



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Hannu Ulvila

Protoprosessin kehittäminen

Opinnäytetyö

Kevät 2022

SeAMK

Teknologiaosaamisen johtaminen



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Seamk Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Teknologia osaamisen johtaminen, insinööri (Ylempi AMK)

Tekijä: Hannu Ulvila

Työn nimi: Protoprosessin kehittäminen

Ohjaaja: Kimmo Kitinoja

Vuosi: 2022

Sivumäärä: 55

Liitteiden lukumäärä: 0

Opinnäytetyö toteutettiin Seinäjoella toimivalle Finn-Power Oy:lle, joka valmistaa ohutlevyteollisuuden käyttöön tuotantolaitteita ja valmistusjärjestelmiä. Kehittämistyön tavoitteena oli tutkia minkälaisella tuotantoprosessilla olisi mahdollista kehittää prototuotteiden valmistustoimintaan liittyvää projektinhallintaa ja löytää toimenpiteitä, joiden myötä uuden tuotteen tuotteistaminen olisi mahdollisimman sujuvaa.

Tuotekehityshankkeen toteuttaminen edellyttää projektiorganisaation sitoutumista yhteisen projektin toteuttamiseen ja ryhmässä toimivalta jäseneltä tiimityöskentelytaitoja. Projektipäällikön tehtävänä on organisoida tuotekehityshankkeen läpivienti ja saada asiantuntijat toimimaan yhteisen päämäärään mukaisesti. Onnistuneen tuotekehityshankkeen toteuttaminen edellyttää, että prototuotteeseen liittyvä tiedonkulkua on sujuvaa projektiorganisaatiossa.

Stage-Gate-tuotekehitysprosessimalli jakaa tuotekehitysprojektin tehtävittäin määriteltäviin vaiheisiin. Jokaisen vaiheen läpäisemiseksi on määriteltävä tietyt ehdot, joiden mukaan voidaan siirtyä tuotantomallissa seuraavaan vaiheeseen. Stage-Gate-mallin avulla pyritään varmistamaan, että vaadittavat tehtävät olisivat suoritettuna ennen kuin siirrytään seuraavaan tuotekehitysprojektin tehtäväkokonaisuuteen.

Prototuotteen valmistuksen aikana havaitut kehittämiskohdat on tärkeää dokumentoida ja tehdä tarvittavat muutokset valmistusprosessiin ennen sarjatuotantovaiheeseen siirtymistä. Protoprosessin mukaisella systemaattisella toimintatavalla ja Stage-Gate-vaiheistuksen noudattamisella varmistetaan laadukas lopputulos. Projektipäällikön tehtävänä on organisoida tuotekehityshankkeen läpivienti projektiorganisaatiossa ja varmistaa tuotekehityshankkeen aikana tiedonkulkua yrityksen eri osastojen välillä.

Avainsanat: tuotantojärjestelmät, tuotekehitys, tuotteistaminen, projektinhallinta, prototuote, projektiorganisaatio, valmistusprosessi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Master's Degree Programme in Technology Competence Management

Author: Hannu Ulvila

Title of thesis: Prototype manufacturing development

Supervisor: Kimmo Kitinoja

Year: 2022

Number of pages: 55

Number of appendices: 0

The thesis was made for Finn-Power Oy in Seinäjoki. The company manufactures machines and production systems to the sheet metal industry. The goal of the thesis was to study a manufacturing process and develop the project management of a prototype manufacturing and to find a way to make productization as fluent as possible.

From a member of the organization, product development project requires team-working skills and commitment to the project organization. A project manager organizes the implementation of the product development project and leads the experts to act towards a common goal. A successful product development project requires effective communication inside the project organisation.

The Stage-Gate product development model divides a product development project into phases. Each phase of a project has predefined terms that must be accomplished before moving to the next step of a product development process. The Stage-Gate model is used to ensure that a required task is completed before moving to the next phase in a product development process.

Production development needs must be documented during the product development process and observed issues must be resolved before the serial production phase can be started. Systematically, the Stage-Gate production procedure avoids repeatable errors in the production process and ensures high quality results. A project manager organizes the implementation of a product development project in the project organization and ensures communication between different departments.

Keywords: process development, product development, project organization, project management, manufacturing process, prototype

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuvioluettelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet	6
JOHDANTO	9
1.1 Kehittämistyön tausta.....	9
1.2 Työn tavoite	10
1.3 Työn rakenne	10
1.4 Tutkimusmenetelmät.....	11
1.5 Yritysesittely	12
1.6 Valmistettavat tuotteet.....	13
2 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN HALLINTA.....	17
2.1 Projektinhallinnan kehittäminen	17
2.2 Laadunhallinta.....	18
2.3 Projektioorganisaatio.....	19
2.4 Tuotekehitysprojektin aloittaminen	20
2.5 Projektin vaiheistus Stage-Gate-malliin.....	21
2.6 Tuotekehitysprojektin muutoksen hallinta	22
2.7 Tuotekustannusten hallinta	23
2.8 Tuotekehitysprojektin päättäminen.....	24
3 TUOTTEISTAMINEN OSANA TUOTANNON PROSESSEJA	26
3.1 Tuotekehitys- ja suunnitteluvaihe	27
3.2 Validointi- ja määrittelyvaihe	29
3.2.1 Komponenttien laatuvaatimuksien määrittely.....	30
3.2.2 Alihankintaverkoston validointi	30
3.2.3 Kiinnitystarvikkeiden validointi.....	31
3.3 Tuotannosuunnittelu.....	32
3.4 Nimikkeiden hankinta	33
3.4.1 Materiaalinohjaus.....	35

3.4.2	Nimikkeiden vastaanotto	35
3.4.3	Nimikkeiden keräily varastosta.....	36
3.5	Prototuotteen valmistaminen.....	37
3.5.1	Kokoonpano.....	38
3.5.2	Käyntiinajo ja testaaminen	40
3.5.3	Pakkaus	42
3.5.4	Koeasennus	43
3.6	Valmistusprosessin päättäminen.....	44
4	PROTOTUOTTEEN VALMISTUSPROSESSI	45
4.1	Valmistusprosessin etenemisen tarkastelu	45
4.2	Syntyneet parannusehdotukset.....	47
4.3	Valmistusprosessin muutoksenhallinta	49
5	YHTEENVETO.....	50
6	POHDINTA	52
	LÄHTEET	54

Kuvioluettelo

Kuvio 1. Stand-alone mallinen Punch Genius PG1225 levytyökeskus.....	13
Kuvio 2. Combi Genius yhdistelmäkone varustettuna Compact Express lastaus- ja purkuautomaatiolla.....	14
Kuvio 3. Shear Genius yhdistelmäkone varusteltuna LD lastauslaitteella.....	14
Kuvio 4. PSBB-Valmistusjärjestelmä	15
Kuvio 5. Night Train FMS -Valmistusjärjestelmä	15
Kuvio 6. Stage-Gate -vaiheistusmalli	26
Kuvio 7. Tuotekehitys- ja suunnitteluvaihe	27
Kuvio 8. Validointi- ja määrittelyvaihe.	29
Kuvio 9. Tuotannonsuunnittelu.....	32
Kuvio 10. Hankintavaihe ja materiaalinohjaus	33
Kuvio 11. Prototuotteen valmistaminen.....	37
Kuvio 12. Tuotekehitysprojektin päättäminen	44
Kuvio 13. Prototuotteen valmistusvaihe.	45

Käytetyt termit ja lyhenteet

Asennuslayout	Asennussuunnitelmaan sisältyvä dokumentti, jossa näkyy valmistettavan tuotteen sijoittelu mittakaavassa olevalle tehdaspohjalle.
Asetusaika	Ajallinen kesto, joka vaaditaan siirryttäessä tuotantoerän viimeisen tuotteen jälkeen valmistamaan seuraavaa tuotantoerää.
Benchmarking	Vertailukehittämisen menetelmä, jonka mukaan omia toimintatapoja verrataan muiden yritysten toimintatapoihin.
ERP-järjestelmä	Enterprise Resource Planning -toiminnanohjausjärjestelmän avulla hallitaan yrityksen tuotantoa, varastonhallintaa ja kirjanpitoa.
FMS	Flexible Manufacturing System tarkoittaa varastoautomaation ympärille rakentuvaa automaattista valmistusjärjestelmää, mihin voi olla liitettynä useita työstökeskuksia.
Hienokuormitus	Tuotannonsuunnittelun tekemän hienokuormituksen perusteella huomioidaan tietyn tuotteen kokoonpanon vaatima aika ja sen kokoonpanoon käytettävissä olevat tuotannon resurssit.
Lean-tuotanto	Lean-tuotannon mukaisella toimintatavalla pyritään poistamaan valmistusprosessissa havaittuja hukkia ja tehostamaan valmistusprosessia.
Läpimenoaika	Ajallinen kesto, joka kuvaa tietyn tuotteen valmistamiseen tarvittavaa aikaa tuotantotilauksen vastaanottamisesta tuotteen valmistamiseen.
Modulaarisuus	Modulaarisen tuoteperheen eri tuotteista ja tuoteoptioista saadaan yhdistettyä asiakastarpeiden näkökulmasta koostuva valmistusjärjestelmäkokonaisuus.

Nimike	Tuotetiedonhallinnan systemaattinen tapa identifioida osanumerolla fyysinen komponentti, tuotteen osakokoonpano tai kokonainen tuote.
Prosessi	Toisiinsa liittyvien toimenpiteiden ja tehtävien sarja, minkä myötä syntyy jokin ennalta määriteltä lopputulos.
Prosessimalli	Vaiheistettu tehtäväsarjaa kuvaava malli eri toimenpiteistä, jotka tuottavat yhdessä tietyn lopputuloksen.
Revisiointi	Yksittäisessä osassa tai tuoterakenteessa tehty tuotesuunnittelun laatima muutos.
Stage-Gate-malli	Tuotekehitysprojektin projektinhallinnassa käytetty tuotantomalli, joka jakaa tuotekehitysprojektin tarkoin määriteltäisiin vaiheisiin. Jokaisen vaiheen läpäisemiseksi on määriteltä tietyt ehdot, joiden täyttymisen jälkeen voidaan siirtyä tuotantomallissa seuraavaan vaiheeseen.
Stand-alone	Yksittäiseen Stand-alone-malliseen levytyökeskukseen ei ole liitetty kappaleenkäsittely- tai varastoautomaatiota.
Synergiaetui	Taloudellista synergiaetua voidaan saavuttaa, kun eri toimintoja yhdistetään tai voidaan käyttää samoja komponentteja useamman eri tuotteen valmistamisessa.
Toimittajaviite	Toiminnanohjausjärjestelmästä löytyvä lisätietokenttä, jota voidaan käyttää materiaalinojauksen apuvälineenä toimitusketjun eri vaiheissa.
Tuotantovolyymi	Tuotantomäärä, minkä tehdas tuottaa tietyllä ajanjaksolla tarkasteltuna.
Tuoteoptio	Tuotetoimitukseen valittava lisätoiminnallisuus, lisävaruste tai tuuteominaisuus.

Työmääräin

Tuotannossa valmistettavista kone- ja laiteoimituksista laaditaan toimituskohtainen työmääräindokumentti, missä määritellään tuoteoptiot ja tuotteen valmistamisen kannalta tarpeelliset tiedot.

Validointi

Validoinnin suorittamisella varmistetaan, että tarkasteltava kohde soveltuu käyttötarkoitukseen ja täyttää sille asetetut vaatimukset.

JOHDANTO

1.1 Kehittämistyön tausta

Opinnäytetyö toteutetaan Seinäjoella toimivalle Finn-Power Oy:lle, joka on osa italialaisessa omistuksessa olevaa Prima Industrie -konsernia. Yritys valmistaa ohutlevyteollisuuden käyttöön tuotantolaitteita ja valmistusjärjestelmiä, joita on toimitettu yli 90 maahan yrityksen historian aikana. Prototuotteiden valmistusprosessia kehittämällä olisi mahdollista ennakoida protovalmistuksen aikana esiintyviä ongelmia ja tehostaa käytössä olevien resurssien hyödyntämistä sekä koordinoitua tulevaisuudessa. Valmistusjärjestelmien toimittajien välillä kehittyvä kilpailutilanne ja eri toimintojen nopea kehittyminen edellyttää myös tuotekehitysprojektien prosessien kehittämistä. Prosessien kehittämisellä varmistetaan yrityksen kilpailukykyinen asema globaaleilla markkinoilla. Seinäjoen tehtaalla valmistettavien tuotekokonaisuuksien suunnittelu- ja kehitystyö tapahtuu samoissa toimitiloissa kuin tuotteiden valmistus.

Nykyisen toimintatavan mukaisesti prototuotteiden kokoonpano tapahtuu tuotantossa samoilla työpisteillä, kuin sarjavalmistuksessa olevien koneiden ja laitteiden kokoonpano. Prototuote siirretään useimmissa tuotekehitysprojekteissa kokoonpanopisteeltä käyntiinajoa varten tuotekehityslaboratorioon tai käyntiinajotilaan tuotteen testaussuunnitelman asettamien vaatimusten mukaisesti. Prototuotteiden kokoonpano tapahtuu samoilla henkilöresursseilla, kuin vastaavan tuotteen tuotanto myöhemmässä sarjatuotantovaiheessa. Henkilöstön perehdyttäminen uuden tuotteen valmistamiseen halutaan varmistaa sitouttamalla tuotantohenkilöstö prototuotteen valmistusprosessiin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Kehittämistyön taustalla vaikuttaa tarve kehittää prototuotteiden valmistusprosessia ja näin varmistaa osaltaan tuotekehitysprojektien aikataulussa sekä budjetissa pysyminen. Prototuotteiden valmistustoiminnan kehittäminen vaatii tuotantoprosessin eri toimintojen kehittämistä ja tuotteistamiseen liittyvien tehtävien ennakoitua osana tuotekehitysprosessia.

1.2 Työn tavoite

Kehittämistyön tavoitteena on tutkia, minkälaisella protoprosessilla olisi mahdollista varmistaa, että valmistettavat prototuotteet olisivat valmiita siirrettäväksi sarjatuotantovaiheeseen. Työn keskeisenä päämääränä on tutkia, minkälaisella prosessilla olisi mahdollista vähentää laatu- ja kustannuksia, sekä lyhentää prototuotteiden läpimenoaikoja tuotteiden laadunvarmistus huomioiden.

Kehittämistyössä huomioidaan, mitä uuden tuotteen tuonti markkinoille vaatii projektioorganisaatiolta ja tuotteen käytönaikaiselta palveluliiketoiminnalta. Tutkimuksessa otetaan huomioon oman organisaation ulkopuolisen osaamisen tarve tuotekehitysprojekteissa sekä muut mahdolliset yhteistyötahot, jotka osallistuvat uuden tuotteen tuotteistamiseen.

Työn tavoitteena on kehittää protovalmistuksen projektinhallintaa, jonka myötä projektin etenemiseen liittyvät ongelmat voitaisiin ratkaista mahdollisimman tehokkaasti. Tavoitteena on löytää toimenpiteitä, joiden avulla prototuotteen tuotteistamisessa havaittuihin ongelmiin projektioorganisaatio pystyisi reagoimaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja tekemään tuotekehitysprojektin hallinnan kannalta tärkeitä päätöksiä. Osana työtä kehitetään kustannusten näkökulmasta tehokkainta toimintatapaa huomioiden projekteille asetetut aikataululliset tavoitteet.

