



PELASTUSOPISTO



POLIISI
POLISIAMMATTIKORKEAKOULU

TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN RISKIEN- HALLINTATYÖSSÄ

Jari Myllylä

01/2024

Poliisiammattikorkeakoulun opinnäytetyö / AMK

ESIPUHE

Opinnäytetyöaiheeni syntyi vuonna 2016 työskennellessäni aluepalotarkastajana Jokilaaksojen pelastuslaitoksella. Silloisen lyhyen urani aikana ei ollut vielä tullut vastaan haastavia rakennushankkeita rakentamisohjauksen tiimoilta. Pöydälleni kuitenkin ilmestyi Haapajärvelle suunnitellun uimahallilaajennuksen koneellisen savunpoiston suunnitelma LVI-kuvineen, joiden mittakaavan vuoksi niiden käsittely oli vähintäänkin haastavaa.

Lausuntoa kirjoittaessani ja riittävän suurta seinäpinta-alaa paloasemalta etsiessäni pohdinkin, olisiko 2000-luvulla jokin parempi esitysmuoto laajojen kohteiden erityissuunnitelmien tarkasteluun. Viikkoja vieri ja asia sinällään unohtui, mutta palasi mieleen iltautusten tekniikkakatsauksen myötä. Uutisessa käsiteltiin rakennusten 3D-visualisointia osana nykyaikaisia rakennushankkeita sekä yleisemmin rakennusten tietomalleja BIM eli *Building Information Model*.

Ajatus tämän tyyppisten väylien hyödyntämisestä, ja niiden tutkimisesta alkoi kypsyä vuoden 2017 loppupuolella ja ehdotinkin Pelastusopistolle aihetta käsittelevää opinnäytetyötä. Opinnäytetyöni on siis käynnistynyt julkaisuhetkeen nähden kuudesta seitsemään vuotta sitten. Palasin jatkamaan päällystökurssin opintojani, jotka aikoinaan jäivät kesken. Opinnäytetyö on edelleen ajankohtainen. Vaikka uusiakin julkaisuita on aiheeseen liittyen saatu, löytyy tietomallien hyödyntämisestä, osaamisen kehittämisestä sekä virtuaalisuuden maailmasta edelleen tutkittavaa ja pelastuslaitoksen arkeen sovellettavaa.

Tämä opinnäytetyö tarjoaa teknisen katsauksen sekä pyrkii herättämään tätä työtä myöhemmin tutkivien opiskelijoiden kiinnostuksen tietomallien sekä erilaisten visualisointikeinojen hyödyntämiseen pelastuslaitoksen eri tehtävissä. Lisäksi työ selvittää erilaisten visualisointimenetelmien ja järjestelmien käyttöä kansallisesti. Työn teoreettisena tausta-aineistona toimivat kotimaiset ja ulkomaiset julkaisut sekä tietopohjan kartoituksen tulokset.

Ohjaavalle opettajalleni haluan myös esittää kiitokset. Kannatti odottaa 10 vuotta, että tarjoutui mahdollisuus hyödyntää pitkälistä osaamistani.

Opinnäytetyöprosessini aikana tutkintonimike muuttui, tyttöystävä vaihtui vaimoon ja ruokakunta kasvoi kahdella. Kiitos teille kotiväki jaksamisesta.

TIIVISTELMÄ

Tekijät: Jari Myllylä

Opinnäytetyön muoto: tutkimuksellinen

Julkisuusaste: Julkinen

Ohjaaja: Aku Oksala (Pelastusopisto)

Tutkinto: Pelastusalan päällystötutkinto (AMK)

Tietomallipohjainen suunnittelu sekä rakennuslupaprosessit lisääntyvät rakennushankkeissa lähitulevaisuudessa. Hallituksen esityksen 139/2022 mukaisesti tietomallipohjaisella suunnittelulla pystytään vastaamaan esimerkiksi rakennusten hiilijalanjälkeä koskeviin kysymyksiin sekä lisäämään rakennusten elinkaariajattelua. Tämä kasvattaa osaamisvaatimuksia myös pelastusviranomaisen osalta tämän toimiessa asiantuntijana rakennuslupaprosesseissa.

Rakennusten tietomallit tarjoavat valtavasti potentiaalia myös pelastusviranomaisen käyttöön, ja osaamisen kehittämiseen kannattaisikin panostaa pelastuslaitoksilla. Osaamisen kehittämisen tarpeet eivät rajoitu vain pelastuslaitokseen, vaan esimerkiksi hallituksen esityksen 139/2022 lausuntopalautteessa sekä opinnäytetyön tietopohjan kartoituksessa on todettu tarpeita koulutukselle rakennusvalvontaviranomaisten keskuudessa.

Pelastusviranomaisen osalta rakennusten tietomallit ovat hyödynnettävissä niin riskienhallinnan kuin myös pelastustoimintaan osallistuvan henkilöstön osalta. Opinnäytetyössä esiteltiin sovellutuksia tietomallien käytölle sekä kerrottiin oleellisia perustietoja, jotka ovat löydettävissä tietomallien tarjoamasta informaatiosta.

Opinnäytetyö pyrkii herättämään kiinnostusta, tarjoamaan perustietopaketin rakennusten tietomallien hyödynnettävyydestä sekä kannustamaan jatkotutkimuksen tekemiseen.

Sivumäärä: 52 sivua.

Tarkastuskuukausi ja vuosi: Maaliskuu 2024.

Avainsanat: havainnollistaminen, tietomalli, virtuaalisuus, visualisointi

ABSTRACT

Author: Jari Myllylä

Type of thesis: Research

Confidentiality: Public

Academic Supervisor: Mr. Aku Oksala Teacher

Degree Programme: Fire Officer's Degree (UAS)

The use of Building Information Model (BIM) based design and building permit processes will be increasing in construction projects in the near future. According to the Finnish government proposal (139/2022), BIM based design will help to estimate the carbon footprint of buildings and to raise awareness about the lifecycle of buildings. This will increase the need for knowledge amongst rescue authorities regarding their role as fire-safety professionals during the building permit processes.

Rescue authorities can benefit from the potential of building information models, and it would be worth it to invest in authorities' skills and their development at rescue departments. Feedback gathered on the Finnish government proposal (139/2022) seems to suggest that not only rescue authorities but also building permit authorities need to improve their skills in the use of the Building Information Model use. A similar outcome can be pointed out in the survey conducted for my thesis.

Building Information Models can be widely used in the rescue department within various roles in both rescue and risk management tasks. My thesis also involved making suggestions on possibilities of how to use the Building Information Model and introduce substantial information from it into construction projects.

My thesis strived to offer a basic information package about how to utilize the Building Information Model, encourage research by future students and arouse interest towards the subject.

Pages: 52 pages

Month and year: March 2024

Keywords: visualization, building information model, virtuality, illustration

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 3D-VISUALISOINTI	3
2.1 Visualisoinnin käyttö rakennushankkeissa	3
2.2 Virtuaalisuus ja visualisointi.....	5
2.3 Tietomallien käyttö havainnollistamisessa	7
3 RAKENNUKSEN TIETOMALLI BIM.....	8
3.1 Erilaiset tietomallit	9
3.2 Tietomalli ja rakennuslainsäädäntö	10
3.3 Tietomallipohjainen talonrakennushanke	11
3.3.1 Rakennuksen tietopankki.....	12
3.3.2 Tarkastukset ja analyysit	12
3.3.3 Visuaalinen tarkastelu.....	13
3.4 Työmaa ja tietomallin hyödyt.....	13
3.5 Tietomalli osana paloturvallisuutta	14
3.5.1 Tietomalli turvallisuusviestinnässä	14
3.5.2 Rakentamisen ohjaus ja neuvonta.....	17
3.5.3 Pelastustoimintaan osallistuvan henkilöstön tukena	22
4 TIETOPOHJAN KARTOITUS	25
4.1 Tietopohjan kartoituksen rakenne	25
4.2 Tulokset	31
4.2.1 Maakunta, jonka alueella toimin.....	31
4.2.2 Olen törmännyt 3D – visualisointiin seuraavissa yhteyksissä.....	32

4.2.3 Tehtäväkuvauksen organisaatiossa	33
4.2.4 Käsitteistön tunnistaminen	33
4.2.5 Rakennusten tietomalli osana työtehtäviä	35
4.2.6 3D – visualisoinnin hyödyntäminen organisaatiossa	36
4.2.7 Tietomallien tarkasteluun käytetyt sovellukset	37
4.2.8 Tietomallien käyttäjäkokemukset	38
4.2.9 Rakennusvalvonta ja tietomallit tulevaisuudessa	39
4.2.10 Käyttäjäkokemuksia lisätystä todellisuudesta.....	40
5 PÄÄTELMÄT TIETOPOHJAN KARTOITUKSESTA	42
6 POHDINTA	45
6.1 Yhteenveto tietomallien käytöstä ja sovellutuksista	45
6.2 Mahdolliset jatkotutkimusaiheet	46
6.3 Osaamisen kehittämisen tarpeet	47
LÄHTEET	48
KUVALUETTELO	51

1 JOHDANTO

Rakennusten tietomallien käyttö lisääntyy osana rakennuslupaprosessia niin pelastusviranomaisen kuin myös erityisesti lupaviranomaisen eli rakennusvalvontojen henkilöstön keskuudessa. Tietomallipohjainen suunnittelu on enenevässä määrin käytössä erilaisten uudisrakennus- sekä korjausrakentamisen hankkeissa, mikä kasvattaa tietoteknisiä osaamisvaatimuksia viranomaisen näkökulmasta. Hallituksen esityksen 139/2022 tavoitteisiin on kirjattu digitalisaation lisääminen viranomaisprosesseissa sekä rakennustietoaineiston kerääminen valtakunnalliseen järjestelmään. Tämä tulee mielestäni nähdä pelastusviranomaisen näkökulmasta positiivisena - ja tulevaisuudessa työtä helpottavana tekijänä.

Opinnäytetyöni tavoite on myös tehostaa viranomaisprosessia rakennushankkeiden osalta, sillä riittävän selkeällä visuaalisella esitystavalla vältetään väärinymmärrykset ja erilaiset tulkinnanvaraisuudet vähenevät. Tämä taas vaikuttaa oleellisesti rakennushankkeen kustannuksiin, sillä pelastusviranomaisen antamien lausuntojen tueksi saataisiin riittävästi informaatiota visuaalisessa muodossa, ei siis enää pelkästään kaksiulotteisina taso- tai leikkauskuvina esitettynä. Esimerkiksi läpivientien osalta voitaisiin esittää pelkästään osastoivien rakenteiden läpi johdettavat ilmanvaihtokanavat sekä osastoivat rakenteet kolmiulotteisessa ympäristössä. Tällöin yksittäinen osa-alue voitaisiin nopeasti ja tehokkaasti tarkastaa ja antaa tarvittaessa ohjausta suunnittelijalle.

Aiheen valintaan ovat vaikuttaneet kokemukseni virkatehtävissä sekä yksityisellä sektorilla paloturvallisuusasiantuntijana. Omakohtaisesti visuaaliset, työtä ja hahmottamista helpottavat sovellutukset ovat aina olleet kiinnostavia, minkä vuoksi opinnäytetyö esittelee käytännön työtä tukevia ratkaisuita. Omalla kohdallani rakentamisen ohjaus on ollut aina mielekäs sekä haastava vastuualue toimiessani palotarkastajana eri pelastuslaitoksilla. Tästä syystä opinnäytetyön tekemiseen on henkilökohtainen side, sillä haluan tällä työllä edesauttaa rakentamisen ohjausta sekä neuvontaa helpottavien työkalujen syntymistä.

Opinnäytetyössäni taustoitan visualisuurta käsittelevän luvun avulla erilaisia sovellutuksia, joiden aineistona tietomallit voivat toimia. Opinnäytetyöni tarkoituksena on perehdyttää lukija tietomalleista löytyviin, erityisesti pelastusviranomaisen kannalta oleellisiin tietoihin. Visuaalisuus konkretisoi rakennuksen ominaisuudet näkyviksi. Lisäksi opinnäyte yhdistää myös kolmiulotteisuuden perustietoutta tietomalleihin.

Tämä opinnäytetyö rajautuu käsittelemään visualisointia lisätyn todellisuuden sovellutusten näkökulmasta. Visualisointia käsitellään yleisesti esittelyperusteisesti, jotta lukija saa riittävän kuvan lisätyn todellisuuden eroavaisuudesta esimerkiksi virtuaalitodellisuudesta. Visualisointia ja kolmiulotteisuutta tarkastellaan tässä opinnäytetyössä pääasiassa rakennuksen tietomallin tuottaman visuaalisen informaation kautta.

Opinnäytetyön yhteydessä toteutetaan tietopohjan kartoitus kuntien rakennusvalvontojen osalta liittyen rakennusten tietomallien käyttöön ja kokemuksiin erilaisista visualisointikeinoista. Tiedonkeruu ja kartoitus yhdessä tuottavat vastauksen kysymykseen, jos kokemuksia on, kuinka usein rakennushankkeissa käytetään visualisointia ja kokevatko viranomaiset sen helpottavan rakentamisen ohjausta ja neuvontaa. Opinnäytetyön aiheanalyysissä olettamaksi valitsin, että kasvukeskukset, joihin myös IT-osaaminen on pääasiassa keskittynyt, toimisivat myös tietomallinnuksen edelläkävijöinä.

Tietomallien hyödynnettävyyttä pelastuslaitoksen henkilöstön keskuudessa on tutkittu viime vuosina esimerkiksi Saimaa ammattikorkeakoulun sekä Etelä-Karjalan pelastuslaitoksen yhteishankkeessa. Aiheeseen liittyviä tai aihetta sivuavia tutkimuksia löytyy myös varsin kattavasti, kun käyttää punaisena lankana rakennuksen tietomallia, joka voi toimia esimerkiksi erilaisten pelien tai simulaatioiden tietoaineistona.

Oli lukijan rooli sitten onnettomuuksien ehkäisyn parissa tai pelastustoiminnan parissa, tietomallit tarjoavat valtavasti mahdollisuuksia hyödynnettäväksi. Tämän vuoksi opinnäytetyöni tarkoituksena on herättää mielenkiintoa sekä keskustelua pelastusalalla erilaisten visuaalisten esitysmallien hyödyntämisestä osana päivittäisiä tehtäviä. Vaikka opinnäytetyöni kohdentuu pelastuslaitoksen organisaatiossa enemmän riskienhallintaosaston tai onnettomuuksien ehkäisyn alueella työskentelevälle henkilöstölle, on työn osana ajatuksiani, kuinka pelastustoimintaan osallistuva henkilöstö voisi hyötyä lisätyn todellisuuden sovellutuksista.

Opiskelijoille opinnäytetyö tarjoaa perustietopaketin tietomalleista, lähdekirjallisuutta sekä toivottavasti aiheen jatkotutkimukselle. Työ ei pyri tarjoamaan valmista ratkaisua, vaan pikemminkin uuden tutkimusalueen sekä tuomaan esille ammattikorkeakoulujen eri koulutusohjelmien yhteistyön hyödyt. Opinnäytetyöni osana olen kerännyt ajatuksiani lisätyn todellisuuden hyödyntämisalueista pelastuslaitoksen toiminnassa.

2 3D-VISUALISOINTI

3D–visualisoinnin käsitettä pohdittaessa on oleellista jakaa se kahteen tekijään eli kolmiulotteisuuden sekä visualisoinnin käsitteisiin. Lisäksi kolmiulotteisuutta voidaan Tuholan ja Viitasen (2008, 20) mukaan lähestyä esimerkiksi 3D–mallintamisen kautta, jonka tarkoituksena on antaa suunniteltavalle kappaleelle kaikki valmiin tuotteen ominaisuudet eli esimerkiksi valmiin rakennuksen olemus. Tällöin suunnittelu tapahtuu perinteisen 2D–suunnittelun X ja Y –koordinaattien lisäksi kappaleen syvyyttä mittaavan Z–koordinaattiakselin avaruudessa. Puhakka (2008, 31) hahmottaa Z–akselin käsitettä siten, että sen voidaan ajatella nousevan esimerkiksi paperista ylös tai näytöstä katsojaa kohden.

3D–visualisointi voidaan katsoa jakautuvan kahteen erilaiseen malliratkaisuun, pintamalleihin sekä tilavuusmalleihin. Tilavuusmallit ovat usein matemaattisia malleja, joille on olemassa geometriset tiedot kuten esimerkiksi tilavuus ja pinta-ala. Pintamalleja käytetään esimerkiksi infrarakentamisen alueella maastomalleina, joilla ei itsessään ole tilavuutta, vaan ne muodostuvat mitattujen 3D–haja-pisteiden kautta muodostettuun kolmiointiin. Kolmioinnilla tarkoitetaan piirtotekniikasta riippumatta pyrkimystä jakaa esimerkiksi kartan määritelty ruutu kahdeksi tai useammaksi kolmioksi sekä laajemmin kolmioverkoksi. Kappaleella tai visualisoitavalle alueelle saadaan todellisen tuntuinen ilme lisäämällä geometriatietoihin ulkonäkö, joka koostuu esimerkiksi aiemmin mainitun kolmioinnin kautta tuotettuun tekstuuriin katukuvasta tai tien pinnasta. Viimeisenä visuaalisen ilmeen luojana toimii valaistus, jota on myöhemmin käsitelty myös tietomallien osana. Valaistuksen tarkoituksena on näyttää katselijalle kohde siten kuin se olisi esimerkiksi päivän valossa nähtävissä (Junnonen 2009, 73–74; Puhakka 2008, 328–330).

2.1 Visualisoinnin käyttö rakennushankkeissa

Visualisointia on käytetty arkkitehtisuunnittelussa jo pitkään. Esimerkiksi rakennushankkeiden osalta on ollut oleellista esittää valmis kohde ymmärrettävässä muodossa ja ennen tietokoneavusteisen suunnittelun ja tekniikan kehittymisen aikaa valmiista rakennuksesta tehtiin pienoismalli. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 12.)

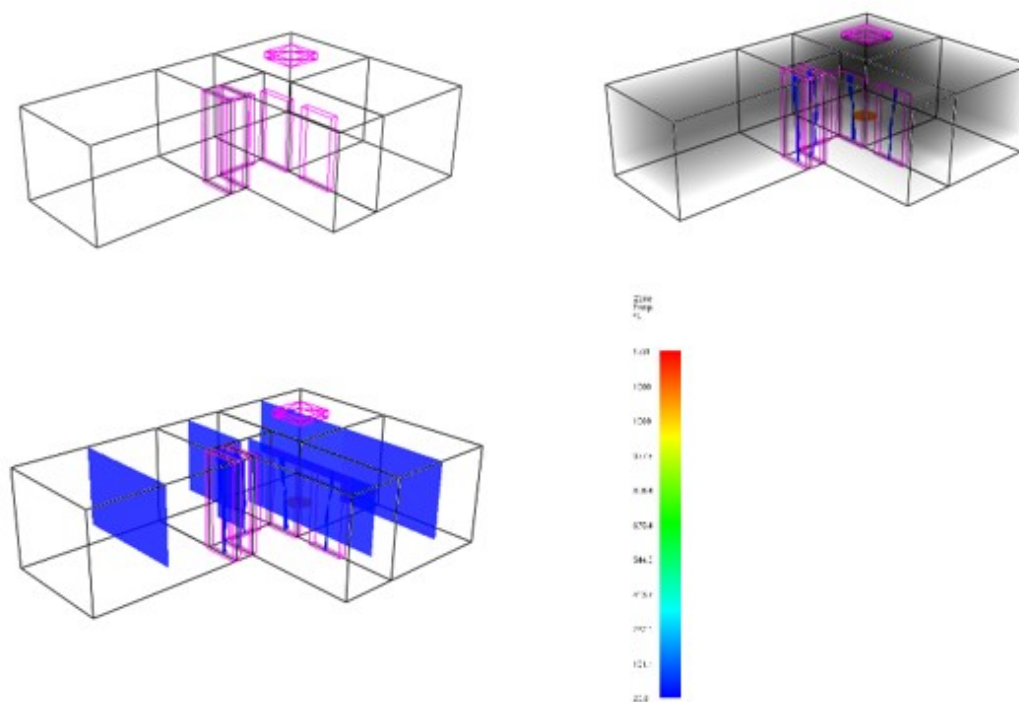
Kuten Jäväjä ja Lehtoviita (2016, 12) toteavat, ei pienoismallien aika ei tosin ole ohi. Nykyisin tueksi on tullut rakennuksen tietomalli BIM (Building Information Model), joka pystyy antamaan käyttäjälleen myös muuta hankkeeseen liittyvää informaatiota, ei enää pelkästään rakennuksen ulkoista muotoa.

Rakennuksen tietomalli toimii lopputuotteen visuaalisen ilmeen lisäksi myös oleellisena tietolähteenä suunnittelijoiden kesken. Esimerkiksi laajoissa kohteissa suunnittelijat tai rakennushankkeeseen osallistuvat saavat paremman yleiskuvan, kun heidän on mahdollista päästä toteamaan asia kulke-malla suunniteltavassa rakennuksessa. (Puhakka 2008, 24.) Paloteknisen suunnittelun kautta raken-nuksen tietomallia päivitetään esimerkiksi tarpeellisten palo-osastomerkintöjen, teknisten ratkaisui-den tai jopa tilaratkaisuiden osalta (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 15–16).

