

# CLT-ELEMENTTIEN RUNKOTYÖN LAADUNVARMISTUS



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinna korkeakoulukeskus, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka,

insinööri (AMK)

Kevät, 2022

Sikko Kaewasa

---

Tekijä Sikko Kaewasa

Vuosi 2022

Työn nimi CLT-elementtien runkotyön laadunvarmistus

Ohjaajat Riku Hyttinen (HAMK), Esa-Petri Leppänen (NCC)

---

## TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Cross Laminated Timber -elementtien (CLT) runkotyön laadunvarmistusta ja niihin liittyviä laadunvarmistustoimenpiteitä. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia CLT-elementtirakentamisen yleisiä ja potentiaalisia ongelmia sekä pohtia niille ratkaisuja. Lisäksi työssä selvitetään CLT-elementtien runkojen laatuvaatimukset sekä määräykset, joilla ne voidaan toteuttaa vaatimusten mukaisesti.

CLT on ristiin liimattua puuta, joka muodostaa CLT-levyrakenteen, CLT-elementit puolestaan koostuvat useista CLT-levyrakenteista. Puuelementtirakentaminen on kasvanut Suomessa merkittävästi rakentamisen hiilijalanjäljen selviämisen myötä. Laadunvarmistus on tärkeimpiä asioita, johon tulee keskittyä puuelementtirakentamisessa. CLT-elementtien runkotyön onnistumisen varmistamiseksi on laadunvarmistus suoritettava asianmukaisesti.

Opinnäytetyössä käytettiin kvalitatiivista tutkimusmenetelmää, jolla pyrittiin lisäämään ymmärrystä CLT-elementtien runkojen laadusta ja ominaisuuksista. Tutkimus tehtiin hankkimalla tietoa eri internetlähteistä, kirjallisuudesta ja toimeksiantajayrityksen tietopankista sekä haastatteleamalla rakennusalan asiantuntijoita ja työnjohtajia.

Avainsanat CLT-elementtirakentaminen, puurakentaminen, CLT-elementti, laatu

Sivut 35 sivua ja liitteitä 6 sivua

---

Author	Sikko Kaewasa	Year 2022
Subject	The quality assurance of CLT-elements framework	
Supervisors	Riku Hyttinen (HAMK), Esa-Petri Leppänen (NCC)	

---

## ABSTRACT

This thesis studies the quality assurance of Cross Laminated Timber -elements (CLT) framework and related quality assurance measures. The aim of this thesis is to study common and potential problems in CLT-element construction as well as to resolve solutions to them. Additionally, this thesis specifies the CLT-element framework quality requirements and regulations, with which the buildings can be built according to requirements.

CLT is cross laminated timber, which is formed by the plate structure. CLT-elements consist of several plate structures. In Finland, wooden element construction is increasing vastly due to the need to decrease the high carbon footprint of construction. Quality assurance should be the focus when it comes to wooden element construction. To ensure success in CLT-element framework, quality assurance must be carried out properly.

This study was conducted as qualitative research method, which strives to understand project quality and property. The study was conducted by obtaining information from various Internet sources, literature, and the company's database. Additionally, information was gathered by interviewing construction industry experts and foremen.

Keywords CLT-elements construction, wooden construction, CLT- element, quality

Pages 35 pages and appendices 6 pages

## Sisällys

1	JOHDANTO .....	1
2	PAKILANPUISTON ALLIANSSI .....	2
3	TUTKIMUSMENETELMÄ .....	3
4	LAADUNVARMISTUS TYÖMAALLA .....	4
4.1	Puurakentamisen laadunvarmistus .....	4
4.2	Valvonta rakennustyömaalla .....	5
4.3	Työtä edeltävä laadunvarmistus .....	6
4.4	Työnaikainen laadunvarmistus .....	6
4.5	Työnjälkeinen laadunvarmistus .....	7
5	PUUELEMENTIN YLEISET LAATUVAATIMUKSET .....	8
5.1	CLT-elementtien tekniset laatuvaatimukset .....	8
5.2	CLT-elementin valmistus- ja materiaalivaatimukset .....	10
5.3	Puulementin palomääräykset .....	12
5.4	Kosteudenhallinta .....	13
5.4.1	Kosteudenhallintasuunnitelma .....	14
5.4.2	Rakennusaikainen kosteus .....	16
6	CLT-ELEMENTTIRAKENTAMINEN .....	18
6.1	Puurakenteiden asennussuunnitelma .....	18
6.2	CLT-elementtien asentaminen .....	19
6.3	Elementtien toimitus, vastaanotto ja varastointi .....	21
6.4	Työturvallisuus .....	21
7	PUUELEMENTTIRAKENTAMISEN YLEISIMPIÄ JA POTENTIAALIASIA ONGELMIA .....	22
7.1	Rakenteiden halkeiluriskit .....	24
7.2	Kuivumishalkeilun hallinta .....	24
7.2.1	Kuljetusaikaiset kosteusriskit .....	25
7.3	Tekniset ongelmat .....	26
7.4	Työnjohdon ongelmat .....	27
7.5	Puulementtien mekaaniset rasitukset .....	28
7.6	Kosteusongelmat .....	28
8	TARKASTUSLISTA .....	30
9	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	31
9.1	Suosituksia jatkotoimenpiteille .....	32
10	YHTEENVETO .....	33

## **Kuvat ja taulukot**

Taulukko 1. Puuseinäelementtien mittatarkkuusvaatimukset (RT 14-11016, 2011, s. 239)

Taulukko 2. Vaakarakenne-elementtien mittatarkkuusvaatimukset. (RT 14-11016, 2011, s. 240.)

Taulukko 3. Rakennusaikaisen kosteuslähteet (Puuinfo, 2020a).

Taulukko 4. Suojaustasot (SFS 5978/2014, s. 20).

Taulukko 5. Puuelementtirakentamisen yleisimpiä ongelmia. (Ratu 1202 S, 2010, s. 7).

Kuva. 1 Case-kohteen runkovaiheen rakentaminen tapahtui sääsuojan sisällä. (NCC, 2021).

Kuva. 2 Case-kohteen IV-konehuone (NCC, 2021).

Kuva 3. Betonivalu puurakennuksessa. (Puuinfo, 2020a).

## **Liitteet**

Liite 1 Puuelementtityön tarkastuslista.

Liite 2 Puurakenteiden asennustoleranssit.

Liite 3 Puuelementtirakentamisen ammattilaisten haastattelukysymykset.

## Käsitteet

CLT	Cross Laminated Timber eli ristiinliimattua puuta, joka muodostuu CLT-levyrakenteeksi.
CLT-elementti	Puuelementti, joka koostuu monesta CLT-levyistä.
Laadunvarmistus	Laadun mittaaminen ja havaittujen puutteiden korjaaminen.
Kosteudenhallinta	Rakennusprojektin toimintatapa, joka minimoi kosteuden pääsy rakennuksen rakenteisiin tai materiaaleihin
Kosteusvaurio	Kosteuden aiheuttama vaurio, joka mm. heikentää rakenteita.
Toleranssi	Tietyn mitan tai ominaisuuden sallittu poikkeama.
RunkoRYL	Runkotöiden yleiset laatuvaatimukset.

## 1 JOHDANTO

Rakennusteollisuuden osuus maailmanlaajuisesti on merkittävä maailman uusiutumattomista luonnonvaroista. Lähes puolet maapallon jätteestä ovat rakennusteollisuuden aiheuttamia jätteitä. Puu on täysin uusiutuva rakennustuote, joten puurakentamisella voi pienentää huomattavasti hiilidioksidipäästöjä. Puuelementtirakentaminen säästää aikaa ja rahaa. Hyvin suunniteltu puuelementtirakentamisen hanke voi olla jopa 50–70 prosenttia nopeampi kuin perinteinen elementtirakennustekniikka. Puuelementit valmistellaan tehtaassa, joten ne eivät altistu säälle eikä säävaihteluille. Lisäksi puuelementtitekniikka on ekologista, kustannustehokasta ja laadukasta. (Mikkola, 2014, s. 2)

CLT-elementit käytetään usein runkorakenteena isoissa puurakentamisen kohteissa. CLT tulee englannin kielen sanoista Cross Laminated Timber, joka tarkoittaa ristiinliimattua puuta. CLT-elementti valmistetaan liimaamalla mitalistettua ja lujuusluokiteltua puutavaraa yhteen. Puutavaraa asetetaan yleensä suorassa kulmassa toistensa päälle. Jokainen puutavarakerros vastaa yhtä puulevyrakennetta. Puulevyrakenteita asetetaan toistensa päälle kolmesta kahdeksaan, riippuen valmistajista. (Oy CrossLam Ltd, 2014)

CLT-elementit vähentävät jätteen määrää tuotanto- ja toimitusketjun eri vaiheissa. Puuelementtien valmistusprosessista jääneet jätteet voidaan polttaa sähkön ja lämmön tuotannossa. CLT-elementeissä ei ole haitallisia aineita, joten niiden kierrättäminen on helppoa ja yksikertaista. Puurakennukset ovat hyvin kevyitä, mutta kestäviä. Puuelementtirakennukset ovat kevyempiä kuin betonielementtirakennuksia, joka tarkoittaa sitä, että CLT-rakennukset voidaan rakentaa pehmeämmällä maaperällä. (Mikkola, 2014, s.2)

Opinnäytetyössä käytetään Pakilanpuiston allianssihanketta case-kohteena. Tässä opinnäytetyössä käsitellään CLT-elementtien runkotyön laadunvarmistusta, puurakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia ja määräyksiä sekä selvitetään puuelementtien asennusvaiheen yleisimpiä ongelmia ja puutteita sekä tutkitaan potentiaalisia ongelmakohtia. Tutkimus tehtiin haastattelemalla rakennusalan asiantuntijoita, työnjohtajia ja hankkimalla tietoa eri internetlähteistä, kirjallisuudesta, sekä toimeksiantajayrityksen tietopankista.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää NCC Suomi Oy:lle CLT-elementtirakentamisen laadunvalvontaa sekä selvittää, mitkä asiat sisältyvät CLT-elementtien valmistus- ja asennuslaatuvaatimuksiin ja millaisia toimenpiteitä pitää tehdä, jotta määritetyt vaatimukset ja asetetut määräykset täyttyvät laadunvarmistuksessa. Lisäksi pohditaan, miten ratkaistaan olemassa olevia ongelmia ja miten ehkäistään potentiaalisia ongelmia.

## **2 PAKILANPUISTON ALLIANSSI**

Hankkeen alkuvaiheessa tarkasteltiin Länsi-Pakilan alueen koulujen ja päiväkotien tilatarpeita kokonaisuudessaan. Hanke koskee Pakilan ala- ja yläkoulua, päiväkotia Havukkaa ja päiväkotia Pakilaa sekä nuorisotiloja. Samassa yhteydessä on pohdittu myös urheilualueiden ja tyhjien tonttien kehittämistä sekä väistötilaratkaisuja. Havukan päiväkodin ja Pakilan koulun rakennukset ovat tulleet teknisesti ja toiminnallisesti käyttöikänsä päähän ja päiväkotia Pakila sijaitsee Kehä I:n melu- ja hiukkasalueella. Pakilan ala-asteen koulu kaipaa perusparannusta ja sekä ylä- että ala-asteen käytössä on tilaelementtipaviljongit. Nykyiset rakennukset eivät vastanneet uusia opetus- ja varhaiskasvatussuunnitelmien toiminnoille asettamia vaatimuksia. (NCC, n.d.-b)

Hanke on suunniteltu toteutettavaksi vaiheittain ja toteutusvaiheeseen kuuluu Halkosuontie 88:n rakennuksessa tehtävä laaja toiminnallinen ja tekninen perusparannus sekä laajennus ja Elontie 35:n alkuopetuksen ja päivähoidon uudisrakennus. Hankkeessa peruskorjataan Halkosuontie 88 tilat opetuksen vaatimusten mukaisiksi, kunnostetaan tekniset asennukset, parannetaan energiatehokkuutta ja kunnostetaan julkisivut, ikkunat ja vesikatto sekä saneerataan alapohja. (NCC, n.d.-b)

Pakilanpuiston projektissa rakennetaan uusia puurakenteisia päiväkotia- ja koulurakennuksia, jotka tulevat ala- ja yläkoulujen sekä nuorisotalon käyttöön. Lisäksi nykyinen peruskoulurakennus kunnostetaan. Hankkeen tavoitteena on ollut löytää paras ratkaisu koulujen ja päiväkotien toiminnan, kaupunkikuvan ja kokonaiskustannusten kannalta. Uudet monikäyttöiset ja muunneltavat tilat parantavat tilojen käytettävyyttä ja tehostavat niiden käyttöä. Tilat suunnitellaan yhdessä loppukäyttäjien kanssa. (NCC, n.d.-b)

Pakilanpuiston laajennusosat suunnitellaan pääosin puurakenteisiksi, jolloin tavoitteena on mahdollisimman pieni jalanjälki, Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelman

mukaisesti. Rakennusten energiatehokkuutta käytön aikana parannetaan muun muassa kierrättämällä auringon, ihmisten, valaistuksen ja laitteen tuottamaa lämpöä tilojen lämmittämiseen. Suunnittelussa otetaan huomioon myös pitkään elinkaareen liittyvä muunneltavuuden vaatimus. Rakennejärjestelmällä, taloteknisillä asennuksilla ja tilasuunnittelulla mahdollistetaan huonetilojen myöhempi uudelleenjärjestäminen toiminnan muuttuessa. (NCC, n.d.-b)

NCC on yksi Pohjois-Euroopan johtavista rakennusyrytyksistä. NCC rakentaa rakennuskiinteistöjä ja kehittää rakennus- ja infrahankkeiden sekä asfaltin ja kiviaineksen tuotantoa. NCC:n toiminta-alueita ovat Suomi, Ruotsi, Norja ja Tanska. NCC:n historia Suomessa alkaa vuodesta 1995 kun yhtiö osti EEG-Henriksen Gruppen-nimisen rakennusyhtiön. NCC:llä on vahva arvopohja, joka ohjaa yrityksen toimintaa. Arvot ovat rehellisyys, kunnioitus ja luottamus. Vuonna 2021 konsernin liikevaihto oli noin 5,3 miljardia euroa ja henkilöstömäärä noin 13 000. (NCC, n.d.-a)

### **3 TUTKIMUSMENETELMÄ**

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä oli kvalitatiivinen tutkimus eli laadullinen tutkimus. Kvalitatiivinen tutkimus on menetelmäsuuntaus, jonka tavoitteena on ymmärtää tutkittavan kohteen laatua ja ominaisuuksia. Tutkimustyössä on tärkeää löytää erilaisia ongelmia sekä pohtia niille ratkaisuja. Tässä opinnäytetyössä tutkimuskohteena oli CLT-elementtirakentamisen laadunvarmistuksen parantaminen NCC:n rakennuskohteissa.

