



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Marja Pelo

# Puu asuinkerrostalon rakennusmateriaalina

Puukerrostalo Kotkan Hirssaareen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusarkkitehti (AMK)

Rakennusarkkitehtuuri

Opinnäytetyö

24.4.2019

Tekijä Otsikko	Marja Pelo Puu asuinkerrostalon rakennusmateriaalina
Sivumäärä Aika	72 sivua + 1 liitettä 24.4.2019
Tutkinto	Rakennusarkkitehti (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusarkkitehtuuri
Ammatillinen pääaine	Rakennusarkkitehtuuri
Ohjaajat	tuntiopettaja Jarkko Könönen lehtori Kaisa Hyyti
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää yli 2-kerroksisen puurakenteisen asuinkerrostalon suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä. Tarkoituksena oli tutkia, millaisia rakenteellisia ratkaisuita ja tuotteita puukerrostalorakentamisessa on käytettävissä, miten ne vaikuttavat suunnitteluun, ja miten palomääräykset ohjaavat suunnittelua. Näiden lähtötietojen pohjalta laadittiin puurakenteisen asuinkerrostalon luonnostasoinen suunnitelma.</p> <p>Opinnäytetyössä kerättiin puukerrostalorakentamisen teoriatietoa kirjallisuuden ja internet-lähteiden avulla. Kerätyn aineiston pohjalta koottiin opinnäytetyön teoriatausta.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuuteen perustuen laadittiin puurakenteisen asuinkerrostalon luonnostasoinen suunnitelma, jonka rakennejärjestelmäksi valikoitui pilari-palkkirakenne sekä rankarakenteiset seinät sekä ala-, väli- ja yläpohjarakenteet.</p> <p>Puukerrostalorakentamisessa on jo olemassa toimivia ratkaisuita, ja ero betonirakennusten suunnitteluun on vähäinen. Puun käyttöä kerrostaloarkkitehtuurissa voidaan edelleen kehittää, kun tunnetaan puurakentamista ohjaavat määräykset sekä rakennusmateriaalin ominaisuudet ja käytetään niitä luonnollisella, puun omia vahvuuksia hyödyntävällä tavalla. Puu taipuu moneksi, ja puun luonnollisia ominaisuuksia hyödyntämällä voidaan avata puuarkkitehtuurille uusia mahdollisuuksia ja edistää siten puurakentamista. Palomääräykset kuitenkin edelleen rajoittavat puun monipuolisempaa käyttöä rakennusten sisäpinnoissa.</p>	
Avainsanat	puukerrostalo, puurakentaminen, puuarkkitehtuuri

Author(s) Title	Marja Pelo Wood as a Construction Material of an Apartment Block
Number of Pages Date	72 pages + 1 appendices 24 April 2019
Degree	Construction Architect
Degree Program	Construction Architecture
Specialisation option	Construction Architecture
Supervisor(s)	Jarkko Könönen, Lesson teacher Kaisa Hyyti, Lecturer
<p>The aim of this thesis was to find out the factors influencing the design of a over two-story wooden apartment block. The purpose was to study what kind of structural solutions and products there are available in the construction of wooden buildings, how they affect the design and how the fire regulations control the design. On the basis of these guidelines, a sketch plan of a wooden apartment block was drawn.</p> <p>The process included a collection of the theoretical knowledge of wooden block of construction using literature and internet sources. Based on the collected data, the theoretical background of the thesis was compiled.</p> <p>Based on the theoretical knowledge of the thesis, a sketch-plan of a wooden residential block was drawn. The pillar-beam structure was chosen as the load bearing structure and the framing structure to be used in walls and in under-, mid and upper-floor.</p> <p>There are already working solutions in the construction of wooden block buildings, and the difference between the designs of a concrete or wooden building is small. The use of wood in apartment building architecture can be further developed as long as one understands the regulations concerning wood construction and the properties of wood as a building material and uses wood in a way that is natural to the material. This way can new possibilities be discovered in the wood architecture and promote wood construction. Fire regulations however still limit the more versatile use of wood on the interior surfaces of buildings.</p>	
Keywords	Wood building, Wood structures, Wood Architecture

## Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet	2
1.2	Opinnäytetyön rajaus	4
2	Puukerrostalot Suomessa ja muualla	4
2.1	Puukerrostalot Suomessa	4
2.2	Puukerrostalot maailmalla	7
3	Rakennejärjestelmät	10
3.1	Runkorakenteet	10
3.1.1	Kantavat seinät -järjestelmä	10
3.1.2	Pilari-palkki -järjestelmä	16
3.1.3	Tilaelementtijärjestelmä	17
3.2	Avoin puurakennusjärjestelmä	18
3.2.1	RunkoPES	19
4	Puukerrostalorakentamisen tuotteet	20
4.1	Liimapuu	20
4.2	Viilupuu (LVL)	21
4.3	Monikerroslevy (CLT)	21
4.4	I-palkit	22
4.5	Naulalevyrakenteet	23
4.6	Vaneri	24
4.7	Lastulevy	26
4.8	Puukuitulevy	27
4.9	Elementit	27
5	Rakenteet	28
5.1	Alapohja	28
5.1.1	Rankarakenteinen alapohja	28
5.1.2	Massiivipuurakenteinen alapohja	31

5.2	Välipohja	31
5.2.1	Rankarakenteinen välipohja	31
5.2.2	Massiivipuurakenteinen välipohja	32
5.3	Yläpohja	33
5.3.1	Rankarakenteinen yläpohja	33
5.3.2	Massiivipuurakenteinen yläpohja	33
5.4	Vesikatto	34
5.5	Ulkoseinä	34
5.5.1	Rankarakenteinen ulkoseinä	34
5.5.2	Massiivipuurakenteinen ulkoseinä	35
5.6	Väliseinä	36
5.6.1	Rankarakenteinen väliseinä	36
5.6.2	Massiivipuurakenteinen väliseinä	37
6	Puukerrostalon paloturvallisuus	38
6.1	Paloluokka	38
6.2	Palomitoitus	38
6.3	Rakennustarvikkeiden ja pintojen luokitus	39
6.4	Suojaverhous	42
6.5	Palo-osasto	42
6.5.1	Palo-osaston pinta-ala	42
6.5.2	Ullakko	43
6.5.3	Alapohja	43
6.5.4	Ulkoseinät	43
6.6	Palokatkot	44
6.7	Palon leviämisen estäminen	44
6.7.1	Paloräystäs	45
6.8	Poistuminen	46
6.9	Sprinklerijärjestelmät	47
6.10	Puurakenteiden palomitoitus	48
6.11	Talotekniikka	49
7	LVIS-tekniikka	50
8	Ääneneristys	51
9	Puuarkkitehtuuri	52

10	Johtopäätökset	56
11	Puurakenteinen asuinkerrostalo Kotkan Hirssaareen	58
11.1	Yleistä	58
11.2	Suunnittelualue	58
11.3	Tontinkäyttö	61
11.4	Arkkitehtuuri	63
11.5	Tilat	65
	11.5.1 Palomääräysten vaikutus suunnitteluun	67
11.6	Materiaalit	68
	Lähteet	72
	Liitteet	
	Liite 1. Puukerrostalo Kotkan Hirssaareen - planssipienennökset	

## 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty Metropolia Ammattikorkeakoulun rakennusarkkitehtuurin tutkinto-ohjelmalle. Työn ohjaajana on toiminut tuntiopettaja Jarkko Könönen sekä toisen ohjaajana lehtori Kaisa Hyyti.

Puurakentamisella tarkoitetaan sellaista rakentamista, jossa rakennuksen kantavan rungon pääasiallinen materiaali on puu.<sup>2</sup> Puukerrostalolla tarkoitetaan kerrostaloa, jonka kantavat rakenteet ovat pääosin puuta. Rakennuksen julkisivut voivat olla puuta tai muulla julkisivumateriaalilla verhoiltuja. Puuta on jossain määrin mahdollista käyttää myös sisätilojen pinnoissa.<sup>3</sup>

Tässä opinnäytetyössä puukerrostalolla tarkoitetaan vähintään kolmekerroksista puurakenteista asuinkerrostaloa, jonka kantavien rakenteiden rakennusmateriaalina on puu. Opinnäytetyö keskittyy rakenteellisten ratkaisuiden pohjalta saavutettaviin suunnitteluratkaisuihin.

Työn ensimmäisessä osassa esitellään työn aihe, sen tavoitteet sekä aihevalintaan johdaneita syitä.

Toisessa osassa käsitellään yleisesti puukerrostalorakentamisen nykytilaa Suomessa sekä muualla maailmalla. Osassa esitetään hankemääriä ja käsitellään yleisesti puukerrostalorakentamisen tilaa.

Kolmannessa osassa esitellään nykyisin yleisimmät puukerrostalon runkorakennejärjestelmät sekä runkoPES 2.0

Neljännessä osassa käydään läpi puukerrostarakentamisen tuotteita.

Viides osa keskittyy puukerrostalon yleisimpiin rakenteisiin, kuten ala-, väli- ja yläpohjien rakennetyyppeihin sekä detaljeihin.

Kuudes osa käsittelee puukerrostalojen paloturvallisuutta. Palomääräykset asettavat puurakenteiden suunnittelulle erityisiä rajoitteita, ja paloturvallisuus asettaa omat

edellytyksensä mm. taloteknisten ratkaisuiden toteuttamiselle. Puukerrostalot on poikkeuksetta sprinklattava, ja läpiviennit toteutettava paloturvallisina. Lisäksi palomääräykset vaikuttavat sisätiloissa näkyvillä olevien puupintojen määrään. Määräysten täyttämisen edellyttääkin tarkkaa ja huolellista suunnittelua ja erityisiä teknisiä ratkaisuita, minkä ansiosta puukerrostalot voivat olla jopa perinteisempiä betonirakennuksia paloturvallisempia.

Seitsemännessä osassa esitellään puukerrostalon teknisiä ratkaisuita. Osassa ei paneuduta taloteknisten ratkaisuiden tarkkaan tekniseen toteutukseen, kuten mitoitukseen, tuotteisiin tai materiaaleihin, vaan luodaan yleiskuva talotekniikan integroimisesta rakenteisiin ja ratkaisuiden vaikutuksesta arkkitehtisuunnitteluun.

Kahdeksas osa keskittyy puuarkkitehtuuriin. Osassa käydään läpi puun ominaisuuksia arkkitehtuurin kannalta, ja tarkastellaan puuarkkitehtuuria ja sen ominaispiirteitä.

Yhdeksännessä osassa esitellään johtopäätökset, jotka vaikuttavat suunnittelun taustalla. Rakennejärjestelmien käyttökelpoisuutta, keskinäisiä poikkeavuuksia ja vaikutusta suunnitteluun on teorian pohjalta arvioitu johtopäätöksissä.

Kymmenennessä eli viimeisessä osassa esitellään Kotkan Hirssaareen laaditun puurakenteisen asuinkerrostalon luonnostasoinen suunnitelma. Suunnitelma on laadittu työn teoriaosuuteen kootun rakenteellisen tiedon pohjalta. Tavoite pyrkiä luomaan kokonais käsitys puurakentamisen mahdollisuuksista ja suunnittelusta valitun rakennejärjestelmän ja rakenteiden perusteella.

## 1.1 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on luoda yleiskuva puurakenteisen asuinkerrostalon suunnittelusta ja siihen vaikuttavista tekijöistä sekä tuottaa kootun tiedon pohjalta puurakenteisen asuinkerrostalon luonnostasoinen suunnitelma.

Tavoitteena on tukea puukerrostalosuunnittelun ja -rakentamisen edistämistä sekä puurakentamiseen liittyvän teollisuuden kehitystä ja suomalaista puurakentamisen ja -suunnittelun osaamista.



Metsät ja puunjalostus ovat muodostaneet merkittävän osan Suomen taloudesta jo historiallisesti ja Suomessa on pitkät perinteet myös puurakentamisessa, joskin rakentaminen on keskittynyt pientaloihin. Suomen maapinta-alasta jopa 78 % on metsää.<sup>1</sup> Suomessa on myös rakennustaiteellista puurakentamisen osaamista nähtävissä mm. puukirkoissa, niiden arkkitehtuurissa ja teknisissä ratkaisuissa. Puu on kautta Suomen historian ollut myös tärkeä vientituote. Sahateollisuuden myötä on syntynyt teollisuusyhdyskuntia jokisuistoihin laiva- ja uittoreittien varrelle. Sittemmin paperiteollisuus on jatkanut Suomen metsistä juontuvaa teollisuutta.

Suomen puurakentamista rajoittivat pitkään palomääräykset, jotka käytännössä estivät yli 2-kerroksisten puurakenteisten rakennusten toteuttamisen, mikä on vaikuttanut osin myös puurakentamisen teollisen tuotannon ja tekniikoiden heikkoon kehittymiseen erityisesti kerrostalorakentamisessa. Pientaloissa ja vapaa-ajan rakennuksissa pääasiallinen rakennusmateriaali on ollut ja on edelleen puu, mutta edistyksellistä rakenteellista osaamista tai arkkitehtuurin kehittymistä ne eivät ole merkittävästi edistäneet. Palomääräysten lievennykset ovat mahdollistaneet myös 8-kerroksisten puurakenteisten asuin-kerrostalojen toteuttamisen, mutta rakenteellinen osaaminen, tuotteet ja ratkaisut sekä puuarkkitehtuuri kulkevat vielä betonirakentamisesta jäljessä. Nähtävissä on kuitenkin kasvava kiinnostus puurakentamista kohtaan ja osaamisen kehittyminen. Suomen palomääräykset kuitenkin edelleen asettavat rajoitteita puun monipuolisemmalle käytölle asuntoarkkitehtuurissa erityisesti puukerrostalojen kohdalla. Muualla maailmassa palomääräykset mahdollistavat puuarkkitehtuurin vapaamman kehittämisen ja puun käytön laajoina pintoina myös sisätiloissa.

Puurakentamisen edistäminen tuottaa uusia mahdollisuuksia Suomen talousmarkkinoille sekä teollisuudelle, ja luo mahdollisuuksia viedä suomalaista puutuotteita ja osaamista kansainvälisille markkinoille. Puuteollisuuden kehittyminen auttaa luomaan uusia työpaikkoja myös syrjäisemmille seuduille, missä raaka-ainetta on saatavilla lähellä. Puurakentamisen kehittyminen tuottaa uusia koulutusmahdollisuuksia rakentamisen ja teollisuuden aloilla, ja luo sitä kautta vaikutuksia myös laajemmin mm. talous- ja työmarkkinoilla avaten uusia mahdollisuuksia.<sup>1</sup>

Puurakentamisella on ympäristön kannalta merkittäviä positiivisia ominaisuuksia. Puurakentamisella tuetaan hiilijalanjäljen pienentämistä ja voidaan auttaa

kasvihuonepäästöjen vähentämisessä. Metsien puut sitovat jo kasvaessaan hiiltä, mutta puurakentaminen tuottaa mm. betonirakentamista huomattavasti pienemmän hiilijalanjäljen. Puu on kierrätettävä materiaali, ja mahdollisimman pitkälle kehitetyllä esivalmistamisella vähennetään muodostuvan jätteen määrää.

## 1.2 Opinnäytetyön rajaus

Opinnäytetyö käsittelee puuta asuinkerrostalon rakennusmateriaalina keskittyen rakenteellisiin ratkaisuihin ja puun käyttöä suunnittelua ohjaaviin määräyksiin. Työssä on laadittu puurakenteisen asuinkerrostalon luonnostasoinen suunnitelma Kotkan Hirssaareen rakenteellisten tietojen pohjalta. Työn painotus on rakennusopillinen, eikä työssä painoteta puukerrostaloarkkitehtuurin ominaispiirteitä tai sen kehittämistä. Rakenteellisten ratkaisuiden kautta on tutkittu puurakentamisen suunnittelumahdollisuuksia, ja luotu niiden pohjalta luonnostasoinen suunnitelma.

## 2 Puukerrostalot Suomessa ja muualla

Puukerrostaloja on Suomessa vielä varsin vähän suhteessa rakennuskantaan. Perinteisesti puuta käytetään pientalojen, vapaa-ajan asuntojen ja rivitalojen rakennusmateriaalina. Puulle on asetettu betonia tiukempia rakennusmääräyksiä sekä paloturvallisuutta, ääneneristävyyttä ja kosteusteknistä suunnittelua koskevia erityismääräyksiä, mikä rajoittaa puurakentamisen kehittymistä ja kasvua. Palomääräysten helpottaminen mahdollistaa nykyisin 8-kerroksisten asuinkerrostalojen toteuttamisen, mikä on piristänyt kiinnostusta puurakentamista kohtaan ja vilkastanut puukerrostalojen rakentamista.<sup>4</sup>

### 2.1 Puukerrostalot Suomessa

Ympäristöministeriön keräämään puukerrostalohankekantaan kerätään kaikki vähintään 3-kerroksiset puurakenteiset kerrostalot sekä kaikki merkittävät puurakenteiset julkiset rakennukset Suomessa. Tuorein puukerrostalohankekanta on koottu marraskuussa 2018, jolloin Suomessa oli rakenteilla tai suunnitteilla olevia puurakenteisia yksittäisiä kerrostaloja tai kokonaisia puukerrostaloalueita yhteensä 51 kappaletta. Näistä varmasti

toteutuvia oli 10, todennäköisiä 28 ja mahdollisia 13 kappaletta. Suomessa oli marras-  
kuussa 2018 yhteensä 65 valmistunutta puukerrostaloa, joissa on yhteensä 1673 asun-  
toa.<sup>3</sup>



Kuva 1. Puukerrostalo Puukuokka Jyväskylässä. OOPPEAA.<sup>16</sup>



Kuva 2. Puukerrostalot Haso & Heka, Helsinki. Matti Iiramo.<sup>16</sup>



Kuva 3. Puukerrostalo Pihapetäjä, Joensuu. OoPEEAA.

## 2.2 Puukerrostalot maailmalla

Maailmalla puukerrostalorakentaminen on kehittynyt Suomea pidemmälle. Ruotsissa jo vuonna 1994 palomääräyksiä muutettiin sallimaan monikerroksiset puiset asuinrakennukset. Uudistuneet palomääräykset sallivat aiempaa monipuolisemman puuarkkitehtuurin. Ruotsissa puurakentamisen asema nousikin varsin nopeasti, ja vuonna 2012 oli Ruotsin uusista kerrostaloista jo viidesosa puukerrostaloja.<sup>1</sup>

Norjassa palomääräyksiä muutettiin vuonna 1997. Paloluokkia on neljä, joista puurakennukset kuuluvat luokkiin kolme ja neljä. Sallittuun kerroslukuun vaikuttaa käyttötarkoitus ja kerrosalan suuruus. Valtaosa asuinrakennuksista tehdään puuverhoiltuina.<sup>1</sup>

Tanskassa palomääräykset uudistuivat vuonna 1999, jolloin puukerrostaloihin sallittiin neljä kerrosta.<sup>1</sup>

Keski-Euroopassa puurakentamisella on vahva historia. Palomääräysten uudistamisen myötä on useilla alueilla tullut useampi kerroksisten puurakennusten rakentaminen tullut mahdolliseksi. Erityisesti Saksassa puukerrostalorakentamista on edistetty voimakkaasti, ja Saksassa, Itävallassa ja Sveitsissä on toteutettu useita puukerrostaloja. Puukerrostalojen etuna pidetään rakentamisen nopeus ja saavutetut kustannusedut. Lisäksi myönteisenä pidetään mittatarkkuutta, joustavuutta, ääneneristävyyttä, ekologisuutta, sisäilman laatua ja pientä energiankulutusta.<sup>1</sup>

Pohjois-Amerikassa jopa 70 % asunnoista tehdään puurakenteisina. Länsirannikolla enintään 5-kerroksisista asuinrakennuksista yli 90 % tehdään puurakenteisina, mutta vain noin kolmannes puukerrostaloista on puuverhoiltuja. Tyyppitaloja on rakennettu jo 1880-luvulta saakka. Amerikassa tyypillinen rakennustapa on ns. platform-rakenne, jossa kantava seinärakenne pystytetään perustuksen tai alapohjan päälle, ja aina valmiiksi levytetyn välipohjan päälle.<sup>1</sup>

CLT:tä (crosslaminated timber) on käytetty mm. Itävallassa ja Sveitsissä puukerrostalorakentamiseen jo 1990-luvulta lähtien. Suomen ensimmäinen CLT-tehdas perustettiin Kuhmoon vasta vuonna 2014.<sup>4</sup>



Kuva 4. Puukerrostalot, Trondheim, Norja. MDH.<sup>17</sup>



Kuva 5. Puukerrostalo, Charenton-le-Pont, Ranska. Moatti-Riviere.<sup>18</sup>



Kuva 6. Toronto Tree Tower, Toronto, Kanada. Penda.<sup>19</sup>

### 3 Rakennejärjestelmät

#### 3.1 Runkorakenteet

Puukerrostalorakentamisessa nykyisin käytetyimmät rakennejärjestelmät ovat pilari-palkki-laattajärjestelmä, suurelementtijärjestelmä ja tilaelementtijärjestelmä. Runkorakenteita valmistetaan pääasiassa esivalmisteisina tehdasolosuhteissa, mikä mahdollistaa tehokkaamman tuotannon, mittatarkat tuotteet, nopeamman rakentamisen ja auttaa vähentämään rakennusvirheitä.<sup>4</sup> Runkojärjestelmä vaikuttaa rakennuksen tilojen, muodon ja aukotuksen suunnitteluun. Merkittävin vaikutus suunnitteluun on vaakarakenteilla saavutettavilla jänneväleillä sekä kantavien linjojen sijoittelulla.<sup>1,3</sup>

##### 3.1.1 Kantavat seinät -järjestelmä

Kantavassa seinäjärjestelmässä kantava runko on joko integroitu seinäelementtiin tai koko seinä itsessään muodostaa kantavan rungon (rankarakenne, massiivipuulementti).<sup>1,4</sup> Kantavia seiniä voivat olla ulkoseinät, huoneistojen väliset tai sisäiset seinät tai kaikki nämä yhdessä. Järjestelmä soveltuu hyvin asuinkerrostaloihin, joissa seiniä on tiheässä.<sup>15</sup>

##### 3.1.1.1 Rankarakenne

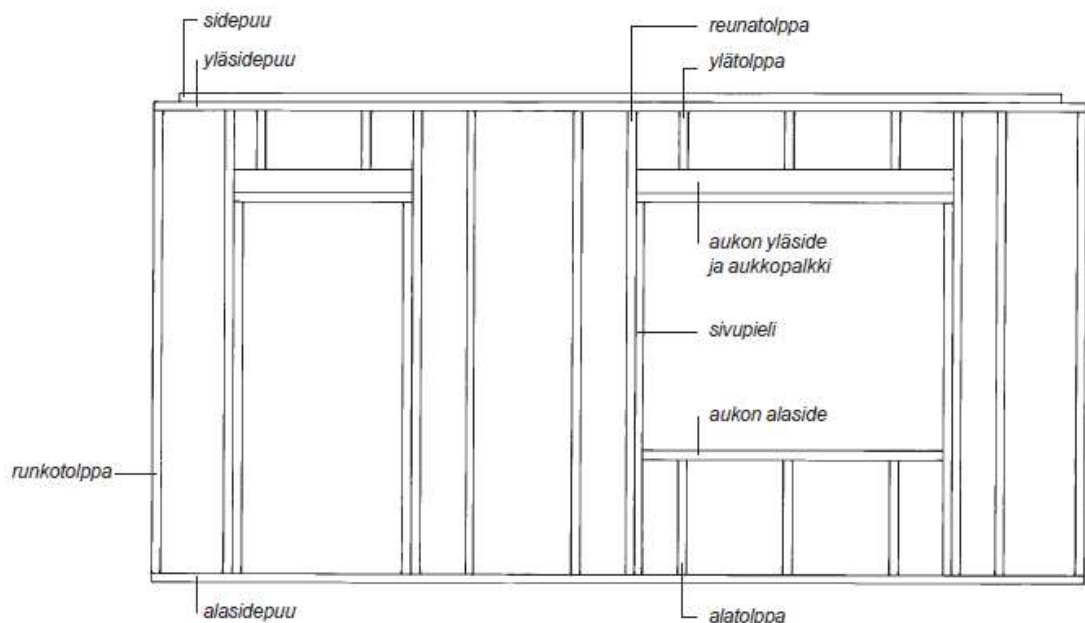
Rankarakenne perustuu kantavaseinäiseen puurankarakenteeseen, jossa ulkoseinät ja tarvittavilta osin osa sisäseinistä on kantavia. Rankarakenteessa käytetään pääsääntöisesti vakiomittaista sahatavaraa. Rakenne koostuu runkotolpista, ala- ja yläsidepuista sekä ikkuna- ja oviaukkojen kehäpuista. Kantavat seinät voidaan toteuttaa kevytrakenteisina esivalmistettuina suurelementteinä<sup>1,3</sup> tai rakentaa sahatavarasta suoraan paikan päällä.





