

**JULKISTEN JA SUURTEN RAKENNUSTEN HIRSITUOTE,
Honkarakenne Oyj, YM-2VN_5680_2021**

**LOPPURAPORTTI YMPÄRISTÖMINISTERIÖN KASVUA JA KEHITYSTÄ
PUUSTA -OHJELMAAN**

30.11.2023 Eino Hekali / Honkarakenne Oyj

Sisällysluettelo	sivu
1. Tiivistelmä	2
2. Hankkeen tausta ja tavoitteet	2
3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät	3
4. Hankkeen tulokset	4
4.1 Ääneneristysratkaisujen kehittäminen suurten rakennusten tarpeisiin	5
4.2 Sisäilmaolosuhteiden varmentaminen – VOC	7
4.3 Hirsirakenteen elementointi ja asennustapa	9
5. Hankkeen vaikuttavuus ja vaikutukset	10
6. Viestinnän toteutuminen	10
7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen	10
8. Talousraportti	11
9. Johtopäätöksiä ja suosituksia	11

HONKARAKENNE OYJ

Puh. +358 20 5757 00
Fax +358 20 5757 701
info@honka.com

Kotipaikka Karstula
Y-tunnus 01315290
Hongantie 41,
43500 Karstula



1. Tiivistelmä

Tuotekehityshankkeen tavoitteena oli kehittää ominaisuuksiltaan seuraavan sukupolven hirsituote, jonka tekniset ominaisuudet mahdollistavat suurempien julkisten rakennusten ja monikerroksisten hirsirakennusten toteutuksen kilpailukykyisesti.

Hankkeessa oli neljä osaprojektia, joista kolmea tarkastellaan loppuraportissa:

- Ääneneristysratkaisujen kehittäminen suurten rakennusten tarpeisiin
- Sisäilmaolosuhteiden varmentaminen
- Hirsirakenteen elementointi ja asennustapa

Projektissa tutkittiin ja kehitettiin ääneneristysvaatimukset täyttäviä ratkaisuja muun muassa äänen haasteelliseen sivutiesiirtymään huoneistojen välillä vaaka- ja pystysuunnassa hirsirakennetta pitkin. Teknisen kehitystyön tuloksia on hyödynnetty hankkeen jälkeen julkaistussa Honka MultiStorey - kerrosrakentamisen manuaalissa.

Sisäilmaolosuhteiden varmentamisessa selvitettiin puusta haihtuvien VOC-yhdisteiden määrää hirsitaloissa sekä eurooppalaisia raja-arvoja terpeenyhdisteille. VOC-pitoisuuksien todettiin vaihtelevan suuresti uusissa hirsirakennuksissa ja alenevan hirsirakennusten ikääntyessä, jolloin johtopäätöksiä ja vertailua raja-arvoihin ei tulisi tehdä talojen elinkaaren alkuvaiheessa. Raja-arvojen soveltamisen ohjeistuksia tulisi päivittää tältä osin ja osallistua aktiivisesti eurooppalaisten säädösten kehittämiseen.

Puusta haihtuvilla yhdisteillä on kansainvälisissä tutkimuksissa todettu olevan lupaavia positiivisia terveysvaikutuksia, mutta johtopäätöksiä tekemiseksi tuloksia on liian vähän. Hirsi- ja puurakentamisen lisäämiseksi positiivisten terveysvaikutusten todistamiseen tähtäviä tutkimuksia tulee edistää ja jatkaa.

Hankkeessa selvitettiin hirsirakenteisten tilaelementtien vaikutuksia rakenteisiin ja kustannuksiin. Yhteenvetona todettiin, että tilaelementtitoteutus ei tuo yleistä kustannusetua hirsirakentamisessa ja eri toteutusmuotojen kustannustehokkuus on tarkasteltava tapauskohtaisesti.

Luvussa 7 Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen perusteltiin miksi hirsirakennusten erityiskohtelua energiamääräyksissä e-luvun raja-arvoissa on tärkeää jatkaa.

Osa hankkeen ja kehitystyön tuloksista on hyväksytty jäävän luottamuksellisina yritys salaisuuden piiriin. Hankkeen aikana tehty tuotekehitystyö jatkuu myös hankkeen jälkeen ja kehitystyön tuloksia tullaan viestimään tuotelanseerauksissa ja rakennettavissa hirsirakennuksissa Suomessa ja kansainvälisillä markkinoilla, jolloin hanke ja sen tulokset tulevat hyödyttämään laajemmin hirsi- ja puurakentamisen toimialaa.