Opinnäytetyöhön tarvittavaa tietoa on kerätty eri internetlähteistä, kirjallisuudesta, haastattelusta, omista havainnoista ja kokemista sekä toimeksiantajayrityksen tietopankista. Kirjallisen aineiston keruu aloitettiin tutkimalla mahdollisimman monipuolisia ja luotettavia lähteitä. Aineiston etsinnässä tärkeää oli rajata juuri tarvittava aineisto tätä opinnäytetyötä varten. Kirjallista aineistoa tarkasteltiin yksityiskohtaisesti eri puuelementtirakentamisen menetelmiä vertailemalla. Aineiston keruu oli osittain hyvin haastavaa, koska CLT-elementtirakentamisen on Suomessa vielä uutta, eikä aihetta ei ole tutkittu tarpeeksi. Tämän vuoksi haastattelin puurakentamisen asiantuntijoita ja työnjohtajaa. Taustatietoa saatiin case-kohteesta ja valitsemalla sellaisia lähteitä, joista saataisiin mahdollisimman laaja

kuva koko CLT-elementtirakentamisesta. Näistä saatu tiedot voidaan jatkossa hyödyntää CLT-elementtirakentamisessa.

Pakilan koulu runkoratkaisut toteutetaan pääosin CLT-elementteinä, jonka valitaan opinnäytetyön case-kohteeksi. Opinnäytetyötä varten haastateltiin case-kohteessa työskennelleitä henkilöitä. Haastattelin neljää rakennusalan henkilöä, jotka työskentelivät case-kohteessa. Nämä henkilöt toimivat suoraan konkreettisesti puurungon asennusvaiheessa. Haastattelin asennuspäällikköä, asennustyönjohtajaa, työvaiheen työnjohtajaa. Osa haastatteluista tehtiin kirjallisesti ja osa suullisesti. Haastattelut käytiin 2.2.2022 ja 8.3.2022.

## **4 LAADUNVARMISTUS TYÖMAALLA**

### **4.1 Puurakentamisen laadunvarmistus**

Projektin tiedonhallinta ja tiedonkulku osapuolten välillä on hyvin merkittävää osa rakennushankkeen laadunvarmistuksessa. Rakenteen asennusaikainen ja lopputilanteen jäykistyksen kuuluvat rakenteelliseen turvallisuuteen. Puun kosteuselämiseen tulisi kiinnittää huomiota erityisesti vaativissa rakenneosissa. Puuhun aiheutuu kuivaessaan rakenteiden halkeilua ja rakenteiden muodonmuutokset. Materiaalin ja puun erityispiirteet tulee huomioida ilman kosteuspitoisuuden kasvaessa. Paloturvallisuus on hyvin tarkka puurakentamisessa. (SFS 5978/2014, s. 11)

Ennen rakentamisen aloitusta perehdytään rakennuskohteeseen sekä hankkeen vaativuuteen toteutusasiakirjojen pohjalta. Toteutusasiakirjoihin sisältyvät muun muassa pääpiirustukset ja työselostus, joita käytetään lähtötietoaineistona. Hankkeen alussa laaditaan toteutuksen työsuunnitelma, joka sisältää mm. puurakenteiden laatusuunnitelman, asennussuunnitelman ja kosteudenhallintasuunnitelman. Aloituskokouksessa todetaan hankkeen laadunvarmistustoimenpiteet ja niitä koskevat päätökset. Työmaalla pidetään asennusvaiheen palaveri laadunvarmistusmenettelyjen noudattamista varten. Asennusvaiheen aloituspalaverissa varmistutaan, että työntekijät sisäistävät työvaiheeseen liittyvät suunnitelmat sekä ohjeet. (SFS 5978/2014, s. 15)

## 4.2 Valvonta rakennustyömaalla

Rakennustyön valvonnasta vastaavat rakennushankkeeseen ryhtyvä, viranomaiset ja urakoitsija. Rakenteen suunnitelmanmukaisuus varmistetaan työselostuksessa määritellyssä laajuudessa. Viranomaisten määräysten mukaisen valvonnan lisäksi urakoitsijalla tulee olla omaa valvontaa. Työvaiheista vastaava työnjohtaja valvoo, että rakennustyöt toteutetaan toteutusasiakirjojen mukaisesti sekä tarkistaa rakennustuotteiden kelpoisuuden ja varmistaa että rakennustyön laatu täyttää määritetyt vaatimukset. Rakennushankkeeseen ryhtyvä eli rakennuttaja nimeää valvojan, joka edustaa rakennuttajaa sekä varmistaa toteutuksen suunnitelman ja hyvän rakennustavan noudattamisen työmaalla. (SFS 5978/2014, s. 17)

Rakennustyön valvontaan kuuluu työnjohdon pätevyyksien varmistaminen. Puurakenteen työvaiheen vastaavan pätevyyksien tulisi täyttää viranomaisten asettamat vaatimukset. Puurakenteen työvaiheen vastaavalla on oltava riittävä kokemus puurakenteista sekä niiden toiminnasta. Rakennustyön valvonnan olennaiset tehtävät:

- Työjohtopätevyyksien selvittäminen
- Aloituspalaveri
- Työmaatarkastukset
- Tarkastusasiakirjat
- Viranomaiskatselmukset
- Lopputuloksen kelpoisuuden varmistaminen. (SFS 5978/2014, s. 17)

Työvaiheista vastaava työnjohtajan toteutusluokkaa voidaan osoittaa pätevydentoteamistoimielimen myöntämällä todistuksella. Aloituspalaverissa järjestetään valvonta ja sovitaan laadunvarmistustoimenpiteistä. Viranomaiset pitävä rakennustyön aikaiset katselmukset ja loppukatselmukset. Katselmuksissa käydään läpi rakennuttajan tarkastus- ja huolehtimisvelvoitteen toteutumista ja rakennustyön luvanmukaisuutta. Katselmusten tekeminen kirjataan tarkastusasiakirjaan. Työmaantarkastuksen tavoitteena on todeta, että vaatimukset täyttyvät standardin mukaisesti. Tarkastusten tulokset tulee kirjata ja dokumentoida tarkastusasiakirjaan. Liitteessä 1 on tarkastuslista, johon kirjataan tarkastusten tulokset. Tarkastuslistalla varmistetaan, että projekti toteutuu määräysten, rakennusluvan ja suunnitelmien mukaisesti. Lisäksi todetut riskit ja niiden ehkäisemisen toimenpiteet kirjataan tarkastuslistaan. (SFS 5978/2014, s. 17)

### 4.3 Työtä edeltävä laadunvarmistus

Ennen työvaiheen aloitusta pidetään aloituspalaveri, jossa käydään toteutussuunnitelma läpi. Toteutussuunnitelmaan sisältyy kosteudenhallintasuunnitelma, asennussuunnitelma sekä työsuunnitelma. Kosteudenhallinta toteutetaan hyvissä ajoin kosteudenhallintasuunnitelman mukaisesti. Kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään rakennukselle suojaustasot, joiden avulla tiedetään, missä olosuhteessa rakentaminen tapahtuu. (SFS 5978/2014, s. 15)

Puuelementtirakentamisen työvaiheen tarvittavien resurssien saatavuus on varmistettava hyvissä ajoin ennen töiden aloittamista, huomioiden elementtien toimitusajat. Elementtitoimitukset suunnitellaan niin että elementit ovat toimitettu työmaalle ajoissa. Työmaalla tarkistetaan maapohjan kantavuus ja kuljetukselle sopiva tie, jotta elementit pääsevät oikea-aikaisesti työmaalle. Varastointi- ja nostoalueet tulee suunnitella etukäteen ennen elementtien ja nostokaluston saapumista työmaalle. Nostokalustoa käytettäessä nostot on suunniteltava siten, että niitä voidaan nostaa ja siirtää sujuvasti ja turvallisesti sekä kaluston kunto tarkastetaan. Haastavissa olosuhteissa tulee laatia nostosuunnitelma. (Ratu KI-6029, 2016, s. 206.)

Vastaanotettaessa elementtejä tulee huomioida lastausjärjestys, sekä tarkistaa huolellisesti elementtienmittatarkkuusvaatimuksia, varmistaen nostolenkkien kunto ja mahdolliset vauriot, jotka syntyvät kuljetuksen aikana. Kuljetuksessa aiheutuneista vaurioista raportoidaan elementin toimittajalle hyvissä ajoin, jotta saadaan elementit ajoissa työmaalle ja asennus ei viivästyisi. Ennen työn aloittamista mitataan alustan ristimitta, sekä seinien etäisyydet ja varmistetaan alustan tasaisuus. Aloituspalaverissa käydään laatuvaatimukset, suunnitelmat ja työhön liittyviin turvallisuusasiat läpi urakoisijan kanssa. (Ratu KI-6029, 2016, s. 206.)

### 4.4 Työnaikainen laadunvarmistus

Ennen työn aloitusta pidetään aloituspalaverin, jossa käydään läpi työn aloitusedellytykset. Asennusalustan tarkistus tulee suorittaa ennen asennusta. Aloituspalaverissa käydään läpi asennussuunnitelma, aikataulu, työmenetelmät, resurssit sekä tehtävään liittyvät riskit.

Työkohde tarkastetaan ja tarvittaessa hankitaan mahdolliset suojaukset sekä laadunvarmistus- ja turvallisuustoimenpiteiden läpikäynti. Aloituspalaverissa laadunvarmistus- ja turvallisuustoimenpiteiden läpikäynnin lisäksi varmistetaan, että henkilöstö on työhönsä perehtynyt. Erikoistyötä tekevällä henkilöstöllä tulee olla riittävä pätevyys ja että työssä käytetään tarvittavia henkilökohtaisia suojaimeja. (Ratu KI-6029, 2016, s. 207)

Puuelementit suojataan asennuksen aikana sääolosuhteelta. Alustan mahdolliset mittapoikkeamat huomioidaan asennusohjeiden mukaisesti. Elementtejä ei muokata ilman rakennesuunnittelijan hyväksyntää. Asennuksen aikana varmistetaan, että höyrösulut asennetaan oikeaoppisesti ja saumat teipataan samansuuntaisesti. Jos elementit joudutaan pakottamaan paikoilleen niin varmistetaan, että elementit eivät vaurioidu siitä. Työnaikaiset tuennat ja jäykistykset toteutetaan suunnitelmien mukaisesti. Asennuksen aikana varmistetaan paloturvallisuuden noudattaminen. Liitosten ja saumojen tarkastuksilla varmistetaan, että ne kestävät puun kosteuselämistä ja estetään veden pääsy sisä rakenteisiin. (Ratu KI-6029, 2016, s. 207)

#### **4.5 Työnjälkeinen laadunvarmistus**

Runkotyövaiheen jälkeen tarkistetaan, että asennetut elementit, liitosten kiinnitykset ja saumat täyttävät määrätyt laatuvaatimukset. Asennetuissa rakenteissa ei saa olla haitallisia halkeamia, lohkeamia tai suuria jälkiä työstä. Puurunkorakenteet tulisi suojata muilta rakennusosilta esimerkiksi lattiavaluista. Peittyvät rakennusosat tarkastetaan ja dokumentoidaan. (Ratu KI-6029, 2016, s. 207)

Työkohteelle tehdään itselleluovutustarkastus ennen pääurakoitsija vastaanottotarkastusta, jossa työt tarkistetaan suunnitelmien ja toteutusasiakirjojen mukaisesti. Tarkastusta varten laaditaan tarkastuslista, jonka avulla varmistetaan vaatimusten täyttyminen. Virheet ja puutteet korjataan, jonka jälkeen pidetään vastaanottotarkastus pääurakoitsijan kanssa ja luovutetaan työ. Luovutusasiakirjat ja tehdyt dokumentit, sekä mahdolliset ohjeet luovutetaan rakennuttajalle. Tarkistuslista on erittäin hyvä työkalu työn suorittamisen edellytysten ja vaatimusten varmistamiseen. Tarkistuslistalla varmistetaan myös toleranssien, kiinnitysten ja liitosten sekä rakenteet täyttävät asetetut vaatimukset.

