

Kattilalaitoksen putkiston massa ja määrä -seurannan ke- hittäminen

Samu Elovirta

OPINNÄYTETYÖ (AMK)
MAALISKUU 2023

Konetekniikka
Koneautomaatio

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Koneautomaatio

ELOVIRTA, SAMU:

Kattilalaitoksen putkiston massa ja määrä -seurannan kehittäminen

Opinnäytetyö (amk) 38 sivua, joista liitteitä 11 sivua
Maaliskuu 2023

Valmet Technologies Oy (myöhemmin Valmet) on kansainvälinen teknologioiden, automaation ja palveluiden toimittaja. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Valmetin sellu ja energia -liiketoimintalinjan putkistosuunnitteluosasto. Sellu ja energia -liiketoimintalinja suunnittelee Valmetin kattilalaitosprojektit. Liiketoimintalinjan putkistosuunnitteluosasto vastaa laitosputkistojen suunnittelusta. Tavoitteena oli kehittää olemassa olevaa laitosputkistojen massojen ja määrien seurantaan, mitä hyödynnetään projektin etenemisen seurannassa ja uusien projektien kustannusarvioissa. Laitosputkistoilla tarkoitetaan prosessiputkistoja, joiden tarkoitus on muodostaa teknisesti toimiva ja kustannustehokas reitti prosessilaitteiden välille.

Teoriaosuudessa tutustuttiin Valmetin putkistosuunnitteluun, projektihallintaan sekä putkistojen massojen ja määrien seurantaan. Putkistosuunnittelusta tutustuttiin aiheen perusteisiin, termeihin sekä yleisimmin käytettyihin suunnitteluohjelmistoihin. Projektinhallinnasta tutustuttiin aikataulutuksen, kustannusten ja laadun merkitykseen kattilalaitosprojekteissa. Massojen ja määrien seurantaan kehitettiin uusi työkalu, jonka avulla voidaan seurata laitosputkiston suunnittelun etenemistä. Toteutuneita massoja ja määriä voidaan myös hyödyntää laitosputkistojen uusien projektien kustannusarvioinnissa. Toisena tavoitteena oli tarkastella massa ja määrä -seurannassa käytettävän putkidatan luotettavuuden varmistamista, sillä luotettava projektin etenemisen seuranta ja luotettavat kustannusarviot vaativat luotettavan putkidatan.

Tuloksena syntyi laitosputkistojen massojen ja määrien seurantaan työkalu, joka mahdollistaa tarkemmat kustannusarviot sekä tehokkaamman projektin etenemisen seurannan. Työkalu kehitettiin nykyisin käytössä olevan työkalun pohjalta, ja se hyödyntää putkidataa samassa muodossa. Työkalu testattiin käyttämällä usean käynnissä olevan kattilalaitosprojektin putkidataa, jotta voitiin varmistua työkalun toiminnasta, kun vaihdetaan tarkasteltavaa projektia tai lisätään uutta putkidataa. Visualisoitua putkidataa vertailtiin myös työkalujen välillä, jotta varmistutaan laskentapohjan luotettavuudesta. Lähteinä hyödynnettiin Valmetin sisäisiä lähteitä, alan kirjallisuutta ja muita sähköisiä lähteitä. Liitteenä on tiedosto, joka sisältää työkalun yksityiskohtaisen selostuksen, käyttöohjeet, testauksen ja kehittämismahdollisuudet. Liitteenä oleva tiedosto sisältää salassa pidettävää tietoa, joten se on tarkoitettu ainoastaan organisaation käyttöön.

Avainsanat: putkistosuunnittelu, projektihallinta, massa ja määrä -seuranta

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Machine automation

ELOVIRTA, SAMU:

Development of mass and quantity follow-up of boiler plants' piping

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 11 pages

March 2023

Valmet Technologies Oy (afterwards Valmet) is an international developer and supplier of technologies, automation, and services. The thesis was commissioned by the Valmet pulp and energy business line piping engineering department, which engineers process piping for boiler plant projects. The aim of the thesis was to improve mass and quantity follow-up for process piping, which is used to track progress of piping engineering, and to aid in cost estimation for new engineering projects.

The thesis introduces Valmet piping engineering, project management and piping mass and quantity follow-up. Piping engineering focuses on basic practices and terms, as well as on the most used design programmes. Project management focuses on the effects of scheduling, costs, and quality. Piping mass and quantity follow-up focuses on significance of the process in piping engineering.

An improved tool for tracking and evaluating piping masses and quantities was produced as a part of the thesis, which enables more accurate cost estimation and an efficient project follow-up. The tool was tested by using and comparing pipe data from multiple engineering projects to ensure reliability. Sources used for the thesis are mainly Valmet internal sources, subject literature, and other online sources.

Key words: piping engineering, project management, mass and quantity follow-up

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
1.1	Opinnäytetyön tausta	6
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet ja toteutus	7
2	VALMET TECHNOLOGIES OY	8
2.1	Sellu ja energia -liiketoimintalinja	9
2.2	Höyrykattilat	10
3	PUTKISTOSUUNNITTELU	11
3.1	Iteratiivinen suunnittelu	12
3.2	Putkistotunnisteet ja merkinnät	13
3.3	Painelaitesäädökset	14
3.4	Aveva E3D Design	15
3.5	Aveva Enterprise Resource Management.....	16
3.6	Siemens AG COMOS	17
4	PROJEKTIHALLINTA.....	18
4.1	Aikataulukutus ja kustannukset.....	18
4.2	Laadunhallinta.....	19
5	PUTKISTOJEN MASSOJEN JA MÄÄRIEN SEURANTA.....	20
6	POWER BI RAPORTOINTITYÖKALU.....	22
6.1	Power Bi:n valinta	24
7	TOTEUTUS	25
7.1	Käyttöohjeet	28
7.2	Testaus	31
8	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	32
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET	36
	Liite 1. Sisällysluettelo.....	36
	Liite 2. Termit	37
	Liite 3. Johdanto	38
	Liite 4. Lähteet	39

LYHENTEET JA TERMIT

3D	Kolmiulotteinen
BFB	Leijupetikattila (bubbling fluidized bed)
CFB	Kiertoleijukattila (circulating fluidized bed)
Deliverable	Putkistotunnistejärjestelmä
E3D	Aveva E3D Design
EMEA	Maantieteellinen lyhenne, joka merkitsee Eurooppaa, Lähi-itää ja Afrikkaa
ERM	Aveva Enterprise Resource Management
KKS	Saksalainen positiointijärjestelmä (Kraftwerk Kennzeichensystem)
mm.	Muun muassa
PBS	Product breakdown system
PED	Painelaitedirektiivi (Pressure Equipment Directive)
PLA	Paineenalainen lisälaite
PLL	Painelaitelaki
RBO	Soodakattila (recovery boiler)
WBS	Work breakdown system

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Valmet Technologies Oy:n sellu ja energia - liiketoimintalinjan putkistosuunnitteluosasto, joka suunnittelee Valmetin kattilalaitosprojektien laitosputkistokokonaisuudet. Työn kokonaisuudessa perehdytään laitosputkistojen suunnitteluun, projektinhallintaan, putkiston massojen ja määrien seurantaan sekä putkidatan luotettavuuden tarkasteluun sekä merkitykseen. Laitosputkistot ovat prosessiputkistoja, jotka yhdistävät kattilalaitoksen komponentit ja siirtävät virtaavan materiaalin.

Putkistosuunnittelun tavoitteena on luoda teknisesti toimiva ja kustannustehokas reitti prosessilaitteiden välille. Putkistot suunnitellaan alueellisten standardien ja säädösten mukaisesti. (PSK 2402. 2021.) Putkistojen massojen ja määrien seuranta on osa projektinhallintaa, jossa arvioituja massoja ja määriä verrataan projektin toteutuneisiin arvoihin. Seurannan pohjalta voidaan analysoida projektin etenemistä jokaisessa projektin vaiheessa, joka auttaa aikataulutuksen ja resursien hallitsemisessa. Massojen ja määrien seuranta hyödynnetään myös putkiston kustannusarvioiden tekemisessä uusille projekteille, sillä laitosputkiston massoilla ja määrillä on suora vaikutus materiaali-, valmistus- ja asennuskustannuksiin. Putkiston massojen ja määrien seurannassa käytettävän putkidatan luotettavuus luo pohjan projektin etenemisen seurannalle sekä kustannusarvioinnille. Luotettava putkidata mahdollistaa siis luotettavan projektin etenemisen seurannan ja luotettavat kustannusarviot, joiden avulla voidaan vähentää ylimääräisiä kustannuksia ja aikahukkaa. Putkiston osuus kattilalaitosprojektin kokonaisuudesta on verrattuna pieni, mutta kustannusarvioinnin virheillä voi olla vaikutukset myös muilla projektin osa-alueilla.

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet ja toteutus

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää olemassa olevaa laitosputkistojen massojen ja määrien seurantaan, ja tarkastella seurannassa käytetyn putkidatan luotettavuuden varmistusta. Tarkoituksena oli kehittää laitosputkistojen massojen ja määrien seurantaan Microsoft Power Bi -työkalu korvaamaan vanhan Excel-työkalun. Työkalun tarkoitus on visualisoida laitosputkiston massoja ja määriä, jonka pohjalta voidaan seurata projektin etenemistä. Putkidataa hyödyntämällä voidaan myös tulevaisuuden kattilalaitosprojekteista tehdä luotettavampia kustannusarvioita. Toteutus aloitettiin Power Bi -työkalun suunnittelulla ja putkidatan siirtämisellä ohjelmaan. Laitosputkiston komponenttien massojen ja määrien visualisointi jaettiin työkalussa erillisille sivuille, joissa putkidata jaettiin vielä eri prosessisysteemien alle. Laitosputkistot ovat laajoja kokonaisuuksia, joten putkidatan jakaminen helpottaa sen visualisointia ja analysointia. Power Bi -työkalu sisältää myös välilehden, joka mahdollistaa putkien ja putkenosien tarkastelun komponenttitasolla. Tämä mahdollistaa putkidatan luotettavuuden analysoinnin, jonka pohjalta putkidatan mahdolliset virheet ja puutteet voidaan paikantaa ja korjata. Lähteinä käytettiin pääsääntöisesti Valmetin sisäisen Intranetin lähteitä sekä SFS- ja PSK- standardeja, sillä nämä tarjoavat kattavasti tietoa opinnäytetyön aihealueista. Lähteinä on käytetty myös aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja muita sähköisiä lähteitä. Tiedonhaussa on hyödynnetty Tampereen korkeakoulujen Andor-hakupalvelua.