2. Hankkeen tausta ja tavoitteet

Hirsirakentaminen on kehittynyt ja modernisoitunut 2000-luvulla painumattoman hirren kehittämisen ja yleistymisen myötä. Samalla on alettu rakentaa myös hirsirakenteisia julkisia rakennuksia; päiväkotia, kouluja ja hoivakoteja.

Hankkeen tavoitteena on kehittää ominaisuuksiltaan seuraavan sukupolven tai version hirsituote, jonka tekniset ominaisuudet mahdollistavat suurempien julkisten rakennusten ja monikerroksisten hirsirakennusten toteutuksen. Toisena tavoitteena on parantaa kehitettävän hirsirakenteen kilpailukykyä erityisesti suurissa rakennuksissa. Uuden tuotteen ensimmäinen tavoitemarkkinasegmentti on Suomen julkisrakentaminen ja suuremmat rakennukset, missä tavoitteena on nostaa hirsirakenteiden markkinaosuutta. Suomeen rakennetut julkisrakennukset toimivat erinomaisina referenssi kohteina myös vientimarkkinoiden laajentamiseen. Kestävät hirsirakennukset sitovat paljon hiiltä pitkäaikaisesti ja niillä on laajasti myönteiset ilmastovaikutukset.

Hanke jaettiin neljään osaprojektiin, joista kolmea tarkastellaan loppuraportissa. Nämä osaprojektit ovat:

- Ääneneristysratkaisujen kehittäminen suurten rakennusten tarpeisiin
- Sisäilmaolosuhteiden varmentaminen
- Hirsirakenteen elementointi ja asennustapa

Hankkeen rahoituspäätöksessä osa kehitystyön tuloksista hyväksyttiin jäävän luottamuksellisina yritysallaisuuden piiriin.

3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät

Hanke on Honkarakenne Oyj:n kokeellisen kehittämisen tuotekehityshanke ja kehittäminen kohdentuu teollisen puurakentamisen teknisiin ratkaisuihin. Projektin päätoteuttajina toimivat yrityksen tuotekehittäjät ja asiantuntijat. Osaprojekteihin hankittiin testaus- ja asiantuntijapalveluita laajasti yrityksen asiantuntijatahoilta, muun muassa:

- Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy
- Eurofins Expert Services Oy
- Sweco Rakennetekniikka Oy
- Akukon Oy
- A-insinöörit Suunnittelu Oy
- Työterveyslaitos
- Metropolilab Oy
- Rakennustieto Oy
- Rakennustieto Oy
- Papula Oy

Projektin ohjausryhmään kuuluivat ympäristöministeriöstä projektiasiantuntija Simon Leroux ja rakennusneuvos Jorma Jantunen sekä Honkarakenteelta Jukka Rintamäki ja Eino Hekali.

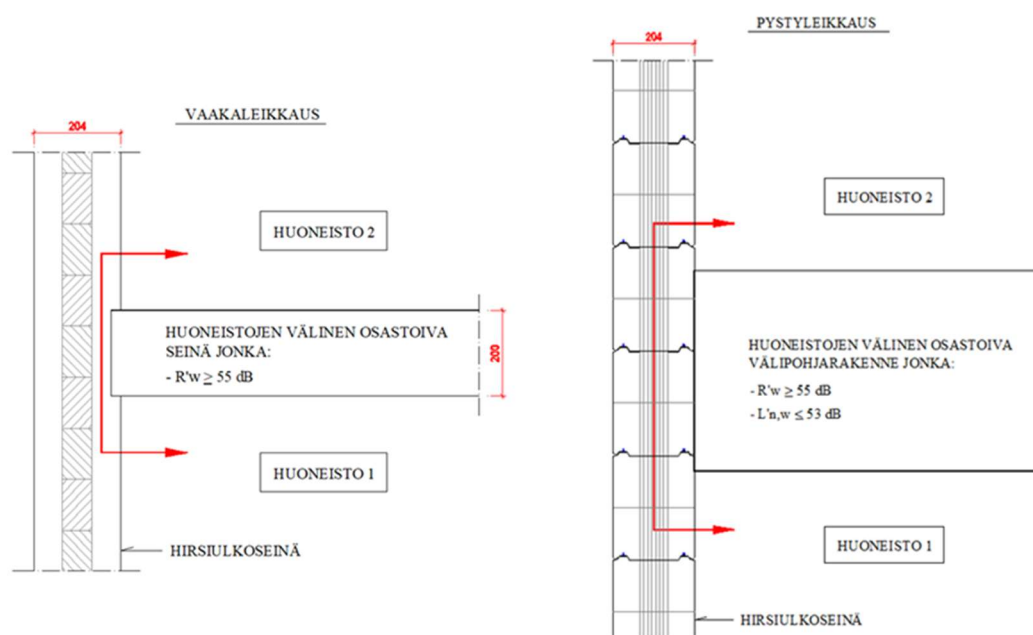
Kiitämme hankkeeseen osaamista tuoneita asiantuntijoita sekä ohjausryhmän jäseniä hyvästä panoksesta tulevaisuuden hirsirakenteiden kehittämiseksi.

