



PIENTALON LAAJENTAMINEN JA KUSTANNUSTEN KERTYMINEN

Ville Visti

Opinnäytetyö
Joulukuu 2012
Rakennustekniikan
koulutusohjelma
Talorakennustekniikan
suuntautumisvaihtoehto

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talorakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto

VISTI, VILLE:

Pientalon laajentaminen ja kustannusten kertyminen

Opinnäytetyö 85 sivua, joista liitteitä 31 sivua
Joulukuu 2012

Opinnäytetyö käsittelee yksityistalon tilaamaa kolmen eri laajennusvaihtoehdon tarkastelemista. Laajennusvaihtoehdot on tutkittu erilaisilla rakennustavoilla. Työssä selvitetään toteutustapa, kustannusarvio sekä mitoitetaan kantavat rakenteet.

Työn rakenne etenee siten, että ensin käsitellään lähtötiedot, jotka ovat jokaisessa laajennusvaihtoehdossa samat. Tämän jälkeen käsitellään jokainen vaihtoehto erikseen omassa kappaleessaan. Kappaleissa edetään rakennusvaiheittain ja pyritään kertomaan mahdollisimman tarkasti, kuinka laajentaminen tulee suorittaa. Lopuksi vielä lasketaan laajennusvaihtoehdon kustannukset.

Kun kaikki vaihtoehdot on käsitelty, päästään vertailemaan kustannuksia. Kustannusten perusteella tilaaja pystyy valitsemaan omiin tarpeisiinsa kustannustehokkaimman laajennusvaihtoehdon. Tämän jälkeen siirtyminen itse rakentamiseen tapahtuu vaivattomasti, sillä tilaajalla on käsissään melkein valmis paketti projektin loppuunsaattamiseen.

Asiasanat: laajennus, toteutustapa, mitoitus, kustannusarvio

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Civil Engineering
Option of Structural Engineering

VISTI, VILLE:

The expansion of the detached house and the accrual of the costs

Bachelor's thesis 85 pages, appendices 31 pages
December 2012

This thesis is about three different expansion options outsourced from a private party. Extension options are explored in different construction methods. This study shows the execution, the cost estimate and the design of the load-bearing structures.

First the thesis examines the source information, which are the same for every expansion option. Then each option is dealt individually in its own chapter. The chapter goes through the construction phases step by step and shows how the expansion should be done. Finally, the costs of the option are calculated.

After all the options are examined the study compares the costs of the different expansion options. With this comparison the customer can choose the best option for the project. Based on the information provided by this thesis, the customer can easily start the actual construction process.

Key words: extension, execution, design, cost estimate

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LÄHTÖTIEDOT	7
2.1	Nykyinen rakennus	7
2.2	Laajennusvaihtoehdot ja tavoitteet	9
2.3	Lumikuorma.....	9
2.4	Tuulikuorma.....	11
2.5	Käyttöluokka.....	13
2.6	U-arvo vaatimukset.....	13
2.6.1	Yläpohja	14
2.6.2	Seinä.....	14
2.6.3	Alapohja	15
2.6.4	Ikkunat ja ovet.....	15
2.7	Palomitoitus	16
3	Laajennusten lähtökohdat	17
3.1	Rakennuksen pohjapiirustus	17
3.2	Laajennusvaihtoehdot	18
4	Ensimmäinen päätylaajennus	19
4.1	Pohjaratkaisu.....	19
4.2	Rakenneleikkaus	20
4.3	Kantavat rakenteet	21
4.3.1	Perustukset ja pohjatyöt	22
4.3.2	Kantavat rakenteet ylhäältä.....	24
4.3.3	Kantavat rakenteet sivusta.....	25
4.3.4	Kantavat rakenteet päädystä.....	25
4.4	Liitokset	26
4.5	Aliurakoitsijoiden töiden kestot.....	27
4.5.1	Pohjatyöt	27
4.5.2	Perustukset	28
4.5.3	Runko	28
4.6	Kustannusarvio	28
5	Toinen päätylaajennus	31
5.1	Pohjaratkaisu.....	31
5.2	Rakenneleikkaus	32
5.3	Kantavat rakenteet	33
5.3.1	Perustukset ja pohjatyöt	33
5.3.2	Kantavat rakenteet ylhäältä.....	34

5.3.3	Kantavat rakenteet sivusta.....	35
5.3.4	Kantavat rakenteet päädystä.....	36
5.4	Liitokset	36
5.5	Aliurakoitsijoiden töiden kestot.....	37
5.5.1	Pohjatyöt	37
5.5.2	Perustukset	37
5.5.3	Runko	37
5.6	Kustannusarvio	38
6	Laajennus ylöspäin	41
6.1	Pohjaratkaisu.....	41
6.2	Rakenneleikkaus	42
6.3	Kantavat rakenteet	42
6.3.1	Pilarianturat ja pohjatyöt.....	43
6.3.2	Kantavien rakenteiden julkisivukuva päädystä.....	44
6.3.3	Kantavien rakenteiden julkisivukuva sisältä.....	45
6.3.4	Kantavat rakenteet sivusta.....	46
6.4	Liitokset	47
6.5	Rappuset.....	48
6.6	Kustannusarvio	48
7	Pohdinta.....	51
7.1	Vertailutavat.....	51
7.2	Vertailu neliöhinnan perusteella	51
7.3	Vertailu arvotekijöiden perusteella	51
7.4	Loppusanat.....	52
	LÄHTEET	53
	LIITTEET	55
	Liite 1. Ensimmäisen päätylaajennuksen kantavien rakenteiden laskelmat.....	55
	Liite 2. Toisen päätylaajennuksen kantavien rakenteiden laskelmat.....	68
	Liite 3. Ylöslaajennuksen kantavien rakenteiden laskelmat.....	80

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on tarkastella erään pientalon laajennusmahdollisuuksia. Tilaaja tarvitsee taloonsa lisää asuintilaa ja haluaa tietää miten laajennukset toteutetaan. Yhtenä tärkeänä tarkastelukohtana on myös kustannusten kertyminen.

Tulen käymään työssäni läpi kolme vaihtoehtoa. Kahdessa tapauksessa laajennus tul-
laan suorittamaan jatkamalla rakennusta sen päädyistä. Kolmas tapa on laajentaa ylös-
päin. Päätylaajennusideat ovat ulkomitoiltaan lähes samanlaiset, mutta tilajaoissa on
eroavaisuuksia. Erona on myös pilareiden tyyppi, jotka toisessa tapauksessa mitoitetaan
sahatavarasta ja toisessa tapauksessa I-pilareista. Molempien vaihtoehtojen yläpohjissa
käytetään kattoristikoida. Ylöspäin laajentaminen suoritetaan kattovasoilla.

Kustannusarvioissa tulen ottamaan huomioon materiaalin lisäksi myös ennalta sovitut
työvaiheet. Pohjatyöt, perustaminen, lattiavalu sekä runkotolppien pystytys kuuluvat
tähän kategoriaan. Tilaaja hoitaa loput työvaiheet itse. Päätylaajennuksissa tulee tuskin
suuria eroja pintamateriaalien kustannuksista, mutta on mielenkiintoista nähdä miten
kantavien rakenteiden kustannukset eroavat toisistaan.

Pyrin siihen, että tilaaja pystyy toteuttamaan rakentamisen työni perusteella sekä saa
käsityksen kustannusten kertymisestä. Näin he pystyvät valitsemaan vaihtoehdoista
omiin tarpeisiinsa kustannustehokkaimman laajennusratkaisun sekä suorittamaan itse
rakentamisen. Vaikka tutkin vain yhtä tiettyä pientaloa, niin uskon, että työstäni on hyö-
tyä myös muille. Ainakin laajennusosien neliöhinnat saattavat kiinnostaa lisätilasta haa-
veilevia.

Työssä on käytetty apuna pääsääntöisesti Suomen rakentamismääräyskokoelmaa (viita-
taan tekstissä RakMk) sekä puurakenteiden lyhennettyä suunnitteluohjetta eurokoodi 5
(viitataan tekstissä Liite B).

2 LÄHTÖTIEDOT

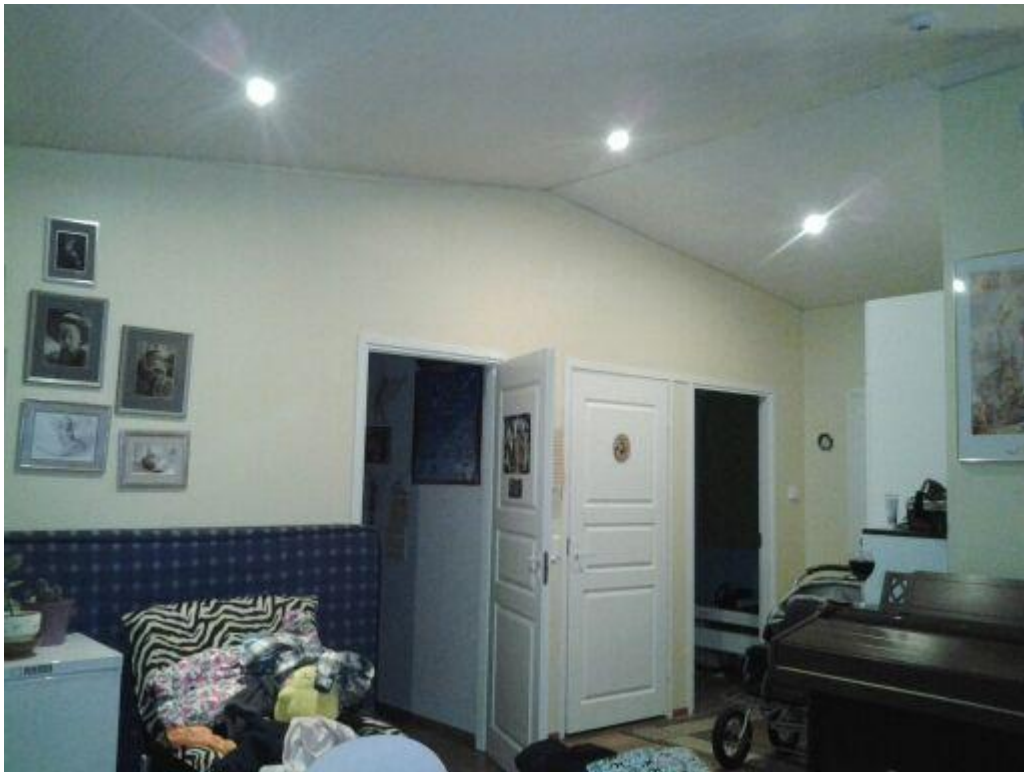
2.1 Nykyinen rakennus

Laajennettava rakennus sijaitsee Vihdissä ja se on valmistunut 2000-luvun alkupuolella (kuva 1). Rakennus on JukkaTalon talopaketti ja se on uudenkarheutensa johdosta yhä äärimmäisen hyvässä kunnossa.

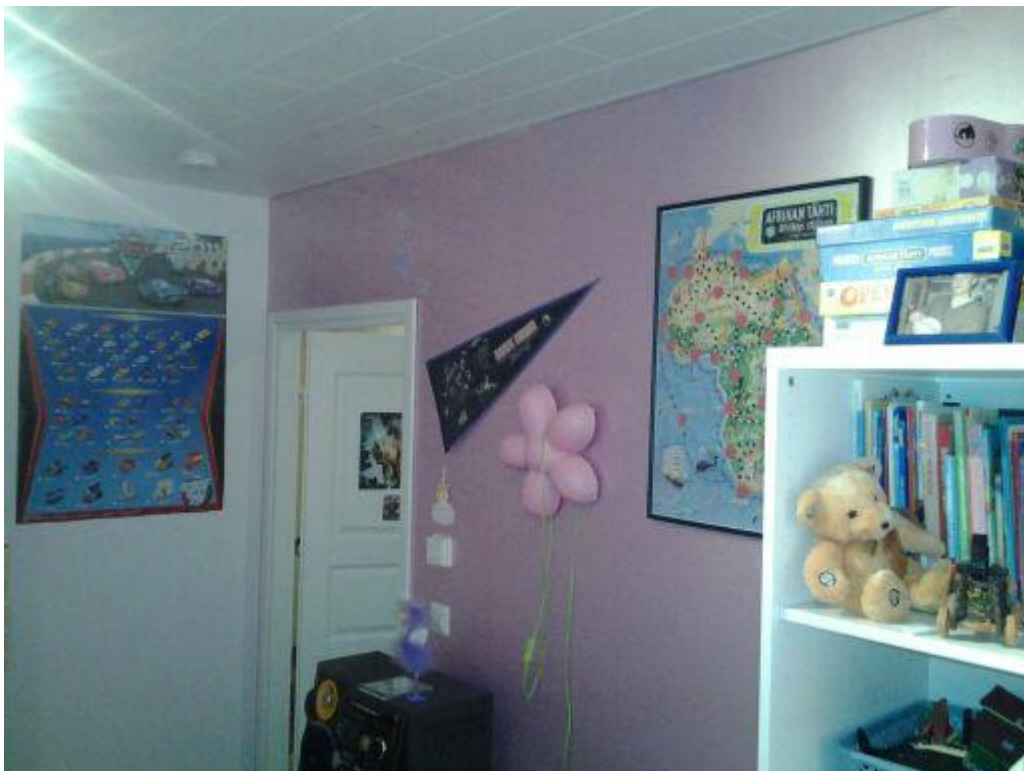


KUVA 1. Nykyinen rakennus ulkoa

Sisältä huomaa kattorakenteissa mielenkiintoisen yksityiskohdan. Keskellä rakennusta sijaitsevien olohuoneen sekä keittiön sisäkatto on kalteva, kun taas molemmissa päädyissä olevissa huoneissa sisäkatto on tasainen (kuvat 2 & 3). Ristikkotyyppeinä on siis käytetty saksi- sekä harjaristikkoa. Tästä syystä päätylaajennuksiin on myös tullava harjaristikot ettei sisäkattoon tule minkäänlaisia porrastuksia. Ylöspäin laajennuksessakin on otettava kalteva sisäkatto huomioon rappusten osalta, sillä siinä mahdollisesti tulevat porrastukset katon sekä rappusten välillä eivät ole kovinkaan esteettisiä.



KUVA 2. Näkymä olohuoneesta



KUVA 3. Näkymä makuuhuoneesta

2.2 Laajennusvaihtoehdot ja tavoitteet

Nykyinen rakennus alkaa käydä liian ahtaaksi tilaajalle. Muutaman vuoden päästä perheen lapset alkavat jo päästä siihen ikään, että jokainen tarvitsee oman huoneen. Koska perhe viihtyy nykyisessä talossa ja tontille on jo muutama vuosi sitten rakennettu uusi hallirakennus, ei muutto ole ensimmäinen vaihtoehto. Tästä syystä lisätilaa halutaan laajentamisen kautta.

Tilaaja lähestyi minua kertomalla, että heillä olisi muutama ajatus talon laajentamisesta. He olivat miettineet muun muassa ylöspäin laajennuksen toteutuskelpoisuutta, mutta myös päätylaajennusta (kuvan 1 oikeasta päädyistä). He halusivat tietää miten laajennukset onnistuisivat ja paljonko ne tulisivat maksamaan. Päätylaajennusta varten piirtämistäni pohjaratkaisuideoista kaksi miellytti tilaajaa eniten, joten päädyin tutkimaan ne molemmat yhdessä ylöspäin laajennusvaihtoehdon kanssa. Jokaista vaihtoehtoa tullaan tarkastelemaan tarkemmin edempänä omissa kappaleissaan.

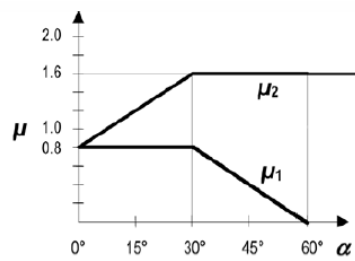
Makuutilan lisäksi lapsiperheellä on suuri tarve säilytystilalle. Tavoitteena olikin saada päätylaajennuksiin mahdollisimman paljon vaatehuoneita, joihin vaatteet ja lelut saa säilöttyä. Periaatteessa kuitenkin yksi makuuhuonekin riittää, jolloin jokainen saisi omaa tilaansa. Tätä asiaa ajaa täysin säilytystilatonta ylöspäin laajennus. Tämän työn pohjalta tilaaja pystyy paremmin puntaroimaan, mikä kolmesta vaihtoehdosta sopisi parhaiten heidän tulevaisuudelleen.

2.3 Lumikuorma

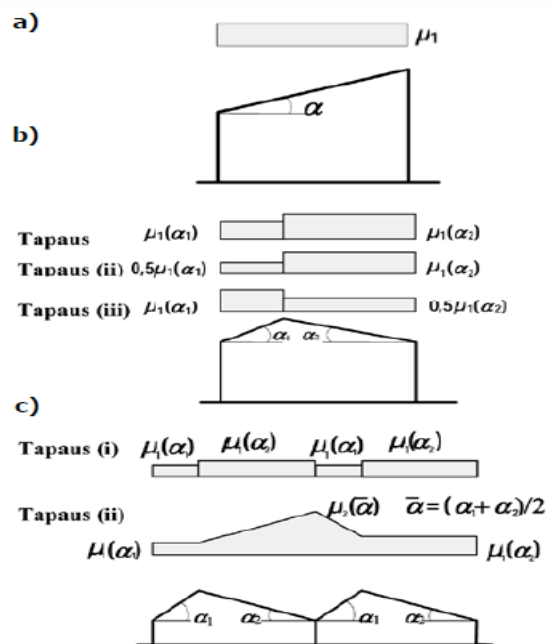
Lumikuorman suuruuteen vaikuttaa maantieteellinen sijainti, katon muoto sekä kattokaltevuus. Katon ominaislumikuorma lasketaan kaavalla:

$$q_k = \mu_i \cdot s_k, \quad (\text{Liite B, kaava 2.9})$$

missä μ_i (kuvio 1) on katon lumikuorman muotokerroin, joka määräytyy katon mallin sekä kattokaltevuuden mukaan (kuvio 2) ja s_k (kuvio 3) on maanpinnan lumikuorman ominaisarvo.

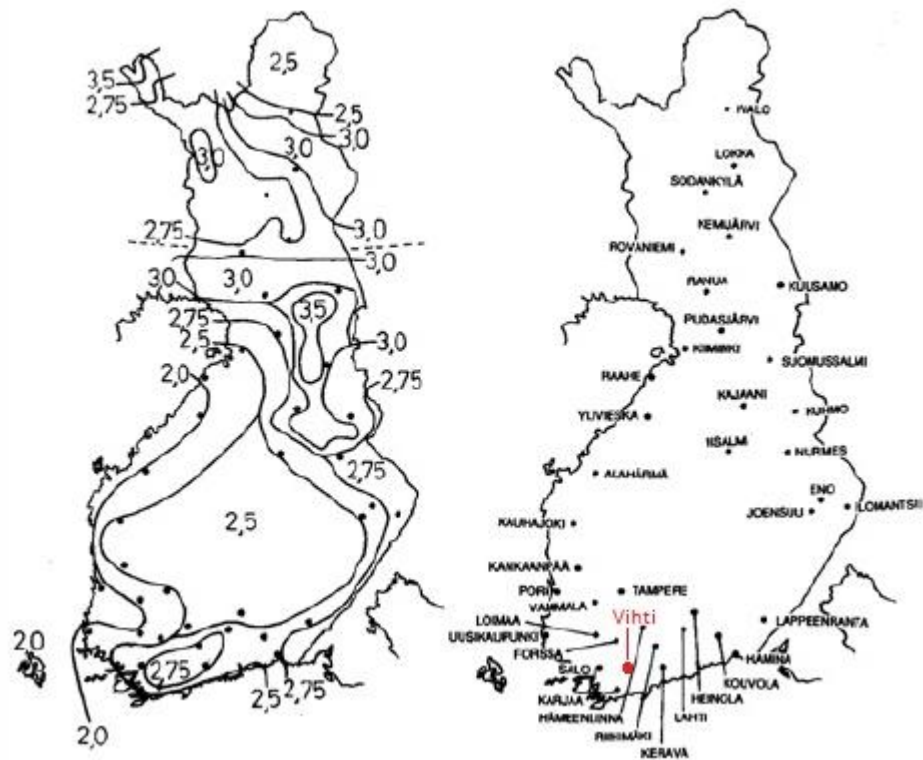


KUVIO 1. Lumikuorman muotokertoimet (Liite B, 12)



KUVIO 2. Kattojen lumikuorman muotokertoimet:

a) pulpetti-, b) harja- ja c) sahakatto (Liite B, 12)



KUVIO 3. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot (Liite B, 11, muokattu)

Koska rakennus sijaitsee Vihdissä ja sen kattokaltevuus on 26,57 astetta, saadaan:

$$q_k = \mu_i \cdot s_k = 0,8 \cdot 2,75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

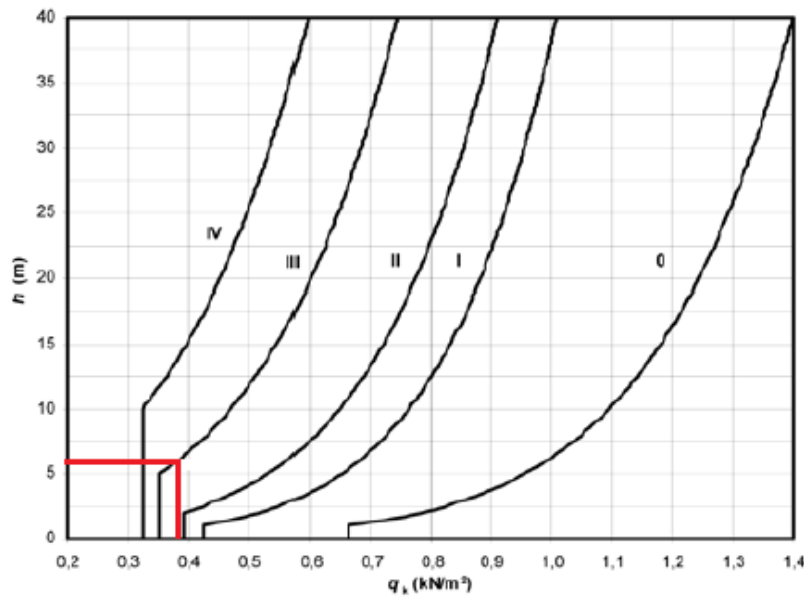
2.4 Tuulikuorma

Tuulikuorman suuruuteen vaikuttaa maaston pinnanmuodot sekä rakennuksen korkeus. Huomioiden rakennuksen sijainnin, voidaan todeta, että se kuuluu maastoluokkaan 3 (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Maastoluokat (Liite B, 12)

Luokka	Maaston rosoisuuden ja pinnanmuodon kuvaus.
0	Avomeri tai merelle avoin rannikko.
I	Järvi tai alue, jolla on vähäistä kasvillisuutta eikä esteitä.
II	Alue, jolla on matalaa kasvillisuutta ja erillisiä puita tai rakennuksia, joiden etäisyys toisistaan on vähintään 20 kertaa esteen korkeus. Esim. maatalousmaa.
III	Esikaupunki- tai teollisuusalueet sekä metsät. Matalat pientaloalueet ja kylät.
IV	Yhtenäiset laajat kaupunkialueet, joiden pinta-alasta vähintään 15% on rakennettu ja rakennusten keskimääräinen korkeus on yli 15 m.

Maastoluokan sekä rakennuksen korkeuden avulla saadaan selville tuulen nopeuspaineen ominaisarvo (kuvio 4). Rakennuksen korkeus $h \approx 6$ m.



KUVIO 4. Nopeuspaineen ominaisarvot eri maastoluokissa (Liite B, 13, muokattu)

Kuviosta 4 saadaan, että nopeuspaineen ominaisarvo $q_k(h) \approx 0,38 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Osapinnan paikallinen tuulenpaine saadaan kaavasta:

$$q_{w,k} = c_{p,\text{net}} \cdot q_k(h) , \quad (\text{Liite B, kaava 2.11})$$

missä $c_{p,\text{net}}$ on osapinnan nettotuulenpaine kerroin (taulukko 2) ja $q_k(h)$ on kuviosta 4 saatu nopeuspaineen ominaisarvo.

