



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Tanja Oulujärvi

Puurakenteiset opetusrakennukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

9.5.2021

| | |
|--|--|
| Tekijä Otsikko | Tanja Oulujärvi Puurakenteiset opetusrakennukset |
| Sivumäärä Aika | 28 sivua 9.5.2021 |
| Tutkinto | Insinööri (AMK) |
| Tutkinto-ohjelma | Rakennustekniikka |
| Ammatillinen pääaine | Rakentamisen projektinhallinta |
| Ohjaajat | Lehtori Joonas Pusila |
| <p>Tässä insinööriyössä tutkittiin puurakenteisia opetusrakennuksia ympäristöministeriön niille asettamien julkisten puurakentamisen kansallisten tavoitteiden pohjalta. Työssä tutkittiin puurakenteisille opetusrakennuksille asetettujen tavoitteiden taustoja, nykytilaa tavoitteisiin nähden, erityispiirteitä hankesuunnittelussa sekä tavoitteisiin vaikuttavia tekijöitä.</p> <p>Ennen varsinaista tutkimustyötä, käytiin keskusteluja julkisen puolen rakennuttajan ja urakoitsijoiden kanssa, jotta tutkimusaiheeseen saatiin nostettua näiden pohjalta esiin nousseet puurakentamiseen vaikuttavat tekijät. Tutkimuksen teoria osuus pohjautui lähteisiin ja tulokset analysoitiin innovaation diffuusio teorian avulla.</p> <p>Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää puurakenteisten opetusrakennusten nykytila tavoitteisiin nähden ja tutkia tavoitteiden saavuttamista hidastavia tekijöitä. Tämän lisäksi tutkimuksen tavoitteena oli nostaa esiin ratkaisuja, joilla puurakentamista voidaan edistää opetusrakennuksissa.</p> <p>Tutkimus antaa laajan yleiskatsauksen puurakenteisille opetusrakennuksille asetetuista tavoitteista ja niiden taustoista sekä esittää huomioitavat erityispiirteet hankesuunnittelussa. Tutkimuksen tuloksena saatiin tavoitteisiin pääsyä eniten hidastavat tekijät sekä löydettiin toimivia ratkaisuja edistämään puurakentamista opetusrakennuksissa. Tutkimustuloksia pystyy hyödyntämään myös yleisesti puurakentamisessa.</p> | |
| Avainsanat | puurakentaminen, hankesuunnittelu, opetusrakennukset |

| | |
|--|--|
| Author Title | Tanja Oulujärvi Wood-Structured Educational Buildings |
| Number of Pages Date | 28 pages 9 May 2021 |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Degree Programme | Civil engineer |
| Professional Major | Construction Project Management |
| Instructors | Joonas Pusila, Lecturer |
| <p>This thesis was a research of Wood Structured Educational Buildings and was based on national targets for wood in public construction set by Finnish Ministry of the Environment. The purpose of the research was to study the background of the targets set for wood-structured educational buildings, to compare the current state to the targets and to examine the factors affecting the targets, and factors affecting them. Special features of project development were also examined.</p> <p>Before the actual research, discussions were held with the public constructor and other constructors to raise the factors affecting wood-structured educational buildings. The research was based on multiple sources, and the results were analysed using the diffusion of innovation theory.</p> <p>The research offers a wide overview of the targets set against wood-structured educational buildings and of the factors which these targets are based upon. As a result of the research, the most retarding factors in achieving targets were discovered, and solutions which encourage the construction of wood-based educational buildings were presented. The results of the research can also be used in the project development and construction of wood-structured buildings in general.</p> | |
| Keywords | Wood-structure, Educational Buildings, Project Development |

Sisällys

Lyhenteet

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 1.1 | Julkisen puurakentamisen kansalliset tavoitteet | 1 |
| 1.2 | Puurakenteiset opetusrakennukset | 1 |
| 1.3 | Tutkimusmenetelmät | 2 |
| 2 | Julkisen puurakentamisen kansallisten tavoitteiden taustat | 3 |
| 2.1 | Puurakentamisen ilmastovaikutukset | 3 |
| 2.2 | Sisäilmaongelmat opetusrakennuksissa | 4 |
| 2.3 | Puurakentamisen ohjelman edistyminen | 6 |
| 3 | Puurakenteisen opetusrakennuksen hankesuunnittelun erityispiirteitä | 7 |
| 3.1 | Vaatimukset rakennusmateriaalista | 7 |
| 3.2 | Hankeosapuolten osaamisen varmistaminen ja viitesuunnitelmat | 7 |
| 3.3 | Palomääräykset | 9 |
| 3.4 | Ääneneristävyys ja akustiikka | 10 |
| 3.5 | Kustannukset | 12 |
| 4 | Kansallisten tavoitteiden saavuttamista hidastavia tekijöitä | 13 |
| 4.1 | Alueellinen väestönkehitys | 13 |
| 4.2 | Suunnittelijoiden pätevyys | 13 |
| 4.3 | Urakoitsijan riskien huomioiminen | 14 |
| 4.4 | Puiset rakenneratkaisut ja niiden valmistajat | 16 |
| 5 | Ratkaisuja puurakentamisen kasvun edistämiseen | 17 |
| 5.1 | Koulutus ja osaamisen lisääminen | 17 |
| 5.2 | Siirtokelpoiset opetusrakennukset | 18 |
| 5.3 | Puurakentamisen tuotteiden kehittäminen | 19 |
| 5.4 | Valtionavustusten kohdentaminen ja myöntäminen | 21 |
| 6 | Tutkimuksen analysointi ja havainnot | 22 |
| 6.1 | Puurakentamisen kehittyminen ja sen hidasteet opetusrakennuksissa | 22 |
| 6.2 | Puurakentamista edistävät tekijät | 25 |
| 6.3 | Tulosten soveltaminen ja jatkokehittäminen | 27 |

Lyhenteet

| | |
|-------------------|---|
| CLT | Cross Laminated Timber, eli ristiinliimattu massiivipuu tai monikerroslevy. |
| CO ₂ e | Hiilidioksidiekvivalentti on ilmastotieteessä käytetty suure, joka kuvaa eri kasvihuonekaasupäästöjen yhteenlaskettua ilmastoa lämmittävää vaikutusta. |
| FISE | Henkilöpätevyyspalvelu, joka tarjoaa rakennus-, LVI- ja kiinteistöalan pätevyudet. |
| KAP-gap | Knowledge-Attitude-Practise gap eli Tieto-Asenne-Käytäntö kuilu |
| KVR | Kokonaisvastuurakentaminen on urakointimuoto, jossa urakoitsija huolehtii koko rakennushankkeen toteuttamisesta, sisältäen vastuun myös suunnittelusta. |
| MRL | Maankäyttö- ja rakennuslaki |
| OAJ | Opetusalan ammattijärjestö |
| SR | Suunnittele ja rakenna. Vastaa KVR-urakkamuotoa. |

1 Johdanto

Suomessa puu oli käytetyin rakennusmateriaali aina 1950-luvun lopulle, jonka jälkeen alaa valtasivat uudet rakennusmateriaalit, kuten betoni, tiili ja teräs. Suurina tekijöinä puurakennusten vähenemiseen oli palolainsäädäntö, joka suosi palamattomia materiaaleja, sekä kerrostalojen yleisyys asuinrakentamisessa. Nyt vuosikymmeniä myöhemmin, ovat lainsäädännöt muuttuneet suotuisammaksi puurakentamista kohtaan ja puuteollisuus kehittynyt vastaamaan nykyaikaisiin rakennustarpeisiin. [1, s.17-18.]

1.1 Julkisen puurakentamisen kansalliset tavoitteet

Ympäristöministeriön hallinnoima Puurakentamisen ohjelma (2016-2022) on valtioneuvoston yhteinen, jossa on tavoitteena puun käytön lisääntyminen monipuolisesti kaupunkirakentamisessa. Rakentamisen hiilijalanjälkeä halutaan pienentää käyttämällä puuta, ottamalla huomioon rakennuksen koko elinkaari ja edistää pääsemistä ilmastotavoitteisiin vuoteen 2035 mennessä. [2.]

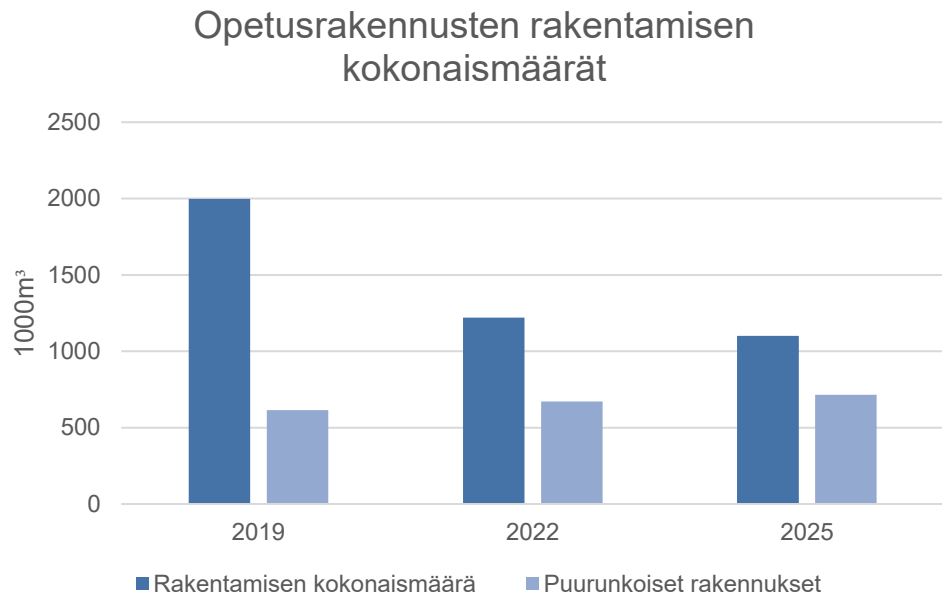
Ympäristöministeriö julkaisi ”Julkisen puurakentamisen kansalliset tavoitteet” 8.9.2020, jossa on kerrottu puurakentamisen tavoitteista rakennustyypeittäin. Yhdessä asiantuntija ryhmän kanssa arvioita ja tavoitteita olivat kommentoimassa myös sidosryhmät, ennen kuin ohjausryhmä viimeisteli tavoitteet. [3, s.3.]

1.2 Puurakenteiset opetusrakennukset

Tässä insinööriyössä keskitytään puurakenteisiin opetusrakennuksiin, niille asetettujen tavoitteiden saavuttamiseen vaikuttaviin asioihin sekä pohditaan mahdollisia puurakentamista edistäviä ratkaisuja. Puurakenteisella tarkoitetaan rakennusta, jossa kantavat rakenteet ovat pääosin tehty puusta. Opetusrakennuksia ovat varhaiskasvatuksentilat, koulut ja oppilaitokset.

Ympäristöministeriön asettamat tavoitteet puurakenteisille opetusrakennuksille ovat vuodelle 2022 55% ja vuodelle 2025 65%. Vertailun vuoksi, vuonna 2019 rakennetuista opetusrakennuksista vain 31% oli puurakenteisia (ks. Taulukko 1).

Taulukko 1. Rakentamisen ja puurunkoisten rakennusten kokonaismäärä, yksikkö vastaa aina 1000 m³.



