

Hannu Boren
Marko Viinikainen
Ilkka Paajanen
Viivi Etholen

Puutuotteiden ja -rakenteiden kemiallinen suojaus ja suojauksen markkinapotentiaali

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences
2011



Puutuotteiden ja -rakenteiden kemiallinen suojaus ja suojauksen markkinapotentiaali

Hannu Boren

Marko Viinikainen

Ilkka Paajanen

Viivi Etholen

Kotka 2011

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisuja. Sarja B. Nro 67.

Copyright: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu
Kustantaja: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu
Taitto ja paino: Tammerprint Oy, Tampere 2011

ISBN (NID.): 978-952-5681-98-7
ISBN (PDF.): 978-952-5681-99-4
ISSN: 1239-9094
ISSN: (verkkojulkaisu) 1797-5972

Kannen kuva: Oona Sahlberg

ALKUSANAT

Puutuotteiden ja -rakenteiden kemiallinen suojaus ja suojauksen markkinapotentiaalın selvittäminen on Joensuun Tiedepuiston teettämä esiselvitystyö. Esiselvitystyö jaettiin kolmeen osa-alueeseen. Osa-alueet ja niistä vastanneet henkilöt olivat:

Osa-alue	Vastuuhenkilöt
Käytettävissä olevat valmisteet ja menetelmät palon- ja kosteudenestoon	Hannu Boren
Palosuojatun puun käyttökohteet ja kannattavuus rakentamisessa	Marko Viinikainen
Kosteus- ja homesuojatun puun hyödyt rakentamisessa	Ilkka Paajanen Viivi Etholen

Selvitystyön ohjaukseen on osallistunut projektin ohjausryhmä. Ohjausryhmään ovat kuuluneet seuraavat henkilöt/tahot:

Heräjärvi Henrik
Karjalainen Markku
Monni Janne
Nurro Pekka
Pynnönen Janne
Saukkonen Ilpo
Silen Jouko
Suoranta Juha
Tahvanainen Timo
Turkki Antero
Välimäki Harri

Metla
Puuinfo ry
Iivari Mononen Oy
Metsäteollisuus ry
StoraEnso Oyj
Joensuun Tiedepuisto Oy
StoraEnso Oyj
BASF
Joensuun tiedepuisto Oy
Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu
Joensuun Tiedepuisto Oy

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa analysoitiin voimassa olevat palomääräykset ja -luokitukset puutuotteiden kannalta (ks. liitteet 1 - 4) sekä haastateltiin asiantuntijoita palo-, kosteus- ja homesuojauksesta. Tämän perusteella hankkeen ohjausryhmä valitsi kolme käyttökohdetta, joissa palosuojatun puutuotteen käytön kannattavuutta verrattiin muihin kilpaileviin ratkaisuihin. Käyttökohteet olivat 1. puukerrostalojen julkisivut – uudisrakennus- ja korjausrakentamiskohteissa 2. sisäverhoukset ja 3. näkyviin jäävät kantavat rakenteet. Laskennassa huomioitiin kaikki rakentamiskustannukset eli materiaalin hinnan ja määrän lisäksi työkustannukset sekä muut mahdolliset materiaalista aiheutuvat lisäkustannukset. Tutkimuksen perusteella sisä- ja ulkoverhoustuotteet voidaan käsitellä luokkaan B markkinoilla olevilla kyllästeillä, jolloin ne ovat kilpailukykyinen vaihtoehto useissa eri rakennuskohteissa.

Palonsuojausaineiden ja -menetelmien tiedot hankittiin suoraan niiden valmistajilta tai maahantuojilta. Tietoja hankittiin mm. Arch Chemicalsilta, Dr. Wolmanilta, Osmoselta, HR-Prof Oy:ltä ja A. Graveolens Oy:ltä. Osmosen ja A. Graveolensin tuotteista ei saatu valmistajilta riittävästi tietoa, jotta niiden potentiaalia olisi voitu arvioida.

Molemmat fosfaattipohjaiset valmisteet (Dr. Wolman Firestop ja HR-prof) soveltuvat hyvin puun palonsuojaukseen ja antavat riittävän suojaustason (B-luokka) puulle. Molemmilla valmisteilla B-luokan vaatimukset täyttävän lopputuotteen hinta-arvio on samalla tasolla sisäverhouspaneelin osalta – noin 500 €/m³ ilman pintakäsittelyä.

HR-Prof -valmiste ei välttämättä tarvitse pintakäsittelyä edes ulkokäytössä. Tämän vuoksi se edullisin vaihtoehto ulkoverhouslaudalle – hinta-arvio 375 €/m³ ilman pinta-käsittelyä. Pintakäsittelynä sekä sisäverhouspaneelin ja ulkoverhouslaudan hinnat vaihtelevat 600...900 €/m³ riippuen raaka-aineen laadusta, palonsuojavalmisteesta (Dr. Wolman Firestop ja HR-prof) ja pintakäsittelystä.

Valmistajilta saatujen tietojen perusteella Dr. Wolman Firestop ja HR-prof-valmisteet parantavat oleellisesti yksinomaan puun palonkestävyyttä. Puun muut ominaisuudet, kuten dimensiostabiliteetti, hygroskooppisuus, kovuus, homeen- ja lahonkesto säilyvät tämänhetkisten tietojen mukaan kutakuinkin ennallaan.

Tutkimuksen perusteella pelkän kosteus- sekä mahdollisesti homesuojatun puun käyttö ei anna yleensä rakentamisessa merkittävää etua, koska rakenteet on tehtävä sellaisiksi, etteivät ne kostu ja homehdu. Poikkeuksena ovat kylmät varastot tms. rakennukset, joissa satunnainen liika kosteus voi aiheuttaa homehaittoja siel-

lä työskenteleville ihmisille ja säilytettävillä tavaroille tai itse puutuotteiden ulkonäölle ja toimivuudelle.

Tutkimuksen mukaan palosuojattu puu on kokonaiskustannuksiltaan kilpailukyinen vaihtoehto ulkoerohousmateriaaliksi rakennuksissa, joissa vaaditaan ulkoerohoukselta vähintään B-luokan palonkestoa. Tämä koskee sekä uudis- että korjausrakentamiskohteita. Suomessa pääosa julkisivukorjausta vaativista asuinkerrostaloista kuuluu paloluokkaan P1, jossa vaaditaan julkisivumateriaalin palomitoituksessa luokkia ja lukuarvoja käyttäen B-s1, d0-luokiteltua materiaalia. Palosuojatulla puulla voidaan saavuttaa em. luokka. Markkinapotentiaalia on, sillä palosuojatun puun käyttäminen julkisivumateriaalina 3 - 5 -kerroksisissa puurunkoisissa rakennuksissa on mahdollista useimmissa Euroopan maissa toiminnallisen palomitoituksen käyttämisen ansiosta.

Rakennuksen sisätilojen pintamateriaalien käyttöä ohjataan paloluokituksin esimerkiksi rakentamismääräyksin. Tiukimmat vaatimukset on yleensä asetettu poistumisteille ja käytäville. Tutkimuksen mukaan sisäerohouksissa EK-kipsilevy on kuitenkin selvästi edullisempi vaihtoehto kuin palosuojattu sisäerohouspaneeli. Puu on toisaalta ulkonäöltään esteettinen materiaali, jota halutaan käyttää sisustamisessa. Mikäli puuta halutaan käyttää pintamateriaalina, hinta on harvoin este esimerkiksi julkisissa tiloissa, toimistorakennuksissa ja isoissa yritysissä.

Tarpeet parantaa paloturvallisuutta ja vähentää palokuolemia luovat markkinointimahdollisuuden palosuojatun puun käyttämiselle. Puun palosuojaaminen vähentää tulipalon syttymismahdollisuuksia, parantaa paloturvallisuutta esimerkiksi vanhus- ja vammaishuollon rakennuksissa. Toisaalta halu parantaa paloturvallisuutta ei synny pelkästään normiohjauksen vaikutuksesta, vaan perustuu muihin tekijöihin, kuten imagosyyt tai vakuutusmaksujen aleneminen palosuojattuja, tuotteita käyttämällä. Tämän vuoksi palosuojatulla puulla on markkinapotentiaalia kaikkien rakennusten sisäerohousmateriaalina ja kalustemateriaalina. Tämän markkinapotentiaalain laaja hyödyntäminen vaatisi kuitenkin vastaavan tunnettavuuden tai tuotemerkin palosuojatuille puutuotteille kuin kestopuutuotteilla on puun lahonsuojauksessa.

Tutkimuksen mukaan kantavissa rakenteissa palosuojatun puun käyttöä ei voida huomioida kantavan rakenteen mitoittamisessa, sillä rakenteiden mitoittamistavat eivät nykyisin huomioi palosuojausta. Rakenne mitoitetaan hiiltymisnopeuden perusteella toiminnallisen poikkileikkauksen periaatteella. Suojaamattomat liitokset pudottavat rakenteen palonkesto-aikaa. Suojaamattoman liitoksen palonkesto on 15 min. Toiminnallisen palomitoituksen käyttäminen rakennuksen palosuojausten mallintamismenetelmänä mahdollistaa ja edellyttää palosuojausten käyttämistä. Tämä mahdollistaa korkealuokkaisen palosuojatun puumateriaalin käyttämisen rakennusmateriaalina muiden rakennusmateriaalien rinnalla.

Palosuojatun puun käytön laajentaminen edellyttää jatkuvaa palosuoja-aineiden sekä palosuojuuttujen puurakennusosien tuotekehitystä. Esimerkiksi yhdistetty home- ja kosteussuojaus sekä parantunut palonkesto olisi suuri imagovoitto puulle, jolla olisi todennäköisesti myös suuri kaupallinen arvo. Uusien puun modifiointimenetelmien tulisi siis palonkeston lisäksi parantaa myös puun muita heikkoja ominaisuuksia, kuten dimensiostabiiliteettia, kovuutta ja lujuusominaisuuksia, tai pienentää huoltotarvetta, homehtumisalttiutta ja hygroskooppisuutta.

Tärkeimpänä toimenpiteenä on tehdä palosuojuatusta puusta yhtä tunnettu tuotemerkki kuin kestopuu on lahosuojuuttujen puutuotteiden puolella niin alan ammattilaisten (suunnittelijat, rakennusliikkeet, lupaviranomaiset jne.) kuin kuluttajienkin piirissä. Palosuojuatun puun käyttöön rakentamisessa liittyy kuitenkin loppukäyttäjän kannalta vielä paljon kriittisiä tekijöitä ja tutkittavaa:

- Palosuojuakäsittelyn pitkäaikaispysyvyyteen (yli kymmenen vuotta) ulkoikätyössä liittyy kaikilla aineilla vielä epävarmuustekijöitä. Riittääkö uusintakäsittelyksi pelkkä pintakäsittely palosuojuamaalilla?
- Palosuojuakäsittelyiden vaikutukset puumateriaalin mekaaniisiin ominaisuuksiin, dimensiostabiiliteettiin, hygroskooppisuuteen, homehtumisalttiuteen, sisäilman laatuun tulee testata ja tutkia.
- Tarvitaan paljon suunnittelumateriaalia, referenssikohteita ja tutkimuksia, jotta voidaan antaa koulutusta ja opastusta suunnittelijoille, rakentajille, lupaviranomaisille ja loppuasiakkaille palosuojuatun puun oikeista ja kannattavista käyttötavoista.
- Tuotteiden kierrätysjärjestelmän ja hävittämisen täytyy olla järjestetty.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Market potential of chemically modified wood products in fire, mould and moisture protection

The aim of the project was study, is it profitable for builders to use fire protected, mould and/or moisture protected wood products compared to other building materials. Simultaneously was evaluated market potential of different products taken account of building regulations concerning on fire classification. Also, experts were interviewed before cases were selected. The wood fire protection methods placed on market were evaluated. Based on building regulations and experts statements three cases was selected to compare fire protected wood products to other building materials. These were 1. Outdoor claddings of multi-storey house– new building and renovation 2. Indoor claddings and 3. Visible load bearing structures. In calculations was taken account material cost and building (labor, coatings etc.) cost to compare total price.

All studied three commercial wood fire protection method have potential (B-class can be achieved) although boron based chemicals have strong leaking and biocide risk. An average additional cost of fire protection to B-class is about 300 €/m³ without coatings.

The study shows, that in multi-storey houses it is profitable to use fire class B wooden outdoor claddings instead of solid concrete surface or three layer plaster. Indoor cladding the use fire class B wooden cladding are 50% expensive than gypsum board, but still in many cases desirable choice. There is no sense to use fire protected wood in visible load bearing structures, since building regulations do make difference with normal wood and fire protected wood in this particular case.

The best solution would be, if wood can be modified so that it has also other positive properties than improved fire resistance. These can be improved dimensional stability, hardness, moisture and mould resistance i.e. more maintenance free material.

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO	10
1.1 Puutuotteiden käyttäytyminen palotilanteessa	10
1.2 Tutkimustuloksia puutuotteiden vaikutuksesta rakennusten palokäyttäytymiseen	11
1.3 Puun palosuojauksen liittyvät ongelmat	12
1.4 Tutkimuksen tavoitteet	13
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	14
3. PALOMÄÄRÄYKSET JA LUOKITUKSET PUUTUOTTEIDEN KANNALTA	15
3.1 Palomääräykset	15
3.2 Materiaalien paloluokitus	15
3.3 Rakennusten paloluokat	16
3.4 Rakenteiden paloluokitus	17
3.5 Johtopäätökset palomääräyksistä ja luokituksista puutuotteiden kannalta	18
4. ASiantuntijakyselyiden ja HAASTATTELujen tulokset	19
4.1 Paloasiantuntijat	19
4.1.1 Referoinnit vastauksista – kysymys 1	19
4.1.2 Referoinnit vastauksista – kysymys 2	20
4.2 Asiantuntijahaastatteluiden tulokset kosteus- ja homesuojauksesta	20
4.2.1 Haastateltavat	20

4.2.2 Home- ja kosteusongelmat rakennuksissa.....	21
4.2.3 Yhteenveto haastatteluiden tuloksista.....	21
5. POTENTIAALISIMMAT KAUPALLISET PUUN PALONSUOJA-AINEET	23
5.1 Dr. Wolman Firestop – fosfaattipohjainen palosuoja-aine	23
5.2 HR-Prof– Rauta (III) fosfaattipohjainen palosuoja-aine	24
5.3 Booripohjaiset palonsuoja-aineet esim. Dricon ja Vital protect....	26
5.4 Yhteenveto puun palonsuoja-aineiden potentiaalista	27
6. PALOSUOJATTUJEN PUUTUOTTEIDEN KÄYTÖN KANNATTAVUUS	30
6.1 Puukerrostalojen julkisivut – uudisrakennus- ja korjausrakentamiskohde	31
6.2 Sisäverhoukset	33
6.3 Näkyviin jäävät kantavat rakenteet	35
7. JOHTOPÄÄTÖKSET PALO, HOME- JA KOSTEUS- SUOJATTUJEN PUUTUOTTEIDEN KÄYTÖN KANNATTAVUUDESTA JA VERTAILU AIKAISEMPIIN TUTKIMUKSIIN	36
8. JATKOTUTKIMUSTARPEET JA -TOIMENPITEET	38
LÄHTEET	40
LIITTEET	41

1 JOHDANTO

1.1 Puutuotteiden käyttäytyminen palotilanteessa

Puu on palavaa materiaalia ja ei sovellu kaikkiin rakentamisen käyttökohteisiin. Palosuojauksella voidaan parantaa puun ominaisuuksia ja laajentaa puun käyttömahdollisuuksia. Puun syttymis- ja leimahtamisherkkyyttä voidaan heikentää joko kemiallisesti tai rakenteellisesti. Palosuojakäsittelyillä voidaan vaikuttaa eri vaiheisiin syttymisessä ja palamisessa. Puun palamiseen vaikuttavia tekijöitä ovat sen materiaaliominaisuudet ja palo-ominaisuudet. Materiaaliominaisuuksia ovat tiheys, paksuus, kosteus, ominaislämpökapasiteetti ja lämmönjohtavuus. Palo-ominaisuuksia ovat syttyvyys, lämmöntuotto ja palon leviäminen, savuntuotto ja myrkyllisyys, efektiivinen palamislämpö, hiiltymisnopeus. (6).

