

Alexi Sippola

PROTOTYYPPI TUOTANNON SUUNNITTELU JA TOTEUTUS SARJATUOTANNOSSA

Johtamisen ja talouden tiedekunta
Diplomityö
Huhtikuu 2022

TIIVISTELMÄ

Aleksi Sippola: Prototyypituotannon suunnittelu ja toteutus sarjatuotannossa
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Johtamisen ja tietotekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Huhtikuu 2022
Tarkastajat: Yliopistonlehtori Rainer Breite ja Professori Marko Seppänen

Työn tavoitteena oli kehittää kehitysehdotuksia kohdeyritykselle prototyypituotannon suunnitteluun ja toteutukseen. Työssä esiteltiin kohdeyrityksen nykyiset prosessit tuotekehitysvaiheesta aina sarjavalmistuksen suunnitteluun erään casen projektin kautta, mutta tarkoituksena oli käsitellä samalla yrityksen geneeristä projektitoimintaa prototyypituotannon näkökulmasta. Yrityksen projektitoimintaa käsiteltiin sen omien prosessien ja eri sidosryhmien kautta. Työssä esiteltiin autoteollisuudessa käytetyt standardit ja niiden vaikutus tuotekehitystoimintaan ja erityisesti prototyypituotantoon, sekä sarjavalmistuksen suunnitteluun. Yrityksen toiminta akkuteollisuudessa on suhteellisen tuoretta ja se pyrkii luomaan itselleen standardoituja toimintamalleja ja saamaan tuotekehitystoiminnasta tehokasta ja laatustandardit täyttävää. Yritykselle merkittävänä kilpailutekijänä uusilla markkinoilla on tuotekehityksen tehokkuus ja kyky toimia Tier 1 systeemi-toimittajana sen asiakkaille ja siten tarjota parhaan mahdollisen palvelun asiakkailleen. Tämän toiminnan taustalla on tuotekehitysprojektien toiminta ja näiden käyttämät prosessit.

Työn tutkimusasetelmana oli kerätä informaatiota henkilökohtaisilla teemahaastatteluilla sekä kyselyillä, jotta voitiin paremmin selvittää yrityksen nykyistä toimintaa ja potentiaalisia kehityskohteita. Aineiston keruussa tärkeää oli asettaa henkilöille räätälöidyt kysymykset ja käydä syvällisempää keskustelua eri aiheista. Kerättyä informaatiota analysoitiin tarkemmin ja pyrittiin erottamaan selviä kehityskohteita ja pohtimaan niille ratkaisuja. Kyselyiden roolina oli syventää tietoa ja tehdä jatkotutkimusta haastatteluiden vastausten pohjalta. Kehitysehdotukset tehtiin kerätyn datan, sen analysoinnin, autoteollisuuden vaatimusten ja standardien, sekä kohdeyrityksen prosessien perusteella. Kehitysehdotusten tavoitteena oli saavuttaa kypsempi ja tehokkaampi prosessi tuotekehitysvaiheen prototyypituotannon suunnittelulle ja sen tekemiselle, jotta sarjatuotannon aloitus onnistuisi parhaalla mahdollisella tavalla. Työ on rajattu koskemaan kohdeyrityksen tiettyä tuotekehitysprojektia, jossa kehitetään uutta modulaarista akkujärjestelmää markkinoille ja sarjavalmistukseen. Työssä kuitenkin pyritään luomaan myös geneerisen tason kehitysehdotuksia prosesseihin kohdeyritykselle muihin tuotekehitysprojekteihin standardoidun toimintatavan saavuttamiseksi.

Työn lopputuloksena laadittiin kohdeyritykselle useita kehitysehdotuksia, joilla on tarkoituksena kehittää prototyypituotannosuunnittelua ja prototyypituotantoa. Näiden avulla pyritään saavuttamaan onnistunut sarjatuotannonaloitus tuotannonaloitusvaiheessa. Kehitysehdotuksissa selvitettiin erilaisien toimintojen kehittämistä ja uusien prosessien luontia yrityksen prototyypituotannon tueksi varmistamaan onnistunut tuotekehitysprosessi ja laadukkaampi tuote ja sen valmistusprosessi.

Avainsanat: Autoteollisuus, Prototyyppi, Prototyypituotanto, Tuotekehitys, Kehitys, Tuotantoprosessi

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Aleksi Sippola: Prototype production planning and execution in serial manufacturing
Master of Science thesis
Tampere University
Master of Science Degree Programme in Management and Information Technology
April 2022
Examiners: University lecturer Rainer Breite and Professor Marko Seppänen

The purpose of this master's thesis was to develop development proposals to the case company for their prototype production planning and the assembly process. In the thesis was described case company current processes in product development from the beginning until the serial manufacturing through a case project but also to describe the general level in project activities. The company's project activities were described through its own processes and relevant stakeholders. In the thesis automotive standards and their effects to product development, prototype manufacturing is presented. The company has been in the battery manufacturing market only for a short period of time and it has tried to establish standardized activities and to boost the product development and to fulfill all the quality standards. The competitive factor for the company is the efficient product development and the capability to be Tier 1 system supplier to provide the best outcome for their customers. Behind of the activities is the used processes and activities of a single product development project.

The research approach of this thesis was to collect information with personal theme interviews and inquiries to understand better the current situation of the company and to recognize potential elements to develop. It was important while collecting the information to do tailored questions and more detailed open discussion with the interviewees in certain topics. The collected information was used to analyze deeper the potential elements to develop and new potential development proposals. The role of the inquiries was to get more detailed information from the personnel based on the interviews. All the development proposals were based to the collected information, analyzes, automotive standards and requirements and to case company internal processes. The goal for the development proposals were to reach for a more mature and more efficient process for product development where was development ongoing for a new modular battery system to the markets and for the serial manufacturing. In the thesis the goal was also to create a general level processes to the company and for other product development projects to ensure a standardized way of working.

The outcome of this thesis is to suggest a several development proposals to the company for developing their prototype production planning and assembly process. With the development process the thesis aims to ensure a succeeded serial production start. In the development proposals it was described to develop different activities and creation of new processes for the support of the company prototype manufacturing process and organization to ensure succeeded product development process and higher quality level in the product and the serial manufacturing process.

Keywords: Automotive, Prototype, Prototype production, Product development, Development, Production process

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin Originality Check service.

ALKUSANAT

Tämä lopputyö ja sen siivittävä tutkinto ovat pitkän koulupolun loppuhuipennus. Lopputyö itsessään eteni hieman verikkaampaa tahtia, kuin alkuperäisessä suunnitelmassa oli tavoitteena, mutta lopputulos ratkaisee ja työ vietiin kunnialla maaliin. Verkkaiseen tahtiin löytyi tosin vain positiivisia selvityksiä, kuten eteneminen työuralla ja uuden asuntoprojektin aloitus tämän työn loppupuolella. Lopputyön aihe oli itselleni läheinen, kun työskentelen sen parissa aktiivisesti ja pystyin siten hyödyntämään omaa osaamista tutkimuksessa. Aihe itsessään oli monipuolinen ja omalla tavallaan hieman erilainen, joka sai kiinnostuksen heräämään tutkimusta tehdessä.

Jo lukiossa tiesin, että haluan suorittaa DI:n opinnot, mutta AMK:n kautta piti hakea vauhtia maisteriopintoihin. Jälkiviisaana tämä on ollut eriomainen polku ja koen sen tuoneen paljon tietoa. Opiskelut molemmissa instituutioissa sujuivat hyvin ja tämä lopputyö on jäävuoren huippu, joka kruunaa kokonaisuuden. Opiskelujen sisältö Tampereen yliopistolla oli laadukasta ja sisällöltään se tarjosi hyvät lähtökohdat työelämään. Kouluttautuminen on vaatinut paljon, mutta se on ollut sen arvoista ja varmasti paras investointi itseensä elämän aikana.

Haluan esittää lämpimät kiitokset diplomityöni ohjaajalle yliopistolehtori Rainer Breitelle, joka on tukenut lopputyötäni ammattitaitoisesti ja hyvällä otteella. Aina on ollut apua tarjolla, kun sitä tarvittiin ja se on auttanut saamaan tästä lopputyöstä paremman ja kattavamman. Iso kiitos kuuluu myös ohjaajalleni Joose Pohjaselle kohdeyrityksestä, jonka avulla sain tutkimuksen aiheen ja apua siihen. Kiitos myös kaikille eri opettajilla koko koulutaipaleen varrella, jotka ovat minua auttaneet tähän päivään asti, joiden avulla olen saanut laadukasta opetusta.

Tässä kohtaa on vähintään reilua todeta, ettei tämä pitkä koulutie olisi ollut mahdollista suorittaa yksin ja on vaatinut tukea sekä kannustusta. Isot kiitokset kuuluvat perheelleni ja avopuolisolleni kaikesta avusta ja tuesta omalla koulutielläni. Ilman heitä ei tätä virstanpylvästä olisi saavutettu. Erytinen kädenojennus kuuluu mahtaville AMK koulukave-reilleni, joiden kanssa olemme taistelleet, nauraneet ja kiroilleet itsemme eteenpäin eri kouluissa aina valmistumiseen asti. Näiden herrojen kanssa olemme vetäneet toinen toisiamme eteenpäin kouluaikoina ja nykyään työelämässä. Olipahan reissu.

Raisiossa, 3.4.2022

Aleksi Sippola

Lyhenteet ja merkinnät

APQP	Advanced product quality planning
BOM	Bill of material
CC	Critical characteristics
CP	Control plan
CPK	Process capability index
DF	Design freeze
DFA/DFM	Design for assembly/manufacturing
DFMEA	Design failure mode effect analyze
IATF 16949	International automotive task force laatustandardi
ISO 9001	International organization for standardization
MLA	Maturity level assurance
MSA	Measurement system analyze
OEM	Original equipment manufacturer
PD	Product development
PPAP	Production part approval process
PFMEA	Process failure mode effect analyze
POC	Proof of concept
PSW	Part submission warrant
R&R	Run and rate
RFQ	Request for quotation
SC	Significant characteristics
SC*	Special characteristics
SOP	Start of production
SPC	Statistical process control
VDA	Verband der Automobilindustrie
VOC	Voice of customer

APQP	Autoteollisuudessa käytetty strukturoitu prosessi uuden tuotteen kehittämiseen, jolla voidaan varmistua uuden tuotteen laadusta ja vaatimusten täyttymisestä
BOM	Materiaaliluettelo, tai osaluettelo tuotteen sisältämistä osista
CC	Autoteollisuudessa käytetty merkintä tuotteen elementeistä, jotka ovat turvallisuuden kannalta kriittisiä, tai lakivaatimuksia ja jotka vaativat tuotannolta erittäin tarkkaa seurantaa
CP	Tuotannonohjaussuunnitelma on dokumentti, joka määrittää tuotantoprosessin kontrollin tuotteen kriittisten osien ja eri mittausten kannalta, miten tuotannossa mitataan ja varmistetaan tuotteen laatu
CPK	Tuotantoprosessin kyvykkyyttä kuvaava mittari, joka saadaan tilastollisesta analyysistä mittaamalla tuotantoprosessia
DF	Tuotteen designin lukitseminen ennen jotakin prototyyppien rakennusvaihetta, tai sarjatuotantoa
DFA/DFM	Tuotteen suunnittelussa käytettyjä prosesseja/työkaluja tehdä tuotteen valmistusprosessista yksinkertaisempi, nopeampi, laadukkaampi ja pienemmällä kustannuksella
DFMEA	Tuotteen designille tehty riskienarviointi, jossa huomioidaan mm materiaalivalintoja, dimensioita ja toiminnallisuutta. DFMEA:n pohjalta myös tuotteelle tehdään testauksia ja varmistetaan tuotteen vaatimusten täyttymisestä
IATF 16949	Autoteollisuudessa käytetty laatustandardi, joka on rakennettu ISO 9001 laatustandardin päälle

ISO 9001	Kansainvälisen standardointiyhdistyksen laatustandardi
MLA	Tuotteen ja prosessin kypsyyttä arvioivat eri tasot, jotka kuuluvat VDA:n tuotekehitysprosessiin
MSA	Mittaussysteemin tutkimiseen käytetty työkalu, joka tutkii mitaussysteemin luotettavuutta ja toimivuutta
OEM	Varsinaisen lopputuotteen valmistaja, joka kuitenkin käyttää tuotteessaan alihankkijoiden osia, mutta kuitenkin merkitsee lopputuotteen omalla merkillään
PD	Tuotekehitys. Tutkimuksessa käsitettä käytetään tuotekehitysorganisaatiosta.
PPAP	Autoteollisuudessa käytetty prosessi, jonka avulla tuotekehitysvaiheessa voidaan varmistua tuotteen itsensä ja sen komponenttien laadusta, sekä toimitusketjusta. Tier 1 toimittajat pyytävät vaaditut dokumentit omilta toimittajiltaan ja toimittavat omat dokumentit omalle asiakkaallensa
PFMEA	Tuotteen valmistusprosessin riskienarviointiin käytetty työkalu, jolla pyritään tunnistamaan kaikki riskit, arvioimaan ne ja tarvittaessa tekemään korjaavia toimenpiteitä prosessille
POC	Tuotteen konseptin toiminnallisuuden todentaminen, joko teoriassa tai käytännössä esimerkiksi prototyypin avulla
PSW	Dokumentti, joka toimitetaan ja täytetään PPAP vaiheessa asiakkaalle ja määritellään muiden dokumenttien sisältö. Kansilehti PPAP paketissa, joka asiakkaan al-lekirjoittamana on lupa toimittaa sarjatuotantotuotteita
R&R	Autoteollisuudessa suoritettava tuotantoprosessin ajaminen täysillä volyymeillä ja sen tuotantoerän arvioiminen tuotantodatan perusteella. Osa PPAP prosessia ja tämä data luovutetaan myös asiakkaalle, joka määrittää onko prosessi riittävän kyvykäs sarjatuotantoon
RFQ	Potentiaalisen asiakkaan lähettämä pyyntö tehdä tarjous tietyn tuotteen suunnittelusta, valmistuksesta, tai molemmista. Asiakas lähettää tarjouspyyntöjä useammalle potentiaaliselle toimittajalle ja aloittaa valintaprosessin potentiaalisesta toimittajasta
SC	Tuotteen tärkeä elementti, tai prosessivaihe, joka vaikuttaa tuotteen funktionaalisuuteen ja vaatii tuotantoprosessissa tarkempaa kontrollia
SC*	Autoteollisuudessa käytetty määritelmä tuotteen tai sen valmistusprosessin kriittisistä vaiheista, joita tulee seurata ja mitata prosessin aikana erityisellä huomiolla
SOP	Virallinen sarjatuotannonaloitus, kun asiakas on antanut luvan ja hyväksynyt kaikki tuotteen ja prosessin dokumentaatiot ja prosessit
SPC	Tilastollista tuotantoprosessin seuranta, jossa prosessista kerätään jatkuvasti tietoa tietyistä vaiheista ja sitä dataa analysoidaan tilastollisesti. Yleensä käytetään tuotteen CC ja SC elementtien yhteydessä
VDA	Saksalaisten autonvalmistajien ja autoteollisuuden osatoimittajien muodostama etujärjestö, joka julkaisee omia standardejaan valvoakseen ja standardoidakseen eri toimijoiden laaduntuottoa ja laatuja järjestelmiä
VOC	Markkinoinnissa käytetty asiakkaiden tarpeita ja oletuksia kuvaava prosessi, jossa arvioidaan asiakkaiden mielipiteitä ja niiden huomioimista tuotekehityksessä

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Työn tausta	3
1.2 Työn tutkimuskysymykset	5
1.3 Työn tavoitteet ja rajaus	7
1.4 Diplomityön rakenne	8
1.5 Tutkimusmenetelmät	9
2. AUTOTEOLLISUUDEN VAATIMAT PROSESSIT JA STANDARDIT	11
2.1 Autoteollisuuden projektinohjaustyökalut	11
2.2 Autoteollisuuden prosessimalli	12
2.3 Saksalaisen autoteollisuuden prosessimalli	16
2.4 Autoteollisuuden toimittajien laatustandardi	19
2.5 Asiakaskohtaiset vaatimukset	24
3. TUOTEKEHITYSTOIMINTA JA PROTOTYYPIT	26
3.1 Prototyypit ja miksi niitä tehdään	26
3.2 Prototyypituotanto	27
3.3 Prototyypituotannon erityisominaisuudet	30
3.4 Tuotekehitys	31
3.4.1 Tuotekehitysprojektit autoteollisuudessa	31
3.4.2 Prototyyppien rakennusvaiheet	33
3.5 Tieto ja sen merkitys yrityksissä	37
3.6 Tiedonluonti yrityksissä	39
4. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT	41
4.1 Kohdeyrityksen esittely ja toiminta	41
4.2 Case projektin esittely	43
4.3 Case projekti ja vaatimukset	47
4.4 Työn tutkimusasetelma ja tutkimusmenetelmät	48
4.4.1 Teemahaastattelut	49
4.4.2 Kyselyt ja aineiston keruu toteutuneista projekteista	50
5. TULOKSET JA TULOSTEN ANALYSOINTI	52
5.1 Aineistojen pohjalta tehdyt havainnot	52
5.2 Prosessi prototyypituotannolle	53
5.3 Aikataulutus	54
5.4 Informaation siirtyminen	55
5.5 Prosessien kehitys	56
5.6 Resurssit	56
5.7 Opittujen asioiden hyödyntäminen	57

5.8	Toimenpide-ehdotukset.....	58
5.8.1	Strukturoitu prosessi	58
5.8.2	Tarkastuslistat.....	62
5.8.3	Datansiirtoon työkalu	63
5.8.4	Prototyypituotannon muut kehitystoimenpiteet	65
6.	YHTEENVETO.....	68
6.1	Toimenpide-ehdotusten implementointi.....	69
6.1.1	Strukturoitu prosessi	69
6.1.2	Tarkastuslistat.....	70
6.1.3	Datansiirtotyökalu	70
6.1.4	Muut toimenpide-ehdotukset.....	71
6.2	Toimenpide-ehdotusten arviointi ja jatkokehitysehdotukset.....	73
	LÄHTEET	76

1. JOHDANTO

Prototyypit ovat kehitteillä olevan tuotteen koevedoksia, jossa suunniteltua tuotetta pyritään rakentamaan ja sitä kautta saamaan tietoa tuotteen toimivuudesta ja suunnittelun onnistumisesta. Prototyyppien valmistaminen on erittäin tärkeä osa toimivaa tuotekehitysprosessia. Prototyypit ovat tuotteen ensimmäisiä konkreettisia tuotannon tuloksia, kun mallien pohjalta rakennetaan tuote. Prototyyppinä voidaan rakentaa useita ja monessa eri kohdassa tuotekehitysprosessia, kun tehdään designiin muutoksia ja parannuksia testien ja kokemusten perusteella. (Blackwell & Manar 2015) Kehitysprosessin aikana lopullinen tuote hakee vielä lopullista muotoaan ja voi muuttua erittäin radikaalisti ensimmäisistä prototyypeistä aina sarjavalmistukseen päätyvästä lopullisesta tuotteesta. Prototyyppinä voidaan rakentaa eri syiden takia, kuten esimerkiksi, POC (Proof of concept), valmistettavuus, mekaaninen testaus, asiakkaalle ja osien sopivuuden takia.

Prototyypituotanto on prototyyppien valmistustoimintaa osana tuotekehitysprosessia. Prototyyppien valmistus kuuluu olennaisena osana tuotekehitysprosessia, jossa tarkoituksena on tuottaa markkinoille uusi tuote tai tuotteita. Prototyyppinä voidaan hyvin toimittaa jo olemassa olevalle asiakkaalle osaksi heidän tuotekehitysprosessiaan. Tämä on normaalia toimintaa autoteollisuudessa, jossa projektit ovat kooltaan erittäin suuria ja toiminta on erittäin yhtenäistä toimittajan ja asiakkaan välillä. Näin päämies voi integroida omaan tuotekehitysprojehtiinsa heidän toimittajiensa proto-osia ja siten ohjailla lopputuotteen ja osatuotteiden kehitystä. (IATF 16949:2016) Projektiliiketoimintaa harjoittavilla yrityksillä on olemassa myös itsellään prototyyppien valmistukseen erikoistuneita tuotantoyksiköitä, jolloin he pitävät tämän toiminnan omassa kontrollissaan, koska se on osa heidän ydinliiketoimintaansa, johon he haluavat panostaa omien markkinoidensa substanssiosaamisen kehittämiseksi.

Yrityksen liiketoiminnalle on erittäin tärkeää tehokas ja saumaton valmistusprosessi, joka on monen yrityksen ydinliiketoimintaa. Yrityksillä on olemassa osaamista ja resursseja heidän valmistusprosessillensa, joita he ovat valmiita kehittämään ja optimoimaan jatkuvasti. Yrityksen liiketoiminnalle on erittäin tärkeää olla kilpailukykyinen markkinoilla ja pyrkiä jatkuvasti kehittämään prosesseja enemmän kustannustehokkaiksi, sekä tuottavuudeltaan paremmiksi. Uusia liiketoimintamahdollisuuksia tutkitaan jatkuvasti ja yrityksen tavoitteena on tuoda markkinoille uusia tuotteita, joilla he saavuttavat kilpailuetua

suhteessa kilpailijoihin ja sekä kasvattaa omaa markkinaosuuttaan. Jatkuva liiketoiminnan kehitys ja uusien kehitysprojektien suorittaminen on yrityksen menestykselle erittäin kriittistä.

Projekteista on muodostumassa avaintekijöitä yrityksen kasvulle, kannattavuudelle, sekä kilpailutekijänä markkinoilla, joilla kilpailu on aina kiristyvää. Monien yritysten voidaan luokitella toimivan projektiliiketoiminta mallien mukaan. Projektimainen tuotanto on selvästi erilainen verrattuna muihin tuotantomalleihin, koska niille tunnusomaisia merkkejä ovat kertaluontoiset suoritteet ja toiminnot (Haverila *et al* 2009, s 437). Kohdeyrityksessä liiketoimintaa tehdään eritoten projektimuodossa ja tarkoituksena on viedä projekteja kehitysvaiheesta aina sarjavalmistukseen asti. Projektien välillä esiintyy myös synergiaa ja osalla projekteista voidaan nähdä samoja piirteitä ja niiden kehitys noudattaa alalla vallitsevia toimintamalleja johtuen tietyistä vaatimuksista ja standardeista.

”Tuotekehitys on toimintaa, joka tähtää joko kokonaan tai osittain uusien tuotevaihtoehtojen tuomisen markkinoille” (Haverila *et al* 2009, s 270). Tuotekehitys on prosessi, jossa analysoidaan markkinoita ja tutkitaan tarkemmin niiden kysyntää ja pyritään suunnittelemaan tuotteita kysynnän pohjalta. Haasteita yrityksille on kehittää juuri näihin tarpeisiin uusia tuotteita ja pystyä valmistamaan niitä sarjavalmistuksella riittävä määrä, laadukkaita tuotteita ja optimoida toimintaa kustannustehokkaaksi, jotta tuotteen hinta pysyy kilpailukykyisenä. Lisäksi tuotteen toimitusajan tulisi olla asiakkaalle riittävän nopea (Vonderembse & White, 1996).

Tuotekehityksessä yrityksellä tulee olla vahva osaaminen alan ydintoiminnoista ja erityisesti teknillisen osaamisen, taloudelliset resurssit ja muut resurssit tuotekehitysprojekteille ja toiminnalle. Tuotekehityksessä on mahdollista tehdä myös asiakkaan kanssa partner tyyppisessä suhteessa. Yrityksen tuotteiden suunnittelu tulisi tehdä siten, että sen moduulien rakenne olisi mahdollisimman yksinkertainen, komponenttien lukumäärä oli mahdollisimman pieni ja osia pyritään standardoimaan, joka pienentäisi vaihtelua. (Lahti & Tuominen, 2010) Tuotteiden suunnittelun taustalla on yrityksen tavoite tuoda markkinoille laadukkaita ja kilpailukykyisiä tuotteita joiden valmistaminen on mahdollisimman helppoa. Tuotekehitysvaiheessa tarkoituksena on suunnitella joko olemassa olevalle asiakkaalle, tai markkinoille tuote, joka vastaa sille annettuja speksejä. Tuotteen suunnittelussa on paljon eri näkökulmia ja kehitysprojektin eri vaiheessa tuotteen eri osaluokkia pyritään viemään mahdollisimman kypsään suuntaan valmistuksen kannalta.

Tutkimus tehdään akkuteollisuudessa toimivalle yritykselle, jolla on toimintaa usealla eri autoteollisuuden alalla. Tutkimuksessa käsitellään yrityksen erään akkuvalmistusprojek-

tin tuotekehitysprosessia, jossa tarkoituksena on kehittää ja aloittaa tietyn tuotteen sarjavalmistus. Tutkimuksen tarkoituksena on kehittää optimaalisin ja tehokkain tapa suorittaa prototyyppituotanto akun kehitysprojektiin aikana, jotta tuleva massatuotanto voitaisiin aloittaa tehokkaasti. Prototyyppituotannossa on monta näkökulmaa niin tuotteella, prosessilla, laadulla muilla valmistukseen liittyvillä asioilla. Tutkimuksessa tutkitaan projektivaiheesta siirtymistä sarjavalmistukseen ja sen vaatimuksia. Tutkimuksessa tuotetaan yritykselle kehitysehdotuksia parantamaan sen toimintaa ja vaadittavat työkalut suorittaa prototyyppituotanto sarjavalmistuksen aloituksen kannalta. Lopullisissa tuotoksissa huomioidaan myös asetetut vaatimukset, kuten VDA/IATF standardien mukaiset vaatimukset tuotteelle, sen prosesseille ja dokumentoinnille, sekä asiakaskohtaiset vaatimukset ja kohdeyrityksen omat vaatimukset.

1.1 Työn tausta

Kohdeyrityksessä on tuotekehitysprojekti, jonka tavoitteena on kehittää uusi ajoneuvon sähköakusto markkinoille ja aloittaa sen sarjavalmistus uusille asiakkailleen. Tutkimuksessa toimitaan autoteollisuuden kontekstissa ja kaikki asiat ovat huomioitu tuosta näkökulmasta. Autoteollisuuden tiukat vaatimukset tuovat yrityksille haasteita, kun markkinoiden toimintaa säätelee vaatimuksina autoteollisuuden standardit IATF 16949 ja vastaava VDA:n laatustandardi. Nämä asettavat paljon vaatimuksia yrityksen toimintaan ja siten yrittävät varmistua lopputuotteen laadusta asiakkaalle. Tutkimuksessa käsitellään tätä projektia ja yleisellä tasolla myös tulevia vastavia projekteja. Tuotekehitysprojekti koskee yrityksen omaa tuotetta ja sen eri derivaattoja asiakasvaatimusten mukaisesti. Tarkoituksena on saattaa valmis tuote sarjavalmistukseen sen tuotekehitysprosessin päätyttyä, jolloin tarkoituksena on olla valmis toimiva tuote, jota on mahdollista valmistaa. Yrityksessä on menossa päällekkäin useampia projekteja, jotka noudattavat samankaltaista prosessia ja eroina tulevat eri vaatimukset asiakkailta ja riippuen onko akkujärjestelmä ja lopputuote automotive- vai off-highway tuote.

Yrityksessä on ollut aikaisemminkin tuotekehitysprojekteja, joista tuotteita on siirretty kehitysvaiheesta sarjavalmistukseen. Yrityksestä puuttuu yksityiskohtaiset ohjeistukset, prosessit ja tarkastuslistat, joiden avulla tuotteen siirtäminen prototyyppien tuotannosta sarjavalmistukseen onnistuisi mahdollisimman tehokkaasti. Prototyyppinä valmistava organisaatio on saman yrityksen osa, jonka tarkoituksena on palvella useita eri projekteja niiden prototyyppien valmistuksessa ja tarjota juuri valmistuksesta kerättyä tietoa projektiorganisaatiolle kehitysmielessä.

Prototyyppien tuotanto on yrityksessä piensarjatuotantoa, tai jopa yksittäistuotantoa, jolloin valmistettavien prototyyppien volyymit ovat erittäin pieniä. Prototyyppien volyymit

ovat pieniä niiden kustannuksista johtuen ja lisäksi niiden käyttökohteet ovat suureksi osaksi vain tutkimuksiin ja testeihin liittyviä. Prototyypituotanto on suoritettu melkein irrallisena toimintana koko kehitysprojektista, jolloin siitä ei saada kerättyä kaikkea arvokasta tietoa irti. Prototyyppien valmistusvaiheessa tulisi pyrkiä keräämään kaikki tarvittava tieto ylös ja samalla tehdä juuri kokeellisesti tutkimalla esim. materiaalivalintoja ja tuotantomenetelmiä. Tällä hetkellä osassa yrityksen tuotekehitysprojekteista suunnitellaan aluksi tuote, jonka jälkeen siitä valmistetaan prototyyppinä tutkimuskäyttöön projektille ja mahdollisille asiakkaille. Myöhemmin prototyyppien valmistuksen loppuvaiheessa suunnitellaan sarjavalmistusta. Sarjavalmistus tulisi tuoda tähän yhtälöön jo aikaisemmin prototyyppien tuotannossa, jotta voidaan implementoida DFM/A metodologiaa mukaan ja siten tukea sarjavalmistusta parhaiten. Prototyypituotannon taustalla tulisi siis olla monta näkökulmaa, joita halutaan tutkia ja ratkaista jo alusta alkaen prototyypituotannossa. Prototyypituotannossa on mukana tuotannon lisäksi myös paljon dokumentteja, testauksia, laitteita, metodeja ja muita asioita, joilla on vaikutusta prototyyppihin ja sarjavalmistuksen suunnitteluun ja suorittamiseen. Tämän takia olisi tärkeää luoda laaja suunnitelma eri vaiheen prototyypituotannolle jo ennen prototyyppien valmistusta, että mitä halutaan selvittää. Esimerkiksi mitä dataa halutaan kerätä, mitä dokumentointia tulisi olla valmiina ja ovatko asiakas- ja lakivaatimukset täytetty.

Yksi haaste organisaatiossa on myös monien muiden yritysten tapaan projektien selvä organisointi ja tiedonliikkuvuus. Ne ovat myös ominaisia isommille projekteille ja organisaatioille, mutta yleisesti relevantin tiedon saaminen on erittäin haastavaa ja aika vievää. Tuotekehitysprojektin aikana on projektin kannalta erittäin kriittistä, että informaatiota kerätään ja se liikkuu organisaatiossa sinne, missä sitä tarvitaan ja siitä saadaan paras hyöty. Tällä hetkellä prototyypitoiminnassa valmistustoiminta on yhden organisaation alla ja projektia ohjaa eri organisaation ja lisäksi mukana on vielä muita organisaatioita, jolloin tämä synergia on erittäin haastavaa ja kriittistä tietoa katoaa. Informaation liikkumiseen on olemassa omia alustoja ja sovelluksia, mutta silti isoin osa tiedoista on aina ihmisillä ja lisäksi oikean tiedon kaivaminen on myös haastavaa. Isoissa projekteissa informaatiota kerätään paljon viikkotasolla ja eletään nopeasti muuttuvassa kentässä, jolloin informaatio on suurin ajuri, jolla tehdään isoja päätöksiä projektissa.

1.2 Työn tutkimuskysymykset

Työn päätutkimuskysymykseksi on asetettu:

TK: Miten prototyypeistä saatu informaatio voidaan siirtää sarjavalmistukseen?

Päätutkimuskysymyksellä on tarkoituksena selvittää, miten prototyyppituotannon aikana kerätystä informaatiosta voidaan ottaa kaikki mahdollinen hyöty irti ja siirtää se sarjavalmistukseen ja sitä kautta ratkaista sen pullonkauloja sekä ongelmia. Tuotekehityksen aikaisessa tuotannossa prototyyppien avulla saadaan paljon tärkeää tietoa sekä tuotteesta, että prosessista, joten ymmärrys tämän tiedon hyödyntämisestä on erittäin tärkeää case tutkimuksessa. Tällä kysymyksellä halutaan selvittää tarkemmin pragmaattisesti, että miten tuo informaation hyöty saadaan käytettyä ja liittykö siihen jo olemassa olevia prosesseja.

