

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Lauri Jokinen

RAKENNESUUNNITELMIEN SISÄLTÖ

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2016
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
013 260 6800

Tekijä
Lauri Jokinen

Nimeke
Rakennesuunnitelmien sisältö

Toimeksiantaja
Kymen Rakennesuunnittelu Oy

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä oli tavoitteena selvittää, mitä asioita rakennesuunnitelmiin kuuluu ja minkälaisia kuntakohtaisia yhteneväisyyksiä ja eroavaisuuksia viiden kunnan rakennusvalvonnoilla on niihin liittyen. Lisäksi tarkoituksena oli tehdä perustusten mitoitus ja stabiiliteetin tarkastelu Kymen Rakennesuunnittelu Oy:n suunnittelemaan asuinkerrostalokohteeseen.

Työssä ensimmäisenä käytiin läpi rakennesuunnitelmiin liittyviä asiakirjoja. Tätä seurasi tutkimusosio kuntakohtaisista rakennesuunnitelmista ja viimeisenä tarkasteltiin rakennuskohteen perustusten mitoitusta ja stabiiliteettia. Tutkimus rakennesuunnitelmien kuntakohtaisesta sisällöstä suoritettiin sähköisellä kyselylomakkeella ja kokonaisstabiiliteetin tarkastelua varten tehtiin laskentapohja Microsoft Excelliin.

Tutkimuksesta selvisi, ettei rakennesuunnitelmien sisällössä ole suuria kuntakohtaisia eroja. Eroja syntyy asiakirjojen toimittamisessa ja arkistoinnissa. Rakennuskohteen stabiiliteetin tarkastelu osoitti, että rakennuksen jäykistävät väliseinät ovat tarpeeksi jäykkiä riittävän vakauden saavuttamiseksi.

Kieli
suomi

Sivuja 46
Liitteet 9
Liitesivumäärä 15

Asiasanat
Rakennesuunnittelu, rakennusvalvonta, stabiilius



THESIS
May 2016
Degree Programme in Construction
Engineering

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
013 206 600

Author
Lauri Jokinen

Title
Contents of Structural Plans

Commissioned by
Kymen Rakennesuunnittelu Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to investigate what documents structural plans contain and what kind of similarities or differences there are in five different municipalities. In addition the aim was to create structural calculations for foundations and overall stability to a block of flats designed by Kymen Rakennesuunnittelu Oy.

To start this thesis work documents which are included in structural plans were studied. After that came the research part and finally the structural calculations of the foundations and stability. This research was implemented by using an electrical enquiry. Excel spreadsheet was created for the purpose of examining the overall stability.

This study shows that there are not great differences between municipalities. The differences arise in processing documents. The stability calculations proved that the building's partition walls are rigid enough for overall stability.

Language
Finnish

Pages 46
Appendices 9
Pages of Appendices 15

Keywords

Construction planning, supervision of building, stability

Sisältö

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto | 5 |
| 2 | Rakennesuunnitelmat | 5 |
| 2.1 | Yleistä | 5 |
| 2.2 | Tehtävät ja suunnittelukokonaisuus | 6 |
| 2.3 | Rakennepiirustukset | 7 |
| 2.4 | Rakennelaskelmat | 9 |
| 2.5 | Muut tekstiasiakirjat | 10 |
| 3 | Suunnittelutehtävien vaativuusluokat | 11 |
| 4 | Suunnittelijan kelpoisuus | 15 |
| 5 | Työturvallisuusvelvoitteet | 16 |
| 6 | Onnettomuustarkastelu | 18 |
| 6.1 | Yleistä | 18 |
| 6.2 | Toimintaperiaate onnettomuustilanteessa | 18 |
| 6.2.1 | Ennalta määriteltävä onnettomuuskuorma | 18 |
| 6.2.2 | Paikallisen vaurion rajoittaminen | 20 |
| 6.3 | Törmäys | 20 |
| 7 | Palokatkosuunnitelma | 21 |
| 8 | Rakennesuunnitelmat kuntakohtaisesti | 22 |
| 8.1 | Tutkimuksen lähtökohtia | 22 |
| 8.2 | Tutkimuksen toteutus | 22 |
| 8.3 | Tulokset | 23 |
| 9 | Kohde | 25 |
| 9.1 | Tiedot | 25 |
| 9.2 | Lumikuorma | 26 |
| 9.3 | Vaakavoimat | 30 |
| 9.3.1 | Tuulikuorma | 30 |
| 9.3.2 | Mittaepätarkkuus | 34 |
| 9.4 | Hyötykuormat | 35 |
| 10 | Rakenneosien mitoitusperiaate | 37 |
| 10.1 | Perustukset | 37 |
| 10.2 | Vaakavoimien jakautuminen | 39 |
| 10.3 | Jäykistävä seinä | 42 |
| 10.4 | Vaakasauma | 44 |
| 10.5 | Pystysauma | 45 |
| 11 | Yhteenveto | 46 |
| | Lähteet | 48 |

Liitteet

| | |
|---------|--|
| Liite 1 | Lumikuorma |
| Liite 2 | Perustukset |
| Liite 3 | Tuulikuorma |
| Liite 4 | Mittaepätarkkuus ja kokonaisvaakavoima |
| Liite 5 | Vaakavoimien jakautuminen jäykistäville seinille |
| Liite 6 | Jäykistävä seinä |
| Liite 7 | Vaakasauma |
| Liite 8 | Pystysauma |
| Liite 9 | Kysymykset kuntien rakennusvalvontaan |

1 Johdanto

Opinnäytetyöni aiheena on rakennesuunnitelmien sisältö. Käyn työssäni ensin läpi rakennesuunnitelmien teoriaa ja tämän jälkeen kuntakohtaiset tutkimukset ja viimeiseksi rakennelaskelmat kerrostalokohteen perustuksista ja stabiliteetti. Rakennesuunnitelmien teoriaosuus on rajattu koskemaan toteutussuunnitteluvaihetta, uudisrakentamista ja betonirakenteita.

Kiinnostuin opinnäytetyön aiheesta, koska halusin selvittää, mitä rakennesuunnitelmiin kuuluu ja mitä ne sisältävät. Tein myös rakennelaskelmat, koska ne hyödyttävät minua jatkossa. Halusin enemmän tietoa rakennuksen stabiliteettilaskennasta, minkä vuoksi halusin ottaa sen mukaan opinnäytetyöhöni. Stabiilitteitilaskenta osoittautui opinnäytetyön haastavimmaksi osuudeksi. Tämä johtui siitä, että laskentaan ei ollut yhtä selkeää ohjetta.

Opinnäytetyöhöni liittyvä tutkimusosio on toteutettu kyselytutkimuksena. Tutkimuksen kohteena olivat viiden kunnan rakennusvalvonnat ja tarkoituksena oli selvittää näiden kuntien rakennesuunnitelmien sisältöä koskevat yhteneväisyydet ja eroavaisuudet.

Opinnäytetyöstäni on hyötyä betonikerrostalon stabiliteetin laskentaan, sekä uusille rakennesuunnittelijoille tietoa rakennesuunnitelmien sisällöstä.

2 Rakennesuunnitelmat

2.1 Yleistä

Rakennesuunnitelmat ovat erityissuunnitelmia, jotka ovat osa rakentamista koskevia suunnitelmia. Rakennushankkeeseen kuuluu erityissuunnitelmien lisäksi rakennussuunnitelma, johon sisältyy rakennuksen pääpiirustukset. Rakennesuunnittelussa on tarkoituksena tuottaa asiakirjakokonaisuus, johon kuuluvat

rakennepiirustukset, laskelmat, luettelot ja selvitykset, joilla voidaan toteuttaa, käyttää ja ylläpitää rakennus tai rakenne. Rakennesuunnittelijan tulee huomioida rakenneteknisten asioiden riskien hallintaa sekä laadunvarmistusta, jotka ovat erityisen tärkeitä vaativissa hankkeissa. Rakennesuunnittelun lopputuote on hyvä, kun laatu ja ominaisuudet vastaavat asetettuja tavoitteita kohteen koko elinkaaren ajan. (RIL 229-1-2013, Luvut 1. ja 2.)

2.2 Tehtävät ja suunnittelukokonaisuus

Rakennesuunnittelijan tehtävät ja vastuut on määritelty suunnittelutoimeksiantossa. Rakennesuunnittelijan toimeksianto voi käsittää kohteen koko rakennesuunnittelun tai vain tietyn osatehtävän. Kun kohteessa on useampia rakennesuunnittelijoita, heistä nimetään vastaava rakennesuunnittelija eli päärakennesuunnittelija. Päärakennesuunnittelijan tehtäviin kuuluu rakenteiden ja rakennesosien suunnittelu, erillistehtävinä laadittujen rakenteiden, rakennusosien tai järjestelmien suunnitelmien yhteensovittamisesta niin, että se muodostaa toimivan rakenteellisen kokonaisuuden sekä toteutukseen ja käyttöönottoon osallistuminen sovituissa laajuudessa. Rakennesuunnitelmien sisältö ja määrä vaihtelee kohdekohtaisesti. (RIL 229-1-2013, 17.)

Päärakennesuunnittelu koostuu ns. suunnittelukokonaisuuksista joita ovat perustusten, runko-, julkisivu- ja vesikattorakenteiden sekä täydentävien rakenteiden suunnittelu. Rakennesuunnittelija voi kohdekohtaisesti osallistua myös mm. kuivatus- ja kosteudenhallintasuunnitelman tekemiseen, joihin kuuluu mm. salojapiirustus ja niitä täydentävät leikkaukset sekä pintatasaus- ja pintavesisuunnitelma. Geotekninen suunnittelija vastaa usein niistä. (RIL 229-1-2013, 19.)

Perustussuunnitelmiin kuuluvat laskelmien lisäksi mittapiirustukset, perustusleikkaukset sekä anturoiden raudituspiirustukset. Jos kohteessa perustukset tehdään paaluille, tulee paaluista tehdä oma paalutuspiirustus, joka voidaan esittää samassa perustuksien mittapiirustuksessa. (RIL 229-1-2013, 117.)

Runkorakenteista tehtäviä suunnitelmia ovat taso-, leikkaus-, rakenneosa-, detaljipiirustukset ja niihin liittyvät luettelot sekä selosteet. Runkorakenteiden tasopiirustuksia ovat mitta-, raudoitus-, tartuntapiirustus sekä esimerkiksi elementtien sijoituspiirustus ja varauspiirustus eli reikäkuvat, joissa on ilmoitettu sähkö- ja lvi-suunnittelijoiden tarvitsemat varaukset. Rakenneleikkauspiirustuksissa on esitetty jokin tietty kohta tarkemmin, jota ei yleisleikkauksessa tai tasopiirustuksessa voida yksiselitteisesti kuvata. Rakenneosa kuvia laaditaan täydentämään taso- ja leikkauspiirrosten sisältöä ja niissä on kuvattu rakenneosan tarkoituksenmukaisuus. Detaljipiirustuksissa pyritään selventämään ja täydentämään taso-, rakenneosa- ja leikkauspiirustuksissa esitettyjen rakenteiden yksityiskohtia. Yleisiä detaljipiirustuksia ovat liitos- ja raudoitusdetalji. Runko voi olla paikallavalettu ja/tai elementtirakenteinen. Paikallavalu rungosta esitetään mitta- ja raudoituspiirustus ja elementtirungosta esitetään edellä mainittujen lisäksi saumaraudoitus- ja tartuntapiirustus. Rakennesuunnittelija tekee myös tyyppielementit, joita käytetään lähtötietoina elementtisuunnittelussa. (RIL 229-1-2013, Luku 6.5.)

Julkisivurakenteista laadittuja piirustuksia ovat julkisivukaaviot, sekä leikkaus- ja detaljikuvat. Julkisivukaaviossa pohjana toimii arkkitehdin tekemä julkisivupiirustus. Detaljeissa yleisiä ovat ulkoseinän liitokset muihin rakenteisiin, kuten kerrosten pohjiin. (RIL 229-1-2013, 141.)

Vesikatto kuvissa katto kuvataan ylhäältä alaspäin katsoen. Sen mittapiirustuksessa eli vesikattopiirustuksessa on kuvattu mahdolliset liikuntasaumamat, kallistuksien jiirit, kattokaivot, veden ulosheittäjät ja katolle tulevia koneita tai laitteita. (RIL 229-1-2013, 144.)

2.3 Rakennepiirustukset

Rakennus kohde kuvataan erilaisilla piirustuksilla, jotka sisältävät erilaisia piirroksia. Rakennepiirustuksiin kuuluu yleensä tasopiirustukset, leikkauspiirustukset, rakenneosapiirustukset, detaljipiirustukset, osapiirustukset, havainnepiirustukset. Rakennepiirustuksista on selvittävä rakenteiden mitat työmaata varten,

lisäksi piirustuksissa on selvittävä lämmön, kosteuden, veden ja vedenpaineen sekä äänen ja värinän eristysten ratkaisut. Kuvissa on piirustus- ja ohjealue. Ohjealueen sisältö riippuu rakennepiirustuksesta, mutta yleisesti siinä on ilmoitettu asiat, joita ei kuvissa voida yksinkertaisesti ilmaista. (RIL 229-1-2013, Luku 5.5.)

Tasopiirustuksessa, eli mittapiirustuksessa, kantavista rakenteista, katsomisuunta on kyseisen kerroksen katto ja sitä kantavat alapuoliset rakenteet. Se on vaakaleikkaus kerroksesta. Mittapiirustus tehdään rakennuksen joka kerroksesta perustuksista vesikattoon saakka. Tasopiirustuksessa on esitetty moduulilinjat, jotka kulkevat seinälinjojen keskellä x- ja y-suunnissa. Rakenteiden mitat ovat sidottu näihin linjoihin. Tasopiirustuksissa on näytetty myös mm. leikkaus- ja detaljimerkinnät ja rakennusosien tunnuksat. (RIL 229-1-2013, 107, 123.)

Rakenneosapiirustuksilla selvennetään mitta- ja raudoituspiirustuksissa esitettyjä rakenteita. Rakenneosapiirustuksia ovat tyyppielementit, sekä muut elementti valmisteiset rakenneosat kuten laatat, palkit, seinät ja pilarit. Niissä kuvissa on esitettävä rakenteen mitat, raudoitus, rakenneosaan tulevat kiinnitys- ja tartuntateräksat, reiät, syvennyksat ja urat mittoineen. Leikkauspiirustuksessa havainnollistetaan tasopiirustuksissa esitettyjä tietoja, kuten korkeusasemia, rakennetyyppien sijaintia ja rakenteiden liittymisiä toisiinsa. Leikkauksia tehdään toisistaan poikkeavilta seinälinjoilta, anturoiden kohdilta, hissikuilusta ja porrashuoneista. Kohteesta on hyvä tehdä perustus-, pysty- ja vesikattoleikkaus. Hyvin ja oikeista kohdista tehdyt rakenneleikkauksat helpottavat elementtisuunnittelua. (RIL 229-1-2013, 108, Luku 6.6.2.)

Detaljipiirustuksissa selvennetään ja täydennetään taso- rakenneosa- ja leikkauspiirustuksissa esitettyjen rakenteiden yksityiskohtia. Näitä ovat yleensä liitosdetaljit ja raudoitdetaljit, niissä on ilmoitettu saumabetoni sekä raudoitus ja tarvittavat teräsmäärät mitta- ja laatu-tietoineen. Detalji kohdat ovat ilmoitettu taso- ja leikkauspiirustuksissa. (RIL 229-1-2013, 109.)

Rakennetyypeissä on esitetty kohteeseen tulevat rakennerratkaisut. Ne ovat jaettu rakennuskohdasta riippuen tunnuksilla, ja useimmat rakennetyypit esimerkiksi ulkoseinässä on eroteltu numeroinnilla, kuten US1, US2 ja US3. Noin 80 %

rakennerratkaisuista on esitetty rakennetyypeillä ja loput poikkeavat tai vähän esiintyvät esitetään muissa suunnitelmissa. Rakennetyypeissä on esitetty rakenteen paksuus, palonkestoluokka, lämmöneristävyys sekä ilma- ja äänieristävyys. (RIL 229-1-2013, Luku 6.2.)

2.4 Rakennelaskelmat

Laskelmat ovat merkittävä osa rakennesuunnitelmia ja ne tulee toteuttaa siinä laajuudessa, mitä lait ja määräykset sekä standardit ja yleiset ohjeet niille asettavat. Rakenteiden olennaisimmat tekniset vaatimukset täyttyvät, kun ne suunnitellaan käyttäen eurooppalaisia suunnittelustandardeja eli eurokoodeja sekä niihin liittyviä ympäristöministeriön asetuksina annettuja kansallisia liitteitä. (RIL 229-1-2013, Luku 4.)

Rakennelaskelmilla täytyy osoittaa, että rakenteet on suunniteltu siten, että niiden lujuus ja vakaus säilyvät koko suunnitellun käyttöiän. Lisäksi rakenteiden tulee kestää niihin käytön aikana muodostuvat kuormat ja rasitukset niin, etteivät ne aiheuta haitallisia muodonmuutoksia, halkeamia, värähtelyjä, painumia tai muita haitallisia vaikutuksia. Laskelmien pitää olla johdonmukaisia ja selkeitä, se helpottaa myös laskujen tarkastusta. Rakennelaskelmissa täytyy ilmoittaa rakennejärjestelmä, laskentamenetelmät, laskelmien tulokset ja kattavuus. Laskelmien yhteyteen tulee viittaus käytettyyn eurokoodiin tai muuhun sovellettuun kaavaan. Kriittisiin rakenneosiin, rakennuksen turvallisuuden ja toimivuuden osalta, on kiinnitettävä erityistä huomiota. Rakennelaskelmat tulee arkistoida mahdollisia myöhempiä tarpeita varten, kuten tilojen käyttötarkoituksen muutosta tai korjausrakentamista varten. (RIL 229-1-2013, 65–66.)

