

Heikki Rämä

**ALGORITMIAVUSTEINEN SUUNNITTELU - RAKENNUSOSIEN
PERFOROINTI**

ALGORITMIAVUSTEINEN SUUNNITTELU - RAKENNUSOSIEN PERFOROINTI

Heikki Rämä
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusarkkitehtuurin tutkinto-ohjelma

Tekijä: Heikki Rämä

Opinnäytetyön nimi: Algoritmiavusteinen suunnittelu - Rakennusosien perforointi

Työn ohjaaja: Kimmo Illikainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2021

Sivumäärä: 26

Tietokoneen laskentatehon ja datan hyödyntäminen rakennussuunnittelussa on yleistymässä. Opinnäytetyössä käsiteltiin algoritmiavusteista rakennusosien suunnittelua. Tavoitteena oli avata algoritmeihin liittyviä käsitteitä sekä osoittaa algoritmiavusteisen suunnittelun mahdollisuuksia rakennusosien perforointiin luodun algoritmin avulla.

Opinnäytetyössä esiteltiin prosenttitaitteen periaatetta eli taiteen sisällyttämistä rakennettuun ympäristöön. Työssä esiteltiin myös algoritmin käsitteitä sekä algoritmiavusteisen suunnittelun hyötyjä ja olemassa olevia käyttöliittymiä. Työssä luotiin algoritmi, joka tuotti kuvapohjaisesti perforoidut rakennusosien koneohjausmallit.

Opinnäytetyössä todettiin, että algoritmien avulla tietokoneen laskentateho saadaan valjastettua suunnittelun tueksi vaativiin kohteisiin. Lisäksi kävi ilmi, että kuvapohjaisen perforoinnin laskenta oli erittäin nopeaa ja tarkkaa verrattuna manuaaliseen mallintamiseen. Työssä käsiteltiin myös nykyisten sovellusten puutteita ja kehitystarpeita laskentatehon kokonaisvaltaisessa hyödyntämisessä ja todettiin, että algoritmiavusteinen suunnittelu mahdollistaa uusia suunnittelu- ja toteutustapoja rakennusosalalla.

Asiasanat: Algoritmi, mallintaminen, rakennussuunnittelu, Dynamo

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Construction Architecture

Author: Heikki Rämä
Title of thesis: Algorithms-Aided Design - Building Element Perforation
Supervisor: Kimmo Illikainen
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021
Pages: 26

Utilizing computation capacity and data in building design is becoming more common. This thesis research algorithms-aided design of building elements. The objective is to clarify the concepts of algorithms and showcase the possibilities of algorithms-aided design by creating an algorithm for designing perforation of building elements.

This thesis introduces the percent-for-art principle i.e. inclusion of art in built environment. The thesis contains introduction of algorithm concepts and software for algorithms-aided building design. The benefits of algorithms-aided design are also presented. An algorithm was created in the project which produced machine control models for image-based perforated building elements.

As a conclusion, it can be stated that computation capacity can be utilized to support designing by using algorithms. The modelling was very quick and accurate compared to designing by hand. There are still deficiencies in algorithms-aided design software. Nonetheless, algorithms-aided design is efficient and opens possibilities in the construction business.

Keywords: Algorithm, modelling, building design, Dynamo

ALKULAUSE

Kiitokset Oulun ammattikorkeakoulun lehtoreille Kimmo Illikaiselle ja Soili Fabritiukselle ohjauksesta, tuesta ja kannustuksesta työn edetessä. Kiitos myös muille Oulun ammattikorkeakoulun lehtoreille, jotka osoittivat tukensa matkan varrella.

Kiitokset ystävälleni Aapolle aiheen ideoinnista. Erityiskiitokset ystävilleni Elsalle ja Nikelle, jotka auttoivat ja loivat uskoa tämän työn loppuun saattamiseksi.

Oulussa 2.6.2021

Heikki Rämä

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 TAIDE OSANA RAKENNETTUA YMPÄRISTÖÄ	9
2.1 Taiteen vaikutus ympäristöön	9
2.2 Prosenttiperiaate	10
3 ALGORITMIAVUSTEINEN SUUNNITTELU	12
3.1 Algoritmi	12
3.2 Algoritmiavusteisen suunnittelun hyödyt	13
3.3 Algoritmisen suunnittelun sovellukset	13
4 ESIMERKKITAPPAUS: PERFOROITUJEN RAKENNUSOSIEN SUUNNITTELU	15
4.1 Kohdekohtainen suunnittelu ja vaadittavat lähtötiedot	15
4.2 Algoritmin toiminta	17
4.3 Tieto- ja koneohjausmallit	18
4.4 Algoritmin hyödyntäminen ja jatkokehitys	20
5 ALGORITMIAVUSTEISEN SUUNNITTELUN ONGELMAKOHDAT	22
6 YHTEENVETO	24
LÄHTEET	25

SANASTO

Algoritmi	yksiselitteisesti kuvattu toimintaohje, joka ratkaisee yhtälön annettujen lähtötietojen perusteella
Koneohjausmalli	koneohjausjärjestelmälle oikeaan tiedostomuotoon luotu tai muokattu suunnitelma
Perforointi	tarkoittaa materiaalin puhkaisua, lävistystä tai rei'itystä
Prosenttitaide	osan rakentamisen kustannuksista sijoittaminen taiteeseen
STL	tiedostoformaatti, jossa määritellään 3D-mallin geometria
Tietomalli	rakennuksen tai rakennusosien ominaisuuksien kuvaus digitaalisessa muodossa.

1 JOHDANTO

Rakennuksen tietomallit ovat yleistyneet huomattavasti, mikä mahdollistaa mallintamisen sekä tiedonkäsittelyn automatisoinnin. Rakennusosalalla tietokoneiden laskentatehon hyödyntäminen on Suomessa kuitenkin hyvin vähäistä sen potentiaaliin verrattuna. Laskennallinen suorituskyky sekä mallipohjainen koneohjaus ovat selkeitä tulevaisuuden virstanpylväitä rakennusosalalla.

Opinnäytetyön tavoitteena on kuvata algoritmiavusteisen suunnittelun käsitettä sekä esitellä sen käyttöä rakennusosien perforointiin luodun algoritmin avulla. Työssä pyritään selventämään käsitystä algoritmeista, mikä madaltaisi kynnyksiä niiden käyttöön alalla. Lisäksi pyritään esittämään mahdollisuuksia, joita näiden työtapojen kehittämien avaa.