Lisäksi tälle diplomityölle on asetettu seuraavat alatutkimuskysymykset:

1. Mikä erottaa prototyyppituotannon sarjavalmistuksesta?
2. Mitä tulee huomioida siirryttäessä prototyyppituotannosta sarjavalmistukseen?
3. Miten asiakasvaatimukset ja laatuvaatimukset huomioidaan?
4. Miten suunnitella prototyyppituotanto hyvin tuotekehitysvaiheessa?

Päätutkimuskysymyksen alakysymyksellä 1. halutaan selvittää tarkemmin erottavat tekijät prototyyppituotannon ja sarjavalmistuksen välillä. Kun tehdään prototyyppituotantoa, halutaan ymmärtää sen erikoisvaatimukset ja ominaisuudet. Sarjavalmistus on yrityksille monesti niiden ydinosaamista, mutta miten prototyyppituotanto eroaa isoista volyymeistä, selvistä vaatimuksista ja laatuvaatimuksista. Molempien tuotantotyyppien agenda on erilainen ja tarkoituksena on nostaa esille juuri prototyyppituotannon eri syitä ja miksi ja miten sitä tehdään. Monilla yrityksillä on prototyypeille eri ajureita ja tarkoituksena on selvittää, halutaanko niillä tutkia esim. laaduntuottamista, valmistettavuutta vai volyymeja.

Toisella alatutkimuskysymyksellä 2. halutaan selvittää selvät erot tuotteen prototyyppituotannon ja sarjavalmistuksen välillä. Projektin tulisi selvittää kaikki vaaditut dokumentit, resurssit ja toiminnot mitä tarvitaan sarjavalmistuksessa verrattuna prototyyppituotantoon. Kun siirtyminen tehdään ja sarjavalmistuksessa on tuotannonaloitusvaiheen valmistelut, eli ramp up menossa, niin tuotantoprosessiin on tulossa varmasti muutoksia

juuri volyymien takia, jotta valmistettavuus olisi optimaalinen ja myös muut toiminnot voidaan skaalata volyymien suhteen. Prototyypituotannon aikana on myös projektille ja tuotteelle tehty vaadittava dokumentaatio vaatimusten mukaan siihen asti, mutta sarjatuotannon aloittamisessa dokumentteihin pitää tehdä paljon muutoksia ja päivityksiä, jotta ne ovat sarjavalmistuksen vaatimusten mukaisia. Eli tässä kohtaa tulisi selvittää vaatimukset dokumentointiin sarjatuotannon kannalta. Tämän tutkimuskysymyksen perimmäinen tarkoitus on selvittää kaikki vaadittavat toimenpiteet siirtymisen kannalta, joita tulee muuttaa sarjavalmistukseen tuotteen ja prosessin osalta.

Alatutkimuskysymyksellä 3. on tarkoituksena selvittää, miten prototyypituotantoa suunniteltaessa ja siirryttäessä sarjavalmistukseen tulee huomioida tuotteen ja tuotannon eri vaatimukset. Tuotannon osalta laatuvaatimuksia on useita ja riippuen tuotteen loppukäyttökohteesta, että tuleeko se autoteollisuuden tuotteiden laatuvaatimusten, eli IATF 16949 alle vai koskeeko sitä vain esim. ISO 9001 mukaiset laatuvaatimukset. Normaaliin laatuvaatimusten päälle asiakkaalta tulee heidän omat asiakaskohtaiset vaatimuksensa, jotka liittyvät sekä laatuun, että tuotantoon ja muihin tekijöihin. Tällä tutkimuskysymyksellä on tarkoituksena paneutua tarkemmin tämän loppu työn kohdetuotteen vaatimuksiin ja selvittää kaikki sille asetetut vaatimukset, jotta voidaan seurata niiden täyttymistä ja samalla estää niiden laiminlyöntiä. Lisäksi tutkimuskysymyksellä tarkoituksena on selvittää prototyypituotannossa käytettyjä työkaluja ja prosesseja, joilla voidaan tukea sarjatuotantoa ja siihen siirtymistä. Tarkoituksena on kartoittaa jo olemassa olevat työkalut ja mahdollisesti myös uusia työkaluja, joita ei ole käytössä, mutta joille voisi löytyä selvää käyttöä. Prototyypituotannon aikana tuotannon ympärille on rakennettu useita prosesseja, joilla ydinprosessia voitaisiin tukea, joten näiden suunnittelu uudelle prototyypituotannolle tulee selvittää tarkasti. Projektiorganisaation kanssa tulee selvittää tarkka listaus heidän, asiakkaan ja standardien tavoitteistaan ja vaatimuksistaan heidän kehitystyössään uudelle prototyypille sen tuotantovaiheeseen.

Viimeisellä alatutkimuskysymyksellä 4. pyritään selvittämään, että miten tuotekehitysvaiheessa tulisi suunnitella eri build-vaiheiden prototyypituotannon suunnittelu. Kun eri build-vaiheessa design on jäädytetty, tulisi päättää viimeistään, miten prototyyppien tuotanto tulisi järjestää optimaalisella tavalla. Suunnitelmassa tulisi olla yksityiskohtaiset suunnitelmat jokaiselle akulle, eli mihin käyttöön se on menossa ja mitä tietoa siitä saadaan. Lisäksi koko tietyn vaiheen prototyypituotannolle pitäisi määritellä selvittävät asiat, kuten esim. valmistettavuus, datankeruu, jäljitettävyyys ja testaaminen. Kysymyksellä halutaan myös selvittää, että mitä eri asioita halutaan selvittää protojen avulla ja minkälainen suunnitelma olisi paras tähän tarkoitukseen.

1.3 Työn tavoitteet ja rajaus

Tämän tutkimuksen tavoitteena on kehittää autoteollisuudessa toimivalle kohdeyritykselle kehitysehdotuksia, joiden avulla yrityksellä olisi paremmat ja selvemmat toimintatavat, sekä prosessit suunnitella ja toteuttaa prototyypituotantoa. Yritykselle on tarkoituksena kehittää prosessimaisempi tapa suunnitella kehitysvaiheessa tehtävä prototyypituotanto jokaisen osapuolen näkökulman mukaan. Lisäksi kehitetään tiedonkeruuseen toimenpide-ehdotus, jonka avulla olisi mahdollista kerätä ja jakaa tietoa prototyypituotannon aikana ja jälkeen kaikille osapuolille, jotka sitä tarvitsevat. Tavoitteena on luoda yritykselle prosessimainen malli, jota voidaan hyödyntää case projektissa ja myös yrityksen muissa projekteissa jatkossa. Myös kaikki muut tutkimuksen aikana nostetut havainnot toiminnan kehitykselle tullaan käsittelemään ja analysoimaan läpi tutkimuksen lopussa.

Työ on rajattu koskemaan vain yhtä kohdeyrityksen kehitysprojektia, joka on jo meneillään oleva yrityksen oma projekti. Yrityksellä on useampia projekteja menossa päällekkäin ja ovat luonteeltaan erilaisia, joten rajauksella työn kohteeksi saadaan myös akkutuote, joka on kohdeyrityksen ydinosaa. Työn rajaus tehtiin sillä perusteella, että kyseinen projekti on kohdeyrityksen oma ja se osuu jokseenkin hyvin tämän työn aikataulujen mukaan. Työssä on lisäksi rajattu, että pääpaino työllä on nimenomaan tämän määritellyn kehitysprojektin prototyypituotanto ja siihen liittyvät prosessit, vaatimukset ja työkalut. Silti työssä käsiteltäviä asioita pyritään huomioimaan myös muille projekteille ja lisäksi tavoitteena oli luoda selvempää prosessia yrityksille, jonka takia lopputuloksissa voidaan puhua myös yleisellä tasolla. Työssä puhutaan tästä tietystä projektista ja sen tuotteesta yleisellä tavalla ja ei esimerkiksi käsitellä kaikkien sen potentiaalisten asiakkaiden vaatimuksista. Kuten mainittua projekti on jo käynnissä, joten aivan projektin alkuun ja kaikkien asioiden määrittelyyn ei voida enää vaikuttaa ja kyseisen projektin seuraava rakennusvaihe on tarkoitus suorittaa syksyllä ja siihen rakentamisvaiheeseen ja tuleviin on tarkoitus paneutua tarkemmin ja osallistua suunnitteluun tutkimuksessa.

Työ rajataan koskemaan projektivaihetta, eli SOP vaiheeseen asti, jolloin itse sarjavalmistus ei kuulu enää mukaan tämän työn rajaukseen. Työssä liikutaan autoteollisuudessa toimivassa yrityksessä, joten työ rajataan koskemaan autoteollisuuden toimintoja. Rajoittavina tekijöinä toimivat autoteollisuuden standardit, asiakaskohtaiset vaatimukset ja kohdeyrityksen omat prosessit. Autoteollisuudessa on myös vallitsevia toimintatapoja, joita käytetään ja ne huomioidaan tässä tutkimuksessa.

1.4 Diplomityön rakenne

Tämän työn rakenne koostuu kuudesta eri pääluvusta. Ensimmäisessä pääluvussa esitellään työn taustat ja perusteet, että miksi tämä työ tehdään yritykselle. Ensimmäisessä pääluvussa käsitellään myös työn tutkimuskysymykset, rajaus ja tavoitteet. Toinen pääluke käsittelee teoreettista taustaa työlle kirjallisuudesta, sekä muista lähteistä. Pääluvussa 2 esitellään autoteollisuuden vaatimat standardit ja prosessit, joita kohdeyrityksessäkin on käytössä. Tässä luvussa erittäin tärkeänä osana teoriaa käsitellään autoteollisuuden VDA ja IATF 16494 standardien vaatimuksia projektille, tuotteelle, tuotannolle ja muille tekijöille, koska näiden standardien mukaan toimiminen on vaadittua autoteollisuudessa, jotta voidaan taata lopputuotteelle korkea laatu. Lisäksi esitellään näiden standardien mukana tulevat prosessit projektitoiminnalle ja käsitellään asiakaskohtaisia vaatimuksia tuotteessa ja prosessissa.

Pääluke 3 on teorialuku, jossa käsitellään tuotekehitystoimintaa, prototyyppejä ja niiden tuotantoa ja tiedonluontia ja hallintaa. Tarkemmin teoriaosuudessa 3 luku on jaettu viiteen osa-alueeseen, joissa käydään läpi prototyyppejä ja prototyyppituotantoa, eli esitellään prototyypit ja kerrotaan, miksi niitä valmistetaan ja mikä on niiden tarjoama hyöty. Lisäksi käsitellään tuotekehitystä ja tarkemmin kokonaista tuotekehitysprojektia ja prosessia, jolla tuotteita kehitetään suunnittelusta sarjavalmistukseen asti. Luvussa paneudutaan myös tuotteen eri vaiheeseen ja tuotteen sekä sen valmistusprosessin kypsyyteen. Samalla esitellään myös projekteja tarkemmin ja mitä reunaehtoja niillä on, sekä miten projekti osataan toteuttaa sille asetettujen tavoitteiden ja vaatimusten mukaan. DFA ja DFM käsitteet avataan tarkemmin ja tuodaan esille niiden näkökulmia.

Neljännessä pääluvussa käsitellään tarkemmin kohdeyrityksen nykyistä toimintaa ja esitellään sen prosesseja tarkemmin. Lisäksi käydään tähän työhön valitun projektin taustat paremmin läpi ja esitellään sen aikatauluja ja tavoitteita, sekä esitellään sen suunnitelmat. Tämän luvun tavoitteena on käsitellä jo toteutettuja projekteja ja niiden lessons learned asioita läpi. Luvussa käydään myös tämän työn tutkimusmenetelmiä läpi, eli teema-haastattelua, sekä kyselyä. Tutkimusmenetelmien jälkeen käydään läpi tarkemmin haastatteluun osallistuvat henkilöt ja heille esitettävä kysymyspatteristo.

Viidennessä pääluvussa käydään läpi kerättyä aineistoa ja sen pohjalta suoritettuja analyysejä. Tarkoituksena on kasata paljon huomioita kerätyn aineiston pohjalta ja sen kautta rakentaa uusia toimia työkaluja ja ratkaisuja. Uusia toimenpide-ehdotuksia pyritään kehittämään selvien tarpeiden pohjalta vaatimukset huomioiden. Luvussa siis keskustellaan aineiston kanssa ja pyritään löytämään sen pohjalta selviä ja toimia ratkaisuja, joita voidaan tulevaisuudessa implementoida yrityksen prosesseihin mukaan. Lisäksi

pääluvussa esitellään nämä uudet ehdotukset ja työkalut, jotka ovat siten työn tulos ja ne pilkotaan osiin ja selitetään niiden hyödyt, sekä käyttöönotto. Uusien toimintamallien ohelle rakennetaan tarvittava dokumentaatio ja niistä tulee kirjata yrityksen Operating systeemiin viralliset prosessit ja prosessikaaviot.

Viimeinen kuudes pääluku on nimeltään yhteenveto. Luvussa käsitellään päätelmiä kehitetyistä toimintamalleista. Tarkoituksena tuottaa arviointia onnistumisesta ja miten niiden käyttöönotto on onnistunut. Lisäksi arvioidaan kehitettyjen prosessien ja työkalujen toimivuutta, että miten ne toimivat käytössä ja ovatko ne helppoja käyttää. Lisäksi jatko-parannuksesta pohditaan vaihtoehtoja, koska jatkuva parantaminen on normaalia iterointia, jotta voidaan taata kehitystä ja tehokkuutta. Yleistä arviointia suoritetaan viimeisenä koko työn onnistumisesta ja pohditaan valittujen prosessien ja työkalujen yleistä kehitystyötä ja onnistumista.

1.5 Tutkimusmenetelmät

Kvalitatiiviset tutkimusmenetelmät ovat erilaisia menetelmiä, jotka perustuvat ei-tilastolliseen tiedonkeruuseen ja niiden tuottava informaatio on paljon syvempää ja moniulotteisempaa. Ei-tilastollista informaatiota tulkitaan eri tavoin kuin matemaattisesti, joka johtaa erilaisiin tulkintoihin. Kvalitatiivisista menetelmistä voidaan puhua jopa ”pehmeinä” menetelminä, kun niiden ominaisuus ei ole muuta kovin tieteellinen. Tämän vastakohta on siis kvantitatiiviset menetelmät, eli määrään ja tilastoihin perustuvat menetelmät. Laadullisia menetelmiä ovat juuri erilaiset haastattelut ja avoimet kyselyt. On olemassa tutkimusongelmia, joita ei voida tutkia tilastollisilla menetelmillä riittävästi, joten niiden soveltuvuus on erilainen. Esimerkiksi haastatteluilla päästään yleensä paljon pintaa syvemmälle ja voidaan paneutua paremmin eri tekijöihin ja juurisyyihin. Eri menetelmiä on kuitenkin mahdollista käyttää samassa tutkimuksessa. (Grönfors. M. 2011, s 14)

Teemahaastattelu on kvalitatiivisiin, eli laadullisiin tutkimusmenetelmiin kuuluva avoin haastattelu. Haastattelu tapahtuu yleensä henkilökohtaisesti haastateltavan kanssa, jossa haastattelija haastattelee ennalta suunniteltuja kysymyksiä. Haastattelussa etuna on juuri henkilökohtainen tapa tarjota haastateltavalle puhua vapaasti haastattelun aiheesta ja tarjota hänen näkökulmastaan kattava vastaus. Haastatteluiden strukturointi helpottaa haastattelua selvästi ja haastattelija voi johtaa lisäkysymyksiä vastausten perusteella. Haastattelijalla tärkeä ominaisuus on olla puolueeton ja tarjota haastateltavalle tarjoamaan hänen rehellinen vastauksensa ilman vaikutusta tähän. Puolueettomuus on tärkeä rooli haastattelun suorittajalle. Kyselylomakkeella on mahdollista suorittaa sama haastattelu, mutta siitä puuttuu haastateltavalta tietynlainen vapaus puhua asiasta kattavaksi ja käydä koko asia läpi. (Grönfors. M. 2011)

Kysely on kvalitatiivisiin, tai kvantitatiivisiin tutkimusmenetelmiin kuuluva menetelmä, jolla kerätään laadullista tietoa halutusta asiasta. Kysely on karkeasti haastattelu, joka suoritetaan paperilla. Kyselyitä voi olla siis joko laadullisia, tai määrään perustuvia, joka johtuu vastausten luonteesta, että voidaanko niistä johtaa tilastollista dataa, vai ovatko vastaukset avoimia. (Grönfors. M. 2011) Kysely strukturoidaan valmiiksi ja sille asetetaan haluttuja vastausvaihtoehtoja, tai vastaavasti annetaan avoimia kysymyksiä, joihin kyselyn tekijä voi vapaasti vastata. Kyselyssä kysymykset tulee asettaa selvästi ja mielellään lyhyiksi, koska ongelmana kyselyissä on vastaajan keskittyminen ja motivaatio vastata kaikkiin kysymyksiin, tai yleisesti vastata kunnolla. Myös kysymysten asettaminen tulisi olla neutraalia, jotta se tarjoaa parhaat ja puolueettomat vastaukset vastaajilta. (Ojasalo & Moilanen & Ritalahti, 2015)

Tutkimuksessa tutkimusmenetelminä käytettiin kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Näistä menetelmistä valittiin teemahaastattelu ja kysely. Kysely sisälsi avoimia kysymyksiä, joista ei voitu johtaa tilastollista analysointia, joten se kuuluu kvalitatiiviseen tutkimukseen. Tutkimuksessa haluttiin tarkasti paneutua tutkimusongelmiin, sen syihin ja erityisesti kehittymismahdollisuuksiin, joten kvalitatiiviset menetelmät olivat luonnollinen valinta. Kvalitatiiviset menetelmät myös valittiin sen takia, että haastateltavia henkilöitä ei ollut paljoa, joten teemahaastattelut olivat selvä valinta panostaa kunnolla laadulliseen tietoon ja saada sitä kautta kerättyä haastateltavilta kattavampaa tietoa haastattelun aiheista. Haastateltavien henkilöiden oli helpompi antaa heidän vastauksiaan haastattelussa, kun heidän tarvisi vain kertoa heidän mielipiteensä, eikä se tuottanut heille ylimääräistä vaivaa kuten kyselyissä ja muissa lomakkeissa. Haastattelut koetaan yleisesti helppona tapana kerätä tietoa ja haastateltavan on helpompi kertoa asiat henkilökohtaisessa haastattelussa.

Kyselyt tehtiin teemahaastattelun jälkeen osalle haastateltavista. Kyselyiden tarkoituksena oli syventää, tai tarkentaa osaa vastauksista niiden analysoinnin jälkeen. Lisäksi alkuperäisen haastattelun jälkeen, kun vastauksia analysoitiin, niin haluttiin selvittää lisää uusia asioita, joita nousi esille. Kyselyt olivat etukäteen suunniteltu eri henkilöille heidän työtehtävänsä ja vastaustensa perusteella. Kyselyt olivat luonteeltaan avoimia kysymyksiä lähetettynä sähköpostiin ja vastausajaksi määritettiin tietty aika.

2. AUTOTEOLLISUUDEN VAATIMAT PROSESSIT JA STANDARDIT

Autoteollisuudessa on tarkasti määritetyt vaatimukset ja standardit tuotteelle, prosessille sekä projektille. Jokainen alan toimija joutuu sitoutumaan näihin vaatimuksiin tiukasti ja varmistumaan, että niitä noudatetaan. Näiden vaatimusten ja standardien ympärille yritykset rakentavat oman laatujärjestelmän, jonka avulla eri vaatimukset voidaan implementoida yrityksen toimintaan, sekä niiden seuranta ja auditointi olisivat helpompaa. Autoteollisuudessa vallitsevat laatustandardit ovat ISO 9001 päälle ja sen pohjalta rakennetut IATF 16949 ja VDA:n standardit. Lisäksi näiden vaatimusten päälle tulee autoteollisuuden OEM valmistajien asiakaskohtaiset vaatimukset, jotka ovat erillisiä vaatimuksia standardeista ja joista OEM valmistajat ovat erittäin tarkkoja. Standardit ja vaatimukset antavat autoteollisuuden toimittajille reunaehdot toiminnalle, mutta ne eivät silti kaikki välttämättä sanele, että millaista toiminnan tulisi olla. Kaikkia vaatimuksia odotetaan noudatettavaksi heti projektien alusta aina SOP vaiheeseen asti, sekä myös sarjatuotannossa. Projektien aikana tuotteen ja prosessin ympärille rakennetaan kaikki vaatimukset ja standardit täyttävät kokonaisuus, jota seurataan aktiivisesti ja projektilla on olemassa paljon omia työkaluja. Strukturoidut prosessimetodit auttavat toimittajia varmistumaan kaikkien vaatimusten täyttämistä ja ne takaavat myös läpinäkyvän toiminnan asiakkaiden kanssa, jolloin asiakkaalla on mahdollisuus osallistua ja seurata projektien etenemistä. Auditointeja tehdään paljon, joissa varmistutaan vielä erikseen toiminnan oikeellisuudesta ja kaikkien vaatimusten täyttymisestä.

2.1 Autoteollisuuden projektinohjaustyökalut

Autoteollisuudessa projektit ovat yleensä erittäin isoja kooltaan ja vievät vuosia aikaa tuotteiden kehityksestä sarjavalmistusvaiheeseen. Tuotteen kompleksisuus vaikuttaa suoraan koko projektin kokoon ja keston. Isojen OEM valmistajien omista autonkehitysprojekteista projektien kehitettävät tuotteet vaihtelevat pienimpiin auton osiin. Suurin osa autoteollisuuden projekteista on OEM valmistajien ulkoistamia sen toimittajille. OEM valmistajien ei ole järkeä tehdä kaikkia komponentteja itse vaan keskittyä heidän ydinliiketoimintaansa ja monien osien ja komponenttien kohdalla he tekevät päätöksen, joko valmistaa tai ostaa tietyt osat heidän kehitysprojektiinsa. Tämä kuvattu tilanne on make or buy päätös yritykselle. OEM valmistajat kuitenkin valvovat heidän toimittajien kehitysprojekteja heidän oman osto- ja suunnitteluorganisaatioidensa kanssa. Kaikki autoteollisuuden käytössä olevat projektit ja tuotteet joudutaan suorittamaan autoteollisuuden

standardien mukaan, joiden tehtävänä on taata tuotteelle ja projektille onnistuminen ja vaatimusten täytyminen.

Kompleksiset tuotteet, prosessit ja toimitusverkot luovat suuria riskejä epäonnistumiseen. Autoteollisuuden projektien suuresta koosta ja tarkoista vaatimuksista johtuen on paljon potentiaalisia riskejä olemassa, että jotakin menee väärin ja joko projekti epäonnistuu, tai tuote ei ole vaatimusten mukainen. Tämän takia autoteollisuuteen on kehitetty erilaisia työkaluja helpottamaan projektijohdon työtä viedä projekti maaliin asti ja varmistua siitä, että heidän kehitysprojektinsa tuote vastaa sille asetettuja spesifikaatioita.

2.2 Autoteollisuuden prosessimalli

APQP, eli advanced product quality planning on autoteollisuudessa käytössä oleva työkalu tuotekehityksessä. Käytännössä APQP on strukturoitu prosessi, jota noudattamalla projektin keskiössä oleva kehitettävä tuote saadaan valmiiksi ja se vastaa sille asettuja vaatimuksia, sekä kehitysprojektin asiakas on tyytyväinen. APQP lähtee tuotteen määrittelyvaiheesta liikkeelle ja päättyy vasta tuotteen tuotannonaloitukseen. APQP:sta voidaan puhua myös työkaluna, mutta kokonaisuutena APQP muistuttaa enemmän prosessia, jonka alle kuuluu autoteollisuudelle tuttuja työkaluja nimeltä Core Tools. Näitä työkaluja tulee myös pakosta käyttää autoteollisuuden kehitysprojekteissa, koska ne ovat vaadittuja työkaluja IATF standardin mukaan projekteille (Quality-One, 2021). APQP:ta käytetään kehityshankkeissa, joissa kehitetään uusia tuotteita, tai prosesseja. Sitä voidaan myös käyttää tuotteiden tai prosessien muutosprojekteissa, mutta pääpaino on uusissa kehitysprojekteissa. APQP on kehitetty autoteollisuudessa ja autoteollisuuden käyttöön, mutta myös muut toimialat, kuten ilmailuteollisuus ja uusituvan energian teollisuus ovat omaksuneet sitä heidän käyttöönsä (Industry Forum, 2016). Vaikka yrityksellä olisi oma laatujärjestelmä implementoituna ja toiminnassa, niin APQP:n käyttö kannattaa silti, koska sen avulla voidaan pienentää liiketoiminnallisia riskejä. Kun riskienhallitsemista painotetaan kehitysprosessissa riittävästi, niin tämä johtaa parempaan laatuun lopputuotteessa ja prosessissa (Quality-One, 2021).

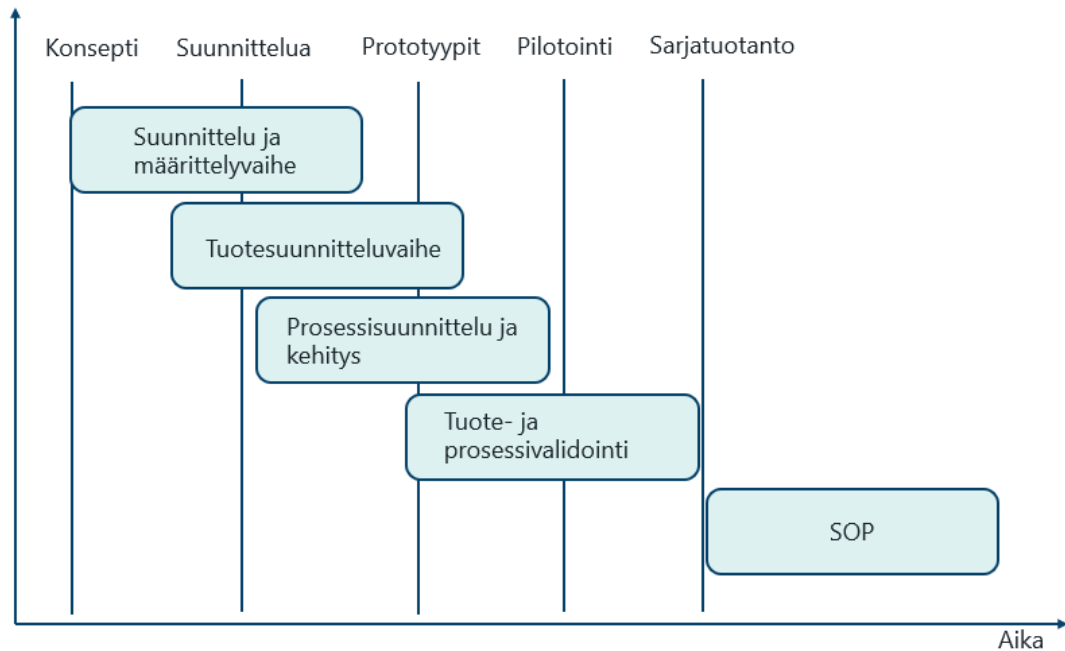
APQP auttaa tuotekehityksessä projektitiimiä hahmottamaan projektin tavoitteet ja vaatimukset paremmin. Jokaisessa kehitysprojektissa on mukana erittäin monialainen tiimi, jolla on osaamista monista eri asioista. Kun iso porukka henkilöitä kasataan projektiin, on projektin johdolle helpointa yrittää rakentaa APQP:n avulla kommunikaatiota eri ryhmien välillä ja siten integroida eri ryhmiä tekemään tiiviimpää yhteistyötä saman tavoitteen eteen. APQP:n avulla pyritään ohjaamaan koko tuotekehitystä siihen suuntaan, että kaikki asiakkaan vaatimukset käännetään spesifikaatioiksi ja niiden täyttymistä valvotaan tiukasta, koska tuotteenkehityksen perimmäinen tarkoitus on kehittää tuote, joka

vastaa sille asetettuja vaatimuksia. Kehitysprosessin aikana myös useasti tarkastellaan kehityksen etenemistä ja asiakkaan kanssa ollaan tiiviisti yhteydessä kaikista tapahtumista. APQP:ssa tärkeimpänä elementtinä pidetään juuri asiakkaan vaatimuksia, josta puhutaan käsitteenä VOC (voice of customer) (Quality-One, 2021).

APQP:n mukainen prosessi koostuu viidestä eri vaiheesta, jotka ovat seuraavat:

1. Suunnittelu ja määrittelyvaihe
2. Tuotesuunnittelu ja kehitys
3. prosessisuunnittelu ja kehitys
4. Tuote- ja prosessivalidointi
5. Tuotteenlanseeraus, arviointi ja jatkuva parantaminen

APQP:n rakenne on viisiosainen ja sen vaiheet eivät ole peräkkäin aikajanalla, vaan ne sijoittuvat päällekkäin, eli ovat rinnakkaisia prosesseja, joilla kuitenkin on synergiaa keskenään. Ensimmäinen vaihe aloittaa prosessin ja sen aikana aloitetaan jo vaiheita 2 ja 3. Vaiheet 2 ja 3 aloitetaan yhtä aikaa ja ovat päällekkäisiä prosesseja, joilla kuitenkin on yhteys ja niitä tehdään yhteistyössä kehitysprosessissa, koska ne ovat sidottuja toisiinsa. 4. vaihe alkaa, kun tuote on kypsyydeltään melkein valmis ja sen valmistusprosessi on myös erittäin valmiina. Tällöin voidaan aloittaa tuotteen ja prosessin validointi. 5. vaihe on SOP (start of production) vaiheen jälkeistä parantamista ja seuranta. Jatkuva parantaminen on myös aktiivista koko kehitysprojektin ajan ja kaikkea toimintoja on tarkoitus viedä eteenpäin. (Quality-One, 2021)



Kuva 1. APQP prosessin 5 vaihetta aikajanalla. (Kiefer, Allegretti & Breckle 2017. Kuva mukailtu lähteestä)

Suunnittelu ja määrittelyvaiheessa tarkoituksena on paneutua tarkasti asiakkaan kanssa heidän tarpeisiinsa ja vaatimuksiinsa. Viiden vaiheen lisäksi monesti puhutaan ”nolla -vaiheesta”, joka ajoittuu ennen ensimmäistä vaihetta. Tässä vaiheessa käydään karkeasti läpi uuden tuotteen perusidea, tai muutos vanhaan tuotteeseen, tai prosessiin. Suunnitteluvaiheessa tärkeimpänä on käydä asiakkaan kanssa yksityiskohtainen suunnittelu tulevan tuotteen tarpeista ja vaatimuksista, joista voidaan johtaa spesifikaatioita. Projektimielessä tässä vaiheessa määritellään tarvittavia resursseja, aikatauluja ja muita asioita tulevan projektin osalta. Myös dokumentaation määrittelyt ja suunnittelut alkavat tässä kohdassa prosessia ja asiakkaan kanssa käydään yleisesti läpi projektin läpivientiä (Quality-One, 2021). Tässä vaiheessa asiakas on nimittänyt toimittajan RFQ vaiheen jälkeen. Asiakkaalle on siis osana RFQ prosessia jo näytetty karkeat suunnitelmat, joten heille voidaan jo toimittaa alustavat BOM- ja prosessidokumentaatiot. (Quality-One, 2021)

Toinen vaihe APQP prosessissa on tuotesuunnittelu ja kehitys. Vaiheessa keskitytään nimenomaan itse tuotteen kehitykseen ja geometriaan. Tuotteen malleja aletaan suunnittelemaan tarkemmin CAD ohjelmalla ja sen eri elementteihin keskitytään suuremmalla tarkkuudella. Tuotteen eri geometriset muodot, materiaalivalinnat, toleranssit ja mitoitus suunnitellaan vaatimusten mukaisesti. Lisäksi keskitytään autoteollisuuden määrittelemiin SC elementteihin, eli tuotteen kriittisimpien elementtien suunnitteluun ja määrittelyyn. Tuotesuunnittelussa pidetään erilaisia tarkasteluhetkiä sisäisesti ja asiakkaan

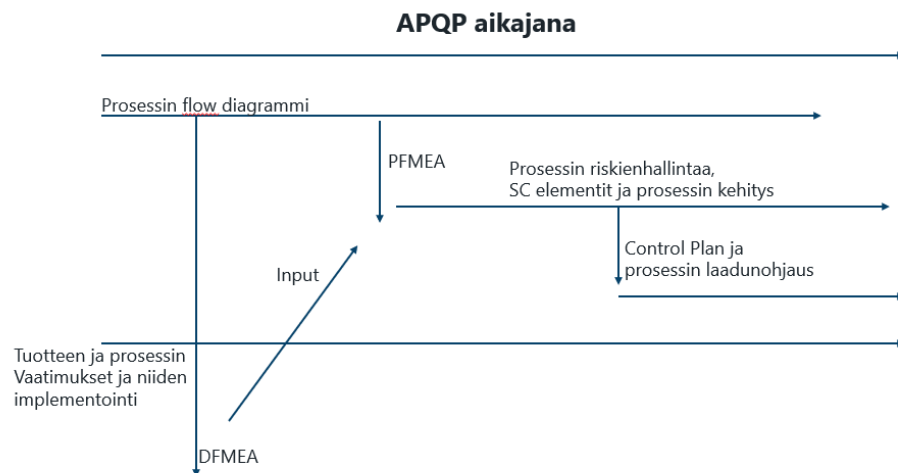
kanssa, jotta kehityksen etenemistä ja vaatimusten täyttymistä voidaan seurata (Quality-One, 2021). Tämä vaihe kestää tuotteen suunnittelun aloituksesta aina valmiiseen tuotteeseen asti. Tähän vaiheeseen kuuluu myös prototyyppien valmistus, joilla voidaan varmentaa tuotteen toimivuutta testauksella ja samalla tutkia tuotteen kokoonpantavuutta. Prototyyppien avulla voidaan hahmottaa paremmin tuotteen designiin liittyviä asioita ja valmiista prototyypistä saadaan paljon informaatiota jatkosuunnitteluun. Tuotekehityksessä on tässä kohdassa aloitettu jo DFMEA dokumentin tekeminen ja sen eri toimenpiteitä voidaan seurata ja arvioida prototyyppituotannon aikana ja lisäksi tehdä uusia havaintoja. DFMEA dokumentaatiota viedään jatkuvasti eteenpäin suunnittelun ollessa käynnissä. Tuotannossa on mahdollista olla Control Plan valmiina prototyyppien tuotantoa varten, jos tuotantoprosessi on riittävän kypsällä tasolla. Lisäksi tuotantoon tehdään PFMEA dokumentti, eli riskienarviointi valmistusprosessista ja miten niihin reagoidaan ja voidaan parantaa laaduntuottoa riskejä pienentämällä. Suurin osa vaaditusta isosta dokumentaatiopakelistä on autoteollisuuden ns. core tools dokumentteja, eli standardien vaatimia ja niistä johdannaisia (Techqualitypedia [www-sivut](#)).