Rakennesuunnitteluun kuuluvia rakennelaskelmia ovat kuormituslaskelmat, rakenteen stabiiliteetilaskelmat ja rakenneosien ja rakenteiden välisten liitosten mitoituslaskelmat. Kuormituslaskelmissa esitetään käytettävät kuormat sekä missä kohdassa rakennusta ne vaikuttavat. On suositeltavaa, että kuormitukset koottaisiin taulukkoon kerroksittain ja moduuleittain. Kuormituksesta on selvittävä määräävät kuormitustapaukset ja huomioitava rakenneosan erityispiirteet.

Stabiiliteettilaskelmissa on esitettävä kokonaiskuorma ja kuormien jakautuminen jäykistäville rakenteille sekä niistä aiheutuvat rasitukset ja rakenneosien staattinen malli, mitat ja tuenta. Laskemassa on myös kerrottava rakenneosaan kohdistuvat kuormitukset ja kuormitusyhdistelmät. Rakenneosaa tulee tarkastella käyttö- ja murtorajatiloiissa. Suurin osa rakennesuunnittelijan tekemistä palomitoituslaskelmista on yksittäisten rakenneosien palosuojamateriaalien mitoituslaskelmia. Kunkin rakenneosan palonkestävyys laskelmat ovat yleensä esitetty rakenteen muiden mitoituslaskujen yhteydessä. (RIL 229-1-2013, Luku 4.)

Muita rakennelaskelmia ovat rakennusfysikaaliset laskelmat, kuten ääni-, lämpö- ja kosteustekniset laskelmat sekä elinkaarilaskelmat. Perusrakenneratkaisujen eli rakennetyyppien rakennusfysikaaliset ominaisuudet ovat usein valmiiksi määriteltynä. Elinkaarisuunnittelussa käyttöikä huomioidaan laskuissa yleensä muuttujana. (RIL 229-1-2013, 73–74.)

2.5 Muut tekstiasiakirjat

Rakennesuunnitelmiin kuuluu piirustuksien ja laskelmien lisäksi useita eri tekstiasiakirjoja. Osa asiakirjoista on rakennesuunnittelijan vastuulla, kuten runkotyöselostukset ja runkoa täydentävien rakenteiden työselostukset. Yhteistyössä laadittuihin asiakirjoihin, kuten rakennustapaselostukseen ja rakennusselostukseen rakennesuunnittelija täydentää mm. kantavien rakenteiden sekä muun rungon tiedot. (RIL 229-1-2013, Luku 3.)

Työselostukset ovat kokoavia asiakirjoja ja niistä tehdään piirustuksien kanssa toisiaan täydentäviä niin, että asia on esitetty vain työselostuksessa tai piirustuksessa. Saman asian esittämistä molemmissa suunnitelmissa tulee välttää. Suunnitelmien sisällön on oltava selkeää ja ristiriidatonta. Suunnittelija valitsee, kummassa paikassa asia on parempi esittää. Työselostuksessa on tarkoitus esittää sanoin sellaiset asiat, joita ei piirustuksissa voida esittää, kuten toimintatavat sekä laadunvarmistus. Osa työselostusmaisesta tekstistä voi olla sijoitettuna piirustuksiin, jos se helpottaa kokonaisuutta. Tällöin työselostuksessa on oltava viittaus tekstiosiin. (RIL 229-1-2013, 43.)

Betonirakenteisiin liittyviä työselostuksia ovat kohteesta riippuen paikallavalettujen betonirunkorakenteiden työselostus ja/tai betonielementtirakenteiden työselostus, sekä runkoa täydentävien rakenteiden työselostus, joita ovat mm. vesikattojen, parvekkeiden, märkätilojen, betonilattioiden, ulkoseinien ja maanvastaisen rakenteiden työselostus. (RIL 229-1-2013, Luku 3.4.)

Rakennuskohteen suunnitteluun ja toteutukseen liittyvät tärkeimmät lähtötiedot, -kohdat ja vaatimukset sekä niihin liittyvät asiakirjat kerätään Rakenteiden suunnittelun ja toteutuksen perusteet -asiakirjaan. Tätä asiakirjaa voidaan kutsua jollakin muulla lähes vastaavalla nimityksellä, kuten suunnittelun perusteet. Asiakirja toimii samalla myös laskelmien rakenneselostuksena. (RIL 229-1-2013, 56.)

Rakennesuunnitelmiin liittyviä selvityksiä ovat mm. pohjatutkimus ja geotekniset mitoitusperusteet. Varsinaisten laskelmien lisäksi on esitettävä selvityksiä, joissa käy ilmi mitoitusperusteet, rakennemalli, kuormitustapaukset, vakavuustarkastelu sekä laskentaperusteet käytetyistä atk-ohjelmista.

Luetteloita laaditaan sopimuksen mukaisesti. Luettelot helpottavat valmistuvien suunnitelmien arkistoinnista ja hallitsemista. Kaikki rakennepiirustukset ovat esitetty piirustusluettelossa. Runkorakenne- ja perustussuunnitelmiin liittyviä luetteloita ovat mm. elementti-, raudoite-, materiaali- ja tarvikeluettelot, ne laaditaan kohdekohtaisesti sovituissa laajuudessa. (RIL 229-1-2013, 146.)

3 Suunnittelutehtävien vaativuusluokat

Maankäyttö- ja rakennuslain 120 d § (41/2014) mukaan suunnittelutehtävät kuuluvat vaativuusluokkiin. Suunnittelutehtävät ovat jaettu neljään eri vaativuusluokkaan, jotka ovat: vähäinen suunnittelutehtävä, tavanomainen suunnittelutehtävä, vaativa suunnittelutehtävä ja poikkeuksellisen vaativa suunnittelutehtävä. Joissain kunnissa vaativuusluokkia on voitu tarkentaa, esimerkiksi Helsin-

gissä vaativan ja poikkeuksellisen vaativan luokan välissä on vaativa-plus luokka.

Rakennuksen vaativuusluokan määräytymiseen vaikuttaa useita eri asioita. Tiivistettynä siihen vaikuttaa suunnittelun arkkitehtoniset, toiminnalliset ja tekniset vaatimukset. Näihin vaatimuksiin vaikuttaa vielä rakennuksen ja tilojen käyttötarkoitus sekä rakennuksen terveellisyys, energiatehokkuus ja rakennusfysikaaliset ominaisuudet ja rakennuksen koko. Rakenneteknisiä tekijöitä vaativuusluokan määräytymiseen ovat suunnittelu-, laskenta- ja mitoitusmenetelmien sekä kuormitusten ja palokuormien vaativuustaso. Näiden lisäksi huomioidaan kantavista rakenteista, ympäristöstä ja rakennuspaikasta johtuvat vaatimukset. (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 120 d §.)

Määräytymisperusteet suunnittelutehtävien vaativuusluokkiin on esitetty Valtioneuvoksen asetuksessa rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä. Asetukseen liittyvä Ympäristöministeriön ohjeessa rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokista YM1/601/2015 on tarkemmin ohjeistettu kantavien rakenteiden suunnittelutehtävien sisällön taulukon 1 mukaan.

Taulukko 1. Kantavien rakenteiden suunnittelutehtävien sisältö (YM1/601/2015, 7–9).

| Vähäinen kantavien rakenteiden suunnittelutehtävä |
|---|
| <p>Rakennus tai rakennelma on</p> <ul style="list-style-type: none"> - yksikerroksinen - pinta-alalta ja korkeudelta pieni - muuhun käyttöön kuin asumiseen tai työntekoon tarkoitettu - rakenteissa käytetään tavanomaisia materiaaleja ja käytäntöön vakiintuneita ratkaisuja <p>Esimerkiksi</p> <ul style="list-style-type: none"> - vaja, liiteri, pieni katos |
| Tavanomainen kantavien rakenteiden suunnittelutehtävä |
| <p>Suunnitellaan kantavan rakenteet</p> <ul style="list-style-type: none"> - enintään kaksikerroksiseen rakennukseen, jossa voi olla kellarikerros ja ullakko |

- kooltaan pienehkö, kerrosalaltaan yleensä enintään 300 m² suuruinen
- kantavien rakenteiden jänneväli enintään 6 metriä
- kantavat rakenteet ja niiden liitokset ovat suunniteltaville materiaaleille tyypillisiä ja voidaan käyttää yleisiä suunnitteluohjeita

Käyttäessä esivalmisteisia rakenneosia, joiden suunnittelijalla on ollut tehtävän edellyttämä pätevyys, jänneväli voi olla enintään 10 metriä.

Esimerkiksi

- pientalo tai vapaa-ajan rakennus, jossa rakenteet tavanomaiset
- teollisuus-, varasto- tai maatalousrakennus

Vaativa kantavien rakenteiden suunnittelutehtävä

Kantavat ja jäykistävät rakenteet suunnitellaan rakennukseen, jossa enemmän kuin kaksi kerrosta

- betonirakenteinen rakennus, jossa 3-12 kerrostasoa kellarikerrokset mukaan lukien

Suunnitellaan kantavat ja jäykistävät rakenteet 1-2 -kerroksiseen rakennukseen, joka on kooltaan suuri

- kerrosalaltaan vähintään 300 m² suuruinen
- kantavien rakenteiden jänneväli vähintään 6 metriä
- hallimainen rakennus, jonka jänneväli on yleensä enintään 25 metriä tai joka on huomattavan korkea

Kantavien rakenteiden on täytettävä korkeat tekniset tai toiminnalliset vaatimukset suunniteltavan rakennuksen koon, kuormien tai muun ominaisuuden vuoksi

- rakenne on raskaasti kuormitettu ja pistekuormat tai dynaamiset kuormat ovat suuria
- rakenne on tavanomainen jännitetty rakenne kuten sarjavalmistainen betonielementti
- rakenteilta edellytetään erityisominaisuuksia kuten keveyttä, poikkeavaa muotoilua tai epätavallista materiaalien käyttöä
- rakenteilta edellytetään erityisominaisuuksia arkkitehtonisten tai taloteknisten ratkaisujen tai muiden vaatimusten kuten energiatehokkuuden, äänitekniikan tai paloturvallisuuden vuoksi

Poikkeuksellisen vaativa kantavien rakenteiden suunnittelutehtävä

Kantavien ja jäykistävien rakenteiden tekniset tai toiminnalliset vaatimukset ovat poikkeuksellisen korkeat, jos rakennus on erittäin suuri

- betonirakenteinen rakennus, jossa yli 12 kerrostasoa kellarikerrokset mukaan lukien
- rakennus, jonka jonkin kerroksen kerroskorkeus on poikkeuksellisen korkea

Rakennuksen kuormat ovat poikkeuksellisia tai kyse on jännitetystä erikoisrakenteesta

- suuri jänneväli, yleensä yli 25 metriä, kuten stadion tai jäähalli
- muuttuvien kuormien osuus kokonaiskuormituksesta on suuri
- dynaamiset kuormat ovat merkittävän suuria
- paikalla jännitetty vaativa erikoisrakenne tai jännitetty vaativa esivalmistettu rakenneosia, joka ei ole sarjavalmistainen betonielementti

Kantavien ja jäykistävien rakenteiden suunnittelu on poikkeuksellisen vaativaa rakennuksen arkkitehtonisten ratkaisujen tai muiden erityisvaatimusten vuoksi

- rakennus on erityisen hoikka (korkeus / lyhemmän sivun pituus > 4) tai rakennuksen kantava runko on vino tai muutoin poikkeuksellisen muotoinen
- pitkäjänteinen avarusrakenne tai kupolirakenne
- rakenteiden värähtelyn hallinta on erityisen vaativaa

Suunnitellaan kokeellinen tai muutoin ainutkertainen kantava rakenne, jolle ei ole valmiita suunnitteluohjeita tai josta ei ole kokemusperäistä tietoa, jolloin edellytetään rakennetekniikan teoreettisten perusteiden syvällistä hallintaa

- poikkeuksellinen liitto- tai erikoisrakenne
- suunnitteluun liittyy kantavien rakenteiden, rakennusosien, elementtiliitosten tai muiden uusien, erittäin vaativien ratkaisujen tuotekehitys

Rakennuksessa on samanaikaisesti suuri joukko ihmisiä tai rakenteiden vaurio voi tuottaa vakavaa vahinkoa ympäristöön

- stadion, lento- tai satamaterminaali tai muu erittäin suuri yleisötila
- korkea masto tai torni rakennetussa ympäristössä
- suuri säiliö, jonka sisältö on ympäristölle haitallista

4 Suunnittelijan kelpoisuus

Suunnittelijoiden kelpoisuus on määritelty Maankäyttö- ja rakennuslain 120 e § pykälässä. Kelpoisuusvaatimukset on määritelty edellisessä kappaleessa oleville vaativuusluokille. Ympäristöministeriön ohjeessa rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta YM2/601/2015 on maankäyttö- ja rakennuslakiin liittyen esitetty ohjeellisia kelpoisuusvaatimuksia. Kantavien betonirakenteiden osalta ne esitetään taulukossa 2. Viranomaiset arvioivat jokaisessa rakennuskohteessa vastaavan rakennesuunnittelijan kelpoisuutta ja pätevyyttä. Tätä arviointia varten on muodostettu arviointi järjestelmä FISE. Kyseinen järjestelmä helpottaa viranomaista kohdekohtaisessa suunnittelijan arvioinnissa. Lisäksi tilaajan on helpompaa valita kohteelle sopivat suunnittelijat.

Taulukko 2. Kantavien betonirakenteiden suunnittelijoiden kelpoisuus (YM2/601/2015, 4–6).

| Vähäinen suunnittelutehtävä | Tavanomainen suunnittelutehtävä |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Riittävä osaaminen asianomaiseen suunnittelutehtävään. | <ul style="list-style-type: none"> - Suorittanut rakennustekniikan tai –tuotannon tai konetekniikan tutkinnon tai tekniikan kandidaatin tutkinto (180op). - Opintoihin sisältynyt 30 op laajuisesti rakenteiden mekaniikka ja rakennesuunnittelua, materiaali- ja valmistustekniikkaa, betonirakenteiden suunnittelua ja betonirakentamista. - Vähintään 3 vuotta työkokemusta kantavien rakenteiden suunnittelusta, joihin sisältyy myös kyseessä olevien kantavien rakenteiden suunnittelutehtäviä. |
| Vaativa suunnittelutehtävä | Poikkeuksellisen vaativa suunnittelu- |

| | tehtävä |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Suorittanut rakennus- tai muun soveltavan alan diplomi-insinöörin, insinöörin (ylempi AMK), insinöörin (AMK) tutkinnon. - Opintoihin sisältynyt 40 op laajuisesti rakenteiden mekaniikkaa ja rakennesuunnittelua, materiaali- ja valmistustekniikkaa, betonirakenteiden suunnittelua ja betonirakentamista. - Vähintään 4 vuoden kokemus kantavien rakenteiden tavanomaisista suunnittelutehtävistä ja 2 vuoden kokemus avustamisesta vaativissa suunnittelutehtävissä. | <ul style="list-style-type: none"> - Suorittanut rakennus- tai muun soveltavan alan diplomi-insinöörin, insinöörin (ylempi AMK) tutkinnon. - Opintoihin sisältynyt 45 op laajuisesti rakenteiden mekaniikkaa ja rakennesuunnittelua, materiaali- ja valmistustekniikkaa, betonirakenteiden suunnittelua ja betonirakentamista sekä jännitetyjen rakenteiden suunnittelua. - Vähintään 6 vuoden kokemus kantavien rakenteiden vaativista suunnittelutehtävistä. |

5 Työturvallisuusvelvoitteet

Työturvallisuus on merkittävä osa koko rakennusprojektia ja tapaturmien ennalta ehkäisemiseksi työturvallisuutta on tärkeä huomioida jo suunnitteluvaiheessa. Rakennesuunnittelun tehtäväluettelossa RAK09 on kerrottu rakennesuunnittelijan työturvavelvoitteet sekä mahdolliset lisätehtävät. Tässä kappaleessa on esitetty vain pääkohtia, joita rakennesuunnittelijan on huomioitava.

Työturvallisuutta koskevat asiat tulee huomioida rakennesuunnitelmissa, työselostuksissa ja asiakirjoissa sekä toiminnassa työmaalla. Rakennesuunnittelijalla on suunnitteluvaiheessa vastuu pitää huolta siitä, että rakennushanke voidaan toteuttaa siten, että työntekijät voivat suorittaa työtehtävät turvallisesti ja

niin, ettei niistä aiheudu haittaa terveydelle. Rakennesuunnittelijan laatimien asiakirjojen tulee työturvallisuutta koskien sisältää ainakin ne tiedot, joita valtioneuvoston asetus VNa 205/2009 rakennustyön turvallisuudesta ja Työturvallisuuslaki 738/2002 määrittää ilmoittamaan. Lisäksi tulee huolehtia siitä, että rakennushankkeen muiden osapuolten tehtävissä työturvallisuuden suunnittelun kannalta, on huomioitu kohteen rakenteellisia ominaisuuksia. Kaikkien hankkeeseen liittyvien osapuolien laatimat suunnitelmat ovat sovitettava työturvallisuuden ja työterveyden kannalta yhteen. (Valtioneuvoston asetus 205/2009.)

Normaalissa kohteessa rakennesuunnittelija suorittaa yleisvalvonnan ohessa työturvallisuuden valvontaa. Valvonta tapahtuu muun muassa työmaakerroksella havainnoimalla, ovatko mm. rakenteet, tuet ja putoamissuojat asennettu annettujen suunnitelmien ja ohjeiden mukaisesti. Mikäli työturvaputteita tai muita turvallisuusseikkoja havaitaan, niistä on ilmoitettava työmaakokouksissa. Suunnittelijan tehdessä suunnittelutoimeksiantoan kuuluvia tehtäviä työmaalla hänellä tulee olla tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet esimerkiksi kypärä, suojalasit, huomioliivi sekä turvajalkineet, jotka hänen työnantajansa on velvollinen hankkimaan. Turvallisuusriskejä sisältävissä kohteissa, työturvallisuusriskien arviointi rakennesuunnittelun kannalta kannattaa suorittaa arviointi- ja tarkastuslistan muodossa. (RIL 229-1-2013, 20; RT 10-11011.)

