

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PIENTALON BETONIELEMENTTI- SUUNNITTELU

TEKIJÄ Valteri Honkanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Valtteri Honkanen	
Työn nimi Pientalon betonielementtisuunnittelu	
Päiväys 01.11.2024	Sivumäärä/Liitteet 34/7
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Arkhon Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Betonielementtien käyttö runkorakenteena rajautuu pääosin suurempiin hankkeisiin, kuten toimisto- halli- ja kerrostalorakennuksiin. Suunnittelijoille saatavilla olevat tiedot suunnitteluprosessista ja toteutuksesta pohjautuukin pääosin suuruusluokaltaan isompien projektien läpivientiin. Pienemmille mittasuhteille usein kuitenkin käytetään näitä samoja tietoja. Suunnittelemalla betonielementtien käyttötarkoitus vastaamaan ainoastaan pientalojen tarpeita, saadaan lopputulokseksi kustannuksien ja toteutuksen kannalta tehokas ratkaisu.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä tekijöihin ja tahoihin, jotka ohjaavat rakennushankkeen suunnittelua ja toteutusta. Tiedonkeruun jälkeen, soveltaa näitä tietoja ja luoda pientalojen tarpeita vastaavat elementtisuunnitelmat. Tavoitteena oli luoda suunnitelmat tyyppielementeistä, elementtidetaljeista sekä asennus tekniikan osalta. Osana tätä opinnäytetyötä myös suunniteltiin ja mitoitettiin seinäkenkä-pulttiliitos.</p> <p>Opinnäytetyön tietoperusta koottiin tutkimalla betonielementtien rakenteeseen ja toimintaan sekä turvallisuuden liittyvää ammattikirjallisuutta, suomalaista rakennuslainsäädäntöä ja eurokoodin standardeja. Elementtisuunnitelmien laadinnassa hyödynnettiin myös tilaajarytymisen opinnäytetyöohjaajan kokemusta ja ammattitaitoa.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi pientalojen mittasuhteisiin sovitettut ratkaisut elementtityyppien ja detajiiikan osalta. Suunnitelmat pitivät sisällään 6 kappaletta elementtidetaljeja, elementtikaavion, tehdasvalmiit valmistuspiirustukset elementeistä sekä esimerkkilaskelman seinäkenkä-pulttiliitoksesta.</p>	
Avainsanat Rakennetekniikka, elementtisuunnittelu, pientalo, valmistuspiirustukset	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	SUUNNITTELUNOHJAUS	6
2.1	Eurokoodi ja standardit	6
2.2	Maankäyttö- ja rakennuslaki	7
2.3	Maankäyttö- ja rakennuslaki	7
2.4	Kunnan rakennusjärjestys.....	8
2.5	Asemakaava	8
3	KUORMAT	9
3.1	EN1991-1-1 Tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat.....	9
3.2	EN1991-1-3 Lumikuormat.....	11
3.3	EN1991-1-4 Tuulikuormat.....	13
4	OMAKOTITALOKOHTTEEN ELEMENTTISUUNNITTELU	17
4.1	Suunnittelun tehtäväjako.....	17
4.1.1	Rakennesuunnittelu	17
4.1.2	Sähkösuunnittelu	18
4.2	Tyypielementit	19
4.2.1	Ulkoseinä R,S	19
4.2.2	Tukimuuri TKE.....	22
4.2.3	Massiivilaatta L	24
4.2.4	Päätykolmio N	25
4.3	Elementtidetaljit.....	26
4.3.1	Ikkunan liitos SW-elementtiin	26
4.3.2	Ulko-oven liitos SW-elementtiin	26
4.3.3	Lasiliukuseinän liitos SW-elementtiin	26
4.3.4	SW-elementin ulkokulmaliitos ja - pystysauman vaakaleikkaus	27
4.3.5	Kantavan SW-elementin kiinnitys anturaan ja - NL-ristikon kiinnitys	27
4.3.6	Ei kantavan SW-elementin vaakasauman pystyleikkaus ja - NL-ristikon kiinnitys	27
4.4	Elementtikaavio	28
4.5	Asennussuunnitelma	29

5	SEINÄKENKÄ-PULTTILIITOS.....	30
4.5	Tuulikuorman laskenta osapintojen painemenetelmällä.....	29
4.5	Seinäkengän ja ankkurointipultin mitoitus.....	29
6	POHDINTA.....	34
	LÄHTEET	35
	LIITE1 IKKUNAN LIITOS SW-ELEMENTTIIN	38
	LIITE2 ULKO-OVEN LIITOS SW-ELEMENTTIIN	39
	LIITE3 LASILIUKUSEINÄN LIITOS SW-ELEMENTTIIN.....	40
	LIITE4 SW-ELEMENTIN ULKOKULMALIITOS JA - PYSTYSAUMAN VAAKALEIKKAUS.....	41
	LIITE5 KANTAVAN SW-ELEMENTIN KIINNITYS ANTURAAN JA – NL RISTIKON KIINNITYS.....	42
	LIITE6 EI KANTAVAN SW-ELEMENTIN VAAKASAUMAN PYSTYLEIKKAUS JA - NL-RISTIKON KIINNITYS	43
	LIITE7 SEINÄKENKÄ-PULTTILIITOS	43

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii Arkhon Oy. Yritys on vastikään perustettu rakennusalan suunnittelu- ja konsulttialan toimija. Opinnäytetyön aihe saatiin yrityksen tarpeesta betonielementtisuunnittelulle rakenteilla olevaan pientaloon. Lisäksi yrityksellä oli myös tarve luoda oma räätälöity elementtidetaljikirjasto pientalorakentamisen tarpeisiin.

Betonielementtien käyttö runkorakenteena rajautuu pääosin suurempiin hankkeisiin, kuten toimistohalli- ja kerrostalorakennuksiin. Suunnittelijoille saatavilla olevat tiedot suunnitteluprosessista ja toteutuksesta pohjautuukin pääosin suuruusluokaltaan isompien projektien läpivientiin. Pienemmille mittasuhteille usein kuitenkin käytetään näitä samoja tietoja. Suunnittelemalla betonielementtien käyttötarkoitus vastaamaan ainoastaan pientalojen tarpeita, saadaan lopputulokseksi kustannuksien - ja toteutuksen kannalta tehokas ratkaisu.

Työn tavoitteena on perehtyä teräsbetonielementtien suunnitteluvaatimuksiin, rakenneosiin sekä siihen mitkä tekijät ohjaavat ja säätelevät rakennushankkeen suunnittelua. Näiden tietojen pohjalta luodaan pientalon mittasuhteisiin soveltuvat elementtisuunnitelmat. Elementtisuunnitelmat koostuvat tyyppielementeistä, elementtidetaljeista ja asennussuunnitelmasta. Osana opinnäytetyötä myös suunnitellaan ja mitoitetaan seinäkenkä – pulttiliitos.

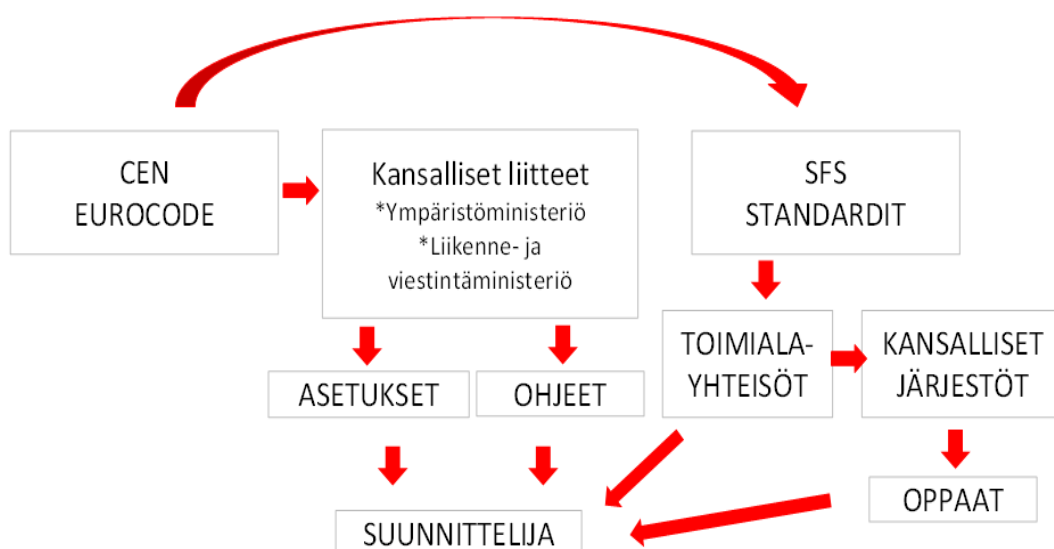
2 SUUNNITTELUNOHJAUS

2.1 Eurokoodi ja standardit

Betonivalmisosarakentamista ja -suunnittelua koskeva viranomaissäännöstö muodostuu laeista, asetuksista ja niiden nojalla annetuista viranomais määräyksistä ja ohjeista (Elementtisuunnittelu, normit ja standardit, 2023). Yksityiskohtaiset ohjeet ja -määräykset luetaan nykyisin pääosin standardeista tai niihin pohjautuvista liitteistä. Standardit ovat otteita 58-osaisesta eurokoodista, joka on luotu ohjaamaan kantavien rakenteiden suunnittelua. Eurokoodit kattavat varmuuden määrittämisperiaatteet, erilaiset kuormat kuten hyöty-, lumi- ja tuuli-, lämpö-, onnettomuus- ja nosturikuormat ja niiden laskentamenetelmät. Lisäksi kokoelma antaa yksityiskohtaisia ohjeita eri rakennusmateriaaleille. Eurokoodit muodostavat yhdessä toteutus- ja tuotestandardien kanssa yhtenäisen kokonaisuuden rakenteiden suunnittelua ja toteutusta varten. (Eurocodes, general, 2021)

Standardien käyttöönotto eri maissa vaatii kansallisten liitteiden laatimista. Suomessa näiden liitteiden laatimisesta vastaa ympäristöministeriö talonrakentamisen osalta ja liikenne- ja viestintäministeriö infrarakentamisen osalta. Liitteet ovat suunnitteluperusteiden, kuormien ja geoteknisen suunnittelun osalta asetuksia, eli osa Suomen lakia (European Union, decree, 2021). Materiaalikohtaisten osien - ja liikenne- ja viestintäministeriön laatimat liitteet ovat puolestaan kaikki ohjeita. Kaikki kansalliset liitteet ovat julkaistu osana Suomen rakentamismääräyskokoelmaa.

Virallinen standardoinnin keskusjärjestö suomessa on Suomen standardit SFS, pois lukien tele- ja sähköala. SFS käyttää standardointitoiminnassaan toimialayhteisöjä, jotka toimivat eri vastuualueilla. Esimerkiksi pääosaa rakennusalan standardisoinnista hoitaa Rakennustuoteteollisuus RTT (Elementtisuunnittelu, normit ja standardit, 2023). Toimialayhteisöjen lisäksi kansalliselle tasolle on muodostettu järjestöjä, jotka ottavat kantaa, antavat lausuntoja sekä luovat oppaita voimassa olevien standardien tulkintaan.



KUVA 1. Periaatekaavio standardin laadinnasta (Honkanen, 2024)

2.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävää kehitystä. Lisäksi tavoitteena on turvata jokaisen osallistumismahdollisuus asioiden valmisteluun, suunnittelun laatu ja vuorovaikutteisuus, asiantuntemuksen monipuolisuus sekä avoin tiedottaminen käsiteltävinä olevissa asioissa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 132/1999, 1 §)

Laki koostuu 27 osasta, sekä rakennusmääräyskokoelmasta. Laki säätelee alueiden suunnittelua, rakentamista ja käyttöä. Laissa säädellään toimintaa niin valtakunnallisella tasolla, kuin työmaalla tapahtuvaa rakennustyötä.

1.1.2025 Maankäyttö- ja rakennuslaki uudistuu. Maankäyttölaki muuttaa nimensä alueidenkäyttölakiksi. Sisältö lain osalta säilyy entisellään, mutta tulee vastaamaan paremmin uutta nimeään säätelemällä alueiden käyttöä. Rakennuslaki puolestaan irrotetaan maankäyttö- ja rakennuslaista omaksi laiksi, rakentamislakiksi. Sisältö rakentamislain osalta päivitetään sujuvoittamaan rakentamista ja edistämään päästövähennyksiä ja kiertotaloutta. (Ympäristöministeriö, rakentamislaki, 2024)

2.3 Suunnittelijan pätevyudet

Uusi rakentamislaki selkeyttää ja keventää pätevyysvaatimuksia suunnittelijoiden ja työnjohtajien osalta (Ympäristöministeriö, rakentamislaki, 2024). Esimerkiksi aikaisemmin maankäyttö- ja rakennuslaki vaati työkokemusta henkilöltä toimiakseen tavanomaisessa tai sitä vaativimmissa hankkeissa. Uuden rakentamislain voimaantulua tavanomaisten hankkeiden suunnittelijalta ei vaadita lain puitteissa enää työkokemusta, vaan pelkkä suoritettu vaatimusten mukainen tutkinto riittää. Suomessa suunnittelijan pätevyksiä valvoo sekä myöntää rakennusvalvonta sekä toimialayhteisö FISE.

Maankäyttö- ja rakennuslain (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 132/1999, 120 e §) mukaan rakenne- ja erityissuunnittelijan kelpoisuusvaatimuksena on

Tavanomaisessa suunnittelutehtävässä kyseiseen suunnittelutehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu tutkinto, joka on vähintään aiemman tekniikan tai sitä vastaavan tutkinnon tasoinen, sekä vähintään kolmen vuoden kokemus avustamisesta vähintään tavanomaisissa suunnittelutehtävissä

Vastaavasti uuden rakentamislain (Rakentamislaki 751/2023, 83 §) mukaan rakenne- ja erityissuunnittelijan kelpoisuusvaatimuksena on

Tavanomaisessa suunnittelutehtävässä kyseiseen suunnittelutehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu tutkinto, joka on vähintään aiemman tekniikan tai sitä vastaavan tutkinnon tasoinen.

2.4 Kunnan rakennusjärjestys

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan kunnassa tulee olla rakennusjärjestys. Huomioitava kuitenkin on, että määräykset voivat olla erilaisia kunnan eri alueilla. Rakennusjärjestyksen määräykset voivat koskea esimerkiksi rakennuspaikkaa, rakennuksen kokoa ja sen sijoittumista, rakennuksen sopeutusta ympäristöön, rakentamistapaa, istutuksia, aitoja ja muita rakennelmia, rakennetun ympäristön hoitoa, vesihuollon järjestämistä, suunnittelutarvealueen määrittelemistä sekä muita niihin rinnastettavia paikallisia rakentamista koskevia seikkoja. Rakennusjärjestyksen hyväksyy kunnanvaltuusto. On syytä huomioida, että rakennusjärjestyksessä olevia määräyksiä ei sovelleta, jos oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa, asemakaavassa tai Suomen rakentamismääräyskokoelmassa on asiasta toisin määrätty. (Rakentamislaki, 751/2023, 17 §)

Kunnan rakennusjärjestys ohjaa ja säätelee rakentamista koko kunnan alueella. Alueellisia otteita rakennusjärjestyksistä kutsutaan rakennustapaohjeiksi. Niissä säädellään aluekohtaisesti, alueiden suunnittelua ja rakentamista. Rakennustapaohjeet ovat luotu asemakaavojen rinnalle täydentämään ja tukemaan kunnan alueellisia rakentamistavoitteita. Rakennustapaohjeet ovat myös kunnanvaltuuston hyväksymiä virallisia asiakirjoja, joita tulee noudattaa.

2.5 Asemakaava

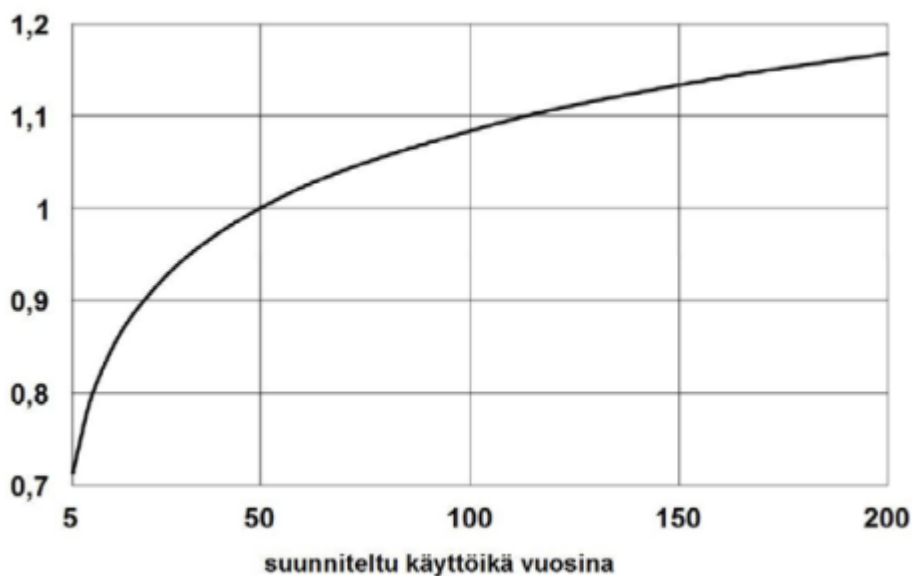
Alueiden käytön yksityiskohtaista järjestämistä, rakentamista ja kehittämistä varten laaditaan asemakaava, jonka tarkoituksena on osoittaa tarpeelliset alueet eri tarkoituksia varten ja ohjata rakentamista ja muuta maankäyttöä paikallisten olosuhteiden, kaupunki- ja maisemakuvan, hyvän rakentamistavan, olemassa olevan rakennuskannan käytön edistämisen ja kaavan muun ohjaustavoitteen edellyttämällä tavalla. (Rakentamislaki, 751/2023, 50 §)

Asemakaavassa määritellään tulevan alueen käyttötarkoitus. Siinä määritetään mitä säilytetään, mitä saa rakentaa, mihin ja millä tavalla. Kaavassa voidaan osoittaa esimerkiksi rakennusten sijainti, koko ja käyttötarkoitus. Asemakaava voi koskea kokonaista asuinalueita virkistysalueineen tai erikoistapauksissa jopa vain yhtä ainutta rakennuspaikkaa. Asemakaavan laatijana toimii kunta. Poikkeuksellisesti ranta-alueiden rakentamista voidaan ohjata ranta-asemakaavalla. Ranta-alueiden laatijana toimii yleisesti maanomistajat. (Ympäristö, asemakaavat, 2022)

Asemakaavaan kuuluu kaavakartta sekä kaavamerkinnot ja -määräykset. Lisäksi asemakaavan laadinnasta luodaan selostus, jossa raportoidaan kaavan laatimisen lähtökohtia, tavoitteita ja keskeisiä ominaisuuksia.