Kolmannessa vaiheessa tarkoituksena on rakentaa kehitteillä olevalle tuotteelle kyvykäs valmistusprosessi, joka vastaa asiakkaan vaatimuksia. Kun valmistusprosessia suunnitellaan, tulee ymmärtää tuote hyvin ja sen erilaiset osakokonaisuus, tuotantoteknologioita ja volyymiestimaatteja. Myös muita näkökulmia löytyy prosessisuunnitteluun (Quality-One, 2021). Tuotantoprosessissa pitää pystyä vastaamaan laatuvaatimukseen eli suunnittelussa määritetyt kriittiset elementit tulee pystyä testaamaan ja varmistamaan. Myös tuotantoprosessin kyvykkyys ja kustannustehokkuus ovat tärkeitä asioita ottaa huomioon prosessisuunnittelussa. Vaiheessa erityisesti valmistellaan tuotantoprosessin dokumentaatiota, eli PFMEA ja CP ovat tuotannolle kriittisimmät dokumentit tuottavat ja päivittää jatkuvasti tuotantoprosessin kehityksen mukana (Techqualitypedia [www-sivut](#)).

Tuotteen ja tuotantoprosessin validoinnissa tarkoituksena on varmistaa tuotteen ja tuotantoprosessin valmius tulevaan sarjavalmistukseen, sekä samalla vertailla, että kaikki niille asetetut vaatimukset täyttyvät. Tuotteen validointi onnistuu tekemällä sille perusteelliset testit, joko itse tai ulkopuolisella riippumattomalla osapuolella. Tarkoituksena on testata tuotteen ominaisuudet ja testata sen kuormituksenkestoa markkinoilla ja erilaisissa tilanteissa (Quality-One, 2021). Tuotantoprosessin validoinnissa tuotetta ajetaan tuotantoprosessin läpi koesarjoja ja valmistuneet tuotteet testataan tuotantoprosessin mukaisesti. Tuotantoprosessin kyvykkyyttä mitataan ja varmistutaan mm SPC:n tekemisestä ja seuraamisesta. Kaikille tuotantolaitteille on tehty vaaditut MSA:t. Tärkeä osa

tuotantoprosessin validointia on tarkastaa vielä PFMEA:n, CP:n ja prosessiflown oikeellisuus ja että dokumentit ovat linkitetty. Tärkeää on myös, että toiminta on näiden dokumenttien mukaista (Techqualitypedia www-sivut).

APQP:n viimeisessä tuotteen lanseeraus markkinoille, tai asiakkaalle tapahtuu ja sarjatuotanto aloitetaan. Kun kaikki testaukset ja vaaditut hyväksynnät on saatu, niin yhteistyössä ja asiakkaan luvalla sarjavalmistus aloitetaan. Jatkuva parantaminen tarkoittaa jatkuvaa seuranta ja reagointia tuotantoprosessille ja sen ongelmille. Kun tuotannossa, tai tuotteessa havaitaan ongelmia, niin tuotanto-organisaatiossa reagoidaan siihen selvittämällä ongelman juurisyy ja laukaisemalla korjaavat toimenpiteet. Kun muutoksia prosessiin on tehty ja ongelmat ratkaistu, niin tulee päivittää myös tuotannon dokumentaatiosta PFMEA ja CP. Muutenkin SPC:tä tehdessä prosessille pyritään koko ajan tuotannon vaihtelun karsimiseen ja kyvykkyyden nostamiseen. Tällöin laatu- ja kustannukset saadaan matalammaksi ja tuottavuus korkeammaksi. Kun tuotetta valmistetaan sarjassa, niin myös kentältä tulleisiin tuotepalautuksiin ja palautteeseen tulee reagoida ja muutenkin käydä dialogia asiakkaan kanssa (Techqualitypedia www-sivut).



Kuva 2. APQP prosessin eteneminen ja sen työkalut. (Elsmar www-sivut. Kuva mukailtu lähteestä)

2.3 Saksalaisen autoteollisuuden prosessimalli

VDA, eli Verband der Automobilindustrie on saksalaisten ja eurooppalaisten autoteollisuuden OEM yritysten yhdistys, johon kuuluu yli 600 yritystä. VDA:n tehtävänä on luoda yhtenäiset toimintamallit ja standardit autoteollisuuden alalle, jotta eri yritykset voivat yhtenäistää heidän laatu- ja järjestelmiään. VDA:n standardisarja perustuu ISO 9001 laatu-

standardiin ja se on rakennettu suoraan sen päälle, mutta siihen on lisätty paljon tärkeitä asioita. Erityisesti saksalaisilla autoteollisuuden yrityksillä kaikilla edellytetään VDA standardien mukaista toimintaa ja että standardit ovat sertifioitu. (VDA:n www-sivut)

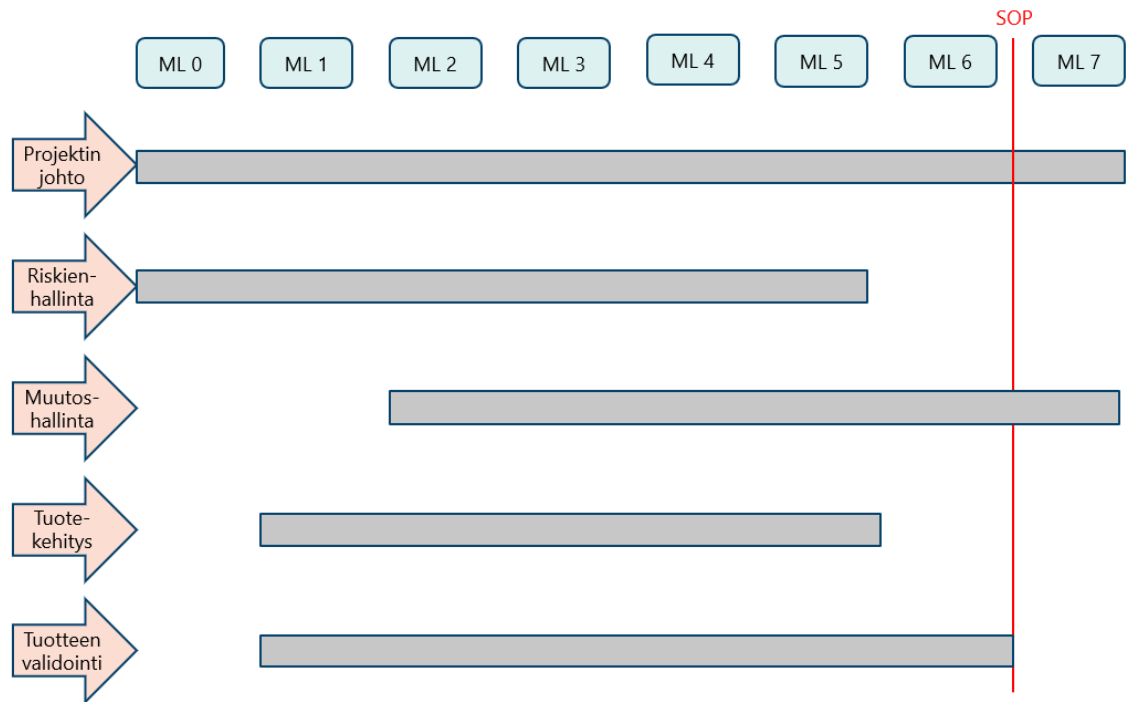
VDA:n itsekehittäjä tuotekehityksen strukturoitu metodi kehityksestä valmiiseen tuotteeseen on MLA (Maturity Level Assurance) malli. MLA on APQP:n mukainen strukturoitu metodi ja prosessi, jota noudattamalla on tarkoitus edetä tuotteen suunnittelusta aina valmiin tuotteen sarjavalmistusprosessiin. Uusin versio MLA metodista on julkaistu 2009. MLA metodilla on tarkoituksena nostaa ja parantaa kehittyneillä olevan tuotteen laatutasoa autoteollisuuden markkinoille ja samalla tuoda näkökulma jatkuvaan parantamiseen. MLA metodi koostuu kahdeksasta eri vaiheesta, eli tasosta. Tasot alkavat MLO:sta ja päättyvät ML7:ään, jolloin tuotteen ja prosessin tulisi olla SOP valmiudessa. APQP:n kanssa MLA metodilla on paljon yhteistä ja molemmissa on tarkoituksena ottaa kehitysvaiheessa projektiin mukaan paljon eri sidosryhmiä, jotta voidaan saada läpinäkyvyyttä ja voidaan estää paljon potentiaalisia riskejä toteutumatta jo aikaisessa vaiheessa. Riskien tunnistaminen ja välttäminen ovat kehityksessä aina keskiössä. (Lorit Consultancyn www-sivut 2021)

MLA koostuu siis kahdeksasta eri vaiheesta ja loppuu SOP vaiheeseen. ML1 vaihe alkaa tuotteen konseptisuunnittelusta ja ML 7 loppuu kun kaikki edellytykset ovat valmiita aloittaa sarjatuotanto. Nämä kahdeksan eri vaihetta ovat enemmänkin ns. maaleja joihin projekti etenee systemaattisesti ja etenee kohti seuraavaa maalia, kun edellisen vaiheen kaikki vaaditut kohdat on tehty ja kuitattu. Jokaisen vaiheen kohdalla MLA esittää paljon vaadittuja asioita tuotteelle, prosessille ja projektille, joiden tulee olla tehtynä, tai täytettynä, jotta voidaan edetä. Riippuen projektin luonteesta asiakas voi täyttää ja valvoa toimittajansa etenemistä tällä mallilla, tai jos projektin kehittää tuotetta omalle yritykselle voidaan dokumentaatiota täyttää itse, mutta siihen liittyy eturistiriitaa. (Lorit Consultancyn www-sivut 2021)

MLA metodi kuten APQP pyrkivät ohjaamaan projektia oikeaan suuntaan ja tukemaan paremman tuotteen valmistumista ja takaamaan sille kaikki vaaditut asiat tehdyksi, joita autoteollisuuden standardit vaativat. Toiminta on aina riskilähtöistä ja MLA metodissa pyritään juuri etenemällä oikein ja tekemällä dokumentaation täyttämistä välttämään riskejä. Projektin alussa määritellään tuotteelle asetetut tavoitteet ja vaatimukset, sekä yleiset vaatimukset kaikelle projektin toimelle, jotta niitä voidaan seurata projektin aikana. Myös kypsyystaso tulee määritellä selvästi ja jokaisessa MLA metodin ML vaiheessa käydään aina selvästi läpi projektin eteneminen ja tuotteen kypsyystaso, sekä potentiaaliset riskit. Riskejä kirjataan projektissa ylös ja niitä arvioidaan eri riskikategorioilla ja niille jalkautetaan toimenpiteitä. (Lorit Consultancyn www-sivut 2021)

MLA metodissa edetään selvissä ML vaiheissa, jotka ovat selvästi määriteltä ja niiden kriteerit ovat annettuna projektille. Projektin tehtävänä on valvoa niiden vaatimusten täytymistä. Myös asiakkaalta tule inputia asiaan ja projektin tehtävänä on myös jalkauttaa heidän vaatimuksiaan myös toimittajille. Kaikki eri ML vaiheiden kriteerit tulee asettaa selvästi muotoon, johon voi vastata selvästi "Kyllä" tai "Ei". Samaan aikaan kuitenkin käytössä on myös liikennevalot, joilla kuvataan vaiheen tilannetta. Tällöin tulee olla selvästi määriteltynä eri valojen merkitys ja keskeneräisille aktiviteeteille tulee olla määriteltä vastuuhenkilö, toimenpiteet ja deadline. Jokaisen ML tason kohdalla on selvästi esitetty pitkä lista eri aktiviteetteja, jotka tulee kaikki olla tehtynä, kun siirrytään seuraavalle tasolle. Nämä asiat ovat esitettyä siten, että myös ulkopuolisella on mahdollista osallistua läpikäyntiin ja jopa arvioida. Esimerkiksi asiakkaan suorittaessa läpikäyntiä on yleinen tapa esittää asiakkaalle ns. todisteita dokumentaationa, että eri vaiheet ovat tehty ja voidaan todentaa yhdessä eteneminen. Tästä syystä juuri dokumentaatiot tulee valmistella huolella ja kaikki tulee dokumentoida. Menossa olevan ja uuden projektin kanssa eteneminen on helpompaa, kun kaikki dokumentaatiot ovat tehty kunnolla ja niistä voidaan oppia, sekä seurata tekemistä. (Lorit Consultancyn www-sivut 2021)

VDA:n MLA ja APQP ovat molemmat projektinjohdon metodeja, tai työkaluja projektin läpivientiin. Niillä on samat vaiheet hahmotettavissa ja ne tähtäävät samaan tilanteeseen projektin ja tuotteen kanssa. VDA:n MLA metodi on suosittu nimenomaan saksalaisessa autoteollisuudessa ja APQP on enemmänkin tunnettu muualla kansainvälisillä autoteollisuuden markkinoilla. Molempia metodeja voidaan kuitenkin käyttää ja ne soveltuvat projektien läpivientiin hyvin. Näillä työkaluilla voidaan yleisesti parantaa eri sidosryhmien yhteistyötä ja tehdä projektista läpinäkyvämpi. Tällöin voidaan karsia turhia riskejä ja eteneminen on kaikille selvää. Nämä työkalut tukevat parhaiten juuri tuotteen, prosessin ja projektin laatutasoa ja voidaan varmistua niiden vaatimustenmukaisuudesta. (Lorit Consultancyn www-sivut 2021)



Kuva 3. VDA: MLA mallin vaiheiden eteneminen. (Lorit-consultancyn www-sivut, 2022. Kuva mukailtu lähteestä)

2.4 Autoteollisuuden toimittajien laatustandardi

IATF 16949:2016 on autoteollisuudessa OEM valmistajien ja heidän toimittajien laatu järjestelmä standardi, jolla pyritään luomaan yhtenäiset vaatimukset koko alalle. Suurimmat autovalmistajat ovat yhdessä päättäneet IATF:n sisällöstä ja autoteollisuuden vaatimusten harmonioinnista. Mukana ovat mm. BMW Group, Daimler, Ford, General Motors ja Volkswagen. Tarkoituksena on viedä samat vaatimukset läpi koko toimitusketjua, jolloin voidaan varmistua yhtenäisistä vaatimuksista ja toimintatavoista. IATF 16949 on rakennettu ISO 9001 laatustandardin päälle, mutta se on paljon kattavampi ja täsmentää sen vaatimuksia. IATF standardia voidaan käyttää myös autoteollisuuden ulkopuolella, mutta johtuen sen vaatimuksista, se ei ole kovin yleistä. IATF määrittelee toimintatapoja tuotteen suunnittelulle, tuotekehitykselle, tuotannolle, sekä asennuksille ja huolloille, jotka liittyvät autoteollisuuden komponentteihin. IATF määrittelee vaadittavat laatu työkalut ja niiden käytön. IATF standardin vaatimat työkalut ovat: FMEA (*failure mode and effect analysis*), SPC (*statistical process control*), MSA (*measurement system analysis*), PPAP (*production part approval process*) ja APQP (*advanced product quality planning*). (ISO 9001:2015 and IATF 16949:2016) Nämä työkalut ovat hyvin tunnettuja autoteollisuudessa ja niiden avulla pyritään varmistamaan lopputuotteen laatua ja yrityksen prosessien laadukkuutta. Autoteollisuuden toimittajaksi pääsee vain, jos yrityksellä on IATF sertifikaatti. Sertifiointin aikana yrityksessä tulee olla jo ensimmäinen autoteollisuuden

tuote/komponentti valmistuksessa, tai kehityksessä, jotta sertifiointi voidaan suorittaa. Sertifiointin tekee riippumaton auditoija, joka määrittelee standardin vaatimusten perusteella, että onko yrityksen toiminta laatu järjestelmästandardin mukaista, jolloin sertifikaatti myönnetään, tai ei myönnetä. Kun puhutaan autoteollisuuden tuotteista, sillä tarkoitetaan ajoneuvoja, joilla voidaan ajaa moottoritiellä, eli käytännössä bussit ja rekka-autot kuuluvat autoteollisuuden alle, mutta esimerkiksi traktorit ja työkonet eivät. (Laatukeskus 2020)



kuva 4. IATF 16949 määrittämät työkalut täydentämään ISO 9001 laatustandardia. (Pesonen, 2017)

IATF painottaa laatujohtamisessa moniulotteista kontrollia yrityksen eri laatu toiminnissa. Standardi kertoo yritykselle vaadittavat dokumentit ja laatu prosessit, jotka yrityksellä tulee olla käytössä, mutta se ei ota suoraan kantaa niiden toteutustyyliin. IATF standardi painottaa yrityksissä erityisesti mm. jatkuvaa parantamista, tuoteturvallisuutta, riskienhallintaa, laatu poikkeamien hallintaa ja toimittajien toimittajienhallintaa. IATF standardilla halutaan varmistaa tuotelaadun korkea taso ja samalla asiakaskohtaisten vaatimusten ymmärtäminen ja täyttäminen. IATF on standardina olemisen ohella kokonaisvaltainen laatu prosessi jollekin tuotteelle, tai komponentille, jota noudattamalla täytetään kaikki autoteollisuuden laatuvaatimukset ja laatu prosessit. (Laatukeskus 2020)

Prototyypituotannon aikana tuotekehitysvaiheessa tulee jo noudattaa IATF standardin määrittämiä vaatimuksia ja luoda tuotteen ja projektin ympärille vaadittavat asiat, kuten dokumentaatiot ja prosessit. IATF vaatii projektilta mm. projektinhallintaan ja läpivientiin esimimerkiksi APQP, tai VDA:n RGA tyylistä suunnitelmaa ja paljon muita Automotive alalle määritettyjä työkaluja. Vaatimuksia on projektille, tuotteelle, suunnittelulle ja valmistukselle. Yrityksen ja projektin tehtävänä on saavuttaa kaikki nämä vaateet, jotta

päästään standardien määritelmien mukaiseen laatuun ja siten voidaan turvata tuotteen toimivuus ja turvallisuus loppukäyttäjälle ja valmistukselle. Riskienhallinta on erittäin tärkeä osa-alue IATF standardissa ja projektilta, tuotteelta ja prosessilta halutaankin kattava riskienhallintadokumentti FMEA, jonka avulla tunnistetaan riskejä, arvioidaan niitä ja tehdään korjaavia toimenpiteitä minimoimaan nuo riskit. Yleisesti IATF on paljon vaativampi kuin ISO 9001 laatustandardi ja vaatii yritykseltä paljon resursseja sen vaatimusten mukaiseen toimintaan, mutta oikein tehtynä se takaa parempilaatuisen tuotteen ja prosessin. Karkeasti voidaan todeta, että IATF pilkkoo sen asettamat vaatimukset projektille, tuotteelle ja prosessille. Projektissa nämä vaatimukset jalkautetaan projektiorganisaatiolle ja on projektipäällikön vastuulla, että kaikkia vaatimuksia noudatetaan kunolla ja standardin vaatimalla tavalla. Usein yrityksessä järjestetään auditointeja kuten prosessi- ja laatuauditointeja, joko asiakkaan, sisäisen osaston ja ulkopuolisen toimijan, kuten sertfikaatin myöntäjän toimesta. ISO 9001:2015 and IATF 16949:2016

Projektin aikana joko projektipäällikkö, tai esimerkiksi laatu- tai projektiorganisaatiosta seuraa aktiivisesti eri vaatimuksia ja niiden täyttymistä. IATF:n vaatimuksia voidaan seurata useammalla eri työkalulla, mutta esimerkiksi APQP työkalua käyttämällä helpotetaan projektin eri laatuasioiden täyttymistä. Jokainen projekti tuki räätälöi aikataulua itselleen sopivaksi, mutta karkea järjestys ja Gantt kaavio aikatauluista helpottaa hahmottamaan kokonaisuutta ja näkemään päällekkäisiä aktiviteetteja paremmin. IATF vaatimuksista tuotetaan kaikista dokumentaatiota ja osasta kerätään lisäksi dataa. IATF antaa projektille viitekehyksen ja reunaehdot, joiden määreissä tulee toimia, mutta muuten projekti on vapaa suorittamaan sen toiminnot, miten se parhaakseen näkee. IATF on paljon tarkempi kuin ISO 9001 laatustandardi, mutta se ei määrittele, että miten asiat tulee tehdä, vaan se kertoo mitä tulee olla tehtynä ja mitä dokumentaatiota tulee projektin aikana tuottaa. Näistä vaatimuksista johdetaan suunnitelmia prototyyppituotantoon, jossa ne jalkautetaan toiminnoiksi ja niiden aikana on tarkoituksena oppia lisää prosessista. Tämän lisäksi tulee varmistua dokumentaation oikeellisuudesta ja korjata, sekä täydentää prosesseja tuotteen ja valmistusprosessin ympärillä. (ISO 9001:2015 and IATF 16949:2016)

Prototyyppituotantoa suunniteltaessa otetaan huomioon IATF vaatimukset tuotteelle ja myös tulee huomioida tuotekehitysprojektin kehitysvaihe, eli mitä vaihetta ollaan rakentamassa. Kun kyseessä on A, B, C, tai P vaiheen prototyyppi, niin niiden prototyyppituotannosta haetaan eri asioita. Alkuvaiheessa painotetaan tuotteen funktionaalisuutta, toimivuutta ja turvallisuutta, kun loppuvaiheen prototyypeissä pääpaino menee valmistettavuuden puolelle ja kokonaisvaltaisten vaatimusten täyttämiseen. Ennen jokaista rakennusvaihetta siis projektissa varmistetaan IATF standardien, asiakasvaateiden ja

omien vaatimusten täytyminen ja niiden pohjalta suunnitellaan tulevaa prototyypituotantoa. A rakennusvaiheen prototyypeissä, eli ensimmäisessä rakennusvaiheen kappaleissa suunnitteluvaiheen jälkeen painotetaan enemmän asioita kuten:

- Tuotteelle asetettujen spesifikaatioiden täyttymistä
- Tuotteen eri komponenttien rajapinnat ja yhteensopivuus
- Mahdolliset vaihtoehtoiset ratkaisut
- Riskienhallinta/tuoteturvallisuus
- Tuotteen mekaniikka ja sen onnistuminen
- Lakisääteiset vaatimukset
- Materiaalivalinnat

(IATF 16949:2016)

Lisää näkökulmia tähän asiaan löytyy kuten valmistettavuus, laatutoiminnot ja dokumentaatio, sekä toimittajien seuranta ym., mutta tuotteen kannalta oleellisimmat ovat edellä listattu. Ennen jokaista rakennusvaihetta projekti etenee heidän ja IATF vaatimusten mukaisesti eteenpäin projektissa ja tuotekehityksessä, jolloin tuote kypsyy jatkuvasti ja sen ympärille rakennetaan toimiva valmistusprosessi ja muut toiminnot. Tuote ja sen vaatimat prosessit halutaan kehittää molemmat rinnakkain ja saavuttaa valmis kokonaisuus tulevaan sarjavalmistukseen. Prototyyppien alkuvaiheessa lopputuote hakee sen design olemusta jatkuvasti ja muotoutuu kohti lopullista aina C vaiheeseen asti, jolloin sen valmistus tulisi aloittaa jo sarjatyökaluilla IATF standardin mukaan. Muutoksia voi tulla myös jälkikäteen, mutta niiden implementointi on hankalaa ja kallista.

Kun prototyypituotantoa suunnitellaan myöhäisemmille rakennusvaiheille, niin projektissa painopiste seurattaville asioille siirtyy enemmän valmistusprosessin puolelle itse tuotteesta. Itse tuote ei toki unohdu, mutta se pyritään saada helposti valmistettavaan muotoon rakentamalla sen ympärillä kyvykäs valmistusprosessi. Valmistusprosessin kyvykkyyttä voidaan mitata sen valmistamien tuotteiden perusteella. Tuotteeseen voidaan myös tehdä vielä viimeisiä muutoksia tai päivityksiä, mutta karkeasti sillä on jo sen lopullinen muoto ja spesifikaatiot, jotka sen tulee täyttää. IATF standardin mukaan yrityksen tulee huomioida valmistusprosessia suunnitellessa mm. seuraavia asioita:

- Tavoitteet tuottavuudelle, kapasiteetille, kustannuksille ja SC-elementeille
- Valmistusteknologian vaihtoehdot
- Asiakasvaatimukset
- Lessons learned, eli opitut asiat edellisistä projekteista
- Uudet materiaalit
- Tuotteiden käsittely ja ergonomia
- DFA ja DFM

(IATF 16949:2016)

Prototyypin valmistuksessa IATF standardi painottaa erityisesti asiakasvaateiden täyttymistä ja SC-elementtien huomioimista prosessissa. Lisäksi IATF standardi vaatii mahdollisuuksien mukaan käyttämään samoja toimittajia, samoja lopullisia työkaluja ja valmistusprosessia prototyyppituotannon aikana, kuin myös lopullisessa sarjavalmistuksessa. Lisäksi valmistuksen aikana tulisi olla aina käytössä Control Plan, jota tuotannossa noudatetaan. Yleisesti yrityksen ja projektin tehtävänä on valvoa, että IATF standardin vaatimia asioita noudatetaan ja kaikki vaatimukset ovat huomioitu.

Prototyypituotannon aikana eri rakennusvaiheissa rakennetaan prototyyppisiä projekteja, tai asiakkaan käyttöön. IATF standardi ohjeistaa tuotannon aikana noudattamaan useita eri vaatimuksia, jotta voidaan varmistua lopputuotteen laadukkuudesta, toimivuudesta ja turvallisuudesta. IATF määrittelee seuraavia asioita, joita tulee olla valmistuksen aikana:

- Aktiivinen Control Plan, joka on päivitetty
- PFMEA riskienhallintaan
- Aktiivista tuotteen seuranta mittaamisella
- SC-elementtien huomioiminen
- Jäljitettävyys osilla ja datalla
- Asiakasvaateiden huomioiminen
- Laitteiden ja testerien kalibroinnit ja MSA:t
- Aktiivinen seuranta ja ongelmanratkaisut

IATF standardi määrittelee jokaiselle autoteollisuuden toimittajalle samat vaatimukset ja niitä saa noudattaa omalla tavalla. Asiakasvaatimukset ovat vaatimuksia, jotka tulevat vielä IATF vaatimusten päälle ja ovat asiakkaan omia vaatimuksia tuotteelle, joita tulee kohdella erityisellä huomiolla. IATF standardia käytetään yleisesti normaalivaateena autoteollisuudessa, mutta eri osapuolien välillä on myös mahdollista sopia joistakin helpo- tuksista. Tuotannon aikana IATF pyrkii aktiivisen tuotannon seuraamiseen ja nopeaan reagointiin, jos tuotannossa ilmenee ongelmia. IATF standardin mukaisilla työkaluilla voi- daan selvittää juurisyyt tehokkaasti ja varmistua, ettei niitä toistu enää tulevaisuudessa. Noudattamalla määritellyjä vaatimuksia ja käyttämällä työkaluja oikein ne turvaavat tuo- tannon laadun ja tuotteen vaatimukset täyttyvät. (IATF 16949:2016)

2.5 Asiakaskohtaiset vaatimukset

Autoteollisuudessa normaalia on tiukka vaatimustaso tuotteille, prosessille ja projektille. Autoteollisuuden laatuvaatimukset ovat erittäin korkeita ja kaikki eri prosessit tähtäävät korkeaan laaduntuottokykyyn. Vaatimusten perusrunko tulee autoteollisuuden laatustan- dardeista, yleisistä vaatimuksista ja vallitsevista toimintamalleista, mutta jokaisen uuden projektin ja asiakkaan kanssa määritellään eriksi vielä uusi tulokulma vaatimuksiin, jotka ovat asiakaskohtaiset vaatimukset.