2 VALMET TECHNOLOGIES OY

Valmetin yli 220 vuotinen historia teollisuudessa kattaa alleen monta eri tuotetta, teknologiaa ja yritystä. 1940-luvulla useat Suomen valtion omistamista metallitehtaista, kuten Tamfelt, Tampella ja Valmet itse, yhdistyivät Valtion Metallitehtäiksi. 1950-luvun alussa Valtion Metallitehtaista tuli Valmet Oy, joka keskitti suuresti tuotantoaan paperikoneisiin. Vuonna 1953 Valmet toimitti kaksi ensimmäistä paperikonettaan Puolaan. Vuonna 1999 Valmetin ja Rauman yhdistymisestä syntyi Metso Oyj, kun Valmet Oy:n paperiteknologia ja Sunds Defibratorin kuituteknologia yhdistettiin. Vuosien 1999 ja 2008 välillä Metso Oyj teki monta merkittävää yritysostoa koskien juuri paperiteollisuutta. Vuonna 2013 Metso Oyj jaettiin kahdeksi yritykseksi, Valmetiksi ja Metsoksi. Massa-, paperi- ja voimantuotanto- liiketoiminnasta muodostui Valmet Oyj, kun taas maanrakennus ja automaatio - liiketoiminnat säilyivät osana Metsoa. Keväällä 2015 Valmet Oyj osti Metson prosessiautomaatiojärjestelmät liiketoiminnan, joka vahvisti Valmetin kilpailukykyä luomalla ainutlaatuisen tarjonnan yhdistämällä paperi-, massa- ja voimantuotantoteknologiat, palvelut, prosessitietämyksen sekä automaation. Valmet on 2015 vuoden jälkeen ostanut muutamia teknologiateollisuuden yrityksiä, joista viimeisin oli, vuonna 2022, venttiilivalmistaja Neles. Neleksen hankinta muodosti myös Valmetilla uuden toimintalinjan, jonka nimeksi tuli virtaustenhallinta. (Valmet 2023a.)

Valmetin tavoitteena on uusiutuvien resurssien muuntaminen kestäviksi tuloksiksi, joka tarkoittaa, että Valmetin teknologisten ratkaisujen avulla asiakkaat pysyvät jalostamaan uusiutuvista raaka-aineista kestäviä tuotteita. Valmetin ratkaisut auttavat asiakasta ja itse Valmetia toimimaan taloudellisesti ja vastuullisesti. Valmetin strategia tavoitteiden saavuttamiseksi on kehittää ja toimittaa kilpailukykyisiä ja luotettavia prosessiteknologioita, palveluita ja automaatoratkaisuita sellu-, paperi-, ja energiateollisuudelle. Strategisten tavoitteiden saavuttamiseksi Valmet on määrittänyt ”must-wins” -tavoitteet, joihin kuuluu asiakaspalvelun erinomaisuus, johtava asema teknologioissa ja innovaatioissa, prosessien erinomaisuus sekä voittava työryhmä. Valmet on asettanut tärkeimmäksi tavoitteeksi asiakaspalvelun erinomaisuuden, jonka myötä Valmet haluaa tulla maailman johta-

vaksi asiakaspalvelijaksi. Valmet tarjoaa johtavia teknologioita sekä kilpailukykyisiä tuotteita ja palveluita, jotka vähentävät asiakkaan toiminnallisia kustannuksia. Valmet innovoi teollisen internetin tarjontaa ja kehittää asiakkaille uusia tulovirtoja. Valmetin liiketoiminta perustuu tehokkaisiin ja harmonisoituihin prosesseihin, jotka mahdollistavat jatkuvasti kehittyvän kilpailukyvyn. Valmetin työyhteisö sisältää omistautuneita ja suorituskykyisiä työryhmiä, jotka työskentelevät Valmetin yhteisten arvojen mukaisesti. Resurssien kestävyys ja puhdas maapallo sekä digitalisaatio ja uudet teknologiat ajavat Valmetin liiketoimintaa eteenpäin tulevaisuudessa. (Valmet 2023b; Valmet 2023c.)

Valmetilla on viisi liiketoimintalinjaa, jotka ovat palvelut, automaatio, sellu ja energia, paperi ja virtaustenhallinta. Liiketoiminta on myös jaettu viiteen maantieteelliseen toiminta-alueeseen, jotka ovat Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, EMEA, Kiina sekä Aasian Tyynenmeren alue. Valmetin palvelut liiketoimintalinja tarjoaa erilaisia palveluita ja ratkaisuja jokaisella liiketoiminnan osa-alueella, luodakseen vakaan ja kasvavan liiketoiminnan sekä pitkäaikaisia yhteistyökumppaneita. Valmetin automaatio liiketoimintalinja tarjoaa kestäviä automaatiorkkaisuja mm. sellu-, paperi- ja energiateollisuuksille. Valmetin automaatiorkkaisut ovat suunniteltu maksimoimaan asiakkaan tuotot sekä parantamaan tuotannon suorituskykyä ja kulujen, energian sekä materiaalien tehokkuutta. Valmetin sellu ja energia -liiketoimintalinja tarjoaa tehokkaita ratkaisuja sellun ja energian tuotantoon sekä johtavan biomassan jalostusteknologian. Valmetin paperi liiketoimintalinja tarjoaa asiakkailleen kestäviä ja tehokkaita paperiteollisuuden ratkaisuja maailmanlaajuisesti. Valmetin virtaustenhallinta liiketoimintalinja tarjoaa tehokkaita ja innovatiivisia virtaustenhallintateknologioita jatkuvasti kehittyviin tarpeisiin prosessiteollisuudessa. (Valmet 2023d.)

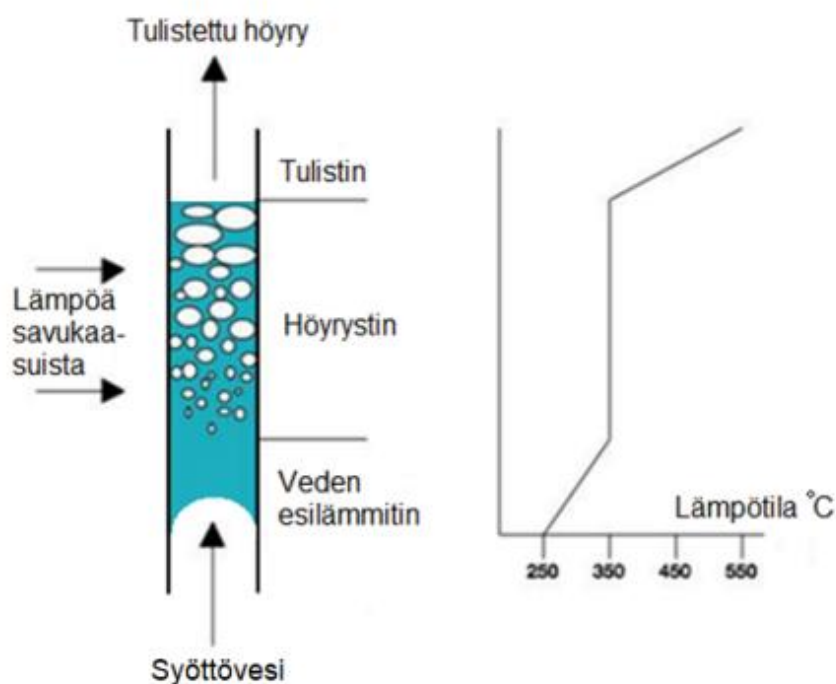
2.1 Sellu ja energia -liiketoimintalinja

Valmetin sellu ja energia -liiketoimintalinja toimittaa kokonaisia sellutehtaita ja prosessilaitteita kemialliseen ja mekaaniseen selluntuotantoon, kuin myös biomassalla ja jättepolttoaineilla toimiviin voimalaitoksiin. Liiketoimintalinjan asiakkaat ovat pääosin sellun tuottajat sekä sähkön- ja lämmöntuottajat. Suurimmat markkina-alueet ovat Eurooppa, Etelä-Amerikka ja Aasia. Valmetin ratkaisut sel-

lun tuotannolle ovat suunniteltu mahdollistamaan korkean raaka-ainetehokkuuden sekä pienen kemikaalien ja veden kulutuksen. Valmetin energiatuotteisiin lukeutuu kattilat, kaasuttimet, ympäristönsuojelu järjestelmät sekä teknologioiden uudelleenrakentamiset. Valmet on maailman johtava biomassaa hyödyntävien lämmön- ja sähköntuotannon ratkaisuiden toimittaja. (Valmet 2023e.)

2.2 Höyrykattilat

Höyrykattiloiden tehtävänä on tuottaa vedestä höyryä, jota hyödynnetään sähkön- ja lämmöntuotannossa (Huhtinen, M ym. 2000, 7). Valmetin sellu ja energia-liiketoimintalinjan toimittamien kattilaitosten tuotteisiin kuuluvat kiertoleijukattila (CFB), leijupetikattila (BFB) ja soodakattila (RBO, recovery boiler). Höyrykattiloiden polttotekniikat eroavat toisistaan, mutta syöttöveden höyrystymisen perusperiaate pysyy samana. Höyrykattilan yksinkertaistettu toimintaperiaate on kuvattu kuvassa 1. (Valmet Technologies Oy.)



