

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma/ Korjausrakentaminen ja rakennustuotanto

Petri Miettinen

MAATALOUDEN VARASTORAKENNUKSEN PERUSTAMISVAIHTOEHTOJA

Opinnäytetyö 2014

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

MIETTINEN, PETRI

Maatalouden varastorakennuksen perustamisvaihtoehtoja

Opinnäytetyö

35 sivua + 4 liitesivua

Työn ohjaaja

lehtori Juha Karvonen

yliopettaja Tarmo Kontro

Toimeksiantaja

Rakennus ja Valvonta H. Heikkilä

Marraskuu 2014

Avainsanat

perustaminen, maatalous, varastohalli, kustannusvertailu

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli käsitellä maatalouden kylmän varastorakennuksen eli tyypillisen konehallin perustamiseen liittyviä seikkoja. Työssä vertailtiin kahden erilaisen perustuksen toteuttamistavan materiaali- ja työkustannuksia. Perustuksien rakennevaihtoehdot olivat paikallaanvalettua pilariantura- ja sokkeliperustus sekä pilariantura- ja sokkeliperustus betonielementeistä koottuna. Molemmissa vaihtoehdoissa perustukset toteutetaan matalaperustuksina. Perustukset sopivat markkinoilla oleviin konehalliratkaisuihin, joihin on saatavilla kehät teräksisinä kolminivelkotelopalkkeina.

Opinnäytetyö tehtiin Rakennus ja Valvonta H. Heikkilälle, joka on rakennusvalvontaan ja suunnitteluun keskittynyt yksityinen liikkeenharjoittaja Päijät-Hämeen Orimatilasta.

Opinnäytetyön kirjallisessa osuudessa esitellään kolme konehallin erilaista runkoratkaisua ja käydään läpi rakennuksen perustamisen keskeisempiä aihepiirejä. Kustannuslaskenta tehtiin panospohjaisena laskentana Excel-taulukkoon.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kirjallinen tietopaketti avuksi konehallin rakennushankkeeseen ryhtyvälle maatalousyrittäjälle ja kustannusvertailu, mistä selviää, että paikallavalettu perustus on kustannustehokkaampi kuin elementtiperustus tämän kohteisessa rakennushankkeessa.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

MIETTINEN, PETRI

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

November 2014

Keywords

Foundation Options for Agricultural Storage Building

35 pages + 4 pages of appendices

Juha Karvonen, Senior Lecturer

Tarmo Kontro, Principal Lecturer

Rakennus ja Valvonta H. Heikkilä

foundation, agriculture, storage building, cost comparison

The purpose of this thesis was to moot a cold agricultural storage building, so-called machinery hall, founding and to compare material and labor costs of two different kind of foundations. The comparison was made between stationary cast pillar-blocks with a foundation wall and concrete element assembled pillar-blocks with a foundation wall. The foundations were implemented as a shallow foundation and were sustainable for sale as part of machinery hall solutions, where frames are three-joint steel beams.

The theoretical part of this thesis introduces three different types of machinery hall frame solutions and introduces main topics of the building foundation. The cost comparison is presented in an excel-table.

The results of this thesis provide information package with a cost comparison and is addressed for agricultural entrepreneurs, who plans to build a machinery hall. The cost comparison showed that a construction project of this size, stationary cast pillar-blocks with a foundation wall are a more cost-effective option than element assembled pillar-blocks with a foundation wall.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
1.1	Opinnäytetyön tausta	6
1.2	Opinnäytetyön rajaus	6
2	MAATILOJEN VARASTORAKENNUKSET	7
2.1	Yleistä	7
2.2	Kolminivelkehähalli	7
2.3	Paikallaanrakennettu konehalli	8
2.4	Puuelementtihalli	9
3	PERUSTAMINEN	9
3.1	Pohjatutkimus	9
3.2	Perustamistavat	10
3.3	Rakennuspohjan kuivatus	12
3.4	Perustusten routasuojaus	15
4	BETONI	19
4.1	Yleistä	19
4.2	Betonin lujuus- ja rasitusluokat	20
4.3	Betonin maksimiraekoko ja notkeus	22
4.4	Rakennebetonit	22
5	KONEHALLIN ULKOMITAT JA PERUSTAMISTAVAN VALINTA	23
5.1	Perustukset paikallaanvaluna	25
5.2	Esivalmistettu muotti	25
5.3	Perustukset betonielementeistä	27
6	PERUSTUSTEN KUSTANNUSVERTAILU	28
6.1	Kustannuslaskenta	28
6.2	Kustannuslaskennan tulokset	29

7 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	33
LIITTEET	
Liite 1. Perustuksen mittakuva	
Liite 2. Kustannuslaskentataulukko	

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Opinnäytetyön tausta

Tarve opinnäytetyön aiheen tutkimiseen tuli Hermann Heikkilältä, hän toimii maatalousyrittäjien kanssa ja haluaa vastauksen siihen, miten suuri materiaalikustannusten ero on paikallaanvaletun perustuksen ja betonielementeistä kootun perustuksen välillä sekä kuinka suuri on työkustannusten ero näiden toteuttamistapojen välillä. Kirjallisen osuuden tarkoituksena on perehdyttää lukija rakennuksen perustamisen keskeisiin aihealueisiin ennen rakennushankkeeseen ryhtymistä. Kuvassa 1. on maatalousyrittäjän itse pystyttämä Weckman Oy:n toimittama kolminivelkehähalli, jonka pilarianturat ovat elementtivalmisteiset ja johon Rakennus ja Valvonta H. Heikkilä on tehnyt perustussuunnitelman. Hallin päädyssä on iso ovi suurien maatalouskoneiden varten ja hallin toisella sivulla kaksi pienempää ovea.



Kuva 1. Weckman konehalli

## 1.2 Opinnäytetyön rajaus

Opinnäytetyö on rajattu koskemaan konehallin kustannuksista ainoastaan perustusrakenteita, salaojitusta, routasuojausta ja maanvaraista laattaa. Maankaivu ja täyttötööt on rajattu opinnäytetyön ulkopuolelle.

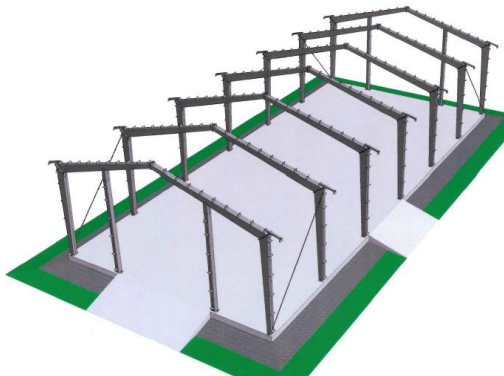
## 2 MAATILOJEN VARASTORAKENNUKSET

### 2.1 Yleistä

Suomen maatalouden tilakoot ovat kasvaneet ja maataloudessa käytettävien koneiden koot ovat suurentuneet Suomen liittyttyä Euroopan unioniin. Monet tilat ovat luopuneet karjanpidosta ja siirtyneet viljantuottajaksi. Maatilan tyhjiksi jääneet navettarakennukset ovat hyvin epäkäyttännöllisiä viljantuottajan varastorakennuksina. Tämä aiheuttaa lisääntyvää tarvetta uusille maatalouden varastorakennuksille. Varastorakennusten toteuttamiseen on useita erilaisia rakenneratkaisuja, joista luvuissa 2.2 – 2.4 esitetään yleisimmin käytössä olevat.

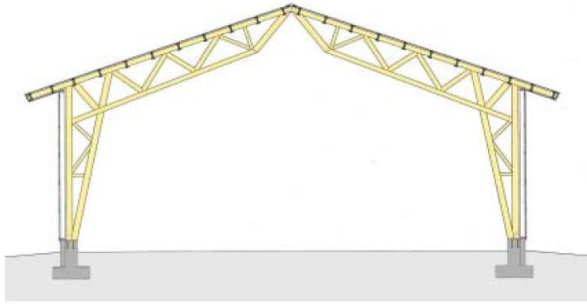
### 2.2 Kolminivelkehähalli

Teräksisiä kolminivelkehähalleja on saatavissa eri kokoluokissa. Leveydet vaihtelevat alkaen 11 metristä aina 24 metriin saakka. Hallin sisätila on vapaata tilaa kattoon saakka ja hallin tulevan pituuden määrittää kehäjako. Kehien väliin saa haluamansa määrän ovia, ja hallin päätyyn on helppo sijoittaa ovi isoja koneita varten. Halleja saa joko kylminä tai lämpöeristettyinä halleina. Hallin rakenne perustuu teräksisistä kotelopalkeista rakentuviin kolminivelkehiin, jotka kasataan maassa pulttiliitoksien ja nostetaan pystyyn peruspilareiden peruspulteille. Hallin seinä- ja katto-orsille on valmiit hitsatut kiinnikkeet kehissä. Ulkovuori tehdään yleensä profiilipeltisenä, mutta puuverhouskin on mahdollinen ulkoseinämateriali. (1.) Kuvassa 2 on periaatekuva Weckman Steel Oy:n teräksisestä kolminivelhallista.



Kuva 2. Periaatekuva Weckman Steel Oy:n teräksisestä kolminivelhallista (2, 11.)

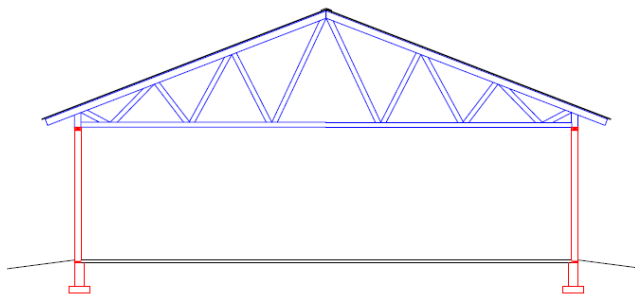
Kolminivelkehät on mahdollista toteuttaa myös kerto- ja liimapuu- sekä naulalevyristikko eli nr-rakenteisina. Nr-rakenteisen hallin kehän puoliskot koostuvat kolmesta toisiinsa liitetystä naulalevyristikosta, jotka kootaan valmiiksi maassa ja pystytetään paikoilleen.(3,41.) Kuvassa 3 on esitetty periaatekuva nr-rakenteisesta kolminivelhallista.



Kuva 3. Nr - rakenteinen kolminivelhalli (4, 34.)

### 2.3 Paikallaanrakennettu konehalli

Yleisin käytössä oleva rungon toteuttamismalli on 600 mm:n jaolla oleva paikallaanrakennettu puurakenteinen rankaseinä, jonka yläpohjarakenteet ovat naulalevyristikoita. Mallissa hallin ulkoseinät toimivat kantavana rakenteena ja naulalevyristikot siirtävät yläpohjan kuormat pitkille seinälinjoille. (4, 29.) Rungon rakennetaan työmaalle tilatusta sahatavarasta, jotka mitataan ja sahataan työmaalla piirustusten mukaisiksi. Kuvassa 4 on esitetty leikkauskuva rankarakenteisesta konehallista.