Asiakaskohtaiset vaatimukset ovat tavallisten autoteollisuuden vaatimusten päälle, tai lisäksi asetettuja vaatimuksia asiakkaan omasta toimesta toimittajalle. Asiakas siis itse saa päättää nämä vaatimukset toimittajalleen ja odottaa siten toimittajan implementoivan ne omaan laatujärjestelmäänsä mukaan. Asiakas tulee projektin edetessä seuraamaan näiden vaatimusten täyttymistä auditoinneilla ja muilla tavoilla. Asiakaskohtaiset vaati- mukset sovitaan jo projektien tarjousvaiheessa ja asiakkaalla on olemassa oma manu- aali toimittajalle niistä. Nämä ovat asiakkaan itselleen toimivaksi havaittuja asioita, joita se haluaa painottaa sen toimittajille. Toteuttamalla asiakaskohtaiset vaatimukset toimit- taja saavuttaa korkeamman asiakastyytyväisyyden. Monilla autoteollisuuden alan toimi- joilla on omat vaatimuksensa, joita he seuraavat tarkasti ja olettavat, että toimittajat im- plementoivat ne mukaan omaan toimintaansa aktiivisesti laaduntuottokykyä paranta- maan. Nämä vaatimukset ovat erittäin laajalla skaalalla olevia vaatimuksia tuotteelle, prosessille ja projektille, jotka toimitetaan erillisenä pakettina toimittajille. (Biswas P, 2017)

IATF 16949 standardi määrittelee seuraavasti: ”*Asiakaskohtaiset vaatimukset tulee ar- vioida ja ottaa osaksi yrityksen omaa laatujärjestelmäänsä.*” (IATF 16949:2016). Toimit- tajien on otettava nämä asiakkaiden vaatimukset tarkasti huomioon jo omaa laatujärjes-

telmää rakentaessaan ja ne tulee olla selvästi esillä korostetusti ja huomioidusti. Asiakkaat seuraavat näitä elementtejä erittäin tarkasti ja niitä auditoidessa kaikista epäkohdista seuraa poikkeamia. Jokaisella toimittajalla tulee olla oma QMS (Quality Management System), eli laatujärjestelmä ja siellä tulee kaikkien vaatimusten esiintyä ja niitä tulee myös päivittää tarpeiden mukaan. (Isik M, 2019)

Asiakaskohtaiset vaatimukset voivat olla melkein mitä tahansa vaatimuksia liittyen toimittajan toimintaan. Yleisesti käytetty malli on, että neuvoteltaessa projektista jo tarjousvaiheessa asiakas toimittaa heidän omat vaatimuksensa. Yleiset vaatimukset ovat normaalisti samat esimerkiksi projekti- ja toimitusvaatimusten kanssa, mutta loput tuote- ja prosessikohtaiset vaatimukset määritellään jokaisessa projektissa erikseen. Asiakkailla on käytössä omia SQM (Supplier Quality Manual) ohjekirjoja, tai dokumentaatiota sen toimittajille heidän yleisten asiakaskohtaiset vaatimusten esittämiseen. Vaatimuksia on paljon erilaisia, mutta yleisesti ne voidaan pilkkoa seuraaviin kategorioihin:

- Tuotekohtaiset vaatimukset
- Toimituksiin liittyvät vaatimukset
- Uusintavaatimukset, tai yhtenäistävät vaatimukset
- Yleiset vaatimukset
- Prosessivaatimukset

Näillä eri kategorioilla voidaan esittää asiakaskohtaisten vaatimusten kohteet. Tuotekohtaiset vaatimukset ovat esimerkiksi dimensioita ja materiaalivalintoja. Toimitusvaatimukset kattavat paketoitua ja dokumentaatioita. Yhtenäistävät vaatimukset voivat olla esimerkiksi tilauksiin liittyviä tekijöitä. Yleisillä vaatimuksilla ohjataan projektin toimintaa, että esimerkiksi toimittajan tulee käyttää APQP työkalua projektissa ja määritellään PPAP taso ja muu dokumentaatio. Prosessivaatimuksissa asiakas määrittelee, että jokin työvaihe on pakollinen, tai prosessissa tulee tarkasti seurata tiettyä vaihetta. (Biswas P, 2017)

3. TUOTEKEHITYSTOIMINTA JA PROTOTYYPIT

Prototyyppien valmistus kuuluu oleellisesti tuotekehitystoimintaan, koska niiden avulla voidaan käytännössä testata tuotteen ominaisuuksia ja suorittaa muita testejä jatkokehitystä varten. Prototyyppien valmistaminen on osa prosessia saattaa tuote ja tuotantoprosessi sarjavalmistusvaiheeseen. Kaikki valmistetut tuotteet ovat prototyyppinä, ennen kuin virallinen tuotannonaloitus on suoritettu ja on lupa toimittaa tuotteita. Tuotekehitystoiminta on monivaiheinen prosessi, jonka aikana on tärkeää tutkia erilaisia valintoja mm. tuotteen toimivuudessa ja sen designissa. Prototyyppien rooli osana tuotekehitystä on suuri ja useamman yrityksen hankkeissa niitä voidaan toimittaa asiakkaan tuotekehitysprosessiin. (Cohen, 2015) Autoteollisuudessa prototyyppien valmistus on selvästi suurempaa määrältään ja vaatimuksiltaan, kuin monella muulla alalla. Lisäksi autoteollisuudessa suoritetaan paljon auditointeja asiakkaan toimesta ja laatujärjestelmää voidaan sertifioida. Tuotekehityksellä on selvät vaatimukset asiakkaalta ja automotive alan laatu-standardista. (IATF 16949:2016)

3.1 Prototyyppit ja miksi niitä tehdään

Prototyyppit ovat tuotekehityksessä suunniteltujen tuotteiden ensimmäisiä fyysisiä koevedoksia, joita tehdään kehitysvaiheessa erilaisiin testauksiin ja varmistamaan, että konsepti toimii (Hietikko, 2015, s 193). Prototyyppit ovat siis mallikappaleita tulevasta tuotteesta, ja niitä voidaan valmistaa tuotteen mallintamiseen, testaukseen ja prosessien kehittämiseen. Prototyyppien avulla voidaan huomata hyvin vielä olemassa olevia ongelmia tuotteesta ja pyrkiä selvittämään ja ratkaisemaan ne. Prototyyppinä valmistamalla saadaan hyvä käsitys myös itse fyysisestä mallista, että miten sen rakenne kestää ja täyttää sille suunnittelussa määritetyt spesifikaatiot. Prototyyppinä tehdään niin lopputuotteesta, osakokoonpanoista, kuin yksittäisistä komponenteista. Prototyyppit voivat olla täysin toimivia koevedoksia tuotteesta, tai ihan pelkkiä mock-up tuotteita, joilla havainnollistetaan tuotetta ilman, että sillä on esimerkiksi akun sähköisiä ominaisuuksia. (Vonderembse & White, 1996, s 173).

Tuotekehitysprojektissa tuotteelle on asetettu paljon vaatimuksia, joita sen tulee täyttää ja prototyyppien avulla voidaan hyvin nuo vaatimukset havainnollistaa. Syitä valmistaa prototyyppinä on useita ja tuotekehityksessä prototyyppien avulla halutaan varmistua suunnitellun tuotteen robustista rakenteesta ja sille asetettujen spesifikaatioiden täyttymisestä. Erityisesti prototyyppillä halutaan selvittää suunnittelussa jo tehtyjen valintojen

toimivuutta, eli suunnittelussa on tehty mm. materiaalivalintoja, designvalintoja ja teknologiavalintoja. Alkuvaiheen prototyypit voivat antaa hyvää informaatiota juuri esimerkiksi tuotteen muodoista, kokoonpantavuudesta ja toleransseista. Kun prototyypin ja suunnittelun kypsyysaste nousee, niin prototyyppeihin tuodaan mukaan kaikkia suunniteltuja ominaisuuksia ja komponentteja, jotta koko systeemitason toimivuus voidaan todentaa ja testata prototyypeillä. Prototyypin tehtävänä on monesti juuri testata tuotetta, mutta silti osa tätä on myös saada aikaan ongelmia prototyypeissä, jotta jokainen ongelma voidaan ratkaista ja poistaa ennen sarjavalmistusta. Eri aloilla prototyypin määrä vaihtelee erittäin suuresti, esimerkiksi yksinkertaisista osista voidaan tehdä muutamia prototyyppejä ja autoteollisuudessa esimerkiksi akkuja tehdään useampi sata erilaisiin testauksiin. On väärin ajatella, että ensin vain suunnitellaan ja rakennetaan prototyypit, jonka jälkeen testataan. Koko kehitystyö ja prototyypin valmistusprosessi on jatkuvaa iterointia ja pyrkimyksenä testata mahdollisimman useasti ja karsia suunnitteluvirheitä pois kehitysprojektin aikana. (Cohen, 2015)

Tuotteen testaukset ovat osa sisäistä ja asiakkaan vaatimusten täyttymisen varmistamista, mutta autoteollisuudessa on omat vaatimuksena myös tuotteelle ja sen valmistusprosessille. Prototyypit valmistetaan ennen sarjavalmistusta ja osana prototyypin valmistamista on myös sen valmistusprosessin testaaminen tuotteen kanssa yhtäaikaaisesti. Prototyypin valmistus ei ole siis ainoastaan itse tuotteen valmistamista ja testaamista, vaan myös sen valmistusprosessia koskevat asiat. Autoteollisuuden standardien, valmistajan itsensä ja asiakasvaatimusten mukaisia testauksia ovat seuraavat vaaditut testaukset:

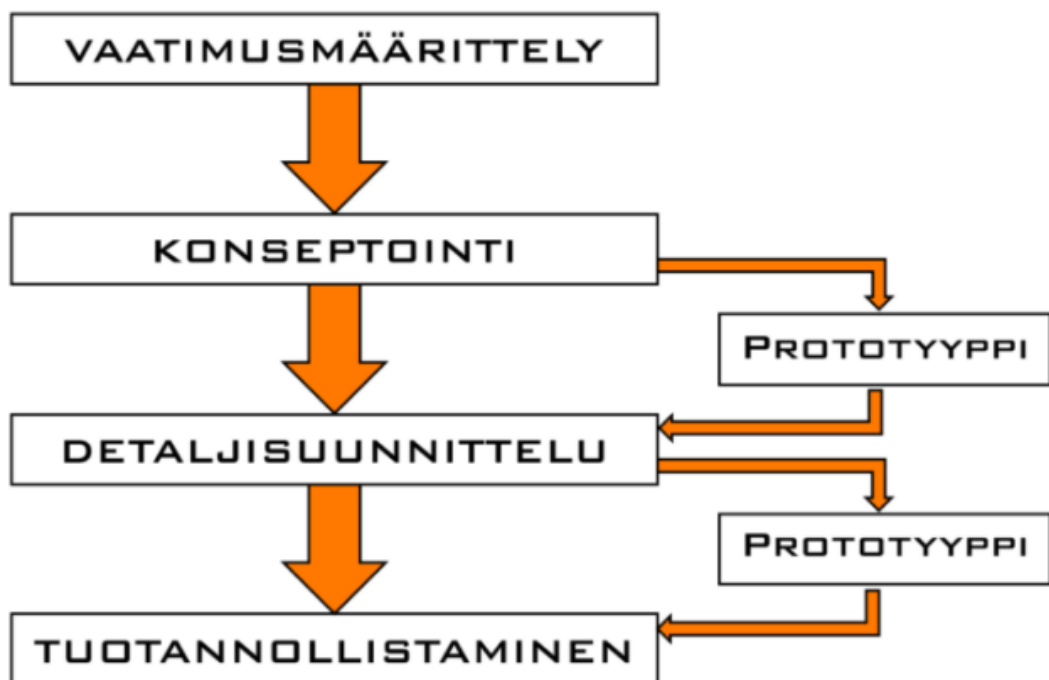
- Designin validointi ja varmistus
- Tuotannon testauksiin
- Sertifiointi testauksiin
- Prosessin validointiin
- Asiakkaalle testaukseen

(Cohen, 2015)

3.2 Prototyypituotanto

Prototyypituotanto on yksittäisten, tai pienissä sarjoissa valmistettavien prototyypin tuotantoa. Prototyypituotanto kuuluu yleisesti tuotekehityksen piiriin, eikä siten ole vielä verrannollinen valmiiseen sarjatuotteeseen ja sarjavalmistusprosessiin. Prototyypituotannossa sekä tuote että valmistusprosessi ovat vielä kehitysvaiheessa. Prototyypin

valmistaminen voi olla erittäin hankalaa ja sekalaista, kun valmistuksesta ei ole vielä kokemusta (Pacific research laboratories). Prototyypituotanto eroaa suuresti tavallisesta sarjatuotannosta. Prototyypituotannolle on ominaista erittäin pienet volyymit ja tietynlainen tutkiva ja testaileva tulokulma uuteen tuotteeseen ja sen ympärille suunniteltavaan valmistuskonseptiin. Sarjavalmistuksessa oleva tuote on täysin valmis tuote isovolyymiseen tuotantoon ja sille on suunniteltu ja rakennettu optimaalinen valmistusprosessi vastaamaan tuotteen volyymejä sekä muita vaatimuksia. Prototyypituotantoa on paljon erilaista ja tuotekohtaisesti ne eroavat paljon keskenään. Jopa saman tuotteen prototyypituotanto tuotekehitysprojektin eri rakennusvaiheessa voi olla täysin erilaista, kun tuotteen kypsyystaso kasvaa ja valmistusprosessi otetaan käyttöön korkeammalla automaatioasteella ja uusilla työkaluilla. Myös alakohtaiset erot ovat suuria ja tuotteen monimutkaisuus vaikeuttaa prototyyppien valmistusta. Alakohtaisia vaatimuksia ovat esimerkiksi lakisääteiset testaukset, määritetyt prosessit, turvallisuusasiat, vaadittu dokumentaatio ja alakohtaiset standardit laatuun ja muihin asioihin. (IATF 16949:2016)



Kuva 5. Tuotekehitysprojektin karkea läpivienti ja prototyyppien valmistamisen kuvaus. (Tuotekehityksen www-sivut)

Prototyyppien valmistus on aina erilaista riippuen tuotteesta ja yrityksestä. Ei ole olemassa yhtä selvää kaavaa, miten prototyyppien rakentamisen prosessi etenee (Pacific research laboratories). Prototyyppituotantoa tehdessä yritykseltä vaaditaan siihen erillisiä resursseja. Prototyyppituotantoa tehdessä olosuhteet ovat erittäin paljon erilaiset kuin sarjatuotannossa. Normaalisti prototyyppituotanto on hyvin tuotekehitysprojektin kokennossa ja heidän ehdoillaan tehdään tuotantoa. Tuotannossa tärkeintä ei ole tuottavuus ja tehokkuus vaan tuotteen ja sen prosessin suunnittelu ja testaus prototyyppien avulla. Prototyyppejä valmistetaan normaalisti omissa tiloissaan, koska niiden valmistus vaatii paljon aikaa, tilaan ja Lean tyyppistä joustavuutta tuotannossa. Omat tilat prototyyppituotannolle olisi hyvä olla jo pelkästään tuotekehitysvaiheen salaisuuden vuoksi, koska ne ovat vasta kehitysvaiheessa ja ovat yritykselle ja sen asiakkaille kriittisiä asioita kilpailuun omilla markkinoillaan. Prototyyppituotantoa suorittavalta henkilöstöltä vaaditaan paljon tarkkaavaisuutta ja tuntemusta valmistuksen ja kokoonpanon eri osa-alueilta. Heidän palautteellansa on suuri merkitys tuotteen ja valmistusprosessin jatkokehityksessä. Riippuen prototyyppien rakennusvaiheesta tuotanto voi olla hyvin manuaalista, tai loppuvaiheiden aikana erittäin automatisoitua. Tuotantoteknologioita tullaan testaamaan tuotteen valmistukseen erilaisia ja niiden välillä tehdään testauksia ja päätöksiä tulevaa sarjavalmistusprosessia koskien, joten tuotantoprosessi voi olla erittäin hidasta. Prototyyppien tuotannon aikana niitä testataan paljon eri vaiheiden aikana ja tuotekehitysprojektin suunnittelijat haluavat kerätä mahdollisimman paljon informaatiota kaikista eri prototyyppien valmistuksen eri vaiheista. (IATF 16949:2016)

Autoteollisuudessa prototyyppituotanto on monista muista aloista poiketen erittäin suorivolyymistä toimintaa ja sen merkitys on paljon enemmän kuin pelkkä prototyypin valmistaminen. Autoteollisuudessa tuotekehitysprojektit ovat useasti ison OEM valmistajana toimeksiantoja, mutta myös muita yritysten omia projekteja suoritetaan paljon. Autoteollisuudessa tuotekehitysprojektit saattavat olla vuosien mittaisia ja sisältää useampia prototyyppienrakennusvaiheita. Jokaisessa rakennusvaiheessa tuotetta valmistetaan vaadittuja määriä erilaiseen testaukseen ja muuhun tuotekehitysprojektin käyttöön. Prototyyppien valmistusmäärät kasvavat selvästi, kun rakennusvaiheissa mennään kohti sarjavalmistuksen tuotannonaloitusta. Kappalemäärinä prototyyppejä rakennetaan kymmenistä maksimissaan muutamaan sataan yleensä, mutta poikkeuksia esiintyy myös riippuen tuotteesta ja sen vaatimuksista.

Autoteollisuuden vaatimukset ja standardit vaativat tuotteilta ja tuotekehitysprosessilta paljon dokumentaatiota ja testausta, jonka johdosta tuotekehitys tehdään käyttäen jotakin alalla vallitsevaa työkalua, kuten APQP, tai VDA:n RGA mallia. Nämä autoteollisuuden työkalut tuotekehitysprojektille ei juurikaan näy prototyyppituotannossa muuten kuin

laatuvaatimuksina tuotantoprosessissa. Kaikista vaatimuksista ja dokumentaatiosta vastuussa on projektien johto, joka jalkauttaa aktiviteetteja oikeille henkilöille ja valvoo, että kaikki autoteollisuuden-, lakisäätteiset- ja laatuvaatimukset täytetään. Tuotannossa nämä vaatimukset ovat yleisesti laaduntuottoon ja laatu toimintaan sidonnaisia, kuten PFMEA:n ja CP:n tekeminen prosessille ja SPC:n, sekä MSA:n tekemiset prosessille ja laitteille. Jo prototyyppituotannon aikana tuotantoprosessia kohdellaan kuin sarjavalmistusta ja sillä on jo yleensä samat vaatimukset kuin sarjavalmistuksessa. (IATF 16949:2016)

3.3 Prototyyppituotannon erityisominaisuudet

Prototyyppituotantoa ajetaan tuotekehityksen näkökulmasta, jotta siitä saadaan otettua kaikki mahdollinen etu tuotteen ja prosessin kehittämiseen kohti valmista sarjavalmistusta. Tuotekehityksessä on päätetty tutkittavat ja testattavat asiat, joita halutaan selvittää prototyyppituotannossa ja nämä asiat ovat keskiössä, kun prototyyppijä valmistetaan. Tuotannon aikaista testausta ja valmiille tuotteelle tehtäviä testejä ja tutkimuksia tehdään paljon intensiivisemmin kuin normaalin sarjatuotannon aikana. Prototyyppituotannon eri rakennusvaiheiden aikana tuotanto on enemmän yksittäistuotantoa, kuin sarjavalmistusta edes pienillä volyyymeillä. Prototyyppijä valmistettaessa korostuu aina tuotteen ja sen komponenttien alhainen kypsyyssaste. Monesti ennen tuotannon aloittamista käytettävät komponentit tarkistetaan kaikki läpi ja itse kokoonpano ja valmistus on erittäin rauhallisella tahdilla tehtyä, jotta tuotteen loppukokoonpano vastaa odotettua ja sille tehtävät testit antavat tärkeää informaatiota, eikä väärä kokoonpano, tai muu tuotantoprosessin virhe pääse vaikuttamaan tuloksiin. Testien tulosten perusteella suunnittelu tulee tekemään jatkopäätöksiä tuotteen suunnittelulle ja tuotannossa halutaan taata tuotteen oikea kokoonpano. (IATF 16949:2016)

Prototyyppituotanto keskittyy luonnollisesti paljon itse tuotteeseen, mutta myös samaan aikaan tuotteen prototyyppien valmistuksen kanssa tuotekehityksessä rakennetaan tuotteelle toimivaa valmistusprosessia. Myös tuotteelle suunnitellaan ja rakennetaan vaatimusten mukainen laadunvarmistus ja dokumentaatio tuotannolle ja siihen tarvittavat laitteet ja järjestelmät. Kaikki elementit riippuvat myös projektista ja sen tavoitteista. Joskus tarkoituksena on kehittää vain tuote, tai toisena ääripäänä projektina on toimittaa kokonaisvaltainen palvelu tuotteen suunnittelusta sarjavalmistukseen asti ja kaikki muut sille vaaditut toiminnot. Sarjavalmistus on luonteeltaan rutiineja ja toistoja, kun kaikki prosessit ovat optimoitu ja implementoitu käyttöön. Jäljelle jää vain prosessin ajaminen ja sen valvonta ja reagointi ongelmatilanteisiin. Prototyyppituotanto on paljon moniulotteisempaa, kun siihen liittyy enemmän epävarmuustekijöitä ja tuotetta sekä prosessia haetaan kohdalleen. (IATF 16949:2016)

3.4 Tuotekehitys

Tuotekehitys on prosessi, jossa yritys kehittää konsepteja, tuotteita, palveluja, suunnitelmia ja hyödykkeitä sen asiakkaille. Tuotekehitystoiminta on uusien ideoiden ja innovaatioiden tuottamista, tai vanhojen ideoiden kehittämistä, tai uudelleenmuotoilua. Tuotekehitystoiminnan taustalla on joko suora asiakkaan tarve, tai vaade, tai yritys on tutkinut tarkasti markkinoita ja selvittänyt sieltä potentiaalisten asiakkaiden tarpeita ja pyrkinyt vastaamaan tuohon tarpeeseen. Tuotteiden ja palveluiden taustalla on aina tarpeita ja markkinoiden jatkuva tutkiminen ja seuranta kuuluu oleellisesti tuotekehitykseen. Markkinoilta kerätään informaatiota, joista johdetaan tarpeita ja niistä muodostetaan tuotekehitykselle vaatimuksia. Tuotekehitys ei ole ainoastaan tuotteen, tai palvelun kehittämistä, vaan siihen kuuluu myös mukaan niiden valmistusmenetelmät ja valmistuksen suunnittelu, lopputuotteen markkinointi ja lisäksi vielä taloudellinen tulokulma, jolla voidaan arvioida uuden tuotteen tai palvelun soveltuvuutta, että onko hanke kannattava. Suurimpia haasteita tuotekehityksessä on luoda toimiva kokonaisuus, jossa onnistutaan kehittämään uusia tuote markkinoille, joka vastaa markkinoiden tarpeita, valmistaa se laadukkaasti ja myydä sitä loppuasiakkaille luoden koko hankkeesta yritykselle kannattavan. Tuotekehitys ei ole siis ainoastaan uuden tuotteen tai palvelun kehittämistä, vaan se on yritykselle kokonainen business case. Tuotekehitystoiminta on projektiluontoista ja jatkuvaa toimintaa yrityksissä ja ne ovat ominaisuuksiltaan kertaluontoisia ja niillä on selvä elinkaari. (Vonderembse & White, 1996).

3.4.1 Tuotekehitysprojektit autoteollisuudessa

Yleisesti projektit voidaan määritellä Martinsuon ja Kujalan mukaan siten, että ne poikkeavat normaalista toiminnasta niiden kertaluontoisuuden ja päämäärään suuntautumisen takia. Projekteilla on selvästi määritelty alku ja loppu, sekä niiden välille tarkasti suunniteltu aikataulu ja resurssit. Projektit ovat paljon yrityksessä normaaleja ja niitä saattaa olla menossa useampia päällekkäin. Yrityksissä harjoitetaan myös nykyään paljon projektiliiketoimintaa eli yritykset harjoittavat liiketoimintaa projektiluontoisina kokonaisuuksina, joita se myy sen asiakkaille. Kaupankohteena voi olla tuote tai palvelu. Projektityö vaihtelee paljon eri projektien, yritysten ja toimialojen mukaan. (Martinsuo & Kujala, 2006)

Tuotekehitysprojektit ovat yksi projektien muoto. Kuten edellisessä kappaleessa Vonderembse ja White määrittivät: ”Tuotekehitystoiminta on projektiluontoista ja jatkuvaa toimintaa yrityksissä ja ne ovat ominaisuuksiltaan kertaluontoisia ja niillä on selvä elinkaari”.

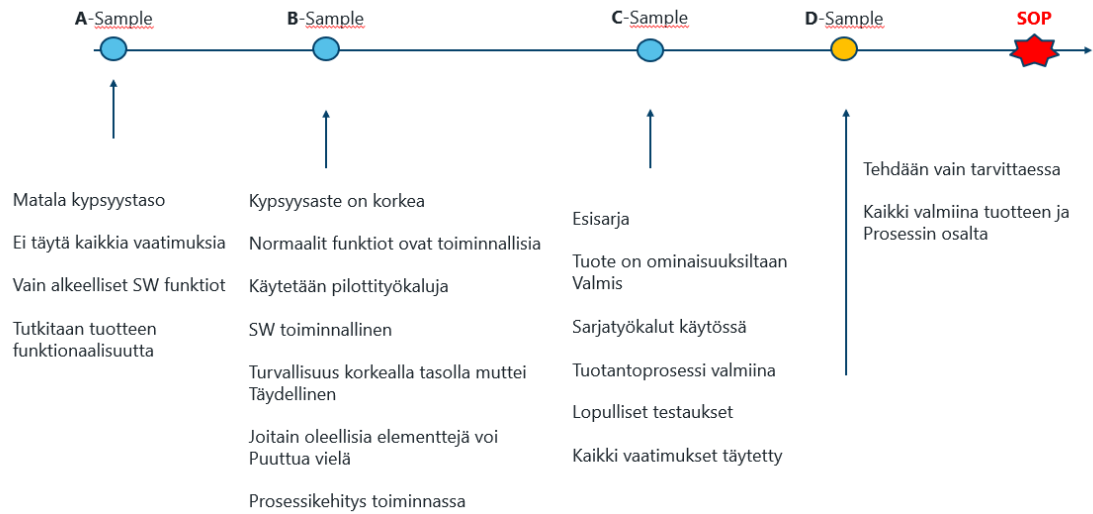
Autoteollisuudessa projektien koot vaihtelevat pienien ja ns. yksinkertaisten osien kehitysprojekteista erittäin suuriin ja monimutkaisiin koko auton kehitysprojekteihin. Perusasetelma projekteissa on sama, mutta kokosuhteet, vaaditut resurssit ja aikajänteet ovat aivan erilaisia. Tuotekehitysprojektit voivat alkaa joko valmistajan omasta tarpeesta, tai asiakkaan tarpeesta, jolloin projekti tehdään asiakkaan vaatimusten mukaan. Tuotekehitysprojektin tarkoituksena on kehittää markkinoille uusi tuote tai palvelu, jolle on olemassa kysyntää. Projektille määritetään organisaatio, resurssit, aikataulut ja tehtävä. Projektia voidaan luonnehtia ongelmanratkaisuksi, jossa projekti tähtää kohti valmista tuotetta, tai palvelua pala kerrallaan ja ratkaisten aina uusia ongelmia ja ideoiden lopputuotetta. (Martinsuo & Kujala, 2006)

Autoteollisuuden tuotekehitysprojektit voivat noudattaa tapauskohtaisesti eri tuotekehitysprojektimalleja. Yksi suosittu lineaarinen projektimalli on prototyypimalli, jossa projekti etenee prototyyppien avulla eteenpäin vaiheesta seuraavaan ja niiden avulla kerätään tietoa tuotteesta ja samalla asiakkaalla on mahdollisuus osallistua uuden tuotteen kehitykseen ja antaa heidän välitön palautteensa kehityksestä jo tuotekehitysprosessin aikana, jolloin tuotteeseen on halvempaa ja helpompaa tehdä muutoksia. Asiakkaiden integrointi tuotekehitysprosessiin takaa asiakkaalle helpon seurannan projektin etenemiseen ja tuotteen kehitykseen vaatimuksiin nähden. Autoteollisuudessa prototyypit ovat kustannuksiltaan korkeita, mutta esimerkiksi akkuprojekteissa prototyyppejä on pakko tehdä esimerkiksi useampiin erilaisiin testeihin, asiakkaan omaan kehitysprojektiin, tuotantoprosessin kehitykseen ja suunnitteluosastolle. Projektit vievät aikaa vuosia ja niiden aikana tuotetta kerätään testaamaan ja suunnittelemaan niin paljon, että lopputuote on varmasti vaatimusten mukainen. Autoteollisuudessa tärkeää projektille on sen eteneminen aikataulun mukaan, koska projektissa on useampia sidosryhmiä, joille aikataulu on tärkeä ja resurssit ovat laskettu sen mukaan.

Autoteollisuudessa tuotekehitysprojekteille on määritetty erilaisia ehtoja mitä sen tulee täyttää ja mitä laatustandardeja sen tulee noudattaa. IATF eli autoteollisuuden laatustandardi määrittää autoteollisuudessa toimiville yrityksille toimintatavat laatuasioiden puolesta. VDA, eli saksalainen autoteollisuuden OEM- ja komponenttivalmistajien järjestö asettaa myös omia standardejaan mukaan tuotekehitykseen, joita yritysten tulee tapauskohtaisesti noudattaa. Autoteollisuuden normaali malli tuotekehitysprosessissa on APQP (Advanced product quality planning) malli, joka pyrkii takaamaan kehitettävän tuotteen laadun, asiakasvaateiden täyttymisen ja tyydyttää asiakkaan tarpeet.

3.4.2 Prototyyppien rakennusvaiheet

Tuotekehitysprojekti on iso kokonaisuus valmiin tuotteen saamiseksi valmiiksi, tuotantoon ja markkinoille. Tuotekehitysprojektit ovat aikataulutettuja ja niistä voidaan hyvin tunnistaa eri rakennusvaiheita prototyyppituotannossa. Eri rakennusvaiheet ovat nimensä mukaan tuotekehityksessä tapahtuvia prototyyppien valmistusvaiheita, joissa prototyyppijä valmistetaan tuotteen kypsyessä. Prototyyppijä valmistetaan eri vaiheissa eri syistä, mutta yleisesti niitä valmistetaan, jotta voidaan varmistua tuotteen toimivuudesta ja valmistettavuudesta. Yleisesti autoteollisuuden alan tuotekehitysprojekteissa tunnistetaan. Tuotekehitysprojekti etenee prototyyppituotannon näkökulmasta aaltomaisesti eli ennen jokaista rakennusvaihetta on prototyyppituotannon osalta olematonta, jolloin tuotetta vielä suunnitellaan ja tehdään niin sanottu DF (Design Freeze), eli tuotteen design lukitaan ja aletaan tilaamaan osia ja valmistautumaan prototyyppituotantoon. Yleensä eri rakennusvaiheet ovat nimetty A, B, C ja D vaihe, mutta käytössä on siitä eroavia vaiheita, joista kuitenkin on tunnistettavissa samat pääkohdat. Rakennusvaiheet menevät siten tuotteen kypsyden ja vaatimusten mukaan. Nämä eri rakennusvaiheet ovat oleellinen osa koko isoa tuotekehitys projektia tuotteen PAP (Product approval process), eli tuotteen hyväksyntäprossin kannalta. Koko tuotekehitysprojekti tähtää valmiiseen tuotteeseen, joka etenee näissä eri sykleissä, joihin kuuluu tuotteen suunnittelua, prototyyppien rakentamista, testaamista ja datankäsittelyä. Vaihden tuotteen monimutkaisuudesta rakennusvaiheita voi olla myös useampia ja niiden aikana voidaan joutua tekemään myös muutoksia. On myös mahdollista, että tuotekehitysprojektissa voidaan toimittaa eri rakennusvaiheissa myös prototyyppijä asiakkaalle heidän omaan tuotekehitysprojektiin. Esimerkkinä toimii autoteollisuuden isot OEM (Original equipment manufacturer) valmistajat, joilla on menossa oma tuotekehitysprojekti menossa kokonaisuudelle autolle ja yksi heidän toimittajistaan toimittaa autoon akkua, tai akustoa ja sen integraatiota autoon halutaan kokeilla koko prototyyppivaiheiden ajan, jotta voidaan varmistua esimerkiksi akun sopivuudesta autoon ja sen rajapinnoista koko autoon ja sen järjestelmiin. Kun tuotekehitysprojekti ollaan tekemässä asiakkaalle, on normaalia, että asiakas käy auditoimassa sen toimittajaa eri rakennusvaiheissa eli käytännössä varmistaa tuotteen ja sen prosessin laadun, sekä samalla, että kaikki vaadittavat asiat kuten dokumentaatio, testaukset ja laatustandardien mukaiset prosessit on suoritettu ja niitä noudatetaan. Jos asiakas näkee, että jotkin asiat eivät ole kunnossa, niin heillä on mahdollisuus kirjoittaa siitä poikkeama auditoinnissa, johon toimittaja joutuu antamaan vastineen ja implementoimaan korjaavia toimenpiteitä. (IATF 16949:2016)



Kuva 6. Eri rakennusvaiheiden prototyyppien valmiusasteet. (Kang, 2021. Kuva mukailtu lähteestä)

A sample rakennusvaiheessa tuote valmistetaan ensimmäistä kertaa sen suunniteltuun fyysiseen muotoon. Poikkeuksena voi olla jokin alkuperäinen POC (proof of concept) koevedokset, jotka ovat olleet tuotekehitysprojektissa erittäin karkeita luonnoksia tuotteesta ja sen ominaisuuksista. A sample rakennusvaiheessa tuote on käynyt ensimmäisen suunnittelukierroksen läpi ja suunnittelussa halutaan testata osien ja järjestelmien yhteensopivuutta on aika rakentaa tuotteen ensimmäiset fyysiset prototyypit ja suorittaa kokeita ja testejä sillä. A sample rakennusvaiheen prototyypit eivät ole kypsyydeltään vielä lähelläkään valmista tuotetta, vaan niiden tehtävänä on tuottaa suunnitteluun tietoa mm. osien sopivuuksista, materiaalivalinnoista, toleransseista ja perusfunktioista. A prototyyppivaiheessa suunnittelulla on omat mielenkiinnonkohteensa tuotteen design asioihin, koska tuotteissa esiintyy aina kriittisiä kohtia, joita halutaan tutkia ja muutenkin varmistua koko tuotteen mekaniikasta. A sample prototyyppien ei ole tarkoituksena vielä täyttää kaikkia sille asetettuja vaatimuksia, vaan juuri selventää suunnitteluratkaisujen toimivuutta ja antaa suora palaute suunnittelulle yleisestä toimivuudesta. Kun puhutaan esimerkiksi akusta, niin osat ja komponentit ovat vielä hyvin raakileita, toleranssit eivät ole nominaalisia ja materiaalit, sekä työkalut eivät ole lopullisia, tai spesifikaatioiden mukaisia. Yksinkertaisimpia elementtejä kuten SW asioita voidaan mahdollisesti jo testata ja muita vastaavia, mutta johtuen kypsyyden alhaisesta tasosta tuotetta ei ole mahdollista testata perusteellisesti. Prototyyppien valmistuksesta kerätään normaalisti myös tietoa valmistettavuuden kannalta ja osien osalta, että onko valmistaminen yleensäkin mahdollista ja mitä muutoksia tulisi tehdä, jotta valmistettavuus paranisi. Määrällisesti A

samplen prototyyppejä ei normaalisti rakenneta suuria määriä, vaan puhutaan yksittäisistä prototyypeistä muutamaan kymmeneen kappaleeseen. Tässä luonnollisesti esiintyy vaihtelua riippuen tuotteesta ja kuinka paljon sitä testataan ja suurimmista syistä rakentaa prototyyppejä. A prototyyppien hinnat ovat myös erittäin kalliita suhteessa sarjatuotteen hintaan, jolloin prototyyppien rakentaminen on myös kustannuskysymys ja niitä ei rakenneta turhaan. Koko tuotekehitysprojektilla on olemassa aikataulu ja vaatimukset siitä, milloin lopputuotteen valmistuksen olisi määrä alkaa. Näiden tuotekehitysprojektin-aikaisten rakennusvaiheiden välissä on useita kuukausia aikaa, jolloin tuote on suunnittelussa. Itse prototyyppien valmistusvaiheet kestävät useampia viikkoja ja niiden tuotanto on yleensä piikkeinä aikataulussa. Normaalisti karkeasti arvioituna isot akkujen tuotekehitysprojektit kestävät useampia vuosia, jolloin niiden läpimenoaika on pitkä ja siten myös muut vaiheet projektissa kestää.

