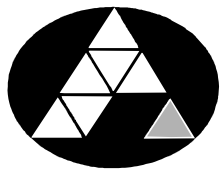


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Simo Hyttinen

PUUKERROSTALOJEN RAKENTAMISEN EDELLYTYKSET
SUOMESSA

Opinnäytetyö
Toukokuu 2011



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2011
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä
Simo Hyttinen

Nimeke
Puukerrostalojen rakentamisen edellytykset Suomessa

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö selvittää puukerrostalorakentamisen tämän hetken näkymiä Suomessa verraten niitä myös Ruotsin vastaavaan tilanteeseen. On myös etsitty syitä maiden erilaiseen kehitykseen tässä asiassa. Ruotsissa kerrostalojen rakentaminen puusta on Suomea pidemmällä johtuen paremmasta kokonaisuuden hallinnasta ja suunnittelmallisuudesta.

Työssä on käsitelty nyt Suomessa käynnissä olevia alaa koskettavia muutoksia, kuten puuelementtien avoimen teollisuusstandardijärjestelmän luomista ja puurakentamista koskevien palomääräysten muutoksia. Uudet palomääräykset antavat uusia mahdollisuuksia puukerrostalojen rakentamiseen. Rakennustuotteille pakolliseksi tuleva CE-merkintä parantaa tuotteiden vapaata liikkuvuutta Euroopan talousalueella.

Myös kerrostalorakentamiseen liittyviä puun käytön ympäristönäkökohtia on selvitetty. Puu on ekologinen materiaali ja sen käytöllä voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä ja ympäristön kuormitusta rakentamisessa.

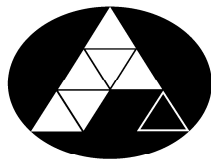
Nämä muutokset yhdessä yhä kiristyvien ympäristövaatimuksien kanssa tuovat niin uusia vaatimuksia kuin mahdollisuksiakin puun käytölle kerrostalorakentamisessa.

Puun käytön lisääminen kerrostalojen ulkoverhouksissa vaatii huolellista suunnittelua ja toteutusta.

Kieli
suomi

Sivuja 40

Asiasanat
rakentaminen, kerrostalot, puurakentaminen, puurakenteet



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
May 2011
**Degree Programme in Civil
Engineering**
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND

Author

Simo Hyttinen

Title

The Prerequisites for Building Wooden Multi-storey Apartment Houses in Finland

Abstract

The aim of this thesis was to find out the prospects of building wooden multi-storey houses in Finland at this moment. They were compared to the respective situation in Sweden. The reasons for the dissimilar progress in the two countries were also sought. In Sweden building wooden multi-storey houses is more advanced as a result of better overall control and systematic planning.

In this thesis important changes of this field are discussed such as the creation of the new industrial standard for wooden prefabricated elements and alterations to fire regulations. The new fire regulations allow new possibilities to build wooden multi-storey apartment houses.

The CE mark made mandatory to building products is improving the freedom of movement of construction products in the economic area of the EU. Also the environmental aspects of building wooden multi-storey houses are discussed. Timber is an ecological material and through its usage emissions of carbon dioxide and environmental load can be reduced.

These changes together with tightening environmental requirements are bringing new possibilities as well as new demands on using timber in multi-storey houses. The increase in the use of timber in the exterior cladding of apartment houses requires accurate design and implementation.

Language
Finnish

Pages
40

Keywords

construction, multi-storey houses, timber construction, timber-framed

Sisältö

1 Johdanto	5
1.1 Taustaa	5
1.2 Tavoite	6
1.3 Rajaus.....	7
2 Puukerrostalorakentamisen kehitystyötä Suomessa	7
2.1 Projekteja puurakentamisen hyväksi.....	7
2.2. RunkoPES:in kehitystyö käynnistetty.....	7
2.3 RunkoPES-hankkeen tavoitteet.....	8
2.4 RunkoPES:iä tarvitaan	11
2.5 Puukerrostalon runkoratkaisuista.....	12
3 Puun ekologisuus	14
4 Palomääräykset Suomessa	16
5 Ruotsi on Suomea edellä puukerrostalorakentamisessa	19
5.1 Suomen ja Ruotsin vertailua asuntorakentamisessa ja palomääräyksissä	19
5.2 Ruotsin puualan tutkimusta.....	20
5.3 Ruotsalaisia puukerrostalohankkeita.....	21
5.4 Erot Suomeen puukerrostalorakentamisen kehitystyössä.....	23
6 Suomen puukerrostalot	23
6.1 Asuintalot.....	23
6.2 Toimistotalot	25
6.3 Tekeillä olevia puurakennuskohteita	26
6.4 Tulevia puukerrostalohankkeita Suomessa.....	26
6.5 Suunnitteluasteella olevia tulevia kohteita.....	27
7 CE-merkintä pakolliseksi rakennustuotteille	28
8 Puun kestävyys kerrostalojen julkisivumateriaalina	29
8.1 Puujulkisivujen kestävyys	29
8.2 Puujulkisivujen detaljit	31
9 Tulokset ja johtopäätökset	31
10 Pohdintaa	33
Lähteet	36

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Tämän opinnäytetyön lähtökohtana on lisääntynyt kiinnostus puukerrostalojen rakentamiseen Suomessa. Tälläkin hetkellä noin kymmenellä paikkakunnalla neuvotellaan puukerrostaloalueen kaavoittamisesta. Menneinä vuosina puukerrostalojen rakentaminen on useammankin kerran noussut otsikoihin, mutta mitään suurta mullistusta tai puukerrostalojen yleistymistä ei kuitenkaan ole ollut seurauksena.

Aihe on ajankohtainen asiaa kohtaan lisääntyneen mielenkiinnon, muuttuvien määräysten sekä kehitteillä olevan puuelementtistandardin (RunkoPES) vuoksi.

Joidenkin viitteiden mukaan puukerrostalorakentaminen on Ruotsissa tällä hetkellä huomattavasti Suomea edellä, vaikka muuten nämä kaksi ovat hyvin samankaltaisia valtioita.

Olemme puukerrostalorakentamisessa myös taitekohdassa, koska yhtä sen suurimmista esteistä eli palomääräyksiä ollaan muuttamassa Suomessa. Toinen suuri askel eteenpäin teollisessa puurakentamisessa on tekeillä oleva puuelementtien standardointiin tähtäävä hanke RunkoPES, joka myös on nyt meillä käynnissä. Näiden muutosten vaikutuksia puukerrostalojen rakentamiseen on käsitelty.

Yksi suurista tämän ajan vaatimuksista on kestävän kehityksen mukainen toiminta. Koko maailman kohtalonkysymyksenä pidetään hiilidioksidipäästöjen vähentämistä ja ilmastonmuutoksen pysäyttämistä. Puun ekologisuus on kiistämätön tosiasia monilla mittareilla mitattuna. Se on uusiutuva luonnonvara ja sen käyttö pienentää hiilidioksidipäästöjä rakentamisessa.

Nämä ajankohtaiset kotimaiset kysymykset yhdessä lisääntyvän maailmanlaajuisen ympäristötietoisuuden kanssa muodostavat mielenkiintoisen ja vaativan toimintaympäristön tulevaisuudessa puukerrostalorakentamisen parissa työskenteleville. Uusia mahdollisuuksia on avautumassa helpottuvien määräysten ja yhtenäisten standardien muodossa. Puu voisi olla tulevaisuuden materiaali ja vastaus ekologisuuden vaatimukseen turvallisuutta ja taloudellisuutta unohtamatta.

1.2 Tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on

- valottaa puukerrostalorakentamisen tämänhetkistä tilannetta Suomessa. Myös käynnissä oleva puukerrostalojen kehitystyö on tarkasteltavana. Tarkoituksena on myös selvittää onko Ruotsin ja Suomen välillä puukerrostalorakentamisessa eroja ja kertoa erojen mahdollisia syitä.
- avata tänä vuonna voimaan tulevien uusien palomääräysten antamia mahdollisuuksia puukerrostalorakentamisessa. Myös puun käyttöä ekologiselta kannalta tarkasteltuna pohditaan.
- käsitellä kohta pakolliseksi tulevaa CE-merkintää, sen seurauksia sekä puujulkisivujen kestävyyttä, joka on yksi haastavimmista yksityiskohdista puukerrostalojen toteutuksessa.

1.3 Rajaus

Työ perustuu asiasta kirjoitettuihin tieteellisiin artikkeleihin, kirjoihin, ammattilehtien artikkeleihin sekä internetlähteisiin. Puukerrostaloilla tässä työssä tarkoitetaan vähintään kolmikerroksista asuin- tai toimistotaloa.

2 Puukerrostalorakentamisen kehitystyötä Suomessa

2.1 Projekteja puurakentamisen hyväksi

Vuodesta 1996 eteenpäin on Suomessa ollut käynnissä noin kymmenen erilaisista puun käyttöä edistävää ohjelmaa tai projektia. Koerakentamisella on pyritty ja onnistuttukin osoittamaan puukerrostalojen teknisten ongelmien olevan ratkaistavissa. Tästä huolimatta puukerrostalorakentaminen ei ole lähtenyt toivotulla tavalla liikkeelle. [1, s.54.]

Suomalaisen puukerrostalorakentamisen taustalla vaikuttanut Moderni puukaupunki -hanke on 14 vuoden ajan ollut viemässä puurakentamista yleisesti eteenpäin Suomessa. Hankkeen käynnisti alun perin Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudio, joka myös on koordinoanut työtä. Vuoden 2010 alusta alkaen hanke on siirtynyt Puuinfo Oy:n hallinnoimaksi projektiksi. Hankkeen tehtävät säilyvät samoina kuin ennenkin eli saada liikkeelle konkreettisia ja näyttäviä puumiljöökohteita ja myös puurakentamisen pilotti- ja esimerkkikohteita ympäri Suomea. [2.]

2.2. RunkoPES:in kehitystyö käynnistetty

Suomen puuteollisuuden kehitystyön veturiksi on perustettu maaliskuussa 2009 Finnish Wood Research Oy (FWR), joka on voittoa tavoittelematon puu-

tuotealan yhteistutkimusyhtiö. Osakkaina yrityksessä on 12 suomalaista puutuotealan yritystä (Finndomo Oy, Huonekalutehdas Korhonen Oy, Raute Oy, Versowood Oy, Ekovilla Oy, Jartek Oy, Penope Oy, Metsäliitto osuuskunta, Ruukki Group Oyj, Stora Enso Wood Products Oy, Tikkurila Oyj ja UPM-Kymmene Oyj.) Yritysten tavoitteena on tehdä puusta helpoin, luotettavin ja kannattavin rakennusmateriaali. Tutkimustyöhön on budjetoitu vuodelle 2011 3,5 milj.€. [3.]

