

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutus
Rakennesuunnittelu

Miska Muukkonen

Betonielementtiparvekeratkaisut ja niiden suunnittelu

Opinnäytetyö 2019

Tiivistelmä

Miska Muukkonen

Betonielementtiparvekeratkaisut ja niiden suunnittelu, 69 sivua, 8 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutus

Rakennesuunnittelu

Opinnäytetyö 2019

Ohjaajat: lehtori Petri Himmi, Saimaan ammattikorkeakoulu,
suunnittelujohtaja Timo Härkönen, Sitowise Oy

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella betonielementtiparvekeratkaisuja sekä perehtyä yhteen suuntaan kantavan parvekelaatan ja putkituetun parvekelaatan mitoitukseen ja siihen vaikuttaviin tekijöihin. Tämän pohjalta tavoitteena oli luoda yksinkertaiset ja toimivat Microsoft Exceliin pohjautuvat laskenta-alustat, joiden avulla suunnittelija pystyy määrittelemään nopeasti tarvittavat parametrit parvekelaatan mitoitukseen. Työn tilaajana toimi Sitowise Oy.

Opinnäytetyön teoriaosassa käsiteltiin betonielementtiparvekeratkaisuja yleisen ja rakenneteknisen suunnittelun näkökulmasta Eurokoodin betonirakennesuunnittelua koskevien määräysten mukaisesti. Opinnäytetyön teoria- ja laskentaosuuden pohjatietona on käytetty rakennusalan kirjallisuutta ja Internet-lähteitä.

Työssä tutkittiin yhteen suuntaan kantavaa parvekelaattaa sekä putkituettua parvekelaattaa. Molemmista tapauksista laadittiin omat laskenta-alustat, joita verrattiin FEM-Design-laskentaohjelman antamiin tuloksiin. Opinnäytetyön tuotoksena syntyneistä Excel-laskenta-alustoista tuli asetettujen tavoitteiden mukaiset. Laskenta-alustoja voidaan pitää onnistuneena niiden vertailukelpoisten tuloksien ansiosta.

Opinnäytetyön lopussa Excel-laskenta-alustojen toimintaa on avattu ja käyty läpi. Vertailusta saatujen tuloksien pohjalta on esitelty analysointia ja pohdintaa. Työn yhteenvedossa on kerrottu työn toteutuksesta ja esitetty pohdintaa myös FEM-Design 17 ohjelmasta.

Asiasanat: parvekeratkaisut, betonielementtiparveke, parvekelaatta, FEM-Design

Abstract

Miska Muukkonen

Precast concrete balcony solutions and their design, Number of Pages 69,

Number of Appendices 8

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Structural Engineering

Bachelor's Thesis 2019

Instructors: Mr Petri Himmi, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences

Mr Timo Härkönen, Planning Manager, Sitowise Oy

The purpose of this study was to examine precast concrete balcony solutions and to get acquainted with the dimensioning of a one-way supporting balcony slab and pipe supporting balcony slab and the various factors affecting it. Based on this the goal was to create simple and workable computing platforms based on Microsoft Excel, which enable the designer to quickly define the parameters required for the design of the balcony slab. The study was commissioned by Sitowise Oy.

The first chapters of this thesis focused on the basics of precast concrete balconies from the point of view of general and structural engineering in accordance with the provisions of the Eurocode concrete construction design. The information was gathered from literature and Internet sources related to the subject.

This study based on examining the one-way supporting balcony slab and pipe supporting balcony slab. In both cases, two computing platforms were compiled and compared to the results of the FEM-Design calculation program. The Excel computing platforms created as a result of the thesis came in line with the purpose of this study. Computing platforms can be considered successful because of their comparable results.

At the end of this thesis the operation of the Excel computing platforms has been explained and examined. Based on the results of the comparison the analysis and discussion have been presented. The summary of the thesis tells about the implementation of the work and also presents discussion about the FEM-Design 17 program.

Keywords: balcony solutions, precast concrete balcony, balcony slab, FEM-Design

Sisällys

Termit.....	6
1 Johdanto.....	9
2 Betonielementtiparvekkeet.....	9
2.1 Parveketyypit	9
2.2 Sijoittelu ja valintaperusteet	11
2.3 Eri valmistajien valmisparvekejärjestelmät.....	11
3 Yleinen suunnittelu ja toimivuus.....	12
3.1 Koko ja sijoittelu.....	12
3.2 Korkeusasema ja turvallisuus	14
3.3 Kosteustekninen toimivuus	15
3.3.1 Vedenpoisto	15
3.3.2 Muotoilu.....	17
3.3.3 Vedeneristys	17
4 Rakennetekninen suunnittelu.....	18
4.1 Perusteet	18
4.2 Kuormitukset.....	18
4.2.1 Käyttötilanne	18
4.2.2 Onnettomuustilanne	20
4.3 Palonkesto.....	20
5 Rakennesuunnittelu	21
5.1 Itsekantavat parvekkeet.....	21
5.1.1 Kannatus	21
5.1.2 Sidonta ja jäykistys.....	22
5.1.3 PS-parvekesarana (Peikko)	22
5.1.4 Liittyminen perustuksiin	23
5.2 Ulokeparvekkeet	24
5.2.1 Kannatus	24
5.2.2 Schöck Isokorb –tuotteet.....	25
5.3 Ripustettavat parvekkeet	26
5.4 Elementtityypit ja mittasuositukset	26
5.4.1 Pilarit	26
5.4.2 Laatta	28
5.4.3 Kaide.....	30
5.4.4 Pieliseinä.....	31
5.5 Muottitekniikka	33
5.6 Parvekkeiden raudoitus	34
5.7 Elementtiliitokset ja eri valmistajien liitososat.....	36
5.7.1 Pieliseinä ja laatta	36
5.7.2 Pilari ja laatta.....	37
5.7.3 Kaide ja laatta	38
5.7.4 PL-kaideliitos (Semko Oy).....	39
5.8 Käyttöikäsuunnittelu.....	40
6 Laskenta-alustat (mitoitus).....	43
6.1 Yhteen suuntaan kantava parvekelaatta.....	43
6.2 Tarkasteltava rakenne	44
6.3 Alustan toiminta	46
6.3.1 Kuormitus	47
6.3.2 Taivutus.....	47

6.3.3	Leikkaus	47
6.3.4	Taipuma	48
6.3.5	Halkeilu	48
6.3.6	Raudoitus	49
6.4	Parvekeputkiliitos	49
7	FEM-laskenta.....	52
7.1	FEM-Design 17	52
7.2	Halkeilu	53
7.3	Taipuma.....	55
7.4	Läpileikkautuminen	55
7.5	Taivutusmomentti ja sen vaatima raudoitus.....	56
7.6	Tukireaktiot	58
8	Laskentatuloksien vertailu ja analysointi	59
8.1	Tuloksien vertailu	59
8.2	Tulosten analysointi eri muuttujilla	61
9	Yhteenveto ja päätelmät	63
	Kuvat.....	66
	Taulukot.....	67
	Lähteet.....	68

Liitteet

Liite 1 Betonin koostumuksen ja ominaisuuksien raja-arvot, kun suunnitteluikä on 50 vuotta.

Liite 2 Betonin koostumuksen ja ominaisuuksien raja-arvot, kun suunnitteluikä on 100 vuotta.

Liite 3 Tarkasteltavan parvekelaatan työpiirustukset.

Liite 4 Parvekelaattaa kannattelevan parvekepilarin työpiirustukset.

Liite 5 Parvekelaattaa kannattelevan pieliementin työpiirustukset.

Liite 6 Yhteen suuntaan kantavan laatan laskenta-alusta.

Liite 7 Parvekekannakeputken laskenta-alusta.

Liite 8 Parvekelaatan lävistyskestävyys.

Termit

Laatan mitoitus:

h	Poikkileikkauksen korkeus
b	Poikkileikkauksen leveys
d	Poikkileikkauksen tehollinen korkeus
t	Haan paksuus
z	Sisäinen momenttivarsi
μ	Suhteellinen momentti
β	Puristuspinnan suhteellinen korkeus
s	Pituus, jolle haat mitoitetaan
L	Laatan pituus
c_{nom}	Betonipeitteen nimellisarvo
c_{min}	Betonipeitteen vähimmäisarvo
f_{ck}	Betonin lieriölujuuden arvo
$f_{ck,cube}$	Betonin kuutiolujuuden ominaisarvo
f_{cd}	Betonin puristuslujuuden mitoitusarvo
f_{ctk}	Betonin vetolujuuden ominaisarvo
f_{ctd}	Betonin vetolujuuden mitoitusarvo
f_{yk}	Raudoituksen ominaislujuus
f_{yd}	Raudoituksen laskentalujuus

α_{cc}	Kerroin, jonka avulla otetaan huomioon puristuslujuuteen vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamistavasta aiheutuvat epäedulliset tekijät
γ_s	Betoniteräksen osavarmuusluku
γ_c	Betonin osavarmuusluku
M_{Ed}	Laskentataivutusmomentti
V_{Ed}	Laskentaleikkausvoima
G_k	Pysyvä kuorma, ominaisarvo
G_d	Pysyvä kuorma, laskenta-arvo
Q_k	Hyötykuorma, ominaisarvo
Q_d	Hyötykuorma, laskenta-arvo
ΣP_d	Kuormien yhteenlaskettu laskenta-arvo
V_{Ed}	Leikkausjännitys
b_w	Uuman leveys
$A_{s,vaad}$	Vaadittu teräsmäärä
$A_{s,min}$	Minimiraudoitus
A_{sw}	Pystysuoran leikkausraudoituksen pinta-ala
$A_{sw,min}$	Pystysuoran leikkausraudoituksen minimi pinta-ala
W_{tot}	Taipuma
K_{FI}	Osavarmuuskerroin

Elementtityypit:

CL	Parvekelaatta
----	---------------

QL	Kattolaatta
M	Parvekepieli
P	Pilarit
Z	Kaiteet

Läpileikkautuminen:

W_{max} Halkeamaleveyden raja-arvo

Raudoitus:

T	B500B (esim. 2T8 = 2 kpl hitsattava kuumavalssattu harjaterästanko Ø8mm)
k	k-jako (esim. T8 k200 = Ø8 mm harjateräksiä 200 mm:n jaolla, jossa mitta on keskeltä keskelle)
t_w	Uuman tai uumalevyn paksuus
E	B600KX (esim. E7 = ruostumaton harjaterästanko Ø7 mm)
S	S235JRG2 teräslaatu (esim 2S16 = 2 kpl musta sileä tanko Ø16 mm)

Sijoittelu:

M	1M (esim. 1M = 100 mm)
---	------------------------

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan Suomessa esiintyviä parvekejärjestelmiä, vakioparvekeratkaisuja ja perehdytään yhteen suuntaan kantavan sekä putki-tuetun parvekelaatan mitoitukseen. Työssä tutkitaan yksittäisen parvekelaatan kestävyysvaikuttavia eri tekijöitä.

Tavoitteena on tuottaa tilaajalle selkeä ja helppokäyttöinen, Microsoft Exceliin pohjautuva laskenta-alusta. Alustan avulla elementtisuunnittelija pystyy määrittelemään nopeasti tarvittavat parametrit parvekelaatan mitoitukseen sekä saamaan tarvittavat viralliset dokumentit laskennasta.

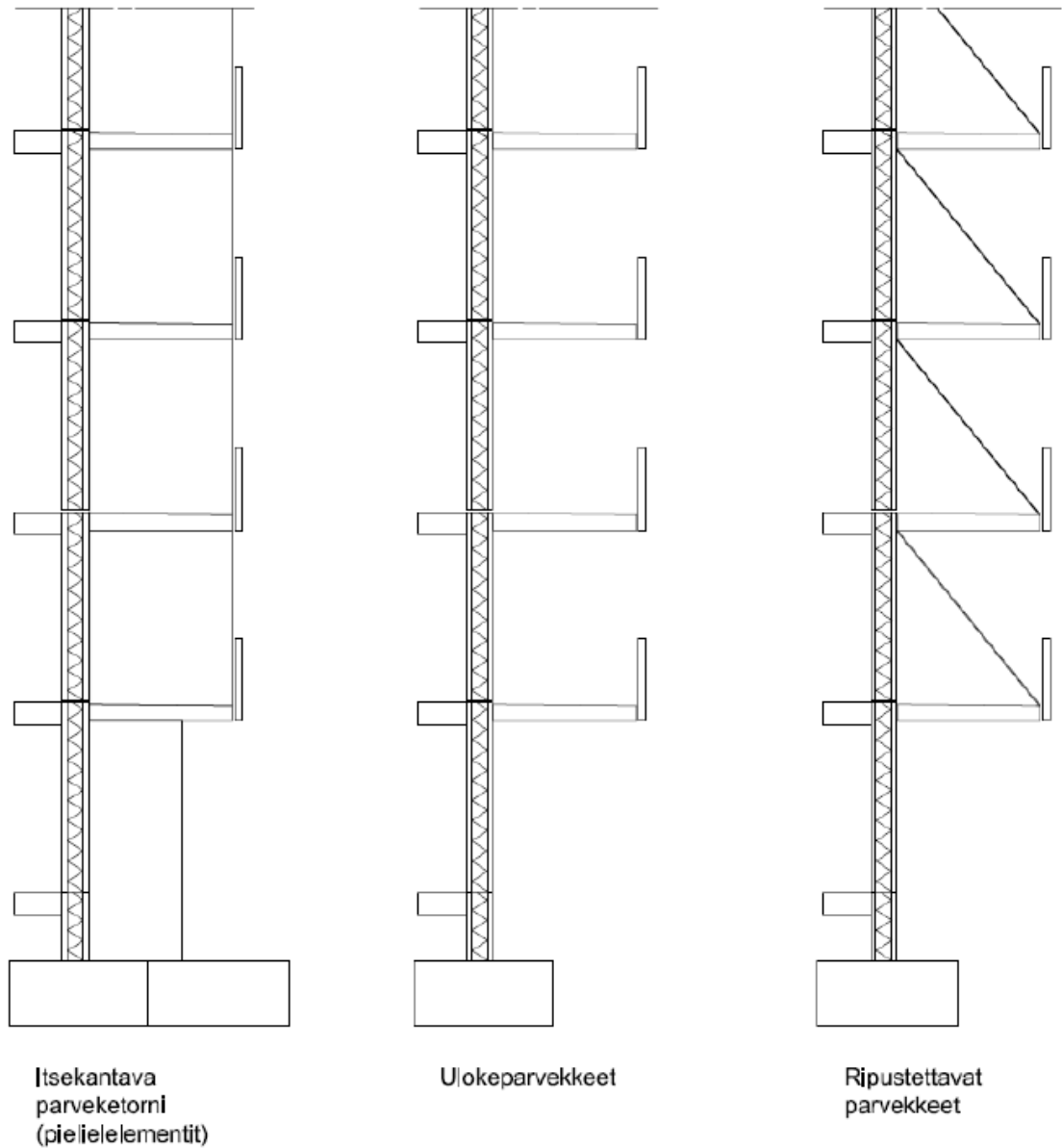
Laskenta-alustat (Excelit) sisältävät soluja, joihin suunnittelija voi syöttää vaadittavat parametrit suunniteltavan rakenteen mitoitukseen. Laskentapohjan rakenne pidetään mahdollisimman yksinkertaisena ja selkeänä alustan ymmärrettävyyden ja toimivuuden takaamiseksi. Ulkoasu muotoillaan yrityksen tarpeiden ja vaatimusten mukaiseksi. Työssä käytetään Microsoft Excelin lisäksi esimerkiksi FEM-Design-ohjelmaa, jolla on helppo tarkastaa sekä vertailla tuotetun alustan laskelmien oikeellisuutta.

Opinnäytetyön tilaajana toimii Sitowise Oy. Sitowise on 1200 hengen asiantuntijayritys, joka tarjoaa asiakkailleen rakennetun ympäristön suunnittelu- ja asiantuntijapalveluja sekä digitaalisia palveluja (1).

2 Betonielementtiparvekkeet

2.1 Parveketyypit

Eri parvekejärjestelmät voidaan jaotella rakennemallin ja sijoittelun mukaan. Parvekkeiden rakennemalleja ovat itsekantavat parvekkeet, ulokeparvekkeet sekä ripustetut parvekkeet. Nämä rakennemallit on esitetty Kuvassa 1. Parveke voi olla myös osittain itsekantava ja osittain rungosta tuettu. (2, s. 3.)



Kuva 1. Havainnekuva erilaisista parvekejärjestelmistä (2, s. 3)

Itsekantavia, perustuksista tuettuja parvekkeita voidaan käyttää kaikissa runkojärjestelmissä ja ulkoseinätyypeissä. Nämä parvekkeet tukeutuvat kantaviin pieliseiniin ja/tai pilareihin. (2, s. 3.)

Parvekkeiden ripustaminen voidaan tehdä esimerkiksi pieliseinillä tai vetotangoilla. Ripustaminen tulee tehdä kantavasta parvekejulkisivusta, välipohjalaatastosta tai väliseinistä. (2, s. 3.)

Ulokeparvekke tulee kannattaa aina kantavasta välipohjalaatastosta (2, s. 3).

2.2 Sijoittelu ja valintaperusteet

Parvekkeet voidaan myös jakaa niiden sijoittelun perusteella ulokkeellisiin ja sisään vedettyihin parvekkeisiin. Nämä parveketyypit on esitetty Kuvissa 2 ja 3.



Kuva 2. Ulokeparveke (2, s. 4)

Kuva 3. Sisään vedetty parveke (2, s. 4)

Haluttu ulkonäkö ja parvekkeiden sijoittelu vaikuttavat myös olennaisesti parvekejärjestelmän valintaan. Perinteiset, toistensa yläpuolella sijaitsevat parvekkeet ovat edullisimmat ja yksinkertaisimmat rakentaa itsekantavina, jos niiden alapuolella on tilaa omille perustuksille. (2, s. 4.)

Jos parvekkeet ovat sijoiteltu muutaman parvekkeen päällekkäisiin ryhmiin tai ne eivät ala alimmista kerroksista, on parvekeratkaisuksi järkevintä valita ripustettu tai ulokeparveke. (2, s. 4.)

2.3 Eri valmistajien valmisparvekejärjestelmät

Valmisparvekejärjestelmät ovat tuotetoimittajien vakioituja ratkaisuja ja ne soveltuvat käytettäväksi uudis- ja korjausrakentamisessa. Järjestelmien rakenneratkaisut ja valmistustekniikka on vakioitu. Parhaiten valmisparvekejärjestelmät soveltuvat käytettäväksi jälkiasennettavina. (2, s. 5.)

Valmisparvekeratkaisuja käytetään yleisesti korjausrakentamisessa. Järjestelmiä löytyy perinteisinä betonielementtijärjestelminä sekä ripustettavina parvekeratkaisuina. Valmisparvekeratkaisut voidaan toimittaa ns. kokonaistoimituksina, jolloin ratkaisun valmistaja vastaa itse suunnittelusta, elementtien valmistuksesta sekä parvekkeen asennuksesta ja varustelusta. (2, s. 5.)

3 Yleinen suunnittelu ja toimivuus

3.1 Koko ja sijoittelu

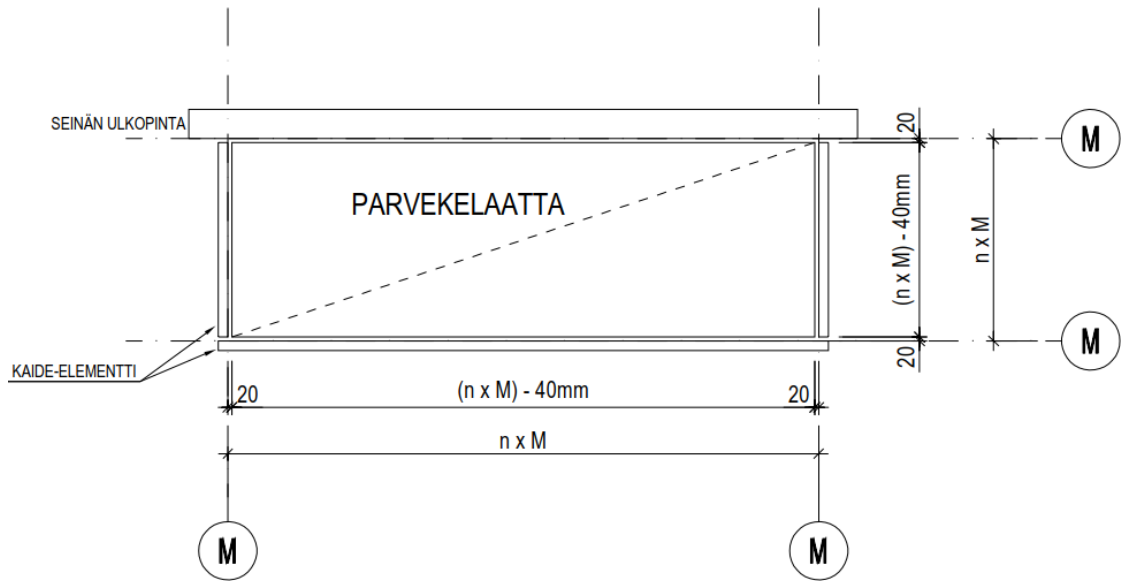
Toimivuuden kannalta normaaliin asuinhuoneistoon kuuluvan parvekkeen tulisi olla pinta-alaltaan vähintään 5 m² sekä syvyydeltään 1,8 metriä, vaikka nykypäivän uudisrakentamisessa niistä suunnitellaan yleensä yli 2 metriä syviä. Parvekkeen syvyyden mittasuositukset kulkevat 3M:n kerrannaisissa: 15M, 18M, 21M, 24M, 27M ja 30M. Puolestaan pituuden tulee olla 1M kerrannainen. (2, s. 6.)

Parvekelaatan maksimipituus on 43M, jolloin vedenpoistoura on vain yhteen suuntaan kaatava. Jos vedenpoistoura on kahteen suuntaan kantava ja parveke on keskeltä tuettu, voi maksimipituus nousta jopa 60M. Yli 60M pitkät parvekelementit valmistetaan jännitettyinä laattoina. (2, s. 6.) Kuvassa 4 on esitetty esijännitetty parvekelaatta.



Kuva 4. Tehtaalla esijännitetty parvekelaatta (2, s. 7)

Parveke-elementit tulee asettaa viitejärjestelmässä omalle moduulialueelleen. Parveke sijoitetaan tasopiirustuksessa vaaka- ja pystysuunnassa kulkevien moduulien mukaan. Parveke tulee sijoittaa vaakasuuntaiseen moduuliverkkoon nähdessä siten, että parvekkeen kaiteen sisäpinta kulkee moduuliviivaa pitkin. Pystysuuntaisessa moduuliverkossa parveke-elementtien positio on sama kuin ulkoseinäelementtien. Jos laatan ja betonikaiteen välinen sauma on 20 mm leveä, tulee parvekelaatan valmistusmitasta vähentää 40 mm. (2, s. 7.) Kuvassa 5 on havainnollistettu parvekkeen sijoittaminen moduulilinjastoon.



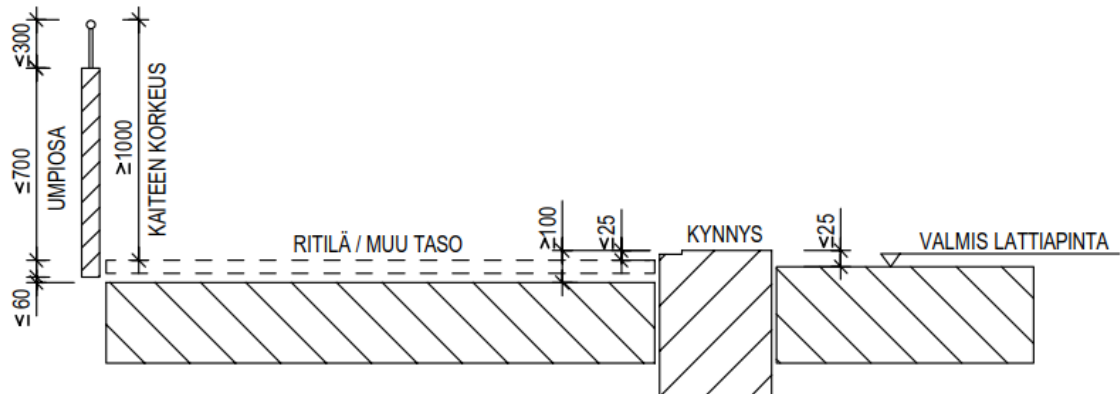
Kuva 5. Parvekkeen sijoittuminen moduuliverkkoon

3.2 Korkeusasema ja turvallisuus

Suomen rakentamismääräyskokoelman asetuksen F1 Esteetön rakennus mukaan (3) parvekkeen oven sisäpuolinen kynnyshkorkeus saa olla maksimissaan 20 mm. Jos esteettömyysmääräyksiä noudattamista ei edellytetä, voi kynnyshkorkeus olla 25 mm. Ulkopuolella tasoero kynnyshn ja parvekelaatan pinnan välillä voi olla hyvinkin suuri, minkä vuoksi parveketason sijoittamista suositellaan 80...120 mm kynnyshstasoa alemmaksi kosteusteknisten syiden takia. Tarvittaessa kynnyshkorkeus voidaan laskea irrotettavan puuritolän avulla saman suuruiseksi kuin sisäpuolella. Tämä korotus täytyy kuitenkin huomioida kaiteen korkeudessa. (2, s. 8; 4, s.16.)

Asunnon parvekkeen kaiteen vähimmäiskorkeus putoamiskorkeudesta riippumatta on ≥ 1000 mm sekä suojaavan osan korkeus ≥ 700 mm. Korkeus mitataan kaiteen suojaamalta tasanteelta pystysuoraan kohdasta, jossa henkilön on mahdollista seistä. Mahdollisista ritilätasoista johtuvan korotuksen vuoksi kaide tulisi kuitenkin suunnitella 100 mm määräysten antamaa minimitasoa korkeammaksi. (2, s. 8; 5, s. 2.)

Suojaava umpiosa saa sisältää pelkästään pystysuoria aukkoja, joiden läpäisyväli vaakasuunnassa saa olla korkeintaan 110 mm. Tasoja tai osia, jotka mahdollistavat kiipeilyn, ei sallita. Kaiteen käsijohteen ja suojaavan osan välinen etäisyys saa olla korkeintaan 300 mm, kuitenkin niin, että avoimesta osasta saa mah-
 taa läpi enintään 200 mm:n kuutio. (2, s. 8; 5, s. 2.) Alapuolelta löytyvässä Ku-
 vassa 6 on havainnollistettu suojakaiteen ja siihen liittyvien aukkojen mittoja.



Kuva 6. Parvekekaiteen mitat sekä turvallisuus

3.3 Kosteustekninen toimivuus

3.3.1 Vedenpoisto

Betoniteollisuus RY:n tekemän betonielementtiparvekkeiden suunnitteluohjeen (2) mukaan parvekelaatan vedenpoiston suunnittelussa huomiota vaativia seikkoja ovat laatan yläpinnan riittävä kallistus vedenpoistourien suuntaan sekä ve-
 siurien riittävään kokoon ja kallistuksiin kohti ulosheittäjää tai vedenpoistoputkea.

Parvekelaatan kallistus vedenpoistouran suuntaan on yleensä 1:80. Tästä suu-
 rempaa kallistusta ei suositella suunniteltavaksi, jotta parvekkeen käytettävyys
 säilyy hyvänä. Laatan yläpinta tulee muotoilla siten, että veden kerääntyminen
 laatan pinnalle ei ole mahdollista missään olosuhteissa. Yläpinnan tulee olla ta-
 sainen lukuun ottamatta vedenpoistouria. (2, s. 9.)

Vedenpoistouralla tarkoitetaan laatan etureunassa olevaa uraa, jota pitkin laatalle kulkeutuneet vedet voidaan johtaa joko viemäriin tai ulosheittäjään. Vedenpoistouran kallistus on 1:100. Vain yhteen suuntaan kaatava vedenpoistoura riittää laattapituuksiin 43M asti, kun uran syvyys on enimmillään 50 mm. Tätä pidemmällä parvekkeilla ura on kahteen suuntaan kaatava, ellei käytössä ole jännitetty parvekelaatta. (2, s. 9.)

Laatan vedenpoisto suositellaan tehtäväksi ensisijaisesti sisäpuolisena vedenpoistona. Sisäpuolisessa vedenpoistossa parvekelaatassa on oma viemäri, josta vedet johdetaan syöksytorviin. Syöksytorvien läpivientikappaleiden laipat jäävät laatassa olevan mahdollisen vedeneristeen alle. Johdettaessa parvekekaton vedet parvekelinjaan tulee linjasto varustaa aina saattolämmityksellä. Tärkeää on myös huomioida putkien koko vesimäärän mukaan sekä viemäreiden sihtien toimivuus (6, s. 24). Parvekkeeseen tulee suunnitella myös ylivuotokohta, joka voi olla esimerkiksi kolo tai vedenpoistoputki laatan reunassa (7).

Vedenpoisto on myös mahdollista toteuttaa ulkopuolisena ns. ulosheittäjillä, jolloin vedenpoiston tulee olla hallittua. Ulkopuolinen vedenpoisto ei kuitenkaan ole ihanteellisin vaihtoehto toteuttaa vedenpoisto, sillä se aiheuttaa suurta paikallista kosteusrasitusta sen alapuolisille rakenteille. Haittana on myös julkisivun epäta-sainen likaantuminen. Kosteusteknisesti toimiva ulosheittäjä ei myöskään ole ulkonäöllisesti onnistuneen näköinen johtuen putken pituudesta. Käytettäessä ulkopuolista vedenpoistoa tulee parvekelaatassa olla vähintään kaksi ulosheittäjää tukkeutumisvaaran vuoksi. (2, s. 8; 2, s. 9.)



Kuva 7. Veden ulosheittäjä (8, s. 4)

3.3.2 Muotoilu

Parvekelaattoja voidaan valmistaa kuppi- tai kiilalaattana. Laattojen kosteusteknisessä toiminnassa on havaittu joitakin eroja, joten teollisuus suosittelee ensisijaisesti käyttämään kiilalaattoja. (2, s. 9) Eri laattatyypit on esitelty tarkemmin kodassa 4.3.2 Laatta.