Tarkastettavat asiat tarkistetaan liitteen 1 tarkistuslistan mukaisesti. (Ratu KI-6029, 2016, s. 209)

Yleensä rakennusvalvontaviranomainen määrää vaativassa runkotyössä pidettäväksi rakennuskatselmuksen. Kun rakennuksen kantavat ja jäykistävät rakenteet on asennettu, pidetään runkokatselmus. Katselmuksessa viranomaisen tarkistaa, toteutettiinko runkorakenteet laatuvaatimusten, määräysten sekä suunnitelmien mukaisesti ja ovatko asennukseen liittyvät tarkastukset, toimet ja selvitykset tehtynä. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132)

## **5 PUUELEMENTIN YLEISET LAATUVAATIMUKSET**

Puuelementtien asentamisesta laaditaan asennussuunnitelma, jossa käydään asennustyön vaiheiden olennaiset seikat läpi ennen elementtien asentamista. Elementtien asentamisessa noudatetaan suunnitelmia ja niille asetettuja vaatimuksia. Elementtien asennusalusta on yksi oleellisimmista seikoista elementtien asentamisessa. Elementtien asennusalustat tulee olla puhtaita, kiinteitä sekä tasaisia ja valmiita jatkokäsittelyä varten. Asennusalustojen tulee täyttää niille asetetut asennustarkkuus- ja laatuvaatimukset. Elementit eivät saa olla suorassa kosketuksessa kapillaarin kantavan materiaalin kanssa. Elementtien nostot suoritetaan siten, että nosto ei aiheuta elementteihin vakavia muodonmuutoksia, tai heikennä elementtien laatua tai lujuusominaisuuksia. Elementtien asennuksen aikana elementit eivät saa altistua kosteudelle. Elementtien asennuksia suorittaessa noudatetaan ensisijaisesti valmistajan antamia ohjeita. (RT 14-11016, 2010, s. 243)

### **5.1 CLT-elementtien tekniset laatuvaatimukset**

Case-kohteessa kantavina pystyrakenteina toimivat ulkoseinien CLT- elementit ja keskirungossa liimapuiset pilarit. Kantavina vaakarakenteina toimivat liimapuupalkit ja niiden päälle asennettavat CLT-laattaelementit. Jäykistävinä rakenteina toimivat ulkoseinien lisäksi teräsbetoniset väestönsuoja, hissikuilu ja porrashuoneet. Korkeissa tiloissa, varsinkin tiloissa, joissa on vino sisäkatto, toteutetaan runko ensisijaisesti massiiviliimapuisena 3-nivelkehänä. Mitoituksessa huomioitiin palotilanteen hiiltymävara. Korkeiden tilojen kehärakenteisiin kuuluu teräspilareita. Välipohjat ovat CLT-laattaelementtejä, joiden päällä on

askeläänieriste ja teräsbetoni-laatta, johon sijoitetaan lattialämmitysputkistot. CLT-laattaelementtien paksuus on noin 240... 260 mm. Välipohjan mitoituksessa pitää ottaa huomioon taipuma ja värähtely. Väestösuojan kattoholvi on 350... 400 mm:n paksuinen elementtirakenteiden teräsbetoni-holvi. Elementtilaattojen alapuolella on jousirangalla ripustettu kaksinkertainen kipsilevyverhous, jonka laajuus ja toteutustapa tarkentuu akustiikkasuunnitelmien mukaan. Yläpohjien kantavana primäärirakenteena toimivat liimapuupalkkeihin tukeutuvat CLT-laatat. Kyseisen rakenteen päälle asennetaan sekundääriset tehdasvalmisteiset naulalevypukit ja vesikattorakenteet. Lämmöneristys toteutetaan ullakotilassa vaakarakenteen päälle asennettavalla puhallusvillalla.

Betonirakenteisten porrashuoneiden kohdalla yläpohjan primäärirakenne toteutetaan ontelolaatoin, joiden päälle asennetaan samat sekundäärirakenteet kuin CLT-rakenteisissa yläpohjissa. Korkeissa tiloissa sekä ullakolle sijoittuvan IV-konehuoneen kohdalla yläpohjarakenne toteutetaan vinoasenteisin CLT-laattaelementein, joiden päälle asennetaan lämmöneristekerrokset sekä vesikattorakenteet. Palkit ovat liimapuuta. Mitoituksessa huomioidaan palotilanteen hiiltymävara. LP-palkkeihin tehdään tukien seinän ja pilarin kohdalla epoksiliimatut vaarnatapit, sekä teräksiset tukilevyt leimapaineen hallintaa varten. Korkeiden tilojen kehärakenteisiin kuuluvat palkit ovat teräspilareita.

Puurakenteiden toiminnalliset toleranssit jaetaan kolmeen eri toleranssiluokkaan.

- Toleranssiluokka 3: Rakennusosat, joilta vaaditaan erityistä mittatarkkuutta ja joille asetetaan erityisen korkeat ulkonäkövaatimukset.
- Toleranssiluokka 2: Asuin-, liike- ja toimistorakennusten tai niitä vastaavien rakennusten rakennusosat. Luokka 2 on yleisimmin käytetty asennustarkkuusluokka.
- Toleranssiluokka 1: Hallirakennusten yms. tilojen rakennusosat, joille voidaan sallia luokkaa 2 alhaisemmat mittatarkkuus- ja ulkonäkövaatimukset. (SFS 5978/2014, s. 22)

Asennustoleranssien varmistamiseksi joku osatoteuttaja huolehtii omien tuoteosiensa ja työvaiheidensa mittauksista. Yleensä päätoteuttaja vastaa koko rakennuksen mittausasioista. Työvaiheesta seuraavan edistään tulee tehdä useita mittauksia sekä valvoa

että poikkeamia korjataan välittömästi, jotta mittapoikkeamat eivät kertaudu. (RIL 240-2006, s. 50)

Toteustussuunnitelmassa määritellään asennustarkkuusluokkaa, 3 tiukkeammat tai luokkaa 1 väljemmät asennustarkkuudet. Liitteen 2 taulukossa harmaalla taustalla on esitetty puurakenteiden olennaiset asennustoleranssit, jota noudetaan CLT-elementtirakentamisessa. Rakennussuunnitelmissa voi myös olla vaativampia mittatarkkuuksia, joita pitää ensisijaisesti noudattaa. (SFS 5978/2014, s. 22)

## **5.2 CLT-elementin valmistus- ja materiaali vaatimukset**

CLT-elementin ominaisuudet ilmoitetaan ensisijaisesti CE-merkinnällä. CE-merkintä on valmistajan tai maahantuojan vakuuttama, että tuote täyttää asiaankuuluvan EU-lainsäädännön vaatimukset. CE-merkittyjen tuotteiden ominaisuuksien tulee täyttää kansalliset vaatimukset tuotteen käyttökohteissa. CLT-elementtien lamellien paksuus on enintään 45 mm ja lamellien sormijatkosten pitää olla standardin SFS-EN 385 mukaisia. CLT-elementtien vaatimukset tulee täytyä taulukon 1 mukaisesti. Elementtirakentamisessa sahatavaran tulee olla SFS-EN 14081-1 standardin mukainen. Kantavissa ja jäykistävässä rakenteissa on käytettävä vähintään lujuusluokkaa C14. (RT 14-11016, 2011, s. 221)

RunkoRYL 2010 ohjaa rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia. RYL tulee sanasta rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. RYL on rakennusalalla yleisesti hyväksytyn hyvän rakennustavan kuvaus, joka on laadittu talonrakennusalan asiantuntijoiden, järjestöjen sekä rakennusyriyten ja rakennustietosäätiön toimesta. RunkoRYL antaa elementeille omat mittatarkkuusvaatimuksensa. (Taulukko 1.) Jokainen poikkeama mitassa mitataan elementin huonoimmasta kohdasta. On kuitenkin huomattava, että tarkempia vaatimuksia elementeille voidaan vaatia suunnitelma-asiakirjoissa. Mittapoikkeamat on tarkoitettu elementeille, joissa puuosien kosteus on 15 % puun kuivapainosta. (RT 14-11016, 2011, s. 239)

Taulukko 1. Puuseinäelementtien mittatarkkuusvaatimukset (RT 14-11016, 2011, s. 239)

**Taulukko 721:T1. Seinäelementtien valmistustarkkuudet.**

Ulottuvuudet ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama	
	Luokka 1	Luokka 2
Pituus		
– pituus < 2,1 m	± 3 mm	± 5 mm
– pituus 2,1...6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– pituus > 6,0 m	± 10 mm	± 20 mm
Korkeus		
– korkeus < 3,0 m	± 3 mm	± 5 mm
– korkeus 3,0...6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– korkeus > 6,0 m	± 10 mm	± 20 mm
Paksuus ilman ulkoverhousta kiinnitystuen kohdalla	± 3 mm	± 5 mm
Paksuus ilman ulkoverhousta kiinnitystukien välillä	± 4 mm	± 6 mm
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero		
– elementin suurin mitta ≤ 2,1 m	± 4 mm	± 7 mm
– elementin suurin mitta 2,1...6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– elementin suurin mitta > 6,0 m	± 15 mm	± 28 mm
Suoruus <sup>1)</sup>		
– pituus	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– korkeus	± 1,5 ‰	± 1,5 ‰
Ovi- ja ikkuna-aukkojen sijainti	± 3 mm	± 5 mm

<sup>1)</sup> Mittauspituudesta, kun mittauspituus on vähintään 2 m.

Kun puurakenteiden toteutusstandardi on valmis, noudatetaan sen valmistustarkkuuksia.

Vaakarakenne-elementeille on myös omat mittatarkkuusvaatimuksensa. Vaakarakenne-elementtejä ovat alapohja-, välipohja- ja yläpohjaelementit. (Taulukko 2) (RT 14-11016, 2011, s. 240.)

Taulukko 2. Vaakarakenne-elementtien mittatarkkuusvaatimukset. (RT 14-11016, 2011, s. 240.)

**Taulukko 721:T2. Vaakarakenne-elementtien valmistustarkkuudet.**

Ulottuvuudet ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama	
	Luokka 1	Luokka 2
Pituus		
– pituus ≤ 6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– pituus > 6,0 m	± 10 mm	± 20 mm
Leveys		
– leveys < 2,1 m	± 5 mm	± 7 mm
– leveys 2,1...6,0 m	± 2,5 ‰	± 3,5 ‰
– leveys > 6,0 m	± 15 mm	± 25 mm
Paksuus	± 5 mm	± 7 mm
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero		
– elementin pituus ≤ 6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– elementin pituus > 6,0 m ja leveys < 2,0 m	± 15 mm	± 25 mm
– elementin pituus > 6,0 m ja leveys > 2,0 m	± 25 mm	± 35 mm
Suoruus <sup>1)</sup>		
– kaikki leveydet ja pituudet	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰

<sup>1)</sup> Mittauspituudesta, kun mittauspituus on vähintään 2 m.

Kun puurakenteiden toteutusstandardi on valmis, noudatetaan sen valmistustarkkuuksia.

CLT-elementtien kuljetuksessa ja varastoinnissa tulee ensisijaisesti noudattaa valmistajan antamia ohjeita. Elementit pyritään suojaamaan sateelta, likaantumiselta ja kolhiintumiselta. Elementit tulisi varastoida kuivalla sekä tasaisella alustalla niin, että ne ovat irrallaan maasta, jotta elementteihin ei tule haitallisia muodonmuutoksia tai vikoja. Kuljetuksen ja varastoinnin aikana elementtien kosteuden pitoisuus ei saa nousta. (RT 14-11016, 2011, s. 240)

### 5.3 Puuelementin palomääräykset

Ympäristöministeriö on säätänyt rakentamismääräyskokoelman E1, koskien rakennusten paloturvallisuutta (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta 927/2020). Tätä asetusta sovelletaan puuelementtirakentamisessa. Palomääräysten tarkoituksena on ohjata rakentamista, jotta rakennukset kestävät sortumatta mahdollisimman kauan palotilanteessa. (Puuinfo, 2020b).

Palonkestovaatimukset on määritetty rakenteille, joka esitetään REI-luokkina. R tarkoittaa rakenteen kantavuutta, E tiiviyyttä ja I eristävyyttä. REI-luokan vaatimuksen jälkeen ilmaistaan palonkestoajan numerolla. Esimerkiksi REI 30 tarkoitetaan, että palotilanteessa rakenteiden kantavuuden, tiiviyyden ja eristävyys tulisi kestää vähintään 30 minuuttia. (Puuinfo, 2020b)

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta sallii rakennusten paloturvallisuuden osoittamiseen kaksi vaihtoehtoista menettelytapaa (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017). Nämä ovat taulukkomitoitus ja toiminnallinen mitoitus. Taulukkomitoitus perustuu luokka- ja lukuarvoihin ja toiminnallinen mitoitus perustuu oletetun palon kehitykseen. Rakennusten paloluokat ovat P0, P1, P2 ja P3. Paloluokkia P1, P2 ja P3 käytetään, kun kohde suunnitellaan palomääräysten paloluokkien ja lukuarvojen mukaisesti. P0 paloluokkaa käytetään, kun kohde suunnitellaan osittain tai kokonaan perustuen oletettuun palon kehittymiseen, joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti ilmenevät palotilanteet. Palomitoituksen tarkoituksena on esittää suojatun ja suojaamattoman puurakenteen käyttäytymistä palotilanteessa. Mitoituksen avulla voidaan suunnitella elementeistä tarpeeksi kestäviä palotilanteita ajatellen. (Puuinfo, 2020b)

Puuta käytetään runkomateriaalina kaikissa paloluokissa enintään 2-kerroksisissa rakennuksissa. P2 -paloluokassa sallitaan puun käyttö enintään 28 metriä eli noin kahdeksan kerrosta korkeissa asuin- ja toimitilarakennuksissa. Muissa kuin asuin- ja toimitilakäyttöön tarkoitetuissa rakennuksissa sallitaan puun käyttö enintään 14 metriä korkeissa rakennuksissa. (Puuinfo, 2020b)

Ympäristöministeriö muutti asetustaan koskien rakennusten paloturvallisuutta. Asetusmuutos astui voimaan 1.1.2021, edistäen palomääräysten materiaalineutraaliutta. Asetus selkeyttää määräysten tulkintaa ja pienentää rakentamiskustannuksia. (Puuinfo, 2021)

Tulevaisuudessa alle kolmikerroksisen P2-paloluokan suojaverhouksen voi jättää pois seinän materiaalien täyttäessä vähimmäistiheyden ja puulle luonteenomaisen palokäyttäytymislukon. Muutokset helpottavat suurten rakennusten, enintään kaksikerroksisten hirsirakenteisten tai muiden massiivipuuseinäisten rakennusten suunnittelua ja sisällä olevat puupinnat on mahdollista jättää näkyviin. (Puuinfo, 2021)

#### **5.4 Kosteudenhallinta**

Rakennusvaiheen kosteudenhallinnan suunnittelussa noudatetaan ympäristöministeriön asetuksia 782/2017 rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta sekä 216/2015 rakentamisen suunnitelmista ja selvityksistä. Asetuksen 782/2017 12§ mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta. Hankkeelle nimetään kosteudenhallintakoordinaattori varmistamaan vaatimusten mukaisen toteutusta. Rakentajaosapuoli vastaa hankkeen kosteudenhallinnan käytännön toteutuksesta. Asetuksen 782/2017 13§ mukaan vastaavan työnjohtajan on huolehdittava työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen pohjalta. Lisäksi rakentajaosapuoli vastaa rakentamisvaiheen kosteusvastaavan nimeämisestä. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017).

