

# Kohti kestävämpiä kaupunkeja

- Suosituksia digitaalisten 3D-kaupunkimallien hyödyntämiseksi ja jatkokehittämiseksi KAOS-hankkeessa toteutettujen työpajojen pohjalta

Ari Laitala / Sykli 19.06.2022

## Sisällys

1. Johdanto ja tausta .....	2
2. Työpajatyöskentelyn tavoitteet ja organisointi.....	4
3. Työpajojen tuloksia.....	7
4. Johtopäätöksiä ja suosituksia .....	11



Kuvakaappaus: Helsingin energia- ja ilmastoatlas

<https://hri.fi/data/fi/showcase/helsingin-energia-ja-ilmastoatlas#&gid=1&pid=2020-11-04-054727.871979Atlas03.jpg>

# 1. Johdanto ja tausta

ESR-rahoitetun hankkeen Kaupunkimallien osaamispääoman kehittäminen 6Aika-kaupungeissa (KAOS) - tavoitteena oli kehittää digitaalisiin 3D-kaupunkimalleihin (myöhemmin kaupunkimallit) liittyvää osaamista ja hyödyntämisvalmiuksia yrityksissä sekä Helsingin ja Espoon kaupunkiorganisaatioissa. Hankkeen teemoja ja kehittämisen kohteita yleisellä tasolla olivat

- kaupunkimallintamisen tekniset lähtökohdat
- 3D-kaupunkimallintamisen ymmärrys systeemisellä tasolla sekä kaupungin toimintaa ja prosesseja tukevana kokonaisuutena
- 3D-kaupunkimallintamisen hyödyt yhteiskunnassa

Hankkeen varsinaisia kohdekaupunkeja olivat Helsinki ja Espoo.

Hankekonsortiota veti Aalto-yliopisto ja siellä varsinaisesti Mittauksen ja mallinnuksen instituutti prof. Hannu Hyypän johtamana. Hankkeen muina toteuttajina toimivat Maanmittauslaitoksen paikkatietokeskus sekä Suomen ympäristöopisto Sykli.

Syklin osuudessa keskityttiin koulutuksiin, jotka toteutettiin kaksiosaisina työpajoina. Samoin Syklin osuuteen hankkeessa kuului itseopiskelupaketin koostaminen, jonka rungon muodostavat em. työpajoissa pidetyt alustukset. Alustuksista on olemassa jälkikäteen laaditut videotallenteet, jotka muodostavat po. itseopiskeluaineiston rungon.

Kaupunkimallien hyödyntämisestä kaupunkien ympäristötyössä ei tiettävästi ole olemassa varsinaista suomenkielistä materiaalia, joten työpajatyöskentely oli tässä mielessä luonteva lähtökohta. Nyt syntyneen itseopiskeluaineiston synnyttämiseen ei siis ollut muita käytännöllisiä mahdollisuuksia kuin synnyttää tuota aineistoa hanketoimijoiden ja työpajaosallistujien toimesta.

Syklin osiossa yleisesti ja työpajatoteutuksissa erityisesti tavoitteena oli syventyä siihen, miten kaupunkimallit voisivat edesauttaa kaupunkien kestäväen kehityksen mukaisten tavoitteiden saavuttamista. Tämä kysymyksen asettelu ei rajoittunut pelkästään kaupunkiorganisaatioiden toimintaan vaan myös sellaisten toimijoiden tunnistamiseen, jotka voisivat kaupunkimalleja omassa toiminnassaan hyödyntää. Toimijoiden lisäksi pyrittiin hahmottamaan niitä toimintoja yleisellä tasolla, joiden resurssiksi kaupunkimallit ja niiden sisältämät tietovarannot sopisivat. Työpajatyöskentelyn tavoitteenasettelua ja organisointia käydään tarkemmin läpi luvussa kaksi.

Työpajatyöskentelyssä ja erityisesti osana sen pienryhmätyöskentelyn osana saatuja tuloksia käydään läpi luvussa kolme. Raportin kirjoittajan toimesta joistakin tuloksista on jalostettu edelleen hiukan laajempia teemallisia kokonaisuuksia. Lisäksi kirjoittaja esittää joitakin taustoituksia, kommentteja ja pohdintoja tuloksiin liittyen, jotka esitetään kursiivikirjoituksella ja sisennettynä.

Luvussa neljä tulosten ja tulkintojen pohjalta esitetään joitakin toimenpidesuosituksia ja loppupäätelmiä.

Tämä raportti ei ole siinä mielessä tieteellinen työ, että aihepiiriin liittyvää kirjallisuuskatsausta ei tehdä. Samoin viittaamista esim. työpajojen täsmällisiin tuloksiin – työpajassa välittömästi syntyneisiin aineistoihin – ei esitetä. Työpaja-aineistosta on sinänsä olemassa ryhmissä koostettuja powerpoint- ja padlet -muotoisia tiedostodokumentteja. Lisäksi työpajoista on niiden etätoteutuksen myötä Teams-alustalla syntyneitä videotallenteita. Näitä tallenteita ei ole litteroitu ja niiden tietosisältö on tullut huomioiduksi työpajojen pienryhmäosuuden päättymisen jälkeen esitettyjen yhteenvetojen pohjalta työpajoja purkavassa keskustelussa.

Näin ollen tätä raporttia on pidettävä ainakin jossain määrin subjektiivisena koosteena. Tämä subjektiivisuus korostuu erityisesti sinänsä suhteellisten monimuotoisten tulosten koostamisessa laajemmiksi kokonaisuuksia.