TAULUKKO 2. Ulkoseinien nettopaine kertoimet (Liite B, 14)

Ulkoseinät	suurin imu nurkka-alueilla ¹⁾		suurin imu keskialueilla		suurin paine sisäänpäin	
tarkasteltava pinta-ala	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$
$c_{p,\text{net}}$	-1,5	-1,7	-1,1	-1,4	+1,1	+1,3

Rakennuksen seiniin vaikuttava paikallinen tuulenpaine:

$$q_{w,k} = c_{p,\text{net}} \cdot q_k(h) = 1,5 \cdot 0,38 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2.5 Käyttöluokka

Rakenteet jaetaan käyttöluokkiin ilman suhteellisen kosteuden perusteella. ”Käyttöluokkaan 1 voidaan yleensä lukea myös lämpöeristekerroksessa olevat rakenteet sekä palkit, joiden vetopuoli on lämmöneristeen sisällä.” (Liite B, 15, kappale 2.6)

Valtaosa laajennuksen kantavista rakenteista kuuluu käyttöluokkaan 1, mutta esimerkiksi parvekepilarit kuuluvat käyttöluokkaan 3. Käyttöluokan avulla määritetään varmuuskerroin rakenteiden lujuuksia laskettaessa.

2.6 U-arvo vaatimukset

Koska laajennusosasta tulee asuintilaa, tulee huoneita käsitellä lämpiminä tiloina. Lämpimällä tilalla tarkoitetaan sellaista tilaa, jonka mitoittavaksi huonelämpötilaksi lämmityskaudella oleskelu tai muista syistä valitaan $+17\text{ °C}$ tai sitä korkeampi lämpötila (RakMk C3 2010, 3).

U-arvo lasketaan kaavalla:

$$U = \frac{1}{R_T}, \quad (\text{RakMk C4 2010, 5})$$

missä R_T on rakennusosan kokonaislämmönvastus ja se voidaan pelkistetysti laskea kaavalla:

$$R_T = \Sigma \left(R_m = \frac{d_m}{\lambda_m} \right), \quad (\text{RakMk C4 2010, 5})$$

missä d_m on ainekerroksen paksuus ja λ_m on ainekerroksen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo.

Koska suurin osa kokonaislämmönvastuksesta tulee lämpöeristeistä, niin huomioin pelkästään niiden vaikutuksen U-arvoon. Näin saan hyvän käsityksen rakennusosien kokonaispaksuuksista.

2.6.1 Yläpohja

Yläpohjan U-arvo saa maksimissaan olla $0,09 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ (RakMk C3 2010, 7).

U-arvon laskukaavan avulla voidaan laskea rakennusosan vähimmäispaksuus, kun tiedetään lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo λ .

$$R_T = \frac{1}{U} = \frac{1}{0,09 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}} \approx 11,11 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Isover eristeen lämmönjohtavuus on $\lambda = 0,033 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$ (Isover KL-33). Nyt voimme laskea kuinka suuri eristevahvuus toteuttaa yläpohjan U-arvovaatimuksen:

$$d = \lambda \cdot R_T = 0,033 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \cdot 11,11 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \approx 0,367 \text{ m}$$

Yläpohjaan tulee siis laittaa vähintään 367 mm eristettä, jotta vaatimukset täyttyvät.

2.6.2 Seinä

Yläpohjan U-arvo saa maksimissaan olla $0,17 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ (RakMk C3 2010, 7).

$$R_T = \frac{1}{U} = \frac{1}{0,17 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}} \approx 5,88 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Kokonaislämmönvastus koostuu tässä tapauksessa tuulensuojalevystä ja villasta. Tuulensuojalevyn paksuus on $d = 12 \text{ mm}$ ja lämmönjohtavuus $\lambda = 0,052 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$ (Tuulileijona). Villan lämmönjohtavuus on $\lambda = 0,033 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$ (Isover KL-33).

Vähentämällä tuulensuojalevyn lämmönvastuksen kokonaislämmönvastuksesta voidaan laskea tarvittava villavahvuus.

$$R_{\text{villa}} = R_T - R_{\text{tsl}} = 5,88 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} - \frac{0,012 \text{ m}}{0,052 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} \approx 5,65 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$d = \lambda \cdot R_{\text{villa}} = 0,033 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \cdot 5,65 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \approx 0,186 \text{ m}$$

Olemassa olevan rakennuksen kantavan rungon vahvuus on 200 mm, joten käytetään myös laajennusosassa samaa runkovahvuutta (villavahvuutta).

2.6.3 Alapohja

Maanvaraisen alapohjan U-arvo saa maksimissaan olla $0,16 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ (RakMk C3 2010, 7).

$$R_T = \frac{1}{U} = \frac{1}{0,16 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}} = 6,25 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

ThermiSol eristeen lämmönjohtavuus on $\lambda = 0,031 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$ (ThermiSol Platina Lattia).

Vaadittava eristevahvuus on siis:

$$d = \lambda \cdot R_T = 0,031 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \cdot 6,25 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \approx 0,194 \text{ m}$$

2.6.4 Ikkunat ja ovet

Ikkunoiden ja ovien U-arvo saa maksimissaan olla $1,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ (RakMk C3 2010, 7).

Ikkunoita ja ovia ei tarvitse erikseen mitoitaa kunhan huomioi, että valmistajalta saadut tuotteet ovat vaatimukset täyttäviä.

2.7 Palomitoitus

Rakennukset jaetaan kokonsa ja käyttötarkoituksensa mukaan yhteen kolmesta paloluokasta (RakMk E1 2011). Määritetään ensin, mihin paloluokkaan tämä rakennus kuuluu (taulukot 3 & 4).

TAULUKKO 3. Kokorajoitukset

Rakennuksen ominaisuus	RAKENNUKSEN KOKOA KOSKEVAT RAJOITUKSET		
	Rakennuksen paloluokka		
	P1	P2	P3
KERROSLUKU			
- yleensä	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 2
- asuinrakennus, työpaikkarakennus	ei rajoitusta	enintään 8	enintään 2
- tuotanto- tai varastorakennus, autosuoja	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 1
KORKEUS			
- yleensä	ei rajoitusta	enintään 9 m	enintään 9 m
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 3–4 krs.	ei rajoitusta	enintään 14 m	<i>ei sallittu</i>
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 5–8 krs.	ei rajoitusta	enintään 26 m	<i>ei sallittu</i>
- yksikerroksinen tuotanto- tai varastorakennus	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 14 m
KERROSALA			
Kerrosala yleensä			
- yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 2400 m ²
- kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 1600 m ²
- yli kaksikerroksinen	ei rajoitusta	enintään 12 000 m ²	<i>ei sallittu</i>
Kerrosala tuotanto- ja varastorakennuksissa sekä autosuojissa			
- yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
- kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	<i>ei sallittu</i>
Selostus	Rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikaton leikkausviivan korkeus maan pinnasta (MRA 58 §). Tarvittaessa lasketaan rakennuksen nurkkapisteiden korkeuksien keskiarvo.		

TAULUKKO 4. Henkilörajoitukset

Käyttötapa	Kerroksia	RAKENNUKSEN SUURIN SALLITTU HENKILÖMÄÄRÄ		
		Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
Asunnot		ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Majoitustilat	1	ei rajoitusta	paikkaluku 150	paikkaluku 50
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 50	paikkaluku 10
Hoitolaitokset	1	ei rajoitusta	paikkaluku 100	paikkaluku 10
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 25	<i>ei sallittu</i>
Kokoonntumis- ja liiketilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	henkilöitä 500
	2	ei rajoitusta	henkilöitä 250	henkilöitä 50
Työpaikkatilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	ei rajoitusta	työntekijöitä 150
Tuotanto- ja varastotilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	työntekijöitä 50	<i>ei sallittu</i>

Taulukoista näkee, että kyseinen rakennus kaikkine laajennusvaihtoehtoineen täyttää heikoimman paloluokan P3 asettamat rajoitukset.

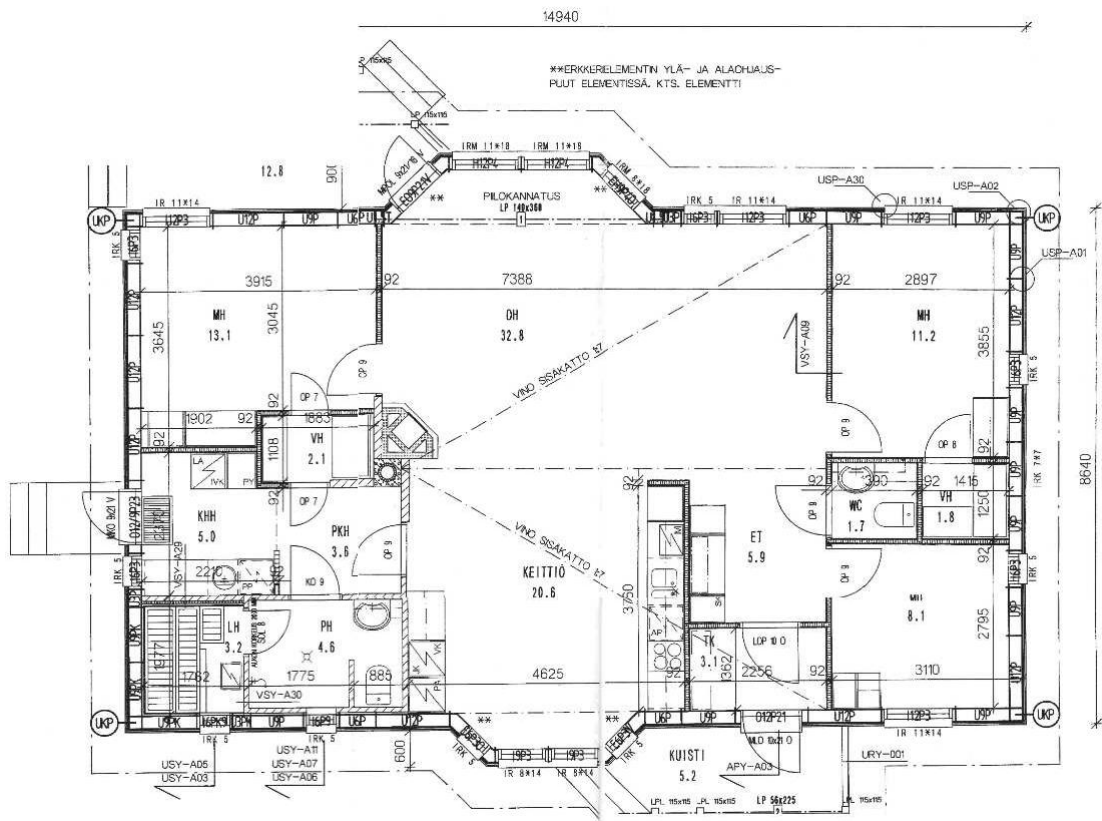
RakMk E1 sanoo seuraavaa: ”Paloluokkaan P3 kuuluvan rakennuksen kantaville rakenteille ei aseteta erityisvaatimuksia palonkestävyyden suhteen. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan rakennuksen kokoa ja henkilömääriä rajoittamalla käyttötavasta riippuen.”

Toisin sanoen, rakenteita ei tarvitse palomitoittaa, koska rakennus on kooltaan pieni ja asuinrakennusten henkilömäärässä ei ole rajoituksia.

3 Laajennusten lähtökohdat

3.1 Rakennuksen pohjapiirustus

Olemassa olevan rakennuksen pohjapiirustus näyttää seuraavalta (kuva 4).



KUVA 4. Pohjapiirustus

Rakennukseen halutaan lisää asuintilaa ja tulen käymään läpi kolme eri vaihtoehtoa. Kahdessa vaihtoehdossa laajennusosa sijoitetaan alkamaan rakennuksen päädyistä, kuvan 1 oikeanpuoleisesta reunasta. Kolmas vaihtoehto on laajennus ylöspäin ja sen sijainti on kuvan 1 oikeanpuoleisessa reunassa olevien makuuhuoneiden päällä.

Koska laajennusvaihtoehtojen kustannusarviot ovat yksi osa tutkintotyötäni, tulen käyttämään mitoituksessani erilaisia ratkaisuja kantavissa rakenteissa. Tällä tavoin saadaan laajempi käsitys edullisimmasta rakennustavasta.

3.2 Laajennusvaihtoehdot

Ensimmäinen laajennusvaihtoehto tullaan mitoittamaan sahatavarasta. Mitoitus tullaan lähtökohtaisesti suorittamaan C24 lujuusluokitetulla puulla. Katon kantavana rakenteena toimii kattoristikko. Ristikon mitoitus jätetään ammattilaisille, eli ne tilataan suoraan ristikkovalmistajalta. Perustukset mitoitetaan tässä vaihtoehdossa harkoilla.

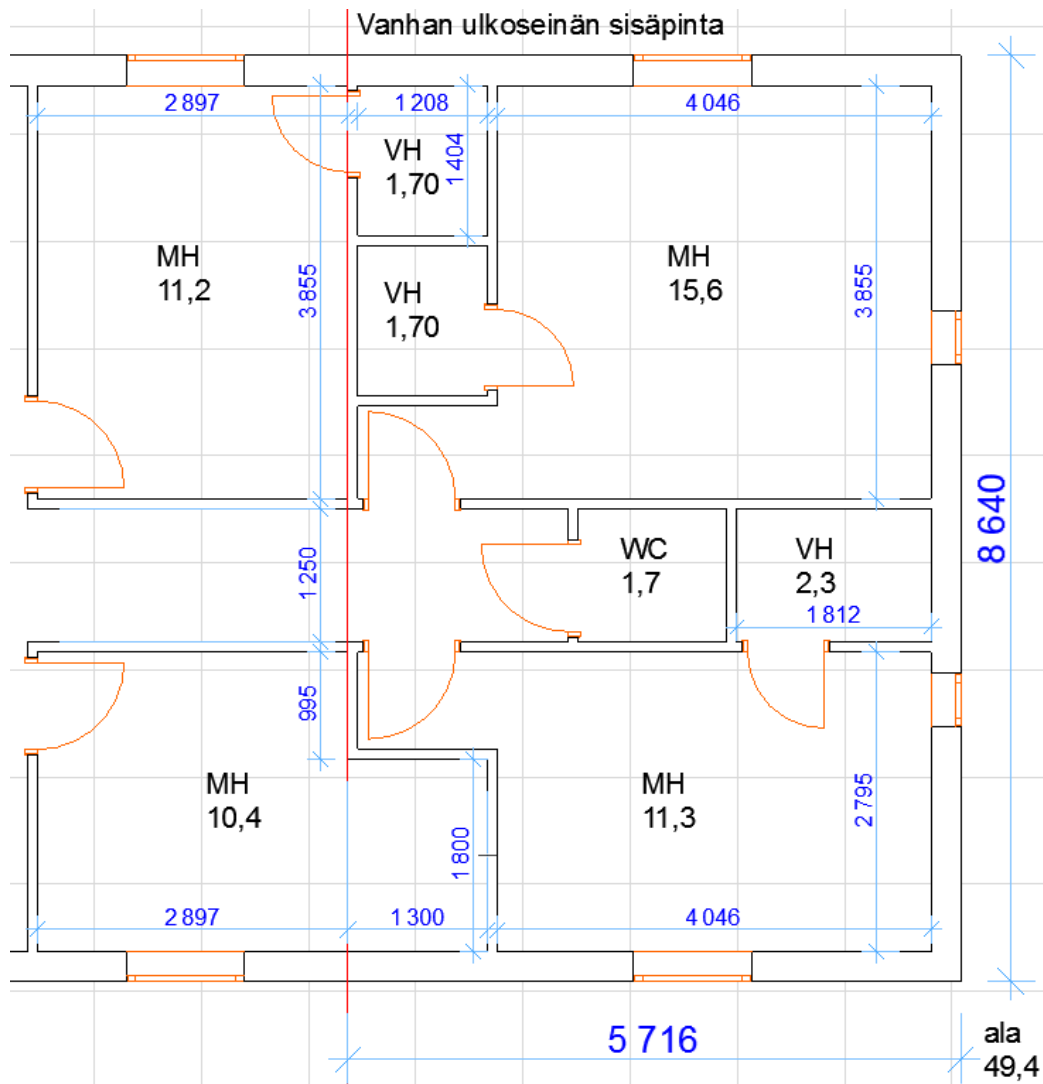
Toisessa laajennusvaihtoehdossa käytetään hieman erilaista runkorakennetta. Nykyisen rakennuksen runko on tehty I-pilareilla, joten tässä vaihtoehdossa käytetään niitä. Rungon vaakasuorat rakenteet (alajuoksut yms.) mitoitetaan kuitenkin tässäkin tapauksessa sahatavarasta. Katon kantavaksi rakenteeksi kaavailin tähän vaihtoehtoon ensiksi kattovasojä. Vanhan osan sisäkatto on kuitenkin makuuhuoneiden kohdalta vaakasuora, joten vasarakenne olisi jättänyt vanhan ja uuden osan saumaan ilkeän porrastuksen (tai vastaavasti tuottanut lisää työtä erillisen alapaarteen tekemiseksi). Tästä syystä päädyin käyttämään tässäkin vaihtoehdossa kattoristikoita. Perustukset valetaan betonista.

Kolmas ja viimeinen vaihtoehto on laajentaa ylöspäin. Tähän vaihtoehtoon kattovasat sopivat mainiosti. Ilman alapaarretta olevat kattovasat mahdollistavat välipohjapalkkien asettamisen toisin päin. Tällä tavoin säästetään huonekorkeutta sekä voidaan jatkaa lattiapalkit yhtenäisinä parvekkeelle. Mitoituksessa käytetään sahatavaraa ja tarpeen vaatiessa kertopuuta. Tässä vaihtoehdossa perustukset ovat jo valmiina, joten niitä ei tarvitse mitoittaa, kunhan huomioi ettei uusi yläkerta lisää huomattavasti rasituksia. Parvekkeen pilareille on kuitenkin mitoittettava pilarianturat.

4 Ensimmäinen päätylaajennus

4.1 Pohjaratkaisu

Tarjosin tilaajalle useita pohjaratkaisuja ja pienten hienosäätöjen jälkeen seuraava ratkaisu nousi ensimmäiseksi päätylaajennusvaihtoehdoksi (kuva 5).

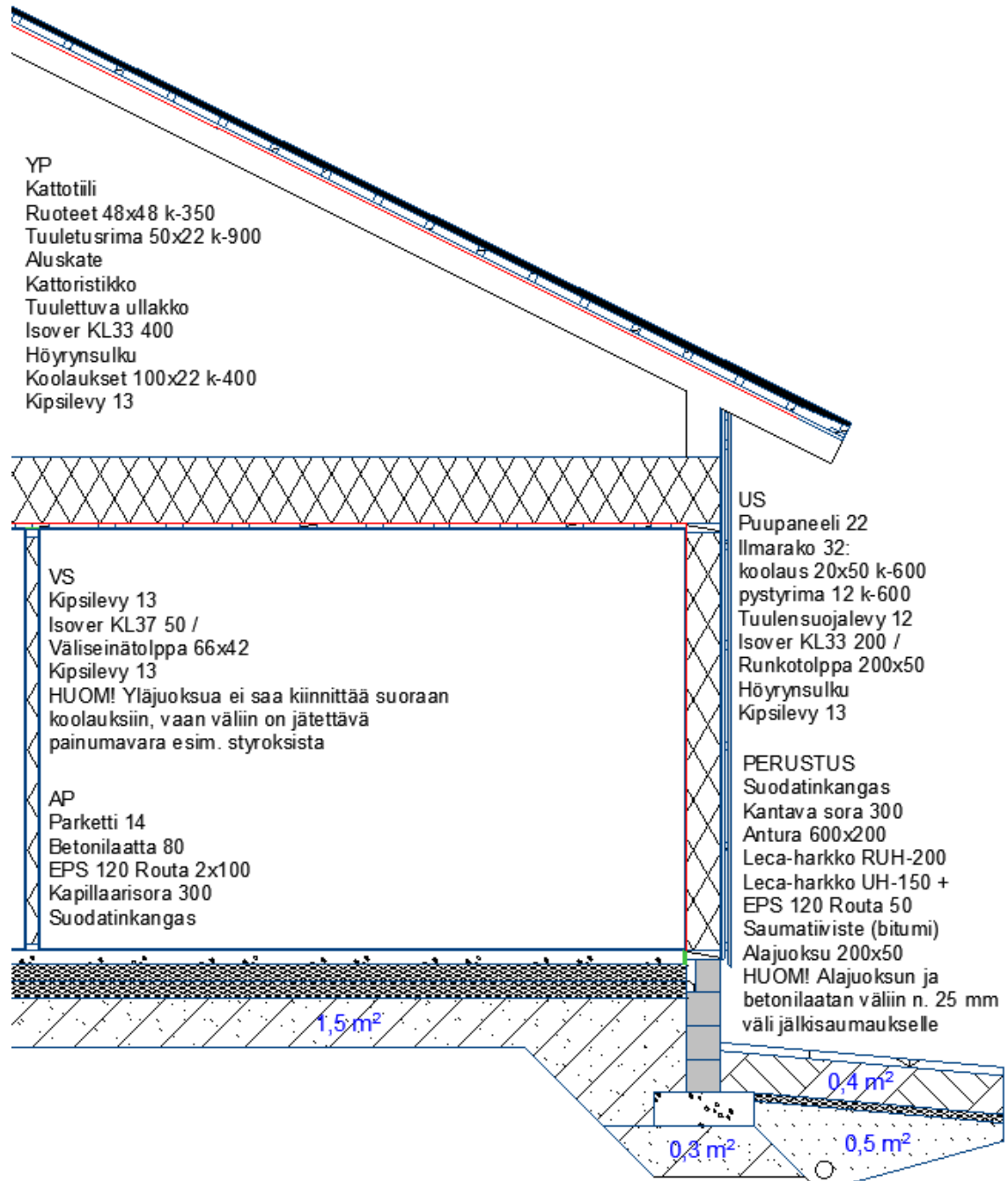


KUVA 5. Ensimmäinen laajennusvaihtoehto

Vaihtoehdossa heitä miellytti etenkin se, että toinen vanhoista makuuhuoneista sai hieman lisätilaa pinta-alan kasvaessa yli kaksi neliometriä. Myös yksi hieman isompi makuuhuone sai kiitosta.

4.2 Rakenneleikkaus

Rakenneleikkauksen avulla saa paremman käsityksen mitä kukin rakenneosaa sisältää (kuva 6). Pohjarakenteissa olevien pinta-alojen avulla on laskettu maankaivu- ja täyttömenekit.



KUVA 6. Rakenneleikkaus

4.3 Kantavat rakenteet

Kantavien rakenteiden mitoituksessa edetään ylhäältä alaspäin, sillä tällöin tiedämme kuinka paljon kuormaa kertyy alemmille rakenneosille. Yläpohjassa rasiutusta aiheuttaa lumikuorman lisäksi rakenteiden omapaino. Pysyviä kuormia ovat kattotiili, ruoteet ja tuuletusrimat, aluskate, villa sekä kattoristikko. Rakennelaskelmat löytyvät liitteestä 1.

Kattotiilenä käytetään Monierin valmistamaa betonikattotiiltä (Ormax betonikattotiili).

Rakenteen ominaispaino on $g_{\text{tiili}} = 0,40 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$.

Kyseinen kattotiili vaatii ruodejaoksi 320–370 millimetriä. Tuuletusrimojen jaotukseksi valitaan k-900 (ristikon kohtiin). Näillä jaotuksilla saamme ruoteiden sekä rimojen ominaispainoksi $g_{\text{rimat}} \approx 0,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$.

Monierin sivuilta löydämme myös aluskatteen (Divoroll Top RU). Aluskatteen ominaispaino on $g_{\text{aluskate}} \approx 0,0023 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$.

Yläpohjan villa määrättiin jo ylempänä, kun laskettiin U-arvoja. Käytetään villavahvuutena 400 millimetriä. Huomioimalla eristeen vahvuuden saamme ominaispainoksi $g_{\text{eriste}} \approx 0,10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$.

Kokonaisominaiskuormaksi saadaan täten:

$$g_k = 0,40 + 0,07 + 0,0023 + 0,10 \approx 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}.$$

Lumi- sekä tuulikuorma laskettiin aiemmin ja niiden suuruudet ovat:

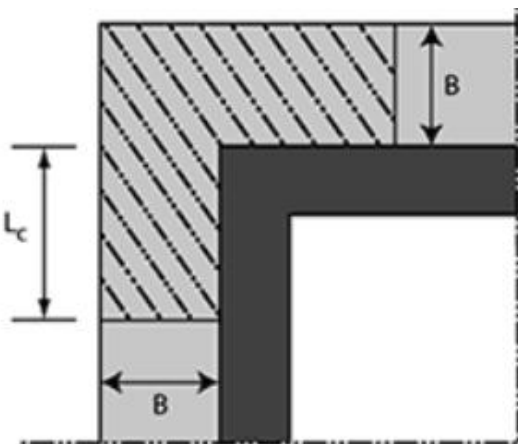
$$q_k = 2,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{w,k} = 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

4.3.1 Perustukset ja pohjatyöt

Aloitetaan tutkimalla vaadittavat routasuojaukset. Tässä käytetään apuna ThermiSol routaeristyslaskinta (<http://www.mittaviiva.fi/thermisol>). Laskimeen syötetään tiedot rakennuksen tyypistä, muodosta, mitoista, sijainnista, perustamistavasta sekä perustamissyvyydestä.

