

Anssi Alastalo

1-KERROKSISEN OMAKOTITALON LAAJENTAMINEN 1,5-
KERROKSISEKSI, HAASTEET JA RATKAISUT

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
2019

1-KERROKSISEN OMAKOTITALON LAAJENTAMINEN 1,5-
KERROKSISEKSI, HAASTEET JA RATKAISUT

Alastalo, Anssi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Joulukuu 2019
Sivumäärä:42
Liitteitä:3

Asiasanat: omakotitalot, lisärakentaminen, rakenteet (rakentaminen)

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin omakotitalon ylöspäin laajentamisen haasteita ja ratkaisuja. Tarkoituksena oli esittää ylöspäin laajentamisen niitä erityispiirteitä, mitkä saattavat vaikuttaa laajentamistavan valintaan.

Tämän opinnäytetyön aihe rajattiin koskemaan kalliolle perustettua puurankarunkoista omakotitaloa, koska kyseinen talotyyppi on hyvin yleinen Suomessa. Lisäksi sen tyyppistä taloa pystyttiin käyttämään esimerkkitalona havainnollistamaan haasteita ja ratkaisuja.

Teoriaosuudessa käsiteltiin rakentamista ja rakentamisen suunnittelua ohjaavaa lainsäädäntöä ja ohjeita. Lisäksi tarkasteltiin puurankarunkoisen talon rakenteita ja niihin kohdistuvia kuormia. Opinnäytetyössä keskityttiin ylöspäin laajentamisen kannalta merkittävimpiin rakenteisiin.

Ylöspäin laajentamisen haasteita havaittiin kolmea tyyppiä: rakenteelliset haasteet, toteutukseen liittyvät haasteet ja rakenteen toimivuuteen liittyvät haasteet. Opinnäytetyön tuloksena syntyi rakenne- tai toimintaratkaisu havaittuun haasteeseen. Haasteita ja niiden ratkaisuja havainnollistettiin laskelmilla ja kuvilla.

EXTENSION OF 1-FLOOR HOUSE TO 1.5-FLOORS, CHALLENGES AND SOLUTIONS

Alastalo, Anssi
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
December 2019
Number of pages:42
Appendices:3

Keywords: detached house, additional construction, framework

This thesis looked at the challenges and solutions for expanding a detached house upwards. The purpose was to present the specific features of the upward extension that may influence the choice of the extension method.

The subject of this thesis was limited to a timber framed detached house with foundations on bedrock, as this type of house is very common in Finland. In addition, a house of this type could be used as an example to illustrate the challenges and solutions.

The theoretical part of this thesis dealt with legislation and guidelines concerning construction and construction planning. In addition, the structures and the loads of the timber frame house were examined. The thesis focused on the most significant structures of upstairs extension.

There were three types of challenges facing upward expansion: structural challenges, implementation challenges, and challenges on functionality of the structure. As a result of the thesis, a structural or functional solution to the perceived challenge emerged. The challenges and their solutions were illustrated with calculations and figures.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Opinnäytetyön tausta	6
1.2	Aiheen rajaus	6
1.3	Työn rakenne	7
2	RAKENTAMISEN SUUNNITTELUA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ, SÄÄNNÖKSET JA OHJEET	7
2.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.....	8
2.2	Ympäristöministeriön asetukset.....	8
2.3	Rakennusjärjestys	9
2.4	Rakennuslupa.....	9
3	PIENTALON PUURUNKOMATERIAALIT JA -RAKENTEET.....	10
3.1	Puurunkomateriaalien ominaisuudet ja käyttökohteet.....	10
3.2	Puurakenteiden lujuusominaisuuksien mitoitusarvot	11
3.3	Ulkoseinä	12
3.4	Yläpohja ja vesikatto.....	14
4	PIENTALON KUORMAT	16
4.1	Rakenteiden omapaino.....	16
4.2	Hyötykuormat	16
4.3	Lumikuorma.....	17
4.4	Tuulikuorma.....	18
5	YLÖSPÄIN LAAJENTAMINEN.....	19
5.1	Edut ja haitat	19
5.2	Toteutuksen vaihtoehdot.....	20
5.3	Turvallisuus.....	21
5.4	Lohkojen rakentaminen	22
5.5	Lohkojen nosto ja asennus	23
6	VANHAN RUNGON MITTATARKKUUS	25
6.1	Vanhan seinärungon korkeus.....	26
6.2	Ristimitta.....	26
7	VANHAN RUNGON KESTÄVYYS.....	26
7.1	Runkotolpan kestävyys	26
7.2	Rakennukseen kohdistuva tuulikuorma	28
7.3	Jäykistäminen.....	28
8	KOSTEUDEN HALLINTA.....	30

8.1	Rakennusaikainen kosteuden hallinta	31
8.2	Rakennuksen tiiviys	32
9	MUUTA RAKENTEELLISTA HUOMIOITAVAA.....	33
9.1	Asuinhuoneiston sisäportaat	34
9.2	Hormien jatkaminen.....	35
10	YHTEENVETO JA POHDINTAA.....	36
10.1	Rakenteelliset haasteet ja ratkaisut	36
10.2	Toteutukseen liittyvät haasteet ja ratkaisut	37
10.3	Rakenteen toimivuuden haasteet ja ratkaisut.....	38
10.4	Pohdintaa.....	39
	LÄHTEET	41
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta

Yleinen tapa laajentaa omakotitaloja Suomessa on laajennusosan rakentaminen talon kylkeen. 1970-luvulla tämä laajennus oli usein ”elintasosiipi”, johon sijoitettiin pesu- ja saunatilat. Toki sivullepäin laajentamalla on hankittu myös lisää oleskelu- ja makuutiloja. Aina sivullepäin laajentaminen ei kuitenkaan ole mieluisa, tai edes mahdollinen vaihtoehto. Esimerkiksi talon arkkitehtuuriin ei sovi normaali laajennus, tai tontti ja piha asettavat rajoitteita laajentamiselle.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan talon laajentamista ylöspäin. Valitsin tämän aiheen, koska toteutin omaan omakotitalooni kyseisen laajennuksen, ja koin että aiheutta kannattaa käsitellä, koska ylöspäin laajentamisen haasteista ei ole juurikaan aineistoa saatavilla.

1-kerroksiseen taloon toisen kerroksen rakentamisessa on monia haasteita. Haastavaksi laajentamisen voi esimerkiksi tehdä jokin tekninen toteutus tai vaurioriski. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tuoda esiin näitä haasteita ja esittää yksi vaihtoehto niiden ratkaisemiseksi. Ratkaisujen esittämisen havainnollistamiseksi rakenteita on esitetty esimerkkitalon avulla.

1.2 Aiheen rajaus

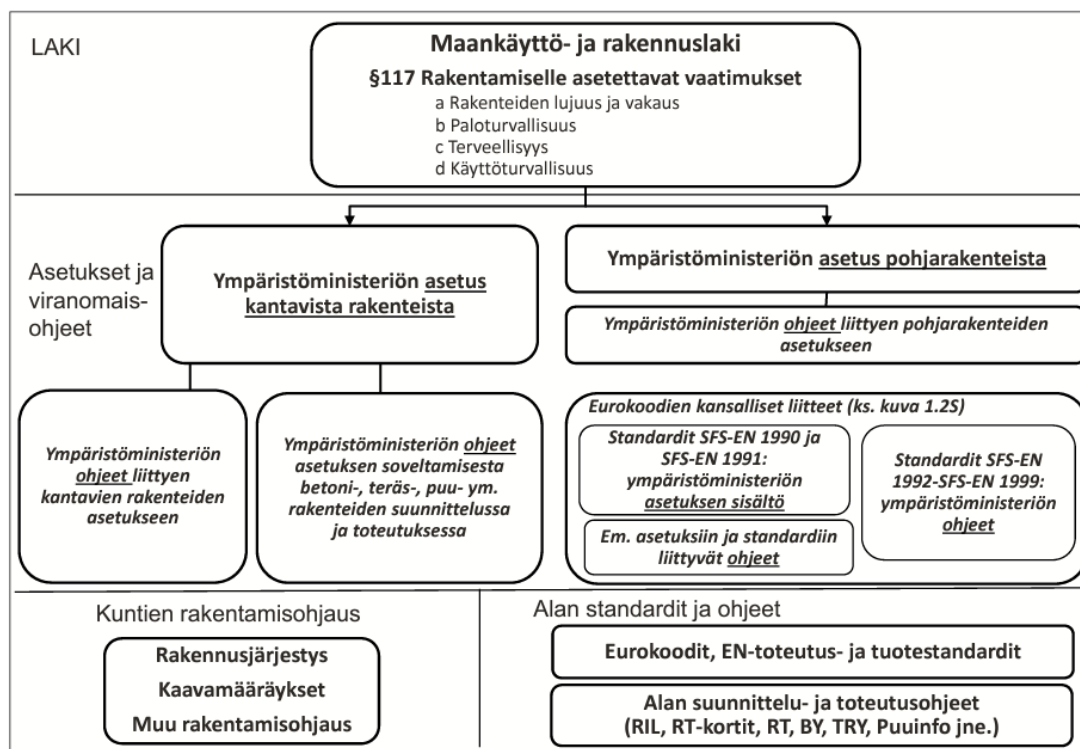
Olemassa olevia pientaloja on paljon erilaisia. Eri vuosikymmenillä on ollut oma rakentamistapansa ja -tyylinsä. Rakennusmateriaaleja on myös useita. Jokainen laajennus on tästä syystä yksilöllinen, ja sillä on omat ominaispiirteensä. Tässä opinnäytetyössä esimerkkinä käytetty talo on kalliolle perustettu puurunkoinen mineraalivillalla eristetty omakotitalo. Talo on alun perin rakennettu vuonna 1970, ja sitä on laajennettu 1990. Opinnäytetyöni on rajattu esimerkkitalon laajennuksen haasteisiin ja ratkaisuihin.

1.3 Työn rakenne

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan rakentamista rakennesuunnittelun näkökulmasta ja sovelletaan sitä ylöspäin laajentamisen haasteisiin. Teoriaosuudessa käsitellään rakentamista ohjaavaa lainsäädäntöä ja ohjeita, sekä pientalon rakenteita ja niihin kohdistuvia kuormia. Aihealueista käsitellään yläkertalaajennuksen kannalta niiden olennaisimmat osat. Ongelmakohtia ja ratkaisuja selvennetään detalji- sekä valokuvin. Ratkaisujen tueksi on esimerkkitalon avulla esitetty laskelmia kuormista ja rakenteiden kestävydestä.

2 RAKENTAMISEN SUUNNITTELUA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ, SÄÄNNÖKSET JA OHJEET

Rakenteiden suunnittelua säätelee ja ohjaa Maankäyttö- ja rakennuslaki, ympäristöministeriön asetukset, alan standardit ja ohjeet sekä kuntien rakentamishjaus (Kaavio 1).



Kaavio 1. Lait, asetukset, standardit ja ohjeet eurokoodipohjaisessa suunnittelussa (RIL 205-1-2017, 22).

2.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999

Suomessa alueiden käyttöä ja rakentamista ohjaa Maankäyttö- ja rakennuslaki. Maankäyttö- ja rakennuslaki ja -asetus sisältävät säännöksiä mm. kaavoituksesta, kuntien rakennusjärjestyksestä, tonttijaosta, rakentamiselle asetettavista yleisistä vaatimuksista sekä rakentamisen luvista ja muusta rakentamisen valvonnasta. (Ympäristöministeriö 2016)

Lain tarkoituksena on ohjata rakentamista siten, että sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitys, suunnittelun laatu, kansalaisten osallistumismahdollisuus asioiden valmistelussa ja avoin tiedottaminen on turvattu. (Ympäristöministeriö 2016) ”Tavoitteena on luoda terveellinen, turvallinen ja viihtyisä elinympäristö, joka on sosiaalisesti toimiva ja jossa eri väestöryhmien tarpeet on otettu huomioon.” (Ympäristöministeriö 2016)

Maankäyttö- ja rakennuslain luvusta 17 löytyvässä pykälässä 117 on eriteltyinä vaatimukset rakennuksen suunnittelemiselle ja rakentamiselle. Vaatimuksia eri osa-alueille on eriteltyinä pykälissä 117 a – 117 g.

- 117 a § Rakenteiden lujuus ja vakaus
- 117 b § Paloturvallisuus
- 117 c § Terveellisyys
- 117 d § Käyttöturvallisuus
- 117 e § Esteettömyys
- 117 f § Meluntorjunta ja ääniolosuhteet
- 117 g § Energiatehokkuus

2.2 Ympäristöministeriön asetukset

Rakentamisen ja rakentamisen suunnittelun kannalta tärkeitä ympäristöministeriön asetuksia ovat asetus pohjarakenteista, asetus kantavista rakenteista sekä asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta.

Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista tuli voimaan 1.9.2014, ja se kumosi rakentamismääräyskokoelman osan B3. Asetusta sovelletaan pohjarakenteiden suunnitteluun ja toteutukseen, huomioiden myös yläpuolisten rakenteiden toimivuus. (Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 465/2014)

Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista tuli voimaan 1.9.2014, ja se kumosi rakentamismääräyskokoelman osat B1, B2, B4, B5, B7, B8 ja B10. Asetusta sovelletaan niin uudis-, kuin korjausrakentamiseenkin. Asetus keskittyy jäykistävien ja kantavien rakenteiden suunnitteluun ja toteutukseen. (Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista 477/2014)

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta tuli voimaan 1.1.2018. Asetus koskee uudis- ja korjausrakentamisen sekä laajennuksen rakentamista ja suunnittelua. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017)

2.3 Rakennusjärjestys

Maankäyttö- ja rakennuslaki velvoittaa kuntia laatimaan rakennusjärjestyksen. Rakennusjärjestyksessä määräykset saavat vaihdella kunnan eri alueilla. Tämä antaa kunnille mahdollisuuden ottaa eri alueiden piirteet ja tarpeet huomioon, ja ohjata rakentamista suunnitelmallisesti. Rakennusjärjestyksen ohjeita ei noudateta, mikäli ne ovat ristiriidassa Suomen rakentamismääräyskokoelmassa, oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa tai asemakaavassa määriteltyjen määräysten kanssa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1 luku 14 §)

2.4 Rakennuslupa

Kaikki rakentamis- ja laajennustyöt vaativat joko rakennusluvan tai toimenpideluvan. Lähes aina tarvitaan rakennuslupa. Luvan myöntää kunnan rakennusvalvontaviranomainen. Rakennusluvan hakee rakennuspaikan haltija kirjallisesti. Rakennuslupahakemukseen liitettävien asiakirjojen määrä vaihtelee hankekohtaisesti. (Ympäristöministeriö 2015)

3 PIENTALON PUURUNKOMATERIAALIT JA -RAKENTEET

Tässä kappaleessa käsitellään pientalon puurungossa käytettyjä puujalosteita ja niiden käyttökohteita. Lisäksi esitettyinä esimerkit puurunkoisen pientalon rakenteista. Tarkasteluun on otettu rakenteet mitkä ovat oleellisia ylöspäin laajentamisen kannalta.

3.1 Puurunkomateriaalien ominaisuudet ja käyttökohteet

Pientalon puurungossa käytetään pilari- ja palkkirakenteissa kolmea erilaista puujalostetta: sahatavaraa, liimapuuta ja viilupuuta (LVL). Seinärunko tehdään yleensä lujuusluokitellusta mitallistetusta sahatavarasta. Liimapuuta käytetään pilari- ja palkkirakenteissa, joihin kohdistuu suurempia kuormia. Yleisiä viilupuuta rakenteita ovat mm. alapohja- ja välipohjapalkit. Eri puujalosteiden ominaisuuksia on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Lujuusluokka	Sahatavara			Liimapuuta		Halkaistu liimapuuta	
	C18 (T1)	C24 (T2)	C30 (T3)	GL24c	GL30c	GL30cs ¹⁾	
Ominaislujuudet (N/mm ²)							
Taivutus	$f_{m,k}$	18	24	30	24	30	28
Veto	$f_{t,0,k}$	10	14,5	19	17	19,5	18,7
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
Puristus	$f_{c,0,k}$	18	21	24	21,5	24,5	23,3
	$f_{c,90,k}$	2,2	2,5	2,7	2,5	2,5	3,0
Leikkaus	$f_{v,k}$	3,4	4,0	4,0	3,5	3,5	3,5
Jäykkyysominaisuudet (N/mm ²)							
Kimmomoduuli	$E_{0,mean}$	9000	11000	12000	11000	13000	12500
	$E_{90,mean}$	300	370	400	300	300	300
Liikumoduuli	G_{mean}	560	690	750	650	650	650
Tiheydet (kg/m ³)							
Ominaisstiheys	ρ_k	320	350	380	365	390	390
Tiheyden keskiarvo	ρ_{mean}	380	420	460	400	430	430

Taulukko 1. Sahatavaran ja liimapuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet yleisimmässä lujuusluokissa (Eurokoodi 5. Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje, 17).