Kunnianhimoisia tavoitteita on perusteltu vanhojen opetusrakennusten sisäilmaongelmilla ja kuntien kiinnostuksella puun käyttöön. Kuntalaiset vaativat päättäjiltä vastuullisia rakennuspäätöksiä ja pienemmän hiilijalanjäljen lisäksi, puun käytöllä saavutetaan viihtyisiä, terveellisiä ja ennen kaikkea helposti muunneltavia oppimisympäristöjä. [3, s.5.]

1.3 Tutkimusmenetelmät

Työn tavoitteena on nostaa esiin huomioitavia asioita, jotka voivat osaltaan vaikuttaa tavoitteiden saavuttamiseen. Tutkimuksen pohjatyönä haastateltiin yhtä julkisen sektorin rakennuttajapäällikköä, yhden rakennusliikkeen kehityspäällikköä sekä kahta urakoitsijaa. Näiden keskusteluiden pohjalta valittiin työhön käsiteltäväksi aiheita, jotka nousivat esille hidastavina ja edistävinä asioina puurakentamisessa. Teoriapohjana työhön käytetään aineistona alan kirjallisuutta, verkkosivustoja sekä muita julkaisuja.

2 Julkisen puurakentamisen kansallisten tavoitteiden taustat

Puurakentamisen kasvun tavoitteet ovat ensisijaisesti seurausta Suomen ilmastotavoitteista. Rakennuksista syntyvät kasvihuonepäästöt ovat yli 30 prosenttia koko Suomen päästöistä ja kansallisten tavoitteiden näkökulmasta on ratkaisevaa, että rakennusalan tuottamien päästöjen määrä saadaan laskemaan. [4.] Opetus-rakennuskannan uudistamisen tarve on myös kasvussa, kun useissa nykyisissä rakennuksissa on koettu suuria sisäilmaongelmia.

2.1 Puurakentamisen ilmastovaikutukset

Puurakentamisen ilmastovaikutuksien analysointi vaatii syvempää perehtymistä kasvihuonepäästöihin. Tilastokeskuksen julkaisun mukaan Suomen kasvihuonepäästöt vuonna 2019 olivat 53,1 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia (milj. t CO₂e.) jossa ei ollut huomioitu vielä hiilinielujen vaikutusta [5]. Hiilinielut kuten esimerkiksi metsät, keräävät ja varastoivat hiilidioksidia [6]. Vertailun vuoksi, Sitran mukaan keskivertosuomalaisen hiilijalanjälki on noin 10,3 t CO₂e [7]. Hiilijalanjäljellä viitataan jonkin tuotteen tai prosessin aiheuttamiin hiilidioksidipäästöihin.

Suomen metsien nettohiilinielu vuonna 2019 oli tilastokeskuksen antaman ennakkotiedon perusteella 25,6 milj.t CO₂e ja metsillä onkin keskeinen asema ilmastomuutoksen hillitsemisessä. Metsien hiilinielut vaihtelevat vuosittain ja sitä arvioidaan esimerkiksi metsien hakkuiden avulla. Keskimääräisesti metsien nettohiilinielua verrattaessa Suomen kokonaispäästöihin, se vastaa noin kolmannesosaa. [8.]

Puun sisältämä hiili on varastoitunut puurakenteisiin ja puurakennuksiin koko niiden elinkaaren ajan ja näin ollen ne toimivat pitkäaikaisina hiilivarastoina. Tavanomaisen puurakenteisen suomalaisen omakotitalon sitoma hiilivarasto on noin 25 t CO₂e ja hiili pysyy varastoituna parhaassa tapauksessa satoja vuosia (Ks. Taulukko 2). [9.]

Taulukko 2. Esimerkkejä rakennusmateriaalien hiilijalanjäljestä. Rakennustieto. [10, s.13]

| Materiaali | Tiheys kg/m ³ | Hiilijalanjälki g CO ₂ e/kg | Hiilijalanjälki g CO ₂ e kg/m ³ | Hiilivarasto g CO ₂ e/kg |
|------------|-----------------------------|---|--|--|
| Betoni | 2 400 | 140...210 | 336...504 | - |
| Teräs | 7 850 | 1 090 | 8 557 | - |
| Puu | 480 | 70 | 34 | 1600 |
| CLT | 440 | 330 | 145 | 1600 |
| Tiili | 1 300 | 220 | 286 | - |
| Polyeteeni | 940 | 2 410 | 2 265 | - |

Kuten taulukosta kaksi nähdään, esimerkiksi CLT:n hiilijalanjälki on hyvin vähäinen verrattuna sen varastoiman hiilen määrään. Puuvalmisteiden muuttaminen energiaksi niiden elinkaaren päässä ei vapauta hiilidioksidia kuin sen määrän, mitä puuhun on varastoitunut kasvuvaiheessa [9].

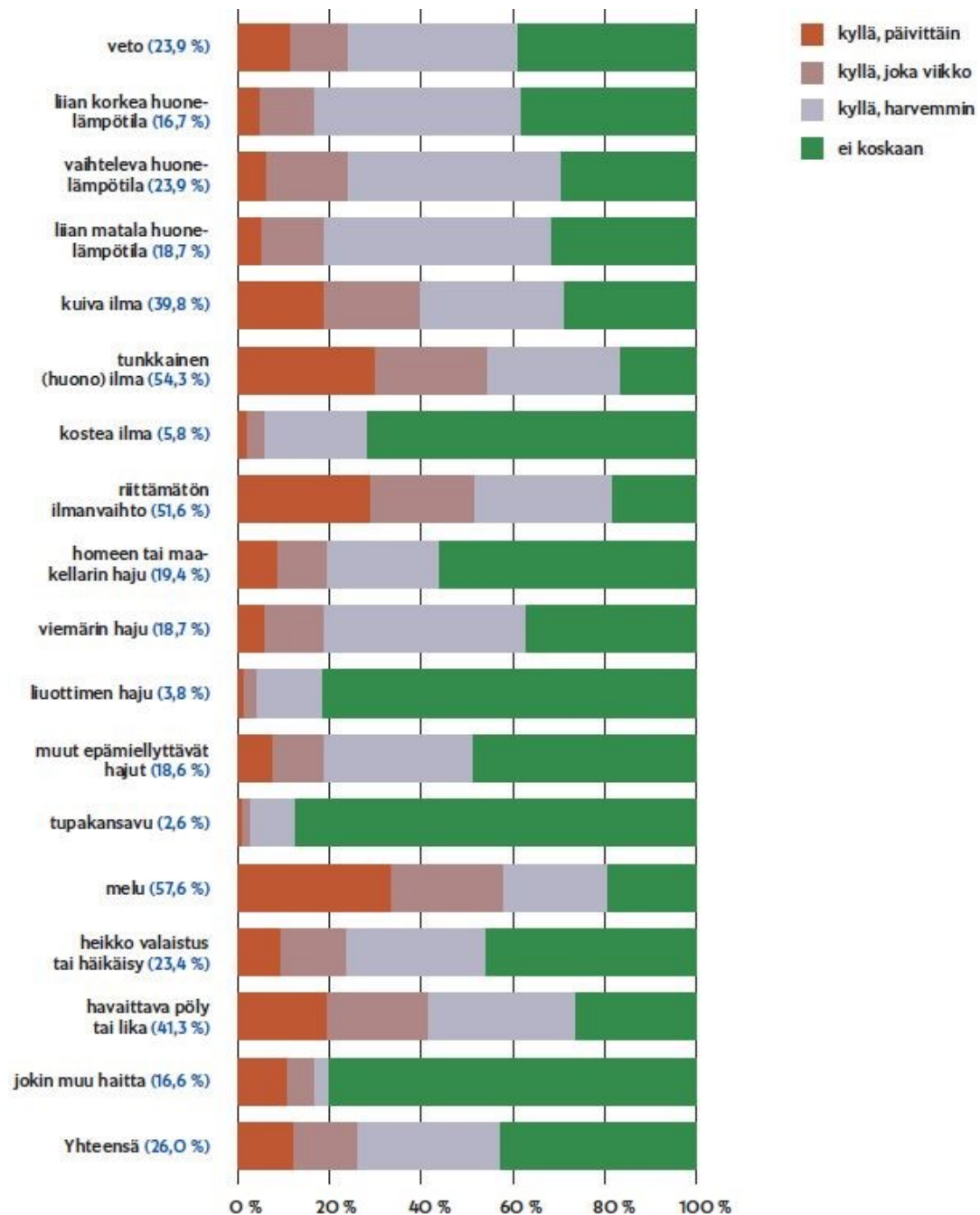
Hiilenvarastoinnin lisäksi puurakentamisella on merkittävä korvausvaikutus hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. Korvaamalla suuremman hiilijalanjäljen omaavia rakennusmateriaaleja puulla, saadaan jopa parempia päästöjen vähennyksen tuloksia, kuin pelkällä puun hiilenvarastoinnilla. [9.] Uusiutuvana rakennusmateriaalina puu on myös ekologinen vaihtoehto.

2.2 Sisäilmaongelmat opetusrakennuksissa

Sisäilmaongelmat opetusrakennuksissa on ollut julkisissa keskusteluissa esillä melkein kolme vuosikymmentä ja vaikka näiden ongelmien olemassaolo tiedostetaan, ovat korjaavat toimet jääneet usein vaillinaisiksi. Rakennusten käyttäjillä on huomattava määrä sairastamista sisäilman laadun seurauksena, eikä tilojen olosuhteita ole parannettu tai haittoja poistettu. Uutiset opetusrakennusten sisäongelmista tai käyttäjien siirtäminen väistötiloihin ovat toistuvia. [10, s.2.]

Opetusalan Ammattijärjestä OAJ teetti vuonna 2017 Turun Yliopistolla kartoittavan oirekyselyn koskien opetusrakennusten sisäilmaa ja niihin yhdistettäviä terveydellisiä haittoja. Oirekyselyyn vastasi yhteensä 4920 opetusrakennuksissa työskentelevää henkilöä. Kyselyssä kerättiin oireiden lisäksi tiedot rakennuksen käyttötarkoituksesta,

kunnosta ja valmistumisajankohdasta. [10, s.3.] Tutkimustulosten perusteella sisäilmaongelmien määrä opetusrakennuksissa on huolestuttavan suuri (Ks. Kuva 1).



Kuva 1. OAJ:n teettämän kyselyn tulokset kysymykseen "Onko teitä haitannut työtiloissanne jokin seuraavista tekijöistä viimeksi kuluneen 12 kk:n aikana?" Suluissa näkyvä prosentti on päivittäin ja viikoittain vaivaavien haittatekijöiden yhteenlaskettu osuus. [10, s.19]

2.3 Puurakentamisen ohjelman edistyminen

Puurakentamisen ohjelmalle on tehty kaksi kehittävää arviointia, vuonna 2019 WitMill Oy:n toimesta ja vuonna 2021 Korkia Consulting Oy:n toimesta. Tuoreemmassa arvioinnissa Korkia on tarkastellut Puurakentamisen ohjelman saavutuksia, vaikutuksia ja kehittämisen kohteita. [2.]

Korkian tuottaman arvioinnin perusteella ohjelmalla on ollut puurakentamiselle edistävä vaikutus esimerkiksi rakentamista koskevien säädösten ja asetusten muutosten johdosta. Puurakentamisen ohjelman tukemana on tuotettu paljon hankkeita, jotka ovat pääsääntöisesti sisältäneet erilaisia alaa tukevia tutkimuksia ja kokeiluja. Arvioinnin mukaan näiden tutkimustulosten tuottamaa tietoa tulisi saada paremmin jaettua laajemmalle ja varsinkin yksityisen sektorin tutkimushankkeet uhkaavat jäädä vain hankkeessa mukana olevien tietoisuuteen. [11.]