Kosteudenhallintasuunnitelma sisältää toimenpiteet, joilla rakennusaineet ja -tuotteet, sekä rakennusosat suojataan sään aiheuttamilta tai työmaan olosuhteista johtuvilta haittavaikutuksilta. Suunnitelma sisältää myös toimenpiteet, joilla rakennusaineiden ja tuotteiden sekä rakennusosien kosteudensuojaus toteutetaan ja rakenteiden kuivuminen varmistetaan. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017).

#### **5.4.1 Kosteudenhallintasuunnitelma**

Toteuttaja laatii kosteudenhallintasuunnitelman rakennesuunnitelmien ja työselostuksen pohjalta. Kosteudenhallintasuunnitelma on oltava ennen rakentamista ja tulee kattaa koko prosessin läpi. Kosteudenhallintasuunnitelmassa tulee esittää rakentamisen tavoitekosteus eri rakennusvaiheissa sekä millä työkalulla varmennetaan rakenteiden kosteuspitoisuudet. Vastaava rakennesuunnittelija määrittää puurakenteiden kosteuden vaatimukset, sekä kohteen suojaustason. Kosteudenhallintasuunnitelman laadinnassa varmistetaan työselostuksen ja suunnitelman yhtenäisyys. Kosteudenhallintasuunnitelma saa poiketa työselostuksesta, mikäli siihen on tarpeeksi hyvä perusteita. Poikkeamalla on oltava asiaomaisten tahojen hyväksyntä ja poikkeamat ei voi heikentää lopputuloksen laatua. Poikkeamat kirjataan asiakirjaan ja viedään dokumentoitavaksi. (SFS 5978/2014, s. 18)

Kosteudenhallinta toteutetaan hankkeen alussa laaditun kosteudenhallintasuunnitelman mukaisesti. Kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään vaadittu taso, kosteudenhallinnan keinot ja tarkastustoimenpiteet. Kosteudenhallintasuunnitelmassa voi esimerkiksi olla määritelty, suojataanko koko rakennus vai jokin tietty rakenneosaa tai pelkästään materiaalit. (Ratu 0416, 2014, s. 2–7)

Puurakentamisen kosteudenhallintasuunnitelmassa tulisi erityisesti huomioida ilmasto-olosuhteita. Suomen ilmasto-olosuhteiden takia puurakentamisessa suositellaan sääsuojasta. Kun ilman suhteellinen kosteus kasvaa, niin myös puun kosteuspitoisuuskin, koska puu imee kosteutta ilmasta. Kosteudet tulevat monesta lähteistä rakentamisvaiheessa. (Puuinfo 2020a)

Taulukossa 3 on esitetty seikkoja, joita tulisi ottaa huomioon rakentamisvaiheessa.

Taulukossa esitetään rakentamisen eri vaiheet, näiden vaiheiden mahdolliset kosteuslähteet sekä niitä koskevia huomioitavia seikkoja. (Puuinfo 2020a)

Rakentamisen vaiheet on eritelty neljään eri vaiheeseen; rakennusosien ja tuotteiden valmistus, kuljetus, asennus sekä valmis rakennus. Elementtien valmistusvaiheessa mahdollisia kosteuslähteitä aiheuttavat sääolosuhteet. Tässä vaiheessa otetaan huomioon elementtien valmistamisen ajankohta, koska ulkoilman kosteus vaihtelee vuoden ajan mukaan. Työn kohteessa suunnitellaan kosteussuojauksen- ja varastointimenetelmät, koska puuelementtejä ei suositella varastoitavan kauaa. Erityisesti tulisi varmistaa elementtien tuulettuminen, kun ne ovat suojattuna, jotta kosteus pääsee haihtumaan. (Puuinfo 2020a)

Kuljetusvaiheessa sääolosuhteiden lisäksi tulisi huomioida kuljetuskaluston aiheuttama kosteus. Ennen elementtien kuljetusta kiinnitetään huomiota kuljetuskaluston tyyppiin sekä kosteussuojauksen kestävyys. Lisäksi tulisi huomioida kuljetusaika, jonka voi kestää vuorokausia. Asennusvaihe on kriittisin vaihe rakentamisen kosteusolosuhteiden kannalta. Erityisesti rakentamisen sääsuojausmenetelmiin tulisi tässä vaiheessa kiinnittää huomiota, jotta kosteudelle altistumista voidaan välttää. (Puuinfo 2020a)

Asennusvaiheessa elementtien asennusten lisäksi tulisi varmistaa myös talotekniikan asennuksen laatu, jotta rakennuksen valmistuttua vesivahingon riski voitaisiin minimoida. Rakennuksen valmistuttua kiinnitetään myös huomiota mahdollisiin kosteuslähteisiin. Merkittäviä kosteuslähteitä tässä vaiheessa ovat muun muassa maasta haihtuva kosteus ja kapillaarisesti nouseva kosteus, jotka voivat vaurioittaa rakenteita. Lisäksi mahdollisia kosteuslähteitä ovat sisäilman kosteus, ihmisten ja talotekniikan aiheuttamat vesivahingot sekä vesi- ja lumisateet. Huoltotarkastukset ja rakennuksen oikeanlainen käyttö ovat tärkeitä seikkoja kosteusvaurion ehkäisemisen kannalta. (Puuinfo 2020a)

Taulukko 3. Rakennusaikaisen kosteuslähteet (Puuinfo, 2020a).

Rakentaminen	Rakennusosien ja tuotteiden valmistus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sade</li> <li>Ulkoilman kosteus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rakentamisen ajankohta (vuodenaika)</li> <li>Varastointimenetelmä</li> <li>Varastointiajan pituus</li> <li>Kosteussuojausmenetelmät</li> <li>Tuotteiden tuulettuvuus suojattuna</li> </ul>
	Rakennusosien ja tuotteiden kuljetus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sade</li> <li>Ulkoilman kosteus</li> <li>Kuljetuskaluston aiheuttama kosteus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rakentamisen ajankohta (vuodenaika)</li> <li>Kuljetuskaluston tyyppi (avo vai kuomullinen)</li> <li>Kosteussuojauksen kestävyys kuljetuksen aikana</li> <li>Kuljetusaika</li> </ul>
	Rakennusosien ja tuotteiden asennus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sade</li> <li>Ulkoilman kosteus</li> <li>Vesiputket</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rakentamisen ajankohta (vuodenaika)</li> <li>Sääsuojausmenetelmät</li> <li>Varastointiaika työmaalla</li> <li>Rakennusaika</li> <li>Vesiputkien asennuksen laatu</li> <li>Tilaelementtien nostaminen suunnitellusti, jotta vesiputket ja vedeneristeet säilyvät ehjinä</li> </ul>
	Valmis rakennus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perusmaasta haihtuva kosteus</li> <li>Kapillaarisesti nouseva kosteus</li> <li>Pintavesien valuminen</li> <li>Rakennuksen mikroilmaston kosteus</li> <li>Sade</li> <li>Sisäilman kosteus</li> <li>Vedenkäyttö siivouksessa</li> <li>Toiminnan aiheuttama kosteus</li> <li>Ulkoilman kosteus</li> <li>Vesiputket</li> <li>Sprinkleri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rakennuksen oikeanlainen käyttö</li> <li>Huoltotarkastukset</li> <li>Vaurioituneiden osien korjaus</li> </ul>

#### 5.4.2 Rakennusaikainen kosteus

Työmaalla asennusaikainen kosteus ja varastointi varmistetaan suojauksella. Suojauksen avulla pyritään minimoimaan rakennusosien kastumista. Suojatut puumateriaalit voivat myös kastua. Rakennusaikainen kosteudenhallinta otetaan myös huomioon varastoinnin ja rakentamisen aikana. Kastuneet puumateriaalit tulisi kuivattaa ohjeen mukaisesti, jolloin voidaan välttää puun halkeilu. Puumateriaaleja kuivattaessa puun tasapainokosteuden ero on oltava korkeintaan 6 % puunkosteuden ja puun kuivumisolosuhteista riippuen. Rakennetta ei saa pinnoittaa taikka peittää ennen kuin rakenteet on kuivattu. (SFS 5978/2014, s. 19)

Kosteudenhallintasuunnitelmassa tulisi määrittää puurakenteita koskeva rakennusaikainen sääsuojaustaso. Suojaustason valinnassa varaudutaan poikkeuksellisiin sääolosuhteisiin ja muun rakennustoiminnan tuottamaan kosteuteen. Suojaustasot sekä näissä saavutettavat puun kosteuspitoisuudet ovat taulukossa 4. (SFS 5978/2014, s. 20)

Taulukko 4. Suojaustasot (SFS 5978/2014, s. 20).

- Suojaustaso ST0, ei suojausta
  - kosteuspitoisuus riippuu ilmastosta ja sitä ei voida taata
  - suositeltava vain talvikausina ja lyhyinä jaksoina, ei kuitenkaan maakosketusta
- Suojaustaso ST1, muovi- tai pressusuojaus rakenteiden päällä
  - kosteuspitoisuus alle 20 %
  - varmistettava riittävä tuuletus
- Suojaustaso ST2, katesuoja
  - kosteuspitoisuus alle 20 %
  - varmempi kuin ST1
- Suojaustaso ST3, sisäolosuhteet tai lämmitetty telttasuojaus
  - kosteuspitoisuus alle 15 %.

CLT-elementtien tai massiivipuurakenteiden tasolementtien rakentamisessa käytetään yleensä suojaustasoa ST2. Suojaustaso ST2 voi olla esimerkiksi telttasuojaus tai suojakatto. Telttasuojausta käytetään tavallisimmin sääsuojana puuelementtirakentamisessa. Telttasääsuoja on sen verran suuri, että nosturi mahtuu työskentelemään sen sisällä, jolloin elementtejä voidaan asentaa myös sateen aikana. Sääsuojaus on hyvin kallista mutta asiaa tulisi arvioida kokonaisuuden kannalta. Sääsuojauksen avulla voidaan lyhentää rakennusaikaa, koska sääsuojauksen sisällä pystytään työskentelemään jatkuvasti. Esimerkiksi alempien kerrosten sisätyöt voidaan aloittaa, vaikka vesikattoa ei vielä olisikaan asennettu. Lisäksi puuelementit ja rakennustuotteita voidaan säilyttää sääsuojauksen sisällä. (Puuinfo, 2020a)

Suojakatto on myös suojaustason ST2 mukainen kosteussuojausmenetelmä. Kosteussuojausmenetelmä toteutetaan rakennuksen päällä olevalla siirrettävällä suojakatolla. Suojakatto toimii siten, että runkotyövaiheessa suojakatto nostetaan välisaikaisesti pois ja asennetaan takaisin työvaiheiden jatkuessa. Suojakatto voi olla rakennuksen kokoinen tai koostua useammasta osasta. Suojakatto voi olla väliaikainen, joka puretaan pois rakennuksen valmistuttua. Lisäksi lopullinen vesikatto voi toimia myös suojakaton sääsuojana. (Puuinfo, 2020a)

## 6 CLT-ELEMENTTIRAKENTAMINEN

Puuelementtirakentamisessa noudetaan toteutusasiakirjoja, joihin sisältyy asennussuunnitelma, rakennepiirustuksia, toimittajien ohjeita ja työselosusta. Elementtejä asentaessa varmistetaan, että elementit nostetaan määrättyssä paikassa. Asennetuille elementeille tehdään asennusaikaista tuentaa, joka on esitetty asennussuunnitelmassa. Rakennusosatoimittajien ohjeiden lisäksi, elementtien kokoamisessa tulisi noudattaa asennussuunnitelmaa. Asennustoleranssit ja staattisesti määräämättömien elementtien tukikorkeuksia toteutetaan siten, että haitalliset rasitukset eivät vahingoita rakenteita. Rakennusaikaiset lisäkuormat voivat aiheuttaa rakenteille pysyviä taipumia, eivätkä lisärasitukset saa ylittää ominaiskuormia. Erityisesti yhdistettävissä rakenteissa tulisi varmistaa, että liittimien kohdalla ei esiinny halkeimia. Elementtejä pystystettäessä mittalinjat ja korkeusasemat tulisi merkittää erittäin tarkasti, jotta rakenteiden pystyvuoruuksien pysyminen toleranssissa. (SFS 5978/2014, s.16)

