

Harri Leppämäki

# Elementtisuunnitteluprosessi ja suunnittelujärjestelmä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

22.4.2014

Tekijä Otsikko	Harri Leppämäki Elementtisuunnitteluprosessi ja suunnittelujärjestelmä
Sivumäärä Aika	37 sivua 22.4.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	rakennetekniikka
Ohjaajat	lehtori Aarne Seppänen sektorijohtaja Atte Leppänen
<p>Tämä työ tehtiin Finnmap Consulting Oy:lle, jonka merkittävänä teknologiana on betonielementtitekniikka. Yrityksellä ei ole yhtenäistä ja selkeää ohjeistusta elementtisuunnittelulle. Olemassa olevan materiaalin löytäminen on vaikeaa ja tästä syystä se jää käyttämättä.</p> <p>Insinööriyön tavoitteena oli luoda elementtisuunnitteluprosessia varten idea järjestelmästä, joka voisi tulevaisuudessa sisältää elementtisuunnittelussa tarvittavat ohjeet ja asiakirjat. Järjestelmässä oli tarkoitus kuvata, mitä elementtisuunnitteluprosessin ja sen ohjeistuksen tulisi sisältää, miltä sen tulisi näyttää ja miten sen tulisi toimia. Järjestelmän luomisessa oli tarkoitus hyödyntää Toyotan tuotantojärjestelmään pohjautuvaa lean-ajattelua, jonka avulla voitaisiin parantaa suunnittelun tehokkuutta, laatua ja asiakastytyvyyttä.</p> <p>Toteutus alkoi elementtisuunnitteluun liittyvän aineiston keräämisellä yrityksen sisältä ja ulkopuolelta. Työssä käytettiin pääasiassa elementtisuunnittelu.fi -sivuston aineistoa, lean-ajattelun periaatteita sekä yrityksen toimintamalleja ja tietotaitoa. Kerätyn aineiston pohjalta pyrittiin suunnitteluprosessi sekä tärkeimmät tehtävät ja vaiheet kuvaamaan suunnittelun kannalta riittävän tarkasti. Tämän jälkeen prosessin ympärille luotiin suunnittelujärjestelmä työkaluineen.</p> <p>Insinööriyön tuloksena syntyi luonnos intranettiin tulevasta suunnittelujärjestelmästä. Järjestelmä sisältää kaksi prosessikaaviota, työkaluja prosessin suoritusta varten, hakukoneen ja järjestelmän kehitystyökalun. Työkalut ovat ohjeita, tarkastuslistoja ja muita suunnittelussa tarvittavia asiakirjoja. Kehitystyökalun avulla sisältö voitaisiin tulevaisuudessa kehittää koko henkilökuntaa hyödyntämällä sekä pitämään sen sisältö ajan tasalla. Työn tulokset ovat salaisia, eikä niitä nähdä tämän työn liitteenä.</p> <p>Suunnittelujärjestelmässä pystyttiin yllättävän hyvin hyödyntämään lean-ajattelua. Järjestelmän avulla voisi merkittävästi parantaa hankkeen tuottavuutta, suunnittelun laatua ja elementtisuunnittelun kehitystyötä.</p>	
Avainsanat	elementtisuunnittelu, prosessi, suunnittelujärjestelmä, lean-ajattelu, TPS, prosessikaavio

Author Title	Harri Leppämäki Planning system for prefabricated concrete unit design process
Number of Pages Date	37 pages 22 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructors	Aarne Seppänen, Lecturer Atte Leppänen, Sector Leader
<p>This thesis was done for Finnmap Consulting Oy. The company's assignments cover all areas of structural engineering. The company does not have coherent instructions for the design prefabricated concrete unit, which is one of the main focuses of the company. Finding the existing instructions is difficult and therefore it will not be used.</p> <p>The objective of this thesis was to create a planning system that could include all necessary instructions and documentation in the future. The purpose was describing operating model of the system as well as the main tasks and most important tools of engineering process. The meaning of the study was as well take advantage of Toyota's production system, which is also known as lean thinking. The system was design to improve the planning efficiency, quality and customer satisfaction.</p> <p>Implementation began collecting of engineer substance from inside and outside the company. In the study process was mainly used elementtisuunnittelu.fi -site material, lean thinking principles, as well as the company's practices and know-how.</p> <p>As the result of this thesis was advance draft of the planning system with two process flowchart and a few planning tool. The research results show that lean thinking can be applied to the structural design process surprisingly well. Unfortunately, there is no appendix of results because the final result is confidential.</p>	
Keywords	prefabricated concrete unit, process, planning system, lean thinking, TPS, flowchart

# Sisällys

## Lyhenteet ja termit

1	Johdanto	1
2	Elementtisuunnitteluprosessi ja sen vaiheet	2
2.1	Prosessin osapuolet ja tehtävien jako	3
2.2	Suunnitteluprosessin päävaiheet ja tehtävät	4
2.2.1	Tarveselvitys ja hankesuunnittelu	5
2.2.2	Suunnittelun valmistelu	6
2.2.3	Ehdotussuunnittelu	7
2.2.4	Yleissuunnittelu	8
2.2.5	Rakennuslupatehtävät	8
2.2.6	Hankintoja palveleva suunnittelu (urakkalaskenta)	8
2.2.7	Toteutussuunnittelu	9
2.2.8	Rakennusvaihe ja käyttöönotto	13
3	Lean-ajattelun hyödyntäminen elementtisuunnittelussa	14
3.1	Toyotan tavan 14 periaatetta elementtisuunnittelussa vaiheittain	15
3.2	Pitkän tähtäimen filosofia	15
3.3	Hukan eliminointi prosessista	16
3.4	Lisäarvon tuottaminen kehittämällä ihmisiä	21
3.5	Jatkuva ongelmien ratkaiseminen auttaa organisaatiota oppimaan	22
4	Suunnittelujärjestelmä	23
4.1	Intranet	23
4.2	Prosessikaaviot	27
4.3	Suunnittelun valmistelu	29
4.4	Luettelot ja listat	30
4.5	Malliasiakirjat ja asiakirjapohjat	32
4.6	Mallinnusohjeet	33
5	Yhteenveto	34
	Lähteet	37

## Lyhenteet ja termit

ACN-numerointi	ACN-numerointi lisätään kaikille elementeille ennen toteutussuunnittelun alkua. Se on yksilöllinen juokseva numero, joka pysyy samana vaikka elementtitunnuksen ja/tai piirustusnumeron numerotunniste suunnittelun aikana muuttuisikin.
GM	GM, eli General Motors on yhdysvaltalainen autonvalmistaja. Autonvalmistajan nykyiset automerkit ovat, Buick, Cadillac, Chevrolet, Daewoo, GMC, Holden, Opel, Vauxhall.
LVIS	Kirjaimet tulevat sanoista: lämpö, vesi, ilma ja sähkö.
Massatuotanto	Massatuotanto on samanlaisten tai hyvin vähän vaihtelevien tuotteiden valmistamista suurissa määrissä. Massatuotannosta käytetään myös termejä liukuhihnatuotanto ja sarjatuotanto. Massatuotanto syntyi Henry Fordin perustamalla tehtailla, kun Ford alkoi valmistaa Model T -autoja.
Pan-komento	Pan-komento, eli tarttumatyökalu tietokoneohjelmissa. Toiminnolla pystytään liikuttelemaan tarkasteltavaa kohdetta vapaasti pysty- ja vaakasuunnissa. Kursori muuttuu usein valkoiseksi hansikkaaksi kun toimintoa käytetään.
Pääsuunnittelija	Kaikissa rakennushankkeissa täytyy olla pääsuunnittelija maankäyttö- ja rakennuslain mukaan. Rakennusten pääsuunnittelijana toimii yleensä arkkitehti.
Rakennejärjestelmä	Rakennejärjestelmä määrittää rakennuksen rakenteet, niiden materiaalit ja toimintaperiaatteet rakennustekniikan kannalta.
Runkojärjestelmä	Runkojärjestelmät ovat rakennuksen runkona toimivia vakioituja runkovaihtoehtoja.

TPS	TPS on Toyotan tuotantojärjestelmä jonka mukaan autonvalmistaja valmistaa autoja ympäri maailman. Kirjaimet tulevat sanoista: Toyota Production System.
Tuotantosuunnitelma	Tuotantosuunnitelma tarkoittaa elementtisuunnittelussa piirustuksia joiden mukaan elementit valmistetaan. Tuotantosuunnitelmia sanotaan myös tuotantopiirustuksiksi, elementtipiirustuksiksi ja usein työelämässä elementtikuviksi.
Työkalut	Tässä työssä työkalut tarkoittavat kaikkia suunnittelujärjestelmän sisältäviä elementtisuunnittelun apuvälineitä. Niitä ovat esimerkiksi tarkastuslistat, ohjeet ja intranet toiminnot.

## 1 Johdanto

Insinööri työ tehdään Sweco-konserniin kuuluvalle Finnmap Consulting Oy:lle. Yritys on rakennustekniikkaan erikoistunut suunnittelu- ja konsulttiyritys, jonka yhtenä merkittävänä teknologiana on betonielementtitekniikka. Yrityksellä ei ole konsernitason ohjeistusta betonielementtisuunnitteluhankkeen tai sen vaiheen suunnitteluun jonka avulla prosessin voisi suorittaa. Olemassa olevia ohjeita, malleja, asiakirjapohjia ja muuta materiaalia on vaikea löytää. Ohjeistuksen puuttumisesta johtuen prosessin suorittaminen ei ole aina tehokasta ja itse suunnittelussa tehdään tarpeettomia virheitä.

Elementtisuunnitteluun osallistuu elementtisuunnittelijan ja rakennesuunnittelijan lisäksi useita muita suunnittelijoita sekä osapuolia. Kaikki osapuolet vaikuttavat suunnittelu-prosessiin ja sen lopputulokseen. Tästä syystä tehokkaan suunnittelun tulisi olla hyvin aikataulutettua, järjestelmällistä, yhteistyön saumatonta kaikkien osapuolten välillä sekä tehtävät ja vastuut tiedossa. Jotta tämä olisi mahdollista, tulisi suunnitteluprosessin eri vaiheiden tehtävien ja päätösten merkitys ymmärtää.

Työn tavoitteena on kuvata elementtisuunnitteluprosessin päätehtävät ja vaiheet tavalla, joka auttaisi parantamaan elementtisuunnittelun laatua ja tuottavuutta. Tavoitteena on myös yhtenäistää suunnitteluprosessia rakennetekniikan toimialojen kesken, helpottaa suunnittelua ja ohjeiden saatavuutta, sekä luoda sähköinen järjestelmä suunnittelun apuvälineeksi. Tavoitteen saavuttamiseksi työssä hyödynnetään Toyotan tuotantojärjestelmään pohjautuvaa Lean-ajattelua.

Työn näkökulma on elementtisuunnittelijan ja rakennesuunnittelijan tehtävät betonielementtisuunnitteluprosessin aikana, uudisrakennuskohteessa. Työ on toteutettu yrityksen kannalta suotuisia ratkaisuja ja toimintamalleja käyttäen.

## 2 Elementtisuunnitteluprosessi ja sen vaiheet

Elementtirakentamisella on Suomessa jo pitkät perinteet. Elementtirakentaminen parantaa rakentamisen tuottavuutta nopealla rungon ja vaipan asennuksella. Laadukkaan ja tehokkaan elementtirakentamisen ehtona on hyvä elementtisuunnittelu, valmistusprosessi sekä rakentaminen työmaalla. Betonielementeillä saavutetaan EU:n rakennustuotedirektiivin tärkeimmät vaatimukset, kuten

- mekaaninen kantokyky ja vakavuus
- terveellisyys, turvallisuus ja ympäristöystävällisyys
- äänen ja melun eristävyys
- energiataloudellisuus ja käyttömukavuus
- palonkestävyys. [1.]