1.3 Työn rakenne

Kehittämistyön alussa esitellään työn taustalla vaikuttavia tekijöitä ja asetetaan tehtävälle kehittämistyölle keskeisimmät tavoitteet. Opinnäytetyön johdannossa rajataan käytettävät tutkimusmenetelmät ja esitellään Finn-Power Oy yrityksenä sekä sen valmistamat tuotteet. Tuotekehitysprosessin hallintaan liittyvää teoriaa käsitellään tuotekehitysprojektin aloittamisvaiheesta vaiheistetusti projektin päättämiseen asti. Kehittämistyön soveltavassa osuudessa tarkastellaan prototuotteen valmistusprosessin etenemistä tuotannossa tuotteistamisen näkökulmasta. Työssä käsitellään prototuotteen valmistusprosessissa havaittuja ongelmia sekä esitetään valmistusprosessiin parannusehdotuksia.

Kehittämistyössä tarkastellaan protoprosessin etenemistä myös laaduntuottokyvyn arvioimisen näkökulmasta, sekä huomioidaan laadunvarmistaminen osana vaiheistettua valmistusprosessia. Työssä käsitellään uuden tuotteen komponenteille asetettujen laatuvaatimusten määrittelyä ja vaatimusten todentamista osana valmistusprosessia. Kehitystyö päätetään yhteenvetoon missä esitellään protoprosessin havainnoinnin myötä syntyneitä tuloksia ja omia pohdintoja.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Tässä työssä käytetään kvalitatiivista tutkimusmenetelmää havainnoimalla tietyn tuotteen protoprosessin etenemistä todellisessa tilanteessa. Laadullisessa eli kvalitatiivisessa tutkimuksessa keskitytään tutkittavan asian käsitteelliseen pohdintaan ja yritetään ymmärtää mahdollisimman hyvin tutkimuksen kohteena olevia ilmiöitä ja niiden taustalla vaikuttavia tekijöitä. (Eskola & Suoranta 1998, 14–15.)

Prosessiin kehittämiseen liittyvää aineistoa kerätään projektiorganisaation palavereissa käsiteltyjen asioiden perusteella ja tuotteen kokoonpanosta saadun palautteen avulla. Yrityksessä on vakiintunut käytäntö projektikohtaisen palautteen keräämiseksi kokoonpanosta, mitä hyödynnetään tutkimusaineiston keräämisessä. Lisäksi tietoa kerätään haastatteleamalla tuotekehitysprojektin kanssa tekemisissä olevaa henkilöstöä. Kerätyn palautteen ja aineiston perusteella pyritään tunnistamaan protoprosessiin liittyvät tärkeimmät kehityskohteet. Kertynyt aineisto analysoidaan sen perusteella, miten prototuotteiden valmistusprosessia voitaisiin kehittää tulevaisuudessa. Uusien tuotteiden markkinoille viennin ja tuotteistamisen kehittäminen on osa yrityksen toimintastrategiaa, joka sisältää myös muita yritykselle tärkeitä kehitysprojekteja. (Prima Power 2021a.)

1.5 Yritysesittely

Jorma Lillbacka perusti Alahärmään vuonna 1969 Lillbackan konepajan, jonka päätoimialana oli koneistusalihankinta. Asiakaskäyntien myötä huomio kiinnittyi hydrauliletkujen liittimien asentamisessa käytettävään tekniikkaan, mikä vaati kohtuuttoman pitkiä asetusajoja. Ratkaisuksi kehitettiin uudentyyppinen letkuliitinpuristin P32 markkinoille vuonna 1973, minkä myötä syntyi Finn-Power-tuotenimi. Lillbackan konepajan valmistama Finn-Power TP250 CNC-ohjattu levytyökeskus esiteltiin 1983 Pariisissa eurooppalaisen työstökonealan kattojärjestön EMO-näyttelyssä. Vuoteen 1989 mennessä Finn-Power oli kasvanut lisääntyvän automaatioasteen myötä yhdeksi maailman johtavista levytyökeskuksien ja valmistusjärjestelmien toimittajista. (Taijonlahti 1997.)

Vuoden 1994 aikana puristinliiketoiminta (Lillbacka Powerco Oy) ja levytyötekniikka (Lillbacka Oy) eriytettiin erillisiksi yhtiöiksi. Vuonna 2002 Lillbacka myi ohutlevytyöstökoneita valmistavan osan EQT Northern Europe Ltd -pääomasijoitusyhtiölle. Vuoden 2008 yrityskaupassa Finn-Power Oy siirtyi italialaisen ohutlevyteknoologiaan erikoistuneen pörssiyhtiön Prima Industrie S.p.A:n omistukseen. Yrityskaupan myötä Prima Industrie -konsernin valmistamat tuotteet yhdistettiin Prima Power -tuotemerkiksi. Finn-Power Oy:n toiminta siirtyi Kauhavalta 2018 vuoden aikana uusiin tiloihin Seinäjoelle. (Laurinen 2018, 81.)

Prima Industrie -konsernin tuotetehtaat sijaitsevat Finn-Power Oy:n Seinäjoen toimipisteen lisäksi Italiassa, Kiinassa ja Yhdysvalloissa. Vuonna 2015 avattu tehdas Kiinassa palvelee Aasian markkinoita valmistamalla levytyöstökeskuksia, 2D-laserleikkuukoneita ja särmäyspuristimia. Prima Industrie -konsernilla oli liikevaihtoa 467 M€ vuonna 2018, mistä Finn-Power Oy:n liikevaihdon osuus oli noin 160 M€. Prima Industrie työllistää maailmanlaajuisesti 1400 henkeä, joista Seinäjoen tehtaalla työskentelee noin 400 henkilöä. Finn-Power Oy:n valmistamien koneiden- ja laitteiden kokoonpano tapahtuu pääsääntöisesti alihankintaverkostossa valmistettavista komponenteista. Merkittävä osuus yrityksen liiketoiminnasta muodostuu palveluliiketoiminnan kautta, kuten tuotetuista ylläpito- ja varaosapalveluista. (Kauppa-lehti, [Viitattu 15.9.2020].)

1.6 Valmistettavat tuotteet

Modulaarisesti rakentuvien tuotteiden ansiosta asiakkaille voidaan tarjota ohutlevy-tuotteiden valmistukseen parhaiten soveltuva tuote- ja palvelukombinaatio. Levytyökeskuksiin on liitettävissä tuoteoptioiden kautta erilaisia lastaus- ja purkulaitteita sekä kappaleiden lajittelulaitteita. Italian tuotetehtailla valmistetaan ohutlevykappaleiden särmäykseen ja taivutusautomaatioon liittyvät tuotteet sekä 2D/3D-laserleikkauskoneet. Seinäjoen tehtaalla valmistettavat koneet ja laitteet voidaan jakaa seuraaviin tuoteperheisiin. (Prima Power 2019.)

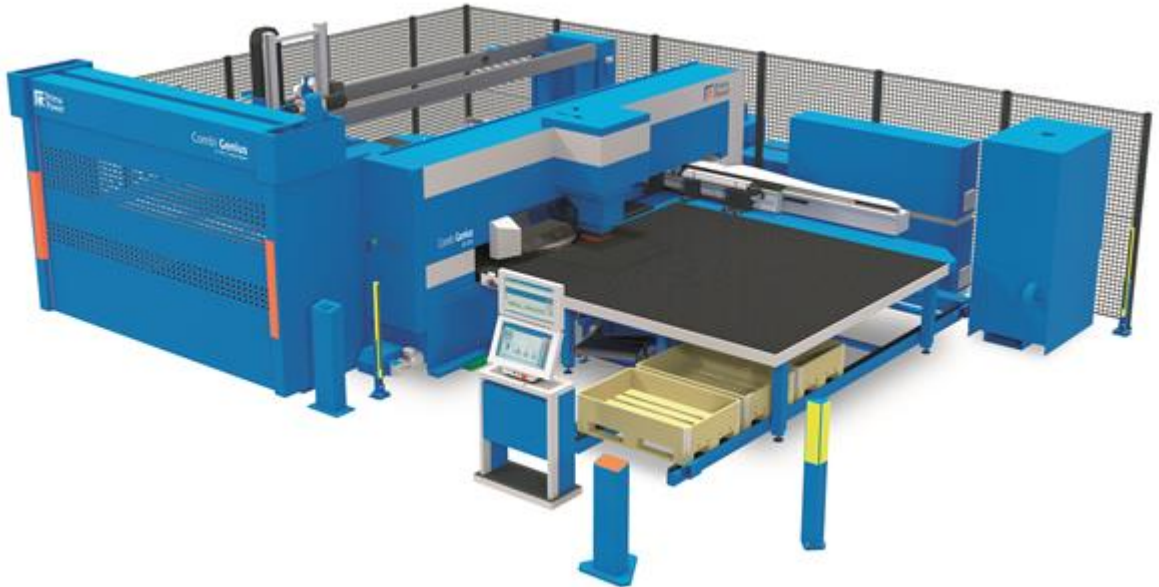
The Punch -tuoteperheeseen kuuluvat sähköservotoimiset mekaanisesti ohutlevyä lävistävät levytyökeskukset. Harjaspöydällä kiinnityskynsissä oleva levy materiaali liikkuu koordinaattipöydän mukana työkalurevolverissa. Ohutlevyn lävistys ja muovaus tapahtuu työkalurevolverissa olevilla lävistystyökaluilla. (Prima Power 2020a.)



- 1) Harjaspöytä
- 2) Kiinnityskynsi
- 3) Levymateriaali
- 4) Työkalurevolveri

Kuvio 1. Stand-alone-mallinen Punch Genius PG1225 -levytyökeskus (Perustuu Prima Power, [viitattu 2.2.2021]).

The Combi -tuoteperheeseen kuuluvat ohutlevyjen laserleikkauksen ja mekaanisen lävistyksen yhdistävät levytyökeskukset. The Combi -sarjan levytyökeskuksella saadaan yhdistettyä laserleikkauksen ja lävistävän työstön mahdollisuudet ohutlevyosien valmistuksessa. (Prima Power 2021b.)



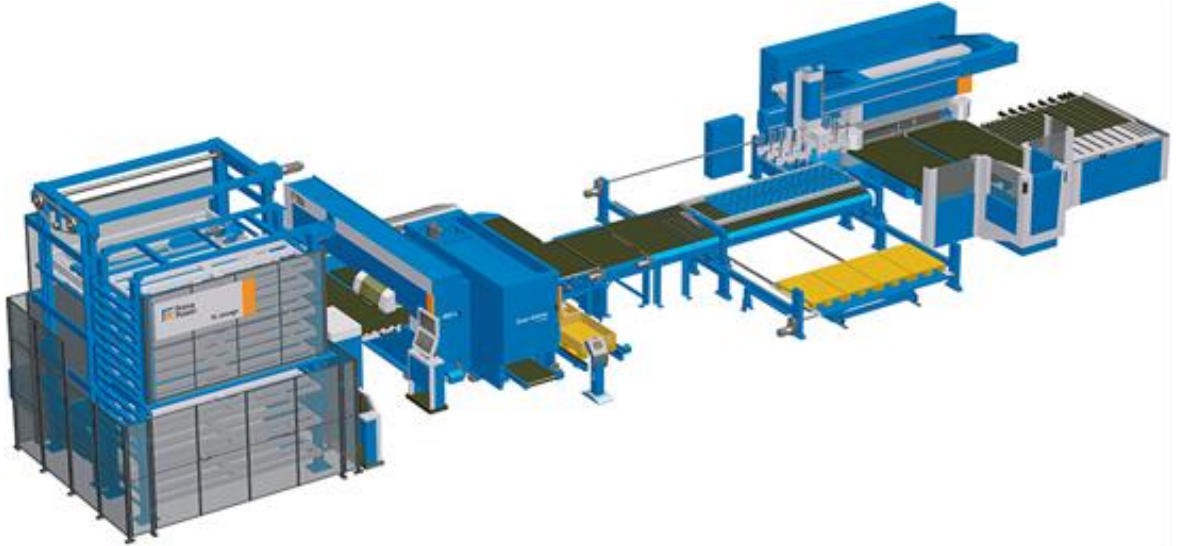
Kuvio 2. Combi Genius -yhdistelmäkonetta varustettuna Compact Express -lastaus- ja purkuautomaatiolla (Prima Power, [viitattu 2.2.2021]).

The Shear -tuoteperheeseen kuuluvat ohutlevyjen kulmaleikkauksen ja mekaanisen lävistyksen yhdistävät levytyökeskukset. Kulmaleikkaus soveltuu hyvin suoraikulman muotoisten kappaleiden valmistamiseen, koska se mahdollistaa levymateriaalin tehokkaan hyödyntämisen, eikä sivutuotteeksi synny kierrätettävää metallirahkaa. (Prima Power 2021c.)



Kuvio 3. Shear Genius -yhdistelmäkonetta varusteltuna LD-lastauslaitteella (Prima Power, [viitattu 2.2.2021]).

The System -tuoteperhe sisältää laajemmat valmistusjärjestelmäkokonaisuudet ja varastoautomaation ympärille rakentuvat FMS-tuotantojärjestelmät. Automaattisella valmistusjärjestelmällä pystytään vastaamaan tehokkaasti Lean-tuotannon asettamiin haasteisiin, jolloin ohutlevykomponenttien valmistusprosessin virtataustehokkuus paranee ketjuuntuvassa tuotannossa. (Prima Power 2019.)



Kuvio 4. PSBB-valmistusjärjestelmä
(Prima Power, [viitattu 2.2.2021]).

FMS-varastojärjestelmään on mahdollista liittää useita levytyökeskuksia ja eri materiaalinkäsittelylaitteita, jotka muodostavat yhdessä automaattisen ohutlevykomponenttien valmistusjärjestelmän. (Prima Power 2019.)



Kuvio 5. Night Train FMS -valmistusjärjestelmä
(Prima Power, [viitattu 2.2.2021]).

The Software -tuoteperheen ohjelmistoratkaisut tarjoavat asiakkaalle ratkaisuja yksittäisen koneen käyttämisestä aina koko tehtaan kattavan hallintaympäristön ylläpitämiseen. Ohjelmistot mahdollistavat etänä tapahtuvan tuotannon offline-ohjelmoinnin, datan keräämisen eri tuotantovaiheilta ja tuotantodatan reaaliaikaisen raportoinnin. Tuotannonohjaukseen liittyvät ohjelmistotuotteet on integroitavissa asiakkaalla olemassa olevaan ERP-järjestelmään. (Prima Power 2020b.)

2 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN HALLINTA

Onnistuneen tuotekehitysprojektin toteuttaminen vaatii koko projektiryhmän sitouttamisen yhteisen projektin toteuttamiseen ja edellyttää saumatonta yhteistyötä kaikilta projektiorganisaatiossa toimivilta jäseniltä. Tuotekehitysprojektin hallinnan kannalta on tärkeää, että projektiorganisaation jäsenet sitoutuvat yhdessä noudattamaan tehtyjä päätöksiä, jolloin tuotekehitysprojektin kokonaisuuden koordinointi on mahdollista. Tuotekehitysprojektin hallinnalla pyritään johtamaan ja ohjaamaan projektien etenemistä, sekä varmistetaan projektiorganisaatiolle asetettujen tavoitteiden saavuttaminen. (Artto, Martinsuo & Kujala 2006, 299.)