Tutkimusyhtiön tarkoituksena on yleisemmin puutuote- ja huonekaluteollisuuden ja näihin läheisesti liittyvän teollisuuden tutkimuksen edistäminen, koordinointi sekä osakkaiden välisen tutkimusyhteistyön kehittäminen. Tämän lisäksi tavoitteena on myös kansainvälisen alan tutkimuksen seuraaminen ja yhteydenpito sekä verkottuminen alalla toimiviin tutkimuslaitoksiin, yrityksiin ja viranomaistahoihin. Tutkimustoimintaa teetetään alihankintana alan tutkimuslaitoksilla, yrityksillä ja yliopistoilla. [4; 5; 6.]

Finnish Wood Research Oy:n koordinoimana puutuoteteollisuus on käynnistänyt teollisen puuelementtirakentamisen yhtenäisen mitoitus- ja liitosjärjestelmän, RunkoPES-teollisuusstandardin laatimisen. RunkoPES 1,6 milj. €:n budjetilla on yksi FWR:n käynnissä olevista hankkeista. Muita mielenkiinnon kohteita ovat mm. energia- ja materiaalitehokas puurakentaminen, asiakaslähtöiset tuote- ja tuotantoteknologiat, uusiokäytön ja bioenergialiiketoiminnan kehittäminen.[3; 4; 5.]

2.3 RunkoPES-hankkeen tavoitteet

RunkoPES-hankkeen tavoitteena on luoda puuelementtirakentamisen yhtenäinen, avoin teollisuusstandardi, joka johtaa laajaan yrityskohtaisten, kaupallisten puurakentamisen sovellusten kehittämiseen. Hankkeen pitkän aikavälin tavoitteena on synnyttää Suomeen mittava ja kansainvälisesti kilpailukykyinen puurakennusteollisuus. Kansainvälisessä tarkastelussa on huomattu, että puuraken-

taminen on voimakasta sellaisissa maissa, joissa on olemassa vastaava avoin puurakennusjärjestelmä. [3; 1, s. 56.]

RunkoPES:in tehtävänä on standardoida puuelementtirakentamista [2] vakioimalla eri rakentamisjärjestelmien kantavien osien liitokset mittajärjestelmiseen. Tähän asti jokaisella puurakentamisen projektilla on ollut oma yksilöllinen suunnitelmansa. Luonnollisesti tämä on kasvattanut virhemahdollisuutta, koska ollaan tekemisissä uusien ratkaisujen ja detaljien kanssa ensimmäistä kertaa. RunkoPES-järjestelmän ansiosta eri valmistajien tuotteet tulevaisuudessa sopivat yhteen, mikä helpottaa merkittävästi teollista puurakentamista. [2; 3.]

RunkoPES toimii lähtökohtana alan kilpailukyvyn tehostamiselle, puuelementtirakentamisen tutkimukselle ja kehitykselle sekä yrityskohtaisille ratkaisuille [3; 4]. Ensimmäiset puukerrostalokokeilut Suomessa ovat perustuneet platform-tekniikkaan eli ns. kerroksittain rakentamiseen, jossa edellisen kerroksen kantava välipohja on toiminut työtasona seuraavan kerroksen elementeille. Myös muualla valmistettuja elementtejä on käytetty. Pilari-palkkijärjestelmääkin on kehitetty. [7, s. 206; 8, s. 19.]

Lähtökohtana järjestelmän luomisessa on, että RunkoPES ei määrittele rakennetyyppejä, vaan RunkoPES luodaan vakioimalla rakenteiden väliset liittymät. Vakiointi tehdään elementtien reunamuotoihin, sovitaan mittamoduulit, liitosperiaatteet ja perusrakennerratkaisut. Vakioiliistotekniikka mahdollistaa elementtisaumojen vakioitiivistysmenetelmien kehittämisen. Yhteisesti sovitut liitosperiaatteet tekevät eri valmistajien tuotteista ja ratkaisuista yhteensopivia. Luonnollisesti järjestelmän olisi sovelluttava myös tilaelementtiratkaisuihin. Tätä Ruotsissa yleistä menetelmää ei vielä ole Suomessa käytetty kerrostalorakentamisessa [3; 2.]

Yhteensopivuus vapauttaa kilpailuttamista ja tekee siitä läpinäkyvämpää, koska puuelementtien toimitussisällöt ja sopimusehdot ovat yhteneväisiä. Tilaaja voi esimerkiksi kilpailuttaa ja hankkia seinät ja välipohjat erikseen. Hyötynä saavutetaan myös viranomaisten toiminnan helpottuminen kun puurakentamisen määräysten tulkinta yhtenäistyy eri paikkakunnilla. [3; 5.]

RunkoPES:in kehitys tulee etenemään nyt käsillä olevasta kehitysversio 1.0:sta, jonka tarkoituksena on, että hankkeeseen osallistuvat yritykset käyttävät ratkaisuja meneillään olevissa omissa kehitys- ja rakennushankkeissaan. Näin saadaan mitattua testaustietoa syntyneistä ratkaisuisista jatkokehitystä varten. Ajatuksena on, että PES mahdollistaa oppimisen ja parantaa laadunhallintaa. Niin suunnittelulle kuin toteutukselle saadaan yhtenäiset laatukriteerit. Kun jonkun asian on kerran oppinut, voi sen suoraan siirtää seuraavaan puurakennuskohteeseen. Ratkaisut voivat olla erilaiset, mutta liitosjärjestelmät ovat samat. [3; 4.]

Tavoitteena on ohjata rakentamista siihen suuntaan, että teknistä varmuutta lisättäisiin hoitamalla hankalat asiat halleissa ja helpot työmaalla. PES vähentää työmaan osuutta ajankäytössä, pienentää käyttö- ja yhteiskustannuksia ja nopeuttaa pääoman kiertoa, lisäten näin kannattavuutta. [4.]

Mitoitusjärjestelmään sisällytetään myös, ensimmäistä kertaa Suomessa, sekä rakennusmateriaalien että rakentamisen aiheuttamat ympäristövaikutukset. Tulevaisuuteen valmistaudutaan myös ottamalla huomioon rakennusalalle tulevaisuudessa asetettavat energiatehokkuus- ja ilmastovaatimukset. Rakenteissa edellytetään niin ikään käytettävän sertifioitua puuta, joka on hankittu kestävästi hoidetuista metsistä. [5.]

PES:iin kohdistuvat suurimmat odotukset nimenomaan kerrostalorakentamisessa. Järjestelmä käy myös rivi- tai pientaloihin, mutta niissä puun osuus on jo nyt huomattavan suuri. Yhtenä mahdollisuutena puun käytön lisäämiselle pidetään nykyisten kerrostalolähiöiden yleisilmettä kohentavaa korjaus- ja täydentävää rakentamista. Vaihtoehtoina voisi olla lisäkerrosten tekeminen, parveke- ja julkisivuverhoukset. Puun kevyt ominaispaino muiden ominaisuuksien ohella voisi olla vaikuttava kilpailutekijä näissä hankkeissa. [2; 4.]

Ajankohta PES:in luomiselle on otollinen, koska esim. taloteollisuus joutuu joka tapauksessa hakemaan uusia ratkaisuja ja toimintamalleja kiristyvien energiamääräysten takia. Aikataulullisesti tutkimushankkeen on määrä olla valmis

vuonna 2013, jonka jälkeen RunkoPES tulee vapaasti kaikkien käytettäväksi. [3, s.16.]

PES-järjestelmän kehitys on yksi osa FWR Oy:n laajempaa puuelementtirakentamisen yhteistutkimusohjelmaa TEPUTUa (Teollisen puuelementtirakentamisen tutkimushanke). Tämän hankkeen tavoitteina ovat PES-määrittelyjen lisäksi vuoden 2012 vaatimustasoa olevien rakenneteknisten ratkaisujen yleiset sovellukset suunnitteluohjeina ja tuotemallipohjaisina suunnittelutyökaluina sekä puurakentamiselle sovitettut ja optimoidut talotekniset ratkaisut. Samoin on tarkoituksena luoda perusteet puukerrostalorakentamisen uusille liiketoimintamalleille. [3, s.17.]

TEPUTU-hanke kestää kolme vuotta ja loppuu vuoden 2013 toukokuussa. Budjetti on 1,6 milj. € ja henkilöresurssit 125 htkk. Rahoittajia ovat TEKES, Suomen Metsäsäätiö, FWR Oy osakasyritykset, Puuinfo Oy sekä Partneriyritykset. Mukana olevia tutkimuslaitoksia ovat TTY, AY, OY, VTT, OAMK, TAMK, Symbioosi Oy. [3, s.19-20.]

Yhteispohjoismaisista hankkeista mainittakoon Nordic Wood -tutkimusohjelma, joka on keskittynyt puukerrostaloihin ja johon Suomi on osallistunut. [1, s. 54.]

2.4 RunkoPES:iä tarvitaan

On hämmentävää ajatella, että betonirakentamista ohjaava avoin BES-järjestelmä on ollut käytössä maassamme jo yli neljäkymmentä vuotta ja puurakentamiseen vasta nyt ollaan luomassa jotakin vastaavaa. Betonirakentamisen BES on ollut välttämätön, ilman sitä ei olisi pärjätty. Ennätysmäinen 1970-luvun asuntotuotanto ei olisi ollut mahdollista, ellei BES-järjestelmää olisi ollut [9]. Aivan samoin voidaan ajatella, että puurakentaminen ei voi päästä kunnolla vauhtiin ilman omaa PES-järjestelmäänsä.

2.5 Puukerrostalon runkoratkaisuista

CLT (cross laminated timber) on tekniikka, jossa rakennuksen kantavina pysty- ja vaakaelementteinä toimivat laudoista kerroksittain ristiin liimatut massiiviset puulevyt. CLT-järjestelmää on Suomessa kehittänyt mm. StoraEnso. CLT-tekniikan ohessa toinen vastaava on MHM (Massiv Holz Mauer) -tekniikka, jossa kantavat massiiviset puulevyt kootaan niin ikään vieriviereen ja kerroksittain ristiin ladotuista laudoista, mutta käyttäen kokoamiseen liiman sijasta alumiininauloja. Kumpaakaan näistä järjestelmistä ei ole laajassa mittakaavassa käytetty vielä Suomessa, mutta käyttöä ollaan lisäämässä. Keski-Euroopassa molemmista järjestelmistä on jo paljon kokemusta ja tietoa. [2.]

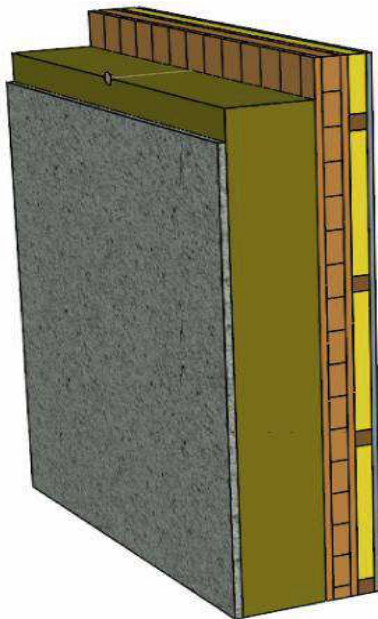
Stora Enson CLT-tuotanto on käynnistynyt Itävallassa 2008. Asuntoja tällä tekniikalla on rakennettu 2010 aikana noin 600 kpl Euroopassa omakoti- ja rivitaloihin [10, s. 8.]