Kiilalaatta on kosteusteknisyydeltään turvallinen ratkaisu, mikäli laatta suunnitellaan etureunaansa päin kaatavaksi. Tällöin mahdollinen kaivon tukkeutuminen ei aiheuta vahinkoa taustaseinärakenteille, sillä vesi pääsee vapaasti virtaamaan etureunan yli pois parvekkeelta. Tapauksessa, jossa laatta kallistaa seinää kohti, on seinän ja laatan väliseen tiivistykseen sekä vesien ulos johtamiseen kiinnitettävä erityistä huomiota. (2, s. 9; 2, s. 10.)

Parvekelaatassa tulee olla vähintään yksi kaivo. Jos laatta on kuppimallinen, vaaditaan laattaan tukkeutumisen varalta myös yksi ulosheittäjä vedenpoistouran toiseen päähän. Kiilalaattaan ylimääräistä ulosheittäjää ei tarvita, mikäli kallistus on laatan etureunan suuntaan. Parvekelaatta kallistaa myös usein takaseinään päin, jolloin parvekekaivot ja vedenpoistoputket täytyy sijoittaa taustaseinälle. (2, s. 9.)

3.3.3 Vedeneristys

Parvekelaatan tulee olla aina vesitiivis. Rakenteellinen vedeneristys toteutetaan yleensä vesitiiviillä betonilaatalla, joten erillistä vedeneristystä ei tarvita. Eristys voidaan tehdä myös kermieristyksenä, jolloin päälle vaaditaan suojaava kerros, esimerkiksi suojabetonikerros. (2, s. 9.)

Varsinaisesta vedeneristyksestä voidaan puhua silloin, kun kyseessä on ns. terrasserakenne ja parvekkeen alapuolella on lämmin tila. Tällöin vedeneristykseen soveltuvat esimerkiksi epoksi- tai akryylipinnoitteet, jotka muodostavat parvekelaattaan kulutusta hyvin kestävästä pintakerroksen. (2, s. 9.)

4 Rakennetekninen suunnittelu

4.1 Perusteet

Rakennesuunnittelijan tehtävänä on määrittää parvekkeeseen kohdistuvat mitoituskuormat ja merkitä tiedot ylös myöhempää elementtisuunnittelua varten. Kuormista tulee selvittää ainakin rakennusosien paino, lumikuormat, henkilökuormat sekä onnettomuustilanteen sattuessa mahdolliset törmäyskuormat. Kuormat ilmoitetaan ominaisarvoina. (2, s. 13.)

Rakennesuunnittelija on vastuussa myös parvekejärjestelmän stabiliteetin tarkastamisesta. Stabiliateetti mitoitetaan Eurokoodin 1991-1-4 mukaiselle tuulikuormalle sekä rakenteiden vinoudesta aiheutuvalle lisävaakavoimalle. (2, s. 13.)

4.2 Kuormitukset

4.2.1 Käyttötilanne

Parvekkeen mitoituksessa huomioon otettavia kuormia ovat rakenteiden oma-paino, laattaan kohdistuva hyötykuorma, kaiteen vaakakuorma, tuulikuorma, (lumikuormat parvekekatoilla) sekä rakenteiden vinous. (2, s. 13.)

Hyötykuormat muodostuvat pääsääntöisesti muuttuvista, liikkuvista kuormista. Eurokoodiin 1991-1-1 pohjautuvan kansallisen liitteen (9) mukaan rakenteille ja erilaisille tiloille on määrätty niiden hyötykuormien vähimmäisarvot. Vähimmäisarvot määräytyvät tilojen käyttötarkoituksen mukaan. Parvekelaatalla vaikuttava tasainen hyötykuorma on $2,5 \text{ kN/m}^2$ ja pistemäinen 2 kN . Yleisimpien hyötykuormien ominaisarvot on esitetty Taulukossa 1.

Luokka	Käyttötarkoitus	Pinta-ala-kuorma q_k (kN/m ²)	Pistekuorma Q_k (kN) (portaat suluissa)	Vaakuormat ks. huom. 5 (kN/m)
A	Asunto- ja majoitustilat – esim. asuinrakennusten huoneet, sairaaloiden potilas- ja toimenpidehuoneet, hotellien majoitustilat	välipohjat 2,0 portaat 2,0 parvekkeet 2,5	2,0 (2,0)	0,5
B	Toimistotilat	välipohjat 2,5 portaat 3,0 parvekkeet 2,5	2,0 (2,0)	0,5
C	Kokoontumistilat			
	C1: Tilat, joissa on pöytiä yms. esim. koulut, kahvilat, ravintolat, ruokasalit, lukusalit, vastaanototilat	välipohjat 2,5 portaat 3,0 parvekkeet 2,5	3,0 (2,0)	1,0
	C2: Tilat, joissa on kiinteät istuimet, esim. kirkot, teatterit, elokuvateatterit, konferenssisalit, luentosalit, kokoussalit, odotussalit, asemien odotustilat	välipohjat 3,0 portaat 3,0 parvekkeet 3,0	3,0 (2,0)	1,0

Taulukko 1. Hyötykuormien ominaisarvot (10, s. 67)

Pysyvät kuormat, jotka muodostuvat rakenteiden ja kiinteiden laitteiden omista painoista, lasketaan tapauskohtaisesti (10, s. 29). Pysyvä kuorma vaikuttaa todennäköisesti koko valitun tarkastelujakson ajan ja sen vaihtelu ajan myötä on yleensä merkityksetöntä. (10, s. 21.)

Rakenteen omapaino saadaan laskettua käyttämällä nimellismittoja ja nimellisiä tilavuuspainoja. Nimellismitat saadaan selville piirustuksista ja nimellisinä tilavuuspainoina käytetään todellisia arvoja, joita on listattu RIL 201-1-2011:ssä. Taulukossa 2 on esitetty betonin nimelliset tilavuuspainot.

Materiaali	Tilavuuspaino (kN/m ³)
Normaalipainoinen betoni	24,0
Raudoitettu normaalipainoinen betoni	25,0
Kovettumaton raudoitettu normaalipainoinen betoni	26,0

Taulukko 2. Betonin tilavuuspainot (11, s. 2)

Vaakasuora kuorma, kuten tuulikuorma, vaikuttaa pääosin parvekkeen kaiteisiin sekä niitä vastaaviin rakenteisiin (esim. pieliseiniin ja parvekkeen lasituksiin). (2, s. 13)

4.2.2 Onnettomuustilanne

Parvekerakenteisiin todennäköisimmin kohdistuva käytönaikainen onnettomuustilanne syntyy mahdollisesta ajoneuvon törmäyksestä rakenteisiin. Onnettomuustilanteet luokitellaan kolmeen luokkaan seuraamusten perusteella. Normaalikorkeuisen asuinrakennuksen parveketornit luokitellaan seuraamusluokkaan 2, kohdalliset seuraukset. (2, s. 13.)

Mitotettaessa parvekkeita onnettomuustilanteiden varalle on tarkastettava, että rakenneosat ja kiinnitysosat kestävät törmäyksestä aiheutuvat vaakasuuntaiset rasitukset. Voimat, joita vastaan parvekerakenteet mitoitetaan ovat riippuvaisia liikenteestä, jota rakenteiden lähellä liikkuu. (2, s. 13.) Taulukossa 3 on esitetty ajoneuvon törmäyksestä aiheutuvat ohjeelliset ekvivalentit staattiset mitoitukskuormat talorakenteille ajoväylän yläpuolella tai vieressä olevia rakenteita tukeviin rakenneosiin.

Liikenteen luokka	Kuorma F_{ox}^a (kN)	Kuorma F_{oy}^a (kN)
<i>Moottoritiet sekä tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $v \geq 80$ km/h</i>	1 100	550
<i>Tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $50 \text{ km/h} \leq v < 80 \text{ km/h}$</i>	825	410
<i>Tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $< 50 \text{ km/h}$</i>	550	275
<i>Pihat ja autotallit, joihin</i>		
<i>- henkilö- ja pakettiautot pääsevät kulkemaan^b</i>	25	25
<i>- kuorma-autot^c pääsevät kulkemaan</i>	75	75

Taulukko 3. Törmäyksestä aiheutuvat ohjeelliset mitoitukskuormat talorakenteille (12, s. 118)

4.3 Palonkesto

Parvekkeelle asetettu palonkestovaatimus on yleisesti puolet itse rakennuksen rungon palonkestoajasta. Tästä johtuen palonkestovaatimus enintään 8-kerroksisen asuinrakennuksen rakenteille on R30, eli rakenne kantaa palotilanteessa

30 minuuttia. (2, s. 14; 12, s. 4.) Taulukossa 4 on esitetty rakennusten kantavien rakenteiden palonkestävyysvaatimukset eri paloluokissa.

	P1			P2	P3
Palokuorma MJ/m ²	>1200	600-1200	<600		
2- kerroksinen*	R120	R90	R60	R30	-
3 – 8 kerrosta	R180	R90	R60	R30	-
> 8 kerrosta	R240	R180	R120	ei sallittu	ei sallittu

Taulukko 4. Rakennuksen kantavien rakenteiden palonkestävyysvaatimukset eri luokissa (13)

Palotekninen mitoitus parvekerakenteiden osalta rajoittuu lähinnä liitosten toimivuuteen palotilanteessa. Osat jotka altistuvat palolle, sijoittuvat lähinnä parvekkeen seinänpuoleiselle osalle, ovi- ja ikkuna-aukkojen kohdalle. (2, s. 14.)

Ripustettavien parvekkeiden teräsosat, kuten vetotangot ja tankojen kiinnikkeet, tulee myös mitoittaa palolle (2, s. 14).

5 Rakennesuunnittelu

5.1 Itsekantavat parvekkeet

5.1.1 Kannatus

Itsekantava parveke tuetaan pieliseinistä tai pilareista perustuksiinsa. Parvekkeiden jäykistys hoidetaan ankkuroimalla parveke sivusuunnassa rakennuksen runkoon laatan kohdalta. Itsekantavat parvekkeet sijoitetaan aina päällekkäin alimman parvekkeen mukaan. Etuna itsekantavissa parvekkeissa on niiden hyvä käyttömahdollisuus runkojärjestelmästä tai ulkoseinätyypistä riippumatta. (2, s. 16.)

Kantavat pieliseinät muotoillaan ja mitoitetaan mm. parvekelaatan koon sekä päällekkäin olevien parvekkeiden lukumäärän mukaan. Yleensä parvekelaatat tuetaan kerroksittain pielielementtien päältä. Mahdollista on myös käyttää parvekepilareita, jotka ovat pääsääntöisesti yhden kerroksen korkuisia. Useamman

kuin yhden kerroksen korkuisia pilareita voidaan käyttää, jos pilarit sijaitsevat laatan ulkopuolella. Yleisohjeena voidaan kuitenkin pitää, että pilarit pidetään kerroksen korkuisina ja parvekelaatat asennetaan pilarien päälle. (2, s. 16.)

5.1.2 Sidonta ja jäykistys

Elementeistä muodostuvien parveketornien stabiliteetti varmistetaan sitomalla parvekelaatat kerroksittain runkoon. Sidonta hoidetaan parvekelaatoista rakennuksen ulkoseinän läpi menevillä kiinnitysosilla. Kiinnitysosien valintaan vaikuttaa mm. vaakavoimien suuruus, elementtien valmistus- ja siteiden asennustekniset seikat, pakkoliikkeet sekä kiinnitysosien hinta. Kiinnitysosa voi olla tarkoitukseensa kehitetty vakioteräsosa tai tapauskohtaisesti suunniteltu ja mitoitettu teräsosa. (2, s. 16.)

Kaikki kiinnitysosat tulee valmistaa ruostumattomasta teräksestä, koska osat kulkevat lämmöneristyksen läpi. Kiinnityskohtien etäisyys valitaan siten, että liitoksiin ei pääse syntymään sivuttaisia pakkovoimia. (2, s. 16.) Kun parvekelaatan pituus ylittää 4 m, tulee muodonmuutokset ja pakkovoimat ottaa huomioon parvekeliitosten suunnittelussa ja sijoittelussa (14, s. 4). Pakkovoimat aiheutuvat lämpötila- ja kosteuseroista sekä betonirakenteiden kuivumiskutistumisesta ja epätasaisista painumista. (2, s. 14.)

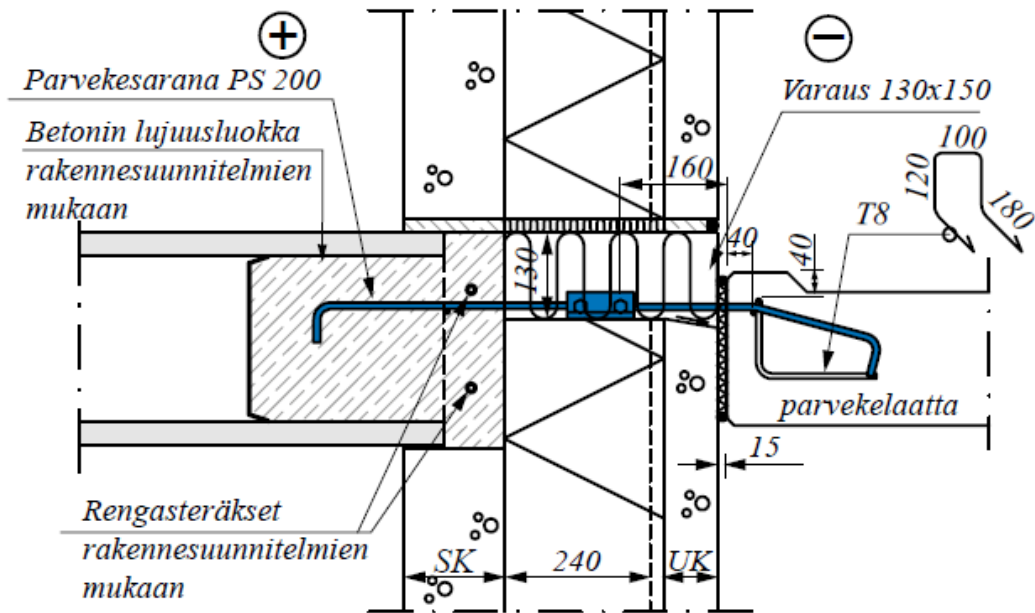
Yleisimmin käytettyjä teräsosia ovat parvekesarana ja yhtenäinen lattateräs (2, s. 16).

5.1.3 PS-parvekesarana (Peikko)

Parvekesaranan tehtävä on siirtää parveketornien ja laatan tuulikuormasta aiheutuvat vaakasuuntaiset voimat rakennuksen kantavalle välipohjalle, sallien samalla parvekkeen pystysuuntaiset liikkeet. Liikevara pystysuunnassa on 20 mm. Tyypillisesti parvekelaattaan tulee vähintään kaksi parvekesaranaa. (14, s. 4.)

Parvekesaranat asennetaan parvekelaattoihin jo elementtien valmistusvaiheessa. Sarana on tällöin kiinni laatussa työmaa-asennusta varten. Työmaalla saranan vapaa pää asennetaan laatussa valmiina olevaan varaukseen tai ontelolaatan onteloon. Lopuksi parvekesaranan pultit ja mutterit kiristetään ja sarana

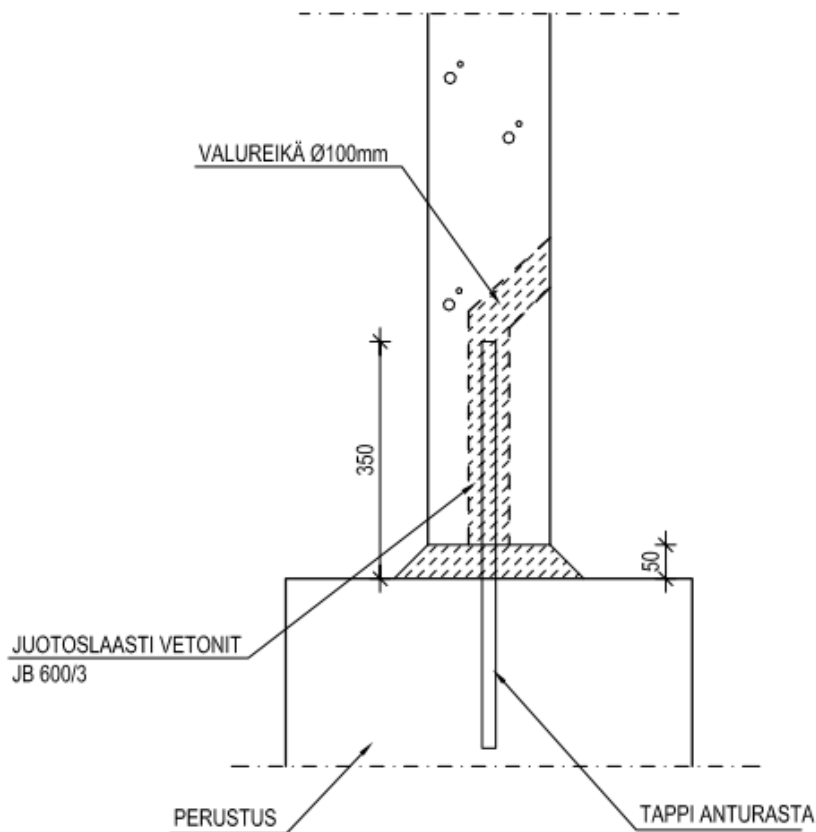
valetaan kiinni kantavaan laattaan. (2, s. 5.) Kuvassa 8 on esitetty parvekesaranan käyttö kantavassa seinässä.



Kuva 8. Parvekesarana kantavassa seinässä (14, s. 5)

5.1.4 Liittyminen perustuksiin

Alimpana sijaitsevien parvekkeiden kantavat pieli- ja pilarielementit perustetaan pilari- tai seinäanturoiden varaan. Tavallisimmin elementit kiinnitetään tekemällä juotosliitos. Törmäyskuormille alttiina olevat elementit kiinnitetään momenttijäykästi pultti-, hitsi- tai holkkiiliitoksella, kun elementtejä ei ole tuettu onnettomuus-tilanteen mukaisille kuormille yläpäästä. Anturoiden tulee myös liittyä rakennuksen jatkuvaan anturaan niin, että mahdolliset sivusiirtymät on estetty. (2, s. 17.)



Kuva 9. Parvekepielielementin ja -pilarin liitos perustukseen (15)

5.2 Ulokeparvekkeet

Ulokeparvekejärjestelmien etuja itsekantaviin järjestelmiin verrattuna ovat sen parvekkeiden vapaampi sijoittelu, pystyrakenteiden puuttuminen sekä lämpöliikkeistä aiheutuvien pakkovoimien minimointi. Ulokeparvekeratkaisun johdosta parvekkeet on mahdollista sijoittaa julkisivuille vapaammin kuin itsekantavat parvekkeet. Ulokeratkaisuissa jopa yksittäiset parvekkeet ovat mahdollisia toteuttaa. (2, s. 18.)

5.2.1 Kannatus

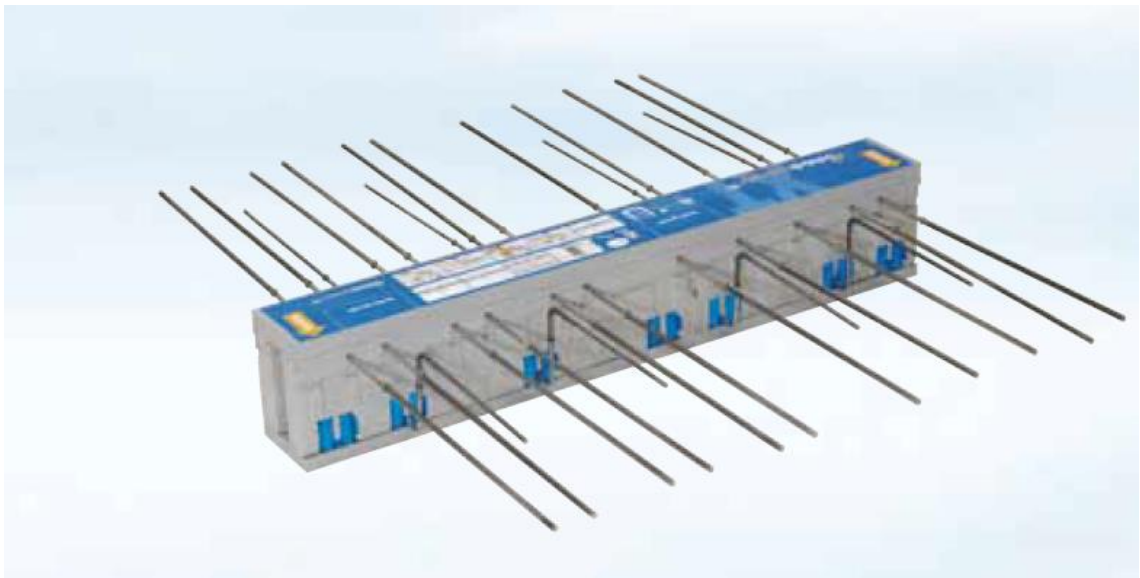
Ulokeparvekke tulee mitoittaa ulokkeena, ja sen koolle rajoituksia aiheuttaa taipuma ja värähtely. Ulokeparvekkeen kannatus voidaan hoitaa teräsprofiileilla tai

ulokeparvekkeisiin kehitetyillä vakioiduilla kannatusratkaisuilla. Vakioidut ratkaisut ovat suositeltavampia, sillä lämmöneristekerroksen läpi menevät suuret teräsosat muodostavat isoja kylmäsiltoja. (2, s. 18.)

Kannatuseräkset mitoitetaan taiputukselle ja taipumalle (2, s. 18).

5.2.2 Schöck Isokorb –tuotteet

Schöck Isokorb –liitososia käytetään mm. betonirakenteiden liittämiseen välipohjiin ja seinärakenteisiin. Schöck Isokorb KXT (uloke) soveltuu erityisesti ulokeparvekkeiden liittämiseen välipohjaan ja lämpöeristämiseen sisäpuolisista rakenteista. Se siirtää alaspäin suuntautuneita momentteja ja leikkausvoimia sekä muodostaa rakenteeseen lämpökatkon. Liitososa koostuu osittain ruostumattomasta betoniteräksestä tehdyistä leikkaus- ja vetotangoista sekä korkealujuuskuitubetonista valmistetuista puristussauvoista. Lämpökatkona käytetään polystyreenieristettä. (16, s. 7.) Muita samanlaisia tuotteita ovat mm. Halfen HIT- ja Sementun Isopro- ja Isomaxx-parvekeraudoitteet, jotka toimivat samalla periaatteella. Kuvassa 10 on esitetty Schöck Isokorb KXT-parvekkeen kannatusosa.



Kuva 10. Schöck Isokorb KXT, ulokeparvekkeen kannatusosa lämmöneristeellä (16, s. 1)

5.3 Ripustettavat parvekkeet

Ripustettavilla parvekkeilla tarkoitetaan yleensä vetotangoilla rakennuksen rungosta ripustettuja parvekkeita. Ripustus on myös mahdollista tehdä kantavilla pie-liseinillä kantavista väliseinistä. (2, s. 19.) Ripustettavien parvekkeiden hyödyt ovat lähes samat kuin ulokeparvekkeilla, jotka on lueteltu kohdassa 5.2 Ulokeparvekkeet.

Vetotankoina ripustettavissa parvekkeissa tulee käyttää ruostumattomasta teräksestä valmistettuja tankoja. Tämän johdosta on mahdollista saavuttaa tarvittava palonkesto, ilman erillistä palonsuojausta. Yleisesti ripustettavissa parvekkeissa käytetään valmiita vetotankojärjestelmiä tai vakioparvekejärjestelmiin liittyviä ratkaisuja. (2, s. 19.)

Vetotangot tulee kiinnittää laatussa olevaan teräsprofiiliin, johon on asennettu valmiiksi tangon kiinnitysosat. Vetotangon ankkurointi tehdään rakennuksen kantavaan runkoon, joko kantaviin väliseiniin, kantavaan ulkokuoren sisäkuoreen, välipohjaan tai kantavaan ulkokuoreen. Parvekelaatan takareunan tuenta voidaan tehdä teräsosien tai profiilien välityksellä kantavaan runkoon. Yksinkertaisin ratkaisu onkin sijoittaa parvekelaatan takareunaan teräsprofiili, joka tuetaan rakennuksen välipohjaan. (2, s. 19.)

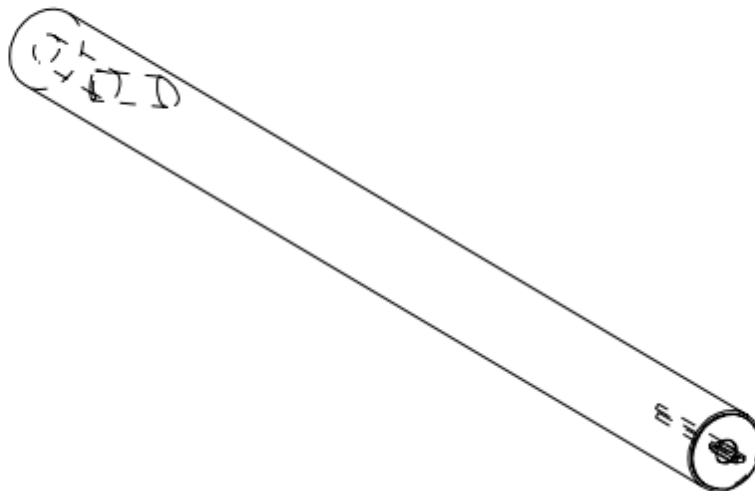
5.4 Elementtityypit ja mittasuositukset

Betonielementtiparvekkeiden suunnitteluohjeessa (2) listataan parvekerakenteissa esiintyvät elementtityypit ja niiden tyypilliset piirustuslyhenteet, joita ovat parvekelaatta CL, kattolaatta QL, parvekepieli M, pilarit P sekä kaiteet Z. Jokaiselle elementille on annettu omat mittasuositukset ja tarvittavat määräykset rakentamista varten.

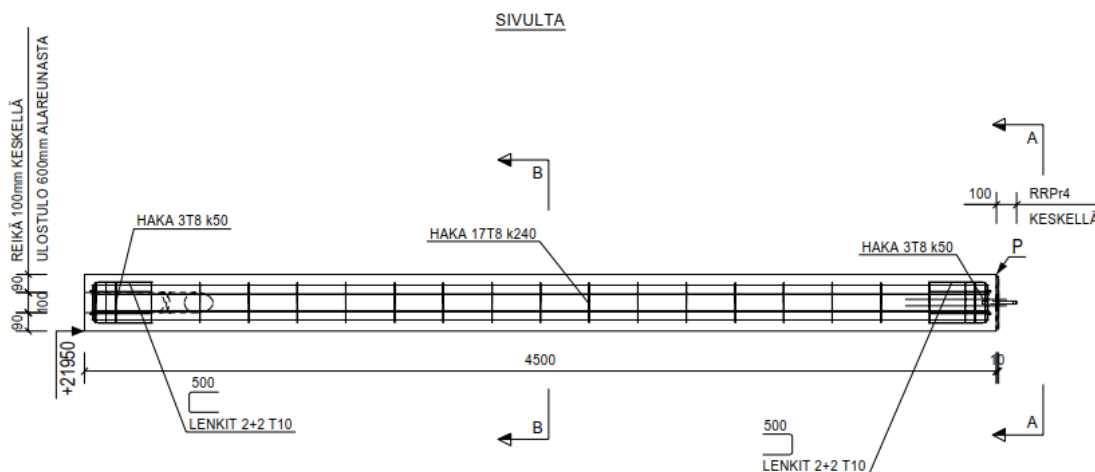
5.4.1 Pilarit

Parvekkeita kannattelevat pilarit ovat yleensä joko pyöreitä tai suorakaidepilareita. Mittausositus pyöreillä pilareilla on 230 mm tai 280 mm. Törmäyskuorman ollessa aiheellinen suositus nousee 380 millimetriin. Neliöpilarilla sivumitan mittasuositukset ovat samat kuin pyöreän pilarin halkaisijan mitta. Kuvissa 11 ja 12 on esitetty pyöreän parvekepilarin 3D- ja leikkauskuva. (2, s. 21.)

3D
1:25



Kuva 11. 3D havainnekuva, parvekepilari (15)



Kuva 12. Leikkaus, parvekepilari (15)

Pilareiden valmistus tehdään yleensä elementtitehtaalla perinteisellä menetelmällä valamalla, mutta ne voidaan valmistaa myös ns. ruiskuvaluna, joka antaa mahdollisuuksia pilarin muotoilulle ja pinnalle. (2, s. 21.)

Märkämenetelmällä ruiskuvaltu pilari valmistetaan ruiskuttamalla betonia pyöriävän ytimen ympärille tasapaksuina kerroksina, minkä johdosta betoni on homogeenista. Betonimassan erottumista ei myöskään tapahdu. Pilarin rauditus

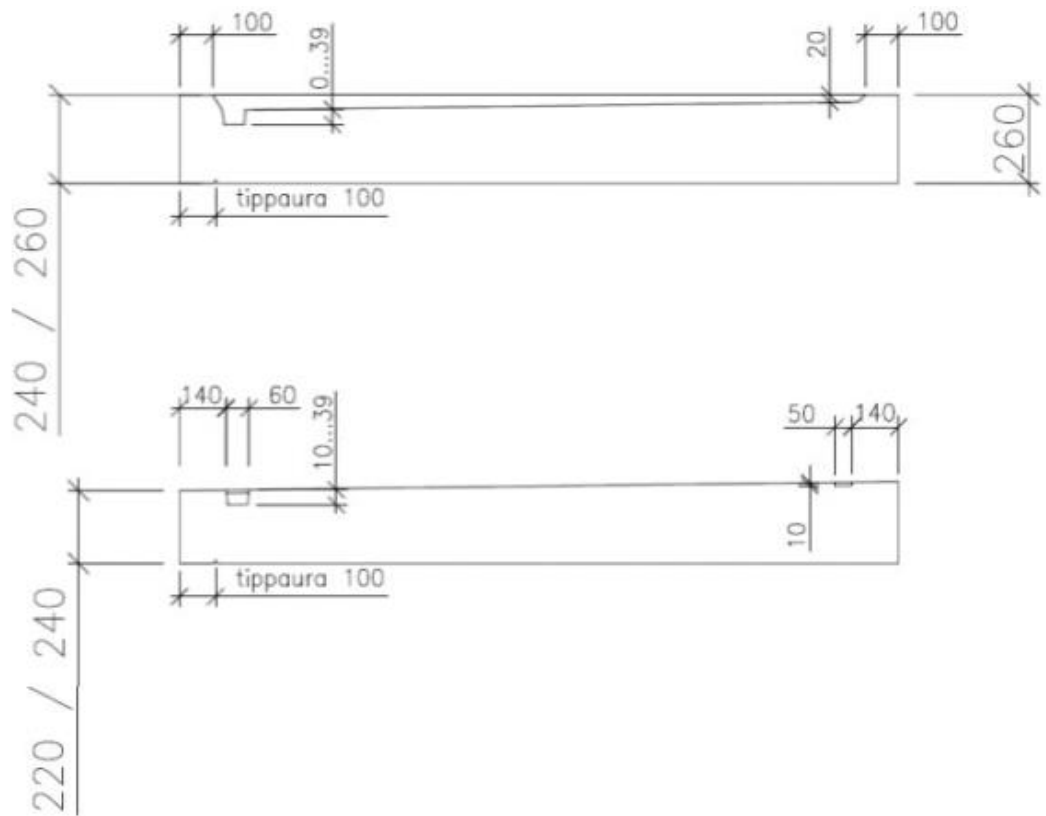
kiinnitetään hitsaamalla raudoitus pilarin ytimeen, jolloin raudoitteet pysyvät paikoillaan ruiskutuksen aikana. Työmaalla asennuksen jälkeen pilarin ydin betonoidaan ja lisätään tarvittaessa raudoitusta. Pilareiden valmistus ja asennus tehdään kerroksen korkuisina, jolloin asennustarkkuus säilyy hyvänä ja muista rakenteista aiheutuvat asennusaikaiset muodonmuutokset pysyvät pieninä. (17, s. 2.)