Rakennesuunnittelijan on toimitettava asennussuunnitelman laadintaa varten tarpeelliset tiedot elementtien asennusjärjestyksestä, väliaikaisista tuennoista ja lopullisesta kiinnittämisestä niin, että rakenteiden stabiliteetti säilyy asennustyön kaikissa vaiheissa. Massiivisia järjestelmämuottikalustoa ja tukitelineitä nostettaessa ja asennettaessa on noudatettava valmistajan tai maahantuojan ohjeita. Mikäli ohjeita ole, tulee rakennesuunnittelijan laatia muottisuunnitelma. Tällöin on suunniteltava myös putoamissuojaus. Joka tapauksessa, kun putoamiskorkeus on yli 2,0 metriä, tulee rakennesuunnitelmissa olla esitettyinä putoamissuojauksen toteutus. (RIL 229-1-2013, 20; RT 10-11011.)

6 Onnettomuustarkastelu

6.1 Yleistä

Betoni kerrostalon onnettomuustarkastelua on ohjattu eurokoodissa EN 1991-1-7 ja EN 1992-1-1 sekä niiden kansallisissa liitteissä. Rakennukset tulee suunnitella siten, että niiden mitoituksessa on otettu huomioon onnettomuustarkastelu. Onnettomuuskuormat voivat olla määriteltävissä olevia tai määrittelemättömästä syystä aiheutuvia (RIL 201-2-2011, Osa 1.7, 114).

6.2 Toimintaperiaate onnettomuustilanteessa

Toimintaperiaatteet riippuvat siitä, onko onnettomuustilanne ennalta määritettyjen onnettomuuskuormien aiheuttama vai joudutaanko siinä rajoittamaan paikallista vauriota. Onnettomuuskuormien aiheuttamaa paikallista vauriota voidaan pitää hyväksyttävänä, jos rakenteen vakavuus, rakenteen kestävyys tai välttämättömät pelastustoimet eivät vaarannu sen takia (RIL 201-2-2011, Osa 1.7, 115).

6.2.1 Ennalta määriteltävä onnettomuuskuorma

Onnettomuustilanteen ollessa ennalta määriteltävissä siihen vaikuttavat onnettomuuskuormat riippuvat muun muassa ennalta ehkäisevistä toimenpiteistä. Näillä toimenpiteillä yritetään estää onnettomuuskuorma tai pienentää sen vaikutusta sekä onnettomuuskuorman esiintymisen todennäköisyyden ja vaurioista aiheutuvien seurauksien määrittämisestä. (RIL 201-2-2011, Osa 1.7, Luku 3.)

Mahdollisista onnettomuuskuormista johtuvia riskejä voidaan eurokoodin 1991-1-7 kohdan 3.2 mukaan pienentää seuraavilla periaatteilla:

- pyritään estämään onnettomuuskuorman syntyminen

- suojaamalla rakenne onnettomuuskuormilta tai pienentämällä niiden vaikutuksia
- varmistetaan rakenteelle riittävä vaurionsietokyky yhdellä tai useammalla seuraavista tavoista:
 - 1) suunnitellaan tietyt rakenneosat avainasemassa olevina
 - 2) suunnitellaan rakenteet riittävän sitkeiksi, jotta ne voivat absorboida muodonmuutosenergiaa
 - 3) suunnitellaan rakenne siten, että onnettomuustilanteessa kuormien kulkeutuminen vaihtoehtoisia reittejä pitkin on mahdollista.

Onnettomuuskuormien samanaikaista esiintymistä muiden vaikuttavien kuormien kanssa tarkastellaan onnettomuustilanteiden kuormayhdistelmissä, kun pääasiallinen kuorma (Q_{k1}) on lumi-, jää- tai tuulikuorma: (RIL 201-1-2008, 39).

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \psi_{11} + Q_{k1} + \sum_{j \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (1)$$

tai pääasiallinen kuorma (Q_{k1}) on muu kuin lumi-, jää- tai tuulikuorma:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \psi_{21} + Q_{k1} + \sum_{j \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (2)$$

missä

$G_{k,j}$ = pysyvät kuormat

P = esijännitysvoima

A_d = onnettomuuskuorma

ψ = yhdistelykerroin (RIL 201-1-2011 Taulukko A1.1 (FI), 49)

Q_{k1} = määräävä muuttuvakuorma

$Q_{k,i}$ = muu muuttuva muuttuvakuorma

6.2.2 Paikallisen vaurion rajoittaminen

Rakennusta suunniteltaessa tulee huomioida määrittelemättömästä syystä johdettu rakenteen vaurio ja kuinka sen laajuus rajataan. Yhdessä kerroksessa vaurio saa olla enintään 15 % kerroksen lattiapinta-alasta, ja silloinkin suurimmillaan 100 m². Vaurio saa tapahtua kahdessa päällekkäisessä kerroksessa. (RIL 201-2-2011, 116, 136.)

Eurokoodin EN 1991-1-7 kohdan 3.3 mukaan vaurioitumista voidaan rajoittaa yhdellä tai useammalla seuraavista tavoista:

- a) suunnitellaan rakennuksen stabiiliuteen vaikuttavat avainasemassa olevat rakenteet niin, että ne kestävät onnettomuuskuormasta A_d johtuvat seuraukset
- b) suunnitellaan rakennus siten, että sen stabiilius ei vaarannu, vaikka jossain kohtaa syntyisi paikallinen vaurio
- c) suunnitellaan yksityiskohdat siten, että koko rakennukselle saadaan riittävä vaurionsietokyky.

Asuinkerrostaloissa yleinen vaurion rajoittamistapa on eurokoodissa EN 1992-1-1 kohdassa 9.10 on esitetty sidejärjestelmä, jonka mukaan rakennus varustetaan seuraavilla siteillä:

- a) laatastori ympärillä oleva rengasraudoitus
- b) laatastori sisäiset siteet
- c) vaakasuuntaiset pilari- tai seinäsiteet
- d) tarvittaessa pystysiteet.

6.3 Törmäys

Rakennuksissa, joissa on pysäköintitiloja, ajoneuvo- tai haarukkatrukkiliikennettä tai joiden läheisyydessä on tieliikennettä, tulee huomioida mahdollisia törmäyskuormia. Törmäyskuormat määritetään dynaamisen analyysin perusteella tai ne esitetään ekvivalenttina staattisena kuormana. Dynaamiseen analyysiin

tekemiseen löytyy ohjeita eurokoodin EN-1991-1-7 liitteestä C ja ekvivalentit staattiset mitoituskuormat ovat esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Ajoneuvon törmäyksestä aiheutuvat ohjeelliset ekvivalentit staattiset mitoituskuormat (RIL 201-2-2011, 117).

| Liikenteen luokka | Kuorma F_{dx} ^a [kN] | Kuorma F_{dy} ^a [kN] |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Mootoritiet sekä valta- ja kantatiet | 1 000 | 500 |
| Maantiet | 750 | 375 |
| Taajamien tiet ja kadut | 500 | 250 |
| Pihat ja autotallit, joihin: | | |
| — henkilö- ja pakettiautot pääsevät kulkemaan | 50 | 25 |
| — kuorma-autot pääsevät kulkemaan ^b | 150 | 75 |

^a x = normaali liikenteen suunta, y = normaalin liikenteen suuntaa vastaan kohtisuoraan.
^b Termi "kuorma-auto" tarkoittaa ajoneuvoja, joiden suurin bruttopaino on yli 3,5 tonnia.

7 Palokatkosuunnitelma

Tulipalon varalta rakennus on jaettu palo-osastoihin. Palo-osastoinnin tarkoitus on rajoittaa palon ja savun leviäminen tilasta toiseen, tällöin palon aikainen poistuminen rakennuksesta on turvallisempaa. Lisäksi palon rajaaminen helpottaa pelastus- ja sammutustoimia sekä lieventää omaisuusvahinkoja. Palon leviäminen palo-osastosta toiseen tulee estää määrätyn ajaksi, riippuen rakennuksen koosta ja käyttötarkoituksesta. (RIL 221-1-2003, 39.)

Seinien ja välipohjien läpi joudutaan usein viemään vesi- ja viemäriputkia, ilmanvaihtokanavia ja sähköjohtoja. Kun läpiviennit osuvat osastoivan rakennusosan kohdalle täytyy huolehtia, ettei rakennusosan osastoivuus heikkene läpiviennin kohdalta. Palokatossa tiivistetään läpiviennistä syntynyt reikä vaadittavaa palo-osastointia vastaavaksi. (Firepro Ky 2016.)

Palokatkosuunnitelma on erityissuunnitelma, jonka tehdään yhtäaikaaisesti muiden suunnitelmien kanssa. Palokatkosuunnitelma tehdään jokaisen kerroksen tasopiirustuksen pohjalle. Siihen on merkitty palo-osastojen rajat ja osastointiluokat. Tarvittaessa palokatkosuunnitelmaa voidaan täydentää leikkauspiirustuksilla.

tuksilla. Piirustuksiin merkataan jokaisen läpiviennin vaatimukset täyttävä palokatkoratkaisu eli palokatkodevalji. Jokainen palokatkodevalji on merkitty tasopiirustukseen kirjain- tai numerotunnuksella. Detaljipiirustuksessa esitetään kukin ratkaisu yksityiskohtaisesti. (Firepro Ky 2016.)

Palokatkosuunnitelmaan kuuluu usein myös tekstiosa, jossa esitetään vaatimuksia muun muassa asentajan pätevyydelle, tarkastusten järjestämiselle ja niiden dokumentoinnille, palokatkojen merkitsemiselle ja tuotteen käyttöiälle. Palokatkotuotteiden vaatimukset ja niiden hyväksymismenettelyt ovat esitetty tekstiosassa. Tekstiosaan sisällytetään myös rakennuspaikkakohtaiset selvityksen tuotteiden kelpoisuudesta. (Firepro Ky 2016.)

8 Rakennesuunnitelmat kuntakohtaisesti

8.1 Tutkimuksen lähtökohtia

Kiinnostuin rakennesuunnitteluyrityksen minulle ehdottamasta tutkimusaiheesta, joka liittyi rakennusvalvontaan toimitettavien rakennesuunnitelmien sisältöön. Aihe kiinnosti, koska koen sen hyödyllisenä tietona tulevaa työelämää varten. Rakennesuunnitelmia ei laadita rakennusvalvonnan tarpeisiin, vaan rakennepiirustukset tehdään työmaata varten ja laskelmat, jotta rakenteet osataan mitoittaa riittävän kestäviksi.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, mitä rakennesuunnitelmien sisältöön liittyviä yhteneväisyyksiä tai eroavaisuuksia eri kuntien rakennusvalvonnoilla on.

8.2 Tutkimuksen toteutus

Tutkimukseni on kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus. Tarkoitukseni oli aluksi käyttää haastatteluja laadullisen tutkimuksen tiedonkeruun menetelmänä, mutta aikataulusyistä toteutin tiedonkeruun sähköpostilla. Ensin olin puhelimitse

yhteydessä viiden eri kunnan rakennusvalvontaan, ja sain luvan lähettää kyselylomakkeen. Kunnat olivat Joensuu, Kouvola, Lahti, Lappeenranta ja Vantaa. Tutkimuksessa käytetty kyselylomake on liitteessä 9. Haasteellista tutkimuksen toteutuksessa oli saada ensimmäinen yhteys rakennusvalvonnan rakennustarkastajiin, koska osalla kunnista oli tarkat ennalta määritellyt puhelinsoittoaajat.

8.3 Tulokset

Jokaisessa kunnassa rakennesuunnitelmissa kiinnitetään huomiota rakennuskohteen vaativuusluokkaan sekä suunnittelijan kelpoisuuteen. Näiden ollessa kunnossa kiinnitetään huomiota rakennuksen perustietoihin, joista esille tulivat kuormitus tiedot, kuten kattojen lumikuormat ja kinostuvat lumikuormat, hyötykuormat ja suuret pysyvät kuormat sekä kantavat rakenteet ja rakenteiden fyysikaalinen toiminta. Näiden lisäksi katsotaan myös pintamateriaalien valinnat ja paloturvallisuuteen liittyvät asiat.

Kokonaisstabiliteettitarkasteluja halutaan nähdä tavanomaisista ja sitä vaativimmasta rakennuksista, etenkin halleista ja muissa rakennuksissa, joissa on suuret jännevälit. Yksikerroksisista rakennuksista ei kokonaisstabiliteettitarkastelua yleensä tarvita, niistä riittävät usein muun muassa kattoristikoita ja kantavia rakenteita, kuten palkkirakenteita tarkastelevat suunnitelmat. Kokemusperäiset epäilyttäviltä näyttävät kohdat voidaan erikseen ottaa tarkasteluun, kuten hoikkuuden tai pienikokoisen rakenneosan kohdalla.

Kaikkien kuntien rakennusvalvonnat ottavat vastaan eniten pientalojen rakennesuunnitelmia. Vantaalta mainittiin toimistorakennuksien olevan tällä hetkellä vähemmän. Lappeenrannassa rakennesuunnitelmat käydään läpi pistokokeenomaisesti ja tarkempi tarkastelu suoritetaan esimerkiksi ulkopuolisen konsultin avulla.

Eniten lisätäsmennystä Lahdessa ja Joensuussa tarvitaan rakennelaskelmiin, ja etenkin lisälumikuorman puuttumiseen. Joskus laskelmat puuttuvat kokonaan. Lappeenrannan alueella on enemmänkin rakennepiirustuksiin kohdistuvia huo-

mautuksia, kuten jäykistykseen liittyvät täsmennykset ja paikalla rakennettujen kattoristikoiden tuentoihin, myös Kouvolassa oli mainittu sama asia kattoristikoiden kohdalla. Lisäksi usein ulkopaikkakuntalaisilta suunnittelijoilta puuttuu radonsuojaukset. Kouvolasta mainittiin kattoristikoiden lisäksi kantavien rakenteiden kiinnityksiin liittyvien lisätäsmennyksien olevan yleisimpiä. Lappeenrannan lisäksi Lahdessa ja Kouvolassa mainittiin, että palo-osastoinneissa on paljon puutteita liittyvien ja detaljien osalta.

Lahdessa on perusohjeena, että rakennesuunnitelmat toimitetaan yhtenä paperisarjana postilla tai kansliaan tuomalla, kun taas Joensuussa suunnitelmat toimitetaan sähköisesti. Lappeenrannassa rakennesuunnitelmat toimitetaan, joko paperiversioina tai sähköisessä muodossa. Kouvolassa suunnitelmat voidaan toimittaa postitse. Mikäli suunnitelmista löytyy huomautettavaa, tehdään niistä pöytäkirja, johon kirjataan puutteet tai suoritettavat toimenpiteet. Suunnitelmia ei hyväksytä, mikäli niissä on huomattavia puutteita. Kaikissa edellä mainituissa kunnissa järjestetään henkilökohtainen rakennesuunnitelmien esittely, jos kohde on erityisen iso tai muuten erikoiskohde. Vantaalla ensimmäinen esittely on henkilökohtainen ja vuoden 2016 loppuun mennessä pyritään suunnitelmat toimittamaan sähköisesti, kuitenkin niin, että henkilökohtainen kontakti säilytetään.

Lahdessa rivitalot ja niitä suurempien kohteiden rakennesuunnitelmat toimitetaan pdf-tiedostoina sähköiseen arkistoon ennen kohteen loppukatselmusta. Pienissä kohteissa rakennesuunnitelmien toimittaminen loppuarkistoon on vapaaehtoista. Joensuussa omakotitaloja suurempien kohteiden rakennesuunnitelmat arkistoidaan paperisina versioina, mutta tarkoituksena on siirtyä sähköiseen arkistointiin mahdollisimman nopeasti. Lappeenrannassa rakennesuunnitelmat arkistoidaan pääasiassa siinä muodossa, jossa ne on toimitettu. Tilan säästön kannalta isojen kohteiden osalta suunnitelmat pyydetään loppukatselmuksessa pdf-tiedostoina, vaikka ne olisi alun perin toimitettu paperimuodossa. Kouvolassa rakennesuunnitelmat arkistoidaan päätearkistoon, missä niitä säilytetään niin pitkään kuin tilaa riittää, kun Vantaalla suunnitelmat ovat arkistoitu sähköisesti Vantaan Arska -palveluun.

On ollut puhetta suunnittelun toteuttamisen siirtymisestä 3D-mallinnukseen, ja tämä näkyy Lappeenrannan alueella siten, että nuoremmat suunnittelijat tekevät suunnitelmat mallintamalla ja vanhemmat suunnittelijat laativat ne AutoCAD:illä. Osa vanhoista suunnittelijoista piirtää suunnitelmat jopa käsin. Joensuun alueella suunnitelmia harvemmin tehdään mallintamalla ja Lahdessa mallintaminen ei vielä varsinaisesti näy, koska mallista toimitetaan tulostetut 2D-piirustukset. Lappeenrantaan mallintamalla tehtyjä suunnitelmien osalta tietynlaiset sovituskorjaukset työmaalla ovat jääneet pois ja isojen liitosten korjaustarve on vähentynyt, mutta detaljien esittäminen on hieman puutteellista. Myös Kouvolasta kerrottiin, että mallintamalla tehdyt suunnitelmat helpottavat rakenteiden kokonaisuuden tarkastelua. Joensuussa mallintamisen huonona puolena on mainittu oleellisen tiedon häviäminen, kun mallintamalla on esitetty niin paljon muita asioita. Lahdessa rakennesuunnitelmien laatu on yleisesti ottaen hyvä, kun Joensuussa laatua on sanottu keskimäärin huonoksi. Etenkin Lahdessa ja Lappeenrannassa on nostettu esille vanhempien rakennesuunnittelijoiden persoonalliset käsin piirretyt suunnitelmat. Kouvolassa ja Vantaalla rakennesuunnitelmien laatu on vaihtelevaa.

9 Kohde

9.1 Tiedot

Rakennesuunnittelukohteena on Asunto Oy Lahden Lehtikuusi, joka sijaitsee Lahden Launeen kaupunginosassa, korttelissa 1115 ja tontilla 21. Tontin pinta-ala on 3177 m². Viereisille tonteille 20 ja 19 rakennetaan myöhemmin kaksi kerrostaloa. Rakennuttajana toimii YIT Oy.

