



Joni Hannula

## **LAITOSSUUNNITTELUPROSESSIN KEHITTÄMINEN**

# **LAISSUUNNITTELUPROSESSIN KEHITTÄMINEN**

Joni Hannula  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka, koneautomaatio

---

Tekijä: Joni Hannula

Opinnäytetyön nimi: Laitossuunnitteluprosessin kehittäminen

Työn ohjaajat: Esa Kontio

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013 Sivumäärä: 47 + 1 liite

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää laitossuunnitteluprosessin nykyinen toimintamalli sekä analysoida sen kyvykkyys ja tuoda esille mahdolliset heikkoudet. Työ perustui Pöyry Finland Oy:ssä toteutettuihin projekteihin ja yrityksen suunnitteluohjeisiin sekä aiheeseen liittyvään teoriaan. Suunnitteluprosessin kehityskohteet pyrittiin löytämään suunnittelutyökaluista ja suunnitteluohjeista sekä pyritään esittämään niihin ratkaisut.

Työ toteutettiin perehtymällä yrityksen laitossuunnittelua koskeviin suunnitteluohjeisiin ja niiden mukaisesti toteutettuihin laitossuunnitteluprojekteihin. Suunnittelutoiminnan analysointi ja kehityskohteiden määrittely toteutettiin projekteista kerätyn kokemuksen pohjalta. Analyysin perusteella arvioitiin suunnitteluprosessin ongelmakohtia ja mahdollisuuksien mukaan etsittiin niihin ratkaisu. Työssä etsittiin keinoja optimoida suunnittelutehtävien rajapintoja kokonaistehokkuuden parantamiseksi, huomioiden erityisesti tiedonkulku eri suunnitteluorganisaatioiden välillä.

Työn tuloksena saatiin laitossuunnitteluprosessin toiminnan arviointi suunnitteluohjeistukseen perustuen. Suunnittelutoiminnan riskinarvioinnissa tuotiin esille prosessin tehokkuuden kannalta olennaisia heikkouksia ja toiminnan tehokkuuteen vaikuttavia riskejä. Tuloksena esitettiin toimintatapoihin parannuksia, joilla riskejä voidaan välttää ja suunnittelutoiminnan tehokkuutta kehittää pieninä osaluueina kerrallaan.

---

Asiasanat: suunnittelu, prosessi, laitos, kehittäminen

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree programme in mechanical and production engineering,  
option of machine automation engineering

---

Author: Joni Hannula  
Title of thesis: Development of plant design process  
Supervisor: Esa Kontio  
Term and year when the thesis was submitted: spring 2013  
Pages: 47 + 1 appendix

---

This Bachelor's thesis analyses plant design process, based on completed projects and theory regarding the subject. Risks and weaknesses of the design process were evaluated based on the analysis and to present solutions to found issues. Secondary objective was to optimize engineering interfaces from the entity design point of view, especially information transfer between organizations.

Thesis was executed by introducing to company's design instructions regarding plant design process and to completed projects based on the instructions. Analysis of the engineering process and development subject definition was based on experience collected from previous projects.

As a result of this thesis, the plant design process was analyzed based on company's design instructions. A risk assessment of plant design process pointed out essential risks and weaknesses. Risks and weaknesses were evaluated with methods to avoid them and so developing the process effectiveness.

---

Keywords: engineering, plant, process, development

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	8
2 PÖYRY	9
2.1 Pöyry Suomessa	9
2.2 Pöyryn historia	10
3 LAITOSSUUNNITTELU	11
3.1 Laitossuunnittelun työtuntien jakautuminen	12
3.1.1 Laitossuunnitteluprojektin tarkastelu	12
3.1.2 Laitosprojektin kustannusrakenne	13
3.2 Laitossuunnittelun kehitys	14
3.2.1 Suunnittelun jakautuminen	14
3.2.2 Asennus- ja materiaalikustannusten jakautuminen	15
4 LAITOSSUUNNITTELUN MALLINNUSOHJELMAT	16
4.1 Rakennuksen tietomalli BIM	16
4.2 Layout-suunnittelu	17
4.2.1 Autodesk Plant 3D	18
4.2.2 Aveva Plant	18
4.3 Rakennesuunnittelu	19
4.3.1 Tekla Structures	19
4.3.2 Autodesk AutoCAD	20
4.4 Putkistosuunnittelu	21
4.4.1 Aveva PDMS	22
4.4.2 Autodesk Plant 3D	23
4.5 FEM-laskentaohjelmat	23
5 LAITOSSUUNNITTELUPROSESSI	25
5.1 Projektiorganisaatio	25
5.2 Suunnittelutyön johtaminen	26
5.3 Tehtävänanto ja projektin asetus	27
5.3.1 Suunnittelualakohtainen aloituspalaveri	28

5.3.2 Lähtötiedot	28
5.3.3 Tiedonkulku	29
5.3.4 Tiedon siirto	29
5.3.5 Projektin ohjeistus	30
5.3.6 Standardit	30
5.4 Suunnitteluvaihe	30
5.4.1 Suunnittelun väli- ja lopputuotteet	31
5.4.2 Dokumenttien käsittely	31
5.4.3 Suunnittelumuutokset	31
5.4.4 Suunnittelun todentaminen ja kelpuuttaminen	32
5.4.5 Lähtöarvojen todentaminen	33
5.4.6 Sisäinen todentaminen	34
5.4.7 Suunnittelukatselmoinnit	34
5.4.8 Hyväksyttäminen tilaajalla	35
5.4.9 Täydellisyyden tarkastaminen ja muutosten todentaminen	35
5.4.10 Hyväksymisten kirjautuminen	35
5.4.11 Suunnittelun kelpuuttaminen	35
5.5 Projektin päättäminen	36
6 LAITOSSUUNNITTELUPROSESSIN ANALYSOINTI	37
6.1 Projektin perustaminen	37
6.2 Tiedonkulku	37
6.3 Suunnittelun yhteistoiminta	37
6.4 Ohjelmien yhteensopivuus ja tarkoituksen mukaisuus	38
6.4.1 Mallien siirto	38
6.4.2 Ohjelman tarkoituksenmukaisuus	39
7 LAITOSSUUNNITTELUN KEHITYSKOhteita	40
7.1 Projektin perustamisvaiheen tarkennukset	40
7.2 Tiedonkulun varmistaminen projektin aikana	40
7.3 Suunnittelurajapintojen määrittely projektissa	40
7.4 Käytettävät suunnitteluohjelmat rakenne- ja laitossuunnittelussa	41
7.5 Laitossuunnitteluohjelmien arviointi	42
8 YHTEENVETO	43
8.1 Työn tarkoitus	43

8.2 Tulokset	44
LÄHTEET	46
LIITTEET	
Liite 1 Lähtötietomuistio	

# 1 JOHDANTO

Laitossuunnittelu koostuu useasta suunnittelualueesta, jotka tulee sovittaa saumattomasti yhteen lopputulosta ajatellen. Integroidun suunnittelun toimintamallin pohjalta syntyy huomattava määrä rajapintoja suunnittelijoiden ja tehtävien välille. Suunnittelun tapahtuessa sarjana rinnakkaisia toimintoja täytyy tehtävärajaus, tiedonkulku sekä aikataulu olla hyvin ennalta suunniteltu.

Tässä työssä keskitytään työn tilaajan Pöyry Finland Oy:n laitossuunnittelun kannalta keskeisiin toimintoihin ja niiden yhteensovittamiseen, eli layout-, rakenne- ja putkistosuunnitteluun. Näiden yhteenlaskettu osuus laitossuunnittelusta on yli 60 %. Laitossuunnitteluun sisältyvät edellä mainittujen lisäksi myös prosessi-, laite-, rakennus- ja LVI- sekä sähkö- ja automaatio-suunnittelu.

Työn tavoite on rajatulta suunnittelualueelta selvittää nykyinen toimintamalli, analysoida sen tehokkuus ja tuoda esille mahdolliset heikkoudet sekä arvioida käytettävien suunnitteluohjelmien kyvykkyyttä tehtäväkohtaisesti. Toiminnan kehityksen kannalta on tarkoituksena luoda ratkaisumalli esitettyihin kehityskohteisiin. (Liite 1.)

Lopputuloksena saadaan arvio toiminnan nykyisestä tehokkuudesta sekä kehitysmalli mahdollisten havaittujen puutteiden korjaamiseksi. Suunnitteluun käytettävistä ohjelmista pyritään löytämään kyseiseen suunnittelutehtävään ja siirtomallien yhteensopivuuden kannalta parhaat vaihtoehdot. Suunnittelun rajapintojen määritykset esitetään tarkennettavaksi suunnitteluohjeisiin havaittujen kehityskohteiden mukaan.



## 2 PÖYRY

Pöyry on maailmanlaajuinen konsultoinnin ja suunnittelun asiantuntija, joka tarjoaa osaamista ja ratkaisuja asiakasyritystensä elinkaaren kaikkiin vaiheisiin.

Kuvassa 1 on esitetty Pöyryn nykyinen logo. Pöyry toimii seuraavilla aloilla: vesivoima, öljy ja kaasu, sähkö ja lämpö, uusiutuva energia, sellu- ja paperiteollisuus, kemian prosessiteollisuus, liikennejärjestelmät, vesi ja ympäristö sekä rakentamisen palvelut. Yrityksen palveluksessa on noin 7 000 asiantuntijaa 49 maassa. (1.)



*KUVA 1. Pöyryn logo (1)*

### 2.1 Pöyry Suomessa

Pöyryn toiminta Suomessa on jaettu neljään liiketoimintaryhmään: energia, teollisuus ja kaupunki, jotka kuuluvat Pöyry Finland Oy:lle sekä liikkeenjohdon konsultointi, joka toimii omana osakeyhtiönään Pöyry Management Consulting Oy. Lisäksi Suomessa toimii Pöyry CM Oy, jonka toimialueeseen kuuluu rakennuttamispalvelut. (2.)

Pöyry tarjoaa konsultointi- ja suunnittelupalveluita yksittäisistä tehtävistä suuriin kehitys- ja investointihankkeisiin kaikilla ydinosaamisalueillaan. Pöyry on Suomen suurin suunnittelu- ja konsulttitoimisto. (2.)

## 2.2 Pöyryn historia

Pöyryn perusti Jaakko Pöyry vuonna 1958 (kuva 2). Toimialana oli tuolloin puunjalostusteollisuus. Ensimmäinen suunnitteluprojekti oli Äänekosken sulfaattisellutehdas, jota seurasi Fiskebyn sellutehtaan suunnittelu Ruotsissa. Pöyry laajeni kansainväliseksi yritykseksi jo alkuvuosinaan. (3.)



*KUVA 2. Jaakko Pöyry (3)*

1960-luvulla perustettiin toimipisteet muun muassa Ruotsiin, Ranskaan ja Iso-Britanniaan. 1970-luvulla Pöyrystä tuli yksi maailman suurimmista metsäalaa palvelevista itsenäisistä konsultointi- ja suunnitteluyrityksistä. Tuolloin toiminta laajeni Etelä-Amerikkaan. Yhtiön palveluksessa oli yli 1 200 työntekijää. (3.)

1980-luvulla perustettiin tytäryhtiöt Yhdysvaltoihin, Kaakkois-Aasiaan ja Australiaan. Paikallisia palvelutoimintoja laajennettiin jatkuvasti, ja yhtiöllä oli vuonna 1985 jo yli 2 000 työntekijää. (3.)

1990-luvulla konsernin toiminta laajeni uusille toimialoille: energia-, infrastruktuuri-, ja ympäristöaloille. Laajeneminen toteutettiin osin yritysostojen kautta. Vuonna 1997 Pöyry listautui Helsingin pörssiin. (3.)

### 3 LAITOSSUUNNITTELU

Laitossuunnittelulla tarkoitetaan tyypillisesti eri suunnittelunaloista koostuvaa kokonaisuutta, jonka tuotoksena on uusi tai uudistettu prosessilaitos. Prosessilaitoksen määrittelyllä tarkoitetaan tuotantolaitosta, jonka raaka-aineet muuttuvat käsittelyssä siten, että lopputuotteen ominaisuudet poikkeavat oleellisesti raaka-aineiden ominaisuuksista. (4, s. 12.)

Laitossuunnitteluun kuuluvat prosessisuunnittelu, layout-suunnittelu, laitesuunnittelu, teräsrakennesuunnittelu, automaatio-suunnittelu, sähkösuunnittelu, rakennussuunnittelu, LVI-suunnittelu ja putkistosuunnittelu. (4, s. 12 - 13.)

Laitossuunnitteluprojekteilte on tyypillistä niiden laajuus ja suuret tietomäärät. Tämän vuoksi projektin tulee olla erittäin hyvin organisoitu ja johdettu, sillä kaikkien suunnittelualojen on kuljettava tietyn ennalta laaditun aikataulun ja projekti-suunnitelman rajoissa. Kuvassa 3 on havainnollistettu laitossuunnitteluprojektin tiedonkulku. (4, s. 12 - 13.)