Syttyvyys, lämmöntuotto ja leviäminen ovat merkittävimpiä ominaisuuksia puumateriaalin palamisnopeutta tai palonpidättämistä tarkasteltaessa. Palavan puun pinnan hiiltyminen vaikuttaa palamisnopeuteen, sillä hiiltyminen toimii palavan puun pinnalla eristekerroksena. Tulen leviämiseen materiaalin pintaa pitkin vaikuttaa edellisten lisäksi myös ympäristön (palotilan) happipitoisuus. (7).

Puun syttyvyys riippuu lämpötilasta. Lämpötilan täytyy nousta riittävän korkeaksi, jotta palamistapahtuman kemialliset reaktiot voisivat alkaa. Syttyvyys riippuu materiaalin kuumentumistavasta. (7).

Materiaalin syttyminen riippuu termisestä paksuudesta. Terminen paksuus voidaan kuvailla ohueksi tai paksuksi. Nyrkkisääntönä mainitaan, että puutuote on termisesti ohut, mikäli sen ainevahvuus on vain muutaman millimetrin ja termisesti paksu, mikäli sen ainevahvuus on vähintään 10 mm tai yli. Materiaalin syttymisaikaan vaikuttavat tekijät ovat mm: tiheys, ominaislämpökapasiteetti, lämmönjohtavuus, materiaalivahvuus, syttymislämpötila, ympäristön lämpötila ja materiaaliin kohdistuva lämpövirta. (7).

Keinoja puun palo-ominaisuuksien parantamiseksi ovat mm: pyrolyysireaktion muuttaminen, pinnan suojaaminen, termisten ominaisuuksien muuttaminen, palamisen ketjureaktioiden esto, pyrolyysikaasujen laimentaminen. Puun pyrolyysiin vaikuttaminen on tunnetuin ja eniten käytetty puun palosuojauskeino yksinkertaisuutensa ja halpuutensa ansiosta. Puun pyrolyysiin vaikuttavat aineet ovat tyypillisesti fosfori- tai booriyhdisteitä. (6).

1.2 Tutkimustuloksia puutuotteiden vaikutuksesta rakennusten palokäyttämiseen

Puujulkisivujen paloturvallisuus lähiökerrostaloissa 2004 -tutkimus (8) käsittelee 60 – 70-lukujen taitteessa rakennettujen lähiökerrostalojen julkisivukorjausta. Tutkimusjulkaisun tarkoituksena on olla yhtenä toiminnallisen palomitoituksen perusteena. Tutkimuksessa on toteutettu P1-paloluokan betonirunkoiselle kerrostalolle riskianalyysi, jossa on tarkasteltu korjausrakentamisessa asennettavaan puisen julkisivun vaikutusta paloriskeihin. Tutkimuksen mukaan puun käytöllä ulko-verhouksissa ei ole oleellista vaikutusta betonirakenteisen P1-paloluokan lähiökerrostalon paloturvallisuuteen.

InnoFireWood-tutkimus (7) on ollut kaksivuotinen kansainvälinen tutkimushanke. Tutkimushankkeessa löydettiin suuri määrä erilaisia palosuojausmenetelmiä puulle. Lisäksi hankkeessa on luotu entistä tehokkaampia arviointimenetelmiä palosuojattujen puutuotteiden kehityksen tueksi. Tutkimuksen päätelmiä ja huomioita ovat:

- Puun ominaisuuksia voidaan muokata eri menetelmin, minkä ansiosta puuta voi käyttää myös kohteissa, joissa on tiukkoja paloturvallisuusvaatimuksia.
- Toiminnalliseen palomitoitukseen perustuvat menetelmät mahdollistavat puun laajemman käytön rakentamisessa.
- Erilaisia palonsuojausmenetelmiä tulee kehittää, joilla voidaan taata puun markkinapotentiaali muiden rakennusmateriaalien joukossa.
- Puun paloa pidättävät ominaisuudet riippuvat pääasiallisesti syttymisajan pidentämiseen ja lämmön vapautumisen rajoittamiseen leimahdushetkellä.
- Palosuojaja-aineilla käsitellyn puun pitkäaikaiskestävyys on tärkeää.
- Ominaisuuksien arvioimiseksi on kehitteillä pohjoismainen luokitusjärjestelmä.

VTT:n toteuttamassa esitutkimuksessa Palosuojattujen puurakenteiden pitkäaikaistoimivuus (9) tutkittiin palosuojaja-aineilla kyllästettyjen puu- havuvanerikapaleiden lujuusmuutoksia pitkäaikaisessa lämpörasituksessa. Tutkimuksessa käytetyt puumateriaalit ovat olleet männyn pintapuu ja kuusivaneri. Tutkimuksessa käytetyt palosuojaja-aineet ja niiden valmistajat ovat olleet: BSM 2000 (kalium- ja natriumsitraattipohjainen) Oy Interenergy Ltd, Woodium Fire (orgaaninen fosfaatti) Kemira Oyj ja Vital Protect® (boraatti-booraksipohjainen) Sepa Oy. Tutkimuksen päätelmät olivat seuraavat:

- Kantavien puurakenteiden yhteydessä käytettävät uudet palosuojakyllästeet on testattava erityisin menetelmin
- Suojauks käsittelyn vaikutus lujuuteen on otettava huomioon.
- Palosuojaj-aineiden mahdollinen korrosoiva vaikutus puurakenteissa käytettäviin metalliliittämiin tulee ottaa huomioon.

1.3 Puun palosuojauksen liittyvät ongelmat

Yhdeksi palosuojatun puun pitkäaikaiskestävyyteen liittyväksi ongelmaksi on havaittu kemiallisen suojauksen heikkeneminen ulkotiloissa. Sisätiloissa palosuojatun puun ongelmana ovat käsittelyn vaikutukset puun ulkoasuun, sillä käsittelyn ulkonäköön liittyviä vaikutuksia ei ole pystytty vakiinnuttamaan, mikä näkyy laatu-epätasaisuuksina. Puun kyllästämisen taso voi vaihdella suuresti vaikka käytettäisiin samaa puulajia. (7).

Tutkimuksen (7) esittämiä kysymyksiä:

- Millainen vaikutus palosuojausaineiden käytöllä on esimerkiksi kiinnikkeiden valinnassa? Millaisia aineosia käytetään? Tuleeko em. huomioida suunnittelussa? Kiihdyttääkö käsittely esimerkiksi kiinnikkeiden korroosiota?
- Voiko palosuojaj-aine esimerkiksi edistää homekasvustoa julkisivussa? Joissain palosuojaj-aineissa on esimerkiksi fosforia ja nitrogeenejä, joita käytetään myös lannoitteena ja jotka toimivat ravintona mikro-organismeille.
- Miten maalaaminen onnistuu palosuojauksen päälle?

Palosuojatun puun lujuus voi heiketä. Palosuojauksen vaikutusta puun lujuuteen on tutkittu myös Suomessa (9). Lujuudella ei tosin ole merkitystä, mikäli puuta ei käytetä kantavana rakenteena.

Uhkia palosuojatun puun käyttöpotentiaalille ovat lähteen (7) mukaan:

- Lainsäädäntö (normit) jakaa materiaalit syttyviin ja ei syttyviin tuotteisiin. Vaikka toiminnallinen palomitoitus mahdollistaa puun ja palosuojatun puun käytön, niin eri materiaalien puolestapuhujat voivat lobbauksellaan aiheuttaa vastakkainasettelun, jossa puu on syttyvä ja palava materiaali ja näin ollen se muodostuu käytön esteeksi.
- Puun käyttö mielletään ekologiseksi. Onko ekologista modifioida ekologista tuotetta kemikaalein? Hävitääkö samalla ekologisuusnäkökulma?

- Mikäli kohteisiin, joissa on käytetty palosuojattua puuta kohdistuu tulipalo, kääntyy uutisointi yleensä puurakentamista vastaan, vaikka palo ei johtuisikaan puurakentamisesta.
- Puu mielletään polttoaineeksi tulipalolle.
- Huonot paloturvallisten puurakenteiden toteutukset.
- Palosuojatun puun ominaisuuksien ja käsittelyn tarkempi määrittely esim. Euroopan tasolla normein tai standardein puuttuu. Tämä voi heikentää markkinointinäkyviä.
- Uhkana on se, että palosuojattu puu mielletään epäluotettavaksi ja ei-korkealuokkaiseksi rakennusmateriaaliksi.

1.4 Tutkimuksen tavoitteet

Työn tavoitteena oli tutkia, missä tapauksissa palosuojattujen puutuotteiden käyttö on kannattavaa loppuasiakkaan näkökulmasta. Tavoitteena oli arvioida palosuojatun puun potentiaalisimmat käyttökohteet, keskeiset ongelmat ja esteet palosuojatun puun käytölle sekä laatia jatkotoimenpide-ehdotukset. Lisäksi tavoitteena oli selvittää asiantuntijahaastatteluiden avulla, onko palo-, kosteus- sekä mahdollisesti homesuojatulla puulla saavutettavissa sellaisia etuja rakentamisessa, että siitä olisi hyötyä loppukäyttäjälle.

Puun palosuojausmenetelmistä tuli esittää kolme potentiaalista ratkaisua puun kemialliseen palonsuojaukseen. Ratkaisujen tuli olla kaupallisia eli ne ovat markkinoilla ja kaikkien hyödynnettävissä. Niistä tuli esittää

- prosessit ja teknologia
- suojauksen taso eli pitoisuus, jolla saavutetaan B-luokan vaatimukset
- pysyvyys (käsittelyn uusintatarve)
- kustannukset
- referenssikohteet.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksen aluksi analysoitiin voimassa olevat palomääräykset ja -luokitukset puutuotteiden kannalta (ks. liitteet 1 - 4) sekä haastateltiin asiantuntijoita palo-, kosteus- ja homesuojauksesta. Tämän perusteella hankkeen ohjausryhmä valitsi kolme käyttökohdetta, joissa palosuojatun puutuotteen käytön kannattavuutta verrattiin muihin kilpaileviin ratkaisuihin. Esimerkkitapaukset pyrittiin valitsemaan siten, että niissä palosuojatun puun käyttö olisi mahdollisesti kannattavaa. Laskennassa huomioitiin kaikki rakentamiskustannukset eli materiaalin hinnan ja määrän lisäksi työkustannukset sekä muut mahdolliset materiaalista aiheutuvat lisäkustannukset.

Palonsuojausaineiden ja menetelmien tiedot hankittiin suoraan niiden valmistajilta tai maahantuojilta. Tietoja hankittiin mm. Arch Chemicalsilta, Dr. Wolmanilta, Osmoselta, HR-Prof Oy:ltä ja A. Graveolens Oy:ltä. Osmosen ja A. Graveolensin tuotteista ei saatu valmistajilta riittävästi tietoa, jotta niiden potentiaalia olisi voitu arvioida.

3. PALOMÄÄRÄYKSET JA LUOKITUKSET PUUTUOTTEIDEN KANNALTA

3.1 Palomääräykset

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E1 Rakennusten paloturvallisuus (1) on asetettu määräykset ja ohjeet uudisrakentamisen rakennuksille ja rakenteille. Ympäristöministeriö on myös julkaissut ohjeen määräysten ja ohjeiden soveltamisesta korjausrakentamisessa (2). Lähteen 1, luku 1.3 mukaan esitetään kaksi vaihtoehtoista tapaa osoittaa rakennuksen paloturvallisuusvaatimusten täytymisen. Tavat ovat:

- 1) Suunnittelu ja rakentaminen toteutetaan noudattamalla määräysten ja ohjeiden paloluokkia ja lukuarvoja.
- 2) Suunnittelu ja rakentaminen perustuvat oletettuun palonkehitykseen (toiminnallinen palomitoitus), joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet.

Mikäli rakennus tai rakenne suunnitellaan kohdan 1 mukaan, paloturvallisuusvaatimusten täyttymistä ei tarvitse erikseen osoittaa. Kohdan 2 mukaan suunniteltaessa vaaditaan todennettua tutkimustietoa paloturvallisuuden toteutumisesta. Ratkaisut räätälöidään hankkeen mukaan ja niiden toimivuus osoitetaan kussakin tapauksessa erikseen. (2 ; 7).

Kantavia puurakenteita voi suunnitella Suomessa joko kansallisin ohjein (kansallinen RakMk:n mukainen B-sarja) RakMK B10 tai käyttäen yleiseurooppalaista suunnitteluohjetta Eurokoodi 5:ttä (3). B-sarjan mukainen suunnittelu ei ole perusteltua pidemmällä tähtäimellä, sillä kansallisten normien käytöstä ollaan luopumassa. B-sarjaa voi käyttää rinnalla ainakin vuoden 2011 maaliskuuhun saakka.

3.2 Materiaalien paloluokitus

Suomessa on käytetty Eurooppalaista paloluokitusjärjestelmää vuodesta 2002 alkaen. Rakennusmateriaalin paloluokitukseen vaikuttaa mm. tuotteen tiheys ja paksuus sekä asennustapa ja alustan rakenne. Taulukossa 1 esitetään luokitusten ominaisuuksien kuvaus. Paloluokitus kuvaillaan erilaisin merkinnöin, jotka kuvaavat mm materiaalin lämmöntuottoa ja leviämistä, savuntuottoa, palavien pisaroiden muodostumista.

Taulukko 1. Rakennustarvikkeiden paloluokitus. (4).

