

Dataan pohjautuva organisaatioiden oppiminen

Building 2030 -osahankkeen loppuraportti

Kirjoittajat¹:

Antti Peltokorpi, Joonas Lehtovaara, Daniel Prisching, Toni Ahonen, Juho Kerttula, Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos



20.1.2022

¹ Tutkimuksen toteutuksessa on ollut mukana Aalto-yliopiston Rakennustekniikan laitoksen Building 2030 tutkimuskonsortion yrityskumppanit: A-Insinöörit, Amplit, Consolis Parma, Fira, Fluent Progress, Granlund, Haahtela, Jatke, Lujatalo, Peab, Pohjola Rakennus, Ramboll, Ramirent, Rejlers, Skanska, SRV, Stark, Tocoman, Trimble, Vastuu Group ja YIT.

Lisätiedot: Antti Peltokorpi, antti.peltokorpi@aalto.fi

Sisällysluettelo

1	Tiivistelmä	4
2	Johdanto	5
2.1	Tutkimuksen tausta	5
2.2	Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät	5
3	Datapohjainen oppiminen tahtituotannossa	7
3.1	Tausta ja tavoitteet	7
3.2	Kirjallisuuskatsaus ja keskeisiä aikaisempia tutkimustuloksia	8
3.2.1	Rakennusalan organisaatioiden oppiminen	8
3.2.2	Tahtituotannon kehitystasot ja organisaatioiden oppiminen	10
3.3	Tahtituotannon oppimisprosessien kehitys rakennusliikkeessä – Toni Ahosen diplomityö	11
3.4	Tahtituotanto ja operaatiostrategia	14
3.4.1	Operaatiostrategian konsepti rakennuttajan näkökulmasta	14
3.4.2	Mittarit arvonluonnin ja virtaustehokkuuden arviointiin	15
3.4.3	Case-esimerkki: suuri sairaalahanke	17
3.5	Yhteenveto	19
3.6	Lähteet	20
4	Laatuhavainnoista oppiminen	22
4.1	Tausta ja tavoitteet	22
4.2	Katsaus olemassa oleviin laatupankkeihin – Juho Kerttulan erikoistyö	22
4.2.1	Rakennusala	23
4.2.2	Konepajateollisuus	25
4.2.3	Laivanrakennusteollisuus	25
4.2.4	Terveystieteiden ja potilasrekisterit	26
4.2.5	IT-ala	27
4.2.6	Pohdinta ja yhteenveto	28
4.2.7	Lähteet	29
4.3	Laatupankin mahdollisuudet rakennusalan oppimisessa ja jatkuvassa parantamisessa – Daniel Prischingin diplomityö	30
4.3.1	Tavoitteet ja menetelmät	30
4.3.2	Oppimista tukevat tekijät	31
4.3.3	Laatupankin pienin toimiva versio (Minimum Viable Product)	32

4.3.4	Tiekartta laatupankin kehittämiseksi	36
4.4	Kuvatietokantojen ja kuvantunnistuksen hyödyntäminen laatuhavainnoista	39
4.5	Yhteenveto	40
5	Lisätietoa	42

1 Tiivistelmä

Tässä hankkeessa tutkittiin ja kehitettiin menetelmiä, joilla rakennushankkeiden toteutusvaiheesta ja käyttöönotosta kertyvää dataa voidaan hyödyntää rakennusalan organisaatioiden oppimisessa sekä yritys- että toimialatasolla. Digitaaliset työkalut ja datan käsittelyn kehittyminen mahdollistavat entistä suurempien tietomäärien kerryttämisen ja hallinnan rakentamisessa. Dataa ei kuitenkaan vielä jalosteta riittävästi tiedoksi, eikä organisaatioilla ole soveltuvia prosesseja ja järjestelmiä tiedosta oppimiseksi ja oppimisen hyödyntämiseksi toiminnan kehittämisessä.

Tässä hankkeessa datapohjaista oppimista tutkittiin kahdella osa-alueella: 1) Datapohjainen oppiminen tahtituotannossa ja 2) Laatuhavainnoista oppiminen. Tahtituotannon osalta hankkeessa luotiin oppimisprosessi, joka mahdollistaa tahtituotannon jatkuvan parantamisen rakennusliikkeessä. Lisäksi luotiin tahtituotannon kehitykseen liittyvät mittarit sekä prosessimalli yleisaikataulutason tahtisuunnitteluun, joita molempia testattiin onnistuneesti case-hankkeessa.

Laatuhavainnoista oppimiseen liittyen hankkeessa luotiin malli rakennusalan yhteisestä laatutietopankista, jonka avulla rakentamisen osapuolet suunnittelijoista valmistajiin, toimittajiin ja urakoitsijoihin voivat hyödyntää aiempien hankkeiden anonymisoitua laatuhavaintoaineistoa omissa oppimisessaan, virheiden välttämässä ja parhaiden ratkaisujen tunnistamisessa. Laatupankin osalta luotiin malli laatuhavaintojen tiedonkeruusta ja luokittelusta sekä alustavat menetelmät tiedon hyödyntämisestä eri osapuolten omissa prosesseissa. Jatkossa tekoäly tuo mahdollisuuksia datamassan analysointiin ja laadunvarmistuksen automatisointiin.

Tutkimuksen johtopäätöksinä todettiin, että rakennusalalla tavoitteena tulee olla kaksikehäinen organisaatioiden oppiminen: ensimmäinen kehä koskee palautteen hyödyntämistä projektin sisällä samojen virheiden välttämiseksi, projektin käytäntöjen kehittämiseksi ja osapuolten oppimiseksi. Toinen kehä sisältää merkittävimpien havaintojen juurisyysanalyysien laatimisen ja näiden oppien juurruttamisen laajemmin organisaatioiden kyvykkyyksien kehittämisessä.

Datapohjaisessa oppimisessa keskeistä on datan rakenteiden standardointi, havaintojen luokittelu ja liittäminen oleellisiin taustatietoihin mm. tehtävistä ja suunnitelmista. Oppimisen mahdollistavat juurisyysanalyysit tulee toteuttaa joko havainnon lähteellä tai keskitetysti datojen pohjalta, kun jonkun tehtävän todetaan tuottavan merkittävästi poikkeamia. Alan yhteisiä laatupankkeja kannattaa kehittää Minimum Viable Product (MVP) –ajattelun pohjalta hyödyntämällä mahdollisimman paljon nykyisiä laadunhallinnan ja toiminnanohjauksen työkaluja ja niiden dataa. Pilotointi kannattaa aloittaa rakennusliikkeiden ja laadunhallinnan ohjelmistoa tarjoavan toimijan yhteistyönä hyödyntämällä olemassa olevia dataa ja niiden rakenteita.

2 Johdanto

2.1 Tutkimuksen tausta

Rakentaminen kehittyy tieto- ja dataperusteiseksi muiden teollisuudenalojen ohella. Rakennushankkeiden suunnittelusta, toimitusketjusta ja työmaalta kertyy yhä enemmän dataa, myös digitaalisessa muodossa. Muun muassa tilannekuvateknologia, laadunseurantajärjestelmät ja muut tuotannon ohjauksen työkalut tuottavat runsaasti dataa.

Huolimatta datan määrän kasvusta, dataa ei kuitenkaan vielä jalosteta tehokkaasti tiedoksi ja edelleen yritysten osaamispääomaksi (Kuva 1). Datasta tuotettu tieto ei myöskään välity tehokkaasti projektien ”alavirrasta” (mm. tuotanto ja käyttöönotto) palautteeksi projektin ”ylävirtaan” (mm. hankekehitys, suunnittelu ja hankinta). Haasteena on etenkin vähäinen tiedon jakaminen projektissa toimivien yritysten välillä: Tällöin yksilöiden ja ryhmien oppimista ja oppimista seuraavaa kehittämistä ei tapahdu siellä, missä uusi ja jäsennelty tieto sen mahdollistaisi.



Kuva 1: Datan jalostuminen toiminnan kehittämiseksi.

Puutteellisen datan jalostamisen ja tiedon jakamisen takia rakennusala ei kehity kokonaisuutena. Parhaimmillaankin projektien, yritysten ja projektiverkostojen synnyttämä uusi tieto jää anekdoottiseksi eli yksittäiseksi. Lopputuloksena kehittäminen on pistemäistä, yksittäisten yritysten ja henkilöiden alulle panemaa ja perustuu epäluotettavaan tietoon. Rakennusallalla tarvitaan parempia yhteisiä menetelmiä ja toimintamalleja projektien synnyttämän datan jalostamiseksi organisaatioiden ja yksilöiden oppimisen ja kehittämisen tarpeisiin.

2.2 Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät

Tämän Building 2030-konsortion osahankkeen tavoitteena oli tutkia ja kehittää menetelmiä, joilla hankkeiden toteutusvaiheesta ja käyttöönotosta kertyvää dataa voidaan hyödyntää rakennusalan organisaatioiden oppimisessa sekä yritys- että toimialatasolla. Hankkeen tutkimuskysymykset olivat:

- Miten toteutusvaiheen ja käyttöönoton dataa voi hyödyntää hankkeen kehitys- ja suunnitteluvaiheissa?
- Miten mahdollistetaan dataan pohjautuva jatkuva kehittäminen, ja tätä kautta organisaatioiden oppiminen?

Tutkimus toteutettiin keskittymällä kahteen aihealueeseen: 1) Datapohjainen oppiminen tahtituotannossa ja 2) Laatuhavainnoista oppiminen.

Aihealueet valittiin aikaisempien tutkimusten havaintojen sekä konsortion kiinnostuksen pohjalta. Yleistävä tahtituotanto mahdollistaa aikaisempia tuotannonohjausmenetelmiä paremmin hankkeen sisäisen vuoropuhelun ja työryhmien välisen oppimisen. Aiemmissä tutkimuksissa on havaittu, että jatkuva kehittäminen on olennainen osa tahtituotannon optimointia ja että toteutettujen hankkeiden tulokset ja aineistot ovat merkittäviä lähteitä tuotannon kehittämisessä yritys- ja toimijaverkkotasolla. Dataan pohjautuva tiedon systemaattinen kerääminen, analysointi ja siitä oppiminen on kuitenkin jäänyt vähemmälle huomiolle.

Laatuhavainnoista oppimisen teema pohjautuu puolestaan Aalto-yliopiston Diction-hankkeeseen. Hankkeessa tutkittiin digitaalista tiedonkulkua betonielementtien toimitusketjussa kattaen suunnittelun, valmistuksen ja asennuksen. Hankkeessa nousi esille tarve parantaa työmaalla havaittujen laatupoikkeamien digitaalista kommunikointia projektitoimijoiden kesken, kehittää laatupoikkeaminen hallinnan yhteistä prosessia sekä luoda parempia edellytyksiä koko toimialan jatkuvaan kehittämiseen ja oppimiseen laatuhavaintojen pohjalta. Keskeiseksi kehityskohteeksi on nostettu toimialan yhteinen laatuhavaintopankki, jonka kautta voitaisiin paremmin ennaltaehkäistä laatuun liittyviä riskejä jo hankekehitys-, suunnittelu-, valmistus-, ja tuotannonsuunnitteluvaiheissa.

Seuraavissa luvuissa on esitetty aihealueiden tutkimus keskittyen merkittävimpiin tuloksiin ja johtopäätöksiin.

3 Datapohjainen oppiminen tahtituotannossa

3.1 Tausta ja tavoitteet

Tässä raportin osiossa käsitellään datapohjaista oppimista tuotannon ja erityisesti tahtituotannon näkökulmasta. Tahtituotanto on lean-filosofiaan pohjautuva tuotantosysteemi, joka pyrkii radikaalisti parempaan tuotannon virtaukseen tarkalla tuotannon suunnittelulla, rytmitettyllä tuotannon ohjauksella sekä yli projektien tapahtuvalla jatkuvalla parantamisella (Lehtovaara ym. 2021). Kiinnostus tahtituotantoa kohtaan on kasvanut Suomen rakennusteollisuudessa viimeisen viiden vuoden aikana nopeasti, ja toistuvasti dokumentoidut positiiviset tulokset (esim. 30 % läpimenoajan lyhennys sisävaiheessa; Lehtovaara ym. 2019) ovat kasvattaneet innostusta hyödyntää menetelmää entisestään. Lähivuosien aikana Suomessa dokumentoituja tahtituotantohankkeita on jo kymmeniä (Lehtovaara ym. 2020), ja epävirallisten tietojen mukaan tahtituotantoa on hyödynnetty kymmenissä eri yrityksissä ja jopa sadoissa hankkeissa. Tahtituotannon nopeaa suosion kasvua on selitetty läpimenoaikojen lyhentämisen lisäksi myös muilla nopeasti saatavilla hyödyillä, kuten prosessin suuremmalla läpinäkyvyydellä (Frandsen ym. 2014) sekä työtehokkuuden parantumisella (Kujansuu ym. 2020).

Tahtituotannon kasvaneesta suosiosta huolimatta menetelmän kehitys on kuitenkin tähän mennessä keskittynyt vahvasti lähinnä pääurakoitsijavetoiseen hanke- ja tuotantotason toimintaan. Vaikka tämä onkin hyvä lähtökohta, tulisi kehitystä tarkastella myös laajemmin organisaatioiden ja toimialan tasolla, jotta tahtituotannon koko potentiaali voitaisiin ulosmitata (Lehtovaara ym. 2020). Tämän kehityksen keskiössä on ymmärrys siitä, miten organisaatiot oppivat hankkeista sekä niistä syntyneestä datasta. Vaikka esimerkiksi tilannekuvateknologia ja laadunseurantajärjestelmät tuottavat runsaasti dataa, data ei kuitenkaan usein ole yhteismittallista, eikä sitä juurikaan jalosteta tiedoksi ja edelleen yritysten osaamispääomaksi. Yksi keskeisistä syistä valita tahtituotanto tämän tutkimuksen keskiöön onkin sen helposti standardoitava tuotantoprosessi, joka luo samalla pohjan järjestelmälliselle datan keruulle ja mittareiden luomiselle, tarjoten tätä kautta suuren potentiaalín tehokkaammalle oppimiselle.

Tämän osatutkimushankkeen tavoitteena oli siis selvittää, miten tahtituotannon suunnittelu- ja ohjausvaiheista kertyvää dataa voitaisiin hyödyntää tehokkaasti sekä yritys- että toimialatasolla, sekä miten tahtituotantoon pohjautuvaa tuotantosysteemiä voitaisiin tehokkaasti kehittää. Tavoitteisiin pyrittiin vastaamaan kahden tutkimuskysymyksen kautta:

- Miten tahtihankkeista (/järjestelmistä) kerättyä dataa voidaan hyödyntää tahtituotantoon pohjautuvien tuotantosysteemien kehityksessä ja organisaatioiden oppimisessa?
- Miten tahtituotantoon pohjautuvaa tuotantosysteemiä voidaan jatkuvasti parantaa?

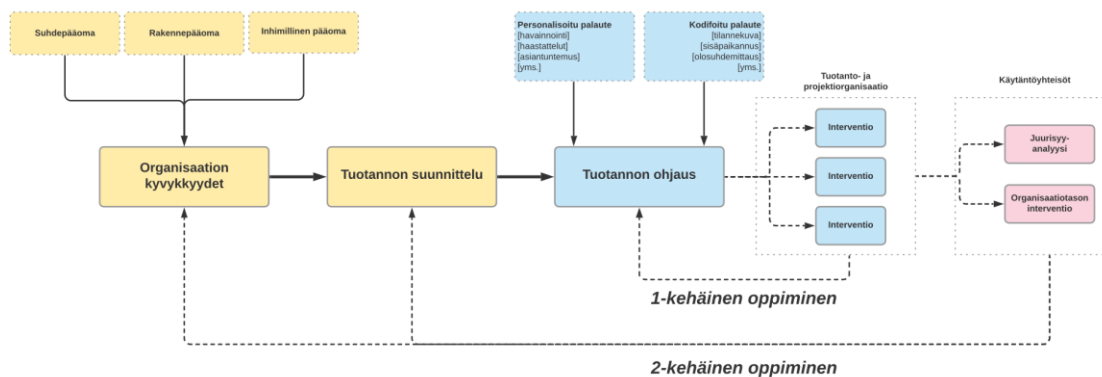
Tutkimus aloitettiin laajalla kirjallisuuskatsauksella, jossa tutustuttiin rakentamisen oppimisen prosesseihin sekä oppimisen mahdollisuuksiin tahtituotannon kontekstissa. Kirjallisuuskatsauksessa hyödynnettiin myös aikaisempien tutkimushankkeiden tuloksia ja havaintoja. Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen pyrittiin vastaamaan erityisesti Toni Ahosen diplomityön puitteissa tehdyn tutkimuksen kautta, jossa tutkittiin tahtituotannon oppimisprosesseja pääurakoitsijaorganisaation näkökulmasta. Toista tutkimuskysymystä päädyttiin kirjallisuuskatsauksen pohjalta tarkastelemaan rakennuttaja/tilaajaorganisaation näkökulmasta, joiden proaktiivinen rooli tunnistettiin keskeiseksi mahdollistajaksi tahtituotannon jatkuvassa parantamisessa. Tutkimuskysymykseen vastattiin luomalla teoreettinen malli ja mittarit tahtituotannon kehityksen arvioimiseen, jota validoitiin case-hankkeen yleisaikataulutason tahtisuunnitteluprosessissa.

