



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Merja Liwand

Tulevaisuuden suunnittelutyökalut pro- sessisuunnittelun näkökulmasta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

27.1.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Merja Liiwand Tulevaisuuden suunnittelutyökalut prosessisuunnittelun näkökulmasta 41 sivua + 1 liite 27.1.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	Kemiantekniikka
Ohjaajat	Prosessisuunnittelija Tiina-Liisa Tillander Lehtori Timo Seuranen
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli vertailla eri tietokantapohjaisten suunnitteluohjelmistojen ominaisuuksia ja löytää Sweco Industry Oy:lle ensisijaisesti kemian prosessisuunnittelun näkökulmasta vaihtoehtoja tulevaisuuden suunnittelutyökaluista. Työssä tutkittiin myös eri suunnitteluosastojen välillä tapahtuvaa tiedonsiirtoa ja sitä, kuinka se voidaan toteuttaa eri ohjelmistoilla.</p> <p>Työssä haastateltiin prosessi-, putkisto- sekä automaatio- ja instrumentaatio-suunnittelun työntekijöitä heidän käyttämistään suunnitteluohjelmistoista. Haastatteluiden tarkoituksena oli kartoittaa, minkälaisia ominaisuuksia työssä käytetyillä ohjelmistoilla on ja minkälaisia vahvuuksia sekä haasteita niistä löytyy. Haastatteluista saatiin myös työntekijöiden näkemyksiä siitä, minkälaisia ominaisuuksia suunnitteluohjelmistoilta vaaditaan tulevaisuudessa.</p> <p>Työssä verrattiin haastatteluiden perusteella AutoCAD P&ID, AVEVA Diagrams, Vertex G4PI ja SmartPlant P&ID -ohjelmistoja toisiinsa. Näistä ohjelmistoista valittiin toteutettavaan pilottiprojektiin AVEVA Diagrams ja AutoCAD P&ID. Näiden lisäksi pilottiprojektissa käytettiin AVEVA Engineering -ohjelmistoa. Pilottiprojektin tarkoituksena oli selvittää, kuinka AVEVAN tuotteiden integraatiota voidaan hyödyntää eri suunnitteluosastojen välillä sekä kuinka ohjelmistot käytännössä toimivat. Pilottiprojektissa verrattiin AVEVAN tuotteita AutoCAD P&ID:iin.</p> <p>Työn antoi tuloksia ja johtopäätöksiä siitä, että AVEVAN tuotteet ovat edistyneempiä sisäisen integraation osalta, kun niitä verrattiin AutoCAD P&ID:iin. Tietokannan ylläpito oli AVEVAN tuotteilla sujuvampaa ja piirtäminen oli pääasiassa yhtä vaivatonta kuin AutoCAD P&ID:ssä.</p> <p>Tulevaisuudessa AVEVAN tuotteilla on paljon mahdollisuuksia tuoda yhtenäistä sekä tehokkaampaa projektityöskentelyä Sweco Industry Oy:lle. Nämä mahdollisuudet nähdään hyviksi erityisesti suurien useampia suunnitteluosastoja työllistävien projektien yhteydessä.</p>	
Avainsanat	suunnitteluohjelmisto, prosessisuunnittelu, tietokanta

Author Title	Merja Liiwand Future Design Software for Process Design Engineers
Number of Pages Date	41 pages + 1 appendices 27 January 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Bio and Chemical Engineering
Professional Major	Chemical Engineering
Instructors	Tiina-Liisa Tillander, Process Design Engineer Timo Seuranen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this bachelor's thesis was to compare the differences between different data-driven design software solutions. The thesis was done for Sweco Industry Oy, and the aim was to find future design software alternatives for the process design department. This thesis also studied how the design information is transferred between different design departments when working with the design software.</p> <p>To discover which design software solutions were in use at the company, an interview was conducted among the designers. The interview included designers from process, plant, automation and instrumentation departments. The interviews indicated which design software solutions have been used, how the interviewees have experienced their use and what sort of features the design software should have.</p> <p>The design software solutions that were compared to each other included AutoCAD P&ID, AVEVA Diagrams, Vertex 4GPI and SmartPlant P&ID. From these software solutions, AutoCAD P&ID and AVEVA Diagrams were selected to execute a pilot project. AVEVA Engineer was also used in the pilot project. The purpose of the pilot project was to discover what kind of features the AVEVA software solutions have and how the software integration works across the departments. Features of the AVEVA software solutions were compared to those of AutoCAD P&ID.</p> <p>The results of this thesis indicated that AVEVA software solutions are more advanced than AutoCAD P&ID when it comes to software integration. The maintenance of the database was more fluent with the AVEVA software solutions and the schematic drawing mainly as effortless as it was with the AutoCAD P&ID.</p> <p>It is recognized that in the future the AVEVA software solutions with their multi-discipline features would bring many possibilities for making the design work more united and efficient in the projects. These possibilities are seen good especially in the more major projects that engage several design departments.</p>	
Keywords	data-based, design software, multi-discipline, process design

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Teollisuusprojekti	1
2.1	Ideavaihe	3
2.2	Tutkimus- ja kehitysvaihe	4
2.2.1	Toteutettavuusselvitys ja markkinatutkimus	4
2.2.2	Tuote- ja prosessikehitys	5
2.2.3	Esisuunnittelu	6
3	Prosessisuunnittelu	6
3.1	Tiedonvaihto projektin elinkaarella	7
3.2	Kaaviot	8
3.2.1	Lohkokaavio	8
3.2.3	Virtauskaavio	10
3.2.5	Putkisto- ja instrumentointikaavio	12
3.2.6	Muiden suunnittelualueiden kaaviot	13
3.3	Riskianalyysit	13
3.4	Laitemäärittelyt, luettelot ja ohjeet	14
4	Suunnittelun työkalut	14
4.1	Historia	14
4.2	CAD	15
4.4	Tietokantapohjainen suunnitteluohjelmisto	16
4.5	Tulevaisuus	18
5	Suunnitteluohjelmistot	19
5.1	Ohjelmistojen esittely	19
5.1.1	Autodesk AutoCAD P&ID	20
5.1.2	AVEVA Diagrams	20
5.1.3	Vertex G4PI	21
5.1.4	SmartPlant P&ID	21

5.2	Ohjelmistojen käyttökokemukset	21
6	Suunnittelijoiden haastattelut	24
7	Pilottiprojekti	26
7.1	Admin-asetukset	27
7.3	AVEVA Diagrams ja Engineering	28
7.4	AVEVAn ja AutoCAD P&ID -ohjelmistojen vertailu	28
7.4.1	Tiedonkulku	29
7.4.2	Kaavion piirto	31
7.4.3	Tietokanta	33
8	Tulokset	36
9	Yhteenveto	38
	Lähteet	40

Liite 1. Haastattelupohja

Lyhenteet ja käsitteet

1D	Yksiulotteinen
2D	Kaksiulotteinen
3D	Kolmiulotteinen
Admin	Pääkäyttäjä
AR	<i>Augmented Reality</i> . Lisätty todellisuus. Teknologialla luotu interaktiivinen sisältö.
Attribuutti	Ominaisuus. Esimerkiksi putken DN-koko.
CAD	<i>Computer-aided Design</i> . Tietokoneavusteinen suunnittelu.
DN-koko	Putken nimelliskoko. Ilmoittaa epäsuorasti putken halkaisijan millimetreinä.
DMS	<i>Document Management Services</i> . Dokumentinhallintatyökalut.
HAZOP	<i>Hazard and Operability Study</i> . Poikkeamatarkastelun riskianalyysimenetelmä.
HAZSCAN	<i>Hazardous Scenario Analysis</i> . Vaarallisten skenaarioiden riskianalyysimenetelmä.
Integraatio	Tietojärjestelmien liittäminen yhdeksi kokonaisuudeksi
LOPA	<i>Layer of Protection Analysis</i> . Kerrossuojariskianalyysimenetelmä.
Mittausalue	Mitattavan suureen minimi- ja maksimiarvot, joiden alueella mittaus toteutuu.
Mittauspiste	Prosessin kohta, josta mittaus tehdään.

Multidisipliini Useampi suunnitteluosasto

PN-luokka	Paineluokka. Ilmoittaa epäsuorasti suurimman sallitun ylipaineen, jonka putken osa kestää.
PED-luokka	<i>Pressure Equipment Directive</i> . Painelaitedirektiivin määrittämä painelaitteen vaarallisuusluokitus.
PI-kaavio	Putkisto- ja instrumentointikaavio
POA	Potentiaalisten ongelmien analyysi
Säätöpiiri	Koostuu toimilaitteesta, mittausanturista ja -lähettimestä sekä säätimestä. Toteuttaa prosessin säädön, esimerkiksi säiliön tavoitelämpötilaa säädetään venttiileillä lämmitys- tai jäähdytysveden tarpeen mukaan.
Tag	Ilmaisee objektin tunnuksen kaaviossa. Kertoo komponentin position prosessissa.
VR	<i>Virtual Reality</i> . Virtuaalitodellisuus. Teknologialla tuotettu ympäristö nähdään virtuaalilaseilla kolmiulotteisena.
Yhde	Prosessilaitteen tai -putkiston osa, jonka avulla putkisto- tai mittauslaite yhdistetään komponenttiin.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön aiheena oli tutustua markkinoilla oleviin tietokantapohjaisiin suunnitteluohjelmistoihin, joita käytetään prosessisuunnittelun työkaluina, ja löytää tulevaisuuden ohjelmistomahdollisuuksia yrityksen käyttöön. Työ tehtiin Sweco Industry Oy:lle, joka toimii teollisuudenalalla suunnittelu-, konsultointi- sekä projektinjohtamispalveluita tarjoavana yrityksenä.

Sweco Industry Oy on osa Sweco Finland -yhtiötä, joka kuuluu kansainväliseen Sweco-konserniin. Sweco-konserni työllistää yhteensä n. 16 000 henkilöä, joista noin 500 henkilöä työskentelee Sweco Industry Oy:ssä. Sweco Industryn tarjoamat palvelut keskittyvät energiantuotannon, massa-, paperi-, kemian- ja kaivosteollisuuden sekä petroke-mian teollisuuden ja meriteollisuuden rannikkosuunnitteluun. Projektijohtamiseen yritys tarjoaa osaamista investointiprojektien suunnittelun alkuvaiheista laitoksen käyttöönottoon asti, jolloin projektinjohto on vastuussa siitä, että aikataulu ja kustannusarviot pitävät. (Sweco Industry Oy 2019.)

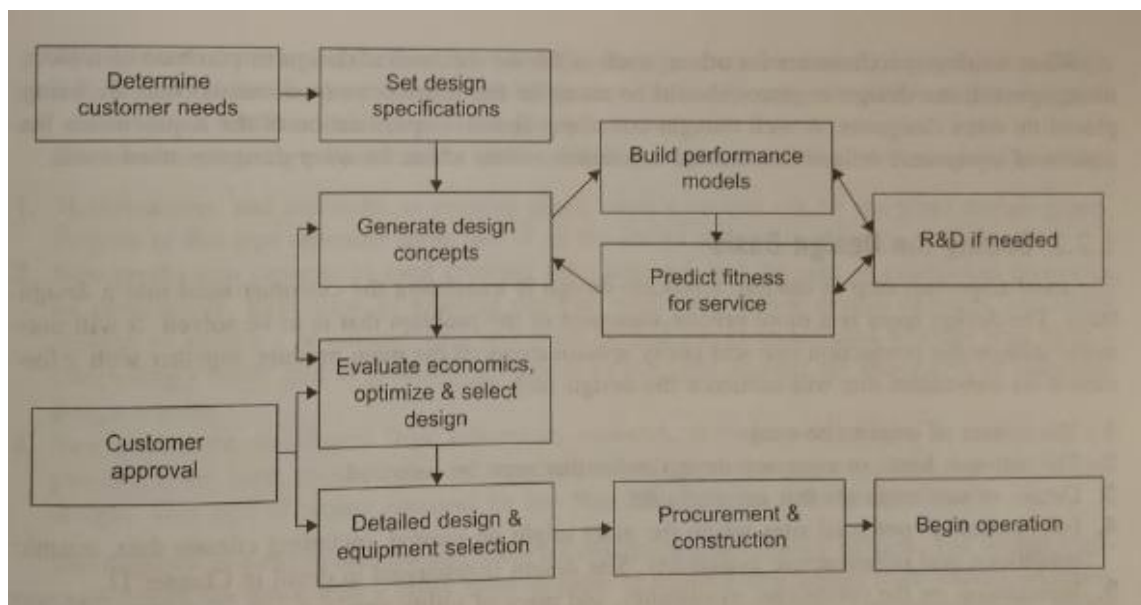
Työ koostui teoriaosuudesta, henkilöhaastatteluista sekä ohjelmistojen vertailuista ja pilottiprojektista. Teoriaosuudessa käytiin läpi yleisesti teollisuudelle tehtäviä projekteja ja niiden sisältöä, prosessisuunnittelun tehtäviä sekä suunnitteluohjelmistojen nykytilan-etta suunnittelutyökaluina. Henkilöhaastatteluilla kartoitettiin, minkälaisia ohjelmistoja prosessi-, putkisto- sekä automaatio- ja instrumenttisuunnittelussa on käytössä ja mil-laiseksi niiden käyttö on koettu. Haastatteluiden perusteella valikoiduilla AutoCAD P&ID:n sekä AVEVAn tuotteilla toteutettiin pilottiprojekti, jonka ensisijaisena tarkoituk-sena oli tutkia, minkälaisia ominaisuuksia ja mahdollisuuksia AVEVAn tuoteperheellä olisi tarjota yrityksen käyttöön.

2 Teollisuusprojekti

Projektin koko elinkaari koostuu useasta toisiaan seuraavista vaiheista. Projekti lähtee käyntiin ideavaiheesta, joka määrittää projektin suunnan. Tämän jälkeen paneudutaan valittuun ideaan syvällisemmin tutkimus- ja kehitysvaiheessa. Viimeisessä vaiheessa tehdään projektin investointipäätös, josta lähtee liikkeelle varsinainen suunnittelu.