2.1 Projektinhallinnan kehittäminen

Tuotekehitysprosessi pitäisi toteuttaa mahdollisimman lyhyellä läpimenoajalla, jolloin uuden tuotteen nopea kehittäminen ja markkinoille tuonti mahdollistaisi kilpailuedun saavuttamisen globaaleilla markkinoilla. Onnistuneen tuotekehitysprojektin myötä yrityksellä on usein mahdollisuus hyödyntää uuden tuotteen kohdalla korkeampaa hinnoittelua, koska vastaavaa tuotetta tai palvelukonseptia ei välttämättä ole markkinoilla saatavilla. Tuotekehitysprojektien projektinhallintaa kehittämällä on mahdollista tarjota asiakasyrityksille laajempia toimialakohtaisia palveluita ja tuotteita kustannustehokkaasti. Prosessiajatteluun perustuva projektinhallinta soveltuu läpimenoaikojen lyhentämiseen ja projektinhallinnan, sekä laadukkaan toiminnan jatkuvaan kehittämiseen teollisuudessa. (Hannus 2004, 177.)

Yrityksen prosessiajatteluun perustuva toimintatapojen kehittäminen alkaa nykytilan kartoittamisella. Kartoitusvaiheessa selvitetään, kuinka eri tuotekehitysprosessiin kuuluvat tehtävät on organisoitu projektiryhmässä. Nykyisestä toimintatavasta pitäisi laatia prosessikaavio, minkä pohjalta voidaan tehdä prototuotteiden valmistusprosessin toimivuuteen liittyvää arviointia ja arvioida eri kehittämisvaihtoehtoja. (Lecklin 2006, 134.)

Nykytilan kartoittamisen jälkeen voidaan tehdä prosessianalyysi, mihin sisältyy tuotekehitysprosessin ongelmakohtien selvittäminen ja ratkaiseminen. Prosessianalyysia laadittaessa ongelmakohtien analysoimisen apuna voidaan käyttää eri työkaluja, kuten laatukustannusten analysointia, mittareiden asettamista, benchmarking-menetelmään perustuvia vertailuja ja eri kehittämisvaihtoehtojen arviointia. Prosessianalyysin perusteella valitaan parhaiten prosessin kehittämiseen soveltuva kehittämistapa. Lähtötilanne vaikuttaa olemassa olevan prosessin uudistamisen laajuuteen. Ääritapauksessa koko valmistusprosessi voidaan organisoida uudelleen tai olemassa olevaan prosessiin tehdään vain pieniä muutoksia. Prosessin analysoinnin jälkeen voidaan laatia prosessin parantamiseen tähtäävä suunnitelma ja hyväksyttää se projektiorganisaatiossa. Prosessin laadunkehittämisen myötä uudistetun prosessin toimivuutta voidaan arvioida säännöllisesti ja kehittää tarpeen mukaan. (Lecklin 2006, 135.)

2.2 Laadunhallinta

Laadunhallinnallisesta näkökulmasta onnistuneesti toteutetut tuotekehitysprojektit mahdollistavat teknologiateollisuudessa toimivalle yritykselle strategisen kilpailutekijän ja mahdollisuuden erottua kilpailijoista. Koneiden ja laitteiden kokoonpanossa käytettävien osien laadun lisäksi huomiota pitäisi kiinnittää tuotekehitysorganisaation toiminnan laadun kehittämiseen ja jatkuvaan parantamiseen. Prototuotteen valmistusprosessissa havaittujen laatuongelmien tunnistamisen pitäisi tapahtua ennen, kuin tuotteen valmistusvaihe aloitetaan. Laatu olisi varmistettava kehittämällä tuotekehitystoiminnassa käytettäviä menetelmiä, sekä uuden tuotteen valmistusprosessia havainnointien perusteella. Tuotteiden kokoonpanossa käytettävien nimikkeiden toimittajien laadukkuutta voidaan mitata erilaisten tunnuslukujen sekä mittareiden kautta. Alihankinnan toimintaa voidaan tarkastella esimerkiksi toimitusvarmuuden sekä täsmällisyyden näkökulmasta. Laadittujen reklamaatioiden lukumäärä ja niiden taustalla vaikuttavat juurisyyt kertovat alihankinnan toiminnan laadukkuudesta. (Logistiikan Maailma, [Viitattu 9.3.2021].)

2.3 Projektiorganisaatio

Tuote- ja palvelukehitystoiminnasta vastaavaan organisaation toimintaan pitäisi sitouttaa asiantuntijoita ja projektin kannalta avainasemassa olevia henkilöitä. Tällöin voitaisiin varmistua tarpeeksi laaja-alaisesti eri näkökulmien huomioon ottamisesta projektin eri vaiheissa. Projektiorganisaation jäsenten osaamisen pitäisi mahdollistaa uudenlaisen tuotteen onnistunut markkinoille saattaminen. Tuotekehitysprojektin toteuttamisen myötä uuden tuotteen pitäisi olla markkinoitavissa kilpailukykyisesti ja sen pitäisi erottua kilpailijoiden tarjoamista ratkaisuista. Projektiorganisaation jäsenten pitäisi kyetä arvioimaan tuotteen valmistettavuutta, asennettavuutta, sekä käytönaikaista huollettavuutta. Tuotekehitysprojektissa mukana olevilla henkilöillä pitäisi olla käytettävissään tarpeeksi resursseja projektin toteuttamiseen, jolloin voidaan varmistua, ettei prototuotteen tuotekehitysprosessi vaarannu. Projektiorganisaatioon pitäisi sitouttaa alihankintaverkostossa toimivia yhteistyötahoja, jolloin voidaan varmistua kokoonpanossa käytettävien kriittisten nimikkeiden valmistettavuudesta ja käyttötarkoitukseen soveltuvuudesta. Alihankintaverkoston sitouttaminen prosessiin on erityisen tärkeää, mikäli tuotteen valmistus ja kokoonpano olisi tarkoitus aloittaa sopimusvalmistusta tarjoavassa yrityksessä. (Hannus 2004, 176.)

Projektipäällikön tehtävänä on organisoida tuotekehityshankkeen läpivienti ja saada eri alojen asiantuntijat toimimaan yhteisen päämäärään mukaisesti. Tuotekehitysprojektien projektipäälliköksi ei kannata välttämättä nimetä asiantuntijuuden mukaan ansioituneinta henkilöä projektiryhmästä. Tekninen asiantuntija voi turhautua projektipäällikön tehtäviin, jolloin tuotekehitysprojektin kannalta voidaan menettää tärkeä työpanos esimerkiksi uuden tuotteen teknisestä suunnittelusta. Projektipäällikön pitäisi sopeutua muuttuvaan toimintaympäristöön ja kestää projektitoiminnalle luontainen epävarmuus. Hyvät projektipäälliköt ovat tulossuuntautuneita, katsovat tulevaisuuteen ja huomioivat myös tuotekehitysprojektin pienemmät yksityiskohdat. Projektipäälliköltä vaaditaan joustavuutta, sitoutumista projektiin, sekä luottamusta projektiryhmän jäseniin. (Arto, Martinsuo & Kujala 2006, 274–275.)

2.4 Tuotekehitysprojektin aloittaminen

Tuotekehitysprojektin kokonaisuuden hallinta on tärkeässä roolissa projektin alkuvaiheessa, jolloin projektissa mukana olevat henkilöt saadaan työskentelemään kokonaisuutena projektille asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Kaikilla projektiryhmän jäsenillä pitäisi olla tiedossa projektin päämäärä. Projektipäällikkö koordinoi projektin toteuttamista alusta alkaen ja huomioi eri tehtävien väliset riippuvuudet. Tuotekehitysprojektin alkuvaiheessa määritellään projektille asetetut hyväksymiskriteerit ja tavoitteet, joita voidaan tarkentaa projektin edetessä. Toteuttamiskelpoisuuden arvioinnin jälkeen projekti alkaa valmistelulla ja projektin suunnittelulla, sekä tarkemmalla projektin määrittelyllä. Tuotekehitysprojektin aloitus on tärkeässä asemassa koko projektin kannalta, koska silloin tehdään päätöksiä projektin päämäärästä ja tarkemmasta toteutustavasta. Projektissa mukana olevien sidosryhmien tulee hyväksyä tehdyt päätökset, jolloin menestyksellisen tuotekehitysprosessin toteuttaminen on mahdollista. Projektipäällikön tehtävänä on varmistaa, että prototuotteeseen liittyvä tiedonkulku on sujuvaa oman organisaation sisällä sekä ulkopuolisten sidosryhmien välillä. (Arto, Martinsuo & Kujala 2006, 101.)

Onnistunut tuotekehitystoiminta vaatii projektijohtamisen käytäntöjen soveltamista ja samojen ohjausperiaatteiden toteuttamista, kuin tehtaalla tapahtuva muukin kehitystoiminta. Tuotekehitysprojektin alkuvaiheessa määritellään projektiryhmän jäsenille selkeät roolit ja vastualueet. Kehityshankkeen läpiviemiseksi olisi tärkeää, että projektiin osallistuneet kantaisivat vastuun projektin alkuvaiheesta loppuun asti. Prototuotteen valmistusprosessi käynnistyy tuotannossa, kun tehdään päätös tuotekehityshankkeen läpiviennistä ja laaditaan prototuotteen työmääräin tuotantoon. Tuotannonprosessien vaatimat resurssit pitäisi kohdentaa ennalta tehtävällä suunnittelulla, jolloin voidaan varmistua, että tuotekehitysprojektin toteuttamiseen käytävissä olevat resurssit ovat saatavilla. (Hannus 2004, 175.)

2.5 Projektin vaiheistus Stage-Gate-malliin

Tuotekehitysprojektin hallitsemiseksi valmistusprosessi voidaan jakaa pienempiin osakokonaisuuksiin vaiheistamalla eri työtehtävät Stage-Gate-mallin mukaisesti. Projektiluontoisen työn ositusrakenne havainnollistaa valmistusprosessin laajuutta, mutta ei vielä kerro tarkoin tuotekehitysprojektin vaatimasta kokonaistyömäärästä. Tuotteen valmistusprosessin vaiheistamista mallin mukaiseen prosessiin voidaan käyttää määritellessä eri työvaiheita, jotka tarvitaan projektin päämäärän saavuttamiseen. Laaditun vaiheistuksen pohjalta tuotekehitysprojektin erittely lähtee tuotteesta, jonka valmistusprosessin tehtäväkokonaisuudet jaetaan pienemmiksi osiksi, ja edelleen yksittäisiksi organisaation osastokohtaisiksi työtehtäviksi. Stage-Gate-mallin avulla pyritään varmistamaan, että eri työtehtävien keskinäiset riippuvuudet olisi huomioitu ja vaadittavat työtehtävät olisi suoritettu prosessimallin mukaisesti ennen kuin siirrytään mallissa seuraavaan tehtäväkokonaisuuteen. Työnosituksen mukaisella vaiheistuksella varmistetaan projektin tavoitteiden täyttyminen ja sen vaatimien resurssien yhteensovittaminen. Stage-Gate-mallin mukaisessa vaiheistuksessa tapahtuvat poikkeamat heijastuvat projektin eri osa-alueille. Mallista poikkeamiselle pitäisi olla vahvat perusteet projektin onnistumisen ja kokonaisuuden hallinnan näkökulmasta. (Arto, Martinsuo & Kujala 2006, 112–113.)

Stage-Gate-mallin mukaisesti päätöksentekopisteissä eli virstanpylväiden kohdalla tapahtuva etenemisen tarkastelu on ratkaisevassa asemassa tuotteen markkinoille saattamisen näkökulmasta. Tuotekehitysprojektin virstanpylväinä voidaan käyttää tiettyjen tehtävien suorittamista, suunnitelmallisia katselmointeja tai hyväksyntöjä. Tavoitteena ei ole huomioida kaikkia projektiin liittyviä tehtäviä yksityiskohtaisesti, vaan tunnistaa projektin kannalta keskeisimmät tavoitteet, joiden saavuttamisen jälkeen voidaan siirtyä tuotekehitysprojektin seuraavaan tarkasteluvaiheeseen. Järjestelmällisellä toimintatavalla voidaan varmistaa, että projektiin liittyvät tehtävät etenevät Lean-tuotannon mukaisella toimintatavalla. (Arto, Martinsuo & Kujala 2006, 125, 244.)

2.6 Tuotekehitysprojektin muutoksen hallinta

Projektiluonteiseen työskentelyyn liittyy usein epävarmuus ja muutokset projektiympäristössä. Tuotekehitysprojektien aikana tapahtuvat odottamattomat muutokset asettavat projektin johtamiselle ja hallinnalle erityisvaatimuksia, joiden huomioon ottaminen on osa tuotekehitystoiminnan projektinhallintaa. Tuotekehitysprojektin toteuttaminen vaatii ennakointia, jolloin muutoksiin projektin etenemisessä voidaan reagoida mahdollisimman nopeasti ja tehdä projektin hallinnan kannalta tärkeitä päätöksiä. Tehtyjen päätösten tarkoituksena on sopeuttaa tuotekehitystoiminta vallitsevan tilanteen mukaiseksi ja mahdollistaa projektille asetettujen tavoitteiden saavuttaminen muuttuneessa projektiympäristössä. Projektinhallinnassa tapahtuvien muutosten pohjalta tehdyt päätökset vaativat toimeenpanoa ja käytössä olevien resurssien koordinoitua. Tuotekehitysprojektin projektipäälliköltä edellytetään prosessin etenemisen valvontaa ja projektin suunnan näyttämistä koko projektiorganisaatiolle. Projekteissa esiintyvät ongelmat ja vaikeudet johtuvat usein puutteellisesta organisoinnista ja huonosta tehtävien suunnittelusta, jolloin projektiryhmä ei toimi yhtenä ryhmänä asetettujen tavoitteiden mukaisesti muuttuneessa projektiympäristössä. (Ruuska 2012, 29–31.)

Muutosten hallinnan avulla pyritään reagoimaan ennalta arvaamattomaan poikkeamaan ja minimoimaan syntyneet ongelmat projektin kokonaisuuden hallinnan näkökulmasta. Projekti aikataulussa tapahtuvat muutokset voivat olla lähtöisin oman organisaation sisältä tai jonkin ulkoisen tekijän aiheuttamia. Projekti aikatauluun tehtäviä muutoksia voidaan tarvita tilanteissa, joissa tuote tarvitsee joiltain osin ennalta arvaamatonta toiminnallisuuden uudelleensuunnittelua tai kokoonpanossa käytettävien nimikkeiden muokkaamista. Oman projektiorganisaation aiheuttama muutos voi syntyä tilanteessa, missä halutaan tietoisesti tehdä muutoksia projektin etenemiseen. Tämänkaltaisen tilanteen voi syntyä esimerkiksi, kun halutaan testata tuoteoptiota, mitä ei ollut määritelty alkuperäisessä projektisuunnitelmassa. Tahaton poikkeama voi olla lähtöisin projektiorganisaation ulkopuolelta, kuten alihankintaverkoston käyttämien komponenttien saatavuudesta tai laatuun liittyvistä ongelmista. (Arto, Martinsuo & Kujala 2006, 243.)