Kuten mikä tahansa suunnittelutyö, ei 3D–visualisointikaan ole halpaa, ja tarkoituksena onkin parantaa mallinnettavan tai visualisoitavan kappaleen myyntiä (Tuhola & Viitanen 2008, 137). Lisäksi Puhakka tuo esille rakentamisen kustannusnäkökulman suhteessa toimivaan kokonaisuuteen eli esimerkiksi visuaalista soveltuvuutta voidaan testata ennen kalliiseen rakennushankkeeseen ryhtymistä. (Puhakka 2008, 24.) 3D–visualisoinnissa kappaleella voidaan tarkoittaa asuntoja tai esimerkiksi koneen varaosia. Myyntitarkoituksen kannalta on oleellista esittää malli myyntiesitteessä mahdollisimman luonnollisen näköisenä ja jopa sidottuna ympäristöön. Esimerkiksi mökki järven rannalla luo ostajalle paremman mielikuvan valmiista tuotteesta kuin esimerkiksi pelkkä kolmiulotteinen rautalankamalli. (Tuhola & Viitanen 2008, 20 ja 141.)

Rautalankamallilla tarkoitetaan Tuholan ja Viitanen mukaan (2008, 21) mallia, jossa pelkästään tuotteen ääriviivat ovat nähtävissä. He mainitsevat rautalankamallin huonoiksi puoliksi epäkäytännöllisyyden sekä hahmottamisen haasteet. Kuvassa 1 on kuvattu CFAST–ohjelmistolla laatimani 3D–malli, josta voidaan havaita, että myös käyttökohteita rautalankamaiselle mallille löytyy. Esimerkiksi savun leviämisen havainnointi helpottuu sekä lämpötilojen muutosten seuraaminen kokonaisuutena eri tilojen välillä on mahdollista.

Pintamalli on taas rautalankamallin vastakohta, ja se sisältääkin ne pinnat, joista tuote koostuu. Tämän ansiosta esimerkiksi mallin tilavaikutelmaa saadaan hahmotettua paremmin. (Tuhola & Viitanen 2008, 20–21, 136 ja 141.)



Kuva 1. Rautalankamallin hyödyllisiä käyttökohteita (Myllylä 2023).

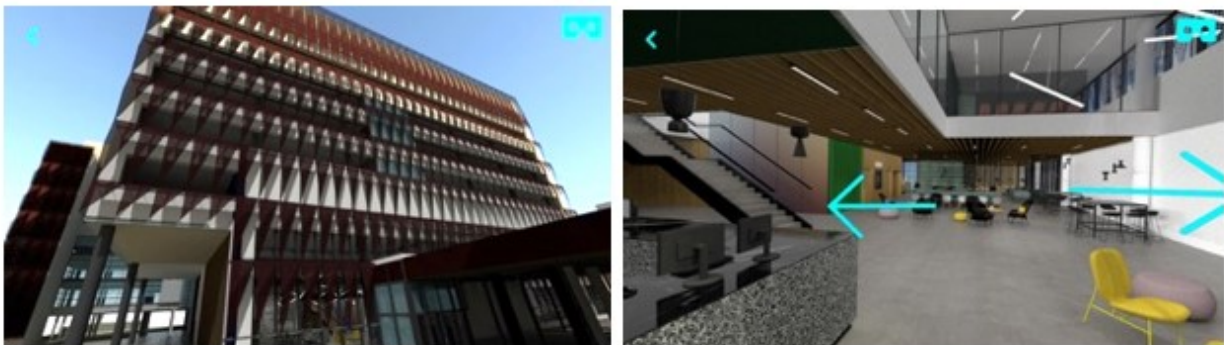
2.2 Virtuaalisuus ja visualisointi

Milgram ja Kishino tuovat julkaisussaan (1994, 3) esille virtuaalisen jatkumon käsitteen eli *virtual continuum*. Virtuaalitodellisuuden (VR) sekä todellisuuden (RE) (real environment) väliin jäävät ympäristöt voidaan jakaa lisätyn todellisuuden (AR) *augmented reality* sekä (AV) *augmented virtuality* lisätyn virtuaalisuuden käsitteisiin, joissa esityksen modifioitua sisältöä kasvatetaan siirryttäessä RE– maailmasta kohti VR–maailmaa eli siirryttäessä kohti meitä ympäröivää todellisuutta, virtuaalitodellisuuden osan voidaan katsoa vähenevän tai korvautuvan todellisen maailman esityksellä. Milgram ja Colquhoun Jr. (2001, 2–3.) hahmottavat lisäksi asiaa mallintamisen määrää mittaavalla jannalla EWK eli Extent of World Knowledge Continuum, jossa ääripäät ovat mallinnettu- ja mallintamaton maailma.

Puhakka (2008, 24) esittää, että virtuaalitodellisuuden sovellutuksiin kuuluvat myös erilaiset simulaatioharjoitukset, joista minulla on ensimmäinen kokemus autokoulun pimeänajon harjoittelusta. Muita käyttökohteita Puhakan mainitsemia ovat ehkä monille tutut lentokonesimulaattorit, mutta myös erilaisten koneiden ja laitteiden käyttöharjoittelun toteuttaminen virtuaalitodellisuudessa on yleistynyt.

Lisäksi tähän viimeksi mainittuun esitystapaan liittyy usein mielikuva 3D–laseista, joiden kautta katselijalle esitetään esimerkiksi luotu skenaario, jossa hän voi liikkua erilaisten ohjaimien avulla. (Luumula, Oliva, Somerkoski ja Tarkkanen 2020, 3) Rakennuksen tietomallien hyödyntämistä erilaisiin turvallisuusviestintä- tai koulutustapahtumiin käsittelemme luvussa 4.5.

Kuvassa 2. on esitelty suunniteltavaa rakennusta visualisointia hyödyntäen. Tässä Arilyn sovelluksella toteutetussa esityksessä katselija pääsee älypuhelinta tai tablettia hyödyntäen tutustumaan kohteeseen. Liikkuminen tapahtuu käsivalintaisesti.



Kuva 2. Visualisoinnin esimerkkiteot (Ramboll Finland Oy 2023).

Esimerkkitoteutus lisätyn todellisuuden (AR) käytöstä on nähtävissä kuvassa 3, jossa vasemmalla on nähtävissä kokemamme todellisuus ilman lisättyä todellisuutta sekä oikealla puolella lisätyn todellisuuden avulla tuotettu kuvaobjekti esimerkikohteesta, eli olemme todellisuuden sekä virtuaalitodellisuuden välimaastossa siten, että todellisuuden päälle tuodaan digitaalinen objekti. (Milgram & Colquhoun 1999, 2–3.) Pohdittaessa onko puhelimen näytön ja esimerkiksi VR-lasien läpi katsottu kuva todellisuutta vaiko virtuaalitodellisuutta, voidaan todeta tässä esimerkikuvassa todellisuuden olevan suuremmissa osassa, jolloin kyse on lisäystä todellisuudesta ja tämän yläkäsitteenä sekoitettua todellisuutta. (Milgram & Colquhoun 1999, 8.)



Kuva 3. Todellisuus ja lisätty todellisuus (Ramboll Finland Oy 2023).

Kolmiulotteista kokemusta tehostaakseen voidaan esitykseen tai tarkasteluun käyttää esimerkiksi VR-laseja (kuva 4). Tämän tyyppisissä katseluun käytettävissä laitteissa on kysymys HMD eli *Head-mounted-displays*-tyylisistä ratkaisuista, joiden avulla katsoja toisaalta irrottautuu todellisuudesta, mutta näkee sen näytön kautta. (Milgram & Colquhoun 1999, 2.)



Kuva 4. VR – lasien malleja (Ramboll Finland Oy 2023).

Lehtoviita ja Rautiainen ovat käsitelleet ”puettavien näyttöjen” (Milgram & Colquhoun 1999, 19) hyödynnettävyyttä sekä lisätyn todellisuuden että tietomallien antaman informaation avulla. Tutkimuksessaan he tuovat esille tämän hetken laitteistoon liittyviä ongelmia lisätyn todellisuuden käytön osalta sekä tietomallien vähäisen viranomaiskäytön. (Lehtoviita & Rautiainen 2019, 7 ja 30.) HMD-tyylisiä ratkaisuita on ollut käytössä esimerkiksi sotilasilmailussa pitkään (Milgram & Colquhoun 1999, 2), joten rajatumpi sovellutus voisi olla ensimmäinen askel kohti lisätyn todellisuuden käyttöä pelastusviranomaisen toiminnassa. (Lehtoviita & Rautiainen 2019, 30.) Tietomallien viranomaiskäytön lisääntyminen muuttuvan lainsäädännön osalta kasvattaa mahdollisuuksia hyödyntää myös lisättyä todellisuutta niin pelastustehtävien suorittamisessa kuin myös onnettomuuksien ehkäisyn toimialueella (HE 139/2022, 92).

2.3 Tietomallien käyttö havainnollistamisessa

YTV 2012 eli Yleiset tietomallivaatimukset 2012 määrittelee Osassa 8. havainnollistamisen jakautuvan kahteen osaan, jotka ovat usein arkkitehtikilpailuista tai suurten rakennushankkeiden esitelmistä tutut valokuvamaiset esitteet sekä rakennushankkeeseen liittyvää informaatiota sisältävään tekniseen havaintomateriaaliin. (YTV2012, Osa 8, 4–5.) Näistä jälkimmäinen on käsitellyn visualisointiaiheen kannalta oleellisempi, sillä siihen voidaan sisällyttää myös pelastusviranomaisia koskettavia rakennusteknisiä ominaisuustietoja (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 29.), jolloin malli toimii tavallaan yhteisen tilannekuvan luojana hankkeen eri osapuolten välillä (YTV2012, Osa 8, 5.).

Teknisen havaintomateriaalin kategoriaan liittyy olennaisesti esteettiset visualisoinnit, jotka ovat käyttötarkoitukseltaan usein saman suuntaisia kuin edellä mainitut valokuvamaiset visualisoinnit. Nämä kuitenkin YTV2012 mukaan perustuvat rakennuksen tietomalliin ja sisältävät valtavasti enemmän informaatiota verrattuna esimerkiksi kuvankäsittelyohjelmalla toteutettuun valokuvaan. Tietomalli pyritään yleensä pitämään mahdollisimman graafisesti kevyenä ja tämän käyttötarkoituksen visualisointiin luodaankin usein markkinointikäyttöön tarkoitettu tietomalli tai tietomallin pohjalta erikseen korostettu osa. Havainnollistaessa rakennuksen lopullista ilmettä ei ole tarvetta esittää teknisiä tietoja esimerkiksi pintamateriaalien osalta. (YTV2012, Osa 8, 5–6 ja 11–12.)

3 RAKENNUKSEN TIETOMALLI BIM

Aiemmin käsittelin rakennuksen tietomallia yhtenä osana visualisoinnin keinoista, josta käytetään yleisesti termiä BIM (Building Information Model). Tässä luvussa on lyhyt esittely tietomallintamisesta kokonaisuutena, sen tarkoituksena on välittää tietopohja myöhemmin esitettyjen, viranomaistoimintaa helpottavien, ajatusten ymmärtämiseksi. Peruskäsityksen saamiseksi tietomallintamisesta on oleellista ymmärtää mallien tyypit tai käyttötarkoitukset sekä se, kuinka ne liittyvät toisiinsa, sillä myöhemmin tässä luvussa esitellään esimerkiksi pelastusviranomaisen rooli sekä suunnittelun vaiheet suhteessa tietomallirakenteeseen.

Suomi on teknologiamaana kunnostautunut Ison-Britannia, Norjan ja Yhdysvaltojen ohella tietomallien käytössä, mikä näkyy erityisesti suurissa talo rakennushankkeissa, mutta myös infrarakentamisen alueella tietomalleja on alettu hyödyntämään enemmän (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 30–32). Rakennusvalvonnat ovat siirtymässä koko ajan enemmän kohti sähköistä asiointia niin kaupungeissa kuin myös maakunnissa, minkä vuoksi myös pelastusalalla tulisi reagoida tämän esitystavan tarkasteluun osana rakentamisen ohjausta. Jäväjä ja Lehtoviita (2016) tuovat esille mahdollisuuden ja kehitystarpeen rakennuslupien myöntämiseen tietomallipohjaisen suunnittelun pohjalta. Tietomallipohjainen suunnittelu auttaa rakennuslupaprosessissa viranomaista esimerkiksi tarkastellen rakennuksen soveltumista visuaalisesti kaupunkikuvaan.

Pelastuslaitoksen rakentamisen ohjausta tekevien viranhaltijoiden arkea voitaisiin Jäväjän ja Lehtoviidan julkaisun (2016, 29) perusteella helpottaa tietomallipohjaisella esitystavalla selkeyttämällä laajoja hankkeita sekä esimerkiksi mahdollisuudella tarkastella tulevan rakennuksen sijoittumista kaupunkialueelle. Tietomallin keskeisin tavoite onkin vastata kysymykseen, kuinka esimerkiksi rakennus vastaa käyttäjien ja tilaajan toiveita lopputilanteessa. Näin ollen pelastuslaitos voisi saada jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa tärkeää tietoa ja mahdollisesti suunnitella esimerkiksi erilaisten pelastustehtävien hoitamista valmiissa rakennuksessa etupainotteisesti. Tämä korostuu erityisesti monimutkaisten rakennusten tai yleistyvän korkearakentamisen yhteydessä. Lisäksi Jäväjä ja Lehtoviita (2016, 29) mainitsevat, että erilaisten skenaarioiden ja simulaatioiden käyttö on mahdollista tietomallissa, joka taas tuottaa äärimmäisen tärkeää tietoa rakennuksen palo- ja poistumisturvallisuudesta pelastusviranomaiselle. (YTV2012 Osa 1, 13.)

3.1 Erilaiset tietomallit

Tietomallin voidaan ajatella olevan jatkumo, joka Jäväjän ja Lehtoviidan (2016, 21) julkaisuun perustuen katsoa kehittyvän tai keräävän lisää tietoa itseensä suunnittelun edetessä arkkitehtimallista kohti yhdistelmämallia. Arkkitehtimallin voidaan ajatella olevan lähtötilanne, jossa on huomioitu vaatimusmallin määrittelyt. Vaatimusmallissa huomioidaan niin tilaajan toivomukset tilojen ja esimerkiksi LVI – tekniikan, energiakulutuksen tai sisäpuolisten pintarakenteiden osalta kuin tulevaisuudessa myös viranomaisten vaatimukset lainsäädännön täyttämiseksi. (YTV2012, Osa 1, 11–12.)

Tarveselvityksen jälkeen rakennushankkeessa tehdään hankepäätös eli päätös rakentaa esimerkiksi paloasema, mikä johtaa hankesuunnittelun vaiheeseen. Vaatimusmalli on tietomalleista ensimmäisenä luotava, sillä se pitää sisällään perusmäärittelyt esimerkiksi tilakohtaiset pinta-alat sekä muut tilaajan erityisvaatimukset. Investointipäätöksen tueksi tarvitaan Jäväjän ja Lehtoviidan julkaisussa (2016, 19–20) esitetyn vaiheistuksen pohjalta vähintään alustava tontin malli, joka on usein osa arkkitehtimallia. Tontin mallin vaatimuksena Jäväjän ja Lehtoviidan mukaan on vähintään kolmiulotteinen pintamalli, johon on liitetty maastotiedot rakennuspaikasta. Mikäli kyseessä on korjausrakentamisen hanke, kartoitetaan hankesuunnitteluvaiheessa lähtötiedot nykytilanteesta ja tällöin inventointimalli auttaa suunnittelijoita näiden tietojen hallinnassa.

Tietomallien eri suunnitteluvaiheiden jatkumolla mitatusti pitkäkestoisin on rakennuksen tilamalli tai tilaryhmämalli. Tämän mallin teko ja ylläpito aloitetaan Jäväjän ja Lehtoviidan (2016, 20) mukaan jo investointipäätöksen jälkeen arkkitehtimallinnuksen yhteydessä. Kolmiulotteinen tilamalli pitää sisällään tilojen käyttötarkoitukset, nimet ja geometriset tiedot, ja näin ollen voidaan julkaisun perusteella todeta sisältävän myös pelastusviranomaista kiinnostavia alustavia tietoja paloturvallisuuteen liittyen.

Siirryttäessä rakennushankkeen aikajanalla rakentamispäätöksen aikaan, joka usein on myös pelastusviranomaisen kannalta perinteinen rakentamisen ohjauksen ja neuvonnan ajankohta, oleellisin käsite on rakennusosa- ja järjestelmämalli. Rakennusosamalli pitää Jäväjän ja Lehtoviidan (2016, 20.) mukaan sisällään kantavien ja ei-kantavien rakenteiden suunnittelun ja mitoituksen, joka tarkoittaa esimerkiksi osastovien rakennusosien oikeaa mitoitusta palokuormaryhmän tai tilojen käyttötarkoituksen perusteella (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 4 ja 6–7.).

Järjestelmämallissa puolestaan erityissuunnittelijat vastaavat esimerkiksi LVI-, sähkö- tai esimerkiksi paloteknisiin järjestelmiin liittyvästä suunnittelusta (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 20), jossa pelastusviranomaisen asiantuntijuutta voidaan tarvita määriteltäessä esimerkiksi käytettävien eristeiden ja näiden pintamateriaaliluokkien vähimmäisvaatimuksia (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 13–14).

Käyttöönottovaiheeseen liittyvät As Built – sekä ylläpitomalli muodostuvat ja vaikuttavat rakennuksen käyttöönotto – ja laajemmin luovutusvaiheessa sekä rakennuksen ylläpitovaiheessa. As Built – eli toteutumamallivaiheessa, näkemykseen pohjautuen, eri suunnittelualojen mallit päivitetään vastaamaan toteutunutta toteutusta eli sitä, millainen rakennuksesta tuli. Malli toimii ylläpitomallin lähtötietoina. Ylläpitomalliin, joka pitää sisällään rakennuksen ylläpitoa koskevat mallit, kootaan eri suunnittelijaosapuolten suunnitelmat, jotka muutetaan tietomalleja yhdistävään IFC–malliin. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 20.)

3.2 Tietomalli ja rakennuslainsäädäntö

Uusi rakennuslaki korvaa voimassa olevan maankäyttö- ja rakennuslain vuoden 2025 alusta. Tiivistettyinä ja keskeisinä muutoksina aiempaan lainsäädäntöön ovat voimakas digitalisaation lisääntyminen, elinkaariajattelu sekä ympäristövaikutuksien vähentäminen eri keinoin. Lisäksi rakennuslupa terminä poistuu ja käyttöön tulee rakentamislupa. (Ympäristöministeriön tiedote 1.3.2023.)

Tässä luvussa käsittelen digitalisaation vaikutusta ja nostan esille tulevan lainsäädännön uusia vaatimuksia, jotka heijastuvat myös pelastuslaitoksen rakentamisen ohjausta tekevän henkilöstön tehtäviin tulevaisuudessa. Digitalisaatio sekä tietomalli nivoutuvat yhteen, sillä näiden keinojen avulla esimerkiksi rakennuksen hiilijalanjälki voidaan todentaa laskemilla. (HE 139/2022, 78.)

Omakohtaisena kokemuksena voin todeta, että suunnittelutehtävissä tietomallipohjainen suunnittelu on kasvanut merkittävästi siitä, kun aloitin itse paloteknisenä suunnittelijana 2018. Hallituksen esityksessä 139/2022 on myös nostettu esille tietomallipohjaisen suunnittelun kasvu sekä lupa-asioinnin siirtymisen sähköisiin järjestelmiin, mikä myös on kehittynyt oman työurani aikana. (HE 139/2022, 56–57.) Nykyisin ei oman kokemukseni mukaan esimerkiksi lupapalaverihin toimiteta enää paperisia tulosteita paloteknisistä suunnitelmista, vaan asiointi tapahtuu pelkästään sähköisesti.

Kartoitin eri rakennusvalvontojen tietopohjaa liittyen digitalisaation osa-alueisiin kuuluvien asioiden osalta vuonna 2018. Vastausten läpikäynnistä voidaan huomata myös vastaavia seikkoja, kuin hallituksen esityksen lausuntopalautteessa on nostettu, eli tarvittaisiin osaamista, järjestelmiä sekä resursseja. (HE 139/2022, 119.)

Tähän tueksi on hallituksen esityksessä mainittu yhtenä keinona tekoälyyn perustuva viranomaistointiminta (HE 139/2022, 78–79), joka vapauttaisi resursseja ja keskittäisi viranomaisen voimavarat esimerkiksi paloteknisten haasteiden ratkaisuun perusmäärittelyjen läpikäymisen sijaan paloteknisen suunnittelun alalla.

Koska tekoälysovellukset edellyttävät prosessissa käytettäväksi esimerkiksi tietomalliin pohjautuvaa suunnittelua (HE 139/2022, 78), näen sen vääjäämättä lisäävän myös pelastuslaitoksen henkilöstön osaamisvaatimuksia sekä laitteisto- ja ohjelmistoratkaisujen soveltuvuuden tarkastelua säilyttääkseen lausuvan ja ohjaavan asiantuntijan (Pelastuslaki 379/2011, 27 §.; Nyman 2021, 24) roolin rakennushankkeissa myös tulevaisuudessa.