(Prosessisuunnittelu -osa 2 2018.) Projektin elinkaari ei kuitenkaan lopu investointipäätökseen ja suunnitteluvaiheeseen, vaan se jatkuu myös tuotantovaiheen yli niin kauan, kun laitoksen toiminta on käynnissä.

Kuvassa 1 on esitetty projektin eri suunnitteluvaiheet. Projekti lähtee aina liikkeelle asiakkaan tarpeesta ja tarvittavan suunnittelun määrittämisestä. Tämän jälkeen luodaan tuotannon toteuttamiselle suunnitelmia ja tutkitaan niitä mallien avulla. Ideoille toteutetaan mahdollisesti tutkimus- ja kehitystarkastelua, joiden avulla arvioidaan niiden soveltuvuutta toteutukseen. Suunnitelmia tarkastellaan myös taloudellisesta näkökulmasta ja niistä valitaan asiakkaan hyväksymä vaihtoehto toteutukseen. Usein valintaa määrittää taloudelliset seikat, mutta myös turvallisuus- ja ympäristövaikutukset otetaan huomioon. Toteutussuunnittelussa tehdään tarkat prosessi- ja laitemääritykset, joiden pohjalta tehdään hankinnat ja valmis laitos rakennetaan tuotannon aloittamiseksi. (Towler & Sinnott 2013: 5.)



Kuva 1. Projektin suunnitteluvaiheet (Towler & Sinnott 2013: 5)

Edellä esitettyä voidaan pitää projektin etenemisen ideaalitapauksena. Käytännössä Sweco Industryssä projektit voivat edetä hyvin eri tavalla ja eri järjestyksessä. Tavallisesti yritys on mukana suunnitteluvaiheessa, kun idea sekä tutkimus- ja kehitysvaihe on jo tehty. Sweco Industryn toteuttama suunnittelu kattaa kuitenkin paljon erilaisia ja eri vaiheissa olevia projekteja. Suunnitteluvaiheiden järjestys saattaa olla eri tai vaiheita

saatetaan työstää samanaikaisesti toisin, kuin projektin etenemisen ideaalitapauksessa. Nämä suunnittelun yksityiskohdat riippuvat asiakkaan sen hetkisestä tarpeesta. (Tillander 2019.)

Projektiorganisaatioon kuuluu asiakkaan lisäksi projektipäällikkö, suunnitteluhenkilöstö sekä asiantuntijoita. Projektipäällikön tehtävänä on koordinoida projektia ja huolehtia projektin aikataulusta sekä vaatimusten täyttymisestä. Prosessisuunnitteluosasto on vastuussa prosessin määrittämisestä, kaavioiden tuottamisesta sekä prosessilaitteiden määrittämisestä. Prosessisuunnittelu on mukana projektin suunnittelussa alusta alkaen. Muut suunnitteluosastot osallistuvat projektissa toteutussuunnitteluun, jolloin määritetään laitoksen layout, rakennustekniset tarpeet, käyttöhyödykkeet, prosessisäiliöt, putkistot, kompressorit ja pumput, lämmönvaihtimet, käsi- ja säätöventtiilit sekä sähkösuunnittelu. Projektissa on mukana eri osa-alueisiin erikoistuneita asiantuntijoita, jotka tukevat suunnittelijoiden työtä. Lisäksi mukana on asiantuntijoita, jotka ovat vastuussa kustannusarvioinnista sekä laiteiden ja materiaalien hankinnasta. (Towler & Sinnott 2013: 9.)

2.1 Ideavaihe

Ideavaiheessa valitaan projektin päämäärä eli se, mitä halutaan saavuttaa. Useimmiten teollisuudessa ideat ovat tuotteita tai prosesseja ja ne syntyvät tarpeesta. Markkinoilla voi olla kysyntää tietyille tuotteille tai prosessille. Myös raaka-aineen runsas saatavuus voi olla yksi lähtökohta projektille. Ideoita voi projektin alussa olla useita, joista karsitaan varsinaiseen tuotantoon yksi. Alussa ideoita voi olla esimerkiksi 50—100 kpl. Näistä karsitaan suurin osa pois, jolloin noin viidelle idealle tehdään erilaisia selvityksiä tai kokeita. Näiden tulosten perusteella valitaan varsinaiseen tuotantotoimintaan yksi idea, jonka ympärille projekti rakennetaan. (Prosessisuunnittelu -osa 2 2018.)

Prosessisuunnittelijoiden tutkiessa eri vaihtoehtoja prosessin toteuttamiseksi, valitaan toteutukseen usein sellainen menetelmä, joka on jo olemassa. Tällöin menetelmä on tuttu ja sitä on helpompi lähteä jatkojalostamaan. Projekteilla on määrätty aikataulut ja kustannukset halutaan pitää maltillisina, jolloin uusia innovaatioita ei lähdetä herkästi tutkimaan ja testaamaan. (Towler & Sinnott 2013: 6.)

2.2 Tutkimus- ja kehitysvaihe

Tutkimus- ja kehitysvaiheessa ideaa lähdetään kehittämään niin, että se on toteutettavissa. Tällöin lähtötietojen keräys on tärkeässä roolissa, jotta idealle saadaan kannattava pohja. Tähän vaiheeseen kuuluu toteutettavuusselvitys, markkinatutkimus, tuote- ja prosessikehitys sekä esisuunnittelu. (Prosessisuunnittelu -osa 2 2018.)

2.2.1 Toteutettavuusselvitys ja markkinatutkimus

Toteutettavuusselvityksen (engl. feasibility study) tarkoituksena on tutkia hanketta sekä taloudellisesta että teknisestä näkökulmasta. Selvitys tehdään projektin siinä vaiheessa, kun lopullista prosessivaihtoehtoa ei välttämättä ole määritetty. Selvityksen teknisessä osiossa vertaillaan prosessivaihtoehtoja ja erityisesti huomioidaan sellaiset komponentit, jotka voivat aiheuttaa suunnitteluhaasteita, olla kalliita tai epävakaita. Selvityksen päämääränä on arvioida, voidaanko laitoshanke toteuttaa tietyillä prosessimenetelmillä. Selvityksen taloudellisessa osiossa tehdään alustava arvio siitä, millaisia kustannuksia hankkeesta aiheutuu ja onko se kannattava toteuttaa. Projektin myöhemmässä vaiheessa tehdään yksityiskohtaisempi kustannusarvio, jolloin prosessi ja sen kaikki komponentit ovat tiedossa. (Ray ym. 1998: 37.)

Markkinatutkimus on osa projektin toteutettavuusselvityksen taloudellista osuutta, joka sisältää seuraavat tiedot (Ray ym. 1998: 38):

- raaka-aineiden kustannukset, jotka sisältävät varsinaisten raaka-aineiden lisäksi toimitus- ja käsittelykustannukset
- laitoksen tuottaman tuotteen sen hetkisen markkinahinnan
- tuotteen sen hetkisen markkina-aseman määrittämisen
- tuotteen käyttötarkoitusten määrittämisen
- laitoksen tuotantokapasiteetin
- kilpailevan laitoksen kokonaispääomakustannukset
- laitoksen käyttöiän arvioinnin
- pääomakustannuksen takaisinmaksuajan
- erittelyn koko laitoksen kustannuksista ja niiden vertailun odotettuun tuottoon.

2.2.2 Tuote- ja prosessikehitys

Tuotekehitysvaiheessa tuotetta muokataan yhä enemmän asiakkaan vaatimuksia täyttävämmäksi. Teollisuudessa tuotetta voidaan muokata kemiallista laatua muokkaamalla, seostamalla sitä erilaisilla komponenteilla sekä muuttamalla sen mikro- tai makrorakennetta. Näitä ominaisuuksia voidaan muokata joko fraktioivalla tekniikalla, jossa erotustekniikat ovat tärkeitä; syntetisoivalla tekniikalla, jossa kemikaaleja valmistetaan reaktiotekniikan pohjalta tai sekoittavalla tekniikalla, jossa tuoteominaisuustekniikat ovat tärkeitä. (Prosessisuunnittelu -osa 2 2018.)

Ennen kuin siirrytään prosessikehitykseen, käydään läpi prosessin tutkimisvaihe. Yleensä tässä vaiheessa tehdään laboratoriomittakaavan kokeita prosessille ja selvitetään prosessin ja tuotteen perustietoja. Jos tutkitaan useampaa prosessivaihtoehtoa, on kannattavampaa tehdä prosessista tietokonesimulaatioita kuin laboratoriokokeita (Towler & Sinnott 2013: 6). Kun kemialliset ja fysikaaliset ilmiöt, aineominaisuudet sekä sen hetkinen patenttien tilanne on selvitetty, prosessia voidaan siirtyä kehittämään. (Prosessisuunnittelu -osa 2 2018.)

Prosessikehitystä voidaan tehdä joko tuoteidean tai prosessi-idean näkökulmasta. Molemmissa tilanteissa tutkitaan, onko aikaisempaa tekniikkaa jo käytössä sekä millaisia tuote- tai valmistusmenetelmän patenteja löytyy. Mikäli niitä löytyy, tutkitaan sitä, miten niitä voidaan kiertää tai miten tuote- tai valmistusmenetelmästä voidaan tehdä oma patenttinsa. Tällöin projektissa täytyy tehdä päätös siitä, parannetaanko olemassa olevaa, kehitetäänkö valmistusmenetelmä itse, ostetaanko valmistusmenetelmä muualta vai ostetaanko tuotanto jostain muualta. (Prosessisuunnittelu -osa 2 2018.)

Prosessin konseptia laadittaessa määritetään, minkä tyyppisiä yksikköprosesseja käytetään, mihin järjestykseen ne prosessissa tulevat ja miten ne ovat kytkeytyneet toisiinsa. Näiden lisäksi määritetään, mitä toiminta-arvoja prosessissa käytetään ja millainen on prosessin säätöperiaate. (Prosessisuunnittelu -osa 2 2018.)

2.2.3 Esisuunnittelu

Esisuunnitteluvaiheessa määritetään tarvittavat tiedot toteutettavuustarkastelua varten. Tällaisia tietoja ovat esimerkiksi laitteiden mitat ja raaka-aineiden sekä käyttöhyödykkeiden kulutukset. Esisuunnittelu kuuluu osaksi prosessikehitystä, koska ilman sitä ei voida tehdä laitoksen toteutettavuustarkastelua. Esisuunnittelussa saaduista alustavista mitoitustiedoista saadaan hankkeelle alustava kustannus. Tässä vaiheessa tehdään taselaskelmia, mitoituksia, kaavioita ja laitevalintoja, vaikka esisuunnittelun tavoitteena ei ole valmis laitos. Esisuunnittelussa saadaan tarvittavat tiedot, jotta voidaan tehdä kannattavuus selvitys. Myös esisuunnittelussa saatuja tietoja käytetään toteutettavan prosessisuunnittelun esitietoina. Näiden tietojen pohjalta tehdään suunnittelu- ja investointipäätös. (Prosessisuunnittelu -osa 2 2018.)

Esisuunnitteluvaiheessa määritetään tuotteiden ja raaka-aineiden määrät, käyttöajat, laatu, varastointi, kuljetus sekä pakkaus. Prosessista määritetään sen pääprosessit, osaprosessit sekä alustavat laitevalinnat. (Prosessisuunnittelu -osa 2, 2018.) Komponenttien lukumäärää arvioimalla tehdään alustava hinnoittelu laitteille, putkistolle, venttiileille sekä instrumenteille (Tillander 2019).

3 Prosessisuunnittelu

Teollisuusprojektit saavat tavallisesti alkunsa asiakasyrityksen tarpeesta luoda täysin uusi prosessi tai kehittää jo olemassa olevaa prosessia tai tuotetta. Projektissa osapuolina ovat asiakas ja usein ulkopuolinen suunnittelu yritys. Yhdessä projektissa saattaa olla mukana useampikin yritys suorittamassa suunnittelua, mutta yhdellä yrityksellä on projektin päävastuu. Asiakkaan ja suunnittelu yritysten lisäksi projektissa on mukana laite-, putkisto-, venttiili- ja instrumenttitoimittajat, jotka vastaavat prosessiin tarvittavien komponenttien valmistuksesta ja toimituksesta sekä niiden asennuksesta.

Teollisuuden hankeprojektit jaetaan yleensä seuraaviin vaiheisiin: hanke- ja esisuunnittelu, perussuunnittelu, toteutussuunnittelu sekä rakentaminen ja käyttöönotto. Projektin sisällä toimii useita eri osastoja, joita ovat projektin hallinto, prosessi-, laite-, laitos-, sähkö-, instrumentointi-, automaatio-, arkkitehti-, rakenne-, LVI-, turvallisuus sekä geotekninen suunnittelu. (Tiedonvaihto projektin elinkaarella 2017.) Prosessisuunnittelun

tehtävänä on suunnitella prosessin kulku ja määrittää tarvittavat suunnitteluarvot asiakkaan tarpeiden mukaan. Pääpaino prosessisuunnittelussa on erilaisten kaavioiden tuottamisessa sekä tarvittavien laiteominaisuuksien määrittämisessä ja luetteloiden laatimisessa. Prosessisuunnittelu on myös mukana muiden asiantuntijoiden kanssa projektin riskianalyseissä.

Tässä insinööriyössä keskityttiin prosessisuunnitteluun ja sen käyttämiin työkaluihin. Kaikki osastot kuitenkin tekevät läheistä yhteistyötä keskenään koko projektin yli ja saumaton tiedonvaihto on olennaista onnistuneen projektin takaamiseksi.

3.1 Tiedonvaihto projektin elinkaarella

Projektin hanke- ja esisuunnitteluvaiheessa prosessisuunnittelu saa projektin hallinnolta tietoonsa projektin aikataulun, projekti- ja suunnitteluohjeet, käytetyt standardit, suunnittelurajat, suunnitteluperusteet sekä aloituspalaverin muistion. Alustavat riskikartoitukset prosessisuunnittelu saa turvallisuussuunnittelulta. (Tiedonvaihto projektin elinkaarella 2017.)

Perussuunnittelu voidaan jakaa kaavioiden osalta kolmeen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa kaavioista tehdään kommentoitavaksi menevät kaaviot (virtaus- ja PI-kaaviot). Toisessa vaiheessa PI-kaavioista tehdään alustavat versiot. Kolmannessa vaiheessa tehdään kaaviot (virtaus- ja PI-kaaviot) toteutussuunnittelua varten. (Tiedonvaihto projektin elinkaarella 2017.)

