



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

LEAN-TEORIA JA RAKENNESUUNNITTELU- PROSESSI

Anton Tegelman

Opinnäytetyö
Marraskuu 2016
Rakennustekniikka
Talonrakennustekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Talonrakennustekniikka

TEGELMAN, ANTON:
Lean-teoria ja rakennesuunnitteluprosessi

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 13 sivua
Marraskuu 2016

Opinnäytetyössä tuotettiin Sweco Rakennetekniikan puurakenneosastolle työjärjestys talotehdasasiakkaan rakennesuunnitteluun. Yhdessä työjärjestyksen laatimisen kanssa tutkittiin Lean-teorian ja sen työkalujen soveltuvuutta rakennesuunnitteluun ja sen kehittämiseen.

Työjärjestyksen tuottamisessa käytettiin apuna työntekijöiden aikaisempia kokemuksia sekä aikaisempia suunnitteluohjeita. Lean-teoriaa tutkittiin kirjallisuustutkimuksena, ja sitä pyrittiin käyttämään hyväksi työjärjestyksen ja jatkokehityksen määrittelyssä. Suunnitteluprosessille luotiin mittareita työn tehokkuuden ja laadun määrittämisen helpottamiseksi.

Tuotettu työjärjestys toimii pohjana tulevalle rakennesuunnittelutyölle, ja teorian analysoinnista saatiin ajatuksia ja työkaluja tulevaan rakennesuunnitteluprosessin kehitykseen.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction Engineering
Building Construction

TEGELMAN, ANTON:
Lean-theory and structural design

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 13 pages
November 2016

The purpose of this bachelor's thesis was to produce a working order for timber structure division of Sweco Structural Engineering, to help with the development of structural design-work. The working order to be produced was focused to structural design for a single house factory customer. Together with the production of the working order, Lean-theory was studied to assess its applicability to structural designing.

The structural designing process was evaluated according the teachings of Lean-theory and Lean-tools were used where they were best applicable. Measuring instruments were also created to further analyze the process of structural designing to help future assessment and improvement of efficiency and quality of the structural design work. The Lean concept of waste was examined and made use of in the environment of structural design-work.

Together with the tools produced, the working order will function as a basis for future structural designing for the house factory customer and its continuing development.

Key words: improvement, structural design, detached house, lean

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TEORIA.....	7
2.1	Lean.....	7
2.1.1	Hukka.....	8
2.1.2	Epätasaisuus	9
2.1.3	Ylikuormitus.....	10
2.1.4	PDCA ja ongelmat.....	11
2.2	Prosessimittarit.....	12
2.3	Esteiden teoria.....	14
2.4	Rakennesuunnittelu	16
2.4.1	Yleistä	16
2.4.2	Kannustalo.....	17
3	SUUNNITTELUPROSESSIN KARTOITUS	19
3.1	Arvo.....	19
3.2	Prosessikaavio.....	20
3.3	Mittarit.....	21
3.3.1	Lähtökohdat.....	21
3.3.2	Mittarien toteutus.....	23
4	POHDINTA	25
	LÄHTEET.....	27
	LIITTEET.....	28
	Liite 1. Työjärjestys.....	28
	Liite 2. Prosessin etenemiskaavio	37
	Liite 3. Prosessimittarit- taulukko	38
	Liite 4. Prosessimittareiden koonti.....	39
	Liite 5. Prosessiin kuluvan ajan koonti.....	40

LYHENTEET JA TERMIT

LCL	alempi kontrolliraja (lower control limit)
muda	hukka
mura	epätasaisuus
muri	ylikuormitus
PDCA	plan, do, check, act -parannussyksi
UCL	ylempi kontrolliraja (upper control limit)

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa Sweco Rakennetekniikka Oy:n puurakennosastolle käytettäväksi työjärjestys talotehdas Kannustalo Oy:n elementtirakennesuunnitteluun. Puurakennosastolla on vakiintuneista käytännöistä ja hyvin pitkälle kehitetyistä työkaluista huolimatta koettu talotehtaiden rakennesuunnittelusta puuttuvan yksiselitteiset työvaiheet ja niihin käytettävät apuvälineet määrittävä prosessikaavio. Tarkoituksena on muodostaa selkeä ja yksinkertaisesti noudatettava rakenne työn tekemiselle, jota voidaan kehittää jatkossa yhä paremmaksi käyttäen apuna työstä saatavia mittaustuloksia. Osana opinnäytetyötä on tarkoitus muodostaa tähän käytettävät mittarit.

Opinnäytetyöraportin tavoitteena on lisäksi avata ja tuoda helpommin ymmärrettäväksi Lean-ajattelun periaatteita, jotta niitä voitaisiin jatkossa soveltaa laajemmin osaston ja yrityksen toimintakulttuuriin. Raportissa tutustutaan Leanin olennaisimpiin käsitteisiin ja työkaluihin, yrittäen painottaa parhaiten rakennesuunnittelutyöhön soveltuvia osia. Toitettavien työjärjestyksen ja mittareiden avulla myöhemmin aloitettavan prosessin kehityksen voidaan halutessa nähdä toimivan pilottina Leanin soveltamisessa rakennesuunnittelutyöhön.

Opinnäytetyön tutkimusmenetelminä toimivat kirjallisuus- ja haastattelututkimus. Lean-teoriaa avataan tutustumalla aiheesta löytyvään kirjallisuuteen. Työjärjestyksen luomisessa on tarkoitus käyttää apuna opinnäytetyön tekijän oman kokemuksen lisäksi myös osaston muiden suunnittelijoiden osaamista ja näkemyksiä haastattelujen muodossa.

2 TEORIA

2.1 Lean

Lean on johtamis- ja tuotannonohjausfilosofia, joka on syntynyt Toyotan toiminnanohjausmenetelmien pohjalta 1990-luvulla. Koko yrityksen lävistävänä filosofiana Lean ajaa ajatusta jatkuvasta parantamisesta ja täydellisyyteen pyrkimisestä, tuottamalla asiakkaalle jatkuvasti tehokkaammin parempaa lisäarvoa poistamalla turhaa arvoa tuottamattomia sisältöjä. Englannin kielen sana lean tarkoittaa hoikkaa ja vähärasvaista, mikä kuvaa hyvin myös optimaalista Lean-yritystä ja prosessia. Samalla kun tuotannosta poistetaan turhaa, sitä tasapainotetaan ja standardoidaan vakauden luomiseksi sekä tuotantoprosessiin että työntekijöille. Standardointi ja vakaus helpottavat arviointia ja siten kehitystä. Lisäksi luodaan kulttuuri, jossa ongelmiin puututaan heti kohdatessa: pitkän aikavälin etu menee aina lyhytaikaisen hyödyn edelle ja jopa tuotannon pysäyttäminen on parempi ratkaisu kuin väärin tekeminen. Ongelmien ilmaantumisen edessä pysähtymisen ja jatkuvan parantamisen kulttuuri edistää organisaation oppimista ja notkeutta. Tehdyt päätökset ja ratkaisut toteutetaan kuitenkin nopeasti. (Liker 2010, 37–41.)

Leanin pohjafilosofia esitetään yleisesti viitenä periaatteena, joita kutsutaan usein myös Leanin viideksi askeleeksi:

1. Arvon tunnistaminen: tuotteen tai palvelun arvo pyritään tunnistamaan asiakkaan näkökulmasta. Mitä asiakas odottaa, mistä asiakas on valmis maksamaan ja mikä asiakkaalle on tärkeintä.
2. Arvoketjun kartoitus: tuotannosta kartoitetaan reitti jossa asiakkaan kokema arvo syntyy. Samalla pyritään löytämään ja poistamaan vaiheita jotka ovat turhia, eivätkä synnytä arvoa.
3. Virtauksen synnyttäminen: arvoa synnyttävät vaiheet pyritään järjestämään arvoketjuun mahdollisimman virtaviivaisesti ja etenemään katkeamatta.
4. Imu asiakkaalta: tuotetta tai palveluita tuotetaan ainoastaan asiakkaan tarpeeseen ilman ylituotantoa ja mahdollisimman pienellä varastoinnilla ja eräkoolla.
5. Pyrkiminen täydellisyyteen: parannusprosessia ei koskaan päästetä pysähtymään. Uutta hukkaa etsitään ja poistetaan jatkuvasti arvoketjua kehittämällä. (Hines, Found, Griffiths & Harrison 2008, 4; Kouri 2010, 8–9.)

Askeleet toimivat perustana yrityksen toimintojen ja toimintafilosofian muuttamiseksi virtaviivaisemmiksi ja tuottavammiksi. Kaiken ytimenä on asiakkaan tuotteessa/palvelussa kokeman arvon ja sen muodostumisen tunnistaminen ja kasvattaminen. Kaikki muu työssä on toissijaista ja sitä pyritään poistamaan tai mahdollisuuksien mukaan ainakin vähentämään. (Hines ym. 2008, 5.) Toyotan alkuperäisessä tuotantoajattelussa keskitytään kolmeen arvon muodostamista heikentävään alueeseen: Hukka (**muda**), epätasaisuus (**mura**) ja ylikuormitus (**muri**) (Liker 2010, 114).

2.1.1 Hukka

Tunnetuin ja yleisimmin sovellettu ajatus Lean-filosofiassa on hukan poistaminen. Hukalla tarkoitetaan tuotantokoneistossa kaikkea, mikä ei tuota lisäarvoa asiakkaalle. Toyotan alkuperäisessä tuotantofilosofiassa tätä osaa on kuvattu nimellä muda. (Hines ym. 2008, 5.) Mudalle on tunnistettu filosofiassa 7 päätyyppiä:

- ylituotanto
- odottelu
- tarpeeton kuljettelu
- ylikäsittely tai virheellinen käsittely
- tarpeettomat varastot
- tarpeeton liikkuminen
- viat (Liker 2010, 28–29.)

Mikään luetelluista ei tuota asiakkaalle lisäarvoa ja ole siten tarpeellista tuotannossa. Kun näiden hukkien poistamiseen paneudutaan systemaattisesti, parantuvat työn laatu ja tuottavuus automaattisesti. (Kouri 2010, 10–11.) Hukan poistaminen keskittymällä asiakkaan tarpeisiin ja tuotannon parantamiseen johtaa sulavampaan tuotantoon, jonka johdosta hukan ja ongelmien havaitseminen helpottuu entisestään (Hines ym. 2008, 5). Toyotan määrittämien seitsemän hukan tyyppin lisäksi on tunnistettu vielä kahdeksas hukan muoto, käyttämättä jätetty työntekijän luovuus. Tällä tarkoitetaan huomioimatta jätettyä työntekijän panosta työn laadun kehittämiseen. (Liker 2010, 29.)