Tyyppi		Kerto-S	Kerto-T	Kerto-Q
Paksuus (mm)		21 - 90	27 - 75	27 - 69
Ominaislujuudet (N/mm²)				
Taivutus syrjällään	$f_{m,k}$	44	27	32
Kokovaikutuseksponentti	S	0,12	0,15	0,12
Taivutus lappeellaan	$f_{m,0,flat,k}$	50	32	36
Veto syysuuntaan	$f_{t,0,k}$	35	24	26
Veto poikittain syrjällään	$f_{t,90,edge,k}$	0,8	0,5	6,0
Puristus syysuuntaan	$f_{c,0,k}$	35	26	26
Puristus poikittain syrjällään	$f_{c,90,edge,k}$	6	4	9
Puristus poikittain lappeellaan	$f_{c,90,flat,k}$	1,8	1,0	2,2
Leikkaus syrjällään	$f_{v,k}$	4,1	2,4	4,5
Lappeellaan pintaviilun suuntaan	$f_{r,0,k}$	2,3	1,3	1,3
Jäykkyysominaisuuudet (N/mm²)				
Kimmomoduuli	E_{mean}	13800	10000	10500
Liukumoduuli	$G_{edge, mean}$	600	400	600
Tiheydet (kg/m³)				
Ominaiistiheys	ρ_k	480	410	480
Tiheyden keskiarvo	ρ_{mean}	510	440	510

Taulukko 2. Viilupuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuuudet ja tiheydet yleisimmässä lujuusluokissa (Eurokoodi 5. Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje, 18).

3.2 Puurakenteiden lujuusominaisuuksien mitoitusarvot

Lujuusominaisuuksien mitoitusarvot standardin EN 1995-1-1 mukaan lasketaan kaavalla:

$$X_d = k_{mod} * X_k / \gamma_M$$

missä:

k_{mod} = Muunnoskerroin (kuorman kesto ja kosteus)

X_k = Lujuusominaisuuden ominaisarvo

γ_M = Materiaalin osavarmuusluku

Materiaali	Käyttöluokka	Kuorman aikaluokka		
		Pysyvä	Keskipitkä	Hetkellinen
Sahatavara, Pyöreä puutavara, Liimapuu, LVL, Vaneri, CLT	1	0,60	0,80	1,10
	2	0,60	0,80	1,10
	3	0,50	0,65	0,90
Lastulevy P4 ¹⁾ , OSB/2 ¹⁾ , Kova kuitulevy	1	0,30	0,65	1,10
	2	0,20	0,45	0,80
Lastulevy P6 ¹⁾ , OSB/3 ja OSB/4	1	0,40	0,70	1,10
	2	0,30	0,55	0,90
Puolikovat kuitulevyt: MBH.LA ¹⁾ , MBH.HLS, MDF.LA ¹⁾ ja MDF.HLS	1	0,20	0,60	1,10
	2	-	-	0,80

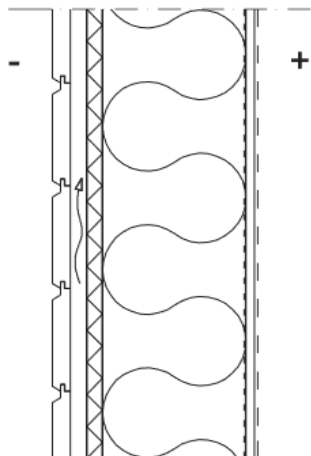
Taulukko 3. Muunnoskerrointaulukko k_{mod} (Eurokoodi 5. Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje, 17)

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara yleensä	1,3
Liimapuu, CLT	1,25
LVL, vaneri, OSB-levy	1,2
Muu lastulevy, kuitulevyt	1,3
Liitokset	1,3
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

Taulukko 4. Materiaalin osavarmuusluvut γ_M (Eurokoodi 5. Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje, 15)

3.3 Ulkoseinä

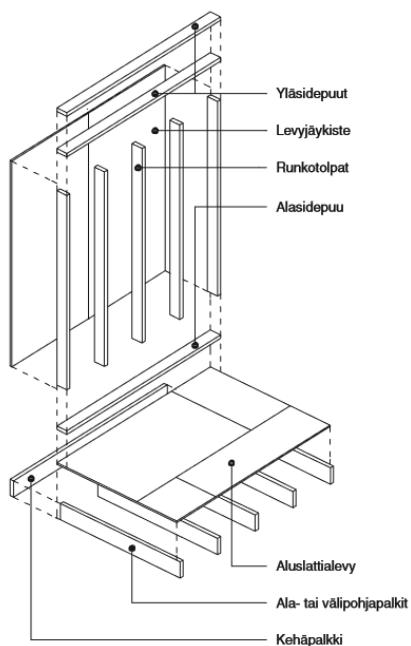
Kuvan 1 ulkoseinä rakenne on lämmönläpäisykerroimeltaan $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$, ja siinä kantavana runkona on 48mm x 223 mm tolppa. Vanhemmissa omakotitaloissa kantavana rakenteena on käytetty huomattavasti pienempää puuta. Kantavana runkona on voinut olla esim. 100mm x 50mm sahatavara. Lisää eristevahvuutta on saatu koolamalla rakenne vaakaan 50mm x 50mm puulla. Ulkoverhouksen ja tuulensuojan välissä tulee olla yhtenäinen pystysuuntainen tuuletusrako. Höyrynsulkukalvo sijoitetaan lähelle lämmöneristeen lämmintä pintaa. Tavanomaisissa kuivissa huonetiloissa höyrynsulkukalvo tulee sijoittaa ulkoseinään siten, että vähintään 75% eristevahvuudesta on höyrynsulkukalvon ulkopuolella (RIL 107-2012, 76).



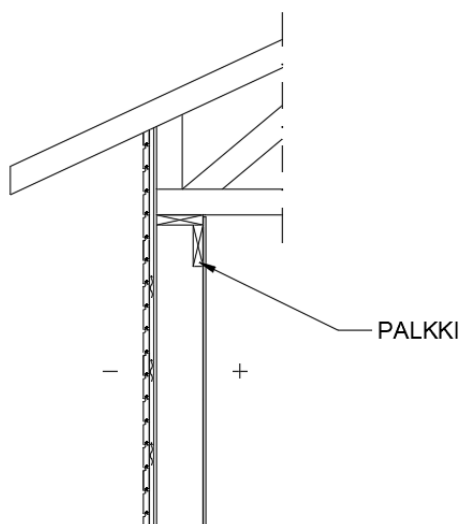
	Pintakäsittely rakennuselostuksen mukaan
28 mm	Ulkoverhous rakennuselostuksen mukaan, ulkoverhouslauta (vähintään 24 mm)
22...25 mm	Tuuletusväli
	Pystylaudat , 22...25 mm k 600 kiinnityslaudat runkotolppien kohdilla
25 mm	Tuulensuoja , mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,033$ W/mK
223 mm	Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, puurunko 48x223 k 600
	Lämmöneriste , 223 mm mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,036$ W/mK
0,2 mm	Ilman- ja höyrynsulku , polyeteenimuovikalvo, saumat ilma- ja höyrytiivit
9...15 mm	Rakennuslevy , esimerkiksi vaneri, lastulevy, kartonkipintainen kipsilevy
	Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Kuva 1. Puurunkoinen seinä RT US 701. (RT 82-11006 2010, 24)

Ulkoseinän yläsidepuuna on usein käytetty kahta runkotolppaa vastaavaa puuta lappeelleen asennettuna (kuva 2). Vanhojen talojen runkotolppiin ei yleensä ole lovetta palkkia, mikä jäykistäisi runkoa ja jakaisi ristikoilta tulevaa kuormaa (kuva 3).



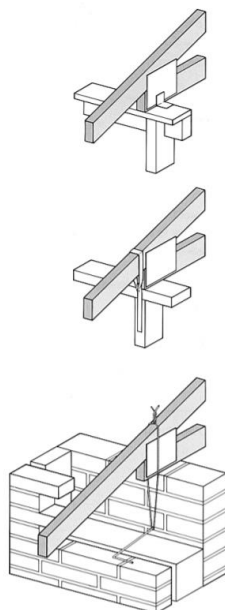
Kuva 2. Avoimen puurakennusjärjestelmän perusosat (RT 82-10820 2004, 3)



Kuva 3. Palkki lovetuna runkotolppaan

3.4 Yläpohja ja vesikatto

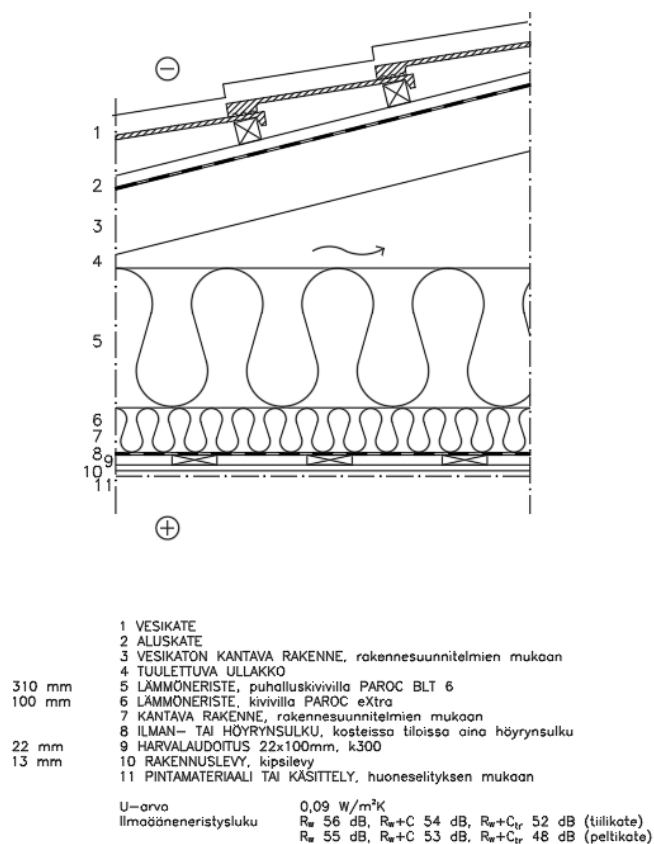
Yläpohjan ja vesikaton kantavat rakenteet ovat 1970-luvulla ja sen jälkeen valmistuneissa taloissa yleensä ristikkorakenteisia. Ristikot kiinnitetään yläsidepuihin kulmalevyillä. Ristikoiden naulaaminen vinonauloilla on kielletty, koska naula saattaa vaurioittaa ristikon tukipintaa (RT 85-10495 1993, 7). Kulmalevyjen kiinnitys tapahtuu ankkurinauloilla tai naulauslevyruuveilla. Vaihtoehtoinen kiinnitystapa on sinkityllä teräsvanteella (Kuva 4).



Kuva 4. NR-ristikoiden kiinnitystapoja. (RT 85-10495 1993, 7)

Pientalojen katot ovat usein jyrkkiä kattoja. Tällä tarkoitetaan kattoja, joiden kaltevuus on suurempi kuin 1:20. Pientalojen vesikatteena voidaan käyttää esimerkiksi bitumikatteita, katopeltiä tai kattotiiliä. Katemateriaali luokitellaan ns. epäjatkovaksi, mikäli sen sauma ei kestä vedenpainetta. Epäjatkovia katteita ovat siis erilaiset aaltolevy-, pelti- ja tiilikatteet. Bitumikatteista epäjatkovia ovat kattolaattakate ja kolmiorimakate. Katemateriaali vaikuttaa sen alla oleviin rakenteisiin. Epäjatkovat katemateriaalit vaativat alle vesitiiviin aluskatteen tai -kermin. (Toimivat katot 2019, 62-63)

Yläpohjaeristeenä käytetään usein levyvillan ja puhallusvillan yhdistelmää. Levyvillaa asennetaan pohjalle yksi kerros, minkä päälle puhalletaan riittävä määrä puhallusvillaa, että päästään haluttuun U-arvoon (kuva 5). Kuvan 5 rakenteen voi eristää myös kokonaan puhallusvillalla tai levyvillalla. Levyvilla antaa hyvän kitka-alustan puhallusvillalle, jolloin rakennetta voidaan käyttää myös vinoissa yläpohjarakenteissa. Levyvilla voidaan asentaa alle myös siksi, että rakennuksen lämmitys ja kuivaus voidaan aloittaa jo ennen yläpohjan IV-, ja sähkötoita. (Paroc Group Oy:n www-sivut)



Kuva 5. Esimerkki yläpohjarakenteesta (Paroc Group Oy:n www-sivut).

4 PIENTALON KUORMAT

Omakotitaloa suunniteltaessa, ja ylöspäin laajentaessa, täytyy ymmärtää rakennukseen ja sen osiin kohdistuvat kuormat. Pystysuuntaisia kuormia ovat rakenteiden omapaino, hyötykuormat ja lumikuormat. Vaakasuuntaisia kuormia ovat tuulikuorma ja maapaine. Tässä kappaleessa käsitellään näiden (pois lukien maapaine) laskemista, ja suunnittelun mitoitus arvoja.

4.1 Rakenteiden omapaino

Rakenteiden omaa painoa käsitellään standardissa SFS-EN 1991-1-1 Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat. Tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat. Omaan painoon lasketaan mukaan kantavat ja ei-kantavat rakennusosat sekä kiinteät laitteet. Keveiden ei-kantavien väliseinien omapaino voidaan laskea tasaisena kuormana, jonka minimi arvo on $0,3 \text{ kN/m}^2$ (RIL 205-1-2017, 34).

Rakenteiden omaa painoa laskettaessa tulee käyttää materiaalien todellisia tilavuuksia ja tiheyksiä. Tilavuuspaino γ (kN/m^3) saadaan laskettua kertomalla materiaalin tiheys ρ (kg/m^3) putoamiskiihtyvyydellä g (10 m/s^2). Rakennuspuulle (sahatavara, liimapuu, viilupuu, vaneri) voidaan käyttää yleisesti tilavuuspainoa 5 kN/m^3 (RIL 205-1-2017, 34). Kappaleen paino saadaan kertomalla tilavuuspaino tilavuudella.

4.2 Hyötykuormat

Hyötykuormia ovat mm. ihmiset ja liikuteltavat kalusteet. Omakotitalo kuuluu luokkaan A, joten mitoittava hyötykuorma välipohjalle ja portaille on $2,0 \text{ kN/m}^2$ (taulukko 5). ”Hyötykuorma oletetaan liikkuvaksi kuormaksi, joka vaikuttaa tarkasteltavan rakenteen epäedullisimmassa osassa” (Eurokoodi 5, Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje). Mikäli halutaan tarkastella rakenteen tietyn pisteen kestävyyttä, lasketaan hyötykuorma pistekuormana kyseiselle rakenteelle. Pistekuorman ollessa $2,0 \text{ kN}$, tai alle, kuormitusalueena käytetään $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ kokoista alaa (RIL 205-1-2017, 35).