KUVA 1. Höyrykattilan toimintaperiaate yksinkertaistettuna. (Huhtinen, M ym. 2000, 7, muokattu.)

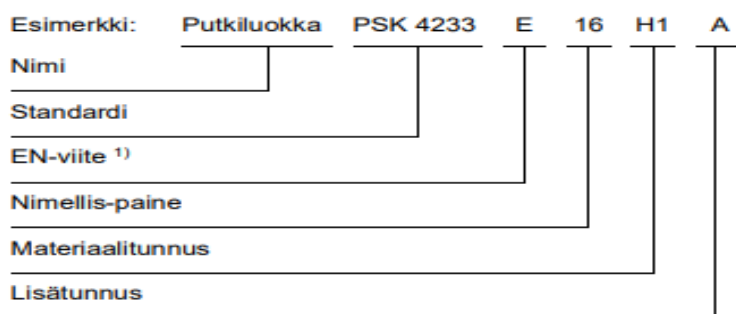
3 PUTKISTOSUUNNITTELU

Putkistosuunnittelun tavoitteena on suunnitella laitosputkisto, joka muodostaa teknisesti toimivan ja kustannustehokkaan reitin prosessilaitteiden välille. Tehtaan suunnitteluvaihe jakautuu tyypillisesti esisuunnitteluun, perussuunnitteluun ja toteutussuunnitteluun. Suunnitteluvaiheen sisältö ja kattavuus vaihtelee riippuen projektista, teollisuuden toimialasta ja yrityksestä. Teollisuusputkistojen suunnittelussa tyypillisesti hyödynnetään 3D-mallinnusta ja muita suunnittelua avustavia ohjelmistoja. Käytettyjen suunnitteluohjelmien yhteensopivuus on tärkeä ottaa huomioon. Putkistosuunnittelussa on otettava huomioon ympäristöolosuhteiden aiheuttamat kuormitukset, ja putket tulee mitoittaa mahdolliset kapasiteettimuutokset huomioiden. (PSK 2402. 2021.)

Teollisuusputkistot ovat luokiteltu putkiluokkien alle. Putkiluokka sisältää samaan putkilinjaan soveltuvat putket ja putkenosat, jossa mitat ja materiaalit ovat ennalta määritetty. Putkiluokka määritellään tietylle paineluokalle ja lämpötila-alueelle. Putkiluokan mitat, materiaalit ja komponentit pohjautuvat kansallisiin tai kansainvälisiin standardeihin. PSK 4201 standardissa on esitelty valmiiksi määritettyjä ja mitoitettuja putkiluokkia, jotka noudattavat yhdenmukaistettuja EN-standardeja ja painelaitedirektiiviä (PED). Putkiluokkien komponenttien mitoitus on SFS-EN 13480-3 standardin mukainen ja putkiluokkien nimeäminen on määritetty PSK 4201 standardissa. (PSK 2402. 2021.) Ohjeet putkiluokkien nimeämiseen sekä tunnusten kuvaukset on esitetty kuvassa 2. Putkiluokan merkinnässä nimellispaineen yksikkö on bar ja lisätunnus erottaa toisistaan samalle nimellispaineelle ja materiaalille laaditut putkiluokat. A-lisätunnus kuvaa hitsaamalla valmistettuja putkia, B-lisätunnus kuvaa saumattomia putkia ja C-tunnuksella on merkitty putkilooppia, joissa on sekä hitsattuja että saumatonta putkea. Putkilooppien materiaalitunnukset ovat määritetty PSK 4201 standardissa. (PSK 4201. 2022.)

Tärkeä osa putkistosuunnittelua on myös putkiston kannakointi ja liitosmenetelmät. Kannakoinnin tehtävät ja tavoitteet sekä kannaketyypit on määritetty PSK 7302 standardissa. Putkiston kannakkeet jaetaan primääri- ja sekundäärikannakkeisiin. Primäärikannakkeet liitetään suoraan kannakoitavaan putkeen ja sekun-

dääräkannakkeet liitetään kantaviin rakenteisiin. Putkistojen yleisimmät liitosmenetelmät ovat hitsausliitos, laippaliitos, kierreliitos ja pantaliitos. Laippa- ja pantaliitokset vaativat tiivisteiden, joka valitaan aineen ja sijoituspaikan vaatimusten mukaan. Laippaliitosten ohjeet annetaan PSK 6403 standardissa ja PSK 6401 standardia voidaan käyttää tasotiivisteiden valintaan. (PSK 2402. 2021.)



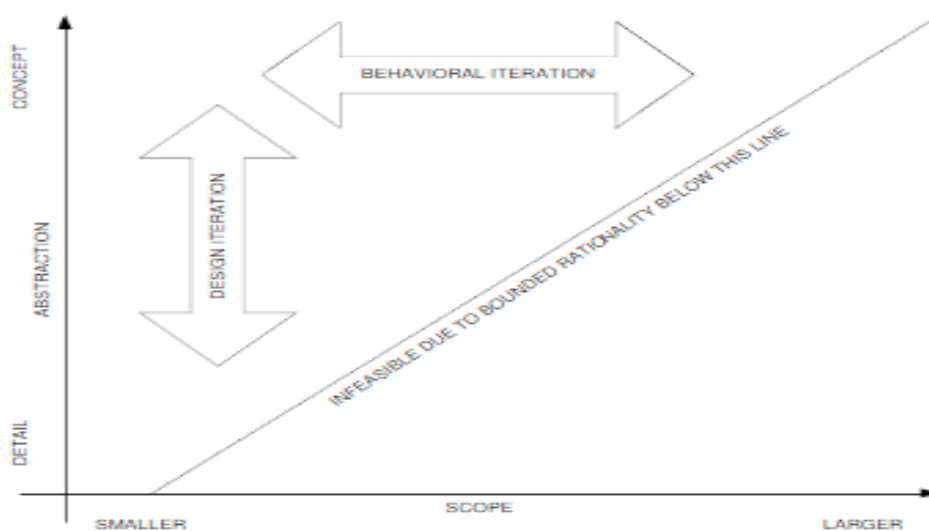
KUVA 2. Putkiluokan merkintä. (PSK 4201. 2022.)

3.1 Iteratiivinen suunnittelu

Valmetin putkistosuunnittelua voidaan kuvata iteratiivisena suunnitteluna. Iteratiivisella suunnittelulla tarkoitetaan menetelmää, jossa työvaiheita uusitaan ja toistetaan, kunnes päästään riittävän hyvään lopputulokseen. Termiä iteratiivinen käytetään usein kuvaamaan suunnittelua, sillä useimmiten suunnittelu on luonteeltaan iteratiivista. Iterointi voidaan siis kuvata työvaiheiden uusintana ja muokkauksena uuden tiedon integroimiseksi. On tärkeää käyttää erilaisia analyyseja ja palautteita laajan otannan keräämiseksi, jonka avulla päästään haluttuihin lopputuloksiin. Iteroinnin tarpeen määrittäminen on tärkeää, koska sillä on aina suunnitteluprojektissa aika-, kustannus- sekä laatu- ja tekniset vaikutukset. (Costa R & Sobek D. 2003, 1–2.)

Iteratiivinen suunnittelu voidaan jakaa suunnitteluiterointiin ja käyttäytymisiterointiin. Suunnitteluiterointi esittää suunnittelun kehitystä projektin tiivistetyillä tasoilla, kun taas käyttäytymisiterointi esittää kehitystä projektin laajuuden mukaan. Kuvio 1 kuvaa iteroinnin jakautumista suunnitteluvaiheen ja projektin laajuuden mukaan. Suunnittelu- ja käyttäytymisiterointia hyödynnetään samanaikaisesti, jotta suunnittelu voidaan kehittää lopulliselle tasolle. (Costa R & Sobek D. 2003, 4.)

Suunnittelun iteratiivisuuden syiden tunnistaminen auttaa kohdentamaan toimia, joka auttavat suunnitteluprosessin parantamisessa. Tiettyjen tiedon tunnusmerkien on huomattu vaikuttavan iteraatioihin, kuten uusi tieto, joka tulee ilmi suunnitteluvaiheessa. On tärkeää huomioida tiedon vakaus tai mahdolliset muutokset, sekä tiedon tarkkuus. Suunnittelijaa sitoo inhimilliset rajat sekä kognitiiviset rajoitteet, joten iteratiivisella suunnittelulla ei suunnittelijan tarvitse huomioida jokaista suunnitteluprojektin yksityiskohtaa samanaikaisesti. Iteratiivisesta suunnittelusta kuitenkin aiheutuu tiedon epästabilisuutta, mitä voidaan korjata parantamalla ja yksinkertaistamalla tiedonjakoa samanaikaisesti suoritettavien työvaiheiden välillä. (Costa R & Sobek D. 2003, 4–5.)



KUVIO 1. Suunnittelu- ja käyttäytymisiteroinnin suunnan kuvaaja. (Costa, R & Sobek, D. 2003, 4.)