### 6.1 Puurakenteiden asennussuunnitelma

Vaativassa runkorakentamisessa laaditaan asennussuunnitelma laadun valvontaa varten. Puurakenteiden asennussuunnitelma tulisi laatia standardin SFS 5978 mukaisesti. Asennustyönjohtaja laatii kohteelle asennussuunnitelman, joita elementtisuunnittelija, rakennesuunnittelija, vastaava työnjohtaja ja asennustyöryhmä kommentoivat. Puurakenteiden asennussuunnitelma pitää käydä läpi jokaisen asennusryhmän kanssa ennen asennusvaiheen aloitusta. Asennusvaiheen aloituspalaverin läsnäolijat kirjataan pöytäkirjaan ja arkistoidaan. (SFS 5978/2014, s.20)

Asennussuunnitelmassa esitetään työn asennusaikainen vakaus ja tuenta, jotka valokuvataan ja liitetään tarkastuspöytäkirjaan. Tuotteita vastaanottaessa kaikki toimituserät tarkistetaan sekä varmistetaan tuotetietojen olevan kunnossa. CLT-elementeissä löytyy kansallinen tuotehyväksyntä tai ETA CE-merkintä. Kaikille rakennusosille pitää tehdä visuaalinen tarkastus, sekä tarvittaessa voidaan tehdä mittauksia ja varmistetaan että ne ovat rakennesuunnitelmien mukaisia. Tarkastukset kirjataan tarkastuspöytäkirjaan. Ennen varsinaista asennusvaiheen aloitusta pidetään aloituskatselmus, johon osallistuvat kaikki

osapuolet. Aloituskatselmuksessa tehdään runkoelementtien asennusmalli, jonka osapuolet hyväksyvät. (SFS 5978/2014, s.20)

Asennussuunnitelman tavoitteena on saavuttaa selkeät toimintaperiaatteet työmaan turvallisuuden varmistamiseksi. Asennussuunnitelmassa määritetään nostopaikat, kalusto, apuvälineet, elementtien painot ja nostoalueet ja nostojen ohjaus. Suunnitelmassa tulee esittää selkeästi mikä nosturi valitaan asennusnostokoneeksi. Nostokoneen suoritusarvo tulee olla riittävä ja soveltuva asennustyöhön. Asennusnostokoneen nostokyvyn ja ulottuvuuden tulee olla sopiva. Lisäksi suunnitelmassa esitetään varastointipaikkojen turvallista käyttöä varten tarpeelliset tiedot. Asennussuunnitelmaan sisältyy myös väliaikaisen tuennat ja niiden purkamisen ohjeet. (Ratu TT 05-00442, 2020, s. 1)

## 6.2 CLT-elementtien asentaminen

Case-kohteessa runkoratkaisut toteutetaan pääosin CLT-elementteinä. Tämä asettaa vaatimuksia muun muassa työnaikaiseen kosteudenhallintaan ja sääsuojaukseen. Kohteiden runkotyöt toteutetaan sääsuojattuna, jolla varmistetaan, ettei puupinnoille aiheudu kosteushaittoja. Puurakentamista varten nimetään työnjohtaja vastaamaan toteutuksesta ja kosteudenhallinnasta. Puuelementtien asentaminen on hyvin nopeaa ja tehokasta, koska niiden nostokuormat ovat kevyitä sekä rakenteiden kiinnittäminen on hyvin nopeaa ja helppoa verrattuna betonielementtirakentamiseen. Ennen elementtiasennustyön aloitusta tarkastellaan toteutussuunnitelmat ja tarvittaessa käydään niiden läpi. Ennen asennustyön aloittamista asennusalusta tulee tarkastaa laatuvaatimusten mukaisesti. Jos asennusalustassa on likaa, vettä, jäätä tai muita epäpuhtauksia, niin asennusalusta tulee puhdistaa ennen asennustyön aloitusta. Kiviaineisen alustan päällä asennettaessa on käytettävä kapilaarisen kosteuden nousun pysäyttävää eristettä esimerkiksi bitumikermiä, jonka asennetaan kiviaineisen rakenteiden päälle. (Ratu 0424, 2014, s. 10)

Elementtien asennuspaikat mitataan paikoilleen rakennuksen mittalinjoista tai mittapisteistä esimerkiksi mittanauhalla tai takymetrimittalla, jonka jälkeen merkitään asennuslinjat asennusalustaan. Elementit kiinnitetään oikeisiin sijainteihin suoraan linjaan koko rakennuksen pituudelta. Asennustyön edetessä asennuslinjoja tulee tarkistaa jatkuvasti. Ennen elementtien nostoja vahvistetaan elementtien aukot. Aukkojen yli menevät tuet

poistetaan elementtien asennuksen jälkeen. Elementit asennetaan ja kiinnitetään suunnitelmien mukaisesti. Elementtejä nostetaan vain määrättyssä pisteissä, joka on esitetty nosto-ohjeissa. Rankarakenteisilla elementeillä nosto voidaan tyypillisesti tehdä elementtiin asennetuista köysilenkeistä. Massiivipuuelementtien nostot saattavat vaatia ruuvien poraamista elementteihin sekä tarvittaessa erikoisnostolenkkien tekemistä elementeille. (Ratu 0424, 2014, s. 10)

Rakennustyömaalla on oltava riittävästi tilaa elementtien nostamista, siirtämistä ja väliavarastointia varten. Nostoalueella liikkuminen on kielletty asennuksen aikana. Purku- ja nostopaikat tulee suunnitella niin, että elementtejä ei nosteta työntekijöiden ylitse. Nostotyössä tulee ottaa huomioon nostohetkellä vallitsevat sääolosuhteet, kuten tuuli, lumi ja vesisade. Elementtejä nostettaessa käytetään köyttä elementin ohjauksen apuna ja ohjataan käsimerkeillä tai radiolla. Elementtien asennuksen yhteydessä varmistetaan elementtien väliaikainen tuenta. Elementtien minimitukipinta-vaatimusten tulee täyttyä kaikissa olosuhteissa. Asennusaikaiset vakaudet ja jäykistykset huomioidaan erityisesti. Väliaikaisia tukia ei saa poistaa ennen kuin runkorakenteet ovat jäykistetty sekä kiinnitykset varmistettu kokonaisuudessaan. Elementin tyypistä ja kohteesta riippuen elementti voidaan asentaa suoraan yläsidepuuhun, alasidepuuhun sekä reunoiltaan ympäröiviin rakenteisiin siten, että saavutetaan riittävä vakaus, eikä tilapäistukia tarvita. Elementtien väliaikaistuennat ja kiinnitykset toteutetaan rakennesuunnittelijan ja elementtitoimittajan ohjeiden mukaisesti. (Ratu 0424, 2014, s. 8)

Kuva. 1 Case-kohteen runkovaiheen rakentaminen tapahtui sääsuojan sisällä. (NCC, 2021).



### 6.3 Elementtien toimitus, vastaanotto ja varastointi

Elementtitoimitukset tulee suunnitella niin, että elementit ovat työmaalla oikea-aikaisesti. Rakennustyömaan teiden, kääntö- ja lastausalueiden tulee olla riittävän leveitä ja kantavia, jotta kuljetusautot pääsevät ongelmitta työmaalle. Elementtitoimituksia vastaanottaessa tarkastetaan elementtien kunto sekä suunnitelmien- ja sopimuksenmukaisuus. Mahdolliset virheet ja puutteet dokumentoidaan sekä ilmoitetaan toimittajalle. Elementit asennetaan suoraan kuljetusautosta kohteeseen aina kun on mahdollista. Mikäli elementit joudutaan välivarastoimaan, niin tulee varmistaa, että elementit eivät vaurioidu välivarastoinnin aikana. Elementin välivarastoinnissa tulee ottaa huomioon asennusjärjestys sekä valmistajan antamat tuentaohjeet. Kuljetuksen, varastoinnin ja asennuksen aikana on pyrittävä välttämään elementtiin kohdistuvia rasituksia. (Ratu 0424, 2014, s. 9)

Elementin suojauksia ei saa poistaa ennen asennusta. Mikäli vesi tiivistyy suojausten sisään, suojaukset avataan alhaalta ilmanvaihdon parantamiseksi. Suojauksia avatessa huolehditaan, että kosteus ei pääse tunkeutumaan rakenteisiin. Elementit tulee varastoida aina kuivalla ja tukevalla alustalla irti maasta. Elementin suojauksista tulee huolehtia sekä asennuksen aikana että asennuksen jälkeen. Elementtien yläpinnat ovat alttiina suoralle ulkoilmalle, kunnes seuraavan kerroksen elementit ovat asennettu. Elementtien lämmöneristysten suojaukset tulee ottaa erityisesti huomioon. Suojausten kunnon ylläpitoa suoritetaan koko rakennustyön ajan. Suojausten alaosaan tehdään riittävästi tuuletusaukkoja, joilla estetään homeen muodostuminen ja pidetään puun suhteellinen kosteus hyväksytyllä tasolla. (Ratu 0424, 2014, s. 9)

### 6.4 Työturvallisuus

Elementtiasennuksessa käytetään henkilökohtaisia suojaimia. Putoamissuojana käytetään ensisijaisesti rakenteellisia esteitä. Mikäli tämä ei ole mahdollista, käytetään turvavaljaita putoamissuojaimena. Vaarallisia materiaaleja työstettäessä käytetään hengityssuojaimia. Ennen elementtinstoja tarkistetaan työkoneiden kunto ja varmistetaan että nostokone on sopiva nostotyöhön. Nostokoneen varolaitteet ja nostoapulaitteet tarkistetaan säännöllisesti viikoittain. Nostokoneen kuljettajalla täytyy olla asianmukaiset luvat kunnossa. (Ratu 0424, 2014, s. 17)

Työturvallisuuden varmistamiseksi laaditaan nostosuunnitelma. Nostotyöhön ryhdyttäessä, nostovaijerit tarkistetaan ennen aina nostoa. Nostotyötä varten varataan riittävästi tilaa ja elementtinstonon aikana noston alle liikkuminen on kiellettyä. Asentajien ja nosturinkuljettaja välillä on oltava hyvä näkö- tai radioyhteys. Elementtinsto ohjataan käsimerkillä, varmistetaan että kaikki osapuolet ymmärtävät käsimerkkejä. (Ratu 0424, 2014, s. 17)

Työssä käytettävät apulaitteet, esimerkiksi henkilönostimet, tikkaat ja telineet on oltava määräysten mukaisia. Asennusaikaiset tuennat tulisi varmistaa, että ne kestävät vaadittavat veto- ja puristusvoimat. Elementtituet kiinnitetään elementin painopisteen yläpuolelta, jotta elementit pysyvät varmasti paikoillaan. Ennen nostoapuvälineiden irrottamista elementeistä, on varmistettava elementtien tuentojen kiinnitykset. Kun juotosbetonoinnit ovat saavuttaneet vaadittavat lujuudet, niin voidaan poistaa elementtituet elementeistä. (Ratu 0424, 2014, s. 17)

Elementtiasennuksen aikana suoritetaan myös putoamissuojaukset. Työhön opastus on erittäin tärkeää työturvallisuuden kannalta, työntekijät perehdytetään työolosuhteisiin sekä työhön. Työkoneille tehdään käyttöönottotarkastuksia, sekä vaadittuja määräaikaistarkastuksia, että vastaanottotarkastuksia. Työmaalla on oltava ensiaputaitoisia henkilöitä sekä ensiapuvälineitä ja huonetila mahdollisia hoitotoimenpiteitä varten. (Ratu 0424, 2014, s. 17)

## **7 PUUELEMENTTIRAKENTAMISEN YLEISIMPIÄ JA POTENTIAALIASIA ONGELMIA**

Tässä luvussa on tarkoitus käsitellä taulukon 5 mukaisia puuelementtirakentamisen yleisimpiä laatuvirheitä ja tutkia potentiaalisia ongelmia. Käsitellyt virheet ja ongelmat perustuvat kirjallisuuteen, artikkeleihin ja internetlähteisiin.

Taulukko 5. Puuelementtirakentamisen yleisimpiä ongelmia. (Ratu 1202 S, 2010, s. 7).