Olellainen työkalu hukan tunnistamiseen on jo Leanin askeleissa mainittu arvoketjun muodostaminen. Määrittämällä arvovirta asiakkaan tarpeesta arvon tuottamiseen ja sen toimittamiseen asiakkaalle saadaan kuvattua hyvin jo olemassa oleva prosessi. Tämän avulla prosessista on mahdollista tunnistaa erityyppistä hukkaa ja kehittämällä prosessia ja työkaluja poistaa sitä. Prosessin kehitys ja muutokset päivitetään käytettyihin standardeihin jotta parannukset myös jäävät voimaan. Prosessin kuvaaminen arvoketju määrittämällä myös standardisoi prosessia (jos tätä ei ole aiemmin tehty) ja lisäksi auttaa sitouttamaan työntekijöitä muutosprosessiin hyödyntämällä juuri heidän asiantuntemustaan tuotannossa. (Tuominen 2010, 92–93.)

Koska muda on Leanin pääkäsitteistä helpoin ymmärtää ja yksinkertaisin kohta aloittaa tuotannon kehitys, monet yritykset keskittyvätkin helposti pelkästään siihen innostuen hukan metsästäminen ja poistamisen tuottamista nopeista tuloksista. Sekä Liker (2010, 115) sekä Hines ym. (2008, 5) määrittävät ymmärtämättömyyden Leanin muiden osalueiden tärkeydestä pääsyyksi kehityksen pysähtymiseen ja tulosten ylläpidon vaikeuteen. Vaikka monet helposti pitävätkin hukan metsästyä koko Lean-ajattelun pääsisältönä, voi erityisesti asiantuntijatyössä olla jopa haitallista ruveta puhumaan työntekijöiden tekemästä työstä hukkana. Kannattaa pohtia onko ylipäättään hyödyllistä esitellä hukan seitsemää tyyppiä työntekijöille lainkaan, ja sen sijaan lähestyä asiaa työn helpottamisen ja nopeuttamisen näkökulmasta. (Torkkola 2015, 28.)

2.1.2 Epätasaisuus

Toinen Leanin kolmesta määritellystä toimintoja heikentävästä piirteestä on epätasaisuus, mura. Hukkaa voi monin tavoin ajatella epätasaisuuden ja standardien puutteen seurauksena. Epätasaisuutta on myös kysynnän ja sitä kautta tuotannon määrän ennakoimattomuus, joka johtaa kiireeseen ja työntekijöiden ylikuormitukseen. (Liker 2010, 114–115.) Sari Torkkola (2015, 23) pitää vaihtelua ja epätasaisuutta kolmesta sujuvuuden esteestä vakavimpana sen aiheuttaessa hukkaa ja ylikuormitusta, ja pitää erityisen tärkeänä sen esille tuomista mittaamalla.

Selkeillä standardeilla ja toimintamalleilla, olivat ne sitten työaikaan, -menetelmiin, prosessikuvaukseen tai asiakkaan kysynnän kanavointiin liittyviä, saadaan työstä vakaampaa ja ennustettavampaa. Samalla virheiden paikannus helpottuu, kun sen kohdatessa voidaan

aina tarkastaa onko standardia noudatettu ja mitkä asiat ovat lopputulokseen vaikuttaneet. Lisäksi kehitys on helpompi organisoida standardoitujen käytäntöjen pohjalta, ja kehityksen vaikutusta on helpompi arvioida. Standardien avulla työntekijöiden mukaan ottaminen kehitystyöhön helpottuu, kunhan standardit ovat ymmärrettäviä ja helposti sovellettavia. Kun työntekijät näkevät helpommin oman työnsä tuloksen ja oman osuutensa työn tehokkuuden parantumiseen, helpottuu heidän sitouttamisensa parannustyöhön huomattavasti. (Tuominen 2010, 102–103.)

Vaikka Lean vaatiikin työn vakiinnuttamista ja että kaikkien tulisi työskennellä samalla tavalla, tämän ei tule tarkoittaa työntekijöiden aloitekyvyn ja oman ajattelun heikentymistä. Tulisi ennemminkin kannustaa ja haastaa työntekijät itse osallistumaan oman työnsä kehitykseen ja keksimään parempia työmenetelmiä. (Kouri 2010, 16.)

2.1.3 Ylikuormitus

Yksi koetuista haasteista Leanin käyttöönotossa erityisesti palveluita tuottavissa yrityksissä on työntekijöiden innostaminen mukaan parannusprosessiin. Lähes järjestään kyse on pelkkään hukkan metsästämisestä, mudaan, keskittymisestä, jolla Lean saadaan vaikuttamaan pelkältä kustannusten karsimiselta. Tämä luo helposti kuvan että työntekijöistä pyritään puristamaan vain enemmän ja enemmän irti jaksamisesta välittämättä. Yleensä tämä johtuu Leanin kolmannen organisaatiota heikentävän piirteen, ylikuormituksen (**muri**) huomiotta jättämisestä. (Hines ym. 2008, 6.)

Oli kyse sitten koneista tai ihmisistä, ylikuormitus aiheuttaa tuotannossa epätasaisuutta ja virheitä, jotka aiheuttavat hukkaa. Keskittymällä pelkkään hukkan metsästykseseen (muda) voidaan helposti muodostaa tuotantoprosessista ”liian” tehokas ja nopea, joka ajaa työntekijät ja koneet tahdillaan yli rajojensa. (Liker 2010, 114–115.) Myös muriin keskittymällä voidaan työntekijöille tuoda muutoksen kannalta elintärkeä ajatus oman työn kehittämisestä, ja sen myötä oman työtaakan keventämisestä; työntekijän tulisi koko ajan miettiä mikä hänen työssään on rasittavaa ja ylikuormittavaa, ja miten tätä voisi muuttaa. Ilman työntekijöiden sitouttamista muutosprosessiin on työn tehostaminen hyvin haastavaa, ja tästä syystä ylikuormituksen huomioiminen on erittäin tärkeää. (Hines ym. 2008, 7.)

Olellaista Lean-ajattelussa onkin huomata hukkan, epätasaisuuden ja ylikuormituksen yhteen kietoutuminen. Epätasaisuus aiheuttaa ylikuormitusta ja sitä kautta hukkaa, mutta myös ylikuormitus aiheuttaa tuotantoon epätasaisuutta ja hukka lisääntyy. Lisäksi pelkkään hukkan metsästämiseen ja arvovirran sujuvuuteen keskittyminen voi johtaa hetkellisiin parannuksiin, mutta pidemmällä seurannalla osoittautua reitiksi pysähtyneisyyteen. Erityisesti jos jäädytään tuijottamaan pelkkiä läpimenoaikoja eikä pysähdytä puuttumaan ongelmien ja virheiden syihin. (Rother 2011, 36–37). Tämä tuotantonopeuden ylikorostaminen ei ole todellista Leania vaikka niin usein virheellisesti ajatellaankin.

2.1.4 PDCA ja ongelmat

PDCA on lyhenne englannin kielen sanoista plan (suunnittele), do (suorita), check (arvioi) ja act (toteuta). Sillä tarkoitetaan yksinkertaista sykliä jonka mukaisesti parantamista tulisi toteuttaa:

1. Suunnittele parannustoimenpide vertaillen eri vaihtoehtoja ja määrittäen askeleet, jolla tavoitetaan päästäisiin.
2. Testaa suunnitelmaa suorittamalla esimerkiksi pilottihanke, ja mittaa sitä. Tämän voi toteuttaa pienessäkin mittakaavassa.
3. Tarkista tulokset ja arvioi pilottihankkeen toimintaa verraten sitä haluttuihin tuloksiin.
4. Tee jatkotoimenpiteitä tulosten perusteella käyttäen hyväksi sitä mikä pilottihankkeessa toimi. (Kouri 2010, 15; Rother 2011, 121.)

Liker (2010, 246) pitää erityisen tärkeänä kahden viimeisen vaiheen, tarkistamisen ja toimenpiteiden, muistamista parannusprosessissa ja väittääkin niiden usein jäävän kokonaan huomioimatta. Ilman tulosten analysointia ei nimittäin voida muodostaa kunnollisia ratkaisuja kohdattuihin ongelmiin. Pilottihankkeita, eli käytännössä muodostettuja hypoteeseja siitä miten pitäisi tehdä, ei voi arvioida keskustelemalla ja neuvottelemalla, vaan ainoastaan kokeilemalla ja mittaamalla (Rother 2011, 124).

Käsitellessään PDCA-menetelmää Mike Rother huomioi erityisesti ongelmien ja virheiden etsimisen ja havainnoinnin tärkeyden. Jos ongelmia ei haluta nähdä, ei silloin pystytä kunnolla keksimään ratkaisujakaan. Tämä koskee myös parannuskokeita, joita täytyy

yrittää osoittaa vääräksi: toimimattomaksikin osoittautuneesta pilottihankkeesta tulee oppia ja kehittää uusia ratkaisuja. Tämä liittyy oleellisesti myös epäonnistumisten sietämiseen ja niiden avulla oppimiseen: keskitytään itse ongelmaan ja sen ratkaisuun ihmisten syyttelyn sijaan. Suurin osa ongelmista johtuu kuitenkin systeemistä eikä yksilöistä, minkä johdosta systeemiin keskittyminen on aina hedelmällisempää. Kaikkien tulee kuitenkin olla sitoutuneita parannusajatteluun. (Rother 2011, 124–129.)

Monet kehitysratkaisut saattavat luoda uusia ongelmia, mutta nämä tulee nähdä mahdollisuuksina laadun ja työskentelytehokkuuden kehittämiseen. Olennaista ovat valmiudet ongelmien ratkaisuun. (Kouri 2010, 14.)