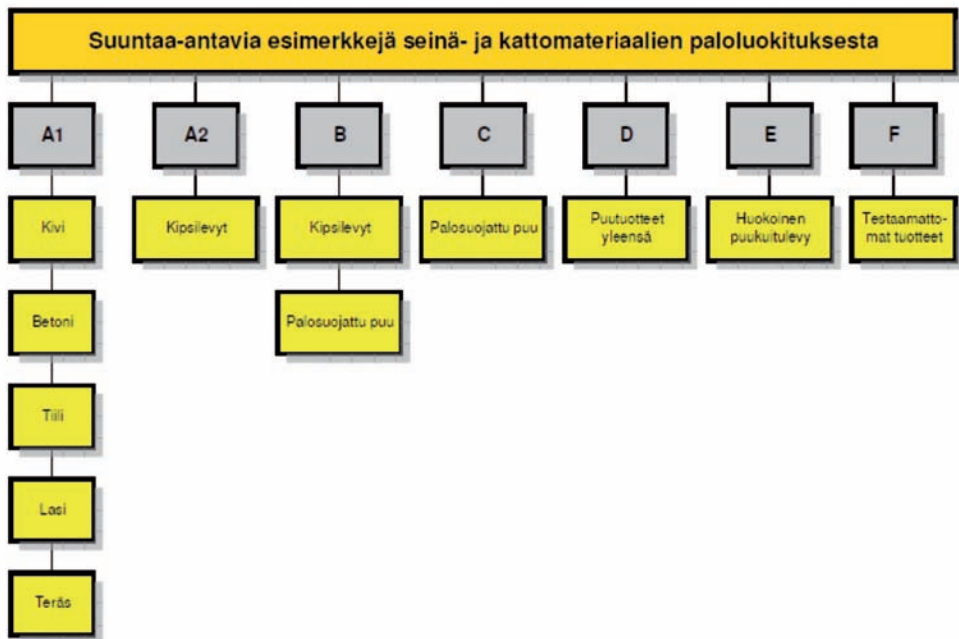
Luokitus-merkintä	Selostus
A1	Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon.
A2	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajattua.
B	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettua.
C	Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti.
D	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävää.
E	Tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä.
F	Tarvikkeet, joiden käyttäytymistä ei ole määritetty.
s1	Savuntuotto on erittäin vähäinen.
s2	Savuntuotto on vähäistä.
s3	Savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia.
d0	Palavia pisaroita tai osia ei esiinny.
d1	Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti.
d2	Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia.

Kuvassa 1 on esitetty tyypillisimpien rakennusmateriaalien paloluokitukset. Puutuotteet kuuluvat käsittelemättöminä luokkaan D. Puun ominaisuuksia voidaan parantaa palosuojakäsittelyin eri menetelmillä luokkiin C tai B.

3.3 Rakennusten paloluokat

Rakennukset jaotellaan lähteen (1) mukaan paloluokkiin P1, P2 ja P3. P1-luokan rakennukset ovat tavallisesti kolme- tai useampikerroksisia. Paloluokkaan P1 kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan pääsääntöisesti kestävän palossa sortumatta. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu. (1 ; 4).

P2- luokan rakennukset ovat yleensä 1 - 2 kerroksisia, asuin- ja työpaikkarakennukset voivat kuitenkin olla myös 3 - 4 kerroksisia. Paloluokkaan P2 kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset voivat olla paloteknisesti edellisen luokan tasoa matalampia. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan asettamalla vaatimuksia erityisesti seinien, sisäkattojen ja lattioiden pintaosien ominaisuuksille. Lisäksi kerroslukua ja henkilömäärää on rajoitettu käyttötavasta riippuen. Rakennuksen runko voi olla muusta kuin A1 - A2 -luokan materiaalista. Kantavat rakenteet ovat 1 - 2 kerroksisissa rakennuksissa luokkaa R30.



Kuva 1. Materiaalien paloluokituksia. (5).

Paloluokkaan P3 kuuluvan rakennuksen kantaville rakenteille ei aseteta palonkestolle erityisvaatimuksia. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan rakennuksen kokoa ja henkilö-määriä rajoittamalla käytettävästä riippuen.

3.4 Rakenteiden paloluokitus

Rakennus ja sen rakennusosat eivät palon vaikutuksesta saa sortumalla aiheuttaa vaaraa määrätynä aikana palon alkamisesta. Rakenteiden erilaisia palonkestominaisuuksia kuvataan seuraavin merkinnöin:

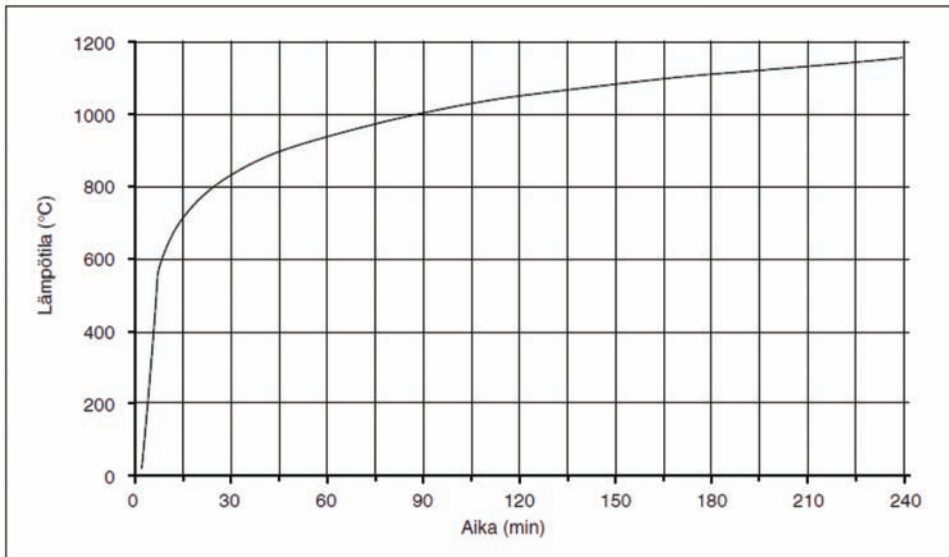
- E = tiiviys
- I = eristävyys
- R = kantavuus

Yhdistelemällä kirjaimia ilmaistaan eri rakennusosien toiminnalliset vaatimukset (R, REI, EI). Esitetyille toiminnallisille vaatimuksille ilmoitetaan vaadittu toimivusaika, joka voi olla 15, 30, 45, 60, 120, 180 tai 240 minuuttia.

Kantavan rakenteen mitoitus voi perustua joko standardoituun lämpötila-aikakäyrään (kuva 2) perustuvaan luokitukseen tai oletetun palonkehityksen mukaisiin rasiituksiin.

3.5 Johtopäätökset palomääräyksistä ja luokituksista puutuotteiden kannalta

Rakennustarvikkeet jaetaan luokkiin sen perusteella, miten ne vaikuttavat palon syttymiseen, leviämiseen sekä savun tuottoon. Palosuojattu puu voi parhaimmillaan kuulua luokkaan B (osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu). Savuntuotolle asetetaan myös rajoituksia, mutta ulkokäytössä esim. ulkoverhouslaudalla parhaaseen savuntuottoluokkaan ei tarvitse päästä. A-luokan materiaalit ovat palamattomia. Käsittelemätön puu kuuluu luokkaan D (osallistuminen paloon on hyväksyttävissä). Rakennusmääräysten perusteella voidaan todeta, että palosuojatulle puulle löytyy uusia käyttökohteita verrattuna käsittelemättömään puuhun vain, jos se täyttää luokan B-vaatimukset. Liitteissä 1 - 4 on esitetty puutuotteilta vaadittu paloluokka eri käyttökohteissa.



Kuva 2. Standardipalokäyrä

4. Asiantuntijakyselyiden ja haastattelujen tulokset

4.1. Paloasiantuntijat

Kysely toteutettiin sähköpostitse ja lähetettiin 11 Eurooppalaiselle paloasiantuntijalle. Vastauksia saatiin 4 kpl. Asiantuntijoille esitetyt kysymykset olivat seuraavat:

1. Missä näette palonsuojatun puun käytön suurimmat potentiaalit ja miten perustelette näkemyksenne?
2. Onko palonsuojatusta puusta yleisesti keskusteltaessa jäänyt joitain kysymyksiä mielestänne sekä esittämättä että vastaamatta ja mitä ne mahdollisesti ovat?

4.1.1 Referoinnit vastauksista – kysymys 1

Palosuojatun puun käyttökohteita voisivat olla huonekalut ja sisäverhoukset esim. lentoaseman aulatiloiissa, teattereissa ja kokoustiloiissa. Saksassa jopa B-luokan materiaalin käytölle täytyy saada viranomaishyväksyntä. Palosuojatun puun käsitteilyn pitkäaikaiskestävyyden todistaminen on vielä kesken. (Stefan Winter – Saksa.).

Käsitelty puu soveltuu parhaiten sisätiloihin suuremman mittakaavan rakennuksissa (julkiset rakennukset). B -luokan palosuojattu tuote voisi olla mielenkiintoinen tuote suunniteltaessa esimerkiksi poistumisteitä ja kokoontumistiloja. Palosuojatun puun käyttö ulkoverhouksena ei ole houkutteleva vaihtoehto, koska Britanniassa voi käyttää 18 mm ulkoverhousta käsittelemättömänä. (Julie Bregulla – Englanti.).

Mielenkiintoisimpia käyttökohteita ovat seinä- ja sisäkattoverhoukset julkisissa rakennuksissa, kerrostalohuoneistoissa ja poistumisteissä. Kiinnostusta on kerrostalojen julkisivuja kohtaan, mutta käsittelyn palosuojauksen pitkäaikaiskestävyyden pysyvyydessä ja sen osoittamisessa on vielä puutteita. (Birgit Östman – Ruotsi).

Palosuojatun puun käyttö korkeiden kerrostalojen (7-krs) julkisivuissa sekä poistumisteiden sisäverhouksissa. (Martin Teibinger – Itävalta).

4.1.2 Referoinnit vastauksista – kysymys 2

Mitkä ovat käsitellyn puun vaikutukset sisäilmaan (emissiot ja muut kemikaalit)? Onko käsitelty materiaali kierrätettävää? Mitkä ovat reunaehdot materiaalin työs-
tettävyyteen? Miten jätehuolto hoidetaan? Mikä on käsitellyn materiaalin pitkäai-
kaisukestävyys? Vaikuttaako käsittely muihin puun ominaisuuksiin kuten lujuuteen,
jäykkyyteen, lämmönjohtavuuteen ja vesihöyrynläpäisevyyteen? Mitkä ovat väri-
vaihtoehdot? Onko palosuojatun puun käyttö tarpeellista, sillä useat ongelmat voi-
daan kuitenkin ratkaista parhaiten rakenteellisesti. Jokainen käsittelykerta on ym-
päristökuormitus tulevaisuutta ajatellen. (Stefan Winter).

Tarvitaan suunnitteluohjeita palosuojattujen puutuotteiden käytölle, jotta voitai-
siin selkeästi ymmärtää tuotteen mahdollisuudet ja rajoitukset. (Julie Bregulla)

Palokäsittelyn pitkäaikaisukestävyyden osoittaminen erityisesti ulkorakenteissa on
tarpeellista. Suurin osa Ruotsissa tutkituista käsittelyistä on osoittautunut kestävä
vain muutaman vuoden ulko-olosuhteissa. Kuinka käsitelty materiaali saavuttaisi
savuntuottoluokan s1? Useat palosuojakäsitellyt puutuotteet saavuttavat vain luo-
kan s2. Käsitellyn materiaalin ympäristöystävällisyys tulisi osoittaa eri näkökoh-
dista. (Birgit Östman – Ruotsi).

Palosuojauksen pitkäaikaisukestävyys tulee todistaa. (Martin Teibinger – Itävalta)

4.2 Asiantuntijahaastatteluiden tulokset kosteus ja homesuojauksesta

4.2.1 Haastateltavat

Kosteus- ja homesuojauksesta haastateltiin seuraavia asiantuntijoita:

- Pirjo Ahola, tutkimuspäällikkö, Tikkurila Oy
- Petri Lönnblad, osastopäällikkö rakentamisen- ja sisäilmastopalvelut,
vanhempi konsultti, rakennusterveysasiantuntija, Insinööri Studio Oy
- Juhani Yrjönen, rakennusmestari, Laatu-Rakentajat J. Yrjönen Oy
- Hannu Viitanen, erikoistutkija, VTT

Haastattelukysymykset ovat liitteessä 5.

4.2.2 Home- ja kosteusongelmat rakennuksissa

Suomen rakennuskantaa piinaavia kosteus- ja homeongelmia esiintyy yleisesti kaikissa rakennuksissa, niin kouluissa kuin kodeissakin. Kosteus- ja homeongelmat huonontavat sisäilman laatua, mikä taas johtaa terveydellisiin ongelmiin ja tätä kautta vaikuttaa myös kansantaloudellisiin kustannuksiin. Oireilua voivat olla mm. silmien ja ihon kutina sekä hengitysteiden sairaudet. Tutkimusten mukaan 50 %:ssa rakennuksista voidaan havaita merkkejä ylimääräisestä kosteudesta ja 15 - 20 % rakennuksista homehaitat ovat jo uhka terveydelle.

Ongelma on tiedostettu laajasti ja siihen on päätetty puuttua. Esimerkiksi Valtioneuvosto on 18.9.2008 tehnyt periaatepäätöksen ja käynnistänyt 24.2.2009 Kosteus- ja hometalkoot -kampanjan, jota ympäristöministeriö johtaa. Talkoissa on mukana myös yrityksiä ja koulutuslaitoksia.

Vesi on kasvulle välttämätöntä. Mikrobin kasvu on todennäköistä, jos ilman suhteellinen kosteus on yli 70 %, kun taas alle 30 % suhteellisessa kosteudessa mikrobit eivät kasva. Suurin merkitys on kuitenkin materiaalin kosteudella, esimerkiksi homesienen kasvulle ihanteellisin kosteus on 65 - 85 %. Jos kohde pystyy kuivumaan muutamassa vuorokaudessa, eivät mikrobit pääse kasvamaan. Eri mikrobit kasvavat vaihtelevasti +5 ... +30 celsiusasteen välillä, optimilämpötilan ollessa +20... +25 celsiusta. Ilmavirtaukset rajoittavat mikrobin kasvua, joten huolellisesti hoidettu tuuletus on tärkeää.

4.2.3 Yhteenveto haastatteluiden tuloksista

Potentiaalisimmaksi home- ja kosteussuojatun puun käyttökohteeksi haastattelujen perusteella nousivat ulkoilmaan rajoittuvat rakenteet ja rakennusosat, jotka joutuvat kovalle säärasitukselle alttiiksi. Näitä ovat esimerkiksi räystäiden aluslaudat ja ryömintätiloihin rajoittuvat rakenteet. Yrjönen, Lönnblad ja Viitanen korostivat, että rakenteen on oltava toimiva, jotta se pysyy terveenä. Tuuletuksesta on huolehdittava. Yrjönen totesi myös rakenteiden liitoskohtien olevan mahdollinen käyttökohde (varmistusratkaisu, sillä nämä rakenteet ovat yleensä hankalia toteuttaa käytännössä). Viitanen korosti, että suojaus ei saa vaikuttaa sisäilman laatuun, käytetään suojausta missä hyvänsä. Ahola suosittelisi suojausta kaikkiin pintoihin, jotka ovat edes jossakin määrin tekemisissä kosteuden kanssa.

Ahola näki homesuojauksen mahdolliseksi ratkaisuksi myös riskirakenteissa ilman rakenteellista muutosta. Hänen mielestään pintahomeen voisi vain pestä pois ja suojaus-aineilla estää homeen uudelleen kasvun. Yrjönen, Lönnblad ja Viitanen muuttaisivat rakennetta toimivammaksi. He eivät nähneet suojauskäsittelyssä hyötyä, jos rakenne kuitenkin joskus homehtuisi uudelleen, viimeistään suojausaineen huuhtouduttua pois. Hometta myös luultavasti kasvaisi muualle rakenteen ympäristöön, vaikka puiset rakenteet olisikin suojattu.

Hyvänä kosteus- ja homesuojausaineiden käyttökohteena pidettiin homekasvuston tappamista ja sen leviämisen estämisenä jo todetuissa kosteusvauriokohteissa. Vaurioituneet rakenteet tulisi avata ja poistaa kelvoton materiaali, jonka jälkeen jäljelle jätettävät rakenteet olisi hyvä käsitellä suojausaineella, jotta mikrobit kuolevat. Kuivauksen jälkeen rakenteet suljetaan uudestaan.