B sample rakennusvaiheessa, eli toisessa prototyyppien valmistusvaiheessa tuote on käynyt suunnittelussa kahteen kertaan ja A samplen prototyypeistä ja niiden tuotannosta on otettu opiksi ja käyty kaikki testaustulokset läpi, joilla tuotettiin informaatiota suunnittelulle jatkaa tuotteen suunnittelua kohti korkeampaa kypsyystasoa ja vastaamaan paremmin spesifikaatioita. B samplen prototyyppien kypsyystaso on selvästi A prototyyppejä korkeampi ja niillä olisi tarkoitus olla käytännössä kaikki lopputuotteelle asetetut funktiot ja täyttää kaikki niiden vaatimukset. Joitakin ominaisuuksia voi vielä puuttua, mutta puhutaan erittäin valmiista tuotteesta jo tässä kohdassa. Yleisesti tuotteen rajapinnat ovat valmiita ja mekaanisesti tuote on pientä hienosäätöä vaille valmista. Normaalisti ulkoiset rajapinnat ovat jo määritetty ja lukittu erittäin aikaisessa vaiheessa johtuen tilasta ja sopivuudesta asiakkaan lopputuotteeseen. Esimerkiksi akun rajapinnat on erittäin tarkasti määritetty, jotta se mahtuu autoon oikein ja kaikki liittimet ja letkut osuvat kohdalleen speksien mukaisesti. B prototyypeiltä löytyy jo valmis SW(Software) ja sen pitäisi olla vaatimusten mukainen ja muut sen funktionaalisuudet tulisi toimia. A prototyypeillä paino oli enemmän itse tuotteella ja sen ominaisuuksilla, mutta B prototyypeillä paino alkaa siirtymään suuremmin valmistukseen ja valmistettavuuteen, mutta tuotetta ei toki unohdeta. Kun tuotteen kypsyys kasvaa suureksi, niin tuotteen ympärille aletaan suunnittelemaan valmista valmistuskonseptia ja B prototyyppien aikana voidaan jo aloittaa ajamaan sisälle mahdollisia työkaluja ja valmistusteknologioita peilaten sarjavalmistusta ja sen vaatimuksia. Tässä kohdassa projektilla on olemassa realistista estimaatteja tulevista sarjavalmistuksen volyymeistä, joten niiden pohjalta voidaan rakentaa niiden perusteella sopiva valmistuskonsepti, joka pystyy vastaamaan volyymeihin. B prototyyppien määrät ovat selvästi suurempia kuin A prototyyppien ja johtuen korkeammasta kypsyysasteesta B prototyyppejä testataan jo paljon perusteellisemmin ja sille teetetään

enemmän systeemitason testejä ja muita testejä, joilla voidaan vahvistaa suunnittelun onnistuminen ja vaatimusten täyttyminen. B prototyyppejä toimitetaan yleisesti jo suurempia määriä asiakkaalle heidän käyttöönsä ja myös tuotantoprosessin kehitystä varten prototyyppejä tulee valmistaa, jotta voidaan kerätä informaatiota valmistusmenetelmistä, työkaluista ja yleisesti tuotannolle asetettujen vaatimusten täyttymisestä. Myös B prototyyppien yksikkökustannukset ovat vielä huomattavasti kalliimpia kuin sarjatuotteen, jonka takia onnistuneella prototyyppien tuotannosuunnittelulla voidaan karsia turhia kustannuksia.

C rakennusvaiheen prototyypit ovat kypsyysasteeltaan jo käytännössä sarjatuotetta vastaavia. Niille tehdään erittäin kattavat testaukset tuotannonaloittamisen ja lakisäätöisten vaatimusten pohjalta. Erityisesti akkuteollisuudessa C prototyypeille tehdään erittäin laajalla skaalalla erilaisia turvallisuuteen ja funktionaalisuuteen liittyviä testauksia. C prototyypit ovat siis ominaisuuksiensa puolesta valmiita tuotteita ja niiden valmistus tehdään jo sarjavalmistusprosessilla ja sarjatyökaluilla, jotta voidaan varmistua tuotteen ohella myös valmistusprosessista ja sen kyvykkyydestä. Kyvykkyydet voidaan sopia osapuolien välillä, mutta C vaiheessa yleinen käytäntö on ollut arvojen osalta C_{mk} ja $C_{pk} > 1,33$. Tässä vaiheessa valmistusprosessia vielä optimoidaan ja sen kaikkia laitteita ja koneita asennetaan ja testataan. Lisäksi tehdään erilaisia testiajoja isommilla volyyymeillä ja tehdään erilaisia testejä koko prosessille ja ajetaan viimeiset testaukset sarjatuotantolinjasta ja sen tuottamista tuotteista, että ne vastaavat vaatimuksia ja kaikki tarpeita, joita niille on kohdistettu. Tuotteille tehdään sarjatuotannonmukaiset testaukset ja yleisesti tuotteen kaikki ominaisuudet testataan ja tuotetaan eri testi- ja mittaraportteja laadunvarmistuksen takia. Lisäksi SC elementtien kontrolli tarkistetaan.

D rakennusvaiheesta voidaan puhua myös P vaiheena riippuen valmistajasta, tai yritysten sovituista prosesseista ja nimeämiskäytännöistä. Käytännössä tämä vaihe tunnetaan jo sarjatuotannon esisarjana. D vaiheessa tuote on jo täysin valmis ja sillä on kaikki vaaditut ominaisuudet ja sille on suoritettu täydelliset testaukset jo C vaiheessa. D vaiheen prototyyppien valmistus tapahtuu edellisen vaiheen mukaan täysin sarjavalmistusprosessin mukaan ja samoilla työkaluilla, joita tullaan käyttämään myös sarjassa. Myös valmistuspaikka on luonnollisesti sama, eli tuotantotilat ovat samat ilman muutoksia. Kaikki muutokset prosessissa ja tuotteessa vaativat raskaat muutosprosessit, eli niille ei saa tehdä enää omin päin muutoksia, vaan kaikkeen on haettava hyväksyntä myös asiakkaalta. Myös kaikki sarjatuotannossa käytettävät koneet ja laitteet ovat asennettu, kalibroitu ja niille on suoritettu kaikki kyvykkyydtestit ym., eli ne on hyväksytty tuotantokäyttöön. Tuotannon testilaitteilta ja muilta koneilta vaaditaan normaalisti kyvykkyyttä $C_{pk} > 1,67$, mutta myös tämä on sovittavissa osapuolten kesken. D vaiheessa tarkoituksena

on demoilla tulevaa sarjavalmistusta ja vielä optimoida eri parametrejä tuotannossa ja varmistua kaikkien tekijöiden toimivuudesta, kyvykkyydestä ja laaduntuotosta. Esisarjassa selvä painotus on tuotannolla ja sen prosessilla, että se olisi valmiina sarjavalmistukselle. Esisarjan aikana tuotannolle tehdään myös erilaisia testauksia sen laaduntuotolle, sekä kyvyille tuottaa sille suunniteltuja volyymejä. Nämä testit ovat Run&Rate, jossa esisarjassa ajetaan tietynmittainen sarja, josta kerätään kaikki mahdollinen tuotantodata ja sen laaduntuottoa arvioidaan tulosten pohjalta. Toinen suoritettava testi on significant production run, jossa tuotannossa ajetaan suuri määritelty sarja ja seurataan tuotannon kykyä vastata tuleviin suuriin volyymeihin. Kun esisarjaa olla ajettu riittävä määrä, suoritetaan vielä viimeiset tuotetestaukset ja validoinnit tuotteelle ja tuotannolle ennen SOP (Start of production) vaihetta. Ennen aloitusta käydään asiakkaan kanssa läpi, että kaikki PPAP (Production part approval process) dokumentaatio löytyy ja asiakas hyväksyy PPAP:n. PPAP:ia varten toimittaja on kerännyt paljon testituloksia ja dokumentaatiota, joilla voidaan todeta tuotannon ja tuotteen valmius sarjavalmistukseen. PPAP:sta lähetetään asiakkaalle vaadittu dokumentaatiopaketti PSW:n (Part submission warrant) mukana riippuen PPAP tasosta, eli mitä kaikkea dokumentaatiopaketista asiakas vaatii. PSW on lopullinen dokumentti, jonka asiakas hyväksyy ja allekirjoittaa ja se on ns. dokumentti, jolla toimittajalla on lupa alkaa toimittamaan tuotetta asiakkaalle.

3.5 Tieto ja sen merkitys yrityksissä

Muinaisen filosofi Platonin teoksen Dialogi mukaan tieto on havaintoa, tieto on oikea käsitys ja tieto on oikea käsitys selityksen kanssa. Nykymaailmassa tieto ja informaatio ovat isoimmat kilpailutekijät. Ihmiset ovat jokaisen yrityksen tärkein menestystekijä, koska heillä on kaikki tieto yrityksen toiminnasta. Nykymaailmassa tiedon määrä on kasvanut erittäin suureksi ja moni yritys käsittelee suuria määriä tietoa liiketoiminnassaan. Pääluvussa käsitellään tietoa, sekä sen luomista, että hallintaa yrityksessä.

Tieto on Platonin mukaan perusteltu käsitys oikeasta, joka voidaan todistaa. Tieto perustuu siten logiikkaan ja tietoa pyritään todistamaan oikeaksi eri työkaluilla. Tietoa on olemassa kahta eri muotoa, hiljaista tietoa (Tacit knowledge), jota ei voida sellaisenaan suoraan esittää ja havainnollistaa. Tämä on tietoa, joka pohjautuu esimerkiksi kokemukseen, ajatuksiin ja kompetenssiin. Toinen tiedonmuoto on eksplisiittinen tieto (Explicit knowledge), joka on helposti arkisoitavaa, mitattavaa ja havainnollistettavaa. Nämä eri tiedon tyypit eivät ole kokonaan eri asioita, mutta niiden välillä on selvä ero. Molempia tiedon lajeja voidaan hyödyntää ja niitä voidaan myös jakaa ihmisten välillä. Nämä kaksi tiedon lajia ovat syntymekanismeiltaan erilaisia, mutta silti niillä on selvä yhteys ja ne liittyvät samaan kontekstiin. Lisäksi näitä kahta tyyppiä voidaan muokata toiseen tiedon

tyyppiin. (Nonaka & Takeuchi, 1995) Tieto tulee nähdä yrityksissä suurena potentiaalisena resurssina ja kilpailukyvyyn edistäjänä, jonka hankinnassa ja hallinnassa sen tulee jatkuvasti kehittyä. Tieto rakentuu yrityksen keräämästä datasta ja informaatiosta, joita analysoimalla saadaan tietoa. (Väyrynen, Jalonen & Helander, 2015)

Tiedon merkitys yrityksille on kaikki kaikessa. Nykyaikana jokainen yritys käytännössä elää tiedon varassa ja kaikki toiminta perustuu yrityksen tietoon. Tiedon merkitys työelämässä- artikkelissa Kimmo Vänni kertoo seuraavan vertauksen tiedosta: ”Nykyaikainen tietoa hyödyntävä organisaatio on kuvainnollisesti helppo nähdä biologisena organisminä, joka taistelee luonnonvoimia ja sairauksia vastaan pysyäkseen hengissä. Oleellista on nopea reagointi, tehokas tiedon siirtäminen organismin osien sisällä ja kyky hyödyntää uutta teknologiaa.” Yrityksmaailmassa tiedonmäärä on kasvanut vuosi vuodelta paljon ja tietoa tuotetaan ja kerätään joka vuosi enemmän kuin aikaisempina vuosina. Tähän on myös vaikuttanut globalisaatio, joka avaa uusia ovia yrityksille toimia laajemmilla markkinoilla. Tiedon merkitys on ajanut ohi jopa yritysten tuotantotekijöistä. Yritysten toiminnassa on lisäksi korostunut merkittävästi myös tietojohdamisen rooli. (Vänni K, 2008)

Tiedon avulla yritys voi tehdä päätöksiä sen liiketoimintaan liittyen ja perustella niitä tehdyillä havainnoilla. Tietoa on tarkoitus hyödyntää monella eri tapaa ja sen avulla voidaan myös selittää yrityksen nykytilaa ja suunnitella tulevaa. Tietoa yrityksessä on esimerkiksi tietää, että yritys on myynyt tuotteita/palvelujaan X euromäärällä viime viikolla, tai että yrityksellä on tietty markkinaosuus sen toimimilla markkinoilla. Yritys kokonaisuutena tarvitsee erittäin paljon tietoa ja eritoten erilaista tietoa, mutta yrityksen sisällä eri henkilöt haluavat vain tiettyä tietoa ja heillä on tiedoille erilaisia käyttötarkoituksia. Tämän vuoksi on tärkeää ymmärtää tärkeä ja ei oleellinen tieto yritykselle. Tällä tavalla yritys haluaa tiedon avulla tuottaa lisää arvoa sen toiminnalle. (Nonaka & Takeuchi, 1995)

3.6 Tiedonluonti yrityksissä

Tiedonluonti on jatkuva prosessi yrityksissä ja Nonaka ja Takeuchi kuvaavat yrityksen tiedonluontia poikkeavasti prosessiksi, jossa innovoinnissa yritys tuottaa uutta tietoa sisältä ulospäin. Tämä tarkoittaa, että kun yritys innovoi, se ei suoranaisesti vain prosessoi tietoa ratkaistakseen ongelman, vaan se nimenomaan tuottaa samalla uutta informaatiota ja tietoa yrityksen sisältä pilkkoakseen ongelman ja siten tuottaen ratkaisun tähän. Tiedonluonti on aina yksión tekemää ja yksikään yritys ei siten sitä voi tehdä, mutta yrityksen sisällä olevat yksittäiset henkilöt tuottavat yritykselle uutta tietoa sen käyttöön. (Nonaka & Takeuchi, 1995)

Nonakan ja Takeuchin mukaan uuden tiedon luominen on spiraalinen prosessi, joka perustuu kahden tietotyypin, eli hiljaisen ja eksplisiittisen tiedon jatkuvaan vuorovaikutukseen. Tämä johtaa siihen, että tietoa vaihdetaan eri henkilöiden toimesta keskenään ja yrityksessä luodaan perusta tälle prosessille, kun eri henkilöt tekevät yhteistyötä. Tietoa vaihdetaan ja lisätään keskustelemalla toisten kanssa ja lisäksi sitä saadaan yrityksen ulkopuolelta. Kaikenlainen verkostoituminen tuottaa ja vaihtaa tietoa. Tämä spiraalinen prosessi on myös itsessään iteratiivinen, eli sitä toistetaan useita kertoja ja se tuottaa siten lisää tietoa yritykselle. Yrityksen organisaatiolla on myös vaikutusta tiedonluontiin ja eri kulttuureissa eritoten voidaan tunnistaa eroja. Yrityksissä tiedonluonti voi olla ylhäältä alaspäin tai päinvastaista toimintaa, mutta Nonakan ja Takeuchin mukaan paras malli olisi keskeltä ylös ja alaspäin menevä malli, joka korostaa keskijohdon merkitystä. Perustelut tämän mallin toimivuuteen ovat keskijohdon paikka organisaatiossa ylimmän johdon ja työntekijöiden välissä. Tällöin keskijohto on hiljaisen ja eksplisiittisen tiedon välissä ja siten tärkeässä roolissa välittämään erilaista tietoa molempiin suuntiin ja myös itse luomaan uutta tietoa. (Nonaka & Takeuchi, 1995)

Mainitut tiedon kaksi eri tyyppiä eksplisiittinen ja hiljainen tietoa on mahdollista muuttaa tyyppistä toiseen, mutta se vaatii hieman prosessointia. Hiljaista tietoa voidaan muuttaa eksplisiittiseksi erittäin avoimessa ympäristössä ja siltikin tuon tiedon muokkaaminen ns. tieteelliseksi tiedoksi on haastavaa. Eksplisiittisen tiedon muokkaaminen hiljaiseksi tulee kokemuksen kautta, kun tiettyjä asioita on tehty kauan. Eri henkilöt omaavat molempia tietotyypppejä. Yritykselle on erittäin tärkeää muuttaa juuri avainhenkilöiden hiljainen tieto eksplisiittiseksi, jotta sitä voidaan hyödyntää laajemmin, eikä se katoa henkilön lähdettyä. (Nonaka & Takeuchi, 1995)

Yritykset keräävät jatkuvasti dataa ja informaatiota, mutta parhaan kilpailuedun saavuttavat yritykset, joilla on kyky tuottaa uutta tietoa näistä raaka-aineista. Uutta tietoa voidaan saada monilla eri tavoin kuten esimerkiksi yritysostoilla, jatkuvalla innovoinnilla,

koulutuksilla ja keräämällä ja analysoimalla jatkuvasti kerättyä dataa omasta toiminnasta. Nämä ovat vain kourallinen esimerkkejä, jota yritykset voivat tehdä. Kaikenlaisen tiedon kerääminen ei kuitenkaan palvele yritystä, vaan sen tehtävänä on kerätä tietoa sille tärkeistä asioista, joten analysoinnin on oltava tehokasta ja yrityksen johdon on selvästi ymmärrettävä, että mitä tietoa tarvitaan. Tietyiltä aloilta on olemassa jo paljon kerättyä ja tutkittua tietoa, mutta uusilla markkinoilla yritys voi joutua itse aloittamaan tyhjästä ja tuottamaan kaiken tiedon itselleen. (Vänni K, 2008)

Avainprosessina tässä tiedon hyväksikäytössä on yrityksen kyky kerätä dataa ja erityisesti analysoida sitä tehokkaasti ja oikein. Prosessissa suurin vastuu on yrityksen johdolla ymmärtää tämä suuri tiedon potentiaali menestystekijänä ja pyrkiä jalkauttamaan sen käyttöä eri toiminnoissa. Prosesseja tulisi luoda, joilla kerätään lisää tietoa ja sitä käytetään yrityksen toiminnassa aktiivisesti. Tieto on kuitenkin vaikea elementti, koska sen löytämistä ja optimaalisimmalla tavalla hyödyntämistä pidetään erittäin haastavana. Yrityksissä on usein paljon tietoa sisällä, joista osa on hyödyntämättä ja joista kuitenkin voitaisiin kehittää kilpailutekijöitä. (Väyrynen, Jalonen & Helander, 2015)

4. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Pääluvussa 4 on tarkoituksena esitellä kohdeyritystä ja toimintaa tarkemmin. Tutkimusasetelma ja tutkimusmenetelmät esitellään ja niissä esille nousseita asioita. Kohdeyrityksen nykytilannetta käydään läpi kertomalla sen oleelliset prosessit ja toiminta yleisesti. Kohdeyrityksen toiminnasta käydään tarkemmin tämän työn valittu kehitysprojekti ja prototyyppituotannon toimintaa. Osaa yrityksen tiedoista ja projektin, sekä prototyyppituotannon asioista ei voida työssä esittää ja selittää tarkemmin johtuen salassapitovelvollisuudesta.

4.1 Kohdeyrityksen esittely ja toiminta

Kohdeyritys on suomalaisessa omistuksessa olevan suuren konsernin tytäryhtiö, joka on perustettu vuonna 2018. Yritys valmistaa ja suunnittelee sähköakkuja moniin käyttötarkoituksiin, sekä muita akustoon liittyviä tuotteita. Sähköakkuja valmistetaan täyssähköautoihin ja muihin pienempiin käyttötarkoituksiin voimanlähteiksi. Asiakkaat ovat autoteollisuuden OEM asiakkaita muilla, kuten työkonemarkkinoilla toimiviin OEM asiakkaisiin. Kohdeyritys työllistää noin 400 ihmistä ja kasvaa jatkuvasti. Yrityksellä on toimintaa Suomessa ja Saksassa ja sillä on useampi toimipiste molemmissa maissa.

Yritys valmistaa tällä hetkellä useampaa sähköakkuja ja useampia tuotteita on kehitysvaiheessa sarjatuotantoa ja markkinoita varten. Yrityksen ydinosaamisena on sähköakkujen suunnittelu ja valmistus alusta loppuun. Yritys valmistaa myös sopimusvalmistuksella akkuja eri autoteollisuuden OEM asiakkaille. Tarkoituksena on myös siirtyä yhä vahvemmin TIER 1 toimittajiksi OEM asiakkaille autoteollisuudessa. Yrityksen vahvuutena on sen kyky toimittaa valmiita sähköakkuja ja järjestelmiä asiakkaille sen vahvan osaamisen kautta. Yrityksellä on erittäin vahva organisaatio ammattilaisten ja spesialistien osalta ja yrityksellä on selvä etuasema sen toimimilla markkinoilla, koska he lähtivät markkinoille alkuvaiheessa ja ovat saaneet hyvää jalansijaa markkinoilla ja samalla kokemusta.

Tuotantoa yrityksellä on suurien volyymien sarjavalmistuksesta piensarjatuotantoon asti. Pääsääntöisesti tuotanto on automatisoitua ja valmistuksessa keskitytään paljon laadunvarmistukseen, eli testauksiin ja turvallisuuteen johtuen akkujen erityispiirteinä olevasta potentiaalisesti vaarallisuudesta. Akkutuotanto vaatii paljon tarkkuutta ja huolellisuutta, koska akkujen valmistuksessa on paljon riskejä kuten oikosulut ja valokaaret. Jokaisen

tuotantoprosessin takana on pitkä tuotekehitysprojekti, jotta tuote on saatu kehitetty sarjavalmistukseen kypsäksi ja valmistusprosessi toimivaksi. Kohdeyrityksen vahvuutena on juuri toimittaa heidän asiakkaallensa kokonaisvaltainen palvelu tuotteen suunnittelusta aina valmistukseen asti.

Yrityksellä on toimintaa useassa eri maassa ja akkutuotantoa toistaiseksi vain Suomessa. Yrityksellä on olemassa oma prototyyppieihin, prototyyppituotantoon ja piensarjatuotantoon erikoistunut tehdas Suomessa, jonka tarkoituksena on valmistaa tuotekehityksessä olevien projektien tuotteita. Prototehdasta voisi luonnehtia olemaan tuotekehitysprojektien työpajana, eli siellä suunnittelussa viimeistellyt akut valmistetaan ensimmäistä kertaa fyysisistä osista kasaan ja suunnittelu pääsee tutkimaan prototyyppiejä. Prototehdas palvelee useampaa eri tuotekehitysprojektia samanaikaisesti ja tekee tiivistä yhteistyötä näiden kanssa. Autoteollisuudessa tehdään muihin aloihin verraten poikkeuksellisen paljon prototyyppiejä, joten niiden valmistukseen on varattava paljon resursseja. Tuotekehityksessä projekti haluaa valmistaa protoakkuja useammassa eri tuotekehityksen vaiheessa ja siten saada validoitua tuote sarjavalmistukseen kypsäksi. Eri rakennusvaiheiden välissä akku saattaa käydä läpi isoja muutoksia niin rakenteeltaan kuin valmistusprosessiltaan. Prototehtaalla on resursseja suorittaa melkein kaikkia akkujen valmistukseen liittyviä tekniikoita ja heillä on myös tuotekehityksen ja tuotantotekniikoiden yksiköiden apu.

Prototehtaalla tuotteiden kokoonpanosta vastaa tuotannon oma organisaatio, jonka tehtävänä on tarjota resursseja akkujen valmistukseen ja lisäksi tarjota toimihenkilöiden puolelta asiantuntijoita laadun, prosessisuunnittelun ja materiaalinhallintojen osalta. Jokaisella tuotekehitysprojektilla on oma organisaationsa ja vastuulliset henkilöt eri toiminoille. Prototehtaalla tehdään siis valmistustoimintaa eri organisaatioiden kanssa ja projektivaiheessa tuotteen ja tuotannosuunnittelusta vastaa jokainen projekti.

Prototyyppituotannon suunnittelusta vastaa tuotekehitysprojekti, joka suunnittelee prototyyppien määrät, käytettävät komponentit, valmistusprosessin ja prototyyppien käyttökohteet. Prototyyppiejä tehdään hyvin erilaisia määriä riippuen projektista ja syistä mitä prototyypeillä halutaan selvittää. Yleensä tuotteen elinkaaren alussa prototyyppien määrä on suhteellisen pieni, jolloin tutkitaan tuotteen ominaisuuksia ja yleistä toimivuutta ja mentäessä pidemmälle tuotekehityksessä prototyypeillä tulee selvittää paljon asioita sen yleisestä kypsyydestä sarjavalmistukseen. Asiakkaan rooli prototyyppien valmistuksen aikana riippuu projektista, osassa projekteissa asiakas on mukana heti alussa ja projektin aikana heidän omaan projektiinsa tuotetaan prototyyppiejä. Monesti projektilla on olemassa henkilö, jonka tittelinä on build manager, joka vastaa prototyyppien tuotan-

non tuotannosuunnittelusta, aikatauluista ja osista. Projektin sisällä kuitenkin asiantuntijat määrittävät tarkemmin prototyyppien määrät eri buildien aikana, koska prototyypeille tulee tehdä tiettyjä lainmukaisia testauksia ja sen päälle muut testaukset ja validoinnit, jotta voidaan varmistua akun toimivuudesta, turvallisuudesta ja vaatimusten täyttymisestä. Projektissa eri vastuualueiden vetovastuussa olevat henkilöt kertovat, että mitä heidän puoleltaan tulee selvittää prototyypeillä. Esimerkiksi prosessipuolen henkilöt haluavat valmistaa useita akkuja, jotta voivat tutkia eri valmistustekniikoita ja laitteita, mekaniikan vastaavat haluavat tietää osiensa sopivuutta ja toimivuutta ja elektroniikkasuunnittelijat haluavat tietää koko järjestelmän toimivuutta. Tässä oli muutama esimerkki eri alueista ja mitä halutaan tutkia. Tuotekehitysprojektin johto määrittää lopulliset prototyyppien määrät, koska heillä on paras ymmärrys isosta kokonaisuudesta ja lisäksi tulee huomioida kustannukset ja aikataulut, joiden perusteella tehdään lopulliset päätökset. Lopulliseen päätökseen otetaan myös huomioon muiden sidosryhmien aikataulut ja resurssit kuten esimerkiksi tuotannon ja testauksen. Lopullisista määristä ja aikatauluista kasataan dokumentaatio, kun kaikkien sidosryhmien kanssa on sovittu prototyyppien määrästä ja aikatauluista. Nämä kaikki projektin tulee sisällyttää omaan aikatauluunsa ja budjettiinsa.

Prototyyppejä valmistava tuotanto-organisaatio toimii prototyyppitehtaalla tiiviisti yhteistyössä eri tuotekehitysprojektien kanssa. Näiden kahden organisaation välillä on synergiaa erittäin paljon, kun tuotanto-organisaation henkilöstöstä moni on sijoitettuna myös projektiorganisaatioon asiantuntijaksi, jolloin voidaan taata hyvä yhteistyö ja osaaminen eri alueilta. Usein myös tiiviimpänä linkkinä toimii projektin build manager, joka kuuluu tuotanto-organisaatioon ja on ns. linkki näiden organisaatioiden välillä ja vastaa tuotannon sujumisesta. Tuotantoa tehdessä tuotannosta kerätään paljon tietoa tuotteesta ja sen valmistettavuudesta, joka välitetään projektille käytettäväksi jatkokehitykseen ja palautteeksi onko tuotteen ominaisuudet toimineet. Tuotantosuunnitelma on tehtynä dokumentiksi, jota pyritään noudattamaan, mutta sitä usein joudutaan päivittämään johtuen osapuutteista, tai muista tuotannonaikaisista ongelmista, jotka johtuvat tuotteen matalasta kypsyyssasteesta.

4.2 Case projektin esittely

Kohdeyrityksellä on menossa tällä hetkellä tuotekehitysprojekti modulaarisesta akkujärjestelmästä, jota voidaan modifioida eri asiakkaiden tarpeisiin ja siten tarjota laajempi skaala mahdollisia ratkaisuja. Tällainen järjestelmä on niin sanottu platform ratkaisu eli alustaratkaisu, jonka räätälöinti on helppoa ja siihen voidaan tarpeiden mukaan liittää esimerkiksi eri jäähdytyksiä ja eri kapasiteettisia akustoja. Tämä mahdollistaa akuston

käytön pienistä työkoneista erittäin raskaisiin koneisiin ja autoteollisuuteen. Tuotekehitysprojekti on aloitettu yrityksessä pari vuotta sitten ja se on suunniteltu täysin yrityksen sisällä noudattaen yrityksen strategiaa siirtyä palvelemaan enemmän sähköisen liikenteen asiakkaita ja siirtää liiketoimintaa myös kohti sähköistä liikennettä. Projektilla on kohdeyritykselle erittäin suuri merkitys, koska se on ensimmäinen oma tuote, joka on suunniteltu alusta loppuun ja yritys hoitaisi myös tuotteen valmistuksen tulevaisuudessa ja omistaa kaikki IPR oikeudet tuotteeseen. Tuotekehitysprojekti on aloitettu omasta tarpeesta lähtien tarjoamaan eri OEM valmistajille valmista ratkaisua heidän ajoneuvojen, koneiden ja laitteiden sähköistämiseen, mutta samalla myös siten, että mitään designiin tehtyjä ratkaisuja ei ole tehty siten, että ne sulkisivat joitain potentiaalisia asiakkaita ulos. Johtuen tuotteen salaisuudesta kehitysvaiheessa, tuotteen tarkempia tietoja ei voida avata kuin pintapuolisesti ja siitä ei voi liittää kuvia tähän diplomityöhön.