Toteutussuunnittelussa kaavioista (PI-kaaviot) tehdään rakennuttamista varten valmiit kaaviot. Tässä vaiheessa toimitetaan myös muu perussuunnitteluaineisto, jonka tietoja käytetään rakennuttamisessa: piirikohtaiset toimintakuvaukset, käyttöohjeet sekä koulutusaineisto. (Tiedonvaihto projektin elinkaarella 2017.)

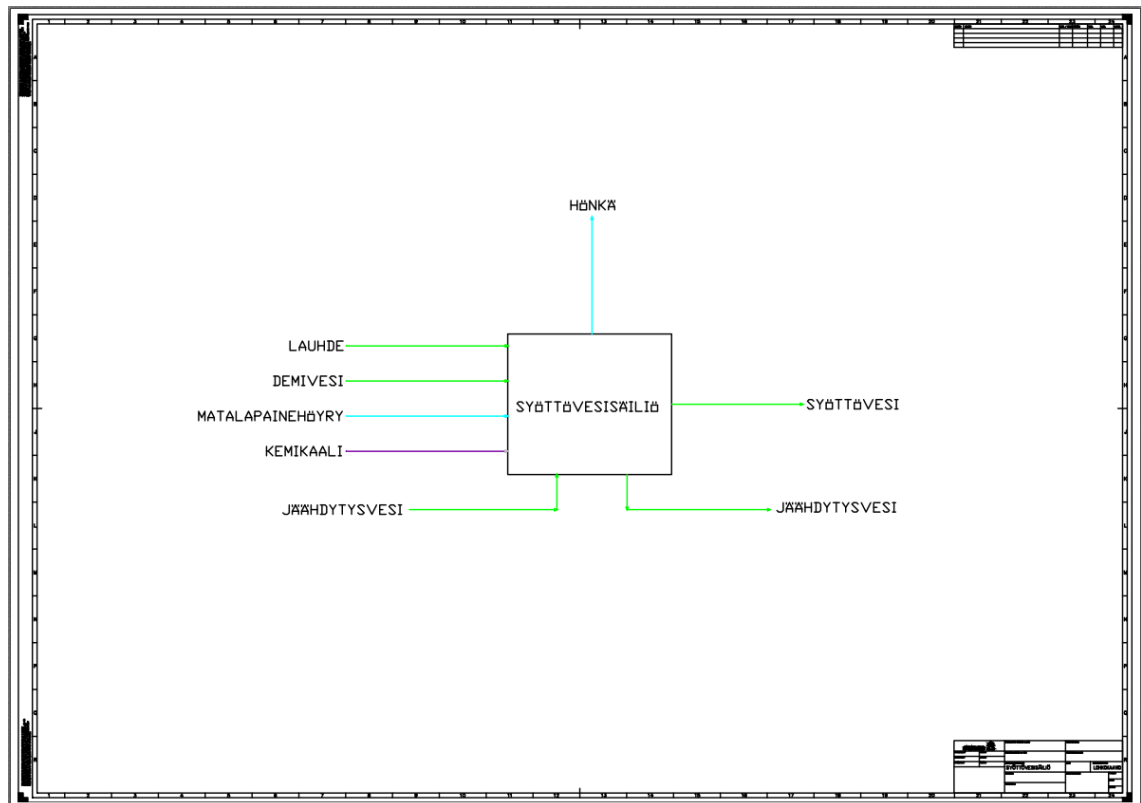
Rakentamisen ja käyttöönoton vaiheessa prosessisuunnittelu valmistaa as-built-aineiston, jonka kaaviot vastaavat prosessinkulkua niin kuin se on rakenteellisesti toteutettu. Näiden lisäksi prosessisuunnittelu on tarvittaessa urakoitsijoiden sekä asiakkaan tukena rakentamisen ja käyttöönoton aikana. (Tiedonvaihto projektin elinkaarella 2017.)

3.2 Kaaviot

Prosessisuunnittelu valmistaa projektille lohko-, virtaus- ja PI-kaaviot. Ensimmäiseksi laaditaan lohkokaavio, joka kuvastaa valittua prosessia pääpiirteittäin. Tämän jälkeen tehdään virtauskaavio, jossa määritetään tarkemmin virtaavien aineiden ominaisuudet sekä tarvittavat oheislaitteet ja niiden sijoittuminen prosessissa sekä prosessin pääsäädot. Lopuksi valmistetaan PI-kaavio, jossa on tarkasti määritetty prosessiputkistot, laitteistot ja niiden ominaisuudet sekä tarvittava instrumentointi. Kaavioiden piirtämiseen käytetään ohjeistuksena määrättyjä standardeja, ellei asiakkaalla ole muita vaatimuksia. Erilaisia standardeja on maailmanlaajuisesti paljon, mutta Suomessa yleisesti käytetään SFS-EN ISO- tai PSK-standardeja.

3.2.1 Lohkokaavio

Lohkokaaviolla (kuva 2) kuvataan prosessin kulku yleiskuvauksena. Nimensä mukaisesti prosessi kuvataan laatikkomallina, jolla havainnollistetaan mitä raaka-ainetta käytetään, missä järjestyksessä osaprosessit toteutuvat sekä mikä on lopputuote. Laatikot voivat ilmaista esimerkiksi laitetta tai prosessin osaa. Lohkokaaviossa voidaan myös tarvittaessa esittää virtausmääriä ja materiaalitaseita. (Lohkokaavioiden suunnittelu 2009.)



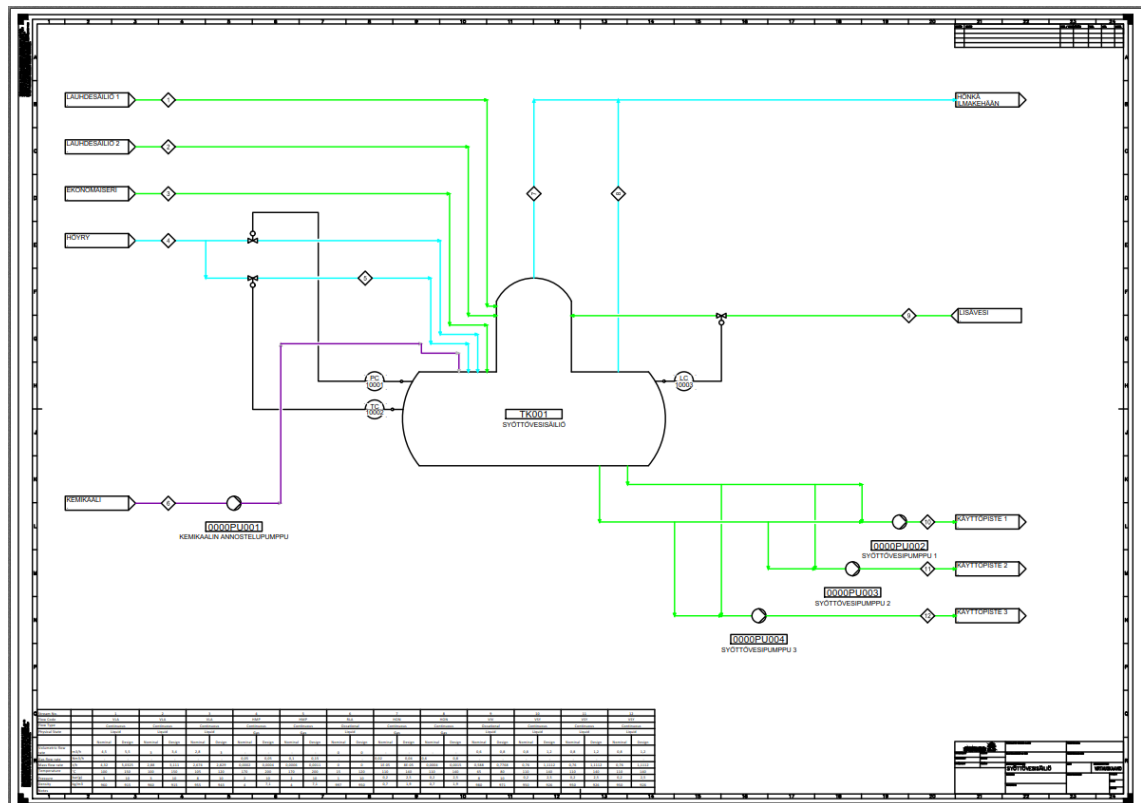
Kuva 2. Esimerkki lohkokaaaviosta

Kaavion perusteella voidaan tehdä hankkeelle karkeaa kustannusarviota. Se antaa myös lähtötietoja prosessisuunnittelun muihin vaiheisiin, kuten virtaus- ja laitekaavioiden laatimiseen sekä aine- ja energiataseiden määrittämiseen. (Lohkokaavioiden suunnittelu 2009.)

3.2.3 Virtauskaavio

Virtauskaavion (kuva 3) tarkoituksena on esittää osaprosessit tarkemmin kuin lohkokaa-viossa ne on esitetty. Kaaviossa esitetään prosessilaitteet, virtauslinjat ja instrumentoinnin säätöpiirit toteutusjärjestyksessä. Prosessilaitteet esitetään suhteutettuina toisiinsa nähden oikean kokoisina. Virtauskaaviossa esitetään virtauskenttä, johon täytetään jokaisen virran prosessitiedot. Virtauskaaviota hyödynnetään lähtötietona seuraavissa asi-oissa (Virtauskaavioiden suunnittelu 2009):

- kustannusarvio
- perehdytysmateriaali
- prosessikuvaus
- jäte-erittely
- kulutusluvut
- tehdassijoituksen perusteet
- kemikaaliluettelot
- hyödykkeiden lohkokaa-vio
- putkistosuunnittelun perusteet
- palveluyksikköselvitys
- logistiikkaselvitys
- laiteluettelo
- mittapiirustukset
- varolaitteiden tekninen erittely
- putkiluokat.



Kuva 3. Esimerkki virtauskaaviosta

Virtauskaavio sisältää visuaalisen esityksen siitä, missä järjestyksessä operaatiot tapahtuvat. Kaaviossa esitetään nimetyt päälaitteet tunnuksilla sekä niiden koot ja kapasiteetit. Virtaukset numeroidaan ja niiden virtausmäärät sekä aineominaisuudet esitetään kaaviossa virtaustaulukossa. Kaaviossa esitetään mistä aineet tulevat prosessiin, mitä muutoksia niissä tapahtuu eri yksikköprosesseissa ja laitteissa sekä mihin aineet lähtevät prosessista. (Virtauskaavioiden suunnittelu 2009.)

muut kuljetustiet ja venttiilit tunnuksilla. Myös putkistojen tyhjennys-, puhdistus-, näytteenotto- ja ilmausyhteet on esitettävä. Lisäksi putkistojen putkiluokka-, suunnittelu- tai toimitusrajat sekä Instrumentoinnin mittauspisteet, säätöpiirit ja eristysvaatimukset tulee kaaviossa esittää. (PI-kaavioiden suunnittelu 2009.)

3.2.6 Muiden suunnittelualojen kaaviot

Prosessisuunnittelun tekemien kaavioiden lisäksi laitoshankkeissa tarvitaan muidenkin suunnittelualojen kaavioita. Näitä ovat muun muassa säätökaaviot, joista ilmenee, miten prosessia ohjataan ja mitataan. Vaikka PI-kaavioissa on esitetty tarvittavat säädöt, ovat ne vain pääperiaatteen mukaisia. Automaatiosuunnittelu laatii monimutkaisemmista säädöistä erilliset säätökaaviot. Laitte- ja putkistosuunnittelu laatii prosessin 3D-mallit sekä laitekuvat. Laitoksen kokonaisuudesta tarvitaan myös sijoituskaaviot eli layout-kaaviot. (Prosessisuunnittelu kaaviot.)

3.3 Riskianalyysit

Erilaiset riskianalyysit ovat tärkeä osa laitoksen suunnittelua turvallisuuden näkökulmasta. On olemassa paljon erilaisia analyysimalleja, mutta yleisiä kemianteollisuudessa käytössä olevia analyysiejä ovat POA, HAZOP-, HAZSCAN- ja LOPA-analyysit. Analyysiin osallistuu tilannekohtaisesti useita eri asiantuntijoita ja ne voivat olla kestoaltaan hyvin erilaisia riippuen projektin laajuudesta sekä luonteesta.

POA:ssä (Potentiaalisten ongelmien analyysi) listataan mahdollisia vaaroja ja häiriötilanteita, arvioidaan niistä aiheutuvien riskien suuruutta ja laaditaan niistä toimenpide-ehdotukset (Potentiaalisten ongelmien analyysi 2002). HAZOP-analyysissä (Poikkeamatarkastelu) käydään systemaattisesti läpi suunniteltu prosessi ja analysoidaan millaisia vaara- tai häiriötilanteita prosessissa saattaa ilmetä. HAZOP-analyysi toteutetaan prosessiparametrejä tutkimalla, eikä siinä huomioida inhimillisiä vaikutuksia. (Towler ym. 2013: 467.) HAZSCAN-analyysi (Vaarallisten skenaarioiden riskianalyysi) on johdettu HAZOP-analyysistä ja se ottaa huomioon myös inhimilliset tekijät. HAZSCAN-analyysissä arvioitava prosessi jaetaan toiminnallisiin osuuksiin, ja se on toteutukseltaan HAZOP-analyysiä kevyempi. (HAZSCAN -turvallisuusanalyysimenetelmän kuvaus 2002.)

LOPAssa (Kerrossuojariskianalyysi) tarkastellaan riskitilanteita niiden toistuvuuden ja niistä aiheutuvien mahdollisten vaaratilanteiden vakavuuden näkökulmasta. LOPAn perimmäisenä tarkoituksena on selvittää, millaisia riskitilanteita prosessipoikkeamista saattaa aiheutua, mikäli prosessissa ei ole käytössä niiltä suojaavia varotoimenpiteitä. (Wiley 2014: 13.)