Julkisiin opetusrakennuksiin tai niille asetettuihin kansallisiin tavoitteisiin arvioinnissa otetaan hyvin vähän kantaa. Korkian mukaan julkinen sektori on ollut hankeavustusten saannissa vähäisellä korostuksella ohjelman alkupuolella, vaikka viestintä ja tiedotus on fokusoitu nimenomaan julkiselle puolelle. Hankeavustusten kohdentaminen julkisen sektorin puurakentamiseen oli seurausta kansallisista puurakentamisen tavoitteista. [11.]

Yksi esille nostettu case on Punkaharjun aluekoulun konseptisuunnitelma, jossa hankkeen tavoitteena oli aktivoida ja edesauttaa julkista puurakentamista. Hankkeen tuotoksena syntyi toteutuskelpoinen ratkaisu Punkaharjun koulun suunnitellulle laajennukselle, hyödyntäen puurakentamista. [11, s.36.] On kuitenkin huomattava, että vaikka kehityshanke sai avustusta, ei siinä ollut mitään vaatimuksia, että laajennukset tulisi toteuttaa hankkeen tuotoksilla. Savonlinnan sivistyslautakunnan tekemän hankesuunnitelman mukaan, se ei ota kantaa rakennusmateriaaliin ja että puurakentaminen on mahdollista luonnossuunnitelmien puitteissa. [12.] Tähän rakennushankkeeseen ei ole vielä valittu urakoitsijaa, eikä ole tiedossa lopullista rakennusmateriaalia.

3 Puurakenteisen opetusrakennuksen hankesuunnittelun erityispiirteitä

Opetusrakennuksen tarpeellisuutta määritellään useiden lähtökohtien valossa ja hankkeita ohjailevat kuntastrategian, lakien ja määräysten lisäksi myös väestönrakenne ja sen muutosten ennustaminen [13, s.1]. Kun tarveselvitys on kartoitettu perusteellisesti, ottaen kaikki eri tekijät huomioon ja rakennushanke on todettu tarpeelliseksi, siirrytään työstämään hankesuunnitelmaa. Useasti tarvesuunnittelu on myös yhdistetty hankesuunnitelmaan.

Viimeistään hankesuunnittelussa tulee esille hankkeen päärakennusmateriaali. Puurakenteiseen opetusrakennukseen päätyminen vaatii taustalleen niin poliittista tahtotilaa, kuin taitavaa taloudellista ja teknillistä osaamista hankesuunnitteluun osallistuvalla työryhmällä. Hankesuunnittelussa rakennushankkeelle asetetaan tarkat ja täsmälliset tavoitteet koskien toimivuutta, laajuutta, laatua, kustannuksia, aikataulua sekä ylläpitoa [14, s.24]. Seuraavissa otsikoissa on nostettu esille aiheita, jotka tulee erityisesti ottaa puurakenteisen opetusrakennuksen hankesuunnittelussa huomioon.

3.1 Vaatimukset rakennusmateriaalista

Hankesuunnitelmaan tulee kirjata kohteen kuvaukseen rakennusmateriaalin vaatimukset. Tilaaja voi asemakaavan sen salliessa vaatia hankkeen materiaaliksi puun ja onkin suositeltavaa kilpailuttaa kohde niin, että se on määritetty puurakenteiseksi. Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 1397/2016, antaa julkiselle hankintayksikölle oikeuden määrätä kohteen rakennettavaksi puusta ja oikeuden sulkea tarjoukset valinnasta pois, mikäli ne eivät vastaa kohteelle määritetty kuvausta. [15.]

3.2 Hankeosapuolten osaamisen varmistaminen ja viitesuunnitelmat

Puurakentaminen suurissa ja vaativissa kohteissa, kuten opetusrakennuksissa, vaatii laajan tietämyksen aiheesta. Julkisilla hankintayksiköissä ei välttämättä ole vielä aikaisempaa kokemusta puurakentamisesta suuressa mittakaavassa ja näissä tapauksissa olisi ehdottoman tärkeää ottaa jo hankesuunnitteluun mukaan asiantuntijoita, joilta löytyy tarvittava teknillinen ja taloudellinen osaaminen.

Puurakentamisessa ei ole vielä vakiintuneita ratkaisuja samassa mittakaavassa kuin verrattuna esimerkiksi betonirakentamisessa, ja käytännöt ovatkin usein kohdekohtaisia. Vaihtoehtoja materiaaleissa, runkojärjestelmissä ja rakennustavoissa on runsaasti. Esimerkkeinä rankarakenteet, hirsirakenteet, massiivipuulevyrakenteet ja pilari-palkkirakenteet. Tilojen tarpeiden ja vaatimusten kartoituksen jälkeen tarvitaan osaamista, jotta esimerkiksi tarvittavat jännevälit otetaan huomioon. Asiantuntijan avulla hankesuunnitelmaan saadaan kirjattua tilaajan tahtotila ja asettamat velvoitteet puun käytölle ja mahdollisesti valittavaan järjestelmään liittyvät seikat. [15.]

Viitesuunnitelmien avulla kohteen rakennussuunnittelussa pystytään ottamaan huomioon alusta alkaen asetettuja tavoitteita ja vaatimuksia. Kuvassa 2 on esitetty havainnekuva lin Alarannan uuden koulun viitesuunnitelmasta. Viitesuunnitelmista tulisi löytyä seuraavat asiat:

- Tilaohjelma, tilojen käyttö ja muuntojoustavuus
- Eri puurakennevaihtoehtojen soveltuvuus, jäykistyksen periaatteet
- Rakenteiden toiminnalliset vaatimukset
- Rakenneratkaisut ja liitosperiaatteet
- Talotekniikan linjaukset ja tilavaraukset. [15.]



Kuva 2. lin Alarannan uuden koulun viitesuunnitelma. Luo arkkitehdit Oy. [16.]

3.3 Palomääräykset

Ympäristöministeriön asetus 848/2017 rakennusten paloturvallisuudesta §4, jakaa rakennukset neljään eri paloluokkaan: P0, P1, P2 ja P3. Kun rakennettava kohde suunnitellaan hyödyntäen asetuksessa annettavien luokkien ja lukuarvojen perusteella, käytetään paloluokkia P1, P2 ja P3. Mikäli rakennus suunnitellaan suurimmilta osin tai täysin ennustettuun palonkehitykseen pohjautuen, on paloluokka P0. Momentissa viisi määritellään rakennuksen käyttötarkoitus. Opetusrakennukset kuuluvat kokoontumis- ja liiketiloihin, sillä niillä on tavallisesti huomattava määrä käyttäjiä niin päivisin, kuin iltaisin.

P1-paloluokassa palokuormaryhmä tulee määritellä kaikille rakennuksen palo-osastoille. Momentissa 7 määritellään palokuormaryhmä rakennuksen käyttötarkoituksen perusteella ja opetusrakennuksissa palokuormaryhmän tulee olla alle 600 MJ/m². [17.] Puurakenteiset opetusrakennukset ovat paloluokitukseltaan pääsääntöisesti siis P0, P1 tai P2. (ks. Taulukko 3)

Taulukko 3. P2-paloluokan rakennuksen käyttötarkoitusta ja kokoa koskevat rajoitukset [18, s.5].

| Rakennus | Kerrosluku enintään | Korkeus ¹⁾ enintään | Kerrosala enintään |
|--|---------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Yleensä | 2 | 9 m | ei rajoitusta |
| 1-kerroksinen tuotanto- tai varastorakennus | 1 ²⁾ | ei rajoitusta | ei rajoitusta |
| Palovaarallisuusluokan 2 tuotanto- tai varastorakennus | 1 ²⁾ | ei rajoitusta | ei rajoitusta |
| Yli 2-kerroksinen asuinrakennus, hoitolaitos (pois lukien suljettu rangaistuslaitos), majoitusrakennus ja työpaikkarakennus ³⁾ | 8 * | 28 m * | 12 000 m ² * |
| Yli 2-kerroksinen kokoontumis- ja liikerakennus ³⁾ | 4 * | 14 m * | 12 000 m ² * |
| Yli 2-kerroksinen asuinrakennus, jonka kaikki kerrokset kuuluvat asunnoittain samaan asuinhuoneistoon ³⁾ | 4 | 14 m | 12 000 m ² |
| ¹⁾ Rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikaton leikkauslinjan korkeus maan pinnasta (MRA 58 §). Tarvittaessa lasketaan rakennuksen nurkkapisteiden korkeuksien keskiarvo. ²⁾ Pääosin 1-kerroksisessa rakennuksessa toisen kerroksen tasolle saa sijoittaa osastoituna enintään 200 m ² ja osastoimattomana enintään 50 m ² oleellisesti rakennuksen toimintaan liittyviä tiloja. ³⁾ Rakennuksessa ei sallita tiloja, joissa on palokuormaa yli 1 200 MJ/m ² . * Rakennus on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla. | | | |

Puurakentamisessa on erityisesti otettava huomioon niille asetetut palomääräykset. Paloteknisiin seikkoihin tulee jo hankesuunnitteluvaiheessa kiinnittää erityistä huomiota ja vaatii usein osaavan konsultin osallistumista. Tällä varmistetaan, että saadaan tarvittava palo- ja sprinklausluokka määriteltyä vastaamaan asetettuja määräyksiä.

Puurakenteisia opetusrakennuksia ei ole aina mahdollista tehdä palomitoitusta ns. taulukkomitoituksen avulla, jolloin usein päädytään käyttämään tapauskohtaista toiminnallista palomitoitusta. [15.]

Vuoden 2021 alusta astui voimaan Ympäristöministeriön asetus 927/2020, jossa tehtiin muutoksia määräyksiin rakennusten paloturvallisuudesta. Kun asetukseen tehtyjä muutoksia tarkastellaan puurakenteisten opetusrakennusten näkökulmasta, nousee esille erityisesti lievennykset sisäpintojen suojaverhouksista. Uuden asetuksen §24:ssä määritellään, että mikäli seinän materiaali on tiheydeltään vähintään 350kg/m³ ja vähintään D-s2, d2-luokkaa (ks. Taulukko 4), ei P2-paloluokan rakennuksen sisäpintojen suojaverhousta vaadita. [19.]

Taulukko 4. Eurooppalainen rakennustarvikkeiden luokituksen muodostuminen yleisesti. [20, s.1]

| Osallistuminen paloon | | Savuntuotto | | Palavien pisaroiden ja osient tuotto | |
|----------------------------------|----------|--------------------|----------|--------------------------------------|----------|
| Kuvaus | Merkintä | Kuvaus | Merkintä | Kuvaus | Merkintä |
| Ei osallistu paloon | A1 | Erittäin vähäinen | s1 | Ei esiinny | d0 |
| Osallistuu erittäin rajoitetusti | A2 | Vähäinen | s2 | Nopeasti sammuvia esiintyy | d1 |
| Osallistuu hyvin rajoitetusti | B | Muu kuin s1 tai s2 | s3 | Muu kuin d0 tai d1 | d2 |
| Osallistuu rajoitetusti | C | | | | |
| Osallistuminen hyväksyttävää | D | | | | |
| Käyttäytyminen hyväksyttävää | E | | | | |
| Käyttäytymistä ei ole määritetty | F | | | | |

Monet puurakenteet, kuten esimerkiksi massiivipuuseinät ja hirsirakenteet, vastaavat ominaisuuksiltaan muutoksessa asetettuja arvoja. Asetuksen muutos edistää isohkojen kohteiden, kuten puurakenteisten opetusrakennusten suunnittelua ja kustannustehokkuutta, kun puupinnat voi jättää esille eikä erillistä suojaverhoilua tarvita.

