

Suunnitteluprosessin mallintaminen ja parantaminen

Vahterus Oy

Kone- ja Materiaalitekniikan laitos
pro gradu -tutkielma

Laatija(t):
Lassi Pitkänen

24.5.2024
Turku

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Kandidatututkielma

Oppiaine: Konetekniikka

Tekijä(t): Lassi Pitkänen
Otsikko: Suunnitteluprosessin mallintaminen ja parantaminen
Ohjaaja(t): Professori Jussi Kantola
Sivumäärä: 22 sivua
Päivämäärä: 24.5.2024

Abstract

Tässä kandidaatintutkielmassa tarkastellaan Vahterus Oy:n suunnitteluprosessin mallintamista ja parantamista. Tutkielmassa pyritään tunnistamaan ja ratkaisemaan suunnitteluprosessin pullonkaulat, jotka hidastavat prosessin etenemistä ja vaikuttavat lopputuotteen laatuun. Vahterus Oy on teknologiasektorilla toimiva yritys, joka on erikoistunut painelaitteiden suunnitteluun ja valmistukseen. Yritys kohtaa toimintaympäristössään jatkuvasti uusia haasteita, kuten teknologisen kehityksen nopean tahdin ja kasvavat markkinavaatimukset. Näiden haasteiden vuoksi on kriittistä, että suunnitteluprosessi on mahdollisimman tehokas ja joustava. Tutkimuksessa käytetään sekä kvantitatiivisia että kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Analyysin kohteena on Vahterus Oy:n nykyinen suunnitteluprosessi, jonka tehokkuutta ja toimivuutta pyritään parantamaan. Tutkielma tuo esille useita suunnitteluprosessin parannusmenetelmiä, kuten Lean-menetelmät ja tiedonhallinta. Erityisesti Lean-menetelmien käyttöönottoa suunnitteluprosessissa korostetaan, sillä ne tarjoavat tehokkaita työkaluja prosessin virtaviivaistamiseen ja hukan minimointiin. Lean-periaatteet auttavat tunnistamaan ja eliminoimaan tarpeettomat vaiheet suunnitteluprosessista, mikä nopeuttaa projektien läpimenoaikoja ja parantaa resurssien käyttöä. Tutkimuksessa käsitellään myös tiedonhallinnan merkitystä suunnitteluprosessin tehokkuudelle. Hyvin järjestetty ja systemaattisesti hallittu tieto mahdollistaa nopeammat päätöksentekoprosessit ja vähentää virheiden määrää suunnitteluvaiheessa. Tiedonhallintastrategiat, kuten sähköiset tietokannat ja yhteistyöalustat, mahdollistavat sujuvan tiedonkulun ja yhteistyön eri sidosryhmien välillä.

Avainsanat: Design process, Process development

Sisällysluettelo

1	Johdanto	4
1.1	Vahterus Oy	5
2	Teoria	6
2.1	Prosessin mallinnus	6
2.2	Yleinen suunnitteluprosessi	6
2.3	Yleisen suunnittelun ongelmat	7
2.4	Prosessin parannus menetelmät	8
2.4.1	Lean menetelmä	9
2.4.2	Lean Desing Process	9
2.4.3	Tiedonhallinta	11
2.4.4	Design Process Communication Methodology (DPCM)	12
3	Prosessin tarkastelu ja mallinnus	14
3.1	Suunnitteluprosessin mallinnus	14
3.1.1	Aloitus	14
3.1.2	Työkalut	14
3.1.3	Materiaalit ja vaatimukset	15
3.1.4	Suunnittelun tarkastus	15
3.1.5	Dokumentointi	16
4	Johtopäätökset	18
5	Pohdinta	19
	Lähteet	20

1 Johdanto

Suunnitteluprosessi käsittää jäsennellyn lähestymistavan ongelmien ratkaisemiseen tai tiettyjen tarpeiden täyttämiseen suunnittelun kautta. Prosessi on luonteeltaan iteratiivinen, sisältäen vaiheet, jotka kattavat ongelman ymmärtämisen, ideoinnin, prototyyppien kehittämisen sekä testaamisen. Tutkimus valottaa erilaisia malleja ja lähestymistapoja suunnitteluprosessiin, korostaen sen evoluutiota, kognitiivisia piirteitä ja laskennallisia näkökulmia. Suunnitteluprosessin sanotaan olevan myös evoluutiomainen, jossa metamalleilla on keskeinen rooli. Tämä lähestymistapa näkee suunnittelun iteratiivisena loogisena prosessina, joka sisältää abduktion ja deduktion korostaen suunnitteluprosessissa vaadittavaa monimutkaisuutta ja sopeutuvuutta. (Takeda ym., 1990)

Tämän kandidaatintyön kohteena on Vahterus Oy:n suunnitteluprosessin mallintaminen ja parantaminen. Vahterus Oy on teknologiateollisuuden alalla toimiva yritys, joka kohtaa jatkuvasti kasvavia haasteita markkinoilla. Markkinoita leimaa nopea muutos, teknologinen kehitys ja kiristynyt kilpailu. Yrityksen menestys riippuu olennaisesti kyvystä kehittää ja toteuttaa projekteja tehokkaasti ja innovatiivisesti, minkä ytimessä on toimiva suunnitteluprosessi. Tämä työ keskittyy Vahterus Oy:n nykyisen suunnitteluprosessin kriittiseen tarkasteluun, pyrkien tunnistamaan suunnitteluprosessin mahdolliset pullonkaulat ja tehottomuudet, jotka hidastavat projektien etenemistä ja vaikuttavat lopputuotteen laatuun.

Tavoitteena on mallintaa suunnitteluprosessi uudelleen siten, että se tukee paremmin yrityksen strategisia tavoitteita, parantaa työn laatua ja nopeuttaa suunnittelun sykliä. Työssä hyödynnetään sekä kvantitatiivisia että kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä prosessin nykytilan analysoimiseksi ja parannusehdotusten kehittämiseksi. Tutkimuksen odotetaan tarjoavan konkreettisia keinoja Vahterus Oy:n suunnitteluprosessin tehostamiseen, mikä ei ainoastaan edistä yrityksen kilpailukykyä vaan myös asettaa sen parempaan asemaan vastaamaan tulevaisuuden haasteisiin.