3.4 Laitemäärittelyt, luettelot ja ohjeet

Laitteista tehdään prosessisuunnittelun puolesta määrittelyluettelot, joihin on koottu kaikki tarvittavat prosessitiedot. Nämä luettelot menevät eteenpäin muille suunnittelijoille, jotka omalta osaltaan täydentävät laitetietoja. (Prosessisuunnittelu kaaviot.) Valmiin laitelomakkeen perusteella voidaan toimittajilta tehdä laitehankintoja.

Prosessisuunnittelu laatii käyttökohteesta sanallisen prosessikuvauksen. Kohteen käyttäjille laaditaan tarkat laitoksen käyttöohjeet sekä erilliset ohjeet laitoksen käynnistämistä ja pysäyttämistä varten. Näiden lisäksi laaditaan kohteen turvallisuusohjeet. (Prosessisuunnittelu kaaviot.)

4 Suunnittelun työkalut

Insinöörien tekemä työ on käytännön suunnittelua ja vaatii erilaisia työkaluja. Teknologian kehittyessä myös insinöörien käyttämät työkalut kehittyvät ja osaaminen laajentuu. Tässä työssä oltiin ensisijaisesti kiinnostuneita tietokantapohjaisten suunnitteluohjelmistojen käytöstä prosessisuunnittelun työkaluna.

4.1 Historia

Kemianteollisuuden aikakausi on alkanut jo 1500-luvulla, mutta sen todellinen kukoistus sijoittuu 1700-luvun loppupuoliskolle (Dal Pont 2012: 115). Kemianteollisuuden insinöörien työ on alkanut vuonna 1902, kun professori William H. Walker toi sen MIT:iin (Massachusetts Institute of Technology). Vuonna 1908 perustettiin AIChE-järjestö (Amerikan Institute of Chemical Engineers). Viimeinen iso askel kemianteollisuuden insinöörien

työn alkamisen merkiksi oli Arthur D. Littlen muotoileman yksikköoperaatiot-termin käyttöönotto vuonna 1915. (Dal Pont 2012: 116.)

Tietotekniikan kehittyminen on ollut edellytys myös insinöörisuunnittelijoiden työn monipuolistumiselle ja sen helpottamiselle. Ennen tietoteknistä vallankumousta suunnittelijat tekivät kaiken työn käsin paperille. Tällöin alan osaajat jaettiin teknisiin piirtäjiin, suunnittelijoihin ja insinööreihin. Nykyisin nämä osaamisalat ovat joiltakin osin sekoittuneet toisiinsa. (Bethany 2019.)

4.2 CAD

Tietokoneavusteisen suunnittelu, eli CAD (engl. Computer-aided Design), on saanut alkunsa tietokoneiden yleistymisen ja kehittymisen myötä 1970-luvulla. Tällöin CAD-suunnittelu oli pääasiassa käytössä vain raskaan teollisuuden alalla, jonka yrityksillä oli yksityisoikeudet ohjelmistoihin. 1980-luvulla ohjelmistot alkoivat kaupallistumaan, jolloin tietokoneavusteinen suunnittelu levisi laajempaan käyttöön eri teollisuuden aloilla. (Bethany 2017.)

CAD:illa suunnittelijat voivat luoda suunnitelmia, spesifikaatioita sekä malleja mekaanisista rakenteista tai prosesseista. Myös ohjelmistoilla tehtävät simulaatiot tuovat työhön apua. Simulaatioilla saadaan tärkeää tietoa esimerkiksi siitä, kuinka hyvin suunnittelijan tekemä prosessi toimii. Tällöin löydetään helpommin vikoja ja kehitystä kaipaavia prosessin osia. (Bethany 2017.)

4.4 Tietokantapohjainen suunnitteluohjelmisto

Tietokantapohjaisella suunnitteluohjelmistolla voidaan luoda vähemmällä vaivalla laajempaa tietoa prosessista ja siihen liittyvistä komponenteista. Näissä ohjelmistoissa on sisäänrakennettu tietokanta, joka täydentyy kaavioihin merkattujen tietojen pohjalta tai erikseen täytettynä. Tiedon siirtyminen tapahtuu joko automaattisesti tai manuaalisesti riippuen siitä, miten käyttäjä haluaa. Useissa ohjelmistoissa on toimintona ulkopuolisten ohjelmistojen, kuten Microsoft Excelin, käyttömahdollisuus tukemaan tietokannan hallintaa. Tällöin suunnitteluohjelmistosta tulostetaan listamuodossa halutut ominaisuudet muokattavaksi Excel-tiedostona. Tähän listaan voidaan syöttää tarvittavat tiedot, jotka viedään takaisin Excel-tiedoston kautta automaatiolla ohjelmistoon ja haluttuihin kaavioihin. Listojen hallinta Excelillä mahdollistaa tehokkaamman työskentelyn, kun pystytään viemään tietoja suuremmalle määrälle komponentteja samanaikaisesti. Markkinoilla on myös ohjelmistoja, jotka hyödyntävät useamman suunnitteluosaston käytössä olevaa tietokantaa. Tällöin myös tieto prosessin muutoksista siirtyy automaattisesti suunnitteluosastojen yli ilman, että tietyn osaston henkilön tarvitsee erikseen siitä ilmoittaa eteenpäin esimerkiksi sähköpostilla.

Tietokannan hallinta on isossa osassa prosessisuunnittelua. Kaavioiden lisäksi putkisto- sekä automaatio- ja instrumenttisuunnittelu käyttävät oman suunnittelun esitietona lueteloissa olevia prosessitietoja. Prosessisuunnittelun laatimat listat sisältävät tietoa muun muassa seuraavista asioista:

- putkistot:
 - linjatunnus
 - mistä putki tulee ja mihin se liittyy
 - DN-koko
 - paineluokka ja putkimateriaali
 - eristys- ja saattotyypit (eristepaksuus).

- virtaustiedot:
 - virtaava aine
 - käyttö- ja suunnitteluvirtausmäärä
 - käyttö- ja suunnittelulämpötila
 - käyttö- ja suunnittelupaine
 - PED-luokitus.

- instrumentointi:
 - piirin toiminto
 - mittausalueet
 - hälytysrajat.

- venttiilit:
 - venttiilityyppi
 - venttiilikoodi
 - DN-koko
 - liitännätyyppi
 - toimilaitetyyppi
 - prosessiolosuhteet
 - säädöt.

4.5 Tulevaisuus

Työmäärän kasvaessa ja teknologian kehittyessä vaaditaan CAD-ohjelmistoilta yhä enemmän älykkäämpiä ja tehokkaampia toimintoja. Erityisesti eri suunnitteluosastojen välisen yhteistyön sujuvuuteen vaaditaan ohjelmistoilta vaativampia ominaisuuksia. Ohjelmistojen tulee palvella suurempaa ryhmää ja tarjota monipuolisempia työkaluja.

Yksi suuri muutos tulevaisuuden CAD-ohjelmistoissa ja niiden käytössä on niiden siirtyminen täysin pilvipohjaiseen ympäristöön. Tällöin suunnitteluohjelmistoa ei asenneta omalle työkoneelle vaan kaikki työskentely tapahtuu online-ympäristössä. Siten ohjelmiston suoriutuminen ei ole riippuvainen käytettävän laitteen suorituskyvystä. Kääntöpuolena tässä on se, ettei ole varmuutta siitä, että verkkoyhteys olisi aina käytettävissä. Tällöin työskentelyä ei voida jatkaa ennen kuin verkkoyhteys palautuu. Kaikki data on yksinomaan ohjelmiston tarjoajan palvelimella, mihin liittyy tiettyjä riskejä. Jos ohjelmiston tarjoajan yritys lopettaa toimintansa, saatetaan menettää kaikki siihen mennessä koottu data. Samoin tietoturvallisuus on tämän tarjoajan vastuulla. (Green 2019.) Sillä, ettei laitekohtaista asennusta tarvita, on sekä hyvät puolet että huonot puolet. Kun ohjelmisto on pilvessä, ei käyttäjän tarvitse itse huolehtia sen päivityksestä. Mutta koska päivitykset tulevat ohjelmistoon automaattisesti, ei käyttäjä myöskään pysty vaikuttamaan niiden asennusajankohtiin eikä vanhempaan versioon voida palata. (Bethany 2016.) CAD-ohjelmistojen siirtymistä pilveen kannustetaan sillä, että silloin projektin dokumentit ja käyttöalustat ovat laajemman käyttäjäkunnan käytettävissä reaaliaikaan ja samanaikaisesti. Ohjelmistoa voidaan myös käyttää alustasta ja omasta sijainnista riippumatta, silloin kun verkkoyhteys on käytettävissä. Nykyisin markkinoilla olevien pilvessä toimivien CAD-sovellusten lisensointi eroaa tavanomaisten laitekohtaisten ohjelmistojen lisensoinnista. Pilviohjelmistot vaativat sen, että jokaiselle käyttäjälle luodaan oma tili, jolla on oikeudet ohjelmiston käyttöön. Näin lisenssihintaa saattaa olla korkeampi, jos käyttäjiä on suuri määrä. (Green 2019.)

VR eli virtuaalinen todellisuus (engl. Virtual Reality) on saavuttanut suurta suosiota eri käyttäjäkunnissa. Erityisesti erilaiset pelit ovat omaksuneet VR:n mahdollisuudet luoda todentuntuisia elämyksiä, mutta sitä voidaan käyttää, ja jo käytetäänkin, hyväksi myös insinööritieteissä. VR:n avulla voidaan luoda todellisuutta vastaava 3D-ympäristö suunnitteluvaiheessa olevasta prosessista. Tässä ympäristössä voidaan liikkua 3D-laseja

käyttäen, sen eri osia voidaan tutkia lähemmin ja tehdä tarvittavia tarkasteluita suunnitelmista. VR:a käytetään teollisuudessa erityisesti tuomaan projektin asiakkaat sekä käyttöhenkilökunta samaan tilaan. Tällöin saadaan laajempi näkemys siitä, mikä suunnitelmassa toimii ja mitä voidaan vielä kehittää. Prosessista ei tarvitse rakentaa erillisiä prototyypppejä, jolloin säästetään kustannuksissa sekä suunnitteluajassa. VR:n rinnalle on luotu AR, lisätty todellisuus (engl. Augmented Reality), joka mahdollistaa simulaatiomallissa käyttäjien interaktiivisen toiminnan. Tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi käyttö- tai kunnossapitohenkilöstön koulutuksessa sekä prosessin riskien tunnistamisessa.

Prosessisuunnittelun näkökulmasta tulevaisuudessa CAD-ohjelmistojen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat niiden kyky palvella isompaa käyttäjäkuntaa ja olla mahdollisimman käyttäjäystävällisiä. Inhimillisen virheen vähentämiseksi ja suunnittelutyön tehostamiseksi voidaan hyödyntää yhteistä käyttöalustaa, jota useampi suunnitteluosasto voi käyttää. Tällöin käyttäjän ei tarvitse itse jakaa useampaa erillistä dokumenttia, vaan tiedonsiirto tapahtuu ohjelmistojen integraation avulla.

5 Suunnitteluohjelmistot

Tämä insinööriyö keskittyi vertailemaan markkinoilla olevia tietokantapohjaisia suunnitteluohjelmistoja, joita prosessisuunnittelussa voidaan käyttää. Työtä varten tehtiin eri suunnitteluosastoilla työskenteleviä henkilöitä varten haastattelu (Liite 1), jolla kartoitettiin suunnittelutyössä käytössä olevia ohjelmistoja ja niistä saatuja käyttökokemuksia. Haastatteluista saatujen tietojen perusteella valittiin neljä ohjelmistoa vertailuun.

5.1 Ohjelmistojen esittely

Ohjelmistojen vertailuun valittiin neljä eniten prosessisuunnittelussa käytetyintä tietokantapohjaista suunnitteluohjelmistoa, jotka olivat Autodesk AutoCAD P&ID, AVEVA Diagrams, Vertex G4PI sekä SmartPlant P&ID. Näistä edelleen valittiin kaksi ohjelmistoa, joilla toteutettiin pilottiprojekti. Pilottiprojekti on esitelty tarkemmin luvussa 6.

Kaikilla vertailuun valituilla ohjelmistoilla tuotetaan kaavioita osana prosessisuunnittelua. Yhteisenä ominaisuutena kaikille ohjelmistoille on jo aiemminkin mainittu tietokantapohjaisuus, jolla mahdollistetaan kaavioiden älykäs piirtäminen.

5.1.1 Autodesk AutoCAD P&ID

AutoCAD P&ID on yhdysvaltalaisen Autodeskin suunnitteluohjelmisto. Yritys on perustettu vuonna 1982, ja se on yksi maailman suurimmista yrityksistä markkina-alueellaan. (Autodesk, Inc. History.)

Ohjelmistolla saadaan tuotettua PI-kaaviot nopeasti AutoCAD-käskyjen avulla. Ohjelmistoon on valmiiksi saatavilla vakiosymbolikirjastot, joita ovat PIP, ISA, ISO/DIN ja JIS. Ohjelmiston tunnistet, merkinnät ja raporttimuodot voidaan mukauttaa projektin tai asiakkaan vaatimien standardien mukaan. Ohjelmiston tietokantaa hallitaan Data Managerin avulla, josta voidaan myös tulostaa Excel-tiedostona tarvittavat luettelot. (AutoCAD Plant 3D -työkalut sisältyy nyt AutoCADiin.)

AutoCAD P&ID -ohjelmistosta ei enää tehdä uusia versioita, vaan sen ominaisuudet on siirretty AutoCAD Plant 3D -ohjelmistoon. Tässä ohjelmistossa yhdistyy sekä 2D- että 3D-piirtäminen ja niiden välille voidaan luoda yhteys.

5.1.2 AVEVA Diagrams

AVEVA Diagrams on brittiläisen AVEVAN suunnitteluohjelmisto. Yritys on perustettu vuonna 1967 (About AVEVA: Milestones.) ja se on Autodeskin ohessa yksi maailman suurimmista yrityksistä markkina-alueellaan.