2.2 Prosessimittarit

Ilman hyvin määriteltyjä ja sovellettuja mittareita prosessin toiminnan arviointi ja ennakointavuus on erittäin vaikeita toteuttaa. Ilman mittaustuloksia ja niiden vertailua on kehitystavoitteiden asettaminen ja kehityksen toteutumisen havaitseminen hankalaa, ellei jopa mahdotonta. Jotta mittaaminen olisi hyödyllistä, tulee sen tavoitteena olla prosessin parempi ymmärtäminen ja pyrkiminen laatupoikkeamien ja prosessin häiriöiden nopeampaan havaitsemiseen. Tämän toteutumiseksi mittareiden olisi syytä olla yksinkertaisia ja selkeitä, sekä mahdollisimman vähälukuisia. (Kouri 2010, 28 – 29.)

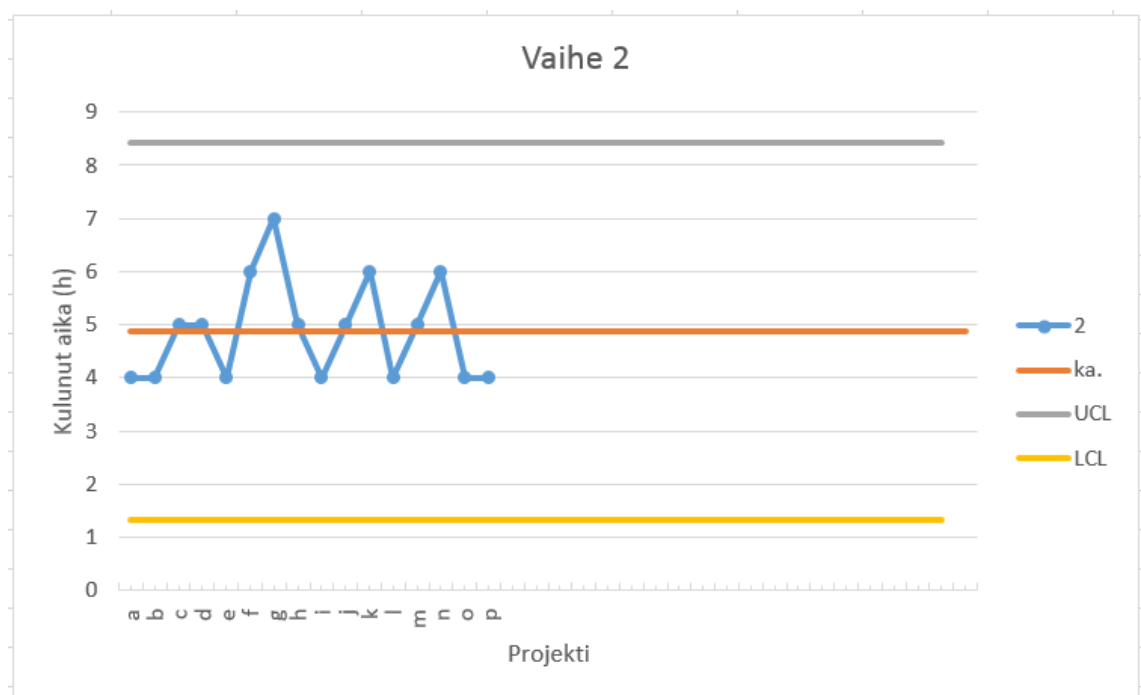
Sari Torkkola (2015, 240 - 243) jakaa perusprosessimittarit kahteen osaan: päällikön vastuulla oleviin mittareihin sekä asiantuntijoiden vaikutuspiirissä oleviin mittareihin. Tässä opinnäytetyössä keskitytään kuitenkin asiantuntijoiden vaikutuspiirissä oleviin mittareihin, sillä kyseessä on yhden suunnitteluprosessin kehitysprojekti. Esimiestason mittarit on siten rajattu tästä työstä pois. Kaikki Torkkolan luettelemat perusmittarit eivät luonnollisesti sovellu opinnäytetyön aiheena olevaan prosessiin. Asiantuntijoiden vaikutuspiirissä olevat mittarit ovat

- virheellisten lopputuotosten määrä vastaanottajalta (virheprosentti)
- uudelleen tekemisen määrä
- tahti
- työn vaihtoon menevä aika (tai keskeytysten määrä)
- sovitun eräkoon toteutuminen

- suoritusjärjestyksen toteutuminen.

Virheellisten lopputuotosten määrä on mittareista ainoa, jonka keräämän datan tuottaa palvelun vastaanottaja eli asiakas. Muut mittarit on tarkoitettu työn suorittajan itse täytettäväksi. Näiden mittareiden lisäksi Torkkola määrittelee myös prosessimittareita, jotka ovat prosessin kokonaisuudesta vastaavan päällikön vastuulla. (Torkkola 2015, 241.) Nämä mittarit eivät olleet tämän opinnäytetyön rajauksen kannalta kuitenkaan järkeviä soveltaa kuin yhden mittarin osalta: valmistumisnopeuden.

Kun prosessia mitataan, sitä saadaan ennustettavammaksi. Tähän hyödyllinen työkalu on mitatusta datasta määritettävissä oleva SPC-käyrä (statistical process control). Jos systeemi on pysynyt muuttumattomana, on tämän avulla mahdollista nähdä nopeasti milloin prosessin hajonta on normaalia ja milloin hälyttävää, sekä milloin yksittäisessä projektissa on jotakin tarkasteltavan arvoista. Samoin SPC-käyrästä on kätevää havainnoida muutosten vaikutus prosessiin. (Torkkola 2015, 151–152.)



KUVA 1. SPC-käyrä

SPC-käyrä muodostetaan yksinkertaisesta kappaledatasta, ja sen rinnalle kuvaajaan määritetään datan keskiarvo sekä liukuvan vaihteluvälin avulla määrittyvät ylä- ja alaohjausrajat UCL (upper control limit) ja LCL (lower control limit). Esimerkki SPC-käyrästä on

esitetty kuvassa 1. Ohjausrajat toimivat suodattimina merkittävämpien ja lisätoimenpiteitä vaativien poikkeamien havaitsemiseen datasta. (Torkkola 2015, 152.) Yläohjausraja UCL muodostetaan lisäämällä datan keskiarvoon liukuvan vaihteluvälin keskiarvo kerrottuna vakiolla 2,659. Alaohjausraja LCL taas määritetään vähentämällä sama vakio liukuvan vaihteluvälin keskiarvo datan keskiarvosta. Käytetty vakio on empiiristen havaintojen perusteella määritetty matemaattinen yleistys joka on havaittu käytökelpoiseksi SPC-käyrän tapaisissa sovelluksissa. (Torkkola 2015, 160–161.)

2.3 Esteiden teoria

Lean-teoriaa näkee usein verrattavan ja käytettävän yhdessä esteiden teoriaksi kutsutun organisaation parannusmenetelmän kanssa. Esteiden teorian pääajatus on että jokainen systeemi, oli se sitten kuinka monimutkainen tahansa, koostuu yhteen liittyvistä osista, ja osista yksi toimii aina hitaammin kuin muut muodostuen koko systeemiä rajoittavaksi tekijäksi. Menetelmän tarkoitus on paikantaa tämä niin sanottu pullonkaula prosessista ja parantaa sitä kunnes se ei enää ole rajoittava tekijä. (Vorne 2011–2016.)

Esteiden teorian soveltamisen pääajatus on esitetty viitenä askeleena:

- Tunnista este.
- Hyödynnä estettä.
- Alista muut vaiheet esteelle.
- Ylennä este.
- Toista. (Rattner 2006.)

Esteen hyödyntämisellä tarkoitetaan sen parempaa käyttöä nykyresursseilla, tarkistaen saadaanko este poistettua ilman suurempia uudistuksia. Tämän jälkeen kolmannessa askeleessa tarkastellaan prosessin muiden vaiheiden toimintaa ja miten ne mahdollisesti rajoittavat estettä toimimasta tehokkaasti. Muita vaiheita siten sopeutetaan asianmukaisesti, minkä jälkeen prosessi tarkastellaan uudelleen, jotta voidaan nähdä onko este poistunut tai siirtynyt prosessin toiseen osaan. Jos este on poistunut, voidaan siirtyä suoraan viidennen vaiheeseen; neljättä askelta sovelletaan ainoastaan jos este on yhä olemassa. Neljännessä askeleessa tarkastellaan kaikkia mahdollisia keinoja, suuriakin kokonaismuutoksia järjestelmään, jotta este saataisiin ratkaistua. Viides askel on palata alkuun, ja aloittaa

uuden pullonkaulan etsiminen. Onkin syytä varoa muutoksista seuraavan parannuksen aiheuttamaa itsetyytyväisyyttä ja paikalleen pysähtymistä. Esteiden teorian hyödyntämisen on tarkoitus olla jatkuvaan parantamiseen tähtäävää. (Rattner 2006; Vorne 2011–2016.)

Prosessin tai organisaation rajoitteen havaitsemisessa on tärkeää olla avoin monille erilaisille esteen muodoille. Erityisesti sovellettaessa ajatuksia asiantuntijatyöhön, ovat esteiden muodot vaikeammin hahmotettavissa. Artikkelissa Theory of Constraints (Vorne 2011–2016) erilaiset esteet jaotellaan usein käytetyn jaottelun mukaan: fyysisiin rajoitteisiin, toimintatapoihin, paradigmoihin ja markkinoihin. Tämä jaottelu ja eri tyyppien kuvaukset on kerätty taulukkoon 2.

TAULUKKO 1: Rajoitteiden tyyppejä

Rajoite	Kuvaus
Fyysinen	Työkalut, materiaalit, työvoima, tilat.
Toimintatapa	Vakiintuneet työtavat (viralliset tai epäviralliset), sopimukset, säännökset, määräykset.
Paradigma	Yleiset ajatusmallit, näkökulmat ja tavat.
Markkinat	Este syntyy tuotannon ylittäessä myynnin, toisin sanoen kun tuotetaan tai voitaisiin tuottaa enemmän kuin saadaan sillä hetkellä myytyä.

Vaikka Lean ja esteiden teoria ovatkin kaksi erillistä organisaation muutosnäkökulmaa, Sergio Rattner (2006) argumentoi artikkelissaan niiden olevan hyvin yhteensopivia. Erityisesti näin on, jos esteiden teoriaa käsitellään Lean-muutoksen käynnistäjänä ja työkaluna koko ajan täydellisemmän arvoketjun muokkaamiseen. Myös Sari Torkkola (2015, 28) suosittelee hukan metsästäminen aloittamista juuri pullonkauloja etsimällä, jotta siitä olisi prosessin kokonaisuuden kannalta eniten hyötyä. Luvussa 2.1.2 luetellut prosessimittarit ovat mahdollisesti hyviä työkaluja myös esteiden teorian kannalta erityisesti ensimmäisen askeleen pullonkaulan löytämiseen ja tunnistamiseen.

