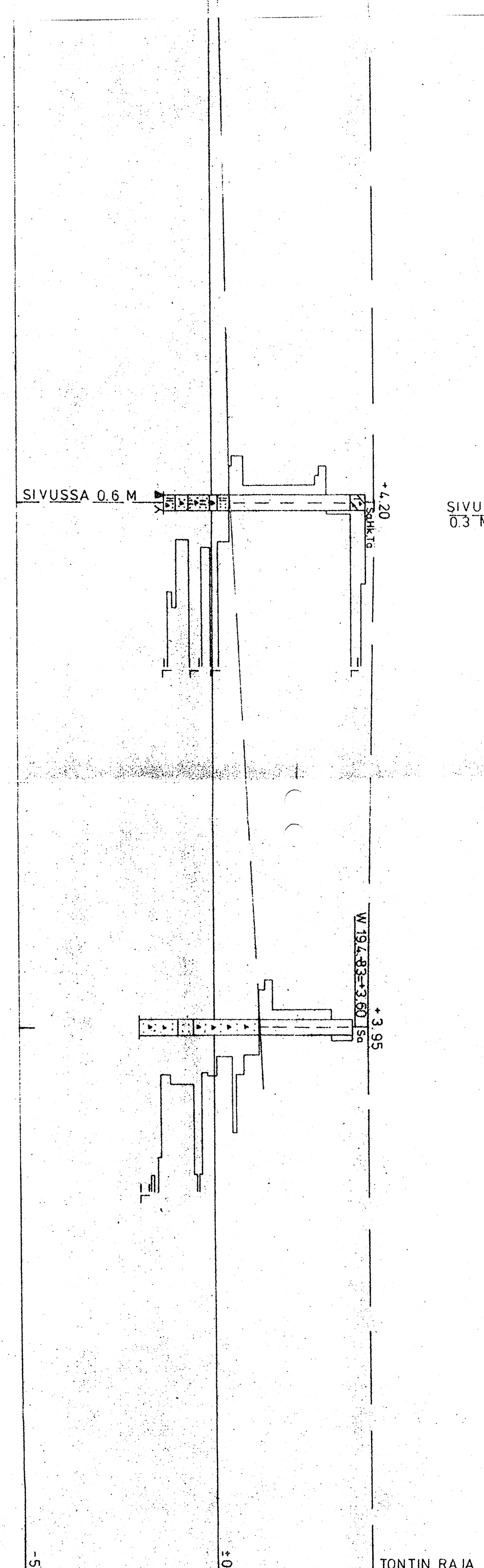
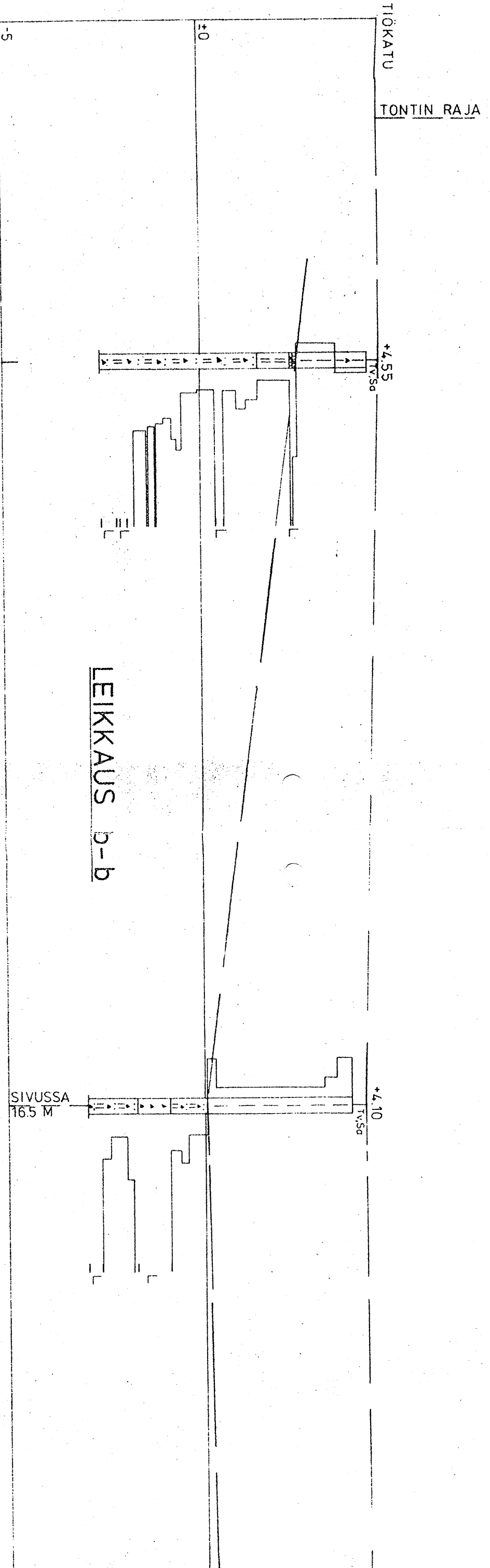
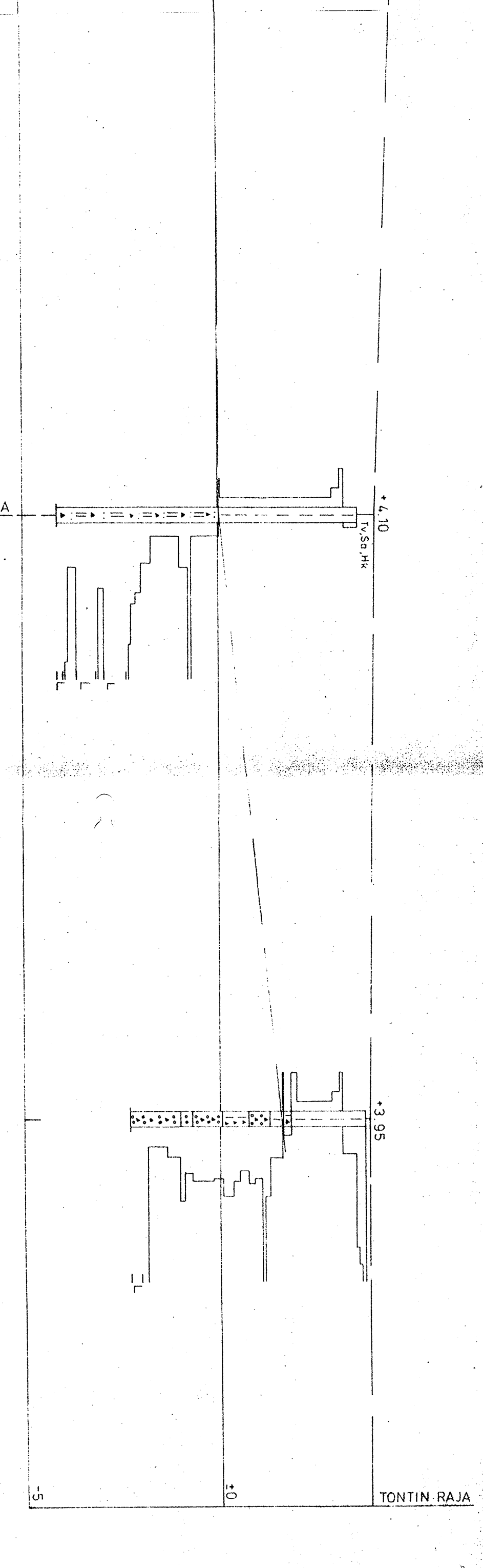