3.2 Putkistotunnisteet ja merkinnät

Valmet käyttää kattilalaitosten putkistosuunnittelussa deliverable -työnumerojärjestelmää, joka korvasi WBS/PBS-työnumerojärjestelmän. Deliverable -työnumerojärjestelmällä kaikki kattilalaitoksen putkiston putket ja putkenosat määritetään eri prosessisysteemien alle. Putkistosuunnittelussa käytetään myös KKS-koodausjärjestelmää, mutta deliverable -työnumerojärjestelmä on merkityksellisempi laitosputkistojen tarkastelussa, ja etenkin putkistojen kustannusarvioinnissa. De-

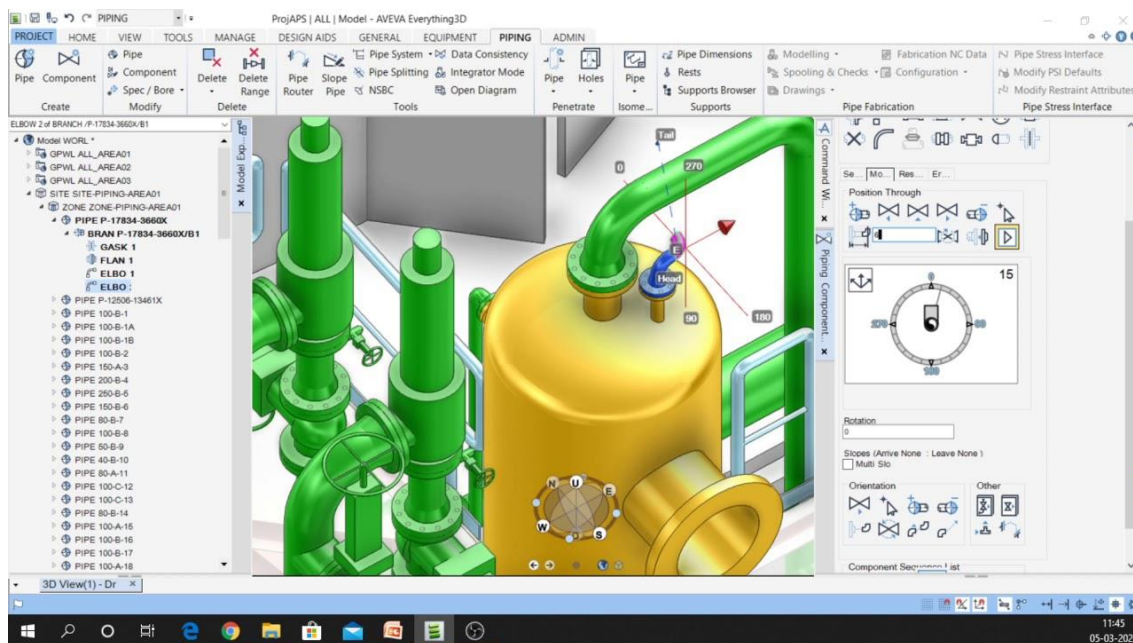
deliverable -työnumerojärjestelmän tarkoitus on jakaa kattilalaitoksen suuren kokonaisuuden putkisto alalajeihin, joka mahdollistaa kustannusarvioinnin, projektin seurannan, työmäärän jakamisen sekä aikataulutuksen. KKS-koodausjärjestelmällä määritetään kattilalaitosten putket ja putkenosat, joka luo yhteisen kielen suunnittelijan, valmistajan ja käyttäjän välille (Aleem Uddin Ahmed. 2015). Deliverable -putkistotunnisteet, jotka on listattu putkisto-osaston suunnitteluohjeissa, ovat määritetty jokaiselle putkistojärjestelmälle. (Valmet Technologies Oy.)

3.3 Painelaitesäädökset

Painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnittelua ja valmistusta koskevat säädökset ovat osa EU:n tuotelainsäädäntöä. Painelaitedirektiivi on osa painelaitelakia (1144/2016), joka sisältää painelaitteiden suunnittelun, valmistuksen ja käytön lakitason säännökset. Painelaitteasetuksessa (1548/2016) sisältää painelaitedirektiivin (PED) tekniset vaatimukset painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnittelusta, valmistuksesta ja vaatimuksenmukaisuuden arvioinnista. (Tukes. n.d.) Painelaitedirektiivin (PED) mukaan, putkistot tulee luokitella putkistoluokkiin SEP, PED I, PED II ja PED III, jotka perustuvat putken halkaisijaan, paineeseen sekä virtaavan aineen vaarallisuuteen ja olomuotoon. SFS-EN 13480 standardia voidaan käyttää putkistoluokkiin PED I, II ja III kuuluvien putkien turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi. SEP-luokkaan painelaitteet noudattavat hyvää konepajakäytäntöä, joka on määritetty painelaitedirektiivissä. Vaarallisia kemikaaleja sisältävät putkistot tulee suunnitella vähintään PED-luokan I vaatimusten mukaisesti. Suomessa vaativimmat painelaitteet tulee rekisteröidä, mutta putkistoille ei ole rekisteröintivaatimusta. Painelaitteiden CE-merkinnässä noudatetaan PLL 17§ ja PLA§, joka on kuvattu PSK 4911 standardissa. CE-merkintää koskevat asetuksen (EY) N:o 765/2008 30 artiklassa säädetyt yleiset periaatteet. Kaikki PED-luokkien I, II ja III painelaitteet tulee CE-merkitä, mutta SEP-luokan painelaitteita ei CE-merkitä. (Painelaitedirektiivi 2014/68/EU; PSK 4913. 2020)

3.4 Aveva E3D Design

Valmet käyttää laitosputkistojen 3D-suunnitteluun Aveva E3D Design ohjelmistoa, joka tunnetaan myös nimellä Aveva E3D. Aveva E3D on maailman teknologisesti kehittynein 3D-suunnitteluohjelmisto prosessilaitosten suunnitteluun. Laitosputkistojen suunnitteluun Aveva E3D tarjoaa kehittyneet ja yksityiskohtaiset työkalut, kuten putkien automaattisen reitittämisen. Aveva E3D Design tarjoaa myös Aveva Catalogue ominaisuuden, johon voidaan projektikohtaisesti lisätä tarvittavat putkistokomponentit ja niiden spesifikaatiot. Aveva E3D design ohjelmistoa käytetään putkistosuunnittelun lisäksi mm. kattilalaitoksen säiliöiden, rakenteiden ja laitteiden mallintamiseen. Aveva E3D kommunikoi suunnitteluarvot Siemens AG COMOS tietojärjestelmän kanssa, joka mahdollistaa tehokkaan suunnitteluprojektin datan hallinnan. Kuva 3 on esimerkki kuva tyypillisestä 3D-mallista putkistosuunnittelussa. Kuvan 3 vasemman laidan piirrepuussa on lisätty kaikki 3D-mallin mallinnetut ja malliin tuodut komponentit. Kuvan 3 oikeasta laidasta taas löytyy Aveva E3D:n työkalut putkilinjan mallintamiseen. (Aveva Group plc. 2021a; Valmet Technologies Oy.)



KUVA 3. Putkiston mallinnus Aveva E3D ohjelmistolla. Pipe modelling using Aveva E3D. (Anup Kumar Dey. n.d.)

3.5 Aveva Enterprise Resource Management

Aveva Enterprise Resource Management on ohjelmisto, joka yhdistää materiaalinhallinnan, projektin suunnittelun ja valmistuksen sekä rakentamisen tekniset tiedot ja suunnittelumallit. Aveva Enterprise Resource Management tunnetaan myös nimellä Aveva ERM. Aveva ERM:n tarkoitus on parantaa tuottavuutta, minimoida materiaali- ja valmistuskustannukset sekä parantaa projektin laatua. Kuva 4 tarjoaa visuaalisen käsityksen Aveva ERM:n tyyppillisestä käyttöikkunasta. (Aveva Group plc. 2021b.)

Valmetin sellu ja energia -liiketoimintalinjan putkistosuunnittelussa laitosputkistojen tekniset tiedot lisätään Aveva ERM:n tietokantaan standardien mukaisten putkiluokkien muodossa, mistä ne voidaan siirtää Aveva E3D:n puolelle hyödyntämällä Aveva Catalogue -ominaisuutta. Aveva ERM:ssä määritettyjä putkia ja putkenosia voidaan siten hyödyntää laitosputkistojen 3D-suunnittelussa. (Valmet Technologies Oy.)

The screenshot displays the 'Material Status List' for item APFL000134. The main table lists materials with columns for S.I., TMR Quantity, S, A, LC, On, Prtg, ID, MAC, Item Id, Main Item, S, Description, Cla, Site Id, and Fab. Cat. The selected item is '20in Sch10S Long WN Flange CL150 RF SS A403 WP504' with a quantity of 8000. Below this, the 'Site' section shows '8000 FABSHOP 1' with a balance of 0.00. The 'Material Balance' section shows a timeline with transactions for 'HOLD', 'EXPEDI...', and 'MTO' at site '8000 FABSHOP 1'.

S.I.	TMR Quantity	S	A	LC	On	Prtg	ID	MAC	Item Id	Main Item	S	Description	Cla	Site Id	Fab. Cat
	8000	S							APFL0000...		1	3in Blind Flange CL150 RF SS A182 Gr F304L		PFL-551	
	8000	S							APFL0000...		1	2in Blind Flange CL150 RF SS A182 Gr F304L		PFL-551	
	8000	S							APFL0001...		1	3in Sch10S Long WN Flange CL150 RF SS A403 WP504		PFL-551	8000 FABSHOP...
	8000	S							APFL0001...		1	20in Sch10S Long WN Flange CL150 RF SS A403 WP504		PFL-551	
	8000	S							APFL0001...		1	8in Lj Backing Flange CL150 RF SS A182 Gr F304/304L		PFL-551	8000 FABSHOP...

Site	Balance	Not Requisitio...	Supplier	Name 1	SMC	Buyer Group	ROQ
8000 FABSHOP 1	0.00				I	ALL	

MS-co.	Site	Transaction Id	Sys	PR	Activity	Cor	Date	Unit	Quantity	B...	Balen...	TMR Quantity
HOLD	8000 FAB...							EA	0.00	0.00	0.00	
EXPEDI...	8000 FAB...	8000-PH-MR-250-01(1/1)	41		16C Piping Fabric...		12/26/2017	EA	3.00	3.00	3.00	
MTO	8000 FAB...	8000 / H-14252/16C/H-14252(90)	41		16C Piping Fabric...		12/29/2019	EA	3.00	3.00	0.00	

KUVA 4. Aveva Enterprise Resource Management. Aveva ERM. (Aveva Group plc. 2021b.)