KUVA 3. Laitossuunnittelun pääinformaation tiedonkulku (4, s. 12)

### 3.1 Laitossuunnittelun työtuntien jakautuminen

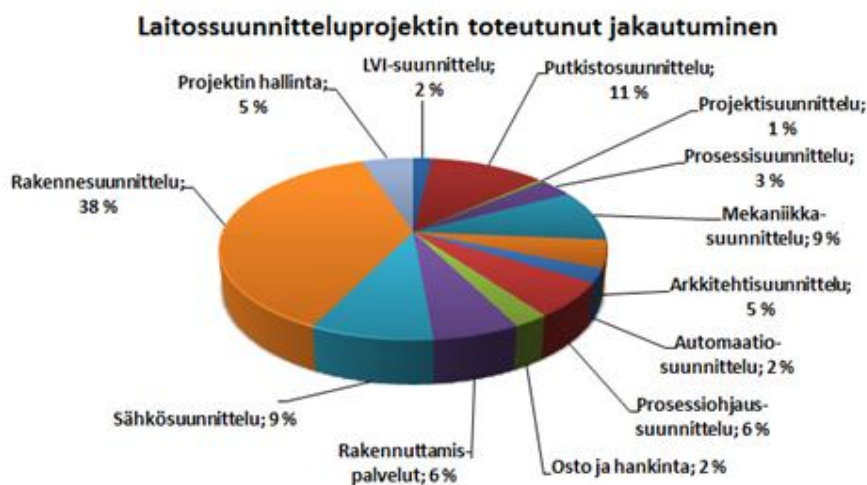
Laitossuunnitteluprojektit ovat hyvin erikokoisia ja toimialasta riippuen erityyppisiä, jolloin eri projektien vertailu suoraan on liki mahdotonta. Suunnittelun kannalta on kuitenkin mahdollista vertailla työtuntien jakautumista eri osa-alueiden välillä sekä suunnittelun osuutta kokonaiskustannuksista. (5.)

Myös vertailu pitkällä aikavälillä tapahtuneiden muutosten havaitsemiseksi antaa kuvan suunnitteluympäristön kehityksestä. Luvussa 3.2 on esitetty vertailun vuoksi laitosuunnitteluprojektin työtuntien jakautuminen ennen siirtymistä 3D-suunnitteluun.

#### 3.1.1 Laitossuunnitteluprojektin tarkastelu

Tarkastelussa käytetty laitosuunnitteluprojekti on suuri toteutusprojekti, joka sopii laajuudeltaan sekä ajankohdaltaan hyvin tarkastelun kohteeksi. Vaikka tunnusluvut ovatkin projektikohtaisia, saa niistä käsityksen projektin suuruusluokasta ja suunnittelutoiminnan luonteesta.

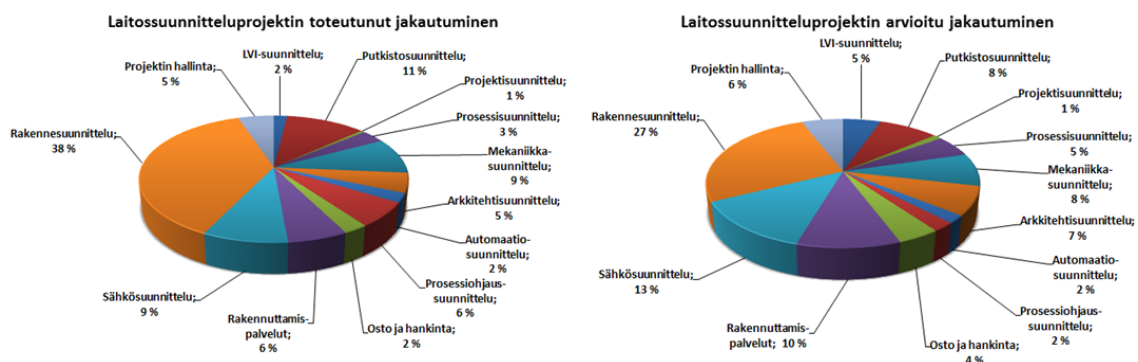
Esiselvitysvaiheessa projektin kokonaistyötunneista käytetään keskimäärin noin 10 %. Tähän osallistuvat yleensä kaikki suunnittelualat, vähintäänkin työmäärän arvioinnissa. Loput 90 % työtunneista käytetään varsinaiseen suunnittelutyöhön kuvan 4 esittämän jakauman mukaisesti. (5.)



KUVA 4. Laitossuunnitteluun käytettyjen työtuntien jakautuminen

Suunnittelutunteja laitossuunnitteluprojektissa eniten kuluu rakennussuunnitteluun (40 %,) joka kattaa rakennus- ja rakennesuunnittelun. Toinen suuri suunnitteluala on putkistosuunnittelu noin 10 % tuntimäärällä. Laitoksen layout-suunnittelu jakautuu useamman suunnittelualan kesken, mutta sisältyy pääosin mekaniikkasuunnittelun tuntimäärään.

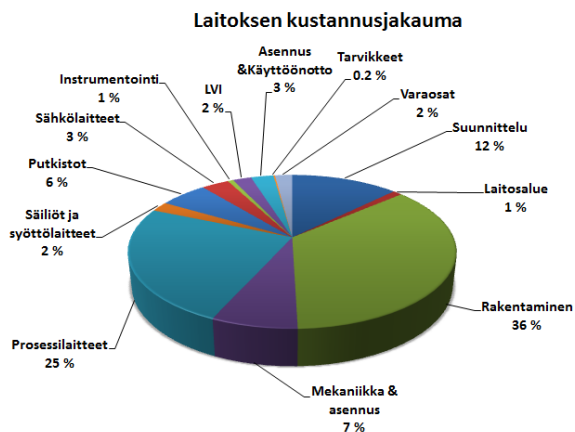
Kuvassa 5 on esitetty arvioidut ja toteutuneet työtuntimäärät. Projektin toteutuneiden tuntien suuri määrä projektin arvioituun kokoon nähden selittyy suurella lisätöiden määrällä, joista on sovittu projektin toteutuksen aikana. Se kuvastaa tilaajan muuttunutta tarvetta projektin aikana.



KUVA 5. Arvioidun ja toteutuneen työmäärän kuvaajat.

### 3.1.2 Laitosprojektin kustannusrakenne

Laitoksen kustannukset jakautuvat kuvan 6 mukaisesti. Suunnittelun osuus kokonaiskustannuksista on noin 12 %, joka on rakentamisen (36 %) ja prosessilaitteiden (25 %) jälkeen suurin kustannustekijä.



KUVA 6. Laitoksen kustannusjakauma

Suunnittelun toteutunut tuntijakauma on yhdenmukainen kustannusrakenteen kanssa. Prosessilaitteiden kustannukset rakentuvat vähäisen suunnittelutuntimäärän pohjalta, mikä selittää prosessisuunnittelun ja prosessilaitteiden suuren eron tarkasteltaessa toteutuneita suunnittelutuntimääriä ja niitä vastaavia kustannuksia valmiissa laitoksessa.

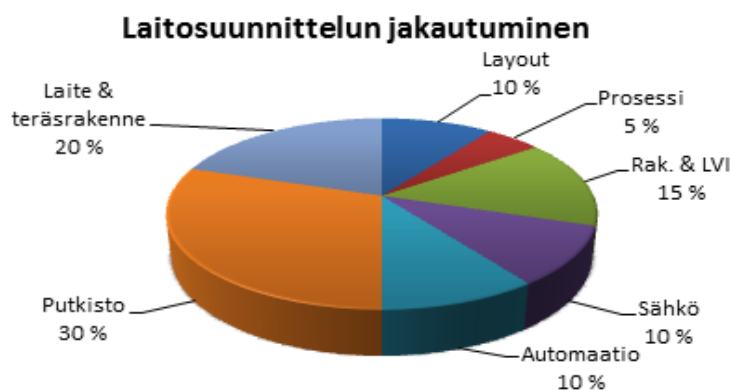
### 3.2 Laitossuunnittelun kehitys

Vertailun vuoksi on mielenkiintoista tarkastella laitossuunnittelua pidemmällä tarkasteluvälillä, jolloin saadaan kuva suunnitteluympäristön muutoksesta. Lähdeaineistoon perustuva analyysi perustuu tilastoihin ajalta, jolloin 3D-suunnittelu ei vielä ollut käytössä.

Laitossuunnittelun toimintaympäristö on muuttunut paitsi suunnittelutyökalujen myös prosessilaitosten osalta tehokkaampaan ja monipuolisempaan suuntaan. Tämä näkyy suunnittelussa entistä monipuolisempina tehtävinä, joissa tulee hallita teorian lisäksi eri suunnittelu- ja prosessilaitosympäristöissä toimiminen.

#### 3.2.1 Suunnittelun jakautuminen

Prosessilaitossuunnittelussa keskimääräisesti suurin osa-alue oli putkistosuunnittelu, joka kattoi noin 30 % laitossuunnitteluun käytetystä työtuntimäärästä. Seuraavaksi suurimmat osa-alueet olivat teräsrakennesuunnittelu ja rakennus-/LVI-suunnittelu, jotka olivat aikataulun kriittisellä polulla toisistaan vahvasti riippuvaisia. Suunnittelutuntien jakautuminen on esitetty kuvassa 7. (4, s. 13.)

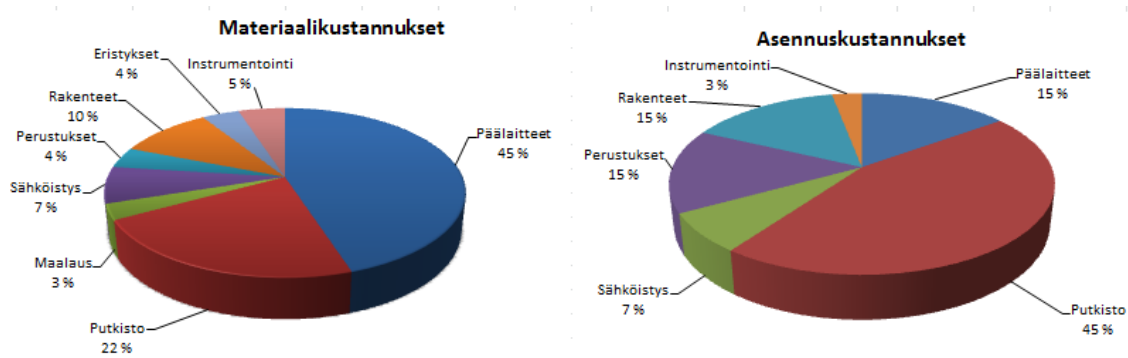


KUVA 7. Laitossuunnitteluun käytettyjen työtuntien jakautuminen (4, s.13.)

Työtuntien jakautumisesta suunnittelualojen kesken havaitaan, että putkisto-suunnittelun osuus on pienentynyt ja rakennesuunnittelun osuus kasvanut projektien välillä. Projektien erityyppisistä luonteesta seuraavia syitä on vaikea arvioida, mutta olennaisilta osin projektien työtuntien jakauma on pysynyt ennallaan.

### 3.2.2 Asennus- ja materiaalikustannusten jakautuminen

Valmiin laitoksen kustannusjakauma seuraa hieman eri linjaa kuin suunnittelukustannukset (kuva 8). Putkistot nousivat entistä tärkeämpään asemaan asennustyökustannusten osalta, joista putkistot kattoivat 40 - 50 %. Materiaalikustannuksista putkistojen osuus oli 20 - 25 %. (4, s. 13.)



KUVA 8. Valmiin laitoksen kustannusten jakautuminen (4, s.13)

## 4 LAITOSSUUNNITTELUN MALLINNUSOHJELMAT

Laitossuunnittelu koostuu useasta suunnittelun osa-alueesta, joilla kullakin on yleensä oma suunnitteluympäristönsä ja mallinnusohjelmansa. Suurin osa käytössä olevista suunnitteluohjelmista on tietomallipohjaisia, jolloin suunnittelun tuotos sisältää valmistuksen kannalta tärkeiden tietojen lisäksi myös projektinhallintaan liittyvää tietoa.

Tehokkaan suunnittelun peruslähtökohtana ovat tehokkaat suunnittelutyökalut sekä suoraviivainen ja ongelmaton yhteistyö suunnittelijoiden välillä. Myös tilaajan ja urakoitsijan tulee pystyä hyödyntämään suunnittelijoiden tietomalleja tehokkaasti. Ohjelmien ja tietomallien yhteensovittaminen on yksi tärkeimpiä tehtäviä suunnittelutoiminnan tehokkaan toiminnan kannalta.

Pöyryllä on yli 300 käyttöön hyväksyttyä suunnitteluohjelmaa ja periaatteessa asiakkaalla on vapaus valita mikä tahansa suunnitteluympäristö, mikäli näkee sen tarpeelliseksi. Luvut 4.2 – 4.5 esittelevät Pöyryn laitossuunnittelussa laajasti käytettyjä mallinnusohjelmia.