2.7 Tuotekustannusten hallinta

Projektiliiketoiminnan kannalta tuotekustannusten muodostumisella on keskeinen merkitys tuotteen kilpailukykyisyydelle markkinoilla. Tuotekehitysprojektin toteuttamismahdollisuutta tarkastellessa pitäisi tarkastella projektille laadittua alustavaa kustannusarviota siitä näkökulmasta, onko prototuotteen valmistaminen lähtökohdaisesti kannattavaa. Projektin toteuttaminen pitäisi organisoida liiketaloudellisesti kannattavasti ja kustannustehokkaasti, sekä asettaa markkinoilla olevalle valmiille tuotteelle tavoitekustannushinta. Tuotekustannusten hallinta on aloitettava uuden tuotteen suunnitteluvaiheessa asettamalla tuotteelle realistinen tavoite. Kustannusten hallintaa ei pitäisi rajoittaa pelkästään tuotekehitysprojektin toteuttamiseen varattuun budjettiin, vaan kustannusten hallintaan pitäisi sisältyä myös myöhempien toimitusprojektien kannattavuuden varmistaminen. Prototuotteen tuotekustannusten arvioinnin lähtökohtana on projektin ositus projektin vaatimiin tehtäviin. Kustannusten seuranta tarvitaan kaikissa projektin vaiheissa, koska projektille asetetut tavoitteet tai projektiympäristö voivat muuttua projektin edetessä. (Artto, Martinsuo & Kujala 2006, 150.)

Projektin kustannusten muodostumisen kannalta on tärkeää huomioida tuotekehitysprojektin laajuus, käytettävissä olevat resurssit ja aikataulu projektin kustannusrakenteessa sekä budjetoinnissa. Tuotekehitysprojektin suunnitteluvaiheessa tehdyt päätökset vaikuttavat tuotteen elinkaaren aikana syntyviin kustannuksiin ja päätösten muuttaminen myöhemmin aiheuttaa yleensä ylimääräisiä kuluja. Merkittävä osa projektin kustannuksista määräytyy projektin alkuvaiheessa tehtyjen päätösten perusteella ja valtaosa näistä kustannuksista konkretisoituu vasta kehitysprojektin edetessä. (Artto, Martinsuo & Kujala 2006, 151.)

Tuotekehitysprojektin kustannusten muodostumisen seuranta eritellään projektin osituksen mukaisesti omille kustannuspaikoilleen. Kustannuspaikoittain syntyvät kulut kuvaavat sitä, paljonko projektiorganisaatioon kuuluvat eri osastot ovat käyttäneet projektin toteuttamiseen resursseja. Kustannuspaikoittain tehtävällä projektin seurannalla on mahdollista eritellä syntyneet kulut eri kustannuslajeihin, joita ovat esimerkiksi kehitysprojektin muodostamat henkilöstökulut ja ulkoiset hankinnat. Tuotekehitysprojektin ulkoiset hankinnat ovat tyypillisesti tuotteessa käytettäviä ali-

hankinnan toimittamia tuotteiden komponentteja, sekä mahdollisesti tuotekehitys-toimintaan liittyviä ostopalveluita. Kustannuspaikoittain tehtävä kirjaaminen täytyy tehdä oikealla tarkkuudella, jolloin saadaan tietoa tuotekehitysprojektin ohjaamisen tueksi. Liian yksityiskohtaisella kustannuspaikkakohtaisella kulujen erittelyllä voidaan ajautua tilanteeseen, jossa projektijohtamisen tueksi tehty kustannusten seuranta menee sekavaksi. (Artto, Martinsuo & Kujala 2006, 155–157.)

Sarjatuotantovaiheessa olevan tuotteen tuotekustannuksien muodostuminen eroaa prototuotteen valmistamisesta aiheutuvista kuluista. Sarjatuotannossa olevan tuotteen läpimenoajalla on merkittävä vaikutus tuotekustannusten muodostumiseen. Tuotekustannusten kehittymisen arvioinnin tukena voidaan käyttää aikaisemmin toteutetuista projekteista kertynyttä tietoa tai alihankkijoiden toimittamia tarjouksia. Tarjousten mukaan tehtävällä vertailulla voidaan arvioida vastaavien ostokomponenttien hintojen kehittymistä. Kustannusten kehittymisen arviointi on tärkeää tuotteen kilpailukykyisyyden ja elinkaaren kannalta. Projektiin liittyvien riskien tunnistamisessa on huomioitava hintojen kehittyminen tulevaisuudessa osana uuden tuotteen kustannusten arviointia. (Artto, Martinsuo & Kujala 2006, 159.)

2.8 Tuotekehitysprojektin päättäminen

Uuden tuotteen markkinoille saattamiseksi laaditussa projektisuunnitelmassa olisi oltava selkeä päätepiste, jolloin projektin aloitusvaiheessa määritellyt tavoitteet täyttyvät. Projekteilla on luontaisesti tapana jatkua, kun tuotekehitysprojektin aikana syntyneitä kehitysehdotuksia ryhdytään valmistusprosessin testausvaiheessa toteuttamaan. Tuotteen toiminnan kannalta välttämättömät kehitystoimenpiteet on toteutettava tuotteen protoprosessin aikana, kun taas tiettyjen tuoteoptioiden testaus voidaan toteuttaa omana erillisenä projektina. Tuotekehitysprojektien toteuttamiselle varatun aikataulun venyminen vaikuttaa käytössä olevien resurssien hyödyntämiseen, koska niiden oletetaan vapautuvan alkuperäisen aikataulun mukaisesti muihin tehtäviin. Projektin päättämisen edellytyksenä on se, että projektin aloitusvaiheessa on sovittu päättämiseen liittyvistä hyväksymiskriteereistä. Projektin päätösvaiheessa pitäisi laatia loppuraportti ja samalla varmistua siitä, että projektin aikana syntynyt materiaali on dokumentoitu. Tuotekehitysprojektin dokumentoinnissa

pitäisi huomioida kaikki valmistusprosessin aikana tuotteeseen tehdyt muutokset, sekä tuotekehitystoiminnan myötä laaditut muutokset. Valmistuneen prototuotteen olisi vastattava kaikilta tuoteominaisuuksiltaan myöhemmän sarjatuotantovaiheen tuotetta. (Ruuska 2012, 40.)

3 TUOTTEISTAMINEN OSANA TUOTANNON PROSESSEJA

Kehittämistyössä tarkastellaan Finn-Power Oy:n valmistaman prototuotteen valmistusprosessin etenemistä vaiheittain, sekä määritellään tuotteistamisessa huomioitavia asioita. Tuotannon protoprosessin kehittämisessä on tavoitteena huomioida laaja-alaisesti kokoonpantavien prototuotteiden erityispiirteet ja tuotekehitystoiminnassa esiintyvät epävarmuustekijät. Stage-Gate-mallin mukaisesti eri tuotantovaiheisiin asetetut portit eli tarkastelupisteet toimivat protoprosessin suunnitelmallisena laadunvarmistuksena siirryttäessä tehtäväkokonaisuudesta toiseen.

Tuotekehitysprojektin käynnistäminen projektiorganisaatiossa edellyttää projektisuunnitelman laatimista, missä on huomioituna tuotekehitysprojektiin kuuluvien tehtävien resurssointi ja mahdollisiin projektiympäristön muutoksiin varautuminen. Resurssointiin liittyvässä tarkastelussa on huomioitava tuotekehitysprojektiin liittyvät sidosryhmät, kuten nimikkeiden toimittajat ja mahdolliset ostopalveluiden tuottajat.

Stage Gate-mallin mukaisesti vaiheistettu tuotekehitysprojekti edellyttää prosessimallin sovittamista tuotteen mukaiseen porttimalliin, jolloin tuotekohtaiset erityispiirteet on mahdollista huomioida valmistusprosessin vaiheistuksessa. Projektisuunnitelmasta on löydettävä Stage-Gate-mallin eri vaiheiden tavoitteiden määrittely ja niille asetetut porttikohtaiset hyväksymiskriteerit.

Työssä esitetty (kuvio 6) Stage-Gate-vaiheistusmalli perustuu yrityksessä käytettävään uuden tuotteen projektimalliin. Seuraavissa alaluvuissa käsitellyt tuotantovaiheiden havainnoinnit perustuvat tämän työntekijän havainnointeihin tuotannon näkökulmasta tarkasteltuna.



Kuvio 6. Stage-Gate-vaiheistusmalli (Perustuu Prima Power 2021d, [viitattu 5.4.2022]).

3.1 Tuotekehitys- ja suunnitteluvaihe

Tuotekehitys- ja suunnitteluvaihe (kuvio 7) voidaan aloittaa tuotekehityshankkeen toteuttamisesta tehdyn päätöksen ja projektisuunnitelman laatimisen jälkeen.



Kuvio 7. Tuotekehitys- ja suunnitteluvaihe (Perustuu Prima Power 2021d, [viitattu 1.3.2022]).

Tuotteen valmistettavuuden tarkastelulla voidaan arvioida prototuotteen tai sarjavalmistuksessa olevan tuotteen mallisarjan päivittämisen vaikutuksia tuotantoprosessiin. Tuotteen valmistettavuudella on suora vaikutus tuotekustannusten muodostumiseen ja edelleen kilpailukykyisyyteen markkinoilla. Tuoteoptioiden kautta asiakaskohtaisesti räätälöidyllä tuotteella pitäisi pyrkiä saavuttamaan mahdollisimman lyhyt läpimenoaika tuotannossa. Tuotekustannuksien muodostumiseen vaikuttaa osaltaan tuotteen kokoonpantavuus, mikä on huomioitava uuden tuotteen suunnitteluvaiheessa. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 20–21.)

Tuotekehitysvaiheessa suoritettavalla komponenttivalintojen validoinnilla voidaan saavuttaa synergiaetuja, mikäli voidaan käyttää uudessa tuotteessa samoja komponentteja, kuin sarjatuotannossa olevissa koneissa ja laitteissa. Synergiaetujen löytämisen myötä voidaan saavuttaa kustannussäästöjä nimikkeiden varastoinnissa, sekä optimoimalla ostokomponenttien hankintaeriä.

Prototuotteen valmistamiseen liittyvät säätöarvot sekä valmistusprosessin näkökulmasta tarvittavat tuotekuvat pitäisi olla tuotantohenkilöstön saatavilla kokoonpanovaiheen alkaessa ja ohjeistusta olisi tarkennettava valmistusprosessin edetessä. Prototuotteen kokoonpanossa tarvittavat erikoistyökalut ja valmistusympäristölle asetetut vaatimukset on huomioitava tuotteen suunnitteluvaiheessa. Tällöin vaatimusten mukainen kokoonpano- ja käyntiinajo ympäristö on mahdollista toteuttaa suunnitellusti, sekä mahdollisten investointien tekemiselle olisi varattavissa aikaa.

Tuotekehitys- ja suunnitteluvaiheessa on huomioitava prototuotteen runko- ja teräs-rakenteiden käsitteleminen eri tuotantovaiheissa. Tuotekohtaisen nosto-ohjeistuksen ja kuljetustukien suunnittelun myötä voidaan varmistaa tasapainoinen materiaalinkäsittely tuotannossa. Nosto-ohjeistuksen laadinnalla voidaan estää käsiteltävän kappaleen liukuminen tai kaatuminen nostotapahtuman aikana. Materiaalinkäsittelyyn liittyvän suunnittelun osana on laadittava uuden tyyppiselle prototuotteelle pakkaussuunnitelma, missä huomioitaisiin valmiiksi pakatun tuotteen jokainen kuljetusyksikkö ja pakatun tuotteen nostopisteet.

Tuotesuunnitteluprosessin eri vaiheissa tarkastellaan valmiin tuotteen tuotekustannusten muodostumista ja arvioidaan kustannusten kehittymistä sarjatuotantovaiheeseen siirtymisen myötä. Hankintaosaston kanssa yhteistyössä tehdyllä tarkastelulla voidaan suunnitteluvaiheessa tehdä arvio tuotteen valmistuksessa käytettävien nimikkeiden hankintahinnasta ja tehdä arvio tämän perusteella uuden tuotteen kilpailukykyisyydestä markkinoilla.

Stage-Gate-mallin mukaisesti vaiheistetussa tuotekehitysprojektissa eteenpäin siirtyminen edellyttää, että prototuotteeseen liittyvät tuoterakenteet on vapautettu tuote- ja suunnittelutiedon hallintajärjestelmässä hankinnan ja laatuosaston käyttöön. Tuotteessa käytettävien komponenttien ja kiinnitystarvikkeiden pitää olla määriteltä suunnittelun osalta, jolloin uusien nimikkeiden tarkempi validointi on mahdollista aloittaa osana uuden tuotteen tuotekehitysprosessia. Stage-Gate-prosessimallin mukaisesti on suoritettava tuotesuunnitteluvaiheen tarkastelupisteessä eri tehtävien valmiusasteen tarkastelu ja tehtävä päätös jatkaa tuotekehitysprojektia nimikkeiden validointi- ja määrittelyvaiheeseen.

3.2 Validointi- ja määrittelyvaihe

Tuotteessa käytettävien nimikkeiden tarkempi validointi- ja määrittelyvaihe (kuvio 8) toteutetaan suunnittelu-, hankinta- ja laatuosaston kanssa yhteistyössä.



Kuvio 8. Validointi- ja määrittelyvaihe (Perustuu Prima Power 2021d, [viitattu 1.3.2022]).

Validointi- ja määrittelyvaiheen tavoitteena on tunnistaa valmistettavuudeltaan haastavat nimikkeet, sekä havaita kokoonpanossa käytettäville komponenteille asetetut erityisvaatimukset. Validoinnin tukena voidaan suorittaa toimittajayhteistyössä tehtyjä vierailuja, mikäli ne koetaan tarpeelliseksi nimikkeiden validoinnin ja toimittajavalintojen tekemisen kannalta. Vaihtoehtoisten toimittajien tarjoamien komponenttien testaaminen ja käyttötarkoitukseen soveltuvuuden tarkastelu voidaan kirjata myöhemmin suoritettavaan testaussuunnitelmaan osana suoritettavaa vaihtoehtoisten nimikkeiden validointia. (Paldanius 2020.)

Nimikkeiden validoinnin myötä tehdyistä päätöksistä tiedon pitää välittyä organisaation sisäisessä viestinnässä edelleen tuotekehitysprojektissa mukana olevalle henkilöstölle. Tällöin tuotekehitysprojektissa tarvittavien materiaalien ohjaaminen ja tehtävät tarkastukset sekä katselmoinnit voidaan toteuttaa suunnitellusti.

Nimikkeille suoritettava validointi on tärkeässä roolissa tuotekehitysprosessin sujuvuuden ja laadunvarmistamisen näkökulmasta. Huolellisesti suoritettulla validoinnilla voidaan ennakoida useita valmistusprosessin ongelmia, jotka kohdattaisiin fyysisen prototuotteen valmistusvaiheessa tai vasta myöhemmässä sarjatuotantovaiheessa.

3.2.1 Komponenttien laatuvaatimusten määrittely

Nimikkeiden laatuvaatimusten määrittely suoritetaan ennen hankintavaiheen aloittamista, koska silloin on mahdollista tunnistaa tuotteistamisen kannalta kriittisimmät komponentit. Kriittisten nimikkeiden validointiin vaikuttavat esimerkiksi komponenteille asetetut mittatoleranssit, sekä nimikkeiden toimittajilta vaadittavat tarkastus- ja mittauspöytäkirjat. Toimittajilta pitää edellyttää tuotesuunnittelussa laadittujen mittapöytäkirjojen täyttäminen jo ensimmäisistä toimitetuista nimikkeistä alkaen, koska silloin vaadittavien laatuvaatimusten todentaminen ja seuranta on mahdollista. Joidenkin nimikkeiden kohdalla voidaan vaatia laadunvarmistamiseksi erityisjärjestelyitä toimittajalta, kuten laadunvarmistukseen liittyviä dokumentteja tai tehtäviä koesovituksia. Tilaajan puolelta toleranssien määrittelyä on tarkasteltava komponenteille asetettujen laatuvaatimusten näkökulmasta, koska tuotteen toiminnallisuuden näkökulmasta liian suuret laatuvaatimukset aiheuttavat usein tarpeettomia kustannuksia valmistusteknisien tekijöiden takia.

