
LOPPURAPORTTI

Ympäristöministeriö Kasvua ja kehitystä puusta tukiohjelma

Diaarinumero VN/5242/2018

2020-11-05

Sweco puutalorobotti

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo.....	2
1. Tiivistelmä.....	2
2. Hankkeen tausta ja tavoitteet	2
3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät.....	3
4. Hankkeen tulokset.....	3
5. Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset	4
6. Viestinnän toteutuminen ja tulokset	4
7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen	5
8. Yhteenveto	6

1. Tiivistelmä

Hankkeessa kehitettiin puukerrostalojen suunnittelumenetelmiä. Tavoitteena oli saada suunnittelijoiden apuvälineeksi tietokoneavusteinen järjestelmä, jolla voidaan tuottaa vaihtoehtoisia ratkaisua ja vaihtoehtojen vertailuun soveltuvia ominaisuustietoja.

Hankkeessa tuotettiin lähtötietomäärittelyt ja simuloitiin laskentamenetelmiä, joilla puutalon rakenteita voidaan ohjelmallisesti analysoida ja etsiä kulloiseenkin kohteeseen tehokkaimmat puurakenneratkaisut. Laskentamenetelmiä ei kuitenkaan ehditty tämän hankkeen aikana tarkistaa ja evaluoida, joten niitä ei sellaisenaan voida ottaa tuotantokäyttöön.

Konkreettisena lopputuloksen hankkeesta on pilottiympäristö, jolla malleja voidaan rajoitetusti tuottaa. Lopputulos toimii hyvänä pohjana jatkokehitykselle ja hanke on tuonut paljon lisätietoa parametrin mallintamisen hyödyntämisestä puukerrostalojen suunnittelussa.

Hankkeen aikana kävi ilmi, että puukerrostalojen jäykistysmenetelmät eivät ole niin vakiintuneita eivätkä niin hyvin määriteltyjä, että niitä voisi hyödyntää parametrisissa tietokonemalleissa. Jäykistykseen tarvittavia rakenteita ei näin ollen voitu sisällyttää mallien tietosisältöön ja hanke jäi näiltä osin vajaaksi.

Puukerrostalojen suunnittelun ja sitä kautta niiden yleistymisen kannalta tärkeimpänä kehitystarpeena nähdään yleisen tietämyksen lisääminen puurunkojen jäykistysmenetelmistä. Tämä on osa laajempaa kokonaisuutta, jonka tulisi tähdätä vakioitujen rakennetyyppikirjastojen keräämiseen suunnittelijoiden käyttöön.

2. Hankkeen tausta ja tavoitteet

Hankkeen taustana on puukerrostalojen kilpailukyvyn parantaminen. Vaikka puukerrostalojen määrä on kasvanut viime vuosina, niiden suhteellinen osuus on vielä pieni. Tässä hankkeessa on keskitytty puukerrostalojen suunnittelumenetelmien kehittämiseen. Suunnittelua kehittämällä puukerrostaloille pyritään tehokkaasti löytämään parhaat rakenneratkaisut. Nykyään puurakentamiseen erikoistuneita suunnittelijoita on vähän ja suunnittelun menetelmiä ei ole vakioitu.

Tavoitteena oli kehittää tietokoneavusteinen suunnittelumenetelmä, joka tuottaa toteuttamiskelpoiset rakenneratkaisut puukerrostaloon. Menetelmän uutuus on mallinnuksen käyttöliittymään yhdistetty iteratiivinen laskentamenetelmä, jolla rakennusosat voidaan mitoittaa tietokoneavusteisesti. Osatavoitteena oli määrittellä vaihtoehtoisten ratkaisujen valintakriteerit eri rakennushankkeen osapuolten näkökulmista.

Toisena osatavoitteena oli kehittää rakennetyyppikirjasto, jonka perusteella rakenneteknisen iteratiivisen menetelmän kriteerinä voitaisiin käyttää rakennetyyppien hiilinielu/energiatehokkuus yhdistelmiä.

Kolmantena osatavoitteena oli määrittellä tarkistusmenetelmiä, joilla suunnittelumenetelmien toimivuutta voitaisiin kontrolloida ja suunnittelun oikeellisuutta tarkastaa.

Jatkokehitykseen tähtäävänä neljäntenä osatavoitteena oli selvittää mahdollisuudet käyttää iteratiivisia laskentamenetelmiä tiedonlouhinnan tarpeisiin. Näin saataisiin nopeutettua tekoälyyn pohjautuvien menetelmien käyttöönottoa myös puurakenteiden suunnittelussa.