5.4.2 Laatta

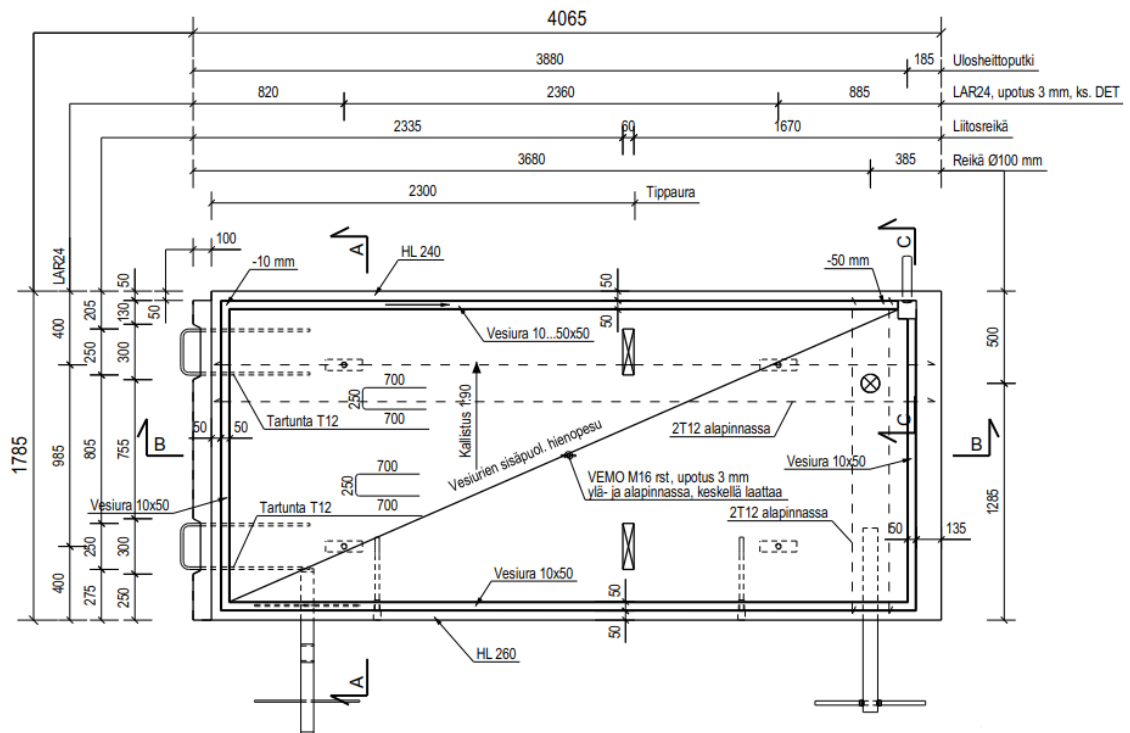
Tyypillisimmät mallit ovat kiilamallinen laatta sekä kuppilaatta, jotka on esitetty Kuvassa 13. Kiilamallisen parvekelaatan paksuus ohuemmassa reunassa on yleensä 220 mm, mutta tarvittaessa pitkissä laatoissa se voi olla 240 mm. Kuppimallisen parvekelaatan paksuus on 240 tai 260 mm. Parvekelaatan ei tarvitse olla suorakulmainen, sillä myös kaarevia reunoja on mahdollista käyttää, mutta nämä normaalista poikkeavat ratkaisut nostavat kustannuksia merkittävästi. (2, s. 20.)

Laatan yläpinta tulee muotoilla valitun vedenpoisto järjestelmän mukaan. Suositeltavin vaihtoehto on etureunastaan kallistettu kiilalaatta aikataulu-, kustannustehokkuuden ja helpomman työtekniikan ansiosta. (2, s. 20.)

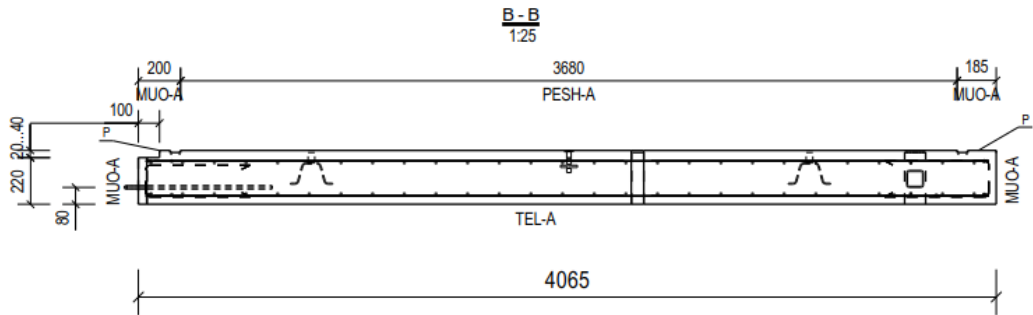
Parvekelaatta tulee varustaa tippauralla niiltä sivuilta, joissa tuulen on mahdollista päästä kuljettamaan vettä reunan yli, mikäli parveketta ei lasiteta heti rakennusvaiheessa. Tippaura on 10x10 mm, joka sijoitetaan laatan alapintaan 100 mm laatan reunasta. (2, s. 20.) Parvekelaatan työpiirustuksia on esitetty kuvissa 14 ja 15.



Kuva 13. Kuppimallinen parvekelaatta (ylempi) ja kiilamallinen parvekelaatta (alempi) (2, s. 20)



Kuva 14. Naamakuva, parvekelaatta (15)

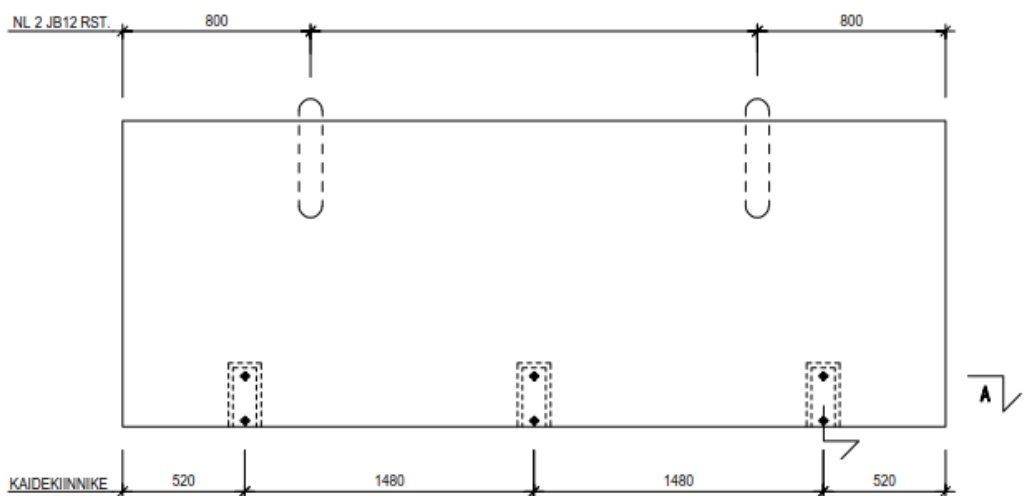


Kuva 15. Leikkaus, parvekelaatta (15)

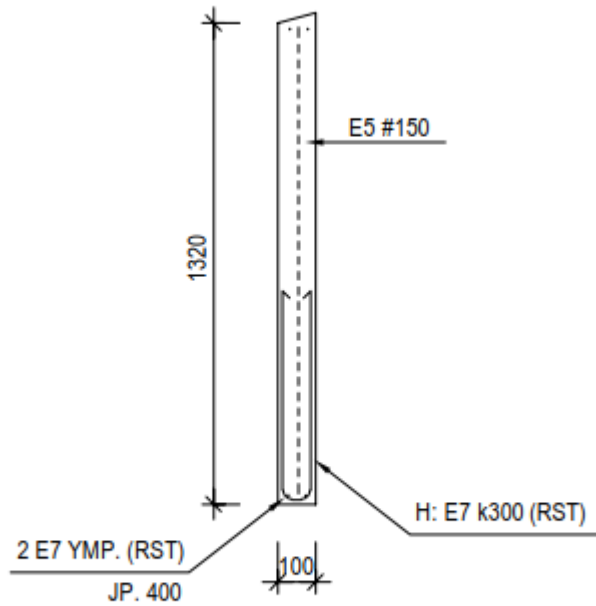
5.4.3 Kaide

Parvekkeen kaiteella käsitetään tässä työssä sekä yleisesti betonikaiteita. Betonielementtikaiteen paksuus on yleensä 100 mm. Kaide on yhtä leveä kuin parvekelaatta, ja sen korkeus tulee olla määräysten mukainen. Määräysten vaatimaan korkeuteen päästään täyskorkealla betonikaiteella tai vähintään 700 mm laatan tai muun vastaavan tason yläpinnasta ulottuvalla elementillä sekä riittävälle korkeudelle kiinnitetyllä käsijohteella. Kaiteen yläpinnan tulee olla kallistettu sisäänpäin sekä sen reunat pyöristetään tai varustetaan 10 * 10 mm viistellä. (2, s. 22.) Parvekekaiteen työpiirustukset on esitetty kuvissa 16 ja 17.

Kohdassa 3.2 Korkeusasema ja turvallisuus on käsitelty ja avattu tarkemmin määräysten asettamia mittoja parvekkeen kaiteelle.



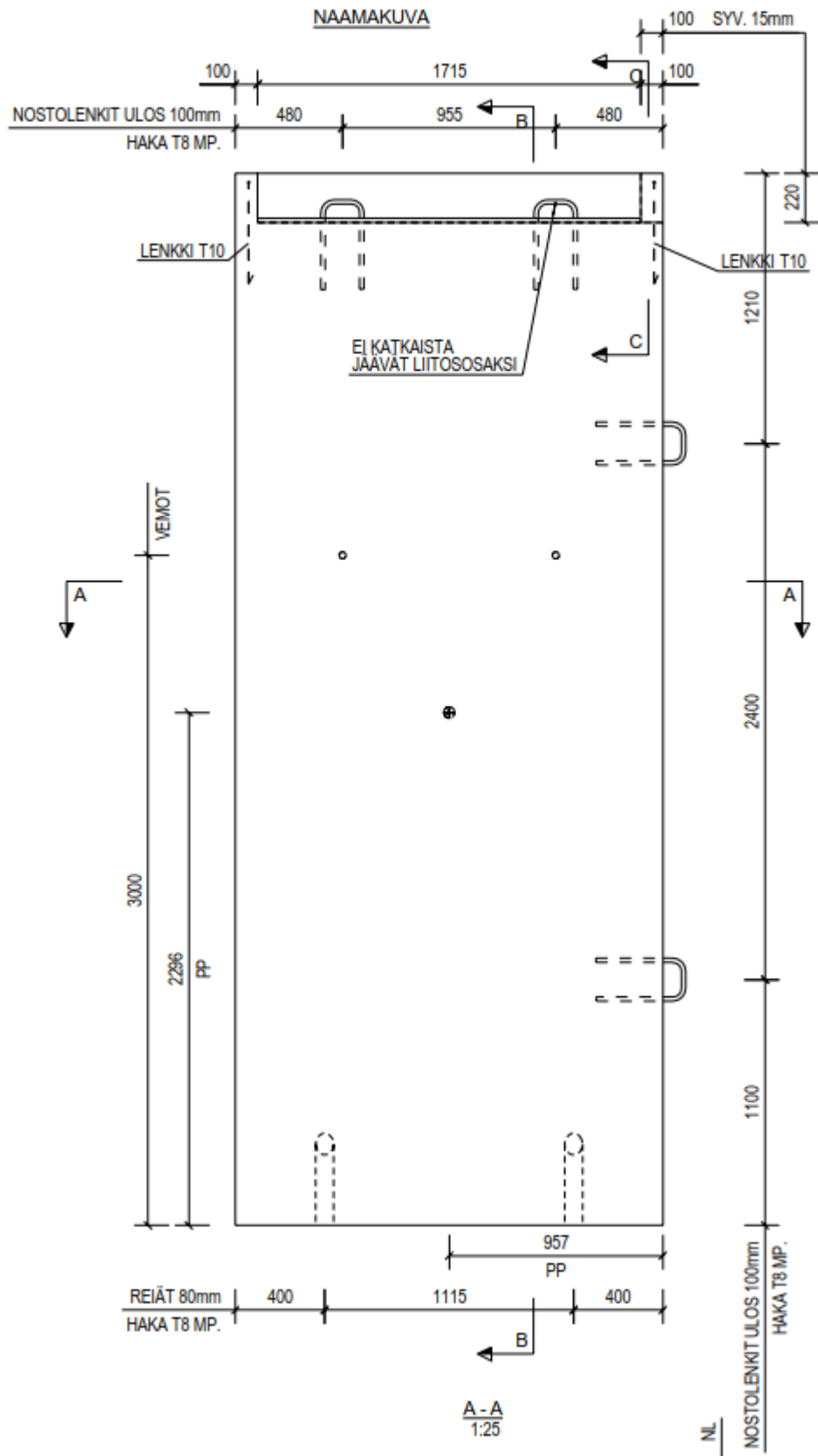
Kuva 16. Naamakuva, betoninen parvekekaide-elementti (2, s. 22)



Kuva 17. Leikkaus, betoninen parvekekaide-elementti (2, s. 22)

5.4.4 Pieliseinä

Pieliseinissä käytettävän betonipintaisen pielielementin paksuus on normaalisti 180 mm. Pielen leveys tulee olla vähintään kaksi kolmasosaa parvekelaatan leveydestä ja kehäelementin reunojen vähimmäisleveys on 400 mm. Minimikorkeus palkkikannakselle on 300 mm, mutta korkeudeksi suositellaan jopa 500 millimetriä. (2, s. 21.) Kuvassa 18 on esitetty pielielementin työpiirustus.



Kuva 18. Betonipintainen piellelementti (15)

5.5 Muottitekniikka

Elementtien suunnitteluvaiheessa on tärkeää valita oikeanlaiset valmistusmenetelmät, jotka on otettava huomioon etenkin kiinnitystapojen ja osien valinnassa. Valitun menetelmän ja rakenneratkaisun välinen riippuvuus tulee esille parvekelaatan ja betonikaiteen kohdalla. (2, s. 22.)

Suunnittelussa elementtisuunnittelijan tulee pyrkiä mahdollisimman pitkiin tuotantosarjoihin, jotta elementtitehtaan työ olisi mahdollisimman sujuvaa ja helpotuisi. Tuotantosarja koostuu geometrialtaan samanlaisista elementeistä, joista elementtitehdas voi käyttää omaa tuotantosarjanumeroa.

Laattatyypistä riippumatta parvekelaatat valetaan laatan alapinta ylöspäin, minkä ansiosta laatan yläpinta saa muotonsa muotista. Näin valettuna laatta saa sileän ja tasaisen betonipinnan, mikäli käytössä on teräs- tai vanerimuotti. (2, s. 22.)

Kiilalaatan kiilamainen muoto saadaan aikaan käyttämällä kiilamaisia reunamuotteja. Muotonsa ansiosta muottipöydälle tarvitsee vain liimata puurimat, vedenpoistouria varten. Rimoihin tulee myös muotoilla oikeanlaiset kallistukset, vedenpoistumisen takaamiseksi. (2, s. 22.) Tällaiset muottikoon muutokset ovat nopeita yksinkertaisia toteuttaa, jonka vuoksi kiilamallisen parvekelaatan valmistus on nopeaa. Kiilalaatta on esitetty Kuvassa 12.

Kuppilaatan kuppimuotti valmistetaan vanerista, koska laattojen kupprien koot vaihtelevat runsaasti, eikä vakiokokoista muottia ole mahdollista käyttää. Tämän vuoksi suunnittelijan tulee pyrkiä kupprien koon vaihtelun minimoimiseen, esimerkiksi reunakannaksen leveyttä vaihtelemalla. Kannaksen leveyttä vaihtelemalla tehdas voi säilyttää kupin koon vakiona, jonka ansiosta laatan valmistukseen kuuluva aika ja kustannukset pienenevät. Kuppilaatan muotti tulee suunnitella vain yhteen suuntaan kallistettuna. Jos laatta on useampaan suuntaan kallistettu, valetaan se yläpinta ylöspäin. Valu tehdään yläpinta ylöspäin, koska kuppi on tällöin helpompi muotoilla tuoreeseen betoniin käsin. (2, s. 22.) Kuppilaatta on esitetty Kuvassa 12.

Parvekepillarit, jotka ovat ulokkeettomia, valetaan tyypillisesti seinää vasten jäävä pinta ylöspäin. Jos ulokkeita esiintyy vain yhdellä sivulla, tehdään ne yläpintaan.

Ulokkeita tulisi kuitenkin välttää, jonka vuoksi parvekelaatan tuentaa suositellaan kerroksen korkuisen pilarin päältä. (2, s. 23.)

Pieliseinät ja betonikaiteet valetaan kuten muutkin elementit ja muottipinnan valinta tehdään pintavaatimusten mukaan. On kuitenkin muistettava, että elementin kaikkia pintoja ei saada samanlaisiksi, koska muotituksen ja elementin hiertopinnan jälki on aina erilaista.

Kun muottia rakennetaan, tulee välttää sitä läpäiseviä kiinnitysosia, koska ne vaikeuttavat muotin purkamista ja lisäävät työaikaa. Erityisen paljon tarkkuutta vaativat varaukset ja tartunnat kiinnitetään muottipinnoille ennen valua, jotta ne pysyvät paikoillaan valun aikana. Vähäisempää tarkkuutta vaativat tartunnat ja varaukset voidaan painaa elementin pintaan valun jälkeen. (2, s. 23.)

5.6 Parvekkeiden rauditus

Parveke-elementeissä käytetään yleisimmin kahta eri teräslaatua, jotka ovat verkot B500K ja harjateräkset A500HW. Ruostumatonta terästä ei pääsääntöisesti tarvitse käyttää. (2, s. 23.)

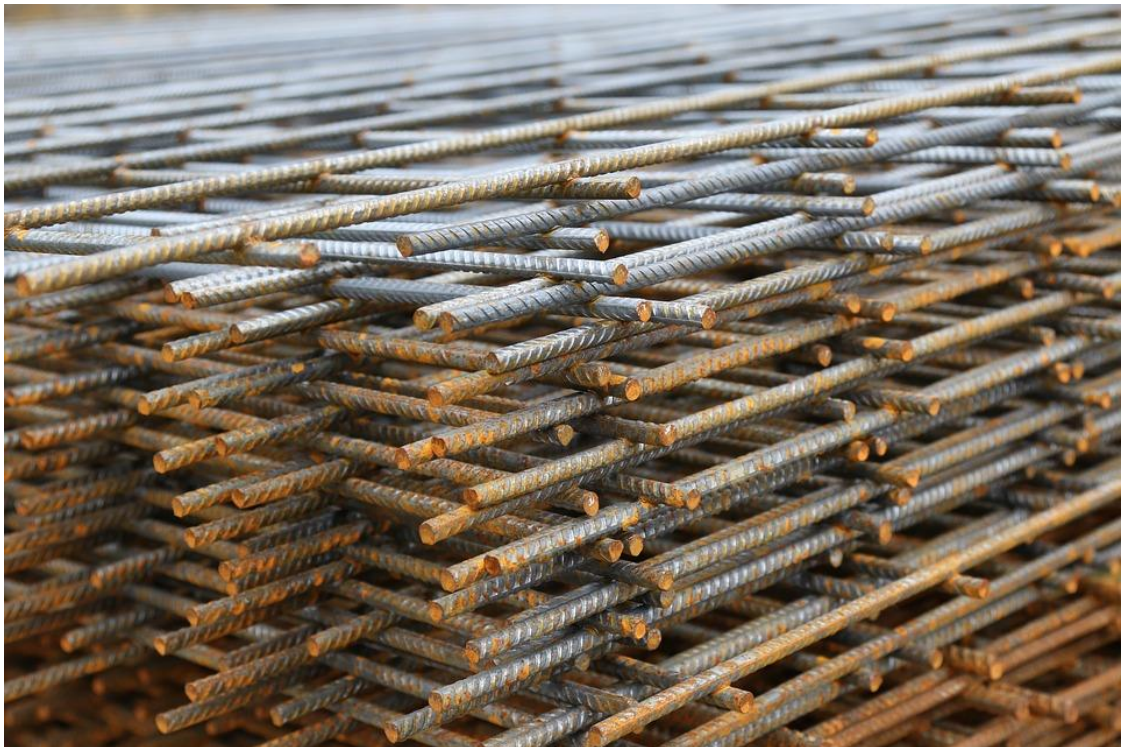
RT-betoniterästiedotteen mukaan Suomessa käytettäville betoniteräksille ja -teräsverkoille on otettu käyttöön tyyppihyväksyntä 1.8.2017 alkaen. Tyyppihyväksyntä on valmistajalle rakennustuotteen vapaaehtoinen kelpoisuuden osoittamismenettely, mutta se sitoo rakennusvalvontaa, joka pitää tyyppihyväksyntää ensisijaisena kelpoisuuden osoittamiskeinona. Tyyppihyväksyntään siirtymisen takia vanhoista teräslaaduista on jouduttu siirtymään uusiin, ilman lisäselvityksiä vastaaviin laatuihin. Teräsverkoissa käytetty teräslaatu B500K vastaa nykyään B500A:ta ja harjateräksissä käytetty teräslaatu A500HW, B500B:tä. (18, s. 1.)

Parveke-elementissä käytettävä rauditus suunnitellaan tapauskohtaisesti. Rauditus esitetään mahdollisimman selkeästi elementtien tuotantopiirustuksissa. Raudoitusta suunniteltaessa tulee pyrkiä työtä säästäviin ja helposti toteutettaviin ratkaisuihin. Erityisesti tuotannon kannalta suunnittelussa tulee ottaa huomioon standardiraudoitteiden käyttö (esimerkiksi vakioverkot), eri raudoitetyyppien käytön minimointi sekä käytettävien terästen sopiminen rakenteeseen mm. betoni-peitepaksuuden osalta. (2, s. 23.)

Betonipeite on betonin pinnan ja betonin sisältämän, lähimpänä olevan raudoituksen pinnan välinen etäisyys. Betonipeitteen määrittämisessä otetaan huomioon sekä haat että työteräkset. Rakenteet suunnitellaan käyttämällä betonipeitteen nimellisarvoa c_{nom} . Nimellisarvo muodostuu betonipeitteen vähimmäisarvon c_{min} sekä suunnittelussa huomioon otettavan mittapoikkeaman summana. Betonipeitteen tulee olla vähintään vähimmäisarvon suuruinen rakenteesta mitattuna. (19, s. 21.)

Vakioraudoitteet

Betonielementtiparvekkeiden suunnitteluohjeessa (2) on listattu muutamia perusohjeita eri elementtityyppien raudoituksiin. Ohjeelliseksi arvoksi parvekelaatan yläpinnan raudoitukseksi on asetettu T8 k200. T8 tarkoittaa 8 millimetriä halkaisijaltaan paksua harjaterästankoa ja k200, 200 millimetrin jaolla olevia harjateräksiä. Laatan alapinnan ohjeelliseksi raudoitukseksi on määritetty vakioverkkoraudoite T10 k200 tai k150. Mahdollinen lisäraudoitus lisätään laattaan irtotangoilla. Reunahakojen tulee puolestaan olla T8 k200. Haat tulee myös tehdä saman korkuisina koko laattaan tai vaihtoehtoisesti käyttämällä maksimissaan kahta eri korkeutta. (2, s. 23.)



Kuva 19. Vakioverkkoraudoite (20)

Normaaleissa pielielementeissä ei käytetä verkkoraudoitusta, vaan ainoastaan pielen ympärikiertävää pieliterästä. Suunnitteluohjeessa (2) on määritetty pieliteräksen ohjeelliseksi arvoksi T10.

Kaide-elementeissä perusohjeena on käytetty keskeisesti olevaa rauditusverkkoa E5-150 ja reunateräksinä 2 E7 (2, s. 23.). Lyhenne E tulee ruostumattomasta teräksestä.

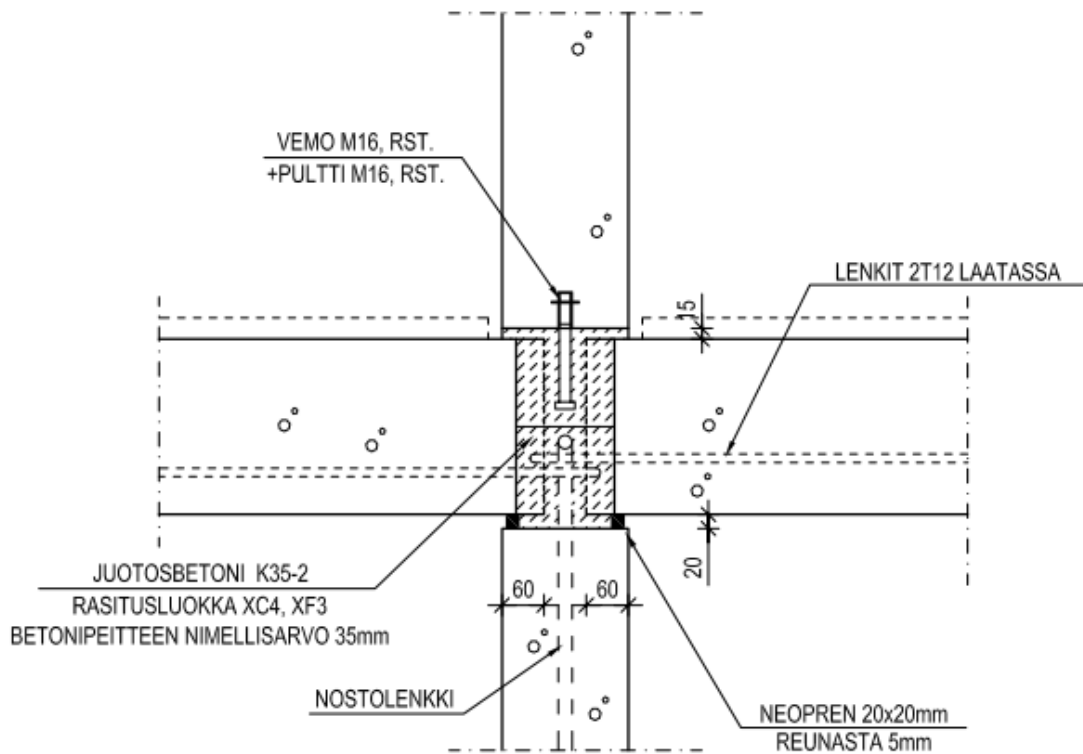
Edellä mainitut perusohjeet ovat kuitenkin vain ohjeita, joten rakennesuunnittelijan tulee aina tarkastaa kyseisten raudoitusten riittävyys jokaiseen kohteeseen tapauskohtaisesti. (2, s. 23.)

5.7 Elementtiliitokset ja eri valmistajien liitososat

5.7.1 Pieliseinä ja laatta

Parvekelaatat ja pielielementit kiinnitetään toisiinsa ankkurointilenkeillä. Ankkurointilenkeinä voidaan käyttää sopivasti sijoitettuja nostolenkkejä. Pieliseinien alapään liitoksessa käytetään vaarnatappikiinnitystä. Sisäkierrehylsyn sekä irtopultin käyttämistä pidetään suositeltavampana kuin kiinteän tapin. (2, s. 25.) Kuvassa 20 on esitetty parvekelaatan ja pielielementin välinen liitos.

JUOTOSBETONI VALETAAN ENSIN LAATAN
PUOLEENVÄLIIN JA YLEMMÄN PILARIN
ASENNUKSEN YHTEYDESSÄ LOPUT.