ONGELMAT	MAHDOLLISET SYYT
- virheelliset asennusalustat	- perustus- ja alapohjarakenteet valmistuivat runsaasti etuajassa, luovutustarkastus tekemättä - perustus- ja alapohjarakenteita ei ole suojattu säältä - työkohteen vastaanottotarkastuksessa havaittu puutteita ja virheitä
- Rakenteiden halkeilu	- Rakennetaan ilman sääsuojaa - elementit kastuvat kuljetuksen ja varastoinnin aikana.
- huonot työolosuhteet	- työ ajoittuu syksyyn, talveen tai muutoin huonolle säälle
- elementtien vaurioituminen työmaalla	- Rakennetaan ilman sääsuojaa - liian pitkä varastointiaika työmaalla - helposti rikkoutuvat ja puutteelliset suojaukset - ahdas työmaa - rakenteiden höyrönsulun epäjatkuvuus - nosto ja kuljetus
- metallisten liitososien puuttuminen tai väärä käyttö	- suunnitelmat puutteellisia tai muuttuvat työn aikana - suunnitelmat myöhästyvät - monimutkaiset ja erikoiset liitosdetaljit
- aukot väärissä paikoissa	- suunnitelmat tulevat myöhässä tai muuttuvat työn aikana - aukkojen mitoitus puuttuu
- turvallisuusriskit	- rakennuksessa korkeat seinärakenteet, paljon vinoja kattopintoja ja isoja aukkoja - ahdas työmaa-alue - työkohteessa käynnissä useita työvaiheita yhtä aikaa - työntekijät eivät käytä henkilökohtaisia suojaimia - puutteelliset telineet, tikkaat ja nostokoneet

## 7.1 Rakenteiden halkeiluriskit

Halkeamia syntyy lähes aina puurakentamisessa johtuen puun kuivumisesta. Yleensä halkeamat ovat rakenteiden pintojen alueella. Nämä alueet ovat herkkiä nopeasti vaihtuvalle ilmankosteudelle. Kosteuden poistuessa puusta nopeasti syntyy helposti kuivumishalkeamia. Puun leikkauspinnan lähelle voi syntyä jopa puun lävistäviä halkeamia, sillä kosteuden poistuminen on nopeaa etenkin puun leikkauspinnasta. (Puuinfo, 2020a)

Puurakenteiden halkeiluun voi vaikuttaa myös puuelementtien koko ja syyrakenteet. Mitä suurempi puukappale on, sitä herkemmin siihen voi syntyä halkeamia kosteuden poistuessa puusta. Jos suuri puukappale sisältää puun ytimen, on syy rakenne yleensä sellainen, että puukappaleen kuivumisesta aiheutuvat muodonmuutokset voivat aiheuttaa jopa pinnasta ytimeen ulottuvia halkeamia. Halkeamat ovat yleensä vain esteettinen tekijä, mutta ne saattavat myös aiheuttaa lujuusteknisiä ongelmia. (Puuinfo, 2020a)

On erilaisia syitä miksi liimapuun rakenteet halkeilevat. Näiden halkeamisten syitä ovat esimerkiksi valmistusvirheet, rakenteisiin kohdistuvat liian suuret leikkausvoimat, puun kuivuminen tai syihin kohtisuorassa olevan vetojännityksen ylittävät murtolujuutensa. Jos liimasauman kohdalla on suorja halkeamia, niin se tarkoittaa sitä, että on tapahtunut liimausvirheitä. Liimausvirheet ovat hyvin harvinaisia, mutta mahdollisia. Leikkausvoiman ylittyminen näkyy yleensä palkin lappeessa pituussuuntaisena halkeamana. Vaurio on yleensä palkin tukien lähellä ja vaurio edellyttää liimausvirheen tai palkin kuivumishalkeaman. Puun vetolujuus syihin kohden kohtisuorassa suunnassa on pieni. Pienetkin vetorasitukset voivat aiheuttaa suuria vaurioita. (RIL 244-2007, ss. 85–93)

## 7.2 Kuivumishalkeilun hallinta

Puurakenteiden kuivumishalkeilun hallinta alkaa jo hyvissä ajoin projektin suunnitteluvaiheessa. Puurakenteiden halkeiluun voidaan vaikuttaa huomattavasti rakenteellisten tekijöiden hallinnalla ja ulkoisten lämpö- ja kosteuslähteiden hallinnalla. Rakenteelliset tekijät ovat esimerkiksi puuelementin rakenne ja muotoilu, puutuotteiden kosteuspitoisuus ja puurakenteen pintakäsittely, jotka voivat hidastaa kosteuden imeytymistä ja poistumista rakenteesta. Ulkoiset tekijät ovat esimerkiksi rakennusaikaisten

kosteuslähteiden hallinta ja rakennuksen lämpö- ja kosteusolosuhteiden hallinta. Kuivumishalkeilun hallinnan tavoitteena on pitää puurakenteiden kosteuspitoisuus mahdollisimman tasaisena rakentamisen ja rakennuksen käytön aikana. (Puuinfo, 2020a)

Halkeilun ehkäisemiseksi elementit suojataan sääolosuhteilta. Erityisesti jatkuvan kosketus veteen tulisi estää. Rakenteiden lyhytaikainen kosketus veden kanssa ei ole merkittävää, koska vesi ei imeydy puuhun kovinkaan nopeasti, mutta rakenteita ei saa varastoida kovin kauan maassa tai ne eivät saa olla kosketuksessa lumen tai veden kanssa. Suojauksen avulla estetään rakenteiden kosteusmuodonmuutoksia, tällöin vähennetään myös halkeiluriskiä. Erityisesti tulisi varmistaa, että vettä ei kerääny liitosalueille. (RIL 244- 2007, s. 100)

### **7.2.1 Kuljetusaikaiset kosteusriskit**

Rakenteiden potentiaalisia ongelmia ovat esimerkiksi kosteuden aiheuttamat muodonmuutokset. Kuivumiskutistuma ja leikkausmuodonmuutosten aiheuttavat lisätaipumia. Kuljetuksen ja työtoteutuksen vaiheessa voidaan vähentää rakenteen taipumaa esikorotuksella. (Tolppanen s. 62)

Elementtien kastumisriskit kasvavat kuljetuksen ja mahdolliset asennusten odotusaikana. Tämä korostuu erityisesti elementeissä, joissa lämpöeristyksen ja pintaverhoukset ovat valmiiksi asennettu tehtaalla. Kuljetuksen ja varastoinnin aikana tulisi kiinnittää huomiota erityisesti elementtien suojaamiseen ja sen varmistamiseen, että kosteus ei pääse vahingoittamaan rakenteita missään vaiheessa. (Tolppanen s. 173)

Kastumisriskien pienentämiseksi voidaan pakata elementit muovikalvolla valmiiksi tehtaalla. Suojamuovit poistetaan asennuksen yhteydessä, jotta kosteus ei pääse vahingoittamaan sitä kautta rakenteita. Ulkopuoliset suojamuovit voidaan jättää työnaikaseksi suojaksi. (Tolppanen s. 173)

Kosteussuojaus kuljetuksen aikana suunnitellaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon kuljetettava tuote. Kuljetussuojauksena käytetään yleisesti muovisuojausta. Rakennustuotteen suojauksista jää suuria määriä muovijätettä työmaalle. Muovijätteen määrä voidaan vähentää käyttämällä suojapeitteellistä kuorma-autoa rakennustuotteen

kuljetuksessa. Puuelementtien kuljetuksessa suositellaan käyttämään pressusuoja, jotka voidaan ottaa myöhemmin uudelleenkäyttöön. (Puuinfo, 2020a)

### 7.3 Tekniset ongelmat

Opinnäytetyön toteuttamiseksi, kuten luvussa 3 mainitsin, haastattelin neljää rakennusalan henkilöä, jotka työskentelivät case-kohteessa. Nämä henkilöt toimivat konkreettisesti puurungon asennusvaiheen tehtävissä. Haastattelin asennuspäällikköä, asennustyönjohtaja ja kahta työvaiheen työnjohtajaa. Haastattelulomake on esitetty liitteessä 3.

Haastattelussa kysyin mm. mikä on haastavinta puurakentamisessa. Kaikki vastanneet olivat sitä mieltä, että asennustoleranssit ja viranomaismääräykset ovat erittäin haastavia puuelementtirakentamisessa. Asennustoleranssit ovat hyvin pieniä ja ne tuottavat teknisiä ongelmia puuelementtirakentamisessa. Palomääräykset ovat puurakentamisessa hyvin tiukkoja, koska puuelementtirakentaminen Suomessa vielä uutta. Haastattelussa tuli ilmi myös jäykkyyso- ja ääniongelmat, jotka nekin ovat yleisiä teknisiä ongelmia puurakennuksia rakentaessa.

Suurten hankkeiden rakennesuunnitelmissa on paljon erilaisia yksityiskohtia useista eri rakenneosista. Useimmissa tapauksissa tietystä rakenneosasta voi olla monia hyvin samankaltaisia, mutta silti erilaisia yksityiskohtia. Kiinnitystekniikat, jäykistyksiset tai palosuojaukset voivat erota toisistaan detaljien toteutuksessa. Haasteltavat pitävät liitosten tarkastusta hyvin tärkeänä, varsinkin isossa kohteessa tulisi tarkastaa ja dokumentoida tiedot kaikista tarkastuksista.

Nykyään kantavien rakenteiden kiinnitykset on hyvin suunniteltu. Tietyn rakennusosan kiinnityksessä voi olla mahdollisesti yksityiskohtainen kiinnitysmenetelmä. Näiden toteutus ei toisinaan toteudu aivan suunnitellusti, mikä voi johtua huolimattomasta rakentamisesta tai suunnitelmien toteuttamisen haasteista. Esimerkiksi suunnittelija tekee teoriassa toimivan kiinnityskaavion, mutta käytännössä kiinnityskaavio on erittäin haastava toteuttaa. Puuelementti saattaa halkeilla mutterin kiristyksessä, jolloin se heikentää rakenteiden suorituskykyä. Myös huolimattomuudesta tai muista syistä johtuen rakenteiden kiinnityksistä voi olla puutteita tai ne jopa jäävät toteutumatta suunnitellusti.

Huolimattomien yksityiskohtien toteuttamisen estämiseksi työvaiheet tulee suorittaa johdonmukaisesti loppuun asti. Esimerkiksi rakennusosan kiinnitykset tehdään järjestelmällisesti yksi kerrallaan valmiiksi asti. Suunnitelmien tulkintavirheiden välttämiseksi asentajat tulee osata tulkita suunnitelmia oikein sekä osata hahmottaa ne kokonaisvaltaisesti.

Jokainen haasteltava pitää rakennesuunnitelmien onnistumista tärkeimpänä aiheena puuelementtirakentamisen laadun kannalta. Epäonnistunut suunnittelu tarkoittaa sitä, että työmaalle tulleita elementtejä joudutaan lähettämään takaisin tehtaalle korjattavaksi tai uudelleen tehtäväksi. Tämä prosessi kestää kauan, joka voi johtaa valmistumisen viivästymiseen.

Haastattelussa kysyttiin toiveita ja kehitysehdotuksia aikataulutuksen suhteen. Rungon jälkityö tuli vahvasti esille ja samoja havaintoja tein itse myös rakennustyömaalla. CLT-rungon asennusvaiheen jälkeen, aloitetaan rungon jälkityöt. Rungon jälkityöt ovat muun muassa tapitukset, jälkihionnat ja muista töistä johtuneista vaurioiden korjaukset sekä likojen puhdistukset. Jälkitöihin tulisi varautua riittäväillä resursseilla, jotta seuraava työvaihe voidaan aloittaa ajallaan.

#### **7.4 Työnjohdon ongelmat**

Haastatteluissa kysyttiin, mikä on kriittinen ongelma laadunvarmistuksen onnistumisen kannalta. Haastatteluissa nostettiin esille hyvin valvonnan tärkeys rakennushankkeessa. Haastateltavat toivat esille myös suuret vaihtelut valvonnassa, johtuen työnjohdon ajanhallintamahdollisuuksista.

Puutteellinen valvonta on kriittinen ongelma laadunvarmistuksen onnistumisen kannalta. Valvonnan puuttuessa mahdolliset virheet ja puutteet voivat jäädä huomaamatta tai työt voivat jatkua pitkälle virheiden jälkeen. Niiden korjaaminen olisi hankalaa sekä työlästä ja jossain tapauksissa joudutaan purkkamaan rakenteita, jotta virheet saadaan korjattua. Työn valvontaan on varattava riittävästi aikaa ja ajankäytön hallinta tulisi suunnitella niin, että työn valvonta voidaan tehdä useasti lyhyellä aikavälillä. Näin työvaiheen valvoja pysyy ajan tasalla käynnissä olevista työvaiheista ja pystyy reagoimaan ja puuttumaan nopeasti, jotta

saadaan työ valmiiksi. Lisäksi tarvittavat tarkastukset ja dokumentoinnit saadaan tehty ajallaan.

## **7.5 Puuelementtien mekaaniset rasitukset**

Haastatteluissa nostettiin esille hyvin toteutetun logistiikan tärkeys puuelementin asentamisessa. Haastateltavat toivat esille myös suuret haasteet ja vaihtelut asennuksissa elementtien muotoeroista johtuen. Esimerkiksi vesikattoelementit ovat kooltaan suuria ja leveitä, jonka seurauksena niiden asentaminen on hyvin hankala ja aikaan vievä. Elementtien toimituksessa tulisi ottaa huomioon elementtien toimitustahti, jotta ei jouduta välivarastoimaan elementtejä työmaalla.

Elementin kuljetukset ja nostot aiheuttavat elementeille suuria rasituksia. Tästä syystä laaditaan nosto- ja kuljetussuunnitelma, jossa tulee esittää nostopaikat, tarvittavat voimat nostolle ja mahdolliset tuennat. Elementtejä tulisi tukea koko kuljetuksen ajan, jotta vältyttäisiin vaurioilta. Elementtejä asentaessa nostopisteet suunnitellaan niin, että nostotilanteessa elementit kestävät painonsa aiheuttamat rasitukset. Epäsymmetriset elementit ovat hyvin haastavia nostaa, esimerkiksi kaarevat elementit täytyy nostaa niin, että ne eivät kiepahda omasta painosta.