3.6 Siemens AG COMOS

Siemens AG COMOS tarjoaa ohjelmiston laitosprojektien hallintaan, joka mahdollistaa projektikohtaisen datan jatkuvan saatavuuden projektin jokaisessa vaiheessa. Kilpailukyvyyn kehittämiseksi COMOS luo perustan luotettavuudelle, päätöksenteolle ja tehokkaille prosesseille. COMOS tarjoaa laajan kattauksen toiminnallisuuksia, jotka yhdessä luovat luotettavan tuen laitoksen koko elinkaareksi. Comos Platform tarjoaa datan hallintakeskuksen, johon voidaan kerätä dataa jokaisesta suunnitteluohjelmasta ja tietokannasta. COMOS Process mahdollistaa isometrien ja 3D-kuvien muodostamisen putkidatasta. COMOS Automation auttaa laitosprojektin sähkösuunnittelun viemisessä täyteen automaatioon. COMOS Operations auttaa tehokkaan tukistrategian määrittämisessä ja käyttöönotossa, jotta kaikki suunnitteluvaiheen data on käytössä myös käyttöönoton vaiheissa. COMOS Lifecycle mahdollistaa tiedon hallinnan ja kulkeutumisen laitoksen koko elinkaaren ajan. (Siemens AG. 2016.)

Valmetin sellu ja energia -liiketoimintalinjan putkistosuunnittelussa Siemens AG COMOS tietojärjestelmää käytetään projektinhallintaan sekä suunnitteluarvojen määrittämiseen, hallintaan ja kommunikointiin ohjelmistojen välillä. Putkistosuunnittelun aikataulutusta määritetään myös COMOS tietojärjestelmään, jotta voidaan seurata laitosputkiston eri osa-alueille määritettyjen aikamääreiden toteutumista. Suunnittelun ja mallinnuksen vaiheet sekä suunnitteluarvot voidaan kommunikoida COMOS ja Aveva E3D ohjelmistojen välillä, joka tehostaa putkistosuunnittelun etenemistä. COMOS tietojärjestelmässä laitosputkistot määritetään putkistotunnisteiden (deliverable) avulla oikeiden prosessisysteemien alle. Datat oikean siirtymisen ja luotettavuuden kannalta on tärkeää, että laitosputkistot ovat määritetty oikein COMOS tietojärjestelmässä. (Valmet Technologies Oy.)

4 PROJEKTIHALLINTA

Vaativien teknologiaprojektien suorittaminen on yksi Valmetin strategisista kyvyistä, jota halutaan turvata ja kehittää tulevaisuudessa. Vahvistamalla projektinhallinta kykyjään, Valmet pystyy projekteissa varmistamaan tehokkaan suorituskyvyn ja asiakastyytyväyden, sekä kehittämään ennalta arviointia ja läpinäkyvyyttä. Valmet hyödyntää standardisoitua projektinhallinta prosessia, joka auttaa parantamaan tuottavuutta, pienentämään kustannuksia sekä mahdollistaa jatkuvan kehityksen projektin läpiviennissä. Onnistunut projektinhallinta vaatii oikean tyyppiset ja tehokkaat työkalut. Aiemmin käsitellyt suunnitteluohjelmistot, Aveva E3D design, Aveva ERM ja Siemens AG COMOS, ovat tärkeä osa projektinhallintaa. Erilaisten dokumenttien, kuten piirustusten ja ohjeiden, nopea jakaminen ja saatavuus on projektin etenemisen kannalta ehdotonta. Valmet hyödyntää dokumenttien säilytykseen ja jakamiseen M-Files sisällönhallintaohjelmaa. (Valmet Technologies Oy.)

4.1 Aikataulus ja kustannukset

Kattilalaitosprojekti alkaa myyntivaiheesta, jossa tavoitteena on selvittää asiakkaan kanssa projektin kannalta tärkeimmät päätökset. Tämän myötä Valmetilla ja asiakkaalla on sama kuva projektin tavoitteista, hinnoista ja aikatauluista. Projektin aikataulut ja resurssointi tulee miettiä tarkasti jokaiselle projektin vaiheelle, ja on tärkeää, että aikataulussa huomioidaan projektin osa-alueiden riippuvuudet toisistaan. Suurikokoisissa kattilalaitosprojekteissa on lähes mahdotonta välttää muutoksilta, joten projektin suunnittelussa tulee jättää aikaa mahdollisiin muutoksiin tai virheiden korjaamiseen. Kun projektin hallinnan kautta aikataulus on kunnossa, vältetään ylimääräisiltä kustannuksilta myöhästymisien kautta. (Severa. 2020.) Kattilalaitoksen putkistosuunnittelun aikataulu määritetään Siemens AG COMOS tietokantaan osa-alueittain. Uusista kattilalaitosprojektien putkistoista tehdään myös kustannusarviointi putkiston arvioitujen massojen ja määrien mukaan. Kustannusarvioinnin tavoitteena on auttaa projektin valmistumista määrättyssä ajassa ja budjetissa pysymistä. Kustannusarvioiden tekemisessä hyödynnetään aiempien kattilalaitosprojektien putkistojen toteutumaa, joten on erityi-

sen tärkeää, että hyödynnetty putkidata on luotettavaa. Virheet kustannusarvioissa voivat aiheuttaa suuriakin kustannuksia sekä aikahäviöitä. Putkiston kustannusarvioiden ja putkiston massojen ja määrien seurannan yhteyttä on tarkemmin käsitelty kappaleessa 5. (Valmet Technologies Oy.)

Kattilalaitosprojektin toteutusvaihe voidaan aloittaa suunnitelman mukaisesti, kun projektin tunnusluvut ja mittarit ovat määritetty. Projektin etenemisen seuranta riippuu järjestelmään syötetystä tiedosta, joten tiedon viiveetön ja luotettava merkitseminen projektin jokaisessa vaiheessa on tärkeää. Projektin toteutusvaiheessa on tärkeää myös kirjata projektille tehdyt tunnit, muistiinpanot, resursointi ja tehtävät. Muistiinpanot ja tehtävälistaukset auttavat pysymään kartalla tehdyistä ja keskeneräisistä tehtävistä. Tuntikirjaukset antavat reaaliaikaista tietoa projektin resurssoinnin onnistumisesta. Suunnitelmasta huolimatta projektissa tulee aina jättää varaa muutoksille, sillä on todennäköistä, että projektisuunnitelmaa pitää muuttaa tai tarkentaa. (Severa. 2020.)

4.2 Laadunhallinta

Laadunhallinnalla Valmetin suunnitteluprojekteissa tarkoitetaan vaihtelevuuden hallintaa sekä asiakkaiden tarpeiden ja odotusten täyttämistä. Jatkuvan kehittämisen takaamiseksi liiketoiminnalle tärkeitä prosesseja, työkaluja ja työtapoja tulee hallita. Laadunhallinnalla pyritään vähentämään laadusta aiheutuvia kustannuksia ja jatkuvasti kehittämään hallintajärjestelmiä. Laadunvarmistuksella pyritään varmistamaan, että laadun vaatimukset on määritetty, otettu käyttöön ja kommunikoitu eteenpäin. Laadunhallinnassa on myös tärkeä valvoa ja varmistaa, että vaatimukset toteutuvat tuotteiden ja dokumentaation osalta. Laadunhallinnallisten vaatimusten täyttymisestä, lakien ja säädösten noudattamisesta ja standardeista vastaavat sellu ja energia liiketoimintalinjan laadunhallinta- ja laadunvarmistustii- mit. (Valmet Technologies Oy.)

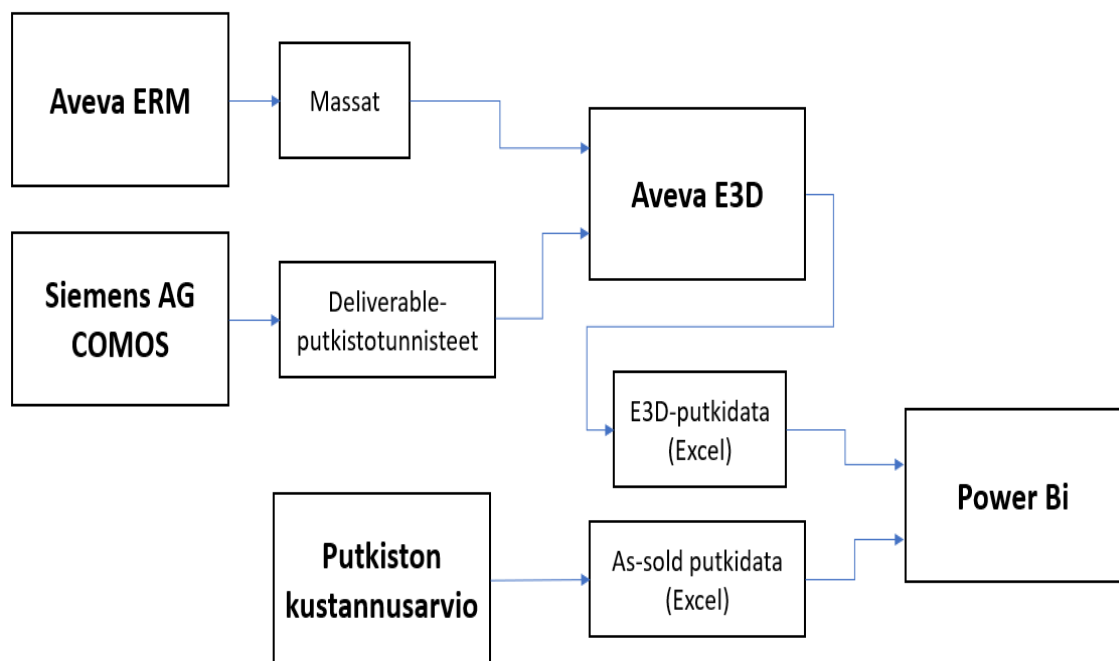
5 PUTKISTOJEN MASSOJEN JA MÄÄRIEN SEURANTA

Laitosputkiston massojen ja määrien seurannan päätavoitteena on seurata projektin etenemää ja arvioida putkistojen realistista kokoa. Massojen ja määrien seurannan mahdollistamiseksi tulee olla työkalu, jolla toteutuneita arvoja voidaan verrata arvioituihin massoihin ja määriin. Laitosputkiston toteutuneet massat ja määrät voidaan ajaa suoraan 3D-mallista, ja arvioidut putkiston massat ja määrät kootaan erilliseksi tiedostoksi kattilalaitosprojektin myyntivaiheessa. Putkidataa hyödynnetään myös kustannusarvioiden tekemisessä uusille projekteille, edellä mainittua putkidatan vertailua hyödyntämällä. Kustannusarvioiden laatu vaikuttaa suoraan kattilalaitosprojektien voittamiseen, sillä asiakas järjestää usein eri toimittajien välille tarjouskilpailun. Putkistojen massojen ja määrien seurannalla on siis vaikutus kilpailukyvyn ylläpitämiseen. Putkiston kokoon vaikuttavat kattilalaitoksen kapasiteetti ja prosessiarvot, mutta kattilalaitoksen rakenteilla ja laitteiden sijainneilla on myös suuret vaikutukset putkiston kokoon. Putkidataa vertailtaessa on siis erittäin tärkeää ottaa huomioon myös kattilalaitoksen rakenteelliset vaikutukset, kun laitosputkistosta tehdään kustannusarviota. (Valmet Technologies Oy.)