2.4 Rakennesuunnittelu

2.4.1 Yleistä

Opinnäytetyön teettäjänä toimivan Sweco Rakennetekniikan puurakenneosaston asiakaina on useampia eri talotehtaita, jotka myyvät omille asiakkailleen puurakenteisista seinäelementeistä rakennettavia pientaloja. Talotehdasasiakkaat ostavat Swecolta alihankintana talojen rakennesuunnittelua ja tarpeen mukaan muitakin suunnitteluun liittyviä palveluita.

Pientalojen rakennesuunnittelu on hyvin kilpailtu ala, jonka katteet ovat pienet. Tämä pakottaa alan toimijoita pohtimaan ja kehittämään kustannustehokkuuttaan jatkuvasti. Kannustimet kustannustehokkuuden kasvattamiseen ovat näin ollen voimakkaat. Talotehdasasiakkaiden suunnitteluprosessit ovat myös pitkien asiakassuhteiden, yhtiöiden standardien ja projektien samankaltaisuuden myötä vakiintuneet voimakkaasti omille urilleen. Kuitenkaan mittareita työn laadun ja tehokkuuden mittaamiseen ei juurikaan ole luotu, ja työohjeiden ja -järjestysten kirjo on moninainen sekä muodoltaan että laadultaan.

Opinnäytetyön alkuperäisenä suunnitelmana oli soveltaa Lean-teorian työkaluja yleisesti puurakenteisten elementtipientalojen suunnitteluprosessiin, ja luoda prosessikaavio joka olisi yleispätevä ja sovellettavissa kaikille yrityksen asiakaina toimiville talotehtaille. Ongelmaksi osoittautuivat eroavaisuudet eri talotehtaiden vaatimissa suunnitteluratkaisuissa ja käytetyissä standardeissa. Osoittautui yllättävän haastavaksi luoda prosessijärjestystä, joka olisi tarpeeksi yleinen kuvatakseen kaikkien talotehdasasiakkaiden suunnitteluprosessia mutta olisi silti tarpeeksi yksityiskohtainen ja todenmukainen. Osa tätä ongelmaa oli myös opinnäytetyön tekijän oma kokemus ainoastaan Kannustalo Oy:n rakennesuunnittelusta, mikä entisestään vaikeutti muutenkin kunnianhimoista yritystä. Yritys tehdä yleispätevää suunnitteluohjetta olisi jo lähtökohtaisesti vaatinut useita haastattelukierroksia osaston eri suunnittelijoiden kanssa, eikä onnistumisesta olisi siltikään ollut takeita.

Keskustelussa opinnäytetyön tilaajan kanssa päädyimme rajaamaan opinnäytetyön kohteen vain yhteen talotehtaaseen, Kannustalo Oy:öön. Täten halutusta suunnittelun prosessikaaviosta tulisi todellisia käytäntöjä kuvaava, teoreettisen yleisen kuvauksen sijaan, ja

se olisi sovellettavissa tosielämään myös saman tien. Näin pystyttiin hyödyntämään parhaiten myös opinnäytetyön tekijän omaa kokemusta. Yhden talotehtaan työjärjestys voidaan kuitenkin myöhemmin halutessa muuntaa ja soveltaa myös muihin talotehtaisiin. Muutostyö vaatii kuitenkin suunnittelukokemusta kyseisestä talotehdasasiakkaasta.

2.4.2 Kannustalo

Kannustalo Oy on Pohjanmaalla Kannuksessa sijaitseva elementtitalotehdas, joka on perustettu 1978. Tehdas tuottaa pientaloja yksityisasiakkaille ja on yksi Suomen johtavista koteja myyvistä talotehtaista. Tehtaalla on myös omaa rakennesuunnittelua, mutta osa suunnittelusta tilataan sesonkiaikana Sweco Rakennetekniikalta. Talot rakennetaan tehtaalla valmistetuista seinäelementeistä, halutessa jopa täysin muuttovalmiiksi asti mutta myös asiakkaan omalla pystytyksellä. Vakiomalleja talopaketteihin on useita, mutta talon ostajalla on laajat mahdollisuudet materiaalien ja rakenteiden muutoksiin. Suurin osa taloista noudattaa kuitenkin enemmän tai vähemmän vakiomallien kaavaa.

Kannustalolle tehtävä rakennesuunnittelu ja kuvien piirtäminen tehdään osastolla käyttäen AutoCAD-ohjelmaa ja siihen talon sisällä tehtyjä lisäosia. Osa lisäosista on yksinkertaisia piirtämisen nopeuttamistyökaluja, mutta mukana on myös työkaluja mitoituksen helpottamiseksi sekä piirustusten luomiseksi. Suunnittelussa ei hyödynnetä AutoCADin mallinnusominaisuuksia, vaan kaikki suunnittelu tapahtuu kaksiulotteisesti. Rakenteiden mitoitukseen käytetään Finnwood-mitoitusohjelmaa ja Sweco Rakennetekniikan omia mitoitusohjelmia.

Suunnittelusopimuksessa Kannustalo on sitoutunut toimittamaan työntekijälle suunnitelluun tarvittavat lähtötiedot AutoCADin dwg-tiedostoina, joita ovat:

- pohjapiirustus 1:50
- mitoitettu perustuspiirustus 1:50
- alajuoksumittapiirustus 1:50
- julkisivut 1:100

Piirustustiedostojen lisäksi toimitetaan kohteen aukkoluetello, sähkösuunnitelma sekä materiaalit ja yksityiskohdat määrittävä asiakassopimus kohteesta.

Kannustalon tehtaan tuotanto- ja rakenneratkaisut ovat pitkälle vakioituja, joten käytetyt rakenneratkaisut määrittyvät pitkälle heidän omien standardiensa mukaan. He tarjoavatkin suunnittelijalle laajahkon kirjaston vakiorakenneleikkauksia, joita tulee käyttää mahdollisuuksien mukaan.

Suunnittelussa tuotettavat piirrokset ja muut dokumentit on lueteltu luvussa 3.1 asiakkaan kokeman arvon määrittämisen yhteydessä.

3 SUUNNITTELUPROSESSIN KARTOITUS

3.1 Arvo

Asiakkaan suunnittelulta odottaman arvon kannalta Kannustalon prosessi oli suhteellisen helppo määrittää. Kannustalolla on selkeästi asiakassopimuksessa määritellyt dokumentit, jotka jokaiselle talopakettile tuotetaan. Nämä dokumentit ovat:

- elementtipiirustukset
- rakenneleikkaukset
- piirustukset päätyräystäselementeistä
- pellin päämittapiirustus tai tiilirivit-piirustus ja ruodejaon laskentakaavio
- vesikaton tasopiirustus ja välipohjan tasopiirustus
- tarvittavat ristikkokaaviot
- piirustusluettelo.

Sopimuksessa määritettyjen dokumenttien lisäksi on määritettävissä myös muuta asiakkaalle tärkeää arvoa: piirustusten laatu ja oikeellisuus. Kannustalo on määrittänyt piirustuksilleen standardit, joiden mukaisia eri piirustusten tulisi olla ulkomuodoltaan ja tyylliltään. Käytetyt materiaalit ja rakenneratkaisut ovat myös pitkälti tehdastuotannon määrittämät, eikä näistä mielellään poiketa ilman erityistä syytä. Kaikkien rakenteiden tulisi myös ensisijaisesti olla oikein ja tarpeen mukaisesti mitoitettuja. Vaikka Kannustalo ei vaadikaan lujuuslaskelmia osana työn luovutusta, olisi kaikki tehdyt laskelmat syytä dokumentoida mahdollista tarvetta varten. Rakennusten jäykistys toteutetaan pääasiassa vakioratkaisuilla ja jäykistyslaskenta tehdään erillislaskutettavana työnä vain vaadittaessa.

Tärkeä osa asiakkaan kokemaa arvoa suunnittelutyössä on myös sen valmistuminen aikataulussa. Kannustalo Oy:n kohdalla suunnittelun aikataulu on ollut kuitenkin hyvin maltillinen, eikä suunnittelussa ole ollut mainittavaa kiirettä tämän suhteen. Kuitenkin suunnitteluprosessin kokonaiskesto projektin saapumisesta sen palautukseen on syytä havainnoida projektiin käytetyn työajan ohessa.

3.2 Prosessikaavio

Kannustalon suunnitteluprosessin kartoittaminen aloitettiin käyttämällä pohjana jo aiemmin tehtyä työjärjestystä. Vanha työjärjestys ei ollut kuitenkaan soveltuva suoraan prosessikaavion pohjaksi, sillä se oli rakenteeltaan liiaksi muistilistamainen luettelo eri vaiheista ja Kannustalon määrittämistä suunnitteluratkaisuista, sekä eri työkalujen toiminnoista. Tämän lisäksi vanha työjärjestys sisälsi myös paljon jo vanhentunutta tietoa, sen päivityksen oltua kehnohkoa ja Kannustalon suunnitteluratkaisujen muuttuttua vuosien varrella.

Uuden työjärjestyksen tarkoitus oli olla pelkästään työvaiheisiin ja selviin työkaluihin painottuva. Visiona oli luoda selkeästi noudatettavissa oleva järjestys, joka listaa ainoastaan toteutettavat vaiheet, sekä niihin erityisesti käytettävät parhaat olemassa olevat työkalut. Varsinaiset yksityiskohdat Kannustalon eri suunnitteluratkaisuista, käytetyistä materiaaleista, puukoko-listauksista ynnä muista ohjeista ja luetteloista olisi kerätty erillisiin luetteloihin ja ohjeisiin, joihin työjärjestyksessä voidaan viitata.

Työjärjestys on rakennettu pääasiassa opinnäytetyön tekijän oman työkokemuksen perusteella konsultoiden suunnitteluassistentti Tiia Tammista. Vaikka tekijän oma suunnittelukokemus onkin vielä vähäistä, on Kannustalon kohteiden suunnitteluprosessi niin suoraviivainen ja jo etukäteen pitkälle vakioitu että työjärjestyksen muodostaminen ei muodostunut liian haastavaksi. Muutamissa kohdissa jouduttiin neuvottelemaan parhaasta työkalusta ja -järjestyksestä.