## 2. Työpajatyöskentelyn tavoitteet ja organisointi

Syklin toimesta organisointiin kolme kaksiosaista työpajaa, jotka pidettiin Teams-alustalla seuraavasti:

- 1) Avoin työpaja 21.6.2021 & 2.9.2021
- 2) Työpaja, jossa kohdennus on ollut Syklin Organisaation vähähiilisyden asiantuntija koulutukseen osallistuville EAT 22.9.2021 & 17.11.2021
- 3) Työpaja, jossa kohdennus on ollut Syklin Organisaation vähähiilisyden asiantuntija koulutukseen osallistuville FEC 2.11.2021 & 10.11.2021

Työpajoihin osallistui kuhunkin noin kaksikymmentä osallistujaa. Työpajan ensimmäinen osa oli kestoaltaan noin 3 tuntia ja jälkimmäinen vajaan tunnin. Jälkimmäisessä osassa esiteltiin työpajan tuloksia ja käytiin keskustelua mahdollisista johtopäätöksistä.

Työpajojen osallistujista ei ilmoittautumisen yhteydessä kerätty varsinaisia taustatietoja. Arviona esitetään, että osallistujien työpaikat jakautuivat varsin tasan julkisen ja yksityisen sektorin kesken. Osallistujien sukupuoli vaikutti olevan myös varsin tasaisesti jakautunut. Osallistujien keski-ikästä on vaikeampi antaa arviota, mutta se on todennäköisesti ollut haarukassa 35-40 vuotta.

Työpajajoista ensimmäinen oli avoin ja siihen kerättiin osallistujia avoimella tiedottamisella lähinnä Syklin omia kanavia käyttäen. Työpajoista kaksi jälkimmäistä suunnattiin erityisesti Syklin opiskelijoille, jotka ovat siis aikuisopiskelijoita. Toisessa työpajassa kohderyhmänä olivat Syklin vähähiilisyteen liittyvää erikoisammattitutkintoa suorittavat opiskelijat ja kolmannessa Further Educated with Companies ryhmän opiskelijat. Erityisesti kahdessa viimeisessä työpajassa keskityttiin ympäristönäkökohtiin.

Työpajatyöskentelyn tavoitteiksi yleisellä tasolla oli projektin yksityiskohtaista toimintasuunnitelmaa laadittaessa asetettu:

- 1) Tehdä kaupunkimallien olemassaoloa ja yleistä tietosisältöä tutuksi yritys kentässä (myös kaupunkiorganisaatioiden sisällä)
- 2) Lisätä osallistujakohtaista ymmärrystä sekä yhteistä ja jaettua pohdintaa siitä, miten kaupunkimallit (3D-paikkatieto yleisesti) voisivat olla hyödyksi
  - a) yritysten omassa toiminnassa
  - b) yritysten välisessä yhteistyössä
  - c) yritysten ja kaupunkien välisessä vuorovaikutuksessa
- 3) Tuottaa näkemystä siitä,
  - a) miten kaupunkimallien tietosisältöä voisi edelleen rikastaa?
  - b) millaiset uudet toiminnallisuudet voisivat olla lähitulevaisuuden kaupunkimalleissa hyödyllisiä?
  - c) millainen vuorovaikutus ja toiminta voisi tukea kaupunkimallien kehitystyötä?
  - d) Millaisia käytätapoja ja tarpeita kaupunkilaisilla voisi olla lähitulevaisuudessa?

Käytännössä työpajatoteutusten tavoitteet tiivistyivät yhteen - joskin laajaan kysymykseen:

## Miten kestävien kaupunkien kehittämistä edesautetaan digitaalisten 3D-kaupunkimallien avulla?

Käytännössä edellä mainittu kysymys palasteltiin pienempiin osa-alueisiin ja pienryhmätyöskentelyn yhteydessä pohdittiin lähinnä seuraavia osakysymyksiä:

Miten digitaaliset kaupunkimallit ja 3D-paikkatieto yleensä voisivat olla edistämässä

- kiertotaloutta
- vähähiilisyttä
- energiatehokkuutta

Em. näkökulmat ovat toki vaikeasti toisistaan erottuvia ja päällekkäisiäkin, mutta osallistujia rohkaistiin mahdollisimman vapaaseen ajatusten esittämiseen ja välttämään sen pohdiskelua, miten esitetyt ajatukset sijoittuisivat tarkastelun eri osa-alueille.

Kaksiosaisena jatkokysymyksenä esitettiin vielä,

- miten (Helsingin energia- ja ilmastoatlas) nykyiset ominaisuudet palvelevat näitä tarpeita?
- millaiset uudet ominaisuudet yleisesti ottaen olisivat toivottavia?

**KAOS**

Miten digitaalisia kaupunkimalleja hyödyntämällä edistetään kiertotaloutta, vähähiilisyttä ja energiatehokkuutta?