Stora Enso oli kehittämässä omaa massiivipuupohjaista CLT-puurakentamisjärjestelmäänsä ennen kuin PES-järjestelmää alettiin suunnitella Suomessa. Nyt yritys aikoo kääntää järjestelmänsä PES:in mukaiseksi säästääkseen osin omaa kehitystyötään, koska oma järjestelmä ei ollut vielä täysin valmis. Tarkoituksena on, että ensimmäiset kerrostalokohteet tultaisikin toimitamaan uuden PES-järjestelmän mukaisina. [4.]

Stora-Enson Wood Products CLT-levy koostuu lautakerroksista, joita on 3,5 tai 7 kpl, paksuudeltaan 19 - 43 mm. Lautojen leveys voi vaihdella ja raaka-aineeksi kelpaavat kuusi, mänty ja lehtikuusi. Liimaukseen käytetään polymeeripohjaista liimaa 150 g/m². Liimakerrokset lisäävät puun höyrytiiveyttä, mutta eivät kuitenkaan kokonaan estä kosteuden kulkeutumista tiiviin kalvon tavoin. Suomessa CLT:stä tehtäviin seinäelementteihin käytetään puukuitueristettä 200 mm:n kerros 100 mm:n CLT-levyn päälle, kun taas Saksassa lämmöneristeenä käytetään myös polyuretaania. Levymäiset lämmöneristeet kiinnitetään koolamalla tai naulaamalla ja suojaksi kiinnitetään tuulensuojalevy. Ulkoverhouksen koolaus kiinnitetään villan läpi ruuveilla. [11.]

Tällaisten elementtien maksimikoko on 2,95x16 m². Puuelementit painavat vain neljäsosan vastaavien betonisten elementtien painosta. Kokoa rajoittavana tekijänä onkin valmistustekniikka eikä paino. Normaalin elementin lisäksi muita ilma- tai höyrysulkurakenteita ei tarvita. Asennus on nopeaa ja välipohjat saa nopeasti kiinnitettyä paikoilleen. Saksasta saatujen kokemusten mukaan nelikerroksisen kerrostalon varsinainen elementtien pystytys etenee kerros päivässä – vauhdilla [12]. Nopea asennus merkitsee myös lyhyttä kokonaisrakennusaikaa. [11.]

Kuvassa 1 on esitetty kolmikerroksinen massiivielementti ulkoseinäelementin osana. Ulkopinta on rapattu. Rakennetta on käytetty Ruotsissa Limnologeninimisessä taloyhtiössä. [13, s. 30.]



Kuva 1. Massiivipuurakenne ulkoseinän osana. [13, s. 30.]

CLT-rakenteinen välipohja on myös jäykkä maksimitaipuman ollessa 20 mm kuuden metrin matkalla. Myös koko talon painuminen on vähäistä: 3 mm kerroksen osalta [11]. Tämä on vähän verrattuna aikaisempiin kokemuksiin, joiden mukaan Suomessa on mitattu 5 - 10 mm:n painumia kerrosta kohti ns. avoimen järjestelmän mukaisissa kerrostalokohteissa [14].

Finnforestin saksalainen tytäryhtiö on kehittänyt CLT-tekniikan jo 10 vuotta sitten [4]. Metsäliiton Puutuoteteollisuudella on tarjolla myös oma Finnforest-kerrostalojärjestelmänsä, joka perustuu kertopuiseen pilari-palkki-ripalaatta-systeemiin. Tämänkin rakentamistavan etuna pidetään nopeutta ja sitä, että rakennuksen runko saadaan nopeasti vesikaton alle sääsuojaan. Järjestelmä on pitkälle konseptoitu ja sen kilpailukykyisimpänä alueena nähdään 3–4 -kerroksiset asuinkerrostalot. [2.]

3 Puun ekologisuus

Suomen alasta 2/3 on metsää. Ajatus puun ekologisuudesta perustuu seuraaviin väittämiin: metsät toimivat hiilinieluinä, puutuotteet varastoivat hiiltä, puun käyttö vähentää hiilidioksidipäästöjä korvaamalla tuotteita, joiden valmistus aiheuttaa niitä. [15.]

Puuta Suomessa näyttäisi riittävän. Vuosien 2002 - 2006 aikana Suomessa hakattiin noin 56 miljoonaa m³ vuodessa, mikä on noin 16 miljoonaa m³ vähemmän kuin mitä olisi mahdollista ottaen huomioon kestävyysrajoitteet. Toisin sanoen kestävästä hakuumahdollisuudesta oli käytössä tänä aikana 80–85 %. [16, s. 1,2.]

Kasvihuoneilmion ja ilmaston lämpenemisen uhka pakottaa etsimään uusia entistä ympäristöystävällisempiä tapoja rakentaa ja elää. Puu on perinteinen rakennusmateriaali johtuen sen yleisyydestä, hyvistä lujuusominaisuuksista ja helposta työstettävyydestä. Puurakentamisen lisäämistä pidetään yhtenä hyvänä keinona lisätä uusiutuvien raaka-aineiden käyttöä ja torjua ilmastonmuutosta. Euroopan metsistä 80 % katsotaan tällä hetkellä olevan kestävä kehityksen mukaisessa hoidossa. Maailmanlaajuisesti metsät peittävät noin 30 % maasta. Puurakenteisista rakennuksista, puukerrostalot mukaan lukien on nykyaikaisilla toteutusmenetelmillä saatu laadukkaita kilpailukykyiseen hintaan. Puutuotteista valmistettujen talojen työmaita pidetään myös rakennusaikaan hiljaisi-

na ja valmiita taloja käyttäjäystävällisinä, ihmisille terveellisenä ja luonnollisena elinympäristönä. [17, s. 11,12.]

Yksi kuutio puuta sisältää noin 200 kg hiiltä, mikä vastaa noin 750 kg hiilidioksidia, mikä taas on verrattavissa noin 5000 km automatkan aiheuttamiin päästöihin. Puurakentamisen lisääminen 10 % Euroopassa täyttäisi arvioiden mukaan 25 % Kioton pöytäkirjan Euroopalle asettamista päästövähentämistavoitteista. Tästä huolimatta EU-tasolla ei ole ryhdytty mihinkään merkittäviin puurakentamista kannustaviin toimiin tähän mennessä.[18, s. 1,2.]

Puun ekologisuuden korostaminen johtaa usein vertailuun, joka tuntuu betonin arvostelulta. Toisaalta johonkinhan puuta materiaalina on verrattava ja luonnollisesti mieleen tulee tällä hetkellä käytetyin rakennusten rungon materiaali eli betoni.

Joidenkin laskelmien mukaan kaiken Euroopan asuntorakentamisen toteuttaminen puusta betonin sijaan vähentäisi asuntorakentamisen aiheuttamaa luonnonvarojen kulutusta 70 % ja hiilidioksidipäästöjä 60 %. Rakentamalla 1 neliömetri puukerrostalon seinää saadaan samalla tehtyä myös 52 kg hiilidioksidivaraa. Jos tämä puuseinä korvaa betoniseinän, jää myös betonin valmistuksen aiheuttama 110 kg:n hiilidioksidipäästö syntymättä. [19.]

Betonin ympäristötaakka on kieltämättä melkoinen, koska betonin raaka-aineena käytettävän sementin valmistuksen osuus koko maailman hiilidioksidipäästöistä on jopa 5–8 % [15, s.8].

Rakentamisen osuus kaiken kaikkiaan Euroopan luonnonvarojen käytöstä on 33–50 % ja tuotetun jätteen määrästä 40–50 % painon mukaan tarkasteltaessa. [15, s.8.]

Betoniteollisuuden edustajat muistuttavat, että rakennuksen elinkaaren aikaisesta energiankulutuksesta on käyttövaiheen osuus yleensä 80–90 % ja rakentamisvaiheen osuus vain 10–20 %. Rakennuksen purkuvaiheen osuus energiankulutuksesta on hyvin pieni, normaalisti korkeintaan muutama prosentti [23].

Uuden energiatehokkuusdirektiivin mukaan jo vuonna 2021 kaikkien uudisrakennusten tulee olla EU:ssa lähes nollaenergiataloja [18, s.3]. Ollakseen kilpailukykyisiä on puukerrostalojen rakenteellisesti kyettävä samaan tai parempaan energiatehokkuuteen käytön aikana kuin muidenkin materiaalien. Purkuvaiheessa puurakenteet lienevät hyvinkin kilpailukykyisiä helpomman purettavuuden ja kierrätettävyytensä ansiosta.

4 Palomääräykset Suomessa

Useita puurakenteiden palo-ominaisuuksiin liittyviä tutkimuksia on suoritettu eri puolilla maapalloa. Kattavan testauksen tuloksena on puun käyttäytymisestä palotilanteessa ja turvallisesta käytöstä saatu uutta tietoa. Tämän seurauksena palomääräyksiä onkin alettu tarkastella uudelleen useissa maissa ja puun laajempaa käyttöä sallia. Eurooppalaisella tasolla palotestejä ja luokitteluja on yhdenmukaistettu, mutta talotyyppejä koskevat ja kuluttajalle näkyvät määräykset tulevat edelleen kansallisilta tahoilta. Toisin sanoen teknisen tason yhteiset eurooppalaiset standardit ovat jo olemassa, mutta palomääräykset ovat kansallisia eli niistä päätetään poliittisella tasolla. Ajan kanssa standardien harmonisoinnin voi toivoa johtavan myös kansallisten palomääräysten yhtenäistymiseen. [17, s. 24.]

Tällä hetkellä Euroopassa on suuria eroja puukerrostaloja koskevissa palomääräyksissä. Erityisesti eroja on sallitussa kerrosten lukumäärässä sekä puuverhosten käytössä niin sisällä kuin ulkonakin. Joillakin mailla ei ole erityisiä määräyksiä eikä kerrosten lukumäärääkään ole rajoitettu. Toisaalta käytännön ja taloudelliset seikat ovat rajoittaneet kerrosluvun kahdeksaan. [17, s. 13.]

Suomessa on ollut mahdollista rakentaa 3 - 4 -kerroksisia puukerrostaloja vuodesta 1997 lähtien. Sitä ennen puuta sai käyttää enintään kaksikerroksisten rakennusten kantavissa rakenteissa. [20, s. 16]. Tilanne Ruotsissa on ollut erilai-

nen jo vuodesta 1994 lähtien, jolloin siellä sallittiin puukerrostalorakentaminen [20, s. 29].