4. Hankkeen tulokset

Hanke jaettiin neljään osaprojektiin, joista kolmea tarkastellaan loppuraportissa. Osa kehitystyön tuloksista hyväksyttiin jäävän luottamuksellisina yrityssalaisuuden piiriin.

4.1 Ääneneristysratkaisujen kehittämisen suurten rakennusten tarpeisiin

Osaprojektissa haetaan ääneneristysratkaisuja suuremmissa rakennuksissa käytettäville rakenteille ja niiden liittymille. Äänen sivutiesiirtymän estäminen hirsirakenteiden kautta eri tilojen ja osastojen välillä on erityisesti kehityksen kohteena. Ääneneristyksen osastointivaatimukset ovat tyypillisiä muun muassa asuntorakentamisessa kerros- ja rivitaloissa. Myös julkisissa rakennuksissa esim. kouluissa on eri tilojen välillä ääneneristystarpeita ja vaatimuksia. Vaaka- ja pystysuuntainen sivutiesiirtymä ja tyypilliset osastointivaatimukset on esitetty kuvassa 1.



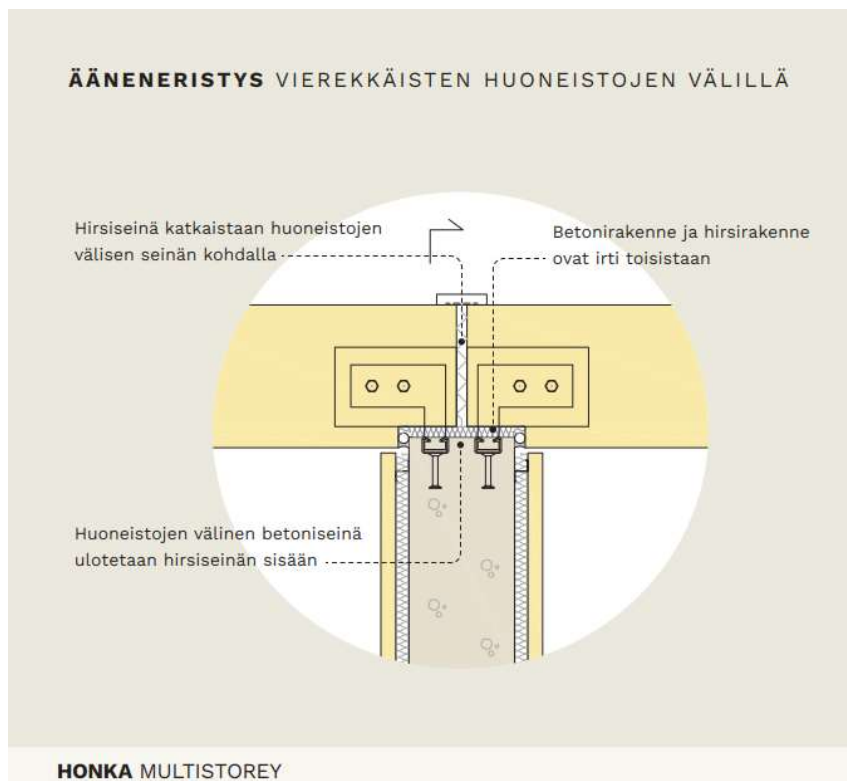
Kuva 1. Vasemmassa vaakaleikkauskuvassa punainen nuoli kuvaa vaakasuuntaista äänen sivutiesiirtymää massiivipuista hirsikuloseinää pitkin huoneistojen välillä. Oikeanpuoleisessa pystyleikkauskuvassa punainen nuoli kuvaa pystysuuntaista äänen sivutiesiirtymää kerrosten välillä.

Osaprojektissa mitattiin rakennetussa kohteessa vaakasuuntaista sivutiesiirtymää tilojen välillä eri osastoivien seinien ratkaisuilla, jotka eivät kuitenkaan tuoneet riittävää ääneneristystasoa. Esimerkkikohteen mittaustulokset on esitetty taulukossa 1.

