

Ari Kangaspunta

Moduulirakenteinen pientalo

Ratkaisumalli joustavan pientalon valmistamiseksi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusarkkitehti (AMK)

Rakennusarkkitehtuuri

Opinnäytetyö

18.4.2018

Tekijä(t) Otsikko	Ari Kangaspunta Moduulirakenteinen pientalo
Sivumäärä Aika	51 sivua + 2 liitettä 18.4.2018
Tutkinto	Rakennusarkkitehti (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusarkkitehtuuri
Ammatillinen pääaine	Rakennusarkkitehtuuri
Ohjaaja(t)	Lehtori, Jarkko Könönen Lehtori, Janne Järvinen
<p>Modulaarinen rakentaminen on yleistynyt viime vuosina. Talojen suunnittelussa on alettu käyttää modulaarisia tilaosia ja valmistusta on siirretty paikan päällä rakentamisesta teollisesti valmistettuihin elementteihin. Samaan aikaan pientalojen koko on asumis- ja rakentamiskustannusten vuoksi pienenyssä. Pienimmillään tällä hetkellä rakennettavat asuintalot ovat vain yhden tai kahden ihmisen käyttöön soveltuvia minitaloja.</p> <p>Tämän opinnäytetyön aiheena on modulaarisesti suunnitellun pientalojärjestelmän joustavuuden tutkiminen. Joustavuutta tutkittiin sekä pientalon suunnittelun että sen myöhemmin tehtävän laajennettavuuden näkökulmista.</p> <p>Taustatutkimuksena opinnäytetyössä tutustuttiin ensin modulaariseen rakentamiseen moduuli ja modulaarisuus -käsitteiden avulla sekä eri mitoitusjärjestelmiin. Seuraavaksi perehdyttiin pientalon toteutustekniikoihin, paikalla rakentamiseen sekä erilaisiin elementtjärjestelmiin. Tämän jälkeen tutkittiin pientalon tilojen keskeisimmät mitoitusperiaatteet. Lopuksi analysoitiin sekä suomalaisia että ulkomaisia modulaarisia järjestelmiä. Suunnitteluosiossa kehitettiin modulaarinen järjestelmä joustavuuden testaamista varten.</p> <p>Työssä todettiin modulaarisuuden mahdollistavan erilaisten yhdistelykombinaatioiden avulla monimuotoisten pohjaratkaisujen suunnittelemisen pienelläkin moduulimäärällä. Moduuleja käyttämällä myös vaiheittain tehtävän laajentamisen tekeminen osoittautui toimivaksi. Opinnäytetyön pääpaino oli modulaarisuuden toiminnallisessa tutkimisessa, siksi rakenteellisten ja taloteknisten ratkaisujen etsiminen jätettiin tarkoituksella seuraavien tutkimusten aiheiksi.</p>	
Avainsanat	Modulaarisuus, joustavuus, pientalo

Author(s) Title	Ari Kangaspunta Modular House
Number of Pages Date	51 pages + 2 appendices 18 April 2018
Degree	Bachelor of Construction Architecture
Degree Programme	Construction Architecture
Professional Major	Construction Architecture
Instructor(s)	Jarkko Könönen, Senior Lecturer Janne Järvinen, Senior Lecturer
<p>Modular constructions are increasingly used in buildings. Houses are being planned in a modular fashion and fabrication has been moved from sites to factories. Meanwhile the sizes of the new-built houses are diminishing due to the rise of housing and building expenses. The smallest houses can be even suitable for only one or two persons.</p> <p>The purpose of this Bachelor's thesis was to study the flexibility of a modular house. Flexibility was examined in aspects of diversity in house planning and further expanding in phases.</p> <p>To begin with, the concepts module and modularity as well as various scales of proportions were familiarized with as background study. Then the available building techniques were explored. After that the most relevant principles of dimensioning were looked into. Finally, a selection of modular houses were analysed for a basis of a new concept developed within the present study.</p> <p>Various combinations in ground plans proved to be possible even with a small number of modules. Also expanding in phases turned out to be quite practical. The functionality of modularity was the main focus in this thesis, therefore structural and technical engineering were left intentionally to subsequent studies.</p>	
Keywords	Modularity, flexibility, housing

Sisällys

1. Johdanto	1
2. Modulaarinen rakentaminen	3
2.1. Moduuli ja modulaarisuus käsitteinä	3
2.2. Modulaarisuuden kehittyminen	3
2.3. Esteettiset mitoitusjärjestelmät	5
2.4. Tekniset mitoitusjärjestelmät	6
3. Pientalon toteutustekniikat	6
3.1. Paikalla rakentaminen	7
3.2. Elementtirakentaminen	8
3.2.1. Pilari-palkki-järjestelmä	9
3.2.2. Pilari-laatta-järjestelmä	10
3.2.3. Pienelementtijärjestelmä	11
3.2.4. Suurelementtijärjestelmä	12
3.2.5. Tilaelementtijärjestelmä	13
4. Pientalon tilat	15
4.1. Eteinen	15
4.2. Oleskelu	16
4.3. Ruokailu	17
4.4. Pesutilat	18
4.5. Kodinhoito ja säilytys	20
4.6. Makuutilat	21
4.7. Aputilat	21
5. Tutustuminen toteutuksiin	22
5.1. Modulaarinen suunnittelu	22
5.1.1. Moduuli muuttovalmis, Kannustalo Oy	22
5.1.2. Plushuvilat, Honkatalot Oy	23
5.2. Modulaaristen osien järjestelmä	24
5.2.1. Bungalow - Kuten Haluatte	24
5.2.2. Domino	25
5.2.3. Moduli 225	26
5.3. Modulaaristen tilojen järjestelmä	28
5.3.1. Casa Garoza	28
5.3.2. Addomo	29

5.4.	Tilamoduulien järjestelmä	30
5.4.1.	Modern Modular	30
5.4.2.	Olokoto, Mammuttikoti	32
5.4.3.	ONE+, Add a Room	34
5.4.4.	Pala, Design-Talo Oy	35
6.	Modulaarisen järjestelmän luominen	37
6.1.	Modulaarinen järjestelmä	38
6.1.1.	Elementtijärjestelmä ja moduulimitoitus	38
6.1.2.	Suunnitteluratkaisut	39
6.1.3.	Tekniset ratkaisut	43
6.2.	Järjestelmän testaus suunnittelutyössä	45
6.2.1.	Järjestelmän hyvät puolet	45
6.2.2.	Järjestelmän huonot puolet	46
7.	Pohdintaa	48
	Lähteet	49
	Liitteet	
	Liite 1. Tehtävänanto	
	Liite 2. Esitysplanssit (4 kpl)	

1. Johdanto

Omakotitalojen keskikoko on vajaan kymmenen vuoden aikana pienentynyt vuosi vuodelta. Aivan uutena rakennustyyppinä ovat markkinoille ilmaantuneet minitalot, jotka pienimmillään ovat alle 50 neliöisiä, siis alle rakennusmääräyksissä omakotitalolle asetetun vähimmäiskoon. Tästä syystä niissä ei tarvitse huomioida omakotitalolle asetettuja lämmöneristys- tai esteettömyysvaatimuksia. Näin ainakin vielä toistaiseksi. Syinä asuntojen pienenemiseen ovat Omatalo Oy:n Janne Rönkön tiedotteen mukaan asumis- ja rakentamiskustannusten nousu, kaupunkitonttien korkeat hinnat ja asuntolainojen ehtojen kiristyminen.¹ Usein nämä talot ostetaan loma-asunnoiksi tai lisätilaksi, mutta esimerkiksi yksin asuva voi rakentaa minitalon myös asuinkäyttöä varten. Elämäntilanteen muuttuessa lisätila on kuitenkin usein tarpeen. Tällöin vaihtoehtoina ovat joko muuttaminen isompaan taloon tai nykyisen rakennuksen laajentaminen.

Rakennettaessa tilaelementeistä eli moduuleista paikalla rakentamisen osuus jää verrattain pieneksi. Suurin osa rakentamisesta tehdään esivalmisteisena tehtaassa kontrolloiduissa olosuhteissa. Vain perustukset, yhdyskuntatekniikan vaatimat liittymät ja luonnollisesti maansiirtotyöt tehdään tontilla. Tilaelementtien asentamisen yhteydessä tehdään liitokset vesijohto-, viemäri-, sähkö- ja tietoliikenneverkkoihin sekä mahdollisesti vesikatto- ja julkisivutöitä.

Esivalmistamisessa on monia hyötyjä paikalla rakentamiseen verrattuna. Tehdasolosuhteissa tehtävä rakennustyö on kontrolloidumpaa, turvallisempaa, tehokkaampaa ja säältä suojassa. Koska rakentaminen on huomattavan työvaltaista muihin teollisuudenaloihin verrattuna, tuo tehokkuus rahallista säästöä. Lisäksi rakentamisen laatu paranee parempien työolosuhteiden ja valvonnan helpon toteuttamisen seurauksena. Koska työmaalla tehtäviä töitä ja tilaelementtien valmistusta voidaan tehdä samanaikaisesti myös rakentamiseen kuluva aika pienenee jopa puoleen paikallarakentamiseen verrattuna.²

1 Hawkins 2016.

2 Lawson ja Ogden 2010, 48.

Suurimman hyödyn moduulien käyttämisestä saadaan, kun rakennus suunnitellaan modulaarisesti aivan suunnitteluprosessin alusta alkaen. Kun moduulien suunnittelussa otetaan huomioon pohjaratkaisun muunneltavuus, jaettavuus ja laajennettavuus sekä asuintilojen monikäyttöisyys, saavutetaan joustavuutta käyttäjän eri elämäntilanteiden mukaan sekä asunnon vaihtaessa omistajaa.

Sarjavalmistetun tuotteen yhteydessä vaarana on, että lopputuotteet muistuttavat muunneltavuudesta huolimatta toisiaan. Siksi tuotannossa on syytä huomioida asiakaskohtaaminen eli sarjaräätälöinti.³ Räätälöimällä tuote asiakaskohtaisesti saadaan yksilöllisiä ratkaisuja niin arkkitehtonisesti kuin toiminnallisestikin.

Tässä opinnäytetyössäni tutkin modulaarisuudesta saatavia hyötyjä pientalon muuntojoustavuuden parantamiseksi. Tutkimuksen aluksi tutustun modulaarisuuteen, rakennusjärjestelmiin ja esivalmistamiseen. Seuraavassa osassa tutustun aiemmin tehtyihin modulaarisiin pientaloihin benchmarking-tyyppisen lähestymistavan kautta. Lopuksi esittelen oman suunnitelmani joustavasta moduulirakenteisesta pientalosta.

Tutkimuksen tavoitteena on löytää mitoitusperiaate pientalojärjestelmälle, jossa huomioidaan maantieliikenteen asettamat rajoitteet moduulien koolle, esteettömyys, rakennusteollisuudessa vakiintuneet mitoituskäytännöt sekä yleiset asumisviihtyvyyteen vaikuttavat seikat. Moduuleja sijoittamalla palapelin palojen tapaan saadaan aikaiseksi erilaisiin ja eri kokoihin tarpeisiin variaatioita pientalon tai vapaa-ajan asunnon rakentamiseksi.

Tämän opinnäytetyön puitteissa moduulijärjestelmän rakenteellinen toteutus ja perusratkaisu esitetään periaatteellisena: rakenteita ja liitosdetaljiikkaa ei mitoiteta lujuslaskennallisesti. Talotekniset järjestelmät esitetään varauksina.

3 Keskitalo 2006, 14.

2. Modulaarinen rakentaminen

2.1. Moduuli ja modulaarisuus käsitteinä

Rakentamisessa termiä *moduuli* käytetään kahdessa eri merkityksessä. Yhtäältä moduulilla tarkoitetaan kokonaisuuden itsenäistä osaa, joka voidaan yhdistää tai vaihtaa toisiin moduuleihin. Toisaalta moduuli tarkoittaa myös mittaa. *Modulaarisuuden* avulla pienellä moduulimäärällä saadaan eri tavoin yhdistelemällä suuri määrä lopputuotteita.⁴

Moduuli käsitteenä on abstrakti. Sillä tarkoitetaan enemmänkin kappaleen toiminnallisuutta kuin sen fyysisiä ominaisuuksia. Vaikka moduulit ja rakennuselementit ovat molemmat esivalmistettuja rakennuksen osia, voidaan niiden eroksi määritellä; moduuli on rakennusosa, jolla on sekä standardoituja että toiminnallisia ominaisuuksia.⁵ Esimerkiksi tilaelementtinä toteutettava kylpyhuone on moduuli, sillä sillä on toiminnallinen ominaisuus osana rakennusta. Sen sijaan tiilellä, vaikka olisikin moduulimitoitettu, ei ole toiminnallisuutta osana tiiliseinää, eikä ole näin ollen moduuli vaan rakennusosa.

2.2. Modulaarisuuden kehittyminen

Roomalaisilla moduuli, *modulus*, tarkoitti standardimittaa, jolla määriteltiin rakennusosien oikeat mittasuhteet. Marcus Vitruviuksen käsityksen mukaan mittasuhteiden avulla määriteltiin toisaalta rakennuksen ja sen osien suhteita, toisaalta arkkitehtuurin ja ihmisruumiin välisiä suhteita.⁶ Vitruviaanisen ihmisvartalokaavion tunnetuin esitys lie-
nee Leonardo da Vincin *Le proporzioni del corpo umano secondo Vitruvio*, kuva 1.

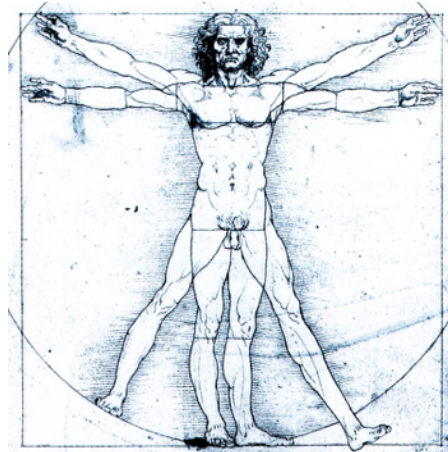
4 Eskola 2005, 105.

5 Miller ja Elgård 1998, 5-7.

6 Sarjakoski 2003, 59.

Nykyaikaisessa rakentamisessa standardiin perustuva mitoittaminen tuli ajankoh-
taiseksi kun elementtitekniikka otettiin käyttöön yhteiskunnan asunto-ongelmien
ratkaisemiseksi. Tarvittiin siis järjestelmä, jossa esivalmisteiset elementit voitiin kuljet-
taa rakennustyömaalle asennettavaksi paikalla tehtyjen perustusten päälle.

1960-luvun konstruktivismiin keskeisiä periaatteita oli modulaarisuus ja loogis-
matemaattinen ajattelu. Modulin käyttöä perusteltiin rationalismilla, logiikalla ja sys-
temaattisuudella. Vaikka mittajärjestelmän tarkoitus oli olla suunnittelun apuvälineenä,
meni logiikka usein käytännöllisyyden edelle.⁷ Modulointi aiheuttikin näkemyseroja
arkkitehtien keskuudessa. Alvar Aalto näki standardisoinnissa uhkan koko suunnittelu-
työlle. Aallon päämääränä olikin joustava standardointi, jossa vaihtelun tuoma rikkaus
säilytettäisiin käyttämällä standardointia vain rakennuksen osiin, ei rakennukseen
kokonaisuutena.⁸



1. Vitruviuksen mies, Leonardo da Vinci. Pinterest-kuvapalvelu.

Elementtirakentamisen kehityksen rinnalla tehtiin mitoitustutkimuksia kahden periaat-
teen mukaan. Esteettisen lähestymistavan pohjalta kehittyivät Le Corbusierin ja Aulis
Blomstedtin harmonisten suhteiden pohjalta kehitetyt järjestelmät. Ernst Neufert päätyi
puolestaan tekniseen mitoitujärjestelmään. Samaan päädyttiin suomalaisen raken-
nusalan standardisoinnissa kun desimetri otettiin kantamoduulimitaksi. Tämä oli kan-
sainvälisen 1M-mitoituksen kanssa yhteneväinen ja lähellä Yhdysvaltojen kantamoduu-
lia, joksi valikoitui neljä tuumaa.⁹

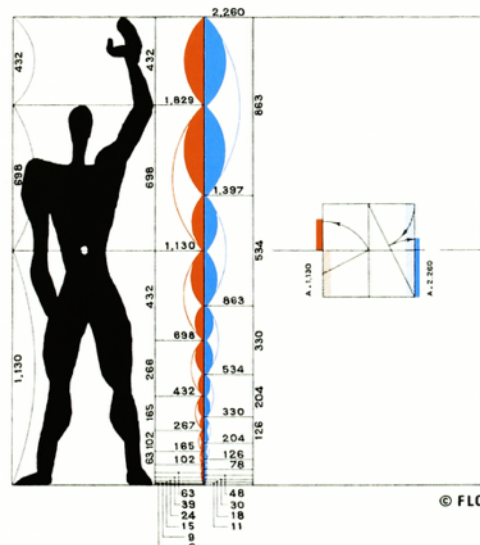
7 Kaila 2016, 19.