Kuva 20. Parvekelaatan ja pieliseinän välinen liitos (15)

5.7.2 Pilari ja laatta

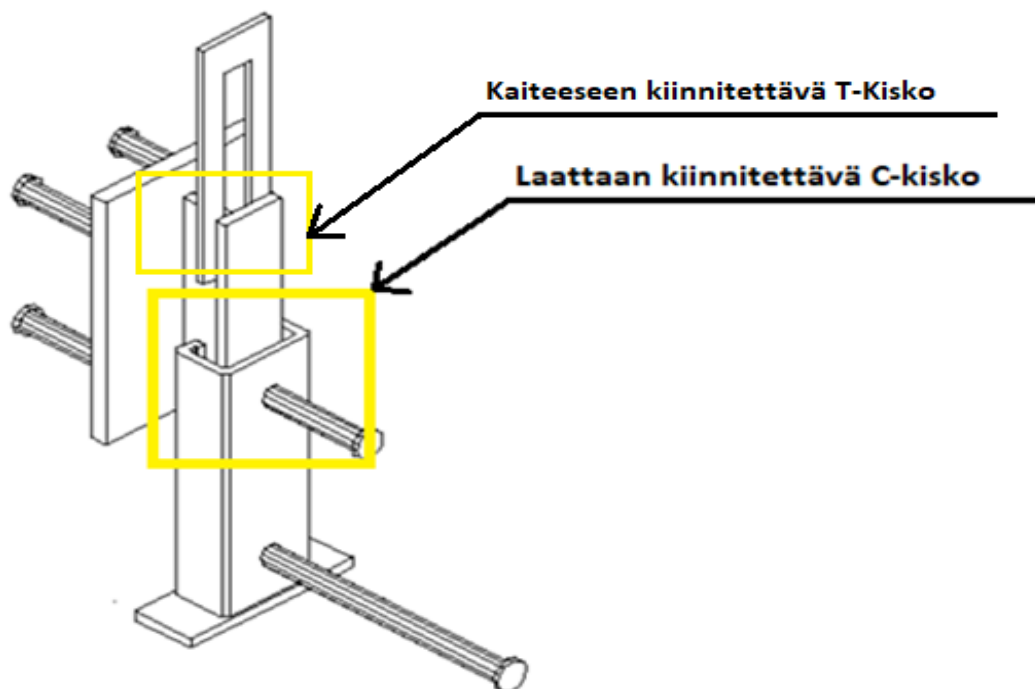
Parvekelaatan ja -pilarin välisen liitoksen toteutusratkaisu valitaan elementtien sijainnin perusteella. Parvekelaatta on mahdollista sijoittaa joko kokonaan tai vain osittain parvekepilarin väliin. Myös sijoittaminen kokonaan pilarin viereen on mahdollista. Jos laatta sijoitetaan kerroksen korkuisten pilarien väliin, yhdistetään elementit teräksillä, jotka läpäisevät laatan. (2, s. 25.)

Osittain parvekepilarin väliin sijoitetun laatan kiinnittäminen tehdään ankkurointilenkeillä ja vaarnatapeilla. Kyseiset kiinnitysosat suojataan jälkivalulla. Jos laatta sijoitetaan pilarin viereen, kannatustapana on betoniuloke tai piilokonsoli. Tällöin parvekepilarit ovat yleensä useamman kerroksen korkuisia. (2, s. 25.)

5.7.4 PL-kaideliitos (Semko Oy)

Semko Oy:n valmistama PL-kaideliitos vakioteräsosa liittää betoni- tai teräskaitteen betoniseen parvekelaattaan. Kaideliitoksen tehtävänä on siirtää kaiteeseen kohdistuvat voimat parvekelaatalle. Liitos kantaa pystykuormat heti asennuksen jälkeen, vaikka lopullinen lujuus saavutetaan vasta kun parvekelaatassa kiinni olevan c-kiskon urat on juotettu täyteen betonilla ja betoni on kovettunut. (21, s. 2.) Samanlaisia vakioteräsosia löytyy myös muilta tuotevalmistajilta. Esimerkiksi Peikko Groupin P4X-kaideliitos toimii aivan samalla periaatteella kuin Semkon PL-kaideliitos.

PL-kaideliitos koostuu esivalmistetuista teräsosista. Parvekelaatan ja -kaiteen valuun asennetaan omat kiskot tartuntoineen. Teräskaitteen ollessa kyseessä t-kisko hitsataan teräskaitteeseen. Asennettaessa osa liitoksen välyksestä voidaan poistaa liitoksen mukana toimitettavalla kiilapalalla. Loput välyksestä saadaan poistettua kun c-kiskon kolot valetaan täyteen hienojakoista juotoslaastia. (Esim. Vetonit-juotosbetonia 600/3) (21, s. 3.) Kuvassa 22 on esitetty kaideliitoksen periaate sekä eri osat.



Kuva 22. Semko Oy:n valmistama parvekkeen PL-kaideliitos ja sen eri osat (21, s. 1)

5.8 Käyttöikäsuunnittelu

Käyttöikäsuunnittelulla tarkoitetaan rakenteiden kestävyuden suunnittelua säilyvyyden osalta. Peruseriaatteena on, että suunnittelija valitsee rasitusluokat, joihin tuleva rakenne sijoittuu sekä ajanjakson, jonka tulevan rakenteen tulee kestää vallitsevissa olosuhteissa (22, s. 9). Käyttöikään liittyvät vaatimukset voidaan selvittää joko laskennallisella mitoituksella tai taulukkomitoituksella. Taulukkomitoitusta käytettäessä rakenteet suunnitellaan joko 50 tai 100 vuoden käyttöiälle. (19, s. 21.) Normaalisti betoniparvekkeet suunnitellaan kuitenkin 50 vuoden käyttöiälle (2, s. 28).

Taulukkomitoituksen mukaan rakenteen katsotaan täyttävän sen käyttöiälle asetetut vaatimukset, kun betonin koostumus täyttää sen vähimmäis- ja enimmäisvaatimukset. Nämä vaatimukset on esitetty Liitteissä 1 ja 2. Myös raudoitusta suojaavan betonipeitepaksuuden sekä halkeilun tulee täyttää niille asetetut vaatimukset. Halkeamaleveyden raja-arvot eivät kiristy käyttöiän noustessa 100 vuoteen. Vaatimukset on esitetty taulukoissa 5 ja 6.

Kriteeri	Ympäristöolosuhteista johtuva betonipeitteen vähimmäisarvovaatimus $c_{min,dur}$ (mm)							
	Rasitusluokka eurokoodin EN 1992-1-1 taulukon 4.1 mukaan							
	X0	XC1	XC2 XC3	XC4	XD1	XS1	XD2	XD3 XS2,3
Betoniteräs	10	10	20	25	30	30	35	40
Jänneteräs	10	20	30	35	40	40	45	50
100 vuoden suunniteltu käyttöikä ¹⁾	+0	+0	+5	+5	+5	+5	+5	+5
Minimilujuusluokka ²⁾	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45
Valittu lujuusluokka \geq	C20/25	C30/37	C35/45	C35/45	C35/45	C40/50	C35/45	C45/55
RakMK B4 1-rakenneluokka	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5

Taulukko 5. Betonipeitteen vähimmäisarvovaatimukset $c_{min,dur}$ (mm), kun suunnittelukäyttöikä on 50 tai 100 vuotta (11, s. 6)

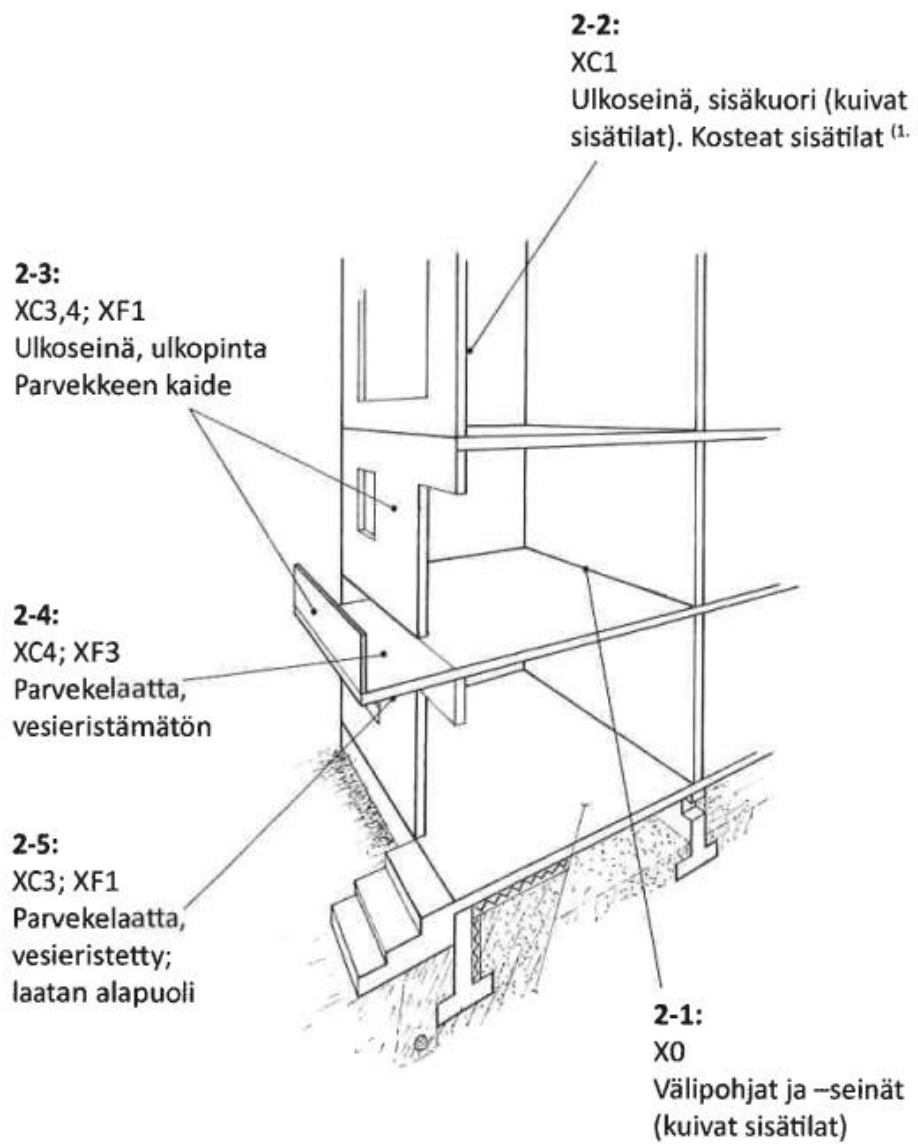
Rasitusluokka	Halkeamaleveyden w_{max} raja-arvot (mm)		
	Teräsbetonirakenteet ja tartunnattomat ankkurijännerakenteet	Tartuntajännerakenteet ja injektoidut ankkurijännerakenteet	
	Pitkäaikainen kuormayhdistelmä	Tavallinen kuormayhdistelmä	Pitkäaikainen kuormayhdistelmä
X0, XC1	0,40	0,20	ei vaatimuksia
XC2, XC3, XC4, XD1, XS1	0,30	0,20	vetojännityksetön tila
XD2, XD3 XS2, XS3	0,20	vetojännityksetön tila	ei vaatimuksia

Taulukko 6. Halkeamaleveyden w_{max} raja-arvot, kun suunnittelukäyttöikä on enintään 100 vuotta (19, s. 24)

Laskennallisessa mitoituksessa rakenteen käyttöikä lasketaan kertomalla ns. vertailukäyttöikä eri tekijät huomioon ottavilla kertoimilla. Menetelmää voidaan käyttää, kun suunniteltu käyttöikä on 50...200 vuotta. Laskennallisessa mitoituksessa halkeilun tulee täyttää samat vaatimukset kuin taulukkomitoituksen Taulukossa 3 esitetyt vaatimukset.

BY65:n Betoninormien (19) mukaan käytäntönä on, että suunnittelija määrittelee rasitusluokan ja suunnitellun käyttöiän rakenteelle. Tämän jälkeen vastuu betonin/betonirakenteen valmistamisesta siirtyy valmistajalle. Valmistaminen tulee tehdä vaatimusten mukaisesti ja vaatimusten täyttymistä valvotaan BY65:n betoninormien mukaan. (2, s. 28.)

Betoniset rakennusosat jaetaan omiin rasitusluokkiin. Rasitusluokka valitaan ympäristöolosuhteiden kuvausten mukaan. Rasitusluokat kuvaavat, millaiselle rasitukselle kyseinen rakennusosa on käyttöikänsä aikana alttiina. Parvekkeen eri osat kuten laatat, pilarit, pielet ja kaiteet kuuluvat pääosin luokkiin XC3,4. Rakenteet voivat myös samanaikaisesti kuulua useampaan rasitusluokkaan. Kuvassa 23 on esitetty tarkemmin mihin rasitusluokkaan kukin rakennusosa kuuluu. Taulukossa 7 puolestaan on avattu lyhyesti, mitä rasitusluokkien tunnuksat tarkoittavat.



Kuva 23. Parvekkeen rakenteiden rasitusluokkiin sijoittuminen (22, s. 56)

Luokka	Kuvaus
Ei korroosiovaaraa tai rasituksia	
X0	Raudoittamaton betoni, kun ei ole merkittävää jäädytys-sulatusrasitusta, kulutusrasitusta tai kemiallista rasitusta Raudoitettu betoni hyvin kuivissa olosuhteissa
Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio	
XC1	Kuiva tai pysyvästi märkä
XC2	Märkä, harvoin kuiva
XC3	Kohtalaisen kostea
XC4	Märkä ja kuiva vaihtelevat
Muun kuin meriveden kloridien aiheuttama korroosio	
XD1	Kohtalaisen kostea
XD2	Märkä, harvoin kuiva
XD3	Märkä ja kuiva vaihtelevat
Meriveden kloridien aiheuttama korroosio	
XS1	Kosketuksessa ilman kuljettaman suolan kanssa, mutta ei suorassa kosketuksessa meriveteen
XS2	Pysyvästi veden alla
XS3	Vuoroveden ja roiskeen vyöhykkeellä
Jäädytys-sulatusrasitus jäänsulatusaineilla tai ilman niitä	
XF1	Kohtalainen vedellä kyllästyminen ilman jäänsulatusaineita
XF2	Kohtalainen vedellä kyllästyminen ja jäänsulatusaineet
XF3	Suuri vedellä kyllästyminen ilman jäänsulatusaineita
XF4	Suuri vedellä kyllästyminen ja jäänsulatusaineet tai merivesi
Kemiallinen rasitus (XA-luokat)	

Taulukko 7. Rasitusluokkien kuvaukset (11, s. 3)

6 Laskenta-alustat (mitoitus)

6.1 Yhteen suuntaan kantava parvekelaatta

Yhteen suuntaan kantavan parvekelaatan (Excel) laskenta-alusta on tehty laskemaan tavallisia pilari- sekä pieliementtikannatteisia parvekelaattoja. Alustan laskenta on toteutettu kuten normaalin yhteen suuntaan kantavan teräsbetonipalkin laskenta, mutta ainoana erona on, että laatta mitoitetaan vetoraudoitettuna suorakidepoikkileikkauksena yhden metrin levyisenä kaistana. Laatta mitoitetaan mm. taivutusta, leikkausta, taipumaa sekä halkeilua vastaan, jotka kyseinen alusta ottaa huomioon. Pilarin läpyleikkautumista ei ole haluttu ottaa tähän laskenta-alustaan mukaan, vaan sen laskenta on toteutettu FEM-Design 17-ohjelmistolla, josta kerrotaan lisää luvussa 7 FEM-Design.



Kuva 25. Työssä tarkasteltava yhteen suuntaan kantava parvekerakenne Tekla Structures -ympäristössä

jota painamalla laskenta-alusta mitoittaa laatan ja siirtää käyttäjän suoraan tulostusvälilehdelle. Tulostusvälilehdeltä löytyvät kaikki laskenta-alustan laskemat tulokset selkeässä ja tulostettavassa muodossa. Yhteen suuntaan kantavan parvekelaatan laskenta-alustan Aloitus/lähtötietovälilehti on esitetty Liitteessä 6.

6.3.1 Kuormitus

Yhteen suuntaan kantavan laatan kuormat siirtyvät suoraan yhdelle tai useammalle keskenään lähes yhdensuuntaiselle viivamaiselle tuelle. Laatan pituus-suunnassa voimasuureet jakautuvat periaatteessa samalla tavalla kuin palkeissa. (23, s. 9.)

Parvekelaattaa mitoitettaessa sille tulevat kuormat on laskettu yhden metrin mittaiselle kaistalle. Kuormat tulee syöttää alustaan käyttörajatilassa (g_k), jonka jälkeen alusta laskee kuormat yhteen ja antaa näiden yhteenlasketun laskenta-arvon murtorajatilassa (ΣP_d).

6.3.2 Taivutus

Laattojen taivutusmitoitus ei juuri poikkea palkkien taivutusmitoituksesta. Laatta-poikkileikkaus on tyypillisesti vähemmän rasiattu ja sen rauditusaste on alhaisempi kuin palkeilla. Yhteen suuntaan kantavilla laatoilla taivutusmitoitus tehdään pääsuunnassa, eli laattaa kannattelevien tukien suuntaisesti. Toisessa suunnassa rauditus määritetään rakenteellisten ohjeiden perusteella. Tästä raudoituksesta käytetään nimeä jakorauditus. Jakoraudituksen vähimmäispinta-ala on 20 % pääraudituksen pinta-alasta. (23, s. 48.)

Taivutusmitoitus tehdään laskettujen maksimimomenttien perusteella, jotka on saatu parvekelaattaan kohdistuvista kuormituksista. Mitoitusyhtälö on $M_{Rd} \geq M_{Ed}$.

Taivutuskestävyyden laskenta ja tulokset on esitetty yhteen suuntaan kantavan parvekelaatan laskenta- ja tulostus välilehdillä Liitteessä 6.

6.3.3 Leikkaus

Leikkausmitoitus tehdään viivamaisesti tuetuille laatoille. Tuki voi olla taivutusmomentin suhteen vapaasti kiertyvä tai kiinnitetty. Laatat tarkastellaan tavallisesti

leikkausraudoittamattomina ja usein riittää, että leikkauskestävyys on tarkastettu eniten rasitetulla tuella. (23, s. 58,)

Laskenta-alustassa leikkauskestävyys on laskettu leikkausraudoittamattomana ($V_{Rd,c}$), sekä leikkausraudoitettuna, jossa mitoitusyhtälönä käytetään $V_{Ed} \geq V_{Rd}$. Alusta laskee leikkausraudoituksen käyttäjän laskenta välilehdellä määrittämien hakavälin, leikkeiden ja hakojen halkaisijan perusteella. Jos valittu leikkausraudoitus on riittävä, alusta ilmoittaa leikkauskestävyyden olevan ”OK”.

Leikkauskestävyyden laskenta ja tulokset on esitetty yhteen suuntaan kantavan parvekelaatan laskentavälilehdillä Liitteessä 6.

6.3.4 Taipuma

Taipumarajatila tulee laatoilla usein määrääväksi rajatilaksi. Taipumaa voidaan pyrkiä rajoittamaan kasvattamalla laatan paksuutta. Koska tarkka taipuman laskenta on hankalaa, on Eurokoodissa esitetty likimääräismenettely, josta rakenteelle saadaan rajatilaehdon täyttävä tehollisen korkeuden vähimmäisarvo. Menetelmä on sama laatta- ja palkkirakenteille. Kirjallisuudessa on esitetty taulukoita ja käyrästöjä laatan taipuman tarkempaan määrittelyyn, mutta nykyisin on käytännöllisintä laskea taipuma soveltuvalla tietokoneohjelmalla silloin, kun eurokoodin likimääräismenettelyn tarkkuus ei riitä. (23, s. 88.) Työssä on myös tarkasteltu taipumaa FEM-Design 17 ohjelmalla, josta kerrotaan luvussa 7.

Laskenta-alusta laskee parvekelaatan taipuman (w_{tot}), jota tulee verrata sallittuun taipuman arvoon $L/250$. Laatan taipumatarkastelu ja tulokset on esitetty yhteen suuntaan kantavan parvekelaatan laskentavälilehdillä Liitteessä 6.

6.3.5 Halkeilu

Betonirakenne halkeaa, kun vetojännitys ylittää betonin vetolujuuden. Vetojännitys voi johtua ulkoisesta kuormituksesta tai sisäisistä pakkovoimista. Kuormituksen aiheuttama halkeilu ajoittuu tavallisesti muottien purun jälkeiseen aikaan, jolloin kuormana on rakenteen omapaino tai vasta varsinaiseen käyttöaikaan, jolloin kuormana on omanpainon lisäksi myös hyötykuormaa. (24, s. 208.) Elementti-parvekkeista puhuttaessa halkeilun muodostuminen voidaan olettaa tapahtuvan rakenteen käytön aikana.

Halkeilua rajoitetaan raudoittamalla betonirakennetta. Usein halkeilu vaatii enemmän raudoitusta kuin rakenne muuten vaatisi. Excel-laskenta-alusta laskee rakenteen maksimihalkeamaleveyden (w_k) sekä suurimman halkeamavälin ($S_{r,max}$) siihen syötettyjen lähtötietojen perusteella. Halkeamaleveyden arvoa tulee verrata halkeamaleveyden sallittuihin arvoihin, jotka on esitetty Taulukossa 6.

Liitteessä 6 on esitetty halkeamaleveyden laskenta sekä tulokset.

6.3.6 Raudoitus

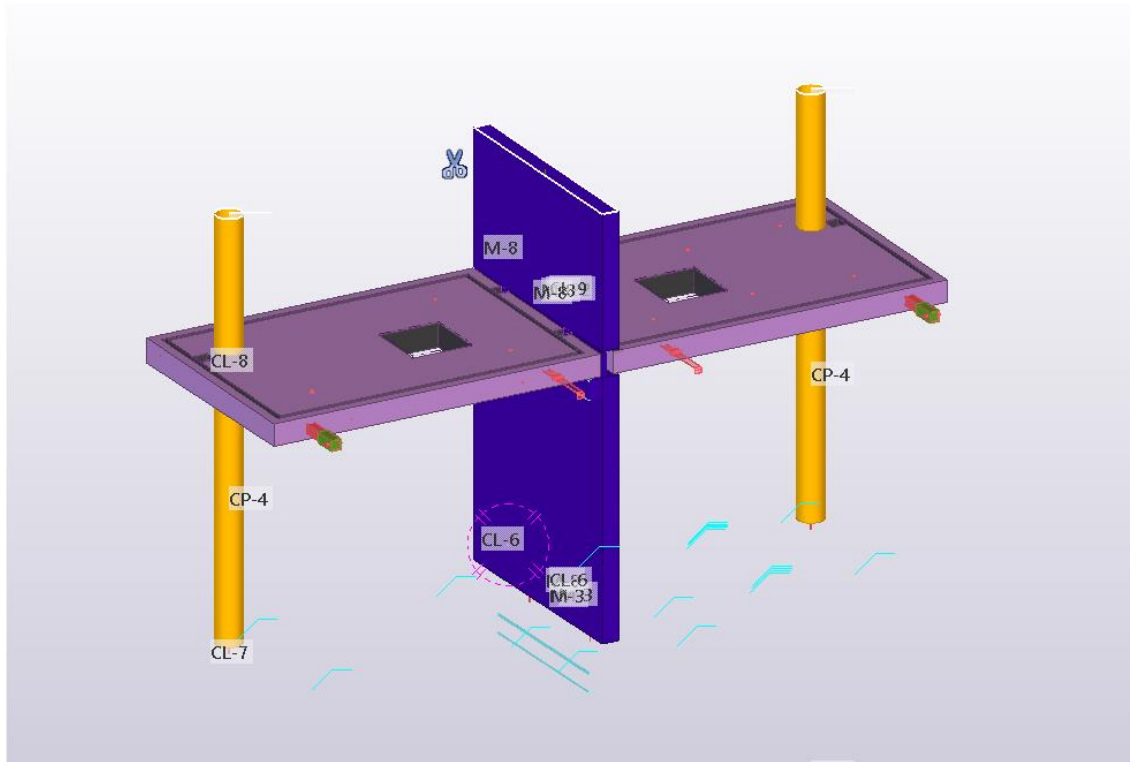
Parvekelaatta mitoitetaan pääasiassa vetoraudoitukselle ja leikkausraudoitukselle. Alustalla voi laskea yläpinnan puristusteräksiä mutta yksiaukkoiselle, yhteen suuntaan kantavalle laatalle niiden laskeminen on turhaa. Laattaan saadaan laskettua vaadittava raudoitus ($A_{S_{vaad}}$) rakenteeseen kohdistuvasta taivutusmomentin arvosta.

Alusta laskee raudoituksen laskentavälilehdellä, jossa käyttäjän pitää valita teräksien halkaisijat sekä niiden lukumäärä. Jos valittu raudoitus on riittävä, huomataan se taivutuskestävyyden käyttöasteesta, ja alusta ilmoittaa taivutuskestävyyden olevan "OK" sekä laskenta että tulostus välilehdellä. Tulostusvälilehdellä on havaittavissa selkeästi terästen halkaisija (Φ), kappalemäärä (n_1) sekä raudoituksen pinta-ala (A_{S1}), joka ilmoitetaan yksikössä mm^2 .

Liitteessä 6 on esitetty raudoituksen laskenta sekä tulokset taivutusmomenttia (M_{Ed}) vastaan.

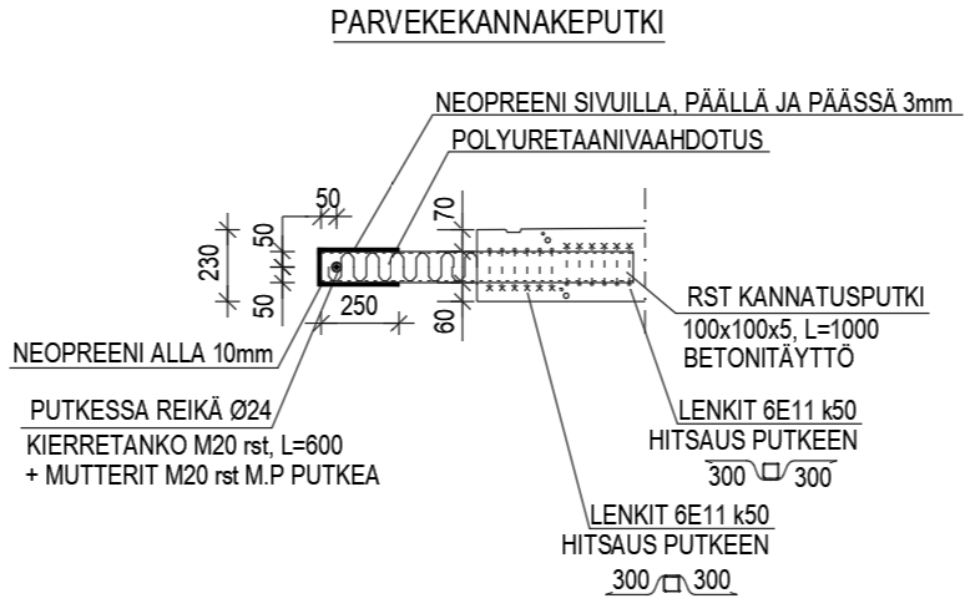
6.4 Parvekeputkiliitos

Parvekeputkiliitosta käytetään parvekelaatoissa, jotka eivät ole toisesta päästään kokonaan tuella ja ovat esimerkiksi pilarikannatteisia. Parvekekannakeputken tehtävä on kannatella laattaa samaan tapaan kuin pilari- tai pieliementtien. Kuvassa 27 on esitetty yhteen suuntaan kantava parvekelaatta Tekla-ympäristössä. Laatta on kannateltu toisesta päästään pieliementillä ja toisesta pilarilla sekä parvekeputkella. Pilarin ja parvekeputken muodostama tuki laatan toisessa päässä voidaan ajatella vastaavaksi kuin, jos laatta olisi tuettu molemmista päistään pieliementeillä.



Kuva 27. Yhteen suuntaan kantava laatta Tekla-ympäristössä

Parvekekannakeputki valetaan laattaan kiinni elementtitehtaalla jo valmistusvaiheessa, esimerkiksi kuvan 28 mukaisesti. Työmaalla putken vapaa pää asennetaan seinässä valmiina olevaan varaukseen. Lopuksi putkeen asennetaan kierretangot sekä mutterit ja putki valetaan kiinni kantavaan seinään ja välipohjaan.



Kuva 28. Parvekekannakeputken detajli

Laskenta

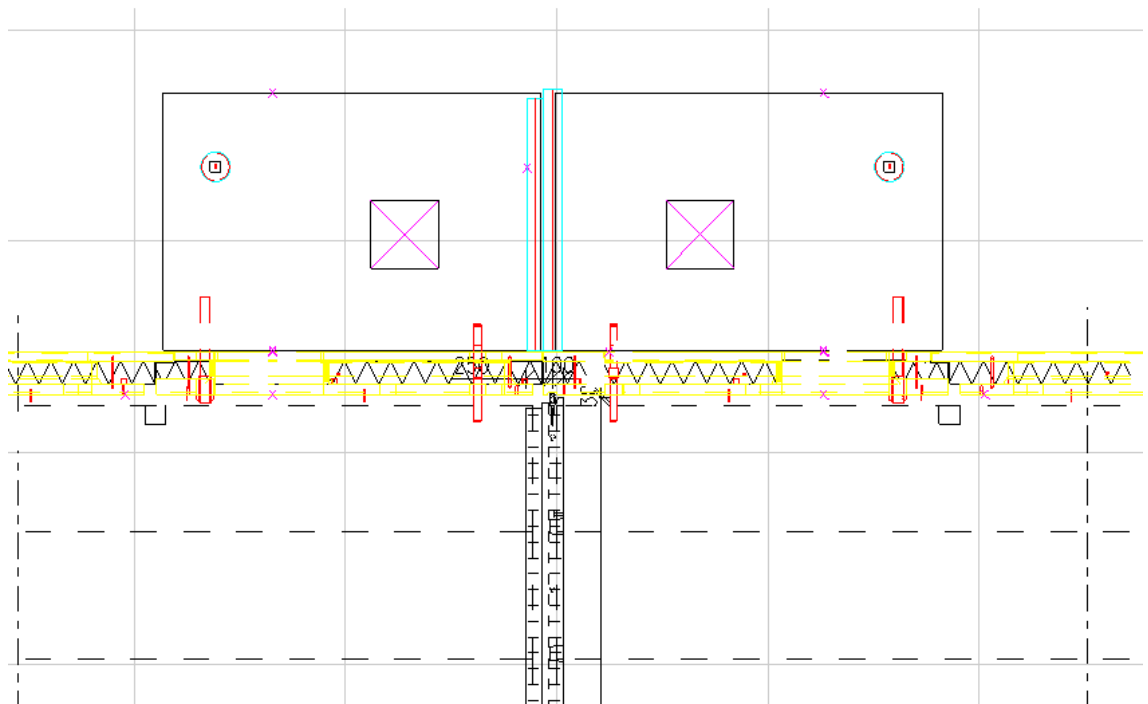
Putkituetun parvekelaatan laskenta-alusta on tehty laskemaan parvekelaatassa olevan putken kestävyyttä. Laskennassa käytetään erittäin lujia Stala 350 -luokan rakenneputkia, joiden koko voi olla jopa 100x100x6 mm. Käyttämällä kyseisiä profiileja voidaan pienentää putkien seinämävahvuutta ja vähentää sekä rakenteen kokonaispainoa että materiaalikustannuksia.

