

Puurunkoisten moduulien sääsuojaus



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusmestari (AMK)

kevät 2022

Venla Santama

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusmestari (AMK)

Hämeenlinnan korkeakoulukeskus

Tekijä Venla Santama

Työn nimi Puurunkoisten moduulien sääsuojaus

Ohjaaja Mika Kärri (HAMK), Niko Talja (YIT Suomi Oy)

Tiivistelmä

Vuosi 2022

Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää toimiva suojaustapa puurunkoisille moduuleille. Opinnäytetyö laadittiin YIT Suomi Oy:n käyttöön. Työ tilattiin, koska yritys halusi kehittää tapansa suojata moduuleja. Suojauksen kehityskohtina pidettiin erityisesti sen toimivuutta sekä suojauksesta aiheutuvien jätteen määrän vähentämistä.

Puurunkoiset, tarkemmin rankarunkoiset, moduulit toimivat opinnäytetyön rajauksena. Työssä pohdittiin myös CLT-rakenteiden vaikutusta suojaukseen, koska CLT on myös puuvalmisteinen materiaali, mutta se ei toimi opinnäytetyön pääasiallisena suojattavana tuotteena. Täten työssä keskityttiin tutkimaan itse puun sekä valmiin moduulin kosteuskäyttäytymistä, suojausmateriaaleja ja niiden toimivuutta sekä muita sellaisia asioita, jotka tulee huomioida suojausta valittaessa. Lisäksi työssä tarkastellaan myös sitä, miten kosteudenhallinta voi epäonnistua ja miten sen epäonnistuminen vaikuttaa moduuleihin.

Moduulien sääsuojaustapaa valittaessa pohdittiin sen toimivuutta varastointi-, kuljetus- sekä asennusvaiheessa. Lisäksi suojaustapoja tarkasteltiin niiden kustannusten, suojaustehokkuuden, asennustavan, ympäristöystävällisyyden sekä yrityksen markkina-arvon kannalta. Lopputulosta pohdittiin oletetusti yrityksen kannalta tärkeistä näkökulmista ja siten mahdolliset suojaustavat saatiin rajattua minimiin.

Suojaustapojen vertailun yhteydessä huomattiin, että tärkeimmiksi painoarvoiksi suojaustapaa valitessa muodostuivat kustannukset, yrityksen markkina-arvo sekä suojan toimivuus. Näiden painoarvojen sekä muiden vertailukohtien perusteella tultiin tulokseen, jonka mukaan yhdistelmäsuojaus olisi paras vaihtoehto uudeksi suojaustavaksi. Tulos perustui suojan aiheuttamiin kustannuksiin, asennustapaan, toimivuuteen sekä jatkokäyttöön. Vaikka nykyinen suojaustapa eli suojamuovi on kustannuksiltaan halvempi kuin yhdistelmäsuojaus, koettiin sen aiheuttavien monia muita haasteita, joita olivat esimerkiksi sen aiheuttama jätemäärä sekä suojamateriaalin hauraus.

Avainsanat kosteudenhallinta, moduuli, puurakentaminen, sääsuojaus

Sivut 63 sivua ja liitteitä 2 sivua

The purpose of the thesis was to find functional weather protection method for timber frame modules. The thesis was prepared for the use of YIT Suomi Oy. The work was commissioned because the above company wanted to develop their way to protect the modules. The target for development of the protection was considered to be its functionality and the reduction of the amount of waste resulting from the protection.

The modules with wooden frames, more precisely with solid frames, serve as the delimitation of the thesis. The effect of CLT structures on protection was also considered, as CLT is also a wood-based material, but it does not serve as the main product to be protected in the thesis. Thus, the work focused on the study of the moisture behavior of the wood itself and the finished module, the protection materials and their functionality, as well as other such things that should be taken into account when choosing protection. In addition, the work also looks at how humidity control can fail and how its failure affects the modules.

When choosing the weather protection method for the modules, its suitability during storage, transport and installation was considered. In addition, weather protection methods were examined in terms of their cost, hedging effectiveness, installation method, environmental friendliness and market value of the company.

In connection with the comparison of weather protection methods, it was noticed that the most important weights when choosing the protection method were the costs, the market value of the company and the effectiveness of the protection. Based on these values and other benchmarks, it was concluded that combined weather protection would be the best alternative to the new protection approach. The result was based on the costs caused by the protection, the method of installation, functionality and further use. Although the current method of protection, ie. protective plastic, is less expensive than composite protection, it was perceived to cause many other challenges, such as the amount of waste it caused and the fragility of the protective material.

Keywords moisture control, module, wood construction, weather protection

Pages 63 pages and appendices 2 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tilaaaja	2
3	Moduulien valmistus	2
3.1	Moduuli käsitteenä	2
3.2	Moduulirakentaminen	3
3.2.1	Suomi ja ulkomaat moduulirakentamisessa	3
3.2.2	Suosio	4
3.3	YIT:n moduulirakentaminen	5
4	Moduulien suojaus	6
4.1	Kosteudenhallinnan epäonnistuminen	9
4.2	Lait, asetukset ja toimintamallit	11
4.3	Suojausmateriaalit	13
4.4	Rakenteiden vaikutus suojaustavan valinnassa	15
4.5	Varastointi-, kuljetus- ja nostotapa	17
5	Yrityksen aiemmin käyttämä suojaustapa	18
5.1	Varastointivaiheen suojaustapa	18
5.2	Kuljetusvaiheen suojaustapa	18
5.3	Asennusvaiheen suojaustapa	19
6	Varastointivaiheen suojaustavat	20
6.1	Varastohalli	21
6.2	Ulkona varastointi (moduulikohtainen suojaus)	24
6.2.1	Läpinäkyvä suojamuovi	24
6.2.2	Suojapeite	26
6.2.3	Pressu	27
6.2.4	Osittainen suojaus	28
6.2.5	Tuulensuojakangas	29
6.2.6	Yhdistelmäsuoja	32
7	Kuljetusvaiheen suojaustavat	32
7.1	Läpinäkyvä suojamuovi	34
7.2	Suojapeitteinen rekka	34

7.3	Suojapeite.....	35
7.4	Pressu	37
7.5	Moduulin osittainen suojaus.....	37
7.6	Yhdistelmäsuojus	38
7.7	Tuulensuojakangas.....	39
8	Asennusvaiheen suojaustavat	39
8.1	Kuljetusvaiheen suojauksen käyttö asennuksessa	40
8.1.1	Suojamuovi.....	40
8.1.2	Suojapeite	40
8.1.3	Pressu.....	41
8.1.4	Tuulensuojakangas	41
8.1.5	Osittainen suojaus	41
8.1.6	Yhdistelmäsuojaus.....	41
8.2	Nouseva sääsuoja siltanosturilla.....	42
8.3	Avattava sääsuoja	43
8.4	Moduulien kattojen suojaus.....	44
8.5	Ovien suojaus.....	45
9	Suojaustapojen vertailu.....	46
9.1	Suojaustapojen asennushelppeus	46
9.1.1	Moduulikohtainen suoja	47
9.1.2	Muut suojaustavat.....	49
9.2	Suojaustapojen kustannukset	50
9.3	Suojaustapojen ympäristöystävällisyys.....	51
9.4	Suojaustapojen vaikutus yrityksen markkina-arvoon.....	52
10	Yhteenveto ja johtopäätökset	53
11	Tulosten tarkastelu ja pohdinta.....	56
	Lähteet	58

Kuvat ja taulukot

Kuva 1. Tilaelementti (Lundell, 2020).	3
Kuva 2. Moduulihankkeen ja paikallarakentamishankkeen aikataulutuserot (Puuinfo, 2020).	4
Kuva 3. Tampereen Tohtori (YIT, 2020).	5
Kuva 4. Tampereen Rantapuisto (Rakennuslehti, n.d.).	6
Kuva 5. Kuivaketju10 keskeisimmät riskit (RALA, n.d.).....	12
Kuva 6. Parveke moduulin yhteydessä	16
Kuva 7. Rantapuiston asennusaikainen suojaus.....	20
Kuva 8. Varastohalli (Stopteltat, n.d.).....	22
Kuva 9. Oven sijainnin vaikutus varastointiin.....	23
Kuva 10. Läpinäkyvä suoja (Polythene UK, n.d.).....	25
Kuva 11. Uusiokäytettävä suojapeite (JP-Suojapeite, n.d.).....	26
Kuva 12. Moduulin osittainen suojaus (Tony Beal, n.d.).	28
Kuva 13. Tuulensuojakankaan käyttö seinissä (Sigtryggur Ari, 2020).	31
Kuva 14. Moduulien kuljetus, muovilla suojatut moduulit (Eilola Logistics, n.d.).	33
Kuva 15. Moduulin kuljetus suojapeitteisellä rekalla (Puuinfo, 2020).	35
Kuva 16. Nouseva sääsuoja siltanosturilla (Ramirent, 2021).	42
Kuva 17. Kiskoilla varustettu avattava sääsuoja (Monzon, n.d.).....	44

Kuva 18. Suojaustapojen työmenekit	47
Kuva 19. Kestopeitteen asennusaikataulu	54
Taulukko 1. Suojaustasot (Puuinfo, 2020).....	14
Taulukko 2. Kustannuslaskelma.....	51
Taulukko 3. Kestopeitteen kustannukset.....	54
Taulukko 4. Suojauksen käyttökustannukset	55

Liitteet

Liite 1	Kustannuslaskelmat (Excel)
Liite 2	Aikataulut (Tocoman)

Käsitteistö

Asiakas = Henkilö, joka voi toimia kohteen tilaajana tai olla mahdollinen ostaja rakennustuotteelle, tässä tapauksessa moduulivalmisteiselle asunnolle

Hallitut tuotanto-olosuhteet = Tuotantotilan olosuhteet, joita pystytään hallitsemaan joiltakin osin kuten lämmityksen, kosteuden sekä valaistuksen osalta.

Investointihinta = Tuotteesta aiheutuvat kulut sen hankintahetkellä

Kestopeite = Ei-mittatilaustuote, jota voidaan käyttää moduulin suojamateriaalina

Kosteudenhallinta = Rakennushankkeen toimintatapa, jolla minimoidaan kosteuden pääsy esimerkiksi kohteen rakenteisiin tai varastoitaviin materiaaleihin.

Kosteusrikas = Ilman suuri kosteuspitoisuus.

Kosteusvaurio = Kosteuden aiheuttama vaurio rakenteeseen esimerkiksi mikrobikasvusto tai kosteusjälki

Liina = Kankaasta valmistettu nostoväline, joka on ulkomuodoltaan pitkä, paksusta kankaasta valmistettu nauha. Liinoja on saatavilla eri nostokapasiteeteilla sekä pituuksilla

Mittatilattu suojapeite = Moduulin suojausmateriaali, joka on tilattu moduulin mittojen mukaan

Moduuli = synonyymi tilaelementille, huonomainen suurelementti

Pressu = Oletetusti hieman suojapeitettä ohuempi suojausmateriaali, joka kestää vettä, toisin sanoen kevytpeite

Terveellinen rakentaminen = Rakentamista, jossa suuri osa hankkeesta valmistetaan esivalmisteena hallituissa tuotanto-olosuhteissa

Tuulensuojakangas = rakenteiden suojaamiseen käytettävä materiaali, joka piää kosteuden rakenteiden ulkopuolella, mutta päästää lävitseen vesihöyryä

Ympäristöarvot = Yrityksen arvot, jotka liittyvät ympäristöystävällisyyteen sekä kestävän kehityksen edistämiseen.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia, mitä puurunkoiset moduulit vaativat kosteudenhallinnan kannalta. Lisäksi työssä etsitään YIT:n puuelementtitehtaan käyttöön uusia tapoja suojata moduuleja. Moduulien suojaustapoja tarkastellaan niiden kustannustehokkuuden, suojaavuuden, asennuksen helppouden, ympäristöystävällisyyden sekä yrityksen markkina-arvon kannalta.

Kosteudenhallinta on tärkeä osa rakennushanketta, koska sen avulla kohde pyritään pitämään kuivana hankkeen alusta loppuun. Mikäli kosteudenhallinta laiminlyödään tai se epäonnistuu ja kohteen rakenteet pääsevät siten kastumaan, aiheuttaa se yritykselle suurien kustannusten sekä aikataulun viivästymisen lisäksi huonoa markkina-arvoa. Lisäksi rakenteisiin syntyvät kosteusvauriot voivat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa sairauksia kohteen loppukäyttäjälle, mikä lisää entisestään yritykselle koituvia ongelmia. Täten kosteudenhallinta tulisi suunnitella toimivaksi koko hankkeen ajaksi.

Rakenteiden suojaus on suuressa osassa kosteudenhallintaa. Moduulien kohdalla, toimiva suojaus on erityisen tärkeä, koska kyseessä on tuote, jonka pinnat ovat valmiit jo ennen sen asennusvaihetta. Mikäli moduulin rakenteet pääsevät kastumaan, joudutaan todennäköisemmin purkamaan suuri osa sen rakenteista, jolloin kustannukset nousevat korkealle, koska moduulin pintojen kasaus joudutaan toteuttamaan uudestaan. Moduulisuojauksen suunnittelussa tulee huomioida moduulin varastointi-, kuljetus- sekä asennusvaihe.

Opinnäytetyön tavoitteena on vertailla suojaustapoja eri näkökulmien avulla. Lisäksi työssä tutkitaan, olisiko tällä hetkellä moduulien suojauksessa käytetty suojaustapa kuitenkin parempi kuin vertailussa ilmenevät. Työssä pyritään huomioimaan rakennusalallakin vallitseva kestävä kehitys sekä tuotteen laatu ja kustannustehokkuus.

2 Tilaaja

Kuten aiemmin mainittiin, tämän opinnäytetyön tilaajana toimii YIT Suomi Oy:n puuelementtitehdas. YIT:n puuelementtitehdas sijaitsee Hämeenlinnassa ja se on perustettu vuonna 1984. Tehdas perustettiin Rakennustoimisto M. Tolosen toimesta, mutta vuonna 1985 se siirtyi YIT:n omistukseen ja näin siitä tuli osa silloista YIT Tolosta. YIT Tolonen yhdistettiin emoyhtiönsä YIT Rakennukseen vuonna 2006.

YIT:n puuelementtitehtaalla valmistetaan puisia suurelementtejä kuten seiniä ja yläpohjia ja muita pienempiä elementtejä. Elementtejä valmistetaan tehtaalla vuodessa noin 30 000 m². Tehdas työllistää yhteensä noin 30 henkilöä. Tasoelementtien lisäksi YIT:n puuelementtitehdas on alkanut kehittämään kovassa nousussa olevan moduulirakentamisen inspiroiman omia moduuleja. YIT:n moduulirakentamisesta kerrotaan tarkemmin luvussa 3.3 *YIT:n moduulirakentaminen*.

3 Moduulien valmistus

3.1 Moduuli käsitteenä

Rakennusalalla moduuli toimii synonyymina tilaelementille. Ne ovat huonemaisia suurelementtejä, jotka rakennetaan hallituissa tuotanto-olosuhteissa (kuva 1). Moduulit muistuttavat ulkonäöltään usein työmaakontteja. Moduulien valmistusprosessi ja käytetyt materiaalit vaihtelevat valmistajien mukaan. Useimmissa tapauksissa valmistajat asentavat tehdasolosuhteissa moduuleihin rungon lisäksi valmiit pinnat kuten lattian, seinien ja katon pintamateriaalit. Lisäksi osa valmistajista asentaa väliovet sekä kiintokalusteet paikalleen jo tehtaalla. Työmaalla moduulit asennetaan haluttuun tapaan joko yhteen tai usempaan kerrokseen ja kiinnitetään toisiinsa siten, että ne muodostavat lähes valmiin rakennuksen. Moduuleista voidaan siis koota lähes minkälaisia rakennuksia tahansa. Rakennuksen tyyppi tulee kuitenkin huomioida moduulien suunnittelussa.

Kuva 1. Tilaelementti (Lundell, 2020).



3.2 Moduulirakentaminen

3.2.1 Suomi ja ulkomaat moduulirakentamisessa

Suomalaiset rakennusyritykset ovat käyttäneet jo vuosia eri valmistajien moduulikylpyhuoneita työmaillaan. Lisäksi julkisia rakennuksia kuten kouluja ja päiväkoteja, on toteutettu moduuleista ja jonkin aikaa. Asuntojen osalta moduulirakentaminen on kuitenkin vasta noussut Suomessa suosituimmaksi rakennusmuodoksi. Tunnetuimpia tilaelementtivalmistajia Suomessa ovat muun muassa Elementti Sampo, Fixcel, Fira Modules, FM-Haus ja Lehto Group. Edellä mainituista yrityksistä Elementti Sampo on kuitenkin joutunut hakeutumaan yrityssaneeraukseen vuoden 2022 alussa (Helkura, 2022).

Puu- sekä moduulirakentaminen ovat kasvattaneet suosiotaan laajemmassa mittakaavassa ulkomailla kuin Suomessa. Yksi suurimmista tähän vaikuttaneista tekijöistä on todennäköisimmin valtioiden paineet ilmastonmuutoksen pysäyttämiseen. (Turtola, 2019) Lisäksi osa valtioista, etenkin Pohjoismaat, ovat alkaneet tukea uudelleen heille niin sanotusti perinteistä rakentamista ja tukea siten puurakentamista betonirakentamisen sijaan. Puurakentamista voidaan pitää perinteisenä rakentamisena sen vuoksi, että rakennukset valmistettiin ennen puusta. Pohjoismaissa se korostuu myös suurena sahatuotantotoimintana sekä puun viemisenä ulkomaille.

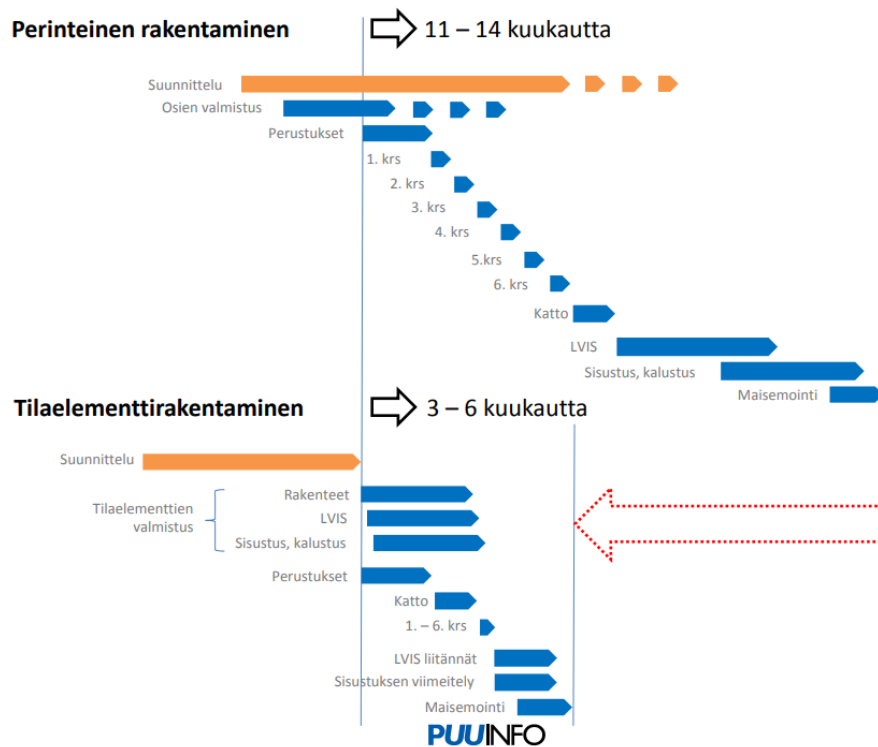
Suurimpia eurooppalaisia moduulivalmistajia liikevaihdoltaan ovat ruotsalainen Lindbäcks Bygg, virolaiset Harmet ja Kodumaja.

3.2.2 Suosio

Moduulirakentaminen on viime vuosien aikana alkanut yleistyä myös Suomessa. Sen saavuttama suosio ja kiinnostus johtuu todennäköisesti sen aiemmin mainitusta valmistustavasta sekä sen myötä moduulirakennuksien markkinoinnista niin sanoittuina terveellisinä taloina. Osasyynä moduulirakentamisen suosiolle on myös varmasti moduulihankkeen huomattavasti nopeampi aikataulu sekä selkeä suunnittelu ennen hankkeen aloitusta (kuva 2).