Ohjelmistolla voidaan helposti tuottaa PI- ja virtauskaavioita. Ohjelmistolla on integraatio AVEVA Engineering ja AVEVA Everything3D (E3D) -ohjelmistojen kanssa, jolloin projektin alustasta saadaan yhtenäinen ja tiedonkulku sujuvaksi. AVEVA Engineering toimii kokonaisuuden prosessitietojen hallintatyökaluna, josta voidaan viedä tietoa suoraan Diagramsiin ja E3D:hen sekä päinvastoin. Prosessiarvojen, kaavioiden ja mallin välisiä revisiomuutoksia voidaan hallita helposti. (AVEVA Diagrams™ Draw on Added Intelligence.)

5.1.3 Vertex G4PI

Vertex G4PI on suomalaisen Vertex Systems Oy:n suunnitteluohjelmisto. Yritys on perustettu vuonna 1978, ja sen tuotteita käytetään maailmanlaajuisesti. (Vertex Systems Oy.)

Ohjelmistolla voidaan tehokkaasti ja joustavasti tuottaa PI-kaavioita. Ohjelmisto on yhteensopiva Vertexin muiden tuotteiden kanssa, jolloin suunnitteludokumentit ja tietokanta voidaan hyödyntää. Luettelot voidaan ajaa suoraan tietokannasta Excel-tiedostona. Tietoja voidaan muokata joko Excel-ohjelmistossa tai tietokantaselaimessa. (Vertex G4PI.)

5.1.4 SmartPlant P&ID

SmartPlant P&ID on yhdysvaltalaisen HEXAGON PPM -yrityksen suunnitteluohjelmisto. Yritys on perustettu vuonna 1969 (History).

Ohjelmistolla tuotetaan PI-kaavioita, luetteloita sekä datalehtiä, joita esimerkiksi kunnossapito ja operaattorit voivat hyödyntää. Ohjelmisto varoittaa käyttäjän määrittämistä laa-
tustandardista poikkeavista eroavaisuuksista. (SmartPlant® P&ID Design Validation.)

5.2 Ohjelmistojen käyttökokemukset

Haastateltavilta kysyttiin kokemuksia ohjelmistoista ja niiden vahvuuksista sekä haasteista. Taulukkoon 1 on koottu haastateltavien käyttökokemuksia. Ohjelmistot on jaoteltu taulukossa seuraavasti:

- A: AutoCAD P&ID
- B: AVEVA Diagrams
- C: Vertex G4PI
- D: SmartPlant P&ID.

Taulukko 1. Tietokantapohjaisten suunnitteluohjelmistojen käyttökokemuksia

Ohjelmisto	Vahvuudet	Haasteet	Tyytyväisyys
A	<ul style="list-style-type: none"> Tietokantapohjainen Tietojen periytyvyys laitteelta toiselle automaattista Helppokäyttöinen Projektin luonti nopeaa ja helppoa Ohjelmisto varoittaa tuplapositioiden syntymisestä Yhteensopiva Excelin kanssa Useamman kaavion massatulostus yhdellä kerralla Edullinen 	<ul style="list-style-type: none"> Käyttäjän täytyy tietää tarkasti, miten tietokanta toimii Piirtäminen pikkutarkkaa Virheilmoituksia melko usein Syötettyjen attribuuttitietojen muuttuminen virheilmoitusten jälkeen Tiedon siirtymisen estäminen epävarmaa Samalle tiedolle monta eri rivivaihtoehtoa (kaikki eivät linkity listoille) Raskas ohjelmisto tietokannan takia Swecolla ei ole adminia ohjelmistolle 	3,2
B	<ul style="list-style-type: none"> Tietokantapohjainen Multidisipliininen Kaikki tieto on jokaisen käyttäjän käytettävissä Piirtäminen ja sen aloittaminen helppoa Yhdelle putkilinjatunnuksesta voidaan tehdä useampia DN-kokoja Kaaviosta toiseen viittaaminen yksinkertaista Hyvä tuki 	<ul style="list-style-type: none"> Nykyinen käyttöliittymä asettaa rajoitteita Vaatii opettelua ja tarkkaa työskentelyotetta Vaatii ymmärrystä siitä, miten tietokanta toimii Melko jäykkä Tietyjen toimintojen toteuttaminen vaatii paljon askelia Tiedon siirtyminen putkistosuunnittelusta ei niin sujuvaan kuin toisinpäin 	3,3
C	<ul style="list-style-type: none"> Helppokäyttöinen Ei vaadi suurta tarkkuutta piirrettäessä, jotta komponentit saadaan liitettyä toisiinsa Käyttäjä saa itse määrittää, mikä tieto siirtyy mistä ja mihin Älykkäiden objektien lisäys helppoa Vanhat revisiot tallentuvat automaattisesti, kun tehdään uusi revisio Ohjelmisto tekee varmuuskopioinnin useamman kerran päivässä 	<ul style="list-style-type: none"> Tieto ei periydy automaattisesti, vaan se on tehtävä manuaalisesti Muutokset täytyy tehdä manuaalisesti jokaiselle komponentille Hidas käyttää Tietokanta ei taivu isoon projektiin 	3
D	<ul style="list-style-type: none"> Tietokantapohjainen Tieto liikkuu hyvin Tiedon liikkumisen pysäyttäminen käyttäjän määrittämään paikkaan selkeää Visuaalisesti miellyttävät kaaviot Uudelleen projektointi myöhemmin tehtäviä muutoksia varten mahdollista Monipuolinen Admin hallinnoi käyttöoikeuksia projektipohjan muutosten tekoon 	<ul style="list-style-type: none"> Muutosten hallinta työlästä Tieto välittyy niin pitkälle, kunnes käyttäjä sen manuaalisesti katkaisee Arvokas Swecolla ei ole adminia ohjelmistolle 	3,5

Yleisesti kaikkien tietokantapohjaisten ohjelmistojen käytöstä mainittiin se, että käyttäjällä täytyy olla riittävä tietämys siitä, miten tietokanta toimii. Esille nostettiin se, että ohjelmiston käytöllä voidaan tehdä enemmän haittaa kuin hyötyä, jos tätä tietokannan ymmärrystä ei ole. Ohjelmistojen vahvuuksien sekä haasteiden lisäksi haastateltavat arvioivat ohjelmistojen käyttöön liittyvää kokonaisvaltaista tyytyväisyyttä. Arviointi tehtiin taulukossa 2 esitetyllä arviointitaulukolla arvosanoilla 1—5.

Taulukko 2. Ohjelmistojen tyytyväisyyttä kuvaava arviointitaulukko.

1	2	3	4	5
Ei lainkaan tyytyväinen	Vähäisesti tyytyväinen	Jokseenkin tyytyväinen	Tyytyväinen	Erittäin tyytyväinen

Eniten käyttökokemuksia käytetyistä ohjelmistoista haastateltavilla oli AutoCAD P&ID:sta, jota yrityksessä käytetään laajasti prosessisuunnittelun työkaluna. Yleisemmät kommentit ohjelmiston vahvuuksista olivat sen helppokäyttöisyys ja tiedon periytyvyyden kätevyys. Heikkouksina pidettiin eniten tietokannan käytön hitautta sekä ohjelmiston tuen vähyyttä ongelmatilanteiden sattuessa. Ohjelmiston käytön tyytyväisyyttä arvioitiin keskimäärin arvosanalla 3,2.

Seuraavaksi ohjelmistoksi valittiin AVEVA Diagrams, jota yrityksessä on käytetty huomattavasti vähemmän kuin AutoCAD P&ID:ia. Ohjelmiston suurimmiksi vahvuuksiksi nostettiin ohjelmiston sisäisen tiedonkulun eteneminen muiden AVEVA:n tuoteperheen ohjelmistojen kanssa sekä hyvä tuki. Heikkouksina mainittiin nykyisin käytössä olevan käyttöliittymän tuomat haasteet ja epävarmuus sekä käytön jäykkyys useamman käyttäjän samanaikaisessa työskentelyssä. Tyytyväisyyttä kuvaavassa arviointiasteikossa ohjelmisto arvioitiin keskimäärin arvosanalla 3,3.

Kolmanneksi ohjelmistoksi vertailuun valittiin Vertex G4PI, jota yrityksessä on käytetty jonkin verran AutoCAD P&ID:n rinnalla. Ohjelmiston vahvuuksiksi nostettiin sen helppokäyttöisyys sekä se, ettei piirtämisen tarvitse olla kovin tarkkaa, jotta laiteyhteydet saadaan toteutettua (vrt. AutoCAD P&ID). Ohjelmiston suurimpana haasteena pidettiin tiedon periyttämiseen vaadittavan manuaalisen työn määrää, joka hidastaa työskentelyä. Tämän takia ohjelmiston käyttö laajemmissa projekteissa on haastavaa. Tyytyväisyyttä kuvaavassa arviointiasteikossa ohjelmisto arvioitiin keskimäärin arvosanalla 3.

Viimeiseksi ohjelmistoksi valittiin SmartPlant P&ID, jota yrityksessä on käytetty melko vähän. Ohjelmiston vahvuuksiksi mainittiin tiedon liikkumisen yksinkertaisuus ja siihen liittyvien käyttäjän tekemien määritysten mahdollisuus sekä kaavioiden visuaalinen ilme. Haasteiksi nostettiin muutosten hallinnan työläys sekä ohjelmiston Admin-henkilön puuttuminen yrityksen sisällä. Tyytyväisyyttä kuvaavassa arviointiasteikossa ohjelmisto arvioitiin keskimäärin arvosanalla 3,5.

6 Suunnittelijoiden haastattelut

Haastattelut toteutettiin yksilöhaastatteluina prosessi-, laite- ja putkisto- sekä automaatio- ja instrumentointisuunnittelun yksiköistä oleville työntelijoille. Haastateltavia oli yhteensä 15 henkilöä. Näistä oli prosessisuunnittelijoita kuusi, laite- ja putkistosuunnittelijoita seitsemän sekä automaatio- ja instrumentointisuunnittelijoita kaksi henkilöä. Automaatio- ja instrumentointisuunnittelijoille tehtiin haastattelu supistetusti, sillä heidän tällä hetkellä käyttämänsä suunnitteluohjelmistot eroavat muiden suunnittelijoiden käyttämistä ohjelmistoista merkittävästi.

Sweco Industry Oy:ltä haastateltavia oli 11 henkilöä, Sweco Industry AB:lta yksi henkilö sekä Outotec Oyj:ltä kolme henkilöä. Keskimäärin suunnittelukokemusta haastateltavilla oli 13 vuotta ja suunnitteluohjelmistojen kanssa työskentelyä viikoittaisesta työmäärästä 68 %. Haastateltavat ovat käyttäneet yhteensä 23 erilaista oman alansa suunnitteluohjelmistoa. Kaikkien ohjelmistojen kesken tehdyn tarkastelun perusteella ohjelmistoja on käytetty ja niiden käyttäjäkohtainen hallinta on arvioitu yli kohtalaisen tasoiseksi.

Tiedon eteneminen suunnitteluosastojen läpi ohjelmistojen välityksellä on koettu pääasiassa heikoksi. Käytännössä tällaista ominaisuutta ei ole ollut laajasti tarjolla haastateltavien käyttämissä ohjelmistoissa. Tiedon siirtymistä osastolta toiselle on toteutettu tavallisesti suunnitteluohjelmistoista ajettujen Excel-tiedostojen ja PDF-tulostettujen kaavioiden välityksellä. Tiedon siirtyminen on koettu suurimmaksi haasteeksi suunnittelutyössä. Erityisesti nostettiin esille prosessisuunnittelun ja automaatio- ja instrumentointisuunnittelun välisen tiedonkulun haasteet.

Haastatteluilla kerättiin myös tietoa siitä, millaisia ominaisuuksia suunnittelijat toivovat ohjelmistojen tarjoavan tukemaan omaa työskentelyään. Taulukossa 3 on listattuna vastaajien kommentteja näistä ominaisuuksista, jotka koskevat erityisesti prosessisuunnittelussa käytettyjä ohjelmistoja.

Taulukko 3. Suunnittelutyökalujen ominaisuustoivomukset

Vastaaja	Ominaisuudet
A	<ul style="list-style-type: none"> • Käyttäjystävällisyys (ei vaadi pitkää koulutusta) • Tiedonkulku suunnitteluosastojen yli • Yksi paikka, jossa hallitaan komponentteja ja niiden tietoja -> virheiden välttäminen muutosten sattuessa (tietoa ei tarvitsisi muuttaa moneen eri paikkaan)
B	<ul style="list-style-type: none"> • Nopea tietokantatyöskentely • Kaikille suunnitteluosastoille sama tietokanta • Mahdollisuus syöttää samalle putkilinjatunnuksesta eri arvoja ilman, että se sotkee tietokantaa • Myös virtauskaaviot olisi yhteydessä tietokantaan, jottei virtauskaaviossa ja tietokannassa olisi eri arvoja
C	<ul style="list-style-type: none"> • Täysin tietokantapohjainen • Mahdollisuus Excelin import/export käytölle • Admin stardardisoimaan projektia • Virtauskaavioiden älykäs käyttö
D	<ul style="list-style-type: none"> • Käyttäjystävällisyys (ohjelmisto opastaa käytössä ja tukea on helppo saada) • Tiedonsiirto ja revisioiden hallinta semmoiseksi, että projektissa vältytään turhilta sekaannuksilta (virheiden minimointi -> suunnittelu- ja hankintavaikutukset)
E	<ul style="list-style-type: none"> • Kaiken käsityön vähentäminen eri osastojen välillä (kopiointi ja lyöntivirheiden lukumäärän vähentäminen -> esim. linjamuutosten päivittyminen prosessisuunnittelusta putkistosuunnitteluun automaattisesti) • Ohjelmistojen varoitukset myös suunnitteluosastojen yli (esim. tietyn putkiston prosessiarvot eivät kohtaa putkistopuolella tehtävää suunnittelua tai laitteiden mitoitusarvojen järjestyys vrt. putkistoon)
G	<ul style="list-style-type: none"> • Tietojen periytyvyys sujuvaa • Linjoille ohjelmiston antama automaattinen numerointi • Tärkeiden asetusten muuttaminen helppoa • Tärkeimmät jutut helposti löydettävissä • Suunnitteludatan saaminen ohjelmistosta pienellä vaivalla, joka voidaan lähettää jatkokäyttöön (oikeassa muodossa, jota ei tarvitse esim. Excelillä muokata)
H	<ul style="list-style-type: none"> • Helposti lähestyttävissä • Ei liian monimutkainen • Ohjelma estäisi virheiden teon • Tieto jakaantuisi moneen eri paikkaan • Instrumentointipuoli olisi kaavioissa mukana
I	<ul style="list-style-type: none"> • Tietokanta kokonaisuudessaan yhdessä paikassa
J	<ul style="list-style-type: none"> • Sähkö/automaatio ohjelmistoon mukaan • Tukitoiminta • Adminin tarve
K	<ul style="list-style-type: none"> • Yhteinen suunnitteluohjelmisto (tieto yhdessä paikassa) • Opittaessa helppokäyttöinen • Tietojen jäsentely järkevää, looginen rakenne (käyttäjystävällinen) • Luotettava
L	<ul style="list-style-type: none"> • Yksiselitteinen tapa siirtää tietoa mallista kaavioon • Helppo käyttöliittymä piirtämiseen
N	<ul style="list-style-type: none"> • Yksinkertainen työn päivittäminen
O	<ul style="list-style-type: none"> • Tiedonkulun automatisointia • Dokumenttien hallinta keskitetysti yhteen paikkaan • Virtauskentistä tiedot suoraan vektoreina säätökaavioihin (teidot laitteista (niiden geometria) ja virtaustiedot) • Säätökaaviot suoraan Simlinkille
X	<ul style="list-style-type: none"> • Sulava käyttö • Integraatio muiden ohjelmien välillä • Älykkäämpiä ohjelmia • Helpompi suunnittelijoiden yhteistyö eri ohjelmien välillä • Järjestelmävaatimuksien pienentäminen • Ylläpidon ja tuen pienentäminen • Helppokäyttöisyys • Enemmän toimivia ja hyödyllisiä toimintoja