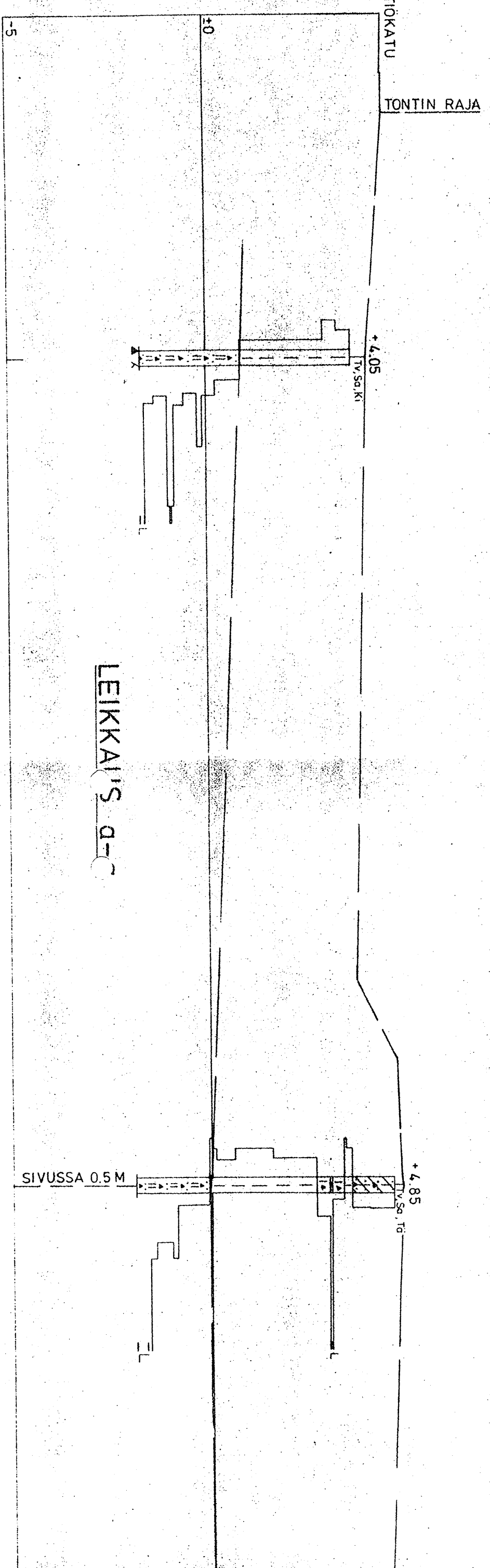
MARIANKATU 22 A 1 07900 LOVIISA
p. 019-532 165 f. 019-532 332