Tässä suhteessa Suomessakin on tilanne nyt muuttumassa. Ympäristöministeriö on asettanut työryhmän selvittämään ne asiat, jotka aiheuttavat aiheetonta haittaa ja ylimääräisiä kustannuksia puurakentamisen kannalta. Tehtävä kohdistui siis yleisesti puurakentamiseen, ei erityisesti kerrostalojen rakentamiseen. Samoin tehtävä kohdentui olemassa oleviin määräyksiin, eikä esimerkiksi paljon muuten esillä olleisiin ympäristöarvoihin. Työryhmän huomion kohteena ovat erityisesti olleet rakennusten rakenteellisen paloturvallisuuden määräykset, ohjeet ja niiden tulkinta. Lähtökohtana on myös eri rakennusmateriaalien tasapuolinen kohtelu samoin kuin puun käytön ja puurakentamisen edistäminen. Tämä työryhmä on jättänyt selvityksensä asiasta vuoden 2010 lopulla ja selvitykseen perustuva esitys uudistumassa olevista rakentamismääräyskokoelman osista on lausuntokierroksella keväällä 2011. [21; 22.]

Selvityksen liitteenä on VTT:n tutkimusraportti VTT-R-07556-10 "Yksinkertaistetut vaatimukset P2-paloluokan asuin- ja työpaikkakerrostalon palo-osaston kantavien rakenteiden suojaukselle ja toiminnallisen palomitoituksen selkeytys". VTT on myös julkaissut edellä mainittua raporttia täydentävän raportin puurakenteiden rakenteellisesta suojauksesta, sen soveltamisesta ja julkisivuja koskevista vaatimuksista sekä kantavien rakenteiden sortumattomuudesta. (VTT-R-10312-10 "Puukerrostalojen paloturvallisuus – vaatimusten perusteluja, ehtoja ja soveltamisohjeita".) [21, s. 5.]

Työryhmän esityksien pohjalta tehtyjä muutoksia rakentamismääräyksiin ovat mm. puukerrostaloja koskevien vaatimusten tarkentaminen sekä luokkiin ja lukuarvoihin perustuvien vaatimusten laajentaminen koskemaan enintään 8-kerroksisia asuin- ja työpaikkarakennuksia. Nykyisin luokkiin ja lukuarvoihin perustuen saa rakentaa enintään 4-kerroksisia kerrostaloja. Vaihtoehtoisena rajana uudelle sallitulle kerrosluvulle on 26 metrin korkeus. Suojauskeinoksi esitetään automaattista sammutuslaitteistoa ja runkorakenteiden rakenteellista suojausta paloa vastaan. Enintään 4-kerroksisia taloja saisi rakentaa ilman sammu-

tuslaitteistoa, kunhan puurakenteet suojataan tehokkaasti rakenteellisin keinoin. [21,s. 7.]

Myös puun käyttöä kerrostalojen julkisivuissa halutaan helpottaa. Tällä hetkellä puujulkisivuja voi käyttää enintään 4-kerroksisissa asuin- ja työpaikkarakennuksissa, jos ne on varustettu automaattisella sammutuslaitteistolla ja rakenteellisin keinoin on rajoitettu ulkoisen syttymisen aiheuttaman palon leviämistä. Nyt puun käyttö laajentuisi enintään 8-kerroksisiin taloihin sammutuslaitteistojen kanssa tietyn lisäedellytyksin ja 4-kerroksiset talot vapautuisivat automaattisten sammutuslaitteiden vaatimuksesta. Samoin tuotanto- ja varastorakennusten sekä kokoontumis- ja liikerakennusten ulkoverhouksessa puun käyttö mahdollistuisi. [21, s. 7.]

Kolmas tärkeä muutos on puisen lisäkerroksen rakentamisen mahdollistava muutos. Nykyisten palomääräysten mukaan ei ole mahdollista rakentaa puurunkoista lisäkerrosta esimerkiksi betonisen kerrostalon päälle eikä myöskään käyttää puuta lisäkerroksen julkisivussa. Tulevaisuudessa lisäkerroksen runko voi olla puuta, kunhan käytetään rakenteellisia palosuojauksia ja palamattomia lämmöneristeitä. Samoin ulkoseinän verhouksena voisi olla puuta, kunhan palon leviäminen ullakolle on estetty tehokkaasti ja sen leviämistä seinissä on rajoitettu tarpeeksi. [21, s. 8.]

Taustamuistiossaan ympäristöministeriö toteaa, että ehdotetuilla muutoksilla ei ole merkittäviä taloudellisia vaikutuksia. Paloturvallisuussuunnittelun kustannusten oletetaan alenevan suunnittelutyön yksinkertaistumisen myötä. Samoin joidenkin rakennustarvikkeiden markkinaosuuksien oletetaan muuttuvan. [24.]

Ehdotuksilla ei oleteta olevan merkittäviä ympäristövaikutuksia eikä myöskään merkittäviä vaikutuksia henkilöturvallisuuteen. Omaisuusvahinkojen määrän katsotaan voivan kasvaa joissakin tapauksissa. [24.]

Suomessa hieman vierastetaan automaattisten sammutusjärjestelmien käyttöä asuinrakennuksissa. Kuitenkin nämä sprinklerijärjestelmät ovat osoittautuneet varsin tehokkaiksi palovahinkojen torjunnassa esimerkiksi

Pohjois-Amerikassa. Hintakustannukseltaan sitä voi verrata parkettiin. [25.]

Sprinkleri estää palon nopean leviämisen ja pelastaa näin ihmishenkiä. Laitteisto ei reagoi savuun vaan vasta 70 °C:n lämpöön, jolloin vikahälytykset jäävät pois. USA:ssa on jo 25 vuoden ajan käytetty sprinklereitä asunnoissa ja saatu palokuolemat tältä osin käytännössä poistettua. [26.]

Palomääräysten mahdollistama puurunkoisen talon kerrosluku eri Pohjoismaissa on kasvanut vuosien myötä (taulukko 1).

Taulukko 1. Palomääräysten sallimat kerroskorkeudet Pohjoismaissa (v. 1994-2003) [26].

	1994	1997	1999	2003
Ruotsi	8	8	8	8
Norja	3	8	8	8
Suomi	2	4	4	4
Tanska	1-2	1-2	4	

5 Ruotsi on Suomea edellä puukerrostalorakentamisessa

5.1 Suomen ja Ruotsin vertailua asuntorakentamisessa ja palomääräyksissä

Niin Suomessa kuin Ruotsissakin puurakentamisen perinne pääsi katkeamaan 1960-luvun jälkeen. Ruotsin palomääräyksiä muutettiin puurakentamiselle edullisemmaksi vuonna 1994. Ensimmäiset puukerrostalohankkeet on Ruotsissa aloitettu 1994.[27.]

Jos Ruotsi pääsikin palomääräyksissä Suomea edelle 1994, niin silti vielä vuonna 2003 SP Trätekin eli paikallisen puualan teknisen tutkimuslaitoksenkin tilastojen mukaan vain 2 % Ruotsin useamman asunnon taloista sai puurungon. Syynä tähän ovat juuri nämä samaiset palomääräykset. Kuitenkin jo vuoteen 2003 mennessä Ruotsissa oli rakennettu noin kaksikymmentä puukerrostaloa. [27.]

Vuoden 2000 loppuun mennessä Ruotsissa oli rakennettu yhteensä 15 puukerrostalokohdetta, jotka vaihtelevat suuresti runkorakenteeltaan ja ulkovalvonnaltaan. Vuoden 2000 lopulla puukerrostalojen osuus Ruotsin kerrostalomarkkinoista oli 5 %. Vastaavasti esimerkiksi Yhdysvalloissa vastaava luku oli 80–90 %. [7, s. 78-79.]

Toisen lähteen mukaan tarkasteltaessa useampi- kuin kaksikerroksisia kerrostaloja oli näissä puurunkoisten osuus vuonna 2003 2 - 3 %. Vastaava luku oli vuonna 2010 jo 15 %. [28, s. 6.]

Ruotsin ja Suomen rivi- ja kerrostalojen asuntotuotanto on yllättävän samansuurista. Ruotsissa valmistui vuonna 2009 14447 asuntoa useamman kuin yhden asunnon taloihin. [29]. Vastaavasti Suomessa oli aloitettuja rivi- ja kerrostaloasuntoja vuonna 2008 yhteensä 12200 kpl ja vuonna 2009 13400 kpl. [30, s. 3.]

Yhteensä Pohjoismaissa on rakennettu vuosina 1995–2000 puukerrostaloihin 1660 huoneistoa, joissa on noin 68 000 h-m². [28.]

5.2 Ruotsin puualan tutkimusta

Ruotsissa on panostettu paljon puualan tutkimukseen kansallisesti ja kansainvälisesti. Esimerkiksi

- Vinnovan 16 projektia: 15,3 milj. euroa
- Wood Wisdom net 5 projektia: 0,8 milj. euroa
- EcoBuild competence centre: 11,4 milj. euroa

- EU- project Indisbutable key: 12 milj. euroa.

Yhteensä siis 23 projektia, joissa rahoitusta yhteensä noin 40 miljoonaa euroa. Tässä on vain osa päättyneistä tai käynnissä olevista projekteista. [31.]

SP Trätek on ollut osa Ruotsin valtion tutkimuslaitosta, SP Sveriges Tekniska Forskningsintitut, vuodesta 2004 lähtien ja vastaa puualan tutkimuksesta Ruotsissa. Tutkimuksen lisäksi SP Trätekin toiminta kattaa koko ketjun aina sahauksesta jatkojalostuksen kautta puurakentamiseen. Vuonna 2007 Ruotsissa on aloitettu 6 vuoden pituinen valtion ja elinkeinoelämän yhteinen ponnistus metsä- ja puualan tutkimuksen hyväksi. Tähän varattu rahoitus on 500 miljoonaa kruunua, joka vastaa euroina 56 miljoonan summaa. SP Trätek toimii neljällä paikakunnalla 80 hengen voimin. Vain osa SP Trätekin tutkimuksesta kohdistuu suoraan puukerrostalojen rakentamiseen, mutta useiden osa-alueiden tutkimus auttaa välillisesti niiden rakentamista. SP Trätek on ollut mukana vaikuttamassa ja arvioimassa joitakin puukerrostaloprojekteja Ruotsissa. Inre hamnen - nimisessä kohteessa, siihen asti korkeimmassa puukerrostalossa, Sundsvallissa vuosina 2004 - 2007, SP Trätek tutki mm. tuulijäykisteiden käyttöä ja elementtien varustamista valmiilla johdotuksilla. Rydebäck Helsingborissa on vuosina 2006 - 2007 rakennettu viisikerroksinen perinteisellä puurungolla toteutettu talo, jossa tutkittiin metallisten jäykistetankojen käyttäytymistä. Vuonna 2007 aloitettiin kohde Limnologen Växjössä, jossa tutkittiin mm. rungon värähtelyjä sekä puurungon painumia. [31.]