- Avaus 13.00
- Johdatus 3D-kaupunkimalleihin
  - Juho-Pekka Virtanen, Aalto-yliopisto
- Kolmiulotteisen paikkatiedon kehitysnäkymiä
  - Harri Kaartinen, Paikkatietokeskus
- Pienryhmätyöskentelyn tehtävänanto
  - Ari Laitala, Sykli
- Tauko
- Helsingin energia- ja ilmastoatlas (klo 14.00)
  - Paula Autio, Helsingin kaupunki
- Työskentelyä pienryhmissä
  - Työryhmien fasilitaattorit (+osallistujien esittäytymiset)
- Työpajatyöskentelyn purku ja loppukeskustelu => 16.00

**A!** Aalto University School of Engineering

**MML** MALLI-PAIKKA-TIETO-KESKUS FGI

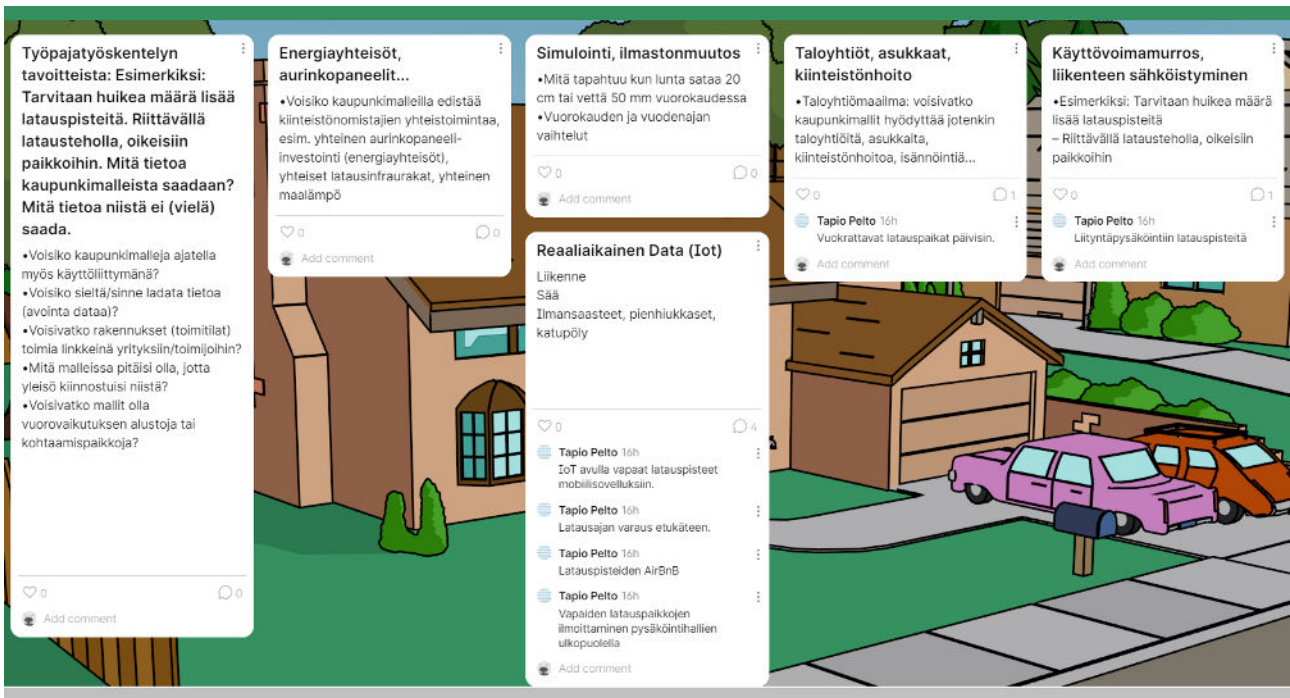
**SYKLI**

**Vipuvoimaa EU:lta 2014-2020**

**European Unioni** European Commission

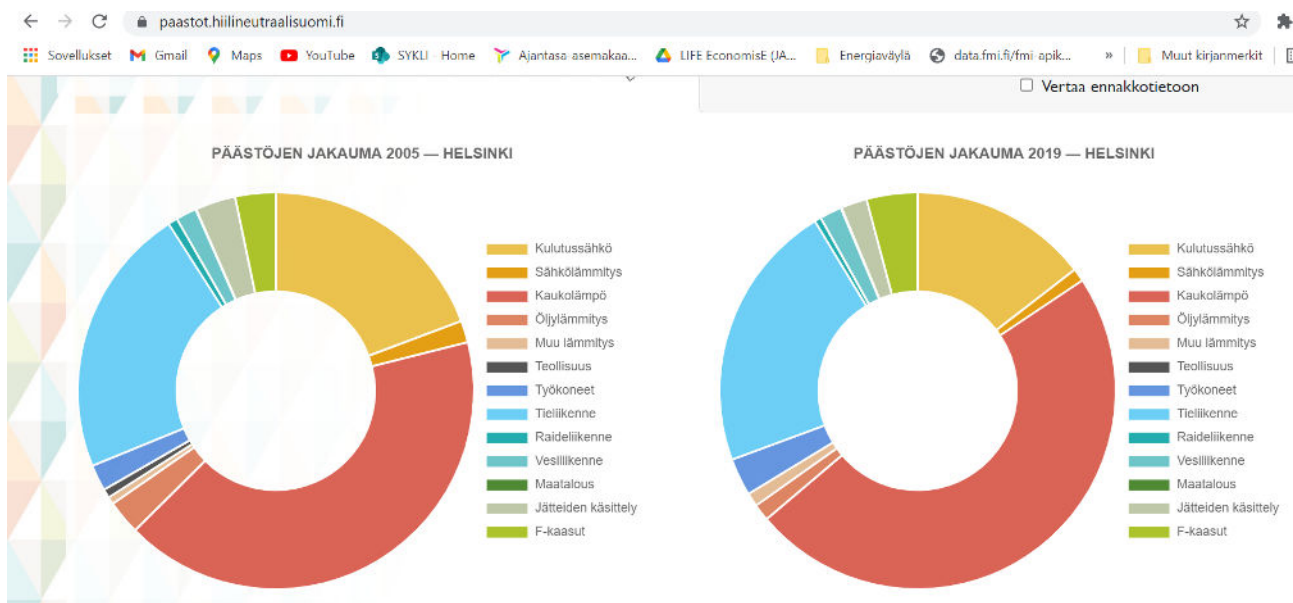
Kuva 1. Työpajan ykkösosan ohjelma, joka toteutui käytännössä samanlaisena kaikissa kolmessa työpajassa.