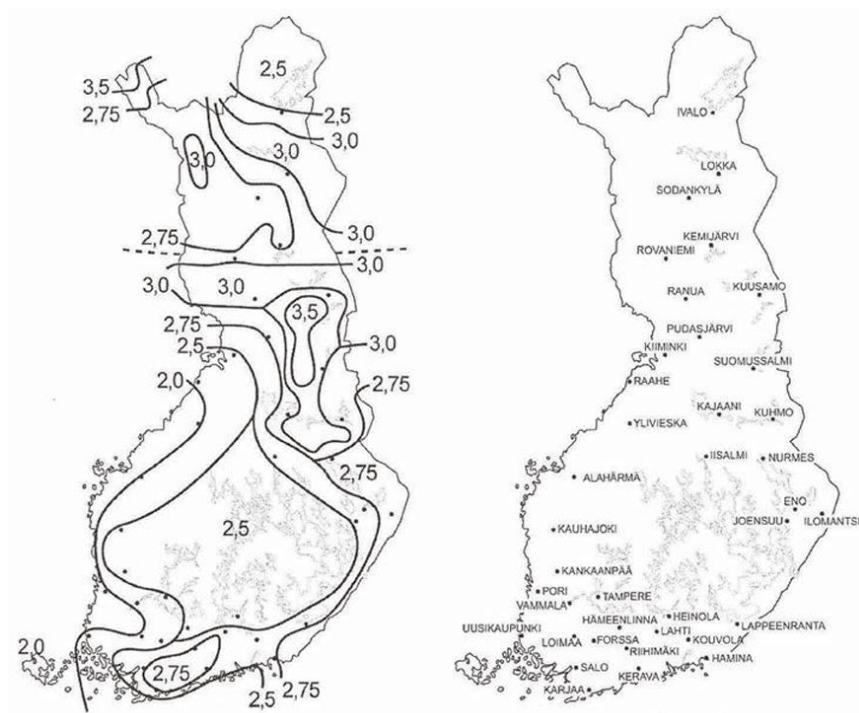
Kuormitettujen tilojen luokat	q_k [kN/m ²]			Q_k [kN] (portaat suluissa)
	Väliportaat	Portaat	Parvekkeet	
Luokka A Asunto- ja majoitustilat	2,0	2,0	2,5	2,0 (2,0*)
Luokka B Toimistotilat	2,5	3,0	2,5	2,0 (2,0)
Luokka C Tilat, joihin ihmiset voivat kokoontua				
– C1	2,5	3,0	2,5	3,0 (2,0)
– C2	3,0	3,0	3,0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

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

Taulukko 5. Hyötykuormien ominaisarvot (RIL 201-1-2017, 86)

4.3 Lumikuorma

Rakennusta rasittavia lumikuormia laskettaessa lähtökohtana on lumikuorman ominaisarvot maanpinnalla. Ominaisarvot on määritelty alueittain siten, että sen ylittymistodennäköisyys on kerran 50 vuodessa (Kuva 6).



Kuva 6. Lumen ominaisarvot maanpinnalla, kN/m² (RIL 201-1-2017, 98)

Laskennalliseen lumikuormaan rakennuksen katolla vaikuttaa sen sijainnin maasto-olosuhteet sekä rakennuksen katon muoto. Nämä tekijät huomioidaan kertomalla lumen ominaisarvo maanpinnalla erinäisillä kertoimilla. Katon lumikuorma s määritetään Standardissa EN 1991-1-3 seuraavasti:

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k$$

missä:

μ_i = Lumikuorman muotokerroin

C_e = Tuulensuojaisuuskerroin (normaali maasto 1,0, tuulinen maasto 0,8)

C_t = Lämpökerroin (Mikäli yläpohja normaalisti eristetty, kerroin on 1,0. Kerrointa pienennetään, mikäli lämmöneristettä on vähän. Yleensä käytetään kerrointa 1,0)

s_k = Maassa olevan lumikuorman ominaisarvo

Normaalissa maastossa normaalisti eristetyn pientalon katon lumikuorman kaava yksinkertaistuu muotoon:

$$s = \mu_i * s_k$$

Katon kaltevuuskulma α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1, μ_2	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_3	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	1,6

Taulukko 6. Lumikuorman muotokertoimet, kun lunta ei estetä liukumasta (RIL 201-1-2017, 102)

Mikäli katolla on lumiesteet, muotokertoimena käytetään vähintään arvoa 0,8 (RIL 201-1-2017, 102).

4.4 Tuulikuorma

Rakennukseen kohdistuvan tuulikuorman määrittäminen alkaa sijainnin ja olosuhteiden arvioimisella. Ensin valitaan maastoluokka (0-IV) rakennuksen sijainnin mukaan. Sen

jälkeen arvioidaan pinnanmuodon vaikutus ja määritetään puuskanopeuspaine. Varsinaiseen mitoitukseen on kaksi tapaa: kokonaistuulivoiman laskenta ja tuulenpaineen laskenta. Kokonaistuulivoimaa käytetään jäykistävän rungon ja perustusten suunnittelussa. Tuulenpaineen laskentaa käytetään rakenneosien mitoituksessa. (RIL 201-1-2017, 128)

5 YLÖSPÄIN LAAJENTAMINEN

5.1 Edut ja haitat

Laajennustapaa valittaessa yhtenä vaikuttavana tekijänä on, minkälaisen pohjaratkaisun haluaa taloon. Toiset pitävät yksitasoisesta ratkaisusta, toiset haluavat kaksikerroksisen talon. Yksikerroksisessa on ehkä helpompi kulkea tilojen välillä, ja esteettömyys kaikkiin tiloihin on helpompi toteuttaa. Toisaalta kaksikerroksisessa pystytään helpommin rauhoittamaan tiloille oma käyttötarkoituksensa, esim. lasten leikkialue tai työhuone. Portaiden sijoittaminen voi kuitenkin olla hankalaa, ja ne vievät neliöitä sekä ylä- että alakerrasta.

Ylöspäin laajentamisen selkeä etu varsinkin pienellä tontilla on, että tontin piha-alue ei pienene. Pienillä tonteilla rakennus saattaa sijaita niin lähellä tontin rajoja, ettei sivulle laajentaminen ole edes mahdollista. Ylöspäin laajennettaessa säästetään työ- ja materiaalikustannuksissa, koska kaivuu- ja perustustöitä ei tarvitse tehdä.

Taloudellisesti yläkertalaajennus kannattaa ajoittaa ajankohtaan, jolloin vesikate ja mahdollisesti myös ulkoverhous tarvitsevat muutenkin uusimista. Katepellit, kattoturvatuotteet ja sadevesikourut omakotitaloon asennettuna maksavat noin 10000-15000€. Ylöspäin laajennettaessa nämä täytyy kaikki uusiksi. Vanhoja rakenteita täytyy mahdollisesti rikkoa myös seinien osalta, joten ulkoverhouskin täytyy uusiksi ainakin osittain.

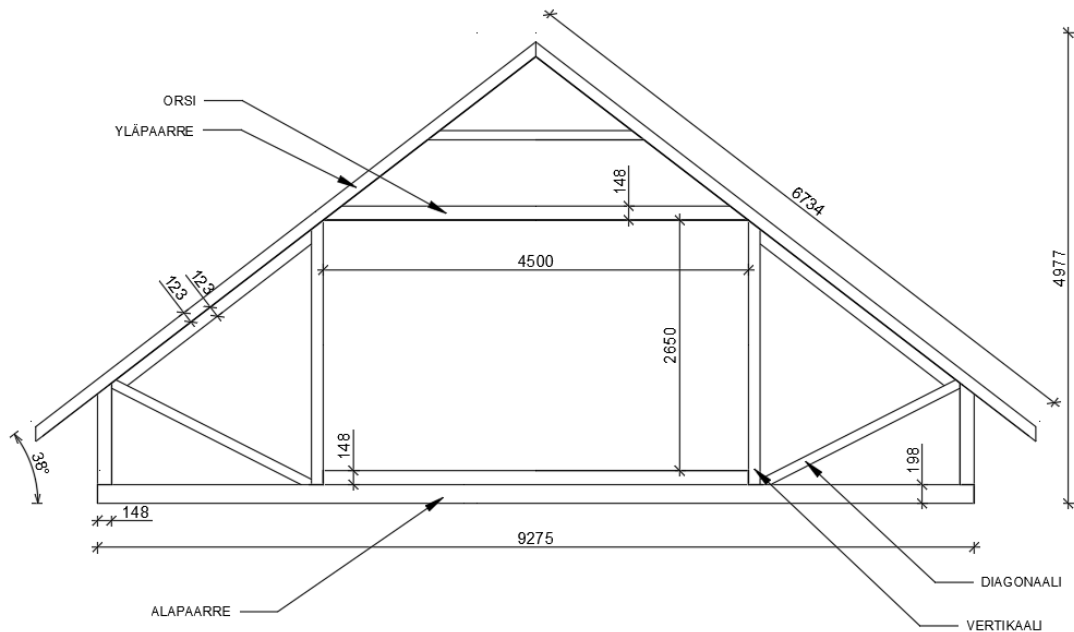
Laajennussuunta vaikuttaa suuresti talon ulkonäköön. Ylöspäin laajentaminen mahdollistaa talon ulkonäön muokkaamisen toivotunlaiseksi. Vanhaa tyyliä saadaan esim. mansardiristikoilla tai modernimpaa ilmettä katkaistulla harjakatolla.

Perinteisessä sivullepäin laajentamisessa työvaiheet ovat samat kuin uutta taloa rakentaessa. Laajentaminen on näin ollen varsin suoraviivaista ja helppoa. Ylöspäin laajentaminen on teknisesti haastavampi vaihtoehto. Haasteita tuo vanhoihin rakenteisiin liittyminen. Vanhat kantavat rakenteet täytyy tietää tai tutkia tarkkaan, että voidaan selvittää, onko niiden varaan mahdollista rakentaa toinen kerros. Tarvittaessa rakenteita täytyy vahvistaa. Mikäli samalla remontoidaan myös alakertaa tämä ei ole ongelma, mutta mikäli laajennus halutaan tehdä rikkomatta alakerran pintoja, vahvistaminen täytyy tehdä joko ulko- tai yläkautta. Laajennuksen toteutuksessa haasteita aiheuttaa myös yläkerran höyrönsulun liittäminen tiiviisti alakerran höyrönsulkuun.

Mikäli talon alakerta on asuttavassa kunnossa, on tärkeää suojata rakennus sateelta laajennuksen ajaksi. Hupun rakentaminen talon ympärille on hyvä tapa suojata rakennus, mutta usein sen kallis hinta pakottaa miettimään muita vaihtoehtoja. Tärkeää onkin suunnitella laajennuksen toteutus siten, että rakennus on sään armoilla mahdollisimman vähän aikaa. Lisäksi laajennus kannattaa ajoittaa kevääseen, jolloin sademäärät ovat todennäköisesti pienempiä kuin muina vuodenaikoina.

5.2 Toteutuksen vaihtoehdot

Yläkerta on mahdollista toteuttaa paikalla rakennettuna ns. pitkästä tavarasta tai kehäristikoilla. Talon vanhat rakenteet ja muoto vaikuttavat laajennustavan valintaan. Mikäli talo on monimuotoinen, voidaan osa toteuttaa kehäristikoilla ja osa pitkästä tavarasta. Tässä opinnäytetyössä keskitytään kehäristikoilla (kuva 7) rakennettuun yläkertaan.

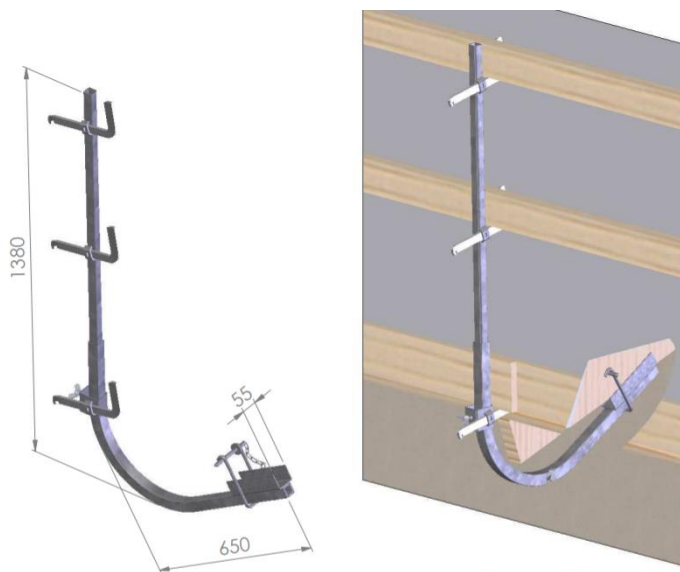


Kuva 7. Kehäristikon rakenne

Kuvan 7 kehäristikko on mitoitettu huoneen osalta (leveys 4500mm) $2,0\text{kN/m}^2$ hyötykuormalle ja kylmän ullakkotilan osalta $1,35\text{kN/m}^2$ hyötykuormalle. Ristikko on suunniteltu tuetuksi vain ulkoseiniltä. Talon keskellä alakerrassa ei ole kantavaa seinälinjaa. Normaaliin asuintilaan ristikkojaoksi riittää $k900$, mutta rakenteiden oman painon ollessa normaalia suuremmat (esim. pesutilat), täytyy kantavuutta lisätä. Ristikkoväliksi voidaan määrittää $k600$, tai lisätä $k900$ jaon joka väliin esim. viilupuu välipohjapalkki.

5.3 Turvallisuus

Rakennushankkeeseen ryhtyvä vastaa työmaan työturvallisuudesta pientalotyömaalla, ellei vastuuta ole sopimuksella siirretty toiselle osapuolelle. Tärkeitä turvallisuuteen liittyviä asioita, joihin tulee kiinnittää huomiota ovat mm. putoamissuojaus, materiaalien nostojen ja siirtojen turvallisuus sekä henkilökohtaisten suojainten käyttö. Yläkertaajennuksen rakentaminen turvallisesti vaatii hyvät telineet. Putoamissuojausta tarvitaan aina kun työskennellään yli kahden metrin korkeudessa. Telineiden määrän tarvetta vähentää huomattavasti lohkojen rakentaminen maanpinnalla. Lohkon päätyä tehdessä tarvitaan teline pädyn mitalle, ja aluskatetta ja ruoteita asennettaessa kaiteet räystäälle (Kuva 8). Lohkojen noston jälkeen telineitä tarvitaan talon ympäri.



Kuva 8. Harjakattokaide (Vepe Oy Peltosen www-sivut. 2019)

5.4 Lohkojen rakentaminen

Kehäristikot on suuren kokonsa vuoksi yleensä nostettava ylös nosturilla, vaikka niitä nostettaisiin yksi kerrallaan. Kannattaakin miettiä vaihtoehtoa, jossa kehäristikoista rakennetaan maan tasalla isompi lohko, joka koostuu esim. kuudesta ristikosta (kuva 9). Tällöin nosturia tarvitaan vain muutama tunti. Muita merkittäviä etuja on, että lohkot voidaan rakentaa turvallisesti alhaalla, ja niihin voidaan asentaa aluskate ja tuulensuojat valmiiksi, jolloin talo saadaan sateelta suojaan todella nopeasti vanhan katon purun jälkeen. Aluskatteen ja ruoteiden asennuksessa on huomioitava, että jatkospaikat täytyy limittää. Tämä tarkoittaa, että osa ruoteista on jätettävä pois ja kiinnittää ne vasta kun kaikki lohkot on asennettu. Yläkertalohko on mahdollista rakentaa alhaalla myös lähes valmiiksi sisältäen katepellit, ulkoverhous ja ikkunat, mutta tällöin rakenteesta tulee huomattavasti painavampi ja nostosta haastavampi.

Lohkojen rakentaminen alhaalla vaatii tontilta paljon tilaa, joten aina tämä ei ole mahdollista. Tontilta täytyy löytyä tila mahdollisimman läheltä taloa, mistä lohkot voidaan nostaa suoraan paikalleen. Lohkolle tehdään suora, tasainen ja tukeva alusta. Alusta tehdään hieman irti maasta kosteusrasituksen vähentämiseksi.

Ristikoiden kokoaminen lohkoiksi tapahtuu samalla tavalla kuin niitä asennettaisiin yksitellen ylös oikealle paikalleen. Ristikot kiinnitetään alustaan ja rakentamisen aikainen tuenta toteutetaan ohjeen mukaisesti. Paarteiden tuenta ja nurjahdustuettavat sauvat tuetaan rakennesuunnitelmien mukaisesti myös ennen nostoa.

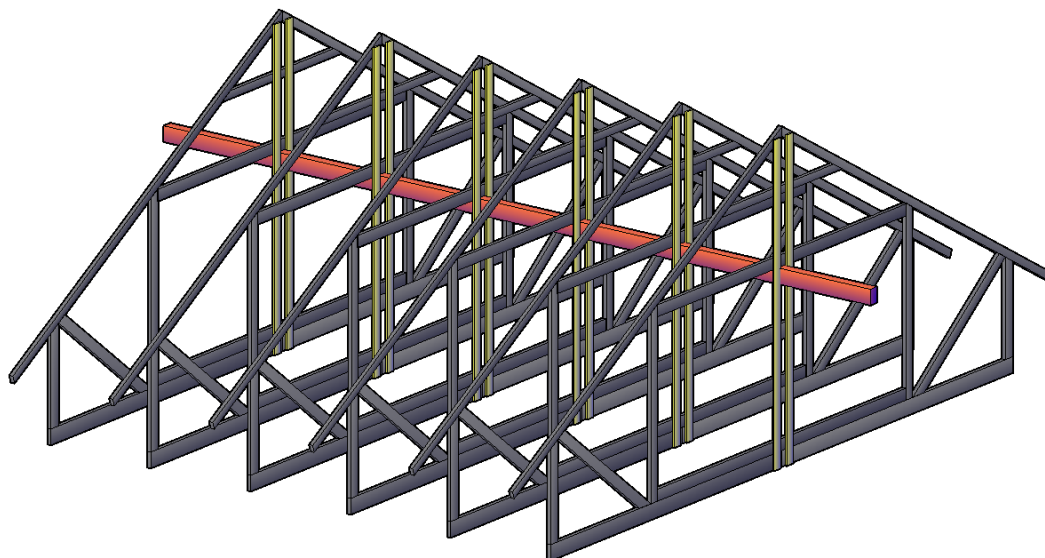


Kuva 9. Ristikot kasattu lohkoksi.