8 Standartskjöld 1992.

9 Eskola 2005, 96.

2.3. Esteettiset mitoitusjärjestelmät

Le Corbusier loi ihmisruumiin mittasuhteisiin perustuvan mittajärjestelmänsä ihmisen mitoituksen, Fibonaccin lukusarjan ja kultaisen leikkauksen pohjalta. Ihmisen mitaksi vuonna 1955 julkaistussa Modulo 2:ssa on otettu kuusi englantilaista jalkaa (182,88 cm). Kun tämä mitta jaetaan kultaisen leikkauksen suhteilla, saadaan loputon lukusarja, *Série Rouge* (punainen sarja), jonka perusmitat ovat 43, 70 ja 113 cm. Kun hahmo nostaa kätensä ylös, sormien päät ovat korkeudella 226 cm. Kultaisen leikkauksen suhteella saadaan tästä *Série Bleu* (sininen sarja), jonka perusmitat ovat 86, 140 ja 226 cm. Kertomalla punaisen sarjan luvut kahdella saadaan siis sinisen sarjan luvut.¹⁰

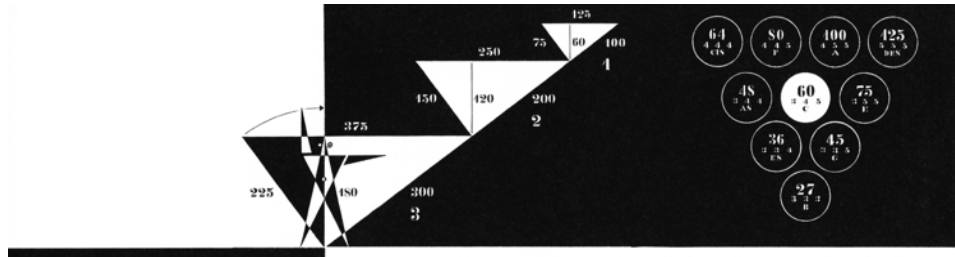


2. Modulor 2, Le Corbusier. Amazon-kuvapalvelu.

Aulis Blomstedt vieroksui Le Corbusierin kultaisen leikkauksen käyttöä arkkitehtuurissa, jonka lähtökohta on rakenteessa. Canon 60:ssä perusluvuiksi Blomstedt valitsi luvut 75, 100 ja 125, joista muodostuu suorakulmainen kolmio. Kun hypotenuusaa vasten piirretään kohtisuora viiva ja syntyneisiin pikkukolmioihin vastaavat viivat, ovat kaikki syntyneet mitat kokonaislukuja. Syntyneet luvut ovat: 27, 36, 45, 47, 60, 64, 75, 80, 100 ja 125. Luvut noudattavat myös länsimaisen soinnituksen harmoniaa, sillä molemmat perustuvat samalle Pythagoraksen harmonialle. Blomstedt oletti, että harmonian sekä silmälle että korvalle tuli olla samoista periaatteista lähtöisin.¹¹

10 Kaila 2016, 72.

11 Kaila 2016, 72.



3. Canon 60, Aulis Blobstedt. Kaila 2016, 73.

2.4. Tekniset mitoitusjärjestelmät

Standardoinnin oppi-isäksi kutsuttu Ernst Neufert loi oktametri-järjestelmän, joka perustui 12,5 senttimetrin moduuliin. Tekninen mitoitusjärjestelmä valikoitui myös suomalaisen rakennusalan standardisoinnin pohjaksi, joka sai muotonsa suomalaisen betonielementtijärjestelmän kehittämistutkimuksessa (BES-tutkimus). Sen tavoitteena oli kehittää betoniin perustuva runkojärjestelmä. BES-rakennusjärjestelmän pohjana oli tuotannon ehoilla kehitetty 3M-mittajärjestelmä.¹²

3. Pientalon toteutustekniikat

Tässä osassa tarkastellaan puurakenteisten pientalojen rakentamistekniikoita, niiden ominaispiirteitä ja heikkouksia. Toteutustekniikan valinnassa voidaan käyttää apuna Eero Laitisen Teollinen puurakentaminen -kirjan pohjalta tehtyä vertailua eri järjestelmien ominaisuuksista, taulukko 1.

1. Toteutustekniikoiden vertailu. Laitinen 1995, 57-81.

	PAIKALLA RAKENTAMINEN	PRE-CUT -JÄRJESTELMÄ	ELEMENTTIJÄRJESTELMÄT
TYÖMAAPAINOTTEISUUS	SUURTA	SUURTA	VÄHÄISTÄ
MATERIAALIHUKKA	SUURTA	PIENTÄ	PIENTÄ
NOSTURIN TARVE	VÄHÄISTÄ	VÄHÄISTÄ	YLEENSÄ PAKOLLISTA
RUNGON PYSTYTYKSEN NOPEUS	HIDASTA	MELKO NOPEAA	HYVIN NOPEAA
TARVIKKEIDEN VÄLIVARASTOINTI	TARVITSEE	TARVITSEE	MAHDOLLISESTI

Taulukkoa tulkittaessa eri ominaisuuksille kohdekohtaisesti annettava painoarvo tulisi ottaa huomioon ennen päätöksentekoa toteutustekniikasta.

¹² Eskola 2005, 102.

3.1. Paikalla rakentaminen

Paikalla rakentaminen on toteutustekniikoista perinteisin. Rakennettaessa paikalla oli hirsi yleisin rakennusmateriaali aina 1940-luvulle asti, jonka jälkeen rankorakenteinen seinä alkoi yleistyä Suomessa. Rankorakentamisen yleistymistä vauhditti sodanjälkeinen jälleerakentamiskausi, johon rankorakenteen taloudellisuus ja joustavuus soveltui erinomaisesti.¹³

Paikalla rakennettaessa rungon yleisimmäksi toteutustavaksi yleistyi "lankeavan mittaisesta" tai "pitkästä" puutavarasta pystytetty runko (*balloon frame*). Siinä ulko- ja väliseinien rankotolpat ulottuvat yhtenäisinä perustuksilta yläpohjarakenteisiin saakka. Välipohjan palkisto tukeutuu näiden rankotolppien varaan.¹⁴ Viime aikoina Suomesakin on yleistynyt avoin puurakennusjärjestelmä eli *platform*-järjestelmä. Järjestelmässä ulkoseinät ja osa väliseinistä toimii kantavina seininä. Rakennus rakennetaan kerroksittain niin, että rakenteilla olevan kerroksen seinät kootaan kerroksen ala- tai välipohjan päällä vaaka-asennossa ja nostetaan pystyyn paikoilleen kiinnitettäväksi. Järjestelmä soveltuu ensisijaisesti määrämittaan sahattuja valmisosia hyödyntävään paikalla rakentamiseen eli pre-cut -järjestelmään.¹⁵

Pre-cut -järjestelmän voidaan katsoa olevan eräänlainen välivaihe paikalla rakentamisen ja elementtirakentamisen välillä. Järjestelmässä *valmismittaisia* tarvikkeita ovat runkotolpat, ala- ja välipohjapalkit, levymateriaali ja ulkoverhouslaudat. Litteroitu ja pakattu määrämittainen puutavara nopeuttaa rakentamista huomattavasti sekä vähentää menekkiä 10-20 % perinteiseen paikalla rakentamiseen verrattuna. Työmaalla oikeaan mittaan työstettävää eli *tasaustavaraa* ovat tyypillisesti väliseinien rankotolpat ja aukkojen sisäpuoliset listat.¹⁶

13 Siikanen 2007, 142.

14 Siikanen 2007, 142.

15 RT82-10804, 2.

16 Siikanen 2007, 221.

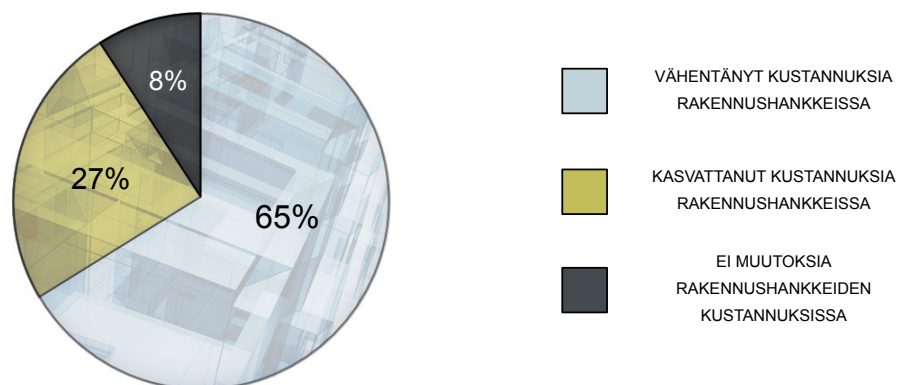
Paikalla rakentamisen huonoina puolina voidaan pitää pitkää rakentamisaikaa ja muita rakentamistapoja suurempaa materiaalihukkaa. Pitkän rakentamisajan seurauksena työn osuus kustannuksissa korostuu, lisäksi rakennusmateriaalit ja keskeneräinen rakennus joutuvat olemaan alttiina säiden vaihteluille. Paikalla rakentaminen on varteenotettava vaihtoehto silloin, kun rakennusprosessissa pyritään mahdollisimman suureen oman työn osuuteen.¹⁷

3.2. Elementtirakentaminen

Elementtitekniikan yleistyminen on osa rakennusprosessin teollistumista. Elementoinnilla pyritään rationalisoimaan ja tehostamaan rakentamista. Siirtämällä suurimman osan rakennustyöstä rakennuspaikalta tehtaaseen saadaan valoisat ja lämpimät työskentelyolosuhteet, voidaan optimoida rakennustarvikkeiden käyttöä, valvoa työsuoritusta, hyödyntää koneita sekä tehostaa tuotannon suunnittelua. Lisäksi melun, saasteen ja rakennusjätteen määrä rakennuspaikalla vähenee.¹⁸

Tehdasrakentamisen tasaiset olosuhteet voivat lisätä rakentamisen laatua, tehokkuutta ja tehtävien automatisointia sekä helpottaa tarkastusprosesseja. Mitä pidemmälle valmistusprosessi on suunniteltu ja tuotteistettu, sitä tarkemmin myös kustannukset pystytään ennalta arvioimaan.¹⁹

MODULAARISUUDEN JA ESIVALMISTEISUUDEN VAIKUTUS RAKENNUSHANKKEEN KOKONAISKUSTANNUKSIIN



4. Modulaarisuuden ja esivalmisteisuuden vaikutus kustannuksiin. McGraw-Hill Construction 2011, 19.

17 Siikanen 2007, 217.

18 Huang ym. 2006, 203.

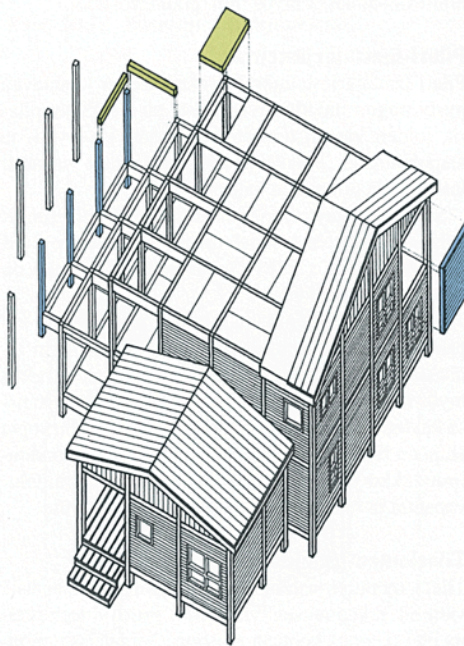
19 Huang ym. 2006, 204.

Modulaarisuutta ja esivalmisteisuutta käyttävistä rakennusalan yrityksistä 65% ilmoittaa modulaarisuuden ja esivalmisteisuuden vaikuttavan vähentävästi rakennushankkeiden kokonaiskustannuksiin. 95% vähentyneistä kustannuksista on suuruudeltaan 1-20% rakennushankkeiden kokonaiskustannuksista.²⁰

3.2.1. Pilari-palkki-järjestelmä

Pientalon pilari-palkki-järjestelmässä pilarit ja palkit ovat yleensä puisia. Tämän kantavan kehyksen varaan asennetaan ylä- ja välipohjaelementit sekä ulkoseinäelementit. Kehikko sijoittuu moduuliverkoston, jonka mitoituksena on yleisimmin käytetty 12M, 18M ja 24M leveyksiä. Kattorakenteet ja väliseinät on usein tehty paikalla.²¹

Järjestelmä on muuntojoustava moduulimittojen puitteissa sekä helposti laajennettavissa myöhemmin. Moduuliin sitoutunut mitoitus toisaalta vaikeuttaa tilojen pinta-alojen optimointia kantavan rakenteen asettamien rajoitteiden vuoksi.²²



5. Pilari-palkki-järjestelmä. Siikanen 2007, 223.

20 McGraw - Hill 2011, 19.

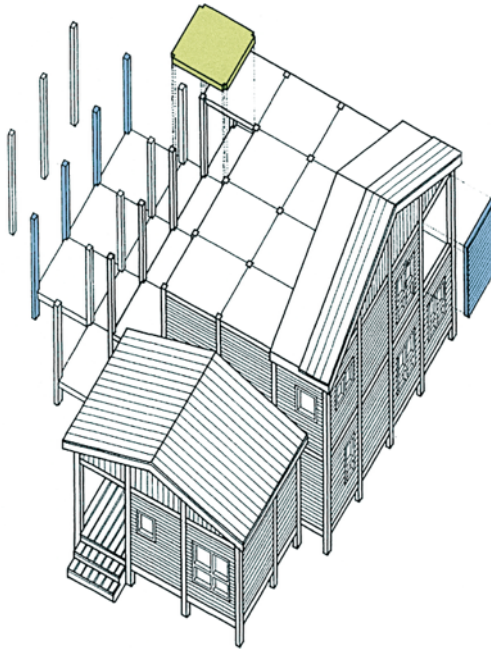
21 Siikanen 2007, 224.

22 Siikanen 2007, 224.

3.2.2. Pilari-laatta-järjestelmä

Pilari-laatta-järjestelmässä kantavana pystyrunkona käytetään puisia tai teräksisiä pilareita. Niiden varaan asennetaan nurkistaan ala-, väli- ja yläpohjalaatat. Seinäelementit asennetaan kuten pilari-palkki-järjestelmässä eli pilarijaon mukaisesti. Suomessa laattaelementtien kokoina on käytetty 24M x 48M sekä 24M x 72M. Seinäelementtien kokona on käytetty 24M x kerroskorkeus.²³

Järjestelmän suurin etu on pystytyksen nopeus. Moduuliruudun suuri koko on suunnittelua ja pinta-alojen optimointia rajoittava tekijä.²⁴



6. Pilari-laatta -järjestelmä. Siikanen 2007, 224.

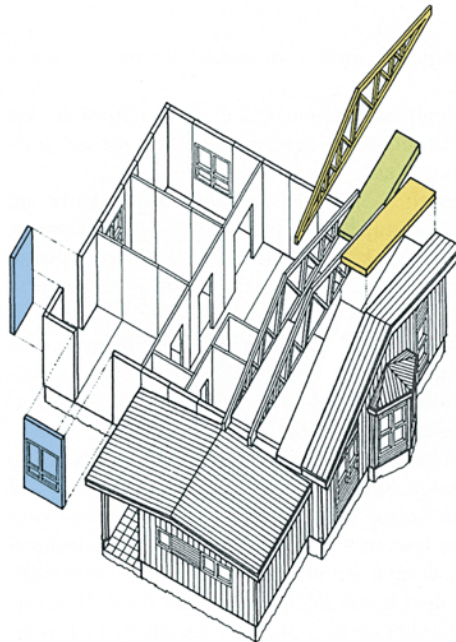
23 Siikanen 2007, 224.

24 Siikanen 2007, 224.

3.2.3. Pienementtijärjestelmä

Pienementtijärjestelmässä elementeistä yleensä rakennetaan rakennuksen ulkoseinät, kantavat väliseinät ja kattoristikot. Ulkoseinäelementeissä on tehtaalla asennetut ikkunat. Muutoin rakentaminen muistuttaa paikalla rakentamista, sillä elementtitoimitus sisältää sekä määrämittaista että pituudeltaan lajittelematonta puutavaraa. Elementtien leveys on pääsääntöisesti 3M-moduulissa, enimmillään yleensä 12M. Vastaavasti elementtien korkeus on yleensä rajoitettu kerroskorkeuden mukaan, jotta elementtien paino ei nouse liian suureksi miesvoimin asennettavaksi.²⁵

Pienementtijärjestelmä ei aseta suunnittelulle juurikaan rajoituksia, haittapuolena voidaan pitää elementtien välisten saumojen suurta määrää.²⁶



7. Pienementtijärjestelmä. Siikanen 2007, 222.

25 Siikanen 2007, 222.

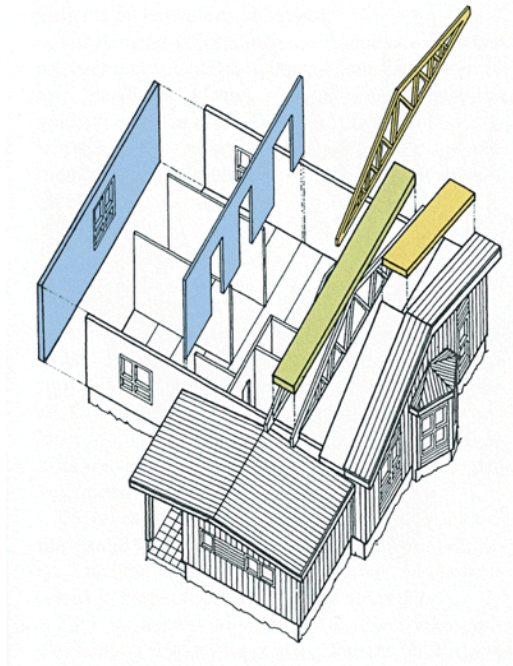
26 Siikanen 2007, 222.

3.2.4. Suurelementtijärjestelmä

Suurelementtijärjestelmässä ulko- ja väliseinien lisäksi myös ala-, väli- ja yläpohjat voidaan tehdä suurista levyelementeistä. Ulkoseinät toimitetaan yleensä koko seinän pituisina kokonaisuuksina ja niiden siirtelyyn tarvitaan nosturia. Ala-, väli- ja yläpohjajaelementit ovat yleensä runkosyvyyden mittaisia ja enimmillään yleensä 2400 mm leveitä.²⁷

Järjestelmässä tehdastoimituksen valmiusaste on suurempi kuin pienelementtijärjestelmässä. Elementtien ulkoverhoukset, ikkunat ja pellitykset on yleensä asennettu jo tehtaalla. Myös sähköasennukset ovat valmiina elementeissä, joten suunnittelutyön täytyy olla pitkällä ennen elementtien valmistuksen aloittamista. Suurelementtejä käytetäänkin yleensä rivitalojen tai useiden samanlaisten kohteiden toteuttamisessa, viime aikoina lisääntyvässä määrin myös yksittäisten pientalojen rakentamisessa.²⁸

Elementtejä harvoin voidaan asentaa suoraan toimituksen tultua työmaalle, joten varastointia varten on oltava riittävästi tilaa.



8. Suurelementtijärjestelmä. Siikanen 2007, 223.

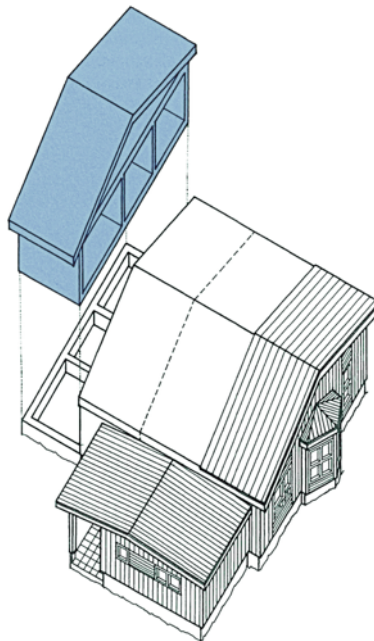
27 Siikanen 2007, 223.