Kuten kuvasta 2 nähdään, moduulihanke saadaan perinteistä rakennushanketta huomattavasti nopeammin päätökseen. Tämä johtuu esimerkiksi siitä, että työmaalla tapahtuva moduuliasennus kestää yleensä maksimissaan muutaman viikon kohteen laajuudesta riippuen.

Kuva 2. Moduulihankkeen ja paikallarakentamishankkeen aikataulutuserot (Puuinfo, 2020).



Edellä mainittujen asioiden lisäksi, moduulirakentamisen suosion takana on todennäköisesti myös jatkuvasti, rakennusalallakin, kasvavat ympäristöarvot, sillä moduulirakennukset ovat usein rakennettu esimerkiksi puusta tai kierrätettävästä teräksestä. Moduulien rakenneratkaisuista kerrotaan lisää kappaleessa *4.4 Rakenteiden vaikutus suojaustavan valinnassa*.

Asiakkaiden näkökulmasta katsottuna, moduulien suosio todennäköisesti perustuu mielikuvaan hallituissa sääoloissa rakentamisesta. Esimerkiksi yksi As Oy Tampereen Rantapuiston asukkaista, Severi Kohtala, koki moduulirakenteisen talon luotettavaksi. Lisäksi talon puurakenteet olivat miellyttäneet häntä, vaikkei hän suoranaisesti ollut etsinyt itselleen asuntoa juuri puukerrostalosta. (YIT, 2021)

3.3 YIT:n moduulirakentaminen

YIT:n debyytti moduulirakentamisessa tapahtui vuonna 2020, kun yritys rakennutti As Oy Tampereen Tohtorin Tampereen Hervantaan (kuva 3). As Oy Tampereen Tohtori on puukerrostalo, joka rakennettiin alihankintana valmistetuista moduuleista. (YIT, 2020)

Kuva 3. Tampereen Tohtori (YIT, 2020).



Edellä mainitun kohteen valmistuttua, YIT alkoi kehittämään moduuleita, jotka yritys voisi itse valmistaa. Seuraavana syksynä, elokuussa 2021, YIT pääsi asentamaan itse

valmistamia, puurunkoisia moduuleja, Tampereen Niemenrantaan. Niistä rakentui As Oy Tampereen Rantapuisto, joka on 4-kerroksinen puukerrostalo varustettuna 23 asunnolla (kuva 4). Kyseinen kohde valmistui joulukuussa 2021. (Puuviesti, n.d.) Hankkeen lopussa yritys alkoi pohtimaan moduulirakentamisensa kehityskohtia ja yhdeksi suureksi tekijäksi muodostui suojaustavan kehittäminen.

Kuva 4. Tampereen Rantapuisto (Rakennuslehti, n.d.).



4 Moduulien suojaus

Jokaisen rakennushankkeen kosteudenhallintaa suunniteltaessa, tulee ottaa huomioon kohteen sijainnista riippuvat ilmasto-olosuhteet (Puufinfo, 2020). Ilmasto-olosuhteilla tarkoitetaan, nimensä mukaisesti, tietyssä paikassa vallitsevia olosuhteita ilmaston kannalta. Ilmasto-olosuhteet voivat vaihdella jo pelkän Suomen sisällä. Vielä radikaalimpi ero nähdään kuitenkin verrattaessa Suomen ilmastoa esimerkiksi Keski-Euroopan ilmastoon. Ilmaston tarkastelussa tulee myös muistaa vallitseva ilmastomuutos, sillä se tulee ajan saatossa muuttamaan ilmasto-olosuhteita, mikä vaikuttaa myös rakennusalaan. Esimerkiksi Suomen ilmaston koetaan olevan kosteusrikkaampi kuin aiemmin, mikä vahvistaa sääsuojauksen ja muun kosteudenhallinnan merkitystä entisestään (Cramo, n.d.). Ilmaston huomioiminen kosteudenhallinnan suunnittelussa on tärkeää sen vuoksi, ettei hankkeelle mitoitettaisi riittämätöntä sääsuojauksia tai sovellettaisi sellaista sääsuojauksia, mikä toimii muualla hyvin, muttei sovellu Suomen ilmastoon (Puufinfo, 2020).

Moduulien suojaus on tärkeä osa moduulirakentamista, samalla tavalla kuin muussakin rakentamisessa rakenteiden tai materiaalien suojaus. Tehdasolosuhteissa valmistetuista moduuleista katoaa niiden perimmäinen tarkoitus, mikäli sääsuojaus laiminlyödään, sillä moduulirakentamista markkinoidaan niin sanottuna terveellisenä rakentamisena juurikin sen vuoksi, ettei moduulien pitäisi valmistustavastaan sekä nopeasta asennustavastaan johtuen päästä kastumaan. Moduulien suojaamiseen kannattaakin asennoitua lähes samalla tavalla kuin puutavaran suojaamiseen työmaalla, sillä yhtäläisyyksiä niiden väliltä löytyy paljon.

Puuinfo kertoo puutavaran varastoinnista seuraavaa:

Työmaalla puutavara tulee varastoida aina kuivalla, tukevalla ja tasaisella alustalla siten, että puutavara on irti maasta ja puutavaraan ei pääse syntymään haitallisia muodonmuutoksia ja ulkonäköä heikentäviä virheitä. Ulkona varastoitava puutavara suojataan säätä vastaan ja varastoinnin aikana tulee huolehtia, että puutavara pääsee tuulettumaan suojauksesta huolimatta. Puutavaran varastointi tulee aina tehdä siten, että kosteusolosuhteet varastoinnin aikana vastaavat mahdollisimman hyvin puutavaran lopullisia kosteusolosuhteita käyttökohteessaan (tasa-painokosteus). (Puuinfo, 2020)

Edellä mainituista lähes kaikki pätevät myös moduulien suojaamisessa sekä varastoinnissa huomioitaviin asioihin. Pelkkä puurungon huomioiminen, moduulien suojausta mietittäessä, ei kuitenkaan riitä, koska moduuleissa on käytetty montaa muutakin materiaalia. Näitä materiaaleja ovat esimerkiksi villa ja kipsilevy, joiden kuivatus on lähes mahdotonta, jos ne pääsevät kastumaan.

Moduulien varastointitapa vaihtelee valmistajan mukaan. Suurin vaikuttava tekijä varastointitavassa on yleensä tuotantotilan koko. Osalla valmistajista riittää resursseja moduulien varastointiin sisätiloissa, osa varastoi moduuleja varastohallissa ja osa ulkona. Varastointitapa tulisi määrittää jo hyvissä ajoin ennen moduulien valmistuksen aloittamista, jotta mahdollisiin suojaustarpeisiin pystytään varautumaan ajoissa suunnittelun ja materiaalihankintojen avulla. Jos moduulit varastoidaan lämpimissä sisätiloissa, ei moduuleja kannata suojata niiden varastoinnin aikana. Jos moduulit suojattaisiin myös sisätiloissa,

tiivistyisi suojan alle ajan myötä kosteutta, koska moduuleissa käytettävät suojausmateriaalit eivät yleensä ole hengittävää materiaalia. Moduulien varastoinnin tapahtuessa sisätiloissa, on kuitenkin hyvä varautua jo kuljetusaikaiseen suojaukseen asettamalla siinä käytettävä suojamateriaali moduulin alle, mikäli moduuli aiotaan suojata kauttaaltaan, jotta moduulia ei tarvitse erikseen nostaa tulevan suojauksen aikana. Jos moduulit varastoidaan kylmässä varastossa eli esimerkiksi varastokatoksessa, tulee moduulit suojata, koska varaston kosteus ja ilman lämpötila muuttuvat ulkoilman mukaan.

Kosteuden pääsy moduuliin voidaan varastointivaiheessa estää asettamalla moduuliin esimerkiksi kosteudenpoistaja, juuri ennen moduulin pakkaamista, jolloin kosteudenpoistaja ohjaa itseensä moduulissa olevan kosteuden. Mikäli moduuliin ei haluta kosteudenpoistajia esimerkiksi niiden aiheuttamien kustannusten vuoksi, tulee kosteudenpoistoon keksiä toinen vaihtoehto.

Kosteudenpoistajien avulla, kosteus tiivistyy yhteen paikkaan, mutta se ei kuitenkaan poistu moduulista. Jotta kosteus saataisiin pois moduulista, tarvittaisiin tuuletusta sekä ilmavirta, joka liikuttaisi ilmaa tehokkaammin. Tähän ratkaisuna voisivat olla kuivatuksessakin käytettävät puhaltimet, jotka asennettaisiin moduuleihin varastoinnin ajaksi. Tällöin moduulin suojassa tulisi olla tuuletusaukot, jottei puhaltimen pyörittämä, mahdollisesti kostea ilma, jäisi moduulin sisään niin sanotusti jumiin, koska tällöin se ei kuivaa moduulia. Puhaltimien käyttö ei toisi mukanaan kuitenkaan pelkkiä hyviä asioita. Mikäli puhaltimia halutaan käyttää koko varastoinnin ajan ja kaikissa moduuleissa, voivat niiden aiheuttamat kustannukset nousta suhteellisen korkeiksi. Lisäksi puhaltimien johdotus voi aiheuttaa haasteita, mikäli moduulit varastoidaan ulkona. Myös puhaltimien poistaminen moduuleista, ennen lastausta, voi aiheuttaa haasteita, etenkin siinä tapauksessa, jos moduulin suojuus on umpinainen. Jos suoja suunniteltaisiin puhaltimen asentamisen helpottamista ajatellen, voisi puhaltimien käyttö olla järkevämpää. Myös varastointiajat kannattaisi suunnitella siten, että samoja puhaltimia voitaisiin käyttää eri moduuleissa, jotta puhaltimista aiheutuvat kustannukset saataisiin pidettyä minimissä.

Suojattuun moduuliin kertyy kosteutta siksi, että suoja auttaa pitämään moduulin lämpötilan suhteellisen tasaisena, mutta suojan vuoksi moduuli ei pääse tuulettumaan, jolloin kosteus

jää moduuliin. Järkevin ratkaisu olisi siis moduulin tuulettaminen, jonka voi toteuttaa esimerkiksi tekemällä suojaan reiän tai käyttämällä väljempää suojaa moduulin ympärillä. Mikäli moduulin suojaan, esimerkiksi suojamuoviin, tehdään reikä, on otettava huomioon se, että tällöin kosteus pääsee moduulista pois, mutta myös ulkopuolelta moduulin sisään, etenkin ilmankosteuden ollessa suuri. Tällöin on kuitenkin erityisen tärkeää muistaa, ettei moduulia aseteta vahingossa maata vasten. Mikäli reikä halutaan tehdä moduulin kylkeen, tulisi se toteuttaa niin sanotun tuuletusaukon tavoin. Tällöin reiän sivuille liitetään kangasta tai muuta vastaavaa materiaalia, estämään veden pääsemistä suojan sisään. Mikäli tuuletus toteutetaan hengittävällä tai väljemmällä suojalla, tulee huomioida suojan vedenkestävyys sekä toimivuus. Jos suoja on liian väljä, ei se välttämättä suojaa moduulia halutulla tavalla, jolloin sääsuojaus epäonnistuu. Hengittävää suojakangasta käytettäessä taas saattaa käydä niin, ettei suoja kykenekään pitämään esimerkiksi sateesta johtuvaa kosteutta kankaan ulkopinnalla, vaan kosteus pääsee kankaan huokosten läpi moduuliin.

Moduulit kuljetetaan yleensä työmaalle avolavakuormin niiden suuren koon vuoksi, joten kaikki ympäröivä kosteus sekä lika pääsee moduuliin kuljetuksen aikana, jos moduulia ei suojata. Kuljetusaikaista suojausta pohdittaessa, tulee ottaa huomioon myös edessä oleva asennusvaihe, jossa kuljetusaikaista suojusta voidaan osittain hyödyntää. Mikäli kuljetusaikaista suojusta ei pystytä hyödyntämään asennusvaiheessa, tulisi sen olla helposti poistettavissa moduulin ympäriltä.

Jos moduulien suojaus laiminlyödään asennusvaiheessa ja kosteutta pääsee moduulin rakenteisiin, kosteus jää muhimaan moduulien väliin, jolloin kosteus siirtyy moduulista toiseen ja aiheuttaa siten todennäköisimmin laajempia kosteusvaurioita rakennukseen. Asennusvaiheen suojausta pohdittaessa, tulee kuitenkin muistaa, etteivät moduulit voi olla myöskään kokonaan suojattuina asennusvaiheessa, koska suoja on tietyissä kohdissa moduulia vain estämässä asennuksen sujuvuutta.

4.1 Kosteudenhallinnan epäonnistuminen

Puuinfo kertoo puun kastumisesta seuraavasti:

Puun kosteuspitoisuuden kasvu ei edellytä aina puun kastumista, vaan se tapahtuu myös ilman suhteellisen kosteuden kasvaessa, koska puu pystyy vastaanottamaan kosteutta ympäröivästä ilmasta. Mikäli puun kosteuspitoisuus on lähtökohtaisesti korkea ja tähän lisätään suoran sääräsituksen aiheuttama puun kastuminen, joka ei pysty kuivumaan nopeasti pois, alkaa puun pinnalle muodostua homekasvustoa. (Puuinfo, 2020)

Kuten edellä mainitusta Puuinfon lausunnosta voidaan päätellä, pelkkä valmiiden moduulien kunnollinen suojaaminen ei kuitenkaan riitä. Kosteus voi päästä moduuleihin myös, mikäli moduuleihin käytettävät materiaalit varastoidaan ulkona huolimattomasti tai itse moduuleiden suojaus on esimerkiksi kuljetuksen tai asennuksen aikana puutteellista. Tästä hyvänä esimerkkinä voidaan pitää esimerkiksi Helsingin Jätkäsaaren rakennettua Wood Cityä, jossa kosteudenhallintaa ja etenkin sen epäonnistumista tutkittiin laajasti. Wood City on SRV:n ja Stora Enson yhteistyössä toteuttama puukorttelihanke, joka kattaa kaksi asuinkerrostaloa, yhden toimistorakennuksen, parkkitalon sekä hotellin. Sen avulla haluttiin samalla tutkia, voidaanko puukerrostaloa toteuttaa ilman sääsuojaa (Bäckgren, 2017). Hanke aloitettiin kahden asuinkerrostalon rakentamisella, jotka koottiin LVL-elementeistä. Myöhemmin kävi ilmi, että kyseiset talot kärsivät laajoista mikrobivaurioista. Vaikka moduuli- ja elementtirakentaminen poikkeavat joiltain osin toisistaan, on niiden kosteudenhallinnassa paljon samankaltaisuuksia. Wood Cityn mikrobivaurioita tutkittaessa ilmeni, että kohteen kosteusvauriot johtuivat todennäköisesti elementtien suojien liian aikaisesta poistamisesta, rakennusmateriaalien varastoinnista suojaamattomana, muun muassa liitoksissa käytetystä koivuvanerista sekä huonosti tiivistetyistä raoista, joista vesi pääsi kohteen rakenteisiin. (Mölsä, 2017).

Wood City:ssä käytetyn koivuvanerin todettiin homehtuneen niin seinissä kuin osassa liitoskohdistakin. Mikäli homehtuneita koivuvanereita olisi lähdetty puhdistamaan mekaanisesti, olisi se vaatinut laajoja purkutöitä. Siksi koivuvanereita lähdettiin puhdistamaan vetyperoksidin avulla. Puhdistuksen jälkeen mikrobivaurioista kärsineistä kohdista otettiin näytteitä, jotta niiden käyttökelpoisuus voitiin varmistaa. (Hoppi, 2017). Wood Cityn myöhemmin valmistuvissa kohteissa kuitenkin luovuttiin koivuvanerin käytöstä. Täten se korvattiin teräksellä. (Lättilä, 2019)

Jos moduulihankkeen kosteudenhallinta pettää, tulee moduulit saada kuivatettua. Mikäli kosteudenhallinta pettää varastointivaiheessa ja moduulin suojamateriaalina on käytetty jotakin hengittämätöntä materiaalia kuten suojamuovia, jää kosteus muhimaan suojamuovin sisään, päästen siten siirtymään suoraan moduuliin. Kuivaustoimenpiteet kannattaa valita kosteusvaurion laajuuden perusteella. Moduulien rungon ollessa puuta, rakenteiden kuivumisaika on muutamasta päivästä viikkoon. Puu kuivuu nopeasti on helposti kuivattavissa. Tämä pätee kuitenkin vain silloin, kun puu pääsee kuivumaan siten, ettei sen tiellä ole muita rakenteita. Tällöin kastuneen rungon tieltä tulisi purkaa kaikki rakenteet, jotta puu pystyttäisiin kuivaamaan ilman ylimääräistä laitteistoa eli ilman avulla tai laitteiston avulla. Jotta rakenteen kuivuminen onnistuisi, tulisi rakennuksen vaippa tiivistää mahdollisimman nopeasti. Lisäksi kohteeseen tulisi hoitaa riittävä lämmitys sekä ilmanvaihtuvuus. Tämän perusteella yksittäistä moduulia ei kannattaisi lähteä kuivaamaan ennen kuin rakennus on koossa. Turvallisempi vaihtoehto olisi kuitenkin tiivistää yksittäinen moduuli ja kuivata se yksinään, jottei kosteus pääse siirtymään kastuneesta moduulista muihin asennuksen yhteydessä. Tällöin moduulin kosteushaitta tulisi havaita ennen asennusvaihetta, sillä kuljetus- tai asennusvaiheessa olosuhteet eivät ole tarpeeksi ideaalit yksittäisen moduulin kuivattamiseen. Kuivauksen aikana huonetilojen lämpötilaksi tulisi saada noin + 20 °C ja ilman suhteelliseksi kosteudeksi alle 50 %. (Vertia, n.d.).

Vaikka aiemmassa kappaleessa puhuttiin siitä, miten puu kuivuu nopeasti, tulisi puurakenteen kuivaaminen toteuttaa siten, että rakenne saa kuivua vähitellen, sillä puun kuivuessa liian nopeasti, alkaa se halkeilemaan. Jotta rakenne ei kuivuisi liian nopeasti, voidaan sitä hillitä esimerkiksi rakenteisiin asennettavalla muovisuojoilla. Lisäksi puurakenteen kuivaus tulee suorittaa vaiheittain siten, että rakenne kuivuu jokaisessa kuivausvaiheessa maksimissaan 6%. (Puuinfo,2020).

4.2 Lait, asetukset ja toimintamallit

Suojaustapaa suunniteltaessa ja valitessa, tulee huomioida myös mahdolliset suojaukseen liittyvät lait ja asetukset. Lisäksi suojaustavassa kannattaa noudattaa hyväksi todettuja toimintamalleja.

Rakennushankkeiden kosteudenhallinnan avuksi on kehitetty esimerkiksi Kuivaketju10 -toimintamalli. Kuivaketju10 avulla rakennushankkeen kosteudenhallinnan tulisi onnistua koko hankkeen ajan, sillä se on kehitetty huomioimaan rakennusprosessi vaiheittain. Kyseisen toimintamallin kehittämiseen on käytetty suomalaisissa rakennushankkeissa havaittuja tyypillisimpiä kosteusvaurioita. Sen keskeisenä osana toimii 10 kohdan riskilista, joka on laadittu työmaan yleisempien kosteusvaurioiden aiheuttajien pohjalta (Kuva 5). (RALA, n.d.)

Mikäli Kuivaketju10 -riskilistaa halutaan käyttää kosteudenhallintasuunnitelman tukena, tulee muistaa, ettei se kata kaikkia mahdollisia kosteusvaurioiden aiheuttajia. Lisäksi on huomioitava, ettei kyseinen riskilista ole välttämättä ikuinen, vaan sitä saatetaan päivittää, mikäli jotkin listasta puuttuvat kosteusvaurioiden aiheuttajat nousevat yhtäkkiä korkeammalle sijalle kuin listassa olevat.

Kuva 5. Kuivaketju10 keskeisimmät riskit (RALA, n.d.)

- | | |
|--|---|
| 1. Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita. | 6. Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja. |
| 2. Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle. | 7. Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet. |
| 3. Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan. | 8. Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen. |
| 4. Kosteutta siirtyy ilmansulkukerroksen vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi. | 9. Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen. |
| 5. Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin. | 10. Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti mutta varmasti. |

Sisäilmaongelmien estämiseen on kehitetty Terve talo -toimintamalli. Kosteudenhallinnan näkökulmasta sen avulla voidaan tarkastella muun muassa rakenteiden kosteusteknistä toimivuutta sekä kosteusvaurioiden syntymistä eri rakenteisiin. (Sisäilmayhdistys, 2008).