Viitanen toi esille myös mahdollisen käytön kohteissa, joissa kosteusrasitus saattaa nousta korkeammaksi, vanhan rakenteen toimivuuden takia, esimerkiksi vanhoissa ryömintätiloissa. Yrjösen ajatus ns. varmistuksesta huonosti ja hitaasti kuivuivissa kohteissa, kuten vinot lämpimät yläpohjat, on hieman samansuuntainen.

Lönnblad ei usko suojausaineiden olevan turvallisia. Hän pohti, mitä aineet aiheuttavat ihmiselle solutasolla, jos ne pystyvät tappamaan pieneliöitä. Hänen mielestään etenkin olosuhdemuutoksia ja yhteisvaikutusasioita tulisi tutkia enemmän. Hän myös painotti sitä, että laboratorio-olosuhteet eivät vastaa todellisia olosuhteita. Hän ei sisätiloissa käyttäisi aineita lainkaan.

Ahola ja Viitanen painottivat eri aineiden soveltuvan eri kohteisiin. Kuten aiemmin jo mainittiin, Viitanen painotti, ettei aineiden käytöllä saisi olla vaikutuksia sisäilman laatuun. Kuitenkin hän muistutti myös siitä, että homeen kasvun estämisellä pidetään sisäilman laatua yllä sekä että homeesta koituvat terveyshaitat saattavat olla suurempia kuin suojausaineista johtuvat. Viitanen ja Ahola totesivat molemmat terveystriskien painottuvan enemmänkin puunsuojauksen käsittelyvaiheeseen kuin valmiista tuotteesta haihtuviin aineisiin.

Home- ja kosteussuojauksen lisäarvoa pidettiin lähinnä imagokysymyksenä. Lönnblad tahtoi, että harhaanjohtavaan markkinointiin puututtaisiin.

Suomen rakennusmääräyksissä todetaan, että rakenteita, jotka aiheuttavat terveyshaittaa, ei saa rakentaa. Tästä johtuen rakenteita, joita pitäisi homesuojata kemiallisesti, ei saisi tehdä. Näin ollen käyttökohteitakaan ei tulisi olla olemassa. Suomessa ollaan ottamassa käyttöön uusi EU:n biosididirektiivi, joka edellyttää tehoaineiden huolellista testausta. Tämä tosin hidastaa aineiden kehitystä. Kaikki biosidiset aineet on hyväksyttävä. Tulossa on myös lista, jossa olevia aktiiviaineita saa käyttää.

5. Potentiaalisimmat kaupalliset puun palonsuoja-aineet

Kaupallisesti merkittäviä, paloluokan B vaatimukset täyttäviä puun palonsuoja-aineita ja -menetelmiä on markkinoilla vähän. Sitäkin enemmän on aineita ja menetelmiä, jotka ovat niiden kehittäjien mukaan kaupallistumisen kynnyksellä. Näistä ei kuitenkaan olla vielä valmiita antamaan tietoja, joiden perusteella niiden potentiaalia voisi luotettavasti arvioida. Lopulta riittävästi tietoa saatiin kolmesta kaupallisesta ratkaisusta, jotka olivat

1. Dr. Wolman Firestop – fosfaattipohjainen palosuoja-aine
2. HR-Prof – rautafosfaattipohjainen palosuoja-aine
3. booripohjaiset palonsuoja-aineet esim. Dricon ja Vital protect.

5.1 Dr. Wolman Firestop – fosfaattipohjainen palosuoja-aine

Dr. Wolman Firestop on fosfaattipohjainen palosuoja-aine. Sitä voidaan käyttää nykyisillä ”suolakyllästämöillä”, eli käsittelyprosessi on perinteinen Bethell (alkutyhjö, paine, lopputyhjö). Aine ei ole korrosoiva, mutta se voi irrottaa ruostetta mustasta teräksestä valmistetuissa laitteistoissa ja aiheuttaa värivikaa käsiteltävään puuhun. Tämän vuoksi kyllästyslaitteiston olisi hyvä olla valmistettu maalatusta tai pinnoitetusta mustasta teräksestä tai ruostumattomasta teräksestä. Kyllästyksen jälkeen tuotteet on kuivattava. Valmistaja ei suosittele tuotteen höyläystä tai profilointia käsittelyn jälkeen, sillä tällöin syntyy kutterinlastua ja hiontapölyä, joka on hävitettävä.

Suojauksen taso ja pysyvyys

- B-luokan palosuojaustaso männyllä saavutetaan pitoisuudella 200 g/m², jolloin dimensiosta/tuotteesta riippuen ainetta kuluu 15...35 kg/m³.
- Kemikaali on vesiliukoinen, jonka vuoksi ulkokäyttöön tarkoitetut tuotteet on pintakäsiteltävä mieluiten puun palamista hidastavilla ja kosteuden imeytymistä hidastavilla pintakäsittelyaineilla.

Kustannukset

- Ainekustannus on 4,5 €/kg ja vaatimus B-luokkaan dimensiosta tai tuotteesta riippuen 15...35 kg/m³

- Kyllästyskustannus 40 €/m³ (kyllästys rimapakettina tai uudelleenrimoitus ennen kuivausta)
- Kuivauskustannus 20 €/m³; On huomioitava mahdolliset kuivausrejektit, koska tuotteet on käsiteltävä profiloituna. Rejektien määrää voidaan vähentää tekemällä pontit yms. normaalia väljemmiksi.
- Ulkokäyttöön tarkoitettut tuotteet on pintakäsiteltävä.

B-luokkaan käsitellyn tuotteen valmistuskustannukset ovat noin 200 €/m³, jonka päälle on lisättävä pintakäsittelyn kustannukset, koska sisäkäytössäkin puuosat yleensä pintakäsitellään.

Referensseiksi valmistaja ilmoitti Tanskan Ry:ssä sijaitsevan Pressalit plant & offices julkisivun, jonka puulaji on Western Red Cedar. Julkisivu on painekyllästetty luokkaan EN 13501-1, Euroclass B, s2, d0 Wolmanit Firestopilla ja pintakäsitelty Innoshield DRF:llä (ks. kuva 3). Toisena referenssinä on Pariisissa sijaitsevan amfiteatterin, Pierre et Marie Curien pyökistä valmistetun sisäpaneloinnin. Paneelit on painekyllästetty luokkaan EN 13501-1, Euroclass B, s2, d0 Wolmanit Firestopilla (ks. kuva 4).

5.2 HR-Prof-rauta (III)fosfaattipohjainen palosuoja-aine

HR-Prof on rauta (III)fosfaattipohjainen palosuoja-aine. Sitä käytetään tällä hetkellä pelkästään pintakäsittelyaineena, joka tehtävä kahteen, jopa kolmeen kertaan B-luokan suojaustason saavuttamiseksi. Sitä voidaan valmistajan mukaan käyttää nykyisillä ”suolakyllästysoilla”. Tarkkoja prosessiparametreja valmistaja ei voi kuitenkaan vielä antaa. Aine ei ole korrosoiva, mutta se voi irrottaa ruostetta mustasta teräksestä valmistetuissa laitteistoissa ja aiheuttaa värivikaa käsiteltyyn puuhun. Tämän vuoksi kyllästyslaitteiston olisi hyvä olla valmistettu maalatusta tai pinnoitetusta mustasta teräksestä tai ruostumattomasta teräksestä. Kyllästyksen jälkeen tuotteet on kuivattava. Lisäksi puuosat, joissa vaaditaan erityistä mittatarkkuutta, on viimeisteltävä tai profiloitava vasta käsittelyn jälkeen. Tällöin syntyy kutterinlastua ja hiontapölyä, joka on hävitettävä.

Suojauksen taso ja pysyvyys

- B-luokan palosuojaustaso männällä saavutetaan pitoisuudella 300 g/m², jolloin dimensiosta ja tuotteesta riippuen ainetta kuluu 25...45 kg/m³.
- Kemikaali on niukkaliukoinen, joten kyllästetty tuote ei tarvitse välttämättä pintakäsittelyä edes ulkokäytössä.
- Pelkästään pintakäsitellyt tuotteet vaativat kuitenkin uusintakäsittelyn tai maalauksen ulkokäytössä, koska puun pinnan rapautuminen kuluttaa aikaa myöten suoja-ainekerroksen pinnasta pois.



Kuva 3. Tanskan Ry:ssä sijaitseva Pressalit plant & offices -julkisivu, jonka puulaji on Western Red Cedar. Julkisivu on painekyllästetty luokkaan EN 13501-1, Euroclass B, s2, d0 Wolmanit Firestop:lla ja pintakäsitelty Innoshield DRF:llä.



Kuva 4. Pariisissa sijaitseva amfiteatteri, Pierre et Marie Curien sisäpanelointi on pyökistä. Panelit on painekyllästetty luokkaan EN 13501-1, Euroclass B, s2, d0 Wolmanit Firestopilla.

Kustannukset

- Ainekustannus on 3 €/kg ja vaatimus B-luokkaan dimensiosta ja tuotteesta riippuen 25...45 kg/m³.
- Kyllästyskustannus on 40 €/m³ (kyllästys rimapakettina tai uudelleenrimoitus ennen kuivausta).
- Kuivauskustannus on 20 €/m³; On huomioitava mahdolliset kuivausrejektit, koska tuotteet on käsiteltävä profiloituna. Rejektien määrää voidaan vähentää tekemällä pontit yms. normaalia väljemmiksi.

B-luokan käsitellyn tuotteen valmistuskustannukset ovat noin 200 €/m³. Sen päälle on lisättävä pintakäsittelyn kustannukset, koska puuosat yleensä pintakäsitellään.

Alla valmistajan ilmoittamia referenssikohteita, joissa HR-Prof-ainetta on käytetty:

- Tokmanni logistiikkakeskus, Mäntsälä
- Järvenpään vammaispalvelukeskus
- Hippos harjoitushalli, Jyväskylä
- Musiikkitalo, Helsinki.

5.3 Booripohjaiset palonsuoja-aineet esim. Dricon ja Vital protect

Dricon ja Vital Protect ovat booriin perustuvia palonsuoja-aineita. Arch Chemicalsin Dricon valmisteessa on lisäaineena myös fosfaatteja. Booripohjaisia aineita voidaan käyttää nykyisillä ”suolakyllästämöillä”, eli käsittelyprosessi on perinteinen Bethell (alkutyhjö, paine, lopputyhjö). Boorivalmisteiden tunkeutuvuus puuhun on erittäin hyvä jopa pelkällä pintakäsittelyllä, joten kyllästyksessä prosessi-ajat voivat olla 3–4 kertaa lyhyemmät kuin perinteisillä kyllästeillä. Boorihappo on lievästi korrosoiva. Tämän vuoksi kyllästyslaitteiston olisi hyvä olla valmistettu maalatusta tai pinnoitetusta mustasta teräksestä tai ruostumattomasta teräksestä. Kyllästyksen jälkeen tuotteet on kuivattava. Huom! Yli 80 °C:n lämpötiloja vältettävä, koska silloin voi muodostua erittäin vaarallisia kaasuja. Lisäksi puuosat, joissa vaaditaan erityistä mittatarkkuutta, on viimeisteltävä tai profiloitava vasta käsittelyn jälkeen. Tällöin syntyy kutterinlastua ja hiontapölyä, joka on hävitettävä.

Suojauksen taso ja pysyvyys

- B-luokan palonsuojaustaso männyllä saavutetaan pitoisuudella 300 g/m², jolloin dimensiosta ja tuotteesta riippuen ainetta kuluu 25–45 kg/m³.
- Kemikaali on vesiliukoinen, jonka vuoksi ulkokäyttöön tarkoitettut tuotteet on pintakäsiteltävä mieluiten puun palamista hidastavilla pintakäsittelyaineilla.

Kustannukset

- Boorihappo kuiva-aineena maksaa noin 1 €/kg suursäkeissä. Tuotteistettuna (hyväksynnät, luvat, käyttöohjeet, valmistus eli käytännössä vesiliuotus) ainekustannus on noin 2 €/kg ja B-luokan vaatimus saavutetaan dimensios- ta ja tuotteesta riippuen 25–45 kg/m³.
- Kyllästyskustannus on 30 €/m³ (kyllästys rimapakettina tai uudelleenrimoi- tus ennen kuivausta)
- Kuivauskustannus on 20 €/m³; Huomioitava mahdolliset kuivausrejektit, koska tuotteet on käsiteltävä profiloituna. Rejektien määrää voidaan vähen- tää tekemällä pontit yms. normaalia väljemmiksi.

B-luokkaan käsitellyn tuotteen valmistuskustannukset ovat noin 150 €/ m³, jon- ka päälle on lisättävä pintakäsittelyn kustannukset, koska sisäkäytössäkin puuosat yleensä pintakäsitellään.

Kotimaassa Vital Protect ainetta on käytetty mm. Oulun jäähallissa ja kaupungin- teatterissa sekä Kierikkikeskuksessa (ks. <http://www.vitalfinland.fi>). Dricon val- mistetta on käytetty UK:ssa mm. St Annes kirkossa ja Hoylaken matkailijakeskuk- sessa (ks. [http://www.archchemicals.com/Fed/WOOD/Products/CaseStudies/de- fault.htm?selApplication=dricon.htm](http://www.archchemicals.com/Fed/WOOD/Products/CaseStudies/default.htm?selApplication=dricon.htm)).

5.4 Yhteenveto puun palonsuoja-aineiden potentiaalista

Kolmesta kaupallisesta palonsuoja-aineesta edullisin ratkaisu puun palonsuoja- ukseen on booripohjaiset aineet (mm. Dricon ja Vital protect). Boori kuitenkin huuhtoutuu puusta pois kuivauksessa (kuivausvesien keruu ja uudelleenkäyttö on järjestettävä) ulkokäytössä ja muodostaa myrkyllisiä palokaasuja. Nämä tekijät ei- vät puolla booripohjaisten palonsuoja-aineiden käyttöä.

Molemmat fosfaattipohjaiset valmisteet (Dr. Wolman Firestop ja HR-prof) sovel- tuvat hyvin puun palonsuojaukseen ja antavat riittävän suojaustason (B-luokka) puulle. Molemmilla menetelmillä B-luokan vaatimukset täyttävän lopputuotteen hinta-arvio on noin 500 €/m³ sisäverhouspaneelilla ilman pintakäsittelyä.