3.4 Ääneneristävyys ja akustiikka

Maankäyttö ja rakennuslaissa 5.2.1999/132 §117 f:ssä on rakentamiselle asetetut vaatimukset, koskien meluntorjuntaa ja ääniolosuhteita. Lain mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee varmistaa hankkeen suunnittelu ja toteutus niin, ettei tulevan rakennuksen tai sen oleskelu- ja piha-alueiden meluallistus tai ääniolosuhteet aiheuta käyttäjien terveydelle, levolle tai työnteolle haittaa. [21.] Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017 tarkentaa vielä vaatimuksia. [22.] Puurakenteiset opetusrakennukset määritellään kokoontumistiloiksi

ja onkin huomioitava, että laissa ja asetuksissa ei ole määritelty tarkkoja arvoja ääneneristävydestä tilojen välille.

Ympäristöministeriö on julkaissut vuonna 2018 ohjeistuksen, jossa käsitellään rakennuksen ääniympäristöä ja sen ohjearvoja suositellaan noudatettavaksi suunnitelmassa hanketta. Ohjeistuksesta löytyy esimerkiksi opetusrakennuksen eri tiloille annettuja ohjearvoja askeläänieristävydestä. (ks. Taulukko 5) Askeläänieristävyys tarkoittaa materiaalin, rakennusosa tai niiden kokonaisuuden kykyä äänieristää askelista syntyvän äänen leviämistä. [23.]

Taulukko 5. Ohjearvot Askeläänitasoluvuista (dB) tilatyypin mukaan [23, s.23].

| Tilatyypin | Askeläänitasoluku (dB) |
|---|------------------------|
| Oppilaitosrakennuksessa kerrosten välillä yleensä | 63 |
| Teknisen työn opetustilasta ympäröiviin tiloihin | 49 |
| Musiikinopetustilasta ympäröiviin tiloihin | 46 |
| Liikuntatilasta ympäröiviin tiloihin | 46 |
| Toimistorakennuksessa kerrosten välillä yleensä | 63 |

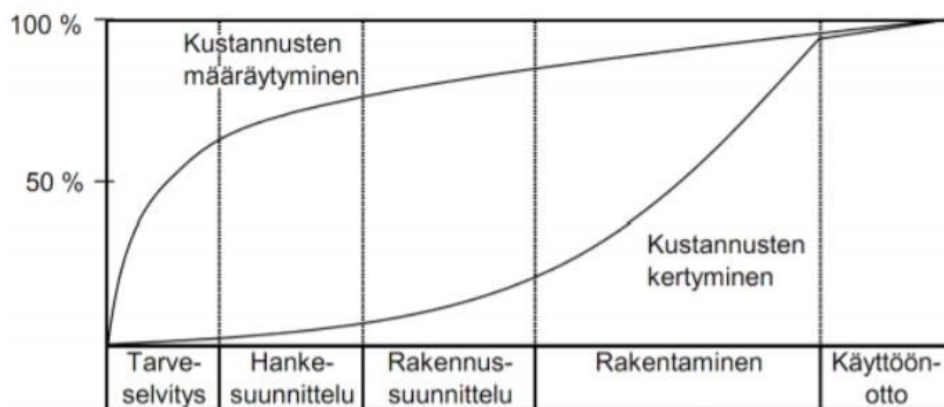
Puulla on kevyen rakenteensa takia huono ääneneristävyys verrattuna esimerkiksi tiheämpiin aineisiin kuten betoniin, mutta toisaalta sillä on erinomaiset akustiset ominaisuudet. Puista opetusrakennusta suunnitelmassa on tärkeää huomioida ääneneristykseen vaatimukset ja niiden toteuttamisen vaatimukset (ks. Kuva 3). Palomääräysten lievennysten takia voidaan toisaalta hyödyntää paljaiden puupintojen akustisia ominaisuuksia.



Kuva 3. Mansikkalan puukoulun aulaan suunniteltiin rimakatto vaimentamaan ääntä ja heijastamaan sitä portaikkokatsomon puolelle. A-Insinöörit. [24.]

3.5 Kustannukset

Rakennushankkeen kustannuksiin vaikuttaa merkittävästi hankesuunnitelman laadinta: kuinka tarkasti tehtävät on määritelty ja kuinka perusteelliset suunnitelmat ovat. Usein rakennushankkeen läpi vientiä ei ole suunniteltu tarpeeksi yksityiskohtaisesti, vaikka tunnistetaan tarpeet [25, s.77]. Kuvassa 4 on esitetty rakennushankkeen kustannusten määräytyminen hankkeen eri vaiheissa ja on tärkeää ymmärtää, että suunnittelulla on suurin vaikutus rakennuskustannuksiin.



Kuva 4. Kustannusten määräytyminen ja kertyminen rakennushankkeessa. [25, s. 168]

Julkisella hankintayksiköllä on oikeus valita tarjous sen kokonaistaloudellisen edullisuuden perusteella, jolloin pelkkä halvin hinta ei vastaa tarjouspyyntöön [25, s.77]. Puurakenteisen opetusrakennuksen hankesuunnittelussa tulee huomioida, että suunnittelu vaatii enemmän aikaa ja resursseja, kuin vakiintuneimpien rakenteiden suunnittelu. Toisaalta aikaa voidaan säästää rakennusvaiheessa käyttämällä pitkälle esivalmistettuja puurakenteita.

Budjettiarvion muodostamiseen käytetään pohjatietoina esimerkiksi tilaohjelmaa, tulevien tilojen laatuvaatimuksia sekä rakennuspaikan olosuhteita. Hankesuunnitteluvaiheessa määritellään erilaisia kustannusarvioita, taloudellisuuslaskelmia sekä rahoituksen vaihtoehtoja. Neutraalien keskustelujen käyminen eri toimijoiden kanssa, kuten suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa on suotavaa, jotta lähtötiedot täsmentyvät tarpeeksi yksityiskohtaisesti. [26, s.53-54.]

4 Kansallisten tavoitteiden saavuttamista hidastavia tekijöitä

Useissa kunnissa on kuntastrategiaan kirjattu ilmastotavoitteet ja päästöjen vähentämiseksi puurakentamiseen panostaminen havaittu tehokkaaksi keinoksi. Siitä huolimatta, että kunnassa investoidaan resursseja hankintayksiköiden osaamisen kehittämiseen puurakentamisen osalta, on se vain yksi osapuoli rakennushankkeessa. Puurakenteisen opetusrakennuksen hankkeeseen vaikuttavat myös alueellinen väestönkehitys, suunnittelijat, urakoitsijat ja valmistajat.

4.1 Alueellinen väestönkehitys

Tilastokeskus julkaisi vuonna 2019 ennusteen Suomen väestönkehityksestä, jonka mukaan sen hetkisellä kehityksellä, Suomen väkiluku lähtisi laskuun vuodesta 2031 eteenpäin ja syynä on syntyvyyden lasku. [27.] Alueellisessa väestönkehityksessä vaikutukset näkyvät niin, että jo valmiiksi muuttotappiolliset ja asukasmäärältään pienet kunnat tulevat kokemaan väkiluvun pienenemisen jatkumista. Tästä seuraa kunnalle vaikeuksia taloudellisesti, kun ikärakenne vanhenee ja uusia veronmaksajia ei kuntaan saada.

Alueellinen väestönkehitys vaikuttaa suuresti puurakentamisen yleistymiseen opetusrakennuksissa. Kuntien haluttomuus sijoittaa uusiin opetusrakennuksiin, vaikka nykyisten rakennusten kunto sitä vaatisi, perustuu oletettuun väestönkehitykseen. Tilojen käyttäjämäärät tulevat laskemaan, joten rakennushankkeeseen investoimista ei koeta kannattavana tai ainakaan siihen ei haluta sijoittaa yhtään ylimääräistä.

4.2 Suunnittelijoiden pätevyys

Puurakenteiden suunnitteleminen on jaettu eri vaativuusluokkiin (MRL 120 d §), jotka ovat tavanomainen, vaativa (V ja V+) ja poikkeuksellisen vaativa suunnittelutehtävä. [28.] Valtioneuvoston asetuksella 214/2015 on tarkennettu lain määrittelemien vaativuusluokkien määräytymisestä suunnittelutehtävissä. [28.] Opetusrakennusten suunnittelutehtävät ovat pääsääntöisesti aina vaativia tai poikkeuksellisen vaativia, ja tämän takia tarpeeksi pätevien suunnittelijoiden määrä on vielä melko rajallinen. Puurakentamisen edelleen kehittyessä, myös pätevien suunnittelijoiden määrä tulee

lisääntymään, mutta on kansallisiin tavoitteisiin nähden hidasta. Taulukosta 5 nähdään eri pätevyysluokkiin vaadittava suunnittelutyökokemus uudisrakennuskohteissa.

Taulukko 5. Pätevyysluokkien työkokemus vaatimukset suunnittelussa. [29.]

| Luokka | Työkokemusvaatimukset |
|---------------------------------|---|
| Tavanomainen | Vähintään 3 vuoden kokemus avustamisesta vähintään tavanomaisissa kantavien rakenteiden suunnittelutehtävissä, joihin sisältyy puurakenteiden suunnittelutehtäviä |
| V | Vähintään 4 vuoden kokemus tavanomaisista kantavien rakenteiden suunnittelutehtävistä ja vähintään 2 vuoden kokemus avustamisesta vaativissa kantavien rakenteiden suunnittelutehtävissä. Kokemusta tulee olla yhteensä 6 vuotta ja sen tulee sisältää puurakenteiden suunnittelutehtäviä. |
| V+ | Vähintään 4 vuoden kokemus vastuullisena suunnittelijana V- luokan kantavien rakenteiden suunnittelutehtävissä sisältäen puurakenteiden suunnittelutehtäviä. Kokemusta tulee olla yhteensä vähintään 6 vuotta. |
| Poikkeuksellisen vaativa | Vähintään 10 vuoden kokemus kantavien rakenteiden suunnittelutehtävistä, josta vähintään 6 vuotta V ja V+ luokan suunnittelutehtävistä tai avustamisesta Poikkeuksellisen vaativissa tehtävissä, sisältäen vähintään 4 vuotta vastuullisena suunnittelijana toimimista vähintään Vaativissa tehtävissä. Kokemukseen tulee sisältyä V+ luokan kohteita. Edellä mainittu 6 vuoden kokemus tulee olla hankittu tutkinnon suorittamisen jälkeen. Kokemuksen tulee sisältää kantavien puurakenteiden suunnittelua. |

Huhtikuussa 2021 FISE:n rekisteristä löytyi vain 26 puurakenteiden suunnittelijaa, joilla on pätevyys suunnitella poikkeuksellisen vaativia kohteita. Vertailun vuoksi esimerkiksi rakennussuunnittelijoita samalla pätevyysluokalla löytyy yli 300. [30.]

4.3 Urakoitsijan riskien huomioiminen

Puurakentamisessa on Suomessa vahvaa osaamista ja perinteitä, kun kyseessä on pientalot. Isommissa hankkeissa puunkäyttö on kasvattanut osuuttaan vasta viime vuosikymmenillä. Kasvava kysyntä ei kuitenkaan vie pois sitä tosiasiaa, että puurakentamisen vasta kehittyessä, rakennushankkeiden mahdolliset taloudelliset riskit kaatuvat pääosin urakoitsijana toimivan rakennusliikkeen vastuulle. Opetusrakennushankkeet toteutetaan usein KVR/SR-urakkamuodolla, jolloin tilaajan riskit ovat pienemmän muihin urakkamuotoihin verrattuna.