AS Oy Lahden Lehtikuusi on 5-kerroksinen asuinkerrostalo, kaikki kerrokset ovat maan päällä. Rakennusoikeutta on 2550 + 290 m². Kerroskorkeus on 3 metriä. Rakennuksen mitat ovat 47,4 metriä kertaa 14,9 metriä ja korkeus 16,7 metriä. Rakennus kuuluu maastoluokkaan 3. Kantavina rakenteina toimivat ulkoseinät, jotka ovat rappausalustaisia sisäkuorielementtejä, sekä teräsbetoniset

väliseinät. Alapohja on tehty ontelolaatoista, ja siinä on tuuletettu alapohja. Väestönsuojan kohdalla on maanvarainen kantava teräsbetoni-laatta. Ylempien kerrosten holvit ovat paikalla valettuja, paitsi porrastasot ovat massiivilaatta-elementtejä. Rakennuksen paloluokka on P1.

Maaperän pohjatutkimuksen on suorittanut TähtiRanta Infra Oy ja laatinut perustamistapalausannon sen pohjalta. Tutkimus on tehty painokairamenetelmää käyttäen. Maaperä on erittäin routivaa. Routasuojauksen mitoitusaika on F50 ja mitoitettava pakkasastetuntimäärä 43 000 Kh. Kairaustulosten perusteella voidaan kertoa, että pintakerroksen alla on n. 1,0...2,5 metriä paksu silttikerros, joka on hiekan sekainen. 2,5...3,0 metrin syvyydestä alkaa savinen siltti- / laiha savikerros. Noin 20 metrin syvyydestä alkaa siltti- /hiekkakerros, jonka paksuus on 3,0...7,0 metriä. Moreenikerroksen alkavat kairapisteestä riippuen 23,0...30,0 metrin syvyydessä.

Kerrostalon ensisijainen perustamistapa on paaluperustus. Paaluperustuksen geotekninen suunnitteluluokka on GL2, seuraamusluokka on CC2 ja paalutus-työluokka PTL2. Mitoituksessa voidaan käyttää leikkauslujuuden ominaisarvoa $S_u=30 \text{ kN/m}^2$. Arvioitu paalupituus idästä länteen päin kulkien on 25,0...35,0 metriä.

9.2 Lumikuorma

Lumikuorman muodostuminen määritetään standardin EN-1991-1-3 mukaan. Lumikuormaan vaikuttaa rakennuksen maantieteellinen sijainti, katon muoto ja kaltevuus sekä lumen kinostuminen. Katon lumikuorman määrittämiseen tarvitaan rakennuspaikasta riippuva ominaislumikuorma maassa s_k , kuva 1. Katon muoto ja kaltevuus vaikuttaa muotokertoimeen μ_i , kuva 2. Standardissa lumi-kuorma s määritetään kaavasta 3. (RIL 201-1-2008, Osa 1.3.)

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k \quad (3)$$

missä,

μ_i = lumikuorman muotokerroin (Kuva 2)

s_k = maassa olevan lumikuorman ominaisarvo [kN/m²] (Kuva 1)

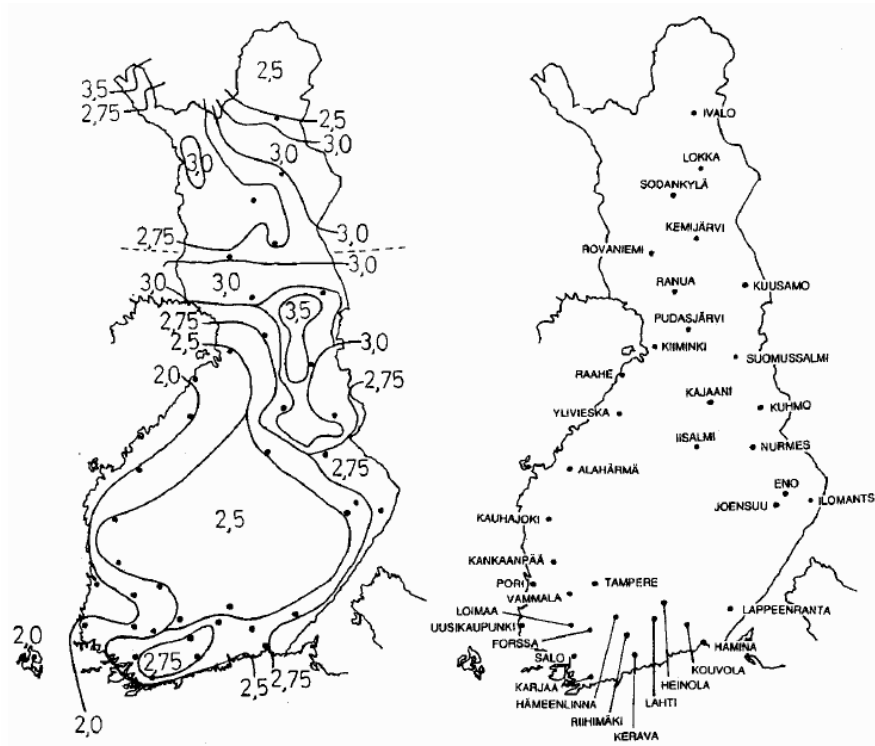
C_e = tuulensuojaisuuskerroin (1,0 tai 0,8)

C_t = lämpökerroin, jonka arvo tavallisesti 1,0

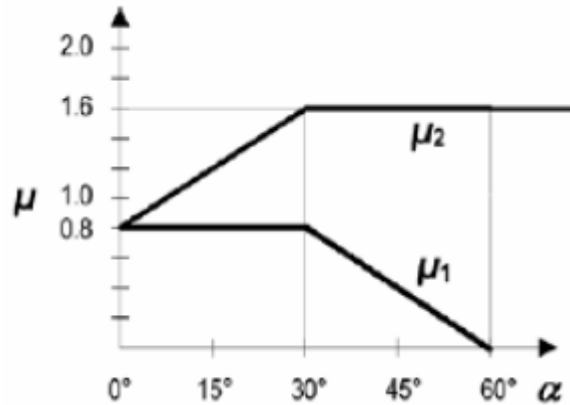
Usein kaava voidaan pelkistää muotoon:

$$s = \mu_i * s_k \quad (4)$$

Tuulensuojaisuuskertoimelle voidaan käyttää arvoa 0,8, kun maastotyyppi on tuulinen. Muulloin kerroin on 1. Lämpökertoimen arvo on tavallisesti 1,0. Kerrointa voidaan pienentää, jos kattorakenteen lämmöneristys on vähäinen.



Kuva 1. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot s_k (RIL 201-1-2008, 92).



Kuva 2. Lumikuorman muotokerroimet. μ_1 on kinostumattomalle lumelle ja μ_2 kinostuneelle lumelle (RIL 201-1-2008, 95).

Neljännän kerroksen katon ollessa eri tasossa viidennen kerroksen kattoon nähden, tulee siinä huomioida kinostuvasta lumesta johtuva lumilisä. Alemman katon muotokerroimet määritellään kaavoista 5 ja 6.

$$\mu_1 = 0,8 \text{ (jos alempi katto on tasakatto)} \quad (5)$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w \quad (6)$$

missä,

μ_s = ylemmältä katolta liukuvan lumen aiheuttaman lumikuorman muotokerroin

μ_w = tuulesta johtuva lumikuorman muotokerroin

Liukumisesta johtuvan lumikuorman muotokerroin μ_s määritetään seuraavasti:

Kun $\alpha \leq 15^\circ$, $\mu_s = 0$

Kun $\alpha \geq 15^\circ$, μ_s = määritetään lisäkuormasta, joka on 50 % ylemmän katon viereisen lappeen lasketusta maksimilukemasta, jos katon ei ole liukuestettä.

Tuulesta johtuvan lumikuorman muotokerroin μ_w määritellään kaavasta

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h} < \frac{\gamma_h}{s_k} \quad (7)$$

missä,

h = kattojen tasoero (Kuva 3)

b_1 ja b_2 = rakennuksen osien pituus (Kuva 3)

γ = lumen tilavuuspaino, jolle voidaan käyttää arvoa 2 kN/m^3

s_k = ominaislumikuorma maassa [kN/m^2] (Kuva 1)

Kertoimen μ_w vaihteluväli on:

$0,8 \leq \mu_w \leq 2,5$, jos alemman katon pinta-ala $\geq 6 \text{ m}^2$

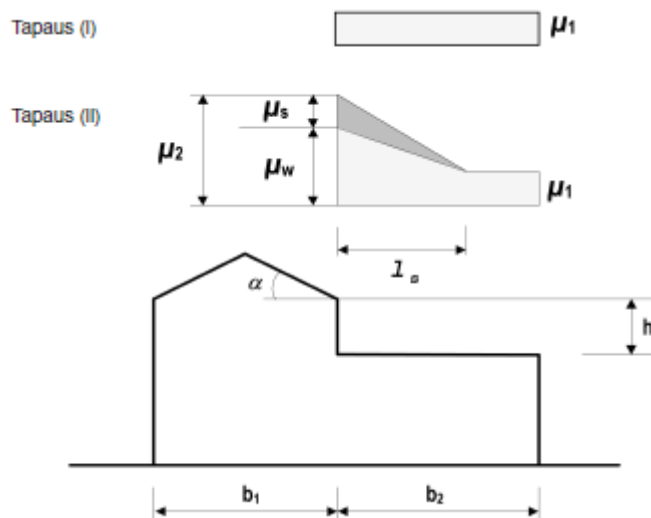
$0,8 \leq \mu_w \leq 1,5$, jos alemman katon pinta-ala $= 2 \text{ m}^2$

$\mu_w = 0,8$, jos alemman katon pinta-ala $\leq 1 \text{ m}^2$

Kinostumis pituus l_s voidaan laskea kaavasta:

$$l_s = 2h \quad (8)$$

Kinostumis pituuden vaihteluväli on $2 \text{ m} \leq l_s \leq 6 \text{ m}$.



Kuva 3. Korkeampaa rakennuskohdetta vasten olevien kattojen muotokertoimet (RIL 201-1-2008, 100).

9.3 Vaakavoimat

9.3.1 Tuulikuorma

Tuulikuormien määrittämistä ohjataan eurokoodissa EN 1991-1-4. Standardissa on ohjeita koko rakenteelle, rakenteen eri osille tai rakenteeseen kiinnitettäville osille muodostuvien kuormien määrittämisestä. Rakennuksen ympäristö vaikuttaa siihen kohdistuvaan tuulen nopeuspaineeseen. Tätä varten rakennukset jaetaan eri maastoluokkiin niitä ympäröivän maaston mukaan. Maastoluokkia on viisi, kuva 4.



Kuva 4. Eri maastoluokkien määritelmät (RIL 201-1-2008, 127).

Kokonaistuulivoima voidaan määrittää voimakertoimen c_f tai pintapaineiden avulla. Voimakertoimen c_f avulla laskeminen on yksinkertaisempi, ja se soveltuu jäykistävän rungon ja perustusten suunnitteluun. Jos halutaan mitoittaa yksittäisiä rakenneosia, tulee silloin käyttää pintapaineiden avulla määritettyä tuulivoimaa. Koska tässä työssä tarkastellaan vain perustuksia ja kokonaisstabiiliteettia tuulivoima määritetään voimakertoimen c_f avulla.

Rakennukseen kohdistuva kokonaistuulivoima voidaan laskea kaavasta: (RIL 201-1-2008, Osa 1.4)

$$F_w = c_s c_d * c_f * q_p(h) * A_{ref} \quad (10)$$

missä,

F_w = kokonaistuulivoima (kN)

$c_s c_d$ = rakennekerroin

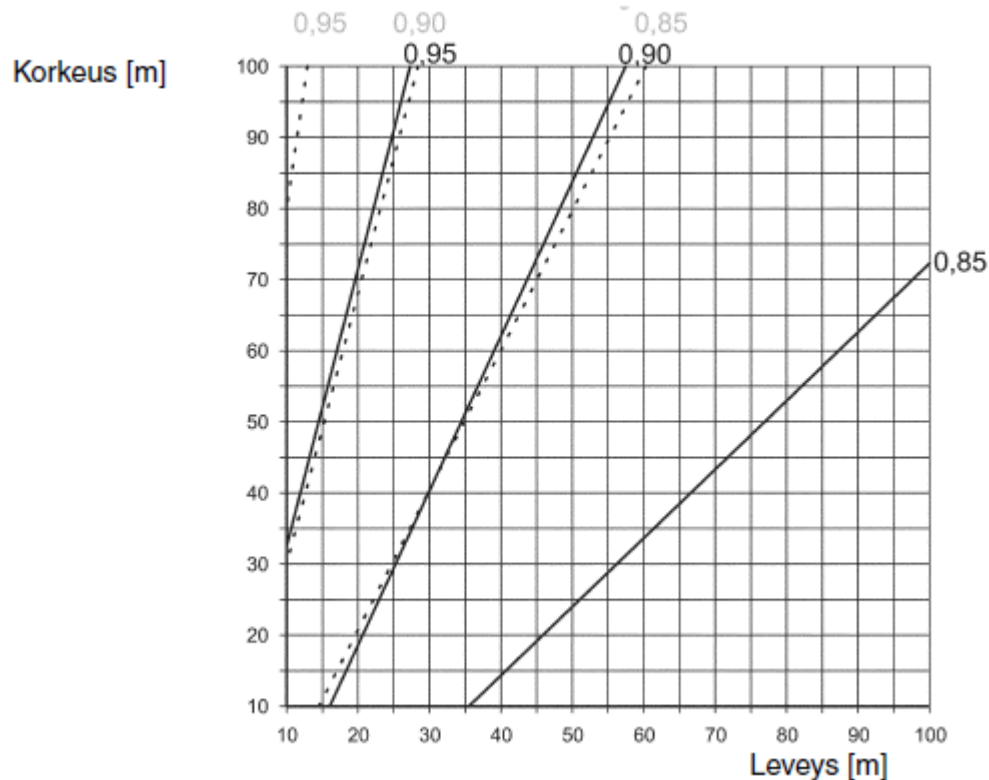
c_f = voimakerroin

$q_p(h)$ = maaston pinnan muodon mukaan modifioitu nopeuspaine

A_{ref} = tuulikuorman vaikutusala

Rakennekertoimelle $c_s c_d$ voidaan matalien rakennusten kanssa käyttää arvoa 1,0. Rakennuksen ollessa erittäin leveä voidaan käyttää kokonaisvoimaa pienentävää kerrointa taulukon 5 mukaan. Taulukko 5 ehtona on, että rakennuksen pohja on suorakaiteen muotoinen, ulkoseinät suorat sekä jäykkyys ja massa säännöllisesti jakautuneet. Tässä työssä pidemmällä seinälinjalla käytetään arvoa 0,85 ja lyhemmällä linjalla 1,0.

Taulukko 4. Rakennekerroin c_{scd} monikerroksisille rakennuksille, joiden pohja on suorakaide, ulkoseinät pystysuorat (EN 1991-1-4 D.2).



Voimakerroin c_f voidaan määrittää kuvasta 5 tai taulukosta 5. Taulukossa 5 on ilmoitettu kuvan 5 arvot numeerisessa muodossa. Voimakertoimen määrittämisessä pitää huomioida rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkuuden vaikutus. Rakennuksen hoikkuus λ voidaan määrittää, korkeudesta riippuen, kaavoista:

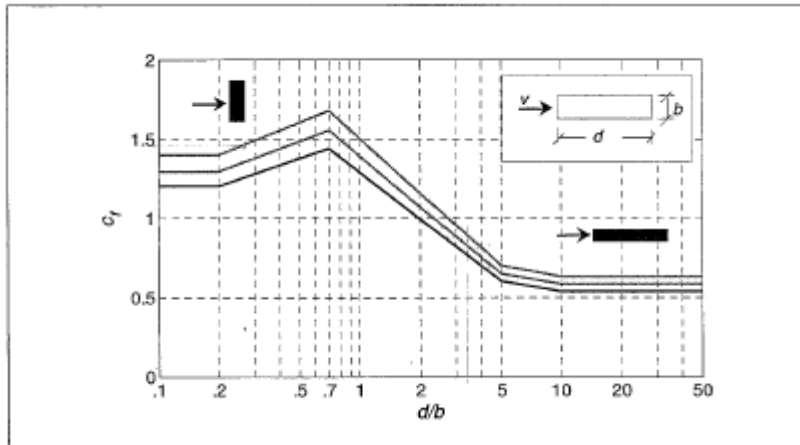
$$\text{kun } h < 15 \text{ m,} \quad \lambda = 2 \frac{h}{b} \quad (11)$$

tai

$$\text{kun } h \geq 50 \text{ m,} \quad \lambda = 1,4 \frac{h}{b} \quad (12)$$

välialueella $15 \text{ m} < h < 50 \text{ m}$, sovelletaan interpolointia.

Tässä työssä kohteen korkeuden ollessa 16,7 metriä, jouduttiin interpoloimaan hoikkuuden arvo, ja siitä saatiin x-suunnassa 2,2 ja y-suunnassa 0,7. Rakennuksen sivusuhteiden ollessa x-suunnassa 3,18 ja y-suunnassa 0,31 saatiin voimakertoimen c_f arvoksi x: 0,88 ja y: 1,26.



Kuva 5. Voimakertoin c_f teräväsärmäiselle suorakaidepoikkileikkauksen omaavalle rakennukselle (RIL 201-1-2008, 137).

Taulukko 5. Voimakertoin c_f huomioiden rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkouden vaikutus. Sivumitat b ja d ovat määriteltä kuvassa 4 (RIL 201-1-2008, 137).

| λ | Sivusuhte d/b | | | | | | | | |
|-----------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 1 | 2 | 5 | 10 | 50 |
| ≤ 1 | 1,2 | 1,2 | 1,37 | 1,44 | 1,28 | 0,99 | 0,60 | 0,54 | 0,54 |
| 3 | 1,29 | 1,29 | 1,48 | 1,55 | 1,38 | 1,07 | 0,65 | 0,58 | 0,58 |
| 10 | 1,40 | 1,40 | 1,60 | 1,68 | 1,49 | 1,15 | 0,70 | 0,63 | 0,63 |

Puuskanopeuspaine $q_p(h)$ voidaan katsoa taulukosta 6, ja sen määrittämiseksi tarvitaan tietää rakennuksen korkeus ja maastoluokka. Korkeuden ollessa 16,7 taulukosta interpoloidaan korkeuksien 15 ja 20 väliltä tarkka nopeuspaineen arvo. Maastoluokan ollessa 3, saadaan $q_p(h)$ arvoksi 0,57.