Tämän tutkielman tutkimuskysymykset ovat:

1. Mitä heikkouksia suunnitteluprosesseissa on?
2. Miten Vahterus Oy:n suunnitteluprosessia pystytään parantamaan?
3. Mitä vaikutuksia prosessin parantamisella on?

1.1 Vahterus Oy

Vahterus Oy on suomalainen yritys, joka on erikoistunut lämmönvaihtimien suunnitteluun ja valmistukseen. Yritys tunnetaan erityisesti kehittämästään Plate & Shell Heat Exchanger (PSHE) -teknologiasta, joka yhdistää levy- ja vaippalämmönvaihtimien edut. Tämä innovaatio tarjoaa korkean lämmönsiirron tehokkuuden kompaktissa koossa, mikä tekee siitä ihanteellisen ratkaisun monille teollisuudenaloille, kuten kemian-, energia-, ja öljy- ja kaasuteollisuudelle.

Vahterus perustettiin vuonna 1990, ja sen pääkonttori sijaitsee Kalannissa, lähellä Uuttakaupunkia Suomessa. Yritys on kasvanut merkittävästi perustamisensa jälkeen, ja sillä on nyt asiakkaita ja toimintaa ympäri maailmaa. Vahterus on tunnettu innovatiivisuudestaan ja kyvystään tarjota räätälöityjä ratkaisuja monimutkaisiin lämmönsiirtohaasteisiin. Yrityksen tuotteet ovat saaneet tunnustusta niiden korkeasta laadusta, luotettavuudesta ja pitkäikäisyydestä.

Vahterus Oy panostaa vahvasti tutkimukseen ja kehitykseen, jotta se voi jatkuvasti parantaa olemassa olevia tuotteitaan ja kehittää uusia innovaatioita lämmönsiirtoteknologian alalla. Yritys pyrkii myös edistämään kestävästä kehityksestä ja energiatehokkuutta tuotteidensa avulla, mikä tukee globaalia siirtymistä ympäristöystävällisempiin energia- ja teollisuusprosesseihin.

Vahterus Oy on sitoutunut tarjoamaan asiakkailleen korkealaatuista palvelua ja teknistä tukea koko tuotteen elinkaaren ajan, alkaen tuotekehityksestä aina asennukseen, käyttöönottoon ja huoltoon asti. Yrityksen menestys perustuu vahvaan asiantuntemukseen, innovatiivisiin ratkaisuihin ja asiakastyytyväisyyteen sitoutumiseen.

2 Teoria

2.1 Prosessin mallinnus

Verrattuna muihin muihin prosesseihin, suunnittelu ja kehitysprosessi (DDP) on erityisen haasteellinen navigoida ja hallita. Tutkijat ovat kehittäneet lukuisia prosessimalleja ymmärtääkseen, parantaakseen ja tukea DDP:tä ottaen huomioon sen erityispiirteet. Prosessi on kuitenkin niin monimutkainen, että mikään yksittäinen malli ei riitä. (Wynn & Clarkson, 2018)

Monimutkaiseen suunnitteluhankkeeseen ja prosessiin kuuluu yleensä suuri määrä tehtäviä, jotka eri alojen ammattilaisten luoma verkosto toteuttaa. Kun monimutkaisuus lisääntyy, tehtävien ja ihmisten välisten vuorovaikutussuhteiden hallinta vaikeutuu ja voi olla mahdotonta edes ennustaa yksittäisen suunnittelupäätöksen vaikutusta koko kehitysprosessin ajan. Monimutkaisten suunnitteluprojektien hallintaan on kehitetty simulaatiopohjainen prosessimalli, joka käyttää stokastista verkkomallia kuvaamaan projektien sekventiaalisia, rinnakkaisia ja päällekkäisiä tehtäviä. Tämä mahdollistaa projektin kestoajan todennäköisyysjakauman laskennan, mikä on olennaista epävarmojen projektiaikataulujen hallinnassa. Mallin keskeinen työkalu on suunnittelurakenteen matriisi (DSM), joka auttaa tunnistamaan tehtävien välisten informaatiovirtojen riippuvuudet ja iterointitarpeet. Simulaatiopohjainen analyysi tuo malliin realististen projektikäyttäytymisen aspektit, joita aiemmat analyttiset mallit eivät ole kyenneet tarkasti käsittelemään, kuten resurssien allokaatio ja aikataulut dynaamisessa ympäristössä. (Cho & Eppinger, 2005)

2.2 Yleinen suunnitteluprosessi

Suunnitteluprosessi on monivaiheinen ja iteratiivinen matka, joka alkaa konseptuaalisesta suunnittelusta. Tässä vaiheessa ideat ja tarpeet muotoutuvat projektin tai prosessin perustaksi. Konseptuaalisen suunnittelun aikana suunnittelijoiden on arvioitava erilaisia vaihtoehtoja ja luotava alustavia suunnitelmia, jotka vastaavat projektin asettamia vaatimuksia ja tavoitteita. Tämä vaihe on erittäin kriittinen, sillä se määrittää koko projektin suunnan ja luo perustan tulevalle kehitykselle. Konseptuaalisen suunnittelun merkitystä korostaa Rezaee ja hänen kollegoidensa tutkimus, jossa tarkastellaan suorituskykyyn perustuvan suunnittelun soveltamista projektin varhaisessa vaiheessa. (Rezaee ym., 2015)

Kun konsepti on valittu, prosessi siirtyy yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Tässä vaiheessa kehitetään tarkat tekniset piirustukset ja määritellään käytettävät materiaalit ja menetelmät. Suunnittelijoiden on tässä vaiheessa tarkasteltava projektin kaikkia аспектеja yksityiskohtaisesti, mukaan lukien rakenteet, järjestelmät ja komponentit. Yksityiskohtainen suunnittelu vaatii huolellista harkintaa ja teknistä taitoa, sillä tässä vaiheessa tehdyt suunnittelupäätökset vaikuttavat suoraan projektin lopulliseen toimivuuteen ja kestävyys. Moranin teos tarjoaa kattavan oppaan prosessi- ja laitossuunnitteluun, joka korostaa yksityiskohtaisen suunnittelun merkitystä. (Moran, 2019)