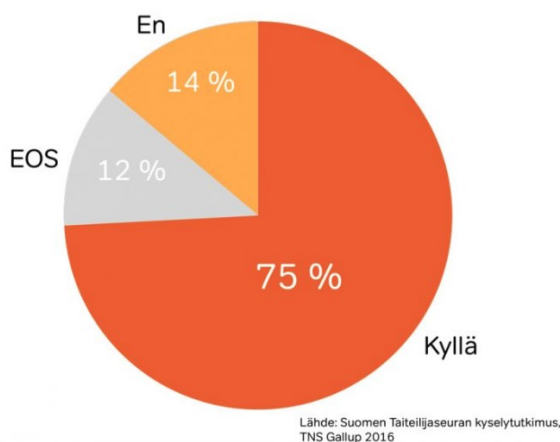
Työn alussa käydään läpi taiteen vaikutusta elinympäristöön sekä sen sisällyttämistä rakennettuun ympäristöön. Seuraavassa vaiheessa avataan algoritmiavusteisen suunnittelun käsitettä sekä toimintaperiaatteita. Lopussa perehdytään algoritmien hyödyntämiseen käytötapauksen avulla ja esitellään algoritmiavusteisen suunnittelun suomia mahdollisuuksia sekä tämänhetkisiä ongelmakohtia.

Algoritmiavusteista suunnittelua hyödynnetään rakennusosalalla kansainvälisesti enenevässä määrin. Suomessakin algoritmien käyttö on päässyt aluilleen, mutta hyötyjä ei vielä ole osattu havainnollistaa rakennusalan osaajille. Algoritmien ja tietokoneen laskentatehon hyödyntäminen tulevat muuttamaan totuttuja työtapoja tulevaisuudessa koko rakennusosalalla.

2 TAIDE OSANA RAKENNETTUA YMPÄRISTÖÄ

Taiteen arvo tunnustetaan Suomessa hyvin ja aiheesta on tehty paljon tutkimuksia. Julkisen taiteen arvostus on vahva ja sen tukeminen on kasvanut suomalaisten keskuudessa entisestään 2010-luvulla. Viimeisten kyselytutkimusten mukaan 75 prosenttia väestöstä haluaa taidetta arkiympäristöönsä iästä ja sukupuolesta riippumatta. (Kuva 1.) (1.)

Haluatko taideteoksia arkiympäristöösi?



KUVA 1. TNS Gallupin tekemän kyselytutkimuksen tulos vuodelta 2016 (1)

2.1 Taiteen vaikutus ympäristöön

Taide on yksi rakentamisen laatutekijöistä. Se tuo mukanaan viihtyisyyttä ja kestävyyttä sekä elämyksellisyyttä ja elinvoimaisuutta rakennettuun ympäristöön. Taide kasvattaa myös turvallisuuden tunnetta ja nostaa asuinalueen arvostusta. Se on alueellinen vetovoimatekijä ja identiteetin luoja, minkä myötä käyttäjien suhde arkiympäristöönsä syvenee. Näillä tekijöillä on suoranaista vaikutusta kiinteistöjen arvoon. (2; 3.)

Taiteella on tutkitusti myös useita positiivisia terveysvaikutuksia, ja sillä on havaittu olevan yhteys koettuun elämänlaatuun ja terveyteen sekä onnellisuuteen. Sen on todettu myös lieventävän stressiä sekä edistävän mielenterveyttä. Mielenterveyden häiriöiden määrän kasvu on ollut kiihtyvä Euroopassa ja noin joka

neljäs kärsii niistä jossain elämänvaiheessa. Useiden tutkimusten mukaan taiteella ja taiteellisella toiminnalla on potentiaali sekä mahdollisuudet edistää mielen hyvinvointia sekä auttaa mielenterveyden ongelmien kanssa pärjäämisessä. (4; 5.)

Rakennetun ympäristön laatu muodostuu teknisen elinkaaren lisäksi käyttäjäkokemuksesta. Koetun ympäristön vaikutus on suuri, kun huomioidaan, että tänäkin päivänä 90 prosenttia innovaatioista syntyy kaupungeissa. Onnistuneesti toteutettu ympäristö on tuottoisa ja tulevaisuudessa osa kulttuuriperintöä. (Kuva 2.) (6.)



KUVA 2. Oulun keskustan perforoituja julkisivuja

2.2 Prosenttiperiaate

Prosenttiperiaatteen mukaisesti osa rakentamisen kustannuksista sijoitetaan taiteeseen. Prosenttiperiaate ja sen laajentaminen on ollut vahvasti esillä 2000-luvulla sekä sen edistämiseen on panostettu huomattavasti. Tietoisuus taiteen sisällyttämisestä rakennettuun ympäristöön on kasvanut ja sen vakiinnuttaminen

rakenteisiin on edistynyt. Opetus- ja kulttuuriministeriön esityksen mukaisesti valtion tulisi toimia suunnannäyttäjänä prosenttiperiaatteen soveltamisessa ja toteutuksessa, jotta se vakiintuisi koko maassa. (7; 8.)

Prosenttiperiaatteella on Suomessa sadan vuoden historia. Alkujaan käyttöönottoa suunniteltiin jo vuonna 1920 ja eduskunta hyväksyi hallituksen toivomusponnen aiheesta vuonna 1939. Vuonna 1956 Valtioneuvosto teki päätöksen koskien julkisten rakennusten taideteoksilla kaunistamisesta. Kyseinen päätös sekä museoalan ammatillistuminen saivat julkishallinnollisella rahoituksella tehtyjen taidehankintojen määrän kasvuun. (9.)

Opetus- ja kulttuuriministeriön vuonna 2015 rahoittama Prosentti taiteelle -hanke on edistänyt prosenttiperiaatteen tilaa suomalaisessa rakennuskulttuurissa sekä päätöksenteossa. Prosenttiperiaatteesta on tehty käsikirjat niin tilaajalle kuin taiteilijallekin. Käsikirjat sisältävät kattavan ohjeistuksen hankintoihin, sitä koskevaan lakiin ja tutkimuksiin sekä käytännön kokemuksiin. (2.)

Tutkimusten mukaan taiteen talousvaikutuksia on hankala suoranaisesti mitata, koska niitä ei vielä tunneta hyvin. Suurin osa taidehankkeissa työskennelleistä kuitenkin kertoo, että taide on lisännyt ostohalukkuutta ja alueiden arvostusta sekä hyödyttänyt markkinointia. Lähes kaikki hankkeista kokemusta omaavat pitivät taidetta yhtenä rakennetun ympäristön laatutekijänä. (2.)

Prosenttiperiaatteen haasteena pidetään taloudellisten resurssien sekä tiedon puutetta. Epätietoisuus haettavissa olevasta taloudellisesta tuesta sekä sitoutumattomuus pitkän tähtäimen hankkeisiin ovat syitä, joiden vuoksi taidehankkeista luovutaan. Yhtenä haasteista on pidetty myös sitä, ettei taidetta ja palvelumuo-
toilua osallisteta projektiin heti alussa, jolloin ne palvelisivat luonnollisemmin projektikokonaisuutta. (2.)