### 4.1 Rakennuksen tietomalli BIM

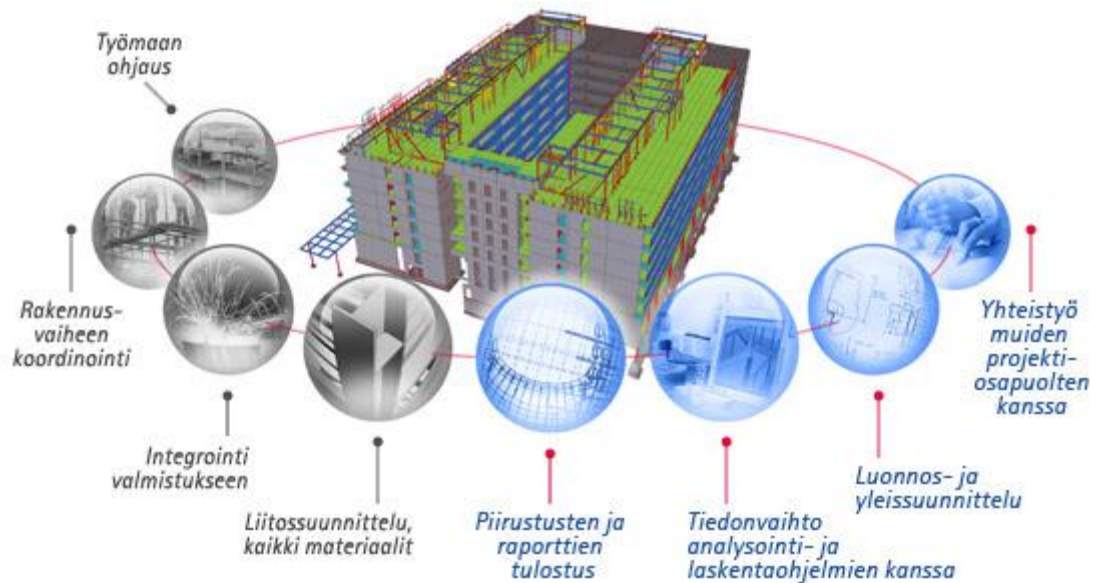
Tietomalli on tuotteen koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Kolmiulotteisen tietokonemallin tarkoituksena on koota kaikki tarvittava tieto yhteen, jotta tiedon hyödyntäminen on helppoa. Kukin yksittäinen tieto tallennetaan vain kerran, ja sitä voi hyödyntää koko suunnittelu- ja toteutusketju aina ylläpitoon saakka. Malli mahdollistaa erilaisten analyysien ja simuloitien tekemisen jo hankkeen varhaisessa vaiheessa. Tämä edesauttaa vaatimukset ja suunnittelunormit täyttävien, hyvin toimivien ja helposti rakennettavien kohteiden suunnittelua. (6.)

Perinteiseen dokumenttipohjaiseen toimintatapaan nähden hankkeen tiedot ovat hajallaan olevien piirustuksien ja raporttien sijaan tietomallissa, josta voidaan tulostaa aina kulloinkin tarvittavat dokumentit. Dokumenttien tietosisältö voidaan sovittaa vastaamaan kunkin käyttäjän tarpeita. Esimerkiksi työvaihe-



kohtaiset kuvat on helppo ottaa perinteistä piirustusta riisutummalla tietosisällöllä, mikä helpottaa ja nopeuttaa niiden tulkintaa ja käyttöä. (6.)

Tietomallin osille voidaan myös liittää tietoa esimerkiksi aikataulusta, hinnoista ja hankinnoista. Näiden tietojen avulla esivalmistus-, valmistus- ja rakentamisprosessit voivat hyödyntää mallin tietoja prosessin hallinnassa. Kuvassa 9 on esitetty rakennuksen tietomallin sisältö. (6.)

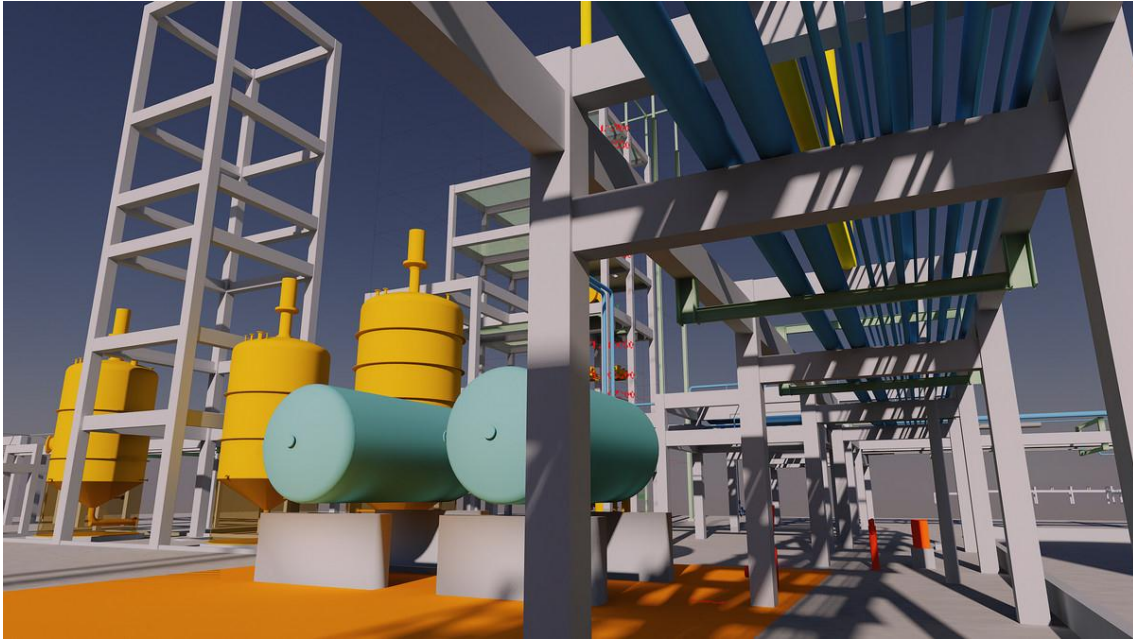


KUVA 9. Tietomallin sisältö (10)

## 4.2 Layout-suunnittelu

Layout-suunnittelulla tarkoitetaan kokonaisuuteen kuuluvien osien kuten rakennusten, prosessilaitteiden ja putkisiltojen sijoitussuunnittelua. Laitossuunnittelussa layout-suunnittelu jakautuu alue- ja laitoslayout-suunnitteluun. Laitoshankkeen kustannuksista merkittävä osa lyödään lukkoon layout-suunnitteluvaiheessa, joten siihen liittyy paljon valmistelutyötä. Varsinainen tekninen suunnittelu on suoraviivaista ja tapahtuu varsin nopeasti. (4, s. 21.)

Aluelayout-suunnittelussa määritellään alueen koordinaatisto, aluekorot, rakennusten ja putkisiltojen sijainnit, suojaetäisyydet, lastaus ja purkupaikat. Kuvassa 10 on 3D-aluelayoutnäkyvä, jossa on nähtävissä putkisilta ja prosessilaitteita.



*KUVA 10. 3D-tehdaslayout (7.)*

Tehdaslayout sisältää rakennusten sisällä olevien prosessilaitteiden tilajärjestyksen ja niiden tilavaraukset. Määriteltäviä kohteita ovat muun muassa laitekoordinaatisto, kerroskorot, laitteiden, putkiston, sähköistyksen, instrumentoinnin ja rakennustekniikan sijainnit ja tilavaraukset.

#### **4.2.1 Autodesk Plant 3D**

Autodesk Plant 3D on laitossuunnitteluohjelma, jolla on mahdollista tehdä standardiosakirjastoon tai spesifiseen mallinnukseen perustuvaa suunnittelua 2D- tai 3D-muodossa. Ohjelma sisältää toiminnot putkisto-, toimilaitte- ja tukirakennesuunnitteluun, PI-kaavioiden suunnitteluun sekä layout-suunnitteluun. (7.)

Plant 3D pohjautuu AutoCAD-ohjelmaan, ja siinä on yhteensovitus muihin Autodeskin tuoteperheen ohjelmiin. Tästä on hyötyä erityisesti laitesuunnittelun soveltamisessa putkistosuunnitteluun. Tuodut laitemallit voidaan määrittää laitteiksi, jolloin niiden putkiliitännät tunnustetaan kuten kirjastokomponenteissa.

#### **4.2.2 Aveva Plant**

Aveva Plant on laaja laitossuunnitteluohjelmisto, joka sisältää käyttöliittymät layout-suunnitteluun, PI-kaavioiden suunnitteluun, putkistosuunnitteluun, putkientuenta-/ kaapelihyllysuunnitteluun, laserkeilaukseen sekä putkiston lujuuslas-

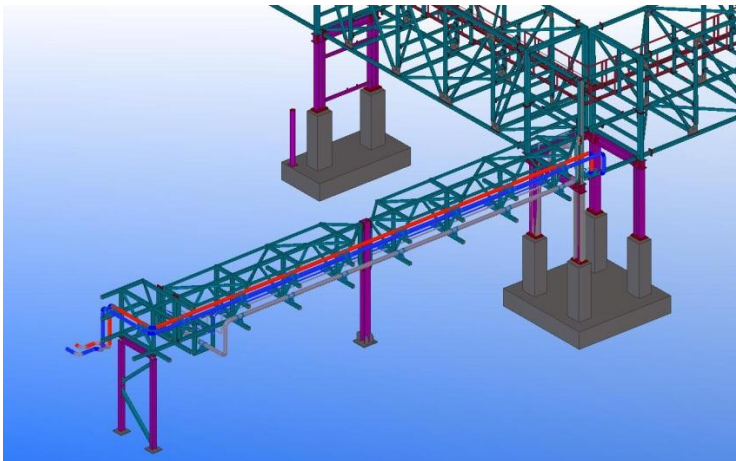
kentaan. Ohjelmiston käyttöliittymät koostuvat useista ohjelmista jotka ovat saatavilla myös erikseen, kuten Aveva PDMS, joka on putkistosuunnitteluun tarkoitettu ohjelma. (8.)

### 4.3 Rakennesuunnittelu

Rakennesuunnittelu käsittää laitoksen rakenneteknisen suunnittelun, sisältäen muun muassa rakennukset, putkisillat, prosessilaitteiden kantavat rakenteet, hoitotasot ja portaat. Suunnittelu sisältää rakennesuunnittelun, materiaalien valinnan, lujuustarkastelun, rakenteiden tuotantosuunnittelun, käyttöikä määrittelyn sekä määrälaskennan. (9.)

#### 4.3.1 Tekla Structures

Tekla Structures on kotimainen tietomallipohjainen suunnitteluohjelma, jota käytetään yleisesti teräs-, betoni- ja puurakenteiden suunnitteluun. Ohjelma tukee useimpia de facto -standardi tiedostomuotoja kuten CIS/2, DGN, DSTV, DWG, DXF ja IFC. Ohjelmasta voidaan tallentaa mallit suoraan NC-koneiden tuke-  
massa muodossa. Kuvassa 11 on Tekla Structures -ohjelmalla mallinnettu putkisilta. (10.)

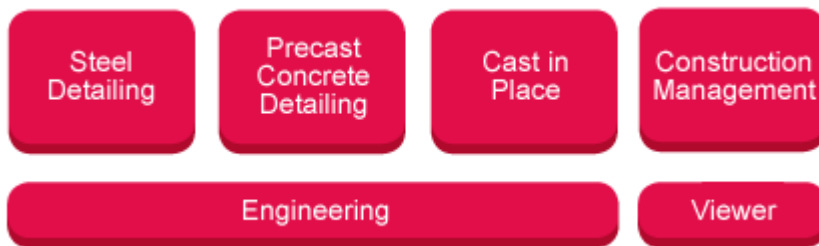


*KUVA 11 Teräsrakenteinen putkisilta*

Mallinnukseen käytetään pääasiassa standardiprofiileja ja kirjastokomponentteja, jolloin mallin ja tuotetiedon hallinta on usean käyttäjän malleissa helpompaa. Ohjelmalla voi luoda omia profiileja ja osia, mutta tätä käytetään vain erityista-

pauksessa. Kappaleiden väliset liitokset tehdään liitosmakroilla, joihin yleensä löytyvät valmiit lujuuslaskentamallit. (10.)

Ohjelman uusin käytössä oleva versio on 18.0, mutta käytössä on myös useita vanhempia versioita, johtuen projektien pitkästä kestästä ja käytännöstä, jossa projektit viedään loppuun samalla ohjelmaversiolla. Ohjelmassa on sovellukset teräs-, betonielementti- ja paikallavalusuunnitteluun. Kuvassa 12 on ohjelman sovellukset. (10.)



*KUVA 12. Tekla Structures sovellukset (10)*

#### **4.3.2 Autodesk AutoCAD**

Autocad-ohjelma oli ensimmäisiä tietokonepohjaisia suunnitteluohjelmia tullessaan markkinoille vuonna 1981. Nykyään ohjelma on edelleen käyttökelpoinen 2D-suunnittelussa, ja siitä on tullut uusi versio lähes vuosittain. Ohjelmaa käytetään lähinnä tietomalliohjelmilla luotujen piirustusten editointiin ja pienten projektien kuvien tuottamiseen, mikäli niistä ei perusteta tietomallia kuten yksittäiset betoniraidotteet pienissä laajennus- tai muutossuunnitelmissa. Lisäksi ohjelman paljon käytetty erikoispiirre on kokoonpanon tai laitemallin siirto origoon nähden, mikä on useassa muussa ohjelmassa tehty vaikeaksi, ellei jopa mahdottomaksi. (11.)