Alusta on rakennettu niin että käyttäjä voi valita aloitusvälilehdeltä laskettavan putkiprofiilin koon ja lujuuden putkelle. Tämän perusteella alusta hakee putken geometrian ja antaa tarvittavat lähtötiedot putken laskentaa varten. Laskentavälilehdellä käyttäjä valitsee putkelle mitat ohjeellisen kuvan mukaan, ja alusta laskee putken tukivoimakestävyuden. Alusta siis laskee suurimmat tukireaktioiden arvot, jotka valitulle profiilille sallitaan tuella A sekä tuella B. Alustalla mitoittaa myös putkipalkin tarvitsemat haat laskenta-alustasta löytyvän kuvan mukaan. Liitteessä 7 on esitetty parvekeputkiliitoksen laskenta ja tulokset.

7 FEM-laskenta

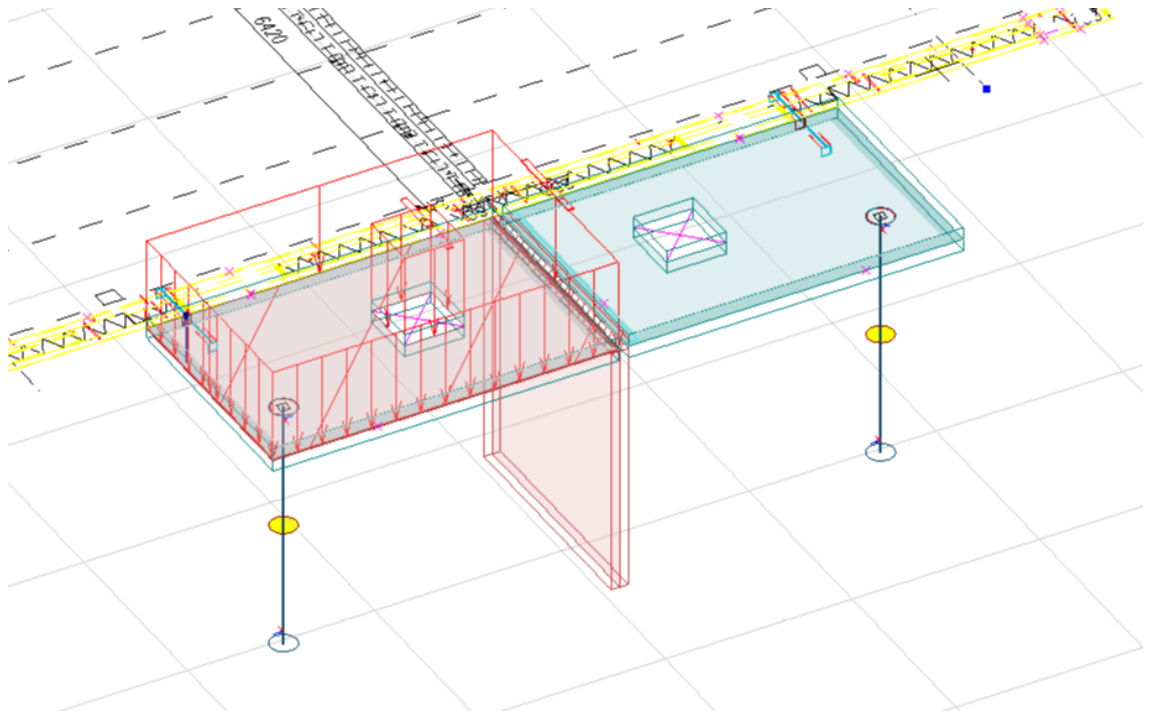
7.1 FEM-Design 17

Työssä on käytetty ruotsalaisen StruSoftin kehittämää FEM-Design 17-laskentaohjelmaa. Ohjelmalla tarkastellaan samaa rakennetta kuin mikä kuvassa 29 on esitetty. Aluksi ohjelmaan on tuotu pohjalle pelkistetty tasopiirustus, jonka päälle rakennemallia voidaan alkaa kasaamaan.



Kuva 29. Pelkistetty tasopiirustus FEM-Design ohjelmassa

Ohjelmaan tuodun tasokuvan päälle on helppo ”mallintaa” rakenteet, eli pielet, pilarit, parvekekannakeputki ja parvekelaatta niiden oikeilla dimensioilla ja materiaaleilla. Tarkasteltava rakenne on yhteen suuntaan kantava parvekelaatta, joka on kannateltu toiselta puolelta pieliementillä ja toiselta puolelta pilarilla sekä parvekekannakeputkella. Parvekekannakeputki on mallinnettu ohjelmaan normaalina teräsputkena, mutta sen kohdalle on lisätty pistemäinen tuki, jotta ohjelma ymmärtää laskea rakenteen oikein. Rakenteiden jälkeen malliin on lisätty tasaiset sekä viivamaiset kuormat käyttörajatilassa, jotka annetaan muodoissa kN/m^2 ja kN/m . Laskenta on suoritettu vain toiselle laatoista, koska laatat ovat hyvin identtisiä keskenään.

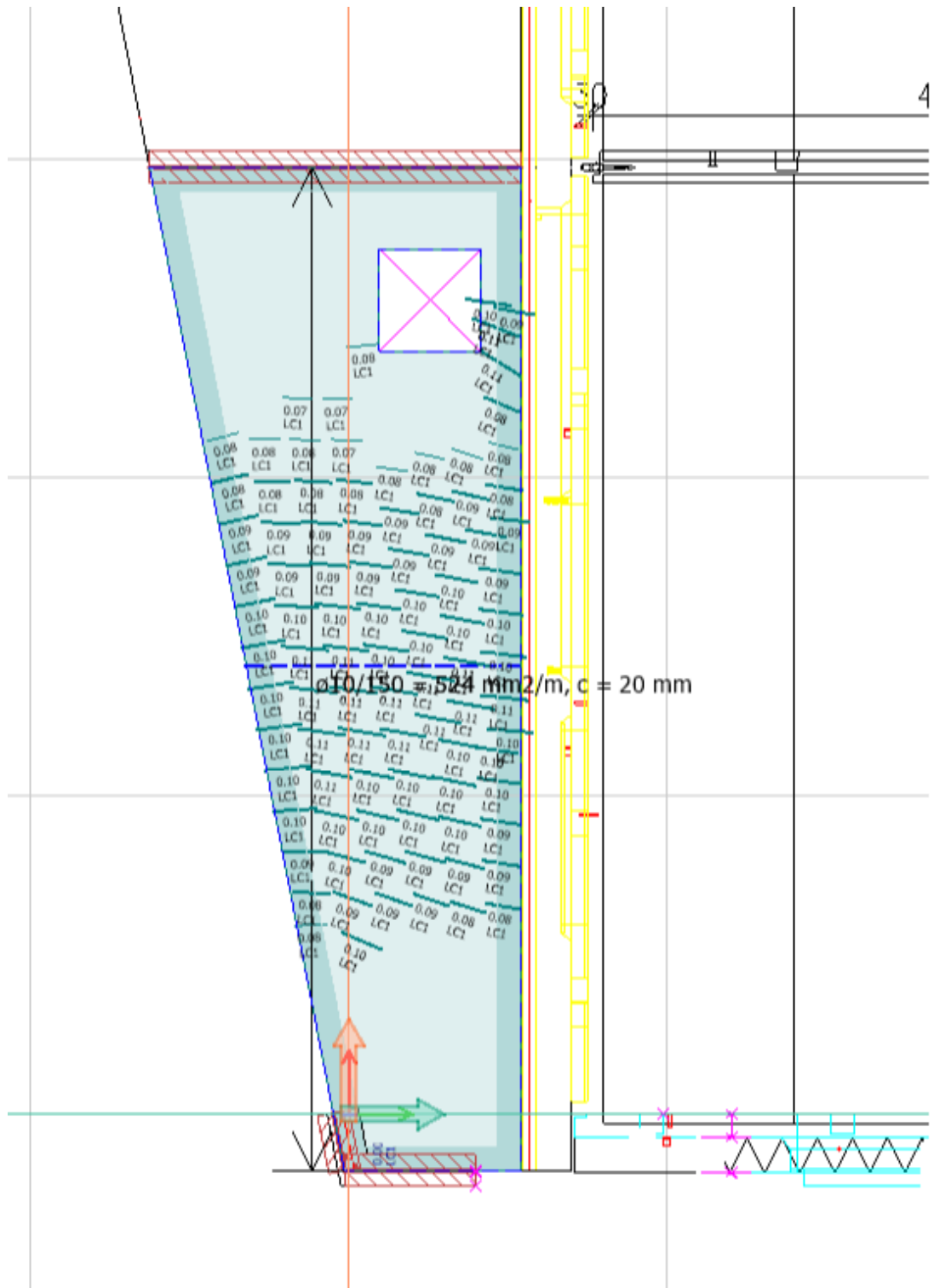


Kuva 30. Rakennemalli + kuormat FEM-Design ohjelmassa 3D-muodossa

Rakenteiden ja kuormien mallintamisen jälkeen voidaan siirtyä laskentavaiheeseen. Ohjelma laskee rakenteen, kunhan tiedot sekä rakenne ja kuormat on mallinnettu ohjelmaan oikein. Mikäli laskenta ei onnistu, virhettä kannattaa lähteä etsimään rakenteesta ja sen pistekohdista. Kun laskenta on suoritettu, ohjelmasta pystyy valitsemaan erikseen, mitä haluaa tarkastella. Työssä on keskitytty pääasiassa rakenteen raudituksen, halkeilun, taipuman sekä läpilleikkautumisen tarkasteluun FEM-Design-ohjelmalla.

7.2 Halkeilu

Tarkasteltavassa rakenteessa halkeilua ei esiintynyt rakenteen lyhyen jännevälin sekä siihen kohdistuvien pienten kuormien vuoksi. Halkeilun havainnollistamiseksi Kuvassa 31 on esitetty jänneväliltään paljon pidempi sekä muodoiltaan hyvin erilainen yksiaukkoinen parvekelaatta, jolle halkeilu sekä taipuma toimivat mitoittavina tekijöinä. Kuvasta nähdään, että laatta halkeilee hyvin paljon ja halkeamaleveyden maksimiarvoksi saadaan 0,11 mm, joka on vielä sallituissa rajoissa.

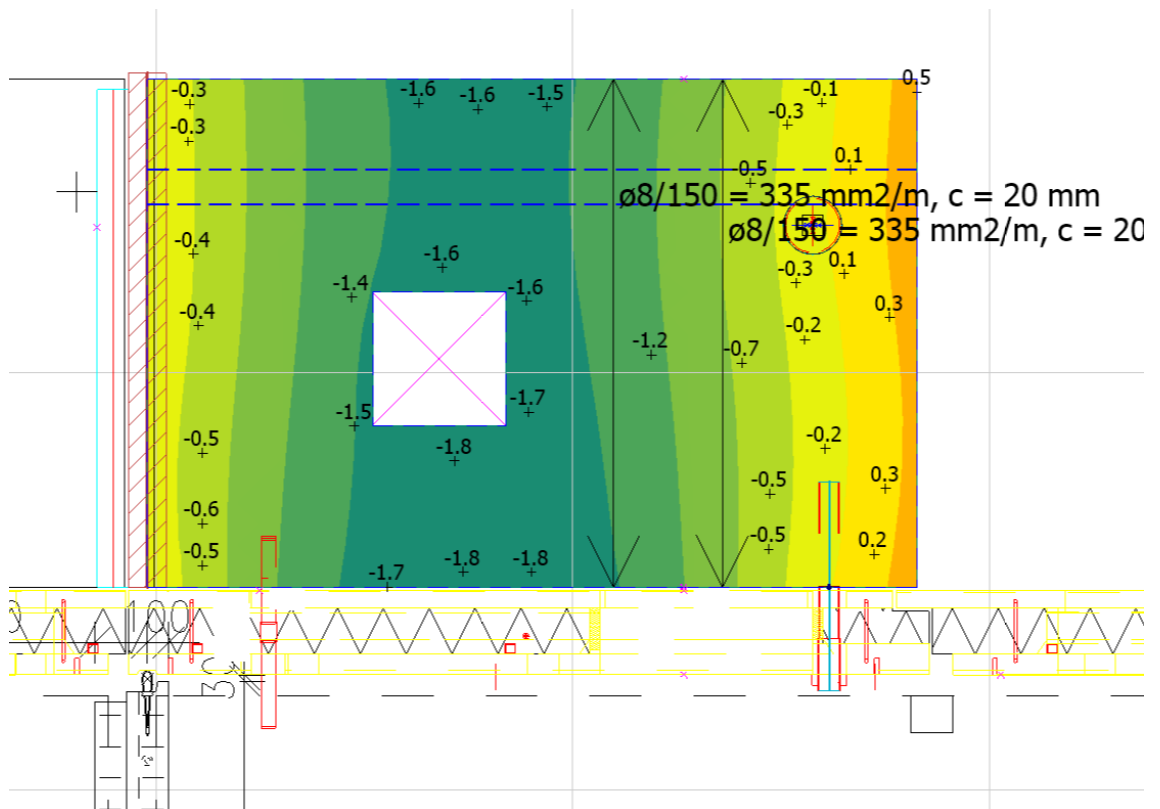


Kuva 31. Parvekelaatan halkeilu FEM-Design ohjelmassa

7.3 Taipuma

Taipumaa kyseisessä rakenteessa on myös laskettu FEM-Designilla. Ohjelma laskee taipuman tarkan arvon laatalle sen joka pisteessä. Tarkasteltavien taipuma-arvojen pistekohtien desimaalit sekä määrän voi valita itse. Taipuman havainnoimiseksi ohjelmasta voi valita rakenteelle ”väripaletin”, josta huomaa helposti, onko rakenne mallinnettu ohjelmaan oikein eli tuelta tuelle.

Taipuman maksimiarvo tarkasteltavassa yksiaukkoisessa parvekelaatassa ei nouse kovinkaan suureksi, sillä laatan jänneväli on vain 3,6 m. Laatan maksimitaipuman arvoksi ohjelmalla on laskettu 1,8 mm, mikä on selvästi sallitun taipumarajan $L/250$ sisällä. Laatalle lasketut taipuman arvot on esitetty kuvassa 32.



Kuva 32. Tulokset tarkasteltavan rakenteen taipuman suuruudesta FEM-Design-ohjelmassa

7.4 Lämpöleikkautuminen

Pilarituetussa parvekelaatassa laatta tukeutuu pistemäisten pilarien varaan. Pilariden ympärillä vaikuttavat leikkausjännitykset, jotka kasvaessaan liian suuriksi

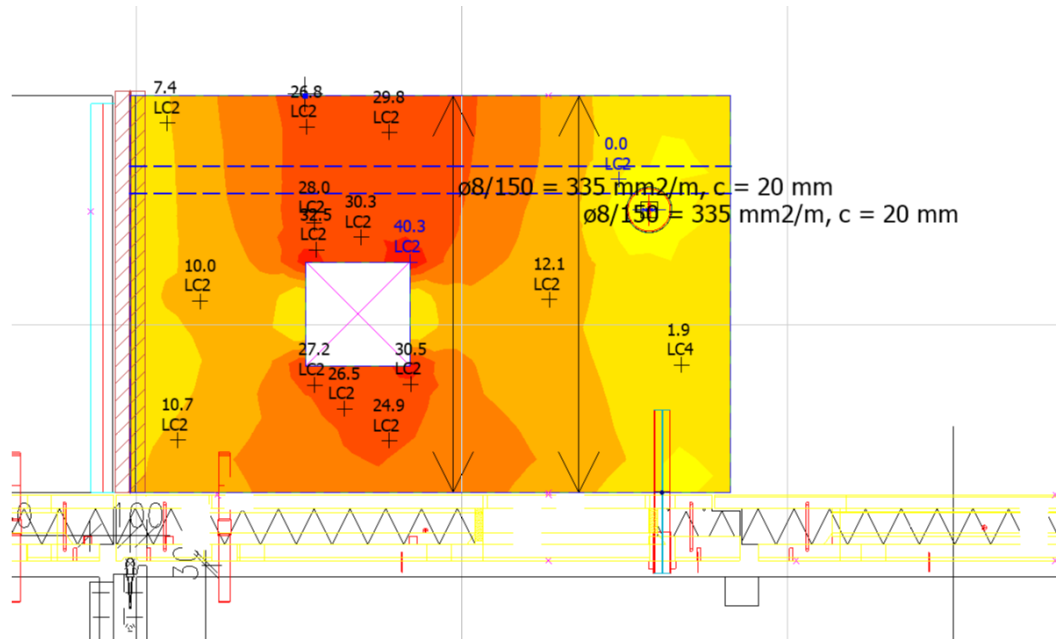
aiheuttavat laatan läpileikkautumisen ja laatta murtuu kartiomaisesti pilarin kohdalla. Laatan lävistyskestävyys muodostuu laskennassa käytettävästä piiristä, sekä laatassa käytettävän betonin ja raudituksen kapasiteetista. Laskennassa käytettävä piiri määritellään pilarin koon mukaan.

Parvekelaatat suunnitellaan riittävän korkeaksi siten, että läpileikkautumista ei pääse tapahtumaan. Lävistyskapasiteetin tarkistus on kuitenkin aina syytä tarkastella. Läpileikkautuminen ei normaalisti kuitenkaan nouse parvekelaatan mitoituksessa määrääväksi tekijäksi, sillä siihen kohdistuvat kuormitukset jäävät yleensä hyvin pieniksi.

Rakenteen lävistyskestävyyden laskennan tulokset FEM-Design ohjelmalla on esitetty Liitteessä 8.

7.5 Taivutusmomentti ja sen vaatima rauditus

Taivutusmomenttia sekä sen vaatimaa rauditusta on tarkasteltu myös FEM-Designilla. Väripaletin käyttö samaan tapaan kuin taipuman laskennassa on suositeltavaa, koska värit ja niiden tummuus havainnollistavat momentin suuruuden arvoa hyvin. Suurimman taivutusmomentin arvon (40.3 kNm/m) ohjelma laskee laatassa olevan aukon eli luukun kohdalle. Jos luukkua ei olisi laatassa, olisi maksimimomentin arvo myös paljon pienempi. Taivutusmomentin arvot on esitetty kuvassa 33.



Kuva 33. Laatan taivutusmomentin arvot ja sen vaatima raudoitus FEM-Designissa

Taivutusmomentin vaatiman raudoituksen arvoksi ohjelma näyttää T8 k150, eli 8 mm:n harjaterästä 150 mm:n jaolla. Raudoitus tulee itse syöttää ohjelmaan ylä- ja alapinnan sekä lisäterästen osalta, ja ohjelma laskee, onko valittu raudoitus riittävä. Ohjelma myös näyttää nuolilla alueen, jolla valittu raudoitus tulee. Kuvasta 33 nähdään laatalle valittu alapinnan raudoitus ja alue, jolle raudoitus tulee laittaa. Laatan ylä- ja alapinnan raudoituksen käyttöasteet x- sekä y-suunnassa on esitetty kuvassa 34.

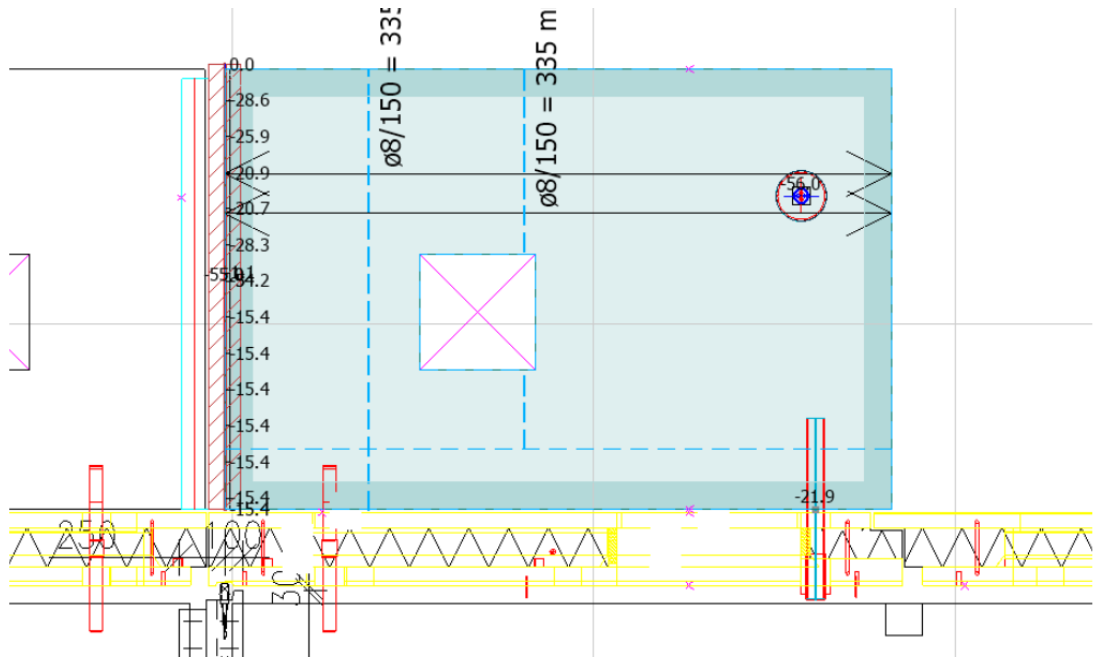
Utilization												
	Group	Design parameters					Total weight [t]	Max. [%]	Min. [%]			
✓	P.1.1	d8/150, B500K, ...					0.146	99	99			
	Shell	Max. [%]	RBX [%]	RBY [%]	RTX [%]	RTY [%]	BU [%]	SC [-]	CWB [%]	CWT [%]		
✓	P.1.1	99	63	99	85	98	0	Not OK	0	0		

Parameters Design Delete < Hide details

Kuva 34. Raudoituksen käyttöasteet

7.6 Tukireaktiot

Parvekelaatan tukireaktiot on myös mahdollista laskea FEM-Design-ohjelmalla. Pielielementin puolella tukireaktiot on laitettu näkymään viivamaisesti, jotta voidaan havaita tukireaktion suuruus eri kohdissa tukea. Toisessa päässä tukireaktiot löytyvät parvekepillarin ja parvekeputken kohdilta, koska laatta on kannateltu niiden avulla toisesta päästään. Tukireaktion suuruus parvekeputken kohdalla on -21,9 kN, jota voidaan verrata laskenta-alustan laskemaan sallittuun tukireaktion suuruuteen. Kuvassa 35 on esitetty tarkasteltavaan parvekelaattaan kohdistuvat tukireaktiot.



Kuva 35. Parvekelaatan tukireaktiot FEM-Design-ohjelmassa

8 Laskentatuloksien vertailu ja analysointi

8.1 Tuloksien vertailu

Tarkasteltavaa parvekerakennetta laskettiin itse tehdyllä Excel-laskenta-alustalla sekä FEM-Design-ohjelmalla, jotta saatujen arvojen oikeellisuus ja vertailu olisi mahdollista. Molemmat laskentatavat antoivat toisistaan poikkeavia tuloksia. Tässä luvussa vertaillaan saatuja arvoja sekä pohditaan, mistä tekijöistä tuloksien eroavaisuudet voivat johtua. Taulukossa 8 on esitetty saatuja tuloksia eri laskentamenetelmillä.

TULOSSIEN VERTAILU

	[mm]	[mm]	[mm ² /m]	[kNm]	[kapasiteetti-%]	[kapasiteetti-%]	[kN]
	Taipuma	Halkeilu	As	Taivutusmomentti	Leikkaus	Läpileikkautuminen	Tukireaktiot putkella
Laskenta-alusta	0,36	0,227	402	16,9	34,1	-	49,5 (Sallittu)
FEM-Design	1,8	-	335	40,3	-	6,53	21,9

Taulukko 8. Saadut tulokset.

Taipuman osalta molemmista, sekä Excel- että FEM-laskennasta, saatiin hyvin toisiaan lähellä olevat taipuman arvot. FEM-laskenta antoi hieman suuremman taipuman parvekelaatalle kuin laskenta-alusta, mutta molemmat pysyivät reilusti sallitun rajan sisäpuolella.

Halkeilua kyseisellä parvekelaatalla ei FEM-laskennan perusteella esiintynyt. Laskenta-alustan antama tulos laatan halkeamaleveydelle puolestaan nousi noin 0,23 mm, mikä voi kuulostaa hyvin pienelle, mutta on todellisuudessa hyvin suuri verrattuna sallittuihin raja-arvoihin. Jänneväliltään ja dimensioiltaan näin pienellä parvekelaatalla halkeilun esiintyminen tulisi olla hyvin pientä tai sitä ei pitäisi esiintyä juuri ollenkaan, joten laskenta-alustan antamaan tulokseen tulee suhtautua kriittisesti.

Raudoituksen osalta molemmat laskentamenetelmät antoivat hyvin lähelle toisiinsa olevan tuloksen. Laskenta-alusta tosin antaa vain 44 % käyttöasteen taivutuskestävyydelle, joten raudoituksen pinta-ala metrille voisi olla siis vielä pienempi. Alustan laskema momentin arvo on myös paljon pienempi kuin FEM-Designin laskema, mutta FEM-Design ottaa laatassa olevan aukon huomioon ja taivutusmomentin arvo on näin ollen huomattavasti suurempi kuin laskenta-alustassa, joka ei aukkoa huomio.

Leikkausraudoitusta FEM-Designiin ei saanut laitettua, joten tuloksia ei voi verrata keskenään. Laskenta-alustan antama käyttöaste leikkauskestävyydelle oli 34,1 %.

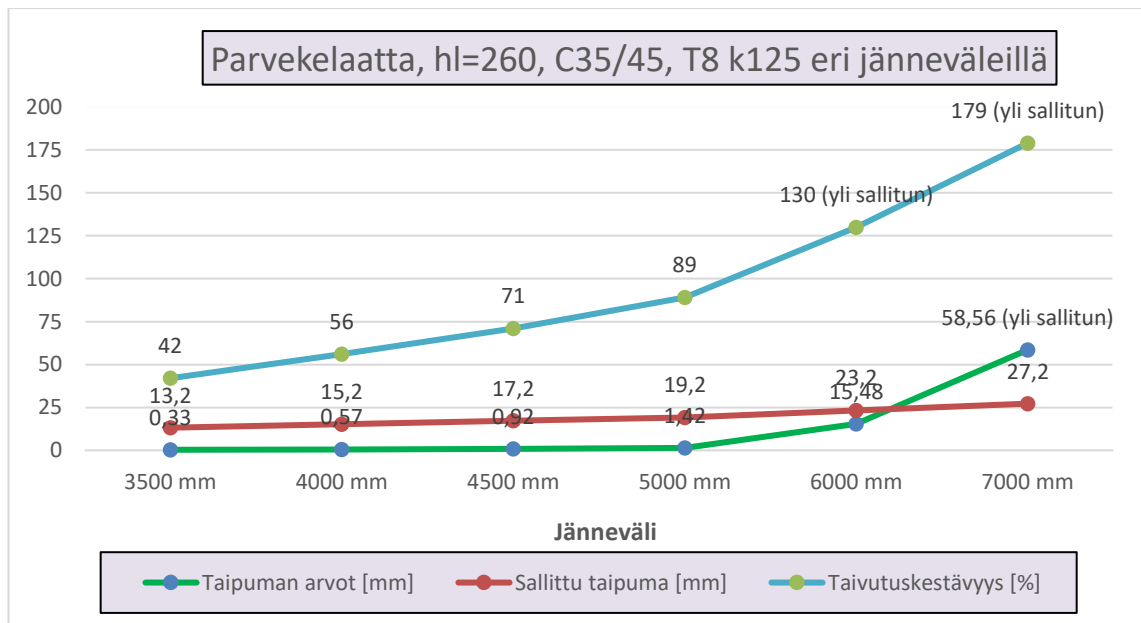
Tukireaktioiden tuloksia ei voi suoraan verrata keskenään, sillä laskenta-alusta laskee sallittua tukireaktion arvoa, ja FEM-Design-ohjelmasta saatu tulos on tukireaktion suuruus kyseisessä kohdassa. Saatu tulos 21,9 kN on kuitenkin laskenta-alustalla lasketun sallitun tukireaktion arvon (49,5kN) sisällä, joten putki kestää.

Tuloksien vertailussa pientä eroa aiheuttaa myös laatan muoto. Tarkasteltava laatta oli kiilamainen. Kiilamainen laatta kallistaa toisella reunalle, joten toinen reuna on alempana kuin toinen. FEM-Designissa tämän pystyi ottamaan huomioon, mutta laskenta-alustat eivät tätä huomioi.

8.2 Tulosten analysointi eri muuttujilla

Tässä luvussa esitellään ja analysoidaan yhteen suuntaan kantavan parvekelaatan laskenta-alustalla laskettuja tuloksia erilaisissa analysointikäyrissä ja diagrammeissa. Laskennassa on käytetty muuttujina mm. parvekelaatan korkeutta, pinta-alaa (jänneväliä), betonin lujuutta sekä raudoituksen pinta-alaa.

Ensimmäisessä diagrammissa (Kuva 36.) parvekelaatan parametreinä on käytetty: hl=260 mm, C35/40 sekä T8 k125. Hl tarkoittaa parvekelaatan korkeutta, C35/40 on puolestaan betonin lujuusluokka ja T8 k125 on laattaassa käytetty alapinnan rauditus, joka tarkoittaa 8 mm:n harjaterästä 125 mm:n jaolla.