Valitaan perustamissyvyydeksi 1 metri, jolloin laskin antaa EPS 120 Routa – eristeelle vahvuudeksi seinäalueella 19 millimetriä ja nurkka-alueilla 26 millimetriä. Nurkka-alueeksi katsotaan kuvan 7 mukainen mitta L_c , joka tässä tapauksessa on 1,5 metriä. Myös eristeleveys B on tässä tapauksessa 1,5 metriä ja se alkaa anturan pinnasta. Valitaan eristyspaksuudeksi 50 millimetriä sekä seinä- että nurkka-alueelle. Alapohjan eristysvahvuudeksi laskettiin aikaisemmin 200 millimetriä.



KUVA 7. Reuna-alue sekä eristeen leveys (ThermiSol routaeristyslaskin)

Perustussyvyys oli 1 metri, joten nykyisestä maanpinnasta kaivetaan seinäalueella alas päin 0,8 metriä. Tällöin perustuksen alle saadaan 30 senttimetriä mursketta kantavaksi kerrokseksi. Lattian keskialueella riittää, että maan kaivaa 30 senttimetriä lattiaeristeiden alapinnan alapuolelle. Tarkemmin tilanne selviää rakenneleikkauskuvasta (kuva 3).

Kun anturan alle tuleva kantava sora on saatu tiivistettyä oikeaan korkoonsa, voidaan itse antura valaa. Antura valetaan LammiTassun 600x200 kokoisella muotilla. Muotti sisältää valmiiksi raudoituksen.

Tämän jälkeen voidaan muurata harkkoperustus. Muuraus suoritetaan valmistajan antamien ohjeiden mukaan (Saint-Gobain Weber Oy Ab). Lisäksi on huomioitava, että ylintä harkkokerrosta muuratessa on lisättävä kiinnitysteräksset alajuoksua varten. 6 millimetriä vahva harjateräs taivutetaan L-muotoon ja teräksiä asetetaan metrin välein (kahden harkon välein), kuitenkin niin, että perusmuurin reunoissa on oltava teräksset. Harkon päätyyn keskelle harkkoa tehdään pieni lovi, josta teräs mahtuu nousemaan ylös. Teräksen toinen pää asetetaan ylimmän ja toiseksi ylimmän harkkokerroksen välissä olevaan muurauslaastiin.

Kun perustukset ovat valmiit, voidaan täyttö suorittaa loppuun. Ensin on kuitenkin asennettava uudet viemäröinnit oikeille paikoilleen. Tämän jälkeen asennetaan kuitukangas, tiivistetään kapillaarisora oikeaan korkoonsa ja laitetaan lattiaeristeet paikoilleen. Eristeiden päälle asetetaan teräsverkot joihin myös lattialämmitys kiinnitetään, jonka jälkeen lattialaatta voidaan valaa. Lattialaatan vahvuus on 80 millimetriä. Laattaa ei valeta alajuoksuun kiinni, vaan siihen jätetään noin 25 millimetriä suuri rako jälkisaumaukselle. Jälkisaumaus suoritetaan elastisella kitillä.

4.3.2 Kantavat rakenteet ylhäältä

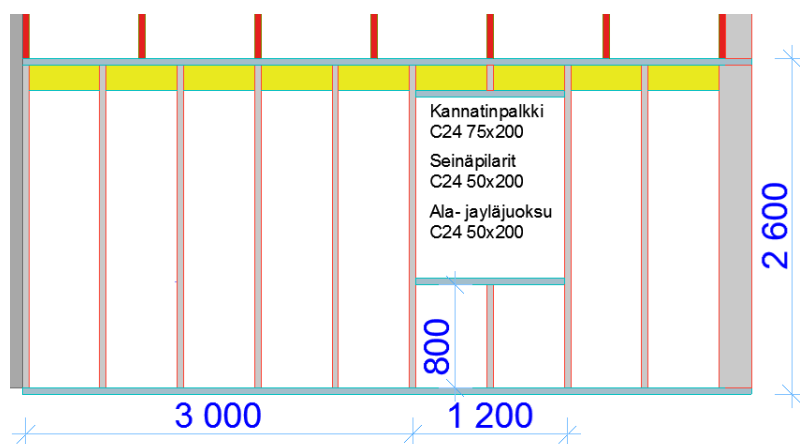
U-arvoja laskettaessa päädyttiin 200 millimetrin villavahvuuteen. Tämä vahvuus tullaan toteuttamaan 50x200 kokoisilla runkotolpilla. Seuraavassa pohjakuva runkotolpista sekä kattoristikoiden (kuva 8).



KUVA 8. Runkotolppien ja kattoristikoiden sijainnit

4.3.3 Kantavat rakenteet sivusta

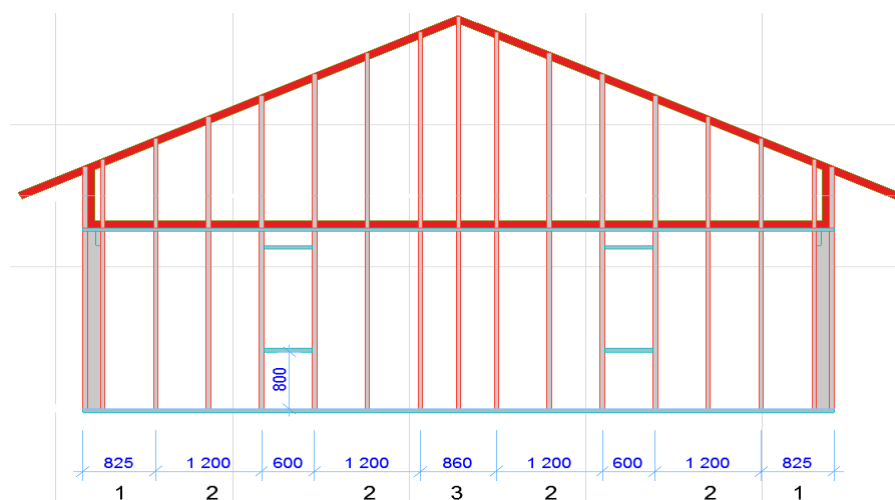
Julkisivukuvasta näkee ikkunan sijainnin (kuva 9). Ikkuna-aukon koko on 1150x1400. Alajuoksu kiinnitetään perustuksiin niissä olevien harjaterästen avulla. Runkotolpat naulataan alajuoksuun, kannatinpalkki naulataan runkotolppien yläpäässä sisäpuolella olevaan loveen ja yläjuoksu naulataan runkotolppien ja kannatinpalkin päälle. Kattoris- tikot liitetään yläjuoksuun kulmaraudoilla sekä ankkurinauloilla.



KUVA 9. Julkisivukuva sivusta

4.3.4 Kantavat rakenteet päädystä

Päädyn julkisivusta näkee päädyn ikkunoiden sijainnit (kuva 10). Ikkuna-aukkojen koot ovat 550x1400. Kuvassa on myös numeroitu myöhemmin levyjäykistyksen mitoituksessa käsiteltävät seinälohkot.

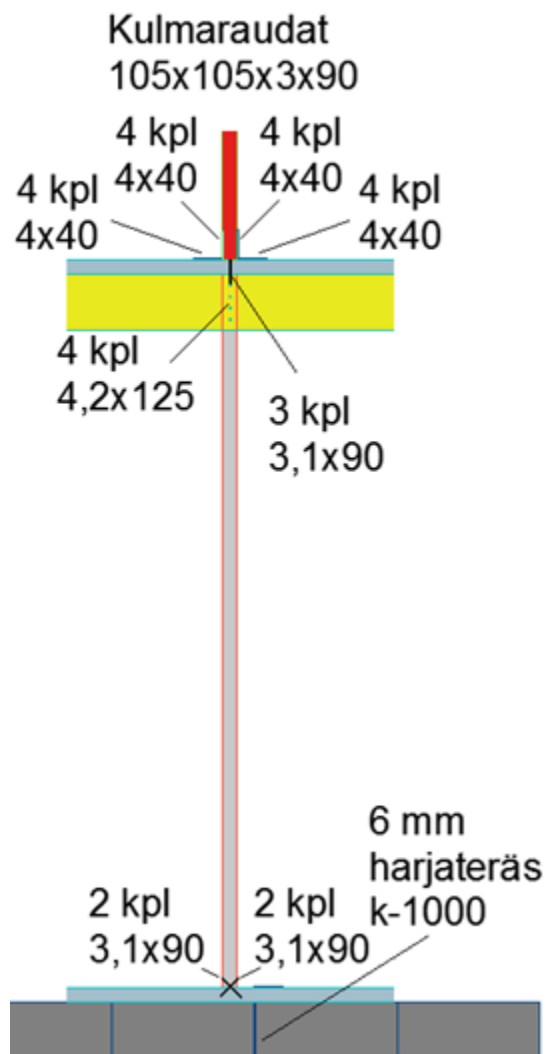


KUVA 10. Julkisivukuva päädystä

Päädyn kantavat rakenteet kiinnitetään samalla tavalla kuin sivujenkin, huomioiden kuitenkin se, että päätyyn ei tule kannatinpalkkia. Kun runkorakenteet ovat paikoillaan, voidaan kattoristikot sekä loput vesikatosta kiinnittää paikoilleen. Päätyräystästä ei mitoiteta erikseen, vaan nykyisen päädyn räystäsrakenne siirretään uuteen päätyyn. Tämän jälkeen rakennetaan ulkoseinät sekä kiinnitetään ikkunat. Sitten seinään sekä yläpohjaan asennetaan eristeet, höyrynsulut ja kipsilevyt. Lopuksi pystytetään väliseinät pohjaku-
vassa olevien mittatietojen avulla.

4.4 Liitokset

Kantavat rakenteet liitetään toisiinsa nauloilla sekä kulmalevyillä (kuva 11). Kuvasta näkee minkä kokoisilla nauloilla liitokset tehdään ja kuinka monta naulaa liitoksissa on. Kestävyystarkastelut löytyvät liitteestä 1.



KUVA 11. Kantavien rakenteiden liittyminen toisiinsa

4.5 Aliurakoitsijoiden töiden kestot

Tilaaja halusi tietää mitä pohjatöiden, perustuksien sekä kantavan rungon seinärakenteiden töille tulisi hintaa, jos ne tekisi joku muu. Päästäkseen käsiksi kustannuksiin, täytyy ensin laskea, kuinka kauan työvaiheisiin kuluu aikaa. Laskelmissa on käytetty apuna Ratu-kortistoa.

4.5.1 Pohjatyöt

Pohjatöissä otetaan huomioon maan kaivaminen ja pois kuljettaminen, sen täyttäminen oikeaan korkoonsa, viemäriiliitos sekä salaojitukset.

Rakenneleikkauksen avulla laskettiin, että poistettavaa maata on yhteensä noin 43 kuutiota. 14 tonnia painava kaivinkone kaivaa noin 60 kuutiota tunnissa (Ratu 12-0248). Oletetaan, että pois kaivettu maa on savea. Kuutio savea painaa 1,5 tonnia, joten pois kuljetettavan maan paino on noin 50 tonnia. Tällöin 14 tonnia kantava kuorma-auto joutuu tekemään neljä reissua. Arvioidaan, että poistomaa kuljetetaan alle kolmen kilometrin päähän, jolloin kokonaisaika huomioiden neljän kuorman viemiseen kuluu aikaa yksi tunti.

Huomioiden täytön, tiivistyksen ja kuitukankaan asennuksen, saadaan täyttämiseen kuluva kokonaisajaksi noin neljä työntekijätuntia (Ratu 16-0252). Täyttöihin tarvitaan 46 tonnia kapillaarisoraa, 15 tonnia salaojahiekkaa ja poiskaivetusta maasta voidaan uusiokäyttää 8 kuutiota.

Nykyinen viemäri linja kulkee kaivettavan osuuden alla, joten siihen liittyminen on suhteellisen helppoa. Siihen voidaan arvioida kuluvan noin yksi työntekijätunti (Ratu 17-0253). Saman Ratu-kortin avulla saadaan salaojitukseen kuluva aika selville. Salaojakaivojen sekä putkien asennukseen kuluu aikaa noin viisi työntekijätuntia.

Yhteensä täyttöön ja putkitukseen kuluu täten aikaa 10 työntekijätuntia. Lisäksi poistettavan maan kaivamiseen sekä poiskuljettamiseen kuluu molempiin noin tunti.

4.5.2 Perustukset

Perustuksen antura tehdään LammiTassulla. Valmistajan sivuilla on valmiina kustannusarvio, joten työhön kuluvaa aikaa ei tässä kohdassa tarkastella (Lammi-Perustus Oy). Kyseinen hinta on huomioituna suoraan kustannusarviossa. Perustus tullaan tekemään harkoilla. Työntekijätunteja tulee menemään noin 16,5 (Ratu 42-0290).

Huomioidaan perustuksien työvaiheisiin vielä lattialaatan valu. Eristyksien ja betonoinnin kaikkiin työvaiheisiin menee noin 16 työntekijätuntia. (Ratu 24-0276).

4.5.3 Runko

Runkotyöhön huomioidaan ulkoseinien alajuoksun, pilareiden, palkkien sekä yläjuoksun asennus. Asennettavaa pinta-alaa rakennuksessa on noin 48 neliötä. Tällainen urakka vie aikaa noin 12 työntekijätuntia. (Ratu 51-0256).

4.6 Kustannusarvio

Kustannusarviossa otetaan huomioon edellisessä kappaleessa lasketut työvaiheet, sekä kaikkiin vaiheisiin tarvittavat materiaalit. Materiaalien hinnat on katsottu pääsääntöisesti rautakaupan Internet-sivuilta (Taloon Yhtiöt Oy).

Hahmottamisen helpottamiseksi kustannukset on jaettu seuraaviin alaryhmiin: aliurakoitsijoiden työt (taulukko 5), pohjatyön materiaalit (taulukko 6), ulkoseinien materiaalit (taulukko 7), katon materiaalit (taulukko 8), väliseinien materiaalit (taulukko 9) sekä pinnoitteiden materiaalit (taulukko 10).

TAULUKKO 5. Aliurakoitsijoiden työ kustannukset

AU-TYÖT	Kesto	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Kaivu+täyttö	4,5 h	70 €/h *	315	* Hinta oma arvio
Poisvienti	1 h	70 €/h *	70	* Hinta oma arvio
Tiivistys+kuitukangas	4 tth	14,54 €/h	58,16	Maanrakennus TES
Putkitukset	6 tth	14,54 €/h	87,24	Maanrakennus TES
Antura (LammiTassu)	1 tth	14,54 €/h	14,54	
Perusmuuri	16,5 tth	14,84 €/h	244,86	Rakennus TES
Lattialaatta+eristys	16 tth	14,84 €/h	237,44	Rakennus TES
Runko	12 tth	14,84 €/h	178,08	Rakennus TES
			1205,32	

TAULUKKO 6. Pohjatöiden materiaalit

MATERIAALIT/POHJATYÖT	Määrä	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Kapillaarisora	46 ton	12 €/ton *	552	* Hinta oma arvio
Salaojahiekka	15 ton	10 €/ton *	150	* Hinta oma arvio
Kuitukangas	53 m ²	0,66 €/m ²	34,98	Määrässä + 10 %
Viemäriputket	2 kpl	25,9 €/kpl	51,8	
Salaojaputket	4 kpl	15,9 €/kpl	63,6	
Salaojakaivot	2 kpl	40,9 €/kpl	81,8	
Betoni (antura+lattialaatta)	6,5 m ³	166,7 €/m ³	1234	sis. kuljetus n. 150 €
Lattialämmityskaapeli T2Blue-20 35m/720W	8 kpl	75,5 €/kpl	604	
Termostaatti Raychem TC-NRG	1 kpl	60,9 €/kpl	60,9	
Leca Lex harkko RUH-200 kulma	6 kpl	2,69 €/kpl	16,14	
Leca Lex harkko RUH-200	120 kpl	2,41 €/kpl	289,2	
Leca Lex harkko UH-150	40 kpl	1,96 €/kpl	78,4	
weber.vetonit ML Leca Laasti 25 kg	15 kpl	5,14 €/kpl	77,1	
Harjateräs A500HW 6mm 6m	20 kpl	1,65 €/kpl	33	
Teräsverkko B500K 6-150 2,35x5m	4 kpl	45,9 €/kpl	183,6	
Styrox EPS 120 Routa 50mm 12m2/pkt	4 pkt	43,9 €/pkt	175,6	
Styrox EPS Platina Lattia 100mm	8 pkt	80 €/pkt*	640	* Hinta oma arvio
			4326,12	

TAULUKKO 7. Ulkoseinien materiaalit

MATERIAALIT/ULKOSEINÄT	Määrä	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Sahatavara C24 48x198	360 m	3,21 €/m	1155,6	
Sahatavara C24 75x200	12 m	5 €/m *	60	* Hinta oma arvio
Tuulileijona 12x1200x2700	25 kpl	10,7 €/kpl	267,5	
12 mm vahvaa rimaa	152 m	0,5 €/m *	76	* Hinta oma arvio
Sahatavara kuusi 22x50 PL/VL	160 m	0,32 €/m	51,2	
Ulkoverhouspaneeli UTV 20x120	750 m	1,04 €/m	780	
Talomaali Tikkurila Pika-Teho 18 l	2 kpl	179 €/kpl	358	
Ikkuna 1100x1350	2 kpl	1000 €/kpl *	2000	* Hinta oma arvio
Isover KL33 560x870x100	23 pkt	32,6 €/pkt	749,8	
Höyrynsulkumuovi 0,2mm 25,8kg/rll 1,5/3m	1 rll	95,5 €/rll	95,5	
Kipsilevy N reunahennettu 13x1200x2600	17 kpl	11,5 €/kpl	195,5	
Gyproc G93 saumanauha 76mx52mm	1 rll	3,89 €/rll	3,89	
Saumatasoite Teknospro Breplasta J 10 l	1 kpl	35,5 €/kpl	35,5	
Konenaula 34° kampa kuumasinkitty 3,1x90	1 pkt	57,1 €/pkt	57,1	
Lankanauha kuumasinkitty 125x42	1 pkt	35,9 €/pkt	35,9	
Kipsilevyruuvi 3,8x32	1 pkt	18,8 €/pkt	18,8	
			5940,29	

TAULUKKO 8. Katon materiaalit

MATERIAALIT/KATTO	Määrä	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Kattoristikot KOSKISEN	7 kpl	123 €/kpl	1021	sis. rahti 160 €
Kulmarauta vahvistettu 105x105x3x90	28 kpl	1,4 €/kpl	39,2	
Aluskate Divoroll Top RU	1 rll	87,5 €/rll	87,5	Hinta toisen valmistajan
Tuuletusrima Sahatavara kuusi 22x50	100 m	0,34 €/m	34	
Koolaus Kuusi mitallistettu 48x48	200 m	0,74 €/m	148	
Ormax betonikattotiilet	600 kpl	0,72 €/kpl	432	Hinta toisen valmistajan
Muut kattotiilituotteet (harjatiilet yms.)	-	-	250	
Isover KL33 560x870x200	50 pkt	33,7 €/pkt	1685	
Höyrynsulku	-	-	0	Seinästä jää ylimääräistä
Koolaus Sahatavara kuusi 22x100	130 m	0,55 €/m	71,5	
Kipsilevy N reunahennnettu 13x1200x2600	15 kpl	11,5 €/kpl	172,5	
Gyproc G93 saumanauha 76mx52mm	1 rll	3,89 €/rll	3,89	
Saumatasoite Teknospro Breplasta J 10 l	-	-	0	Seinästä jää ylimääräistä
Kipsilevyruuvi 3,8x32	-	-	0	Seinästä jää ylimääräistä
			3944,59	

TAULUKKO 9. Väliseinien materiaalit

MATERIAALIT/VÄLISEINÄT	Määrä	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Sahatavara 42x66	200 m	1,08 €/m	216	
Isover KL37 565x870x50	6 pkt	34,6 €/pkt	207,6	
Kipsilevy N reunahennnettu 13x1200x2600	50 kpl	11,5 €/kpl	575	
Gyproc G93 saumanauha 76mx52mm	1 rll	3,89 €/rll	3,89	
Saumatasoite Teknospro Breplasta J 10 l	-	-	0	Seinästä jää ylimääräistä
Kipsilevyruuvi 3,8x32	-	-	0	Seinästä jää ylimääräistä
Sisäovi laaka KH200 8x21	1 kpl	41,5 €/kpl	41,5	
Sisäovi laaka KH200 10x21	2 kpl	45,9 €/kpl	91,8	
			1135,79	

TAULUKKO 10. Pintamateriaalit

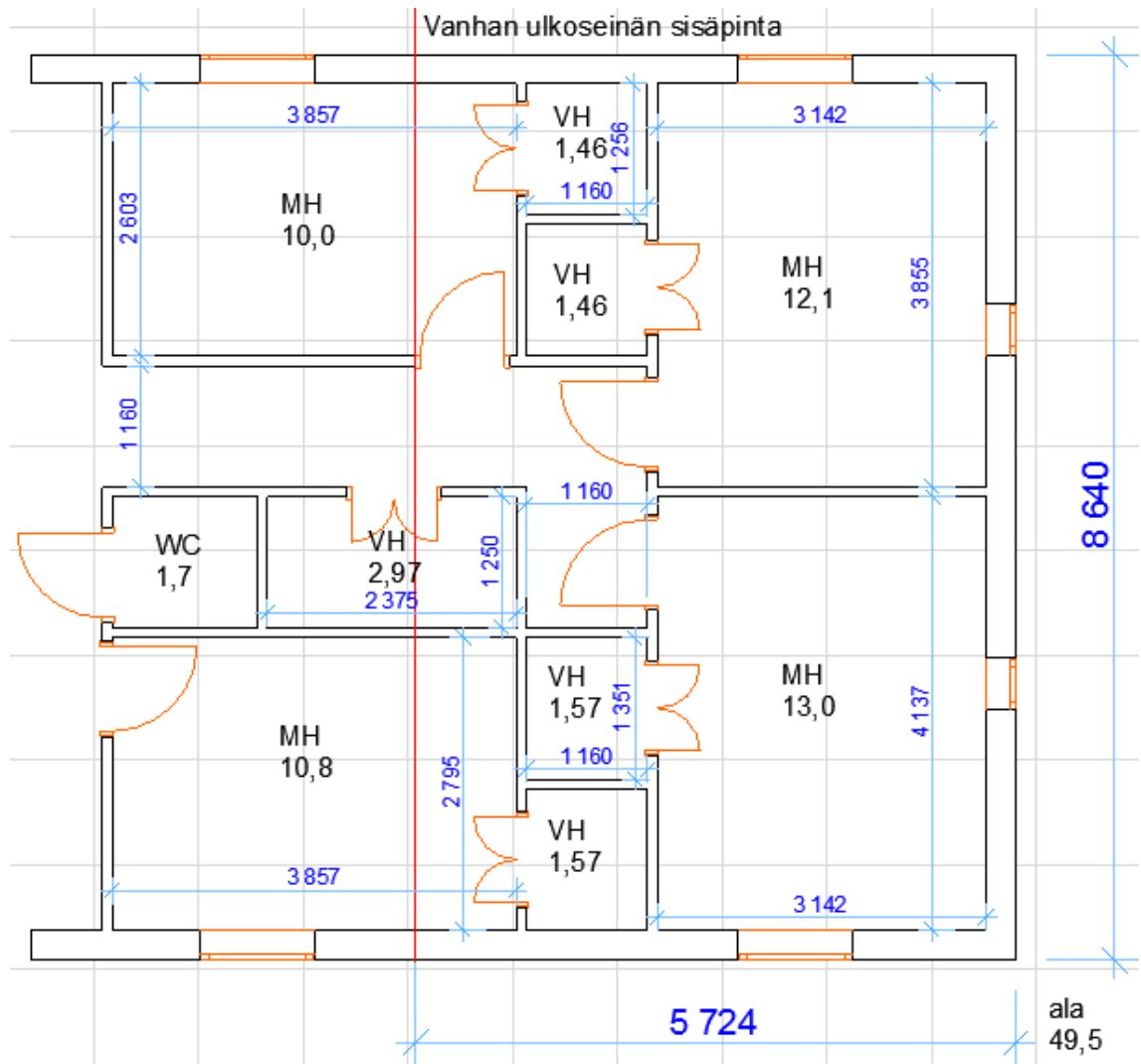
MATERIAALIT/PINNOITTEET	Määrä	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Sisämaali Tikkurila Remontti-Ässä 18 l	1 kpl	229 €/kpl	229	
Jalkalista MDF 12x42x3300	20 kpl	4,49 €/kpl	89,8	
Kattolista MDF 12x40x3300	20 kpl	4,15 €/kpl	83	
Peitelista MDF 12x42x2200	10 kpl	3,25 €/kpl	32,5	
Alusmuovi 2mm 1,2x25m Opti-Step	2 rll	14,9 €/rll	29,8	
Parketti HARO 4000 Smoked Oak	48 m2	40,95 €/m2	1965,6	
Lattialaatta 10x10 cm	2 m2	20,8 €/m2	41,6	
Seinälaatta White Line 250x400 kiiltävä	12 m2	11,38 €/m2	136,56	
Saneerauslaasti Kiilto Flexfix 20 kg	2 kpl	24,5 €/kpl	49	
Kosteussulku Kiilto 3 l	1 kpl	27,9 €/kpl	27,9	
			2684,76	

Laskemalla kustannukset yhteen saadaan summaksi 19 236,87 euroa. Summa kasvaa vielä, sillä esimerkiksi aliurakoitsijoiden töissä ei ole otettu huomioon töiden risteämisiä eli mm. sitä, että täyttöä ei voi suorittaa loppuun ennen kuin perustukset ovat valmiit. Lisäksi materiaaleista puuttuu rahtikustannukset, ellei niitä ole erikseen sisällytetty hintaan. Lisäksi joitakin materiaaleja on saattanut unohtua laskelmista kokonaan.