Valmis työjärjestys on liitteenä 1. Järjestyksessä on korostettu keltaisella värillä vaiheet jotka eivät selvästi ole lisää arvoa asiakkaalle tuottavia, vaan ennemminkin välityövaiheita ja ”turhaa” selvitystä jotta varsinainen työn tekeminen voidaan aloittaa. Korostettujen vaiheiden perään on myös määritetty mitä seitsemästä hukun (muda) tyypistä ne edustavat. Hukkatyypeistä erityisesti ylikäsittely korostui muita vahvemmin. Vaiheet eivät välttämättä ole täysin turhia eivätkä siten poistettavissa, mutta kuitenkin kohtia joita on syytä miettiä ensimmäisten joukossa prosessin sujuvuuden ja ajankäytön kehittämiseksi arvon tuottamisen kannalta.

Lisäksi työjärjestyksessä on korostettu punaisella värillä kohtia jotka ovat opinnäytetyön tekijän oman kokemuksen sekä haastattelujen perusteella koettu erityisen aikaa vieviksi,

tehottoman tuntuiseksi tai virhealttiiksi. Huomioitujen vaiheiden yksilöinti ei kuitenkaan perustu mitattuun dataan, sillä tähän käytettäviä mittareita ei ole aiemmin ollut olemassa. Prosessin jatkokehityksessä ja työvaiheiden sekä työkalujen kehitystyössä onkin syytä käyttää apuna tehtyjä mittareita ja niiden tuottamia tuloksia, jotta muutosten todellisia vaikutuksia saadaan perustellusti arvioitua.

Varsinaisen työjärjestyksen lisäksi piirrettiin prosessin päävaiheista A0-kokoinen virtauskaavio. Virtauskaavion on tarkoitus toimia projektin vetäjän tai osastopäällikön havainnointiapuna projektien etenemisen seurannassa. Se on tarkoitus sijoittaa toimiston seinälle, ja siihen on tarkoitus merkata päivittäin projektien eteneminen käyttäen yksinkertaisia merkkejä joita siirretään projektin edistyessä kaaviossa eteenpäin. Tämän pitäisi helpottaa esimiestä tai projektivastaavaa projektien häiriöiden sekä yleisesti niiden valmistumisen tahdin havaitsemisessa. Valmis kaavio on opinnäytetyön liitteenä 2.

3.3 Mittarit

3.3.1 Lähtökohdat

Luvussa 2.1.2 määriteltiin erilaisia asiantuntijatyölle soveltuvia mittareita mahdollistamaan ja tukemaan prosessin tehokkuuden ja toiminnan kehitystä. Taulukkoon 2 on kerätty mainitut mittarit ja määritelty niiden tilanne nykyisessä suunnitteluprosessissa. Taulukossa esitettyjen mittareiden lisäksi toimeksiantojen toteutumista on esimiestasolla mitattu jo aiemmin projektien kokonaiskeston sekä keskituntiansion (eli tehdyn tuloksen) osalta. Nämä eivät kuitenkaan mittaa itse prosessia, eikä niiden avulla voida tehdä johtopäätöksiä itse suunnitteluprosessin toiminnasta, vain sen tuloksellisuudesta. Nämä rajattiin siten pois opinnäytetyön käsittelystä.

TAULUKKO 2: Olemassa olevat mittarit

Mittari	Onko relevantti?	Onko mittaria?	Seuraataanko?	Tulisiko kehittää?
Virhepalautukset ja reklamaatiot	Kyllä	Kyllä	"Periaatteessa"	Kyllä
Uudelleen tekemisen määrä	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä
Tahti	Ei	Ei	Ei	Ei
Keskeytykset	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä
Sovitun eräkoon toteutuminen	Ei	Ei	Ei	Ei
Suoritusjärjestyksen toteutuminen	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä

Sovitun eräkoon toteutumista ei pidetty nykyisellään hyödyllisinä mittarina Kannustalon suunnitteluprosessissa: Kannustalo toimittaa osastolle tarvitsemansa määrän toimeksiantoja ja kaikki toimeksiannot suoritetaan. Tämän johdosta Kannustalon tarjoamat toimeksiannot on helpohko suorittaa yksi kerrallaan saapumisjärjestyksessä (FIFO-periaate). Myöskään työn tahti ei tämän kaltaisessa suunnittelutyössä ole erityisen toimiva tai informatiivinen mittari. Sen parempi soveltamisala on suurempien eräkokojen suorittava työ.

Hyödylliseltä sen sijaan vaikutti työn valmistumisnopeuden seuranta, erityisesti yhdistettynä opinnäytetyössä määritettävään työjärjestykseen, sillä työn kesto on yksi olennaisimmista suunnittelun kustannustehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä. Tähän asti suunnitteluprosessista oli mitattu pelkästään siihen käytettyä kokonaistuntimäärää ja erikseen laskutettavan työn määrää, joiden perusteella ei kuitenkaan voida tehdä päätelmiä prosessin sisäisestä ajankäytöstä. Mittarin luominen sen seurantaan vaikutti ensiarvoisen tärkeältä.

Muiden mittareiden osalta suunnitteluprosessin seuranta osoittautui huolestuttavaksi. Määrittelyistä mittareista ainoastaan suoria virheilmoituksia ja reklamaatioita rekisteröitiin niitä varten suunniteltuun virheseuranta-tilaukseen. Keskustelussa osastopäällikkö Heikki Löytyn kanssa kävi ilmi että taulukon tarkoitus oli tilastoida kaikki suunnittelussa esille tulleet virheet, ja dokumentoida virheen aiheutuminen, havaitseminen sekä mahdolliset korvausvaatet ja siitä seuranneet kustannukset ja korjausaika. Taulukkoa tutkit-

taessa vaikutti kuitenkin siltä, että seuranta ei toteutettu kovin säännöllisesti, ja se painottui suurempiin ja korvauksia vaativiin virheisiin. Seurannan tuloksia ei myöskään tunnutta käytettävän erityisesti mihinkään. Tulosten seuranta tulisikin parantaa huomattavasti ja käyttää niitä yhdessä muiden mittareiden kanssa paremmin prosessin kehittämiseen. Virheseuranta-taulukko ei ollut kuitenkaan itsessään viallinen joten sitä ei lähdetty muuttamaan, varsinkaan koska taulukkoa käytettiin myös muiden kuin Kannustalon virheseurannassa.

3.3.2 Mittarien toteutus

Neljä tarpeelliseksi koettua mittaria päätettiin toteuttaa ja ne oli järkevintä kasata yhteen taulukkoon. Taulukon tarkoitus oli olla mahdollisimman yksinkertainen ja helpoksi täytettävä, ja yhden taulukon ratkaisu tuntui luontevammalta ja helpommalta työntekijän hahmottaa kuin 4 erillisen täytettävän lomakkeen. Mittaustaulukkoon merkitään toimeksiannon asiakkaan nimi, asiakasnumero sekä toimeksiannon aloituspäivä. Valmis prosessin mittaustaulukko on opinnäytetyön liitteenä 3.

Excel-taulukko on myös mahdollista tulostaa paperille ja täyttää käsin, jos työntekijä koee sen kätevämmäksi tavaksi täyttää tai olevan muuten tarpeellista. Tällöin menetetään kuitenkin Excelin muokkausmahdollisuudet esimerkiksi kirjoitustilan loppuessa kesken, lomakkeen yhteenlaskukaavojen automaatio ja mahdollisuus tietojen nopeaan kopiointiin koontilomakkeisiin. Excel-taulukko myös piirtää prosessin etenemisestä kaavion ajankäytön perusteella. Suositus onkin täyttää lomake digitaalisesti.

Mittaustaulukon määrittäminen suunnitteluprosessin ajankäytölle osoittautui neljästä mittarista haastavimmaksi. Mittarin pohjana oli luonnollisesti järkevää käyttää tehtyä työjärjestystä, mutta alkuperäisessä muodossaan siinä oli järkevästi sovellettavaksi aivan liikaa erillisiä työvaiheita. Tämän johdosta työjärjestystä muokattiin siten, että työvaiheet jaettiin useamman suuremman kokonaisuuden alle. Näin mittariin tarvittavien vaiheiden lukumäärä saatiin vähennettyä 16:een. Tämä koettiin hyväksyttävänä kompromissina mittarin käyttömukavuuden ja sen informaation tuoton välillä. Mittaustaulukkoon on tarkoitus merkitä jokaisen työvaiheen kesto ja projektiin käytetty kokonaisaika tunteina. Tämän lisäksi tulee merkitä päivinä kokonaisaika projektin saapumisesta sähköpostilla sen palautukseen, jotta saadaan tilastoitua projektin todellinen kesto pelkän käytetyn työajan

lisäksi. Taulukko piirtää projektin ajankäytön visualisointia varten kuvaajan eri vaiheisiin käytetyn ajan vaihtelusta.

Kolmelle muulle mittarin luominen oli yksinkertaisempaa. Uudelleen tekemisen, työn keskeytymisen ja suoritusjärjestyksen toteutumisen kohdalla työntekijän tarvitsee vain merkitä se työvaihe, jossa häiriö tapahtui ja siihen johtanut syy. Näin lomakkeen avulla saadaan mitattua sekä häiriöiden lukumäärää, että kirjattua ylös mahdollinen parannusta vaativa kohde prosessissa.

Mittareiden tuottamien määrällisten tulosten koontiin luotiin kaksi erillistä taulukkoa. Niiden tarkoitus on koota yhteen eri projekteista kerätty data analysointia ja kuvaajien piirtämistä varten. Toistosta, keskeytyksistä ja suoritusjärjestyksen toteutumisesta kerätyn datan koostamiseen luotiin hyvin yksinkertainen taulukko, johon kopioidaan ainoastaan häiriöiden lukumäärä projektin mittaustaulukosta. Tahtia kuvaavan mittarin tuottama data oli luonteeltaan niin erilaista muihin mittareihin nähden, että sille oli luotava erillinen koontitaulukko. Tähän taulukkoon kopioidaan mittaustaulukosta työvaiheiden kestojen lisäksi myös projektissa suunniteltujen elementtien sekä ristikkokaavioiden määrä käytetyn ajan vertailukelpoisuuden helpottamiseksi. Koontitaulukot ovat opinnäytetyön liitteinä 4 ja 5.