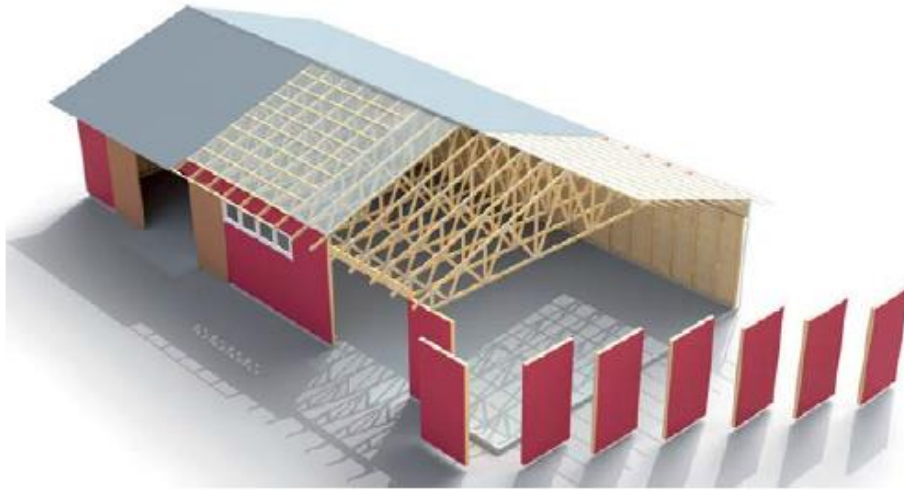


Kuva 4. Rankarakenteinen konehalli (4, 30.)



## 2.4 Puuelementtihalli

Puuelementtihallin ulkoseinät valmistetaan tehtaalla suunnitelmien mukaisesti elementeistä. Ulkoseinissä on ulkovuori asennettuna ja valmiiksi maalattuna sekä ikkunat valmiiksi asennettuina elementteihin. Elementtihallit voivat olla eristämättömiä tai lämpöeristettyjä. Vesikattorakenteet toteutetaan myös tässä mallissa naulalevyristikoilla (5.) Kuvassa 5 on esitetty elementtirakenteinen konehalli.



Kuva 5. Elementtirakenteinen konehalli (6, 4.)

## 3 PERUSTAMINEN

### 3.1 Pohjatutkimus

Rakennushankkeeseen ryhtyessä rakennuspaikan pohjasuhteet on selvitettävä ennakkolta. Pohjatutkimuksella varmistetaan maapohjan riittävä kantavuus, ja se vaikuttaa ratkaisevasti rakennuksen perustamistavan valintaan. Pohjatutkimuksen tuloksena saadaan pohjatutkimusraportti, joka sisältää suosituksen rakennuksen perustamistavaksi. (7, 205.)

Pohjarakenteet on jaettu kolmeen vaativuusryhmään Suomen rakentamismääräyskoelman A2 mukaan: erittäin vaativat (AA), vaativat (A) ja helpot (B). Rakennus kuuluu vaativaan luokkaan (AA), kun se täyttää seuraavat kriteerit:

- Rakennus sijaitsee eloperäisten tai hienorakenteisten maalajien alueella.
- Rakennus on suuri ja monimutkainen.

- Rakennuksessa on epätavallisia kuormituksia.
- Rakennuksessa käytetään uusia pohjarakennusmenetelmiä.
- Rakennuksen rakennuspaikalla sijaitsee vaikeat ja vaihtelevat pohjasuhteet.
- Naapurirakennukset vaikuttavat suunnitteluun. (8, 11.)

Rakennus kuuluu vaativaan luokkaan (A) seuraavissa tapauksissa:

- Rakennus on suuri ja vaativa ja rakennuspaikka sijaitsee kalliolla, moreenin tai karkearakeisten maalajien alueella.
- Rakennus on kooltaan tavanomainen, ja rakennuspaikka sijaitsee hienorakeisten maalajien alueella.(8, 11.)

Rakennus kuuluu helppoon luokkaan (B), kun sillä on seuraavia ominaisuuksia:

- Rakennus on kooltaan tavanomainen.
- Rakennuspaikka sijaitsee kalliolla, moreeni tai karkearakeisten maalajien alueella. (8, 11.)

Erittäin vaativissa (AA) kohteissa pohjasuhteiden selvitys tehdään pohjatutkimuksella. Pohjatutkimuksessa selvitetään rakennuspaikan pinnanmuodot, maapohjan kerrosrakenne, kalliopinnan sijainti, maakerrosten ominaisuudet, kallion ominaisuudet ja pohjavesisuhteet. (9,5.)

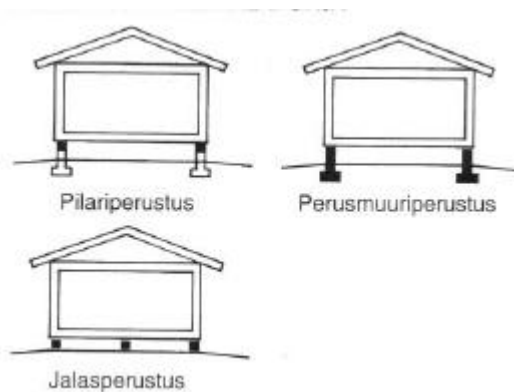
Pohjatutkimus tehdään yleensä aina, mutta vaativissa kohteissa (A) ja helppoissa kohteissa (B) pohjatutkimusta ei tarvitse tehdä, jos käytössä on kaavoituksen yhteydessä tehtyjä pohjatutkimuksia tai rakennuspaikan läheisyydessä muissa yhteyksissä tehtyjä pohjatutkimuksia. Pohjarakenteiden suunnittelun ja rakentamisen osalta tutkimusten pitää kuitenkin olla luotettavia ja turvallisia. Helppoissa kohteissa (B) voidaan pohjatutkimus korvata joskus asiantuntijan maastokatselmuksella, mistä pitää liittää kirjallinen lausunto rakennuskohteen pohjasuhteista suunnitelma-asiakirjoihin. (9, 5.)

### 3.2 Perustamistavat

Rakennuksen perustamistavat voidaan anturan alapinnan korkeuden mukaan jakaa syväperusteisiksi tai matalaperusteisiksi perustuksiksi. Syväperusteuksella tarkoitetaan sitä, että rakennuksesta aiheutuvat kuormat välitetään perusmuurin ja pilareiden välityk-

sellä routarajan alapuolelle. Yleisimmin käytössä olevia syväperustusmenetelmiä ovat peruspilarimenetelmä, peruspilari- sekä sokkelipalkkimenetelmä ja perusmuurimenetelmä. (7, 198 – 199.)

Matalaperustustavassa perustusten alapinta on routarajan yläpuolella. Perustamis-syvyys on noin 0,5 - 0,6 m. Matalaperustustavat voidaan jakaa kahteen päätyyppiin ryömintätillaiseen alapohjaan ja maanvaraiseen alapohjaan. Ryömintätillaisessa alapohjassa on käytössä kolme perustustapaa pilariperustus tai pilari-palkkiperustus, perusmuuriperustus ja jalasperustus. (7, 205.) Kuvassa 6 on esitetty ryömintätillaiset alapohjat.

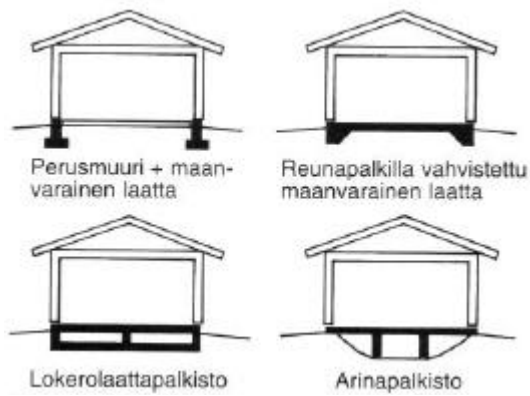


Kuva 6. Ryömintätillaiset alapohjat (10, 149).

Maanvaraisessa perustamistavassa on käytössä neljä perustamistapaa:

- perusmuuri maanvaraisella laattalla
- reunapalkilla vahvistettu maanvarainen laatta
- lokerolaattapalkkisto
- arinapalkkisto. (7, 205.)

Kuvassa 7 on esitetty maanvaraiset alapohjat.

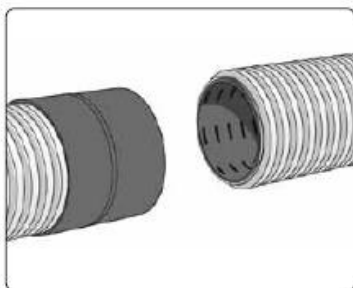


Kuva 7. Maanvaraiset alapohjat (10, 149.)

### 3.3 Rakennuspohjan kuivatus

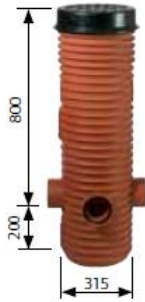
Rakennuspohjan kuivatuksella on tarkoituksena estää veden kapillaarinen nousu rakenteisiin salaojituskerrosten avulla sekä johtaa salaojituksen avulla pohja- ja vajovesi pois rakennusten vierustoilta. Salaojat pyritään suunnittelemaan ensisijaisesti painovoimaisena viettoviemäröintinä ja pohjaveden pinnan ollessa perustusrakenteiden alapuolella riittää, kun salaojat sijoitetaan rakennuksen ulkoseinille. Rakennuspohjan kuivatuksella estetään veden aiheuttamat haitat ja vauriot rakennuksen rakenteille (11, 11, 24.)

Rakennuspohjan kuivatuksessa käytettävien salaojaputkien minimikoko on DN 100 mm, ja salaojaputket ovat SN 8 jäykkyysluokan PE- tai PP-muoviputkia. Salaojaputket ovat rakenteeltaan kaksinkertaisia, ulkopinnoiltaan aaltomaisia ja sisäpinnoiltaan sileitä. Eri valmistajien salaojaputkiin on erilaisia muotokappaleita ja liitoskappaleita. (11, 31, 38.) Kuvassa 8 on esitetty Uponorin valmistamat salaojaputket, joissa toisen päässä on liitoskappale.



Kuva 8. Uponor-salaojaputki (12, 3.)

Salaojakaivoina käytetään läpimitaltaan 315...600 mm:n muovirakenteisia kaivoja, koska ne ovat kevyitä käsitellä ja helppoja asentaa. Salaojan tarkastusputken läpimitta on 200 mm ja rakennuksen jokaiseen kulmaan tulee asentaa tarkastuskaivo. (11, 38.) Kuvassa 9 on Uponor Oy:n valmistama salaojakaivo.