Nro	Mittaus-suunta	Mistä tilasta	Mihin tilaan	Äänitasoeroluku $D_{nT,w}$
1	vaaka	Huone 01	Huone 02	50 dB
2	vaaka	Huone 02	Huone 03	51 dB

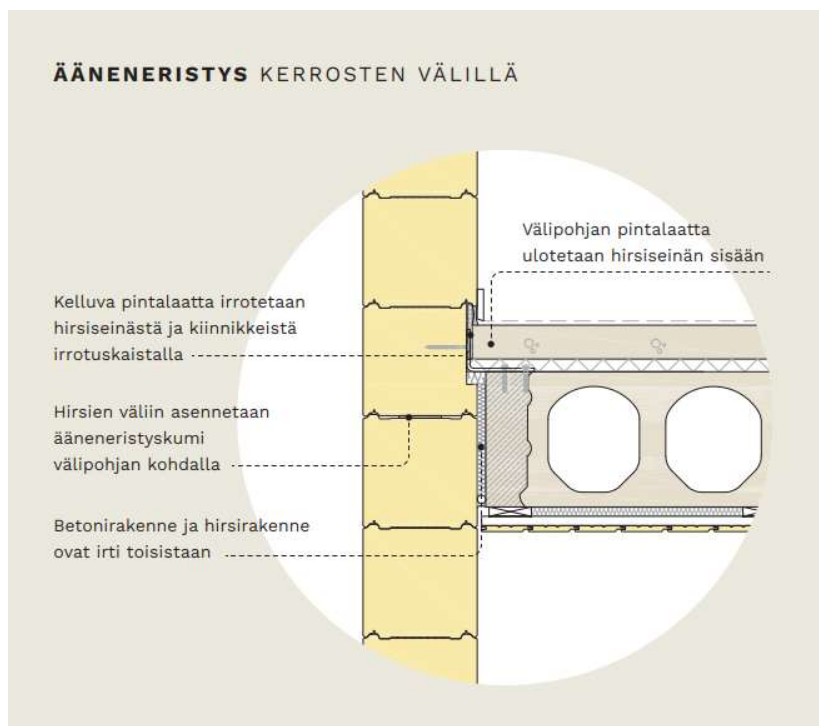
Taulukko 1. Saman kerroksen vierekkäisten huoneiden välillä mitatut äänitasoeroluvut, kun huoneiden massiivihirsikuloseinää ei oltu katkaistu huoneiden välisen osastoivan väliseinän kohdalla.

Mittausten perusteella varmistui, että normaali asuntojen välinen 55 dB osastointivaatimus vaakasuuntaiselle sivutiesiirtymälle edellyttää hirsikuloseinän katkaisemista ja varustamista eristeellä täytettävällä ilmavälillä osastoivan väliseinän kohdalla.



Kuva 2. Vaakaleikkauskuva huoneistojen välisen betonirakenteisen osastoivan väliseinän ja hirsikuloseinän liittymädetaljista

Ääni siirtyy massiivipuurakenteisessa hirsiseinässä myös pystysuuntaan alemman kerroksen tiloista seuraavan ylemmän kerroksen tiloihin ja päinvastoin. Hirsiiä ei voida katkaista tai erottaa täysin ilmavälillä toisistaan pystysuunnassa, jotta kuormien siirtyminen ylhäältä alas on mahdollista. Toimiva ratkaisu on teknisen ääneneristysvaimenninkumin käyttäminen hirsien välissä tai välitilassa, siten että katkaistaan päällekkäisten hirsien puukontakti vaimentavalla kerroksella.



Kuva 3. Pystyleikkauskuva betonirakenteisen välipohjan ja hirsikuloseinän liittymädetaljista

Projektissa jatkokehitettiin rakennetyyppejä ja rakenneliittymien ratkaisuja ja ääneneristyskykyä yhteistyössä akustiikka- ja rakennesuunnittelijoiden kanssa. Osa kehitystyön ääneneristysperiaatteista julkaistiin hankkeen jälkeen ilmestyneessä erillisessä Honka MultiStorey -manuaalissa, jossa on esitetty hirs-betoni-monikerrosrakentamisen ratkaisuja, vakioratkaisujen hyödyt, palo- ja ääneneristysvaatimuksia ja ratkaisuja, suunnitteluohjeita, kuvaus rakentamisen vaiheista, liitosdetaljeja sekä hiililaskentaesimerkki.

Honka MultiStorey -manuaali löytyy Hankeportaalista <http://www.hankeportaali.fi/> tämän loppuraportin erillisenä liitteenä. Honka MultiStorey -manuaalia ei ole tehty osana tätä hanketta mutta tämän hankkeen kehitystyön tuloksia on hyödynnetty osassa manuaalin teknisiä ratkaisuja.

Honka MultiStorey -manuaali on myös ladattavissa <https://www.honka.fi/fi/multistorey/> -sivuilta.

4.2 Sisäilmaolosuhteiden varmentaminen - VOC

Osaprojektissa selvitettiin hirsitalojen sisäilman laatua ja VOC-emissioiden määrää, raja-arvoja ja vaikutuksia hirsitalon sisäilman laatuun.