3.3 Tietomallipohjainen talonrakennushanke

Suomessa tietomallipohjaisen talonrakennushankkeen läpi viemiseksi on laadittu yhteiset pelisäännöt, jotka kulkevat nimellä YTV2012 tai Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Jäväjä ja Lehtoviita (2016, 34) kiteyttävät asian siten, että näiden ohjeiden tarkoituksena on tuoda esille tietomallinnuksen vähimmäisvaatimukset rakennushankkeessa. Olennaista hankkeeseen osallistuville on tietää, mitä ja miksi mallinnetaan, mitkä ovat hankkeen eri vaiheiden mallinnusvaatimukset ja kuinka mallia on tarkoitus hyödyntää. Näiden perusmäärittelyiden kautta pystytään vastaamaan tietomallintamisen tavoitteisiin eli laadun, tehokkuuden, turvallisuuden sekä kestävän kehityksen parantamiseen. (YTV2012 Osa 8, 4.)

YTV2012 14. osa käsittelee tietomallien hyödyntämistä viranomaisyhteyksissä, erityisesti rakennusvalvonnan kannalta. Tämä osa on perehtymisen arvoinen myös pelastuslaitoksen rakentamisenohjauksen parissa työskenteleville, sillä osassa tuodaan esille, myös tämän opinnäytetyön esittelemät, keskeisimmät hyödyt tietomallipohjaiselle rakennushankkeelle. Tietomallipohjainen rakennuslupamenettely on tulevaisuutta, mutta jo nykyään on mahdollista hyödyntää tietomalleja esimerkiksi aloitusneuvotteluissa rakennushanketta ennakoivan suunnittelun ohjauksessa. Rakennusvalvontaprosessissa on asetettu tietomallien käytölle kaksi vaativuusluokkaa, jotka ovat normaali- ja erityistaso. Normaalitasoa pyrittäisiin käyttämään kaikissa uudishankkeissa sekä laajoissa peruskorjaushankkeissa. Näiden tulkinta voidaan tehdä ohjelmaa hyödyntäen mallista ilman ihmisen tekemää tulkintaa, jota taas erityistaso edellyttää. (YTV2012, Osa 14, 7–8.)

Erityistason vaatimuksista esimerkkinä voidaan mainita edellytys mallin käytölle viranomaisneuvotteluissa. Tällöin pelastusviranomaisen kannalta voidaan malliin liittää huomautuksia ja kannanottoja liittyen palo- ja poistumisturvallisuuteen. (YTV2012, Osa 14, 14.)

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osassa 14. *Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa* on esitelty tietomallien kolme eri käyttötarkoitusta.

3.3.1 Rakennuksen tietopankki

Kuten aiemmin todettiin, rakennuksen tietomalli pitää sisällään, laajuutensa mukaan, oleellista rakennuksen suunnitteluun sekä käyttöön liittyvää tietoa. Tietomallia voidaan hyödyntää myös näiden tietojen hakemiseen sekä tarkasteluun, mikä puolestaan tehostaa rakennusvalvonnan ajankäyttöä vähentäen piirustusten ja nimiöiden tutkiskeluun kuluvaan aikaan. (YTV2012, Osa 14, 7.)

3.3.2 Tarkastukset ja analyysit

YTV2012 yhdeksännessä osassa käsitellään taloteknisten järjestelmien sekä rakennuksen kokonaisuuden toimivuutta sekä tilaajan lähtötilanteessa määrittämien vaatimusten täyttymistä esimerkiksi energiakulutuksen osalta. Tarkoituksena onkin välttää rakennuksen käyttöönoton jälkeisiä kalliita korjaus- tai muutostöitä etukäteen tehtävällä testaamisella sekä mallintamisella. (YTV2012, Osa 9, 6.)

Poistumisreititarkastelun lisäksi malleja voitaisiin hyödyntää myös toiminnallisen mitoituksen näkökulmasta, jolloin esimerkiksi teräsrakenteiden kantavuutta palotilanteessa voitaisiin havainnollistaa tietomallin avulla. Tämä toki edellyttää simulaatioraportin liitteineen analyysin tulkinnan tueksi. Eri-laisten tarkastelujen sekä analyysien hyödyntäminen edellyttää pelastusviranomaisiltakin perehtymistä tietomalliin sekä mahdollisesti myös perehdytyskoulutusta ohjelmien käyttöön. (YTV2012, Osa 14, 7.)

Pelastusviranomaisen kannalta analyysi- ja tarkasteluvaihtoehtoista valaistusmalli antaisi oleellista tietoa. Valaistuslaskenta ja -visualisointi tarkoittavat käytännössä numeerista laskentaa sekä visualisointi puolestaan lähelle todenmukaista kuvausta huoneen tai tilan lopullisista valaistusolosuhteista. Visualisointi edellyttää tietoa pintamateriaalien heijastusominaisuuksista sekä tilojen kalusteista mahdollisimman realistisen vaikutelman luomiseksi. Tähän voidaan yhdistää suuntaa antavasti luonnonvalon vaikutus tilan muuhun valaistukseen. Poistumisopasteiden ja reittivalaistuksen suunnittelun ja käytännön toimivuuden kannalta, esimerkiksi suuria ikkunapintoja käsittävät tilat, olisikin hyvä esittää visualisointimallissa, jolloin voidaan todeta poistumisopasteiden riittävä näkyvyys. (YTV2012, Osa 9, 12–14.)

3.3.3 Visuaalinen tarkastelu

Tällä hetkellä jo käytössä oleva mahdollisuus on visuaalinen tarkastelu. Opinnäytetyöni osana on tehty tietopohjan kartoitus, joka on lähetetty rakennusvalvontaviranomaisille. Tarkoituksena on koota kokemuksia tietomallien käytöstä sekä myös jakaa tietoa, kuinka tietomalleja voitaisiin hyödyntää rakentamisen ohjauksessa. Kuten YTV2012 osassa 9. on todettu, visuaalisten mallien tarkastelu olisi useille rakennusvalvonnoille ensimmäinen askel. Uskoisin näin olevan myös pelastuslaitosten kohdalla. (YTV2012, Osa 14, 7.)

3.4 Työmaa ja tietomallin hyödyt

Tietomallien käyttö alkaa yleistymään erityisesti suurten rakennushankkeiden työmailla, sillä kuten aiemmin todettiin, tietomalleilla haetaan kustannustehokkuutta, niin suunnittelussa kuin myös toteutusvaiheessa. Tällöin voidaan puhua myös taloudellisten riskien minimoimisesta tuotantovaiheessa, sillä esimerkiksi materiaalmäärät saadaan laskettua tarkasti tietomallin pohjalta, kun taas perinteisessä suunnittelussa virheen mahdollisuus on suunnittelijan laskimessa. Tämä toki edellyttää, että tietomalli on laadittu kaikkien suunnittelualojen osalta virheettömästi sekä ohjeita noudattaen. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 61–62.)

Rakennusvaiheen aikana voidaan myös vältettyä perinteisiltä epämiellyttäviltä yllätyksiltä vääräntyyppisten rakenne- tai tekniikkaratkaisuiden osalta, kun oikein toteutettu tietomalli jakaa informaatiota suunnittelijoiden sekä työmaan välillä. Tietomalli oikein toteutettuna tarjoaa mahdollisuuden välttää taloteknisten järjestelmien ja rakenteellisten ratkaisuiden yhteentörmäyksiä toteutusvaiheessa esimerkiksi liian pienten tilavarausten osalta. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 59–61.) Pelastusviranomaisena törmää myös tilanteisiin, että toteutusvaiheessa on todettu esimerkiksi savunpoiston kanavointi mahdottomaksi ja kiireellä tarvitsisi keksiä ratkaisu sekä saada jopa hyväksyntä toteutustavalle.

VTT:n tutkimushankkeessa ja projektin raportissa Tietomalli ja työmaan turvallisuus on käsitelty tietomallin hyödyntämistä rakennushankkeiden työturvallisuuden näkökulmasta. Työtapaturmat ovat yleisiä rakennusalalla ja avun tulee päästä kohteeseen myös oma työturvallisuus huomioiden (Kiviniemi, Mäkelä & Sulankivi 2009, 12.)

Työturvallisuuslainsäädäntö edellyttää työnantajaa kartoittamaan työntekijää uhkaavat vaara- ja haittatekijät työmaalla sekä laatimaan toimenpiteet näiden ehkäisemiseksi. Rakennustyömaalle laaditaan jo tarjousvaiheessa riskiarvion perusteella oma turvallisuusasiakirja, jossa esitetään toimenpiteet vaaratilanteiden välttämiseksi. Turvallisuusasiakirjaa pidetään yllä sekä päivitetään koko rakennushankkeen ajan, sillä sen sisältämät riskit liittyvät pääotsikoittain työympäristöön, toteutusvaiheen riskeihin sekä työn suorittamiseen ja työvaiheisiin. (Kiviniemi ym. 2009, 16–18.)

Pelastusviranomaisten toimintaan niin pelastustehtävien suorittamiseen kuin myös riskienhallintaan liittyvät esille nostettavat asiat ovat tutkimuksen (Kiviniemi ym. 2009, 6, 41 ja 31) pohjalta yleinen järjestys työmaalla ja liikennejärjestelyt alueella. Yksinkertaistettuna yleinen hyvä järjestys vähentää esimerkiksi tulitöistä johtuvia tulipaloja työmaalla sekä toimivat liikennejärjestelyt mahdollistavat avun nopean pääsyn kohteeseen. Toteutukseen ja työvaiheisiin liittyvät huomioitavat olosuhteet ovat Kiviniemen ym. mukaan muun muassa työmaa-alueen muuttuvuus esimerkiksi rakennustarvikkeiden varastoinnin tai suurien nostureiden osalta. Tällöin tietomallia voidaankin hyödyntää työmaan logistiikkasuunnitteluun, jolla pyritään ehkäisemään työturvallisuusriskejä sekä mahdollistamaan oikea-aikainen ja tehokas rakentaminen (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 65)

3.5 Tietomalli osana paloturvallisuutta

Näkemykseni mukaan tietomalleilla on kolme keskeistä ulottuvuutta, kun keskitytään pelastuslaitoksen organisaation henkilöstöön. Näistä ensimmäisenä on erilaisten simulaatioiden käyttö esimerkiksi turvallisuuskoulutuksissa tai -infoissa ja toisena olla tukiaineistona rakentamisenohjauksen tehtävissä. Kolmantena sekä ehkä eniten tulevaisuuteen liittyvänä ulottuvuutena näkisin tietomallien hyödyntämisen pelastustehtävillä. Kaksi ensimmäistä ulottuvuutta ovat jo käytössä tai tulossa enenevässä määrin osaksi pelastusviranomaisen työtehtäviä.

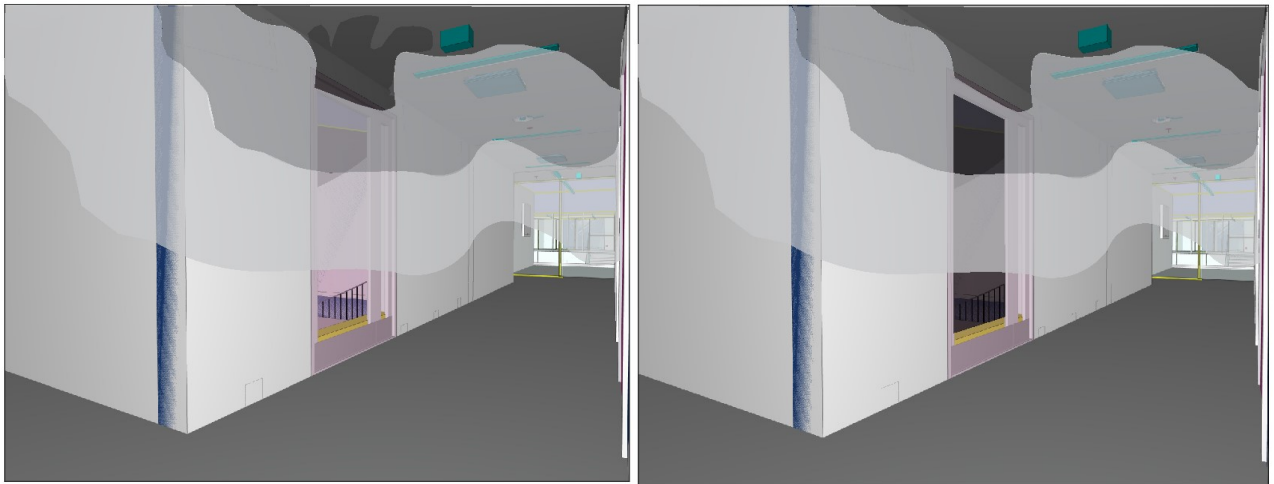
3.5.1 Tietomalli turvallisuusviestinnässä

Aiemmin käsitelimme virtuaalitodellisuuden käsitettä ja käytännön sovellutuksia, joista tyypillisin konkreettinen esimerkki on virtuaalitodellisuudessa toteutettu koulutus. Luimula ym. ovat käsitelleet julkaisussaan (2020) virtuaalitodellisuuden sekä lisätyn todellisuuden mahdollisuuksia paloturvallisuuskoulutuksissa. Virtuaalimaailmassa (VR) toteutetun koulutuksen voidaan Luimula ym. (2020, 1–3.) mukaan katsoa olevan enemmän luokkaympäristössä toteutettava koulutus, joka on osallistujilleen turvallinen lähtötasosta riippumatta. Lisätyn todellisuuden (AR) kautta on mahdollista muodostaa ympäröivästä tilasta osa simulaatiota, jolloin turvallisuuskoulutuksia voidaan järjestää koulutustilasta riippumatta.

Virtuaalitodellisuudessa toteutettu koulutus ei välttämättä pysty tarjoamaan konkreettisia havaintoja ympäristöstä, mutta kuten Luimula ym. (2020, 1–3.) toteavatkin, tulisikin koulutuksen ja koulutettavien huomio tässä ympäristössä kiinnittää esimerkiksi savun leviämisen havainnointiin (kuvassa 5) se voidaan rinnastaa perinteisten turvallisuuskoulutusten rajoituksiin, josta esimerkkinä voidaan käyttää teatterisavun hyödyntämistä tehosteena poistumisharjoituksissa.

Koska poistumisharjoituksen järjestäminen todellisuudessa palavassa rakennuksessa on vähintäänkin vaarallista, myös Ruppel ja Schatz (2011, 3 ja 11) korostavat virtuaalitodellisuuskoulutusten tärkeyttä, vaikka kokemus ei vastaisikaan todellisuutta. Lisäksi he mainitsevat tutkimuksen yhteydessä

pelastuslaitoksen henkilöstön koulutuskäyttöön laaditussa mallissa painopisteen olevan enemmän tulipalon käyttäytymisessä ja rakennuksen todellisuudessa kuin visuaalisessa ilmeessä.



Kuva 5. Savun leviäminen porrashuoneesta (Ramboll Finland Oy 2023).

Virtuaaliset turvallisuuskoulutukset ovat tulleet myös itselleni tutuiksi esimerkiksi työpaikan tarjoamien koulutusten kautta. Jokaisella työpaikalla työskentelee turvallisuusasioiden osaamisen kannalta monen tasoisia henkilöitä, myös täysin osaamattomia. Virtuaalitodellisuuden avulla järjestetty koulutuksen voidaan myös tehdyn tutkimuksen perusteella ajatella palvelevan heidän oppimistaan alkuvaiheessa. (Luimula ym. 2020, 4.)

Tietomallin käytettävyyttä ja hyödynnettävyyttä palo- ja poistumisturvallisuuskoulutuksen näkökulmasta ovat tutkineet Uwe Rüppel sekä Kristian Schatz artikkelissaan (2011, 2–3) tietomallipohjaisen hyötypelin suunnittelua poistumissimulaatiota varten. Artikkelissaan Rüppel ja Schatz korostavat lisäksi, että ihmisten poistumiseen tulipalotilanteessa vaikuttavat monet tekijät, niistä keskeisin on ihmisen käyttäytyminen, jonka mallintaminen on haasteellista. Olemassa olevien menetelmien lisäksi he nostavat esille tarpeen hyödyntää pelien mahdollisuuksia lisätyn todellisuuden sekä virtuaalitodellisuuden avulla kerättäessä tietoa ihmisten käyttäytymisestä onnettomuustilanteissa.

Rüppel ja Schatz (2011) mainitsevat, että aiemmin virtuaalitodellisuuden avulla toteutettujen visualisointien sekä toiminnallisten analyysien käyttämiseksi on pitänyt luoda erillinen malli pelkästään tätä tarkoitusta varten alusta alkaen. Artikkelissa tuodaan myös esille, että tietomallit kykenevät integraation kautta toimimaan kuitenkin pelisuunnittelun tietolähteinä mallinnettaessa rakennuksia helpottaen aikaa vievää työtä. Lisäksi Rüppel ja Schatz (2011, 3, 9 ja 10) mukaan erilaisten paloteknisten toiminnallisten tarkasteluiden visuaaliset tuotokset ovat hyödynnettävissä suunniteltaessa hyötypeliä.

Hanna-Mari Nykänen mainitsee kandidaattitutkielmassaan (2018, 5 ja 12), että hyötypelit eroavat viihdepeleistä niiden käyttötarkoituksen osalta ja niiden tarkoituksena on opettaa pelaajalle uusia taitoja. Nykänen lisää myös, että hyötypelin sisällön vaativuus ja esimerkiksi tässä tapauksessa pelastustoimen kannalta sisällön oikeellisuus tulisi toteuttaa alan asiantuntijoiden yhteistyössä. Ruppel ja Schatz käsittelevät artikkelissaan (2020, 4) hyötypeliä ongelman ratkaisuun keskittyvänä sovelluksena, jota voidaan käyttää myös pelastuslaitoksien simulaatioharjoituksissa.

Kuvien 6 ja 7 perusteella voisi vaikeustason tai kohderyhmän roolia hahmottaa tietomalliin perustuvan poistumisharjoituksen kautta. Esimerkiksi harjoitukseen osallistujalla on tehtävänä paikallistaa lähin uloskäytävä ja liikkua sinne, joka tässä tapauksessa kuvastaa pelin kautta oppimisen helppokoa vaikeusastetta. (Nykänen, 2018, 26)

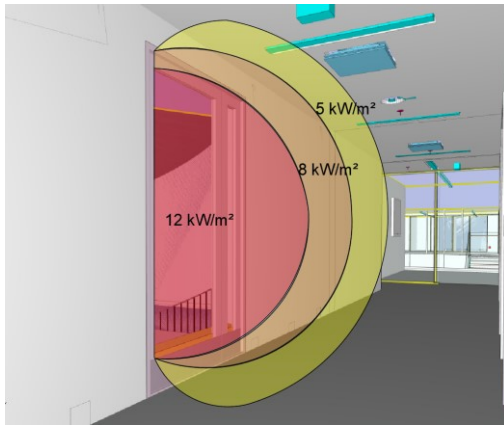
Kuvassa 6 vihreät nuolet kuvaavat siirtymäsuuntaa kuvitteellisessa skenaariossa. Päästyään kuva-sarjan viimeiseen osaan harjoituksen tavoite toteutui, eli osallistuja paikallisti lähimmän uloskäytävän, joka tässä tapauksessa oli osastoitu porrashuone. Eli kuten Nykänen (2018, 25) mainitsee, osallistuja hyödynsi kykyämme oppia uutta.



Kuva 6. Poistumisharjoituksen esimerkkikuvaus (Ramboll Finland Oy 2023).

Samaista skenaariota voidaan vaikeuttaa tai kohdentaa esimerkiksi pelastuslaitoksen henkilöstölle. Tällöin harjoitukseen osallistuja joutuu muuttamaan pelistrategiaansa (Nykänen 2018, 26), koska lisäämällä esimerkiksi oven yhteyteen kuvan 7 mukaisen lämpösäteilyn intensiteettiä kuvaavan korostuksen ei ensin esitellyn simulaation lopputulos toteudu, vaan osallistujan tulisi paikallistaa seuraava turvallinen uloskäytävä.

Skenaarion palautteessa voitaisiin todeta, että esimerkinomaisten arvojen aiheuttavan punaisella alueella puupintojen syttymisen ja vielä keltaisellakin alueella yli kahden minuutin altistumisaikana kuolettavia vammoja (TUKES 2015, 16). Nykänen (2018, 7) korostaa, että juuri palaute auttaa osallistujaa yrittämään uudelleen ja kehittämään itseään.