Lopullisessa vaiheessa, kun yksityiskohtainen suunnittelu on saatu päätökseen, keskitytään lopullisen suunnittelun ja dokumentaation tuottamiseen. Tämä vaihe sisältää kaikki tarvittavat loppudokumentaatiot, jotka mahdollistavat projektin toteuttamisen suunnitelmien mukaisesti. Tässä vaiheessa tuotetaan kattavat ja yksityiskohtaiset suunnitelmat, jotka varmistavat projektin onnistuneen toteutuksen ja täyttävät kaikki säännöstely- ja toimivuusvaatimukset. Mahdjoubi, Brebbia ja Laing tuovat esille rakennustiedon mallinnuksen (BIM) merkityksen suunnittelu-, rakennus- ja käyttöprosessien yhteydessä, korostaen loppudokumentaation roolia projektin onnistumiselle. (Mahdjoubi ym., 2015)

Suunnitteluprosessin iteratiivinen luonne mahdollistaa suunnittelijoiden paluun aiempiin vaiheisiin uuden tiedon tai palautteen perusteella. Tämä joustavuus on keskeistä, kun pyritään varmistamaan, että lopputulos vastaa kaikkia asetettuja vaatimuksia ja tavoitteita. Prosessi korostaa jatkuvan viestinnän ja yhteistyön merkitystä kaikkien sidosryhmien välillä, mikä on perustavanlaatuinen osa prosessia, joka mahdollistaa tehokkaat ratkaisut, riskien hallinnan ja innovatiivisten ideoiden toteuttamisen.

Kokonaisuutena suunnitteluprosessi on monimutkainen ja dynaaminen, vaatien suunnittelijoilta sekä teknistä osaamista että kykyä hallita monitahoisia suhteita ja prosesseja. Suunnitteluprosessi on projektin onnistumisen kannalta keskeinen tekijä, ja sen vaiheet muodostavat kestävien ja toimivien lopputulosten perustan.

2.3 Yleisen suunnittelun ongelmat

Yleisen suunnitteluprosessin ongelmat ovat moninaisia ja liittyvät sekä prosessin luonteeseen että suunnittelun ympäristöön. Suunnitteluprosessin mallintaminen on keskeinen haaste,

koska prosessi on iteratiivinen ja vaatii jatkuvaa mukautumista. Metamallit ovat tärkeässä roolissa tässä yhteydessä, sillä ne auttavat kuvaamaan suunnittelun evolutiivista luonnetta ja tarjoavat viitekehyksen suunnitteluprosessin jatkuvalla tarkastelulle. (Takeda ym., 1990)

Luovuuden merkitys suunnitteluprosessissa, erityisesti ongelman muotoilun ja ratkaisujen alkuperäisyyden näkökulmasta, on merkittävä. Tutkimus tukee ajatusta, että suunnitteluprosessi on ongelman ja ratkaisun yhteiskehitystä, jossa molemmat osapuolet muotoutuvat rinnakkain. Tämä korostaa tarvetta joustavalle lähestymistavalle, jossa suunnittelija kykenee navigoimaan epävarmuuden ja monitulkintaisuuden keskellä. (Dorst & Cross, 2001)

Suunnittelun ongelmatilojen rakenteen tutkimus tarjoaa katsauksen suunnitteluprosessin kognitiivisiin ulottuvuuksiin. Työ osoittaa, että suunnitteluprosessi vaatii suunnittelijalta kykyä hallita monimutkaisia ongelmatiloja ja tehdä päätöksiä puutteellisen tiedon varassa. Tämä korostaa suunnitteluprosessin kognitiivista haastavuutta ja sitä, kuinka tärkeää on ymmärtää suunnittelijan kognitiiviset prosessit ongelmanratkaisussa. (Goel & Pirolli, 1992)

Suunnitteluprosessin iteratiivinen luonne on keskeinen, ja vaikka suunnittelua voidaan tukea tietokoneavusteisilla työkaluilla, luova ongelmanratkaisu edellyttää iteratiivista lähestymistapaa, jossa suunnitteluratkaisuja kehitetään ja tarkistetaan jatkuvasti. Tämä viittaa siihen, että suunnitteluprosessi ei ole lineaarinen, vaan pikemminkin syklinen prosessi, joka vaatii jatkuvaa tarkastusta ja uudelleenarviointia. (Crompton, 1979)

2.4 Prosessin parannus menetelmät

Suunnitteluprosessin parannusmenetelmät ovat olennaisia tuottavuuden, tehokkuuden ja innovoinnin lisäämisessä. Näitä menetelmiä soveltamalla voidaan tunnistaa ja ratkaista prosessin heikkouksia, vähentää virheitä ja nopeuttaa suunnittelua. Parannusmenetelmiä on monenlaisia, ja niiden tavoitteena on usein prosessin virtaviivaistaminen ja suorituskyvyn maksimointi. Suunnitteluprosesseissa viitataan jatkuvan parantamisen merkitykseen, joka sisältää tuotteen kehittämisen lisäksi myös tehokkaamman ja taloudellisemman suunnitteluprosessin kehittämisen. (Clarkson & Eckert, 2010)

2.4.1 Lean menetelmä

Lean-menetelmä on tehokkuuteen ja jatkuvaan parantamiseen tähtäävä operatiivinen filosofia, joka sai alkunsa 20. vuosisadan puolivälissä Toyotan autotehtailla Japanissa. Lean on alun perin kehitetty tehostamaan tuotantoa ja vähentämään hukkaa, Lean on laajentunut monille toimialoille ja se on tunnettu globaalisti parhaiden käytäntöjen mallina tuotannossa ja palveluiden tuotannossa. Lean-ajattelun juuret juontavat Japaniin toisen maailmansodan jälkeiseen aikaan, jolloin Toyota aloitti prosessien tehostamisen, jotta se voisi kilpailla paremmin Amerikan autojätettä vastaan. Toyotan insinöörit, erityisesti Taiichi Ohno, kehittivät järjestelmän, joka tunnetaan nykyään Lean-tuotantona. Tämä järjestelmä keskittyy hukan minimointiin (muda), joustavuuteen, laatuun ja jatkuvaan parantamiseen (kaizen). (Womack, 1991)