Suunnittelun ajankäytön koontitaulukkoon on myös lisätty kaavat keskiarvon sekä UCL:n ja LCL:n laskemiseksi, jotta SPC-käyrä saadaan muodostettua heti datan keruun myötä. LCL:n laskenta on toteutettu niin että huomioon ei oteta negatiivisia arvoja, vaan tällöin rajaksi määrittyy 0. Taulukko laskee myös elementtien ja ristikoiden suunnitteluun ja piirtämiseen käytetyn ajan yhtä ristikkoa ja elementtiä kohden sekä kokonaisajan yhtä ristikkoa ja elementtiä kohden. Kun tiedot on syötetty, kuvaajat kaikille työvaiheille ja kokonaisajoille piirtyvät automaattisesti keskiarvojen ja raja-arvojen kera. Tämä on tehty helpottamaan datan visualisointia ja analysointia.

Muiden mittareiden koontitaulukkoon ei ole laskettu kontrollirajoja, sillä tämä ei vaikuttanut näiden mittareiden kohdalla hyödylliseltä. Taulukko kuitenkin laskee datalle keskiarvot sekä piirtää arvoista kuvaajan. Raja-arvot voidaan lisätä taulukkoon myöhemmin jos se koetaan tarpeelliseksi.

4 POHDINTA

Opinnäytetyö onnistui päätavoitteessaan eli työjärjestyksen luomisessa Kannustalon suunnitteluprosessille. Työjärjestyksestä tuli lopulta pitkäkö, mutta sen tavoitteena olikin kuvata mahdollisimman pitkälle suunnittelun kaikki työvaiheet ja pääasialliset työkalut. Suunnitteluprosessi on pientalojenkin kohdalla laajahko kokonaisuus, joten työjärjestyksen pituus tuskin oli vältettävissä. Laajuus ja yksityiskohtaisuus saattaa hankaloittaa työjärjestyksen muokkaamista muihin suunnitteluprosesseihin, mutta tämän tulisi kuitenkin olla yksi tulevaisuuden tavoitteista. Opinnäytetyön tulosten käytännön soveltaminen siirtyy muuten kovin pitkälle, sillä Kannustalon suunnittelu jatkuu luultavasti vasta seuraavana kesänä.

Erityisesti työjärjestyksen sivutuotteena syntynyt suunnittelun päävaiheiden virtauskaavio ei välttämättä sellaisenaan ole kovinkaan hyödyllinen, jos projektien lukumäärä ei tule olemaan kovin suuri. Mutta muunnettuna muihinkin prosesseihin ja talotehdasasiakkaisiin se voi toimia hyvänä esimiestason visualisointivälineenä eri projektien etenemisen seurantaan ja ongelmatilanteiden havaitsemiseen.

Prosessille saatiin luotua myös uusia mittareita, joiden avulla prosessia ja sen työkaluja pystytään jatkossa kehittämään tehokkaammin. Tämä on luultavasti opinnäytetyön tärkeimpiä yksittäisiä saavutuksia, sillä mittareiden aikaisempi tilanne oli hyvin puutteellinen. Tehdyt mittarit tulisikin ottaa mahdollisimman nopeasti käyttöön, mieluusti myös muissa suunnitteluprosesseissa mahdollisuuksien mukaan sovellettuina. Mittaamisella on saattaa todennäköisesti olla suuri vaikutus tulevaisuuden prosessien parannustyöhön.

Mittaamisen hyödyllisyys kuitenkin vaatii sen että sitä tehdään systemaattisesti koko ajan. Työntekijät tulisikin saada innostumaan mittaamisesta ja löytämään työstä uusia tavoitteita sen sijaan, että se koetaan turhana ajankäyttönä ja käyttämisenä. Tähän vaikuttaa todennäköisesti paljon mittaamisen käyttömukavuus, jota tulee ehdottomasti korjata jos siinä havaitaan epäkohtia.

Työntekijöitä tulee myös kannustaa ongelmien ja epäkohtien havainnointiin omassa työssään. Tulevaisuudessa olisi hyvä kehittää helppoja tapoja kirjata tehdyt havainnot sekä

niihin keksityt ratkaisuehdotukset yhteisesti ylös, jotta kehitysideoit eivät jää vain ajatuksen tasolle ja unohdu. Työkalut tähän voivat olla hyvin yksinkertaisiaakin (vaikkapa yhteinen ilmoitustaulu, taulukko verkkolevyllä tms.), mutta tärkeintä on niiden käyttämisen helppous ja ennen kaikkea se että havaintoja seurataan säännöllisesti ja niiden perusteella toimitaan. Erityisen tärkeää on lisäksi pyrkiä pois ajattelusta, jossa kehitystyötä tehdään vain kun aikaa liikenee muulta työltä.

Lean-ajatusten mukaisesti myöskään tämän opinnäytetyön tuotoksia ei tule katsoa missään nimessä valmiiksi ja täydellisiksi. Kehitystyötä tulee jatkaa prosessin itsensä lisäksi myös prosessimittareiden osalta ja arvioida jatkuvasti niiden soveltuvuutta ja hyödyllisyyttä. Tulee myös huomioida opinnäytetyön tekijän vähäinen kokemus suunnittelutyöstä, minkä johdosta työjärjestys ei varmastikaan ole vielä täydellinen kuvaus suunnitteluprosessista. Työjärjestystä tuleekin katsoa kriittisesti yhtäläillä kuin itse prosessia, ja korjata ja parantaa sitä havaintojen perusteella. Samoin myös mittareiden soveltuvuutta ja kerätyn datan hyödyllisyyttä tulee arvioida, ja korjata niitä tarpeen mukaan tai luoda uusia mittareita puutteita havaittaessa.

Haastattelututkimuksen osuus opinnäytetyössä niukkeni sen kohteen rajaamisen myötä lähinnä yhden työntekijän konsultointiin. Työn lopullisen laadun kannalta tämä oli kuitenkin luultavasti oikea ratkaisu. Haastattelututkimuksen puute korvautui kirjallisuustutkimuksen laajemmalla osuudella. Kiinnostus Leania kohtaan on ollut laajaa jo jonkin aikaa sekä teollisuudessa että palvelutuotannossa, joten lähdemateriaalin löytäminen ei tuottanut vaikeuksia. Lean on aiheena kuitenkin niin monitahoinen ja laaja, että tuntui että tässä opinnäytetyössä kyettiin ainoastaan pintaraapaisuun sen pääajatuksista.

Opinnäytetyön tekijälle sen toteuttaminen oli, alun vaikeuksista huolimatta, lopulta hyvin antoisaa. Tutustuminen Lean-teoriaan herätti työtä tehdessä paljon ajatuksia ja näkemyksiä työn tekemisestä tehokkaasti ja työn mielekkyyden tärkeydestä. Oikein sovellettuna Lean vaikuttaa erittäin tehokkaalta ja mahdollisesti jopa mullistavalta työkalulta organisaation toiminnan parantamiseksi. Tämä vaatii kuitenkin muutokseen sitoutumista sekä työntekijöiltä että esimiehiltä, ja kärsivällisyyttä pidemmän aikavälin tavoitteiden saavuttamisessa.

LÄHTEET

Hines, P., Found, P., Griffiths, G. & Harrison, R. 2008. Staying Lean: thriving, not just surviving. Cardiff: Lean Enterprise Research Centre.

Kajaste, V. & Liukko T. 1994. Lean-toiminta: suomalaisten yritysten kokemuksia. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy

Kouri, I. 2010. Lean Taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy

Liker, K. 2010. Toyotan tapaan. Suom. Niemi, M. Helsinki: Readme.fi, Alkuperäinen teos 2004.

Rattner, S. 2006. What is the Theory of Constraints, and how does it compare to Lean Thinking. Julkaistu 8.9.2006. Luettu 7.10.2016. <http://www.lean.org/common/display/?o=223>

Rother, M. 2011. Toyota Kata. Suom. Niemi, M. Helsinki: Readme.fi. Alkuperäinen teos 2010.

Torkkola, S. 2015. Lean asiantuntijatyön johtamisessa. Helsinki: Talentum Pro

Tuominen, K. 2010. Lean – kohti täydellisyyttä. Helsinki: Readme.fi

Vorne. 2011–2016. Theory of Constraints. Luettu 3.10.2016. <http://www.leanproduction.com/theory-of-constraints.html>

LIITTEET

Liite 1. Työjärjestys

1 (9)

Kannustalo suunnitteluprosessi

1. VASTAANOTTO JA ALOITUS

- a. Projektin saapuminen sähköpostilla
- b. Projektikansion luonti projektipohjasta (**kuljettelu**)
- c. Sopimukseen ja kuviin tutustuminen
- d. Projektin nimen ja paikkakunnan ilmoitus projektivetäjälle projektin luomiseksi Maconomyyn (**kuljettelu, liikkuminen**)
- e. Lähtötiedostot ladatut-kansioon
- f. Toimitusluettelo ja postitus -exceleiden uusimpien versioiden tuonti kansioon (**kuljettelu**)
 - i. toimitusluettelon nimiötietojen täyttö
 - ii. Nimiöiden täyttö postitus-excelillä
- g. Tiedostojen nimeäminen julkaisuohjeen mukaan
- h. Lähtötietojen siirto projektipohjaan
 - i. Työpohja, perustuskuva ja alapuukuva skaalaus ja tuonti blokkeina työpohjaan omille tasoilleen kohdistuen
 - ii. Katon ja kuistien katon pinta-alan määrittäminen pi-komennon avulla
 - iii. Talon kerrosalan määrittäminen tarvittaessa (jos kuvista ei löydy valmiiksi)
- i. Projektinhallinta-excelin täyttö (**käsittely**)
- j. Lähtötietojen läpikäynti (sopimus, lisäsopimukset, kuvat)
- k. Ristiriitojen ja epäselvyyksien paikannus (**käsittely**)
 - i. Kuvien ja sopimusten vertailu keskenään, erityisesti: (**käsittely, odottelu**)
 1. ristiriidat julkisivukuvien ja sopimusten välillä
 2. sähköjen suunta sopimuksessa ja kuvissa
 3. epäselvät/erikoiset rakenneratkaisut
 4. puuttuvat tiedot
- l. Puuttuvien / ristiriitaisten lähtötietojen selvitys Kannustalon edustajalta (**odottelu**)