5.3 Ruotsalaisia puukerrostalohankkeita

Växjön kunnassa Ruotsissa on 10 - 15 vuoden aikana tarkoitus rakentaa 100 000 k-m² modernia puukaupunkia Välle Broar -kaupunginosaan [32].

Limnologen (kuva 2) on kahden taloyhtiön kokonaisuus, jossa on neljä kahdeksankerroksista taloa, joissa yhteensä 134 asuntoa. Talossa on massiivipuurunko. Etelän puoleiset julkisivut ovat kokonaan puuta ja suunniteltu siten, että ne

ovat suojassa sateelta sekä helposti huollettavia. Osa seinistä on rapattu. [32; 31, s. 12.]



Kuva 2. Limnologen, Ruotsi. 8-kerroksinen puutalo. [13, s. 30.]

Portvakten on 8-kerroksinen kahden talon ja 64 asunnon vuokrayhtiö ja se on rakennettu 2009. Talot ovat Ruotsin siihen asti korkeimmat puurunkoiset kerrostalot ja sen lisäksi ne on rakennettu passiivitalovaatimusten mukaisesti. [32.]

Nämäkin Välle Broar-alueen talot kuuluvat Ruotsin Trästad 2012 -ohjelmaan. Kaikkiaan tähän ohjelmaan on liittynyt 12 kaupunkia ympäri maata. Projektin tavoitteena on puurakentamisen kehittäminen uusien konseptien kohti eurooppalaisia ja globaaleja teollisen puurakentamisen markkinoita. [33, s. 3.]

Tällä hetkellä jotkut katsovat, että puurakentamisessa ollaan pisimmällä Ruotsissa, mutta tekninen tuotekehitys taas on pisimmällä Saksassa, Itävallassa ja Sveitsissä. Mielenkiinnon kohteena näissä maissa ovat esimerkiksi ns. aktiiviset

elementit, joilla tarkoitetaan esimerkiksi lattiaelementtejä, joissa on valmiina lattialämmitys. Aktiivisia elementtejä ovat myös sellaiset etelän puoleiset seinät, joissa osa lämmöneristeen käyttämästä tilasta on korvattu energiakeräimillä, jotka varastoivat lämpöä massiiviseen seinään. [12.]

5.4 Erot Suomeen puukerrostalorakentamisen kehitystyössä

Ruotsissa on pystytty paremmin hyödyntämään koerakentamisen tuloksia ja toiminta on ollut systemaattisempaa kuin Suomessa. Yhteispohjoismainen Nordic Wood -hanke on vienyt puukerrostalorakentamista Ruotsissa enemmän eteenpäin kuin Suomessa. Ruotsissa on panostettu koko rakentamisen ketjuun enemmän ja esimerkiksi rakennuttajien ja rakennusliikkeiden osuus on merkittävämpi kuin meillä. Suomen puualan koulutusta pidetään riittämättömänä ja esimerkiksi Ruotsin Industrial Doctoral -ohjelmaa vastaavaa järjestelmää meillä ei ole. Tässä yrityksille suunnatussa ohjelmassa tarjotaan tukea tohtorinkoulutukseen. [1, s. 54.]

6 Suomen puukerrostalot

Seuraavassa on esitelty Suomen puukerrostalohankkeita lyhyesti taulukkomuotoon koottuina tietoina sekä joidenkin teknisiä ominaisuuksia.

6.1 Asuintalot

Suomeen on rakennettu vuosien 1996 ja 2006 välisenä aikana 11 puukerrostalokohdetta, joissa on 31 erillistä rakennusta ja 517 asuntoa (taulukko 2).

Taulukko 2. Suomeen rakennetut puukerrostalot v.1996 alkaen [34.]

Nimi	Sijainti	Taloja	Krs	As.	K-m2	Rak.v.
K Oy Ylöjärven v.talot	Ylöjärvi	3	2-3	19	1465	1996
K Oy Viikinmansio	Helsinki	7	2-4	65	5883	1997
K Oy Puukotka	Oulu	3	3	33	2190	1997
Tuusulan Hyrylän puukerrostalot	Tuusula	2	4	46	3622	1997
Raision asuntomessujen puukerrostalot	Raisio	3	4	42	2550	1997
Puu-Paavolan puukerrostalot	Lahti	4	4	73	7300	1998, 2000 2002, 2003
As Oy Porvoon Fredrika	Porvoo	1	2-3	19	1371	1998
As Oy Porvoon Aleksanterinkatu 29	Porvoo	1	4	24	2498	1999
Naantalin puukerrostalot	Naantali	3	4	51	4080	2000
Oulun Puu- Linnanmaan puukerrostalot	Oulu	1	3	14		2000
Vuosaaren kiinteistöt Oy Omenämäki	Helsinki	3	3-4	131	15031	2006
Yht. 11 kohdetta		31		517		

Puu-Paavolan Poppeli-kerrostalo oli ensimmäinen puhtaasti platform-tekniikalla toteutettu puukerrostalo Suomessa. [35.]

Vuosaaren Omenämäen puukerrostalot ovat ensimmäiset, joihin kaavoituksella on osoitettu rakennettavaksi rakenteiltaan ja verhouksiltaan puisia kerrostaloja [36]. Kohde oli selkeästi vielä koerakentamista, mistä johtuen esimerkiksi arkkitehtisuunnitteluun käytetty aika oli noin 60 % tavanomaista suurempi. Myös rakennusaikataavoite ylittyi. Saatujen kokemusten perusteella elementointiasteen olisi pitänyt olla suurempi, jolloin saumoista ja liitoksista johtuvia ongelmia olisi vähennetty. Projektin johtopäätöksinä kokeilujen jatkamisen ja kokemusten dokumentoinnin tarpeen lisäksi oli se, että koerakentamiselle tarvittaisiin selkeää vastuunkantajaa Suomessa. [37.]

6.2 Toimistotalot

Toistaiseksi kerrostaloksi luokiteltavia toimistotaloja on vain kolme (taulukko 3). Ne kaikki ovat puualaan liittyvien toimijoiden rakennuttamia.

Taulukko 3. Puurakenteiset toimistokerrostalot [34.]

Nimi	Sijainti	Taloja	Krs	Br-m2	Rak.v.
Metla-talo	Joensuu	1	3	7563	2004
Finnforest Modular Office (FMO)	Espoo	1	4	13408	2005
Pilke, toimisto- ja näyttelyrakennus	Rovaniemi	1	4	5589	2010

Metla-talo on rungoltaan ja täydentäviltä osiltaan pääosin puuta. Runko muodostuu pilareista, palkeista ja kotelolaatoista 7,2 metrin moduulissa. Julkisivut on tehty työmaalla rakennetuista elementeistä. [38.]

Metla-taloa rakennettaessa on samalla tutkittu teknisten ongelmien lisäksi rakentamisen taloudellisia seurauksia, kuten työllisyysvaikutusta sekä ekologisia vaikutuksia, kuten energiankulutusta ja ympäristökuormitusta. [39.]

FMO on Euroopan korkein puurakenteinen toimistotalo. Talon hissikuilut, poistumistieportaat ja kellari ovat betonia ja katon jäykistävät ristikot taas terästä. [40.]

Pilke on pilari-palkkirakenteinen puutalo, jonka kellarikerros on betonia. Jäykisteenä on käytetty betonirakenteisia porrashuoneita ja hissikuilua. Ulkoseinissä on käytetty kantavia puuelementtejä [41]. Paloteknisten vaatimusten täyttämiseksi Pilkkeen näkyvä liimapuurunko on käsitelty palosuoja-aineella [42, s. 8].

6.3 Tekeillä olevia puurakennuskohteita

Tällä hetkellä tekeillä olevia puurakenteisia toimistotaloja ovat Nuuksion luontokeskus ja Synergia-talo Helsinkiin.

Nuuksion luontokeskuksen pinta-ala on 3200 brm² ja tämän kolmikerroksisen talon on määrä avata ovensa 2012. [43.]

Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) toimitalo, joka on saanut nimekseen Synergia-talo on rakenteilla Viikkiin Helsinkiin ja sen on määrä valmistua 2013. Talon rakentamisen yhteydessä on tarkoitus tutkia ja vertailla Suomessa käytettyjä ympäristöluokitusjärjestelmiä kuten PromisE- , LEED- ja Breeam –luokituksia. Pinta-alaltaan Synergia-talo on 12855 ohm², jolla tarkoitetaan tilaohjelman mukaista huonealaa. [44, s. 1.]

6.4 Tulevia puukerrostalohankkeita Suomessa

Suomessa on myös pitkälle vietyjä suunnitelmia ainakin neljästä uudesta asuin- käyttöön tulevien puukerrostalojen kohteesta, joista osa valmistuu vielä tänä vuonna (taulukko 4).

Taulukko 4. Tulevia asuinpuukerrostaloja [43]

Nimi	Sijainti	Taloja	Krs	As.	K-m2	Rak.v.
Sivulanpelto	Saarijärvi	1	4	n.30		n. 2013
Pulkkisenkulma	Mikkeli	1	6		6440	2013
Heinolan Vierumäki	Heinola	1	5	27	1915	2011
Viikin Latokartano	Helsinki	6	3-4	113	6917	2011

Sivulanpellon asemakaava vahvistuneen kesällä 2011, jonka jälkeen alkaa varsinaisen suunnittelu. Sivulanpelto on tarkoitettu ikääntyville ihmisille ja toteutetaan asumisoikeusasuntoina. [45.]

Pulkkisenkulma on Suomen ensimmäinen 6-kerroksinen puukerrostalo, sen kantava runko aiotaan toteuttaa CLT-elementtejä käyttäen. [46.]

Heinolan Vierumäki on 5-kerroksinen pilari-palkki-rakenteinen talo, joka rakennetaan passiivien energiatasoiseksi. Hissikuilu on betonirakenteinen äänitekniiikan takia, ei jäykistämisen vuoksi. Ulkoseinäelementit ovat kantavia ja puuverhottuja. Tämä on Suomen ensimmäinen yli nelikerroksinen puukerrostalo. Rakennusaikana on aikomus käyttää apuna suojaavaa telttää. [34.]

Viikin Latokartanoa Helsingissä ei haluta kutsua enää koerakentamiseksi, koska siinä käytettävästä järjestelmästä on jo viiden vuoden kokemus Suomessakin. Järjestelmä on Metsäliiton Puutuoteteollisuuden Finnforest-kerrostalojärjestelmä. Kohde on osa Helsingin kaupungin ”Kehittyvä kerrostalo”-ohjelmaa. Järjestelmä sisältää kertopuisen rungon ja katto-, ulkoseinä- ja välipohjaelementit. Elementtijärjestelmän etuna pidetään rakentamisen nopeutta. [47, s. 35; 34.]

Helsingin kaupungin Kehittyvä kerrostalo -sivuilla Viikin talojen rakentamista kuvataan kehityshankkeeksi, jonka tarkoituksena on pienkerrostalojärjestelmän tuotteistaminen ja yleensäkin kilpailukyvyn todistaminen. Tavoitteena on vastaavien hankkeiden rakentaminen myös jatkossa nostamalla tuotantotehokkuus kilpailukykyiselle tasolle. [48.]

