

Opinnäytetyö

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri AMK

Rakennesuunnittelu

2021

Joonas Sjöblom

# PERUSTUKSIEN MITOITUSTYÖKALU TARJOUSLASKENTAAN

Joonas Sjöblom

# PERUSTUKSIEN MITOITUSTYÖKALU TARJOUSLASKENTAAN

Tässä opinnäytetyössä käsitellään perustuksien suunnitteluun ja mitoitukseen liittyviä asioita. Toimeksiantoon kuuluu luoda Excel-pohjainen mitoitustyökalu rakennuksen perustuksien anturan leveyden ja paalumäärien haarukointiin tarjouslaskentavaiheessa. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Perustava Oy. Perustava Oy on vuonna 2007 perustettu suomalainen perustuksia suunnitteleva ja toteuttava rakennusalan yritys.

Opinnäytetyössä tutkitaan Eurokoodipohjaista perustuksien suunnittelua etenkin kuormalaskennan näkökulmasta. Kuormat määräytyvät rakennuksen koon ja materiaalivalintojen perusteella. Myös rakennuskohteen sijainnilla on oma vaikutuksensa kuormien suuruuteen. Opinnäytetyössä tutustutaan perustuksien suunnittelussa huomioitaviin määräyksiin ja ohjeisiin. Opinnäytetyössä käsitellään myös maaperän ominaisuuksien vaikutusta valittaviin perustamisratkaisuihin, joista tärkeimpänä voidaan pitää maaperän kantavuutta. Perustuksia suunniteltaessa tulee hahmottaa rakennus kokonaisuutena, joten opinnäytetyössä otetaan huomioon myös perustuksien yläpuoliset rakenteet.

Kun kyseessä on tarjouslaskentavaiheessa oleva kohde, ei pienemmällä, lopputulokseen vähemmän vaikuttavilla tekijöillä ole niin suurta merkitystä. Opinnäytetyöstä on rajattu pois esimerkiksi tuulikuormat ja perustuksien rakennetekniset asiat, kuten raudoitukset. Geotekniset asiat on myös käsitelty vain niiltä osin, kun ne on tarpeen ottaa huomioon. Opinnäytetyön tuloksena oli kuormalaskentaan ja perustuksiin liittyvän kirjallisuuskatsauksen lisäksi kaksi erilaista Excel-mitointipohjaa tarjouslaskennan tueksi.

Kirjallisuuskatsaus tehtiin tunnettuihin ja luotettaviin lähteisiin. Excel-mitointipohjien toimivuus ja luotettavuus pystyttiin varmistamaan vertaamalla tuloksia jo suunniteltuihin ja valmiiksi asti rakennettuihin kohteisiin. Mitointipohjien avulla tarjouslaskentaa tekevä henkilö, pystyy hyödyntämään pohjia työnsä nopeuttamiseksi tai hyödyntämällä pohjista saatavia vertailukelpoisia tuloksia omien laskujensa tarkistamiseksi.

## ASIASANAT:

eurokoodit, kuormat, perustukset

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering

Instructor Olli Hautaniemi, M.Sc.Eng.

2021 | 51 pages, 5 pages in appendices

Joonas Sjöblom

# A FOUNDATION DIMENSIONING TOOL FOR OFFER CALCULATION

This thesis deals with issues related to the design and dimensioning of foundations. The assignment also includes the creation of an Excel-based dimensioning tool for bracketing the width and pile quantities of the foundation during the offer calculation phase. The thesis was commissioned by Perustava Oy. Perustava Oy is a Finnish construction company founded in 2007 that designs and implements foundations.

The thesis reviews the design of Eurocode-based foundations, especially from the point of view of load calculation. Loads are determined by building size and material choices. The location of the construction site also has its own effect on the magnitude of the loads. In the thesis, the regulations and instructions that are considered in the design of foundations are briefly introduced. The thesis also deals with the effect of soil properties on the selected foundation solutions, the most important of which is the bearing capacity of the soil. When designing foundations, the building as a whole should be outlined, and therefore the thesis also introduces the structures above the foundations.

In the case of a building in the offer calculation, smaller details with less impact on the outcome are not so important. For example, wind loads and structural technical issues of foundations, such as reinforcements, have been excluded from the thesis. Geotechnical issues have also been addressed only insofar as it is necessary to outline at the tender calculation stage.

The aim of this thesis is to discuss issues related to foundation design and load calculation, and to make a reliable and usable calculation base available to the sellers of Perustava Oy to support offer calculation and enhance work.

## KEYWORDS:

eurocodes, loads, foundations

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT</b>	<b>8</b>
2.1 Kohteen suunnittelua ohjaavat säädökset ja ohjeet	8
2.2 Rakennuspaikan ominaisuudet	9
2.3 Rakennuksen koko ja käytettävät materiaalit	10
2.4 Kohteen pohjatutkimus ja perustamistapalausunto	10
<b>3 MITOITUKSEN LÄHTÖKOHDAT</b>	<b>13</b>
3.1 Eurokoodit	13
3.2 Vaatimukset	13
3.2.1 Perusvaatimukset	13
3.2.2 Luotettavuuden hallinta	13
3.2.3 Suunniteltu käyttöikä	15
3.3 Kuormat	16
3.3.1 Omapaino	16
3.3.2 Hyötykuorma	18
3.3.3 Lumikuorma	18
3.3.4 Kuormien luokitus ja ominaisarvot	21
3.3.5 Kuormien yhdistely murtorajatilassa	22
3.4 Rajatilamitoituksen periaatteet	24
3.4.1 Murtorajatilat	24
3.4.2 Käyttöraajatilat	24
3.4.3 Kantokestävyys	25
<b>4 PERUSTUKSET</b>	<b>28</b>
4.1 Maanvarainen perustus	29
4.2 Paaluperustus	31
4.3 Perustuksien mitoitustavat	35
<b>5 PERUSTUKSIEN YLÄPUOLISET RAKENTEET</b>	<b>38</b>
5.1 Alapohja	38
5.1.1 Maanvarainen alapohja	38
5.1.2 Kantava ryömintätilainen alapohja	38

5.2 Välipohja	40
5.3 Yläpohja	40
5.4 Ulkoseinät	42
<b>6 EXCEL-POHJAT</b>	<b>43</b>
6.1 Maanvaraisen kohteen Excel-pohja	43
6.2 Paalutettavan kohteen Excel -pohja	45
<b>7 YHTEENVETO</b>	<b>49</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>51</b>

## LIITTEET

- Liite 1. Maanvaraisen kohteen laskentapohja  
 Liite 2. Paalutettavan kohteen laskentapohja

## KAAVAT

Kaava 1. Katon ominaislumikuorma.	19
Kaava 2. Rakennuksen tai rakenteen staattinen tasapaino (EQU/Sarja A).	23
Kaava 3. Rakenteen tai rakenneosien kestävyys ja geotekninen kantavuus (STR/ Sarja B).	23
Kaava 4. Rakenteen tai rakenneosien kestävyys ja geotekninen kantavuus (STR/ Sarja B).	24
Kaava 5. Kantokestävyyden epäyhtälö.	25
Kaava 6. Mitoitustapa 2.	35
Kaava 7. Kuormien yhdistely mitoitusmenetelmissä DA2 ja DA2*.	37
Kaava 8. Kuormien yhdistely mitoitusmenetelmissä DA2 ja DA2*.	37

## KUVAT

Kuva 1. Rakenteiden suunnittelua ohjaavat lait ja asetukset, sekä standardit ja ohjeet eurokoodipohjaisessa suunnittelussa.	8
Kuva 2. Eurokoodipohjaista suunnittelua koskevat ympäristöministeriön liitteet.	9
Kuva 3. Yleisimmät pohjatutkimusten piirustusmerkinnät.	11
Kuva 4. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot.	19
Kuva 5. Katolla olevan lumikuorman muotokertoimet.	20
Kuva 6. Pulpetti- ja harjakaton kuormituskaaviot.	21

Kuva 7. Sahakaton lumikuorman kuormituskaavio.	21
Kuva 8. Anturaan kohdistuvat voimat.	26
Kuva 9. Maaperän liikkeitä eri perustussyvyyksillä.	27
Kuva 10. Erilaisia talon perustamisratkaisuja.	28
Kuva 11. Anturallinen sokkelipalkki.	30
Kuva 12. Tyypillinen maksimikaltevuus anturoiden välissä ja perusmuurin pituuskaltevuudessa.	31
Kuva 13. Kantava sokkelipalkki.	32
Kuva 14. Geoteknisen luokan valinta.	33
Kuva 15. Kantava ryömintätilainen alapohja.	39
Kuva 16. Esimerkki välipohjarakenteesta.	40
Kuva 17. Esimerkki yläpohjarakenteesta.	41
Kuva 18. Esimerkki puurunkoisesta ulkoseinärakenteesta.	42
Kuva 19. Kohteen sijainnin ja päämittojen syöttö.	43
Kuva 20. Sokkelin, ulkoseinien ja yläpohjan tietojen syöttö.	44
Kuva 21. Välipohjan tietojen syöttö.	44
Kuva 22. Kantavuustiedon syöttö.	45
Kuva 23. Tulokset laskentapohjasta.	45
Kuva 24. Lähtötietojen syöttöä.	46
Kuva 25. Lähtötietojen syöttö ja paalumäärien haarukointi.	47
Kuva 26. Paalutussyvyyden lähtötiedot.	47
Kuva 27. Tuloksien koontitaulukko ja havainnekuva.	48

## TAULUKOT

Taulukko 1. Seuraamusluokat ja luotettavuusluokat.	14
Taulukko 2. Kuormakerroin $K_{FI}$ .	15
Taulukko 3. Viitteellinen suunniteltu käyttöikä.	16
Taulukko 4. Rakennusmateriaalien nimellisiä tilavuuspainoja.	17
Taulukko 5. Rakennusmateriaalien nimellisiä tilavuuspainoja.	17
Taulukko 6. Tavallisimpien hyötykuormien ominaisarvot.	18
Taulukko 7. Yhdistelykertoimien $\psi$ arvot rakennuksille.	22
Taulukko 8. Teräspaalin RR115/6,3 kestävyys.	34
Taulukko 9. Paalutustyöluokat tavanomaisessa rakentamisessa.	34
Taulukko 10. Kuormien osavarmuusluvut.	36
Taulukko 11. Maaparametrien osavarmuusluvut.	36
Taulukko 12. Perustusten kestävyysosavarmuusluvut (STR/GEO).	36

# 1 JOHDANTO

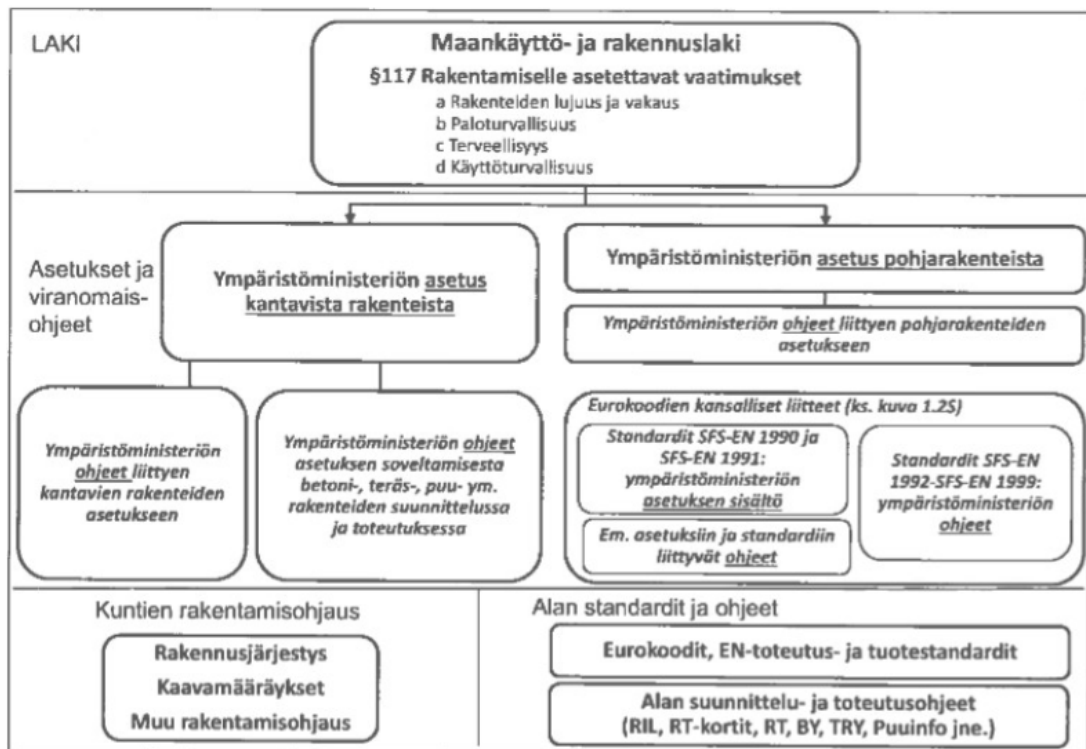
Opinnäytetyö käsittelee rakennuksen perustussuunnittelua ja kuormalaskentaa. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Perustava Oy. Perustava Oy on suomalainen rakennusten perustuksia suunnitteleva ja toteuttava rakennusalan yritys. Aihe liittyy perustuksien suunnitteluun ja sopivan perustamistavan valintaan tarjouslaskentavaiheessa olevassa kohteessa, kun myyjä tekee arviota, kuinka leveän anturan maanvaraiset perustukset vaativat tai miten paljon paaluja paalutettava rakennus vaatii. Asiaan vaikuttavat oleellisesti kohteen maaperän ominaisuudet, rakennuksen koko sekä materiaalivalinnat. Tarkan tarjouksen saa tehtyä ottamalla edellä mainitut tekijät huomioon. Näin ollen rakennuksen kuormalaskenta on tärkeää, kun halutaan tehdä tarjouksia, joissa on osattu ottaa oikeat asiat huomioon. Opinnäytetyöstä on rajattu tuulikuormien teoria pois, koska tuulikuormien vaikutukset eivät ole niin suuria, että ne olisi järkevää ottaa tarjouslaskentavaiheessa huomioon. Myös geoteknisiin asioihin tutustutaan ainoastaan niiltä osin, kun on syytä ymmärtää tarjouslaskentavaiheessa olevan kohteen kanssa.

Tavoitteena opinnäytetyössä on tutustua perustuksien suunnitteluun ja kuormalaskentaan liittyviin ohjeisiin ja määräyksiin sekä aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen. Tämän lisäksi tarkoituksena on luoda toimeksiantajalle Excel-pohjainen laskentaohjelma, jolla myyjät pystyvät haarukoimaan rakennuksen päämittojen, kerroslukumäärän, valittujen rakenneratkaisuiden sekä maaperän ominaisuuksien perusteella anturan leveyden ja paalumäärät. Geotekniset asiat, kuten maaperän kantavuus, selviävät kohteesta geosuunnittelijan tekemästä perustamistapalausunnosta. Näiden tietojen pohjalta myyjä pystyy tekemään alustavan tarjouksen kohteen perustuksista. Todelliset kustannukset määräytyvät toteutuneiden rakenteiden ja paalumäärien mukaan, mutta niin myyjän kuin asiakkaankin puolesta olisi tärkeää saada tarjouksesta mahdollisimman tarkka kertaehtolla.

## 2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

### 2.1 Kohteen suunnittelua ohjaavat säädökset ja ohjeet

Rakennuksen rakenteiden suunnittelua ohjaavat maankäyttö- ja rakennuslaki, ympäristöministeriön ohjeet ja asetukset, kunnallinen rakentamisen ohjaus, sekä kuvasta 1 avautuvat rakennusalan standardit ja ohjeet. Suomessa eurokoodipohjainen suunnittelu on ensisijainen suunnittelujärjestelmä. Mikäli rakennushankkeessa halutaan käyttää jotain muuta järjestelmää, tulee rakennushankkeeseen ryhtyvän pystyä tarpeen vaatiessa osoittamaan rakennusvalvontaviranomaiselle, että suunnittelu ja toteutus täyttävät tarvittavat tekniset ominaisuudet. (RIL 201-1-2017, 2017, 22–23.)