5.5 Lohkojen nosto ja asennus

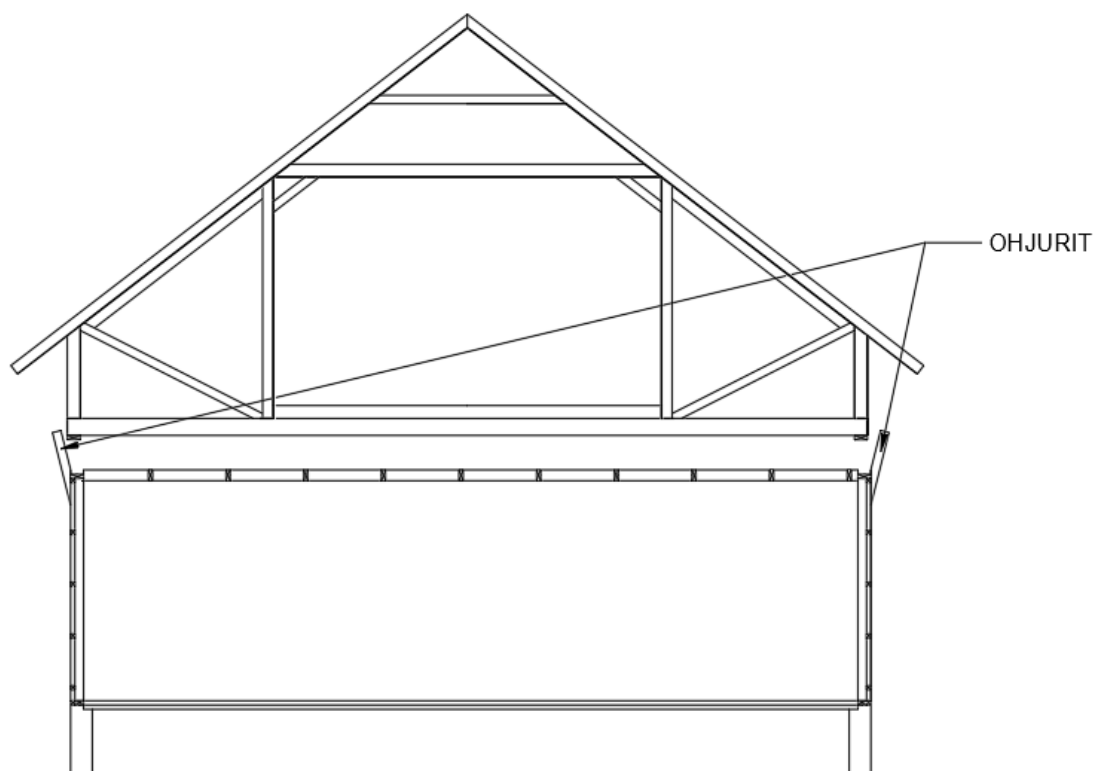
Ennen lohkojen rakentamista on hyvä tehdä katselmus rakennuspaikasta nostopalveluja tarjoavan yrityksen kanssa. Ajoneuvonosturin on päästävä paikkaan, mistä se voi nostaa lohkot suoraan asennettavalle paikalle. Nosturi vaatii suhteellisen suuren tilan ja lujan alustan läheltä nostokohdetta.

Pienehköt lohkot voidaan nostaa yhdestä nostolinjasta (harjalinja). Tällöin aluskate voidaan tehdä valmiiksi harjalle asti, eikä siihen tarvitse tehdä reikiä nostoliinoja varten. Esimerkkikohteessa nosto tapahtui harjalinjasta. Ristikon ala- ja yläparre sekä orsi sidottiin yhteen sidelautoilla. Orren alle sidelautojen väliin kiinnitettiin palkki (Kuva 10). Nosturin nostopalkista liitetään ketjut/nostoliinat lohkon palkkiin. Ketjujen ja nostoliinojen määrä riippuu nostettavan lohkon pituudesta ja orsien alle asennetun palkin jäykkyydestä.



Kuva 10. Havainnekuva nostotuennasta. Keltaisella sidelaudat, punaisella palkki.

Lohkojen asennuksen helpottamiseksi kannattaa rakennuksen kulmiin asentaa ohjurit, joiden avulla lohko saadaan asettumaan oikeaan kohtaan. Ohjureiksi soveltuu esim. ”kakkosnelosen”-pätkät (kuva 11).



Kuva 11. Ohjurit auttavat lohkon asettumista haluttuun kohtaan.

Lohkojen asennuksessa on hyvä olla vähintään kolme henkilöä nosturinkuljettajan lisäksi. Nosturikuljettajaa avustamaan tarvitaan yksi henkilö opastamaan radiopuhelimella ja vähintään kaksi henkilöä ohjamaan lohkoa maasta käsin liinoilla.

Ennen koukkujen irrotusta varmistetaan lohkojen oikea sijoittuminen paikalleen. Lohkot myös kiinnitetään alustavasti ennen koukkujen irrotusta. Lopullinen kiinnitys voidaan tehdä, kun kaikki lohkot on nostettu.



Kuva 12. Lohkojen nosto

6 VANHAN RUNGON MITTATARKKUUS

Yläkertalaajennuksen toteutukselle haasteita aiheuttaa vanhan rakenteen mittatarkkuus. Laajennus on helpompi toteuttaa mitä tarkemmin rakennus on ristimitassa ja mitä tarkemmin yläohjauspuu on samalla korkeudella talon ympäri.

6.1 Vanhan seinärungon korkeus

Lohkoilla laajennettaessa ensiarvoisen tärkeää on, että vanhan vesikattorakenteen purun jälkeen lohkoille on rakennettu suorassa oleva tasainen kiinnitysalusta. Vanha rakennus on saattanut painua tai olla alun perinkin hieman vinossa. Nämä epätarkkuudet on syytä oikaista ennen lohkojen nostoa. Mikäli lohko ei ole ”passissa”, hankaloittaa se kaikkia seuraavia työvaiheita. Vanhoissa taloissa saattaa myös olla erilaisia rakenteita eri seinillä, esimerkiksi jos taloa on jo aiemmin laajennettu sivulle päin. Nämä epätarkkuudet ja erilaiset rakenteet on hyvä selvittää ja niiden aiheuttamat toimenpiteet suunnitella jo ennen koko vesikaton purkua, että rakennus saadaan nopeasti säältä suojaan.

6.2 Ristimitta

Vanha rakennus ei välttämättä ole ristimitassa. Vaikka ristimittaa ei lähdetäkään korjaamaan, kannattaa selvittää mikä tai mitkä seinät ovat vinossa. Tämän jälkeen valitaan yksi seinä referenssiksi (mielellään talon pitkä sivu), minkä mukaan ristimitaan tehdyt lohkot asennetaan. Ristimitan epätarkkuudet kerroksien välillä saadaan korjattua lähes huomaamattomiksi koolaamalla ulkoverhousta ja mahdollisilla ulkoverhouksen jakolistoilla.

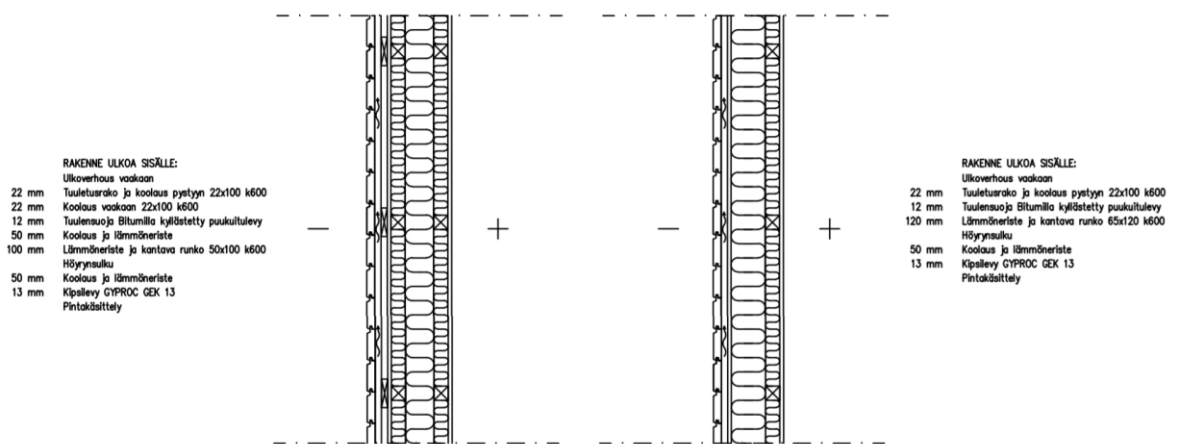
7 VANHAN RUNGON KESTÄVYYS

Ylöspäin laajentamisen yksi rakenteellinen haaste on vanhan rungon kestävyys kasvaville kuormille. Pystykuormia lisää yläkerran omapaino ja hyötykuorma. Vaakakuormia lisää kasvava seinäpinta-ala.

7.1 Runkotolpan kestävyys

Rakennuksissa runkotolppana on ennen laajalti käytetty 100mm x 50mm sahatavaraa. Esimerkkirakennuksessa on heikoimmillaan juuri kyseinen runko (Kuva 13).

Tarkastellaan rakenteen runkotolpan kestävyyttä kuormille, ja mahdollistaako se yläkerran rakentamisen ja siitä aiheutuvan kuormituksen. Ulkoseinätolpat ovat laskelmissa nivelellisesti tuettuja. Kuormituksen oletetaan kohdistuvan tolpan päähän keskeisesti ja tolppien heikompi suunta on tuettu nurjahdusta vastaan. Tuulikuorman määrittämisessä käytetään paikallisia tuulenpaineen nettopainekertoimia. Laskelmat liitteissä 1 ja 2. Tolppa mitoitetaan kaikissa kolmessa aikaluokassa (hetkellinen, keskipitkä, pysyvä) ja käyttöluokkana 1, koska tolppa sijaitsee eristekerroksessa. Rakennuksen ulkomittoina käytetään esimerkkitalon mittoja 9500mm x 14500mm. Yläkerta kehäristikolla.



Kuva 13. Esimerkkirakennuksen ulkoseinäarakenteita

Alakerran yhtä runkotolppaa kuormittava (Liite 1):

- rakenteiden omapaino: 3,746 kN
- lumikuorma: 4,464 kN
- hyötykuorma: 4,689 kN
- tuulikuorma: 0,317 kNm

Runkotolpan kestävyyttä tarkasteltaessa, käytetään seuraavaa kuutta eri kuormitusyhdistelmää (Liite 2):

- KY1 (pysyvä aikaluokka)
 $1,35 * G_{kj}(\text{omapaino})$
 Käyttöaste 32%
- KY2 (keskipitkäaikaluokka)

$$1,15 * G_{kj} + 1,5 * Q_{k1}(lumi) + 1,05 * Q_{k2}(hyöty)$$

Käyttöaste 75%

- KY3

$$1,15 * G_{kj} + 1,5 * Q_{k1}(hyöty) + 1,05 * Q_{k2}(lumi)$$

Käyttöaste 75%

- KY4

$$1,15 * G_{kj} + 1,5 * Q_{kt}(tuuli) + 1,05 * Q_{k1}(lumi) + 1,05 * Q_{k2}(hyöty)$$

Käyttöaste 75%

- KY5

$$1,15 * G_{kj} + 1,5 * Q_{k1}(lumi) + 1,05 * Q_{k2}(hyöty) + 0,9 * Q_{kt}(tuuli)$$

Käyttöaste 71%

- KY6

$$1,15 * G_{kj} + 1,5 * Q_{k1}(hyöty) + 1,05 * Q_{k2}(lumi) + 0,9 * Q_{kt}(tuuli)$$

Käyttöaste 71%

Lisäksi tarkastettiin alaohjauspuun tukipainekestävyys KY3 kuormilla (käyttöaste 69%), sekä runkotolpan taipuma KY4. Mitoittavaksi tuli taipuma 93% käyttöasteella. Runkotolppa kestää yläkertalaajennuksen.

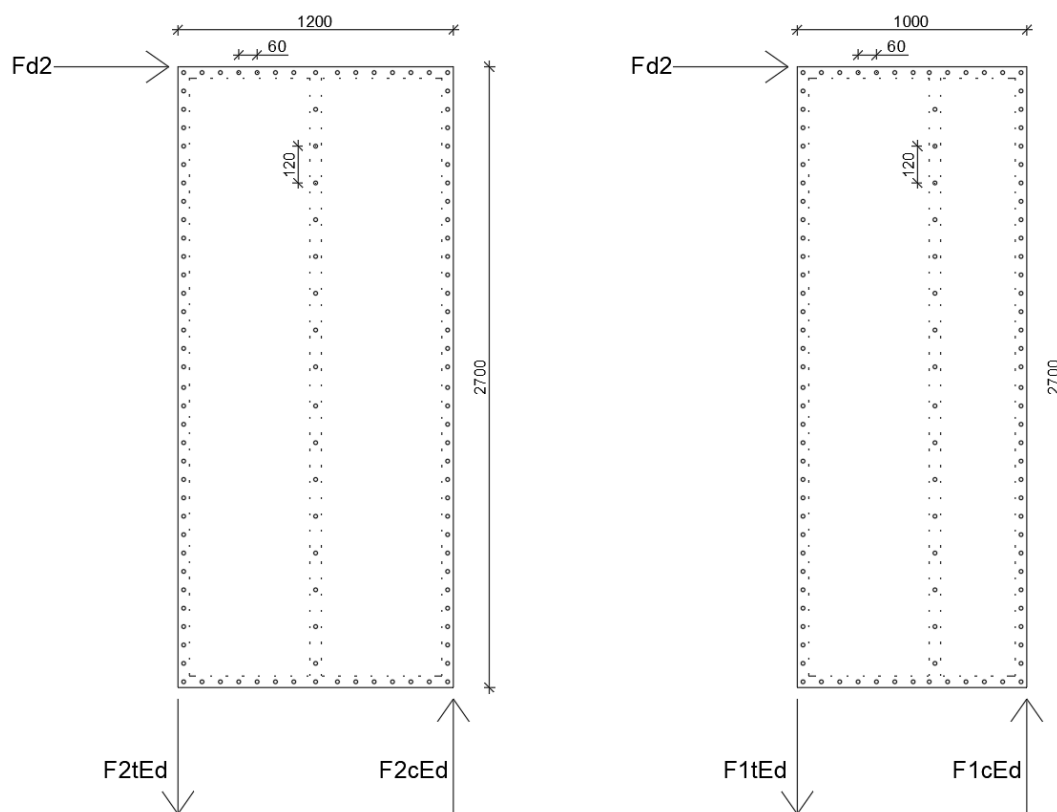
7.2 Rakennukseen kohdistuva tuulikuorma

Esimerkkirakennus on ulkomitoiltaan 14500mm x 9500mm, harjakorkeus on 8500mm. Rakennuspaikan maasto on tasainen ja rakennusta ympäröi puustoa, jolloin maastoluokaksi tulee maastoluokka III. Tuulikuormaa laskettaessa on käytetty 0,45 kN/m² nopeuspainetta. Pitkälle seinälle kohdistuva kokonaistuulikuorma on 78,757 kN ja päätyseinälle kohdistuva kokonaistuulikuorma on 30,011 kN. (Liite 3)

7.3 Jäykistäminen

Tarkastellaan vanhan alakerran rungon kestävyyttä kasvaneelle tuulikuormalle. Vanhan rakenteen jäykistys on toteutettu vinolautoilla. Vinolautojen määrä riittää kasvaneelle tuulikuormalle rakennuksen kolmella sivulla (laskelma liitteessä 3). Mikäli

rakennuksen koko ulkoverhous uudistetaan laajennuksen yhteydessä, vinolautoja on helppo lisätä tarpeen vaatiessa. Yhden seinän lisäjykistäminen esimerkkirakennuksessa toteutetaan levyrakenteilla, koska seinällä on paljon isoja ikkunoita, eikä vinolautoja pystytä tästä syystä asentamaan tarpeeksi. Levynä käytetään 12mm paksuista havuvaneria. Naulaus pyöreillä konenauloilla 2,9mm x 50mm. Päätyseinään kohdistuu 39,4 kN (murtorajatilassa 59,068 kN) vaakavoima yläohjauspuun korkeudella. Pitkään sivuun kohdistuu 15,0 kN (murtorajatilassa 22,508 kN) yläohjauspuun korkeudella. Liitteen 3 laskelmissa laskettu vinolaudan kestävyys ja levyjen jäykistävä vaikutus.