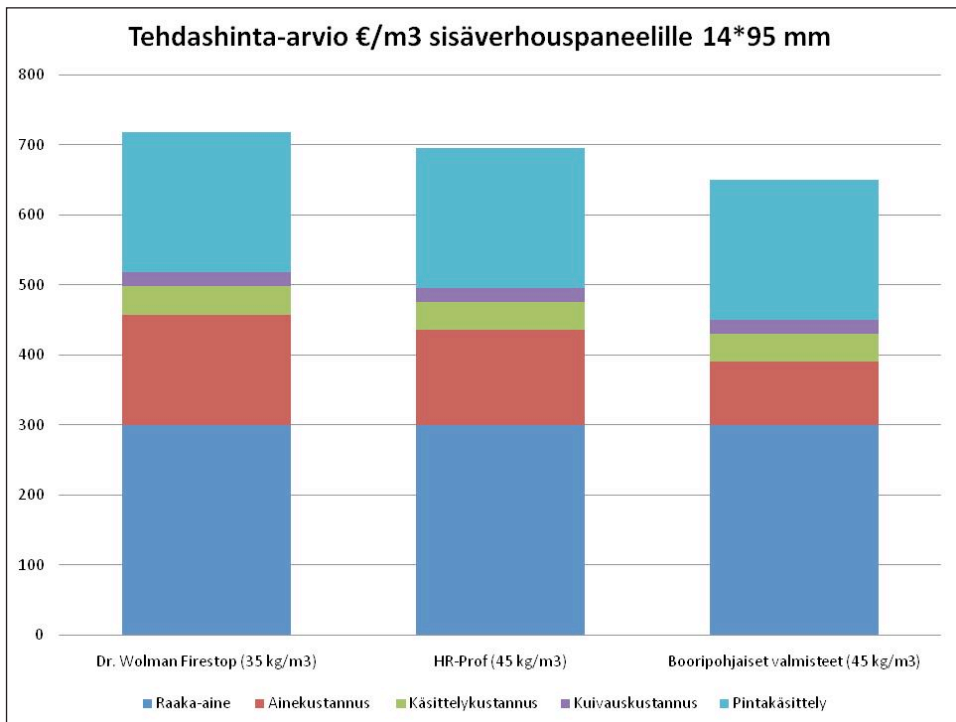
HR-Prof -valmiste ei välttämättä tarvitse pintakäsittelyä edes ulkokäytössä. Tämän vuoksi se edullisin vaihtoehto ulkoverhouslaudalle – hinta-arvio on 375 €/ m³ il- man pintakäsittelyä. Pintakäsittelynä sekä sisäverhouspaneelin ja ulkoverhouslau- dan hinnat vaihtelevat 600 - 900 €/m³ välillä. Hintaan vaikuttavat raaka-aineen laatu, palonsuoja-valmiste (Dr. Wolman Firestop ja HR-prof) ja pintakäsittely (ks. kuvat 5 ja 6).

Valmistajilta saatujen tietojen perusteella Dr. Wolman Firestop ja HR-prof-valmis- teet parantavat oleellisesti yksinomaan puun palonkestävyyttä. Puun muut omi-

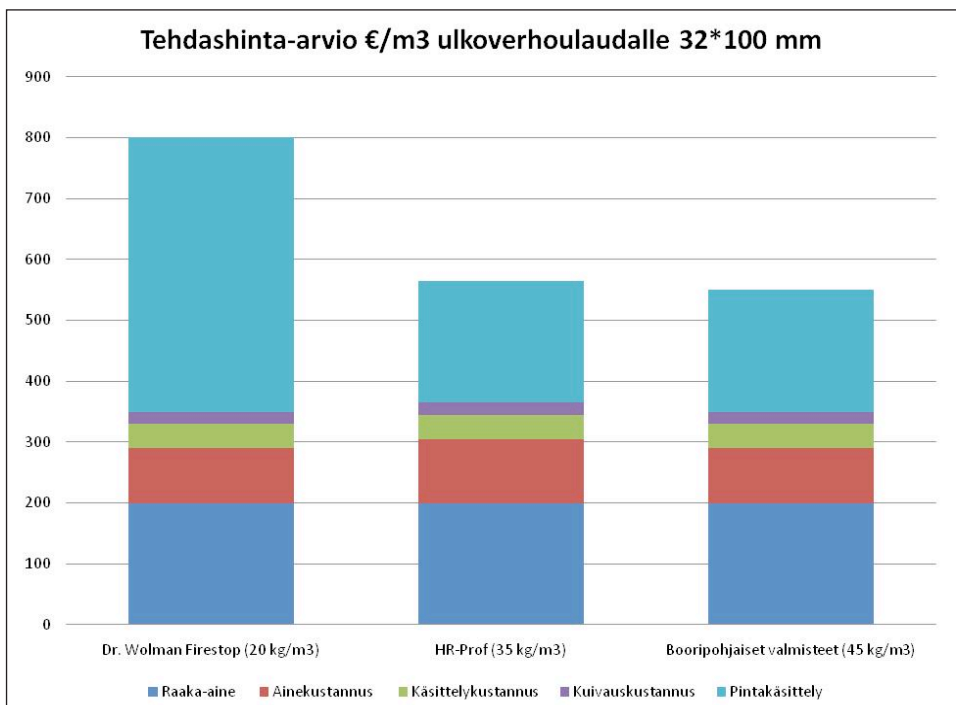
naisuudet, kuten dimensiostabiliteetti, hygroskooppisuus, kovuus, homeen- ja lahonkesto säilyvät tämänhetkisten tietojen mukaan kutakuinkin ennallaan.

Palosuoja-aineiden valmistajat ovat tehneet virallisia palokokeita (ks. liitteet 5 ja 6), joiden perusteella niiden toimivuus on voitu yleisesti osoittaa. Palosuojattua puuta valmistavan ja myyvän yrityksen täytyy kuitenkin toteuttaa ainakin seuraavat toimenpiteet, jotta tuote saadaan hyväksytyksi markkinoille:

- CE-merkinnän vaatimat lopputuotteen alkutestaukset ja hyväksynät ja tehdasvalvonta sekä ulkopuolinen laadunvalvonta on toteutettava.
- Kyllästetyn tuotteen kuivaus, pintakäsittely ja paketointi on järjestettävä laadukkaammin kuin kestopuutuotteilla.
- Käsittelyn vaikutus puun muihin ominaisuuksiin, kuten esim. dimensiostabiliteettiin, kovuuteen, lujuusominaisuuksiin, liimaukseen, työstettävyyteen, huoltotarpeeseen, homehtumisalttiuteen, hygroskooppisuuteen on testattava.
- Kierrätysjärjestelmä eli katkaisuhukkien kierrätys tai hävitystapa rakennustyömaalla tuotteen käyttöään päättyessä on järjestettävä.
- Markkinointi ja suunnittelumateriaalia on tuotettava lupaviranomaisille, loppuasiakkaille, suunnittelijoille ja rakennusliikkeille.



Kuva 5. Tehdashinta-arviot (€/m³) B-luokan vaatimukset täyttävälle sisäverhouspaneelille eri valmisteilla.



Kuva 6. Tehdashinta-arviot (€/m³) B-luokan vaatimukset täyttävälle ulkoverhouslaudalle eri valmisteilla.

6. Palosuojattujen puutuotteiden käytön kannattavuus

Projektin ohjausryhmä valitsi kolme esimerkkikohdetta, joissa palosuojattujen puutuotteiden käytön kannattavuutta verrataan kilpaileviin ratkaisuihin. Esimerkkilaskelmissa huomioidaan rakenteen suunnitteluun ja toteutukseen vaikuttavat kustannustekijät materiaalikustannusten lisäksi. Esimerkkikohteet olivat

1. puukerrostalojen julkisivut – uudisrakennus- ja korjausrakentamiskohde
2. sisäverhoukset
3. näkyviin jäävät kantavat rakenteet.

6.1 Puukerrostalojen julkisivut – uudisrakennus- ja korjausrakentamiskohde

Vertailuvaihtoehdot julkisivuissa olivat betonikuorielementti, kolmikerrosrappaus ja lautaverhous palosuojatusta puusta. Materiaalikustannusten lisäksi huomiointiin mm teline- ja nostokulut, suunnittelu ja työnjohto sekä työmaatekniset tarvikkeet. Betonikuorielementtien materiaalikustannus sisältää saumauksen. Puun palonsuojauksen kustannuslisäksi arvioitiin 300 €/m^3 (dimensiolle $28 \times 120 \text{ mm}$ hintalisä on $10,71 \text{ €/m}^2$). Kustannustietojen lähteenä käytettiin ROK 2010. (10).

Uudisrakennusesimerkki pohjautuu lähteen /10/ mukaiseen kustannuslaskentaan uudisrakentamiskohteessa. Taulukossa 2 on esitetty materiaalikustannukset (€/m^2) ja uudisrakennuksen työmenekki (tth/m^2). Käsité työntekijätunti (tth) vastaa yhden miehen tekemää tunnin työtä. Jos kahden työntekijän työryhmä työskentelee kolme tuntia, on työhön käytetty kuusi työntekijätuntia. Jos tässä ajassa on asennettu esim. 12 m^2 ulkovoorauspaneelia, on työmenekki ollut $0,5 \text{ tth/m}^2$ ($6 \text{ tth}/12\text{m}^2 = 0,5 \text{ tth/m}^2$). (10).

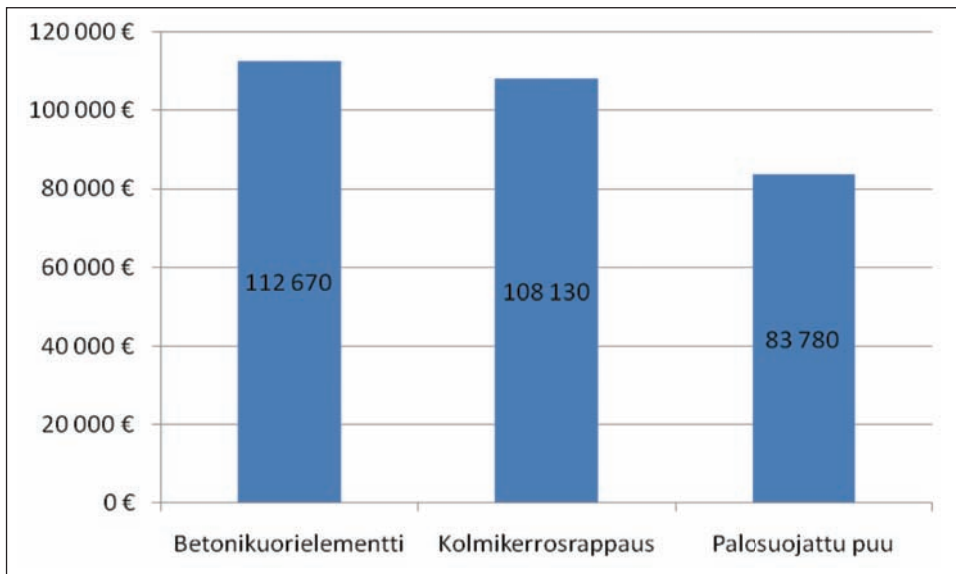
Taulukko 2. Materiaalikustannukset (€/m^2) ja työmenekki (tth/m^2).

	€/m^2	tth/m^2
Betonikuorielementti (kuorielementti asennettuna ja saumattuna)	100,17	0,25
Kolmikerrosrappaus	44,63	1,27
Palosuojattu puu	39,85	0,52

Taulukossa 3 ja kuvassa 7 esitetään tulokset asuinkerrostalon julkisivuremontin kustannuksista, jossa julkisivupinta-alaa on n. 1 000 m². Työkustannuksena on käytetty 50 €/h. Laskelma perustuu taulukossa 2 esitettyihin kustannustietoihin. Palosuojatun puun esimerkkiin on sisällytettyinä kustannukset julkisivun kaksinkertaisesta maalaamisesta (ko kustannus on eroteltu näkyviin suluilla merkittyinä).

Taulukko 3. Julkisivurakenteen kustannuslaskelman esimerkki.

	Materiaalikustannukset (€)	Työkustannukset (€)	Yht (€)
Betonikuorielementti (kuorielementti asennettuna ja saumattuna)	100 170	12 500	112 670
Kolmikerrosrappaus	44 630	63 500	108 130
Palosuojattu puu (maalaukset)	42 630 (2 780)	41 150 (15 150)	83 780 (17 930)



Kuva 7. Julkisivurakenteen kustannuksia.

Korjausrakentamisesimerkissä vanha julkisivu uusitaan. Taulukossa 4 on esitetty korjaushinnat eri vaihtoehdoille elinkaarikustannukset eri aikajaksoilla.

Taulukko 4. Vertailu rakenteiden elinkaarikustannuksista.

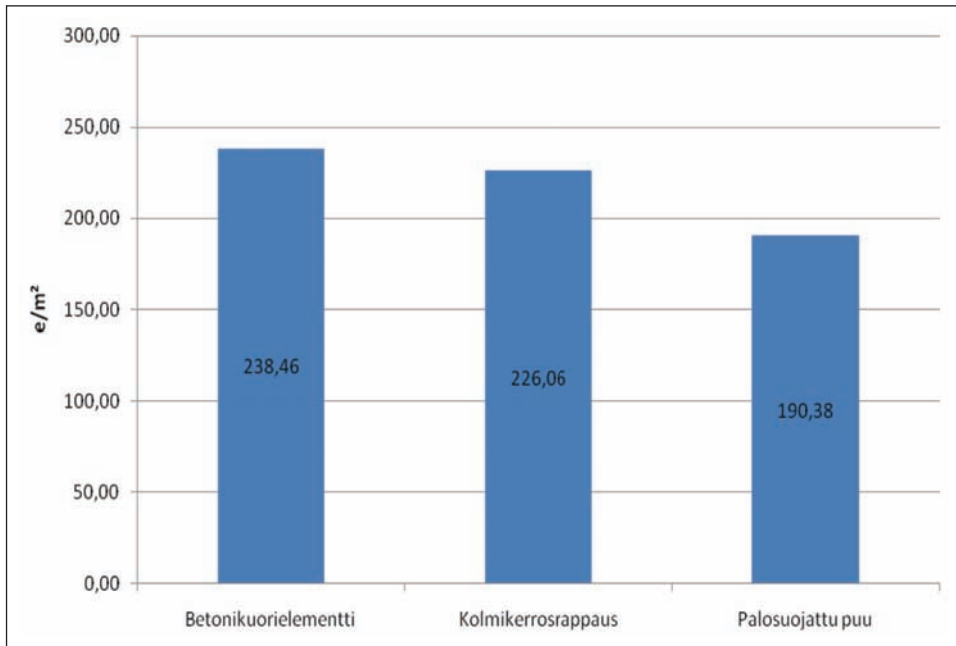
Toimenpide	Yks	Korja-	Jakso	Hinta	Jakso	Hinta	Jakso	Hinta	Jakso
		ushinta	v	€/yks	v	€/yks	v	€/yks	v
Betoni-kuorielementti	m ²	185	15	15	30	15	30	uusinta	50
Kolmikerrosrappaus	m ²	165	15	20	30	60	30	uusinta	50
Palosuojattu puu	m ²	140	15	25	30	25	30	uusinta	50

Korjausrakentamiskohteen elinkaarikustannuksia on tehty JUKO-elinkaarilaskentaohjelmalla. Käytetyt hinnat perustuvat ohjelman vuodelta 2007 määräytyneeseen hintatasoon. Laskennassa sovelletaan nykyarvomenetelmää. Laskentakorkona on käytetty 6 % ja julkisivun teknisenä käyttöikä 50 vuotta. Rakenteet on asetettu laskennallisesti energiakulutuksiltaan samanveroisiksi. Jäännösarvoa ei ole huomioitu. Tulokset on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Vertailu rakenteiden elinkaari-, investointi- ja kunnossapitokustannuksista.

	Elinkaarikust, yht	Investointikust.	Kunnossapitokust.
	€/yks	€/yks	€/yks
Betonikuorielementti	238,46	227,55	10,91
Kolmikerrosrappaus	226,06	202,95	23,11
Palosuojattu puu	190,38	172,20	18,18

Betonikuorielementtien kunnossapitokustannukset koostuvat saumauksen uusimisesta sekä julkisivun pesusta. Kolmikerrosrappauksen kunnossapitokustannuksiin on huomioitu 30 vuoden kunnossapitojakson aikana osittainen julkisivun korjaustarve (vaurioaste 10 %). Puujulkisivun kunnossapitotoimenpiteet koostuvat pesusta ja kahteen kertaan maalauksesta. Yhteenveto tuloksista on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Elinkaarikustannusten vertailu.

