

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma / Rakennesuunnittelu

Ville Konka

PUUELEMENTTITUOTANNON LAADUNHALLINTA

Opinnäytetyö 2014

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

KONKA, VILLE

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Huhtikuu 2014

Avainsanat

Puuelementtituotannon laadunhallinta

37 sivua + 2 liitesivua

lehtori Anu Kuusela, lehtori Jani Pitkänen

Woodprime Oy

puuelementti, laatu, dokumentointi, laadunhallinta

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää puuelementtien valmistukseen sovellettava laadunhallintajärjestelmä. Tämän työn tarkoitus on tutkia ja listata perusteellisesti eri osakokonaisuuksien vaikutuksia valmiiden puuelementtien laatuun sekä laatu-
tupoikkeamiin. Laatu-
tupoikkeamat tarkoittavat tässä tapauksessa asioita, jotka voivat muodostua joko materiaaliteknisistä syistä tai työmenetelmistä.

Tavoitteena on antaa kokonaiskuva laatuun vaikuttavista asioista ja tehdä ohjeistus toimenpiteisiin, joilla pystytään tehokkaasti minimoimaan valmiiden tuotteiden laatu-
virheet. Esiin tulevista ongelmista osa voidaan ratkaista välittömästi muuttamalla toimenpiteitä elementtien valmistuslinjalla, osa vaihtamalla valmistuksessa käytettäviä materiaaleja tai niiden esikäsittelyä jo ennen tuotantoon siirtämistä. Tätä työtä voidaan hyödyntää myös suunniteltaessa tuotannon tehostamiseen liittyviä toimia tulevaisuudessa ja näin ollen voidaan varmistaa, ettei jo aiemmin esiintyneitä virheitä toistettaisi uudelleen. Tässä työssä käytetty aineisto on kerätty laadunvalvontatöiden yhteydessä tuotantolaitoksen elementtilinjalla. Myös asiakkailta saatua palautetta on hyödynnetty tässä laadun kehittämistyössä.

Lopputuloksena tämä työ johtaa elementin mukana liikkuvaan tarkastuslistaan ja laadudokumenttiin, joka toimitetaan asiakkaalle ja työpisteille toimitettaviin ohjeisiin materiaalien laadun valvomiseksi. Jatkossa tämän tyyppisiä tutkimuksia kannattaisi tehdä aina tietyin väliajoin, jotta varmistettaisiin laadun pysyminen vaaditulla tasolla.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Construction Engineering

KONKA, VILLE

Bachelor's Thesis

Supervisor
turer

Commissioned by

March 2014

Keywords

Quality Management in Wood Element Manufacturing

37 pages + 2 pages of appendices

Anu Kuusela Senior Lecturer, Jani Pitkänen, Senior Lec-

Woodprime Ltd

wood element manufacturing, quality management

The subject of this thesis was quality management of wood element manufacturing. In this work, impact of different sub-assemblies on the quality of the product and quality deviations of the finished wood element were investigated and listed. Quality deviations can derive from technical aspects of the material or work methods.

The aim was to create an overall picture of the quality factors, as well as to make operational guidelines, which enable to efficiently minimize quality defects in the finished products.

Some of the problems can be resolved immediately by changing the functions of the element production line, and others by changing the materials or their pre-processing before taking them to the production.

This thesis can also be used when planning more effective production in the future. This will also ensure that the same errors are not repeated.

The material for this thesis has been collected directly from quality work of a panel production line. Feedback from customers has been also utilized as part of the development of quality.

The result of this work involves a checklist that accompanies the element through the production process, a quality document to be delivered to the customer, and specific instructions for the workstations.

SISÄLLYS / CONTENTS

TIIVISTELMÄ / SUMMARY

1	JOHDANTO	6
2	SUUNNITTELUN LAADUNHALLINTA	7
	2.1 Myynti ja sopimusvaihe	7
	2.2 Elementtien suunnittelu	7
3	MATERIAALIN LAADUNHALLINTA	9
	3.1 Kantavien rakenteiden puutavara	9
	3.1.1 Sahatavara	9
	3.1.1.1 Puutavaran kosteus	10
	3.1.1.2 Puutavaran muodonmuutokset	12
	3.1.1.3 Puun lenkoaminen	13
	3.1.1.4 Puutavaran kieroutuminen	14
	3.1.1.5 Kupera puutarava	15
	3.1.1.6 Syrjäsuuntainen kieroutuminen	16
	3.1.1.7 Sahatavaran hankinnan kehittäminen	17
	3.1.2 Viilupuu	18
	3.1.2.1 Viilupuunturpoaminen	18
	3.1.2.2 Pituuden toleranssit	21
	3.1.3 Vaneri	22
	3.2 Sekundaaristen rakenteiden puutavara	23
	3.2.1 Lisäeristyksen koolaus	23
	3.2.2 Julkisivun lisäkoolaus materiaalit	24
	3.2.3 Julkisivupaneeli	25
	3.3 Höyryn- ja ilmansulkumateriaalit	27
	3.4 Lämmöneristeet	28
	3.5 Materiaalin vastaanotto	28
4	KOKOONPANON LAADUNHALLINTA	29
	4.1 Katkaisu ja koloaminen	29
	4.2 Kantavan rungon kokoonpano	30
	4.3 Höyryn- ja ilmansulun kokoonpano	30

4.4 Lisäkoolauksen kokoonpano	31
4.5 Villoitustyö	31
4.6 Levytys	32
4.7 Koolaus	32
4.8 Panelointi	33
5 LAADUNHALLINNAN TYÖKALUT	34
5.1 Materiaalien laadunhallinta ja käytetyt materiaalit	34
5.2 Kokoonpanotyön tarkastusasiakirja	35
LÄHTEET	37
LIITTEET	
Liite 1. Ulkoseinäelementin laatudokumentti	

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty puuelementtejä valmistavalle Woodprime Osakeyhtiölle Kouvolassa, jonka tuotantolaitos sijaitsee Voikkaan kaupunginosassa osoitteessa Myllytie 10. Tämän työn tarkoituksena on luoda puuelementtituotannolle vakituisesti käyttöön otettava laatudokumentaatio. Laatudokumentaatio on tarkoitus jatkossa tehdä jokaiselle tuotannossa valmistettavalle elementille erikseen, eli laatudokumentaatio koskee jokaista tehtyä tilausta.

Woodprime Osakeyhtiö on yritys jonka liiketoimintaan kuuluu pääasiallisesti puuelementtien valmistus. Tilauksistain elementtien valmiusaste ja kokonaistoimituksen laajuus voivat vaihdella asennuksesta aina erillisiin niin sanottuihin ei puurakenteisiin moduuleihin. Tässä työssä on kuitenkin keskitytty vain ydintoimintaan ja kokoonpanotuotantoon sekä siihen liittyvään laadunvalvontaan.

Laadunvalvonnan tarve on tullut halusta kehittää oman tuotannon laatua ja vähentää laatupoikkeamia valmistettavissa tuotteissa. Omalta osaltaan tähän vaikuttaa myös asiakkaiden ja viranomaisten erilaiset vaatimukset. Kyseinen laatudokumentaatio on myös osa tuotantoon liittyvää suurempaa auditointia, jossa tehtaalta vaaditaan tuotannon vakiinnuttamiseen liittyviä asioita.

Dokumentoinnilla on myös oma osuutensa siihen, kun valmistaudutaan puuelementtituotteilta tulevaisuudessa vaadittaviin CE merkintöihin. Näin tuotannon ja sen dokumentoinnin ei tarvitse ottaa yhtä yksittäistä suurta askelta, vaan laatu prosessia voidaan kehittää tasaisesti tulevien vuosien aikana.

Työn ja lopputuloksen kannalta on erittäin tärkeää keskittyä vain laadun ja valmistuksen keskeisiin kohtiin. Tämä tarkoittaa sitä, että lopputuloksessa eli tarkastusasiakirjoissa näkyy vain rajallinen määrä kohtia, joiden tarkistamiseen kokoonpanossa työntekijät keskittyvät. Kohde-, ja elementtikohtaisesti on mahdollista, että tulee myös erikseen valvottavia detaljeja. Näitä yksityiskohtia ei kuitenkaan liitetä osaksi elementtityön tarkastuslistaa, vaan erikseen painotettavat asiat kirjataan jatkossakin suoraan elementistä piirrettyyn yksityiskohtaiseen kuvaan ja näin ollen laaduntarkastuslistaa ei tarvitse tehdä erillisenä uudestaan.

Hyvin hoidettu ja toteutettu laatudokumentaatio on myös yrityksen markkinoinnin kannalta erittäin tärkeää, sillä asiakkaalle tämä dokumentointikäytäntö kertoo yrityksen halusta kantaa oma osansa asiasta vastuullisella ja luotettavalla tavalla. Samalla se myös kertoo yrityksen erinomaisesta ammattitaidosta.

2 SUUNNITTELUN LAADUNHALLINTA

2.1 Myynti ja sopimusvaihe

Sopimusvaiheessa laadun kannalta tärkein asia on, että toimituksen suunnittelulle ja materiaalihankinnoille varataan riittävästi aikaa. Materiaalihankinnan pullonkaulan muodostavatkin yleensä tilaustuotteiden hankinta. Varastotuotteiden toimitusaika on yleensä tilauksesta alle viikon, mikä ei aiheuta ongelmia tuotannon aloittamiselle, mutta keskeisten tuotteiden, kuten paneelien toimitusaika on toimittajista riippuen neljästä kuuteen viikkoa tilauksen tekemisestä. Samoin ikkunoiden toimituksissa tulee varautua vähintään puolentoista kuukauden toimitusaikaan.

Sopimusvaiheessa tulee sopia myös elementtien rakenteisiin liittyvistä asioista kuten liitosdetaljeista ja arkkitehtuurisista asioista, vaikkapa esimerkiksi ikkunan pielistä. Mitä enemmän tuotannossa on yleisesti käytettyjä detaljeja, jotka saadaan sisällytettyä tilaukseen, sitä varmemmin niitä pystytään tuotannon kokoonpanossa toteuttamaan. Sopimusvaiheessa onkin tärkeää myydä mukaan mahdollisimman monta ”tuotannon vakiota” kuin on mahdollista. Jokaisen uuden asian jalkauttaminen tuotannossa vie aikaa ja vaatii koulutusta sekä harjoittelua.

2.2 Elementtien suunnittelu

Elementtien suunnitteluun ja materiaalien hankintaan varattu aika kulkee yleensä niin sanotusti käsi kädessä. Elementin suunnitteluprosessi alkaa lähes aina rakennuslupakuvien pohjalta, jotka elementtien tilaaja on toimittanut palvelun tarjoajalle. Kohteita, joissa seiniä on osin toteutettu myös betonirakenteisina, tulee ennen puurakenne ja elementtisuunnittelun aloittamista toimittaa niin betonirakenteiden rakenne- kuin elementtikuvat. Näin puurakenteet saadaan sovitettua samalla kertaa liittyviin rakenteisiin.

Elementtisuunnittelun jälkeen niistä piirretyt kuvat toimitetaan tilaajan hyväksyttäväksi, ja samalla tilaajan rakennesuunnittelija tarkastaa toimitetut kuvat. Jos niissä on tar-

vetta muutoksille, hän tekee sen kirjallisesti ohjeistaen. Seuraavassa vaiheessa kyseiset kuvat siirtyvät LVIS- suunnittelijoiden käyttöön mistä palaututtuaan kuvat toimitetaan uudelleen tilaajalle hyväksyttäväksi.