3.2 Kirjallisuuskatsaus ja keskeisiä aikaisempia tutkimustuloksia

3.2.1 Rakennusalan organisaatioiden oppiminen

Rakennusorganisaatiot ovat olleet perinteisesti epätehokkaita oppijoita. Vaikka hankkeiden sisällä luodaan valtava määrä informaatiota, kuitenkin vain murto-osa siitä päätyy organisaatioiden hyötykäyttöön ja sitä kautta seuraaviin hankkeisiin (Almeida & Soares 2014). Tieto on usein vahvasti henkilöitynyttä, ns. hiljaista tietoa (Nonaka & Takeuchi 1995), jota organisaatio harvoin pystyy täysmääräisesti hyödyntämään. Tämä tekee oppimisesta hidasta, epätehokasta sekä paljon resursseja vaativaa (Dave ja Koskela 2009). Vahvasti henkilöityvän ja anekdoottipohjaisen tiedonvaihdon rinnalle tarvittaisiinkin systemaattisia tapoja kerätä, analysoida, säilöä sekä uudelleenkäyttää tietoa (Henderson ym. 2013), jotta organisaatioiden oppimista voitaisiin tehokkaasti edistää. Carrillo ja Chinowsky (2009) nostavat erityisesti esille tarpeen mahdollistaa tehokas oppimiskehä hankkeiden alavirran (tuotanto ja käyttöönotto) sekä ylävirran (hanke- ja yleissuunnittelu, tuotannonsuunnittelu) välille.

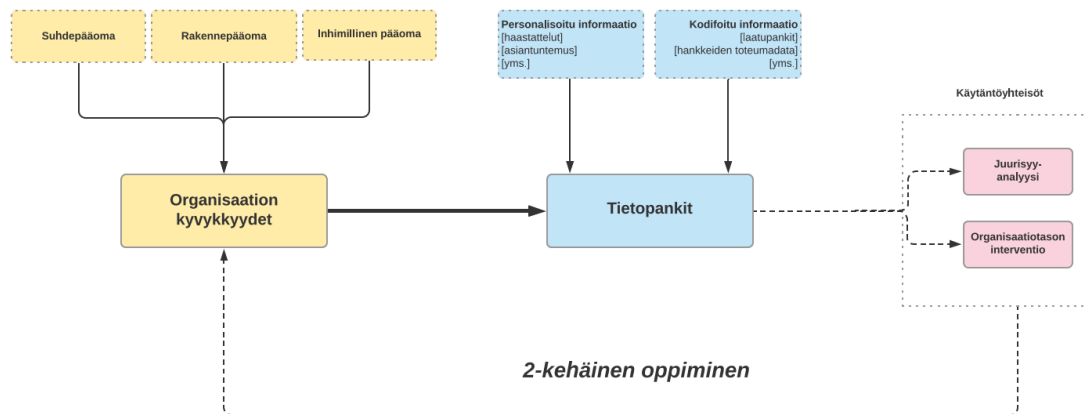
Alla (kuva 2) esitetty oppimisprosessi pyrkii vastaamaan edellä esitettyyn haasteeseen, ja se pohjautuu Lehtovaaran ym. (2019) julkaisuun, jota on myöhemmin jatkokehitetty ja validoitu DiCtion (Digitalizing Construction Workflows) – tutkimushankkeessa (Seppänen ym. 2021) tukemaan erityisesti (tahti)tuotannon prosesseihin liittyvää oppimista. Vaikka malli on alun perin luotu pääurakoitsijan näkökulmasta, soveltuu se myös muiden projektipohjaisten yritysten oppimisen pohjaksi.



Kuva 2: Organisaatioiden oppiminen hankkeista (mukailtu Seppänen ym. 2021).

Organisaation kyvykkyudet, jotka koostuvat suhdepääomasta (mm. ammatilliset verkot, yhteistyökumppanit), rakennepääomasta (mm. yrityskulttuuri, prosessit, organisaatorakenne, johtamisjärjestelmät, teknologiat) sekä inhimillisestä pääomasta (mm. taidot ja osaaminen, koulutus ja kokemus, terveys ja motivaatio sekä kyky oppia uutta) (Edvinsson ja Malone 1997) luovat pohjan hankkeiden onnistumiselle, ja kyseisessä tapauksessa erityisesti tehokkaalle tuotannon suunnittelulle. Onnistunut tuotannon ohjaus hyödyntää ns. yksikehäistä oppimista (Argyris ja Schön 1978), jossa tuotanto- ja projektiorganisaatio hyödyntää monipuolisesti sekä personalisoitua (laadullinen) että kodifioitua (määrällinen) palautetta esille tulleiden haasteiden ratkaisemiseen ja jatkuvaan parantamiseen. Siinä missä yksikehäinen oppiminen pyrkii ratkaisemaan vastaantulevia pieniä ongelmia tehokkaasti, ns. kaksikehäinen oppiminen (Argyris & Schön 1978) tähtää ongelmien juurisyiden tunnistamiseen sekä syvemmän, projekti- ja organisaatiotason, kehityksen mahdollistamiseen. Kaksikehäinen oppiminen toteutetaan yleensä irrallisena hankkeen välittömästä kontekstista, jossa käsillä olevan ongelman kehityksestä kiinnostuneet ja vastuussa olevat henkilöt pyrkivät jalostamaan ja siirtämään oppeja koko organisaatiolle, kasvattaen edelleen sen kyvykkyksiä.

Suoraan hankkeista tapahtuvan oppimisen lisäksi organisaatio voi kasvattaa kyvykkyksiään myös esimerkiksi hyödyntämällä erilaisia tietopankkeja, johon on kerätty keskitetysti tietoa jostain tietystä aiheesta, kuten aikataulutoteutumista tai laatuhavainnoista. Kuva 3 kuvaa tätä prosessia, joka on peruspiirteiltään samanlainen kuin hankkeista tapahtuvan oppimisen prosessi.



Kuva 3: Organisaatioiden oppiminen tietopankeista (mukailtu Seppänen ym. 2021).

3.2.2 Tahtituotannon kehitystasot ja organisaatioiden oppiminen

Organisaatiotason oppimisen tärkeys nousi esille tahtituotannon kontekstissa erityisesti vuonna 2019-2020 tehdyssä tutkimuksessa, jossa Lehtovaara ym. (2020) analysoivat 24 eri suomalaisen tahtihankkeen yhteneväisyyksiä sekä menestystekijöitä. Tutkimuksessa havaittiin, että tahtituotannon kehitys organisaatioissa tapahtuu usein kolmen kumuloituvan tason kautta (kuva 4): tekninen tahtisuunnittelu, osapuolten sitouttaminen & tahtiohjaus sekä organisaatioiden [systemaattinen] oppiminen. Kahden ensimmäisen tason saavuttaminen on mahdollista ilman organisaatiotason systemaattista kehitystä, mutta tahtituotannon koko potentiaalin hyödyntäminen vaatii pitkäjänteistä ja systemaattista, koko organisaation lävistävää oppimista ja kehitystä. Tahtituotannon kontekstissa keskeisiksi organisaation kyvykkyksiä kasvattaviksi teemoiksi nousivat tiimien rakentaminen ja jatkuva kehittäminen, systemaattinen hukan poisto hankkeiden yli sekä datapohjaisen eli kodifioitun (määrällisen) palautteen hyödyntäminen entistä vahvemmin oppimisen sekä päätöksenteon pohjana.



Kuva 4: Tahtituotannon kehitystasot.

3.3 Tahtituotannon oppimisprosessien kehitys rakennusliikkeessä – Toni Ahosen diplomityö

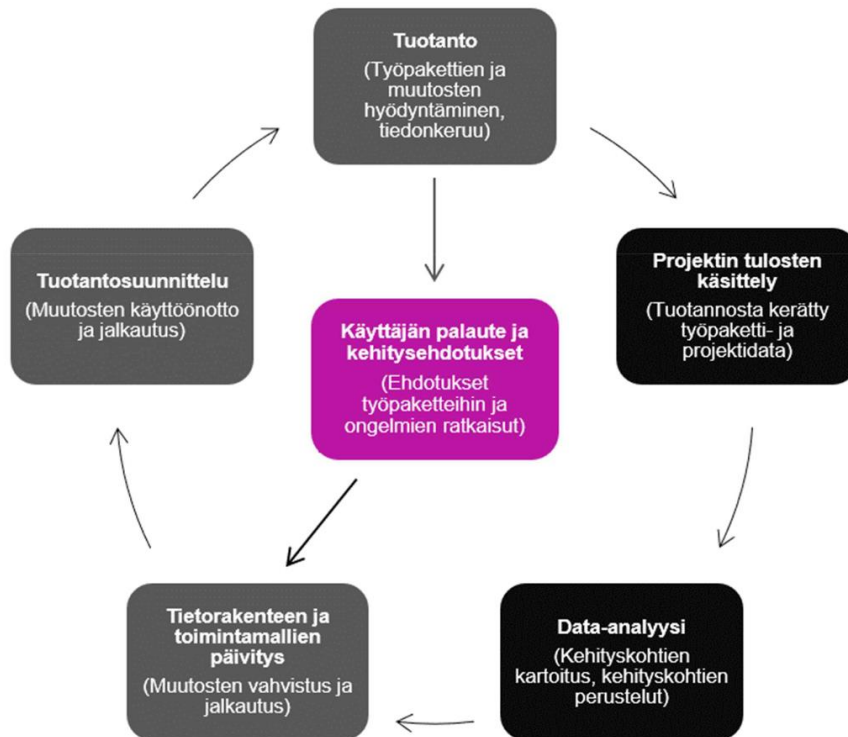
Kirjallisuuskatsaus tarjosi siis pohjan lähteeä tutkimaan tahtituotannon datapohjaista oppimista kahden eri osatutkimuksen kautta. Ensimmäinen osatutkimus koostuu Toni Ahosen diplomityöstä ”Organisaation dataan perustuva tahtituotannon jatkuva parantaminen”, jossa tahtituotantoon liittyvää oppimisprosessia pyrittiin tarkastelemaan ja kehittämään pääurakoitsijan näkökulmasta. Työn tavoitteena oli selvittää, miten dataan perustuvan oppimisen avulla voitaisiin jatkuvasti parantaa tahtituotantoprojektien toteutusta. Tutkimuksessa hyödynnettiin toimintatutkimusta (engl. action research, Avison ym. 1999). Tutkimus alkoi diagnoosilla, jossa haastattelulla sekä sisäiseen dokumentaatioon tutustumalla kartoitettiin organisaation tahtituotantoon ja sen parantamiseen liittyviä kehityskohtia. Diagnoosin pohjalta johdettiin yleisiä päätelmiä tahtituotantoon liittyvistä oppimisprosesseista, sekä muodostettiin kohdeorganisaation oppimista ohjaava toimintamalli. Lisäksi tuloksia validoitiin organisaation sisäisissä sekä Building 2030 – työryhmän workshopeissa, jonka pohjalta muodostettiin lopulliset johtopäätökset.

Haastatteluihin sekä dokumenttianalyysiin pohjautuneessa diagnoosissa kehityskohdiksi osoittautuivat erityisesti tahtituotannon tuotantoprosessin vakiointiin, tahtituotannon kehitystoiminnan organisointiin sekä datan käsittelyyn liittyvät haasteet. Diagnoosin ja erityisesti haastatteluiden pohjalta tehdyt havainnot on esitetty kootusti taulukossa 1. Organisaatiossa tahtituotannon tuotantoprosessin vakioiminen oli jo aloitettu, mutta sen jatkuvaa parantamista hidastavat hyödynnettävän datan vähäisyys sekä sen käsittelyyn vaadittava suuri työmäärä. Oppimisprosessia toteutettiin jatkuvasti, mutta kehitysehdotusten käsittelyssä ja keräämisessä havaittiin, että tieto voi silti helposti hukkua ja hajaantua ennen sen päätymistä organisaation ja seuraavien hankkeiden käyttöön. Diagnoosissa huomattiin, että tuotantoprosessin vakioimista ja oppimisen tehokkuutta voidaan tukea erityisesti varmistamalla systemaattinen ja ohjeistettu datan kerääminen ja analysointi. Toisaalta nykyisten jalkautusmenetelmien todettiin olevan toimivia, joten niitä nähtiin järkevänä hyödyntää myös osana kehitettyä oppimismallia.

Taulukko 1: Diagnoosin pohjalta tehdyn havainnot tahtituotannon oppimisprosesseista.

Päätelmä	Päätelmää tukevat havainnot
Vakioitu tuotantoprosessi toiminnan taustalta puuttuu	Ei varsinaista tahtituotantoprosessia
	Rakennusmenetelmiä on standardoitava prosessin vakioimiseksi
	Kehityksen mahdollistaa systemaattinen toimintatavan kuvaus ja sen parantaminen
Data ei ole yhteismitallista, jolloin sen hyödyntäminen on haastavaa	Tuotannon dataa kerätään ja säilötään nykyään eri tavoin ilman kokonaisvaltaisesti määriteltyä ohjeistusta
	Ei yksikkö- tai konsernitason data-analytiikkaa, koska työpaketit vaihtelevat kohteittain
	Nykyisissä ohjeistetuista dokumentaatiosta saa poiketa muokkauksilla (ristiriidassa yhteismitallisuuden kanssa)
	Nykyisen referenssipankin sekalainen muoto ja sisältö vaikeuttaa tiedonhakua
Datan keräämisen ja käsittelyn perusteet ovat puutteelliset	Aiempien projektien tietojen hyödyntämistä projektisuunnittelussa tulisi parantaa
	Datankeruuta pitää tehdä määritellyn tarpeen mukaan, joka havaitaan tuotannon tarpeen perusteella
	Vastuu datan käsittelystä ja analysoinnista pitäisi tapahtua projekteilla
Kehitystoiminta ei ole ohjeistettua, jolloin sen toteutumisesta ei voida varmistua	Työpaketti- ja työjonomittaus tulee aloittaa vasta, kun tahti on hallussa segmenttitasolla (jotta tiedetään mitä mitataan)
	Kommunikaatio tuotannon ja kehitysorganisaation välillä luottaa yksilöihin
	Organisaatiossa ei ole määritelty tietojohdamsstrategiaa
	Kehitysideoiden eteenpäin vieminen on vapaamuotoista
	Organisaatiossa ei ole toimintaohjetta oppimiselle, vaan oppiminen luottaa yksilöihin. Suuri osa nykyistä oppimista tapahtuu yksilöiden oppeja jakamalla projektitiimeissä
Aliurakoiden ohjaus ja valinta eivät vastaa tahtituotannon vaatimuksia	Kaikki projektien jälkikatsauksista saadut opit eivät jalkaudu täysin
	Oppien jalkauttaminen jaoteltu tarpeen mukaan johtamisjärjestelmään ja henkilökalkautukseen
	Tahtituotannossa haasteena on aliurakoitsijoiden sitouttaminen
	Tahtituotannossa haasteena on uuden toimintatavan vastaanottaminen
	Aliurakoitsijat saattavat ajaa omaa etua ja nostaa omaa työtahtia yli suunnitellun
	Ennako-oletukset haittaavat tahtituotannon käyttöönottoa
	Halvimman urakan periaate haittaa tahtituotannon kehittämistä

Diagnoosin sekä validoinnin pohjalta luodun lopullisen oppimismallin kooste on esitetty kuvassa 5. Oppimismalli koostuu jatkuvasta syklistä, joka asettuu osaksi yrityksen projektiliiketoimintaa ja osoittaa, missä projektin vaiheissa tiedon kerääminen, käsittely ja jalkautus pääsääntöisesti tapahtuvat. Toimintamallin avulla voidaan tukea organisaatiossa vakiinnutettua tiedonjakoa. Syklin tuotantovaiheessa kerätään tuotannosta yhteismitallista dataa työpaketeittain. Tuotantovaiheessa hyödynnetään samalla tietoa nykyisistä työpaketeista ja toimintamalleista, joista voidaan tehdä havainnot työmaan näkökulmasta. Nämä havainnot voidaan ohjata eteenpäin suoraan kehitystiimille (käyttäjän palaute ja kehitysehdotukset, pinkki osio).