3.2.2 Alihankintaverkoston validointi

Toimiva alihankintaverkosto mahdollistaa tuotekehitysprojektien toteuttamisen asetettujen laatuvaatimusten mukaisesti vahvasti alihankkijoihin sidoksissa olevassa yrityksessä. Validoinnin osana on laadittava listaus kriittisten nimikkeiden vaihtoehtoisista toimittajista ja näin varmistaa nimikkeiden saatavuus tulevaisuudessa, sekä varmistaa samalla logistinen toimitusketju. Tuotekehitysprojektin aikainen alihankintayhteistyö kehittää toimittajien laaduntuottokyvykkyyttä ja kehittää uudessa tuotteessa käytettävien komponenttien valmistusta valmistusteknisestä näkökulmasta. Alihankintayhteistyön ensisijaisena dokumentointivälineenä pitää tuotekehitysprojekteissa käyttää toimittajayhteistyöhön suunniteltua toimittajaportaalia, josta on löydettävissä projektia koskevat yhteiset palaverimuistiot ja muu dokumentaatio. Nimikkeiden laadunvarmistus on suoritettava ensisijaisesti nimikkeiden toimittajilla, jolloin se olisi kustannusten näkökulmasta tehokkainta tilaajalle sekä toimittajalle. Näin on mahdollista välttää tarpeettomat paluulogistiikan aiheuttamat kustannukset ja minimoida tuotekehitysprosessin aikana tapahtuvat viivästyksset.

Laatuun liittyvien riskitekijöiden hallitsemiseksi alihankintaverkostossa toimivien yritysten laaduntuottokyvykkyyttä on arvioitava aikaisempien referenssien perusteella, sekä tarkasteltava yrityskohtaisia mittareita ja tunnuslukuja. Toimittajakohtaisen laaduntuottokyvyn ja toimitusvarmuuden arvioinnilla on suuri merkitys siirryttäessä protovalmistuksesta tuotteen sarjatuotantovaiheeseen. Tuotekehitysprosessin aikana toimitusprosessissa havaitut logistiset tai valmistustekniset ongelmat on ratkaistava toimittajayhteistyössä ennen sarjatuotantovaiheeseen siirtymistä.

Tuotekehitysprosessin aikana voi syntyä uusia nimiketarpeita, jos havaitaan prototuotteen toiminnallisuuden tarvitsevan korjaussuunnittelua tai syntyy uusia testaus- tarpeita. Valmistusprosessin aikana tarvittavien muutososien toimitusaika olisi minimoitava, koska tuotekehitysprojektille varattu alkuperäinen aikataulu voi vaarantua osapuutteiden aiheuttaman viivästymisen myötä. Tuotekehitysprojektissa tarvittavat muutososat voidaan valmistaa tapauskohtaisen harkinnan mukaan itse tai käyttää vaihtoehtoisia nimikkeiden toimittajia nopeuttamaan protoprosessia. Vaihtoehtoisia toimittajia käytettäessä on huomioitava, että tietyn toimittajan valmistamaa nimikettä ei ole välttämättä testattu prototuotteessa.

3.2.3 Kiinnitystarvikkeiden validointi

Prototuotteen kokoonpanossa käytettävistä kiinnitystarvikkeista on laadittava listaus tuotesuunnittelussa, koska yrityksen ERP-järjestelmä ei ohjaa kiinnitystarvikkeiden hankintaa. Listauksen myötä hankinnan on mahdollista reagoida tuotannon tarpeisiin riittävän aikaisessa vaiheessa ja lisätä tarvittavat nimikkeet hyllytyspalvelun toimituksiin. Laadittua listausta tarkasteltaessa on arvioitava, voidaanko joidenkin uusien kiinnitystarvikkeiden sijasta käyttää valmiiksi hyllytyspalvelussa olevia vastaavia nimikkeitä. Tällöin on mahdollista välttää kaksinkertaisten nimikkeiden toimittaminen ja näin saada aikaan kustannussäästöjä. Prototuotteen kokoonpanossa tarvittavien kiinnitystarvikkeiden validoinnissa on huomioitava nimikkeen volyyymi tulevaisuudessa. Arvioinnin pohjalta voidaan tehdä päätös, vaaditaanko kokoonpanopisteelle kokonaan oma hyllytyspaikka vai voidaanko käyttää kiinnitystarvikkeiden yleispistettä tai mahdollisesti jonkun muun kokoonpanopisteen kanssa yhteistä hyllytyspaikkaa.

3.3 Tuotannonsuunnittelu

Nimikkeiden validointi- ja määrittelyvaiheen jälkeen voidaan aloittaa prototuotteen tuotannonsuunnittelu (kuvio 9) ja nimiketarpeiden luonti ERP-järjestelmään.



Kuvio 9. Tuotannonsuunnittelu (Perustuu Prima Power 2021d, [viitattu 1.3.2022]).

Tuotekehitysprojektissa projektipäällikkönä toimiva henkilö avaa uuden prototuotteen mukaisen työmääräimen tuotantoon yhteistyössä yrityksen tuotetiedosta vastaavan osaston kanssa. Laaditulta työmääräimeiltä löytyy valmistusprosessin aloittamisen kannalta tarvittavat perustiedot, sekä fyysisen tuotteen valmistamisessa huomioitavat erityispiirteet ja valitut tuoteoptiot. Tuotannonsuunnittelussa laaditaan tuotevalintojen mukaisesti työmääräintä vastaava tuotantotilaus ERP-järjestelmään, jolloin prototuotteen fyysinen valmistusprosessi voidaan käynnistää organisaatiossa. Prototuotteen työmääräimen ajantasaisuudesta ja päivittämisestä vastaa projektipäällikkö osana tuotekehitysprojektin koordinointia.

Laajemmissa tuotekehitysprojekteissa tuotteeseen kuuluvat eri osakokoonpanot järjestetään ERP-järjestelmässä kokoonpanotyön mukaisesti yrityksessä käytössä oleville tuotantovaiheille. Vaiheistuksen laatiminen tapahtuu yhteistyössä tuotannon ja yrityksen tuotetiedosta vastaavan osaston kanssa. Vaiheistus konfiguroidaan ERP-järjestelmään ensimmäisestä prototyypistä alkaen, jolloin nimikkeiden toimitaminen kokoonpanopisteelle on mahdollista toteuttaa oikeaan aikaan ja varmistaa samalla sarjatuotantovaiheen materiaalinohjauksen toimivuus. (Wiik 2021.)

Laajemmissa tuotekehitysprojekteissa varataan pidennetty hankinta-aika prototuotteessa käytettävien nimikkeiden hankintaan. Hankinta-ajan pidennys tulee huomioida tuotantotilauksen ajoituksessa. Lisäksi hankinta-ajan pidentämisestä voidaan lisätä maininta tehtaan toimintaa ohjaavaan hienokuormitukseen. Pidennetyllä hankinta-ajalla mahdollistetaan nimikkeiden tavanomaista vastaanottotarkastusta tarkempi katselmointi ja toimitusprosessin aikainen toimittajayhteistyö. Tuotannon-

suunnittelussa prototuotteen kokoonpanolle varataan tuotannon hienokuormituksesta samalla tavalla oma resurssi, kuin sarjatuotannossa oleville koneille ja laitteille. Prototuotteeseen liitettäville tuoteoptioille varataan hienokuormituksesta oma erillinen resurssi, jolloin tuoteoptioihin liittyvä muutoksenhallinta on helpompi toteuttaa. Erillisen resurssin määrittelemisen ansiosta tuoteoptioiden kokoonpanoa ei tarvitse aloittaa samaan aikaan pääkokoonpanon kanssa ja tuoteoptioiden testaus voidaan ajoittaa tehtäväksi myöhemmin.

Tehtaan toimintaa ohjaavaan tuotannon hienokuormitukseen lisätään erillinen maininta, mikäli valmistettava tuote on uudentyypinen prototuote tai päivittyvän mallisarjan ensimmäinen tuote. Tuotteiden mallisarjapäivityksen kohdalla hienokuormituksessa mainitaan tuotteen päivittyvä versionumero ja tarkentava huomio mallisarjan muuttumisesta. Näin tiedonkulku paranee organisaation sisällä tapahtuvasta tuotekehitystoiminnasta.

3.4 Nimikkeiden hankinta

Protovalmistuksessa tarvittavien nimikkeiden hankintavaihe (kuvio 10) voidaan aloittaa tuotannonsuunnittelun jälkeen, kun toiminnanohjausjärjestelmään on luotu prototuotteen tuotantotilausta vastaavat nimiketarpeet.



Kuvio 10. Hankintavaihe ja materiaalinohjaus (Perustuu Prima Power 2021d, [viitattu 1.3.2022]).

Aikaisemmin suoritettu nimikkeiden validointi ja toimittajaverkoston kartoittaminen tukee prototuotteen nimikkeiden hankintavaiheen aloittamista, sekä lopullisten toimittajavalintojen tekemistä kilpailutusten perusteella. Tuotekehitysprojektissa käytettävien nimikkeiden hankintavaihe käynnistyy toiminnanohjausjärjestelmässä tuotannonsuunnittelussa luotujen nimiketarpeiden mukaisesti.

Tuotekehitysprojekteissa on mahdollista pidentää sarjatuotantovaiheessa käytettyä hankinta-aikaa validoitujen nimikkeiden kohdalla, jos se on perusteltua. Uusien komponenttien kohdalla hankintaosasto tekee validoinnin pohjalta päätökset tilattavien nimikkeiden kappalemääristä ja tekee toimittajavalinnat. Kokoonpanon ja toiminnallisuuden testaamisen kannalta kriittisiä nimikkeitä ei ole järkevää tilata suuremmissa toimituserissä, koska nimikkeet voivat päätyä romutettavaksi kokoonpanon uudelleen suunnittelun tai nimikkeiden revisioiden seurauksena. Nimikkeiden varastoinnin näkökulmasta suoritetulla hankintaerien tarkastelulla voidaan osaltaan varmistaa kriittisten nimikkeiden toimitusvarmuus sarjatuotantovaiheessa, sekä optimoida tehokkaasti nimikkeiden varastointiin käytössä olevaa kapasiteettia.

Prototuotteen hankintavaiheeseen voi sisältyä tuotteen kokonpano- ja testausympäristöön liittyvien hankintojen tekeminen. Tuotantoympäristön hankintoja varten perustetaan oma projekti ERP-järjestelmään, jolloin tuotantoympäristön hankintoihin liittyvien kustannusten kertymistä on mahdollista seurata ja samalla erottaa ne prototuotteen tuotekustannuksista. Tuotantoympäristön hankinnat pitävät sisällään prototuotteen sarjatuotantovaiheen käynnistämisen edellyttämiä hankintoja, kuten esimerkiksi erilaisia mittalaitteita, asennusapuvälineitä, nostoapuvälineitä ja testauslaitteistoa. Tuotekehitysvaiheessa olevan tuotteen kohdalla ei ole järkevää alkuvaiheessa tehdä kaikkia vaadittavia hankintoja sarjatuotannon aloittamiseksi, vaan validoida prototuotteen kannalta välttämättömät tarpeet. Testausympäristöön liittyvien hankintojen suunnitteluun ja toimittamiseen vaadittava aika on huomioitava osana tuotekehitysprosessin vaiheistusta.

Prototuotteen nimikkeiden hankintavaihe voidaan katsoa päättyneeksi, kun kokoonpanossa käytettävät nimikkeet on kirjattu tehtaalla vastaanotetuksi ja tuotteen keräily voidaan aloittaa kokoonpanopisteelle. Hankintavaiheen päättämisen jälkeen tilattavat nimikkeet voidaan toimittaa toimittajaviitettä käyttäen tarpeen mukaan varastoon odottamaan tehtävää muutosta tai suoraan tuotekehitysprojektin tarvepaikalle.

3.4.1 Materiaalinohjaus

Projektikohtaisesti tilattavien nimikkeiden ostotilaukselle syötetään ERP-järjestelmässä tietyn tuotekehitysprojektin yksilöivä projektinumero tähän tarkoitukseen varattuun toimittajaviitte -kenttään. ERP-järjestelmästä löytyvään lisätietokenttään voidaan lisätä vastaanotettaviin nimikkeisiin liittyvää yksityiskohtaisempaa lisätietoa ja näin sujuvoittaa materiaalinohjausta edelleen eteenpäin.

Tarkempaan vastaanottotarkastukseen, kuten 3D-mittaukseen validoidut nimikkeet tilataan laaduntarkastamiseen liittyvään varastoon. Mikäli nimikkeille asetettujen laatuvaatimusten ja kappaleille määriteltyjen mittatoleranssien todetaan olevan kunnossa, voidaan ne siirtää tuotannon käyttöön ja edelleen prototuotteen tuotantotilaukselle. Nimikkeet, joille ei määritellä jotain tiettyä yksilöityä tuotekehitysprojektia, eikä tavanomaista vastaanottotarkistusta tarkempaa laaduntarkastusta, voidaan tilata ilman projektiviitettä tuotannon varastoon, mistä ne ovat käytettävissä tuotekehitysprojektin tuotantotilaukselle.

3.4.2 Nimikkeiden vastaanotto

Vastaanottotarkastuksessa saapuneet nimikkeet tarkastetaan kuljetusvaurioiden varalta ja todetaan toimitettujen nimikkeiden laatu silmämääräisesti pintakäsittelyn, sekä nimikkeiden viimeistelyn osalta. Vastaanotossa tarkastetaan, että nimikkeiden mukana toimitettu lähete vastaa lähetyksen toimitussisältöä. Mikäli saapuvien nimikkeiden pakkaamisessa havaitaan puutteita tai muuta kehitettävää, laaditaan erillinen palaute tehtävienhallintaohjelmistoon. Vastaanotossa laadittu palaute ohjautuu laadunkehittämisestä vastuussa olevalle organisaatiolle käsiteltävänä työtehtävänä. Prosessin kehittämiseksi laadittu palaute välittyy edelleen tätä kautta nimikkeiden toimittajille, ja palautteen laatija voi seurata tehtävienhallintaohjelmiston kautta palautteen käsittelyn etenemistä. Prototuotteisiin tilattujen nimikkeiden kohdalla palautteiden laatiminen on tärkeää, tällöin toimitusprosessiin ja logistiikkaan liittyvät ongelmat voidaan ratkaista mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ennen sarjatuotannon aloittamista.

Prototuotteissa ensimmäistä kertaa käytettävien nimikkeiden hyllyttäminen varastoon on hitaampaa, koska ERP-järjestelmään on ensimmäisellä kerralla määritettävä nimikekohtaiset varastopaikat. Sisätiloissa varastoitavat nimikkeet hyllytetään valmistettavan tuotteen mukaan varatuille hyllypaikoille korkeavarastoon, terminaalivarastoon tai vaihtoehtoisesti varastoautomaattiin. Kuljetuksenaikainen tarpeeton pakkausmateriaali on poistettava vastaanottovaiheessa, jolloin nimikkeet ovat mahdollisimman helposti keräiltävissä varastopaikalta kokoonpanopisteelle. Alihankintaverkostossa valmistettavat kokoonpanot varastoidaan terminaalivarastoon, mistä ne toimitetaan edelleen vaiheistuksen mukaisesti tuotantoon. Toimitettujen kokoonpanojen kohdalla tarkistetaan vastaanotettaessa, että toimittaja on merkinnyt tuotteet valmiiksi materiaalinohjauksen kannalta tarvittavilla viitetiedoilla.