3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät

Hankkeen toteutuksesta on vastannut Sweco Rakennetekniikka Oy. Yritys on keskittynyt rakennesuunnitteluun ja sen yhtenä erikoisalana on puurakenteiden suunnittelu. Hankkeessa on hyödynnetty myös Sweco Finland konserniin kuuluvien muiden suunnittelualojen ja tietotekniikkapalvelujen osaamista.

Hanke on rajattu koskemaan yhtä, pelkästään puisia rakenteita sisältävään rakenneratkaisua. Hankkeeseen kuuluu vain puukerrostalojen rakenteet betonirakenteisten pohjakerrosten yläpuolella. Tutkittavan rakennejärjestelmän välipohjana on ripalaattaelementti ja kantavana pystyrakenteena rankarunkoiset suurelementit.

Rajauksen sisällä hankkeessa on määritelty suunnittelun lähtötiedot ja käyttäjien tarvitsemat tulosteet. Eri laskentamenetelmiä on testattu aluksi simuloinnin avulla. Tarkoitukseen soveltuvista menetelmistä on määritelty pilottiympäristö, jonka toteutus on ollut merkittävä osa hanketta.

4. Hankkeen tulokset

Hankkeen tuloksena on saatu määrittely puukerrostalon puuosien laskenta- ja tiedonsiirtotavoista. Laskentamenetelmät on valittu simuloinnin perusteella. Hankkeen aikana osoittautui, että kaikkia tarvittavien mitoitusmenetelmiä ei ollut koottavissa ohjelmalliseksi kokonaisuudeksi. Suurin ongelma liittyy puukerrostalon jäykistykseen. Jäykistykselle ei ole ohjeita eikä edes suosituksia Eurokoodissa, kotimaisissa rakennusmääräyksissä tai alan julkaisuissa. Tämän projektin resurssien puitteissa ei ollut mahdollista lähteä kehittämään uusia mitoitusstandardeja. Hankkeessa päädyttiin käyttämään karkeampia sääntöjä, joiden avulla toimintaa voidaan simuloida. Tällaisia sääntöjä on kuitenkin pidettävä suunnittelijakohtaisina eikä niitä voida julkistaa.

Osatavoitteena olleita vaihtoehtojen valintakriteerien evaluointia ei ehditty tehdä, koska se olisi vaatinut pilottikohteen toteuttamista, josta olisi saatu asiakaspalautetta.

Konkreettisena hankkeen tuloksena saatiin pilotointiympäristö, jolla puukerrostalon tietomalleja voidaan tuottaa. Kuten edellä todettiin, mallien tuotanto ei perustu alkuperäisen tavoitteen mukaisesti laskentaan. Kaikki tuotetut mallivaihtoehdot joudutaan mitoittamaan perinteisen menetelmin. Tarkoitus oli, että tuotettavia vaihtoehtoja olisi pystytty karsimaan paremmin siten,

että kaikki tuotetut vaihtoehdot olisivat olleet mahdollisia myös toteuttaa. Tällöin vaihtoehdot olisivat olleet sellaisenaan käyttökelpoisia esimerkiksi määrätietoihin perustuvan kustannuslaskennan lähtötiedoiksi.

Hankkeessa on myös alustavasti selvitetty mahdollisuuksia hyödyntää tekoälyä vaihtoehtoisten mallien tuotannon apuna. Tarkastelu tehtiin vaatimusmäärittelyn ja tietosisällön osalta eikä sitä jatkettu käytännön tasolle asti pilottiympäristöön. Tekoäly tarvitsee lähtötietoihin paljon referenssidataa, johon uutta suunnitelmaa voidaan verrata. Toistuvissa rakenteissa referenssirakennusten lukumäärä ei tarvitse olla kovin suuri, jos esimerkiksi sama liitostyyppi toistuu niissä tarpeeksi monta kertaa. Suurimpana ongelmana tekoälyn kannalta on, että nykyiset kohteet ovat liian erilaisia eikä niissä mahdollisesti olevia samankaltaisuuksia pystytä tunnistamaan.

Tärkeä askel tekoälydatan keräystä varten on rakennetyyppikirjasto, jonka avulla niiden yksilöiminen on mahdollista. Kirjaston avulla suunnittelijan on helpompi valita soveltuva vaihtoehto, lisätä se malliin sekä varmistaa, että kaikki tarpeellinen lähtötieto mitoitukseen on käytettävissä. Tämän hankkeen aikana kirjastoon ei kerätty muita kuin rajauksen mukaisia rakenteita.

5. Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset

Hanke edisti puukerrostalojen suunnitteluosaamista, mutta siinä kehitettyjä menetelmiä voivat toistaiseksi käyttää vain hankkeeseen perehtyneet suunnittelijat. Tällöin lyhyen ajan vaikutukset kohdistuvat ensisijaisesti niihin hankkeisiin, jossa Sweco on suunnittelijana. Koska Sweco isona yrityksenä toimii kaikkien alan osapuolien kanssa, uskotaan tulosten ja uuden suunnittelukonseptin leviävän melko hyvin alan tietoon. Lisäksi toivotaan, että esimerkki kannustaa myös muita osapuolia ottamaan osaa vastaavaan kehitykseen.

Hankkeessa ei ehditty toteuttamaan pilotti kohteita, joilla vaikuttavuutta olisi voitu arvioida.

Pidemmällä aikajänteellä parametrinen mallintaminen tulee olemaan keskeinen tekniikka tuottaa rakennuksesta tehokkaasti tietoa jo suunnitteluvaiheessa. Hanke on lisännyt valmiuksia ottaa menetelmä käyttöön myös puukerrostalojen suunnittelussa. Jatkokehitys voi hyödyntää parametrin mallintamisen yleistä kehitystä, kun puurakentamisen tarvitseman lähtötiedot ja tietosisältö on määritetty tässä hankkeessa.

Kansainvälisesti suuria puurakentamiskohteita on monissa maissa Suomea enemmän. Suomen vahvuuksiin kuuluva tietomallinnusosaaminen antaa hyvän lähtökohdan suunnitteluviennille. Edellytyksenä kuitenkin on, että puurakenteiden suunnittelu saadaan täysmääräisesti mallintamisen piiriin. Muuten Suomella ei ole kilpailuetua, jonka turvin markkinoille päästään. Swecon etuna on, että eri maiden paikalliset yksiköt toimivat suomalaisen osaamisen markkinointikanavana. Samalla pystytään tukemaan myös suomalaisen rakennusteollisuuden tuotteiden vientiä, kun ne pystytään sovittamaan paikallisiin olosuhteisiin suunnitteluyhteistyön avulla.

6. Viestinnän toteutuminen ja tulokset

Hankkeen tuloksia on esitelty ensisijaisesti puurakentamisen konferensseissa ja seminaareissa. Suurimmat tapahtumat, jossa Sweco on esitellyt tuloksia, ovat:

- Aalto yliopiston järjestämä Forum Wood Building Nordic 25.9.–27.9.2019
<https://www.aalto.fi/events/forum-wood-building-nordic-2019>

- Puuinfon järjestämät Puupäivä 28.11.2019 Helsingin messukeskuksessa.
<https://www.puupaiva.com/>

Hankkeen tuloksesta on julkaistu esitelmä 2019

- Sweco Timber Hack clarifying structural timber design dataflows for parametric and AI-enabled design https://www.forum-holzbau.com/pdf/wbn19_Rodionova.pdf

Hanketta on esitelty kansainvälisesti eri Sweco maiden puurakennesuunnittelijoille. Tulokset olivat esillä mm. Swecon sisäisillä kansainvälisillä kehityspäivillä.

- Sweco DeveloperDayzs 12.-13.9.2019

Hankkeesta on tehty myös esittelymateriaalia Swecon sisäisille Puuteknologiapäiville 2019 ja 2020.

Tarkistamattomia laskenta- ja mitoitusperiaatteita ei voida julkaista, koska niiden toimivuudesta ei voida mennä takuuseen. Näiltä osin viestintäsuunnitelma ei toteutunut suunnitellussa laajuudessaan.

7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

Edellä mainituista syistä kehitetty pilottiympäristö ei ole vielä niin pitkällä, että päätöksiä tuotantokäyttöön soveltuvan ohjelman tekemisestä voitaisiin tehdä. Yritys pystyy kuitenkin hyödyntämään tuloksia omassa suunnittelutyössään perinteisten menetelmien tukena. Kehittäjät voivat tarvittaessa tuottaa pilottiversiolla pohjia vaihtoehtoisiksi ratkaisuksi, joiden toimivuus lasketaan perinteisillä menetelmillä.

Hankkeen aikana on jo selvitetty menetelmien ja laskentapohjien hyödyntämistä muissakin kuin rankarakenteisissa puukerrostaloissa. Selvityksen perusteella valmiudet laajempaa soveltamiseen ovat hyvät, kun perusedellytykset mitoituksen parametriselle ohjelmoinnille saadaan ensin luotua.