3 KUORMAT

Eurokoodin mukaan kuormat tulee luokitella pysyviin (G), muuttuviin (Q) ja onnettomuuskuormiin (A) (Elementtisuunnittelu, kuormat, 2010). Kuormat voidaan luokitella myös välittömiksi tai välillisiksi, kiinteiksi tai liikkuviksi sekä staattisiksi tai dynaamisiksi. Eurokoodissa EN1991 Kuormat on yhdeksän osaa, jotka kaikki käsittelevät osiltaan eri kuormatyyppejä. Huomiota on syytä kiinnittää, että eurokoodissa ilmastosta aiheutuvat kuormat kuten lumi- ja tuulikuormat ovat määritetty vastaamaan 50 vuoden käyttöikää. Tilanteessa, jossa suunniteltu käyttöikä on yli 50 vuotta, tulee käytettävää luonnonkuormia kasvattaa kuvan 2 mukaisesti.



KUVA 2. Ilmastosta johtuvien kuormien ominaisarvon likimääräinen riippuvuus suunnitellusta käyttöiästä. (Elementtisuunnittelu, kuormat, 2010)

3.1 EN1991-1-1 Tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat

Rakenteiden omapainot määritellään standardissa SFS-EN-1991-1-1 Yleiset kuormat. Tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat. (SFS-EN-1991-1-1, 2011) Omapaino lasketaan rakennusosan mitta- ja materiaalitietojen perusteella. Kappaleen omapainon laskentaan tarvitaan ensin kappaleen tilavuuspaino. Tilavuuspaino lasketaan kaavan 1 mukaisesti.

$$y = \rho * g \quad (1)$$

missä,

$$y = \text{tilavuuspaino} \quad (\text{kN/m}^3)$$

$$\rho = \text{tiheys} \quad (\text{kg/m}^3)$$

$$g = \text{putoamiskiihtyvyys } 9,81 \text{ m/s}^2$$

Kappaleen tilavuuspainon laskennan jälkeen voidaan saadun tuloksen sekä kappaleen tilavuuden avulla laskea kappaleen omapaino kaavan 2 mukaisesti.

$$G = y * V \quad (2)$$

missä,

G = kappaleen omapaino (kN)

y = tilavuuspaino (kN/m³)

V = kappaleen tilavuus (m³)

Hyötykuormat määritellään standardissa SFS-EN-1991-1-1 Yleiset kuormat. Tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat. (SFS-EN-1991-1-1, 2011)

Kuormitettujen tilojen luokat	q_k [kN/m ²]			Q_k [kN]
	Välipohjat	Portaat	Parvekkeet	
Luokka A (asuin ja majoitustilat)	2,0	2,0	2,5	2,0
Luokka B (toimistotila)	2,5	3,0	2,5	2,0
Luokka C (kokoontumistilat)				
– C1 (tilassa pöytiä)	2,5	3,0	2,5	3,0
– C2 (tilassa kiinteät istuimet)	3,0	3,0	3,0	3,0
– C3 (ei liikkumista raj. esteitä)	4,0	3,0	4,0	4,0
– C4 (liikuntatilat)	5,0	3,0	5,0	4,0
– C5 (tungoskuorma yleisötilassa)	6,0	6,0	6,0	4,0
Luokka D (myymälätilat)				
– D1 (vähittäiskaupat)	4,0	3,0	4,0	4,0
– D2 (tavaratalot)	5,0	6,0	5,0	7,0

KUVA 3. Rakennusten välipohjien, parvekkeiden ja portaiden vähittäishyötykuormat (Elementtisuunnittelu, kuormat, 2010)

Hyötykuormien pysty- sekä vaakasuuntaisessa laskennassa voidaan käyttää tilannekohtaisesti pienennystekijöitä. Eurokoodi määrittelee tarkasti mahdolliset tapaukset tilanteille, jossa kertoimien käyttö on mahdollista ja missä se on kiellettyä.

Vaakarakenteiden laskennassa hyötykuormia voidaan pienentää pienennystekijällä α_A . Pienennystekijä lasketaan kaavan 3 mukaisesti.

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0 \quad (3)$$

missä,

α_A = vaakarakenteen pienennystekijä

ψ_0 = EN1990 taulukon A1.1(FI) mukainen kerroin

A_0 = 10,0m²

A = kuormitusalue (m²)

Pystyrakenteiden laskennassa hyötykuormia voidaan pienentää pienennystekijällä α_n . Pienennystekijä lasketaan kaavan 4 mukaisesti.

$$\alpha_n = \frac{2+(n-2)\psi_0}{n} \quad (4)$$

missä,

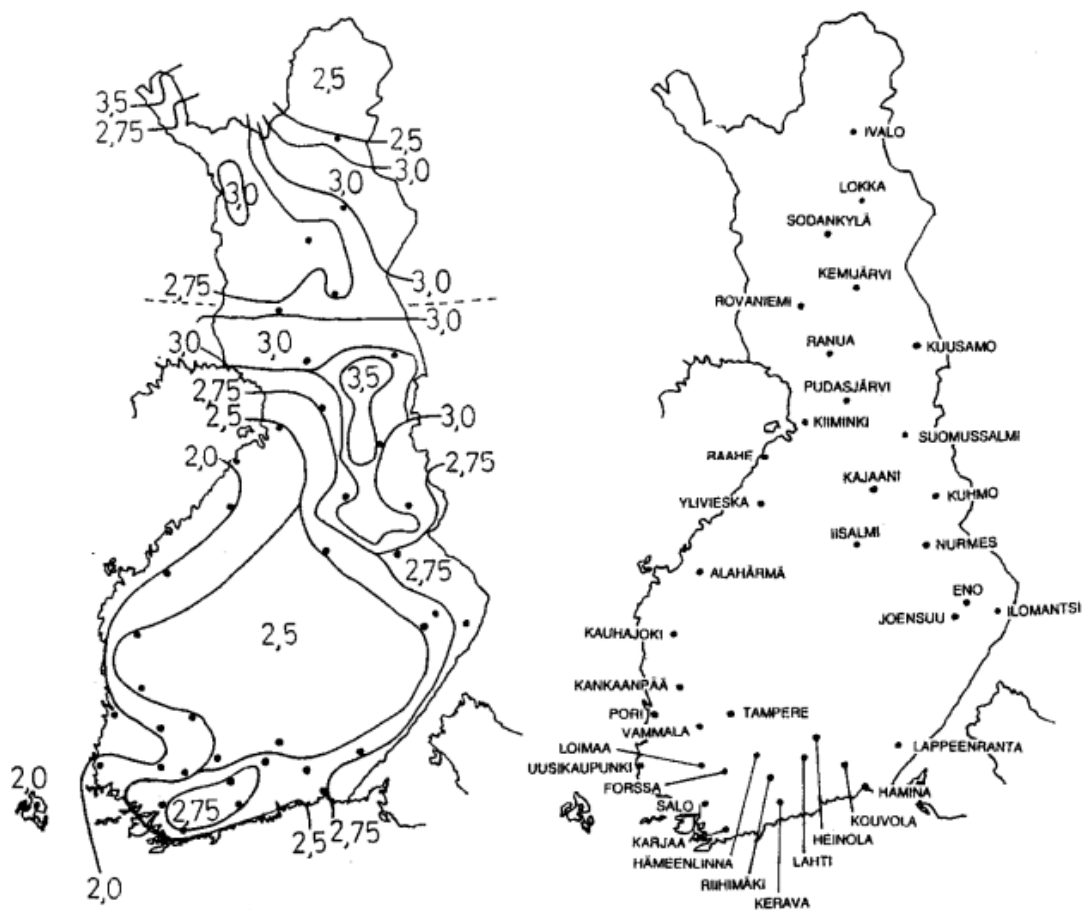
α_n = pystyrakenteen pienennystekijä

ψ_0 = EN1990 hyötykuorman yhdistelykerroin

n = Kuormitettujen kantavien osien kuuluvien kerrosten lukumäärä

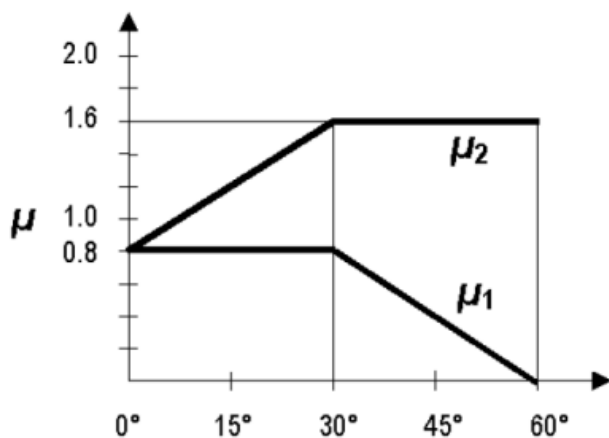
3.2 EN1991-1-3 Lumikuormat

Lumikuormat määritellään standardissa SFS-1991-1-3 Rakenteiden kuormat. Osa 1-3: Yleiset kuormat. Lumikuormat. (SFS-EN-1991-1-3, 2016) Lumikuormien suuruuteen vaikuttavat rakennuksen maantieteellinen sijainti, katon muoto ja sen kaltevuus sekä lumen mahdollinen kinostuminen. Rakennuksen katon lumikuorman laskentaan tarvitaan maanpinnan lumikuorman ominaisarvo s_k . Arvo saadaan kuvasta 4.



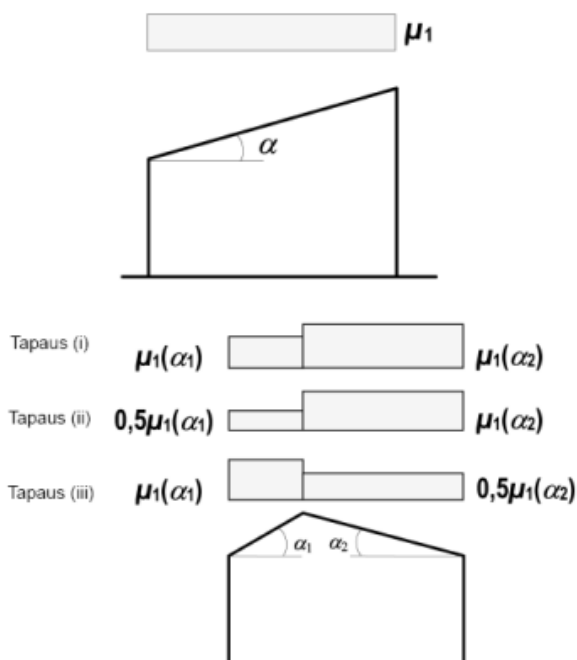
KUVA 4. Lumen ominaisarvot maan pinnalla Suomessa (Elementtisuunnittelu, kuormat, 2010)

Maanpinnan lumikuorman ominaisarvon lisäksi laskentaan tarvitaan katon muotokerroin μ_i . Muotokerroin luetaan kuviosta 1. Kuviossa kerrointa μ_1 käytetään kinostumattomalle lumelle ja kerrointa μ_2 kinostuneelle lumelle.



KUVIO 1. Lumikuorman muotokertoimet (Elementtisuunnittelu, kuormat, 2010)

Rakennuksien katoilta lumen liukumista pyritään estämään kulkuväylille. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta, 1007/2017, 18 §) Tästä syystä lumiesteiden käyttö rakennuksien katoilla on hyvin yleistä. Lumiesteitä käytettäessä lumen muotokerroin on vähintään 0,8. Mikäli katto on epäsymmetrinen, täytyy kattorakeiden rasiuksia tarkastella useammalla kuormitustapauksella. Epäsymmetrisen katon kuormituskaaviot on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5. Epäsymmetrisen harjakaton kuormituskaaviot (Elementtisuunnittelu, kuormat, 2010)

Katon ominaislumikuorma voidaan laskea kaavan 5 mukaisesti valitun muotokerroimen sekä maanpinnan lumikuorman ominaisarvon avulla.

$$q_{s,k} = \mu_i * s_k * C_e * C_t \quad (5)$$

missä,

$$q_{s,k} = \text{katon ominaislumikuorma} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$s_k = \text{maanpinnan lumikuorman ominaisarvo} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\mu_i = \text{muotokerroin}$$

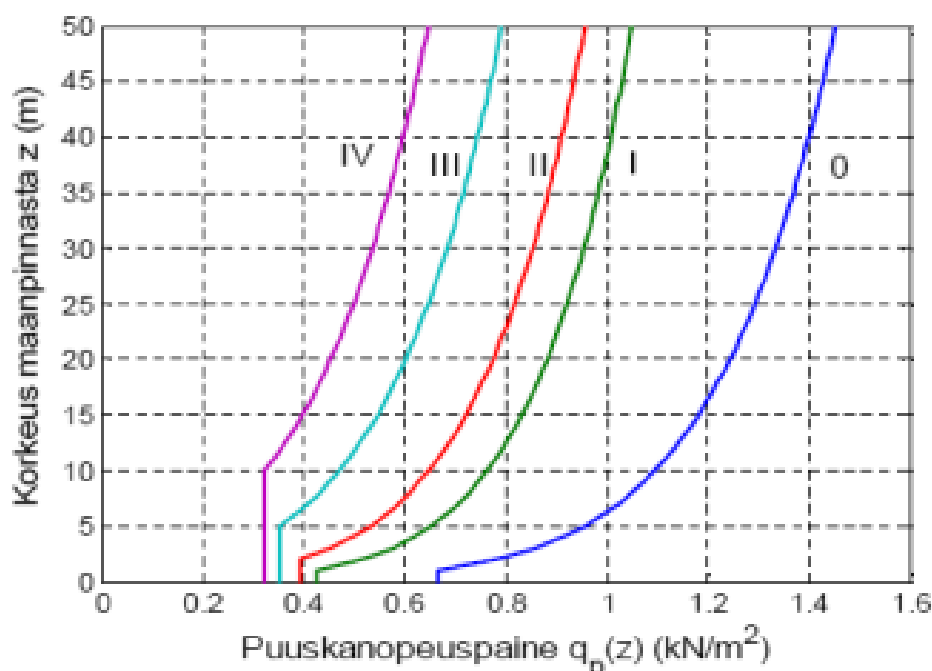
$$C_e = \text{tuulensuojaisuuskerroin (tavallisesti 1,0)}$$

$$C_t = \text{Lämpötilakerroin (tavallisesti 1,0)}$$

3.3 EN1991-1-4 Tuulikuormat

Tuulikuormat määritellään standardissa SFS-EN 1991-1-4: Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat. (SFS-EN-1991-1-4, 2011) Tuulikuorman suuruuteen vaikuttavat tuulennopeus, maaston rosoisuus, maastonpinnan muodot sekä rakennuksen mitat. Tuulikuorman laskentaan käytetään yleisesti kahta eri menetelmää; Voimakerroin- ja osapintojen painemenetelmää. Voimakerroinmenetelmä ei ole kelpollinen menetelmä yksittäisten rakenneosien mitoitukseen. Tästä syystä tässä opinnäytetyössä käsitellään vain tuulikuorman laskenta osapintojen painemenetelmän avulla.

Tuulikuorman laskenta aloitetaan määrittämällä tuulen puuskanopeuspaine $q_{p0}(z)$. Puuskanopeuden määrittämiseen tarvitaan tieto rakennuksen maastoluokasta sekä rakennuksen korkeustiedot. Eurokoodi luokittelee maastotyyppit viiteen eri luokkaan maaston rosoisuuden perusteella. (kuva 6) Maastoluokan valinnan ja korkeustietojen avulla voidaan puuskanopeuspaine lukea kuviosta 2.