Hirsitalojen sisäilma mielletään asukkaiden kokemusten perusteella hyväksi ja laadukkaaksi. Vuonna 2012 THL:n tekemässä selvityksessä hirsitaloasukkaat olivat neljä kertaa todennäköisemmin tyytyväisiä sisäilman laatuun verrattuna puutaloissa asuviin vastaajiin ja kuusi kertaa todennäköisemmin tyytyväisiä verrattuna kivitaloissa asuviin vastaajiin suomalaisissa pientaloissa (<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-245-762-2>).

Puusta haihtuu sisäilmaan luonnollisia VOC-yhdisteitä (Volatile Organic Compounds), joista kotimaisilla havupuilla suurin osa kuuluu terpeeneihin, kuten α - ja β -pineeni sekä 3-kareeni. Tuoreesta puusta, uusista puutuotteista ja hirsirakenteista haihtuvien terpeenien pitoisuudet ovat suhteellisen korkeita.

Projektissa mitattiin rakennettavassa hirsitalossa sisäilman emissioita asiantuntijan toimesta. VOC-emissioiden määrä talon sisäilmassa vaihteli suuresti riippuen mittausajankohdasta. TVOC- mittaustulosten vaihteluväli oli 322 – 4622 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Erittäin suurta vaihtelua selitti mm. rakennusaikaisen ilmanvaihdon suuri vaihtelu, jolloin alhaisen ilmanvaihdon vaikutuksesta VOC-emissioita kertyy sisäilmaan paljon normaali-ilmanvaihtotilanteeseen verrattuna. Terpeenien osuus TVOC-arvoista oli noin 70%.

4.2.1. Eurooppalaisia VOC-raja-arvoja terpeeneille

Monille sisäilmassa esiintyville yhdisteille on olemassa erilaisia ohje-, raja- ja viitearvoja, joista osa on terveysperusteisia ja osa muilla perusteilla asetettuja. Projektissa selvitettiin Työterveyslaitoksen asiantuntijoiden avulla terpeenien erilaisia raja-arvoja. Näitä ovat mm. saksalaiset RW I ja II -ohjearvot (RW, Richtwerte; Umweltbundesamt 2021), Euroopan unionin EU-LCI-ohjearvot (LCI, Lowest Concentration of Interest; EU-LCI Working Group 2020) ja asumisterveysasetuksen (545/2015) toimenpiderajat. Taulukossa 2. on esitetty terpeenien raja-arvoja.

Yhdiste	CAS-numero	RW I -arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (asettamisvuosi)	RW II -arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (asettamisvuosi)	EU-LCI-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (asettamisvuosi)
α-pineeni	80-56-8	200 ^a (2003)	2000 ^a (2003)	2500 (2013)
3-kareeni	498-15-7	200 ^a (2003)	2000 ^a (2003)	1500 (2013)
Limoneeni	138-86-3 5989-27-5 5989-54-8	1000 ^b (2010)	10 000 ^b (2010)	5000 (2014)
β-pineeni	127-91-3	200 ^a (2003)	2000 ^a (2003)	1400 (2013)

^a Sama arvo kaikille bisyklisille terpeeneille (kuten α -pineeni)

^b Sama arvo kaikille monosyklisille monoterpeeneille (kuten d-limoneeni)

Taulukko 2. Tavallisimmin sisäilmassa esiintyvien terpeenien euroopplaisia raja-arvoja

RW I ja II -arvot ovat saksalaisia sisäilman laadun arviointiin tarkoitettuja, terveysperusteisia ohjearvoja. Arvot on laadittu koko väestö huomioiden ja niitä käytetään Saksassa mm. kotien, toimistojen, koulujen ja muiden julkisten tilojen sisäilman laadun arviointiin. RW I -arvot edustavat sisäilman pitoisuuksia, joilla ei ole odotettavissa terveysvaikutuksia (tavoitetaso). RW II -arvot edustavat pitoisuuksia, joiden ylittyessä haitalliset terveysvaikutukset ovat mahdollisia.

Saksalaiset RW I -arvot edustavat sisäilmassa esiintyvien yhdisteiden pitoisuuksia, jotka eivät nykytiedon valossa aiheuta haitallisia terveysvaikutuksia edes jatkuvan, elinikäisen altistumisen seurauksena. RW II -arvot edustavat pitoisuustasoja, joilla tai joiden ylittyessä voi aiheutua haitallisia terveysvaikutuksia esimerkiksi perussairauksien vuoksi herkille yksilöille, jos he altistuvat näille pitoisuustasoille pitkiä ajanjaksoja. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että välittömästi RW II -arvotason ylittyessä haitallisten terveysvaikutusten esiintyminen olisi näillä herkilläkään henkilöillä välttämättä hyvin todennäköistä, koska arvot sisältävät korkeita (tyypillisesti vähintään 100-kertaisia) turvakertoimia. Saksassa suositellaan kuitenkin varotoimenpiteenä, että toimenpiteisin ryhdytään myös, jos sisäilmasta mitataan yhdistettä RW I

ja II -arvojen välissä olevalla pitoisuustasolla, eikä tällaisia pitoisuustasoja pidetä hyväksyttävänä pysyvänä olotilana.