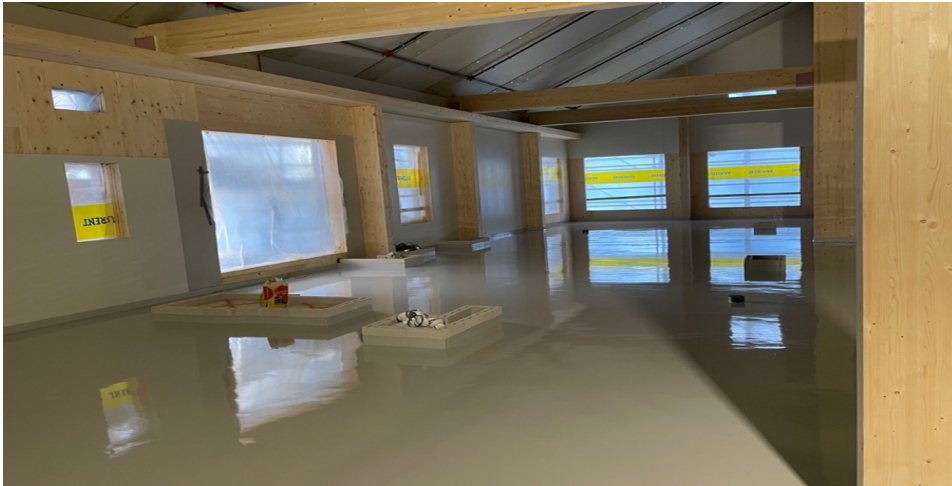
## **7.6 Kosteusongelmat**

Haastatteluissa kysyttiin puurakentamisen yleisimmistä ongelmista. Kaikki vastasivat, että asennusolosuhteet ovat yleisimmät ongelmakohdat, etenkin, jos rakennetaan ilman sääsuojaa. Suomessa on vaihtelevat sääolosuhteet, jotka aiheuttavat merkittävää rasitusta sekä rakenteisiin, että erilaisiin rakennusmateriaaleihin. Vaihtelevat säät tuovat mukanaan kosteutta, joka aiheuttavaa työmaille ylimääräisiä toimenpiteitä ja sitä myöten lisää kustannuksia. On olemassa useita kosteudenhallintatoimenpiteitä, mukaan lukien suojaus, lämmitys ja kuivaus, mutta nämä toimenpiteet eivät kuitenkaan poista kaikkia kosteusongelmia. Kaikki haastateltavat pitivät kosteudenhallintasuunnitelma hyvin tärkeänä asennusolosuhteen kannalta, erityisesti rakennettaessa ilman sääsuojaa.

Kosteuteen liittyvät ongelmat eivät johdu pelkästään työntekijöiden ammattitaidottomuudesta, vaan ongelmat tulevat ulkopuolisilta tekijöiltä, kuten sateesta,

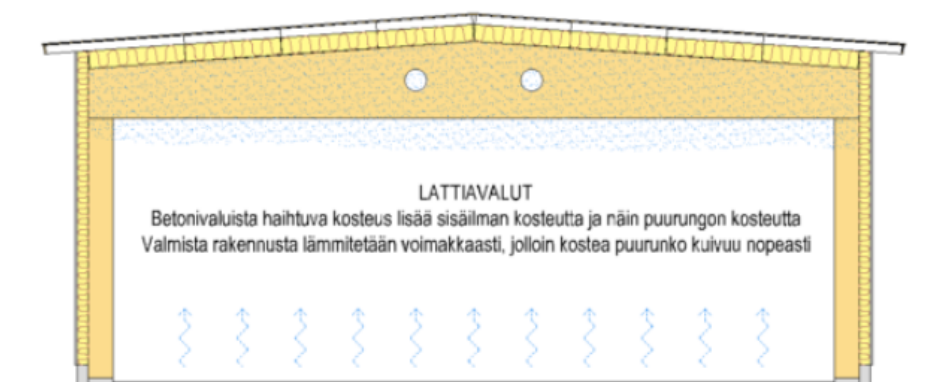
huonosta rakenneratkaisusta, työvaiheen valvojan heikoista tiedosta, rakennusaikaisesta kosteudesta tai kiireellisestä aikataulusta, joka syntyy huolimattomuudesta työtä tehtäessä. Kaikki haasteltavat olivat sitä mieltä, että kosteudenhallintasuunnitelma toimii isossa roolissa CLT-elementtirakentamisessa.

Kuva. 2 Case-kohteen IV-konehuone (NCC, 2021).



Case-kohteessa esiintyi erilaisia rakenteen halkeiluja, yksi niistä on kuvassa 2. IV-konehuoneen tilassa. Halkeilut tapahtuivat betonilattian valun jälkeen. Tämä johtui betonivalusta haihtuvasta kosteudesta, joka on esitetty kuvassa 3. Tämä tilanne olisi voitu välttää, jos kosteuden käyttäytymistä olisi ymmärretty paremmin.

Kuva 3. Betonivalu puurakennuksessa. (Puuinfo, 2020a).



Vaikka CLT-elementtien asennus tapahtuu sääsuojan sisällä niin tämä ei poista kaikkia kosteuteen liittyviä ongelmia. Case-kohteessa havaittiin, että vaikka toimitaan sääsuojan alla, on mahdollista, että kovalla sateella sääsuoja voi mahdollisesti vuotaa vettä.

## 8 TARKASTUSLISTA

Puuelementtityötä varten laadin tarkastuslistan, joka auttaa puuelementtirakentamisen laadun parantamista. Olen laatinut tarkastuslistan Microsoft Excel -ohjelmalla. Tarkastuslista on muotoiltu taulukoiksi, joka voidaan tarvittaessa tulostaa A4-kokoisena paperina. Yhdessä tarkastuslistassa voidaan kirjata ja seurata koko työvaiheen laadun varmistumista. Saadut tiedot tallennetaan projektipankkiin, jotta henkilöstö on ajan tasalla työvaiheista ja laatutilanteesta. (Liite 3)

Tarkastuslista koostuu viidestä osiosta. Jokaisessa osiossa on siihen kuuluvia tarkastusasioita riveittäin. Ensimmäisessä sarakkeessa on maininta vaatimuksista ja toiseen sarakkeeseen kirjataan tarkastettavat asiat, mikäli niissä on jotain dokumentoiva. Mahdolliset tiedostot liitetään sarakkeeseen kolme. Toiseksi viimeiseen sarakkeeseen työvaiheen vastaava tai vastuussa oleva henkilö kuittaa tarkistustoimenpiteet allekirjoituksellaan ja viimeiseen kirjataan päivämäärä. (Liite 3)

Tarkastuslistan ensimmäinen osio koskee työvaiheen aloitusedellytyksen resursseja, jossa tarkistetaan muun muassa työvaiheen liittyvät asiakirjat, turvallisuusasiat, kalusto ja materiaaleja sekä olosuhteet. Toisessa osiossa on kohteen vastaanottotarkastus, jonka tarkoituksena on varmistaa edellisen työvaiheen vaatimusten täyttymistä. Esimerkiksi jos asennusalustassa on huomattu virheitä ja puutteita, niin kohteen vastaanottotarkastuksilla varmistetaan virheet ja puutteet korjataan ennen työvaiheen aloittamista. (Liite 3)

Kolmannessa osiossa on kohteen luovutustarkastus, jonka tarkoituksena on varmistaa valmiin runkotyön laatuvaatimukset. Luovutustarkastusta pidetään, kun puuelementit ovat asennettu. Tarkastuksessa havaitut virheet ja puutteet kirjataan tarkastuslistaan ja sovitaan aikataulu vaurioiden korjauksen, jonka jälkeen pidetään jälkitarkastus. (Liite 3)

Neljännessä osiossa on puuelementtityön aikainen tarkastus, jonka tarkoituksena on tukea työvaiheen laadunvalvontaa. Tarkastuslistaa käytetään huomioiden tekemiseen ja kirjaamiseen puuelementin asennuksen aikana. Työvaihetarkastuksella parannetaan mahdollisuuksia saavuttaa ja säilyttää vaadittu laatutaso koko työvaiheen ajan. (Liite 3)

Viimeisissä osioissa on puuelementtityön jälkeinen tarkastus, jonka tarkoituksena on tarkastaa, että tarvittavat suojaukset ovat tehty ja suojauksen ylläpito on varmistettu sekä varmistaa puuelementtien runkojen virheettömyys. Tarkastuslistaa voidaan käyttää laajasti kaikessa puuelementtirakentamisessa. (Liite 3)

Tarkastuslistan tarkoituksena on toimia yleishyödyllisenä työkaluna työvaiheen loppuun saattamiseksi. Tarkastuslistaa jatkuvasti käyttäessä saadaan työvaiheen edistyminen dokumentoitua ja työvaiheesta saadaan kerättyä laatutietoa. Saatujen laatutietoja voidaan hyödyntää laadun parantamisessa työvaiheen edettäessä ja edistää työvaiheen valmistumista ajallaan ja edesauttaa vähentämään rakentamisen ylimääräisiä kustannuksia. Seuraavissa projekteissa voidaan edellisen kohteen tietojen perusteella välttää samojen ongelmien toistumista. (Liite 3)

## **9 JOHTOPÄÄTÖKSET**

Laadunvarmistus on hyvin laaja käsite, koska laatutasoon vaikuttaa monta asiaa. Hankkeen laatu tulee olla suhteessa hintaan ja kustannukseen. Kustannukset vaikuttavat suoraan rakentamisen laatuun. Mitä korkeampi laatu, sitä korkeammat kustannukset. Esimerkiksi sääsuojat ovat kustannuksiltaan hyvin korkeat mutta ne parantavat rakentamisen laatua merkittävästi. Toimivan sääsuojauksen rakentaminen edistää kosteusteknisesti toimivaa toteutusta. Sääsuojaukselle tulee myös varata sen vaatima aika ja muut tarvittavat resurssit.

Puuelementtirakentamisessa tarvitaan riittävän selkeät ja toteuttamiskelpoiset suunnitelmat, jotta työmaalla ei jouduta muuttamaan tai soveltamaan suunniteltua. Toteutus on pääasiassa suunnitelmien tuntemista ja huolellista työntekoa. Tässä työssä laatutasona käytettiin rakennusalan yleisiä laatuvaatimuksia.

Kosteustietojen lisääminen ja sen korostaminen ovat erittäin tärkeää rakentamisen edistämässä ja onnistumisessa. Kosteudenhallintaan perehtyneiden ja koulutettujen henkilöiden lisääminen ja heidän tietämyksensä jakaminen rakennushankkeessa on erityisen merkittävä laadunvarmistuksen kannalta. Kosteudenhallinta tulee olla kriittinen osa rakennusprojektin rakentamista alusta alkaen. Se on otettava huomioon rakentamisen jokaisessa vaiheessa, jolloin sille tulee myös määrätä sen vaatimat resurssit. Sopimusasiakirjoja laadittaessa tilaajan tulee antaa tiedot haluamansa kosteudenhallinnan tasosta ja laadusta. Nämä tiedot ovat mukana suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa alusta alkaen. Näin varmistetaan, että rakentamisesta varataan kosteudenhallinnalle sen tarvittava aika ja resurssit.

Toistuvien riskianalyyseiden tekeminen rakennushankeen aikana edesauttavat rakenneteknisesti toimivan rakennuksen toteutuksessa. Riskianalyytit voivat toimia osana asennussuunnitelmaa. Toistuvilla riskianalyyseillä varmistetaan riskien mahdollisuuksien tunnistaminen aikaisessa rakennusvaiheessa, jolloin voidaan muuttaa toimintaa tarpeen mukaan riskien toteutumisen todennäköisyyden vähentämiseksi.

## **9.1 Suosituksia jatkotoimenpiteille**

Tarkistuslistaa voidaan yksinkertaisesti soveltaa CLT-elementtirakentamisessa siten, että laaditaan esimerkiksi rakennussuunnitelmien pohjalta lista tehtävistä ja tapahtumista, joiden tulee tapahtua CLT-elementtirakentamisen aikana. Esimerkki sääsuojan asennus, jonka eri vaiheet kirjataan tarkistuslistaan. Tarkistuslistan avulla on helpompi seurata eri vaiheiden toteutusta, jolloin on todennäköisempää, ettei rakennustyön vaiheita jää huomiotta.

Mahdollisten ongelmien analyysia voidaan soveltaa CLT-elementtirakentamisessa esimerkiksi laatimalla kosteusriskimittari, joka sisältää kaikki projektin tunnistetut kosteusriskit. Kosteusriskien takana olevat syyt ja tekijät merkitään myös mittariin, kuten myös riskien toteutumisen seuraukset. Kosteusmittaria voidaan siten käyttää kosteusriskien vakavuuden arviointiin, sekä määrittää riskeille varautumistoimenpiteet.

CLT-elementtirungon jälkityöt kestävät yllättävän kauan siihen nähden, miten nopeasti runkoa saadaan pystytettyä. Rungon jälkityössä esiintyy monenlaisia pieniä ongelmia mm.

hionnoissa, tapituksissa ja muista töistä jääneet jäljet. Rungon valmistumisen kannalta on myös hyvä ottaa huomioon loppuvaiheen riittävät resurssit jälkityössä.

Jatkon kannalta olisi hyvä tutkia betonin valamisen vaikutuksia puurakennukseen, esimerkiksi kosteuden poistuminen ja sen vaikutukset. Sen avulla voidaan jalostaa kosteudenhallintaa toimivammaksi puurakentamisessa ja analysoida rakenteiden kosteusteknisiä riskejä.

## 10 YHTEENVETO

Opinnäytetyö käsitteli CLT-elementin runkotyön laadunvarmistusta ja puurakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia ja määräyksiä. Työssä pyrin myös selvittämään puuelementin asennusvaiheen yleisempiä virheitä ja puutteita sekä tutkin potentiaalisia ongelmakohteita. Lisäksi kehitin NCC Suomi Oy:lle CLT-elementin rakentamisen laadunvalvontaa. Työssä pohdin, miten ratkaistaan olemassa olevia ongelmia ja ehkäistään potentiaalisia ongelmia.