Lean-menetelmän keskeisiä periaatteita ovat arvon määrittäminen asiakkaan näkökulmasta, arvovirran kartoittaminen ja hukan tunnistaminen, virtauksen luominen poistamalla hukkaa, vetämään perustuva tuotanto ja pyrkimys täydellisyyteen. Onnistunut Lean-implemентаatio edellyttää koulutusmenetelmiä, jotka ovat merkityksellisiä kaikille osallistujille ja jotka edistävät Lean-kulttuurin omaksumista organisaatiossa. Lean-opintotehtaat ovat esimerkki menetelmästä, jossa koulutetaan työntekijöitä ymmärtämään Lean-periaatteita käytännön harjoittelun kautta. (Orji & Chukwuebuka, 2022) Lean-menetelmä on laajentunut alkuperäisestä teollisesta kontekstistaan myös palvelualoille, terveydenhuoltoon ja julkishallintoon. Esimerkiksi terveydenhuollossa Lean on osoittautunut tehokkaaksi lähestymistavaksi parantamaan potilaiden hoitoprosesseja ja vähentämään turhia kuluja. (Lawal ym., 2014)

2.4.2 Lean Desing Process

Useat parannusmetodologiat perustuvat Lean-tuotannon periaatteisiin ja määrittelee suunnitteluprosessin kolmen mallin, muunnoksen, virran ja arvon - kautta.

Parannusmetodologioiden nelivaiheinen lähestymistapa sisältää diagnoosin, muutosten toteuttamisen, kontrollin ja standardisoinnin. Tämä metodologia on osoittautunut tehokkaaksi suunnitteluprosessin tehokkuuden parantamisessa. (Freire & Alarco'n, 2002b) Leanin soveltaminen suunnitteluun voi myös parantaa tuotteiden ja palveluiden laatua ja vähentää

tuotannon hävikkiä. Lean-periaatteiden käyttöönotto on vähentänyt merkittävästi aikaa ja hävikkiä erilaisissa teollisuuden aloilla. Todetaan myös, että Lean-tuotannon ja projektinhallinnan yhdistämisellä saadaan merkittäviä etuja, joilla voidaan vähentää tuotantoaikaa, optimoida palvelutoimitusta ja parantaa tuottavuutta. (Choomluksana ym., 2015; Lviv Polytechnic National University ym., 2022)

Lean Design Process perustuu Lean-tuotannon periaatteisiin, jotka edistävät hukkan ja arvoa tuottamattomien toimintojen poistamista prosesseista, sovellettuna insinööriyöhön ja suunnitteluun. Tässä lähestymistavassa käsitellään kolmea näkökulmaa, jotka kuvaavat suunnitteluprosessia: muuntaminen, virtaus ja arvon tuotto. Muuntamisen näkökulmasta keskitytään tarvittavien tehtävien tunnistamiseen suunnitteluprojekteissa, mutta se ei auta välttämättömiä resursseja säästävissä tai asiakasvaatimusten täyttämässä tehokkaasti. Virtauksen näkökulmasta suunnitteluprosessi käsitetään tiedonkulun virtauksena, mikä vähentää hukkaa minimoiden tarpeettoman odottelun ja tiedon uudelleenkäsittelyn. Arvon tuottamisen malli korostaa asiakasvaatimusten huomioon ottamista ja pyrkii vähentämään arvon menetystä, kun kaikki vaatimukset eivät välity prosessissa.

Lean-Design-Process yhdistää nämä virtauksen ja arvon näkökulmat perinteisen muuntamismallin rinnalle. Vaikka jokainen näkökulma analysoidaan erikseen, todellisuudessa kaikki kolme näkökulmaa ovat läsnä suunnittelutehtävissä, jotka ovat sekä muuntamisen vaiheita että osa kokonaisvaltaista suunnittelun virtausta. Tämä monitahoinen lähestymistapa mahdollistaa suunnitteluprosessin mallintamisen ja sen systemaattisen hallinnan, mikä parantaa suunnittelua merkittävästi ja edistää työkalujen kehittämistä, jotka integroivat nämä usein laiminlyödyt näkökohdat prosessiin. (Freire & Alarcón, 2002a)

Kohta	Muunnos	Virta	Arvon tuotto
Insinöörیتieteiden käsitteellistäminen	Vaatimusten muuttaminen tuotesuunnitteluksi	Tiedonkulun virta, joka koostuu muunnoksesta, tarkastuksesta, liikuttamisesta ja odottamisesta	Prosessi, jossa arvo asiakkaalle luodaan asiakkaan vaatimusten täyttämisen kautta
Pääperiaatteet	Hierarkkinen hajauttaminen, valvonta ja optimointi hajautettujen toimintojen osalta	Hukan poisto (ei-muunnosaktiviteetit), ajan lyhentäminen	Arvon menetyksen poisto (saavutettu arvo suhteessa parhaaseen mahdolliseen arvoon)
Menetelmät ja käytännöt	Työn hajautus rakenne, kriittinen polku menetelmä, organisaation ja vastuun kaavio	Nopea epävarmuuden vähentäminen, tiimityöskentely, työkalujen integrointi, kumppanuus	Tarkka vaatimus analyysi, systematisoitu vaatimusten hallinta, optimointi
Käytännön panos	Huolenpito siitä, mitä täytyy tehdä	Huolenpito siitä, että tarpeeton tehdään mahdollisimman vähän	Huolenpito siitä, että asiakkaan vaatimukset täytetään parhaalla mahdollisella tavalla

(Taulukko 1. Comparison of Conversion, Flow, and Value Generation Views ~Ballard and Koskela 1998) (Freire & Alarco'n, 2002a)