Julkisenpuolen hankinnoista vastaavat kokevat, että mikäli hankkeita halutaan toteuttaa puurakenteisena, ovat urakoitsijat haluttomampia antamaan tarjouksia [31]. Puurakenteisen opetusrakennukset suunnittelemisen ja toteutusten kustannuksia on

hankala ennustaa, kun kunnollisia referenssikohteita ei ole, jokaisen aikaisemman hankkeen ollessa useasti rakenneratkaisuiltaan omanlaisensa.

Pätevien suunnittelijoiden pieni määrä ja standardisoitujen rakennusratkaisujen puuttuminen nostavat urakoitsijoiden taloudellisia riskejä. Suuretkin rakennusalan toimijat ovat haluttomia käyttämään suuria määriä resursseja tarjouksen jättämiseen, kun varmuutta urakkasopimuksesta ei ole. Puurakenteisen opetusrakennuksen kustannuslaskenta vie rakennusliikkeen resursseja paljon enemmän, kuin vakioidut ratkaisut, joille löytyy vertailuhinnat helposti. Myös puurakentamisen ammattilaisten vähäisyys vaikuttaa: puurakentamista ei haluta lähteä opettelemaan suuren budjetin rakennushankkeisiin.

Yksi tunnettu julkinen puurakennushanke, Lahden Sibeliustalo (Kuva 5), toi urakoitsijalleen NCC Finlandille mainetta ja kunniaa valmistuessaan vuonna 2000. Sen lisäksi yritys kärsi yli 10 miljoonan markan (noin 2,7 miljoonaa euroa) tappiot hankkeen johdosta sekä sai korvausvaateita, joista päästiin sopuun vasta kahden vuoden jälkeen.



Kuva 5. Lahden Sibeliustalon aula "Metsähalli" [32].

Kahdessa vuosikymmenessä puurakentaminen on kehittynyt, mutta silti urakoitsijoiden vastuulle tulevat taloudelliset riskit ovat suurissa hankkeissa hyvin mittavat ja ymmärrettävästä syystä pitäydytään pienemmän riskin rakentamisessa. Kerrostalo

rakentamisessa tämä tuo keskisuurille rakennusliikkeille mahdollisuuksia kilpailustrategiassaan panostamaan puurakentamiseen ja kasvattamaan liiketoimintaansa, mutta puurakenteisten opetusrakennusten vaativuus ja laajuus vaatii niin suuret resurssit, ettei tämän kokoluokan rakennusliikkeillä ole vielä mahdollista toteuttaa niitä.

4.4 Puset rakenneratkaisut ja niiden valmistajat

Puurakentamisen hankkeissa on monia mahdollisia rakenneratkaisu vaihtoehtoja. Rakennuttajien ja urakoitsijoiden kokemus puurakentamisen hankaluudesta on osittain seurausta alalta uupuvat vakioratkaisut. Eri yritysten tuotteiden tekniset ominaisuudet ovat aina valmistajakohtaisia. Tämä johtaa siihen, että valmistaja joudutaan suurissa puurakenteisissa hankkeissa usein jo valitsemaan tarve- ja hankesuunnittelussa.

Suomessa suurien puuelementtien valmistajia on esimerkiksi:

- Oiva Wood Solutions Oy
- Stora Enso Wood Products Oy Ltd.
- FM-Haus Oy
- Elementit-E Oy. [33.]

Valmistajien vähäinen määrä vaikuttaa osaltaan hidastavasti kansallisiin puurakentamisen tavoitteiden saavuttamiseen. Kun luotettavia toimijoita saadaan lisää, myös markkinoiden hinnat alenevat. Koska tuotteiden ominaisuudet ovat valmistaja kohtaisia ja vakioratkaisuja ei ole, ei eri valmistajien tuotteet ole suoraan yhteensopivia keskenään, vaan niiden yhteensovittaminen vaatii erillistä kohdekohtaista suunnittelua.

5 Ratkaisuja puurakentamisen kasvun edistämiseen

Puurakentamisen kasvun edistämiseen ei ole mitään yksiselitteistä ratkaisua. Puurakentamisen ekologisuus ja ilmastonmuutoksen hillitseminen ovat erinomaisia syitä siihen panostamiseen, mutta tulisi myös ottaa huomioon kansantaloudelle merkittävä vaikutus. Digitalisaation myötä esimerkiksi paperin kysyntä on laskemaan päin, jolla on ollut aina Suomessa merkittävä työllistävä vaikutus. Luonnonvarakeskuksen 2019 vuoden tilastojen mukaan Suomen pinta-alasta metsää on noin 75% ja metsien kasvu on 30 % suurempi kuin poistumien määrä [34, s.2]. Paperiteollisuuden korvaajaksi puurakentamisen tuotteet olisivat erinomainen ratkaisu.

Kuntien taloudelliset vaikeudet ovat yleisiä ja sijoittaminen uusiin opetusrakennuksiin on aina pitkän harkinnan takana. Uudet innovaatoratkaisut, kuten siirtokelpoiset tilat ja niiden erilaiset rahoitusvaihtoehdot helpottavat kuntien taloudellista riskiä pitkällä tähtäimellä. Valtion avustusten uudelleen kohdentamista ja kriteerejä tulisi myös miettiä.

5.1 Koulutus ja osaamisen lisääminen

Puurakentamisen pätevien suunnittelijoiden vähäinen määrä vaikuttaa alan nopeampaan kehitykseen: tietty määrä päteviä suunnittelijoita voi opastaa vain tietyn määrän uusia suunnittelijoita. Korkian tekemän väliarvioinnin mukaan on erityisen vaativaa löytää osaavaa henkilöstöä puurakentamiseen ja varsinkin vaativiin puurakentamisen kohteisiin rakennesuunnittelijoita. Osaamisen puutteesta syntynyttä työvoimapulaa on puuelementtiteollisuuden yritykset koettaneet ratkaista erilaisilla oppisopimus- ja rekrykoulutuksien järjestämisellä. [11, s. 24.]

Puurakentamisen tavoitteisiin verrattuna, Suomen koulutusrakenne ei vastaa pätevien suunnittelijoiden kysyntään. Vaikka yksittäisissä yliopistoissa on joitain puutekniikan opintoja tarjolla, ei puutekniikkaa voi lukea pääaineena missään ja tähän olisi tultava muutos. Vaativiin puurakentamisen kohteisiin vaadittavan suunnittelijan pätevyyteen tarvittavien opintojen suorittaminen vaadittavan työkokemuksen lisäksi on hankalaa. Muutoksia on kuitenkin tehty ja esimerkiksi LAB-ammattikorkeakoulu aloitti vuoden 2021 alusta muuntokoulutuksen, jonka voi suorittaa 1,5 vuodessa töiden ohessa ja valmistua puurakentamisen ja puurakenteiden insinööriksi [35.]

Julkista puurakentamisen edistämistä varten Motiva Oy avasi valtion tukemana neuvontapalvelun maaliskuussa 2021. Neuvontapalvelusta julkisen puolen toimijat voivat saada maksutonta neuvontaa sähköpostitse, verkkolomakkeen jättämisellä tai varaamalla erikseen puhelinajan. Motiva alkaa myös järjestämään ilmaisia verkkokoulutuksia julkisen puurakentamisen eri osa-alueista ja koulutukset alkavat elokuussa 2021. [36.]

5.2 Siirtokelpoiset opetusrakennukset

Siirtokelpoisista opetusrakennuksista puhuttaessa, voi syntyä mielikuva työmaillakin käytetyistä parakki komplekseista. Siirtokelpoisten tilojen suunnittelu ja rakentaminen on kuitenkin ottanut suuria kehitysaskelia ja nykyaikana siirtoon soveltuvaa opetusrakennusta sisältä tai päältä päin katselmoidessa erota perinteisesti rakennetusta. Useat julkiset rakentajat ovatkin havahtuneet siirtokelpoisten tilojen mahdollisuuksiin, vastauksena väestön alueellisen kehityksen ennusteisiin.

Esimerkki tapauksena voidaan nostaa Porvoon kaupungin ratkaisu, joka koskee kolmen uuden koulun rakentamista Jokilaaksoon, Sannaiseen ja Ilolaan. Kaikki kolme koulua toteutetaan täysin siirtokelpoisina, jotka on täysin suunniteltu käyttötarkoituksen mukaan, eivätkä näin ollen eroa ulkonäöllisesti (Kuva 6). [37.]



Kuva 6. Arkkitehtitoimiston havainnekuva Porvoon Jokilaakson siirtokelpoisesta koulusta. [37.]

Porvoon kaupungissa on mietitty juuri alueen tulevaisuuden väestönkehitystä ja kuinka epävarmaa on yrittää ennustaa tulevia oppilasmääriä. Näissä kolmessa siirtokelpoisessa koulussa onkin normaalista poikkeavat järjestelyt, koskien rahoitusta ja sopimuksia. Sopimuksiin on kirjattu kaupungille myyntioptio koulurakennuksista. Urakoitsijalla on siis takaisinostovelvoite kymmenen tai viidentoista vuoden päästä, jos kaupunki kokee sen tarpeelliseksi. Vaihtoehtoisesti Porvoon kaupunki voi pitää koulut itsellään tai kaupata toiselle toimijalle. [37.]

Rahoitus on myös järjestetty normaalista poiketen Kuntarahoituksen kanssa leasing-sopimuksella. Tällä tavalla on pienennetty taloudellista riskiä: mikäli oppilasmäärät laskevat ja tilat uhkaavat jäädä käyttämättömiksi, on niistä vaivatonta päästä irti ja katkaista juoksevat kustannukset. Vuokraaminen olisi ollut selkeästi kalliimpaa verrattuna leasing-rahoitukseen ja leasing-malli on vain hieman kalliimpaa verrattuna omaan taseeseen rakentamista. Tällä mallilla saa vuokrauksen jouston ja omaan taseeseen rakentamisen hinta hyödyn yhdistettyä. [37.]