Työpajojen alustuksista on siis laadittu työpajojen jälkeen videoesitykset, jotka muodostavat mainitun itseopiskelupaketin rungon, jota tämä dokumentti osaltaan täydentää (videoesitykset on listattuna liitteessä).



Kuva 2. Työpajojen pienryhmätyöskentelyvaiheessa työskentely tapahtui myös padlappipohjien avulla. Kuvakaappaus työpajatyöskentelystä 22.9.2021.

Kolmannessa työpajassa 2.11.21 erityisenä teemana oli liikenne ja vähähiilisyys ja nimenomaan tilanne Helsingissä. Jo työpajaa pidettäessä 2.11.2021 tiedossa oli, että Helsinki (Helen) on luopumassa nopealla tahdilla fossiilisista polttoaineista kaukolämmön tuotannossa. Samalla myös kulutussähkön hiilikuorma pienenee merkittävästi, sillä merkittävä osa Helsingin sähköstä on lämmityskaudella tuotettu lämmön ja sähkön yhteistuotantona. Jäljelle jäävät päästöt lähitulevaisuudessa tulevat olemaan siis varsin suuressa määrin tieliikenteen aiheuttamia.



Kuva 3. Työpajojen tehtävänannossa hyödynnettiin kulloisenkin painopisteen mukaisia tilastoaineistoja. Kuvassa Helsingin kaupungin kasvihuonekaasupäästöt 2005 ja 2019 SYKEN ylläpitämässä palvelussa <https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>

### 3. Työpajojen tuloksia

Vaikka työpajojen tehtävänasettelu oli leimallisesti ympäristöasioihin liittyvää, ajatuksia, oivalluksia ja pohdintoja syntyi laajemminkin. Myös nämä tulokset on poimittu talteen ja esitetään tässä yhteydessä.

Lisäksi on syytä korostaa vielä sitä, että työpajoihin osallistuminen ei edellyttänyt etukäteistä perehtymistä kaupunkimalleihin tai kaupunkimallien ja niiden tietovarantojen tuntemusta. Näin ollen joihinkin esille nousseihin ehdotuksiin voi jo olla jonkinlainen mallien ominaisuus tai toiminnallisuus.

#### Visuaalisen lähestymistavan lisäarvo

Ylipäänsä kolmiulotteisuus nähtiin lisäarvona. Maailma on kolmiulotteinen ja asiat hahmottuvat paremmin kuin vaikkapa 2-ulotteiselta kartalta, olkoon se sitten paperisessa tai digitaalisessa formaatissa. Tämä korostuu erityisesti näkymien ja vaikkapa seinäpintojen suhteen. 3-ulotteisuutta pidettiin luontevana, luonnollisena ja hyödyllisenä tapana esittää paikkatietoa. Mahdollisuus katukävelyyn (streetwalk) voisi tuoda lisäarvoa, mutta edellyttäisi ainakin joidenkin mallien yksityiskohtaisuuksien (Level of Details) lisäämistä.

Toisaalta tässä suhteessa esille nousivat muut olemassa olevat palvelut, kuten Googlen StreetView. Ko. palvelusta kuitenkin todettiin, että siinä on omat rajoitteensa, kuten havainnoinnin (tarkastelukulmien) riippuvaisuus ajetuista (kuvatuista) reiteistä.

#### Reaaliaikainen data (IoT)

Kaupunkimallit havainnollistavat rakennettua ympäristöä (rakenteita muotoja, geometriaa, etäisyyksiä, mittasuhteita, värimaailmaa jne.) mutta samalla ne ovat myös luonteva tapa jakaa tietoa. Moni tieto on luonteeltaan paikkatietoa ja soveltuu jaettavaksi osana paikkatietosovellusta. Näin on usein esim. energiaan liittyen. Tästä havaittiinkin jo muutamia hyviä esimerkkejä kuten rakennusten (laskennallinen) energiankulutus tai vaikkapa aurinkoenergiapotentiaali.

Tällaisen staattisen, harvoin päivittyvän, tiedon lisäksi, malleihin voisi tuoda enemmän myös reaaliaikaista tai tiheämmin päivittyvää dataa. Esimerkiksi lämmitysenergiankulutus voitaisiin esittää myös reaaliaikaisena laskennallisena tietona. Lämmitysenergian kulutus on lähes suorassa suhteessa ulkolämpötilaan ja kun mukaan otetaan esim. auringon säteily ja tuuli, päästäisiin jo varsin tarkkaan mallinnettuun kulutukseen. Toisaalta avoimeksi kysymykseksi jäi, olisiko tällaiselle tiedolle lopulta käyttötarvetta. Tämä on kuitenkin esimerkki siitä, miten matemaattisella mallinnuksella voitaisiin tuottaa helpohkosti uutta, todellisuutta varsin hyvin kuvaavaa dataa. Tällainen laskennallinen data soveltuisi hyvin jaettavaksi siinäkin mielessä, että se ei olisi niin sensitiivistä, tarkkoihin mittaustuloksiin perustuvaa, mutta voisi

Toinen vielä ilmeisen vähän hyödynnetty mahdollisuus on IoT-pohjaisen datan tuominen malleihin. Tällaista dataa kerätään jatkuvasti enemmän, eikä pelkästään rakennuksista, vaan myös ympäristön olosuhteista ja liikenteeseen liittyen. Voisiko jotain käyttötarkoitusta olla vaikkapa sillä, että malleihin tuotaisiin reaaliaikaista sää tietoa. Toisaalta sää tiedon ja rakennusten mallintamisen yhteinen hyödyntäminen voisi ennustaa vaikkapa rakennusten kuumentumista hellejaksojen aikana. Voisiko tämä auttaa jotenkin rakennusten suunnittelussa tai energiatehokkuuden parantamisessa? Huomioon voitaisiin ottaa myös rakennusten varjostuminen tai paikallinen tuuliolosuhde.