Kuva 8. Rankarakenne.<sup>3</sup>

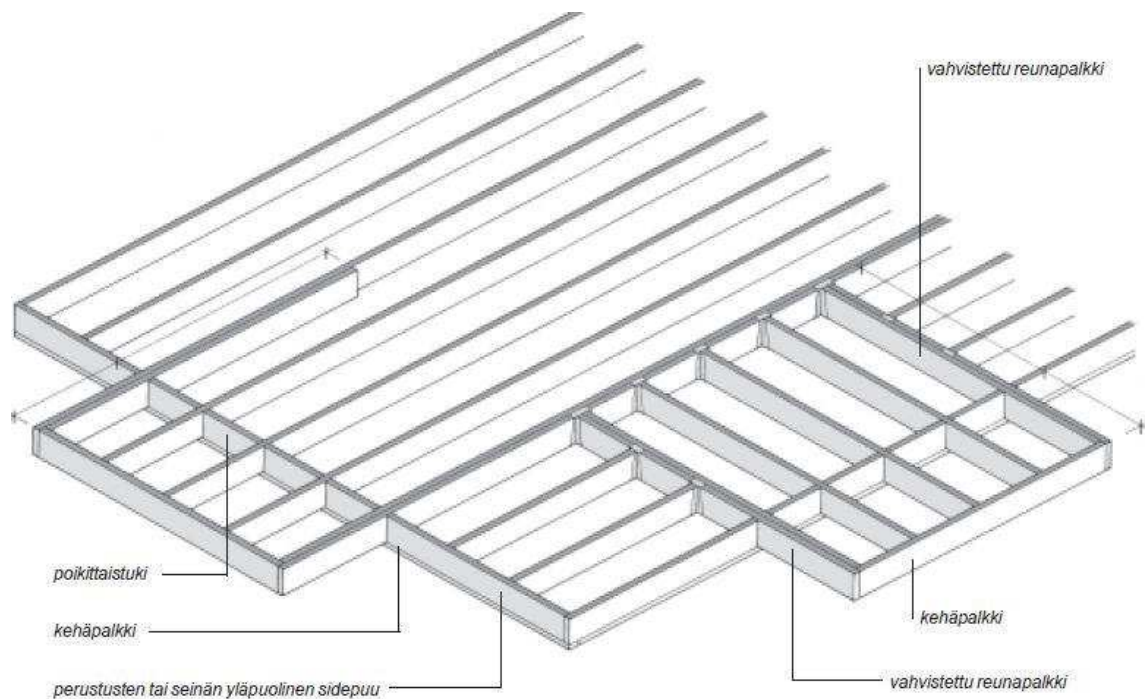
Seinien runko muodostuu tolppista ja niitä yhdistävistä ala- ja yläsidepuista. Seinät rajautuvat ala-, väli- ja yläpohjiin. Kantavat ja ei-kantavat seinät ovat rakenneperiaatteeltaan samanlaisia, poiketen toisistaan pääasiassa vain rakennustavaran mittasuhteiden osalta. Ulkoseinän runkotolppien väliin asennetaan eriste ja ulkopintaan kiinnitetään tuulensuojalevy ja ulkoverhous. Sisäpuolelle kiinnitetään höyryn- ja ilmansulku sekä sisäverhous.<sup>1, 2, 5</sup>



Kuva 9. Rankarakenteinen seinärunko.<sup>2</sup>

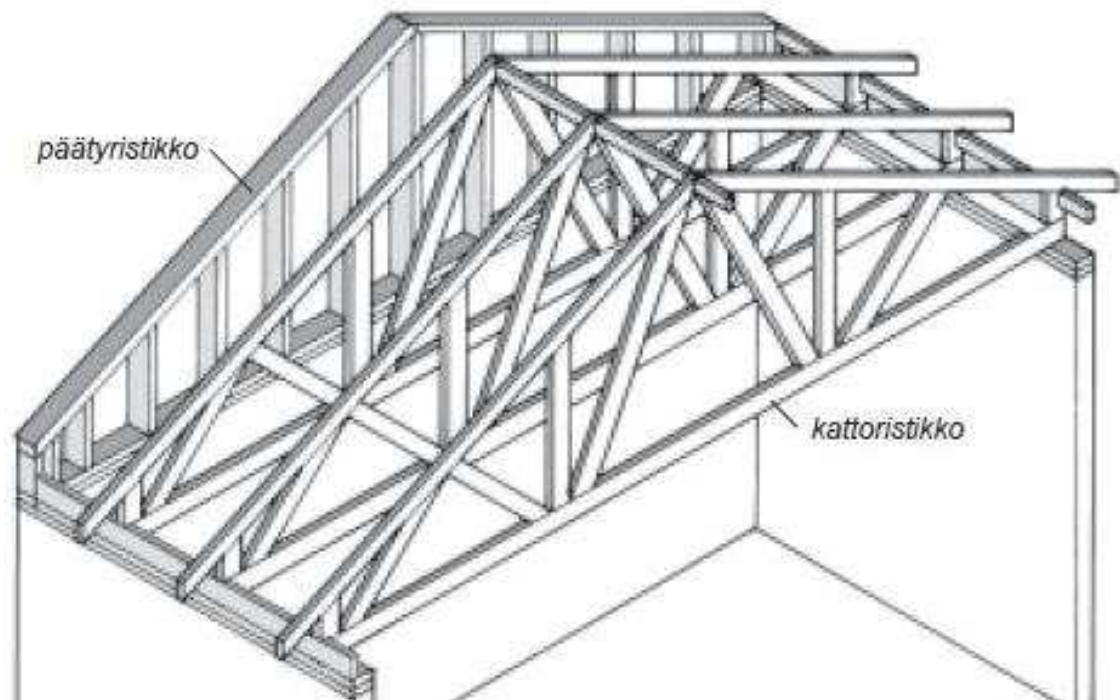
Rankarakenteisessa puukerrostalossa huoneistojen väliset väliseinät tehdään kaksirunkoisina mm. ääneneristävyyksivaatimusten täyttämiseksi. Väliseinässä on kaksi rinnakkaista väliseinärunkoa, jotka erotetaan toisistaan ilmaraolla. Runkoon asennetaan eriste ja seinäpinnat verhoillaan.<sup>1,2</sup>

Rakennuksen alapohja voi olla puurakenteinen kantava alapohja tai maavarainen betonilaatta. Välipohjat ovat puurunkoisia. Ala- ja välipohjien rakenne koostuu palkistosta, jota kiertää kehäpalkki. Palkiston väleihin asennetaan eriste, ja sen päälle kiinnitetään aluslattialevy. Lattian pintarakenteet kiinnitetään aluslattialevyn päälle ja kattoverhous välipohjapalkiston alapuolelle.<sup>1,2,5</sup>



Kuva 10. Rankarakenteinen välipohja.<sup>2</sup>

Yläpohja voidaan toteuttaa joko ristikko- tai palkkikannattajilla. Katon muoto on vapaasti valittavissa.<sup>2</sup>



Kuva 11. Kattoristikko.<sup>2</sup>

#### 3.1.1.1.1 Rankarakenne arkkitehtisuunnittelussa

Kantavaseinäinen rankarakenne mahdollistaa eri tyylisten ja erikokoisten rakennusten toteuttamisen. Rakennuksen muoto on vapaasti valittavissa ja pienimittakaavaisen arkkitehtuurin toteuttaminen mahdollista.<sup>2</sup>

Pystysuuntainen mitoitus perustuu huone- ja kerroskorkeuteen. Vaakasuuntaiseen mitoitukseen vaikuttavat jännevälit ja kantavien linjojen sijoittuminen. Tolppa- ja palkkijakoa ei yleensä tarvitse huomioida arkkitehtisuunnittelussa. Rakennetyypit määrittelevät rakenteiden paksuudet, mikä osaltaan vaikuttaa vaaka- ja pystymitoitukseen.<sup>2</sup>

Parvekkeet ja erkkerit voidaan toteuttaa ulokerakenteina, mikä mahdollistaa arkkitehtuurin monimuotoisuuden. Tilojen korkeuksia on mahdollista varioida, ja kattomuodon vapaasti valita. Massaan on mahdollista tehdä ulokkeita tai sisäänvetoja ja terasseinteja. Rakennuksen eri osat voidaan toteuttaa eri kerrosluvuilla tai kerroskorkeuksilla. Eri tilojen ja rakennuksen osien lattiapinnat voidaan toteuttaa eri tasoille.<sup>2</sup>

### 3.1.1.2 Massiivirakenne

Massiivirakenne (CLT, crosslaminated timber) toteutetaan CLT-massiivipuulevystä. CLT on monikerroslevy, jossa puukerrokset on liimattu ristiin. Yleensä kerroksia on 3 tai viisi, mutta niitä voi olla enemmänkin. CLT-levyn raaka-aineena on yleisimmin kuusi tai mänty, mutta näkyvissä pinnoissa voidaan käyttää myös muita puulajeja.<sup>1, 3</sup>

Ulkoseinissä massiivipuulevyt eristetään. Eriste sijoitetaan levyn ulkopuolelle.<sup>2</sup> Ulkoseinät voidaan myös esivalmistaa elementiksi, jossa eriste on sijoitettu kahden massiivipuulevyn väliin.



Kuva 12. Massiivielementtijärjestelmä.<sup>3</sup>

Välipohjassa massiivipuulevyä voidaan käyttää sellaisenaan, yhdessä puupalkiston kanssa tai liittorakenteena betonivalun kanssa. Levyä voidaan jäykistää palkkirakenteilla ja ääntä eristää kelluvilla lattiakerroksilla. Kohteissa, joissa välipohjan ääneneristävyydelle ei ole asetettu vaatimuksia, voidaan käyttää pelkästään massiivipuulevyä.<sup>1, 3</sup>

### 3.1.1.2.1 Massiivirakenne arkkitehtisuunnittelussa

Massiivipuulevyjä voidaan käyttää kantavina ja jäykistävinä rakenteina seinissä ja lattia-rakenteissa. Levyt mahdollistavat monipuolisesti erimuotoisten rakennuselementtien valmistamisen ja käytön. Myös vapaat muodot ovat mahdollisia.<sup>3</sup> Levymäisenä elementtinä CLT ei kuitenkaan mahdollista kaarevia muotoja.

CLT mahdollistaa seinien ja välipohjien joustavan aukotuksen, mikä mahdollistaa ovien ja ikkunoiden melko vapaan sijoittelun. Myös nurkkaikkunat sekä pyöreät ikkunat ovat mahdollisia.<sup>1,3</sup> Massiivipuuelementtitekniikka mahdollistaa myös ulokkeiden toteuttamisen.<sup>1</sup>



Kuva 13. Lintuviita, Seinäjoki. Arkkitehtuuritoimisto Antti Nyysönen.<sup>20</sup>

Massiivipuulevyn pintakäsittely riippuu levyn käyttökohteesta. Pinnat käsitellään valmiiksi tilauksen mukaisesti. Sisätiloissa levyt voidaan jättää myös sellaisenaan näkyviin palomääräysten salliessa.<sup>3</sup>

Massiivipuulevyt soveltuvat hyvin mm. tilaelementtien runkoaineeksi.<sup>3</sup>

Massiivipuulevyille ei ole olemassa eurooppalaista tuotestandardia, joten eri valmistajien tuotteiden tekniset ominaisuudet ja mitoitus voivat poiketa toisistaan.<sup>3</sup>

### 3.1.2 Pilari-palkki -järjestelmä

Pilari-palkki -järjestelmä koostuu pilareista ja palkeista, jossa pilarit toimivat kantavina komponentteina ja palkit vaakakomponentteina siirtäen kuormat pilareille. Pilarit ja palkit voivat olla puuta tai viilu-, kerto- tai liimapuuta.<sup>3,4</sup> Väli- ja yläpohjat sekä julkisivut ripustetaan pilareiden ja palkkien varaan. Pystyrakenteiden ansiosta rakennuksessa ei ole painumia.<sup>3</sup>



Kuva 14. Pilari-palkki -rakenne.<sup>3</sup>

Rungon rakennusaika on hyvin lyhyt, yleensä noin 3-4 päivää, ja vesikatto voidaan asentaa heti, kun runko on valmis. Vesikaton asennuksen jälkeen rakennus on säänsuojassa. Rungon valmistumisen jälkeen välipohjaelementit ja julkisivuelementit nostetaan ja asennetaan paikoilleen.<sup>1, 3</sup>

#### 3.1.2.1 Pilari-palkki -järjestelmä arkkitehtisuunnittelussa

Pilari-palkkijärjestelmän pilarit vievät vähän tilaa, ja runko mahdollistaa vapaan ja joustavan tilasuunnittelun, avoimen ja muuntojoustavan pohjaratkaisun sekä suuret aukotukset julkisivuissa. Koska kantavia väliseiniä ei ole, ovat huoneiston sisäseinien siirrot ja tilamuutokset mahdollisia koko rakennuksen elinkaaren aikana.<sup>1, 3, 15</sup>

Pilarijako määräytyy välipohjien jännemittojen mukaan. Rakenteiden paksuuksiin vaikuttaa eristepaksuus ja ulkoverhousmateriaali, jotka voidaan valita melko vapaasti.<sup>1,3</sup>



Kuva 15. Viikin puukerrostalokorttelin rakennuksissa on pilari-palkkirakenne.<sup>3</sup>

### 3.1.3 Tilaelementtijärjestelmä

Tilaelementtijärjestelmä koostuu tehtaalla säänsuojassa valmistetuista tilamoduuleista, joihin on asennettu valmiiksi ikkunat, sisäpinnat, vesikalusteet ja kiinteät kalusteet. Valmis elementti kuljetetaan rakennustyömaalle, jossa rakennus kootaan yhdistelemällä tilaelementit toisiinsa.<sup>3,4</sup>

Tilamoduulit voivat sisältää sekä kantavia että ei-kantavia rakenteita.<sup>4</sup> Perinteisesti tilaelementin runko on kantava ja rajaavina pintoina toimivat seinät, katto ja lattia. Kantavana rakenteena voi olla pilari-palkki -järjestelmä, kehärakenteet tai suurelementit. Koska tilaelementit muodostavat rakennusta kootessa kaksoisrakenteen, saavutetaan rakenteella erinomainen ääneneristys.<sup>3</sup>



Kuva 16. Tilaelementti.<sup>3</sup>

### 3.1.3.1 Tilaelementtijärjestelmä arkkitehtisuunnittelussa

Tilaelementtien mitoitus ja massoittelu on muita rakennejärjestelmiä rajallisempaa. Tyypilliset tilaelementin enimmäismitat ovat 12 x 4,2 x 3,2 metriä. Mitoituksessa on huomioitava erityisesti tilaelementtien kuljetuksen ja asennuksen tilantarve ja rajoitukset.<sup>3</sup>

Modulaarisina yksiköinä tilaelementit soveltuvat erityisesti pientalo- ja asuntolarakentamiseen. Tilaelementtirakentamisen työmaavaihe on nopea, minkä vuoksi järjestelmä on tehokas esimerkiksi täydennysrakentamisessa ja lisäkerrosten toteuttamisessa.<sup>3</sup>

## 3.2 Avoin puurakennusjärjestelmä

Puurakentamisella tarkoitetaan rakentamista, jossa rakennuksen kantavan rungon pääasiallinen materiaali on puu.<sup>2</sup>

Avoin puurakennusjärjestelmä tarkoittaa puurakentamista koskevia yleispäteviä suunnitteluperiaatteita.<sup>2</sup> Se on puurakennusten suunnittelua, tuotantoa ja tuotekehitystä palveleva kokonaisuus, joka koostuu tuote-, tieto- ja tuotantojärjestelmistä sekä säännöistä ja periaatteista näiden yhteensovittamiseksi.<sup>6</sup>

Avoimuus tarkoittaa, että ratkaisut ovat yleispäteviä ja kaikkien vapaasti käytettävissä. Järjestelmää ei voi patentoida tai tuotesuojata. Järjestelmän osat ovat vaihtokelpoisia, jolloin tarvittaessa järjestelmän osa tai tuote voidaan korvata toisen valmistajan vastavalla tuotteella. Vain tuotteiden liittymiskohdat on vakioitu, ja tuotteen sisältö on edelleen mahdollista ratkaista yksilöllisesti.<sup>6</sup>



Avoin puurakennusjärjestelmä perustuu kerroksittain toteutettavaan kantaviin seinärakenteisiin perustuvaan runkorakenteeseen, jossa ulkoseinät ja osa sisäseinistä ovat kantavia.<sup>6</sup> Sille on ominaista kerroksellinen rakentaminen, vakioitujen suunnitteluratkaisuiden ja osien käyttäminen ja soveltuvuus paikalla- ja elementtirakentamiseen<sup>6</sup>.

Puuta voidaan käyttää runkomateriaalina kaikissa paloluokissa enintään 2-kerroksisissa rakennuksissa sekä enintään 8-kerroksisissa P2-paloluokan asuin- ja työpaikkarakennuksissa.<sup>3</sup> Avoin puurakennusjärjestelmä soveltuu siten käytettäväksi kaikissa edellä mainituissa rakennuksissa.

### 3.2.1 RunkoPES

RunkoPES on avoin puuelementtistandardi, joka vakioi puuelementtirakentamista asuntotuotannossa. Standardisointi kohdistuu erityisesti suurelementteihin, mutta soveltuu käytettäväksi myös ei-kantavissa rakenteissa ja tilaelementeissä.<sup>1, 7</sup> Avoimuus tarkoittaa, että aineisto on vapaasti kaikkien saatavilla. Suomalainen ajantasainen RunkoPES on saatavilla vapaasti verkosta, ja rakennetyypeistä on ladattavissa myös CAD-objekteja<sup>3</sup>.

RunkoPES (puuelementtisysteemi) tavoitteena on vakioida teollista puuelementtirakentamista ja yhtenäistää puuelementtirakentamisen mitoitus- ja liitosjärjestelmää siten, että eri valmistajien tuotteet ovat keskenään yhteensopivia<sup>8</sup>. Järjestelmä perustuu Finnish Wood Research:n teollisen puuelementtirakentamisen tutkimusohjelmaan (TEPUTU), ja se on laadittu vuoden 2013 määräysten mukaisesti<sup>3</sup>.

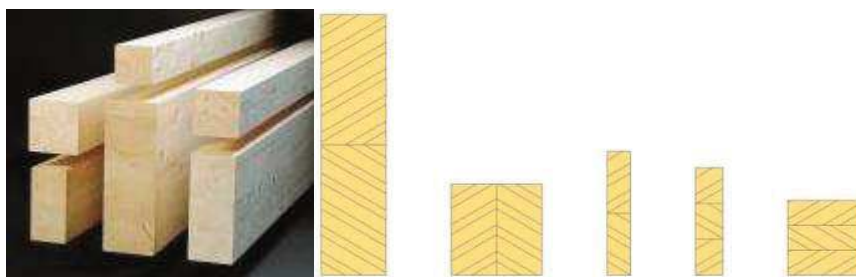
RunkoPES määrittää mittamoduulit, liitosperiaatteet ja perusrakenneratkaisut, joiden avulla eri valmistajien tuotteiden yhteensovittaminen on mahdollista. Järjestelmä ei määrittele mm. rakennetyyppejä, vaan vakioi rakennusrungon liitosjärjestelmän rajoittamatta suunnittelu- tai kehitysmahdollisuuksia.<sup>1, 8</sup> Järjestelmä tarjoaa ohjeita puukerrostalojen suunnitteluun ja esittelee esimerkkiratkaisuita erilaisiin runko- ja rakennejärjestelmiin<sup>3, 4</sup>.

## 4 Puukerrostalorakentamisen tuotteet

Tässä osassa käsitellään puukerrostalorakentamisessa käytettäviä tuotteita. Osassa ei käsitellä mm. rankarakentamisessa käytettävää puutavaraa (sahatavara), vaan osio painottuu teollisiin esivalmistettuihin tuotteisiin.<sup>3</sup>

### 4.1 Liimapuu

Liimapuu koostuu toisiinsa liimatuista sahatavaralamelleista, joita on vähintään kaksi. Yhden lamellin enimmäispaksuus on 45 mm. Lamellin syysuunta on aina pituussuuntainen. Tyypillisesti liimapuu on ympäröhöylättyä, ja sitä on mahdollista saada erilaisilla pintakäsittelyillä sekä myös painekyllästettynä.<sup>3</sup>



Kuva 17. Liimapuuta ja liimatun sahatavaran rakenne.<sup>3</sup>

Tyypillisimmät liimapuun leveydet ovat 90, 115, 140 ja 165 mm. Pituudet vaihtelevat 90 - 495 mm välillä. Liimapuuta on saatavilla myös erikoismitoilla. Enimmäiskorkeus on noin 2 metriä ja enimmäispituus 30 metriä.<sup>3</sup>

Liimapuulla on hyvä palonkestokyky.<sup>3</sup>

*Liimatuksi sahatavaraksi* kutsutaan kahdesta tai useammasta sahatavarakappaleesta liimattua tuotetta, joka ei täytä liimapuun standardeja. Liimattua sahatavaraa voidaan käyttää sellaisenaan kantavissa rakenteissa sekä aihioina erilaisille puutuotteille, kuten ikkunan karmeille, hirsille, paneeleille jne. Myös liimattuja sahatavaratuotteita on mahdollista saada eri tavoin pintakäsiteltynä.<sup>3</sup>

## 4.2 Viilupuu (LVL)

Viilupuu valmistetaan viiluista liimaamalla. Tyypillisesti viilupuu on hiomatonta ja paikkaamatonta. Tilauksesta voidaan valmistaa viilupuuta, jonka lapepinnat ovat hiottuja. Myös tavallinen pintaviilu voi olla tilauksesta hiottuja.<sup>3</sup>



Kuva 18. Viilupuu.<sup>3</sup>

Viilupuun enimmäisleveys on 2,5 metriä. Enimmäispituus on noin 24-25 metriä. Palkkien paksuus vaihtelee 27 - 75 mm välillä. Tyypillinen viilupuun jänneväli on 5-12 metriä. Viilupuuta voidaan käyttää ala-, ylä- ja välipohjissa sekä aukko- ja tukipalkkeina ja rakennuksen jäykistävinä osina.<sup>3</sup>

Viilupuuta voidaan käyttää kantavissa palkeissa, pilareissa, ristikoissa, puukehissä sekä ikkunoissa ja ovissa.<sup>3</sup>

## 4.3 Monikerroslevy (CLT)

Monikerroslevy, CLT (Cross Laminated Timber) koostuu ristiinliimatuista lautakerroksista. Tavallisesti kerroksia on kolme tai viisi, mutta niitä voi olla useampiakin. Raaka-aineena on yleisimmin kuusi tai mänty, mutta näkyvissä pinnoissa on mahdollista käyttää myös muita puulajeja.<sup>3</sup>



Kuva 19. CLT-levy.<sup>21</sup>

Levyt liimataan toisiinsa kiinni siten, että puun syysuunta on joka toisessa levyssä ristikkäin. Liimaustapa vaikuttaa levyn ominaisuuksiin. Syrjistään liimattu levy on täysin ilmatiivis, liimaamaton ei. Liimaamattomassa levyssä kosteuseläminen tapahtuu saumoissa, mutta syrjistään liimatun levyn kuivuminen voi aiheuttaa puun halkeilua.<sup>3</sup>

Levyt työstetään tehtaalla oikeaan kokoon ja muotoon CNC-jyrsimellä. Samalla levyihin jyrsitään aukotukset, läpiviennit ja liitokset. Levyn enimmäisleveys on noin 4,8 metriä ja pituus enintään 20 metriä. Tyypillisesti levyn paksuus vaihtelee 51-297 mm.<sup>3</sup>