Kuva 5: Kooste lopullisesta oppimismallista.

Projektin tulosten käsittelyyn hyödynnetään tuotannosta ja projektin kehityspalavereista kerättyä dataa. Tulosten käsittelyssä etsitään ensisijaisesti kehitystarpeita, jotka ilmenevät tulokista ilman suurempaa analyysia. Tulosten käsittelystä voidaan jatkaa data-analyysiin, jossa jäsennellään ja tulkitaan kerättyä dataa syvällisemmin. Jäsennellyn datan perusteella voidaan etsiä juurisyitä ja ratkaisuja tulosten käsittelystä löydettyihin kehityskohtiin, ja sen lisäksi löytää uusia kehityskohtia ja niiden ratkaisuja. Näitä vaiheita kuvataan syklin mustilla osioilla.

Kumpaakin kuvattua reittiä pitkin (musta ja pinkki) päästään tietorakenteen ja toimintamallien päivitykseen, jossa ratkaisut arvioidaan ja niiden jalkautus organisaatioon suunnitellaan. Pääsääntöisesti uudistukset suunnitellaan tuotantosuunnitteluun, jossa varmistetaan niiden jalkautus projektikohtaisesti. Osa uudistuksista voidaan kuitenkin jalkauttaa riippumatta projektin ajankohdasta ja käynnissä olevasta vaiheesta, jolloin niitä viedään eteenpäin suoraan käynnissä oleviin projekteihin esimerkiksi koulutuksilla ja tiedotteilla. Harmaalla kuvatut osiot syklistä kuvaavat projektivaiheisiin sidottua jalkautusta, mutta tuotantosuunnitteluvaiheen ohittaminen on monesti perusteltua ja suositeltua. Suunnitteluvaiheen ohittaminen on aiheellista, jos jalkautus on mahdollinen missä tahansa projektin vaiheessa, uudistus on merkittävä ja sen käyttöönotto mahdollisimman nopeasti kaikissa projekteissa tuottaa suurta hyötyä.

Syklinen toimintamalli ohjaa kehitystä projektivaiheiden ympärillä, mutta se ei rajaa projektivaiheista poiketen eteenpäin vietävää kehitystä. Joissain tapauksissa myös käyttäjälähtöiset palautteet ja ehdotukset voivat päättyä esimerkiksi data-analyysiin, mutta tällaisia poikkeavia tapauksia ei ole kuvattu prosessissa erikseen. Ensisijaista on kehitysideoiden jalkauttaminen

organisaatioon sekä tuleviin projekteihin, tehtiin se rakenteen mukaisesti tai siitä poiketen. Oppimismallin käyttöönottoa voidaan tukea ja kehittää huomioimalla erityisesti seuraavia asioita:

- Yhteisen tahtituotantokäsitteistön sopiminen ja jalkauttaminen organisaatioon.
- Työpakettien vastuuhenkilöiden määrittäminen segmentti- tai yksikkökohtaisesti.
- Nopean ja yksinkertaisen palautejärjestelmän luominen ja käytön opastaminen.
- Kehitysehdotusten ja palautteen antamiseen kannustaminen kehitysilmapiiriin luomiseksi.
- Kehitysideoiden ja palautteen käsittelyn sekä tietorakenteen päivittämisen aikataulun määrittäminen. Tavoitteena mahdollisimman jatkuva käsittely ja nopea vastausaika.
- Muiden toimintojen, kuten hankintojen, sovittaminen työpakettirakenteeseen toimintojen yhteensovittamiseksi.
- Toimintamallin jalkautuksessa ja kehitysehdotusten mukaan toimintatapaa uudistaessa on painotettava projektikohtaista asiantuntijajalkautusta.

Validoinnissa saadun palautteen perusteella oppimismallin jalkautusta on erityisesti tuettava yrityskohtaisilla esimerkeillä, joilla toimintamallin käyttöä voidaan havainnollistaa käyttöönotossa työmaalla. Jalkautusta varten on myös pystyttävä määrittämään valmiit järjestelmät, joilla palautetta ja dataa kerätään. Toimintamallin käyttöönotto on varmintä toteuttaa ns. asiantuntijajalkautuksena, jotta sen käyttöönottoa voidaan opastaa projektikohtaisesti. Projektikohtaisen jalkautuksen yhteydessä voidaan myös parantaa projekti- ja kehitystiimin kommunikaatiota, ja parhaimmillaan lisätä tiimien välistä luottamusta. Luottamuksen avulla voidaan saavuttaa onnistuneempi toimintamallin käyttöönotto, kun kehitysehdotuksen vaikutus ja tärkeys koetaan henkilökohtaisella tasolla.

3.4 Tahtituotanto ja operaatiostrategia

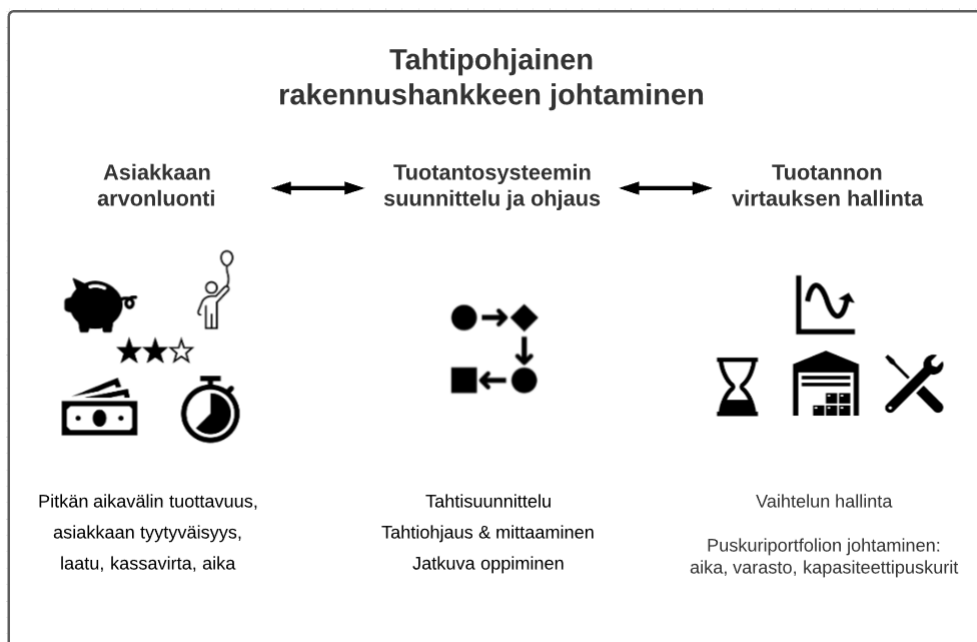
Tässä luvussa esitetyt tulokset on esitetty myös IGLC-konferenssissa kesällä 2021 (Lehtovaara ym. 2021).

3.4.1 Operaatiostrategian konsepti rakennuttajan näkökulmasta

Tahtituotannon kehitys on viime vuosina keskittynyt vahvasti tuotannon ja työn virtaukseen (pää)urakoitsijoiden näkökulmasta. Kuitenkin samalla myös arvonluonnin sekä rakennuttajan rooli on nähty entistä tärkeämpänä osana tahtituotannon kehitystä. Rakennuttajan ymmärrys tahtituotannosta sekä tilannekuva tahtisuunnittelun ja -ohjauksen etenemisestä luovat pohjan proaktiiviselle päätöksenteolle, vaikuttaen huomattavasti siihen, miten arvonluonnissa onnistutaan. Vaikka esimerkiksi lyhyempi läpimenoaika tuottaa epäilemättä hyötyä myös rakennuttajalle, on selkeiden mittareiden puuttuessa vaikea arvioida, mitä onnistunut tahtituotanto tarkoittaa, miten siihen tarkalleen ottaen päästäisiin ja miten erilaiset päätökset konkreettisesti vaikuttavat luotuun arvoon. Tällöin hankkeiden yli tapahtuva, systemaattinen oppiminen muodostuu huomattavan haastavaksi.

Otimme tässä tutkimuksessa lähtökohdaksi operaatiostrategian viitekehyksen, joka auttaa konkreettisesti havainnollistamaan tuotannon virtaustehokkuuden ja arvonluonnin suhdetta, luoden samalla pohjan rakennuttaja- ja asiakaslähtöiselle oppimiselle. Operaatiojohtamisen pioneerit Hopp ja Spearman (2011) sekä Pound ym. (2014) määrittävät operaatiostrategian seuraavasti: *“Operations strategy is as an act of designing, implementing, and controlling the portfolio of demand, time, cost, inventory, variability [with adequate buffer management], and capacity to best achieve a company’s financial and marketing goals.”* Toisin sanoen, operaatiostrategian tavoitteena on yhdistää tuotannon johtamisen ja virtauksen hallinnan keinot niin, että ne tuottavat mahdollisimmat suuren asiakasarvon.

Kuva 6 havainnollistaa tahtituotannon roolia operaatiostrategian toteutumisen mahdollistajana: tehokas tuotantosysteemin suunnittelu ja ohjaus auttaa luomaan sillan asiakkaan arvonluonnin sekä tuotannon virtaustehokkuuden välille. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tahtituotannon parametreja (esim. tahtiaika, tahtialueet, tahtivaunut) määrittäessä tulisi löytää tasapaino luotavan arvon sekä virtaustehokkuuden välille. Esimerkiksi äärimmäisen pienen eräkoon suosiminen edesauttaa parempaa virtausta, mutta samalla sen vaatima tarkemman tason tuotannonohjaus vaatii myös huomattavasti enemmän resursseja. On hyvin tilannekohtaista millainen eräköoko tuottaa parhaimman arvon asiakkaalle.



Kuva 6: Operaatiostrategiaa toteuttava, tahtipohjainen rakennushankkeen johtaminen.

3.4.2 Mittarit arvonluonnin ja virtaustehokkuuden arviointiin

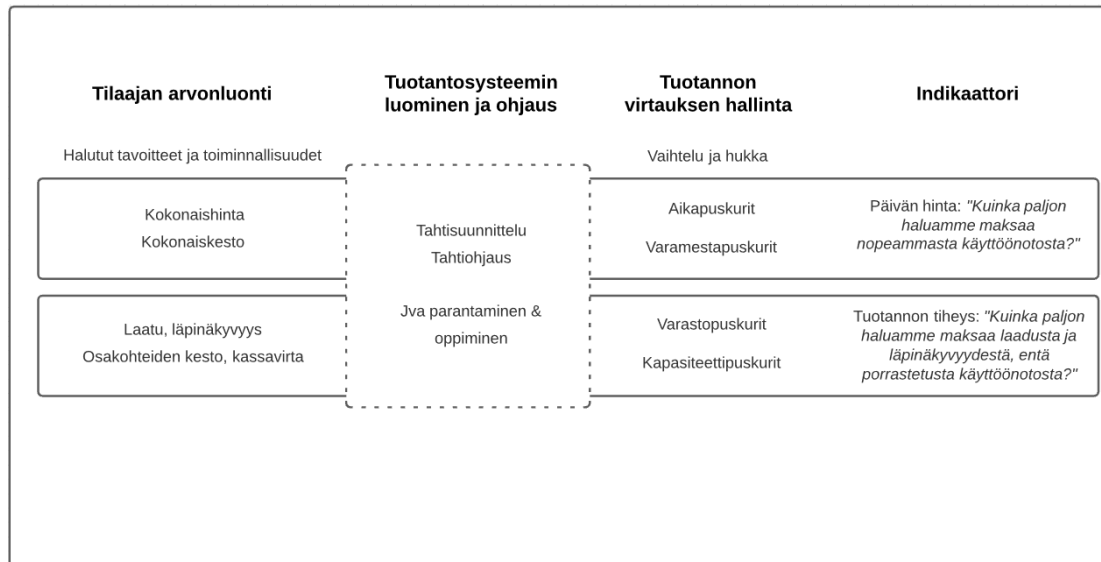
Tunnistimme kirjallisuuden sekä tutkijoiden välisen keskustelun pohjalta viisi ehdotettua mittaria, jotka voisivat toimia apuna arvonluonnin ja virtaustehokkuuden arvioinnissa:

Projektin laajuus (halutut tavoitteet ja toiminnallisuudet): Ensimmäiset kaksi mittaria, bruttoneliöt (m^2) sekä työkuorma per bruttoneliö (h/m^2), kuvaavat karkeasti projektin tavoiteltua laajuutta tuotannon näkökulmasta. Vaikka työ määrä suhteessa kokoon vaihtelee eri projektityyppien välillä, tarjoaa se kuitenkin karkeasti vertailtavan mittarin samantyyppisten hankkeiden kesken.

Hankkeen kesto ja hinta (kokonaiskesto, osakohteen kesto, kokonaishinta, kassavirta): Kolmas mittari, hankkeen kokonaiskesto (h), kuvaa yksinkertaisesti hankkeen pituutta sekä sen suhdetta tavoitekeston. Neljäs mittari, osakohteen kesto (h), kuvaa hankkeen tietyn osakokonaisuuden pituutta. Yksittäisten osakohteen lyhentäminen voi olla varteenotettava vaihtoehto, jos esimerkiksi porrastettu käyttöönotto luo arvoa tilaajalle. Kokonais-/osakohteen keston lyhentäminen voi parantaa hankkeen katetta sekä oman pääoman tuottoa, mutta vaatii samalla investointeja virtaustehokkuuden parantamiseksi. Yksinkertainen tapa tarkastella tämän investoinnin kannattavuutta on määritellä marginaalinen hinta yhdelle tuotantopäivälle, sisältäen mm. työmaakustannukset, mutta myös pääoman ja resurssien sitomiseen liittyvät kustannukset sekä vaihtoehtoiskustannukset, ja tämän jälkeen verrata marginaalista tuotantopäivän hintaa virtaustehokkuuden parantamisesta aiheutuviin kustannuksiin.

Laatu ja läpinäkyvyys (tuotannon tiheys): Viides mittari, tuotannon tiheys ($m^2/hlö$) kuvaa sitä, kuinka tiiviisti työryhmät etenevät sijainnista toiseen. Suuri tuotannon tiheys (pieni $m^2/hlö$) korreloi tuotannon läpinäkyvyyden sekä laadun kanssa, kun tiiviisti työskentelevät työryhmät tekevät työtä pienellä eräkoolla, samalla ratkaisten ongelmia yhteistoiminnallisesti. Toisin päin sanottuna, pienen tiheyden (suuri $m^2/hlö$) tuotannossa ongelmat piiloutuvat aikapuskureihin, laadunhallintaa toteutetaan isojen eräkokojen takia harvemmin, eikä työryhmien tarvitse koordinoida keskinäistä etenemistään suurien tilapuskurien vuoksi. Toisaalta myös liian suuri tuotannon tiheys voi johtaa tilanpuutteeseen, joten tasapaino sopivalle tiheydelle on löydettävä kohde- ja työtyypeittäin.

Yllä esitettyjen mittareiden suhde operaatiostrategian konseptiin on havainnollistettu kuvassa 7.



Kuva 7: Operaatiostrategian yhteys arvionluonnin ja virtaustehokkuuden mittareihin (mukailtu Lehtovaara ym. 2021, s. 834).