Taulukko 6. Puuskanopeuspaineen ominaisarvo $q_{p0}(z)$ [kN/m²] eri maastoluokissa tasaisessa maastossa (RIL 201-1-2008, 133).

| z (m) | Maastoluokka | | | | |
|-------|--------------|------|------|------|------|
| | 0 | I | II | III | IV |
| 0 | 0,66 | 0,42 | 0,39 | 0,35 | 0,32 |
| 1 | 0,66 | 0,42 | 0,39 | 0,35 | 0,32 |
| 2 | 0,78 | 0,52 | 0,39 | 0,35 | 0,32 |
| 5 | 0,96 | 0,65 | 0,53 | 0,35 | 0,32 |
| 8 | 1,05 | 0,73 | 0,61 | 0,43 | 0,32 |
| 10 | 1,09 | 0,76 | 0,65 | 0,47 | 0,32 |
| 15 | 1,18 | 0,83 | 0,72 | 0,55 | 0,40 |
| 20 | 1,24 | 0,88 | 0,77 | 0,60 | 0,45 |
| 25 | 1,29 | 0,92 | 0,82 | 0,65 | 0,50 |
| 30 | 1,33 | 0,95 | 0,85 | 0,68 | 0,54 |
| 35 | 1,37 | 0,98 | 0,88 | 0,72 | 0,57 |
| 40 | 1,40 | 1,01 | 0,91 | 0,74 | 0,60 |

Tuulikuorman vaikutusalalla A_{ref} tarkoitetaan seinän pinta-alaa johon tuuli vaikuttaa. Se saadaan laskemalla yksinkertaisesta kaavasta:

$$A_{ref} = b * h \quad (13)$$

missä,

b = rakennuksen leveys tuulen vaikutus suunnasta

h = rakennuksen korkeus

9.3.2 Mittaepätarkkuus

Tuulikuorman lisäksi rakennuksen kokonaisvaakavoimien määrittämisessä on huomioitava mahdollisten mittapoikkeamien ja kuormien sijainnin epäedulliset vaikutukset. Epätarkkuudet tulee ottaa huomioon vain murtorajatiloiissa. Epätarkkuus voidaan laskea vinouden θ_i avulla, kaavasta: (EN-1992-1-1, Kohta 5.2)

$$\theta_i = \theta_0 * \alpha_h * \alpha_m \quad (14)$$

missä,

$$\theta_0 = 1/200$$

$$\alpha_h = 2/\sqrt{L}; \text{ ehto } 2/3 \leq \alpha_h \leq 1,0, \text{ missä } L = \text{rakennuksen korkeus}$$

$$\alpha_m = \sqrt{(0,5 * [1+1/m])}, \text{ missä } m = \text{pystyrakennneosien lukumäärä}$$

Liitteessä 4 on laskettu mittaepätarkkuuden ja tuulikuorman yhteisvaikutuksesta johtuvat x- ja y-suuntien kokonaisvaakavoimat.

9.4 Hyötykuormat

Hyötykuormien määrittämiseksi rakennuksen väli- ja yläpohjat jaetaan niiden käyttötarkoituksen mukaisiin luokkiin A...K. Käyttöluokkien mukaiset tilat tulee mitoittaa käyttämällä niille osoitettuja ominaisarvoja. Käyttöluokat ja niiden ominaisarvot ovat esitetty taulukossa 7, joka on yhdistetty standardin EN 1991-1-1 taulukoista 6.1, 6.3, 6.7, 6.9 sekä kansallisen liitteen arvoista. Taulukossa esitetyt arvot ovat vähimmäisarvoja, ja tarvittaessa voidaan käyttää niistä suurempia arvoja. (RIL 201-1-2008, Osa 1.1.)

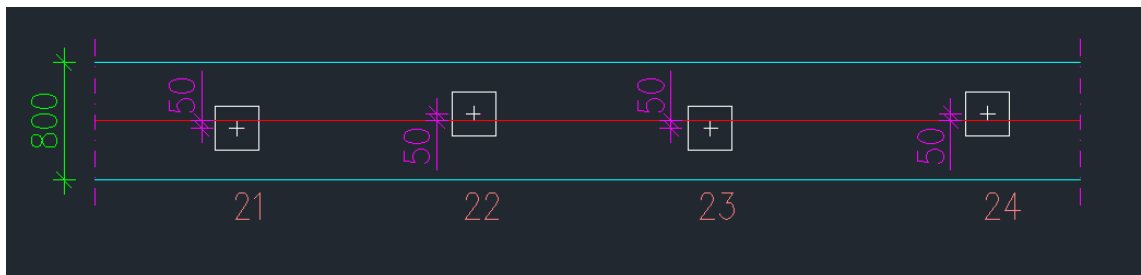
Taulukko 7. Tilojen käyttöluokat ja niiden kuormien ominaisarvot (RIL 201-8-2008, 67).

| Luokka | Käyttötarkoitus | Hyötykuorma q_k (kN/m ²) | Pistekuorma Q_k (kN) | Vaakakuormat (kN/m) |
|--------|---|---|------------------------|---------------------|
| A | Asuin- ja majoitustilat – esim. asuinrakennusten huoneet, sairaaloiden potilas- ja toimenpidehuoneet, hotellien majoitustilat | välipohjat 2,0 portaajat 2,0 parvekkeet 2,5 | 2,0 | 0,5 |
| B | Toimistotilat | 2,5 | 2,0 | 0,5 |
| C | Kokoontumistilat | | | |
| | C1: Tilat, joissa on pöytiä yms. esim. koulut, kahvilat, ravintolat, ruokasalit, lukusalit, vastaanottotilat | välipohjat 2,5 portaajat 3,0 parvekkeet 2,5 | 3,0 | 1,0 |
| | C2: Tilat, joissa on kiinteät istuimet, esim. kirkot, teatterit, elokuvateatterit, konferenssisalit, luentosalit, kokoussalit, odotussalit, asemien odotustilat | välipohjat 3,0 portaajat 3,0 parvekkeet 3,0 | 3,0 | 1,0 |
| | C3: Tilat, joissa ei ole liikkumista rajoittavia esteitä, esim. museo- ja näyttelytilat, julkisten rakennusten ja toimistorakennusten, hotellien ja sairaaloiden eteistilat, asemahallit | välipohjat 4,0 portaajat 3,0 parvekkeet 4,0 | 4,0 | 1,0 |
| | C4: Liikuntatilat, esim. tanssisalit, voimistelusalit ja näyttämöt | välipohjat 5,0 portaajat 3,0 parvekkeet 5,0 | 4,0 | 1,0 |
| | C5: Tilat, joihin voi syntyä tungosta esim. yleisötapahtumien rakennuksissa; tällaisia ovat konserttisalit, urheiluhallit mukaan luettuina katsomot, terassit ja eteistilat sekä rautatielaiturit | välipohjat 6,0 portaajat 6,0 parvekkeet 6,0 | 4,0 | 3,0 |
| D | Myyntätilat | | | |
| | D1: Tavallisten vähittäiskauppojen tilat | välipohjat 4,0 portaajat 3,0 parvekkeet 4,0 | 4,0 | 1,0 |
| | D2: Tavaratalojen tilat | välipohjat 5,0 portaajat 6,0 parvekkeet 5,0 | 7,0 | 1,0 |
| E | Varasto- ja tuotantotilat | | | |
| | E1: Varastotilat. Tilat, joissa tavaraa säilytetään, mukaan luettuna tavaran vastaanottotilat | välipohjat 7,5 portaajat 3,0 | 7,0 | 1,0 |
| | E2: Teollisuuskäyttö | ks. 6.3.2 | ks. 6.3.2 | 1,0 |
| F | Liikennöntialueet Kevyiden ajoneuvojen liikennöinti- ja pysäköintialue. Kokonaispaino ≤ 30 kN ja enintään 8 paikkaa kuljettajan lisäksi | välipohjat 2,5 portaajat 3,0 | 20 | ks. liite B |
| G | Liikennöntialueet Keskiraskaiden ajoneuvojen liikennöinti- ja paikoitusalueet. Ajoneuvokuormat, kun $30 \text{ kN} < \text{kok.paino} \leq 160 \text{ kN}$, 2 akselilla | välipohjat 5,0 portaajat 3,0 | 90 | ks. liite B |
| H | Vesikatot Vesikatot, joille on pääsy vain normaalia kunnossapitoa ja korjaamista varten | 0,4 | 1,0 | |
| I | Vesikatot Vesikatot, joille on pääsy luokkien A...G mukaisesti. | kuormat luokkien A...G mukaisesti | | |
| K | Vesikatot Erityistoimintoja varten olevat vesikatot, kuten helikoptereiden laskeutumisalueet | | ks. kohta 6.3.4 | |

10 Rakenneosien mitoitusperiaate

10.1 Perustukset

Perustukset tehdään teräsbetoni paalujen varaan. Paaluksi on valittu TB300x300, jonka puristuskestävyys on 660 kN. Paalujen suurimmat sallitut sijaintipoikkeamat ovat PTL2:n mukaiset. Alle 50 mm sijaintipoikkeama poikittaissuunnassa ja 200 mm pituussuunnassa eivät aiheuta muutoksia raudoitukseen. Paalut sijoitetaan poikkeamaan anturan keskilinjasta 50 mm joka toinen antura toiselle puolelle, kuva 6. Tällä toimenpiteellä ennakoidaan asennuksen aikaista mahdollisesti syntyvää epätarkkuutta.



Kuva 6. Paalujen sijoitus anturan keskilinjaan nähden.

Perustuksien mitoituksessa käytettiin Kymen Rakennesuunnittelu Oy:n excel-pohjaan tehtyä ohjelmaa. Laskentaa varten pitää selvittää, mitä yläpuolisia kuormia on ja miten ne jakautuvat laattoja ja seiniä pitkin perustuksille. Kuormien jakautumisen havainnollistamiseen on käytetty apuna AutoCAD:ssä kerroksen tasokuvaa.

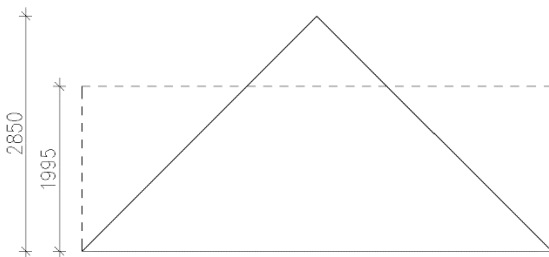
Muuttuvia kuormia ovat lumi-, tuuli- ja hyötykuorma, sekä neljännen kerroksen katolle muodostuva kinostuva lumenlisäkuorma. Ominaishyötykuormat ovat ilmoitettu taulukossa 6 ja IV-konehuoneen kuormana tässä kohteessa on käytetty arvoa 5,0 kN/m². Pysyvät kuormia muodostuvat tasoilta ja seiniltä. Taso-kuormia ovat ylä-, ala- ja välipohjat, parvekkeet sekä väestönsuojan kohdalta tulevat kuormat. Paikalla valettujen pohjien kuormat jakautuvat yleensä neljälle seinälle, ja ontelot kahdelle. S1-luokan väestönsuojassa onnettomuustilanteessa oletetaan muodostuvat 100 kN/m² painekuorma, mutta väestönsuojista anne-

tun valtioneuvoston asetuksen 408/2011 10 §:n mukaan S1-luokan teräsbetonisen väestönsuojan perustuksien mitoituksessa otetaan huomioon yksi neljäsosa painekuormasta eli 25 kN/m^2 . Seiniltä muodostuviin pysyviin kuormiin huomioidaan ulko- ja väliseinät, väestönsuojan seinät, parvekepielet, nostovalut, sokkelin sekä anturan omapaino.

Anturoiden mitoitus alkoi kuormituksen määrittämisellä liite 2, kuva 1. Lumi-kuorma on laskettu liitteessä 1. Tuulikuorman nopeuspaine on interpoloitu taulukosta 5, annetun korkeuden 16,7 metriä mukaan. Pysyvät tasokuormat ovat laskettu huomioiden rakenteen paksuuden ja teräsbetonin tilavuuspainon 25 kN/m^3 . Seinistä muodostuvissa kuormissa on edellä mainittujen kohtien lisäksi huomioitu rakenneosan korkeus, jolloin kuorma saa yksikön kN/m . Excel-laskentapohja mitoittaa anturan seinälinjaa kohden. Valittua linjaa mitoittaessa on huomioitava mitkä kuormat vaikuttavat kyseiseen kohtaan. Ennen kuormitusalueen mittojen täyttämistä täytetään kyseisen kohdan anturan, sekä tässä kohteessa paalun tiedot liite 2, kuva 3. Nostovalu vastaa sokkelia.

Mitoitetaan antura moduulilinjaan 1, välille L-N. Ensimmäisessä kerroksessa olevilta ontelolaatoilta ei muodostu kuormaa anturalinjalle ja ylemmiltä kerroksilta, joissa on paikallavaluholvi, linjalle muodostuu kuormat kolmion muotoiselta alueelta, joka on kuvattu liitteen 2, kuvassa 2. Alueen maksimi kuormitusalue muodostuu 2,85 metrin päästä. On todennäköistä, ettei koko alueella ole täyttä mitoituskuormaa, jolloin kolmiokuorma muutetaan tasaiseksi kuormaksi käyttämällä kerrointa 0,7, kuva 7.

$$2,85 \text{ m} * 0,7 = 1,995 \text{ m} \approx 2,0 \text{ m}$$



Kuva 7. Kolmiokuorman muuttaminen tasaiseksi kuormaksi.

Ilmoitetaan, kuinka monelta kerrokselta kuormat muodostuvat. Ulkoseinä tulee 4,5 kerrokselta, koska vesikaton rakenneratkaisussa on n. 1,5m korkea betoni-kaide. Excel taulukko laskee tarvittavan teräsmäärän poikittaissuunnassa paalujen kohdalle sekä niiden välille ja pitkittäissuunnan teräkset. Laskentapohja mittaattaa korkeuden siten, että leikkausraudoitusta ei tarvita. Suunnittelijan tulee itse valita taulukosta sopiva teräsmäärä, jotta vaadittu teräsmäärä täyttyy, liite 2, kuva 4. Paaluanturan leveys määräytyy anturan reunan ja paalun ulkopinnan etäisyydestä:

Paaluanturan reunan etäisyys lähimmän paalun ulkopinnasta tulisi normaalitapauksissa olla vähinään puolet paalun halkaisijasta lisätynä paalun sallitulla sijaintipoikkeamalla (RIL 254-2-2011, 172).

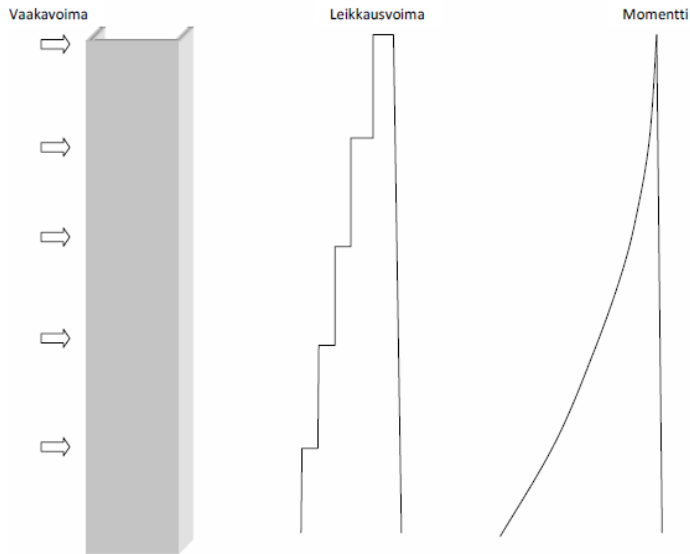
Anturaa voidaan joutua leventämään, jos yläpuolisten rakenteen paksuus on suuri, ja ylittää anturan reunan.

Anturan leveys saadaan helpoiten määritettyä piirtämällä se oikeilla mitoilla esimerkiksi AutoCAD:iin ja mittaamalla kuvasta etäisyydet, liite 2, kuva 5. Kuvassa paalu on sijoitettu 50 mm poikkeamalla anturan keskilinjaan nähden. Anturan keskilinjän toinen puoli saadaan laskettua summaamalla reunaetäisyys paalun ulkoreunan etäisyyteen anturan keskilinjasta. Koko anturan tarvittava leveys saadaan kertomalla summa kahdella, liite 2.

10.2 Vaakavoimien jakautuminen

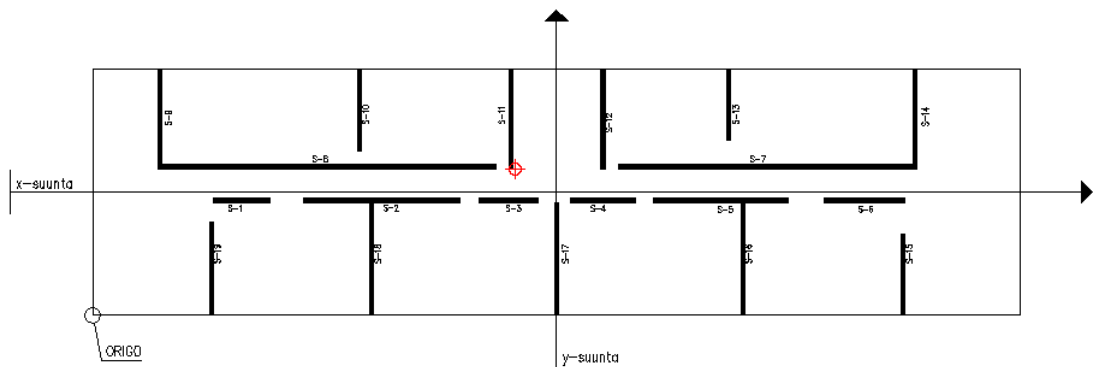
Rakennuksen jäykistysjärjestelmän tarkoitus on siirtää siihen muodostuvien vaakavoimien aiheuttamat rasitukset vaakarakenteita pitkin jäykistäville pystyrakenteille, joista kuormat siirtyvät perustuksille ja maapohjaan. Vaakavoimat aiheuttavat kiertymää ja siirtymää jäykistäville rakenteille, jotka ottavat näitä rasituksia vastaan omien jäykkyyksiensä suhteen sekä niiden sijainnin suhteessa voimaresultanttien kiertokeskiöön. Rakenteen toimintaa tarkasteltaessa rasitus kasvaa alemmissa kerroksissa, kuva 8. Tästä johtuen alimmassa kerrok-

sessä on määräävin tilanne, ja tarkastelu suoritetaan sen mukaan. (Elementtisuunnittelu.fi)



Kuva 8. Leikkausvoiman ja momentin kasvaminen monikerroksisessa rakennuksessa (elementtisuunnittelu.fi, laskentaperiaate).