28 Siikanen 2007, 223.

3.2.5. Tilaelementtijärjestelmä

Tilaelementillä tarkoitetaan itsenäistä valmiin rakennuksen osaa, johon sisältyy seinät, katto ja lattia. Elementtejä yhteen liittämällä muodostetaan rakennuskokonaisuus, joka sisältää yleensä pintarakenteet, kiintokalusteet sekä sähkö- ja LVI-asennukset. Tilaelementtejä voidaan käyttää myös rakennuksessa toistuvien tilojen, esimerkiksi kylpyhuoneiden, toteuttamiseksi. Tällöin elementistä käytetään myös nimitystä *tilakomponentti* ja kyseessä on yleensä kerros- tai rivitalokohde.²⁹

Perusajatuksena järjestelmässä on rakennustyön siirtäminen elementtitehtaaseen ja nopeaan perustusten teon jälkeiseen pystytysvaiheeseen. Liittymädetaljit ja rakenneliitokset pyritään vakioimaan tehokkaan valmistusprosessin aikaan saamiseksi. Vakiointi pohjautuu yleensä kunkin valmistajan omiin kehitystyöprosesseihin. Valmistuksen nopeuttamiseksi ja raaka-aineiden käytön tehostamiseksi tulisi valmistussarjojen olla mahdollisimman suuria.³⁰ Käytännössä tilaelementtien valmistusmäärät ovat Suomessa melko pieniä ja tehtaat ovat muovautuneet enemmän yksittäistuotantoon kuin sarjatuotantoon soveltuviksi.



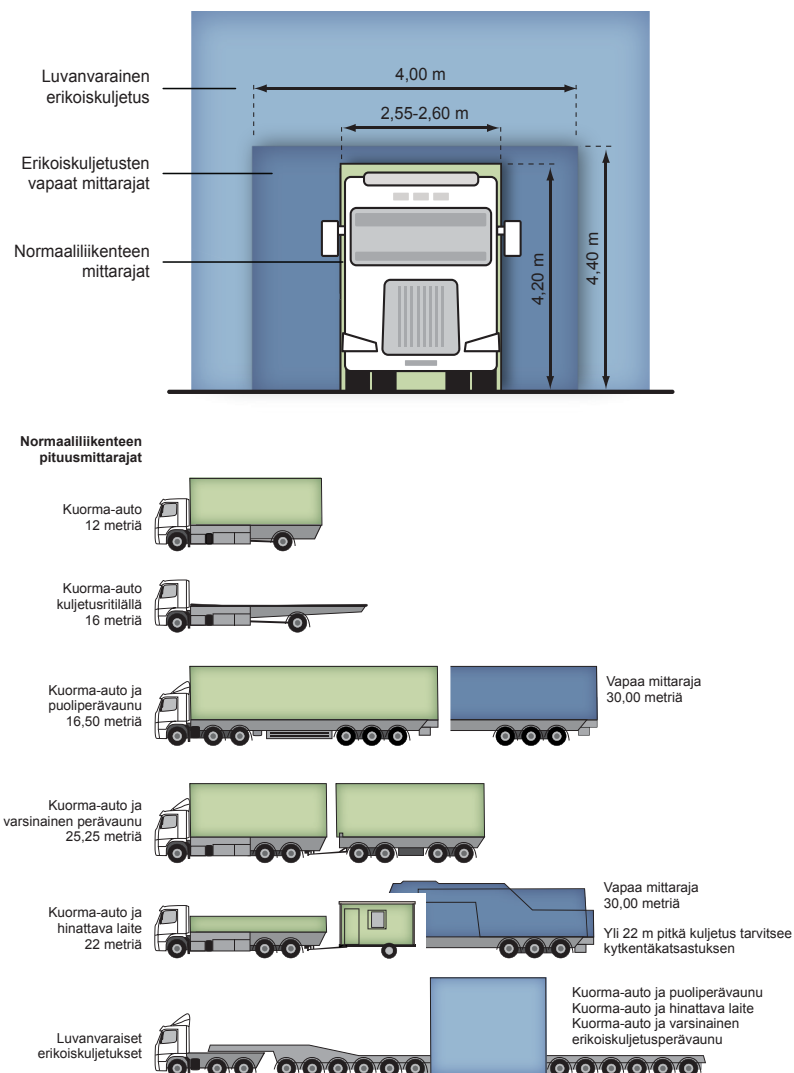
9. Tilaelementtijärjestelmä [29, s. 225].

29 Siikanen 2007, 224.

30 Laitinen 1995, 14.

Tilaelementtien enimmäiskokoon vaikuttaa enimmäkseen maantiekuljetuksen aiheuttamat rajoitteet. Normaalikuljetuksen enimmäisleveys saa olla enintään 2600 mm ja korkeus 4200 mm. Näiden mittojen ylittyessä kuljetus on erikoiskuljetus, jonka vapaat mittarajat ovat leveydeltään 4000 mm ja korkeudeltaan 4400 mm. Tätä suuremmissa kuljetuksissa tarvitaan luvanvaraista erikoiskuljetusta saattovalvojiin.³¹

Järjestelmän merkittävimpänä haittapuolena onkin kuljetuksen aiheuttama hankaluus ja kalleus. Lisäksi painavien elementtien paikoilleen nostamiseen tarvitaan melko järeää nostokalustoa, jonka rakennuspaikalle saamisessa voi tulla ongelmia. Toisaalta elementit nostetaan yleensä suoraan kuljetuslavetilta perustusten päälle, joten varastointia tontilla ei useinkaan tarvitse huomioida.



10. Suomen maantieliikenteen mittarajat. Ely-keskus 2010, 5.

31 Ely-keskus 2010, 5.

4. Pientalon tilat

Pientalon tilat jakautuvat kolmentyyppisiin tiloihin; varsinaisiin asuintiloihin, aputiloihin ja pihatiloihin. Pientalot sisältävät usein myös katoksia ja välittäviä tiloja, kuten sisään-tulokuisteja ja verantoja.³²

Varsinaisia asuintiloja ovat:

- eteistilat
- oleskelutilat
- ruokailu- ja keittiötilat
- WC-, pesu- ja saunatilat
- kodinhoito- ja säilytystilat
- vanhempien ja lasten huoneet.³³

Aputiloja ovat varsinaisesta asunnosta erilliset kylmät, puolilämpimät ja lämmitetyt säilytys- ja varastotilat, askartelutilat sekä tekniset tilat.³⁴

4.1. Eteinen

Sisäänkäynnin miellyttävyyttä usein parantaa sen sijoittaminen pihan puolelle sekä siihen liittyvä erillinen sisään-tulokuisti. Lasikuisti aurinkoisella puolella toimii pihatilan ja asuintilojen välitulana, lisäksi kuisti toimii asuintilojen jatkeena kevätaringon alkaessa paistaa. Varsinaista eteistilaa pidetään kuitenkin nykyään usein hukkatilana ja pyritään siksi suunnittelussa minimoimaan. Vierailijalle se antaa silti ensimmäisen vaikutelman talosta. Eteiseen sijoittuu myös usein ulkovaatteiden säilytystä sekä pukeutumista, jotka tarvitsevat oman tilansa.³⁵

32 Lehtovuori 1986, 37.

33 Lehtovuori 1986, 37.

34 Lehtovuori 1986, 39.

35 Lehtovuori 1986, 39.

Eteistila toimii sisätilojen ja ulkotilojen yhdistäjänä, mutta myös sisätilojen kokoajana. Sen sijoittelussa tulisi huomioida asunnon sisätiloihin avautuva näkymä ja näin muodostuva yleisvaikutelma asunnosta. Toimivuuden kannalta eteisen mitoituksessa on hyvä huomioida riittävä vapaan tilan määrä ja säilytystilan määrä suhteutettuna asunnon kokoon ja käyttäjämäärään.³⁶

Pääsisäänkäynnin lisäksi on usein tarvetta erilliselle huoltokäynnille. Nämä "märkäkäynnit" varustetaan usein kuraeteisellä ja liittyvät asunnon kodinhoitotilaan. Tällainen märkäkäynti on lapsi- ja koiratalouksissa lähes välttämätön.³⁷

4.2. Oleskelu

Asukkaiden yhteiseksi oleskelutilaksi tarkoitettua huonetta kutsutaan olohuoneeksi. Asunnossa tulisi olla aina vähintään yksi olohuone vapaa-ajanviettoa, kuten oleskelua, seurustelua ja harrastustoimintaa, varten. Tilan monikäyttöisyys ja muunneltavuus on hyvä ottaa suunnittelussa huomioon jotta tila mahdollistaa eri toimintoja. Suurissa asunnoissa oleskelutilat voidaan jakaa useampaan osaan, jolloin eri toimintoja voidaan tehdä samanaikaisesti. Olohuoneen lisäksi toisena oleskelutilana voi toimia esimerkiksi lasten huoneiden yhteydessä leikkitala, halli, tupakeittiö tai takkahuone.³⁸

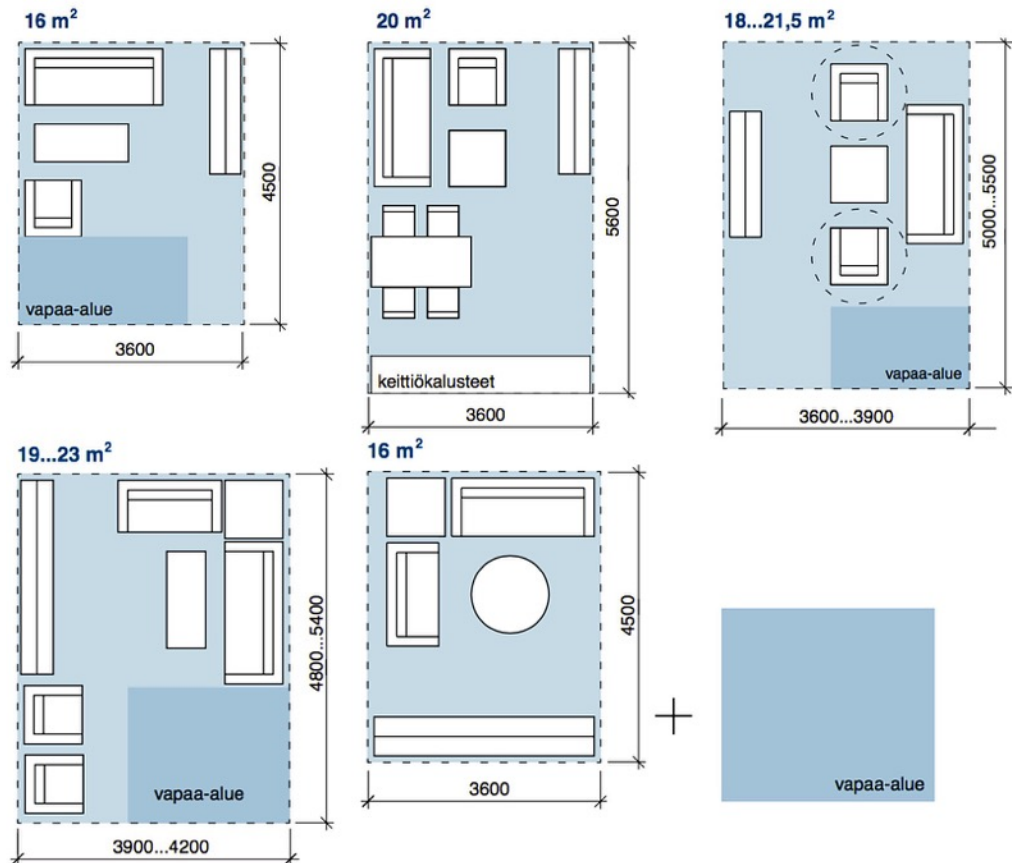
Oleskelutilojen kalustamisen kannalta tilojen suunnittelussa kannattaa pyrkiä siihen, että tilaan muodostuu ehjiä L- tai U-muotoisia seinälinjoja. Mitoituksen tulisi huomioida erilaisten kalustustamis- ja käyttövaihtoehtojen mahdollisuus. Tilan tulisi olla helposti muutettavissa liikkumisesteisten asumistarpeisiin.³⁹

36 RT93-10937, 1-3.

37 Lehtovuori 1986, 39.

38 RT93-10926, 1.

39 RT93-10926, 2.



11. RT-kortiston esimerkkejä oleskelutilasta ja tupakeittiöstä. RT93-10926, 3.

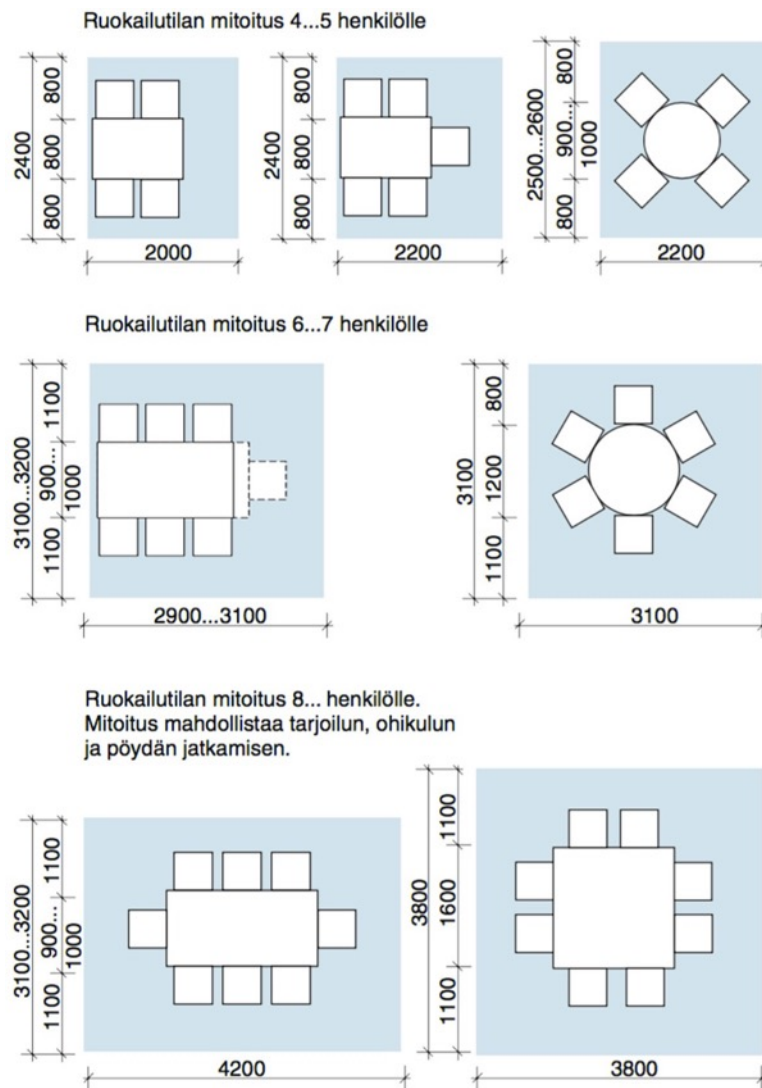
4.3. Ruokailu

Ensisijaisesti ruoanvalmistukseen ja ruokailuun tarkoitettu asuinhuone on keittiö, keittokomero tai tupakeittiö. Keittiötila on pientalon yksi eniten käytetyistä tiloista ja varsinkin tupakeittiön toimintoihin kuuluu olennaisesti myös oleskelu. Yhdistämällä toimintoja, esimerkiksi television katselemisen, ruokailun ja ruoan valmistamisen, saadaan asuntoon väljyyttä. Eri toiminnoilla on kuitenkin taipumus häiritä toisiaan.⁴⁰

Keittiön mitoituksessa on huomioitava sen soveltuvuus eri käyttäjäryhmille ja sen tulisi mukautua käyttäjän eri elämän tilanteisiin. Tilan tulisi soveltua myös liikkumisesteisille.⁴¹ Keittiötiloista olisi hyvä olla yhteys pihalle tai kuistille. Tällä tavoin ruokailutilaa voi laajentaa talon ulkopuolelle sään niin salliessa.

⁴⁰ Lehtovuori 1986, 41.

⁴¹ RT93-10929, 1.



12. RT-kortiston esimerkkimitoituksia ruokailuryhmille. RT93-10929, 7.

4.4. Pesutilat

Asuinhuoneistossa tulee olla wc-tila sekä riittävä varustus henkilökohtaisen hygienian hoitoa varten. *Kylpyhuone* on peseytymistila, jossa on kylpyamme tai suihkutila. Se voi sisältää myös wc-tilan. *Pesuhuone* on saunan yhteydessä oleva peseytymistila. *Suihkuhuone* on kylpyhuone, jossa on suihku, mutta ei kylpyammetta. *Suihkutila* voi olla yksi huoneen osa, jossa on suihku.⁴²

42 RT93-10932, 1.

Vähintään yhden pesu- ja wc-tilan tulee sijaita niin, että liikkumisesteisellä on sinne kulku ilman hissiä ja se voidaan varustaa pyörätuolikäyttöön soveltuvaksi.⁴³ Useampi-kerroksisissa pientaloissa wc-tiloja tulisi olla maantasokerroksen lisäksi niillä kerrostoilla, joilla on makuuhuoneita.⁴⁴

Wc-tila varustetaan pyykinhuoltoon tarvittavilla varusteilla ellei asunnossa ole erillistä vaatehuoltotilaa.⁴⁵

Asuntos sauna on pääasiassa pientaloihin liittyvä sauna, jossa on saunan lisäksi myös pesu- ja pukutila. *Huoneistos sauna* on kerrostalojen ja rivitalojen saunatyyppejä, jossa saunaan liittyy vain peseytymistila. Kylpyamme korvataan nykyisin usein *kaluste-saunalla*.⁴⁶

Pientalossa sauna pyritään sijoittamaan rakennuksen julkisivulle, jolloin saunan tuule- tusta varten tehdään ikkuna löylyhuoneeseen ja/tai pesuhuoneeseen. Sauna voidaan sijoittaa myös erilliseen talousrakennukseen, jossa voi saunan lisäksi olla myös työ- ja harrastetiloja sekä autotalli. Saunomiseen oleellisesti liittyvää vilvoittelua varten tulisi saunatiloista olla yhteys terassille tai parvekkeelle. Vilpolana voi toimia myös katettu alue uloskäynnin yhteydessä. Olennaista on, että vilpolaan saadaan ilta-auringon valo ja siinä on näkö- ja tuulisuoja.⁴⁷

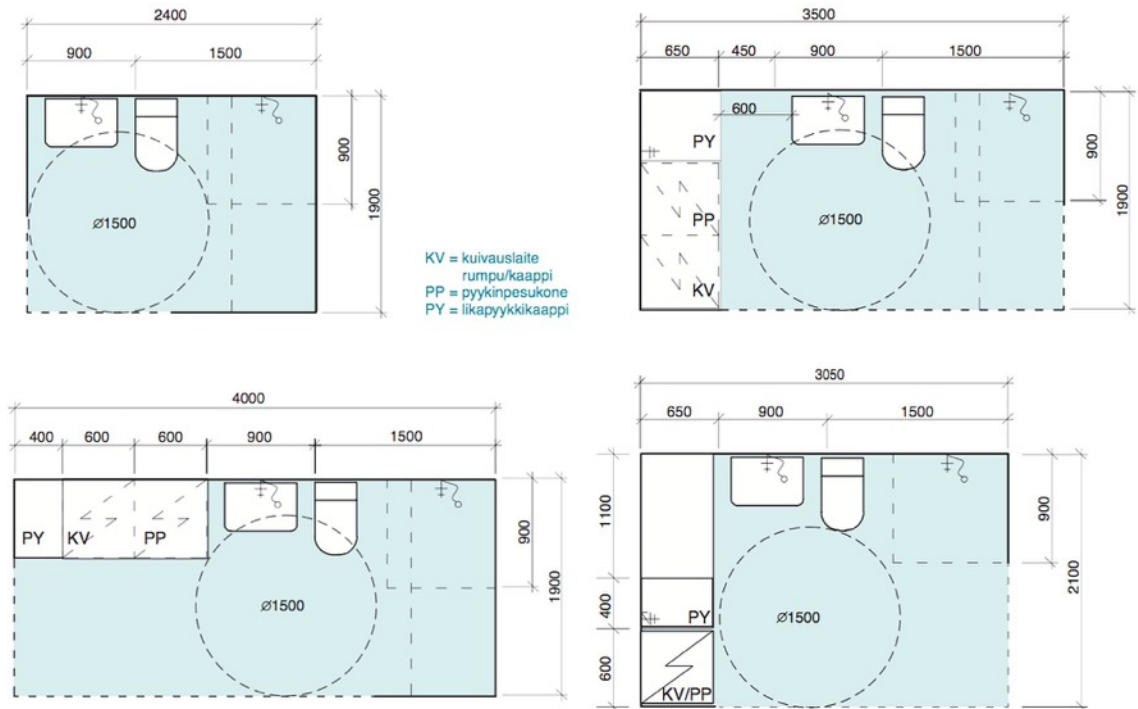
43 RT93-10932, 1.