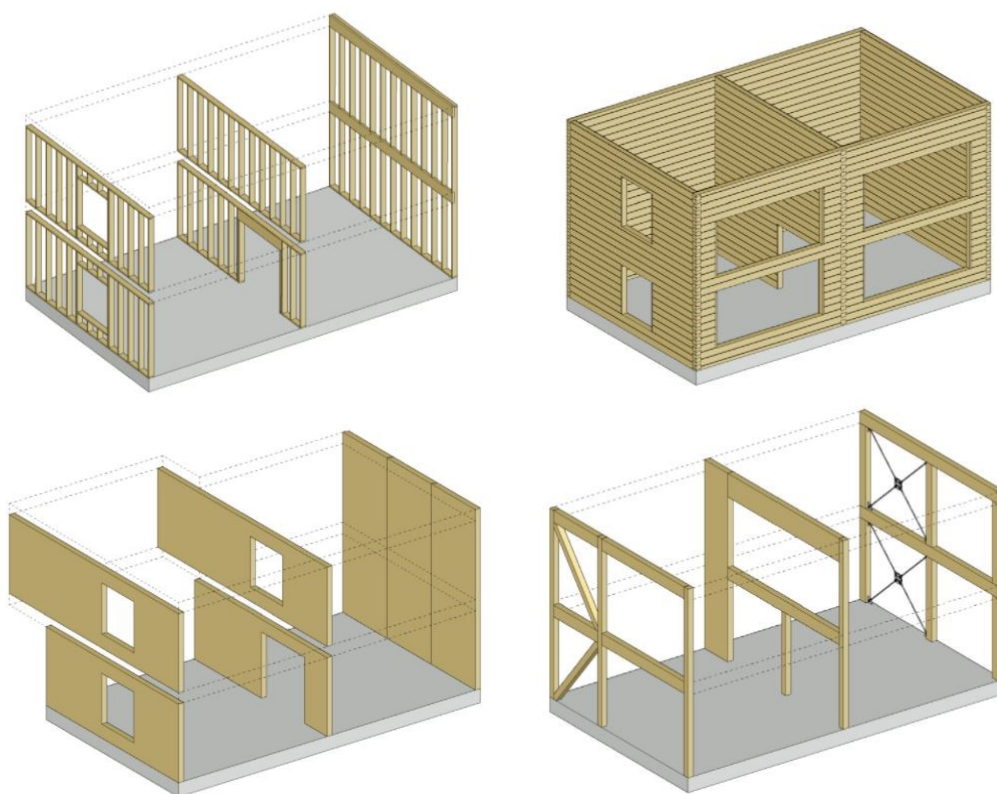
Siirtokelpoisten opetusrakennusten hyödyntäminen ei rajoitu pelkkään täysin uuden kohteen rakennukseen. Kaukalahden Vanttilan koulu rakennettiin vasta 12 vuotta sitten, mutta oppilasmäärien kasvaessa ovat tilat jääneet jo nyt ahtaiksi. Vanttilan koulu on hyvä esimerkki siitä, että väestöennusteet voivat hyvin muuttua jo kymmenen vuoden aikakin suuresti. [38.]

Vanttilan koulun lisätilan tarve ratkaistiin siirtokelpoisella koululla. Kyseessä ei ole uudisrakennus, vaan tilat vapautuvat Leppävaarasta, jossa ne on ollut käytössä siihen asti, että uusi Monikon koulukeskus otetaan käyttöön. Vanhan rakennuksen uudelleen käyttö on ekologista ja tämän seurauksena Vanttilan koulun kasvaneet tilojen tarpeet täytetty. Vanttilan koulun tiloissa lukuvuoden 2020-2021 alkaessa oli yhteensä 620 oppilasta. [38.]

5.3 Puurakentamisen tuotteiden kehittäminen

Siinä missä betonielementtien järjestelmä kehitettiin jo 1970-luvulla, ei puuelementeille ole vielä mitään vakioituja ratkaisuja. Puuelementti valmistajien täytyy käydä pitkä prosessi suunnittelijoiden kanssa läpi, että saadaan valmistettua kohteeseen sopivat tuotteet. Tämän asian kehityksessä onkin suuri potentiaali edistämään puurakentamisen kasvua.

Puurakenteiset opetusrakennukset ovat vaativan suunnittelun hankkeita, joihin varmasti vakioratkaisujenkin myötä tarvitsee erillistä suunnittelua. Vakioidut ratkaisut kuitenkin edistäisivät koko puunrakentamisen alaa yleisesti: puuelementti toimittajien kannattavuus kasvaisi ja toimijoiden määrä nousisi. Puurakennesuunnittelija pystyisi vakioitujen ratkaisujen avulla suunnittelemaan hankkeen, ilman että se olisi riippuvainen vain tietystä toimittajasta. Kuvassa 7 on esitetty eri puurakenteita.



Kuva 7. Vasemmalta oikealle ylhäältä lukien: Rankarakenne, hirsirakenne, massiivuulevyrakenne sekä pilari- ja palkkirakenne. Puuinfo. [39.]

Eri valmistajien tuotteilla on omat tekniset ominaisuutensa ja jo tästä syystä tuotteiden vertailu voi olla hankalaa. Tuotteille tulisiikin tutkia ja kehittää eräänlaiset taulukoidut standardit, joilla voisi suunnitella yksinkertaisia rakenteita. Valmistajat valmistaisivat näitä ominaisuuksiltaan vakioituja tuotteita, jolloin niiden käytettävyys suunnittelussa helpottuisi.

5.4 Valtionavustusten kohdentaminen ja myöntäminen

Tällä hetkellä julkisen puurakentamisen edistämisen hankkeisiin voi hakea avustusta valtiolta. Avustuksilla on tarkoitus kehittää kuntien valmiuksia puurakennushankkeiden toteuttamiseksi. Käytännössä tämä tarkoittaa, että kaikki mahdollisesti myönnettävät avustukset on keskitetty ennen investointipäätöstä tapahtuvaan toimintaan. [40.] Kehitystyö on aina kriittistä, jotta käytännöt vakiintuvat myös puurakentamisen puolella, mutta tavoitteiden näkökulmasta tulisi pohtia myös avustusten kohdentamista muihinkin hankkeiden osa-alueisiin.

Kuten aikaisemmin esitelty Punkaharjun aluekoulun konsepti -hanke osoitti, pelkästään hankekehitykseen kohdistetut avustukset eivät välttämättä johda rakennusurakan toteutumiseen puisena. Avustusten saannin kriteerinä voisi olla, että osa avustuksesta on mahdollista saada toteutuvalle puurakenteiselle hankkeelle takautuvasti, kun on varmistettu, ettei työ jää ainoastaan kehityksen tasolle vaan tulokset konkretisoituisivat.

Vaativat puurakenteiset opetusrakennukset ovat myös vertailussa hinnaltaan kalliimpia ja avustuksia voisi myös kohdentaa itse rakentamiseen. Näin kannustettaisiin julkista hankintayksikköä panostamaan puurakentamiseen entisestään, kun taloudellista eroa esimerkiksi betonirakenteiseen opetusrakennukseen saataisiin avustusten avulla kurottua umpeen. Pelkkään kehitystyöhön sijoittamalla jäävät konkreettiset tulokset melko vähäisiksi.

6 Tutkimuksen analysointi ja havainnot

Tutkimusaiheeseen perehtyessä tuli hyvin nopeasti selville tietolähteiden runsas määrä. Puurakentamiseen yleisesti liittyen on paljon tehty tutkimus- ja kehitystyötä ja se on helposti kaikkien saatavilla. Aiheen rajautuessa opetusrakennuksiin, kuten tavoitteetkin on niille erikseen asetettu, kiinnittyy huomio siihen, että erityisesti niihin painotettua tutkimustietoa on hyvin vähän saatavilla. Puurakenteisten opetusrakennusten määrästä ei ole tilastotietoja yleisesti saatavilla vuodelta 2020, eikä tavoitteiden edistymisestä ole raportoitu Puurakentamisen toimenpideohjelman väliarvioinneissa. Tavoitteiden asettamisen seurauksena tulisi aina olla hankkeen edistymisen seuranta, varsinkin kun ensimmäiset tavoitteet on asetettu jo vuodelle 2022.

Tutkimuksen analysointiin ja havaintoihin on sovellettu Everett M. Rogersin teoriaa innovaatioiden diffuusiosta. Rogersin teorian mukaan innovaation ei tarvitse olla upouusi keksintö, kunhan se on käyttäjälleen uusi toimintatapa tai asia. Diffuusiolla tarkoitetaan prosessia, jolla tieto levittäytyy sosiaalisten verkkojen yksiköille tietyssä ajassa ja tiettyjen viestintäkanavien kautta. Sosiaalisten verkkojen yksiköillä tarkoitetaan esimerkiksi toisiinsa linkittyneitä yksilöitä, ryhmiä, järjestöjä, hallintoja ja näiden kaikkien alaryhmiä. Nämä yksiköt ovat osallisena tavoittelemassa ratkaisua ongelmiin, jotka ovat yhteisten tavoitteiden esteenä. Teoria pyrkii vastaamaan kuinka ja miksi uudet ideat sekä teknologia leviävät ja millä nopeudella. [41.]

6.1 Puurakentamisen kehittyminen ja sen hidasteet opetusrakennuksissa

Tutkimuksen tuloksien perusteella yksi suuri tekijä puurakentamisen kasvun esteenä opetusrakennuksissa on niiden vaativuus ja yksilöllisyys. Opetusrakennuksissa ei ole toistuvuutta samalla tavalla kuin kerrostaloissa, joissa toimintaa voi helposti kopioida ja tehostaa kustannuksien osalta nopeasti. Osaamisen kehittyminen ja tietouden lisääntyminen on jo saanut kunnallisten toimijoiden tahtotilan ja asenteet positiiviseksi puurakentamista kohtaan, mutta tämä ei vielä saa rakennusliikkeitä tarjoamaan kohteita korkeiden taloudellisten riskien takia. Urakoitsijat pidättäytyvät mieluummin kohteissa, joista heillä on jo aikaisempia referenssikohteita ja joiden taloudellinen ennustettavuus on sitä myöten tarkempaa.

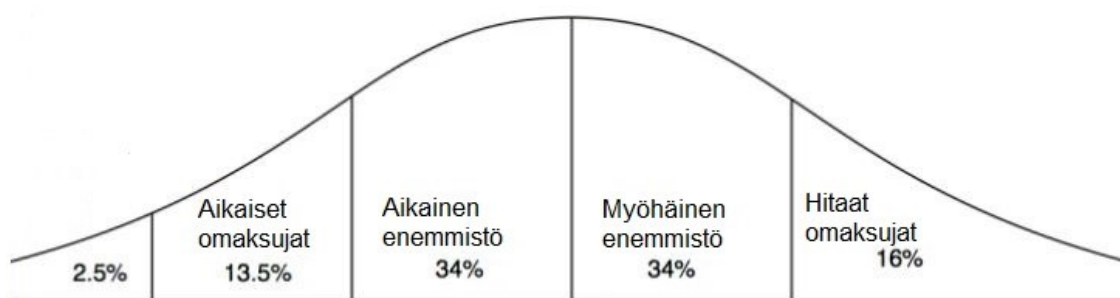
Pitkään kestävä suunnittelu vie osaltaan niin paljon resursseja, että urakoitsijan näkökulmasta tarjouksen jättämiseen sijoittamiseen ei ole houkuttelevaa, kun urakka ei ole mitenkään varma. Tästä syystä toteutuneet vaativat puiset opetusrakennukset onkin kilpailutettu neuvottelemalla. Pätevien suunnittelijoiden vähäinen määrä karsii myös halukkuutta, kun suunniteluun menevä aika on niin pitkä. On huomioitava, että kaikki taloudellinen panostus mitä rakennusliike käyttää ennen itse rakennustyötä, näkyy rakennushankkeen lopullisessa hinnassa.

Rogersin mallin mukaan uusien innovaatioiden omaksujat voidaan jakaa viiteen eri kategoriaan:

- Innovoijat 2,5%
- Aikaiset omaksujat 13,5%
- Aikainen enemmistö 34%
- Myöhäinen enemmistö 34%
- Hitaat omaksujat 16%.

Taulukon 6 avulla, joka kuvastaa samalla myös omaksumiseen kuluvaan aikaan saa vielä paremman käsityksen ryhmistä. [41.]

Taulukko 6. Innovaatioiden omaksuja ryhmien sijoittuminen aikajanelle, joka kuvastaa innovaation omaksumiseen menevää kokonaisaika. [41.]