2. POHJATYÖT

- a. Peruskuormien määrittäminen (lumi, käyttö, rakenteet)
 - i. Lumikuorma paikkakuntataulukosta
 - ii. Muut kuormat käytettävien kuormien taulukosta
 - iii. Jiiri/kinostuskuormat excel-työkalulla
- b. Kattorakennepiirustuksen pohjan piirto (omille tasoilleen, vertaa mallikuvaan)
 - i. Seinärunko offsetilla
 - ii. hormit + mitat seinän sisäpinnasta
 - iii. jäykistävät väliseinät
 - iv. kantavat väliseinät
 - v. Pilarit, kaidetolpat ja palkit paikalleen
 1. Palkkityökalu
 - a. Pituus x-dataan
 - b. Samanlaisille sama tunnus x-dataan (LX)
 - c. Korkomerkinnot paikalleen
 2. Pilarit ja kaidetolpat pohjan ”korista”
 - a. Pituus x-dataan
 - b. Samanlaisille sama tunnus x-dataan (PX)
 - vi. mitat rungon ulkopinnasta pilarien keskelle
 - vii. räystäslinjojen piirto
 - viii. käyttöullakon merkkaukset
 - ix. vinon sisäkaton merkkaukset
 - x. korotetut lumikuormat luk-komennolla

3. RISTIKKOKAAVIOT JA -JAKO

- a. Piirrä apuviivat rungosta ja piirrä ristikot käyttämällä rip-komentoa
 - i. tiedot työkaluun sopimuksen mukaan, täytä kaikki kentät
 - ii. tarvittavat palkkilivet paikalleen lähimmän puukoon mukaisesti
 - iii. poikkiharjan korotusristikot pohjan ”korista” tai piirtäen jos harvinaisempi kattokaltevuus
 - iv. tuulipukit pohjan ”korista” tukikorkeuden mukaan, muokkaus tarpeen mukaan jos tukikorkeus standardista poikkeava
- b. Kuistien/terassien kattojen rakenteet

- i. piirrä apuviivat rungosta ja pilareista/palkeista
 - ii. vakiopukit laatikosta, muokkaus tarpeen mukaan
 - iii. YSO ja YSV pohjan ”korista”
 - iv. YSO ja YSV mitoitus finnwoodilla
 - v. lisää ja mitoita tarvittavat tukipalkit kattorakenteille
- c. Mahdollisten yläpaarten jatkosten piirtäminen
- d. Ristikkojako
- i. ristikot paikalleen vesikattokuvaan k900. Huomioi käyttöullakkoluukut, hormit, IV-laitteet, pk-elementit
 - ii. kaikkien ristikkoviivojen tulee olla x-datallisia ikkras-komentoa ja luetteloitua varten (**käsittely**)
 - iii. Mahdolliset päätykolmioelementit paikalleen vesikattokuvaan (pistekatkoviiva)
 - iv. ristikoiden mittaviivat pmit-työkalulla
- e. Jos palkkilovia ristikoissa, määritä palkeille tulevat pistekuormat ja mitoita palkit, korjaa palkkilovet ristikoihin ja palkkien x-data/korot tarvittaessa (kts. kohta 4.a ja b)
- f. Tuulipukit vesikattokuvaan pohjan ”korista”
- g. Räystäspuut paikoilleen rp2-komennolla
- h. Yläpohjan jäykistyksen pohjan ”korista” tarvittaessa
- i. Tuulisteet pohjan ”korista”
- j. Tulostus
- i. kopioi kehyspohja ”kaaviot” layoutilta ja skaalaa kehys tarvittavan kokoiseksi (**käsittely, kuljettelu**)
 - ii. muokkaa tekstit ja kuormat projektin mukaiseksi (**käsittely**)
 - iii. kopioi tarvittava määrä kehyksiä vierekkäin ja sijoita ristikot ja pukit paikalleen (**käsittely**)
 - iv. tarkista ja lisää puuttuvat mitat (**käsittely**)
 - v. tulosta ristikkokaaviot atul-komennolla pdf-tiedostoiksi (A4)
 - vi. tulosta vesikattokuva pdf-tiedostoksi (A3)
 - vii. muokkaa kansilehti kaaviot-layoutilta ja tulosta
 - viii. yhdistä kuvat yhdeksi tiedostoksi pdf-xchange tools -ohjelmalla (**käsittely**) ja lähetä ristikkosuunnittelijalle

4. MITOITUS

- a. Määritä pistekuormat määriteltyjen kuormien avulla eri seinille ja palkeille laskimella, ja merkitse pohjakuvaan tai dwg-tiedostoon
- b. Pilarien ja palkkien mitoitus
 - i. Mitoitus finnwoodilla.
 - ii. Jos muutoksia palkkien kokoon, muuta mahdollisten palkkilovien koot ja palkkien korkomerkinnot (**käsittely, viat**)
- c. Aukkopalkkien mitoitus
 - i. ikkunas-komento, ikkuna/ovi kerrallaan
 - ii. tarkista kaikkien pistekuormien löytyminen (**käsittely**)
 - iii. muokkaa pistekuormat oikeiksi (**käsittely**)
 - iv. mitoita palkit laskurilla
 - v. tallenna laskelmat kansioon
 - vi. merkitse vakiosta eroavat palkit ja tuplatolpat kuvaan
- d. Välipohjan mitoitus Finnwoodilla
 - i. määritä k-jako välipohjapalkille normaalitapauksessa
 - ii. määritä k-jako välipohjapalkille kylpyhuoneessa
 - iii. piirrä välipohjapiirustus

5. RAKENNELEIKKAUKSET

- a. Rakenneleikkausten hakeminen/piirtäminen detaljitiedostoon
 - i. hae tarvittavat ohjeelliset detaljit Kannustalon detaljikirjastosta detaljipohjan listauksen mukaisesti
 - ii. hae tarvittavat valmiit detaljit Kannustalon detaljikirjastosta listauksen mukaisesti
 - iii. muokkaa pientä muokkausta vaativat detaljit ja merkkää muutosmerkinnällä
 - iv. jos mahdollista, hae isoa muokkausta vaativat detaljit detaljiarkistosta
 - v. piirrä vaadittavat uudet detaljit mallidetaljien mukaisesti

(ylituotanto, kuljettelu, käsittely, varastot, viat)

- b. eri rakenneleikkausten nimeäminen tarvittaessa ja merkkaaminen vesikatokuvaan (leikkausmerkinnät pohjan ”korista”)

6. SEINÄELEMENTIT

- a. elementtien luominen
 - i. elementtien nurkat/saumot paikalleen (sd-komento)
 - ii. elementtien luonti plaaniin slu-komennolla
 - 1. elementin numero työpohjan mukaan
 - 2. seinän korkeus sopimuksen mukaan, muuta aina huonekorkeus jos poikkeaa 2,8 metristä!
 - 3. pystyleikkaus sopimuksen mukaisesti
 - iii. ikkunat ikk-komennoilla
 - 1. ikkunan tyyppi ikkunaluettelosta
 - 2. aukkopalkki mitoituksen mukaisesti
 - 3. tarvittavat vakiotekstit ikkunaluettelosta
 - iv. ovet ovi-komennolla, koko työpohjan mukaisesti
 - v. aukkojen tuplatolat paikalleen 2t-komennolla
 - vi. sähköasiat paikalleen sap-komennolla rasiointikuvan ja ohjeen mukaisesti
 - vii. kalustetuet kalu-komennolla työpohjan mukaan kodinhoitohuoneeseen ja keittiöön
 - viii. väliseinäpuut vs-komennolla ja kopioimalla väliseinädetaljen mukaisesti
 - ix. elementtien palkkilövet palko-komennolla
 - x. puu palkin alle pup-komennolla
 - xi. projektidatan muokkaaminen projektin mukaiseksi prd-komennolla (käsittely)**
 - xii. elementtikuvan tekstit tex-komennolla
 - xiii. nosta seinäelementit omiksi tiedostoikseen nos-komennolla
- b. Elementtikuvien viimeistely elementtiedostossa
 - i. ylimääräisten mittojen poisto ja puuttuvien aukkomittojen lisääminen (käsittely)**
 - 1. tarkista ja lisää/poista tarvittavat aukkomitat**
 - 2. ylimääräiset sähköjen mitat pois**
 - ii. tarvittavien lisäleikkausten lisäys ll-komennolla, lisää leikkausten mitat naamakuvaan
 - iii. sisänurkkien irtolevyjen määrittäminen

1. määritä irtolevyn koko aukon reunasta
2. sijoita levy sopivaan elementtiin ja lisää tekstit sijainnista
- iv. märkätilojen/saunan ja palosuojausten merkitseminen naama- ja vaakaleikkaukseen
 1. sisälevy pois märkätilojen vakiodetaljien mukaisesti
 2. palosuojausten lisääminen palosuojauksen vakiodetaljien mukaisesti
- v. lisää sähkörasioiden täydentävät tekstit
- vi. poista väliseinien pistekatkoviivat
- vii. lisää ylimääräisten ja väliseinäpuiden selitetekstit
- viii. tarkista ja muokkaa tarvittaessa nimiön tekstit projektin mukaiseksi **(käsittely)**

7. PK-ELEMENTIT

- a. päätykolmioelementin nurkkien luominen sd-komennolla
- b. päätykolmioelementin luominen slu-komennolla
- c. elementtikuvan tekstit tex-komennolla sopimuksen mukaisiksi
- d. päätykolmioelementtien nosto nos-komennolla
- e. Päätykolmioelementtien piirtäminen elementtiedostoon
 - i. piirrä päätykolmioelementti vastaavan ristikkokaavion ja mallikuvien mukaisesti
 - ii. tarkista korkeus, tehdäänkö kahdessa osassa
 - iii. yläpaarten piirto paarre-komennolla
 - iv. jos pitkiä ulokkeita, tarkista kestävyys ja lisää tarvittaessa tukipalkki
 - v. lisää mitat mallikuvien mukaisesti
 - vi. lisää tolppajaon mitat tarvittaessa
 - vii. lisää tarvittavat selitetekstit mallikuvien mukaisesti
 - viii. tarkista ja muokkaa tarvittaessa nimiötiedot **(käsittely)**

8. PANELOINTIKUVAT

- a. Panelointikuvien piirtäminen jos elementin panelointi poikkeaa perusmuodosta ja vakioleikkauksista
 - i. panelointikuva piirretään elementin ulkopuolelta
 - ii. peltikate: paneloinnin ääriviivat katemateriaalin detaljien mukaisesti

7 (9)