3.4.3 Case-esimerkki: suuri sairaalahanke

Operaatiostrategian konseptin konkretisoimiseksi ja havainnollistamiseksi yllä esitettyä lähestymistapaa testattiin case-hankkeessa. Tarkasteltava case on suuri sairaalahanke Etelä-Suomessa, joka koostuu usean uuden rakennuksen rakentamisesta sekä vanhojen tilojen kunnostamisesta. Hanke toteutetaan allianssimallilla, jossa ydinryhmä toteuttaa suunnittelua sekä tuotannon valmistelua samanaikaisesti. Hankkeen tilaaja vaatii pääurakoitsijalta tahtituotannon hyödyntämistä, jonka keskeisinä tavoitteina on läpimenoajan lyhentäminen sekä tuotannon läpinäkyvyyden lisääminen. Tuotannon yleisaikataulutason valmistelua lähestyttiin operaatiostrategian näkökulmasta, jonka keskeisenä tavoitteena oli luoda optimaalinen yleisaikataulu sekä arvionluonnin että hankkeen virtaustehokkuuden näkökulmasta, mahdollistaen tehokkaan ja yhteistoiminnallisen tarkemman tason hankkeen valmistelun. Operaatiostrategiapohjainen, yleisaikataulutason tahtisuunnittelu toteutettiin kolmen vaiheen kautta:

Vaihe 1: Tiedonkeruu

Tahtisuunnittelu aloitettiin keräämällä keskeiset tiedot (tai tiedon puuttuessa, arviot) tuotantosuunnitelman pohjalle:

- Bruttoneliöt rakennuksittain (m²); pohjautuen yleissuunnitelmiin
- Työkuorma rakennuksittain ja työvaiheittain sekä arvio työn tehokkuudesta (h/m²); pohjautuen rakennuttajankonsultin arvioihin sekä RATUun
- Arvio mahdollisista kokonais- sekä eräkohtaisista läpimenoajoista (h), arvio tuotantopäivän marginaalisesta hinnasta (€/pvä); pohjautuen tilaajan vaatimukseen -> iteroitu tavoite kokonais- ja eräkohtaisille kestoille

- Arvio mahdolliselle tuotannon tiheydelle (m²/hlö); pohjautuen edellisten vastaavien hankkeiden toteutumatietoihin -> vaatimukset läpinäkyvyydelle ja laadulle sekä iteroitu tavoite tiheydelle

Vaihe 2: Alustavan tahtiaikataulun luominen

Alustava tahtiaikataulu, sisältäen arviot kokonais- ja eräkohtaisille kestoille, luotiin lähtötietojen sekä tahtiparametrien alustavien arvausten (työntekijöiden määrä, tahtiaika, tahtialueet, tahtivaunut) pohjalta. Alustavan aikataulun pohjatiedot on esitetty kuvassa 8, sisältäen seuraavat arvot tahtisuunnittelu-parametreille:

- Tahtiaika 1-5 päivää (vaihtelee työvaiheittain)
- Tahtialueet 200-1000m² (vaihtelee työvaiheittain)
- Yhteensä 293 tahtivaunua (9-106 kpl per työvaihe)
- Työntekijätiheys 75-120 m²/hlö

Building	Type	gross m2	Quantity of work (hours) per phase							Gross areas per functional area (m2) / amount of takt areas in the interior phase									
			Demolition	Earthworks	Foundations	Struct. & exter.	Interior 1	Interior 2	Finishes	K2	K1	1	2	3	4	5	6	7	
East	New building	7 800		4 000	10 000		61 000	15 400	40 200	52 200		820 / 5	1940 / 11	460 / 3	1680 / 10	270 / 2	1680 / 10	270 / 2	420 / 2
Main North 1	New building	24 000		2 000	7 500		83 500	38 500	117 400	156 800	3030 / 16	3260 / 17	3130 / 16	2960 / 15	2960 / 15	2940 / 15	2920 / 15	1900 / 10	890 / 5
Main North 2	New building	24 000		2 000	7 500		83 500	38 500	117 400	156 800	3030 / 16	3260 / 17	3130 / 16	2960 / 15	2960 / 15	2940 / 15	2920 / 15	1900 / 10	890 / 5
Main South 1	New building	24 000		2 000	7 500		83 500	38 500	117 400	156 800	3030 / 16	3260 / 17	3130 / 16	2960 / 15	2960 / 15	2940 / 15	2920 / 15	1900 / 10	890 / 5
Main South 2	New building	24 000		2 000	7 500		83 500	38 500	117 400	156 800	3030 / 16	3260 / 17	3130 / 16	2960 / 15	2960 / 15	2940 / 15	2920 / 15	1900 / 10	890 / 5
North	New building	11 300		650	7 800		65 000	11 700	55 400	73 500		320 / 2	2720 / 13	2850 / 14	2860 / 14	2560 / 13			
Building 1	Renovation	6 670	65 500	700	15 200		29 000		26 200	29 500			1620 / 5	1680 / 6	1130 / 4	1130 / 4	1120 / 4		
Building 2	Renovation	8 200	65 500	700	15 200		29 000		43 800	49 500		530 / 2	1570 / 7	1570 / 7	1560 / 7	1560 / 7	1410 / 6	10 / 0	
Building 3	Renovation	7 900	65 500	700	15 200		29 000		41 600	45 900		280 / 1	1560 / 7	1570 / 7	1560 / 7	1560 / 7	1410 / 6	40 / 0	
Total quantity of work			196 500	14 750	93 400		547 000	181 100	676 800	877 800									
Estimated tightness (m2 / worker)			100	75	75		120	100	100	100									
Takt time (d)			1	5	5		5	1	1	1									
Average takt area size (m2)			200	200	200		1000	200	200	200									
Amount of wagons			106	9	9		12	19	59	79									

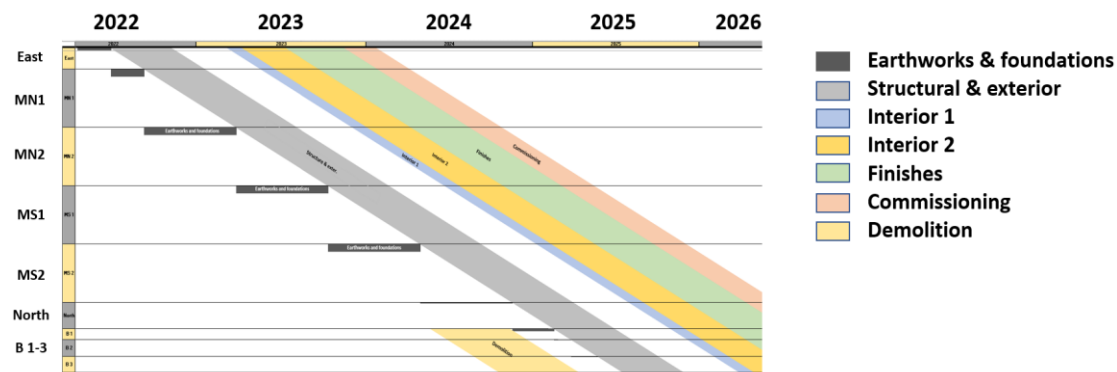
Kuva 8. Alustavan tahtiaikataulun parametrit (Lehtovaara ym. 2021, s. 835).

On huomattava, että alustavassa aikataulussa keskityttiin virtauksen ja arvonluonnin tasapainottamiseen parametrisesti. Tarkempi tahtialueiden määrittäminen sekä vaunujen sisältö on tarkoituksella jätetty myöhempään, tarkemman tason tahtisuunnitteluvaiheeseen, tarjoten selkeät raamit mutta samalla joustavuutta tarkentaa tahtisuunnitelmia myöhemmissä tuotannon valmistelun vaiheissa.

Vaihe 3: Iterointi ja tahtisuunnitelman visualisointi

Tahtisuunnitteluparametreja (tahtiaika, tahtialueiden koko ja määrä, tahtivaunujen määrä) iteroitiin alustavan tahtiaikataulun pohjalta, samalla kun aikataulua tasapainotettiin testamalla erilaisia tuotannon tiheyksiä, työntekijöiden määrää sekä puskureita. Aikataulutuksessa hyödynnettiin pääosin kapasiteetti- ja varastopuskureita, välttämällä varamestojen käyttöä sekä aikapuskureita työvaiheiden sisällä. Lopullinen yleisaikataulutason tahtisuunnitelma on esitetty kuvassa 9. Koska rakennuttaja painotti tarvetta nopealle tilakohtaiselle läpimenoajalle, on lopullinen aikataulu usean vuoden lyhyempi kuin ennen tahtisuunnittelua. Arvonluonnin

huomioimisen lisäksi tasapainotettu tuotannon virtaus mahdollistaa työvaiheiden etenemisen rakennusten välillä samassa rytmissä ilman suurta resurssivaihtelua, vaikka tilat ja työkuormat ovat pääosin ei-toistuvia. Yleisaikataulun tahtisuunnitelma tarjoaa pohjan tarkemman tason yhteistoiminnalliselle tuotannon valmistelulle hankkeen seuraavissa vaiheissa.



Kuva 9. Yleisaikataulutason tahtisuunnitelma (Lehtovaara ym. 2021, s. 835).

Yhteenvedona havaittiin, että vaikka rakennuttajan ei tarvitse olla operatiivisen toiminnan keskiössä, on sillä kuitenkin keskeinen rooli onnistuneen ja arvoa tuottavan tahtituotannon tavoitteiden määrittämisessä. Rakennuttajan ymmärrys operaatiostrategian elementeistä, tahtituotannon parametreista sekä virtaustehokkuuden luomisesta antaa mahdollisuuden arvioida urakoitsijoiden kykyä tehdä tahtituotantoa tehokkaasti, samalla tarjoten mahdollisuuden jatkuvalle parantamiselle. Vahva visio tahtituotannon tavoitteista on myös edellytys kyvylle hyödyntää menetelmää standardoidusti ja systemaattisesti yli useamman hankkeen, mahdollistaen tahtituotannon koko potentiaalin saavuttamisen.

3.5 Yhteenvedo

Tämän osahankkeen tavoitteena oli selvittää, miten hankkeiden tahtisuunnittelu – ja ohjausvaiheista kertyvää dataa voitaisiin tehokkaammin hyödyntää oppimisessa sekä yritys- että toimialatasolla, sekä selvittää miten tahtituotantopohjaista tuotantosysteemiä voitaisiin jatkuvasti parantaa. Ensimmäisenä keskeisenä tuloksena luotiin oppimisprosessi, joka on erityisesti suunnattu tahtituotannon jatkuvan parantamisen mahdollistamiseen rakennusliikkeessä. Prosessin luomisen yhteydessä tuotiin esiin myös yleisiä kehitysehdotuksia tehokkaamman tahtituotantopohjaisen oppimisprosessin mahdollistamiseksi. Lisäksi tahtituotantoa tarkasteltiin operaatiostrategian näkökulmasta, joka mahdollistaa rakennuttajan osallistamisen tahtituotannon jatkuvaan parantamiseen. Tätä näkökulmaa lähestyttiin luomalla tahtituotannon kehittymiseen liittyvät mittarit sekä prosessimalli yleisaikataulutason tahtisuunnitteluun, joita molempia testattiin onnistuneesti case-hankkeessa. Tuloksien pohjalta on julkaistu diplomityö (Ahonen 2021) sekä konferenssiartikkeli (Lehtovaara ym. 2021), joka esitettiin 2021 heinäkuussa lean-rakentamisen IGLC-konferenssissa.

Kehitettyjen mallien jatkotestauksen ja validoinnin lisäksi jatkotutkimusaiheena nousi erityisesti esille tahtituotannon ja oppimisen syvempi yhdistäminen systeemisen muutoksen konseptiin, jota käsiteltiin tarkemmin toisessa tämän vuoden Building 2030 -tutkimushankkeessa. Systeemisessä muutoksessa tuotteita, prosesseja, digitaalisia järjestelmiä, arvontuottoa sekä ihmisiä kehitetään kaikkia samanaikaisesti. Erityisesti systeemiseen muutokseen liittyvä ”digitaalinen tahtituotanto”, jossa tuotantoprosessien sekä datarakenteet on standardoitu ja yhdenmukaistettu, voisi olla hyvin mielenkiintoinen lähitulevaisuuden lisätutkimusaihe oppimisen ja jatkuvan parantamisen näkökulmasta. Digitaalinen tahtituotanto voisi mahdollistaa tehokkaan reaaliaikaisen tilannekuvan luomisen sekä yksikehäisen oppimisen, mutta myös tehokkaan kaksikehäisen oppimisen, samalla luoden pohjaa myös digitaalisen kaksoson kaltaisen konseptien tehokkaammalle hyödyntämiselle.

3.6 Lähteet

- Ahonen, T. 2021, 'Organisaation dataan perustuva tahtituotannon jatkuva parantaminen' Diplomityö, Aalto-yliopisto.
- Almeida, M. V., & Soares, A. L. 2014, 'Knowledge sharing in project-based organizations: Overcoming the informational limbo.' *International Journal of Information Management*, 34(6), 770–779.
- Argyris, C., & Schön, D. 1978. 'Organizational learning: A theory of action approach'. Reading, MA: Addison Wesley
- Avison, D. E., Lau, F., Myers, M. D., & Nielsen, P. A. 1999. 'Action research'. *Communications of the ACM*, 42(1), 94-97.
- Dave, B., & Koskela, L. 2009. 'Collaborative knowledge management—A construction case study'. *Automation in construction*, 18(7), 894–902.
- Edvinsson, L., & Malone, M. S. 1997. 'Intellectual capital: Realizing your company's true value by finding its hidden brainpower.' New York: Harper Collins business.
- Fransson, A., Berghede, K. & Tommelein, I. D. 2013, 'Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding' In: Proc. 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Fortaleza, Brazil, 31-2 Aug 2013. pp 527-536
- Henderson, J. R., Ruikar, K. D., & Dainty, A. R. 2013. 'The need to improve double-loop learning and design-construction feedback loops: A survey of industry practice'. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 20(3), 290–306
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. 2011. 'Factory physics'. Waveland Press.

Kujansuu, P. , Lehtovaara, J. , Salerto, S. , Seppänen, O. & Peltokorpi, A. 2020, 'How Does Takt Production Contribute to Trade Flow in Construction? ' In:, Proc. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Berkeley, California, USA, 6-10 Jul 2020. pp 445-454

Lehtovaara, J. , Mustonen, I. , Peuronen, P. , Seppänen, O. & Peltokorpi, A. 2019, 'Implementing Takt Planning and Takt Control Into Residential Construction' In:, Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Dublin, Ireland, 3-5 Jul 2019. pp 417-428

Lehtovaara, J. , Seppänen, O. & Peltokorpi, A. 2019, 'Improving the Learning of Design Management Operations by Exploiting Production's Feedback: Design Science Approach' In:, Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Dublin, Ireland, 3-5 Jul 2019. pp 25-36

Lehtovaara, J. , Heinonen, A. , Lavikka, R. , Ronkainen, M. , Kujansuu, P. , Ruohomäki, A. , Örmä, M. , Seppänen, O. & Peltokorpi, A. 2020, 'Takt Maturity Model: From Individual Successes Towards Systemic Change in Finland ' In:, Proc. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Berkeley, California, USA, 6-10 Jul 2020. pp 433-444

Lehtovaara, J. , Heinonen, A. , Ronkainen, M. , Seppänen, O. & Peltokorpi, A. 2021, 'Takt Production as Operations Strategy: Client's Perspective to Value-Creation and Flow' In:, Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC) Alarcon, L.F. and González, V.A. (eds.). Lima, Peru, 14-16 Jul 2021. pp 829-838

Lehtovaara, J., Seppänen, O., Peltokorpi, A., Kujansuu, P., & Grönvall, M. 2021. 'How takt production contributes to construction production flow: A theoretical model'. Construction Management and Economics, 39(1), 73-95.

Nonaka, I., & Takeuchi, H. 1995. 'The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation'. Oxford university press.

Pound, E. S., Bell, J. H., & Spearman, M. L. 2014. 'Factory Physics for Managers: How Leaders Improve Performance in a Post-Lean Six Sigma World'. McGraw-Hill Education.