Käsitellessä puurakenteisia opetusrakennuksia ja niiden yleistymistä tämän jaottelun perusteella, voi tutkimustulosten perusteella havainnoida, että kehitys on ajallisesti

vasta aikaisen enemmistön omaksumisen vaiheessa. Vaikka asenteet puurakentamista kohtaan ovat jo karttuneen tiedon ja oppimisen myötä positiiviset, ei se ole vielä yksittäisenä tekijänä ole tarpeeksi motivoivaa kaikille osapuolille omaksumaan puurakentamista kokonaisvaltaisesti.

Tälle on Rogersin mallissa oma nimityksenä KAP-kuilu (knowledge-attitude-practice gap). Tämä kuvastaa tilannetta, kun aiheesta on tietämystä ja asenne kehitystä kohtaan on positiivinen, mutta silti se ei pääse käytäntöön. [41.] Puurakentamisen edistäminen kärsii juuri tästä. Vaikka edistämällä tavoitellaan yhteisiä päämääriä ilmaston muutoksen hillitsemisellä, uusiutuvien materiaalien käytöllä ja ekologisuudella, ei tulevaisuuteen vaikuttaminen ole kaikille rakennusalansektoreille tarpeeksi sijoittamaan puurakentamiseen vielä.

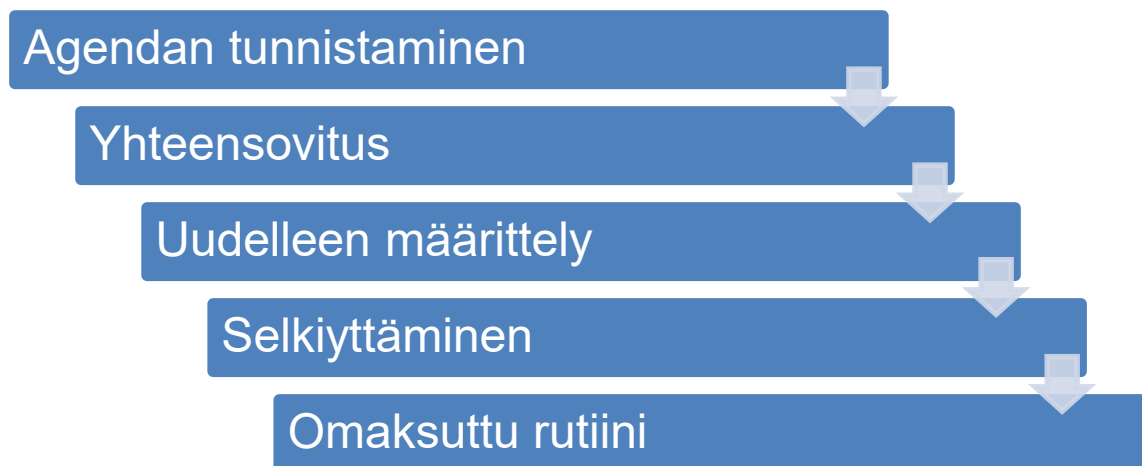
Uudistukset palomääräyksissä helpottavat osaltaan puurakenteiden suunnittelua, mutta asetettuihin tavoitteisiin nähden ne ovat myöhässä. Vaikka helpotuksista on hyötyä, niin silti puurakenteiset opetusrakennukset kärsivät tiukoista määräyksistä. Automaattisammutusjärjestelmien suunnittelu puurakenteisiin on vaativaa ja tuo hankkeelle lisäkustannuksia betonirakenteisiin verrattuna. Vaikka puun tiheys on pienempi ja näin ollen palokuorma on kiloissa mitattuna vähäisempi, on se hyvin palavana materiaalina silti alta vastaajana palomääräysten valossa. Uusia innovaatioita puun palosuojauksesta kaivataan, niin ettei puun luontaiset ominaisuudet esimerkiksi ilmankosteuden hallinnan osalta kärsisi.

Edellä mainituista syistä puurakenteisten opetusrakennukset eivät ole kilpailukykyisiä, mikäli valinta perustuu vain hintaan. Puurakentaminen vaatii myös aina täyden sääsuojauksen ja se nostaa osaltaan myös hankkeiden hintoja. Erityisesti suurissa opetusrakennuksissa, joihin suunnitellaan useita eri siipiä rakennukseen, on sääsuojaus vaativaa ja nostaa kustannuksia runsaasti. Julkisella puolella budjetit ovat usein hyvin tiukkoja ja niiden raameihin pääseminen vaatii jo vakiintuneillakin ratkaisuilla tarkkaa suunnittelua. Puurakentamisen yleistyessä, suunnitteluprosessin helpottaessa ja rakennusliikkeiden kokemuksen kertyminen luovat kustannustehokkuutta ja kilpailukykyä myös hinnallisesti, mutta nykytilanteessa jokainen vaativampi puurakentamisen hanke on omalla tavallaan pilottihanke.

Puurakenteisten opetusrakennusten hankkeissa on useasti mukana yksilöiden sijasta organisaatioita kuten julkiset toimijat ja rakennusliike. Prosessi uusien toimintatapojen

omaksumisesta on isoimmilla toimijoilla aina pitkäjänteistä työtä. Rogers on mallissaan luonut prosessikaavion innovaatioiden omaksumisesta organisaatioissa (Kuva 8).

Kuva 8. Innovaatioiden prosessi organisaatioissa. [41.]



Nykytilanne tutkimuksen perusteella on puurakentaminen opetusrakennuksissa edennyt prosessin puoleen väliin. Agendana ilmastonmuutoksen hidastamiseksi on tunnistettu ja puurakentaminen nähty yhtenä yhteensopivana ratkaisuna ongelmaan. Kuitenkin eri organisaatioiden omien rakenteiden, toimintakulttuurin ja tarpeiden uudelleen määrittely on vielä keskeneräistä. Tämä vaihe voi kestää vielä pitkään ja yksittäiset negatiiviset kokemukset jarruttavat kehitystä. Kun päästään selkiyttämisen vaiheeseen, jossa puurakentamisen osa-alueet alkavat selkiytymään kaikille organisaation jäsenille ollaan jo hyvin lähellä sitä, että se olisi selkeästi omaksuttu rutiini yrityksessä.

6.2 Puurakentamista edistävät tekijät

Tärkeimpänä puurakentamista edistävänä tekijänä voidaan nostaa esille yleisten asenteiden muuttuminen puurakentamista kohtaan. Epäluuloisuus, joka on pitkälti perustunut tiedon ja osaamiseen puutteeseen, on pitkäjänteisellä työllä saatu karsittua. Myös vastakkain asettelusta materiaalien välillä ollaan oppimassa pois ja ymmärretään, että kaikilla materiaaleilla on omat vahvuutensa.

Koulutuksella ja tiedonjakamisella on ollut suurin vaikutus juuri puurakentamista kohtaan oleviin asenteisiin. Julkisen puurakentamisen kansallisiin tavoitteisiin nähden suunnittelijoiden pätevyyksiin vaikuttavat koulutukset ovat myöhässä, mutta julkisen

puoleen kohdennettu viestintä ja tiedonanto ovat edistäneen julkisten hankintayksiköiden osaamista jo merkittävästi. Julkisten rakennushankkeiden lähtökohtana toimii kuitenkin aina kunnan tai kaupungin tuottamat tarve- ja hankeselvitykset. Uudet opiskelu mahdollisuudet rakennusinsinööreille ja Motivan tuottamat koulutukset julkiselle sektorille tuottavat isompia tuloksia vasta muutamien vuosien päästä.

Rogersin teorian mukaan innovaatioiden diffuusioon vaikuttavat tekijöistä voidaan nostaa esille viisi asiaa innovaatioiden ominaisuuksien perusteella (ks. Taulukko 7). Tässäkin tulee ottaa huomioon, että kyseessä ei välttämättä ole varsinainen ominaisuus, vaan riittää että yksilö kokee sen sellaisena. [41.]

Taulukko 7. Viisi ominaisuutta, joilla on vahva vaikutus innovaatioiden diffuusioon. [41.]

| | |
|--------------------|---|
| Suhteellinen hyöty | •Innovaatio rinnastetaan vanhempaan innovaatioon ja koetaan sen kehityksenä. |
| Yhteensopivuus | •Innovaation yhteensopivuus yksilön omien arvojen, osaamisen ja tarpeiden kanssa. |
| Kompleksisuus | •Innovaation ymmärtämisen ja käyttöönoton vaikeustaso. |
| Kokeiltavuus | •Innovaation kokeilu mahdollisuus ilman sitoutumista. |
| Havainnointi | •Innovaation havainnointi muiden käytössä. |

Näiden ominaisuuksien soveltaminen ja hyödyntäminen puurakenteisten opetusrakennusten määrän kasvattamisessa on jo hyvällä alulla. Suhteellinen hyöty on pitkien puurakentamisen perinteiden osalta syntynyt ja yhteensopivuus eri toimijoiden arvomaailmaan on yleistä.

Varsinaista puurakentamisen kehityksen edistämistä ja sen innovaatioiden rutiininomaista käyttöä miettiessä kompleksisuudella on negatiivinen vaikutus. Kuten tutkimukset osoittivat, tähän tulisi kehitystyössä keskittyä ja helppokäyttöisyyden myötä myös tämän osa-alueen vaikutus vaihtuu positiiviseksi. Kokeiltavuus rakennusalalla on yleistä, mutta yleisesti tällaiset pilottihankkeet jäävät yksittäisiksi kokeiluiksi, mikäli hanke ei toteudu suunnitellusti. Kokeilujen taloudellisten riskien pienentäminen edistäisi

siis hyvin suuresti puurakentamista ja kehittäisi yritysten toimintaa kustannustehokkaammiksi, mitä useampi kohde rakennettaisiin.

Erityisesti havainnointi mahdollisuudella on suuri edistävä vaikutus, kun tietoja toteutetuista kehitystöistä ja rakennuksista tulisi laajemmin saataville myös hankkeiden ulkopuolella oleville ihmisille. Tietysti tässä tarvitsee ottaa huomioon yritysten salassa pidettävät asiat, mutta paljon on jo nyt ollut puurakentamisen hankkeita, joista voisi jakaa enemmän tietoa.

6.3 Tulosten soveltaminen ja jatkokehittäminen

Vaikka tutkimus keskittyi puurakenteisiin opetusrakennuksiin, voi sen tietoja hyödyntää puurakentamisen alalla yleisesti. Tärkeimpänä jatkokehittämisen kohteena on puurakenteiden ja niiden käytön vakiointi, erityisesti erilaisten elementtien osalta. Tätä kehitysprojektia tulisi lähteä ajamaan valtion tasolla ja ottaa puurakentamisen alan asiantuntijoita mukaan kaikilta sektoreilta: urakoitsijoita, suunnittelijoita ja puutuotteiden valmistajia.

7 Yhteenveto

Tällä insinööriyöllä pyrittiin kartoittamaan puurakenteisten opetusrakennusten nykytilanne peilaten ympäristöministeriön asettamiin kansallisiin julkisen puurakentamisen tavoitteisiin ja tekijöihin, jotka ovat vaikuttaneet tavoitteiden asettamiseen. Tutkimuksia edeltävien keskustelujen pohjalta nostettiin tutkittavaksi esille keskusteluissa esille nousseita aiheita, jotka osaltaan vaikuttavat suuresti tavoitteiden saavuttamiseen.