2.4.3 Tiedonhallinta

Tiedonhallinnan strategiat ovat keskeisiä suunnitteluprosessin parantamisessa, erityisesti Engineer, Procure, Construct (EPC) projekteissa. Tehokkaat tiedonhallintastrategiat voivat parantaa koko projektin suorituskykyä. Kun tieto on järjestetty ja saatavilla tarvittaessa, päätöksenteko nopeutuu ja prosessien sujuvuus paranee. Tämä voi johtaa projektin aikataulun tiivistymiseen ja kustannustehokkuuden parantumiseen. Tiedonhallinnan menetelmät, kuten sähköiset tietokannat ja yhteistyöalustat, mahdollistavat tiedon jakamisen reaaliaikaisesti

kaikkien projektin osapuolten kesken, mikä vähentää väärinkäsityksiä ja virheitä suunnitteluprosessissa. (Moreau & Back, 2000)

Suunnitteluprosessi sisältää luovia ja tietointensiivisiä tehtäviä, jotka vaativat laajaa tiedonvaihtoa ja viestintää hajautettujen ryhmien välillä. Tällaisissa dynaamisissa olosuhteissa perinteiset tiedonhallintajärjestelmät usein epäonnistuvat tarjoamaan riittävää tukea joustamattomien tietorakenteidensa, kiinteiden käyttömenetelmiensä sekä rajallisen kykynsä integroida prosessi- ja tuotetietoja vuoksi. Tässä kontekstissa teknisen suunnittelun prosessien ymmärtäminen on keskeinen arvo moderneille yrityksille. Tyypillisesti nämä prosessit nojaavat suunnittelijoiden henkilökohtaiseen, usein dokumentoimattomaan kokemukseen. Tehokas tiedonhallinta vaatii tämän implisiittisen tiedon muuntamista eksplisiittiseksi tiedoksi, jolloin se on jaettavissa koko organisaation kesken. Tämä edellyttää johdonmukaisia ja kattavia tiedonhallintamenetelmiä, jotka mahdollistavat tiedon talteenoton ja integroimisen suunnitteluprojektien aikana.

Tiedonhallinta eli Knowledge Management (KM) keskittyy tiedon systemaattiseen luomiseen, käyttöön, jakamiseen ja uudelleenkäyttöön, ja se jakautuu henkilökohtaista vuorovaikutusta tukeviin personointimenetelmiin sekä tiedon organisointia painottaviin kodifiointimenetelmiin. Eräs tehokas tapa parantaa suunnitteluprosessien tiedonhallintaa on Process Data Warehousing (PDW), joka toimii integraatioalustana. PDW:n keskeinen elementti on joustavaan ontologiaan perustuva tietomalli, joka mahdollistaa semantiikan muodollisen määrittelyn. Tämä ontologia edustaa toimialueen entiteettejä ja niiden välisiä suhteita, mikä sallii suunnittelutiedon kuten tuotetiedot, dokumentit, työprosessit ja päätöksentekomenettelyt, kaappauksen ja uudelleenkäytön. Ontologiat ovat joustavia tietorakenteita, joita voidaan muokata ja mukauttaa tarpeen mukaan, mahdollistaen suunnittelutiedon esittämisen tietokoneiden tulkittavissa muodoissa. (Brandt ym., 2008)

2.4.4 Design Process Communication Methodology (DPCM)

Design Process Communication Methodology (DPCM) on kehitetty parantamaan monialaisten suunnitteluprojektien tehokkuutta ja vaikuttavuutta. DPCM yhdistää elementtejä organisatorisesta tieteestä, ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksesta sekä prosessimallinnuksesta. Menetelmä koostuu prosessielementeistä, jotka edustavat ja kontekstualisoivat suunnitteluprosesseja, mahdollistaen prosessien tallentamisen ja käytön

joustavalla ja jäsennellyllä tavalla. DPCM sisältää myös menetelmiä, jotka tukevat prosessimallinnusta ja edistävät tehokasta tiedonvaihtoa tiimien välillä.

DPCM on operationalisoitu käyttämällä pilvipohjaista prosessiviestintäsovellusta, jossa yksilöt voivat vaihtaa ja järjestää tiedostoja tiedon riippuvuuskartoissa. Tämä sovellus mahdollistaa suunnitteluprosessien tehokkaamman hallinnan ja seurannan, parantaen prosessin selkeyttä ja tiedon johdonmukaisuutta. Sen ansiosta suunnittelijat voivat vähentää uudelleen käsittelyn tarvetta ja edistää monialaista suunnittelua. DPCM tarjoaa useita merkittäviä hyötyjä. Se parantaa yhteistyötä suunnitteluprosesseissa, mahdollistaa prosessien tehokkaamman jakamisen projektitiimien välillä ja tarjoaa syvällisempiä näkemyksiä suunnittelun integraation ja projektin suorituskyvyn välisistä suhteista. Nämä edut tekevät DPCM:stä arvokkaan työkalun monialaisissa suunnitteluprojekteissa missä prosessien tehokas kommunikointi ja hallinta ovat kriittisiä menestyksen kannalta. (Senescu & Haymaker, 2013)

DPCM-menetelmä toimii myös suunnitteluprosessien muutosten mallintamiseen ja analysointiin. DPCM tarjoaa systemaattisen kehikon, joka auttaa suunnittelutiimejä ymmärtämään, miten suunnitteluprosessien muutokset vaikuttavat prosessin suorituskykyyn. Menetelmä perustuu Applied Signposting Model -malliin, joka mahdollistaa muutosten vaikutusten analysoinnin ja korjaavien toimenpiteiden toteuttamisen.

DPCM:n käyttöä on sovellettu Rolls-Royce PLC:n tuulettimen alijärjestelmän esisuunnitteluprosessissa. Tämä esimerkki näytti, miten DPCM auttaa suunnittelutiimejä tunnistamaan ja priorisoimaan kriittiset suunnitteluprosessin muutokset, parantamaan prosessin suorituskykyä ja strategista suunnittelua. DPCM:n avulla voidaan tehdä tarkkoja päätöksiä prosessin suunnittelusta, vähentää tarpeettomia toistoja ja virheitä, sekä edistää tehokkaampaa ja strategisempaa suunnittelua. (Shapiro ym., 2016)

3 Prosessin tarkastelu ja mallinnus

Tässä luvussa on käytetty Vahterus Oy:n omia dokumentteja, sekä kyselytuloksia.