Tässä kohteessa jäykistysjärjestelmänä on levyjäykistys. Laskennassa jäykistävinä seininä on tarkasteltu vain kantavia väliseiniä, ulkoseinien aukkojen määrästä johtuvien vähennyksien takia. Ulkoseinät kuitenkin kuljettavat tuulikuorman väliseinille. Seinät on katkaistu hormien kohdilta lyhemmiksi osiksi, kuva 9.



Kuva 9. Laskennassa käytetyt jäykistävät väliseinät. Punaisella pisteellä on merkitty kiertoakeskiö, origon ollessa vasemmassa alakulmassa.

Kiertokeskiön x- ja y-suuntien sijainti suhteessa origoon voidaan ratkaista kaavoista 15 ja 16

$$x = \frac{\Sigma k_y x'}{\Sigma k_y} \quad (15)$$

$$y = \frac{\Sigma k_x y'}{\Sigma k_x} \quad (16)$$

missä,

x = kiertokeskiön x-suuntainen etäisyys origosta

y = kiertokeskiön y-suuntainen etäisyys origosta

k_y = y-suuntaisen seinän suhteellinen jäykkyys

k_x = x-suuntaisen seinän suhteellinen jäykkyys

x' = y-suuntaisen seinän x-suunnan etäisyys origosta

y' = x-suuntaisen seinän y-suunnan etäisyys origosta

Kunkin seinän suhteellinen jäykkyys k_y ja k_x voidaan laskea kaavoista 17 ja 18

$$k_x = \frac{8EI_y}{L^3} \quad (17)$$

$$k_y = \frac{8EI_x}{L^3} \quad (18)$$

missä,

E = seinän kimmokerroin

I_i = seinän jäyhyysmomentti x- tai y-askelin suhteen

L = seinän korkeus

Vaakavoimien aiheuttamat siirtymät ratkaistaan kaavoista 19 ja 20

$$v_x = \frac{Hd_x}{\Sigma k_x} \quad (19)$$

$$v_y = \frac{Hd_y}{\Sigma k_y} \quad (20)$$

missä,

Hd_i = x- tai y-suunnan kokonaisvaakavoima

ja kiertymä ratkaistaan kaavasta 21

$$\theta = \frac{M}{\Sigma k_x y_1^2 + \Sigma k_y x_1^2} \quad (21)$$

missä,

M = laatastoon vaikuttava momentti

y_1 = x-suuntaisen seinän y-suuntainen etäisyys kiertoakeskiöstä

x_1 = y-suuntaisen seinän x-suuntainen etäisyys kiertoakeskiöstä

Kun siirtymä ja kiertymä ovat laskettu, voidaan ratkaista jäykistäville seinille tulevat kuormat kaavoista 22 ja 23

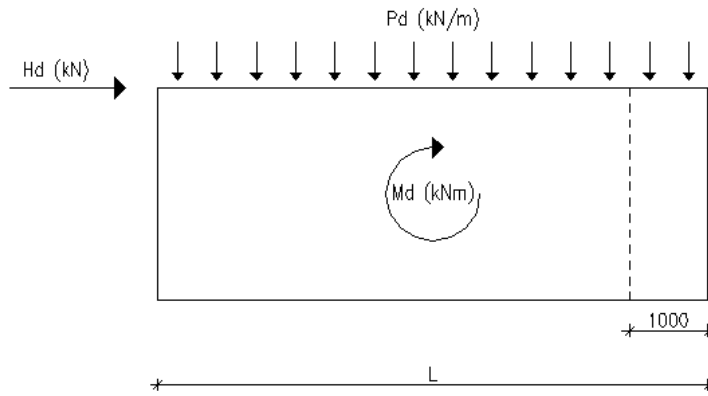
$$F_x = k_x v_x + k_x y_1 \theta \quad (22)$$

$$F_y = k_y v_y + k_y x_1 \theta \quad (23)$$

Laskelmat liittyen vaakavoimien jakautumiseen ovat esitetty liitteessä 5.

10.3 Jäykistävä seinä

Tarkastetaan x-suuntaisen seinän S-7 kestävyys raudoittamattomana. Seinästä tarkastellaan pystykuorman P_d ja seinän ottaman vaakakuorman H_d aiheuttamaa rasitusta yhden metrin tarkastelualueelle seinän päässä, havainnollistettu kuvassa 10.



Kuva 10. Tarkasteltavaan jäykistävään seinään vaikuttavat kuormat.

Vaakavoima H_d aiheuttaa seinälle momentin M_d . Momentti aiheuttaa tarkastelualueelle lisävoiman N_{d2} . Seinän päähän vaikuttaa normaalivoima N_d , joka voidaan laskea kaavasta:

$$N_d = P_d * 1 \text{ m} + N_{d2} \quad (24)$$

Seinää kuormittavaa normaalivoimaa N_d verrataan sen maksimi kantokykyyn, joka saadaan taulukosta 8. Seinän korkeus on 2,7 metriä, paksuus 0,2 metriä ja oletetaan, että sen toiseen päähän kohdistuu 20 mm epäkeskisyys. Betonin ollessa C25/30 saadaan sen maksimi kantokyvyksi 890 kN. Seinään kohdistuvan normaalivoima $N_d = 368$ kN, jolloin seinän käyttöaste on 41 %. Seinän kantavuuslaskelmat on esitetty liitteessä 6.

Taulukko 8. Väliseinien kantokykytaulukko (elementtisuunnittelu.fi).

Väliseinät*Lähtökohdat ja rajoitukset***Raudoittamaton seinä**- Viivakuorma $q_{ed} = 0,5$ kN/m 1,2m korkeudella- $\gamma_c = 1,5$ (2.4.2.4)

- Ensimmäisen kertaluvun epäkeskisyyttä

 $e_0 = \max(M_{02}/N_{ed}; M_{0Ed}/N_{ed}; h_w/30; 20\text{mm})$ (12.12; 6.1.4)- Jännitystilä poikkileikkauksessa: $f_{ed,pl} \leq \sigma_c \leq f_{rd,pl}$ - $\beta = 1,0$ (Taulukko 12.1)- Hoikkusuora $\lambda \leq 86$ (12.6.5.1.5)

| paksuus | korkeus | C25/30 | | | C30/37 | | | C35/45 | | |
|---------|---------|---------|------------|----------|---------|------------|----------|---------|------------|----------|
| | | e1=e2=0 | e1=0,e2=20 | e1=e2=20 | e1=e2=0 | e1=0,e2=20 | e1=e2=20 | e1=e2=0 | e1=0,e2=20 | e1=e2=20 |
| 120 | 2400 | 290 | 290 | 146 | 348 | 348 | 204 | 406 | 406 | 243 |
| | 2700 | 246 | 246 | 0 | 295 | 295 | 102 | 344 | 344 | 138 |
| 150 | 2400 | 532 | 532 | 424 | 638 | 638 | 511 | 744 | 744 | 598 |
| | 2700 | 488 | 488 | 364 | 585 | 585 | 440 | 683 | 683 | 516 |
| | 3000 | 443 | 443 | 304 | 532 | 532 | 368 | 621 | 621 | 433 |
| | 3300 | 399 | 399 | 241 | 479 | 479 | 295 | 559 | 559 | 348 |
| | 3600 | 355 | 355 | 173 | 426 | 426 | 216 | 497 | 497 | 259 |
| 180 | 2400 | 773 | 773 | 669 | 928 | 928 | 805 | 1,082 | 1,082 | 940 |
| | 2700 | 729 | 729 | 612 | 875 | 875 | 736 | 1,021 | 1,021 | 860 |
| | 3000 | 685 | 685 | 554 | 822 | 822 | 666 | 959 | 959 | 779 |
| | 3300 | 641 | 641 | 495 | 769 | 769 | 597 | 897 | 897 | 699 |
| | 3600 | 596 | 596 | 437 | 716 | 716 | 527 | 835 | 835 | 618 |
| | 3900 | 552 | 552 | 378 | 663 | 663 | 457 | 773 | 773 | 536 |
| | 4200 | 508 | 508 | 317 | 610 | 610 | 385 | 711 | 711 | 453 |
| 200 | 2400 | 934 | 934 | 832 | 1,121 | 1,121 | 999 | 1,308 | 1,308 | 1,167 |
| | 2700 | 890 | 890 | 774 | 1,068 | 1,068 | 931 | 1,246 | 1,246 | 1,087 |
| | 3000 | 846 | 846 | 717 | 1,015 | 1,015 | 862 | 1,184 | 1,184 | 1,007 |
| | 3300 | 801 | 801 | 659 | 962 | 962 | 793 | 1,122 | 1,122 | 927 |
| | 3600 | 757 | 757 | 602 | 909 | 909 | 724 | 1,060 | 1,060 | 847 |
| | 3900 | 713 | 713 | 544 | 856 | 856 | 655 | 998 | 998 | 766 |
| | 4200 | 669 | 669 | 486 | 803 | 803 | 586 | 936 | 936 | 686 |
| | 4500 | 625 | 625 | 427 | 750 | 750 | 516 | 875 | 875 | 605 |
| | 4800 | 580 | 580 | 368 | 697 | 697 | 445 | 813 | 813 | 523 |

10.4 Vaakasauma

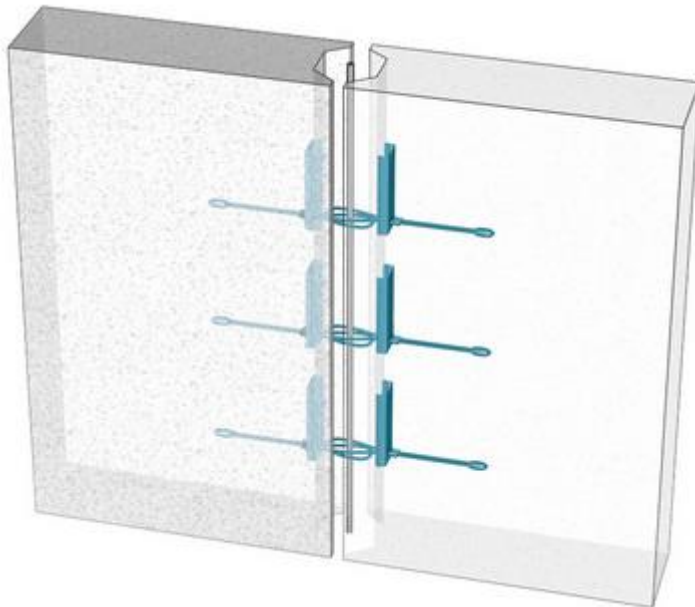
Tarkastetaan seinälinjan S-7 vaakasauman kestävyys. Tarkastelu tehdään eurokoodin EN-1992-1-1 kohdan 6.2.5. Mitoitusehtona on, että rajapinnassa vaikuttava leikkausjännitys on pienempi kuin rajapinnan leikkauskapasiteetti.

$$V_{Ed} \leq V_{Rd1} \quad (25)$$

Vaakasauman leikkauskapasiteettiin vaikuttaa käytetyn betonin ominaisuudet, teräs tappien halkaisija ja jakoväli, sekä liittymäpintojen tasaisuus. Laskelma on esitetty liitteessä 7.

10.5 Pystysauma

Seinän toiminta ajatellaan yhtenäisenä levynä, ja mitoituksella tarkistetaan sen toiminta. Seinänlinjan S-7 vasemmassa päässä 5,2 metrin kohdalla on pystysauma, kuva 11. Vaijerilenkit ja vetosauvana toimiva saumateräs sekä koteloitujen kulmien väliin muodostuva betoninen puristussauva ottavat vastaan saumaan kohdistuvan leikkauksen.



Kuva 11. Väliseinien välinen pystysauma liitos Peikko Groupin PVL-vaijerilenkeillä ja saumateräksellä (peikko.com, vaijerilenkki).

Saumaan kohdistuva leikkausvoima V_{Ed} lasketaan kaavasta: (Harinen, 2016)

$$V_{Ed} = \frac{H_d * S}{I} \quad (26)$$

missä,

H_d = Seinään kohdistuva vaakavoima

S = Elementin staattinen momentti sauman suhteen

I = Seinän jäyhyysmomentti

Leikkausvoimaa V_{Ed} verrataan vaijerilenkin valmistajan antamiin vaijerilenkkiliitosten kapasiteetteihin, jolloin laskettu leikkausvoima ei saa ylittää kapasiteettiä. Laskelma pystysauman liitoksesta on esitetty liitteessä 8.

11 Yhteenveto

Kuntakohtaisia eroja rakennesuunnitelmien sisällössä ei yleisellä tasolla juuri-kaan ole. Erot johtuvat enimmäkseen kohteesta. Rakennesuunnitelmien tasossa rakennusvalvontojen mukaan on eroja, Itä-Suomessa tason ollessa keskimäärin huono ja etelämmäs mentäessä suunnitelmien taso on hyvä tai vaihteleva. Asiaan vaikuttaa mahdollisesti se, että Etelä-Suomessa suunnittelua arvostetaan enemmän ja siihen käytetään enemmän resursseja. Suunnitelmien toimittamisessa ja arkistoinnissa on kunnan välillä suurimmat erot, kaikki eivät vielä ole siirtyneet kokonaan sähköiseen arkistointiin, mutta siihen suuntaan ollaan menossa. Johtuen siitä, että nykyään suurin osa suunnitelmista tehdään tietokoneohjelmilla, mikä mahdollistaa sähköisen arkistoinnin helpommin kuin vanhempien suunnittelijoiden käsin piirtämien suunnitelmien kohdalla.

Rakennesuunnitelmiin sisältyy kohteesta riippuen paljon eri asioita. Työssä on käyty pääpiirteittäin läpi rakennesuunnitelmien sisältö, mutta kohdekohtaisesti suunnitelmiin sisällytettäviä asioita voi muodostua paljon. Tästä johtuen rakennesuunnitelmissa tulisi ilmoittaa vain tarpeelliset tiedot. Sekin tietotaito karttuu kokemuksen lisääntyessä.

Rakennuksen kokonaisstabiiliteetin tarkastelu oli työläin osa, koska siihen ei ole tehty yhtä selkeää ohjetta. Tässä kohteessa kantavia seiniä oli niin paljon, ulkoseinät mukaan lukien, että vakavuus ei olisi tullut ongelmaksi. Tärkeää oli, että kokonaisstabiiliteetin tarkastelu tuli tutuksi ja oppi tarkastelun periaatteen, jota voi hyödyntää tulevilla kohteilla, joissa ei mahdollisesti ole yhtä paljon jäykistettäviä rakenteita. Perustusten laskentaan oli valmis laskentapohja, mutta kuormien muodostumisen joutui määrittämään itse, ja siinä sai hyvää harjoitusta erilaisille paikoille, millaisilta alueilta kuormat jakautuvat kantaville seinille. Lisä-

tutkimuksena olisi ollut kiinnostava laskea ja vertailla eri kuormitusyhdistelmistä saatavia arvoja.

Lähteet

- Firepro Ky. 2016. Palokatkosuunnitelma.
<http://www.fireproky.net/palokatkosuunnitelmat/>. 21.3.2016
- Harinen, M. 2016. Seinän pystysauma mitoitus. Tuntiopetus. Karelia ammatti-
korkeakoulu. 17.2.2016
- Peikko Finland Oy. 2016. Vaijerilenkki. [http://www.peikko.com/product-fi/p=PVL-
vaijerilenkki](http://www.peikko.com/product-fi/p=PVL-vaijerilenkki) 25.5.2016
- Rakennusteollisuus ry. 2016. Rakennuksen jäykistys.
[http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/rakennejarjestelmat/rakennuksen-
-jaykistys?term=jaykistys](http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/rakennejarjestelmat/rakennuksen-jaykistys?term=jaykistys) 13.4.2016
- Rakennustieto Oy. 2010. Rakennesuunnittelijan työturvallisuustehtävät. RT 10-
11011.
[https://www.rakennustieto.fi/tietopalvelu.karelia.fi/kortistot/tuotteet/10
4916.html.stx](https://www.rakennustieto.fi/tietopalvelu.karelia.fi/kortistot/tuotteet/104916.html.stx) 21.3.2016
- RIL 201-1-2008. 2008. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat.
Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Hansaprint Oy.
- RIL 201-2-2011. 2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat.
Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Hansaprint Oy.
- RIL 221-2003. 2003. Paloturvallisuussuunnittelu. Suomen Rakennusinsinöörien
Liitto RIL ry. Helsinki: Yleisjäljennös - Painopörssi.
- RIL 229-1-2013. 2013. Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Suomen
Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Tampere: Tammerprint Oy.
- SFS-EN-1991-1-1. 2002. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset
kuormat. Tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat.
Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- SFS-EN-1991-1-3. 2004. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-3: Yleiset
kuormat. Lumikuormat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- SFS-EN-1991-1-4. 2011. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset
kuormat. Tuulikuormat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- SFS-EN-1991-1-7. 2014. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-7: Yleiset
kuormat. Onnettomuuskuormat. Helsinki: Suomen Standardisoimis-
liitto.