Monikerroslevy on hyvin paloa kestävä, erittäin lujaa ja jäykkää ja kevyttä. Massiivipuulevyjä voidaan käyttää sekä kantavina että ei-kantavina ja jäykistävinä rakenteina niin seinissä kuin lattiarakenteissa.<sup>3</sup>

#### 4.4 I-palkit

I-palkit koostuu vaakasuuntaisista puupaarteista sekä niiden väliin lappeeltaan pystyyn liimaamalla kiinnitettävästä levystä eli uumasta, jolloin syntyy poikkileikkaukseltaan I:n muotoinen palkki. Levyn materiaalina on pääsääntöisesti kuitulevy tai vaneri.<sup>3</sup>

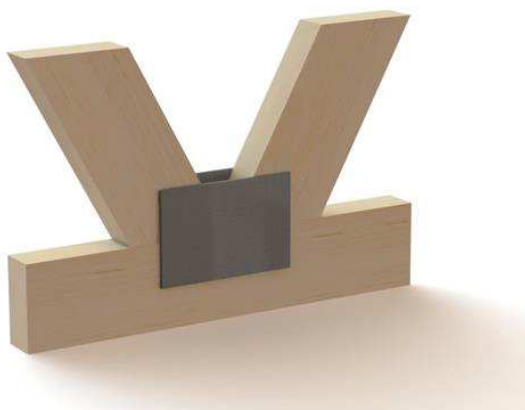


Kuva 20. I-palkki, jossa uuma kuitulevyä.<sup>22</sup>

I-palkkia käytetään rakennusten väli-, ylä- ja alapohjien palkistoissa sekä ulkoseinien rungoissa. I-palkkia voidaan käyttää liimapuun tai sahatavaran sijaan, jolloin saavutetaan sama kantavuus pienemmällä materiaalmäärällä ja kevyemmällä rakenteilla. Palkkia on helppo työstää, ja uumalevyyn voidaan tehdä reikiä läpivientejä varten.<sup>3</sup>

#### 4.5 Naulalevyrakenteet

Naulalevyrakente on puurakenne, jossa puukappaleet kiinnitetty yhteen käyttämällä naulalevyjä. Tällaisia rakenteita voivat olla ristikot, kehät, palkit jne. Naulalevy on teräslevy, josta on taivutettu kohtisuoraan piikkejä.<sup>3</sup>



Kuva 21. Naulalevyliitos kattoristikossa.<sup>22</sup>

#### 4.6 Vaneri

Vaneri on puulevy, jota valmistetaan liimaamalla ohuita, 0,2-3,2 mm paksuisia puuviiluja toisiinsa. Viilut ladotaan siten, että niiden syysuunnat ovat kohtisuorassa toisiaan vasten eli joka toisessa viilussa syyt ovat vaakaan ja joka toisessa pystyyn.<sup>3</sup>



Kuva 23. Vaneri.<sup>3</sup>

Vanereita on olemassa koivuvanereita, havuvanereita sekä sekavanereita. Koivuvanereissa viiluja on tyypillisesti pariton määrä, joten päällimmäisten viilujen syysuunta on sama. Havuvanerilevyssä viiluja voi olla myös parillinen määrä. Koivuvaneria käytetään tavallisesti kohteissa, joissa vanerilta edellytetään korkeaa laatua tai suurta lujuutta, kuten sisäverhouksissa tai teollisuudessa.<sup>3</sup>



Kuva 24. Koivuvaneri.<sup>3</sup>

Havuvanerit on yleensä valmistettu kuusesta. Havuvaneri on jäykkää ja mittatarkkaa, ja sitä käytetään tyypillisesti rakentamisessa mm. kantavissa rakenneosissa, kuten ala-, väli- ja yläpohjissa sekä seinärakenteissa.<sup>3</sup>



Kuva 25. Havuvaneri.<sup>3</sup>

Sekavanerit ovat yleiskäyttöisiä vanereita, joita käytetään peruslevyinä mm. betonimuotteina ja erikoisvanerien valmistuksessa. Sekavanerin pinta on aina koivua, joten sen laatuokat vastaavat koivuvanerin laatuokkia.<sup>3</sup>

Vanereita on mahdollista pinnoittaa eri tavoin halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi ja vanerin ominaisuuksien parantamiseksi.<sup>3</sup>



Kuva 26. Pinnoitettua vaneria.<sup>3</sup>

Vaneria käytetään puukerrostalorakentamisessa tyypillisesti levyrakenteena. Pintaviilujen syysuunnan tulee olla kohtisuorassa tolppia ja palkkeja vasten silloin, kun vaneria käytetään kantavana tai jäykistävänä rakenneosana.<sup>3</sup>

Seinissä vaneria käytetään pääasiassa rakenteen lujuutta ja jäykkyyttä lisäävänä elementtinä. Kaksoislevytettävissä seinissä vanerin päällä käytetään jotain muuta sisäverhouhmateriaalia<sup>3</sup>, mutta koivuvanerin käyttö sisäverhouksissa on mahdollista palomääräykset huomioiden.

Vaneria voi käyttää vesikatteen alusrakenteena. Tuote on tarkoitettu erityisesti huopa- ja peltikattojen alusrakenteeksi, jossa vaneri toimii rakennetta jäykistävänä elementtinä.<sup>3</sup>

Vaneria voidaan käyttää myös lattioiden kantavana rakennuslevynä, jossa vanerilla niin ikään on rakennetta jäykistävä vaikutus.<sup>3</sup>

#### 4.7 Lastulevy

Lastulevy valmistetaan liimasta ja puulastuista yhteen puristamalla. Lastulevyn pinta on tyypillisesti tiiviimpi ja tiheämpi kuin levyn keskusta, sillä puristuksessa suuremmat lastut asettuvat levyn keskelle.<sup>3</sup>





Kuva 26. Lastulevyjä.<sup>22</sup>

Rakentamisessa käytettävät lastulevyt ovat tyypillisesti pinnoittamattomia, mutta lastulevyjä voidaan myös pinnoittaa eri tavoin käyttötarkoituksesta riippuen. Lastulevyä käytetään tavallisesti lattioissa päällysteen alusrakenteena sekä seinien sisäverhouksissa, sillä lastulevy soveltuu hyvin maalattavaksi pinnaksi.<sup>3</sup>

#### 4.8 Puukuitulevy

Puukuitulevyt valmistetaan puukuiduista, jotka liitetään toisiinsa lämmön ja paineen avulla. Puukuitulevyn pinta on tasainen ja tiivis.<sup>3</sup>

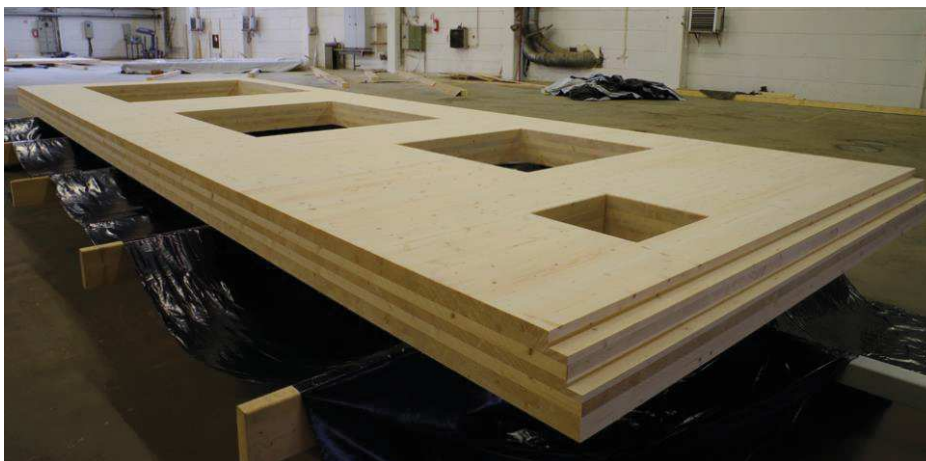


Kuva 27. Puukuitulevy.<sup>3</sup>

Puukuitulevyjä käytetään rakentamisessa tyypillisesti tuulensuojalevyinä ja sisäverhouksissa.<sup>3</sup>

#### 4.9 Elementit

Valmiita puukerrostalon rakennustuotteita on saatavilla mm. CLT- ja rankarakenne-elementteinä, katto- ja seinäelementteinä ja tilamoduuleina.



Kuva 28. CLT-elementti.<sup>3</sup>

## 5 Rakenteet

### 5.1 Alapohja

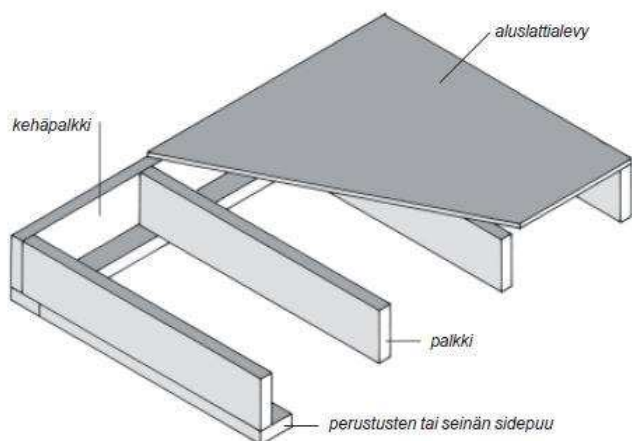
Tässä osiossa käsitellään puurakenteisen kerrostalon puurakenteisia alapohjia. Kussakin rakenteessa on puurakenteen sijaan mahdollista käyttää maanvaraista betonilaattaa, joka nykyrakentamisessa on puurakenteista alapohjaa yleisempi alapohjarakenne.

Maavaraista laattaa käytettäessä asennetaan sorakerroksen päälle suodatinkangas ja lämmöneristekerros, jonka päälle asennetaan suodatinkangas ja valetaan betonilaatta. Betonilaatan päälle asennetaan lattian pintarakenteet.<sup>1, 9</sup>

#### 5.1.1 Rankarakenteinen alapohja

Rankarakenteinen alapohja muistuttaa rakenteeltaan puurakenteisen pientalon alapohjarakennetta poiketen pääosin vain mittasuhteiden osalta.<sup>1, 3, 7</sup>

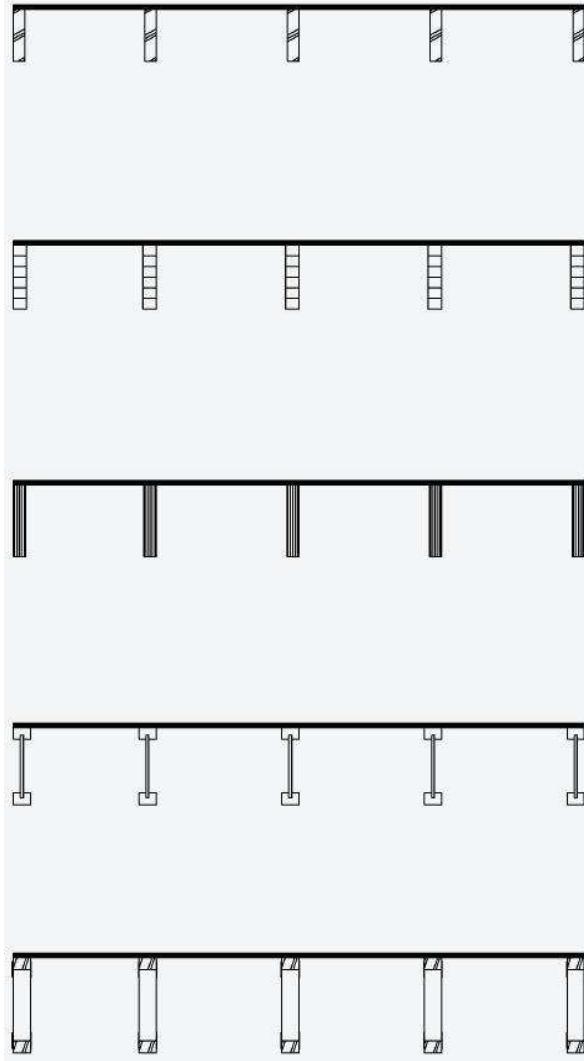
Puukerrostalon alapohja voidaan toteuttaa ryömintätalaiseina rankarakenteena, jolloin tulee huolehtia alapohjan riittävästä tuuletuksesta. Ryömintätilan korkeuden tulee olla vähintään 800 mm. Ryömintätilan maapohja tulee eristää tai toteuttaa kapillaarikatko, jotta vältetään maasta nousevan kosteuden tiivistymiseltä rakenteisiin.<sup>1, 9, 10, 11</sup>



Kuva 30. Rankarakenteisen ala- ja välipohjan rakennepiirite.²

Ryömintätillaisen puurakenteisen alapohjan osat ovat palkisto, aluslattialevy ja kehäpalkki. Palkisto koostuu vierekkäin asetelluista palkeista, joiden jako mitoitetaan tapauskohtaisesti. Tavallisesti palkit sijoitetaan 600 mm tai 400 mm välein. Palkiston päihin kiinnitetään kehäpalkki, joka kierteää koko rakennuksen. Palkisto kiinnittyy kehäpalkkiin, mikä estää palkkien kaatumisen. Aluslattialevy kiinnitetään palkiston päälle siten, että levy ulottuu kehäpalkin ulkoreunaan. Aluslattialevy toimii rakenteen vaakasuuntaisena jäykisteenä.<sup>1, 2</sup>

Palkisto voi muodostua mm. puutavarapalkeista, vaarnapalkeista, levyuunaisista palkeista (I-palkki), viilupuupalkeista, liimapuupalkeista, ristikkopalkeista.<sup>5</sup> Palkkirakenteista alapohjarakennetta kutsutaan tavallisemmin ripalaataksi.



Kuva 31. Palkiston rakennevaihtoehtoja.<sup>2</sup>

Palkiston alareunaan tuetaan tuulensuojalevyt, joiden päälle asennetaan eriste. Eristepaksuus riippuu alapohjarakenteen korkeudesta sekä eristävyydelle asetetuista vaatimuksista. Eristeen päälle asennetaan ilman- ja höyrynsulku. Aluslattialevyn päälle asennetaan lattian pintarakenteet.<sup>7,9</sup>

Alapohja voidaan tukea perusmuuriin, teräspaaluperustukseen, seiniin tai toisiin palkkeihin. Tyypillisesti palkki sijoitetaan kantavan rakenteen päälle, mutta se voidaan myös ripustaa kantavaan rakenteeseen mm. palkkikenkien avulla.<sup>1,2</sup>

Alapohjan rakennepaksuus riippuu rakenteelle asetetuista vaatimuksista. Tavallisesti ri-palaatalla saavutettavat jännevälit ovat 5 - 8 metriä välipohjan paksuuden ollessa 450 - 600 mm; jännevälin pidentäminen kasvattaa alapohjan paksuutta<sup>3</sup>.

### 5.1.2 Massiivipuukurakenteinen alapohja

Massiivipuinen alapohja toteutetaan ryömintätilaisena, ja alapohjan riittävästä tuuletuksesta huolehditaan. Ryömintätilan korkeuden tulee olla vähintään 800 mm. Ryömintätilan maapohja tulee eristää tai toteuttaa kapillaarikatko, jotta vältetään maasta nousevan kosteuden tiivistymiseltä rakenteisiin.<sup>9, 10, 11</sup>

Massiivipuulaatta tuetaan suoraan perustuksiin tai seinärakenteisiin. Eriste asennetaan laatan alapintaan. Massiivipuulaatan päälle asennetaan lattian pintarakenteet.<sup>7, 12</sup>

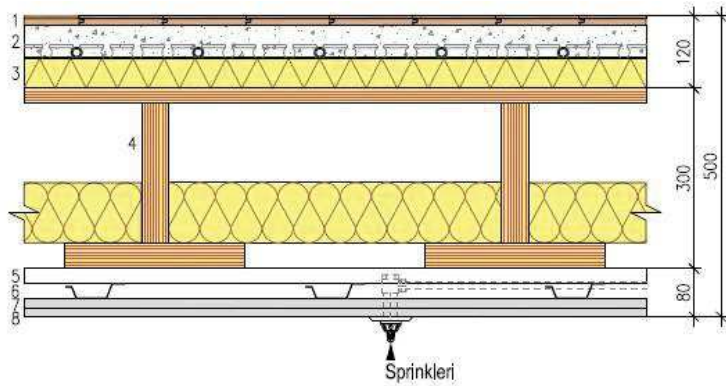
## 5.2 Välipohja

### 5.2.1 Rankarakenteinen välipohja

Välipohjan runko toteutetaan samalla periaatteella kuin alapohja, eli se koostuu palkistosta, aluslattialevyistä ja kehäpalkista. Välipohja poikkeaa rakenteellisesti alapohjarakenteesta lämmön-, äänen- ja paloneritysvaatimusten osalta.<sup>1, 2, 5</sup>

Lattian pintarakenne toteutetaan erilaisin levytyskerroksin tai betoni- tai kipsivaluna, joiden päälle asennetaan varsinainen lattiapinnoite. Betoni- tai kipsivalu tai levytyskerrokset edesauttavat lattiarakenteen ääneneristävyttä.<sup>1, 2, 5, 7</sup>

Palkisto voi muodostua mm. puutavarapalkeista, vaarnapalkeista, levyuumaaisista palkeista (I-palkki), viilupuupalkeista, liimapuupalkeista, ristikkopalkeista<sup>5</sup>. Palkiston väleihin asennetaan eriste ääneneristykseksi.<sup>1, 2, 5, 7</sup>



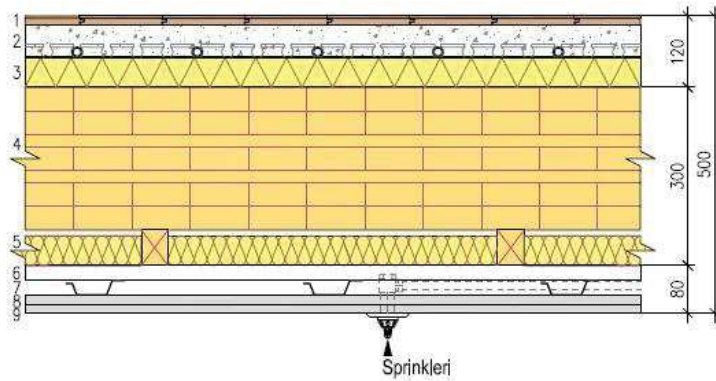
Kuva 32. Rankarakenteinen välipohja.<sup>7</sup>

Alakatto kiinnitetään ripustettuna palkistoon. Alakaton kannatuksessa käytetään puurankoja tai levyjä, jotka kiinnitetään palkiston alapuolelle. Puurankoihin tai levyihin kiinnitetään jousirangot, joihin varsinainen alakatto kiinnitetään. Joustavana rakenteena jousirangot tehostavat välipohjan ääneneristystä.<sup>1, 2, 5, 7</sup>

Välipohjan rakennepaksuus riippuu rakenteen vaatimuksista. Tavallisesti ripalaatalla saavutettavat jännevälit ovat 5 - 8 metriä välipohjan paksuuden ollessa 450 - 600 mm; jännevälin pidentäminen kasvattaa välipohjan paksuutta<sup>3</sup>.

### 5.2.2 Massiivipuurakenteinen välipohja

Massiivipuinen välipohja koostuu massiivipuulevystä, jonka päälle asennetaan lattiarakenteet ja alapuolelle kiinnitetään alakattorakenteet. Massiivipuulevyn päälle asennetaan ääneneristykseksi ääneneristysvilla, jonka päälle valetaan betoni- tai kipsivalu tai asennetaan levytyskerrokset. Valun tai levytysten päälle asennetaan lattian pintarakenteet.<sup>7</sup>



Kuva 32. Massiivipuinen välipohja.<sup>7</sup>

Massiivipuulevyn alapuolelle kiinnitetään alakaton kannatusrakenteet, tyypillisesti puurangat, joiden väliin asennetaan eriste ääneneristävyyden parantamiseksi. Rankoihin koolataan ristiin eristeen ja alakaton kannatusrangat. Rankoihin kiinnitetään alakattolevyjä kannattelevat joustinrangat. Alakattolevyinä käytetään pääsääntöisesti kipsilevyjä.<sup>7</sup>

Massiivipuelementillä tyypillisesti saavutettavat jännevälit ovat 5 - 8 metriä välipohjan paksuuden ollessa 400 - 600 mm; jännevälin kasvaessa kasvaa myös välipohjan paksuus.<sup>7</sup>

### 5.3 Yläpohja

#### 5.3.1 Rankarakenteinen yläpohja

Rankarakenteisen yläpohjan rakenne koostuu palkeista tai ristikkorakenteesta, joka toimii kattorakenteita kannattavana rakenteena. Katon muoto on vapaasti valittavissa. Palkeiden tai ristikon alapuolelle koolataan ristiin puurangat, joiden yläpuolelle asennetaan eristeet. Eristeen ja puurankojen väliin asennetaan ilman- ja höyrynsulku. Puurankojen alapuolelle kiinnitetään sisäkaton levytys.<sup>1, 2, 7</sup>

#### 5.3.2 Massiivipuurakenteinen yläpohja

Massiivipuurakenteinen yläpohja muodostuu tyypillisesti massiivipuulevystä, jonka yläpuolelle asennetaan vesikaton kantavat rakenteet ja eristeet. Eristekerroksen ja

massiivipuulevyn väliin asennetaan tarpeen mukaan ilman- ja höyrynsulku. Eristekerroksen päälle asennetaan tuulensuojalevyt ja vesikatteen alusrakenteet.<sup>7, 12</sup>

Massiivipuulevy voidaan asentaa joko vaakaan tai viistoon. Massiivipuulevyn alapuolelle kiinnitetään alakattorakenteet. Massiivipuulevyn pinta voidaan myös jättää näkyviin paloja ääneneristys vaatimusten niin salliessa.<sup>12</sup>

## 5.4 Vesikatto

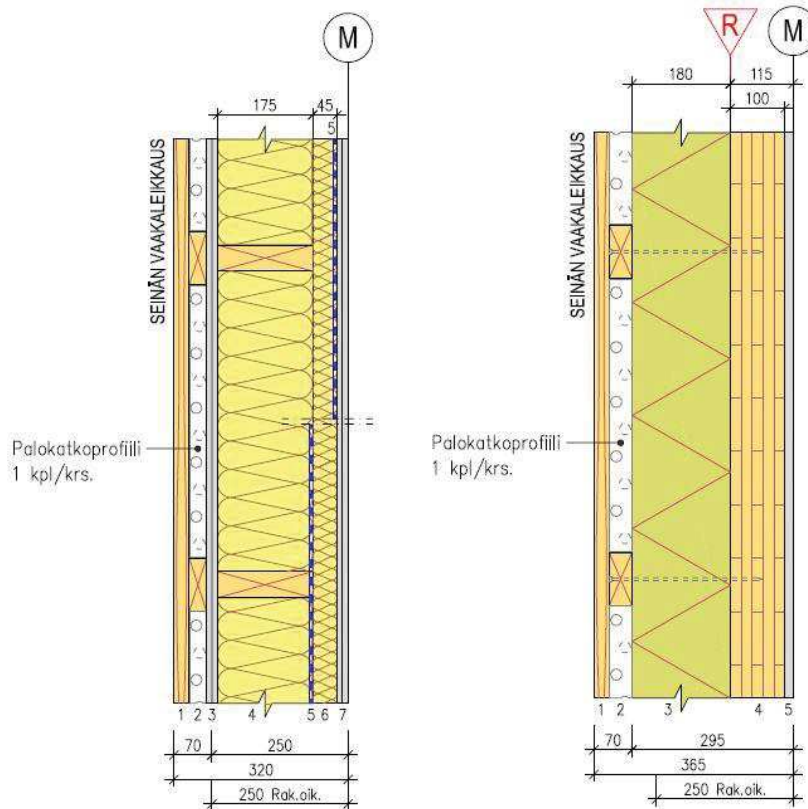
Vesikattomateriaali ja -rakenne voidaan valita vapaasti. Katemateriaalina voidaan käyttää esimerkiksi peltiä, betonia, tiiltä tai huopaa. Vesikatto kantavine rakenteineen toteutetaan tavallisesti omana rakenteenaan tai elementtinä. Kattorakenne muodostuu vesikatteesta ja sen alusrakenteesta sekä katon kantavista rakenteista. Kantavana rakenteena voi olla esimerkiksi palkisto tai ristikkorakenne.<sup>7</sup>