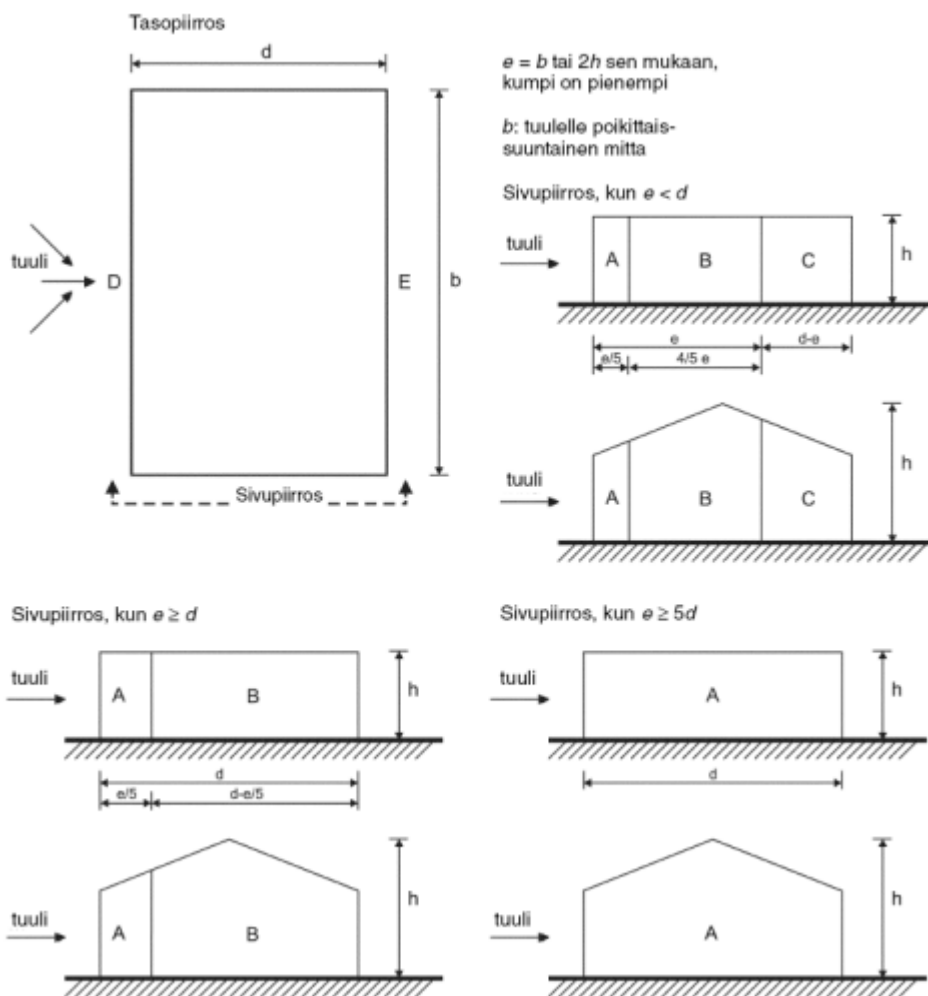


KUVIO 2. Puuskanopeuspaineen ominaisarvo eri maastoluokissa (Elementtisuunnittelu, kuormat, 2010)



KUVA 6. Maastoluokat (RIL 201-1-2011,127)

Puuskanopeuspaineen määrittämisen jälkeen mitoitettava rakennus jaetaan osapintoihin. Osapintoihin kohdistuu sekä ulkoisia, että sisäisiä painekuormia, joiden huomioiminen on erityisen tärkeää varsinkin yksittäisiä rakenneosia mitoitettaessa. Seinien vyöhykejako esitetään kuvassa 7.



KUVA 7. Seinien osapintajako (Elementtisuunnittelu, kuormat, 2010)

Osapaineiden jaon jälkeen luetaan painekertoimet taulukosta 1. Taulukon lukemiseen tulee laskea rakennuksen korkeuden suhde rakennuksen pidempään sivuun $\frac{h}{d}$. Painekerrointa $C_{pe,10}$ käytetään, kun kuormittuva pinta-ala $\geq 10m^2$. Painekertoimet $\leq 10m^2$ interpoloidaan kaavan 6 mukaan. (EN1991-1-4: 7.2.1)

$$C_{pe} = C_{pe,1} - (C_{pe,1} - C_{pe,10}) * \ln A \quad (6)$$

Painekertoimet interpoloidaan väliltä $\frac{h}{d} = 1$ ja $\frac{h}{d} = 0,25$ väliltä suoraviivaisesti. Taulukossa negatiiviset arvot kuvaavat imuvoimaa ja positiiviset arvot painetta.

Vyöhyke	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

TAULUKKO 1. Seinien painekertoimet (Elementtisuunnittelu, kuormat, 2010)

Rakennuksille, jotka ovat lähes neliömäisiä ja joiden aukkosuhdetta ei voida tarkkaan määrittää, käytetään sisäpuolisen paineen kertoimena joko $C_{pi} = -0,3$ tai $C_{pi} = 0,2$. Valinta tehdään sen mukaan kumpi vaihtoehdoista antaa mitoituksen kannalta vaarallisemman tuloksen. (RIL 201-1-2011, 159.)

Mitoittavan painekuorman, nettopaineen laskennassa otetaan huomioon sekä sisäinen, että ulkoinen painekuorma. Sisäinen ja ulkoinen kuorma yhdistetään nettopaineekertoimeksi kaavan 7 mukaisesti.

$$C_{p,net} = C_{pe} - C_{pi} \quad (7)$$

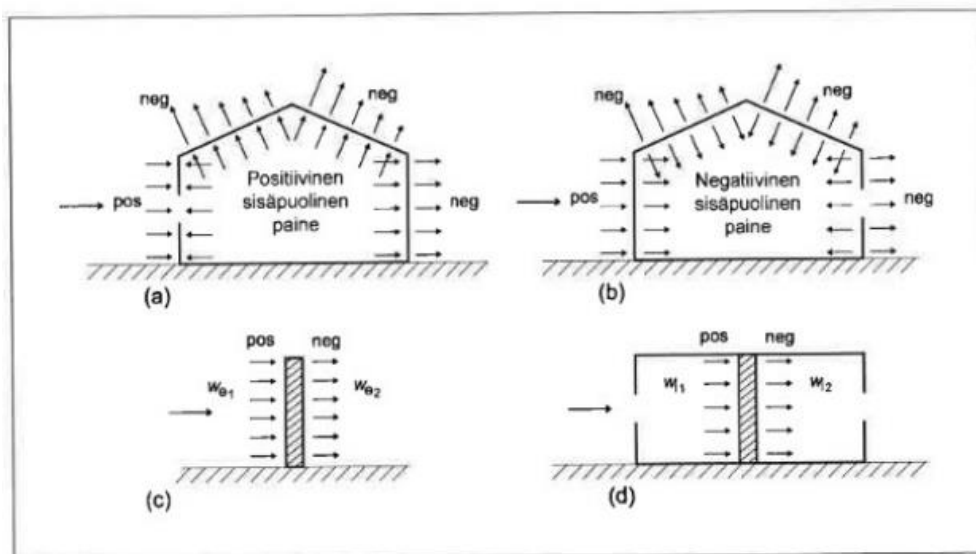
missä,

$C_{p,net}$ = tuulen nettopaine kerroin

C_{pe} = tuulen ulkopuolisen paineen kerroin

C_{pi} = tuulen sisäpuolisen paineen kerroin

Nettopaineen laskennassa tulee ottaa huomioon tuulen paineen vaikutussuunta eri osapinnoissa. Vaikutussuuntia voidaan tarkastella kuvasta 8.



KUVA 8. Pintoihin kohdistuvat paineet (RIL201-1-2011, 135)

Nettopaineekertoimien määrittämisen jälkeen lasketaan lopulliset tuulen nettopaineet $q_{w,net}$ eri vyöhykkeille kaavan 8 mukaisesti.

$$q_{w,net} = C_{pe,net} * q_{p0}(z) \quad (8)$$

missä,

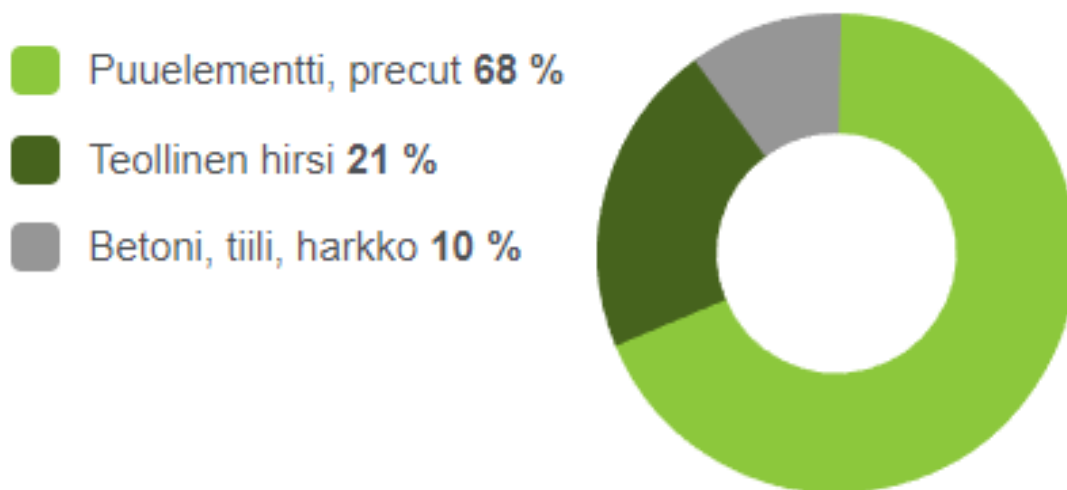
$q_{w,net}$ = tuulen nettopaine (kN/m²)

$C_{p,net}$ = tuulen nettopaine kerroin

$q_{p0}(z)$ = tuulen puuskanopeuspaine (kN/m²)

4 OMAKOTITALOKOHTTEEN ELEMENTTISUUNNITTELU

Rakennuksen runkomateriaaliksi valittiin jo hankkeen alkuvaiheessa kivi. Poikkeuksellisesti kohteessa kivirakenne toteutetaan eristeharkkojen tai tiilen sijaan teräsbetonielementeistä. Betonielementtien käyttö runkorakenteena rajautuu pääosin suurempiin hankkeisiin, kuten toimisto- halli- ja kerrostalorakennuksiin. Pientalorakentamisessa niitä kuitenkin käytetään esimerkiksi rivitaloissa. (Elementtisuunnittelu, valmisosarakentaminen, 2020)



KUVA 9. Uusien pientalojen runkomateriaali (PTT, uusien omakotitalojen runkomateriaali, 2020)

Betonivalmisosarakentaminen on pitkälti teknisiltä ratkaisuiltaan vakioitua (Elementtisuunnittelu, elementtityöselostus, 2023). Vakioidut elementtirakenteet, -tyypit ja -piirustukset ovat avoimesti saatavilla kaikille, mutta niiden sisällöt kuitenkin vastaavat enemmän suurempien rakennuksien tarpeita. Pientalojen mittasuhteet huomioiden näiden vakioitujen ratkaisujen käyttö ei kustannuksiltaan, eikä toteutustavoiltaan pysty kilpailemaan pientaloihin erityisesti suunniteltuja teknisiä ratkaisuja vastaan.

4.1 Suunnittelun tehtäväjako

4.1.1 Rakennesuunnittelu

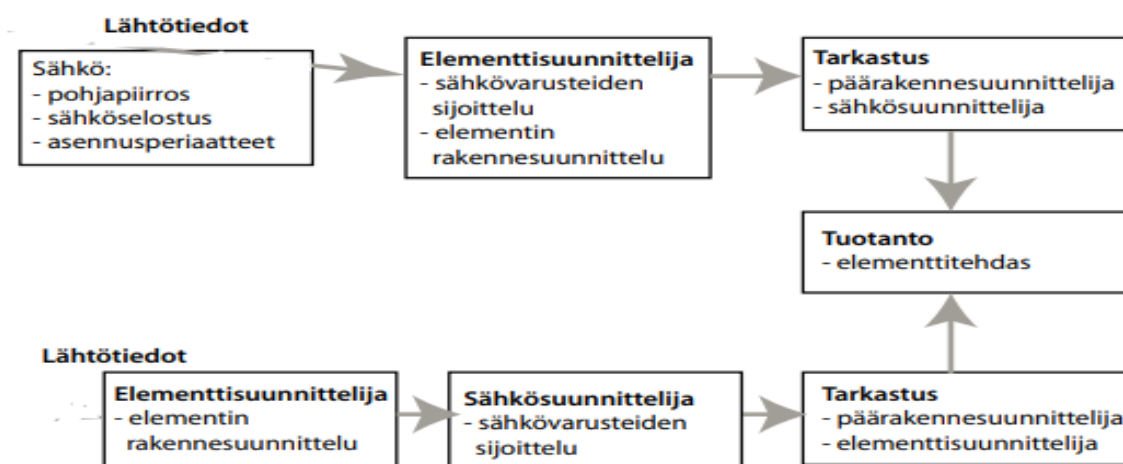
Tavanomaisessa suunnittelu- ja rakentamisprosessissa rakenteiden pääsuunnittelija vastaa suurimmasta osasta rakenteiden suunnittelua (Elementtisuunnittelu, suunnittelun ohjaus, 2023). Toisena osapuolena yleisesti toimii elementtisuunnittelija. Pientalon mittasuhteet huomioiden on tehokasta niin kustannuksellisesti, kuin toteutuksen kannalta käyttää vain yhtä vastaavaa suunnittelijaa. Pääarkkitehtisuunnittelijan vastatessa hankkeen rakenne- ja elementtisuunnittelusta vältetään ylimääräinen tiedonsiirtely suunnittelijoiden välillä sekä ylimääräiset tarkistukset ja hyväksynyt. Rakenne- ja elementtisuunnittelijoiden välinen tavanomainen työnjako esitetty taulukossa 2.

RAKENNESUUNNITTELIJA	ELEMENTTISUUNNITTELIJA
Käytettävä mitoitusnormisto	Lähtötietojen yhteensopivuuden varmistus
Kokonaisstabiiletti	Elementtien lujuuslaskelmat
Rungon työnaikainen kokonaisvakavuus	Elementtien valmistussuunnitelmat
Reikätiiedot	Elementtien liitos- ja asennusdetaljit
Paikallavalurakenteet	Elementtien tuentasuunnitelmat
Tyyppielementit	Elementtikaaviot
Rakennusfysikaalinen suunnittelu	Elementti- ja valutarvikeluettelot
Tyypiliitokset	Asennussuunnitelman tarkastus ja hyväksyntä
Viranomais hyväksyntä	
Elementtisuunnitelmien tarkastus ja hyväksyntä	
Asennussuunnitelman tarkastus ja hyväksyntä	

TAULUKKO 2. Rakenne- ja elementtisuunnittelijan tavanomainen työnjako. (Elementtisuunnittelu, suunnittelun ohjaus, 2023)

4.1.2 Sähkösuunnittelu

Rakennushankkeen elementtisuunnitteluprosessissa käytetään myös sähkösuunnittelijaa. Tavanomaisesti sähkösuunnittelijan vastuualueeseen kuuluu suunnitella sähköpohjapiirustus, luoda sähköselostus, asennusperiaatteet ja sijoittaa sähkövarusteet elementtipiirustuksiin. Sähkösuunnittelijan tulee ymmärtää ja ottaa huomioon betonielementin rajoitukset, jotta sähköasennuksia ei suunnitella paikkoihin mihin niitä ei ole mahdollista asentaa. (Elementtisuunnittelu, sähköistys, 2023)

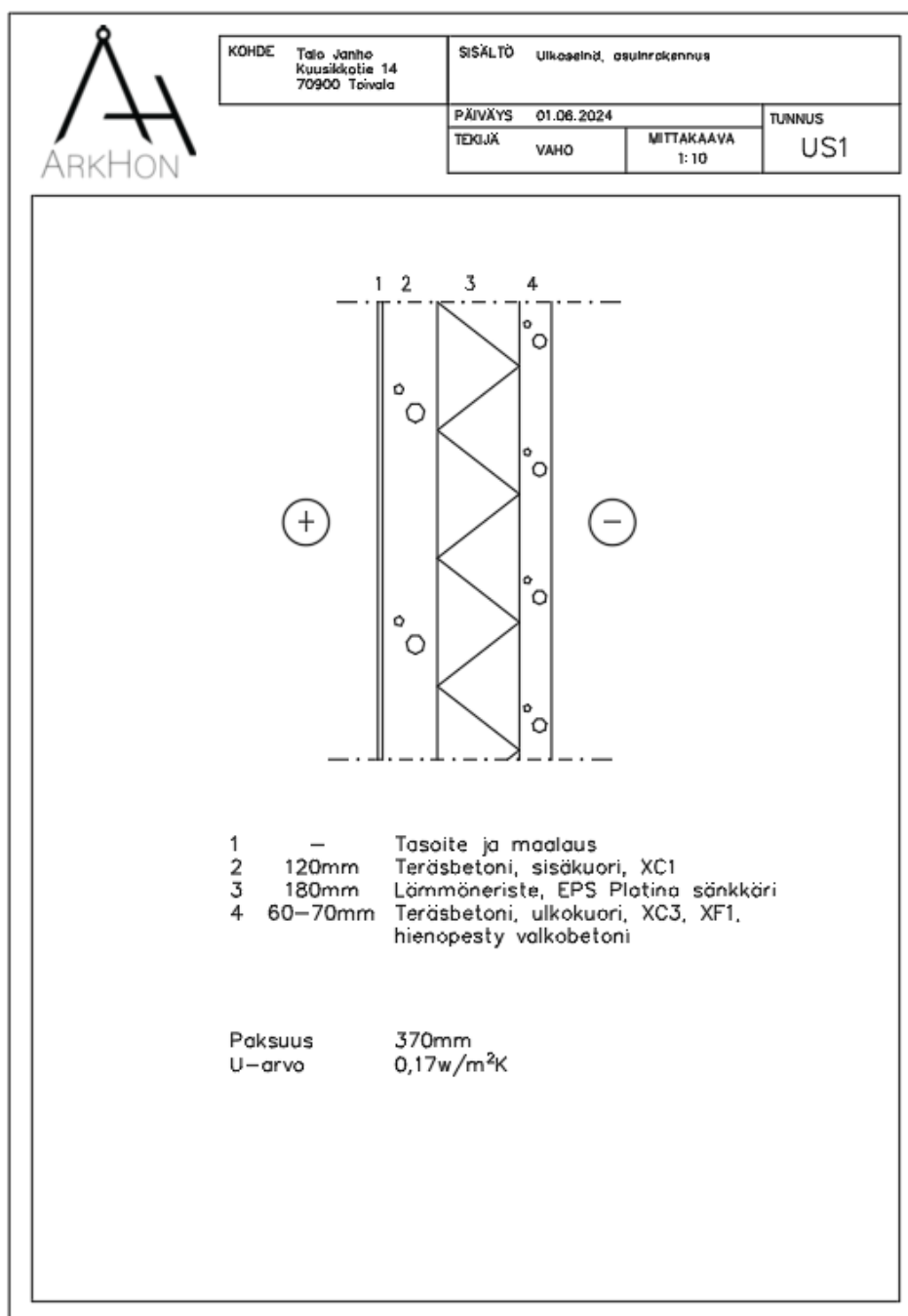


KUVA 10. Elementtisuunnittelun eteneminen (Elementtisuunnittelu, sähköistys, 2023)