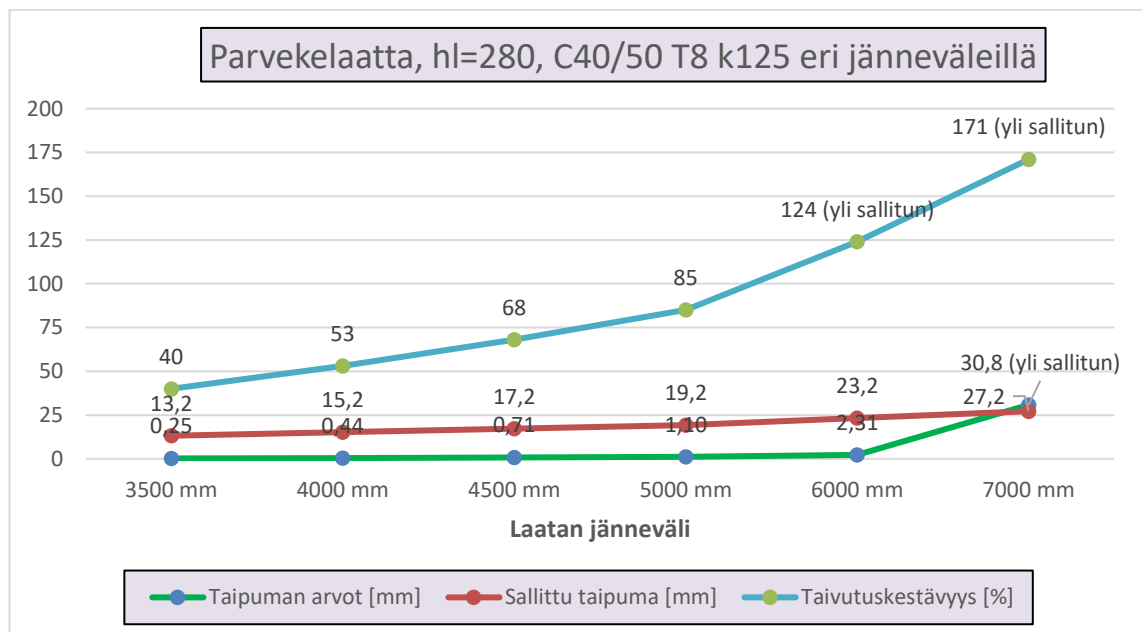


Kuva 36. Tulosten analysointi- ja vertailudiagrammi

Diagrammista voidaan huomata selvästi, että jännevälin kasvaessa noin 6 metriin alkavat parvekelaatan taivutuskestävyys sekä taipuma olla molemmat mitoittavia tekijöitä laatan kestävyuden kannalta. Taipuman arvo alkaa olla hyvin lähellä sallittua taipuman arvoa ja taivutuskestävyys on jo ylittänyt sallitun eli 100 % käyttöasteen rajan. Laatta ei siis kestä, kun jänneväli ylittää yli 6 metriä. Näillä parametreillä eli betonin lujuudella ja raudoituksella kyseinen parvekelaatta kestää hieman yli 5 metrin jännevälin, koska taivutuskestävyyden kapasiteetti alkaa olla

hyvin lähellä maksimia. Yli 6 metrin parvekelaatat suositellaankin tehtäväksi jännitettynä, koska taipumaa ja halkeilua alkaa olla vaikea saada hallintaan hyvin pitkillä jänneväleillä.

Toisessa diagrammissa (Kuva 37.) on esitetty samalle laatalle samalla raudoituksella laskettuja tuloksia, mutta laatan korkeutta on nostettu sekä betonin lujuutta korotettu, jotta taipuman suuruutta saataisiin pienennettyä. Uusina arvoina on käytetty $h_l=260$ mm, betonin lujuus=C40/50.

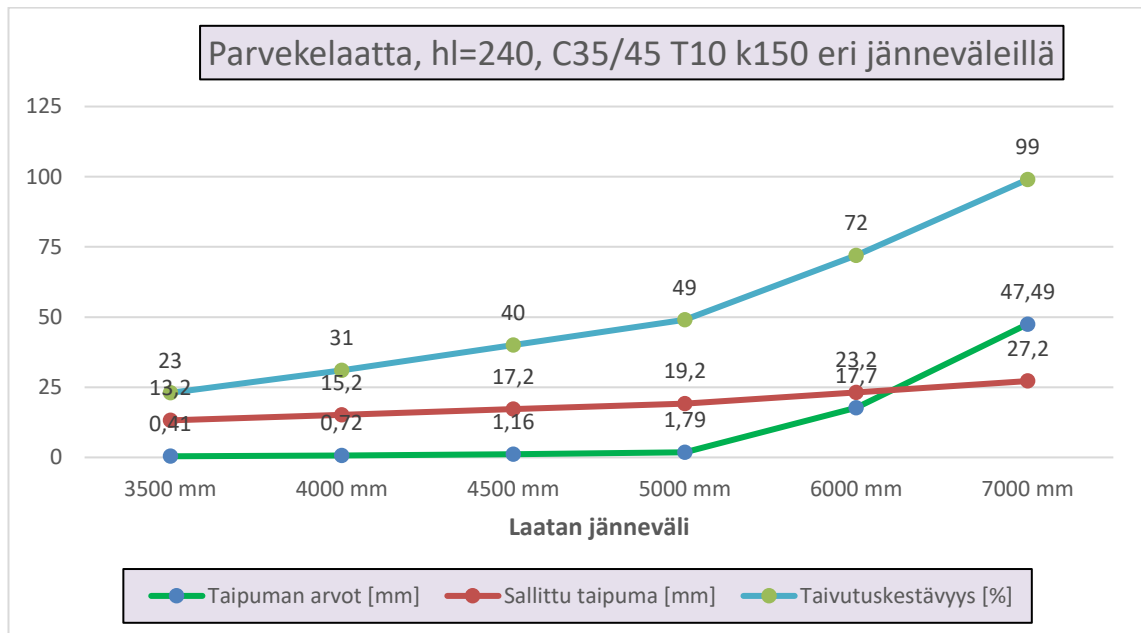


Kuva 37. Tuloksien analysointi- ja vertailudiagrammi 2

Betonin lujuusluokan nostaminen ja laatan korkeuden kasvattaminen 20 mm:llä nostivat laatan kestävyttä taipuman suhteen selvästi, sillä 6 metrin jännevälillä laatan taipuman arvo on enää vain 2,31 mm. Se on myös selvästi alle sallitun taipuman rajan. Taivutuskestävyyden kapasiteetti on myös pudonnut 6 prosenttiyksikköä aikaisemmasta. Jänneväliä nostettaessa aina 7 metriin asti taipuman arvoksi saadaan 30,8 mm, joka on vain muutaman millin sallitun rajan yli. Jos korkeutta kasvatettaisiin entisestään tai betonin lujuutta nostettaisiin, saataisiin laatta kestävä jopa 7 metrin jännevälillä taipuman suhteen. Tosin taivutuskestävyys ylittyi edelleen reilusti.

Kolmanteen diagrammiin (Kuva 38.) laatan korkeutta laskettiin alemmaksi kuin aiemmissa diagrammeissa. Betonin lujuus pidettiin samana kuin ensimmäisessä

diagrammissa, mutta raudoituksen pinta-alaa nostettiin reilusti. Uusina arvoina laatalle käytettiin $h_l=240$ mm ja T10 k100.



Kuva 38. Tuloksien analysointi- ja vertailudiagrammi 3

Diagrammista 3 voidaan huomata heti, että raudoituksen pinta-alan nostaminen suuremmaksi kannatti, sillä nyt laatan taivutuskestävyys on alle 100 % kaikilla jänneväleillä, eli kapasiteetti on hyväksyttävissä rajoissa. Taipuman arvot kestävät myös sallituissa rajoissa jopa 6 metriin asti. Kuitenkin 17,7 mm:n taipuma 6 metrin jännevälillä on hyvin suuri, joten kannattaa kyseenalaistaa, suunnitteleeeko tällaista laattaa, vaikka mitoituksista saadut arvot olisivatkin sallittujen rajojen sisällä. Jos laatan korkeus olisi pidettynä samana kuin diagrammissa 2, taipuman arvot olisi myös saatu sallitun taipuman arvon alapuolella ja laatta olisi kestänyt myös 7 metrin jännevälillä.

9 Yhteenveto ja päätelmät

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin erilaisiin betonielementtiparvekeratkaisuihin sekä yhteen suuntaan kantavan parvekelaatan sekä putkituetun parvekelaatan mitoitukseen. Edellä mainituista vaihtoehdoista, molemmista, laadittiin Excel-laskenta-alustat. Tavoitteena oli luoda laskenta-alustoista sellaiset, että niitä voidaan hyödyntää päivittäisessä käytössä parvekelaattojen suunnittelussa. Lisäksi

työhön otettiin mukaan FEM-laskentaa, ruotsalaisen StruSoftin kehittämällä FEM-Design 17-ohjelmistolla. FEM-laskennan tarkoituksena oli saada luotettavia ja vertailukelpoisia tuloksia samasta parvekerakenteesta, jota Excel laskenta-alustalla laskettiin.

Opinnäytetyön alussa teoriaosuuden kokonaisuuden hahmottaminen osoittautui haastavaksi. Käytännön työt Sitowise Oy:llä edesauttoivat opinnäytetyön edistymistä ja laajensivat huomattavasti teoriaosaamista betonielementtirakentamisesta. Kerrostalo kohteen elementtisuunnittelun tekemiseen osallistuminen auttoi suuresti koko opinnäytetyön toteutuksessa, sillä kohteessa olevat parvekeratkaisut soveltuivat hyvin opinnäytetyöhöni. Kyseisen kohteen parvekelaattojen suunnittelun ja mallintamisen yhteydessä opittuja taitoja oli mahdollista hyödyntää tässä opinnäytetyössä. Työssä esitetyt betonielementit, kuten parvekelaatat, pilarit ja pielet ovat myös edellä mainitusta kohteesta, joten työssä on tarkasteltu oikeita, olemassa olevia rakenteita. Ilman mahdollisuutta päästä työskentelemään oikeassa projektissa tietämykseni parvekelaatoista ja niitä kannattelevista rakenteista olisi ollut paljon suppeampi. Nämä mahdollisuudet antoivat uusia näkökulmia ja ideoita työn toteuttamiseen ja vaikuttivat positiivisesti lopputulokseen.

Opinnäytetyön tuotoksena syntyneiden Excel-laskenta-alustoiden teko sekä suunnittelu oli paljon aikaa vievää työtä. Pelkästään alustojen ulkoasun ja niiden toiminnan suunnittelu oli iso prosessi. Yhteen suuntaan kantavan parvekelaatan laskentaosuus oli itselleni ennestään tuttua, sillä siihen pystyi soveltamaan normaalin teräsbetonipalkin laskentaa, jota koulussa on opiskeltu paljon. Alustan hienoihin ominaisuuksiin, kuten alasvetovalikoihin, ohjausobjekteihin ja erilaisten makrojen luomiseen joutui kuitenkin perehtymään toden teolla, ja niiden toiminnan opiskelemiseen kului paljon aikaa.

Parvekekannakeputken laskentaan perehtyminen oli myös itselleni uutta. Alustasta tuli mielestäni onnistunut, sillä siinä ei ole liikaa optimointia ja alusta on hyvin selkeä. Laskenta-alustaa voi jatkossa kehittää eteenpäin, sillä tällä hetkellä alusta laskee vain sallittuja tukireaktioita putkelle. Alustaan voisi lisätä mahdollisuuden itse valita putken kohdistuvan tukivoiman suuruuden, ja alusta laskisi putken kapasiteetin eli kestääkö putki vai ei.

Yhtenä osana tätä opinnäytetyötä oli FEM-laskenta FEM-Design 17 Plate -ohjelmalla. Ohjelmiston opiskelu vaati syventymistä, koska en aikaisemmin ollut käyttänyt kyseistä ohjelmistoa. Opinnäytetyön tilaaja antoi tukea ohjelmiston käyttöä opeteltaessa. FEM-Design-ohjelma on hyvä työkalu esimerkiksi parvekelaatan mitoittamiseen. Ohjelmasta saa ulos kaiken tarvittavan tiedon nopeasti kuten esimerkiksi halkeilun ja taipuman arvot, jotka ilman FEM-laskentaa olisivat hankalia laskea. Mielestäni FEM-Design Plate soveltuu hyvin erilaisiin mitoitustilanteisiin, joissa tutkitaan esimerkiksi laatan kestävyyttä. Ohjelmisto pystyy ratkaisemaan hyvin monimutkaisia rakenteita ja huomioimaan rakenteisiin vaikuttavia tekijöitä. Alussa FEM-Design Plate vaatii opiskelua, mutta kerran opittua ohjelmiston käyttö on sujuvaa ja helppoa. Tulen myös varmasti jatkossa käyttämään kyseistä FEM-laskentaohjelmaa sekä sen muita versioita kuten 3D tai Frame.

Tällainen rakenteiden toiminnan laskennallinen tarkastelu on tärkeää, sillä tulokset kertovat, voiko kyseinen rakenne ylipäättään toimia, sekä onko rakenteessa mahdollisia ongelmakohtia esim. kantavuuden suhteen. Tulosten tulkinta ja laskenta eivät ole aina yksiselitteisiä. Laskentaa voi olla tarpeellista osata soveltaa vaikeiden rakenteiden kohdalla sekä tuloksia on osattava tulkita oikein. Pelkkä laskennasta saatu tulos ei välttämättä kerro mitään, jos taustalla ei ole ammattitaitoa tulkita, mitä tulos tarkoittaa. Esimerkiksi rakenteiden lujuuslaskennan ja mekaniikan ymmärtäminen erilaisien laskentaohjelmien kanssa auttavat tulosten tulkinnassa.

Kokonaisuutena opinnäytetyö opetti paljon uutta parvekerakenteista sekä betonielementtirakentamisesta. Opin myös käyttämään uusia ja hyödyllisiä laskentaohjelmia, sekä erilaiset laskentamenetelmät tulivat tutuiksi. Opinnäytetyöni aikana opittuja tietoja ja taitoja tulen varmasti hyödyntämään tulevaisuudessa, kun pääsen jatkamaan työskentelyä rakenne- ja elementtisuunnittelun parissa.

Kuvat

- Kuva 1. Havainnekuva erilaisista parvekejärjestelmistä, s. 10
Kuva 2. Ulokeparveke, s. 11
Kuva 3. Sisään vedetty parveke, s. 11
Kuva 4. Tehtaalla esijännitetty parvekelaatta, s. 13
Kuva 5. Parvekkeen sijoittuminen moduuliverkkoon, s. 14
Kuva 6. Parvekekaiteen mitat sekä turvallisuus, s. 15
Kuva 7. Veden ulosheittäjä, s. 16
Kuva 8. Parvekesarana kantavassa seinässä, s. 23
Kuva 9. Parvekepielielementin ja -pilarin liitos perustuksiin, s. 24
Kuva 10. Schöck Isokorb, ulokeparvekkeen kannatusosa lämmöneristeellä, s. 25
Kuva 11. 3D havainnekuva, parvekepilari, s. 27
Kuva 12. Leikkaus, parvekepilari, s. 27
Kuva 13. Kuppimallinen (ylempi) ja kiilamallinen parvekelaatta (alempi), s. 29
Kuva 14. Naamakuva, parvekelaatta, s. 29
Kuva 15. Leikkaus, parvekelaatta, s. 30
Kuva 16. Naamakuva, betoninen parvekekaide-elementti, s. 30
Kuva 17. Leikkaus, betoninen parvekekaide-elementti, s. 31
Kuva 18. Betonipintainen pielielementti, s. 32
Kuva 19. Vakioverkkoraudoite, s. 35
Kuva 20. Parvekelaatan ja pieliseinän välinen liitos, s. 37
Kuva 21. Parvekelaatan ja pilarielementin välinen liitos, s. 38
Kuva 22. Semko Oy:n valmistama parvekkeen PL-kaideliitos ja sen eri osat, s. 39
Kuva 23. Parvekkeen rakenteiden rasitusluokkiin sijoittuminen, s. 42
Kuva 24. Tarkasteltavan rakenteen naamakuva, s. 44
Kuva 25. Työssä tarkasteltava yhteen suuntaan kantava parvekerakenne Tekla Structures -ympäristössä, s. 45
Kuva 26. Tarkasteltavan parvekerakenteen lähtötiedot, s. 46
Kuva 27. Yhteen suuntaan kantava laatta Tekla-ympäristössä, s. 50
Kuva 28. Parvekekannakeputken detalji, s. 51
Kuva 29. Pelkistetty tasopiirustus FEM-Design ohjelmassa, s. 52
Kuva 30. Rakennemalli + kuormat FEM-Design ohjelmassa 3D muodossa, s. 53
Kuva 31. Parvekelaatan halkeilu FEM-Design ohjelmassa, s. 54
Kuva 32. Tulokset tarkasteltavan rakenteen taipuman suuruudesta FEM-Design ohjelmassa, s. 55
Kuva 33. Laatan taivutusmomentin arvot ja sen vaatima raudoitus FEM-Designissa, s. 57
Kuva 34. Raudoituksen käyttöasteet, s. 58
Kuva 35. Parvekelaatan tukireaktiot FEM-Design ohjelmassa, s. 59
Kuva 36. Tuloksien analysointi- ja vertailudiagrammi, s. 61
Kuva 37. Tuloksien analysointi- ja vertailudiagrammi 2, s. 62
Kuva 38. Tuloksien analysointi- ja vertailudiagrammi 3, s. 63

Taulukot

Taulukko 1. Hyötykuormien ominaisarvot, s. 19

Taulukko 2. Betonin tilavuuspainot s. 19

Taulukko 3. Törmäyksestä aiheutuvat ohjeelliset mitoituskuormat talorakenteille s. 20

Taulukko 4. Rakennuksen kantavien rakenteiden palonkestävyysvaatimukset eri luokissa s. 21

Taulukko 5. Betonipeitteen vähimmäisarvovaatimukset $c_{min,dur}$, kun suunnittelukäyttöikä on 50 tai 100 vuotta s. 40

Taulukko 6. Halkeama leveyden w_{max} raja-arvot, kun suunnittelukäyttöikä on enintään 100 vuotta s. 41

Taulukko 7. Rasitusluokkien kuvaukset, s. 43

Taulukko 8. Saadut tulokset, s. 59

Lähteet

1. Sitowise Oy 2017. Sitowise yritys. <https://www.sitowise.com/fi/sitowise/yritys>. Luettu 5.2.2018.
2. Betoniteollisuus ry 2010. Suunnitteluohje Betonielementtiparvekkeet. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23624/Betonielementtiparvekkeet.pdf>. Luettu 5.2.2018.
3. F1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Esteetön rakennus. Määräykset ja ohjeet 2005. Ympäristöministeriön asetus esteettömästä rakennuksesta. <https://www.finlex.fi/data/normit/28203/F1su2005.pdf>. Luettu 15.2.2018.
4. Rakennustieto 1995. Rakennustieto, RT 86-10563, Parvekerakenteet.
5. Rakennustieto 2011. Rakennustieto, RT 88-11019, Kaiteet ja käsijohteet.
6. Hotari, M. 2012. Kerrostalon parvekerakenteiden elinkaari. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma.
7. Rakentamisen kosteuden hallinta 2018. Rakenteet. Erityistilat. Parvekkeet. <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/erityistilat/parvekkeet>. Luettu 5.4.2018.
8. Rakennustieto 2016. Rakennustieto, RT 38760, Parvekkeiden vedenpoistojärjestelmät.
9. Ympäristöministeriön asetus Eurocode -standardien soveltamisesta talonrakennuksessa. Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1991-1-1 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat. Tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat.
10. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2011. RIL 201-1-2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat 1.
11. Betoniteollisuus. Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan. Osa 2: Betonirakenteiden suunnitteluperusteet. http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet_2_Betonirakenteiden_suunnitteluperusteet.pdf. Luettu 29.2.2018.
12. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2011. RIL 201-2-2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat 2.
13. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2002. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. <https://www.finlex.fi/data/normit/10530/37-3762-4.pdf>. Luettu 7.3.2018.

14. Peikko Group. Tuotteet. Parvekerakentamisen liitokset.
http://d76yt12idvq5b.cloudfront.net/file/dl/i/X2iFNg/ZQcB52atMzLdeTv6HOVMN/A/PS_parvekesarana_fi-7-2011.pdf. Luettu 12.3.2018.
15. Sitowise Oy. Yrityksen sisäinen materiaali.
16. Schöck Isokorb liitososien käyttöohje Eurokoodi 2.
http://www.schoeck.fi/upload/files/download/Schoeck_Isokorb_varmennettu_kaeyttoehje_BY_5_B_EC_2_nro._10_ja_47%5B4999%5D.pdf. Luettu 9.4.2018.
17. Betoninormikortti 14: Märkämenetelmällä ruiskuvalettu teräsbetoninen elementtipilari. http://www.betoniyhdistys.fi/media/normikortit/normikortti_14.pdf. Luettu 6.2.1018.
18. Elementtisuunnittelu.fi, Uutiset 2017. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/24125/RT-Betoniter%c3%a4stiedote%2008032017.pdf>. Luettu 12.2.2018.
19. Suomen Betoniyhdistys ry 2016. BY65, Betoninormit 2016.
20. Pixabay. Raudoituskuva. Vakioverkkoraudoite. <https://pixabay.com/fi/rauta-ter%C3%A4st%C3%A4-site-metalli-2439297/>. Luettu 18.2.2018
21. Semko Oy. PL-kaideliitos. P-käyttöohje. https://semko.fi/wp-content/uploads/2017/04/pl_kayttoohje_EC.pdf. Luettu 19.3.2018.
22. Suomen Betoniyhdistys ry 2016. BY68, Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – Opas suunnittelijoille 2016.
23. Suomen Betoniyhdistys ry 2014. BY 211, Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja – osa 2.
24. Suomen Betoniyhdistys ry 2014. BY 211, Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja – osa 1.

Rasitusluokat																	
v/s-enintään	Ei korroosion tai rasituksen vaaraa			Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio			Kloridien aiheuttama korroosio			Jäätymis-sulamistasitus ^{1,2}			Aggressiiviset kemialliset ympäristöt				
	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2 ³	XF3	XF4 ³	XA1	XA2	XA3
	0,90	0,80	0,60	0,60	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,60	0,50	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40
Vähimmäis-lujuusluokka	C12/15	C20/25	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C40/50	
Vähimmäis-sementti-määrä (kg/m ³)	160	160	250	250	300	320	320	300	300	320	270	330	300	360	300	320	330
Ilmamäärä (%)											4,0 ⁴	5,0	4,0 ⁴	5,5			

1) Lisäksi pakkasenkestävyyden vaatimukset liitteen 4 taulukon L4.1 mukaan.

2) Rasitusluokissa XF2 ja XF4 betonin vesi-sementtisuhteen, ilmamäärän ja sementtimäärän vaatimukset edellyttävät sementtilaatujen CEM I, CEM II/A-D, CEM II/A-L, CEM II/A-M tai CEM II/B-M käyttöä taulukossa 3.2 esitetyn rajoituksen.

3) Sementtilaatujen CEM II/A-S, CEM II/B-S ja CEM II/A-V käyttö tai sementtilaatujen CEM II/A-LL, CEM II/A-M ja CEM II/B-M koostumusrajoittamaton käyttö tai taulukon mukaisista suhteutusvaatimuksista poikkeaminen rasitusluokissa XF2 ja XF4 edellyttää betonin pakkas-suolakestävyyden osoittamista toiminnallisilla menetelmillä liitteen 4 kohdan 3 mukaan. Täällin P-luvun tulee saada rasitusluokassa XF2 arvo 25 ja rasitusluokassa XF4 arvo 40. P-luku määritetään InfraRYL osan 3 kohdan 42020.1.2 mukaan.

4) Ilmamäärävaatimus koskee betonia, jossa kivaineksen ylämäärä on vähintään 16 mm. Ylämäärävaatimusta nostetaan 0,5 prosenttiyksikköä ja ylämäärärajalla ollessa 8 mm 1,0 prosenttiyksikköä.

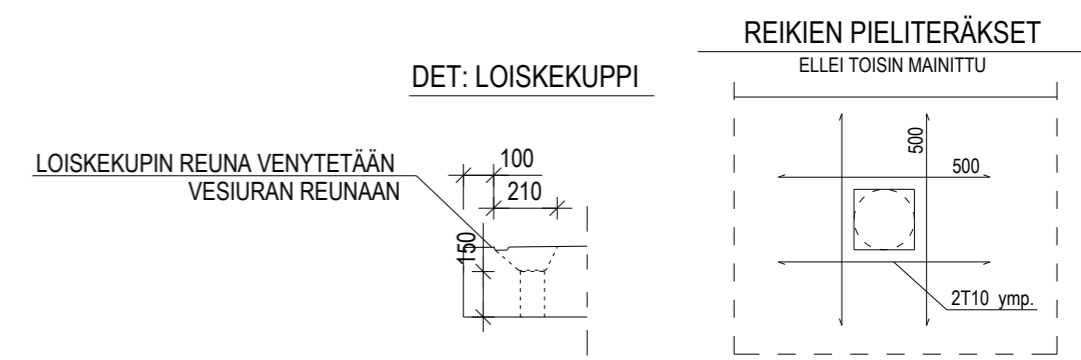
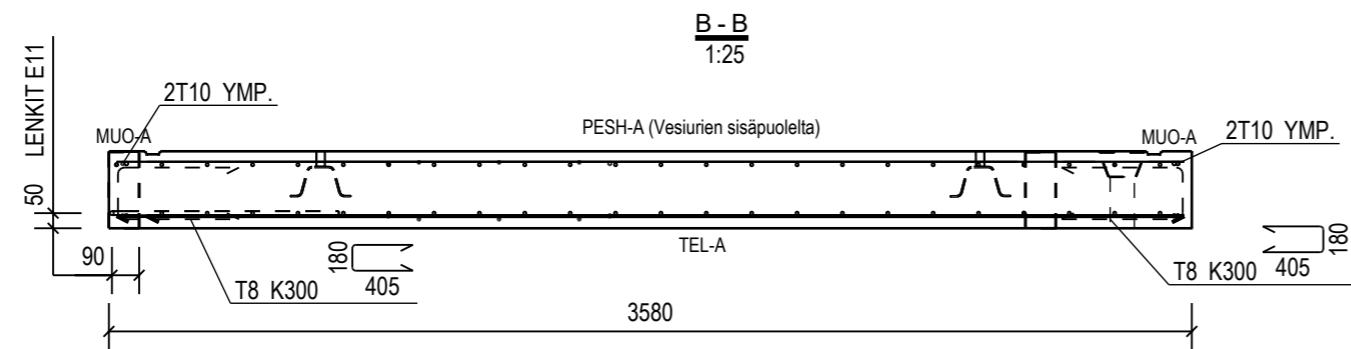
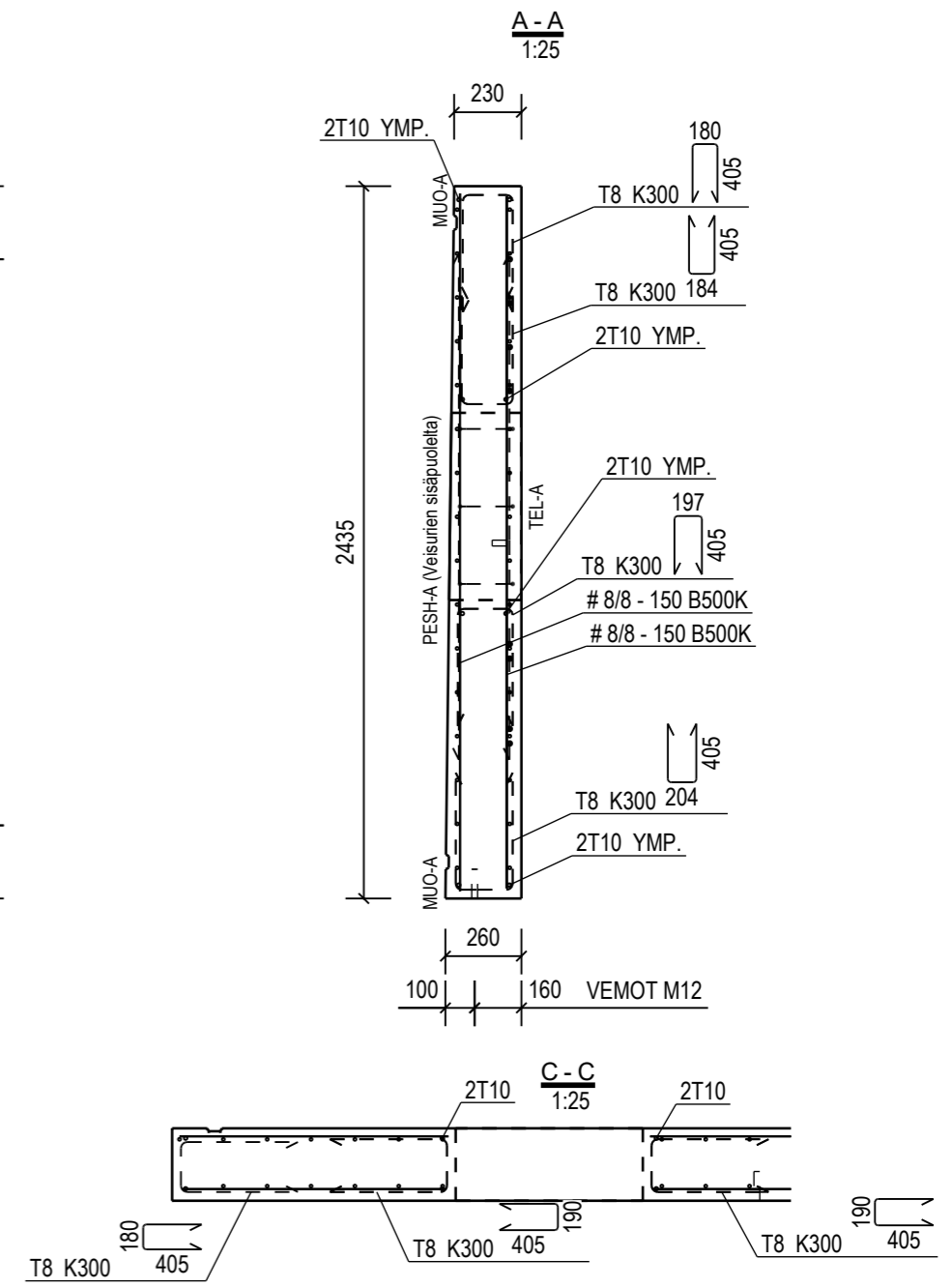
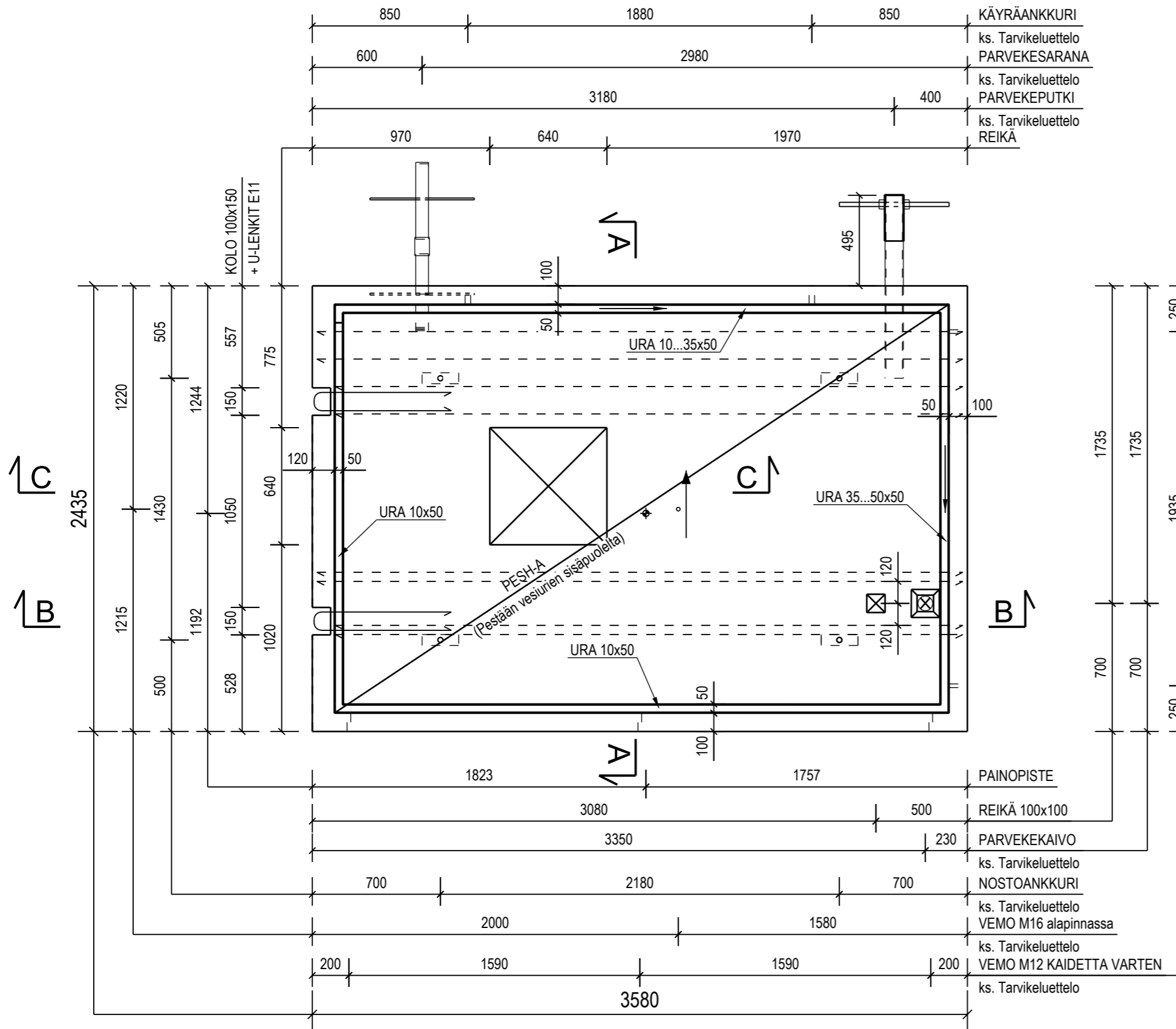
Rasitusluokat																		
Ei korroosion tai rasituksen vaaraa	Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio				Kloridien aiheuttama korroosio				Jäätymis-sulamisrasitus ¹⁾			Aggressiiviset kemialliset ympäristöt						
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2 ²⁾	XF3	XF4 ²⁾	XA1	XA2	XA3
v/s-enintään	0,90	0,80	0,60	0,60	0,60	0,45	0,40	0,40	0,50	0,50	0,40	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
Vähimmäislujuusluokka	C12/15	C20/25	C20/25	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C40/50	C40/50	C40/50
Vähimmäis-sementti-määrä (kg/m ³)	160	160	250	250	250	300	320	340	300	300	320	270	300	300	300	320	330	330
Ilmamäärä (%)												5,5 ³⁾		5,5 ³⁾				

¹⁾ Lisäksi pakkasenkestävyyden vaatimukset liitteen 4 taulukon L4.1 mukaan.