5 Toinen päätylaajennus

5.1 Pohjaratkaisu

Toinen tilaajaa miellyttänyt laajennusvaihtoehto on suuruudeltaan lähes samankokoinen kuin ensimmäinenkin (kuva 12).

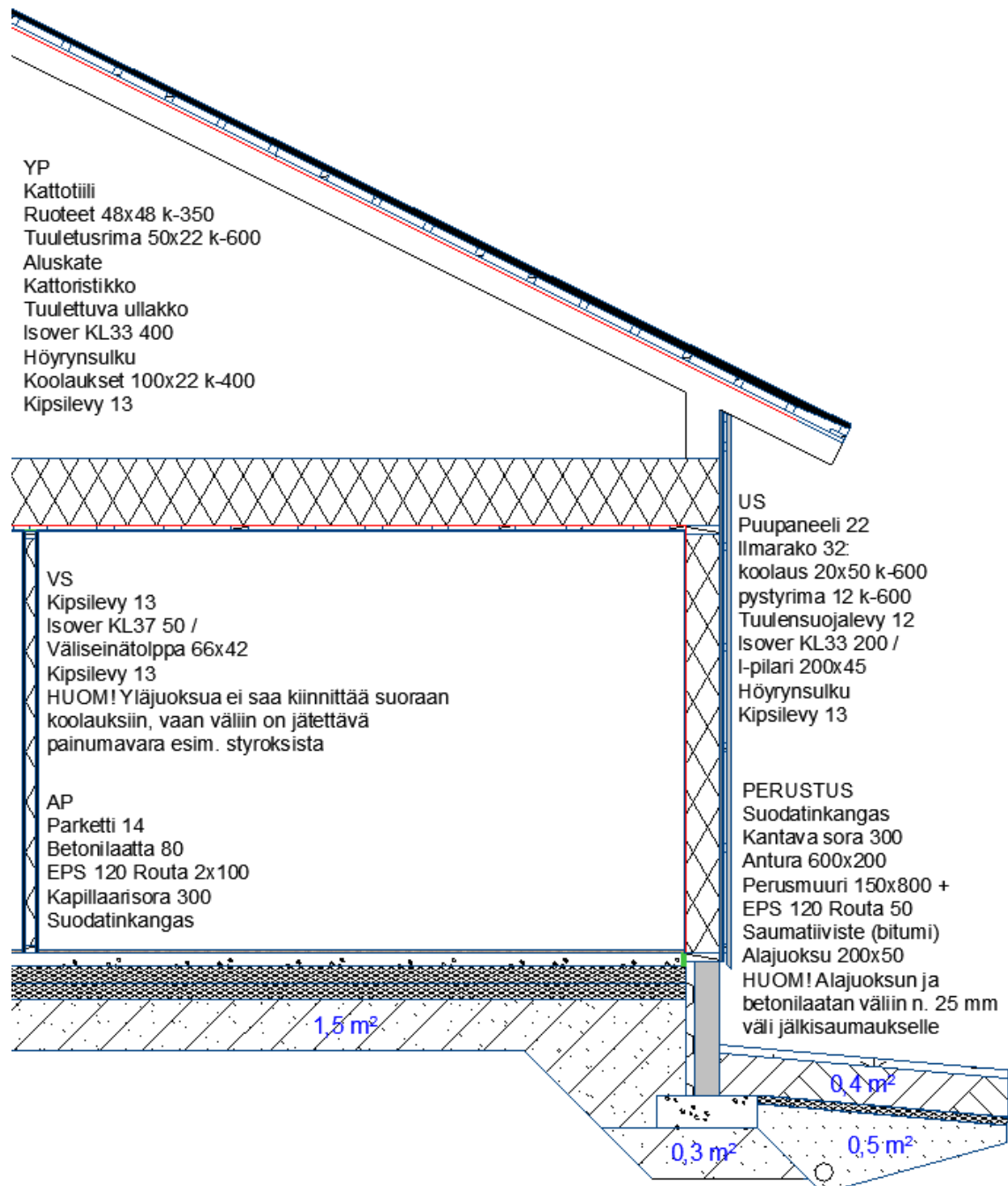


KUVA 12. Toinen laajennusvaihtoehto

Tässä vaihtoehdossa kulku laajennusosaan tulisi vanhan makuuhuoneen läpi. Vaihtoehdossa tilaajaa miellytti etenkin säilytystilan runsaus, sillä jokaisessa makuuhuoneessa on vaatehuone ja tämän lisäksi käytävältä löytyy vielä yksi hieman isompi vaatehuone. Myös se, että vessa säilyy entisellä paikallaan, sopi tilaajalle hyvin.

5.2 Rakenneleikkaus

Toisen laajennusvaihtoehdon rakenneleikkaus on melkein identtinen ensimmäisen kanssa. Eroja kuitenkin löytyy mm. k-jaotuksista sekä perustuksesta (kuva 13).



KUVA 13. Rakenneleikkaus

5.3 Kantavat rakenteet

Tämän vaihtoehdon kantavien rakenteiden mitoitus löytyvät liitteestä 2. Yläpohjan kuormitus pysyy samana, joten:

$$g_k = 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_k = 2,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{w,k} = 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

5.3.1 Perustukset ja pohjatyöt

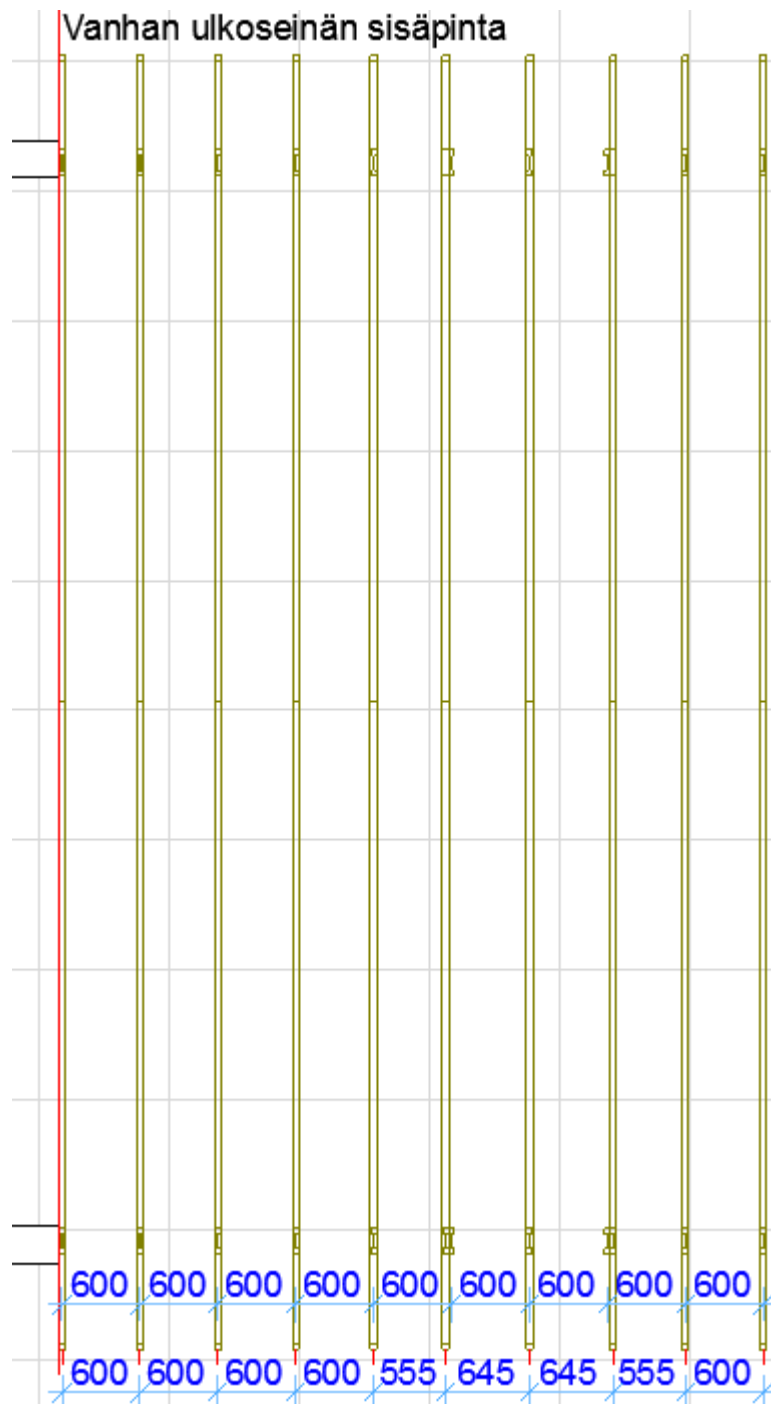
Koska rakennuksen pohja on samanlainen kuin ensimmäisessä laajennusvaihtoehdossa, voidaan pohjatyöt tehdä samalla tavalla kuin kohdassa 4.3.1. Ainoana erona on, että tässä vaihtoehdossa vessa pysyy paikallaan, joten viemäriasennusta ei tarvitse tehdä.

Antura valetaan 600x200 kokoisella LammiTassun raudoituksen sisältävällä muotilla. Asennetaan anturaan lisäteräket, jotta antura ja myöhemmin valettava perusmuuri toimisivat paremmin yhtenäisenä rakenteena. Käytetään 6 millimetriä vahvaa harjaterästä ja ulotetaan teräket niin korkealle, että niillä voidaan lopulta kiinnittää alajuoksu perustuksiin. Teräksiä tulee laittaa metrin välein sekä aina jokaisen perusmuurin päähän.

Betonin kovetettua, tehdään perusmuurille valumuotti. Perustus on mitoitettu raudoittamattomana, mutta laitetaan sinne kuitenkin hieman teräksiä halkeilun estämiseksi. Käytetään hakoihin 6 millimetriä vahvaa terästä. Hakojen ulkomitat saavat maksimissaan olla 90x740 (k-500), jotta joka puolelle jää 30 millimetrinen suojabetonikerros. Asetetaan vielä hakojen sisäpuolen nurkkiin vaakasuorat teräket pitämään haat paikoillaan valun aikana.

5.3.2 Kantavat rakenteet ylhäältä

Myös tässä laajennusvaihtoehdossa rungon vahvuutena on 200 millimetriä. Runkotolppien sekä kattoristikoiden sijainnit (kuva 14).



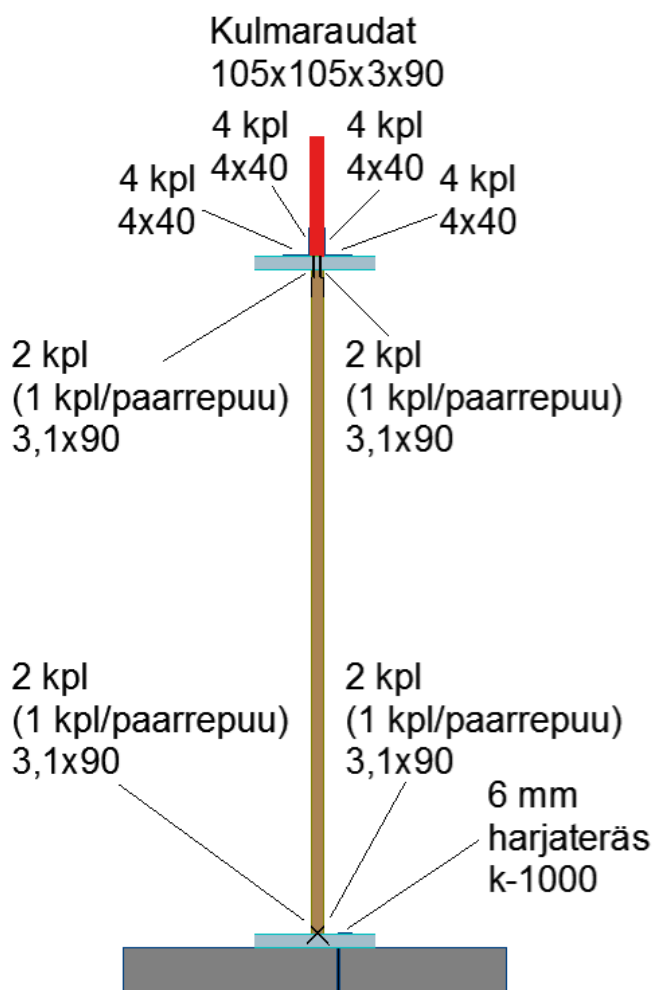
KUVA 14. Runkotolppien ja kattoristikoiden sijainnit

5.3.4 Kantavat rakenteet päädyssä

Rungon pätyyn ei tarvitse mitoittaa erillistä osaa, sillä nykyisen rakennuksen runko on tehty samanlaisilla I-pilareilla. Rakennuksen päädyn voi siirtää laajennusosan päädyksi, kun siihen vaihtaa villan, joka täyttää kiristyneet energiavaatimukset. Samalla siirtyy myös päätyräystäs, joten sitäkään ei tarvitse erikseen huomioida.

5.4 Liitokset

Alla on esitetty kantavien rakenteiden liittyminen toisiinsa (kuva 17). Naulaamisessa tulee ottaa huomioon se, että runkotolppa ei ole suorakaide vaan I-profiili. Uumalevyyn naulaamista tulee varoa ja muutenkin on noudatettava valmistajan antamia ohjeita (PRT-Wood Oy. I-palkkirakenteiden suunnittelu).



KUVA 17. Kantavien rakenteiden liittyminen toisiinsa

5.5 Aliurakoitsijoiden töiden kestot

Lasketaan taas kuinka kauan aliurakoitsijoilta menee aikaa eri rakennusvaiheisiin. Käytetään töiden kestojen määrittämisessä jälleen apuna Ratu-kortistoa. Töiden ollessa joiltakin osin samankaltaisia kuin ensimmäisessä laajennusvaihtoehdossa, voidaan siellä saatuja kestoja käyttää myös tässä vaihtoehdossa.

5.5.1 Pohjatyöt

Pohjatöihin kuluu muuten sama aika kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa, mutta viemärintiä ei tarvitse tehdä. Eli yhteensä täyttöön ja putkitukseen kuluu aikaa 9 työntekijätuntia ja poistettavan maan kaivamiseen sekä sen poiskuljettamiseen kuluu molempiin aikaa yksi tunti.

5.5.2 Perustukset

Perustuksen antura tehdään LammiTassulla, joten kustannusarvio saadaan taas suoraan valmistajan sivuilta. Myös lattiavaluun ja alapohjan eristämiseen kuluu sama aika kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa, eli 16 työntekijätuntia.

Tässä vaihtoehdossa perustus valetaan. Työhön menevä aika muodostuu pääosin muotitöistä ja valusta (Ratu 21-0270 & Ratu 23-0275). Perustusten tekoon saadaan näin ollen kulumaan aikaa noin 20 työntekijätuntia.

5.5.3 Runko

Vaikka tässä vaihtoehdossa on erilainen pilariprofiili, etenee pystytys samaa vauhtia kuin sahatavaraakin käytettäessä. Koska päätyrakenne siirretään nykyisestä rakennuksesta laajennusosan päädyksi, siihen menee hieman enemmän aikaa. Yhteensä aikaa menee uuden rungon pystytykseen sekä vanhan päätyseinän siirtämiseen noin 16 työntekijätuntia.

5.6 Kustannusarvio

Kustannusarviossa otetaan huomioon edellisessä kappaleessa lasketut työvaiheet, sekä kaikkiin vaiheisiin tarvittavat materiaalit. Materiaalien hinnat on katsottu pääsääntöisesti rautakaupan Internet-sivuilta (Taloon Yhtiöt Oy).

Kustannukset on jälleen jaettu seuraaviin alaryhmiin: aliurakoitsijoiden työt (taulukko 11), pohjatyön materiaalit (taulukko 12), ulkoseinien materiaalit (taulukko 13), katon materiaalit (taulukko 14), väliseinien materiaalit (taulukko 15) sekä pinnoitteiden materiaalit (taulukko 16).

Ulkoseinien kustannuksissa on oletettu, että päätyseinä pystytään uusiokäyttämään pelkällä villan vaihdolla. Jos näin ei kuitenkaan pystytä tekemään, tulevat kustannuksetkin hieman kasvamaan.

TAULUKKO 11. Aliurakoitsijoiden työkustannukset

AU-TYÖT	Kesto	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Kaivu+täyttö	4,5 h	70 €/h *	315	* Hinta oma arvio
Poisvienti	1 h	70 €/h *	70	* Hinta oma arvio
Tiivistys+kuitukangas	4 tth	14,54 €/h	58,16	Maanrakennus TES
Putkitukset	5 tth	14,54 €/h	72,7	Maanrakennus TES
Antura (LammiTassu)	1 tth	14,54 €/h	14,54	
Perusmuuri	20 tth	14,84 €/h	296,8	Rakennus TES
Lattialaatta+eristys	16 tth	14,84 €/h	237,44	Rakennus TES
Runko	16 tth	14,84 €/h	237,44	Rakennus TES
			1302,08	

TAULUKKO 12. Pohjatöiden materiaalit

MATERIAALIT/POHJATYÖT	Määrä	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Kapillaarisora	46 ton	12 €/ton *	552	* Hinta oma arvio
Salaojahiekka	15 ton	10 €/ton *	150	* Hinta oma arvio
Kuitukangas	53 m ²	0,66 €/m ²	34,98	Määrässä + 10 %
Salaojaputket	4 kpl	15,9 €/kpl	63,6	
Salaojakaivot	2 kpl	40,9 €/kpl	81,8	
Betoni (antura+perusmuuri+lattialaatta)	9 m ³	166,7 €/m ³	1650	sis. kuljetus n. 150 €
Lattialämmityskaapeli T2Blue-20 35m/720W	8 kpl	75,5 €/kpl	604	
Termostaatti Raychem TC-NRG	1 kpl	60,9 €/kpl	60,9	
Harjateräs A500HW 6mm 6m	35 kpl	1,65 €/kpl	57,75	
Teräsverkko B500K 6-150 2,35x5m	4 kpl	45,9 €/kpl	183,6	
Styrox EPS 120 Routa 50mm 12m ² /pkt	4 pkt	43,9 €/pkt	175,6	
Styrox EPS Platina Lattia 100mm	8 pkt	80 €/pkt*	640	* Hinta oma arvio
			4254,23	

TAULUKKO 13. Ulkoseinien materiaalit

MATERIAALIT/ULKOSEINÄT	Määrä	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Sahatavara C24 48x198	40 m	3,21 €/m	128,4	
I-palkit	70 m	6,52 €/m	606,4	sis. rahti 150 €
Tuulileijona 12x1200x2700	13 kpl	10,7 €/kpl	139,1	
12 mm vahvaa rimaa	75 m	0,5 €/m *	37,5	* Hinta oma arvio
Sahatavara kuusi 22x50 PL/VL	100 m	0,32 €/m	32	
Ulkoverhouspaneeli UTV 20x120	400 m	1,04 €/m	416	
Talomaali Tikkurila Pika-Teho 18 l	1 kpl	179 €/kpl	179	
Ikkuna 1100x1350	2 kpl	1000 €/kpl *	2000	* Hinta oma arvio
Isover KL33 560x870x100	24 pkt	32,6 €/pkt	782,4	
Höyrynsulkumuovi 0,2mm 25,8kg/rll 1,5/3m	1 rll	95,5 €/rll	95,5	
Kipsilevy N reunahennettu 13x1200x2600	17 kpl	11,5 €/kpl	195,5	
Gyproc G93 saumanauha 76mx52mm	1 rll	3,89 €/rll	3,89	
Saumatasoite Teknospro Breplasta J 10 l	1 kpl	35,5 €/kpl	35,5	
Konenaula 34° kampa kuumasinkitty 3,1x90	1 pkt	57,1 €/pkt	57,1	
Lankanaula kuumasinkitty 125x42	1 pkt	35,9 €/pkt	35,9	
Kipsilevyruuvi 3,8x32	1 pkt	18,8 €/pkt	18,8	
			4762,99	

TAULUKKO 14. Katon materiaalit

MATERIAALIT/KATTO	Määrä	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Kattoristikot SEPA	10 kpl	118 €/kpl	1360	sis. rahti 180 €
Kulmarauta vahvistettu 105x105x3x90	40 kpl	1,4 €/kpl	56	
Aluskate Divoroll Top RU	1 rll	87,5 €/rll	87,5	Hinta toisen valmistajan
Tuuletusrima Sahatavara kuusi 22x50	100 m	0,34 €/m	34	
Koolaus Kuusi mitallistettu 48x48	200 m	0,74 €/m	148	
Ormax betonikattotiilet	600 kpl	0,72 €/kpl	432	Hinta toisen valmistajan
Muut kattotiilituotteet (harjatiilet yms.)	-	-	250	
Isover KL33 560x870x200	50 pkt	33,7 €/pkt	1685	
Höyrynsulku	-	-	0	Seinästä jää ylimääräistä
Koolaus Sahatavara kuusi 22x100	130 m	0,55 €/m	71,5	
Kipsilevy N reunahennettu 13x1200x2600	15 kpl	11,5 €/kpl	172,5	
Gyproc G93 saumanauha 76mx52mm	1 rll	3,89 €/rll	3,89	
Saumatasoite Teknospro Breplasta J 10 l	-	-	0	Seinästä jää ylimääräistä
Kipsilevyruuvi 3,8x32	-	-	0	Seinästä jää ylimääräistä
			4300,39	

TAULUKKO 15. Väliseinien materiaalit

MATERIAALIT/VÄLISEINÄT	Määrä	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Sahatavara 42x66	180 m	1,08 €/m	194,4	
Isover KL37 565x870x50	7 pkt	34,6 €/pkt	242,2	
Kipsilevy N reunahennettu 13x1200x2600	50 kpl	11,5 €/kpl	575	
Gyproc G93 saumanauha 76mx52mm	1 rll	3,89 €/rll	3,89	
Saumatasoite Teknospro Breplasta J 10 l	-	-	0	Seinästä jää ylimääräistä
Kipsilevyruuvi 3,8x32	-	-	0	Seinästä jää ylimääräistä
Sisäovi laaka KH200 8x21	4 kpl	41,5 €/kpl	166	
Sisäovi laaka KH200 10x21	2 kpl	45,9 €/kpl	91,8	
			1273,29	

TAULUKKO 16. Pintamateriaalit

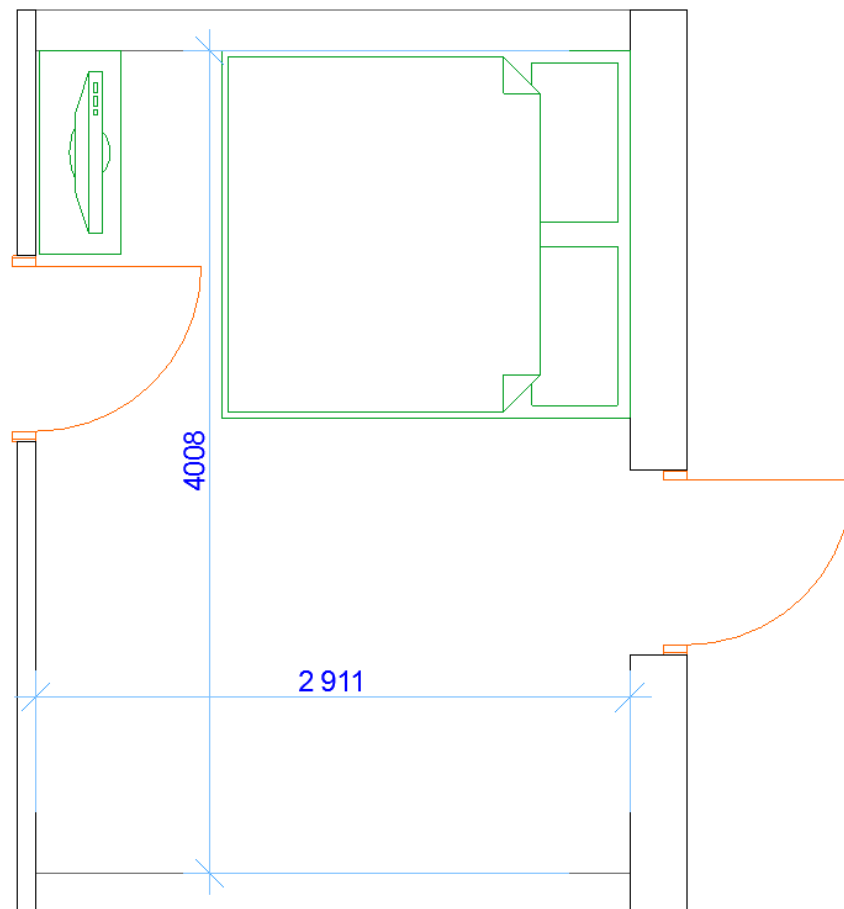
MATERIAALIT/PINNOITTEET	Määrä	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Sisämaali Tikkurila Remontti-Ässä 18 l	1 kpl	229 €/kpl	229	
Jalkalista MDF 12x42x3300	20 kpl	4,49 €/kpl	89,8	
Kattolista MDF 12x40x3300	20 kpl	4,15 €/kpl	83	
Peitelistä MDF 12x42x2200	10 kpl	3,25 €/kpl	32,5	
Alusmuovi 2mm 1,2x25m Opti-Step	2 rll	14,9 €/rll	29,8	
Parketti HARO 4000 Smoked Oak	48 m2	40,95 €/m2	1965,6	
			2429,7	

Laskemalla kustannukset yhteen saadaan summaksi 18 322,68 euroa. Kuten ensimmäisessäkin vaihtoehdossa, kustannukset tulevat vielä hieman nousemaan mm. työvaiheiden risteämisen takia. Myös materiaaleista tulevat rahtikustannukset nostavat kokonaissummaa kuten myös mahdollisesti listauksesta unohtuneet materiaalit.