44 Lehtovuori 1986, 46.

45 RT93-10932, 3.

46 RT93-10932, 3.

47 RT91-11257, 3-5.



13. RT-kortiston esimerkkejä esteettömistä kylpyhuoneista, joissa on yhdistetty eri toimintoja. RT93-10932, 2.

4.5. Kodinhoito ja säilytys

Kodinhoitohuoneen ensisijainen toiminto on vaatehuolto. Siihen kuuluu mm. likapyykin säilytys, vaatteiden pesu ja kuivaus, jälkikäsittely ja silitys. Vaatehuolto voi myös jakautua niin, että pesu ja kuivaus tapahtuvat asunnon märkätiloissa ja puhtaan pyykin käsitteleminen asuinhuoneissa. Pientalossa vaatehuoltotila usein sijoitetaan toisen sisäänkäynnin ja siihen liittyvän kuraeteisen yhteyteen. Kodinhoitohuone voi sisältää vaatehuoltoon liittyvien toimintojen lisäksi myös siivousvälineiden säilytystä.⁴⁸

Pientalossa säilytystilat liittyvät enimmäkseen vaatteiden, siivousvälineiden, vapaa-ajanvälineiden, lastentarvikkeiden sekä pyöräilyyn ja autoiluun liittyviin tarpeisiin. Vaatesäilytykselle tulee varata riittävästi kaappitilaa käyttäjämäärään suhteutettuna. Suurille tekstiileille, kuten matoille ja patjoille, sekä vaatteiden kausisäilytykselle on hyvä suunnitella lisäksi vaatehuone, siivoustarvikkeille siivouskomero sekä ulkoilu- ja liikkumisvälineille varasto esimerkiksi ulkorakennukseen.⁴⁹

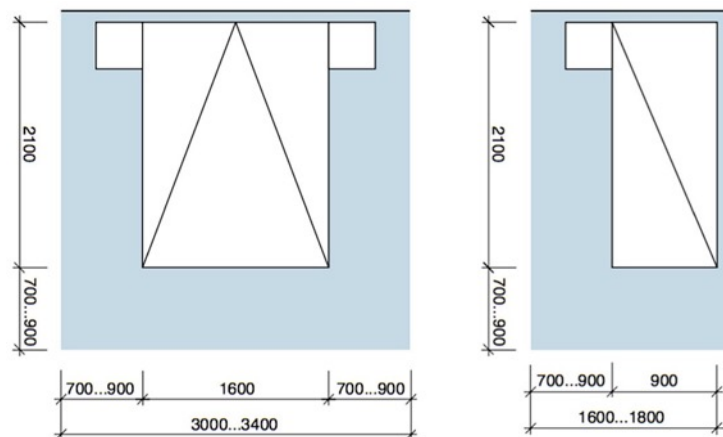
48 RT93-10950, 1-3.

49 RT93-10945, 1-2.

4.6. Makuutilat

Jokaisella perheenjäsenellä tulisi olla oma tila. Makuuhuonetta käytetään nukkumisen lisäksi myös yksityisyyttä vaativaan työskentelyyn, oleskeluun ja harrastuksiin. Tästä poikkeuksena on vanhempien makuuhuone, joka on yleensä perheen äidin ja isän yhteinen tila. Lisäksi tarpeen on usein makuuhuoneeseen verrattavissa oleva vierashuone, joka voi toimia myös työhuoneena. Lasten huoneissa tilaa tulisi varata myös kavereiden kanssa seurusteluun.⁵⁰

Makuuhuoneet sijoitetaan usein eteis- ja kulkutilojen yhteyteen. Niiden läheisyydessä tulee sijaita hygienia-tiloja ja niistä voi olla yhteys ulkotiloihin, esimerkiksi terassille tai parvekkeelle. Monipuolisten toimintojensa vuoksi makuuhuoneet asettavat haasteita niin sijoittamisen kuin ääneneristyksen suhteen.⁵¹



14. RT-kortiston esimerkkejä sänkyjen tilantarpeista. RT93-10925, 2.

4.7. Aputilat

Pientalon aputiloja ovat säilytys- ja varastotilat, tekniset tilat, askartelu- ja kiinteistönhuoltotilat sekä auton säilytystilat. Myös erilaiset sisä- ja ulkotiloja yhdistävät välitilat ja katokset voidaan laskea aputiloiksi. Aputilat voivat olla lämpimiä tai kylmiä. Aputiloja voi sijoittaa erilliseen piharakennukseen tai asuintilojen yhteyteen maan tasoon, kellarin ja ullakolle.⁵²

50 Lehtovuori 1986, 44.

51 RT93-10925, 1.

52 Lehtovuori 1986, 49.

5. Tutustuminen toteutuksiin

Tässä osiossa tutustutaan pääosin sarjavalmisteteisiin järjestelmiin, jotka perustuvat modulaarisuuteen ja esivalmistukseen sekä ovat muuntojoustavia. Esimerkkitoiteutukset on jaoteltu neljän alaotsikon alle järjestelmien perusominaisuuksien mukaisesti. Kustakin järjestelmästä kerrotaan sen ominaisimmat piirteet tiivistetysti, kuvamateriaalilla pyritään selventämään erityisesti järjestelmän modulaarisuutta ja yhdistelymahdollisuuksia. Esimerkkien valinnassa on huomioitu suunnittelullinen lisäarvo tutkimukselle ja toisaalta samankaltaisten järjestelmien valintaa on vältetty.

5.1. Modulaarinen suunnittelu

5.1.1. Moduuli muuttovalmis, Kannustalo Oy

Suunnittelu: Kannustalo Oy

Kannustalon Moduuli muuttovalmis -konsepti perustuu valmistalomallistoon, jossa on huomioitu talon jakaminen tilaelementeiksi tehtaassa tapahtuvaa valmistusta varten. Malleihin on mahdollista tehdä myös muutoksia asiakkaan toivomusten mukaan tai suunnitella täysin mittatilaustyönä alusta asti. Asiakas voi vaikuttaa myös julkisivuratkaisuihin.⁵³



15. Lato-mallin pohjakuvassa tilaelementit korostettuina eri väreillä. Kannustalo Oy:n verkkosivut.

⁵³ Kannustalo Oy:n verkkosivut.

Sisätilat viimeistellään täysin valmiiksi jo tehtaalla. Moduulien paikoilleen noston jälkeen liitoskohdat listoitetaan. Kaikki sähkö- ja lvi-asennukset ovat valmiina elementeissä ja ne kytketään kunnallisiin verkkoihin. Myös katto kootaan valmiista elementeistä.⁵⁴



16. Tilaelementin nostoa paikoilleen. Kannustalo Oy:n verkkosivut.

5.1.2. Plushuvilat, Honkatalot Oy

Suunnittelu: Plusarkkitehdit Oy

Plushuvilat on Plusarkkitehdit Oy:n ja Honkatalon yhteistyönä syntynyt mallisto, joka sisältää useita erilaisia malleja sekä niiden muunnelmia. Mallisto sisältää taloja 15 m² saunoista yli 100 m² huviloihin. Plushuvilat on voittanut Good Design Awards -palkinnon sekä toisen sijan Fennia Prize -muotoilukilpailussa.⁵⁵



17. Plushuvila 60 -mallin esityskuva. Honkatalot Oy:n verkkosivut.

54 Kannustalo Oy:n verkkosivut.

55 Honkatalot Oy:n verkkosivut.

Mallisto tarjoaa lähtökohdan talon suunnittelulle ja lopullinen malli muotoutuu asiakkaan toiveiden mukaan malliston suunnitelleen arkkitehtitoimiston kanssa yhteistyönä. Vakiomallia voidaan suunnitteluvaiheessa laajentaa modulaarisilla lisäosilla, jotka sovitetaan arkkitehtoniseen kokonaisuuteen tapauskohtaisesti.

Rakennuksen laajentaminen myöhemmässä vaiheessa vastaa tavanomaista pientalon laajentamista. Järjestelmä on suunniteltu pre-cut -järjestelmällä toteutettavaksi, mutta julkisivuissa voidaan käyttää myös esimerkiksi hirttä. Talojen rakenneratkaisuissa huomioidaan ekologisuus. Kattomuotoina on valittavissa sekä lape- että harjakatto.⁵⁶



18. Plushuvila 60 -mallin kaksi eri toteutusvaihtoehtoa. Honkatalot Oy:n verkkosivut.

5.2. Modulaaristen osien järjestelmä

5.2.1. Bungalow - Kuten Haluatte

Suunnittelu: Juhani Vainio ja Matti Pohjankyrö

Bungalow - Kuten Haluatte -järjestelmä kehitettiin 1960-luvun puolivälissä Bungalow-talotehtaalle. Siihen kuului perustuksien yläpuoliset osat puuvalmiina toimituksena puolielementtijärjestelmänä: pilarit ja palkit toimitettiin asennusvalmiiksi työstettyinä, lattian ja katon materiaali oli osittain määrämällistettua puutavaraa. Ulkoseinäelementit oli varustettu suunniteltujen ikkunoiden ja ovien karmeilla sekä julkisivumateriaalilla. Eristeet ja sisäpinnat asennettiin työmaalla.⁵⁷

⁵⁶ Honkatalot Oy:n verkkosivut.

⁵⁷ Kaila 2016, 24.

Järjestelmä mahdollistaa joustavan, vaihteittaisesti tehtävän ja yksilöllisen rakentamisen sekä kaksikerroksisuuden. Vaikka mitoitus on sidoksissa 3750 millimetrin moduulijakoon, myös puolikkaan moduulin mitta on mahdollinen, sillä ulkoseinäelementin leveys on puolet moduulista. Väliseinien sijoitus ei ole kytköksissä moduulijakoon.⁵⁸

Alunperin räystäätön kattorakenne sai 1960-luvun loppupuolella 15 cm leveän räystään. Bungalow on edelleen tuotannossa Bungalow Oy Lehtinen -nimisellä yrityksellä. Kattomuotoina käytetään nykyään harja- ja aumakattoja.⁵⁹



19. Uutta Bungalow-tuotantoa. Bungalow-yrityksen Facebook-verkkosivut.

5.2.2. Domino

Suunnittelu: Raimo Kallio-Mannila ja Teuvo Koivu

Domino perustui pilari-laatta -rakennesjärjestelmään. Siinä kantavana rakenteena toimivat teräksiset pilarit ja vaakaelementtien sisään integroidut teräksiset primääripalkit. Liitokset oli suunniteltu niin jäykiksi, että rungon vinottaista jäykistystä ei tarvittu lainkaan. Runkorakenne täydennettiin ulko- ja väliseinäelementeillä sekä sauna-, kylpyhuone- ja wc-komponenteilla. Ulkoseinäelementtien aukotus ja pintamateriaalit olivat vapaasti valittavissa.⁶⁰

58 Kaila 2016, 24-26.

59 Kaila 2016, 29-31.

60 Kaila 2016, 32-38.

Järjestelmän moduuli perustui suhteeseen 1:2, josta myös juontuu järjestelmän nimi; paloja saattoi järjestellä tasossa dominopelin tapaan. Moduulimitoitus, 240 x 480 cm, perustui kuljetuksen rajoitteisiin ja toisaalta rakennustarvikestandardin 60 cm kerrannaisiin. Korkeusmitoituksessa noudatettiin ikkunaruuudun korkeutta 52 cm, yleisimmin 5 x 52 cm. Tällöin vapaa korkeus oli 260 cm. Myös 4- ja 6-jakoiset julkisivut olivat mahdollisia.⁶¹



20. Domino-talo Lahden Kiveriössä. Kaila 2016, 38.

5.2.3. Moduli 225

Suunnittelu: Kristian Gullichsen, Juhani Pallasmaa ja Eero Paloheimo

Moduli 225 -järjestelmän kehitystyö lähti liikkeelle vuonna 1968 A. Ahlström Oy:n toimeksiannosta. Järjestelmän esikuvina toimi vallalla ollut japanilaisuuden ihailu sekä Mies van der Rohen arkkitehtuuri. Japanilaisuutta järjestelmässä on havaittavissa niin esteettisesti kuin filosofisestikin, mutta tatamisuhteen 1:2 sijaan käytettiin kuitenkin suhdetta 1:3, josta saatiin mitoituksen perustaksi $3 \times 75 \text{ cm} = 225 \text{ cm}$. A. Ahlström Oy:n valmistama vanerilevy oli leveydeltään 150 cm, joten mitoitus soveltui siihen täydellisesti. 75 cm oli myös minimi oven leveys ja moduuliruutu $225 \times 225 \text{ cm}$ sopi monen toiminnan perusyksiköksi.⁶²

61 Kaila 2016, 34.

62 Kaila 2016, 61-84.

Järjestelmän perusajatuksena oli pilari-palkki-rungon helppo muunneltavuus ja vaihteittainen rakentaminen asukkaan tarpeiden muuttuessa. Elementtien liitostekniikka mahdollisti osien vapaan keskinäisen siirtelyn sekä laajentamisen tai pienentämisen kaikkiin neljään suuntaan. Järjestelmä oli myös joustava rakennuksen koon suhteen. Pienimmillään Moduli saattoi toimia leikkimökinä, suurimmillaan motellina tai kasino-rakennuksena.⁶³

Tyylillisesti Moduli 225 oli tyylipuhdasta puurakenteista moduulikonstruktivismia. Rakenteet olivat näkyvillä niin sisällä kuin ulkonakin. Räystäättömyys ja tasakattoisuus olivat aikakaudelle tyypillinen esteettinen periaate. Järjestelmää ei suunniteltu kerrosrakentamista varten.⁶⁴



21. Moduli 225 -järjestelmän osat pienoismallina. Kuvassa näkyy myös yksilöllistämistä varten suunniteltua supergrafiikkaa. Moduli225-verkkosivut.



22. Moduli 225:n terassielementit mahdollistivat puoliulkotilan tehokkaan hyödyntämisen. Moduli225-verkkosivut.

63 Kaila 2016, 82.

64 Kaila 2016, 86,140.

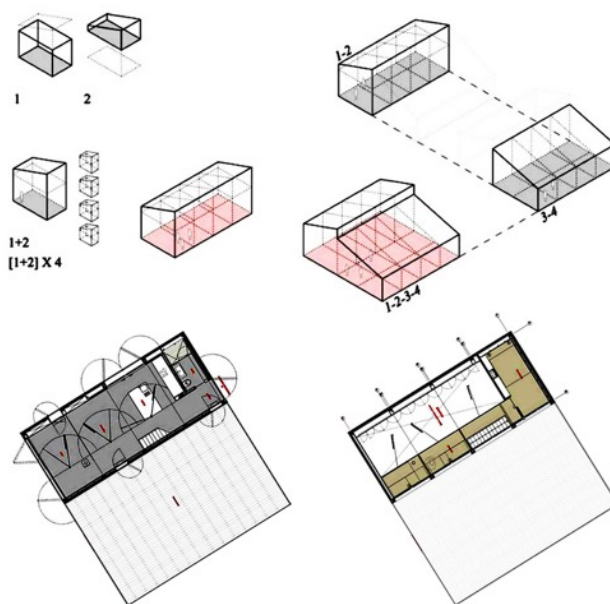
5.3. Modulaaristen tilojen järjestelmä

5.3.1. Casa Garoza

Suunnittelu: Herreros Arquitectos

Casa Garoza on espanjalainen prototyyppi tehdasvalmisteisesta talomallista, joka on laajennettavissa ajan myötä asukkaan tarpeiden mukaan. Rakennus muodostuu neljästä esivalmistetusta saman kokoisesta viipaleesta, jotka itsessään muodostuvat modulaarisista osista. Ensimmäisessä vaiheessa rakennus sisältää tärkeimmät asumiseen tarvittavat tilat, mutta laajennetaan tarvittaessa valmiiksi suunnitelluilla lisäosilla.⁶⁵

Järjestelmällä pyritään pienentämään materiaalihukkaa ja parantamaan kierrätettävyyttä ja ekologisuutta. Suunnittelemalla ennalta lopullisen kokonaisuuden toivotaan myös tuovan kustannussäästöjä asiakkaalle sekä parantavan lopputuloksen toimivuutta ja eheyttä.⁶⁶



23. Kaavio Casa Garozan modulaarisista elementeistä. Inhabitat-verkkojulkaisu.

65 Inhabitat-verkkojulkaisu.

66 Inhabitat-verkkojulkaisu.

5.3.2. Addomo

Suunnittelu: Salgado e Liñares Architects

Addomo on Salgado e Liñares Architects ja Iglesias Mera Constructionsin yhteistyönä syntynyt kokeellinen järjestelmä esivalmisteista asuntotuotantoa varten. Kehitystyössä pyrittiin löytämään rakenteellisesti innovatiivinen järjestelmä, jolla voidaan järjkeistää ja tehostaa asuntosuunnittelua.⁶⁷

Perusideana on pienenlementtijärjestelmä, jossa esivalmisteisista osista voidaan muodostaa modulaarisia tiloja. Tiloja voidaan ryhmitellä ja sijoittaa moduuliverkkoon erilaisin kokoonpanoin. Järjestelmän rakenteellinen yksinkertaisuus mahdollistaa elementtien nopean ja edullisen asentamisen.⁶⁸



24. Seven Modular Housing -projektin osapohja, jossa on käytetty Addomo-järjestelmää. Eri tilatyytit korostettu kuvassa eri värein. Archdaily-verkkojulkaisu.