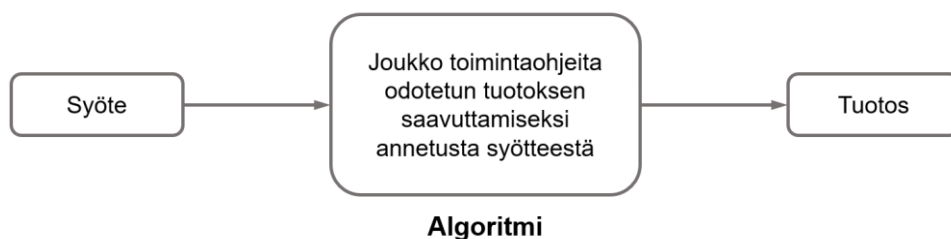
3 ALGORITMIAVUSTEINEN SUUNNITTELU

3.1 Algoritmi

Algoritmi on yksinkertaisesti selitettynä sarja toimintaohjeita, joita seuraamalla askel askeleelta voidaan saavuttaa jotain hyödyllistä tai ratkaista jokin ongelma. Tietoteknisessä mielessä algoritmit ovat tietokoneelle toimintaohjeita, miten tiettyjä tehtäviä tulee suorittaa tai käsitellä dataa. (10.)

Algoritmi on siis yksiselitteinen toimintaohje, joka ratkaisee yhtälön annettujen syötteiden eli lähtöarvojen perusteella. Toimintaohje sisältää sarjan tehtäviä tai toimenpiteitä, jotka suoritetaan niille määrättyssä järjestyksessä. Algoritmin tehtäväsarjan voi käytännössä suorittaa myös manuaalisesti, mutta tietoteknisellä puolella hyödynnetään yleisesti tietokoneen suoritustehoa. (11.)

Käytännön esimerkkinä voidaan ajatella ruoanvalmistusta reseptin avulla. Valmistusta varten hankitut ainekset työstetään reseptissä annettujen ohjeiden mukaisesti, jotta päästään odotettuun lopputulokseen. Lopputuloksesta voidaan myös päätellä, oliko resepti hyvin tehty. Hyvä resepti, toisin sanoen algoritmi, on selkeä ja yksiselitteinen. Siinä tulisi olla selkeästi määritetyt ainesosat sekä odotettu lopputulos. Reseptin tulisi olla myös mahdollisimman yksinkertainen, yleinen ja käytännöllinen, jotta se voidaan toteuttaa saatavissa olevilla resursseilla. Hyvän reseptin vaatimukset pätevät myös tietoteknisiin algoritmeihin. (Kuva 3.) (12.)



KUVA 3. Algoritmin periaate

3.2 Algoritmiavusteisen suunnittelun hyödyt

Algoritmeja voidaan hyödyntää suunnittelun apuna usealla eri tavalla. Niillä voidaan automatisoida toistuvia tehtäviä tai generoida monimutkaisia muotoja ja rakenteita. Algoritmiavusteinen suunnittelu avaa paljon uusia mahdollisuuksia ja on parhaimmillaan erittäin tehokas työväline suunnittelijalle. Se ei kuitenkaan tarjoa suunnittelulle lopputulosta, ainoastaan avustaa suunnittelun aikaisissa toiminnoissa. Luovan suunnitteluprosessin vastuu on siis edelleen suunnittelijalla. (11.)

Algoritmiavusteisessa suunnittelussa on tavoitteena valjastaa tietokoneen laskentateho toimenpiteisiin, jotka vaativat suurta määrää laskentaa ja tarkkuutta. Algoritmien avulla voidaan suorittaa tehtäviä ja laskuja, jotka olisivat lähes mahdottomia manuaalisin menetelmin. Algoritmiavusteiset suunnittelumenetelmät ovat kuitenkin vain työkaluja, joihin tulee suhtautua kriittisesti. Tietokonetta ja algoritmeja ei voida itsessään syyttää virheistä, saati kiittää onnistumisista. (11.)

Hyödyntämällä algoritmeja suunnittelutyötä saadaan tehostettua jo pelkästään arkirutiineja automatisoimalla. Esimerkiksi luonnossuunnitelmien simulointi ja muokkaaminen on nopeaa sekä sillä tasolla, ettei sitä olisi mahdollista saavuttaa ilman tietokoneen laskentatehoa. Tietokoneet myös tuottavat suunnittelusta ja datasta täsmällistä tietoa murto-osahintaan nykyiseen verrattuna. (13.)

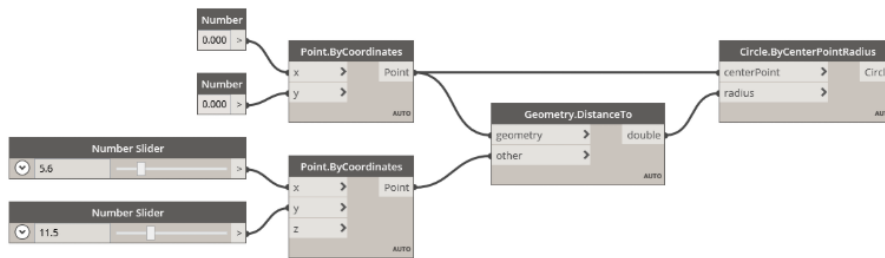
Monimutkaiset geometriat toimivat monesti algoritmiavusteisen suunnittelun mainoskuvina, mutta sen avulla voidaan tehdä paljon muutakin. Algoritmien avulla voidaan esimerkiksi tuottaa kaikenlaista dataa sekä hyödyntää sitä reaaliajassa suunnittelun tukena tai tuloksien vertailussa. Dataa voidaan tuottaa ja viedä suunnittelusovelluksesta eteenpäin tai sitä voidaan tuoda projektiin sen ulkopuolelta helposti ja nopeasti algoritmien avulla. Algoritmit mahdollistavat suunnittelijoiden omien työkalujen luomisen heidän omiin prosesseihinsa sekä tarpeisiinsa. (14.)

3.3 Algoritmisen suunnittelun sovellukset

Algoritmiavusteiset suunnittelutyökalut hyödyntävät visuaalista ohjelmointia. Perinteisen tekstipohjaisen ohjelmoinnin sijasta suunnittelijat käyttävät graafista

käyttöliittymää, joka ihmisen on helpompi ymmärtää. Perinteisessä tekstipohjaisessa ohjelmoinnissa ohjelmoija pyrkii ajattelemaan tietokoneen tapaan ja näin ollen tuottaa merkkitarikkaa komentoketjua. Sen sijaan visuaalisessa ohjelmoinnissa suunnittelija pyrkii ajattelemaan prosessia isompana kokonaisuutena. Toimintaohjeen askelia kutsutaan solmuiksi, joista algoritmi lopulta muodostuu. (Kuva 4.) (15.)