6 Laajennus ylöspäin

6.1 Pohjaratkaisu

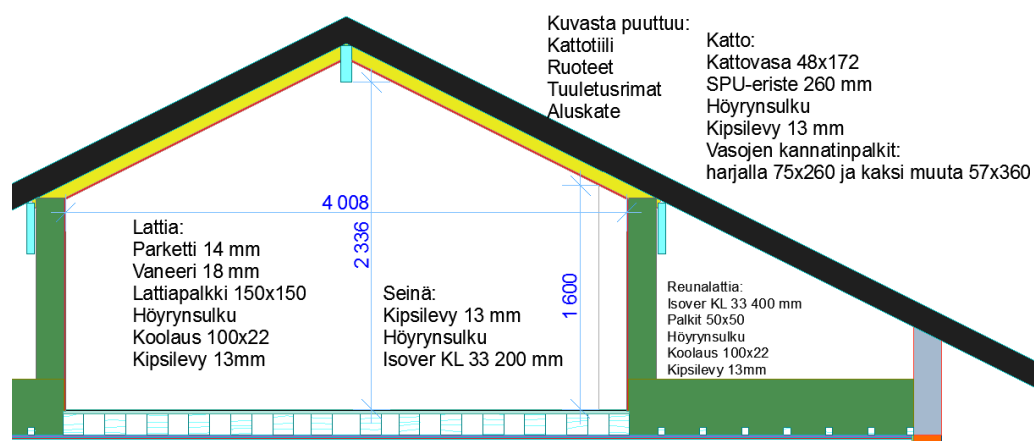
Kolmas vaihtoehto on laajentaa ylöspäin. Laajennuksen lähtökohtana on ollut mahdollisimman suuri huoneala. Vasemman puoleinen ovi vie alakertaan ja oikean puoleinen ovi parvekkeelle (kuva 18).



KUVA 18. Yläkerran pohjaratkaisu

6.2 Rakenneleikkaus

Suuremman huonekorkeuden saavuttamiseksi lattiapalkkeina on käytetty 150 millimetriä korkeaa sahatavaraa. Samasta syystä katossa on myös käytetty paremman eristyskyvyn omaavaa SPU-eristettä, jolloin on päästy pienempään kerrosvahvuuteen. Alempana on esitetty rakennekerrokset eri paikoissa (kuva 19).



Kuva 19. Rakenneleikkaus

6.3 Kantavat rakenteet

Rakenteiden mitoitus on tehty Finnwood 2.3 SR1 -ohjelmalla. Laskelmat löytyvät liitetiedostosta 3. Ohjelma huomioi varmuuskertoimet ja kuormitusyhdistelmät, joten sinne syötetään ominaiskuormat. Mitoituksessa on käytetty seuraavia kuormia:

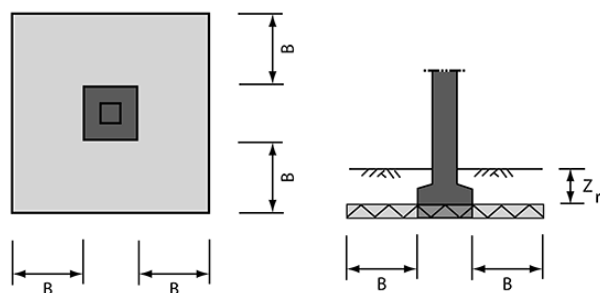
Yläpohjan omapaino	$g_{k,yp} = 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Yläpohjan lumikuorma	$q_{k,yp,l} = 2,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Välipohjan omapaino	$g_{k,vp} = 0,80 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Välipohjan hyötykuorma	$q_{k,vp,h} = 2,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Parvekepalkin omapaino	$g_{k,pp} = 0,80 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Parvekepalkin hyötykuorma	$q_{k,pp,h} = 2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Parvekepalkin lumikuorma	$q_{k,pp,l} = 2,75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Tuulikuorma	$q_{k,tuuli} = 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Suurin osa kuormituksista tulee uusille rakenteille. Nykyiselle rungolle tulevat kuormat ovat alkutilannetta pienempiä, joten olemassa olevan rungon kestävyyttä ei tarvitse mitoitaa. Perustuksille tulevat lisäkuormat ovat loppupeleissä myös niin pieniä, että nykyiset perustukset kestävät rasitukset.

6.3.1 Pilarianturat ja pohjatyöt

Pilariosuuden koko on 150x150x800 ja anturoiden koko on 600x600x200. Anturat valetaan LammiTassun pilarianturamuotilla ja valun sekaan asetetaan neljä harjaterästä pysyyn toimimaan tartuntana pilariosan valulle. Suojaavan betonikerroksen vahvuuden tulee olla vähintään 30 millimetriä. Pilariosa valetaan kun anturan betoni on kovettunut ja sen keskelle asetetaan pilarikenkä, jonka koko on 100x70.

Routasuojaus lasketaan taas ThermiSol routaeristyslaskurilla. Eristeen yläpinnan ollessa 0,6 metriä maanpinnasta, vaaditaan EPS 120 Routa -eristettä 200 millimetriä vahva kerros ja eristeen leveyden B tulee olla 1,65 metriä (kuva 20).

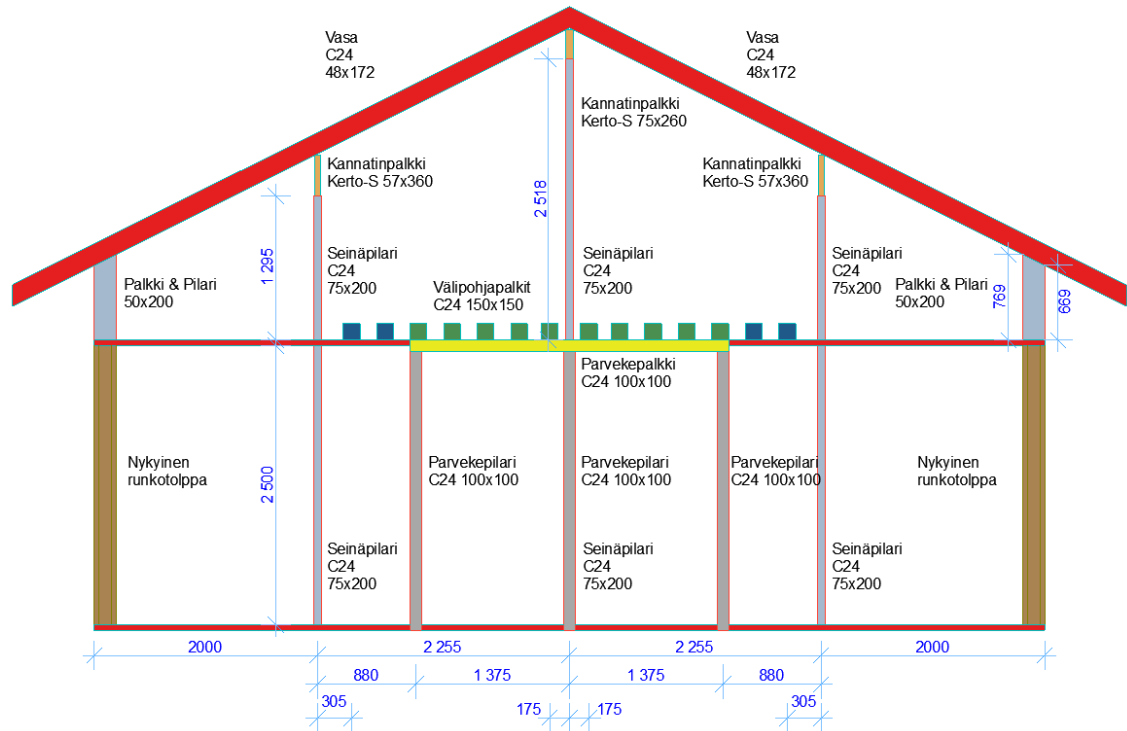


KUVA 20. Pilarianturan eristäminen (ThermiSol routaeristyslaskin)

Pilarianturoita varten on nykyisestä maanpinnasta kaivettava metri alaspäin. Metrin syvyydellä pohjan tulee olla 3,9 metriä leveä ja 6,65 metriä pitkä, jotta routaeristevaati-mukset pystytään toteuttamaan. Maata on siis kaivettava pois 35 kuutiota. Kuopan pohjalle asetetaan ensin kuitukangas, jonka päälle tulee 200 millimetriä kantavaa soraa (9 tonnia). Soran päälle asetetaan esivaletut pilarianturat, jonka jälkeen routaeristeet voidaan asentaa. Lopputäyttö voidaan suorittaa poiskaivetulla maalla. Tällöin ylimääräistä poiskuljetettavaa maata jää vain 5 kuutiota.

6.3.2 Kantavien rakenteiden julkisivukuva päädyistä

Päädystä katsottuna kantavat rakenteet vaikuttavat seuraavanlaisilta (kuva 21). Laajennus tullaan toteuttamaan siten, että ensin puretaan vanha kattorakenne. Tämän jälkeen päädyn alakerran seinien kipsilevyt irrotetaan ja kolme seinäpilaria asennetaan omille paikoilleen. Samalla korvataan myös villa vaatimusten mukaiseksi, jonka jälkeen seinän voi levyttää uudelleen.

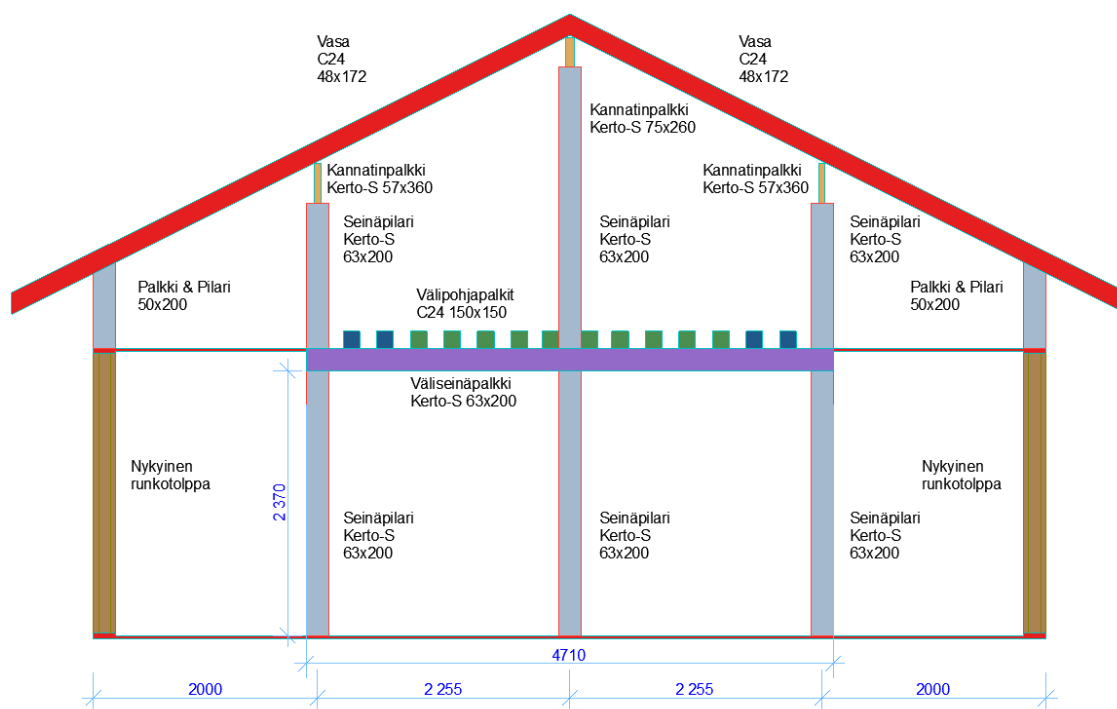


KUVA 21. Julkisivukuva päädyistä

Seinän yläjuoksun päälle voi nyt asettaa kannatinpalkkeja kantavat pilarit. Myös parvekepilareita voidaan kiinnittää niitä varten valettuihin pilarianturoihin ja niiden päälle voidaan kiinnittää parvekepalkki.

6.3.3 Kantavien rakenteiden julkisivukuva sisältä

Sisältä päin katsottuna kantavat rakenteet näyttävät seuraavanlaisilta (kuva 22). Ensimmäiseksi on irrotettava kipsilevyt ja kolme väliseinässä olevaa ovea.



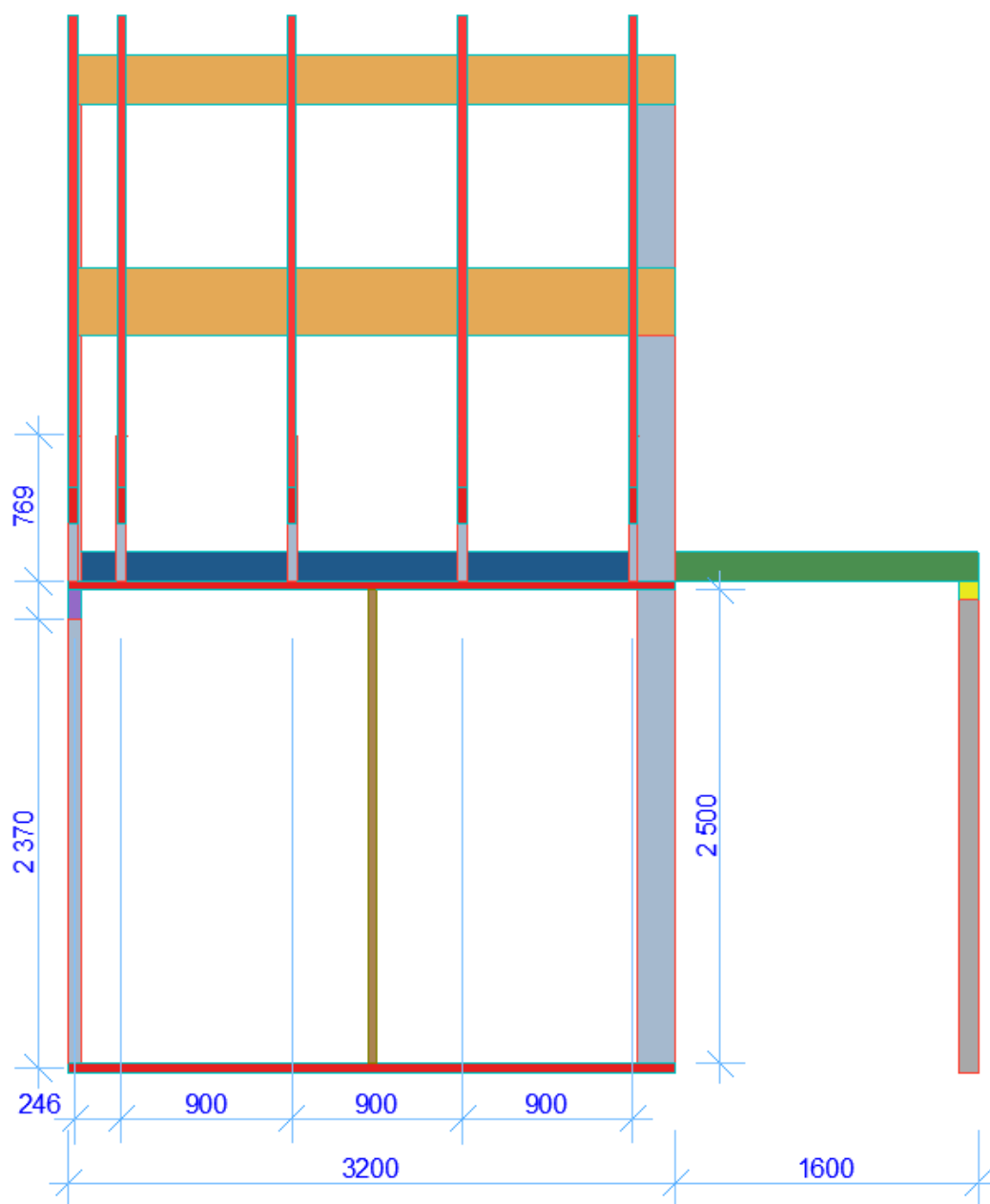
KUVA 22. Julkisivukuva väliseinästä

Tämän jälkeen alakerran seinäpilarit asennetaan paikalleen ja niiden päälle kiinnitetään väliseinäpalkki. Palkin päälle kiinnitetään yläkerran seinäpilarit sekä välipohjapalkit. Kummankin puolen kaksi reunimmaista välipohjapalkkia loppuu päätyseinälle, mutta keskimmäiset jatkuvat aina parvekepalkille saakka. Välipohjapalkkien väliin keskelle jänneväliä on vielä laitettava saman vahvuudesta puusta poikittaisjäykisteet estämään värähtelyä.

Nyt myös väliseinän voi levyttää uudelleen. On kuitenkin huomioitava, että seinäpilareiden sekä myöhemmin asennettavan rappusen takia myös ovien sijainnit muuttuvat hieman.

6.3.4 Kantavat rakenteet sivusta

Sivusta päin katsottuna laajennus näyttää seuraavalta (kuva 23). Keskellä oleva ruskea pilari kuvaa nykyistä seinärakennetta. Kuvasta näkee myös kattovasojen sijainnit.



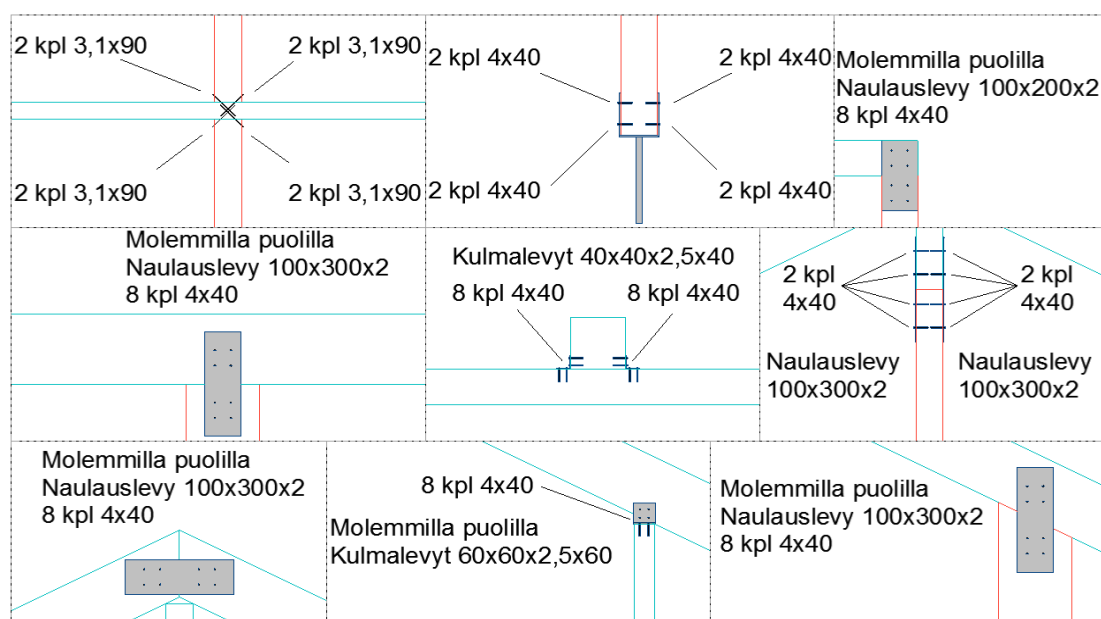
KUVA 23. Julkisivukuva sivusta

Ennen kattovasojen asentamista on vielä asennettava kolme kannatinpalkkia. Palkit kiinnitetään aiemmin sekä pääty- että väliseinälinjoille asennettuihin seinäpilareihin. Lisäksi sivuseinille tulee rakentaa erilliset korokkeet tukemaan kattovasoja. Tämän jälkeen kattovasat voidaan kiinnittää omille paikoilleen.

Seuraavaksi asennetaan yläkerran päätyosa takaisin paikalleen, huomioiden kuitenkin parvekeoven vaatima paikka sekä vaatimusten mukainen villakerros. Tämän jälkeen voidaan katolta puretut rakenteet kattotiilineen asentaa takaisin. Myös välipohjapalkkien päälle voi asentaa kantavan levyn. Lopuksi viimeistellään rakennuksen välipohja sekä rakennetaan yläkerran väliseinät.

6.4 Liitokset

Seuraavaksi hieman hahmottavaa kuvaa kriittisimmistä liitoksista (kuva 24).



KUVA 24. Rakennneosien liittyminen toisiinsa

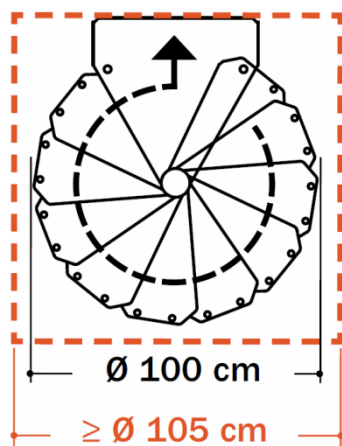
Kuvan ensimmäinen ruutu esittää kuinka pilarit liitetään sekä ala- että yläjuoksuun. Toisessa ruudussa on esitetty miten parvekepilari kiinnitetään pilarikenkään. Kolmannessa ruudussa on parvekepalkin ja -pilarin liitos.

Neljäs ruutu näyttää, miten väliseinäpalkki kiinnitetään väliseinäpilareihin. Viidennestä ruudusta näkee, miten välipohjapalkit kiinnitetään jokaiselle tuelle. Kuudes ruutu esittää harjakannatinpalkin liitosta sen alapuolella olevaan pilariin.

Seitsemäs ruutu näyttää kattovasojen liittymisen keskenään. Kahdeksannesta ruudusta näkee kattovasan liitoksen puolella välissä olevaan kannatinpalkkiin. Yhdeksäs ja viimeinen ruutu näyttää miten kattovasa kiinnitetään räystäälle asennettuun korokepilariin.

6.5 Rappuset

Normaalit rappuset veisivät paljon tilaa alakerrasta, joten järkevin ratkaisu on kierreportaat. Metrin halkaisijan omaavat kierreportaat vaativat vain 1,05 metriä suuren kulkuaukon (kuva 25).



KUVA 25. Arke kierreportas Nice 3.1 (Netrauta Finland Oy)

Portaan voi pultata kiinni lattiaaltaan. Ainoa huomioitava asia on nykyiset kattoristikot. Yhtä ristikkoo joutunee siirtämään hieman, että saadaan riittävän suuri kulkuaukko. Tämän viereen on syytä asentaa vielä toinen ristikko, etteivät ristikon rasitukset kasvaa liian suuriksi.