LUTKIMUSAIKA: 18-21.4.1983
 TUNNUS: A.REPO
 KORKEUSMÄNTÖPISTE: N.C.4.
 KORK. +15.753. N.43

REV	PVM	TEKIJÄ	ERITTELY

K. osa/Kyja	Kortti/Thie	Tontti/ln-n:o	Viranomaisen merkintöjä
10	8		
Rakennustunnus	Piirustaja	FOH A.T. V. SFR. JST. U.	Juokseva n:o
A. AHLSTROM OY			
RIVITALALIE			
YHTIÖKATU RAHHAJA			
KOTKA			
Rakennuskohteen nimi ja osoite	Piirustuksen sisältö	Mittakaava	
	ASEMAPIIRROS	1:500	
Pvm. 29.04.1983	Siirt. AH	Suunn. Työ n:o	11 250
Suunn. H.V.		Piir.n:o	1
PIIRUSTAMIS- ja SUUNNITTELU- ja KONSULTTI- YHTIÖ POHJATUTKIMUS OY			



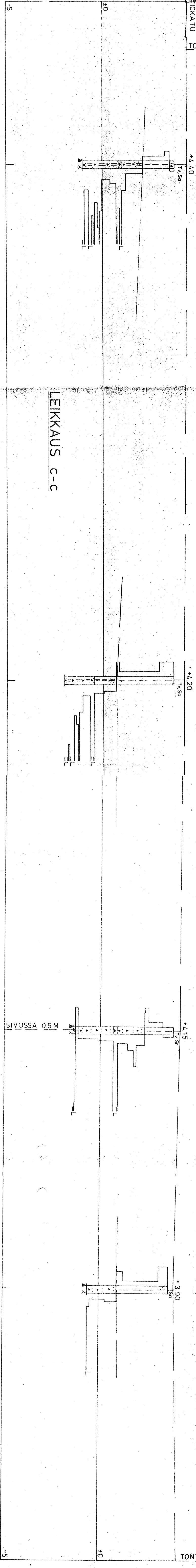
REV	PVM	TEKIJÄ	ERITTELY

K. osasto/ryhmä	Kortti/ryhmä	Toimitus/ryhmä	Vieromaiden merkintä	Julkaisu no.
	10	8		
Rakennusluokitus			Piirustuksen sisältö	Mittakaava
			LEIKKAUKSET a-a JA b-b	1:200, 1:100
Rakennuskohde nimi ja osoite				
A AHLSTRÖM OY				
RIVITALOALUE				
YHTIÖKATU RAUHALLA				
KOTKA				
Talk.	Pvm.	Piir.	Suunn.	Rev.
	29.04.1983	AH		