Ehkäpä kaupunkimalleissa voitaisiin nykyistä tarkemmin esittää myös ilmansaasteiden, kuten pienhiukkasten ja katupölyn esiintymistä ja kulkeutumista. Tätä tietoa kerätään runsaasti esim. Ilmatieteen laitoksen toimesta. Toisaalta tällainen data on luonteeltaan jossain määrin sensitiivistä, eikä sitä ehkä haluta tuoda nykyistä havainnollisemmin esille.

Ylipäänsä dynaamisen datan tuominen malleihin arvioitiin kiinnostavaksi ja vievän kohti digitaalinen kaksonen ajattelua. Nykyiset staattiset mallit ovat monelta osin käyttökelpoisia, mutta sinällään ne tarjoavat varsin suppeasti mahdollisuuksia verrattuna ”ajassa eläviin” malleihin.

### Käyttöliittymäajattelu ja palvelunavigointi

Käyttöliittymillä viitataan usein liittymänä tietojärjestelmään, kuten siihen, miten erilaiset digitaaliset palvelut avautuvat jäsentyvät esim. tietokoneen ruudulla ja millaisen toimintalogiikan varaan vuorovaikutus on rakennettu. Kaupunkimalleja on jossain määrin ajateltu ja markkinoitukin käyttöliittymänä myös kaupungin palveluihin tai yksityisiinkin palveluihin.

Sisätilamallinnus näyttää olevan yleistymässä. Voisiko olla ajatusta siinä, että tuotettuja sisätilamalleja voisi liittää osaksi kaupunkimalleja, jolloin kaupunkimallin kautta voisi siirtyä myös sisätiloihin. Ehkä tätä voisi pilotoida kaupungin omissa kohteissa. Pelkät toimistotilat eivät välttämättä ole kovin kiinnostavia sisätilamallinnuksen osalta, mutta kiinnostavia kohteita voisivat olla esim. sisäliikuntapaikat.

*Syklissä on kesällä 2021 käynnistynyt kaupunki 4.0 hanke, jossa toteutetaan sisätilamallinnuksia Matterport kuvauskalustolla. Kyseinen mallinnustapa on hyvin kustannustehokasta ja malleihin voidaan tuoda monenlaisia vuorovaikutteisia elementtejä ja sitä kautta esim. palvelutuotantoa tukevia toiminnallisuuksia.*

- <https://sykli.fi/hankkeet/riihimaen-asemanseutua-kehitetaan-kaupunki-4-0-hankkeessa/>

### 3D-kartta ja liikkumisen uudet muodot

Kaupunkimallien juuret ja perusolemus ovat kartassa. Varsinaisella karttaominaisuudellakin lienee edelleen käyttöä, ainakin tulevaisuudessa. Mittatarkka 3-ulotteinen malli voisi palvella liikkumisen uusia muotoja. Esimerkiksi tavarankuljetusdroonien lennätykselle tarvitaan mittatarkka 3D-kartta, jollainen kaupunkimallikin on. Oma lukunsa on sitten henkilödroonit, joiden tuloa joudutaan odottelemaan pidempään.

Ylipäänsä kolmiulotteiselle kartalle näyttäisi olevan kysyntää autonomisen liikenteen yleistymisen myötä. Maanteillä ja piholla tapahtuvan autonomisen liikenteen – on se sitten henkilö- tai tavaraliikennettä (kuten jätehuolto?) – tarvitsee kolmiulotteisia karttoja. Oma kysymyksensä toki on, kenen olisi luontevinta ja tehokkainta vastata tällaisten karttojen tuotannosta viime kädessä.

Viime aikoina on Helsingissä puhuttu myös vesiliikenteen reittisuunnittelusta. Tämäkin näkökulma nousi yhdessä työpajassa esiin.

### Ruuan tuotantoa kolmessa ulottuvuudessa

Kaupunkiviljely herättää nykyisin laajaa kiinnostusta ja on saamassa uusia kaupallisia muotoja. Kattoviljely on tästä jonkinlainen pienimuotoinen esimerkki, mutta todellinen potentiaali liittyyneen rakennusten sisällä tapahtuvaan ympärivuotiseen viljelyyn. Voisiko kaupungeista löytyä tyhjiä vajaakäyttöisiä tiloja, joissa viljely sisätiloissa voisi onnistua. Voisivatko kaupunkimallit tarjota sopivien tilojen tunnistamiseen ja käyttämiseen liittyvää lisäarvoa? Tällaiset toiminnot ovat luonteeltaan sellaisia, että niitä varten tarvitaan useita suotuisia tekijöitä. Esim. viljelyä varten voisi olla hyödyksi sopiva valoisuus, sadeveden saanti ja lähellä sijaitseva ylijäämälämmön lähde. Voisiko tällaisten olosuhteiden tunnistamisessa tai kehittämisessä kaupunkimalli tarjota jotain lisäarvoa. Ajatusta jatkettiin vielä myös sopivien toimitus- ja jakeluketjujen suunnitteluun liittyen?