Valmiiden ja hyväksytyjen kuvien pohjalta voidaan tämän jälkeen aloittaa tuotannon suunnittelu sekä mallielementin rakentaminen. Mallielementillä voidaan varsin tehokkaasti kontrolloida suunnitellun ja valmistetun elementin laatua sekä yksityiskohtia ja soveltuvuutta niin työteknisesti asennuksessa kuin sen jälkeisissäkin rakennusvaiheissa.

Mallielementistä voidaan todeta ja tarkastaa seuraavat asiat:

- Liitos-, ja kiinnityskohtiin liittyvät detaljiikat
- Höyryn-, ja ilmansulkurakenteet sekä läpivientikohdat
- Rungon rakenne
- Villoitus
- Levytys
- LVIS- varaukset
- Panelointi ja siihen liittyvä etenemä sekä aloitus ja lopetuskorot
- Ikkunan asennussyvyys ja vesipellitys sekä ulkopuolinen listoitus
- Elementin pakkaustapa
- Palokatko-asioihin liittyvät rakenteet
- Maalaus ja maalikerrosten määrä

Tilaajan hyväksytyä mallielementin, voidaan aloittaa elementtien varsinainen tuotanto. Tämä edellyttää sitä, että suunnitelmiin ei tarvitse tehdä suuria rakenteellisia muutoksia prosessin tässä vaiheessa. Yleensä tässä vaiheessa tehtävissä katselmuksissa todetaan kuitenkin vain hyvin pieniä muutoksia.

Valmistetusta mallielementistä selviää myös mahdollisen paneloinnin laskennallinen etenemä ja todellisen etenemän erotus. Tämä on seikka joka pitää ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

Mallielementistä voidaan myös tarkistaa vastaako laskennallinen hukkaprosentti toteutunutta hukkaprosenttia. Näin voidaan tarkistella ja arvioida materiaalien menekkiä, etteivät tarvittavat materiaalit pääsisi loppumaan kesken tuotannon.

Mallielementtikatselmusta ei ole tähän asti käytetty vielä kertaakaan tämän yrityksen missään kohteessa. Ongelma on toki tiedostettu, mutta siihen ei ole haluttu sitoutua. Mallielementtikatselmusta on jälkikäteen kaivattu niin tilaajan kuin toimittajankin taholta.

Katselmuksessa voidaan tehdä myös säästöjä samalla kuin viimeistellään sopimusta. Esimerkiksi työmaa voi halutessaan ottaakin vesipellitykset ikkunoihin materiaalityöna mieluummin kuin tehtaalla asennettuna. Tällöin ne hyvitetään asennuksen kuluissa, mutta voidaan säästää kuljetuksen aikaisesta elementin suo-
jauksesta vesipeltien osalta ja näin saadaan mitä todennäköisimmin kuljetettua yksi elementti kuormassa enemmän työmaalle.

Liuksialan (2004,138) mukaan tilaajalla on myötävaikuttamisen velvollisuus osallistua mallielementtikatselmukseen. Jos hän jättää tämän käyttämättä, hän luopuu samalla oikeudestaan reklamoida asioihin jotka olisi mallielementti katselmuksessa voitu vielä muuttaa.

3 MATERIAALIN LAADUNHALLINTA

3.1 Kantavien rakenteiden puutavara

3.1.1 Sahatavara

Elementin rungon tolppana käytetään nykyisin vain mitallistettua ja lujuusluokiteltua puutavaraa. Puutavaran laatuvaatimukset on esitetty RT-kortistossa. RT 21–10978-tiedostossa.

Puutavaran dimensiot ja lujuusluokan määrittelee rakennesuunnittelija. Tässä vaiheessa hankintaosaston tehtäväksi jää vain ainoastaan tilata riittävän lujuusluokan lisäksi myös oikein mitoitettua tavaraa, jotta työstä syntyvä hukka jäisi mahdollisimman pieneksi. Käytännössä tuotantoon tilattavan tavaran on oltava 6 metriä pitkää, sillä elementtien korkeudet vaihtelevat 2,7 metristä 3 metriin.

Aikaisemmasta kuuden metrin puutavaran pituusvaateesta kannattaa kuitenkin poiketa sillä jos runkotolpan pituus jää 2,7 metriin, on järkevämpää sekä laadullisesti että taloudellisesti tilata 5,4 metriä pitkää mitallistettua puutavaraa. Puu on silloin koti- maista, ja siitä jäävä hukka on parhaimmillaan 0-prosenttiyksikön luokkaa.

3.1.1.1 Puutavaran kosteus

Tilausvaiheessa rungon puutavaralle on määriteltävä kosteuspitoisuudeksi >24 % sillä puun dimensiot elävät lämpötilan ja ilmankosteuden vaihtelujen mukaisesti. Liian kosteana mittaansa sahattu puu kutistuu sen kosteuspitoisuuden laskiessa ohessa olevan taulukon 1 mukaisesti. Liiallinen kosteudesta johtuva kokoonpuristuminen yhdistettynä kuormituksen mukanaan tuomaan kokoonpuristumiseen voi aiheuttaa lopputuotteessa levytyksien halkeilemista ja pahimmillaan puukerrostaloissa jopa viemärien kaatojen muutoksia.

Kosteutta on kuitenkin helppo tarkkailla ja mitata siihen tarkoitettulla puunpinnan kosteusmittarilla. Mittaus tapahtuu kaksipiikkisellä mittarilla, jossa kyseinen laite mittaa piikistä toiseen kulkevaa sähkövirtaa. Puussa sähköä kuljettaa puuhun kertynyt vesi eli kosteus. Mitä vähemmän mittauksessa sähköä virtaa anturista toiseen, sitä kuivempaa puu on.

Rungon puutavaralle suositellaan varastointi ja käyttökosteudeksi alle 24 %. RT21-10978 (taulukko 1) kortin mukaan voidaan arvioida ohjeellisesti sahatavaran muodonmuutoksia.

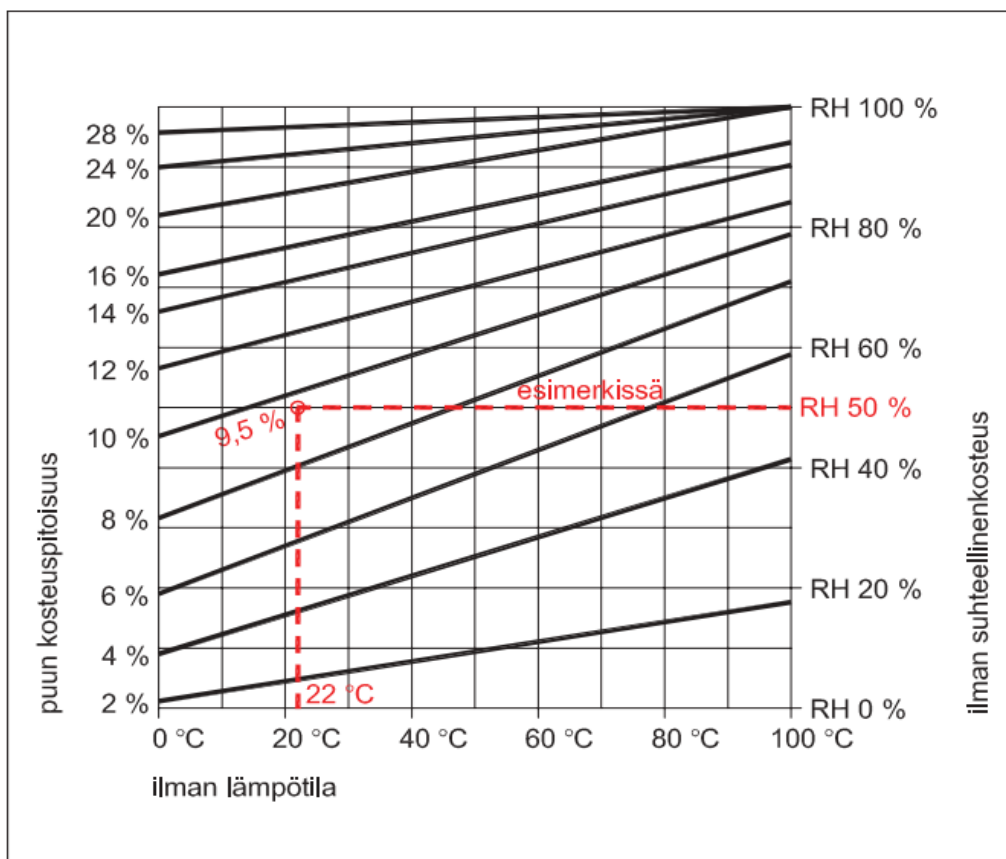
Taulukko 1. Puun muodon muutokset (RT 21- 10978.)

Sahatavaran kosteuspitoisuuden muutos	1 % -yksikköä
Poikkileikkauksen mittamuutokset	0,25 %
Pituuden muutos	0,02 %

Tuotantotilojen kosteus voi ilman erillistä ilmankosteuden tasaamista vaihdella kesän RH 70 %:sta suhteellisesta kosteudesta alkusyksyn RH 30 %:iin. Odotettavissa on, että kosteus laskee talven aikana RH 10 %:n - tasolle. Kosteuden muutos tapahtui syksyllä heti pakkasten alkaessa, jolloin tuotantotiloissa kosteusprosentti laski RH 66 %:sta -> RH 33 %:iin. Tällainen kosteuden muutos tarkoittaa käytännössä viiden metrin mittaiselle 48 mm x 198 mm runkopuulle, 18 °C -asteen lämpötilassa kosteuspitoisuuden muutosta 12,5 %:sta 3,5 %:iin. Tällainen 9 %:n kosteuspitoisuuden muutos kyseisessä puutavarassa johtaa 9 mm:n pituus kutistumaan ja leveys suunnassa 4,42 mm:n sekä paksuudessa 1,1 mm:n kutistumaan.

Uusi RunkoPES 2.0 (2014,Osa 9,1) vaatii puun kosteuden olevan tuotantoon saapuaan aikaisempaa kuivempaa. RunkoPES:n mukainen kosteuspitoisuus on 15 %. Samassa julkaisussa on valmistustarkkuus jaettu kolmeen valmistusluokkaan kohteen vaativuuden mukaan.

Taulukko 2. Puun kosteuspitoisuuden muutokset (RT 21-10978.)



Rungon puutolpan keskimääräinen pituus vaihtelee 2 500 ja 2 900 mm:n välillä. Alle kolmen metrin matkalla pahimmillaan 4,5 mm:n muutos tuntuu käsittämättömän kovalta. Puun kosteuden käyttäytymisen ongelmaa on suunnitteluvaiheessa lähes mahdollista huomioida.

Painumien ja tuotannon kannalta onkin jo ostovaiheessa erittäin tärkeää määritellä puutavaralle tiukemmat kosteuspitoisuuden vaatimukset. Sahoilta saapuville tavaroille on pahimmillaan mitattu tulokseksi lähes kaatokosteus joka on 28 %, kun tuoreen havupuun kosteuspitoisuus on noin 30 %:n luokkaa (RT 21- 10978,4).

Tämä ongelma saadaan poistettua sillä, että ostetaan tuotantoon vain runkopuutavaraa jonka kosteus jää alle 18 %:n, ja tämän jälkeen kyseisen puutavaran annetaan kuivua vielä kuukauden ajan tuotantotiloissa. Puun tulee olla niin kuivaa, kuin se vain luonnollisesti kuivattamalla saadaan, eli 15 % (RT 21- 10978,4).