Seppänen, O., Masood, M., Aikala, A., Zhao, J., Zheng, Y., Lehtovaara, J. 2021, 'Digitalizing Construction Workflows (DiCtion) - Work package F report'. Aalto-yliopisto. Saatavilla <https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2021-03/DiCtion%20WP%20F%20report.pdf>

4 Laatuhavainnoista oppiminen

4.1 Tausta ja tavoitteet

Laatuongelmat ovat iso rakentamisen haaste, jota ei ole kokonaisuutena ratkaistu. Laatutietoa on aiemmin mitattu ja analysoitu lähinnä takuuta varten (nollavirheluovutus), mutta ei koko luovutusta edeltävästä rakentamisen prosessista. Vaikka hanke onnistuisikin, prosessi nollavirheluovutukseen voi sisältää matkan varrella paljon laatuongelmia, joista tulisi oppia jatkoa ajatellen.

Kehittyneet työkalut tuottavat aiempaa enemmän ja täsmällisempää dataa koko rakentamisen prosessin laadusta materiaalin ja mestan vastaanottotarkastuksesta aina takuutarkastukseen saakka. Aiempien tutkimusten pohjalta visioitiin, että alan yhteisen oppimisen kannalta olisi syytä tarkastella yhteisen laatupankin mahdollisuuksia ja hyötyjä rakentamisen laadun systemaattiseksi parantamiseksi. Tässä osahankkeessa tavoitteena oli kirjallisuuden, haastattelututkimuksen ja työpajojen avulla selvittää seuraavia asioita laatupankkien kehittämisestä:

- Miten muut toimialat ovat kehittäneet ja hyödyntäneet laatupankkeja ja -rekistereitä?
- Tietorakenteiden määrittely projektien laatuhavaintojen osalta:
 - Mitä tietoa laatuhavainnoista tulisi jakaa ja missä muodossa?
 - Keiden toimijoiden kesken tietoa tulisi jakaa?
 - Miten laatuhavainnot tulisi linkittää muuhun projektin dataan?
- Laatupoikkeamien hallinnan prosessin määrittely:
 - Mitä vaiheita laatupoikkeaman analysointiin ja korjaamiseen tulee liittyä?
 - Mitä dataa tulisi rekisteröidä jatkuvaa kehittämistä ja oppimista ajatellen?
- Laatupoikkeamien tietopankki ja sen hyödyntäminen:
 - Mikä tulisi olla tietopankin rakenne?
 - Millä menetelmillä alan toimijat hyödyntäisivät tietopankkia projekteissaan?

Seuraavissa alaluvuissa käsitellään ensin olemassa olevia laatupankkeja ja sitten keskitytään laatupankin kehittämiseen rakennusosalalle.

4.2 Katsaus olemassa oleviin laatupankkeihin – Juho Kerttulan erikoistyö

Erikoistyön tavoitteena oli tutkia mitä opittavaa erilaisista laaturekistereistä olisi suomalaisessa rakentamisessa. Työssä selvitettiin, löytyykö rakennusosalalta tai muilta toimialoilta laatupankkeja tai -rekistereitä, joihin kerätään toimialakohtaisesti laatuhavaintoja ja miten nämä rekisterit sekä järjestelmät toimivat. Jotta mahdollistaisimme oppimisen rakennusosalalla, on myös tärkeää ymmärtää, kuinka kerättyä laatudataa hyödynnetään. Tämä edellyttää

ymmärrystä siitä, kuinka nämä laaturekisterit ja järjestelmät ovat saaneet alkunsa ja kuinka niitä johdetaan.

Työssä tunnistettiin laatupankkeja ja -rekistereitä rakennusosalta, konepajateollisuudesta, laivanrakennuksesta, terveydenhuollosta sekä IT-alalta.

4.2.1 Rakennusala

Työmaan laatuhavaintojen tekemistä varten on monia erilaisia sovelluksia, joiden toimintaperiaate on hyvin samankaltainen. Havainnot perustuvat laatuvirheen taltioimiseen, ja ne sisältävät suurimmassa osassa sovelluksista pohjakuvaan sitomisen, kuvan havainnosta, selityksen, vastuuyrityksen sekä jatkotoimenpiteet. Joissakin sovelluksissa laatuhavainnon pystyy myös sitomaan 3D malliin mikä lisää havainnon tarkkuutta. Vaikka laatuhavaintojen kerääminen rakennusosalalla onkin pääosin kunnossa, ei alalla silti ole kehitetty koko toimialan kattavaa laatupankkia tai -rekisteriä, johon useat eri yritykset pystyisivät syöttämään dataa, ja josta voitaisiin oppia tulevaisuuden rakentamisessa ehkäisten erilaisia virheitä jo suunnitteluvaiheessa.

Rakennusosalalla on käytössä useita erilaisia laadunseuranta-sovelluksia. Näitä sovelluksia ja rekistereitä ovat mm. Congrid, Dalux field, Väyläviraston hallitsema Silta- ja taitorakennerekisteri sekä FISE:n hallitsema Rakennusvirhepankki.

Congrid on erittäin laajasti käytetty laadunhallintasoftware. Congridin käyttö perustuu työmaan toimihenkilöiden tekemiin laatu tarkastuksiin, joita voivat olla osakohteen luovutukset, luovutukset tai aliurakan vastaanotot. Congrid tarjoaa myös mahdollisuuden luoda oman tarkastuspohjan, jota pystyy hyödyntämään useassa samankaltaisessa laatu tarkastuksessa. Congridin avulla tehdyt laatu tarkastukset tallentuvat sovellukseen projektikohtaisesti. Tämän lisäksi tarkastusraportti on mahdollista lähettää projektin eri osapuolille sähköpostilla suoraan raportin hyväksymisen yhteydessä, mikä mahdollistaa nopean informaation välityksen toimijoiden välillä.

Congridin käyttö on helppoa ja siitä on tehty mahdollisimman yksinkertaista eri tasoille käyttäjille. Tämä kuitenkin vaatii, että osaava henkilö on luonut pohjan projektille sisältäen pohjakuvat, detaljit sekä erilaiset tarkastuspohjat. Kun tarkastuspohjat ovat valmiita, on tarkastusta suorittavan henkilön helppo noudattaa pohjaa ja tuottaa laatu havaintoja. Laatu poikkeaman havaitessaan tarkastaja voi ottaa valokuvan virheestä tai poikkeamasta ja kirjoittaa sille selosteen ja vastuuyrityksen nimen. Tämän lisäksi laatu poikkeaman sijainti on sidottavissa pohjakuvaan uudelleenpaikallistamisen helpottamiseksi.

Dalux field on Congridin kilpaileva laadun tarkastussovellus. Perusominaisuuksiltaan Dalux field on hyvin samankaltainen sovellus kuin Congrid. Suurin ero sovellusten välillä liittyy laatu havainnon sijainnin kirjaamiseen. Dalux field sovelluksessa laatu havainnon pystyy pohjakuvaan lisäksi sitomaan 3D-mallissa olevaan objektiin, mikä helpottaa entisestään laatu havainnon paikan tarkentamista.

Congridin ja Dalux fieldin kaltaisia sovelluksia löytyy paljon ja jokaisesta sovelluksesta löytyy omat erikoisuutensa. Näiden sovellusten merkittävä puute on kerätyn tiedon hyödyntäminen yritystasolla: Koska sovelluksia käytetään projektitasolla, jäävät myös kerätyt laatuhavainnot projektin dokumentaatioon. Laatudatasta oppiminen jää yksittäisten henkilöiden epäviralliseksi ja vapaaehtoiseksi tehtäväksi ja hyödyt ovat näkyvissä vain näiden henkilöiden projekteissa, mutta ei koko yrityksen toiminnassa, elleivät nämä henkilöt vie opittuja asioita eteenpäin yrityksen sisällä. Myös henkilöiden lisääminen projekteille on manuaalista ja usein rajoittuu vain työmaan toimihenkilöihin sekä aliurakoitsijoiden työnjohtajiin.

Seuraava rakennusalan esimerkki on Väyläviraston hallitsema **Silta- ja taitorakennerekisteri**. Kyseessä on vanhan Siltarekisterin korvaava rekisteri, joka sisältää mm. kunto- ja vauriotietoa silloista, tunneleista, rautatierummuista, merimerkeistä, tie- ja yhteysaluslaitureista sekä kanavarakenteista. Rekisteri sisältää tarkat tiedot silloista, kuten pohjatiedot, pohjakuvat, detailjit, tarkastusraportit, korjauspäätökset ja korjausraportit, eli käytännössä kaiken mahdollisen tiedon kyseisestä sillasta. Erilaisten raporttien ja tiedostojen lisäksi sillasta löytyy useita eri aikajanoja, jotka sisältävät sillan historian (tarkastukset ja korjaukset) sekä kuntoluokituksen muutokset. Tarkastuksissa tehdyt havainnot laatupoikkeamista on listattu koskemaan tiettyä rakennosaa, jotta laatuhavainnon identifiointi on helpompaa. Havainnon oheen on usein liitetty kuva havainnosta. Kuvan avulla voidaan tarkentaa vahingon tai poikkeaman laajuutta.

Silta- ja taitorakennerekisteri on erittäin hyvä työkalu, jos tarkasteltavissa on yksittäinen silta tai rakenne. Rekisterin ongelmana on kuitenkin datan yksilöllisyys. Data on sidottu tiettyyn rakennelmaan tai siltaan eikä yleistä katsausta pysty tekemään esimerkiksi tietyistä rakennosista koskien kaikkia siltoja, joiden pohjalta saisi yhteenvedon rakennosien yleisestä kunnosta sekä säilymisestä. Tämä mahdollistaisi laajamittaisemman oppimisen.

Viimeisenä esimerkkinä rakennusala toimii **Rakennusvirhepankki**, joka on FISE:n ylläpitämä julkinen tietokanta. Rakennusvirhepankki kerää yhteen rakentamisen eri vaiheissa toteutuneita rakennusvirheitä ja luo näiden perusteella rakennusvirhekortteja. Rakennusvirhekortit ovat FISE:n asiantuntijoiden laatimia raportteja, jotka sisältävät tietoa virheiksi tulkituista rakenne- ja järjestelmäratkaisuista ja hyvän rakentamistavan mukaisista korjaustavoista. Näiden lisäksi korttien tarkoituksena on ohjata tiedonhakija luotettavien tietolähteiden pariin. Rakennusvirhekortteja laaditaan ennen kaikkea toistuvista ja lisäinformaatiota tarvitsevista ongelmatilanteista. Virhekorttien tarkoituksena on ohjata oikeisiin ratkaisuihin perustuen virhekortin laatimisajankohdan määräyksiin, ohjeisiin ja käsikirjoihin. Rakennusvirhekortit kattavat aina vain yhden rakennusvirheen ja samasta kohteesta voikin olla useampi rakennusvirhekortti, jos virheitä on useampia.

Rakennusvirhepankki on oiva esimerkki julkisesta virhepankista, koska sen tiedonkäsittelyssä rakennuskohteet, tuotteet sekä osapuolet on esitetty anonyymeina. Tämä on tärkeää, jotta kyseinen pankki pystyy keräämään sekä jakamaan tietoa tarpeeksi laajasti, mikä puolestaan mahdollistaa oppimisen. Rakennusvirhepankki kerää ja jakaa erinomaisia esimerkkejä erilaisista

rakennus-, toteutus- ja suunnitteluvirheistä. Erittäin hyvänä lisäyksenä virheiden keräämiseen ovat erilaiset ongelmien ratkaisukeinot sekä menetelmät, joita FISE:n asiantuntijaryhmät tutkivat. Jokaisen rakennusvirhekortissa olevan ratkaisun on selvittänyt ja päättänyt kyseisen alan asiantuntija. Tämän lisäksi aihealueen pätevyyslautakunta arvio kortin sisällön, viimeistelee sen ja toimittaa kortin eteenpäin FISEn hallituksen hyväksyttäväksi.

Rakennusvirheet ovat julkaistu hyödyntäen erilaisia avainsanoja, joiden avulla tietokannan käyttäjä löytää helpommin etsimänsä aihealueen tapaukset. Vaikka Rakennusvirhepankki kerääkin hyvin tietoa ja jatkojalostaa tiedosta opettavia rakennusvirhekortteja, on sen sisältämä tieto hieman kapeaa. Tietokannan sisältämät rakennusvirheet ovat jo pitkälle edenneitä virheitä, eikä esimerkiksi rakentamisen aikaisia laatu- sekä virhehavaintoja tietokannassa ole. Virhepankki ei myöskään ole kovin dynaaminen ja kattava ja se päivittyy hitaasti ja raskaalla prosessilla. (FISE)

4.2.2 Konepajateollisuus

Konepajateollisuuden alalta ei löytynyt varsinaisia laaturekistereitä, mutta laatuhavaintojen tekemisessä hyödynnetään laajasti tekoälyä, mikä nopeuttaa havaintojen tekemistä sekä tietojen koostamista kyseiselle yritykselle. Tekoälyn hyödyntäminen helpottuu huomattavasti, kun analysoitavat kappaleet ovat lähtökohtaisesti samanmallisia ja toistuvuus on suurta. Tällöin laatu-poikkeamat on helpompi eritellä. Kyseisistä laatuhavaintojärjestelmistä toimii esimerkkinä **Labra.AI:n Vision järjestelmä**, joka on tekoälyyn perustuva laaduntarkkailujärjestelmä, joka hyödyntää kuvantunnistusta laatuhavaintojen tekemisessä tuotantolinjalla. (Labra.AI)

4.2.3 Laivanrakennusteollisuus

Laivanrakennusalalta löytyy hyvin paljon vastaavan kaltaisia laadunhallintasovelluksia kuin rakennusalalta. Näiden lisäksi merenkäynnin alalla on maailmanlaajuisesti käytössä erilaisia laivarekistereitä, joista esimerkkinä toimii **Lloyd's Register**. Kyseinen rekisteri on perustettu jo vuonna 1764 ja se sisältää tiedon laivan kunnosta luokittelemalla laivan rungon kirjaimilla A:n ollessa paras ja laivojen varustelun numeroilla ykkösen ollessa paras. Rekisteri sisältää tietoa kaikista merellä kulkevista, omalla voimalla liikkuvista kauppalaivoista, joiden bruttovetoisuus on 100 tonnia tai enemmän. Alukset poistuvat rekisteristä vasta kun ne uppoavat, menevät hyllyiksi tai romutetaan. Laivanrakennusalalla on muutamia isoja vastaavia rekistereitä, esimerkiksi Bureau Veritas ja American Bureau of shipping. (Haastattelu, Tekniikan kandidaatti. Lloyd's Register.)

Laivarekisteriä pystyy hyvin vertaamaan Väyläviraston silta- ja taitorakennerekisteriin, koska molemmat sisältävät hyvin tietoja yksittäisistä "rakenteista", mutta kokonaiskuvan ulossaanti on hankalampaa. Laivat, jotka kuuluvat rekisteriin tai haluavat sinne, katsastetaan säännöllisesti ja yksi tärkeimmistä tarkastuksista on vuosittainen lastaussyvyyden mittausta. Tässä tarkastuksessa laivan runko tarkastetaan ja varmistetaan, että laivan kylkeen maalattua lastaussyvyyttä ei ole muutettu. Samalla tarkistetaan laivan luukkujen ja ovien tiivisteet sekä

suojakaiteet. Jos alus läpäisee testin, se saa lastauslinjatodistuksen. Lloyd's on luokituslaitoksena verrattavissa Suomen Traficomiin ja jokaisella lippuvaltiolla on käytännössä oma luokituslaitoksensa vaikkakin osa luokituslaitoksista toimii kansainvälisesti. Luokituslaitokset vastaavat kuitenkin kansainväliselle merenkulkujärjestölle IMO:lle, mutta päättävät kansallisista rajoituksista ja säädöksistä. (Haastattelu, Tekniikan kandidaatti. International Maritime Organization. Lloyd's Register)

Lloyd's Register on verrattavissa silta- ja taitorakennerekisteriin, joten se on oiva esimerkki rekisteristä, josta vastaa riippumaton taho. Rekisteri sisältää kuitenkin useiden laivanvalmistajien sekä käyttäjien laivojen tietoja, mikä vaatii riippumattomuutta rekisterin hallintaan. Vaikka rekisteri perustuukin laivojen laatuluokkiin eikä niinkään laatuhavaintoihin, on se silti oiva esimerkki katto-organisaation toiminnasta ja tästä voisi ottaa mallia myös rakennusallalla.