### Toiminnanohjaus, esim. kiinteistönhoito ja kiinteistönpito yleisesti



Myös ulko-olosuhteiden osalta - esim. katutilaan liittyen - kaupunkimallit voisivat tarjota tulevaisuudessa lisäarvoa. Esimerkkinä tästä voisi olla kiinteistöhoito. Esimerkiksi lumen kinostumiseen, tilapäiseen läjittämiseen ja poisajon suunnitteluun voisi kaupunkimalleja hyödyntämällä saada uudenlaisia ratkaisumalleja. Ehkä myös lumien sulaminen ja sulamisvesien kulku voisi olla paremmin ennakoitavissa kaupunkimallien geometriaa hyödyntämällä.

Merkityksellinen asia ilmastonmuutoksen edetessä on rakennusten kasvava säärasitus. Ilmiö on jo nyt selkeästi havaittavissa tienpidossa, mutta kasvavassa määrin tämä ilmiö tulee liittymään myös rakennusten seinäpintoihin. Sateisuuden ja tuulisuuden lisääntyminen sekä lämpötilan vaihtelu entistä useammin nollan molemmin puolin talviaikaan ovat haaste ainakin osalle seinäpinnoista. Kaupunkirakenteen sisällä jotkut pinnat ovat kuitenkin vähemmän alttiita tällaiselle rasitukselle kuin toiset. Kaupunkimalleilla voitaneen ennakoida tämäntyyppisiin haasteisiin vastaamista naapurirakennusten vaikutukset huomioiden.

### Kaupunkienergian tuotanto, kulutus ja optimointi

Käynnissä oleva energiamurros on laaja ja perinpohjainen muutos, jossa tapahtuu paljon pieniä ja isoja asioita samanaikaisesti. Iso muutos liittyy nimenomaan (rakennettuihin) kiinteistöihin, jotka perinteisesti ovat olleet merkittäviä energian (niin lämmön kuin sähkönkin) loppukäyttäjiä. Kiinteistöjen rooli on nyt muuttumassa isosti ja rakennukset ovat myös energian generoijia (mm. aurinkoenergia ja maalämpö) sekä entistä enemmän myös energian läpivirtauspaikkoja (liikenteen sähkönjakelu). Lähitulevaisuudessa myös energian varastoinnin rooli nousee esille. Samalla on syytä huomioida se, esim. Helsingissä energiasektorilla moni asia muuttuu lähitulevaisuudessa isosti, kuten se, että päättymässä on myös fossiilisiin polttoprosesseihin perustuva lämmön ja sähkön yhteistuotanto.

Vielä melko huonosti tunnettu pienenergian tuotantomuoto on kaupunkituulivoima. Erityisesti pysty akseliset (VAWT) myllyt voisivat olla koko lailla äänettöminä ja näkymättöminä sopivia kaupunkiympäristöihin. Kannattava toiminta edellyttää kuitenkin parhaiden sijaintien tunnistamista, mikä puolestaan edellyttää kaupunkigeometrian huomioimista kolmiulotteisesti ja uudentyyppisen mallinnustyön tekemistä.

*Sähkön hinnan jatkuva kallistuminen näyttäisi luovan edellytyksiä myös pienimuotoisen kaupunkituulivoiman hyödyntämiseksi. Tästä on vielä varsin vähän kansainvälisiäkään esimerkkejä. Syklissä keväällä 2022 tehdyn pienimuotoisen katsauksen perusteella näyttää kuitenkin ilmeiseltä, että pientuulivoimaan liittyvää laite- ja tarviketarjontaa on kansainvälisesti koko ajan paremmin tarjolla.*

Energia-asioihin liittyen esille nousivat energiaan liittyvä paikkatieto, kuten ylijäämälämpöihin liittyvän tiedon vieminen malleihin.

*Eräänlainen kaksikulotteisen paikkatiedon esikuva tähän liittyen on Heat Roadmap Europe projektissa tuotettu Pan-European Thermal Atlas paikkatietopalvelu, josta on nyt saatavilla jo versio 5.2.*

- <https://euf.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8d51f3708ea54fb9b732ba0c94409133>

### Kaupunkimallit yhteis(ty)öalustana

Kutakuinkin kirjoittamaton lehti näyttäisi olevan kaupunkimallien hyödyntäminen yhteistyöalustana. Lupaava kehityssuunta näyttäisi liittyvän mm. energiatehokkuuden yhteiskehittämishankkeisiin. Tämä nousikin esiin useissa työpajoissa. Esim. tietyllä kiinteistöllä olosuhteet eivät välttämättä ole erityisen otollisia aurinkoenergian hyödyntämiseksi, kun taas naapuritalossa tai -korttelissa tilanne voi olla toinen.

Tällöin voisi olla edullista toteuttaa yksi yhteinen isompi hanke. Tällöin tullaan samalla lähelle energiayhteisöajattelua.

*Tätä mahdollisuutta ja siihen liittyvää problematiikka on käsitelty hankkeen puitteissa pidetyssä esitelmässä kaupunkitutkimuksen päivillä 2021. Tiivistelmä tästä esityksestä on tämän raportin liitteenä.*

Toisaalta työpajoissa nousi esille yhteistoiminta ja yhteiskehittämisen mahdollisuus siinäkin tapauksessa, että yhteistä investointia ei toteutettaisi, vaan taloyhtiöt tekisivät omat investointinsa, kuitenkin jonkinasteista yhteistoimintaa toteuttaen (vrt. esim. ryhmäkorjaushankkeet).