Kuva 14. Levyjäykistyksessä käytetyt seinälohkot.

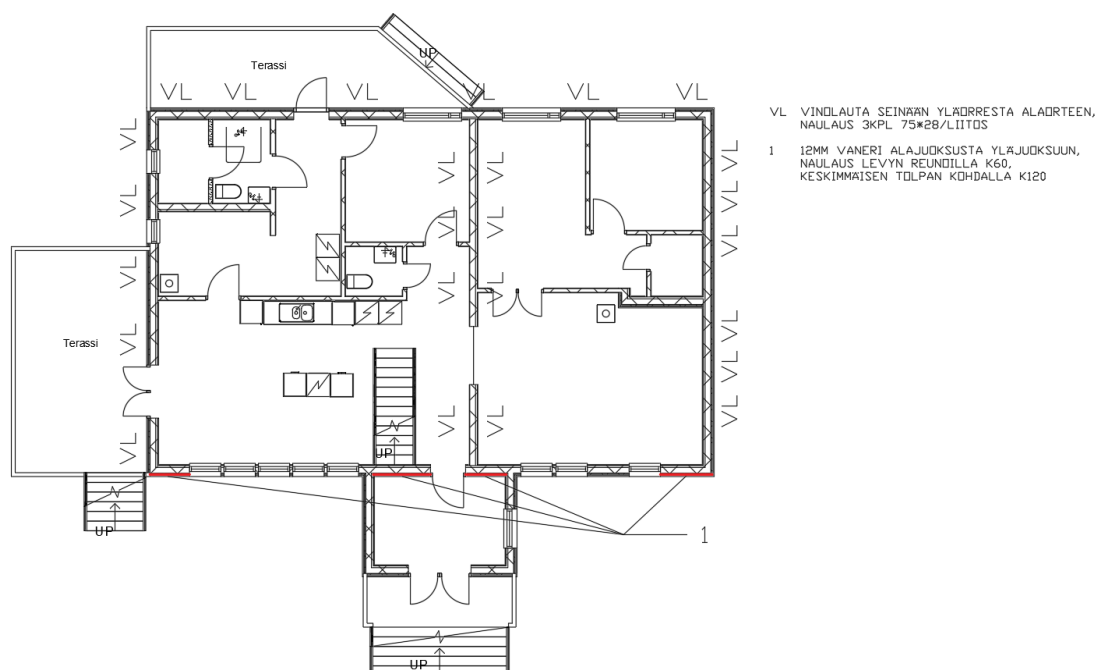
Etupihan puoleisen pitkän sivun jäykistys toteutetaan neljällä levyrakenteisella jäykistävällä seinälohkolla, koska seinärakenteessa on paljon ikkunoita, eikä siihen ole mahdollista laittaa tarpeeksi vinolautoja. Levyt kiinnitetään ylä- ja alasidepuihin, sekä kolmeen runkotolppaan (Kuva 14). Kaksi lohkoista on leveydeltään 1000mm, kaksi 1200mm. Jäykistävien lohkojen leikkausvoimakestävyydet (laskelma liitteessä 3):

- Seinälohko 1000 mm 6,009 kN
- Seinälohko 1200 mm 8,653 kN

Yhteenlaskettu leikkausvoimakestävyys:

$$2 \cdot (6,009 \text{ kN} + 8,653 \text{ kN}) = 29,324 \text{ kN (Käyttöaste 77\%)}$$

Jäykistävien seinien ankkurointi sokkeliin on myös tarkistettava. Esimerkkitalon tapauksessa seinälohkojen maksimi ulkoiset pystykuormat ovat 14,9 kN ja 12,5 kN (laskelma liitteessä 3). Ankkurointi tehdään kiinnittämällä alaohjauspuu betonisokkeliin jokaisen jäykistävän seinälohkon molemmista kulmista. Kiinnitykseen voidaan käyttää esim. kiila-ankkureita.



Kuva 15. Pohjapiirros jäykistyksestä

8 KOSTEUDEN HALLINTA

Ylöspäin laajennettaessa suurin haaste kosteuden kannalta on ulkoapäin tuleva kosteusrasite, eli sade. Tämä on huomioitava jo hankesuunnitteluvaiheessa. Hankesuunnitteluvaiheessa on hyvä arvioida kosteuden aiheuttamat riskit. Riskitasoon vaikuttavia tekijöitä ovat: kosteuslähteiden merkitys, rakenteiden vaurioalttius, aiheutunut

rasitustaso ja mahdollisesti aiheutuvien vaurioiden vakavuus (kosteudenhallinta.fi 2019).

Rakennusvaiheen kosteuden määrään vaikuttaa paljon rakennusmateriaalit. Puurunkoa rakennettaessa ei aiheudu merkittävää kosteusrasitusta itse rakennusvaiheessa. Puurunkoiseen rakennukseen saattaa silti tulla paljon kosteutta aiheuttavia rakenteita esim. pesuhuoneiden muuraukset, valut ja tasoitteet.

Valmiin rakennuksen kosteuden hallinnan kannalta tärkeä ominaisuus on höyrynsulun tiiviys. Laajennettaessa erityistä huomiota on kiinnitettävä vanhan ja uuden höyrynsulun liitoskohtiin ja läpivienteihin.

8.1 Rakennusaikainen kosteuden hallinta

Ylöspäin laajennettaessa vanha vesikate täytyy purkaa, ja rakennus on täten sään armoilla. Aika, jolloin rakennus on alttiina sateelle, kannattaa minimoida. Lähtökohtaisesti laajennus kannattaa ajoittaa kevääseen, jolloin todennäköinen sademäärä on pienempi kuin muina vuodenaikoina. Laajennustavan valinta vaikuttaa siihen, miten säältä suojaus kannattaa toteuttaa. Mikäli yläkerta rakennetaan pitkästä tavarasta, täytyy rakennus suojata hyvin väliaikaisella sääsuojalla, koska rakennusaika on suhteellisen pitkä. Omakotitalon huputtaminen on suhteellisen kallista, eikä se ole tästä syystä usein vaihtoehto pientalokohteissa. Yläkerran rakentaminen kehäristikoista tehdyillä lohkoilla minimoi ajan, jolloin vanha rakenne on vaarassa kastua. Koska vanhan rakenteen purku ja lohkojen nosto voidaan toteuttaa 1-3 vuorokauden ajassa, voidaan ajankohta valita suhteellisen hyvin sääennustusten mukaan. Purkuvaiheen aikana tulisi olla poutaa, ja nostopäivänä myös tyynä. Pieniltä sadekuuroilta voi suojautua pressuilla.



Kuva 16. Säältä suojassa oleva lohko.

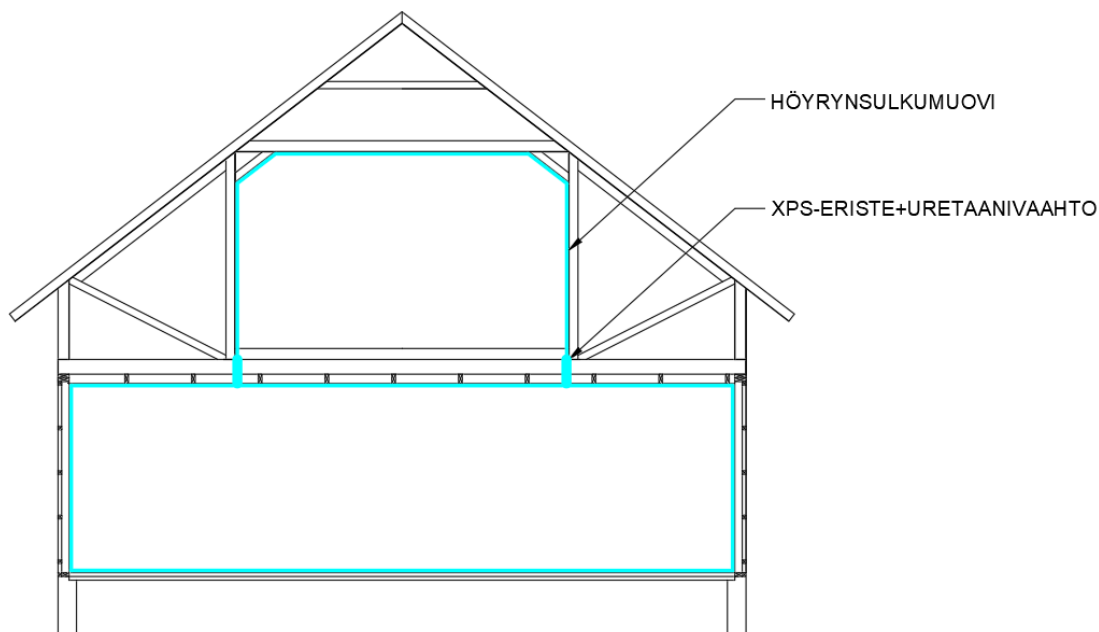
8.2 Rakennuksen tiiviys

Rakennuksen tiiviyn kannalta tärkeitä rakennekerroksia ovat tuulensuoja ja höyrnsulku.

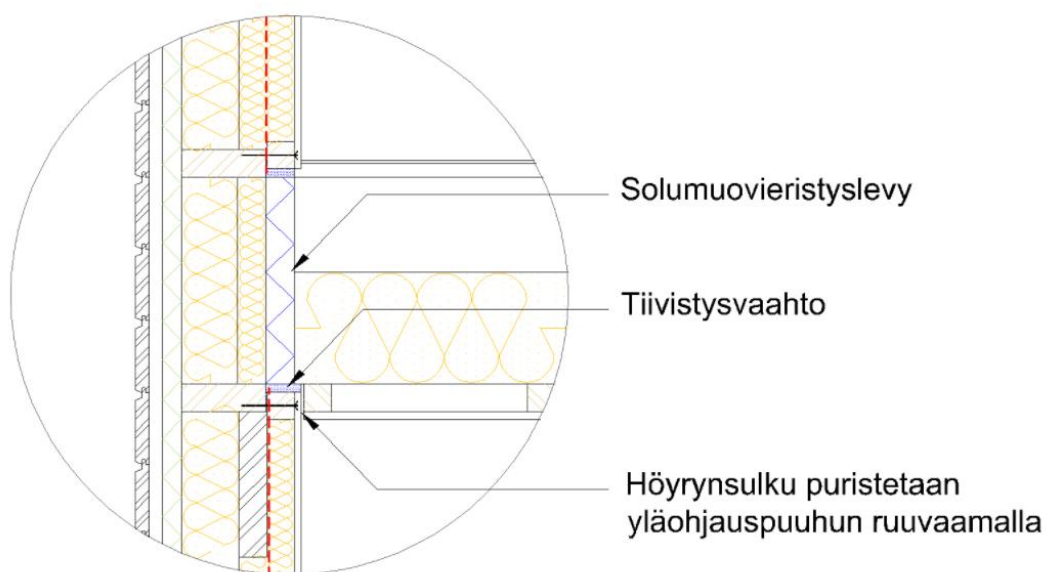
Jotta tuulensuoja saadaan yhdistettyä uuden ja vanhan rakenteen välillä, täytyy vanhaa rakennetta rikkoa tässä rajapinnassa. Vanhaa ulkoverhousa täytyy purkaa sen verran, että vanha tuulensuoja saadaan näkyviin ja rakenne voidaan rakentaa jatkuvaksi.

Höyrnsulun rakentaminen tiiviiksi uuden ja vanhan rakenteen rajapinnassa on haastavaa. Haasteita luo rakenteet, joista höyrnsulku täytyy tuoda läpi. Tällaisia rakenteita ovat mm. vanhan yläpohjan rakenteet ja kehäristikon alapaarre. Yläkerran seinien höyrnsulku täytyy liittää vanhaan yläpohjan höyrnsulkuun (kuva 17). Mikäli höyrnsulkuna käytetään höyrnsulkumuovia, tulee paljon teipattavia läpivientejä. Näissä kohdissa kannattaa höyrnsulun tiiviys varmistaa käyttämällä lisäksi esim. xps-eristeitä ja tiivistysvaahtoa, mitkä toimivat myös itse höyrnsulkuna. Liitoskohdassa

höyrynsulkumuovi tulee kiinnittää runkoon ruuvaamalla se kiinnitysriman avulla. Xps-eriste tiivistetään rimaan tiivistysvaahdolla (Kuva 18).



Kuva 17. Höyrynsulku yhtenäiseksi



Kuva 18. Höyrynsulkukalvon ja xps-eristeen liitos (kosteudenhallinta.fi)

9 MUUTA RAKENTEELLISTA HUOMIOITAVAA

Ylöspäin laajennettaessa haasteita saattaa tuoda myös talotekniset asiat. Tässä opinäytetyössä keskitytään kuitenkin rakenteellisiin asioihin ja LVIS on rajattu aiheen

ulkopuolelle. Suunnitteluun ja toteutukseen tuovat haasteita kuitenkin mm. portaiden sijoitus ja vanhat hormit.

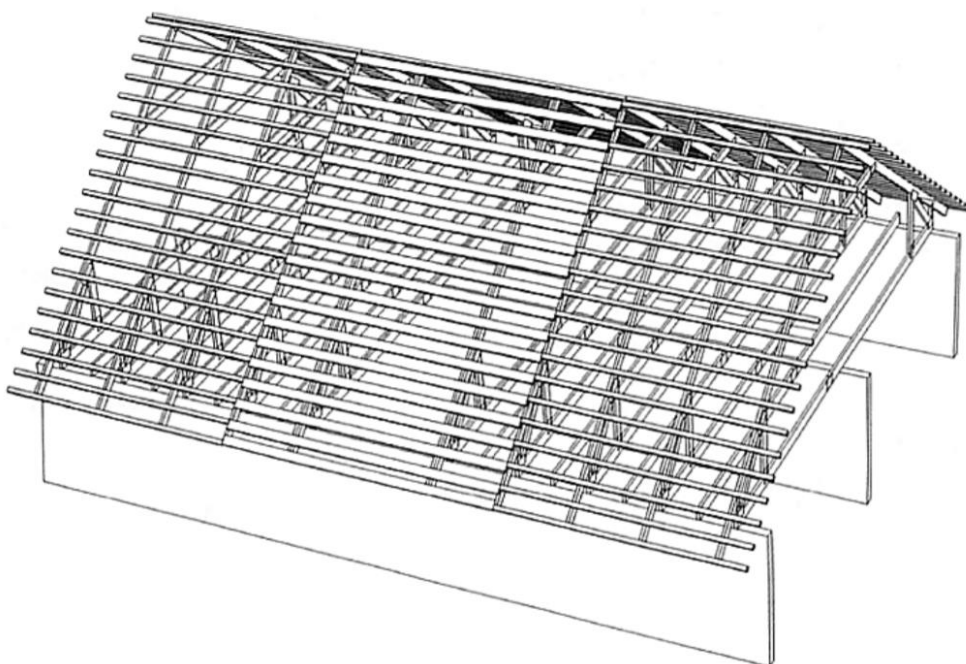
9.1 Asuinhuoneiston sisäportaat

RT-ohjekortissa, RT 103027 Portaajat ja luiskat, on esitetty portaiden mitoitus- ja suunnitteluohjeita. Kortista löytyy taulukko, mistä ilmenee portaiden minimi etenemä ja leveys sekä maksimi nousu (taulukko 7). Portaiden paikka täytyy valita niin, että nousu ja etenemä saadaan sallituksi ts. vapaata seinätilaa on tarpeeksi suhteessa kerroskorkeuteen. Portaiden vaatimaan tilaan vaikuttaa niiden muoto ja leveys. RT-kortissa minimileveydeksi on ohjeistettu 850 mm. Puuteollisuuden julkaisemassa ohjeessa sisäportaiden vapaaksi minileveydeksi on annettu 800 mm (koko leveys vähennettynä esim. kaiteet). Mikäli yläkerta toteutetaan kehäristikoilla k900 jakoon, portaille jää juuri ja juuri riittävä 850 mm leveä aukko, mikä riittäisi suorien portaiden asennukseen. Aukkoon asennettavat kaiteet kaventavat kuitenkin vapaan leveyden alle 800 mm levyiseksi. L- tai U-malliset portaajat vaativat leveämmän aukon. Käyttömukavuuden kannalta leveämmät portaajat ovat paremmat.