## 5.5 Ulkoseinä

### 5.5.1 Rankarakenteinen ulkoseinä

Rankarakeiteinen ulkoseinä koostuu rungosta, eristyksestä sekä verhouksesta. Runko koostuu tolpista sekä ala- ja yläsidepuusta. Seinät sijoitetaan vaakarakenteiden väliin. Rankarakenteinen ulkoseinä voidaan toteuttaa joko kantavana tai ei-kantavana, pääasialliset erot johtuvat palonkestävyysvaatimuksista.<sup>1, 2, 7</sup>





Kuva 33. Rankarakenteinen ja massiivipuinen ulkoseinä.<sup>7</sup>

Ulkoseinät toteutetaan tavallisesti yksirunkoisena rakenteena, jossa pystytolpat sijaitsevat yhdessä rivissä. Runkotolppien väliin asennetaan eristeet. Ulkopintaan asennetaan tuulensuojalevyt ja ulkoverhous tarvittavine rakenteineen. Sisäpintaan asennetaan ilman- ja höyrynsulku, levytys sekä sisäverhous tarvittavine alusrakenteineen.<sup>1, 2, 7</sup>

### 5.5.2 Massiivipuurakenteinen ulkoseinä

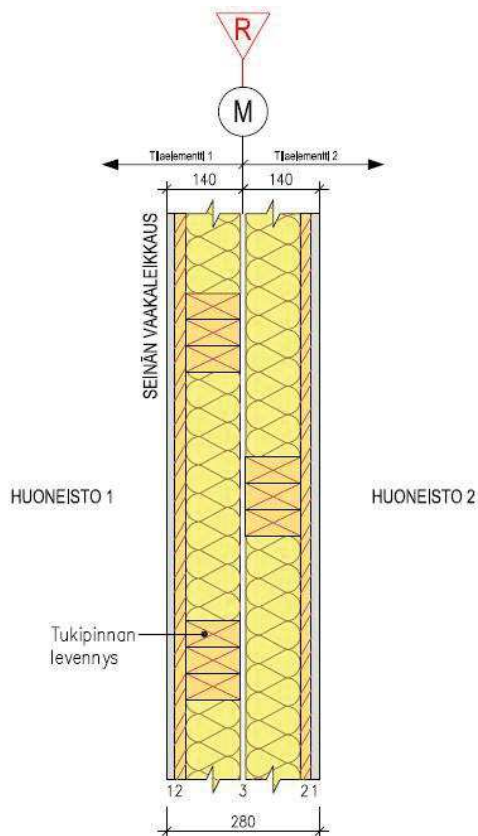
Massiivipuinen ulkoseinärakenne muodostuu massiivipuulevystä, eristekerroksesta ja ulkoverhouksesta. Ulkoseinä voidaan toteuttaa joko kantavana tai ei-kantavana. Levy eristetään ulkopuolelta. Eristeen ulkopintaan asennetaan tarvittaessa tuulensuojalevy ja kiinnitetään ulkoverhous taustarakenteineen. Taustarakenne vaihtelee valitun ulkoverhousmateriaalin mukaan. Ulkoverhouksen kiinnitys tulee ulottaa eristekerroksen läpi massiivipuulevyyn saakka.<sup>7, 12</sup>

## 5.6 Väliseinä

### 5.6.1 Rankarakenteinen väliseinä

Puukerrostaloissa väliseinärakenne vaihtelee sen mukaan, onko kyseessä huoneiston sisäinen väliseinä vai huoneistojen välinen väliseinä. Huoneistojen välisessä väliseinärakenteessa on huomioitava ääneneristävyyksvaatimukset. Rankarakenteiset väliseinät voidaan toteuttaa joko kantavina tai ei-kantavina.

Huoneiston sisäinen väliseinä koostuu runkotolpista sekä niitä yhdistävistä ala- ja yläsidepuista. Ääneneristävyyden lisäämiseksi voidaan rakenne eristää. Runkorakenteen molemmin puolin asennetaan levytys ja sisäverhous. Väliseinä asennetaan välipohjalaatan päälle.<sup>1, 2, 7</sup>

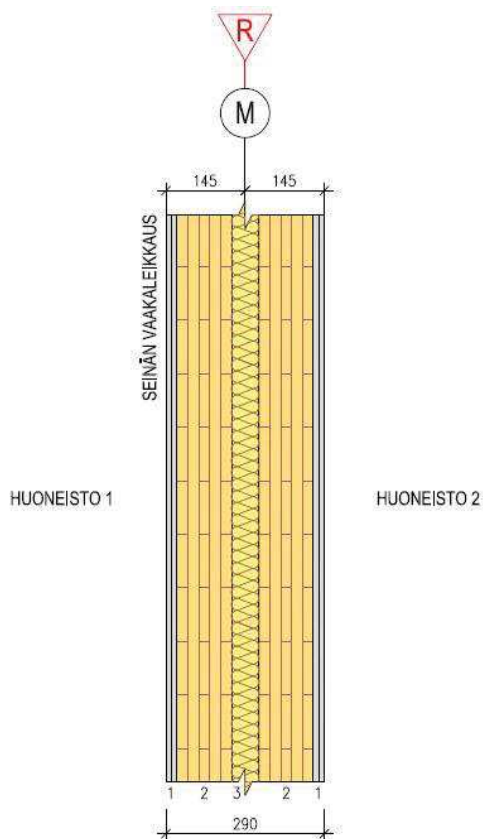


Kuva 34. Huoneistojen välinen rankarakenteinen väliseinä.<sup>7</sup>

Huoneistojen väliset väliseinät toteutetaan kaksirunkoisina, eli seinässä on ikään kuin kaksi väliseinää vierekkäin, ja rungot erotetaan toisistaan. Näin vähennetään äänen siirtymistä rakenteissa. Huoneistojen välinen väliseinä tuetaan kantavaan rakenteeseen.<sup>1, 2, 7</sup>

### 5.6.2 Massiivipuurakenteinen väliseinä

Massiivipuurakenteinen väliseinä toteutetaan kaksiosaisena siten, että elementtien väliin asennetaan eriste. Massiivipuun tiivis rakenne vähentää äänen siirtymistä rakenteessa, joten huoneistojen välinen runko voidaan toteuttaa yhtenäisenä. Massiivipuiset väliseinät voidaan toteuttaa joko kantavina tai ei-kantavina. Massiivipuulevyn sisäpintaan asennetaan levytys ja mahdollinen sisäverhous. Levytys toteutetaan pääasiassa kipsilevyillä palomääräysten täyttämiseksi. Palomääräysten sallimissa puitteissa voidaan massiivipuupinta jättää näkyviin.<sup>7, 13</sup>



Kuva 35. Massiivirakenteinen huoneistojen välinen väliseinä.<sup>7</sup>

## 6 Puukerrostalon paloturvallisuus

Tässä osiossa käsitellään yli 2-kerroksisen puukerrostalon paloturvallisuutta niiltä osin, kuin se puukerrostalon suunnittelussa on otettava huomioon. Osiossa ei syvennytä paloluokitukseen vaikuttaviin yksityiskohtaisiin ominaisuuksiin, kuten käytettävien rakennustarvikkeiden ja -materiaalien laatuvaatimuksiin.

### 6.1 Paloluokka

Rakennukset jaetaan neljään paloluokkaan, P0, P1, P2 ja P3. Yli 2-kerroksiset ja enintään 8-kerroksiset puukerrostalot lukeutuvat paloluokkaan P2.<sup>1, 13</sup>

Paloturvallisuuden suunnittelussa on otettava huomioon erityisesti kantavien rakenteiden palonkestävyys, palon ja savun kehittymisen ja leviämisen rajoittaminen, palon leviämisen estäminen viereisiin rakennuksiin, poistuminen sekä pelastushenkilöstön turvallisuus. Näiden perusteella suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä ovat mm. rakennuksen paloluokka, rakennusosien kantavuus ja osastoivuus, pintaluokat, sprinklaus, poistumis- ja pelastustiet sekä apuvälineet ja -laitteet.<sup>1, 13</sup>

### 6.2 Palomitoitus

Palomitoituksessa käytetään kirjainlyhenteitä R, E ja I, joista R tarkoittaa kantavuutta, E tiiveyttä ja I eristävyttä. Tiiveydellä tarkoitetaan rakenneosan kykyä säilyttää tiiveytensä savukaasu- ja lämpösäteilyä vastaan. Eristävyydellä tarkoitetaan rakenneosan kykyä säilyttää lämmöneristävyytensä. Kirjainlyhenteen yhteydessä ilmoitetaan numeroilla minuuttilukema, jonka ajan rakenteen tulee säilyttää ominaisuutensa eli kantavuus, tiiveys ja eristävyys. Esimerkiksi merkinnällä REI60 ilmoitetun rakenteen tulee säilyttää kantavuutensa, tiiveytensä ja eristävyytensä 60 minuuttia.<sup>1, 13</sup>

Paloluokan P2 asuinkerrostalolla, jossa on 3-8 kerrosta, on seuraavia paloteknisiä vaatimuksia:

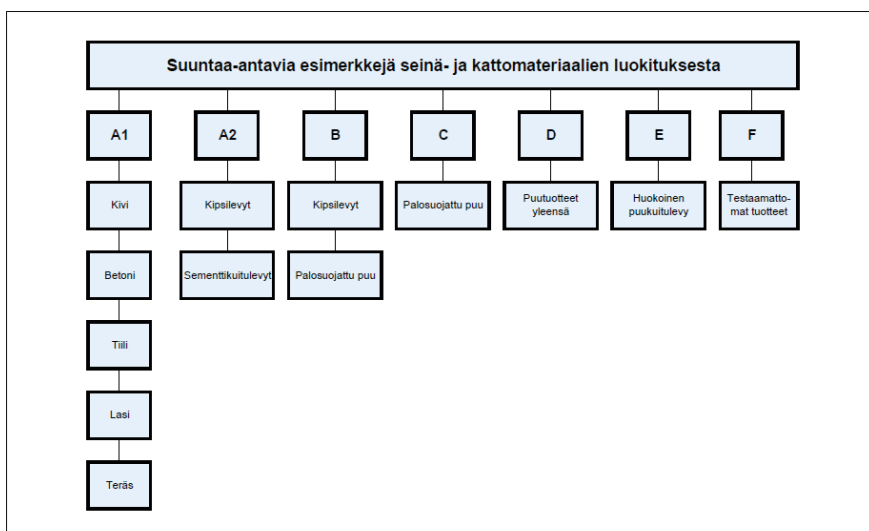
- Rakennus on sprinklattava.
- Kerrosala on rajoitettu 12 000 k-m<sup>2</sup>.
- Palo-osastointi tulee toteuttaa huoneistoittain
- Rakennuksen enimmäiskorkeus saa olla 28 metriä
- Henkilömäärän tulee olla alle 1000
- Rungon paloluokkavaatimus on R60, eli rungon tulee säilyttää kantavuutensa 60 minuuttia.<sup>1, 13</sup>

### 6.3 Rakennustarvikkeiden ja pintojen luokitus

Rakennustarvikkeet luokitellaan sen mukaan, miten ne osallistuvat paloon. Luokitukseen sisältyy materiaalin syttymisherkkyys, palon leviämiseen liittyvät ominaisuudet sekä savun ja palavien pisaroiden tuottaminen. Osallistumista paloon merkitään kirjaimella A-F. Savuntuottoa merkitään kirjaimella s ja numerolla 1-3. Palavien pisaroiden muodostumista merkitään kirjaimella d ja numerolla 0-2. Rakennusmateriaalin luokkamerkintä muodostuu kirjaimesta A-F ja s1-s3 sekä d0-d2.<sup>1, 13</sup>

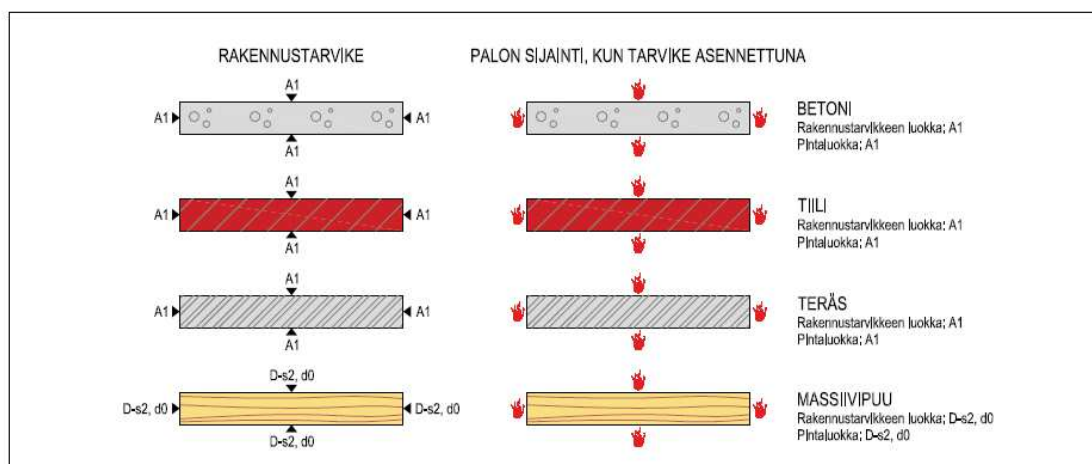
Taulukko 9. Rakennustarvikkeen luokkamerkinnän muodostuminen yleisesti.					
Osallistuminen paloon		Savun tuotto		Palavien pisaroiden ja osien tuotto	
Kuvaus	Merkintä	Kuvaus	Merkintä	Kuvaus	Merkintä
Ei osallistu paloon	A1	Erittäin vähäinen	s1	Ei esiinny	d0
Osallistuu erittäin rajoitetusti	A2	Vähäinen	s2	Nopeasti sammuvia esiintyy	d1
Osallistuu hyvin rajoitetusti	B	Muu kuin s1 tai s2	s3	Muu kuin d0 tai d1	d2
Osallistuu rajoitetusti	C				
Osallistuminen hyväksyttävää	D				
Käyttäytyminen hyväksyttävää	E				
Käyttäytymistä ei ole määritetty	F				

Kuva 36. Rakennustarvikkeen luokkamerkinnän muodostuminen.<sup>1, 13</sup>



Kuva 37. Seinä- ja kattomateriaalien luokitus.<sup>1, 13</sup>

Rakennustarvikkeiden ja pintamateriaalien pintaluokkavaatimuksen tulee täytyä palon puoleiselta pinnalta. Mikäli palo voi ympäröidä rakennustarvikkeen kaikkia pintoja, on jokaisen pinnan täytettävä pintaluokkavaatimus.<sup>1, 13</sup>



Kuva 38. Palon sijainnin vaikutus rakennustarvikkeen pintaluokkaan.<sup>1, 13</sup>

Esimerkiksi sekä tuuletusraollisen julkisivuverhouksen ulkopinnan että taustan katsotaan osallistuvan paloon, jolloin molempien pintojen tulee täyttää pintaluokkavaatimus. Alustaa vasten asennettu verhouksen taas ei katsota osallistuvan paloon, jolloin verhouksen tulee täyttää pintaluokkavaatimus ainoastaan ulkopinnaltaan. Lisäksi pintamateriaalin

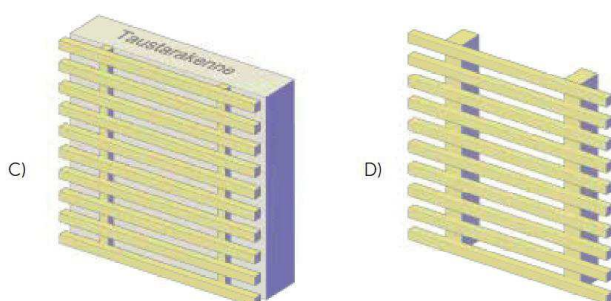
tulee olla riittävän paksu suhteessa sen palolle alttiiden pintojen määrään. Tuuletusraolisen julkisivuverhouksen tulee olla paksumpi kuin alustaan kiinni asennetun julkisivuverhouksen, sillä pintamateriaali palaa molemmilta puolilta, kun taas alustaan kiinni asennetun julkisivuverhouksen katsotaan palavan vain toiselta puoleltaan.<sup>1, 13</sup>

Taulukko 1. Esimerkkejä rakennustarvikkeiden pintaluokista. Myös taustarakenteen ominaisuudet huomioitava.<sup>1, 13</sup>

Tuote	Asennustapa	Paksuus	Pintaluokka
Kova puukuitulevy	Kiinni taustarakenteeseen	≥ 6 mm	B-s1, d0
Kova puukuitulevy	Kiinni taustarakenteeseen	≥ 9 mm	D-s1, d0
Lastulevy	Suljettu ilmarako	≥ 15 mm	D-s2, d0
Puolikova puukuitulevy	Suljettu ilmarako	≥ 15 mm	D-s2, d0
MDF-levy	Kiinni taustarakenteeseen Suljettu / tuuletettu ilmarako	≥ 9 mm	D-s2, d2
OSB-levy	Kiinni taustarakenteeseen.	≥ 9 mm	D-s2, d0
Vanerilevy	Kiinni taustarakenteeseen Suljettu / tuuletettu ilmarako	≥ 9 mm	D-s2, d2
Massiivipuulevy	Kiinni taustarakenteeseen	≥ 12 mm	D-s2, d0

Asennustapa asettaa vaatimuksia myös taustarakenteelle riippuen siitä, asennetaanko verhous kiinni taustarakenteeseen vai irralleen siitä.<sup>1, 13</sup>

Ritilärakenteissa pintaluokkavaatimus koskee ritilä- ja kiinnityspuiden pintoja, jotka ovat alttiina palolle. Pinta-alaan lasketaan ritilän kaikki palolle altistuvat pinnat. Ritilä- ja kiinnityspuiden risteyskohdat voidaan vähentää pinta-alasta. Myös ritilän taustarakenteen tulee täyttää tietty pintaluokkavaatimus.<sup>1, 13</sup>



Kuva 39. Ritilärakenteen kiinnitystapa vaikuttaa rakenteen palolle altistuvaan pinta-alaan.<sup>13</sup>

## 6.4 Suojaverhous

Suojaverhouksella voidaan parantaa rakennustarvikkeen paloluokitusta. Suojaverhous suojaa alla olevaa rakennusosaa syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta suojaverhoukselle osoitetun ajan. Suomessa käytettävät suojaverhousluokat ovat K<sub>2</sub>10 ja K<sub>2</sub>30. Alaindeksi viittaa suojaverhouksen takana olevaan alustaan. Numerot 10 ja 30 tarkoittavat suojaverhouksen suojausaikaa minuuteissa.<sup>1, 13</sup>

Taulukko 2. Yli 2-kerroksisen asuinkerrostalon suojaverhousluokat.<sup>1, 13</sup>

Rakennusosa	Suojaverhous	Palo-osaston sallittu suojaverhoamaton seinä- ja kattopinta
Seinäpinnat Kattopinnat	K <sub>2</sub> 30, A2-s1, d0	Ei-kantavat väliseinät Enintään 20 % ilman erityisvaatimuksia Eli 20 %, mutta enintään 80 %, jos rakennusosat R90 ja EI90 yli 80 %, jos rakennusosat R 120 ja EI 120
Lattiapinnat	K <sub>2</sub> 30, A2-s1, d0	
Ulkoseinän rungon ulkopinnat (tuuletusraon sisäpinta)	K <sub>2</sub> 10, A2-s1, d0	

## 6.5 Palo-osasto

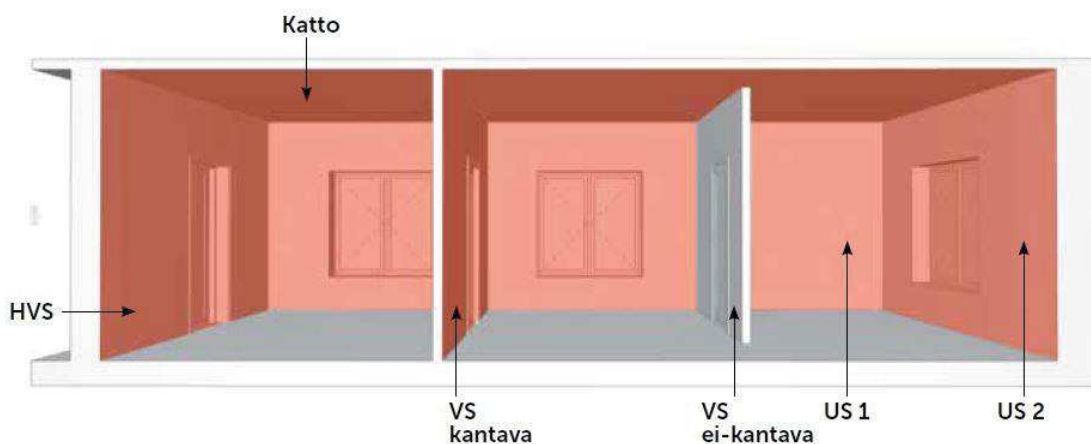
Palo-osastoinnilla tarkoituksena on rajoittaa palon ja savun leviämistä, turvata poistuminen, helpottaa pelastamista ja sammutustoimia sekä vähentää omaisuusvahinkoja. Palo-osaston muodostavien rakennusosien tehtävä on rajoittaa palon ja savun leviämistä vaaditun palonkestoajan. Osastoivan rakennusosan **rungon** tulee kestää sortumatta koko palonkestoajan.<sup>1, 13</sup>

### 6.5.1 Palo-osaston pinta-ala

Palo-osaston (esim. huoneisto) pinta-alaan lasketaan osastoa **rajaavat** katto- ja seinäpinnat sekä huoneiston tai palo-osaston sisäiset **kantavat** väliseinät. Väliseinistä



lasketaan pinta-alaan molemmat puolet. Ikkuna- ja oviaukkoja ei vähennetä pinta-alasta. Palo-osaston pinta-alaan ei lasketa ei-kantavia väliseiniä eikä lattiaa.<sup>1, 13</sup>



Kuva 40. Palo-osastoon laskettavat pinnat punaisella.<sup>13</sup>

### 6.5.2 Ullakko

P-2 luokan rakennuksessa myös **ullakko** kerrososastoidaan. Ylimmän kerroksen yläpohjan tulee säilyttää kantavuutensa määritetyn palonkestoajan sekä alapuolisessa palossa että ullakkopalossa.<sup>13</sup>

### 6.5.3 Alapohja

Rakennuksen alapohja mitoitetaan ensisijaisesti huoneistopaloa vastaan. Alapohjan alapuolista paloa vastaan rakenteen vaatimukset määritellään tapauskohtaisesti.<sup>13</sup>

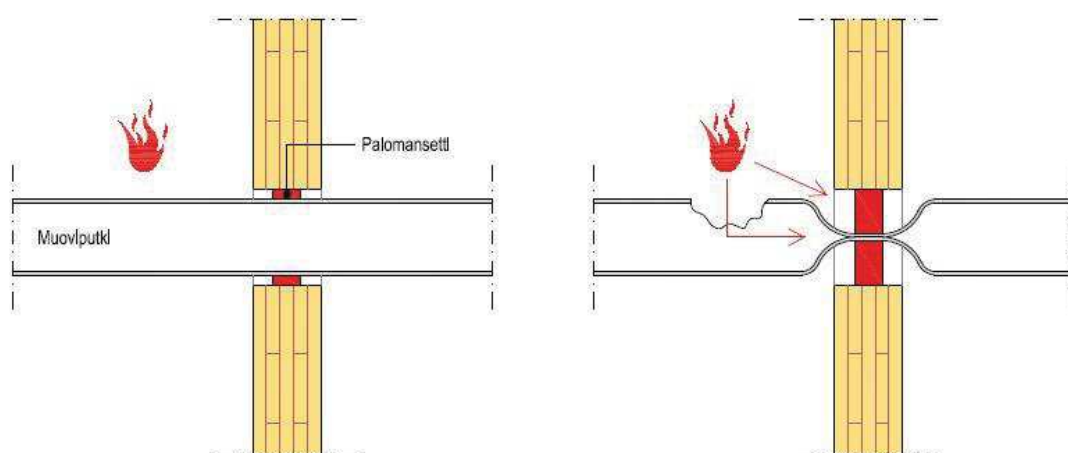
### 6.5.4 Ulkoseinät

Osastoiva ulkoseinä mitoitetaan sekä huoneistopalolle että ulkopuoliselle palolle. Mikäli ulkoseinä ei ole osastoiva, mitoitetaan seinä ensisijaisesti huoneistopaloa vastaan. Ulkopuolista paloa vastaan tällainen seinä mitoitetaan tapauskohtaisesti.<sup>13</sup>