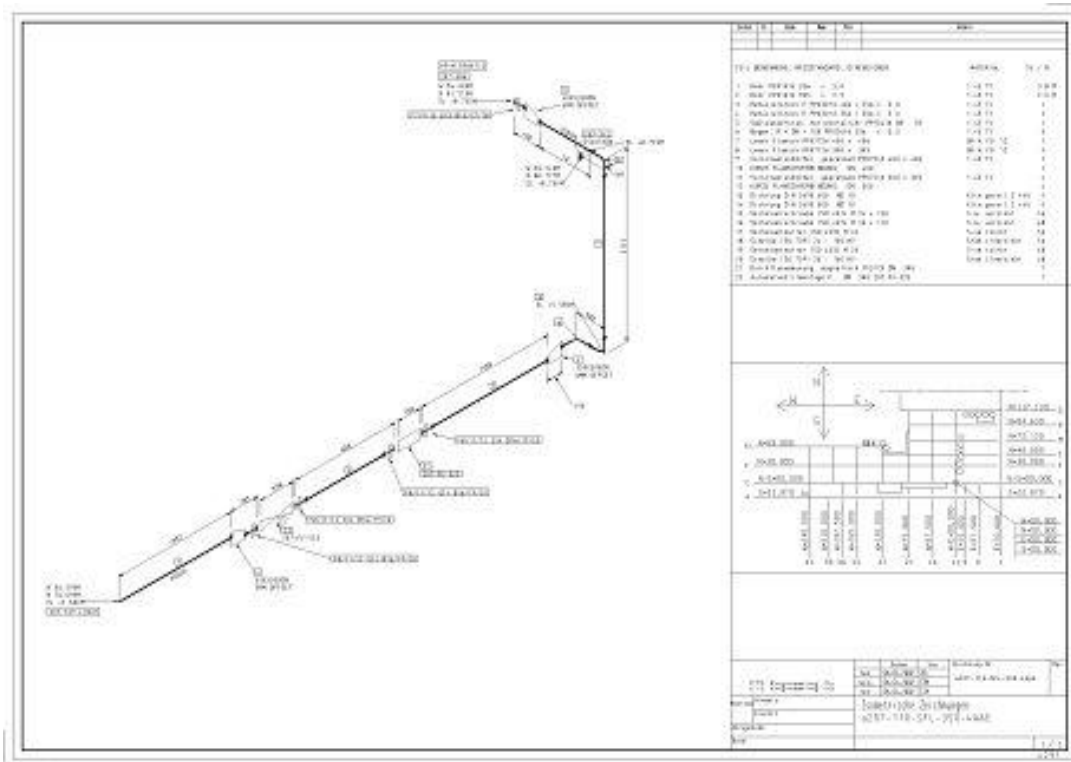
#### 4.4 Putkistosuunnittelu

Putkistosuunnittelu on laitossuunnittelun suurin osa-alue. Putkistosuunnittelu vaatii laajan tietämyksen virtaustekniikasta, virtaavien aineiden ominaisuuksista ja niiden vaikutuksista käytettäviin materiaaleihin. Putkistot voidaan jakaa toiminnan, virtaavan aineen tai olosuhteiden mukaan esimerkiksi lämmitys- ja ilmastointi-, kylmätekniisiin-, kaasu-, hydraulikka-, pneumatiikka-, kunnallistekniisiin, suspensio- ja vesihöyryputkistoihin. (4, s. 18 - 22.)

Putkistosuunnittelun tarkoituksena on tuottaa toimiva putkistojärjestelmä, joka kuljettaa prosessissa tarvittavat virtausaineet sekä laitteelta toiselle että tuotantolaitoksen ja varaston välillä. Putkistosuunnittelussa määritetään tehtävänjaosta riippuen virtauskaaviot, putkistoreitit, putkisto- ja laitetilavaraukset, putkistoluokat, paineluokat, lujuustarkastelut, käytettävät materiaalit ja mahdolliset painekoheet. (4, s. 18 - 22.)

Prosessisuunnittelun pohjalta saadaan yleensä lähtötiedot suunnittelun pohjaksi. Tärkeimmät lähtötiedot ovat PI-kaavio ja virtauskaavio, joiden perusteella putkistosuunnittelu voidaan toteuttaa. (4, s. 18 - 22.)

Putkistopiirustuksista käytetään nimitystä isometri, joka kuvastaa sen isometristä kolmi-ulotteista näkymää ja toimii sellaisenaan putkiston tai sen osan valmistusdokumenttina. Putkilinjan isometri on esitetty kuvassa 13. Putkistosuunnitteluun löytyy laajasti ohjelmia, ja usein ominaisuus on integroitu osaksi layout-suunnitteluohjelmaa, kuten Autodesk Plant 3D.



KUVA 13 Putkilyn isometri (13)

#### 4.4.1 Aveva PDMS

Aveva PDMS on osa Aveva Plant -ohjelmistosta, joka on tarkoitettu putkistojen ja kaapelihyllyjen suunnitteluun. Sillä voi mallintaa myös rakenteita ja laitteita tilanvaraustarkkuudella. Käytössä on laaja valikoima standardiosia ja valmistajien kirjastokomponentteja. Lujuustarkastelua varten ohjelmassa on liityntä Bentley Staad.pro -ohjelmaan, jolla itse laskenta voidaan suorittaa ilman erillistä laskentamallia. (12.)

Ohjelmassa on automaattinen isometriä luontimahdollisuus, jolloin mallinnetut osat ja putkistot osalistoituneen tulostuvat automaattisesti työkuviiksi. Tämä on käytännössä hyvin toimiva ominaisuus ja helpottaa suunnittelijan työtä huomattavasti. Useimmilla ohjelmilla suunnitteluajasta menee lähes puolet työkuviä editointiin ja vain harvoissa tapauksissa automaattinen kuvien muodostaminen toimii luotettavasti. (12.)

#### **4.4.2 Autodesk Plant 3D**

Layout-suunnitteluohjelmana esitelty Plant 3D -ohjelma toimii samassa laajuudessa myös putkistosuunnitteluohjelmana. Autodesk-ohjelmien hyvänä puolena on käyttöliittymien samankaltaisuus, eli käyttöliittymä on kaikissa ohjelmissa samanlainen. Plant 3D tukee laajaa tiedostomuotokantaa, mikä helpottaa referenssitietojen tuontia ja vientiä muiden ohjelmien välillä. Isometrien ja osalistojen tulostaminen on ominaisuuksiltaan Aveva PDMS -ohjelmaan verrattuna työlämpi, mutta toimiva työkalu. (7.)

#### **4.5 FEM-laskentaohjelmat**

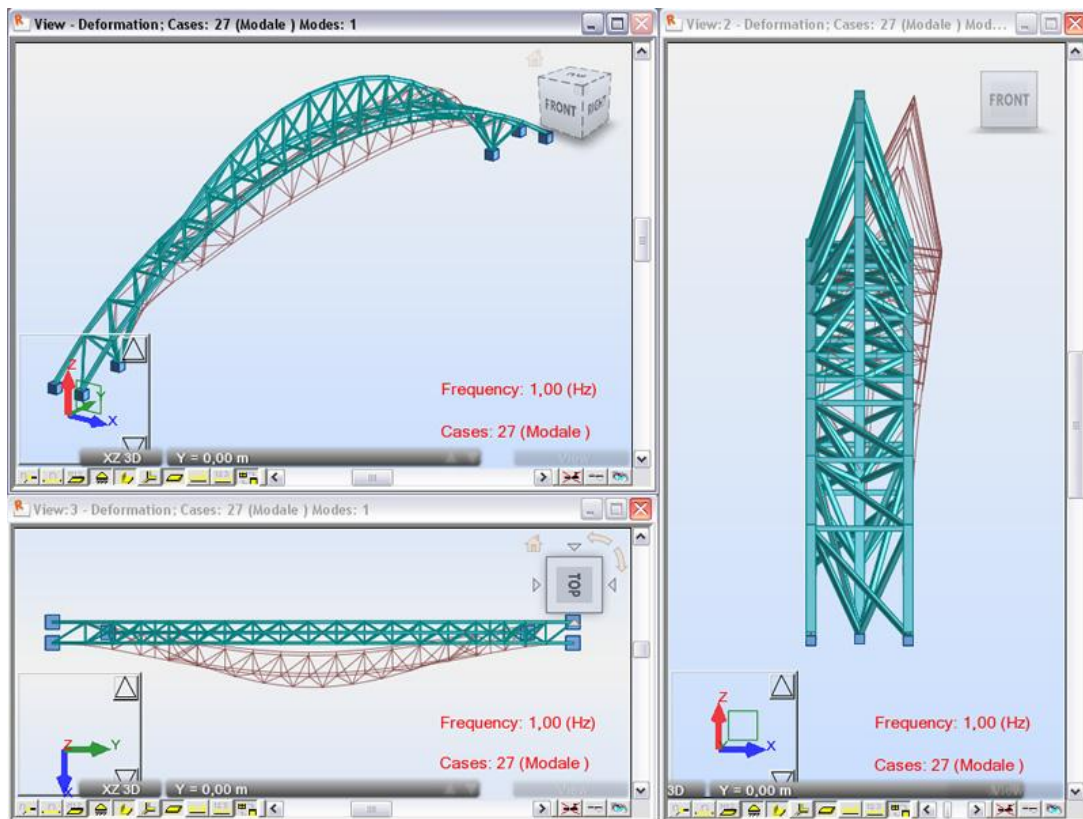
Rakenne-, ja putkistosuunnitteluun kuuluu merkittävänä osana myös lujuustekninen tarkastelu, joka tehdään yleensä erillisen laskentamallin avulla. Laskentamallin runko voidaan tuoda rakennesuunnitteluohjelmasta tai luomalla se suoraan FEM-ohjelmassa.

Laskentaan käytetään pääasiassa elementtimenetelmä-ohjelmia tai valmiita Mathcad-laskentamakroja. Yksittäisiä rakenteita tai liitoksia voidaan tarkastella myös käsin laskemalla, mitä tulisi kuitenkin välttää mahdollisuuksien mukaan. Syynä tähän on mahdollisten muutosten tuoma lisätyö ja usean käyttäjän tarvitsemat laskennan tulokset.

FEM-ohjelmien käytön näennäinen helppous luo riskin virheille, mikäli ei tiedetä tarkasti mitä ollaan laskemassa. Suunnittelijalla tulee olla riittävä pätevyys lujuslaskentaan ja ymmärrystä rakenteiden ominaisuuksista ja käytettävien ratkaisujen vaikutuksista kokonaisuuteen.

#### **Autodesk Robot Structural Analysis Professional**

Autodesk Robot on visuaalinen 3D-elementtimenetelmä ohjelma, jolla voidaan muodostaa laskentamalli 3D avaruuteen koordinaatiston avulla tai luomalla malli laskennan solmupisteiden mukaan. Ohjelma tukee myös DWG- ja DXF-tiedostomuotoja mikäli laskentamallin haluaa tuoda suoraan tietomallista. Yhteensopivuus on rakennettu lähinnä Autodeskin omia tuotteita varten. Kuvassa 14 on teräsrakenteen värähtelyanalyysi eri suunnista kuvattuna.(14.)



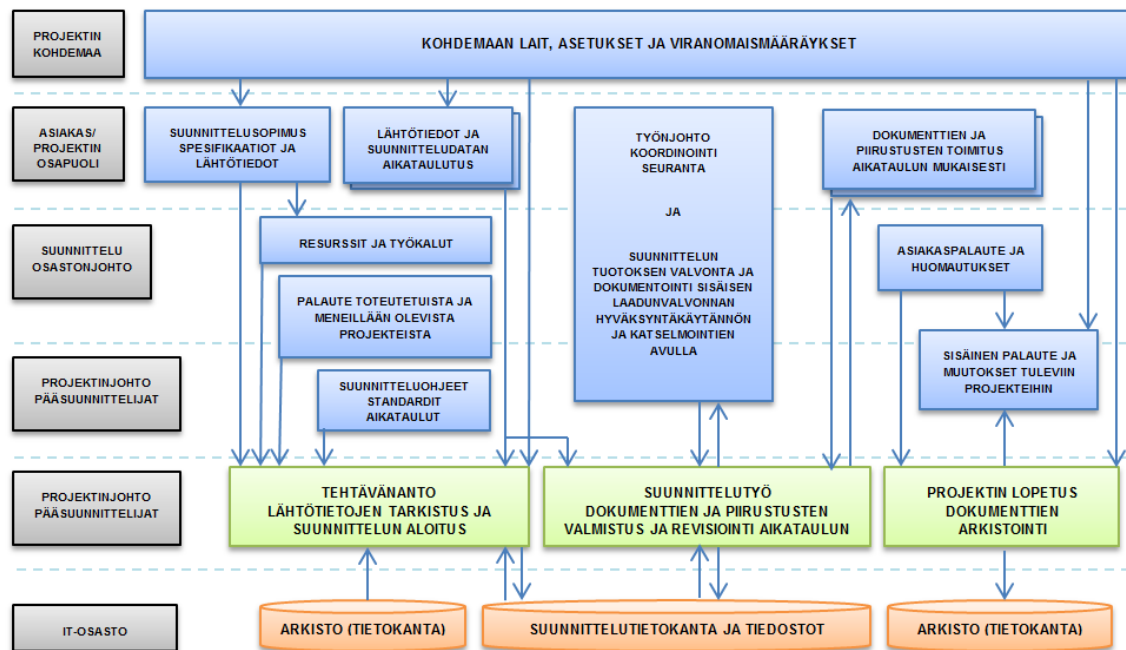
KUVA 14. Autodesk Robot laskentamalli (14)

Ohjelmassa on EN-1992-2: 2003 Eurocode mukainen laskentasäännöstö, joka on suunnittelun pohjana asettaen minivaatimustason rakenteille. Rakenteille voidaan tehdä lujuustarkastelut murtoraja-, käyttöraja-, tulipalo- tai onnettomuustilassa. Rakenteen optimaalisen suunnittelun kannalta tärkeässä osassa on laskentamallista saatava käyttöaste rakenneosille. (14.)