Hankesuunnittelun laadun merkitys korostui puurakenteisten opetusrakennusten tavoitteiden saavuttamisessa. Laadukkaalla hankesuunnitelmalla, jossa on otettu puurakentamisen erityispiirteet huomioon, on suurin vaikutus hankkeen päättämisestä toteutumiseen. Vajalla tiedoilla varustettu hankesuunnitelman seurauksena julkinen rakennuttaja voi hyvin nopeasti jäädä ilman urakkatarjouksia kohteesta. Hankesuunnittelu puurakenteisissa opetusrakennuksissa on ajallisesti pidempi prosessi, mutta ehdoton puurakentamisen edistämisen kannalta.

Osaamisen pula näky kaikilla puurakenteisten opetusrakennushankkeiden sidosryhmillä, mutta urakoitsijoiden osalta riskit kasvavat kokonaisvaltaisesti koko toimintaketjun läpi. Suunnittelijoiden vähäinen määrä ja vakioitujen ratkaisujen puuttuminen aiheuttaa pelkässä tarjouksen jättö prosessissa noin kolminkertaiset kulut, verrattuna perinteisimpiin rakennustapoihin. Tämän lisäksi urakoitsijoilla on vielä tällä hetkellä vähäinen määrä projektinvetäjiä, vastaavia mestareita sekä työnjohtajia, joilla olisi aikaisempaa kokemusta vaativista puurakennuksista. Vähäiset referenssit puurakennusten takuu- ylläpito- ja huoltokustannuksista nostavat osaltaan urakoitsijoiden taloudellista riskiä.

Tutkimusten perusteella puurakenteiset opetusrakennukset eivät saavuta vielä niille asetettuja tavoitteita vuonna 2022. Tärkeimpinä tavoitteita edistäviä tekijöitä olisivat ehdottomasti puuelementtien vakiointi ja osaamisen lisääminen koulutuksien avulla niin alalle opiskeleville, kuin julkisen sektorin hankintayksiköille. Tavoitteita varten tulisi myös seurantaa tehdä jonkinlaisten välitavoitteiden kautta ja reagoida mikäli sen hetkiset toimenpiteet eivät ole tuottaneet toivottua tulosta.

Lähteet

- 1 Siikanen, Unto. 2016. Puurakentaminen. Rakennustieto Oy.
- 2 Puurakentamisen toimenpideohjelma. 2016. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto. <<https://valtioneuvosto.fi/hanke?tunnus=YM025:00/2018>>. Luettu 24.3.2021.
- 3 Julkisen puurakentamisen kansalliset tavoitteet. 2020. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Julkisen-puurakentamisen-kansalliset-tavoitteet-45F5028E_8436_408A_8CD7_510C6C1AD000-161609.pdf/1fc95a52-5c50-4c9b-1f5d-325395658d72/Julkisen-puurakentamisen-kansalliset-tavoitteet-45F5028E_8436_408A_8CD7_510C6C1AD000-161609.pdf?t=1603259868530>. Luettu 24.3.2020.
- 4 Vähähiilinen rakentaminen. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/vahahiilinen-rakentaminen>>. Luettu 20.4.2021.
- 5 Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2019 EU:lle ja YK:n ilmastopöytäkirjalle. 19.3.2021. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <http://www.stat.fi/til/khki/2019/khki_2019_2021-03-19_tie_001_fi.html>. Luettu 20.4.2021.
- 6 Hiilinieluista huolehtiminen. Verkkoaineisto. Ilmasto-opas. <<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/7c821f90-9605-4f9d-827b-894301c1e009/hiilinieluista-huolehtiminen.html>>. Luettu 20.4.2021.
- 7 Keskivertosuomalaisen hiilijalanjälki. 2018. Verkkoaineisto. Sitra. <<https://www.sitra.fi/artikkelit/keskivertosuomalaisen-hiilijalanjalki/>>. Luettu 20.4.2021.
- 8 Metsien hiilinielut. Verkkoaineisto. Maa- ja metsätalousministeriö. <<https://mmm.fi/metsat/metsatalous/metsat-ja-ilmastonmuutos/metsien-hiilinielut>>. Luettu 20.4.2021.
- 9 Puurakenteissa hiili säilyy pitkään. 2020. Verkkoaineisto. Puuinfo. <<https://puuinfo.fi/puutieto/ymparistovaikutukset/puurakenteissa-hiili-sailyy-pitkaan/>>. Luettu 21.4.2021
- 10 RT 103170 Ilmastonmuutos. Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä. 2020. Rakennustieto.

- 11 Puurakentamisen ohjelman kehittävä väliarviointi 2020-2021. 2021. Verkkoaineisto. Korkia Consulting Oy.
<https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/522a90ec-68f9-4cb0-b178-25f6c95b6e70/JULKAISU_20210209090147.pdf>. Luettu 22.4.2021.
- 12 Kivikoulu peruskorjataan ja laajennetaan – isompaa liikuntasalia lautakunta ei Punkaharjulle esitä. 21.2.2020. Verkkoaineisto. Puruvesi.
<<https://www.puruvesi.net/paikalliset/4078787>>. Päivitetty 2.3.2020. Luettu 22.4.2021.
- 13 Perusopetuksentilat, Rakennushankkeen valmistelun lähtökohtia. 2019. RT 103079. Rakennustieto Oy.
- 14 Junnonen, Juha-Matti; Kankainen, Jouko. 2020. Rakennuttaminen. Rakennustieto Oy.
- 15 Työkaluja puurakennushankkeen valmisteluun. Verkkoaineisto. Puuinfo.
<<https://epuu.fi/hanke>>. Luettu 7.4.2021.
- 16 Iin Alarannan uuden koulun viitesuunnitelma. Verkkoaineisto. Luo arkkitehdit Oy. <<https://luoarkkitehdit.fi/projektit/iin-alarannan-koulu/>>. Luettu 7.4.2021.
- 17 Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017. Verkkoaineisto.
<<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848#Pidp447242272>>. Luettu 12.4.2021.
- 18 Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017. Suomen säädöskokoelma. Verkkoaineisto.
<https://ym.fi/documents/1410903/38439968/julkaistu-paloasetus-2017-66288BFB_A697_4FCB_B602_CE0316F2C37B-134002.pdf/05d6d370-2c01-bd84-110a-94e9f6b5370b/julkaistu-paloasetus-2017-66288BFB_A697_4FCB_B602_CE0316F2C37B-134002.pdf?t=1603260642204>. Luettu 13.4.2021.
- 19 Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta 927/2020. Verkkoaineisto.
<<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200927?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=927%2F2020>>. Luettu 13.4.2021.
- 20 Rakennustarvikkeiden ja pintojen luokitus. Verkkoaineisto. Puuinfo.
<<https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/4-Rakennustarvikkeiden-ja-pintojen-luokitus.pdf>>. Luettu 13.4.2021.
- 21 Maankäyttö ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Verkkoaineisto.
<<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=rakennuslaki#L17P117>>. Luettu 13.4.2021.

- 22 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017. Verkkoaineisto. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796>>. Luettu 13.4.2021.
- 23 Ääniympäristö. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. 2018. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ymparistoministerion-ohje-rakennuksen-aaniymparistosta-2852D34E_DA43_4DCA_9CEE_47DBB9EFCB08-138568.pdf/5e3efaa4-9566-17ae-83c6-2b5805fc9d/Ymparistoministerion-ohje-rakennuksen-aaniymparistosta-2852D34E_DA43_4DCA_9CEE_47DBB9EFCB08-138568.pdf?t=1603260126601>. Luettu 15.4.2021.
- 24 Mansikkalan puukoulu on akustiikkasuunnittelun mestariteos. Verkkoaineisto. A-insinöörit Oy. <<https://www.ains.fi/asiakastarinat/mansikkalan-puukoulu-on-akustiikkasuunnittelun-mestariteos>> Luettu 15.4.2021.
- 25 RIL 262-2014. Taitava kuntarakentaja. 2013. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- 26 Rakennushankkeen kustannushallinta. Ratu. 2018. Rakennustieto Oy.
- 27 Väestöennuste 2019. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/til/vaenn/2019/vaenn_2019_2019-09-30_tie_001_fi.html>. Luettu 18.4.2021.
- 28 Puurakenteiden suunnittelijoiden pätevyysvaatimukset. Verkkoaineisto. Puuinfo. <<https://puuinfo.fi/koulutus/puurakenteiden-suunnittelijoiden-patevyysvaatimukset/>>. Päivitetty 30.6.2020. Luettu 19.4.2021.
- 29 Puurakenteiden suunnittelija. Verkkoaineisto. FISE. <<https://fise.fi/patevyyspalvelu/hae-patevyytta/suunnittelijat/puurakenteiden-suunnittelija/>>. Luettu 19.4.2021
- 30 Pätevyysrekisteri. Verkkoaineisto. FISE. <<https://www.patevyyspalvelu.fi/registry>>. Luettu 19.4.2021
- 31 Franzini Florencia; Toivonen Ritva & Toppinen Anne. 2018. Why NotWood? Benefits and Barriers of Wood as a Multistory Construction Material: Perceptions of Municipal Civil Servants from Finland. Article in buildings Volume 8, Issue 11. Verkkoaineisto. <https://www.researchgate.net/publication/328913288_Why_Not_Wood_Benefits_and_Barriers_of_Wood_as_a_Multistory_Construction_Material_Perceptions_of_Municipal_Civil_Servants_from_Finland>. Luettu 20.4.2021.

- 32 Sibeliustalo. Kuvagalleria. Verkkoaineisto.
<<https://www.sibeliustalo.fi/sibeliustalo/>>. Luettu 20.4.2021.
- 33 Puuelementit, rakennusosat. Verkkoaineisto. Puuinfo.
<<https://puuinfo.fi/tuotteet/elementit-rakennusosat/>>. Luettu 20.4.2021.
- 34 Suomen metsät 2019. Verkkoaineisto. Luke. <<https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2019/09/finlands-forests-facts-2019-fi.pdf>>. Luettu 23.4.2021.
- 35 Insinööri (AMK), puurakentaminen ja puurakenteiden suunnittelu - muuntokoulutus, monimuotototeutus, Lahti, 240 op. Verkkoaineisto. LAB-Ammattikorkeakoulu. <<https://lab.fi/fi/koulutus/insinööri-amk-puurakentaminen-ja-puurakenteiden-suunnittelu-muuntokoulutus>>. Luettu 23.4.2021.
- 36 Julkisen puurakentamisen neuvontapalvelu. Verkkoaineisto. Motiva Oy.
<https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/puurakentaminen/julkinen_puurakentaminen>. Luettu 27.4.2021.
- 37 Siirtokelpoinen koulu on vastaus epävarmoihin ennusteisiin. 7.4.2021. Verkkoaineisto. Kuntarahoitus.
<<https://www.kuntarahoitus.fi/ajankohtaista/siirtokelpoinen-koulu-on-vastaus-epavarmoihin-ennusteisiin/>>. Luettu 23.4.2021.
- 38 Vanttilan koulu jäi liian pieneksi 12 vuodessa, pihalle siirtokelpoinen rakennus. 13.3.2021. Verkkoaineisto. Länsiväylä.
<<https://www.lansivayla.fi/paikalliset/3988589>>. Luettu 23.4.2021.
- 39 Puurakenteet. Verkkoaineisto. Puuinfo. <<https://puuinfo.fi/rakenteet/>>. Luettu 26.4.2021.
- 40 Julkinen puurakentaminen. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö.
<<https://ym.fi/julkinen-puurakentaminen>>. Luettu 27.4.2021.
- 41 On the Diffusion of Innovations: How New Ideas Spread. Verkkoaineisto. Dr.Leif Singer. <<https://leif.me/on-the-diffusion-of-innovations-how-new-ideas-spread/>>. Luettu 27.4.2021.