## 6.6 Palokatkot

Myös palo-osaston sisällä voi olla palon leviämisen estämisen kannalta epäjatkuvuuskohtia, kuten tuuletusraot, rakenteiden ontelot ja läpiviennit. Tällaisissa tapauksessa käytetään palokatkoja.<sup>13</sup>

Talotekniikan edellyttämät osastoivien rakennusosien läpi tehtävät läpiviennit varustetaan palokatkoilla. Tavallisimpia palokatkotuotteita ovat palonkestävät tiivistysmassat, palokatkotulpat ja palomansetit.<sup>13</sup>



Kuva 41. Esimerkki läpiviennin palokatkosta.<sup>13</sup>

## 6.7 Palon leviämisen estäminen

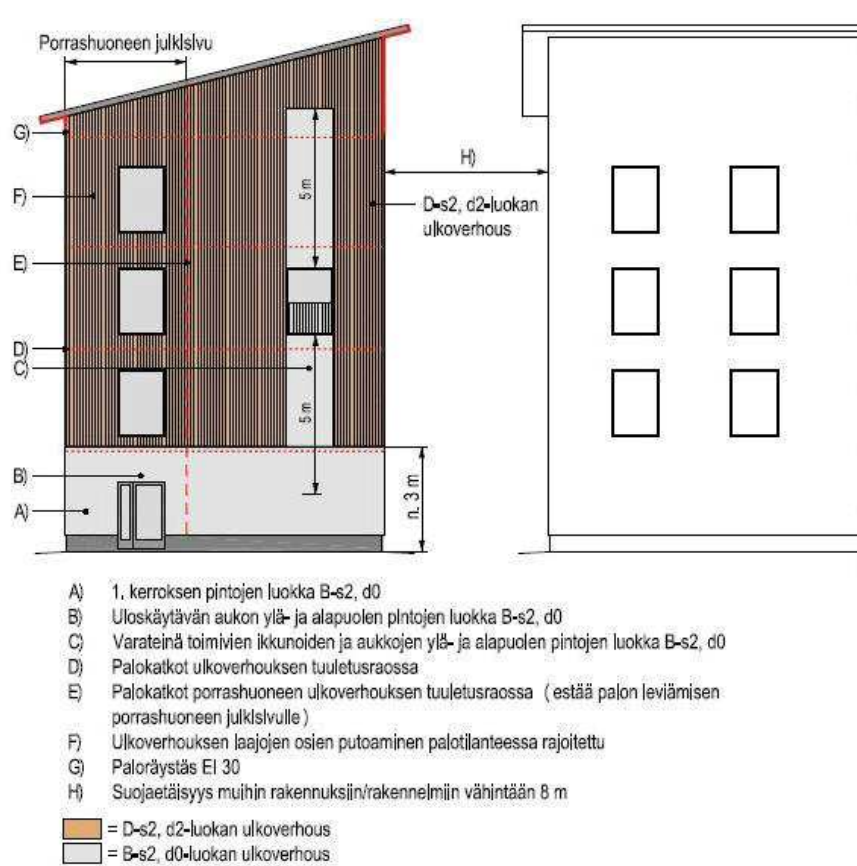
Kun yli 2-kerroksisessa puukerrostalossa käytetään ulkoverhouksena rakennustarviketta, jonka paloluokitus on D-s2, d2, on julkisivuverhoukselle asetettu tiettyjä ehtoja.

Ensimmäisen kerroksen ulkoverhouksen pintaluokan tulee olla B-s2, d0.

- Uloskäytävän aukon ylä- ja alapuolen pintaluokan tulee olla B-s2, d0.
- Ulko-oven yläpuolella tulee olla katos, mikäli ovi on huoneiston alapuolella.
- Varateinä toimivien ikkunoiden ja aukkojen ylä- ja alapuolen pintojen luokan tulee olla D-s2, d0.
- Ulkoverhouksen tuuletusraossa tulee olla palokatkot.
- Porrashuoneen ulkoverhouksessa tulee olla palokatkot.
- Ulkoverhouksen laajojen osien putoaminen palotilanteessa tulee olla rajoitettu.
- Räystäään tulee olla paloräystäs, joka on mitoitettu EI 30.

- Suojaetäisyyden muihin rakennuksiin tulee olla vähintään 8 metriä.

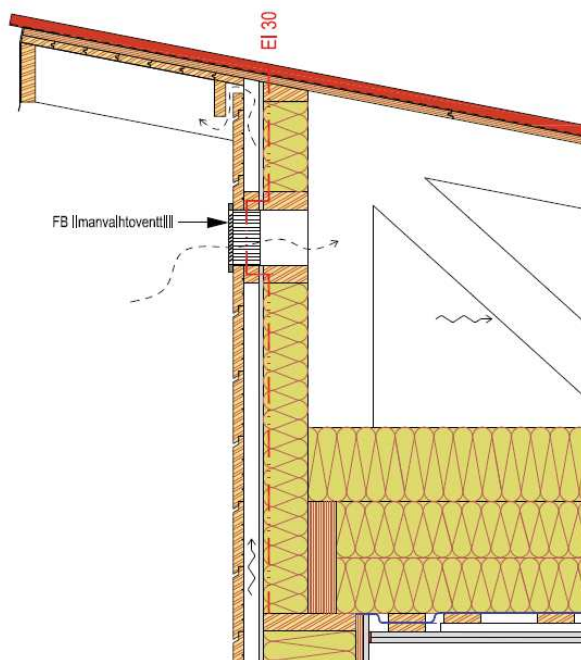
Ulkoverhouksen palokatkoja ei tarvitse toteuttaa tilanteessa, jossa julkisivun luokka on vähintään B-s2, d0.<sup>13</sup>



Kuva 42. Paloluokan D-s2, d2-luokan julkisivun käytön ehdot.<sup>13</sup>

### 6.7.1 Paloräystäs

Paloräystään tarkoitus on estää palon leviäminen ullakolle ja vesikattorakenteisiin. Yläpohjan tuuletusrakoihin, -aukkoihin ja -väleihin asennetaan palon leviämisen rajoittamiseksi mm. paloventtiileitä.<sup>13</sup>



Kuva 43. Esimerkki paloräystästä, jossa ilmanvaihtoventtiili toimii palokatkona.<sup>13</sup>

## 6.8 Poistuminen

Puukerrostalossa, jossa ylimmän lattian etäisyys sitä palvelevan porrashuoneen sisäänkäyntitasosta on enintään 24 metriä, tulee olla kaksi toisistaan riippumatonta uloskäytävää. Asunnossa toinen uloskäytävä voidaan korvata varatiejärjestelyllä. Varatienä voi toimia parveke, ikkuna tai muu aukko, jonka kautta pelastautuminen tai pelastaminen on mahdollista.<sup>13</sup>

Porrashuone muodostaa oman palo-osaston. Porrashuonetta ei osastoida kerroksittain, jolloin porrastasolta, - tasanteilta ja portailta ei vaadita osastoivuutta.<sup>13</sup>

Parveke suunnitellaan käytännössä lähes poikkeuksetta varatienä käytettäväksi. Yli 2-kerroksisissa puukerrostaloissa on parvekkeet sprinklattava.<sup>13</sup>

Parvekettä koskevat palotekniset vaatimukset:

- Kantavien rakennusosien tulee olla R 30.

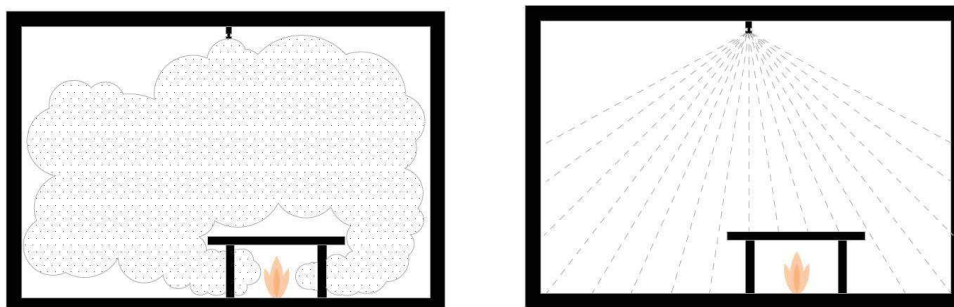
- Parvekelaatan osastoivuus EI 0.
- Lasitetun parvekkeen parvekelaatan osastoivuus EI 30.
- Osastoivan parvekelaatan tiivistykset ja läpiviennit E 15.<sup>13</sup>

## 6.9 Sprinklerijärjestelmät

Sprinklerijärjestelmä koostuu putkistosta sekä suuttimista. Putkistossa on jatkuvasti painestettua vettä, joka palotilanteessa purkautuu suuttimesta. Suuttimet laukeavat ainoastaan paloalueella, jolloin ne eivät kastele koko rakennusta. Suuttimet voidaan asentaa joko kattoon tai seinään joko pinta- tai piiloasennettuina.<sup>1, 13</sup>

**Perinteisen suutinjärjestelmän** sammutus perustuu pintojen kasteluun ja palon sammutus sprinklerisuuttimen toiminta-alueella.<sup>1, 13</sup>

**Vesisumusprinklerin** toiminta perustuu vesisumuun, jossa vesisuuttimesta purkautuu halkaisijaltaan alle 1 mm kokoisia vesipisaroita. Sumu leviää kolmiulotteisesti täyttäen palotilan kokonaan. Vesisumusprinklerin sammutusveden määrä on huomattavasti perinteistä suutinjärjestelmää pienempi, jolloin vedestä ja kosteudesta rakenteille aiheutuvat vauriot jäävät pienemmiksi.<sup>1, 13</sup>



Kuva 44. Vesisumusprinklerin ja perinteisen suutinjärjestelmän toimintaperiaatteet.

## 6.10 Puurakenteiden palomitoitus

Puun palaessa muodostuu sen pintaan hiilikerros, joka hidastaa puun sisäosien lämpenemistä ja puun palamista. Puurakenteiden palomitoitus perustuu puun hiiltymisnopeuteen. Erilaisilla puutuotteilla, kuten sahatavaralla, liimapuulla, LVL:llä ja CLT:llä on erilaiset hiiltymisnopeudet.<sup>13</sup>

Suojaamaton puurakenne hiiltyy palon alusta lähtien. Hiiltymisnopeuteen vaikuttaa, hiiltykö rakenne yhdestä vai useammasta suunnasta. Palonkesto mitoitetaan sen perusteella, kuinka paljon hiiltyneestä puurakenteesta on jäljellä palonkestoajan lopulla. Puurakenteen koon kasvattaminen suurentaa sen tehollista poikkileikkausta ja rakenteen kantokyky palotilanteessa paranee.<sup>13</sup>

Massiivisen liimapuupalkin palosuojaus ei aina ole tarpeellista, koska massiivisuutensa ansiosta rakenteissa on usein hiiltymämitoituksen perusteella palotilanteessa riittävä kantokyky ilman palosuojauksia.<sup>13</sup>

Puurakenne voidaan suojata koko palonkestoajalle verhoamalla se tuotteella, joka suojaa puurakennetta koko palonkestoajan. Suojaverhouksena voidaan käyttää mm. kipsi-, puu- tai lämmöneristelevyjä tai muita tarkoitukseen soveltuvia materiaaleja.<sup>13</sup>

Puurakenne voidaan suojata myös osaksi vaadittua palonkestoaikaa, jolloin loppuajan puu hiiltyy sallitusti.<sup>13</sup>

CLT-levyn palomitoitus perustuu tällä hetkellä valmistajakohtaisiin ohjeisiin. Levy delamiinoiduu, kun palo saavuttaa levyn polyuretaanisauman. 3-kerroksisessa CLT-levyssä tulee olla riittävän paksut pintalamellikerrokset, jotka eivät hiilly pois vaadittuna palonkestoaikana. Myös CLT-levy voidaan suojata palonsuojauslevytyksin, jolloin levyn paksuutta voidaan optimoida.<sup>13</sup>

Palomitoitusperiaate	Ominaisuus	Hiiltyminen	Tyypillinen kohde
Suojaamaton puurakenne	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rakenne hiiltyy</li> <li>Kantavuus perustuu teholliseen poikkileikkaukseen palotilanteen rasituksilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hiiltyminen tapahtuu kyseiselle puutuotteelle ominaisella hiiltymisnopeudella/-nopeuksilla koko vaaditun palonkestoajan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Massiiviset rakenteet</li> </ul>
Puurakenne suojattu koko vaaditun palonkestoajan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rakenne ei hiilly</li> <li>Kantavuus perustuu alkuperäiseen poikkileikkaukseen palotilanteen rasituksilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hiiltymistä ei tapahdu vaaditun palonkestoajan sisällä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoikat rakenteet</li> <li>Liitokset</li> </ul>
Puurakenne suojattu osan vaaditusta palonkestoajasta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rakenne hiiltyy</li> <li>Kantavuus perustuu tapauksesta riippuen teholliseen poikkileikkaukseen tai nimelliseen jäännöspoikkileikkaukseen palotilanteen rasituksilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rakenteella on erilaisia mitoituksessa huomioitavia tekijöitä palonkestoajan sisällä: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ei hiilly lainkaan</li> <li>2) hiiltyy tietyn ajan kuluttua</li> <li>3) hiiltyminen tapahtuu kahdella tai kolmella erilaisella nopeudella</li> </ol> </li> <li>Erilaiset hiiltymisnopeudet palonkestoajan sisällä johtuvat mm. seuraavista tekijöistä: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) puurakenne lämpenee palo-suojauksen takana</li> <li>2) palosuojaus irtoaa tietyn ajan kuluttua</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoikat rakenteet</li> </ul>

Kuva 45. Puurakenteen palomitoitusperiaatteet.<sup>13</sup>

## 6.11 Talotekniikka

Talotekniikan toteuttaminen vaatii usein läpivientejä, jotka tyypillisesti sijoitetaan välipohjaan. Välipohja on kuitenkin puukerrostalossa palo- ja ääniteknisesti haastava rakenusosa, ja läpiviennit tulisikin pyrkiä minimoimaan tai jättää toteuttamatta. Suositeltavampaa on sijoittaa LVIS-hormit porrashuoneeseen, jossa hormin seinärakenne on suositeltavaa suunnitella osastoivien seinärakenteiden kanssa samaan luokkaan. Välipohjan IV-kanavan alapinnan läpiviennin tulee täyttää sama palo-osastointivaatimus kuin välipohjan. Tavallisesti iv-kanavat sijoitetaankin välipohjan alapuolelle erilliseen alakattoon.<sup>13</sup>

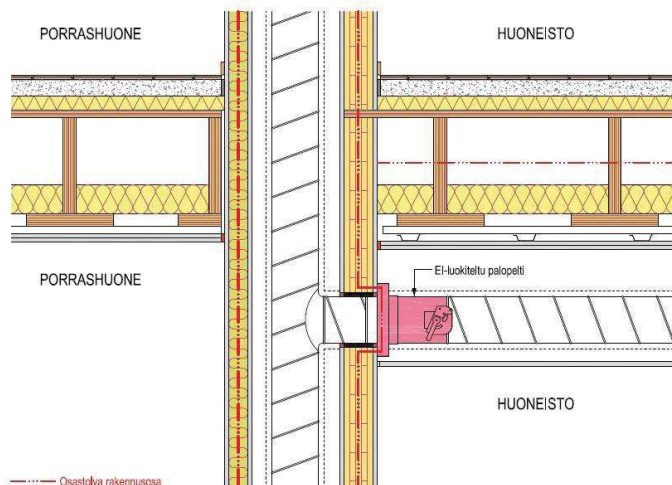
Puurunkoiseen asuinkerrostaloon suositeltavin iv-järjestelmä on huoneistokohtainen iv-järjestelmä, jolloin suurin osa iv-kanavista on huoneiston sisällä, ja läpivientien ja palokatkojen määrää saadaan pienennettyä, erityisesti silloin kun tuloilma otetaan rakennuksen julkisivulta.<sup>13</sup>

## 7 LVIS-tekniikka

Puukerrostalon LVIS-järjestelmä voidaan toteuttaa samoilla periaatteilla kuin muissakin kerrostaloissa. Huoneistojen välisten seinien ja välipohjien lävistyksiä on kuitenkin suositeltavaa välttää. LVI-laitteet on asennettava irti kattolevytyksistä.<sup>1</sup>

Tyypillisesti jokaiseen asuntoon tulee sijoittaa vähintään yksi pystysuuntainen kuilu, johon asennetaan asuntoihin johtavat pystysuuntaiset linjat. Vaakasuuntaiset päälinjat voidaan sijoittaa mm. ensimmäisen kerroksen lattian alle, kellarin katonrajaan tai ryömintätilaan.<sup>1</sup>

Asennukset on suositeltavaa keskittää tiloihin, joihin on luontevaa toteuttaa alakatto, kuten keittiö, eteinen tai kylpyhuone.<sup>1</sup>



Kuva 46. LVIS-tekniikan asentaminen alakattoon ja läpivienti.<sup>13</sup>

Ilmanvaihtoasennuksia ei tule sijoittaa ääniteknisistä ja paloturvallisuussyistä välipohjien palkkiväleihin vaan alakattotilaan.<sup>1</sup>

Puukerrostalon lämmitykseen soveltuva pääasiassa kaikki tavalliset lämmitysjärjestelmät.<sup>1</sup>



Viemäriasennukset on suositeltavaa tehdä märkätilojen alakattoihin alapohjan alapuolelle. Pystysuuntaiset päälinjat sijoitetaan huoneistokohtaisiin pystykuiluihin.<sup>1</sup>

Puukerrostaloissa on suositeltavaa käyttää huoneistokohtaista ilmanvaihtojärjestelmää, sillä ilmanvaihtoa voidaan silloin säätää asuntokohtaisesti eikä kattokerroksessa sijaitseva ilmanvaihtokonehuone ole tarpeen.<sup>1</sup>

Ilmanvaihtokanavat sijoitetaan asuntojen alakattoihin varsinaisen välipohjan alapuolelle, ja pystysuuntaiset kanavat asuntokohtaisiin pystykuiluihin. Keskitetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä pystysuuntaiset kanavat johdetaan ilmanvaihtokonehuoneeseen.<sup>1</sup>

Puukerrostalot voidaan sähköistää samoin periaattein kuin muutkin kerrostalot. Sähköpääkeskus ja mittauskeskukset voidaan sijoittaa rakennuksen yhteisiin tiloihin ja nousut kuljettaa pystykuiluissa.<sup>1</sup>

## 8 Ääneneristys

Puurakennuksissa ääneneristys toteutetaan monikerrosrakenteilla, ja pääosin se vastaa massiivirakenteisten rakennusten ääneneristystä. Korkeataajuuksisia ääniä puurakenteet eristävät yleensä hyvin, mutta erityistä huomiota tulee kuitenkin kiinnittää matalataajuuksisten äänien eristämiseen.<sup>1</sup>

Huoneistojen väliset väliseinät toteutetaan kaksirunkoisina ääneneristys- ja paloteknisistä syistä. Ääneneristys perustuu levyrakenteen ja ilmatilan yhteistoimintaan. Runkorakenteiden tulee olla irti toisistaan koko matkaltaan sekä vaaka- että pystysuunnassa. Väliseinien pystyrakenteet on suositeltavaa ulottaa välipohjan kantaviin rakenteisiin saakka, jotta äänen siirtyminen vaakasuunnassa voidaan minimoida.<sup>1</sup>

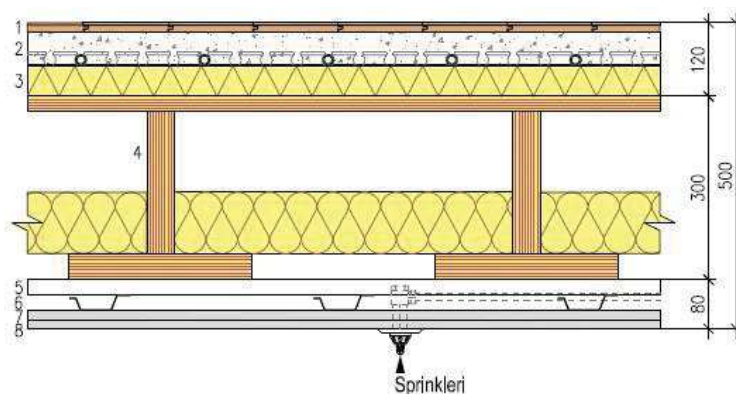
Puurakenteisen kerrostalon välipohjassa käytetään tavallisesti kelluvaa pintalaattaa ja jousirankojen varaan asennettua alakattolevytystä. Välipohjan ääneneristävyttä voidaan parantaa lisäämällä välipohjan massaa. Massan lisäys voidaan toteuttaa kelluvassa pintalaatassa tai puubetoniliittorakenteena.<sup>1</sup>

Askeläänieristämässä käytetään pääsääntöisesti tarkoitukseen erityisesti valmistettua tuotetta, joka voi olla mm. mineraalivillaa.<sup>1</sup>

Välipohjan palkkitilan korkeudella voidaan vaikuttaa välipohjan ääneneristävyyteen. Korkeuden tulee olla vähintään 200 mm. Korkeutta kasvattamalla voidaan parantaa ääneneristävyyttä. Lisäksi vähintään 100 mm eristekerros toimii ääntä absorboivana kerroksena.<sup>1</sup>

Alakattolevytyksen kiinnittämisessä käytetään erityisiä jousirankoja, joiden avulla rakenteesta saadaan joustava ja ääntä paremmin eristävä.<sup>1</sup>

Levykerrosten lisääminen ja levytyksen massan kasvattamisella voidaan parantaa välipohjan ääneneristävyyttä.<sup>1</sup>



Kuva 47. Välipohjan rakenne. Ilmatila ja alakaton jousirankakiinnitys parantavat ääneneristävyyttä.<sup>7</sup>

## 9 Puuarkkitehtuuri

Puuarkkitehtuurissa suuri merkitys on materiaalin omalla estetiikalla. Puu on luonnontuote, jolla on voimakas oma luonteensa. Puu kasvaa ja hengittää, lahoaa ja mautuu. Se käpristyy, halkeilee, kutistuu ja paisuu. Ajan ja ympäristöolosuhteiden myötä

puurakennukselle muodostuu oma yksilöllinen tunnelma. Puu on peräisin kasvikunnasta, ja sillä on tunnistettava, epähomogeeninen syy rakenne. Puumateriaalin sälemäisyys vaikuttaa merkittävästi julkisivujen jäsentelyyn ja mittakaavan tajuttavuuteen. Yksi erityinen piirre suomalaisten kaupunkien puuarkkitehtuurissa on kivirakentamisen jäljittely, erityisesti 1800-luvulla. Silti tuon ajan rakennukset ovat tajuttavissa puurakenteisiksi puumateriaalin ominaisuuksien ansiosta (lautojen rakoilu, puun dimensiot).<sup>14, 15</sup>

Puu mahdollistaa rakennusten rikkaan muotoilun, sillä ulkovaipan vaaka- ja pystysuuntaisten porrastusten tekeminen puusta on yksinkertaista, nopeaa ja halpaa. Puu ei muodosta kylmäsiltää, joten rakennukseen voi mahdollista tehdä erilaisia syvennyksiä, ulokkeita, parvekkeita tai terasseja.<sup>15</sup>

Puu mahdollistaa puujulkisivupinnan tekstuuriin vaihtelut, koska julkisivua voidaan verhoata lauta laudalta. Puun avulla rakennusmassojen pintoihin saadaan rikkaa vaihtelua ja detaljointia. Rakentamistapa sallii runsaan massoittelemisen, jota voidaan hyödyntää joko rakennusten rikasmuotoisuutena tai siten, että asuinkerrostalot pilkotaan pienemmiksi yksiköiksi. Puu taipuu pienimittakaavaisiksi rakennusmassoiksi ja tukee ihmisen mittaisen mittakaavan toteuttamista.<sup>15</sup>



Kuva 48. Puu-Linnanmaa. Julkisivuissa monipuolista puun käyttöä.<sup>16</sup>



Kuva 48. Talo Åkerudden.<sup>16</sup>

Puujulkisivun pitkäaikaiskestävyys edellyttää huolellista suunnittelua. Puuverhouksen kestävyteen vaikuttaa mm. julkisivun rakenne, lautatyyppi, maalityyppi, detaljit ja kiinnitys sekä ilmasto- ja ympäristörasitukset. Erityisesti saumat, liitokset, jatkokset ja nau-lauskohdat sekä kohdat, joissa puu on maakosketuksessa tai alttiina roiskevedelle, ovat alttiina vaurioille. Paksu julkisivuverhous kestää paremmin kuin ohut, minkä vuoksi suosituksena on vähintään 25 mm paksun laudan käyttö. Laudoituksen alareuna on altis kosteusrasitukselle, joten alareuna tulee muotoilla tippanokaksi. Riittävän sokkelikorkeuden avulla voidaan minimoida vaurioita. Suositeltavana sokkelin korkeutena voidaan pitää vähintään 300 mm, mieluummin yli 500 mm. Maalaus suojaa puuta ja parantaa puujulkisivun pitkäaikaiskestävyyttä, mutta käsittelemättömänakin puuverhous on kestävä, jos se suunnitellaan taiten ja sitä huolletaan.<sup>15</sup>



Kuva 49. Puupintoja.<sup>16</sup>

Puulle luontevaa on pienipiirteisyys ja mittakaavan herkkyys. Puuarkkitehtuurissa rakennuksen koon kohtuullisuus on merkityksellisempää materiaalin aistimiseksi ja sen erottamiseksi muista rakennusmateriaaleista. Puuarkkitehtuuria kuitenkin edelleen leimaa betoniarkkitehtuurille ominaiset piirteet, jolloin puun ominaispiirteet häviävät, julkisivuista tulee vyöhykkeettömiä ja rakennuksista raskaan oloisia.<sup>14</sup>

Puuta pidetään kauniina rakennusmateriaalina. Se on miellyttävä, lämmin, luonnollinen ja ekologinen, kodikas ja perinteinen materiaali. Puuarkkitehtuuri mielletään suomalaiseksi, luonnolliseksi ja ennemminkin koruttomaksi kuin ylelliseksi. Puu mielletään ihmisläheisten asuinrakennusten ja päiväkotien materiaaliksi.<sup>15</sup>

Vanhoissa puukaupunkimiljöissä asutaan usein kahdessa tai kolmessa kerroksessa. Puukerrostaloarkkitehtuurin kannalta on keskeistä, kuinka suurissa ja monikerroksisissa taloissa asuminen koetaan vielä maanläheiseksi ja omaan pihapiiriin kuuluvaksi.<sup>15</sup>



Kuva 50. Päiväkoti Pikku-Paavali.<sup>16</sup>

Palomääräykset edelleen rajoittavat puun käyttöä sisätiloissa, jossa pääasiallinen seinien pintamateriaali on valkoinen kipsilevy.