EU-LCI-arvot ovat rakennustuotteiden tuoteturvallisuusarviointeihin tarkoitettuja ohjearvoja. Ne ovat terveysperusteisia vertailuarvoja, joiden avulla voidaan arvioida uusien rakennusmateriaalien päästöille hengitysteitse altistumisesta mahdollisesti aiheutuvia terveysriskejä. EU-LCI -arvoja ei ole tarkoitettu käytettäväksi viitearvoina sisäilman laadun arvioimisessa, vaan rakennusmateriaalien päästöjen arvioimiseen koeolosuhteissa.

Sekä RW I/II että EU-LCI -arvot on johdettu niin, että niiden on tarkoitus suojata koko väestöä elinikäisestä altistumisesta johtuvilta terveysriskeiltä. Arvojen asettamisessa on huomioitu yhdisteiden kaikki tunnetut haitalliset terveysvaikutukset, sekä lyhyt- että pitkäaikaisesta altistumisesta seuraavat, ja ne sisältävät korkeita turvamarginaaleja. Kumpiakaan ei ole mainittu Suomen lainsäädännössä, eivätkä ne siten ole Suomessa velvoittavia raja-arvoja. Ne antavat kuitenkin asiantuntija-arvioon perustuvaa tietoa pitoisuustasoista, joiden ylittyessä terveyshaittoja saattaa esiintyä.

Suomessa ei ole asetettu terveysperusteisia raja-arvoja koko väestölle. Työperäiselle altistumiselle on asetettu nk. HTP-arvoja (STM 2020), joita sovelletaan kemikaaliturvallisuuden arviointiin sellaisissa tuotantoympäristöissä, joiden työprosesseissa vapautuu altisteita. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen terveydellisten olosuhteiden valvontaan sovelletaan terveydensuojelulain (763/1994) nojalla asumisterveysasetusta (545/2015), jossa on asetettu toimenpiderajoja tietyille kemiallisille tekijöille, kuten VOC-yhdisteille. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat eivät kuitenkaan pääsääntöisesti perustu tieteelliseen terveysvaaran arviointiin, eivätkä ne siksi sovellu terveysriskien arviointiin.

4.2.1. Terpeenien terveysvaikutuksia

Hyvin suurina pitoisuuksina terpeenit voivat aiheuttaa ihon, silmien ja ylempien hengitysteiden ärsytysvaikutuksia. Tieteellisessä kirjallisuudessa ei löydy viitteitä siitä, että terpeenit aiheuttaisivat astmaa.

Terpeenien ja puusta haihtuvien VOC-yhdisteiden haitallisten terveysvaikutusten lisäksi on tutkittu jonkin verran myös niiden mahdollisia hyödyllisiä terveysvaikutuksia. Luonnonvarakeskuksen kirjallisuuskatsauksessa (Harju et.al.; Massiivipuun päästöt sisäilmaan, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 17/2021) todettiin eri tutkimuksissa lyödetyn viitteitä mm.:

- männyn ja kuusen haihtuvien yhdisteiden kyvystä estää tiettyjen bakteerien kasvua
- d-limoneenin kyvystä ehkäistä kasvaimien kasvua
- α -pineenillä olevan tulehdusta ja mikrobien kasvua estäviä vaikutuksia

Terpeenien positiivisista terveysvaikutuksista yleensä todetaan tutkimuksia olevan niin vähän, että johtopäätöksiä ei voida tehdä.

4.2.3. Yhteenveto

Uusissa hirsitaloissa puun luonnollisten haihtuvien VOC-yhdisteiden, erityisesti terpeenien pitoisuudet sisäilmassa voivat tehdä raja-arvojen saavuttamisen haasteelliseksi muun muassa suomalaisten

asumisterveysasetuksen toimenpiderajojen osalta ja hirsialan vientimaissa muun muassa Saksassa RW-raja-arvojen osalta. Terpeenien haihtuminen ja pitoisuudet sisäilmassa pienenevät hirsitaloissa ajan suhteessa, eikä johtopäätöksiä ja vertailua raja-arvoihin tulisi tehdä talojen elinkaaren alkuvaiheessa. Raja-arvojen soveltamisen ohjeistuksia tulisi päivittää tältä osin.