Kehitystä tullaan jatkamaan erityisesti isojen rakennuskohteiden yhteydessä, joissa on tarvetta vertailla rakenneratkaisuja ja kehittää mm. jäykistysmenetelmiä. Parametrinen mallintaminen on yksi Swecon omista pääkehityskohteista ja hankkeen tuloksia tullaan hyödyntämään omissa jatkekehityshankkeissa.

Hanke toi selkeästi esille puukerrostalojen rakenneratkaisujen kehittämistarpeen. Yleisiä mitoitusmenetelmiä ei ole käytettävissä vaan ratkaisut ovat yksilöllisiä. Erityisesti rakennuksen jäykistämisen suunnittelu ja toteutus vaatii merkittävää kehitystä, jotta se olisi helpommin toteutettavissa.

Tavoitteena ollut täysin tietokoneavuteinen suunnittelukonsepti osoittautui vielä liian kunnianhimoiseksi, mutta toisaalta hankkeessa ei tullut esille syitä, miksi tavoitteesta pitäisi luopua. Kun mitoitusmenetelmät saadaan määriteltä ja standardisoitua, konseptin toteutusta voidaan jatkaa. Tässä hankkeessa on luotu hyvä pohja tehokkaalle tietomallien tuotannolla puukerrostalon rakenneratkaisujen tuottamiseksi.

Tärkeimpänä aiheena, jota tässä hankkeessa ei käsitelty, on ekologisuuteen liittyvien valintakriteerien ottaminen mukaan vaihtoehtojen vertailuun. Esimerkiksi rakennuksen tuotantovaiheen hiilijalanjäljen laskenta on jo standardisoitu, jolloin se sopii erittäin hyvin laskettavaksi tulokseksi. Käyttäjää palvelevaa olisi myös pyrkiä arvioimaan käytön aikaisia päästöjä ja energian kulutusta. Koska rakennuksen tulevaa käyttöä ja käyttöikä ei tunneta, laskennan tulee perustua mahdollisimman suureen määrään eri skenaarioita, jotta

toimivuudesta eri tapauksessa saadaan käsitys. Tällainen laskenta ei ole mahdollista muuten kuin tässä hankkeessa esitetyn älykkään parametrin mallintamisen avulla.

Standardisoinnin ja mahdollisen tekoälyn hyödyntämisen kannalta puurakentamisen referenssikirjastoa pitäisi ryhtyä keräämään erikseen ja kiinnittää erityistä huomiota ratkaisujen vakiointiin sellaisella tasolla, että ne ovat ohjelmallisesti tunnistettavissa eri malleista.

8. Yhteenveto

Hankkeen yhteenvetona todetaan, että puukerrostalojen suunnittelussa on vielä paljon kehitettävää ja standardisoitavaa. Kun vakiintuneita ratkaisuja on vähän, olisi erittäin tärkeää tuottaa tietoa mahdollisimman monista eri vaihtoehdoista. Teknisesti parametrinen mallintaminen on osoittautunut käyttökelpoiseksi tekniikaksi vaihtoehtoisten mallien tuottamiseen. Mallien oikean tietosisällön avulla vaihtoehtoja voidaan vertailla keskenään eri kriteereillä. Tässä hankkeessa keskityttiin rakennetekniseen toimivuuteen liittyvään tietosisältöön, mutta sama toimintatapa mahdollistaa myös esimerkiksi kustannusten ja päästötietojen laskennan. Lisäksi mallin avulla voidaan arvioida esimerkiksi energian kulutusta, muuntojoustavuutta, rakennettavuutta ja rakennuksen ylläpidettävyyttä.

Puurakentamisessa voidaan hyödyntää pitkälti normaaleja mitoitusmenetelmiä esimerkiksi kuormien määrittelyn suhteen. Puurakentamisessa on kuitenkin omia erityispiirteitä, jotka vaativat erityistä kehityspanostusta suunnitteluun ja toteutukseen. Tässä hankkeessa on nostettu erityisesti esille puute vakiintuneista puukerrostalojen jäykistysratkaisuista. Muita vastaavia puurakentamisen erityispiirteitä ovat ääneneristys ja palosuunnittelu.

Parametrin puutalomallin saaminen tuotantokäyttöön edellyttää paremmin vakioituja ratkaisuja, jotta kaikkia ei tarvitsisi kehittää ja laskea jokaiseen kohteeseen uudelleen. Suunnittelijoita hyödyttäisi parhaiten suunnitteluohjelmien yhteyteen kerättävät rakennetyypikirjastot, jolloin vakioratkaisut olisivat suoraan mallintamisen käytössä. Ratkaisuista tulisi kerätä myös tietokanta, jota voidaan jatkossa hyödyntää tekoälyn opetusdatana.