Kuva 1. Betonielementtirunkoinen talo rakennusvaiheessa. [2]

Elementtisuunnitteluprosessi alkaa kun suunniteltavan rakennuksen runko tai sen rakennejärjestelmän osa päätetään toteuttaa betonielementtirakenteisena. Päätös betonielementtien käyttämisestä tapahtuu usein yleissuunnitteluvaiheen aikana, mutta esimerkiksi asuinrakennustuotannossa päätös tehdään yleensä jo hankesuunnitteluvai-



heessa. Suunnitteluprosessi sisältää tuotantopiirustusten lisäksi muun muassa liitoksen suunnittelun, lujuuslaskelmat, rakenteelliseen toimivuuteen ja työturvallisuuteen liittyviä tarkasteluja. Suunnittelun jälkeen elementit valmistetaan elementtitehtaissa tuotantopiirustusten mukaisesti, jonka jälkeen valmiit elementit toimitetaan rakennustyömaalle asennettavaksi.

## 2.1 Prosessin osapuolet ja tehtävien jako

Betonelementtisuunnittelu on osa rakennushankkeen kokonaissuunnittelua. Elementtisuunnitteluprosessiin osallistuu useita osapuolia rakennesuunnittelijan ja elementtisuunnittelijan lisäksi. Suunnittelun osapuolia ovat

- tilaaja
- pääsuunnittelija (usein arkkitehti)
- vastaava rakennesuunnittelija
- rakennesuunnittelija
- elementtisuunnittelija
- LVI-suunnittelija
- sähkösuunnittelija
- GEO-suunnittelija
- palotekninen konsultti (tarvittaessa)
- elementtitoimittaja
- pääurakoitsija
- rakennusvalvonta [1].

Rakennesuunnittelijan on mahdollista toimia myös elementtisuunnittelijana, ja suorittaa elementtisuunnittelun rakennesuunnittelu kokonaisuudessaan ilman erillistä elementtisuunnittelijaa. Elementtisuunnittelu voidaan kuitenkin jakaa, ja yleensä myös jaetaan suunnittelutehtäviin rakennesuunnittelijan ja elementtisuunnittelijan välillä. Suunnittelun apuna käytetään usein myös suunnitteluavustajia tai rakennuspiirtäjiä. Taulukossa 1 on esitetty ohjeellinen tehtävänjako tavanomaisessa elementtisuunnitteluprosessissa, joka sisältää tuotantopiirustusten suunnittelun.

Taulukko 1. Päärakenne- ja elementtisuunnittelijan ohjeellinen tehtäväjako [4, s. 72]

Päärakennesuunnittelija	Elementtisuunnittelija
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Käytettävä mitoitusnormisto</li> <li>• Kokonaisstabiliteetilaskelmat ja jäykistysvoimia välittävät liitokset.</li> <li>• Rungon työnaikainen kokonaisvakavuus</li> <li>• Kuormitustiedot ja vaatimukset</li> <li>• Reikäti tietojen antaminen ja reikien sijoittelun koordinointi</li> <li>• Paikallavalurakenteet</li> <li>• Tyypielementit</li> <li>• Rakennusfysikaalinen suunnittelu</li> <li>• Tyypiliitokset</li> <li>• Koordinoi ja yhteensovittaa eri valmisosasuunnittelijoiden työtä</li> <li>• Riittävä elementtien rakenteellinen tarkastus</li> <li>• Viranomais hyväksyntä</li> <li>• Asennussuunnitelman tarkastus ja hyväksyntä</li> <li>• Suunnitteluratkaisujen työturvallisuudesta huolehtiminen</li> <li>• Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje rakenteiden osalta</li> <li>• Rakenteellisen turvallisuuden riskien arviointi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lähtötietojen yhteensopivuuden varmistaminen</li> <li>• Elementtien lujuuslaskelmat (murto- ja käyttörajatila, onnettomuusrajatila, palotila)</li> <li>• Jäykistysvoimia välittämättömät liitokset.</li> <li>• Kaikki elementtien valmistussuunnitelmat</li> <li>• Elementtien liitos- ja asennusdetaljit</li> <li>• Yksittäisten elementtien asennusai- kainen vakavuus ja tuentasuunnitelmat</li> <li>• Turvalaitteiden vaatimat tartunnat</li> <li>• Elementtikaaviot</li> <li>• Elementti- ja valutarvikeluettelot</li> <li>• Elementtien vaatimat tartunta- suunnitelmat</li> <li>• Asennussuunnitelman tarkastus ja hyväksyntä tarvittaessa</li> </ul>

## 2.2 Suunnitteluprosessin päävaiheet ja tehtävät

Suunnitteluprosessi on osa rakennushanketta, joka voidaan jakaa päävaiheisiin. Rakennushanke alkaa tarveselvitysvaiheesta ja päättyy käyttöönottovaiheeseen. Prosessin päävaiheet ovat

- tarveselvitysvaihe
- hankesuunnittelu
- suunnittelun valmistelu

- ehdotussuunnittelu
- yleissuunnittelu (luonnossuunnittelu)
- rakennuslupatehtävät
- hankintoja palveleva suunnittelu (urakkalaskenta)
- toteutussuunnittelu
- rakennusvaihe
- käyttöönotto [5, s. 1; 6, s. 1].

Elementtisuunnittelu alkaa yleensä yleissuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelijan tehtävillä. Rakennesuunnittelija suorittaa elementtisuunnittelua yleissuunnitteluvaiheesta rakentamisvaiheen loppuun asti. Elementtisuunnittelija aloittaa suunnittelun usein vasta toteutussuunnitteluvaiheessa. Elementtisuunnittelijan tehtävät rajoittuvat lähinnä toteutussuunnittelu- ja rakentamisvaiheeseen. Elementtisuunnitteluun vaikuttavia päätöksiä ja tavoitteiden määrittämiä tehdään kuitenkin jo ennen yleissuunnitteluvaihetta. Tästä syystä rakennusprosessin ymmärtäminen kokonaisuutena on tärkeää. Seuraavaksi tarkastellaan suunnitteluprosessin päävaiheiden sisältöä ja tehtäviä kokonaisuudessaan.

### 2.2.1 Tarveselvitys ja hankesuunnittelu

Tarveselvitysvaiheessa perustellaan hankkeen tarpeellisuus, kuvataan tarvittavat tilat vaatimuksineen ja arvioidaan eri ratkaisujen edullisuus. Tarveselvityksestä vastaa ja sen tekee rakennuttaja käyttäen apunaan suunnittelijoita ja muita asiantuntijoita. Tarveselvityksen pohjalta rakennuttaja tekee hankepäätöksen. [5, s. 2; 6, s. 1-2.]

Rakennesuunnittelijan tehtävät ovat tarveselvitysvaiheessa aina lisätehtäviä, eivätkä ne kuulu rakennesuunnittelijan perustehtäviin. Rakennesuunnittelijan rakennusteknisiä asiantuntijatehtäviä voivat olla tilatarpeista johtuvien elementtirakenneratkaisuvaihtoehtojen vertailu tai avustaminen rakennuskustannuksien arvioinnissa. [5, s. 2; 6, s. 1-2.]

Hankesuunnitteluvaiheessa vertaillaan toteutusmahdollisuuksia ja mahdollisia toteutustapoja. Rakennuttaja laatii vaiheen aikana hankesuunnitelman käyttäen apunaan eri alojen asiantuntijoita. Hankesuunnitelmassa määritellään yksityiskohtaisesti projektin

tavoitteet laajuuden, kustannuksien, toimivuuden, laadun ja ajoituksen osalta. Hanke-suunnitelman pohjalta tehdään investointipäätös hankkeeseen. [5, s. 3; 6, s. 1-2.]

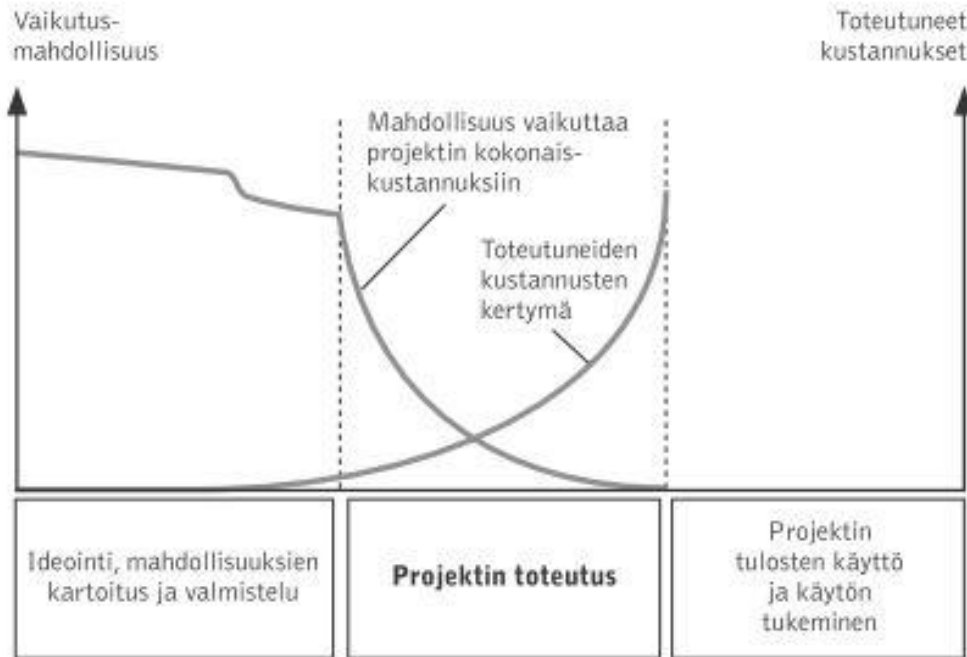
Rakennesuunnittelijan tehtävät ovat myös hankesuunnitteluvaiheessa aina lisätehtäviä, eivätkä ne kuulu rakennesuunnittelijan perustehtäviin. Rakennesuunnittelijan tehtäviä voivat olla elementtisuunnittelutavoitteiden määrittely, rakennuspaikan soveltuvuuden tai vanhojen elementtirakenteiden arviointi, rakennusteknisten ratkaisujen hyväksyminen, sekä osallistuminen kustannusten, laadun ja käyttöiän määrittelyyn. [5, s. 3; 6, s. 1-2.]

### 2.2.2 Suunnittelun valmistelu

Suunnittelun valmistelun aikana rakennuttaja organisoii suunnittelun. Tässä vaiheessa järjestetään mahdolliset suunnittelukilpailut ja neuvottelut jonka perusteella valitaan suunnittelijat hankkeeseen. Valittujen suunnittelijoiden kanssa allekirjoitetaan suunnittelusopimukset. Tämän jälkeen rakennuttaja tekee suunnittelupäätöksen ja käynnistää suunnittelun. [5, s. 4; 6, s. 3.]

Tässä vaiheessa allekirjoitetaan suunnittelusopimus päärakennesuunnittelusta, joka sisältää elementtisuunnittelun rakennesuunnittelijan tehtävien osalta. Myös elementtisuunnittelua koskeva sopimus saatetaan allekirjoittaa, kun halutaan suunnittelu kokonaisuudessaan samalta konsultilta. Tyypillisesti elementtisuunnittelija valitaan kuitenkin kilpailutuksen jälkeen urakkalaskentavaiheessa.

Hankkeen kokonaiskustannuksiin vaikuttaminen on suurimmillaan projektin valmistelu- ja alkuvaiheessa. Näiden vaiheiden päätökset resursseista, aikatauluista, suunnittelu- ja rakenneratkaisuista määrittelevät projektin kokonaisbudjetin ja lähtökohdan suunnittelulle. Päätöksien muuttaminen myöhemmin on sitä vaikeampaa ja kalliimpaa, mitä pidemmälle projekti etenee. Kuva 2 korostaa päätöksien vaikutusta kokonaiskustannuksiin projektin alkuvaiheessa. [7, s. 151–152.]