Puusta haihtuvilla yhdisteillä on kansainvälisissä tutkimuksissa todettu olevan lupaavia positiivisia terveysvaikutuksia. Hirsi- ja puurakentamisen lisäämiseksi positiivisten terveysvaikutusten todistamiseen tähtääviä tutkimuksia tulee edistää ja jatkaa.

4.3 Hirsirakenteen elementointi ja asennustapa

Osaprojektissa selvitettiin hirsirakenteisia tilaelementtejä ja tarkemmin tilaelementoinnin vaikutuksia rakenteisiin, suunnitteluun ja rakentamisen kustannuksiin.

Elementin koon perusteella hirsirakenteet on mahdollista elementoida ainakin kolmella eri tavalla:

- yksittäisinä hirsinä, tehtaalla valmiiksi työstetyt hirret ovat pienenä elementtejä, jotka asennetaan hirsiseinäksi rakennustyömaalla
- suurseinäelementteinä, jolloin hirret kootaan seinäkohtaisesti valmiiksi tehtaalla ja seinäelementit asennetaan työmaalla
- tilaelementteinä, jolloin tehtaalla rakennetaan valmiita rakennuslohkoja, joissa on tyypillisesti kaikki huoneen tai sen osan rakenteet ja materiaalit talotekniikkaa myöten valmiiksi asennettuina

Pienenä elementtihilirsien asentaminen työmaalla on yleisin hirsirakentamisen muoto. Sen etuja ovat kustannustehokkuus logistiikassa ja joustavuus rakennusten suunnittelussa, kun elementointi ei aseta rajoitteita tilojen suunnitteluun. Esityöstetyissä hirsissä on hirsien väliset tiivisteet pääsääntöisesti jo valmiiksi tehtaalla kiinnitettyinä, jolloin hirsien asentaminen työmaalla on tehokasta ja nopeaa.

Tilaelementtien suurin etu on rakennustyön siirtäminen työmaalta vaihtelevista sääolosuhteista tehtaalle kuiviin vakio-olosuhteisiin. Tällöin syntyy kustannussäästöä verrattuna työmaalla rakentamiseen ja työmaalla tarvittaviin sääsuojauksiin. Lisäkustannuksia tilaelementeistä syntyy rahtikustannuksissa kun isoja elementtejä kuljetetaan erikoiskuljetuksina. Osaan tilaelementtien rakenteista tulee myös ylimääräistä materiaalienekkiä ja rakennevahvuutta. Esimerkiksi välipohjarakenteissa lattiarakenteet ovat ylempää tilaelementissä, mutta alempaan tilaelementtiin tarvitaan usein ylimääräinen sisäkattorakenne verrattuna normaaliin työmaalla rakentamiseen. Rakennuksen koosta ja kerrosmäärästä riippuen myös tilaelementtitoteutus saattaa edellyttää täyden sääsuojan käyttöä, jolloin työmaasuojauksissa ei synny säästöä.

Kustannusvertailuissa tilaelementtien ja työmaalla rakentamisen välillä ei toteutustavoille saatu merkittävää eroa tilaelementtien eduksi. Kustannusvertailut tehtiin maltillisen kokoisille 1-3 kerroksisille rakennuksille. Tilaelementtien kustannustehokkuus todennäköisesti paranee rakennuksen ja elementtien sarjakoon kasvaessa.

Tilaelementointi rajoittaa rakennusten tilasuunnittelun vaihtoehtoja ja muuttaa suunnittelua ja toimintaa tuotantolähtöisemmäksi.

Yhteenvedona voidaan todeta, että tilaelementtitoteutus ei tuo yleistä kustannusetua hirsirakentamisessa ja eri toteutusmuotojen kustannustehokkuus on tarkasteltava tapauskohtaisesti.

5. Hankkeen vaikuttavuus ja vaikutukset

Hankkeella on välitön ja suora vaikutus yhden yrityksen ratkaisujen kehittämiseen suurten hirsirakennusten toteuttamiseksi. Viimeistään toteutettavien rakennusten kautta ratkaisut tulevat julkisiksi, jolloin tulokset vievät koko suomalaista hirsi- ja puurakentamisen toimialaa eteenpäin, kuten on tapahtunut aiempienkin innovaatioiden kanssa. Hirsialan ollessa vientisuuntaunut toimiala, tulevat hankkeen tulokset hyödyttämään puurakentamisen kehittymistä myös kansainvälisillä markkinoilla sekä kasvattamaan Suomen vientiä maailmalle.