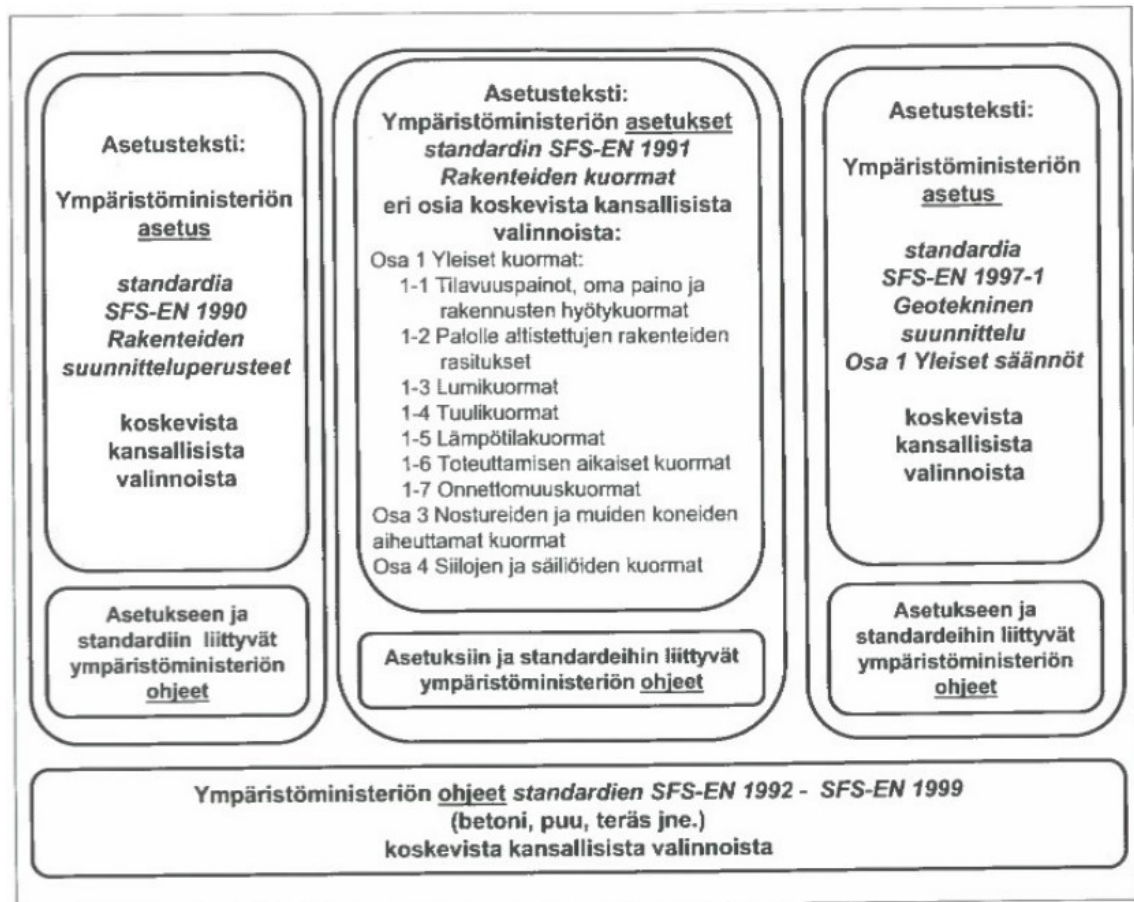


Kuva 1. Rakenteiden suunnittelua ohjaavat lait ja asetukset sekä standardit ja ohjeet eurokoodipohjaisessa suunnittelussa (RIL 201-1-2017, 2017, 23).

Kaikkia hankkeen osapuolia sitovat suunnittelua ohjaavat lait ja asetukset. Käytännön suunnitteluratkaisut on esitetty eurokoodeissa, eurokoodeihin liittyvissä asetuksissa sekä ympäristöministeriön ohjeissa muita viranomaisohjeita sekä alan yhteisissä ohjeita unohtamatta. Ympäristöministeriön ohjeet eivät ole sitovia, mutta ne edustavat



oikeanlaista rakennustapaa. Kuvaan 2 on koottu eurokoodipohjaista suunnittelua koskevat ympäristöministeriön kansalliset liitteet.



Kuva 2. Eurokoodipohjaista suunnittelua koskevat ympäristöministeriön liitteet (RIL 201-1-2017, 2017, 24).

## 2.2 Rakennuspaikan ominaisuudet

Rakennus tulee sijoittaa tontille asemakaavan osoittamaan paikkaan ja sen osoittamalla tavalla. Kaavassa rakennukselle varattua aluetta kutsutaan rakennusalaksi. Kaavamääräyksissä saatetaan rakennukselle asettaa tietyt ominaisuudet yhtenäisen asumisympäristön luomiseksi. Rakennuspaikalta tulee suunnittelijan ottaa huomioon esimerkiksi ilmansuunnat, tontin maastonmuodot, kasvusto ja naapuritonttien rakentamistapa. Perustamisratkaisua silmällä pitäen on hyvä ottaa huomioon maaston asettamat rajoitukset sekä sen tarjoamat mahdollisuudet. Yleisesti tontti on joko tasainen tai rinnetontti. Tasainen maaperä tontilla johtaa usein yksinkertaiseen perustamisratkaisuun, kun taas

rinnetontille tulee usein esimerkiksi kellarillinen rakennus, joka aiheuttaa heti lisää suunniteltavaa ja kustannuksia. (Talonstrakentajan käsikirja 8, 7.)

Kun rakennuspaikan korkeuserot ovat pienet, on edullista rakentaa rakennuksen alapohja maanvaraisena. Korkeuserot kasvattavat tarvittavaa täytön määrää. Korkeuseron ollessa yli 0,5 metriä, on yleensä varmempi ja edullisempi ratkaisu toteuttaa alapohja kantavana, ryömintätilaisena alapohjana. Kun rakennuksen alapohja on maanvarainen, niin perustuksille tulee ainoastaan seiniltä tulevat kuormat, mutta lisää kuormitusta aiheuttavat täyttömaan kuormat. Kantavassa alapohjassa perustuksille tulee rakenteilta suuremmat kuormat, kun alapohjan kuormat siirtyvät niille myös, mutta toisaalta, maapohjan aiheuttama kokonaiskuormitus on pienempi. (Talonstrakentajan käsikirja 8, 7.)

### 2.3 Rakennuksen koko ja käytettävät materiaalit

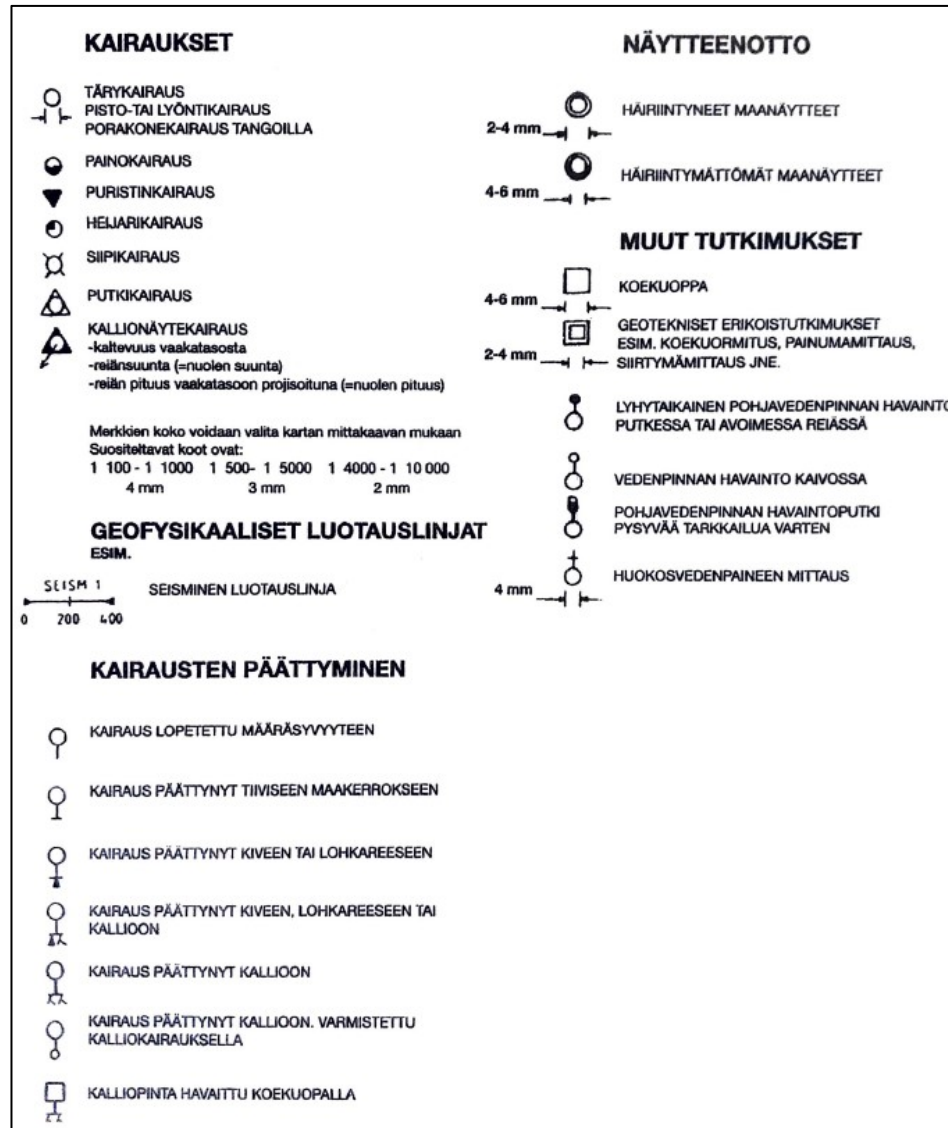
Rakennuksen nimellimitat selviävät yleensä kohteen piirustuksista, kuten myös kerros-luku. Rakennusluvan vaatimasta rakennuksen leikkauskuvasta näkyvät myös käytettävät materiaalit eri rakennetyypeissä. Näiden tietojen perusteella saadaan selville rakennuksen suuruus ja materiaalit sekä laskettua kuormitukset tarjouslaskentavaiheessa.

Rakenteessa käytettävien materiaalien sekä varastoitavien tuotteiden nimellisten tilauuspainojen arvoina pitää käyttää arvoja, jotka vastaavat todellisuutta. Ilman tarkentavaa selvitystä on käytettävä EN 1992...1999 mukaisia arvoja tai EN tuotestandardeissa esitettyjä arvoja. (RIL 201-1-2017, 2017, 81.)

### 2.4 Kohteen pohjatutkimus ja perustamistapalausunto

Rakennuspaikan pohjaolosuhteet tulee selvittää ennakolta rakennushankkeen suunnittelun yhteydessä. Pohjatutkimus tulee lähes aina tehdä, mutta helppoissa pohjarakennuskohteissa saattaa riittää myös pelkkä maastokatselmus, mutta siitäkin täytyy tehdä kirjallinen esitys. Pohjatutkimuksella selvitetään rakennuskohteen pinnanmuodot, maapohjan kerrosrakenteet, maakerrosten ja kallionpohjan ominaisuudet sekä pohjavesiolosuhteet. (Jääskeläinen 2009b, 13).

Tontin maaperää voidaan tutkia kairauksilla. Kuvassa 3 esitetään erilaisia piirtustusmerkintöjä, joita maaperätutkimuksista kirjatuisissa kartoissa käytetään.



Kuva 3. Yleisimmät pohjatutkimusten piirustusmerkinnät (Jääskeläinen 2009a, 235).

Pohjatutkimuksella hankittujen tietojen avulla saadaan luotua pohjarakenteiden suunnitteluun, turvalliseen rakentamiseen ja teknisesti tarkoituksenmukaiseen toteutukseen riittävät tiedot. (Talorakenajan käsikirja 8, 2010, 95.)

Paalukohteessa tukipaaluja käytettäessä tulee pohjatutkimuksen osoittaa, ettei välittömästi perustamistasona toimivan maakerroksen alla ole pehmeää maakerrosta, joka voi johtaa painumaan tai lävistysmurtumaan, mikä ei ole hyväksyttävää. (RIL 254-2016, 2016, 35.)

Kohteessa suoritettujen maaperätutkimusten tuloksena on geoteknisen suunnittelijan tekemä perustamistapalausunto, josta selviää rakennuksen perustamistapa ja millaisilla ratkaisuilla päästään vaadittuun lopputulokseen.

## 3 MITOITUKSEN LÄHTÖKOHDAT

### 3.1 Eurokoodit

Eurokoodit ovat kantavien rakenteiden suunnittelua koskevia eurooppalaisia standardeja ja se koostuu 58 osasta. Eurokoodien avulla selviävät varmuuden määrittämisperiaatteet ja erilaiset kuormat, kuten hyöty-, lumi-, lämpö-, onnettomuus- ja nosturikuormat. Rakennusmateriaaleille löytyy omat yksityiskohtaiset ohjeet. Standardien soveltaminen vaatii kansallisten liitteiden laatimisen, joihin vaikuttaa se, missä maassa ollaan. (Eurokoodi 2019)

### 3.2 Vaatimukset

#### 3.2.1 Perusvaatimukset

Standardissa SFS-EN 1990 määritellään rakenteille asetetut perusvaatimukset, joihin sisältyvät, että rakenne tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että se säilyttää sille asetetut vaatimukset koko käyttöikänsä ajan. Rakenteen tulee myös kestää kaikki kuormat ja vaikutukset, joita se todennäköisesti kohtaa toteutuksen ja käytön aikana ja pysyy käyttökelpoisena vaadittuun käyttötarkoitukseensa. Rakenteella tulee olla myös riittävät kestävyysominaisuudet ja säilyvyys.

#### 3.2.2 Luotettavuuden hallinta

Standarin EN 1990 soveltamisalaan kuuluvien rakenteiden kohdalla luotettavuus saavutetaan, kun rakenne suunnitellaan standardien EN 1990...1999 mukaisesti, kohde toteutetaan asianmukaisesti ja käyttämällä kohteeseen sopivia laadunhallintatoimenpiteitä. Erilaisia luotettavuustasoja pystytään hyödyntämään esimerkiksi rakenteiden kestävyyttä ja käyttökelpoisuutta tarkasteltaessa. Rakenteelle määritettävät luotettavuustasot voidaan tehdä kahdella eri tavalla: luokittamalla sen osat tai luokittamalla rakenne kokonaisuutena. (SFS-EN 1990 + A1+ AC 2006, 48.)

Rakenteen luotettavuustasoja valittaessa tulee ottaa huomioon tekijät, joihin kuuluvat esimerkiksi rajatilan mahdollinen syy tai sen saavuttamistapa, seuraukset, jotka vaurio saattaa aiheuttaa ja vaurioitusmisriskin alentamiseen tarvittavat menettelytavat ja resurssit. (SFS-EN 1990+ A1+ AC 2006, 48.)

Suomessa on käytössä erilaisia luotettavuustasoja EN 1990 liitteen B ja kansallisten liitteiden määrittelemillä tavoilla, joissa sovelletaan seuraamusluokkia. Seuraamusluokat ovat esitettynä taulukossa 1. Luotettavuusluokalla RC kuvataan rakenteen tai rakennesosan luotettavuutta. (RIL 201-1-2017, 2017, 27.)

Taulukko 1. Seuraamusluokat ja luotettavuusluokat (RIL-201-1-2017, 2017, 26).

Seuraamusluokan (CC) kuvaus	Luotettavuusluokka
CC3 Suuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	RC3
CC2 Keskisuuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	RC2
CC1 Vähäiset seuraamukset ihmishenkien menetysten tai pienten tai merkityksettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	RC1

Eurokoodipohjaisessa suunnittelussa otetaan rakenteen vaurioitumisen seuraamukset huomioon seuraamusluokkien kautta. Epäedullisten kuormien osavarmuusluvut kerrotaan kuormakertoimella  $K_{FI}$  standardin SFS-EN 1990 mukaan. Vähäisten seuraamusten luokassa CC1 kuormien osavarmuusluku on 10 % pienempi kuin keskimmaisessä, pientaloihin tavanomaisessa luokassa CC2. Suurten seuraamusten luokassa puolestaan osavarmuusluku on 10 % suurempi, kuin luokassa CC2. Kertoimet on esitetty taulukossa 2. Vastaavaa menettelyä voidaan käyttää myös muita suunnittelujärjestelmiä käytettäessä. (Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1990, 9.)

Taulukko 2. Kuormakerroin  $K_{FI}$  (RIL 201-1-2017, 2017, 26).

RC	$K_{FI}$
3	1,1
2	1,0
1	0,9

Laskentapohja on suunniteltu käytettäväksi pientalojen perustuksien koon haarukointiin. Pientalot ovat usein CC2-luokkaa. Siitä johtuen kuormakerroin  $K_{FI}$  on 1,0 ja näin ollen Excel-pohjaan ei ole huomioitu kuormakerrointa.

### 3.2.3 Suunniteltu käyttöikä

Rakennuksen ja sen rakenteiden suunniteltu käyttöikä pitää määritellä kohdetta suunniteltaessa. Käyttöiät ovat projektikohtaisia. Pientaloissa suunniteltu käyttöikä on usein 50 vuotta. Viittellisiä luokkia avataan taulukossa 3. (RIL 201-1-2017, 2017, 27)

Taulukko 3. Viitteellinen suunniteltu käyttöikä (RIL 201-1-2017, 2017, 27).

Suunnitellun käyttöiän luokka	Viitteellinen suunniteltu käyttöikä	Esimerkkejä
1	10	Tilapäisrakenteet <sup>1)</sup>
2	10...25	Vaihdettavissa olevat rakenteen osat
3	15...30	Maatalous- ja vastaavat rakennukset
4	50	Talonrakennukset ja muut tavanomaiset rakenteet
5	100	Monumentaaliset rakennukset

<sup>1)</sup> Sellaisia rakenteita tai niiden osia, jotka voidaan purkaa uudelleen käytettäväksi, ei pidetä tilapäisinä

### 3.3 Kuormat

#### 3.3.1 Omapaino

Rakennuksessa omaan painoon kuuluvat kantavat sekä ei-kantavat rakennusosat. Oma paino on pysyvä, kiinteä kuorma. Rakennusosan omapaino lasketaan nimellismittojen ja nimellisten tilavuuspainojen avulla. Nimellisiä tilavuuspainoja on esitetty taulukoissa 4 ja 5. Tilavuuspainoja on myös listattu standardin EN 1991-1-1 liitteeseen A. Omaan painoon sisältyvät myös kiinteät laitteet, kuten hissit tai LVIS-laitteet, sekä maakerroksien tai sepelikerroksen paino. Jos rakennuksessa on kevyitä väliseiniä, ne lasketaan hyötykuormaksi. Terrassilla tai vesikatolla olevat maakuormat lasketaan pysyviksi kuormiksi ja niiden kerrospaksuus ja kosteuspitoisuuksien vaihtelut on otettava huomioon. (RIL 201-1-2017, 2017, 63, 67.)