3.1.1.2 Puutavaran muodonmuutokset

Puutavaran ominaisuuksiin kuuluu myös muita erilaisia muodonmuutoksia. Muodonmuutokset on kuvattu seuraavalla sivulla kuvassa 1. Puutavara voi olla kieroja, haljennutta, pituussuuntaisesti vääntynyttä tai kuperaa. Valmiin tuotteen laatuun on tällä saman verran merkitystä kuin puun pituudellakin.

Kuljetuspakkauksessa muodonmuutoksia ei merkittävästi tapahdu, koska siinä puutavara on sidottuna pannoilla nipuksi. Puutavaran kieroutuminen alkaa tässä tapauksessa vasta paketin avaamisen jälkeen, kun elementtiä varten sahattu puutavara siirretään irtotona nippuna runkopisteelle kokoonpanoon. Mitä homogeenisempaa puun rakenne on, sitä vähemmän puussa tapahtuu muodonmuutoksia. Puun lustojen suhde vaikuttaa muodonmuutokseen tai kutistumiseen. Mitä suuremmat vuosilustot ovat tai lustojen pinta-alat, sitä voimakkaampaa on puun kuivuessa kutistuminen.

Toinen Suomessa yleisimmin käytetty sahaustapa on pelkkasahaus. Pelkka voidaan sahata normaalisti kahdella eri tavalla. Sydänvapaassa sahauksessa puusta sahataan pois puun ydin tai toinen vaihtoehto on jättää sydän paikoilleen, mutta sahata puu halki sydämen kohdalta. Sydänvapaata sahaustavaraa voidaan pitää aiemmin mainittujen puun kutistumistapajon pohjalta parempana, sillä näin sahattuna puu jää homogeenisemmäksi rakenteeltaan ja lopputuote pysyy paremmin halutussa muodossaan sekä dimensiossaan. Pelkkasahaus on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Pelkkasaha (Puuproffa 2012)

3.1.1.4 Puutavaran kieroutuminen

Ongelmia, joita syntyy etenkin villoituksen yhteydessä kun vääntyneet runkotolpat muodostavat rungon, joissa tolppien keskinäinen etäisyys ei pysy aina samana koko tolpan matkalla. Tällöin villajaolle tehdyssä elementissä voi villa asettua tiiviisti elementin ala- ja yläreunasta, mutta se voi jäädä vajaaksi keskiosasta.

Tuotannossa, jossa alla esitetty ongelma voidaan ratkaista asettamalla villalevyt vaakasuoraan ja sovittamalla näin pituudet oikean mittaisiksi, mutta tällä tavalla ei ongelmaa kuitenkaan poisteta, vaan ainoastaan estetään ongelman paheneminen.

Alla kuvassa 4 on edellä esitetyn kaltainen tilanne jossa runkotolppa olisi jo runkovaiheessa pitänyt korvata suuremmalla vaihtoehdolla. Ongelman syntymiseen eli tässä tapauksessa puun suoruuteen ei voida vaikuttaa sahauksella vaan ainoaksi vaihtoehdoksi jää kyseisen kappaleen korvaaminen uudella.



Kuva 4. Puutavaran kieroutuminen

3.1.1.5 Kupera puutavara

Kupera (propelli) puutavara on haittana elementin kokoonpanossa elementin rungon syvyys suunnassa. Jokaisen runkotolpan tulisi olla suorassa pystysuunnassa, vaakasuunnassa sekä syvyys suunnassa. Kuperaa puutavaraa ei saa käyttää ja jos runkopuiden suoruutta yritetään oikoa voimakeinoin, niin tällöin muodonmuutos siirtyy pakko voimana kappaleeseen. Tavallisesti ongelma on runkotolpan päässä.

Alla olevasta kuvasta 5 käy hyvin ilmi se että kappaletta on alettu oikaisemaan pakko keinoin, eli tapauksessa on todennäköistä se, että kyseinen korjaustapa johtaa edellisessä jaksossa esitettyyn ongelmaan. Tällaisessa tapauksessa ainoa vaihtoehto on runkotolpan vaihtaminen laatutasoon sopivaksi. Villan pidemmästä laidasta vinoon leikkaaminen ei tule kyseeseen, villan oikeaoppisesta asentamistavasta johtuen.



Kuva 5. Kieropuu runkotolppana

Kuperuus sahatavarassa aiheuttaa ongelmia villoituksen lisäksi myös silloin kun elementtiä tehdään mittatarkaksi. Silloin jos kupera puu sijaitsee elementin jommassakummassa reunassa, tulee ristimitasta epätarkka, sillä puu voi olla suora sen toisesta päästä mutta kupera vasta toisesta, joten näin ollen ristimitta kasvaa vaikka elementti todellisuudessa olisikin suorassa. Pahimmillaan tämä voi aiheuttaa ristimitaan noin kolmen millimetrin poikkeaman, joten siitä ei aiheudu merkittävää ongelmaa ja elementti jää annettujen toleranssirajojen sisälle.

3.1.1.6 Syrjänsuuntainen kieroutuminen

Kiero tai väärä puu voi olla myös kiero puun syrjän suuntaisesti eli lenko. Tällöin valmiista seinärakenteesta tulee ulos-, tai sisäänpäin kaartava. Aiemmin tekstissä käsiteltäessä sahaustapoja todettiin tämän ilmiön koskevan jokaista runkoa. Kuvassa 6. esitettyssä runkotolpassa nähdään selvästi tästä johtuvan sydänpuun epäkeskinen sijoittuminen mitallistetussa runkopuutolpassa. Uudessa RunkoPES 2.0 määritellään korkeus suuntaiselle suoruudelle raja-arvoksi valmistusluokka 3:ssa $\pm 0,1$ % elementin korkeudesta. Luokissa 1 ja 2 $\pm 0,15$ %. Kuvassa 6. kuvatus elementin korkeus on 3080 mm joten suoruuden raja-arvoksi tulee 4,62 mm. Raja-arvo mitataan elementin keskikohdasta. Kuvan 6. elementin toinen pää irtosi reunasta 8 mm, joten keskikohdassa poikkeama on 4 mm. Tämä riittää täyttämään valmistusluokka 2 ehdon kaksikerroksisessa rakennuksessa, mikäli rakennus olisi yli kolmikerroksinen, suoruuden raja-arvo ylittyisi. (RunkoPES, 2014, osa 9,1)

Edetessä kohti vaativampia kohteita ja automatisoidumpaa tuotantoa tulee runkopuutavarassa harkita hieman arvokkaamman liimajatkettun tavaran käyttöä, sekä runkotolppien tilaamista suoraan määrämittaan katkaistuina alihankkijalta. Tällöin laadunvalvonta runkotolpista helpottuu ja toimittajalta voidaan vaatia tasaisempaa ja parempaa laatua, koska kyseessä ei ole enää sahatavara vaan siitä jatkojalostettu tuote.



Kuva 5. Lenko runkotolppa

3.1.1.7 Sahatavaran hankinnan kehittäminen

Tällä hetkellä runkopuun hankinnassa tilanne on sellainen että on keskitytty lähes kokonaan tilaamaan sellaisia pituuksia, joissa hukka jää mahdollisimman pieneksi. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tilattu tavara on mitaltaan kuusi metristä ja lujuusluokka on C24. Lujuusluokkaan perustuvassa sahatavaran ostotoimintoja tulisi kehittää siten, että puumateriaalin ostoissa keskityttäisiin seuraaviin asioihin:

- Lujuusluokka on oltava C24
- Tuotantoon hyvin soveltuva pituus
- Sahatavara on laadultaan A tai B luokkaa
- Systemaattinen testaus eri sahojen tuotteista sekä yhteistyön kehittäminen sellaisen toimittajan kanssa joka pystyy toimittamaan tasaisesti hyvänlaatuista tavaraa
- Puutavaran ostossa laadun on ohjattava ostotoimintaa sillä säästö tulee hukan pienentymisestä sekä nopeammasta tuotannosta
- Kuusi metrinen tavara on pääosin tuontipuuta
- Puutavarassa havaitut virheet on reklamoitava välittömästi ja tuotteet palautettava heti
- Puutavaralla tulee järjestää lisää säilytystilaa, esimerkiksi piikkihyllyjä

Sormijatkettu sahatavara olisi tuotannonkannalta järkevin vaihtoehto. Jatketussa sahatavarassa voidaan vaikuttaa siihen mitä osaa puusta käytetään, sahatavaran kappaleita voidaan tehdä halutusta puunosasta vaikkapa esimerkiksi sydänpuusta. Tulevaisuudessa jos yhtiö tulee kehittämään automaatioon perustuvan katkaisu-, ja loveuslinjan tulee tämä hukan kannalta entistä edullisemmaksi vaihtoehdoksi käyttää entistä pidempää sahatavaraa. Mikäli voitaisiin käyttää pituudeltaan 12 metristä runkotolpan raaka-ainepuuta, pystyttäisiin silloin suunnittelemaan sahausjärjestys koko meneillään olevalle elementtiprojektille. Tällöin hukkamäärä pieneneisi koska sahausta pystytään ohjaamaan ennalta.

3.1.2 Viilupuu

Viilupuu on virallinen nimi puutuotteelle jossa puuviiluja on liimattu toisiinsa muodostaen palkki-, ja levytuotteita. Käytännössä puhutaan lähes poikkeuksetta kertopuusta, joka on Metsäliitto Osuuskunnan kauppanimike kyseisille tuotteille. Tässäkin työssä jatkossa käytetään kertopuu termiä.

Kertopuuta käytetään elementeissä seinäelementtien yläpuuna erinomaisen lujuutensa vuoksi, sekä erilaisissa lattiaelementeissä samasta syystä.. Kertopuuta saa myös halutun mittaisena. Maksimipituus kotimaiselle kertopuulle on 23 metriä. (Metsäwood, 2014)

Seinäelementtien suunnittelussa riittää kun kertopuu on tilattu tuotantoon soveltuvina pituuksina ja puun lujuus on riittävä. Tuotannollisia ongelmia voi syntyä vasta siinä vaiheessa kun seinäelementissä asetetaan kaksi tai useampi palkki rinnakkain yläpuuksi. Lattiaelementissä kertopuusta aiheutuu ongelmia joka elementissä.

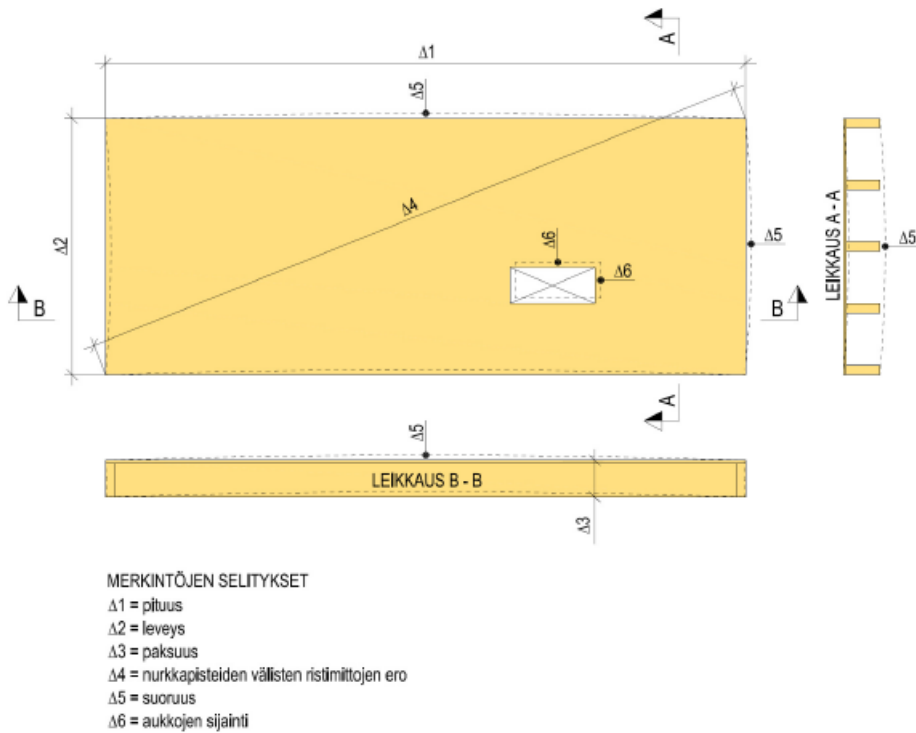
3.1.2.1 Viilupuunturpoaminen

Valmistuksen kannalta kertopuun ongelmat ovat kertopuulle sallitut toleranssit eli sallitut poikkeamat ilmoitetusta läpileikkauksen koosta. Esimerkiksi palkki joka on kooltaan 51 x 300 voi todellisuudessa olla kokoa 54 x 298. Tällöin leveysmitta on kasvanut kolme millimetrillä ja korkeudesta vastaavasti puuttuu kaksi millimetriä.