Sijainti	Nousu enintään (mm)	Etenemä vähintään (mm)	Kiertävien portaiden sisäreunan etenemäsuositus (mm)	Leveys vähintään (mm)	Käsijohde
Sisäporras					
Hallinto-, palvelu- ja liiketiloja sisältävien rakennusten auloissa ja muissa sisätiloissa sekä kokoontumistiloissa	160	300	≥ 100	henkilömäärän mukaan	molemmilla sivuilla, tarvittaessa myös keskellä
Asuinhuoneiston ja majoitustilan sisäinen porras	190	250	≥ 50 (alle 1200 mm leveissä portaissa)	850	molemmilla sivuilla
Yksinomaan varatienä käytettävä ja asunnossa tai majoitustilassa muihin kuin asumista palveleviin välttämättömiin tiloihin johtava porras	220	220	1200 mm leveissä portaissa)	–	molemmilla sivuilla
Muissa varsinaisissa käyttötiloissa	180	270	≥ 100	1200	molemmilla sivuilla
Uloskäytävän osana	180	270	≥ 100	1200 900 1)	molemmilla sivuilla
Uloskäytävässä, jota ei käytetä sisäisessä liikenteessä	200	270	≥ 50	1200 900 1)	molemmilla sivuilla
Ulkoporras					
Katettuna tai lämmitettynä	160	300	–	1)	molemmilla sivuilla, tarvittaessa myös välillä
Kattamattomana ja ilman lämmitystä	130	390	–	1)	molemmilla sivuilla, tarvittaessa myös välillä

Taulukko 7. Portaiden mitoitus (RT 103027 2019, 3)

Porrasaukon kohdalla ristikkojako kannattaa leventää. Esimerkkitalossa Kahden yläkertalohkon väliin jätettiin noin 3800 mm leveä tila, mikä rakennettiin paikalla pitkästä tavarasta. Tämä mahdollisti portaiden leventämisen ja L-malliset portaat. Mikäli ristikkojako levennetään, on todennäköistä, että rakenteita joudutaan vahvistamaan palkki- ja pilarirakenteilla. Leveämmän aukon reunoille on mahdollista asentaa myös kaksi ristikkoa rinnakkain (Kuva 19). Huomioitavaa on, että ruoteet on valittava suurimman aukon mukaan. K900 jakoon asennetutkin kehäristikot saattavat vaatia välipohjaan lisäpalkit jokaiseen kehävälisiin. Palkkien ja pilarien asennusta helpottaa, mikäli talossa on kantava väliseinä kohtisuorassa ristikkoja vastaan. Tällöin myös palkkien koko saadaan pienemmäksi.



Kuva 19. Porrasaukon molemmin puolin kaksi ristikkoa. (RT 85-10495 1993, 5)

9.2 Hormien jatkaminen

Vanhoissa taloissa on usein tiilestä muuratut piiput. Mikäli piippua ei haluta purkaa kokonaan, niin ylöspäin laajennettaessa vanhaa piippua täytyy jatkaa useita metrejä. Lähtökohtaisesti piippua tulisi jatkaa samalla materiaalilla, mistä se on alun perin tehty. Piipun kunto kannattaa tarkastaa ennen kuin sitä alkaa muuraamaan ylöspäin. Vanhan piipun yläosassa saattaa olla säävaurioita, ja tässä tapauksessa piippu puretaan näiltä osin ja jatketaan ehjän rakenteen päältä.

Vanhoissa taloissa tiilipiipuissa on useita hormeja. Osa hormeista on tulisijojen käytössä ja osa painovoimaisen ilmanvaihdon takia. Suuri osa hormeista saattaa olla turhia, esimerkiksi jos rakennukseen on jälkikäteen asennettu koneellinen ilmanvaihto. Tällöin kannattaa miettiä onko järkevää jatkaa kaikkia hormeja.

Aina ei ole kuitenkaan välttämätöntä jatkaa tiilimuuratun piippua tiilellä. Markkinoilla on tuotteita, mitkä soveltuvat tiilimuuratun piipun jatkamiseen. Soveltuvuus täytyy kuitenkin tutkia aina tapauskohtaisesti. Eräs tällainen tuote on Schiedelin Isokern-hormiharkko. Huomioitavaa on, että materiaalin vaihtumisen rajapinta täytyy jättää näkyviin, jotta mahdolliset vauriot ovat helposti havaittavissa. Hormin koko ja muoto usein muuttuvat liitoskohdassa. Muutos tulisi olla mahdollisimman pieni, ja sitä voidaan muokata siihen tarkoitettulla massalla, Schiedelillä esim. Schädler Plus. Esimerkitalon kaksi piippua jatkettiin Isokern-harkoilla. Asiasta konsultoitiin palotarkastajan, nuohoojan ja Schiedelin edustajan kanssa.

10 YHTEENVETO JA POHDINTAA

Ylöspäin laajentamisen haasteet voidaan jakaa niiden luonteen mukaan kolmeen osaan. Ensimmäisenä rakenteelliset haasteet, toisena laajennuksen toteutukseen liittyvät haasteet ja kolmantena rakenteen toimivuuteen liittyvät haasteet.

10.1 Rakenteelliset haasteet ja ratkaisut

Hanke kannattaa suunnitella hyvin. Vanhoissa taloissa piirustukset eivät välttämättä ole riittävän tarkkoja tai aiempien muutosten takia ajan tasalla. Vanhojen rakenteiden todellisen tilan selvittämiseksi rakenteita saatetaan joutua purkamaan. Vesikatteen liian aikaista purkua tulee välttää.

Ylöspäin laajennettaessa vanhaan runkoon kohdistuvat kuormat kasvavat merkittävästi. Vanhan rungon kunto on selvitettävä ja laskettava kestääkö se lisääntyvät kuormat. 50 mm x100 mm puurunko kestää pääsääntöisesti lisääntyvät pystykuormat,

kuitenkin sen kesto täytyy tarkastaa tapauskohtaisesti. Myös aukkojen ylitykset on tarkastettava kasvavan pystykuorman takia. Vanhaan rakenteeseen vaikuttava tuulikuorma kasvaa merkittävästi. Todennäköistä onkin, että rakennuksen jäykistystä joudutaan vahvistamaan. Mikäli laajennuksen yhteydessä uusitaan myös alakerran julkisivu, voidaan vinolautoja tai jäykistäviä levyjä lisätä rungon ulkopintaan. Tästä syystä yläkertalaajennus on kannattavinta toteuttaa ajankohtana, jolloin vesikate ja julkisivu uusittaisiin muutenkin.

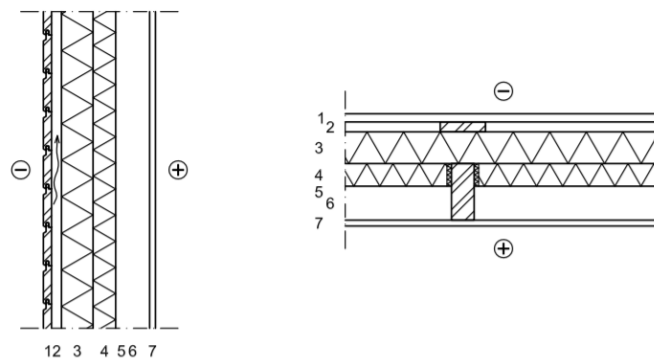
Lisähaastetta tuo vanhan rakenteen mittaepätarkkuudet. Vanhan rakenteen ristimitan tarkistaminen rungon yläpäästä rakenteita rikkomatta voi olla mahdoton tehtävä. Virheet ristimitassa onkin usein vain hyväksyttävä ja häivyttävä uuden ja vanhan rakenteen ero koolauksilla julkisivua tehdessä. Mikäli yläkerta rakennetaan lohkoista maanpinnalla, täytyy vanha runko olla mittatarkka korkeussuunnassa. Vanhan rungon korkea saattaa päästä muokkaamaan räystäiden alta jo ennen vesikatteen purkua, mutta on huomattavasti helpompaa vesikatteen purun jälkeen. Oikaisu on melko nopea toimenpide, eikä se lisää merkittävästi aikaa, jolloin rakennus on säälle alttiina.

10.2 Toteutukseen liittyvät haasteet ja ratkaisut

Haasteena ylöspäin laajentaessa on vanhan rakenteen suojaaminen säältä. Toteutustavan valinnalla voidaan vaikuttaa rakenteiden kastumisen riskiin. Varsinaisen sääsuojan rakentaminen on toki mahdollista, mutta kustannussyistä pientalossa se ei välttämättä ole paras vaihtoehto. Toinen kerros on mahdollista rakentaa pitkästä tavarasta jatkaen vanhoja ulkoseiniä ylöspäin. Vanhaa vesikatetta ei kuitenkaan voi purkaa kokonaan pois ilman sääsuojaa. Teknisesti on mahdollista poistaa vesikate vain yläkerran runkotalppien kohdalta ja purkaa vanha vesikate vasta kun uusi vesikate on rakennettu. Tällöin sadevedet täytyy ohjata pois jokaisesta tolpanreiästä ja tiivistää reiät väliaikaisesti. Tällä tavalla laajentaminen on haastavaa ja hidasta. Toteutuksen kannalta helpompi vaihtoehto on rakentaa yläkerta lohkoja maanpinnalla ja asentaa niihin aluskate ja tuulensuojalevyt valmiiksi. Tällöin vanha vesikate voidaan purkaa juuri ennen kuin lohkot nostetaan paikalleen. Talo saadaan säältä suojaan nopeasti ilman väliaikaisia rakenteita. Lohkot voidaan rakentaa pitkästä tavarasta, mutta toteutuksen kannalta helpompi vaihtoehto on kehäristikot.

10.3 Rakenteen toimivuuden haasteet ja ratkaisut

Rakenteen toimivuuden kannalta merkittäviä kerroksia ovat tuulensuoja ja höyrynsulku. Uusi rakenne on mahdollista lämpöeristää kovilla eristeillä kuten esim. Kingspan Therma, jolloin tuulensuoja ja höyrynsulku on samassa rakenteessa (Kuva 20). Tässä opinnäytetyössä on keskitytty kuitenkin rakenteeseen, jossa lämpöeristeenä on mineraalivilla, tuulensuojana gyproc-levy, ja höyrynsulkuna kalvo.



Rakenne	1	Ulkoverhous
	2	Tuuletusväli, pystykoolaus 22x100 mm
	3	Kingspan Therma™ TW55 70 mm, saumat vaahdotetaan
	4	Kingspan Therma™ TW55 50 mm, vaahdotus runkoon
	5	Runkotolpat k600 rakennesuunnitelmien mukaan
	6	Asennustila
	7	Sisäverhouslevy
U-arvo		0,17 W/m²K (TW55 A _U 0,022 W/mK)

Kuva 20. Ulkoseinärakenne Kingspan Therma eristeellä. (Kingspan Oy:n www-sivut 2019)

Tuulensuojan täytyy olla yhtenäinen rakenne ylä- ja alakerran välillä. Ilmavuotoja tuulensuojakerroksessa ei saa olla. Tuulensuoja on yleensä helppo saada tiiviiksi uuden ja vanhan rakenteen rajapinnassa, koska vanhaa ulkoverhousta joudutaan usein purkamaan jo muistakin käytännön syistä. Höyrynsulku on haastavampi. Yläkerran höyrynsulku tulee liittää tiiviisti vanhaan höyrynsulkuun. Käytännön haastetta tuo vanhat yläpohjaeristeet. Eristettä rakenteessa täytyy olla ääneneristyksen takia, mutta vanhaa eristettä on todennäköisesti paljon, koska aiemmin sen tehtävä on ollut toimia lämmöneristeenä. Villat täytyy saada väliaikaisesti pois tieltä, että höyrynsulku päästään asentamaan tiiviiksi. Välipohjassa höyrynsulkuun tulee läpivientejä. Höyrynsulun täytyy kulkea vanhojen alapaarteiden tai kattopalkkien, sekä uuden kehäristikon alapaarten ohi. Pelkkä höyrynsulkumuovin teippaaminen ei läpivientien kohdalla ole paras ratkaisu. Välipohjan kohdalle, missä on useita läpivientejä lähekkäin, kannattaa laittaa kovaa eristettä esim. Finnfoamia. Eristelevyn ja puun väli tiivistetään tiivistys

vaahdolla (kuva 21). Tämän jälkeen höyrynsulkukalvo tuodaan rakenteen yli ja läpiviennit tiivistetään teippaamalla tai läpivientipaloilla.



Kuva 21. Höyrynsulun tiiviyyden varmistus xps-levyllä ja tiivistysvaahdolla.

10.4 Pohdintaa

Ylöspäin laajentaminen on hyvä vaihtoehto, mutta ei välttämättä aina kannattavin. Projektin haastavuus on huomioitava ja mietittävä ylöspäin laajentamisen hyvät ja huonot puolet.

Hyvät edellytykset yläkertalaajennukselle:

- Vanha runko hyvässä kunnossa
- Seinärakenne samanlainen talon ympäri ja mittatarkka
- Vanha runko kestää lisääntyvät kuormat ilman vahvistusta
- Rakennus yksikertaisen muotoinen
- Vesikatteessa ja ulkoverhouksessa uusimisen tarvetta
- Yläkerta mahdollista rakentaa maanpinnalla lohkoksi
- Portaille löytyy järkevä sijoituspaikka alakerrasta

Ylöspäin laajentamisen hyvät ja huonot puolet:

- + Vältetään maanrakennustöitä
- + Säästetään kustannuksissa, koska ei tehdä perustuksia
- + Säästetään tilaa tontilta

- + Voidaan muokata talon ulkonäköä
- ± Vesikatto uusitaan kokonaan
- ± Ulkoverhous uusitaan laajalti tai kokonaan
- Teknisesti haastava toteuttaa
- Rakenteiden kastumisen riski, kun vanha vesikatto purettu
- Vanhan rakenteen kunto ja kestävyys tutkittava ennen hanketta
- Vanhaa rakennetta mahdollisesti vahvistettava
- Portaat vievät tilaa



Kuva 22. Esimerkkitalo ennen laajennusta



Kuva 23. Esimerkkitalo laajennuksen jälkeen

LÄHTEET

RIL 205-1-2017 Puurakenteiden suunnitteluohje. Eurokoodi EN 1995-1-1. 2017. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Ympäristöministeriön www-sivut. 2016. Viitattu 15.5.2019. www.ymp.fi

Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 17.6.2014/465

Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista 17.6.2014/477

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 24.11.2017/782

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132 muutoksineen

Ympäristöministeriön www-sivut. 2015. Viitattu 15.5.2019. www.ymp.fi

Eurokoodi 5. Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje. 2018. Puuinfo Oy.

RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. 2012. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT 82-11006. Ulkoseinärakenteita. 2010. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 1.6.2019. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

RT 82-10820. Pientalon puurakenteet. Avoin puurakennusjärjestelmä. 2004. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 5.9.2019. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

RT 85-10495. Puuristikot ja -kehät. 1993. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 5.9.2019. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

Toimivat katot 2019. 2019, Helsinki: Kattoliitto. Viitattu 16.11.2019. http://www.kattoliitto.fi/files/843/Toimivat_katot_2019_netti.pdf

Paroc Group Oy:n www-sivut. 2019. Viitattu 30.7.2019. <https://www.paroc.fi/dokumentit-ja-tyokalut/cad-kuvat>

RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodit EN 1990, EN 1991-1-1, EN 1991-1-3 ja EN 1991-1-4. 2016. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Vepe Oy Peltonen www-sivut. 2019. Viitattu 3.8.2019. www.vepe.fi

Kosteudenhallinta.fi www-sivut. 2019. Viitattu 31.8.2019. www.kosteudenhallinta.fi

RT 103027. Portaat ja luiskat. 2019. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 5.9.2019. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

Kingspan Oy:n www-sivut. 2019. Viitattu 9.9.2019. www.kingspan.com

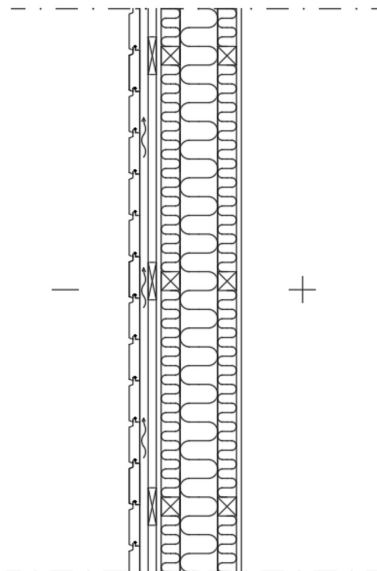
Materiaalien tilavuuspainot γ

Puu	$\rho_p := 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$g := 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$\gamma_p := g \cdot \rho_p = 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Mineraalivilla	$\rho_v := 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		$\gamma_v := g \cdot \rho_v = 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Puhallusvilla	$\rho_e := 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		$\gamma_e := g \cdot \rho_e = 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Peltikate	$\rho_{kt} := 6.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$		$\gamma_{kt} := g \cdot \rho_{kt} = 0.062 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Tuulensuoja GTS 9	$\rho_{gt} := 7.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$		$\gamma_{gt} := g \cdot \rho_{gt} = 0.072 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Gyproc GEK 13	$\rho_g := 9.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$		$\gamma_g := g \cdot \rho_g = 0.099 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

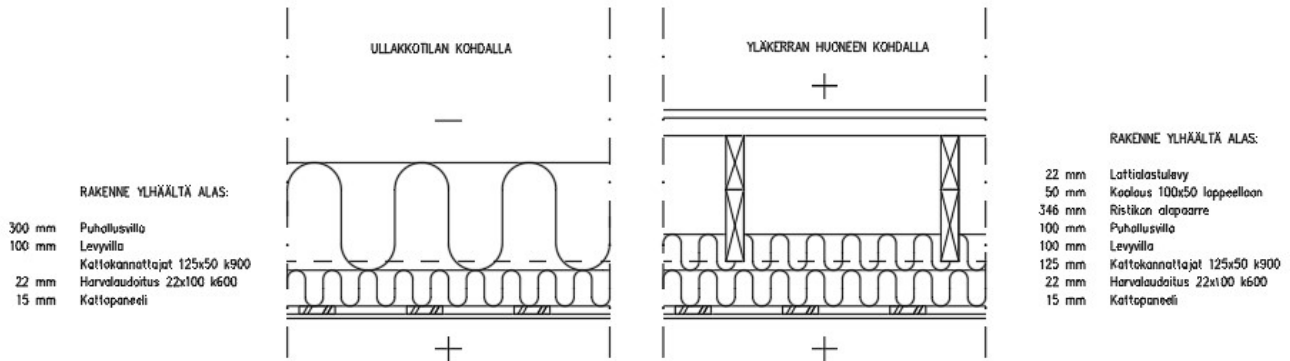
Ulkoseinän omapaino yhdelle tolpalle (50*50+100*50+50*50)

Kipsilevy EK	$g_{usg} := \gamma_g = 0.099 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Pystyrunko + 2x koolaus	$g_{usr} := \gamma_p \cdot \left(\frac{0.05 \text{ m} \cdot 0.100 \text{ m}}{0.6 \text{ m}} + 2 \cdot \frac{0.05 \text{ m} \cdot 0.05 \text{ m}}{0.6 \text{ m}} \right) = 0.083 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Villa 50mm+100mm+50mm	$g_{usv} := \gamma_v \cdot 0.2 \text{ m} = 0.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Tuulensuoja	$g_{usgt} := \gamma_{gt} = 0.072 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Ristiinkoolaus (lauta)	$g_{usk} := \gamma_p \cdot \left(\frac{0.022 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m}}{0.6 \text{ m}} \right) \cdot 2 = 0.037 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Paneeli	$g_{usp} := \gamma_p \cdot 0.028 \text{ m} = 0.14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Ulkoseinä yhteensä	$g_{us} := (g_{usg} + g_{usr} + g_{usv} + g_{usgt} + g_{usk} + g_{usp}) \cdot 0.6 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = 0.956 \text{ kN}$

- RAKENNE ULKOA SISÄLLE:
- Ulkoverhoitus vaakaan
 - 22 mm Tuulelusrako ja koolaus pystyyn 22x100 k600
 - 22 mm Koolaus vaakaan 22x100 k600
 - 12 mm Tuulensuoja Bitumilla kyläistetty puukuitulevy
 - 50 mm Koolaus ja lämmöneriste
 - 100 mm Lämmöneriste ja kantava runko 50x100 k600
 - Höyrynsulku
 - 50 mm Koolaus ja lämmöneriste
 - 13 mm Kipsilevy GYPROC GEK 13
 - Pintakäsittely

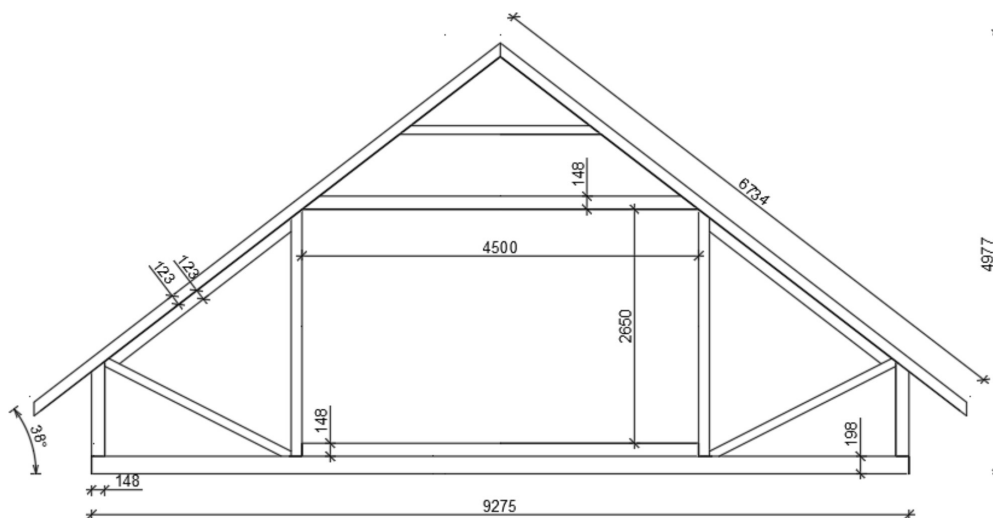


Kattopaneeli	$g_{vpp} := \gamma_p \cdot 0.015 \text{ m} = 0.075 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Koolaus (lauta)	$g_{vpk} := \gamma_p \cdot \left(\frac{0.022 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m}}{0.6 \text{ m}} \right) = 0.018 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Villa (200mm)	$g_{vpp} := \gamma_v \cdot 0.2 \text{ m} = 0.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Runko (125mm*50mm)	$g_{vpr} := \gamma_p \cdot \left(\frac{0.05 \text{ m} \cdot 0.125 \text{ m}}{0.9 \text{ m}} \right) = 0.035 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Väliohja yhteensä	$g_{vp} := ((g_{vpp} + g_{vpk} + g_{vpp} + g_{vpr}) \cdot 4.65 \text{ m} + g_{vpp} \cdot 2.4 \text{ m}) \cdot 0.6 \text{ m} = 0.78 \text{ kN}$



Vesikaton ja ristikoiden omapaino yhdelle tolपालle

Peltikate	$g_{yppk} := \gamma_{kt} = 0.062 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Ruoteet k300	$g_{ypr} := \gamma_p \cdot \left(\frac{0.025 \text{ m} \cdot 0.100 \text{ m}}{0.3 \text{ m}} \right) = 0.042 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Ristikot k900 (koko kehä)	$g_{yprist} := \frac{1.5 \text{ kN}}{0.9 \text{ m} \cdot 9.3 \text{ m}} = 0.179 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Yhteensä	$g_{yp} := (g_{yppk} + g_{ypr}) \cdot 6.7 \text{ m} \cdot 0.6 \text{ m} + g_{yprist} \cdot 4.65 \text{ m} \cdot 0.6 \text{ m} = 0.917 \text{ kN}$



Koolaus lattia(100*50) $g_{ykk} := \gamma_p \cdot \left(\frac{0.05 \text{ m} \cdot 0.100 \text{ m}}{0.6 \text{ m}} \right) = 0.042 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Koolaus seinät ja katto $g_{yksk} := \gamma_p \cdot \left(\frac{0.05 \text{ m} \cdot 0.05 \text{ m}}{0.4 \text{ m}} \right) = 0.031 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Lattialastulevy $g_{ykl} := 0.158 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Villa (seinä) $g_{ykv} := \gamma_v \cdot 0.2 \text{ m} = 0.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Kipsilevy EK $g_{ykg} := \gamma_g = 0.099 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Villa (katto) $g_{ykvk} := \gamma_v \cdot 0.5 \text{ m} = 0.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Yläkerta yhteensä

$$g_{yk} := \left((g_{ykk} + g_{ykl} + g_{ykvk} + g_{ykg} + g_{yksk}) \cdot 2.25 \text{ m} + (g_{ykv} + g_{ykg}) \cdot 2.6 \text{ m} \right) \cdot 0.6 \text{ m} = 1.093 \text{ kN}$$

Yhdelle tolpalle tuleva kuorma omasta painosta

$$g_o := g_{us} + g_{vp} + g_{yp} + g_{yk} = 3.746 \text{ kN}$$

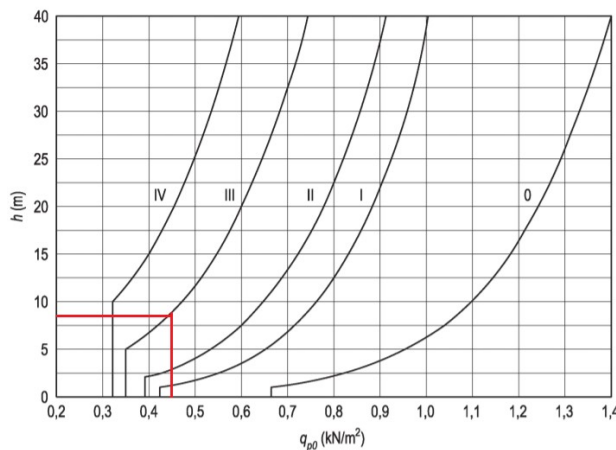
Hyötykuorma yhdelle tolpalle (yläkerran huoneet+kylmä ullakkotila)

$$q_n := \left(2.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2.4 \text{ m} + 1.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2.25 \text{ m} \right) \cdot 0.6 \text{ m} = 4.689 \text{ kN}$$

Lumikuorma (Rauma) yhdelle tolpalle

$$q_l := 1.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 4.65 \text{ m} \cdot 0.6 \text{ m} = 4.464 \text{ kN}$$

Tuulikuorma alakerran runkotolpalle nettopainekertoimella



Maastoluokka III, rakennuksen korkeus 8,5m

$$q_{p0}(h) := 0.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$k := 0.6 \text{ m} \quad L := 2.7 \text{ m}$$

$$A := k \cdot L = 1.62 \text{ m}^2$$

=> interpoloitu $c_{pnet} := 1.29$

$$q_w := \frac{c_{pnet} \cdot q_{p0}(h) \cdot k \cdot L^2}{8} = 0.317 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Eurokoodi 5. Lyhennetty suunnitteluhje, kuva 2.4

Ulkoseinät	suurin imu nurkka-alueilla ¹⁾		suurin imu keskialueilla		suurin paine sisäänpäin	
	A ≥ 10	A ≤ 1 m ²	A ≥ 10	A ≤ 1 m ²	A ≥ 10	A ≤ 1 m ²
tarkasteltava pinta-ala	A ≥ 10	A ≤ 1 m ²	A ≥ 10	A ≤ 1 m ²	A ≥ 10	A ≤ 1 m ²
c _{p,net}	-1,5	-1,7	-1,1	-1,4	+1,1	+1,3

Eurokoodi 5. Lyhennetty suunnitteluhje, kaavio 2.4

Kuormat

$g_o := 3.746 \text{ kN}$	Omapaino yhdelle tolalle
$q_l := 4.464 \text{ kN}$	Lumikuorma yhdelle tolalle
$q_h := 4.689 \text{ kN}$	Hyötykuorma yhdelle tolalle
$q_w := 0.308 \text{ kN} \cdot \text{m}$	Tuulikuorma yhdelle tolalle

Runkotolppa 100*50*2700

$h := 100 \text{ mm}$ $b := 50 \text{ mm}$ $A := h \cdot b = (5 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$ $L := 2700 \text{ mm}$

Nurjahduskertoimen laskenta

$L_{cz} := 1.0 \cdot L = 2.7 \text{ m}$

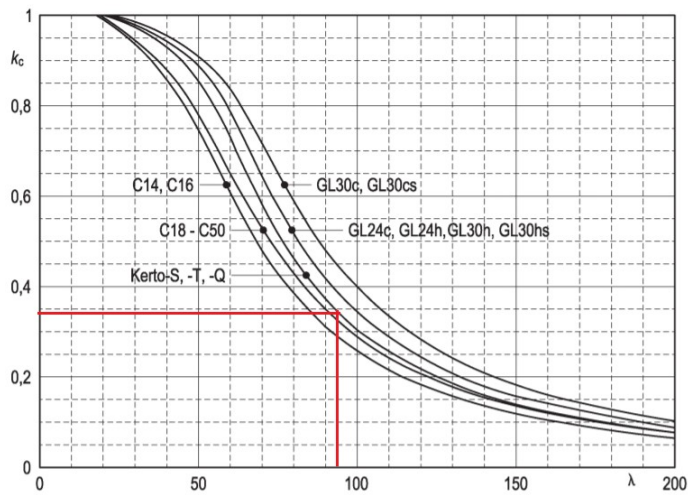
Nurjahduspituus

$i_y := \frac{h}{\sqrt{12}} = 28.868 \text{ mm}$

$\lambda_y := \frac{L_{cz}}{i_y} = 93.531$

$k_{cy} := 0.33$

Nurjahduskerroin kuvasta 5.5 EC5 Lyhennetty suunnitteluohje



Sahatavaran (C24) ominaisuudet

$f_{mk} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$E_{0mean} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$f_{t0k} := 14.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$G_{mean} := 690 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$f_{t90k} := 0.4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$\gamma_M := 1.3$

$f_{c0k} := 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$f_{c90k} := 2.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$f_{vk} := 4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

KY1 Aikaluokka pysyvä, käyttöluokka 1

$$N_d := 1.35 \cdot g_o = 5.057 \text{ kN}$$

Maksimi normaalivoima

$$k_{mod} := 0.6$$

$$f_{c0d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_M} = 9.692 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus

Puristusjäännitys:

$$\sigma_{c0d} := \frac{N_d}{b \cdot h} = 1.011 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto nurjahduskestävyys:

$$\frac{\sigma_{c0d}}{k_{cy} \cdot f_{c0d}} = 0.316 \quad \leq 1$$

Käyttöaste 32%, OK kestää

KY2 Aikaluokka keskipitkä, käyttöluokka 1

$$N_d := 1.15 \cdot g_o + 1.5 \cdot q_l + 1.05 \cdot q_h = 15.927 \text{ kN}$$

Maksimi normaalivoima

$$k_{mod} := 0.8$$

$$f_{c0d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_M} = 12.923 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus

Puristusjäännitys:

$$\sigma_{c0d} := \frac{N_d}{b \cdot h} = 3.185 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto nurjahduskestävyys:

$$\frac{\sigma_{c0d}}{k_{cy} \cdot f_{c0d}} = 0.747 \quad \leq 1$$

Käyttöaste 75%, OK kestää

KY3 Aikaluokka keskipitkä, käyttöluokka 1

$$N_d := 1.15 \cdot g_o + 1.5 \cdot q_h + 1.05 \cdot q_l = 16.029 \text{ kN}$$

Maksimi normaalivoima

$$k_{mod} := 0.8$$

$$f_{c0d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_M} = 12.923 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus

Puristusjäännitys:

$$\sigma_{c0d} := \frac{N_d}{b \cdot h} = 3.206 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto nurjahduskestävyys:

$$\frac{\sigma_{c0d}}{k_{cy} \cdot f_{c0d}} = 0.752 \quad \leq 1$$

Käyttöaste 75%, OK kestää

KY4 Aikaluokka hetkellinen, käyttöluokka 1

$$N_d := 1.15 \cdot g_o + 1.05 \cdot q_h + 1.05 \cdot q_l = 13.919 \text{ kN}$$

Maksimi normaalivoima

$$k_{mod} := 1.1$$

$$f_{c0d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_M} = 17.769 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus

Puristusjännitys:

$$\sigma_{c0d} := \frac{N_d}{b \cdot h} = 2.784 \frac{N}{mm^2}$$

Taivutusjännitys:

$$\sigma_{myd} := \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = 5.544 \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{myd}}{f_{md}} + \frac{\sigma_{c0d}}{k_{cy} \cdot f_{c0d}} = 0.748 \quad \leq 1$$

Maksimi taivutusmomentti:

$$M_d := 1.5 \cdot q_w = 0.462 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Taivutuslujuus:

$$f_{md} := k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_M} = 20.308 \frac{N}{mm^2}$$