²⁾ Betonin pakkas-suolakestävyys osoitetaan toiminnallisilla menetelmillä liitteen 4 kohdan 3 mukaan.

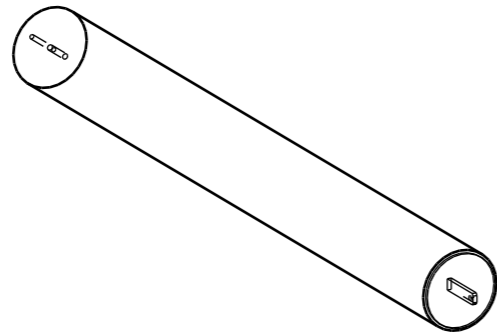
³⁾ Ilmamäärävaatimus koskee betonia, jossa kivaineksen yläraja on vähintään 16 mm. Ylärajan ollessa 12 mm ilmamäärävaatimusta nostetaan 0,5 prosenttiyksikköä ja ylärajan ollessa 8 mm 1,0 prosenttiyksikköä.

⁴⁾ P-lukuvaatimus rasitusluokassa XF2 on 50 ja rasitusluokassa XF4 on 70. P-luku määritetään InfraRYL osa 3 kohdan 4:2020.1.2 mukaan.



KOHDE		SUUN.	
CL8, PARVEKELAATTA		MMUU	
PVM 12.10.2018	REV	MK 1:25	SIVU
		1:30	2 / 2

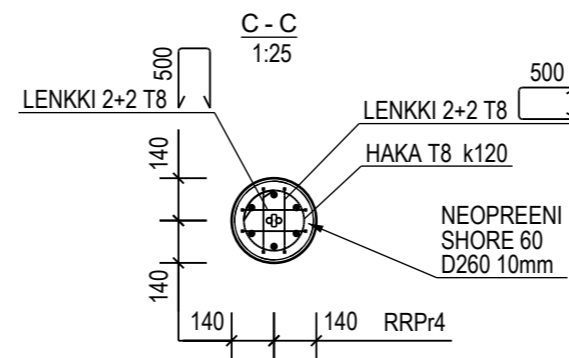
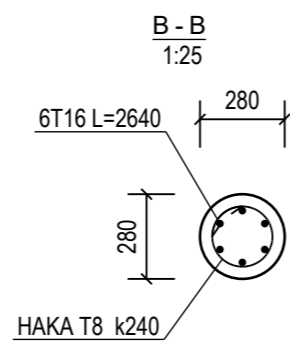
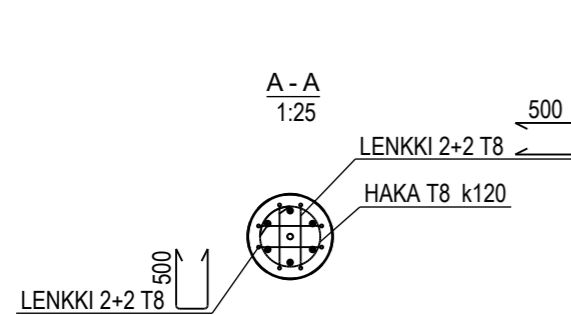
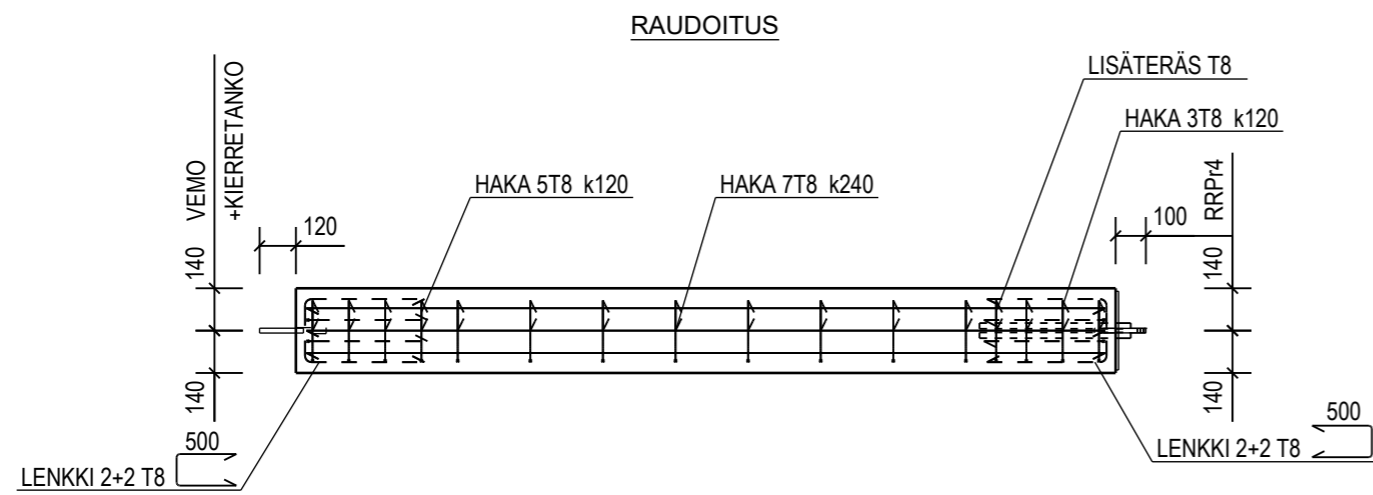
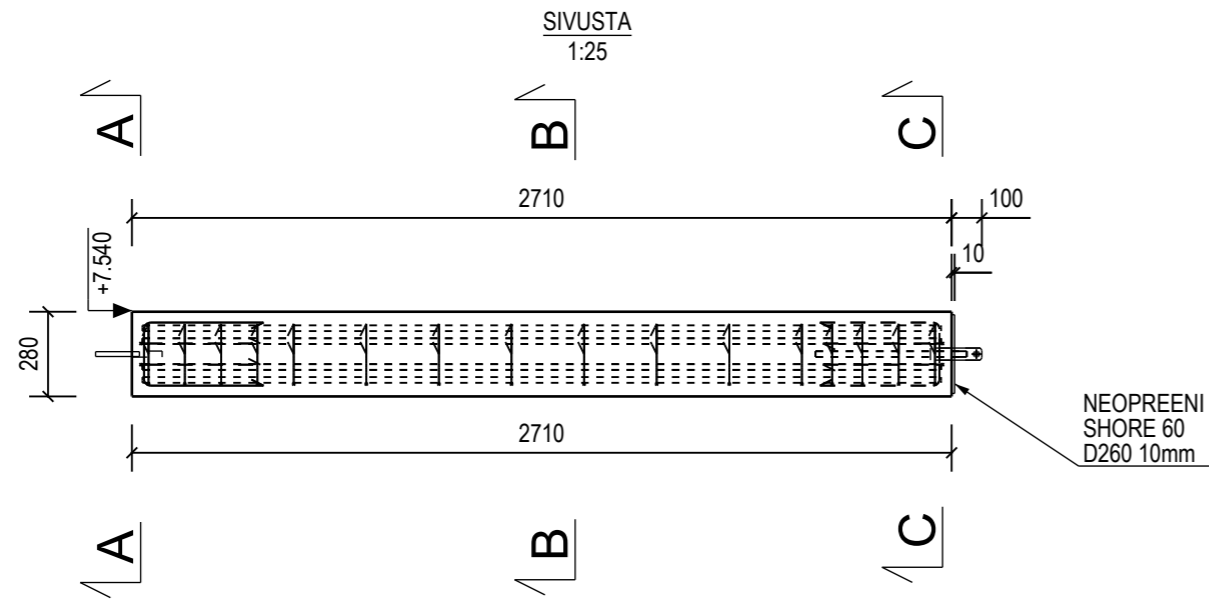
VALUTARVIKELUETTELO					
ELEMENTIN TUNNUS	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m ²]	MÄÄRÄ	YKS
CP-4	24	C30/37	0.06	0.17	m ³
ELEMENTTI PAINO:				0.41	t
MÄÄRÄ	TARVIKKEET				
1 kpl	SHORE 60 Neoprene				
1 kpl	KIERRETANKO M16 RST 1.4301				
1 kpl	RRPr4 Lifting system				
1 kpl	VEMO M16 RST 1.4301				
8.0 kg	A500HW ø 8				
25.0 kg	A500HW ø 16				

3D
1:25

SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

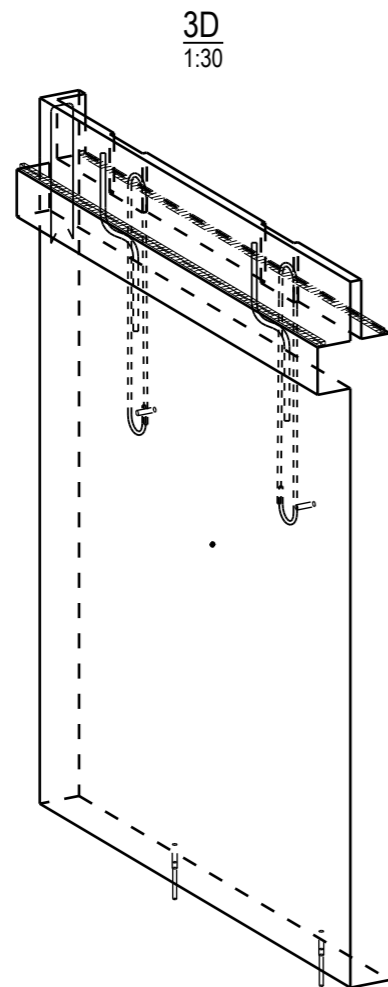
Betoni	C30/37	(SFS-EN 206(2014), SFS 7022)
Suunniteltu käyttöikä	50 vuotta	
Rasitusluokka	XC3, XC4, XF1	(SFS-EN 1992-1-1+NA, SFS-EN 206 (2014), SFS 7022)
Betonipeitteen nimellisarvo	35mm	
Terästen sallittu mittapoikkeama	±10mm	
Pintakäsittelyt	MAA-A	
Kiviaineksen maksimiraekoko	Ø16mm	
Valmistustoleranssit	Betonielementtien toleranssit 2011 (Betoniteollisuus RY),	
Velvoittavat viittaukset	SFS-EN 13225, SFS 7026	
Muottien purkulujuus	C12/15	
Muotistanostolujuus	50 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C15/20	
Kuljetus- ja asennuslujuus	70 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C20/25	
Terästen parametrit	NA, SFS-EN 1992-1-1 (mm teräksen mittapoikkeama ja taivutussät.)	
Terästen jatkospituudet	T16/E16=1000 mm, T12/E11=750 mm, T10/E9=600 mm, T8/E7=500mm, pieliteräkset jatketaan nurkissa, aukkojen ympärillä pielit. L=aukko+1000 mm verkkojen jatkospituudet samat kuin yllä. Jatkokset samassa tasossa	
Uudistuneet teräslaatu-merkinnät	SFS-EN 10080 Tyypin hyväksyntä 1.8.2017 alkaen	
Betoniteräkset	B500B(T), B600XA-1.4301(E)	
Verkot	B500A (K), B600XA-1.4301(EK)	
Vanhentuvat teräslaatu-merkinnät	SFS 1200	
Betoniteräkset	A500HW: SFS 1215(T), B600KX: SFS 1259(E)	
Verkot	B500K: SFS 1257 (K), B600KX: SFS 1259 (EK)	
Muut teräkset	S235JRG2:SFS-EN 10025-2 (S), 1.4301:SFS-EN 10088 (AISI 304) (ES)	
Terästen vetomurto-/myötölujuus	A500HW, B500B ja B500K: 550/500 MPa, B600KX 660/600 MPa S235JRG2: 360/235 MPa, 1.4301: 520/210 MPa	
Maksimi kloridimäärät	SFS 7022 mukaan	
Varastotuenta	Elementtitehtaan omat ohjeet	
Nostolenkit	Ruostumaton reikärauta-ankkuri (Peikko)	
Muuta	Sementtityyppi BY65 taul. 3.2 Toteutusluokka 2, EN-13670 Toleranssiluokka 1 P=Pyöristys (r=3mm) kaikkiin kulmiin	

ELEMENTTIPIIRUSTUS		
KOHDE		
TUNNUS: CP-4	MK 1:25	
VALMISTETAAN: 24 KPL		
		SUUN. MMUU
		SIVU 1 / 2
PVM 18.09.2018	TARK.	
S.SALA	TYÖNUMERO	PIIR. NRO.
RAK		E-CP4
TS		



KOHDE		SUUN.
CP4, PARVEKEPILARI		MMUU
PVM 18.09.2018	REV	MK 1:25
		SIVU
		2 / 2

VALUTARVIKELUETTELO					
ELEMENTIN TUNNUS	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m ²]	MÄÄRÄ	YKS
M-8	1	C30/37	7.34	1.31	m ³
ELEMENTTI PAINO:				3.28	t
MÄÄRÄ	TARVIKKEET				
4.77 jm	SHORE 60 20*20 Neoprene				
2 kpl	KIERRETANKO M16 RST 1.4301				
2 kpl	PBR_14_-1				
2 kpl	VEMO M16 RST 1.4301				
2 kpl	VEMO_1036-G_M16x80 RUOSTUMATON				
2 kpl	TARTUNTA Ø20 840.0mm AISI304				
2.9 kg	VERKKO 5/150 B600KX				
67.9 kg	VERKKO 8/150 B500K				
9.4 kg	A500HW ø 8				
19.0 kg	A500HW ø 10				
2.3 kg	B600KX ø 7				



SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

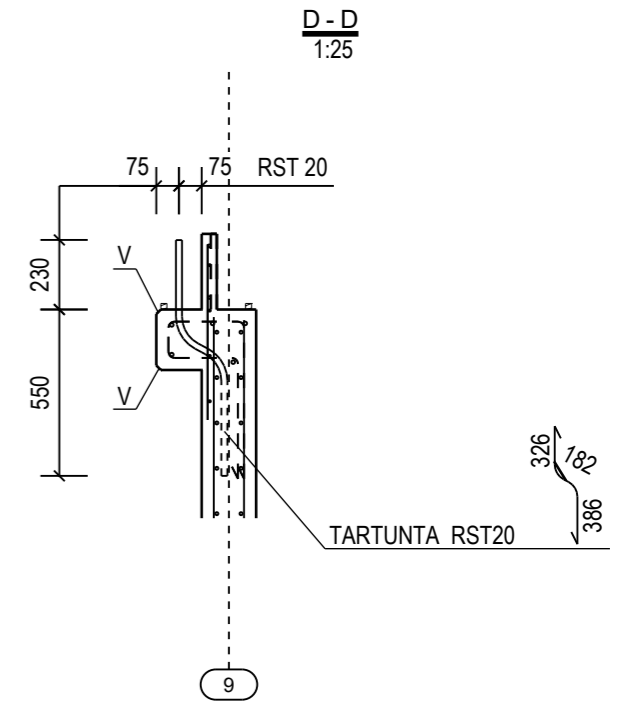
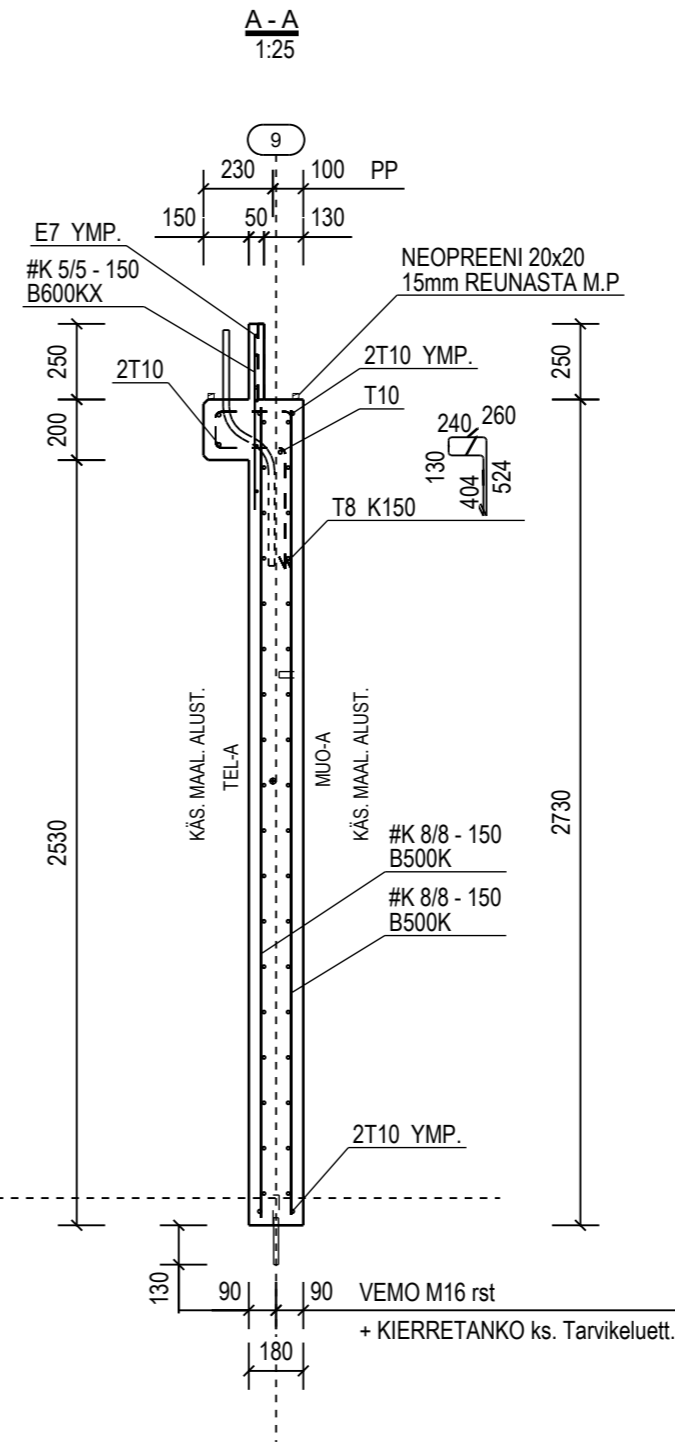
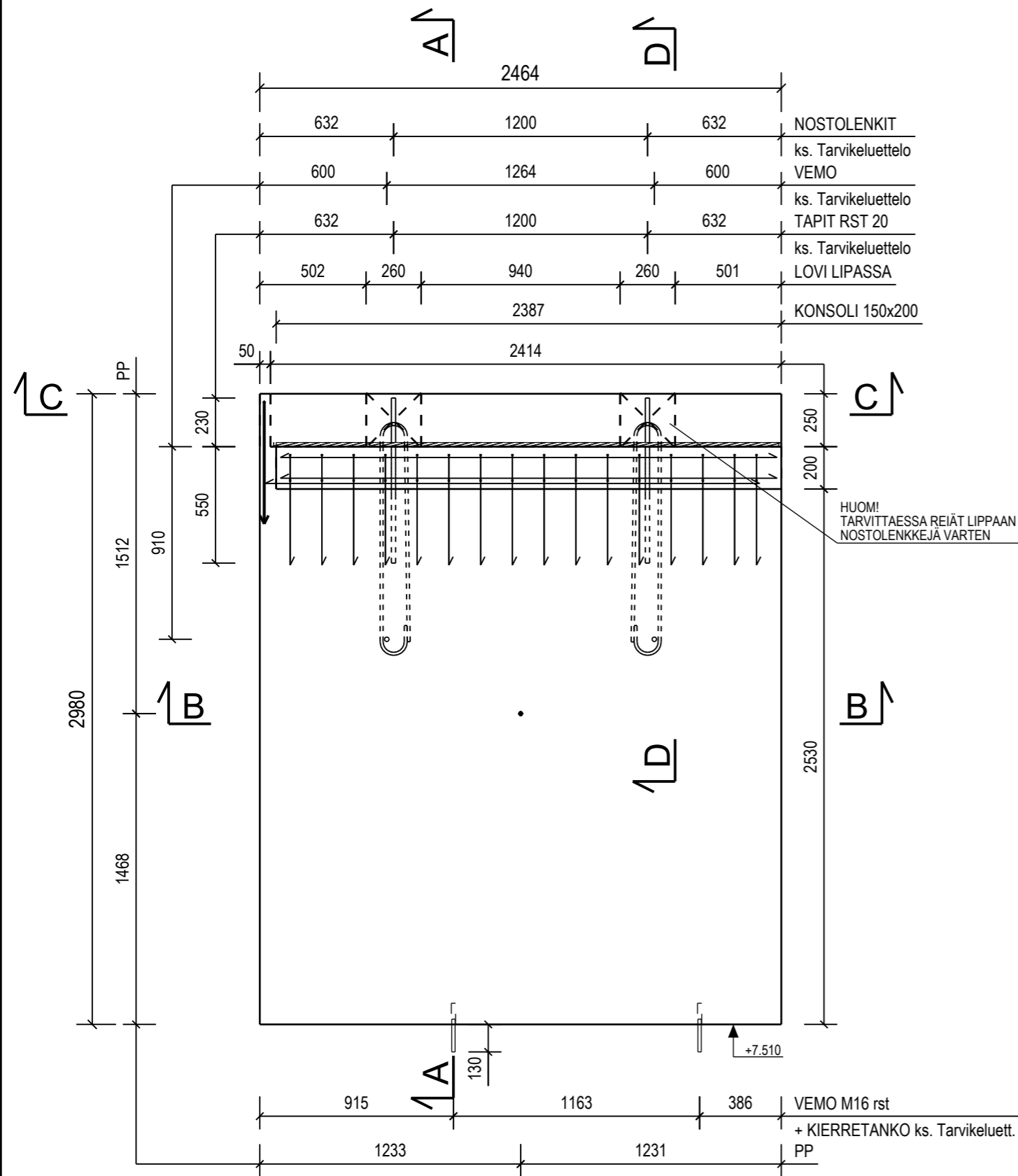
Palonkestoluokka	R60		
Katsomissuunta	Tunnuksen lukusuunnasta		
Betoni	C30/37		(SFS-EN 206(2014), SFS 7022)
Suunniteltu käyttöikä	50v		
Rasitusluokka	XC3,XC4,XF1		(SFS-EN 1992-1-1+NA, SFS-EN 206 (2014), SFS 7022)
Betonipeitteen nimellisarvo	35mm		
Terästen sallittu mittapoikkeama	±10mm		
Pintakäsittelyt	MUO-A	TEL-A	KÄSITTELY MAALAUSSALUSTAKSI YMP
Kiviaineksen maksimiraekoko	#16mm		
Valmistustoleranssit	Betonielementtien toleranssit 2011 (Betonteollisuus RY), Luokka:Normaali		
Velvoittavat viittaukset	Seinäelementit SFS-EN 14992, SFS 7026		
Muottien purkulujuus	C12/15		
Muotistanostolujuus	50 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C15/20		
Kuljetus- ja asennuslujuus	70 % suunnittelulujuudesta, mutta min. C20/25		
Terästen parametrit	NA, SFS-EN 1992-1-1 (mm teräksen mittapoikkeama ja taipuvussät.)		
Terästen jatkospituudet	T16/E16=1000 mm, T12/E11=750 mm, T10/E9=600 mm, T8/E7=500mm, pieliteräkset jatketaan nurkissa, aukkojen ympärillä pielit. L=aukko+1000 mm verkkojen jatkospituudet samat kuin yllä. Jatkokset samassa tasossa		
Uudistuneet teräslaatu-merkinnät	SFS-EN 10080 Tyyppihyväksyntä 1.8.2017 alkaen		
Betoniteräkset	B500B(T), B600XA-1.4301(E)		
Verkot	B500A (K), B600XA-1.4301(EK)		
Vanhentuvat teräslaatu-merkinnät	SFS 1200		
Betoniteräkset	A500HW: SFS 1215(T), B600KX: SFS 1259(E)		
Verkot	B500K: SFS 1257 (K), B600KX: SFS 1259 (EK)		
Muut teräkset	S235JRG2:SFS-EN 10025-2 (S), 1.4301:SFS-EN 10088 (AISI 304) (ES)		
Terästen vetomurto-/myötölujuus	A500HW, B500B ja B500K: 550/500 MPa, B600KX 660/600 MPa S235JRG2: 360/235 MPa, 1.4301: 520/210 MPa		
Maksimi kloridimäärät	SFS 7022 mukaan		
Varastotuenta	Elementtitehtaan omat ohjeet		
Nostolenkit	Lenkin max. nostokulma 30°		
Muuta	Sementtityyppi BY65 taul. 3.2 Toteutusluokka 2, EN-13670 Toleranssiluokka 1 Kaikkiin kulmiin pyörästys (r=3mm) V=Viisteet 15x15mm merkittyihin kohtiin		

NOSTOLENKIT OSA LIITOSTA
EI SAA KATKAISTA

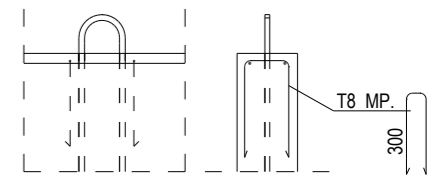
HUOM! KIERRETANGOT MUKAAN TOIMITUKSEEN

KÄSITTELY MAALAUSSALUSTAKSI YMP.