6.5 Suunnitteluasteella olevia tulevia kohteita

Kouvolan kaupunki on pitänyt puukerrostalon suunnittelukilpailun, jonka tavoitteena on käynnistää puukerrostalojen teollinen rakentaminen ja perustaa puurakentamisen osaamiskeskus Kouvolaan. Kilpailussa haetaan uusia puurakentamisratkaisuja ja kokonaista konseptia. [34; 49.]

Rauman Papinpelto on 5,3 hehtaarin alue, jonne on suunnitelma rakentaa 4-kerroksisia puukerrostaloja noin 400 asukkaalle yhteensä n. 19 000 k-m². Rakentaminen alkaisi vuonna 2012. [34.]

Kaikki tässä luetellut puukerrostalokohteet yhteen laskien Suomessa on siis kohta ainakin 15 asuinpuukerrostaloyhtiötä, joissa on noin 40 erillistä taloa ja lähes 700 asuntoa. Onko se sitten paljon vai vähän? 2000-luvun alkupuolella maahamme on valmistunut hieman yli 500 kerrostaloa ja 15000 kerrostaloasuntoa vuosittain. Suomessa oli vuonna 2006 yhteensä 55105 kerrostaloa. Tähän kokonaismäärään suhteutettuna puukerrostalojen määrä on todella vähäinen: edes promillen osuus ei vielä täyty. [50, s. 232.]

7 CE-merkintä pakolliseksi rakennustuotteille

Tulossa oleva uusi rakennustuoteasetus tuo lisätyötä mutta myös parantaa vientimahdollisuuksia puutuoteteollisuudelle. Rakennustuotteella tarkoitetaan välituotteita, jotka on tarkoitus liittää rakennuskohteeseen. Tällainen tuote voi olla esimerkiksi talotehtaalla käytettävä rakennesahatavara. Asetuksen tarkoituksena on taata rakennustuotteiden vapaa liikkuvuus Euroopassa ja myös antaa luotettavaa tietoa tietyn tuotteen ominaisuuksista. Ennen CE-merkin saamista rakennustuotteet on testattava standardin mukaisesti. [51.]

CE-merkintä osoittaa, että tuote on testattu standardin mukaisella testimenetelmällä ja sen valmistaja vakuuttaa tuotteen täyttävän sitä koskevat Euroopan Unionin turvallisuusvaatimukset. [51.]

CE-merkin vaatimus pohjautuu EU:n rakennustuotedirektiiviin ja määrittelyihin kuten standardeihin ja teknisiin hyväksyttämisiin. CE-merkittyä tuotetta voidaan viedä mihin tahansa EU-maahan. Tämä ei vielä takaa, että tuotetta voitaisiin käyttää tietyssä maassa, koska jäsenmaiden lainsäädäntö ei ole harmonisoitu toisiaan vastaavaksi. Valmistajan vastuulle jää tuotteen vaatimustenmukaisuus-

den todistaminen. CE-merkinnän voi saada nk. standardien harmonisoinnin kautta. Jos tuotteelta puuttuu tällainen standardi, niin silloin hyväksynnän voi hankkia eurooppalaisen teknisen hyväksyntämenettelyn kautta (ETA). [31.]

Ympäristöministeriön asettama työryhmä pitää EU:n uuden rakennustuoteasetuksen myötä vuonna 2013 todennäköisesti pakolliseksi tulevaa CE-merkintää suurena haasteena koko Suomen puualalle. Muutos koskettaa yli 2000 piensaaha ja hirsiveistämöä sekä niiden tuotteita käyttäviä talotehtaita. Työryhmä katsookin, että asiaan liittyvät tiedotus ja tukitoimet olisi aloitettava välittömästi. [21.]

8 Puun kestävyys kerrostalojen julkisivumateriaalina

Tulossa olevat uudet palomääräykset antavat suurempia mahdollisuuksia käyttää puuta julkisivujen verhouksmateriaalina kuin ennen. Puun käyttöön julkisivuissa liittyy myös ongelmia.

8.1 Puujulkisivujen kestävyys

Tiettävästi juuri kerrostalojen puujulkisivujen kestävyyttä ei ole tutkittu tähän mennessä. Yleisesti keinoja puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyyden varmistamiseksi on esittänyt Soikkeli [52, s. 83 - 103.]

Maali- ja lahovaurioista Soikkeli toteaa yleisesti, että julkisivujen ikä on lyhentynyt ja vaurioiden suhteellinen määrä lisääntynyt, sillä 1970- ja 1980-lukujen julkisivuissa on vaurioita lähes yhtä paljon kuin jopa 40 vuotta näitä vanhemmissa julkisivuissa.[52, s. 63.]

Julkisivujen homeongelmat liittyvät tyypillisesti lateksimaaleihin, niitä käytettäessä pohjamaalauksen merkitys korostuu. Lateksimaalien ongelma on niiden kalvomainen irtoaminen alustasta yhtenäisenä alueena, mikä saa aikaan kosteuden kertymisen näin syntyvään tilaan. Nopea kuivuminen ei kuitenkaan ole mahdollista tiiviin maalikerroksen takia. Joissakin tapauksissa lateksimaalin voi jopa katsoa edistäneen vanhan julkisivun tuhoutumista. [52, s. 69.]

Soikkelin kirjassaan esittämät ohjeet kestävän puujulkisivun aikaansaamiseen ovat hyvin yksinkertaisia ja helposti ymmärrettäviä. Jo hyvän rakentamistavan voisi olettaa osaltaan johtavan haluttuun lopputulokseen. Soikkeli esittää seuraavat toimenpiteet puun kestävyuden varmistamiseksi julkisivuissa. On käytettävä tarpeeksi paksua verhousmateriaalia, miniminä 28 mm. Laudan naulaus on oltava päästä mieluiten 100 mm päästä tai ainakin 70 mm. Puun liitoksien ja jatkoksien detaljeihin on kiinnitettävä huomiota ja ne kannattaa suojata. Vaakaverhouksissa puskuliitos voidaan sallia, mutta pystyliitokset on ehdottomasti viistettävä ulospäin viettäviksi. Räystäiden pituuden on oltava vähintään 500 mm samoin kuin puuosien etäisyyden maanpinnasta. Veden vapaasta poistumisesta pinnoilta huolehditaan ja puu pidetään irti betonista. Maalit valitaan käyttötarkoitus huomioiden ja vältetään paksuja tiiviitä maalikalvoja sekä huolehditaan uusintamaalauksesta riittävän usein. [52, s. 45-105.]

Ilmansuuntien ja paikallisen pienilmaston vaikutus voi olla merkittävä maalivaurioiden ja lautojen halkeilun synnyssä. Edellä esitetyt ohjeet on koottu pientaloista koostuvasta tutkimusmateriaalista, mutta silti saadut tulokset lienevät sovellettavissa myös puukerrostalojen rakentamiseen. [52, s. 84.]

Samantyyppisiä tuloksia maalilaadun ja ilmansuuntien vaikutuksesta on myös Viitasen ja Mansikkamäen puujulkisivuja käsittelevässä tutkimuksessa vuodelta 1983 [53.]

Myös käytettävällä puumateriaalilla on vaikutusta kestävyteen. Kuusen solukkorakenne sulkeutuu kuivuessaan kun taas männyn pintapuun solukkorakenne jää kuivuessaan avoimeksi. Männylläkin sydänpuun solukkorakenne on sulkeu-

tunutta. Tämän vuoksi suositeltavia ulkoverhousmateriaaleja ovat kuusi tai männyn sydänpuu. [54, s. 13-14.]

8.2 Puujulkisivujen detaljit

Detaljeihin liittyvää ohjeistusta Soikkelin kirjassa on esitetty seuraavasti. Pystyjatkokset on viistottava ulospäin kalteviksi. Vaakajatkoksen päät tulisi viistota sisäänpäin aukeavaksi tuulettumisen varmistamiseksi ja kapillaarisen imeytymisen estämiseksi. Pystylaudoituksen alapää saisi mieluiten olla vapaana ilman ns. vesilistaa. Jos vesilistaa tms. esimerkiksi peltiä käytetään, tulisi pystylaudoitus jättää irti alla olevasta listasta tai ainakin viistota sisäänpäin kuivumisen varmistamiseksi. Lautojen ja jatkosten päät pitäisi maalata veden imeytymisen ehkäisemiseksi. Samoin nurkissa vaakalautojen päät pitäisi katkaista hieman ennen kuin ne koskettavat toisiaan ja suojata nurkka vielä pielilaudoilla. Jiiriliitosta käytettäessä se tulisi tehdä jyrkempään kuin 45 asteen kulmaan. Näin molemmissa tapauksissa taakse jää pieni pystyrako, joka tuulettaa rakenteen. [52, s. 103.]

Yksityiskohtaisia rakennedetaljeja puujulkisivuista on esittänyt Virta puuulkoverhousien suunnittelu-, rakentamis- ja pintakäsittelyohjeessa. [54.]

9 Tulokset ja johtopäätökset

Suomessa on tehty työtä puukerrostalorakentamisen hyväksi jo kauan ja nyt aloitettu RunkoPES-järjestelmän kehitys merkitsee suurta edistysaskelta koko alalle. Lopultakin näyttää myös löytyneen mahdollisuus torjua yksi suurimmista puukerrostalorakentamisen ongelmista eli liian suuri painuminen. Tämä onnistuu käyttämällä runkona massiivirakenteisia puuelementtejä. Tämä auttaa tor-

jumaan myös painumisen seurannaisvaikutuksia, kuten ääneneristyksen heikkenemistä ja vaaraa kosteusvaurioille.

Lisääntyvät vaatimukset luonnonvarojen kestävään käyttöön on jatkossa otettava huomioon entistä enemmän. Tämä koskee myös rakennusala, joka on merkittävä luonnonvarojen kuluttaja ja jätteen tuottaja. Puun käytön lisääminen on yksi keino viedä kehitystä oikeaan suuntaan. Puun käsittely kuluttaa kohtuullisesti energiaa ja materiaalina se on pikemminkin hiilidioksidia sitova kuin tuottava.

Suomen uudistuvat palomääräykset antavat entistä vapaammat kädet puukerrostalojen suunnittelijoille. Entistä korkeampia puukerrostaloja saa rakentaa tiettyin edellytyksin. Olemassa olevan talon päälle saa rakentaa puisen lisäkerroksen ja julkisivussa voi käyttää entistä enemmän puuta.