6.6 Kustannusarvio

Tässä laajennusvaihtoehdossa tarvitaan aliurakoitsijaa ainoastaan pilarianturoiden pohjatyöhön. Työtehtävä on niin pieni, että yhden kaivinkonemiehen voi tarvitsevan aikaa vain yhden työpäivän verran. Kustannuksissa myös oletetaan, että kattotiilet, tuuletusrimat sekä ruoteet pystytään käyttämään uudelleen. Lisäksi oletetaan, että suurimman osan päätyrakenteesta saa uusiokäyttöön. Osaa materiaaleista ei kuitenkaan pysty käyttämään uudelleen, joten tästä syystä kustannuksiin on otettu varaus lisäkuluille.

Olen jakanut kustannukset taas eri alaryhmiin (aliurakoitsijan työn olen sisällyttänyt pohjamateriaaleihin), jotka ovat: pohjatyön materiaalit (taulukko 17), kantavien rakenteiden materiaalit (taulukko 18), muut rakennemateriaalit (taulukko 19) sekä pintamateriaalit (taulukko 20).

TAULUKKO 17. Pohjatyön materiaalit

MATERIAALIT/POHJATYÖT	Määrä	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Kaivu+täyttö+muut työt	8 h	70 €/h *	560	* Hinta oma arvio
Sora	9 ton	12 €/ton *	108	* Hinta oma arvio
Kuitukangas	26 m ²	0,66 €/m ²	17,16	
weber.vetonit SB 100 Kuivabetoni 1000 kg	1 kpl	115,05/kpl	115,05	
Pilarianturamuotti LammiTassu P36 300x600x600 mm	3 kpl	36 €/kpl	108	
Pilariosuuden muottitavara	-	-	50	
Pilarikenkä 100x70	3 kpl	-	20,1	
Harjateräs A500HW 6mm 6m	2 kpl	1,65 €/kpl	3,3	
Styrox EPS 120 Routa 50mm 12m2/pkt	4 pkt	43,9 €/pkt	175,6	
			1157,21	

TAULUKKO 18. Kantavien rakenteiden materiaalit

MATERIAALIT/KANTAVAT RAKENTEET	Määrä	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Sahatavara C24 75x200	16 m	5 €/m *	80	* Hinta oma arvio
Sahatavara C24 100x100	12 m	3,66 €/m	43,92	
Kerto-S 63x200x5000	4 kpl	76,5 €/kpl	306	
Sahatavara C24 150x150	70 m	8,57 €/m	599,9	
Havuvanerit III/III 18x2440x1220mm	5 kpl	34,1 €/kpl	170,5	
Sahatavara C24 48x198	10 m	3,21 €/m	32,1	
Kerto-S 57x360x4000	2 kpl	88,6 €/kpl	177,2	
Kerto-S 75x260x4000	1 kpl	84,2 €/kpl	84,2	
Sahatavara C24 48x172	60 m	2,67 €/m	160,2	
Yleis-/puuliima Kiilto 66 3/4 l	1 plo	7,49 €/plo	7,49	
Konenaula 34° kampa kuumasinkitty 3,1x90	1 pkt	57,1 €/pkt	57,1	
Ankkurinaula 4x40 sinkitty	2 pkt	17,5 €/pkt	35	
Naulauslevy 100x300x2	3 pkt	32,7 €/pkt	98,1	
Kulmalevy reikälevystä 40x40x2,5x40	1 pkt	17,1 €/pkt	17,1	
Kulmalevy reikälevystä 60x60x2,5x60	1 pkt	17,3 €/pkt	17,3	
			1886,11	

TAULUKKO 19. Muut rakennemateriaalit

MATERIAALIT/MUUT	Määrä	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Aluskate Divoroll Top RU	1 rll	87,5 €/rll	87,5	Hinta toisen valmistajan
Sahatavara kuusi 50x100 AB / C	20 m	1,48 €/m	29,6	
SPU AL 70x1200x2400	6 kpl	63,9 €/kpl	383,4	
SPU AL 100x1200x2400	12 kpl	85,9 €/kpl	1030,8	
Höyrynsulkumuovi 0,2mm 25,8kg/rll 1,5/3m	1 rll	95,5 €/rll	95,5	
Kipsilevy N reunahennettu 13x1200x2600	30 kpl	11,5 €/kpl	345	
Gyproc G93 saumanauha 76mx52mm	1 rll	3,89 €/rll	3,89	
Saumatasoite Teknospro Breplasta J 5 l	1 kpl	23,9 €/kpl	23,9	
Kipsilevyruuvi 3,8x32	1 pkt	18,8 €/pkt	18,8	
Sahatavara 42x66	80 m	1,08 €/m	86,4	
Sisäovi massiivipuu 51 9X21	1 kpl	125 €/kpl	125	
Parvekeovi POL14 9x21	1 kpl	535 €/kpl	535	
Koolaus Sahatavara kuusi 22x100	70 m	0,55 €/m	38,5	
Isover KL33 560x870x100	22 pkt	32,6 €/pkt	717,2	
Isover KL37 565x870x50	1 pkt	34,6 €/pkt	34,6	
Arke kierreporras Nice 3.1	-	-	759	
Lisäkulut	-	-	500	
			4814,09	

TAULUKKO 20. Pintamateriaalit

MATERIAALIT/PINNOITTEET	Määrä	Yksikköhinta	Hinta (€)	Huom!
Sisämaali Siroplast 2 Tikkurila 9 l	1 kpl	31,5 €/kpl	31,5	
Jalkalista MDF 12x42x3300	5 kpl	4,49 €/kpl	22,45	
Kattolista MDF 12x40x3300	5 kpl	4,15 €/kpl	20,75	
Peitelista MDF 12x42x2200	5 kpl	3,25 €/kpl	16,25	
Alusmuovi 2mm 1,2x25m Opti-Step	1 rll	14,9 €/rll	14,9	
Parketti HARO 4000 Smoked Oak	4 pkt	129,82 €/pkt	519,28	
			625,13	

Laskemalla kustannukset yhteen, saadaan summaksi 8 482,54 euroa. Jos pilarianturat valaa etukäteen, ei työvaiheiden risteäminen tuota tässä vaihtoehdossa ongelmaa. Lisäkuluja kertyy ainoastaan materiaalien rahtikustannuksista sekä mahdollisesti listauksesta unohtuneista rakennusmateriaaleista.

7 Pohdinta

7.1 Vertailutavat

Rakenteellisesti jokainen vaihtoehto on toteutettavissa suhteellisen helposti. Saadakseen paremman käsityksen kustannuksista, kannattaa hinta muuttaa neliöhinnaksi. Tällöin vaihtoehtojen kustannuksia pystyy selkeämmin vertailemaan keskenään.

Kustannuksia voi myös vertailla pisteyttämällä tilaajalle tärkeitä arvotekijöitä. Tällä tavalla saadaan parempi kuva siitä, mikä voisi olla järkevin laajennusvaihtoehto.

7.2 Vertailu neliöhinnan perusteella

Vaihtoehtojen yhden neliömetrin hinnaksi tulee ensimmäisessä päätylaajennuksessa 389 euroa, toisessa päätylaajennuksessa 370 euroa ja ylöspäin laajennettaessa 808 euroa. Yläkerran pinta-alaksi on huomioitu vain yli 1600 millimetriä korkeat alueet.

Hinnoista huomataan, että päätylaajennukset ovat kustannustehokkaampia ratkaisuja kuin ylöspäin laajentaminen. Toisaalta jos vähäisempikin lisätila riittää, tulee yläkerta tällöin kokonaissummaltaan halvimaksi.

Tilaajan on myös mahdollista yhdistellä kahdesta päätylaajennusvaihtoehdosta itselleen vieläkin edullisempi ratkaisu. Valitsemalla vaihtoehtojen väliltä edullisimmat rakenneratkaisut, saa kokonaissummasta vielä hieman halvemman. Myös tilajakoon voi vaikuttaa rungon pystytyksen jälkeen. Tarvittaessa jotakin huonetta voidaan isontaa ja vastaavasti jotakin pienentää siirtämällä väliseinälinjoja.

7.3 Vertailu arvotekijöiden perusteella

Pisteytykseen on valittu viisi arvotekijää (taulukko 21). Suurin tarve tilaajalla oli säilytys- sekä asuintilalle, joten niiden pisteille on annettu suurempi painoarvo. Asuintilaksi on katsottu laajennuksen jälkeinen makuuhuoneiden yhteisala, säilytystilaksi taas vas-

taavasti vaatehuoneiden yhteisala ja kustannukset ovat aiemmin laskettuja laajennuskustannuksia. Rakennusaikakin huomioidaan vaikka tilaajan tontilta löytyy vierasasunto, jossa he voivat majoittua rakennustöiden ajaksi. Esteettömyydellä tarkoitetaan muun muassa liikkumisen helppoutta sekä nyt että tulevaisuudessa.

TAULUKKO 21. Arvotekijät sekä niiden pisteet

	Ensimmäinen päätylaajennus	Toinen päätylaajennus	Laajennus ylöspäin	Painokerroin
Asumistila	5	5	2	1,25
Säilytystila	3	5	0	1,5
Kustannukset	2	2	4	1
Rakennusaika	2	2	3	1
Esteettömyys	4	4	1	1
Pisteet yhteensä	18,75	21,75	10,5	-
Hinta/Piste	1026	842	808	-

Ylöspäin laajennus saa halvimman hinnan pistettä kohti, mutta siinä säilytystilaa ei tule yhtään lisää. Toisen päätylaajennuksen yhden pisteen hinnaksi tulee melkein sama kuin ylöspäin laajennuksellakin, mutta päätylaajennuksessa säilytystila lisääntyy huomattavasti, joten se lienee järkevämpi vaihtoehto.

7.4 Loppusanat

Työssä on käytetty uusimpia rakennusmääräyksiä. Tämä kerryttää kustannuksia etenkin vahvempien eristekerroksien takia. Tilaaja voi kuitenkin hakea poikkeuslupaa, jolla laajentamisen saisi tehdä alkuperäisen rakennuksen lämmöneristysvaatimuksilla ja sitä kautta edullisemmin.

Toivottavasti tämä työ helpottaa tilaajan päätöstä tehdä lopullinen ratkaisu pientalonsa laajentamista silmällä pitäen. Rakentaminen on aina iso prosessi, mutta nyt tilaajalle on tarjottu työkalut päästä hankkeessa eteenpäin. Ensimmäinen askel on aina vaikein, mutta nyt se on otettu.

LÄHTEET

BY 60. Suunnitteluohje EC 2 osat 1-1 ja 1-2. Alustava korjattu painos, marraskuu 2008.

Infra ry:n ja Rakennusliitto ry:n välinen työehtosopimus 2010-2012

Lammi-Perustus Oy. LammiTassu. Luettu 30.9.2012.

<http://www.lammi-perustus.fi/portal/>

Metsä Wood Oy. Finnwood 2.3 SR1 laskentaohjelma. Ladattu 1.8.2012.

<http://www.metsawood.fi/ammattirakentaminen/finnwood>

Monier Oy. Ormax betonikattotiili & Divoroll Top RU aluskate. Luettu 21.8.2012.

<http://www.monier.fi/kattotuotteet>

Netrauta Finland Oy. Arke kierreporras Nice 3.1. Luettu 20.9.2012.

<https://www.netrauta.fi>

PRT-Wood Oy. I-palkkirakenteiden suunnittelu. Luettu 26.8.2012.

<http://www.prt-wood.fi/sf/pdf/suunn.opas05%20Wood.pdf>

Puurakenteiden suunnittelu. Lyhennetty suunnitteluohje. Kolmas painos. Eurokoodi 5.

Rakennusalan työehtosopimus urakkahinnoitteluineen 2010-2012

Rakentajain kalenteri 2007

Ratu 12-0248. Maankaivu. Menekit ja menetelmät.

Ratu 16-0252. Täyttö. Menekit ja menetelmät.

Ratu 17-0253. Putkiasennus. Menekit ja menetelmät.

Ratu 21-0270. Levymuottityö. Menekit ja menetelmät.

Ratu 23-0275. Betonointi. Menekit ja menetelmät.

Ratu 24-0276. Pintabetonityöt. Pinta- ja imubetonointi. Menekit ja menetelmät.

Ratu 42-0290. Harkkomuuraus. Menekit ja menetelmät.

Ratu 51-0256. Puurunkotyöt, seinät. Menekit ja menetelmät.

Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. Isover KL-33. Luettu 17.8.2012.

<http://www.isover.fi>

Saint-Gobain Weber Oy Ab. Leca harkot. Luettu 30.9.2012.

<http://www.e-weber.fi>

SPU Oy. SPU AL eristelevyt. Luettu 21.8.2012.

<http://www.spu.fi/>

Suomen Kuitulevy Oy. Tuulileijona. Luettu 17.8.2012.
<http://www.suomenkuitulevy.fi>

Suomen rakentamismääräyskokoelma B5 (2007)

Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 (2010)

Suomen rakentamismääräyskokoelma C4 (2010)

Suomen rakentamismääräyskokoelma E1 (2011)

Taloon Yhtiöt Oy. Materiaalihinnat. Luettu 30.9.2012.
<http://www.taloon.com/>

ThermiSol Oy. ThermiSol Platina Lattia & Routaeristyslaskin. Luettu 17.9.2012.
<http://www.thermisol.fi/>

LIITTEET

Liite 1. Ensimmäisen päätylaajennuksen kantavien rakenteiden laskelmat (1/13)

Yläpohjalta tuleva kuormitus käyttörajatilassa:

$$F_d = G_k + Q_k = 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 2,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2,77 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Yläpohjalta tuleva kuormitus murtorajatilassa keskipitkässä aikaluokassa:

$$F_d = 1,15 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_k = 1,15 \cdot 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1,5 \cdot 2,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \approx 3,96 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}.$$

Ristikon painosta aiheutuva pistekuorma yläjuoksulle $\sim 0,5 \text{ kN}$. Ristikon alapaarteen vahvuus on 42 millimetriä.

Yläjuoksu

Suurin pistekuorma yläjuoksulle:

$$F_d = 0,9 \text{ m} \cdot 5,575 \text{ m} \cdot 3,96 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0,5 \text{ kN} \approx 20,4 \text{ kN}.$$

Lasketaan seuraavaksi onko yläjuoksulla riittävä tukipituus. Mitoitusehto on:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}, \quad (\text{Liite B, kaava 5.2})$$

missä $\sigma_{c,90,d}$ on kosketuspinnalla vaikuttavan puristusjännityksen mitoitusarvo, $f_{c,90,d}$ on puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaa vastaan kohtisuorassa puristuksessa ja $k_{c,\perp}$ on tukipaine kerroin.

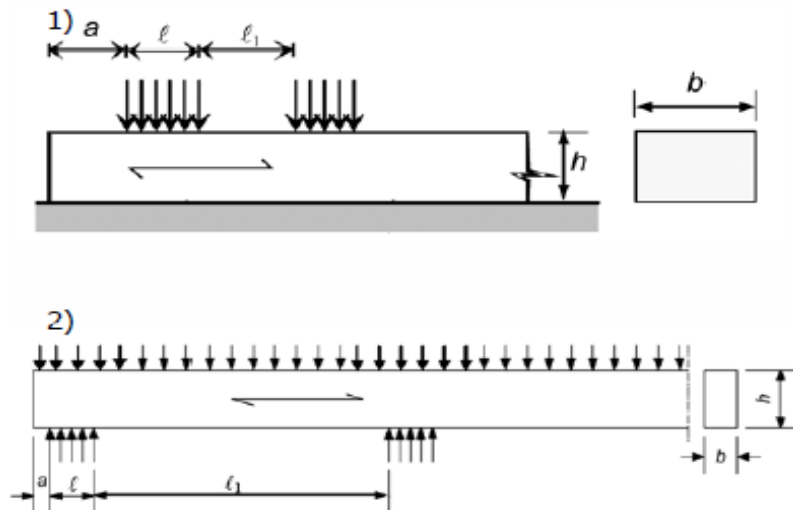
Tukipainekerroin lasketaan kaavalla:

(2/13)

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} , \quad (\text{Liite B, kaava 5.2a})$$

missä l on kosketuspinnan pituus puun syiden suunnassa, $l_{c,90,ef}$ on tehollinen kosketuspinnan pituus ja $k_{c,90}$ on 1,0 paitsi jos $l_1 \geq 2 \cdot h$ (kuva 26).

- $k_{c,90} = 1,25$ havupuisella sahatavaralla
- $k_{c,90} = 1,5$ havupuisella liimapuulla
- $k_{c,90} = 1,3$ Kerto-Q:n syrjäpinnalla
- $k_{c,90} = 1,4$ Kerto-LVL:n lapepinnalla



KUVA 26. Kiskopaineita (Liite B, 24)

Puristuslujuus:

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \approx 1,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tukipainekerroin:

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} = \frac{84 \text{ mm}}{42 \text{ mm}} \cdot 1,25 = 2,5$$

Puristusjännitys:

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_d}{A} = \frac{20400 \text{ N}}{42 \cdot 200 \text{ mm}^2} \approx 2,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto:

(3/13)

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1 \rightarrow \frac{2,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2,5 \cdot 1,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \approx 0,68 \rightarrow OK$$

Ei tutkita yläjuoksulle muita rasituksia, sillä se toimii yhdessä kannatinpalkin kanssa ja ne tulevat yhdessä kantamaan ristikolta tulevat kuormat.

Kannatinpalkki

Kannatinpalkin koko on 75x200+50. Mitoitetaan palkki yksiaukkoisena, jolloin ollaan varmallalla puolella. Kovin rasitus palkkiin tulee ikkuna-aukon päällä. Palkin pituus on 1200 millimetriä ja sen keskelle tulee ristikolta pistekuorma 20,4 kN.

Pysyvän kuorman rasitus käyttörajatilassa:

$$F_k = 0,9 \text{ m} \cdot 5,575 \text{ m} \cdot 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \approx 2,86 \text{ kN}$$

Lumikuorman rasitus käyttörajatilassa:

$$F_k = 0,9 \text{ m} \cdot 5,575 \text{ m} \cdot 2,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \approx 11,0 \text{ kN}$$

Pysyvän kuorman aiheuttama taipuma saadaan (Rakentajain kalenteri 2007, 52):

$$w_{\text{inst,G}} = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{2860 \text{ N} \cdot 1200^3 \text{ mm}^3}{48 \cdot 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{75 \cdot 250^3 \text{ mm}^4}{12}} \approx 0,10 \text{ mm}$$

Lumikuorman aiheuttama taipuma saadaan samalla kaavalla:

$$w_{\text{inst,lumi}} = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{11000 \text{ N} \cdot 1200^3 \text{ mm}^3}{48 \cdot 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{75 \cdot 250^3 \text{ mm}^4}{12}} \approx 0,37 \text{ mm}$$

Kokonaistaipumaksi tulee (Liite B, kaava 2.8):

(4/13)

$$\begin{aligned} w_{\text{fin}} &= (1 + k_{\text{def}}) \cdot w_{\text{inst,G}} + (1 + 0,2 \cdot k_{\text{def}}) \cdot w_{\text{inst,lumi}} \\ &= (1 + 0,6) \cdot 0,10 \text{ mm} + (1 + 0,2 \cdot 0,6) \cdot 0,37 \text{ mm} = 0,57 \text{ mm} , \end{aligned}$$

missä k_{def} on virumaluku, joka riippuu käyttöluokasta (Liite B, taulukko 3.2).

Sallittu taipuma on (Liite B, kappale 4.1 & taulukko 4.1):

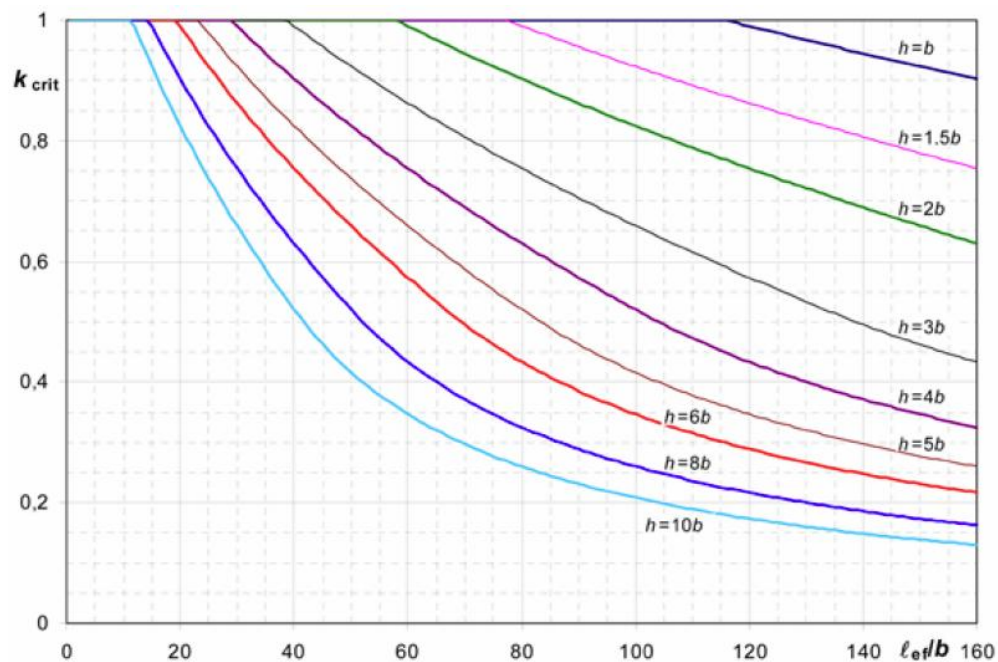
$$\frac{l}{300} = \frac{1200 \text{ mm}}{300} = 4 \text{ mm} > 0,57 \text{ mm} \rightarrow OK$$

Tehollinen kiepahduspituus (Liite B, kappale 5.4):

$$l_{ef} = a + 2 \cdot h = 1200 \text{ mm} + 2 \cdot 250 \text{ mm} = 1700 \text{ mm} ,$$

missä a on sauvan puristetun reunan poikittaistuentaväli ja h on palkin korkeus.

Kiepahduskerroin $k_{\text{crit}} = 1,0$ (kuvio 5).



KUVIO 5. Kiepahduskerroin (Liite B, 27)

Taivutuksen mitoitusehto (Liite B, kaava 5.3):

(5/13)

$$\sigma_{m,y,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,y,d} ,$$

missä $\sigma_{m,y,d}$ on taivutusjännityksen mitoitusarvo, $f_{m,y,d}$ on taivutuslujuuden mitoitusarvo ja k_{crit} on kiepahduskerroin.

Taivutuslujuus:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,y,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24 \frac{N}{mm^2}}{1,4} \approx 13,7 \frac{N}{mm^2}$$

Taivutusjännitys (Rakentajain kalenteri 2007, 52):

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{\frac{F_d \cdot L}{4}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{\frac{20400 N \cdot 1200 mm}{4}}{\frac{75 \cdot 250^2 mm^3}{6}} = 7,8 \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} \leq 1 \rightarrow \frac{7,8 \frac{N}{mm^2}}{1,0 \cdot 13,7 \frac{N}{mm^2}} \approx 0,57 \rightarrow OK$$

Palkin leikkauskestävyys on vielä tarkastettava. Koska palkki kuuluu käyttöluokkaan 1, sen leveyttä pienennetään kertoimella 0,67 (Liite B, kappale 5.2). Palkin leikkausvoiman maksimi on pistekuorman puolikas (Rakentajain kalenteri 2007, 52):

$$V_{d,max} = \frac{F_d}{2} = \frac{20400 N}{2} = 10200 N$$

Leikkausvoimasta voisi vielä jättää osan huomioimatta (Liite B, kappale 5.2), mutta tarkasteltaessa leikkauskestävyyttä koko leikkausvoimalla päästään varmemmalle puolelle.

Mitoitusehto:

(6/13)

$$\tau_d \leq f_{v,d} ,$$

missä τ_d on leikkausjännityksen mitoitusarvo ja $f_{v,d}$ on leikkauslujuuden mitoitusarvo.

Leikkauslujuus:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \approx 1,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leikkausjännitys:

$$\tau_d = \frac{3 \cdot V_{d,\text{max}}}{2 \cdot A} = \frac{3 \cdot 10200 \text{ N}}{2 \cdot 0,67 \cdot 75 \cdot 250 \text{ mm}^2} \approx 1,22 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1 \rightarrow \frac{1,22 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \approx 0,85 \rightarrow OK$$

Pilari

Pilaria yläpohjalta rasittava voima $N_d = 21 \text{ kN}$.