SFS-EN-1992-1-1. 2015. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1-: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Sisäasiainministeriö. 2011. Valtioneuvoston asetus väestönsuojista.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110408> 14.5.2016

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2009. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. <http://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2009/20090205>
15.3.2016

Ympäristöministeriö. 2000. Maankäyttö- ja rakennuslaki.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132> 14.3.2016

Ympäristöministeriö. 2015. Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelu-tehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150214> 15.3.2016

Ympäristöministeriö. 2015. Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150216> 15.3.32016

Ympäristöministeriö. 2015. Ympäristöministeriön ohje rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta.
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B5E62D05B-5376-4191-A7B8-3EFCF33F5918%7D/109133> 15.3.206

Ympäristöministeriö. 2015. Ympäristöministeriön ohje rakentamisen suunnittelu-tehtävien vaativuusluokista.
<http://www.ym.fi/download/noname/%7BA7E116C5-7DAE-430D-8924-A6155D78B461%7D/109187> 15.3.2016

Lumikuorma

Lumikuorman laskeminen. Määritetään kinostumaton lumikuorma 5-kerroksen katolle, kaavasta 1:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k \quad (3)$$

Kohde sijaitsee Lahdessa, jolloin $s_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$ (Kuva 1).

Kohteessa on tasakatto, joten lumikuorman muotokerroin $\mu_i = 0,8$ (Kuva 2).

Tuulensuojaisuuskerroin $C_e = 1,0$ ja lämpökerroin $C_t = 1,0$.

$$s = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 2,5 \text{ kN/m}^2 = \underline{2,0} \text{ kN/m}^2$$

Seuraavana lasketaan alemman katon kinostunut lumikuorma.

Ylemmältä katolta lumi ei pääse liukumaan, joten $\mu_s = 0$.

Tuulen aiheuttama lumikuorman muotokerroin μ_w lasketaan kaavasta 4:

$$\mu_w = (b_1 + b_2) / 2h < \gamma h / s_k \quad (7)$$

Tarkastellaan ensin rakennuksen sivumitoilta lyhintä kohtaa, jossa mitat ovat

$$b_1 = 14,5 \text{ m}$$

$$b_2 = 11,8 \text{ m}$$

$$h = 3,0 \text{ m}$$

$$\gamma = 2,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\mu_w = \frac{(14,5 \text{ m} * 11,8 \text{ m})}{2 * 3 \text{ m}} = 4,38 > \frac{\gamma h}{s_k} = \frac{2,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 3,0 \text{ m}}{2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}} = 2,4$$

Ehto ei toteudu, jolloin käytetään sen antamaa arvoa 2,4. Tästä voidaan päätellä, että kohdassa jossa sivumitat ovat pidemmät, muotokertoimen arvo on suurempi kuin 4,38 ja silloin ehto $< \frac{\gamma h}{s_k}$ rajaa μ_w :n samaan kuin lyhemmillä sivupituuksilla.

Kinostumisen muotokerroin:

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w = 0 + 2,4 = 2,4$$

Kinostunut lumikuorma:

$$s = \mu_2 * s_k = 2,4 * 2,5 \text{ kN/m}^2 = \underline{6,0} \text{ kN/m}^2$$

Kinostumis pituus:

$$l_s = 2h = 2 * 3,0 \text{ m} = \underline{6,0} \text{ m}$$

Perustukset

Anturan leveys:

Paalun ja anturan reunaetäisyys:

$$\begin{aligned} & \text{Paalun } \varnothing / 2 + \text{sallittu sijaintipoikkeama} \\ & = 300 \text{ mm} / 2 + 50 \text{ mm} = \underline{200 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Anturan toisen puolen leveys (kuva 5):

$$\begin{aligned} & \text{Reunaetäisyys} + \text{paaluun ulkoreunan etäisyys anturan keskilinjaan} \\ & 200 \text{ mm} + 200 \text{ mm} = \underline{400 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Anturan kokoleveys:

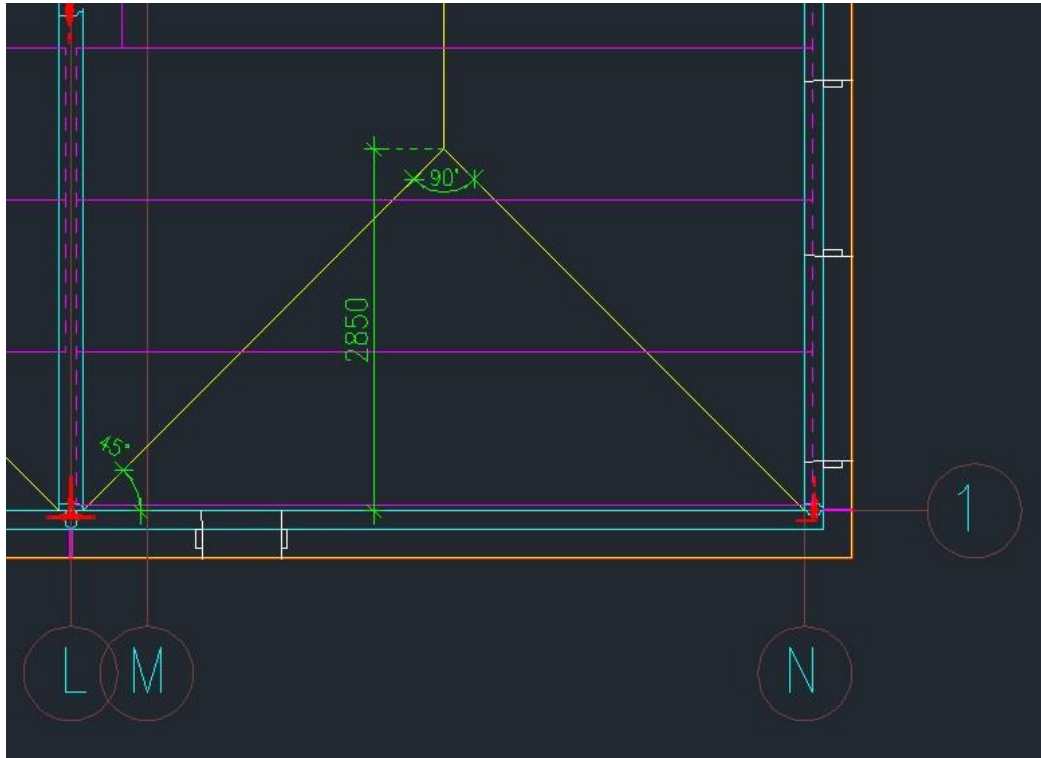
$$\begin{aligned} & 2 * \text{toisen puolen leveys} \\ & 2 * 400 \text{ mm} = \underline{800 \text{ mm}} \end{aligned}$$

KRS

KYMEN RAKENNESUUNNITTELU
PALLOKENTÄNTIE 4, 45700 KUUSANKOSKI

| ANTUROIDEN MITOITUS | |
|---|-------------------------|
| AS OY LAHDEN LEHTIKUUSI | |
| KUORMITUKSET (ominaiskuormat/kerros) | |
| MUUTTUVAT KUORMAT: | |
| LUMIKUORMA | |
| Lumikuorman ominaisarvo maanpinnalla sk | 2,5 kN/m ² |
| Lumikuorman muotokerroin μ_s | 0,8 |
| TUULIKUORMA | |
| Rakennuksen korkeus h (z) | 16,7 m |
| Maastruokka | 3 |
| Tuulikuorma | 0,567 kN/m ² |
| HYÖTYKUORMAT | |
| Lumi | 2 kN/m ² |
| Asunnot | 2 kN/m ² |
| Porrashuone | 2 kN/m ² |
| Parveke | 2,5 kN/m ² |
| IV-konehuone | 5 kN/m ² |
| VSS 0,25x100 kN/m ² | 25 kN/m ² |
| PYSYVÄT KUORMAT: | |
| TASOKUORMAT | |
| Yläpohja 220-250mm YP1 | 6,25 kN/m ² |
| IV-huone, pintalaatta 60mm VP7 | 1,5 kN/m ² |
| Välipohja 250+20mm VP1 | 6,75 kN/m ² |
| Porraslaatta 260+10mm VP4 | 6,75 kN/m ² |
| Parveke 250...210mm VP6 | 6,25 kN/m ² |
| Väliseinät | 0,5 kN/m ² |
| VSS katto 300+100mm | 10 kN/m ² |
| VSS alapohja 150mm AP3 | 4 kN/m ² |
| Alapohja ontelolaatta 370+30mm AP1 | 5,85 kN/m ² |
| | kN/m ² |
| SEINÄT | |
| Ulkoseinä 150mm, H=3m US1 | 11,25 kN/m |
| VSS ulkoseinä 300mm, H=4,48 US3 | 33,6 kN/m |
| Väliseinä 200mm H=2,7m VS1 | 13,5 kN/m |
| VSS väliseinä 300mm, H=4,23 VS3 | 31,725 kN/m |
| Sokkeli 145+85mm, H=1,485m | 8,353125 kN/m |
| Antura 800x400 | 8 kN/m |
| Parvekepieli 180mm, PP1 | 13,5 kN/m |
| Väliseinä nostovalu 200mm, H=1,1m | 5,5 kN/m |

Kuva 1. Perustuksille muodostuvat kuormat.

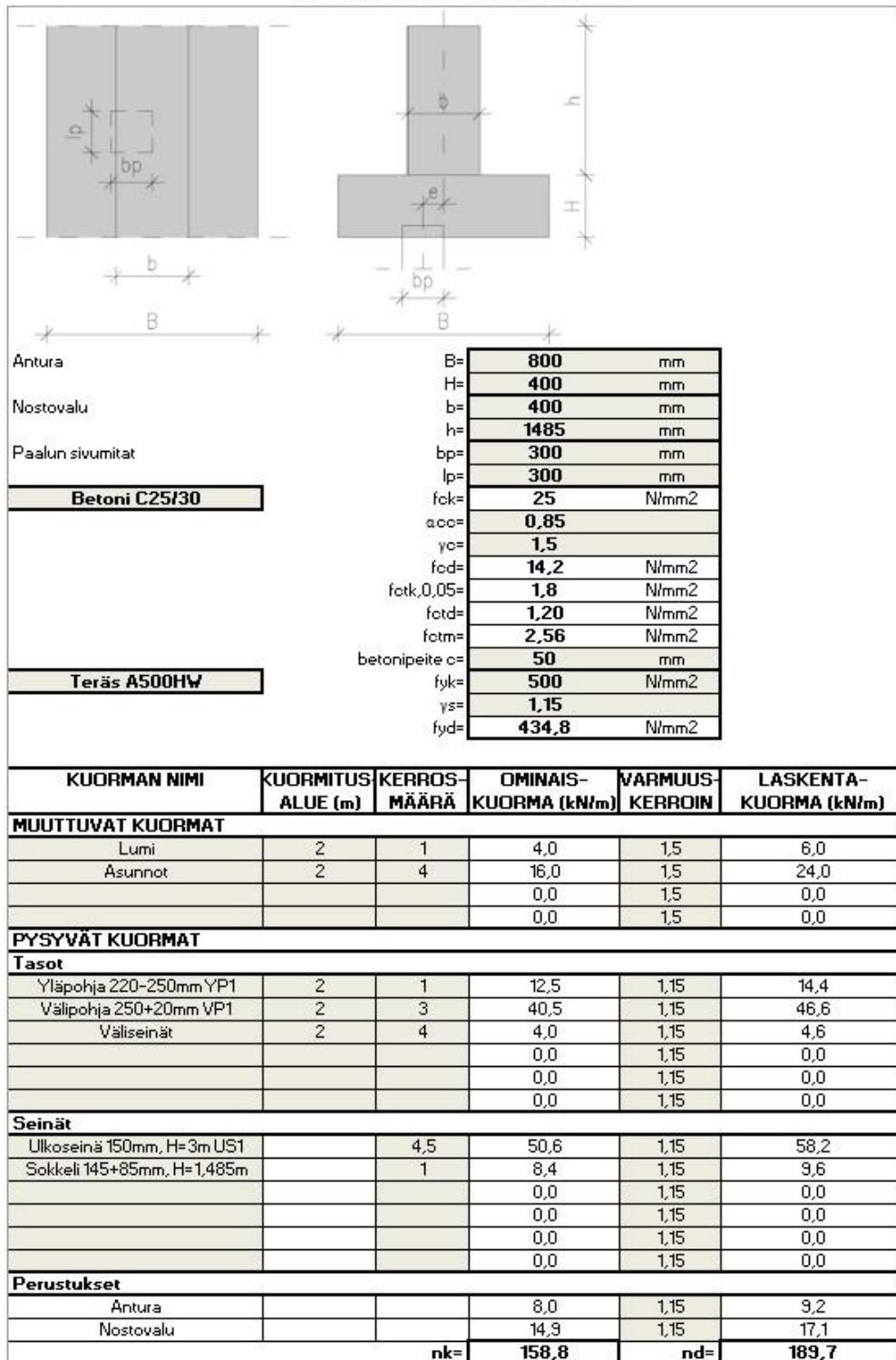


Kuva 2. Linjan 1-L-N kuormitusalue kerroksilta 2-4. Ensimmäisen kerroksen ontelolaatat eivät kuormita anturalinjaa.

KRS

KYMEN RAKENNESUUNNITTELU
PALLOKENTÄNTIE 4, 45700 KUUSANKOSKI

PAALUANTURA 1
1/2



Kuva 3. Anturalinjan kuormitus

KRS KYMEN RAKENNESUUNNITTELU PALLOKENTÄNTIE 4, 45700 KUUSANKOSKI PAALUANTURA 1 2/2

| | | | |
|--------------------------------------|---------|------|-------|
| Paalun kantavuus | Rd= | 660 | kN |
| Paalujen kappalemäärä metrille nk/Rd | | 0,23 | kpl/m |
| Paalujen enimmäisväli | Lp,max= | 4263 | mm |
| Paalujen käytettävä väli | Lp= | | mm |
| Anturan tehollinen korkeus | d= | 345 | mm |

Anturan poikittaissuuntaiset teräset paalun kohdalla ja paalujen välillä

Paalun epäkeskisyyss seinälinjasta e= 50 mm

$Md = e \cdot Rd$; $\mu = Md / (d^2 \cdot bt \cdot fcd)$; $\beta = 1 - (1 - 2 \cdot \mu)^{1/2}$; $As = \beta \cdot d \cdot bt \cdot (fcd / fyd)$ (tarkasteltava leveys bt 1m)

Md= 33,0 kNm $\beta = 0,020$
 $\mu = 0,020$ $As = 228,8$ mm²/m

Minimiraud. $0,0013 \cdot bt \cdot d$ tai $0,26 \cdot (fctm/fyk) \cdot bt \cdot d$ $As, min = 460,2$ mm²
 Vaadittava rauditus paalun kohdalle $As, vaad = 460,2$ mm²
 Valitaan: 6 T10 471 mm²
 => 3 T10 molemmin puolin

Vaadittava rauditus paalujen välillä $As, min = 460,2$ mm²/m
 Valitaan: T10 K150 523,3 mm²/m

Anturan pitkittäissuuntaiset teräset

$Md = \frac{1}{2} \cdot nd \cdot Lp^2$; $\mu = md / (d^2 \cdot B \cdot fcd)$; $\beta = 1 - (1 - 2 \cdot \mu)^{1/2}$; $As = \beta \cdot d \cdot B \cdot (fcd / fyd)$

Md= 0,00 kNm $\beta = 0,000$
 $\mu = 0,000$ $As = 0,0$ mm²

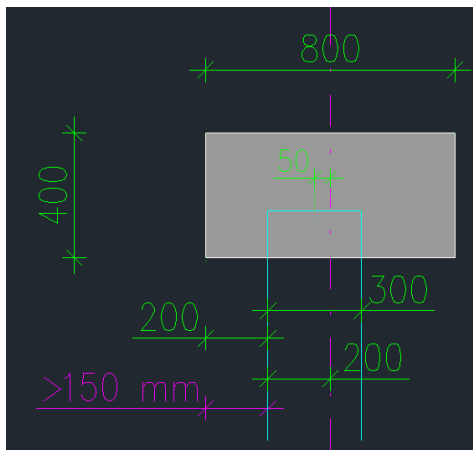
Minimiraud. $0,0013 \cdot B \cdot d$ tai $0,26 \cdot (fctm/fyk) \cdot B \cdot d$ $As, min = 368,1$ mm²
 Vaadittava pääraudoitus $As, vaad = 368,1$ mm²
 Valitaan: 4 T12 452 mm²

Anturan lävistystarkastelu

$k = 1,6 - d \geq 1$, kun $\rho \geq 2400$ kg/m³ $k = 1,592$
 $\beta = 0,40 / (1 + (1,5e / \sqrt{Au}))$, e = 0 (ei epäkeskinen) $\beta = 0,40$
 $\rho = v(\rho xpy) \leq 8\%$ $\rho = 0,001$
 Tuen reunasta 0,5d etäisyydellä oleva piiri $u = 2580$ mm
 Anturan lävistyskapasiteetti $Vc = k \cdot \beta \cdot (1 + 50\rho) \cdot u \cdot d \cdot fctd$ 724,0 kN
 Lävistysvoima $VEd =$ paalun kantavuus Rd 660,0 kN

ANTURAN KORKEUS OK! EI TARVITA LEIKK.RAUDOITUSTA!

Kuva 4. Anturan raudituksen valitseminen



Kuva 5. Paaluanturan reunaetäisyydet. Pistekatkoviiva kuvaa anturan keskiliinjaa.