Haastateltavien näkemykset ohjelmistojen tarvittavista ominaisuuksista olivat pääasiassa yhtenäiset. Lähes jokainen haastateltava nosti esiin integroidut ominaisuudet

tiedonkulun automatisoimiseksi sekä ohjelmistojen käyttäjäystävällisyyden. Toivomuksena oli myös ohjelmiston tukitoimien parantaminen yrityksen sisällä.

Suunnittelutyökalujen nykytilanteen ja niiden parantamisen rinnalle haastatteluista nousi esille suunnittelun ja sen dokumentaation standardisointi sekä henkilöstön riittävä kouluttautuminen ohjelmistojen käyttöön. Haastatteluista kävi myös ilmi, että laitossuunnitteluosastolla on käytössä käytetyille ohjelmistoille nimetyt Admin-henkilöt, jotka tekevät projekteihin tarvittavat asetukset sekä toimivat tukihenkilöinä. Tällaista toimintaa toivotaan myös prosessisuunnitteluosastolle enemmän.

7 Pilottiprojekti

Työssä toteutettiin pilottiprojekti, jonka tarkoituksena oli demonstroida AVEVA:n tuotteiden käyttöä sekä tiedonkulun tehokkuutta eri suunnitteluosastojen välillä. Pilottiprojektiksi valittiin yrityksen aikaisemmin tekemä projekti. AVEVA:n tuotteita verrattiin AutoCAD P&ID:n ominaisuuksiin. Projektiryhmä koostui muutamasta prosessisuunnittelijasta sekä laitos- ja putkistosuunnitteluosaston Admin-henkilöstä, joilla oli aikaisempaa kokemusta AVEVA-tuotteista. Projektissa toteutettiin yhden PI-kaavion kokonaisuus syöttövesisäiliöstä ja siihen liittyvistä putkistoista sekä laitteista.

AVEVA tarjoaa Integrated Engineering and Design (IE&D) -kokonaisuutta, johon kuuluu seuraavat ohjelmistot:

- AVEVA Engineering
- AVEVA Diagrams
- AVEVA Everything3D (E3D)
- AVEVA Instrumentation
- AVEVA Electrical
- AVEVA Bocad.

Pilottiprojektiin valittiin AVEVA Engineering ja AVEVA Diagrams -ohjelmistot, joita prosessisuunnittelu käyttää työssään. Muista ohjelmistoista käytetään AVEVA Everthing3D -ohjelmistoa 3D-suunnittelussa, AVEVA Instrumentation -ohjelmistoa instrumentaatio-suunnittelussa, AVEVA Electrical -ohjelmistoa sähkösuunnittelussa ja AVEVA Bocad -

ohjelmistoa teräsrakenteiden suunnittelussa. Näihin ohjelmistoihin ei tässä insinööri-työssä tutustuttu.

Projektiryhmä työskenteli muutaman päivän tiiviissä yhteistyössä AVEVAn edustajan kanssa, jolloin ohjelmistojen käyttö tuli tutuksi. Työpajojen tarkoituksena oli saada kokonaiskuva siitä, mitä kaikkea ohjelmistoilla voidaan tehdä ja mitä mahdollisuuksia ne voisivat tuoda yritykselle prosessisuunnittelun näkökulmasta. Suurin osan työpajojen tunteista käytettiin Admin-asetusten määrittämiseen ja varsinaisen loppukäyttäjän tekemää työtä ei käyty läpi syvällisesti.

7.1 Admin-asetukset

Projekti voidaan toteuttaa kahdella tavalla. Ensimmäisenä vaihtoehtona on täydentää ensin AVEVA Engineeringissä prosessi- ja laitetiedot, jonka jälkeen piirretään AVEVA Diagramsilla PI-kaavio. Toinen vaihtoehto on tehdä suunnittelu toisinpäin. Pilottiprojektissa päädyttiin käyttämään jälkimmäistä vaihtoehtoa.

AVEVAn tuotteet ovat täysin tyhjiä ennen kuin Admin-henkilö käy tekemässä tarvittavat alkuasetukset, joita voidaan muokata projektikohtaisesti. Pilottiprojekti aloitettiin luomalla projektille pohja, jossa määritettiin suunnitteluosastot, käyttäjät sekä tietokannat. Nämä luotiin AVEVA Administration -ohjelmistolla.

Kun projektin pohja oli luotu, siirryttiin määrittämään projektissa tarvittavia tietokenttiä AVEVA Engineering -ohjelmistolla. Tällä ohjelmistolla ylläpidetään projektin tietokantaa. Ohjelmistolla luotiin luokat, attribuutit, tietojen periytyvyysasetukset, luettelopohjat sekä attribuuttien nimeämissäännöt. AVEVA Diagramsiin luotiin tarvittavat attribuutit sekä niiden nimeämissäännöt.

7.3 AVEVA Diagrams ja Engineering

PI-kaavio piirrettiin AVEVA Diagramsilla. Työskentely oli paikoin päällekkäistä Admin-asetusten määrittämisen kanssa ja kaaviota työstäessä opittiin näistä koko ajan lisää. Piirtämisen yhteydessä kiinnitettiin huomiota seuraaviin asioihin:

- symbolien käytettävyys ja muokattavuus
- laiteyhteyksien luominen
- piirtämisen sujuvuus
- objektien tunnusten luominen ja nimeäminen.

Kun PI-kaavio oli luotu, jatkettiin työskentelyä AVEVA Engineering -ohjelmistolla. Tässä osiossa kiinnitettiin huomiota seuraaviin asioihin:

- tietojen periytyvyys
- luetteloiden luonti
 - (a) putkilinjaluetelo
 - (b) venttiililuetelo
 - (c) instrumenttiluetelo
 - (d) laiteluetelo.

Viimeisessä vaiheessa tutkittiin, kuinka tietojen muutoksia hallitaan ja kuinka suunnitellutieto siirtyy AVEVA Engineeringistä AVEVA Diagramsiin. Ohjelmistojen integraatiossa höydynnettiin Compare/Update-funktiota, jonka avulla tehdyt muutokset, esimerkiksi putkilinjassa, tuotiin kaaviosta tietokantaan. Muutetut tiedot päivittyvät automaattisesti, jos käyttäjä hyväksyy ne. Tämä toiminto on olemassa jokaisen ohjelmiston välillä kumpaankin suuntaan, jolloin muutoksia voidaan hallita myös eri suunnitteluostojen välillä.

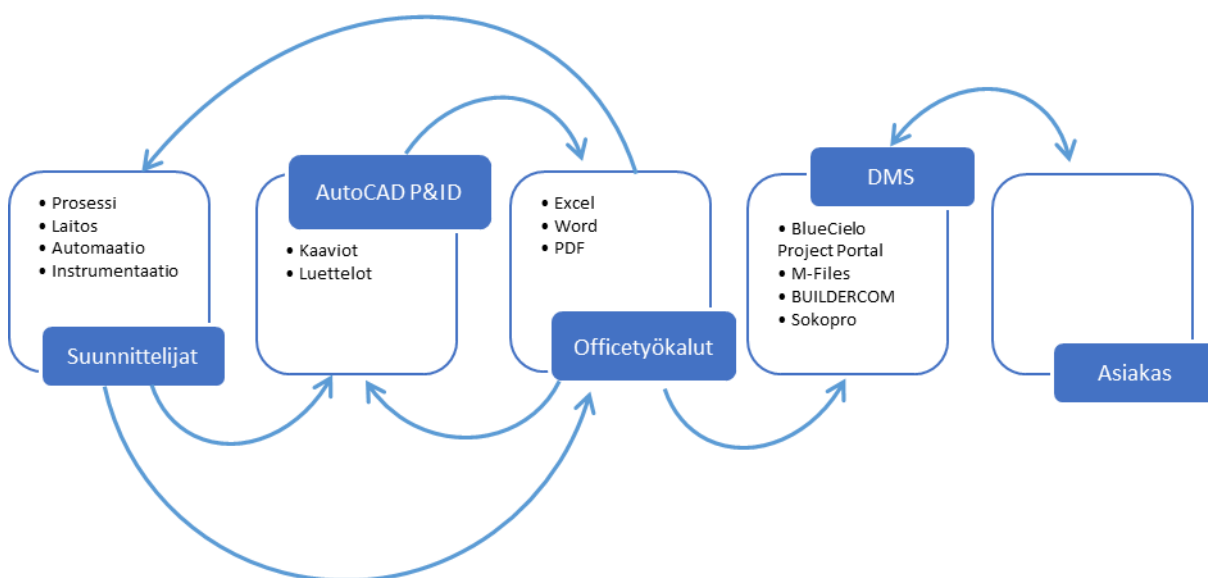
7.4 AVEVAN ja AutoCAD P&ID -ohjelmistojen vertailu

Pilottiprojektin tarkoitus oli tutustua AVEVAN tuotteisiin ja siihen, miten ne käytännössä eroavat ominaisuuksiltaan AutoCAD P&ID -ohjelmistoon verrattuna. Suurimpana teemanäkökulmana oli tutkia, miten tieto ja tuotettu materiaali siirtyy AVEVAN ohjelmistojen välityksellä.

Ohjelmistot valikoituivat vertailuun työtä varten tehtyjen haastatteluiden sekä yrityksen AVEVAN tuotteita kohtaan olevan kiinnostuksen perusteella.

7.4.1 Tiedonkulku

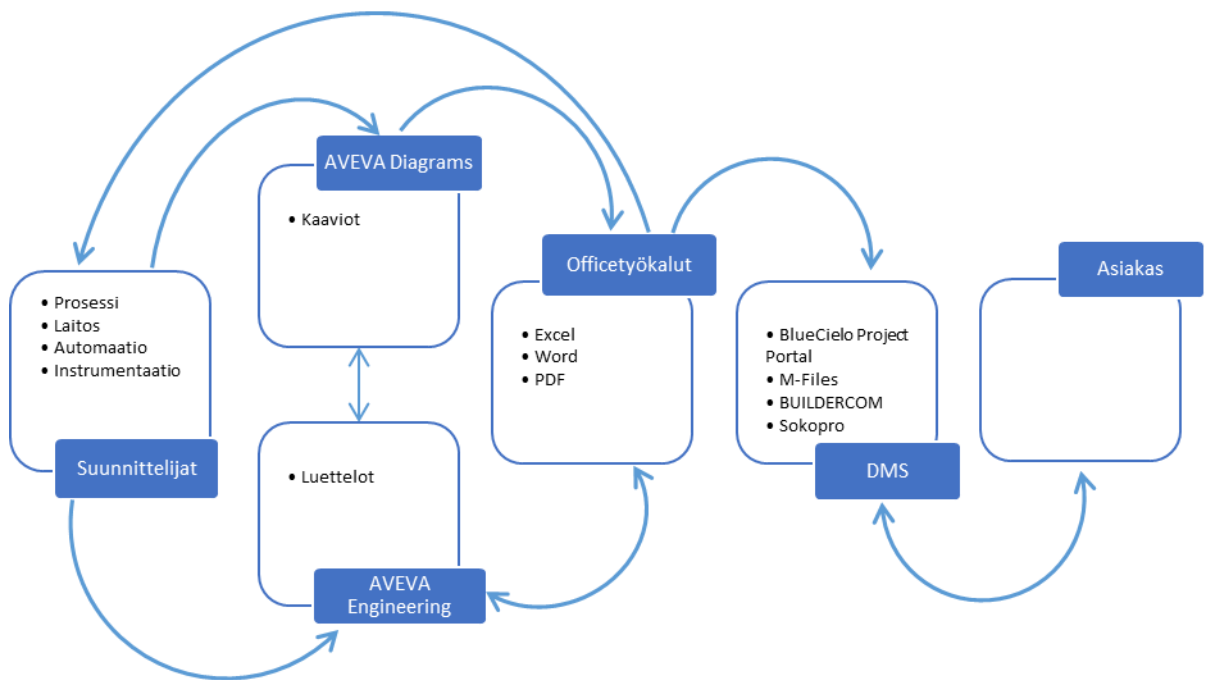
Ohjelmistojen suurimpia eroavaisuuksia on niissä tapahtuvan tiedonkulun toteutuminen. Siinä missä AutoCAD P&ID:iä voidaan pitää vain prosessisuunnitteluun tarkoitettuna työkaluna, voidaan AVEVAN tuotteita pitää multidisipliinisinä. Käytännössä kaikki materiaali, joka AVEVAN tuotteilla luodaan, on mahdollista siirtää eteenpäin putkistosuunnittelulle ohjelmistojen sisällä. AutoCAD P&ID:llä täytyy käyttäjän tehdä erilliset tulosteet tehdyistä kaavioista sekä luetteloista. Asiakkaalle lähetettävä materiaali täytyy kuitenkin molempien ohjelmien tapauksessa lähettää erillisen yhteisen talletusalustan välityksellä. Kuvassa 5 on esitetty, kuinka tiedonkulku tapahtuu AutoCAD P&ID:ssä ja kuvassa 6 on esitetty tiedonkulku AVEVA Diagramsin sekä AVEVA Engineeringin välityksellä.