## 4. Johtopäätöksiä ja suosituksia

Työpajoissa nousi esille monenlaisia uusia tietotarpeita ja ehdotuksia uusien toiminnallisuuksien kehittämiseksi. Monet annetuista ehdotuksista olivat kuitenkin sellaisia, että ne ovat toteutettavissa kaupunkimallien nykyistenkin ominaisuuksien pohjalta.

Seuraavat suositukset eivät ole missään erityisessä järjestyksessä ja oikeastaan ne muodostavat oikeastaan yhden kokonaisuuden. Suositus keskittyy kiinteistötyypeistä oikeastaan taloyhtiömaailmaan ja siellä energiatehokkuuden yhteisparantamiseen ja toisaalta uusiutuvan energian tuotantomahdollisuuksien kustannustehokkaaseen lisäämiseen.

### 1) Taloyhtiöiden yhteiset (ja omatkin) energiaprojektit

Suosituksena on, että energiatehokkuuden hankkeita voisi tehdä laajemminkin kuin vain taloyhtiökohtaisesti. Helsingin energia ja ilmastoatlas tarjoaa jo nyt monipuolista tietosisältöä, joka voisi tukea ainakin mahdollisuuden tunnistamista, suunnittelutyön käynnistämistä ja ehkä jossain määrin myös varsinaista hankesuunnittelua, myös taloyhtiöiden ja ehkä toisenkin tyyppisten kiinteistöjen välillä.

Uusiutuvan energian projekteihin liittyvää tietosisältöä löytyy toki monista tietolähteistä, mutta Helsingin energia- ja ilmastoatlas voisi tarjota visuaalisesti havainnollisen lähtökohdan. Toisaalta on myös huomattava, että monet vaihtoehtoisista tietolähteistä ovat pohjimmiltaan kaupallisia, jonka täydennykseksi po. kaupunkimallin tietovarannot sopisivat.

Samana tyyppinen suositus pätee pohjimmiltaan maalämpöön. Maalämpöön liittyy enemmän rakentamisrajoituksia kuin aurinkovoimaan, esimerkiksi minimietäisyyksiä kiinteistörajoihin ja jo toteutettuun maalämpöratkaisuun, joten lisäarvoa voisi tässä mielessä olla enemmän tarjolla. Maalämpö

Kaupunkituulivoima on ajatuksena koko lailla uusi. Sen hyödyntämiseksi tarvittaneen kuitenkin tuulivoimapotentiaalin mallinnus, jonka toteuttaminen ja tuominen kaupunkimalliin lienee kuitenkin kohtalaisen iso ponnistus.

### 2) Tunnettuuden lisääminen

Edellä oleva suositus kohdentuvat taloyhtiömaailmaan. Tässä mielessä olisi tarpeellista lisätä tietoisuutta suosituksen yksi mukaisista toimista ja mahdollisuuksista. Helsingin kaupunki on huomattava kiinteistönomistaja – siis myös taloyhtiöiden maapohjien osalta. Ehkä tätä kautta löytyisi myös mahdollisuus informoimiseen erityisesti maalämmön osalta.

### 3) Lisää energia- ja ilmastoatlaksia

Yleisenä havaintoja voidaan todeta, että Helsingin energia- ja ilmastoatlas yllätti monet työpajaosallistujat rikkaan tietosisältönsä suhteen ja ylipäänsä jopa olemassaolollaan. Tämä kaupunkimalli

### 4) Kohti digitaalista energiakaksosta

Monet työpajan ehdotuksista liittyivät siihen, että malleihin voisi tuoda lisää tiheästi päivittyvää sisältöä ja esim. IoT-pohjaista dataa. Yksi tällainen dynaaminen ominaisuus voisi olla esim. ennusteet rakennusten kuumumiselle lämpöaaltojen aikana. Tällainen mallinnus voisi osaltaan edesauttaa isommassa mitassa vaikkapa viilennystarpeen suunnittelua. Toisaalta ehdotukset tuntuivat usein liittyvän kiinteistöhoitoon ja erilaisiin sääolosuhteisiin, kuten lumipyryihin ja rankkasateisiin. Tässä mielessä mallit voisivat auttaa esim. työnkulun suunnitelmissa sekä resurssisuunnittelussa.

Kaiken kaikkia kaupunkimallien mahdollisuudet tuntuivat työpajatyöskentelyn ”tuoksinassa” kutakuinkin rajattomilta. Palautetaan ihan lopuksi vielä mieleen esim. sisäänpääsyt epäilemättä yleistyviin sisätilamalleihin. Edelleen suuria mahdollisuuksia tuntuu liittyvän monenlaisten kiinteistönpidon palvelujen kohtaamispaikaksi.

Oma lukunsa on sitten tuki vähähiilisen kaupungin edistämistyössä. Tästä on olemassa oma erillinen artikkelinsa, joka on saanut innoituksensa nyt pidettyjen työpajojen pohjalta.