Kuva 9. Uponor salaojakaivo 315 (12)

Salaojaputkien alla ja sivuilla pitää olla vähintään 100 mm:n kerros salaojasoraa sekä yläpuolella hyvin vettä läpäisevä sorakerros. Salaojat sijoitetaan rakennuksen routaeristyksen alapuolelle, ja ilman routaeristystä salaojan syvyyden pitää Etelä-Suomessa olla vähintään 0,8 m, Keski-Suomessa 1 m ja Pohjois-Suomessa 1,2 m. Salaojan toimissa painovoimaisesti tulee putken viettä koko matkaltaan kuivatussuunnitelman määrityksen mukaisesti vähintään 0,5 %. Salaojaputken asennuksessa tulee olla huolellinen, ettei putkien asennuksen aikana putkeen jää salaojavesiä kerääviä notkopaikkoja. Rakennuksen kaikki salaojat yhdistetään perusvesikaivoon, joka on esitetty kuvassa 10. Tästä kuivatusvedet puretaan purkuputkella kunnan rakennusvalvonnan ohjeiden mukaisesti. (7, 208.)



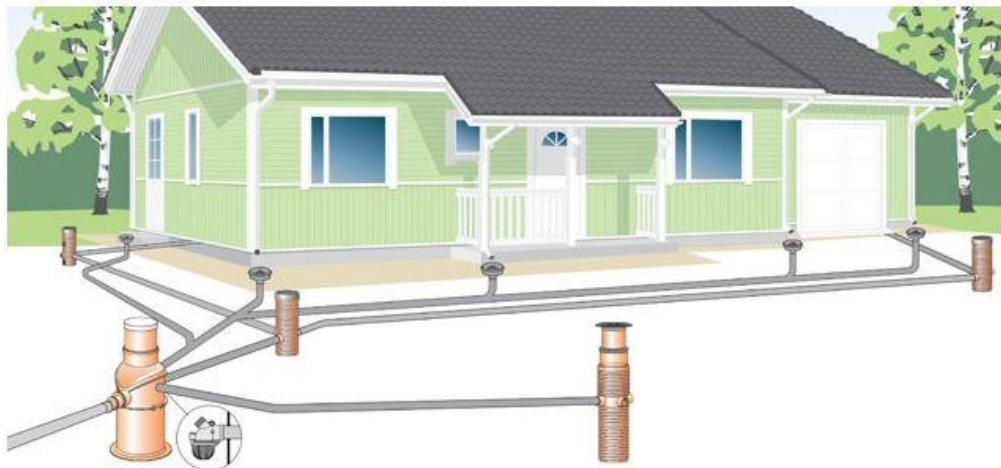
Kuva 10. Uponor-pihakaivo 560 (13, 10.)

Rakennuksen vieressä pihan kallistukset suunnitellaan rakennuksesta pois päin 3 metrin matkalla vähimmäiskaltevuudella 1:20. Tämä estää tulvavesien pääsyn rakennuksen sisälle ja pintavesien tarpeettoman imeytymisen rakennuksen salaojituserroksiin. (11, 51.) Sadevedet voidaan ohjata joko pintakourujen tai sadevesikaivojen ja erillisen sadevesiviemäroinnin avulla pois rakennuksen vierustoilta riittävän kauas rakennuksesta, etteivät sadevedet tarpeettomasti kuormita rakennuksen salaojaverkostoa. Erillinen sadevesiviemärointi on kuitenkin paras tapa johtaa rakennuksen sadevedet rakennuksen vierustoilta. Katoilta tuleva sadevesi johdetaan syöksytorvia pitkin rännikaivoihin ja sieltä muoviviemäreitä pitkin sadevesien purkupaikkaan. (7, 208.) Kuvassa 11 on Uponorin valmistama rännikaivo.



Kuva 11. Uponor-rännikaivo 315/110 (13, 4.)

Kuvassa 12 on esitetty Uponor-salaoja- sekä sadevesijärjestelmä omakotitaloon. Konehallin salaoja- ja sadevesijärjestelmä voidaan toteuttaa samalla periaatteella. Rakennuksen kulmiin on asennettu salaojakaivot, jotka yhdistetään salaojaputkilla perusvesikaivoon. Rännikaivot on asennettu katon muotojen vaatimille paikoille lähelle perusmuuria, joista sadevedet ohjataan sadevesiputkia pitkin perusvesikaivoon. Järjestelmään on lisätty myös pihakaivo, johon esim. laatoitetulta tai asfaltoidulta pihalta voidaan kerätä sadevedet. (12.)



Kuva 12. Uponor-salaoja- sekä sadevesijärjestelmä (12)

### 3.4 Perustusten routasuojaus

Maa alkaa routaantua, kun maan lämpötila laskee alle  $0^{\circ}\text{C}$  ja maan huokosissa oleva vesi jäätyy. Routivassa maassa olevan veden jäätyminen aiheuttaa maakerroksen tilavuuden muutoksen. (14, 11.)

Routimisen ja roudan rakennuksille aiheuttamia ongelmia ovat:

- Maaperään muodostuu jäälinssejä.
- Rakennuksen perusmuuri ja seinät vaurioituvat.
- Rakennuksen ovet ja ikkunat vaurioituvat.
- Rakennuksen kylmät rakenteet kallistuvat.
- Rakennuksen kaapelit ja putket vaurioituvat ja vesijohdot jäätyvät.
- Rakennuksen läheisyydessä maanpinta kohoaa.
- Roudan sulaessa maaperän kantavuus pienenee. (8, 148.)

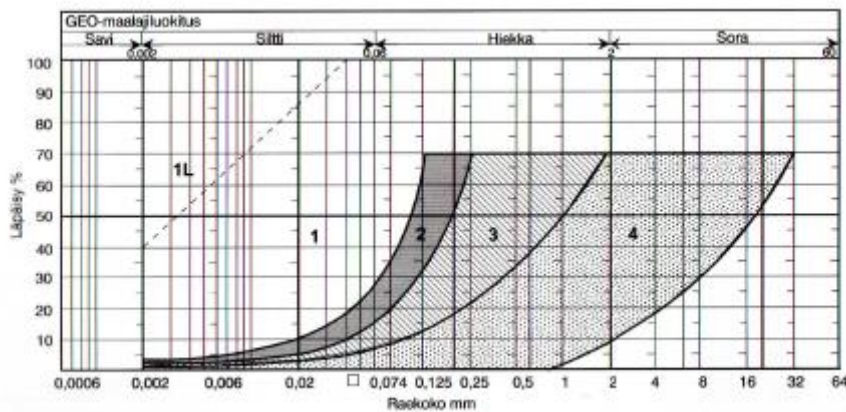
Maalajit jaetaan kallioperästä syntyneisiin kivennäismaalajeihin sekä kasvien ja pieneliöiden jäänteistä syntyneisiin eloperäisiin maalajeihin. Kivennäismaalajeja ovat:

- savi (Sa), raekoko  $< 0,002$
- siltti (Si), raekoko  $> 0,002 \dots 0,06$
- hiekka (Hk), raekoko  $> 0,06 \dots 2,0$
- sora (Sr), raekoko  $> 2,0 \dots 60,0$
- kivet (Ki), raekoko  $> 60,0 \dots 600$

- lohkat (Lo), rakekoko > 600 (15, 20.)

Eloperäisiä maalajeja ovat turve ja lieju. (15,27.)

Rakennuspohjan maaperän routimattomuus pitää osoittaa maaperänäytteillä. Pidettäessä rakennuspohjaa routimattomana voidaan routivuutta arvioida maaperän rakeisuuskäyrän perusteella. (8, 148.) Kuvasta 13 voidaan arvioida maalajien routivuutta maalajin rakeisuuden perusteella. Maalajien rakeisuuskäyrien ollessa alueella 1 maalajit ovat routivia. Kun maalajien rakeisuuskäyrä on alueella 2, 3, ja 4, maalajit ovat routimattomia kuitenkin niin, etteivät käyrien alapäätt päädy vasemmanpuoleisen rajakäyrän yläpuolelle. (14, 12.)



Kuva 13. Maalajien routivuus rakeisuuden perusteella (14, 12.)

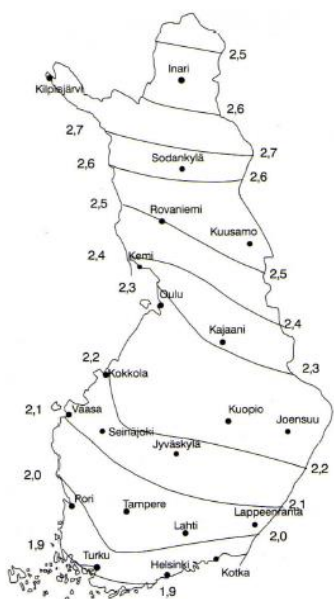
Routivina kivennäismaalajeina voidaan pitää savea ja silttiä. Moreenit ja muut maalajit ovat myös routivia, jos niissä on hienompia lajitteita enemmän kuin 3 painoprosenttia maaperänäytteen alle 2 mm halkaisijaltaan olevien rakeiden määrästä. Routimattomina kivennäismaalajeina voidaan pitää soraa ja hiekkaa. Siltti ja moreeni voivat olla routimattomia, jos niissä on hienompia lajitteita vähemmän kuin 3 painoprosenttia alle 2 mm halkaisijaltaan olevien rakeiden määrästä (7, 207.) Taulukossa 1 maalajit on jaoteltu routivuusryhmiin maalajin kapillaarisuuden perusteella.



Taulukko 1. Maalajit jaoteltuina routivuusryhmiin kapillaarisuuden perusteella (14, 12.)

Routivuusryhmä	Maalaji (GEO)	Huom.
Yleensä routiva	Sa, Si saSi hkSi, SiMr saSiMr hkSiMr siHkMr	Siltti muodostaa edulliset olosuhteet veden virtaukselle jäätymisrintamaan. Kapillaarisuus > 2 m
Routiva, jos jäätymisrintamaan voi kulkeutua riittävästi vettä	Mr HkMr SrMr siHk	Kapillaarisuus 1...2 m
Yleensä routimaton	HkMr SrMr hkSrMr srHkMr srHk, hkSr Hk, Sr	Kapillaarisuus < 1 m

Rakennuksen perustamissyvyys määrittää routasuojauksen tarpeen. Kun rakennus perustetaan ns. matalaperustaiseksi rakennuksen perustusten alapinta jää routimattoman perustussyvyyden yläpuolelle. Tarvitaan rakennukseen routasuojaus, ja jäätyvät kerrokset tulee vaihtaa routimattomiin. Routasuojauksella estetään maapohjan jäätyminen. (14, 23.) Kylmien rakennusten routimaton perustamissyvyys routivalla maalla määräytyy kuvan 14 mukaisesti.