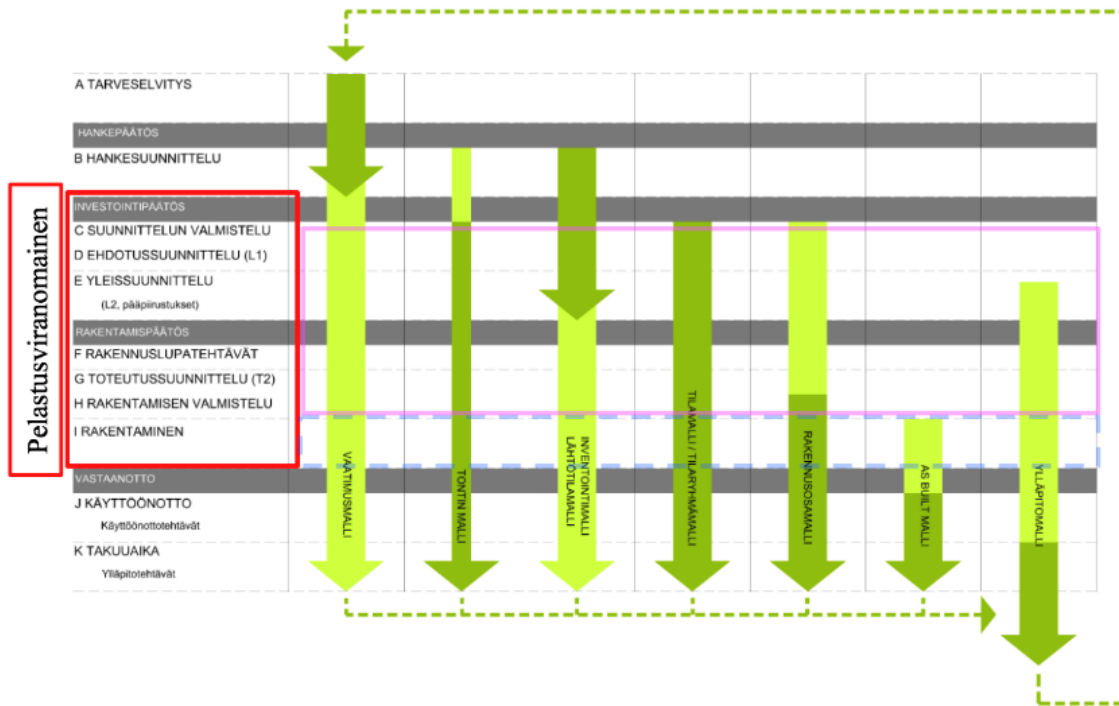
Kuva 7. Lämpösäteilyn voimakkuutta kuvaava korostus (Ramboll Finland Oy 2023).

3.5.2 Rakentamisen ohjaus ja neuvonta

Rakennustarkastusyhdistyksen ohjeen (OHJE PALO 01. 20.2.2020) mukaan pelastusviranomaisen rooli jakautuu suunnittelun ja luvituksen vaiheiden lisäksi käyttööntovaiheeseen. Kaaviossa 1. on esitetty esimerkki pelastusviranomaisen rakentamisen ohjauksen sijoittumisesta rakennushankkeen vaiheisiin pohjautuen YTV2012 kaaviokuvaan.

Pelastusviranomaisen kannalta rakentamisen ohjaukseen liittyvät keskeiset vaiheet olen korostanut YTV2012 kaavioon punaisella värillä. Suunnitteluvaiheisiin liittyvät tietomallit olen korostanut violetilla värillä, joiden alueelle perinteinen rakentamisen ohjaus kokemuksen perusteella pääsääntöisesti keskittyy.

Lisäksi sinisellä katkoviivalla on korostettu rakentamisen aikainen vaihe, jolloin annetaan tarvittaessa ohjausta ja neuvontaa mahdollisten alkuperäisistä suunnitelmista poikkeavien toteutustapojen osalta. Kuvassa tumman vihreällä nuolen osalla on YTV2012 kaaviossa 1 kuvattu mallin käyttöä sekä luomisvaihetta rakennushankkeen edetessä. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 19.; YTV2012, Osa 8, 13)



Kaavio 1. Rakentamisen ohjaus ja tietomallirakenne YTV2012 pohjalla (YTV2012, 13. Havainnollistaminen).

Tämän luvun yhteyteen olen kerännyt eri aikakausien tietomallien esitettyjä paloteknisiä tietoja sekä tietoikkunana kuin myös kuvina. Eli tietomallissa sijaitsevilla objekteilla on sekä graafinen ja informaatiivinen osio, jonka pohjalta voidaan palata eri käyttäjäryhmien informaatiotarpeisiin. Mikäli malli toimii vain visuaalisena tekijänä, riittää katselijalle, että hän tunnistaa objektin esimerkiksi oman tietotaitonsa pohjalta. (Vappula 2022, 20–22.) Tällainen on esimerkiksi savunpoistoluukku vesikatolla.

Suunnittelutyössä puolestaan tietomallin mallinnuksen tarkkuudesta tai valmiusasteesta voidaan käyttää eri numeraalisia tasoja tai termejä kuten LOD 100-500 (Level of Development) (kuva 8) sekä erityisesti luotettavuutta kuvaavaa Level of Trust-termiä. Vappula tuo tutkielmassaan (2022, 20-22) esille myös luotettavuutta (LOR), geometriaa (LOG) ja informaatiotasoa (LOI) hahmottavat osa-alueet. (YTV2012, Osa 3 – Täydentävä liite, 3.)

LOD 100: Elementit voivat olla graafisesti esitetty ja yhteydet muihin elementteihin on luettavissa. Geometriaa esim. muotoa, kokoa tai tarkkaa sijaintia ei esitetä.

LOD 200: Elementit esitetään graafisesti ja niistä on luettavissa geometria ja lukumäärät likimäärin oikein.

LOD 300: Elementit esitetään graafisesti ja niistä on luettavissa sekä otettavissa geometria ja lukumäärät tarkasti. Projektin nol-lapiste on määritelty.

LOD 350: Elementit esitetään graafisesti ja niistä on luettavissa geometria ja lukumäärät tarkasti. Mallista on luettavissa eri rakennusjärjestelmien rajapinnat

LOD 400: Elementit esitetään graafisesti ja niistä on luettavissa geometria ja lukumäärät tarkasti. Mallista on luettavissa detaljit sekä valmistukseen, kokoonpanoon ja asennukseen tarvittavat informaatiot

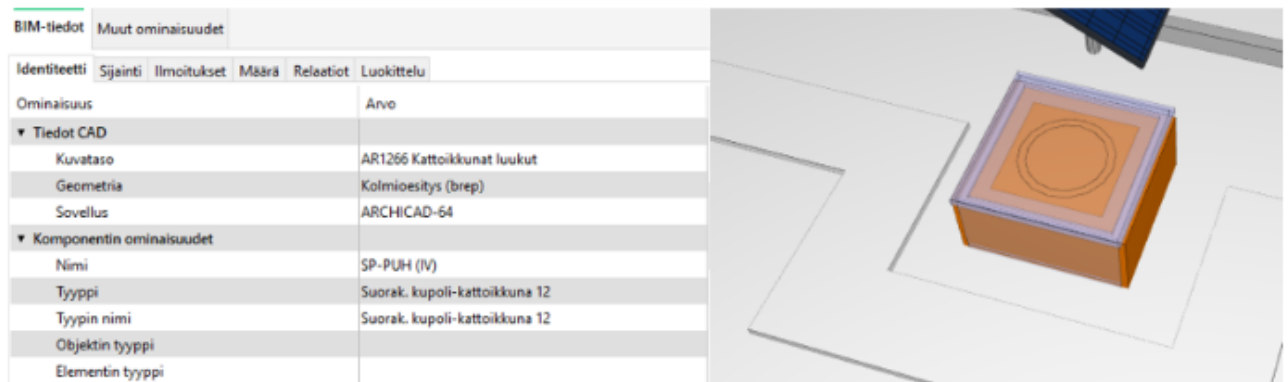
LOD 500: Rakennuksen päivitys rakennusvaiheen jälkeen.

Mallinnuksen tarkkuustaso	Mallinnuksen tarkkuustason kuvaus
1	Mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden ja tilojen kokonaismäärät selviävät mallista. Luonnostyytit ja -määritykset riittävät.
2	Mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden ja tilojen kokonaismäärät selviävät mallista. Mallissa tulee olla kohteen oikeat rakennetyypit, ikkunoissa ja ovissa perustyyppitykset sekä EI- ja dB-arvot.
3	Mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden ja tilojen kokonaismäärät selviävät mallista. Mallissa tulee olla ikkunoiden ja ovien lopulliset litterat.

Kuva 8. LOD ja YTV2012 sanallisten kuvausten vastaavuus (Vappula 2022, 21 ja YTV 2012, 3. Täydentävä liite).

Jos ajatellaan tilannetta, että pelastuslaitoksen palomestarin tai pelastusryhmän johtajan tulee tunnistaa tulipalotilanteessa palo-osaston savunpoistojärjestelyt, voidaan katsoa tärkeimmäksi erottaa painovoimainen savunpoisto ja koneellinen savunpoisto toisistaan graafisesti oikean objektin avulla. Tällöin selkeästi korostuu graafisen oikeellisuuden tarkkuus (Vappula 2022, 22) ja toisaalta väärinymmärryksen minimoiminen. Varsinaisella puhallintasoisella spesifikaatioilla ei tässä tapauksessa ole loppukäyttäjälle suurta arvoa.

Kuvissa 8 ja 9 on esitetty kaksi savunpoistopuhallinta tai ainakin sellaiseksi nimettyä. Kuvassa 8. objektin graafinen ulkoasu voisi kuvata tosiasiallisesti savunpoistopuhallinta (luukku + puhallin), mutta tyyppi on kirjattu kattoikkuna. Tämä näkyy puutteellisena informaationa erityisesti suunnittelutyössä, mutta aiheuttaa ongelmia myös esimerkiksi pelastustyötä tekeväille loppukäyttäjälle, mikäli virhettä ei korjata ajoissa. (Vappula 2022, 72.; YTV2012, Osa 3 – Täydentävä liite, 3 ja 5.)



Kuva 9. Keskenäminen tai virheellinen objekti tai nimeäminen (Ramboll Finland Oy 2023).



Kuva 10. Toteutusmallitasoinen objekti (Ramboll Finland Oy 2023).

Verrattaessa kuvan 9 mukaista mallinnuksen tarkkuustasovaatimusta 3 voidaan kuvan 8 savunpoistopuhaltimen tai -luukun todeta olevan virheellinen tai keskeneräinen ja kuvan 8 mukaisen objektin olevan toteumamallitasoinen. Kuvan 9 mukainen tietotarkkuus antaa savunpoistopuhaltimen mallikohtaisista tiedoista taulukosta 1. esimerkiksi puhallintyyppin (SMHA-050-017) mukaisen kapasiteetin 3,2 m³/s (kuva 10). Mallitarkkuus edistää myös rakennuksen huoltotoimintaa, kun tiedetään, millainen puhallin on kyseessä. (YTV2012, Osa 1. 20–21. HE 139/2022, 39§ sekä perustelumuistio s. 42 sekä 53.)

Mallinnettavat rakennusosat ja tilat sekä mallinnuksen tarkkuustasot				IFC-mallin kappaleiden tietosisältö										
Nro	Osat	Hankintoja pakseleva suunnittelu	Ensisijaiset mallinnustyökalut ja nimikkeet	Tyyppi/nimi/ID	Talo2000 (kuvataso)	Nuomero	Ovi- ja ikkunalittera	dB-arvo / EI-arvo	Kpl-määrä	Pinta-ala (brutto)	Pinta-ala (netto)	Pituus, leveys, korkeus	Karmikoko	Tilavuus
126	Vesikatot													
1262	Räystäsrakenteet	1	Seinä (RAYSTAS)	x	x									
1263	Vesikatteet	2	Laatta, katto (VK)	x	x					x	x	x		
1264	Vesikattovarusteet	1	Objekti	x	x				x					
1265	Lasikattorakenteet	1	Objekti	x	x					x	x	x		
1266	Kattoikkunat ja luukut	3	Ikkuna	x	x				x	x	x		x	

Mallinnuksen tarkkuustaso	Mallinnuksen tarkkuustason kuvaus
1	Mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden ja tilojen kokonaismäärät selviävät mallista. Luonnostyyppi ja -määritykset riittävät.
2	Mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden ja tilojen kokonaismäärät selviävät mallista. Mallissa tulee olla kohteen oikeat rakennetyypit, ikkunoissa ja oivissa perustyyppitykset sekä EI- ja dB-arvot.
3	Mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden ja tilojen kokonaismäärät selviävät mallista. Mallissa tulee olla ikkunoiden ja ovien lopulliset litterat.

Kuva 11. Tietomallintamisen tarkkuustasot ja sanallinen kuvaus.

Taulukko 1. FläktGroup -esite: Puhallintiedot.

Tuotekoodi	m ³ /s Vapaa imu	m ³ /s @ Pa (Staattinen)					
		100	200	300	400	500	600
SMHA-031-009	1,2	1,2	1,0				
SMHA-040-009	1,6	1,5	1,4	1,2	0,9		
SMHA-040-017	2,3	2,3	2,1	1,9	1,6		
SMHA-050-017	3,2	3,2	2,9	2,5	2,1		
SMHA-050-048	4,4	4,5	4,3	4,1	3,8	3,6	3,2
SMHA-080-036	7,3	7,5	6,6	5,4			
SMHA-080-048	8,0	8,4	7,5	6,1			
SMHA-080-090	9,8	11,1	10,2	9,1			
SMHA-100-066	11,7	12,1	10,8	9,4	7,8		
SMHA-100-110	14,9	16,5	15,1	13,7	11,9		
SMHA-100-180	17,0	19,0	18,0	16,8	15,6	14,1	
SMHA-125-180	20,2	21,0	19,6	18,3	16,8	15,1	13,1
SMHA-125-264	26,2	28,7	27,2	25,8	24,2	22,5	20,4

Muita rakentamisen ohjausta ja neuvontaa tekevän henkilöstön kannalta oleellisia tietoja on löydettävissä myös objektitasolla ja tarkastelemalla esimerkiksi ovien tai seinien tietoikkunoita. Alla olevissa taulukoista 2 ja 3 on esitetty eri aikakausien tietomallien objektien ominaisuustietoja, joissa tietotarkkuus vaihtelee.

Taulukon 2 osalta huomio voisi esimerkiksi kiinnittyä eri aikakauden tapoihin merkitä palonkestovaatimuksia. Kyseessä oleva A60–merkintä viittaa olemassa olevaan rakenteeseen, koska merkintätapa on ollut käytössä ennen EI (xx)–merkintöjä esimerkiksi vuonna 1981 (Ympäristöministeriö, E1 1981, 12.) kuvaten rakenteiden palonkestovaatimuksia. Tällöin Vappulan (2020, 22) mainitsema ei-graafinen tietosisältö näyttäytyy tärkeämpänä kuin graafinen tietosisältö.

Taulukko 2. Eri aikakausien merkintätapoja tietomalliin syötettyinä tietoina (Ramboll Finland Oy 2023).

Ominaisuus	Arvo	Ominaisuus	Arvo
AcousticRating		AcousticRating	
FireRating	A 60	FireRating	EI 30
IsExternal	Epätosi	IsExternal	Epätosi
SecurityRating		SecurityRating	

Vastaavasti taulukossa 3 esitetty erittäin tarkka kuvaus kyseisen objektin tiedoista jopa niin, että kyseinen seinäelementti on löydettävissä rakennetyypeistä kohdasta VS9, mikäli rakennetta haluaa tarkastella detaljitasolla, mikä mahdollistaa esimerkiksi hiilijalanjäljen vähentämisen vaihtoehtoisten rakenneratkaisuiden avulla. (HE 139/2022, 78.)

Taulukko 3. Esimerkki tarkoista tiedoista (Ramboll Finland Oy 2023).

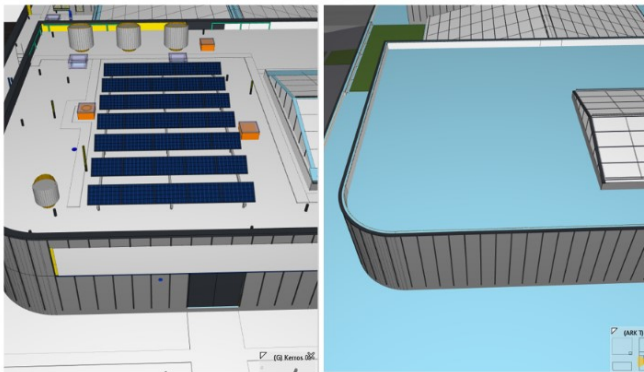
Ominaisuus	Arvo
ExtendToStructure	Epätosi
FireRating	EI60
IsExternal	Epätosi
LoadBearing	Epätosi
Reference	1311 - VS9 - Ei- kantava väliseinä, palonkesto EI60 (149mm)

3.5.3 Pelastustoimintaan osallistuvan henkilöstön tukena

Pelastuslaitoksen henkilöstö ja tietomallien potentiaaliset käyttäjät voidaan jakaa pelastustoimintaan osallistuvaan henkilöstöön sekä onnettomuuksien ehkäisyn tai riskienhallinnan toimialueen henkilöstöön (Lehtoviita & Rautiainen 2019, 26–27 ja 58). Lisäksi esimerkiksi Pohjois-Savon pelastuslaitoksella organisaatioihin kuuluu myös ensihoidon toimiala. (Organisaatiokaavio.)

Tietomallien haasteena ovat suuret tiedostokoot mallinnustason mukaan eli siitä, kuinka tarkasti valmis rakennus on esitetty (Vappula 2022, 20–22). Kun työskennellään toimistoympäristössä hyvien verkkoyhteyksien äärellä tai jos malli on ladattu työasemalle, ei suuresta tiedostokoosta muodostu merkittävää ongelmaa tiedonsiirron nopeuden tai kapasiteetin osalta, kun käytössä on Melkon mainitsemat LTE – palvelut (Melkko 2021, 5). Tällöin rajoittavimmat tekijät tietomallin nopeaan käyttöön ottoon toimistoympäristössä nähdäkseen liittyvät tietokoneen komponenttitason suorituskykyyn. Tällä hetkellä suoritettavien pelastustehtävien kannalta taasen suurin haaste liittyy tiedonsiirtokapasiteettiin hyvien tietoliikenneyhteyksien ulottumattomissa, mikäli halutaan työskennellä jatkuvasti ajantasaisen aineiston kanssa ja välttää mahdolliset virheet rakennuksen tietomallissa tai sen aineistossa.

Esimerkiksi kuvassa 12 on esitetty kaksi eri sisältöistä tietomallia täysin samasta kohteesta. Vasemmalla nähtävässä tietomallissa on eri suunnittelualojen mallit kasattu yhteen ja oikealla pelkästään arkkitehdin sekä geosuunnittelun tietomallit ovat yhdistettyinä.

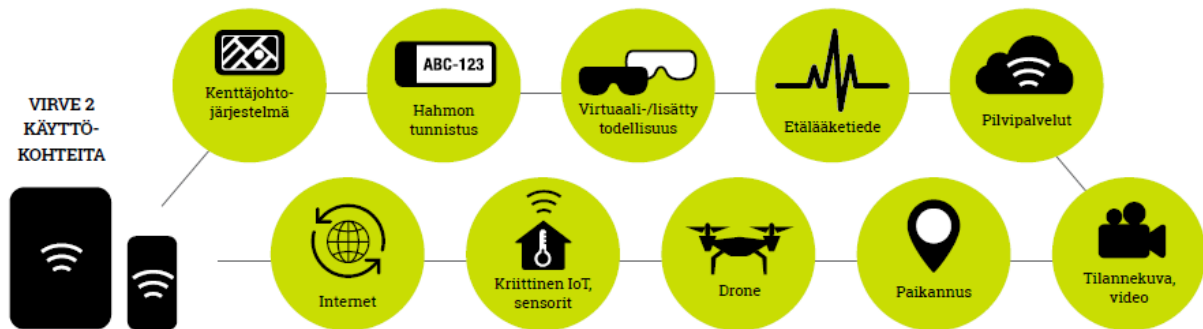


Kuva 12. Tietomallien visuaaliseen ulkoasuun vaikuttaa mallien yhdistäminen (Ramboll Finland Oy 2023).

Tiedostokokona tämä tarkoittaa ensin mainitulle 0.2 gigatavua ja jälkimmäiselle tietomallille vain 11 megatavua. On kuitenkin huomioitava, että nykyiset tietomallit voivat mallinnustarkkuuden mukaan (Vappula, E. 2022, 20–22) olla erittäin kookkaita, mikä aiheuttaa haasteita tiedonsiirtokapasiteetille, mikäli käytetään Melkon (2021, 5) esille tuomaa siirtonopeutta. TETRA-verkon tiedonsiirtokapasiteetti tällä hetkellä Melkon (2021, 5 ja 13) mukaan on vain 7 kb/s, joka laskennallisesti tarkoittaisi käyttämämme esimerkkietomallin latausajaksi karkeasti 7,5 tuntia. VIRVE 2-verkon käyttöönoton myötä viranomaisten käyttöön saadaan laajakaistapalvelut eli LTE-palvelut, jotka ovat meille

kuluttajille arkipäivää usean vuoden takaa. Tutkimukseen perustuen LTE-palvelut nostavat tiedonsiirtokapasiteetin huonoimmillaankin lähes tuhatkertaiseksi vanhaan järjestelmään verrattuna ja esimerkiksi tietomallimme latausaika putoaisi kohtalaiseen noin puoleen minuuttiin.

VIRVE 2-järjestelmä pyrkii vastaamaan tähän ongelmaan tarjoamalla paremman tiedonsiirtokapasiteetin verrattuna vanhaan käytössä olevaan TETRA-järjestelmään nähden. Järjestelmäuudistuksen yhtenä osana on oletettu, että viranomaisten toimintaa tukevia innovaatioiden määrän odotetaan kasvavan esimerkiksi kuvasta 13 nähtävän virtuaalitodellisuuden tai lisätyn todellisuuden sovellutusten osalta. (VIRVE 2 -mobiilistrategia, versio 1.2 // erillisverkot 202, 12.)