## 5 LAITOSSUUNNITTELUPROSESSI

Suunnitteluprojektin läpivienti jakautuu tyypillisesti kolmeen päävaiheeseen. Ensimmäinen vaihe on tehtävänanto ja projektin asetus. Toinen ja suurin kokonaisuus on itse suunnittelun toteutus eri suunnitteluosa-alueiden ja eri osapuolten yhteistyönä. Kolmas vaihe on projektin lopetus, johon liittyy dokumentoinnin arkistointi ja säilytys. Kuvassa 15 on esitetty tyypillinen suunnittelun työku-kaavio.(15.)



KUVA 15. Suunnitteluprojektin työku-kaavio (16)

### 5.1 Projektio rganisaatio

Projektin organisaatio riippuu projektin laajuudesta sekä työtuntimäärästä ja voi olla kooltaan muutamasta aina kymmeneen, jopa satoihin henkilöihin. Organisaatio pyritään sovittamaan aina kyseisen tehtävän mukaan ja siten pyrkimään mahdollisimman tehokkaaseen toimintaan. (5.)



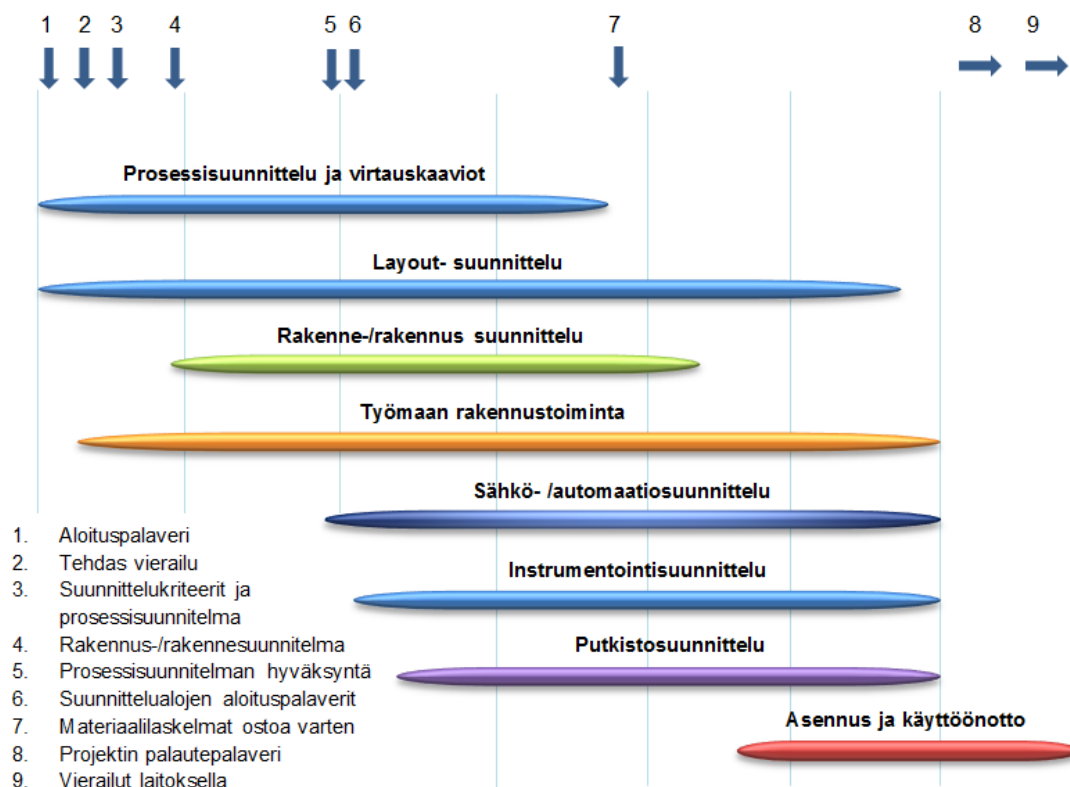
Työnjohdon tulee valmistella edellytykset seuraavalle työvaiheelle siten, että se voidaan aloittaa aikataulun mukaisesti. Työvaiheen alussa on varmistettava, että jokainen osallistuva ymmärtää työn tuloksen ja laadun vaatimukset. (15.)

### 5.3 Tehtävänanto ja projektin asetus

Suunnittelutoiminnan aloitus tapahtuu projektin aloituspalaverissa, jossa suunnitteluun osallistuville suunnittelualojen edustajille vahvistetaan tiedot projektiin kuuluvista suunnittelukohteista ja tehtävistä sekä projektille asetetuista tavoitteista ja laatuvaatimuksista.

Projektin avainhenkilöiden vastuualueet sekä niiden suunnittelutehtäviin tarvittavat resurssit määritellään. Myös projektissa käytettävät suunnitteluohjelmat, standardit ja ohjeet määritellään aloituspalaverissa. (17.)

Projektin aikataulu työn läpiviemisen sekä dokumenttitoimitusten osalta käydään välitavoitteineen läpi. Kuvassa 17 on esitetty periaate projektin aikataulusta. (17.)



KUVA 17. Suunnitteluprojektin aikataulu (17)

### **5.3.1 Suunnittelualakohtainen aloituspalaveri**

Suunnittelualakohtainen aloitus- ja laadun suunnittelupalaveri pidetään projektiin osallistuville henkilöille ja se pitää sisällään kyseisellä suunnittelualalla erityisesti huomioon otettavat seikat. Suunnitteluohjeet, projektistandardit ja asiakkaan laatuvaatimukset käydään läpi ja varmistetaan että ne ovat saatavilla projektikansiossa. (17.)

Aloituspalaverin tärkeys korostuu erityisesti silloin kun suunnitellaan laitosta tai prosessia, joita ei ennestään tunneta tai suunnitteluun osallistuvat henkilöt eivät ennestään tunne riittävän tarkasti prosessin asettamia vaatimuksia. (17.)

Edellisistä projekteista saadun palautteen tiedottaminen ja huomioon ottaminen on tärkeää mahdollisten tehtyjen virheiden välttämiseksi ja prosessin kehittämiseksi. Aloitus- ja laadun suunnittelupalaverin järjestämisestä vastaa kunkin suunnittelualan pääsuunnittelija yhteistyössä linjajohdon kanssa. (17.)

### **5.3.2 Lähtötiedot**

Suunnitteluprojektin lähtötiedot ovat erittäin tärkeässä asemassa erityisesti täysin uuden tyyppisissä kohteissa, joista suunnittelukokemusta ei ole. Lähtötietoja tarjoavat tyypillisesti suunnittelusopimus liitteineen, esisuunnittelu- tai edellisen suunnitteluvaiheen asiakirjat, tilaajan tekemät päätökset, aikataulut, suoritettavat alustavat päämäärät, toimittajilta saadut tiedot, tehdasstandardit, kohde- maan lait, asetukset ja viranomaisvaatimukset. (17.)

Projektiorganisaation keskeinen tehtävä on koordinoita ja hankkia suunnittelussa tarvittavia tietoja aikataulun ja toimitussopimusten vaatimalla tavalla. Käytännössä tästä vastaavat projektipäällikkö ja pääsuunnittelijat. Pääsuunnittelijat tarkastavat ulkoatulevien lähtötietojen oikeellisuuden ja riittävyyden. (17.)

Pääsuunnittelijat vastaavat oman suunnittelualansa ulkoatulleen dokumentaation säilyttämisestä projektinaikaisessa arkistossa, jonka sijainti on määritelty projektiohjeissa. Projektin päättyttyä materiaali säilytetään tai hävitetään sopimuksen mukaisesti. (17.)

Suurissa projekteissa myös ulkoatulleet dokumentit identifioidaan ja rekisteröidään dokumenttien hallintajärjestelmään. (17.)

Suunnittelussa tarvittavien tietojen vaihtoa, niiden laatua ja aikataulua seurataan koko suunnittelun ajan, ja mahdollista puutteista tai myöhästymisistä raportoidaan toimittajalle ja tarpeen vaatiessa tilaajalle, jotta varmistetaan aikataulusa pysyminen. (17.)

### **5.3.3 Tiedonkulku**

Tiedonkulku organisaation eri osien välillä on erittäin tärkeässä asemassa projektin onnistumisen kannalta. Organisaation sisällä kulkevaa tietoa ovat muun muassa projektiohjeet, asiakirjanumerot, lähtötiedot, suunnittelumallien siirrot, aikataulut ja muistiot.

Projektin alkuvaiheessa ajantasaiset lähtötiedot tulee olla jokaisen suunnittelijan saatavilla. Projektin edetessä kaikki tiedonkulku tulee olla suunnitelmallista ja ajantasaista, mutta samalla välitöntä. Virheellinen tieto yhdessä suunnittelumallissa, yhdellä suunnittelijalla, ei välttämättä aiheuta suurta ongelmaa. Mikäli virheellinen tieto on levinnyt useiden suunnittelijoiden käyttöön useissa suunnittelumalleissa, syntyy siitä huomattavia kustannuksia ja aikataulun muutoksia.

### **5.3.4 Tiedon siirto**

Suunnittelutyössä noudatetaan tietojen luovutuksen- ja vastaanottamisen suhteen sopimukseen kirjattuja ohjeita ja tietojenvaihto-ohjelmia. Suunnitteluosapuolten välisen vuorovaikutuksen tulee olla oikea-aikaista ja tapahtua tarkoituksenmukaisella tavalla. (18.)

Sisäinen tiedonsiirto tapahtuu henkilöiden välisissä keskusteluissa, projektikokouksissa sekä tietojärjestelmien ja normaalien projektiasiakirjojen välityksellä. Tiedonsiirron tulee olla välitöntä ilman byrokratiaa. Projektinjohto ja pääsuunnittelijat ovat vastuussa tiedonsiirron aktivoinnista ja koordinoinnista. (18.)

Ulkopuolinen tiedonsiirto pidetään pääsääntöisesti kyseisellä projektiorganisaatiotasolla. Lisäksi tilaaja ja projektin johto koordinoivat tarvittavan tiedon välittämistä yksityiskohtaisella tasolla. (18.)

### **5.3.5 Projektin ohjeistus**

Projektin suunnitteluohjeiston muodostavat laatujärjestelmän mukaiset yleiset suunnittelukäsikirjat, projektikohtaisesti laaditut projektiohjeet, projektistandardit ja referenssiprojektien loppuraportit sekä projektikuvaukset. (15.)

Projektipäällikkö kokoaa projektin alussa projektiohjekansion, jossa yksilöidään ja täydennetään yleisiä laatujärjestelmän suunnitteluohjeita kyseistä projektia varten. Projektipäällikön vastuulla on että projektiin osallistuvat henkilöt ovat tietoisia, missä heitä koskeva suunnitteluohjeisto on nähtävissä. (15.)

### **5.3.6 Standardit**

Projektistandardit määrittävät laitoksen rakenteiden, laitteiden ja käytettävien komponenttien laatutason sekä kohdemaan lait, asetukset ja viranomaisvaatimukset. Projektistandardit sovitetaan yhteen asiakkaan tehdasstandardin ja kohdemaan vaatimusten kanssa. Kukin suunnitteluala hankkii ja säilyttää oman erikoisalansa standardit ja tekniset ohjeet. (15.)

Laitossuunnitteluosaston teknillinen laskenta- ja standardisointijaos ylläpitää tarvittavia perusstandardeja ja ohjeita sekä osallistuu tarvittaessa projektistandardien laatimiseen ja ylläpitoon projektiohjeen mukaisesti. Muilla osastoilla projektistandardeista vastaa kyseisen erikoisalan pääsuunnittelija. (15.)

### **5.4 Suunnitteluvaihe**

Suunnitteluvaiheen aktiviteetit voidaan jakaa neljään luokkaan: esisuunnittelu- projektit, toteutusprojektit, tutkimus- ja kehitysprojektit asiakkaalle sekä sisäiset kehitysprojektit. (16.)