Käyttöaste 75%, OK kestää

KY5 Aikaluokka hetkellinen, käyttöluokka 1

$$N_d := 1.15 \cdot g_o + 1.5 \cdot q_l + 1.05 \cdot q_h = 15.927 \text{ kN}$$

Maksimi normaalivoima

$$k_{mod} := 1.1$$

$$f_{c0d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_M} = 17.769 \frac{N}{mm^2}$$

Puristuslujuus

Puristusjännitys:

$$\sigma_{c0d} := \frac{N_d}{b \cdot h} = 3.185 \frac{N}{mm^2}$$

Maksimi taivutusmomentti:

$$M_d := 0.9 \cdot q_w = 0.277 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Taivutusjännitys:

$$\sigma_{myd} := \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = 3.326 \frac{N}{mm^2}$$

Taivutuslujuus:

$$f_{md} := k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_M} = 20.308 \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{myd}}{f_{md}} + \frac{\sigma_{c0d}}{k_{cy} \cdot f_{c0d}} = 0.707 \quad \leq 1$$

Käyttöaste 71%, OK kestää

KY6 Aikaluokka hetkellinen, käyttöluokka 1

$$N_d := 1.15 \cdot g_o + 1.5 \cdot q_h + 1.05 \cdot q_l = 16.029 \text{ kN}$$

Maksimi normaalivoima

$$k_{mod} := 1.1$$

$$f_{c0d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_M} = 17.769 \frac{N}{mm^2}$$

Puristuslujuus

Puristusjännitys:

$$\sigma_{c0d} := \frac{N_d}{b \cdot h} = 3.206 \frac{N}{mm^2}$$

Maksimi taivutusmomentti:

$$M_d := 0.9 \cdot q_w = 0.277 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Taivutusjännitys:

$$\sigma_{myd} := \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = 3.326 \frac{N}{mm^2}$$

Taivutuslujuus:

$$f_{md} := k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_M} = 20.308 \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{myd}}{f_{md}} + \frac{\sigma_{c0d}}{k_{cy} \cdot f_{c0d}} = 0.71 \quad \leq 1$$

Käyttöaste 71%, OK kestää

Tukipainekestävyys alaojhauspuussa KY3

Tukireaktio:

$$A_d := 1.15 \cdot g_o + 1.5 \cdot q_h + 1.05 \cdot q_l = 16.029 \text{ kN}$$

Puristusjännitys alaojhauspuussa:

$$\sigma_{c90d} := \frac{A_d}{b \cdot h} = 3.206 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Alaojhauspuun puristuslujuus syysuuntaa vastaan:

$$f_{c90d} := \frac{f_{c90k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 2.115 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus:

$$l_{c90ef} := b + 2 \cdot 0.03 \text{ m} = 0.11 \text{ m}$$

Tukipaine kerroin:

$$k_{c90} := 1 \quad k_c := \frac{l_{c90ef}}{b} \cdot k_{c90} = 2.2$$

Mitoitusehto:

$$\sigma_{c90d} = 3.206 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < k_c \cdot f_{c90d} = 4.654 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Käyttöaste 69\%, OK kestää}$$

Taipuma KY4

Jäyhyysmomentti:

$$I_y := \frac{b \cdot h^3}{12} = (4.167 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

Hetkellinen taipuma tuulikuormasta:

$$c_{pmet} := 1.29 \quad q_{p0}(h) := 0.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad k := 0.6 \text{ m}$$

$$w_{inst} := \frac{5 \cdot (k \cdot c_{pmet} \cdot q_{p0}(h)) \cdot L^4}{384 \cdot E_{0mean} \cdot I_y} = 5.259 \text{ mm}$$

Lopputaipuma:

Taipumaraja:

$$k_{def} := 0.6$$

$$w_{fin} := (1 + k_{def}) \cdot w_{inst} = 8.414 \text{ mm}$$

$$\frac{L}{300} = 9 \text{ mm}$$

Mitoitusehto:

$$w_{fin} < \frac{L}{300}$$

Käyttöaste 93%, OK kestää

Rakennuksen mitat:

Pitkä sivu	$L_1 := 14500 \text{ mm}$	Harjakorkeus	$H_1 := 8500 \text{ mm}$
Pääty	$L_2 := 9500 \text{ mm}$	Keskimääräinen korkeus	$H_2 := 6000 \text{ mm}$

Nopeuspaine: $q_{p0}(h) := 0.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ Maastoluokka III

Kokonaistuulivoima pitkälle sivulle:

$$A_{ref1} := L_1 \cdot H_1 = 123.25 \text{ m}^2 \quad \lambda := \frac{2 \cdot H_1}{L_1} = 1.172 \quad \frac{L_2}{L_1} = 0.655$$

$$c_f := 1.42 \quad \text{interpoloitu taulukosta}$$

$$F_{wk1} := c_f \cdot q_{p0}(h) \cdot A_{ref1} = 78.757 \text{ kN}$$

Sivusuhte d/b									
λ	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
≤ 1	1,2	1,2	1,37	1,44	1,28	0,99	0,60	0,54	0,54
3	1,29	1,29	1,48	1,55	1,38	1,07	0,65	0,58	0,58
19	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

Taulukko 2.3 Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje. Voimakerroin c_f

Kokonaistuulivoimaa vastaava jakautunut tuulikuorma pitkälle sivulle:

$$q_{wk1} := \frac{F_{wk1}}{0.8 \cdot A_{ref1}} = 0.799 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Yläjuoksun tasoon kohdistuva viivakuorma pitkällä sivulla:

$$w_{k1} := q_{wk1} \cdot (0.8 \cdot H_1) = 5.432 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Jaetaan kuorma kahdelle seinälle, kuorma/seinä:

$$F_{v1} := w_{k1} \cdot \frac{L_1}{2} = 39.378 \text{ kN}$$

Murtorajatilassa:

$$F_{d1} := 1.5 \cdot F_{v1} = 59.068 \text{ kN}$$

Kokonaistuulivoima päätyyn:

$$A_{ref2} := L_2 \cdot H_2 = 57 \text{ m}^2 \quad \lambda := \frac{2 \cdot H_2}{L_2} = 1.263 \quad \frac{L_1}{L_2} = 1.526 \quad c_f := 1.17$$

$$F_{wk2} := c_f \cdot q_{p0}(h) \cdot A_{ref2} = 30.011 \text{ kN}$$

Kokonaistuulivoimaa vastaava jakautunut tuulikuorma päätyyn:

$$q_{wk2} := \frac{F_{wk2}}{0.8 \cdot A_{ref2}} = 0.658 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Yläjuoksun tasoon kohdistuva viivakuorma päädyssä:

$$w_{k2} := q_{wk2} \cdot (0.8 \cdot H_2) = 3.159 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Jaetaan kuorma kahdelle seinälle, kuorma/seinä:

Murtorajatilassa:

Liite 3 2(4)

$$F_{v2} := w_{k2} \cdot \frac{L_2}{2} = 15.005 \text{ kN}$$

$$F_{d2} := 1.5 \cdot F_{v2} = 22.508 \text{ kN}$$

Alakerran seinien jäykistäminen, levyjäykistys

$t := 12 \text{ mm}$	Vanerin paksuus
$d := 2.9 \text{ mm}$	Naulan halkaisija (konenaula 2,9x50)
$h := 2700 \text{ mm}$	Seinärunгон korkeus
$\frac{h}{4} = 675 \text{ mm}$	Jäykistävän seinälohkon minimileveys

Naulan leikkauskestävyys

$$\rho_k := 350 \quad k_{\rho} := \sqrt{\frac{\rho_k}{350}} = 1 \quad \text{Korjauskerroin}$$

$$k_t := \left(0.5 + \frac{t}{12 \cdot d}\right) \cdot k_{\rho} = 0.845 \quad \text{Korjauskerroin}$$

$$k_{mod} := 1.1 \quad \gamma_M := 1.4$$

$12 \cdot d = 34.8 \text{ mm} < 41 \text{ mm}$ ei tarvitse pienentää leikkauskestävyyttä

$$d := 2.9$$

$$R_{d} := \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot 120 \cdot d^{1.7} = 486.733 \quad \text{N} \quad \text{Naulan leikkauskestävyys}$$

$$F_{fRd} := 486.733 \text{ N} \quad \text{Naulan leikkauskestävyys}$$

Seinäloikkojen leikkausvoimakestävyys

$s := 60 \text{ mm}$	Liitinväli
$b_1 := 1000 \text{ mm}$	Seinälohkon leveys

$$c_1 := \frac{2 \cdot b_1}{h} = 0.741 \quad b < \frac{h}{2}$$

$$F_{1vRd} := \frac{F_{fRd} \cdot b_1 \cdot c_1}{s} = 6.009 \text{ kN} \quad \text{Lohkon 1 leikkausvoimakestävyys}$$

$s := 60 \text{ mm}$	Liitinväli
$b_2 := 1200 \text{ mm}$	Seinälohkon leveys

$$c_2 := \frac{2 \cdot b_2}{h} = 0.889 \quad b < \frac{h}{2}$$

$$F_{2vRd} := \frac{F_{fRd} \cdot b_2 \cdot c_2}{s} = 8.653 \text{ kN} \quad \text{Lohkon 2 leikkausvoimakestävyys}$$

Yhteenlaskettu leikkausvoimakestävyys (molempia seinäloikkoja 2 kpl)

$$F_{Rd} := (F_{1vRd} + F_{2vRd}) \cdot 2 = 29.324 \text{ kN}$$

Käyttöaste: $\frac{F_{d2}}{F_{Rd}} = 0.768$ 77%, OK kestää

Seinälohkon 1 ulkoiset pystyvoimat

$$F_{1vEd} := \frac{F_{1vRd}}{F_{Rd}} \cdot F_{d2} = 4.612 \text{ kN}$$

$$F_{1cEd} := \frac{F_{1vEd} \cdot h}{b_1} = 12.453 \text{ kN}$$

$$F_{1cEd} = F_{1tEd}$$

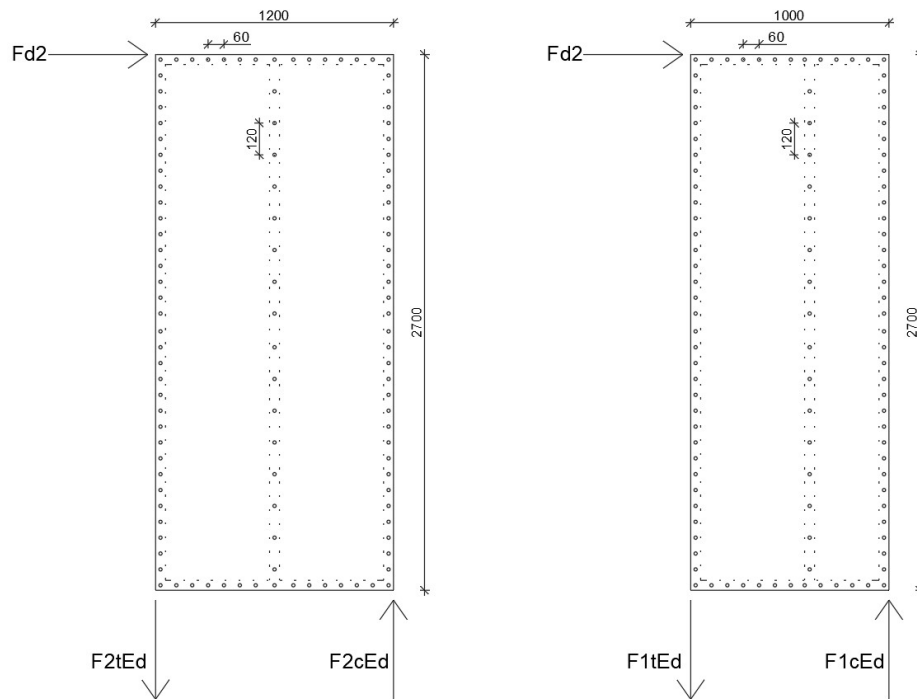
Seinälohkon 2 ulkoiset pystyvoimat

$$F_{2vEd} := \frac{F_{2vRd}}{F_{Rd}} \cdot F_{d2} = 6.642 \text{ kN}$$

$$F_{2cEd} := \frac{F_{2vEd} \cdot h}{b_2} = 14.944 \text{ kN}$$

$$F_{2cEd} = F_{2tEd}$$

Alaohjauspuut ankkuroidaan sokkeliin jokaisen jäykistävän seinälohkon molemmista alakulmista. Ankkurointi mitoitetaan seinälohkon suurimman pystyvoiman mukaan.



Alakerran seinien jäykistäminen, vinolaudat (lasketaan vain vedolle)

$$d := 2.8 \text{ mm}$$

Konenaula 2.8x75

$$t := 22 \text{ mm}$$

Lauta 22x100, C24

$$k_e := \frac{t}{8 \cdot d} = 0.982$$

Korjauskerroin

$$R_d := \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_e \cdot 120 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{1.7} = 533.076$$

N

Naulan leikkauskestävyys

Vinolaudan liitosten leikkausvoimakestävyys

$$F_{vLRd} := 3 \cdot 4 \cdot R_d \cdot N = 6.397 \text{ kN}$$

Kolme naulaa/liitos, neljä liitosta/vinolautaa

Vinolautojen minimimäärä

$$k_{pl1} := \frac{F_{d1} \cdot 2}{F_{vLRd}} = 18.468$$

19kpl pitkän sivun tuulikuormaa vastaan

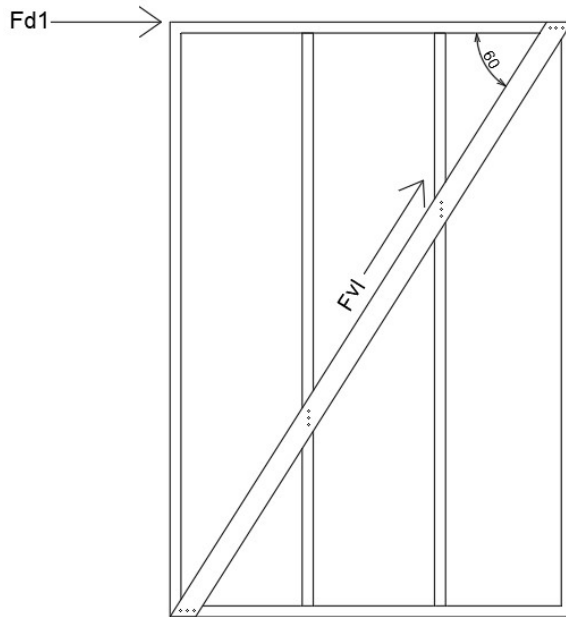
$$k_{pl2} := \frac{F_{d2}}{F_{vLRd}} = 3.519$$

4kpl päätyseinän tuulikuormaa vastaan (levyjen lisäksi)

Vinolautaan kohdistuva veto päädyssä, 60 asteen kulmassa

$$\cos 60^\circ := 0.5$$

$$F_{vl} := \frac{F_{d1} \cdot 2}{0.5} = 236.27 \text{ kN}$$



Vinolaudan jännitys

$$\sigma_{t0d} := \frac{F_{vl}}{22 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}} = 107.396 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Vinolaudan vetokestävyys

$$k_{mod} := 1.1 \quad \gamma_M := 1.4$$

$$f_{t0k} := 14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{t0d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_M} = 11 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tarvittava vinolautojen määrä

$$k_{pl} := \frac{\sigma_{t0d}}{f_{t0d}} = 9.763$$

10 kpl vinolautoja vetoa vastaan lyhyellä sivulla

Vinolautaan kohdistuva veto pitkällä sivulla, 60 asteen kulmassa

$$\cos 60^\circ := 0.5$$

$$F_{vl} := \frac{F_{d2}}{0.5} = 45.016 \text{ kN}$$

Vinolaudan jännitys

$$\sigma_{t0d} := \frac{F_{vl}}{22 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}} = 20.462 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Vinolaudan vetokestävyys

$$k_{mod} := 1.1 \quad \gamma_M := 1.4$$

$$f_{t0k} := 14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{t0d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_M} = 11 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tarvittava vinolautojen määrä

$$k_{pl} := \frac{\sigma_{t0d}}{f_{t0d}} = 1.86$$

2 kpl vinolautoja vetoa vastaan pitkällä sivulla

Esimerkkitalossa on kolme päädyn suuntaista seinälinjaa joissa vinolautoja. Seinissä on yhteensä vähintään 9 vetoa vastaanottavaa vinolautaa tuulensuunnasta riippuen, lisäksi vähintään 9 puristusta vastaanottavaa vinolautaa. Rakennuksen vinolautoilla jäykistetyllä pitkällä sivulla on 3 vetoa vastaanottavaa lautaa. => OK