25. Seven Modular Housing -projektin julkisivuja. Archdaily-verkkojulkaisu.

67 Archdaily-verkkojulkaisu.

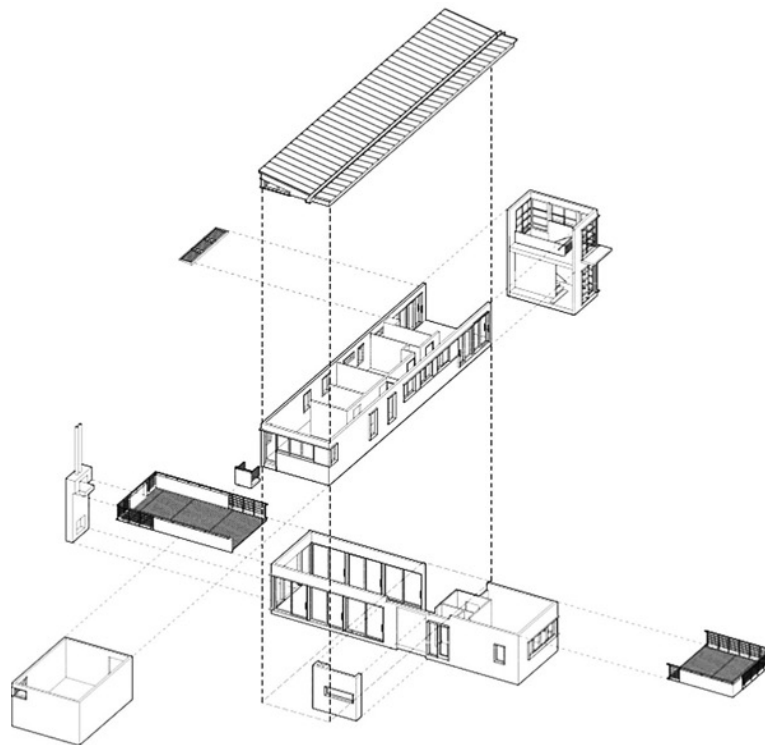
68 Archdaily-verkkojulkaisu.

5.4. Tilamoduulien järjestelmä

5.4.1. Modern Modular

Suunnittelu: Joseph Tanney ja Robert Luntz

Modern Modular on Joseph Tannin ja Robert Luntzin arkkitehtitoimiston Resolution: 4 Architecturen kehittämä konsepti, jossa esivalmistus pyritään valjastamaan yksilöllisten asuntojen tuottamiseen asiakkaan ja tontin vaatimusten mukaan. Kaksikko voitti vuonna 2003 Dwell Magazine -lehden kansainvälisen Esivalmistettu koti -suunnittelukilpailun The Dwell Home -nimisellä suunnitelmalla. Suunnitelma perustuu "käsitteellisille rakennuspalikoille" (Conceptual Building Blocks), joita kutsutaan järjestelmässä nimellä "toimintamoduuli" (Modules of Use). Näiden moduulien syntyyn on vaikuttanut kokemukset aiemmista suunnittelukohteista ja niissä hyväksi havaituista olennaisista elementeistä tämän hetken asumisessa.⁶⁹



26. Modern Modular -järjestelmän osat kohteessa The Dwell Home. Tanney ja Luntz 2012, 31.

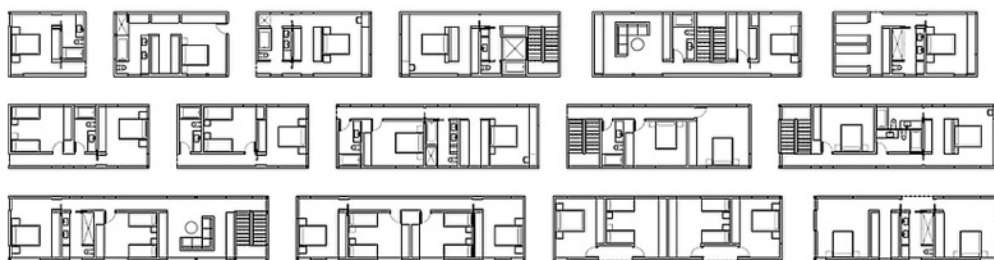
⁶⁹ Tanney ja Luntz 2012, 18.

Järjestelmän mitoitus perustuu moduulien 12, 14 ja 16 jalan (3,4, 4,3 ja 4,9 m) leveysmitoitukseen sekä enimmillään 60 jalan (18,3 m) pituusmitoitukseen valmistajan resursseista riippuen. Leveysmitoituksen ylärajan määrittelee Yhdysvaltojen tieliikenteen asettamat rajoitteet. Moduulien maksimipituus soveltuu useimpien talovalmistajien tehdasmitoitukseen ja on optimoitu kussakin moduulissa tehokkuuden ja valmistuksen kannalta järkevän kokoiseksi yksiköksi.⁷⁰

COMMUNAL MODULES OF USE



PRIVATE MODULES OF USE



ACCESSORY MODULES



































27. Modern Modular -järjestelmän moduulit järjesteltynä ryhmittäin. Tanney ja Luntz 2012, 14.

Järjestelmän moduulit muodostuvat modulaarisista tilaosista, esimerkiksi olohuoneen, portaikon ja keittiön yhdistelmästä. Näistä yhdistelmistä on syntynyt kokoelma moduuleja, jotka jakautuvat kolmeen ryhmään. Oleskelu-, ruokailu- ja hygienia-tilat (Communal Modules of Use) muodostavat ensimmäisen, makuu- ja henkilökohtaiset hygienia-tilat (Private Modules of Use) toisen ja lisätilat (Accessory Modules) kolmannen ryhmän. Liittämällä moduuleja näistä ryhmistä toisiinsa saadaan muodostettua suuri määrä erilaisia yhdistelmiä asiakkaan tarpeisiin ja tontin vaatimuksiin soveltuvaksi ratkaisuksi.⁷¹

70 Tanney ja Luntz 2012, 14, 18.

71 Tanney ja Luntz 2012, 14, 15.

	1 MODULE 1000 SQ. FT	1.5 MODULES 1500 SQ. FT	2 MODULES (2 FULL LINE SPACES) 2000 SQ. FT	2.5 MODULES 2500 SQ. FT
 SINGLE-WIDE SERIES				
 DOUBLE-WIDE SERIES				
 T SERIES				
 L SERIES				
 COURTYARD SERIES				
 TRIPLE-WIDE SERIES				
 Z SERIES				

28. Modern Modular -järjestelmän erilaisia yhdistelmiä jaoteltuna rakennuksen muodon ja koon mukaan. Tanney ja Luntz 2012, 146.

5.4.2. Olokoto, Mammuttikoti

Suunnittelu: Ilmari Mäenpää

Olokodon pohjamitoituksen perusta on mittasuhteessa 1:2. Perusyksikön koko on 3,5 x 7,0 metriä. Järjestelmä pohjautuu neljään pohja-alaltaan 25 neliömetrin kokoiseen, eri toimintoja omaavaan perusyksikköön. Essential on eri toiminnoille muokattavissa oleva tyhjä tila, Glassroof I ja II ovat olohuoneen, minikeittiön ja kylpyhuoneen eri versioita ja Sauna sisältää saunatilat sekä takkahuoneen. Lisäksi mallistossa on 100 neliömetrin kokoinen Fullglass Villa, joka muodostuu neljästä perusyksikön muunnelmasta. Kahden moduulin liittyminen tapahtuu suuren ikkuna-aukon välityksellä, jolloin ikkunan tilalle tulee kulkuaukko.⁷²

⁷² Mammuttikoti-yrityksen verkkosivut.

Olokodon rakennusmateriaali on massiivihirsi. Kattorakenteena järjestelmässä on lasikuidusta valmistettu piiloharjamoduuli, joka voidaan varustaa integroidulla kattoikkunalla.⁷³



29. Olokodon kahden moduulin yhdistäminen. Kuvassa Essential ja Glassroof II. Mammuttikoti-yrityksen verkkosivut.



30. Olokodon lippulaivamalli Fullglass Villa. Mammuttikoti-yrityksen verkkosivut.

73 Mammuttikoti-yrityksen verkkosivut.

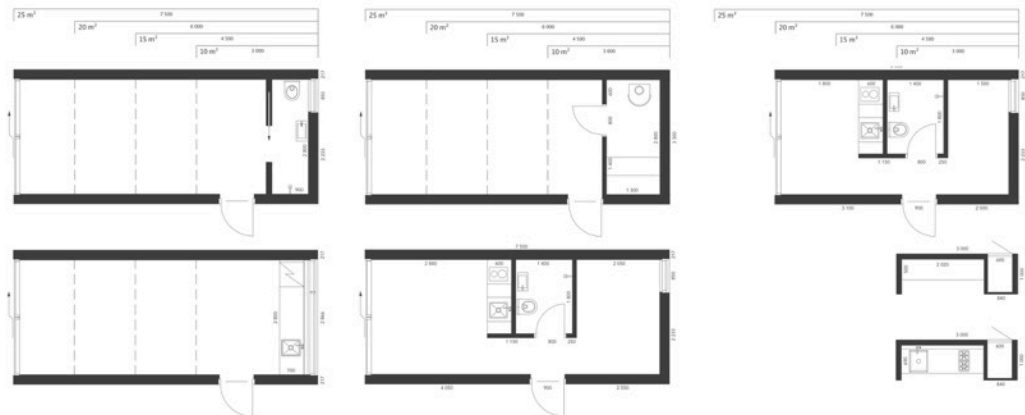
5.4.3. ONE+, Add a Room

Suunnittelu: Lars Frank Nielsen

ONE+ alkoi Lars Frank Nielsenin ja Add a Room -talotehtaan minitalokonseptin päivitysprojektistä. Alkuperäinen tavoite oli tarjota minimalistinen vaihtoehto minitalomarkkinoille, mutta suunnittelutyön tuloksena tulikin minitalo, jota voidaan laajentaa moduuli kerrallaan.⁷⁴

Järjestelmä perustuu neljään moduulikokoon. Moduulin leveys on 3,0 m, pituudet ovat 3,3 m, 5,0 m, 6,6 m ja 8,3 m. Kunkin moduulin toiseen pätyyn voidaan sijoittaa eri toimintoja: hygienia-, keittiö-, nukkuma- ja eteistiloja. Moduulin toiseen pätyyn sekä pitkälle sivulle voidaan sijoittaa suuret liukulasiovet. Ulkotilamoduulin avulla huonemoduuleja voi linkittää toisiinsa, jolloin väliin syntyy pergolallista terassitilaa.⁷⁵

Saunamoduuli voi toimia saunana tai lisähuoneena, sen voi myös varustaa ponttooneilla, jolloin se toimii kelluvana saunana. Saunamoduuli on varustettu kahdella terassilla, joista toinen on privaatimpi uintia ja ulkosuihkua varten.⁷⁶



31. ONE+ -järjestelmän moduulimitoitus. Ulkotilamoduulit kuvassa oikealla alhaalla. Add a Room -yrityksen verkkosivut.

74 Add a Room -yrityksen verkkosivut.

75 Add a Room -yrityksen verkkosivut.

76 Add a Room -yrityksen verkkosivut.



32. ONE+ perusmoduuli. Add a Room -yrityksen verkkosivut.

5.4.4. Pala, Design-Talo Oy

Suunnittelu: Pekka Pakkanen

Pala-järjestelmä on Arkkitehtitoimisto Huttunen-Lipasti-Pakkasen ja Design-Talon yhteistyön tulos. Järjestelmän perustana on yksi perusyksikkö, josta on kaksi pohjavaihtoehtoa. Se sisältää asumiselle olennaiset perustoiminnot ja muodostaa pienimmän mahdollisen toteutusvaihtoehdon. Perusyksikön runkosyvyys on viisi metriä, jonka ansiosta se mahtuu myös ahtaille kaupunkitonteille ja mahdollistaa usein suojaisen sisäpihan muodostamisen pieneenkin tilaan. Modulaarisilla lisäpaloilla rakennukseen voidaan lisätä eri tiloja ja muodostaa eri muotoisia kokonaisuuksia tarpeiden ja tontin asettamien rajoitteiden mukaan.⁷⁷

Palassa suunnittelun lähtökohtana on ollut pientalon muuttuminen elämäntilanteiden muuttuessa. Modulaarisuuden avulla lisäosien sijoittelu on melko vapaata, jolloin rakennus voidaan muokata tontin erityispiirteitä huomioiden ja soveltuu hyvin myös kaupunkien täydennysrakentamiseen. Järjestelmästä voidaan tehdä vain yksikerroksisia sovelluksia.⁷⁸

⁷⁷ Design-Talo -yrityksen verkkosivut.

⁷⁸ Design-Talo- yrityksen verkkosivut.



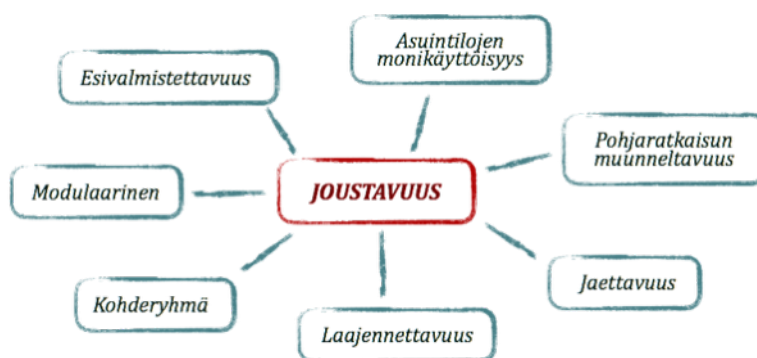
33. Pala-järjestelmästä toteutettu U-muotoinen pientalo ja sen jakautuminen eri moduuleihin. Design-Talo -yrityksen verkkosivut.



34. Pala-järjestelmän mahdollisia pohjaratkaisuja. Design-Talo -yrityksen verkkosivut.

6. Modulaarisen järjestelmän luominen

Tässä osiossa perehdytään modulaarisuuden testaamiseen suunnittelutyössä. Saatavien hyötyjen ja haittojen selvittämiseksi täytyi kehittää oma modulaarinen järjestelmä. Sen suunnittelun lähtökohdaksi otin Olli Lehtovuoren teesit pientalon joustavuudelle.⁷⁹ Järjestelmän avulla tein viisi omakotitalon pohjatasoista suunnitelmaa sekä yhden vaiheittain laajennettavan omakotitalosuunnitelman.



35. Kaaviokuva moduulijärjestelmän suunnittelun lähtökohdista.

Ensimmäisessä osiossa kuvailen järjestelmän luomisen perusteita: elementtijärjestelmän, mitoitusperusteiden sekä arkkitehtonisten ja teknisten suunnitteluratkaisujen kautta. Toisessa osiossa kerron havaintojani modulaarisen järjestelmän toimivuudesta suunnittelutyössä, sen hyvistä ja huonoista puolista sekä vaikutuksista muuntojoustavuuteen.

Kaikki suunnitelmat on laadittu kuvitteellista käyttäjää ja sijoituspaikkaa ajatellen. Mitoitusperusteena on käytetty kaksilapsista perhettä ja 165 huoneistoneliometriä, joka oli omakotitalojen keskikoko vuonna 2016 Pientaloteollisuus PPT ry:n mukaan.⁸⁰ Yksi suunnitelmista on tehty kuitenkin kolmilapsiselle perheelle ja on lisäksi mitoitettu muita väljemmin. Maastonmuodoiltaan rakennuspaikan oletetaan olevan melko tasainen, eikä kellarikerroksen mahdollisuutta oteta huomioon tutkimuksen yksinkertaistamiseksi. Rajatakseni eri pohjavaihtoehtojen määrää, valitsin suunnittelun lähtökohdaksi ilman suunniltaan pientalolle optimaalisen rakennuspaikan, joka avautuu lounaan suuntaan ja saapuminen tontille tapahtuu idän suunnalta. Pohjakaavioiden esittämisessä noudatetaan tätä periaatetta kaikissa piirustuksissa.

79 Lehtovuori 1986, 59.

80 PPT ry:n verkkosivut.

6.1. Modulaarinen järjestelmä

6.1.1. Elementtijärjestelmä ja moduulimitoitus

Järjestelmän rungoksi valitsin tilaelementtijärjestelmän, jota täydennetään tilakomponenteilla käyttötarkoituksen mukaan. Tilaelementin etuna on ajankäytön tehokkuuden lisäksi korkea laatu ja rakennustyön siirtyminen kuiviin sisätiloihin. Rakennusten homeongelmat juontavat usein juurensa juuri rakennusaikaiseen kosteuteen. Tilaelementti on periaatteessa asuttavassa kunnossa heti perustuksille nostamisen jälkeen. Koska yhtenä aiheena opinnäytetyössäni oli tutkia pientalon rakentamista vaiheittain tarpeiden mukaan, oli myös kustannusten arviointi ja hallinta eittämättä yhtenä valintakriteerinä. Tilaelementtien tuotteistaminen ja suuri esivalmistusaste tuo tässä suhteessa muita järjestelmiä vähemmän yllättäviä kustannuksia rakennusaikana.

Moduulimittaisten osien käyttöön perustuvat järjestelmät ovat pohjimmiltaan melko jäykkiä. Koska ne perustuvat osien vapaaseen yhdistelyyn, ovat kaikki runkojärjestelmän osat pääosin yhden moduulin mittaisia. Vaikka väliseinien sijoitus olisikin vapaampaa, voi huonetilojen optimointi olla vaikeaa ja huoneiden sijoitus toisiinsa nähden on jäykästi sidottuna moduuliruudukkoon.

Järjestelmän mitoituksen lähtökohdaksi oli luonnollista valita maantieliikenteen mittarajat. Moduulin kokonaisleveydeksi lämmöneristeineen ja julkisivumateriaaleineen oli järkevää rajata 4,0 metriin, sillä tämän jälkeen kuljetus on automaattisesti luvanvaraista erikoiskuljetusta. Moduulin perusmitaksi tuli tuolloin 3500 mm, jolloin kummallekin puolelle jää 250 mm tilaa eristeille ja julkisivulle. Tästä seurasi myös se, että kattorakenteiden on oltava erillisiä moduuleja tai paikallarakennettuja, sillä mikään osa kuljetuksessa ei saa ylittää määrämittaa.

Toisena määräävänä tekijänä on rakennusaineteollisuuden käyttämä 3M-mittajärjestelmä, joka vaikutti erityisesti kiintokalusteiden sijoittamiseen tarkoitettujen seinien mitoitukseen. Moduulien korkeusmitoitus perustuu täysin 3M-järjestelmään. Kolmantena seikkana mitoitukseen vaikuttaa Suomen Rakentamismääräyskokoelman asettamat vähimmäismitoitukset liikuntaesteisille. Nämä vaikutukset rajoittuivat lähinnä käytävätilojen ja pesutilojen mitoitukseen.