Kosteudenhallintaan liittyen löytyy myös Ympäristöministeriön laatima asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Se käsittelee nimensä mukaisesti rakennusten kosteusteknistä toimintaa, joten asetus ei suoranaisesti siis koske itse suojaustoimenpiteitä. Sitä pystytään kuitenkin hyödyntämään myös moduulien suojaustavan suunnittelussa, sillä asetuksessa käydään läpi tarkasti esimerkiksi sitä, mistä kaikkialta kosteus pääsee rakennukseen ja sen rakenteisiin. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017).

Edellä mainittujen lähteiden lisäksi, kannattaa suojaustavan suunnittelussa käyttää hyödyksi Rakennustiedon kosteudenhallintaa ja suojaustapoja koskevia kortteja. Näitä ovat esimerkiksi:

- Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa
- Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus
- RT 05-10710 Kosteus rakennuksissa.

4.3 Suojausmateriaalit

Suojausmateriaalilla on suuri vaikutus muun muassa suojauksen toimivuuteen sekä sen asennustapaan. Sen valinnassa tulee huomioida esimerkiksi käytettävät rakennusosat (Puuinfo, 2020). Tässä tapauksessa merkittävimpana rakennusosana on puu, mutta suojausmateriaalia valitessa tulee muistaa, ettei moduulien rakennusmateriaaleina ole käytetty ainoastaan puuta.

Taulukko 1 esittää Standardin SFS 5978 asettamat suojaustasot. Siinä suojaus on jaettu neljään eri tasoiseen luokkaan, tehottomimmasta tehokkaimpaan. Nämä suojaustasot koskevat vain puutavaran suojausta ja ne ovat: suojaamaton (ST0), muovi- tai pressusuojaus rakenteen päällä (ST1), katesuoja (ST2) ja sisäolosuhteet tai lämmitetty telttasuojaus (ST3). (Puuinfo, 2020)

Taulukko 1. Suojaustasot (Puuinfo, 2020).

Suojaustaso ST0, ei suojausta puun kosteuspitoisuus riippuu ilmastosta ja sitä ei voida taatasuosittelava vain talvikausina ja lyhyinä jaksoina, ei kuitenkaan maakosketusta
Suojaustaso ST1, muovi- tai pressusuojaus rakenteiden päällä puun kosteuspitoisuus alle 20 %varmistettava pakattujen tuotteiden tuuletus
Suojaustaso ST2, katesuoja puun kosteuspitoisuus alle 20 %varmempi kuin ST 1
Suojaustaso ST3, sisäolosuhteet tai lämmitetty telttasuojaus puun kosteuspitoisuus alle 15 %

Moduulirakentamisessa todennäköisesti yleisimmät suojaustasot ovat ST1 ja ST2. Tämä johtuu muun muassa moduulien suojausmateriaaleista. Koska moduulit sisältävät valmiita rakenteita ja myös kosteudelle herkkiä rakennusmateriaaleja, tulisi suojauksen olla mahdollisimman korkealuokkaista. Tällä tarkoitetaan laadukkaita sekä vettä läpäisemättömiä suojamateriaaleja. Pelkästään hyvät suojamateriaalit eivät kuitenkaan riitä, sillä myös suojauksen toteutukseen tulee kiinnittää huomiota, koska suojauksen on oltava käytännöltään toimiva niin varastointi- kuin kuljetus- ja asennusvaiheissakin.

Nimenomaan moduulien suojaukseen käytettävistä materiaaleista ei löydy kovin laajasti tietoa, etenkin kirjallisessa muodossa, sillä modulituotannon toteutus on monien yritysten liikesalaisuus. Löydetyn kuva- ja videomateriaalin perusteella, useat moduulivalmistajat käyttävät suojamuovia moduuliensa suojaamiseen. Todennäköisin syy tälle on sen kustannustehokkuus. Toisena syynä voidaan pitää sen helppoa asennustapaa, vaikka asennustavan helppous johtuukin yleensä suojauksen asentajan kokeneisuudesta sitä kohtaan.

Asennusvaiheessa moduulit voidaan suojata myös sääsuojalla. Sääsuoja on rakennuksen ympärille rakennettava telinekokonaisuus, jonka kattoelementit huputetaan vedenkestävällä kankaalla. Myös rakennuksen seiniä ympäröivät telineet on mahdollista huputtaa kankaalla. Sääsuojan ongelmaksi moduulirakentamisessa koituu kuitenkin sen korkeat kustannukset sekä riittämättömyys ainoana suojana. Sääsuoja on moduuliasennuksessa riittämätön ainoaksi suojaksi, koska se ei estä esimerkiksi viistosateen osumista moduuleihin, mikäli sääsuojan seiniä ei ole huputettu. Sääsuojan seinien huputtaminen vaikeuttaa moduulien nostoaikaista näkyvyyttä, mikäli nosturi on sääsuojan ulkopuolella. Lisäksi voi olla

mahdollista, ettei sääsuojia suostuta vuokraamaan niin lyhyeksi ajaksi, mitä moduuliasennus kestää kokonaisuudessaan.

4.4 Rakenteiden vaikutus suojaustavan valinnassa

Moduulirakentamisessa pyritään käyttämään kevyitä rakennusmateriaaleja, jotta moduulin kokonaispaino pysyisi kohtuullisena nostojen kannalta. Lisäksi moduulin paino vaikuttaa rakennesuunnitteluun, koska siinä tulee huomioida moduuliin kohdistuvat kuormat, jotka vaikuttavat moduulin rakenteiden kestävyteen sekä kantavuuteen. Yleisimpiä moduuleissa käytettäviä runkorakenteita ovat puinen rankarunko, CLT sekä teräs. Vaikka CLT on myös puuvalmisteinen tuote, eroavat sen ominaisuudet hieman normaalista puurangasta. CLT eli Cross Laminated Timber koostuu ristiinliimatuista laudoista. Siinä lautoja liimataan useaan kerrokseen ristikkäin ja siten CLT saavuttaa jäykkyytensä sekä palonkestävyytensä. (Puuinfo, 2020)

Koska puu on huokoinen materiaali, se voi sitoa itseensä sekä luovuttaa kosteutta ilman suhteellisesta kohteudesta riippuen. Tämän vuoksi puu voi kutistua, turvota sekä muuttaa muotoaan esimerkiksi taipumalla. Moduuleissakin käytettävä runkotavara valmistetaan kuitenkin yleensä havupuista eli kuusesta tai männystä, joiden kosteustekniset ominaisuudet ovat ideaalit käyttötarkoitukseensa nähden. Kosteusrasituksen keston ansiosta, puuta pystytään käsittelemään myös sen vaurioituessa esimerkiksi homeenpoistokemikaaleilla. Puun vaurioituessa on kuitenkin hyvä miettiä, kannattaako puuta lähteä kuivamaan tai käsittelemään kemikaaleilla vai päästäisiinkö helpommalla, jos vaurioitunut osa purettaisiin ja korvattaisiin uudella. (Vertia, n.d.)

Jos moduulit valmistettaisiin CLT:stä eli massiivipuusta tavallisen puurungon sijaan, ei sääsuojaa Puurakentajat.fi:n mukaan tarvita. Tätä perustellaan CLT:n rakenteella, sillä sen ei pitäisi imeä kosteutta itseensä kapillaarisesti sen solukon rakenteen ansiosta. Jos CLT kastuu, kosteus imeytyy ensimmäisenä puun pintaan, joka turpoaa ja täten hidastaa kosteuden tiivistymistä puun sisään. Puu palauttaa normaalin muotonsa, kun kastunut pinta on kuivunut. (Leino, n.d.) Wood City:ssä tämä ei kuitenkaan toiminut, vaan rakenteet kastuivat,

aiheuttaen rakenteille myös kosmeettisia vaurioita. Kosmeettiset vauriot ilmenivät tummumina. (Mölsä, 2017)

Moduulin ulkonevilla osilla tarkoitetaan esimerkiksi moduulin yhteyteen rakennettua parvekettä, jossa on tehtaalta kuljetettaessa ainoastaan sen runko. Koska parvekkeen rungon ja suojan väliin jää suuri ilmatila, voi esimerkiksi tuuli aiheuttaa suojan repeytymisen parvekkeen kohdalta, jolloin vettä pääsee moduuliin. Myös ulkonevien osien ja moduulin kuljetussuunnan yhtälöllä voi olla vaikutusta suojaustavan toimivuuteen, sillä kuljetuksen aikana moduulin etummaiseen reunaan kohdistuu enemmän painetta kuin taaimmaiseen päättyyn, jolloin suoja voi myös revetä, etenkin, jos moduulin ulkonevat rakenteet on suunnattu kuljetuksen aikana menosuuntaan päin. Täten moduulin suojauksen tulisi kestää siihen kohdistuva tuulikuorma eli olla rakenteeltaan kestävää sekä sellaista, joka saadaan pidettyä paikallaan kuljetuksen ajan.

Kuva 6. Parveke moduulin yhteydessä



Moduulin koko taas vaikuttaa suojausmateriaalin menekkiin ja siten esimerkiksi hankkeen kustannuksiin ja aikatauluun, koska mitä isompi moduuli on, sitä kauemmin sen suojauksen toteuttaminen vie yleensä aikaa. Lisäksi moduulin suuri koko saattaa rajata pois joitakin suojausmahdollisuuksia, mikäli suojan koko ei ole muunneltavissa. Kuten edellä mainittiin, moduulin koko vaikuttaa hankkeen aikatauluun myös suojauksen osalta. Lisäksi itse

aikataulu vaikuttaa suojaustapaan, koska eri suojaustapojen toteuttamiseen kuluu eri verran aikaa, suojaustavan asennuksen helppoudesta ja työryhmän koosta riippuen.

4.5 Varastointi-, kuljetus- ja nostotapa

Yksi suurimmista suojauksen toimivuuteen vaikuttavista asioista ovat vallitsevat sääolosuhteet niin varastointi-, kuljetus- kuin asennushetkelläkin. Suomessa suojauksessa tulisi ottaa huomioon erityisesti lumen ja rankkasateen vaikutus, koska ne ovat Suomessa yleisimmät sekä eniten kosteutta aiheuttavat sääolosuhteet. Toimiva sääsuojaus olisi sellainen, joka kestää myös edellä mainitut sääolosuhteet, sillä Suomen sääoloissa ei ole mahdollista asentaa tai varastoida moduuleja siten, ettei niiden suojiin sinä aikana kohdistuisi lumi- tai vesisadetta. Täten moduulit tulisi saada tehtaalta työmaalle asennettaviksi mahdollisimman suoraviivaisesti, jotta turhan pitkältä varastoinnilta voitaisiin välttyä sekä tehtaalla että työmaalla (Puuinfo, 2020).

Työmaan suojaustavan huomioimisella tarkoitetaan asennettujen moduulien suojaustapaa. Asennustyötä helpottaisi ja nopeuttaisi se, jos kuljetusaikaista suojaa pystyttäisiin hyödyntämään myös asennusvaiheen suojana. Jos suojana halutaan kuitenkin käyttää muuttaa suojaustapaa, olisi hyvä pyrkiä käyttämään kuljetusaikaisena suojana sellaista suojausmateriaalia, joka on helposti poistettavissa moduulin ympäriltä. Työmaan suojaustapaan taas vaikuttaa moduulien asennus- sekä nostotapa. Yleensä moduulin nostopisteet sijaitsevat moduulin katolla. Toisena vaihtoehtona on nostaa moduulit siten, että niiden ympäri kiedotaan liinat, jolloin nostolenkkien sijainnit eivät vaikuta suojaukseen, koska nostolenkeille ei silloin tarvitse tehdä läpivientejä suojaan. Mikäli moduuleja nostetaan nostolenkeistä suojauksen eri vaiheessa, tulee se huomioida suojauksessa. Nostolenkeille on tehtävä aukot suojaan, jotta niitä pystytään käyttämään. Kun suojaan tehdään reikä, pääsee kaikki kosteus reiästä suojan sisään. Täten nostolenkeille tehdyt reiät tulee tiivistää esimerkiksi höyrynsulkuteipillä.

5 Yrityksen aiemmin käyttämä suojaustapa

As Oy Tampereen Rantapuisto -hankkeessa käytetyt suojaustavat erosivat kuljetus- ja asennusvaiheen välillä. Silloinen suojaustapa koettiin toimivaksi, mutta hieman työlääksi asentaa. Helpomman asennustavan lisäksi yritys haluaisi löytää sellaisen suojaustavan, jossa suojuus olisi tarkoitettu uusiokäyttöön tai kierrätettäväksi.

5.1 Varastointivaiheen suojaustapa

Moduulien varastointi tapahtui lämpimässä hallissa, joten moduuleja ei suojattu varastointiaikana mitenkään, lukuun ottamatta moduulien sisäpintojen suojausta. Varastointivaiheessa moduulien alle oli kuitenkin mitoitettu suojamuovi, jolla moduulit suojattaisiin ennen niiden kuljettamista työmaalle.

5.2 Kuljetusvaiheen suojaustapa

Kuten edellisessä kappaleessa mainittiin, moduulit suojattiin kuljetusvaiheessa suojamuovilla. Suojamuovina käytettiin mustavalkoista kerroskalvoa, jossa muovin musta sisäpinta suojaasi moduulia uv-säteiltä ja valkoinen ulkopinta muovin lämpenemiseltä. Kyseinen muovi oli valittu sen hitsattavuuden sekä koon vuoksi. Muovi kiinnitettiin moduuliin niitein ja sen saumat hitsattiin kiinni, jottei kosteus pääse sitä kautta moduuliin. Kun suojamuovi oli saatu paikalleen, merkittiin siihen vielä tussilla moduulin tunnus, moduulin tunnistettavuuden merkiksi.

Moduulien suojaaminen aloitettiin lähes poikkeuksetta siten, että moduulit suojattiin vasta edellisenä päivänä ennen niiden lastausta, ettei suojan alle tiivistyisi kosteutta, jota kertyy siinä tapauksessa, jos moduuli on tiiviisti suojattuna liian pitkään. Suojamuovin asennukseen oli varattu kaksi työntekijää. Suojamuovin kanssa työskennelleet työntekijät kokivat muovin asennuksen suhteellisen työlääksi niin tehtaalla kuin työmaallakin. Lisäksi kuljetusaikaisen suojausten asennustehokkuudesta menetettiin jokaisena työpäivänä, päivän viimeinen tunti, koska muovin sulatus laskettiin tulityöksi, joten työvuoron viimeinen tunti tuli käyttää tulitöiden jälkivartiointiin.

Aiemmin mainitun As Oy Tampereen Rantapuiston moduulit jouduttiin kuljettamaan tehtaalta työmaalle erikoiskuljetuksena, mikä aiheutti omat haasteensa hankkeen aikataulutukseen, sillä erikoiskuljetuksia ei saanut kuljettaa päivän ruuhkaisimpina aikoina eli kello 7–9 ja kello 15–17 välillä. Lisäksi seuraavan päivän aamukuormassa kuljetettavat moduulit haluttiin lastata aina edellisenä päivänä, mikä aiheutti sen, että moduuleja oli saatava suojattua entistä enemmän työpäivän aikana. Täten moduulien suojaamisen tulisi olla työtehokkuudeltaankin nopeampaa, mitä edellinen suojaustapa oli.

5.3 Asennusvaiheen suojaustapa

As Oy Tampereen Rantapuistossa moduulit asennettiin työmaalla suoraan rekan kyydistä. Noston yhteydessä moduulista poistettiin asennuksen tiellä olevat kohdat suojasta, jotka olivat moduulin julkisivu sekä pohja. Kun moduuli oli asennettu paikalleen, asennettiin sen ulkoilmaa vasten jääville, ei-julkisivuseinille, pressut. Pressujen alle jätettiin myös vielä paikallaan olevat ,kuljetusaikaiset suojat. Kuljetusaikainen suoja poistettiin siinä vaiheessa, kun kyseisen moduulin suojattua sivua vasten asennettiin moduuli. Moduulien katot suojattiin liimattavalla tuulensuojakankaalla, joka asennettiin paikalleen jo tehtaalla. Kyseistä tuotetta on tarkoitettu myös käytettäväksi tuulensuojan lisäksi rakennusaikaisena sääsuojana. Moduulitornien päälle asennettiin suojaksi vielä valmiit vesikattolohkot, päivän päätteeksi.

Kuva 7. Rantapuiston asennusaikainen suojaus



Työmaalla sääolosuhteet hankaloittivat suojausta tai lähinnä sen nopeaa asentamista. Sateen yllättäessä moduulit saatiin suojattua, mutta suojaukseen toivottiin nopeampaa asennustapaa.

6 Varastointivaiheen suojaustavat

Jos moduulit varastoitaisiin ulkona valmistumisensa jälkeen, voitaisiin sillä säästää hallin vuokrakuluissa. Vaihtoehtoisesti moduulituotantoa voitaisiin siten tehostaa entisestään, koska ulkona varastoimalla saadaan sisätiloihin vapautettua lisää tuotantotilaa. Ulkona varastoitaessa tulee kuitenkin muistaa, ettei moduuleja saa varastoida suoraan maata vasten.

Moduulin maanvastaista varastointia voidaan ehkäistä käyttämällä moduulin alle laitettavia lavoja. Toinen vaihtoehto voisi olla esimerkiksi metallista valmistettu kehikko, jonka päälle moduuli pystytään laskemaan. Sitä käytettäessä tulee kuitenkin laskea tarkkaan kehikon kantavuus sen notkahtamisen estämiseksi. Kolmantena vaihtoehtona voisi olla teräksinen tai puinen kuljetusalusta, jossa on renkaat. Niitä asennettaisiin vähintään jokaisen moduulin kulman alle. Tällöin moduulia saataisiin siirrettyä helposti niin sisällä kuin ulkonakin. Mikäli tätä halutaan käyttää moduulien siirtämiseen, olisi piha-alueen asfaltointi lähes

välttämätöntä, koska renkaat eivät useinkaan toimi halutulla tavalla esimerkiksi soraalustalla.

Lisäksi tulee pohtia sitä, kauanko moduulit voivat olla tiiviissä paketissa ilman, että niiden sisään alkaa muodostua kosteutta. Varastointitavan olisi hyvä olla sellainen, jota pystytään hyödyntämään kuljetusvaiheessa ja mahdollisesti jopa asennusvaiheessa.

Varastointivaiheessa, kuten asennusvaiheessakin, tulee muistaa myös merkitä moduulitunnus näkyvälle paikalle moduulin suojamateriaaliin. Moduulitunnuksen esitystapaa on kuitenkin hyvä pohtia esimerkiksi moduulitunnuksen sijainnin sekä merkitsemistavan kannalta.

6.1 Varastohalli

Jos moduulivalmistajalla ei ole resursseja tai hän haluaa käyttää vapaata sisätilaa esimerkiksi tuotannon tehostamiseen, vaihtoehtona voi olla ulos sijoitettava varastohalli. Varastohalli on kuitenkin kannattavampi silloin kun moduuleja tuotetaan päätuotteena eikä vain satunnaisesti, sillä varastointihalliin investoiminen maksaa suhteellisen paljon. Eikä varastohalli yksinään riitä moduulien suojaamiseen, mikäli kyseessä on lämmittämätön halli, sillä sen rakenteet eivät ole niin tiiviit, etteivät ne päästäisi kosteutta lävitsensä. Lisäksi moduulien suojaaminen esimerkiksi muovilla sujuvoittaa kuljetusvaihetta, koska tällöin moduulit voidaan lastata suoraan hallista autoon. Varastohallia käytettäessä tulee huomioida myös se, ettei moduuleja voida varastoida suoraan maata vasten, koska maaperästä nouseva kosteus pääsisi muuten nousemaan moduulin pohjaan suojamuovista huolimatta.

Varastohalli käsitteenä ei ole yksiselitteinen, sillä varastohalleja on monenlaisia. Kuvassa 8 näkyy ehkä perinteisin käsitys varastohallista. Siinä on yksi uloskäynti ja runsaasti varastointitilaa. Kyseinen varastointihalli ei kuitenkaan välttämättä toimisi moduulihankkeen varastointitilana ainakaan yhtä tehokkaasti kuin jossakin muussa tarkoituksessa.

Kuva 8. Varastohalli (Stopteltat, n.d.).