VTT sertifikaatin VTT-C-184-03 mukaan kertopuu on valmistettu kolmen millimetrin paksuisista kuusi tai mäntyviiluista. Kertopuutuotteet ovat valmistettu liimaamalla kuivatut puuviilut toisiinsa. Valmistuksessa tehtaalla kertopuun kosteus on 8-10% luokkaa joten verrattuna aiemmin esitettyyn sahatavaraan kertopuu on varsin kuivaa. (VTT-C-184-03, 2012,5)

Alhainen valmistuskosteus aiheuttaa kertopuulle todennäköisemmin turpoamista kuin kutistumisissa. Kertopuutuotteet elementtitehtaalla ovat tuotantoon mennessä kosteudeltaan 10 -16 prosenttiyksikön välillä. Tällöin puun poikkileikkauksen mitat kasvavat.

Tällöin on ongelmana Runko PES 2.0 esitettyjen vaakarakenne-elementtien valmistukseen liittyvä tarkkuus. Tämä puun turpoaminen vaikuttaa myöhemmin esitettävään ▲5 toleranssimittaan jolla määritellään elementin sivujen suoruuden suurimmat sallitut poikkeamat. Kuvassa 6 on esitetty ▲5 lisäksi muutkin vaakarakenteisen elementin poikkeamat joita tuotannossa tarkkaillaan elementti kohtaisesti. (RunkoPES 2.0, 2014, osa 9,1)



Kuva 6. Vaakarakenne-elementin valmistustarkkuuksien selitykset (RunkoPES 2.0, 2014, osa 9,1)

Taulukko 3. Vaakarakenne-elementin valmistustarkkuudet (RunkoPES 2.0, 2014, osa 9,1)

Taulukko 2. Vaakarakenne-elementtien valmistusluokkien toleranssit (puun kosteuspitoisuus 15 %, mitataan tehtaalla)			
Ulottuvuus	Valmistusluokka 3	Valmistusluokka 2	Valmistusluokka 1
Pituus ≤ 6 m > 6 m	± 5 mm	± 0,15 % ± 10 mm	± 0,25 % ± 20 mm
Leveys ≤ 3 m > 3 m	± 5 mm	± 0,15 % ± 10 mm	± 0,25 % ± 20 mm
Paksuus	min(± 5 mm/1,5 %)	± 5 mm	± 7 mm
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero ≤ 6 m > 6 m	± 0,10 % ± 10 mm	± 0,15 % ± 15 mm	± 0,25 % ± 25 mm
Suoruus (koko elementin pituus) - pituus, leveys	± 0,1 %	± 0,15 %	± 0,25 %
Aukkojen sijainti	± 5 mm	± 10 mm	± 15 mm
Liittyvien rakenteiden loveus - loven pituus, syvyys, leveys	+ 2 mm	+ 4 mm	+ 6 mm

Esimerkkinä kosteuden vaikutuksen havainnollistamiseksi voidaan käyttää RunkoPES:issä kuvassa 6. esitettyä elementtiä. Jokaiseen tasoelementtiin laitetaan varsinaisia primääripalkkeja tukemaan palkkien väliin tukipalkit. Nämä tukilinjat asetetaan paikoilleen rakennussuunnitelmien mukaisesti, yleensä elementin pituuden kolmasosa pisteisiin. Nämä tukilinjat vaikuttavat muun muassa pienentämään elementin värähtely ominaisuuksia ja auttavat elementtiä säilyttämään muotonsa.

Sovitaan, että kuvassa 6. esitettyssä elementissä on viisi palkkia joiden k- jako on 400 mm. Palkkien poikkileikkauksen dimensio 51mmx300mm ja elementin kokonaisleveys näin ollen kaksi metriä. Rakennekuvat piirretään kertopuun nimellisarvoja käyttäen jolloin primääri palkin välipuun pituuden tulisi olla 349 millimetriä. Jos kuitenkin kertopuu on kosteuselänyt varastoinnissa, mikä on enemmän kuin todennäköistä, on poikkileikkauksen dimensio kasvanut puunturpoamisen seurauksena mittoihin 53mmx300mm.

Näin ollen mittatarkasti valmistettu välipuun ja turvonnut primääripalkki muodostavat elementin jossa leveysmitta on elementin kolmasosapisteiden välillä 2010 mm halutun 2000 mm sijasta. Valmistusluokissa yksi ja kaksi tämä menisi vielä läpi, mutta ei enää valmistusluokassa kolme. Yleensä vaakarakenne-elementit ovat leveämpiä kuin 2000mm, joten mittatoleranssit eivät näin täyty.

Ongelma voidaan nopeasti korjata sahaamalla elementin viimeisen välin välipalikat lyhyemmiksi jolloin saadaan leveysmittatoleranssien sisäpuolelle. Tällöin suorassa on kuitenkin vain kaksi ulointa primääripalkkia ja elementin sisällä palkit eivät kulje täysin suorassa linjassa.

Suunnittelijan tulisi ottaa kosteus huomioon kertopuu sertifikaatissa kohdassa 7.1 esitetyn kaavan avulla ja laskea sekä muuttaa rakennepiirustukseen sahattavien välipalikoitten koot aina kyseistä kosteusolosuhdetta vastaaviksi. Tosin, tämä ei ole järkevä vaihtoehto, koska silloin kertopuun muiden mittojen pitäisi olla valmistuksessa täysin nimellismittaisia.

Kun leveyden ongelman syy on selvitetty ja tiedostettu tuotannossa, voidaan se kuitenkin ratkaista suoraan elementin valmistusvaiheessa. Helpoiten kosteuden vaikutus voidaan mitata laittamalla kolme primäärikertopuupalkkia vierekkäin ja mitata niiden yhteisleveys, jolloin jakamalla saatu yhteisleveys kolmella saadaan selville kertopuun kulloinenkin valmistusaikainen leveys.

Näin saadulla tiedolla voidaan vähentää primääripalkkien välipuista 1-3millimetriä, jolloin viimeisessä palkkivälissä ei tarvitse tehdä useamman senttimetrin suuruista korjausta. Tuotteesta tulee myös aukotuksen kannalta tasalaatuisempi kun kaikki elementin primääripalkit kulkevat yhden suuntaisesti eikä kaarevasti.

3.1.2.2 Pituuden toleranssit

Kertopuupalkeissa tulee ottaa huomioon myös kertopuun varsin suuri pituusmitan toleranssi. VTT sertifikaatissa on pituusmitantoleranssi +/- 5 mm kaikissa kertopuun pituuksissa. Tilattaessa tasan 6000 mm pitkiä palkkeja saadaan 5990–6010mm pitkiä palkkeja. (VTT-C-184-03, 2012,7)

Tällöin palkkeja ei voida suoraan käyttää vaatimusluokan kolme kohteissa, vaan se edellyttää tuotannossa palkkien mittojen tarkastamista ja korjaamista. Tasorakenteissa ei kannata kokemukseen perustuen hyväksyä toleransseja luokista yksi ja kaksi, koska asennuksen kannalta tämä ei ole haluttu vaihtoehto työmaalla.

Kun pituudessa toimittaja saa toimittaa myös sellaisia pituuksia, joissa on sallittua toimittaa negatiivista pituuden heittoa, tulee sopia erikseen käytännöistä joilla se kompensoidaan tuotannossa. Järkevintä olisi tilata palkit 50mm normaalia pidempänä jolloin pituus tasataan tuotannossa. Tällöin saadaan aikaan laadullisesti parempi tuote. Käytännössä kertopuupalkeissa on tuotannossa mitattu pituuksissa sellaisia heittoa, jotka ovat kaksinkertaiset sallittuun verrattuna. Näin ollen ylimääräinen pituusmitta poistaa tämänkin ongelman.

Kertopuupalkeissa, jotka ovat määrämittaan katkaistuja, toimitusajat vaihtelevat neljästä kahdeksaan viikkoon, korvaavan tuotteen saaminen väärän mittaisten tilalle (liian lyhyen palkin) kestää kohtuuttoman kauan, joten tilaamalla pidempiä palkkeja saadaan tuotantoon tarvittavaa joustoa. Lisäksi palkeista, jotka ovat täsmälleen yhtä pitkiä, on paljon nopeampaa valmistaa tasoelementtejä.

3.1.3 Vaneri

Vanerituotteiden laadusta voidaan sanoa, että normaali rautakaupan tavara riittää laadullisesti tuotantoon. Tärkeintä työtekniisesti on muistaa, ettei vaneri ole useinkaan suora vaan ristimitta voi heittää vanerista riippuen useita senttimetrejä. Tämä ei vanerin kohdalla ole ongelma sillä vanerit asennetaan kalusteiden tukiosiksi runkotolppien väliin jolloin vaneria joudutaan leikkaamaan sirkkelillä pienemmiksi paloiksi. Vanerituotteista ei tuotantoon jää juuri hukkaa, suikaleet ja yli jäävät palaset voidaan käyttää sähkörsioiden tukina.

Vanerin ostossa on tärkeää tietää mihin käyttöön vaneri tulee. Vanerin tullessa seinä rakenteisiin talon sisälle, on muistettava se että se täyttää M1 sisäilmaluokituksen vaatimuksen. Tämä tarkoittaa sitä, että vanerista ei saa irrota ihmisille haitallisia liimoja tai kyllästeaineita.

Nykyään valmistajat ovat hyvin tarkkoja käyttämiensä liimojen suhteen. Hyvässä muistissa monella on lastulevyt josta sisäilmaan haihtui aikoinaan formaldehydiyhdisteitä. Hankittaessa tuotteita joiden valmistuksessa on käytetty liimoja, on tärkeää jo ostovaiheessa saada myyjältä tuotteen DoP (Declaration of Performance) eli suoritusasoilmoitus, sekä erillinen 1.7.2013 pakolliseksi tullut CE-merkintä todistus.

3.2 Sekundaaristen rakenteiden puutavara

3.2.1 Lisäeristysten koolaus

Sekundaarisena rakenteena pidetään tässä työssä, ei normaalivoimia kantavia elementin rakenteita. Näitä ovat elementin eristyksen lisäkoolaus joka voidaan toteuttaa, sekä vaakaan, että pystyyn. Lisäkoolaus kerros kiinnitetään nauloin kantavaan elementin kantavaan pystyrunkoon. Lisä koolauskerros voi myös sisältää myös erilaisia tukia kalusteille, katto-, ja jalkalistoille, jotka elementtikohtaisesti määritellään elementtikuvaan. Näiden rakenteiden puutavara on vaneria lukuun ottamatta, paksuutta 48 mm, leveys vaihtelee kuitenkin tapauskohtaisesti.