Työn alussa käsitelin laadunvarmistusta työmaalla ja selvitin teorian kautta puuelementtirakentamisen laatuvaatimuksia ja rakentamisen määräyksiä sekä laadunvarmistustoimenpiteitä. Kosteudenhallinnan osiossa selvitettiin kosteusriskit ja suojaustasot puuelementtirakentamisessa. CLT-rakentamisen osiossa kävin läpi, miten rakentaminen tapahtuu ja mitä standardeja noudatetaan toteutuksessa sekä selvitin logistiikan tärkeyden puuelementtirakentamisessa. Työturvallisuuden vaatimia toteutustapoja kävin läpi omassa luvussaan ja pohdin olemassa olevia työturvallisuusriskejä rakentamisen näkökulmasta. Puuelementtirakentamisen yleisimpiä ja potentiaalisia ongelmia koskevia osio on tässä opinnäytetyössä hyvin merkittävää. Osiossa saatiin erilaisista ongelmia selville ja pohdin niihin mahdollisia ratkaisuja.

Tässä opinnäytetyössä selvitin puuelementtien runkovaiheen laadunvarmistustoimenpiteitä. Tein CLT-elementtirakentamisen valvonnan ja laadunvarmistuksen työkalun jatkoa varten. Opinnäytetyön edetessä moni asia on muuttunut tai muuttanut muotoaan, mutta itse aihe on pysynyt ajankohtaisena ja siten tarkoituksenmukaisena. Haasteena on ollut tietojen kerääminen, sekä aiheen rajaaminen, koska laatu ja laadunvarmistus on hyvin laaja käsite. Jatkossa CLT-elementtirakentamisessa voidaan käyttää liitteessä oleva tarkastuslista

laadunvarmistuksen valvonnan työkaluna tai se voidaan ottaa osaksi tulevaan kohteen valvonnan prosessia. Työkalu voidaan liittää myös muihin toimeksiantajayrityksen valvontaa avustaviin pohjiin.

Opinnäytetyössä saatujen tutkimusten perusteella, tulin siihen tulokseen, että rakennesuunnitelmat, kosteudenhallintasuunnitelma, asennussuunnitelma ja asennustahtia on tärkeää tarkastaa huolellisesti, jotta puuelementtirakentaminen on laadukasta.

## Lähteet

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Haettu 12.2.2022 osoitteesta:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Mikkola, M. (2014). Puurakentamisen tulevaisuus on nyt. Metsäakatemia Seminaarijaksok.

Haettu 24.1.2022 osoitteesta [https://smy.fi/wp-content/uploads/2014/10/PMA36\\_Matti-Mikkola\\_teksti.pdf](https://smy.fi/wp-content/uploads/2014/10/PMA36_Matti-Mikkola_teksti.pdf)

NCC. (n.d.-a). NCC-konserni. Helsinki. Haettu 24.1.2022 osoitteesta:

<https://www.ncc.fi/tietoancsta/ncc-konserni/>

NCC. (n.d.-b). Pakilanpuisto allianssi. Helsinki. Haettu 24.1.2022 osoitteesta:

<https://www.ncc.fi/projektit/pakilanpuisto-helsinki/>

Oy CrossLam Kuhmo Ltd. (2014). CLT-levyn tekniset tiedot. Haettu 30.1.2022 osoitteesta:

<https://www.crosslam.fi/tuotteet/tekniset-tiedot.html>

Puuinfo (2020a). Kosteudenhallinta puurakentamisessa. Haettu 4.2.2022 osoitteesta:

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

Puuinfo (2020b). Paloturvallisuus. Haettu 1.2.2022 osoitteesta:

<https://puuinfo.fi/suunnittelu/maaraykset/paloturvallisuus/>

Puuinfo (2021). Palomääräysten muutokset vuoden 2021 alusta.

Haettu 1.2.2022 osoitteesta  
<https://puuinfo.fi/suunnittelu/maaraykset/palomaaraysten-muutokset-vuoden-2021-alusta/>

Rakennustieto Oy. (2016). Rakennustöiden laatu 2017. Helsinki: Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS sr. Noudettu osoitteesta

<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6029>

Ratu 0424 2014. Puuelementtirakentaminen, seinät. Rakennustieto.

<https://www.rakennustietokauppa.fi/sivu/tuote/ratu-0424-puuelementtirakentaminen-seinat-menekit-ja-menetelmat/2742758>

Ratu 1202-S. Runkorakenteet, elementtirungot. Rakennusteollisuus RT ry

[https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20S-1202?external\\_system=Juha&page=1](https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20S-1202?external_system=Juha&page=1)

Ratu TT 05-00442. Elementtien asennussuunnitelma. Rakennustieto.

<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RatuTT%2005-00442>

RIL 244-2007. (2007). Puurakenteiden jäykistyksen ja halkeilun hallinta. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT 14-11016. RunkoRYL 2010, Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset.

Helsinki, Rakennustietosäätiö RTS. Haettu 9.1.2022

Osoitteesta: <https://kortistot.rakennustieto.fi> (Vaatii käyttäjälisenssin)  
<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2014-11016>

SFS 5978. Puurakenteiden toteuttaminen, Rakennuksien kantavia rakenneosia koskevat säännöt 2014. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS. Haettu 23.1.2022

Osoitteesta: <https://online.sfs.fi/fi/index/> (Vaatii käyttäjälisenssin)

Tolppanen J. (2013). Suomalainen puukerrostalo. Helsinki. Puuinfo.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017

Haettu 9.1.2022 osoitteesta:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta 2008

Haettu 10.1.2022 osoitteesta:

<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200927>

## Liite 1: Puuelementtityön tarkastuslista

## Puuelementtityön tarkastuslista

Kohteen tiedot		Osoite				
		Lupatunnus				
		Kiinteistötunnus				
		Seuraamusluokka				
		Toteutusluokka				
Tarkastettavat/seurattavat kohteet	Vaatimukset	Tarkastuksien määrä	Dokumentointi	Työvaiheen vastaava	pvm	
<b>1</b>						
<b>Asiakirjat</b>						
elementti- ja mittapiirustukset						
rakennus- ja työselostus						
elementtiasennussuunnitelma						
työmaan aluesuunnitelma						
<b>Työturvallisuus</b>						
henkilökohtaiset suojarusteet						
henkilönostimien ja nostolaitteiden käyttöönottotarkastus						
koneiden ja laitteiden kunto- ja käyttöönottotarkastukset						
työnopastus						
ensiapu						
<b>Kalusto</b>						
mittauslaitteet						
kiviesmiehen työkalut						
sahat						
naulaimet						
nosto- ja siirtokalusto						
työtelineet ja -tasot ja tikkaat						
sähkö, valaisimet						
jäteastiat, silvovälineet						
suojaustarvikkeet						
<b>Materiaalit, tarkastetaan osakohteittain</b>						
varastointi						
elementit						
puuristikot						
naulat ja muut kiinnittimet –						
lämmön- ja vedeneristeet						
<b>Liittyvät työt, tarkastetaan osakohteittain</b>						
perustus- ja maarakennustyöt						
ikkuna- ja ovityö						
vesikatteen asennustyö						
<b>Olosuhteet, tarkastetaan osakohteittain</b>						
lämpötila, pakkanen, sade						
sähkö, valaistus						
työkohteen rauhoitus						
työmaan nosto- ja kulkureitit						



## Liite 2: Liitteen otsikko

Ulottuvuus ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama		
	Toleranssiluokka 3	Toleranssiluokka 2	Toleranssiluokka 1
<i>Seinät</i>			
Sivusijainti perussuorasta	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Runkotolppien väli	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Ikkuna- ja oviaukon koko	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Ikkuna- ja oviaukon sijainti	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Vapaa väli (vastakkaiset seinät)	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Seinärunгон suoruu <sup>1)</sup>	±1,5 ‰	±1,5 ‰	±1,5 ‰
Seinärunгон poikkeama pystysuorasta			
— korkeus enintään 3 m	±5 mm	±5 mm	±5 mm
— korkeus yli 3 m	±8 mm	±8 mm	±8 mm
<i>Ala- ja välipohjakannatteet</i>			
Kannatteiden väli	±3mm	±5 mm	±10 mm
Porrasaukon tms. koko	±3mm	±5 mm	±10 mm
Porrasaukon tms. sijainti	±3mm	±5 mm	±10 mm
Palkiston ylä- tai alapinnan suoruu <sup>1)</sup>	±1,5 ‰	±1,5 ‰	±1,5 ‰
<i>Yläpohjakannatteet</i>			
Kannatteiden väli	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Palkiston ylä- tai alapinnan suoruu <sup>1)</sup>	±1,5 ‰	±1,5 ‰	±1,5 ‰
<i>Pilarirunko</i>			
Sivusijainti	±6 mm	±12 mm	±20 mm
Vapaa väli	±6 mm	±12 mm	±20 mm
Pilarin yläpään ja/tai tukipintojen korkeusasema	±4 mm	±8 mm	±12 mm
Suoruu <sup>1)</sup>	±1,5 ‰	±1,5 ‰	±1,5 ‰
Poikkeama pystysuorasta			
— korkeus enintään 6 m	±3 mm	±5 mm	±8 mm
— korkeus yli 6 m	±4 mm	±8 mm	±2 mm
<i>Palkkirunko</i>			
Sivusijainti perussuorasta	±6 mm	±12 mm	±20 mm
Vapaa väli	±6 mm	±12 mm	±20 mm
Korkeusasema tuella	±4 mm	±8 mm	±12 mm
Suoruu <sup>1)</sup> ja poikkeama esikoroituksesta, kun palkkia kuormittaa sen oma paino	±1,5 ‰	±1,5 ‰	±1,5 ‰
<i>Seinäelementtien asennustarkkuus</i>			
Seinän sivusijainti perussuorasta	±5 mm	±8 mm	±12 mm
Vapaa väli (vastakkaiset seinät)	±5 mm	±8 mm	±12 mm
Seinän poikkeama pystysuorasta			
— korkeus enintään 3 m	±3 mm	±5 mm	±8 mm
— korkeus yli 3 m	±5 mm	±8 mm	±12 mm
Sauman leveys, poikkeama nimellismitasta	±3 mm	±5 mm	±8 mm
Elementtisauman hammastus	3 mm	5 mm	8 mm

<sup>1)</sup> 1,5 ‰ mittauspituudesta, kun mittauspituus on vähintään 2 m.

(jatkuu)

Ulottuvuus ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama		
	Toleranssiluokka 3	Toleranssiluokka 2	Toleranssiluokka 1
<i>Ala-, väli- ja yläpohjaelementtien asennustarkkuudet</i>			
Elementtien sivusijainti perussuorasta	±5 mm	±8 mm	±12 mm
Elementtisauman hammastus	3 mm	5 mm	8 mm
Sauman leveys, poikkeama nimellismitasta	±3 mm	±5 mm	±8 mm
<i>Asennusalusta ja asennusalustassa olevat kiinnikkeet</i>			
— sivusijainti koko asennusalustan pituudella	±3 mm	±5 mm	±8 mm
— korkeusasema koko asennusalustan pituudella	±3 mm	±5 mm	±8 mm
<i>Peruspultit</i>			
— pulttiryhmän sijainti keskilinjan suhteen	±5 mm	±10 mm	±10 mm
— pulttien keskinäinen etäisyys ryhmässä	±3 mm	±3 mm	±3 mm
— pultin korkeusasema	+20 mm	+20 mm	+20 mm
— pultin kallistus pystytasosta ( <i>L</i> on pultin näkyvä pituus)	<i>L</i> /100	<i>L</i> /100	<i>L</i> /100
Muut kiinnikkeet, sivusijainti (teräslevyt, tangot yms.)	±3 mm	±5 mm	±8 mm
<i>Naulalevyrakenteet</i>			
Suurin käyryys rakenteen tasosta	15 mm		
— sauvan käyryys liitosvälillä	min( <i>L</i> /300, 50 mm), kun <i>L</i> on paarteiden pituus		
— paarteiden käyryys koko paarteiden pituudella	min(10 mm + <i>H</i> /200, 25 mm), kun <i>H</i> on rakenteen korkeus [mm] tarkasteltavassa kohdassa.		
Poikkeama pystyasennosta			

## OPINNÄYTETYÖN HAASTATTELUT

### **CLT-elementtien runkotyön laadunvarmistus**

Onko sinulla aikaisempia kokemuksia puurakentamisesta?

kerro aikaisemmasta kokemuksestasi.....[linkki](#)?

---

Mitä tekisit toisin, jos saisit tehdä edellisen kohteen uudestaan? Kerro esimerkkejä?

- aikataulu...?
- asennussuunnitelma...?
- rakennesuunnitelmat...?
- logistiikka...?
- kosteudenhallinta?

---

Toimiiko kosteudenhallintasuunnitelma niin kuin pitäisi?

---

Puurakenteen teknisissä rakenneosissa tarvitaan riittävän selkeitä ja käytännön toteutuskelpoisia suunnitelmia. Jouduttiinko usein muuttaa/soveltaa suunniteltua?

Jos on niin mitä?

---

Annettiinko sinulle tarpeeksi aikaa ja resursseja työsuunnittelemista varten?

---

Tehtiinkö rakennuksen suorakulmaisuuden mittaus (rungon toleranssit) tarpeeksi tarkasti?

---

Mikä on kriittinen ongelma laadunvarmistuksen onnistumisen kannalta?

---

Esiintyikö mitään vikaa rungon liitoksista?

---

Mitkä sinun mielestäsi ovat puurungon yleisimpiä ongelmakohtia?

---

Mikä on haastavinta puurakentamisessa?

---

Kerro hyvät ja huonot puolet puurakentamisesta?

---