Taulukko 4. Rakennusmateriaalien nimellisiä tilavuuspainoja (RIL 201-1-2017, 2017, 82).

Materiaali	Tilavuuspaino $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
<b>puu</b>	<sup>*)</sup> RIL 144
koivu, ilmakeiva	6,5 <sup>*)</sup>
tammi, pyökki ja muut kovat puulajit	7–9 <sup>*)</sup>
liimapuu, kertopuu, vaneri, raakavaneri	5
lastulevyt	7–8
sementtilastulevy	12
suurilastuiset lastulevyt (flake board, OSB, wafer board)	7
kovalevy, normaali ja karkaistu	10
puolikova kuitulevy	8
huokoinen kuitulevy	4

Taulukko 5. Rakennusmateriaalien nimellisiä tilavuuspainoja (RIL 201-1-2017, 2017, 81).

Materiaali	Tilavuuspaino $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
<b>betoni</b> normaalipainoinen	24
- raudoitettu ja esijännitetty betoni, lisäys normaalipainoon	+1
- kovettumaton betoni, lisäys normaalipainoon	+1
<b>laasti</b>	
sementtilaasti	19–23
kipsilaasti	12–18
kalkki-sementtilaasti	18–20
kalkkilaasti	12–18
<b>muurauskivet</b> ks. prEN 771-1...4	<sup>*)</sup> RIL 144
betonireikäharkot	14–15 <sup>*)</sup>
kevytbetoniharkot	4,8–6 <sup>*)</sup>
kevytsorabetoniharkot	6,5 <sup>*)</sup>
kalkkihiekkatiilet	18–19 <sup>*)</sup>
kalkkihiekkareikätiilet	13–15 <sup>*)</sup>
poltetut savitiilet (eri painoluokat ja eri rei'itys)	9–21 <sup>*)</sup>
tulenkestävät tiilet	19–22 <sup>*)</sup>
terrakotta	21,0
<b>luonnonkivimuurauskappaleet</b>	
graniitti, syeniitti, porfyryri	27–30
basalitti, dioriitti, gabro	27–31
hiekkakivi (myös grauvakka)	21–27
tiheä kalkkikivi	20–29
muu kalkkikivi	20
gneissi	30
liuskekivi	28

### 3.3.2 Hyötykuorma

Rakennusten hyötykuormat aiheutuvat tilojen käytöstä. Hyötykuormina käytetään tilan käyttötarkoituksesta riippuvia tasanjakautuneita kuormia, pistekuormia ja vaakasuuntaisia viivakuormia. Taulukossa 6 on esitetty tavallisimpien hyötykuormien ominaisarvot. Hyötykuorma oletetaan liikkuvaksi kuormaksi, joka vaikuttaa tarkasteltavan rakenteen kannalta epäedullisimmassa osassa. (RIL 201-1-2017, 2017, 61-62)

Taulukko 6. Tavallisimpien hyötykuormien ominaisarvot (Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1991-1-1, 11).

Kuormitettujen tilojen luokat	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]			$Q_k$ [kN]
	Väliportaat	Portaat	Parvekkeet	(portaat suluissa)
<b>Luokka A</b> Asunto- ja majoitustilat	2,0	2,0	2,5	2,0 (2,0*)
<b>Luokka B</b> Toimistotilat	2,5	3,0	2,5	2,0 (2,0)
<b>Luokka C</b> Tilat, joihin ihmiset voivat kokoontua				
– C1	2,5	3,0	2,5	3,0 (2,0)
– C2	3,0	3,0	3,0	3,0 (2,0)
– C3	4,0	3,0	4,0	4,0 (2,0)
– C4	5,0	3,0	5,0	4,0 (2,0)
– C5	6,0	6,0	6,0	4,0 (2,0)
<b>Luokka D</b> Myymälätilat				
– D1	4,0	3,0	4,0	4,0 (2,0)
– D2	5,0	6,0	5,0	7,0 (2,0)

\*Asunnon sisäiset portaat  $Q_k = 1,5$  kN

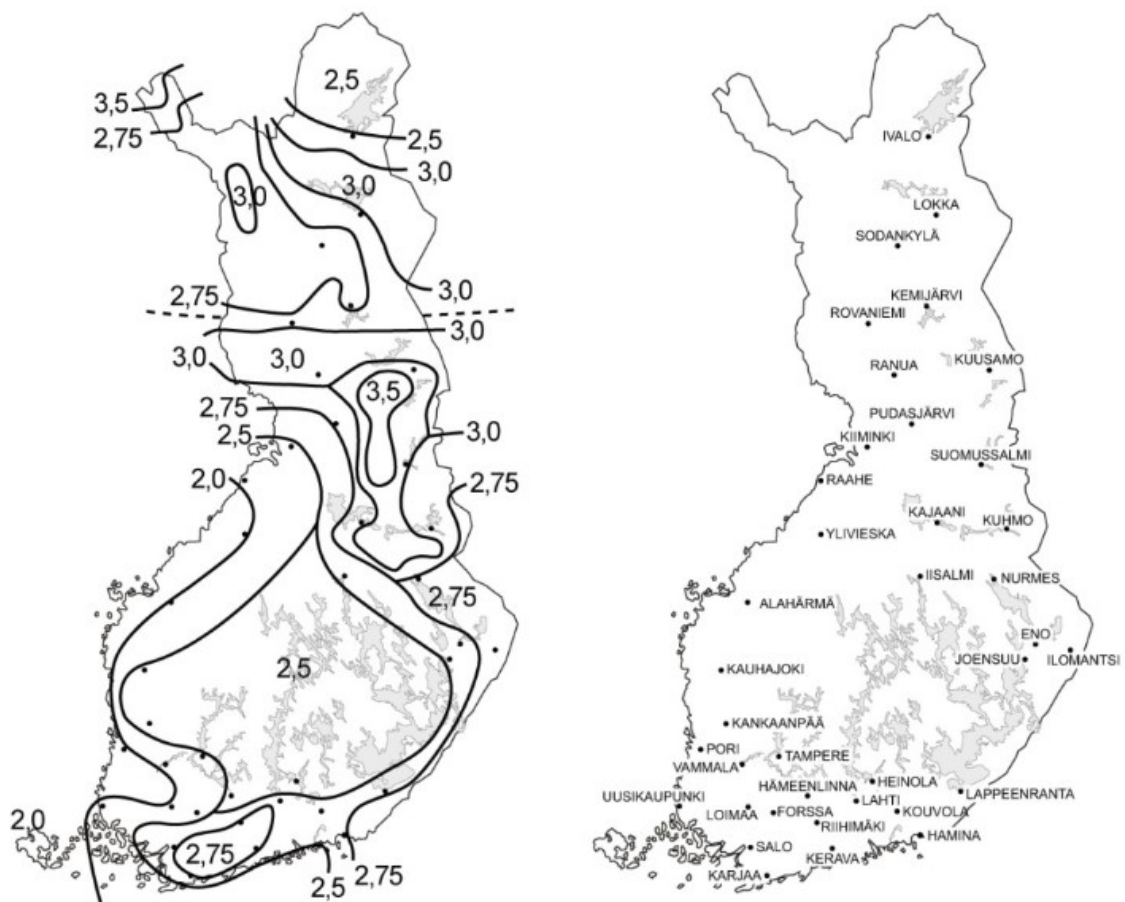
### 3.3.3 Lumikuorma

Lumikuorman arvon suuruuteen vaikuttavat rakennuksen sijainti (kuva 4), jonka avulla määritetään lumikuorman ominaisarvo maassa  $s_k$  ja katon muoto, jonka avulla määritetään muotokerroin  $\mu_i$  (kuvat 5, 6 ja 7). Katon ominaislumikuorma  $q_k$  saadaan määritettyä yksinkertaistetulla kaavalla:

$$q_k = \mu_i S_k$$

Kaava 1. Katon ominaislumikuorma (RIL 201-1-2017, 2017, 101).

Kaavassa 1 katon lämpökerroin ja tuulensuojaisuuskerroin on jätetty esittämättä, koska niiden lukuarvo on yleensä 1. Laskennassa käytettävien muotokertoimien arvoihin on syytä kiinnittää erityistä huomiota silloin, kun katon muoto on sellainen, että se saattaa aiheuttaa merkittävän kuorman lisäyksen profiililtaan tavallisiin kattoihin verrattuna (RIL 201-1-2017, 2017, 101).

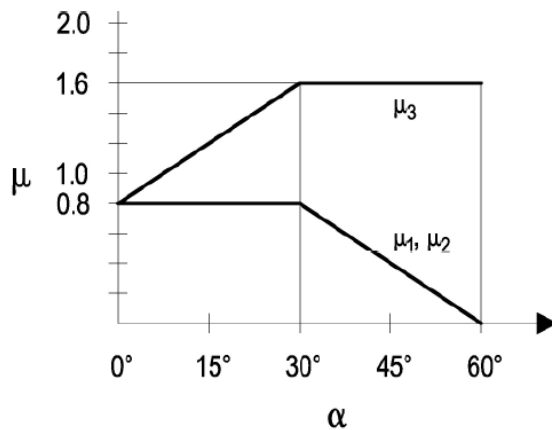


Kuva 4. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot (Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1991-1-3, 15).

Sellaisilla alueilla, joilla voi sataa vettä lumen päälle aiheuttaen lumen sulamisen ja jäätyämisen, kattojen lumikuormia suurennetaan, mutta erityisesti sellaisissa tapauksissa, joissa jää ja lumi voivat aiheuttaa vedenpoistojärjestelmän tukkiutumisen. Kuorman

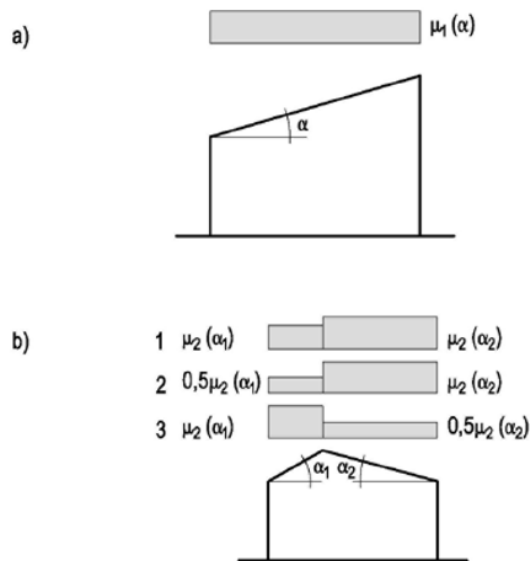
suurentaminen edellä mainitusta syystä ei kuitenkaan ole kovin yleistä. (RIL 201-1-2017, 2017, 101.)

Muotokertoimien arvot pätevät silloin, jos lumen liukumista katolta ei ole estetty. Mikäli katolla on lumieste tai muu liukumista estävä asia, kuten alaräystäällä sijaitseva kaide, niin lumikuorman muotokertoimelle käytetään vähintään arvoa 0,8. (RIL 201-1-2017, 2017, 101.) Muotokertoimien arvoja ja laskentakaavioita on esitetty kuvissa 5, 6 ja 7.

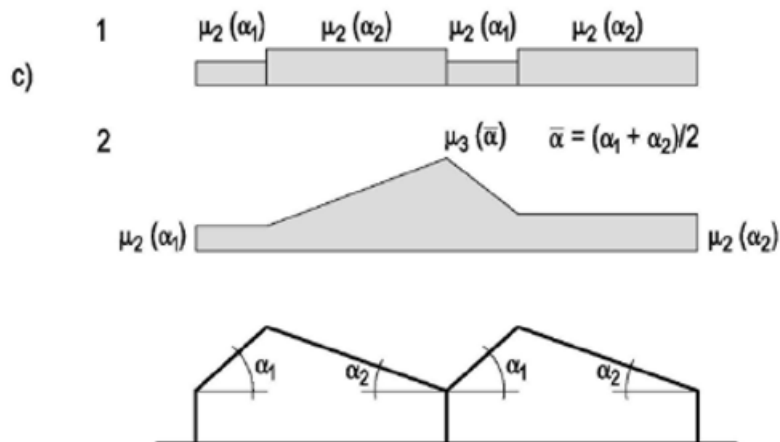


Kuva 5. Katolla olevan lumikuorman muotokertoimet (RIL 201-1-2017, 2017, 102).

Katon muotokertoimiin on sisällytettyä myös lumen kinostuminen. Kinostumista saattavat aiheuttaa erilaiset tekijät, kuten katon muoto ja sen lämpötilaominaisuudet, pinnan karheus, ympäröivä maasto tai viereisten rakennusten läheisyys (RIL 201-1-2017, 2017, 100). Kuvan 6 kuormituskaavioissa 1 = kinostumaton lumi ja 2 ja 3 = kinostunut lumi. Kuvassa 7 vastaavasti 1 = kinostumaton lumi ja 2 = kinostunut lumi.



Kuva 6. Pulpetti- ja harjakaton kuormituskaaviot (RIL 201-1-2017, 2017, 102).



Kuva 7. Sahakaton lumikuorman kuormituskaavio (RIL 201-1-2017, 2017, 102).

### 3.3.4 Kuormien luokitus ja ominaisarvot

Kuormat luokitellaan ajallisen vaikutuksen mukaan (RIL 201-1-2017, 2017, 31):

- pysyvät kuormat (G), esim rakenteiden ja kiinteiden laitteiden oma paino
- muuttuvat kuormat (Q), esim hyötykuormat, tuulikuormat ja lumikuormat
- onnettomuuskuormat (A), esim räjähdykset ja ajoneuvojen törmäykset.

Kuorman ominaisarvo  $F_k$  on sen pääasiallinen edustava arvo ja se määritellään:

- keskiarvona, yläraja- tai alaraja-arvona tai nimellisarvona
- hankeasiakirjoissa, jos saadaan aikaan yhtenäisyys standardin EN 1991 mukais-  
ten menetelmien mukaan.

Rakennuksessa yksittäisen rakenteen omapaino voidaan esittää yhdellä ominaisarvolla, joka on määritetty rakenteen nimellismittojen ja keskimääräisten tiheyksien perusteella. (RIL 201-1-2017, 2017, 31.)

### 3.3.5 Kuormien yhdistely murtorajatilassa

Yleensä rakennuksen eri osiin on vaikuttamassa yhtä aikaa useita muuttuvia kuormia. On epätodennäköistä, että rakenteeseen vaikuttaa yhtä aikaa esimerkiksi maksimi lumikuorma ja maksimi tuulikuorma. Sen takia toista muuttuvaa kuormaa on syytä pienentää, ettei rakenteesta tule selkeästi ylimitoitettua. Taulukossa 7 on esitetty muuttuvien kuormien yhdistelmäkertoimet.

Taulukko 7. Yhdistelykertoimien  $\psi$  arvot rakennuksille (RIL 201-1-2017, 2017, 38).

Kuorma	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Hyötykuormat rakennuksissa, luokka (katso SFS-EN 1991-1-1)			
Luokka A: asuintilat	0,7	0,5	0,3
Luokka B: toimistotilat	0,7	0,5	0,3
Luokka C: kokoontumistilat	0,7	0,7	0,3
Luokka D: myymälätilat	0,7	0,7	0,6
Luokka E: varastotilat	1	0,9	0,8
Luokka F: liikennöitävät tilat, ajoneuvon paino $\leq 30\text{kN}$	0,7	0,7	0,6 <sup>**</sup> )
Luokka G: liikennöitävät tilat, $30\text{kN} < \text{ajoneuvon paino} \leq 160\text{ kN}$	0,7	0,5	0,3 <sup>**</sup> )
Luokka H: vesikatot	0	0	0
Lumikuorma (katso SFS-EN 1991-1-3) <sup>*)</sup> , kun			
$s_k < 2,75\text{kN/m}^2$	0,7	0,4	0,2
$s_k > 2,75\text{ kN/m}^2$	0,7	0,5	0,2

<sup>\*)</sup> Ulkotasoilla ja parvekkeilla  $\psi_0=0$  luokkien A, B, F ja G yhteydessä

<sup>\*\*</sup>) Ajokäytävillä  $\psi_2=0$

RILin 201-1-2017 ohjeessa avataan murtorajatilassa käytettäviä kuormitusyhdistelmiä. Rakennusten staattinen tasapaino tulee osoittaa määrittämällä kuormien mitoitusarvo kaavassa 2 osoitetulla tavalla. Rakenneosien kestävyys tilanteessa, jossa geotekniset

kuormat eivät vaikuta, osoitetaan määrittelemällä kuormien mitoitusarvo kaavojen 3 ja 4 mukaan. (RIL 201-1-2017, 2017, 40.) Perustuksia suunniteltaessa, kun geotekniset kuormat vaikuttavat, käytetään luvussa 4.3 esitettäviä DA2 ja DA2\* kuormien yhdistelmiä.

$${}_{0,9}^{1,1 K_{FI}} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_P P + 1,5 K_{FI} Q_{k,1} + 1,5 K_{FI} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kaava 2. Rakennuksen tai rakenteet staattinen tasapaino (EQU/Sarja A) (RIL 201-1-2017, 2017, 40)

Kaavassa 2 seuraamusluokka ja kuormakerroin huomioiden yhdistetään (RIL 201-1-2017, 2017, 40):

- tasapainoa heikentävät epäedulliset pysyvät kuormat  $G_k$  kerrottuna kertoimella  $1,1 K_{FI}$
- tasapainoa parantavat edulliset pysyvät kuormat  $G_k$  kerrottuna kertoimella  $0,9$
- esijännitysvoimat  $P$  kerrottuna osavarmuuskertoimella  $\gamma_P$  (ks. EN 1992...EN1996 ja EN 1998...EN 1999)
- määräävä muuttuva kuorma  $Q_{k,1}$  kerrottuna kertoimella  $K_{FI}$
- muiden samanaikaisten muuttuvien kuormien  $Q_{k,i}$  yhdistelyarvot ( $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ ) kerrottuna kertoimella  $1,5 K_{FI}$ .