Pääsääntöisesti lisäkoolaus tehdään lisäeristystä varten, lisäeristyskerrokseen käytetään silloin mitallistettua 48mmx48mm puutavaraa. Puutavaraa käytetään useimmiten k 600 jaolla joka mahdollistaa elementin sisäpuolen levyttämisen kipsilevyillä tai muulla halutulla tuotteella.

Lisäkoolauksessa käytetään mitallistettua sahatavaraa. Mitallistetun sahatavaran ongelmana tuotannossa näkyy elementeissä usein haljenneina kipsilevyinä elementin ulkoreunoissa, sekä aukkojen reunoissa. Ongelma juontaa juurensa lisäkoolauksen paksuudesta joka on nimellisesti 48 millimetriä. Mitallistettu sahatavara valmistetaan karkeahöylämällä, jonka johdosta 48 millimetristä sallitaan +-1 millimetrin poikkeama.

Taulukko 4. Mitallistetun sahatavaran mittapoikkeamat (Puuinfo, 2011)

Mitallistetun sahatavaran suurimmat sallitut mittapoikkeamat	
Ulottuvuus	Mittapoikkeama
Paksuus ja leveys ≤ 100 mm	± 1,0 mm
Paksuus ja leveys ≥ 100 mm	± 1,5 mm
Pituus, kun laiteltu pituuden mukaan	- 25 ... + 50 mm
Pituus, kun katkaistu määrämittaan	± 2,0 mm

Aukkojen reunoille voi näin ollen päätyä valmistuksessa vierekkäin kaksi mitallistettua puuta, joiden välinen korkeuden tasoero on kaksi millimetriä. Tämä yksistään riittää halkaisemaan kipsin aukonreunasta tai elementin reunasta. Tämän takia on syytä etsiä toimittaja joka pystyy toimittamaan ja mitallistamaan puuta paremmalla mittatarkkuudella kun yllä olevassa taulukossa on esitetty.

Saman ongelman kanssa on varmasti paininut moni muukin elementti tehdas ja jos tehdään satunnaisotanta muiden talotehtaiden tuotantoon, niin useimmat talotehtaat joilla on automatisoitu tuotanto näyttävät tuottavan elementtejä joissa lisäkoolaus kerrosta ei ole tehty.

Tuotannollisesti lisäkoolauksen tekeminen vie enemmän aikaa jos tuotettaisiin paksurunkoisempaa elementtiä. Tulevaisuutta ajatellen yhtiössä on käyty keskusteluja lisärungon korvaamisesta paksummalla rungolla. Tämä vaikuttaa kuitenkin höyrynsulku-
muovin sijoittumiseen elementissä. Nyt muovi voidaan vetää ehjänä koko elementin lävitse rungon ja lisäkoolauksen välissä. Kun lisäkoolaus jätetään tekemättä, höyrynsulku siirtyy suoraan kipsilevyn tai muun levytyksen alle jolloin esimerkiksi ainakin pistorasioiden kohdat läpäisevät höyrynsulun. Tuotannon kehittyessä tähän suuntaan tulee rasioiden läpivientien teko suunnitella, vakiinnuttaa ja hyväksyttää tulevaisuudessa.

3.2.2 Julkisivun lisäkoolaus materiaalit

Ennen kuin elementti voidaan verhoilla joko puupaneelilla tai muulla ulkoverhous-
tuotteella elementtiin täytyy koolata puusta ilmarako. Ilmaraon koko vaihtelee suunnittelijasta tai arkkitehdistä riippuen 22 millimetristä 32 millimetriin tai voi olla myös ristiin koolattu 22 + 22 millimetriä tai 25 + 25 millimetriä. Jos pintamateriaalina on jokin muu kuin paneeli saattaa tuuletus raon koko olla vieläkin suurempi, tämän ei tosin vaikuta elementin toimintaan muuten kuin arkkitehtuurisesti

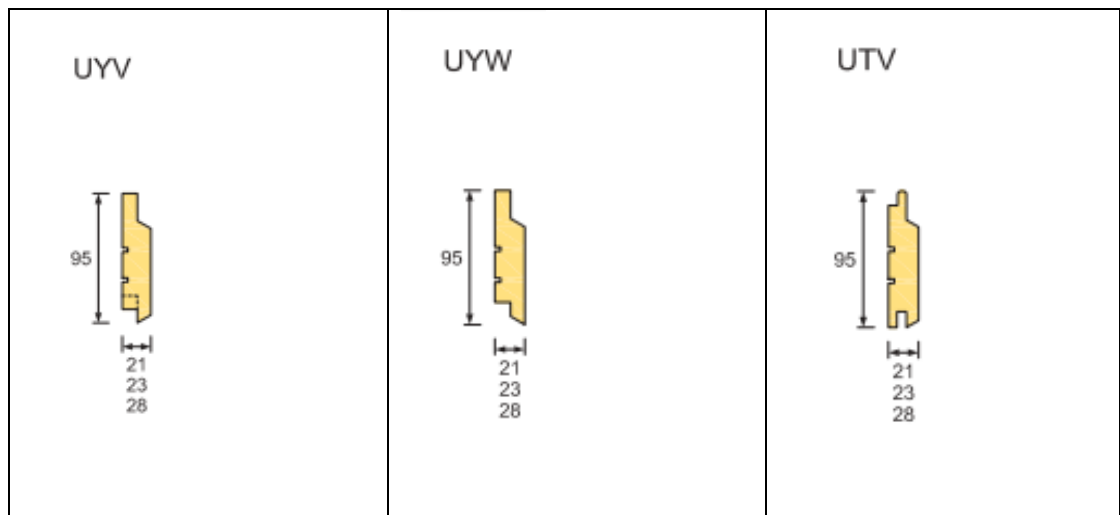
Lisäkoolaus materiaaliksi täytyy tilata hyvä laatuista PL/VL (vientilaatuinen) sahapintaista tavaraa. Tätä laadukkaamman koolaustavaran käyttö on taloudellisesti kannattamatonta. Myöskään halvempi PL/KL (kotimaanlaatu) vaihtoehto ei tule kysymykseen koolaustavaraa hankittaessa. Kotimaanlaatu on usein hyvinkin vajaasärmäistä, usein toisesta päästä lauttaa jo täysin pelkkää puun kaarevaa pintaa.

Tehokkaan varastoinnin ja yksi käsitteisemmän tuotannon kannalta on jo tuotantoa suunniteltaessa päätettävä tehtaalle se mitä koolaus kokoa tullaan käyttämään kaikissa tilauksissa nyt ja tulevaisuudessa. Tuotannossa eri paksuisilla, mutta lähes saman paksuisilla sahatavaroilla on suuri mahdollisuus sekoittua keskenään joko piittaamattomuuttaan tai ymmärtämättömyyttään.

Näin ollen vahingot voidaan tehokkaimmin ehkäistä tilaamalla joko, 22 millimetristä, 25 millimetristä tai 32 millimetristä koolaustavaraa. Tällöin tavaroita on jatkossa mahdotonta sekoittaa keskenään kun ei ole saatavilla kuin yhtä paksuutta.

3.2.3 Julkisivupaneeli

Alla olevassa taulukossa on esitettyä vasemmasta reunasta alkaen kaksi paneelityyppiä, joita käytetään nykyään pääsääntöisesti tuotannossa. Kyseiset paneelit ovat puoliponttisia paneeleita eli niiden naaraspontista puuttuu takareuna. Puolipontti profiilista kertoo myös kirjain Y paneelin lyhenteessä. Viimeinen kirjain kertoo taas paneelin naaraspontin muodon, V on tavallisin eli viistetty profiili. W on taas vinoviistetty. U kirjain kertoo, että paneeli on ulkokäyttöön soveltuva.



Kuva 7. Erilaisia paneeli profiileja (RT 21-10978,2010,9)

Kuvassa 7. esitetystä poiketen paneelien korkeudet voivat vaihdella. 95 millimetriä on usein pienin saatavissa oleva paneeli koko 28 millimetriä paksu paneeli voi olla 195 millimetriä korkea.

Tarjouksia ja paneelin menekkiä laskettaessa on tärkeää muistaa, ettei paneelin etenemä ole sama asia kuin paneelin korkeus. Paneelit asennetaan noin ponttinsa verran limitykseen toistensa kanssa jolloin todellisena paneelin etenemänä voidaan laskennassa käyttää profiilista riippumatta paneelin etenemä paneelinkorkeutta vähennettynä yhdellä senttimetrillä.

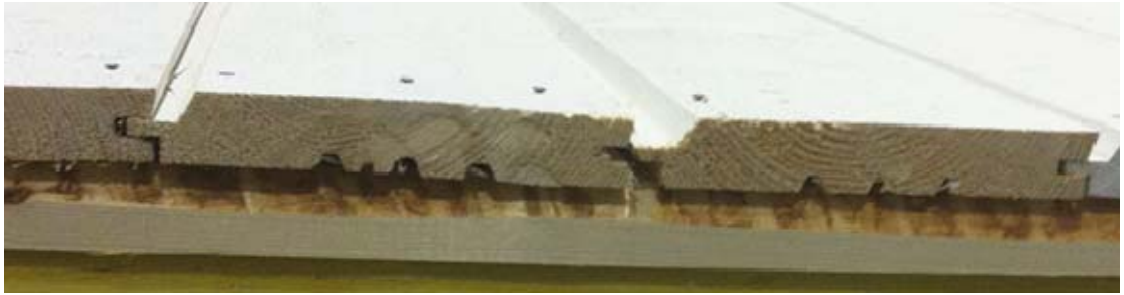
Sopimusvaiheessa on tuotannon nopeuden ja tarkkuuden kannalta tärkeintä sopia, ettei valmistuksessa tarvitse käyttää UT alkuisia profiileita kuten kuvassa 7 esitetty UTV profiilia joka työmaakäytössä on taas hyvin toimiva. Paneelien vaakatasossa asentaminen on huomattavasti joutuisampaa kuin paneelin takapontti puuttuu. Tällöin myös asentaja voi kontrolloida paneelin etenemää helpommin sovittamalla paneelin urosponatin tarkkaa etenemä viivaan. Paneelin asentamista tullaan käsittelemään myöhemmin.

Suunnittelussa paneelin etenemä ei tule käyttää profiilin höylättyä etenemää, koska tällöin paneelin teoreettinen etenemä tulee tuotannossa mahdottomaksi saavuttaa. Paneelissakin on omat valmistus tarkkuudet jotka ovat samaa luokkaa mitallistetun runkosahatavaran kanssa. Paneelin teoreettinen etenemän onnistutaan asentamaan käytännössä ainoastaan lyhyillä paneelin pätkillä (alle metrin). Tätä pidemmissä pituuksissa teoreettista etenemää ei enää voida saavuttaa vaan paneeli karkaa leveämmäksi hallitsemattomasti paneelin valmistus tarkkuuksien johdosta.

Poikkeuksena karkaamiselle on paneelin liian tiukkaan asettuminen. Tämä johtuu siitä, että höyläämöllä on tullut liian kiire ja paneelit on höylätty joko liian tuoreesta tai kosteasta tavarasta. Tästä johtuen puutavaran kuivuessa paneeli kutistuu alle teoreettisen etenemänsä. Liian kuivana sekä liian tiukkaan asennettu puoliponttinen paneeli profiili turvotessaan seinässä aukeaa naarasponstistaan rakenteeseen syntyvien pakko-voimien vaikutuksesta. Tällaisen korjaaminen helposti ja halvalla on mahdotonta.