MODUULIJÄRJESTELMÄN LUKUSARJA									
CANON 60	100	80	75	64	60	48	45	36	27
x 35	3500	2800	2626	2240	2100	1680	1575	1260	945

36. Moduulimitoituksen pohjautuminen Canon 60 -järjestelmään.

Koska 1:2 -mitoitusta on käytetty jo monessa sovelluksessa aiemmin, ei sen käyttäminen tuntunut tässä yhteydessä enää mielekkäältä. Aulis Blomstedtin Canon 60 sen sijaan on henkilökohtaisesti tuntunut aina kiinnostavalta ja teoriana rationaaliselta. Koska moduulin perusmitta oli jo maantieliikenteen määrittelemä, päädyin kertomaan Canon 60 lukusarjan luvut 35:llä. Näin lukusarjan ensimmäisestä luvusta 100 saadaan luku 3500, perusmitta. Koko lukusarjasta päädyin valitsemaan 100:n lisäksi lukujen 64 ja 36 tulot jotka ovat 2240 ja 1260. Niiden summa on 3500.

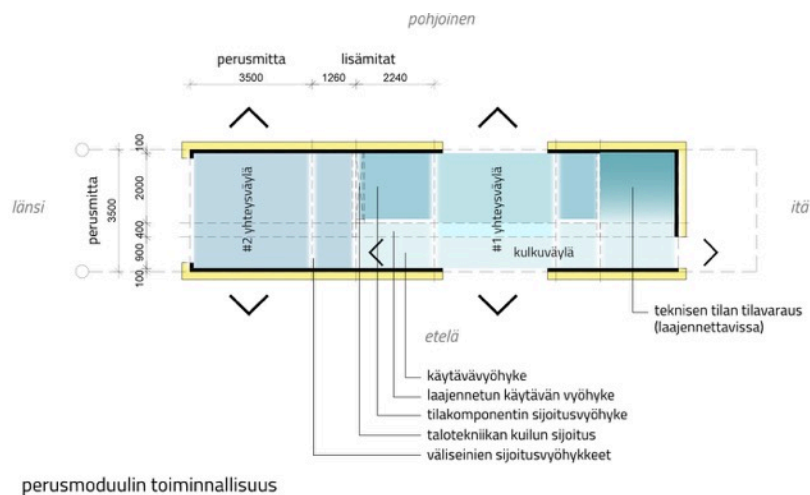
6.1.2. Suunnitteluratkaisut

Perusajatuksiksi joustavan järjestelmän luomiseksi päädyin synteesiin, jossa perusyksikkönä toimii makuuhuoneen, tupakeittiön, hygieniatilan, teknisen tilan ja eteisen muodostama perusyksikkö, käytännössä minitalo siis. Nämä tilat tarjoavat yhdelle tai kahdelle ihmiselle tarvittavat toiminnot ja toimii koko järjestelmän ytimenä. Keskellä sijaitseva tupakeittiö toimii laajennusosien ensisijaisena yhteysväylänä sekä yhteytenä ulkotilaan, esimerkiksi sisäpihan patiolle. Toissijaisena yhteysväylänä toimii päädyn makuuhuone, joka voidaan laajennettaessa muuttaa esimerkiksi olohuoneeksi. Kuten Olli Lehtovuori kirjassaan Hyvin suunniteltu pientalo toteaa, joustavuus pientaloasunnossa mitataan asuintilojen monikäyttöisyydessä. Muita joustavuuden tunnusmerkkejä ovat pohjaratkaisun muunneltavuus, jaettavuus ja yhdistettävyyys sekä laajennettavuus.⁸¹ Kulkua varten moduulissa on tilavaraus käytävälle toisella reunalla pitkää sivua. Tällä tavoin kulkuväylät kulkevat ristiin pohjassa ja niiden leikkauspiste on keittiössä, joka usein toimiikin kodin hermokeskuksena.

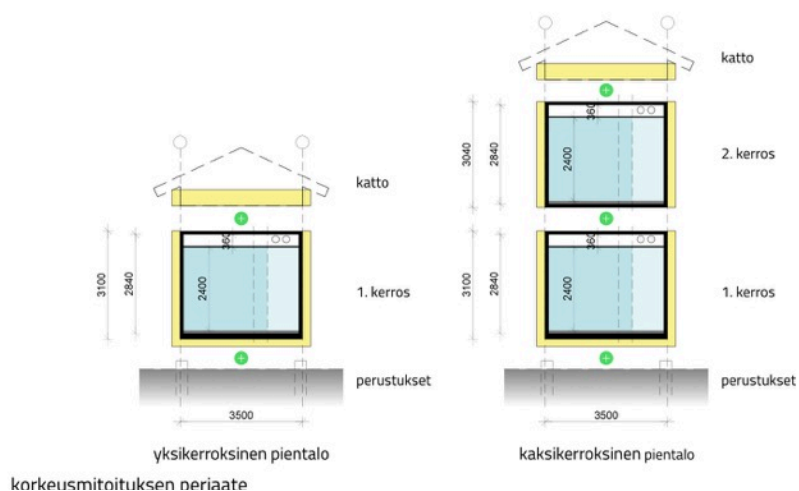
⁸¹ Lehtovuori 1986, 59.

Kristian Gullichsenin ja Juhani Pallasmaan Moduli 225:n kehitystyössä ei huomioitu kerrosrakentamista, jonka Pallasmaa jälkeen päin totesikin virheeksi.⁸² Nykyään usein myös tonttien pienet koot ja kaavamääräykset edellyttävät kaksikerroksisuutta. Järjestelmän tuli siis mahdollistaa myös ylös päin laajentamisen.

Koska ensimmäisen kerroksen tulee toimia rakennuksen selviytymiskerroksena liikuntaesteiselle, on perusyksikön wc-tila muutettavissa liikuntaesteiselle soveltuvaksi. Perusyksikön toimiessa minitalona sisältää wc myös suihkutilan ja pyykinhuoltoa varten pesukonevarauksen. Suihkukaapin ja pesukoneen poistamalla saadaan tilaan 1500 mm:n kääntöympyrä, käytävän puolella kääntöympyrän mitoitus on 1300 mm. Käytävän päihin sijoittuvien huoneiden ovina on käytetty liukuovia, jotka on tarkoituksena pitää enimmäkseen auki ja vahvistaa tällä tavoin tilojen saumatonta liittymistä toisiinsa.



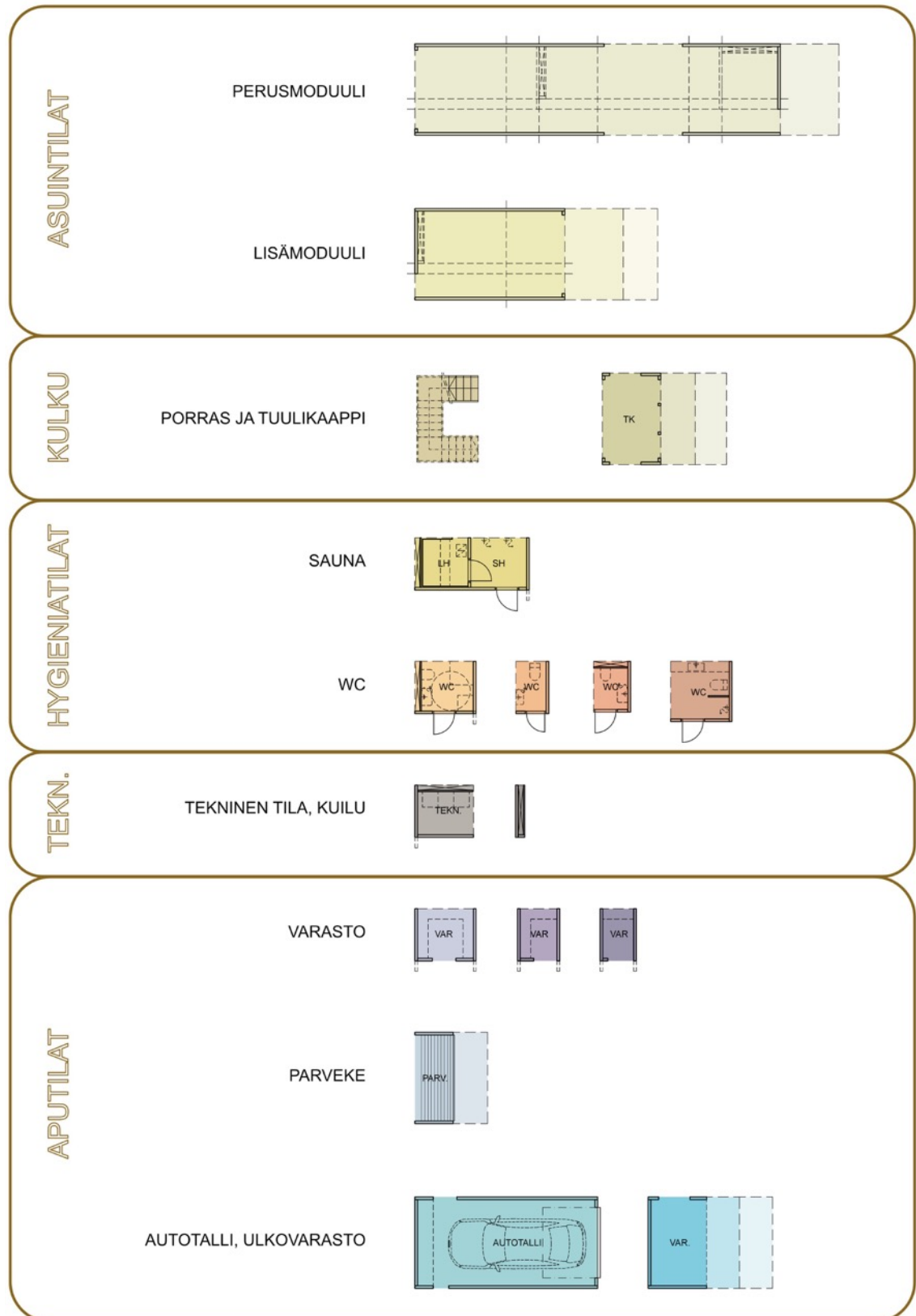
perusmoduulin toiminnallisuus



korkeusmitoituksen periaate

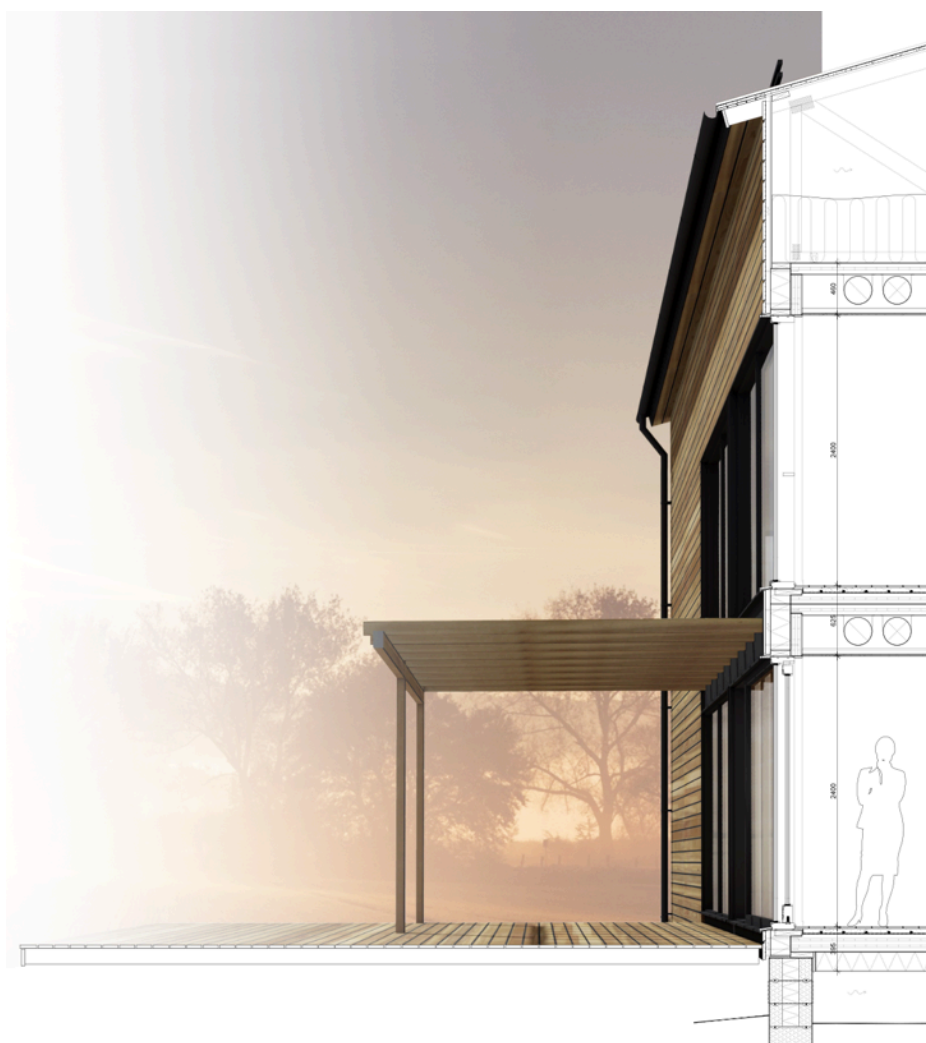
37. Perusmoduulin keskeiset toimintaperiaatteet ja mitoitus.

⁸² Kaila 2016, 140.



38. Moduulijärjestelmän osat.

Sarjatuotannon ongelmana usein on lopputuotteiden keskenäinen samankaltaisuus, vaikka sovellus olisikin erilainen. Oman kodin suhteen ihmisillä on kuitenkin pyrkimys yksilöllisyyteen ja makuasiat ovat aina henkilökohtaisia. Sarjaräätälöinnin avulla voidaan kuitenkin vaikuttaa asiaan melko paljon. Valitsin sarjaräätälöinnin kohteiksi perustukset, aukotuksen, kattomuodon ja julkisivumateriaalin. Perustustapaan vaikuttaa pelkän ulkonäön lisäksi moni muukin asia: mm. maaperän kantavuus, pohjaveden korkeus, maaston muodot ja maaperän radonpitoisuus. Ikkunajaolla on julkisivujen kannalta huomattava vaikutus, lisäksi aukotus on joka tapauksessa tehtävä tapauskohtaisesti niin ulkonäköseikkojen kuin energiatasauslaskelmankin vuoksi. Kattomuodon valitsemiseen vaikuttaa niin ikään moni asia. Myös rakennuksen pohjamuoto asettaa usein rajoitteita kattomuodolle ja -kulmalle, lisäksi katolla on suuri vaikutus rakennuksen istuttamisessa ympäristöön. Katoille ja julkisivuille usein annetaan myös ehtoja kaavamääräyksissä.

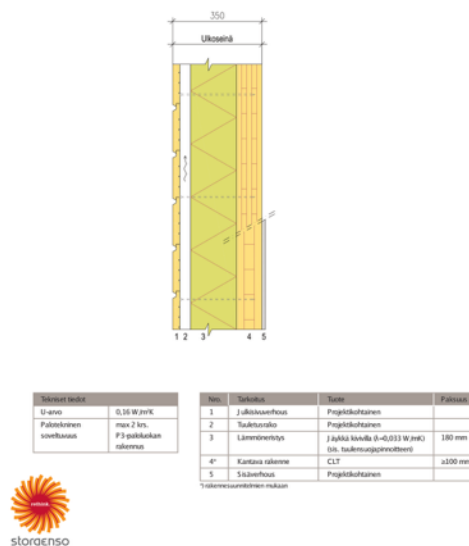


39. Rakenneleikkaus kaksikerroksisesta pientalosta.

6.1.3. Tekniset ratkaisut

Runkorakenteeksi valitsin CLT-levyn (*Cross laminated timber*) ensisijaisesti sillä saavutettavan jäykän rakenteen vuoksi. Tilaelementtien kuljetus ja siirto vaativat elementiltä riittävää jäykkyyttä, joka CLT-levyrakennetta käyttämällä saavutetaan ilman erillisiä vinojäykisteitä. Kantavan seinän CLT-levyn vahvuus on vähintään 100 millimetriä.⁸³ Tämä oli myös rakenteiden mitoituksen perusta. CLT-rakenteen homogeenisuus lisää myös muuntojoustavuutta, sillä myöhemmin tehtävissä muutostöissä ei tarvitse huomioida rungon rankojakoa lainkaan. Rungon massiivisuudesta on lisäksi monia etuja. Massiivirakenne sitoo itseensä lämpöä päivisin ja vapauttaa sen huonetilaan yöaikaan. Näin runko tasaa sisäilman lämpötilaa sekä vähentää vuorokautista kosteusvaihtelua. Massiivirunkoon on helppoa tehdä kiinnityksiä, koska seinärakenteessa ei ole runkojakoa tai koolauksia. Lisäksi runko toimii itsessään höyrynsulkuna, kosteiden tilojen vedeneristykset voidaan tehdä suoraan rungon pintaan ja lattiakallistukset on mahdollista jyrssiä lattiaan.⁸⁴ Tämä on esteettömyyden kannalta hyvä asia, sillä kallistuksista aiheutuvat kynnykset voidaan tällöin minimoida.

Massiivisesta rakenteesta seuraa myös hyvä ääneneristys, akustiikka sekä värinöiden vaimennus välipohjissa. Runsas puumenekki sitoo myös hiiltä, joten rakennus pienentää osaltaan myös ympäristökuormitusta.⁸⁵



40. Stora Enson ulkoseinän rakenneleikkaus CLT-rungolla. Puumerkki Oy:n verkkosivut.

83 Puumerkki Oy:n verkkosivut.

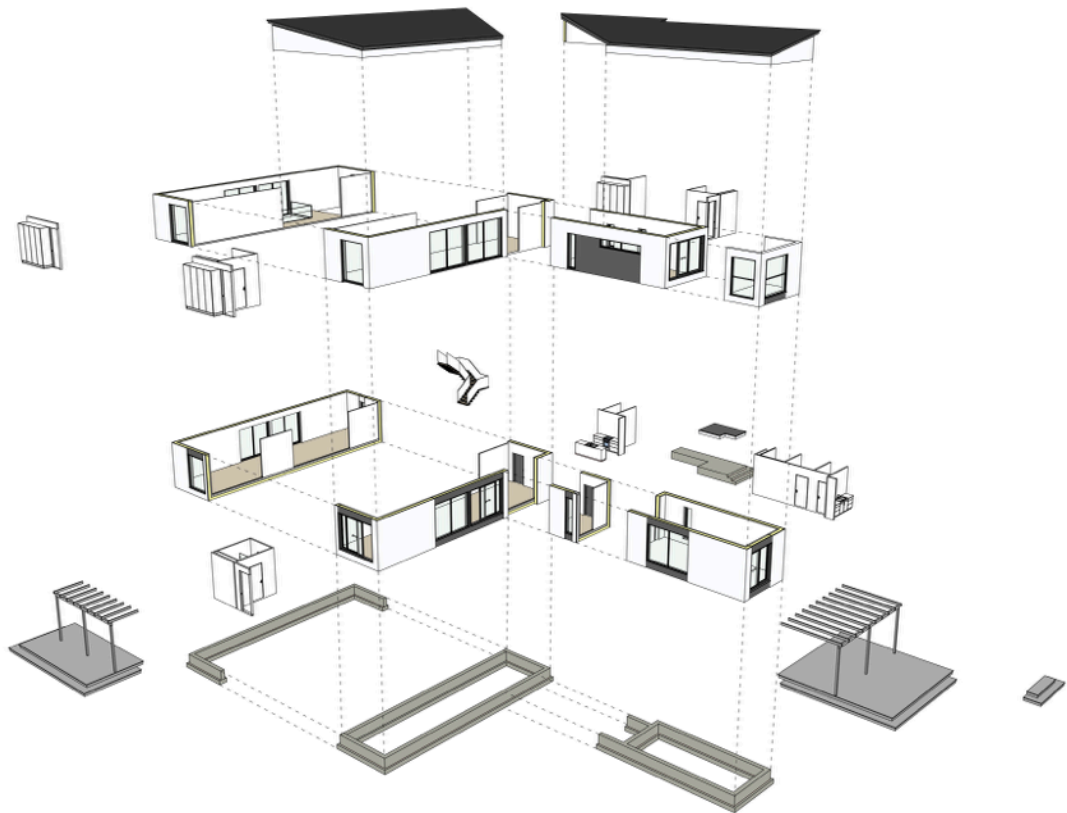
84 Teriö ym. 2014, 14-20.