Suurimpana haasteena putkiston massa ja määrä seurannassa on putkidatan luotettavuus. Laitosputkiston etenemisen seuranta ja putkistojen kustannusarvio ovat riippuvaisia toisistaan, joten putkidatan luotettavuus luo perustan niille molemmille. Putkiston osuus kattilalaitoksen kokonaiskustannuksista on verrattuna pieni, mutta virheet kustannusarvioissa voi aiheuttaa huomattavia kustannuksia myös muilla kattilalaitosprojektin osa-alueilla. Laitosputkistojen eri putkistokokonaisuudet ovat määritetty putkistotunnisteiden (deliverable) avulla eri prosessisysteemien alle. Putkidatan luotettavuuden kannalta on siis äärimmäisen tärkeää, että jokainen tietyn putkistotunnisteen alle kuuluva putki ja putkenosa on määritetty oikein, ja jokaisella putkella ja putkenosalla on oikea massa ja/tai määrä. Määrillä tarkoitetaan laitosputkiston seurannassa lähinnä putkien pituuksia, jotka riippuvat E3D:ssä mallinnetun putken pituudesta tai arvioidusta putken pituudesta. Laitosputkien ja putkenosien massat määritetään Aveva ERM ohjelmistolla, jonka kautta ne voidaan määrittelyn jälkeen viedä suoraan E3D:n tietokantaan. Puuttuvia massoja voidaan lisätä manuaalisesti ERM:ssä, mutta tämä

on erittäin työlästä. Aveva ERM on jatkuvan kehityksen alla oleva ohjelmisto, joten virheet massojen puuttumisessa voivat olla ratkaistavissa uusien päivitysten myötä. Putkistotunnisteet (deliverable) putkille ja putkenosille on määritetty Siemens AG COMOS tietojärjestelmään, josta ne siirtyvät E3D-malliin. Kuviossa 2 on kuvattu putkidatan lähteet ja siirtyminen ohjelmistojen välillä. (Valmet Technologies Oy.)

Valmetin putkistosuunnittelussa käytettävien putkien ja putkenosien ominaisuudet ovat pääsääntöisesti määritelty SFS-EN ja PSK standardien mukaisesti. Yleisimmät standardit putkenosien määrittämisessä ovat SFS-EN 10253-2 ja SFS-EN 10253-4, jotka käsittelevät päittäishitsattavia putkenosia. Putkien määrittämisessä yleisimmät standardit ovat SFS-EN 10216, SFS-EN 10217 ja SFS-EN-ISO 1127, jotka käsittelevät hitsattuja ja saumattomia teräsputkia. Putkiston kustannusarvioinnissa putkille ja putkenosille lasketaan pituusmassat SFS-EN 10220 standardin määritysten mukaisesti. Laskettujen pituusmassojen ja kappalepainojen avulla voidaan arvioida putkiston kokonaismassaa, kun realistiset putkistojen määrät ja putkenosien kappalemäärät on arvioitu. (SFS-EN 10216; 10217; 10220; 10253–2; 10253–4; ISO 1127; Valmet Technologies Oy.)



KUVIO 2. Putkidatakaavio. (Valmet Technologies Oy.)

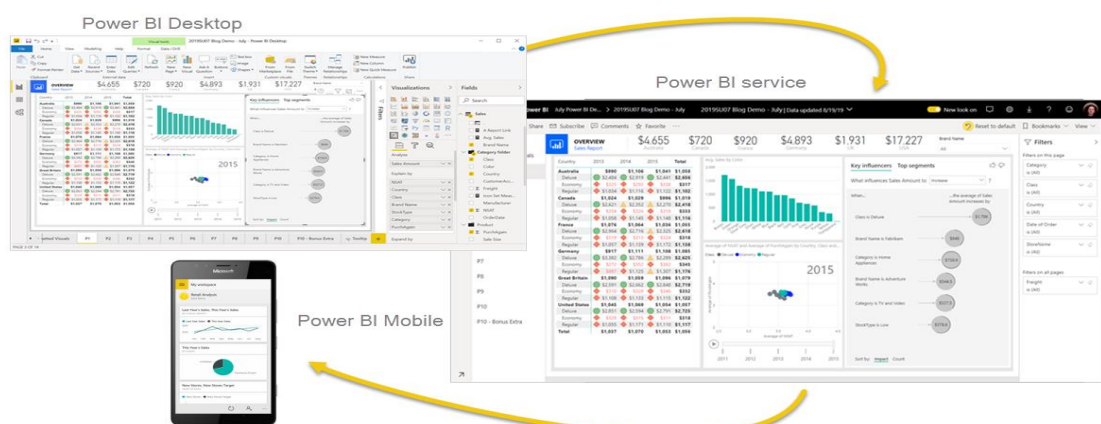
6 POWER BI RAPORTOINTITYÖKALU

Opinnäytetyön yhtenä osa-alueena oli kehittää olemassa olevaa putkistojen massojen ja määrien seuranta työkalua. Kehitystyön tarkoituksena on kehittää käyttäjäystävällisempi sekä kattavampi työkalu putkidatan analysointiin. Vanha raportointityökalu on Microsoft Excel-pohjainen, mutta kehitetty raportointityökalu tehtiin Microsoftin Power Bi ohjelmistolla. Power Bi on suunniteltu yrityskäyttöön, ja se sopii erinomaisesti juuri datan visualisointiin ja analysointiin. Power Bi raportointityökalulla voidaan visualisoida ja analysoida E3D:sta tuotua toteutunutta putkidataa, sekä hinnoitteluvaiheessa arvioituja massoja ja määriä. Vertailemalla toteutuneita ja arvioituja putkistojen massoja ja määriä, voidaan seurata projektin etenemää. Vertailun tarkoitus on myös tulevaisuudessa auttaa projektien kustannusarvioinnissa. Kattilalaitoksen putkisto on kokonaisuutena laaja, joten työkalun sisällä putkidata on jaettu komponenttien mukaan erillisille sivuille visualisoinnin helpottamiseksi. Putket ja putkenosat ovat myös jaettu työkalussa niille määritettyjen prosessisysteemien alle deliverable -putkistotunnisteiden avulla. Kattilalaitoksen putkiston kustannukset ja asennuskustannukset riippuvat putkiston koosta, joten aiempien projektien putkiston massoja ja määriä voidaan hyödyntää uusien kustannusarvioiden tekemisessä. Power Bi -työkalulla voidaan putkidataa analysoida myös syvemmällä komponenttitasolla, joka mahdollistaa putkidatan luotettavuuden varmistamisen, ja auttaa mahdollisten puutteiden löytämisessä ja korjaamisessa. (Valmet Technologies Oy.)

Putkistojen kustannusarviointi on tärkeä osa projektia, mutta putkidatan tulee olla luotettavaa, jotta myös kustannuksia voidaan arvioida luotettavasti. Kattilalaitoksen putkiston massat ja määrät vaikuttavat suoraan putkien ja putkenosien materiaali-, valmistus- ja asennuskustannuksiin. Jokaisella putkella ja putkenosalla tulee olla massa ja/tai määrä, sekä niiden tulee olla määritetty oikean putkistotunnisteen (deliverable) alle, jotta raportointityökalu antaa todelliset arvot. Tämä putkidatan luotettavuus on huomioitu Power Bi raportointityökalussa tarjoamalla putkidatan analysoinnin myös yksittäisellä komponenttitasolla. Luotettavuuden puute putkidatassa aiheuttaa nykyisellä toimintatavalla ylimääräisiä kustannuksia, jotka voivat olla huomattavan suuria. Putkistojen osuus kattilalaitoksen kokonaiskustannuksista on verrattuna pieni, mutta kustannusarvioinnissa tehdyt vir-

heet voivat vaikuttaa usealla eri osa-alueella. Power Bi raportointityökalulla voidaan myös seurata projektin etenemää vertailemalla toteutuneita ja arvioituja massoja sekä määriä. Projektin etenemän luotettava seuranta riippuu siis kustannusarvioiden luotettavuudesta. Projektin jokaisessa vaiheessa on tärkeää pystyä arvioimaan putkiston eri osa-alueiden valmistumista, sillä niille on ennalta määritetty määräajat. (Valmet Technologies Oy.)