Suunnittelussa voidaan käyttää kokokemukseen pohjautuen paneelin etenemänä, teoreettista etenemää plus kaksi millimetriä. Näin saadaan paneelille todellinen etenemä, joka on eri kuin paneelin korkeus ja eri kuin paneelin höyläyksessä käytetty teoreettinen etenemä.

Jos paneelin kosteutta ja teoreettista etenemään ja todellista etenemää ei osata hyödyntää voi käydä huonon asennuksen kanssa yhteisvaikutuksena alla kuvattu tapahtuma. Tässä kuvassa on viimeisiä elementtejä kohteeseen jossa etenemät otettiin liian kosteasta paneelistä. Paneelin kuivuessa tuotanto tiloissa raot kasvoivat liian suureksi. Toisin kuvan esimerkissä kyse ei aivan puhtaasti ole tästä vaan pääasiallisemmin huonosta työn toteuttamisesta ja siitä ettei tasalaatuisen etenemän suorittaminen UTV profiilin kanssa ole vaakatasossa paneloidessa kovinkaan helppoa verrattuna UYV profiiliin.



Kuva 8. Hallitsematon paneelin etenemä

3.3 Höyryn- ja ilmansulkumateriaalit

Höyryn- ja ilmansulkumateriaaleja säädellään tänä päivänä hyvinkin tarkasti ja keneltäkään kotimaiselta valmistajalta ei saa tuotteita joiden laatu ei riittäisi täyttämään vaatimuksia. CE-todistuksen, kuten suoritustaso ilmoitukset tulee vaatia heti tilauksen yhteydessä. Tästä eteenpäin käytetään sanaa höyrynsulku tarkoittamaan, sekä höyryn-, että ilmansulkumateriaaleja.

Saumaton höyrynsulku on aina saumallista ratkaisua parempi. Myös vaakasaumattava höyrynsulku on hyvin työlästä toteuttaa, koska se vaatii asianmukaisenteippauksen ja valokuvaamisen, sekä myös höyrynsulusta tehtävät läpiviennitkin. Saumaton rakenne saadaan aikaan niin että tilataan tarpeeksi leveää höyrynsulkumuovia. Vakiona nopeasti saatavissa rullissa koko on korkeudeltaan kolme metriä. Höyrynsulussa tulee olla myös vaadittulimitysvara joka on 300 millimetriä elementin jokaisessa reunassa. Näiden ehtojen vallitessa voidaan vakiokorkuisellamuovilla tehdä vain 2400 millimetriä korkeita saumattomia elementtejä.

Ongelmaksi muodostuu siis huonekorkeuden minimi vaatimus 2500 millimetriä. tuotantoon on siis myös tilattavahöyrynsulku materiaalia joka on elementin korkeus + 600 millimetriä. Esimerkiksi tilauksesta kotimaiset toimittajat voivat toimittaa muovia, jonka korkeus on neljämetriä. Tällöin pystytään valmistamaan saumattomia elementtejä joiden maksimikorkeus pystyy olemaan 3400 millimetriä, joka on tarpeeksi suuri korkeus jopa puukerrostalokohteissa.

Elementteihin tehdään myös läpivientejä jossa höyrinsulun läpi viedään sähköjohtoja tai ilmastointiputkia. Sopimusvaiheessa tulee tilaajan kanssa määrittää tehtaalle tuttu CE-hyväksytyjä läpivientiosien valmistajia joiden tuotteiden käyttö on asentajille en-tuudestaan tuttua ja tuotteiden saatavuus aikataulut ovat tiedossa.

3.4 Lämmöneristeet

Tuotannossa, tilauksesta riippuen käytetään useita eri eristemateriaaleja ja ratkaisuja. Käytettävien materiaalien määrää tulisi yrittää rajata mahdollisimman pieneksi, jotta varasto pysyisi hallittavan kokoisena. Suunnittelusta tiedon täytyy tulla materiaalihankintaan tarpeeksi ajoissa siitä jos tuotannossa tarvitaan normaalista poikkeavia villakokoja tai villan asennuksessa tarvitaan erikoiskiinnikkeitä. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi asennusvilla joiden määrät ja leveydet vaihtelevat kohteittain, sekä niiden toimitusaika on täysin eriluokkaa vakiotuotteiden kanssa.

Erillisen huomion lämmöneristeet tarvitsevat silloin kun valmistetaan elementtejä jotka asennetaan suoraan betoniseinää vasten. Tällöin villa joudutaan kiinnittämään erilaisilla villan paksuudesta johtuvilla ”hämähäkki” kiinnikkeillä. Tässä työssä ei voi myöskään käyttää normaalia palovillaa sillä sen kiinnittäminen elementtiin on osoit-tautunut käytännössä mahdottomaksi. Tämä ongelma ratkaistaan tilaamalla vastaavil-la ominaisuuksilla varustettua rullavillaa. Rullavillassakin toimitusajat paksuudesta ja ominaisuuksista riippuen vaihtelevat joten, tieto näistä elementeistä ja tarvittavasta villan määrästä pitää tulla materiaalinhankintaan ja tuotannonsuunnitteluun hyvissä ajoin ennen varsinaista työn aloitusta.

3.5 Materiaalin vastaanotto

Materiaalin vastaanotossa täytyy käyttää erikoista huolellisuutta, sillä vain kuljettajan allekirjoituksella varustetulla rahtikirjalla ja siihen tehtävillä varaumilla on merkitystä myöhemmin jos ilmenee tarvetta tavarahan reklamointiin. Tavarassa kun tavarassa on tärkeää tarkastaa määrät, jotta tiedetään, että tavaraa tuotantoon on saapunut tilattu määrä ja tiedetään mihin asti tuotantoa tavara riittää. Toinen varmistettava asia on, että toimitettu tavara on pakattu asianmukaisesti ja tuotteet ovat käyttökelpoisia.

Nämä toimenpiteet riittävät suurimmalle osalle materiaaleja. Poikkeuksen tekevät puutuotteet joiden laatu on varmistettava saman tien optisesti, sekä mittaamalla puunipuista kosteuspitoisuudet. Jos puunipusta mitataan yli 25 % kosteuspitoisuuksia, on hyvin todennäköistä, että tavara on pilaantunut, tai tuotteet tulevat pilaantumaan varastoidessa. Puulle on tyypillistä homehtua jos sen kosteus on liian korkea, puussa voi esiintyä myös sinertymää joka ei sinällään ole vaarallista, mutta hylkäävä ominaisuus.

Materiaalin vastaanotossa on myös tärkeää varastoida tavarat oikein. Tavarat tulee varastoida aina kuivaan varastoon, eikä niitä missään tapauksessa tule säilyttää ulkona, sillä mikään käytössä olevista tuotteista ei kestä kosteusrasitusta. Varastoidessa on tärkeää myös tuenta, etteivät materiaalit kieroutuisi varastoinnin aikana. Varastoa tulee lähitulevaisuudessa kehittää systemaattisesti ja varastoinnissa tulee tulevaisuudessa käyttää paremmin hyödyksi toimitilojen korkeutta.

4 KOKOONPANON LAADUNHALLINTA

4.1 Katkaisu ja koloaminen

Runkotolpan työstö on elementin valmistuksen ensimmäinen työvaihe ja lopputuloksen kannalta myös yksi tärkeimmistä. RunkoPES 2.0 on seinäelementin valmistukselle annettu selkeät määräykset kohteen vaativuudesta riippuen. Tällä hetkellä kaikki sahaustyö tehdään manuaalisesti sahurin toimesta, automaattinen katkaisu ja loveaminen ”siintävät” vielä tulevaisuuden investoinneissa.

Jotta katkaisu ja loveaminen onnistuvat mittatarkasti on sahan sahattava suoraan. Suoraan sahaukseen vaikuttaa ennen kaikkea sahanterä ja sen suuntaus. Sahurin on valvottava päivittäin koepalalla, että sahan suuntaus on pysynyt kohdallaan. Sahanterä tulee vaihtaa kerran kuukaudessa vaikka sahausjälki vielä näyttäisikin hyvältä. Sahanterä tylsistyy ja alkaa käytön myötä lerjuuntua jolloin suoraankaan suunnattu saha ei pysty sahaamaan suoraan vaan runkotolppien päistä alkaa väistämättä tulla vinoja.

Runkotolpan kolojen tulisi olla millimetrin suuntaansa suurempia kuin elementtiin mitoitettut kertopuu palkin jo loveensa tuotantolinjalla helpommin kun lovetun kolon koko on lähempänä palkin poikkileikkauksen mittoja.

Sahatessa ikkuna-, ja oviaukkojen yläpuuta tulee sahurin vähentää aukonmitan lisäksi myös kaksi millia puoleltaan ylä- ja alatolppien pituudesta. Tämä johtuu siitä jos aukkojen ala tai yläpuu on paksuudeltaan toleranssinsa ylärajalla tai sen yli pystytään myöhemmin ikkuna asentamaan tehtyyn aukkoon helposti, eikä aukkoa tarvitse jälkeinpäin suurentaa.

Jokaiseen puuhun tulee myös merkitä mitta joka helpottaa kokoonpanotyötä. Paksuuntuneiden seinien ja vesipellin kulman johdosta ikkunan alapuuta tulee viistää riittävästi. Riittävä viisteen määrä määritellään viimekädessä tuotannossa jos suunnittelija tai arkkitehti ei ole muistanut ottaa asiaan kantaa suunnitelmissaan. Näin tehden vesipelti ja sen alla oleva tuuletusrako saadaan myöhemmin asennettua vaivattomasti.

4.2 Kantavan rungon kokoonpano

Kantava runko on kokoonpanon ensimmäinen vaihe Woodprimilla, sillä ikkunat asennetaan elementteihin vasta linjan jälkeen erillisessä ikkunapisteessä. Rungon kokoonpanossa on tärkeintä muistaa tarkastaa elementin ääri, aukko ja ristimitta. Ristimitta on elementin lopullisen asennuksen kannalta tärkein mitta muiden äärimittojen lisäksi.

Lopputuotannon joustavuudenvuoksi on erittäin tärkeää tarkistaa elementin aukkomittat. Suoraan sahaajaan luottaminen aukkojen ylä- ja alapuun pituudessa on loppupeleissä arpapeliä, koska puu saattaa ja onkin useimmiten hiukan kieroja ja tällöin puu ei asennu luonnostaan niin tiukkoihin mittoihin kun suunnitelmissa halutaan. Aukon koon muuttaminen jälkeinpäin aukosta riippuen vie aikaa joka tapauksessa tunteja.

4.3 Höyryn- ja ilmansulun kokoonpano

Höyryn-, ja ilmansulun kokoonpanossa tärkeintä on saada aikaan saumaton rakenne. Tähän vaikuttaa eniten käytettävissä olevan höyrynsulkumateriaalin leveys. Sulku-
muovia ei myöskään saa asentaa liian tiukaksi. Tämä johtuu siitä, että muovi on materiaali joka elää lämmöstä, liian tiukalle asennettu muovi edesauttaa lämpövaihtelun kanssa muovin repeämiseen tulevaisuudessa, etenkin muovin kiinnityskohdista.

Dokumentointi on tässä vaiheessa tärkeää, jokainen höyrynsulku tulee dokumentoida kuvaamalla. Jos elementissä on höyrynsulussa läpivientejä, tarvitsee jokainen läpivienti kuvata erikseen.