3.4.3 Nimikkeiden keräily varastosta

Prototuotteen kokoonpanossa käytettävien nimikkeiden keräily varastosta on aloitettava tuotekehitysprojektin laajuuden mukaan 1–3 päivää aikaisemmin, kuin suunniteltu kokoonpanon aloitus on tuotannon hienokuormituksessa. Ennen keräilyn aloittamista tarkastetaan, mitä nimikkeitä on keräilystä jäämässä puuttumaan ja arvioidaan puutteiden kriittisyys kokoonpanon aloittamisen kannalta. Havaitut puutteet kirjataan tuotannon puutelistalle, jolloin tieto myöhässä olevista toimituksista välittyy edelleen hankintaosastolle. Nimikkeiden keräily aloitetaan tuotantotilaukselle laaditun vaiheistuksen mukaan ennalta määritellylle kokoonpanopisteelle tai käyntiinajopaikalle. Vaiheistuksessa havaituista virheistä pitää olla yhteydessä tuotannosuunnitteluun, koska väärällä tuotantovaiheella olevat nimikkeet aiheuttavat ongelmia valmistusprosessin etenemisessä. Väärällä tuotantovaiheella olevia nimikkeitä ei ole välttämättä keräiltävissä ajoituksen mukaisesti varastosta, tai liian aikaisin toimitetut komponentit taas vähentävät käytössä olevaa varastointikapasiteettia. Virheellinen tuotannonvaiheistus vaikuttaa nimikkeille varattuun hankinta-aikaan ja tämän kautta osaltaan tuotekehitysprojektin ajalliseen onnistumiseen. Väärällä tuotantovaiheella olevat nimikkeet aiheuttavat vastaavia ongelmia myös myöhemmässä sarjatuotantovaiheessa.

Tuotekehitysprojektin keräilyvaihe voidaan todeta päättyneeksi, kun kaikki keräilyvaiheessä olevat nimikkeet on toimitettu vaiheistuksen mukaisesti tarvepaikalle ja puuttuvat nimikkeet kirjattu. Tuotannon puutteiden seurannan kautta puuttumaan jääneet nimikkeet toimitetaan kokoonpanopisteelle, kun ne kirjataan tehtaalla vastaanotetuiksi. Työmäärinmuutosten myötä toimitettavat nimikkeet tilataan tuotekehitysprojektin ja tehtävän muutoksen yksilöivällä toimittajaviitteellä. Tällöin on mahdollista ohjata materiaali varastoon odottamaan työmäärinmuutoksen toteutusajankohtaa tai nimikkeet voidaan toimittaa suoraan tarvepaikalle ilman tarpeetonta väli-varastointia.

3.5 Prototuotteen valmistaminen

Stage-Gate-mallin mukaisesti prototuotteen valmistaminen (kuviot 11 ja 12) voidaan aloittaa kokoonpanovaiheella, kun kokoonpanon aloittamisen kannalta kriittiset nimikkeet on keräilty varastosta ennalta määritellylle kokoonpanopisteelle.



Kuvio 11. Prototuotteen valmistaminen (Perustuu Prima Power 2021d, [viitattu 1.3.2022]).

Prototuotteen valmistaminen voidaan jaotella tuotantoprosessin mukaisesti tarkempiin vaiheisiin. Prototuotteen fyysinen valmistusprosessi aloitetaan tuotteen kokoonpanovaiheella, minkä jälkeen siirrytään tuotteen käyntiinajo- ja testausvaiheeseen. Prototuotteen valmistusprosessin aikana on tarkasteltava valmiin tuotteen kuljetuskuntoon saattamista ja pakkaamista asiakastoimitukseen. Tuotekehitysprosessin osana suoritettavan koeasennuksen tarpeellisuutta on arvioitava tuotekohtaisesti ja tarkasteltava, mitä etuja suoritettavalla koeasennuksella olisi mahdollista saavuttaa.

3.5.1 Kokoonpano

Yrityksen valmistamien koneiden ja laitteiden laajan modulaarisuuden myötä sarjatuotannossa olevien tuotteiden kokoonpanossa on useita samanlaisia piirteitä, kuin prototuotteiden valmistamisessa. Valittavissa olevat tuoteoptiot muodostavat sarjatuotannossa asiakaskohtaisesti pitkälle räätälöidyn tuotteen. Yrityksen sarjatuotannossa valmistettavien tuotteiden tuotantovolyymit ovat suhteellisesti pieniä ja tuotteiden läpimenoajat pidempiä verrattuna esimerkiksi autoteollisuuteen. Jokaiselle tuotteelle ei ole järkevää suunnitella omaa tuotantolinjaa, vaan tuotantovolyymin mukaan kehittää Lean-tuotannon periaatteiden mukaan joustavia kokoonpanopisteitä. Joustavilla tuotantopisteillä saadaan tehostettua tilankäyttöä ja reagoitua tehtaan eri kokoonpanopisteiden välillä tapahtuvaan kuormitusten vaihteluun.

Yrityksessä ei ole määritelty prototuotteiden kokoonpanoon tiettyä protohenkilöstöä, joka työskentelisi pelkästään yrityksen tuotekehitysprojekteissa. Prototuotteen kokoonpano tapahtuu samoilla henkilöstöresursseilla, kuin tuotteen sarjatuotanto myöhemmässä vaiheessa. Tuotekehitysprojekteille tyypilliset odottamattomat tilanteet, kuten vialliset osat tai käyttötarkoitukseen soveltumattomat nimikkeet aiheuttavat usein tuotekehitysprojektille vastoinikäymisiä. Ennalta arvaamattomat tilanteet aiheuttavat tuotekehitysprojektille varattujen resurssien koordinoinnille haasteita, kun kokoonpanoa ei päästä jatkamaan suunnitellusti. Prototuotteen kokoonpano toimii tärkeässä roolissa tuotantohenkilöstön perehdyttämisessä uuden tuotteen valmistamiseen ja kokoonpanon tehokkuuden kehittämisen tukena. Yrityksen henkilöstön perehdyttäminen edellyttää saumatonta yhteistyötä koko organisaatiolta ja vähentää osaltaan uutta tuotetta kohtaan syntyvää muutosvastarintaa.

Ennen tuotteen kokoonpanovaiheen aloittamista tehty kokoonpanopisteen määrittely ja ERP-järjestelmään laadittu tuotteen mukainen kokoonpanon vaiheistus tukee prototuotteen kokoonpanon aloittamista. Tuotannossa tapahtuvalla prototyypin kokoonpanolla varmistetaan työpisteen soveltuvuus kyseisen tuotteen valmistamiseen. Samalla voidaan varmistaa, että kaikki tarvittavat erikoistyökalut ja asennusapuvälineet on huomioitu tuotekehitys- ja suunnitteluvaiheessa osana kokoonpanopisteen määrittelyä. Tuotekehitysvaiheessa työpisteellä tehtävällä kokoonpanolla voidaan varmentaa tuotantopisteeltä löytyvien nostoapuvälineiden soveltuvuus käyttötarkoitukseen ja varmistaa tuotekohtaiset nostopisteet.

Prototuotteen kokoonpanosta vastaavat esimiehet raportoivat valmistusprosessin etenemisestä tehtävienhallintajärjestelmään, jolloin tuotekehitysprojektin kokonaisuuden koordinointi on mahdollista ja valmistusprosessin ajantasainen tilanne on koko projektiorganisaation löydettävissä. Tuotantohenkilöstön tehtävänä on laatia tuotekehitystyön tueksi palautteita ja kehittämisehdotuksia kokoonpanon aikana tehdyistä havainnoista. Palautteet ohjautuvat tehtävienhallintajärjestelmän välityksellä laatu- ja prosessinkehittämisosastolle, mistä palautteet välitetään eteenpäin oikeille vastuuhenkilöille.

Virheellisten nimikkeiden reklamoinnin ja työmääräinmuutosten myötä jälkitoimitettavat nimikkeet aiheuttavat tyypillisimmin viivästyksiä kokoonpanovaiheessa olevissa tuotekehitysprojekteissa. Nimikkeiden validoinnin myötä tehtävällä tarkemalla vastaanottotarkastuksella voidaan vähentää kokoonpanovaiheessa havaittuja ongelmia, sekä niiden aiheuttamia keskeytyksiä tuotannossa. Kokoonpanon henkilöstöä voidaan tarvittaessa käyttää apuna tehtävissä nimikkeiden tarkastuksissa laatu- ja prosessinkehittämisosaston tukena. Osapuutteiden aiheuttamiin viivästyksiin on reagoitava muutoksenhallinnan mahdollisilla keinoilla, kuten tuotantohenkilöstön siirtämisellä tuotekehitysprojektin kokoonpanosta sarjatuotannossa olevien koneiden- ja laitteiden kokoonpanoon. Projektin kokonaisuudesta vastuussa oleva projektipäällikkö koordinoi projektiorganisaation eri osastoja tilanteen edellyttämällä tavalla ja raportoi edelleen tuotekehitysprojektin etenemisestä.

Tuotekehityksen myötä syntyneet muutokset on toteutettava tuotteen kokoonpanovaiheessa mahdollisimman valmiiksi ennen tuotteen siirtoa käyntiinajo- ja testausvaiheeseen. Tuoterakenteeseen tehtävät muutokset toteutetaan työmääräimelle tehtävän muutoksen kautta, jolloin tuotekehitysprojektin hallinta on mahdollista ja tuoterakenteen ajantasainen tilanne on ERP-järjestelmässä. Tuotekehitysprosessin kokoonpanovaihe voidaan katsoa päättyneeksi, kun prototuotteen rakenne on mekaanisesti valmiina ja tuotteen käyntiinajo- ja testausvaihe voidaan aloittaa. Käyntiinajovaiheeseen siirryttäessä on hyvä tarkastella, mitä nimikkeitä on jäänyt ylimääräiseksi kokoonpanovaiheesta ja selvittää nimikkeiden ylimääräiseksi jäämisen juurisyyt.

3.5.2 Käyntiinajo ja testaaminen

Käyntiinajo- ja testausvaiheessa tuotteen toiminnallisuus varmistetaan laboratoriohenkilöstön ja tuotesuunnittelun laatiman tuotekohtaisen testaus suunnitelman mukaisesti. Prototuotteen käyntiinajo ja testaaminen voidaan suorittaa kokoonpanopisteellä, käyntiinajotilassa tai tuotekehityslaboratoriossa. Käyntiinajotilan valintaan vaikuttaa prototuotteen tuoteominaisuudet, sekä tuotekohtaisesti laadittu testaus suunnitelma. Prototuotteen testaaminen voi edellyttää tuotteen liittämistä osaksi laajempaa valmistusjärjestelmää testausvaiheessa tai joissain tapauksissa yksittäinen uusi optio voidaan testata stand-alone-tyyppisessä koneessa tai laitteessa. Tuotekohtaisen arvioinnin, testausympäristön asettamien vaatimusten ja tilankäytöllisen resurssoinnin pohjalta tehdään päätös prototuotteen käyntiinajoympäristöstä.

Käyntiinajovaiheessa ja toiminnallisuuden testaamisessa yhdistyvät ensimmäistä kertaa konkreettisesti tehdyt sähkö-, ohjelmisto-, mekaniikka- ja pneumatiikkasuunnittelun tekemät ratkaisut. Tuotesuunnittelun eri osa-alueiden ratkaisut voivat vaatia yhteensovittamista sekä tuoterakenteeseen tehtäviä muutoksia. (Tynjälä 2020.)

Tuotekehitysprojektinhallinnan apuna toimivaan tehtävienhallintaohjelmistoon voidaan liittää omana työtehtävänä prototuotteen markkinointiin liittyvät tehtävät. Näin on mahdollista varmistaa, että tietyssä valmistusprosessin vaiheessa oleva fyysinen tuote on myynnistä ja markkinoinnista vastaavan osaston käytettävissä tuotelanseerauksen valmisteluun.

Käyntiinajo- ja testausvaiheessa oleville prototuotteille tehdään tyypillisesti rakenteeseen lukuisia muutoksia tuotekehitystoiminnan myötä, sekä osana tuotteen toiminnallisuuden testausta. Tehdyistä muutoksista kirjataan tieto tehtävienhallintaohjelmistoon, jolloin tuotekehitysprojektin työmääräimelle kirjattujen muutosten seuranta ja hallinta on mahdollista. Tuoterakenteeseen tehdyt muutokset pitää dokumentoida muutoksen laajuuden edellyttämällä tavalla, koska epäselvästi dokumentoidut muutokset aiheuttavat tuotekehitysprojektin koordinoinnille tarpeettomia haasteita ja epäselviä tilanteita.

Prototuotteeseen kuuluvat suojausrakenteet on asennettava täydellisesti paikoilleen käyntiinajovaiheessa. Näin voidaan varmistua tuotteeseen kuuluvien verhouksetien ja suojausrakenteiden yhteensopivuudesta myöhemmissä asiakastoimituksissa. Nimikkeiden validointivaiheessa vaihtoehtoiseksi määriteltyjen komponenttien soveltuvuuden testaaminen suoritetaan tuotteen testausvaiheessa. Näin varmistetaan tuotteen elinkaaren ja toimitusvarmuuden näkökulmasta kriittiseksi määriteltyjen komponenttien toimitusvarmuus.

Käyntiinajo- ja testausvaiheessa tehtävät mekaaniset muutokset voidaan toteuttaa yhteistyössä kokoonpanossa työskentelevän henkilöstön kanssa. Yksittäisen osan sovittamiseksi tehtävä nimikkeen muokkaaminen voidaan dokumentoida palautteena tehtävienhallintajärjestelmään, kun taas uusien nimikkeiden toimittaminen tuotekehitysprojektille vaatii aina prototuotteen työmääräimelle tehtävän muutoksen. Tuotekehitysprosessin aikana tehtyjen muutosten dokumentointi on tärkeässä osassa tuotekehitystoimintaa. Tällöin on mahdollista ratkaista tuotteeseen liittyvät ongelmat ennen sarjatuotantovaiheen aloittamista.

Tuotekehitysprojektiin osallistuvat käyttöönottajat on hyvä perehdyttää valmistettavan tuotteen mekaaniseen rakenteeseen kokoonpanovaiheessa. Tällöin on mahdollista ennakoita ja havaita käyntiinajovaiheessa esiintyviä ongelmia, sekä reagoida niihin valmistusprosessin aikaisemmassa vaiheessa.

Valmiin prototuotteen lopputarkastus voidaan suorittaa testaussuunnitelman mukaisen toiminnallisuuden ja eri tuoteoptioiden testaamisen jälkeen. Stage-Gate-mallin tarkastelupisteenä toimivassa tuotteen lopputarkastuksessa huomioidaan, että tuote vastaa kaikilta osin työmääräintä ja laaditut työmääräinmuutokset on toteutettu. Prototuotteen pitää olla siisteyden osalta vastaavassa kunnossa, kuin tehtaalta toimitettavat asiakastoimitusten tuotteet. Tuotteen lopputarkistukseen pitää osallistua tuotekehitysprojektin toteuttamisen kannalta avainasemassa olevat henkilöt, jolloin tarkastuksessa on mahdollista huomioida laaja-alaisesti tuotekohtaiset erityispiirteet. Hyväksytyin lopputarkastuksen jälkeen tuotteelle voidaan antaa purkulupa, minkä myötä tuote voidaan varustella käyntiinajopaikalla kuljetuskuntoon ja voidaan siirtyä koepakkaamisen vaiheeseen.