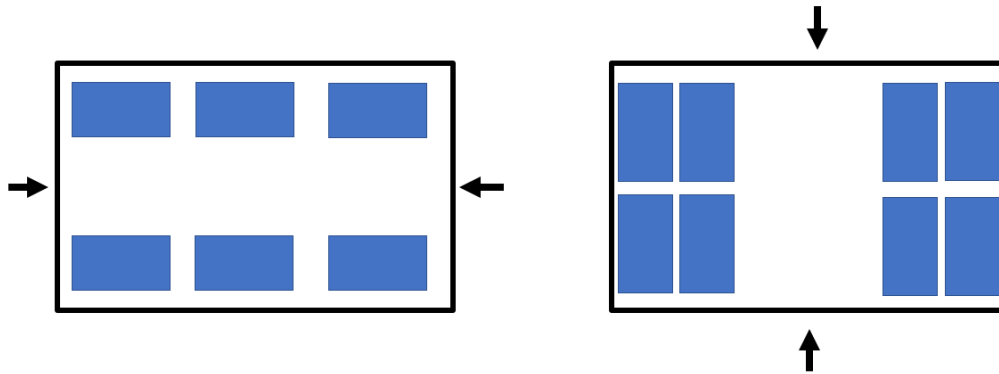


Varastointihallin käytön haittapuolia moduulien varastoinnissa voi olla sen tilankäytön tehottomuus sekä sen aiemmin mainittu kostedenhallinnan riittämättömyys eli se ettei varastohalli yksinään riitä suojaamaan moduuleja. Varastohallin tilankäytön tehottomuus on riippuvainen monesta asiasta. Näitä asioita ovat muun muassa moduulien koko, niiden asettelu varastointihalliin, moduulien siirtotapa, varastohallin oven sijainti sekä moduulien lastaustapa. Moduulien koko luonnollisesti vaikuttaa siihen, montako moduulia varastohalliin saadaan mahtumaan. Lisäksi se vaikuttaa esimerkiksi siihen, kuinka korkea varastohallin tulee olla ja siihen minkä kokoisesta oviaukosta moduulit mahtuvat. Varastohallin korkeutta miettiessä tulee muistaa se, että moduulien tulee olla irti maanpinnasta, ja niiden siirrot, jolloin pelkkä moduulin korkeus ei riitä hallin suoran seinän korkeudeksi.

Varastohallin ovissa taas tulee huomioida moduulin koon lisäksi moduulin kuljetustapa varastointiin sekä sen lastaustapa. Lisäksi on hyvä miettiä itse oven tai ovien sijaintia sekä sitä, tarvitseeko halliin ovia vai riittäisikö pelkät oviaukot, sillä ne vaikuttavat muun muassa moduulien varastointiasetelmaan, varastohallin tilankäytön tehokkuuteen sekä moduulien siirtämisen sujuvuuteen. Jos hallissa on esimerkiksi vain yksi ovi ja se on aseteltu samalla tavalla kuin kuvassa 8, ei esimerkiksi trukilla siirrettäviä moduuleja, saada aseteltua halliin kuin toiselle pitkälle sivulle tai yhdeksi jonoksi, jolloin moduulien järjestys tulee olla tarkasti

harkittu. Jos moduuleja siirretään trukilla varastointiin tulee varastohallin oviaukko mitoittaa moduulin pidemmän sivun mukaisesti. Mikäli ovi sijoitettaisiin hallin pitkälle sivulle saataisiin halli todennäköisesti tehokkaimmin käyttöön, etenkin, jos hallissa olisi läpikulkumahdollisuus. Ovien sijainnin merkitys pystytään havaitsemaan kuvasta 9.

Kuva 9. Oven sijainnin vaikutus varastointiin.



Lisäksi varastohallin tilankäytön tehokkuutta voitaisiin tehostaa siten, että moduuleja varastoitaisiin päällekkäin esimerkiksi kahden moduulin torneina. Tällöin tulee kuitenkin varmistaa, että alemman moduulin alla oleva lava tai teline, joka erottaa sen maanpinnasta, kestää kahden moduulin kuormituksen. Lisäksi tulee olla varovainen, ettei moduuleja siirrettäessä tai nostettaessa, vahingoita samalla esimerkiksi alemman moduulin suojausta tai itse moduulia.

Varastohalleja saa sekä kylminä eli lämmittämättöminä sekä lämpiminä versioina. Kylmä varastohalli tulee investointihinnaltaan halvemmaksi kuin lämmin halli, koska lämpimästä hallista aiheutuu sen investointihinnan lisäksi käyttökuluja lämmityksestä johtuen. Lämpimässä varastohallissa moduuleja ei kuitenkaan tarvitsisi suojata, jolloin varastointiaikaisessa suojauksessa voitaisiin säästää niin rahallisesti kuin ajallisestikin. Tällöin moduulien rakenteisiin ei myöskään pitäisi päästä tiivistymään kosteutta varastointiaikana, koska niiden ympärille ei tarvittaisi tiivistä suojaa. Myös kuljetusaikaisissa suojiissa säästettäisiin lämmitettyä varastohallia käyttämällä, mikäli suojat olisivat uusiokäytettäviä, koska silloin jokaiselle moduulille ei tarvittaisi omaa suojaa, vaan samoja suoja voitaisiin kierrättää eri moduuleihin niiden kuljetusjärjestyksen mukaisesti.

6.2 Ulkona varastointi (moduulikohtainen suojaus)

Kuten aiemmin mainittiin, osa moduulivalmistajista varastoi valmiit moduulit ulkona. Tällöin moduulien suojana toimii usein suojamuovi, joka toimii samalla myös kuljetusaikaisena suojana. Ulkona varastoidessa tulee ottaa myös huomioon sama asia kuin varastohallin käytössä eli se, ettei moduuleja voida varastoida suoraan maata vasten.

6.2.1 Läpinäkyvä suojamuovi

Suojamuovit ovat usein väriltään valkoisia, eikä niistä näe läpi. Tämä koettiin hieman haasteelliseksi As Oy Tampereen Rantapuisto -hankkeessa, koska ikkunoiden ja ovien sijainnit ”hävisivät” näkyvyyden mukana. Täten kuljetusaikaisen suojamuovin poiston tai työmaa-aikaisen suojauksen asentamisen yhteydessä, osa tehtaalla asennetuista ovista vaurioitui siten, että kyseiset ovet jouduttiin vaihtamaan uusiin, mikä aiheutti hankkeelle ylimääräisiä kuluja. Jos ovet ja ikkunat halutaan jatkossakin asentaa jo tehtaalla, olisi perinteisen suojamuovin korvaaminen läpinäkyvällä hyvä vaihtoehto, jonka avulla voitaisiin myös säästyä ylimääräisiltä kuluilta moduulien ulkoisten rakenteiden osalta. Esimerkiksi suomalainen Kalliomuovi Oy valmistaa kierrätysmateriaalista tuotettua suojamuovia läpinäkyvänä sekä värillisenä. Kyseistä suojamuovia käyttämällä YIT tukisi suomalaista yritystä sekä pääsisi hyödyntämään kierrätysmuovia, jota pystyttäisiin mahdollisesti jatkojalostamaan vielä käytön jälkeenkin.

Kuva 10. Läpinäkyvä suoja (Polythene UK, n.d.).



Mikäli yritys haluaa kuitenkin käyttää niin sanottua perinteistä suojamuovia eli valkoista, tulisi moduulin ovet ja ikkunat merkitä siihen ylimääräisten kolhujen estämiseksi. Ne voidaan merkitä esimerkiksi tussilla merkitsemällä ikkunan ja oven kohdalle rasti tai piirtämällä oven tai ikkunan ääriviivat muoviin. Lisäksi suojamuoviin tulee merkitä moduulitunnus, mutta sekin voidaan toteuttaa tussimerkinnällä. Tunnus tulee merkitä selkeästi, jotta oikeiden moduulien löytäminen varastosta löytyy helposti esimerkiksi lastauksen yhteydessä. Tunnus on myös hyvä merkitä usealle sivulle.

Moduulien nostotapa kannattaa suunnitella sen suojauksen mukaan. Moduuleja voidaan nostaa muun muassa pitkillä liinoilla, jotka asetetaan moduulin ympäri sekä nostopisteistä, jotka ovat moduulissa itsessään. Kuten on ilmennyt, moduulin suojuksessa olisi hyvä olla mahdollisimman vähän ylimääräisiä reikiä, kosteuden pääsyn ehkäisemiseksi. Täten pitkillä liinoilla nostamista voitaisiin pitää parhaana nostotapana kaikkien suojaustapojen kohdalla. Kun muovia käytetään suojausmateriaalina, eivät moduulissa olevat nostolenkit aiheuta ongelmaa, koska muovi voidaan teipata höyrynsulkuteipillä nostolenkkien kohdalta silloin kun moduuleja ei tarvitse nostaa. Toisena vaihtoehtona on hitsata nostolenkeistä aiheutuva reikä umpinaiseksi samaan tapaan kuin muovisuojuksen saumatkin. Jos moduulit nostetaan näin, on suojausvaiheessa erityisen tärkeää muistaa merkitä suojaan nostopisteiden paikat, jotta turhilta rei'iltä voidaan välttyä. Nostolenkkien paikat voidaan merkitä esimerkiksi raksein.

6.2.2 Suojapeite

Mikäli muovia ei haluta käyttää, on olemassa myös muita vaihtoehtoja. Moduuleihin voidaan esimerkiksi tilata mittatilauksena uusiokäytettävät suojapeitteet, joita voidaan tietyillä ominaisuuksilla varustettuna hyödyntää myös asennusvaiheessa (kuva 11). Suojapeitteitä saa kuitenkin myös standardikokoisina, jolloin niiden jatkokäyttö voi olla mittatilauspeitettä helpompaa. Suojapeitteet ovat toimiva ratkaisu myös kuljetusvaiheessa ja uusiokäytettävyydensä ansiosta ympäristöystävällisempiä kuin muovi. Mikäli moduulien varastointivaihe on suhteellisen pitkä ja samaan aikaan varastoitavien moduulien määrä suuri, tarvitaan kaikille moduuleille omat suojapeitteet ja täten niiden investointihinta voi nousta korkeaksi suhteessa muoviin. Lisäksi aiemmin mainittu ikkunoiden ja ovien merkitseminen voi uusiokäytettävässä suojapeitteessä olla haaste, sillä kalliita suojapeitteitä ei välttämättä haluta pilata tussimerkinnöillä ja mikäli niihin tehtäisiin merkintöjä tussilla esimerkiksi ikkunoita varten, eivät ne olisi enää käytettävissä seuraavissa hankkeissa, koska ovien ja ikkunoiden paikat moduuleissa todennäköisemmin vaihtelevat.

Kuva 11. Uusiokäytettävä suojapeite (JP-Suojapeite, n.d.).



Jotta suojapeitteet saataisiin pidettyä monikäyttöisinä, ei moduulitunnusta voida painattaa tai merkitä tussilla peitteeseen. Mikäli näin tehtäisiin, tarkoittaisi se myös sitä, että jokaiselle moduulille olisi teetettävä oma suojus. Halvin tapa moduulitunnuksen merkitsemiselle olisi teipin käyttö. Teipin asetteluun sekä poistamiseen kuluisi kuitenkin huomattava määrä aikaa, joten ratkaisuna se ei olisi paras mahdollinen. Toinen helposti toteutettavissa oleva sekä suhteellisen kustannustehokas ratkaisu olisi tarranauhan käyttö. Tarranauhaa kiinnitettäisiin

suojapeitteeseen haluttuihin kohtiin ja niiden vastakappaleet esimerkiksi laminoituihin moduulitunnuksiin. Tällä tavalla moduulitunnuksen merkitseminen ja vaihtaminen olisi vaivatonta.

Jos moduulin suojuksena käytetään suojapeitettä, olisi moduuli suositeltavaa nostaa pitkillä liinoilla, jolloin moduuli nostetaan sen pohjasta, eikä nosto tapahdu moduulista itsestään. Mikäli moduuli nostettaisiin esimerkiksi nostolenkeistä, jotka on asennettu moduuliin itseensä, jouduttaisiin niille tekemään reiät peitteeseen, jolloin peite menettää suojaustehokkuuttaan. Samalla peitteen uusiokäytettävyyden mahdollisuus pienenee, koska nostotavat vaihtelevat eri hankkeissa ja täten suojapeitteessä saattaa olla kosteudenhallintaa heikentäviä reikiä, joita ei jatkokäytössä edes tarvittaisi tai vaihtoehtoisesti reikiä jouduttaisiin tekemään lisää, koska aiemmat ovat väärässä kohdassa.

6.2.3 Pressu

Mittatilauksena tehdyissä suojapeitteissä suuri hinta johtuu usein siitä, että se on mittatilaustuote. Pressuja käytettiin As Oy Tampereen Rantapuiston suojaamiseen asennusaikana. Kyseessä ei ollut silloin moduulikohtainen suoja. Pressuja voitaisiin kuitenkin yrittää käyttää myös moduulikohtaisina suojoina niin varastoinnissa, kuljetuksessa sekä asennusvaiheessa. Pressun ollessa suojausmateriaalina, tulee huomioida sen vedenpitävyys. Lisäksi tulee ottaa huomioon pressujen koko suhteessa moduuliin. Valmistajasta riippuen vedenkestävien pressujen vakiokoot ovat karkeasti 4×6, 5×6, 6×8, 6×10, 8×10 ja 10×12m. Osalla valmistajista löytyy myös isompia peitteitä esimerkiksi koossa 10×15m. (Lainapeite, n.d.)

Mikäli pressuja joudutaan käyttämään useampia kuin yhtä, moduulien suojaamiseksi, tulee pressut limittää. Limityksestä syntyvä sauma olisi hyvä esimerkiksi teipata, jotta pressut pysyisivät paremmin paikallaan, eivätkä esimerkiksi sateesta syntyneet vesipisarot pääsisi limityksen alle.

Moduulitunnusten merkitsemiseen voitaisiin käyttää samaa tapaa kuin suojapeitteissä eli tarranauhaa ja elementtiä, johon moduulitunnus on merkitty. Tällöin pressujen asetteleminen moduulin ympärille tulee päättää ja testata hyvissä ajoin ennen niiden lopullista suojaamista, sillä moduulitunnusten sijoituspaikka vaikuttaa siihen, miten pressut voidaan asettaa etenkin, kun yksi pressu ei todennäköisesti riitä suojaamaan moduulia vaan pressuja tulee olla useampia.

6.2.4 Osittainen suojaus

Osittaisen suojauksen avulla voitaisiin helpottaa moduulien asentamisen sujuvuutta, sen työmaalle saapumisen jälkeen sekä mahdollisesti säästää suojauskustannuksissa. Osittaisen suojauksen ideana on se, että moduuli suojattaisiin kuljetuksen sekä varastoinnin ajaksi vain välttämättömiltä osin. Tällöin moduulin julkisivurakenteet saisivat jäädä suojaamatta, mikäli julkisivu tehdään tehdasolosuhteissa niin valmiiksi kuin se moduulissa voi olla, sillä julkisivun tarkoitus on kestää ilmankosteuden vaihteluita sekä muut ulkoilmassa vaikuttavat tekijät. Moduulin osittaiseen suojaukseen paras vaihtoehto olisi kuvassa 12 oleva uusiokäytettävä peite, sillä sen saisi kiinnitettyä tiivistä moduulin suojattavia pintoja vasten.

Kuva 12. Moduulin osittainen suojaus (Tony Beal, n.d.).



Lisäksi uusiokäytettävän peitteen avulla voitaisiin todennäköisimmin välttyä esimerkiksi suojan repeämiseltä kuljetuksen tai varastoinnin aikana. Uusiokäytettävää suojapeitettä käytettäessä, tässä tapauksessa suojapeitettä, ei moduulin pohjaa todennäköisimmin saada suojattua, ainakaan yhtä suojapeitettä käyttämällä, joten moduuli tulisi varastoida sekä kuljettaa korokkeiden päällä, jotta moduulin pohjaan ei pääse imeytymään kosteutta esimerkiksi lavetista, jolla moduuli kuljetetaan.

Osittaisen suojauksen haasteina on myös moduulitunnuksen käyttäminen, sillä osittaisesta suojauksesta johtuen, sitä ei voida laittaa jokaiselle sivulle, koska kaikki sivut eivät ole suojattuna ja suojaamattomat sivut taas ovat valmiita, jolloin niihin ei voidan kiinnittää mitään, mikä vaurioittaisi niitä. Lisäksi käytettävä suojausmateriaali vaikuttaa moduulitunnuksen merkitsemis- sekä sijoitustapaan. Mikäli suojamateriaalina käytetään muovia, voidaan merkinnät tehdä tussilla. Jos suojamateriaali on suojapeite tai pressu, olisi toimivin tapa käyttää jo aiemmin mainittua tarranauhaa ja esimerkiksi laminoitua kylttiä.

Mikäli osittaisessa suojauksessa käytetään kestävästä materiaalia kuten pressua tai suojapeitettä, olisi noston hyvä tapahtua pitkillä liinoilla, jolloin suojaan ei tarvitse tehdä nostolenkkejä varten reikiä. Jos suojuksena käytetään muovia tai tuulensuojakangasta, joka ulottuu myös moduulin katon yli, voidaan moduuli nostaa myös moduulissa kiinteästi olevista nostolenkeistä. Tällöin nostolenkkien tekemät reiät tulee varastoinnin, kuljetuksen sekä asennuksen jälkeiseksi ajaksi sulkea tiiviisti.

6.2.5 Tuulensuojakangas

Kuten kappaleessa 2.3 *YIT:n moduulirakentaminen* mainittiin, käytettiin YIT:n edellisessä moduulikohteessa, As Oy Tampereen Rantapuistossa, tuulensuojakangasta.

Tuulensuojakangana toimi Solitex Adhero ja sitä asennettiin jokaisen moduulin katolle kosteutta ehkäiseväksi suojaksi. Kyseinen tuote todettiin helpoksi asentaa sekä muutenkin toimivaksi. Kustannuksiltaan tuote ei kuitenkaan ollut paras mahdollinen. Säsuojaus on kuitenkin niin suurella roolilla hankkeen onnistumisen ja yrityksen maineen kannalta, ettei sen toimivuudesta kannattaisi kovin paljoa tinkiä.

Tuulensuojakankaan toiminta perustuu laminoituun hydrofiliiseen kalvoon, jonka molemmilla puolilla on mikrokuituiset polypropyleenikerrokset. Kalvossa ei ole huokosia, mikä aiheuttaa sen vesitiiveyden sekä vesihöyryn läpäisevyyden. (Tiivistalo, n.d.)

As Oy Tampereen Rantapuistossa moduuleihin asennettiin myös julkisivu jo tehtaalla. Mikäli julkisivu haluttaisiin asentaa vasta työmaalla, tulisi kaikki moduulin seinät suojata. Tällöin moduulin pinnat voitaisiin suojata tuulensuojakankaalla, joka toimisi samalla nimensä mukaisesti ulkoseinän tuulensuojana (kuva 13). Julkisivu tulisi kuitenkin asentaa työmaalla maksimissaan kolmen kuukauden kuluttua siitä hetkestä, kun moduuli on viety ulos, sillä ainakin Solitex Adheron toimivuudelle sääsuojana, on annettu kolme kuukautta kestävä ajanjakso. (Tiivistalo, n.d.). Mikäli moduulia on varastoitu ulkona pelkän tuulensuojakankaan suojaamana, alkaa ajan laskeminen siitä hetkestä, kun moduuli on viety ulos varastoitavaksi. Jos moduuli varastoidaan sisällä, lähtee ajan laskeminen moduulin kuljetuksen alkamisajankohdasta tai työmaalle saapumisesta, mikäli moduuli suojataan muulla tapaa kuljetuksen aikana.

Tuulensuojakangasta käyttämällä voitaisiin säästää varastointi- sekä kuljetusaikaisissa suojauskuluissa, sillä tuulensuojakangas voi toimia myös niiden aikaisena sääsuojana, vaikkakin kuljetusaikaiseksi suojaksi kannattaisi lisätä esimerkiksi osittainen suojahuppu moduulin ympärille moduulin likaantumisen estämiseksi. Mikäli erillistä kuljetusaikaista suojausta käytetään, kannattaisi suojan olla helposti poistettava, sillä tuulensuojakangas itsessään nopeuttaa moduulien asennusvaihetta, koska moduulia ei tarvitse erikseen suojata työmaalla asennuksen aikana tai sen jälkeen esimerkiksi pressuin.

Kuva 13. Tuulensuojakankaan käyttö seinissä (Sigtryggur Ari, 2020).