Kuva 5. AutoCAD P&ID:llä tiedonkulku projektissa

Käytännössä AutoCAD P&ID:iä käytettäessä suunnittelutyökaluna prosessisuunnittelu tekee ohjelmistolla kaaviopiirtoa sekä prosessiarvojen suunnittelua. Kaavioista tehdään PDF-tulosteet ja luetteloista Excel-tiedostot, jotka jaetaan sovitulla tavalla muille suunnitteluosastoille. Muutosten hallinta tapahtuu näillä tiedostoilla, joita lähetetään suunnitteluosastojen välillä. Prosessisuunnittelija käy syöttämässä tehdyt muutokset AutoCAD

P&ID:iin, jolloin viimeisin päivitetty revisio on aina ohjelmistossa. Asiakkaalle ja asiakkaan kommentoidut dokumentit siirtyvät yhteisen erillisen talletusalustan kautta.



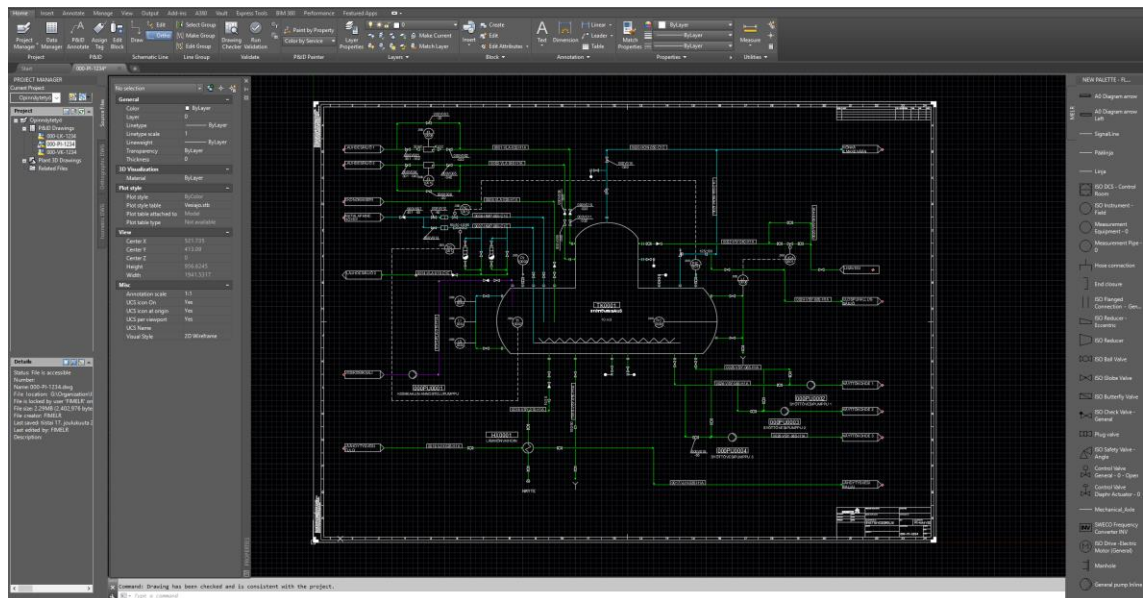
Kuva 6. AVEVA-tuotteilla tiedonkulku projektissa

AVEVAN tuotteilla prosessisuunnittelu alkaa joko kaavion piirtämisellä tai prosessiarvojen suunnittelulla. Yleensä suunnittelu aloitetaan kaavion piirtämisellä, jolloin prosessin kokonaiskuva saadaan hahmotettua. Kun kaavio on piirretty AVEVA Diagramsilla, voidaan prosessiarvot syöttää AVEVA Engineeringillä. Ohjelmistojen välillä on integraatio, jolloin tehdyt muutokset päivittyvät suoraan ohjelmistojen välillä. Samoin putkistosuunnitteluun tarkoitetut ohjelmistot AVEVA PDMS tai AVEVA E3D hyödyntävät tätä integraatiota. Ajan tasalla oleva tieto on näiden ohjelmistojen käyttäjillä automaattisesti käytävissä. Toistaiseksi automaatio- ja instrumentaatio-suunnittelun tarvitsema materiaali täytyy kuitenkin luoda PDF- ja Excel-tulosteilla kuten AutoCAD P&ID:ssä. Eroavaisuutena AutoCAD P&ID:iin, voidaan AVEVAN tuotteilla luoda valmiita laitteen teknisiä dokumentteja, jolloin erillistä Excel-pohjaa ei tarvita. Asiakkaalle dokumentaatio kulkeutuu samalla tavalla kuin AutoCAD P&ID:llä työskenneltäessä.

loppukäyttäjällä ei ole niin paljon vapauksia muokata symboleita kuin AutoCAD P&ID:ssä. Kun symboli viedään kirjastosta piirtoalustalle, sen muodostuminen tietokantaan voidaan havaita sinisellä värillä. Jos symbolin väri jää mustaksi, sitä ei löydy tietokannasta. Laitteiden ja putkilinjojen väliset yhteydet havaitaan liitoskohtien vihreästä väristä. Jos väri on harmaa, ei yhteyttä ole muodostettu.

Kaaviossa käytettävien erillisten tietokenttien, esimerkiksi otsikkokentän, revisiokentän sekä putkilinjatunnuksen, muokkaaminen tapahtuu symbolikirjastoon luotujen objektien välityksellä. Nämä luodaan projektin asetusten yhteydessä, jolloin loppukäyttäjän ei tarvitse tehdä muuta kuin täydentää tarvittavat attribuutit valituille kentille.

Tietokantapuun ja kaavionäkymän välillä navigoidaan niin, että kaaviosta valitaan tietty symboli ja tämä korostuu tietokantänäkymässä. Tietokantänäkymässä voidaan myös valita tietty symboli ja joko valita tai korostaa se kaaviossa. Tällöin piirtäjä on tietoinen tietokannasta ja sen oikeellisuudesta.



Kuva 8. AutoCAD P&ID

AutoCAD P&ID:llä varsinainen piirtäminen on yksinkertaista ja helppoa. Pääpiirteiltään se on samanlaista kuin AVEVA Diagramsilla piirtäminen. Erona piirtämisessä on käyttöliittymä, joka on täysin erilainen kuin AVEVA Diagrammissä. Esimerkiksi ohjelmistossa on pikakomennot, jotka ovat käytössä kaikissa AutoCAD-tuotteissa.

Myös loppukäyttäjän on mahdollista muokata standardien mukaisia symboleita AutoCAD P&ID:ssä. Tämä tapahtuu Block editorin kautta, jolloin symboli muokkaantuu vain kyseiseen kaavioon eikä pysyvästi symbolikirjastoon. Myös tietokantaan tulevia symboleita loppukäyttäjä voi luoda itse Convert To P&ID Object -komennolla. Tällöin symboli ei myöskään tallennu symbolikirjastoon. Symbolien kytkeytyminen toisiinsa voidaan havaita sinisellä pallolla ja tekstillä "Connection Point", kun hiiren kursorin vie pisteen päälle. Kytkeytymättömät yhteydet näkyvät sinisenä plusmerkkinä ja tekstinä "Continue/Shorten Sline".

Otsikko- ja revisiokenttiä muokataan AutoCAD P&ID:ssä blockien avulla, joihin on liitetty attribuuttitietoa. Tämä on hyvin samankaltainen tapa kuin AVEVA Diagramsilla tehtynä, mutta blockeille ja on oma erillinen talletuspaikkansa. Nämä on myös määritetty projektiasetuksia luotaessa, jolloin loppukäyttäjän tarvitsee vain syöttää tarvittavat tiedot oikeisiin kenttiin. Myös symboleiden tagien muodostuminen tehdään projektiasetuksissa, jolloin loppukäyttäjä voi valita haluamansa tag-muodon valikosta.

7.4.3 Tietokanta

AVEVAN ohjelmistoilla työskennellessä ylläpidetään tietokantaa AVEVA Engineering -ohjelmistolla. Kun piirtotyö on tehty AVEVA Diagramsilla, siirrytään AVEVA Engineeriin täydentämään prosessiarvoja. Aluksi käyttäjä valitsee mitä listaa haluaa täydentää. Kuvassa 9 on esitettyinä pilottiprojektille luotua putkilinjalueteloa.

The screenshot displays the AVEVA Engineering PI interface. The top menu bar includes options like 'Project', 'Tools', 'Home', 'Storage', 'View', 'AVEVA.NET', 'Tools/Utilities', 'Admin', and 'Actions'. Below the menu is a toolbar with icons for 'By Source', 'By Destination', 'Filter', 'Source Selection', 'Refresh', 'Database', 'Configuration', 'Summary', and 'Data View'. The main window is divided into several panes:

- Diagram View:** Shows a detailed P&ID diagram with various process units, pipes, and control loops.
- Diagram Data Table:** A table listing pipe data with columns: Diagram Number, Description, Diagram, Area, Name, PipeLine Num., From, To, DN size [mm], Pipe Class, and Pressure class. The table contains 18 rows of data.
- Legend:** A table with columns: Legend, Material, Material Alias, Number of Occurrences, Changed attributes, and Logically Deleted. It lists various pipe materials like '0000-01', '0000-02', etc., and their properties.
- Engineering Database:** A table showing database information for the current project, including 'Engineering Database', 'Schematic Database Value', and 'Engineering Value'.

Kuva 10. AVEVA Engineering PI-kaavion esitys

AutoCAD P&ID:ssä tietokanta muodostuu Data Manager -välilehdelle (kuva 11), jossa sitä voidaan täydentää. Tietonäkymässä on eriteltyinä putkilinjat, venttiilit, laitteet, instrumentit sekä muut komponentit omia otsakkeina. Erona AVEVA Diagramsiin putkilinjoista ei muodostu kokonaisuuksia (putkisto ja siihen liittyvät laitteet), vaan kaikki osat ovat erillisiä ja ne muodostuvat omien pääluokkien alle. Myös Data Managerissa voidaan valita tietyt symbolit ja esittää ne kaaviossa. Kaaviossa tehtävät valinnat eivät kuitenkaan näy Data Managerissa.

Description	Manufacturer	Model Number	Supplier	AdditionalInfo1	Class Name	P&ID	Area	Department	Detail Engineering Site	Rev	TestGroup	To Be Listed (in P&ID)	Status
SYOTTOVESIAL					PSK_Tanks	3004	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3032	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3032	?	000					New
Control Valve					Control_Valve_G	3048	?	000					New
Steam					Steam	3058	?	000					New
Control Valve					Control_Valve_G	3058	?	000					New
Steam					Steam	3072	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3084	?	000					New
Other Liquids					OtherLiquids	3088	?	000					New
Control Valve					Control_Valve_G	3094	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3098	?	000					New
Steam					Steam	3107	?	000					New
Steam					Steam	3113	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3121	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3127	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3131	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3137	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3141	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3147	?	000					New
SYOTTOVESIPU.					Pumps	3151	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3157	?	000					New
SYOTTOVESIPU.					Pumps	3161	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3167	?	000					New
SYOTTOVESIPU.					Pumps	3171	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3177	?	000					New
KEMKAAJINAJL					Pumps	3181	?	000					New
Other Liquids					OtherLiquids	3193	?	000					New
Field Discrete In.					Field Discrete In.	3241	?	000					New
Pipe Line Segme.					Pipe Line Segme.	3243	?	000					New
Ball Valve					Ball Valve	3252	?	000					New
Measurement Ge.					Measurement_Pipe	3266	?	000					New
Signal_Line					Signal_Line	3268	?	000					New
Steam					Steam	3302	?	000					New
Steam					Steam	3307	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3318	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3323	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3328	?	000					New
Waters Condens.					Waters Condens.	3333	?	000					New

Kuva 11. AutoCAD P&ID Data Manager

Data Managerin kautta käyttäjät voivat tehdä valituista listoista Excel-tulosteita. Tulokset voidaan ajaa myös takaisin tietokantaan. Tietokannassa näkyvät tuodut muutokset ja käyttäjä voi valita mitkä niistä talletetaan kyseisiin komponentteihin.

8 Tulokset

Ohjelmistoja vertailtaessa huomattiin, että niissä on paljon samankaltaisuuksia, mutta myös eroavaisuuksia. AVEVAN tuotteita päästiin pääasiassa kokeilemaan Admin-henkilön näkökulmasta, jolloin varsinainen loppukäyttäjän tekemä työ jäi vähäisemmäksi. Tästä huolimatta ohjelmistojen ominaisuuksista ja mahdollisuuksista saatiin tarvittavaa tietoa, jotta niitä voitiin verrata AutoCAD P&ID -ohjelmistoon. Taulukkoon 4 on koottuna ohjelmistojen käyttöön liittyviä ominaisuuksia ja niitä on arvioitu lyhyesti.