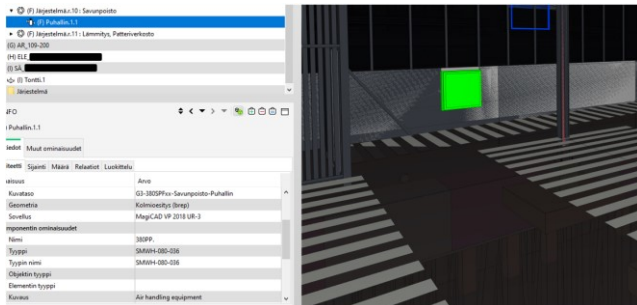


Kuva 13. VIRVE 2.0 käyttökohteita.

Lehtoviita ja Rautiainen käsittelevät julkaisussaan (2019, 36–37) myös pelastuslaitoksen näkökulmasta laadittuja IFC-malleja, jotka olisivat erityisesti pelastushenkilöstön käyttöön muokattuja tai suunniteltu tietomalleja. Nämä pitäisivät sisällään kohdepiirrosten tai kohdekorttien sisältämiä asioita. Tämän näkisin tulevaisuudessa olevan mahdollista siirryttäessä kohti rakennusten laajamittaista tietomallien laatimista (HE 139/2022, 92), mutta siten, että edellä mainitut spesifit tietomallit saadaan kytkettyä osaksi rakentamislupaehjoja.

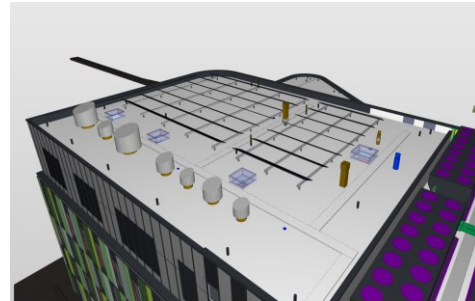
Työmäärän ei Lehtoviidan ja Rautiaisen mukaan (2019, 34) oleteta merkittävästi kasvavan erikseen pelastustoimelle laadittavien mallien osalta, mutta nousevien kustannusvaikutusten sekä toisaalta kustannustehokkuuden vuoksi tulisi selkeät ohjeet olla sisällytettynä esimerkiksi YTV 2012-ohjeisiin. Toisaalta tulevaisuudessa digitalisaation myötä pelastuslaitoksilla olisi käytettävissään tietomallit uusista tai jopa peruskorjattavista rakennuksista (HE 139/2022, 13 ja 92), joka tarjoisi mahdollisuuden tuottaa tietomalleja myös itse omaan käyttöön. Tämä edellyttäisi pelastuslaitokselta oman henkilöstön koulutusta tai nähdä se mahdollisuutena rekrytoida jo valmiita alan ammattilaisia henkilöstöön.

Operatiivista toimintaa eli pelastustehtävien hoitamista helpottaa esimerkiksi tutustuminen tietomalliin ennakoita, mutta käytetyn ohjelman mukaan, on käyttö tilanteen aikana kuitenkin saavutettavissa yksinkertaisilla käyttöharjoitteilla. Kuvassa 14 on esitetty erään maanalaisen pysäköintihallin savunpoistopuhaltimen sijainti seinäpinnassa. Sekä kuvassa 15 eräs esimerkki savunpoistoluukkujen sijainnin nopeasta tarkastamisesta vesikatolta.



Kuva 14. Savunpoistopuhallin maantasossa

(Ramboll Finland Oy 2023).



Kuva 15. Savunpoistoluukut vesikatolla

(Ramboll Finland Oy 2023).

4 TIETOPOHJAN KARTOITUS

Tietojen keruu on toteutettu kaksivaiheisena. Ensimmäisessä vaiheessa kartoitin suunnittelutoimistojen kokemuksia Pohjois-Pohjanmaan, Päijät-Hämeen sekä Uudenmaan maakuntien alueilta. Ensimmäisen vaiheen kysely oli luonteeltaan enemmän kartoitus kuin varsinainen tutkimus. Kyseisen kartoituksen tarkoitus oli selvittää, kuinka 3D–visualisointia hyödynnetään arkkitehti- ja suunnittelu-toimistoissa valituilla alueilla. Käytin kyselyyn valittujen toimistojen kriteereinä toimialaa, joka tuli olla rakennussuunnitteluala sekä yrityksen yhteystiedot tuli löytyä yrityksen internet-sivuilta. Kysely lähetettiin yhteensä 33 rakennussuunnittelua tekeväälle henkilölle. Tämä kokemuskartoitus ei tuottanut käytännössä lainkaan vastauksia.

Toisen vaiheen eli tietopohjan varsinainen kartoitus toteutettiin Google–Forms-pohjaisena sähköisenä kyselynä. Tiedonkeruumenetelmänä käytettiin Delfoi–menetelmää, jonka tarkoituksena on kerätä valitulta asiantuntijaryhmältä näkemyksiä käsiteltävään aiheeseen. Delfoi–menetelmä ei suoraan kuulu kyselytutkimuksien kategoriaan, vaan sen tarkoituksena on selvittää laadullisena menetelmänä asioita, jotka ovat epäselviä tai arvaamattomia (Delfoi-menetelmä).

Tietopohjan kartoitus lähetettiin Pelastusopiston jakelun kautta rakennusvalvonnan keskeisille yhteyshenkilöille, jotka tahollaan taas jakoivat sitä eteenpäin henkilöstölleen. Kartoituksen tarkoituksena oli selvittää eri alueiden rakennusvalvontaviranomaisten tai rakentamisen kanssa tekemisissä olevan henkilöstön kokemuksia liittyen tietomalleihin sekä visualisointikeinoihin.

4.1 Tietopohjan kartoituksen rakenne

Ensimmäisessä kysymyksessä pyrittiin kartoittamaan vastaajan maantieteellistä työskentelyaluetta, mikä kerrottiin kysymyksen perusteissa. Toinen kysymys pyrki kokoamaan vastaajan kokemuksia 3D-visualisoinnista muutaman rakentamiseen liittyvän tyyppiesimerkin kautta (kuva 16). Lisäksi lisäsin kysymykseen avoimen kohdan, johon vastaaja saattoi halutessaan lisätä vapaamman kuvauksen aiheyhteydestä.

⋮

Olen törmännyt 3D - visualisointiin seuraavissa yhteyksissä *

3D-visualisoinnilla tarkoitetaan tässä kyselyssä rakennushankkeiden havainnollistamiseen käytettävää menetelmää. Visualisointi voi tarkoittaa joko esteettistä visualisointia hankesuunnitteluvaiheessa tai tietomallin pohjalta luotua. Kysymys kartoittaa vastaajan kokemuksia 3D - visualisoinnista ja yhteyksistä.

- Messuilla tai tapahtumissa
- Aloituskokoukset
- Työmaakatselmukset
- Suunnittelukokoukset
- Tarjouskilpailut
- Muu...

Kuva 16. Tyypiesimerkit 3D-visualisoinnista rakennushankkeissa.

Kolmanteen kysymykseen oli kasattu eri ammattinimikkeitä sekä tehtäväkuvauksia kuntien rakennusvalvonnoista, jotka on nähtävissä kuvasta 17. Kysymykseen oli lisätty myös vaihtoehdoksi *En halua kertoa*, sillä joillekin pienille organisaatioille kysymykseen vastaaminen saattaa yksilöidä vastaajan hyvinkin tarkasti. Lisäksi vastausvaihtoehtona voitiin käyttää kohtaa *Muu asiantuntija*, joka tarkoittaa avointa vastausmahdollisuutta, mikäli tehtäväkuvaus ei löydy listasta.

⋮

Tehtäväkuvaukseni organisaatiossa *

Vastauksesi auttaa minua kartoittamaan kuinka kokemukset 3D - visualisoinnista jakautuvat eri tehtävien kesken. Valitse parhaiten kuvaava.

- En halua kertoa
- Lupa-arkkitehti
- Lupainsinööri
- Lupavalmistelija / lupasihteeri
- LVI - tarkastaja
- Muu asiantuntija
- Tarkastusinsinööri
- Rakenneinsinööri
- Rakennustarkastaja

Kuva 17. Tehtäväkuvauksia rakennusvalvonnassa.

Aiemmat kysymykset oli asetettu järjestykseen, joka antoi vastaajasta vähintään maantieteellisen sijainnin, tehtäväkuvauksen omassa organisaatiossaan sekä tiedon, onko hän törmännyt 3D-visualisointiin ylipäätään.

Neljännän ja viidennen kysymyksen kohdalta alkaen kartoitettiin vastaajan tunnistamia yleiskäsitteitä kuvan 18 ja 19 mukaisesti koskien 3D-visualisointia sekä tietomallihankkeita.

☰

Tunnistan seuraavat käsitteet 1/2 *

Tämä kysymys kartoittaa vastaajan tietämystä 3D - visualisointiin liittyvistä termeistä ja käsitteistä.

- EWK
- Lisätty todellisuus
- Virtuaalitodellisuus
- 3D - lasit
- Mixed Reality
- RE
- En mitään yllä mainituista

Kuva 18. Käsitteistön tunnistamista.

☰

Tunnistan seuraavat käsitteet 2/2 *

Opinnäytetyössä 3D - visualisointia käsitellään lähtökohtaisesti rakennuksen tietomallin tarjoamien mahdollisuuksien kautta. Tässä kysymyksessä kartoitetaan vastaajan tietämystä tietomalleihin osalta.

- BIM
- YTV2012
- Yhdistelmämalli
- Inventointimalli
- As-Built
- IFC - malli
- Vaatimusmalli
- En mitään yllä mainituista

Kuva 19. Vastaajan termistötuntemusta kartoitettavia vaihtoehtoja.

Kuudes kysymys oli, kuinka usein tietomallipohjaista suunnittelua käytetään vastaajan kokemuksen mukaan. Tämän kysymyksen tarkoituksena on lisäksi saada tietoa, onko tietomallipohjaista suunnittelua käytössä yleisesti kyseisen maakunnan alueella. Vastausvaihtoehtojen ääripäät ovat kerran kuukaudessa ja en koskaan. Muuta vaihtoehtoja ovat nähtävissä kuvasta 20. Lisäksi käytössä oli vastausvaihtoehto *Muu* kuvaamaan tarkemmin kokemuksiin perustuvaa ajanjaksoa.

Rakennuksen tietomalli osana työtehtäviäni. Kuinka usein olet työtehtävissäsi törmännyt rakennuksen tietomallipohjaiseen suunnitteluun? *

Opinnäytetyö käsittelee 3D - visualisointia rakennuksen tietomallin (BIM) tarjoamien mahdollisuuksien osalta. Kuinka usein olet työtehtävissäsi törmännyt rakennuksen tietomallipohjaiseen suunnitteluun?

- Kerran kuukaudessa
- Kerran puolessa vuodessa
- Harvemmin kuin kerran vuodessa
- En koskaan
- Muu...

Kuva 20. Tietomallipohjaisen suunnittelun yleisyys vastaajan kokemusten perusteella.

Seitsemäs kysymys pyrki tarjoamaan vastaajalle myös mahdollisuuden tuoda kehitystarpeita esille oman organisaation tietoteknisistä tai osaamiseen liittyvistä valmiuksista. Kysymystä laatiessani ajattelin, että olisi hienoa, mikäli tuon vastauksen pohjalta joku saisi kimmokkeen laittaa kehitysaloitetta eteenpäin omassa organisaatiossaan. Tässä kysymyksessä vastaaja pystyi myös tuomaan kehitystarpeita esille omasta organisaatiossaan avoimen vastauksen muodossa valitsemalla vaihtoehdon *muu*, joka on nähtävissä kuvasta 21.

...

3D - visualisoinnin hyödyntäminen edellyttäisi organisaatiossamme...: *

- Perehdytyskoulutusta sekä opastusta
- Laitteistohankintoja
- Ohjelmistohankintoja
- Kiinnostusta asiaan
- Muu...

Kuva 21. 3D-visualisoinnin hyödyntämisen edellytyksiä

Kahdeksannen kysymyksen kohdalla oli listattu tietomallien tarkasteluun yleisesti käytettyjä ohjelmistoja niin, että ne ovat kaikkien käytettävissä ilman maksullisia lisenssejä. Lisäksi vastausvaihtoehtona voitiin käyttää kohtaa *muu* (kuva 22), jossa mainitaan, ettei ohjelmia tai sovelluksia ole käytettävissä.

Tietomallien tarkasteluun olen käyttänyt *

- BIM Vision
- Solibri Model Viewer
- Tekla BIMsight
- Organisaatiossamme ei ole käytössä ohjelmia tai sovelluksia tietomallien katseluun
- Muu...

Kuva 22. Tietomallien katseluohjelmistoja.

Kuten kahdessa edellisessä kysymyksessä, myös yhdeksännessä kysymyksessä vastaaja saattoi antaa myös ”palaute -henkisen” vastauksen. Vastaajalta tiedusteltiin, kokeeko hän tietomallit työtä helpottavana vai haittaavana elementtinä. Kyseessä on jatka lausetta-tyyppinen asettelu, mikä on nähtävissä kuvista 23 ja 24.

Käyttäjäkokemukseni perusteella tietomallit... *

- parantavat havainnolistamista.
- vähentävät tulkinnanvaraisuuksia verrattuna 2D - piirustuksiin.
- nopeuttavat rakennuslupaprosessia.
- vaikeuttavat arkea ja työntekoa.
- tulevat parantamaan rakennusten käyttöturvallisuutta.
- helpottavat yhteistyötä viranomaisen ja suunnittelijoiden välillä.
- aiheuttavat turhia kustannuksia rakennushankeissa.
- ovat ohimenevä "trendi".
- Muu...

Kuva 23. Kokemuksia tietomallien käytöstä.

Tietomallit tulevaisuuden rakennusvalvonnassa *

YTV2012 mainitsee osassa 14. muutamia pitkän aikavälin tavoitteita tietomallien käytölle. Kokemukseni perusteella uskon, että seuraavat menetelmät yleistyvät lähitulevaisuudessa. Valitse seuraavista:

Lähde: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa14_rakennusvalvonta.pdf

- Suunnittelun lähtötietojen tulkinta
- Rakennuksen suunnitelmien tarkastaminen
- Rakennustyön valvonta
- Rakennuksen elinkaaren seuranta (huolto- ja ylläpito)
- Erilaiset tekniset analyysit
- Paloturvallisuusvaatimusten tarkastaminen
- Ei mikään yllä mainituista
- Muu...

Kuva 24. Tietomallien tulevaisuus.

Viimeiset kaksi kysymystä (kuva 28) käsittelevät lisätyn todellisuuden käyttökokemuksia sekä mahdollisia sovelluskohteita rakennusvalvonnan näkökulmasta. Kysymyksessä yksitoista vastaaja saattoi valita joko kyllä tai ei sen mukaan, onko hän ollut tekemisissä lisätyn todellisuuden kanssa.

Viimeisessä kysymyksessä oli pelkästään avoin vastausvaihtoehto, johon vastaaja sai ideoida lisätyn todellisuuden käyttökohteita rakennusvalvonnan eri tehtävissä.

Oletko törmännyt työtehtävissäsi tai muussa yhteydessä lisättyyn todellisuuteen? *

Lisätty todellisuus perustuu käytännössä katselu-ympäristöön (mobiililaitteen kuva / 3D - lasit) lisättyyn tietokoneella luotuun objektiin. Esimerkiksi asiakas voi mobiililaitteensa avulla havainnollistaa uuden sohvan soveltumista sisustukseen lisäämällä sen objektina katselusovellukseen.

Kyllä

Ei

Lisätty todellisuus

Lisättyä todellisuutta käytetään esimerkiksi markkinoinnissa ja tuote-esitteissä havainnollistamaan tuotteita tai palveluita. Olisiko mielestäsi lisätyn todellisuuden käytöstä hyötyä rakennusvalvonnan eri tehtävissä? Mainitse joitakin esimerkkejä.

Pitkä vastausteksti

Kuva 25. Lisätty todellisuus rakentamisessa.

Kaikkiaan vastauksia sain kyselytutkimukseen 59, mitä voidaan pitää varsin hyvänä otantana verrattuna ensimmäiseen kartoitukseen, johon vastauksia ei käytännössä kertynyt lainkaan.

4.2 Tulokset

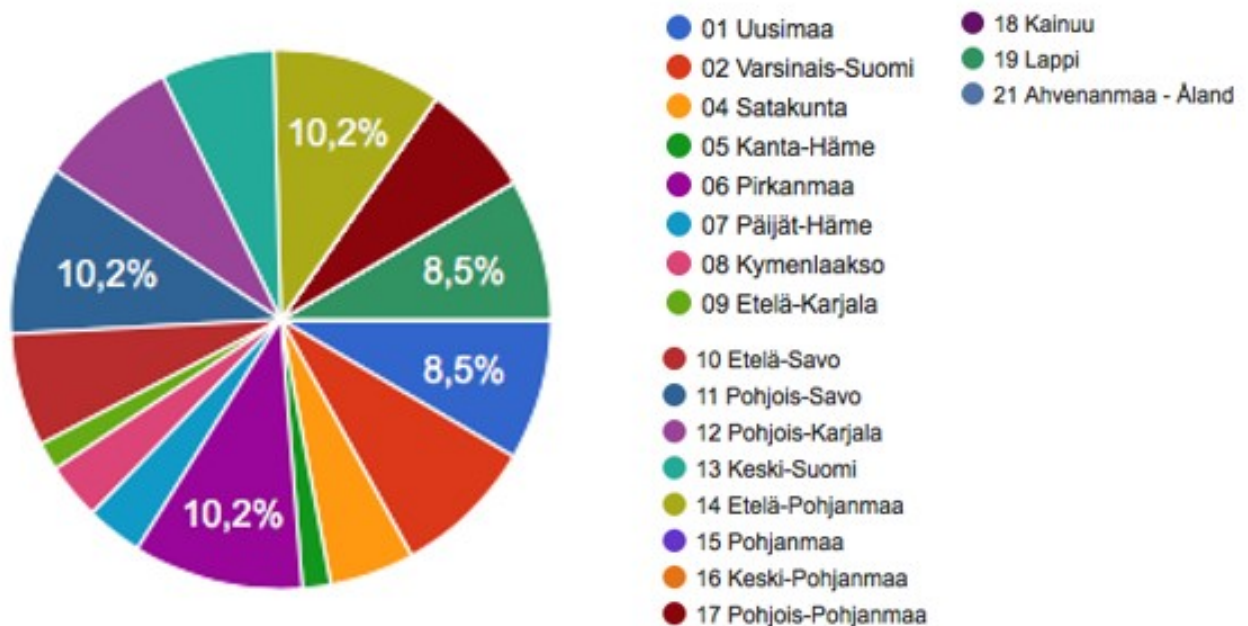
4.2.1 Maakunta, jonka alueella toimin

Enemmistö vastaajista osoittautui kysymyksen perusteella työskentelevän Etelä-Pohjanmaan, Pohjois-Savon tai Pirkanmaan alueella (kaavio 2). Näissä vastaajia kertyi maakuntaa kohden jokaiseen kuusi kappaletta.

Viiden vastaajaan ryhmässä olivat Pohjois-Karjala, Lappi ja Uusimaa sekä Varsinais-Suomi. Keski-Suomen, Pohjois-Pohjanmaan sekä Etelä-Savon maakunnista löytyi jokaisesta viisi kyselytutkimukseen osallistujaa.

Kolme tai alle vastaajaa löytyi tutkimuksen perusteella Satakunnasta, Kanta-Hämeestä, Päijät-Hämeestä, Kymenlaaksosta sekä Etelä-Karjalasta.

Vastauksia ei saatu Kainuun, Ahvenanmaan, Keski-Pohjanmaan tai Pohjanmaan maakunnista.



Kaavio 2. Vastausten alueellinen jakautuminen.

4.2.2 Olen törmännyt 3D – visualisointiin seuraavissa yhteyksissä

Vastausvaihtoina oli tyyppiesimerkkejä, jotka ajattelin olevan tavanomaisimpia yhteyksiä, joissa 3D-visualisointiin vastaaja olisi voinut törmätä. Useat yksittäiset vastaajat olivat valinneet lisäksi avoimen vastauksen vaihtoehdon, mikä on nähtävissä kaaviosta 3. Tämä tuo hyvää lisäinformaatiota ja käyn myöhemmin läpi avoimia vastauksia osana tämän kysymyksen purkua.