Puurakennukselle luontevaa ovat selkeys ja suorat linjat. Puuarkkitehtuuri perustuu enemmän rakenteiden ja ratkaisuiden selkeyteen ja tarkkaan suunnitteluun ja harkittuihin yksityiskohtiin ja detaljeihin. Puuta voi käyttää yksiaineisesti ja keskittyä pintojen ja tilan vaihtelevuuden korostamiseen tai yksinkertaistaa puun käyttöä ja rikastuttaa arkkitehtuuria vaihtelevuudella ja yllätyksellisyydellä.<sup>14</sup>

## 10 Johtopäätökset

Puukerrostalon arkkitehtisuunnittelun ei voi sanoa merkittävästi poikkeavan betoniarkkitehtuurin suunnittelusta, kun vain tunnetaan rakennusmateriaalin ominaisuudet. Puurakentamista kuitenkin vielä leimaa betonirakentamisen tuntu, ja tyypillisimmissä suomalaisissa puukerrostalokohteissa ei arkkitehtuurin juuri voi sanoa poikkeavan perinteisestä betoniarkkitehtuurista. Puu mahdollistaa monimuotoisen arkkitehtuurin suunnittelun kustannustehokkaasti ja materiaalin luonnollisia ominaisuuksia hyödyntäen. Puun arvokkuus on sen ominaisuuksien tuntemisen kautta syntyvässä arkkitehtuurissa. Puuarkkitehtuuria tulee kehittää erilleen betoniarkkitehtuurista, ja löytää puun oma luontevuus ja luonne. Näin voidaan aikaansaada yksilöllisiä asuinkerrostalokohteita, ja kehittää puurakentamisen, suunnittelun ja arkkitehtuurin osaamista.

Merkittävimmin puurakennusten suunnitteluun vaikuttavat voimassa olevat palomääräykset, jotka eivät tällä hetkellä mahdollista yli 8-kerroksisten asuinrakennusten toteuttamista puurakenteisina tai puun monipuolisempaa käyttöä rakennusten sisätiloissa. Suomalaisten palomääräysten yhdenmukaistaminen eurooppalaisten palomääräysten kanssa mahdollistaisi puulle ominaisen luonteen esilletuomisen nykyistä runsaampana myös rakennuksen sisätiloissa. Puurakennusten sisätilojen arkkitehtuuriin vaikuttaa suojaverhousvaatimukset, jotka toteuttavat betonirakentamiselle ominaista sisätila-arkkitehtuuria, ja heikentävät puun ominaisluonteen esilletuomista. Asukaskyselyissä asuinkerrostaloissa toivotaan asuntoihin enemmän näkyviä puupintoja.

Erityisesti puujulkisivujen arkkitehtuurin ja puun luonteen voimakkaamman esilletuomisen soisi kehittyvän nykyisten melko pelkistettyjenkin julkisivupintojen ja rakennusmasojen sijaan. Puu taipuu moneksi, mutta sen mahdollisuuksia ei arkkitehtuurissa osata vielä täysin hyödyntää. Puuta käytetään tyypillisesti melko tavanomaisella tavalla ja

herkät yksityiskohdat jäävät usein puuttumaan, kun haetaan yksinkertaistettua ja riisuttua arkkitehtuuria.

Puun vahvuus on erityisesti materiaalin ominaispiirteissä; sen pienimittakaavaisuudessa, lämminhenkisyydessä ja kodikkuudessa, jotka edesauttavat luomaan inhimillistä arkkitehtuuria. Puu ei ole luontevimmillaan suurissa massoissa laajoina pintoina, vaan herkissä yksityiskohdissa ja pienimittakaavaisuudessa. Toisaalta komeat massiiviset puurakenteet kertovat rakenneosaamisen taidokkuudesta, mutta myös detaljoinnin tarkkuudesta.

Tämän opinnäytetyön asuinkerrostalon rakennejärjestelmäksi valikoitu pilari-palkkirakenne sen joustavuuden ja muunneltavuuden perusteella. Seinissä sekä ala-, ylä- ja välipohjissa käytettäväksi valikoitui rankarakenne. Rankarakenne on joustava ja muunneltava mm. massiivielementtiin verrattuna. Rankarakennetta on melko yksinkertaista aukottaa tai sulkea, jolloin se yhdessä pilari-palkkirakenteen kanssa muodostaa joustavan ja muokattavan rakenteen, jossa tiloja voidaan yhdistää tai jakaa monipuolisesti. Massiivielementti ei samoissa määrin taivu muokattavuuteen. Massiivielementtiä on mahdollista aukottaa, mutta aukkojen sulkeminen ääni- ja paloteknisesti on haastavampaa.

Puurakentamisen kehittyminen avaa mahdollisuuksia puun käytölle asuinrakentamisessa betonirakentamisen rinnalla perinteisessä kerrostalotuotannossa. Kehittyvät tekniikat ja materiaalit sekä vapautuvat säädökset muokkaavat puurakennusteollisuutta vääjäämättä. Välttämättä kaikissa hankkeissa ei olekaan tarpeen tavoitella huippuarkkitehtuuria, ehkä aluksi riittää pyrkimys tehdä puusta yhtä tavallinen asuinkerrostalon rakennusmateriaali kuin betonista.

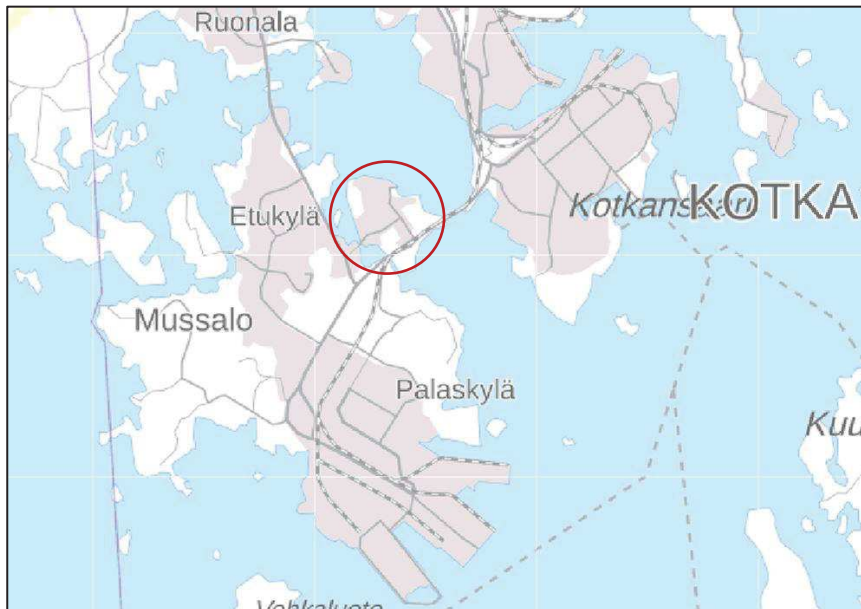
## 11 Puurakenteinen asuinkerrostalo Kotkan Hirssaareen

### 11.1 Yleistä

Osiossa esitellään opinnäytetyön teoriataustaan pohjautuva puurakenteisen asuinkerrostalon luonnostasoinen suunnitelma. Asuinkerrostalon rakennejärjestelmäksi on valittu pilari-palkki -järjestelmä, joka mahdollistaa pohjien monipuolisen ja muunneltavan sommittelun. Rankarakenteiset seinät sekä ala-, väli- ja yläpohjat mahdollistavat vapaat pohjaratkaisut ja tilojen muunneltavuuden myös tulevaisuudessa. Puuta on pyritty hyödyntämään mahdollisimman luonnollisella tavalla ilman pitkälle teollistettuja puutuotteita.

### 11.2 Suunnittelualue

Kotkan Hirssaari sijaitsee Kotkan saaren länsipuolella. Hirssaari on lahtien rikkoma lähes puolipyöreä saari Kotkansaaren ja Mussalon välissä. Saaren pituus on noin 1,5 km ja leveys hieman yli 0,5 km. Korkein kohta on Lokajanvuori, joka kohoaa +26,7 metriä merenpinnan yläpuolelle. Lehmänkallio on 22 metriä korkea.



Kuva 51. Suunnittelualueen sijainti.



Saaren kallioperä on rapakivigraniitti, ja jääkauden mannerjää on hionut kalliit sileiksi. Yleisin maalaji on moreeni. Leimallisia ovat isojen kivien röykkiöt. Eteläiset kivikkoiset ranta-alueet ovat aallokoille alttiita. Saaren pohjois- ja länsiosassa on matalia, nurmikoisia hiekkarantoja. Rantavedessä kasvaa kaislaa ja järviruokoa. Saaren kuivilla kalliomailla kasvaa männikköä, alavammilla kohdilla myös kuusikoita.

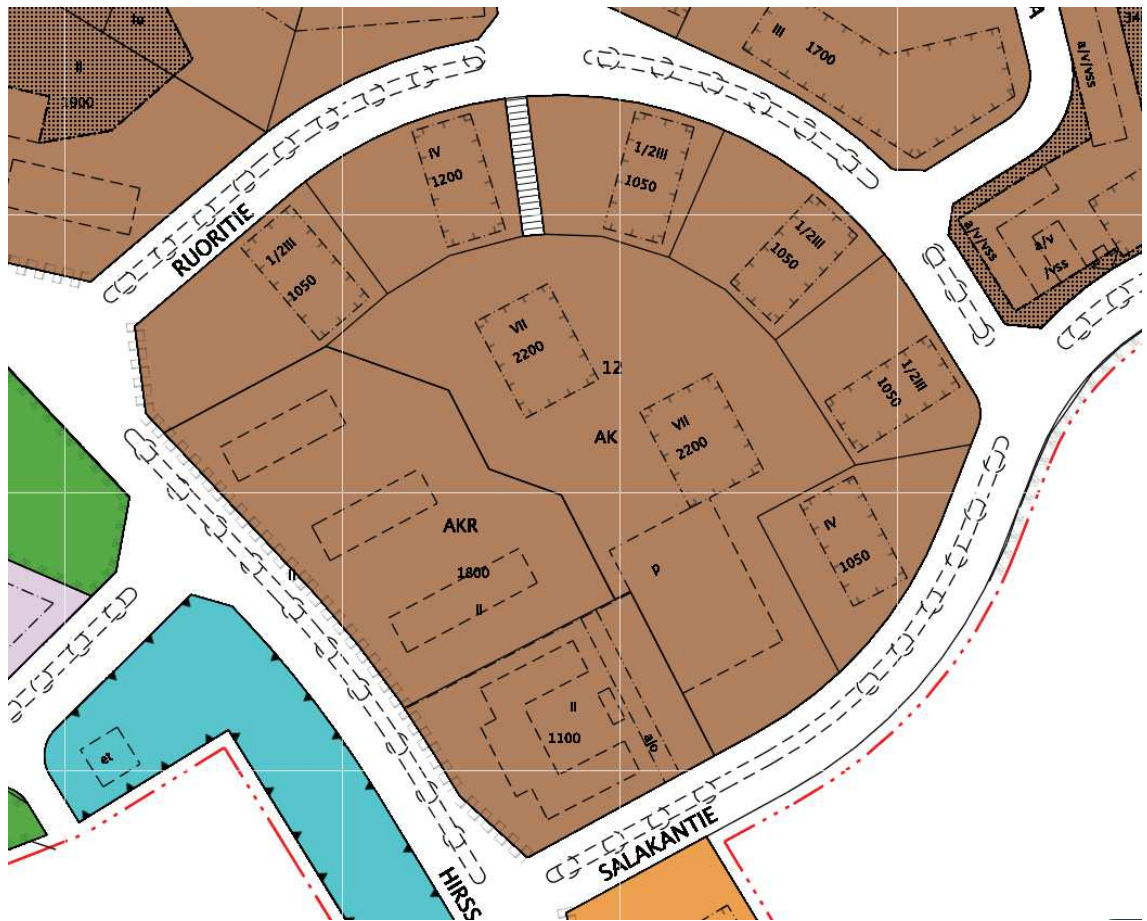
Hirssaaressa järjestettiin asuntomessut vuonna 2002, joita varten järjestettiin yleinen aatekilpailu asemakaavoituksen pohjaksi. Kilpailu ratkaistiin vuonna 1998, jonka voittanut ehdotus ”Kuutti” on alueen nykyisen asemakaavan taustalla. Lähtökohdaksi Hirssaaren kehittämisessä otettiin ekologiset tavoitteet, jotka merkitsivät paikallisten luonnonolojen huomioonottamista, luonnonvaroja, energiaa ja ympäristöä säästävää suunnittelua ja rakentamista. Asuntomessujen teemat löytyivät merellisyydestä, saaristo- tai tuuliolosuhteita huomioivasta rakentamisesta. Aatekilpailun tavoitteena oli muodostaa Hirssaaresta kestävä kehityksen periaatteisiin nojautuva merellinen asuinalue. Asemakaavatyölle asetettiin mm. seuraavat tavoitteet (tähän poimittu opinnäytetyön kannalta keskeisimmät tavoitteet):

- Uusia ratkaisuita meren rannalla asumiseen
- Merinäkyymiä asunnoista ja yleisiltä alueilta avattava
- Hirssaaresta omaleimainen merellinen asuntoalue
- Valtaosa asunnoista kerros- ja rivitaloissa
- Asumistapojen muuntuminen ja erilaistuminen mahdollistettava
- Ryhmä- ja alueidentiteetin korostuminen
- Merellisyyden, ekologian ja viihtyvyyden yhteensovittaminen

Rakennuskanta on pääasiassa pien- ja rivitalorakentamista, mutta alueella on myös muutamia asuinkeuhkoja. Kaupunkirakenteeltaan alue on melko väljä ja rehevät viheralueet sekä meri ovat alueelle leimallisia.

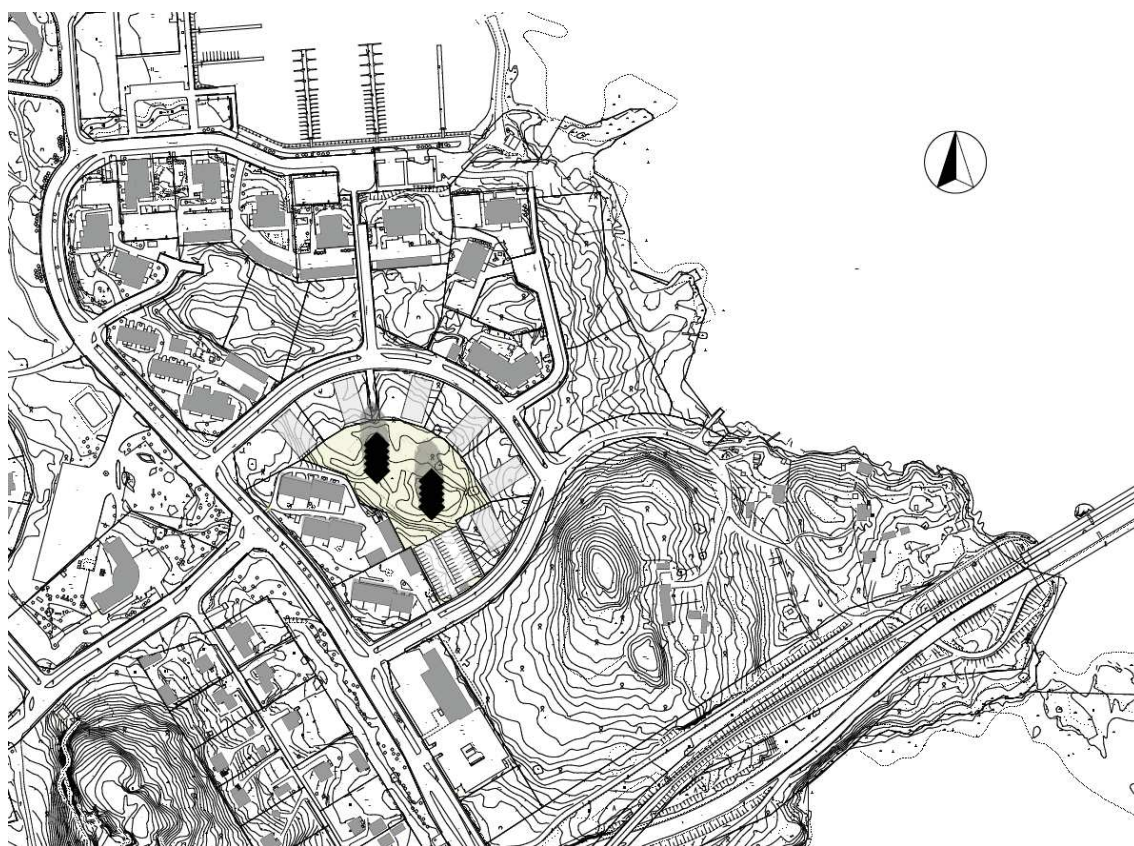
Kotkansaareen Hirssaareen yhdistää Valtatie 15, joka kulkee aivan Hirssaaren eteläreunassa. Valtatie 15 päättyy lännessä Mussalon satamaan.

Puurakenteisen asuinkerrostalon rakennuspaikka sijaitsee Hirssaaren keskellä muuta ympäristöä hieman korkeammalla mäntykankaalla. Asemakaavassa alueelle on osoitettu kaksi samankokoista VII-kerroksisen asuinkerrostalon rakennusalaan sekä autopaikoitukselle ohjeellinen aluerajaus tontin eteläosassa. Ympäriällä on matalampien, enintään IV-kerroksisten asuinrakennusten rakennusaloja.



Kuva 52. Ote ajantasa-asemakaavasta.<sup>15</sup>

Asemakaavaan merkityn rakennusoikeuden lisäksi saa rakentaa kokoutumis- ja harrastustiloja tai työ- ja liiketiloja ympäristöhaiiriötä aiheuttamattomalle toiminnalle enintään 15 % rakennusoikeudesta. Rakennuksissa ei saa olla kokonaan maanpäällistä kellarikerrosta. Autopaikkoja tulee toteuttaa 1 ap / 80 k-m<sup>2</sup> kerrosalaa tai vähintään 1 ap / asunto.



Kuva 53. Sijaintipiirustus.<sup>15</sup>

### 11.3 Tontinkäyttö

Tontinkäyttö noudattaa asemakaavaa. 7-kerroksiset asuinkerrostalot on sijoitettu tontin kahdelle rakennusalalle. Pysäköintialue sijoittuu tontin eteläosaan sille varatulle alueelle. Pysäköinti toteutetaan maantasopysäköintinä. Ajo tontille tapahtuu etelästä Salakan tieltä.

Pysäköintialueelta on johdettu kävely-yhteydet kumpaankin asuinkerrostaloon. Leikki- ja oleskelupiha sijoittuu rakennusten keskelle, jolloin se on luontevasti kummankin rakennuksen asukkaiden käytössä ja sijoittuu ilmansuunnallisesti edullisesti; pihalle paistaa aurinko suurimman osan päivää.

Pyykinhuuhto on pyritty järjestämään siten, että ne ovat helposti saavutettavissa molempien rakennusten pesutuvista. Tomutus on sijoitettu keskeisesti siten, että se on

saavutettavissa yhtä lailla molempien rakennusten sisäänkäynneiltä, kuitenkin hieman sivuun niin, ettei tomutuksesta aiheutuva pöly aiheuta haittaa asukkaille.

Ulkoiluvälinevarasto on niin ikään sijoitettu erilliseen rakennukseen oleskelu- ja leikkialueen pohjoispuolelle, jolloin se sijaitsee keskeisesti tontilla ja on helposti saavutettavissa sekä porrashuoneista että leikki- ja oleskelualueilta.

Tontilla on pyritty säilyttämään mahdollisimman paljon ympäristön luonnollista kasvillisuutta tai korvaamaan se vastaavalla kunttakerroksella ja kuivalle mäntykankaalle sopeutuvilla kasvilajeilla.

Rakennuksen sijoittelussa on pyritty huomioimaan asunnoista avautuvat näkymät siten, että jokaisesta asunnosta olisi mahdollisuus nähdä tai vähintään aistia meri. Rakennukset on asemoitu ilmansuunnallisesti siten, että asuntoihin saadaan auringonvaloa vuorokauden eri aikoina.



Kuva 54. Havainnekuva etelästä.

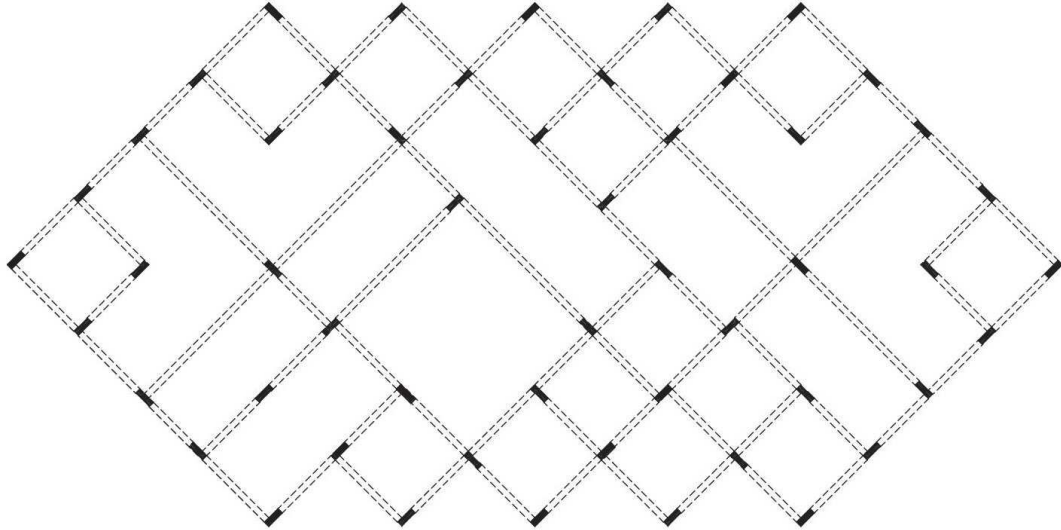


Kuva 55. Pihapiirustus. Ei mittakaavassa.