Pääsääntöisesti esisuunnitteluprojektit edeltävät varsinaista toteutusprojektia, ja siinä määritellään laitoksen prosessit ja layout pääosiltaan. (16.)

Toteutusprojektit ovat laajimpia kokonaisuuksia, joihin sisältyy paitsi paljon suunnittelua myös suuri taloudellinen panostus. Toteutusprojekteissa suunnitteluratkaisut ovat pääsääntöisesti sellaisia, jotka on todettu toimiviksi ja tarkoituksenmukaisiksi muissa vastaavissa laitoksissa. Itse suunnittelu on tuotantoluonteista, teknisten ratkaisujen soveltamista. (19.)

Mikäli projektiin sovelletaan uutta tekniikkaa, se toteutetaan yleensä tutkimus- / kehitystyyppisenä pilottiprojektina. Kehitysprojektit tehdään asiakkaan kanssa yhteistyönä, ja asiakas kantaa suuremman vastuun kuin normaalissa toteutusprojektissa. (19.)

Sisäiset kehitysprojektit liittyvät yleensä menetelmien ja työkalujen kehittämiseen yrityksen sisäisissä projekteissa tai yhteistyössä muiden osapuolten kanssa. (19.)

#### **5.4.1 Suunnittelun väli- ja lopputuotteet**

Projektin edetessä suunnittelun väli- ja lopputuotteina syntyy suunnitteluasiakirjoja ja piirustuksia, joiden perusteella toteutetaan määrätty kokonaisuus tai jatketaan suunnittelua seuraavassa vaiheessa. Suunnittelun tuottamat väli- ja lopputuotteet on yleensä määriteltävä sopimuksessa, ja näitä ovat tyypillisesti: piirustukset ja kaaviot, aikataulut, tekniset spesifikaatiot, hakemukset, laiteluettelot, hankintaerittelyt, käyttö- ja huolto-ohjeet, asennus ja testausohjelmat. (20.)

#### **5.4.2 Dokumenttien käsittely**

Projektin aikana piirustuksista ja dokumenteista pidetään rekisteriä, jossa ylläpidetään suunnitteluvaihe- ja revisiotiedot. Rekisteristä varataan piirustus- ja dokumenttinumerot tarpeen mukaan. Dokumenttien rekisteröinnistä ja arkistoinnista sovitaan projektikohtaisesti. (20.)

#### **5.4.3 Suunnittelumuutokset**

Luonnosvaiheessa tehdyt muutokset eivät vaadi dokumentin tai piirustuksen revision muutosta, eli eri versiot erotetaan toisistaan päiväyksen perusteella. Muutoksista tulee tiedottaa niitä henkilöitä, joihin muutos vaikuttaa. (21.)

Olellaisista suunnittelun poikkeustilanteista ja muutoksista pidetään suunnittelutyön aikana kirjaa, johon merkitään poikkeuksen tai muutoksen luonne, syy, mihin se kohdistuu ja päiväys sekä muutoksen tekijän nimimerkki. Poikkeustilanne on esimerkiksi pysähtynyt tai myöhästynyt suunnittelutyö. (21.)

#### **5.4.4 Suunnittelun todentaminen ja kelpuuttaminen**

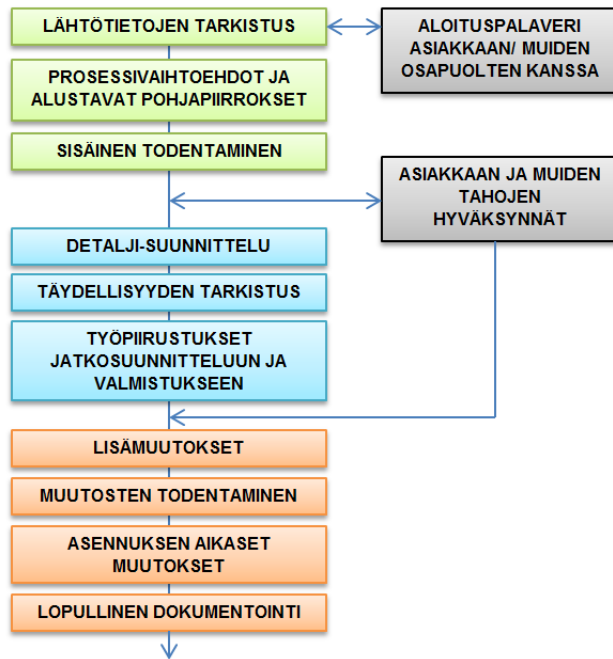
Suunnittelun todentamisella ja kelpuuttamisella tarkoitetaan suunnitelmien teknisen oikeellisuuden ja niiden sisällön kokonaisuuden tarkistamista. Tällä varmistetaan se, että suunnittelussa käytetään oikeita lähtötietoja ja projektikohtaiset vaatimukset on huomioitu sekä se, että suunnitelmat ovat virheettömiä. Todentamisessa suunnitelmaa arvioivat varsinaisten tekijöiden lisäksi asian luonteesta riippuen projektin muut pääsuunnittelijat tai asiantuntijat. (19.)

Todentamiset ovat projektipäällikön vastuulla, mutta todentamisen vastuuhenkilö ja kokoonkutsuja on aina pääsuunnittelija, kukin omalla suunnittelualallaan. Todentamiseen tulee tarpeen mukaan osallistua projektipäällikkö, muiden suunnittelualojen pääsuunnittelijat, linjaesimiehiä tai muita asiantuntijoita projektin ulkopuolelta. (19.)

Suunnittelu kelpuutetaan hyväksytyin todentamisen yhteydessä, ja kelpuutuksella varmistetaan, että suunnittelutulos täyttää määritellyt käyttäjän tarpeet ja vaatimukset ja että suunnitelmien mukaan toteutettu laitos ja sen prosessit ovat toimivia ja käyttökelpoisia. (19.)

Todentamisen päävaiheet ovat lähtötietojen tarkistaminen, sisäinen todentaminen, hyväksyttäminen tilaajalla, täydellisyyden tarkastaminen ja muutosten todentaminen. Todentamisen periaatekaavio on esitetty kuvassa 18. (19.)





KUVA 18. Todentamisen periaatekaavio (19.)

Pöyryn käyttämä standardi ISO9001:2000 määrittelee suunnittelun todentamisen seuraavasti:

”Suunnittelun todentaminen tulee suorittaa ennalta tehdyn suunnitelman mukaisesti sen varmistamiseksi, että suunnittelun tulokset täyttävät lähtötietojen vaatimukset.” (19.)

Pöyryn käyttämä standardi ISO9001:2000 määrittelee suunnittelun kelpuuttamisen seuraavasti:

”Suunnittelun kelpuuttaminen tulee suorittaa ennalta tehdyn suunnitelman mukaisesti sen varmistamiseksi, että tehty suunnittelu kykenee täyttämään määritellyt vaatimukset ja että suunnitelmien mukaan toteutettu tehdaslaitos prosesseineen sopii käyttötarkoitukseensa.” (19.)

#### 5.4.5 Lähtöarvojen todentaminen

Lähtöarvojen todentaminen tehdään yleensä aloituspalaverin yhteydessä, ja sillä tarkoitetaan tehtävänantoa suunnittelijalle kootun lähtöarvoaineiston ja suunnitteluohjeiden perusteella pääsuunnittelijan ja projektipäällikön toimesta. (19.)

#### **5.4.6 Sisäinen todentaminen**

Sisäinen todentaminen pitää sisällään sisäisen laaduntarkkailun ja varmistuksen, jota suoritetaan jatkuvasti projektin aikana katselmoinnein. Sisäinen todentaminen on erityisen tärkeässä asemassa valmistauduttaessa esittelemään suunnitelmia asiakkaalle tai luovutettaessa suunnitelmia projektin muille osapuolille. (19.)

Todentamisen yhteydessä suunnitelmia verrataan projektiohjeisiin, vastaavan laitoksen suunnitteluarvoihin ja ratkaisuihin, viranomais määräyksiin ja muuhun käytettävissä olevaan tietoon. Todentamisessa noudatetaan tarkastamisen ohjeeksi laadittuja tarkistuslistoja. (19.)

Suunnitelmien tekninen oikeellisuus on pyrittävä todentamaan mahdollisimman aikaisessa suunnittelutehtävän vaiheessa, ja niiden täydellisyys on todennettava tehtävän loppuvaiheessa. (19.)

#### **5.4.7 Suunnittelukatselmoinnit**

Suunnittelukatselmoineilla varmistetaan suunnittelun eteneminen sisällöllisesti ja laadullisesti tavoitteen mukaisesti, lähtötietojen riittävyys ja oikeellisuus, suunnitelmien yhteensopivuus, suunnittelun aikataulu ja siihen sisältyvät mahdollisuudet ja riskit. Suunnittelukatselmoointeihin osallistuvat kaikkien niiden alojen edustajat, joita asia koskee ja niitä voidaan toteuttaa myös yhteistyössä tilaajan, toimittajan tai muiden osapuolten kanssa. (19.)

Katselmoointien tulokset kirjataan suunnitteludokumentteihin tai suuremmista kokonaisuuksista kokousmuistioon sekä projektin laadunvarmistuslokiin. Tehdyistä päätöksistä jaetaan muistio asianosaisille. (19.)

Suurissa projekteissa suunnittelukatselmuksat sijoitetaan suunnitteluajankäyttöön tavoitteita tukeviin ajankohtiin. Suurissa projekteissa tyypillisesti katselmoitavia kohteita ovat esimerkiksi prosessisuunnittelu, kun kaaviot siirtyvät putkisto- ja instrumenttisuunnittelun käyttöön detaljisuunnittelun lähtöaineistoksi, aikataulusuunnittelu ennen detaljisuunnittelun aloittamista, putkistosuunnittelu ennen työpiirustusten julkaisua suunnitelmien teknisten ratkaisujen ja täydellisyys-

den suhteen sekä eri osapuolten suunnittelun ja tilankäytön koordinoimiseksi tai LVI-suunnittelu ennen detaljisuunnittelun aloittamista. (19.)

Pienissä ja esisuunnitteluprojekteissa katselmukset voidaan yhdistää sisäisiin palavereihin tai asiakaspalavereihin. Pienten erillispalvelujen osalta katselmointikäytännöissä noudatetaan samoja käytäntöjä, ja niistä yleensä sovitaan kunkin tapauksen edellyttämällä tavalla. (19.)

#### **5.4.8 Hyväksyttäminen tilaajalla**

Tilaaaja suorittaa valvontaa ja tekee päätöksiä projektikokousten yhteydessä tarkastamalla ja kommentoimalla tehtyjä suunnitelmia ja ehdotuksia. Tarkempien yksityiskohtien kohdalla voidaan pitää asiantuntijakokouksia, joihin ottavat osaa myös esimerkiksi vakuutusyhtiöiden, toimittajien tai tarkastuslaitosten edustajat. (19.)

#### **5.4.9 Täydellisyyden tarkastaminen ja muutosten todentaminen**

Suunnittelun täydellisyyden tarkastaminen ja suunnittelumuutosten todentaminen ovat pääsuunnittelijan vastuulla, ja nämä toimenpiteet suoritetaan koko suunnitteluvaiheen ajan katselmointien yhteydessä. (19.)

#### **5.4.10 Hyväksymisten kirjautuminen**

Hyväksynät kirjataan tarkastajan nimimerkillä ja päivämäärällä piirustuksen tai asiakirjan muutos- tai hyväksyntätaulukon. Todennettaessa piirustuksia tai prosessikaavioita korjattavat ja täydennettävät kohdat merkitään paperikopioihin värikynällä, jolloin syntyvät ns. punakynäversiot. Muutetut kohdat merkitään puhtaaksi piirrettäessä uuteen versioon muutospilvillä tai nuolilla. (19.)

#### **5.4.11 Suunnittelun kelpuuttaminen**

Esisuunnitteluprojekteissa tuotokset kelpuutetaan asiakkaalla ennen niiden valmistumista vertaamalla suunnitelmia ja laskelmia asiakkaan kokemuksiin ja muihin lähteisiin. Mikäli tiedot tukevat esisuunnittelun tuloksia, katsotaan esisuunnittelu kelpuutetuksi. (19.)

Toteutusprojekteissa kelpuutus tapahtuu projektin alussa asiakkaan hyväksytyinä käytettävät toteutuskonseptit. Kelpuutus kirjataan projektiasiakirjoihin. (19.)

Tutkimus- ja kehitysprojekteissa suunnittelun tulos kelpuutetaan koeprojektin valmistuttua ja dokumentoidaan työn tuloksena syntyvissä raporteissa käytettäväksi myöhemmissä tuotantolaitoksissa. (19.)

## **5.5 Projektin päättäminen**

Projektin päättyessä dokumentit selvitetään ja tarkastetaan arkistointia varten suunnittelusopimuksen mukaan. Kirjeenvaihdosta säilytetään oleellinen aineisto sisäisessä arkistossa. Piirustuksista ja dokumenteista säilytetään luetteloiden mukaiset versiot ja numeroimattomat dokumentit poistetaan. (15.)