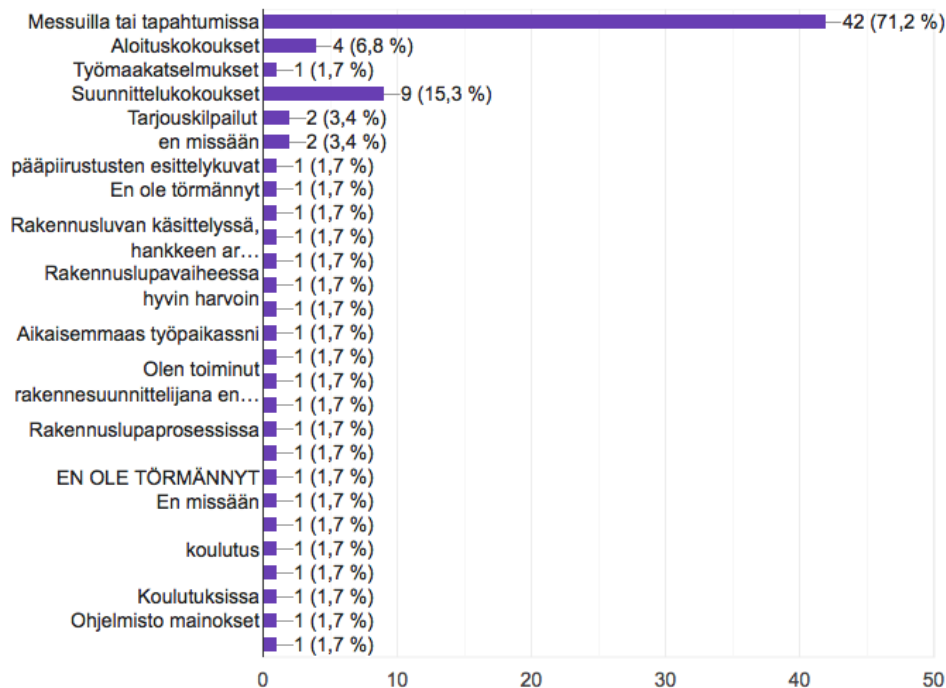
Pääasiallinen tilanne, jossa vastaajat näyttävät olleen tekemisissä 3D-visualisoinnin kanssa, on messuilla tai muissa alan tapahtumissa (71,2 %). Rakentamisen alan messuilla tuttuja ovat esimerkiksi 3D-lasit ja erilaiset virtuaaliympäristöissä toteutetut ”elämysmatkat”. Kysymys ei pyrkinyt selvittämään tarkempaa menetelmää tai järjestelmää.

Suunnittelukokoukset ovat varsin tyyppisiä yhteyksiä törmätä visualisointiin ja sen eri käyttötarkoituksiin. Vastaajista 15,3 % oli ollut tekemisissä jollakin tavalla 3D-visualisoinnin kanssa suunnittelukokouksissa.

Aloituskokouksissa pääsuunnittelija voi esitellä markkinointikäyttöä varten tehtyä arkkitehtimallia, joka tuo esille kohteen ulkomuodon ja sijoittumisen esimerkiksi kaupunkikuvaan. Vastaajista 6,8 % oli ollut tekemisissä 3D-visualisoinnin kanssa aloituskokouksissa.

Olen törmännyt 3D - visualisointiin seuraavissa yhteyksissä

59 vastausta



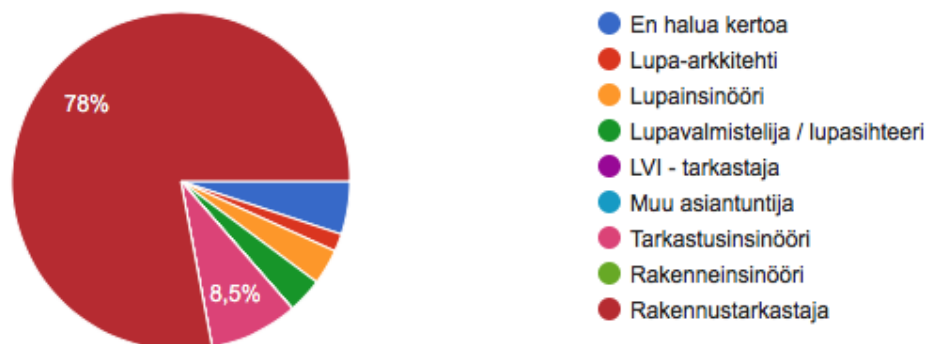
Kaavio 3. Erilaisia yhteyksiä 3D-visualisoinnin hyödyntämiseen.

4.2.3 Tehtäväkuvaukseni organisaatiossa

Tehtäväkuvauksen pohjalta vastaajista valtaosa eli 78 % osoittautui kaavion 4. perusteella työskentelevän rakennustarkastajana tai siihen rinnastettavissa tehtävissä. Seuraavana vastaajaryhmänä olivat tarkastusinsinöörin tai vastaavassa virassa työskentelevät henkilöt, joita oli 8,5 % kyselyyn osallistuneista. Kuten aiemmin mainitsinkin, kaikki vastaajat eivät halua yksilöityä tehtävänimikkeeseen perusteella. *En halua kertoa* vaihtoehto oli kolmanneksi suurin vastaajaryhmä eli 5,1 %. Loput 8,4 % vastanneista työskentelivät lupa-arkkitehdin, - valmistelijan tai sihteerin tehtävissä tai lupainsinöörin tehtävissä.

Tehtäväkuvaukseni organisaatiossa

59 vastausta



Kaavio 4. Tehtäväkuvauksen mukainen jakautuminen vastaajien kesken.

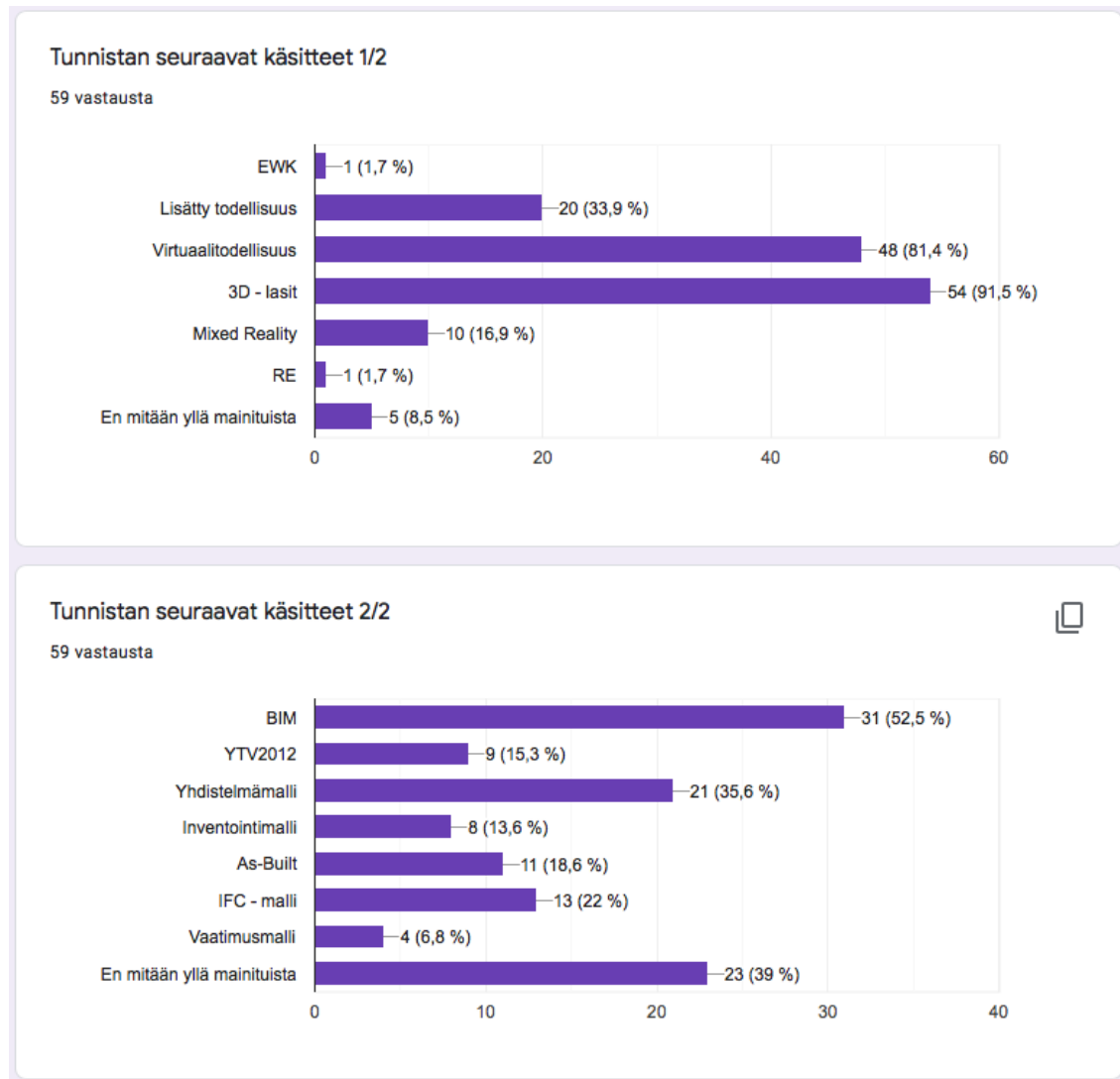
4.2.4 Käsitteistön tunnistaminen

Käsitteistön tuntemusta mitattiin kahdessa seuraavassa kysymyksessä. Neljäs kysymys painottui enemmän visualisointiin liittyviin käsitteisiin, ja viiden kysymys pyrki selvittämään vastaajan termistötietoutta liittyen tietomalleihin.

Suurin osa vastaajista eli 91,5 % tunnisti 3D-lasit termin sekä 81,4 % kaikista vastaajista tunnista virtuaaliodellisuuden termin. Harvinaisia termejä, kuten EWK eli Extent of World Knowledge Continuum, joka tarkoittaa mallintamattoman ja mallinnetun maailman ääripäiden välistä aluetta (Milgram & Colquhoun 1999, 2–3.) sekä RE, *Real Environment* eli mallintamaton maailma tai todellisuus, tunnisti myös kaksi eri vastaajaa. Näistä kumpikin tunnisti toisen mainituista termeistä.

Yleisesti voidaan katsoa termistöä tunnettavan pääasiassa laajasti kysymyksen vaihtoehtoista, mikä on nähtävissä kaaviosta 5. Ainoastaan viisi vastaajaa ei tunnistanut mitään yllä mainituista termeistä.

Tietomalleihin liittyvää termistöä tunnistettiin enemmän hajautuvasti vastaajien keskuudessa painotuen BIM, *Building Information Model* eli rakennuksen tietomallin englanninkielisen termin sekä yhdistelmämallin termien tunnistamiseen. Näistä termeistä 52,5 % vastaajista tunnista termin BIM sekä 35,6 % termin yhdistelmämalli. Toiseksi eniten vastausvaihtoehdoksi valittiin En mitään yllä mainituista eli 39 % kaikista vastaajista, mikä on nähtävissä kaaviosta 5.



Kaavio 5. Termien tunnistamista kyselytutkimuksen osana.

4.2.5 Rakennusten tietomalli osana työtehtäviä

Termistön tuntemusten jälkeen kyselyyn vastanneet arvioivat, kuinka usein he työtehtävissään törmäävät tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Lähes puolet vastaajista ei ollut törmännyt työurallaan vielä tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Tietomallipohjaisen suunnittelun osalta enemmistö (35,6 %) vastanneista osoittautui olleen kaavion 6. perusteella tekemisissä tietomallien kanssa harvemmin kuin kerran kuussa. Vastaajista 15,3 % osoittautui olleen tekemisissä tietomallipohjaisen suunnittelun kanssa noin kerran vuodessa.

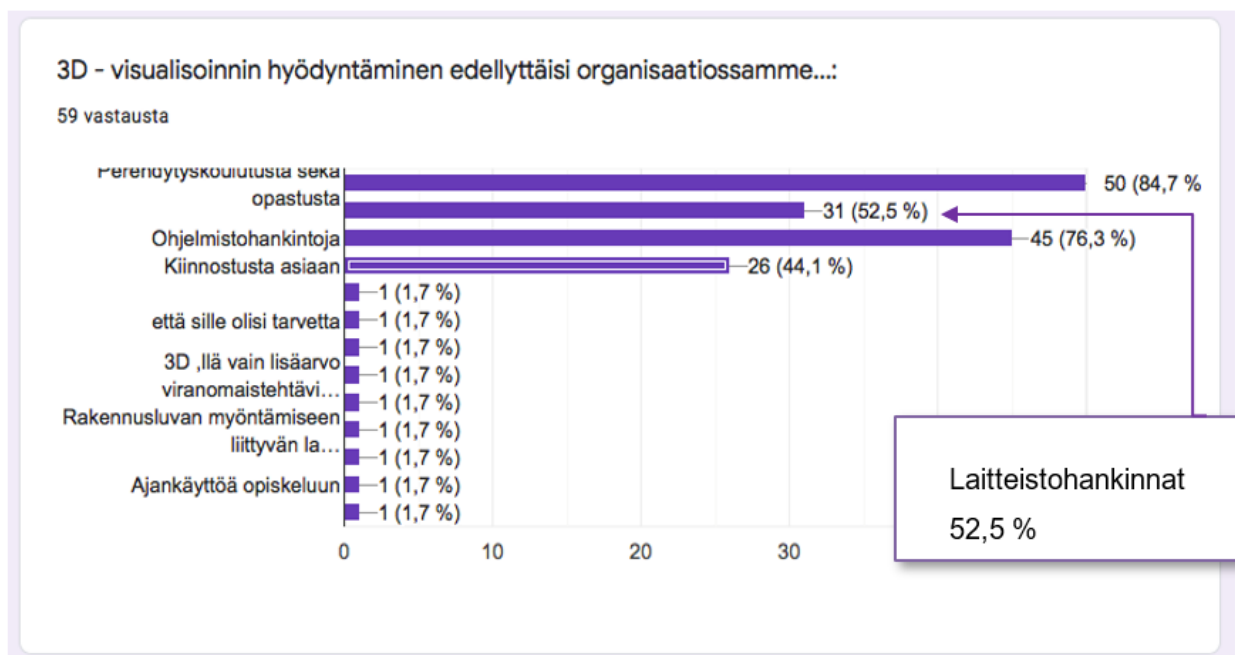


Kaavio 6. Tietomallipohjaisen suunnittelun esiintyvyys vastaajien kokemusten perusteella.

Avaan maantieteellistä jakautumista johtopäätökset kohdassa, jossa esittelen yksityiskohtaisesti läpikäytyjen lomakkeiden löydöksiä alkuperäiseen tietopohjan kartoituksen olettamaan eli sen, onko 3D-visualisointi polarisoitunut vain kasvukeskuksiin vai löytyykö myös maakunnista kokemuksia asiasta.

4.2.6 3D – visualisoinnin hyödyntäminen organisaatiossa

Kyselyyn osallistuneilta tiedusteltiin valmiiden vastausvaihtoehtojen sekä avoimen vastausvaihtoehdon avulla kokemuksia, mitä heidän mielestään 3D-visualisoinnin hyödyntäminen edellyttäisi organisaatiossa. Suurin osa vastaajista eli 84,7 % näki oleellisimmaksi kehitystarpeeksi perehdytyskoulutuksen sekä opastuksen. Laitteisto- sekä ohjelmistohankinnat nousivat myös esille näiden vastausten perusteella, joista korostui ohjelmistohankinnat 76,3 % vastauksissa.

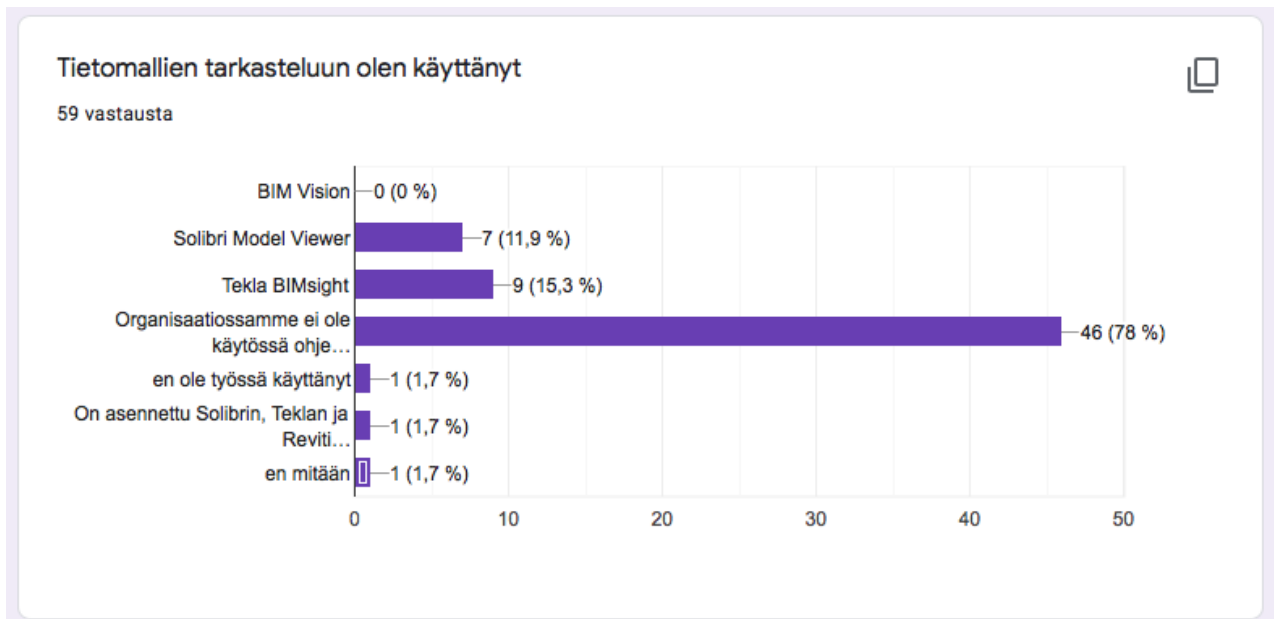


Kaavio 7. Organisaation kehitystarpeita 3D-visualisoinnin hyödyntämiseksi.

Useat yksittäiset vastaajat valitsivat myös avoimen vastausvaihtoehdon. Avaan näitä tarkemmin lainausten pohjalta tämän kysymyksen lopussa. Kaaviosta 7. on nähtävissä myös korostunut vastausvaihto *Kiinnostusta asiaan* 44,1 %, mikä avaan tarkemmin johtopäätöksissä.

4.2.7 Tietomallien tarkasteluun käytetyt sovellukset

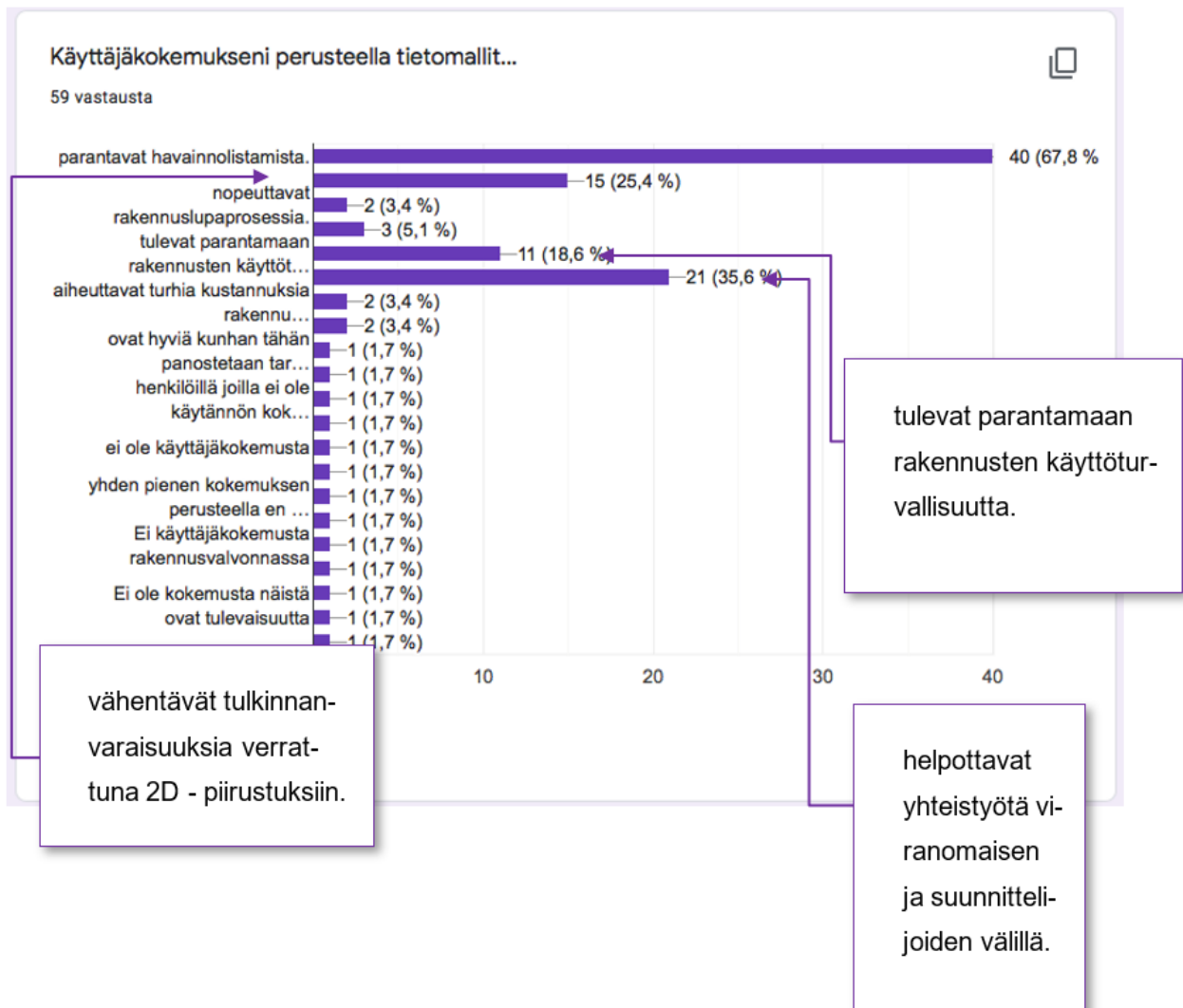
Tietomallien tarkasteluun käytössä olevien ohjelmien käytön osalta ilmeni, että suurimmalla osalla eli 78 % rakennusvalvonnan eri tehtävissä työskentelevistä ei ollut käytössä tarvittavia ohjelmistoja tietomallien tarkasteluun. Käytössä olevista ohjelmistoista vastaajat käyttivät eniten Tekla BIMsight-ohjelmistoa. Kaaviosta 8. on nähtävissä jakautuminen kahden itselleni tunnetuimman ohjelmiston Tekla BIMsighting ja Solibri Model Viewerin välillä.