Kustannuksien kannalta tuulensuojakankaan käyttö suojauksessa voi olla huono ratkaisu, koska sen korkean hinnan lisäksi, osa tuulensuojakankaasta menee hukkaan, koska sitä ei voida jättää pintarakenteiden kuten kipsilevyn alla. Ratkaisuna tähän voisi olla yhdistelmäsuojan käyttö. Tällöin ne seinät, johon tuulensuojakangasta ei voida jättää, suojattaisiin muovilla ja ne seinät, joissa tuulensuojakankaan käytöstä ei ole haittaa, suojattaisiin sillä.

Jos moduulin suojana käytetään ainoastaan tuulensuojakangasta, tulee moduulitunnus saada siihen jollain menetelmällä. Tuulensuojakangas on usein värikästä, mikä aiheuttaa omat haasteensa moduulitunnuksen selkeään merkitsemiseen. Tuulensuojakankaaseen moduulitunnus voidaan merkitä esimerkiksi tussilla. Tärkeintä siinä kuitenkin on se, että merkintä tehdään mahdollisimman isolla sekä neutraalilla värillä kuten mustalla.

Mikäli koko moduuli päällystetään tuulensuojakankaalla, ei moduulin nostotavalla ole suojauksen kannalta väliä. Jos moduuli nostetaan moduuliin kiinnitetyistä nostolenkeistä, tulee tuulensuojakankaaseen jättää ylitykset, joilla pystytään suojaamaan nostolenkkien paikat silloin, kun niitä ei tarvita. Ylityksiä ei kannata liimata väliaikaisesti kiinni, vaan ne kannattaa tiivistää esimerkiksi höyrynsulkuteipillä.

6.2.6 Yhdistelmäsuoja

Yhdistelmäsuojuksella tarkoitetaan sellaista moduulikohtaista suojusta, jossa osa moduulista on suojattu esimerkiksi pressuilla tai suojapeitteellä ja osa muovilla. Tällöin moduuli olisi kokonaan suojattu, mutta sen suojaus voitaisiin saadaa ympäristöystävällisyyden lisäksi kustannustehokkaammaksi kuin esimerkiksi pelkkää suojapeitettä käytettäessä.

Yhdistelmäsuoja toimisi hyvin esimerkiksi tuulensuojakangasta käytettäessä, koska koko moduulia ei ole kannattavaa vuorata tuulensuojakankaalla, koska tietyille sivuille sitä ei ole kannattavaa jättää. Tällöin tuulensuojakankaan tueksi tarvittaisiin toinenkin suojausmateriaali, joka voisi olla esimerkiksi pressu.

Moduulitunnuksen sijainti ja merkitsemistapa määräytyvät käytettävien suojausmateriaalien mukaan. Tunnuksen olisi hyvä olla mahdollisimman monella sivulla, jotta se ei vahingossakaan jää piiloon. Mikäli yhdistelmäsuojan komponentteina käytettäisiin esimerkiksi aiemmin mainittua tuulensuojakangasta ja pressuja, voitaisiin tuulensuojakankaaseen merkitä moduulitunnus tussilla. Pressuun moduulitunnus taas voitaisiin merkitä tarranauhamenetelmällä.

Yhdistelmäsuojausta käytettäessä, nostotapaan vaikuttaa eniten suojan materiaali moduulin katossa, koska materiaali vaikuttaa muun muassa siihen, saako siihen tehtyä reikiä siten, että reiät saadaan myös tiiviisti suojattua. Jos moduulin katon suojana on käytetty esimerkiksi kierrätysmuovia tai tuulensuojakangasta, ei niihin tehtyjen aukkojen tiivistäminen, nostojen ulkopuolella, aiheuta ongelmaa. Kestävimpien kankaiden kanssa kuten pressun tai suojapeitteen, jo pelkkien reikien tekeminen voi aiheuttaa hankaluuksia, koska kangas voi esimerkiksi revetä. Mikäli moduulien katot on suojattu kestäväällä materiaalilla kuten suojapeitteellä, tulisi moduulin noston tapahtua moduulin ympäri asetettavilla, pitkillä liinoilla.

7 Kuljetusvaiheen suojaustavat

Kuten YIT:llä, myös useilla muilla yrityksillä moduulien kuljetusaikaisena suojuksena toimii suojamuovi. Muovin huonona puolena on kuitenkin siitä syntyvän jätteen määrä, koska se

on materiaalina kertakäyttöistä. Lisäksi muovin käyttämistä missä tahansa asiassa on alettu viime vuosina kritisoimaan, koska sen koetaan tutkimusten perusteella edistävän ilmastonmuutosta. YIT itse korostaa kestävästä kehitystä toiminnassaan muun muassa lisäämällä puurakentamista, joten uusiokäyttöön kelpaamattoman materiaalin käyttö on hieman ristiriidassa yrityksen arvojen kanssa. Lisäksi muovin käytön haittapuolena on se, että yleisesti eri toimijoiden työmailla, muovin erillinen kierrätys on hyvin vähäistä, jolloin käytettyä suojamuovia ei pystytä jatkojalostamaan.

Kuva 14. Moduulien kuljetus, muovilla suojatut moduulit (Eilola Logistics, n.d.).



Kuljetusaikaisen suojaustavan valinnassa tulee myös huomioida yrityksen ulkopuoliset ihmiset. Yritykset usein merkitsevät logonsa tuotteisiinsa, tässä tapauksessa moduuleihin, jolloin jokainen samalla reitillä kulkeva ihminen näkee, minkä yrityksen tuotetta kuljetetaan. YIT on Pohjoismaiden suurin rakennusyritys, joten lähes jokainen suomalainen on todennäköisemmin joskus kuullut YIT:stä jotakin, vaikei hän rakentamisesta juurikaan muuta tietäisi. Jos esimerkiksi YIT painattaa logonsa moduulin suojaan ja suoja on vajanainen tai esimerkiksi repeää tai pahimmassa tapauksessa irtoaa, kesken kuljetuksen, ulkopuolisen mieleen se luo ajatuksen siitä, että kyseistä yritystä ei kiinnosta työnsä laatu ja että yritys rakentaa valmiiksi kosteusvaurioituneita rakennuksia, jolloin he saattavat alkaa esimerkiksi boikotoimaan yrityksen valmistamia asuntoja. Tämän vuoksi kuljetusaikaista suojausta tulee suunnitella tarkkaan, eikä siinä kannata siten säästää.

7.1 Läpinäkyvä suojamuovi

Kuljetusvaiheessa, läpinäkyvä suojamuovi toimii samoin kuin muutkin suojamuovit. Se ei aiheuta moduulin lastaukselle niin sanottuja ylimääräisiä vaiheita kuten aluspuiden asentamista, vaan moduulin saa lastata sellaisenaan. Suojamuovissa olevaa moduulia kiinnitettäessä, tulee kuitenkin noudattaa erityistä varovaisuutta, koska suojauksessa käytettävät muovit ovat usein rakenteeltaan hauraita, etenkin kierrätysmuovit, jolloin niihin saattaa syntyä reikiä esimerkiksi liian kireistä kuormaliinoista johtuen. Lisäksi moduulin suuntaukseen kannattaa lastausvaiheessa kiinnittää huomiota, koska suojamuovi voi revetä kuljetuksen aikana sellaisesta kohdasta, jossa sen alla on paljon tyhjää tilaa kuten parveke, muttei rakennetta, johon muovi voisi tukeutua. Suurin tuulikuorma kohdistuu ajoneuvon etuosaan, joten edellä mainitun kaltaiset osat on hyvä lastatessa kohdistaa niin, etteivät ne ole menosuuntaan päin.

7.2 Suojapeitteinen rekka

Kuljetusaikaisen suojan ei välttämättä tarvitse olla itse moduulissa kiinni. Suojapeitteellä varustettua rekkaa käytettäessä kuljetusaikaisena suojana, ei itse moduulin suojaamiseen kuljetusaikana tarvitsisi hankkia läheskään niin paljon materiaalia kuin silloin, kun moduuli on suoraan ulkoilmaa vasten. Moduulin pintarakenteet mahdollisia julkisivupintoja lukuun ottamatta tulisi kuitenkin suojata esimerkiksi suojamuovilla tai tuulensuojakankaalla, vaikka moduuli varastoitaisiinkin sisätiloissa, sillä siten voidaan ehkäistä rakenteiden kastumista esimerkiksi lastauksen aikana. Tällä toimenpiteellä pystytään ehkäisemään myös asennusaikaisen kosteuden pääsyä rakenteisiin.

Jos suojapeitteistä rekkaa halutaan käyttää moduulien kuljetusaikaisena suojana, tulee se huomioida jo moduulin suunnittelussa, sillä suojapeitteisen rekan runko on tietyn kokoinen niin korkeus- kuin leveysuunnassakin. Moduulien mitoituksessa rekan koon mukaan, on kuitenkin se positiivinen puoli, että tällöin moduuleja ei tarvitse kuljettaa työmaalle erikoiskuljetuksena. Moduulit joudutaan usein kuljettamaan erikoiskuljetuksena niiden leveyden vuoksi.

Kuva 15. Moduulin kuljetus suojapeitteisellä rekalla (Puuinfo, 2020).



Suojapeitteistä rekkaa käytettäessä, moduuleja valmistava yritys ei pääse hyödyntämään tuotteensa mainostusta kuljetuksen aikana, koska moduulikuljetukset hankitaan usein ulkopuoliselta kuljetusyritykseltä, jolloin heidän suojapeitteissään on usein heidän oman yrityksensä nimi tai muu maksettu mainos toiselta yritykseltä. Moduuliyrityksen ei myöskään kannata investoida omalla mainoksellaan varustettuihin suojapeitteisiin, jotka se teettäisi kuljetusyrityksen rekkaan, koska ne eivät maksa itseään takaisin. Tämä johtuu etenkin kuljetuspäivien pienestä määrästä.

7.3 Suojapeite

Uusiokäytettävän suojapeitteen avulla tilaajan toivomat ympäristöystävällisyyskriteerit täytyisivät todennäköisesti parhaiten, sillä nimensä mukaisesti uusiokäytettävää suojapeitettä pystytään käyttämään uudelleen. Lisäksi suojapeitteeseen pystyttäisiin painattamaan yrityksen logo, mikä toimisi yrityksen markkinointina kuljetusaikana. Mikäli suojaustapana käytettäisiin uusiokäytettäviä suojapeitteitä, ei jokaiselle moduulille tarvitsisi hankkia ”omaa” suojapeitettä, vaan työmaalta voitaisiin lähettää moduulikuljetusten mukana takaisin tehtaalle asennukseen menneen moduulin ympäriltä poistettu suojapeite. Tehtaalle palautettu suojapeite taas asennettaisiin moduulien lähtöjärjestyksestä riippuen esimerkiksi sellaisen moduulin ympärille, joka on suojaamaton ja lähdössä seuraavien joukossa kohti työmaata. Suojapeitteiden tarvittava määrä riippuu kohteen laajuudesta eli

käytännössä moduulien määrästä sekä tietenkin siitä, paljonko niitä valmistava yritys on valmis laittamaan rahaa suojaukseen. Jos moduuleja on esimerkiksi 50 kappaletta, voisi 10-15 suojapeitettä riittää, mikäli moduuleja asennetaan ja kuljetetaan päivän aikana työmaalle esimerkiksi 4-6 kappaletta.

Mikäli suojapeitteitä hankitaan vain muutama, joita vaihdellaan moduulien välillä, tulee aikataulussa huomioida myös niiden puhdistaminen. Suojapeitteet likaantuvat moduuleja kuljetettaessa. Lian määrä riippuu kuljetuksen aikaisista sääolosuhteista. Kuten on odotettavissa, moduuleja saatetaan joutua kuljettamaan myös sateisella säällä, jolloin suojapeitteisiin tulee kuraa ja vettä. Likaisia ja etenkin kosteita peitteitä ei tulisi laittaa suojaamattoman moduulin päälle siksi, että lika ja kosteus voi siirtyä myös sitä kautta moduuliin. Täten suojapeite tulisi puhdistaa ja kuivata ennen uudelleen käyttöä. Tämä pitkittää peitteiden asennusprosessia, joten suojapeitteiden määrää tulee pohtia myös aikataulun kannalta.

Uusiokäytettävyyden lisäksi, kyseinen suojaustapa maksaisi itsensä ajan saatossa takaisin, sillä suojien kestävydestä ja muokattavuudesta riippuen, niitä pystyttäisiin käyttämään useassa hankkeessa. Käytännöllisin suojapeite olisi siis sellainen, jonka koko olisi muokattavissa esimerkiksi kiristystavan avulla, sillä moduulien koot voivat jo yhden hankkeen sisällä erota huomattavasti toisistaan ja todennäköisemmin vielä enemmän eri hankkeiden välillä. Mikäli moduulit pystyttäisiin tuotteistamaan niin, että moduulit olisivat aina tietyn kokoisia tai kokoja olisi esimerkiksi kolme, voitaisiin suojapeitteet mitoittaa niille ja täten niiden käyttöikä kestäisi niin kauan kuin itse suojapeitteet kestäisivät. Mikäli suojapeitteen kokoa ei pystytä muokkaamaan tai moduuleja tuotteistamaan, ovat käytännössä kaikki tietyssä hankkeessa käytetyt suojapeitteet turhia, jolloin ne menevät roskiin tai muuhun käyttöön. Tällöin yritys joutuu hankkimaan jatkuvasti uusia suojapeitteitä, jotka palvelevat noin viikon kuljetusaikaina ja maksimissaan noin kuukauden tai kaksi siihen päälle, mikäli moduulien varastointi tapahtuu ulkona. Siinä ajassa uusiokäytettävät suojat eivät maksa itseään takaisin.

Suojapeitteet ovat yleensä hupun kaltaisia, jolloin ne saadaan moduulin ympärille ylhäältä päin. Tällöin ne eivät kuitenkaan peitä moduulin pohjaa, mikä tulee huomioida moduulin

lastauksessa. Lisäksi tulee huomioida se, ettei suojapeitteellä välttämättä saada moduulin pohjaa suojattua toimivasti, jolloin moduulin alle tulee kuljetuksen aikana asettaa moduulin koon mukaan rakennettu lava tai aluspuut. Tällöin on erityisen tärkeää varmistaa, että aluspuut tai lava kestävät moduulin painoa. Sama asia tulee huomioida moduulin osittaisessa suojauksessa, yhdistelmäsuojauksessa, pressuja sekä tuulensuojakangasta käytettäessä.

7.4 Pressu

Pressu on kuljetuksen aikaisena suojuksena hyvin verrattavissa suojapeitteeseen. Niiden suurimpana erona voidaan kuitenkin pitää sitä, että suojapeitteet ovat usein kooltaan hieman isompia kuin pressut. Lisäksi erona on se, että moduuli saatetaan joutua suojaamaan usealla pressulla yhden suojapeitteen sijaan.

Pressujen kiinnitystapa tulee miettiä tarkkaan, jotteivät pressut pääse irtoamaan kuljetuksen aikana. Jos pressuja joudutaan käyttämään useita yhdessä moduulissa, tulee erityisesti kuljetusaikana huomioida, etteivät pressut pääse erkanemaan toisistaan tai irtoamaan.

Pressuja käytettäessä, pystytään myös hyödyntämään yrityksen markkinointia. Yrityksen logo voidaan esimerkiksi painattaa pressuihin. Mikäli pressut eivät kuitenkaan ole mittatilauksena tehtyjä, ei niiden painattaminen välttämättä olisi järkevää, painatuksen suhteellisen korkean hinnan vuoksi. Täten yrityksen logo voitaisiin painattaa itse esimerkiksi sapluunan ja spraymaalien avulla. Siihen joudutaan varamaan ainakin yksi työntekijä, mutta työn aiheuttamat säästöt tekevät siitä järkevän.

7.5 Moduulin osittainen suojaus

Mikäli moduulin osittainen suojaus valittaisiin käytettäväksi myös kuljetusvaiheessa, tulee suojauksen toteutusta pohtia etukäteen. Osittaisen suojauksen negatiivisia puolia kuljetuksen kannalta on esimerkiksi julkisivun likaantuminen kuljetuksen aikana. Julkisivu likaantuu kuljetuksen aikana helposti, mikäli se kuljetetaan esimerkiksi sateisella säällä, jolloin auton renkaista roiskuu kuraa, renkaiden roiskeläpistä huolimatta. Suomessa olisi

hyvin vähän osittain suojatun moduulin kuljetuspäiviä, mikäli julkisivun likaantumista yritettäisiin minimoida kuljettamalla moduuleja vain kuivina ja aurinkoisina päivinä. Lian kertymistä moduulin suojaamattomiin osiin voidaan kuitenkin minimoida esimerkiksi asettamalla moduulin julkisivu menosuuntaan päin, jolloin rekan nuppi suojaa sitä suoraan edestä tulevalta lialta ja renkaista lentävä lika päätyy moduulin suojattuun pintaan.

Kuljetuksen aikana suojaan myös kohdistuu isoin tuulikuorma, mikä voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa suojan irtoamisen. Suojan kiinnitystapaa tulisi siis miettiä tarkkaan. Kiinnityksen tulisi olla tukeva, mutta myös helposti irrotettava, sillä suoja tulisi saada poistettua ennen kuin suojatun moduulin päälle tai sivulle asennetaan seuraava moduuli.

Osittaisessa suojauksessa yrityksen mainonnan käyttöä kannattaa pohtia. Vaikka osittainen suojaus olisi toimiva sääsuojaustapa, ei se välttämättä näytä kaikkien mielestä toimivalta. Tällöin yritys ottaa riskin käyttäessään logoaan kyseisen suojaustavan kanssa.

7.6 Yhdistelmäsuojus

Jos kuljetusaikaisena suojaustapana käytetään yhdistelmäsuojausta, tulee ottaa useita asioita huomioon. Kun käytetään useaa suojaustapaa kerralla, haasteena voi olla saada ne pysymään moduulin ympärillä tiiviisti. Täten suojien kiinnitystapaan tulee kiinnittää huomiota. Kiinnikkeet olisivat hyvä saada sekä pysty- että vaakasuunnassa suojan ympärille, jolloin voitaisiin estää suojan liikkuminen pysty- sekä sivusuunnassa. Tällöin suoja ei pääsisi myöskään repsottamaan.

Yhdistelmäsuojaa käytettäessä, yritys voi hyödyntää markkinointiaan samaan tapaan kuin osittaisessa suojauksessa. Riippuen suojausmateriaalista, yrityksen logo voidaan teettää materiaaliin tai esimerkiksi spraymaalata sapluunan avulla itse, suojauksen ollessa paikallaan.

7.7 Tuulensuojakangas

Tuulensuojakangasta voidaan käyttää moduulin kuljetusaikaisena suojuksena. Ongelmana on kuitenkin sen likaantuminen. Kura ja muu lika sisältää usein jotakin orgaanista ainetta. Täten tuulensuojakankaan likaantuessa, siihen voi pikkuhiljaa alkaa kasvamaan esimerkiksi hometta, mikäli sitä ei puhdisteta. Siksi tuulensuojakankaan pinta tulisi puhdistaa ennen moduulin asentamista, mikä aiheuttaisi huomattavaa lisätyötä verrattaessa muihin kuljetusaikaisiin suojaustapoihin.

Kuten aiemmin mainittiin, tuulensuojakangasta ei ole järkevää käyttää moduulin ainoana suojaustapana. Jos sitä kuitenkin päätettäisiin käyttää esimerkiksi yhdistelmäsuojauksessa pääasiallisena suojaustapana, ei yrityksen logoa pystytä kuljetusaikana hyödyntämään yrityksen markkinoinnissa.

8 Asennusvaiheen suojaustavat

Kuten jo aiemmin on mainittu, puu materiaalina elää vallitsevien olosuhteiden mukaan, joten kosteudenhallinta on siksi erityisen tärkeässä roolissa työmaalla, jossa moduulit ovat koko ajan tekemisissä ulkoilman kanssa säällä kuin säällä. Lisäksi työmaan kosteudenhallinnan suunnittelussa tulee huomioida ulkopuoliset ihmiset. Vaikka ulkopuolisilta ihmisiltä on pääsy kielletty työmaalle, näkevät he työmaa-aitojen läpi työmaalle. Lisäksi korkeiden talojen osalta niiden pinnat ja suojauksen toimivuus näkyvät ulkopuolisille. Mikäli työmaan kosteudenhallinta ei toimi, ilmoittaa usein kilpaileva yritys tai yksityishenkilö siitä rakennusvalvontaviranomaiselle, jolloin yrityksen maine kärsii. Lisäksi tällaisissa tilanteissa kohteen toimimattomasta suojauksesta otetaan usein myös kuva, joka jaetaan sosiaaliseen mediaan, jolloin yhä useampi näkee sen.