Mikäli geotekniset kuormat eivät vaikuta rakenneosien kestävyys, lasketaan kuormat kaavan 3 ja 4 mukaisilla tavoilla (RIL 201-1-2017, 2017, 40).

$${}_{0,9}^{1,15 K_{FI}} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_P P + 1,5 K_{FI} Q_{k,1} + 1,5 K_{FI} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kaava 3. Rakenteen tai rakenneosien kestävyys ja geotekninen kantavuus (STR, Sarja B) (RIL 201-1-2017, 2017, 40).

Kaavalla 3 lasketun kuorman suuruuden tulee olla vähintään kaavalla 4 saatava tulos. Tämä tapaus saattaa tulla kyseeseen silloin, kun pysyvien kuormien suuruus on verrattavan suuri suhteessa muuttuviin kuormiin.

$$1,35 \left. \begin{matrix} K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j}$$

Kaava 4. Rakenteen tai rakenneosien kestävyys ja geotekninen kantavuus (STR, Sarja B) (RIL 201-1-2017, 2017, 40).

### 3.4 Rajatilamitoituksen periaatteet

Murtorajatilat ja käyttörajatilat käsitellään aina erikseen erilaisiin mitoitustilanteisiin liittämällä. Erilaisia mitoitustilanteita ovat luokiteltuina esimerkiksi normaalisti vallitsevat mitoitustilanteet, joihin kuuluvat normaalit käyttötilanteet, tilapäiset mitoitustilanteet, esimerkiksi toteutuksen tai korjaamisen aikana, onnettomuustilanteet, kuten tulipalot ja räjähdys. Standardeissa EN 1991...EN 1999 käsitellään luokkiin kuuluvia mitoitustilanteita tarkemmin. (RIL 201-1-2017, 2017, 29.)

#### 3.4.1 Murtorajatilat

Rakenteen tasapainon menetys, vaurioituminen tai murtuminen katsotaan murtorajatiloiiksi. Murtorajatilat liittyy ihmisten turvallisuuteen ja rakenteiden varmuuteen. Joissain tapauksissa ne voivat liittyä myös aineen tai tavarantoiminnan suojaamiseen. Tarkasteltavia murtorajatiloina on muutamia erilaisia (RIL 201-1-2017, 2017, 29.):

- jäykkä kappale tai sen osa menettää tasapainon
- siirtymätilan liiallinen suuruus
- rakenne tai sen osa muuttuu mekanismiksi
- katkeaminen
- rakenteen tai sen osa menettää stabiiliuden
- ajasta riippuvat vauriot, kuten väsyminen.

#### 3.4.2 Käyttörajatilat

Käyttörajatiloihin kuuluvat rajatilat, jotka koskevat rakenteen tai rakenneosien toimintaan normaalikäytössä, rakennuskohteen ulkonäköön tai ihmisten mukavuuteen. Käyttörajatiloina on palautuvia ja palautumattomia ja ne tulee erotella toisistaan. Käyttörajatilassa tarkasteltavia asioita on muun muassa siirtymien tarkastelut, värähtelyt sekä mahdolliset



vauriot, joilla on vaikutus rakenteen ulkonäköön, käyttäjien mukavuuteen tai rakenteen toimivuuteen ja säilyvyyteen. (RIL 201-1-2017, 2017, 30.)

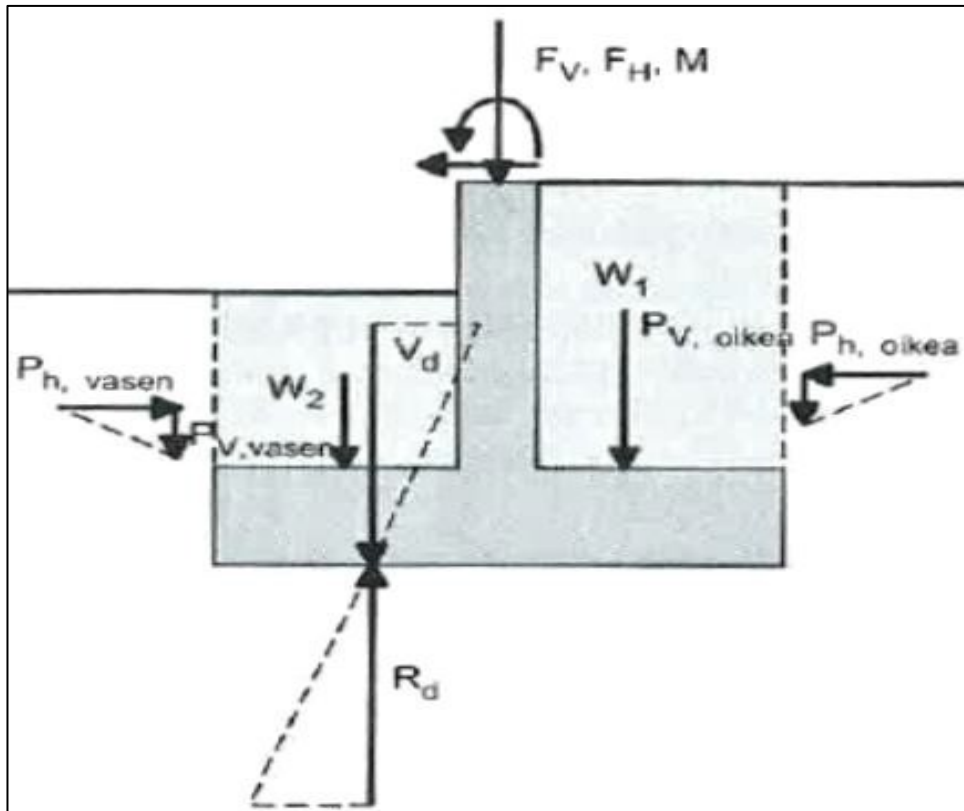
### 3.4.3 Kantokestävyys

Laskelmiin perustuvassa geoteknisessä mitoituksessa suunnittelun tulee noudattaa EN 1990:2002:n perusvaatimuksia ja kyseisen standardin erityissäntöjä. Kantokestävyysden yksinkertaisena ajatuksena on, että maaperän täytyy kestää anturalta sille tulevat kuormat. Anturan kantokestävyttä laskettaessa tulee seuraavan epäyhtälön toteutua murtorajatilamitoituksessa:

$$V_d \leq R_d$$

Kaava 5. Kantokestävyysden epäyhtälö (RIL 207-2017, 2017, 104).

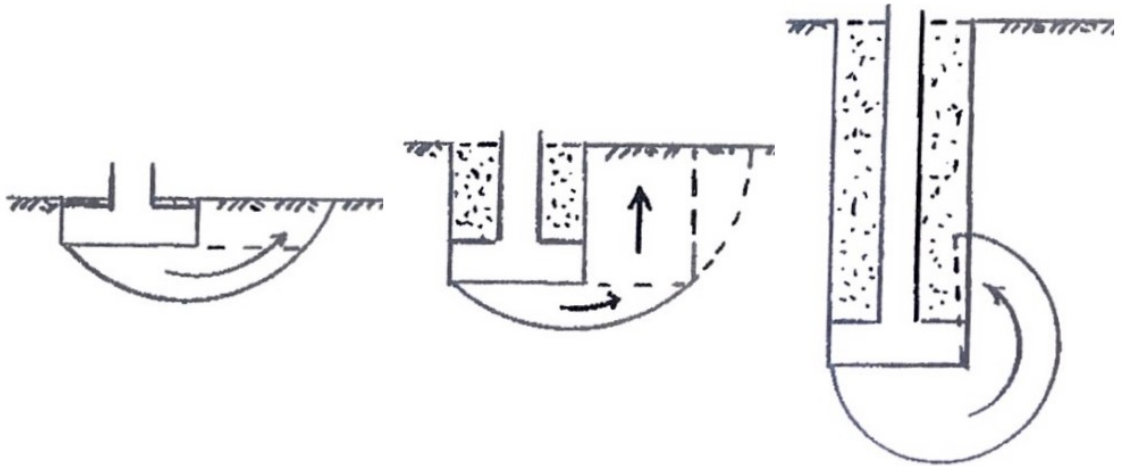
Kaavassa  $V_d$  sisältää perustusten oman painon ja yläpuolisista rakenteista sille tulevat kuormat, täyttömateriaalien painot ja maanpaineet.  $R_d$  on maaperän kantokestävyysden mitoitusarvo, jonka tulee olla suurempi tai yhtä suuri kuin  $V_d$ . Kuvassa 8 on havainnollistettu anturaan kohdistuvia voimia.  $R_d$  on kantokestävyysden mitoitusarvo, jonka määrittäminen on esitetty tarkemmin eurokoodissa EN 1990: 2002.



Kuva 8. Anturaan kohdistuvat voimat (RIL 207-2017, 2017, 104).

Kuvassa 8 esitetyissä vaikutuksissa  $V_d$  on perustuksen normaalin suuntainen mitoitusarvon komponentti, johon sisältyy rakenteelliset kuormitukset  $F_V$ ,  $F_H$  ja  $M$ , maanpaineesta tulevat kuormitukset  $P_h$  ja  $P_v$  ja täytöistä tulevat kuormat  $W_1$  ja  $W_2$ .  $R_d$  on maaperän kantokestävyyden mitoitusarvo (RIL 207-2017, 2017, 104).

Myös perustamissyvyydellä on vaikutusta maaperän kantavuuteen, kun maaperän kantavuutta ja vakavuutta lasketaan liukupinta-analyysin tai erilaisten kantavuuskaavojen avulla. Matalissa kaivannoissa liukupinta ulottuu tasaisena maanpinnalle asti, kun taas perustettaessa syvemmälle, syntyy liukupinnan ulottumisen tasaisena maanpinnalle asti vaihtoehdon rinnalle mahdollisuus, että anturan alta tuleva maanpaine ei jakaudukkaan tasaisesti kohti maanpintaa, vaan alkaa nostaa päällä olevaa maakerrosta ylöspäin (kuva 9). Syvimmissä kaivannoissa voi käydä myös siten, että jännittyneenä oleva maaperä pyörähtääkin löyhemmäksi jäänyttä perustusta vasten olevaa maa-ainesta kohti ja aiheuttaa paikallismurtuman ilman, että maan pinnalla on havaittavissa liikettä. Tällainen painuma saattaa aiheuttaa suurtakin vauriota. (Jääskeläinen 2006a, 206.)

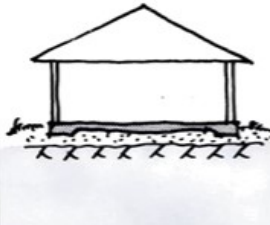
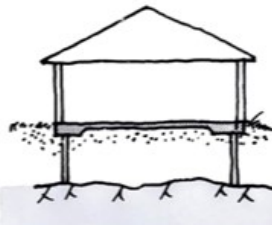
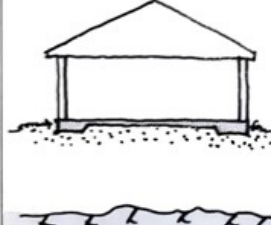
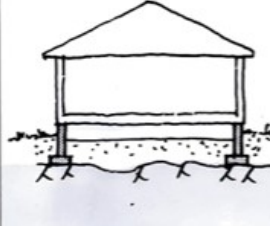
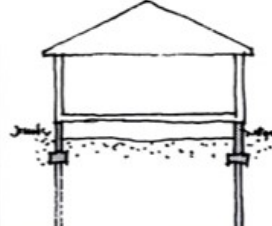
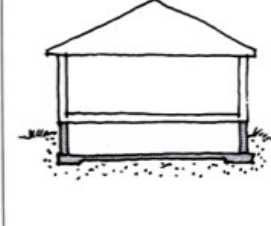
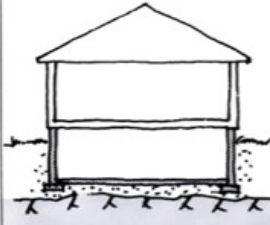
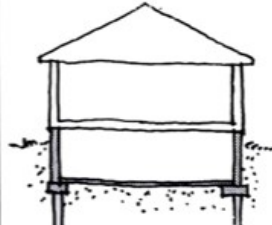
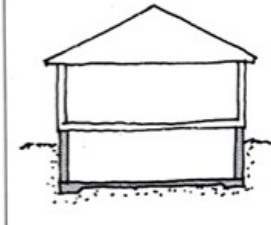


Kuva 9. Maaperän liikkeitä eri perustussyvyyksillä (Jääskeläinen 2006a, 206).

Lähtökohtaisesti kohteeseen tarjoutua laskevalle myyjälle tai perustussuunnittelijalle on kantavuus valmiiksi laskettuna geosuunnittelijan toimesta, mutta on hyvä hahmottaa, miten perustussyvyys voi myös vaikuttaa kantavuuteen. Yleisimmin perustussyvyutenä käytetään 0,5 metrin syvyyttä, mutta tonttikohtaisesti saattaa perustussyvyys olla suurempikin.

## 4 PERUSTUKSET

Perustuksien tehtävä on siirtää rakennukselta tulevat kuormat kantavaan maaperään. Perustamisolosuhteet ovat rakennuspaikoilla erilaisia. Maaperän kantokyky ja erilaiset maalajit, maaston muoto, pohjavesiolosuhteet, radonpitoisuus sekä pintavesiolosuhteet ovat tontikohtaisia. Rakennuspaikan maaperän ominaisuuksista tärkein on maaperän kantokyky. Näistä erilaisista perustamisolosuhteista johtuen perustamistapoja on useita ja kohteelle pitää valita aina tapauskohtaisesti niistä sopivin. (Talonstrakentajan käsikirja 8, 6.) Kuvassa 10 on esitetty erilaisia perustusten ja pohjarakenteiden yhdistelmiä. Excel-laskentapohjat on tehty soveltumaan kiinteään, eli maanvaraiseen ja tuettuun, eli paalutettuun perustukseen.

	<b>Kiinteä alusta</b> kallio, sora, hiekka, moreeni, hieta	<b>Tuettu perustus</b> irtosavimaa, joka painuu runsaasti	<b>Kelluva perustus</b> savihieta, hietasavi, siltti ja kiinteä savi
<b>Maanvarainen laatta</b>			
<b>Ryömintätilainen perustus</b>			
<b>Kellari-perustus</b>			

Kuva 10. Erilaisia talon perustamisratkaisuja (Hemgren 2007, 22).

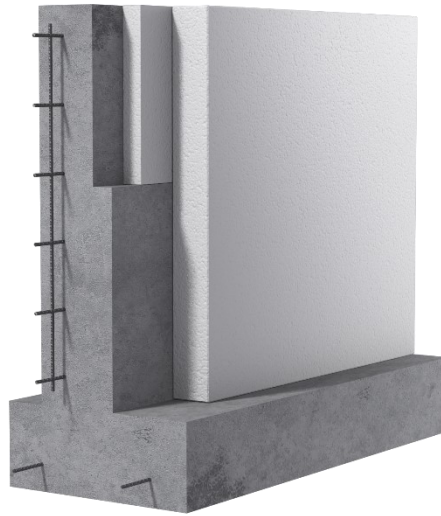
Perustuksien suunnitteluun sisältyy kaksi erillistä osaa, geotekninen ja rakennetekninen osa. Geoteknisessä suunnittelussa perustuksien mitat, korkeusasema sekä maapohjan kantavat kerrokset valitaan siten, että maapohja kestää sille tulevat kuormat murtumatta (MRT). Perustuksien painumat ja siirtymät täytyy myös pysyä riittävän pieninä (KRT). Rakenneteknisessä osassa perustuksien rakenteet mitoitetaan kestäväksi murtumatta niille tulevat rasitukset (MRT) ja tarkastetaan, että halkeamat ja muodonmuutokset pysyvät sallittujen raja-arvojen sisällä (KRT). (Talonrakentajan käsikirja 8, 6.)

Perustuksia suunniteltaessa tulee usein selvittää seuraavat asiat, kuten käytettävät rakenneratkaisut, perustussyvyys, routasuojas, radonsuojaus, kuivatus ja mahdolliset massanvaihdot sekä louhinta. Myös alapohjan rakenne suunnitellaan. (Talonrakentajan käsikirja 8, 6.)

Rakennuksen korkeusasemalla on oleellinen vaikutus perustamisratkaisuihin, kustannuksiin, joita kaivuu- ja täyttötöyt saattavat aiheuttaa, sekä koko tontin ulkonäköön ylipäätään. Korkeusasemaa mietittäessä tulee ottaa huomioon esimerkiksi rakennuspai-kan korkeuserot, katujen korkeusasema ja piha-alueen kuivatus. (Talonrakentajan käsikirja 8, 11.)