Kuva 2. Vaikutusmahdollisuudet ja toteutuneet kustannukset projektissa. [7, s. 152.]

Päätösten ja rakenneratkaisujen merkitys elementtisuunnitteluprojektin onnistumiseen on suurimmillaan suunnittelun valmistelussa, yleissuunnittelussa, urakkalaskennassa ja alustavassa tuotantosuunnittelussa. Näissä vaiheissa suunnittelu ja sen organisointi tulisi suorittaa erittäin huolellisesti. Projektisuunnitelma toimii projektin kokonaisuuden hallinnan tärkeimpänä apuvälineenä [7, s. 37].

### 2.2.3 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnitteluvaiheessa suunnittelijat laativat vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Ehdotussuunnittelu ei ole tiettyyn vaiheeseen sidottu ja sen toteutuksen ajankohta saattaa vaihdella hankkeittain. Rakennesuunnittelija määrittää arkkitehdin ehdotuksien pohjalta rakennesuunnitteluun tarvittavat lähtötiedot, rakennustekniset mahdollisuudet sekä ratkaisuvaihtoehdot ja osallistuu suunnittelutavoitteiden määrittelyyn. LVIS-suunnittelijat määrittää periaateratkaisut ja GEO-suunnittelija laatii alustavat pohjatutkimustulokset. [5, s. 5; 6, s. 3.

Rakennuttaja valitsee ehdotussuunnitelman, jonka mukaan suunnittelua jatketaan eteenpäin ja samalla tarkistaa, että valittu vaihtoehto täyttää suunnittelulle asetetut

vaatimukset. Rakennesuunnittelija laatii ehdotuksen rakennejärjestelmästä ja sen elementtirakenteista, tarkastaa rakenteiden toimivuuden onnettomuustilanteessa, vertailee eri toimialojen suunnitelmien yhteensopivuutta ja tuottaa tilanvarausmallin. [5, s. 5; 6, s. 3.]

#### 2.2.4 Yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheessa valitun ehdotussuunnitelman suunnittelua jatketaan eteenpäin. Yleissuunnittelua sanotaan usein myös luonnossuunnitteluksi. Yleissuunnittelusta täytyy pystyä arvioimaan rakennuskohteen ja rakennusosien laajuus, määrät, työtavat, laatu ja kustannukset. Arkkitehti laatii luonnokset pääpiirustuksista, LVIS-suunnittelijat päälinjojen reititykset ja varaukset, palotekninen konsultti paloteknisen selvityksen ja GEO-suunnittelija perustamistapaselvityksen. [5, s. 7-9; 6, s. 4.]

Rakennesuunnittelija suorittaa stabiiliteettitarkastelut, viranomais selvityksiin ja lupiin liittyvät tehtävät rakenteiden osalta, tuottaa raakamallin sekä yhdessä rakennuttajan kanssa valitsevat käytettävän rakennejärjestelmän elementtirakenteet ja runkoratkaisun. Rakennesuunnittelija tarkastaa myös suunnittelutavoitteiden toteutumisen ja niiden toteutuskelpoisuuden. Rakennuttaja osallistuu yleissuunnitteluun ohjaamalla suunnittelua, tekemällä suunnitteluun liittyviä päätöksiä sekä hyväksymällä yleissuunnitelmat ja pääpiirustukset. [5, s. 7-9; 6, s. 4.]

#### 2.2.5 Rakennuslupatehtävät

Lupahakemusta varten selvitetään hankkeen edellyttämät lupamenettelyt, varmistetaan suunnittelijoiden kelpoisuus ja laaditaan tarvittavat asiakirjat. Arkkitehti pääsuunnittelijana laatii yleensä lupahakemuksen ja toimittaa sen yhdessä kaikkien luvan vaatimien suunnitelmien ja asiakirjojen kanssa viranomaisille. [5, s. 10.]

#### 2.2.6 Hankintoja palveleva suunnittelu (urakkalaskenta)

Urakkalaskentaa varten yleissuunnitelmat päivitetään ja täydennetään tarkkuudella joka riittää hankkeen toteutuskustannuksien laskemiseen kokonaisuudessaan. Suunnitelmista tulee voida arvioida hankkeen rakennusosien laajuudet, määrät, laatutasot ja työtavat. Suunnittelijat lähettävät urakkasuunnitelmansa rakennuttajalle hyväksyttävä-

väksi. Rakennuttaja hyväksyy suunnitelmat ja laatii ehdotuksen urakkarajoista rakennesuunnittelijan kanssa, ennen urakkakyselyn aloittamista. [5, s. 11; 6, s. 5.]

Tyypillisesti elementtisuunnittelijat antavat suunnittelutarjouksensa tässä vaiheessa. Rakennesuunnittelija laati suunnittelutarjousta varten tyyppielementit, tyyppidetallit, pohjapiirustukset ja leikkaukset [8]. Tarjousten pohjalta käydään urakkaneuvottelut jonka jälkeen rakennuttaja valitsee elementtisuunnittelijan, elementtitoimittajan, pää- ja TATE-urakoitsijan [5, s. 11].

### 2.2.7 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa urakkasuunnitelmat päivitetään vastaamaan valmistuksen ja rakentamisen asettamia vaatimuksia. Tässä vaiheessa laaditaan lisäksi tarvittavat detallji-, asennus- ja tuotantosuunnitelmat. [5, s. 11.]



Kuva 3. Kuva tietokoneesta, silmälaseista ja mittanauhasta. [2]

Elementtien tuotantosuunnittelu käynnistyy toteutussuunnitteluvaiheessa. Vaihe ei ole kuitenkaan sidottuna ajallisesti toteutussuunnitteluvaiheeseen ja tuotantosuunnittelun alkamisessa on suuria eroja projektien välillä. Tuotantosuunnittelu tulisi kuitenkin aloittaa viimeistään 11 viikkoa ennen asennusta [8]. Tuotantosuunnittelu on jaettu tässä työssä kuuteen vaiheeseen, joita ovat

- aloituskokous
- tuotantosuunnittelun valmistelu
- alustava tuotantosuunnittelu
- tuotantosuunnittelu
- rakentamisvaihe
- käyttöönotto.

### *Aloituskokous*

Tuotantosuunnitteluprosessi alkaa elementtisuunnittelun aloituskokouksella, johon osallistuu tilaaja, pääsuunnittelija, rakennesuunnittelija, elementtisuunnittelija, LVIS-suunnittelijat, elementtitoimittaja ja urakoitsija. Kokouksessa tarvittavia lähtötietoja ovat

- lähtötieto- ja suunnittelu-aikataulut
- suunnittelun jako lohkoihin
- tyyppielementti- ja detaljipiirustukset
- elementtien kuljetuksen reunaehdot
- elementtien suurin sallittu paino tehtaalla ja työmaalla
- nosturikaavio
- alustava työmaasuunnitelma.

Aloituskokouksessa sovitaan ja hyväksytään

- lähtötieto- ja suunnittelu-aikataulu
- käytettävät detaljit ja tyyppielementit
- katselmuksien ajankohdat
- tietomallin luovutussopimus
- alustava työmaasuunnitelma. [3.]

### *Tuotantosuunnittelun valmistelu*

Aloituskokouksen jälkeen elementtisuunnittelija aloittaa tuotantosuunnittelun valmistelun. Valmistelun tärkeimpiä tehtäviä on projektisuunnitelman tekeminen, suunnittelun aikataulutus lohkoittain sekä lähtötietojen yhteensopivuuden tarkistaminen. Näillä toimenpiteillä luodaan edellytykset tuotantosuunnittelun onnistumiselle. Suunnittelun valmisteluun kuuluu lisäksi raudoitustietojen määrittämistä ja lujuuslaskelmien laadintaa.



### *Alustava tuotantosuunnittelu*

Tuotantosuunnitelmien suunnittelu alkaa alustavalla tuotantosuunnittelulla, jossa laaditaan raakamalli, ACN-numerointi, tyyppidetajit, mallielementit ja alustavat elementtikaaviot. Vaihe alkaa raakamallinnuksella, jossa kaikki elementit mallinnetaan geometrialtaan ja korkoasemaltaan oikein, mutta ilman raudoitusta, varusteluosia ja tarkkaa liitosdetaljiikkaa. Tämän jälkeen suoritetaan ACN-numerointi, jossa kaikille elementeille annetaan juoksevanumero. Numerointia varten joudutaan usein myös tekemään alustavat elementtikaaviot, joissa numerointi näytetään. Nykyisin kaaviot voidaan kuitenkin korvata raakamallilla, tai mallista otetuilla havainnekuvilla, joissa numerointi näkyy.



Kuva 4. Valmiita pilarielementtejä. [2]

Raakamallinnuksen ja numeroinnin jälkeen suunnitellaan liitosdetaljit päälliitostyyppien osalta. Tämä tarkoittaa elementtien välisten liitoksien suunnittelua sillä tasolla, että elementtien tuotantopiirustusten suunnittelu voidaan aloittaa. Tuotantopiirustusten suunnittelu aloitetaan mallielementtien suunnittelulla. Ennen tätä vaihetta tulee raakamalli, mahdolliset kaaviot ja detaljit tarkastaa sekä hyväksyttää rakennesuunnittelijalla tai vastaavalla elementtisuunnittelijalla. Kaikista erilaisista elementeistä tehdään yksi mallielementtipiirustus. Liitosdetaljit ja mallielementit tulee hyväksyttää rakennesuunnittelijalla, elementtitoimittajalla, pääurakoitsijalla, pääsuunnittelijalla ja tarvittaessa myös tilaajalla.

Alustavan suunnittelun jälkeen elementtitoimittaja pitää mallielementtikatselmuksen. Katselmukseen voivat osallistua rakennesuunnittelijan ja elementtisuunnittelijan lisäksi

pääsuunnittelija, tilaaja, LVIS-suunnittelijat ja urakoitsija. Alustava suunnittelu päättyy elementtisuunnittelun sisäiseen aloituskokoukseen, johon osallistuvat kaikki elementtien rakennesuunnittelussa mukana olevat suunnittelijat ja avustajat.

### *Tuotantosunnittelu*

Tuotantosunnittelu tarkoittaa vaihetta, jossa elementtien valmistusta varten tehtävät piirustukset suunnitellaan. Vaihe alkaa yleensä vasta toteutussuunnitteluvaiheen loppupuolella, mutta suunnittelu tulisi kuitenkin aloittaa viimeistään kahdeksan viikkoa ennen asennusta [3]. Toteutussuunnittelun kesto on hankekohtainen. Suurissa projekteissa suunnittelu kestää pitkälle rakennusvaiheeseen, kun taas pienemmissä projekteissa suunnittelu saadaan valmiiksi kokonaisuudessaan jo ennen rakennusvaihetta.



Kuva 5. Betonielementtitehtaan tuotantolinja. [2]

Tuotantosunnitteluvaiheen kiertokulku on seuraavanlainen:

- ensin suunnitellaan lohko-kohtaiset tuotantopiirustukset sisältövaatimuksiin
- sen jälkeen tekijä tarkastaa itse huolellisesti piirustukset
- tämän jälkeen piirustus lähetetään sähkösuunnittelijalle sähköistystä varten

- jonka jälkeen projektin tarkastajana toimiva rakenne- tai elementtisuunnittelija tekee lopullisen tarkastuksen ja hyväksyy sen allekirjoituksella
- viimeiseksi piirustus julkaistaan toimittamalla se projektipankkiin.

Tuotantopiirustusten suunnittelu toteutetaan usein lohkoissa, jolloin kiertokulku sisältää lohkon kaikki tuotantopiirustukset. Tuotantosunnittelua pitäisi seurata viikkopalaverien lisäksi viikoittaisilla suunnittelu- ja seurantaraporteilla. Lähtötiedoista tulisi tarvittaessa raportoida säännöllisesti projekteissa, joissa lähtötietoaikataulu ulottuu tuotantosunnitteluun asti.