Visual Program:



Textual Program:

```
myPoint = Point.ByCoordinates(0.0,0.0,0.0);
x = 5.6;
y = 11.5;
attractorPoint = Point.ByCoordinates(x,y,0.0);
dist = myPoint.DistanceTo(attractorPoint);
myCircle = Circle.ByCenterPointRadius(myPoint,dist);
```

KUVA 4. Visuaalisen ja tekstipohjaisen ohjelmoinnin ero (15)

Visuaalisen ohjelmoinnin ja algoritmiavusteisen suunnittelun työkaluja on paljon. Rakennussuunnittelun alalla pääpaino on kahdella sovelluksella. Ensimmäinen näistä on McNeel Grasshopper, joka on graafinen algoritmieditori. Grasshopper toimii Rhino 3D -mallinnusohjelmistoalustan päällä. Sen voi linkittää toimimaan useiden eri suunnittelusovellusten, kuten Autodesk Revitin, Graphisoft Archicadin sekä Trimble Teklan, kanssa. (16.)

Toinen yleisimmistä graafisista algoritmieditoreista on Autodesk Dynamo. Dynamo toimii Autodesk Revit -ohjelmistoalustan päällä. Dynamolla ei pysty työskentelemään muiden suunnittelusovellusten kanssa yhdessä samaan tapaan kuin Grasshopperilla. (17.)

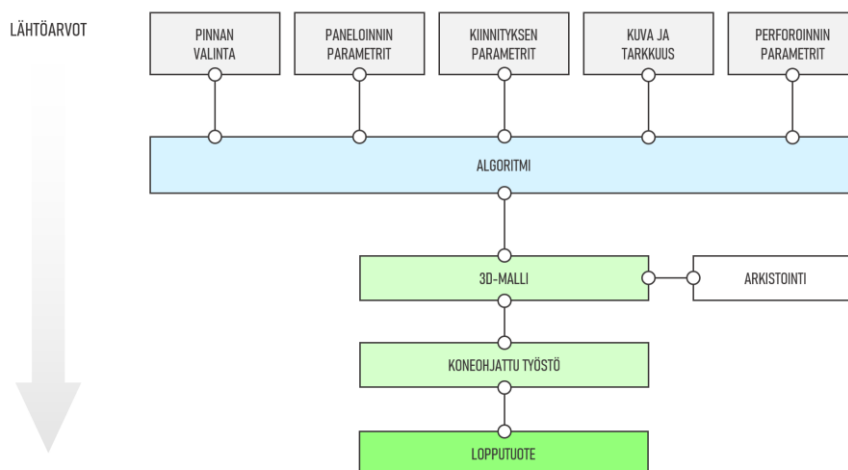
4 ESIMERKKITAPAUKSEK: PERFOROITUJEN RAKENNUSOSIEN SUUNNITTELU

Opinnäytetyössä tutkittiin algoritmiavusteisen suunnittelun mahdollisuutta tuoda kuvataide osaksi suunnittelua jo varhaisessa vaiheessa projektia. Näin ollen taidetta voitaisiin helpommin implementoida rakennettuun ympäristöön.

Tavoitteena oli tuottaa kuvapohjaisesti perforoitujen rakennusosien koneohjausmallit valmistusta varten. Mallien avulla on mahdollista tuottaa koneellisesti rei'itettyjä paneeleita tai levyjä seinäpintoihin. Lisäksi tavoitteena oli tutkia algoritmiavusteisen suunnittelun käyttöä sekä sen mahdollisuuksia ja tämänhetkisiä rajoitteita. Suunnittelussa käytettiin Autodesk Revit- sekä Dynamo-ohjelmistoja.

4.1 Kohdekohtainen suunnittelu ja vaadittavat lähtötiedot

Algoritmi on mahdollista suunnitella ja luoda joko kohdekohtaisesti tai jatkuvaan käyttöön. Opinnäytetyössä pyrittiin luomaan algoritmi, jota voidaan käyttää useammassa kohteessa. Kyseinen valinta vaikutti algoritmin muotoon ja sen joustavaan käyttämiseen. Oli erityisen tärkeää, että pitkäikäisemmän algoritmin vaatimat syötteet eli lähtöarvot esitettiin selkeästi ja niiden oli oltava helposti muokattavissa. Tässä työssä algoritmiin luotiin työstettävän pinnan ja kuvan valintatyökalut sekä muiden lähtöarvojen selkeä muuntomahdollisuus. (Kuva 5.)

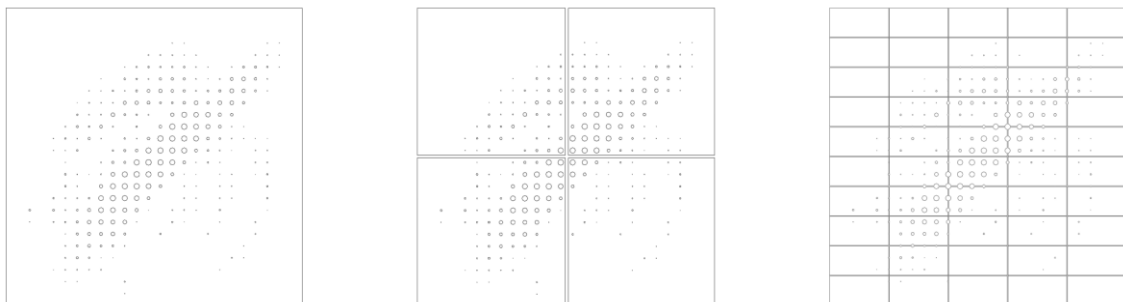


KUVA 5. Esimerkkitapauksessa luodun algoritmin periaatekaavio

Työstettävä pinta valittiin suoraan Revit-mallista. Mikäli pinta ei olisi valmiiksi yhtenäinen, se olisi mallinnettava erikseen. Suurimmassa osassa mahdollisista käyttötapauksista suuret seinäpinnat on mallinnettu Yleisten tietomallivaatimusten mukaisesti kerroskorkeus kerrallaan, jolloin yhtenäinen pinta vaatisi lisäelementin mallinnusta. Algoritmiin olisi jatkokehityksessä mahdollista tehdä useamman pinnan yhdistävä toiminto. Valitusta pinnasta algoritmi haki aloitustason, koordinaatit sekä työstettävän alueen mitat. Opinnäytetyössä luotu algoritmi rakennettiin soveltuvaksi suoriin seinäpintoihin.

Työstettävä pinta voi sijaita niin ulkona kuin sisälläkin, joten kiinnitykselle ja tuenalle oli suunniteltava muutettavissa olevat lähtöarvot. Seinäkiinnitykseen ei tässä tapauksessa yksityiskohtaisemmin paneuduttu, mutta sille löytyi tilavaraus sekä päälinjat jatkotyöstöä varten. Kiinnityksen päälinjoihin voi suoraan luoda esimerkiksi kiskoprofiileja.