#### 4.1 Maanvarainen perustus

Erityisesti maanvaraisten perustusten kohdalla nousevat esille perusvaatimukset. Rakenteet tulee suunnitella siten, että varmuus maapohjan murtumista vastaan on riittävä ja painumat pysyvät riittävän pieninä. Rakenteiden ei tule kaatua tai liukua. Perustuksien minimikoon määrittävät joko laskelmat pohjan varmuudesta murtumista vastaan tai laskelmat painuman pysymisestä riittävän pienenä. (Jääskeläinen 2009b, 39.) Kuvassa 11 on rakenneleikkaus Perustava Oy:n anturallisesta sokkelipalkista, josta voi nähdä sokkelipalkin alla olevan raudoitettun anturan ja raudoitettun sokkelipalkin eristeineen. Rakennuksen kuormat välittyvät anturan kautta kantavaan maaperään.

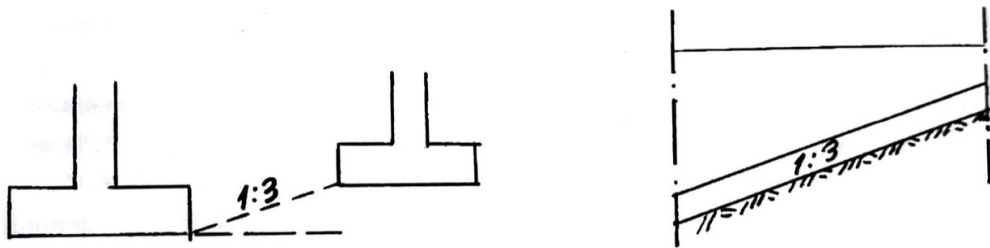


Kuva 11. Anturallinen sokkelipalkki (Perustava Oy).

Pohjatutkimuksesta saadaan maaperästä tiedot, joiden mukaan anturan mitoituslaskelmat tehdään. Maaperän ominaisarvot päätellään pohjatutkimuksista varovaisesti arvioituina keskiarvoina. Ominaiskuormat tarkoittavat kuormia, joita ei määrätyllä todennäköisyydellä tulla ylittämään rakenteen käyttöiän aikana. Perustuksen kantokyky puolestaan tarkoittaa mitoitusarvoa, joka on saatu ottamalla huomioon ainoastaan varmuus murtumista vastaan. (Jääskeläinen 2009b, 39.)

Pohjarakennusohjeet antavat mahdollisuuden niin osavarmuuskertoimien käyttämiseksi kuin myös kokonaisvarmuuslukumenetelmän käytön. Kokonaisvarmuuslukumetelmässä laskennassa käytetään ominaisarvoja ja ominaiskuormia. Mitoitus toteutetaan siten, että rakenteelle syntyy kokonaisvarmuusluvun antama varmuus murtokuormaan nähden. Tämän varmuusvaran avulla saadaan katettua ominaisarvoissa tai ominaiskuormissa tehdyt mahdolliset virhearvioinnit. Osavarmuuskertoimilla laskettaessa ominaiskuormat kerrotaan osavarmuuskertoimilla ennen mitoituslaskelmia. Laskelmien tulokseen sisältyy varmuuskertoimet jokaisen osatekijän kohdalta erikseen. Kokonaisvarmuuslukumenetellä laskettaessa päästään sallittujen jännistysten menetelmään. Sallituun jännitykseen sisältyy tietty varmuuskerroin murtoa vastaan. Osavarmuuskertomilla laskettaessa ollaan rajatilamitoitusmenetelmässä, jolla tarkoitetaan sitä, että murtorajatilassa osavarmuuskertoimilla kerrotut ominaiskuormat, laskentakuormat eivät ylitä rakenteen kantokykyä. (Jääskeläinen 2009b, 39–40.)

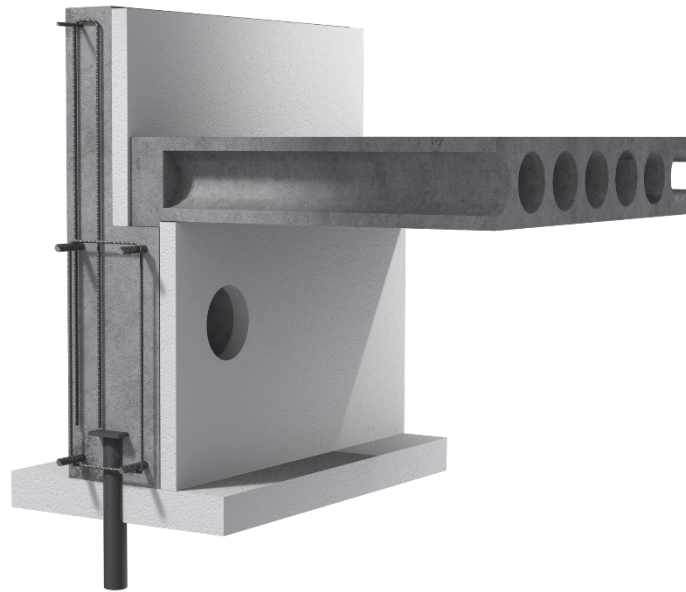
Maanvaraisissa perustuksissa minimi leveysmitat ovat perusmuurianturoissa 0,3 metriä ja pilarianturoissa 0,4 × 0,4 metriä ja minimi perustussyvyys on 0,5 metriä. Anturoiden kahden lähimmän alakulman välinen kulma ei saisi olla suurempi kuin 1:3 ja perusmuurin pituussuuntaisen kaltevuuden ei myöskään tulisi ylittää samaa 1:3 kulmaa. Asiaa on havainnollistettu kuvassa 12. Jos kulma olisi jyrkempi anturoiden välillä, voisi ylemmältä anturalta siirtyä rasituksia toiselle. (Jääskeläinen 2009b, 40–41.)



Kuva 12. Tyypillinen maksimikaltevuus anturoiden välissä ja perusmuurin pituuskaltevuudessa (Jääskeläinen 2009b, 41).

#### 4.2 Paaluperustus

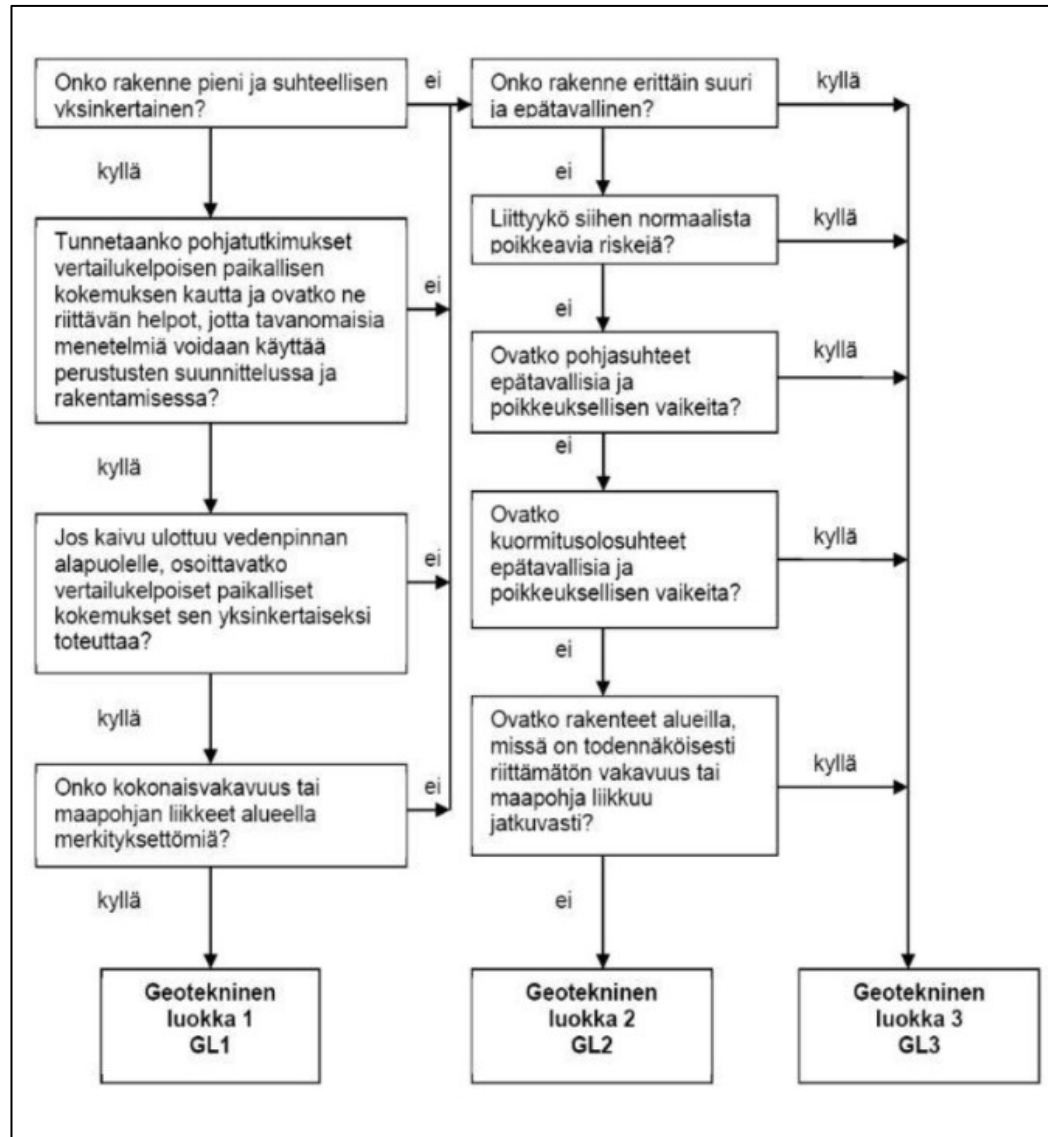
Paaluperustuksia käytetään silloin, jos rakennuksen tai rakenteen perustaminen maanvaraisesti ei painumien, siirtymien, kiertymien tai esimerkiksi ympäristössä olevien rakennusten sijainnin takia ole mahdollista. Tällöin esimerkiksi tukipaaluilla saadan siirrettyä kuormat kärjen välityksellä kallioon tai tiivisrakenteiseen maakerrokseen. Paalujen käyttö on nykyään entistä yleisempää. Rakentamisessa teräsbetoniset paalut ovat yleisiä tavanomaisessa rakentamisessa, mutta teräspaalujen käyttö kasvaa koko ajan. Teräspaaluilla saavutetaan erilaisissa tilanteissa monia etuja. Teräspaaluja on saatavilla laajalla valikoimalla erilaisiin kohteisiin ja paalutuskalusto on myös kehittynyt. (Jääskeläinen 2009b, 52–53.) Pientaloissa käytetään eniten teräspaaluja. Excel-pohjassa käyttäjä pystyy valitsemaan yrityksen käytössä olevien paalutyyppeiden väliltä, mitä paaluja kohteeseen käytetään. Kuvassa 13 on rakenneleikkaus Perustava Oy:n kantavasta sokkelipalkista, josta voi havaita sokkelipalkkiin upotetun paalun, itse sokkelipalkin sekä siihen tukeutuvan ontelolaatan.



Kuva 13. Kantava sokkelipalkki (Perustava Oy).

Paalutusta suunniteltaessa on hyvä olla selvillä mihin geotekniseen luokkaan kohde kuuluu. Geotekniseen luokkaan 1 kuuluvat usein rakenteet, joissa perustusvaatimusten täyttyminen pystytään varmistamaan kokemuksen, sekä kvalitatiivisten, eli laadullisten tutkimuksien avulla. Geoteknisen luokan (GL1) rakennuspaikka on yleensä kallio- tai moreenialueella. Geotekniseen luokkaan 2 kuuluvat rakenteet, joissa täytyy pohjatutkimuksiin sisällyttää geoteknisiä lähtötietoja ja analyysyjä. Paalutuskohde kuuluu usein geotekniseen luokkaan 2, jos rakennuksessa on pysyvään asumiseen tai työskentelyyn suunniteltuja tiloja. Geotekniseen luokkaan 3 kuuluvat rakenteet erittäin suuret tai epätavalliset rakenteet. Myös normaalia suuremmat riskitekijät saattavat vaikuttaa siihen, että rakenne kuuluu luokkaan 3. Kuvassa 14 on havainnollistettu reittiä, miten geotekninen luokka voidaan valita. (RIL 254-2016, 2016, 29).





Kuva 14. Geoteknisen luokan valinta (RIL 254-2016, 2016, 30).

Paalutuksen toteuttaminen vaatii luotettavat pohjatutkimukset. Jos rakennus päätetään perustaa lyöntipaalujen varaan, on oltava varmuus siitä, että lyöntipaalutus on mahdollinen vaihtoehto kyseisessä rakennuspaikassa (Jääskeläinen 2009b, 52). Pohjatutkimuksesta tulee selvittää tavoitetaso, mihin kullakin kohdalla pitäisi paalut saada lyötyä. Paalujen kantavuus voidaan määrittää paaluvalmistajien taulukoista joko maaperän suljetun leikkauslujuuden mukaan, tai paalutustyöluokan mukaan. Taulukossa 8 on havainnointu, paalun RR115/6,3 kestävyys suljetun leikkauslujuuden  $c_{uk}$  arvon ollessa 5 kPa, korroosiovaran ollessa 1,2 mm ja alkutaipuman arvon ollessa  $Lcr/400$  ja paalutustyöluokan mukaan valittaessa paalutustyöluokassa 2. Tässä tapauksessa paalujen kantavuus määräytyisi paalutustyöluokan mukaisen kantavuuden mukaan, koska se on pienempi.

Usein kantavuudet määräytyvät paalutustyöluokkien mukaan, mutta mikäli maaperän suljettu leikkauslujuus on alle 10 kPa ja korroosiovarana käytetäänkin 1,2 mm:n sijasta 2,0 mm korroosiovaraa, saattaa suljetun leikkauslujuuden mukaan määriteltävistä kantavuuksista tulla määrääviä.

Taulukko 8. Teräspaalun RR115/6,3 kestävyys (SSAB 2018, 24).

Paalu	Teräslaji	Alkutaipuma	Korroosiovara 1,2 mm						Geoteknisen kestävyuden mitoitussarvot $R_d$ [kN]		
			Rakenteen puristuskestävyyden mitoitussarvo $R_d$ [kN]						PTL1	PTL2	PTL3
			suljettu leikkauslujuus $c_{sk}$ [kPa]								
			5	7	10	15	20	30			
RR75	S460MH	$\delta_g$	210	257	318	359	377	398	195	259	324
		$L_{cr}/400$	245	298	346	377	395	415			
RR90	S460MH	$L_{cr}/400$	274	336	406	439	458	481	230	307	384
		$L_{cr}/600$	320	389	427	460	479	501			
RR115/6,3	S460MH	$L_{cr}/400$	421	516	562	600	622	648	301	401	502
		$L_{cr}/600$	489	550	590	628	649	672			
RR115/8	S460MH	$L_{cr}/400$	464	568	694	751	786	826	376	502	627
		$L_{cr}/600$	541	657	730	788	822	860			
RRs115/8	SS50J2H	$L_{cr}/400$	464	568	703	854	903	961	450	600	749
		$L_{cr}/600$	541	657	807	896	946	1002			

Paalutustyöluokka riippuu seuraamusluokasta ja geoteknisestä luokasta taulukon 9 mukaisesti. Pientaloissa paalutustyöluokka on usein PTL2.

Taulukko 9. Paalutustyöluokat tavanomaisessa rakentamisessa (RIL 254-2016, 2016, 102).

Geotekninen luokka	Seuraamusluokka		
	CC1	CC2	CC3
GL1	PTL1...(PTL3)	PTL2...(PTL3)	PTL2...(PTL3)
GL2	PTL1...(PTL3)	PTL2...(PTL3)	PTL3
GL3	PTL2...(PTL3)	PTL2...(PTL3)	PTL3

Paalujen kantavuuteen vaikuttaa niin paalujen lujuus kuin maaperän kantavuus. Molempien tulee kestää niille tulevat kuormat. Yleisesti paalut jaetaan tukipaaluihin, kitkapaaluihin sekä koheesiopaaluihin. Tukipaalut siirtävät kuormat kärjen kautta kantaviin maakerrokseen, kun taas kitkapaalut siirtää pääosan kuormastaan kitkamaakerrokseen vaippapinnallaan olevan kitkan avulla. Koheesiopaalun toiminta perustuu vaippapinnan ja koheesiomaakerroksien väliseen adheesioon. Adheesio tarkoittaa kahden aineen välistä veto-voimaa. (Jääskeläinen 2009b, 53.)

Paalujen liittymisessä muihin pohjarakenteisiin tulee ottaa huomioon muun muassa asennustoleranssit ja paalujen keskiövälit. Yksittäiseksi tuleva paalu saa olla maksimissaan 100 mm eri kohdassa kuin suunniteltu. Pienen paaluryhmän (4–8 paalua) yksittäinen paalu saa poiketa suunnitellusta paikastaan enintään 150 mm. Suuremman

paaluryhmän paalu saa poiketa enintään 200 mm. Paaluryhmän painopiste ei saa siirtyä enempää kuin 50 mm suunnitellusta. Paalujen sijoituksessa vaaditaan tietyt keskiöetäisyydet paalujen välille. Tuki- ja kitkapaaluille minimi keskiöetäisyys on 0,8 metriä, koheesiopaaluille 1 metri. Paalujen yläpäätkatkaistaan rakennesuunnittelijan suunnitelmiin määrittelemän katkaisukoron mukaan betonianturan sisään siten, että paalun yläpää on tukevasti kiinni anturassa. Paalun etäisyys anturan reunasta tulisi olla vähintään 150 mm. (Jääskeläinen 2009b, 76–77.)