Tuotekehityksessä on suunniteltu tuotetta jo parin vuoden ajan ja siitä on rakennettu prototyyppijä. Suunnittelu tuotteesta on jo pitkällä ja siitä on rakennettu erilaisia moduuleja sekä kasattu kokonaisia akkujärjestelmiä. Akuston perusrakenne on kasta yksittäisistä akkumoduuleista isompia järjestelmiä, jolloin useampia moduuleja kytketään yhteen ja niiden avulla voidaan tarjota haluttu energia asiakkaan ajoneuvoon. Akuston perusrakennuspalikat ovat akkumoduulit, joita on tarkoitus siis kytkeä yhteen eri lukumääriä riippuen koko akkujärjestelmän tarpeesta. Moduuleja on tarkoitus kasata erilaiseen runkoon, tai kehikkoon kiinni lähekkäin toisten moduulien kanssa ja kytkeä ne yhteen sekä lisätä muut järjestelmän vaatimat komponentit, että moduulit keskustelevat keskenään ja järjestelmästä löytyy ns. aivot, jotka ohjaavat koko järjestelmää ja joka keskustelee myös ajoneuvon kanssa. Kehityksessä oleva tuote on käynyt läpi A ja B vaiheen prototyyppien rakennusvaiheet ja on nyt kolmatta kertaa suunnittelussa. C vaiheen prototyyppien rakennukset on suunniteltu loppuvuodelle 2021.

Tuotekehitysprojektin aikana on moduuleista rakennettu ensin A prototyyppijä, joilla testattiin koko konseptin toimivuutta ja erilaisia ominaisuuksia ja elementtejä. Nämä prototyyppit olivat A rakennusvaiheen mukaisesti vielä kaukana lopullisesta designista ja niillä vahvistettiin ja testailtiin eri asioita tuotekehityksessä, jotta voidaan tehdä parempia ratkaisuja seuraavan vaiheen prototyyppeihin. A vaiheen prototyyppijä rakennettiin määrällisesti erittäin vähän johtuen niiden tarpeista ja kustannuksista. Osa A prototyypeistä lähetettiin asiakkaille heidän testeihinsä ja tutkimuksiin, jotta heiltä saadaan palaute ja asiakas pääsee aktiivisesti mukaan ja seuraamaan tuotteen kehittämistä. A prototyyppit olivat erittäin manuaalista kokoonpanoa tuotekehityksen kanssa tiukassa yhteistyössä ja

samalla tutkien osia ja niiden yhteensopivuuksia. A prototyypit kävivät myös läpi perusteelliset testaukset, jotta saatiin paljon dataa niiden funktionaalisuudesta ja miten ne täyttivät niille asetetut vaatimukset ja ominaisuudet.

B vaiheen prototyypit olivat jo ulkonäöltään, materiaaleiltaan ja ominaisuuksiltaan lähellä valmista tuotetta, johon suunnittelussa tähdättiin. B prototyypeissa keskityttiin tuotteen lisäksi myös tulevaan valmistuskonseptiin ja eri tuotantoteknologioiden mahdollisuuksiin. Tuotteen kehityksen ja suunnittelun ohella on tärkeää myös kehittää valmistusprosessia, jotta suunnitellun tuotteen valmistaminen onnistuu ja se voidaan tehdä tehokkaasti ja laadukkaasti. B vaiheessa prototyypeilla hankittiin paljon uusia jigejä kokoonpanoon ja uusia laitteita, joilla nostaa valmistuksen automaatioastetta täysin manuaalisesta ylöspäin. B rakennusvaiheessa prototyypeille kehitettiin selvä valmistusprosessi ja menetelmät, jota luonnollisesti vielä jatkojalostetaan vastaamaan lopullista sarjavalmistusprosessia, mutta jo tässä vaiheessa oli kokoonpanoprosessi selvempi ja tasapainotettu. Määrällisesti B prototyypeja tehtiin selvästi suurempia määriä, kuin A vaiheen prototyypeja. B prototyypeilla oli jo erittäin korkea kypsyyssaste, joten valmiilla prototyypeilla päästiin tekemään jo kattavaa testaamista tuotteiden funktionaalisuudelle. B prototyypeista alettiin keräämään selvästi enemmän tuotannon aikaista informaatiota, kuin A prototyypeista ja tätä tietoa pyritään hyödyntämään seuraavalla tuotteen suunnittelukierroksella ja viemään tuotteen kypsyyssaste käytännössä valmiin tuotteen tasolle. B rakennusvaiheen päätyttyä kerättiin informaatiota tuotannosta ja sen prosesseista jatkokehitystä varten, jotta voidaan todentaa onnistuneet ja kehitettävät asiat. Seuraavaan C vaiheeseen on tulossa jälleen selvästi korkeampaa automaatioastetta verrattuna B vaiheeseen, joten prosessin osalta otetaan isoja harppauksia kohti sarjavalmistusta.

Tuotekehitysprojekti toimii itsenäisenä omana organisaationaan, johon on upotettu myös muiden osastojen henkilöitä vastaamaan eri asioista. Projektilla on asiantuntijoina esimerkiksi eri henkilöitä tuotannosta, jotka istuvat myös omassa tuotannon organisaatiossaan, mutta siis vastaavat tietyistä asioista myös projektissa. Tällä tavalla saadaan kaikki tarvittavat resurssit projektin käyttöön, mutta samalla osa henkilöistä voi allokoita omaa työaikaansa myös muihin projekteihin tai muuhun osastoon. Koska projektin kuormitus voi osua esimerkiksi tuotannolle ainoastaan prototyypien rakentamisissa, niin heitä ei sidota kokoaikaiseksi projektin resurssiksi. Erittäin kriittisiä linkkejä tuotanto-organisaation ja projektin välissä ovat tuotantopäällikkö ja build manager, jotka vastaavat tuotannon resursseista projektille ja tuotannonohjauksesta ja yleisistä operatiivisten asioiden hoitamisista. Kun prototyypien tuotanto-ohjelmaa suunnitellaan, niin nämä edellä mainitut henkilöt osallistuvat suunnitteluun ja ovat mukana antamassa omat näkemyksensä ja yrittävät sovittaa tuotanto-ohjelmaa ja resursseja tarpeiden ja muiden projektien ja jo

olemassa olevan tuotannon kanssa. Projektilla on oma aikataulunsa noudatettavana, joten heillä on painetta noudattaa aikatauluja parhaansa mukaan. Suunnitellessa tulevaa prototyyppituotantoa keskustellaan juuri suunnitelluista volyymeistä tulevalle rakennusvaiheelle ja tarvittavia henkilöresursseja, koska nämä ovat tuotanto-organisaation alla. Lisäksi tarvitaan synergiaa ME (Manufacturing Engineering) osastolta laitteiden ja koneiden kanssa, joita tarvitaan prototyyppituotannon aikana. Koko prototyyppituotanto tapahtuu siis useamman osaston välisenä yhteistyönä ja se tuo haasteita, mutta myös paljon osaamista mukaan. Projektioorganisaatiossa pidetään vähintään viikoittaisia palavereja prototyyppien tuotannosta, kun rakennusvaihe on päällä, jotta ollaan jatkuvasti selvillä tilanteesta ja erityisesti jos ilmenee ongelmia, että miten ne voidaan ratkaista tehokkaasti. Tuotannosta annetaan informaatiota ylöspäin joko suoraan projektille, tai build managerin kautta, jolloin asiat puidaan läpi joko viikkopalavereissa, tai erillisissä ns. deep dive palavereissa, jossa tarkoitus käydä syvällisesti asia läpi.

Prototuotannon suunnittelu tapahtuu aina paljon aikaisemmin itse tuotantoa, koska tuotannosuunnittelu tulee tehdä kattavasti ja projektin osalta tulee tietää kaikki asiat, jotka tulee selvittää tulevan rakennusvaiheen prototyyppien avulla. Kun prototyyppituotannosuunnittelu alkaa, projektin tulee siis kartoittaa eri asiat, jotka tulee selvittää ja tiedostaa ne ja tämän tiedon pohjalta voidaan alkaa suunnittelemaan tulevia volyymejä. Tuotannosuunnittelussa projektin tulee myös huomioida kustannukset ja budjetoidut varat rakennusvaiheelle, koska prototyyppien valmistus erityisesti akkuja rakentamalla on erittäin kallista pelkästään verrattuna sarjatuotannon yksikkökustannuksiin. Kattavat tuotetestaukset vaativat tietyn määrän akkuja esimerkiksi funktionaalsiin testeihin, kattavat sähkötestaukset, törmäys ja värinätestit, upotustestaukset ym. vastaavat. Yleensä useammassa rakennusvaiheessa asiakkaille on lähetetty sovittu määrä prototyyppijä heidän omaan tuotekehitysprojektiinsa, jotta he voivat testata myös tuotetta ja antaa oman palautteensa siitä. Tuotantoprosessista vetovastuussa oleva henkilö haluaa mahdollisimman monta tuotetta läpi tuotantoprosessin, jotta toistojen avulla voidaan selvittää mm. prosessin toimivuus, laaduntuottokyky, kyvykkyys, laitteiden toimivuus ja tahtiajat työasemilla. Tuotekehityksessä halutaan tuottaa mahdollisimman paljon prototyyppijä varmistamaan eri asioita, mutta yleisesti prototyyppien määrä ja suhteellisen alhaiseksi ja se riippuu myös täysin rakennusvaiheesta. Yhdellä prototyyppillä voidaan suorittaa monia eri testejä ja asioita päällekkäin, joka pitää kustannukset kurissa ja tarjoaa arvokasta tietoa projektin suunnitteluosastolle. Prototyyppien määrään vaikuttaa siis paljon eri tekijöitä ja samalla myös aika on projektin resurssi, joka monesti tulee myös vastaan, eli prototyyppijä ei voida rakentaa pitkiä aikoja, vaan vaaditaan nopeita tuloksia pienillä

määrillä. Kappalemäärällisesti projekti päättää yhdessä muiden sidosryhmien kanssa lopullisen määrän karkeasti, mutta tuo määrä elää aina rakennusvaiheen aikana, kun myös tarpeet muuttuvat ja tilanteet muuttuvat. Koska tuote on vasta prototyypitasolla, niin osien saatavuus on myös rajoittava tekijä, koska osat pitää tilata kauan ennen rakennusvaihetta johtuen pitkistä toimitusajoista ja samalla tulisi tietää jo määrät, koska jos osat loppuvat niiden saaminen kestää kauan. Kun suunnitelmat on tehty kaikkien vaatimusten ja saatavilla olevien resurssien mukaan jokainen osapuoli sitoutuu noudattamaan suunnitelmaa niin hyvin kuin mahdollista. Build manager vastaa tuotannosuunnittelusta yhdessä projektin kanssa ja he luovat tuotanto-ohjelman (Build plan), joka julkaistaan viikkotason dokumentiksi, josta selviää tulevat prototyypit, määrät, variantit ym.

4.3 Case projekti ja vaatimukset

Tämän diplomityön case projekti noudattaa normaaleja käytäntöjä ja vaatimuksia, joita autoteollisuudessa vaaditaan. Tuotekehitysprojekti on aloittanut kehitystyön aivan alusta ja tarkoituksena on suunnitella markkinoille uusi tuote ja samalla aloittaa sen sarjavalmistus ja myös näiden ohella luoda kaikki vaadittu dokumentaatio ja prosessit tuotteen ympärille autoteollisuuden vaatimusten mukaan. Autoteollisuuden vaatimukset tuotteelle ja prosesseille ovat erittäin vaativia, mutta niiden noudattamisella saavutetaan kaikki lakisääteiset asiat valmiiksi ja voidaan taata asiakkaalle ja markkinoille laadukas tuote. Autoteollisuudessa tuotekehitysprojekteille on olemassa muutamia eri malleja suorittaa koko projekti, joka tarjoaa projektijohdolle työkalut jokaiseen projektin vaiheeseen. Autoteollisuuden alle kuuluvat tuotteet joutuvat noudattamaan IATF 16949 standardia. Autoteollisuuden alle kuuluvat tuotteet, jotka joutuvat noudattamaan IATF standardia voidaan määritellä siten, että jos kyseessä olevalla ajoneuvolla voidaan ajaa moottoritiellä, niin sen katsotaan kuuluvan autoteollisuuteen. Tämän case projektin lopputuotteella on käyttötarkoituksia autoteollisuudessa, joten se joutuu noudattamaan IATF standardia. Vaikka kaikki tuotteen eivät menisi autoteollisuuteen, joutuu projekti silti noudattamaan standardeja kireimmän vaatimukset kautta. Tämän työn case projekti noudattaa saksalaisten auton- ja osavalmistajien VDA:n RGA mallia, eli sen avulla projektissa voidaan seurata ja varmistua tuotteen kypsyydestä vaihe kerrallaan. RGA dokumentti on siis iso ja monimutkainen työkalu projektin johdolle vaadittavista asioista, joita tuotteelle joudutaan tekemään, että se vastaa kaikkia standardin ja lakien vaatimuksia. Käytännössä projektin johto joutuu siis täyttämään aktiivisesti projektin edetessä dokumenttia, että mitä on tehty ja varsinkin auditoinneissa auditoija tulee aina kysymään tästä. RGA mallissa seurataan tuotteen ja prosessien etenemistä riskilähtöisestä näkökulmasta ja normaalisti tätä dokumenttia täytetään ja päivitetään yhdessä asiakkaan kanssa, eli kyseessä on jaettava

dokumentti molempien osapuolten välillä, joka tarjoaa asiakkaalle keskeisen paikan tuotteen ja prosessien kehityksen läheisyydessä.

4.4 Työn tutkimusasetelma ja tutkimusmenetelmät

”Tutkimusasetelma tarkoittaa tutkimusongelman, käytettävien empiiristen aineistojen ja niiden analyysimenetelmien muodostamaa kokonaisuutta. Voidaan ajatella, että myös teoreettinen viitekehys ja sen myötä keskeiset käsitteet ovat osa tutkimusasetelmaa.” (Ronkainen ym. 2011, 63–70). Tutkimuksessa tutkimusasetelmana oli tutkimusongelmien määrittely ja niiden purkaminen osiin alatutkimuskysymysten avulla. Tutkimuksessa kerättiin tietoa eri tutkimusmenetelmillä, jotta saatiin tietoa analysoitavaksi. Eri tutkimusmenetelmillä pyrittiin saamaan täsmällisempää tietoa valitulta tutkimusjoukolta tutkimuskysymyksiin. Näiden tietojen ja niiden analysoinnin perusteella muodostettiin kehitysehdotuksia ja niiden toimivuutta pohjattiin juuri kerättyyn tietoon.

Tutkimuksessa käytettiin kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä, joilla pyrittiin selvittämään työn taustoja ja ongelmaa paremmin. Kvalitatiiviset tutkimusmenetelmät valittiin työhön, koska haastatteluiden ja avointen kyselyiden tuottama tieto oli selvästi parempaa hyödyntää, kuin kvantitatiivisilla menetelmillä tuotettu tieto. Kvalitatiiviset menetelmät valikoituivat myös sen takia käytettäväksi, että tutkittavien henkilöiden perusjoukko oli niin pieni ja heiltä tuli saada selvät ja kattavat vastaukset ongelmaan. Lisäksi haastateltavien ihmisten joukko oli erikseen valittu täsmällisesti, koska heillä oli paras tietotaito antaa tärkeää tietoa tähän työhön. Haastatteluilla ja kyselyillä päästiin paljon syvemmälle asiaan, kuin kvantitatiivisilla metodeilla. Perusjoukolta haluttiin heidän analyysinsä oman työtehtävän näkökulmasta ja muuta empiiristä tietoa, jota voidaan hyödyntää. Haastateltaville henkilöille räätälöitiin kysymykset heidän työtehtävänsä ja kokemuksen perusteella, jotta voidaan saada kaikki tieto ongelmasta selville ja tähän työhön saadaan sitä kautta useampia näkökulmia samasta asiasta, jolloin välttyään tietynlaiselta siiloutumiselta ja osaoptimoinnilta.

Haastatteluista ja kyselyistä tuotettua tietoa kerättiin ylös muistiinpanoina vastausten perusteella ja lisäksi pilkottiin tämän työn tutkimusongelmia pienempiin osiin ja pyrittiin hahmottamaan potentiaalisia keinoja kehittää toimintaa, eli kehitysideoita ja niiden vaikutuksia. Haastattelut olivat kriittinen osa tätä tutkimustyötä, joten sen takia niiden rakenne suunniteltiin tarkasti ja räätälöitiin jokaiselle henkilölle heidän työnkuvansa perusteella, jotta voitiin saada kaikki tiedot parhaiten kerättyä. Haastatteluihin valmistautuminen oli tärkeässä roolissa, koska niiden pohjalta kerätty tieto toimii inputtina tuleviin kehitysehdotuksiin ja toimintamalleihin. Kun tutkimusasetelmat ja menetelmät ovat suunniteltu huolella voidaan paremmin taata työn onnistuminen ja tehokkaat kehitysideat.

4.4.1 Teemahaastattelut

Teemahaastatteluissa haastatellaan useampaa eri henkilöä, jotka toimivat eri työtehtävissä, joko projektissa, tai tuotannon organisaatiossa. Näissä haastatteluissa pyritään selvittämään kriittisiä asioita, näkökulmia ja ongelmia tämän työn tutkimusongelmasta. Eri henkilöille on eri kysymykset, jotka keskittyvät heidän työtehtäväänsä. Haastatteluissa on strukturoidut kysymykset kaikki valmisteltuna ennakkoon, mutta myös itse haastattelun aikana tullaan tekemään vastausten pohjalta jatkokysymyksiä ja käymään yleistä keskustelua aiheesta. Haastatteluihin tullaan varaamaan noin tunti aikaa. Tarkoituksena on kysymysten lisäksi käydä vapaata keskustelua ja kommentointia aiheesta. Haastatteluja tullaan pitämään 6 kappaletta ja haastateltavien joukkoon kuuluvat seuraavat henkilöt:

- Projektipäällikkö, case projektista
- Tuotantopäällikkö tuotanto-organisaatiosta
- Build manager
- Projektipäällikkö toisesta projektista
- Prosessivastaava projektista
- Laatupäällikkö projektista

Nämä henkilöt on valittu tarkkaan juuri heidän tehtäviensä pohjalta. Heidän tietojen pohjalta lähdetään tarkemmin paneutumaan tutkimusongelmaan ja pilkkomaan sitä paremmin hahmoteltaviin osiin. Tarkoituksena saada jokaiselta henkilöltä selvä vastaus heidän vastualueeltaan seuraavia asioita:

1. Miten prototyyppituotantoa suunnitellaan ja tehdään
2. Mitä kaikkea prototyyppituotannon suunnittelussa ja toteutuksessa on huomioitu
3. Mitä ongelmia, tai haasteita nähdään prototuotannon suunnittelussa
4. Mitä prototyyppituotannon suunnittelussa ja toteutuksessa voidaan parantaa
5. Mitä lessons learned asioita on tässä kohdassa projektia otettu huomioon nykyisestä ja menneistä projekteista prototuotannon suunnittelussa ja toteutuksessa?

6. Mitä kaikkea prototyypituotannolla on tarkoitus selvittää ja ratkaista valmiin tuotteen ja sen valmistusprosessin kannalta
7. Mitä työkaluja on käytössä prototyypituotannon suunnittelussa ja toteutuksessa projektilla?
8. Miten standardit ja asiakasvaateet huomioidaan
9. Miten kommunikaatio eri osastojen ja henkilöiden välillä on tämän asian osalta onnistunut
10. Miten kustannukset ja käytössä olevat resurssit rajoittavat toimintaa
11. Mitä tulee huomioida siirryttäessä prototyypituotannosta sarjavalmistukseen?
12. Mitä prosesseja ja työkaluja tulisi olla ja käyttää prototyypituotannossa?
13. Miten suunnitella prototyypituotanto optimaalisesti tuotekehitysvaiheessa?
14. Mikä erottaa prototyypituotannon sarjavalmistuksesta?
15. Mitkä ovat kriittisimmät asiat prototyyppien valmistuksessa tuotekehitysprojektin kannalta
16. Tarvitaanko protoiluun selvempi prosessi/prosesseja uusia työkaluja

Näistä asioista johdetaan jokaiselle teemahaastatteluun osallistuvalla henkilöllä kysymykset ja niistä kerätään vastaukset. Tarkoituksena on analysoida haastateltavien vastaukset ja aineistosta löytää yhteneviä vastauksia ja ajatuksia, joista voidaan löytää ongelmakohtia. Tarpeen tullen vastausten pohjalta voidaan suorittaa jatkohaastatteluja. Vastausaineistosta kasataan yhteenveto tähän työhön.

4.4.2 Kyselyt ja aineiston keruu toteutuneista projekteista

Teemahaastattelun lisäksi tutkimuksessa tehtiin kyselyitä kohdeyrityksen henkilöstölle tarpeiden mukaan. Kyselyt olivat räätälöityjä tietyille henkilöille, jotta voitiin paremmin saada informaatiota prototyyppien tuotannosta, tuotannonsuunnittelusta ja vaatimuksista riippuen henkilön työtehtävästä. Kyselyt lähetettiin henkilöiden sähköposteihin ja sitä kautta tarjottiin helppo kanava vastata omaan tahtiin ja rauhassa myös miettiä vas-

taukset kysymyksiin. Kysely oli hyvä tapa kerätä tärkeää informaatiota, kun kohdehenkilöt saavat juuri rauhassa paneutua kysymyksiin ja rauhassa antaa heidän oman vastauksensa omasta näkökulmastaan. Kysymyksillä johdateltiin aiheeseen eri tulokulmista ja pyrittiin pureutumaan suoraan tämänhetkisiin ongelmiin, luokittelemaan niitä ja erityisesti pohtimaan kehitysideoita tulevaa ajatellen.

Kohdeyrityksellä on historiaa olemassa vastaavista asiakasprojekteista ja niiden suorittamisesta alusta loppuun. Jokainen projekti on luonnollisesti ollut oma uniikki suorituksensa erilaisen lopputuotteen ja sen prosessien kehittämiseksi. Autoteollisuudessa kuitenkin kaikille projekteille on asetettu tietyt reunaehdot standardien ja vaatimusten mukaan. Kaikki projektit noudattavat tiettyä strukturoitua prosessia alusta loppuun, joka takaa tasaisien ja kontrolloidun etenemisen kehityksessä. Kohdeyrityksessä on eri projekteissa käytetty erilaisia menetelmiä ja seurantatyökaluja omien ja asiakkaan vaatimusten mukaisesti, koska esimerkiksi asiakas haluaa joskus vaatia tietyn mallin mukaisen prosessin koko projektin etenemiselle, jotta he pystyvät myös itse seuraamaan sen etenemistä ja reagoimaan sen aikana.

Toteutuneista projekteista kerättiin tietoa suorittamalla teemahaastatteluja, sekä kyselyitä. Aineistoa saatiin kerättyä teemahaastatteluissa räätälöimällä haastatteluihin strukturoidut kysymykset valmiiksi jokaiselle henkilölle. Kysymyksiä räätälöitiin jokaiselle henkilölle heidän työtehtäviensä perusteella, vaikka kysymykset liittyivät kuitenkin samaan asiaan, mutta eri näkökulmasta. Haastattelun aikana myös vastauksista ja keskustelusta johdettiin jatkokysymyksiä. Haastateltavista henkilöistä osalla oli kokemusta kohdeyrityksen aikaisemmista projekteista ja heillä oli selvät mielipiteet ja vastaukset kysymyksiin ja asioihin.

Toteutuneista projekteista oli edelleen olemassa materiaalia ja empiiristä kokemusta eri henkilöillä. Projektit ovat kaikki olleet erilaisia, mutta niissä on nähtävissä kuitenkin samat rakenteet ja vaiheet. Asiakkaiden vaatimukset tekevät erottavia tekijöitä projekteihin yleisesti, kun taas kohdeyrityksellä on ollut pidempään tarkoituksena harmonisoida ja luoda talolle omaa sisäistä tapaa suorittaa kaikki projektit samalla tavalla. Toteutuneista projekteista on dokumentaatiot olemassa ja entiset projektin johtohenkilöt tietävät hyvin niiden ongelmat ja saavutukset. Lisäksi jokaisesta projektista luodaan jo kohdeyrityksen omien prosessien mukaan Lessons learned asiat ja käydään läpi eri sidosryhmien kanssa, jotta voidaan välttää tulevaisuudessa samat virheet ja samalla kehittää toimintaa.

5. TULOKSET JA TULOSTEN ANALYSOINTI

Kaikista tehdyistä haastatteluista tehtiin paljon havaintoja erilaisista epäkohdista ja haasteista. Haastatteluissa kysymykset oli räätälöity jokaiselle haastateltavalle, joka takasi eri henkilöiden tuovan eri näkökulmia esiin ja varsinkin korostaen heidän oman työtehtävänsä asioita. Yleisellä tasolla henkilöt osasivat myös hyvin nähdä kehitettävää ja haasteita, kun kysymykset liittyivät ylätasolle meneviin asioihin. Heillä oli antaa paljon ideoita eri asioista, joissa nähtäisiin kehityspotentiaalia. Haastatteluja analysoitaessa oli selviä asioita, joista henkilöt olivat samaa mieltä ja sitten oli muutamissa asioissa ristiriitaisia mielipiteitä. Kyselyissä alkuperäisiä vastauksia oli analysoitu ja niiden pohjalta lähetettiin kyselyitä osalle haastatelluista henkilöistä. Kyselyistä kerättiin vastaukset ja niiden vastaukset analysoitiin ja esiin nousi selviä asioita, joita haluttiin kehittää.

Haastatteluiden vastaukset kasattiin yhteen ja niitä tutkittiin tarkemmin etsimällä yhtäläisyyksiä ja samoja nimittäjiä. Vastauksista kasattiin taulukkoa vastausten perusteella ja sieltä nostettiin esille erilaisia havaintoja ja niitä tavallaan pisteytettiin niiden merkitsevyyden ja vaikuttavuuden perusteella. Vastauksia oli paljon ja niistä tuli koostaa vastaukset koko tutkitun perusjoukon osalta. Otoskoko ei ollut tilastollisesti suuri, mutta johtuen laadullisista menetelmistä vastausten tarkkuus ja yksityiskohtaisuus nousivat merkittävään rooliin. Vastauksia analysoitiin kysymys kerralla ja johtuen eri henkilöiden rooleista yrityksessä tuli vielä pohtia tuota näkökulman vaikutusta vastaukseen. Kyselyillä saatiin vielä paljon lisätietoa annettuihin vastauksiin ja niiden avulla pystyttiin tarkentamaan ja vahvistamaan teemahaastatteluiden tuloksia. Kyselyiden avulla pystyttiin varmistamaan erilaisia yhteisiä ongelmakohtia eri haastateltavien näkökulmista ja lisäksi voitiin kysellä potentiaalisia kehityskohteita ja ideoita.

5.1 Aineistojen pohjalta tehdyt havainnot

Yrityksen koko liiketoimintalinja on melko tuore ja se on selvässä kasvuvaiheessa sen toiminnassa johtuen suuresta murroksesta autoteollisuudessa, kun siirrytään kohti sähköistettyä liikennettä. Yritys on yhtiötetty omaksi yrityksestä emoyhtiöstään, mutta se on silti osa isompaa tunnettua suomalaista konsernia. Yritys on kasvanut aluksi toisen liiketoimintalinjan ohella ja se on sitä kautta saanut lainattua toimintaohjeita ja prosesseja, jotka on aluksi luotu erilaiseen käyttöön. Tämä on mahdollistanut toiminnalle nopeampaa kasvua, kun ei ole tarvinnut lähteä tyhjästä, mutta toisen liiketoimintalinjan ohjeistoa ei ole suunniteltu muiden käyttöön, joka näkyy jatkuvana ohjeiden päivittelyinä ja prosessien soveltamisena.

Kohdeyritys on ottanut jo uuden alustan käyttöön toimintaohjeilleen. Vanhojen toimintaohjeiden päivitys ja uusien luonti on menossa jatkuvana prosessina. Johtuen yrityksen markkinoiden nopeista muutoksista yritys on kasvanut erittäin nopeasti ja sitä kautta yritys muuttuu ja kehittyy jatkuvasti. Tämä on näkynyt selvänä haasteena mm. suurissa rekrytoinneissa, uuden työvoiman käyttöönotossa ja muissa resursseissa. Tästä johtaen yrityksellä ei ole vielä vankkaa vuosien kokemusta omalta alaltaan ja kaikkia prosesseja paikallaan optimoituina. Yritys on hakemassa omaa toimintatapaansa ja pyrkii luomaan omaa toimintakulttuuriaan tulevaisuudessa, jonka avulla se tehostaa toimintojaan ja pyrkii reagoimaan markkinoiden muutoksiin ja luo itselleen mahdollisuudet tehokkaaseen ydinosaamiseensa.

5.2 Prosessi prototyyppituotannolle

Yleisellä tasolla kohdeyritykseltä puuttuu selvä kokonaisvaltainen prosessi prototyyppituotannon suunnittelulle ja toteutukselle, johon jokainen tuotekehitysprojekti voisi nojautua ja noudattaa sitä. Kohdeyritys on varsin tuore yritys omilla markkinoillaan, mutta on silti merkittävä ja tunnettu tekijä valmistustoiminnallaan. Yritys on kovassa kasvussa ja se on jatkuvasti kehittymässä ja mukautumassa uusiin projekteihin ja nopeasti muuttuviin markkinoihin. Yrityksellä on käytössä oma toimintaohjeisto, jossa on määriteltynä eri prosesseja yleisellä tasolla ja se on jatkuvasti muutosten ja päivitysten tarpeessa, kun kaikki asiat muuttuvat nopeasti. Näiden projektien sisältä puuttuu erilaisia tarkistuslistoja ja muita dokumentteja, joita projekti voisi käyttää työkaluinaan. Projektin tulisi aktiivisemmin auditoida sen sidosryhmiä varmistuakseen kaikkien toiminnasta.

Prototyyppituotannon suunnittelu alkaa jo kauan ennen rakennusvaihetta. Kehitysprojektilla on vastuu tehdä tuotannosuunnittelu ja määrittellä aikataulut, resurssit ja tuotantomäärät, sekä yleisesti varmistaa, että kaikki oleelliset asiat ovat valmiita tuotantoa varten. Tämä kaikki tapahtuu projektijohdon tekemän Master schedulen mukaan, eli pääaikataulun, jonne on asetettuna kaikki isoimmat projektin tapahtumat ja aikataulutettu päällekkäin aina projektin loppuun saakka. Projektin alussa on tehtynä aina suunnitelmat koko projektin läpiviennille ja niitä päivitetään, kun muutoksista tiedetään ja ne vaikuttavat aikatauluun ja muihin vaiheisiin. Palavereja järjestetään eri kokoonpanoilla, kuten projektin ohjausryhmän ja muun projektiorganisaation kanssa. Varsinkin aikataulu ja suunnittelupalavereissa olisi hyvä ottaa mukaan enemmän poikkiorganisaatio ryhmiä, jotka voivat ottaa suunnitelmiin kantaa ja joihin se vaikuttaa. Tässä esimerkkinä juuri tuotanto-organisaation aktiivinen mukaan ottaminen. Ison projektin kankeus on haastava

tekijä ja joustavuus ei ole helppoa, kun se vaatii paljon eri sidosryhmiltä ja lisäksi me-
nossa on aina useampia projekteja, joita nämä eri sidosryhmät joutuvat myös palvele-
maan heidän aikataulujaan mukaan.

5.3 Aikataulutus

Prototyypituotannon eri rakennusvaiheiden eli buildien suunnittelussa tulisi enemmän
huomioida kaikkia näkökulmia, joita buildiin ja sen tarkoitukseen liittyy. Jokainen raken-
nusvaihe on erilainen ja sen avulla pyritään selvittämään useita eri asioita, mutta silti olisi
hyvä selittää kultainen keskitie, joka palvelee mahdollisimman montaa. Prototyyppien
määrät ovat noudattaneet periaatetta niin monta kuin tarvitaan, mutta kuitenkin mahdol-
lisimman vähän. Prototyypit ovat erittäin kalliita rakentaa ja niiden osia voi olla haastavaa
saada. Rakennettavien prototyyppien määrät yleensä pudotetaan projektin johdolta alas
valmistavalle organisaatiolle ja niiden mukaan eletään ja tuotantoa tehdään. Aikataulutus
valmistukselle on yleensä erittäin tiukka ja siinä ei ole laskettu tilaa virheille ja mahdolli-
sille ongelmille eri toiminnoissa. Eri rakennusvaiheissa on eroa erittäin paljon jo tuotteen
kypsyystasossa ja valmistusprosessissa, mutta tämä asia ei näy aina tuotanto-organi-
saatioissa ja projektin osalta ei pidetä selvää selontekoa asiasta. Resurssitarpeista, lait-
teista, tiedonkeruusta ym. tekijöistä ei ole aina selvyttä ja niiden määrittelyt uupuvat,
jolloin ne jäävät kokonaan valmistavan organisaation vastuulle, tai ne vain unohtuvat ja
ne nousevat esiin kriittisellä hetkellä, kun prototyypituotanto alkaa. Lisäksi eri osien
saapumisessa on aina viivettä, kun puhutaan prototyyppiosista, joka vaikuttaa suoraan
tuotannon ja sitä kautta koko projektin aikatauluihin.