Tuotettavan valmiin pinnan jakaminen paneeleihin oli opinnäytetyön algoritmissa vaihtoehtoinen valinta. Kyseinen toimintaohje toimii myös yhdelle kokonaiselle pinnalle, mikäli osajakoa ei haluta tehdä. Paneloinnin tarpeellisuus huomioitiin käytännön toteutuksen ja materiaalivalintojen vuoksi. Algoritmiin asetettiin paneloinnille säädettävissä olevat mitat leveydelle, korkeudelle, paksuudelle sekä saumavälille. (Kuva 6.)



KUVA 6. Helposti säädettävissä olevat paneloinnin mitat

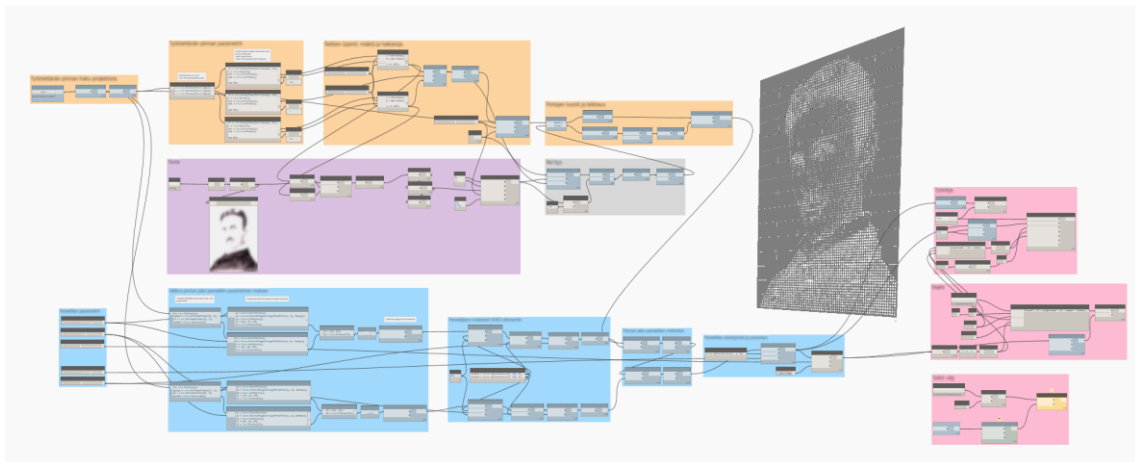
Kuvan valinnalle luotiin normaali valintatyökalu, jossa kuva voitiin valita suoraan tietokoneen tiedostoista. Kuva vaikutti suoranaisesti lopputulokseen, joten kuvankäsittelyyn varattiin resursseja jo ennakkoon. Perusajatus algoritmin toiminnasta

sekä kuvan vaikutuksista lopulliseen tuotteeseen edesauttoivat kuvan valikoimista ja muokkausta.

Perforoinnin eli tässä tapauksessa rei'ityksen minimi- ja maksimihalkaisijat sekä reikien välinen etäisyys olivat myös määriteltäviä lähtöarvoja. Työn tarkoituksena oli tuottaa rei'itettyjä paneeleita, joiden työstö tapahtuu koneellisesti. Algoritmissa oli huomioitu, että työstökone asetti ehdot varsinkin reikien minimikoolle.

4.2 Algoritmin toiminta

Kohdekohtaiset lähtöarvot toimivat algoritmin syöteinä ja kaikki toimintaohjeen tehtävät perustuivat näihin syötteisiin. Opinnäytetyössä työstettävä pinta mallinnettiin ilman varsinaisen rakennuksen mallia työn laajuuden rajaamiseksi. Pinta valittiin Revitin seinäelementistä valintatyökalulla syötteenä Dynamoon. Pinnan lisäksi valittiin kuva, joka ohjaa perforointia. Algoritmiin asetettiin sivuille marginaali, ettei perforointi muodostu liian lähelle seinän ulkoreunoja. Kuva skaalautui pinnalle marginaalien mukaisesti. (Kuva 7.)

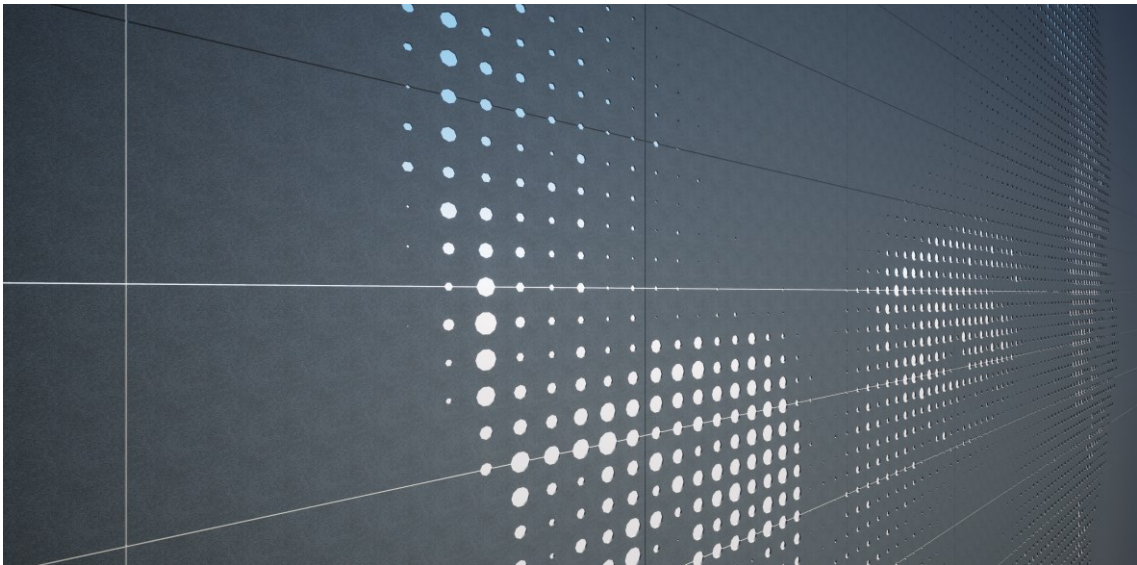


KUVA 7. Algoritmi Autodesk Dynamo -ohjelmistossa

Lähtöarvoissa asetettavien reikien kokojen lisäksi tehtiin syöte perforoinnin tarkkuudelle eli resoluutiolle. Resoluution mukaan määräytyivät kuvan tarkastelupisteet sekä reikien keskipisteet. Algoritmiin asetettiin kuvan tarkasteluun liittyviä toimintoja, jotka ohjaavat rei'itystä kussakin pinnan tarkastelupisteessä.

Reikien sijaintien ja kokojen määrittämisen jälkeen algoritmi jakoi pinnan paneeliin annettujen lähtöarvojen mukaisesti. Rei'itys ei ottanut huomioon paneelien kokoa, joten sitä saattoi muodostua paneelien saumojen kohdalle. Jatkotyössä olisi mahdollista asettaa myös tälle yksityiskohdalle oma toimintaohjeensa.