Kuva 14. Kylmien rakennusten routimaton perustamissyvyys (14, 22.)

Kun rakennus perustetaan matalaperustaiseksi rakennusten ja piha-alueiden routasuojauksessa käytetään yleisimmin solumuovilevyjä ns. polystyreenisolumuovilevyjä. Rakennuksen routaeristysmateriaalien valintaan vaikuttavat ominaisuudet ovat läm-

mönjohtavuus, kestoikä, kosteuskäyttäytyminen, kuormituskestävyys ja pakkaskestävyys. Polystyreenisolumuovilevyt voidaan jakaa paisutettuihin levyihin (EPS) sekä puristettuihin levyihin (XPS), niiden valmistustavan perusteella. (14, 74).

EPS (expanded polystyrene) on lämmöneriste, joka valmistetaan polystyreenistä paisuttamalla. Valmistuksessa ponneaineena käytetty pentaani korvautuu ilmalla, mihin lämmöneristeen eristyskyky perustuu. Lämmöneristeen muoviraaka-aineen määrä on vain noin 2...5 % levyjen koko tilavuudesta. EPS-eristeellä on paljon hyviä ominaisuuksia. EPS-eriste ei lahoa, homehdu, johda vettä kapillaarisesti eikä siitä haihdu maaperään, ilmaan tai pohjaveteen terveydelle haitallisia yhdisteitä. EPS-eristeet tuotanimikkeet on jaoteltu niiden puristuskestävyyden sekä käyttökohteen mukaan. Esimerkiksi EPS 120 Routa-eristettä voidaan käyttää, kun eristettä kuormitetaan ainoastaan eristeen yläpuolisilla maakerroksilla. Kun eristeeltä vaaditaan parempaa puristuskestävyyttä esimerkiksi rakennuksen anturoiden alla tai pihan liikennealueilla, voidaan käyttää puristuskestävyydeltään parempia arvoja omaavia eristeitä, esim. EPS 200 Routa, EPS 300 Routa tai EPS 400 Routa. EPS-eristeiden laatuvaatimukset on määritelty EPS 2000-tuoteluokituksessa. (14, 74 - 75.)

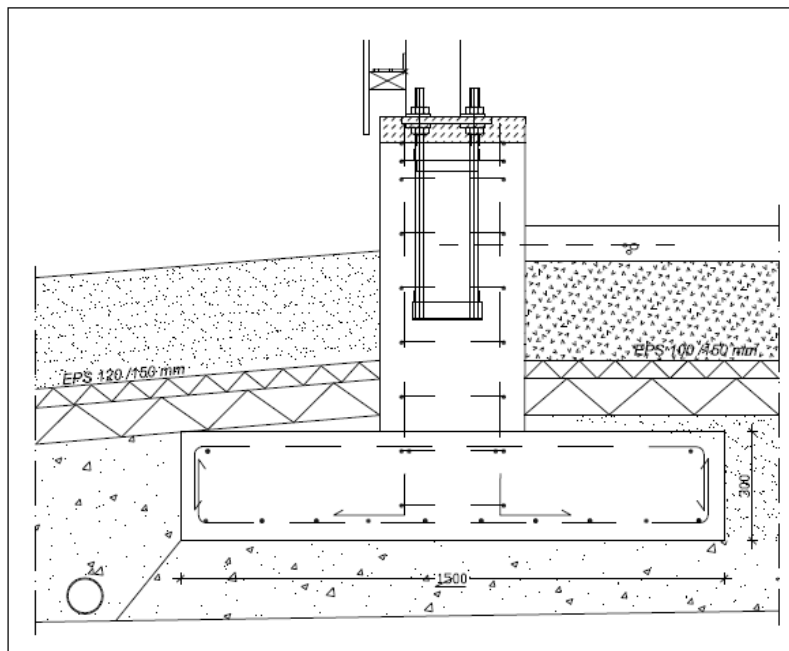
XPS-eriste (extruded polystyrene) valmistetaan liuottamalla korkeassa paineessa hiilidioksidia sulaan polystyreeniin. Hiilidioksidi poistuu solumuovi rakenteesta muuttamassa viikossa solumuovin valmistumisen jälkeen ja korvautuu ilmalla. Syntyy tiivis, tasainen ja suljettu solurakenne, jossa ei ole hiushuokosia eikä ilmakäytäviä. XPS-eriste ei lahoa, homehdu, johda vettä kapillaarisesti eikä siitä haihdu maaperään, ilmaan tai pohjaveteen terveydelle haitallisia yhdisteitä. (14, 76.)

Rakennuksen routaeristeenä voidaan käyttää myös leca- eli kevytsoraa. Kevytsoran raaka-aineena käytetään kotimaista plastista savea. Savi esimuokataan ja poltetaan pyörivässä uunissa noin 1 150 °C:n lämpötilassa. Pyörivässä uunissa savesta muotoutuu pinnaltaan sitraantuneita rakeita, jotka ovat täynnä suljettuja ilmahuokosia. Ilmahuokosten takia kevytsora on hyvin lämpöä eristävä materiaali. Kevytsora on kemiallisesti neutraali eristysmateriaali, ja sen pH on noin 7. Routaeristeenä käytettäviä kevytsoralajikkeita ovat

- KS820, raekoko 8...20 mm
- KS420, raekoko 4...20 mm

- KS432, raekoko 4...32 mm. (14, 78 - 79.)

Kuvassa 15 on esitetty kylmän konehallin routasuojaus, joka on toteutettu EPS-eristeellä. Routasuojaus sijoitetaan maanvaraisenlaatan alle yhdellä 100 mm:n EPS 100-eristeellä sekä yhdellä 50 mm:n EPS 100-eristeellä. Konehallin ulkopuolella routaeristys on toteutettu EPS 120-eristeellä kokonaispaksuuden ja levykokojen ollessa samoja kuin maanvaraisenlaatan alapuolella. Routasuojaus on 1 200 mm leveä sekä rakennuksen ulko- että sisäpuolella.



Kuva 15. Konehallin routasuojaus (16.)

## 4 BETONI

### 4.1 Yleistä

Betoni on rakennusteollisuudessa käytetty keinokivi, joka valmistetaan sementin, veden ja runkoaineen seoksena. Sementti ja vesi aiheuttavat keskenään kemiallisen kovettumisreaktion, josta syntyy sementtikivi liimaa runkoaineet yhteen ja näin muodostuu hyvin puristusta kestävää betonia. (17, 5.)

Valmiin betonin tilavuudesta suurin osa on runkoainetta, joka on moreenia, harjuso-  
raa, someroa tai kallioperästä murskaamalla saatavaa kiviainesta. Valmiin betonikuu-  
tion määrästä sementtiä on noin 300 kg ja sen raaka-aineet koostuvat kalkkikivestä,

kvartsista ja savesta. Nämä raaka-aineet saadaan betoniin soveltuvaksi sementiksi jauhamalla ja polttamalla. (18.)

Betoni sisältää usein myös seosaineita, joita ovat lentotuhka, masuunikuona ja silika. Nämä seosaineet vaikuttavat betonin ominaisuuksiin parantaen betonin lujuutta, kemiallista kestävyyttä, tiiveyttä, vedenpitävyyttä tai niillä voidaan korvata osittain käytettävää sementtimäärä. (18.)

Betonin lisäaineilla pystytään parantamaan betonin teknisiä ominaisuuksia, kun betonia työstetään työmaalla. Lisäaineet vaikuttavat betonin työstettävyyteen, kovettumisaikaan ja lujuuteen. Lisäaineita käytetään hyvin pieniä määriä n. 0,01 ... 3 % betonin massan sementin painosta. (18.)

#### 4.2 Betonin lujuus- ja rasitusluokat

Betonirakenteiden suunnittelija määrittää betonirakenteen lujuus- ja rasitusluokan esimerkiksi merkinnällä C 30/37 XC3. Merkinnässä ensimmäinen luku tarkoittaa betonin lieriöpuristuslujuutta, toinen luku kuutiopuristuslujuutta ja merkintä XC3 betonin rasitusluokkaa. Betoni voidaan jakaa lujuusluokkiin taulukon 2 mukaan betonin puristuslujuuden perusteella sekä rasitusluokkaan taulukon 3 ja 4 mukaan. Taulukossa 3 betonirakenteen suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta, ja taulukossa 4 suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta. (19, 106 – 107.)

Taulukko 2. Lujuusluokat (19,107.)

Lujuusluokka	Lujuusluokka SFS-EN 206-1 mukaan	Alin 150x300 lieriöllä määrätty ominaislujuus $f_{ck,cyl}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Alin 150 mm:n kuutiolla määrätty ominaislujuus K [MN/m <sup>2</sup> ]	Alin 100 mm:n kuutiolla määrätty ominaislujuus K [MN/m <sup>2</sup> ]
C12	C12/15	12	15	15,5
C16	C16/20	16	20	20,6
C20	C20/25	20	25	25,8
C25	C25/30	25	30	30,9
C30	C30/37	30	37	38,1
C35	C35/45	35	45	46,4
C40	C40/50	40	50	51,5
C45	C45/55	45	55	56,6
C50	C50/60	50	60	61,8
C55	C55/67	55	67	69,0
C60	C60/75	60	75	77,2
C70	C70/85	70	85	87,6
C80	C80/95	80	95	97,8
C90	C90/105	90	105	108,2

Taulukko 3. Rastitusluokat suunnittelukäyttöikä 50 vuotta (19,108.)