Aikataulutus tehdään koko projektin läpiviennille ja projektin osaprojekteille. Kaikki toi-
minnot on siten aikataulutettu ja suunniteltu muiden toimintojen suhteen oikein. Aikatau-
lutuksessa ollaan aina hieman optimisteja ja niiden sisälle ei osata laskea riittävästi on-
gelmien aiheuttamaa viivästystä ja muuta haittaa. Aikataulujen teossa tehdään paljon
ns. isoja päätöksiä esimerkiksi kalliiden testien eteen, kun ne aikataulutetaan ja niitä ei
voi käytännössä siirtää vähää eteenpäin, vaan myöhästyminen tietää yleensä min. 6
kuukauden siirtymistä. Aikatauluihin ei olla laskettu myöskään kunnolla ongelmien sel-
vittelyyn aikaa tai muuhun kehitykseen, vaan monet vaiheet seuraavat suoraan toisiaan.
Esimerkiksi jokaisen rakennusvaiheen alkuun ei lasketa rauhallista aloitusta, vaan tuo-
tanto tulisi aloittaa aina liian suurilla tavoitteilla, kun varsinkin kokoonpanoprosessi ei ole
vielä valmis ja vaatii kehitystä.

5.4 Informaation siirtyminen

Informaation siirtyminen isossa organisaatossa on aina ongelma ja sitä ei voida korostaa liikaa. Kun puhutaan pienemmästäkin projektiorganisaatiosta, niin kommunikaatio katkoksia ilmenee ja ne tuottavat ongelmia ja muutoksia aikatauluun. Informaatiota myös tuotetaan ja siirretään paljon, joten aina ongelma ei ole suoraan sen siirtyminen, vaan myös sen määrä ja oleellisten asioiden tunnistaminen ja sisäistäminen. Case projektissa informaatiota siirtyy suuria määriä ja se ei aina tavoita oikeaa kohderyhmää ja lisäksi aina oikea kohderyhmä ei saa edes informaatiota. Tällöin päätöksenteossa ei aina oteta kaikkia sidosryhmiä mukaan ja heidän tietotaitoaan ei käytetä.

Informaation siirtyminen on myös tärkeää eri projektien välillä, koska kohdeyrityksessä on meneillään aina useampi projekti yhtä aikaa ja ne käyttävät paljon samoja resursseja, joten niiden välillä tulee olla synergiaa. Kommunikaation tulee siirtyä viikko ja päiväta-solla selvästi projektiorganisaatioiden välillä, mutta monesti tulee vastaan ongelmatilan-teita, kun projektit eivät ole keskustelleet keskenään. Nämä aiheuttavat paljon ongelmia molemmissa projekteissa ja niiden selvittelyyn menee aikaa ja resursseja. Näiden orga-nisaatioiden kommunikointiin ei ole kunnollista kanavaa kuin vain ylimmällä johdolla, mutta muut projektin henkilöt eivät pysty kommunikoimaan kollegoilleen, kun he eivät välttämättä tiedä päällekkäisyyksistä, tai potentiaalista ongelmista.

Tuotekehitysprojektissa noudatetaan vaadittuja vaatimuksia ja speksejä, kuten autoteol-lisuuden- ja asiakaskohtaisia vaatimuksia. Nämä ovat ne reunaehdot, joiden avulla mää-ritellään tuotteelle, prosessille ja muille toiminnoille niiden loppumuoto ja toteutus. Nämä eivät ole kuitenkaan aina selvillä ja niiden ymmärtäminen on joskus erittäin hajautettua organisaatiossa, jolloin jokainen eri henkilö vastaa omien toimintojensa kohdalla niiden toteutumisesta. Näiden täyttymisestä vastaa yleisesti projektin laaturpäällikkö yhdessä projektipäällikön kanssa. Näitä asioita on kuitenkin paljon ja monesti suurin keskittymi-nen on suurimpien suuntaviivojen kohdalla ja useampia muita asioita voidaan laimin-lyödä ja korjata myöhemmin, kun ne tulevat ilmi. Näiden vaatimusten toteuttaminen tulisi olla aina etusijalla ja niistä tulisi varmistua proaktiivisesti, eikä reagoimalla. Tuotanto-organisaatiolle ei ole aina selvää nuo vaatimukset ja niiden täyttäminen, joka johtaa lai-minlyönteihin. Toisaalta osassa asioista projektin suuntaan tuotanto-organisaatio kom-munikoi tarpeista, jotka tulisi täyttää, mutta projektille ne ovat kustannuksia ja muita re-sursseja syöviä elementtejä. Tällaisista asioista käytännön esimerkkejä ovat siisteysvaa-timukset, jäljitettävyyssasiat ja prosessille vaadittu dokumentaatio.

5.5 Prosessien kehitys

Tuotanto-organisaatiossa tuotantoa tehdään tuotantosuunnitelman mukaan, joka päivittyy jokaisessa rakennusvaiheessa aika ajoin riippuen muutoksista. Prototyypin tuotannossa esiintyy aina samoja haasteita, kuten designin matala kypsyyss, prosessin haasteet ja osien/komponenttien määrät. Designina tulisi pyrkiä kehittämään myös tietyn rakennusvaiheen sisällä aktiivisesti, jos vain muutos on helposti tehtävissä. Prosessinkehitys tulisi olla jatkuvaa toimintaa koko rakennusvaiheen ajan, jotta voidaan saavuttaa korkea kypsyyss valmistusprosessille ja ratkaista valmistuksen osalta ongelmia jo tulevaa sarjatuotantoa ajatellen. Kaikkia tuotanto-osia ja komponentteja tulisi tilata varmuusmarginaaleilla ongelmatilanteita silmällä pitäen. Monesti varsinkin kriittisimmät osat menevät aina kädestä suuhun suoraan ja siten ovat pullonkaula tuotantoa ajatellen. Kaikki laite-asennukset, käyttöönottotarkastukset ja MSA:t ovat vaadittuja toimenpiteitä yrityksen omilla prosesseissa ja osittain vaadittuja myös IATF mukaan. Näiden suorittaminen käytännössä on aina hieman hidasta ja niitä lykätään. Prosessinkehitys on erittäin tärkeää, kun aletaan tekemään tuotantoa ja sen takia juuri laitteiden käyttöönottoa tulee korostaa ja varmistua niiden oikeellisuudesta. Prototyypituotannon automaatioaste vaihtelee paljon, mutta laitteiston merkitys lopputuotteeseen on suuri ja juuri sen takia laitteiston tulisi olla kyvykäs, jolloin se ei vääristä lopputuotteelle tehtäviä testejä.

5.6 Resurssit

Jokaisella projektilla on oma projektiorganisaatio määriteltynä jo projektin alussa ja sieltä selviää vastuualueet ja kenelle raportoidaan. Organisaatiot ovat rakennettu yritykselle normaalin mallin mukaisesti, mutta jokainen projektijohto räätälöi lopullisesta organisaatiosta projektille sopivan. Haasteena on monesti eri vastuualueiden selvä määrittely, eli kuka vastaa ja mistä. Erityisen hankalia ovat erilaiset rajapinnat eri tehtävien rajoilla. Projektilla on useampia sidosryhmiä toiminnassa mukana, joten niiden kaikkien vastuualueet ja aliprojektien vetovastuussa olevat henkilöt tulee tietää. Erityisesti tuotekehitysvaiheen eri prototyyppien rakennusvaiheiden vetovastuu on haastava positio, jonka vastuulle kuuluu monen eri sidosryhmän kanssa kommunikointi ja tuotannon organisoiminen. Jokaisen prototyypituotannon takana on valmistuspäällikkö, eli build manager, joka vastaa tuotannosta yleisesti ja on siten erittäin kriittinen henkilö monen osa-alueen kohdalla.

Laajat ja epäselvät vastuualueet tuovat haasteita koko projektille ja sen etenemiselle. Lisäksi monesti on läsnä puutteita organisaatiossa, joista olisi erittäin iso hyöty. Kaikkia resursseja ei tarvitse allokoida 100 % projektille, mutta niitä tulisi silti olla käytettävissä

tarpeiden mukaan. Esimerkiksi prototyypituotanto ei ole tasaista tuotantoprosessia projektin alusta loppuun, vaan se etenee eri vaiheissa tarkoittaen, että joskus ei tehdä tuotantoa ja joskus tuotantoprosessia ajetaan täydellä kapasiteetilla. Resurssien puolesta useampia eri kehitysresursseja, kuten DFM/DFA puolelta olisi hyvä ottaa mukaan kehittämään tuotantoprosessia ja tuotetta. Myös kaikenlainen automaation ja konetekniikan tuki olisi hyödyllistä, kun osittain automatisoitua tuotantoprosessia otetaan käyttöön ja sen jälkeinen tuki vielä päälle.

5.7 Opittujen asioiden hyödyntäminen

Prototyyppien rakentamisen aikana ja erityisesti eri rakennusvaiheiden jälkeen tuotekehityksen ja tuotanto-organisaation tulisi kerätä ja analysoida mahdollisimman paljon tietoa tuotteesta ja valmistusprosessista. Kehitysprojektin tulisi hankkia tietoa tuotanto-organisaatiolta aktiivisesti ja sitä kautta tehdä muutoksia ja testejä tuotteen ja prosessin kanssa. Tuotekehitys sisältää paljon testaamista ja eri vaihtoehtojen kokeilua, jotta voidaan selvittää parhaat ratkaisut. Tuotannon aikaista raportointia tulisi parantaa siihen suuntaan, että se olisi viikkotasolla jaettavaa tietoa raporttien ja läpikäyntien muodossa, jotta kaikkiin ongelmiin ja haasteisiin voidaan reagoida välittömästi ja sitä kautta jalkauttaa heti toimenpiteitä, koska monesti kaikilla toimenpiteillä on erittäin pitkät läpimenoajat ja muutokset ovat kankeita toteuttaa. Rakennusvaiheiden aikana tulisi tuottaa siis selvää raportointia kaikista haasteista ja luoda oikeanlainen alusta ja kommunikaatio selvään läpikäyntiin oikeiden sidosryhmien kanssa. Tuotanto-organisaation tehtävänä olisi kerätä tietoa ja raportoida sitä ja vastaavasti kehitysorganisaatiolla on tehtävänä ottaa tietoa vastaan ja tehdä sopivia toimenpiteitä sen pohjalta. Rakennusvaiheiden aikana reaaliaikainen raportointi edistäisi paljon asioiden läpimenoa, joten pelkästään eri buildien välissä suoritettava raportointi ei ole riittävää.

Lessons learned, eli opitut asiat omasta, tai muista projekteista ovat tiedostettuja ongelmia, joita yritys tai projekti ei halua tehdä uudestaan, vaan se on ottanut opiksi ja kehittänyt prosessejaan sen mukaan. Opitut asiat tulisi käydä selvemmin läpi jo projektin alussa, mutta myös projektin aikana ja eri rakennusvaiheissa. Suurissa projekteissa on paljon haasteita ja opittujen ongelmien tiedostaminen ja niiden ratkaisu kuuluu selvästi projektin keinoihin onnistua tavoitteissa ja aikatauluissa. Projekteissa tulisi enemmän korostaa näitä opittuja asioita ja sitä kautta myös implementoida proaktiivista toimintaa myös muiden ongelmien varalta ja keskittyä enemmän suunnitelmien tekemiseen, jolloin voidaan jo ennakkoon huomata potentiaalisia ongelmia. Yrityksen eri projektien sisällä tulisi olla enemmän synergiaa juuri näissä asioissa ja eri projektit eivät juuri benchmarkkaa toisiaan ja sitä kautta ammenna kaikkea tarjolla olevaa tietoa. Yrityksen projektien

sisällä konteksti on hyvin samanlainen pieniä eroja huomioimatta. Yritykseltä puuttuu selvä standardoitu toimintamalli ja prosessi jokaisen projektin läpivientiin, joka estäisi juuri nuo toistuvat ongelmat ja pitäisi projektinohjauksen kurissa ja aikataulut, sekä etenemisen tehokkaana.

5.8 Toimenpide-ehdotukset

Luvussa 5.8 käsitellään toimenpide-ehdotuksia haastatteluiden ja kyselyiden perusteella tehdyistä havainnoista. Tarkoituksena on avata toimenpide-ehdotus, sen taustat, että miksi sitä ehdotetaan ja käytännön implementointi käyttöön. Toimenpiteet ovat laajuudeltaan eri kokoisia ja niiden käyttöönotto vaatii erilaisia resursseja. Ehdotusten perusteella keskustellaan kohdeyrityksen kanssa, että miten niitä otetaan käyttöön ja ne käydään läpi yrityksen edustaja kanssa. Tutkimuksessa ei voida esittää mitään kohdeyrityksen prosesseja, tai sen dokumentaatiota johtuen tietojen arkaluonteisuudesta.

Aineiston pohjalta kävi selväksi yrityksen toiminta ja sen haasteet, joita tulisi ratkaista sujuvamman toiminnan takaamiseksi. Yritys itse on suhteellisen nuori ja markkinat, joilla se toimii ovat myös uudet ja siellä tapahtuu paljon muutoksia jatkuvasti. Markkinoiden nopeat muutokset ja suuri kysyntä tuovat mukanaan paljon mahdollisuuksia nopeimmille ja joustavimmille toimijoille. Alalla ei ole lukumääräisesti monia kilpailijoita, mutta kilpailu on sitäkin tiukempaa, koska kysyntää on erittäin paljon ja vain osa kilpailijoista pystyvät tarjoamaan kokonaisvaltaista palvelua, eli tuotteen ja tuotantoprosessin suunnittelua alusta loppuun. Tällaista kokonaisvaltaista palvelua tarjoavista yrityksistä käytetään Tier 1 toimittaja, eli systeemitason toimittaja, joka kykenee suunnittelemaan ja tarjoamaan kaiken oman talon sisältä alusta loppuun ja joilla on oma kykenevä toimitusketju ja riittävä laatutaso. Prototyypituotannon aikana tuotekehitysprojekti pyrkii jo luomaan kaikki valmiudet sarjavalmistukselle, jolloin olisi tärkeää selvittää jo isossa kuvassa koko konseptin toimivuus, mutta tutkimuksessa keskitytään vain prototyypituotannon suunnitteluun ja toteutukseen.

5.8.1 Strukturoitu prosessi

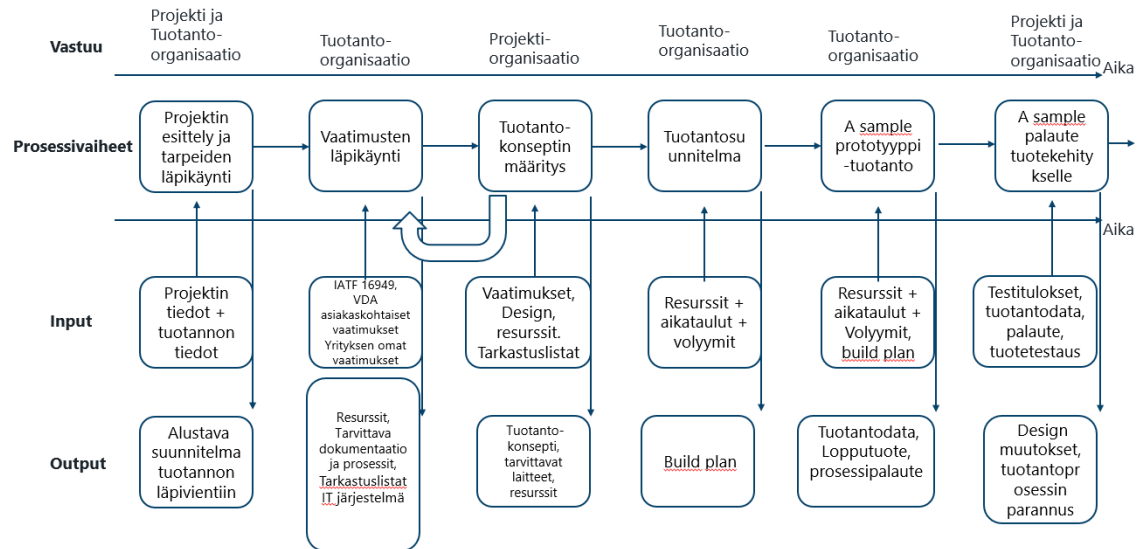
Kohdeyritys toimi aluksi toisen liiketoimintalinjan kanssa läheisessä yhteistyössä lainaen sieltä toimintaohjeistuksia ja prosesseja omaan käyttöön soveltaen niitä aina tarvittaessa. Nyt kohdeyrityksellä on jo oma alusta toimintaohjeilleen ja prosesseilleen, joka käy jatkuvasti muutoksia läpi ja sinne lisätään uusia prosessikuvauksia. Yrityksen koko kasvaa vuosittain paljon ja sen toiminta on erittäin laajaa, joka vaatii siltä paljon selviä prosesseja, jotta toiminnanohjaus pysyy selvänä ja tehokkaana.

Yritykseltä puuttuu vielä selvä prosessi prototyyppituotannolle ja sen toteuttamiselle. Yrityksellä on jo olemassa taustaa ja näyttöä tästä toiminnasta, mutta jokainen projekti toimii hieman yksinäisesti ilman synergiaa ja benchmarkkausta, joka johtaa ongelmiin, joita voitaisiin välttää jo alkuvaiheessa. Yritys tarvitsee selvän strukturoidun prosessin prototyyppituotannon tekemiseen, joka kuvaa selvästi eri vaiheet tuotannosuunnittelusta aina loppuun saakka. Autoteollisuudessa on olemassa omia prosesseja, jotka ovat kuvattu selvästi ja niiden virstanpylväiden etenemistä ja täyttymistä myös seurataan joko auditoinneilla, tai muuten. Jokainen projekti on luonnollisesti oma kokonaisuutensa, jolle on asetettuna eri vaatimuksia, aikatauluja ja muita reunaehtoja, mutta silti kohdeyrityksen tuotekehitystoiminta keskittyy tällä hetkellä akkujen suunnitteluun ja valmistukseen, joten yhtäläisyyksiä on riittävästi. Kaikki autoteollisuuteen kehitettävät tuotteet ovat velvoitettu noudattamaan sinne asetettuja laatuvaatimuksia, joita tullaan myös auditoimaan, joten kaikki tällaiset voidaan niputtaa yrityksen sisäiseen prosessiin, jossa niiden täyttymistä ja etenemistä voidaan valvoa hyvin. Tämän strukturoidun prosessin tavoitteena olisi luoda standardoitu toimintatapa kaikille yrityksen tuotekehitysprojekteille. Tuotantoorganisaatio omistaisi ja loisi tämän prosessin ja eri projektit noudattavaisivat sitä, joka toisi tuotantolaitokselle selvää standardointia toimintatapoihin ja samalla tukisi myös tuotekehitysprojektin toimintaa.

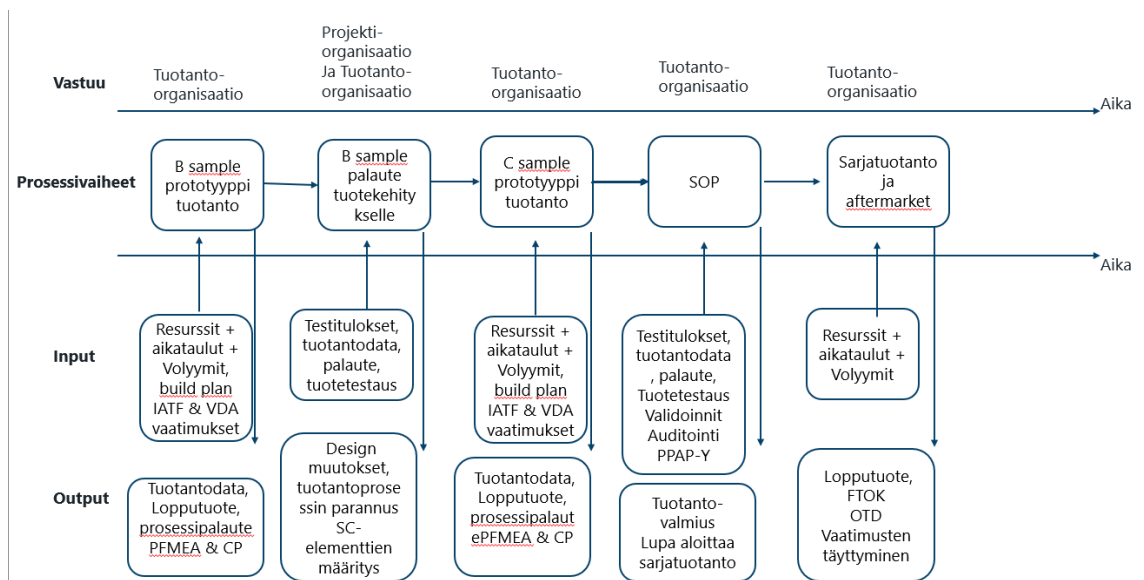
Tähän mainittuun strukturoituun prosessiin tulisi tuoda kaikki suurimmat ylätasoa vaatimukset autoteollisuuden laatustandardeista, vaadituista virstanpylväistä, aikataulista, asiakaskohtaisista vaatimuksista ja yrityksen omista toimintatavoista. Tämä prosessi kattaisi siten kaiken, joka liittyy prototyyppien valmistukseen heti ensimmäisestä rakennusvaiheesta aina tuotannonaloitukseen asti. Prosessi toimisi siten projektijohdon tärkeänä työkaluna kaikessa toiminnanohjauksessa liittyen prototyyppien valmistustoimintaan. Prosessiin voidaan Gantt kaavion mukaisesti lisätä kaikki tiedetyt vaiheet rakentamisesta ja aktiviteeteista ja siten asettaa ne aikajanelle sopivasti oikeiden vaiheiden mukaisesti, jotta suunnitelma on myös käytännössä toteutettavissa. Koko prosessi tulisi olla hyvin kuvattuna ja esitettynä esimerkiksi VDA MLA mallin mukaan, joka ohjaa projektia eteenpäin ja päästää myös asiakasta sisältä tai ulkoa mukaan projektin tarkasteluun. Tässä MLA mallissa on kuvattuna eri mile stone kohdat selvästi ja niiden taustalla on lista vaadittuja elementtejä, joita arvioidaan liikennevaloilla ja prosessi kertoo, että mitä vaaditaan aina missäkin vaiheessa ja arvioitsijoiden tehtävänä on katsoa kaikki kohdat läpi. Kaikki vaiheet ovat esiteltynä karkeasti, mutta myös yksityiskohtaisesti kertoen eri aktiviteetit.

Projektien aikana tulee vastaan aina ongelmia, joka on luonnollista jokaisessa tehdyssä projektissa. Projektioorganisaatiolla tulisi olla selvä aloituspalaveri, jossa määritellään prototyyppituotannon kannalta mm. projektin tavoite, aikataulu, resurssit, vaatimukset ja muut kriittiset tekijät. Kun projektioorganisaatiolla on tiedossa kaikki sen vaatimukset ja tavoitteet, niin tulisi järjestää erillinen palaveri näiden asioiden läpikäyntiin tuotanto-organisaation kanssa, jotta voidaan jakaa tietoja ja samalla nostaa esiin haasteita, mahdollisuuksia ja riskejä. On erittäin tärkeää käydä läpi koko prototyyppituotanto vaihe vaiheelta läpi heti projektin alussa, mutta myös hyvissä ajoin ennen jokaista kehityskaaren rakennusvaihetta ja erityisesti vielä ennen SOP vaihetta, jotta voidaan aina varmistua, että kaikki suunnitellut ja vaaditut asiat ovat tehty vaatimusten ja standardien mukaan. Palaverien aikana tulisi aina selvittää valmiudet ja jos kaikki elementit eivät ole kunnossa, niille tulisi määrittää tavoitteet, vastuuhenkilö ja aikataulu.

Strukturoitu prosessi olisi siis tuotanto-organisaation omistuksessa ja siten heidän vastuullansa valvoa sen noudattamista. Tutkimusmenetelmien avulla saatiin selville, että tuotantovaiheen aikana tarvitaan selvää kommunikaatiota ja selvät askelmerkit prosesseille, joten tämä strukturoitu prosessi toimii tukena kaikille osapuolille. Prosessin tarkoituksena olisi tukea prototyyppituotannon suunnittelua ja toteutusta eri vaiheissa esittämällä yrityksen omien ja autoteollisuuden vaatimusten mukaan vaaditut aktiviteetit ja dokumentaatiot. Esimerkkinä kun siirrytään B sample prototyyppien tuotantovaiheeseen strukturoitu prosessi kertoo, että tässä vaiheessa tulee aloittaa valmistusprosessin kehitys ja aloittaa PFMEA:n luomisprosessi. Strukturoidusta prosessista tulee löytyä prosessikaaviot ja lisäksi sanallinen selvitys kaikista oleellisista vaatimuksista, sekä tuotannon painopisteistä. Kuvissa 7 ja 8 on havainnollistettu karkealla tavalla strukturoidun prosessin mahdollista sisältöä prosessikaavion muodossa. Tästä kaaviosta on visuaalisesti helppo hahmottaa eri vaiheet, vastuut, inputit ja outputit. Lopullisessa strukturoidussa prosessissa vaiheet, niiden sisältö ja vaatimukset ja dokumentit tulisi määrittellä tarkemmin. Lisäksi prosessi tulee käydä läpi eri organisaatioiden kanssa läpi ja virallisesti hyväksyä kohdeyrityksen toimintaohjeksi määritettyyn järjestelmään. Jokaisen projektin sisältö eroaa varmasti hieman toisistaan, mutta suuremmat suuntaviivat ovat samat ja prosessi kannattaa kasata ehdottomasti noudattamaan juuri autoteollisuuden eri vaatimuksia ja normeja.



Kuva 7a. Strukturoidun prosessin karkea prosessikaavio.



Kuva 7b. Strukturoidun prosessin karkea prosessikaavio.

Kuvissa 7a ja 7b on esitettyä esimerkkiprosessikaavio strukturoidusta prosessista, joka pitää sisällään ylitason vaiheita. Prosessikaaviosta selviää eri vaiheet, niiden vastuuhenkilöt ja inputit sekä outputit. Strukturoidulla prosessilla on tarkoituksena esittää koko prototyyppituotannon suunnitteluprosessista alkaen aina sarjatuotannon aloitukseen. Oheisten kuvien prosessivaiheet ovat ylimmän tason virstanpylväitä, jotka ovat selvästi erotettavissa koko projektin aikajanelalla. Tarkoituksena on myös tehdä enemmän yksityisko-

taisempaa esitystä eri vaiheista esimerkiksi viikko- tai kuukausitasolla. Esimerkiksi B rakennusvaiheen voisi pilkkoa vastaavalla tasolla pienempiin vaiheisiin ja määritellä kaikkien vaatimat aktiviteetit. Tällöin eri sidosryhmille on selvää projektin, asiakkaan ja laatu-standardien vaatimukset. Myös eri prosessivaiheet on tällöin helpompia hahmottaa. Oheisten kuvien prosessi on suoraviivainen prosessi, mutta sen aikajana on erittäin pitkä ja voi paikoitellen vaatia myös iterointia. Prosessikaaviolla on helppoa esittää ja purkaa eri vaiheet pienempiin osiin ja sitä kautta jalkauttaa aktiviteetteja. Prosessikaavioista selviää myös aina vastuuhenkilöt, tai vastuulliset osastot. Idea prosessissa ja prosessikaavioissa on tehdä tekemisestä erittäin selvää ja läpinäkyvää. Oikein implementoituna prosessin eri vaiheet ovat kaikille selvää, etenemistä voidaan seurata ja voidaan vielä valmistautua jo tuleviin aktiviteetteihin.

5.8.2 Tarkastuslistat

Prototyypituotannon suunnitteluun ja toteutukseen liittyy paljon eri näkökulmia ja vaatimuksia, joita tulee ottaa huomioon. Johtuen kaikkien tekijöiden suuresta lukumäärästä on paljon helpompaa olla olemassa tukena selvä prosessi, jota noudattaa suurempien suuntaviivojen ja vaatimusten kanssa. Tämän prosessin mukana ja sen toteuttamisen tukena tulisi lisäksi olla sekä projektilla, että tuotanto-organisaatiolla myös omat tarkastuslistat, joista selviää yksittäisiä aktiviteetteja, vaatimuksia ja muita vaadittuja asioita selvemmin. Tarkastuslistojen avulla voitaisiin varmistua, että kaikki asiat on tehty ja otettu huomioon. Tarkastuslistat olisivat projektin avainhenkilöiden työkaluja, joilla varmistua omasta osa-alueestaan. Projektilla on vetovastuu kaikesta tekemisestä, mutta jokaisella toiminnolla on asetettuna oma vastuuhenkilö ja siksi onkin hyvä käydä systemaattisesti tietyn toiminnon statusta läpi ja varmistua, että kaikki sidosryhmät tietävät missä mennään ja kaikki asiat etenevät aikatauluissa ilman ongelmia. Prototyypituotannon osalta oikeat avainhenkilöt vastaamaan projektille ovat tuotantopäällikkö ja build manager, jotka ovat valmistustoiminnan kannalta kriittiset henkilöt ja ainoat linkit suoraan projektin suuntaan tuotannosta. Koko prosessin ja tarkastuslistojen taustalla on silti oltava saumaton ja hyvä kommunikaatio projektinjohdolle ja sen eri sidosryhmille. Projektit ovat monen eri sidosryhmän summia, ja niiden tulee puhalttaa yhteen hiileen ja kommunikoida selkeästi, että koko projekti etenee.

Tarkastuslistat ovat hyvä työkalu ylätasoin prosessin hallintaan. Tarkastuslistat pitävät sisällään nimensä mukaan listan eri aktiviteetteja, dokumentaatiota ja muuta vaadittuja

asioita projektille prototyypituotannon osalta, niin tuotteelle kuin prosessille. Tämän tarkoituksena on varmistua, että kaikki oikeat ja vaaditut asiat ovat suoritettuina ja aikataulussa vaatimusten mukaisesti. Tarkastuslistaa olisi tarkoitus pystyä räätälöimään jokaisen projektin käyttöön ja implementoimaan se projektin omaan pääaikatauluun. Tarkastuslistojen sisältö tulisi suunnitella heti projektin alussa ja lisäksi käydä läpi tuotanto-organisaation kanssa läpi. Tärkeät elementit, joita tarkastuslistalta tulisi löytyä:

- Vaadittu aktiviteetti, tai dokumentaatio
- Tarkempi kuvaus mitä tulee olla valmiina ja tehtynä
- Vaatimuksen peruste, esimerkiksi IATF 4.4.1 tai asiakasvaade
- Prosessinmukainen järjestys, eli kuuluuko esimerkiksi VDA ML kohtaan 1 vai 4
- Ajankohta, jolloin aktiviteetin tulisi olla valmis
- Vastuhenkilö
- Aktiviteetin status
- Tarkastuslistan vastuhenkilö
- Tarkastuslistan revisiot ja päivittäminen
- Projekti ja projektipäällikkö
- Tarkastuslistan hyväksyntä projektille sisäisesti tai ulkoisesti

Tarkastuslistoja täyttämällä projekti tietäisi aina reaaliajassa sen statuksen ja etenemistahdin.