3.5.3 Pakkaus

Uudentyyppisen tuotteen kohdalla on suoritettava kone- tai laitetoimituksen koepakkaus. Tällöin voidaan varmistua, että toimitettavan kokonaisuuden suojaustaso on riittävä ja pakkauksen määrittely on tehty oikein. Testausvaiheen jälkeen prototuote varustellaan kuljetuskuntoon testauspaikalla ja siirretään edelleen kuljetuskuntoon laitettuna pakkaamoon viimeisteltäväksi. Tällöin voidaan varmistua, että kuljetuskunnossa olevan tuotteen nostopisteet ja kuljetustuet soveltuvat turvalliseen materiaalinkäsittelyyn. Prototuotteen purku- ja pakkaamisvaiheessa varmistetaan, että pääkokoonpanosta erillään toimitettavat osat on merkitty tarvittavilla viitetiedoilla ja nostopisteet on merkitty asianmukaisesti. Alihankinnassa valmistettujen osakokonaisuuksien viitetiedot on merkittävä pakattuihin tuotteisiin valmiiksi toimittajilla, jolloin viitetiedot seuraavat pakkauksissa logistisen toimitusketjun mukana asiakkaalle.

Prototuotteen pakkaamista suunniteltaessa on huomioitava yrityksessä valmiiksi käytössä olevat pakkausmateriaalit sekä käytössä olevat suojausmenetelmät. Näin vältetään rinnakkaisien suojausmenetelmien käyttöönoton ja estetään pakkausmateriaalien varastoimiseen tarvittavan tilan kasvaminen. Tuotteen suojaamisen vaatiessa uusia kemikaaleja on huomioitava käyttöturvallisuustiedotteiden lisääminen käytettävien kemikaalien tietokantaan, sekä varmistettava tuotekohtaisten käyttöohjeiden saatavuus. Pakkaussuunnittelun osana on laadittava tuotekohtaiset nostotapaohjeet ja laadittava valmiiksi pakatun tuotteen nostopisteiden merkintään liittyvä ohjeistus.

Tuotekehitysprosessin osana järjestetään pakatun tuotteen katselmointi. Katselmoinnin aikana voidaan päivittää pakkausohjeistusta tehtyjen havaintojen perusteella ja varmistetaan, että toimituksen pakkauskokonaisuus toimitettavissa suunnitellusti asiakkaalle. Kone- tai laitetoimituksen kuljetusyksiköiden tarkastelu suoritetaan käsiteltävyyden ja riittävän suojaustason näkökulmasta maantie- ja konttitoimitukset huomioiden. Uusien tuotteiden kohdalla tehtävällä pakkauskatselmoinnilla voidaan ehkäistä tulevaisuudessa systemaattisesti syntyvien kuljetusvaurioiden mahdollisuus ja varmistaa samanaikaisesti suojaamisen kustannustehokkuus.

3.5.4 Koeasennus

Tuotekehitysprojektin osana on arvioitava prototuotteen koeasennuksen tarpeellisuus tuotantoprosessin kehittämisen kannalta ja arvioitava, mitä lisäarvoa suoritettavalla koeasennuksella olisi mahdollista saavuttaa. Olemassa olevan tuotteen mallisarjan muuttumisen kohdalla koeasennuksella ei välttämättä saavuteta yhtä merkittävää hyötyä, kuin täysin uudentyyppisen tuotteen kohdalla. Koeasennus voidaan suorittaa tehtaalla asiakasympäristöä vastaavissa olosuhteissa tai asiakkaan tiloissa, mikäli uudelle tuotteelle on olemassa tuotekehityksen kanssa yhteistyössä toimiva asiakas.

Tuotteen koeasennuksen aikana tapahtuvalla asennusperehdytyksellä voidaan lyhentää myöhempien asiakastoimitusten läpimenoaikoja ja perehdyttää asennuksia tekevät työntekijät samalla uuden tuotteen asentamiseen asiakasympäristöä vastaavissa olosuhteissa. Sarjatuotantovaiheessa olevan tuotteen tuotekustannuksista merkittävä osuus muodostuu asiakasympäristössä käytetystä asennusajasta, kun asiakkaalla tehdyn työn keskimääräinen kustannus on yleensä moninkertainen verrattuna tehtaalla kerrytettyihin tunteihin. Koeasennuksen tarpeellisuutta arvioidessa on huomioitava, että etenkin uusien metalli- ja teräsrakenteiden asennettavuudella on merkittävä vaikutus tuotteen tuotekustannusten muodostumiseen.

Koeasennuksen ympäristö on järjestettävä vastaamaan asennusolosuhteita ja koeasennus on suoritettava ennen ensimmäisiä sarjatuotantovaiheen asiakastoimituksia. Tällöin on mahdollista varmistaa tuotekohtaisesti asentamiseen liittyvän ohjeistuksen riittävyys ja osakokonaisuuksien käsiteltävyys asiakasympäristöstä löytyvillä nostovälineillä. Koeasennukselta saadut palautteet ja kehitysaloitteet on kirjattava tehtävienhallintaohjelmistoon, jolloin laaditun palauteen ohjaaminen oikealle henkilölle on mahdollista. Kone- tai laitetoimituksesta puuttumaan jääneiden nimikkeiden taustalla vaikuttavat juurisyyt on analysoitava ja tehtävä toimitusprosessiin sen perusteella tarvittavia muutoksia. Koeasennuksesta ylijääneiden nimikkeiden laskenta voidaan suorittaa tehtaalla, jolloin on mahdollista löytää tuoterakenteessa olevat virheet ja estää tarpeettomat nimikkeiden toimitukset asennukselle.

3.6 Valmistusprosessin päättäminen

Uuden tuotteen valmistusprosessi (kuvio 12) voidaan päättää, kun projektisuunnitelmassa tuotekehitysprojektille asetetut tavoitteet ja hyväksymiskriteerit täytetään.



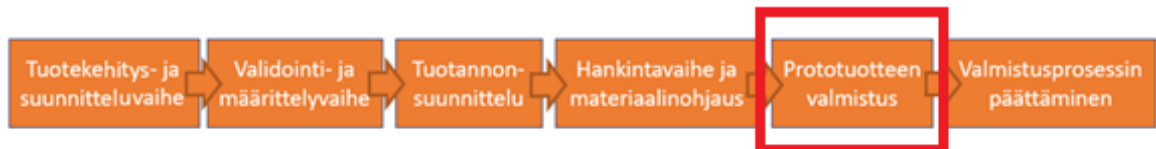
Kuvio 12. Tuotekehitysprojektin päättäminen (Perustuu Prima Power 2021d, [viitattu 1.3.2022]).

Valmistusprosessin päättämisvaiheessa on varmistettava, että kaikki kehitysehdotukset ja tuotteeseen liittyvät havainnot on kirjattu tehtävienhallintaohjelmistoon. Kertaalleen käsitellyt palautteet voidaan uudelleen avata järjestelmässä, jos ratkaistut ongelmat toistuvat uudelleen sarjatuotantovaiheessa. Tuotekehitysprojektin aikana tehdyt nimikkeiden uudelleen revisiointit on varmistettava alihankintaverkossa niin, että tieto nimikkeiden muutoksista tai uudelleen suunnittelusta ulottuu koko toimitusketjuun. Muutostiedotteiden käsittely alihankintaverkostossa on varmistettava ennen seuraavia nimikkeiden tilauksia, jolloin on mahdollista välttää väärää tuoterevisiota olevien nimikkeiden toimitukset. Tuote- ja varaosakuvien päivittäminen on huomioitava osana tuotekehitysprosessin aikana tapahtuvaa muutosten varmistamista.

Prototuotteen valmistusprosessin päättämisvaiheessa tarkastellaan, onko projektisuunnitelmassa määritellyt tavoitteet sekä asetetut hyväksymiskriteerit täytetty ja arvioidaan laaduntuottokyvyn näkökulmasta valmistusprosessia. Tehtävällä tarkastelulla varmistetaan, että valmistusprosessin laaduntuoton edellytykset ja tuotekustannuksille asetetut tavoitteet täyttyvät. Tuotekehitysprojektin loppuvaiheessa prototuote on mahdollista siirtää tuotekehityksen kanssa yhteistyössä toimivalle asiakkaalle tai tapauskohtaisen arvioinnin mukaan romuttaa. Hyväksytysti päätetyn prototuotteen valmistusprosessin jälkeen voidaan jatkaa tuotekehitysprojektia siirtymällä ensimmäiseen asiakastoimitukseen.

4 PROTOTUOTTEEN VALMISTUSPROSESSI

Kehittämistyössä tarkastellaan kvantitatiivisella tutkimusmenetelmällä tietyn prototuotteen valmistusvaiheen (kuvio 13) etenemistä todellisessa tilanteessa. Aineiston keräämiseksi tarkastellaan tehtävähallintaohjelmistoon tehtyjä kirjauksia fyysisen prototuotteen valmistusprosessin etenemiseen liittyen.



Kuvio 13. Prototuotteen valmistusvaihe (Perustuu Prima Power 2021d, [viitattu 6.4.2022]).

4.1 Valmistusprosessin etenemisen tarkastelu

Kehittämistyössä tarkasteltavan prototuotteen valmistaminen käynnistyi tuotannon-suunnittelussa laaditun aikataulun mukaisesti. Prototuotteen kokoonpanovaiheessa havaittiin runkorakenteiden yhteensovittamisessa haasteita. Sovittamiseen vaikuttavien kiilaurien koneistuksissa oli puutteita, näiden korjaaminen edellyttää tuotekuvien uudelleen revisiointia. Koneistuksia vaativat nimikkeet lähetettiin takaisin toimittajalle koneistettavaksi saman päivän aikana ja revisoidut tuotekuvat valmistuivat seuraavana päivänä. Valmistusprosessin kokonaisuuden koordinoinnin näkökulmasta tämä ei aiheuttanut toimenpiteitä, koska ongelma saatiin ratkaistua ja uudelleen revisoidut osat takaisin korjauksesta kohtuullisella aikataululla. Alihankinnassa koneistuksia tai korjauksia tehtäessä on huomioitava, että koneistusten tekeminen edellyttää vapaata resurssia alihankkijan konekannalta. Valmistusprosessin osana on huomioitava, että nimikkeiden uudelleen koneistukset voivat edellyttää kappaleelle suoritettavaa pintakäsittelyä ja logistisen toimitusketjun tarvitsemaa toimitusaikaa. (Jira, [viitattu 7.6.2021].)

Prototuotteen mekaanisessa kokoonpanossa käytettävien kiinnitystarvikkeiden puutteet alkoivat aiheuttaa ongelmia prototuotteen valmistusprosessin etenemisessä. Puuttuvien kiinnitystarvikkeiden lainaaminen toiselta kokoonpanopisteeltä ei ollut mahdollista, koska nimikkeet esiintyivät ensimmäistä kertaa tuotannossa prototuotteen rakenteessa. Puuttuvien kiinnitystarvikkeiden toimitusaika oli arviolta kaksi viikkoa, joten tuotannossa jouduttiin tekemään vaihtoehtoisia kiinnitysratkaisuja valmistettavan tuotteen kokoonpanon jatkamiseksi. Tarkkaa tietoa kiinnitystarvikkeiden toimitusajasta ei ollut saatavilla toimittajalta, mikä piti huomioida myös projektin kokonaisuuden etenemisen näkökulmasta. (Jira, [viitattu 7.6.2021].)

Prototuotteen kokoonpanovaiheessa tapahtuvan kaapelivarusteiden asentamisen aikana havaittiin, että toimitetuissa kaapelisarjoissa on väärän mittaisia kaapeleita, jotka jäivät lyhyeksi asennusvaiheessa. Sähkövarustelun uudelleen revisioidin myötä saatiin osa korvaavista kaapeleista toimittajalta, mutta rakenteesta puuttuville moottorikaapeleille ei ollut saatavilla tilausvaiheessa varmistettua toimituspäivää. Kaapelipuutteiden takia tuotteen siirtäminen käyntiinajo- ja testausvaiheeseen ei ollut mahdollista ilman oikeanlaisia kaapeleita. (Jira, [viitattu 7.6.2021].)

Tuotekehitykseen liittyviä työmääräinmuutoksia on toteutettu kymmenittäin. Työmääräimen mukainen tuoterakenteen ja kokonaisuuden hallinta alkaa olemaan haastavaa lukuisien työmääräinmuutosten takia. (Jira, [viitattu 7.6.2021].)

Tuotekehityksen myötä tilattiin prototuotteen mekaaniseen kokoonpanoon uudelleen revisioituja nimikkeitä. Toimitetut nimikkeet oli valmistettu vanhan revision mukaisesti ja ne jouduttiin reklamoimaan takaisin toimittajalle. Vanhentuneen tuoteversion toimittamiseen johtanutta juurisyytä ei saatu selville, mutta tyypillisesti toimitusketjussa tapahtuvat tietokatkokset johtavat vanhentuneiden nimikkeiden toimittamiseen. Alihankintaverkostossa toimivat yritykset usein optimoivat tuotantoaan valmistamalla nimikkeitä omaan varastoon odottamaan seuraavaa toimituserää, jolloin tuoterevisioiden ajantasaisuus sekä hallinta on varmistettava myös alihankinnan omassa valmistuotevarastossa. (Jira, [viitattu 7.6.2021].)

Prototuotteen valmistusprosessin aikana ei koettu ylitsepääsemättömiä esteitä, mutta alkuperäinen projekti aikataulu ylitettiin. Tuotekehitysprojektin toteuttamista jouduttiin tietoisesti viivästyttämään tuotekehitysprojektin resurssointiin liittyvien päätösten myötä. Valmistusprosessin aikana asentajat olisivat toivoneet projektiryhmän aktiivisempaa jalkautumista kokoonpanopisteelle tuotantoprosessin eri vaiheissa. Tuotteeseen liittyvien ongelmakohtien dokumentointia tehtävienhallintajärjestelmään ei koeta asentajien toimesta tarpeeksi tehokkaaksi vaikuttamisen keinoksi. Asentajat kokevat, että laaditut palautteet ja kehitysehdotukset hukkuvat usein palautteiden massaansa ilman riittävää reagoitua. Tämän seurauksena osa havainnoista jää kirjaamatta järjestelmään.

Tarkastelun kohteena olevalla prototuotteella ei ollut työmääräimellä nimettyä projektipäällikköä, joka olisi ollut kokonaisvastuussa tuotekehitysprojektin etenemisestä, ja koordinoitunut projektiorganisaatioon kuuluvien jäsenten eri tehtäviä. Projektipäällikön puuttumisen takia valmistusprosessin eteneminen oli ajoittain sekavaa ja päätöksenteko ei ollut tuotekehitysprojektin kokonaisuuden näkökulmasta aina selkeää.

4.2 Syntyneet parannusehdotukset

Prototuotteen valmistusprosessin etenemisen seurannan tuloksena voidaan tehdä johtopäätös, että huolellisesti suoritettulla nimikkeiden validointi- ja määrittelyvaiheella (kuvio 8) voidaan tehokkaasti ennaltaehkäistä valmistusprosessin aikana esiintyviä haasteita. Ennen tuotteen valmistusvaiheen aloittamista pitäisi suorittaa pneumatiikka- ja kiinnitystarvikkeiden validointi, jossa prototuotteen valmistamisessa tarvittavia nimikkeitä verrattaisiin hyllytyspalvelun toimittamiin nimikkeisiin. Vertailun suorittaminen edellyttää, että hyllytyspalvelun toimittamista nimikkeistä on saatavilla työpistekohtainen ajantasainen listaus. Validoinnin tuloksena syntyisi listaus uusista kiinnitystarvikkeista, jotka pitää lisätä hyllytyspalvelun välityksellä toimitettavaksi kokoonpanopisteelle tai muuhun hyllytyssijaintiin. Pneumatiikka- ja kiinnitystarvikkeiden validoinnin suorittaminen voitaisiin huomioida Stage-Gate-mallin yhtenä tarkastelupisteinä.