Seuraavassa vaiheessa muodostettiin algoritmin tuottamien arvojen mukaiset rei'itetty paneelit. Jokaisesta paneelista muodostettiin oma itsenäinen mallinsa lopullista työstöä ajatellen. Paneelit palautettiin myös Dynamosta Revitiin, jotta tulosten tarkastelu olisi nopeaa ja joustavaa. (Kuva 8.)



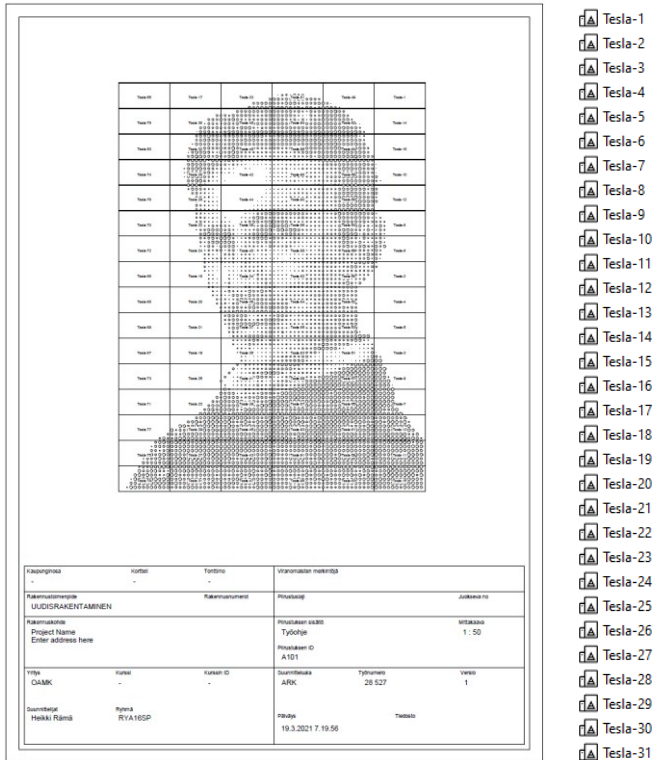
KUVA 8. Paneelijako perforoidussa pinnassa

4.3 Tieto- ja koneohjausmallit

Algoritmin avulla muodostetun tietomallin avulla tuotosta oli helppo tarkastella. Muutoksia pystyttiin tekemään nopeasti lähtöarvoja muuttamalla. Tietomalli mahdollisti myös alustavien kustannusarvojen tuottamisen reaaliajassa. Pinnan ja paneelien kooilla sekä materiaalivalinnoilla olisi suora relaatio kustannuksiin ja ne olivat helposti muutettavissa.

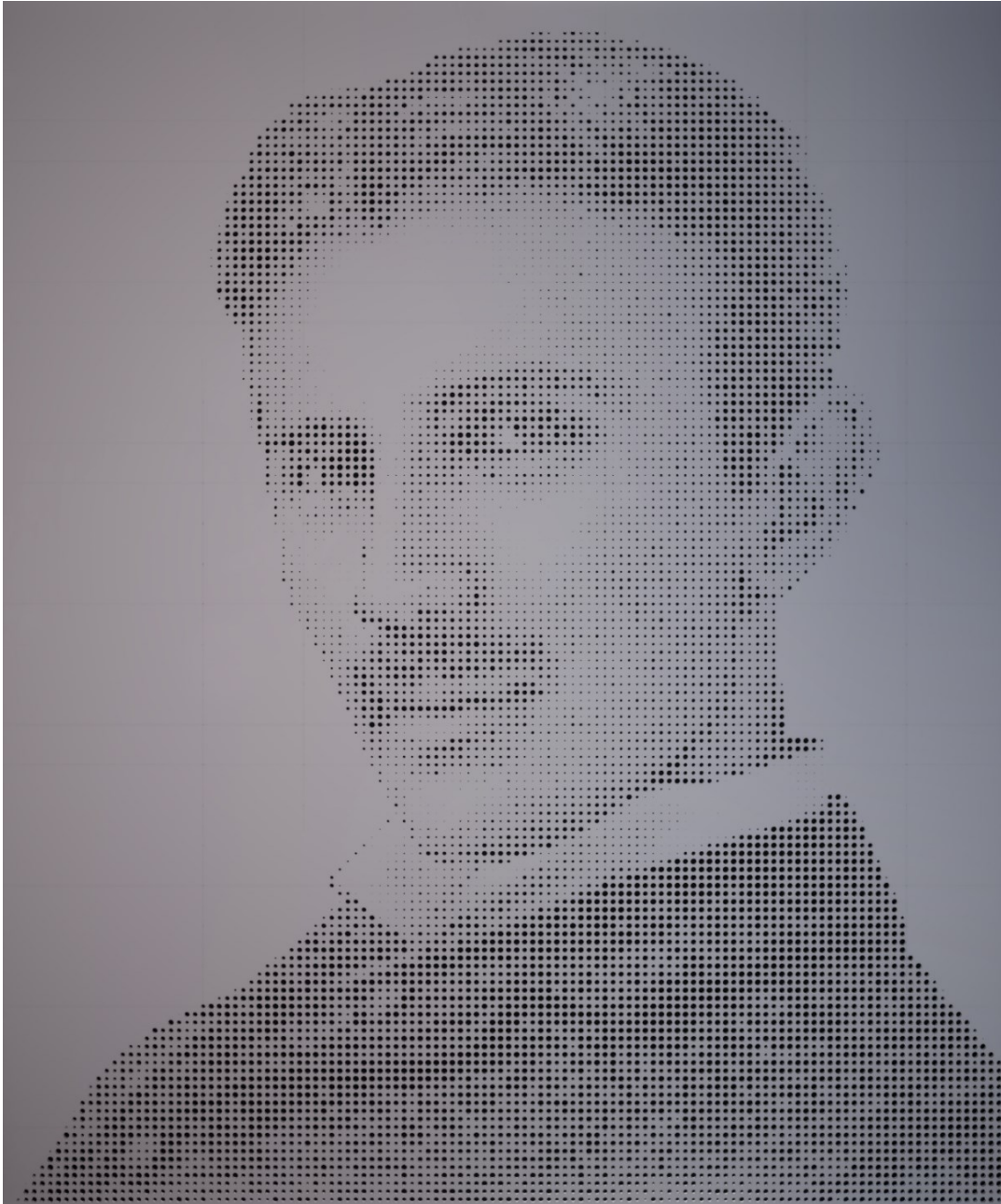
Algoritmin avulla tuotettiin paneelikohtaiset mallit koneohjattua työstöä varten. Koneohjattuun työstöön ei perehdytty syvemmin mutta varmistettiin, että STL-formaatissa oleva malli sopii referenssiksi koneohjaukseen. Yksittäisten mallien

lisäksi algoritmilla tuotettiin asennusohje lopullista asennusta varten. Jokaiselle paneelille luotiin yksilöllinen tunniste. Yksilöinti helpottaisi asennuksen ja työstön lisäksi myös ylläpitoa sekä korjausta, mikäli paneelit vaatisivat tulevaisuudessa vaihtamista tai kunnossapitoa. Kokonaisuudessaan tietomalli on helppo arkistoida ja uudelleen käyttää tarpeen vaatiessa. (Kuva 9.)