Läpivientien tiivistyksiä ei missään olosuhteessa saa tehdä käyttämällä höyrynsulku-teippiä. Teippauksen laatua kun on mahdoton luotettavasti dokumentoida. Tämän takia tuotannossa on käytetty ja pitää jatkossakin käyttää läpivienti kappaleita, koska niiden toimivuudesta on tutkitusti näyttöä.

4.4 Lisäkoolauksen kokoonpano

Aiemmin lisäkoolaukseen käytetyssä materiaalissa todettiin olevan mittapoikkeamia. Näitä poikkeamia voidaan poistaa tuotannossa valikoimalla materiaalia. Materiaalin valikointi on helpompaa jos tuotannossa on selkeät ja toimivat tilat myös pois raakatuille materiaalille. Henkilökuntaa voisi myös erikseen kouluttaa siitä kuinka puu materiaalina toimii ja kuinka ehkäistä kokoonpanotyössä jatkossa tuotteista löytyviä laatu-poikkeamia.

Lisäkoolausta tehdessä samassa työpisteessä elementtilinjalla asennetaan myös elementtiin sähkövaraukset, jotka myöhemmin sähköistetään työmaalla. Sähköjen asennusta tulisi tulevaisuudessa vakioida ja sen laadullista toteuttamista tulisi kehittää, esi-valmistelulla tuotannossa ja liitosdetaljien suunnittelulla.

Lisäkoolauksen valmistustapaa tulee jatkossa systemaattisesti kehittää, koolauksen valmistuksessa on tekijöiden välillä havaittavissa useita eri tapoja. Eri tapojen väliltä tulee valita se tyyli joka on tuotannon kannalta tehokkain. Tässäkin asiassa henkilökunta kaipaisi lisää tietoa ja koulutusta.

4.5 Villoitustyö

Villoitustyö on vaativa ja tarkka työvaihe, sen onnistumiseksi pitää elementin jokainen villapala olla asennettu oikein. Rakoja villojen reunoille tai väleihin ei saa jäädä. Villoitustyö hidastuu ja vaikeutuu aina silloin, kun elementtejä joudutaan tekemään vajaille villajaoilla. Tällöin villaa joudutaan leikkaamaan halki villan leveyssuunnassa. Samalla tuotantoon syntyy kohtuullisen paljon epäkäytännöllisiä hukkavillan paloja.

Jos kohteet jatkossakin ikkuna ja oviaukotuksien takia joudutaan valmistamaan vakio villajaos poikkeavalla jaolla, tulee tutkia onko mahdollista käyttää tuotannossa erilaisia puhallusvilloja. Villaa puhallettaessa hukka pienenee kun kaikki puhallettu villa

jää elementtiin. Puhallusvillan käyttö vaatii myös tuotannossa muutoksia ja jonkinlaisia osastointia tulevaisuudessa, jottei mahdollisesti käyttöön tuleva villan puhallus aiheuta villapölyä koko tuotanto halliin.

Jotta villoitus voidaan todentaa laadullisesti hyvin tehdyksi tuotantolinjalta, tulee villoitus dokumentoida valokuvaamalla elementti villoituksesta. Valokuvia tulee ottaa useamassa kuin yhdestä kohtaa elementtiä, jotta tarvittaessa kuvamateriaalista on jälkeenpäin hyötyä etsittäessä mahdollisia laatupoikkeamia.

4.6 Levytys

Levytyksen toiminnan kanalta loppukäytöstä tärkeitä on levyjen oikeaoppinen kiinnitys ruuvilla. Hyvälaatuisessa ruuvaamisessa ruuvit on ruuvattu kipsilevyn niin, ettei ruuvi jää liian pintaan, eikä syvään vaan ruuvien pinta jää tasan kipsilevyn pahvin kanssa. Tämän onnistumisessa vaaditaan hyvälaatuiset työkalut ja etenkin työkalujen jatkuva huolto, jotta kipsilevyjen kiinnityksessä käytettävät sarjaruuvivääntimet toimivat kunnolla.

Levyt tulee olla myös kiinnitetty oikealla tiheydellä. Ilman erikseen määrittelyä tulee levyjen reunassa ruuvien olla k200 jaolla ja levyn keskellä k300 jaolla. Kipsilevyn kohdalla kiinnikkeiden määrä ei tuota ongelmaa. Useissa kohteissa käytetään kuitenkin muitakin levyjä kuin kipsilevyjä esimerkiksi: puukuituisia tuulensuojalevyjä, jäykistäviä mineraalivilla pohjaisia tuulensuoralevyjä ja sisäpuolella maalattavia vaneri levyjä. Näiden erilaisten levytyyppien käsittelystä ja asentamisesta tulisi työntekijöitä kouluttaa, sekä koulutusta aika ajoin päivittää jos tuotantoon tulee uusia tuotteita tai tuotteiden kiinnityksessä tai käsittelyssä tulee valmistajalta muutoksia tai kokoonpanotekniikkaa päätetään mutta.

4.7 Koolaus

Koolauksessa reklamaatioita ei synny helposti. Koolaustyö elementin ulkopuolelle on ehkäpä tuotannon helpoimpia vaiheita, joten sen tekeminen on hyvä paikka aloittaa perehdytys uusille työntekijöille. Koolaukseen tulee kuitenkin kiinnittää erityistä huomiota silloin kun elementissä on ristiin koolaus.

Ristiin koolatussa elementissä myös päällimmäinen koolaus tulee naulata kiinni elementin runko puiden kohdalta. Jos kyseessä on kylmän tilan sisäpuolelta avoin elementti tai päätykolmio on naulaustyön jälki hurjaa sisäpuolelta katsottuna, kun nauvoja tulee päällimmäisestä koolaus kerroksesta läpi suoraan kipsilevystä.

4.8 Panelointi

Paneloinnin laadukkaan toteutuksen mahdollistamiseksi pitää paneelin asentamisen jaotus suunnitella hyvin tarkasti. Paneeleita käsiteltiin jo aikaisemmin ja niiden todellisen etenemän todettiin olevan erilainen kuin niiden teoreettinen etenemä. Ennen paneloinnin aloittamista arvioitu todellinen etenemä tarkistetaan tekemällä erillinen mallietenemä panelointi.

Mallissa on hyvä käyttää kahden metrin mittaisia paneelin kappaleita. Tämä koepanelointi on hyvä suorittaa kiinni esimerkiksi vaneri levynpäälle. Koepaneloinnissa ja etenemän määrittämisessä paneelin kosteuden on hyvä olla 20 %. Tällöin voidaan olla varmoja siitä, että paneeli ei koko loppuelinkaarensa aikana tule turpoamaan kosteuden vaikutuksesta, sillä suurempi kosteus ja säärasitus paneelissa aiheuttaisivat jo homehtumista.

Kun tiedetään paneelin kosteus ja teoreettinen etenemä voidaan suorittaa ensimmäinen panelointi. Ensimmäinen koepanelointi tehdään lisäämällä teoreettiseen etenemään kaksi millimetriä. Paneloinnin kulkiessa tällä etenemällä helposti voidaan lopulliset etenemät laskea saadun paneloinnin pohjalta. Paneloinnin onnistuessa liian helposti pienennetään etenemää puolella millimetrillä per paneeli. Koepaneloinnissa tulee käyttää vähintään kuuden paneelin panelointia, jotta saadaan mittaamiselle riittävät toleranssit.

Lopulliset etenemät siirretään etenemäohjaimen, joka yksinkertaisimmillaan on elementin korkuinen lauta johon etenemät on mitattu. Etenemään voidaan tehdä myös aukotuksen takia pieniä muutoksia lähinnä vaikuttamalla alimman paneelin korkeuteen, jotta jako saadaan sopimaan aukotuksen kannalta hyvin.

Saatua jakoa käytetään sen jälkeen koko kohteessa. Jos kohteessa on useita kerroksia, kerroksesta toiseen siirtymät täytyy laskea tarkasti jos panelointi kulkee katkeamattomana kerroksien välissä. Usein monikerroksissa rakennuksissa käytetään kerrosten välillä peltistä tai puista jakolistaa joka katkaisee yhtenäisen paneloinnin. Tällöin eri ker-

rosten välillä etenemän tekeminen ei vaadi tarkkaa suunnittelua vaan aloitus ja lopetuskorko voidaan tehdä kerroskohtaisesti.

Paneloinnin aloitusvaiheessa suoruus mitataan elementin alapuun ulkoreunasta tehtävässä vaakanelointia. Tällöin panelointi saadaan pysymään suorassa linjassa kaikissa elementeissä. Vaakatasossa tehtävä pysty panelointi tuo myös omat haasteensa. Etenemät pystypaneloinnissa saadaan samalla tavalla kuin vaakaneloinnissa. Ongelmana on saada panelointi kulkemaan pystysuorassa. Paneloinnin kulku pystysuorassa on täysin mahdotonta jos elementin ristimitassa on pienikin heitto . kun ristimita ei ole elementissä kohdallaan, alkaa siitä saman tien tulla suunnikas. Suunnikkaan muotoisessa elementissä pystysivut eivät kohtaa suorakulmaisesti vaakasivuja. Mikäli aloitusmitta on otettu vinoassa olevasta elementin reunasta, tulee koko panelointi kulkemaan vinoasennossa. Tällaisissa kohteissa runkopisteen merkitys elementin valmistuksessa korostuu entisestään, sillä vinoa ristimittaa on vaikeaa lopputuotannossa oikeaista pelkän paneloinnin avulla.

5 LAADUNHALLINNAN TYÖKALUT

5.1 Materiaalien laadunhallinta ja käytetyt materiaalit

Materiaalien laadunhallinta koostuu varaston laadunhallinnasta, joka puolestaan taas koostuu varastoinnin laadullisista olosuhteista ja varaston määrän tehokkaasta seuraamisesta. Puutavaroista tulee jatkossa dokumentoida saapuneesta tavarasta nippukohtaiset tiedot joita ovat määrä ja kosteus vastaanotettaessa. Tämän jälkeen kosteutta dokumentoidaan tuotannon aikana ja viimeisenä silloin kun valmistuote eli elementti lähtee asennukseen työmaalle.

Kun kaikki tämä dokumentaatio on tehty tuotannossa, voidaan tarvittaessa näyttää toteen , että valmistetuissa elementeissä ei ole tuotannosta tai varastoinnista joutuvaa ylimääräistä kosteutta. Näin ollen myöhemmin rakennuksesta mahdollisesti löytyvä kosteus ei ole tuotantoperäistä vaan se johtuu todennäköisemmin työmaan puutteellisesta kosteuden hallinnasta, joka myöhemmin voi johtaa ongelmiin erilaisine home- ja sisäilmavaurioina.

Vaikka puuelementti ei vielä tarvitse olla CE-merkitty tuote täytyy 1.7.2013 jälkeen kaikista puuelementtiin käytetyistä materiaaleista löytyä CE ja DoP todistukset. Osa tilaajista vaatii myös materiaalintoimittajien yhteystiedot, sekä materiaalien huoltotiedot huoltokäsikirjoihinsa. Kiristyneistä vaatimuksista johtuen käytettyjen materiaalien lista ja ominaisuudet kannattaa kerätä kerralla niin, että ne jatkossa toimivat vähintäänkin pohjana, mutta mieluiten suoraan valmiina aineistona jokaisessa projektissa.