Pilarianturat suunnitellaan yleensä neljän tai kolmen paalun kannattamiksi, jos pilarikuormat eivät vaadi suurempaa paalumäärää. Paalut tulee sijoittaa symmetrisesti anturan alle niin, että pilarin keskipiste osuu paaluryhmän painopisteeseen. Useamman paalun ryhmässä painopisteen sijaintivirhe voi aiheuttaa eroja paalujen saamissa kuormissa. (Jääskeläinen 2009b, 77.)

#### 4.3 Perustuksien mitoitustavat

Eurokoodissa EN 1997-1 esitetään mitoitustavat 1...3, joista mitoitustapa 2 (DA2) esitetään tässä. Mitoitustapaa 2 käytetään antura- ja laattaperustusten, paaluperustusten, ankkureiden ja tukirakenteiden mitoituksessa. (RIL 207-2017, 2017, 55.)

Kun käytetään mitoitustapaa 2, voidaan mitoittaminen menetellä kahdella eri tavalla, joista käytetään merkintöjä DA2 ja DA2\*. Mitoitustavan 2 yhdistelmä on (RIL 207-2017, 2017, 55):

$$A1 "+" M1 " + " R2$$

Kaava 6. Mitoitustapa 2 (RIL 207-2017, 2017, 55).

Kaavassa 6 A1 on osavarmuusluvut kuormille (taulukko 10). Merkintä "+" tarkoittaa tiettyjen osavarmuuskertoimien yhdistämistä.

Taulukko 10. Kuormien osavarmuusluvut (RIL 207-2017, 2017, 51).

Kuorma	Merkintä	Sarja	
		A1	A2
<b>Pysyvä:</b> Epäedullinen (Yht.6.10a) (Yht.6.10b) (Yht.6.10) Edullinen (Yht.6.10a) (Yht.6.10b) (Yht.6.10)	$\gamma_{Gk,j,sup}$	1,35 $K_{FI}$	1,0 $K_{FI}$
		1,15 $K_{FI}$	
	$\gamma_{Gk,j,inf}$	0,9	1,0
		0,9	
<b>Muuttuva:</b> Epäedullinen (Yht.6.10b) (Yht.6.10) Edullinen	$\gamma_Q$	1,5 $K_{FI}$	1,3 $K_{FI}$
		0	
		0	

Kaavassa 6 esitetty M1 tarkoittaa osavarmuuslukuja maaparametreille (taulukko 11).

Taulukko 11. Maaparametrien osavarmuusluvut (RIL 207-2017, 2017, 53).

Maaparametri	Merkintä	Sarja	
		M1	M2
Leikkauskestävyyskulma <sup>a</sup> ("Kitkakulma")	$\gamma_\phi$	1,0	1,25
Tehokas koheesio	$\gamma_c$	1,0	1,25
Suljettu leikkauslujuus	$\gamma_{cu}$	1,0	1,5
Yksiaksiaalinen puristuskoee	$\gamma_{qu}$	1,0	1,5
Tilavuuspaino	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Kaavassa 6 esitetty R2 tarkoittaa puolestaan osavarmuuslukuja kestävyyksille (taulukko 12).

Taulukko 12. Perustusten kestävyysluvut (STR/GEO) (RIL 207-2017, 2017, 54).

Kestävyys	Merkintä	Sarja R2
Kantokestävyys	$\gamma_{R,v}$	1,55
Liukuminen	$\gamma_{R,h}$	1,1

Mitoitustapaa DA2 käytettäessä kohdistetaan mitoituslaskelman alussa osavarmuusluvut kuormien ominaisarvoihin ja koko laskelma tehdään mitoitusarvoilla. Käytettäessä mitoitustapaa DA2\* koko laskelma tehdään ominaisarvoilla ja vasta laskelman lopuksi käytetään osavarmuuslukuja murtorajatilaehto tarkasteltaessa. Mitoitustapaa DA2\* käytettäessä täytyy kiinnittää huomiota perustuksen vakavuuden varmistamiseen. Paaluperustuksissa, joissa myös vaakakuormat vastaanotetaan paalun aksiaalisilla voimilla, mitoittavat DA2 ja DA2\* johtavat samaan lopputulokseen. Mitoitusmenetelmissä DA2 ja DA2\* käytetään kuormien yhdistelmänä epäedullisempaa vaihtoehtoa kaavoilla 6 ja 7 lasketuista kuormien suuruudesta. (RIL 207-2017, 2017, 55.)

$$1,15 K_{FI} G_{kj.sup} + 0,9 G_{kj.inf} + 1,5 K_{FI} Q_{k,1} + 1,5 K_{FI} \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kaava 7. Kuormien yhdistely mitoitusmenetelmissä DA2 ja DA2\*.

$$1,35 K_{FI} G_{kj.sup} + 0,9 G_{kj.inf}$$

Kaava 8. Kuormien yhdistely mitoitusmenetelmissä DA2 ja DA2\*.

## 5 PERUSTUKSIEN YLÄPUOLISET RAKENTEET

### 5.1 Alapohja

Rakennuksen kantavat rakenteet siirtävät kuormia maaperään. Katolta kuormat siirtyvät kantavia pystyrakenteita pitkin perustuksille ja niiden kautta maaperään. Suurin osa pientaloista ovat puurakenteisia, joissa on kantavat tolpparungot ja niiden päälle tulevat väli- ja yläpohjapalkistot. Rakenteiden omat painot määräytyvät nimellismittojen ja materiaalien ominaistilavuuspainojen mukaan. Perustuksille tulevien kuormien suuruutta laskettaessa on tärkeää ymmärtää kokonaisvaltaisesti perustuksien yläpuolisen rakennuksen rakenteista. Tässä luvussa perehdytään kevyesti ala-, väli- ja yläpohjarakenteisiin sekä ulkoseinärakenteisiin. Alapohjarakenteita on sekä maanvaraisia että kantavia alapohjia.

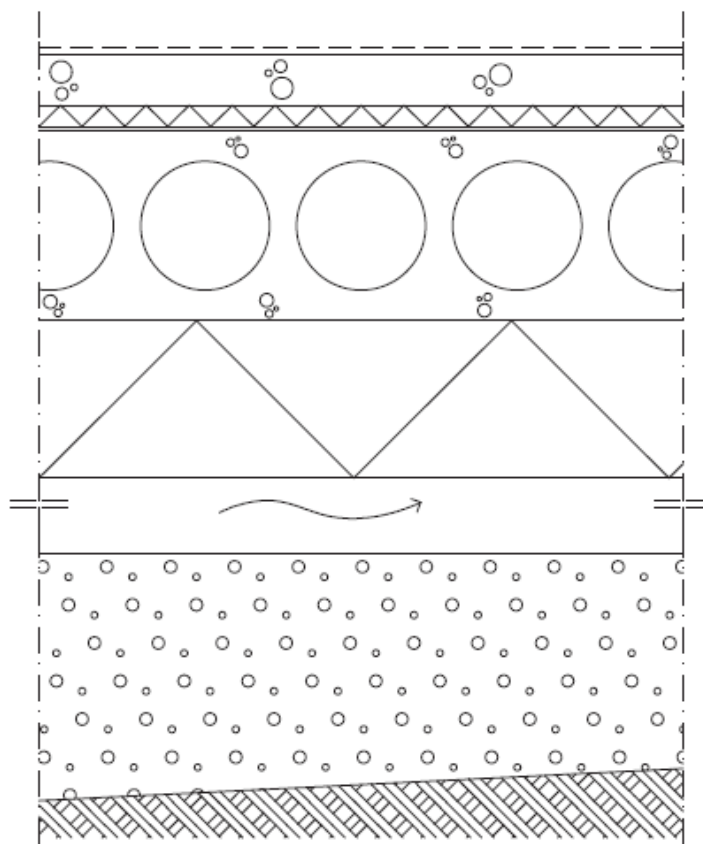
#### 5.1.1 Maanvarainen alapohja

Maanvarainen alapohja on pientaloissa yleisin ja sopii alapohjan toteuttamistavaksi parhaiten silloin, kun korkeuserot tontilla ovat pienet. Maanvaraisella alapohjalla tarkoitetaan maata vasten tai lämmöneristeenpälle valettavia teräsbetonilaattoja. Maanvaraisen lattian yläpinnan tulee olla vähintään 0,3 metriä korkeammalla kuin ulkopuolella oleva maanpinta. Poikkeustapauksessa täytyy huolehtia sokkelin oikeaoppisessa eristyksessä kosteutta vastaan. Alapohjan lämmöneristys sijoitetaan pohjalaatan alle ja mahdolliset lattian puurakenteet erotetaan bitumikermikaistalla tai vastavalla materiaalilla laatasta ja sokkelista. Lattiarakenteiden alle levitetään vähintään 0,2 metriä paksu sepelikerros, joka estää kosteuden kapillaarisen nousun. Sepelikerroksen alle voidaan tarvittaessa laittaa suodatinkangas, jos perusmaa on savea tai silttiä. (Talorakentajan käsikirja 8, 131.) Maanvaraisessa alapohjassa laattarakenne jakaa kuormat tasaisesti maaperälle eikä välitä kuormia sokkelille.

#### 5.1.2 Kantava ryömintätilainen alapohja

Tuulettuvat ryömintätillaiset alapohjat toteutetaan usein joko kantavilla puupalkeilla tai ontelolaatoilla. Kantavaan alapohjaan päädytään yleensä silloin, kun perusmaan

kantavuus on heikko tai korkeuserot tontilla ovat suuria. Ratkaisuun tuulettuvasta alapohjasta voidaan päätyä myös silloin, jos tiedetään, että radonpitoisuus alueella on suuri ja se pitää saada turvallisesti tuuletettua pois talon rakenteista. Ryömintätilan korkeuden kuuluu olla vähintään 800 mm korkea ja ryömintätilasta täytyy olla tuuletus ulkoilmaan. (RT 23-11009, 2010.) Alapohjan tuuletus hoidetaan riittävällä määrällä tuuletusputkia. Pientaloissa käytettävät ontelolaatat painaa sen päälle valetun pintalaatan kanssa noin  $5 \text{ kN/m}^2$ – $6,5 \text{ kN/m}^2$ . Excel-pohjassa käyttäjä pystyy valita yleisimmin käytetyistä ontelolaatoista kohteeseen sopivan. Kuvassa 15 on esitetty esimerkki ryömintätilaisesta kantavasta alapohjarakenteesta.

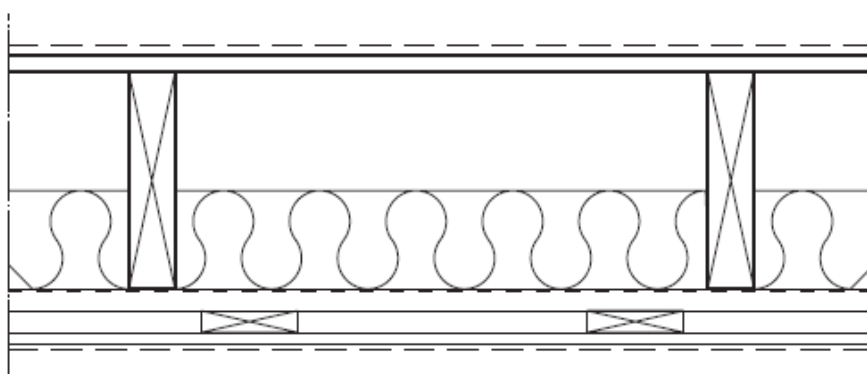


- ≥ 70 mm Lattianpäällyste ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan
- Teräsbetonilaatta, kelluva, by 45 luokka käyttötarkoituksen mukaan, pintahierto
- Suodatinkangas, saumat limitetty ja teipattu
- ≥ 30 mm Askelääneneristyslevy
- Tasoitushiekka
- Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, ontelolaatta
- 220 mm Lämmöneriste, polystyreeni, vaikeasti syttyvä laatu,  $\lambda_{\text{Design}}=0,039 \text{ W/mK}$
- ≥ 800 mm Ryömintätila, tuuletusaukkojen määrä 4...8 ‰ ryömintätilan pinta-alasta
- ≥ 300 mm Salaojituskeros, raekoko  $\varnothing 6...16 \text{ mm}$
- Suodatinkangas, käyttöluokka N2, savi- ja silttimailla
- Perus- tai täyttömaa pohjarakennussuunnitelman mukaan, kallistus salaojiin vähintään 1:50

Kuva 15. Kantava ryömintätilainen alapohja (RT 23-11009, 2010).

## 5.2 Välipohja

Välipohja on kahden kerroksen välinen lattiarakenne ja se mitoitetaan aina tapauskohtaisesti. Välipohja toteutetaan yleensä puusta, mutta se voi olla myös teräsbetonia tai plaanovalu. Puupalkistoisessa välipohjassa jakovälinä on yleensä k400. Välipohjilta siirtyy kantaville seinille kuormat välipohjan omasta painosta ja hyötykuormasta. Välipohjarakenteen omapaino lasketaan tapauskohtaisesti käytetyn rakenteen mukaan. Pientalossa käytetään usein puurunkoista välipohjaa, joka painaa noin 0,5 kN/m<sup>2</sup>. Välipohjan omaa painoa kasvattaa suuresti, jos välipohjan kantavien rakenteiden päälle tehdään betoni- tai kipsivalu. Excel-pohjassa käyttäjä pystyy valitsemaan yleisimmistä välipohjien vaihtoehtoista kohteeseensa sopivan tai syöttämään pudotusvalikon vaihtoehtoista tarkemmat tiedot välipohjasta, ja välipohjan omapaino määräytyy sen mukaan. Kuvassa 16 on esimerkki puurunkoisesta välipohjarakenteesta.



	<b>Lattianpäällyste ja pintakäsittely</b> huoneselosteen mukaan
18 mm	<b>Rakennuslevy</b> , ympäripontattu havuvaneri (liima- ja ruuvikiinnitys)
≥ 220 mm	<b>Kantava rakenne</b> rakennesuunnitelman mukaan, lattiakannattajat
≥ 100 mm	<b>Ääneneriste</b> , puukuitu- tai mineraalivillaeriste
	<b>Ilmansulku</b> , ilmansulkupaperi
≥ 44 mm	<b>Laudointus</b> , ristiinlaudoitus 2x(22 x 100) k 400
	<b>Kattoverhous ja pintakäsittely</b> huoneselosteen mukaan

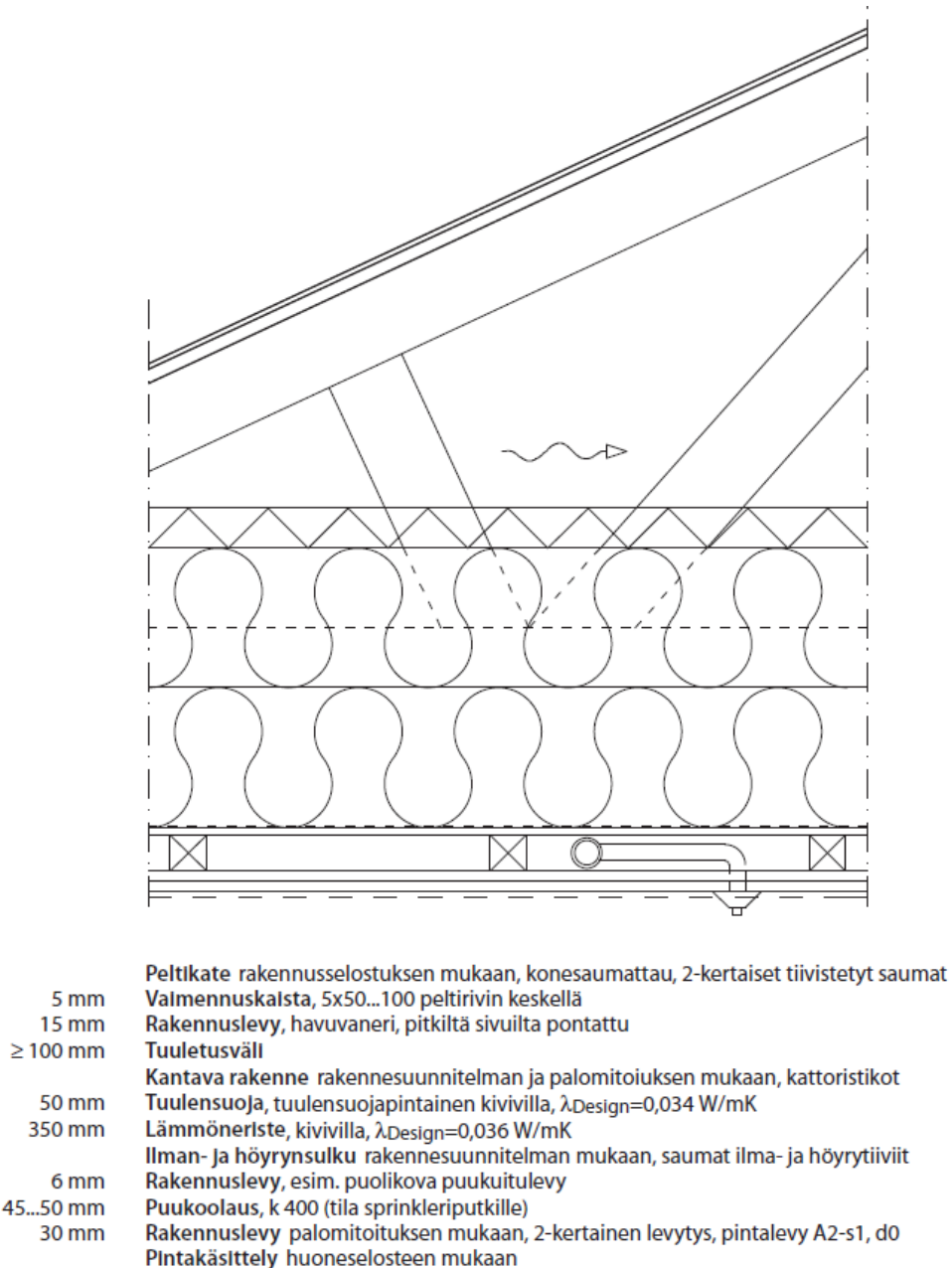
Kuva 16. Esimerkki välipohjarakenteesta (RT 83-10902, 2007).