Tuulen rasitus pilariin:

$$q_{w,k} = 0,6 \text{ m} \cdot 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \approx 0,34 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Koska tuuli kuuluu hetkelliseen aikaluokkaan ja lumikuorma on määräävämpi, saadaan (Liite B, kaava 2.4):

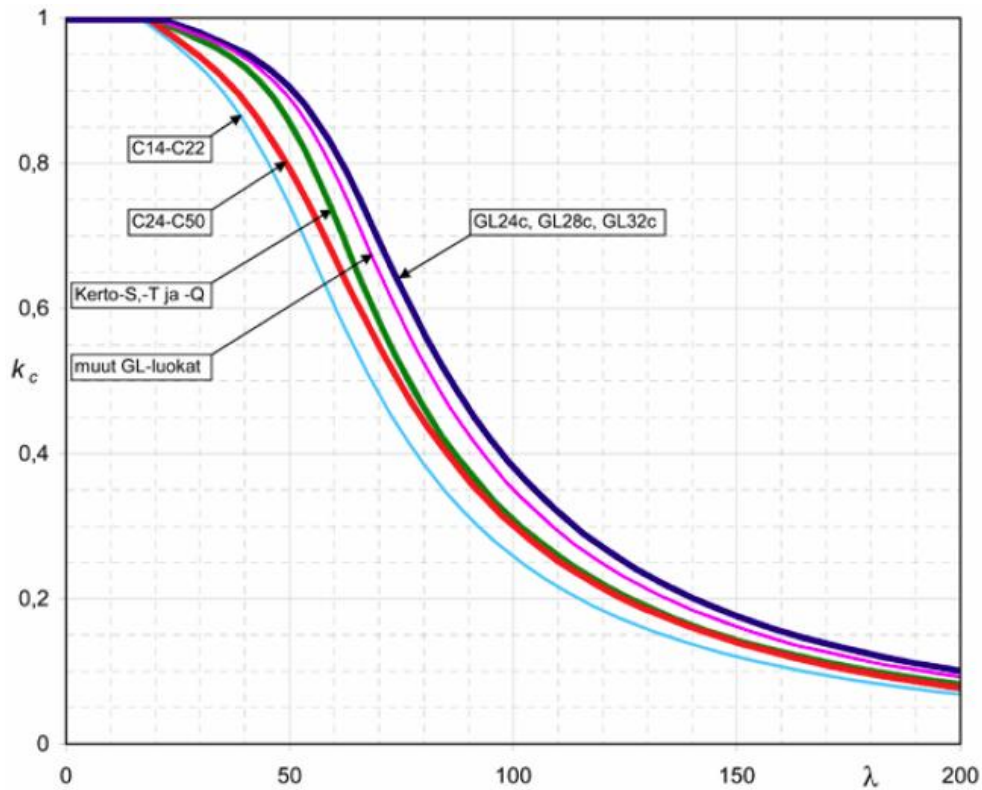
$$Q_d = 0,9 \cdot q_{w,k} = 0,9 \cdot 0,34 \text{ kN} \approx 0,31 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Hoikkuusluku (Liite B, kaava 5.9):

(7/13)

$$\lambda_y = \frac{L_c}{i_y} = \frac{L_c}{\frac{h}{\sqrt{12}}} = \frac{2500 \text{ mm}}{\frac{200 \text{ mm}}{\sqrt{12}}} \approx 43,3$$

Nurjhduskerroin $k_c \approx 0,85$ (kuvio 6).



KUVIO 6. Nurjhduskertoimen määrittäminen (Liite B, 27)

Mitoitusehto (Liite B, kaava 5.7):

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,$$

missä $\sigma_{m,y,d}$ on taivutusjännitys, $f_{m,y,d}$ on taivutuslujuus, $\sigma_{c,0,d}$ on puristusjännitys, $f_{c,0,d}$ on puristuslujuus ja k_c on nurjhduskerroin.

Taivutuslujuus:

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,y,k}}{\gamma_M} = 1,1 \cdot \frac{24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \approx 18,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Taivutusjännitys (Rakentajain kalenteri 2007, 52):

(8/13)

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{\frac{Q_d \cdot L^2}{8}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{0,31 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot 2500^2 \text{ mm}^2}{\frac{50 \cdot 200^2 \text{ mm}^3}{6}} = 0,73 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 1,1 \cdot \frac{21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} = 16,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristusjännitys:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{21000 \text{ N}}{50 \cdot 200 \text{ mm}^2} = 2,10 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \rightarrow \frac{0,73 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{18,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} + \frac{2,10 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,85 \cdot 16,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \approx 0,19 \rightarrow OK$$

Alajuoksu

Seuraavaksi mitoitetaan alajuoksun kiskopaine. Mitoitus tapahtuu samalla tavalla kuin hetkeä aiemmin yläjuoksun tukipituuden määrittäminen.

Puristuslujuus:

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \approx 1,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tukipainekerroin:

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} = \frac{100 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \cdot 1,25 = 2,5$$

Puristusjännitys:

(9/13)

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{21000 \text{ N}}{50 \cdot 200 \text{ mm}^2} = 2,10 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1 \rightarrow \frac{2,10 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2,5 \cdot 1,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \approx 0,59 \rightarrow OK$$

Levyjäykistys

Lasketaan ensin kuinka suuri voima vaikuttaa sivuseinään huomioimalla paikallinen tuulenpaine sekä laajennusosan pinta-ala ja kertomalla tätä hetkellisen aikaluokan tuulikertoimella:

$$F_d = 1,5 \cdot \left(2,6 \text{ m} \cdot 5,7 \text{ m} \cdot 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \approx 12,7 \text{ kN}$$

Jäykistävät seinälohkot (Liite B, 42):

$$b_i \geq \frac{h}{4} = \frac{2600 \text{ mm}}{4} = 650 \text{ mm}$$

Lohkot tullaan jäykistämään 12 millimetriä vahvalla tuulensuojalevyllä (Tuulileijona).

Lasketaan seuraavaksi naulan leikkauskestävyys. Käytetään pyöreitä konenauloja, joiden halkaisija on 2,1 millimetriä ja pituus 50 millimetriä.

Lasketaan ensin korjauskertoimet k_ρ ja k_l (Liite B, kaavat 6.7 & 6.9):

$$k_\rho = \sqrt{\frac{\rho_k}{350}} = \sqrt{\frac{240}{350}} \approx 0,83 ,$$

missä ρ_k on liitoskappeleiden tiheyksistä pienempi arvo.

$$k_t = \left(0,5 + \frac{t}{12 \cdot d}\right) \cdot k_p = \left(0,5 + \frac{12 \text{ mm}}{12 \cdot 2,1 \text{ mm}}\right) \cdot 0,83 \approx 0,81 \quad (10/13)$$

Tarkistetaan pitääkö naulan leikkauskestävyyttä pienentää. Pienennys on tehtävä jos naulan tartuntapituus on pienempi kuin 12 kertaa naulan halkaisija (Liite B, 32):

$$t_2 = (50 \text{ mm} - 12 \text{ mm}) = 38 \text{ mm} > 12 \cdot d = 12 \cdot 2,1 \text{ mm} = 25,2 \text{ mm}$$

→ Leikkauskestävyyttä ei tarvitse pienentää

Naulan leikkauskestävyyden mitoitusarvo (Liite B, kaava 6.8):

$$R_d = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot 120 \cdot d^{1,7} = \frac{1,1}{1,4} \cdot 0,81 \cdot 120 \cdot 2,1^{1,7} \approx 270 \text{ N}$$

Naulan leikkauskestävyyttä saadaan korottaa (Liite B, 42):

$$F_{f,Rd} = 1,2 \cdot R_d = 1,2 \cdot 270 \text{ N} = 324 \text{ N}$$

Seinälohkojen leikkausvoimakestävyydet (Liite B, kaava 7.6):

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} \cdot b_i \cdot c_i}{s},$$

missä $F_{f,Rd}$ on yksittäisen liittimen leikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo, b_i on seinälohkon leveys ja s on liitinväli. Arvo c_i saadaan kaavasta (Liite B, kaava 7.7):

$$c_i = \begin{cases} 1 & \text{kun } b_i \geq \frac{h}{2} \\ \frac{2 \cdot b_i}{h} & \text{kun } b_i < \frac{h}{2} \end{cases}$$

Seinälohko 1:

$$c_1 = \frac{2 \cdot b_1}{h} = \frac{2 \cdot 825 \text{ mm}}{2600 \text{ mm}} \approx 0,63$$

$$F_{1,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} \cdot b_1 \cdot c_1}{s} = \frac{324 \text{ N} \cdot 825 \text{ mm} \cdot 0,63}{100 \text{ mm}} \approx 1684 \text{ N}$$

Seinälohko 2:

(11/13)

$$c_2 = \frac{2 \cdot b_2}{h} = \frac{2 \cdot 1200 \text{ mm}}{2600 \text{ mm}} \approx 0,92$$

$$F_{2,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} \cdot b_2 \cdot c_2}{s} = \frac{324 \text{ N} \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 0,92}{100 \text{ mm}} \approx 3577 \text{ N}$$

Seinälohko 3:

$$c_3 = \frac{2 \cdot b_3}{h} = \frac{2 \cdot 860 \text{ mm}}{2600 \text{ mm}} \approx 0,66$$

$$F_{3,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} \cdot b_3 \cdot c_3}{s} = \frac{324 \text{ N} \cdot 860 \text{ mm} \cdot 0,66}{100 \text{ mm}} \approx 1839 \text{ N}$$

Seinälohkoja 1 on kaksi kappaletta, seinälohkoja 2 on neljä kappaletta ja seinälohkoja 3 on vain yksi kappale. Päätyseinän leikkausvoimakestävyys (Liite B, kaava 7.5):

$$\begin{aligned} F_{v,Rd} &= \Sigma F_{i,v,Rd} = 2 \cdot F_{1,v,Rd} + 4 \cdot F_{2,v,Rd} + 1 \cdot F_{3,v,Rd} \\ &= 2 \cdot 1684 \text{ N} + 4 \cdot 3577 \text{ N} + 1 \cdot 1839 \text{ N} \approx 19,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Mitoitusehto:

$$\frac{F_d}{F_{v,Rd}} \leq 1 \rightarrow \frac{12,7 \text{ kN}}{19,5 \text{ kN}} \approx 0,65 \rightarrow OK$$

Perustukset

Nykyinen antura on kooltaan 600x200. Tehdään uudestakin anturasta yhtä iso, niin kuormitus maaperään on samanlainen. Anturaa ei tarvitse erikseen mitoittaa, sillä se tehdään LammiTassun valmisanaturamuotilla, joka sisältää myös raudoitteet. Sokkeli tehdään Leca-harkoilla.

Harkkoseinän puristuskestävyys (RakMk B5 2007, s. 10):

(12/13)

$$N_u = \frac{1 - 2 \cdot \frac{e_d}{t}}{1 + 0,001 \cdot \left(\frac{H_0}{t_e}\right)^2} \cdot A_c \cdot f_{cd} ,$$

missä e_d on normaalivoiman ensimmäisen kertaluvun epäkeskisyyden laskenta-arvo, t on rakenteen paksuus (150 mm), H_0 on nurjahduspituus (800 mm), t_e on rakenteen tehollinen paksuus (150 mm), A_c on muuratun rakenteen poikkileikkausala (150 x 5600 mm²) ja f_{cd} on muurin puristuslujuuden laskenta-arvo.

$$e_d = 0,05 \cdot t_e + e_0 = 32,5 \text{ mm} ,$$

kun e_0 on normaalivoiman alkuperäinen epäkeskisyys (25 mm).

Puristuslujuuden laskenta-arvo saadaan tässä tapauksessa jakamalla harkon ominaislujuus $f_{ck} = 2,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ kahdella, eli $f_{cd} = 1,05 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ (RakMk B5 2007, kappale 3.2.5).

Syöttämällä tämän tapauksen arvot harkkoseinän puristuskestävyyden kaavaan saadaan, että $N_u \approx 486 \text{ kN}$. Seinälle tulee suurimmillaan kuorma $N_d = 7 \cdot 21 \text{ kN} = 147 \text{ kN}$, joten harkkorakenne kestää puristuskuormituksen.

Koska seinän takana on täyttömaata, se ei pääse taipumaan tuulen vaikutuksesta. Tästä syystä taivutuskestävyyttä ei tarvitse laskea.

Liitokset

Alajuoksun kiinnitys perustuksiin:

Harjateräkselle tuleva leikkausvoima $V = 1,2 \text{ kN}$. Harjateräksen leikkauslujuus

$$f_{vd} = \frac{500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{\sqrt{3}} \approx 288 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} .$$

6 millimetriä vahvan harjateräksen poikkileikkaus ala on noin 28 neliömilliä, joten se kestää leikkausta yli 8 kN.

Pilarin kiinnitys alajuoksuun:

(13/13)

Pilari alapäähän tulee leikkausvoima $V = 0,64 \text{ kN}$. Yksi pyöreä konenaula $3,1 \times 90$ kestää hetkellisesti $0,71 \text{ kN}$, joten se riittäisi yksinään ottamaan liitoksen rasituksen. Käytetään kuitenkin rakennusteknisistä syistä yhteensä neljää naulaa, kaksi kummallekin puolelle pilaria.

Kannatinpalkin kiinnitys pilariin:

Tuulikuorman vaikuttaessa ensisijaisesti pilareihin ja palkin tukeutuessa pilariin, ei palkille tule nauvoja rasittavaa leikkausvoimaa. Kiinnitetään kuitenkin neljällä $4,2 \times 125$ neliskulmaisella lankanaulalla/pilari.

Yläjuoksun kiinnitys pilariin:

Yläjuoksussa vaikuttaa leikkausvoima $V = 1,0 \text{ kN}$. Yksi pyöreä konenaula $3,1 \times 90$ kestää hetkellisesti $0,71 \text{ kN}$. Naulataan yläjuoksu kolmella naulalla/pilari.

Ristikön kiinnitys yläjuoksuun:

Liitokseen tulevan leikkausvoiman suuruus $V = 1,5 \text{ kN}$. Ristikko liitetään yläjuoksuun kummaltakin puolelta vahvistetuilla kulmarautoilla $105 \times 105 \times 3 \times 90$. Liitetään kulmarauta yläjuoksuun sekä ristikkoon 4×40 ankkurinauloilla. Käytetään kiinnittämiseen neljää naulaa sekä yläjuoksuun että ristikkoon/kulmarauta.

Yläpohjalta tuleva kuormitus käyttörajatilassa:

$$F_d = G_k + Q_k = 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 2,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2,77 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Yläpohjalta tuleva kuormitus murtorajatilassa keskipitkässä aikaluokassa:

$$F_d = 1,15 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_k = 1,15 \cdot 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1,5 \cdot 2,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \approx 3,96 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Ristikon painosta aiheutuva pistekuorma yläjuoksulle $\sim 0,5 \text{ kN}$. Ristikön alapaarteen vahvuus on 42 millimetriä.

Yläjuoksu

Suurin pistekuorma yläjuoksulle:

$$F_d = 0,645 \text{ m} \cdot 5,575 \text{ m} \cdot 3,96 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0,5 \text{ kN} \approx 14,7 \text{ kN}$$

Tukipituuden mitoitusehto:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d} , \quad (\text{Liite B, kaava 5.2})$$

missä $\sigma_{c,90,d}$ on kosketuspinnalla vaikuttavan puristusjännityksen mitoitusarvo, $f_{c,90,d}$ on puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaa vastaan kohtisuorassa puristuksessa ja $k_{c,\perp}$ on tukipainekerroin.

Tukipainekerroin:

(2/12)

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} , \quad (\text{Liite B, kaava 5.2a})$$

missä l on kosketuspinnan pituus puun syiden suunnassa, $l_{c,90,ef}$ on tehollinen kosketuspinnan pituus ja $k_{c,90}$ on 1,0 paitsi jos $l_1 \geq 2 \cdot h$ (kuva 26).

Puristuslujuus:

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \approx 1,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tukipainekerroin:

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} = \frac{84 \text{ mm}}{42 \text{ mm}} \cdot 1,25 = 2,5$$

Puristusjännitys:

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_d}{A} = \frac{14700 \text{ N}}{42 \cdot 200 \text{ mm}^2} = 1,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1 \rightarrow \frac{1,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2,5 \cdot 1,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \approx 0,49 \rightarrow OK$$

Kannatinpalkki

Ikkuna-aukon päällä on yksi ylimääräinen palkki, jonka leveys on 200 millimetriä ja korkeus 50 millimetriä. Kannatinpalkki toimii yhdessä yläjuoksun kanssa.

Pysyvän kuorman rasitus käyttörajatilassa:

$$F_k = 0,645 \text{ m} \cdot 5,575 \text{ m} \cdot 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \approx 2,05 \text{ kN}$$

Lumikuorman rasitus käyttörajatilassa:

(3/12)

$$F_k = 0,645 \text{ m} \cdot 5,575 \text{ m} \cdot 2,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \approx 7,9 \text{ kN}$$

Pysyvän kuorman aiheuttama taipuma saadaan (Rakentajain kalenteri 2007, 52):

$$w_{\text{inst,G}} = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{2050 \text{ N} \cdot 1200^3 \text{ mm}^3}{48 \cdot 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{200 \cdot 100^3 \text{ mm}^4}{12}} \approx 0,40 \text{ mm}$$

Lumikuorman aiheuttama taipuma saadaan samalla kaavalla:

$$w_{\text{inst,lumi}} = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{7900 \text{ N} \cdot 1200^3 \text{ mm}^3}{48 \cdot 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{200 \cdot 100^3 \text{ mm}^4}{12}} = 1,55 \text{ mm}$$

Kokonaistaipumaksi tulee (Liite B, kaava 2.8):

$$\begin{aligned} w_{\text{fin}} &= (1 + k_{\text{def}}) \cdot w_{\text{inst,G}} + (1 + 0,2 \cdot k_{\text{def}}) \cdot w_{\text{inst,lumi}} \\ &= (1 + 0,6) \cdot 0,40 \text{ mm} + (1 + 0,2 \cdot 0,6) \cdot 1,55 \text{ mm} \approx 2,4 \text{ mm} , \end{aligned}$$

missä k_{def} on virumaluku, joka riippuu käyttöluokasta (Liite B, taulukko 3.2).

Sallittu taipuma on (Liite B, kappale 4.1 & taulukko 4.1):

$$\frac{l}{300} = \frac{1200 \text{ mm}}{300} = 4 \text{ mm} > 2,4 \text{ mm} \rightarrow OK$$

Tehollinen kiepahduspituus (Liite B, kappale 5.4):

$$l_{\text{ef}} = a + 2 \cdot h = 1200 \text{ mm} + 2 \cdot 100 \text{ mm} = 1400 \text{ mm} ,$$

missä a on sauvan puristetun reunan poikittaistuentaväli ja h on palkin korkeus.

Kiepahduskerroin $k_{\text{crit}} = 1,0$ (kuvio 5). (4/12)

Taivutuksen mitoitusehto (Liite B, kaava 5.3):

$$\sigma_{m,y,d} \leq k_{\text{crit}} \cdot f_{m,y,d} ,$$

missä $\sigma_{m,y,d}$ on taivutusjännityksen mitoitusarvo, $f_{m,y,d}$ on taivutuslujuuden mitoitusarvo ja k_{crit} on kiepahduskerroin.

Taivutuslujuus:

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,y,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \approx 13,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Taivutusjännitys (Rakentajain kalenteri 2007, 52):

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{\frac{F_d \cdot L}{4}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{\frac{14700 \text{ N} \cdot 1200 \text{ mm}}{4}}{\frac{200 \cdot 100^2 \text{ mm}^3}{6}} \approx 13,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,y,d}} \leq 1 \rightarrow \frac{13,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,0 \cdot 13,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \approx 0,97 \rightarrow OK$$

Palkin leikkauskestävyys on vielä tarkastettava. Koska palkki kuuluu käyttöluokkaan 1, sen leveyttä pienennetään kertoimella 0,67 (Liite B, kappale 5.2). Palkin leikkausvoiman maksimi on pistekuorman puolikas (Rakentajain kalenteri 2007, 52):

$$V_{d,\text{max}} = \frac{F_d}{2} = \frac{14700 \text{ N}}{2} = 7350 \text{ N}$$

Leikkausvoimasta voisi vielä jättää osan huomioimatta (Liite B, kappale 5.2), mutta tarkasteltaessa leikkauskestävyyttä koko leikkausvoimalla päästään varmemmalle puolelle.

Mitoitusehto:

(5/12)

$$\tau_d \leq f_{v,d} ,$$

missä τ_d on leikkausjännityksen mitoitusarvo ja $f_{v,d}$ on leikkauslujuuden mitoitusarvo.

Leikkauslujuus:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \approx 1,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leikkausjännitys:

$$\tau_d = \frac{3 \cdot V_{d,\text{max}}}{2 \cdot A} = \frac{3 \cdot 7350 \text{ N}}{2 \cdot 0,67 \cdot 200 \cdot 100 \text{ mm}^2} \approx 0,82 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1 \rightarrow \frac{0,82 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \approx 0,58 \rightarrow OK$$

Pilari

Puristava voima $N_d = 14,7 \text{ kN}$ ja taivuttava voima $Q_d = 0,31 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$.

Seinä tuetaan heikommassa suunnassa levytyksellä, joten seuraavaksi lasketaan nurjahdus vahvempaan suuntaan. Nurjahduspituus on tässä tapauksessa sama kuin pilarin normaali pituus, eli $L_c = 2,5$ metriä (Liite B, taulukko 5.1).

I-profiilisen pilarin mitoitus eroaa hieman suorakaiteen muotoisen sahatavaran mitoituksesta, mutta valmistajan sivuilla on tähän tarkoitukseen suunnitteluopas (PRT-Wood Oy. I-palkkirakenteiden suunnittelu).

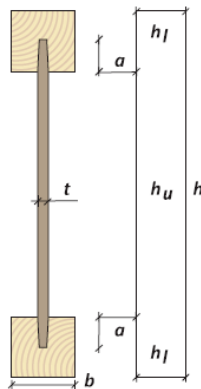
Pilarin jähyysäde saadaan kaavalla (PRT-Wood suunnitteluopas, 7):

(6/12)

$$i = \sqrt{\frac{I_i}{A_{\text{red}}}} = \sqrt{\frac{24,46 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}{4074 \text{ mm}^2}} \approx 77,5 \text{ mm} ,$$

missä I_i on poikkileikkauksen ideaalinen jähyysmomentti ja A_{red} on redusoitu poikkileikkausala. Molempien arvot on saatu suunnitteluoppaasta (taulukko 22).

TAULUKKO 22. Poikkileikkaus- ja mitoitusarvot (PRT-Wood suunnitteluopas, 11)



h mm	h_l mm	A_u mm ²	A_{puu} mm ²	I_{puu} cm ⁴	S_{puu} cm ³	V_{rd} kN	V_u kN	kl	A_{red} mm ²	I_i cm ⁴	M_d kNm	V_{pd} kN	N_{td} kN	N_{cd} kN
200	45	939	3810	2399	149,1	4,95	4,15	1	4074	2446	3,76	5,06	47,0	65,8
								2	4016	2436	3,75	2,96	46,3	64,9
250	45	1239	3810	4128	196,7	6,46	4,15	1	4159	4241	5,22	6,67	48,0	67,2
								2	4081	4216	5,19	3,91	47,1	65,9
250	70	1092	6060	5258	275,7	5,87	6,46	1	6367	5305	6,53	5,88	73,5	102,8
								2	6299	5295	6,52	3,44	72,7	101,7
300	70	1392	6060	8394	351,4	7,35	6,46	1	6451	8506	8,72	7,49	74,4	104,2
								2	6364	8481	8,70	4,39	73,4	102,8
350	70	1692	6060	12287	427,2	8,85	6,46	1	6536	12507	10,99	7,03	75,4	105,6
								2	6430	12458	10,95	4,12	74,2	103,9
400	70	1992	6060	16938	503,0	10,36	6,46	1	6620	17317	13,32	6,68	76,4	106,9
								2	6496	17233	13,26	3,91	74,9	104,9

Hoikkuusluku (Liite B, kaava 5.9):

$$\lambda = \frac{L_c}{i} = \frac{2500 \text{ mm}}{77,5 \text{ mm}} \approx 32,3$$

Seuraavaksi etsitään nurjahduskerroin (kuvio 6), joka tässä tapauksessa on $k_c \approx 0,93$.

Mitoitusehto:

$$\frac{M_d}{M_{sall}} + \frac{N_d}{k_c \cdot N_{sall}} \leq 1 ,$$

missä M_d on mitoittava momentti, M_{sall} on momentin mitoitusarvo, N_d on mitoittava puristusvoima, N_{sall} on puristuksen mitoitusarvo ja k_c on nurjahduskerroin.