4.2 Tyypielementit

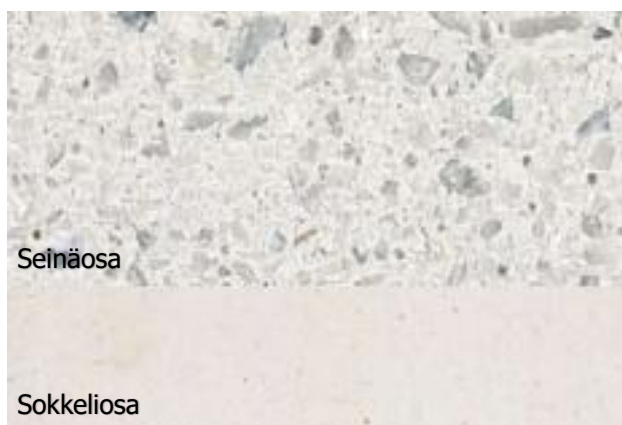
4.2.1 Ulkoseinä R, S

Kohteen ulkoseinäarakenteeksi valittiin sandwich rakenne, joka koostuu ulko- ja sisäkuoresta sekä niiden väliin tulevasta eristekerroksesta. Ulkoseinäarakenteessa sokkeli- ja seinäosa on yhtenäinen, anturan yläpinnasta, räystäälle asti. Tällä rakenneratkaisulla poistetaan kokonaan yksi työvaihe työmaalta. Verrattuna muihin pientalorunkoihin, joissa normaalisti sokkelit muurataan harkoista tai valetaan betonista, säästetään yhtenäisellä rakenteella ajassa sekä kustannuksissa. Ulkoseinän sokkeliosan sisäpinnalle kiinnitetään työmaalla radon-kermi tiivisteliimalla, joka limitetään lattiaeristeiden ja betonin rajapinnalle (STUK, radon uudisrakentamisessa, 2010). Sisätäyttöjen ja sokkeliosan sisäkuoren kylmäsilan katkaisemiseksi asennetaan työmaalla 100 mm EPS levy pystysuuntaisesti sokkelin sisäpinnalle (C4, Ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä, 2002).



KUVA 11. Sandwich elementin rakenne. (Honkanen, 2024)

Rakennepaksuuksiksi valittiin 120 mm sisäkuori, 180 mm eriste, 70 mm ulkokuori seinäosassa ja 60 mm ulkokuori sokkeliosassa. Näillä paksuuksilla päästiin U-arvoon 0,17, mikä vastaa ympäristöministeriön rakentamismääräyskokoelman viitearvoa 0,17 (C3, Ympäristöministeriön asetus rakennusten lämmöneristyksestä, 2010). Sisäkuoren betonilaaduksi valittiin XC1 ja käyttöikäksi 100 vuotta (Betoniyhdistys, betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu, 2017). Sisäkuoren sisäpinnat tasoitetaan ja maalataan. Ulkokuoren betonilaaduksi valittiin XC3,4 XF1 ja käyttöikäksi 50 vuotta (Betoniyhdistys, betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu, 2017). Ulkokuori betonoidaan valkobetoniilla, jonka valmistukseen käytetään harmaan sementin sijaan valkosementtiä ja kiviaineena valkoista kiviainesta (Betoniyhdistys, väripigmentit). Lisäksi valkobetoniille ominaista on pintahidastimien käyttö. Hidastimilla voidaan säädellä kiviaineksen näkyvyyttä julkisivupinnassa, kun se viimeistelyvaiheessa pestään painepesulla pois elementin pinnasta (Finnsementti, väribetoniesite, 2022). Ulkokuoren pesusyvyydeksi valittiin hienopesu < 2 mm seinäosalle ja sokkeliosalle ≥ 2 mm. Seinäosan julkisivupinta on valmispinta, eli ei vaadi minkäänlaista työstöä työmaalla. Sokkeliosa puolestaan määritettiin maalattavaksi, minkä elementin pesupinta mahdollistaa ilman lisätöitä työmaalla.



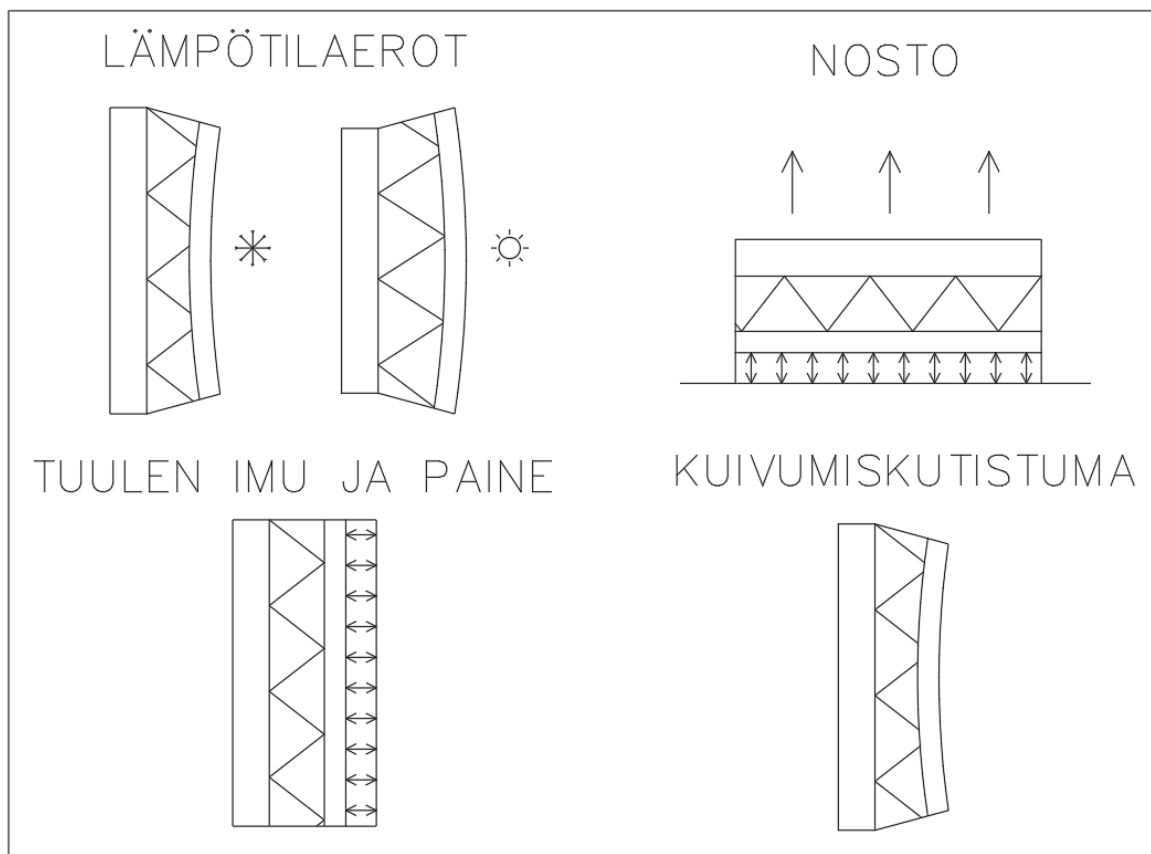
KUVA 12. Elementin julkisivuun valitut pinnat. (Finnsementti, väribetoniesite, 2022)

Eristeeksi rakenteeseen valittiin polystyreenilevy EPS platina sänkkäri $\lambda=0,031\text{W/mK}$. Tuote on kehitetty betonielementtien eristykseen ja sen diffuusiovastus on samaa luokkaa kuin betonilla, joten erillistä tuuletusurituusta ei rakenteeseen tarvita. Eristeeseen on lisätty grafiittia sisältäviä Neopor®-rakeita, jotka tuovat eristeelle tumman värin sekä pienentävät lämmönjohtavuutta. (BEWI, EPS platina sänkkäri)



KUVA 13. EPS platina sänkkäri eriste sandwich elementissä. (BEWI, EPS platina sänkkäri)

Rakenteen toimivuuden kannalta sisä- ja ulkokuoren yhteen sitomiseen käytetään diagonaaliansaita. Tuotteeksi valittiin Peikko PD260 diagonaaliansas, joka on suunniteltu toimimaan yhdessä valitun Peikko Wilja® nostoankkurijärjestelmän kanssa. Ansaita käytetään vastaanottamaan imuvoimia elementin purkuvaiheessa tehtaalla, siirtämään ulkokuoren omapainot ja tuulikuormat sisäkuoreen sekä lämpötila- ja kutistuma muodonmuutoksista aiheutuvien voimien hallintaan. (Peikko, ansait ja pistokkaat, 2022)



KUVA 14. Diagonaaliansaiden mitoitustilanteet (Honkanen, 2024)

Seinäelementteihin suunniteltiin myös valmiiksi tehtaalla kiinnitettäviksi yläohjauspuut. Puut suunniteltiin katkaistaviksi kohdista, joista sähkökaapelit syötetään elementtien sähkövarusteille. Yläohjauspuut mahdollistavat tavanomaisen naulalevyristikoiden tukikiinnityksen kulmakiinnikkeillä (Sepa, NR-rakenteiden asennus- ja käsittelyohjeet).

4.2.2 Tukimuuri TKE

Rakennuskohteen tontti on muodoltaan loiva rinnetontti, joka laskee tontin takaosasta etuosaan. Jo hankkeen alkuvaiheessa oli selvää, että tontin korkoeroja tulee porrastaa, jotta päärakennuksen perustukset saataisiin perustettua tasamaalle. Porrastuksiin oiva ratkaisu oli tukimuurirakenne, jolla voitiin maanpintojen korot erottaa ilman luiskia ja kallistuksia. Kohteen tukimuurit päätettiin tehdä ulkoseinien tapaan elementtitehtaalla betonielementeistä. Suurena erona ulkoseiniin olivat elementtien mitat ja painot. Tukimuurit suunniteltiin painoiltaan ja mitoiltaan siirrettäviksi ja asennettaviksi kuormausnosturin kapasiteettien mukaan (HIAB, kuormausnosturit, 2024).

Tukimuureiksi valittiin valmiit Lujabetonin valmiit laakasiioelementit L15P1 ja L23P1. Raskaampien L23P1 tukimuurien leveyden ollessa 3 m ja painon 26,5kN kyseiset elementit soveltuivat erinomaisesti kuljetettaviksi ja asennettaviksi kuormausnosturilla. Elementit asennetaan suoraan tiivistetyn kiviainesarinan päälle, ilman erillistä anturaa. Asennuksen jälkeen laakasiioelementeille valetaan vastapainokappaleet, jotka samalla sitovat elementtejä vaakasuunnassa toisiinsa. (Lujabetoni, Laakasiilon rakennustapaohje, 2022)



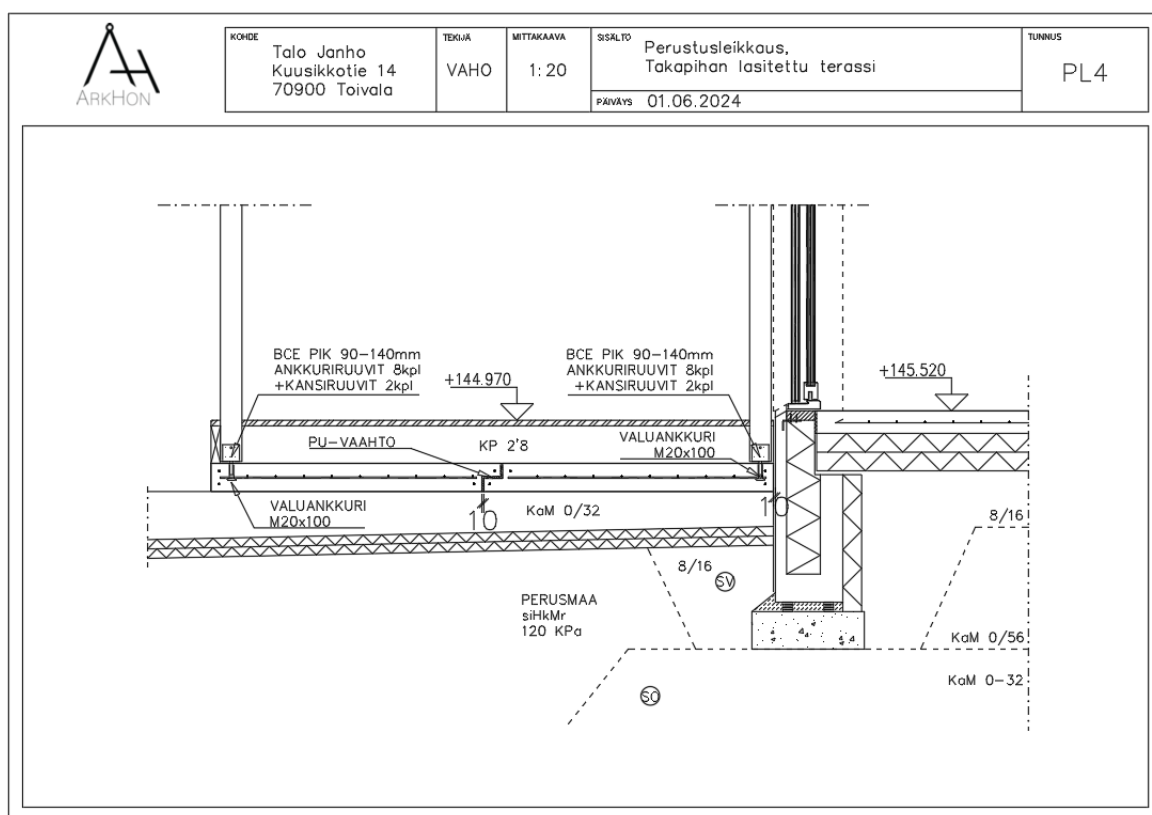
KUVA 15. Laakasiioelementtien asennusta kuormausnosturilla. (Lujabetoni, Laakasiilon rakennustapaohje, 2022)

Etupihan katoksen liimapuutolpat, sekä etuterassin runkotolpat suunniteltiin perustettavaksi tukimuureihin asennettavien pilarikenkien varaan. Lisäksi lasikaidevalmistajan konsultoimana etukuistin kaiderakenne suunniteltiin kiinnitettäväksi tukimuurin yläpintaan. Tukimuuri sijoitettiin 1550 mm etäisyydelle päärakennuksen ulkoseinän ulkopinnasta. Näin ollen päätettiin osa päärakennuksen etuosan routasuojauksesta asentaa pystysuuntaisesti tukimuurin sisäpintaan. Työmaalla asennettavaksi suunniteltiin 100 mm EPS pystytyn koko tukimuurin matkalle.

Laakasiioelementtien valmispinta on sileä muottipinta, missä sementtiliimat ovat vielä betonin pinnassa jäljellä. (L15P1, mittapiirustus, 2018) Rakennussuunnitelmissa muurien näkyvät etupihan puoleiset pinnat määriteltiin maalattaviksi. Elementtitehtaan vakiotuotteeseen ei kuitenkaan saatu tilattua valmiiseen pintaan ylimääräisiä työstöjä, joten päätettiin suorittaa kevyt happopesu työmaalla sementtiliiman poistamiseksi.

4.2.3 Massiivilaatta L

Kohteen lämpimät asuinneliöt pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman tehokkaasti, elementtien maksimipainojen ja -mittojen puitteissa. Asiakkaalla oli kuitenkin tarvetta lisäoleskelutilalle. Tarve ratkaistiin suunnittelemalla ruokailutilan jatkeeksi lasitettu terassi, jonka perustaksi suunniteltiin massiivibetonilaatat. Laattojen avulla saadaan lasitetun terassin lattiarakenteista tiiviimmät ja ne voidaan myös tarpeen tullen lämmöneristää. Laatoista piirrettiin elementtikuvat muiden rakenteiden tavoin, mutta niiden valmistus suunniteltiin tapahtuvaksi työmaalla. Laatat suunniteltiin myös toimimaan alustana elementtituille elementtiasennuksessa. Laattojen päälle suunniteltiin puukoolaus, joten pintavaatimukset niiden osalta olivat vähäiset. Nostojärjestelmät ja elementtitukien alustat saatiin näin ollen piilotettua terassin puurungon alle. Laattojen paksuudeksi valittiin 150 mm, betonilaatuksi XC2, jota käytettiin myös anturoiden valutöihin.