Kaavio 8. Eri ohjelmistoja tietomallien tarkasteluun.

4.2.8 Tietomallien käyttäjäkokemukset

Vastaajaa pyydettiin jatkamaan kysymyksen otsikon mukaista lausetta parhaiten hänen käyttäjäkokemuksiaan peilaavilla vaihtoehdoilla. Vastaajista suurin osa eli 67,8 % valitsi tietomallien parantavan havainnollistamista rakennushankkeissa, ja 35,6 % kaikista vastaajista koki tietomallien helpottavan yhteistyötä suunnittelijoiden ja viranomaisten välillä. Lisäksi 25,4 % vastaajista oli sitä mieltä, että tietomallit vähentävät tulkinnanvaraisuuksia verrattuna 2D-piirustuksiin. Vastaajista myös 18,6 % koki tietomallien tulevan parantamaan rakennusten käyttöturvallisuutta kaavion 9. mukaisesti.



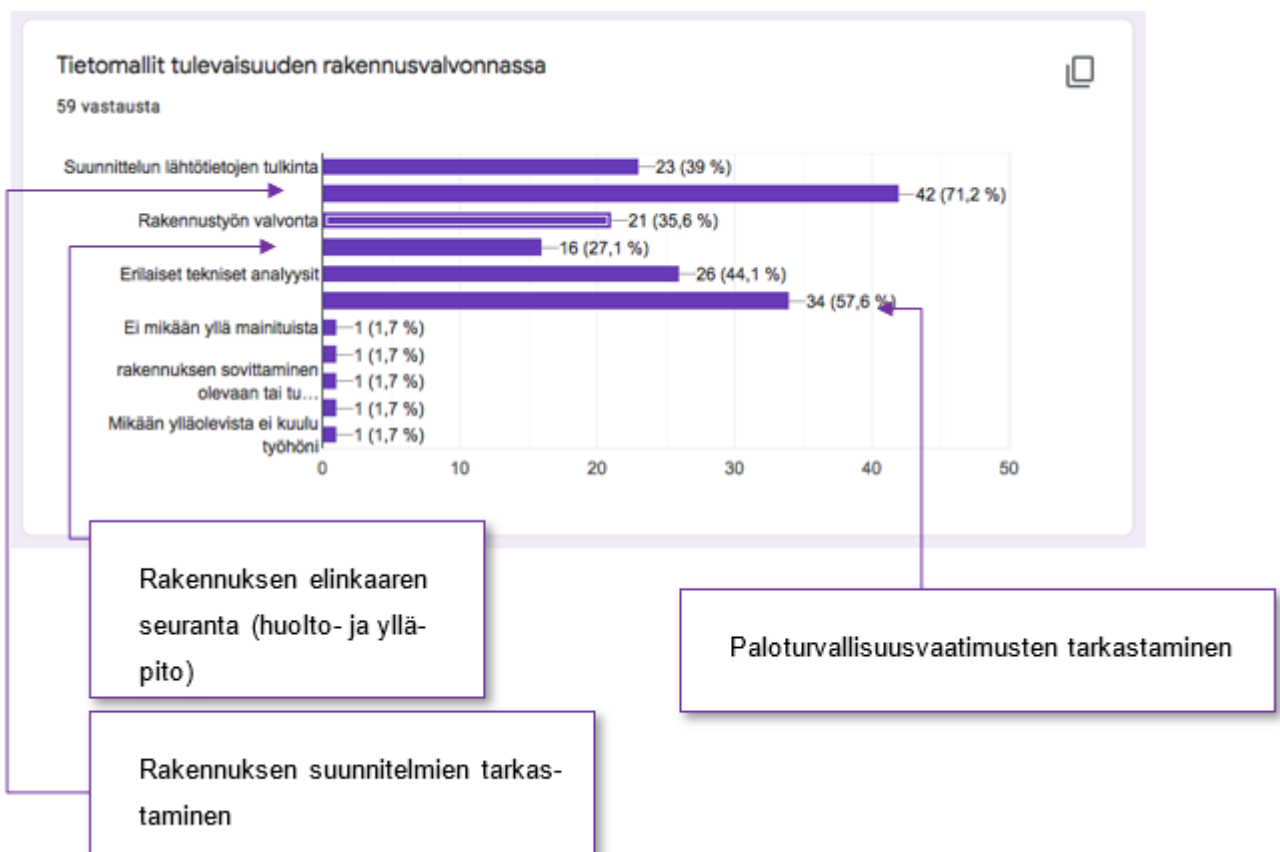
Kaavio 9. Käyttäjäkokeksia tietomalleista.

4.2.9 Rakennusvalvonta ja tietomallit tulevaisuudessa

Kysymyksen tavoitteena oli haastaa vastaaja pohtimaan tietomallien käyttöä tulevaisuuden rakennusvalvonnan eri tehtävien kannalta. Vastaajista suurin osa eli 71,2 % oli vakuuttunut, että tulevaisuudessa rakennuksen suunnitelmien tarkastaminen tapahtuu tietomallien avulla. Kaaviosta 10. nähdään lisäksi, että iso osa vastaajista eli 57,6 % piti myös rakennuksen paloturvallisuusvaatimusten olevan osa tietomalleja sekä vaatimusten mukaisuuden arviointi tulevaisuudessa.

Vastaajista 44,1 % oli arvioinut, että erilaiset tekniset analyysit tietomallien pohjalta yleistyvät lähitulevaisuudessa. Tietomallien hyödyntämistä suunnittelun lähtötietojen tulkintaan on käytössä lähitulevaisuudessa vastaajista 39 % arvion mukaisesti.

Vastausten jakautumisen perusteella voidaan arvioida vastaajien näkevän tietomallien olevan laaja-alaisestikin käytössä osana suunnittelu- ja toteutusvaihetta kuin myös rakennuksen elinkaaren aikana huolto- ja ylläpitokäyttöön.

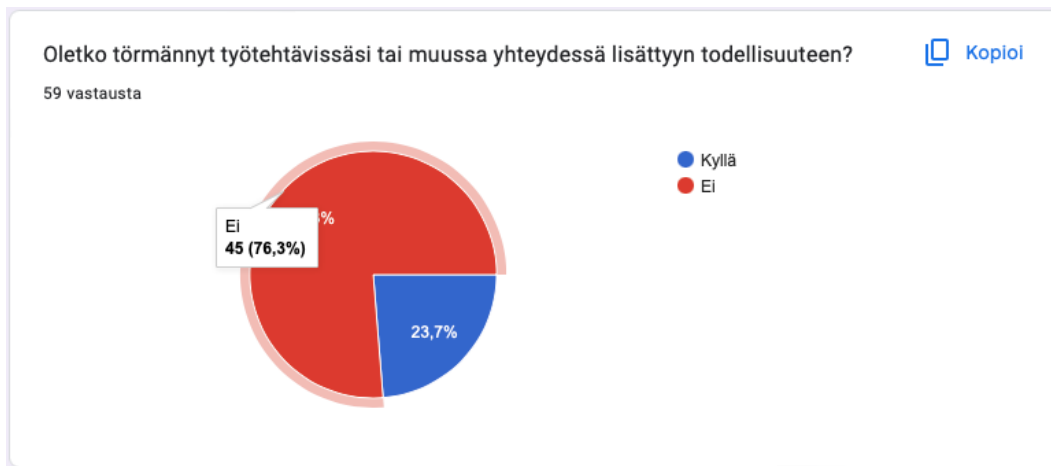


Kaavio 10. Tulevaisuudessa tietomalleja käyttökohteita.

4.2.10 Käyttäjäkokeuksia lisätystä todellisuudesta

Viimeiset kaksi kysymystä poikkesivat tietomallimaailmasta lisättyyn todellisuuteen. Teeman ensimmäisessä kysymyksessä tiedusteltiin, onko vastaaja ollut tekemisissä lisätyn todellisuuden kanssa. Vastaajista suurimmalla osalla (76,3 %) ei ollut kokemuspohjaa lisätyn todellisuuden käytöstä työtehtävissä tai muussa yhteydessä (kaavio 11).

Avoimeen osioon vastaaja pääsi kirjoittamaan näkemyksiään lisätyn todellisuuden hyödyntämisessä rakennusvalvonnan eri tehtävissä. Avoimet vastaukset on koottu alle.



Kaavio 11. Kokemukset lisätystä todellisuudesta.

Avoimet vastaukset kysymykseen: *Olisiko mielestäsi lisätyn todellisuuden käytöstä hyötyä rakennusvalvonnan eri tehtävissä?*

- "Ei"
- "Kyllä, mm. rakennuksen sijoitus tontilla."
- "Lupahakemukseen liittyvässä ennakkopalaverissa luonnossuunnitelmien havainnollistamisessa"
- "Asemakuvan lisäksi rakennuspaikalta. Näkisi kuinka rakennus sopii ympäristöön"
- "Rakennusten soveltuminen jo rakennettuun ympäristöön / maastoon"
- "arvioitaessa rakennuksen soveltumista rakennuspaikalle"
- "Hankkeen sovittaminen olemassa olevaan, tiiviiseen kaupunkiympäristöön."
- "Kaupunkikuvatarkastelut, tilojen ja järjestelmien toimivuuden tarkastelut"
- "Katselmuksella kulkiessa rakennuksessa saisi näytön kuvaa ja todellisuutta verrata, että onko tehty suunnitelmien mukaan (mitat, rakenteet jne.)"
- "rakennuksen sijoittaminen tulevaan ympäristöön"
- "Ehkä suunnittelun tai kaavoituksen alkuvaiheessa. Rakennusluvut ja lupaprosessit eivät 3d-malleja tai lisättyä todellisuutta tarvitse. Rakennusvalvonta näkee julkisivupiirustuksista asiat tarpeeksi hyvin. Pohjapiirustukset tarvitaan edelleen, kuten myös asemapiirustus. Niistä näkee

kertasilmäyksellä mitä on sovittu. Mallien tarjoama tietomäärä vaikuttaa todella puutteellisilta verrattuna 2d-piirustuksiin.”

- ”Tuo lisäarvoa lähinnä markkinointiin”
- ”AR lasit, kun softat kehittyvän ovat loistava apuväline moneen asiaan....”
- ”Hyötyä voisi olla esim. kaavoittajille, rakennustarkastajille jne. Itselleni tuskin on hyötyä.”
- ”3D-malliin lisätty lähikuva esim.tyyppihyväksyntäkilverstä.”
- ”MAHDOLLISESTI TARKKAILTAESSA LOPPUTULOSTA ALKU-TAI VÄLIVAIHEESSA.”
- ”Lupavaiheessa suunnitelmien havainnollistaminen.”

5 PÄÄTELMÄT TIETOPOHJAN KARTOITUKSESTA

Tekemääni tietopohjan kartoitusta olen peilannut uuden rakentamislain lausuntopalautteeseen sekä nostanut esille selkeitä kehitystarpeita, joita jo kartoituksen aikaan (2018) vastaajat toivat myös esille. Koska tietomallien käyttöä lisätään rakentamisessa ja myös peruskorjaushankkeissa (HE 139/2022, 92), valitsin tarkasteltavaksi kysymyksen numeron kuusi, kuinka usein eri rooleissa työskentelevät ovat tekemisissä tietomallipohjaisen suunnittelun kanssa. Vastaajien rooliksi valitsin rakennustarkastajan sekä lisämääritteenä käytin termistön tunnistamista tietomallien osalta.

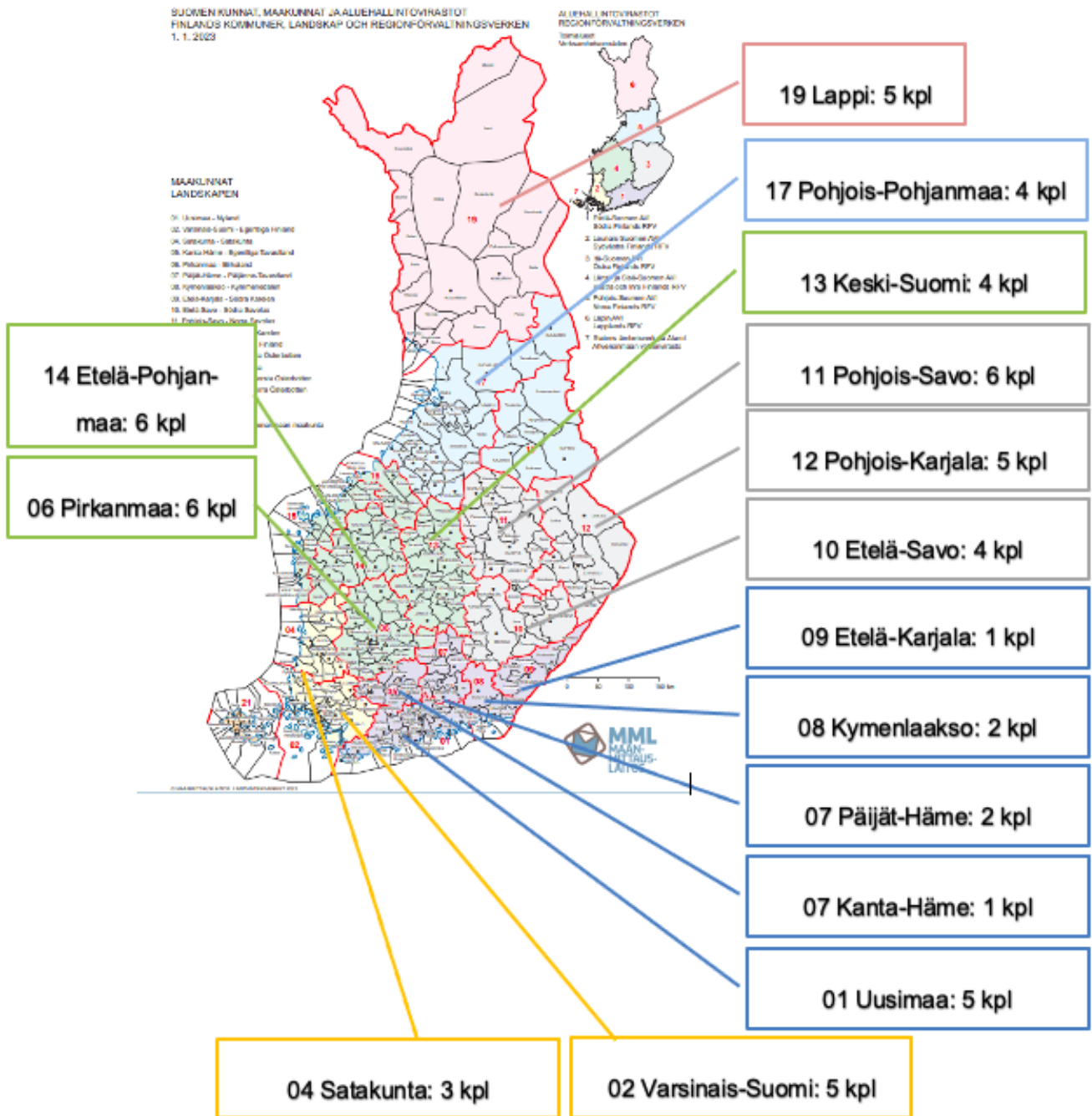
Taulukosta 4 voidaan nähdä, että vastaajista 22 henkilöä ei ollut tekemisissä tietomallipohjaisen suunnittelun kanssa. Tarkasteltaessa asiaa lähemmin taulukossa 5 ohjelmistoresurssien näkökulmasta välittyy vastauksista selkeä puute käytettävien ohjelmistojen osalta.

Taulukko 4. Vastaajat eivät olleet törmänneet tietomallipohjaiseen suunnitteluun.

Maakunta, jonka alueella toimin. Valitse pudotusvalikosta.	Tehtäväkuvaukseni organisaatiossa	Tunnistan seuraavat käsitteet 2/2	Rakennuksen tietomalli osana työtehtäviäni. Kuinka usein olet työtehtävissäsi törmännyt rakennuksen tietomallipohjaiseen suunnitteluun?
05 Kanta-Häme	Rakennustarkastaja	As-Built	En koskaan
04 Satakunta	Rakennustarkastaja	BIM	En koskaan
06 Pirkanmaa	Rakennustarkastaja	BIM	En koskaan
19 Lappi	Rakennustarkastaja	BIM	En koskaan
13 Keski-Suomi	Rakennustarkastaja	BIM, As-Built	En koskaan
14 Etelä-Pohjanmaa	Rakennustarkastaja	BIM, Yhdistelmämalli, IFC - malli	En koskaan
10 Etelä-Savo	Rakennustarkastaja	BIM, YTV2012	En koskaan
11 Pohjois-Savo	Rakennustarkastaja	BIM, YTV2012, Yhdistelmämalli	En koskaan
08 Kymenlaakso	Rakennustarkastaja	BIM, YTV2012, Yhdistelmämalli, As-Built, IFC - malli	En koskaan
12 Pohjois-Karjala	Rakennustarkastaja	BIM, YTV2012, Yhdistelmämalli, As-Built, IFC - malli	En koskaan
14 Etelä-Pohjanmaa	Rakennustarkastaja	BIM, YTV2012, Yhdistelmämalli, IFC - malli	En koskaan
02 Varsinais-Suomi	Rakennustarkastaja	En mitään yllä mainituista	En koskaan
02 Varsinais-Suomi	Rakennustarkastaja	En mitään yllä mainituista	En koskaan
10 Etelä-Savo	Rakennustarkastaja	En mitään yllä mainituista	En koskaan
11 Pohjois-Savo	Rakennustarkastaja	En mitään yllä mainituista	En koskaan
12 Pohjois-Karjala	Rakennustarkastaja	En mitään yllä mainituista	En koskaan
14 Etelä-Pohjanmaa	Rakennustarkastaja	En mitään yllä mainituista	En koskaan
17 Pohjois-Pohjanmaa	Rakennustarkastaja	En mitään yllä mainituista	En koskaan
17 Pohjois-Pohjanmaa	Rakennustarkastaja	En mitään yllä mainituista	En koskaan
19 Lappi	Rakennustarkastaja	En mitään yllä mainituista	En koskaan
19 Lappi	Rakennustarkastaja	En mitään yllä mainituista	En koskaan
02 Varsinais-Suomi	Rakennustarkastaja	Yhdistelmämalli	En koskaan

Taulukko 5. Tietomallien tarkasteluun käytetyt ohjelmistot tai näiden puute.

Tietomallien tarkasteluun olen käyttänyt	Vastaajien lukumäärä
en mitään	1
en ole työssä käyttänyt	1
Organisaatiossamme ei ole käytössä ohjelmia tai sovelluksia tietomallien katseluun	16
Solibri Model Viewer	1
Solibri Model Viewer, Tekla BIMsight	3
Kaikki yhteensä	22



Kuva 26. Kaikkien vastaajien maantieteellinen jakauma (Maanmittauslaitos).

Pelkästään vastausaktiiviteetin pohjalta ei voida täyttää varmuutta saada alkuperäiselle hypoteesille eli sille, keskittykö osaaminen pääasiassa kasvukeskuksiin. Vastaajien osalta kolme maakuntaa eli Etelä-Pohjanmaa, Pirkanmaa ja Pohjois-Savo (kuva 26) erottui kuitenkin muista melko selkeästi, kun työnkuvaa ei rajattu.

Tietomallien käyttöaktiivisuutta työtehtävissä mittavaan kysymyksen tarkastelua olen syventänyt siten, että olen määritellyt vastaajien lukumäärän maantieteellisesti sekä edellyttänyt vastaajan tunnistavan termitietämyksen kysymyksestä (kysymys 5.) yhden tai useamman. Tässä ei huomioitu vastaajia, jotka valitsivat ”En mitään yllä mainituista” – vaihtoehdon. Lisäksi vastaajan rooliksi valitsin rakennustarkastaja, lupainsinööri tai tarkastusinsinööri. Taulukkomuodossa tietomallien käyttöaktiivisuuden jakautuminen on nähtävissä taulukossa 6.

Taulukko 6. Tietomallien käyttöaktiivisuus työtehtävissä.