3.1 Suunnitteluprosessin mallinnus

Vahterus Oy erikoistuu räätälöityjen painelaitteiden innovatiiviseen suunnitteluun ja valmistukseen, vastaten asiakkaiden yksilöllisiin vaatimuksiin noudattaen tiukkoja paineastiasäännöksiä. Yhtiön kyky yhdistää korkeatasoinen suunnittelu ja tuotantojärjestelmällinen tehokkuus tekee siitä alansa edelläkävijän. Tämä luku esittelee katsauksen Vahterus Oy:n suunnitteluprosessin eri vaiheisiin mukaan lukien dokumentaation hallinnan, suunnittelun hyväksymiskäytännöt ja muutosten hallintaprosessit korostaen yrityksen sitoutumista laatuun ja innovaatioon.

3.1.1 Aloitus

Suunnitteluprosessi alkaa perusteellisella tarvekartoituksella, jossa yhdistyvät sekä asiakkaan vaatimukset että alueelliset ja kansainväliset standardit. Tämä vaihe sisältää asiakkaan tarpeiden ymmärtämisen, teknisten vaatimusten määrittelyn ja projektin tavoitteiden asettamisen. Prosessi on iteratiivinen, sisältäen suunnittelun, tarkastelun ja optimoinnin vaiheet, joissa jokainen elementti tarkistetaan mahdollisten suunnitteluratkaisujen ja materiaalivalintojen suhteen. Kaikki suunnittelutyö alkaa perusteellisella alkutiedon keräämisellä, johon kuuluu teknisten spesifikaatioiden, operatiivisten vaatimusten ja ympäristöolosuhteiden ymmärtäminen. Tietojenkeruu vaihe on kriittinen, sillä se määrittää projektin suunnan ja laajuuden. Tietoja kerätään myyntitiimiltä, asiakkaalta ja mahdollisesti aiemmista vastaavista projekteista.

3.1.2 Työkalut

Suunnittelijat hyödyntävät suunnittelussaan erilaisia suunnittelutyökaluja ja -ohjelmistoja, kuten 3D CAD-malleja, FEA-analyysejä (Finite Element Analysis), sekä lujuuslaskenta ohjelmia, jotka auttavat heitä visualisoimaan ja testaamaan suunnitteluratkaisuja virtuaalisesti.

Nämä työkalut mahdollistavat monimutkaisten komponenttien ja järjestelmien tarkastelun sekä mahdollisten heikkouksien tunnistamisen ennen tuotteen valmistusta.

3.1.3 Materiaalit ja vaatimukset

Materiaalien valinta on kriittinen osa Vahterus Oy:n suunnitteluprosessia, sillä materiaalien tulee täyttää tiukat PED-vaatimukset painelaitteille. Valinta perustuu useisiin kriteereihin, kuten lujuuteen, kestävyteen, korroosionkestävyyteen ja kustannustehokkuuteen.

Painelaitteiden suunnittelussa materiaalien tulee täyttää tiukat turvallisuus- ja laatuvaatimukset, jotka on määritelty PED-direktiivissä ja muissa soveltuviin standardeissa. Jos materiaalille ei ole saatavilla EN-standardia, laaditaan materiaalille erityisarviointi (PMA), joka tarkastetaan ja hyväksytään ennen käyttöönottoa. Tämä varmistaa, että kaikki materiaalit ovat luotettavia ja turvallisia kyseisessä sovelluksessa. Ennen kuin uusi materiaali hyväksytään käyttöön, se läpikäy useita testausvaiheita, mukaan lukien mekaaniset testit ja kemialliset analyysit. Tämä varmistaa, että materiaali kestää suunnitellut käyttöolosuhteet, kuten paineen, lämpötilan ja kemiallisen altistuksen. Vaara-analyysi on tärkeä osa suunnitteluprosessia, ja se suoritetaan varhaisessa vaiheessa tunnistamaan mahdolliset riskit ja vaarat, jotka voivat liittyä painelaitteen käyttöön. Tämä sisältää erillisen PEHA-analyysin (Pressure Equipment Hazard Analysis) levypakalle, mikäli se poikkeaa tyyppihyväksyntöjen mukaisista vaatimuksista. Suunnitteluprosessin aikana tehtävät tarkastelut ja hyväksynät varmistavat, että kaikki suunnitteluratkaisut ovat turvallisia ja täyttävät vaaditut laatuvaatimukset ennen tuotannon aloittamista.