Laatuhavaintojen tekemisestä esimerkkinä toimii sovellus nimeltä **Jira**, joka on laivanrakennuksessa hyödynnetty Congridiin verrattavissa oleva sovellus. Tilaaaja pystyy sovelluksen avulla tekemään laatuhavainnon, joka sisältää kuvan, saatetekstin sekä paikan sitomisen suunnitelmiin. Tämän lisäksi sovelluksessa on paljon vastaavia ominaisuuksia kuin rakennusalan verkoilla, kuten aikataulun sekä tehtävien hallinta. Havainnot ovat kuitenkin tässäkin sovelluksessa projektisidonnaisia. (Haastattelu, Tekniikan kandidaatti. Atlassian)

4.2.4 Terveysthuolto ja potilasrekisterit

Terveysthuollon alalla on havahduttu jo ajoissa kerätystä datasta oppimiseen. Tästä oivana esimerkkinä toimii **HaiPro-järjestelmä**, joka on terveysthuollon vaaratapahtumien raportointijärjestelmä. Kyseinen järjestelmä on kehitetty yhdessä VTT:n ja terveysthuollon yksiköiden kanssa. Järjestelmä on rahoitettu Sosiaali- ja terveystministeriön, Lääkelaitoksen ja VTT:n toimesta.

HaiPro-järjestelmä on käytössä jo yli 200 sosiaali- ja terveysthuollon yksikössä kautta maan ja sen kokonaiskäyttäjämäärä on jo yli 144 000. Järjestelmän tarkoituksena on kerätä potilas- sekä asiakasturvallisuutta vaarantavista tapahtumista informaatiota. Tätä informaatiota puolestaan käytetään sosiaali- ja terveysthuollon yksiköiden kehittämiseen ja vastaavien vaaratapahtumien ehkäisemiseen.

Terveysthuollon laaturekisterit ovat saaneet jalansijaa Suomessa, sillä THL on aloittanut pilottiohjelman **terveysthuollon kansallisista laaturekistereistä**, jotka sisältävät seitsemän tautikohtaista pilottirekisteriä. Laaturekisteristä, sen kehittämistä ja ohjaamisesta kansallisesti vastaisi Kansallinen laaturekisterikeskus, joka perustettaisiin THL:ään. Keskukseen rahoitus tulisi valtion budjetista, mikä helpottaa paljon rekisterin perustamista ja hallinnointia. Koska kyse on julkisen sektorin palveluista, on kaikki sosiaali- ja terveysthuollon laitokset helpompi saada mukaan, mikä lisää datan määrää ja oikeellisuutta. Rekisterien alkuvaiheessa resurssit kohdistetaan kansanterveydellisesti merkittävimpien potilas- ja tautiryhmien

laaturekistereihin ja tämän jälkeen toiminta laajentuisi kattamaan kaikki terveydenhuollon osa-alueet. (Terveyden ja Hyvinvoinninlaitos 2019)

Laaturekisteriin kerättävät tiedot olisivat potilaasta merkittäviä taustatietoja, kuten ikä, sukupuoli, yleiskunto sekä sairauden laatu ja vaikeusaste. Tämän lisäksi rekisteriin merkittäisiin tehdyt hoitotoimenpiteet, kuten käytetyt diagnostiset menetelmät, annetut hoidot ja kuntouttavat toimenpiteet. Lopuksi rekisteriin kirjataan saavutetut tulokset, joita ovat eloonjääminen (kuolleisuus), terveyteen liittyvä elämänlaatu, toimintakyky, hoidon sivuvaikutukset sekä potilastyytyväisyys. Tiedot eivät siis sisällä yksilöivää tietoa, mikä on perusedellytys kansalliselle laaturekisterille. Tällä varmistetaan potilaiden tietosuoja sekä estetään aineiston väärinkäyttöä. (Terveyden ja Hyvinvoinninlaitos 2019)

Mallia THL:n terveydenhuollon kansalliselle rekisterille on otettu Australian terveydenhuollon kansallisista laaturekistereistä. Australiassa on huomattu, että jokainen rekisteri on parantanut hoidon laatua. THL:n omat tulokset puolestaan antavat lisää positiivista tulevaisuuden näkymää kansallisille laaturekistereille: Pilottirekisterit ovat tuoneet hyvin esiin laatuvaajeita sekä -vaihtelua hoidossa ja sairauden analyysissä, esimerkkinä diabeetikoiden valkuaisvirtsaisuuden seulonnessa sekä kolesterolien hoitotasapainossa eri yksiköiden välillä. Laaturekisterin avulla on myös pystytty validoimaan hoitolaitoksien selkäkirurgian laatua erittäin hyväksi ja taiseaksi. Pilottirekisterit paljastivat parantamisen varaa datan keruussa, kuten siinä, mitä tietoa tarvitaan esimerkiksi potilaan taustatiedoista ja elämäntavoista. (Terveyden ja Hyvinvoinninlaitos 2020)

THL:n terveydenhuollon kansallinen laaturekisteri on hyvä esimerkki rakennusosalalle, että laaturekisterit ovat mahdollisia ja kannattavia. Tärkeimpänä oppina rakennusalan kannalta voisi pitää pilottirekisterejä, koska ne mahdollistavat laaturekisterin kehittämisen portaattain mahdollisimman sujuvaksi ja toimivaksi kokonaisuudeksi. Tämä antaa myös mahdollisuuden tarkastella erilaisten laaturekisterin osa-alueiden tarpeellisuutta ja hyödyllisyyttä. Toinen tärkeä oppi on laaturekisteristä vastaava puolueeton organisaatio.

4.2.5 IT-ala

Informaatioteknologia on verrattain erikoinen ala laaturekisterien kartoittamiselle, varsinkin kun tarkoituksena on löytää esimerkkinä toimiva laatupankki rakennusosalalle. Kuitenkin IT-ala tarjoaa hyvän esimerkin avoimesta ongelmanratkaisusta. Kyseessä on **hajautettu versiohallintajärjestelmä Git**, joka on järjestelmä koodaajien sekä ohjelmistokehittäjien ongelmanratkaisua varten. Kyseisessä järjestelmässä ohjelmistokehittäjät pystyvät jakamaan lähdekoodiaan muiden katseltavaksi sekä käytettäväksi. Järjestelmä mahdollistaa, että ohjelmistokehittäjät raportoivat ongelman lähdekoodissa, mikä johtaa erillisen ”ongelmalangan” syntymiseen. Kyseisessä langassa ohjelmistokehittäjät pystyvät ratkomaan tätä tiettyä ongelmaa tai virhettä lähdekoodissa. (Haastattelu, Ohjelmistokehittäjä, Tietotekniikan insinööri)

Kun joku kehittäjä onnistuu ja ratkaisee ongelman, hän pystyy lisäämään “pull requestin” ratkaisulleen, jonka sovelluksen omistama taho pystyy tarkastamaan ja hyväksymään. Kun korjaus ja “pull request” hyväksytään, on kaikilla kyseistä koodia työstävillä mahdollisuus implementoida tämä ratkaisu korjaamaan heidän käytössä oleva koodinsa.

“Pull request” on siis yksi hajautetun versionhallinnan ominaisuuksista, jolla voidaan tuoda valmis ratkaisu muiden käyttöön. Kyseistä järjestelmää siis hallitsee sovelluksen isäntätaho, joka viimekädessä vastaa siitä, että tarjotut ongelmanratkaisut ovat hyödyllisiä ja käyttökelpoisia. Järjestelmän etuna on se, että se on kaikille avoin. Tämä mahdollistaa toimivien ratkaisujen etsimisen myös yrityksen ulkopuolelta, hyödyntäen koko toimialaa ja sen yhteisöä. (Haastattelu, Ohjelmistokehittäjä, Tietotekniikan insinööri. Github)

4.2.6 Pohdinta ja yhteenveto

Erikoistyön tarkoituksena oli löytää laatupankkeja sekä niihin liittyvää tietoa rakennusosalta ja muilta toimialoilta. Vaikka lopullinen otanta laatupankeista jäi hieman suppeaksi, oli löytyneissä laatupankeissa ja -järjestelmissä erittäin hyviä oppeja rakennusosalle. Laaturekisterit on todistettu hyödylliseksi varsinkin terveydenhuollon alalla. Ne ovat erittäin hyvä keino kehittää hoitoa sekä varmistaa hoidon laadun tasaisuus. Laaturekisterien havaintojen pohjalta huomattut epätasaisuudet laadussa ovat korjattavissa ja näin ollen yritykset sekä toimiala voivat ehkäistä tulevia ongelmia ja yllättäviä kustannuksia. Rekisterien on todettu mahdollistavan puolueettoman oppimisen ilman syyttelyä.

Käsitellyt laatujärjestelmät/pankit/rekisterit antavat runsaasti oppia rakennusosalle. Näitä ovat mm. *datan anonyymiys, katto-organisaation hyödyntäminen, pilottirekisteri* sekä *yhtenäinen datan rakenne ja sisältö*. Laatupankkiin tuotetun datan anonyymiys tulee säilyttää ohjeilla ja tarkastamisella, kuitenkin niin, että rekisteröity tieto sisältää riittävästi informaatiota laatuhavainnosta. Tästä hallinnasta tulisi vastata katto-organisaatio.

Yhtenä erittäin tärkeänä oppina rakennusalan mahdollista laatupankkia varten on sen portaittainen kehittäminen ja käyttöönotto pilottirekisterien muodossa, jotta laatupankin toiminnasta ja datan käsittelystä saadaan sujuvaa sekä jokaiselle osapuolelle mahdollista. Pilottirekisterien kohteet tulisi kuitenkin valita erittäin huolella, jotta havaintoja syntyy riittävästi sekä niiden informaatio olisi tulkittavassa muodossa.

Erikoistyötä tehdessä havaittiin, että laatupankkeja/-rekisterejä on loppujen lopuksi todella vähän ja niistä oppien saaminen rakennusosalle on osin rajoittunutta. Pienemmässä skaalassa laatuasioita käsitteleviä rekistereitä löytyy, kuten rakennusosalalla Silta- ja taitorakennerekisteri tai vastaavasti Lloyd’s Register laivanrakennusosalalla, mutta nämä eivät kuitenkaan käsittele laatuhavaintojen jatkuvaa syötettä vaan niiden havainnot perustuvat harvemmassa syklissä tehtäville tarkastuksille. Konepajateollisuudessa taas laaduntarkkailu on huomattavasti tiheämpää, mutta näille havainnoille ei ole omaa laaturekisteriä, vaan ne toimivat kyseisen tuotantolinjan ja yrityksen sisäisessä kehityksessä.

Vaikka varsinaisia laatupankkeja ei löytynyt kuin muutamia, pystyivät eri toimialat kuitenkin tarjoamaan esimerkkityökaluja. Hajautettu versionhallintajärjestelmä Git:in on oiva esimerkki avoimesta ongelmanratkaisusta. Kuitenkin avoin ongelmanratkaisu tuo kilpailevalla alalla, kuten rakennuslalla, uuden ongelman esiin, joka on avoimuus uusien ratkaisujen jakamisessa yritysten välillä. Yksittäinen yritys ei tyypillisesti halua jakaa omaa ratkaisuaan muiden yritysten kesken ja näin ollen pienentää omia tuottomahdollisuuksiaan. Ratkaisujen jakaminen on kuitenkin mahdollista, jos yritykset saadaan edistämään yhdessä koko toimialan kehitystä ja heillä on halua jakaa tietoa. Vaikka laatupankki/-rekisteri ei perustuisikaan omien uusien ratkaisukeinojen jakamiseen, olisi se erittäin hyödyllinen koko toimialan kannalta, koska kaikilla yrityksillä olisi mahdollisuus kehittää toimintaansa suuremman laatuhavaintomäärän perusteella.

4.2.7 Lähteet

Atlassian. Jira software [verkkoaineisto]. [viitattu 13.01.2020]. Saatavissa: <https://www.atlassian.com>

GitHub. GitHub Features [verkkoaineisto]. [viitattu 13.01.2020]. Saatavissa: <https://github.com/features>

Terveiden ja Hyvinvoinninlaitos. 2019. Terveidenhuollon kansalliset laaturekisterit, Tiivistelmä hankkeen pääraportista 2019 [verkkoaineisto]. [viitattu 13.01.2020]. Saatavissa: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/138834/Laaturekisterit-playbook%2019112019.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Terveiden ja Hyvinvoinnin laitos. 2020. Terveidenhuollon kansalliset laaturekisterit: Koostetautikohtaisten pilottirekisteri-hankkeiden loppuraporteista [verkkoaineisto]. [viitattu 29.12.2020]. Saatavissa: https://thl.fi/documents/2616650/4353715/Pilottirekisterien_loppuraportointi_diat.pdf/ca5985ef-a11d-7f4f-5f92-a716b1ceb3eb?t=1607518647772

FISE Oy. Rakennusvirhepankki, Yleistä [verkkoaineisto]. [viitattu 15.01.2020]. Saatavissa: <https://fise.fi/rakennusvirhepankki/yleista/>

FISE Oy. Tietoa FISEstä [verkkoaineisto]. [viitattu 15.01.2020]. Saatavissa: <https://fise.fi/tietoa-fisesta/>

Awanic Oy. Haipro [verkkoaineisto]. [viitattu 2.01.2020]. Saatavissa: <https://awanic.fi/haipro/>

International Maritime Organization. Introduction to IMO [verkkoaineisto]. [viitattu 13.01.2020]. Saatavissa: <https://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>

Labra.AI. Labra.AI, Vision [verkkoaineisto]. [viitattu 29.01.2021]. Saatavissa: <https://labra.ai/vision?lang=ai>

Lloyd's Register. Lloyd's register [verkkoaineisto]. [viitattu 13.01.2020]. Saatavissa: <https://www.lr.org/en/>

PeterSmith.net.nz. Anchor certification, HPP & SHHP Classification , and Type approval [verkkoaineisto]. [viitattu 13.01.2020]. Saatavissa: <https://www.petersmith.net.nz/boat-anchors/classification.php>

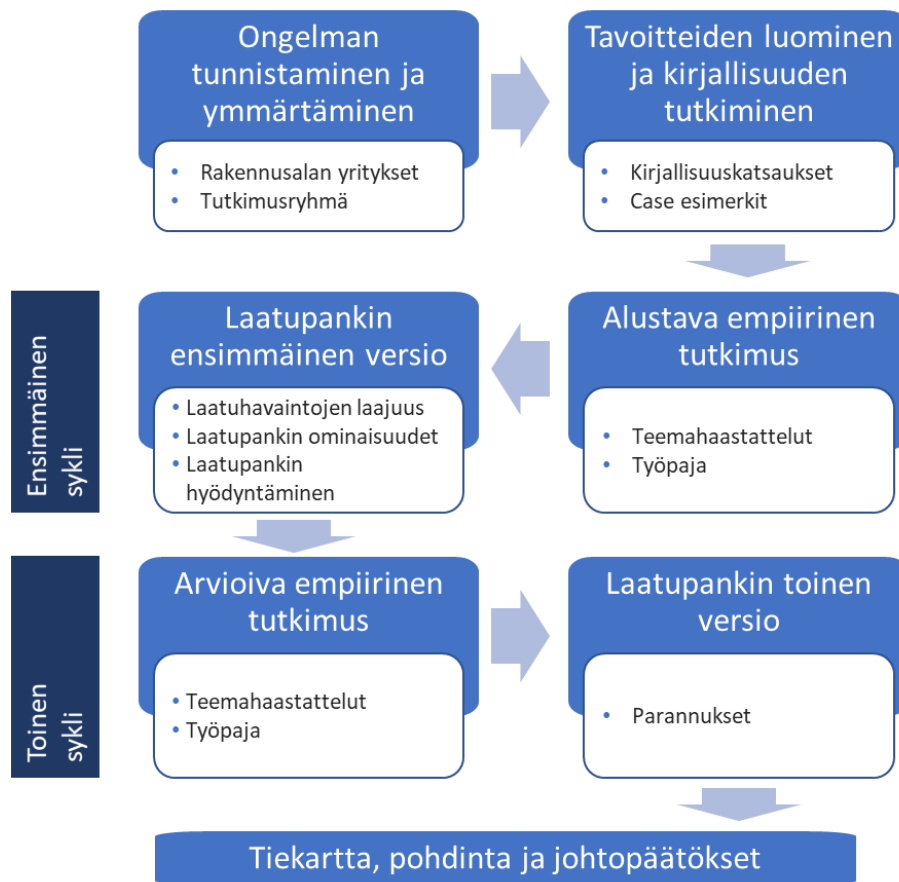
4.3 Laatupankin mahdollisuudet rakennusalan oppimisessa ja jatkuvassa parantamisessa – Daniel Prischingin diplomityö

4.3.1 Tavoitteet ja menetelmät

Diplomityön päätavoitteena oli selvittää laatupankin mahdollisuuksia rakentamisen jatkuvassa oppimisessa ja parantamisessa. Diplomityössä hahmoteltiin käytännön tasolla, kuinka laatupankki voisi toimia. Tavoitteeseen pyrittiin vastaamalla kolmeen tutkimuskysymykseen:

- 1 Mitä laatuhavaintoja alalla tulisi jakaa ja mitä tietoja havainnoista tulisi kirjata yhteiseen tietokantaan?
- 2 Mitkä ovat toimivan laatupankin ominaisuudet?
- 3 Miten laatupankkia voidaan hyödyntää rakennusallalla?