6.2 Sisäverhokset

Sisäverhouksia vertailtaessa tarkasteltiin asennustavoiltaan samankaltaisia sisustuslevyratkaisuja. Vertailussa oletettiin, että sisäverhouksen kiinnitysalusta on kaikissa ratkaisuissa samankaltainen eikä kiinnitettävään alustaan tarvitse asentaa erikseen esim. erillisiä kiinnitysjärjestelmiä tms. Vertailtavat vaihtoehdot ja niiden kustannukset olivat:

1. paloluokiteltu kuitukipsilevy, jossa puuviilu pinnassa (B-s1,d0)
2. paneeliseinä palosuojatusta puusta
3. EK-kipsilevy 13 mm, 2-kertainen levytys.

1. Paloluokiteltu kuitukipsilevy, jossa puuviilu pinnassa (B-s1,d0)

Puuviilun hintatieto saatu valmistajalta (Oy Puu-Component Ab).

levyn hinta	60 €/m ²
työkustannus	5,22 €/m ²
yhteensä	65,22 €/m²

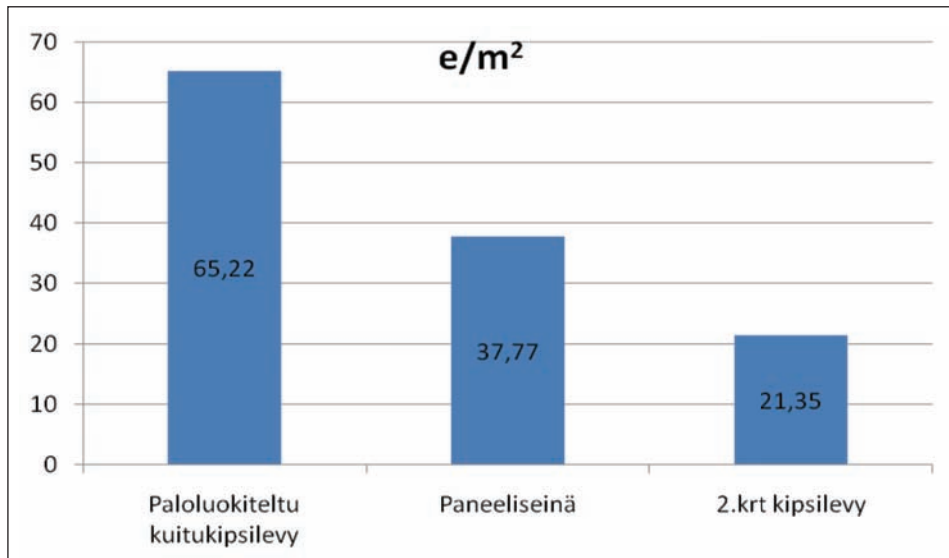
2. Paneeliseinä palosuojatusta puusta

sisäverhouslauta 14x95	12,32 €/m ²
palonsuojakäsittely (300 €/m ³)	4,20 €/m ²
työkustannus	15,17 €/m ²
maalaus 2 kertaa (puunsuoja)	6,08 €/m ²
yhteensä	37,77 €/m²

3. Kipsilevy 13 mm, 2-kertainen levytys

kipsikartonkilevy x2	7,26 €/m ²
työkustannus	9,47 €/ m ²
maalaus 2 kertaa, levyypinta	4,62 €/m ²
yhteensä	21,35 €/m²

Tulosten perusteella taloudellisesti kannattavin vaihtoehto palonkestävään sisäverhoukseen on kahteen kertaan levytetty 13 mm:n kipsilevy. Paneeliseinä palosuojatusta puusta on noin puolitoista kertaa kalliimpi vaihtoehto ks. kuva 9.



Kuva 9. Sisäverhouslevyjen kustannusvertailu.

6.3 Näkyviin jäävät kantavat rakenteet

Näkyviin jäävät kantavat rakenteet mitoitetaan rakenteellisesti Eurokoodi 5 /3/ tai Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B10 mukaan. Rakenteellinen mitoitustoteutus toteutetaan murtorajatilamitoituksena, jossa palotilanne käsitellään onnettomuuskuormayhdistelmänä. Tulipalo käsitellään onnettomuustilanteena käyttäen palon aikaisille kuormille tarkoitettuja kuormitusyhdistelyjä. Rakenteen laskennallinen tarkastelu perustuu standarditulipaloon ja hiiltymäsyvyyden laskennallisiin lähtöarvoihin. Rakenne mitoitetaan hiiltymisnopeuden perusteella toiminnallisen poikkileikkauksen periaatteella. Suojaamattomat liitokset pudottavat rakenteen palonkestoaikaa. Suojaamattoman liitoksen palonkesto on 15 min. Kaikissa muissa tapauksissa liitosten kestävyys täytyy todistaa laskennallisesti. Palosuojatun puun käyttöä ei voida huomioida rakenteen mitoittamisessa, sillä rakenteiden mitoittamistavat eivät huomioi palosuojasta. Puurakenne voidaan suojata verhoilemalla puulla tai muulla materiaalilla (vrt. teräsrakenteiden palosuojamaalit, joilla voidaan saavuttaa suojausaikoina 30 - 60 min). (5).

Lähteen (5) mukaan puuta voi käyttää kantavissa rakenteissa seuraavasti:

- 1 - 2 kerroksisissa rakennuksissa yleensä P1-luokan rakennuksissa eristeiden tulee olla luokkaa A2.
- P2 -luokan 3 - 4 kerroksisissa asuin ja työpaikkarakennuksissa eristeiden tulee olla luokkaa A2.
- Puuta voi käyttää ullakon ontelon vesikattorakenteissa, jotka eivät ole rakennuksen rungon olennaisia kantavia tai runkoa jäykistäviä osia.

7. Johtopäätökset palo, home- ja kosteussuojattujen puutuotteiden käytön kannattavuudesta ja vertailu aikaisempiin tutkimuksiin

Tutkimuksen perusteella pelkkä puun kosteus- ja mahdollinen homesuojaus ei anna yleensä rakentamisessa merkittävää etua, koska rakenteet on tehtävä sellaisiksi, etteivät ne kostu ja homehdu. Poikkeuksena ovat kylmät varastot tms, rakennukset tai rakennusosat, joissa satunnainen kosteus aiheuttaa homehaittoja siellä työskenteleville ihmisille, säilytettävillä tavaroilla tai itse puutuotteiden ulkonäölle sekä toimivuudelle.

Tutkimuksen mukaan palosuojattu puu on kokonaiskustannuksiltaan kilpailukykyinen vaihtoehto ulkoverhousmateriaaliksi rakennuksissa, joissa vaaditaan ulkoverhoukselta vähintään B-luokan palonkestoa. Tämä koskee sekä uudis- että korjausrakentamiskohteita. Suomessa pääosa julkisivukorjausta vaativista asuinkerrostaloista kuuluu paloluokkaan P1, jossa vaaditaan julkisivumateriaalin palomitoituksessa luokkia ja lukuarvoja käyttäen B-s1,d0-luokiteltua materiaalia. Palosuojatulla puulla voidaan saavuttaa em. luokka. Puujulkisivussa käytettävän palosuojauksen pitkäaikaiskestävyys ulkokäytössä on kuitenkin parannuttava ja tutkimuksin osoitettava. (5). Markkinapotentiaalia kuitenkin on, sillä palosuojatun puun käyttäminen julkisivumateriaalina puurunkoisen 3 - 5 kerroksisissa rakennuksissa on mahdollista useimmissa Euroopan maissa toiminnallisen palomitoituksen käyttämisen ansiosta. (7).

Rakennuksen sisätilojen pintamateriaalien käyttöä ohjataan paloluokituksin esimerkiksi rakentamismääräyksin. Tiukimmat vaatimukset on yleensä asetettu poistumisteille ja käytäville. Tutkimuksen mukaan sisäverhouksissa EK-kipsilevy on kuitenkin selvästi edullisempi vaihtoehto kuin palosuojattu sisäverhouspaneeli. Puu on toisaalta ulkonäöltään esteettinen materiaali, jota halutaan käyttää sisustamisessa. Mikäli puuta halutaan käyttää pintamateriaalina, hinta on harvoin este esimerkiksi julkisissa tiloissa, toimistorakennuksissa ja isoissa yrityksissä. (7).

Tarpeet parantaa paloturvallisuutta ja vähentää palokuolemia luovat markkinointimahdollisuuden palosuojatun puun käyttämiselle. Puun palosuojaaminen vähentää tulipalon syttymismahdollisuuksia, mikä parantaa paloturvallisuutta esimerkiksi vanhus- ja vammaishuollon rakennuksissa. Toisaalta halu parantaa paloturvallisuutta ei synny pelkästään normiohjauksen vaikutuksesta, vaan se perustuu muihin tekijöihin, kuten imagosyyt tai vakuutusmaksujen aleneminen palo-

suojattuja tuotteita käyttämällä. (7). Tämän vuoksi palosuojatulla puulla on markkinapotentiaalia kaikkien rakennusten sisäverhousmateriaalina ja kalustemateriaalina. Tämän markkinapotentiaalin hyödyntäminen vaatisi kuitenkin vastaavan tunnettavuuden tai tuotemerkin palosuojuille puutuotteille kuin kestopuutuotteilla on lahonsuojauksessa.

Tutkimuksen mukaan kantavissa rakenteissa palosuojatun puun käyttöä ei voida huomioida kantavan rakenteen mitoittamisessa, sillä rakenteiden mitoittamistavat eivät nykyisin huomioi palosuojausta. Rakenne mitoitetaan hiililymisnopeuden perusteella toiminnallisen poikkileikkauksen periaatteella. Suojaamattomat liitokset pudottavat rakenteen palonkesto-aikaa. Suojaamattoman liitoksen palonkesto on 15 min. Toiminnallisen palomitoituksen käyttäminen rakennuksen palosuojauksen mallintamismenetelmänä mahdollistaa ja edellyttää palosuojauksen käyttämistä. Tämä mahdollistaa korkealuokkaisen palosuojatun puumateriaalin käyttämisen rakennusmateriaalina muiden rakennusmateriaalien rinnalla. (5;7).

Palosuojatun puun käytön laajentaminen edellyttää jatkuvaa tuotekehitystä palosuoja-aineiden sekä palosuojattujen puurakennusosien osalta. Esimerkiksi yhdistetty home- ja kosteussuojaus sekä parantunut palonkesto olisivat suuri imago voitto puulle, jolla olisi todennäköisesti myös suuri kaupallinen arvo. Uusien puun modifiointimenetelmien tulisi siis palonkeston lisäksi parantaa myös puun muita heikkoja ominaisuuksia, kuten dimensiostabiiliteettia, kovuutta, lujuusominaisuuksia tai pienentää huoltotarvetta, homeutumisalttiutta ja hygroskooppisuutta.

8. Jatkotutkimustarpeet ja -toimenpiteet

Tutkimuksen perusteella sisä- ja ulkoverhoustuotteet voidaan käsitellä luokkaan B markkinoilla olevilla kyllästeillä, jolloin ne ovat kilpailukykyinen vaihtoehto useissa eri rakennuskohteissa. Tärkeimpänä jatkotoimenpiteenä on tehdä palosuojatus puusta yhtä tunnettu tuotemerkki kuin kestopuu on lahosuojattujen puutuotteiden puolella niin alan ammattilaisten (suunnittelijat, rakennusliikkeet, lupaviranomaiset jne) kuin kuluttajienkin piirissä.

Palosuojatun puun käyttöön rakentamisessa liittyy kuitenkin loppukäyttäjän kannalta vielä paljon kriittisiä tekijöitä ja tutkittavaa:

- Palosuojakäsittelyn pitkäaikaispysyvyyteen (yli kymmenen vuotta) ulkoikäkäytössä liittyy kaikilla aineilla vielä epävarmuustekijöitä. Riittääkö uusintakäsittelyksi pelkkä pintakäsittely palosuojamaalilla?
- Palosuojakäsittelyiden vaikutukset puumateriaalin mekaanisiin ominaisuuksiin, dimensiostabiliteettiin, hygroskooppisuuteen, homehtumisalttuteen, sisäilman laatuun tulee testata ja tutkia.
- Tarvitaan paljon suunnittelumateriaalia, referenssikohteita ja tutkimuksia, jotta voidaan antaa koulutusta ja opastusta suunnittelijoille, rakentajille, lupaviranomaisille ja loppuasiakkaille palosuojatun puun oikeista ja kannattavista käyttötavoista
- Tuotteiden kierrätysjärjestelmän ja hävittämisen täytyy olla järjestetty
- Palosuojatun puun käytön kannattavuus vrt. muut ratkaisut huomioiden uudet, voimaantulevat rakennusmääräykset täytyy tutkia.

Palosuojatun puun valmistajan kannalta kriittisiä tekijöitä ja toimenpiteitä ovat

- Miten kyllästetyn tuotteen kuivaus, pinta-käsittely ja paketointi järjestetään nykyisillä kyllästämöillä?
- CE-merkinnän vaatimat lopputuotteen alkutestaukset ja hyväksynnät ja tehdasvalvonta sekä ulkopuolinen laadunvalvonta on järjestettävä.
- Markkinavolyymiin riittävyys, jos kyllästys parantaa vain palonkestävyyttä.
- Miten markkina muuttuu, jos käsittely parantaa palonkeston lisäksi puun muita heikkoja ominaisuuksia, kuten dimensiostabiliteettia, kovuutta, lujuusominaisuuksia tai pienentää huoltotarvetta, homehtumisalttiutta, hygroskooppisuutta?
- Kierrätettävyys eli katkaisuhukkien kierrätys tai hävitystapa rakennustyömaalla ja tuotteen käyttöön päättyessä.

- Palosuojatun puun julkisuuskuva ja maine lupaviranomaisten, loppuasiakaiden, suunnittelijoiden ja rakennusliikkeitten työskentelevien parissa vaikuttaa markkinointitarpeeseen ja sen sisältöön.
- Palosuojatun puun tuottajien yhteisen etujärjestön ja tuotemarkkinoinnin luominen Kestopuun tapaan.