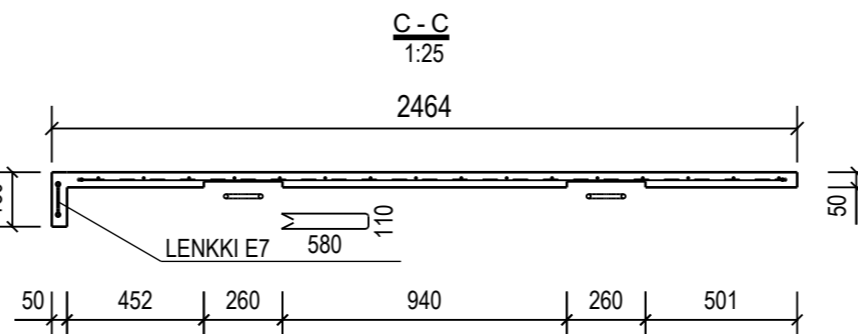
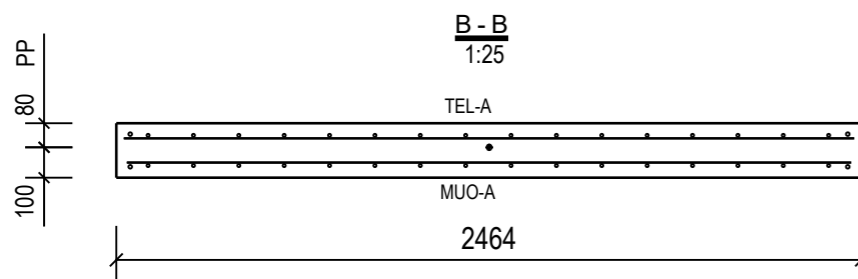
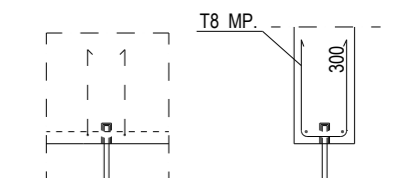
RAKENNEPIIRUSTUS		
KOHDE		
TUNNUS: M-8	MK	1:25
VALMISTETAAN: 1 KPL		1:30
	SUUN.	MMUU
	SIVU	1 / 2
PVM	TARK.	
04.10.2018		
S.ALA	TYÖNUMERO	PIIR. NRO.
RAK		E-M8
TS		



LENKIT NOSTOLENKKIEN KOHDALLA



LENKIT VEMOJEN KOHDALLA



KOHDE		SUUN.	
M8, PARVEKEPIELI	PK 1:25		
PVM 04.10.2018	REV 1:30	SIVU 2 / 2	

SITOWISE		Rakennelaskelma, lähtötiedot	
		Tekijä:	
		Päiväys:	
Rakennuskohde:	Työ no:	Sisältö:	Sijainti:
Päistään tuettu, yhteen suuntaan kantava parvekelaatta			Versio 1.0
LÄHTÖTIEDOT			
Materiaali ja ympäristö:		Geometria:	
Lujuus=	C35/45	N/mm ²	
ρ_c =	2500	kg/m ³	
Sementti=	N		
Rauditus=	B500B		
Rasitusluokka=	XC4		
Suunnitteluikä=	50	vuotta	
Rakenneluokka=	1		
RH=	60	%	
t =	50000	vrk	
t ₀ =	28	vrk	
Max. raekoko=	16	mm (d _g)	
Haiht. Altis piiri=	2520	mm (jos viruma)	
f_{ck} =	35,00	N/mm ²	
f_{ctm} =	3,21	N/mm ²	
f_{yk} =	500,00	N/mm ²	
E_{cm} =	34077	N/mm ²	
E_s =	200000	N/mm ²	
f_{cm} =	43,00	N/mm ²	
f_{ctk} =	2,25	N/mm ²	
f_{yd} =	454,55	N/mm ²	
λ =	0,80		
η_2 =	1,00		
f_{cd} =	22,0	N/mm ²	
f_{ctd} =	1,66	N/mm ²	
ϵ_{cu2} =	3,50	‰	
$\phi(t, t_0)$ =	1,90		
$E_{c,eff}$ =	34077	N/mm ²	
ϵ_{sd} =	2,27	‰	
Rasitukset:			
MRT laskentamomentti	M_d =	16,9	kNm
MRT laskentaleikkausvoima	V_{Ed} =	19,9	kN
KRT laskentamomentti	M_{k1} =	15,2	kNm (ominais tai tav. yhdistelmä)
KRT laskentamomentti	M_{k2} =	15,2	kNm (pitkäaikaisyhdistelmä)
Onko M_{k2} yhdistelmässä lyhytaikaiskuormia:		ei	
Lyhytaikaiskuorman osuus:		0	%
Kuormitusyhdistelmän valinta:		Ominais tai tavallinen	
KRT laskentamomenttien suhde:	η_1 =	1,00	
Kuormat:			
Kuormakerroin	K_{FI} =	1	
Hyötykuorma	q_k =	2,5	kN/m ²
Pysyvä viivakuorma (kaide)	g_k =	0,5	kN/m
g_d =	(omapaino + g_k) =	8,1	kN/m
Kuormien laskenta-arvo	ΣPd =	11,8	kN/m
Kuormien karakteristinen arvo	ΣPk =	9,5	kN/m

Yhteen suuntaan kantava laatta		LASKENTA	
Taivutuskestävyys			
$\omega = (A_s f_{yd}) / (b d \eta_2 f_{cd}) =$	0,039	$\mu = \omega (1 - d_c/d) - \beta_c (\beta_c/2 - d_c/d)$	$\mu =$ 0,038
$\omega_c = (A_{sc} f_{yd}) / (b d \eta_2 f_{cd}) =$	0,000	$A_{s,min} = (0,26 f_{ctm} d b) / f_{yk} > 0,0013 b d$	$A_{s,min} =$ 356 mm ²
$\beta_c = \omega - \omega_c =$	0,039	$M_{pl,Rd} = \mu b d^2 \eta_2 f_{cd} =$	38,2 kNm
$\beta_b = \lambda \epsilon_{cu2} / (\epsilon_{cu2} + (f_{yk}/E_s)) =$	0,467		
$\chi = \beta_c d / \lambda =$	10,4 mm		
$\epsilon_{sc} = \epsilon_{cu} (1 - (d_c/\chi)) =$	0,00 ‰		
$\epsilon_{sc} / \epsilon_{sd} =$	0,00	Rakenteessa ei puristusraudoitusta	
Taivutuskestävyys, poikkileikkauksen käyttöaste		$M_d/M_{pl,Rd} =$ 44 %	OK
Rauditus HUOM! Puristusteräksien määrä tulee asettaa lähtökohtaisesti nolllaksi.			
Vetoteräokset	Φ [mm]	n [kpl]	A_s [mm ²] d [mm]
	8	8	402 213
Puristusteräokset	Φ_c	n_c	A_{sc} d_c
	8	0	0 0
	$d_c =$ 0 mm		
	$e_1 =$ 47 mm		
Haat	$\Phi_h =$ 8 mm	Hakojen suuntakulma	$\alpha_h =$ 90 deg
Leikkeiden määrä	$n_h =$ 2 kpl	$1 \leq \cot \theta \leq 2,5$	$\cot \theta =$ 1
Hakojen jakoväli	$s_h =$ 150 mm	Leikkausraudoitus	$A_{sw} =$ 101 mm ² /haka $A_{sw,tot} =$ 670 mm ² /m
Leikkauskestävyys			
$z = 0,9d =$	191,7 mm	$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) z f_{yd} (\cot \theta + \cot \alpha_h) \sin \alpha_h$	$V_{Rd,s} =$ 58,4 kN
$v_1 = 0,6 (1 - (f_{ck}/250)) =$	0,516	$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha_h) / (1 + \cot^2 \theta)$	$V_{Rd,max} =$ 1089,9 kN
$s_{h,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha_h) =$	160 mm	$V_{Rd} = \min [V_{Rd,s}; V_{Rd,max}]$	$V_{Rd} =$ 58,4 kN
$A_{sw,min} = (0,08 f_{ck}^{0,5} b_w \sin \alpha_h) / f_{yk}$	$A_{sw,min} =$ 947 mm		
Leikkauskestävyys	$V_{Ed}/V_{Rd} =$ 34 %	OK	
Minimiraudoitus	$A_{sw,tot} > A_{sw,min}$	Virhe! Muuta raudoitusta ja/tai poikkileikkausta.	
Hakojen maksimiväli	$s_h < s_{h,max}$	OK	
Leikkauskestävyys leikkausraudoittamattomana		$V_{Rd,c} =$ 94,4 kN	
Leikkausraudoittamattoman rakenteen vähimmäiskestävyys		$V_{Rd,c,min} =$ 121,9 kN	

Halkeamaleveys

$$\Phi_{eq} = (n_1 \Phi_1^2) / (n_1 \Phi_1)$$

$$A_{c,eff} = b \min[2,5(h-d); (h-x_2)/3; h/2]$$

$$\rho_{s,eff} = A_s / A_{c,eff}$$

$$\sigma_c = M_k / [0,5bx_2(d-x_2/3) + (\alpha_e - 1)A_{sc}(x_2 - d_c)/x_2(d-d_c)]$$

$$\sigma_s = \alpha_e \sigma_c (d - x_2) / x_2$$

$$k_t = \begin{cases} 0,6 & \text{ominais- tai tavalliselle yhdistelmälle} \\ 0,6*(1-\eta_1)+0,4*\eta_1 & \text{pitkäaikaisyhdistelmälle} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t(f_{ctm}/\rho_{s,eff})(1 + \alpha_e \rho_{s,eff})] / E_s > 0,6\sigma_s / E_s$$

$$c_c = \boxed{43} \text{ mm}$$

$$s_{r,max} =$$

$$w_k =$$

$$\Phi_{eq} = \boxed{8,0} \text{ mm}$$

$$A_{c,eff} = \boxed{76855} \text{ mm}^2$$

$$\rho_{s,eff} = \boxed{0,005}$$

$$\sigma_c = \boxed{5,1} \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_s = \boxed{186,0} \text{ MN/m}^2$$

$$k_t = \boxed{0,60}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \boxed{0,000558}$$

$$k_3 c_c + k_1 k_2 k_4 \Phi_{eq} / \rho_{s,eff} = \boxed{406,1} \text{ mm}$$

$$s_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \boxed{0,227} \text{ mm}$$

Tarkista standardin vaatimusten toteutuminen!

Taipuma

$$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$$

$$x_1 = (bh^2/2 + (\alpha_e - 1)(A_s d + A_{sc} d_c)) / (bh + (\alpha_e - 1)(A_s + A_{sc}))$$

$$I_1 = bh^3/12 + bh(h/2 - x_1)^2 + (\alpha_e - 1)[A_s(d - x_1)^2 + A_{sc}(x_1 - d_c)^2]$$

$$x_2 = \{ [A_s \alpha_e + A_{sc}(\alpha_e - 1)]^2 + 2b[A_s \alpha_e d + A_{sc} d_c(\alpha_e - 1)] \}^{0,5} - [A_s \alpha_e + A_{sc}(\alpha_e - 1)] / b =$$

$$I_2 = bx_2^3/3 + \alpha_e A_s (d - x_2)^2 + (\alpha_e - 1) A_{sc} (d_c - x_2)^2$$

$$(EI)_1 = E_{c,eff} I_{c1} = \boxed{50,37} \text{ MNm}^2$$

$$(EI)_2 = E_{c,eff} I_{c2} = \boxed{3,0} \text{ MNm}^2$$

$$S_1 = A_s (d - x_1) - A_{sc} (x_1 - d_c)$$

$$S_2 = A_s (d - x_2) - A_{sc} (x_2 - d_c)$$

$$\beta = \begin{cases} 1,0 & \text{ominais- tai tavalliselle yhdistelmälle} \\ 0,5 & \text{pitkäaikaisyhdistelmälle} \end{cases}$$

$$\zeta = 1 - \beta(M_{cr}/M_{k,max})^2$$

$$(1/r)_M = (\zeta M_k / EI_2) + ((1-\zeta) M_k / EI_1)$$

$$(1/r)_{cs} = \zeta \varepsilon_{cs} \alpha_e (S_2 / I_2) + (1 - \zeta) \varepsilon_{cs} \alpha_e (S_1 / I_1)$$

$$1/r = (1/r)_M + (1/r)_{cs}$$

$$w_{tot} = K L^2 (1/r)$$

$$K = 5/48 \text{ (RAKENNEMALLISTA)}$$

$$\alpha_e = \boxed{5,9}$$

$$x_1 = \boxed{130,6} \text{ mm}$$

$$I_1 = \boxed{0,00148} \text{ m}^4$$

$$I_2 = \boxed{0,00009} \text{ m}^4$$

$$M_{cr} =$$

$$f_{ctm} W = \boxed{36,7} \text{ kNm}$$

$$S_1 = \boxed{33126,8} \text{ mm}^3$$

$$S_2 = \boxed{73815,6} \text{ mm}^3$$

$$\beta = \boxed{1,00}$$

$$\zeta = \boxed{0,000} \geq 0$$

$$(1/r)_M = \boxed{0,0003018} \text{ 1/m}$$

$$(1/r)_{cs} = \text{ } \text{ 1/m}$$

$$1/r = \boxed{0,0003018} \text{ 1/m}$$

$$w_{tot} = \boxed{0,36} \text{ mm}$$

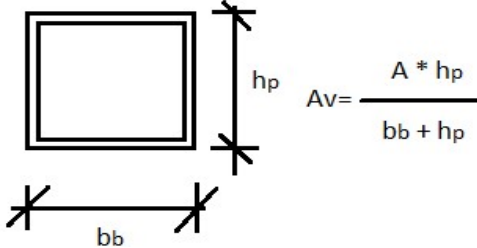
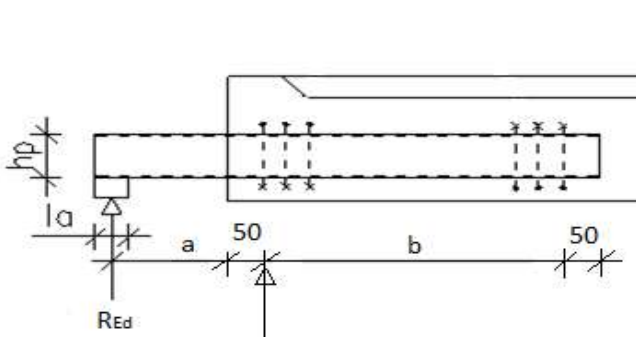
$$L/250 = \boxed{13,5} \text{ mm}$$

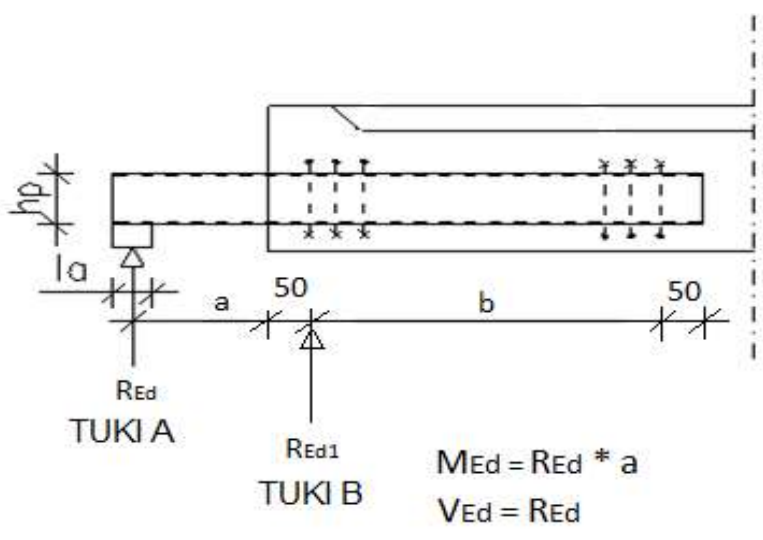
Ei huomioida kutistumaa

Tarkista standardin vaatimusten toteutuminen!

SITOWISE		Rakennelaskelma, lähtötiedot		
		Tekijä: [REDACTED]	Sivu: 1 (3)	
Rakennuskohde:		Työ no:	Sisältö:	Sijainti:
Päistään tuettu parvekelaatta, yhteen suuntaan kantava		Versio 1.0		
Tuloste				
Raudoitus				
Vetoteräket	Φ_1	n_1	A_{s1}	d_1
	[mm]	[kpl]	[mm ²]	[mm]
	8	8	402,124	213
Puristusteräket	Φ_c	n_c	A_{sc}	d_c
	8	0	0	0
$A_s =$	402	mm ²		
$A_{sw} =$	101	mm ² /haka		
$A_{sw,tot} =$	670	mm ² /m		
Taivutuskestävyys				
$\omega =$	0,039	$\mu =$	0,038	
$\omega_c =$	0,000			
$\beta_c =$	0,039	$A_{s,min} =$	356	mm ²
$\beta_b =$	0,467			
$x =$	10,4	mm	$M_{pl,Rd} =$	38,2
$\epsilon_{sc} =$	0,000	%		
$\epsilon_{sc} / \epsilon_{sd} =$	0,000	Rakenteessa ei puristusraudoitusta		
Taivutuskestävyys, poikkileikkauksen käyttöaste		$M_d / M_{pl,Rd} =$	44 %	OK
Minimiraudoitus		$A_s > A_{s,min}$		OK
Vetomurtumisehto		$\beta_c < \beta_b$		OK
Leikkauskestävyys				
$z =$	191,7	mm	$V_{Rd,s} =$	58,4
$v_1 =$	0,516		$V_{Rd,max} =$	1089,9
$s_{h,max} =$	160	mm	$V_{Rd} =$	58,4
$A_{sw,min} =$	947	mm		
Leikkauskestävyys		$V_{Ed} / V_{Rd} =$	34,1 %	OK
Minimiraudoitus		$A_{sw,tot} > A_{sw,min}$		Virhe! Muuta raudoitusta
Hakojen maksimiväli		$s_h < s_{h,max}$		OK
Leikkauskestävyys leikkausraudoittamattomana		$V_{Rd,c} =$	94,4	kN
Leikkausraudoittamattoman rakenteen vähimmäiskestävyys		$V_{Rd,c,min} =$	121,9	kN

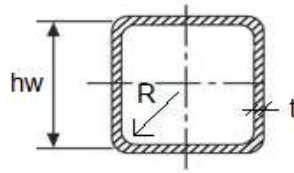
SITOWISE		Rakennelaskelma, lähtötiedot	
		Tekijä:	Sivu: 2 (3)
Rakennuskohde:	Työ no:	Päiväys:	Sisältö:
			Sijainti:
Päistään tuettu parvekelaatta, yhteen suuntaan kantava			Versio 1.0
Tuloste			
Taipuma			
$\alpha_e =$	5,9		
$x_1 =$	130,62	mm	
$I_1 =$	0,00148	m ⁴	
$x_2 =$	29,4	mm	
$I_2 =$	0,00009	m ⁴	
$(EI)_1 =$	50,37	MNm ²	
$(EI)_2 =$	3,00	MNm ²	
$M_{cr} =$	36,7	kNm	
$S_1 =$	33126,8	mm ³	
$S_2 =$	73815,6	mm ³	
$\beta =$	1,00		
$\zeta =$	0,000	≥0	
$(1/r)_M =$	0,000302	1/m	
$(1/r)_{cs} =$		1/m	(Ei huomioida kutistumaa)
$1/r =$	0,000302	1/m	
			$w_{tot} =$ 0,36 mm
			$L/250 =$ 13,52 mm
Halkeamaleveys			
$\Phi_{eq} =$	8,0	mm	
$A_{c,eff} =$	76855	mm ²	
$\rho_{s,eff} =$	0,005		
$\sigma_c =$	5,1	MN/m ²	
$\sigma_s =$	186,0	MN/m ²	
$k_t =$	{ 0,6 ominais- tai tavalliselle yhdistelmälle { 0,6*(1- η_1)+0,4* η_1 pitkäaikaisyhdistelmälle		0,60
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000558		
$c_c =$	43	mm	
			$s_{r,max} =$ 406,1 mm
			$w_k =$ 0,227 mm

SITOWISE		Rakennelaskelma, lähtötiedot	
		Tekijä: <input type="text"/>	Sivu: 1 (1)
Rakennuskohde: <input type="text"/>		Työ no: <input type="text"/>	Sijainti: <input type="text"/>
Putkituettu parvekelaatta		Versio 1.0	
LÄHTÖTIEDOT / LASKENTA			
Materiaali ja ympäristö:			
(STALA, AISI304) Lujuus f_y : <input type="text" value="350"/> N/mm ² Valitse putken profiili: <input type="text" value="100x100x5"/>		 $A_v = \frac{A * h_p}{b_b + h_p}$	
Valittu Putken koko= <input type="text" value="100x100x5"/> Valittu lujuus= <input type="text" value="350"/> N/mm ²			
Materiaali, ympäristö ja geometria:			
$h_p =$ <input type="text" value="100"/> mm $b_b =$ <input type="text" value="100"/> mm $t =$ <input type="text" value="5,0"/> mm		$M_{y,el,Rd} = W_{el,y} * \frac{f_y}{\gamma_{m0}}$	
$A =$ <input type="text" value="1836"/> mm ² $\gamma_{m0} =$ <input type="text" value="1,0"/> $A_v =$ <input type="text" value="917,8"/> mm ² $M_{y,el,Rd} =$ <input type="text" value="18,98"/> kNm $W_{el} =$ <input type="text" value="54220"/> mm ³ $V_{pl,Rd} =$ <input type="text" value="185,5"/> kN		$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{m0}}$	
			
$M_{Ed} = R_{Ed} * a$ $V_{Ed} = R_{Ed}$			

Putkituettu parvekelaatta		LASKENTA					
(LASKENTA PÄTEE TYHJÄLLE PUTKELLE, EI BETONI TÄYTTÖÄ, ELEMENTEISSÄ PUTKI OLTAVA TÄYNNÄ BETONIA)							
Taivutus ja poikkileikkauksen myötääminen							
Valittu Putken koko=	100x100x5				la=	50 mm	
My,el,Rd=	19,0	kNm					
Wel=	54220	mm ³					
Vpl,Rd=	185,5	kN					
[m]	[m]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]		[kNm]
a	b	ΣL	REd	REd1	Ved/Vpl,Rd	ρ	ΔMy,el
0,495	0,505	1100	38,3	75,9	0,41	Ei käytetä	-
<i>Leikkausvoiman huomioiminen:</i>			38,3	75,9			
			(PUTKEN KAPASITEETTI)		ρ=	0,0328837	
					(1-ρ)*fy =	338,5 N/mm ²	
<p>Leikkausvoiman vaikutusta ei tarvitse erikseen ottaa huomioon, jos</p> $\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 0,5$ <p>Muissa tapauksissa tarkastelut suoritetaan kuten edellä aksiaaliselle voimalla ja taivutusmomentille, mutta leikkauspinta-alalle käytetään pienennettyä myötörajaa $(1-\rho)f_y$, missä $\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1\right)^2$</p>							
 <p style="text-align: center;"> $M_{Ed} = R_{Ed} * a$ $V_{Ed} = R_{Ed}$ </p>							
EHTO:	ΔMy,Ed / My,el,Rd		≤	1			
	1,00		≤	1		100,0 %	OK!

Tukivoimakestävyys (Kahdelle uumalle)

la=	50	mm
t=	5	mm
r=	5	mm
γ_{m1} =	1,1	(tässä)
E=	200000	N/mm ²
f_y =	350	N/mm ²



hw=	90	mm
R=	10	mm

$$\alpha = 0,51 \text{ (laskettava itse)}$$

$$R_{\alpha,Rd} = 82,7 \text{ kN}$$

$$R_{w,Rd} = \frac{\alpha t^2 \sqrt{f_{yb} E} (1 - 0,1\sqrt{r/t}) [0,5 + \sqrt{0,02 l_a / t}]}{\gamma_{m1}}$$

EHTO: $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} + \frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \leq 1,25$

Med = Red x a
 Mc,Rd = My,el, Rd
 Fed = REd1
 Rw,Rd = R α ,Rd

Valittu Putken koko= 100x100x5

[m]	[m]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
a	b	ΣL	REd	REd1	MEd	TUKI A	TUKI B
0,495	0,505	1100	38,3	75,9	19,0	0,92	1,00
			(Tuki A)	(Tuki B)			

EHTO: $1,92 \geq 1,25$ 153,5 % **EI KÄY!**

LAATAN PUOLEINEN TUKI MITOITAA, ETSITÄÄN MAKSIMI Red TUELLE A

[m]	[m]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
a	b	ΣL	REd	REd1	MEd	TUKI A	TUKI B
0,495	0,505	1100	25,0	49,5	12,4	0,60	0,65
			(Tuki A)	(Tuki B)			

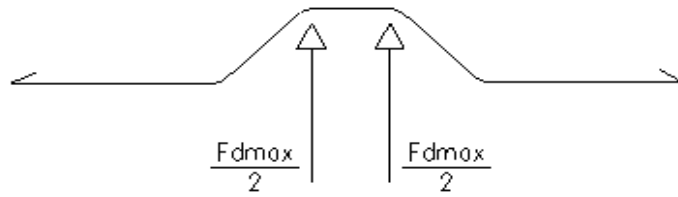
EHTO: $1,25 \leq 1,25$ 100,00 % **OK!**

Putkipalkissa olevat haat

$$f_{yd} = \boxed{434,8} \text{ N/mm}^2$$

$$\varnothing = \boxed{10} \text{ mm}$$

$$(3\varnothing)A_s = \boxed{236} \text{ mm}^2$$



$$F_{d,max} = \boxed{49,5} \text{ kN}$$

$$V_s = \boxed{72,4} \text{ kN}$$

[kN]

[kN]

EHTO:**24,7**

≤

72,4**34,14 %****OK!****Yhteenveto**REd ja REd,1 tukiehtojen mukaiset arvot (=pienimmät):

$$RE_d = \boxed{25,0} \text{ kN}$$

$$RE_{d,1} = \boxed{49,5} \text{ kN}$$

Putkipalkin hakojen kapasiteetti:**34,14 %**

SITOWISE**Rakennelaskelma, lähtötiedot**

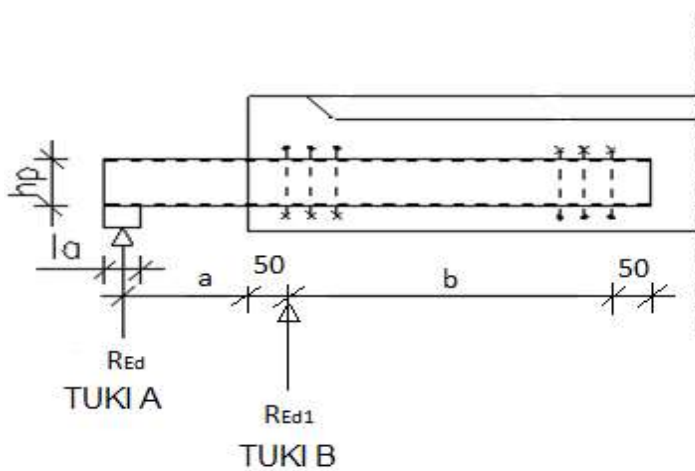
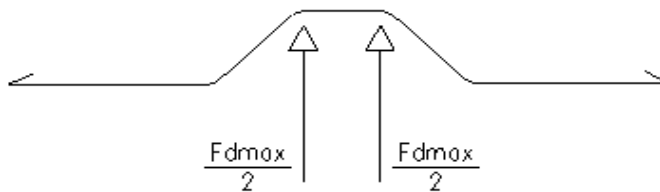
Tekijä:		Sivu:	1 (2)
Päiväys:			

Rakennuskohde:	Työ no:	Sisältö:	Sijainti:

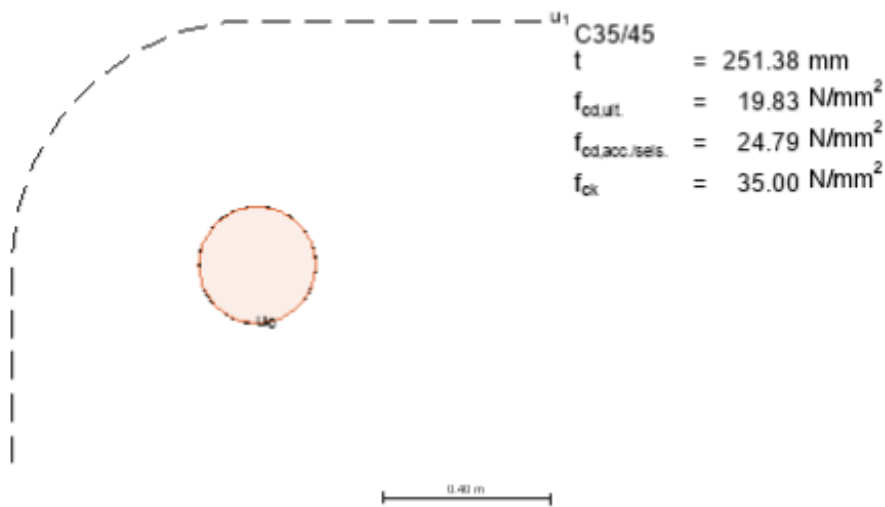
Putkituettu parvekelaatta	Versio 1.0
----------------------------------	------------

Tuloste**Yhteenveto**REd ja REd,1 tukiehtojen mukaiset arvot (=pienimmät):

REd=	25,0	kN
REd,1=	49,5	kN

Putkipalkin hakojen kapasiteetti:**34,14 %** **$F_{d,max} \leq V_s$** 

PU.(C.1).1 Maximum of load combinations



Concrete compression resistance - Part 1.1: 6.4.3 LC: 'MRT KAIKKI'

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_0 \cdot d} = \frac{1.00 \cdot 68344.62}{878 \cdot 222} = 0.35 \text{ N/mm}^2 \quad (6.38)$$

$$v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{ed} = 0.5 \cdot 0.52 \cdot 19.83 = 5.12 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Ed} = 0.35 \text{ N/mm}^2 \leq v_{Rd,max} = 5.12 \text{ N/mm}^2 \quad (6.53) - \text{OK}$$

Concrete shear resistance - Part 1.1: 6.4.3 LC: 'MRT KAIKKI'

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} = \frac{1.00 \cdot 68344.62}{2116 \cdot 222} = 0.15 \text{ N/mm}^2 \quad (6.38)$$

$$v_{Rd,c} = \max(C_{Rd,c} \cdot k (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}, v_{min}) + k_1 \cdot \sigma_{cp} = \\ = \max(0.12 \cdot 1.95 (100 \cdot 0.0030 \cdot 35.00)^{1/3}, 0.56) + 0.10 \cdot 0.00 = 0.56 \text{ N/mm}^2 \quad (6.47)$$

$$v_{Ed} = 0.15 \text{ N/mm}^2 \leq v_{Rd,c} = 0.56 \text{ N/mm}^2 - \text{OK}$$

Summary