Määrä / Maakunta, jonka alueella toimin. Valitse pudotusvalikosta. Tietomallin käyttöaktiivisuus	Tietomallin käyttöaktiivisuus			Kaikki yhteensä
Maakunta	Harvemmin kuin kerran vuodessa	Kerran puolella vuodessa	nykyisessä työssä en juuri ollenkaan	
01 Uusimaa	2	1	1	4
02 Varsinais-Suomi	1		1	2
04 Satakunta	1			1
06 Pirkanmaa	4			4
07 Päijät-Häme	2			2
08 Kymenlaakso	1			1
09 Etelä-Karjala			1	1
10 Etelä-Savo	2			2
11 Pohjois-Savo		4		4
12 Pohjois-Karjala	3			3
13 Keski-Suomi	2			2
14 Etelä-Pohjanmaa	1		1	2
17 Pohjois-Pohjanmaa	1		1	2
19 Lappi	1			1
Kaikki yhteensä	21	9	1	31

Mielekkäämpänä tarkasteluasetelmana voidaankin pitää termistön tuntemusta ilman, että rajataan vastaajien määrää tietomallien käyttöaktiivisuudella. Taulukossa 7 on nähtävissä vastaajien määrä siten, että vastaajan oli tunnettava vähintään yksi kysymysten 4 ja 5 vaihtoehdoista. Myös tässä on siis rajattuna pois vastaajat, jotka vastasivat ”En mitään yllä mainituista”. Lisäksi rajauksista on poistettu vastaajan roolin suodatus. Edellyttämällä tarkastelussa molempien termistötietämyksen tuntemusta saadaan laajempi käsitys vastaajien visualisointikeinojen tietämyksestä.

Aiempaan suppeampaan rajaukseen verrattuna esimerkiksi Varsinais-Suomi nousee paremmin esille tietopohjan kartoituksessa. Lisäksi voidaan huomata myös Lapin maakunnan alueella esiintyvän tietämyksen terminologiasta, joka vertautuu hyvin esimerkiksi Uudellamaalla työskennelleisiin vastaajiin.

Taulukko 7. Termistön tuntemus ilman rajausta työtehtävien osalta.

Määrä / Maakunta, jonka alueella toimin. Valitse pudotusvalikosta. Sarakeotsikot	Riviotsikot						Kaikki yhteensä
Riviotsikot	En halua kertoa	Lupa-arkkitehti	Lupainsinööri	Lupavalmistelijä / lupasihteeri	Rakennustarkastaja	Tarkastusinsinööri	
01 Uusimaa			1		3	1	5
02 Varsinais-Suomi					5		5
04 Satakunta	1				2		3
05 Kanta-Häme					1		1
06 Pirkanmaa					3	3	6
07 Päijät-Häme					2		2
08 Kymenlaakso					2		2
09 Etelä-Karjala		1					1
10 Etelä-Savo					4		4
11 Pohjois-Savo					5	1	6
12 Pohjois-Karjala					1	4	5
13 Keski-Suomi					1	3	4
14 Etelä-Pohjanmaa	1				5		6
17 Pohjois-Pohjanmaa			1		3		4
19 Lappi	1				4		5
Kaikki yhteensä	3	1	2	2	46	5	59

6 POHDINTA

Pohdintakappaleen tarkoituksena on koostaa keskeiset asiat opinnäytetyöstäni ja tuoda omia näkemyksiäni esille peilaten aiemmin läpikäymäämme teoriapohjaa. Olen pyrkinyt tiivistämään asiat siten, että keskeiset asiat olisivat omiaan herättämään kiinnostusta niin opiskelijoiden kuin jo työuralla pitkään olleiden keskuudessa. Kuten sanottua, muutos on varmaa ja digitalisaation myötä riskienhallinnan ja pelastustoimintaan osallistuvan henkilöstön osaamiseen sisältyy rakennusten tietomallien tuottaman informaation hyödyntäminen.

Olen sisällyttänyt pohdintaan tarkoituksella myös viittauksia käsiteltävään aiheeseen, jotta lukijan on mahdollista perehtyä julkaistuun aineistoon, mikäli lisätietoa tarvitsee. Näkemykseni perustuvat virkatehtävissä suorittamani valvontatyön havaintoihin sekä turvallisuusasiantuntijan työssäni koettuihin tyypillisiin ratkaisua edellyttäviin tilanteisiin.

6.1 Yhteenveto tietomallien käytöstä ja sovellutuksista

Pelastusviranomaisen kannalta nostaisin esille valaistuksen mallintamisen, jonka vaatimuksia käsitellään YTV 2012 osassa 9. Usein rakennuslupavaiheessa sekä toteutussuunnitteluvaiheessa sähkösuunnittelijat hyväksyvät tai pyytävät lausuntoa pelastusviranomaiselta poistumisreitivalaistuksen suunnitelmiin. Näiden suunnitelmien käytännön toimivuus havaitaan usein vasta käyttöönotto-tarkastuksella eikä lopputulos välttämättä ole toivottava. Esimerkiksi kauppakeskusten poistumisopasteet ovat usein joko liian ylhäällä tai sopivalla korkeudella ollessaan ne jäävät taas liikkeen mainosten tai hyllyjen taakse piiloon. Myös myymälän yleinen värimaailma voi tehdä poistumisopasteiden havaitsemisen hankalaksi, jolloin niiden sijoitteluun tulisikin mielestäni kiinnittää huomiota jo suunnitteluvaiheessa.

Pelastusviranomaisen kannalta hyödyllinen tarkasteltava tietomalli on rakennusosamalli sen eri vaiheissa. Lisätietoa löytyy esimerkiksi YTV 2012 osasta 1. Alustava rakennusosamalli kuuluu rakennesuunnitteluun ja pitää sisällään alustavien rakenneosien suunnitelmat sekä rakennesuunnittelijan laatimat runkorakenteen mitat. Tähän liittyvät oleellisesti rakentamisen ohjauksen kannalta esimerkiksi tilojen käyttötarkoitukset sekä oikeat palokuormaryhmien määrittelyasetus- tai laskentaperusteisesti. Taloteknisten järjestelmien suunnitelmat liittyvät rakennusosamalliin järjestelmämallina ja toteutusvaiheen suunnitelmassa esitetäänkin LVI- ja muun talotekniikan reitit, joka taas vaikuttaa esimerkiksi palokatkosuunnitteluun.

Rakennushankkeen aloituskokouksessa voi olla rakennusvalvontaviranomaisen tai tilaajan kutsutuna myös pelastusviranomainen. Alustavien suunnitelmien sekä annettujen lausuntojen lisäksi palaverissa käydään läpi myös työmaa-aikaista turvallisuutta.

Kiviniemi ym. (2009) ovat käsitelleet myös pelastustoimea koskettavia asioita osana työmaan turvallisuutta. Tämä korostuu erityisesti, kun rakennusvaiheesta aiheutuu muutoksia alueen tiestöön sekä kulkuyhteyksiin viereisiin rakennuksiin. Poikkeavien liikennejärjestelyiden lisäksi korostetaan pelastuslaitoksen toimintaedellytyksiä rakennustyömaa-alueella erityisesti ambulanssikaluston osalta. Kuten taloteknisten järjestelmien myös pelastusajoneuvojen ajoreitit sekä poistumisreitit voidaan tehdä tietomalliin tilavarauksena. Tämän avulla voidaan tarpeeton rakennusmateriaalien tai työkoneiden varastointi ennalta estää työmaa-alueen sisällä tietyllä alueella.

Ajantasainen tai vaiheistettu logistiikkasuunnitelma tulisikin mielestäni olla käytössä pelastuslaitoksen tilannekeskuksessa, päivystävän palomestarin ajoneuvossa sekä pelastusyksiköiden tietojärjestelmässä mahdollisten onnettomuustilanteiden varalle. Työmaan logistiikkasuunnittelun visualisointikeinona käytetään tietomallipohjaista suunnittelua, jonka tarkoitus on toimia esimerkiksi perehdytysaineistona sekä turvallisten toimintatapojen jalkauttamiskeinona uusille työntekijöille.

6.2 Mahdolliset jatkotutkimusaiheet

Hiilijalanjälki sekä rakennuksen elinkaariajattelu ovat koskettaneet omassa työssäni paloteknisestä näkökulmasta siten, että olen ollut mukana ideoimassa asiantuntijaryhmässä monikäyttöisen rakennuksen alustavaa konseptiajattelua. Tämä pohjaa vahvasti tulevan rakentamislain tahtotilaan pyrkiä saamaan monikäyttöisiä rakennuksia (HE 139/2022, 4.2.5, 93), mistä konkreettinen esimerkki olisi päiväkotikoulu-palvelutalo-muutos rakennuksen elinkaaren aikana kasvukeskusten ulkopuolisissa pienissä kunnissa. Kannustaisinkin Pelastusopistoa tekemään yhteistyötä alan oppilaitosten sekä suunnittelutoimistojen kanssa, jotta tietomallien hyödynnettävyys olisi myös osa pelastustoimea.

Tietomallien hyödyntäminen pelastustehtävissä on myös tärkeä osa tulevaisuutta ja aihetta kannattaisikin tutkia esimerkiksi opinnäytetyönä pelastusopistolla tai osana poikkitieteellistä oppilaitosyhteistyötä. Opinnäytetyössäni tuon esille jo käynnissä olevan yhteistyön Saimaan ammattikorkeakoulun sekä Etelä-Karjalan pelastuslaitoksen kanssa, jossa keskeisenä henkilö on ollut Timo Lehtoviita. Eräänä aiheena tai tutkimuksen osana tulisikin laatia askelmerkit tietomallien vaiheittaiseen hyödyntämiseen, ei niinkään hypätä tarkastelemaan tällä hetkellä olemassa olevia vaihtoehtoja ja todeta niiden olevan kalliita tai vaativan vielä aikaa kehittyäkseen sopiviksi. Eräänlaisen pelastusalan vision sekä strategian laatimiselle olisi tarve, jotta tietomallien potentiaali saataisiin hyödynnettyä lähitulevaisuudessa.

6.3 Osaamisen kehittämisen tarpeet

Tietomallien käytössä ja hyödynnettävyydessä on mielestäni valtavasti potentiaalia, ja pelastuslaitosten tulisikin kouluttaa henkilöstöään näiden hyödyntämiseen. Oman kokemukseni pohjalta useilla pelastuslaitoksilla on omat erilliset ICT-vastuuhenkilöt, joilla voidaan karkeasti olettaa olevan vähintäänkin kohtalaiset taidot omaksua erilaisten ohjelmistojen käyttöperiaatteita. Tietomallien yleistyessä tällainen talon sisältä tuotettu materiaali esimerkiksi pelastustoimintaan osallistuvan henkilöstön käyttöön olisi selkein ja osaltaan myös kustannustehokkain ratkaisu saada tietomallien käyttö jalkautettua laajalta organisaatioon. Näin pelastuslaitoksilla olisi eräänlaiset tietomallivastuuhenkilöt, jotka omaavat tietotaitoa tuottaa erityyppisiä tietomalleja kulloisenkin tarpeen mukaan. Tietomallien käyttöön ei rajoitu pelkästään talonrakentamiseen.

Rakennushankkeiden kustannuksia seurataan varsin tarkasti, ja jokainen lisätyö on perusteltava ja valitettavan usein jopa paloturvallisuuteen liittyen. Pelkkä hyvä tahto riittää, vaan asia on pystyttävä osoittamaan tarpeelliseksi lainsäädännön vaatimusten avulla. Jos pelastusviranomaisen haluaisi käyttöönsä suunnittelijoiden laatimia tietomalleja, tulisi asia saada lainsäädäntöön kirjatuksi, minkä kautta myös rakentamislupaehtoihin sisältyviksi vaatimuksiksi.

Rakennusvalvonnan osaamisen kehittämisen tarpeita ilmeni niin tekemäni tietopohjan kartoituksen aikana kuin myös lausuntopalautteessa, vaikka vuosia oli ehtinyt kulua näiden kahden selvityksen välissä. Pelastusviranomaisen toimii asiantuntijana ja rakennusvalvontaviranomaisen lupaviranomaisena, jolloin ensisijaisen tärkeää olisi saada tietomallien käyttöosaamisen taso nostettua siten, että käyttäjät pystyisivät hoitamaan virkatyönsä mallikkaasti.

LÄHTEET

Colquhoun, H. ja Milgram, P. 2001. *A Taxonomy of Real and Virtual World Display Integration*. www-dokumentti. https://www.researchgate.net/publication/2440732_A_Taxonomy_of_Real_and_Virtual_World_Display_Integration. 9.1.2024.

Delfoi - menetelmä. www-dokumentti. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/aineiston-analyysimenetemat/delfoi-menetelmae>. 26.10.2023.

Erillisverkot. Virve 2.0. www-dokumentti. https://www.erillisverkot.fi/wp-content/uploads/2021/04/virve-mobiilistrategia-2021-versio-1.1_03_2021.pdf. 8.11.2023.

Hallituksen esitys eduskunnalle rakentamislainsäädännön ja siihen liittyviksi laeiksi. HE 139/2022. www-dokumentti. <https://finlex.fi/fi/esitykset/he/2022/20220139>. 10.11.2023.

Junnonen, J. 2009. *Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu*. Rakennusteollisuuden kustannus. Helsinki.

Jäväjä, P ja Lehtoviita, T. 2016. *Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla*. Rakennustieto Oy. Pieksämäki.

Kiviniemi, M., Mäkelä, T. ja Sulankivi, K. *Tietomalli ja työmaan turvallisuus*. Tutkimusraportti. VTT Tutkimus ja kehitys, Liiketoiminta- ja tuotantoprosessit. Tampere.

Kishino, F. ja Milgram, P. 1994. *A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*. www-dokumentti. https://cs.gmu.edu/~zduric/cs499/Readings/r76JBo-Milgram_IEICE_1994.pdf. 9.1.2024.

Lehtoviita, T. ja Rautainen, J. 2019. *Tietomallit rakennusten turvallisuuden varmistamisessa. Tietomallien sisältötarpeet turvallisuuden näkökulmasta*. Saimaan ammattikorkeakoulun julkaisu. Sarja A: Raportteja ja tutkimuksia 89. (pdf) ISSN 1797-7266.

Leväniemi, A. 2019. *Informaatiovirran parantaminen rakennushankkeen tuotantovaiheessa*. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu. Espoo.

Luimula, M., Oliva, D., Somerkoski, B. ja Tarkkanen, K. 2020. *Digital Learning Environments - Constructing Augmented and Virtual Reality in Fire Safety*. IC4E'20, January 10–12, 2020, Osaka, Japan. Pages 103–108. DOI: <https://doi.org/10.1145/3377571.3377615>

Melkko, H. 2021. *Viranomaisverkkojen kehitys suomessa: erot virve ja virve 2.0 verkkototeutusten välillä*. Kandidaattityö. Tampereen yliopisto, Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta.

Nykänen, H. 2018. *Hyötypelit ja niiden tietosisällöt*. Kandidaatintutkielma. Oulun yliopisto, Humanistinen tiedekunta. Oulu.

Nyman, E. 2022. *Pelastusviranomaisen tekemän ohjauksen ja neuvonnan oikeudellinen ja tosiasiallinen velvoittavuus rakennushankkeissa*. Pro gradu – tutkielma. Vaasan yliopisto, Hallintotieteiden maisteri. Vaasa.

Pelastuslaki 379/2011. www-dokumentti. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379>. 9.1.2024.

Pohjois-Savon pelastuslaitos, organisaatiokaavio. www-dokumentti. [https://pelastustoimi.fi/documents/25266713/57526745/PS-organisaatiokaavio+\(1\).png/de7cc717-26b3-634e-4b41-9cc8f6671ffb?t=1641110138903](https://pelastustoimi.fi/documents/25266713/57526745/PS-organisaatiokaavio+(1).png/de7cc717-26b3-634e-4b41-9cc8f6671ffb?t=1641110138903). 13.11.2023.

Ruppel, Ü. ja Schatz, K. 2011. *Designing a BIM-based serious game for fire safety evacuation simulations*. Advanced Engineering Informatics. Volume 25, Issue 4, October 2011, Pages 600–611. DOI: 10.1016/j.aei.2011.08.001.

Suomen rakentamismääräyskokoelma E1 1981. Rakenteellinen paloturvallisuus. Ympäristöministeriö. 1993. 3. painos. www-dokumentti. https://ym.fi/documents/1410903/155128351/E1_1981_K.pdf/4a09cfec-262b-e002-3bf3-a0050d205eda/E1_1981_K.pdf?t=1680087568376. 12.11.2023.

Tuhola, E. ja Viitanen, K. 2008. *3D – mallintaminen suunnittelun apuvälineenä*. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä. 1. Painos. Kustantaja: Tammertekniikka (Amk-Kustannus Oy:n aputoiminimi).

Vappula, E. 2022. *Tietomallipohjaisen suunnittelun oikea-aikaisuuden parantaminen*. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Building Technology.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. 27.3.2023. Osa 1. Yleinen osuus. Versio 1.0. www-dokumentti. <https://drive.buildingsmart.fi/s/7FPE7tGocYZw8BY>. 9.1.2024.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Täydentävä liite. Osa 3. Arkkitehtisuunnittelu. Mallinnustarkkuus. Tilaajan ohje. Versio 1.0. www-dokumentti. <https://drive.buildingsmart.fi/s/HmYs63fDx6meTry>. 9.1.2024.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. 27.3.2023. Osa 8. Havainnollistaminen. Versio 1.0. www-dokumentti. <https://drive.buildingsmart.fi/s/nFZxLRzfAMmS2GM>. 9.1.2024.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. 27.3.2023. Osa 9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä. Versio 1.0. www-dokumentti. <https://drive.buildingsmart.fi/s/QtjZJtEA6pe9ftW>. 9.1.2024.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. 14.3.2014. Osa 14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa. Versio 1.0. www-dokumentti. <https://drive.buildingsmart.fi/s/mWExxJytMWFTPdM>. 9.1.2024.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017. 2017. Ympäristöministeriö. www-dokumentti. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848#Pidm45949345328752>. 9.1.2024.

KUVALUETTELO

Kaavio 1. Rakentamisen ohjaus ja tietomallirakenne YTV2012 pohjalla. (YTV2012, 13. Havainnollistaminen. Versio 1.0. www-dokumentti. <https://drive.buildingsmart.fi/s/nFZxLRzfAMmS2GM>. 9.1.2024.

Kaavio 2–11. Kuvakaappaus Google Forms. 2023.

Taulukko 1. FläktGroup -esite: Puhallintiedot. FläktGroup, DC_10508FI 20230706_R2. *SmokeMaster SMHA Hatch - Tekninen esite*. www-dokumentti. <https://www.flaktgroup.com/api/v1/Documents/134457?analytics=0>. 9.1.2024.

Taulukko 2. Eri aikakausien merkintätapoja tietomalliin syötettyinä tietoina. Ramboll Finland Oy. 2023.

Taulukko 3. Esimerkki tarkoista tiedoista. Ramboll Finland Oy. 2023.

Kuva 1. CFAST ohjelmalla luotu palosimulaatio. Havainnekuva. Myllylä, J. 2023. 29.10.2023.

Kuva 2. Visualisoinnin esimerkkitoteutus. Ramboll Finland Oy. 2018.

Kuva 3. Todellisuus ja lisätty todellisuus. Ramboll Finland Oy. 2018.

Kuva 4. VR-lasien malleja. Ramboll Finland Oy. 2023.

Kuva 5. Savun leviäminen porrashuoneesta. Ramboll Finland Oy. 2023.

Kuva 6. Poistumisharjoituksen esimerkkikuvaus. Ramboll Finland Oy. 2023.

Kuva 7. Lämpösäteilyn voimakkuutta kuvaava korostus. Ramboll Finland Oy. 2023.

Kuva 8. LOD ja YTV2012 sanallisten kuvausten vastaavuus. Vappula 2022, 21.; YTV 2012, 3. Täydentävä liite. Osa 3. Arkkitehtisuunnittelu. Mallinnustarkkuus. Tilaajan ohje. Versio 1.0. www-dokumentti. <https://drive.buildingsmart.fi/s/HmYs63fDx6meTry>. 2023.

Kuva 9. Keskenäinen tai virheellinen objekti tai nimeäminen. Ramboll Finland Oy. 2023.

Kuva 10. Toteutusmallitasoinen objekti. Ramboll Finland Oy. 2023.

Kuva 11. Tietomallintamisen tarkkuustasot ja sanallinen kuvaus.

Kuva 12. Tietomallien visuaaliseen ulkoasuun vaikuttaa mallien yhdistäminen. Ramboll Finland Oy. 2023.

Kuva 13. VIRVE 2.0 käyttökohteita. Erillisverkot Oy. www-dokumentti. https://www.erillisverkot.fi/wp-content/uploads/2021/04/virve-mobiilistrategia-2021-versio-1.1_03_2021.pdf. 8.11.2023.

Kuva 14. Savunpoistopuhallin maantasossa. Ramboll Finland Oy. 2023.

Kuva 15. Savunpoistoluukut vesikatolla. Ramboll Finland Oy. 2023.

Kuvat 16–25. Kuvakaappaus Google Forms. 2023.

Kuva 26. Kaikkien vastaajien maantieteellinen jakauma. www-dokumentti. https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2023/01/tilaston_pohjakartta_a3.pdf. 9.1.2023.