LÄHTEET

1. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2002. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.
2. Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa. 2003. Ympäristöopas 39. Ympäristöministeriö. Helsinki.
3. SFS-EN 1995-1-1. 2004. Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt.
4. Hallirakennuksia koskevat palomääräykset. 2009. Esiselvitys. Puuinfo.fi. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/kirjasto/hallirakennuksia-koskevat-palomaaraykset/palomaaraykset-esiselvitys-hallirakennukset-2010.pdf>. [viitattu 28.2].
5. Pintaluokat ja materiaalit. Eurooppalaiset rakennusmateriaalien pintaluokat. 2006. Wood Focus. Saatavissa: http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/kirjasto/pintaluokat-ja-materiaalit/Pintaluokat_ja_materiaalit.pdf. [viitattu 28.2].
6. Hakkarainen, T., Mikkola, E. Palosuojattujen puutuotteiden palokäyttötymisen arviointi. VTT- Rakennus ja yhdyskuntatekniikka. [http://www.pelastusopisto.fi/pelastus/hankkeet/ptr/home.nsf/files/Palosuojattujen%20puutuotteiden%20palok%C3%A4ytt%C3%A4ytymisen%20arviointi/\\$file/Palosuojattujen%20puutuotteiden%20palok%C3%A4ytt%C3%A4ytymisen%20arviointi.pdf](http://www.pelastusopisto.fi/pelastus/hankkeet/ptr/home.nsf/files/Palosuojattujen%20puutuotteiden%20palok%C3%A4ytt%C3%A4ytymisen%20arviointi/$file/Palosuojattujen%20puutuotteiden%20palok%C3%A4ytt%C3%A4ytymisen%20arviointi.pdf). [viitattu 28.2].
7. Östman, B., Tsantaridis, L. Mikkola, E., Hakkarainen, T., Belloni, K., Brumer, H. & Piispanen, P. 2006. Innovative eco-efficient high fire performance wood products for demanding applications. Final report for Vinnova-Tekes project InnoFireWood. Stockholm: SP Swedish National Testing and Research Institute.
8. Korhonen, T., Hietaniemi, J. Puujulkisivujen paloturvallisuus lähiökerrostaloissa. VTT. 2004. Saatavissa: http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/kirjasto/puujulkisivulahiokerrostaloissa/Puujulkisivulahiokerrostalossa_v_1_01.pdf. [viitattu 28.2].
9. Nurmi, A., Hakkarainen, T., Kevarinmäki, A., 2010. Palosuojattujen puurakenteiden pitkäaikaistoimivuus. VTT.
10. ROK. Rakennusosien kustannuksia. 2010. Rakennustieto Oy.

Liite 1. Puu ja palomääräykset – kantavat rakenteet.

	Rakennusten paloluokat	P2	P3
Päävaatimus	P1 Rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan päävaatimuksesta kestävän palossa ootumatta. Rakennuksen kokoa ja henkilö määrää ei ole rajoitettu.	P2 Rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset ulkoiset palotilanteissa ei edellis luokan tasoa matalampia. Riittävä turvallisuus tasos saavutetaan asettamalla vaatimukset erityisesti emien, sisäikkain ja lattoiden pintaosien ominaisuuksille. Lisäksi kerros luku ja henkilö määrä on rajoitettu käyttötavasta riippuen. Yleensä 2 kerrosta/9 metriä, asuin- ja työpaikkarakennus 4. kerrosta/4,4 metriä	P3 Rakennuksen kantaville rakenteille ei aseteta erityisvaatimuksia palonkeston suhteen. Riittävä turvallisuus tasos saavutetaan rakennuksen kokoa ja henkilö määrää rajoittamalla käyttötavasta riippuen. Enintään 2 kerrosta/9 metriä
Kerros luku ja korkeus	Ei rajoituksia		
		Ulkokot ja ote loto on tehtävä siten, ettei palon syttymisen eikä palon ja savun leviämisen vaara rakennuksessa ole ennemmin kaava niiden johdosta.	
		Ulkoseinät ja paneelit on rakennettava niin, että palo ei leviä niiden kautta vaaraa aiheuttavalla tavalla.	
Ulkoseinät ulkopinta ja tuuletus on pinnat			
Hoitolaitokset	B-s1, d0	B-s1, d0	
1-2-kerroksiset asuin- ja työpaikka rakennukset	B-s1, d0	D-s2, d2	D-s2, d2
3-4-kerroksiset asuin- ja työpaikka rakennukset	B-s1, d0	B-s1, d0	D-s2, d2
Ulkoseinät ulkopinta ja tuuletus on pinnat, jos rakennuksen varustettu uudo maattavilla sammutus laitteisilla jäsä on suunniteltusien, että ulkoisen syttymisen aiheutta man palon leviäminen ei aiheisi onnesetty riittäväntehokkaasti.			
Hoitolaitokset			
1-2-kerroksiset asuin- ja työpaikka rakennukset	D-s2, d2	D-s2, d2	D-s2, d2
3-4-kerroksiset asuin- ja työpaikka rakennukset	D-s2, d2	D-s2, d2	D-s2, d2
Enintään 6-kerroksinen rakennuksen ulkoseinät ulkopinta, jos ympäröivät rakenteet suojaavat seinä pinta palon leviämisellä	D-s2, d2		
Palomuurit, ikkunat ja ovet	A1-luokan materiaali	EI-M120	EI-M60

Liite 2. Puu ja palomääräykset – osastoivat rakennusosat.

Rakennuksen paloluokat	P2	P3
Päävaatimus	P2 Rakennuksen kantavien rakenteiden oltavaan pääsääntöisesti edellisessä osastossa oltua matalampia. Riittävä turvallisuuksa saavutetaan asennamalla vaatimuksia erityisesti seinien, sisäkattorien ja lattoiden pintaseinän ominaisuuksille. Lisäksi kerroskukua ja henkilöitä on rajoitettu käytävästä riippuen.	P3 Rakennus on kantaville rakenteille ei aseteta erityisvaatimuksia palonkestossuhteen. Riittävä turvallisuuksa saavutetaan rakennuksen kokoa ja henkilöitä rajoittamalla käytävästä riippuen.
Kerros luku ja korkeus	Eirajoituksia Yleensä 2 kerrosta/9 metriä, asuin- ja työaikarakennus 4 kerrosta/14 metriä	Enintään 2 kerrosta/9 metriä
Pallo-osastoint ja osastoivat rakennusosat		
	Rakennus tulee yleensä jaa pallo-osastoihin palon ja savun leviämisen rajoittamiseksi, poistumisen turvaamiseksi, pelastus- ja sammutusvoimien heijottamiseksi sekä omaisuusvahinkojen rajoittamiseksi.	
	Rakennuksen eri kerroksat, kellarikerrokset ja ullakko on yleensä muodostettava eri pallo-osastoiksi (kerrososastointi).	
Osastoivat rakennusosat kerroksissa	Riippuen palokuormasta E1120...E160 E115	E90. E115
Osin jäljävät rakennusosat (majoitustuohuoneiden seinät ja ovet)		
Osastoivat rakennusosat ullakoilla	E90 E115	E90 E115
Osin jäljävät rakennusosat		
Osastoivat rakennusosat kellarissa	Riippuen palokuormasta E1120...E160	E90. E115
Ikkuinat ja ovet	Osastoivassa rakennusosassa olevan oven, ikunan ja muuta pientehoa aukkoa suojavaan rakennusosan palonkestävyyssajantulee yleensä olla vähintään puolet osastoivalle rakennusosalle vaadittava palonkestävyyssajasta.	

Liite 3. Puu ja palomääräykset – sisäpuoliset pinnat.

	Rakennusten paloluokat	P2	P3
Päävaatimus	P1 Rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan pääsääntöisesti kestävän palossa sortumatta. Rakennuksen kokoa ja henkilömaaraa ei ole rajoitettu.	Rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset voivat olla paloteknisesti edellisellä luokalla tasoa matalampia. Riittävä turvallisuus osoitetaan asettamalla vaatimukset erityisesti seinien, sisäkattojen ja lattioiden pintaosien ominaisuuksille. Lisäksi kerrosaluetta ja henkilömaaraa on rajoitettu käytävästä riippuen.	Rakennuksen kantaville rakenteille ei aseteta erityisvaatimuksia palonkestossuhteen. Riittävä turvallisuus osoitetaan rakennuksen kokoa ja henkilömaaraa rajoittamalla käytävästä riippuen.
Kerrosluku ja korkeus	Ei rajoituksia	Yleensä 2 kerrosta/9 metriä, asuin- ja työpaikkarakennus 4 kerrosta/24 metriä	Enintään 2 kerrosta/9 metriä
Sisäpuoliset pinnat			
Asunnot			
Seinät ja katon lattiat	D-s2, d2 Ei vaatimusta	B-s1, d0 Ei vaatimusta	D-s2, d2 Ei vaatimusta
Seinät ja katon lattiat	D-s2, d2 Ei vaatimusta	Ei vaatimusta	D-s2, d2 Ei vaatimusta
Hoitohäikeet	Seinät ja katon lattiat D _{FC} -s1	B-s1, d0 D _{FC} -s1	D-s2, d2 Ei vaatimusta
Kokoontumis- ja liiketilat, palokuorma ? 600 MJ/m ²	Seinät ja katon lattiat D _{FC} -s1	B-s1, d0 D _{FC} -s1	B-s1, d0 Ei vaatimusta
Työpaikatilat	Seinät ja katon lattiat D-s2, d2 Ei vaatimusta	B-s1, d0 Ei vaatimusta	D-s2, d2 Ei vaatimusta
Tuotanto- ja varastotilat, Palovaarallisuusluokkaa 2	Seinät ja katon lattiat B-s1, d0 A2 _{s1} -s1 A2 _{FL} -s1 B-s1, d0	B-s1, d0 A2 _{s1} -s1 D _{FL} -s1 B-s1, d0	B-s1, d0 A2 _{s1} -s1 D _{FL} -s1 Ei vaatimusta
Käyttösäilytyskohteiden lattiat Käyttämättömät ullakot Kellaritilat yleensä	Seinät ja katon lattiat C-s2, d1 D _{FC} -s1	B-s1, d0 D _{FC} -s1	D-s2, d2 D _{FC} -s1
Teknisen huollon tilat (ei kattilahuone)	Seinät ja katon lattiat B-s1, d0 D _{FC} -s1	B-s1, d0 D _{FC} -s1	B-s1, d0 D _{FC} -s1
Uloskäytävät	Seinät ja katon lattiat A2-s1, d0 D _{FC} -s1	B-s1, d0 D _{FC} -s1	B-s1, d0 D _{FC} -s1
Sisäiset käytävät maajoitus- ja työpaikatilaisissa	Seinät ja katon lattiat B-s1, d0 D _{FC} -s1	B-s1, d0 D _{FC} -s1	B-s1, d0 Ei vaatimusta

Liite 5. Home- ja kosteussuojausesta esitetyt kysymykset asiantuntijoille.

Minkälaisissa kohteissa homesuojausta olisi syytä käyttää?

Mikä olisi teidän mielestä potentiaalisin käyttökohde?

Mitä mahdollisuuksia homesuojatun puun käytöstä olisi uudisrakentamisessa (lämpimät rakennukset)?

Entäpä ulkokäytössä (Viherhuoneet, vajat yms.)?

Olisiko homesuojatulla puulla käyttöä korjausrakentamisessa?

Olisiko homesuojatun puun käyttö taloudellisesti järkevää mahdollisissa riskirakenteissa vai onko kannattavampaa koko rakenteen uudelleen suunnittelu ja toteutus?

Poistaako homesuojatun puun käyttö riskirakenteen ongelman vai vain siirtää sitä muutamalla vuodella?

Voiko homesuojatun puun avulla saada lisäarvoa rakennukselle asiakkaan näkökulmasta?

Onko homesuojatun puun käytössä otettava huomioon terveyteen vaikuttavia seikkoja?

Sisältävätkö homesuoja-aineet haihtuvia yhdisteitä?

Jos sisältävät, ovatko ne terveydelle haitallisia?

Vaikuttaako homesuojatun puun käyttöön rakenteen sijoitus joko sisä- tai ulkokäyttöön?

Onko rakennuksen sijainnilla merkitystä homesuojattua puuta käytettäessä (ilmastovyöhykkeet, rannikot yms.)?

Käytetäänkö muualla maailmassa homesuojattua puuta ja jos käytetään niin minkälaisiin kohteisiin?

Kuuluuko homesuojaus joissain maissa lainsäädäntöön?

Minkälaisen testausprosessin uuden aineen hyväksyntä edellyttää?

Ovatko Suomessa olevat säännöt, määräykset tai ohjeet homesuojatun puun käytöstä muuttumassa?

Jos ovat, miten?

Pitäisikö niitä muuttaa?

Liite 6. Dr. Wolman Firestop sertifikaatti B-luokasta.



CLASSIFICATION OF REACTION TO FIRE PERFORMANCE IN ACCORDANCE WITH EN 13501-1:2007

Sponsor	Magma Industries B.V. Wagenmakerstraat 15 NL-2984 BD RIDDERKERK The Netherlands
Prepared by	Efectis Nederland BV Lange Kleiweg 5 P.O. Box 1090 NL-2280 CB RIJSWIJK The Netherlands
Notified Body no.	1234
Product name	European Redwood (<i>Pinus sylvestris</i>) treated with Wolmanit Firestop
Classification report no	2009-Efectis-R1082
Issue number	1
Date of issue	December 2009
Project number	2008898

This classification report consists of five pages and may only be used in its entirety.

This report is issued by Efectis Nederland BV (previously **TNO** Centre for Fire Research). Efectis Nederland BV and her sister company Efectis France are full subsidiaries of Efectis Holding SAS since 1st January 2008, in which the Dutch TNO and the French CTICM participate. The activities of the TNO Centre for Fire Research were privatised in Efectis Nederland BV since 1st July 2006. This is in response to international developments and requests by customers. In order to be able to give a better answer to the customer's request and offer a more comprehensive service of high quality and a wider range of facilities, the international collaboration has been further expanded. This is done with highly experienced partners in fire safety in Norway (Sintef-NBL), Spain (Afiti-Licof), Germany (IFT), USA (South West Research Institute) and China (TFRI). Further information can be found at our website.

1. Introduction

This classification report defines the classification assigned to **European Redwood (*Pinus sylvestris*)** treated with **Wolmanit Firestop** in accordance with the procedures given in EN 13501-1:2007.

2. Details of classified product

2.1 General

The product, **European Redwood (*Pinus sylvestris*)** treated with **Wolmanit Firestop**, is defined as a wall and ceiling panel.

2.2 Product description

The product is composed as follows:
Vacuum pressure treated wood; 15 mm thick plank
The impregnation cycle consisted of
- 15 minutes initial vacuum at 0.7 bar
- 120 minutes pressure impregnation at 9 bar
- 15 minutes final vacuum at 0.7 bar

Moisture content was approximately 12% at time of testing;
Retention of the product is 0.20 kg/m²

Further details can be found in the table below;

Density, Moisture Content		Thickness	Treatment		Vacuum-Pressure Impregnation		
Normal, 12%	Dry weight, 0%		12%	12%	Pre vacuum	Pressure	Final vacuum
[kg/m ³]	[kg/m ³]	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[bar/min]	[bar/min]	[bar/min]
520	458	15	31	0.20	0.7 / 15	9 / 120	0.7 / 15

2.3 Manufacturer/Importer

Magma Industries B.V.
Wagenmakerstraat 15
NL-2984 BD RIDDERKERK
The Netherlands

3. Test reports & test results in support of classification

3.1 Test reports

Name of Laboratories	Name of sponsor	Test reports	Test method
Efectis Nederland BV The Netherlands	Magma Industries B.V. The Netherlands	2009-Efectis-R1079 2009-Efectis-R1080	EN ISO 11925-2:2002 EN 13823:2002

3.2 Test results

Test method & test number	Parameter	No. tests	Results	
			Continuous parameter - mean (m)	Compliance parameters
EN 13823	FIGRA _{0,2MJ} [W/s]	3	26	-
	FIGRA _{0,4MJ} [W/s]		23	-
	THR _{600s} [MJ]		1.9	-
	LFS < edge		-	Compliant
	SMOGRA [m ² /s ²]		15.4	-
	TSP _{600s} [m ²]		95	-
	Flaming debris - flaming ≤ 10 s - flaming > 10 s		-	Compliant Compliant
EN-ISO 11925-2				
surface flame impingement	Fs ≤ 150 mm	6	33	-
	Ignition of filter paper		-	Compliant
edge flame impingement	Fs ≤ 150 mm	6	33	-
	Ignition of filter paper		-	Compliant

4. Classification and field of application

4.1 Reference of classification

This classification has been carried out in accordance with clause 11 of EN 13501-1:2007

4.2 Classification

The product, **European Redwood (*Pinus sylvestris*)** treated with **Wolmanit Firestop**, in relation to its reaction to fire behaviour is classified:

B

The additional classification in relation to smoke production is:

s2

The additional classification in relation to flaming droplets / particles is:

d0

Reaction to fire classification: B - s2, d0

4.3 Field of application

This classification is valid for the following product parameters:

- | | |
|-------------|--|
| - Thickness | approx. 15 mm and more |
| - Density | approx. 520 kg/m ³ (dry weight, before treatment) |
| - Treatment | vacuum impregnation, as described, to approx. 0.20 kg/m ² |

This classification is valid for the following end use applications:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| - Substrate | non-combustible (class A1/A2 according to EN 13501-1) |
| - Air gap | with an air gap of 40 mm |
| - Joints | open joints between the planks |
| - Other aspects of end use conditions | wall or ceiling cladding product |

4.4 Duration of the validity of this classification report

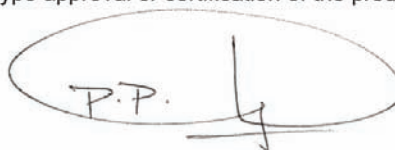
There are no limitations in time on the validity of this report.