85 Teriö ym. 2014, 20.

Huonoina puolina massiivirakenteessa on rankorakennetta suurempi hinta ja paino. Materiaalin korkeampaa hintaa kuitenkin kompensoi pienempi työmäärä, yksinkertaisemman rakenteen tuoma materiaalisäästö sekä korkeampi laatu.

Talotekniikan asennuksia varten järjestelmässä on kuilumoduuli pystysuuntaisia asennuksia varten. Vaakasuuntaisille asennuksille on varattu tilaa koko elementin alalla lasketussa alakatossa. Käytävävyöhyke on tarkoitettu ilmanvaihdon ensisijaiseksi linjaksi. Huoltoa varten katto tulee varustaa riittävällä määrällä hiussaumaluukkuja. Kattoon voidaan myös upottaa valaisimet sekä liukuovien mekanismit. Alaslaskuun sijoitetaan myös rakennuksen kaikki sähkövedot, sillä CLT-rakenteeseen ei voi tehdä vaakasuuntaisia roiloituksia tai porauksia. Sijoitus alakatossa helpottaa myös muuntojoustavuutta.

Lattioissa CLT-levyn päälle tulee lattialämmityksen asennuskerros, jonka päälle asennetaan varsinainen lattiapinnoite. Lattialämmitys mahdollistaa ikkunoiden laskemisen lattiatasoon, sillä ikkunoiden sulanapitämiseen ei tarvita radiaattoreita. Lisäksi ikkunakarmit voidaan laskea rakenteessa lattian pinnan suhteen alemmas, jolloin kynnysten korkeus saadaan pienemmäksi ja visuaalisesti sisätila yhtyy ulkotilaan paremmin.



41. Kaksikerroksisen pientalon moduulit sekä täydentävät rakenteet.

6.2. Järjestelmän testaus suunnittelutyössä

Päätin kokeilla järjestelmän toimivuutta kahdella eri tavalla. Ensiksi tein järjestelmän avulla pientalon pohjapiirustuksia, joissa olisi muuntelua mahdollisimman paljon. Tilojen sijoittelussa ilmansuuntiin nähden pitäydyin kuitenkin hyviksi havaituissa periaatteissa. Toiseksi tein laajennussuunnitelman, jossa minitalo laajenee kahden laajennusvaiheen kautta keskikokoiseksi kaksilapsisen perheen kaksikerroksiseksi taloksi.

6.2.1. Järjestelmän hyvät puolet

Järjestelmän käytössä tuntui hyvältä se, että heti alusta lähtien perusyksikkö tarjoaa lähtöpisteen ja raamit suunnittelulle. Myös erilaisten muunnelmien tekeminen tuntui melko vaivattomalta. Asiaa helpotti uskomattoman paljon se, että eri osien yhdistäminen toisiinsa tapahtui modulaarisen järjestelmän sisällä. Useinhan tilojen mitoitus keskikokoisessa pientalossa menee melko samoin painotuksin joka tapauksessa. Tässä kohtaa suunnittelutyötä myös itse järjestelmä oli vielä kehitystyön alla, joten suunnittelun voidaan sanoa olleen kaksisuuntaista, eikä lineaarista järjestelmän testaamista.

Canon 60 -mittajärjestelmään pohjautuva moduulijärjestelmäni oli käytännössä joustava. Perusmoduulia oli helppoa laajentaa pituusakselin suuntaisesti kahden eri lisämitan avulla. Näin tilojen optimointi oli mahdollista ja rakennuksen muotoon saattoi vaikuttaa syvennyksin ja ulkonemin. Esteettisen ja teknisen mitoitusjärjestelmän sekoittaminen keskenään ei myöskään tuntunut erityisesti häiritsevän suunnittelua, vaikkakaan kaikilta osin mitoitukset eivät osuneetkaan yksiin.

Järjestelmään sisäänrakennetun sivukäytävän toimiminen hieman epäilytti suunnittelutyön alkuvaiheessa, sillä liika käytävämäisyys ei ole usein kovinkaan toiminnallista saati tehokasta. Tältä osin huoleni osoittautui turhaksi, sillä käytävät tuntuivat poistuvan laajennusosia lisättäessä.

Yksilöllisyyttä rakennukseen sai melko helposti kattomuodon ja julkisivumateriaalin valinnalla sekä terassien ja pergoloiden avulla.

6.2.2. Järjestelmän huonot puolet

Käytännössä modulaarisuuden tuoma järjestys selkeytti suunnittelutyötä mutta samalla teki siitä kaavamaisista. Tämä on nähtävissä myös pohjapiirustuksissa. Lisäksi järjestelmän melko suuri syvyyksimitta rajoitti tilojen optimointia syvyyssuunnassa.

Modulaarisuus ei myöskään ratkaise katon istuttamisen hankaluutta eikä aukotuksen sommittelua julkisivuissa. Nämä on tehtävä aina omana tehtävänä tapauskohtaisesti, toisaalta kuten aiemmin jo totesinkin, niiden avulla rakennukselle voidaan samalla luoda myös persoonallinen ilme. Maastoon istuttamista ajatellen moduulirakenteen liittyminen perustusrakenteisiin aiheuttaa melko suuren korkoeron lattiapinnan ja julkisivuverhouksen alapinnan välille erityisesti tuulettuvaa alapohjaa käytettäessä. Tämä aiheuttaa luonnollisesti portaita tai luiskia sisäänkäynnille ja vaikeuttaa esteettömyyden tavoitteita.



42. Vaiheittain laajennettavan pientalon pohjakaaviot, mittakaava 1:350.

Pientalo #1 - 167 h-m²



Pientalo #2 - 177 h-m²



Pientalo #3 - 157 h-m²



Pientalo #4 - 165 h-m²



1. krs.



2. krs.

Pientalo #5 - 230 h-m²



1. krs.



2. krs.

43. Järjestelmän avulla tehtyjä pientalon pohjaluonnoksia, mittakaava 1:350.

7. Pohdintaa

Modulaarinen rakentaminen on yleistymässä niin pientalojen kuin kerrostalojen rakentamisessa. Rakennustyötä ollaan samalla viemässä perinteisiltä rakennustyömailta talotehtaisiin. Sama kehityssuunta on havaittavissa myös kansainvälisesti. Pientalojen koko puolestaan on Suomessa pienentynyt asumis- ja rakentamiskustannusten noustessa. Asumisneliöitä rakennetaan vain sen hetkisten tarpeiden mukaan rakennuskustannusten pitämiseksi kohtuullisella tasolla. Elämäntilanteiden muuttuessa usein kodin laajentaminen tulee kuitenkin ajankohtaiseksi.

Tämän opinnäytetyön perusteella modulaarisella järjestelmällä voidaan tehdä jo verrattain suppealla moduulivalikoimalla useita erilaisia pientaloratkaisuja. Eri kokoisia ja muotoisia yksi- ja kaksikerroksisia taloja voidaan suunnitella tontin muodon ja rakennuspaikan maaston asettamien rajoitteiden mukaan. Järjestelmän avulla on myös mahdollista tehdä pientalo vaiheittain laajentaen. Modulaarisuuden ansiosta huoneilojen perusmitoitukset pysyvät melko vakiona käyttötarkoituksesta riippumatta. Tämän ansiosta tilojen monikäyttöisyys ja tätä kautta myös muunneltavuus lisääntyy. Erillistä sisäänkäyntimoduulia käyttämällä rakennus on mahdollista jakaa kahdelle käyttäjälle lisäämällä asuintiloja molemmin puolin sisäänkäyntiä.

Vakioituja osia käyttämällä voidaan suunnittelutyön osuutta vähentää ja saada kustannussäästöjä. Samalla kustannusten ennakoitavuus paranee.

Tämän opinnäytetyön puitteissa tehty modulaarinen järjestelmä on kehitetty vain pientalon joustavuuden tutkimista varten eikä siksi ole tuotantoa varten valmis konsepti. Jatkossa moduuleja tulisi jatkokehittää monimuotoisempien ja yksilöllisempien talomuotojen mahdollistamiseksi. Tarkempi syventyminen myös moduulin ja perustuksien liittymään sekä aukotuksen mahdollisuuksiin olisi tarpeen. Lujuuslaskelmin tulisi tutkia kantavuuden kannalta tarpeelliset rakennevahvuudet sekä seiniin tehtävien aukkojen aiheuttama rakenteellinen heikennys moduulille sekä määrittellä tarvittaessa aukkojen ylitykseen tarvittavat palkkirakenteet.

Lähteet

Add a Room -yrityksen verkkosivut. [Viitattu: 6.1.2018]. Saatavilla: <http://addaroom.dk/en/>.

Archdaily-verkkojulkaisu. [Viitattu: 6.1.2018]. Saatavilla: <https://www.archdaily.com/255002/seven-modular-housing-in-covas-salgado-e-linares-architects>.

Design-Talo -yrityksen verkkosivut. [Viitattu: 6.1.2018]. Saatavilla: <https://designtalo.fi/pala/>.

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen verkkosivut. [Viitattu: 8.2.2018]. Saatavilla: http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/139801/erikoiskuljetukset_esite_2010_erikoiskuljetusluvan_tarve_hakeminen_ja_kaytannon_toimenpiteet.pdfbcf0229-5b1f-4e7e-8d9b-9bad0a271b51.

Eskola, Tapani 2005. Arkkitehtuuri käsitteenä. Arkkitehtonis-filosofinen tutkimus rakennuksesta modernissa. Akateeminen väitöskirja. Teknillisen koulun arkkitehtiosaston tutkimuksia. Teknillinen korkeakoulu. Espoo.

Hawkins, Sari 2016. Minitalobuumi jatkuu - tässä 48 neliön talopaketti. [Viitattu: 6.1.2018]. Saatavilla: http://www.iltalehti.fi/asuminen/201612202200043344_an.shtml.

Honkatalot Oy:n verkkosivut. [Viitattu: 18.1.2018]. Saatavilla: <http://www.honkatalot.fi/mallistot/plushuvilat/>.

Inhabitat-verkkojulkaisu. [Viitattu: 6.1.2018]. Saatavilla: <https://inhabitat.com/casa-garoz-a-spanish-prefab-prototype-is-designed-to-grow-over-time/>.

Kaila, Anna-Mikaela 2016. Moduli 225, Modernin arkkitehtuurin helmi. Aldus Oy. Lahti.

Kannustalo Oy:n verkkosivut. [Viitattu: 6.1.2018]. Saatavilla: <https://www.kannustalo.fi/talopaketit/toimitustavat/muuttovalmiit/>.

Keskitalo, Kimmo 2006. Kehittävä työntutkimus rakennusalalla: Tulosta ja työhyvinvointia. - Tutkimusraportti. Keskinäinen Eläkevakuutusyhtiö Etera, Topnova. Helsinki.

Laitinen, Eero. Teollinen Puurakentaminen. 1995. Rakennustieto Oy. Helsinki.

Lawson, Mark; Ogden, Ray 2010. Sustainability and Process Benefits of Modular Construction, TG57 - Special Track 18th CIB World Building Congress, 2010/5 Salford, CIB TG57 - Industrialisation in Construction, CIB Publication 354. 38-51. Britannia.

Lehtovuori, Olli 1986. Hyvin suunniteltu pientalo. Gummerus Oy. Jyväskylä.

Mammuttikoti-yrityksen verkkosivut. [Viitattu: 25.1.2018]. Saatavilla: <https://www.mammuttikoti.fi/fi/olokoto/>.

McGraw-Hill Construction 2011. Prefabrication and Modularization: Increasing Productivity in the Construction Industry. Design and Construction Intelligence SmartMarket Report. McGraw-Hill Construction Research & Analytics. Bedford, Yhdysvallat.

Miller, Thomas; Elgård Per 1998. Defining Modules, Modularity and Modularization Evolution of the Concept in a Historical Perspective. Design for Integration in Manufacturing. Proceedings of the 13th IPS Research Seminar, Fuglsoe 1998. Aalborg University. Tanska, Aalborg.

Pienteollisuus Ry:n verkkosivut. [Viitattu: 22.3.2018]. Saatavilla: http://www.pientaloteollisuus.fi/fin/tutkittua_tietoa/keskimaarainen_omakotitalo_2016/.

Puumerkki Oy:n verkkosivut. [Viitattu: 23.3.2018]. Saatavilla: http://www.puumerkki.fi/files/3451/Paikalla_rakentaminen_082113.pdf.

RT 82-10804, Avoin puurakennusjärjestelmä. RT-kortisto. Rakennustietosäätiö.

RT 91-11257, Saunan tilojen suunnittelu. RT-kortisto. Rakennustietosäätiö.

RT 93-10925, Asuntosuunnittelu, lepo ja työskentely. RT-kortisto. Rakennustietosäätiö.

RT 93-10926, Asuntosuunnittelu, oleskelu ja vapaa-ajanvietto. RT-kortisto. Rakennustietosäätiö.

RT 93-10929, Asuntosuunnittelu, ruoanvalmistus ja ruokailu. RT-kortisto. Rakennustietosäätiö.

RT 93-10932, Asuntosuunnittelu, hygienianhoito. RT-kortisto. Rakennustietosäätiö.

RT 93-10937, Asuntosuunnittelu, eteinen ja kulkuyhteydet. RT-kortisto. Rakennustietosäätiö.

RT 93-10945, Asuntosuunnittelu, säilytys. RT-kortisto. Rakennustietosäätiö.

RT 93-10950, Asuntosuunnittelu, vaatehuolto. RT-kortisto. Rakennustietosäätiö.

Sarjakoski, Helena 2003. Rationalismi ja runollisuus: Aulis Blomstedt ja suhteiden taide. Rakennustieto Oy. Helsinki.

Siikanen, Unto 2007. Puurakennusten suunnittelu. Gummerus kirjapaino Oy. Vaajakoski.

Standerstkjöld, Elina 1992. Alvar Aalto ja standardisointi. Teoksessa The Art of Standards. Standardien taide. Acanthus. Rakennustaiteen museo, Helsinki.

Tanney, Joseph - Luntz, Robert 2012. Modern Modular: The Prefab Houses of Resolution: 4 Architecture. Princeton Architectural Press.

Teriö, Olli ym. 2014. Pientalon kustannusvertailu, CLT - puurankatalo. [Viitattu: 23.3.2018]. Saatavilla: <https://www.kiintopuu.fi/media/kiintopuu/clt-kustannusvertailu-esitys-140915.pdf>.

Kuvat, kuviot ja taulukot

Kuva 1. Pinterest-kuvapalvelu. [Viitattu: 8.2.2018]. Saatavilla: <https://fi.pinterest.com/pin/383368987022729946/>.

Kuva 2. Amazon-verkkosivut. [Viitattu: 8.2.2018]. Saatavilla: <https://www.amazon.co.uk/Modulor-2-Corbusier/dp/3764361883>.

Kuvat 3., 20. Kaila, Anna-Mikaela 2016. Moduli 225, Modernin arkkitehtuurin helmi. Aldus Oy. Lahti.

Kuva 4. McGraw-Hill Construction 2011. Prefabrication and Modularization: Increasing Productivity in the Construction Industry. Design and Construction Intelligence SmartMarket Report. McGraw-Hill Construction Research & Analytics. Bedford, Yhdysvallat.

Kuvat 5. - 9. Siikanen, Unto 2007. Puurakennusten suunnittelu. Gummerus kirjapaino Oy. Vaajakoski.

- Kuva 10. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen verkkosivut. [Viitattu: 8.2.2018]. Saatavilla: http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/139801/erikoiskuljetukset_esite_2010_erikoiskuljetusluvan_tarve_hakeminen_ja_kaytannon_toimenpiteet.pdfcbcf0229-5b1f-4e7e-8d9b-9bad0a271b51.
- Kuva 11. RT93-10926, Asuntosuunnittelu, oleskelu ja vapaa-ajanvietto. RT-kortisto. Rakennustietosäätiö.
- Kuva 12. RT 93-10929, Asuntosuunnittelu, ruoanvalmistus ja ruokailu. RT-kortisto. Rakennustietosäätiö.
- Kuva 13. RT 93-10932, Asuntosuunnittelu, hygienianhoito. RT-kortisto. Rakennustietosäätiö.
- Kuva 14. RT 93-10925, Asuntosuunnittelu, lepo ja työskentely. RT-kortisto. Rakennustietosäätiö.
- Kuvat 15. - 16. Kannustalo Oy:n verkkosivut. [Viitattu: 6.1.2018]. Saatavilla: <https://www.kannustalo.fi/talopaketit/toimitustavat/muuttovalmiit/>.
- Kuvat 17. - 18. Honkatalot Oy:n verkkosivut. [Viitattu: 18.1.2018]. Saatavilla: <http://www.honkatalot.fi/mallistot/plushuvilat/>.
- Kuva 19. Bungalow-yrityksen Facebook-verkkosivut. [Viitattu: 6.1.2018]. Saatavilla: <https://www.facebook.com/aitobungalow/>.
- Kuvat 21.- 22. Moduli225-verkkosivut. [Viitattu: 6.1.2018]. Saatavilla: <http://www.moduli225.com>.
- Kuva 23. Inhabitat-verkkojulkaisu. [Viitattu: 6.1.2018]. Saatavilla: <https://inhabitat.com/casa-garaza-spanish-prefab-prototype-is-designed-to-grow-over-time/>.
- Kuvat 24. - 25. Archdaily-verkkojulkaisu. [Viitattu: 6.1.2018]. Saatavilla: <https://www.archdaily.com/255002/seven-modular-housing-in-covas-salgado-e-linares-architects>.
- Kuvat 26. - 28. Tanney, Joseph - Luntz, Robert 2012. Modern Modular: The Prefab Houses of Resolution: 4 Architecture. Princeton Architectural Press.
- Kuvat 29. - 30. Mammuttikoti-yrityksen verkkosivut. [Viitattu: 25.1.2018]. Saatavilla: <https://www.mammuttikoti.fi/fi/olokoto/>.
- Kuvat 31. - 32. Add a Room -yrityksen verkkosivut. [Viitattu: 6.1.2018]. Saatavilla: <http://add-a-room.dk/en/>.
- Kuvat 33. - 34. Design-Talo -yrityksen verkkosivut. [Viitattu: 6.1.2018]. Saatavilla: <https://designtalo.fi/pala/>.
- Kuva 40. Puumerkki Oy:n verkkosivut. [Viitattu: 23.3.2018]. Saatavilla: http://www.puumerkki.fi/files/3451/Paikalla_rakentaminen_082113.pdf.