IP T **INSINÖÖRI** **POHJATUTKIMUS OY**

Suunn. 11 250 Piir. 2

TONTIN RAJA



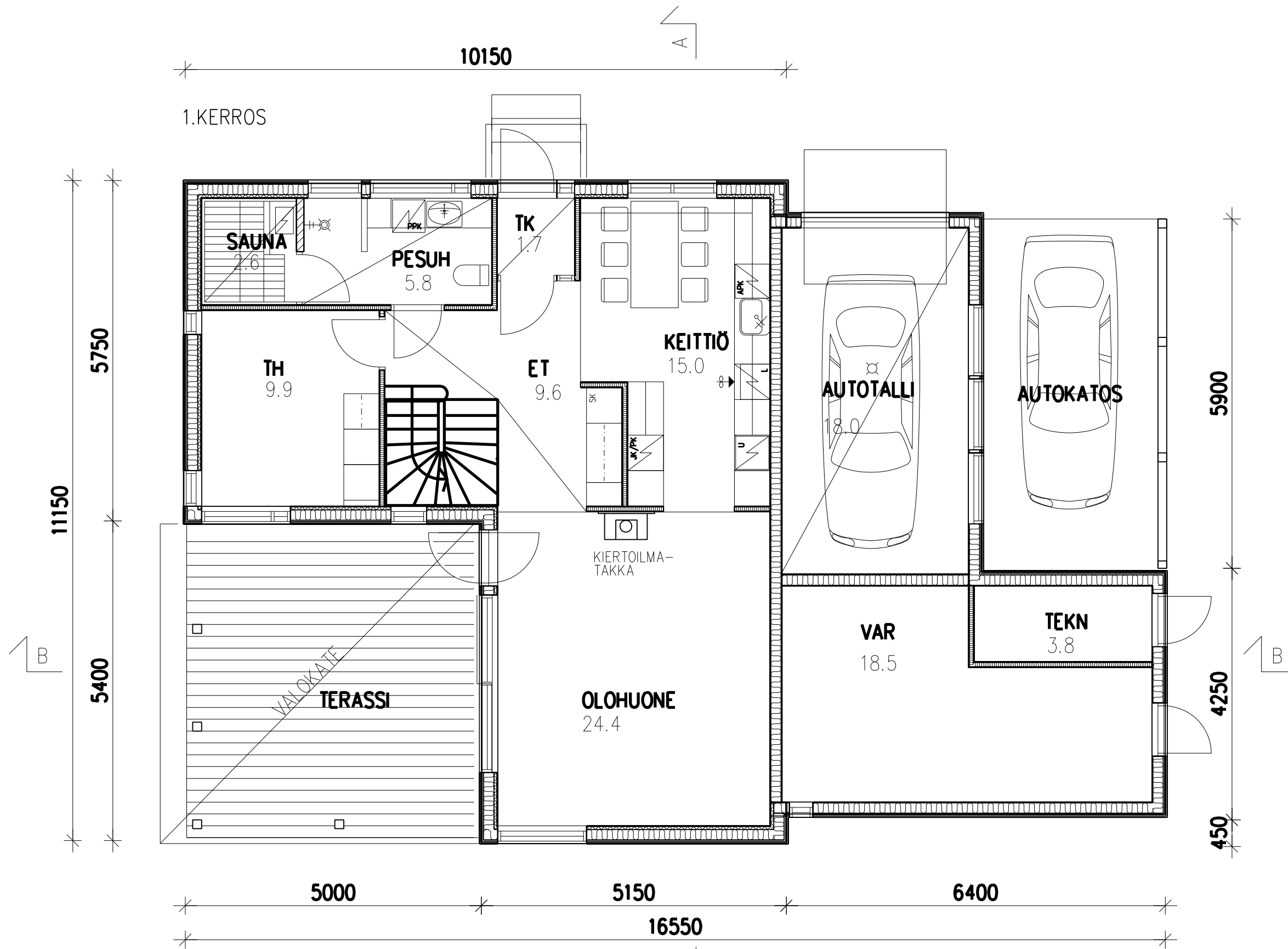
LEIKKAUS c-c

TONTIN RAJA

REV	PVM	TEKIJÄ	ERITTELY

Kat.käytö	Kortti/She	Tontti/Arv	Vierasmäen markkinatila
Rakennuslomake	10	8	
Rakennuskohteen nimi ja osoite	Puolustajien	POHJATUUTKIMUSPIIRUSTUS	Julkaisu n:o
A. AHLSTRÖM OY	RIVITALOALUE	LEIKKAUS c-c	1200/1-100
YHTIÖKATU RAUHALA	KOTKA		

Talli	Pvm	29.04.1983	Piiri	AH	Summa	Työ no	11250	Piiri no	3	Rev
IP T INSINÖÖRITOIMISTO POHJATUUTKIMUS OY										



HUONEISTOALA 121,5 m²

KERROSALA 191 m²
(LASKETTUNA 250 mm ULKO-
SEINÄPAKSUUDELLA)