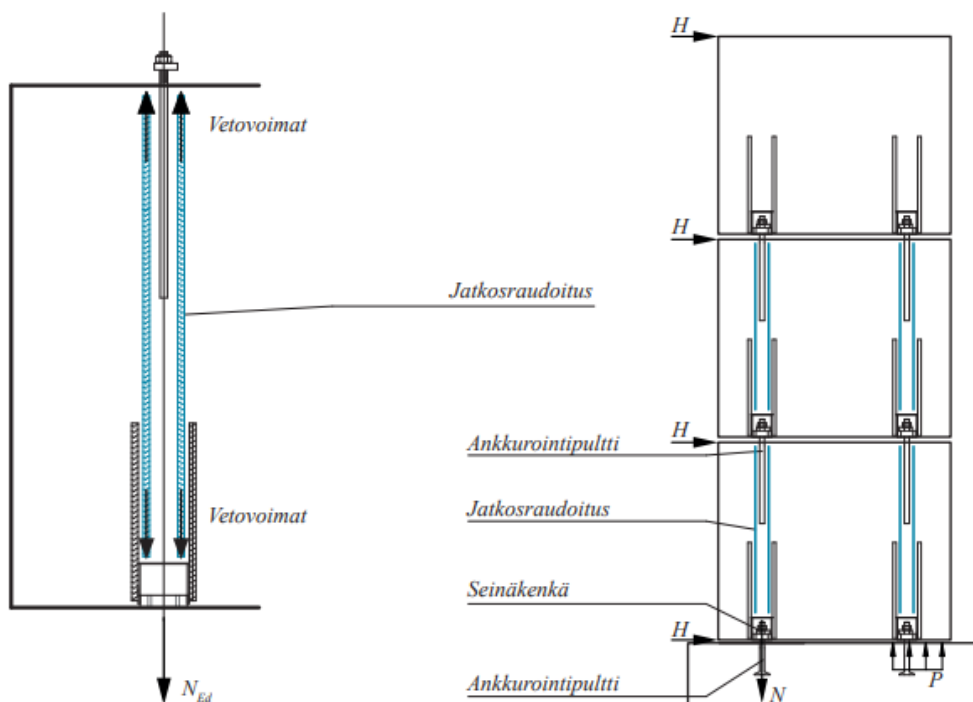


KUVA 18. Perustusleikkaus PL4 (Honkanen, 2024)

4.2.4 Päätykolmio N

Kohteen ulkoseinärakenteen valinnan myötä, suunniteltiin päätykolmioelementit myös sandwich rakenteeksi vastaamaan ulkoseinän ainevahvuuksia. Päätykolmiot haluttiin vastaamaan myös ulkoseinien ulkonäköä, joten julkisivupinnaksi valittiin myös hienopesty valkobetoni. Elementtien geometriat haastoivat suunnittelua, sillä kolmion kaltevat sivut tulivat vastata naulalevyristikoiden yläpaarten kaltevuutta. Päätykolmion sisäkuoren sisäpinnat olivat kosketuksissa niin kylmään ulkoilmaan, kuin myös lämpimään puhallusvillakerrokseen ja alemman seinäelementin sisäkuoreen. Betonin lämmönjohtavuuden ollessa suhteellisen suuri $1,2 \text{ W/mk}$, tuli lämmönjohtuminen näiltä pintakosketuksilta katkaista (C4, Ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä, kylmäsilat). Kylmäsilat katkaistiin sijoittamalla elementtiin naulalevyristikon alapaarten kaltevuutta vastaamaan halkaistuja kaistoja EPS platina eristelevyvä. Tällä ratkaisulla saatiin lämmönjohtumisalaa vähennettyä noin 9 kertaa pienemmäksi. Johtumisala laskettiin piirtämällä vektorit naulalevyristikon alapaarteiden suuntaisesti. Vähentämällä lisättyjen EPS platina eristelevyjen vektoripituudet alkutilanteesta, saatiin uusi vektori kuvaamaan johtumisalan todellista pituutta.

N-elementit aiheuttivat myös lisätöitä jäykistyksen suunnittelun suhteen. Päätykolmioelementit suunniteltiin kiinnitettäväksi seinärunkoon seinäkenkä-pulttiliitoksella. Tuotteeksi valittiin Peikko SUMO® seinäkenkä. Seinäkenkä-pulttiliitoksen mitoitus kuvattu tarkemmin osassa 5 seinäkenkä-pulttiliitos.



KUVA 19. Seinäkenkä-pulttiliitoksen rakenteellinen toiminta (Peikko, SUMO®-seinäkenkä, 2020)

4.3 Elementtidetaljit

Ennen varsinaisten valmistuskuvien piirtämistä elementtitehtaalle, täytyi suunnitella elementtien asennusdetaljit. Detaljit suunniteltiin ikkunoiden ja ovien liitoksista, anturan ja ulkoseinän liitoksesta, elementtien kulmaliitoksesta, elementtien pystysaumaliitoksesta sekä naulalevyristikon ja ulkoseinän liitoksista. Detaljeista luotiin tiedosto, joka toimitetaan elementtikuvien yhteydessä elementtitehtaalle sekä elementtiasennuksia varten työmaalle.

4.3.1 Ikkunan liitos SW-elementtiin

Ikkunoiden karmisyvyudeksi kohteeseen valittiin 170 mm. Valintaan päädyttiin ulkoseinäeristeen 180 mm paksuuden vuoksi. Kapeammat 95 mm ja 130 mm syvyydet eivät olisi peittäneet aukkojen sivuosia ja eristekerros olisi jäänyt sisäpuolelta näkyviin. Ulkoseinäelementtien ikkuna-aukot kehystetään ympäriltään karmipuilla 150x50, jotka kiinnitetään ulkokuoreen ruostumattomilla – ja sisäkuoreen kuumasinkityillä nautoilla. Aukkojen ulkokuorien ylä- ja sivuosista suunniteltiin karmipuiden ympäröimää aukkoa 30 mm pienempi. Varsinaiset ikkunat suunniteltiin asennettaviksi sisältäpäin näitä sisäänvedettyjä osia vasten. Alaosaan ikkuna-aukon ulkokuori kallistettiin 35 mm alaspäin, ikkunanpeltien asennusta varten. Pelleille suunniteltiin myös asennusvaraukset ulkokuoren aukon sivuosien alakulmiin. Karmiaukko suunniteltiin 10 mm suuremmaksi, kuin varsinaiset ikkunat, asennuksia varten. Ylijäävät osat vaahdotetaan polyuretaanivaahdolla. Ulkokuorensisäänvedettyjen osien ja karmin välit tiivistetään elastisella kitillä ja saumanauhalla. Detaljipiirustus esitetty liitteessä 1.

4.3.2 Ulko-oven liitos SW-elementtiin

Ulko-ovien osalta käytettiin vakiokarmisyvyttä 130 mm. Ovien karmipuiksi valittiin 125x50 mm ja puiden kiinnitysmekanismi ylä- ja sivuosien osalta vastaamaan ikkunakarmien kiinnitystä. Alakarmipuun kiinnitetään ainoastaan ulkokuoreen ruostumattomilla kulmaraudoilla. Kulmaraudat kiinnitetään karmipuuhun ruostumattomilla ankkuriruuveilla. Oviaukkojen kohdalta ulkoseinäelementin sisäkuori poistetaan lattiarakenteen paksuuden alalta ja lattialaatta valetaan kiinni karmipuun sisäpintaan. Radonkermi liimataan ovisyvennykseen ja limitetään eristeen ja lattiavalun rajapintaan. Sisäkuoren ja lattiaeristeen alapinnan väliin jätettiin 20 mm asennusvara. Oviaukkojen kohdalla ulkokuorien ylä- ja sivuosista suunniteltiin karmipuiden ympäröimää aukkoa 20 mm pienempi. Detaljipiirustus esitetty liitteessä 2.

4.3.3 Lasiliukuseinän liitos SW-elementtiin

Lasiliukuseinä suunniteltiin ruokailutilan ja lasitetun terassin väliin. Tilat haluttiin yhdistää mahdollisimman saumattomasti ja lasiliukuseinän kohdalle päädyttiin suunnittelemaan kynnyksetön kulku ulkotiloihin. Lasiliukuseinän kohdalla ulkoseinän aukkoa laskettiin 50 mm valmiista lattiapinnasta. Tällä ratkaisulla pystyttiin alakarmia myös laskemaan niin, että liukuoven lasipinta asettui sisätilojen lattiapinnan tasolle. Alakarmipuun ja lattiarakenteiden väliin asennetaan työmaalla 30 mm EPS levy pystyyn, jotta seinärakenteen paksuus saatiin vastaamaan karmisyvyttä. Lasiliukuseinän asennuksen osalta oli huomioitava, että se tulee asentaa ennen lattian valamista. Detaljipiirustus esitetty liitteessä 3.

4.3.4 SW-elementin ulkokulmaliitos ja - pystysauman vaakaleikkaus

Ulkoseinäelementtien saumakooksi valittiin vakioitu 15 mm sauma (Elementtisuunnittelu, liitokset, 2023). Sisäkuoren pystysaumoissa käytetään PVL-100 vaijerilenkkejä, joiden läpi pujotetaan työmaalla T16 harjateräs (Peikko, PVL®-vaijerilenkki, 2021). Eristeosan pystysaumojen tiivistämiseen käytetään polyuretaanivaahtoa. Ulkokuoren pystysaumoissa käytetään paisuvaa saumanauhaa. Nauhat ovat läpi-impregnoituja ja hengittäviä, joten erillisiä tuuletusputkia tai kotelointia ei tarvitse asentaa (Saumalaakso, saumaussopas elementtisaumoille). Detaljipiirustus esitetty liitteessä 4.

4.3.5 Kantavan SW-elementin kiinnitys anturaan ja NL-ristikon kiinnitys

Anturan ja seinäelementin väliin suunniteltiin 50 mm paksu sauma. Elementin alaosa tehtiin umpinaisena 120 mm korkeudelta. Alaosaan sijoitettiin pistevarauskolot 120x150x150 1200 mm välein. Anturan raudoittamisen yhteydessä sidotaan harjateräkset T16 samoille paikoille, missä elementtien varauskolot sijaitsevat valmiissa rakenteessa.

Naulalevyristikon kiinnitykseen seinäelementtien sisäkuoren yläosaan sijoitettiin yläohjauspuu. Puu kiinnitetään sisäkuoreen nauloilla. Naulalevyristikot kiinnitetään yläohjauspuuhun vahvistetuilla kulmalevyillä ja ankkuriruuveilla. Ristikon ja seinän eristeosan väliin jätettiin 10 mm asennusvara. Sivuräystään ja elementin ulkokuoren väliin jätettiin 10 mm asennusvara. Huomioitava ristikoiden asennuksessa on, että höyrynsulkumuovi tulee asentaa yläjuoksun päälle ennen ristikoiden asennusta. Detaljipiirustus esitetty liitteessä 5.

4.3.6 Ei kantavan SW-elementin vaakasauman pystyleikkaus ja NL-ristikon kiinnitys

Elementtien vaakasauman paksuudeksi valittiin vakioitu 15 mm sauma (Elementtisuunnittelu, liitokset, 2023). Alaosaan sijoitettiin 4kpl SUMO® 24H seinäkenkiä. Seinät kiinnitetään toisiinsa ankkurointipulteilla HPM 24, jotka suunniteltiin alempaan elementtiin vastaamaan ylemmän elementin seinäkenkien sijainteja. (Peikko, SUMO®-seinäkenkä, 2020)

Naulalevyristikon kiinnitykseen N-elementtiin asennetaan tehtaalla yläohjauspuu. Päätyräystään runkopuut kiinnitetään ristikon yläpaarteeseen puuruuveilla ja yläohjauspuuhun kulmalevyjen avulla.

4.5 Asennussuunnitelma

Elementtien asennussuunnitelman on oltava kirjallisessa muodossa työmaalla. Suunnitelma tulee hyväksyttäväksi ja alle kirjoitettua päärakennesuunnittelijalla, asennustyönjohtajalla ja kohteen vastavalla mestarilla. Elementtien asennussuunnitelmassa on esitettävä tarpeelliset tiedot ainakin seuraavista asioista: (Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta, 3 §)

1. Kohdetiedot työmaasta
2. Elementit nostoapuvälineet ja erityistoimenpiteet
3. Elementtien kuljetus työmaalla, kuorman purku, vastaanotto ja varastointi
4. Nostot, asennus ja asennusjärjestys
5. Toleranssit ja seurantamittaukset
6. Asennuksen aikainen tuenta ja vähimmäistukipinnat
7. Elementtien lopulliset kiinnitykset
8. Asennuksessa tarvittavat työtasot ja putoamissuojaukset
9. Suunnittelun varmentaminen

(Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta, 17 §)

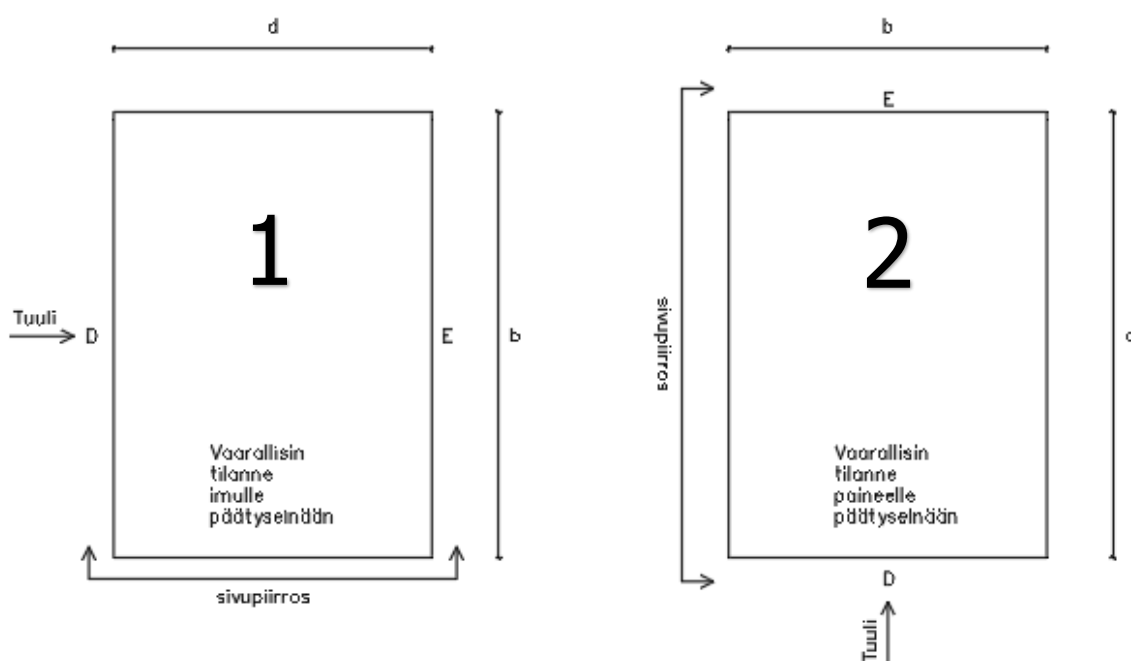
Kohteen asennussuunnitelman laadinnassa käytettiin pohjana elementtisuunnittelu.fi sivustolta asennussuunnitelmamallia. (Elementtisuunnittelu, asennussuunnitelmamalli, 2020)

5 SEINÄKENKÄ-PULTTILIITOS

Seinäkenkä-pulttiliitoksia käytetään betonielementtiseinien vetoliitoksissa. Ne mahdollistavat kuormien siirtymisen liitoksen yli halutuille rakenneosille, kuten perustuksille tai muille kantaville rakenteille. (Peikko, SUMO®-seinäkenkä, 2020) Liitoksen periaatekuva esitetty kuvassa 9.

5.1 Tuulikuorman laskenta osapintojen painemenetelmällä

Seinäkenkä – pulttiliitoksen laskenta aloitetaan laskemalla tuulikuorma osapintojen painemenetelmän avulla tarkasteltavalle seinäpinnalle. Vaarallisin tapaus imun osalta syntyy, kun tuulensuunta on rakennuksen pitempää sivua vasten. Paineen osalta vaarallisin tapaus syntyy, kun tuulensuunta on kohtisuoraan lyhyempää sivua vasten. Tilanteet esitetty kuvassa 20. Puuskanopeuspaineen määrittäminen on kuvattu luvussa 3.3 EN1991-1-4 Tuulikuormat.