Power Bi raportointityökalu yhdistää putkistojen massojen ja määrien visualisoinnin putkistotunnistetasolla ja putkidatan luotettavuuden analysoinnin komponentitasolla. Työkalua hyödyntämällä voidaan seurata projektin etenemää ja tehdä luotettavampia kustannusarvioita. Työkalulla voidaan myös analysoida puutteita putkidatassa, jonka jälkeen tarvittavat korjaukset voidaan suorittaa. Putkidatan ajaminen mallista, sekä datan käsittely ovat vastaavat vanhaan raportointityökaluun verrattuna. Excel ja Power Bi molemmat käyttävät Microsoftin Power Query käyttöliittymää, joten putkidataa voidaan käyttää molemmissa samassa muodossa. Power Bi -palvelulla, joka tunnetaan myös nimellä Power Bi -online, voidaan mahdollistaa raporttien yhteen kokoaminen ja helppo jakaminen organisaation kesken. Power Bi:lla luodut raportit ovat myös käytettävissä Power Bi -mobiilisovelluksella, joka mahdollistaa tietojen käytön iOS-, Android- ja Windows-mobiililaitteilla. Kuva 5 kuvaa Power Bi -työpöytäsovelluksen, -palvelun ja -mobiilisovelluksen välistä kommunikointia. (Haukijärvi, M. 2023.)



KUVA 5. Power Bi:n osat. (Microsoft. 2023a.)

6.1 Power Bi:n valinta

Nykypäivänä datan analysointi ja visualisointi työkalujen hyödyntäminen yritysmaailmassa on ehdottoman tärkeää. Monet yritykset ovat ymmärtäneet datan analysoinnin tärkeyden tehokkuuden ja tuottojen kasvattamisessa, joten oikean työkalun valitseminen kasvattaa työn tehokkuutta. Microsoftin Excel ja Power Bi ovat kaksi suosituimpaan datan analysointi työkalua, jotka molemmat hyödyntävät Microsoftin Power Query ja Power Pivot toimintoja. Molemmat on suunniteltu suorittamaan matemaattisia yhtälöitä, lausekielistä ohjelmointia ja muuntamaan dataa visuaaliseen muotoon, mutta ne eroavat kyvyiltään ja toiminnallisuudeltaan huomattavasti toisistaan. Power Bi:n työkalutarjonta ja palvelut ovat suunnattu yrityskäyttöön, joten monet yritykset ovat huomanneet sen edut datan analysoinnissa Exceliin verrattuna. Yksi Power Bi:n suurista eduista on sen kyky yhdistää moneen erikokoiseen datalähteeseen samanaikaisesti, joka avaa mahdollisuuksia isojen datapakettien lataamisessa ja käsittelyssä. Power Bi tarjoaa myös tehokkaammat analyttiset kyvykkyydet, sekä räätälöitävän, helppolukuisen ja interaktiivisen visualisoinnin. Power Bi on myös Exceliin verrattuna huomattavasti helppokäyttöisempi ja data visualisointien jakaminen on tehty helpommaksi Power Bi -palvelun avulla. Yhteenvetona, Power Bi tarjoaa käyttäjäystävällisen työkalun datan analysointiin, joka on ideaali yrityksille, joiden täytyy käsitellä suuria määriä dataa. Power Bi on jatkuvan kehityksen alla, joten uusia toiminnallisuuksia voi odottaa tulevaisuudessa. (Bismart, Business Intelligence Specialist Services. 2021.)

7 TOTEUTUS

Toteutuskappale on opinnäytetyön salassa pidettävää osuutta. Power Bi massa ja määrä -seurannan työkalun toteutuksessa on hyödynnetty Valmet Technologies Oy:n salassa pidettävää tietoa. Toteutus kappale sisältää työkalun toiminnan, deliverable-putkistotunnisteet sekä ratkaisuja putkidatan luotettavuuden varmistukseen. Työkalun toiminta perustuu täysin kattilalaitosprojektin putkidatan visualisointiin. Deliverable-putkistotunnisteilla laitosputket jaetaan eri prosessijärjestelmien alle. Työkalua voidaan myös hyödyntää putkidatan luotettavuuden varmistamiseen, analysoimalla putkidataa komponenttitasolla. (1/3)

Toteutuskappale on opinnäytetyön salassa pidettävää osuutta. Power Bi massa ja määrä -seurannan työkalun toteutuksessa on hyödynnetty Valmet Technologies Oy:n salassa pidettävää tietoa. Toteutus kappale sisältää työkalun toiminnan, deliverable-putkistotunnisteet sekä ratkaisuja putkidatan luotettavuuden varmistukseen. Työkalun toiminta perustuu täysin kattilalaitosprojektin putkidatan visualisointiin. Deliverable-putkistotunnisteilla laitosputket jaetaan eri prosessijärjestelmien alle. Työkalua voidaan myös hyödyntää putkidatan luotettavuuden varmistamiseen, analysoimalla putkidataa komponenttitasolla. (2/3)

Toteutuskappale on opinnäytetyön salassa pidettävää osuutta. Power Bi massa ja määrä -seurannan työkalun toteutuksessa on hyödynnetty Valmet Technologies Oy:n salassa pidettävää tietoa. Toteutus kappale sisältää työkalun toiminnan, deliverable-putkistotunnisteet sekä ratkaisuja putkidatan luotettavuuden varmistukseen. Työkalun toiminta perustuu täysin kattilalaitosprojektin putkidatan visualisointiin. Deliverable-putkistotunnisteilla laitosputket jaetaan eri prosessijärjestelmien alle. Työkalua voidaan myös hyödyntää putkidatan luotettavuuden varmistamiseen, analysoimalla putkidataa komponenttitasolla. (3/3)

7.1 Käyttöohjeet

Käyttöohjeet ovat opinnäytetyön salassa pidettävää osuutta. Sisältää käyttöohjeet työkalun toiminnalle. Käyttöohjeet kattavat työkalun pystyttämisen uudelle suunnitteluprojektille, putkidatan lisäämisen visualisoitavaan muotoon sekä työkalun käyttämisen ja sen eri toiminnot. Käyttöohjeiden avulla käyttäjä pystyy pystyttämään massa ja määrä -seurannan uudelle projektille, ajamaan tasaisin väliajoin uutta putkidataa E3D-mallista sekä hyödyntämään työkalun putkidatan visualisointeja ja muita toimintoja. Käyttöohjeiden tavoitteena on, että käyttäjä pystyy hyödyntämään työkalua ilman aiempaa kokemusta massa ja määrä -seurannasta. (1/3)

Käyttöohjeet ovat opinnäytetyön salassa pidettävää osuutta. Sisältää käyttöohjeet työkalun toiminnalle. Käyttöohjeet kattavat työkalun pystyttämisen uudelle suunnitteluprojektille, putkidatan lisäämisen visualisoitavaan muotoon sekä työkalun käyttämisen ja sen eri toiminnot. Käyttöohjeiden avulla käyttäjä pystyy pystyttämään massa ja määrä -seurannan uudelle projektille, ajamaan tasaisin väliajoin uutta putkidataa E3D-mallista sekä hyödyntämään työkalun putkidatan visualisointeja ja muita toimintoja. Käyttöohjeiden tavoitteena on, että käyttäjä pystyy hyödyntämään työkalua ilman aiempaa kokemusta massa ja määrä -seurannasta. (2/3)

Käyttöohjeet ovat opinnäytetyön salassa pidettävää osuutta. Sisältää käyttöohjeet työkalun toiminnalle. Käyttöohjeet kattavat työkalun pystyttämisen uudelle suunnitteluprojektille, putkidatan lisäämisen visualisoitavaan muotoon sekä työkalun käyttämisen ja sen eri toiminnot. Käyttöohjeiden avulla käyttäjä pystyy pystyttämään massa ja määrä -seurannan uudelle projektille, ajamaan tasaisin väliajoin uutta putkidataa E3D-mallista sekä hyödyntämään työkalun putkidatan visualisointeja ja muita toimintoja. Käyttöohjeiden tavoitteena on, että käyttäjä pystyy hyödyntämään työkalua ilman aiempaa kokemusta massa ja määrä -seurannasta. (3/3)

7.2 Testaus

Testauskappale on opinnäytetyön salassa pidettävää osuutta. Testaus osio sisältää työkalun testaamisen, datan kääntymisen ja laskentapohjan luotettavuuden varmistamisen. Työkalun toiminta on testattu usean kattilalaitosprojektin putkidatalla, jotta varmistutaan työkalun toiminnasta putkidataa vaihdettaessa. Laskentapohjan luotettavuus on testattu vertailemalla putkiston raakadataa ja vanhan työkalun laskentoja Power Bi -työkalun laskentatuloksiin. (1/1)

8 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää olemassa olevaa putkistojen massojen ja määrien seurantaan, jotta lopputuloksena saataisiin kattavampi ja käyttäjäystävällisempi työkalu. Toisena tavoitteena oli luoda pohjaa putkidatan luotettavuuden analysointiin, sillä tarkat kustannusarviot sekä suunnitteluprojektin etenemisen seuranta vaativat luotettavan datan. Vanhan Excel-pohjaisen työkalun pohjalta kehitettiin Microsoftin Power Bi:lla raportointityökalu, joka helpottaa putkistojen massojen ja määrien seurannassa. Power Bi valittiin Excelin sijaa, sillä se tarjoaa paremmat työkalut datan visualisointiin, ja se on suunniteltu yrityskäyttöön. Teoriaosuudessa perehdyttiin Valmetin putkistosuunnitteluun, projektinhallintaan sekä putkistojen massojen ja määrien seurannassa käytettyyn putkidataan ja sen kulkeutumiseen suunnitteluohjelmistojen välillä. Lähteinä hyödynnettiin Valmetin sisäisiä lähteitä ja aiheisiin liittyviä sähköisiä lähteitä, kuten esitteitä ja verkkosivuja.