Elementtien valmistus ja toimitus työmaalle alkaa toteutussuunnittelun loppuvaiheessa, kuitenkin vähintään kaksi viikkoa ennen asennusta [3]. Urakoitsija järjestää työmaan aloituskatselmuksen ennen asennuksen aloittamista.

#### 2.2.8 Rakennusvaihe ja käyttöönotto

Rakennusvaiheessa tuotantopiirustusten suunnittelu, valmistus, toimitus ja asennus jatkuvat tarpeen mukaan. Rakentamisen aikana joudutaan usein myös tekemään erityisdetaljisuunnittelua, tasojen raudoitustarkastuksia sekä lisä- ja muutostöitä. Rakentamisvaihe päättyy rakennuksen käyttöönottoon, jossa rakennus luovutetaan tilaajalle. Elementtisuunnitteluprosessi päättyy loppupalaveriin. Palaverissa käydään läpi yhteistyön toimivuus sekä projektin teknillinen ja taloudellinen loppuselvytys [3].



Kuva 6. Kuorma-auto tuomassa elementtejä rakennustyömaalle. [2]

### 3 Lean-ajattelun hyödyntäminen elementtisuunnittelussa

Toyotan TPS on tehokas ja joustava tuotantojärjestelmä, jonka mukaan Toyota on valmistanut autoja ympäri maailman, usean vuosikymmenen ajan. Yhdessä yhtiöfilosofian kanssa se on mahdollistanut yhtiön valtavan menestyksen ja nousun maailman suurimmaksi autonvalmistajaksi. Tuotantojärjestelmän ja sen tuoman menestyksen salaisuus on Toyotan kyky kehittää johtajuutta ja tiimejä, laatia strategioita, rakentaa suhteita tavarantoimittajien kanssa ja ylläpitää oppivaa organisaatiota. [9, s. 6-7.]

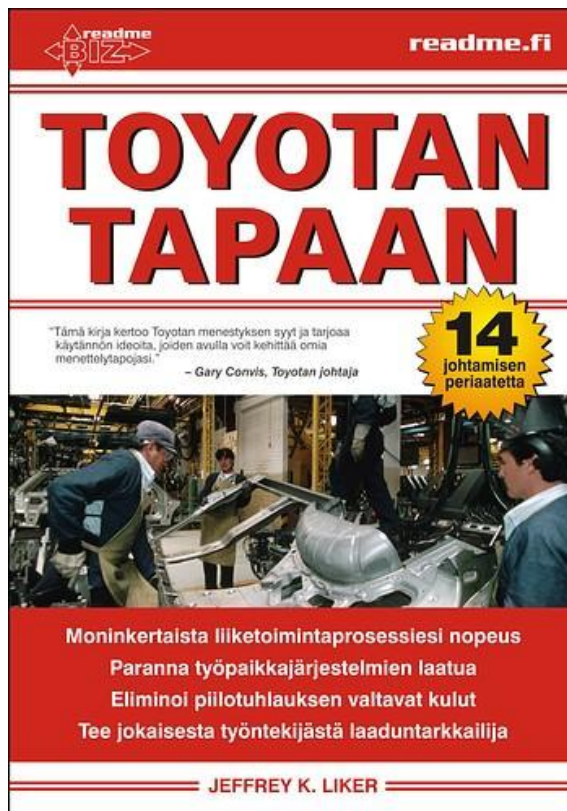
Yrityksen ulkopuolella TPS tunnetaan nimellä lean-ajattelu. Lean-ajattelu mainittiin ensimmäisen kerran James Womackin ja Daniel Jonesin kirjoittamassa kirjassa, *The Machine That Changed the World*, jossa kuvataan Toyotan tuotanto- ja johtamistapaa. Tämän jälkeen lean-ajattelusta on kirjoitettu useita teoksia ja viimeisen 10 vuoden aikana se on hallinnut teollisen valmistuksen trendejä. [9, s. 15.]

Mitä enemmän Toyotan tuotantojärjestelmää ja Toyotan filosofiaa tarkastellaan, sitä paremmin nähdään heidän tarkoitus luoda suurempaa riippuvuutta ihmisiin sekä tarjota heille työkaluja jatkuvaa parannusta varten. Toyota on oikeastaan luonut kokonaisen kulttuurin, eikä pelkästään työkaluja tuotannon parantamiseksi. Yrityksen työntekijöillä on tunne kiireestä, tarkoituksesta ja ryhmätyöstä, koska prosessi toimii jatkuvan virtauksen periaatteella ja on riippuvainen jokaisen työpanoksesta. Tästä johtuen kaikki työntekijät ovat päivittäin sitoutuneita jatkuvaan ongelmanratkaisuun, mikä tekee kaikista harjoituksen myötä parempia ongelmanratkaisijoita. [9, s. 36.]

Toyotan tuotantojärjestelmän erinomaisuuden ymmärtää viimeistään kun tarkastellaan yrityksen vuosituottoa, voittoprosenttia ja markkina-arvoa. Verovuoden 2003 lopussa yrityksen vuosituotto oli 8,13 miljardia dollaria, mikä oli enemmän kuin GM:n, Chryslerin ja Fordin tuotot yhteensä. Voittoprosentti oli 8,3 kertaa alan keskiarvoa suurempi. Lisäksi yhtiön osakkeen arvo nousi vuoden 2003 aikana 24 %, samalla kun edellä mainittujen suurimpien kilpailijoiden arvo laski. Samana vuonna myös Toyotan markkina-arvo oli 105 miljardia enemmän kuin suurimpien kilpailijoiden markkina-arvo yhteensä. Vuonna 2003 Toyota ei ollut vielä maailman suurin autonvalmistaja. [9, s. 4.] Tämän vuoden vuosituoton on ennustettu nousevan 16,95 miljardiin dollariin [10].

Vaikka TPS on tehty palvelemaan teollista tuotantoa, voidaan lean-ajattelua hyödyntää lähes kaikilla liiketoiminnan aloilla, kuten myös rakennustekniikan suunnittelu- ja kon-

sulttitoiminnassa. Toyotan tapa sisältää paljon tärkeitä yritystoiminnan näkökulmia, joille useissa yrityksissä ei osata antaa painoarvoa.



Kuva 7. Toyotan tapaan -kirjan kansikuva. [11]

### 3.1 Toyotan tavan 14 periaatetta elementtisuunnittelussa vaiheittain

Tuotantojärjestelmä perustuu 14 periaatteeseen, jotka voidaan jakaa neljään ryhmään. Ryhmiä ovat pitkän tähtäimen filosofia, hukan eliminointi prosessista, lisäarvon tuottaminen ihmisiä kehittämällä ja jatkuvan taustaongelmien ratkaiseminen auttaa organisaatiota oppimaan. Seuraavissa luvuissa periaatteet on esitelty ryhmittäin. Luvuissa on pyritty tuomaan selkeä yhteys elementtisuunnitteluun.

### 3.2 Pitkän tähtäimen filosofia

Periaate 1. Tee päätökset pitkän tähtäimen filosofian pohjalta ja tarvittaessa lyhyen tähtäimen taloudellisten tavoitteiden kustannuksella.

On hyvin tärkeää muistaa noudattaa johdonmukaisesti pitkän tähtäimen filosofiaa ja ohjata koko organisaatio toimimaan sen mukaan. Työntekijän tulee ymmärtää paikkansa yrityksen historiassa, olla vastuuntuntoinen, luottaa omiin kykyihinsä, ylläpitää ja parantaa taitojaan. Yrityksen toiminnan lähtökohtana on tuottaa hyötyä asiakkaalle, yhteiskunnalle ja taloudelle. Kaikkea toimintaa tulee arvioida sen suhteen, miten tätä periaatetta pystytään noudattamaan. [9.]

Suunnittelussa tehdään usein päätöksiä lyhyellä tähtäimellä, lyhyen aikavälin tavoitteen saavuttamiseksi. Päätökset, rakenneratkaisut ja suunnittelun delegointi saatetaan tehdä viikon tai kahden tähtäimellä, joskus vain päivän tai muutaman tunnin. Suunnittelussa tulee välillä tilanteita, joihin ei pystytä varautumaan, mutta joihin kuitenkin joudutaan reagoimaan, mikä aiheuttaa katkoksia tasaiseen suunnitteluun. Usein nämä tilanteet aiheutuvat kuitenkin ainakin osittain omista virheistä, hätäisistä päätöksistä, kommunikoinnin puutteellisuudesta omien tai muiden osapuolien välillä, kunnollisen projektisuunnitelman puuttumisesta tai lyhyen aikavälin hyödyn tavoittelemisesta. Usein tilanteet voitaisiin välttää tekemällä johdonmukaisesti päätöksiä pidemmällä tähtäimellä sekä paremmalla projektinhallinnalla, jossa hyvin toteutettu projektisuunnitelma on tärkeässä asemassa. Prosessia tulisi aina ajatella kokonaisuutena, päätökset tehdä koko prosessin suorituksen edunmukaisesti ja tarvittaessa lyhyen tähtäimen kustannuksella.

Suunnitteluprosessia kokonaisuudessaan tulisi myös kehittää jatkuvasti. Kehitystä varten pitäisi luoda järjestelmä jonka mukaan prosessin voisi suorittaa. Työntekijöille tulisi antaa mahdollisuus osallistua järjestelmän jatkuvaan kehittämiseen. Pitkällä tähtäimellä järjestelmä parantaisi varmasti suunnittelun laatua ja tehokkuutta, mikä parantaisi myös yrityksen tuottoa.

### 3.3 Hukan eliminointi prosessista

Hukan eliminointi on yksi TPS:n ydinajatuksista. Hukalla tarkoitetaan turhia tai lisäarvoa tuottamattomia toimintoja sekä vaiheita, joihin käytetään aikaa ja resursseja. Toyota on tunnistanut 8 erilaista hukan tyyppiä liiketoiminta- ja valmistusprosesseistaan. Hukan tyyppejä ovat

1. ylituotanto
2. odottelu

3. tarpeeton kuljettelu
4. ylikäsittely
5. tarpeettomat varastot
6. tarpeeton liikkuminen
7. viat
8. työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen. [9, s. 28-29.]

Elementtisuunnittelussa hukan tyypeinä voidaan pitää

1. ylituotantoa
2. odottelua
3. tarpeetonta suunnitelmien julkaisua
4. ylikäsittelyä
5. tarpeetonta varastointia
6. suunnitteluvirheitä
7. suunnitelmien revisioita
8. työntekijän luovuuden käyttämättä jättämistä
9. tehotonta toimintatapaa.

Ylituotantona voidaan pitää kaikkea suunnittelua, joka ei kuulu elementtisuunnittelun tehtäviin tai suunnittelusopimuksessa määritettyihin suunnittelutehtäviin. Odottelu puolestaan on hyvin yleinen hukan tyyppi prosessin kaikissa vaiheissa. Suunnittelussa tyypillinen odottelu johtuu talon sisäisistä tai ulkopuoleisista lähtötietojen puutteesta. Ylikäsittely voi tarkoittaa suunnitelmien liiallista työstöä esimerkiksi visuaalisessa mielessä. Suunnitelmien tulisi olla yksiselitteisiä ja helposti luettavia, mutta ei yhtään enempää. Tarpeettomana varastointina voidaan pitää valmiiden tai lähes valmiiden suunnitelmien julkaisematta jättämistä, jolloin suunnitelmat jäävät turhaan roikkumaan pöydän reunalle. Suunnitelmia saatetaan julkaista tarpeettomasti keskeneräisinä, johdun esimerkiksi aikataulusta, vaikka elementtitehtaan kanssa olisi ollut mahdollista sopia uusista aikatauluista ilman lisäkustannuksia.