Ruotsi on päässyt Suomen edelle puukerrostalojen rakentamisessa. Tähän on useita syitä. Taloudellinen panostus tutkimukseen on Ruotsissa ollut voimakkaampaa kuin meillä. Koulutusta ja sitä tukevia järjestelmiä on myös kehitetty. Toimintaa leimaa kauttaaltaan parempi systemaattisuus kuin meillä. Ratkaisevin ero lienee kuitenkin siinä, että Ruotsissa koko rakentamisen ketju on saatu paremmin sitoutumaan ja paneutumaan puukerrostalorakentamisen ratkaisujen etsimiseen eikä vain ongelmien toteamiseen.

Suomen puukerrostalorakentaminen näyttäisi olevan hienoisessa kasvussa pitkän melko hiljaisen vaiheen jälkeen. Ensimmäistä kertaa Suomessa ollaan aloittamassa kohdetta, jota ei pidetä enää koerakentamisena.

Jos CE-merkintä tulee pakolliseksi kaikissa EU-maissa puutuotteille jo vuonna 2013, se voi aiheuttaa jossakin vaiheessa tilanteen, jossa useat puualan toimijat yrittävät hankkia tarvittavan hyväksynnän samanaikaisesti. Pahimmassa tapauksessa hakumenettely ruuhkautuu ja aiheuttaa ongelmia esimerkiksi vientiponnisteluisissa yksittäisen yrityksen kohdalla. Valmistautuminen tähän muutokseen pitäisikin aloittaa heti.

Puujulkisivujen rakentaminen on hyvää suunnittelua ja huolellista toteutusta vaativaa työtä. Tarkoin mietityt detaljit ja oikeat työtavat ja pintakäsittelyaineet varmistavat hyvän lopputuloksen.

10 Pohdintaa

Tähänastista puukerrostalorakentamista Suomessa voi hyvällä syyllä pitää koe-rakentamisena ja muuhun rakentamiseen verrattuna pienimuotoisena. Puukerrostalorakentamista on yritetty viedä eteenpäin eri projektien avulla melko vaatimattomin tuloksin. Nyt kehitteillä oleva RunkoPES-järjestelmä voi olla yksi merkittävä askel puukerrostalojen kehittämisessä. Yhdessä CLT-tekniikalla valmistettävien runkoelementtien kanssa nämä voivat saada alalle aikaan aivan uudenlaista nostetta.

Puu on hyvä materiaali ekologiselta kannalta katsottuna. Sen käytön lisäämiselle on tässä mielessä selkeä tarve. Pientalojen osalta puu on jo nyt vallitseva materiaali. Tällä hetkellä puukerrostaloihin kuluva puumäärä on meillä niin pieni, ettei sillä ole juuri merkitystä kokonaisuudessa. Tämä johtuu puukerrostalojen vähäisestä lukumäärästä. Puun käytön kerrostalojen rakentamisessa pitäisi lisääntyä nykyisestä huomattavasti, että sillä olisi vaikutusta kokonaistilanteeseen.

On mahdollista, että aloite puun käytön lisääntymiselle ekologisista syistä kerrostalorakentamisessa tulee muualta kuin rakentajilta. Näin voi tapahtua sekä asiakkaiden että viranomaisten vaatimuksesta. Asiakkaiden, ts. tässä tapauksessa asunnonostajien mielipiteitä ei voi jättää huomiotta. Mikäli kestävä kehityksen mukaisesti tuotettuja kerrostaloasuntoja aletaan vaatia, on järkevää ryhtyä niitä aikaisempaa enemmän myös rakentamaan. Jos taas viranomaismääräykset asettavat rakentamiselle ympäristön kuormitukselle uusia raja-arvoja voi tämä johtaa siihen, että puukerrostalojen rakentaminen on juuri tarvittava keino näiden tavoitteiden saavuttamiseksi.

Uudistuvat palomääräykset tuovat vapautta suunnitteluun ja väistämättä myös uutta vastuuta. Uusia määräyksiä sovellettaessa on aikaisempaa helpompi romuttaa jo ennestään suurennuslasin alla oleva puukerrostalojen maine. Esimerkiksi puun käyttö julkisivujen verhouksimateriaalina pitäisi harkita perusteellisesti. Ratkaisujen tulisi perustua taloudellisuuslaskelmiin eikä esimerkiksi ulkonäköseikkoihin. Korkeassa talossa voimakas säärasitus voi johtaa liian lyhyeen huoltoväliin ja lisääntyviin kustannuksiin puisissa julkisivuissa. Muiden, säärasitusta kestävien materiaalien yhdistämistä puurakenteisiin pitäisikin miettiä ennakkoluulottomasti.

Ruotsi on meitä edellä puukerrostalojen rakentamisessa. Tämä meille kiusallinen tosiasia voidaan nähdä myös positiivisessa valossa. Läheisessä naapurimaassa on runsaasti tietoa ja kokemusta puukerrostalojen rakentamisesta. Toivottavasti se vain saadaan tuotua jotenkin myös meille. Monikansalliset rakennusyritykset voisivat tässä asiassa toimia nykyistä aktiivisemmin ja olla tiennäyttäjinä muille.

CE-merkinnän hankkiminen aiheuttaa lisätyötä ja kustannuksia rakennusteollisuudelle. Pitkällä aikavälillä tällä saavutetaan myös hyötyjä kun vaatimukset ja käytännöt yhtenäistyvät koko Euroopassa. Tällä voi olla myönteisiä vaikutuksia vientipyrkimyksille.

Suomen rajojen sisällä tapahtuva puukerrostalorakentaminen on vielä varsin pienimuotoista vertasipa sitä sitten betonirakentamiseen kotimaassa tai muualla tapahtuvaan puurakentamiseen. Siksi olisikin ensiarvoisen tärkeää, että pienet resurssit kohdistettaisiin mahdollisimman tehokkaasti.

Ensimmäiseksi tulee mieleen, että kaikki Suomessa jo oleva tietotaito pitäisi kerätä yhteisesti käytettäväksi yhteen pisteeseen ja huolehtia, että kaikki tulevaisuuden tutkimus ja muu tieto tuodaan jatkossakin tähän tietopankkiin. Useissa Suomessa toteutetuissa puukerrostalokohteissa on tutkittu jotakin tiettyä asiaa ja saatu muutenkin kokemusta ja tietoa puurakentamisesta. Nyt tämä tieto on kuitenkin helposti jäämässä vain asianosaisten käyttöön eikä yhteiseksi hyödyk-

si. Saatua tietoa ei myöskään voida hyödyntää seuraavissa projekteissa, ellei työllä ole jatkuvuutta.

Tarvitaan jokin elin, joka ottaa pitkäjänteisesti koko puukerrostalorakentamisen kentän hallintaan ainakin tutkimuksen osalta, kerää tiedon yksiin kansiin, suunnittelee ja aikatauluttaa vielä tarvittavan tutkimuksen siltä osin kun tietoa vielä puuttuu joltakin osa-alueelta. Aikajänne tälle toiminnalle tulisi olla tarpeeksi pitkä. Tämän lisäksi tarvitaan kokonaisuuden koordinoitua ainakin koulutuksen ja kaavoituksen osalta. Kaikkiin osa-alueisiin, suunnittelusta toteutukseen ja ylläpitoon pitäisi olla koulutettua henkilöstöä. Kaikkien osa-alueiden on oltava samanaikaisesti kunnossa, muuten jo saavutetutkin tulokset jäävät vajaalle käytölle.

Toiseksi suomalaisten olisi jatkettava ja tehostettava entisestään yhteistyötä puurakentamisen alalla muiden Pohjoismaiden kanssa ja laajennettava tätä myös koko Euroopan alueelle. Aivan samoin kuin Suomessa oleva tutkimustieto kannattaa kerätä yhteen, olisi päästävä myös hyödyntämään tehokkaasti muissa maissa tehtyä tutkimusta.

On useita mielenkiintoisia kysymyksiä, joita tässä työssä ei ole käsitelty. Yksi tällainen on esimerkiksi puun palonsuoja-aineet. Toinen jatkotutkimuksen aihe voisi olla puun säänkestoa lisäävien lisäaineiden tai menetelmien käyttö. Yksi olennainen seikka eli kustannukset on myös täysin käsittelemättä. Tällä hetkellä Suomessa olevien puukerrostalojen joukko on kuitenkin niin pieni, ettei sen perusteella voi tehdä mitään päätelmiä lopullisista puukerrostalojen rakentamisen kustannuksista. Suurin osa on ollut koerakentamista, jolloin kustannusten vertailu vakiintuneisiin rakennusmenetelmiin ei tee oikeutta tuloksille.

Lähteet

1. Tommila, P., Hjelt, M., Luoma, P., Mikkanen, P. & Seppänen, J. Kakkosnelosta ja liiketoimintaluovuutta – Puualan ohjelmien jälkiarviointi. TEKES. Teke-sin ohjelmaraportti 2/2011. 81s. ISBN 978-952-417-519-5. [Viitattu 19.4.2011]. Saatavissa: www.tekes.fi/fi/document/49235/puuala_pdf.
2. Karjalainen, M. Puun käytölle rakentamisessa valoisat näkymät. Puuinfo Oy. 2011. [Viitattu 15.2.2011]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/uutiset/markku-karjalainen-puun-kaytolle-rakentamisessa-valoisat-nakymat>.
3. Järvinen K. Teollisen puuelementtirakentamisen avoin standardi – Runko-PES. FWR. 2010. [Viitattu 14.2.2011]. Saatavissa: http://www.eco2.fi/uploads/RunkoPES_FWR_2010.pdf.
4. Korhonen, A. PES vauhdittamaan puukerrostalorakentamista. Rakennuslehti 2010 [Verkkolehti]. 44.vuosikerta 10.6.2010 [Viitattu 14.2.2011]. Saatavissa:<http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/lehtiarkisto/21736.html>.
5. Yhtenäinen puuelementtien mitoitus- ja liitosjärjestelmä vahvistamaan puurakentamisen kilpailukykyä. FWR. 06.10.2010 [Viitattu 11.2.2011]. Saatavissa:[http://www.varsipuu.fi/SIRA_Files/downloads/TIEDOTE20Puurakennusstandardi\[1\].pdf](http://www.varsipuu.fi/SIRA_Files/downloads/TIEDOTE20Puurakennusstandardi[1].pdf).
6. FWR. Finnish Wood Reseach Oy [Viitattu 11.2.2011]. Saatavissa: <http://www.fwr.fi/>.
7. Karjalainen, M. Suomalainen puukerrostalo puurakentamisen kehittämisen etulinjassa. Oulu 2002. Oulun yliopisto arkkitehtuurin osasto. Acta Univ. Oul. C 166. 422 s. Oulu university press ISBN 951 -42-6617-X.
8. Salovaara, J. Puurakentamisen kilpailukyky kaupunkimaisessa pientalorakentamisessa. Teknillisen korkeakoulun Puunjalostustekniikan osasto Puutekniikan laboratorio. 2005. Tiedonanto 94. ISBN 951-22-7590-2. [Viitattu 19.4.2011]. Saatavissa: http://puu.tkk.fi/fi/tutkimus/tutkimusryhmat/puutuotetekniikka/puurakentamisen_kilpailukyky_kaupunkimaisessa_pientalorakentamisessa/.
9. Elementtirakentamisen historia. Betoniteollisuus ry. 2011 [Viitattu 18.2.2011]. Saatavissa: <http://www.betoni.com/fi/Elementtirakentaminen/Historia/>.