KUVA 21. Päättyseinän tarkastelutilanteet 1 ja 2. (Honkanen, 2024)

Määritetään e-luku tilanteelle 1.

$$e = \min \left\{ \begin{matrix} 2h \\ b \end{matrix} \right\} \quad (9)$$

missä,

$$h = \text{rakennuksen korkeus} \quad (\text{m})$$

$$b = \text{tuulelle poikittaissuuntainen mitta} \quad (\text{m})$$

e-luvun laskennan jälkeen lukua verrataan mittaan d ja valitaan sivupiirros kuvan 7 mukaisesti. Tilanteelle 2 e-luvun laskenta on tarpeetonta, sillä tarkasteltavan seinäpinnan painekerroin voidaan lukea suoraan taulukosta 1. Tilanteelle 1 tulee valita sivupiirros $e \geq d$. Tilanteen 1 valitun sivupiirroksen perusteella voidaan laskea kuormitusalueiden leveysmitat kaavojen 10 ja 11 mukaisesti.

$$A_1 = \frac{e}{5} \quad (10)$$

$$B_1 = d - \frac{e}{5} \quad (11)$$

missä,

$$A_1 = \text{kuvan 7 } e \geq d \text{ kuormitusalueen A leveysmitta} \quad (\text{m})$$

$$B_1 = \text{kuvan 7 } e \geq d \text{ kuormitusalueen B leveysmitta} \quad (\text{m})$$

Kuormitusalueiden leveyksien laskennan jälkeen täytyy sama laskenta suorittaa peilikuvana tilanteelle 1, jos tuulen suunta olisikin vastakkaiselta sivulta. Tämä yksinkertaistettuna tarkoittaa sitä, että kuormitusalueen leveysmitta A vaikuttaa myös B alueella. Nimetään tämä alue alueeksi C. Alueen B kuormitusalueen uusi leveysmitta lasketaan kaavan 12 mukaisesti.

$$A_1, C_1 = \frac{e}{5} \quad (10)$$

$$B_1 = d - \frac{2e}{5} \quad (12)$$

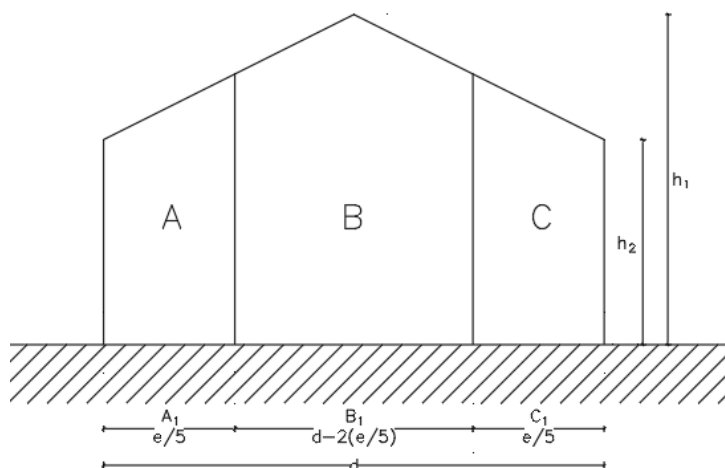
missä,

$$A_1 = \text{kuvan 7 } e \geq d \text{ kuormitusalueen A leveysmitta} \quad (\text{m})$$

$$B_1 = \text{kuvan 7 } e \geq d \text{ kuormitusalueen B leveysmitta} \quad (\text{m})$$

$$C_1 = \text{kuvan 7 } e \geq d \text{ kuormitusalueen A leveysmitan peilikuva} \quad (\text{m})$$

Piirretään kuormitusalueista uusi kuva, (kuva 21) kuvaamaan mitoitettavaa tilannetta. Huomioitavaa on, että kuormitusalueiden A ja C vaikutusaika ei voi olla samanaikainen. Kuormitusalueiden A, B ja C kuormituspinta-alat voidaan laskea korkeuksien h_1 ja h_2 avulla. Painekuormat osapinnoille lasketaan kaavojen 7 ja 8 mukaisesti.



KUVA 22. Seinän todellinen mitoitustilanne (Honkanen, 2024)

Painekuormien laskennan jälkeen lasketaan yhteen osapintojen imukuormat, jotka jaetaan kokonaispinta-alalla. Tulokseksi saadaan kaavan 13 mukaisesti, käyttörajatilan tuulikuorman imun neliökuorman arvo.

$$P_{wi,k} = \frac{W_{i,A} + W_{i,B}}{A_{kok}} \quad (13)$$

missä,

$$P_{wi,k} = \text{tuulikuorman imun neliökuorma käyttörajatilassa} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$W_{i,A} = \text{osapinnan A imukuorma} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$W_{i,B} = \text{osapinnan B imukuorma} \quad (\text{kN/m}^2)$$

5.2 Seinäkengän ja ankkurointipultin mitoitus

Seinäkengän valinta suoritetaan tarkastelemalla liitoksen vetokestävyyden mitoitusarvoa. Rakennesille on valmistajan teknisissä käyttöohjeissa määritetty kyseiset arvot. Vetokestävyyden mitoitusarvoa verrataan mitoitusilanteessa vaikuttavaan vetovoiman mitoitusarvoon kaavan 14 mukaisesti.

$$N_{Ed} < N_{Rd} \quad (14)$$

missä,

$$N_{Ed} = \text{liitoksessa vaikuttavan vetovoiman mitoitusarvo} \quad (\text{kN})$$

$$N_{Rd} = \text{liitoksen vetokestävyyden mitoitusarvo} \quad (\text{kN})$$

Liitoksessa vaikuttavat vetovoimat koostuvat tuulikuorman aiheuttamasta momentista sekä kappaleen omapainojen epäkeskisyyden aiheuttamasta momentista vetoliitokseen nähden. Tuulikuorman aiheuttama vetovoima liitokselle lasketaan kaavan 15 mukaisesti.

$$N_w = \frac{A * P_w * Q_{k,1} * z_w}{z} \quad (14)$$

missä,

$$N_w = \text{tuulikuorman aiheuttama vetovoima liitokselle} \quad (\text{kN})$$

$$A = \text{kappaleen pinta-ala} \quad (\text{kN})$$

$$P_w = \text{tuulikuorman mitoitusarvo} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$Q_{k,1} = \text{hyötykuormien osavarmuuskerroin}$$

$$z_w = \text{kappaleen tuulikuorman momenttivarssi} \quad (\text{m})$$

$$z = \text{liitoksen sisäinen momenttivarssi} \quad (\text{m})$$

Kappaleen omapainojen aiheuttama vetovoima liitokselle lasketaan kaavan 16 mukaisesti.

$$N_g = \frac{A \cdot g \cdot G_{k,j} \cdot z_w}{z} \quad (15)$$

missä,

N_g = omapainojen aiheuttama vetovoima liitokselle (kN)

A = kappaleen pinta-ala (kN)

g = kappaleen omapaino (kN/m²)

$G_{k,j}$ = pysyvien kuormien osavarmuuskerroin

z_w = kappaleen omapainojen momenttivarsi (m)

z = liitoksen sisäinen momenttivarsi (m)

Laskemalla yhteen vetovoimat omapainojen ja tuulikuormien osalta saadaan tulokseksi kokonaisvetovoima kaavan 16 mukaisesti.

$$N_{Ed} = N_w + N_g \quad (16)$$

missä,

N_{Ed} = liitoksessa vaikuttavan vetokestävyyden mitoitusarvo (kN)

N_w = tuulikuorman aiheuttama vetovoima liitokselle (kN)

N_g = omapainojen aiheuttama vetovoima liitokselle (kN)

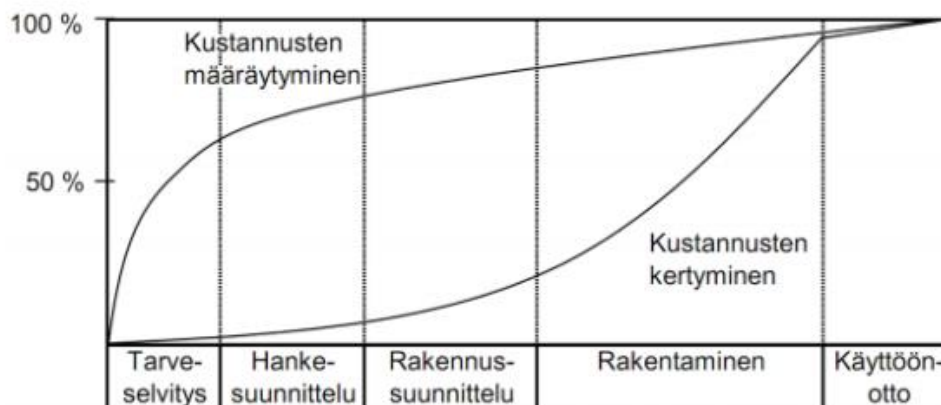
Suorittamalla kaavan 14 mukainen tarkastelu voidaan valita seinäkenkä- ja pulttityyppi valmistajan ohjeiden mukaisesti.

6 POHDINTA

Pientalojen runkorakenteena betonielementtien käyttö on varsin harvinaista. (PTT, uusien omakotitalojen runkomateriaali) Yhtä ainutta syytä vähäiseen käyttöön on vaikea löytää, mutta epäilemättä yksi iso vaikuttava tekijä ovat kustannukset. Suunnitteluprosessin aikana pyydettiin talopakettitoimitajalta tarjous kerrosalaltaan vastaavasta, mutta kaksikerroksisesta puuelementtirunkoisesta pientalosta. Tätä hintaa verrattiin suunniteltavaa kohdetta vastaavaan, eristeharkkorunkoiseen yksikerroksiseen pientaloon, jonka hinta löytyi suoraan valitun kivitalotoimittajan kotisivuilta. Alakanttiin arvioituna kaksikerroksisen puuelementtitalon hinta oli kolmanneksen edullisempi, yksikerroksiseen kivitaloon verrattuna 01.06.2024. Lähtötilanteen ollessa jo se, että kivirunkoisen talon kustannukset ovat huomattavasti suuremmat kuin puurunkoisena, ohjaa tämä varmasti jo normaalin kuluttajan ostokäyttäytymistä. Tätä väitettä tukee Maria Kubier (2022, 34) opinnäyteyössään tehdyssä tutkimuksessa, jossa todettiin, että hinta on tuotteen ominaisuuksien jälkeen tärkein arvo kuluttajan ostopäätöksessä.

Suunniteltavan kohteen osalta hankkeen rakennussuunnittelijalla oli laaja-alainen kokemus elementtirakentamisesta, sen rajoitteista ja mahdollisuuksista. Kohteen arkkitehtisuunnitelmista vastasikin sama henkilö, joka vastasi rakenne- ja elementtisuunnittelusta. Tällä tavoin kaikki rakenne-, elementti- ja työmaatekniset asiat on pystytty ottamaan huomioon jo rakennussuunnitteluvaiheessa. Kustannustehokkaan betonielementtirunkoisena pientalon suunnittelu vaatii ehdottomasti näiden asioiden huomioimisen jo arkkitehdin luonnossuunnittelusta lähtien. Eri suunnittelualojen ammatti- ja tietotaidon puute poikkiteieteellisesti hankkeen kokonaissuunnittelussa luo ratkaisuja, joihin mahdollisesti löytyisi edullisempi ja tehokkaampi toteutustapa. Betonielementtisuunnitteluun saatavilla olevat tiedot suunnitteluprosessista ja toteutuksesta pohjautuu pääosin suuruusluokaltaan isompina projektien läpiviintiin. Saatavilla olevat tiedot voi mahdollisesti johtaa osaa suunnittelijoista käyttämään vakioituja teknisiä ratkaisuja, jotka eivät ole optimoitu pientalorakentamiseen.

Tyypillisesti rakennushankkeen kustannuksista noin 80 % määräytyy suunnittelun aikana (kuva 22). Opinnäytetyötä tehdessä heräsikin ajatus jatkotoimenpiteistä työn pohjalta. Vertailu puurunkoisena pientalon ja betonielementtitalon kustannuksista olisi mielenkiintoinen prosessi tuottaa. Mahdolliset lopputulokset voisivat rikkoa kuluttajien yleistä ajatuskuvaa kivitalon hinnan suhteesta puutaloihin.



KUVA 23. Kustannusten määräytyminen ja kertyminen (Junnonen & Kankainen 2017, 58)

LÄHTEET

Betoniyhdistys, betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu, 2017. PDF-tiedosto.

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fbetoni.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2017%2F05%2FBET1702_66-71.pdf&psig=AOvVaw2RbbLU5iIKi-mOvrPvNfoK&ust=1728672678950000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CACQr5oMahcKEwjgi62yvoSJAxUAAAAAHQAAAAQBg. Viitattu 23.07.2024

Betoniyhdistys, väripigmentit. Verkkojulkaisu. Julkaisuaika tuntematon. <https://www.betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-valmistus/betonin-osa-aineet/varipigmentit.html>. Viitattu 24.07.2024

BEWI, EPS platina sänkkäri. PDF-tiedosto. Julkaisuaika tuntematon. https://www.bewi.fi/media/esitteet/eristeet/seinatuotteet/BEWI_Platina_Sankkari.pdf. Viitattu 25.07.2024

C4, Ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä, 2002. PDF-tiedosto.

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.finlex.fi%2Fdata%2Fnormit%2F1931-C4s.pdf&psig=AOvVaw3FICBW1Jw31O-g3P0-0CHI&ust=1728390460212000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAYQrpoMahcKEwig6eisovyIAxUAAAAAHQAAAAQBA>. Viitattu 20.07.2024

C3, Ympäristöministeriön asetus rakennusten lämmöneristyksestä, 2010. PDF-tiedosto.

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fym.fi%2Fdocuments%2F1410903%2F155128351%2F34163-C3-2010_suomi_221208.pdf%2F6243d9f0-7707-4907-a201-e19ba9f692b9%2F34163-C3-

Elementtisuunnittelu, normit ja standardit, 2023. Verkkojulkaisu. Päivitetty 17.03.2023.

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/normit-ja-standardit>. Viitattu 16.06.2024

Elementtisuunnittelu, elementtityöselostus, 2023. Verkkojulkaisu. Päivitetty 17.03.2023.

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/elementtityoselostus>. Viitattu 12.07.2024

Elementtisuunnittelu, valmisosarakentaminen, 2020. Verkkojulkaisu. Päivitetty 23.09.2020.

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/valmisosarakentaminen>. Viitattu 07.07.2024

Elementtisuunnittelu, suunnittelun ohjaus, 2023. Verkkojulkaisu. Päivitetty 22.03.2023.

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/suunnittelun-ohjaus>. Viitattu 13.07.2024

Elementtisuunnittelu, sähköistys, 2023. Verkkojulkaisu. Päivitetty 24.03.2023. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/seinat/sahkoistys>. Viitattu 15.07.2024

Elementtisuunnittelu, kuormat, 2010. PDF-tiedosto. Julkaistu 19.10.2010.

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.elementtisuunnittelu.fi%2Fdownload%2F23643%2Fkuormat.pdf&psig=AOvVaw2HhWvKo2hIyagq9smmaZp4&ust=1728388480658000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAYQrpoMahcKEwjI8ZKtm_yIAxUAAAAAHQAAAAQBA. Viitattu 30.06.2024

Elementtisuunnittelu, liitokset, 2023. Verkkojulkaisu. Päivitetty 27.03.2023. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/liitokset>. Viitattu 02.08.2024

Elementtisuunnittelu, suunnitteluasiakirjat, 2023. Verkkojulkaisu. Päivitetty 22.03.2023. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/suunnitteluasiakirjat>. Viitattu 02.08.2024

Elementtisuunnittelu, asennussuunnitelmamalli, 2020. PDF-tiedosto. Päivitetty 01.10.2020. https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/22333/asennussuunnitelma_v4_online.pdf. Viitattu 03.08.2024

Eurocodes, general, 2021. Verkkojulkaisu. Julkaistu 07.05.2021. <https://www.eurocodes.fi/eurokoodit-tarkoitus/>. Viitattu 18.06.2024

European Union, decree, 2021. Verkkojulkaisu. Päivitetty 01.03.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=LEGISSUM:regulation>. Viitattu 18.06.2024

Finnsementti, väribetoniesite, 2022. PDF-tiedosto. https://finnsementti.fi/wp-content/uploads/VA%CC%88RIBETONI-ESITE-2022_FINAL.pdf. Viitattu 25.07.2024

HIAB, kuormausnosturit, 2024. Verkkojulkaisu. <https://www.hiab.com/fi/tuotehaku/kuormausnosturit/hiab?page=1>. Viitattu 28.07.2024

Maankäyttö- ja rakennuslaki, 132/1999. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>. Viitattu 22.06.2024

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/199. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L17-2P120e>. Viitattu 21.06.2024

Maria Kubier 2022. Kuluttajan ostopäätökseen vaikuttavat tekijät. Opinnäytetyö. Liiketalouden koulutus. Laurea-ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202205108224>. Viitattu 05.08.2024

Rakentamislaki 751/2023. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230751#Pidm46111191767440>. Viitattu 23.06.2024

Rakentamislaki, 751/2023. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230751#Pidm46111191712160>. Viitattu 23.06.2024

Rakentamislaki, 751/2023. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230751#Pidm46111191052608>. Viitattu 23.06.2024

Lujabetoni, Laakasiilon rakennustapaohje, 2022. PDF-tiedosto. Julkaistu 17.06.2022. <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#search/timo.juutinen%40luja.fi?projector=1>. Viitattu 28.07.2024

Peikko, SUMO®-seinäkenkä, 2020. PDF-tiedosto. Julkaistu 01.02.2020. https://media.peikko.com/file/dl/i/LDa7Tw/ukTrEQc-phIqzulk3OPZsw/SUMOFI006TechnicalManual_Web.pdf?fv=21b1. Viitattu 01.08.2024

Peikko, PVL®-vaijerilenkki, 2021. PDF-tiedosto. Julkaistu 01.09.2021. https://media.peikko.com/file/dl/i/p_TvIw/Gg6iwCtTXofMr2XoYIKiww/PVLF1003TechnicalManual_Web.pdf?fv=f795. Viitattu 02.08.2024

PTT, uusien omakotitalojen runkomateriaali, 2020. Verkkojulkaisu. <https://www.pientaloteollisuus.fi/runkomateriaali>. Viitattu 10.7.2024

Peikko, ansaat ja pistokkaat, 2022. PDF-tiedosto. Julkaistu 01.01.2022. https://media.peikko.com/file/dl/i/_F-ceQ/80HEnaKkPY16vePrjr3ijQ/PDFI002TechnicalManual_Web.pdf?fv=dba7. Viitattu 27.07.2024

Valtteri Honkanen, 2024. Tietokanta. 30.6.2024, Kuopio.