Odottelun lisäksi, suunnitteluvirheet ja niistä johtuvat suunnitelmien revisiot ovat yleisimpiä hukan tyyppiä elementtisuunnittelussa. Suurin osa prosessin hukasta aiheutuu

juuri näistä tyypeistä, jotka ovat usein ainakin osittain itse aiheutettuja. Tästä syystä niihin pitäisi kiinnittää erityisen paljon huomiota projektin suunnittelussa ja etenkin toteutuksen aikana. Suunnitteluratkaisut, päätökset ja kehitystyö tapahtuu usein pienissä ryhmissä, jolloin usean työntekijän tietotaito ja luovuus jää käyttämättä. Elementtisuunnittelussa on tällä hetkellä olemassa useita toimintatapoja, joiden tehokkuudessa on suuriakin eroja. Suunnittelutehtävien välillä saatetaan myös pomppia tarpeettomasti, mikä aiheuttaa pientä kaaosta projektin suorituksessa. Tämä on selvä merkki puutteellisesta projektinhallinnasta ja suunnittelusta. Hukan poistamiseksi, Toyotan tapa tarjoaa 7 periaatetta, jotka on selostettu seuraavaksi.

Periaate 2. Luo jatkuva prosessin virtaus tuodaksesi ongelmat esille.

Suunnittele työprosessi toimimaan jatkuvan virran periaatteella. Pyri pääsemään eroon ajasta, jolloin projektit seisovat tai odottavat jonkun työpanosta. Laadukkaan ja nopean virtauksen tulee yhdistää prosessi ja ihmiset yhteen niin, että virheet tulevat välittömästi esille. Avain jatkuvaan parantamisprosessiin ja ihmisten kehitykseen on virtauksen toiminta koko organisaation tasolla. [9.]

Suunnitteluprosessin suoritus olisi tehokkaampaa, jos irrallisista tehtävistä päästäisiin eroon ja suorittaminen toimisi enemmän jatkuvan virran periaatteella. Prosessia voitaisiin parantaa seuraavanlaisilla muutoksilla:

- paremmalla projektisuunnittelulla ja suunnittelutehtävien delegoinnilla
- päivittäisen yhteistyön ja seurannan lisäämisellä
- lähtötietopuutteista ilmoitettaisiin tilaajalle välittömästi
- projektipalavereja lisäämällä
- ratkaisemalla ongelmia enemmän koko suunnitteluryhmän kesken
- tekemällä suunnitelmat kerralla valmiiksi.

Periaate 3. Käytä imujärjestelmiä välttääksesi ylituotantoa.

Tarjota tuotantoprosessin asiakkaille vain se mitä he haluavat, sen verran kun he haluavat ja silloin kun he sen haluavat. Anna siis asiakkaan kulutuksen ohjata tuotantoa. Tähän perustuu ajattelutapa ”juuri oikeaan aikaan”. Minimoi keskeneräisten ja valmiiden tuotteiden varastointi täydentämällä varastoa vain sen verran kuin on kysyntää.



Asiakkaan päiväkohtaiseen kysynnän muutokseen tulee reagoida sen sijaan että luotaisi tietokoneohjattuihin järjestelmiin ja aikatauluihin. [9.]

Tuotantopiirustukset tulisi tehdä kerralla valmiiksi ja välttää vaiheita joissa tuotetaan puolivalmiita piirustuksia odottamaan julkaisua. Tuotantopiirustukset tulee aina tehdä noudattaen elementtitoimittajan ohjeita ja yhdessä sovittuja aikatauluja [6]. Aikatauluis- ta ei kuitenkaan yleensä ole nähtävissä elementtien todellista valmistuksen ajankohtaa. Kiireisissä tilanteissa tämä aiheuttaa helposti tilanteita, joissa suunnitellaan turhaan paineen alla väärä elementtien tuotantopiirustuksia tehtaan tarpeeseen nähden. Aika- taulujen venyessä on hyvä olla välittömästi yhteydessä elementtitoimittajaan, tiedustel- la tuotannon tarpeita ja sopia uudesta aikataulusta. Tuotantopiirustuksien suunnittelua ja elementtien tuotantoa pitää hyvä seurata viikoittain, yhdessä tehtaan kanssa.

#### Periaate 4. Tasapainota työmäärä

Hukan poistaminen on vain kolmasosa siitä, mikä tekee lean-tuotannosta menestyk- sekkään. Yhtä tärkeää on olla kuormittamatta ihmisiä ja poistaa tuotantoaikatauluista epätasaisuudet. Näitä asioita ei usein ymmärretä yrityksissä jotka yrittävät toteuttaa lean-periaatetta. Valmistus- ja palveluprosessien työtaakka tulisi tasapainottaa mie- luimmin kuin käynnistää ja pysäyttää projekteja suurissa erissä. Suunnittelussa kannat- taan toimia mieluummin hitaasti ja varmasti, kuin nopeasti. [9.]

Suunnittelu-aikataulu tulisi suunnitella huolellisesti niin että järjestys on oikea, resurssit riittävät ja suunnittelu-aika realistinen. Liian tiukkojen aikataulujen noudattamisen vaati- men kiristää välejä, laskee työtehoa ja motivaatiota työnantajaa kohtaan. Työntekijöi- den liiallinen kuormitus ei ole koskaan kannattavaa pitkällä tähtäimellä.

Periaate 5. Luo kulttuuri, jossa pysähdytään korjaamaan ongelmia, jotta laatu saataisiin kuntoon heti ensimmäisellä kerralla.

Asiakkaan vaatiman laadun tulisi ohjata toimintaa. Laadun varmistamiseen tulisi käyt- tää kaikkia nykyaikaisia laaduntakausmenetelmiä. Rakenna välineistö niin, että se ha- vaitsee ongelmia, osaa pysähtyä niihin ja ilmoittaa ongelmista projektin johtajille. Orga- nisaatioon tulisi luoda tukijärjestelmä, joka pystyy ratkaisemaan ja korjaamaan ongel- mat nopeasti. Luo organisaatioon pysähtymisen ja hidastamisen ajattelutapa, jotta laa-

tu saataisiin kuntoon heti ongelmien syntyessä. Pitkällä tähtäimellä nämä toimenpiteet parantavat tuottavuutta. [9.]

Periaate 6. Standardoidut tehtävät ovat jatkuvan paranantamisen ja työntekijöiden sitouttamisen perusta.

Prosessin suorittamisessa tulisi käyttää vain vakaita ja toistettavissa olevia menetelmiä, jotta prosessin suoritus olisi mahdollisimman säännöllistä ja sen kulku ennustettavissa. Virtauksen ja imuohjauksen kannalta tämä on erittäin tärkeää. Standardisoi nykyisistä menetelmistä parhaat toimintatavat ja salli yksilöiden luovuuden parantaa standardia paremmaksi. Lisää parannukset standardiin mahdollistaaksesi oppien siirtymisen kaikille työntekijöille. [9.]

Tehokkaan elementtisuunnittelun kannalta standardoidut tehtävät ovat yksi tärkeimmistä periaatteista. Prosessin eri vaiheissa tulee tilanteita jolloin suunnittelijat, avustajat ja projektipäälliköt joutuvat miettimään tehtävien sisältöä. Tehokkuutta voitaisiin parantaa luomalla yksinkertaisia suunnittelu- ja mallinnusohjeita sekä tehtävä- ja tarkistuslistoja. Ne helpottaisivat tehtävien suoritusta, säästäisivät aikaa, parantaisivat laatua, nopeuttaisivat työntekijöiden oppimista ja vähentäisivät suunnitteluvirheitä. Lisäksi niiden käyttö lisäisi työntekijöiden luottamusta tekemiseensä, mikä vähentäisi stressiä tehtävien suorituksessa.

Periaate 7. Käytä visuaalista ohjausta, jotta ongelmat eivät jää piiloon.

Käytä yksinkertaisia sekä visuaalisia toimintoja jotta työntekijöiden on helppo havaita toimivatko he standardien mukaan. Työpisteille tulisi suunnitella yksinkertaisia ja visuaalisia apuvälineitä jatkuvan virtauksen ja imuohjauksen tehostamiseksi. Raportit tulee olla mahdollisuuksien mukaan yksinkertaisia, tiivistettyjä sekä yhden sivun mittaisia. [9.]

Periaate 8. Käytä ainoastaan luotettavaa ja perusteellisesti testattua teknologiaa, joka palvelee ihmisiä ja prosesseja.

Teknologiaa tulee käyttää ihmisten tueksi, eikä heidän korvaamiseksi. Manuaalinen tarkastus on hyvä suorittaa ennen teknologian käyttämistä. Hyväksi todetun menetelmän käyttäminen on usein järkevämpää kuin uuden ja testaamattoman teknologian.

Uudet teknologiat tulee testata perusteellisesti ennen kuin niitä lisätään prosesseihin, valmistusjärjestelmiin tai tuotteisiin. Teknologiat, jotka ovat ristiriidassa yrityksen toiminnan kanssa, tulee muokata tai hylätä kokonaan, jos ne vaarantavat vakautta, luotettavuutta ja ennustettavuutta. Työntekijöitä tulisi kuitenkin rohkaista käyttämään uusia teknologioita kun he etsivät uutta näkökantaa työhönsä. [9.]

#### 3.4 Lisäarvon tuottaminen kehittämällä ihmisiä

Periaate 9. Kasvata johtajia, jotka ymmärtävät työn perusteellisesti, noudattavat filosofiaa ja opettavat sitä muille.

On parempi kasvattaa johtajia yrityksen omista työntekijöistä kuin palkata niitä organisaation ulkopuolelta. Johtajien pitää tehtävien suorituksen ja hyvien ihmissuhdetaitojen lisäksi toimia yrityksen filosofian ja toimintatavan roolimalleina. Hyvä johtaja tuntee työn yksityiskohtaisesti ja kykenee opettamaan yrityksen filosofiaa eteenpäin. [9, s. 39.]

Periaate 10. Kehitä poikkeuksellisen eteviä ihmisiä ja ryhmiä, jotka noudattavat yrityksen filosofiaa.

Luo vahva ja vakaa työkuulttuuri, jossa yrityksen arvot ja käsitykset tulevat selkeästi esille. Kulttuuria tulee levittää ja kehittää usean vuoden ajan. Ainutlaatuisen lopputulokseen pääsee kouluttamalla poikkeuksellisia yksilöitä ja ryhmiä, jotka toteuttavat yrityksen filosofiaa. Työntekijöitä tulee kouluttaa toimimaan yhdessä tiimeinä, ja yhteisiä päämääriä kohti. Tiimityöskentely täytyy kuitenkin opetella, se ei tapahdu itsestään. Toimivalla tiimityöskentelyllä pystyy parantamaan laatua ja prosessin ongelmakohtia mikä puolestaan lisää tuottavuutta. [9.]

Periaate 11. Kunnioita yhteistyökumppaneilla ja alihankkijoilla laajennettua verkostoa tarjoamalla heille haasteita ja auttamalla heitä kehittämään.

Muista kunnioittaa yhteistyökumppaneita, ja kohdella heitä niin kuin he olisivat osa yritystäsi. Haasta yrityskumppanit kehittämään haastavilla tavoitteilla ja auta heitä saavuttamaan ne. Näin voit osoittaa arvostusta heitä kohtaan. [9, s. 40.]

### 3.5 Jatkuva ongelmien ratkaiseminen auttaa organisaatiota oppimaan

Periaate 12. Mene itse paikan päälle, jotta ymmärrät tilanteen perusteellisesti.

Ongelmien ratkaiseminen ja prosessin parantaminen onnistuu paremmin tutustumalla ongelmiin itse, kuin esittämällä teorioita kuulemansa perusteella. Myös korkean tason johtajien tulisi toimia tämän periaatteen mukaan, saadakseen tilanteesta paremman kuin vain pintapuoleisen käsityksen. Kannattaa siis toimia henkilökohtaisesti vahvistetun tiedon pohjalta. [9.]

Periaate 13. Tee päätökset hitaasti yksimielisyyden pohjalta kaikkia vaihtoehtoja perusteellisesti harkiten ja toteuta päätökset nopeasti.