Työssä luotiin laatupankin malli suunnittelututkimuksen keinoin (Kuva 10). Aluksi ongelmaa täsmennettiin haastatteluiden ja kirjallisuuden pohjalta. Samalla tutustuttiin oppimiseen liittyvään aikaisempaan tutkimustietoon. Teemahaastatteluiden ja työpajan avulla luotiin ensimmäinen versio laatupankista. Versiota arvioitiin rakennusalan toimijoista koostuvissa haastatteluissa ja työpajoissa, ja lopulta luotiin toinen versio laatupankista. Tämä toinen versio on ns. toteutettavissa oleva malli.



Kuva 10. Suunnittelututkimuksen kulku

4.3.2 Oppimista tukevat tekijät

Kirjallisuuskatsauksen pohjalta laadittiin aluksi yhteenveto organisaation oppimista tukevista tekijöistä (Kuva 11). Oikeassa muodossa ja saatavilla oleva tieto on vain yksi elementti oppimisessä: Tieto jää yleensä hyödyntämättä, jos tietojohdamisen prosesseja ei yhdistetä saumattomasti organisaation liiketoimintaprosesseihin. Tarvitaan lisäksi aikaa reflektoinnille, ja organisaation kulttuurin on tuettava jatkuvaa parantamista ja kehittämistä. Ylimmän johdon sitoutuminen ja tietoon perustuvan oppimisen näkyminen yrityksen visiossa ja tavoitteissa edesauttaa tiedon hyödyntämistä ja opitun viemistä käytäntöön.



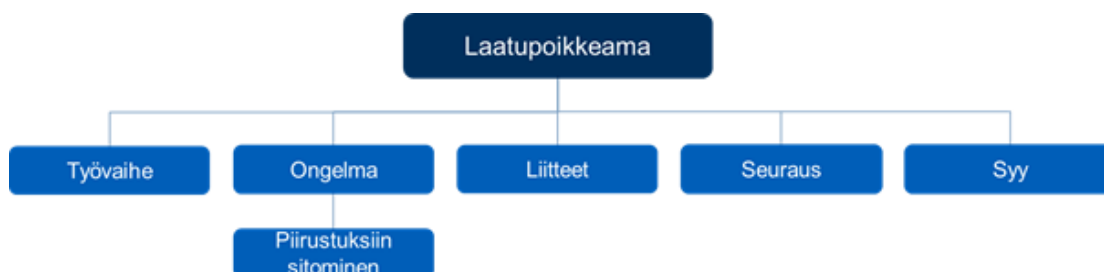
Kuva 11. Yhteenveto oppimista tukevista osatekijöistä

4.3.3 Laatupankin pienin toimiva versio (Minimum Viable Product)

Tässä alaluvussa käsitellään määritellyn laatupankin version eri ominaisuuksia.

Tietojen sisältö

Kuvassa 12 esitetään laatupoikkeaman tallentamiseen tarvittavat elementit. Onnistuneen pilotoinnin mahdollistamiseksi on laatupoikkeaman tallentamisen oltava yksinkertaista ja tehokasta. Pilotia varten nykyisiä työmaan laadunhallinnan työkaluja voisi parantaa siten, että seuraavia parametrejä käytettäisiin laatupoikkeaman tallentamiseksi: työvaihe, ongelma (piirustuksiin sitominen), seuraus, syy ja liitteet. Nykyisiin laadunhallinnan työkaluihin verrattuna tämä tarkoittaisi vain kahden lisäparametrin lisäämistä: laatupoikkeaman syy ja seuraus.



Kuva 12. Suositus pienimmän toimivan laatupankin laatuhavaintojen tietosisällölle

Työtehtävä

On tärkeää, että laatupoikkeama sidotaan tiettyyn työvaiheeseen tai -tehtävään, jotta ongelmalliset työvaiheet voidaan paremmin tunnistaa ja kohdistaa esim. ylimääräiset tarkastukset tai koulutukset näihin työtehtäviin.

Ongelma

Laadunhallinnan työkalussa on selostettava ongelma, jotta työntekijät tietävät mitä heidän on korjattava. Ongelman kuvaileminen on tärkeää, jotta ymmärrämme, minkälainen laatupoikkeama on kyseessä. Työntekijä voisi kuvailla ongelmaa yksinkertaisella selkokielellä, jotta algoritmit pystyisivät kategorisoimaan ja löytämään paremmin syy-seuraussuhteita.

Ongelma sidotaan piirustuksiin, jotta työntekijät tietävät missä korjattava laatupoikkeama on. Piirustuksiin sitominen mahdollistaa koneoppimisella mm. ongelma-alueiden määrittämisen. Tässä kohdassa voimme myös lisätä virheettömän suorituksen, koska laatupankkiin tarvitaan myös positiivisia laatuhavaintoja.

Syy

Toimivaa laatupankkia ajatellen olisi tarpeen, että laatuhavainnon luokittelua ja kategorisointia laajennettaisiin laatuhavainnon syyn osalta. Havainnoitsija voi valita syyn neljästä vaihtoehdosta: poikkeama a) suunnitelmissa, b) materiaaleissa, c) työn laadussa tai d) välineissä & koneissa. Jokaisessa vaihtoehdossa on ns. alavaihtoehtoja: esimerkiksi työn laadusta voi valita työ jätetty suorittamatta tai virheellisesti suoritettu työ.

Kyselyssä ilmeni, että syyn määrittäminen voi olla hankalaa eikä sitä välttämättä voi tehdä siltä seisomalta. Siksi voisi olla mahdollista, että ainakin merkittävimpien laatupoikkeamien syiden selvittäminen tapahtuisi jälkeenpäin laatupankissa. Kuitenkin olisi tärkeää, että työntekijä / laatuhavainnon kirjaaja pohtii poikkeaman syytä reflektoiden tapahtunutta.

Seuraus

Laatuhavaintoon olisi tärkeää kirjoittaa poikkeaman seuraus, jotta syy-seuraussuhteita voisi luoda. Laadunhallinnan työkalussa olisi hyvä pystyä valitsemaan tai kertomaan mihin seuraaviin työvaiheisiin tämä laatupoikkeama vaikuttaa. Esimerkiksi Congridissa on etukäteen määritelty projektin kaikki työtehtävät sekä niihin liittyvät tarkistukset.

Seurauksen ajallinen ja rahallinen vaikutus olisi myös tärkeä. Kustannusvaikutuksen kirjaaminen voi työmaalla olla hankalaa. Siksi asiantuntijat voisivat jo etukäteen arvioida laatupoikkeamatyyppien kustannuksia. Viivästysten kesto voitaisiin laskea myös työvaiheiden alkamisajankohtien erotuksena.

Muut liitteet havainnosta

Oleellisiin laatuhavainnon liitteisiin kuuluvat videot ja valokuvat ongelman hahmottamiseksi. Kuvien avulla voimme näyttää varoittavia esimerkkejä huonon työn jäljestä, kun taas hyvät laatuhavainnot voivat toimia esimerkkinä työvaiheen urakoitsijoille. Sen lisäksi valokuvat niin hyvistä ja huonoista laatuhavainnoista mahdollistaisivat myöhemmässä vaiheessa kuvantunnistusalgoritmiin kehittämisen ja laaduntarkastuksen automatisoinnin.

Tiedonkeruumenetelmät

Pienimmän toimivan laatupankin versiossa ei kannata keskittyä laatupoikkeamien kirjaamiseen tarkoitettujen menetelmien täsmälliseen määrittämiseen. Sen sijaan on parempi antaa yritysten jatkaa pääosin omilla tiedontallentamisprosesseilla, jotta ensimmäisen vaiheen pilotointi olisi mahdollisimman yksinkertaista. Vasta laatupankin kehittyessä tulisi tiedonkeruumenetelmiin ottaa tarkemmin kantaa ja mahdollisesti kehittää nykyisten ohjelmistojen tiedon rakennetta ja sisältöjä yhtenäisempään suuntaan.

Yhteistyö eri sidosryhmien kesken

Laatupankkia varten olisi perustettava oma organisaatio ja sen työntekijät. Työntekijöitä ei kuitenkaan alkuvaiheessa voi olla montaa, koska pilottityö olisi saatava käyntiin pienillä yritysten investoinneilla. Työntekijöiden taustat tulisi olla monipuolisesti laadunhallinnan ohjelmistojen ja rakennusalan osaamisessa. Resursseja säästävä keino olisi työntekijöiden projektimainen ”vuokraaminen” kehittämiseen osallistuvilta rakennusyhtiöiltä. Työntekijöiden rotaatio voisi parantaa laatupoikkeamien ratkaisemista, kun osallistuneet pääsevät takaisin omaan yritykseensä ja voivat tuoda ongelmia esitettäväksi ja ratkaistavaksi.

Niin kuin THL (2019) on todennut, laaturekisteri/pankki tarvitsee tiivistä yhteistyötä eri ammattilaisten kanssa. Pitkällekin kehittynyt laaturekisteri ei ole koskaan valmis, vaan toiminta vaatii jatkuvaa arviointia ja kehittämistä. Siksi olisi erittäin tärkeää, että osallistuvat yritykset ja heidän työntekijänsä olisivat motivoituneita kehittämään laatupankkia eteenpäin.

Omistajuus

Laadunhallinnan työkalun haastattelussa ilmeni, että käyttäjät omistavat tuottamansa datan. Tämän tutkimuksen pohjalta käytäntö voisi jatkua myös laatupankin yhteydessä siten, että vaikka data olisi edelleen yritysten omistamaa, tehdyn analyysin lopputuotokset taas kuuluisivat kaikille laatupankkiin osallistuville.

Kirjoitus- ja lukuoikeudet

Ehdotetussa laatupankin mallissa rakennusalan yritykset jatkaisivat laadunhallinnan työkalun käyttöä niin kuin aikaisemminkin – kirjoitusoikeuksiin ei tulisi tältä osin muutoksia. Lukuoikeudet voisivat kuitenkin kuulua myös niille, jotka olisivat laatupankin kanssa tekemisissä. Laatupankin työkalussa esitetyt analyysiin perustuvat virhekuvaukset, ehkäisyttävät ja

mahdolliset muut ohjenuorat, graafit ja datasta tehdyt havainnot, tilastot ja analyysit olisivat jaettavissa kaikille laatupankkiin osallistuville. Jäsentyörytykset voivat itse päättää, kuinka he tietoa käsittelevät ja jakavat.

Datan anonymisointi

Pienimmässä toimivassa laatupankissa datan anonymisointi ei vaatisi merkittäviä toimia, vaan laatupoikkeamasta voisi poistaa yksilöivät tiedot, kuten yrityksen nimen, projektin tiedot tai osoitteet. Valokuvien muokkaaminen tai tarkistuttaminen yritystietojen varalta vaikuttaa työläältä, joten laatuhavaintojen kuvausta tulisi opastaa siten, että kuvista ei ilmene yksilöiviä tekijöitä, kuten ihmisten kasvoja ja yritystunnisteita.

Laatupankki osana laatusuunnittelua ja laadunvarmistusta

Pienimmän toimivan laatupankin versiossa lisäarvo syntyisi, kun laatupankki tai -rekisteri rakennetaan yhteistyössä olemassa olevien laadunhallinnan työkalujen kanssa. Esimerkiksi Congridissa on mahdollista esittää koko laadunhallintamatriisi työtehtävineen. Tämä tarkoittaa sitä, että tehtävät tarkistukset on merkitty ja päätetty etukäteen. Yhteistyö tarjoaakin laatupankille monia mahdollisuuksia. Laatupankki tuottaisi paljonkin lisäarvoa, jos laadunhallinnan työkalussa jokaiseen työvaiheeseen voisi liittää esimerkiksi 10 yleisintä virhettä, joita tarkistuksissa on huomattu. Näin työtehtävän alkaessa virheitä osataan paremmin välttää. Laatupankin kasvaessa näihin yleisimpiin virheisiin voisi olla luotuna omat suositellut ehkäisytavat. Lopullisessa versiossa näkyisi myös parhaat ratkaisukeinot ongelmiin.

Laadunvarmistusmatriisi mahdollistaa aliurakoitsijan toimien systemaattisen tukemisen ja seuraamisen. Laadunhallinnan työkaluun on mahdollista ilmoittaa työtehtäviksi myös aliurakoitsijan laadunvarmistuksen toimet. Yleisimpien virheiden jakaminen täten myös aliurakoitsijoille voisi ennaltaehkäistä virheiden syntymistä ja vähentää havaittujen virheiden määrää pääurakoitsijan suorittamissa laadunvarmistustoimissa.

Laatuhavaintojen lisääntyessä olisi mahdollista yksilöidä työvaiheet, joissa laatupoikkeamia tapahtuu eniten. Tulosten pohjalta voitaisiin lisätä uusia tarkistuksia näihin työtehtäviin ja toisaalta vähentää tarkastustyötä vähän poikkeamia tuottavissa tehtävissä. Datan avulla myös erilaisten virheiden ehkäisytapojen vaikuttavuutta voidaan mitata, vertaamalla laatupoikkeamien määrää esimerkiksi kun mallityö on tehty niihin kohteisiin, joissa se on jätetty tekemättä.

Tietojen analysointi

Laatupankin avulla yritys voi projektin päättyttyä ja datan kerättyä analysoida, kuinka projekti luonnistui, mitä heikkouksia ja vahvuuksia projektissa huomattiin ja mitä projektista itsestään opittiin. Kun laatupankkiin muodostuu tietoa monestakin projektista, voi yritys huomata toistuvia ”kaavoja” ja puuttua niihin.

Laatupankin avulla yritys pystyy parantamaan prosessejaan, kun yleiset virheet ovat tiedossa. Laatupankin avulla myös yrityksen työnjohtajat pystyvät oppimaan ja hyötymään muissa projekteissa ilmenneistä laatupoikkeamista. Laatupankki mahdollistaa myös organisaatioiden alihankintaketjun paremman hallinnan, kun laatupoikkeamia aiheuttavat alihankkijat ovat tiedossa.

Haastatteluissa huomattiin, että yritykset voivat kokea laatupoikkeaman kattavien tietojen tallentamisen tai analysoinnin erittäin työlääksi. Siksi analysoinnin ja systemaattisten virheiden löytämisen helpottamiseksi tulisi laatupankkiin ja laadunhallinnan työkaluun soveltaa koneoppimisen menetelmiä.

Datan kategorisointi ja koneoppiminen

Laadunvalvonnan työkaluissa on jo valmiiksi paljon kategorisoimatonta dataa. Suuren lukujoukon kategorisointiin voitaisiin käyttää ohjaamattoman oppimisen menetelmää. Ohjaamaton oppiminen on koneoppimisen laji, missä tavoitteena on löytää datasta jonkinlaisia rakenteita, esimerkiksi samankaltaisten tapausten ryhmiä tai ryppäitä. (Elements of AI, 2021) Ryppäiden alkiot muistuttavat enemmän toisiaan kuin muiden ryppäiden alkioita. Esimerkiksi, jos havaintoon on lisätty huomio ”seinässä on reikä” niin koneoppimisen avulla sen voisi yhdistää huomioon ”aukko seinässä”.