#### Liitteet

- Liite1: 3D-paikkatiedon ja digitaalisten kaupunkimallien mahdollisuudet energiatehokkuuden yhteiskehittämisessä (Esityksen tiivistelmä)

Linkit työpajoissa pidettyjen alustusten videoihin:

#### Johdatus 3D-kaupunkimalleihin

- Juho-Pekka Virtanen (Aalto-yliopisto, nyk. Forum Virium)

#### Kolmiulotteisen paikkatiedon kehitysnäkymiä

- Harri Kaartinen, Paikkatietokeskus

#### Helsingin kaupungin energia- ja ilmastoatlas

- Paula Autio, Helsingin kaupunki

## Liite 1

### Kaupunkitutkimuksen päivät 2021 (23.4)

- Ari Laitala & Eeva Hämeenoja, Suomen ympäristöopisto SYKLI

Esityksen tiivistelmä:

#### **3D-paikkatiedon ja digitaalisten kaupunkimallien mahdollisuudet energiatehokkuuden yhteiskehittämisessä**

Käynnissä oleva energiamurros muuttaa niin energian loppukäyttöä kuin sen tuotantotapojakin. Muutos on mittava ja pitkäkestoinen. Murroksen yksi keskeinen piirre on siirtymä kohti hajautettua kiinteistökohtaista energiantuotantoa, jakelua ja varastointiakin. Liikenteen sähköistymisen myötä liikenne kytkeytyy uudella tavalla kiinteistöihin korostaen tarvetta suunnitella myös kiinteistöryhmäkohtaisia ratkaisuja.

Edellä mainittuja toimenpiteitä suunniteltaessa ja toteutettaessa on oletettavaa, että kiinteistöomistajien tarve yhteistyölle kasvaa. Yhteistyölle voidaan hahmottaa kolme erilaista tasoa: a) suunnitteluvaihe, b) hankinta ja toteutus ja c) yhteiskäyttö, mikäli yhteistoteutukseen lopulta päädytään.

Esimerkiksi aurinkopanelointiin tai maalämpöön liittyviä ratkaisuja on lähtökohtaisesti kustannustehokkaampaa suunnitella yhteistyössä. Yhteistoiminta voi olla hyödyllistä siinäkin tapauksessa, että kiinteistönomistajat päätyisivät erillisiin ratkaisuihin, jos nämä ratkaisut kuitenkin toteutettaisiin ja kilpailutettaisiin yhteistoiminnallisesti. Osaamisen jakamisen myötä on mahdollista synnyttää laadukkaampia ratkaisuja joten hyödyn ei tarvitse rajoittua pelkästään mahdollisesti alentuneisiin yksikkökustannuksiin.

Integroidut ratkaisut lisäävät toteutuessaan mahdollisuuksia optimoida käyttövaiheen toimintaa, esim. mahdollistaen kulutushuippujen tasaamista. Kiinteistöjen yhteisratkaisut voivat mahdollistaa myös energiasymbiooseja, jolloin kiinteistöllä – esim. kylmälaitteista – syntyvää ylijäämälämpöä voidaan hyödyntää läheisesti sijaitsevalla rakennuksella.

On siis syytä kysyä, missä määrin digitaalisia kaupunkimalleja hyödynnetään tai voitaisiin hyödyntää uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden ratkaisuja suunniteltaessa ja toteutettaessa. Millaista lisäarvoa kaupunkimallit voisivat tuoda kiinteistönomistajien väliseen yhteistyöhön? Oleellista on myös yhteistoiminta kaupungin suuntaan, jonka rooli mm. hankkeiden luvittajana on tietysti keskeinen. Tärkeä rooli hankkeissa voi olla myös kiinteistön käyttäjillä, joiden osallistuminen voi olla merkittäväkin muutostarpeita tunnistettaessa ja ratkaisuihin sitouduttaessa. Vuokralaisten rooli voi olla myös konkreettinen osallistuminen energiatehokkuusinvestointiin.

Tässä esityksessä tarkastellaan 3-ulotteisen paikkatiedon ja digitaalisten kaupunkimallien mahdollisuuksia olla tukemassa edellä kuvatun kaltaisia prosesseja. Esityksessä luodaan samalla katsaus siihen, millaista energiaan ja energiatehokkuuteen liittyvää tietoa kaupunkimalleista nykyään on saatavilla. Näkökulma on erityisesti siinä lisäarvossa, jonka kaupunkimalli mahdollistaa niin tiedon löydettävyyden kuin sen havainnollisuuden ja jaetun ymmärryksen näkökulmasta.

Esitys on luonteeltaan suppeahkoon kirjallisuuskatsaukseen perustuva, toisaalta eräiden edistyksellisten – kuten Helsingin - kaupunkimallien ominaisuuksien kartoitukseen perustuva. Koska kaupunkimalleihin liittyy tällä hetkellä aktiivista kehitystyötä, kysytään myös, millaisia uusia tietosisältöjä tai toiminnallisia ominaisuuksia kaupunkimalleihin voisi olla syytä tuoda lisää. Lisäksi esityksessä hahmotellaan kovaa vauhtia

yleistyvän sensoridatan mahdollisuuksia rikastuttaa kaupunkimallien tietosisältöä ja tukea edellä kuvattuja prosesseja.

Esityksessä hyödynnettävää kirjallisuutta, mm:

Biljecki, F & et al. 2015. Applications of 3D City Models: State of the Art Review. International Journal of Geo-Information. ISSN 2220-9964

Francisto, A. et al. 2020. Smart City Digital Twin–Enabled Energy Management: Toward Real-Time Urban Building Energy Benchmarking. Journal of Management in Engineering / Volume 36 Issue 2 - March 2020. <https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000741>

Hong, T. et al. 2020. Ten questions on urban building energy modelling. Building and Environment. <https://escholarship.org/content/qt19d5v90s/qt19d5v90s.pdf>