#### 11.4 Arkkitehtuuri

Asuinkerrostalon rakennejärjestelmänä on pilari-palkki -järjestelmä yhdistettynä rankaranteisiin seiniin ja välipohjiin. Arkkitehtuurissa on pyritty hyödyntämään modulaarisuutta. Rakenne muodostuu samankokoisista ”kuutioista”, joista rakennuksen massa on koottu. Neliön pohjamitat ovat 2,5 x 2,5 metriä, joka muodostaa rakenteen perusmuodon.

Mitta mahdollistaa 2,5, 5 ja 7,5 metrin jännevälit välipohjissa, mikä lisää asunto- ja pohjasuunnittelun joustavuutta. Huoneistojako perustuu kantavaan pilari-palkkijärjestelmään, jossa huoneistojen väliset väliseinät sijoittuvat aina palkin päälle. Rakennejärjestelmä mahdollistaa pohjien varioimisen myös kerroskohtaisesti. Rakennuksessa kerrosten pohjaratkaisut vuorottelevat; joka toisen kerroksen pohjaratkaisu on erilainen.



Kuva 56. Pilari-palkki -järjestelmän rakenneperiaate.

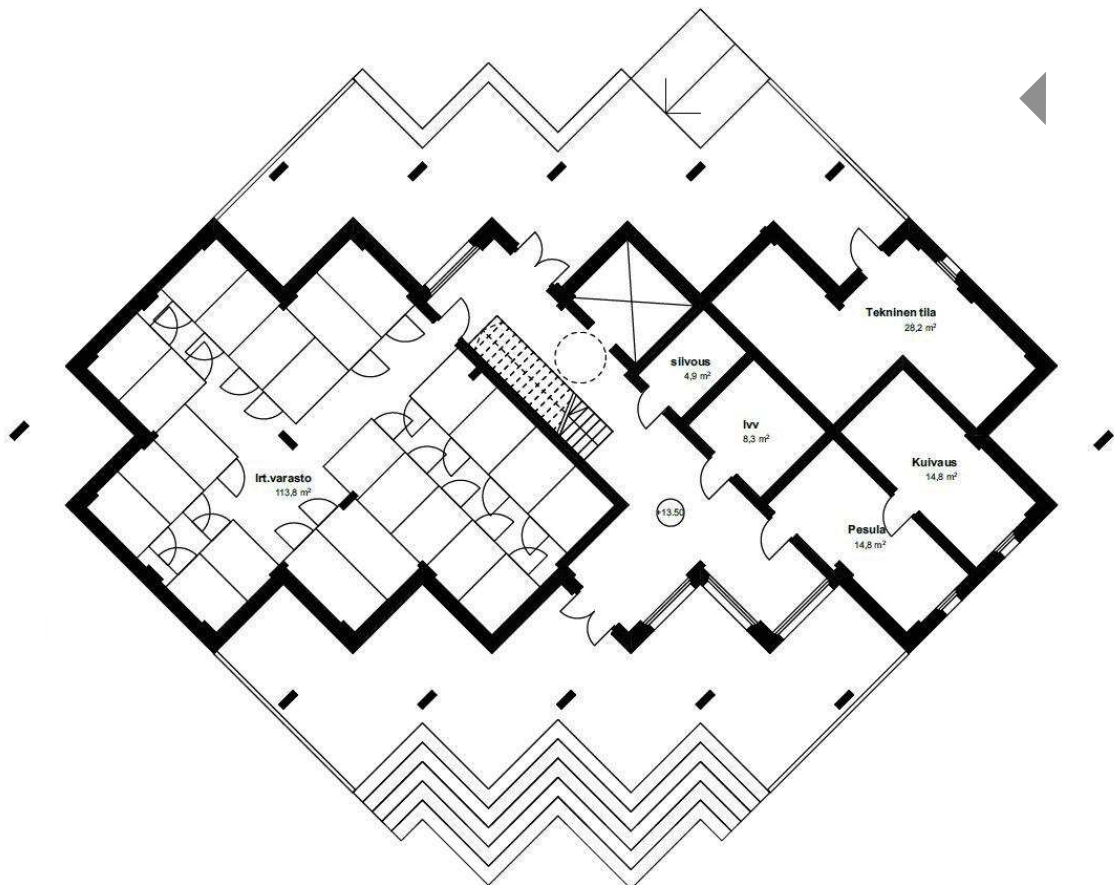
Rakennejärjestelmän perusteella muodostuu rakennuksen julkisivuun polveileva rytmi, jossa avoimet parvekkeet ja umpinaiset ulokkeet vuorottelevat. Seinät sekä ala-, väli- ja yläpohjat ovat rankarakenteisia. Huonekorkeudeksi on määritelty noin 3000 mm, ja välipohjarakenteen paksuudeksi noin 500 mm, jolloin kerroskorkeudeksi muodostuu 3500 mm. Rakennetyyppien määrittelyssä on hyödynnetty RunkoPES 2.0 rakennetyyppejä sekä RT-kortistoa. Rakennesuunnitelma on viitteellinen, ja edellyttää todellisessa hankkeessa rakennesuunnittelijan suunnittelemaa rakenteita ja rakennetyyppejä.

## 11.5 Tilat

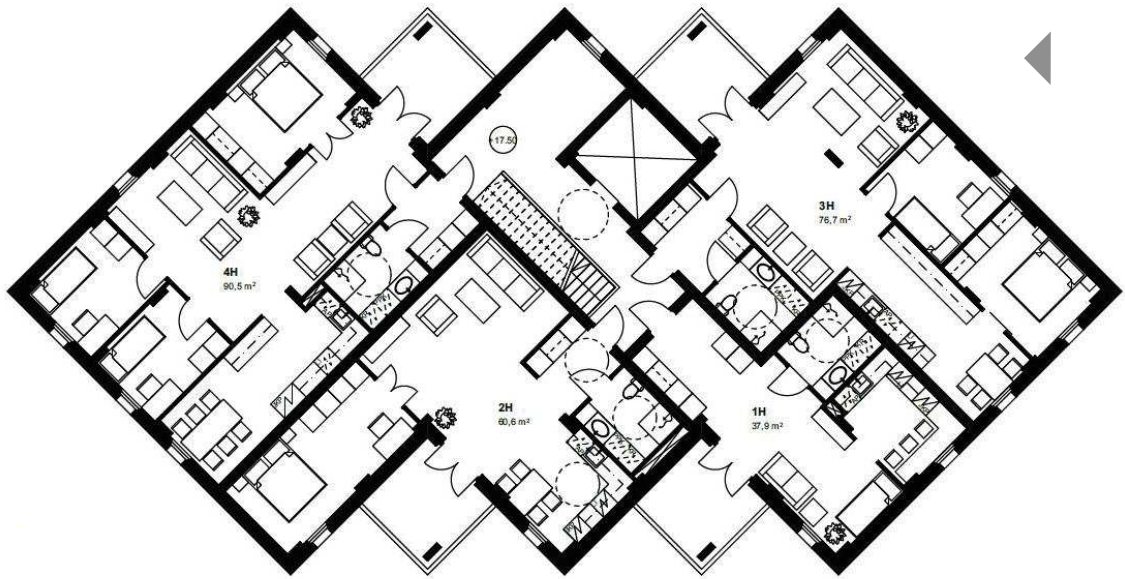
Ensimmäiseen kerrokseen sijoittuu asumisen aputilat ulkoiluvälinevarastoja lukuun ottamatta. Kerroksessa ovat asuntokohtaiset irtaimistovarastot, pyykinpesu- ja kuivaustilat, lastenvaunuvarasto, siivoustilat sekä tekninen tila. Tekniseen tilaan käynti on ulkokautta. Porrashuoneeseen on sisäänkäynnit molemmin puolin rakennusta.

Ulkoiluvälinevarastot sijoittuvat erilliseen ulkorakennukseen.

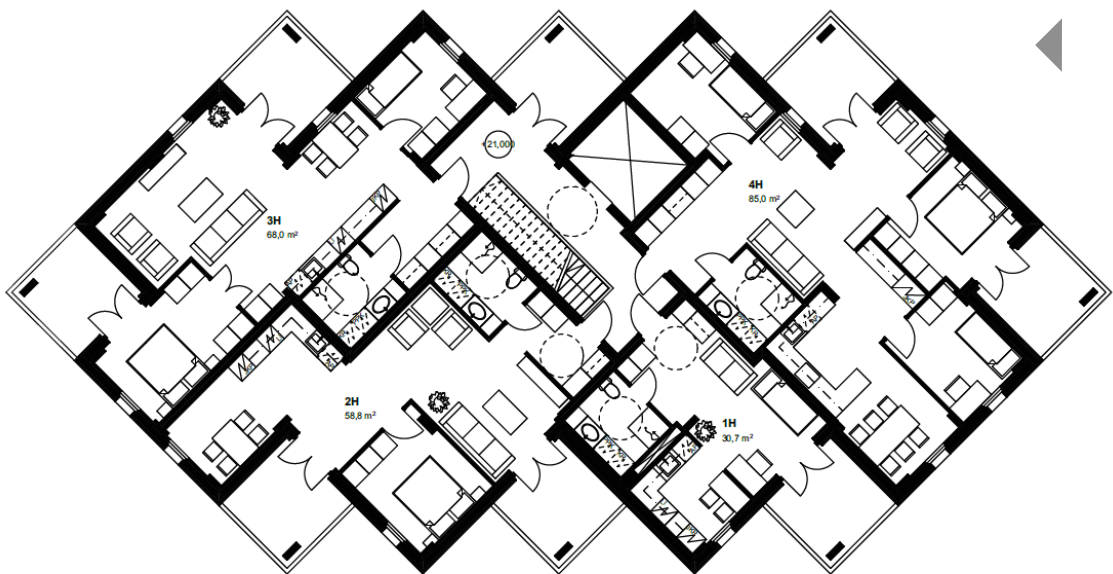
Kussakin asuinkerroksessa on neljä huoneistoa; yksiö, kaksio, kolmio ja neliö. Jokaisella huoneistolla on vähintään yksi parveke, suuremmissa asunnoissa jopa kaksi. Kylpyhuone-tilat ovat huoneistojen kesken mitoitukseltaan samanlaiset. Tyypillistä korkeampi huonekorkeus, 3000 mm, tuo tiloihin avaruutta ja mahdollistaa perinteistä korkeammat ikkunat. Huoneistot on sijoitettu siten, että kuhunkin asuntoon saadaan auringonvalo.



Kuva 57. Pohjapiirros maantasokerros. Ei mittakaavassa.



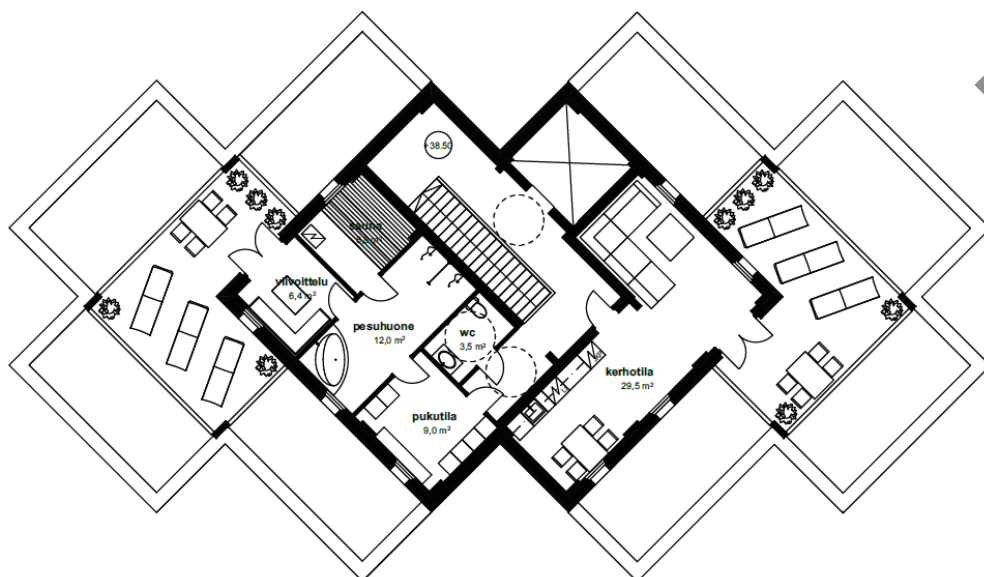
Kuva 58. Pohjapiirros 2. (4. ja 6.) kerros. Ei mittakaavassa.



Kuva 59. Pohjapiirros 3. (5. ja 7.) kerros. Ei mittakaavassa.



Ylimmässä kerroksessa sijaitsevat yhteistiloina kerhotila sekä sauna. Tilojen yhteydessä on myös wc. Tiloista on omat käynnit kattoterrasseille, joilta aukeaa näkymät ympäristöön.



Kuva 60. Pohjapiirros kattokerros. Ei mittakaavassa.

### 11.5.1 Palomääräysten vaikutus suunnitteluun

Merkittävimmin rakennuksen suunnitteluun vaikuttavat palomääräykset. Ne rajoittavat rakennuksen kerrosluvun kahdeksaan kerrokseen, joskin asemakaavassa suurin sallittu kerrosluku on rajattu seitsemään. Rakennuksen paloluokka on P2, minkä perusteella suunnitelmassa on hyödynnetty P2-luokan enintään 8 kerroksiselle asuinrakennukselle asetettuja vaatimuksia.

Eniten palomääräykset vaikuttavat kantavien rakenteiden mitoitukseen ja palosuojaukseen sekä sisäpintojen palosuojaukseen. Valtaosa rakennuksen rakenteista ja sisäpinnoista on suojaverhoiltava esimerkiksi kipsilevyin, jolloin varsinaisen puumateriaalin osuus jää vähäiseksi. Ulkopinnoissa puuta on mahdollista käyttää julkisivuissa, myös

maantasokerroksessa, mikäli se palosuojataan esimerkiksi palosuojamaalilla riittävän paloluokituksen saavuttamiseksi. Muussa tapauksessa on ensimmäisessä kerroksessa käytettävä jotain muuta palamatonta materiaalia puun sijaan.

Huoneistot on osastoitava omiksi palo-osastoiksiin. Samoin porrashuone.

Rakennuksen kerrosala saa olla enintään 12 000 k-m<sup>2</sup>, ja rakennus on sprinklattava. Rakennuksen enimmäiskorkeus saa olla 28 metriä, mikä rajoittaa 8-kerroksisen rakennuksen kerroskorkeuden enintään 3,5 metriin. Tässä työssä kerroskorkeutena on käytetty 3,5 metriä siten, että huonekorkeus on keskimäärin 3000 mm ja välipohjarakenteet 500 mm.

## 11.6 Materiaalit

Rakennuksen kantavan rakenteen pilari-palkki -järjestelmässä materiaalina käytetään liimapuuta. Palomääräyksistä johtuen kantavia rakenteita ei kuitenkaan ole mahdollista juurikaan jättää näkyviin, vaan ne on suojaverhoitava. Rakenteiden koon kasvattaminen mahdollistaisi rakenteiden jättämisen näkyviin, mutta tämä edellyttäisi tarkempaa palomitoitusta ja rakennesuunnittelua.

Rakennuksen rankarakenteissa käytetään sahatavaraa. Eristeenä käytetään palomääräysten mukaisesti mineraalivillaa. Sisäverhouksena käytetään niin ikään palomääräysten edellytysten mukaisesti pääasiassa kipsiverhousa. Puupintana käytetään koivuvarneria palomääräykset sallimissa määrin huoneistojen sisäisissä ei-kantavissa väliseinissä sekä enintään 20 % paloluokkaan laskettavasta pinta-alasta sisäkaton verhouksissa.

Lattioiden pintamateriaalina käytetään parkettia.

Rakennuksen julkisivussa käytetään 28x195 mm kokoista pystylautaa, joka suojataan kuultavalla maalilla. Näin puu saa suojaa, mutta materiaalin tuntu säilyy ja pinnassa voi edelleen erottaa puun syyrakenteen. Puujulkisivujen materiaalina käytetään kuusta. Ensimmäisen kerroksen sisäänvedetyissä julkisivuissa käytetään ruskeaa kuullotetta, joka

luo lämpimän sävyisen pinnan ja korostaa sisäänkäyntejä. Muissa kerroksissa käytetään valkoista kuullotetta.



Kuva 61. Ulkoverhouslaudan profiili.<sup>3</sup>

Sokkeli verhoillaan tummanharmaalla luonnonkivilaattalla.

Rakennuksen katto on tasakatto. Katemateriaalina käytetään sekä bitumikermikatetta että viherkattoa.

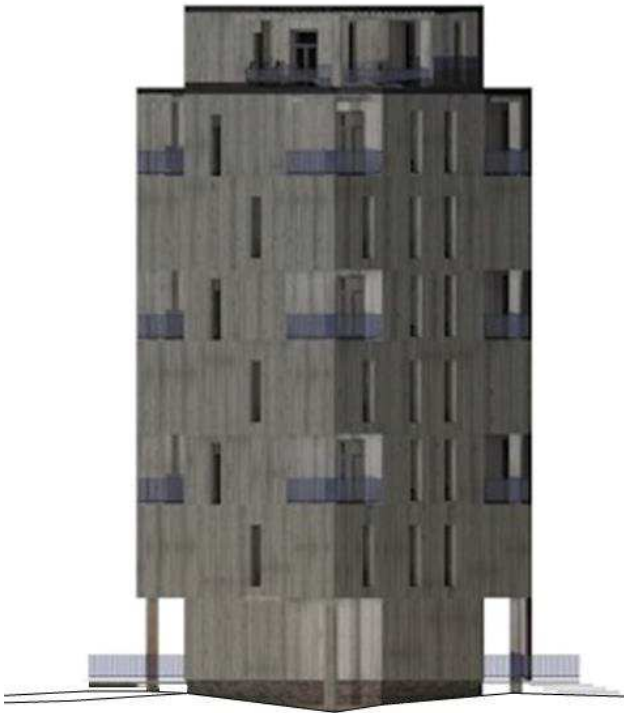
Ikkunoiden ja ovien karmeissa ja pellityksissä käytetään tummanharmaata maalia.



Kuva 62. Julkisivu etelään.



Kuva 63. Julkisivu länteen.



Kuva 64. Julkisivu pohjoiseen.



Kuva 65. Julkisivu itään.



Kuva 66. Leikkaus.

## Lähteet

- 1 Tolppanen, Janne ym., Suomalainen puukerrostalo. Puuinfo, 2013.
- 2 Viljakainen, Mikko, Avoin puurakennusjärjestelmä – Suunnitteluperusteet. Wood Focus Oy, 2005.
- 3 [www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi)
- 4 Nykänen, Esa ym. Puurakentaminen Euroopassa. VTT, 2017.
- 5 RT 82-10804 Avoin puurakennusjärjestelmä.
- 6 Ympäristöministeriö. Suomalainen puukerrostalohankekanta. 2018.
- 7 RunkoPES 2.0. Finnish Wood Research, 2013.
- 8 [www.rakennuslehti.fi](http://www.rakennuslehti.fi). 11.4.20012.
- 9 RT-83-11009 Alapohjarakenteita
- 10 Tuhkanen, Hannu, Massiivipuinen CLT-elementti pientalotuotannossa. Savonia AMK, 2018.
- 11 Ulkoilmalla tuuletettu puualapohja. Tekninen tiedote. Puuinfo, 2018.
- 12 <http://www.clt.info/layer-structure/> Haettu 14.3.2019
- 13 Lahtela, Tero, Paloturvallinen puutalo. Puuinfo, 2018.
- 14 Koivula, Jukka, Puuarkkitehtuuri. Rakennustieto Oy, 2018.
- 15 <https://karttapalvelu.kotka.fi/mobile?setlanguage=fi#>
- 16 <https://www.woodarchitecture.fi/>
- 17 <https://mdh.no/about-us/>
- 18 <https://www.moatti-riviere.com/projets/logement/90-logements-bureaux-charenton-pont-94>

19 <https://www.precht.at/toronto-tree-tower/>

20 <http://www.clt.info/fi/projektit/>

21 <http://www.clt.info/fi/tuote/>

22 <http://www.puuproffa.fi>



**Puukerrostalo** sijaitsee Kotkan **Hirssaaressa** Kotkan saaren länsipuolella. Hirssaari on lahtien rikkoma lähes puolipöyrea saari, jonka pituus on noin 1,5 km ja leveys hieman yli 0,5 km. Korkein kohta Lokajanvuori kohoaa +26,7 metriä merenpinnan yläpuolelle.

Hirssaaressa järjestettiin asuntomessut vuonna 2002. Asuntomessujen teemat löytyivät **merellisyydestä, saaristo- tai tuuliolosuhteita** huomioivasta rakentamisesta. Alueen suunnittelun tavoitteina olivat mm. uusien ratkaisuiden kehittäminen meren rannalla asumiseen, **merinäkymien avaaminen asunnoista** ja yleisiltä alueilta, omaleimaisen merellisen asuntoalueen luominen, **asumistapojen muuntumisen ja erilaistumisen** mahdollistamisen sekä merellisyyden, ekologian ja viihtyvyyden yhteensovittaminen. Näitä tavoitteita on myös puukerrostalon suunnittelussa hyödynnetty lähtöteinä.

Suunnitelman **tontinkäyttö** noudattaa asemakaavaa; 7-kerroksiset asuinkerrostalot on sijoitettu tontin kahdelle rakennusalueelle ja pysäköintialue sijoittuu tontin eteläosaan maantasopysäköintiä. Ajo tontille tapahtuu etelästä Salakantieltä.

**Leikki- ja oleskelupiha** on sijoitettu rakennusten keskelle, jolloin se on luontevasti asukkaiden käytettävissä ja sijoittuu ilmansuunnallisesti edullisesti; pihalle paistaa aurinko suurimman osan päivää.

**Pyykinkuivauspaikat** ovat helposti saavutettavissa molempien rakennusten pesutuvista. **Tomutus** on sijoitettu keskeisesti siten, että se on saavutettavissa molempien rakennusten sisäänkäynneiltä, kuitenkin hieman sivuun niin, ettei tomutuksesta aiheutuva pöly aiheuta haittaa asukkaille.

**Ulkoiluvälinevarasto** sijaitsee erillisessä ulkorakennuksessa oleskelu- ja leikkialueen pohjoispuolella, jolloin se keskeisen sijainnin ansiosta on helposti saavutettavissa sekä porrashuoneista että leikki- ja oleskelualueilta.

Tontilla on pyritty säilyttämään mahdollisimman paljon ympäristön **luonnollista kasvillisuutta** tai korvaamaan se vastaavalla kunnatkerroksella ja kuivalle mäntykankaalle sopeutuvilla kasvilajeilla.

Rakennuksen sijoittelussa on pyritty huomioimaan asunnoista avautuvat **näkymät** siten, että jokaisesta asunnosta olisi mahdollisuus nähdä tai vähintään aistia **meri**. Rakennukset on asemoitu ilmansuunnallisesti siten, että asuntoihin saadaan **auringonvaloa** vuorokauden eri aikoina.

Rakennuksen rakennejärjestelmänä on **pilari-palkki -järjestelmä** yhdistettynä rankaranteisiin seiniiin ja välipohjiin. Arkkitehtuuri perustuu modulaarisuuteen, jossa rakennuksen massa on koottu samankokoisista kuutioista. Rakennejärjestelmän perusteella muodostuu rakennuksen julkisivuun **polveileva rytmi**, jossa avoimet parvekkeet ja umpinaiset ulokkeet vuorottelevat.

**Huoneistojako** perustuu kantavaan pilari-palkkijärjestelmään, jossa huoneistojen väliset väliseinät sijoittuvat aina palkin päälle. Rakennejärjestelmä mahdollistaa pohjien varioimisen myös kerroskohtaisesti. Rakennuksessa kerrosten **pohjaratkaisut vuorottelevat**; joka toisen kerroksen pohjaratkaisu on erilainen.