8.1 Kuljetusvaiheen suojauksen käyttö asennuksessa

Todennäköisesti kustannustehokkain vaihtoehto asennusaikaisessa suojauksessa olisi kuljetusaikaisen suojaustavan hyödyntäminen myös asennusvaiheessa. Usein moduuliasennuksessa hyödynnetään kuljetusaikaisen suojamuovin antamaa suojaa. Tällöin suojamuovi leikataan pois niiltä sivuilta, joissa se on asennuksen tiellä. Suojamuovin leikkaus voi kuitenkin aiheuttaa turhia kolhuja moduulin ulkopintoihin. Lisäksi suojamuovi on yleensä hitsattu kiinni saumoistaan, joten leikkauksen yhteydessä sen kiinnitys käytännössä poistuu ja täten se pääsee liikkumaan vapaasti noston yhteydessä, jolloin esimerkiksi vesisateen aiheuttama kosteus pääsee suojan alle. Lisäksi rakennusalan ympäristöarvojen kasvaessa kannattaa muistaa, että suojamuovin käytöstä aiheutuu huomattava määrä jätettä.

8.1.1 Suojamuovi

Mikäli tilaaja haluaa käyttää moduulien suojauksessa As Oy Tampereen Rantapuiston tapaan suojamuovia ja esimerkiksi läpinäkyvää sellaista, voitaisiin asennusvaiheessa välttyä ylimääräisiltä kolhuilta, koska muovin läpi nähtäisiin esimerkiksi ovien ja ikkunoiden sijainnit. Kyseistä suojausmateriaalia ei kuitenkaan voida jatkokäyttää, joten kaikki käytettävä materiaali menee roskikseen, jolloin syntyy paljon muovijätettä, vaikka muovi olisikin kierrätettävää tai kierrätysmateriaalista valmistettua.

8.1.2 Suojapeite

Jos suojapeitettä halutaan hyödyntää asennusvaiheessa, tulisi suojapeitteestä löytyä tiettyjä ominaisuuksia. Tällöin suojapeitteen sivut tulisi saada poistettua esimerkiksi vetoketjun avulla tai vähintään taitettua moduulin katolle siten, etteivät ”poistetut” suojaosuudet ole asennuksen tiellä. Suojapeitteen käyttöä asennusaikaisena suojana ei pystytä kuitenkaan hyödyntämään kuin siihen saakka, että moduulin päälle aletaan asentamaan moduuleja. Tämä johtuu suojapeitteen huppumaisesta rakenteesta, jossa suojan sivukaistaleet ovat kiinnitettynä hupun kattopalaan, jolloin kattopala mahdollistaa suojan pysymisen paikallaan. Kun kattoa suojaava pala joudutaan poistamaan asennuksen tieltä, ei moduulin sivusuoja pysy enää paikallaan ilman niiden kiinnittämistä itse moduuliin.

8.1.3 Pressu

Pressua käytettäessä, ei sitä tarvitse poistaa kokonaan esimerkiksi julkisivun tieltä, vaan sen voi taitella esimerkiksi moduulin katolle, johon se kiinnitetään esimerkiksi liinalla. Kun pressua käytetään moduulin suojuksena, olisi suojapeitteen tapaan, suositeltavaa nostaa moduulit pitkillä liinoilla, koska pressuun tehtyjä reikiä on hankala paikata. Lisäksi pressu on rakenteeltaan sellaista, että siihen tehty reikä saattaisi aiheuttaa koko pressun repeämisen.

8.1.4 Tuulensuojakangas

Tuulensuojakankaan käyttö asennuksessa ei aiheuta erityistoimenpiteitä, sillä sitä ei tarvitse poistaa asennuksen tieltä. Sen käytössä tulee kuitenkin muistaa, ettei sitä saa käyttää yli kolmea kuukautta sääsuojastarkoituksessa. Lisäksi tulee muistaa, että kyseiseen kolmeen kuukauteen sisällytetään myös moduulien varastointiaika, mikäli se tapahtuu ulkona sekä kuljetusvaihe. Täten kohteen julkisivu tulisi saada paikalleen ennen sallitun ajan täyttymistä.

8.1.5 Osittainen suojaus

Mikäli osittaista suojausta käytetään asennusvaiheessa, tulisi se suunnitella jo alussa toimivaksi myös asennuksen osalta. Osittaisen suojauksen periaatteena on suojata ne moduulin pinnat, joihin ei saa päästä vettä. Tällöin esimerkiksi julkisivu jäisi suojaamatta. Täten aikaa myös säästyisi asennusvaiheen valmistelussa, koska julkisivun tieltä ei tarvitse poistaa suojaa. Suoja tulisi täten poistaa asennusta varten vain moduulin pohjasta, mikä pystytään ehkäisemään jättämällä pohjan suojaamatta, jolloin pohjan kuivana pitäminen toteutetaan esimerkiksi aluspuiden avulla, jolloin moduulin pohja ei ole kosketuksissa mihinkään pintaan, josta kosteus voisi siihen nousta.

8.1.6 Yhdistelmäsuojaus

Yhdistelmäsuojausta käytettäessä, poistetaan moduulista kertakäyttöinen suoja asennuksen yhteydessä. Tämä johtuu siitä, että kertakäyttöisen suojan saa poistettua nopeasti esimerkiksi leikkaamalla. Asennuksen yhteydessä moduulia jää suojaamaan kesto suoja kuten

pressu tai suojapeite, joka poistetaan vasta sitten, kun se on tiellä esimerkiksi kyseisen moduulin viereen tulevaa moduulia asennettaessa.

8.2 Nouseva sääsuoja siltanosturilla

Nousevan sääsuojan avulla kohde pystytään suojaamaan asennustahdin mukaan sopivalla tavalla. Sen toiminta perustuu nimensä mukaisesti suojakattoon, jota pystytään nostamaan sekä laskemaan tarvittaessa. Moduulikohteen työmaa-aikaiseksi suojaustavaksi nouseva sääsuoja olisi toimiva sääsuojan korkeuden säätämisen helpouden vuoksi. Moduulien asennusvaihe ei kestä montaa päivää, mutta asennusjärjestyksestä riippuen, rakennus saattaa olla matala jonkin aikaa, jolloin liian korkealla oleva suojakatto ei suoja moduulia esimerkiksi tuulen roiskimalta vedeltä tai vinosateelta.

Kuva 16. Nouseva sääsuoja siltanosturilla (Ramirent, 2021).



Ramirentin nousevassa sääsuojassa on myös siltanosturi, jonka voitaisiin kuvitella auttavan esimerkiksi moduuliasennuksessa sekä kuorman purussa. Kyseisen suojan siltanosturin nostokapasiteetti on kuitenkin vain 3200 kg, mikä ei ole riittävä nostokapasiteetti nostamaan moduulia. (Ramirent, n.d.).

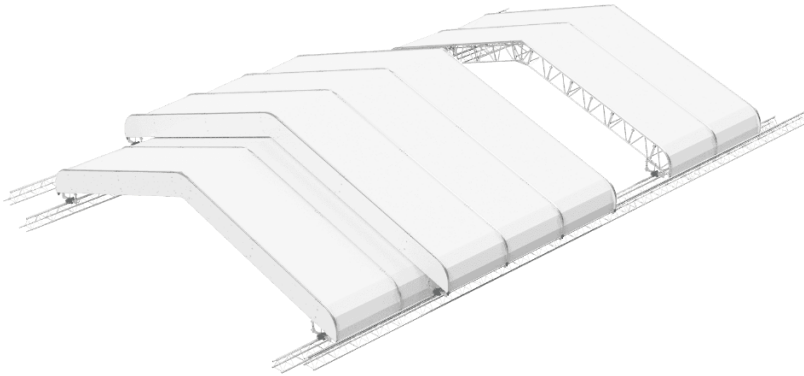
8.3 Avattava sääsuoja

Avattava sääsuoja on yleensä katosmainen suoja, joka kootaan rakennuksen ympärille normaalin työmaalla käytettävän sääsuojan tapaan. Kyseistä sääsuojausmenetelmää käytettäessä moduulit pystytään asentamaan paikoilleen suojakaton kautta, koska katon suojapeitteet saa poistettua lohkoissa yleensä noin 2,5 metrin välein suojan valmistajasta riippuen. Sääsuojan katosta voidaan tarvittaessa poistaa myös ristikoita, jotta nostoaukosta saadaan tarvittavan suuri. Lisäksi avattavia sääsuojia löytyy kiskoilla varustettuna jolloin kattolohkoja pystyy siirtämään lähes vaivatta, ilman suojan kattorakenteiden purkamista. Avattavan sääsuojan käyttö helpottaisi korkealle asennettavien moduulien asentamista paikalleen, koska nostot pystytään suorittamaan yläkautta, sillä esimerkiksi sääsuojan sivulta nostettaessa, joudutaan nosturin kanssa varomaan esimerkiksi nostopuomin osumista sääsuojan kattorakenteisiin, koska tämä voisi aiheuttaa suojan vaurioitumisen tai pahimmallaan romahtamisen.

Avattavan sääsuojan negatiivisena puolena on se, että sateisella säällä, sadevesi pääsee suojan sisäpuolelle avatusta kohdasta. Lisäksi esimerkiksi konevuokrasyritys Ramirent kertoo sivuillaan, ettei se suosittelisi avattavaa sääsuojaa käytettäväksi, sillä suojan avaus aiheuttaa riskin, jossa kosteus voi päästä sääsuojan sisään ja siten rakenteisiin (Toivonen, 2021).

Moduulirakentamisessa nostoja tapahtuu paljon, joten nostoaukon suojauksen avaamisen olisi hyvä tapahtua mahdollisimman nopeasti sekä helposti. Avattavaa sääsuojaa voitaisiin kuitenkin yrittää kehittää puurakentamiseen sopivaksi esimerkiksi käyttämällä aiemmin mainittua kiskollista sääsuojaa, jolloin nostoaukon saisi peitettyä siirtämällä ylemmällä tasolla olevan suojakattolohkon nostoaukon suojaksi. Tällainen sääsuoja on esimerkiksi Layherin valmistama XL-katto.

Kuva 17. Kiskoilla varustettu avattava sääsuoja (Monzon, n.d.).



8.4 Moduulien kattojen suojaus

As Oy Tampereen Rantapuistossa moduulien katot suojattiin vesikattolohkoilla, jotka oltiin kasattu ennen moduuliasennuksen alkamista. Lisäksi jokaisen moduulin katolle oli asennettu tuulensuojakangasta, suojaamaan moduulin kattoa. Suojusratkaisu koettiin toimivaksi, mutta ainakin tuulensuojakankaan tilalle olisi toivottu kustannustehokkaampaa ratkaisua.

Lopullisen vesikaton käyttö sääsuojana on toimiva ratkaisu, sillä sen avulla pystytään pienentämään hankkeen kustannuksia, koska sääsuojaa tai muita väliaikaisia kattosuojia ei tarvita. Vesikaton käyttäminen rakennuksen sääsuojana ei kuitenkaan auta moduulien asennusvaiheessa, koska asennusvaiheessa sen paikalleen laitto aiheuttaisi vain aikataulun hidastumisen, koska moduuleja asennetaan kerralla usein monta. Täten jokaiseen moduuliin tulisi asentaa suojausmateriaalia niiden kattoon, jota ei tarvitse poistaa.

Moduulin katon suojaus on oltava vedenkestävää. Sen tulisi kuitenkin läpäistä vesihöyryä, jottei kahden päällekkäin olevan moduulin väliin jää tilaa, johon vesi jää seisomaan päästen siten vaurioittamaan moduulien rakenteita. Esimerkiksi tuulensuojakangas on tällainen materiaali. Lisäksi jokin siveltävä aine voisi toimia kyseisessä tarkoituksessa, kunhan se ei aiheuta materiaalin pinnalle hengittämätöntä kalvoa.

Esimerkiksi Vesiveikin Divoroll pro on Solitex Adheron kaltainen on hengittävä tuulensuojakangas, jota pystytään käyttämään aluskatteena. Sen ominaisuudeksi mainitaan kuitenkin sen normaalia aluskatetta suurempi paino sekä paksuus, joka vaikuttaa sen kosteuden sitomiskykyyn. Tällöin se imee itseensä enemmän kosteutta ja päästää sen kuivalla ilmalla pois. Kun kyseistä tuotetta ei käytetä aluskatteena, vaan moduulien välissä, voi riskinä olla, ettei se pääse täysin kuivumaan. (Vesivek, n.d.).

Siveltäviä vedeneristeitä löytyy moniin eri käyttötarkoituksiin. Ulkokäyttöön tarkoitettua vedeneristettä etsiessä, ongelmaksi muodostui niiden sopimattomuus puupinnoille. Täten ainakaan suomalaisilta valmistajilta ei käyttökohteeseen ja -tarkoitukseen sopivaa vedeneristettä löydy. Toistaiseksi olisi siis parasta käyttää tuulensuojakangasta moduulien kattojen suojana, koska sen todettiin toimivan.

8.5 Ovien suojaus

Mikäli ovet halutaan asentaa moduuleihin jo tehtaalla, kannattaisi ne myös suojata, jotta kolhuilta, lialta sekä mahdollisilta ovien kastumisilta vältyttäisiin. Ovilla on niiden lopullinen pinta, kun ne saapuvat tehtaalle asennettaviksi. Täten niiden pintaan ei tulisi liimata mitään esimerkiksi suojaukseen tarkoitettua materiaalia, koska niiden maalipinta voi mennä pilalle, kun ovesta irroitetaan siihen liimattua suojaa.

Ovet voidaan suojata esimerkiksi suojamuovilla, pahvilla tai ovisuojalla. Suojamuovia ja suojapahvia käytettäessä, materiaalin helpoin kiinnitystapa olisi teippaaminen. Teippiä käytettäessä tulee kuitenkin huomioida sama ilmiö kuin liimattavissa suojissa: teippi ei saa osua oven maalipintaan. Suojamuovia käytettäessä, tulee myös muistaa, ettei muovista kannata luoda täysin suljettua suojaa, koska tällöin vettä voi kondensoitua suojan sisään, jolloin ovi kastuu ja suojaus on siten turha.

Ovien suojausta varten on valmistettu myös niiden suojaamiseen tarkoitettuja suojahuppuja, jotka sopivat standardikokoisille ovilla. Suojat ovat useimmiten muovisia. Ovia varten tehdyt suojat ovat hieman kalliimpia kuin tavallinen rullassa oleva suojamuovi, mutta niiden asentaminen on todennäköisesti huomattavasti nopeampaa suojamuovin leikkaamiseen ja

teippaamiseen kuluvaan aikaan nähden. Muovista suojaa käytettäessä tulee kuitenkin muistaa se, ettei muovi välttämättä yksinään riitä suojaamaan ovea isoimmilta kolhuilta. Täten muovin alle olisi hyvä asentaa esimerkiksi aaltopahvia tai kuplamuovia, jotka pystyvät ottamaan myös isompia iskuja vastaan.

9 Suojaustapojen vertailu

9.1 Suojaustapojen asennushelpous

Suojaustapa on toimiva, kun moduulit pysyvät koko hankkeen ajan kuivana. Suojaustapojen sujuvuuteen vaikuttaa muun muassa se, joudutaanko suojaustapaa vaihtamaan jokaisessa työvaiheessa, koska suojan vaihtaminen tarkoittaa usein myös edellisen suojan poistamista, jolloin moduuli voi olla hetken suojaamatta ja näin aiheutuu riskitekijä, joka voi aiheuttaa moduulin kastumisen. Lisäksi suojan toimivuutta edesauttaa suojassa olevien aukkojen ja limitysten vähyys.

Suojaustavan toimivuuteen vaikuttaa myös suojan asennustapa ja sen helppous. Jos asennustapa on monimutkainen ja pitkä prosessi, on sen oikeaoppinen asentaminen helpompi laiminlyödä, koska suojaamisen kanssa on toisinaan kiire. Suojaustavan toimivuutta sekä asennuksen helppoutta tulee tarkastella varastointi-, kuljetus- sekä asennusvaiheessa, käytettiin niissä samaa suojaustapaa tai ei, koska suojaa joudutaan joka tapauksessa muokkaamaan eri työvaiheita varten. Sääsuojuukselle ei olla kehitetty omia työmenekkejä esimerkiksi Ratu-kortteihin. Työmenekit perustuvat siis arvioihin.

Aikataulussa (Kuva 18.) on käytetty niitä suojaustapoja, joita pidetään järkevinä vaihtoehtoina moduulin suojauksen kannalta. Aikataulua tarkastellessa voidaan huomata, että suojamuovin sekä tuulensuojakankaan asennuksen arvioidaan vievän eniten aikaa. Tämä johtuu siitä, että tuulensuojakangas toimii niissä kohdissa, mihin se on asennettu ainoana suojamateriaalina, jolloin se voi likaantua esimerkiksi kuljetuksen aikana. Tällöin tuulensuojakankaan puhdistus vie aikaa. Myös uusiokäytettävissä suojaustavoissa aikaa kuluu suojan puhdistamiseen, mutta niiden kokonaistyömenekki jää silti pienemmäksi kuin

tuulensuojakangasta tai suojamuovia käytettäessä. Täten kyseisistä suojaustavoista voidaan luopua.

Kuva 18. Suojaustapojen työmenekit



9.1.1 Moduulikohtainen suoja

Suojamuovin avulla moduulin ympärille saadaan tiivis suoja, mikäli muovi on hitsattavaa. Suojamuovin huonona puolena on kuitenkin jo aiemminkin mainittu, suojan tiiveys, mikä voi aiheuttaa kosteuden tiivistymisen suojan alle, jolloin se tiivistyy myös moduuliin. Lisäksi sen toimivuuteen vaikuttaa niittikiinnitys, joka voi repäistä suojan ja lisäksi rikkoa moduulin pintoja kuten ovia. Niittikiinnitystä käytetään suojan tiiviiseen kiinnittämiseen, minkä lisäksi sillä pyritään estämään suojan irtoaminen moduulin pinnasta.

Suojapeitteen avulla moduulille saadaan kestävä ja tiivis suoja, jonka avulla pystytään myös markkinoimaan yritystä. Lisäksi suojapeitteisiin pystytään teettämään esimerkiksi sellaisia ominaisuuksia, joiden avulla suojapeitettä pystytään hyödyntämään monipuolisemmin eri kokosiin moduuleihin tai asennusvaiheeseen. Suojapeitteen huonona puolena voidaan kuitenkin pitää sitä, ettei yhden suojapeitteen avulla saada peitettyä moduulin pohjaa, jolloin pohjaa tulee nostaa varastointiajan lisäksi myös kuljetusvaiheessa esimerkiksi lavan avulla. Vaihtoehtoisesti moduulin pohja voidaan myös suojata erillisellä suojapeitteellä, mutta siitäkin voi aiheutua suhteellisen suuret kulut suojapeitteiden hintaa tarkasteltaessa. Mikäli pohjaa varten hankitaan erillinen suojapeite, ei moduulia tarvitse nostaa kuljetuksen aikana irti lavetin pinnasta. Tällöin tulee kuitenkin huolehtia suojan tuulettuvuudesta.

Pressun tai pressujen avulla moduuli saadaan suojattua suojapeitteen tapaan uusiokäytettävällä suojalla, joka kestää vettä. Pressusuojauksen toimivuuden voi kuitenkin helposti menettää, mikäli suojausta ei toteuteta oikein. Pressusuojauksen toimivuus voidaan menettää, jos pressuja ei limitetä tai kiinnitetä kunnolla. Pressusuojauksessa aikaa kuluukin pressujen asettelemiseen, kiinnittämiseen sekä moduulin pohjalle tulevan lavan tai aluspuiden työstämiseen. Riskitekijänä toimii myös pressun kestävyys, koska ainakin ei-vedenkestävät pressut ovat rakenteeltaan usein ohuita ja siten helposti repeäviä. Pressuja pystytään myös paikkaamaan niiden jatkokäyttöä ajatellen, mutta pressun paikkauksen hinnasta ei ole tietoa, jolloin tulee miettiä, olisiko uuden pressun hankkiminen järkevämpää kuin vanhan paikkaaminen.