1. TB-pienpaalut

	Määrätiedot		Työkustannus				huk %	Ainekustannus		Alih./omat palv.		Yhteensä	
	Määrä	yks	h/yks.	h	e/h	yht.e		e/yks.	yht.e	e/yks.	yht.e	yht.e	yht.e
Paalutus	1	erä											
Mittaus 22 kpl	22	kpl		16	30,00	480,00							480,00 €
TB-pienpaalut 180x180 22 kpl													
-Pienpaalujen lyöntityö													
- L=22 x 6m = 132m	132	m								28,80	3802,00		3 802,00 €
YHTEENSÄ				16		480,00 €					3 802,00 €		4 282,00 €

2. Teräspaalut RR90

	Määrätiedot		Työkustannus				huk %	Ainekustannus		Alih./omat palv.		Yhteensä	
	Määrä	yks	h/yks.	h	e/h	yht.e		e/yks.	yht.e	e/yks.	yht.e	yht.e	yht.e
Paalutus	1	erä											
Mittaus 22 kpl	22	kpl		16	30,00	480,00							480,00 €
Teräspaalut RR90 22 kpl sis. Kärjet ja hatut													
-Pienpaalujen lyöntityö													
- L=22 x 6m = 132m	132	m								60,00	7920,00		7 920,00 €
YHTEENSÄ				16		480,00 €					7 920,00 €		8 400,00 €

3. Massanvaihto

	Määrätiedot		Työkustannus				huk %	Ainekustannus		Alih./omat palv.		Yhteensä	
	Määrä	yks	h/yks.	h	e/h	yht.e		e/yks.	yht.e	e/yks.	yht.e	yht.e	yht.e
Massanvaihto													
Maankaivu	2200	m ³								10,00	22000,00		22 000,00 €
Kuljetus	2200	m ³								5,00	11000,00		11 000,00 €
Soratäyttö	2200	m ³								25,00	55000,00		55 000,00 €
YHTEENSÄ				0		0,00 €					88 000,00 €		88 000,00 €

1. Paikalla valettu perusmuuriantura

	Määrätiedot		Työkustannus			huk	Ainekustannus		Alih./omat paiv.		Yhteensä	
	Määrä	yks	h/yks.	h	e/h		yht.e	%	e/yks.	yht.e	e/yks.	yht.e
PERUSTUKSET												
Anturat												
- mittaus	1	erä		12	30,00	360,00						360,00 €
- antura 600x200 60jm												
- laudoitus 60x7jm	420	jm		16	30,00	480,00	15	0,40	193,20			673,20 €
- raudoitus	300	kg		10	30,00	300,00	10	0,85	280,50			580,50 €
- betonointi 60x0,6x0,2	10	m3		6	30,00	180,00	10	90,00	990,00			1 170,00 €
- kuljetus	2	krm								150,00	300,00	300,00 €
- pumppaus 3h, 10m3	10	m3								20,00	200,00	200,00 €
- routaeristeet 100 mm EPS120	140	m2		12	30,00	360,00	5	8,00	1176,00			1 536,00 €
Perusmuuri, paikalla valettu 440m h=800												
-Laudoitus 60x1,6	96	m2		80	30,00	2400,00	15	38,00	4195,20			6 595,20 €
-raudoitus	450	kg		24	30,00	720,00	10	0,85	420,75			1 140,75 €
-betonointi 60x0,44x0,8	30	m3		16	30,00	480,00	10	90,00	2970,00			3 450,00 €
- kuljetus	5	krm								150,00	750,00	750,00 €
-pumppaus 5h, 30m3	30	m3								20,00	600,00	600,00 €
-eriste 80mm, EPS 80 BET	40	m2		16	30,00	480,00	5	12,00	504,00			984,00 €
Alapohjalaatta (tuulettuva)												
- ontelolaatat n.118 m2 sis. rahdin, reiät	1	erä		12	30,00	360,00		4415,32	4415,32			4 775,32 €
- nostot	4	h								80,00	320,00	320,00 €
- jälkivaluraudoitus	100	kg		6	30,00	180,00		0,85	85,00			265,00 €
- jälkivalu	1	m3		8	30,00	240,00		90,00	90,00			330,00 €
- kuljetus ja pumppaus 2h, 3m3	2	h								150,00	300,00	300,00 €
- lämmöneristys eps 120 (200mm)	130	m2		32	30,00	960,00	5	16,00	2184,00			3 144,00 €
YHTEENSÄ				250		7 585,00 €			18 073,97 €		2 470,00 €	27 473,97 €