Tuotantoon avattavan prototuotteen asennuslayoutin pitäisi olla mahdollisimman vakio kaapelireittien osalta, jolloin suunniteltujen kaapelireittien varmentaminen prototuotteessa on mahdollista. Samalla voidaan havaita ja dokumentoida kaapelirakenteen sisältämät väärän mittaiset kaapelit. Protoprosessin aikana suoritettujen kaapelirakenteen ja suunniteltujen kaapelireittien varmentamisen jälkeen on helpompi siirtyä myöhemmissä toimituksissa asiakaskohtaisten räätälöintien tekemiseen, kun tiedetään vakioasennuslayoutin edellyttämien kaapeleiden pituudet. (Setälä 2021.)

Tuotekehitysprojektien aikana syntyvien nimiketarpeiden hankinta muodostuu usein pullonkaulaksi valmistusprosessissa nimikkeiden hankinta-ajan takia. Tuotekehitysprojektin jatkamiseksi voidaan valmistaa tarvittavat muutososat itse tai käyttää vaihtoehtoisia nimikkeiden toimittajia. Tällöin on mahdollista jatkaa tuotekehitysprosessia eteenpäin projektiaikataulun vaarantumatta ja jatkaa tuotteen valmistusprosessia eteenpäin. Tuotekehitysprojektin aikataulutuksessa on varattava projektin laajuuden mukaan tarvittava määrä aikaa uusien nimikkeiden hankintaan sekä työmäärinmuutosten toteuttamiselle. Tällöin tuotekehitysprojektin resurssointi ja päättäminen realistisessa aikataulussa on mahdollista.

Valmistusprosessin etenemisen seurannan aikana oli lukuisia kysymyksiä avoimena tuotteen pakkaamiseen ja kuljetuskuntoon saattamiseen liittyen. Tuotesuunnittelun kanssa yhteistyössä suoritettava prototuotteen kuljetuskuntoon saattaminen voitaisiin yrityksessä ottaa vakiintuneeksi toimintatavaksi. Tehtävällä katselmoinnilla on mahdollista varmentaa tuotteiden riittävä suojaustaso, ohjeistus ja tuotteiden turvallinen käsiteltävyys maantie- ja konttitoimitukset huomioiden. Valmiiksi pakatun tuotteen katselmointi toimisi samalla Stage-Gate-mallin mukaisena tarkastelupisteenä tuotteen valmistusprosessissa.

Prototuotteen valmistusprosessin seurannan aikana havaittiin, että tuotekehitysprojektiin liittyvä tieto liikkuu osastojen sisällä kohtuullisen hyvin, mutta kommunikaatiossa organisaatorajojen ulkopuolelle olisi kehitettävää. Protoprosessin toimivuuden näkökulmasta projektihenkilöstö olisi hyvä tutustuttaa paremmin tuotekehitysprojektin alkuvaiheessa. Tämän seurauksena on mahdollista luoda tuotekehitysprojektin ympärille ilmapiiri, missä jokaisen on mahdollista osallistua tuotekehitysprojektin toteuttamiseen omalla työpanoksella sekä kehittää organisaatorajojen ylittävää yhteistyötä.

4.3 Valmistusprosessin muutoksenhallinta

Tuotekehitysprojektissa esiintyvät pienet poikkeamat projektihenkilöstö voi käsitellä oman työn ohessa, mikäli projektin kokonaistavoitteiden saavuttaminen ei tästä syystä vaarannu. Ongelmatilanteessa projektin kokonaisuudesta vastuussa oleva projektipäällikkö koordinoi projektiorganisaation eri osastoja poikkeaman edellyttämällä tavalla ja raportoi edelleen projektin etenemisestä. Tuotekehitysprojektin etenemistä ei voida tarkastella pelkästään osastokohtaisesti, vaan projektin kokonaisuus on huomioitava. Siihen kuuluvien tehtävien väliset riippuvuudet huomioimalla voidaan varmistaa projektin eteneminen kokonaisuutena.

Virheellisistä osista johtuva valmistusprosessin aikainen muutoksenhallinnan tarve voidaan tehokkaasti estää tunnistamalla kriittiset nimikkeet validointi- ja määrittelyvaiheessa (kuvio 8). Kriittiseksi määritetyille nimikkeille voidaan lisätä tieto ERP-järjestelmän toimittajaviite-kenttään suoritettavasta tavanomaista tarkemmasta vastaanottotarkistuksesta, jolloin tieto suoritettavasta tarkastuksesta välittyy organisaatiossa ja nimikkeiden mahdollinen reklamointi on toteutettavissa projektiaikataulun vaarantumatta.

Tuotekehitysprojekteissa kohdataan usein yllätyksiä, joihin ei ole osattu varautua projektin alkuvaiheessa. Alkuperäisessä projektisuunnitelmassa on huomioitava tuotekehitysprojektin resursseihin liittyvät muutostilanteet ja arvioitava projektin toteuttamista riskien näkökulmasta. Projektiin liittyvien riskien arviointi ja muutostilanteisiin varautuminen on suoritettava Stage-Gate-mallin mukaan ennen tuotekehityshankkeen (kuvio 7) aloitusta.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä kehitettiin tuotekehitysprojektinhallintaa ja tarkasteltiin tuotteistamisen etenemistä vaiheittain Stage-Gate-prosessimallin mukaisesti. Vaiheittain etenevällä valmistusprosessilla pyritään varmistamaan tuotekehitysprojektien aikataulussa ja asetetussa budjetissa pysyminen. Mallin mukaisesti valmistusprosessin eri vaiheisiin asetetut portit eli tarkastelupisteet toimivat protoprosessin laadunvarmistuksessa siirryttäessä tehtäväkokonaisuudesta toiseen. Prosessimallin mukaisesti asetetuilla tarkastelupisteillä on tavoitteena sujuvoittaa valmistusprosessin etenemistä ja varmistaa, että eri tehtävien väliset riippuvuudet olisi huomioitu. Jatkuvalle prosessien kehittämisellä voidaan varmistaa, että uusien tuotteiden tai päivittyvän mallisarjan siirtäminen sarjatuotantovaiheeseen on mahdollisimman sujuvaa.

Tuotekehitysprojektissa projektipäällikön tehtävänä on toimia suunnannäyttäjänä projektiorganisaatiossa ja yhdistää tuotekehityshankkeessa mukana olevat työskentelemään yhdessä asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Projektipäällikön on varmistettava, että prototuotteeseen liittyvä tiedonkulku on sujuvaa projektiorganisaatioon kuuluvien osastojen välillä. Tuotekehityshankkeen toteuttamiseen käytettävissä olevat resurssit on varmistettava ennakoitavalla suunnittelulla, jolloin voidaan varmistua, että projektin toteuttamiseen käytettävissä olevat resurssit olisivat saatavilla. Käynnistäminen edellyttää tuotekehitysprojektin tehtäväkohtaista resursointia, sekä resurssoinnin näkökulmasta muutostilanteisiin varautumista.

Nimikkeiden hankintaan varattu pidennetty hankinta-aika mahdollistaa prototuotteessa käytettävien komponenttien tarkemman validoinnin sekä tuotekehityksen aikaisen toimittajayhteistyön. Perusteellisesti suoritettulla validoinnilla on mahdollista ennakoita prototuotteen valmistusvaiheessa havaittavia ongelmia tehokkaasti. Tuotekehityksen myötä tehtävä muutososien hankinta muodostuu usein valmistusprosessin pullonkaulaksi, koska tarpeet syntyvät usein ennalta arvaamatta tuotekehitysprosessin aikana. Projektin vaiheistuksessa on varattava hankinta-aikaa myös valmistusprosessin aikana tapahtuvaan muutososien hankintaan.

Stage-Gate-mallin tarkastelupisteissä havaitut valmistusprosessin poikkeamat on käsiteltävä projektiorganisaatiossa ennen kuin tuotekehitysprosessi voidaan hyväksytysti päättää. Tuotekehitysprojektin aikana havaitut poikkeamat on tärkeää dokumentoida ja ratkaista ongelman edellyttämällä tavalla ennen sarjatuotantovaiheeseen siirtymistä. Stage-Gate-mallin mukaisesti tuotekehitysprojektin päätösvaiheessa tarkastellaan, onko alkuperäisessä projektisuunnitelmassa tuotekehitysprojektille asetetut tavoitteet täytetty. Tällöin on mahdollista estää keskeneräisen tuotteen siirtäminen sarjatuotantovaiheeseen ja estetään systemaattisesti toistuvat virheet tuotantoprosessissa.

6 POHDINTA

Tuotekehitysprosessiin käytettävissä olevat resurssit ovat rajallisia, minkä takia joudutaan usein tekemään priorisointia tuotteistamiseen liittyvien tehtävien välillä. Toimivalla tuotekehitysprosessilla voidaan varmistaa, että prototuotteelle asetetut vaatimukset täyttyvät ja tuote voidaan siirtää markkinoille mahdollisimman nopealla aikataululla. Resurssien rajallisuuden takia perusteltuja poikkeuksia voidaan joutua tekemään State-Gate-mallin mukaisesti vaiheistettuun valmistusprosessiin, mutta se ei saisi vaarantaa tuotekehitysprojektille määriteltyjä tavoitteita. Projektiorganisaatiossa tehdyistä State-Gate-mallin ohittavista päätöksistä tiedon pitäisi välittyä projektissa mukana olevalle henkilöstölle perusteluineen, jolloin olisi mahdollista välttää ristiriitatilanteeseen joutuminen eri vaihtoehtojen välillä. Mallin mukaisesta toimintatavasta poikettaessa olisi suotavaa hyväksyttää poikkeama projektiorganisaatiossa niin, että jokainen ryhmän jäsen kokee tullessa asiassa kuulluksi. Tällöin varmistettaisiin koko projektiorganisaation sitoutuminen yhteisen tuotekehitysprojektin toteuttamiseen.

State-Gate-mallin mukaisella toimintatavalla tavoitellaan eri tehtävien järjestelmällistä suorittamista. Vaiheistetut tehtävät limittyvät tuotekehitysprosessin aikana, eikä välttämättä ole aina selkeää hahmottaa tuotekehitysprojektin etenemisen näkökulmasta tarkasteltavia vaiheita. Stage-Gate-malliin asetettu valmistusprosessi toimii projektin kokonaisuuden koordinoinnin apuvälineenä erinomaisesti, mutta se ei sovellu välttämättä kaikkien yksittäisten tehtävien suorittamiseen reaali maailmassa. Porttisäännöt ja niiden noudattaminen kuitenkin selkeyttäisi tuotekehityshankkeen toteutusta laajassa projektiorganisaatiossa.

Tuotekehitysprojektin läpivienti yrityksessä näyttäytyy erilaiselta, kun huomioidaan mistä näkökulmasta prosessia tarkastellaan. Eri osastoilla työskentelevät työntekijät tarkastelevat tuotekehitysprosessia hieman eri näkökulmasta ja painottavat tuotekehitykseen liittyviä asioita hieman eri tavalla. Toimiva osastojen välinen yhteistyö kuitenkin mahdollistaa samaan aikaan laaja-alaisemman näkökulman hyödyntämisen, mikä on välttämätöntä tuotekehitysprojektin menestyksekkäälle toteuttamiselle projektiorganisaatiossa.

Uuden tuotteen valmistettavuuden kehittäminen ei saa rajoittua prototuotteen valmistusvaiheeseen, vaan tuotekehitystoiminnan ja tuotteen valmistettavuuden kehittäminen jatkuu automaattisesti tuotteen ylläpitosuunnittelulla. Tuotteen kilpailukykyisyyttä voidaan kehittää muokkaamalla kokoonpanoympäristöä laadittujen palaute- ja kehitysehdotusten perusteella. Tällöin sarjatuotantovaiheessa tuotteen läpimenoaika saataisiin kehittymään suotuisaan suuntaan, sekä osaltaan varmistettua tuotteen kilpailukykyisyys markkinoilla myös tulevaisuudessa. Laadittujen palaute- ja kehitysehdotusten mukaan voidaan huomioida esimerkiksi kuukausittain parhaiten suoriutunut osasto, mikä kannustaa työntekijöitä jatkuvaan tuotantoprosessin kehittämiseen.

LÄHTEET

- Artto, K., Martinsuo, M. & Kujala, J. 2006. Projektiliiketoiminta. 6. uud. p. Helsinki: WSOY.
- Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere: Vastapaino.
- Haapanen, M., Vepsäläinen, A. & Lindeman, T. 2005. Logistiikka osana strategista johtamista. Helsinki: WSOY.
- Hannus, J. 2004. Strategisen menestyksen avaimet: Tehokkaat strategiat, kyvykkyudet ja toimintamallit. Espoo: Talent Pro Oy.
- Jira. Ei päiväystä. CTL2040. [Tietokanta]. Jira-tietokanta. [Viitattu 7.6.2021]. Saatavana: Vain yrityksen sisäiseen käyttöön.
- Kauppalehti. Ei päiväystä. Yrityshaku: Finn-Power Oy. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.9.2020]. Saatavana: <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/16369339>
- Laurinen, T. 2018. Finn-Power Oy vuodesta 1969. -yrityshistoriikki.
- Lecklin, O. 1997. Laatu yrityksen menestystekijänä. 5. uud. p. Helsinki: Talentum.
- Lempiläinen, J. & Savolainen, J. 2003. Hyvin suunniteltu - puoliksi valmistettu. Helsinki: Suomen Robotiikkayhdistys.
- Logistiikan Maailma. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 9.3.2021]. Saatavana: <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/laatu/>
- Paldanius, P. 2020. Laatu- ja kehityspäällikkö. Finn-Power Oy. Haastattelu 18.03.2020
- Prima Power. Ei päiväystä. Mediabank. [Kuvatietokanta]. Prima Power Mediabank. [Viitattu 2.2.2021]. Saatavana: Vain yrityksen sisäiseen käyttöön.
- Prima Power. 2019. The System -esite.
- Prima Power. 2020a. The Punch -esite.
- Prima Power. 2020b. The Software -esite.
- Prima Power. 2021a. Strategian yhteenveto -juliste.

Prima Power. 2021b. The Combi -esite.

Prima Power. 2021c. The Shear -esite.

Prima Power. 2021d. Alpha & Beta vaiheiden hallinta ja aliprojektointi tuotekehitysprojektilla. [PDF-dokumentti]. [Viitattu 1.3.2021]. Saatavana: Vain yrityksen sisäiseen käyttöön.

Prima Power. 2022. Product range -esite.

Ruuska, K. 2012. Pidä projekti hallinnassa: suunnittelu, menetelmät, vuorovaikutus. 7. uud. p. Helsinki: Talentum.

Setälä, M. 2021. Tuotannon esimies. Finn-Power Oy. Haastattelu 03.03.2021

Taijonlahti, J. 1997. Finn-Power historia. Moniste. Finn-Power Oy. Vain yrityksen sisäiseen käyttöön.

Torkkola, S. 2015. Lean asiantuntijatyön johtamisessa. Helsinki: Talentum.

Tynjälä, T. 2020. Tuotannon esimies. Finn-Power Oy. Haastattelu 20.10.2020

Wiik, M. 2021. Tiedonhallintapäällikkö. Finn-Power Oy. Haastattelu 11.10.2021