Sallittu momentti ja puristusvoima saadaan jakamalla taulukossa 3 annetut mitoitusarvot luvulla 1,60 (PRT-Wood suunnitteluopas, 11):

$$M_{sall} = \frac{3,76 \text{ kNm}}{1,60} = 2,35 \text{ kNm} \quad (7/12)$$

$$N_{sall} = \frac{65,8 \text{ kN}}{1,60} = 41,125 \text{ kN}$$

Puristusvoiman suuruus on $N_d = 14,7 \text{ kN}$ ja momentin suuruus on:

$$M_d = \frac{Q_d \cdot L^2}{8} = \frac{0,31 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot 2500^2 \text{ mm}^2}{8} \approx 0,243 \text{ kNm}$$

Mitoitusehto:

$$\frac{M_d}{M_{sall}} + \frac{N_d}{k_c \cdot N_{sall}} \leq 1 \rightarrow \frac{0,243 \text{ kNm}}{2,35 \text{ kNm}} + \frac{14,7 \text{ kN}}{0,93 \cdot 41,125 \text{ kN}} \approx 0,49 \rightarrow OK$$

Alajuoksu

Seuraavaksi mitoitetaan alajuoksun kiskopaine. Mitoitus tapahtuu samalla tavalla kuin hetkeä aiemmin yläjuoksun tukipituuden määrittäminen.

Puristuslujuus (lujuusluokka C30):

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \approx 1,54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tukipainekerroin:

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} = \frac{90 \text{ mm}}{45 \text{ mm}} \cdot 1,25 = 2,5$$

Puristusjännitys:

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_d}{A_{\text{red}}} = \frac{14700 \text{ N}}{4074 \text{ mm}^2} \approx 3,61 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto:

(8/12)

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1 \rightarrow \frac{3,61 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2,5 \cdot 1,54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \approx 0,94 \rightarrow OK$$

Levyjäykistys

Lasketaan ensin kuinka suuri voima vaikuttaa päätyseinään huomioimalla paikallinen tuulenpaine sekä laajennusosan päädyn pinta-ala ja kertomalla tätä hetkellisen aikaluokan tuulikertoimella. Jaetaan tulos vielä kahdella, sillä kuorma jakautuu kahdelle sivuseinälle:

$$F_d = \frac{1,5 \cdot \left(39 \text{ m}^2 \cdot 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)}{2} \approx 16,7 \text{ kN}$$

Jäykistävät seinälohkot (Liite B, 42):

$$b_i \geq \frac{h}{4} = \frac{2600 \text{ mm}}{4} = 650 \text{ mm}$$

Lohkot tullaan jäykistämään 12 millimetriä vahvalla tuulensuojalevyllä (Tuulileijona).

Lasketaan seuraavaksi naulan leikkauskestävyys. Käytetään pyöreitä konenauloja, joiden halkaisija on 2,9 millimetriä ja pituus 50 millimetriä.

Lasketaan ensin korjauskertoimet k_ρ ja k_l (Liite B, kaavat 6.7 & 6.9):

$$k_\rho = \sqrt{\frac{\rho_k}{350}} = \sqrt{\frac{240}{350}} \approx 0,83 ,$$

missä ρ_k on liitoskappeleiden tiheyksistä pienempi arvo.

$$k_t = \left(0,5 + \frac{t}{12 \cdot d}\right) \cdot k_p = \left(0,5 + \frac{12 \text{ mm}}{12 \cdot 2,9 \text{ mm}}\right) \cdot 0,83 \approx 0,70 \quad (9/12)$$

Tarkistetaan pitääkö naulan leikkauskestävyyttä pienentää. Pienennys on tehtävä jos naulan tartuntapituus on pienempi kuin 12 kertaa naulan halkaisija (Liite B, 32):

$$t_2 = (50 \text{ mm} - 12 \text{ mm}) = 38 \text{ mm} > 12 \cdot d = 12 \cdot 2,9 \text{ mm} = 34,8 \text{ mm}$$

→ Leikkauskestävyyttä ei tarvitse pienentää

Naulan leikkauskestävyyden mitoitusarvo (Liite B, kaava 6.8):

$$R_d = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot 120 \cdot d^{1,7} = \frac{1,1}{1,4} \cdot 0,70 \cdot 120 \cdot 2,9^{1,7} \approx 403 \text{ N}$$

Naulan leikkauskestävyyttä saadaan korottaa (Liite B, 42):

$$F_{f,Rd} = 1,2 \cdot R_d = 1,2 \cdot 403 \text{ N} \approx 483 \text{ N}$$

Lasketaan seuraavaksi seinälohkojen leikkausvoimakestävyydet (Liite B, kaava 7.6):

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} \cdot b_i \cdot c_i}{s},$$

missä $F_{f,Rd}$ on yksittäisen liittimen leikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo, b_i on seinälohkon leveys ja s on liitinväli. Arvo c_i saadaan kaavasta (Liite B, kaava 7.7):

$$c_i = \begin{cases} 1 & \text{kun } b_i \geq \frac{h}{2} \\ \frac{2 \cdot b_i}{h} & \text{kun } b_i < \frac{h}{2} \end{cases}$$

Seinälohko 1:

$$c_1 = \frac{2 \cdot b_1}{h} = \frac{2 \cdot 1200 \text{ mm}}{2600 \text{ mm}} \approx 0,92$$

$$F_{1,v,Rd} = \frac{F_{t,Rd} \cdot b_1 \cdot c_1}{s} = \frac{483 \text{ N} \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 0,92}{80 \text{ mm}} \approx 6665 \text{ N} \quad (10/12)$$

Lasketaan seuraavaksi lohkojen yhdessä tuottama leikkauskestävyys. Seinässä on vain yhdenkaltaisia seinälohkoja. Niitä on kolme kappaletta. Päätyseinän leikkausvoimakkestävyys (Liite B, kaava 7.5):

$$F_{v,Rd} = \Sigma F_{i,v,Rd} = 3 \cdot F_{1,v,Rd} = 3 \cdot 6665 \text{ N} \approx 20,0 \text{ kN}$$

Mitoitusehto:

$$\frac{F_d}{F_{v,Rd}} \leq 1 \rightarrow \frac{16,7 \text{ kN}}{20,0 \text{ kN}} \approx 0,84 \rightarrow OK$$

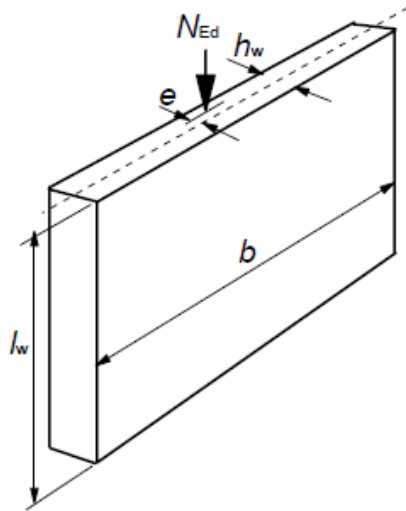
Perustukset

Nykyinen antura on kooltaan 600x200. Tehdään uudestakin anturasta yhtä iso, niin kuormitus maaperään on samanlainen. Anturaa ei tarvitse erikseen mitoittaa, sillä se tehdään LammiTassun valmisanaturamuotilla, joka sisältää myös raudoitteet. Sokkeli valetaan betonista.

Lasketaan perusmuurin puristuskestävyys (BY 60, marraskuu 2008, kappale 12.6.1):

$$N_{Rd} = \eta \cdot f_{cd,pl} \cdot b \cdot h_w \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e}{h_w}\right),$$

missä $\eta = 1,0$ (kun $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$) ja $f_{cd,pl}$ on puristuslujuuden mitoitusarvo. Muut arvot on esitetty alla (kuva 24).



KUVA 24. Merkkien selitykset (BY 60, marraskuu 2008, s. 146)

Mitoitetaan perusmuuri raudoittamattomana. Tällöin puristuslujuuden mitoitusarvo saadaan seuraavasti (BY 60, marraskuu 2008, kappaleet 3.1.6 & 12.3.1):

$$f_{cd,pl} = \frac{\alpha_{cc,pl} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,8 \cdot 0,85 \cdot 20 \text{ MPa}}{1,5} \approx 9,0 \text{ MPa} (= \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})$$

$$N_{Rd} = 1,0 \cdot 9,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 5600 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{25 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}\right) = 5040 \text{ kN}$$

Myös tässä vaihtoehdossa perusmuurille tulee kuormaa 147 kN, joten perusmuurin kestävyys on riittävä.

Seinän takana oleva täyttömaa estää taivutuksen, joten sitä ei tarvitse mitoittaa.

Liitokset

Alajuoksun kiinnitys perustuksiin:

Harjateräkselle tuleva leikkausvoima $V = 1,2 \text{ kN}$. Harjateräksen leikkauslujuus

$f_{vd} = \frac{500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{\sqrt{3}} \approx 288 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$. 6 millimetriä vahvan harjateräksen poikkileikkaus ala on noin 28 neliömilliä, joten se kestää leikkausta yli 8 kN.

Pilarin kiinnitys alajuoksuun:

(12/12)

Pilari alapäähän tulee leikkausvoima $V = 0,64$ kN. Yksi pyöreä konenaula $3,1 \times 90$ kestää hetkellisesti $0,71$ kN, joten se riittäisi yksinään ottamaan liitoksen rasituksen. Käytetään kuitenkin rakennusteknisistä syistä yhteensä neljää naulaa, yksi kummankin paarrepuun molemmille puolille.

Yläjuoksun kiinnitys pilariin:

Yläjuoksussa vaikuttaa leikkausvoima $V = 1,0$ kN. Yksi pyöreä konenaula $3,1 \times 90$ kestää hetkellisesti $0,71$ kN. Naulataan yhteensä neljällä naulalla, kaksi/paarrepuu.

Ristikon kiinnitys yläjuoksuun:

Liitokseen tulevan leikkausvoiman suuruus $V = 1,0$ kN. Ristikko liitetään yläjuoksuun kummaltakin puolelta vahvistetuilla kulmarautoilla $105 \times 105 \times 3 \times 90$. Liitetään kulmarauta yläjuoksuun sekä ristikkoon 4×40 ankkurinauloilla. Käytetään kiinnittämiseen neljää naulaa sekä yläjuoksuun että ristikkoon/kulmarauta.

Liite 3. Ylöslaajennuksen kantavien rakenteiden laskelmat

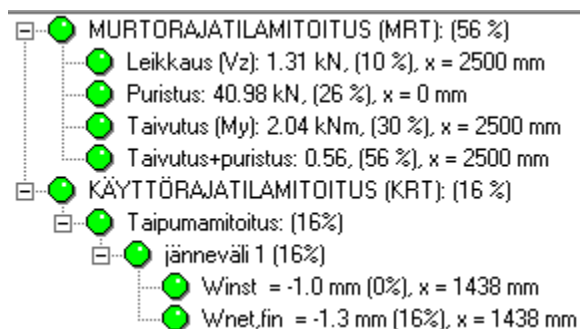
(1/6)

Osalla pilareista on sama profiilikoko, mutta vain pituus ja kuormitus muuttuvat. Jokaisesta pilaria ei siis tarvitse erikseen mitoittaa, vaan riittää, että tarkastelee vaativimman tapauksen. Tässä laajennusvaihtoehdossa tullaan tarkastelemaan seuraavat rakenneosat:

- Päädyssä oleva seinäpilari C24 75x200x2500
- Parvekepilari C24 100x100x3000 + sen vaatima pilariantura
- Parvekepalkki C24 100x100x2850
- Väliseinän seinäpilari Kerto-S 63x200x2370
- Väliseinäpalkki Kerto-S 63x200x4710
- Lyhyempi välipohjapalkki C24 150x150x3200
- Pidempi välipohjapalkki C24 150x150x4800
- Harjan kannatinpalkki Kerto-S 75x260x3200
- Toinen kannatinpalkki Kerto-S 57x360x3200
- Kattovasa C24 48x172x5575

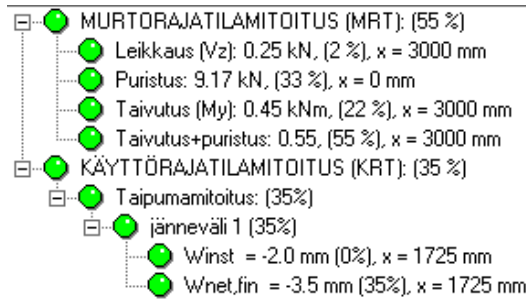
Jokainen tapaus käydään läpi siten, että ensin määritetään rakennemalli, sitten asetetaan kyseiselle rakenneosalle tulevat kuormitukset ja lopuksi otetaan kuva josta näkyy rakenteen kestävyys sekä käyttö- että murtorajatilassa.

Päädyssä oleva seinäpilari C24 75x200x2500:



Parvekepilari C24 100x100x3000:

(2/6)

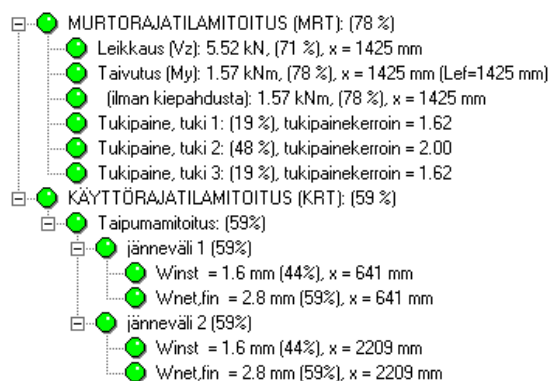


Parvekepilarin laskentakuvasta näemme, että siinä vaikuttaa puristusvoima 9,17 kN. Aikaisemmin tutkitun raudoittamattoman betonin puristuskestävyys oli $f_{cd,pl} \approx 9,0 \frac{N}{mm^2}$. Tällöin raudoittamattoman pilarianturan vaadittu pinta-ala saadaan jakamalla puristusvoima puristuskestävyydellä, eli:

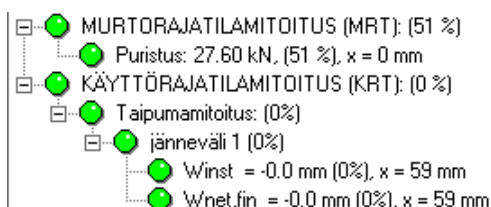
$$A_{vaad} = \frac{9170 \text{ N}}{9,0 \frac{N}{mm^2}} \approx 1019 \text{ mm}^2$$

Kun pilarin poikkileikkaus on neliö, saadaan sivumitta neliöjuurella. Tässä tapauksessa sivumitan suuruudeksi tulee noin 32 millimetriä. Näin pientä pilarianturaa ei kuitenkaan kannata alkaa valamaan, joten valitaan kooksi 150x150x800 ja anturoiden kooksi 600x600x200.

Parvekepalkki C24 100x100x2850:

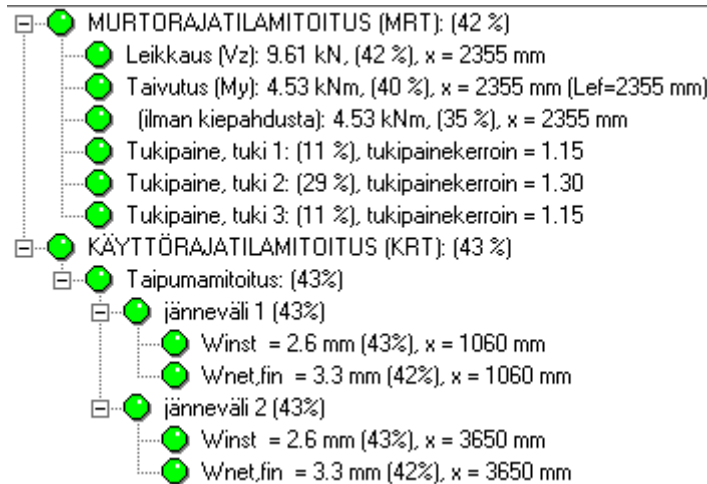


Väliseinän seinäpilari Kerto-S 63x200x2370:

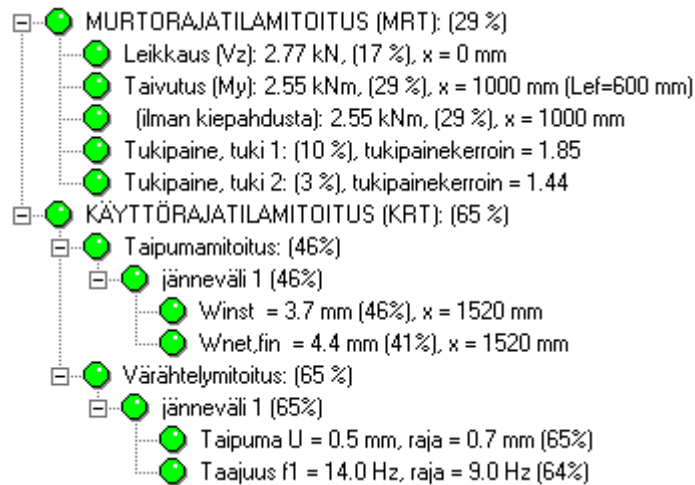


Väliseinäpalkki Kerto-S 63x200x4710:

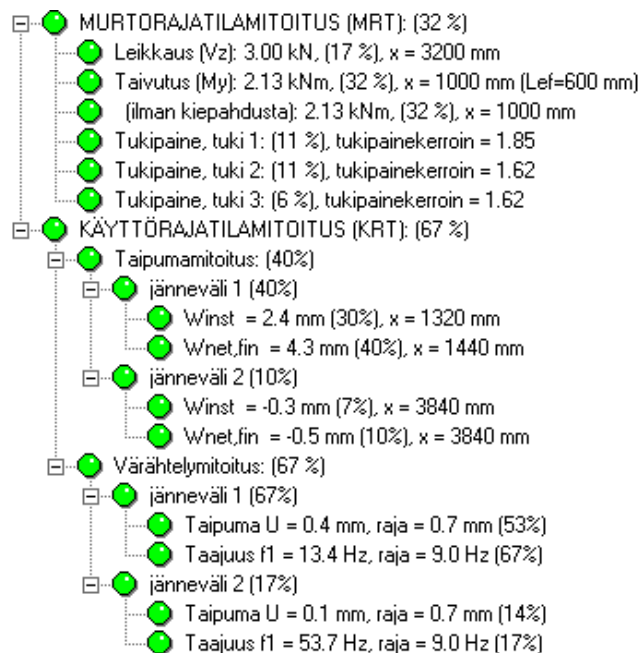
(3/6)



Lyhyempi välipohjapalkki C24 150x150x3200:

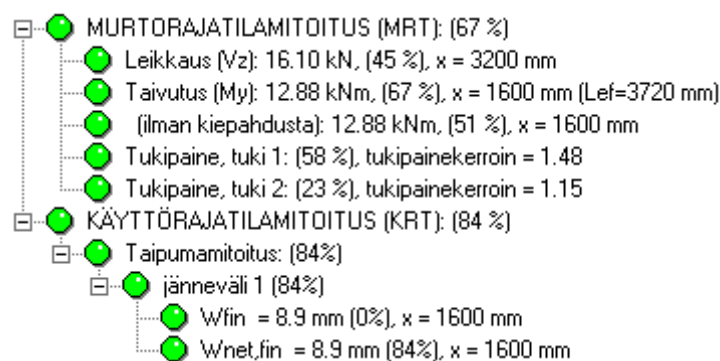


Pidempi välipohjapalkki C24 150x150x4800:

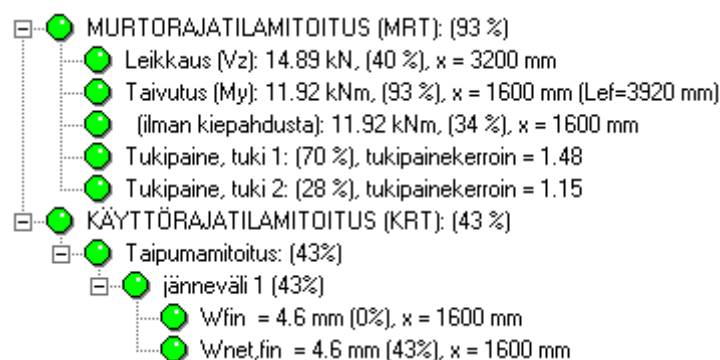


Harjan kannatinpalkki Kerto-S 75x260x3200:

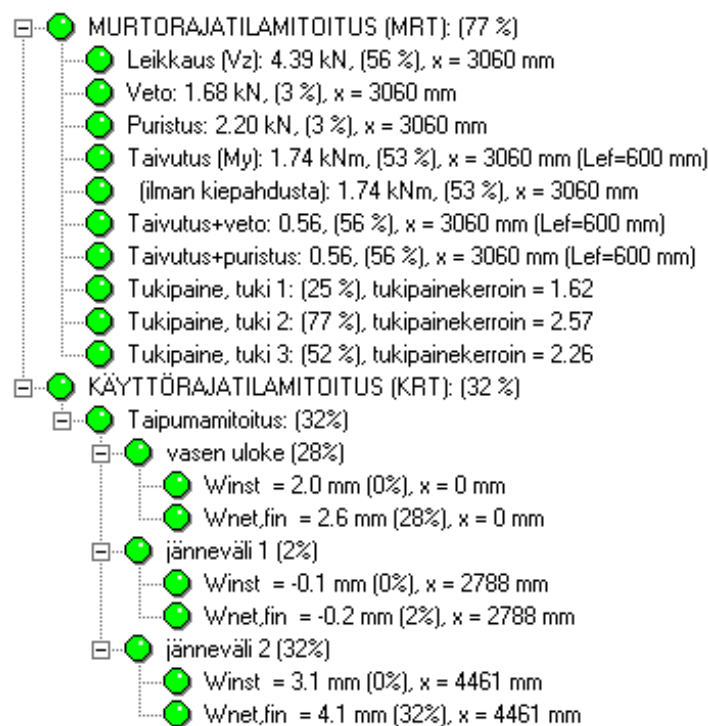
(4/6)



Toinen kannatinpalkki Kerto-S 57x360x3200:



Kattovasa C24 48x172x5575:



Liitokset

(5/6)

Seinäpilari ala- ja yläjuoksuun:

Leikkaavaa voimaa 1,0 kN, joten käytetään neljää pyöreää konenaulaa 3,1 x 90.

Parvekepilari pilarikenkään:

Leikkausvoiman suuruus 0,25 kN, joten yksikin naula riittäisi. Käytetään kuitenkin mm. asennusaikaisen tasapainon vuoksi neljää 4x40 ankkurinaulaa/pilarikengän puoli.

Parvekepalkki parvekepilariin:

Palkin ja pilarin leikkauskohdassa on sama voima 0,25 kN. Kiinnitetään jokainen pilari kummaltakin puolelta palkkiin 100x200x2 naulauslevyillä sekä kahdeksalla 4x40 ankkurinaulalla (4 naulaa pilariin ja 4 naulaa palkkiin).

Väliseinäpalkki seinäpilariin:

Liitoskohdassa on leikkausvoimaa 1,8 kN. Käytetään samanlaista liitostapaa kuin ylempanä, mutta isompaa naulauslevyä, eli 100x300x2 naulauslevy sekä kahdeksan 4x40 ankkurinaulaa pilarin kummallekin puolelle.

Välipohjapalkki tuille:

Leikkausvoimaa 1,7 kN. Palkin molemmille puolille jokaisen tuen kohdalle 40x40x2,5x40 kulmalevyt ja kahdeksan 4x40 ankkurinaulaa/kulmalevy.

Lattialevy välipohjapalkkiin:

Lattialevyt liimataan palkkeihin, jolloin ne toimivat paremmin värähtelyä vastaan. Varmistetaan liitos vielä naulaamalla levyt 100 millimetrin välein pyöreillä 3,1 x 90 konenauloilla.

Kannatinpalkki seinäpilariin:

(6/6)

Leikkausvoiman suuruus 2,2 kN. Pilarin kummallekin puolelle 100x300x2 naulauslevyt ja kiinnitys kahdeksalla 4x40 ankkurinaulalla/naulauslevy.

Vasan kiinnitys harjalla:

Leikkaavaa voimaa 3,4 kN. Vasat kiinnitetään molemmilta puolilta toisiinsa 100x300x2 naulauslevyillä sekä kahdeksalla 4x40 ankkurinaulalla/naulauslevy.

Vasan kiinnitys keskeltä:

Liitoksessa leikkausvoimaa 1,5 kN. Kiinnitetään vasan molemmilta puolin 60x60x2,5x60 kulmarautoilla sekä kahdeksalla 4x40 ankkurinaulalla/kulmarauta.

Vasan kiinnitys räystäällä:

Leikkausvoimaa 1,5 kN. Yläjuoksun kohdalla vasan alla on kattokulmaan sahattu pilari, johon vasat kiinnitetään molemmilta puolilta 100x300x2 naulauslevyillä sekä kahdeksalla 4x40 ankkurinaulalla/naulauslevy.