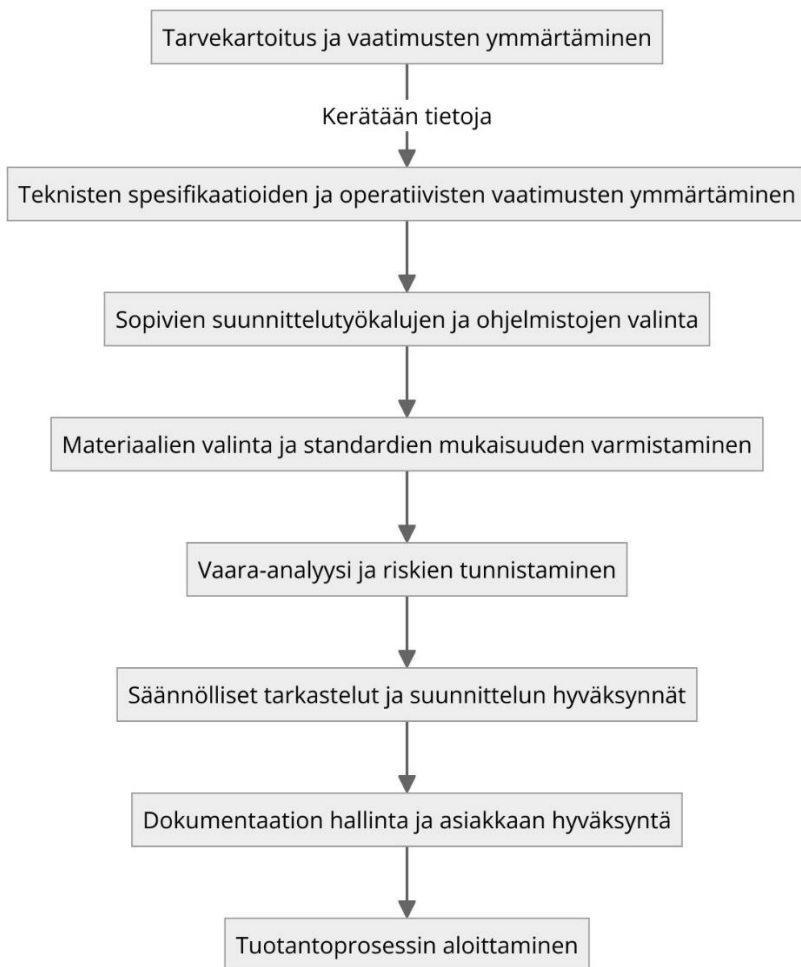
3.1.4 Suunnittelun tarkastus

Suunnittelua tarkastetaan, sekä järjestellään uudestaan säännöllisesti prosessin aikana, jotta kaikki suunnittelijat ja sidosryhmät voivat arvioida edistymistä ja tehdä tarvittavat muutokset. Tarkastelut käsittävät suunnitteludokumentaation, piirustukset ja tekniset laskelmat ja niissä varmistetaan, että suunnitelmat ovat säännösten ja asiakkaan vaatimusten mukaisia. Jos suunnitelmat poikkeavat vaatimuksista tai odotuksista, suunnittelu aineistoihin tehdään tarvittavat muutokset. Muokkausten jälkeen suunnittelun tarkastus aloitetaan uudelleen.

3.1.5 Dokumentointi

Dokumentointi on suunnitteluprosessin yksi tärkeä vaihe ja siksi kaikki suunnitteluvaiheet ja päätökset dokumentoidaan huolellisesti. Tämä sisältää kaikki suunnitteludokumentit, kokousten muistiinpanot, muutospäätökset ja lopulliset hyväksynät. Dokumentaatio on elintärkeää jäljitettävyyden, sertifiointien ja tulevaisuuden ylläpidon kannalta. Lopullinen asiakkaan hyväksyntä on välttämätön ennen tuotantoprosessin aloittamista. Asiakkaalle toimitetaan täydelliset suunnittelupaketit, mukaan lukien piirustukset ja tekniset tiedot, ja häneltä pyydetään kirjallista hyväksyntää. Asiakkaan palautteen perusteella tehdään tarvittaessa muutoksia. Tämä prosessi varmistaa, että lopputuote täyttää kaikki vaatimukset ja on asiakkaan odotusten mukainen.

Koko suunnitteluprosessiin liittyy aktiivista vuorovaikutusta asiakkaan ja kolmansien osapuolien kanssa, jotta varmistetaan, että kaikki vaatimukset täyttyvät ja dokumentaatio on kattavaa. Prosessin kesto voi vaihdella muutamasta tunnista useisiin viikkoihin, riippuen projektin monimutkaisuudesta ja vaatimusten määrästä.



(Kuva 1. Vahteruksen suunnitteluprosessi)

4 Johtopäätökset

Tässä kandidaatintutkielmassa tarkasteltiin Vahterus Oy:n suunnitteluprosessin mallintamista ja parantamista. Tutkielman päätavoitteena oli tunnistaa ja ratkaista suunnitteluprosessin heikkouksia, jotka vaikuttavat yrityksen kykyyn vastata nopeasti muuttuviin markkinavaatimuksiin ja teknologiseen kehitykseen. Analyysin perusteella kehitettiin useita parannusehdotuksia, jotka keskittyivät prosessin virtaviivaistamiseen ja tehokkuuden parantamiseen käyttämällä modernia prosessimallinnusta, Lean-menetelmiä, sekä erilaisia tiedonhallinnan menetelmiä. Tutkielma antaa näkemyksen suunnitteluprosessin nykytilasta ja esittää perustellut ehdotukset prosessin kehittämiseksi, mikä tukee Vahterus Oy:n strategisia tavoitteita ja parantaa yrityksen kilpailukykyä globaalilla tasolla.

Tutkielman metodologia perustuu kvantitatiivisiin ja kvalitatiivisiin tutkimusmenetelmiin, joiden avulla kerätään tietoa sekä yrityksen sisäisistä lähteistä että alan kirjallisuudesta. Tutkimus sisältää yksityiskohtaisen kuvauksen suunnitteluprosessin eri vaiheista, alkaen tarvekartoituksesta ja alustavasta suunnittelusta aina yksityiskohtaisten suunnitelmien laatimiseen ja lopulliseen dokumentointiin. Tämän lisäksi työssä käsitellään yleisen suunnitteluprosessin aikana ilmenneitä ongelmia, kuten tiedonkulun hitautta, resurssien allokoinnin tehottomuutta ja innovaatioprosessin esteitä.

Tutkielman keskeisiä löydöksiä ovat tunnistetut kehitysmenetelmät, jotka liittyvät suunnitteluprosessin eri osa-alueisiin. Erityisesti työssä korostetaan Lean-menetelmien soveltamista suunnitteluprosessin kehittämisessä, jotta voidaan minimoida hukka ja parantaa prosessin kokonaisvaltaista suorituskykyä. Tiedonhallinnan ja kommunikaatiomenetelmien parantaminen todettiin myös kriittiseksi tekijäksi, joka edesauttaa sujuvampaa prosessien hallintaa ja tehostaa päätöksentekoa. Erityisesti tutkielmassa esitetty Design Process Communication Methodology (DPCM) auttaa suunnitteluprosessin sidosryhmiä pysymään informatiivisina koko prosessin ajan. Tutkimuksessa esitetään konkreettisia suosituksia, kuten sähköisten tietokantojen käyttöönotto ja prosessimallinnusohjelmien päivittäminen, jotka auttavat integroimaan ja automatisoimaan suunnitteluprosessin eri vaiheita.

5 Pohdinta

Tutkimusmenetelmien valinta, mukaan lukien laadulliset haastattelut ja prosessin seuranta, osoittautuivat tehokkaiksi yrityksen nykytilan ymmärtämiseksi ja ongelmakohtien tunnistamiseksi. Menetelmät mahdollistivat syvällisen näkemyksen suunnitteluprosessin toimintaan ja sen kehitystarpeisiin. Kuitenkin jatkotutkimuksissa olisi hyödyllistä soveltaa kvantitatiivisia menetelmiä, jotta saataisiin tarkempaa tietoa parannusmenetelmien vaikutuksista suorituskykyyn.