5. Limitations

This classification document does not represent type approval or certification of the product.




Ing. C.C.M. Steinhage



MSc. J.F. Ostenfeldt

This report is issued by Efectis Nederland BV (previously **TNO** Centre for Fire Research). Efectis Nederland BV and her sister company Efectis France are full subsidiaries of Efectis Holding SAS since 1st January 2008, in which the Dutch TNO and the French CTICM participate. The activities of the TNO Centre for Fire Research were privatised in Efectis Nederland BV since 1st July 2006. This is in response to international developments and requests by customers. In order to be able to give a better answer to the customer's request and offer a more comprehensive service of high quality and a wider range of facilities, the international collaboration has been further expanded. This is done with highly experienced partners in fire safety in Norway (Sintef-NBL), Spain (Afiti-Licof), Germany (IFT), USA (South West Research Institute) and China (TFRI). Further information can be found at our website.

Liite 7. HR-Prof sertifikaatti B-luokasta.



Certificate of conformity

No 379-072/10

Product
Fire retardant **HOLZ PROF (HR Prof)**.

Manufacturer
HOLZ PROF OÜ (Reg code 11053593)
Address: Kraavi 45/2, 11215 Tallinn, ESTONIA.

Product description
The fire retardant HOLZ PROF (HR Prof) is designated for fire protecting of timber.
Detail description of the product and field of application are presented in product technical specification.

According to test results (EN 13823:2002 and EN ISO 11925-2) the wood panels treated with 300g/m² fire retardant agent called HOLZ PROF(HR Prof) meet the reaction to fire class **B-s1, d0**.

Appertaining documents
1.Product technical specification (5 pages).


This certificate attests that all provisions concerning the attestation of conformity and the performances described in technical specification

HolzProf OÜ ES-1/2010, version1,


were applied and that the product fulfils all prescribed requirements.

This certificate is issued on 28.01.2010 and remains valid until 27.01.2015 as long as the conditions laid down in the technical specification in reference or the factory production control is not modified significantly, and the regular inspection of factory production control is performed in time.

Tallinn, 28.01.2010




Akkreditatsioon
PC015



Olavi Üits
Responsible person

INSPECTA ESTONIA OÜ
BETOONI 15/ PANEELI 5, 11415 TALLINN, EESTI, TEL (+372) 680 7748, FAKS (+372) 680 7746, www.inspecta.ee



Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisusarjassa B. ilmestyneet julkaisut

B-SARJA Tutkimukset ja raportit

- B 1 Markku Huhtinen & al.:
Laivadieselien päästöjen vähentäminen olemassa olevissa laivoissa [1997].
- B 2 Ulla Pietilä, Markku Puustelli:
An Empiral Study on Chinese Finnish Buying Behaviour of International Brands [1997].
- B 3 Markku Huhtinen & al.:
Merenkulkualan ympäristönsuojelun koulutustarve Suomessa [1997].
- B 4 Tuulia Paane-Tiainen:
Kohti oppijakeskeisyyttä. Oppijan ja opettajan välisen ohjaavan toiminnan hahmottamista [1997].
- B 5 Markku Huhtinen & al.:
Laivadieselien päästöjä vähentävien puhdistuslaitteiden tuotteistaminen [1998].
- B 6 Ari Siekkinen:
Kotkan alueen kasvihuonepäästöt [1998]. Myynti: Kotkan Energia.
- B 7 Risto Korhonen, Mika Määttänen:
Veturidieseleiden ominaispäästöjen selvittäminen [1999].
- B 8 Johanna Hasu, Juhani Turtiainen:
Terveysalan karusellikoulutusten toteutuksen ja vaikuttavuuden arviointi [1999].
- B 9 Hilikka Dufva, Mervi Luhtanen, Johanna Hasu:
Kymenlaakson väestön hyvinvoinnin tila, selvitys Kymenlaakson väestön hyvinvointiin liittyvistä tekijöistä [2001].
- B 10 Timo Esko, Sami Uoti:
Tutkimussopimusopas [2002].
- B 11 Arjaterttu Hintsala:
Mies sosiaali- ja terveydenhuollon ammattilaisena – minunko ammattini? [2002].
- B 12 Päivi Mäenpää, Toini Nurminen:
Ohjatun harjoittelun oppimisympäristöt ammatillisen kehittymisen edistäjinä – ARVI-projekti 1999-2002 [2003], 2 p. [2005].
- B 13 Frank Hering:
Ehdotus Kymenlaakson ammattikorkeakoulun kestävän kehityksen ohjelmaksi [2003].

- B 14 Hilikka Dufva, Raija Liukkonen
Sosiaali- ja terveysalan yrittäjyys Kaakkois-Suomessa. Selvitys Kaakkois-Suomen sosiaali- ja terveysalan palveluyrittäjyyden nykytilasta ja tulevaisuuden näkymistä [2003].
- B 15 Eija Anttalainen:
Ykköskuski: kuljettajien koulutustarveselvitys [2003].
- B 16 Jyrki Ahola, Tero Keva:
Kymenlaakson hyvinvointistrategia 2003 – 2010 [2003], 2 p. [2003].
- B 17 Ulla Pietilä, Markku Puustelli:
Paradise in Bahrain [2003].
- B 18 Elina Petro:
Straightway 1996 – 2003. Kansainvälinen transitoreitin markkinointi [2003].
- B 19 Anne Kainlauri, Marita Melkko:
Kymenlaakson maaseudun hyvinvointipalvelut - näkökulmia maaseudun arkeen sekä mahdollisuuksia ja malleja hyvinvointipalvelujen kehittämiseen [2005].
- B 20 Anja Härkönen, Tuomo Paakkonen, Tuija Suikkanen-Malin, Pasi Tulkki:
Yrittäjyyskasvatus sosiaalialalla [2005]. 2. p. [2006]
- B 21 Kai Koski (toim.):
Kannattava yritys ei menetä parhaita asiakkaitaan. PK-yritysten liiketoiminnan kehittäminen osana perusopetusta [2005]
- B 22 Paula Posio, Teemu Saarelainen:
Käytettävyyden huomioon ottaminen Kaakkois-Suomen ICT-yritysten tuotekehityksessä [2005]
- B 23 Eeva-Liisa Frilander-Paavilainen, Elina Kantola, Eeva Suuronen:
Keski-ikäisten naisten sepelvaltimotaudin riskitekijät, elämäntavat ja ohjaus sairaalassa [2006]
- B 24 Johanna Erkamo & al.:
Oppimisen iloa, verkostojen solmimista ja toimivia toteutuksia yrittäjämässä oppimisympäristössä [2006]
- B 25 Johanna Erkamo & al.:
Luovat sattumat ja avoin yhteistyö ikäihmisten iloksi [2006]
- B 26 Hanna Liikanen, Annukka Niemi:
Kotihoidon liikkuvaa tietojenkäsittelyä kehittämässä [2006]
- B 27 Päivi Mäenpää
Kaakkois-Suomen ensihoidon kehittämisstrategia vuoteen 2010 [2006]
- B 28 Anneli Airola, Arja-Tuulikki Wilén (toim.):
Hyvinvointialan tutkimus- ja kehittämistoiminta Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa [2006]
- B 29 Arja-Tuulikki Wilén:
Sosiaalipäivystys – kehittämishankkeen prosessievaluatio [2006].

- B 30 Arja Sinkko (toim.):
Kestävä kehitys Suomen ammattikorkeakouluissa – SUDENET-verkostohanke [2007].
- B 31 Eeva-Liisa Frilander-Paavilainen, Mirja Nurmi, Leena Wäre (toim.):
Kymenlaakson ammattikorkeakoulu Etelä-Suomen Alkoholiohjelman kuntakumppanuudessa [2007].
- B 32 Erkki Hämäläinen & Mari Simonen:
Siperian radan tariffikorotusten vaikutus konttiliikenteeseen 2006 [2007].
- B 33 Eeva-Liisa Frilander-Paavilainen & Mirja Nurmi:
Tulevaisuuteen suuntaava tutkiva ja kehittävä oppiminen avoimissa ammattikorkeakoulun oppimisympäristöissä [2007].
- B 34 Erkki Hämäläinen & Eugene Korovyakovsky:
Survey of the Logistic Factors in the TSR-Railway Operation - "What TSR-Station Masters Think about the Trans-Siberian?" [2007].
- B 35 Arja Sinkko:
Kymenlaakson hyvinvoinnin tutkimus- ja kehittämiskeskus (HYTKES) 2000-2007. Vaikuttavuuden arviointi [2007].
- B 36 Erkki Hämäläinen & Eugene Korovyakovsky:
Logistics Centres in St Petersburg, Russia: Current status and prospects [2007].
- B 37 Hilikka Dufva & Anneli Airola (toim.):
Kymenlaakson hyvinvointistrategia 2007 - 2015 [2007].
- B 38 Anja Härkönen:
Turvallista elämää Pohjois-Kymenlaaksossa? Raportti Kouvolan seudun asukkaiden kokemasta turvallisuudesta [2007].
- B 39 Heidi Nousiainen:
Stuuva-tietokanta satamien työturvallisuustyön työkaluna [2007].
- B 40 Tuula Kivilaakso:
Kymenlaaksolainen veneenveistoperinne: venemestareita ja mestarillisia veneitä [2007].
- B 41 Elena Timukhina, Erkki Hämäläinen, Soma Biswas-Kauppinen:
Logistic Centres in Yekaterinburg: Transport - logistics infrastructure of Ural Region [2007].
- B 42 Heidi Kokkonen:
Kouvola muuttajan silmin. Perheiden asuinpaikan valintaan vaikuttavia tekijöitä [2007].
- B 43 Jouni Laine, Suvi-Tuuli Lappalainen, Pia Paukku:
Kaakkois-Suomen satamasidonnaisten yritysten koulutustarveselvitys [2007].
- B 44 Alexey V. Rezer & Erkki Hämäläinen:
Logistic Centres in Moscow: Transport, operators and logistics infrastructure in the Moscow Region [2007].

- B 45 Arja-Tuulikki Wilén:
Hyvä vanhusten hoidon tulevaisuus. Raportti tutkimuksesta Kotkansaaren sairaalassa 2007 [2007].
- B 46 Harri Ala-Uotila, Eeva-Liisa Frilander-Paavilainen, Ari Lindeman, Pasi Tulkki (toim.):
Oppimisympäristöistä innovaatioiden ekosysteemiin [2007].
- B 47 Elena Timukhina, Erkki Hämäläinen, Soma Biswas-Kauppinen:
Railway Shunting Yard Services in a Dry-Port. Analysis of the railway shunting yards in Sverdlovsk-Russia and Kouvola-Finland [2008].
- B 48 Arja-Tuulikki Wilén:
Kymenlaakson muisti- ja dementiaverkosto. Hankkeen arviointiraportti [2008].
- B 49 Hilikka Dufva, Anneli Airola (toim.):
Puukuidun uudet mahdollisuudet terveyden- ja sairaanhoidossa. TerveysSellu-hanke. [2008].
- B 50 Samu Urpalainen:
3D-voimalaitossimulaattori. Hankkeen loppuraportti. [2008].
- B 51 Harri Ala-Uotila, Eeva-Liisa Frilander-Paavilainen, Ari Lindeman (toim.):
Yrittäjämäisen toiminnan oppiminen Kymenlaaksossa [2008].
- B 52 Peter Zashvev, Peeter Vahtra:
Opportunities and strategies for Finnish companies in the Saint Petersburg and Leningrad region automobile cluster [2009].
- B 53 Jari Handelberg, Juhani Talvela:
Logistiikka-alan pk-yritykset versus globaalit suuroperaattorit [2009].
- B 54 Jorma Rytönen, Tommy Ulmanen:
Katsaus intermodaalikuljetusten käsitteisiin [2009].
- B 55 Eeva-Liisa Frilander-Paavilainen:
Lasten ja nuorten terveys- ja tapakäyttäytyminen Etelä-Kymenlaakson kunnissa [2009].
- B 56 Kirsi Rouhiainen:
Viisasten kiveä etsimässä: miksi tradenomiopiskelija jättää opintonsa kesken? Opintojen keskeyttämisen syiden selvitys Kymenlaakson ammattikorkeakoulun liiketalouden osaamisalalla vuonna 2008 [2010].
- B 57 Lauri Korppas - Esa Rika - Eeva-Liisa Kauhanen:
eReseptin tuomat muutokset reseptiprosessiin [2010].
- B 58 Kari Stenman, Rajka Ivanis, Juhani Talvela, Juhani Heikkinen:
Logistiikka & ICT Suomessa ja Venäjällä [2010].
- B 59 Mikael Björk, Tarmo Ahvenainen:
Kielelliset käytänteet Kymenlaakson alueen logistiikkayrityksissä [2010].

- B 60 Anni Mättö:
Kylälaisten metsävarojen käyttö ja suhtautuminen metsien häviämiseen Mzuzun alueella Malawissa [2010].
- B 61 Hillka Dufva, Juhani Pekkola:
Turvallisuusjohtaminen moniammatillisissa viranomaisverkostoissa [2010].
- B 62 Kari Stenman, Juhani Talvela, Lea Värtö
Toiminnanohjausjärjestelmä Kymenlaakson keskussairaalan välinehuoltoon [2010].
- B 63 Tommy Ulmanen, Jorma Rytönen
Intermodaalikuljetuksiin vaikuttavat häiriöt Kotkan ja Haminan satamissa [2010].
- B 64 Mirva Salokorpi, Jorma Rytönen
Turvallisuus ja turvallisuusjohtamisjärjestelmät satamissa [2010].
- B 65 Soili Nysten-Haarala, Katri Pynnöniemi (eds.)
Russia and Europe: From mental images to business practices [2010].
- B 66 Mirva Salokorpi, Jorma Rytönen
Turvallisuusjohtamisen parhaita käytäntöjä merenkulkijoille ja satamille [2010].