KUVA 9. Algoritmin tuottama työkuva sekä erilliset koneohjausmallit

Tietomallin avulla lopputuotteen tarkastelu ja jatkotyöstäminen helpottui. Sen avulla kokonaisuuden visualisointi on nopeaa ja tarkastelua voitiin tehdä virtuaaliympäristössä. Myös valaistuksen suunnittelu ja vaikutus on mallipohjaisesti mutkattomampaa. Visualisointi mahdollistaa suuremman ryhmän osallistamisen projektiin sekä mielipiteiden ja näkemysten kokoamisen jo suunnitteluvaiheessa. Tarkasta tietomallista olisi helppo tehdä visualisoinnit myös markkinointia varten. (Kuva 10.)



KUVA 10. Visualisointi algoritmin tuottamasta mallista

4.4 Algoritmin hyödyntäminen ja jatkokehitys

Opinnäytetyössä luotu algoritmi saatiin toimivaksi ja sitä voi hyödyntää suorilla seinäpinnoilla varsinaisissa kohteissa, kuten esimerkiksi rakennusten julkisivujen tai sisäseinien paneloinneissa, tulevaisuudessa. Algoritmin huolellinen suunnittelu ja kaikkien yksityiskohtien huomiointi oli erityisen tärkeässä roolissa, jotta sen käyttäminen ja jatkokehittäminen on mahdollista.

Algoritmin luominen ei ollut kuitenkaan mutkatonta. Toimintaohjeen kaikkiin tehtäviin ei ollut tarjolla valmiita solmuja, joten ne jouduttiin itse ohjelmoimaan. Autodesk Dynamo on kuitenkin mahdollistanut käyttäjäkohtaisen ohjelmoinnin ja sen käyttöliittymä oli hyvin selkeä. Omat solmut ohjelmoitiin Python-ohjelmointikielillä, jota Dynamo tukee.

Algoritmiavusteinen suunnittelu avaa mahdollisuuksia ollessaan nopea ja tehokas apuväline mallinnukseen. Tässäkin käyttötapauksessa luotu algoritmi säilyy työkaluna myöhempää käyttöä varten. Sitä on mahdollista jatkokehittää tai siitä on mahdollista poimia osia muihin algoritmeihin. Rakennusosien perforointi on vain yksi mahdollinen lopputuote, johon kuvapohjaisesti rakennusosia mallintava algoritmi taipuu.

Varsinaisten rakennusosien nopea mallinnus ja muokkaus helpottavat monialaista yhteistyötä. Näin ollen kuvataiteen ja taiteilijan osallistaminen hankkeeseen voidaan tehdä jo varhaisessa vaiheessa. Suunnitelmia on helppo tarkastella ja niihin voidaan tehdä nopeita muutoksia sekä kokeiluja. Myös monialaisen työryhmän ammatillinen kielimuuri saadaan kierrettyä mallin ja visualisoinnin avulla.

Algoritmiavusteisen suunnittelun ja mallintamisen tehokkuus, tarkkuus sekä nopeus antavat mahdollisuuden tuottaa prosenttiperaatteen mukaista taidetta rakennettuun ympäristöön entistä taloudellisemmin. Hyödyntämällä algoritmeja rahallisen resurssoinnin tarve pienenee.

5 ALGORITMIAVUSTEISEN SUUNNITTELUN ONGELMAKOH- DAT

Algoritmiavusteinen suunnittelu on tekemässä tuloaan rakennusalalle. Suunnittelun kokemuksia on kertynyt vasta aiheen pioneereille. Jaettavaa opetusmateriaalia on tarjolla niukasti, eikä aiheeseen ole helppo päästä käsiksi. Suurin osa esimerkeistä ja oppimateriaalista on englanniksi, mikä asettaa jo ensimmäisen rajoitteen aiheen jalkautumiselle Suomessa. Algoritmien parissa työskentelevillä on myös oma ammattisanastonsa, jota aiheeseen perehtymättömän on hankala ymmärtää.

Algoritmien luomisessa on sisäistettävä looginen algoritmin mukainen ajattelutapa, joka ei ole ihmiselle luontainen. Tämän ajattelutavan oppimisessa voi kestää pitkään, jolloin tekijä saattaa turhautua ja kiinnostus aihetta kohtaan vähenee. Toivo elää kuitenkin nuoremmissa sukupolvessa, jolle ohjelmointi kuuluu jo perusopetukseen. Tämän avulla uusia tekijöitä on tulossa aiheen pariin. Algoritmiavusteisen suunnittelun jalkauttamiseen tulisi käyttää resursseja, ettei kohdattaisi samanlaista siirtymäjaksota kuten 2D-piirustusten ja tietomallin välillä.

Algoritmiavusteisessa suunnittelussa piilee suuria riskejä. Algoritmi on ihmisen tekemä ja se voi siksi sisältää virheitä. Jos algoritmiin jää virhe ja siihen sokeasti luotetaan, virhe saattaa toistua tuhansia kertoja sekunnissa ja näin ollen myös vahingot voivat olla mittavat. Toimintaohjeiden luomisen yhteyteen tulisi keksiä valvonta- ja tarkastustoiminnot, jotta vastuu algoritmin oikeellisuudesta ei olisi muutaman ohjelmoijan harteilla.

Tällä hetkellä myös algoritmiavusteiset sovellukset ja niiden työkalut ovat rajallisia. Kuten tämän opinnäytetyön esimerkkitapauksessa huomattiin, ei kaikkiin toimintoihin löydy vielä valmiita solmuja. Valmiita solmuja on tarjolla vain rajallinen määrä, jos niitä ei itse osaa ohjelmoida lisää. Ohjelmointikielen opettelu vaatii lisäopintoja. Ohjelmoinnin ammattilaisia onneksi kuitenkin löytyy näitä tarpeita täyttämään.

Myös itse graafisten algoritmieditoreiden sovelluksista löytyy puutteita. Ohjelmistojen sisäisiä algoritmeja ei ole vielä täysin optimoitu vastaamaan kasvanutta tarvetta. 3D-mallinnus ja suuret projektit datasisältöinen haastavat jopa nykyiset tietokoneet. Sovellukset eivät kaikilta osin osaa käyttää tietokoneiden laskentatehoa täysin hyväkseen.