2. Paikalla valetut paaluanturat ja ontelosokkelielementit

	Määrätiedot		Työkustannus			yht.e	huk %	Ainekustannus		Alih./omat palv.		Yhteensä	
	Määrä	yks	h/yks.	h	e/h			e/yks.	yht.e	e/yks.	yht.e		yht.e
PERUSTUKSET													
Anturat													
- mittaus	1	erä		12	30,00	360,00							360,00 €
- anturalaatikot 600x600x200 22 kpl													
- laudoitus 22 x 2,4 x 0,2	250	jm		10	30,00	300,00	15	4,00	1150,00				1 450,00 €
- raudoitus	150	kg		8	30,00	240,00	10	0,85	140,25				380,25 €
- betonointi	3	m3		6	30,00	180,00	10	90,00	297,00				477,00 €
- kuljetus ja pumppaus 2h, 3m3	2	h								150,00	300,00		300,00 €
- routaeristeet 100 mm EPS120	140	m2		12	30,00	360,00	5	8,00	1176,00				1 536,00 €
Perusmuuri													
-Ontelosokkelielementit	1	erä		24	30,00	720,00			5238,00				5 238,00 €
- nostot	8	h								80,00	640,00		640,00 €
-saumaraudoitus	200	kg		8	30,00	240,00	10	0,85	187,00				427,00 €
-jälkivalumuotti	16	kpl		8	30,00	240,00	10	4,00	70,40				310,40 €
-jälkivalu	2,5	m3		6	30,00	180,00	10	90,00	247,50				427,50 €
-pumppaus 2h, 3m3	2	h								150,00	349,10		349,10 €
Alapohjalaatta (tuulettuva)													
- ontelolaatat n.118 m2 sis. rahdin, reiät	1	erä		12	30,00	360,00			4415,32	4415,32			4 775,32 €
- nostot	4	h								80,00	320,00		320,00 €
- jälkivaluraudoitus	100	kg		6	30,00	180,00		0,85	85,00				265,00 €
- jälkivalu	1	m3		8	30,00	240,00		90,00	90,00				330,00 €
- kuljetus ja pumppaus 2h, 3m3	2	h								150,00	300,00		300,00 €
- lämmöneristys eps 120 (200mm)	130	m2		32	30,00	960,00	5	16,00	2184,00				3 144,00 €
YHTEENSÄ				152		4 635,00 €			15 890,47 €		1 909,10 €		21 029,57 €

3.Paaluantura- ja umpisokkelielementit

	Määrätiedot		Työkustannus			yht.e	huk %	Ainekustannus		Alih./omat palv.		Yhteensä	
	Määrä	yks	h/yks.	h	e/h			e/yks.	yht.e	e/yks.	yht.e		yht.e
PERUSTUKSET													
Anturat													
- mittaus	1	erä		12	30,00	360,00							360,00 €
- paaluanturaelementit 22 kpl				6	30,00	180,00							180,00 €
-nostot	2	h								80,00	160,00		160,00 €
-juotosvalu reijän tukkiminen, uretaani	8	l		2	30,00	60,00	15	5,20	47,84				107,84 €
- routaeristeet 100 mm EPS120	140	m2		12	30,00	360,00	5	8,00	1176,00				1 536,00 €
Perusmuurit,													
-umpisokkelipalkki	1	erä		18	30,00	540,00			10262,00				10 262,00 €
- nostot	6	h								80,00	480,00		480,00 €
-saumaraudoitus	150	kg		4	30,00	120,00							120,00 €
-jälkivalumuotti	20	kpl		6	30,00	180,00	10	4,00	88,00				268,00 €
-jälkivalu	1,4	m3		16	30,00	480,00							480,00 €
Alapohjalaatta (tuulettuva)													
- ontelolaatat n.118 m2 sis. rahdin, reiät	1	erä		12	30,00	360,00			4415,32	4415,32			4 775,32 €
- nostot	4	h								80,00	320,00		320,00 €
- jälkivaluraudoitus	100	kg		6	30,00	180,00		0,85	85,00				265,00 €
- jälkivalu	1	m3		8	30,00	240,00		120,00	90,00				330,00 €
- kuljetus ja pumppaus 2h, 3m3	2	h								150,00	300,00		300,00 €
- lämmöneristys eps 120 (200mm)	130	m2		32	30,00	960,00	5	16,00	2184,00				3 144,00 €
YHTEENSÄ				134		4 055,00 €			18 738,16 €		1 260,00 €		23 088,16 €