## 5.3 Yläpohja

Yläpohja voidaan toteuttaa joko ristikkorakenteena tai palkistona. Pientaloissa käytetään yleisimmin puutavarasta valmistettuja ristikkoja, joiden yleinen jakoväli on k900.



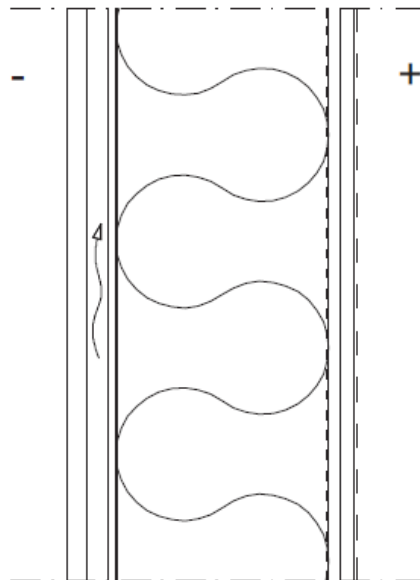
Vesikaton katemateriaaleina voidaan käyttää tiilikatetta, huopaa tai peltiä. Yläpohjan omapaino määrittyy nimellismittojen ja käytettyjen materiaalien ominaistilavuuspainojen mukaan. Pientalossa puurakenteinen yläpohja vesikattorakenteiden kanssa painaa noin  $0,7 \text{ kN/m}^2 - 1,5 \text{ kN/m}^2$  riippuen onko vesikatteenä pelti-, bitumi- tai tiilikate. Kuvassa 17 on esitetty esimerkki yläpohjarakenteesta.



Kuva 17. Esimerkki yläpohjarakenteesta (RT 82-11010, 2010, 21).

## 5.4 Ulkoseinät

Pientaloissa ulkoseinärungot toteutetaan yleensä puurunkoisena kantavista sahatava-rapuutolpista. Ulkoseinille asetetaan erilaisia vaatimuksia esimerkiksi kestävyys, lämmöneristykseen, paloturvallisuuteen sekä ääneneristävyyteen liittyen. Ulkoseinät toimivat kantavana rakenteena ja siirtävät yläpohjalta ja välipohjilta tulevia kuormia perustuksille. Ulkoseinän omapaino määräytyy nimellismittojen ja ominaistilavuuspainojen avulla. Puurunkoinen ulkoseinä 1 kerroksisessa pientalossa painaa noin 1,3 kN/m, mutta esimerkiksi hirsirakenteinen ulkoseinä, tai tiili-puurunkoyhdistelmä painaa huomattavasti enemmän. Kuvassa 18 on esitetty esimerkki puurunkoisesta ulkoseinärakenteesta.



	<b>Pintakäsittely</b> rakennusselostuksen mukaan
	<b>Ulkoeristys</b> rakennusselostuksen mukaan, B-s1, d0 tai D-s2, d2
22...25 mm	<b>Tuuletusväli</b>
	<b>Pystylaudat</b> , 22...25 mm k 600 kiinnityslaudat runkotolppien kohdilla
≥ 9 mm	<b>Tuulensuoja</b> , B-s1, d0
260 mm	<b>Kantava rakenne</b> rakennesuunnitelman mukaan, viilupuun- / liimapuun- tai uumatolpat
	<b>Lämmöneriste</b> , 260 mm, A2-s1, d0, (palamaton tai lähes palamaton eriste), esim. mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,036$ W/mK
0,2 mm	<b>Ilman- ja höyrynsulku</b> , polyeteenimuovikalvo, saumat ilma- ja höyrytiivit
25...30 mm	<b>Rakennuslevy</b> , 2-kertainen rakennuslevy palomitoituksen mukaan, pintalevy A2-s1, d0, sisäpuolisen suojaverhouksen palonkesto-aika vähintään 10 minuuttia
	<b>Selänpinta ja pintakäsittely</b> huoneselosteen mukaan

Kuva 18. Esimerkki puurunkoisesta ulkoseinärakenteesta (RT 82-11006, 2010, 26).

## 6 EXCEL-POHJAT

### 6.1 Maanvaraisen kohteen Excel-pohja

Maanvaraiseen kohteeseen tarkoitettujen laskentapohjan toiminta perustuu siihen, että käyttäjä syöttää lähtötietoja soluihin ja lopputuloksena saa tiedon, miten leveän sokkelin alapinnan tai anturan leveyden rakennus vaatii. Suurin osa lähtötiedoista syötetään valitsemalla pudotusvalikoista sopivin vaihtoehto. Kaikki solut joihin on tarkoitus saada jokin lähtötieto kohteesta, on merkitty pohjasta erottuvalla värillä.

Kuvassa 19 on kohdat, joihin käyttäjä syöttää kohteen sijainnin ja mittatiedot. Laskentapohja hakee sijainnin perusteella lumikuorman, joka kyseiselle paikkakunnalle on ilmoitettu. Rakennuksen leveysmitta vaikuttaa eniten siihen, miten suuret kuormat katolta välittyy seinien kautta perustuksille. Mitä leveämpi rakennus on, sitä enemmän kuormaa kertyy ulkoseinille. Kerrosluku vaikuttaa siihen, miten suureksi Excel-pohja laskee seinien oman painon ja myös siihen, miten paljon rakennuksen ylemmästä kerroksesta täytyy ottaa hyötykuormaa huomioon. 2-kerroksisessa rakennuksessa yläkerran välipohjan oletetaan keräävän hyötykuormaa koko pinta-alalleen.

<b>Kohde:</b>	OKT Esimerkki
<b>Paikkakunta:</b>	Turku
<b>Rakennuksen päämitat:</b>	
Pituus:	15 m
Leveys:	8 m
<b>Kerrosluku:</b>	1,5

Kuva 19. Kohteen sijainnin ja päämittojen syöttö.

Kuvassa 20 on esitetty kohdat, joihin syötetään tiedot sokkelin korkeudesta, ulkoseinien rakenteesta ja löytyykö seiniltä suuria aukkoja. Aukot aiheuttavat kuorman suuruuden paikallista kasvua aukkojen reunoilla ja näin ollen suuremman kuorman sokkelille. Myös siitä syötetään tieto, kummalla seinällä aukko sijaitsee, pääty- vai sivuseinällä. Sivuseinillä vallitsee suuremmat kuormat, koska katolta ja välipohjalta tulevat kuormat välitetään

sivuseinille. Myös yläpohjan vesikattorakenteen tieto syötetään valitsemalla pelti-, bitumi- tai tiilikatteen väliä kohteen omaa vastaava.

<b>Sokkeli</b>	<input type="text" value="900"/>	4,25 kN/m			
<b>Ulkoseinät</b>	<input type="text" value="Hirsi"/>	3,5 kN/m	suuria aukkoja? seinä	<input type="text" value="ei"/> <input type="text" value="sivu"/>	aukon leveys: <input type="text"/> m
<b>Yläpohja</b>	<input type="text" value="Tiilikate"/>	1,5 kN/m <sup>2</sup>			

Kuva 20. Sokkelin, ulkoseinien ja yläpohjan tietojen syöttö.

Välipohjan rakenne saattaa aiheuttaa suurtakin eroa eri vaihtoehtojen välillä. Sen takia laskentapohjaan on luotu mahdollisuus käyttäjälle valita valmiiden vaihtoehtojen väliä sopivin tai valita pudotusvalikosta avautuvien vaihtoehtojen avulla, mitä eri materiaaleja ja rakenteita välipohja sisältää. Kuvassa 21 ovat havaittavissa kohdat, joihin välipohjasta voi syöttää tietoja. Excel-pohjaan on tehty muutamia eri varoitustekstejä, jotka tulevat näkyviin, jos laskuria käyttää väärin. Jos laskuriin syöttää valmiin vaihtoehdon ja tarkemmin täytetyt rakenteet, laskuri ottaa molempien kuormat ja laskee ne yhteen.

#### Välipohja

**SYÖTÄ VALMIS VAIHTOEHTO TAI TARKEMPI, ÄLÄ MOLEMPIA**

Valmiit vaihtoehdot

0,5 kN/m<sup>2</sup>

Tarkempi täyttö

<input type="text" value="Plaanovalu 35mm"/>	0,70 kN/m <sup>2</sup>
<input type="text" value="Vanerilevy"/>	0,08 kN/m <sup>2</sup>
<input type="text" value="Puupalkki 45x260 k400"/>	0,15 kN/m <sup>2</sup>
<input type="text" value="koolaus 48x48 k400"/>	0,03 kN/m <sup>2</sup>
<input type="text" value="1 kerros kipsilevyä"/>	0,10 kN/m <sup>2</sup>
<b>summa</b>	1,05 kN/m <sup>2</sup>

Kuva 21. Välipohjan tietojen syöttö.

Maanvaraisessa kohteessa isossa roolissa on maaperän kantavuus. Laskentapohjassa käyttäjä syöttää kohteen perustamistapalausunnosta löytyvän kantavuusparametrin ja sen suuruuden. Perustamistapalausunnoista ja pohjatutkimuksista löytyviä parametrejä on monia erilaisia ja osaan kantavuusarvoista on laskettu varmuuskertoimia mukaan, osaan ei. Laskentapohjan maaperän kantavuustietojen syötön on tarkoitus olla

yksinkertainen siinä mielessä, että käyttäjän ei tarvitse kuin laittaa perustamistapalau-  
sunnosta löytyvät tiedot vastaamaan laskentapohjan tietoja. Kuvassa 22 on esitetty kan-  
tavuustiedon syötön kohta Excelissä.

#### Maaperäominaisuudet

Kantavuus  =  kN/m<sup>2</sup> Info: Ohjeet välilehdellä vinkkejä oikean kantavuusparametrin valitsemiseen

Kuva 22. Kantavuustiedon syöttö.

Excel-pohja antaa lopuksi käyttäjälle tiedon, minkä levyisen sokkelin tai anturan kohde  
vaatii, että maaperä kestää sille tulevat kuormat murtumatta. Kuvassa 23 on esitelty  
kohta, jossa tulos näkyy. Laskuri kertoo samalla, paljonko kohteeseen sisältyy sokkeli-  
metrejä, ja sitä tietoa voi hyödyntää tarjouksen laskemiseen. Kuvassa näkyvä rakenne-  
leikkaus on yksi Perustava Oy:n käytössä olevista anturallisista sokkelipalkeista.



Kuva 23. Tulokset laskentapohjasta.

## 6.2 Paalutettavan kohteen Excel -pohja

Paalutettavan kohteen kuormalaskenta on huomattavasti maanvaraista haastavampaa  
ja monimutkaisempaa, sekä lähtötietoja kohteesta tarvitaan enemmän. Sijainnin, pää-  
mittojen sekä kerrosluvun syöttö toimii samalla tavalla kuin maanvaisen kohteen lasken-  
tapohjassa. Laskentapohja tarkistaa, ettei paalukuorma muodostu liian suureksi yksit-  
täistä paalua kohden päätyseinän alla, nurkissa ja sivuseinän keskellä.

Kuvassa 24 on esitettyinä kohdat, joihin käyttäjä syöttää tiedot ulkoseinän rakenteesta, ylä- ja alapohjasta, sekä siitä, onko kohteeseen suunniteltu tulevaksi välisokkeliä alapohjan alle. Välisokkeli vaikuttaa siihen, että mikäli se on rakennuksen koko pituuden mittainen, voidaan seinille alapohjalta välittyviä kuormia pienentää. Välisokkelin pituuden syöttö vaikuttaa myös siihen, miten paljon se ottaa alapohjalta kuormaa ja miten paljon paaluja se tarvitsee alleen. Kuvassa näkyvässä tilanteessa laskuri varoittaa siitä, että valittu ontelolaatan jänneväli on kyseiselle laattatyypille liian pitkä. Jänneväli määräytyy rakennuksen leveyden mukaan ja sen mukaan, onko välisokkeliä.

Sokkeli	<input type="text" value="1240"/>	7,975 kN/m	Välisokkeli keskilinjalla?	<input type="text" value="Ei"/>	0 kN/m
			Välisokkelin pituus	<input type="text" value="0"/>	m
Ulkoseinät	<input type="text" value="Tiili + puu"/>	6,6 kN/m			
Yläpohja	<input type="text" value="Peltikate"/>	0,7 kN/m <sup>2</sup>			
Alapohja	<input type="text" value="O20"/>	5,1 kN/m <sup>2</sup>	TARKASTA PITÄÄKÖ KOHTEESEEN VALITA PAKSUMPI ONTELOLAATTA		

Kuva 24. Lähtötietojen syöttöä.

Välipohjan kuormien laskenta toimii muuten paalutettavan kohteen laskentapohjassa samalla tavalla kuin maanvaraisessa, mutta jos rakennuksessa on kantava väliseinä, joka kulkee rakennuksen pituussuunnassa, siirtyy välipohjalta kuormia kantavan väliseinän kautta alapohjalle ja kyseinen lisäkuorma tulee ottaa huomioon sopivaa ontelolaattaa valittaessa.

Paalujen ja maaperän tietojen syöttäminen tapahtuu laskurissa siten, että ensin ilmoitetaan mikä paalutustyöluokka kohteeseen on kaavailtu. Pientaloissa se on usein paalutustyöluokka 2 (PTL2). Sen jälkeen laskuriin syötetään arvioitu paalutussyvyys, jolla on vaikutusta nurjahduspituuksiin ja sitä kautta paalujen laskennallisiin kantavuuksiin. Suljettu leikkauslujuus vaikuttaa myös kantavuuksiin ja jos suljettu leikkauslujuus on erityisen pieni (alle 10 kPa), määräytyy paalujen kantavuudet sen mukaan. Excel-pohja ilmoittaa ja laskee paalujen kantavuudet suljetun leikkauslujuuden, tai paalutustyöluokan antamista kantavuusarvoista pienemmän mukaan.

Laskentapohjassa käyttäjä syöttää seinälinjoille ja välisokkelille käytettävät paalutyypit ja sen jälkeen arvionsa montako paalua kohdat vaatii. Laskuri ilmoittaa jos ajateltu

paalumäärä on sopiva, tai jos paaluja on liian vähän. Laskuri ilmoittaa myös jos johonkin kohdista voi kokeilla myös pienempää paalumäärää. Kuvassa 25 on esitettynä tietojen syöttämisen kohtia ja paalumäärien haarukointia.

#### Paalujen ja maaperän tiedot

Paalutustyöluokka  Info: Pientaloissa usein käytetään PTL2. kts. Ohjeet

Arvioitu paalutussyvyys  Info: alle 15m -> Lcr/400. Yli 15m -> Lcr/300

Saven suljettu leikkauslujuus  kN/m<sup>2</sup>

#### Paalutyypit

	Paalutyyppi	Kantavuus
Päätyseinä:	HT90/6,3	307 kN
Sivuseinä:	HT115/6,3	401 kN
Välisokkeli	HT90/6,3	307 kN

#### Käyttäjän arvioimat paalumäärät :

Päätyseinällä	<input type="text" value="1"/> paalu	<input type="text" value="OK"/>
Sivuseinällä	<input type="text" value="4"/> paalua	<b>VAROITUS: LISÄÄ PAALUMÄÄRÄÄ</b>
Välisokkelilla	<input type="text" value="0"/> paalua	

Kuva 25. Lähtötietojen syöttö ja paalumäärien haarukointi.

Pohjatutkimuksissa on usein annettu arvio paalutussyvyydestä eri lukuarvojen välillä. Excelissä käyttäjä voi syöttää paalujen arvioidut paalutussyvyydet, joista laskuri laskee keskiarvon ja pyöristää sopivaan kokonaislukuun. Lukua hyödynnetään kohteeseen menevien paalumetrieni arviointiin kertomalla paalumäärät paalutussyvyydellä. Kuvassa 26 paalutussyvyyden tietojen syöttö. Käyttäjän ei ole pakko syöttää kyseisiä tietoja, mikäli ei halua.


#### Vapaaehtoinen osuus

Tarkempi paalutussyvyys (paalumetrilaskentaan)  m -  m  
keskiarvo  m ->  m

Info: merkkää paalutussyvyys välillä x - x. Laskuri antaa keskiarvon ja pyöristää sen sopivaan kokonaislukuun

Kuva 26. Paalutussyvyyden lähtötiedot.