	Rastitusluokat																	
	Ei korroosio- n tai rastituksen vaaraa	Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio				Kloridien aiheuttama korroosio						Jäädytys-sulatus-rastitus <sup>1)2)</sup>				Aggressiiviset kemialliset ympäristöt		
						Merivesi			Kloridit muusta kuin merivedestä									
		X0	XC 1	XC 2	XC 3	XC 4	XS1	XS 2	XS 3	XD 1	XD 2	XD 3	XF 1	XF 2 <sup>3)</sup>	XF 3	XF 4 <sup>3)</sup>	XA 1	XA 2
w/c enintään		0,90	0,80	0,60	0,60	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,60	0,50	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40
Vähimmäis- lujuusluokka	C12/15	C20/25	C20/25	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45					C30/37	C35/45	C40/50
Vähimmäissementti- määrä (kg/m <sup>3</sup> )		160	160	250	250	300	320	320	300	300	320	270	330	300	360	300	320	330
Ilmamäärä												4,0 <sup>4)</sup>	5,0	4,0 <sup>4)</sup>	5,5			

1) Lisäksi keipolisuusvaatimukset Liitteen 5 taulukon 1 mukaan.  
2) Rastitusluokissa XF2 ja XF4 edellytykset betonin vesi-sementtisuhteen, ilmamäärän ja sementtimäärän vaatimukset ovat sementtilaadulle CEM I, CEM I/A-D, CEM I/A-LL, CEM I/A-M ja CEM I/B-M taulukossa 4.8 esitellyn rajoituksen.  
3) Sementtilaajujen CEM I/A-S, CEM I/B-S ja CEM I/A-V käyttö tai sementtilaajujen CEM I/A-LL, CEM I/A-M ja CEM I/B-M koostumusrajottamaton käyttö tai taulukon mukaisista suhteellisuusvaatimuksista poikkeaminen rastitusluokissa XF2 ja XF4 edellyttää betonin pakkasluokestävyyden osoittamista toiminnallisilla menetelmillä Liitteen 5 kohdan 3.2 mukaan.  
4) Ilmamäärävaatimus koskee betonia, jossa kivinäkeksen yläraja on vähintään 16 mm. Ylärajan ollessa 12 mm ilmamäärävaatimusta nostetaan 0,5 %-yksikköä ja ylärajan ollessa 8 mm 1,0 %-yksikköä.

Taulukko 4. Rastitusluokat suunnittelukäyttöikä 100 vuotta (19,109.)

	Rastitusluokat																	
	Ei korroosio- n tai rastituksen vaaraa	Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio				Kloridien aiheuttama korroosio						Jäädytys-sulatus-rastitus <sup>1)</sup>				Aggressiiviset kemialliset ympäristöt		
						Merivesi			Kloridit muusta kuin merivedestä									
		X0	XC 1	XC 2	XC 3	XC 4	XS1	XS 2	XS 3	XD 1	XD 2	XD 3	XF 1	XF 2 <sup>2)</sup>	XF 3	XF 4 <sup>2)</sup>	XA 1	XA 2
w/c enintään		0,90	0,80	0,60	0,60	0,45	0,40	0,40	0,50	0,50	0,40	0,55		0,50		0,50	0,45	0,40
Vähimmäis- lujuusluokka	C12/15	C20/25	C20/25	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45					C30/37	C35/45	C40/50
Vähimmäissementti- määrä (kg/m <sup>3</sup> )		160	160	250	250	300	320	340	300	300	320	270		300		300	320	330
Ilmamäärä (%)												5,5 <sup>3)</sup>		5,5 <sup>3)</sup>				

1) Lisäksi keipolisuusvaatimukset Liitteen 5 taulukon 1 mukaan.  
2) Betonin pakkasluokestävyyttä osoitetaan toiminnallisilla menetelmillä Liitteen 5 kohtien 3.1 ja 3.2 mukaan.  
3) Ilmamäärävaatimus koskee betonia, jossa kivinäkeksen yläraja on vähintään 16 mm. Ylärajan ollessa 12 mm ilmamäärävaatimusta nostetaan 0,5 %-yksikköä ja ylärajan ollessa 8 mm 1,0 %-yksikköä.

Betonirakenteiden suunnittelija valitsee rasitusluokan seuraavien rasitustekijöiden mukaan:

- betonin karbonatisoitumisen sekä kloridien aiheuttama korroosio
- meriveden kloridien aiheuttama korroosio
- betonin jäätymisestä ja sulamisesta aiheutuva rasitus
- kemiallisten aineiden aiheuttama rasitus. (19, 88.)

#### 4.3 Betonin maksimiraekoko ja notkeus

Betonia valittaessa sen maksimiraekooksi valitaan mahdollisimman suuri raekoko kuitenkin niin, että otetaan huomioon valettavan rakenteen mitat ja raudoitustiheys. Betonin on täytettävä muotit tasaisesti, ja liian suuri maksimiraekoko saattaa aiheuttaa muotin epätäydellisen täyttymisen. Maksimiraekoon ollessa liian pieni betonissa olevan sementtiliiman tarve lisääntyy ja voi aiheuttaa betonin viruman, kutistuman ja halkeilun lisääntymistä. Yleisimmät maksimi raekoot betonissa ovat 8, 12, 16, 32 mm.

Betonimassa voidaan jakaa myös sen notkeuden perusteella notkeusluokkiin S1 - S4. Notkeutta voidaan kuvailla seuraavasti notkeusluokan perusteella:

- S1, jäykkä betonimassa
- S2, notkea betonimassa
- S3, vetelä betonimassa
- S4, nestemäinen betonimassa.

Notkeusluokka valitaan siten, että betonimassa on mahdollisimman jäykkää kuitenkin niin, että huomioidaan muotin tiiveydestä aiheutuvat vaatimukset. Betonimassan täytyy toisaalta olla riittävän notkeaa, että muotti täyttyy tasaisesti (20.)

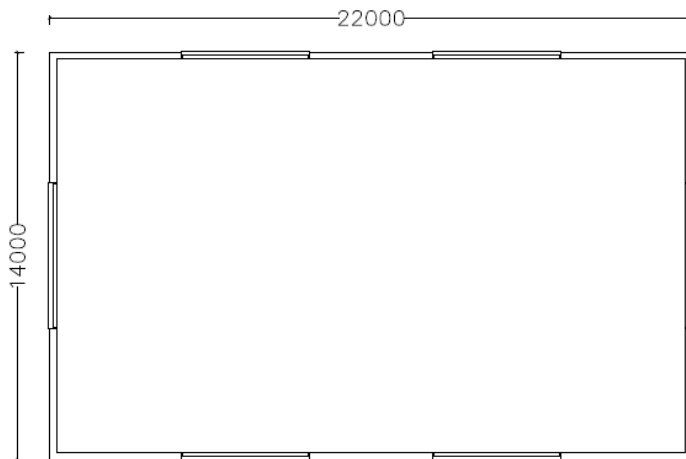
#### 4.4 Rakennebetonit

Betonoinnissa yleisimmin käytettävät betonilaadut ovat normaalisti kovettuva rakennebetoni (NO), nopeasti kovettuva rakennebetoni (NK) ja hitaasti kovettuva rakennebetoni. Normaalisti kovettuvaa rakennebetonia käytetään kuivissa sisätiloissa esim. seinissä, holveissa, pilareissa ja palkeissa. Kun betonilta vaaditaan nopeampaa var-

haislujuuden kehittymistä, voidaan normaalisti kovettuvan betonin tilalla käyttää nopeasti kovettuvaa betonia. Näitä vaatimuksia voivat olla talvikautena rakentaminen, muottikierron nopeuttaminen ja työmaan lämmitysmenetelmien keventäminen. Hiitaasti kovettuvaa betonia käytetään massiivirakenteissa ja hidastetuissa työsaumoissa (18.)

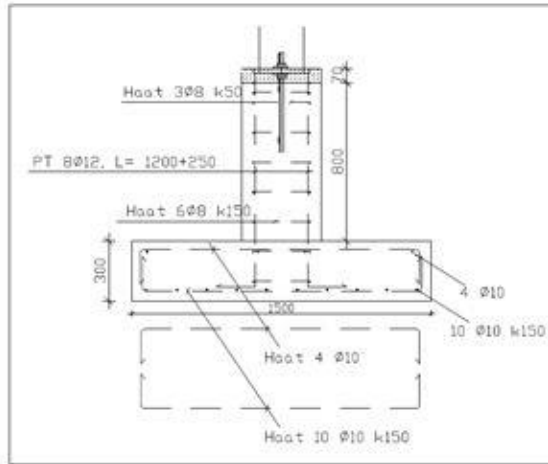
## 5 KONEHALLIN ULKOMITAT JA PERUSTAMISTAVAN VALINTA

Opinnäytetyössä vertailtavan konehallin perustusten päämitat perustuvat markkinoilla oleviin konehalliratkaisuihin, joihin on saatavilla kehät teräksisinä kolminivelkotelopalkkeina. Leveys on riittävä traktorin ja siihen kytketyn perävaunun säilyttämiseen sekä päädyissä sijaitsevat leveämmät ovet mahdollistavat leikkuupuimurin talvisäilytyksen konehallin päädyissä. Konehallin ulkomitat ovat kuvan 16. mukaiset.

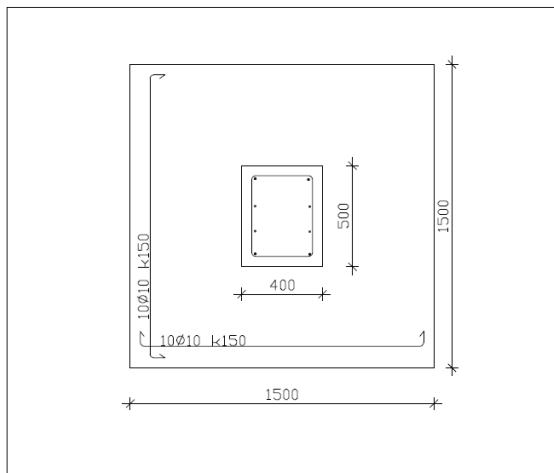


Kuva 16. Konehallin ulkomitat

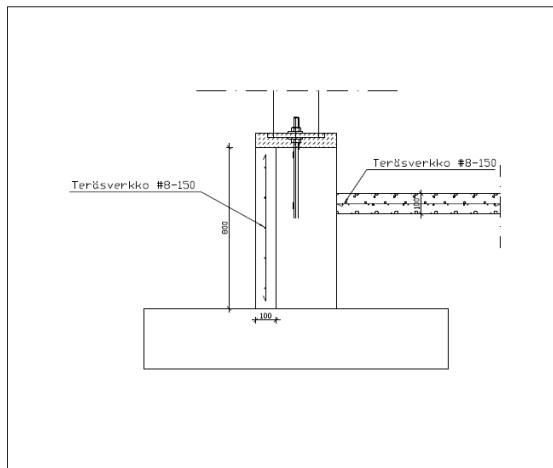
Konehallin kantavaksi perustukseksi valitaan pilarianturat, joiden varaan teräksiset kolminivelkotelopalkit pystytetään. Konehallin sokkeli toteutetaan ei kantavana rakenteena ja lattia maanvaraisena. Kuvassa 17 on leikkauskuva pilarianturan rakenteesta, ja kuvassa 18 on pilariantura päältäpäin kuvattuna. Kuvassa 19 esitetään sokkelin sekä maanvaraisen laatan päämitat ja raudoitukset. Liitteestä 1 selviää rakennuksen kehäjako ja perustusten päämitat.



Kuva 17. Leikkauskuva pilarianturasta (16.)



Kuva 18. Pilarianturan kuva päältäpäin kuvattuna (16.)