Algoritmit pystyisivät kategorisoimaan eri projektien ja eri yritysten laatupoikkeamat työtehtäviin, kuten rappaustyöhön, paneelien asennustyöhön tai alakattoihin. Jos laatuhavainto on sidottuna suunnitelmiin, pystyvät ne luokittelemaan poikkeamia kerrosten, huoneiden tai rakennusosien mukaan. Koneoppimisen algoritmia helpottaisi laadunhallinnan työkalussa jo tehtävät luokittelut, mutta algoritmien kehittämiselle voi antaa lähtökohdaksi esimerkiksi Talo 80, Talo 2000 tai Rakennustöiden laatu 2017 nimikkeistön. Silloin menetelmää kutsuttaisiin ohjatun ja ohjaamattoman älyn välimuodoksi (Elements of AI, 2021).

Tekoälyä voitaisiin käyttää ajan myötä myös ennustamiseen. Ohjelmisto voisi ehdottaa laatupoikkeaman kirjaajalle eri tageja, kuten naarmu, lista tai rikkoutunut materiaali, kun hän on kirjaamassa laatupoikkeamaa. Kuvapankin ja kuvantunnistuksen kehittyessä, pystyisi ohjelmisto kuvan saatuaan täyttää laatuhavainnon tekstikentät ennalta ja mahdollisesti ehdottaa ratkaisumenetelmää. Kun algoritmi kehittyy ja on mahdollisesti tunnistanut tyypillisiä syy-seuraussuhteita sekä tapahtumaketjuja, voidaan algoritmia käyttää työmaalla tulevien laatupoikkeamien ennustamiseen ja laatupoikkeamia voidaan näin ehkäistä ennen niiden syntyä.

4.3.4 Tiekartta laatupankin kehittämiseksi

Tässä kappaleessa esitetään kiteytetysti taulukon 2 muodossa, kuinka laatupankkia tulisi lähteä kehittää ja mitä eri ominaisuuksia tai näkökulmia pitäisi ottaa huomioon. Jokaisen kehitysvaiheen jälkeen laatupankki edistäisi rakentamisen oppimista ja parantumista hieman enemmän.

Laatupankin pilotoinnin aloittaminen

1) Ryhmän / organisaation perustaminen

- Laatupankkia rakentamaan tarvitaan aluksi työntekijöitä sekä laadunhallinnan ohjelmistoyrityksestä että urakoitsijoilta
- Pilotointiin osallistumalla yritykset näyttävät sitoutuneisuutensa organisaation oppimiseen, joka motivoi myös työntekijöitä oppimaan

2) Nykyisen datan yhdistäminen ja analysointi

- Työntekijät analysoivat osallistuvien urakoitsijoiden dataa yhteisenä massana
- Arvioidaan nykyisen datasetin rajoitteita pilottia silmällä pitäen
- Tunnistetaan työtehtävien yleisimpiä virheitä ja muuta datan lisäarvoa
- Selvitetään myös koneoppimisen mahdollisuuksia

3) Pilottiversion rakentaminen

- Lisäparametrien lisääminen laadunhallinnan työkaluun siten että laatuhavainnon ja sen perustiedon (työvaihe, ongelmatyyppi, syyluokka, seuraus) sitominen suunnitelmiin on mahdollista
- Yleisimpien ja seurauksiltaan merkittävimpien laatuongelmien liittäminen työtehtäviin ja rakennusosiin

4) Pilotointi ja datan kerääminen

- Pilotointi keskittyy esim. valittujen työtehtävien ja rakennusosien laatuhavaintoihin työmaalta ja havaintojen tuomiseen valittujen toimijoiden prosesseihin (esim. aluksi laadunvarmistuksesta vastaava työmaan johto ja aliurakoitsijat)
- Pilotoinnin aikana mitataan toimijoiden kokemuksia työkalusta: a) miten tehokasta ja toimivaa työkalun käyttö on (esim. kulunut aika), sekä b) mitä hyötyä ja lisäarvoa työkalusta ja sen antamasta datasta koetaan

5) Pilottidatan analysointi

- Tutkia lisäparametrien tuomia hyötyjä, mm. pystyykö poikkeamien seurausten avulla tunnistamaan tapahtumaketjuja ja merkittävimpiä laatupoikkeamia
- Arvioidaan eri toimijoiden kustannus-hyötysuhde työkalusta ja sen datasta

Pienimmän toimivan laatupankin saavuttaminen

6) Pilotoinnin laajentaminen uusilla ominaisuuksilla

- Tehtäviin lisätään laatupoikkeamien ehkäisykeinoja ja ratkaisuja
- Olemassa olevien tietoluokkien kehittäminen uudella datalla ja kirjaamisen helpottaminen valmiilla tietoluokilla
- Prosessien kehittäminen (esim. laadunvarmistus) mm. lisäämällä merkittävästi poikkeamia sisältäviin tehtäviin lisätoimenpiteitä

7) Uusien osapuolien lisääminen laatupankkiin

- Laatupoikkeama-aineiston linkittäminen muiden toimijoiden järjestelmiin, esim:
- Materiaalitoimittajille ja valmistajille heidän tuotteita koskevien laatupoikkeamien näyttäminen olemassa olevien ja uusien tuotteiden ja valikoiman kehittämiseksi
- Suunnittelijoiden lisääminen ja heille suunnittelusta johtuvien laatupoikkeamien jakaminen

8) Myöhemmin lisättäviä ominaisuuksia

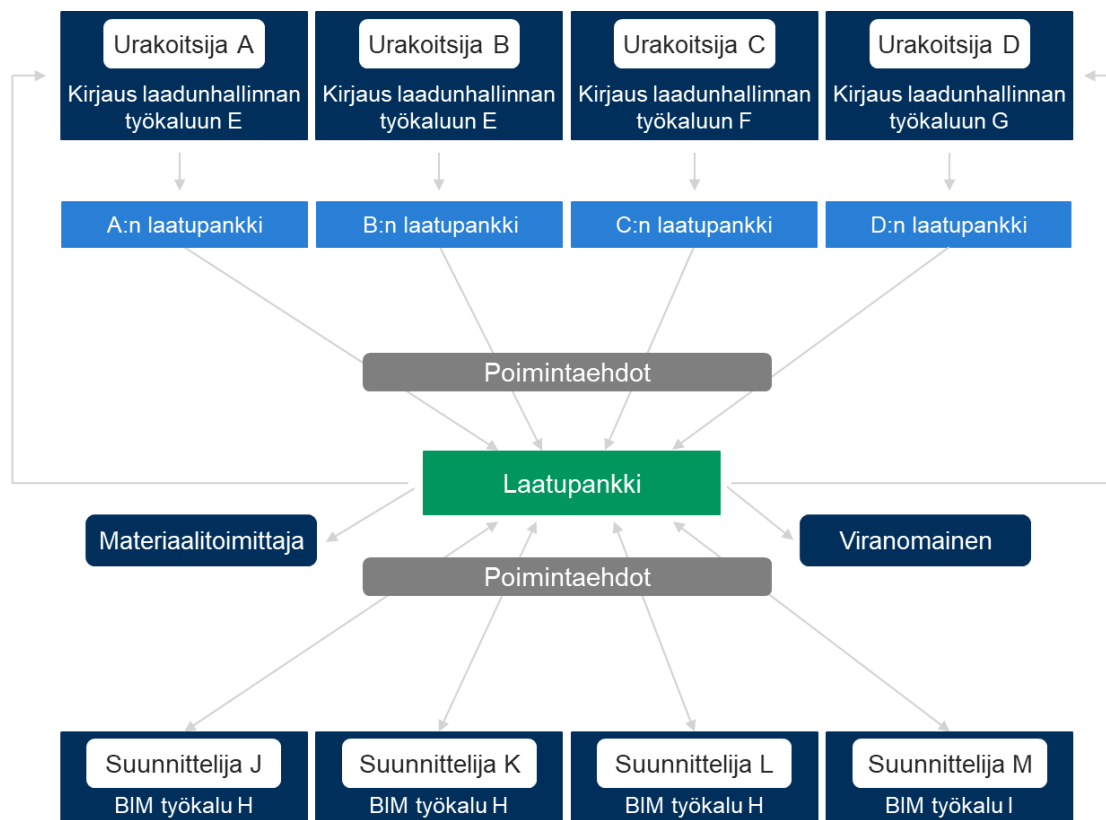
- Prosessien aikaisten ad hoc-laatuhavaintojen kirjaaminen
- Vuositarkastuksissa huomattujen poikkeamien lisääminen

- Tilojen käyttäjien ja ylläpitäjien palautekyselytiedon lisääminen esim. vuositarkastuksen yhteydessä
- Laatupoikkeamien liittäminen BIM-suunnitteluohjelmistoihin siten, että suunnittelijat näkevät minkälaisia haasteita tietyt elementit tai niiden kombinaatiot aiheuttavat
- Kaksisuuntainen palautejärjestelmä, jossa suunnittelijat voivat merkitä mistä ratkaisusta haluavat palautetta työmaalta (esimerkiksi BIM:ssä)
- Laatupoikkeaman ennustava täydentäminen
- Uusien kieliversioiden lisääminen
- Valokuvatunnistus, jossa algoritmi täydentää laatupoikkeaman tietoja kuvan perusteella

Laatupankki mahdollistamassa rakennusalan jatkuvaa oppimista ja parantamista

- Lisätään ominaisuus, jolla yritykset voivat vertailla omaa toimintaansa muihin (laatupoikkeamien frekvenssit, seuraukset, syyluokat jne.)
- Rakennusalan uudistuksiin ja uusien toimintamallien käyttöönottoon liitetään laatupankkidatan seuranta, jolla arvioidaan uudistuksen vaikuttavuutta

Kuvassa 13 on esitetty laatupankin mahdollinen rakenne. Kukin työmaatoimija kirjaa laatuhavainnot yrityksensä käytössä olevaan laadunhallinnan työkaluun. Laatuhavainnot välittyvät saman projektin osapuolille, jotta poikkeamat saadaan korjattua ja dokumentoitua. Edellä esitettyjen tietosisältöjen pohjalta luodut poimintaehdot vievät kunkin yrityksen omasta laatupankista dataa alan yhteiseen laatupankkiin anonymisoidussa muodossa. Eri osapuolet saavat laatupankista heidän tehtäviinsä relevanttia tietoa jaoteltuna esimerkiksi tuotteittain, rakennusosittain tai työmaatehtävinä. Edistyneimmässä versiossa laatupankin havainnot ovat käytävissä suoraan digitaalisissa työkaluissa, kuten BIM suunnitteluohjelmistossa, hankinnan järjestelmissä tai työmaan laadunhallinnan työkalussa.



Kuva 13. Laatupankin mahdollinen rakenne

4.4 Kuvatietokantojen ja kuvantunnistuksen hyödyntäminen laatuhavainnoista

Yksi laatupankkiin lisättävistä ominaisuuksista koski kuvatietokantojen ja kuvantunnistuksen hyödyntämistä laatuhavainnoista. Kvanttunnistuksen AI järjestelmä on esitetty Kuvassa 14. Ideana on, että iso määrä kuvahavainnoita mahdollistaisi laatuhavaintojen nopean automaattisen luokittelun ja reagoinnin poikkeamiin. Etuina olisi laadunvarmistuksen tehostuminen ja yhdenmukaistaminen.

Yksittäinen kuvantunnistustehtävä voisi perustua perinteiseen konenäköön tai syvien neuroverkkojen hyödyntämiseen. Molemmilla on hyvät ja haitalliset puolensa: Perinteinen konenäkö on luotettava tunnetuissa laatuongelmissa, ja teoriassa on mahdollista tehdä koodi, joka havaitsee ongelman ilman yhtään opetusdataa. Haasteena on, että menetelmä vaatii usein monimutkaisia koodeja, joiden teko on hankalaa ja jotka soveltuvat usein vain yhteen tiettyyn laatuongelmaan. Laadunvarmistustehtävät ja poikkeamat rakentamisessa ovat kuitenkin hyvin moninaisia.

Syvien neuroverkkojen etuna on valmiiden mallirakenteiden hyvä saatavuus. Runsaille opetusdatoilla mallien opettaminen on erittäin helppoa. Vaikeissa tunnistustehtävissä ne tuottavat

usein myös perinteisiä menetelmiä parempia tuloksia. Ongelmana on, että neuroverkot perustuvat tilastolliseen malliin, minkä takia hyviin tuloksiin pääseminen vaatii usein erittäin laajan opetusaineiston. Riskinä on myös ylioppiminen tai päättely kuvassa olevien ns. väärin vinkkien mukaan.



Kuva 14: Kvantunnistus AI järjestelmä

Aallon aiempi tutkimus (Recap-hanke) on kehittänyt kuvantunnistusta mm. raudoitteiden sijainnin tarkistukseen, listoituksen laadunvarmistukseen ja työvaiheen seurantaan. Laaja luokiteltu kuvadata alan yleisessä laatupankissa mahdollistaisi vastaavien automaattisten menetelmien kehittämisen erityyppisiin rakentamisen tehtäviin.

4.5 Yhteenveto

Hankkeessa luotiin malli rakennusalan yhteisestä laatutietopankista, jonka avulla rakentamisen osapuolet suunnittelijoista valmistajiin, toimittajiin ja urakoitsijoihin voivat hyödyntää aiempien hankkeiden anonymisoitua laatuhavaintoaineistoa entisten virheiden välttämiseksi, parhaiden ratkaisujen tunnistamisessa ja prosessien kehittämisessä. Laatupankin osalta luotiin malli laatuhavaintojen tiedonkeruusta ja luokittelusta sekä alustavat menetelmät tiedon hyödyntämisestä eri osapuolten omissa prosesseissa. Jatkossa tekoäly luo mahdollisuuksia datamassan analysointiin ja laadunvarmistuksen automatisointiin.

Datapohjaisessa laatuhavainnoista oppimisessa keskeistä on datan rakenteiden standardointi ja havaintojen luokittelu. Oppimisen mahdollistavat juurisyyanalyysit tulee toteuttaa joko havainnon lähteellä tai keskitetysti datojen pohjalta, kun jonkun tehtävän todetaan tuottavan merkittävästi poikkeamia. Alan yhteisiä laatupankkeja kannattaa kehittää Minimum Viable Product (MVP) –ajattelun pohjalta hyödyntämällä mahdollisimman paljon nykyisiä laadunhallinnan ja toiminnanohjauksen työkaluja ja niiden dataa. Pilotointi kannattaa aloittaa rakennusliikkeiden ja laadunhallinnan ohjelmistoa tarjoavan toimijan yhteistyönä hyödyntämällä

olemassa olevia dataja ja niiden rakenteita. Tutkimalla eri toimijoiden kustannuksia ja hyötyjä laatupankkiin liittyen, voidaan tunnistaa osa-alueet, joita kehitetään edelleen. Pilotointia tulee myöhemmin laajentaa koskemaan myös suunnittelijoita, tuotevalmistajia ja -toimittajia. Jotta työkalusta tulisi koko alaa palveleva, ehdotetaan, että pilotoinnissa hyödynnettyä dataa hallinnoi alan neutraali toimija, joka ei ole kaupallisesti riippuvainen yksittäisistä rakennusliikkeistä tai ohjelmistotoimittajista.

5 Lisätietoa

Prisching, T. 201. 'Laatupankin mahdollisuudet rakentamisen oppimisessa ja jatkuvassa parantamisessa' Diplomityö, Aalto-yliopisto. Saatavilla: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/111742>

Ahonen, T. 2021, 'Organisaation dataan perustuva tahtituotannon jatkuva parantaminen' Diplomityö, Aalto-yliopisto. Saatavilla: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/109405>

Lehtovaara, J. , Heinonen, A. , Ronkainen, M. , Seppänen, O. & Peltokorpi, A. 2021, 'Takt Production as Operations Strategy: Client's Perspective to Value-Creation and Flow' In:, Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC) Alarcon, L.F. and González, V.A. (eds.). Lima, Peru, 14-16 Jul 2021. pp 829-838

Lehtovaara, J., Seppänen, O., Peltokorpi, A., Kujansuu, P., & Grönvall, M. 2021. 'How takt production contributes to construction production flow: A theoretical model'. Construction Management and Economics, 39(1), 73-95.