Tuulensuojakankaan avulla, moduuliin ei tiivisty kosteutta, koska tuulensuojakangas päästää vesihöyryä lävitseen, jolloin moduulin rakenteet pääsevät hengittämään. Kuten jo aiemmin on todettu, tuulensuojakangasta ei ole kuitenkaan järkevää käyttää ainoana suojaustapana. Tuulensuojakankaan asennuksessa paikalleen, aikaa kuluu sen tiiviiseen liimaamiseen, leikkaamiseen sekä moduulin pohjalle tulevan lavan tai aluspuiden työstämiseen pressuasennuksen tapaan.

Osittaisen suojauksen avulla, moduulin rakenteet pääsevät tuulettumaan, koska moduuli suojataan vain tarvittavilta osin. Tällöin myös moduulin suojaukseen pitäisi kulua vähemmän aikaa, kun koko moduulia ei tarvitse peittää. Kun suoja ei kata koko moduulia, tulee suojan kiristämiseen moduulin ympärille, kiinnittää huomiota. Suojan olisi hyvä olla myös helposti irrotettavissa, koska suoja joudutaan todennäköisimmin irrottamaan ennen moduulin päälle tai sivulle asennettavan moduulin paikalleen asettamista. Lisäksi moduulin alle kuljetusvaiheessa asetettavan lavan tai aluspuiden tekemiseen kuluu hieman aikaa.

Yhdistelmäsuojauksen avulla pyritään sujuvoittamaan varastointi-, kuljetus- ja asennusvaiheen välisiä suojausmuutoksia. Kun yhteen moduuliin käytetään yhtä tai useampaa suojausmateriaalia, voi niiden asennusvaihe kestää hieman kauemmin kuin yhden suojausmateriaalin asentaminen. Lisäksi moduulin alle kuljetusvaiheessa asetettavan lavan tai aluspuiden tekemiseen kuluu aikaa.

9.1.2 Muut suojaustavat

Varastohallin avulla moduuleihin ei varastointiaikana kohdistu suoraa kosteusrasitusta esimerkiksi sateen muodossa. Lisäksi moduulit saa halutessaan pidettyä lämpimissä, sisätilaa vastaavissa olosuhteissa, jos kyseessä on lämmitetty varastohalli. Varastohallin hankinta ei kuitenkaan ole kannattavaa, mikäli moduulituotantoa on vain harvakseltaan, koska sen investointihinta on suuri.

Suojapeitteistä rekkaa käytettäessä, moduulien tulee olla sen kokoisia, että ne varmasti mahtuvat rekan suojien alle korkeus- sekä leveysuunnissa. Lisäksi aikataulussa tulee huomioida se, ettei pelkkä rekan suojapeite riitä suojaamaan moduulia. Suojapeitteinen rekka riittää moduulin kuljetusaikaiseksi suojaukseksi, muttei tue moduulin varastointi- tai asennusaikaista suojausta. Moduulista tulisi siis suojata vähintään kaikki muut sivut julkisivua lukuunottamatta varastointi-, kuljetus- sekä asennusaikana. Moduulin pohja voidaan suojata moduulin alle asetettavalla lavalla tai aluspuilla, mikäli rekan korkeussuunnassa riittää korkeutta.

Nouseva sääsuoja toimii vain asennusaikaisena sääsuojana. Se suojaakin kuitenkin moduulia esimerkiksi sateelta, vain ylhäältä. Täten moduulien sivuille, julkisivua lukuunottamatta, tulisi jättää myös moduulikohtaiset suojat, siihen saakka kunnes kyseiset sivut eivät enää altistu suoralle kosteudelle. Sääsuojan toimivuuden kannalta ongelmakohtia löytyy suojan siltanosturista sekä suojan mallista. Suojan siltanosturilla ei pystytä nostamaan moduuleja, koska sen nostokapasiteetti ei riitä. Sääsuojan malli taas aiheuttaa haasteita siksi, että suojasta puuttuu sivurakenteet, jolloin tuuli pääsee helposti tarraamaan suojan kattorakenteisiin, jolloin suoja voi kaatua samaan tapaan kuin se kaatui Tampereella aiheuttaen suuria vahinkoja puukerrostalolle (Mattila, 2021). Uutisen tekstiosuudessa ei mainita kyseisen suojan tyyppiä, mutta uutisessa olevasta kuvasta ja videosta pystytään päättelemään sen olevan Ramirentin Rami-Tower. Aikataulullisesti nouseva sääsuoja ei ole toimiva ratkaisu moduulirakentamisessa, koska se tulee Ramirentin mukaan vuokrata vähintään 60 päiväksi, mikä on jopa 6-kertainen aika moduuliasennuksen kestoon nähden.

Avattava sääsuoja toimii nousevan sääsuojan tapaan vain asennusaikaisena sääsuojana. Sen toiminta perustuu sääsuojan avattavuuteen, jolloin moduulien asennus pystytään toteuttamaan sääsuojan katon kautta. Yksittäisten moduulien sääsuojauksen tarve asennusaikana riippuu siitä, asennetaanko sääsuojan sivuille suojakankaat, jotka suojaavat rakenteilla olevaa rakennusta. Mikäli telineiden sivuille ei asenneta suojakankaita, tulee moduulien sivut, julkisivua lukuunottamatta. Avattavan sääsuojan toimivuutta haastavat suojan katon aukko sekä mahdollinen huono näkyvyys. Kun sääsuojan katto avataan esimerkiksi moduulien nostoja varten, pääsee suojan alle vettä, mikäli kyseisellä hetkellä sataa vettä tai lunta. Lisäksi haasteita aiheuttaa itse moduulien asentaminen, koska sääsuoja saattaa viedä nosturilta näkyvyyttä muun muassa sen korkeuden sekä nostopaikan vuoksi. Aikataulullisesti avattava sääsuoja kohtaa saman ongelman kuin nostettava sääsuoja: se tulisi vuokrata vähintään 60 päiväksi, jolloin suoja tulisi pitää huomattavan pitkään, vaikkei sitä tarvittaisi niin kauan.

9.2 Suojaustapojen kustannukset

Työhön saadut kustannusarviot ovat suuntaa antavia. Hinnat on laadittu yksittäiselle tuotteille, mutta lasketut kokonaishinnat on prosentuaalisesti muokattu suurien tilausten hinnoittelun mukaiseksi, jolloin hinnat vastaisivat suunnilleen sitä, mitä ne maksaisivat, mikäli yritys itse tilaisi tuotteen. Tuotteiden alennusprosentiksi on arvioitu 20%.

Kustannuslaskelma on mitoitettu 50 moduulille.

Kustannuksia pyydettiin useilta yrityksiltä tarjouspyyntöjen avulla. Tarjousten saapuessa huomattiin, että saman tuotteen hintaero eri yrityksissä saattoi olla jopa suhteellisen iso. Kustannuslaskelma on täten pyritty laatimaan halvimpien hintojen perusteella. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että kustannuslaskelmaan on merkitty vain ne suojaustavat, joita voitaisiin harkita käytettäväksi. Esimerkiksi asennusaikaisia sääsuojia ei olla huomioitu kustannuslaskelmassa, koska ne eivät olisi hankkeessa aikataulullisesti sopivia, jolloin niiden kulut olisivat turhan korkeat.

Taulukko 2. Kustannuslaskelma

KOKONAISHINNAT (laskettu 50 moduulille)							
materiaali (varastointi/kuljetus)	materiaali (asennus)	menekki/moduuli (m2)	€/m2	menekki m2/hanke	€/moduuli	€/hanke	uusiokäyttöä
Solitex Adhero 1000+pressu	Solitex Adhero 1000+pressu	58+58	11,77	5800	682,43	34121,40	ei
Kylmä varastohalli+suojamuovi	suojamuovi	148+varastohalli	0,40	7400	59,20	42960,00	osittain
Kylmä varastohalli+kestopeite	kestopeite	150+varastohalli	5,33	7500	800,00	40000,00	kyllä
Kylmä varastohalli+pressu	pressu	80+80+varastohalli	5,77	8000	922,56	86128,00	kyllä
Pressu+suojamuovi	pressu	80+80	6,17	8000	493,60	24680,00	osittain
Pressu	pressu	2x pressu 8x10	5,77	8000	922,56	46128,00	kyllä
Kestopeite - Kestopeite	kestopeite	150	5,33	7500	799,50	39975,00	kyllä
Kestopeite+suojamuovi	kestopeite	96+39	5,73	6750	574,80	28740,00	osittain
Suojamuovi - suojamuovi	suojamuovi	148	0,40	7400	59,20	2960,00	ei

Kustannuslaskelmassa (Taulukko 2.) käytetyt kokonaisuusmateriaalimenekit vaihtelevat, koska niiden perusteena on käytetty standardikokoisia tuotteita kuten 10 x 15 kestoheitettä, mikäli suojaustapa sisältää kestoheitteen. Esimerkiksi pelkkää kestoheitettä käytettäessä tämä pätee. Yhdistelmäsuojausta käytettäessä, hinnat on määritelty 8 x 10 kokoisena pressuna tai 8 x 12 kestoheitteen avulla suojamuovin hinnan lisäksi. Suojamuovi on yhdistelmäsuojauksessa mitoitettu moduulin päätyihin sekä pohjaan. Suojamuovin kohdalla mainittu 148 m² kattaa kaikki moduulin pinnat, kun moduulin mitat ovat 3,6m x 4 m x 8 m.

Kustannuslaskelmaa tarkasteltaessa, voidaan huomata suojamuovin olevan halvin materiaalikustannuksiltaan. Sen asennukseen kuitenkin kuluu arviolta eniten aikaa, jolloin työt tulevat nostamaan sen hintaa. Seuraavaksi halvimpina toimivat yhdistelmäsuojaukset, joissa suojausmateriaaleina toimisivat 8x12 kokoinen kestoheitte sekä suojamuovi tai 8x10 kokoinen pressu sekä suojamuovi. Täten yhdistelmäsuojaus voisi olla kannattava vaihtoehto, koska sen avulla pystyttäisiin myös helpottamaan moduulien asennusvaihetta.

9.3 Suojaustapojen ympäristöystävällisyys

Ilmastonmuutoksen ja kestävä kehityksen ollessa jatkuvasti esillä, ovat myös useat rakennusalan yritykset halunneet ottaa osaa keskusteluun esimerkiksi julistamalla yrityksen ympäristöystävällisistä arvoista. Rakentaminen aiheuttaa maailmassa noin 20% päästöistä, mikä on viidesosa kaikista päästöistä (Rakennusteollisuus, n.d.). Rakennuslalla pyritään pienentämään sen aiheuttamia päästöjä ja moni valtio onkin asettanut rakennuslalle tavoitteita päästöjen pienentämiseksi.

Syksyllä 2020 monet eri tahot kertoivat allekirjoittaneensa green deal -sopimuksen. Nämä allekirjoittaneet tahot olivat Ympäristöministeriö, Senaatti-kiinteistöt sekä neljä kaupunkia, Espoo, Helsinki, Vantaa sekä Turku. Green deal -sopimus on vapaaehtoinen sopimus, jonka avulla pyritään vähentämään työmailla syntyviä päästöjä. Yhtenä suurena vähennettävänä kohteena pidetään työmailla syntyvää muovijätettä. Siksi käytössä oleva suojamuovi tulisi saada korvattua esimerkiksi kierrätysmuovilla. (Ympäristöministeriö, n.d.). Täten suojamuovin käyttöä myös moduulien suojauksessa olisi hyvä vähentää.

Ympäristöystävällisen suojausten ajatellaan olevan yksinkertainen asia. Esimerkiksi uusiokäytettävän suojausmateriaalin ajatellaan olevan ympäristöystävällistä.

Uusiokäytettävä suoja kuitenkin aiheuttaa muun muassa pesukuluja sekä rahtikuluja, mikäli suoja vaihdellaan moduulien välillä, jolloin ne joudutaan varta vasten kuljettamaan tehtaalte, jotta siellä oleviin moduuleihin saadaan suojat. Täten kannattaa pohtia, onko kannattavampaa hankkia jokaiselle moduulille oma suoja, jottei ylimääräisiä rahtikuluja ja päästöjä syntyisi.

9.4 Suojaustapojen vaikutus yrityksen markkina-arvoon

Markkina-arvo koostuu yrityksen nimen lisäksi myös tavasta suojata eli siitä, toimiiko suojaus ja miten se näyttäytyy yksityishenkilöille. Mikäli käytettävään suojaan merkitään yrityksen logo, on sen jälkeen tuotteen tekijä kaikkien tiedossa. Tämä pätee myös silloin, kun suojaus epäonnistuu ja esimerkiksi irtoaa osittain tai kokonaan. Suojaustapaa voidaan pitää epäonnistuneena myös silloin, jos se näyttää yksityishenkilön silmään toimimattomalta.

Suojamuovissa tai -peitteessä, yrityksen logon teettäminen on helppointa. Logon teettäminen suojaan aiheuttaa kuitenkin lisäkuluja. Tämän lisäksi on mietittävä, tuoko yrityksen logo oikeasti niin paljoa markkina-arvoa tuotteelle, mitä ajateltaisiin, paitsi siinä tilanteessa, kun suojaus epäonnistuu.

10 Yhteenveto ja johtopäätökset

Paras suojaustapa määräytyy suurilta osin yrityksen antamien painoarvojen perusteella. Yritykset painottavat yleensä toiminnassaan kustannustehokkuutta ja laatua. Suojaamiseen käytetyillä kuluilla on kuitenkin suuri vaikutus hankkeen onnistumisen kannalta. Yleensä halvalla ei saa hyvää. Halvin suojaustapa yksittäisen hankkeen kannalta olisi suojamuovin käyttö. Se ei kuitenkaan täytä yrityksen arvoja, asiakkaiden näkökulmasta, sillä YIT korostaa strategiassaan paljon kestävästä kehityksestä. Asiakkaat ovat kuitenkin se taho, joka toiminnallaan maksaa yritykselle hankkeisiin kuluvat kulut takaisin.

Parhaan suojan valinta ei kuitenkaan ole yksiselitteistä, sillä suojan kannattavuus riippuu muun muassa moduulituotannon määrästä. Mikäli moduulihankkeita on vain silloin tällöin, ei sellainen suoja ole kannattava, joka maksaa itsensä takaisin vain, jos moduulituotanto on tiivistä. Mikäli kyseessä on vain satunnaiset moduulihankkeet, voidaan varastohalli sekä mittatilauksena teetettävät suojapeitteet tiputtaa välittömästi parhaiden suojaustapojen listalta, koska niiden takaisinmaksuaika on suhteellisen pitkä. Mittatilatusten suojapeitteiden ongelmana on usein myös se, etteivät ne sovi kuin tietyn kokoiselle moduulille, jolloin niiden uusiokäytettävyyden mahdollisuus pienenee huomattavasti.

Täten suojausmahdollisuuksiksi jäisivät pressut, standardikokoiset kestopeliteet, osittainen suojaus sekä yhdistelmäsuojaus. Pressujen voisi luulla olevan halvempia kuin standardikokoisten kestopeliteiden. Näin ei kuitenkaan tarjouspyyntöjen perusteella laadittujen laskelmien mukaan ole, kun huomioidaan, että pressut ovat kooltaan pienempiä kuin kestopeliteet, jolloin niitä tarvitaan enemmän kuin kestopeliteitä (Taulukko 2.). Pressujen yhdistelmäsuojauksen hinta koostuu kuitenkin vain 50 pressusta sekä moduuleihin tarvittavista suojamuoveista. Pressujen asentaminen aiheuttaisi myös todennäköisesti standardikokoisia kestopeliteitä enemmän työtä, koska pressut ovat rakenteeltaan kevyempiä, jolloin ne alkavat repsottamaan helpommin kuin kestopeliteet. Lisäksi pressujen kestävyys arveluttaa. Pressujen voidaan olettaa olevan rakenteeltaan heikompia kuin kestopeliteiden. Mikäli pressuja hajoaa paljon, ei se aiheuta pelkästään kuluja, vaan lisäksi kosteudenhallinnan epäonnistumisen. Täten pressujen käyttöä tulisi miettiä kriittisesti.

Jos kestoheitettä päätetään käyttää, tulee vielä selvittää, miten sitä halutaan käyttää. Kestoheitettä voidaan käyttää yksinään siten, että se suojaa koko moduulia, osittaisena suojana, jolloin esimerkiksi moduulin julkisivut jäävät suojaamatta tai yhdistelmäsuojauksessa, jossa kestoheitteen lisäksi käytetään jotakin toista suojausmateriaalia. Osittaista suojausta käyttämällä pystytään säästämään suojauskuluissa, koska suojan ei tarvitse peittää koko moduulia. Tällöin moduulin julkisivu jätettäisiin paljaaksi, jolloin se saattaa likaantua kuljetuksen aikana, mistä syntyy lisää turhaa työtä, koska julkisivu pitää pestä. Jos moduuli taas suojattaisiin kokonaan esimerkiksi yhdellä isolla kestoheitteellä, ei aiheutuisi lisätöitä moduulin julkisivun puhdistamiseksi. Tällöin moduulin asentaminen kuitenkin vaikeutuu, koska heitettä ei välttämättä saada helposti poistettua halutuilta sivuilta. Myös yhdistelmäsuojauksen avulla moduuli saadaan suojattua kokonaan tai lähes kokonaan, riippuen siitä, halutaanko esimerkiksi moduulin pohjaa suojata jollakin suojaukseen tarkoitettulla materiaalilla vai esimerkiksi aluspuilla. Yhdistelmäsuojauksen avulla moduulin asentamista voidaan helpottaa, koska ne sivut, joilta suojat halutaan poistaa asentamisen yhteydessä, voidaan suojata sellaisella materiaalilla, joka on helppo poistaa.

Taulukko 3. Kestoheitteen kustannukset

KESTOHEITE KUSTANNUKSET (50 moduulille)								
materiaali (varastointi/kuljetus)	materiaali (asennus)	työmenekki (tunnit) (2 työntekijää)	menekki/moduuli (m2)	€/m2	menekki m2/hanke	€/moduuli	€/hanke (sis. Työt)	uusiokäyttöä
Kestoheite	kestoheite	155	150	5,33	7500	799,50	45975,00	kyllä
Kestoheite (osittainen suojaus)	Kestoheite (osittainen suojaus)	135	96	5,83	4800	559,20	33360,00	kyllä
Kestoheite+suojamuovi	suojamuovi	170	96+39	6,23	6750	574,80	35540,00	osittain

Osittainen suojaus olisi kustannuksiltaan halvin vaihtoehto (Taulukko 3.). Sen kokonaishinnassa ei kuitenkaan ole huomioitu esimerkiksi suojan kiinnittämiseen kuluja kiinnikkeitä tai likaantuneen julkisivun puhdistamista.

Kuva 19. Kestoheitteen asennusaikataulu

Hier	Nimi	Määrä	Yks	Työmie- nekki (yks)	Työmie- näkki arvutus (yks-pv)	Kesto	Alku	2022					
								Helmikuu	Maaliskuu				
1	Kestoheitteen käyttö suojauksessa					22 pv	28.02.22	9	10	11	12		
1.1	Suojamuovi + kestoheite	50 kpl	3,40	2	22 pv	28.02.22	1.1						
1.2	Kestoheite	50 kpl	3,10	3	20 pv	28.02.22	1.2						
1.3	Kestoheite osittaisessa suojauksessa	50 kpl	2,70	3	17 pv	28.02.22	1.3						

Kestopeitteen asennusaikataulua tarkasteltaessa, voidaan huomata, että yhdistelmäsuojaus veisi eniten aikaa. Tulee kuitenkin huomioida, että aikataulu on laadittu suojauksen kokonaistyömenekillä, joka sisältää suojan asennuksen sekä sen poiston ja puhdistuksen. Mikäli jokaisella moduulilla on oma suojuksensa, ei suojien puhdistamista tarvitse tehdä kiireessä, jolloin aikataulu lyhenee. Lisäksi yhdistelmäsuojaus lyhentäisi työmaan aikataulua, koska se helpottaa moduulin asentamista muita suojaustapoja enemmän. Täten yhdistelmäsuojaus olisi paras vaihtoehto koko moduulihankkeen vaiheita ajatellen.