Algoritmiavusteinen suunnittelu ei tällä hetkellä kuulu rakennusalan suunnittelijoiden koulutukseen. Sen opettelu vaatii valtavasti kiinnostusta sekä oma-aloitteisuutta, koska opiskelumateriaali on ripoteltuna internettiin ja kirjoihin. Ongelmien kohdalla esiin nouseviin kysymyksiin on niukasti vastaajia, koska alan ammattilaisia on vähän. Myös ongelmien monialaisuus luo haasteita, kun pyritään tuottamaan ohjelmoinnin sovellutuksia rakennusalan suunnittelijoiden tarpeisiin.

Algoritmiavusteinen suunnittelu ja sen hyödyntäminen odottaa vielä tulemistaan rakennusalalla. Kehitykseen ja implementointiin käytettävät rahalliset resurssit ovat vielä hyvin vähäisiä. Tällä hetkellä tietoisuuden parantaminen, hyötyjen esittely sekä esimerkkitapausten luonti on pääasiassa alan tekijöiden harrastuneisuuden varassa.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli esitellä ja havainnollistaa algoritmiavusteista suunnittelua teorian sekä käytännön avulla. Työssä esiteltiin algoritmien ja algoritmiavusteisen suunnittelun teoreettinen tausta sekä osoitettiin sen hyötyjä ja mahdollisuuksia esimerkkitapauksen avulla. Esimerkkitaupauksen pohjustuksena esiteltiin myös taiteen hyötyjä sekä sen sisällyttämistä rakennettuun ympäristöön.

Aiheina algoritmit ja algoritmiavusteinen suunnittelu ovat varsin uusia aiheita tutkimustyön näkökulmasta, sillä tietoa on tarjolla melko niukasti. Esimerkkitaupauksen algoritmin luominen vei resursseja huomattavasti oletettua enemmän. Käytöliittymän opetteluun lisäksi jouduttiin opettelemaan ohjelmointia. Kumpikaan näistä ei sisälly alan koulutukseen, joten oppimateriaali oli etsittävä toisaalta. Kaikesta huolimatta lopputuloksena oli onnistunut ja toimiva algoritmi.

Algoritmit tekevät tuloaan rakennusalalla. Tehokkuuden ja tarkkuuden parantaminen ovat selkeitä kehityssuuntia alalla, joten algoritmit ovat luonteva kehitysskaskel näiden parantamiseksi. Tietokoneen suoritus- ja laskentatehon hyödyntämisen edut ovat jo yleisessä tietoisuudessa, vain implementointi arkeen ja käytäntöön puuttuu.

Algoritmit mahdollistavat datan hyödyntämisen sekä simulaatioiden luomisen reaaliajassa suunnittelutyön ohella. Niiden avulla voidaan arvioida suunniteltavien rakennusten vaikutuksia koko elinkaaren ajalle, olkoon kyse kustannuksista, hiilijalanjäljestä tai muusta vastaavasta arvosta.

Algoritmiavusteisessa suunnittelussa on vielä olemassa ongelmakohtia ja haasteita, mutta kaikkiin niihin on olemassa mahdollinen ratkaisu. Aihealue ja sen kehittäminen vaatii monialaista yhteistyötä sekä tietoisuuden levittämistä. Myös uusien sukupolvien mukanaan tuoma tietotaito tulee helpottamaan muutosta digitalisaation edetessä ja perinteisten toimintatapojen kehittyessä.

LÄHTEET

1. Prosenttiperiaate. Prosentti taiteelle -hanketyöryhmä. Saatavissa: <https://prosenttiperiaate.fi>. Hakupäivä 17.2.2021.
2. Prosenttiperiaatteen käsikirja. Prosentti taiteelle -hanketyöryhmä. Saatavissa: <https://prosenttiperiaate.fi/kasikirja/>. Hakupäivä 18.2.2021.
3. Taide rakentamisessa. 2021. Rakennustieto. Saatavissa: <https://taiderakentamisessa.fi/tietoa/>. Hakupäivä 18.2.2021.
4. Laitinen, Liisa 2017. Näkökulmia taiteen ja kulttuurin terveysvaikutuksista. Sitra. Artikkelit. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/artikkelit/nakokulmia-taiteen-ja-kulttuurin-terveysvaikutuksiin/>. Hakupäivä 22.2.2021.
5. Vanhanen, Elise - Lehikoinen Kai 2017. Taide ja hyvinvointi. Taideyliopisto. Saatavissa: https://taju.uniarts.fi/bitstream/handle/10024/7104/Kokos_1_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hakupäivä 5.5.2021.
6. Rakennetun omaisuuden tila 2019. ROTI-hanketyöryhmä. Saatavissa: https://www.ril.fi/media/2019/roti/roti_2019_raportti.pdf. Hakupäivä 5.2.2021.
7. Prosenttitaiteen periaatteen laajentaminen. Opetus- ja kulttuuriministeriö. Saatavissa: <https://minedu.fi/prosenttiperiaate>. Hakupäivä 18.2.2021.
8. Esitys prosenttiperiaatteen edistämiseksi. 2017. Opetus- ja kulttuuriministeriö. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160373/OKM_50_2017.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Hakupäivä 20.2.2021.
9. Prosenttitaide. Oulun Taidemuseo. Saatavissa: <http://prosenttitaide.ouka.fi/tietoa/>. Hakupäivä 14.2.2021.

10. What is an algorithm? An 'in a nutshell' explanation. ThinkAutomation. Saatavissa: <https://www.thinkautomation.com/eli5/what-is-an-algorithm-an-in-a-nutshell-explanation/>. Hakupäivä 24.3.2021.
11. Tanska, Tuulikki - Österlund, Toni 2014. Algoritmit puurakenteissa. DigiWood-Lab. Kirja. Saatavissa: <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789526204567.pdf>. Hakupäivä 18.3.2021.
12. Introduction to Algorithms. 2020. GeeksforGeeks. Saatavissa: <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-algorithms/>. Hakupäivä 1.4.2021.
13. Milloin on alan tekoälyloikan aika? Rakennustekniikka-lehti RIL. Saatavissa: <https://www.ril.fi/fi/rakennustekniikka/milloin-on-alan-tekoalyloikan-aika.html>. Hakupäivä 5.4.2021.
14. Kilkelly, Michael 2016. 5 ways Computational Design will change the way you work. ArchSmarter. Saatavissa: <https://archsmarter.com/computational-design/>. Hakupäivä 2.5.2021.
15. Revell, Matthew 2019. What is Visual Programming? Outsystems. Saatavissa: <https://www.outsystems.com/blog/posts/what-is-visual-programming/>. Hakupäivä 10.4.2021.
16. About Grasshopper. 2021. Grasshopper. Saatavissa: <https://www.grasshopper3d.com>. Hakupäivä 12.4.2021.
17. What is Dynamo. Dynamo. Saatavissa: https://primer.dynamobim.org/01_Introduction/1-2_what_is_dynamo.html. Hakupäivä 15.4.2021.