Saumalaakso, saumausopas elementtisaumoille. Verkkojulkaisu. Julkaisuaika tuntematon. <https://saumalaakso.fi/saumausopas-elementtisaumoille/>. Viitattu 02.08.2024

Sepa, NR-rakenteiden asennus- ja käsittelyohjeet. PDF-tiedosto. Julkaisuaika tuntematon. https://www.sepa.fi/uploads/pdf/ply_nrohjeet_uusi.pdf. Viitattu 27.07.2024

STUK, radon uudisrakentamisessa, 2010. Verkkojulkaisu. <https://stuk.fi/radon-uudisrakentamisessa>. Viitattu 18.07.2024

Ympäristöministeriö, rakentamislaki, 2024. Verkkojulkaisu. <https://ym.fi/rakentamislaki>. Viitattu 20.06.2024

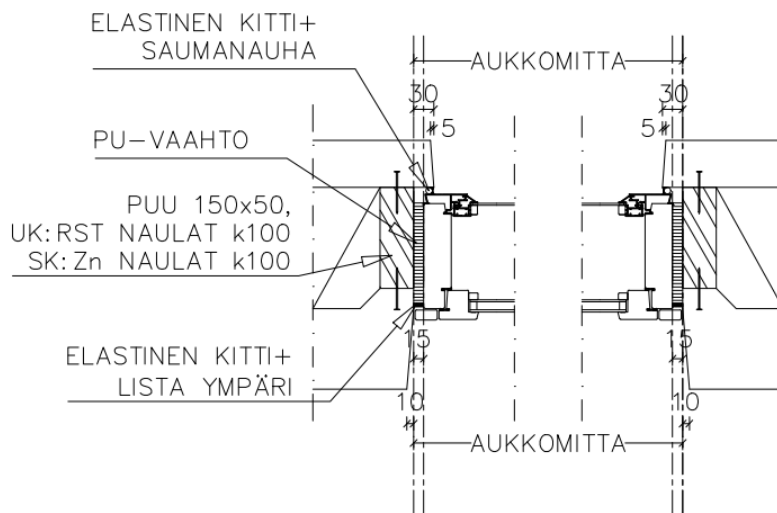
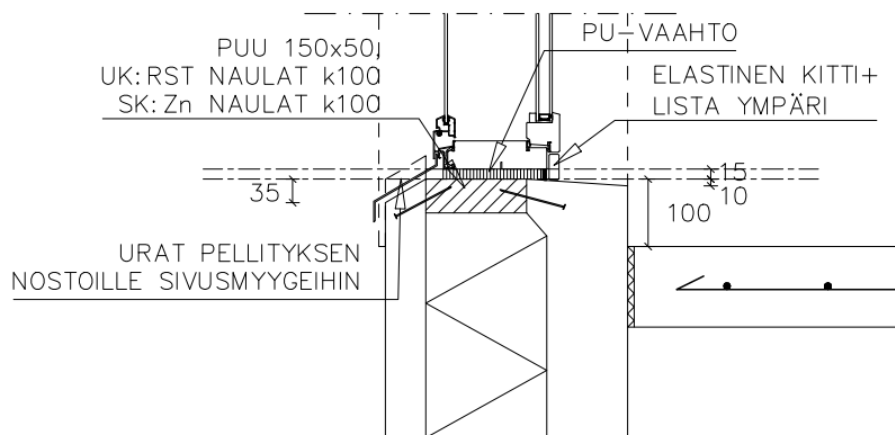
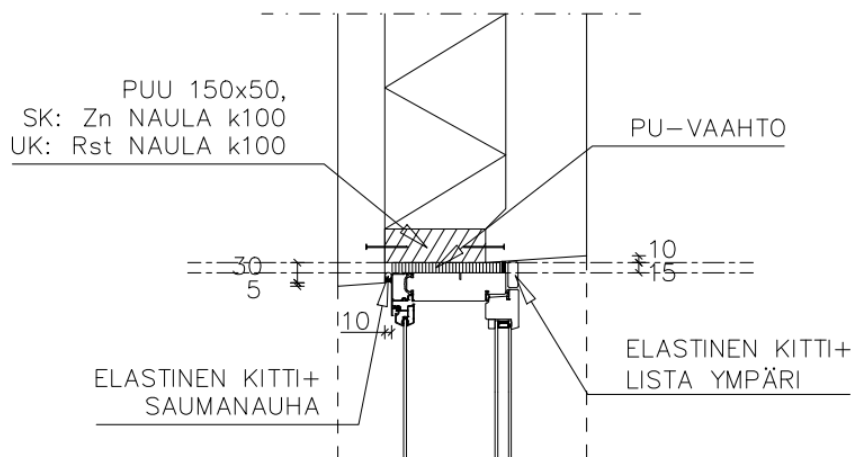
Ympäristö, asemakaavat, 2022. Verkkojulkaisu. Päivitetty 29.3.2023. <https://www.ymparisto.fi/fi/rakennettu-ymparisto/kaavoitus-ja-alueidenkaytto/kaavoitus/asemakaavat>. Viitattu 25.06.2024

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta, 1007/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171007#Pidm46111190293040>. Viitattu 01.07.2024

LIITE1 IKKUNAN LIITOS SW-ELEMENTTIIN



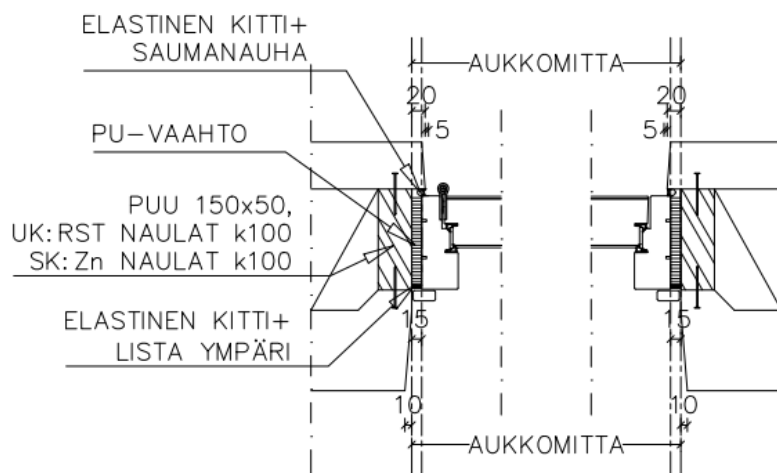
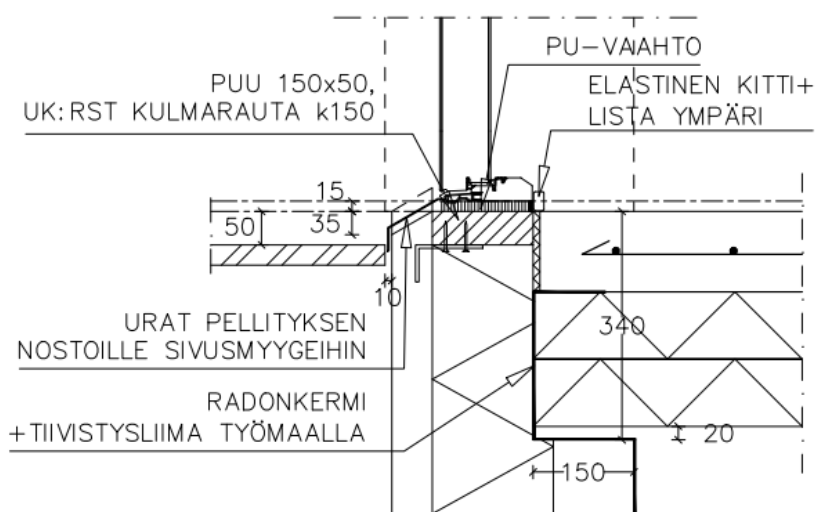
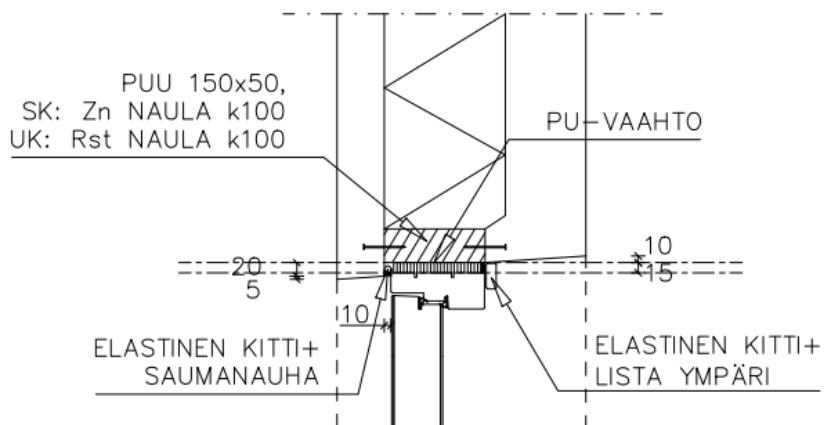
KOHDE	Talo Janho Kuusikkotie 14 70900 Toivala	SISÄLTÖ	Ikkunan liitos SW-elementtiin Vaaka- ja pystyleikkaukset Karmisyyvyys (170mm)	
	PÄIVÄYS		01.06.2024	TUNNUS
TEKIJÄ	VAHO	MITTAKAAVA	1:10	



LIITE2 ULKO-OVEN LIITOS SW-ELEMENTTIIN



KOHDE	Talo Janho Kuusikkotie 14 70900 Toivala	SISÄLTÖ	Ulko-oven liitos SW-elementtiin Vaaka- ja pystyleikkaukset Karmisyyvyys (130mm)	TUNNUS	DET2
	PÄIVÄYS		01.06.2024		
TEKIJÄ	VAHO				

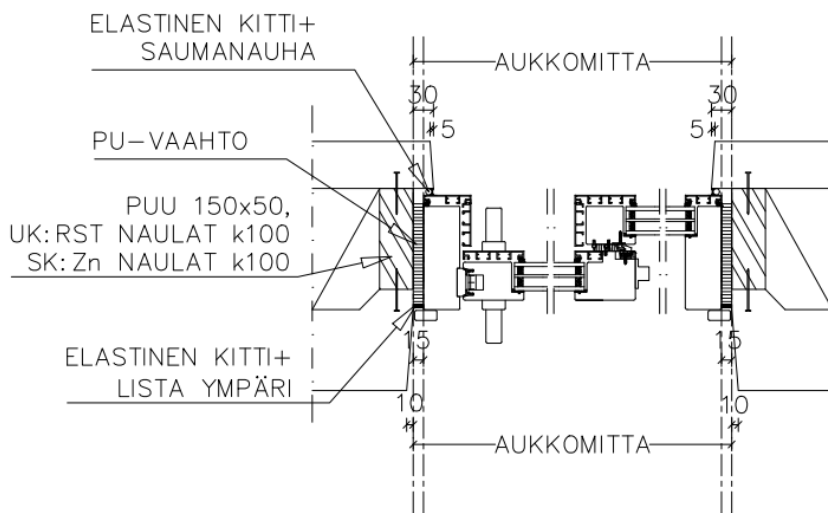
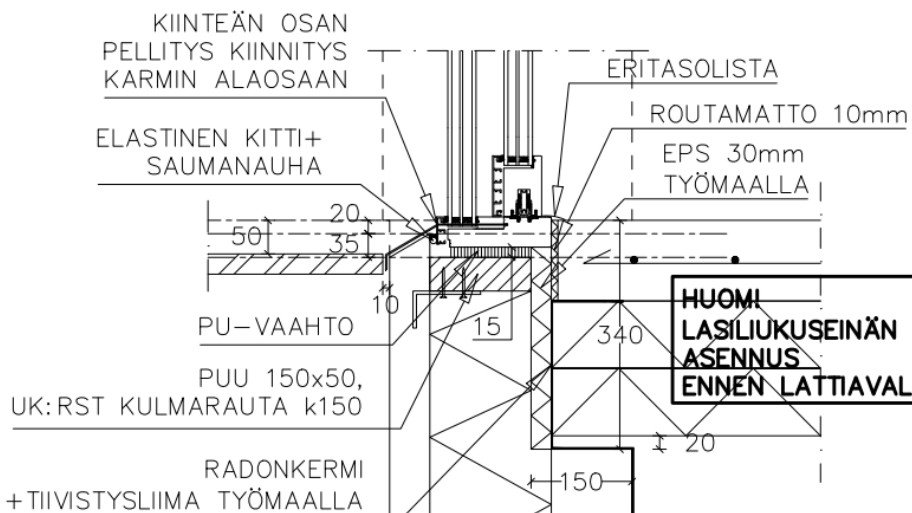
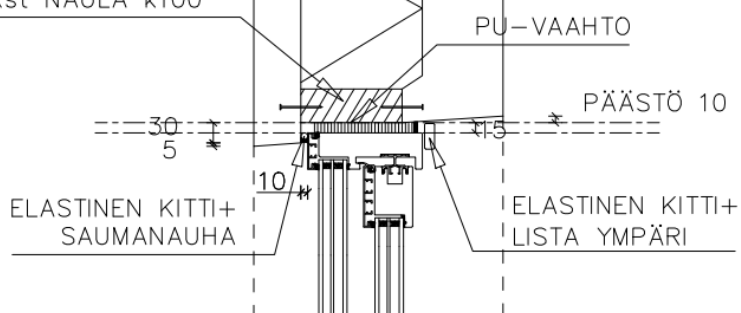


LIITE3 LASILIUKUSEINÄN LIITOS SW-ELEMENTTIIN



KOHDE	Talo Janho Kuusikkotie 14 70900 Toivala	SISÄLTÖ	Lasiliukuseinän liitos SW-elementtiin Vaaka- ja pystyleikkaukset Karmisyvyys (170mm)	
	PÄIVÄYS		01.06.2024	TUNNUS
TEKIJÄ	VAHO	MITTAKAAVA	1:10	

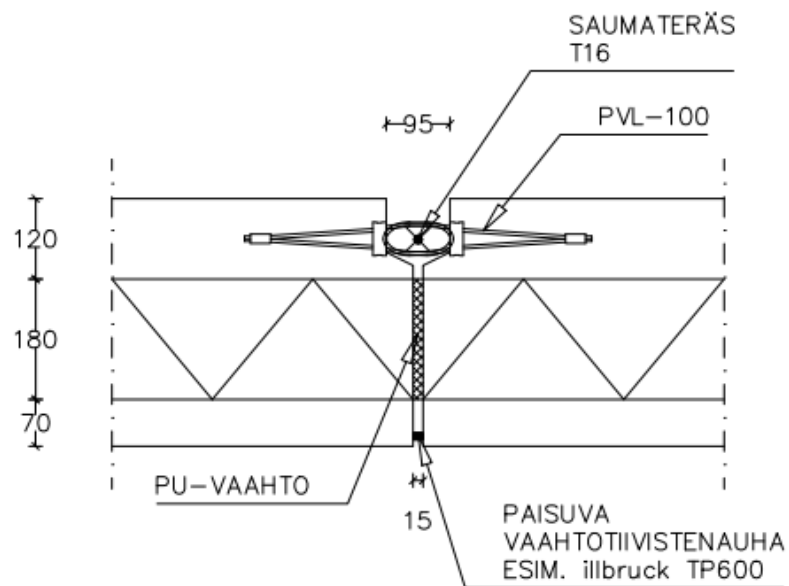
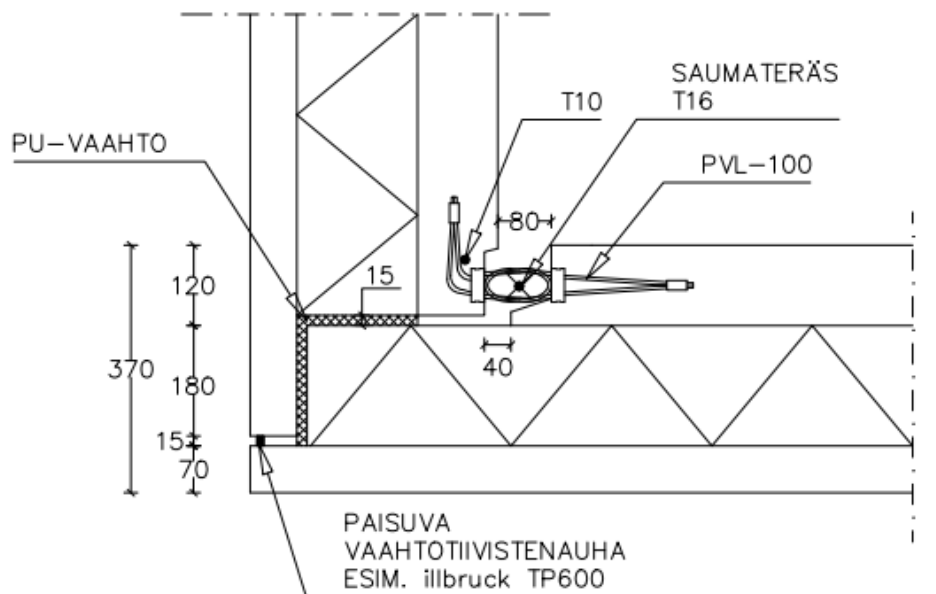
PUU 150x50,
SK: Zn NAULA k100
UK: Rst NAULA k100