Lopullinen materiaaliaineisto voisi olla kaksiosainen. Toinen osa joka on täysin kiinteä ja jota päivitetään tarvittaessa tuotteiden korvautuessa tai uusien tuotteiden tullessa mukaan tuotantoon. Tämä liitetään mukaan jokaiseen toimitukseen. Jälkimmäinen osa voisi olla sellainen mihin projektikohtaiset tiedot päivitettäisiin, kuten ikkunoiden tyypit, paneeli tyypit, sekä käytetyt värit.

5.2 Kokoonpanotyön tarkastusasiakirja

Koska tuotannossa ei ole yhtä vakiotuotetta ja tilauksesta riippuen tuotteet kuten seinäelementti voivat vaihdella valmiusasteeltaan ja kokoonpanoltaan melkoisesti, tulee kokoonpanon tarkistusasiakirjat päivittää tuotantokohtaisesti, jotta tarkistusasiakirjoissa ei ole ylimääräisiä tai kyseiseen tuotantoon soveltumattomia kohtia.

Tarkistusasiakirjassa tulee olla omat kohtansa jokaiselle työvaiheelle ja sen tulee sisältää työntekijän kuittaussuoritetuista vaiheista, sekä työn suorittamisen päivämäärän. Tarkastuskirja laaditaan elementtikohtaisesti ja siinä tulee olla myös tuotannon esimiehen allekirjoitus. Asiakirjaan tulee myös liittää tieto käytetyistä materiaaleista, sekä niiden kosteuksista tuotannon aikana ja ennen toimitusvaihetta. Samaan asiakirjaan tulee siis kaikkia elementinvaiheet.

Asiakirjan lisäksi elementistä pitää olla myös valokuvattu dokumentaatio. Jokainen elementti tulee kuvata villoituksesta, höyrynsulusta ja erikseen jokaisesta höyrynsulun läpiviennistä, patterituista, sekä piiloon jäävistä jäykistävästä rakenteista kuten esimerkiksi tuulensuojalevyn ruuvauksesta mikä jää piiloon ulkoverhouksen taakse.

Jatkossa tarkastusasiakirja tulisi kehittää sähköiseen muotoon, jotta tuotannosta saadaan paperivapaa, ja dokumentit olisivat hyvässä tallessa koko tuotannon ajan. Valmiiksi sähköinen aineisto on myös helppo koota ja lähettää asiakkaalle, tämän materiaalipankkiin.

Tällä hetkellä ongelma on aineiston sijaitseminen monissa lähteissä, elementtikuva ja tarkastusasiakirja ovat paperimuodossa, mutta elementeistä otetut kuvat ovat sähköisessä muodossa, jotka eivät kuitenkaan ole valmiiksi elementtikohtaisesti nimettyjä ja järjestettyjä. Hyvälaatuisen ja kattavan aineiston kokoaminen vie tällä hetkellä kohtuuttomasti paljon aikaa.

Yleinen trendi laadun dokumentoimisessa on tällä hetkellä enemmän kasvussa kuin laskussa. Sen vuoksi hyvin kehitetty ja vakiinnutettu järjestelmä voi tulevaisuudessa olla erinomainen kilpailuvaltti. Jos tuotannossa on laatua niin se pitää pystyä myös laadukkaasti esittämään. Pelkkiin puheisiin on tässä maailmassa jo uskottu ja kaaduttu aivan liian usein.

6 YHTEENVETO

Tässä työssä käsiteltiin keskeisimpiä puuelementin laatuun vaikuttavia tekijöitä. Eri aihealueet käsiteltiin läpi varsin kattavasti aina suunnittelusta valmistukseen asti. Useasta tässä työssä käsitellyistä aiheista voi jatkossa teetättää yksityiskohtaisempiakin tutkielmia esimerkiksi opinnäytetöiden muodossa. Tällöin voitaisiin tutkia eri työvaiheissa vaikkapa automaation kannattavuutta osana tuotannon tehostamista.

Woodprime on yrityksenä varsin uusi joten tässä työssä esitetyt asiat auttavat yhtiötä konkreettisella tasolla kehittämään toimintaansa tulevaisuudessa. Työn tuloksena saatiin kehitettyä elementin tarkastuslomakkeet, joiden toteuttaminen käytännössä tuotantoon saatiin välittömästi. Lomakkeet tullaan jatkossa kehittämään sähköiseen muotoon, jotta raportoinnin kokoaminen onnistuisi tehokkaammin ja laatupoikkeaminen analysointi helpottuisi.

LÄHTEET

Liuksiala, A. 2004 Rakennus sopimukset. Helsinki: Rakennustieto Oy

Puuproffa 2012. http://www.puuproffa.fi/PuuProffa_2012/fi/sahaus/sahaustapoja/.
[viitattu 4.11.2013]

Puuinfo 2011. Mitallistetun sahatavaran mitat ja mittapoikkeamat.pdf. [viitattu
8.4.2014]

Puuinfo 2011 Sahapintaisen sahatavaran mitat ja mittapoikkeamat.pdf. [viitattu
8.4.2014]

RT 21-10978. 2010 Puutavara. Helsinki: Rakennustieto Oy

RunkoPES 2.0. 2014. Helsinki: Finnish Wood research Oy [viitattu 1.1.2014]

VTT-C-184-03. 2012 SERTIFIKAATTI NRO VTT-C-184-03. Espoo: VTT Expert
Services Oy



Työnumero : _____
 Elementtitunnus : _____

Työvaihe : Ikkunoiden asennus

Laatuvaatimukset:

Lähtötiedot/Asennuksen esivalmistelut

1. Ikkunakaaviot, pohjakuvat ja elementtikuvat käytettävissä
2. Ikkuna- ja oviaukot puhtaat, kuivat.
3. Tarvittavat asennustuet yms. paikoillaan (isot ikkunat)
4. Toimitettujen ikkunan tarkistus (puutteet kirjattava)

Asennus/Asennuksen työjärjestys

5. Asennus kiilat ikkunan nurkissa ja karmen alapuolella
6. Asennus kiilat elementin sarana puolella
7. Villakaista asennettu joka sivulle erikseen (nurkat eivät kasaan painuneet)
8. Solukumikaista asennettu ikkunan sisäpuolelle kiinni villaan
9. Ristimita tarkistettu, karmen pysty ja vaakaosat suorina (ei kaarevia)
10. Ikkunan aukeaminen/sulkeutuminen tarkastettu, sekä tiivisteiden toimivuus
11. Tiivistysmassa asennettu tasaisesti ikkunan ympärille, sauma muodostaa kourun

Asennuksen jälkeen

12. Ikkunan suojaus ehjä
13. Valokuvaa ja kirjaa tuotteesta löytyneet vauriot (löytyi / ei löytynyt)
14. Kirjaa ikkunapisteessä tehdyt muut elementtityöt

Ikkuna tunnus	Laatuvaatimus toimenpide									
	1:	2:	3:	4:						
	5:	6:	7:	8:	9:	10:				
Pvm	11:	12:	13:	14:						
Ikkuna tunnus	Laatuvaatimus toimenpide									
	1:	2:	3:	4:						
	5:	6:	7:	8:	9:	10:				
Pvm	11:	12:	13:	14:						
Ikkuna tunnus	Laatuvaatimus toimenpide									
	1:	2:	3:	4:						
	5:	6:	7:	8:	9:	10:				
Pvm	11:	12:	13:	14:						
Ikkuna tunnus	Laatuvaatimus toimenpide									
	1:	2:	3:	4:						
	5:	6:	7:	8:	9:	10:				
Pvm	11:	12:	13:	14:						

Työvaihe : Katkaisu

Lähtötiedot/Asennuksen esivalmistelut

1. Elementtikuva ja pohjakuva käytettävissä
2. Puutavara kuivaa ja virheetöntä (homeet, sinertymät yms.)
3. Pituudet mitattiin itse/katkaisuluettelosta (yli viivaa väärä vaihtoehto)

Katkaisun tarkistuslista

4. Runkotolpan pituus (-1 -- +2)
5. Ikkunan ala- ja yläpuut oikean mittaisia (ikkunan aukkomitta täsmää)
6. Loveukset oikean kokoisia
7. Ikkunan alapuu viistetty, jotta vesipelti saadaan oikeaan kulmaan

Laatuvaatimus toimenpide						
1:	2:	3:	4:	5:	6:	7:

Työvaihe : Elementti rungon kasaus

Lähtötiedot/Asennuksen esivalmistelut

1. Elementtikuva ja pohjakuva käytettävissä
2. Puutavara kuivaa ja virheetöntä (homeet, sinertymät yms.)
3. Ikkunan alapuu viistetty, jotta vesipelti saadaan oikeaan kulmaan
4. Elementtikuvassa on kaikki mitat
5. Elementti kuvan lisäksi nurkkadetaalit kokoonpanossa
6. Elementissä on LVIS merkintöjä

Asennuksen tarkastuslista Runko

7. Ovi ja ikkuna aukot paikoillaan, aukko koko tarkastettu
8. Palkit ja kantavat rakenteet paikoillaan ja kiinnitetty rak.suun.. mukaisesti
9. Elementti on ristimitassa (sallittu poikkeama 2 mm)
10. Höyrynsulku yksiosainen/kaksiosainen saumat lomitettu 200 mm + teippaus
11. Kosteidentilojen kohdalla ilmansulkupaperi lomitettuna muoviin 200 mm + teippaus
12. Höyrynsulun jatkospituus elementin ulkopuolelle yli 300 mm
13. Vaakakoolaus tasan aukkojenreunojen kanssa
14. Sähköt ja iv osat asennettu kuvan mukaisesti
15. Höyrynsulun läpäisevät putket tiivistetty tiivistyskappaleella
16. Sisältä ulos menevät putket merkitty sisäpuolen kipsilevyyn
17. Levyt ruuvattu reunoilta k 200 keskeltä k 300
18. Heftilevyt heftissa
19. Lisärungossa käytetty villa KL___ / villoituksessa ei esiinny rakoja, villa on pohjassa
20. Elementin nostolenkit asennettu (yli 1200 kg liilat liinat, 60 kg/m²)
21. Päärungossa käytetty villa KL___ / villoituksessa ei esiinnyt rakoja, villa on pohjassa
22. Elementti tunnus molemmissa päissä elementtiä
23. Elementti on valokuvattu höyrynsulusta ja molemmista villoituksista, sekä läpivientien kohdalta

Asennuksen tarkastuslista tuulensuoja, lisäkoolaus, paneelointi

24. Tuulensuoja levyt ruuvattu reunoilta k 200 keskeltä k 300 tai tuulensuojavillassa villakiinnike
25. Lisäkoolaus Ristiin koolaus / Yksinkertainen koolaus. Koolausmateriaali ___x___
26. Lisäkoolauksen mahdolliset pergola yms. varaukset asennettu
27. Sähköt asennettu sähkökuvien mukaisesti
28. Paneeloinnin etenemä tarkastettu 5 paneelin välein vastaamaan laskennallista etenemää
29. Ikkuna ja ovi aukot sahattu rungon kanssa tasan
30. Panelijatkoksen kohdalla molemmat panelin päät tasattu sahaamalla
31. Paneeloinnin aloitus ja lopetus korko samat kuin kuvassa laskennalliset
32. Koolaus ja paneelointi mahdollistavat ikkunapellin asennuksen haluttuun kulmaan

Ikkuna tunnus	Laatuvaatimus toimenpide					
	1:	2:	3:	4:	5:	6:
	7:	8:	9:	10:	11:	12:
	13:	14:	15:	16:	17:	18:
	19:	20:	21:	22:	23:	24:
	25:	26:	27:	28:	29:	30:
Pvm	31:	32:				

Vastaanotettu ennen paketoitua : ___/___ 2013

Huomiot ja tehdyt muut toimenpiteet :