- iii. tiilikate: paneloinnin ääriviivat detaljien mukaisesti + vanerointi loivilla kuistin kateilla
- iv. lisää tarvittavat mitat mallikuvien mukaisesti
- v. lisää paneloinnin ääriviivat myös ks. elementtikuvaan ja huomautusteksti erillisestä panelointikuvasta

9. PÄÄTYRÄYSTÄSELEMENTIT

- a. tuo kaltevuuden ja katemateriaalin mukaan valittu mallitiedosto kansioon ja nimeä **(kuljettelu)**
- b. tuo oikea ristikkokaavio tiedostoon **(kuljettelu)**
- c. venytä pr-elementti stretch-komennolla mallin mukaisesti oikean kokoiseksi ja muokkaa
- d. nimeä elementit ja korjaa tekstit projektin mukaisesti
- e. tarkasta pr-elementit mallaamalla ristikon päälle blokkeina **(käsittely)**
- f. lisää PRE-merkinnät vesikattokuvaan

10. LIITEKUVAT

- a. piirrä liitekuvat kaikista ylimääräisistä rakennusosista (yläpaarten jatkokset, kuistin tukipalkit, seinäkannattimet, pilarien verhoilun elementointi)
- b. hae pohja vakio-osien liitekuviin vakiodetaljeista
- c. jos piirretään itse, kuvan kehyspohja laatikosta (skaalaa tarvittavan kokoiseksi) **(käsittely, kuljettelu)**

11. TERASSIT

- a. Piirrä kuistien perustukset perustuskuvien mukaisesti
- b. Piirrä tukipalkit perustusdetaljien mukaisesti
- c. tuo x-datallinen vasa pohjan ”korista”, muokkaa pituus ja muokkaa keskivii-van x-dataan nimi ja pituus
- d. määritä k-jako mitoitusaulukon avulla ja kopioi vasat huomioiden pilarit
- e. Lisää tarvittavat tekstit (kts. mallikuvat)
 - i. tukipalkkien selitetekstit
 - ii. vasan nimi, koko, pituus ja k-jako
 - iii. k-jaosta poikkeavat mitat

12. PELLINMITTA/TIILIKATEPIIRUSTUS

- a. pellinmittapiirustus
 - i. lisää julkisivukuvat pellinmitta-tiedostoon
 - ii. laske/mittaa mitat ja lisää tekstit pellinmittapiirustusohjeen mukaisesti
- b. tiilikatepiirustus
 - i. lisää julkisivukuvat tiilijako-tiedostoon
 - ii. määritä ruodejaot toimitusluettelo-excelin avulla ja lisää kuvaan
 - iii. laske tiilien määrät, määritä mitat ja lisää kuvaan ohjeen mukaisesti

13. LUETTELOT

- a. muokkaa vesikattokuvan layout tarvittavan kokoiseksi ja muokkaa viewportit niin että vesikattokuva ja terassit näkyvät layoutilla **(käsittely)**
- b. määritä kannuscad-valikosta luettelon paikka **(käsittely)**
- c. määritä kannuscad-valikosta ristikkoerittelyn paikka **(käsittely)**
- d. aja kannuscad-valikosta luettelon ajo
- e. muokkaa ja siisti tekstit ja luettelot, ja sijoittele mallikuvan mukaisesti layoutille **(käsittely)**

14. TARKISTUS

- a. tarkista ja tarkastuta vesikattokuva plaanitarkastus-listan mukaisesti **(käsittely, odottelu, viat)**
- b. tarkista ja tarkastuta elementit elementitarkastus-listan mukaisesti **(käsittely, odottelu, viat)**

15. TULOSTUS JA LÄHETYS

- a. Tulosta rakenneleikkaukset ja atul-komennolla, ja yhdistä yhdeksi tiedostoksi
- b. tulosta ohjeelliset rakenneleikkaukset atul-komennolla, ja yhdistä yhdeksi tiedostoksi **(käsittely)**
- c. tulosta päätyräystäselementtien kuvat atul-komennolla **(käsittely)**
- d. tulosta elementtikuvat jonotul-komennolla ja yhdistä yhdeksi tiedostoksi **(käsittely)**
- e. tulosta mahdolliset panelointikuvat ja yhdistä yhdeksi tiedostoksi **(käsittely)**
- f. tulosta vesikattokuva pdf-tiedostoksi **(käsittely)**
- g. tulosta liitekuvat ja yhdistä yhdeksi tiedostoksi **(käsittely)**

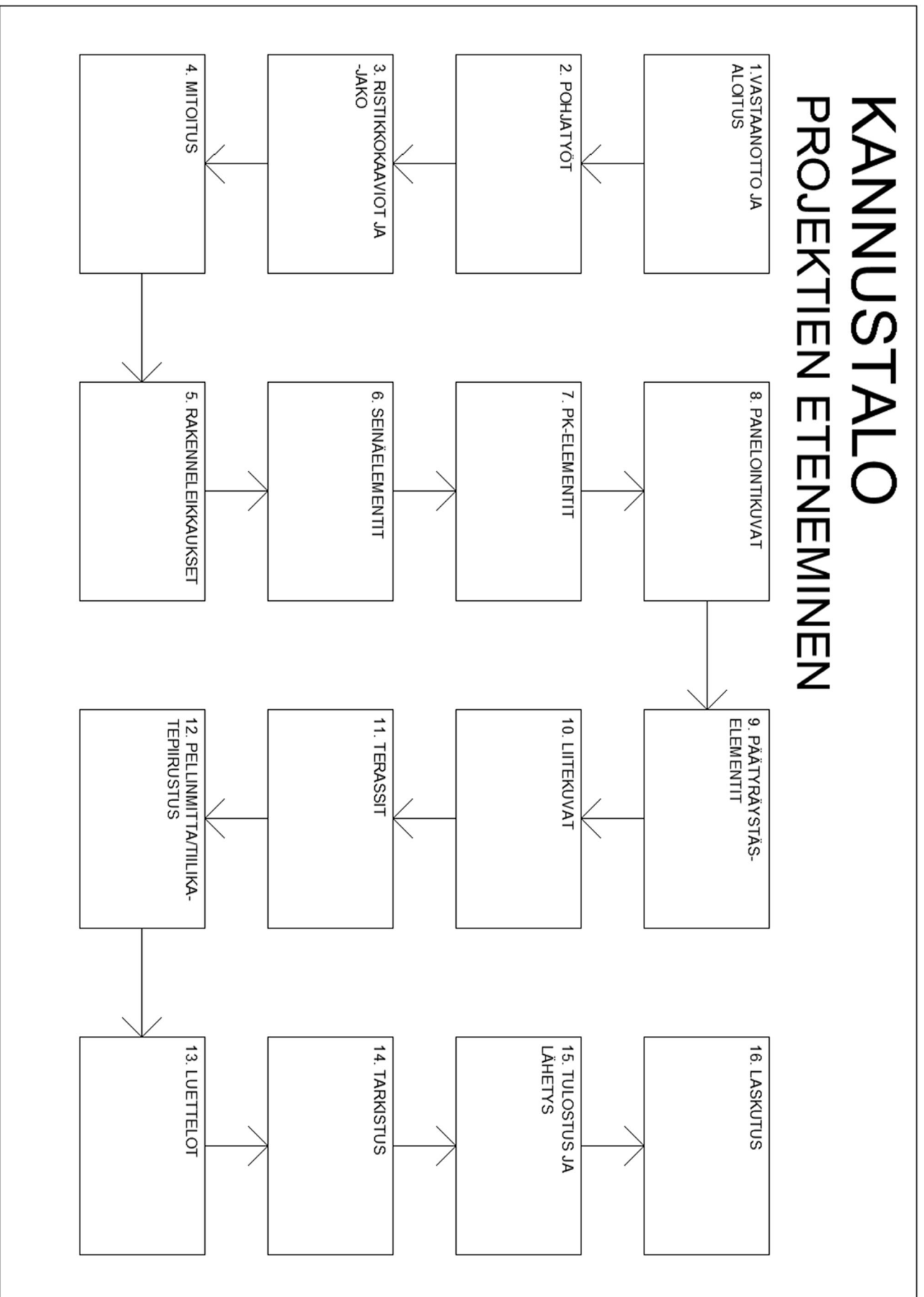
9 (9)

- h. tulosta pellinmittapiirustus tai tiilikatetilaus + ruodejakokaavio toimitusluettelo-excelistä **(käsittely)**
- i. täytä ja tulosta yhteenveto kattokannattajista toimitusluettelo-excelistä **(käsittely)**
- j. täytä ja tulosta rakennepiirustusluettelo toimitusluettelo-excelistä **(käsittely)**
- k. lisää piirustukset, päätyräystäselementti-tiedosto ja toimitusluettelo-excel samaan zip-tiedostoon ja lähetä rakennesuunnittelu@kannustalo.fi
- l. lähetä toimitusluettelo-excel suvi.vetoniemi@kannustalo.fi

16. LASKUTUS JA TUNTIEN MERKKAUS

- a. Täytä postitus-excelin lisälasku-välilehti sopimuksen ja käytetyn ajan mukaan **(käsittely)**
- b. piilota turhat rivit ja korjaa numerointi **(käsittely)**
- c. täytä tiedot suunnittelulasku-välilehdelle ohjeiden mukaan **(käsittely)**
- d. tulosta lisälasku ja suunnittelulasku paperille ja toimita laskutukseen **(käsittely, kuljettelu)**
- e. lisää tehdyt tunnit projektinhallinta-exceliin **(käsittely)**

Liite 2. Prosessin etenemiskaavio



Liite 3. Prosessimittarit-taulukko

KANNUSTALO®	PROSESSIMITTARIT																	
	ASIAKAS:																	
	ASIAKASNRO:		Aloituspäivä															
VALMISTUMISNOPEUS																		
Työvaihe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Yht.	Kul. aika (d)
Kulunut aika																	0	
UUDELLEEN TEKEMINEN																		
Työvaihe	Syy uudelleen tekemiselle																	
KOKONAISMÄÄRÄ:	0																	
TYÖN KESKEYTYMINEN																		
Työvaihe	Syy keskeytymiselle																	
KOKONAISMÄÄRÄ:	0																	
SUORITUSJÄRJESTYKSEN HÄIRIÖT																		
Työvaihe	Syy häiriölle																	
KOKONAISMÄÄRÄ:	0																	
Suunnittelija:																		