Tuulikuorma

Kokonaistuulivoiman laskenta voimakertoimen c_f avulla

$$F_w = c_s c_d * c_f * q_p(h) * A_{ref}$$

| | |
|--------------|---|
| Maastoluokka | 3 |
|--------------|---|

F_w Kokonaistuulivoima [kN]

$c_s c_d$ rakennekerroin

c_f voimakerroin

$q_p(h)$ maaston pinnan muodon mukaan modifioitu nopeuspaine, joka määritetään rakennuksen harjan korkeudella, $z=h$

A_{ref} tuulikuorman vaikutusala

($A_{ref} = b * h$) missä b on rakennuksen leveys "tuulen näkemänä"

| y-suunta | | Yksikkö | | | |
|-------------------|--------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| F_{wy} | 483,2 | kN | | Voimakerroin c_f | |
| $c_s c_d$ | 0,85 | | | Tehollinen hoikkuus λ | |
| c_f | 1,26 | | | kun $h < 15$ m, $\lambda = 2 * h/b$ | Välialue 15 m < h < 50 m |
| $q_p(h)$ | 0,57 | kN/m ² | | kun $h > 50$ m, $\lambda = 1,4 * h/b$ | interpoloidaan |
| A_{ref} | 791,58 | m ² | | | |
| Rakennuksen mitat | | | $\lambda = x * h/b$ | | |
| b | 47,4 | m | x | 1,97 | |
| h | 16,7 | m | λ | 0,7 | |
| d | 14,9 | m | Sivusuhte d/b | | |
| | | | d/b | 0,31 | |
| | | | c_f | 1,26 | |

| x-suunta | | Yksikkö | | | |
|-------------------|--------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| F_{wx} | 124,8 | kN | | Voimakerroin c_f | |
| $c_s c_d$ | 1 | | | Tehollinen hoikkuus λ | |
| c_f | 0,88 | | | kun $h < 15$ m, $\lambda = 2 * h/b$ | Välialue 15 m < h < 50 m |
| $q_p(h)$ | 0,57 | kN/m ² | | kun $h > 50$ m, $\lambda = 1,4 * h/b$ | interpoloidaan |
| A_{ref} | 248,83 | m ² | | | |
| Rakennuksen mitat | | | $\lambda = x * h/b$ | | |
| b | 14,9 | m | x | 1,97 | |
| h | 16,7 | m | λ | 2,2 | |
| d | 47,4 | m | Sivusuhte d/b | | |
| | | | d/b | 3,18 | |
| | | | c_f | 0,88 | |

Mittaepätarkkuus ja kokonaisvaakavoima

Mittaepätarkkuustekijä

EN 1992-1-1 (5.1)

Epätarkkuudet voidaan esittää vinouden θ_i avulla seuraavasti:

$$\theta_i = \theta_0 * \alpha_{h,ehto} * \alpha_m$$

| | |
|--------------------|--------|
| θ_i | 0,0024 |
| θ_0 | 0,005 |
| α_h | 0,5 |
| $\alpha_{h\ ehto}$ | 0,67 |
| α_m | 0,73 |

1/200

2/vL EHTO: $0,67 < \alpha_h < 1,0$

$\sqrt{0,5*(1+1/m)}$

| | |
|---|------|
| L | 16,7 |
| m | 15 |

rakennuksen korkeus, m

jäykistysjärjestelmään vaakavoimia aiheuttavien pystyrakenneseosien lkm

Käytetään kokemusperäisiä arvoja, (elementtisuunnittelu.fi, asuinkerrostalo laskuesimerkki)

| | |
|----------------|-----|
| g _k | 12 |
| q _k | 2,2 |

kN/m²/kerros

kN/m²/kerros

Omat painot ja pysyvät (vaaka- ja pystyrakenneteet)

Hyötykuormat

Yhdelle kerrokselle tulevat vaakakuormat

y- ja x-suunta

$$H_{gk} = b * d * g_k * \theta_i$$

$$H_{qk} = b * d * q_k * \theta_i$$

| | |
|-----------------|------|
| H _{gk} | 20,7 |
| H _{qk} | 1,7 |

kN/kerros

kN/kerros

Kokonaisvaakavoimat

H_{gk} * kerros lkm

H_{qk} * kerros lkm

| | |
|-----------------|-------|
| H _{gk} | 103,7 |
| H _{qk} | 8,6 |

kN

kN

Seinien kuormitukset vaakavoimista (tuuli ja mittaepätarkkuudet):

Kuormitusyhdistelmä 1.

$$H_d = 1,15 * H_{gk} + 1,05 * H_{qk} + 1,5 * F_w$$

y-suunta:

$$H_{d_y} = 1,15 * 103,7 \text{ kN} + 1,05 * 8,6 \text{ kN} + 1,5 * 568,5 \text{ kN}$$

| | |
|----------------------------------|-----------------|
| H_{d_y} | <u>853,1</u> kN |
|----------------------------------|-----------------|

x-suunta

$$H_{d_x} = 1,15 * 103,7 \text{ kN} + 1,05 * 8,6 \text{ kN} + 1,5 * 124,8 \text{ kN}$$

| | |
|----------------------------------|-----------------|
| H_{d_x} | <u>315,5</u> kN |
|----------------------------------|-----------------|

Vaakavoimien jakautuminen jäykistäville seinille

Vaakavoimien jakautuminen seinille

| | |
|-----------------|----------|
| Hd _y | 853,1 kN |
| Hd _x | 315,5 kN |

| x-suunta | Mitat: | | Jäyhyysmomentti | | Koordinaatti: | | Suhteellinen jäykkys | | Kiertokesk | | Siirtymä | | Kiertymä | | F _{ax} +F _{bx} =F _x | % | | | | | | | |
|----------|--------|-------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|----|----------------------|---------------------|----------------|-----|-----------------|----------------|----------------|---------|--|---------------|--|--|-------|--------------------|--------------------|--|---|
| | b (m) | l (m) | I _y (m ⁴) | I _x (m ⁴) | x' | y' | k _y | y' * k _y | x | e | Hd _x | v _x | y ₁ | M (kNm) | | | k _y * v _x ² | k _y * x ₁ ² | θ | F _{axmax} | F _{bxmax} | F _{ax} +F _{bx} =F _x | % |
| s-1 | 0,2 | 2,78 | 16,7 | 0,4 | - | - | 30000 | 18,5 | 105,6 | 7,3 | 1,15 | 315,5 | 0,04 | -1,5 | 362,8 | 43,2 | - | 0,0023 | 0,7 | -0,07 | 0,7 | 0% | |
| s-2 | 0,2 | 7,89 | 16,7 | 8,2 | - | - | 30000 | 421,0 | 2410,4 | 7,3 | 1,15 | 315,5 | 0,04 | -1,5 | 362,8 | 986,3 | - | 0,0023 | 16,9 | -1,48 | 15,4 | 5% | |
| s-3 | 0,2 | 2,91 | 16,7 | 0,4 | - | - | 30000 | 21,2 | 121,2 | 7,3 | 1,15 | 315,5 | 0,04 | -1,5 | 362,8 | 49,6 | - | 0,0023 | 0,8 | -0,07 | 0,8 | 0% | |
| s-4 | 0,2 | 3,22 | 16,7 | 0,6 | - | - | 30000 | 28,7 | 164,2 | 7,3 | 1,15 | 315,5 | 0,04 | -1,5 | 362,8 | 67,2 | - | 0,0023 | 1,1 | -0,10 | 1,0 | 0% | |
| s-5 | 0,2 | 6,55 | 16,7 | 4,7 | - | - | 30000 | 240,8 | 1378,5 | 7,3 | 1,15 | 315,5 | 0,04 | -1,5 | 362,8 | 564,1 | - | 0,0023 | 9,6 | -0,85 | 8,8 | 3% | |
| s-6 | 0,2 | 4,01 | 16,7 | 1,1 | - | - | 30000 | 55,4 | 317,0 | 7,3 | 1,15 | 315,5 | 0,04 | -1,5 | 362,8 | 129,7 | - | 0,0023 | 2,2 | -0,20 | 2,0 | 1% | |
| s-7 | 0,2 | 15,09 | 16,7 | 57,2 | - | - | 30000 | 2948,1 | 21889,9 | 7,3 | 1,15 | 315,5 | 0,04 | 0,2 | 362,8 | 84,7 | - | 0,0023 | 118,1 | 1,15 | 119,2 | 38% | |
| s-8 | 0,2 | 16,90 | 16,7 | 80,4 | - | - | 30000 | 4145,4 | 30779,9 | 7,3 | 1,15 | 315,5 | 0,04 | 0,2 | 362,8 | 119,1 | - | 0,0023 | 166,0 | 1,62 | 167,6 | 53% | |
| | | | | Σ | | | | 7879,1 | 57166,7 | | | | | | Σ | 2043,8 | | | | | Σ | 315,5 | |

| y-suunta | Mitat: | | Jäyhyysmomentti | | Koordinaatti: | | Suhteellinen jäykkys | | Kiertokesk | | Siirtymä | | Kiertymä | | F _{ay} +F _{by} =F _y | % | | | | | | | |
|----------|--------|-------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|----|----------------------|---------------------|----------------|------|-----------------|----------------|----------------|---------|--|-----------------|--|--|-------|--------------------|--------------------|--|---|
| | b (m) | l (m) | I _y (m ⁴) | I _x (m ⁴) | x' | y' | k _y | x' * k _y | x | e | Hd _y | v _y | x ₁ | M (kNm) | | | k _y * v _y ² | k _y * x ₁ ² | θ | F _{aymax} | F _{bymax} | F _{ay} +F _{by} =F _y | % |
| s-9 | 0,2 | 4,87 | 16,7 | 1,9 | 3,3 | - | 30000 | 99,2 | 329,8 | 21,3 | 2,1 | 853,1 | 0,8 | -18,0 | 1791,6 | - | 32026,3 | 0,011 | 81,2 | -20,27 | 61,0 | 7% | |
| s-10 | 0,2 | 3,97 | 16,7 | 1,0 | 13,4 | - | 30000 | 53,7 | 721,4 | 21,3 | 2,1 | 853,1 | 0,8 | -7,9 | 1791,6 | - | 33269 | 0,011 | 44,0 | -4,81 | 39,2 | 5% | |
| s-11 | 0,2 | 4,46 | 16,7 | 1,5 | 21,1 | - | 30000 | 76,2 | 1608,4 | 21,3 | 2,1 | 853,1 | 0,8 | -0,2 | 1791,6 | - | 2,6 | 0,011 | 62,4 | -0,16 | 62,2 | 7% | |
| s-12 | 0,2 | 4,46 | 16,7 | 1,5 | 25,7 | - | 30000 | 76,2 | 1961,2 | 21,3 | 2,1 | 853,1 | 0,8 | 4,4 | 1791,6 | - | 1506,6 | 0,011 | 62,4 | 3,85 | 66,2 | 8% | |
| s-13 | 0,2 | 3,42 | 16,7 | 0,7 | 32,1 | - | 30000 | 34,4 | 1103,7 | 21,3 | 2,1 | 853,1 | 0,8 | 10,8 | 1791,6 | - | 4031,5 | 0,011 | 28,1 | 4,23 | 32,4 | 4% | |
| s-14 | 0,2 | 4,64 | 16,7 | 1,7 | 41,5 | - | 30000 | 85,8 | 3562,7 | 21,3 | 2,1 | 853,1 | 0,8 | 20,2 | 1791,6 | - | 35118,3 | 0,011 | 70,3 | 19,74 | 90,0 | 11% | |
| s-15 | 0,2 | 3,90 | 16,7 | 1,0 | 40,9 | - | 30000 | 50,9 | 2084,9 | 21,3 | 2,1 | 853,1 | 0,8 | 11,5 | 1791,6 | - | 19654,7 | 0,011 | 41,7 | 11,37 | 53,1 | 6% | |
| s-16 | 0,2 | 5,49 | 16,7 | 2,8 | 32,8 | - | 30000 | 142,1 | 4664,8 | 21,3 | 2,1 | 853,1 | 0,8 | 11,5 | 1791,6 | - | 18898,2 | 0,011 | 116,4 | 18,63 | 135,0 | 16% | |
| s-17 | 0,2 | 5,49 | 16,7 | 2,8 | 23,4 | - | 30000 | 142,1 | 3328,9 | 21,3 | 2,1 | 853,1 | 0,8 | 2,1 | 1791,6 | - | 645,8 | 0,011 | 116,4 | 3,44 | 119,8 | 14% | |
| s-18 | 0,2 | 5,49 | 16,7 | 2,8 | 14,0 | - | 30000 | 142,1 | 1993,1 | 21,3 | 2,1 | 853,1 | 0,8 | -7,3 | 1791,6 | - | 7507,3 | 0,011 | 116,4 | -11,74 | 104,6 | 12% | |
| s-19 | 0,2 | 5,45 | 16,7 | - | 5,9 | - | 30000 | 139,0 | 823,7 | 21,3 | 2,1 | 853,1 | 0,8 | -15,4 | 1791,6 | - | 32835,7 | 0,011 | 113,9 | -24,29 | 89,6 | 10% | |
| | | | | Σ | 20,2 | | | 1041,8 | 22182,8 | | | | | | Σ | 155533,9 | | | | | Σ | 853,1 | |

Jäykistävä seinä

Tarkastetaan seinän S-7 kestävyys raudoittamattomana

| | | | |
|----|-------|------|----------------------------|
| Pd | 297 | kN/m | Seinälle muodostuva kuorma |
| Hd | 119,2 | kN | Seinän ottama vaakavoima |
| Md | 995,4 | kNm | $Md = Hd * 0,5H$ |
| H | 16,7 | m | Koko rakennuksen korkeus |
| L | 15,1 | m | Seinän pituus |
| b | 200 | mm | Seinän paksuus |

Tarkastellaan seinän pään 1 m levyistä kaistaa, jolle aiheutuu lisävoima Nd2

| |
|--------------------------------|
| $Nd = Pd * 1 \text{ m} + Nd2$ |
| $Nd2 = Md / (L - 1 \text{ m})$ |

| | | | |
|-----------------|-------|----|----------------------|
| Nd ₂ | 70,6 | kN | Seinän max kantokyky |
| Nd | 367,6 | kN | |
| Käyttöaste | 41 % | OK | |

| | |
|-----|----|
| 890 | kN |
|-----|----|

Vaakasauman tarkastus

Kuormat

| | | | |
|------------|-------|-------------------|---------------------|
| V_{Ed} | 7,9 | kN/m | $V_{Ed} = Hd / L$ |
| σ_n | 1,485 | N/mm ² | $\sigma_n = Pd / b$ |

Betoni C25/30

| | | | |
|---------------|-------|-------------------|--|
| f_{ck} | 25 | N/mm ² | |
| f_{ctd} | 1,2 | N/mm ² | $f_{ctd} = f_{ctk0,05} / \gamma_c$ |
| f_{cd} | 14,17 | N/mm ² | $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$ |
| γ_c | 1,5 | | |
| α_{cc} | 0,85 | | |

Teräs A500HW

| | | | |
|------------------|----------|-------------------|---------------------------|
| f_{sd} | 434,8 | N/mm ² | $f_{sd} = 500 / \gamma_s$ |
| γ_s | 1,15 | | |
| Vaarnojen halk. | d | 16 | mm |
| Vaarnojen k-jako | s | 1200 | mm |
| Vaarnojen kulma | α | 90 | |
| A_s | 201 | mm ² | $A_s = \pi * r^2$ |

Liittymäpinnat

| | |
|------------|-------|
| c | 0,35 |
| μ | 0,6 |
| σ_n | 1,485 |

$$\rho = A_s / A_i$$

| | | |
|--------|--------|----------------------|
| ρ | 0,001 | |
| A_i | 200000 | Rajapinnan pinta-ala |

$$v_{Rdi} = C f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{sd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 * v * f_{cd}$$

| | | | | | | |
|-----------|------|-------------------|--------|-------|-------------------|-----------|
| v_{Rdi} | 1,57 | N/mm ² | \leq | 3,825 | N/mm ² | OK |
|-----------|------|-------------------|--------|-------|-------------------|-----------|

| | |
|--------------------------------|------|
| $v = 0,6 * (1 - f_{ck} / 250)$ | |
| v | 0,54 |

| | | | | | | | |
|---------------|-------|------|-----|----------|-----|------|-----------|
| $v_{Rdi} * b$ | 314,7 | kN/m | $>$ | V_{Ed} | 7,9 | kN/m | OK |
|---------------|-------|------|-----|----------|-----|------|-----------|

Käyttöaste: 3 %

Pystysauman tarkastus

Tarkastellaan seinän S-7 pystysaunaa, kohdasta 5,2m vasemmalta

$$V_{ed} = H_d * S / I$$

| | | |
|------------|-------|----------------|
| V_{ed} | 8,04 | kN |
| H_d | 119,2 | kN |
| S | 3,9 | m ³ |
| I | 57,4 | m ⁴ |
| b_{elem} | 0,2 | m |
| L_{elem} | 6,22 | m |
| L_{kok} | 15,1 | m |

$$I = b_{elem} * L_{elem}^3 \quad S = b_{elem} * L_{elem}^2$$

Vaakavoima

Elementin staattinen momentti sauman suhteen

Seinän jäyhyysmomentti

Seinän paksuus

Seinän osan pituus

Seinän koko pituus

Kysymykset kuntien rakennusvalvontaan

- 1) Mihin asioihin kunnan rakennusvalvonta kiinnittää huomiota rakennesuunnitelmissa? Ja kuinka paljon rakennuksen vaativuusluokka vaikuttaa asiaan?
- 2) Minkälaisista kohteista vaaditaan lujuuslaskelmat, esim. stabiliteetti?
- 3) Minkä tyyppisiä rakennuksia tulee eniten tarkistettavaksi? Kuten kerrostalo, omakotitalo, teollisuusrakennus tms.
- 4) Mikä on yleisin asia, mihin tarvitsee lisätäsmennystä tai -selvitystä?
- 5) Rakennesuunnitelmien toimitus, riittääkö suunnitelmat postissa vai halutaanko henkilökohtainen kohteen rakenteiden esittely? Vaikuttaako kohteen koko ja/tai vaativuus asiaan?
- 6) Miten rakennesuunnitelmien arkistointi on järjestetty? Esim. tulevaisuuden laajennuksien varalta?
- 7) Kunnan rakennusvalvonnan mielipide rakennesuunnitelmien laadusta nykypäivänä? Kuten mitä eroa 3D mallinnuksen ja perinteisen 2D kuvien välillä?

Vapaa sana, jos on jotain mitä rakennusvalvonta haluaa sanoa rakennesuunnittelijalle, mihin kiinnittää huomiota tms.