Taulukko 4. AVEVA ja AutoCAD P&ID -ohjelmistojen vertailua

Ominaisuus	AVEVA	AutoCAD P&ID
Alkuasetukset	<ul style="list-style-type: none"> Tuotteet vaativat paljon alkuasetusten määrittämistä sekä tuotetukea ongelmatilanteiden esiintyessä Alkuasetusten määrittäminen erilaista ja monimutkaisempaa kuin AutoCAD P&ID:ssä Asetuksia määritetään usealla eri ohjelmistolla Adminilla on hyvä olla käsitystä yksinkertaisesta PML-koodauksesta Kun yksi projektipohja on tehty, voidaan samaa pohjaa kopioida tuleviin projekteihin ja tehdä projektikohtaiset muutokset niihin 	<ul style="list-style-type: none"> Alkuasetusten määrittäminen yksinkertaisempaa Ei vaadi suoranaista koodausta Muutokset tehdään yhden ohjelmiston alla Kun yksi projektipohja on tehty, voidaan samaa pohjaa kopioida tuleviin projekteihin ja tehdä projektikohtaiset muutokset niihin
Piirtämisen sujuvuus	<ul style="list-style-type: none"> Käytetään AVEVA Diagramsilla Microsoftin Visio-käyttöliittymällä Piirtäminen helppoa, kun sen oppii Putkilinjan hierarkia täytyy tuntea Venttiilit eivät aina osu/asetu putkilinjoihin Piirrettäessä ei mahdollista palata taaksepäin -> täytyy piirtää tarkasti tai virheiden sattuessa vaatii enemmän työtä korjata 	<ul style="list-style-type: none"> Piirtäminen helppoa Piirtäjän täytyy tietää kuinka tietokanta toimii, jotta symbolit linkittyvät oikein Piirtäessä voidaan palata taaksepäin -> Piirtää voi melko turvallisesti
Symbolien käytettävyys ja muokattavuus	<ul style="list-style-type: none"> Symbolien muokattavuus vain adminin käytettävissä Symboleita muokataan Microsoft Visio ohjelmistolla 	<ul style="list-style-type: none"> Loppukäyttäjät voivat vapaasti muokata symboleita
Laiteyhteyksien luominen	<ul style="list-style-type: none"> Laiteyhteyksien luominen vaivatonta 	<ul style="list-style-type: none"> Laiteyhteyksien luominen vaivatonta
Objektien tunnukset	<ul style="list-style-type: none"> Tunnukset putkilinjoille voidaan luoda erillisillä symboleilla Laite-tunnukset muodostuvat nimeämissäntöjen pohjalta tekstikenttänä 	<ul style="list-style-type: none"> Putkilinjojen ja laitteiden tunnukset luodaan alkuasetusten määrittysten yhteydessä projektin asetuksista
Tietokanta	<ul style="list-style-type: none"> Tietokantaa hallitaan AVEVA Engineering ohjelmistolla Helppo käyttää ja täyttää 	<ul style="list-style-type: none"> Tietokantaa hallitaan Data Managerin kautta Käyttö kömpelöä ja hidasta
Tiedon välittyminen	<ul style="list-style-type: none"> Tietoa välitetään eri suunnitteluosastojen välillä ohjelmiston sisällä Compare/Update-komennolla Voidaan tulostaa Excel-listoja sekä lisätä tietoa Excel-tiedostojen välityksellä 	<ul style="list-style-type: none"> Tietoa välitetään Excel-listojen ja PDF-tulosteiden välityksellä

Suurimpina eroavaisuuksina voidaan pitää alkuasetusten määrittämiä, piirtämiseen käytettyjä järjestelmiä sekä tietokannan eroavaisuuksia. AVEVAn tuotteilla Admin-henkilön tarve on huomattavasti suurempi ja isommissa roolissa kuin AutoCAD P&ID:ssä.

Molemmissa ohjelmissa piirtäminen oli helppoa, kunhan sen oppi tekemään oikein. Suurimpana erona ja haasteena todettiin AVEVA Diagramsissa palautuskomennon rajallinen käyttö.

Haastatteluiden pohjalta huomattiin, että AutoCAD P&ID:ssä tietokannan ylläpitäminen on melko raskasta erityisesti suurien kokonaisuuksien yhteydessä. AVEVAn tarjoama erillinen ohjelma ei aiheuttanut samanlaista kuormitusta tietokannan käytössä ainakaan pilottiprojektin aikana. Käyttö oli helppoa ja sujuvaa. Projektin aikana todettiin myös tiedonkulun sujuminen eri osastojen välillä vaivattomaksi.

9 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli vertailla eri suunnitteluohjelmistoja keskenään ja tutkia, mitä mahdollisuuksia näistä löytyy tulevaisuuden tarpeisiin prosessisuunnittelun näkökulmasta. Projektin suunnittelutyö alkaa useimmiten erilaisten kaavioiden luomisesta sekä prosessiarvojen määrittämisestä. Tästä syystä kaavionpiirtoon suunnatut ohjelmistot ovat tärkeässä osassa prosessisuunnittelua.

Työssä toteutettiin eri suunnitteluosastojen haastatteluita, joiden pohjalta voitiin rajata neljä tuotetta vertailuun. Haastatteluiden perusteella vertailuun valikoituivat AutoCAD P&ID, AVEVA Diagrams, Vertex G4PI sekä SmartPlant P&ID. Näistä ohjelmistoista tehtiin haastatteluiden pohjalta vertailu niiden vahvuuksista sekä haasteista. Yleisesti koettiin, että ohjelmistoista edistyneimmät olivat AutoCAD P&ID sekä AVEVAN tuotteet.

Työssä toteutettiin pilottiprojekti, jonka yhteydessä päästiin tutustumaan tarkemmin AVEVAN tuotteisiin ja niiden mahdollisuuksiin. AVEVAN tuotteet jakautuvat AVEVA Engineering, AVEVA Diagrams, AVEVA E3D, AVEVA Instrumentation, AVEVA Electrical sekä AVEVA Bocad -ohjelmistoihin, jotka yhdessä luovat kokonaisuuden AVEVA Integrated Engineering & Design -tuoteperheen. AVEVAN tuotteista verrattiin AVEVA Diagramsia sekä AVEVA Engineeringiä AutoCAD P&ID:iin.

Kokonaisuutena AVEVAN tuotteet koettiin edistyneemmiksi tiedonkulun näkökulmasta kuin AutoCAD P&ID ja muut Autodeskin tuotteet. AVEVAN tuotteet koettiin myös järjestelmälle käytössä sulavammiksi, kun kaikki ominaisuudet eivät ole saman ohjelmiston sisällä. Haasteena koettiin AVEVAN käyttämä Microsoft Visio -piirtopohja ja sen tuomat ongelmat sekä Admin-henkilön tehtävien kuormitus. Pilottiprojektin pohjalta voidaan todeta, että AVEVAN tuotteet soveltuvat parhaiten suurempiin projekteihin, joissa on mukana useampi suunnitteluosasto.

AutoCAD P&ID on tulevaisuudessa tuotteena poistuva ja sen korvaa AutoCAD Plant 3D. Tämä ohjelmisto on ensisijaisesti luotu 3D-mallinnukseen, johon on yhdistetty PI-kaavion piirto-ominaisuudet. Tuotteella on mahdollista tehdä tiedonsiirtoa kaavion ja mallin välillä, mutta ominaisuutta ei ole käytetty Sweco Industryllä.

Tulevaisuudessa yrityksen tulee panostaa sekä henkilöstön että prosessisuunnitteluun suunnattujen Admin-henkilöiden riittävään kouluttamiseen, jotta ohjelmistojen käytön hyödyt saadaan maksimoitua. Haastatteluista kävi myös ilmi, että virtauskaaviot sekä automaatio- ja instrumentaatio-suunnittelun sisällyttäminen ohjelmistojen integraatioon on toivottava parannus projektityön sujuvuuden pohjaksi. Tällä hetkellä markkinoilla ei ole tällaista kokonaisuutta tarjolla, mutta ala ja ohjelmistot ovat jatkuvasti kehittyviä.

Lähteet

About AVEVA: Milestones. Verkkoaineisto. AVEVA.

<https://www.aveva.com/en/About/AVEVA_Milestones/#1967-1984>. Luettu 29.10.2019.

AutoCAD Plant 3D -työkalut sisältyy nyt AutoCADiin. Verkkoaineisto. Autodesk.

<<https://www.autodesk.fi/products/autocad/included-toolsets/autocad-plant-3d>>. Luettu 29.10.2019.

Autodesk, Inc. History. Verkkoaineisto. Fundinguniverse. <<http://www.fundinguniverse.com/company-histories/autodesk-inc-history/>>. Luettu 29.10.2019.

AVEVA Diagrams™ Draw on Added Intelligence. Verkkoaineisto. AVEVA.

<<https://sw.aveva.com/engineer-procure-construct/engineering-and-design/diagrams>>. Luettu 29.10.2019.

Bethany. 2017. How Industries Use CAD: Engineering. Verkkoaineisto. Scan2CAD.

<<https://www.scan2cad.com/cad/how-engineers-use-cad/>>. Luettu 19.9.2019.

Bethany. 2016. How Will the Cloud Impact on CAD? Verkkoaineisto. Scan2CAD.

<<https://www.scan2cad.com/cad/will-cloud-impact-cad/>>. Luettu 19.9.2019.

Dal Pont, Jean-Pierre. 2012. Process Engineering and Industrial Management. E-kirja. Iso-Britannia ja USA: ISTE Ltd ja John Wiley & Sons, Inc.

Green, Robert. 2019. The Continuing Cloud CAD Controversy. Verkkoaineisto. Cada-

lyst. <<https://www.cadalyst.com/management/continuing-cloud-cad-controversy-50100>>. Luettu 19.9.2019.

HAZSCAN -turvallisuusanalyysimenetelmän kuvaus. 2002. Verkkoaineisto. VTT.

<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/alarp/aineisto/hazscan_ohje.pdf>. Luettu 19.1.2020.

Hipple, Jack. 2017. Chemical Engineering for Non-Chemical Engineers. E-kirja. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.

History. Verkkoaineisto. Hexagon AB. <<https://hexagonppm.com/history>>. Luettu 29.10.2019.

Lohkokaavioiden suunnittelu. 2009. Sisäinen dokumentti. Sweco.

PI-kaavioiden suunnittelu. 2009. Sisäinen dokumentti. Sweco.

Prosessisuunnittelu -osa 2. 2018. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Ray, Martyn S.: Johnston David W. & Sneesby, M. G. 1998. Chemical Engineering Design Project: A Case Study Approach. E-kirja. London: Taylor & Francis Ltd.

SmartPlant® P&ID Design Validation. Verkkoaineisto. Intergraph Corporation. <<http://www.intergraph.com/products/ppm/smartplant/piddv/default.aspx>>. Luettu 29.10.2019.

Suunnittelun dokumentit. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Sweco Industry Oy. 2019. Sisäinen dokumentti. Sweco

Tiedonvaihto projektin elinkaarella. 2017. Sisäinen dokumentti. Sweco.

Tillander, Tiina-Liisa. 2019. Prosessisuunnittelija. Sweco Industry Oy. Haastattelu 11.9.2019.

Towler, Gavin & Sinnott, Ray. 2013. Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design. Iso-Britannia: Elsevier Ltd.

Vertex G4PI. Verkkoaineisto. Vertex Systems. <<https://www.vertex.fi/web/fi/pi-kaavio-suunnittelu>>. Luettu 29.10.2019.

Vertex Systems Oy. Verkkoaineisto. Finder. <<https://www.finder.fi/Sovellukset+ja+ohjelmistot/Vertex+Systems+Oy/Tampere/yhteystiedot/114923>>. Luettu 29.10.2019.

Virtauskaavioiden suunnittelu. 2009. Sisäinen dokumentti. Sweco.

Potentiaalisten ongelmien analyysi. 2002. Verkkoaineisto. VTT. <<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/alarp/aineisto/poa.pdf>>. Luettu 19.1.2020.

Willey, R. J. 2014. Layer of Protection Analysis. Verkkoaineisto. ScienceDirect. <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877705814017263?to-ken=5A44239463F5448EDFE3ADFC8810BC22831135AB94FF83FB07B55A7D3EA942A13AB8527B5C33A9B38BC5D950F17707B7>>. Luettu 19.1.2020.

Haastattelupohja

Taustaa

1. Millä suunnittelualalla toimit ja kauanko olet toiminut suunnittelijana?
2. Kuinka suuren osan työajastasi käytät/olet käyttänyt suunnitteluohjelmien kanssa työskentelyyn?
3. Mitä ohjelmistoja olet käyttänyt työssäsi Swecolla tai muualla (max viisi käytetyintä)?

Tarkentavat kysymykset ohjelmistoittain

4. Kuinka paljon olet käyttänyt ohjelmistoa suunnitteluun? (1- en yhtään, 2- vähän, 3- kohtalaisesti, 4- melko paljon, 5- erittäin paljon)
5. Mihin olet käyttänyt ohjelmistoa (projektin osa-alue yms.)?
6. Kuinka hyvin osaat ohjelmiston toiminnot? (1- en osaa ollenkaan, 2- osaan vähäisesti, 3- osaan kohtalaisesti, 4- osaan hyvin, 5- osaan erinomaisesti)
7. Mitkä mielestäsi ovat ohjelmiston vahvuudet?
8. Mitkä mielestäsi ovat ohjelmiston haasteet?
9. Kuinka hyväksi koet ohjelmiston toimivuuden (informaation kulkeutumisen) suunnitteluosastojen yli? (1- ei toimi laisinkaan, 2- toimii jotenkuten, 3- toimii ok:sti, 4- toimii hyvin, 5- toimii erinomaisesti)

10. Kuinka tyytyväinen olet ohjelmistoon suunnittelutyökaluna? (1- en ole lainkaan tyytyväinen, 2- käytän ohjelmistoa, jos ei ole muuta, 3- ohjelmistossa on hyvät ja huonot puolet, 4- olen melko tyytyväinen ohjelmistoon, 5- ohjelmisto on erinomainen)

11. Miten ohjelmisto voisi palvella suunnittelutyötäsi paremmin/tehdä työskentelystäsi tehokkaampaa? (tähän vastaus yleisesti, ei tarvitse miettiä jokaisen ohjelmiston kohdalla erikseen)

Lopuksi

12. Koetko omassa työssäsi tarvetta uudenlaisen ohjelmiston vaihtamiselle? (1- koen suurta tarvetta, 2- koen tarvetta, 3- voisi olla hyvä, mutta ei pakollinen, 4- vähänlainen tarve, 5- ei tarvetta lainkaan)

13. Mikä ohjelmisto on suosikkisi tai mitä ohjelmistoa haluaisit työssäsi ensisijaisesti käyttää? Tai onko kiinnostusta kokeilla jotain tiettyä ohjelmistoa, jota et ole vielä käyttänyt?

14. Suostumus lähteeksi (Kyllä/ei) -