LIITE4 SW-ELEMENTIN ULKOKULMALIIITOS JA SW ELEMENTIN PYSYSAUMAN VAAKALEIKKAUS



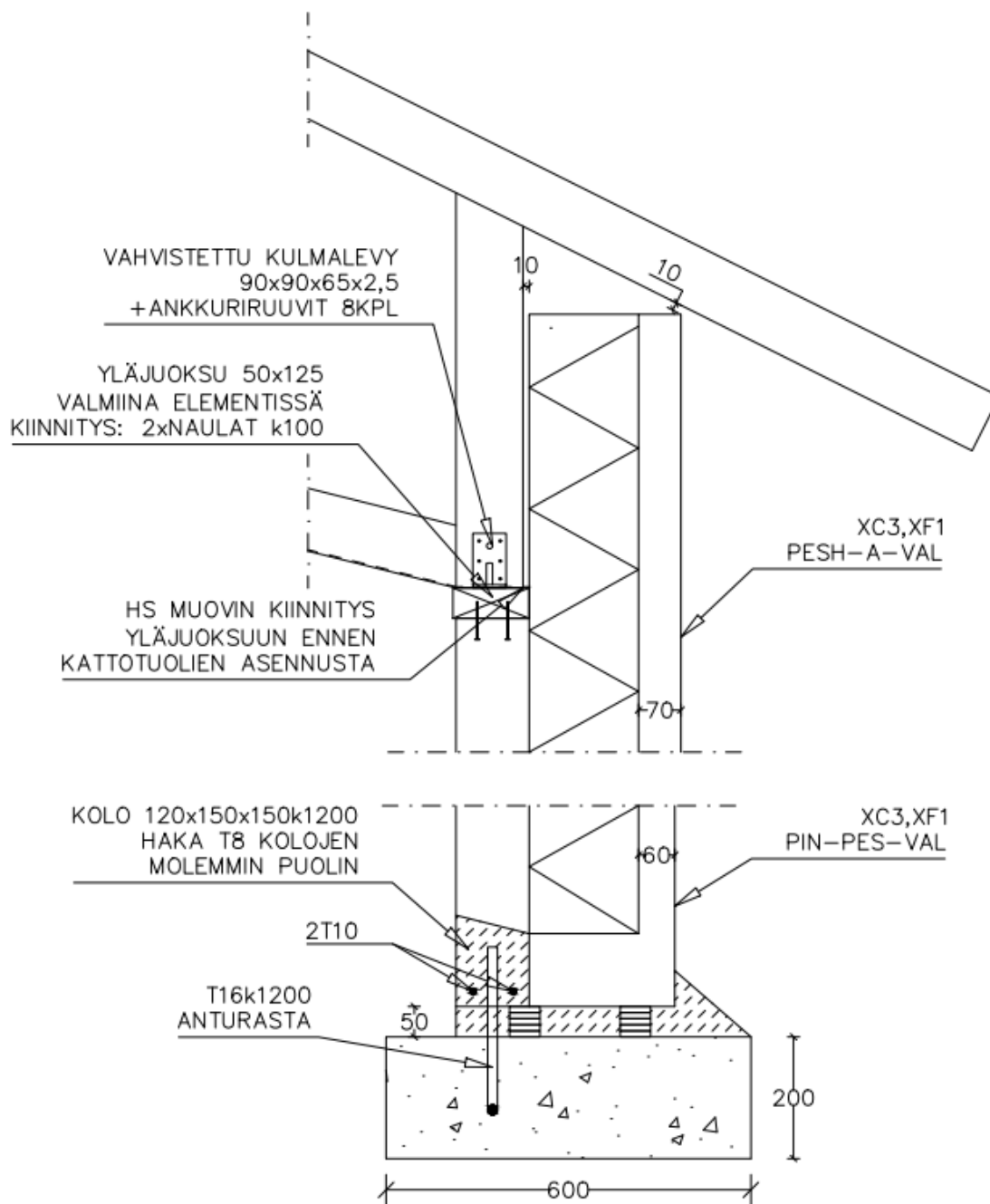
KOHDE	Talo Janho Kuusikkotie 14 70900 Toivala		SISÄLTÖ	SW-elementin ulkokulmaliitos SW-elementin pystysauman vaakaleikkaus	
	PÄIVÄYS	01.06.2024		TUNNUS	DET4
TEKIJÄ	VAHO	MITTAKAAVA	1:10		



LIITE5 KANTAVAN SW ELEMENTIN KIINNITYS ANTURAAN – JA NL-RISTIKON KIINNITYS



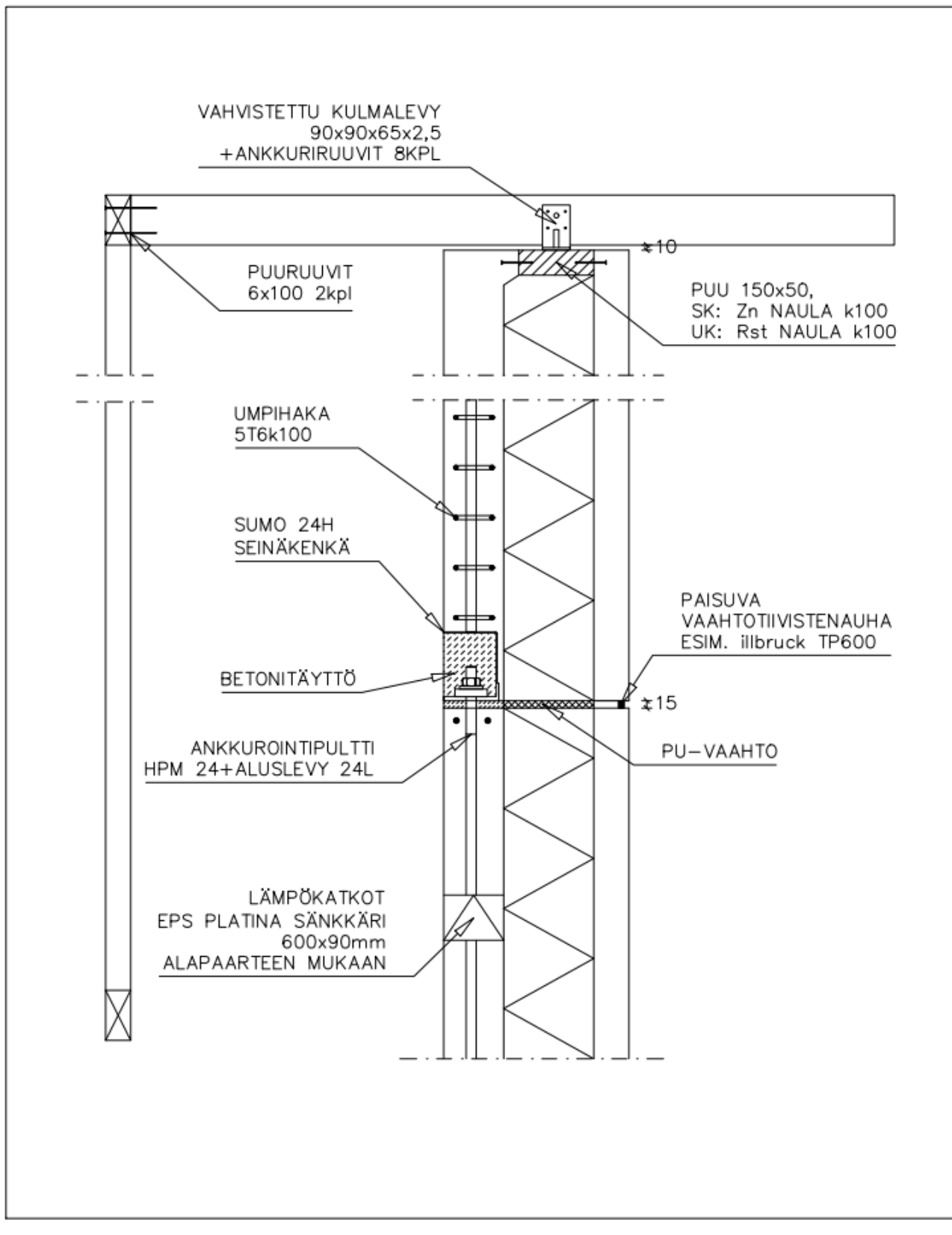
KOHDE	Talo Janho Kuusikkotie 14 70900 Toivala	SISÄLTÖ	SW-elementin kiinnitys anturaan NL-ristikon kiinnitys kantavaan SW-elementtiin	
	PÄIVÄYS		01.06.2024	TUNNUS
TEKIJÄ	VAHO	MITTAKAAVA	1:10	



LIITE6 EI KANTAVAN SW-ELEMENTIN VAAKASAUMAN PYSTYLEIKKAUS JA- NL-RISTIKON KIINNITYS



KOHDE	Talo Janho Kuusikkotie 14 70900 Toivala	SISÄLTÖ	Ei kantavan SW-elementin vaakasauman pystyleikkaus pystyleikkaus NL-ristikon kiinnitys ei kantavaan SW-elementtiin	
PÄIVÄYS	01.06.2024	TUNNUS	DET6	
TEKIJÄ	VAHO	MITTAKAAVA	1:10	



LIITE7 SEINÄKENKÄ-PULTTILIITOS

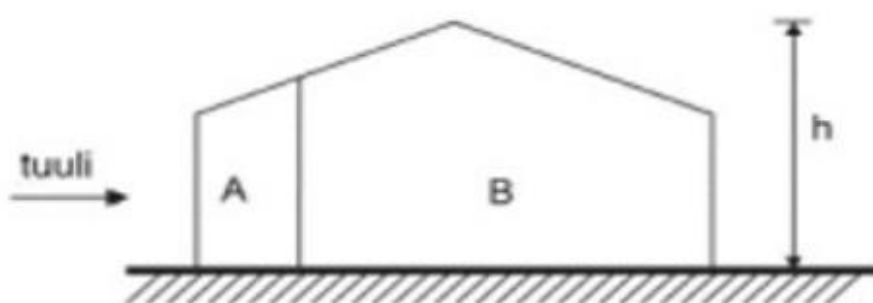
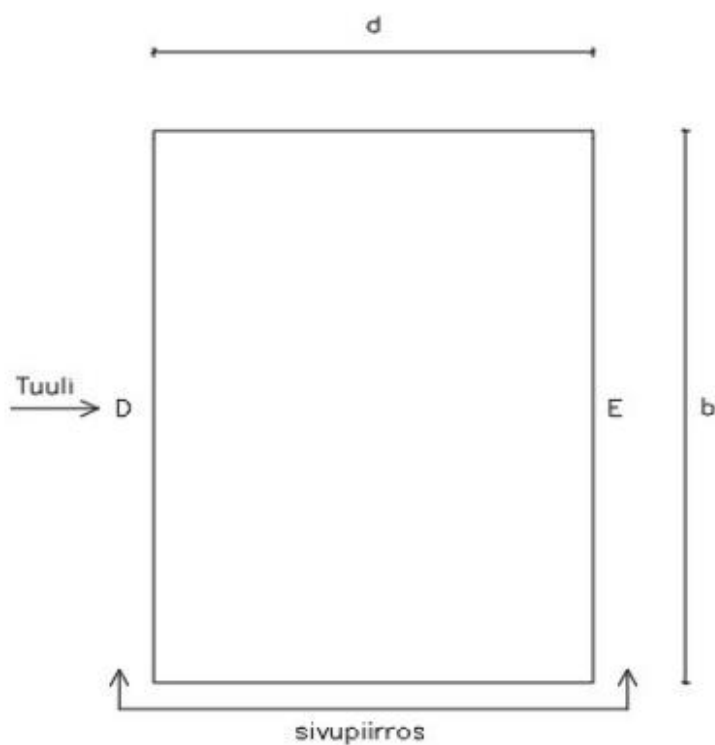
TUULIKUORMAN LASKENTA

Osapintojen painementelmä

EN1991-1-4

□ = Täytä □ = Tulokset

Lähtötiedot



Rakennuksen korkeus h

Rakennuksen leveys b

Rakennuksen syvyys d

Maastoluokka

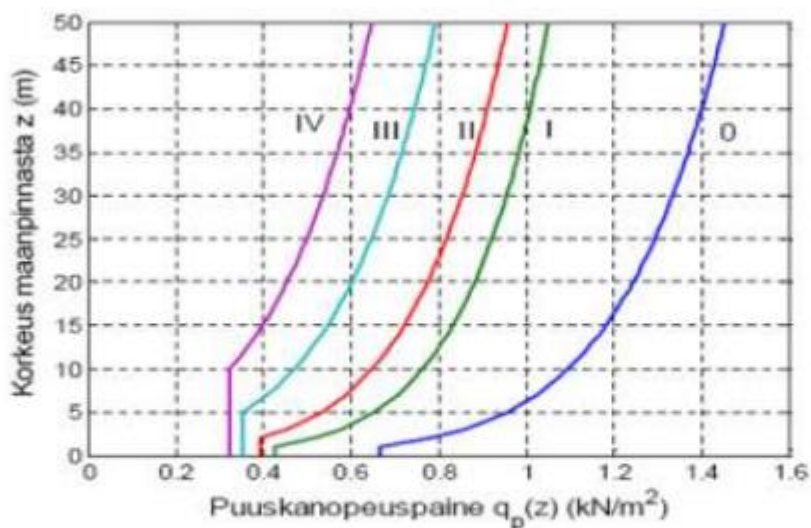
Rakennekerroin $c_s c_d$ (EN1991-1-4 6.2)

Suhde h/b

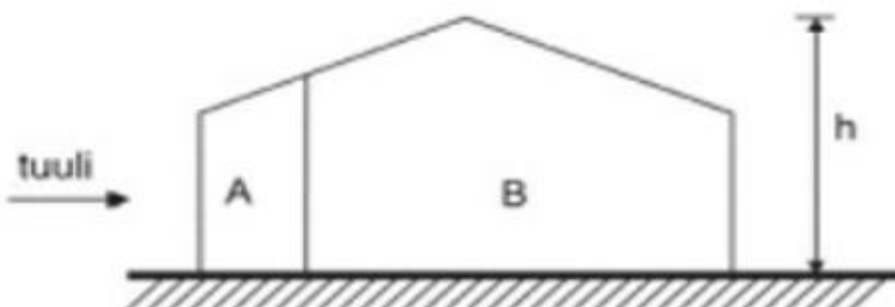
e luku

$$e = \min \left\{ \frac{2h}{b} \right\}$$

5610	mm
16450	mm
8540	mm
3	
1	
0,341	
11220	

Puuskanopeuspaine $q_p(z)$ Puuskanopeuspaine $q_p(z)$

0,4

 kN/m^2 Painekertoimet $C_{pe,10}$ 

Vyöhyke	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Aukkosuhdekerroin

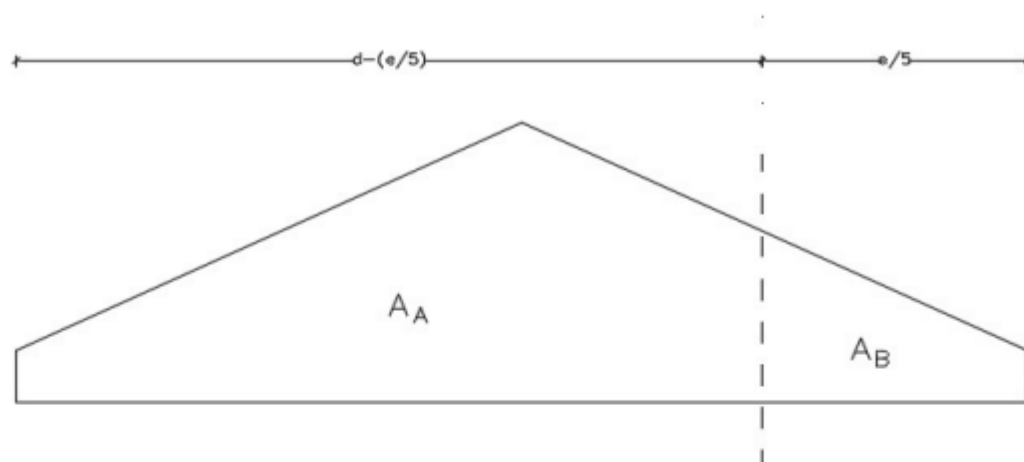
-0,3

Vyöhyke A $C_{pe,10}$

-1,5

Vyöhyke B $C_{pe,10}$

-1,1

Pinta-alat A_x Vyöhyke A pinta-ala A_A

10,9

 m^2 Vyöhyke B pinta-ala A_B

2,35

 m^2 Kokonaispinta-ala A_{kok}

13,25

 m^2 **Painekuormat osapinoille W_x** Vyöhyke A painekuorma W_A

-6,54

kN

Vyöhyke B painekuorma W_B

-1,034

kN

Kokonaispainekuorma W_{kok}

-7,574

kN

Neliökuorma KRT

-0,571622642

 kN/m^2

Neliökuorma MRT

-0,857433962

 kN/m^2 **Painekuorman momentti**Pistekuorma F_w

-11,361

kN

Momenttivarsi

0,9

m

Momentti M_{Fw}

-10,2249

kNm

SEINÄKENKÄ-PULTTILIITOS

Käsinlaskenta

= Täytä = Tulokset

Tuulen painekuorman momentti M_{Fw}

Momentti tuulesta M_{Fw} kNm

Omapainojen epäkeskisyyden aiheuttama momentti M_{Fg}

Ulkokuoren pinta-ala	<input type="text" value="13,25"/>	m ²
Ulkokuoren tilavuuspaino	<input type="text" value="1,75"/>	kN/m ²
Pistekuorma F_g	<input type="text" value="26,665625"/>	kN
Momenttivarsi z	<input type="text" value="0,28"/>	m
Momentti M_{Fg}	<input type="text" value="7,466375"/>	kNm
Liitoksen mitoitusmomentti	<input type="text" value="17,691275"/>	kNm

Ankuripultin vetomitoitus

Liitoksen sisäinen momenttivarsi z (SUMO 24H)	<input type="text" value="0,055"/>	m
Veto pultille N_{ed}	<input type="text" value="321,6595455"/>	kN
Sallittu veto (SUMO 24H) N_{Rd}	<input type="text" value="139"/>	kN
N_{ed}/N_{Rd}	<input type="text" value="2,314097449"/>	

Valitaan 4x SUMO24H

Veto pultille N_{ed}	<input type="text" value="80,41488636"/>
Sallittu veto (SUMO 24H) N_{Rd}	<input type="text" value="139"/>
Käyttöaste	<input type="text" value="58 %"/>