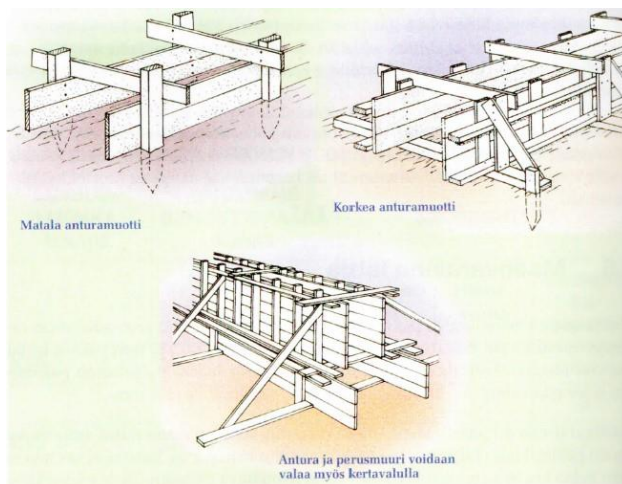


Kuva 19. Sokkeli ja maanvarainen laatta (16.)



## 5.1 Perustukset paikallaanvaluna

Perustukset voidaan tehdä paikallaanvaluna, jolloin rakennuksen pilarianturoista ja sokkeleista tehdään muotit rakennepiirustuksen mittojen mukaan. Muotin valmistamisessa voidaan käyttää 22x100 mm:n lautta tai rakennuslevyä, esimerkiksi havuvaneria ja muotin tukemiseen voidaan käyttää järeämpää 50x100 mm:n soiroa. Muotin huolellinen tukeminen on tärkeää, sillä betonointi aiheuttaa muottiin valupaineen, jonka muotin tulee kestää. Muotin täytyy olla myös riittävän tiivis, jotta muotissa olevat raot eivät aiheuta tulevaan rakenteeseen onkaloita, jotka heikentävät valmiin rakenteen lujuutta. (21, 47 - 49.) Kuvassa 20 esitetään kaksi erikorkuista anturamuottia sekä anturan ja perusmuurin yhdistelmämuotti.



Kuva 20. Anturamuottivaihtoehtoja (21, 48.)

Rakennesuunnittelija määrittää pilarianturoiden ja sokkelin raudoituksen dimensiot, kappalemäärän ja raudoituksen sijainnin sekä tekee raudoituspöytäpiirustuksen, joka hyväksytetään rakennustarkastusviranomaisella. Rakennustarkastusviranomaisen tekee myös raudoituskatselmuksen ennen rakennusosien betonointia. Raudoitteita suojaavan betonikerroksen nimellisarvon pitää anturoita valaessa olla vähintään 50 mm sekä sokkelissa 30 – 35 mm kylmissä ja kosteissa olosuhteissa. (21, 48 - 49.)

## 5.2 Esivalmistettu muotti

Perustukset on mahdollista tehdä myös esivalmistetuista muoteista, joiden käyttö nopeuttaa perustusten tekemistä. Sx-Lämpöpohja oy on kotimainen Saarijärvellä sijaitseva yritys ja se tarjoaa rakentajille Soklex-lämpöpohja-tuoteperheen, jonka valumuotit ovat valmiiksi raudoitettuja sekä lämpöeristettyjä. Soklex - lämpöpohjatuote-

perheessä on perusvalikoima ja kattava valikoima erikoistuotteita, jotka voidaan räätälöidä rakennesuunnittelijan mitoituksen mukaan rakenteeseen sopiviksi. Valumuottiratkaisuja on sekä kylmiin että lämpimiin rakennuksiin, ja ne soveltuvat käytettäväksi omakoti- ja rivitaloihin, lomamökkeihin, pienkerrostaloihin sekä maatalous-, teollisuus- ja urheiluhalleihin. (22.) Kuvassa 21 esitetään Soklex-pilarianturamuotti.



Kuva 21. Soklex - pilarianturamuotti (22.)

Lammi - Perustus on yritys, joka kuuluu Lammin Betoni -konserniin ja tarjoaa tuoteperheessään kaksi perusratkaisua LamminTassu-anturamuotin sekä LamminTassu-pilarianturamuotin. LamminTassu-anturamuoteissa raudoitukset ovat valmiina ja pilarianturamuottiin raudoitukset asennetaan ennen muotin valamista. Asentamiseen ei tarvita erikoistyökaluja. Asentaminen on nopeaa, minkä ansiosta itse asentaminen ja muottien valaminen on mahdollista suorittaa saman päivän aikana. (23.) Kuvassa 22 esitetään LamminTassu-anturamuotti ja kuvan etualalla LamminTassu-pilarianturamuotti.



Kuva 22. LamminTassu antura- sekä pilarianturamuotti (23.)

### 5.3 Perustukset betonielementeistä

Konehallin perustukset on mahdollista tehdä tehdasvalmisteisista betonielementistä. Nykyään on hyvin yleistä käyttää valmiita pilarianturaelementtejä ja sokkelielementtejä, mikä nopeuttaa perustusten tekoa verrattuna paikallaanvalutekniikkaan. Valmiiden betonielementtien käyttö ei vaadi konehallin rakennustyömaalla laudoitus- eikä raudoitustyövaiheita, vaan tehdasvalmisteiset pilariantura- ja sokkelielementit asennetaan oikeaan korkoon tiivistetyn soratäytön päälle nosturia apuna käyttäen. Elementtien asentaminen on nopea työvaihe, joka ei vaadi suurta määrää työvoimaa rakennustyömaalla. Asentamiseen tarvitaan nostokapasiteetiltaan riittävä nosturi, nosturin kuljettaja ja kahden rakennustyömiehen työryhmä. Pilarianturoiden paikat on mahdollista mitoitaa ja merkata etukäteen, mikä osaltaan nopeuttaa asennuspäivänä tapahtuvia nostotyövaiheita. (24, 26 – 29.) Kuvassa 23 esitetään pilarianturaelementti.



Kuva 23. Pilarianturaelementti (24, 26.)

## 6 PERUSTUSTEN KUSTANNUSVERTAILU

### 6.1 Kustannuslaskenta

Perustusten kustannuslaskenta tehtiin panospohjaisena laskentana. Panospohjaisen laskennan rakennusosan materiaalmäärät saatiin piirustuksista ja materiaalihinnat määritettiin Rakennustiedon rakennusosakustannuksia 2014 -kirjan perusteella (25). Työmenekit suoritteen tekemiseksi määritettiin Rakennustiedon aikataulukirja 2012:n avulla (26) sekä työn hinta laskettiin Rakennuslehden tilaston määrittämän kirvesmiehen keskituntiansion perusteella (27). Elementtien hinnat kysyttiin Hokkasen Betonituote Oy:n toimitusjohtajalta Pekka Hokkaselta, jonka yritys sijaitsee Karstulassa ja tekee elementtejä kyseisiin halleihin (28.) Nosturin kustannukset kysyttiin Kuljetusliike S. Lehtiseltä Kuusankoskelta (29.) Tiedot koottiin Excel - pohjaiseen laskentataulukkoon liitteeseen 2.

Panospohjaisessa hinnoittelussa rakennusosalle määritetään panosrakenne, panostarve ja panoshinnat. Materiaaleille määritetään kiinnittämiseen tarvittava työlaji ja menetelmä, ja panoksen yksikköhinta muodostuu menekistä ja hintaosasta. Materiaalin hinnat ovat nettohintoja, joihin kuljetuskustannukset lisätään erikseen. Tämän opinnäytetyön panoslaskennassa ei ollut tarvetta eritellä työmenetelmiä ja työmenekkejä nume-

roilla, vaan työmenetelmät ja työmenekit kerrotaan vain selite sarakkeessa. Työpanoksina käytetään aika ja urakkapalkkojen keskituntiansiota, joihin sosiaalikulut lasketaan erikseen prosenttiosuudella (30, 121 – 122).

## 6.2 Kustannuslaskennan tulokset

Kustannuslaskennassa paikallaanvalutekniikalla pilarianturan materiaalikustannuksiksi saatiin 3 116,1 € (alv 24 %). Työtuntimenekiksi saatiin 46,7 tth sekä työn osuudeksi 1 927 € (sis. sos.kulut). Pilarianturan kappalehinnaksi valmiiksi tehtynä muodostui näin laskettuna 315,2 €/kpl (sis. sos.kulut + alv 24 %). Kustannuslaskenta on esitetty opinnäytetyön liitteessä 2.

Sokkelipalkin materiaalikustannuksiksi saatiin 2 418,4 € (alv 24 %). Työtuntimenekiksi saatiin 53,8 tth sekä työn osuudeksi 2 220,3 € (sis. sos. kulut). Sokkelin juoksumetrihinnaksi muodostui siten 76,0 €/jm (sis. sos.kulut + alv 24 %).

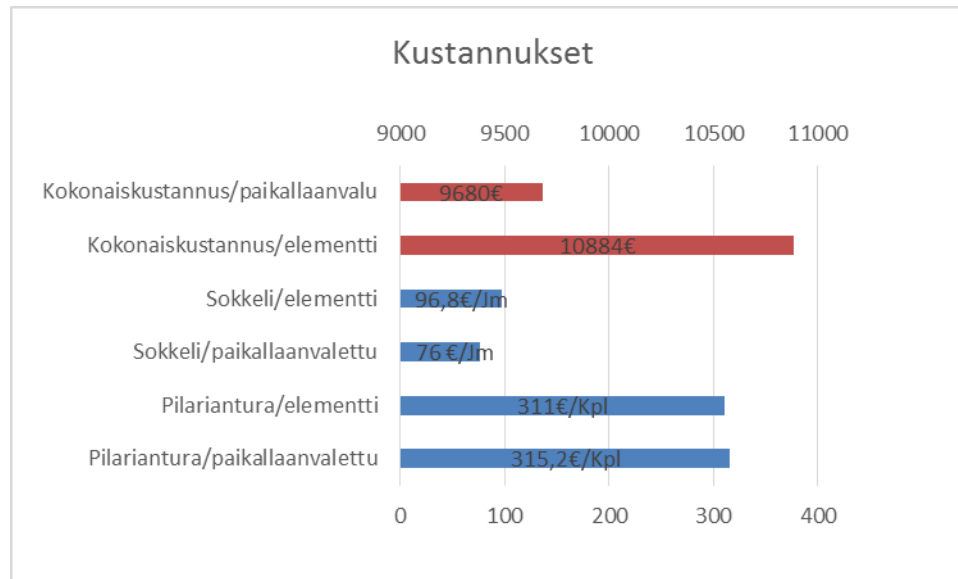
Hokkasen Betonituote Oy:llä pilarianturaelementin hinta oli 195 €/kpl (alv 24 %). Pilarianturaelementin asennuksen työtuntimenekiksi saatiin laskelmissa 16 tth sekä työnosuudeksi kustannuksista 659,9 € (sis. sos. kulut). Pilarianturaelementin hinnaksi asennettuna muodostui 311 €/kpl (sis. sos.kulut + alv 24 % + rahti + nosturi).