Lopputuloksena syntyi kattilalaitoksen putkiston massojen ja määrien seurantaan soveltuva Power BI -työkalu, jota voidaan hyödyntää myös tarkempien kustannusarvioiden tekemisessä uusille kattilalaitosprojekteille. Työkalua voidaan hyödyntää myös putkidatan luotettavuuden arvioimiseen, sillä se mahdollistaa putkien ja putkenosien tarkastelun yksittäisellä komponenttitasolla. Tämä mahdollistaa puutteiden ja virheiden paikantamisen putkidatassa, jotta oikeanlaiset korjaukset on helppo suorittaa. On erittäin tärkeää, että kattilalaitosprojektien putkistosta voidaan tehdä luotettava kustannusarvio. Näin voidaan minimoida ylimääräisiä kustannuksia ja aikahäviöitä. Putkistosuunnittelun osuus kattilalaitoksen kokonaisuudesta on verrattuna pieni, mutta virheillä putkistosuunnittelussa voi olla vaikutuksia myös muilla projektin osa-alueilla. Power BI -työkalu esitettiin putkisto-osastolle osastopalaverissa, jonka pohjalta työkalun sisällöstä saatiin palautetta ja lisäys ehdotuksia.

Power Bi massojen ja määrien seurantatyökalussa hyödynnetty tieto perustuu Valmetin tietokannasta ajettuun putkidataa sekä arvioituun ”as-sold” putkidataan. Työkalun kehittämisessä hyödynnettiin käynnissä olevan kattilalaitosprojektin putkidataa, jonka avulla voitiin varmistua putkidatan luotettavasta kääntymisestä

raakadatasta visualisoitavaan muotoon. Työkalun toiminta testattiin myös muuttaman eri projektin putkidatalla, jotta voitiin varmistua työkalun toiminnasta visualisoitavan putkidatan vaihtamisen jälkeen. Putkidatan muuntaminen Power Bi:lla on lähes vastaava Exceliin verrattuna, joten vertailemalla putkidatan muuntamista työkalujen välillä auttoi myös varmistamaan, että putkidata on kääntynyt oikein myös uuteen työkaluun. Yksi potentiaalinen ongelma Power Bi työkalussa on putkidatatiedostojen formaatti. Työkalulla luettava putkidata täytyy olla Excel-tiedostona ja tietynlaisessa formaatissa, jotta sen lukeminen on mahdollista. Työkalua täytyy muokata tulevaisuudessa, jos myös putkidata on erilaisessa muodossa.

Liitteenä oleva tiedosto sisältää työn salassa pidettävän osuuden, joka on tarkoitettu ainoastaan Valmetin organisaation käyttöön, sillä työkalu ja sen toiminta perustuu täysin Valmetin kattilalaitosprojekteissa käytettyyn putkidataan. Salassa pidettävä osuus sisältää työkalun yksityiskohtaisen toiminnan, toteutuksen, käyttöohjeet ja kehittämisen. Käyttöohjeiden avulla työkalun käyttöönotto uusille projekteille on mahdollista ilman aiempaa kokemusta massojen ja määrien raportoinnista. Käyttöohjeissa on ohjeet myös uuden projektikohtaisen putkidatan ajamiseen 3D-mallista, ja sen käyttöönottoon Power Bi työkalun sisällä. Osa salassa pidettävästä osiosta on sisällytetty opinnäytetyöhön toteutuskappaleen muodossa, kun taas osa salassa pidettävää osiota löytyy työn liitteistä.

Opinnäytetyössä oli päätavoitteena kehittää olemassa olevaa putkiston massojen ja määrien seuranta, mutta työkalulle on vielä kehitysmahdollisuuksia tulevaisuudessa. Tulevaisuuden kehitysmahdollisuuksia ovat putkidatan ajamisen automatisointi ja putkidatan lisääminen erilliseen tietokantaan. Nämä kehityskohdet liittyvät lähinnä putkidatan ajamiseen työkalulle, mutta itse työkalua voidaan myös kehittää, kun Power Bi ohjelmistona kehittyy. Power Bi työkaluun voidaan lisätä ajatusta putkidatasta lisää haluttuja suunnitteluarvoja suhteellisen helposti poistamalla putkidatan suodatusta. Power Bi on Valmetin yrityskäytössä vielä uusi ohjelmisto, mutta Excelin tunteville käyttäjille sen toiminta ei todennäköisesti tuota ongelmia. Power Bi:n käyttöönotto yhdellä putkistosuunnittelun osa-alueella avaa mahdollisuuksia hyödyntää ohjelmiston tarjontaa ja vahvuuksia myös muun putkistosuunnittelussa käytettävän tiedon visualisoinnissa ja analysoinnissa.

LÄHTEET

Aleem Uddin Ahmed. 2015. Identification System for Combined Cycle Power Plant (KKS coding). Viitattu 24.3.2023.

<http://kkscode.blogspot.com/>

Anup Kumar Dey. n.d. Pipe modelling using Aveva E3D. Viitattu 24.3.2023.

<https://whatispiping.com/tutorial-pipe-modeling-using-aveva-e3d/>

Aveva Group plc. 2021a. Brochure. Aveva E3D Design. Viitattu 14.3.2023.

https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/brochures/Brochure_AVEVAE3DDesign_06-21.pdf.coredownload.inline.pdf

Aveva Group plc. 2021b. Brochure. Aveva Enterprise Resource Management. Viitattu 14.3.2023.

https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/brochures/Brochure_AVEVA_EnterpriseResourceManagement_21-07.pdf.coredownload.inline.pdf

Bismart, Business Intelligence Specialist Services. 2021. Excel vs Power Bi: Which One is Better? Viitattu 19.3.2023.

<https://blog.bismart.com/en/excel-vs-power-bi-which-one-is-better>

Costa, R.; Sobek, D. 2003. Iteration in engineering design: inherit and unavoidable or product of choices made? Montana State University. Viitattu 24.3.2023.

https://www.researchgate.net/publication/240066660_Iteration_in_engineering_design_Inherent_and_unavoidable_or_product_of_choices_made

Haukijärvi, M. 2023. Knowit: Microsoft Power Bi. Viitattu 29.3.2023.

<https://tinyurl.com/w5sbumzx>

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. 5. painos. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Microsoft. 2023a. What is Power Bi? Viitattu 29.3.2023.

<https://learn.microsoft.com/en-us/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>

Painelaitedirektiivi 2014/68/EU. 15.5.2014. Saatavissa: [EUR-Lex - 02014L0068-20140717 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0068-20140717). Viitattu 19.3.2023.

PSK 2402. 2021. Teollisuuden putkistot. Putkistosuunnittelun perusteet. Helsinki: PSK Standardisointi.

PSK 4201. 2022. Putkiluokat. Määrittely. Helsinki: PSK Standardisointi.

PSK 4913. 2020. Teollisuuden kone- ja laitehankinnat. Painelaitteet. Putkistot. Helsinki: PSK Standardisointi.

Severa. 2020. Projektinhallinta-opas – näin teet projektinhallinnasta helppoa. Viitattu 24.3.2023.

<https://severa.fi/materiaalit/opas-projektinhallinta/>

SFS-EN 10216. Saumattomat painelaiteteräsputket. Tekniset toimitusehdot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 10217. Hitsatut painelaiteteräsputket. Tekniset toimitusehdot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 10220. Saumattomat ja hitsatut teräsputket. Mitat ja pituusmassat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 10253-2. Päittäishitsattavat putkenosat. Osa 2. Toimituseräkohtaisesti tarkastettavat seostamattomat teräkset ja ferriittiset seosteräkset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 10253-4. Päittäishitsattavat putkenosat. Osa 4. Toimituseräkohtaisesti tarkastettavat austeniittiset ja austeniittis-ferriittiset (suplex) teräkset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 1127. Ruostumattomat teräsputket. Halkaisijat, toleranssit ja pituusmassat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Siemens AG. 2016. Brochure. Siemens AG COMOS. Viitattu 14.3.2023.
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/354/109765354/att_978457/v1/COMOS_Imagebroschuere_EN.pdf

Tukes. n.d. Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Viitattu 3.4.2023.
<https://tukes.fi/-/painelaitteiden-suunnittelu-valmistus-ja-vaatimustenmukaisuuden-arvioin-1>

Valmet 2023a. History. Viitattu 10.3.2023.
<https://www.valmet.com/about-us/history/>

Valmet 2023b. Strategy. Viitattu 10.3.2023.
<https://www.valmet.com/about-us/strategy/>

Valmet 2023c. Valmet's Way Forward. Viitattu 10.3.2023.
<https://www.valmet.com/about-us/strategy/valmets-way-forward/>

Valmet 2023d. Valmet in brief. Businesses and Areas. Viitattu 10.3.2023.
<https://www.valmet.com/about-us/valmet-in-brief/>

Valmet 2023e. Pulp and Energy business line. Viitattu 10.3.2023.
<https://www.valmet.com/about-us/valmet-in-brief/pulp-and-energy/>

Valmet Technologies Oy. Valmetin sisäiset lähteet.

LIITTEET

Liite 1. Sisällysluettelo

Opinnäytetyön salassa pidettävän osion sisällysluettelo.

SISÄLLYSLUETTELO

1. TERMIT	2
2. JOHDANTO	3
3. TOTEUTUS	4
3.1 Käyttöohjeet	7
3.2 Testaus.....	10
4. LÄHTEET	11

Liite 2. Termit

Opinnäytetyön salassa pidettävän osion termit ja lyhenteet.

Deliverable	Putkistotunnistejärjestelmä
E3D	Aveva E3D Design
ERM	Aveva Enterprise Resource Management
DAX	Data Analysis Expressions

Liite 3. Johdanto

Opinnäytetyön salassa pidettävän osion johdantokappale. Käsittelee työn keskeiset aiheet, tavoitteet ja toteutuksen, kuten opinnäytetyön varsinaisessa johdantokappaleessa.

Liite 4. Lähteet

Opinnäytetyön salassa pidettävän osion lähteet. Lähteinä on käytetty lähinnä Valmetin sisäisiä lähteitä, mutta myös Microsoftin tarjoamia ohjesivustoja Power Bi:n käyttöön.

Data Analysis Expressions (DAX) Reference.

<https://learn.microsoft.com/en-us/dax/>

Valmet sisäiset lähteet.