10. Kasurinen, H. Massiivipuorakenteinen (CLT) puukerrostalo. 11.11.2010 [Viitattu 3.3.2011]. Saatavissa: [http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Massiivipuorakenteinen%20CLT%20kerrostalo%20Kasurinen%20Hannu\(1\).pdf](http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Massiivipuorakenteinen%20CLT%20kerrostalo%20Kasurinen%20Hannu(1).pdf).
11. Jaakkola, H. CLT tulossa Suomeen. Rakennustaito 2011(2) 106. vuosikerta. ISSN 0048-6663 s. 40-41.
12. Tuormaa, J. Vaivattomia elementtejä betonin tapaan. Tekniikka & Talous 2011(3) (28.1.2011) 51. vuosikerta. FI ISSN 0785-997X. s.18.
13. Jarnerö, K. Tekniska data för byggprojekt – Kv Limnologen i Växjö. SP Rapport 2008:19. ISBN 978-91-85829-35-4. [Viitattu 19.4.2011]. Saatavissa: <http://www.trabyggnadskansliet.se/LitiumDokument20/GetDocument.asp?archive=1&directory=1255&document=9839>.
14. Eskola, J., Konttila, M., Avoin puurakennearjestelmä – rakennesuunnittelu. 1999. Puuinfo Oy, Vammalan kirjapaino 47s. ISBN 952-15-0183-9.
15. Kivimaa, A. Puutuoteteollisuuden kehittäminen. [Viitattu 15.3.2011]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/files/news/2011/puutuoteteollisuus-kivimaa110111-final.pdf>.
16. Nuutinen, T., Hirvelä, H., Salminen, O. & Härkönen, K. Alueelliset hakkuumahdollisuudet valtakunnan metsien 10. inventoinnin perusteella, maastotyöt 2004-2006, 34 s. Metsätieteen aikakauskirja 2B/2007 s. 215-248 [Viitattu 15.3.2001]. Saatavissa: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff07/ff072215.pdf>.
17. Fire safety in timber buildings. Technical guideline for Europe. SP Trätec 2010. SP Report 2010:19. 211 s. ISBN 978-91-86319-60-1.
18. Puurakentamisen edistäminen kansainvälisesti ilmastopoliittisin perustein. Työryhmän raportti 8.12.2010 [Viitattu 29.3.2011]. Saatavissa: <http://formin.finland.fi/public/download.aspx?ID=67604&GUID=%7B2C50A967-F19D-48AA-BBC7-61BDD019E564%7D>.
19. Peltovirta, M. & Silvast, J. Metsäkeskuksen Puutuotehankkeen lehdistötiedote 3.2.2011. [Viitattu 14.2.2011]. Saatavissa: http://www.varsipuu.fi/SIRA_Files/downloads/Lehdistötiedote2.pdf.
20. Karjalainen M. Puukerrostalo Taloudellinen mahdollisuus. Tampere 1998. TTKK Arkkitehtuurin osasto. Julkaisu 24. 122 s. Vammalan Kirjapaino Oy. ISBN 951-722.952-6.
21. Puurakentamisen asema rakentamismääräyksissä. Työryhmän loppuraportti 2010. Ympäristöministeriö. 30s. Helsinki. [Viitattu 20.2.2011] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=123032>.

22. Uudistumassa olevat rakentamismääräyskokoelman osat. Ympäristöministeriö. 2011. [Viitattu 22.2.2011]. Saatavissa: <http://www.environment.fi/print.asp?contentid=375578&lan=fi&clan=fi>.
23. Betonirakenteiden ympäristöominaisuudet. Betonikeskus ry. 2007. Helsinki [Viitattu 16.2.2011]. Saatavissa: <http://www.betoni.com/fi/Tietoa+betonista/Betoni+ja+kest%c3%a4v%c3%a4+kehitys/>.
24. RakMK E1 olennaiset muutokset ja perustelut asetusmuutokselle. Ympäristöministeriö 14.1.2011. [Viitattu 23.2.2011]. Saatavissa: <http://www.environment.fi/download.asp?contentid=124077&lan=fi>.
25. Puukerrostalorakentamisen palolaskelmia helpotetaan. Rakennuslehti 9.12.2010 [Viitattu 11.3.2011]. Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/lehtiarkisto/23443.html>.
26. Ny nordisk handbok för brandsäkrä trähus. Husbyggaren 2003(3). [Viitattu 11.3.2011]. Saatavissa: <http://www.sbr.se/husbyggaren/artiklar/931102740.html>.
27. Brandregler hindrar svensk träexport. Träteknik 10.5.2003.[Viitattu 1.3.2001]. Saatavissa: <http://www.nyhetskanalen.se/1.9603>.
28. Bengtsson, C. What is new in timber construction research in Sweden. [Viitattu 2.3.2011]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/What%20is%20new%20in%20timber%20construction%20research%20in%20Sweden%20Bengtsson%20Charlotte.pdf>.
29. Nybyggnad av bostäder. Statistiska centralbyrån 2010. [Viitattu 28.2.2010]. Saatavissa: <http://www.ssd.scb.se/databaser/makro/Produkt.asp?produktid=BO0101&lang=1>.
30. Rintamäki, E. Hirsitalojen markkinakatsaus. 11.11.2010. [Viitattu 3.3.2011]. Saatavissa: http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/1137/Puupaiva_Esko_Rintamaki.pdf.
31. Träteknik och Träbyggande. SP Träteknik [Viitattu 10.3.2011]. Saatavissa: <http://www.sp.se/sv/index/services/sptrateklibrary/Documents/Broschyr%20Tr%C3%A4teknik%20och%20Tr%C3%A4byggande.pdf>.
32. Växjö kommun [Viitattu 9.3.2011]. Saatavissa: <http://www.vaxjo.se/VaxjoTemplates/Public/Pages/Page.aspx?id=37902>.
33. Tolv trästäder leder utvecklingen. Sveriges Träbyggnadskansli [Viitattu 9.3.2011]. Saatavissa: <http://www.trabyggnadskansliet.se/LitiumDokument20/GetDocument.asp?archive=1&directory=1127&document=9665>.

34. Puuinfo Oy. Puukerrostalot [Viitattu 7.3.2011]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/kirjasto/puukerrostalot>.
35. Poppeli on Suomen ensimmäinen platform-tekniikalla rakennettava puukerrostalo. Rakennustaito 1999(6) s. 40. [Viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: http://www.rakennustieto.fi/lehdet/rakennustaito/index/lehti/P_196.html.
36. Tyynilä, S. Omenamäen puutaloalue. Puu 2007(4). [Viitattu 7.3.2011]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/puu%20407%20omenamäki.pdf>.
37. Pulkkinen, J. Omenamäen puukerrostalot. [Viitattu 7.3.2011]. Saatavissa: http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/omenam%C3%A4ki_tekstit.pdf.
38. Siikala, A-M. Metla-talo. Puu 2005(1). [Viitattu 7.3.2011]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/puu%20105%20metla.pdf>.
39. Vatanen, E. Tutkimus puurunkoisen toimistotalon rakentamisen vaikutuksista. 14.2.2006. [Viitattu 7.3.2011]. Saatavissa: <http://www.metla.fi/tiedotteet/2006/2006-02-14-metla-talo-tutkimus.htm>.
40. Helin, P., Verhe, P. & Kallunki, M. Finnforest modular office. [Viitattu 7.3.2011]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/puu%20405%20fmo.pdf>.
41. Tiedekeskus Pilke. Metsähallitus. [Viitattu 7.3.2001]. Saatavissa: <http://www.pilke.info/>.
42. Pilke, Metsähallituksen Rovaniemen toimitalo. Lemminkäinen Oyj. [Viitattu 7.3.2011]. Saatavissa: <http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/Hankkeet/Pilke%20-%20Rovaniementoimitalo/Sivut/Pilke-esittely.pdf>
43. Nuuksioon rakennetaan koko Suomen luontoa esittelevä keskus. Metsähallitus [Viitattu 9.3.2011]. Saatavissa: <http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/Hankkeet/Nuuksiokeskus/Sivut/Nuuksionkansallispuistonluontokeskuksenrakentaminen.aspx>.
44. Holttinen, T. Monta ekoluokitusta – yhteinen päämäärä. Kontrahti 2010(1). s.1.[Viitattu 8.3.2011]. Saatavissa: http://www.senaatti.com/tiedostot/Kontrahti_1_10.pdf.
45. Saarijärven seudun asumisoikeusyhdistys. Omatoimi [Viitattu 8.3.2011]. Saatavissa: <http://www.omatoimi.fi/>.
46. Mikkelin Pulkkipenkulman puukerrostalo. Puuinfo Oy. [Viitattu 8.3.2011]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/kirjasto/mikkelin-pulkkipenkulman-puukerrostalo>.

47. Peltovirta, M. Viikin puukerrostaloalue ei ole enää koerakentamista. Puumies 2011(1) 56. vuosikerta. ISSN 0355-953X .
48. Finnforest-Beab puukerrostalo. Helsingin kaupunki (päivitetty 7.11.2010). [Viitattu 9.3.2011]. Saatavissa:
<http://www.ksv.hel.fi/kerrostalo/hankkeet.php?hae=10>.
49. Kilpailu etsii puukerrostaloa Kymijoen rantaan. Kouvolan Sanomat 1.6.2010. [Viitattu 9.3.2011]. Saatavissa:
<http://www.kouvolansanomat.fi/Online/2010/06/01/Kilpailu+etsii+puukerrostaloa+Kymijoen+rantaan/201029115288/4>.
50. Suomen tilastollinen vuosikirja 2007. Tilastokeskus.102. vuosikerta. ISBN 978-952-467-736-3. [Viitattu 19.4.2011]. Saatavissa:
http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/vuosikirja2007/alku.htm.
51. EU:n rakennustuoteasetus tulee osittain voimaan pääsiäisenä. Rakennuslehti 14.4.2011. [Viitattu 20.4.2011]. Saatavissa:
<http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/rakennustuote/24753.html>.
52. Soikkeli, A. Suomalaisten puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys. Oulun Yliopisto, arkkitehtuurin osasto. Oulu. Kirjapaino Kaleva. 1999. 141 s. ISBN 951-42-5395-7.
53. Viitanen, H., Mansikkamäki, P. Puisten julkisivujen kunto ja kestoikä. 1983 VTT-tiedotteita. 39s. ISBN 951-38-1693-1.
54. Virta, J. Puu-ulkoverhousten suunnittelu-, rakentamis- ja pintakäsittelyohje. Teknillinen korkeakoulu. Espoo 2000. TKK-TRT-104. 48s, ISBN 951-22-5007-1.