3D-mallien tietokannat selvitetään erillisen ohjeen mukaisesti ja arkistoidaan. Asiakkaalle dokumenteista luovutetaan viimeisimmät rakennus- ja asennusvaiheen jälkeiset lopulliset versiot. (15.)

Projektin päätteeksi lasketaan sisäiset tunnusluvut tehokkuuden ja tuntimäärien selvittämiseksi. Asiakaspalaute sekä muiden projektiin osallistuneiden osapuolten palaute kerätään ja analysoidaan. (15.)

## **6 LAITOSSUUNNITTELUPROSESSIN ANALYSOINTI**

Vaikka jokaisesta projektista opitaan uutta ja tämä kokemus siirretään seuraaviin projekteihin, kehittyy myös laitossuunnittelu jatkuvasti niin menetelmien kuin ohjelmienkin suhteen, ja tämä tuo omat riskinsä projektien onnistumiselle. Riskien hallinnan ja toiminnan jatkuvan kehityksen edellytyksenä on, että nuo oman toiminnan heikkoudet voidaan havaita ja tiedostaa niiden korjaamiseksi.

### **6.1 Projektin perustaminen**

Suunnitteluprojekteissa on niiden laajuudesta ja niissä työskentelevien suunnittelijoiden määrästä riippuen vaihtelua siinä, kuinka täsmällisesti projektin perustamisvaiheen tehtävät on toteutettu.

Esimerkiksi projektin kansiorakenne tiedostojen tallennukseen ja lähtötietojen, muistioiden sekä projektipäiväkirjan löytämiseen on yleensä vakio, jolloin jokainen suunnittelija löytää oikeat tiedot helposti. Joissain tapauksissa kansiorakenne on luotu projektin edetessä ja ilman yhteistä ohjetta, jolloin tiedon etsimiseen menee aikaa, eikä tiedonhakijalle tule täyttä varmuutta siitä, onko kyseinen tieto ajan tasalla.

### **6.2 Tiedonkulku**

Tyypillisimmät riskit liittyvät jossain muodossa tiedonkulkuun, ja vaikutukset voivat usein olla hyvin vaikeasti selvitettävissä. Suunnittelun lähtötietojen varmistus on erittäin tärkeässä asemassa erityisesti silloin, kun suunnittelun tuloksia käytetään seuraavan suunnitteluvaiheen lähtötietoina.

### **6.3 Suunnittelun yhteistoiminta**

Suunnittelutoiminnan tehokkuutta laskevat heikkoudet liittyvät yleensä suunnittelualojen välisiin tehtävärajapintoihin, joilla tarkoitetaan aluetta, jossa kahden tai useamman alan suunnittelijat työskentelevät saman tehtävän parissa. Jos esimerkiksi putkistosuunnittelijan tehtävänä on putkilinjan ja primäärikannakkeiden suunnittelu ja samaan putkilinjaan liittyen on rakennesuunnittelijalla tehtävänä mallintaa sekundäärikannakkeet ja hoitotasot, on suuri riski, että suunnit-

telijat tekevät päällekkäistä työtä, mikä tarkoittaa ylimääräistä työtä ja tehokkuuden alenemista.

## **6.4 Ohjelmien yhteensopivuus ja tarkoituksen mukaisuus**

Suunnitteluohjelmia on käytössä kymmeniä ja eri versioineen jopa satoja. Niiden soveltuvuus tiettyyn suunnittelutehtävään voi olla pätevä syy niiden käyttöön, mutta ongelmat syntyvät yleensä ohjelmien yhteensopivuudessa. Eri suunnittelualojen ja osapuolten ohjelmien ja lähtötietojen sopivuus on varmistettava riittävällä ohjelmistokannalla. Mikäli suunnittelu toteutettaisiin aina yrityksen sisällä ilman ulkoisia liityntöjä, olisi mahdollista käyttää murto-osaa nykyisistä ohjelmista.

### **6.4.1 Mallien siirto**

Käytännössä jokainen suunnitteluohjelma luo oman mallinsa suunniteltavasta laitoksesta, jota kutsutaan natiivi-malliksi. Ohjelmien välillä tietoa vaihdetaan niin sanottuina referenssimalleina, jotka sisältävät vain pienen osan kokonaistietomäärästä. Ideaalitilanteessa kaikki suunnittelualat toimisivat samassa päämallissa, jonka tietokanta olisi yhteinen, mutta jaettu suunnittelualoittain ja tehtäväalueittain.

Valtaosa projekteista toteutetaan samoilla ohjelmilla kerta toisensa jälkeen, ja nämä muodostavat pääasiallisen liityntärajapinnan eri ohjelmien välisessä liikenteessä. Näiden ohjelmien välisen tiedonsiirron tulisi olla räätälöity mahdollisimman riskittömäksi ja ennalta määritellyksi.

Ohjelmien välisen tiedonsiirron tekee ongelmalliseksi yhteisen tiedonsiirtoformaatin puuttuminen ja ohjelmien eri mallinnusytimiin perustuva toiminta. Tästä johtuen siirrettävä tieto ei yleensä sisällä muuta kuin pinta- tai tilavuusmallin joita voidaan käyttää mitoitus-, tilanvaraus-, tai törmäystarkastelutarkoituksiin. Siirretystä tiedosta ei voida natiivi-mallin ulkopuolella tehdä valmistuspiirustuksia tai määrälaskelmia.

#### **6.4.2 Ohjelman tarkoituksenmukaisuus**

Suunnitteluun käytettävän ohjelman valintaan voi olla monta perustetta mutta usein valinta tehdään edellisten projektien kokemuksen perusteella. Mikäli suunnittelukohteesta on olemassa olevia malleja, jotka on tehty tietyllä ohjelmalla, käytetään niitä mahdollisesti jatkossakin.

Vanhemmilla ohjelmaversioilla suunnittelu luo omat riskinsä, varsinkin jos suunnitteluympäristö on suunnittelijalle vieras ja ohjelman tuki ei ole voimassa. Jossain tapauksissa vanha malli kannattaa suunnitella uudestaan eri suunnittelu-ympäristöön, jolloin sen ylläpito ja jatkosuunnittelu on helpompaa.

## **7 LAITOSSUUNNITTELUN KEHITYSKOhteita**

Suunnittelutoiminnan riskien ja heikkouksien havainnoinnin pohjalta luvussa 6 voidaan osoittaa eräitä toimintaan liittyviä huomioita, joita kehittämällä toiminnan tehokkuutta voidaan parantaa tai sen riskejä pienentää.

### **7.1 Projektin perustamisvaiheen tarkennukset**

Projektin perustaminen tulisi tapahtua jokaisessa projektissa saman yhteisen menettelytavan mukaan, jolloin vakioitaisiin tiedosto- ja kansiorakenteet sekä versiohallinnan ulkopuolella olevien tiedostojen, kuten lähtötietojen sijainti. Sama koskee myös kustannuspaikkarakennetta, joka joissain tapauksissa ei ole yksiselitteinen.

### **7.2 Tiedonkulun varmistaminen projektin aikana**

Tyypillisesti projektin aikana suunnittelun lähtötietoihin tulee tarkennuksia ja muutoksia, joiden tiedoksi saattaminen asianosaisille on haastavaa. Oikeiden ja ajan tasalla olevien lähtötietojen saatavuus on varmistettava projektin kuluessa. Periaatteessa kuka tahansa projektissa työskentelevä voi saada tiedon muuttuneesta lähtötiedosta, jolloin kyseinen henkilö on avainasemassa sen tiedon julkaisemisessa siten, että muut projektissa työskentelevät saavat sen käyttöönsä.

Menetelmiä tiedonkulun varmistamiseen on ollut käytössä useita, mutta edelleen tarvetta menetelmän kehittämiseen on. Projektiohjeissa tulisi olla selkeä kuvaus siitä, kuinka toimitaan suunnitteluun vaikuttavan tiedon vastaanottamisen yhteydessä.

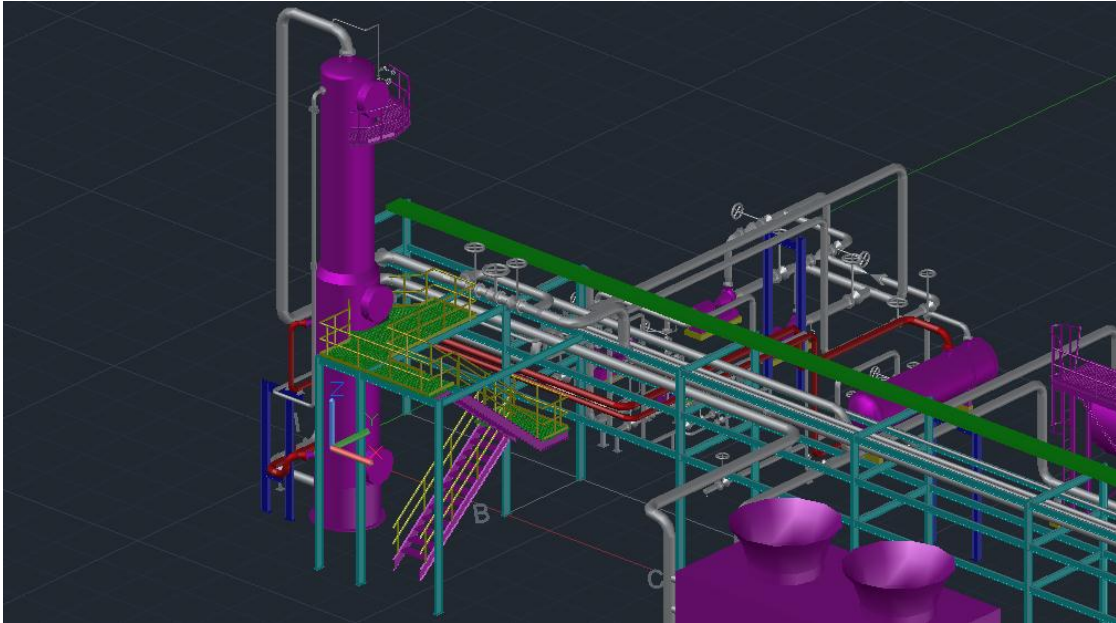
### **7.3 Suunnittelurajapintojen määrittely projektissa**

Projektiohjeissa tulisi olla määrittely koskien suunnittelurajapintoja. Tarkka määrittely suunnittelutehtävän rajoista auttaa vähentämään päällekkäistä suunnittelua ja selkeästi rajaa tehtävät suunnittelualojen välillä. Tarkennukset suunnitteluoheisiin voidaan tehdä projektikohtaisella dokumentilla, jossa olisi tarkennettu suunnittelutehtävien rajapinnat kyseisen suunnittelukohteen erityispiirteet huomioiden.



## Hoitotason sijoitusesimerkki

Kuvassa 19 on esitetty tilanne, jossa putkistosuunnittelija on mallintanut hoitotason, portaat ja kaiteet putkilinjassa olevan toimilaitteen vierelle. Mallinnus on tehty putkistosuunnittelumalliin, ja sen tarkoitus on vain osoittaa, mihin hoitotaso on tarkoitus sijoittaa.



*KUVA 20. Hoitotason sijoitus putkistomalliin*

Teräsrakennesuunnittelija mitoittaa ja suunnittelee siirretyn putkistoreferenssimallin mukaan kyseisen hoitotason, portaat, ja kaiteet rakennesuunnittelumalliin, josta niistä voidaan tuottaa valmistusdokumentit.

Edellä kuvatulla menettelyllä hoitotason rakenteet tulee mallinnetuksi kahteen kertaan ilman että siihen olisi tarvetta. Teräsrakennesuunnittelijalle lähtötiedoksi riittäisi putkilinjan referenssi ja tieto mitä toimilaitetta hoitotasolta on tarkoitus operoida.

## 7.4 Käytettävät suunnitteluohjelmat rakenne- ja laitossuunnittelussa

Rakennesuunnittelun tilanne suunnitteluohjelmien kannalta on hyvä, sillä käytössä on pääsääntöisesti Tekla Structures -ohjelma, jonka toiminnassa ei ole yleisesti moitittavaa. Yhteensopivuus muiden suunnitteluohjelmien kanssa perustuu yleisiin käytössä oleviin pintamallien tiedostomuotoihin.

Laitossuunnittelun osalta tilanne on haasteellisempi, koska käyttöön ei ole va-  
kiintunut yhtä selvästi muista erottuvaa ohjelmaa. Laitos- ja putkistosuunnitte-  
luun on käytettävissä useita eri ohjelmistovalmistajien tuotteita, joista Bentley  
Microstation, Aveva Plant & PDMS, Autodesk Plant 3D sekä Intergraph PDS ja  
uudempi Smartplant 3D ovat yleisimmin käytössä.

Edellä mainittujen ohjelmien toiminnassa on suuria eroja, etenkin niiden yh-  
teensovittamisessa muiden suunnitteluohjelmien kanssa. Opinnäytetyöhön liit-  
tyen perehtyminen ja arviointi rajoittui Aveva PDMS:llä ja Autodesk Plant 3D:llä  
toteutettuihin suunnitteluprojekteihin.