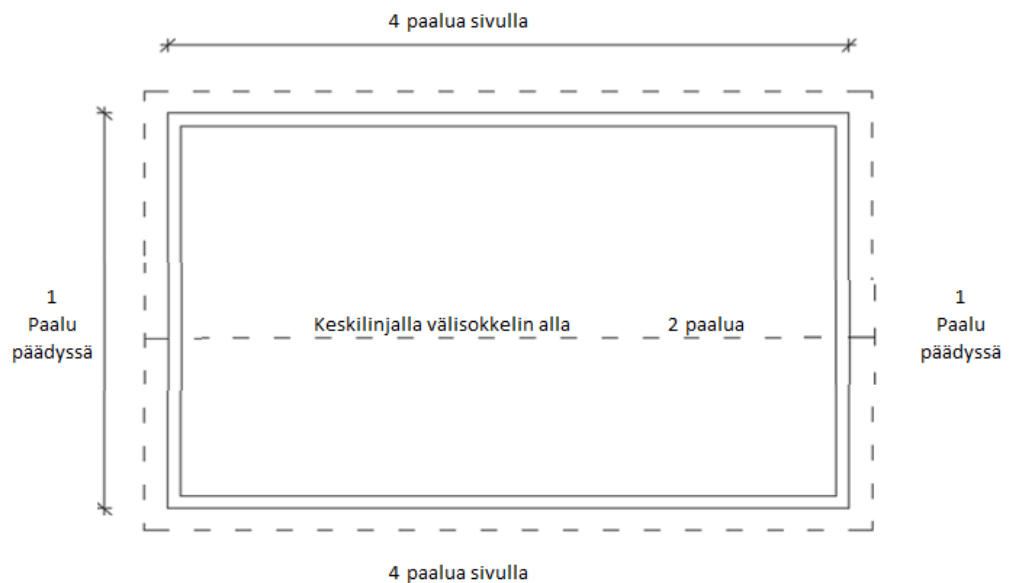
Lopuksi käyttäjä saa yhteenvetona paalumääristä taulukon, johon voi tarvittaessa itse lisätä paaluja, esimerkiksi kohteen terasseista. Taulukosta näkee, paljonko mitäkin paalutyyppiä on ja paljonko paalumetrejä kohteesta kertyy. Excelissä on myös havainnekuva, josta on helppo katsoa, näyttääkö tulos oikeanlaiselta sivu- ja päätyseinillä, sekä välisokkelin kohdalla. Koontitaulukko ja havainnekuva on esitetty kuvassa 27.



**TULOKSET**

paalutyyppi	omien lisäyksen määrä (terassit tms)	yhteensä	paalumetri
päätyseinät HT90/6,3	0 kpl	2 kpl	10 m
sivuseinät HT115/6,3	0 kpl	8 kpl	40 m
välisokkeli HT90/6,3	0 kpl	2 kpl	10 m
<b>yhteensä:</b>		<b>12 kpl</b>	<b>60 m</b>

#### Paalumäärien havainnekuva



Kuva 27. Tuloksien koontitaulukko ja havainnekuva.



## 7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin kuormalaskentaan, eurokoodipohjaista suunnittelua ohjaaviin säädöksiin ja lakipykäliin. Opinnäytetyössä tutustuttiin myös maaperän geoteknisiin ominaisuuksiin ja niiden vaikutuksiin erilaisiin tekijöihin, kuten geoteknisen luokan ja sopivan perustamistavan valintaan. Työssä on käsitelty myös erilaisia perustuksia ja perustamistapoja. Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksessa keskityttiin laskentapohjan teon ja laskentapohjan lähtötietojen täyttämisen kannalta olennaisiin asioihin ja katsaus auttaa hahmottamaan, millaisia eri tekijöitä tulee ottaa perustuksien kuormalaskennassa huomioon.

Laskentapohjan luomisvaiheessa mahdollisimman tarkan ja luotettavan lopputuloksen aikaansaamiseksi käytettiin toimeksiantajan tietokannasta mallikohteina jo suunniteltuja ja toteutuneita kohteita. Niiden avulla pystyttiin kartoittamaan, miten tarkasti laskentapohja antaa samoja lopputuloksia anturan leveydestä sekä vaadittavista paalumääristä. Laskentapohja todettiin toimivaksi. Laskentapohjan käyttö perustuu siihen, että tietyillä lähtötiedoilla käyttäjä saa maanvaraisessa kohteessa anturan vaaditun leveyden selville ja paalutettavassa kohteessa vaaditun paalumäärän haarukoitua. Maanvaraiselle kohteelle on oma laskentapohjansa, joka on esitelty kokonaisuudessaan liitteessä (1). Paalukohteen laskentapohjassa rakennuksen lähtötietojen syöttö, paalujen kantavuuden määrittäminen ja tuloksien tarkastelu on esitetty liitteessä (2).

Laskentapohjassa käyttäjällä on mahdollisuus valita eri rakennetyypeissä rakenteiden yleisimpien toteutustapojen väliltä kohteen toteutusta vastaava vaihtoehto, jolla saadaan kuormitukset vähintään oikeaan suuruusluokkaan, vaikka arvo ei täysin täsmäisi todellista. Tarkasti ja tehokkaasti tehty tarjous on niin myyjän kuin myös asiakkaan etu. Maanvaraisissa kohteissa ikäviä yllätyksiä saattavat aiheuttaa tilanteet, joissa kohteeseen tarvitaankin leveämpi antura maaperän alhaisen kantavuuden takia kuin mitä tarjousvaiheessa on kohteeseen osattu arvioida. Laskentapohja tarjoaa laajasti vaihtoehdot kantavuuden arvon asettamiseksi täsmäämään kohteen pohjatutkimuksista tai perustamistapalausunnosta löytyvää kantavuusarvoa ja näin välttämään ikäviltä yllätyksiltä, kun huomataan että maaperän kantavuus ei olekaan riittävä. Paalukohteessa on tärkeää huomata pohjatutkimuksista, jos maaperän suljettu leikkauslujuus on huomattavan pieni. Se vaikuttaa suoraan paalujen kantavuuteen ja paalumääriin.

Opinnäytetyöstä teki mielenkiintoisen se, kun tällaiselle tarjouslaskennassa olevan kohteen mitoitustyökälulle on Perustava Oy:ssä ollut selkeästi tilausta yrityksen myyjien puolelta. Opinnäytetyön tekemisessä huolella tehty suunnitteluvaihe auttoi hahmottamaan, mitä kaikkia asioita laskentapohjaa tehdessä tulee ottaa huomioon ja mitkä aiheet voidaan suoraan rajata opinnäytetyön ulkopuolelle. Kuormalaskentaan, geotekniseen suunnitteluun ja paaluttamiseen liittyvät RIL:n ohjeet olivat tarpeellinen aineisto opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksessa ja laskentapohjien tekemisessä. Pääpainona laskentapohjissa on pidetty käytettävyyttä, joten niistä pyrittiin tekemään rakenteeltaan mahdollisimman yksinkertaiset ja selkeät.

Laskentapohjan käytettävyyden ja mahdollisen kehittämisen osalta on hyvä pyytää käyttäjiä raportoimaan, mikäli ongelmakohtia havaitaan laskentapohjaa käytettäessä. Myös päivitykset muuttuvista rakenneratkaisuista on tulevaisuudessa tarpeen päivittää laskentapohjaan, mikäli sellaisia ilmenee. Laskentapohjaan pystyy tulevaisuudessa lisäämään erilaisia ominaisuuksia, mutta sen saattamisessa toimivana tähän vaiheeseen opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksen kanssa oli työmäärältään sopiva.

## LÄHTEET

Eurokoodi 2019. Help desk. Viitattu 2.2.2021 <https://www.eurocodes.fi>

Hemgren P. 2007, Pientalon perustukset. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Jääskeläinen R. 2009a. Geotekniikan perusteet. Tampere: Tammertekniikka.

Jääskeläinen, R. 2009b. Pohjarakennuksen perusteet. Tampere: Tammertekniikka.

RIL 201-1-2017. 2017. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 207-2017. 2017. Geotekninen suunnittelu. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 254-2016. 2016. Paalutusohje 2016 (PO-2016). Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RT 23-11009. 2010. Alapohjarakenteita. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 82-11006. 2010. Ulkoseinärakenteita. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 82-11010. 2010. Yläpohjarakenteita. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 83-10902. 2007. Välipohjarakenteita. Helsinki: Rakennustieto Oy.

SFS-EN 1990+A1+AC. 2006. Eurokoodi: Rakenteiden suunnitteluperusteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SSAB 2018. SSAB:n teräspaalut. Suunnittelu- ja asennusohjeet. Viitattu 22.3.2021. Saatavilla sähköisesti [www.ssab.fi](http://www.ssab.fi)

Talonrakentajan käsikirja 8. 2010. Pientalon perustustyöt. 6. painos. Espoo: Talonrakentajan tietokirjat.

Ympäristöministeriö 2019. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1991-1-1. Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat, tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat. Viitattu 15.3.2021 [www.ym.fi](http://www.ym.fi)

Ympäristöministeriö 2019. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1991-1-3: Rakenteiden kuormat. Osa 1-3: Yleiset kuormat. Lumikuormat. Viitattu 15.3.2021 [www.ym.fi](http://www.ym.fi)

## Liite 1. Maanvaraisen kohteen laskentapohja

Kohde: OKT Esimerkki

Paikkakunta: Rovaniemi

### Rakennuksen päämitat

Pituus: 16 m

Leveys: 8,5 m

Kerrosluku: 1,5

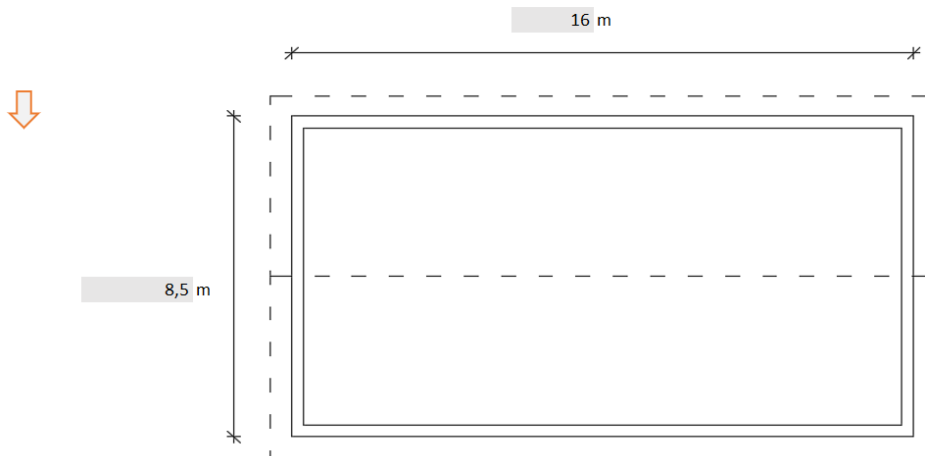
### Ohjeet:

Täytä  värillä merkityt laatikot

Luvun/tiedon poistaminen delete napilla

Suurin osa arvoista valitaan pudotusvalikon kautta (klikkaa solusta, niin nuoli tulee näkyviin)

Kerrosluku:



Sokkeli:  4,25 kN/m

Ulkoseinät:  1,5 kN/m

suuria aukkoja?   
seinä

aukon leveys:  m

Yläpohja:  0,7 kN/m<sup>2</sup>

### Välipohja

Valmiit vaihtoehdot

0 kN/m<sup>2</sup>

Tarkempi täyttö

0,70 kN/m<sup>2</sup>

0,08 kN/m<sup>2</sup>

0,19 kN/m<sup>2</sup>

0,03 kN/m<sup>2</sup>

0,10 kN/m<sup>2</sup>

**summa** 1,10 kN/m<sup>2</sup>

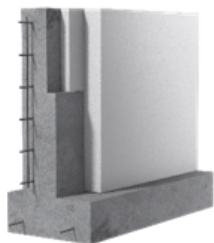
### Maaperäominaisuudet

Kantavuus  =  kN/m<sup>2</sup>

Info: Ohjeet välilehdellä vinkejä oikean kantavuusparametrin valitsemiseen

Info: Rd (1.) = kN/m<sup>2</sup> yksiköllä ilmoitettu kantavuus (Yleinen). Rd (2.) = MPa yksiköllä ilmoitettu kantavuus. Ohjeet välilehdellä lisää.  
Jos maaperä on todella kantavaa, kuten kalliota, syötä Rd (1.) = 180 kN/m<sup>2</sup> (murskepatjan kantavuus)

## Liite 1. Maanvaraisen kohteen laskentapohja



### TULOKSET

Sokkelin/anturan vaadittu leveys:

300 mm

Sokkelimetrit

47 m

## Liite 2. Paalutettavan kohteen laskentapohja

Kohde: OKT Esimerkki

Paikkakunta: Kirkkonummi

Rakennuksen päämitat:

Pituus: 15 m

Leveys: 8 m

Kerrosluvu: 1,5

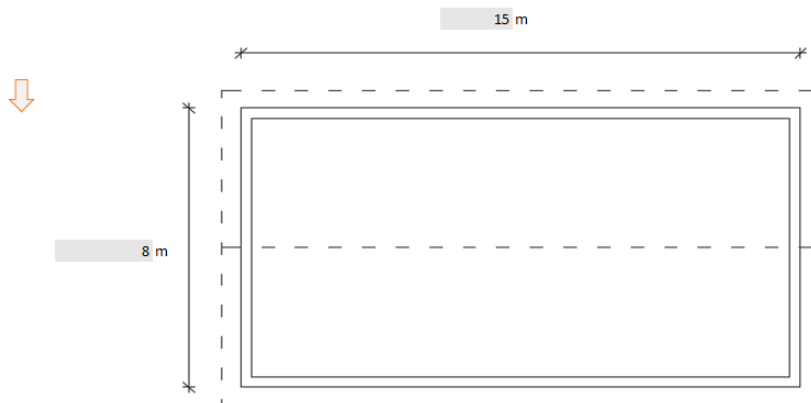
Ohjeet:

Täytä värillä merkityt laatikot ennen tuloksien tarkastelua

Luvun/tiedon poistaminen delete näppäimellä

Suurin osa arvoista valitaan pudotusvalikon kautta (klikkaa solusta, niin nuoli tulee näkyviin)

Kerrosluvu: 1,5



Sokkeli 1240 7,975 kN/m

Välisokkeli keskilinjalla?  
Välisokkelin pituus

Kyllä 6,3825 kN/m  
4 m

Ulkoseinät Puurunko k 1,5 kN/m

Yläpohja Peltikate 0,7 kN/m<sup>2</sup>

Alapohja O32 6,35 kN/m<sup>2</sup>

Välipohja

VAROITUS: SYÖTÄ VALMIS VAIHTOEHTO TAI TARKEMMAT TIEDOT, ÄLÄ MOLEMPIA

Valmiit vaihtoehdot

Puu+ plaano 1 kN/m<sup>2</sup> Aukkoja ei ole Aukon suuruus 0 m x 0 m

Tarkempi täyttö

Pintavalu 80mm 1,6 kN/m<sup>2</sup>

summa 1,6 kN/m<sup>2</sup>

Kantava väliseinä välipohjan ja alapohjan välillä? ei

Kuorma 0 kN/m

Kantavan seinän suunta talon pituussuunnassa

Paalujen ja maaperän tiedot

Paalutustyöluokka PTL2 Info: Pientaloissa usein käytetään PTL2. kts. Ohjeet

Arvioitu paalutusvyvyys alle 15m Info: alle 15m -> Lcr/400. Yli 15m -> Lcr/300

Saven suljettu leikkauslujuus 10 kN/m<sup>2</sup>

## Liite 2. Paalutettavan kohteen laskentapohja



### Paalujen ja maaperän tiedot

Paalutustyyli **PTL2** Info: Pientaloissa usein käytetään PTL2. kts. Ohjeet

Arvioitu paalutussyvyys **alle 15m** Info: alle 15m -> Lcr/400. Yli 15m -> Lcr/300

Saven suljettu leikkauslujuus **10** kN/m<sup>2</sup>

### Paalutyypit

	Paalutyyppi	Kantavuus
Päätysseinä:	HT90/6,3	307 kN
Sivuseinä:	HT115/6,3	401 kN
Välisokkeli	HT90/6,3	307 kN

### Käyttäjän arvioimat paalumäärät :

Päätysseinällä	<b>1</b> paalu	OK
Sivuseinällä	<b>4</b> paalua	<b>VAROITUS: LISÄÄ PAALUMÄÄRÄÄ</b>
Välisokkelilla	<b>2</b> paalua	OK

Info: Laskuri ilmoittaa OK, jos ajattelemasi paalumäärä on riittävä ja varoittaa, jos paaluja on liian vähän.

### Vapaaehtoinen osuus

Tarkempi paalutussyvyys (paalumetrilaskentaan) **3** m - **7,5** m  
keskiarvo 5,25 m -> 5 m

Info: merkkää paalutussyvyys välillä x - x. Laskuri antaa keskiarvon ja pyöristää sen sopivaan kokonaislukuun

## Liite 2. Paalutettavan kohteen laskentapohja



### TULOKSET

	paalutyyppi	omat lisäykset (terassit tms)	yhteensä	paalumetrit
päätyseinät	HT90/6,3 2 kpl	0 kpl	2 kpl	10 m
sivuseinät	HT115/6,3 8 kpl	0 kpl	8 kpl	40 m
välisokkeli	HT90/6,3 2 kpl	0 kpl	2 kpl	10 m
		yhteensä:	12 kpl	60 m

### Paalumäärien havainnekuva