Päätöksiä ei pidä tehdä ennen kuin vaihtoehtoihin on tutustuttu perusteellisesti. Päätöksen jälkeen tulee edetä nopeasti mutta kuitenkin varovaisesti. Ideoiden kokoamiseksi ja yksimielisen päätöksen tekemiseksi, tulee ongelmista ja niiden ratkaisusta keskustella kaikkien prosessiin osallistuvien kanssa. Vaikka tämä viekin aikaa, näin saadaan kuitenkin enemmän vaihtoehtoja, ja päätös pystytään toteuttamaan nopeammin. [9.]

Periaate 14. Tee yrityksestäsi oppiva organisaatio väsymättömän arvioinnin ja jatkuvan parantamisen kautta.

Jatkuvan parantamisen työkaluilla pystyt selvittämään vakaankin prosessin tehottomuuden syyt ja tekemään siitä entistä paremman. Ajan ja resurssien tuhlaaminen näkyy prosesseista, joissa varaston käyttäminen on mahdollisimman vähäistä. Havaittu hukka voidaan poistaa käyttämällä jatkuvan parantamisen prosessia. Suojele yrityksen tietotaitoa kehittämällä pysyvää henkilöstöä ja hidastamalla ylenemistä. Seuraajajärjestelmiin tulee suhtautua erittäin varovaisesti, johtajien valinta tulee tehdä harkitusti ja perustellusti. [9.]

## 4 Suunnittelujärjestelmä

Suunnittelujärjestelmä on luotu TPS:n periaatteita ja toimintatapaa hyödyntäen. Suunnittelujärjestelmän on tarkoitus toimia suunnittelijoiden ja projektijohdon päivittäisenä apuvälineenä. Sen tarkoitus on tulevaisuudessa sisältää kaikki elementtisuunnittelussa tarvittava materiaali. Ideana on, että prosessin voi suorittaa seuraamalla prosessikaaviota ja sen vaiheittaisia työkaluja. Ne ovat yhdessä osa järjestelmää, jonka mukaan suunnitteluprosessin voi helposti suorittaa. Hankkeiden sisällössä ja vaiheissa on kuitenkin suuria eroja, eikä tarkoitus ole luoda absoluuttista toimintamallia, jota tulisi tai voisi aina noudattaa. Tarkoitus on ennemminkin luoda prosessin suoritukselle pohja, jota soveltamalla prosessin pystyisi aina suorittamaan, hankkeesta riippumatta.

Tässä luvussa esitellään järjestelmän toimintaperiaate, sisältö ja ulkoasu. Suunnittelujärjestelmä koostuu prosessikaavioista, työkaluista ja intranetistä. Työkaluja ovat esimerkiksi lähtötietoluettelot, ohjeet, malliasiakirjat, tehtävä- ja tarkastuslistat. Järjestelmän ydin on intranet. Intranetin avulla järjestelmän sisältö pystytään pitämään aina ajan tasalla. Se myös mahdollistaa kaikkien työntekijöiden hyödyntämisen järjestelmän kehitystyössä.

Järjestelmä ja kaikki siihen kuuluva aineisto tulisi löytyä intranetistä, elementtisuunnittelu-linkin alta. Elementtisuunnittelu tapahtuu prosessikaavion vaiheita ja tehtäviä seuraamalla. Tehtävien suoritusta varten kaavioissa on linkkejä työkaluihin, joiden avulla yksittäisen tehtävän voi suorittaa.

### 4.1 Intranet

Intranetin käyttö suunnittelujärjestelmän ytimenä mahdollistaa työkalujen saatavuuden sekä koko organisaation hyödyntämisen kehitystyössä. Intranetin avulla työkalujen uusimmat versiot ovat aina kaikkien saatavilla, mikä parantaa suunnittelun laatua. Sen avulla saadaan tieto vaivattomasti työkalujen mahdollisista puutteista, sisällön virheistä ja kehitysideoista. Intranetin avulla työkalut olisivat aina ajan tasalla ja niiden kehittäminen olisi jatkuvaa.

Järjestelmän työkaluineen voisi sijoittaa Sweco intranetiin. Se voisi olla osaamisen alla nimellä betonielementtisuunnittelu, mallisuunnitelmat ja ohjeet kohdalla (kuva 7).

Inside Sweco Network

Myynti ja markkinointi Osaaminen Sweco ja minä Tukipalvelut Uutiset Tietoa Swecosta

Inside Sweco / Osaaminen / Suunnittelu FMC Rakennetekniikka / Mallisuunnitelmat ja ohjeet

**Mallisuunnitelmat ja ohjeet**  
Latest update: 25.11.2013

• **Tänne on kerätty mallisuunnitelmia, ohjeita ja linkkejä suunnitelutyön tueksi.**

Toimittaja FINNMAP\_HKI\_1\RamiiY 25.11.2013  
Sisällöstä vastaava

- + Sustainability
- + Koulutus
- + Opas uuteen intranettiin
- + Tools for knowledge sharing
- + Sovellukset FMC Rakennetekniikka
- Suunnittelu FMC Rakennetekniikka
- **Mallisuunnitelmat ja ohjeet**
- **Betonelementit**
  - + Betonirakenteet
  - + Teräsrakenteet

Kuva 8. Ohjeiden ja työkalujen sijainti intranetissä.

### *Aloitusikkuna*

Intranetin betonelementtisuunnittelu valikkoon tultaessa avautuu ensin ikkuna, eli alku näkymä. Ikkunassa on lyhyt käyttöohje ja valintavaihtoehto kahden prosessikaavion välillä. Ikkunassa voidaan määrittää, kumpi kaavio avautuu oletuksena. Tämä asetus on selainkohtainen. Toisen kaavion avaaminen myöhemmin tapahtuu kaavion valintapainikkeesta.

### *Perusnäky*

Aloitusikkunan jälkeen avautuu perusnäky. Näky koostuu kolmesta pääosasta, joita ovat sähköinen prosessikaavio, vetovalikoilla toimiva hakutoiminto ja kommentti työkalu (kuva 8). Tämän lisäksi näky sisältää kaavioiden valintapainikkeet, tulostus valinnan ja prosessikaavion työkalujen avauspainikkeet.

The screenshot shows the Sweco intranet interface. At the top, there is a search bar and navigation icons. The main content area is titled 'Betonielementtisuunnittelu' and features a 'Prosessikaavio' (Process Flowchart) with various steps and decision points. To the right of the flowchart is a 'Vetovalikot:' (Dropdowns) section with five dropdown menus, each labeled 'vaihtoehto'. Below this is a 'Hae' (Search) button and a 'Kommentit:' (Comments) section with two input fields labeled 'valinta 1' and 'valinta 2', and a larger text area labeled 'viestikenttä'.

Kuva 9. Luonnos perusnäkyvästä intranetissä.

### Sähköinen prosessikaavio

Prosessikaavioiden tulee vastata ulkonäöltään ja sisällöltään tulostettavaa kaaviota. Kaaviota pystyy liikuttamaan sivusuunnassa pan-komennolla tai pysty- ja vaakasuunnassa toimivilla palkistoilla. Kaavioissa on suoria linkkejä työkaluihin, joista painamalla työkalu avautuu uuteen ikkunaan. Ikkunassa työkalua pystyy tarkastelemaan ja tulostus-painikkeella tulostamaan.

### Vetovalikoilla toimiva hakukone

Hakukoneen avulla työkaluja pystyy hakemaan tehokkaammin kuin käytössä olevalla tiedostopolkujärjestelmällä, jossa yhdestä linkistä avautuu kaikki vaihtoehdot allekkain. Hakukriteereitä valitaan vetovalikoiden avulla. Kriteereiden valinnan määrää ei ole rajoitettu, vaan niitä valitaan tarpeen mukaan. Hakukriteereitä voisi olla esimerkiksi

1. suunnitteluala/kirjaintunnus (esim. E, niin kuin elementtisuunnittelu)
2. numero (asiakirjan mukaan)
3. sisältötyyppi (esim. listat ja luettelot, detaljit, mallinnus)
4. sisältötyypin mukainen lisäkriteeri
5. lisäkriteerin mukainen lisäkriteeri.

Vetovalikoiden alapuolella on hakutulossikkuna joka automaattisesti näyttää hakutuloksen. Hakutulos päivittyy sitä mukaan kun kriteereitä lisätään. Hakutulosta painamalla avautuu tulos uuteen tulostus- ja esikatseluikkunaan. Alla on kaksi esimerkkiä hakukoneen toiminnasta.

#### Esimerkki 1

Tarvittaisiin elementtipiirustusten tarkastuslistaa, mutta ei tiedetä, onko sitä. Lähdetään hakemaan vetovalikoilla:

- valitaan valikosta 1 tunnuksiksi E, niin kuin elementti
- seuraava valikko jää tyhjäksi, kun ei tiedetä asiakirjan numeroa
- sen jälkeen valitaan listat ja luettelot
- sitten valitaan tarkastuslistat
- ja viimeiseksi elementtipiirustukset.

Valintojen jälkeen tulosikkunassa on vain yksi tulos, elementtisuunnittelun tarkastuslista E02.

#### Esimerkki 2

Halutaan tulostaa elementtisuunnittelun tarkastuslista E02. Valitaan ensimmäisestä valikosta E ja toisesta 02. Tulosikkunaan ilmestyy haluttu asiakirja.

#### *Kommenttityökalu ja jatkuva kehitys*

Järjestelmää täytyy kehittää jatkuvasti, jotta se olisi ajan tasalla ja vastaisi suunnittelun tarpeita. Parhaaseen lopputulokseen päästään kun työkalujen päivittämiseen ja kehit-

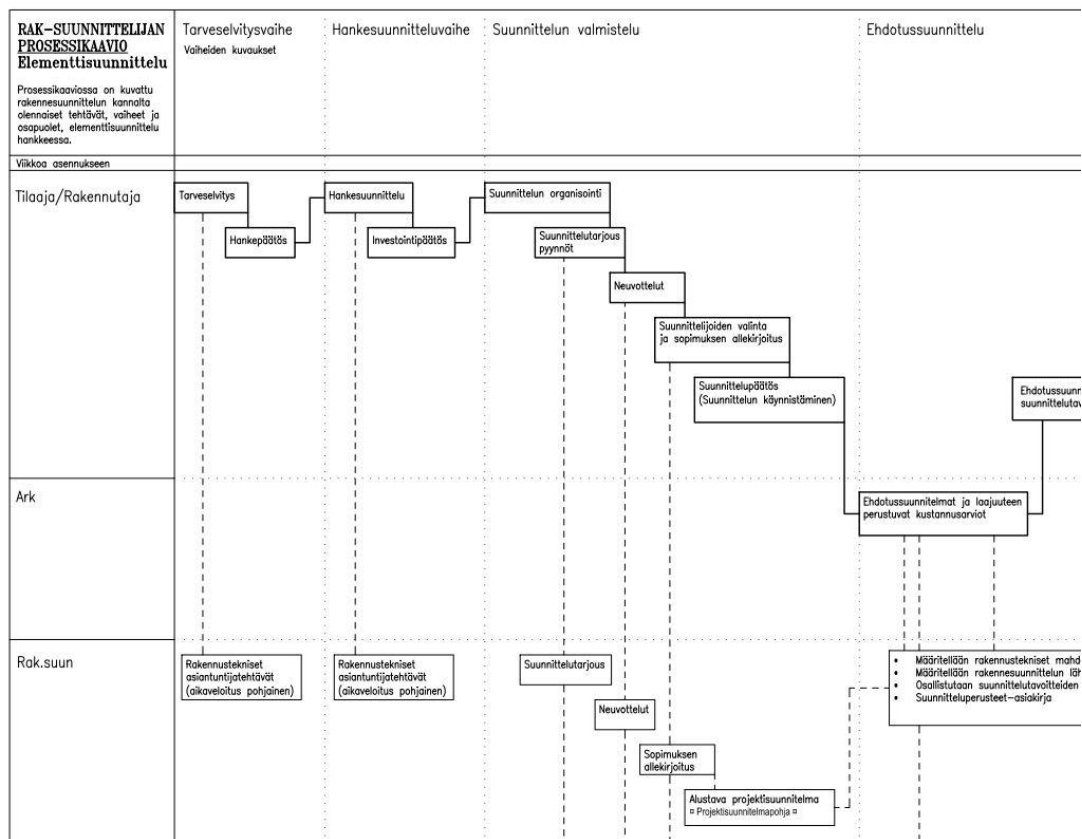


tämiseen pystyy osallistumaan niiden käyttäjät. Tätä varten on kommenttityökalu, jonka avulla jokainen työntekijä voi antaa palautetta ja kehitysideoita. Kommenttityökalu sisältää kolme osaa.