## **7.5 Laitossuunnitteluohjelmien arviointi**

### **Aveva PDMS**

Aveva PDMS on hyvin laitos- ja putkistosuunnitteluun soveltuva ohjelma, jonka  
ominaisuuksia on räätälöity Pöyryn toiveiden mukaiseksi laite- ja materiaalikir-  
jastojen sekä ohjelman asetusten osalta. Ohjelman yhteensopivuus rakenne-  
suunnittelun käyttämän Tekla Structures -ohjelman kanssa on toimivaa. Suuris-  
sa suunnitteluprojekteissa, joissa on tarvetta siirtää useita referenssimalleja oh-  
jelmien välillä, on Aveva PDMS suositeltava laitosuunnitteluohjelma.

### **Autodesk Plant 3D**

Autodesk Plant 3D perustuu AutoCAD-ohjelmaan ja sen toiminta on useimmille  
suunnittelijoille helppo oppia. Ohjelman hyviä puolia on sen yhteensopivuus  
muiden Autodesk-ohjelmien kanssa. Esimerkiksi Autodesk Inventor 3D:llä mal-  
linnettujen laitteiden siirto Autodesk Plant 3D -malliin onnistuu piirteiden tunnis-  
tus-toiminnolla, jolla esimerkiksi säiliöön mallinnetut yhteet tunnistetaan, ja nii-  
hin voidaan liittyä putkilinjalla.

Ohjelman rajoitukset ja toiminnan heikkoudet liittyvät itse ohjelmiston raskaa-  
seen toimintaan. Pintamalleina lisätyt referenssimallit hidastavat näytönkäsitte-  
lyn erittäin hitaaksi ja johtavat usein ohjelman kaatumiseen. Myös tietyistä oh-  
jelmista siirretyt 2D-mallit aiheuttavat ohjelman kaatumisen. Mikäli Autodesk  
Plant 3D -ohjelmaa käytetään putkistosuunnitteluun referenssimallien kanssa,  
on ne yleensä siirrettävä esimerkiksi Navisworks-ohjelmaan tarkastettavaksi.

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää laitossuunnitteluprosessia, mikä aiheena oli haastava, mutta mielenkiintoinen ja edellytti perehtymistä useisiin eri suunnittelutehtäviin ja suunnitteluohjelmiin. Perehtyminen tapahtui käytännön suunnittelussa useissa eri projekteissa ja eri suunnittelutehtävissä. Työn haasteellisuus selvisi jo laadittaessa lähtötietomuistiota, johon kirjattiin päätavoitteeksi laitossuunnittelun kehittäminen. Aihealuetta rajattiin koskemaan rakenne- ja putkistosuunnittelua, joiden yhteenlaskettu työmäärä yleensä kattaa yli puolet laitossuunnitteluprojektin työmäärästä.

Kehityskohteiden selvittämistä ohjattiin työn aikana koskemaan pääosin työssä käsiteltyjä aiheita. Suurin haaste oli suunnitteluohjeisiin ja eri suunnittelualojen suunnitteluohjelmiin perehtymisessä, minkä pohjalta laitossuunnitteluprosessin kehittäminen oli tavoitteena.

Kirjallisia lähteitä laitossuunnittelusta ei yllätyksekseni ollut saatavilla tai ne olivat 1970-luvulta ja vastasivat huonosti nykypäivän laitossuunnittelua. Aineistona käytettävissä oli yrityksen suunnitteluohjeet ja ohjelmistovalmistajien materiaalit. Suurin painoarvo oli kuitenkin projekteista kerätyillä kokemuksella yhdistettynä muiden suunnittelijoiden kokemukseen.

### 8.1 Työn tarkoitus

Tarve laitossuunnitteluprosessin kehittämiseksi on jatkuva, sillä jokaisesta projektista opitaan uutta, ja tämän kokemuksen tulisi siirtyä yrityksen sisällä suunnittelijoiden käyttöön mahdollisimman tehokkaasti. Toimialan kehittyessä suunnittelun on oltava askeleen edellä, jotta kehityksessä pysytään mukana.

Tavoitteena oli parantaa laitossuunnittelun tehokkuutta kehittämällä suunnittelun toimintatapoja ja arvioimalla suunnitteluohjelmien kyvykkyyttä kyseiseen tehtävään sekä optimoimalla ohjelmien välillä vaihdettavien tietojen määrä si-  
dottuna projekti- aikatauluun. Lähtötietomui-  
stioon projektin alkuvaiheessa on kirjattu työn tavoite yksityiskohtaisemmin kuin olisi ollut tarpeen, sillä tavoitteen

määritys tarkentui työn edetessä jossain määrin eri kohteisiin kuin alun perin oli ajateltu.

## **8.2 Tulokset**

Työn tuloksina saadut arviot tehokkuudesta ja esitykset kehityskohteista ovat linjassa työn aikana tarkentuneiden tavoitteiden kanssa. Tuloksista käy ilmi, että jo verrattain lyhyen perehtymisen pohjalta kehityskohteita oli mahdollista osoittaa.

Laitossuunnitteluprosessin analysoinnissa keskityttiin lähinnä suunnittelijoiden kokemusperäisiin huomioihin ja kokemuksiin. Ensisijaisesti pyrittiin osoittamaan kehityskohteet niistä toimintatavoista ja suunnitteluohjelmien puutteista, jotka oli mahdollista käytännössä osoittaa. Tiedonkulun ongelmat, suunnittelun rajapintojen määritys ja suunnitteluohjelmien soveltuvuus ovat aiheita, joihin ei ole löydettyvissä yhtä ainoaa vastausta, vaan niihin on haettava ratkaisua projektikohtaisesti.

Suunnittelun tehokkuuteen vaikuttavat olennaisesti kaikki sellaiset ajankäyttöön liittyvät tekijät, jotka eivät kuulu suoranaisesti kyseiseen suunnittelutehtävään. Esimerkiksi suunnitteluohjelmiin liittyvät ongelmat, kuten tiedostotyyppien yhteensopimattomuus, ohjelmien hitaus ja komponenttikirjastojen puutteet voivat viedä huomattavan määrän suunnitteluun tarkoitettua työajasta.

Laitossuunnitteluprosessin tehokkuuden mittaaminen on arvioitavissa vain toteutettujen projektien tunnusluvuista, joita ei kaikkia tarkasteltavasta projektista ollut saatavilla työn toteutuksen aikataulussa. Suunnittelutehokkuuden mittaaminen olisi jo itsessään hyvä opinnäytetyön aihe.

Kehityskohteet on pyritty esittämään mahdollisimman yleisessä muodossa, jotta ne soveltuisivat mahdollisimman moneen vastaavaan tilanteeseen. Suunnitteluprojektien luonteen ja laajuuden suuren vaihtelun vuoksi ovat myös kehityskohteet ja mahdollisuudet eriluonteisia.

Kokonaisuutena laitossuunnittelun toiminta, ohjeistus ja suunnitteluohjelmat ovat hyvällä tasolla. Projektikohtaisesti on kuitenkin syytä kiinnittää huomiota toiminnan säännönmukaisuuteen. Jokaisen projektin perustamisvaiheen tehtävät tulisi hoitaa sovitun toimintaohjeen mukaisesti, jolloin edellisistä projekteista opitut asiat olisi helppo siirtää seuraavaan projektiin jo sen perustamisvaiheessa ja sama kokemus päivittyisi jokaiseen projektiin niiden koosta riippumatta.

## LÄHTEET

1. Pöyry in brief. 2011. Saatavissa: <http://www.poyry.com/about-poyry/poyry-brief>. Hakupäivä 29.9.2012.
2. Pöyry toimialat & palvelut. 2011. Saatavissa: <http://www.poyry.fi/toimialat-palvelut>. Hakupäivä 29.9.2012.
3. Pöyry Suomessa. 2011. Saatavissa: <http://poyry.fi/poyry-suomessa/poyry-suomessa/historia>. Hakupäivä 29.9.2012.
4. Kesti, Marko 1992. Teollisuusputkistot. Helsinki: VAPK-kustannus
5. Pasma, Reijo 2012. Osastonjohtaja, Pöyry Finland Oy. Haastattelu 13.12.2012.
6. RIL tietomallinnus. 2012. Saatavissa: <http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>. Hakupäivä 9.10.2012.
7. Autodesk Autocad Plant 3D. 2012. Saatavissa: <http://usa.autodesk.com/autocad-plant-3d/>. Hakupäivä 11.10.2012.
8. Aveva software for Plant Engineering and Design. 2012. Saatavissa: <http://www.aveva.com/plant>. Hakupäivä 11.10.2012.
9. SKOL Toimialaryhmittely ja -määritelmät. 2012. Saatavissa: [http://www.skolry.fi/liitto/skolin\\_jasenyys/toimialaryhmittely](http://www.skolry.fi/liitto/skolin_jasenyys/toimialaryhmittely). Hakupäivä 12.10.2012.
10. Tekla BIM. 2012. Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/products/tekla-structures/Pages/Default.aspx>. Hakupäivä 12.10.2012.
11. Autodesk Our story. 2012. Saatavissa: <http://www.autodesk.co.uk/adsk/servlet/index?siteID=452932&id=16032897>. Hakupäivä 11.10.2012

12. Aveva Solutions for the Plant Industries. 2012. Saatavissa:  
[http://www.aveva.com/en/Products\\_and\\_Services/AVEVA\\_for\\_Plant.aspx](http://www.aveva.com/en/Products_and_Services/AVEVA_for_Plant.aspx).  
Hakupäivä 11.10.2012
13. Vertex Putkistot ja isometrit. 2012. Saatavissa:  
[http://www2.vertex.fi/web/fi/putkistot\\_ja\\_isometrit](http://www2.vertex.fi/web/fi/putkistot_ja_isometrit). Hakupäivä: 12.10.2012
14. Autodesk Robot Structural Analysis Professional. 2012. Saatavissa:  
<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/item?siteID=123112&id=19683876>.  
Hakupäivä: 11.10.2012
15. Pöyry QM suunnittelu: suunnitteluohje. Sisäinen dokumentti. Pöyry .
16. Pöyry QM suunnittelu: Työnkulku. Sisäinen dokumentti. Pöyry Oyj.
17. Pöyry QM suunnittelu: Tehtävänanto ja työn aloitustoimenpiteet. Sisäinen dokumentti. Pöyry Oyj.
18. Pöyry QM suunnittelu: Tiedonsiirto. Sisäinen dokumentti. Pöyry Oyj.
19. Pöyry QM suunnittelu: Todentaminen ja kelpuuttaminen. Sisäinen dokumentti. Pöyry Oyj.
20. Pöyry QM suunnittelu: Suunnittelun väli- ja lopputuotteet. Sisäinen dokumentti. Pöyry Oyj.
21. Pöyry QM suunnittelu: Suunnittelumuutokset. Sisäinen dokumentti. Pöyry Oyj.



## LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä <sup>1</sup> Joni Hannula 040-5266583 joni.hannula@poyry.com (t9hajo00@students.oamk.fi)	Tilaja <sup>2</sup> Pöyry Finland Oy
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot <sup>3</sup> Mirko Keränen Pöyry Finland Oy Tutkijantie 2E 90590 Oulu mirko.keranen@poyry.com	
	Työn nimi <sup>4</sup> <b>Laitos-suunnittelun tehokkuuden optimointi 3D-mallinnuksessa</b>	
	Työn kuvaus <sup>5</sup> Työssä pyritään optimoimaan laitossuunnittelun tehokkuus rajaamalla suunnittelutehtävät rakenne/lujuuslaskenta-, layout- ja putkistosuunnittelussa, sekä määrittämään tarvittavat lähtötiedot ja ideaalisen aikataulun eri suunnitteluvaiheille. 3D-mallinnuksessa eri ohjelmien välillä siirrettävien mallien/referenssien optimaalinen määrä sidottuna suunnittelu-aikatauluun.	
	Työn tavoitteet <sup>6</sup> Luoda toimintamalli laitos-suunnittelulle jossa suunnitteluvaiheet on aikataulutettu siten, että päällekkäistä suunnittelua ei synny ja tarvittavat mallien siirrot ohjelmien välillä tapahtuvat oikea-aikaisesti. Määrittää rajapinta putkistosuunnittelun ja rakennesuunnittelun välille, päällekkäisen suunnittelun välttämiseksi. Suunnittelun kokonaistehokkuuden parantaminen.	
	Tavoiteaikataulut <sup>7</sup> Opinnäytetyön laskennallinen työmäärä vastaa 3 kuukauden työaikaa eli (160h*3)=480h. Työn suoritus tapahtuu työaikana harjoittelun rinnalla elokuun loppuun saakka, jonka jälkeen jatkosta sovitaan erikseen.	
Päiväys ja allekirjoitukset <sup>8</sup> 04/07/2012 Oulu Tekijän allekirjoitus		04/07/2012 Oulu Tilaaajan allekirjoitus
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.</li> <li>2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.</li> <li>3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.</li> <li>4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.</li> <li>5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.</li> <li>6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.</li> <li>7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.</li> <li>8. Lähtötietomuuisto päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö</li> </ol>		