Hokkasen Betonituote Oy:n sokkelielementin hinta oli 65 €/jm (alv 24 %). Sokkelielementin asennuksen työtuntimenekiksi saatiin laskelmissa 19,2 tth sekä työn osuudeksi kustannuksista 791,9 € (sis. sos.kulut). Sokkelielementin hinnaksi asennettuna muodostui 96,8 €/jm (sis. sos.kulut + alv 24 % + rahti + nosturi).

Tässä opinnäytetyössä pilarianturan kappalehintaa paikallaan tehtynä oli noin 4 euroa kalliimpi kuin pilariantura asennettuna elementeistä. Sokkelin juoksumetrihintaa oli paikallaan tehtynä noin 21 euroa edullisempi kuin elementeistä asennettuna. Pilarianturan ja sokkelin kokonaiskustannukset olivat paikallaanvalettuna 9 680 euroa ja elementeistä tehtynä 10 884 euroa. Kokonaiskustannuksissa paikallaanvaluna tehtävät perustukset olivat siten 1 204 euroa edullisemmat kuin elementeistä kootut perustukset.

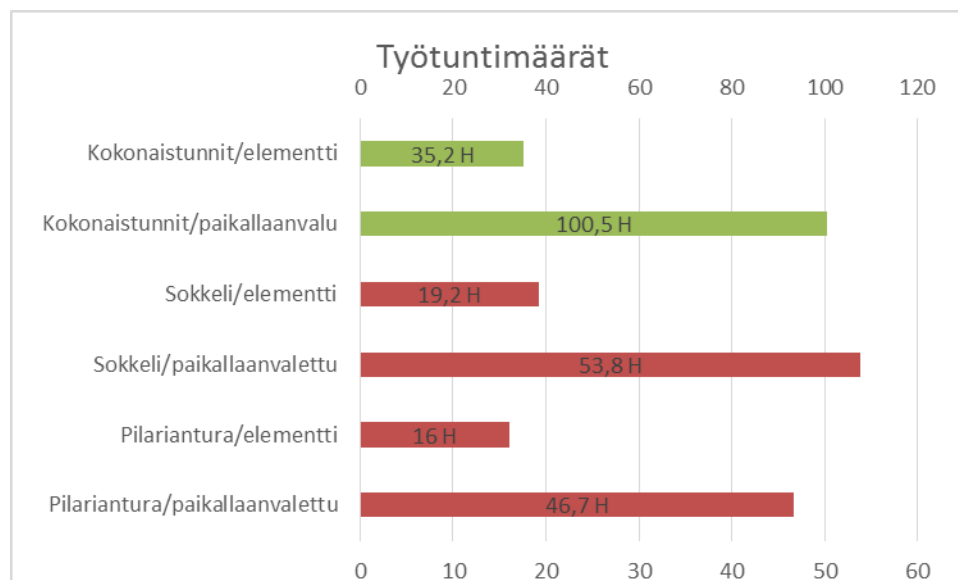
Paikallaanvalettujen perustusten työtuntimääräksi saatiin 100,5 työtuntia ja elementtiperustuksen työtuntimääräksi 35,2 työtuntia. Eroa syntyi elementtiperustuksen hyväk-

si 65,3 työtuntia. Vertailtavien perustustekniikoiden tulokset koottiin Excel-kaavioihin. Kuvan 24 kaavioon on koottu kokonaiskustannukset sekä pilarianturan kappalehinnat ja sokkelin juoksumetrihinnat asennettuna.



Kuva 24. Kustannuskaavio

Kuvan 25 kaavioon on koottu eri tekniikoiden kokonaistuntimäärät sekä rakennusosien tuntimäärät.



Kuva 25. Tuntimääräkaavio

Salaojituksen, routaeristyksen ja maanvaraisen laatan kustannusten tarkastelu ei vaikuta vertailtaviin kustannuksiin, vaan opinnäytetyössä haluttiin selvittää näiden kus-

tannusten kokonaismäärää tämän kokoisessa hallirakennuksessa. Materiaalikustannuksiksi saatiin 13 994 € (alv 24 %) ja työkustannuksiksi 4 282 € (sis. sos. kulut).

## 7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä työn tilaajalle ja mahdollisille muille lukijoille tietoa konehallin perustamisesta sekä vertailla syntyviä kustannuksia paikallaanvalutekniikalla toteutetun perustuksen ja elementtitekniikalla toteutetun perustuksen välillä.

Opinnäytetyössä onnistuttiin selvittämään myös kustannukset. Perustuksien kustannuserot eivät olleet merkittävät, vain noin 1 200 euroa paikallaanvalutekniikan hyväksi. Toisaalta työtuntimäärien ero elementtitekniikan hyväksi oli 65,3 työtuntia. Työtuntimäärän erossa korostuu elementtitekniikan helppous ja asennustyön nopeus. Elementtien nostotyöstä ja kuljetuksesta työmaalle aiheutuu kustannuksia, jotka nostavat elementtien kokonaishinnan paikallaanvalua korkeammaksi. Myöskin paikallaanvaluna tehtävän sokkelin yksinkertaisuus aiheuttaa selvästi edullisemmat kustannukset verrattuna sokkelielementteihin. Toisaalta pilarianturan muotti- ja raudoitustyö ovat vaativia työvaiheita, mikä nostaa paikallaanvaletun pilarianturan kustannukset elementtiä korkeammiksi.

Konehallin rakennushankkeeseen ryhtyvän maatalousyrittäjän täytyykin miettiä näiden kahden perustusvaihtoehdon väliltä, mikä sopii hänelle parhaiten. Käytetäänkö rakennushankkeessa apuna ulkopuolista ammattikirvesmiestä, jolle muottityö on itsensäselvyys, vai tehdäänkö rakennushanke omana työnä? Onko ajankäytöllisesti mahdollista sitoutua rakennushankkeeseen ilman ulkopuolista apua?

Elementtitekniikka on ajankäytöllisesti parempi vaihtoehto paikallaanvalutekniikkaan verrattuna. On selvä etu rakentajalle, että konehallin perustukset tehdään elementeistä. Näin aikaa vievät muotti-, raudoitus- sekä muotinpurkutyöt jäävät pois, ja konehallin teräskehiä päästään pystyttämään nopeassa aikataulussa. Paikallaanvalutekniikassa pitää ottaa huomioon myös odotusajat, jotka aiheutuvat betonin kovettumisesta. Näitä odotusaikoja elementtitekniikkaa käytettäessä ei ole, vaan teräskehiä päästään asentamaan heti, kun elementit on saatu asennettua paikoilleen. Kustannusero näiden tekni-

koiden välillä on niin pieni, että valinta pitää tehdä perustuen ajankäytöllisiin näkökulmiin. Laskelmassa ei käsitelty työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksia muita kuin sosiaalikuluja, koska maatiloilla rakennushanketta tukevat toiminnot ovat jo valmiina. Rakennuttajan olisi kuitenkin huomioitava nämä kustannukset hänen vertaillessaan vaihtoehtoja keskenään. Aikataulullisesti nopeammassa elementtitekniikassa nämäkin kulut ovat pienemmät kuin paikallaanvalutekniikassa. Suunnittelijan tehdessä maatalousyrittäjän konehalliin perustussuunnitelmaa olisikin tärkeää korostaa elementtitekniikan nopeutta rakennuttajalle.

Opinnäytetyön jatkotutkimuksen aiheena olisi aiheellista suorittaa tämän tyyppisille rakennushankkeille jälkilaskenta, jonka avulla laskettuja kustannuksia päästäisiin vertaamaan toteutuneisiin kustannuksiin ja voitaisiin varmistua laskelmien oikeellisuudesta. Aiheellista olisi myös tutkia, kuinka valmismuottien käyttö voisi vähentää paikallaanvalutekniikan korkeaa työtuntimäärää verrattuna elementtitekniikkaan.