- mitä asia koskee (virhe, puute tai kehitysidea)
- dokumentin tunnus ja numero (tarvittaessa tämä jää tyhjäksi)
- viestikenttä.

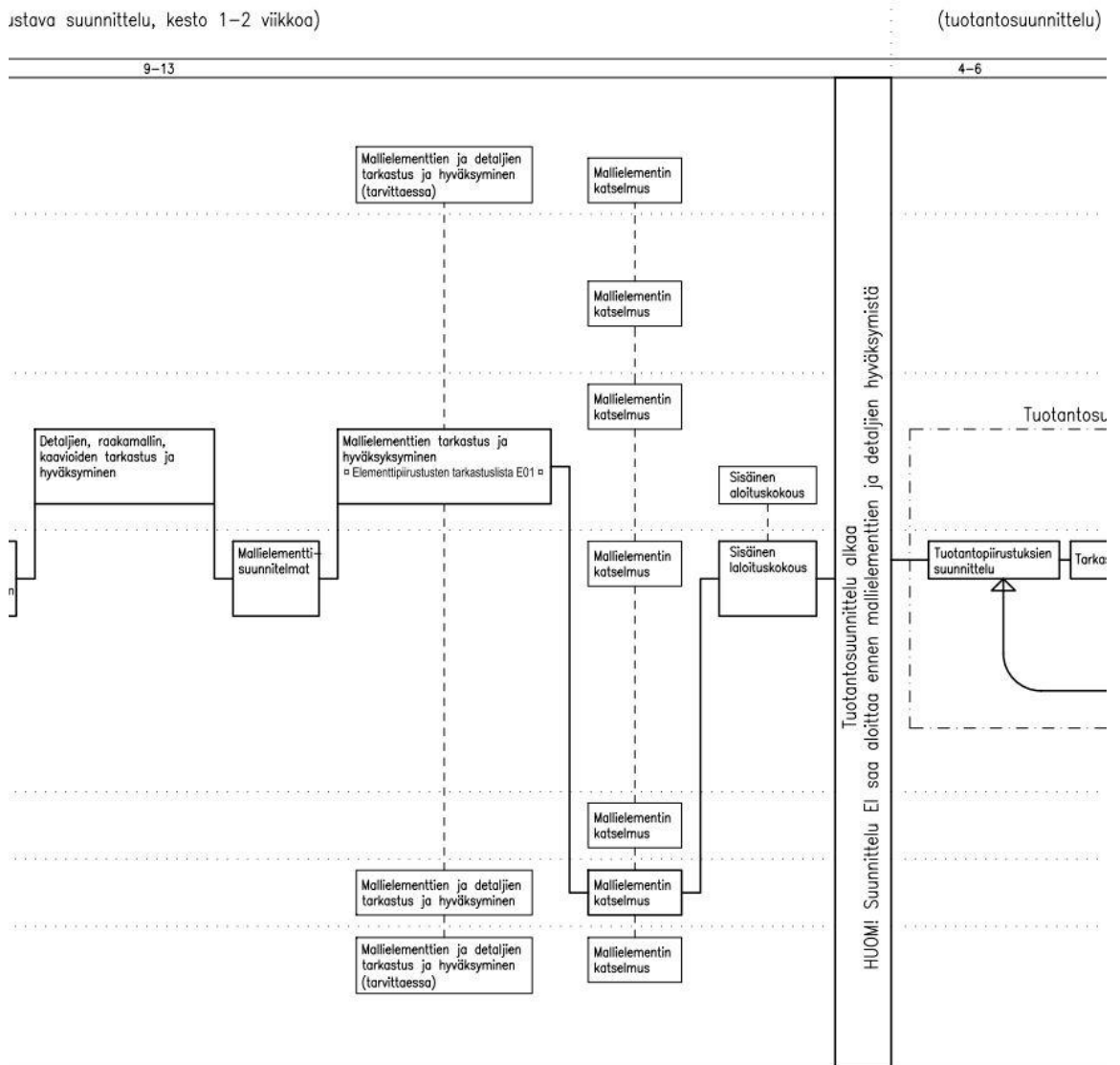
## 4.2 Prosessikaaviot

Prosessikaavioissa on näytetty suunnitteluprosessin osapuolet, rakennushankkeen päävaiheet sekä elementtisuunnittelun vaiheittaiset tehtävät pääpiirteittäin. Prosessikaavioita on kaksi. Ensimmäisessä kuvataan prosessin tehtäviä ja kulkua rakennesuunnittelijan näkökulmasta (kuva 10). Siinä prosessin tehtävät on kuvattu tarveselvitysvaiheesta käyttöönottoon asti.



Kuva 10. Ote rakennesuunnittelijan prosessikaavio vasemmasta yläkulmasta.

Toisessa kaaviossa tehtävät kuvataan elementtisuunnittelijan näkökulmasta, jolloin vaiheet rajoittuvat lähinnä toteutussuunnitteluun sekä rakentamisvaiheeseen. Molemmilla kaavioilla lukusuunta on vasemmalta oikealle. Prosessin kulun päälinja on esitetty lihavoidulla yhtenäisellä viivalla. Muut oleelliset osapuolet ja tehtävät on yhdistetty päälinjaan katkoviivalla. Ohjeellinen aika tehtävien suoritukselle, ennen asennuksen alkamista, on näytetty prosessikaavioiden ylälaidassa viikkoina. Kuvassa 11 on ote elementtisuunnittelijan prosessikaaviosta.



Kuva 11. Ote elementtisuunnittelijan prosessikaaviosta.

### 4.3 Suunnittelun valmistelu

Ennen varsinaista suunnittelun aloittamista suoritetaan tarjouslaskenta, tehdään projektisuunnitelma ja tarvittaessa perehdytetään työntekijöitä elementtisuunnitteluun. Näillä toimenpiteillä on iso merkitys koko suunnitteluprosessin onnistumisessa. Suunnittelun valmistelu tulisikin suorittaa erittäin huolellisesti.

#### *Tarjouslaskenta*

Järjestelmässä tulisi olla tarjouslaskentaa varten selkeä laskentapohja sekä ohjeet tarjouksen tekemiseen. Tarjousten tekemisen yhteydessä voisi suorittaa yksinkertaisen todennäköisyyslaskennan, jossa laskettaisiin odotusarvo suunnittelun tuotolle. Tämän avulla pystyttäisiin arvioimaan paremmin tarjousta ja suunnitteluhankkeen tuottavuutta.

#### *Projektisuunnitelma*

Projektisuunnitelma on keskeinen projektinhallinnan työkalu, joka määrittää projektikonaisuuden toteutettavaan muotoon. Sen toteutus on projektipäällikön vastuulla, mutta sen laatiminen kannattaa toteuttaa koko projektiryhmän kesken. Projektisuunnitelman tulisi olla mahdollisimman tiivistetty, jotta siitä näkisi nopeasti pääsisällön. Sen sisältö tulee päivittää projektin edetessä aina tarpeen mukaan. Projektisuunnitelma toimii koko projektiryhmän apuvälineenä, josta yhteiset pelisäännöt ja tavoitteet voidaan tarkistaa. Projektisuunnitelman tulisi sisältää

- tausta ja hyödyt
- päämäärät ja tavoitteet
- riskien hallinta
- projektiorganisaatio ja vastuut
- laajuuden hallinta
- työn ositus
- aikataulun hallinta
- resurssien hallinta
- budjetti ja kustannusten hallinta

- projektin seuranta
- raportointi ja viestintä
- täydentävät osiot ja liitteet.

Projektisuunnitelmassa ei tule määrittää teknisen toteutuksen yksityiskohtia, vaan tarvittavat ohjeet tulee lisätä liitteeksi [7, s. 105-110].

Suunnittelujärjestelmässä on projektisuunnitelman tekoa varten asiakirjapohja. Projektisuunnitelmaa varten olisi hyvä olla yleisohje, joka auttaisi työntekijää kiinnittämään oikeisiin asioihin huomiota. Projektisuunnitelman tulee itseisarvon lisäksi täyttää sille asetetut vaatimukset.

### *Perehdytys*

Suunnittelutehtävään perehdyttäminen unohtuu usein kokonaan. Suunnittelujärjestelmän avulla työntekijöiden perehdyttämisen tarve vähenee. Suunnittelujärjestelmään tutustuminen käyttöopasteen avulla antaa hyvän kuvan suunnittelun vaiheista, tehtävistä, tuloksista ja ohjeista. Tämä ei kuitenkaan poista suunnittelun ohjauksen tarvetta.

## 4.4 Luettelot ja listat

Kaikkien luetteloiden ja listojen tulisi olla selkeitä sekä yhdelle A4-paperille tulostettavia. Tarpeenmukaisen sisällön lisäksi luetteloiden ja listojen tulee aina sisältää perustiedot, joita ovat

- nimi
- E tai RAK -tunnus
- juokseva numero
- automaattisesti päivittyvä päivämäärä
- yrityksen tunnus
- mahdollinen lyhyt kuvaus sisällöstä ja käyttötarkoituksesta.

### *Tehtävälistat vaiheittain*

Prosessikaavioissa tulisi tarpeen mukaan olla viittaus vaiheittaisiin ohjeisiin. Ohjeissa vaiheiden sisältö on kuvattu tarkemmin kuin prosessikaavioissa. Listoissa on myös tietoa vaiheen tehtävien suoritukseen käytettävistä suunnitteluohjeista ja asiakirjoista. Listojen tulisi ainakin sisältää

- perustiedot
- lähtötiedot tai viittaus lähtötietoluetteloon
- tehtävät
- tulokset
- tieto ohjeista, käytettävistä ohjelmista, mallilaskelmista, asiakirjoista.

### *Lähtötietoluettelot*

Lähtötietoluetteloissa määritellään riittävän tarkasti tarvittavat lähtötietoaineistot ja lähtötiedon osapuoli eli keneltä lähtötiedot pitäisi saada. Lähtötietoluetteloidenkin tulee sisältää perustiedot.

### *Tarkastuslistat*

Tarkastuslistoissa määritellään tietyn tehtävän tai vaiheen sisältövaatimukset. Tarkastuksen lisäksi niitä voi hyödyntää myös suunnittelussa. Tarkastuslistoja tulisi olla alla oleville tehtäville ja vaiheille

- tuotantopiirustusten suunnittelu
- liitosten suunnittelu
- urakkasuunnitelmat
- rakennusosakohtainen suunnittelu ja rakennetekniset vaatimukset
- stabiiliteettitarkastelu
- onnettomuustilannetarkastelu
- toteutussuunnitelmat

Tarkastuslistojen tulisi sisältää

- perustiedot
- sisältövaatimukset
- vaaditut tulokset
- rakennetekniset vaatimukset
- tieto käytössä olevista suunnitteluohjeista ja/tai normeista.