Kussakin asuinkerroksessa on **neljä huoneistoa**; yksiö, kaksio, kolmio ja neliö. Jokaisella huoneistolla on vähintään yksi **parveke**. Tyypillistä korkeampi **huonekorkeus**, 3000 mm, tuo tiloihin avaruutta ja mahdollistaa perinteistä korkeammat ikkunat. Huoneistot on sijoitettu siten, että kuhunkin asuntoon saadaan **auringonvaloa**.

Ensimmäiseen kerrokseen sijoittuu asumisen aputilat, kerroksiin 2.-7. asuinhuoneistot ja kattokerrokseen **kerho- ja saunatilat**, joiden kattoterasseilla avautuvat **näkymät** ympäristöön ja **merelle**.

Rakennuksen **julkisivussa** käytetään 28x195 mm kokoista pystylautaa, joka suojataan **kuultomaalilla**. Näin puu saa suojaa, mutta materiaalin tuntu säilyy ja pinnassa voi edelleen erottaa puun syyrakenteen. Puujulkisivujen materiaalina käytetään **kuusta**. Ensimmäisen kerroksen sisäänvedetyissä julkisivuissa käytetään **ruskeaa** kuullotetta, joka luo lämpimän sävyisen pinnan ja korostaa sisäänkäyntejä. Muissa kerroksissa käytetään **valkoista** kuullotetta. Sokkeli verhoillaan tummanharmaalla **luonnonkivilaatalla**.



SIJAINTIPIIRROS



RUORITIE

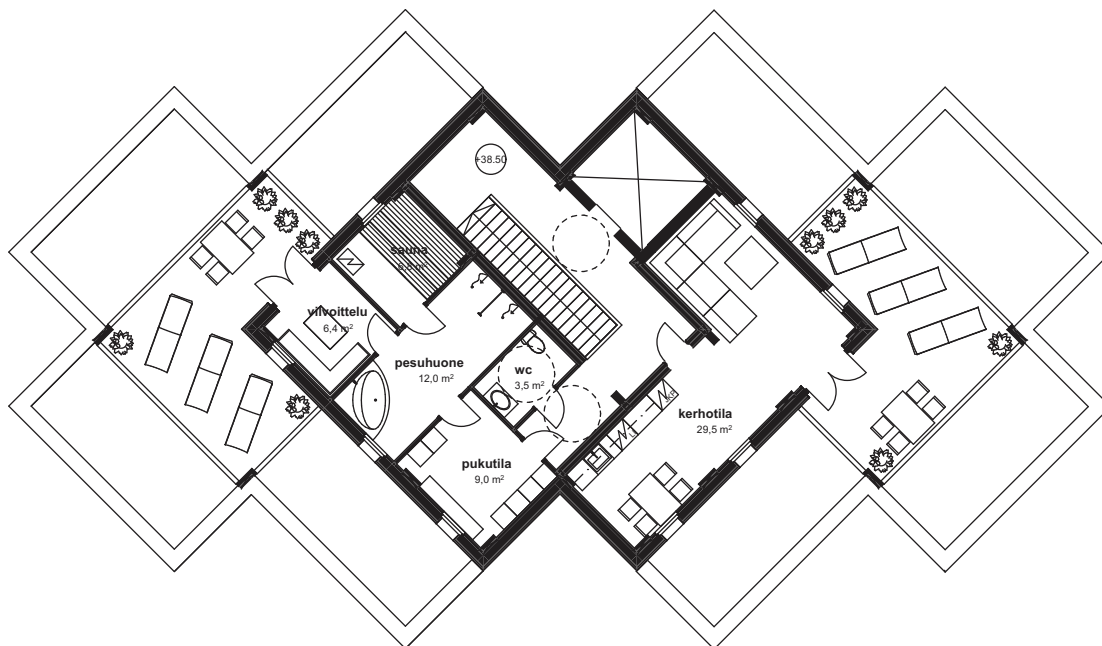
285-23-12-6

285-23-12-4

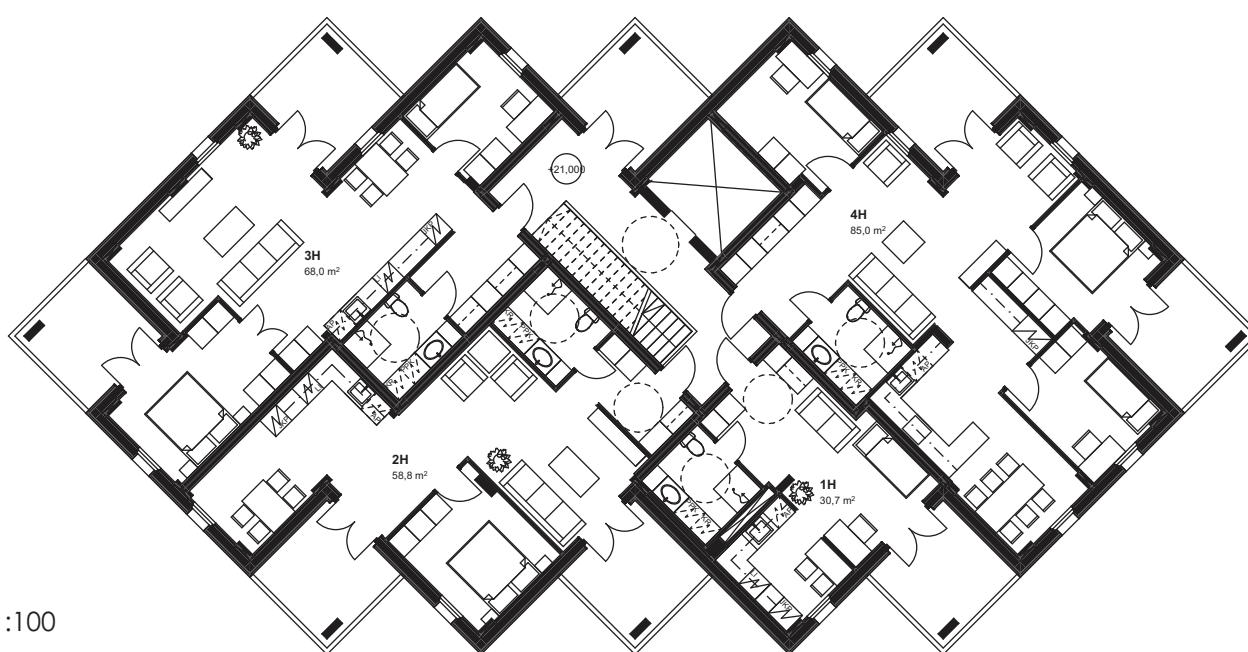
285-23-12-7

285-

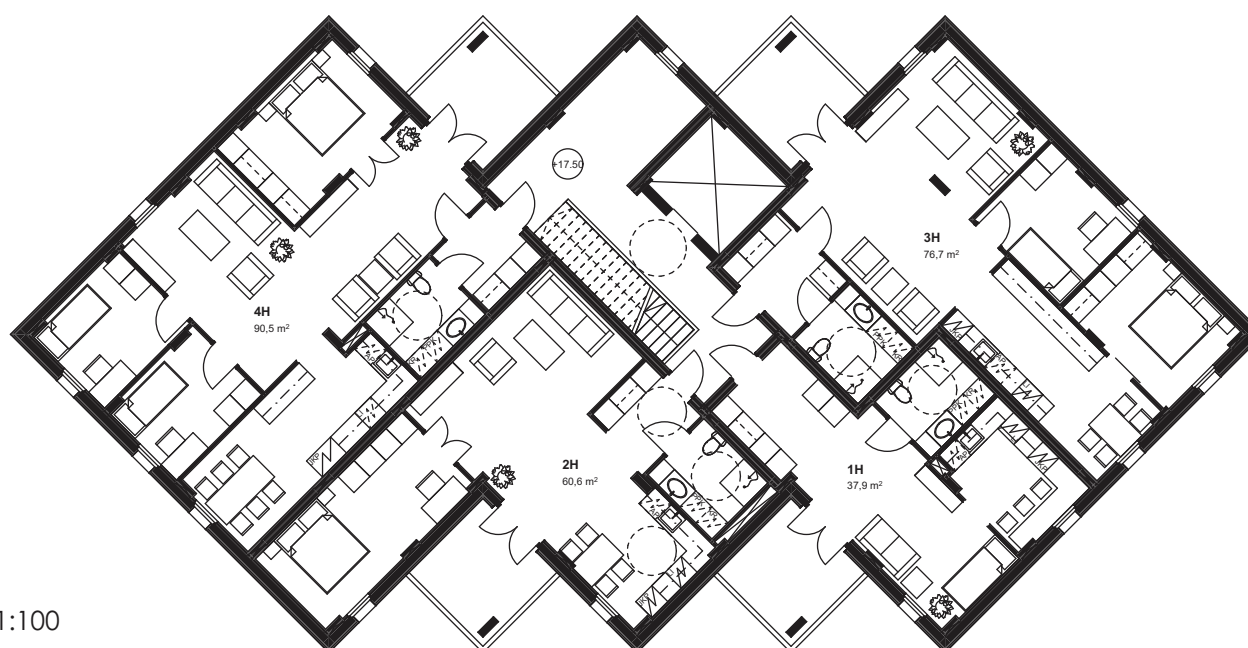




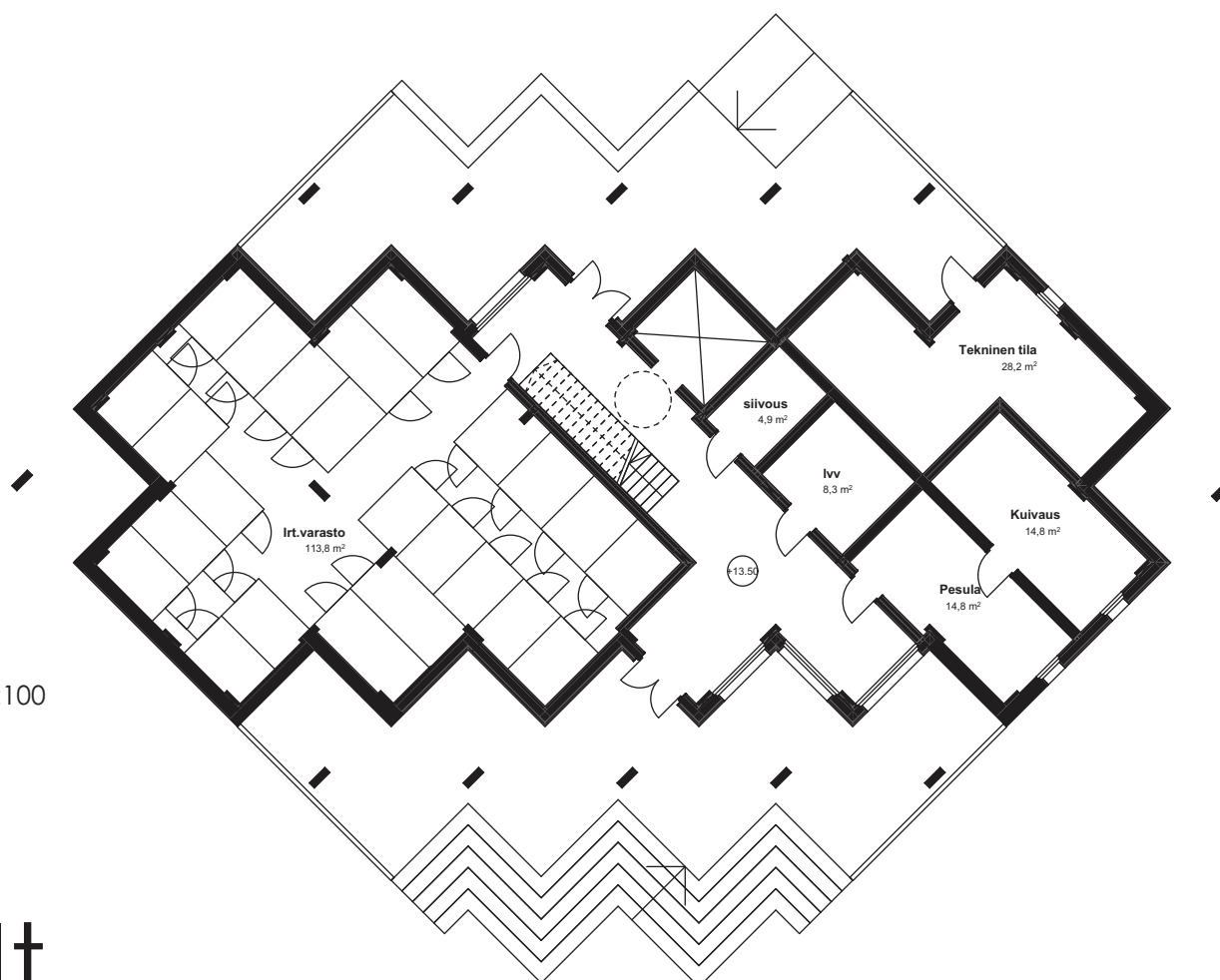
KATTOKERROS 1:100



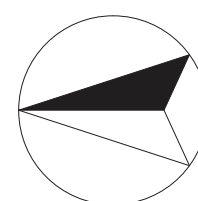
3. KERROS (5., 7. KERROS) 1:100



2. KERROS (4., 6. KERROS) 1:100



1. KERROS 1:100





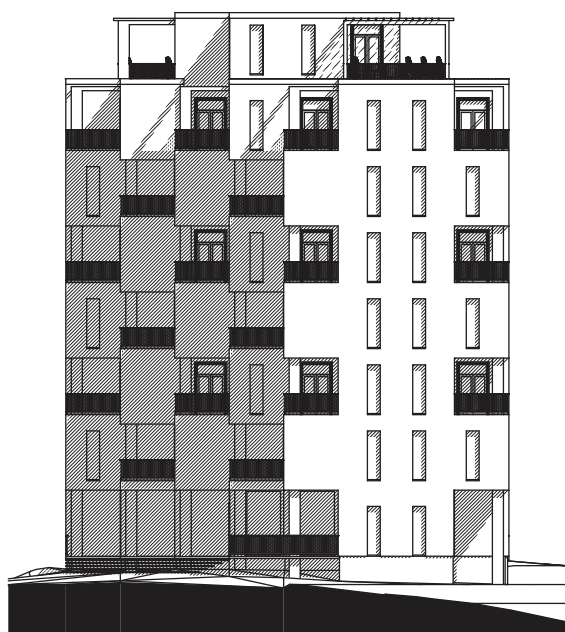
Julkisivu koilliseen

1:200



Julkisivu kaakkoon

1:200



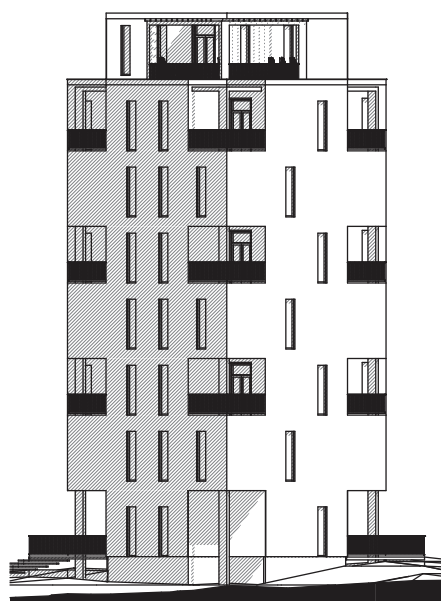
Julkisivu lounaaseen

1:200



Julkisivu luoteeseen

1:200



Julkisivu etelään

1:200



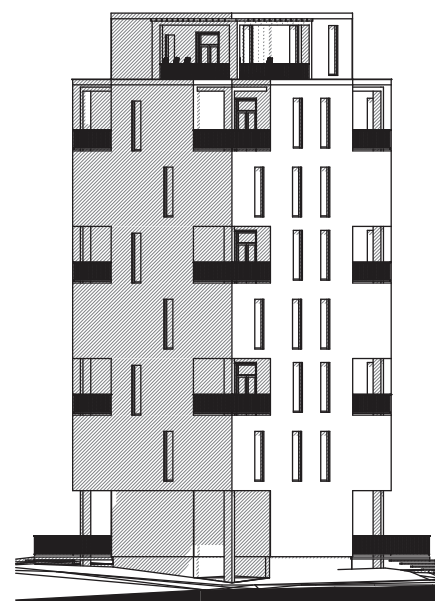
Julkisivu länteen

1:200



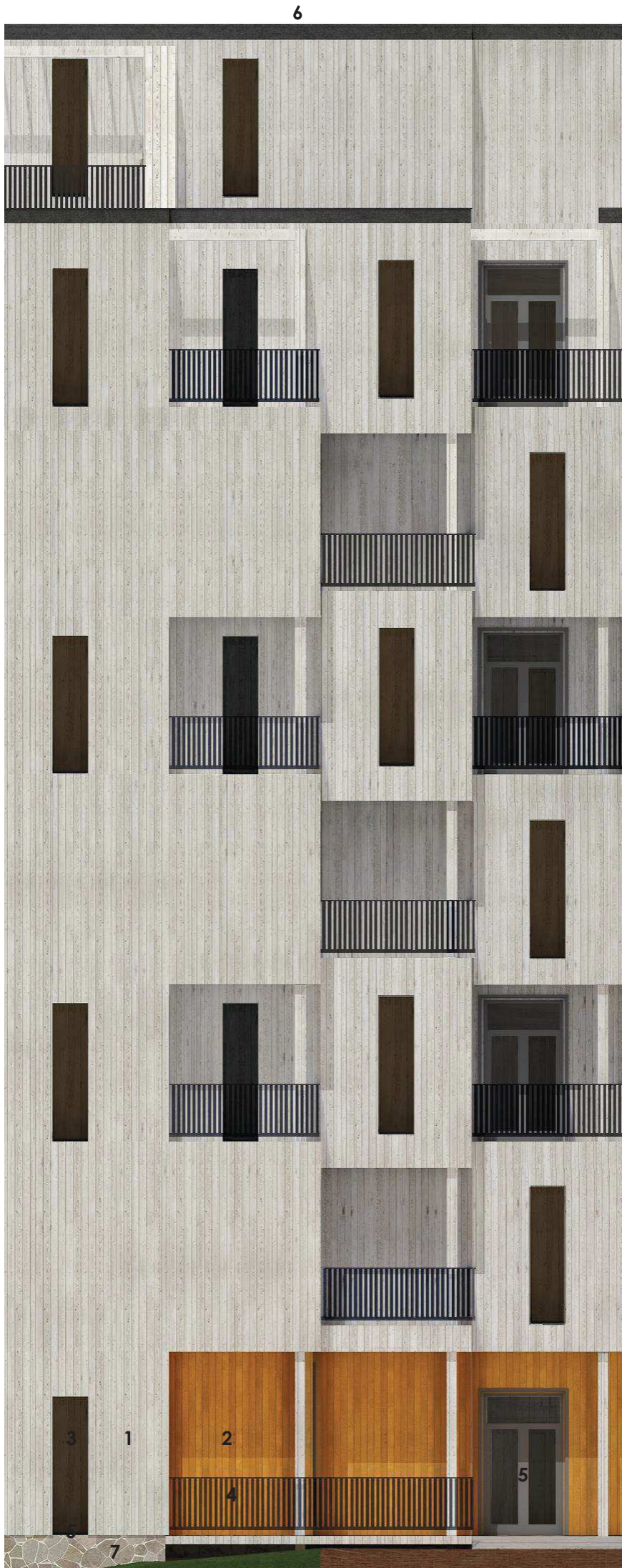
Julkisivu itään

1:200



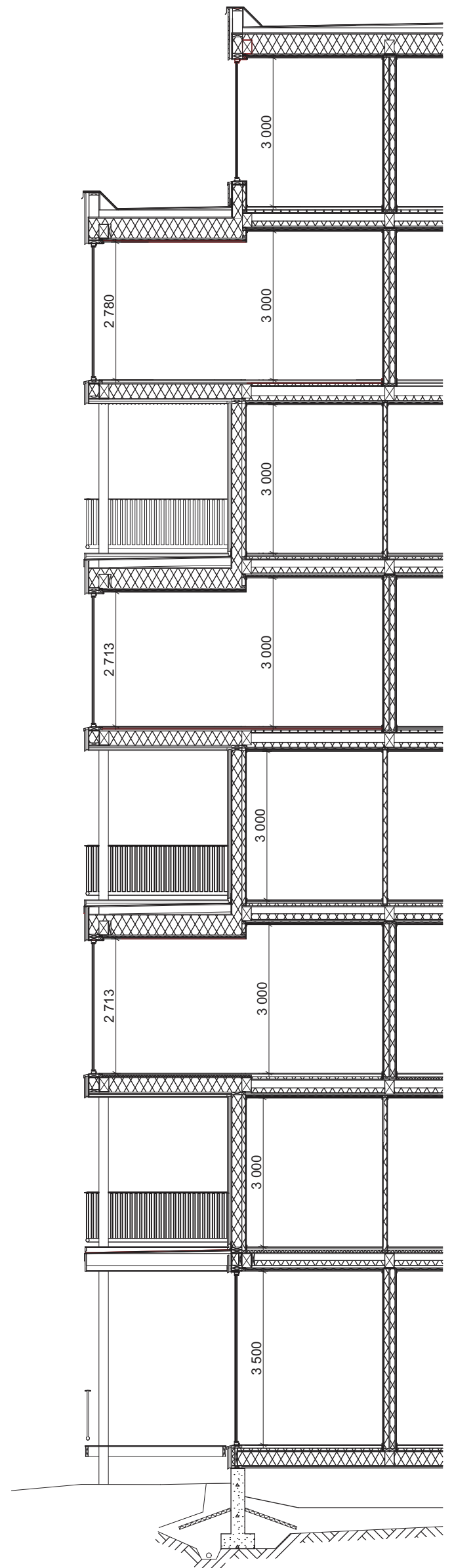
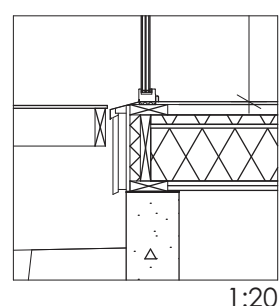
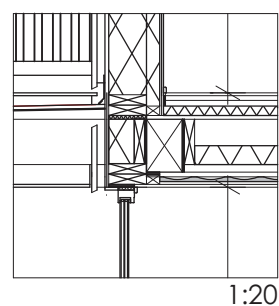
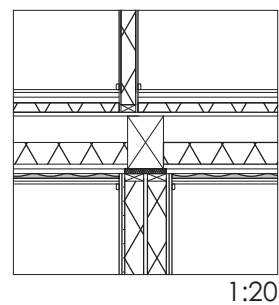
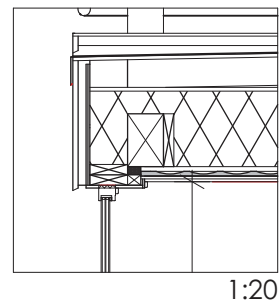
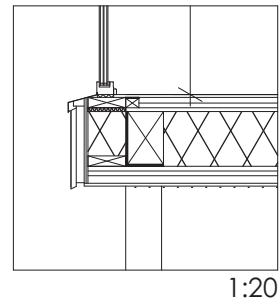
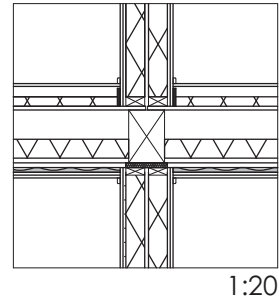
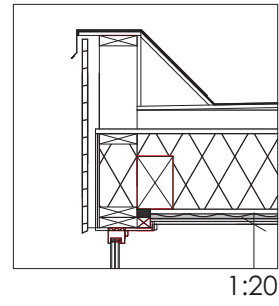
Julkisivu pohjoiseen

1:200



## JULKISIVUOTE

1. Pystylauta 100x28, kuultava valkoinen
2. Pystylauta 100x28, kuultava ruskea
3. Lasi, kirkas
4. Teräs, maalattu, tumman harmaa
5. Alumiini, maalattu, tumman harmaa
6. Bitumi, musta
7. Luonnonkivi, harmaa



## RAKENNELEIKKAUS

1:50



ALUELEIKKAUS

1:200