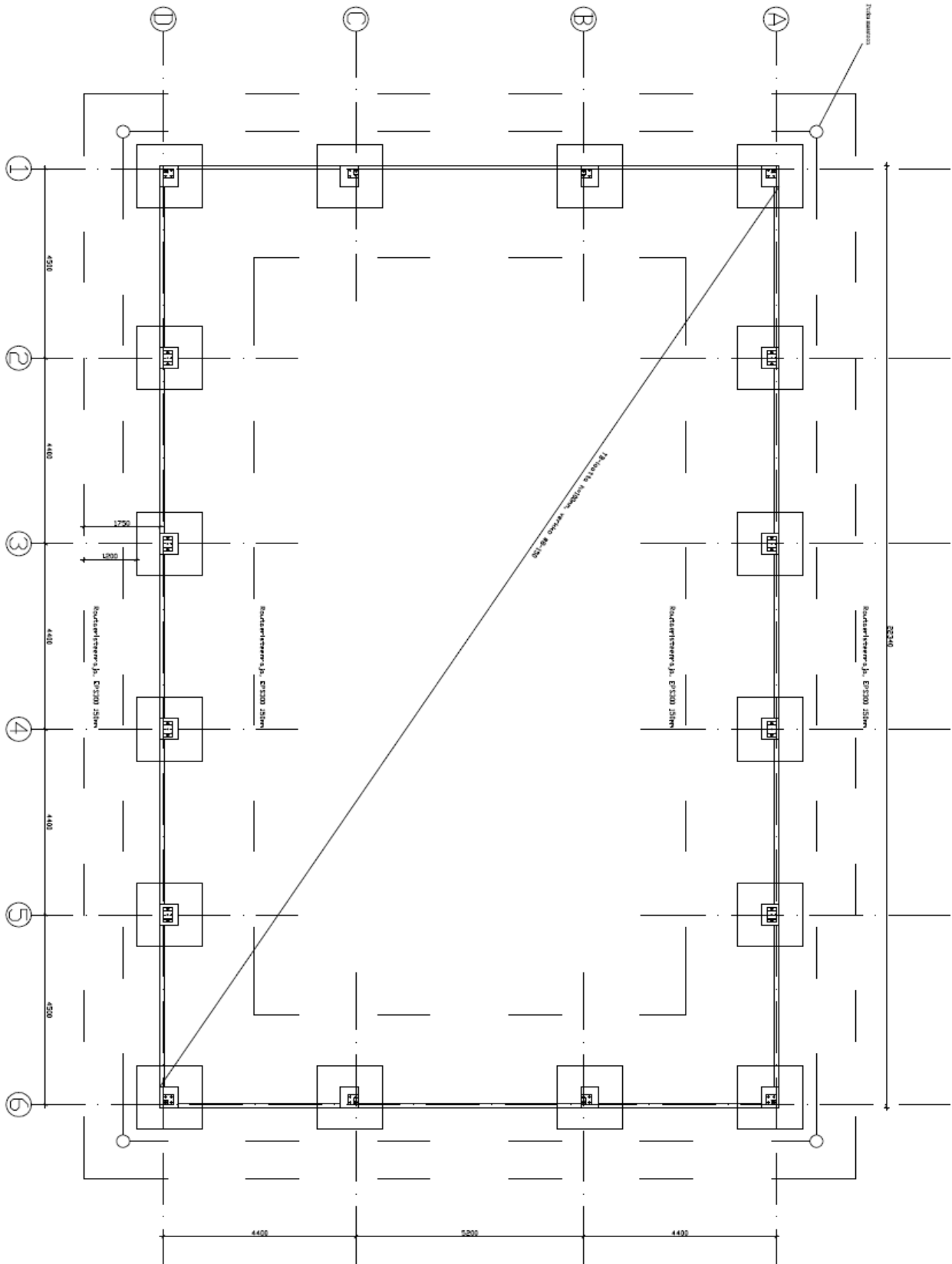
## LÄHTEET

1. Weckman Oy. Teräshallit. Saatavissa:  
<http://www.weckmansteel.fi/fi/tuotteet/terashallit>. [viitattu 17.2.2014].
2. Weckman Oy. Teräshallit. Hallipystytys. Saatavissa:  
<http://www.weckmansteel.fi/easydata/customers/weckmansteel/files/halli/hallipystytys.pdf>. [viitattu 17.2.2014].
3. Kivinen, T. 2003. Suurten maatalousrakennusten puurunkoratkaisut. Olosuhdemittaukset ja toiminnalliset mallit. Verkkojulkaisu. Saatavissa:  
<http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts35.pdf>. [viitattu 17.2.2014].
4. Kurkela, J. Kivinen, T. Westman, V-M & Kevarinmäki, A. 2003. Suurten maatalousrakennusten puurunkoratkaisut. Esivalmistetut rakennejärjestelmät. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2003/T2194.pdf>. [viitattu 17.2.2014].
5. Vieskan Elementti Oy. Pomo puuelementtihalit. Verkkojulkaisu. Saatavissa:  
[http://www.vieskatalot.fi/index.php?option=com\\_content&view=article&id=33&Itemid=50](http://www.vieskatalot.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=33&Itemid=50). [viitattu 17.2.2014].
6. FM - Haus. RT 38493. Verkkojulkaisu. Saatavissa:  
<http://www.mestarihalli.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/RT%2038493.pdf>. [viitattu 17.2.2014].
7. Siikanen, U. 2008. Puurakentaminen. Helsinki. Rakennustieto Oy
8. Jääskeläinen, R. 2009. Pohjarakennuksen perusteet. Jyväskylä. AMK - kustannus Oy.
9. Suomen rakentamismääräyskokoelma B3 Pohjarakenteet, määräykset ja ohjeet. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/17075-B3s.pdf>. [viitattu 18.2.2014].

10. Siikanen, U. 1998. Puurakennusten suunnittelu. Helsinki. Rakennustieto Oy
11. RIL 126 -2009. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Hansaprint Oy.
12. Uponor Oy. Rakennusten kuivatus. Pientalon kuivatusputkistot. Salaojitus. Verkojulkaisu. Saatavissa: <http://www.uponor.fi/fi-fi/ratkaisut/salaojitus/rakennusten-kuivatus.aspx>. [viitattu 12.2.2014].
13. Uponor Oy. Pakettikaivot. Uponor - Sadevesikaivot. Verkojulkaisu. Saatavissa: [http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/Chambers/Brochures/Uponor\\_kaiivokirja.pdf](http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/Chambers/Brochures/Uponor_kaiivokirja.pdf). [viitattu 12.2.2014].
14. Kivikoski, H. 2007. Talonrakennuksen routasuojausohjeet. Tampere. Rakennustieto Oy.
15. Jääskeläinen. Raimo. 2009. Geotekniikan perusteet. Jyväskylä. Amk-Kustannus Oy.
16. Heikkilä. H. 2013. Konehallin piirustukset. [Viitattu 9.4.2014].
17. Huhtiniemi, S. Kiviniemi, J. 1992. Elementtityöt. Tampere. Rakennustieto Oy.
18. Rudus Oy. Betonikoulu. Mitä betoni on? Verkojulkaisu. Saatavissa: <http://www.rudus.fi/aineistot/rudus-koulut/betonikoulu/osa-2-mita-betoni-on->. [viitattu 3.3.2014]
19. By 50. Betoninormit. 2012. Lahti. Suomen betoniyhdistys ry.
20. Rudus Oy. Betonikoulu. Betonin valinta. Verkojulkaisu. Saatavissa: <http://www.rudus.fi/aineistot/rudus-koulut/betonikoulu/osa-3-betonin-valinta>. [viitattu 3.3.2014]
21. Betoni.2004. Maatalouden betonirakentaminen. Rakennuttajaohje. Helsinki. Betonikeskus ry.

22. Soklex Oy. SX-lämpöpohja. Verkkojulkaisu. Saatavissa: [http://www.soklex.fi/wp\\_2014/](http://www.soklex.fi/wp_2014/). [viitattu 18.10.2014]
23. Lammin Perustus. LamminTassu. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <http://lammi-perustus.fi/>. [viitattu 18.10.2014]
24. Betoni 2004. Maatalouden betonielementtirakenteet. Suunnitteluohje. Helsinki. Betonikeskus ry.
25. Lindberg, R. Palolahti, T, Kivimäki, C. Koskenvesa, A. & Sahlsted, S. 2014, Rakennusosien kustannuksia 2014. Helsinki. Rakennustieto Oy.
26. Lindberg, R. Koskenvesa, A & Sahlstedt, S. 2012. Aikataulukirja 2012. Helsinki. Rakennustieto Oy.
27. Seppo Mölsä 2014. Palkkatilasto. Rakennuslehti 7/2014, s. 14
28. Hokkanen. P. Hokkasen Betonituote Oy. Toimitusjohtaja. Puhelinhaastattelu. 4.4.2014
29. Lehtinen. S. Kuljetusliike Seppo Lehtinen Ky. Kuljetuspäällikkö. Puhelinhaastattelu 4.4.2014
30. Vuorela, K. Urpola, J & Kankainen, J. 2014. Johdatus rakentamistalouteen. Espoo. Jasur Oy.

Liite 1. Perustuksen mittakuva (16)





## Liite 2/2

	Määrätiedot		Ainekustannukset			Työkustannus			
Selite	Määrä	Yksikkö	€/Yksikkö	Hukka %	Yht./€	H/yks.	Yht./H	€/H	Yht./€
<b>Routaeristys</b>	216	m <sup>2</sup>							
Eps 300 asennus	216	m <sup>2</sup>				0,13	28,1	24,12	677,3
Eps 300/150mm	216	m <sup>2</sup>	26,4	2 %	5816,4				
Materiaalikustannukset	5816,4	€/Alv. 0%	7212,4	€/Alv.24%					
Työtunnit		28,1	H						
Työkustannukset		677,3	€						
Työkustannukset sis. Sos kulut 71 %		1158,2	€						
Materiaali ja työkulut yht.		8370,6	€						
	Määrätiedot		Ainekustannukset			Työkustannus			
Selite	Määrä	Yksikkö	€/Yksikkö	Hukka %	Yht./€	H/yks.	Yht./H	€/H	Yht./€
<b>Maanvarainenlaatta</b>	286	m <sup>2</sup>							
Raudoitus verkko	286	m <sup>2</sup>				0,008	2,288	24,12	55,2
Betoni valutyö	286	m <sup>2</sup>				0,17	48,62	24,12	1172,7
Koneellinen hierto	286	m <sup>2</sup>				0,02	5,72	24,12	138,0
Jälkihoito	286	m <sup>2</sup>				0,02	5,72	24,12	138,0
Teräsverkko B500K #8-150	1537	Kg	0,73	5 %	1178,1				
Betoni K30-S2 # 8	28,6	m <sup>3</sup>	117,6	2 %	3430,6				
Materiaalikustannukset	4608,7	€/Alv. 0%	5714,8	€/Alv.24%					
Työtunnit		62,3	H						
Työkustannukset		1503,8	€						
Työkustannukset sis. Sos kulut 71 %		2571,6	€						
Materiaali ja työkulut yht.		8286,4	€						
	Määrätiedot		Ainekustannukset			Työkustannus			
Selite	Määrä	Yksikkö	€/Yksikkö	Hukka %	Yht./€	H/yks.	Yht./H	€/H	Yht./€
<b>Pilarianturaelementit</b>	16	Kpl	148,2		2371,2				
Pilarianturaele. asennus	16	Kpl				1	16	24,12	385,9
Rahti	456	€/Alv. 0%	565,4	€/Alv.24%					
Nosturi	109	€/H/Alv. 0%	6	H	Yht.	654,9	€/Alv. 0%	812,1	€/Alv. 24%
Materiaalikustannukset	2371,2	€/Alv. 0%	2940,3	€/Alv.24%					
Työtunnit		16,0	H						
Työkustannukset		385,9	€						
Työkustannukset sis. Sos kulut 71 %		659,9	€						
Materiaali ja työkulut yht.		3600,2	€						
Pilariantura €/kpl		311,1	€						
	Määrätiedot		Ainekustannukset			Työkustannus			
Selite	Määrä	Yksikkö	€/Yksikkö	Hukka %	Yht./€	H/yks.	Yht./H	€/H	Yht./€
<b>Sokkelielementit</b>	61	Jm	49,4		3013,4				
Sokkeliele. asennus	16	Kpl				1,2	19,2	24,12	463,1
Rahti	456	€/Alv. 0%	565,4	€/Alv.24%					
Nosturi	109	€/H/Alv. 0%	6	H	Yht.	654,9	€/Alv. 0%	812,1	€/Alv. 24%
Materiaalikustannukset	3013,4	€/Alv. 0%	3736,6	€/Alv.24%					
Työtunnit		19,2	H						
Työkustannukset		463,1	€						
Työkustannukset sis. Sos kulut 71 %		791,9	€						
Materiaali ja työkulut yht.		4528,5	€						
Sokkeli/Jm		96,8	€						

Liite 2/3

	Materiaalikustannukset/alv 24 %			Työkustannukset sis sos. kulut 71 %			Yht.	
Salaojat			596,7			552,7		1149,3
Routaeristys			7212,4			1158,2		8370,6
Maanvarainen laatta			5714,8			2571,6		8286,4
			Yht. 13523,9			Yht. 4282,4	Yht.	17806,3