Muut kuvat ja kuviot tekijän.

Taulukko 1. Laitinen, Eero. Teollinen Puurakentaminen. 1995. Rakennustieto Oy. Helsinki.

Tehtävänanto**Metropolia Ammattikorkeakoulu****Rakennusarkkitehtuuri****Opinnäytetyön tehtävänanto, 15 op TR00BZ67-3002****Päiväys: 18.12.2017****Opiskelijan nimi ja opiskelijanumero:****Ari Kangaspunta 1404045****Opiskelijan yhteystiedot:****Tuulimäentie 6, 06750 Tolkkinen
040-5829 296****Opintojakson suorittaminen:**

/ opintojakson aikana suunnitellaan pientalojärjestelmä, josta laaditaan havainnollinen esitys

/ suunnittelutehtävä tehdään yksilötyönä

/ opiskelija toimii tutkivana opiskelijana, mikä edellyttää aktiivista roolia suunnittelussa ja tiedonhankkimisessa.

Kurssiarviointiin vaikuttavat:

/ opinnäytetyön arvosana

/ toiminta tutkivana opiskelijana

/ itsenäinen ja johdonmukainen työskentely

OPINNÄYTETYÖ

Omakotitalojen keskikoko on vajaan kymmenen vuoden aikana pudonnut vuosi vuodelta. Syinä ilmiöön ovat asumis- ja rakentamiskustannusten nousu, kaupunkitonttien hinnat ja asuntolainojen ehtojen kiristyminen. Pienimmillään talotehtaiden mallit ovat alle 50 neliöisiä, alle rakennusmääräyksissä omakotitalolle asetetun vähimmäiskoon. Usein nämä talot ostetaan loma-asunnoiksi tai lisätilaksi, mutta esimerkiksi yksin asuva voi rakentaa minitalon myös asuinkäyttöä varten. Elämäntilanteen muuttuessa lisätila on kuitenkin usein tarpeen.

Tehtävänä on suunnitella konsepti modulaariseen mitoitusperusteiseen pientalojärjestelmälle. Järjestelmässä tulee voida osia valitsemalla suunnitella erilaisiin ja eri kokoihin tarpeisiin variaatioita pientalon tai vapaa-ajan asunnon rakentamiseksi. Konseptin perusajatuksena on rakennuksen helppo laajennettavuus tarpeiden muuttuessa tai siirrettävyys kokonaan toiselle rakennuspaikalle.

Taustatutkimuksena työssä tulee kerätä alan kirjallisuutta ja internetiä hyväksikäyttäen moduulijatteluun ja laajennettavuuteen perustuvia pientalokonsepteja tai yksittäisiä kohteita. Kerätystä materiaalista tulee tehdä analyysi, jossa huomioidaan kuinka esimerkkikohteissa modulaarisuutta on hyödynnetty, tilojen yleistä käytettävyyttä, muuntojoustavuutta, teollisen esivalmistuksen huomioimista ja kaupallisen potentiaalin määrää.

Analyysin pohjalta kehitetään tuote, jonka suunnittelussa käytetään hyväksi tutkimusosassa opittuja asioita. Tuotteen tulee koostua vapaavalintaisesta määrästä moduuleja, joita toisiinsa yhdistelemällä voidaan muodostaa erimuotoisia rakennusmassoja. Nämä yksiköt voivat olla varustettavissa tilaa jakavilla kalustemoduuleilla tai toimia itsenäisinä rakennuksen osina.

Tuotteen tulee olla teollisesti valmistettava ja siirrettävissä normaalilla kuljetuskalustolla. Rakenteiden päämateriaalina käytetään puuta. Moduulien pohjalta rakennettua rakennusta on mahdollista varioida paikalla tehtyjen lisäosien, esim. katoksien, pergoloiden ja terassien, avulla. Myös kattomuodon valinta on mahdollista tehdä tapauskohtaisesti.

Tehtävässä ei suunnitella taloteknisiä järjestelmiä ja perustuksia eikä rakenteiden lujuusominaisuuksia mitoiteta.

Väliseminaari 1:

Referenssimateriaalin esittely, työn tarkoituksen ja toteutustavan esittely, alustava aikataulu.

Väliseminaari 2:

Luonnokset konseptista ja esimerkkisovelluksesta, tekstiosan sisällysluettelo.

Loppuseminaari:

Valmiin työn esittely.

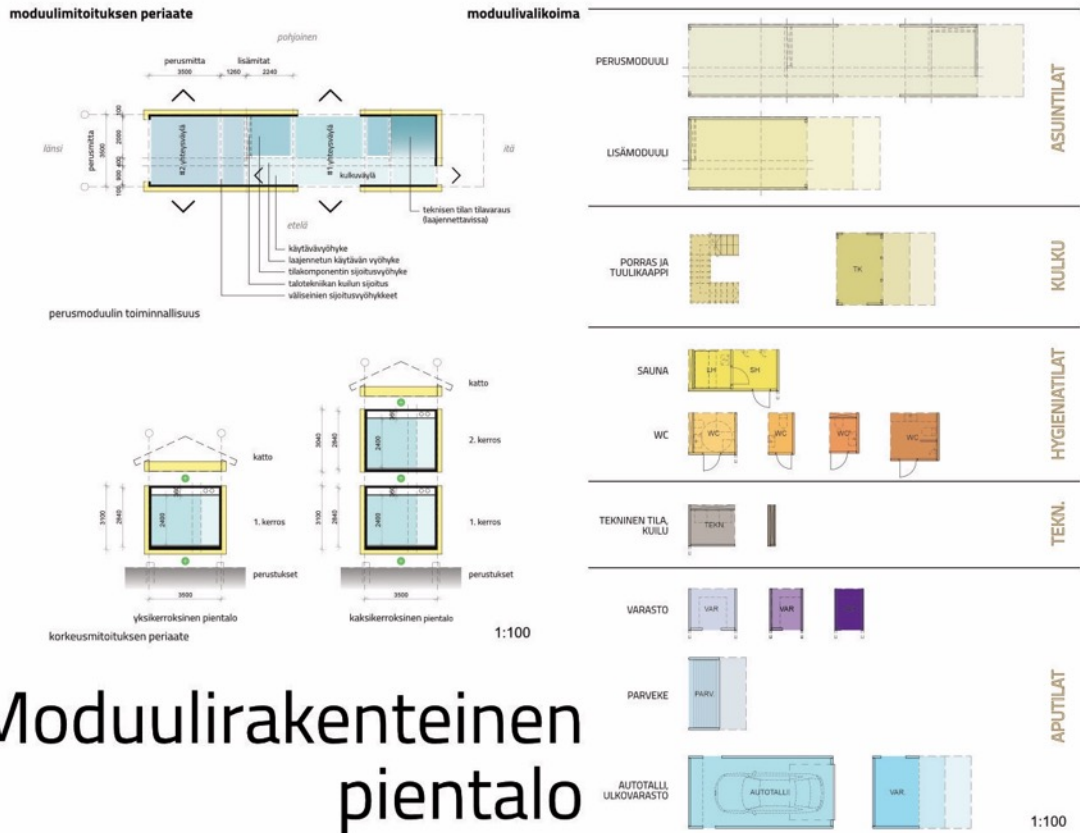
Lopulliset tulosteet:

Opinnäytetyöstä laaditaan kirjallinen osuus Metropolian opinnäytetyöohjeistuksen mukaan.

Suunnitteluosiosta laaditaan A2-kokoiset esittelyplanssit, joissa työn ideaa esitellään havainnollistavin kuvin ja tekstein.

- Pohjapiirrokset moduuleista
- Yleisleikkaus, rakennedetaljeja
- Julkisivut
- Esityskuvia

Esitysplanssi 1



Moduulirakenteinen pientalo

Modulaarinen rakentaminen on yleistynyt viime vuosina. Talojen suunnittelussa on alettu käyttää modulaarisia tiloita ja valmistusta on siirretty paikan päällä rakentamisesta teollisesti valmistettuihin elementteihin. Samaan aikaan pientalojen koko on asumis- ja rakentamiskustannusten vuoksi pienenevässä. Pienimmillään tällä hetkellä rakennettavat asuintalot ovat vain yhden tai kahden ihmisen käyttöön soveltuvia mitaloja. Elämäntilanteen muuttuessa lisätilaa on kuitenkin usein tarpeen. Vaihtoehtoja ovat silloin muuttaminen isompaan asuntoon tai nykyisen laajentaminen.

Moduulijärjestelmään perustuvassa rakennuksessa voidaan hyödyntää sarjavalmistuksen ja esivalmistuksen tuomia hyötyjä. Sarjavalmistuksessa tuotantoa voidaan tehostaa, jolloin materiaalihukan määrä sekä valmistuksessa syntyvän jätteen määrä pienenee. Esivalmistamisen hyötyinä ovat rakentamisen parempi laatu, helppo kontrollointi, työturvallisuus sekä tehokkuus. Esivalmistaminen lisää myös rakennustyön nopeutta, sillä työmaalla tehtäviä töitä ja tehdasvalmistusta voidaan tehdä samanaikaisesti. Näin rakentamiseen kuluva aika pienenee jopa puoleen paikallarakentamiseen verrattuna.

Suurimman hyödyn moduulien käyttämisestä saadaan, kun rakennus suunnitellaan modulaarisiksi suunnitteluprosessin alusta alkaen. Kun moduulien suunnittelussa huomioidaan pohjaratkaisun muunneltavuus, jaettavuus ja laajennettavuus sekä asuintilojen monikäyttöisyys, säävytään joustavuutta käyttäjän eri elämäntilanteisiin.



Esitysplanssi 2

mitoitus ja toiminnallisuus

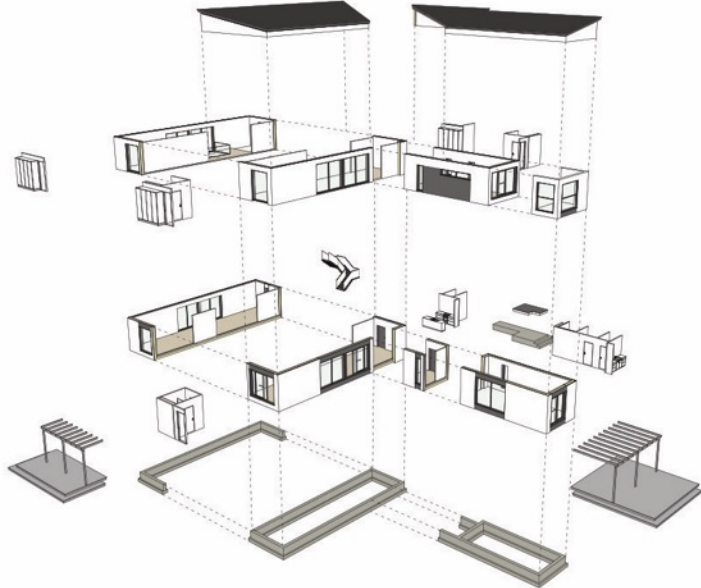
Järjestelmän runkona on tilaelementtijärjestelmä, jota täydennetään tilakomponenteilla käyttötarkoituksen mukaan.

Järjestelmän mitoituksen lähtökohtana on maantieteellisten mittarajat, jolloin moduulin leveysmitaksi on valittu 4,0 metriä. Tätä leveämpi kuljetus on automaattisesti luvanvaraista erikoiskuljetusta. Moduulin runkorakenteen perusmitta on 3500 mm, jolloin lämmöneristeelle ja julkisivumateriaalille jää vielä 250 mm tilaa molemmin puolin.

Joustavuutta järjestelmään on saatu jakamalla perusmitta kahteen pienempään osaan Aulis Blomstedtin kehittämän Canon 60 -järjestelmän lukusarjan lukujen 100, 64 ja 36 suhteilla. Luku 100 vastaa moduulijärjestelmän perusmittaa 3500 mm, lisäksi saadaan tällöin 2240 mm ja 1260 mm. Moduulin korkeusmitoitus noudattaa rakennusaineteollisuuden standardimitoitusta, jonka perusta on 3M-mitoituksessa.

Perusyksikkönä järjestelmässä toimii makuuhuoneen, tupakeittiön, hygieniatilan, teknisen tilan ja eteisen muodostama minitalo. Nämä tilat tarjoavat yhdelle tai kahdelle ihmiselle tarvittavat toiminnot ja toimii koko järjestelmän ytimenä. Keskellä sijaitseva tupakeittiö toimii laajennusosien ensisijaisena yhteysväylänä sekä yhteytenä ulkotilaan, esimerkiksi sisäpihan patioille. Toissijaisena yhteysväylänä toimii päädyn makuuhuone, joka voidaan laajennettaessa muuttaa esimerkiksi olohuoneeksi. Kulkua varten moduulissa on tilavaraus käytävälle toisella reunalla pitkä sivua. Tällä tavoin kulkuväylät kulkevat ristien pohjassa ja niiden laikkauspiste on keittiössä, joka usein toimii kodin hermokeskuksena.

Sarjatuotannon ongelmaa, lopputuotteiden samankaltaisuutta, järjestelmässä vähennetään sarjätalteen avulla. Räättälöinnin kohteina järjestelmässä ovat perustukset, aukotus, kattomuoto ja julkisivumateriaali.



esimerkki kaksikerroksisessa pientalossa käytetyistä moduuleista ja tilakomponenteista

moduulin rakenneperiaate

tekniset ratkaisut

Runkorakenteena järjestelmässä on CLT-levy (Cross Laminated Timber). Sillä saavutetaan helposti tilamoduulin siirtoon tarvittava rakenteellinen jäykkyys ilman erillisiä vinoutentoja. Rakenteen homogeenisuus lisää järjestelmän muuntojoustavuutta, sillä kiinnityksiä ja aukotuksia tehdessä ei tarvitse huomioida rankojakoa lainkaan.

Massiivirakenteena CLT-levyrunko myös sitoo itseensä lämpöä päivisin ja luovuttaa sen huonetilaan yöaikaan. Näin runko tasaa huoneilman lämpötilaa sekä vähentää kosteusvaihteluja. Runko toimii myös höyrynsulkuna ja kosteiden tilojen vedeneristykset voidaan tehdä suoraan levyn pintaan. Lattikalustukset voidaan tarvittaessa jyrä suoraan lattiaan, eikä erillisiä kallistuserokkeita tarvita.

Massiivisten välipohjien ansiosta rakenteella on hyvä ääneneristys ja värinöiden vaimennus. CLT-levyn akustiset ominaisuudet ovat myös hyvät.

Runsa puun käyttö rungossa sitoo hiiltä, joten järjestelmä pienentää myös ympäristökuormitusta.

Taloteknisiä asennuksia varten järjestelmässä on kullamoduuli pystysuuntaisia asennuksia varten. Vaakasuuuntaisille asennuksille on varattu tilaa koko elementin alalla lasketussa alakatossa. Käytävävyyhyke toimii ilmanvaihdon ensisijaisena asennuskaistana.

Elementtien latioissa CLT-levyn päälle tulee lattialämmityksen asennuskerros, jonka päälle asennetaan varsinainen lattiapinnoite. Lattialämmityksen ansiosta ikkuna-aukotukset voidaan laskea lattiapinnan tason, jolloin terassien liukuovien kynnyshöyryt saadaan pienemmiksi, samalla sisätila saadaan yhtymään visuaalisesti ulkotilaan paremmin.

kaksikerroksisen pientalon rakennelikeikkaus



Esitysplanssi 3



1. Vaihe
minitalo, 45 h-m²



2. Vaihe - 1. laajennus
1. kerroksinen pientalo, 127 h-m²



Järjestelmän perusyksikkö muodostaa itsenäisenä elementtinä minitalon. Se sisältää elämiseen tarvittavat keskeiset toiminnot kahdelle henkilölle vakituista asumista tai lomaa-asumista varten.

Ensimmäisessä laajennusvaiheessa lisätään sisäänkäynnin tuulikaappi, hygienia- ja kodinhoitotilat, olohuone ja lasten makuuhuoneet. Tekninen tila laajennetaan ja tupakeittiö muutetaan keittiöksi. Rakennus sisältää tarvittavat tilat kaksilapsiselle perheelle yhdessä kerroksessa.

Toisessa laajennusvaiheessa lisätään toinen kerros, jonne sijoitetaan makuuhuoneet, niiden yhteyteen wc-tilat sekä arkiolohuone lasten käyttöön tai television katseluun. Alakerran makuuhuoneet poistetaan yhtenäisen olohuone- ja ruokailutilan aikaansaamiseksi. Välipohjaan tehdään aukko lisättävälle porrastelementille, lisäksi ruokailutilan kohdalle avataan aukko ilmapuuden ja pohjoiseen päin avautuvien korkeiden ikkunoiden tehostamiseksi. Rakennus on nyt keskikokoa suurempi omakotitalo (vuonna 2016 rakennettujen omakotitalojen keskipikokoko oli 165 h-m²)



näkymä terassille avautuvalta sivukäytävältä keittiön suuntaan



3. Vaihe - 2. laajennus
2. kerroksinen pientalo, 230 h-m²

3

1:200

moduuleista vaiheittain tehty laajennus



näkymä laajennetun omakotitalon oleskelutiloista
suuret ikkunat avaavat näkymät sisäpihalle etelään sekä länteen, pohjoisen puolella tila avartuu välipohjaan tehdyn avauksen ja korkeiden ikkunoiden ansiosta

Esitysplanssi 4



Pientalo #1 - 177 h-m²



Pientalo #2 - 167 h-m²



Pientalo #3 - 157 h-m²



Pientalo #4 - 165 h-m²



Pientalo #5 - 230 h-m²



4

1:200

moduuleista koottuja kombinaatioita



pientalo #1, rakennus muodostaa suojaisen sisäpihan lounaan suuntaan