#### 4.5 Malliasiakirjat ja asiakirjapohjat

Malliasiakirjat sekä asiakirjapohjat olisivat erittäin tärkeitä tehokkaan ja laadukkaan toteutuksen kannalta. Niiden avulla voitaisiin asettaa laatutaso, johon tulee pyrkiä. Näin myös välttyttäisiin tekemästä samoja asioita tarpeettomasti moneen kertaan. Elementtisuunnittelussa tärkeimpiä asiakirjoja ovat

- suunnitteluperusteet
- elementtityöselostus
- projektisuunnitelma
- liitos- ja asennusdetaljit
- tuotantopiirustukset
- elementtikaaviot
- lujuuslaskelmat
- jäykistyslaskelmat
- asennusaikainen vakavuus ja tuentasuunnitelma
- asennussuunnitelma (jonka päärakennesuunnittelija allekirjoittaa)

Näille asiakirjoille olisi hyvä olla malliasiakirjat sekä valmiit asiakirjapohjat tarpeen mukaan.

#### 4.6 Mallinnusohjeet

Nykyisin lähes kaikki projektit tehdään käyttämällä tietomallinnusta. Elementtisuunnitteluun käytettävästä ajasta suuri osa kuluu mallintamiseen. Mallintamisen oppimiseen hukataan tällä hetkellä resursseja. Aikaa kuluu paljon varsinkin oikeiden toimintojen ja asetusten löytämiseen itseoppimisen ja arvailun kautta. Mallintamisen tulisi kuitenkin tapahtua mahdollisimman tehokkaasti sekä käyttämällä parhaita mahdollisia toimintoja ja toimintatapoja. Jotta tämä olisi mahdollista, tarvittaisiin mallinnusohje, jota seuraamalla pystyisi toiminnot helposti suorittamaan. Tällä hetkellä yrityksessä ei ole olemassa riittäviä mallinnusohjeita elementtisuunnittelua varten.

Mallinnusohje tulisi olla kaikille peruselementti- ja liitostyypeille. Ohjeen tulisi sisältää visuaalinen opastus tietyn osan mallintamiseksi ja sen tarvittavien asetusten määrittelyksi. Piirustusten tekoa varten tulisi myös olla ohje. Ohjeessa tulisi ottaa huomioon mallintamisessa tehtävien ratkaisujen vaikutus piirustusten luomiseen.

## 5 Yhteenveto

Insinööriyö tehtiin Sweco-konserniin kuuluvalla Finnmap Consulting Oy:lle. Yritykseltä puuttuu konsernitason ohjeistus betonielementtisuunnitteluun. Olemassa olevan materiaalin löytäminen on vaikeaa ja tästä syystä se jää käyttämättä. Ilman ohjeistusta suunnittelu ei ole aina tehokasta ja suunnittelussa tehdään tarpeettomia virheitä. Näistä syistä tavoitteena oli luoda suunnittelua varten järjestelmä, joka sisältäisi elementtisuunnittelussa tarvittavat ohjeet ja asiakirjat. Järjestelmän luomisessa oli tarkoitus käyttää Toyotan tuotantojärjestelmään pohjautuvaa lean-ajattelua, jota hyödyntämällä voitaisiin parantaa suunnittelun tehokkuutta, laatua ja asiakastytyvääsyyttä.

Elementtisuunnitteluprosessi käynnistyy kun rakennus tai sen osa päätetään toteuttaa betonielementtirakenteisena. Elementtisuunnitteluprosessi sisältää tuotantosuunnittelun lisäksi muun muassa elementtienliitoksien suunnittelun, lujuuslaskelmat, rakenteelliseen toimivuuteen ja työturvallisuuteen liittyviä tarkasteluja. Suunnitteluprosessi alkaa rakennesuunnittelijan tehtävillä, jotka pitäisi erottaa selkeästi elementtisuunnittelijan tehtävistä. Elementtisuunnittelijan suorittama tuotantosuunnittelu alkaa elementtisuunnittelun aloituskokouksella. Tuotantosuunnittelu voidaan jakaa alustavaan suunnitteluun ja tuotantosuunnitteluun. Alustava suunnittelu tulee aina suorittaa huolellisesti ennen tuotantosuunnittelun aloittamista. Valmiit suunnitelmat toimitetaan projektipankkiin jonka jälkeen elementtitehdas valmistaa elementit ja toimittaa ne työmaalle asennettavaksi.

Hankkeen kokonaiskustannuksiin vaikuttaminen on suurimmillaan projektin alkuvaiheessa. Päätösten muuttaminen myöhemmin on sitä vaikeampaa ja kalliimpaa, mitä pidemmälle projekti etenee. Elementtisuunnitteluun osallistuu useita osapuolia, joiden kaikkien päätökset vaikuttavat suunnitteluprosessiin ja sen lopputulokseen. Tästä syystä prosessi olisi tärkeä hahmottaa kokonaisuutena. Varsinkin rakennesuunnittelijan ja elementtisuunnittelijan pitäisi pystyä yhdessä tekemään ratkaisut ja päätökset koko projektin edun mukaisesti.

Mielestäni päätöksiä ja suunnittelun delegointia tehdään usein liian hätäisesti ja lyhyen aikavälin tavoitteella. Usein näissä tapauksissa vedotaan kiireeseen. Vaikka kiire ei olisi itse aiheutettua, se olisi kuitenkin ollut luultavasti ennakoitavissa ja siihen olisi pystytty haluttaessa vaikuttamaan. Kiire suunnittelussa aiheutuu ainakin osittain omista virheistä, hätäisistä päätöksistä, kommunikoinnin puutteesta omien tai muiden osapuol-



ten välillä, ja kunnollisen projektisuunnitelman puuttumisesta. Usein tilanteet voitaisiin välttää tekemällä johdonmukaisesti päätöksiä pidemmällä tähtäimellä ja prosessin kokonaisedun mukaisesti. Tehtävien uudelleen aloittaminen vaatii aina oman aikansa, mikä pidentää suorituksen kestoa. Suunnittelutehtävät tulisi jakaa ja aikatauluttaa niin, että suunnittelutehtävät voi tehdä kerralla valmiiksi. Esimerkiksi elementin mallinnus täytyy tehdä sataprosenttisesti valmiiksi ennen piirustusten luontia. Tehtävien välillä pomppiminen heikentää suunnittelun tehokkuutta merkittävästi. Sekava projektin suoritus on aina selvä merkki puutteellisesta projektisuunnittelusta ja sen hallinnasta. Projektisuunnitelma toimii projektin kokonaisuuden hallinnan tärkeimpänä apuvälineenä. Resurssit ja suunnittelu-aika tulee olla realistinen, koska liian tiukkojen aikataulujen noudattamisen vaatiminen kiristää välejä, laskee työtehoa ja motivaatiota työnantajaa kohtaan.

Toyotan tuotantojärjestelmän ja sen tuoman menestyksen salaisuus on Toyotan kyky kehittää johtajuutta, laatia strategioita ja ylläpitää oppivaa organisaatiota. Toyota on luonut kokonaisen kulttuurin, eikä pelkästään työkaluja tuotannon parantamiseksi. Vaikka TPS on tehty palvelemaan teollista tuotantoa, voidaan lean-ajattelua hyödyntää todella hyvin myös elementtisuunnittelussa. Toyotan tapa sisältää paljon tärkeitä yritys-toiminnan näkökulmia, joille yrityksessä ei aina osata antaa painoarvoa. Tässä työssä tehty suunnittelujärjestelmä on vain pintaraapaisu Toyotan tuotantojärjestelmästä. Mielestäni yrityksen kannattaisi hyödyntää lean-ajattelua tulevaisuudessa vielä enemmän. Suunnittelujärjestelmää kehittämällä saataisiin pitkällä tähtäimellä varmasti merkittävää tulosta aikaiseksi.

Tehokkaan elementtisuunnittelun kannalta standardoidut tehtävät ovat yksi tärkein osa järjestelmää. Ne helpottavat tehtävien suoritusta, säästävät aikaa, parantavat laatua ja nopeuttavat työntekijöiden oppimista. Lisäksi niiden käyttö lisäisi työntekijöiden luottamusta tekemiseensä, mikä vähentäisi stressiä tehtävien suorituksessa.

Insinööriyön tuloksena syntyi luonnos intranettiin tulevasta suunnittelujärjestelmästä. Järjestelmä sisältää kaksi prosessikaaviota, työkaluja prosessin suoritusta varten sekä ehdotukset hakukoneesta ja järjestelmän kehitystyökalusta. Työn tulokset ovat salaisia, eikä niitä nähdä tämän työn liitteenä. Järjestelmän toimintaideana on, että prosessin voi suorittaa seuraamalla prosessikaaviota ja sen vaiheittaisia työkaluja. Tarkoitus ei ollut luoda absoluuttista toimintamallia, vaan toimintamalli, jota soveltamalla prosessin pystyisi suorittamaan. Suunnittelujärjestelmä on vielä luonnostasolla ja sitä tulisi testata

ottamalla se käyttöön suunnittelun apuvälineeksi. Järjestelmää tulisi kehittää jatkossa käyttökokemuksesta saadun tiedon pohjalta. Työssä esitetty intranet mahdollistaisi työntekijöiden luovuuden ja ideoiden hyödyntämisen kehitystyössä.

Jatkossa työkaluja tarvittaisiin tarjouslaskentaan, tuotantosuunnittelun tuntiseurantaan, elementtien mallintamiseen, reikäkiertoon ja piirustusten asetusten tekemiseen. Olemassa olevia normeja, suunnittelustandardeja, tuotestandardeja ja ohjeita hyödyntäen voisi luoda myös lyhyitä rakenneosakohtaisia ohjeita, joissa selitetään tiivistetysti kyseessä olevan osan kaikki rakennetekniset vaatimukset, tehtävät tarkastelut ja tulokset. Vastaavanlaisia ohjeita voisi olla myös esimerkiksi stabiliteetti, rakennusfysikaalisia ja onnettomuustilanne tarkasteluja varten. Projektinhallintaa varten olisi hyvä olla ohje jossa määritettäisiin oleellimmat asiat joihin tulee kiinnittää projektissa huomiota.

Mielestäni yrityksen elementtisuunnittelussa on vielä tällä hetkellä parantamisen varaa. Suunnittelujärjestelmän avulla toimintaa voidaan kehittää tulevaisuudessa. Prosessikaavioiden ja valmiiden työkalujen avulla prosessi saadaan liikkeelle välittömästi. On tärkeä kuitenkin muistaa suunnitteluprosessin olevan kokonaisuus, jossa työntekijöiden arvostusta ei tule unohtaa. Selkeät tehtävät ja ohjeet eivät yksinään riitä tekemään prosessista toimivaa.

## Lähteet

- 1 Teollinen valmisosarakentaminen. Verkkodokumentti. Betoniteollisuus Ry. <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen>>. Luettu 20.4.2014.
- 2 Elementtisuunnittelu.fi. Verkkodokumentti. Betoniteollisuus Ry. <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi>>. Luettu 20.4.2014.
- 3 FMC Group. 2012. Elementtisuunnitteluprosessin kulku, ohje. Helsinki: FMC Group.
- 4 Harmanen, Mikko. 2009. Betonielementtikohteiden tietomallipohjainen suunnitteluprosessi. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.
- 5 RT 10–11128. 2013. Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 6 Rakennusteollisuus RT. 2006. Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo, RAK 06. Helsinki: Rakennusteollisuus RT.
- 7 Arto, K., Martinsuo, M., Kujala, J. 2006 (toinen painos: 2008). Projektiliiketoiminta. Helsinki: WSOY.
- 8 Elementtisuunnittelun yleisohje. Verkkodokumentti. Betoniteollisuus Ry. <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/suunnittelun-ohjaus>>. Luettu 22.1.2014.
- 9 K. Liker, Jeffrey. 2011. Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi
- 10 Toyota closes in on record profit as rivals face expansion pain. 2013. Verkkodokumentti. Reuters. <<http://www.reuters.com/article/2013/11/06/us-toyota-earnings-idUSBRE9A508J20131106>>. Updated 6 Nov 2013. Luettu 26.3.2014.
- 11 Toyota tapaan. Verkkodokumentti. Readme.fi. <<http://readme.fi/product.php?isbn=9789525592689>>. Luettu 20.4.2014.