6. Viestinnän toteutuminen ja jatkotoimenpiteet

Hankkeen ollessa kokeellisen kehittämisen tuotekehityshanke osa hankkeen tuloksista on yrityssalaisuuden piirissä, minkä johdosta viestintä projektista tehdään ensisijaisesti projektin loppuraportoinnin yhteydessä. Hankkeen aikana tehty tuotekehitystyö jatkuu myös hankkeen jälkeen. Kehitystyön varsinaisena tuloksena syntyvät uudet tuoteratkaisut tullaan viestimään julkisuuteen tuotelanseerauksina ja niitä aletaan käyttää hirrestä suunniteltaviin julkisiin ja suurempiin rakennuksiin Suomessa ja kansainvälisillä markkinoilla.

Honkarakenne Oyj:n tilinpäätösten yhteydessä ja yrityksen tietyissä tiedotteissa on toistuvasti viestitty yrityksen saavan rahoitusta tuotekehitykseen ympäristöministeriön puurakentamisen ohjelmasta.

7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

Hirsirakennuksilla on erityiskohtelu Suomessa energiamääräyksissä e-luvun raja-arvoissa. Erityiskohtelua tulee edelleen jatkaa, koska:

- hirsirakenteilla ja -rakennuksilla on merkittäviä positiivisia ympäristövaikutuksia:
 - o pitkäaikaisesti rakenteisiin sitoutunut suuri hiilivarasto ja hiilikädenjälki, joita ei vielä huomioida tulevassa ilmastaselvityksessä
 - o yksiaineisen seinärakenteen kosteusturvallisuus
 - o pitkäaikaiskestävyys
 - o rakenneosien uudelleenkäytettävyys
- hirsirakennuksissa kompensoidaan massiivihirsiseinien U-arvoa muita rakenteita ja -ratkaisuja vahventamalla ja parantamalla, mikä nostaa hirsirakennusten kustannuksia
- suurempia hirsirakennuksia mm. kouluja, hoivakoteja ja kerrostaloja on rakennettu hyvin vähän, voidaan edelleen puhua hirsirakennusten pilotoinnista - toimiala on kehitysvaiheessa ja tarvitsee erityiskohtelua jotta vakioidut ja tehokkaat ratkaisut saadaan kehitettyä
- Suomen rakentamisen normisto ja sen mahdollistamat Suomeen rakennetut hirsirakennukset toimivat näyteikkunana hirsitoimialan vientiponnisteluissa ja kansainvälisen rakennusmateriaali- ja rakennusliiketoiminnan kasvattamiselle

Puusta haihtuvat VOC-yhdisteet ja niille asetetut raja-arvot ovat riski puu- ja hirsirakennusten hyväksymiselle tulevaisuudessa muun muassa Saksassa ja Keski-Euroopan maissa. Raja-arvojen ja ohjeistuksien säätämistyöhön tulee osallistua Euroopassa ja pyrkiä vaikuttamaan siten että raja-arvoja ja ohjeistuksia tulkitaan järkevällä tavalla, jotta massiivipuurakentaminen on tulevaisuudessakin mahdollista.

Puusta haihtuvilla yhdisteillä on kansainvälisissä tutkimuksissa todettu olevan myös lupaavia positiivisia terveysvaikutuksia. Tutkimuksia on kuitenkin niin vähän, että johtopäätöksiä ei voida tehdä. Hirsi- ja puurakentamisen lisäämiseksi positiivisten terveysvaikutusten todistamiseen tähtääviä tutkimuksia tulee edistää ja jatkaa.

8. Talousraportti ja muutosehdotus kululajijakoon

Hankkeen kustannustoteumasta on laadittu erillinen ympäristöministeriöön toimitettu kustannuserittely ja maksatushakemus.

9. Johtopäätöksiä ja suosituksia

Puusta haihtuvat VOC-yhdisteet ja niille asetetut raja-arvot ovat riski puu- ja hirsirakennusten hyväksymiselle tulevaisuudessa muun muassa Saksassa ja Keski-Euroopan maissa. Raja-arvojen ja ohjeistuksien säätämistyöhön tulee osallistua Euroopassa ja pyrkiä vaikuttamaan siten että raja-arvoja ja ohjeistuksia tulkitaan järkevällä tavalla, jotta massiivipuurakentaminen on tulevaisuudessakin mahdollista.

Puusta haihtuvilla yhdisteillä on kansainvälisissä tutkimuksissa todettu olevan myös lupaavia positiivisia terveysvaikutuksia. Tutkimuksia on kuitenkin niin vähän, että johtopäätöksiä ei voida tehdä. Hirsi- ja puurakentamisen edistämiseksi positiivisten terveysvaikutusten todistamiseen tähtääviä tutkimuksia tulee edistää ja jatkaa.