Haasteina työn toteuttamiselle oli suunnitteluprosessin mallintaminen yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, yleisen suunnitteluprosessin iteratiivisuus, sekä havainto siitä, että räätälöityjen lämmönsiirtimien suunnittelussa mikään yksittäinen prosessi ei kulje samalla tavalla kuin mikään aikaisempi. Tärkeänä havaintona onkin tuotava esille, miten tärkeää suunnitteluprosessin mallintamisessa on yksittäisten tapausten tarkastelu isommassa kuvassa ja niiden yhdistäminen yhteen isompaan kuvaan.

Tämän työn tulokset tarjoavat arvokasta tietoa Vahterus Oy:lle, mutta ne ovat myös sovellettavissa laajemmin teknologiasektorilla toimiviin yrityksiin, jotka pyrkivät tehostamaan suunnitteluprosessejaan. On suositeltavaa, että yritykset jatkavat prosessiensa kehittämistä ja arvioivat säännöllisesti käyttöönotettujen muutosten tehokkuutta.

Kandidaatintyöni korostaa jatkuvan parantamisen merkitystä yrityksen kilpailukyvyn ylläpitämiseksi. Tutkimuksen perusteella on suositeltavaa, että Vahterus Oy jatkaa investointejaan työntekijöiden koulutukseen ja kehittää mittareita prosessien arvioimiseksi, joilla varmistetaan Lean-menetelmien ja tiedonhallintastrategioiden tehokas soveltaminen.

Lähteet

- Brandt, S. C., Morbach, J., Miatidis, M., Theißen, M., Jarke, M., & Marquardt, W. (2008). An ontology-based approach to knowledge management in design processes. *Computers & Chemical Engineering*, 32(1), 320–342.
<https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2007.04.013>
- Cho, S.-H., & Eppinger, S. D. (2005). A simulation-based process model for managing complex design projects. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 52(3), 316–328. <https://doi.org/10.1109/TEM.2005.850722>
- Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., & Suksabai, P. (2015). Improving the Productivity of Sheet Metal Stamping Subassembly Area Using the Application of Lean Manufacturing Principles. *Procedia Manufacturing*, 2, 102–107.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.090>
- Clarkson, J., & Eckert, C. (2010). *Design Process Improvement: A review of current practice*. Springer Science & Business Media.
- Crompton, A. B. (1979). Theory of Transformer Design Principles. Teoksessa R. Feinberg (Toim.), *Modern Power Transformer Practice* (ss. 18–60). Macmillan Education UK.
https://doi.org/10.1007/978-1-349-04087-2_2
- Dorst, K., & Cross, N. (2001). Creativity in the design process: Co-evolution of problem–solution. *Design Studies*, 22(5), 425–437. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(01\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00009-6)
- Freire, J., & Alarco’n, L. F. (2002a). Achieving Lean Design Process: Improvement Methodology. *Journal of Construction Engineering & Management*, 128(3), 248.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2002\)128:3\(248\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:3(248))
- Freire, J., & Alarco’n, L. F. (2002b). Achieving Lean Design Process: Improvement Methodology: Journal of Construction Engineering & Management. *Journal of*

- Construction Engineering & Management*, 128(3), 248.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2002\)128:3\(248\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:3(248))
- Goel, V., & Pirolli, P. (1992). The structure of design problem spaces. *Cognitive Science*, 16(3), 395–429. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(92\)90038-V](https://doi.org/10.1016/0364-0213(92)90038-V)
- Lawal, A. K., Rotter, T., Kinsman, L., Sari, N., Harrison, L., Jeffery, C., Kutz, M., Khan, M. F., & Flynn, R. (2014). Lean management in health care: Definition, concepts, methodology and effects reported (systematic review protocol). *Systematic Reviews*, 3, 1–6. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-3-103>
- Lviv Polytechnic National University, Zaverbnyi, A., Ilnytskyi, V., & Lviv Polytechnic National University. (2022). LEAN PRODUCTION AS A TOOL TO INCREASE THE EFFICIENCY OF PROJECT MANAGEMENT. *Market Infrastructure*, 65. <https://doi.org/10.32843/infrastruct65-12>
- Mahdjoubi, L., Brebbia, C. A., & Laing, R. (2015). *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations*. WIT Press.
- Moran, S. (2019). *An Applied Guide to Process and Plant Design*. Elsevier.
- Moreau, K. A., & Back, W. E. (2000). Improving the design process with information management. *Automation in Construction*, 10(1), 127–140. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(99\)00057-6](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(99)00057-6)
- Orji, I. J., & Chukwuebuka, M. U.-D. (2022). Organizational change towards Lean Six Sigma implementation in the manufacturing supply chain: An integrated approach. *Business Process Management Journal*, 28(5/6), 1301–1342. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-04-2022-0169>
- Rezaee, R., Brown, J., Augenbroe, G., & Haymaker, J. (2015). *THE APPLICATION OF INVERSE APPROACH TO THE EARLY STAGE OF PERFORMANCE-BASED BUILDING DESIGN*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3667.6720>

- Senescu, R. R., & Haymaker, J. R. (2013). Evaluating and improving the effectiveness and efficiency of design process communication. *Advanced Engineering Informatics*, 27(2), 299–313. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2013.01.003>
- Shapiro, D., Curren, M. D., & Clarkson, P. J. (2016). DPCM: A method for modelling and analysing design process changes based on the Applied Signposting Model. *Journal of Engineering Design*, 27(11), 785–816. <https://doi.org/10.1080/09544828.2016.1234587>
- Takeda, H., Veerkamp, P., & Yoshikawa, H. (1990). Modeling Design Process. *AI Magazine*, 11(4), Article 4. <https://doi.org/10.1609/aimag.v11i4.855>
- Womack, J. P. (1991). *The machine that changed the world*. HarperPerennial.
- Wynn, D. C., & Clarkson, P. J. (2018). Process models in design and development. *Research in Engineering Design*, 29(2), 161–202. <https://doi.org/10.1007/s00163-017-0262-7>