Taulukko 4. Suojauksen käyttökustannukset

1 hanke 50 moduulille	Kestopeite+suojamuovi	Pressu+suojamuovi	Suojamuovi - suojamuovi
tth (yks)	3,4	3,26	3,7
tth (kok)	170	163	185
töiden hinta (40€/h/hlö)	6800	6520	7400
materiaalihinta	28740,00	24680,00	2960,00
Hanke 1	35540,00	31200	10360
Hanke 2	9760,00	9480,00	10360
Hanke 3	9760,00	9480,00	10360
Kokonaiskustannukset	55060	50160	31080

Suojaustapojen käyttökustannusten laskennassa on huomioitu materiaalikustannusten lisäksi myös työstä aiheutuvat kulut. Työkulut on laskettu arvolla 40€/h/työntekijä. Mikäli yhdistelmäsuojauksen käyttökustannuksia aletaan tarkastelemaan, vertaillen sitä muihin yhdistelmäsuojaustapoihin sekä nykyiseen suojaustapaan, voidaan todeta, että kustannukset ovat siinäkin kalleimmat kestopeitteen osalta. Kustannuksissa tulee kuitenkin huomioida se, että töiden kustannukset perustuvat arvioituun työmenekkiin ja kahden työntekijän kuluihin. Lisäksi tulee ottaa huomioon, ettei esimerkiksi pressusuojauksessa ole huomioitu mahdollisia hajoavia pressuja, jotka tulee korvata uusilla, mikä vaikuttaa kustannuksiin korottavasti. Kustannuksissa ei olla myöskään otettu huomioon hankkeiden erilaisia laajuuksia, vaan kaikki kolme hanketta on laskettu 50 moduulin laajuisiksi.

Täten kestopeitteen käyttäminen yhdistelmäsuojauksessa voisi tulla halvemmaksi kuin pressujen käyttö, kun mietitään niiden kestävyyttä sekä työmäärää. Pressujen kestävyyttä ei kuitenkaan voida varmistaa kuin kokeilemalla niiden käyttöä sääsuojauksessa. Täten myös pressujen käyttö yhdistelmäsuojauksessa voisi olla vaihtoehto.

Yhdistelmäsuojauksessa kestopeitteellä tai pressulla suojattaisiin ne osat, jotka eivät haittaa asentamista eli moduulin seinät ja katto julkisivua lukuunottamatta. Julkisivut ja moduulin pohja, mikäli pohja halutaan suojata, voitaisiin suojata esimerkiksi suojamuovilla, koska se on nopea poistaa asentamisen yhteydessä sekä kustannustehokas materiaali. Kestopeitteitä ja pressuja taas pystyttäisiin hyödyntämään myös puuelementtitehtaan toiminnassa, mikäli moduulituotanto on vähäistä, jolloin ne pystyvät silti maksamaan itsensä takaisin. Tällöin suoja olisi lähes kokonaan ympäristöystävällinen ratkaisu.

Lopputuloksena olisi siis kaksi yhdistelmäsuojausvaihtoehtoa, suojamuovin ja kestopeitteen käyttö sekä suojamuovin ja pressun käyttö. Pressun ja suojamuovin yhdistelmää suositellaan käytettäväksi, mikäli moduulituotanto on vähäistä, koska se tulee kustannuksiltaan halvemmaksi. Kestopeitteen ja suojamuovin yhdistelmää taas suositellaan käytettäväksi, mikäli moduulituotanto on suurta, koska kestopeitteet todennäköisesti kestävät pidempään, vaikka niiden investointihinta on suurempi kuin pressujen.

11 Tulosten tarkastelu ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää tilaajan valmistamien puurunkoisten moduulien suojaustapaa. Tilaajan aiemmin käyttämä suojaustapa oli hitsattava suojamuovi. Eri suojaustapoja tarkasteltiin kriittisesti eri näkökulmista. Parhaaksi suojaustavaksi todettiin yhdistelmäsuojaus eli kahden eri suojausmateriaalin käyttö moduulien sääsuojauksessa. Tulokseen päästiin yritykselle tärkeimpiä arvoja painottamalla. Näitä arvoja olivat suojausten kustannustehokkuus, asennushelpous sekä ympäristöystävällisyys. Opinnäytetyöhön laadittujen aikataulujen sekä kustannuslaskelmien perusteella pystyttiin toteamaan, että yhdistelmäsuojaus täyttäisi parhaiten nämä kohdat. Yhdistelmäsuojaus täyttää myös ympäristöarvot, koska noin puolet siitä on uusiokäytettävää materiaalia eli standardikokoista kestopeitettä tai pressua. Lopputulosta tulee kuitenkin arvioida varauksella, koska kustannus- sekä aikataululaskelmat perustuvat arvioihin.

Opinnäytetyön lähdeluettelon pituudesta huolimatta, sen haasteiksi muodostui muun muassa moduulirakentamisesta sekä niiden suojaustavoista kertovien lähteiden vähyys. Lisäksi haasteita aiheuttivat eri lähteiden eriävät mielipiteet samasta aiheesta esimerkiksi

elementtien toimivasta suojaustavasta. Sen ansiosta työhön saatiin kuitenkin sisällytettyä paljon lähdekriittisyyttä sekä omaa pohdintaa, mikä osoittaa sen, että tutkimuskysymystä on yritetty pohtia laajasti eri näkökulmista. Myös tilaaja oli tyytyväinen työn lopputulokseen ja kokee voivansa käyttää sitä jatkossa moduulituotantonsa työvälineenä. Täten opinnäytetyö on onnistunut kokonaisuus.

Koen, että opinnäytetyön avulla sain kasvatettua tietämystäni moduuleista. Olen työskennellyt puurunkoisten moduulien parissa vähäisessä määrin, mutta tämän työn laatimisen myötä kiinnostukseni niitä kohtaan kasvoi entisestään. Lisäksi koin opinnäytetyöprosessin olevan käytännönläheinen kokemus, kun aiheena toimi käytäntöön liittyvä kehityskohde, jonka tulee olla selkeästi ilmaistavissa.

Lähteet

Bäckgren, N. (11.11.2017). *Jätkäsaaren homehtuneet Wood City -puukerrostalot ovat Stora Enson osin rahoittama tutkimuskohde – Työmaalla testattiin, miten puurakentaminen onnistuu ilman sääsuojaa*. Rakennuslehti.

<https://www.rakennuslehti.fi/2017/11/jatkasaaren-homehtuneet-wood-city-puukerrostalot-ovat-stora-enson-osin-rahoittama-tutkimuskohde-tyomaalla-testattiin-miten-puurakentaminen-onnistuu-ilman-saasuojaa/>

Cramo. (n.d.). *Ilmasto muuttuu - miten muuttuu rakentaminen?*

<https://www.cramo.fi/fi/yritys/ajankohtaista/uutiset/ilmasto-muuttuu--miten-muuttuu-rakentaminen>

Eilola Logistics. (n.d.). Erikoskuljetukset [kuva]. <https://eilola.fi/palvelut/kuljetuspalvelut/>

Helkura, M. (17.1.2022). *Elementti Sampo on hakeutunut yrityssaneeraukseen*. Kuhmolainen.

<https://www.kuhmolainen.fi/artikkeli/elementti-sampo-on-hakeutunut-yrityssaneeraukseen-210491631/>

Hoppi, A. (20.11.2017). *Paraatipaikan puukerrostaloissa käytetty koivuvaneri kostui – home puhdistettiin vetyperoksidilla*. Maaseudun tulevaisuus.

<https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/rakentaminen/artikkeli-1.214217>

JP-Suojapeite. (n.d.). *Suojapeitteet mittatilauksena* [kuva]. <https://www.jpsojapeite.com/>

Kotilainen, S. (2013). *Moduulirakentaminen – Ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin*.

https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/128316/kotilainen_moduulirakentaminen.pdf;jsessionid=34B04233B665A1BB597784616C92361E?sequence=1

Lahtela, T. (2018). *Puukerrostalotyömaan käytännöt*. Puuinfo. [https://puuinfo.fi/wp-](https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/5_Puukerrostaloty%C3%B6maan-k%C3%A4yt%C3%A4nn%C3%B6t.pdf)

[content/uploads/2020/06/5_Puukerrostaloty%C3%B6maan-k%C3%A4yt%C3%A4nn%C3%B6t.pdf](https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/5_Puukerrostaloty%C3%B6maan-k%C3%A4yt%C3%A4nn%C3%B6t.pdf)

Lahtela, T. (2018). *Puukerrostalotyömaan käytännöt*. Puuinfo. https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/5_Puukerrostaloty%C3%B6maan-k%C3%A4yt%C3%A4nn%C3%B6t.pdf

Lainapeite. (n.d.) *Suojapeitteet*. <https://lainapeite.fi/suojapeitteet/myytavat-suojapeitteet>

Leino, M. (19.4.2021). *Sääsuojalla vai ilman? Puurakentajat*. <https://www.puurakentajat.fi/puurakentajan-blogi/saasuojalla-vai-ilman>

Lundell. (2020). *Sisätilat voidaan muokata kulloiseenkin tarpeeseen sopivaksi*. [kuva]. <https://www.aulislundell.fi/naytasivu/Muuntojoustavuutta/8/830>

Lättilä, H. (2019). *Wood Cityn asuintalojen ongelmista otettu opiksi – toimistotalon rakentamisessa panostettu kosteudenhallintaan*. Rakennuslehti. <https://www.rakennuslehti.fi/2019/05/wood-cityn-asuintalojen-ongelmista-otettu-opiksi-toimistotalon-rakentamisessa-panostettu-kosteudenhallintaan/>

Makkonen, P. (22.2.2021). *Sääsuojainnovaatiot puutalorakentamisessa*. Ramirent. <https://www.ramirent.fi/blogi/saasuojainnovaatiot-puutalorakentamisessa>

Mattila, S. (2021). *Rakenteilla ollut puukerrostalo vaurioitui tuulenpuuskassa Tampereella – katso tuhot videolta!* MTV-uutiset. <https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/rakenteilla-ollut-puukerrostalo-vaurioitui-tuulenpuuskassa-tampereella-katso-tuhot-videolta/8084374#gs.ryhadl>

Modular Building Institute. (n.d.). *History of modular*. Modular Building Institute. <https://www.modular.org/HtmlPage.aspx?name=MA-oi-History-of-Modular>

Monzon. (n.d.). *Protect it*. [kuva]. <https://monzonscaffold.com/protect-it/>

Mölsä, S. (2017). *Diplomityöt kertovat, miksi Wood Cityn kosteudenhallinta petti*. Rakennuslehti. <https://www.rakennuslehti.fi/2017/11/diplomityo-kertoo-miksi-wood-cityn-kosteudenhallinta-petti/>

Polygon. (2018.) *Vesivahinkojen kuivaus- mitä vaihtoehtoja on olemassa?*.

<https://www.polygongroup.com/fi-FI/uutiset/vesivahinkojen-kuivaus---mita-vaihtoehtoja-on-olemassa/>

Polythene UK. (n.d.). *Modular Building Covers*. [kuva].

<https://www.polytheneuk.co.uk/scaffold-shrink-film/modular-building-covers/>

Puuinfo. (2008). *Monikerroslevy (CLT)*.

<https://puuinfo.fi/puutieto/insinööriuotteet/monikerroslevy-clt/>

Puuinfo. (2020a). *Kosteudenhallinta puurakentamisessa*.

<https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/tekniset-tiedotteet/kosteudenhallinta-puurakentamisessa/>

Puuinfo. (2020c). *Kosteustekniset ominaisuudet*. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/puun-kosteustekniset-ominaisuudet/>

Puuinfo. (2020d). *Puun kosteuskäyttäytyminen*.

<https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/tekniset-tiedotteet/puun-kosteuskayttaytyminen/>

Puuinfo. (2020b). Taulukko 2. <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/tekniset-tiedotteet/kosteudenhallinta-puurakentamisessa/>

Puuviesti. (n.d.). *Tampereen Niemenrannan Rantapuistoon rakentuu kerrostalo puumoduuleista*. [kuva]. <https://www.puuviesti.fi/puurakentaminen/tampereen-niemenrannan-rantapuistoon-rakentuu-kerrostalo-puumoduuleista/>

Rakennuslehti. (n.d.). *Puu lisää osuuttaan kerrostalojen rakentamisessa*.

<https://www.rakennuslehti.fi/mainos/puu-lisaa-osuuttaan-kerrostalojen-rakentamisessa/>

Rakennusteollisuus. (n.d.). *Rakennettu ympäristö ja ilmastonmuutos*.

<https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Materiaalitehokkuus/>

Ramirent. (n.d.). Työmaapalvelut. <https://docplayer.fi/3704502-Tyomaapalvelut-autamme-sinua-keskittymaan-olennaiseen.html>

RT 05-10710. (1999). *Kosteus rakennuksissa*. Rakennustieto Oy. https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/RT%2005-10710?external_system=Juha&page=1

RATU S-1232. (2013). *Rakennustyömaan sääsuojaus*. Rakennustieto Oy. https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/Ratu%20S-1232?external_system=Juha&page=1

RATU S-1236. (2021). *Olosuhteiden hallinta rakentamisessa*. Rakennustieto Oy. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/Ratu%20S-1236>

Rakentaja. (2021). *Teräksinen moduulirakentaminen on ekologinen vaihtoehto*. https://www.rakentaja.fi/pro/artikkelit/17915/teraksinen_moduulirakentaminen_on_ekologinen_vaihtoehto.htm

Rakentamisen kosteudenhallinta. (n.d.). *Työmaan suojaukset*. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/tyoemaan-suojaukset>

RALA. (n.d.). *Kuivaketju10 -riskilista*. http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista_150313.pdf

Sigtryggur, A. (2020). *Kubbaeiningar SG-húsa fást í ýmsum gerðum og stærðum, eru smíðaðar inni við góðar aðstæður og hífðar út í heilu lagi*. FRÉTTABLAÐIÐ. [kuva]. <https://www.frettabladid.is/kynningar/nyjungar-i-smii-einingahusa/>

Sisäilmäyhdistys. (2008a). *Rakenteiden kuivattaminen*. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Purku-kuivaus-ja-puhdistus/Rakenteiden-kuivattaminen>

Sisäilmäyhdistys. (2008b). *Terve talo -kriteerit*. Haettu 10.2.2022 osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisaimasto/Terve-Talo-kriteerit>

Stopteltat. (n.d.). *Pvc-halli*. [kuva]. <https://www.stopteltat.fi/pvchalli.html>

Stora Enso. (n.d.). *Building Systems by Stora Enso*. Haettu 10.1.2022 osoitteesta <https://www.storaenso.com/-/media/Documents/Download-center/Documents/Product-brochures/Wood-products/Design-Manual-A4-Modular-element-buildings20161227finalversion-40EN.pdf>

Tiivistalo. (n.d.). *Itseliimautuva tuulensuoja-aluskate ja rakennusaikainen sääsuoja*. Haettu 10.1.2022 osoitteesta <https://www.tiivistalo.fi/solitex-saasuojat/solitex-adhero-1000/>

Tiivistalo. (n.d.). *Solitex Adhero 1000*. Haettu 10.1.2022 osoitteesta http://www.tiivistalo.fi/wp-content/uploads/2021/02/tuotekortti_solitexadhero1000.pdf

Toivonen, R. (18.5.2021). Sääsuojaa ja ratkaisumyyntiä. *Ramirent*. <https://blogi.ramirent.fi/blog/saasuojaa-ja-ratkaisumyyntia>

Tony Beal. (n.d.). *Modular Building Covers*. [kuva]. <https://www.tonybeal.com/product-view/category/modular/>

Turtola, K. (2019). *Ekologisuus ajaa rakentamaan puusta – professori: "Tietysti betoniukot vastustavat ja kyseenalaistavat muutosta"*. YLE Uutiset. <https://yle.fi/uutiset/3-10956043>

Vertia. (n.d.). Vesivahinkojen kuivumisajat. <https://vertia.fi/vesivahinkojen-kuivumisajat/>

Vesivek. (n.d.). *Vesivek Divoroll Pro™ – Ainoa hengittävä aluskate, jolla on 30 vuoden takuu*. <https://www.vesivek.fi/tuote/vesivek-divoroll-pro/>

YIT. (2020). As Oy Tampereen Tohtori. <https://www.yitgroup.com/fi/news-repository/lehdistotiedotteet/yitn-ensimmaisen-puumoduulikerrostalon-rakentaminen-aloitettu-tampereella>

YIT. (2020). *YIT:n ensimmäisen puumoduulikerrostalon rakentaminen aloitettu Tampereella*. [kuva]. <https://www.yitgroup.com/fi/news-repository/lehdistotiedotteet/yitn-ensimmaisen-puumoduulikerrostalon-rakentaminen-aloitettu-tampereella>

YIT. (2021). Puukerrostalorakentamisessa näkyvät puurakentamisen pitkät perinteet. <https://www.yitgroup.com/fi/news-repository/uutiset/puukerrostalorakentamisessa-nakyvat-puurakentamisen-pitkat-perinteet>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017.

<https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/RT%20RakMK-21749>

Ympäristöministeriö. (n.d.). Rakentamisen muovitiekartta. <https://ym.fi/rakentamisen->

[muovitiekartta](#)

Liite 1: Kustannuslaskelmat (Excel)

VARASTOINTI/KULJETUS								
materiaali	€/yks (~20% yritysale)	yks	määrä m2/yks	uusiokäyttöä				
Solitex Adhero 1000		6	m2	45	ei			
Kylmä varastohalli	40 000	halli		480	kyllä	landtek		
PVC-peite 8x12	583	kpl		96	kyllä	lainapeite		
kestopeite (LUJA-peite 10X15)	800	kpl		150	kyllä	lainapeite		
kestopeite (LUJA-peite 8X12)	559,2	kpl		96	kyllä	lainapeite		
pressu 8x10	461,28	kpl		80	kyllä	aj-tuotteet		
suojamuovi kierrätysmateriaalis	80	rl		200	ei	pakkaa.fi		
KOKONAISHINNAT (laskettu 50 moduulille)								
materiaali (varastointi/kuljetus)	materiaali (asennus)	menekki/moduuli (m2)	€/m2	menekki m2/hanke	€/moduuli	€/hanke	uusiokäyttöä	
Solitex Adhero 1000+pressu	Solitex Adhero 1000+pressu	58+58	11,77	5800	682,43	34121,40	ei	
Kylmä varastohalli+suojamuovi	suojamuovi	148+varastohalli	0,40	7400	59,20	42960,00	osittain	
Kylmä varastohalli+kestopeite	kestopeite	150+varastohalli	5,33	7500	800,00	40000,00	kyllä	
Kylmä varastohalli+pressu	pressu	80+80+varastohalli	5,77	8000	922,56	86128,00	kyllä	
Pressu+suojamuovi	pressu	80+80	6,17	8000	493,60	24680,00	osittain	
Pressu	pressu	2x pressu 8x10	5,77	8000	922,56	46128,00	kyllä	
Kestopeite - Kestopeite	kestopeite	150	5,33	7500	799,50	39975,00	kyllä	
Kestopeite+suojamuovi	kestopeite	96+39	5,73	6750	574,80	28740,00	osittain	
Suojamuovi - suojamuovi	suojamuovi	148	0,40	7400	59,20	2960,00	ei	
KESTOPEITE KUSTANNUKSET (50 moduulille)								
materiaali (varastointi/kuljetus)	materiaali (asennus)	työmenekki (tunnit) (2 työntekijää)	menekki/moduuli (m2)	€/m2	menekki m2/hanke	€/moduuli	€/hanke (sis. Työt)	uusiokäyttöä
Kestopeite	kestopeite	155	150	5,33	7500	799,50	45975,00	kyllä
Kestopeite (osittainen suojaus)	Kestopeite (osittainen suojaus)	135	96	5,83	4800	559,20	33360,00	kyllä
Kestopeite+suojamuovi	suojamuovi	170	96+39	6,23	6750	574,80	35540,00	osittain
TAKAISINMAKSUAIKA								
materiaali (varastointi/kuljetus)	materiaali (asennus)	menekki/moduuli (m2)	€/m2	menekki m2/hanke	€/moduuli	€/hanke	uusiokäyttöä	
Kestopeite+suojamuovi	suojamuovi	96+39	6,23	6750	574,80	28740,00	osittain	
Pressu+suojamuovi	pressu	80+80	6,17	8000	493,60	24680,00	osittain	
Suojamuovi - suojamuovi	suojamuovi	148	0,40	7400	59,20	2960,00	ei	
1 hanke 50 moduulille								
	Kestopeite+suojamuovi	Pressu+suojamuovi	Suojamuovi - suojamuovi					
tth (yks)	3,4	3,26	3,7					
tth (kok)	170	163	185					
töiden hinta (40€/h/hlö)	6800	6520	7400					
materiaalihinta	28740,00	24680,00	2960,00					
Hanke 1	35540,00	31200	10360					
Hanke 2	9760,00	9480,00	10360					
Hanke 3	9760,00	9480,00	10360					
Kokonaiskustannukset	55060	50160	31080					