5.8.3 Datansiirtoon työkalu

Prototyypituotannon aikana kerätään paljon tietoa tuotteen eri osa-alueista ja sen valmistusprosessista, jotta molempia voidaan kehittää kypsemiksi kohti sarjavalmistusta. Eri buildien, eli rakennusvaiheiden aikana valmistetaan eri määrä prototyyppejä eri käyttötarkoituksiin, kuten testeihin ja asiakkaille. Tuotannon aikana kerätään paljon tietoa ja se on oleellisinta informaatiota kaikissa rakennusvaiheissa kehitystoimenpiteiden kannalta. Kerättävä tieto tuotteesta ja sen valmistusprosessista on erilaista muodoltaan, joten sen kerääminen ja jakaminen eteenpäin tuottaa haasteita. Tieto voi olla muodoltaan testituloksia esimerkiksi tiiveystestistä tai sähköisestä testistä, joissa voidaan mitata useampaan asiaan yhtä aikaa. Lisäksi tuotannon aikana kerätään paljon empiiristä tietoa,

jonka talteenotto on jo vaikeaa ja jakaminen eteenpäin, sekä mittaaminen vielä vaikeampaa. Kaikki tämä kerätty tieto on erittäin kriittistä onnistuneet sarjatuotannon aloituksen kannalta, koska ennen suuria investointeja voidaan karsia ongelmia pois ja siten säästää kustannuksia, muita resursseja ja nostaa laatutasoa.

Prototyypituotannon aikainen tiedonkeruu ja erityisesti sen jakaminen oikeille sidosryhmille vaatii kehitysaskelen kohti selvempää prosessia ja sen avuksi toimivan työkalun. Koko prototyypituotanto suuntaa kohti valmista tuotetta ja prosessia samalla huolehtien, että kaikki vaatimukset autoteollisuudesta ja asiakkailta täyttyvät vaatii selvän läpikäyntiprosessin ilman ongelmia ja sen tueksi kohdeyrityksen tulee implementoida oma sisäinen prosessi tämän kaikkien varmistamiseen ja sen tueksi toimivat työkalut. Tiedonkeruun avuksi tulee kehittää selvä alusta, jonne kerätään kaikki mahdollinen tieto prototyyppien valmistuksesta. Lähtökohtana on aloittaa tiedonkeruun perusteet ja määritellä tarkemmin koko prosessi tuotannaikaiselle tiedonkeruulle jo koko tuotekehitysprojektin alussa, jotta se voidaan helpoiten implementoida mukaan koko kehitysprosessiin. Jo prototyypituotannon suunnittelussa tulisi huomioida tiedonkeruun vaatimukset ja sen jakaminen, sekä käyttö aikatauluissa, resursseissa ja kehitystoiminnassa. Kaiken kehitystoiminnan taustalla on ajurina kaikki vaatimukset täyttävä ja mahdollisimman helppo sarjatuotannon aloitus.

Kehitysprojektit kohdeyrityksessä ovat kooltaan erittäin suuria ja niiden organisaatiossa toimii suuri määrä asiantuntijoita. Kun käsitellään uuden korkean teknologian tuotteen kehittämistä alusta loppuun ja sen ohelle valmis valmistusprosessi ottaen huomioon kaikki vaatimukset ja asetukset, joita sen tulee täyttää, puhutaan erittäin suuresta kokonaisuudesta. Tämän vuoksi työkalu tiedonjakamiselle tulee olla helppokäyttöinen, tehokas, läpinäkyvä sidosryhmille ja helposti kontrolloitava vastuuhenkilöille. Projektien vastuulla on paljon eri työkalujen käyttöä ja raportointia, joten lisätyökalujen käytön tulisi olla selvästi kannattavaa, eikä vain lisätä projektin byrokraatiaan yhtä lisätasoa. Kaiken tiedonkeräämisen ja jakamisen pitäisi toimia saumattomasta ja enemmän imuohjaus tyyppisesti, jolloin tietoa tarvitseva sidosryhmä pyytää sitä ja pyrkii saamaan sitä. Työkalulla olisi myös raportointiin liittyvä funktio, jolloin sen avulla voidaan myös palavereissa nostaa tiettyjä elementtejä tuotannosta projektin tietoisuuteen ja sitä kautta johtaa siitä kehitystoimenpiteitä.

Raportointityökaluna tulisi toimimaan alustasovellus Sharepoint, jonne voidaan luoda raporttipohja kaikelle tiedonkeruussa kerätylle informaatiolle. Testitulokset voidaan johtaa ja kuljettaa testerien tietokannoista suoraan alustan raporttiin ja muut tuotannaikaiset tiedot jokaiselta eri laitteen päätteeltä niiden tietokannoista raporttipohjaan. Lisäksi alustalla tulee olla samaan kantaan raportointimahdollisuus myös tuotanto-organisaation

empiirisen tiedon tallentamiselle. Kun tietoa kerätään, sitä tulisi myös samalla alkaa järjestelmään, kategorisoimaan merkityksen mukaan ja jalostamaan selvempään muotoon eri sidosryhmiä varten. Raportointityökalu takaa tiedonkeruun, tiedonkäsittelyn ja raportoinnin. Näiden lisäksi tuolla työkalulla tulee olla vastuuhenkilö, joka seuraa, valvoo ja kontrolloi kaikkea kerättyä tietoa. Jotta voidaan implementoida kehitystoimenpiteitä, on järjestettävä myös läpikäyntiä varten palavereja projektitiimin kesken ja käydä havaitut asiat läpi. Projektitiimin voimin tulee määrittää kehitystoimenpiteet havaituille asioille, aikataulut, sekä vastuuhenkilöt. Tärkeää on myös seurata tämän kehitystoiminnan edistystä ja varmistua, että se etenee.

5.8.4 Prototyypituotannon muut kehitystoimenpiteet

Prototyypituotanto on vain suuremman kokonaisuuden jäävuoren huippu, jota edeltää paljon työtä ja suunnittelua. Projektille ja sen eri sidosryhmille on tärkeää, että kaikki asiat tulee tehtyä ja tuotteen ja prosessin osalta kaikki vaatimukset täyttyvät. Prototyypituotantoa tehdessä toiminta eroaa suuresta tavallisesta sarjatuotannosta, jossa määrät ovat suuria ja kaikki osa-alueet ovat valmiina ja prosessia ei tarvitse kuin vain toteuttaa. Prototyyppien kanssa tulisi prosessikehitykseen ottaa mukaan DFA näkökulmaa ja sen avulla kehittää prosessia, sekä tuotetta eri rakennusvaiheissa kohti sarjavalmistusta. DFA näkökulmaa tulisi ottaa mukaan heti B sample vaiheessa, jossa aletaan ensikertaa huomioida myös valmistusprosessia tuotteen lisäksi. DFA huomioi tuotteen kokoonpantavuutta, eli se koittaa muokata tuotteen designista mahdollisimman helpon ja yksinkertaisen kokoonpanna, muttei kuitenkaan muute muuttaa sen ominaisuuksia. Tällaisessa isossa projektissa olisi selvä tarve ottaa mukaan projektiorganisaatioon prosessinkehitykselle yksi korvamerkattu DFA henkilö, jonka vastuualueelle kuuluu juuri kokoonpantavuuden parantaminen. DFA näkökulma on ongelmanratkaisua tulevalle sarjavalmistukselle ja hyvä tapa nopeuttaa läpimenoaikaa, helpottaa kokoonpanoprosessia, laskea kustannuksia prosessista, parantaa laaduntuottoa ja jopa vähentää komponenttien määriä. DFA:n lopputuloksena tehdään päivityksiä tuotteen designiin, joten myös tuotekehityksen suunnittelusta tulisi antaa resurssi tuotantoon valvomaan tarkasti prototyyppien kokoonpanoa, osia, designin toimivuutta ja lopputuotteen funktionaalisuutta.

PD:n tuki on prototyypivaiheessa kriittistä, koska he tulevat tekemään tarvittavia muutoksia tuotteille, joten tiedonkulku kaikista haasteista tulee kulkea suunnittelijoille asti. PD:n tulisi aina järjestää paikalla oleva tuki prototyyppien rakennusvaiheessa alkupainotteisesti, että voidaan kaikki esiin tulleet ongelmat ratkaista heti ja selvittää juurisyyt

kehitystyötä varten. Tuotteen ja prosessin toimivuutta tulee koko ajan seurata ja varmistua, että tuotteen kypsyystaso on halutulla tasolla ja tuleva sarjatuotannon aloitus on mahdollista ilman suurempia ongelmia. Kun PD organisaatiosta saadaan tukea prosessiin, niin voidaan myös saavuttaa selvempää tiedonkulkua suunnittelijoille ja ongelma on helpompi käydä läpi suunnittelijoiden välillä, kuin että tuotannon organisaatio yrittäisi ratkaista saman ongelman. Tuotteen kypsyystason noustessa halutaan myös varmistua sen ympärille suunnitellusta prosessista, joten on erittäin tärkeää, että PD:n tuki varmistaa eri prosessivaiheiden laadun ja toimivuuden. Yleisesti PD:n tuella tuotannossa voidaan harjoitella tulevaa sarjatuotantoa ja sen eri asioita. Esimerkiksi osien revisiomuutokset tulee tuoda tuotantoon PD:n tuella ja varmistua eri revisioiden yhteensopivuudesta, tuotteen toimivuus, tuotteen testaaminen ja kokoonpantavuus. Sarjatuotannossa on paljon eri asioita otettavana huomioon, joten hyvin suoritettulla prototyypituotannolla on iso vaikutus tulevan sarjatuotannon sujuvuuteen.

Käytännössä kaikilla projekteilla isommassa toimintaympäristössä on normaaleja haasteita, kuten kustannustenhallinta, aikataulut ja resurssit. Käytössä olevat resurssit tulisi käyttää mahdollisimman hyvin ja tehokkaasti, jolloin niistä on eniten apua projektille ja aikataulu ei turhaan veny. Henkilöstön osalta tarpeet tulisi laskea realistisesti tarpeiden mukaan ja käydä läpi muiden projektien lesson learned asiat ja myös benchmarkata toisia projekteja. Ilman resursseja projektissa tulee olemaan haasteita ja erityisesti avainresurssit tulee selvästi allokoida vain omalle projektille. Kaikki erityisresurssit, jotka ovat kriittisiä, muttei aina tarpeellisia tulee varata hyvissä ajoin ja suunnitella käyttö mahdollisimman tehokkaaksi. Case yrityksessä on tiettyjen resurssien kanssa aina haasteita saada riittävästi aikaa, joten näiden määrät tulee tietää heti projektin alussa jo mielellään ja varata resurssit. Projektin tulisi aina käydä ennen jokaista rakennusvaihetta tuotannon kanssa laskettu resurssimatriisi läpi ja varmistua resurssien saatavuudesta. Vastuu on tuotantopäälliköllä laskea tuotantomäärät kapasiteetin mukaan ja tarjota resurssit projektille. Tässä kuitenkin tarvitaan osastojen välistä synergiaa ja siten olisi hyvä olla tarkka resurssisuunnitelma valmiiksi arvioiduilla työmäärillä, eli allokaatioilla työajasta. Tuotanto-organisaatio palvelee useampaa projektia yhtä aikaa, jolloin jokaiselle projektille nimetään operaattoreita ja tarpeen tullen rekrytoidaan lisää. Kun jokainen rakennusvaihe on suunniteltu hyvin ja hyvissä ajoin sen toteuttaminen on helpompaa. Ongelmia ei voida ikinä välttää, mutta hyvin suunnitteleamalla niiden määrää voidaan karsia.

Prototyypituotannon aikana voidaan jo demonstroida tulevaa sarjatuotantoa, jos vain mahdollista ja siten arvioida kapasiteettia, kellottaa prosessin läpimenoaikoja, selvittää ongelmia ja laskea resurssitarpeita. Normaalisti tuleva sarjaprosessi on kuitenkin paljon enemmän automatisoitu, mutta kuitenkin mahdollisuuksien mukaan tulisi selvittää kaikki

tarpeet tulevaa sarjavalmistusta varten, jotta tuotannonaloituksessa ei tule enää yllätyksiä. Lisäksi prototyyppituotannon aikana voidaan kerätä tietoa prosessista ja sen tarpeista. Tuotannon tehtävänä on seurata tuotantoprosessin sujuvuutta ja varmistua kaikkien vaatimusten ja tavoitteiden täyttyvyydestä. Viimeistään C sample vaiheessa tulisi sekä tuotteen, että prosessin olla erittäin kypsällä tasolla, mutta silti voidaan tehdä pieniä muutoksia vielä, jos niille on tarve.

Prototyyppituotannon aikana eri rakennusvaiheissa on tarkoitus kehittää myös tuotteen ja prosessin ohella kaikkea muuta toimintaa valmiiksi sarjatuotantoa varten. Yrityksellä on itsellään olemassa toimintaohjeisto sähköisessä työkalussa ja sinne on tarkoituksena koota kaikki yrityksen prosessikuvaukset ja niiden prosessikaaviot. Prototyyppituotannon aikana tulee varmistua, että kaikki tarvittava dokumentaatio tehdään vaatimusten mukaisesti ja erilaiset dokumentit on tehty. Lisäksi dokumentointiin liittyy monesti asiakkaan omia vaatimuksia. Prototyyppivaiheessa tulee varmistua, että myös kaikki vaaditut prosessit ovat käytössä ja suunniteltu tulevaan sarjatuotantoon. Esimerkkejä tällaisista prosesseista ovat tuotemuutokset, poikkeavien tuotteiden prosessi, reklamaatioiden käsittely ja prosessimuutokset. Tarkoituksena on standardoida prosesseja yrityksen sisällä, mutta johtuen eri asiakkaista ja heidän omista vaatimuksistaan eri tuotteilla tulee olla omat kuvatut prosessinsa. Näitä on siksi hyvä ajaa sisälle linjaorganisaatioon jo ennen sarjatuotannon aloitusta, että voidaan varmistua niiden toimivuudesta ja osaamisesta.

6. YHTEENVETO

Pääluvussa 6 käsitellään työssä esitellyt toimenpide-ehdotukset ja niiden vaikutus yritykselle. Lisäksi esitellään näiden toimenpide-ehdotusten pohjalta syntyneet jatkokehitys-ideat. Potentiaalisia jatkokehitysehdotuksia käsitellään tämän työn tuotoksien pohjalta. Luvussa käydään myös tutkimuksen arviointia läpi ja käsitellään sen luotettavuutta.

Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa kehittää kohdeyrityksen prototyyppituotannosuunnittelua ja sen suorittamista huomioiden sarjatuotannon vaatimukset. Tutkimuksessa oli siten tarkoitus tuottaa toimenpide-ehdotuksia yritykselle, jolla tämä tavoite saavutetaan. Tavoite saavutettiin, kun edellä mainitut toimenpide-ehdotukset tuotettiin yritykselle ja ne ovat avattu detaljilla tasolla. Nämä toimenpide-ehdotukset on käyty läpi yrityksen edustajan kanssa ja niiden vaikuttavuutta myös arvioitiin. Tutkimuksessa asetettiin yksi päätutkimuskysymys ja sen avuksi neljä alatutkimuskysymystä tueksi päätutkimuskysymykselle. Kaikkiin tutkimuskysymyksiin vastattiin tämän tutkimuksen aikana, kun teoriaosuudessa esiteltiin tämän tutkimuksen kannalta oleellinen teoreettinen konteksti. Myöhemmin käytiin läpi kohdeyrityksen nykytilannetta ja sen omia prosesseja, sekä case projektin tilannetta.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kehittää kohdeyritykselle toimenpide-ehdotuksia prototyyppituotannon suunnitteluun ja sen toteuttamiseen. Kohdeyrityksellä on menossa tuotekehitysprojekti, jossa kehitetään uutta akkujärjestelmää alusta aina sarjavalmistukseen asti. Kohdeyrityksen toimintaa haluttiin kehittää paremmalle tasolle ja tehostaa sen prosesseja tuottamaan laadukkaampi tuote ja prosessi sarjavalmistuksen aloitusta varten. Tuotanto-organisaation toiminnalle haluttiin siten luoda tehokkaammin toimiva prosessi suorittaa prototyyppituotantoa ja luoda yrityksen sisälle standardoitua toimintaa.

Tutkimuksessa tehtiin teemahaastatteluja ja kyselyjä yrityksestä valituille henkilöille, jotta voitiin tarkemmin käsitellä yrityksen nykyistä toimintaa prototyyppituotannosta ja tuotekehitystoiminnasta. Valittujen henkilöiden vastaukset analysoitiin ja heille tehtiin lisäksi vielä jatkotutkimuksena räätälöityjä kyselyitä haastatteluvastausten analysoinnin jälkeen ja paneuduttiin tarkemmin kehitystä vaativiin asioihin. Aineistonkeruun jälkeen tehtiin lisää analysointia ja sen pohjalta tehtiin toimenpide-ehdotuksia yritykselle. Haastatte- luissa ja kyselyissä keskiössä olivat tämän tutkimuksen tutkimuskysymykset, joihin pyrittiin vastaamaan kattavasti.

6.1 Toimenpide-ehdotusten implementointi

Tutkimuksessa esiteltiin kohdeyritykselle ehdotuksia kehitystoimenpiteistä, joilla voitaisiin tehostaa yrityksen prosesseja ja siten taata laadukkaampi tuotekehitysprosessi alusta aina sarjavalmistukseen. Työn ydin oli kehittää tuotekehitysprojektin prototyyppi-tuotannon suunnittelua ja sen toteuttamista huomioiden kaikki autoteollisuuden, asiakkaan ja yrityksen sisäiset vaatimukset. Toimenpide-ehdotukset kehitettiin työssä tehtyjen teemahaastatteluiden ja kyselyiden perusteella, sekä muun aineiston, kuten autoteollisuuden standardien pohjalta.

Toimenpide-ehdotuksista suurimpana kohdeyritykselle esitettiin strukturoidun prosessin kehittämistä ja käyttöönottoa prototyyppituotannosuunnittelulle ja sen toteuttamiselle. Tuotekehitysprojektit ovat jokainen uniikkeja kokonaisuuksia ja yrityksen näkökulmasta ne tulisi kuitenkin pyrkiä yhtenäistämään ja sitä kautta saadaan standardoiduilla toiminoilla taattua kaikkien projektien onnistuminen. Uniikkiudesta huolimatta projektit noudattavat samantyylistä etenemistä ja niiden vaatimukset ovat samantyyllisiä vaihdellen asiakkaasta ja tuotteen luonteesta. Strukturoitu prosessi luo yrityksen projekteille selvät askelmerkit projektin läpiviennille ja takaisivat hyvän tuen, johon nojautua vaatimusten osalta. Prosessin tarkoituksena on olla eräänlainen käsikirja jokaiselle projektille generalilla tasolla ja sieltä selviäsi juuri mm. vaaditut dokumentit, eri kypsyystasojen vaaditut asiat ja seuraavia toimenpiteitä.

6.1.1 Strukturoitu prosessi

Tällaisen kokonaisvaltaisen strukturoidun prosessin implementointi vaatii alkuun paljon pohjatietoa yrityksen toiminnasta, tuotekehitysprojekteista ja kaikista vaatimuksista ja alan standardeista. Tällaisen tiedon kerääminen vaatii resursseja ja asiantuntemusta paljon ja myös yrityksellä on oma toimintatapa ja kulttuuri, jota tulee myös integroida tähän prosessiin. Laatuorganisaatio on yleisellä tasolla vastuussa prosessien valvonnasta ja luomisesta, mutta vetovastuu tulisi tässä olla tuotanto-organisaatiolla. Prosessin input tulee sisältää myös ylemmältä johdolta vaatimuksia ja eri sidosryhmien tulee siihen sitoutua ja noudattaa sitä.

Prosessien käyttöönotossa tärkeää on luoda selvä prosessikaavio ja kirjallinen kuvaus prosessista ja sen sisällöstä. Kohdeyrityksellä on käytössä oma tietokanta ja työkalu toimintaohjeille, jotka sisältävät kaikki yrityksessä käytössä olevat prosessit. Prosessit tulee aina tarkastaa toisen henkilön toimesta, ja ne ovat virallisia sen jälkeen, kun tietyn osaston johtaja hyväksyy prosessin. Tämän jälkeen jokainen prosessi vaatii vähintään vuo-

sittaisen tarkastuksen ja uuden hyväksynnän, jotta voidaan varmistua prosessin validiteetista ja oikeellisuudesta, koska vuoden aikana on voinut tulla merkittäviä muutoksia toimintaan. Käytännössä prosessi on iso dokumentti yrityksen toimintaohjeistossa ja se sisältää detaljin sanallisen kuvauksen koko prosessista, vastuista ja vaadituista dokumenteista. Lisäksi selvä prosessikaavio tulee aina olla tukemassa prosessikuvausta, joka kuvaa myös prosessin etenemisen.

6.1.2 Tarkastuslistat

Tarkastuslistat olivat toinen toimenpide-ehdotus kohdeyritykselle. Tarkastuslistojen funktio olisi olla työkalu strukturoidun prosessin ohella, joiden avulla projekti voi varmistua kaikkien vaadittujen aktiviteettien suorittamisesta oikein. Näiden tarkastuslistojen implementointi prosessien tueksi vaatii niiden tarkemman määrittämisen ja luonnin räätälöidysti projektille. Tällaisesta tarkastuslistasta olisi mahdollista tehdä valmis kaavakepohja (template), jota voisi muokata projektikohtaisten vaatimusten ja tarpeiden mukaan. Tarkastuslistojen implementointi osaksi projektin läpivientiä tulisi olla projektijohdon vastuulla antaa toimeksianto, mutta suorittava osapuoli voisi tilanteen mukaan olla myös toinen sidosryhmä, kuten juuri tuotanto, tai tuotekehitys. Tarkastuslistoja on mahdollista olla useampia yhtä aikaa aktiivisena ja niiden käyttöön tulisi kannustaa aktiivisesti, koska niiden avulla voidaan varmistua kaikkien aktiviteettien tekemisestä, sekä näistä voidaan pitää kontrollia hyvin, kun on olemassa dokumentaatiota. Tarkastuslistat olisi myös mahdollista integroida osaksi projektin läpivientiä osana strukturoitua prosessia, jossa määriteltäisiin tarkasti eri osastojen vastuut ja niiden tueksi määritellään erilaiset tarkastuslistat eri projektin sidosryhmille. Tarkastuslistojen luonti tulisi alussa olla laatuorganisaation johtamaa ja niiden sisällönmäärityksessä tulisi ottaa mukaan oikeat resurssit, jotta sisältö vastaa haluttua lopputulosta. Näiden luonnissa tulee tuntea yrityksen prosessit hyvin ja erityisesti erilaiset vaatimukset autoteollisuudesta, sekä vaaditut dokumentit ja aikataulutukset koko projektin sisällä.

6.1.3 Datansiirtotyökalu

Datansiirtotyökalun tarkoituksena on tukea tuotekehitystä prototyypituotannon aikana ja sen avulla voidaan kerätä tuotannon aikaista tietoa tehokkaasti ja siirtää tämä informaatio suunnittelijoiden tietoon. Tiedonkulku on vanha klisee yrityksissä, mutta erityisesti tuotekehitysvaiheessa kaikenlainen informaatio on tärkeää ja sen kulkeutuminen suunnitteluun on erittäin kriittistä laadukkaasti tuotteen ja prosessin kehittämisessä. Tuotekehitysprojektissa on mukana useampi sidosryhmä ja niiden välinen kommunikaatio

on avainroolissa lopputuotteen kehityksessä, koska molempien osapuolien antaman input on tärkeää kehityksessä ja siten voivat tuottaa korkeampaa laatu tuotteelle ja prosessille ja sitä kautta helpottaa sarjatuotannon aloittamista. Erityisesti prototyypituotannon aikana kerätään paljon tietoa tuotteen funktionaalisuudesta, designista ja prosessista, jota tulee analysoida suunnittelussa. Tuotannon aikaista dataa kerätään eri tietokannoissa ja data on hyvin erilaista, mutta samalla kerääntyy paljon implisiittistä tietoa, jonka raportointi ja esittäminen on haastavaa. Kaikelle tiedolle tulee olla selvä työkalu ja alusta, jolla sitä voidaan jakaa suoraviivaisesti eri sidosryhmille suunnitteluun. Esimerkiksi Sharepoint alustalle rakennettava työkalu toimisi tehokkaasti tässä asiassa, kun kaikilla sidosryhmillä on sinne pääsy ja sieltä on mahdollista kerätä kaikki tieto. Lisäksi kaikki data tuotannosta on mahdollista viedä tuolle alustalle ja esimerkiksi testerit ja muut laitteet voidaan integroida syöttämään dataa eri tietokantoihin.

Työkalussa tulisi olla myös tilastollisia työkaluja käytössä ja mahdollista yhdistellä eri tietoa erilaisten tekijöiden vaikutusten löytymiseen ja muuhun normaaliin tilastolliseen analyysiin. Sharepoint työkalun luonti onnistuu tehokkaasti yrityksen IT osaston kanssa, kun yrityksellä on jo käytössä paljon eri työkaluja ja osaamista erilaisissa IT projekteista. Tämän työkalun implementointi olisi erityisesti tuotanto-organisaation vastuulla ja johdolla tehtävä, koska he ovat tuotantoa suorittava osasto, joka vastaa prosessin ajamisesta ja kaikesta tiedonkeruusta prosessista ja tuotteesta. Työkalua kehittäessä tulisi ottaa mukaan yrityksen tuotanto, IT osasto ja projektin edustus, sekä suunnitteluosasto. Tällöin voidaan varmistua työkalun oikeasta määrittelystä ja sopivuudesta projektin käyttöön. Tämä vaatii varmasti suurta rahallista investointia yritykseltä, mutta tekemällä yhden työkalun tietylle projektille, sitä on mahdollista monistaa ja räätälöidä jatkossa uusien projektien käyttöön myös.

6.1.4 Muut toimenpide-ehdotukset

Pienemmät toimenpide-ehdotukset olivat helpompia ja yksinkertaisempia aktiviteetteja ja toimenpiteitä, joita noudattamalla tarkoituksena on kehittää juuri prototyypituotannon suunnittelua ja suorittamista. Näiden implementointi osaksi prototyypituotantoa on suoraviivaista ja helppoa, mutta vaatii erillisiä resursseja joko projektilta, tai tuotanto-organisaatiolta. Näitä toimenpide-ehdotuksia oli seuraavat aktiviteetit:

- DFA resurssi tuotannossa
- Tuotekehityksen tukihenkilö prototyypituotannossa
- Lessons learned asioiden huomiointi

- Benchmarking
- Vaaditun dokumentaation varmistus
- Sarjatuotannon demonstrointi prototyypituotannossa

DFA resurssilla haluttiin korostaa kokoonpantavuuden merkitystä prototyypituotannosta siirryttäessä sarjatuotantoon, mutta myös eri prototyyppien rakennusvaiheiden aikana. Tämän resurssin avulla tuotteen kokoonpantavuudesta voidaan tehdä menestystekijä sarjatuotannolle ja sen vaikutuspotentiaali on suuri.

Tuotekehityksen tukihenkilöllä haluttiin luoda saumattomuutta ja informaation siirtymistä tehokkaasti eri organisaatioiden välissä, joka palvelee kaikkia projektin sidosryhmiä. Kun tuotteen suunnittelijat osallistuvat prototyyppien valmistukseen, niin voidaan varmistua tuottavammasta tiedonkeruusta ja ongelmanratkaisu tehostuu.

Lessons learned on oleellinen osa projektiliiketoimintaa projektien välillä, mutta myös projektin sisällä sen eri vaiheiden välissä. Lessons learned asiat ovat tärkeitä huomioida, kirjata ylös ja reagoida varmistamalla, etteivät ne toistu enää ja niistä on opittu. Oppimiskäyrän kehittyessä toiminnasta tulee vähemmän virheherkkää ja osataan jo ennaltaehkäistä ongelmia ja tiedetään osa tulevista sudenkuopista. Näillä on selvä kustannusvaikutus ja lisäävät laaduntuottoa.

Benchmarkauksessa tarkoituksena on tehdä juuri vertailua yrityksen toisiin projekteihin ja muihin vertailukelpoisiin kohteisiin, jotta voidaan saada lisätietoa ja uusia ideoita. Benchmarkaus on normaalia toimintaa, joka tuottaa uusia tulokulmia asioihin ja varsinkin oman yrityksen sisällä se tehostaa toimintoja ja karsii potentiaalisia riskejä.

Prototyypituotannossa luodaan paljon vaadittuja dokumentteja tuotteelle, prosessille ja sen laatujärjestelmälle. Kaikki tarvittava dokumentaatio tulee olla selvillä ja tätä varten. On erittäin tärkeää, että kaikki dokumentaatio löytyy ja ne ovat tehty oikein. Dokumentaation varmistumiseen organisaatio voi käyttää sisäistä auditointia ja muuta läpikäyntiä, mutta tutkimuksessa esitellyn strukturoidun prosessin tulisi nämä dokumentit mm kertoa.

Sarjatuotannon demonstrointi tulee suorittaa virallisesti vasta PPAP vaiheessa ns. Run&Rate menetelmällä, mutta prosessin kannalta olisi parasta tehdä demonstroitua sarjatuotantoa jo aikaisemmin sarjatuotannon volyyymeilla ja tuotantomenetelmillä. Tällöin epäkohtiin voidaan reagoida hyvissä ajoin ja prosessia on mahdollista kehittää. Kaikenlaiset työntutkimukset ja koeajot tuotantoprosessille ovat kallisarvoista tietoa projektioorganisaatiolle, että miten tuotanto suoriutuu SOP vaiheen jälkeen.

Näiden toimenpide-ehdotusten implementoinnissa avainroolissa on projektiorganisaatio, joka on projektin alussa määrittänyt tarvittavat resurssit. Näiden resurssien huomioiminen organisaatiossa ja saatavuus tulee tehdä jo hyvissä ajoin projektia. Näiden kehitysehdotusten käytöstä vastaa loppukädessä projektin johto, mutta tarpeesta voi myös muu projektiorganisaation indikoida. Erityisesti projektiliiketoimintaa harjoittavissa yrityksissä tulisi luoda mahdolliseksi saada tarvittavat resurssit, kun niille esiintyy tarvetta. Kohdeyrityksessä on käytössä lessons learned prosessi, mutta niiden tehokasta käyttöä tulee korostaa ja varmistua, ettei jo tehtyjä virheitä tehdä uudestaan. Yleisesti kohdeyrityksellä on melkein kaikenlaisia alalla vaadittuja henkilöresursseja ja osaamista olemassa, mutta niiden varaaminen case projektin käyttöön ja allokoitu aika tulee projektijohtolta. Muita palveluja voidaan ostaa konsultoinnilla, tai muuten vain ulkoistaa palveluntarjoajalle, jos se on heidän ydinliiketoimintaansa. Dokumentaatioasiat ovat erittäin tärkeitä asioita juuri autoteollisuuden standardien näkökulmasta ja asiakasvaatimusten. Niiden täyttymisestä tulee varmistua ja ottaa tiukka kontrolli koko projektin ajan, koska ongelmatilanteissa ne voivat pysäyttää projektin etenemisen nopeasti ja aiheuttaa erittäin pahoja ongelmatilanteita.

6.2 Toimenpide-ehdotusten arviointi ja jatkokehitysehdotukset

Luvussa 6.2 arvioidaan esitettyjä toimenpide-ehdotuksia ja niiden mahdollista implementointia. Lisäksi käsitellään mahdollisia jatkokehitystarpeita. Työtä arvioidaan toimenpide-ehdotusten toimivuuden, niiden tehokkuuden ja vaikuttavuuden näkökulmasta. Lisäksi käsitellään työn rajoitteet ja haasteet, sekä luotettavuutta. Työn asetettujen tavoitteiden täyttymistä arvioidaan, sekä tutkimuskysymyksiin vastaamista.

Tutkimuksessa tuotettiin useita toimenpide-ehdotuksia kohdeyritykselle heidän käyttöönsä kehittääkseen prototyyppituotannosuunnittelua ja sen toteuttamista. Toimenpiteet muodostettiin tutkimuksessa tehtyjen tutkimusmenetelmien ja muun aineiston pohjalta. Niiden implementointi on yritykselle erittäin mahdollista ja räätälöintiä, sekä muutoksia on tehtävissä. Implementointi vaatii yritykseltä sitoutumista ja tarkkaa suunnittelua luonnollisesti, sekä resursseja tekemiseen. Aikajänteellä näiden toimenpide-ehdotusten implementointi vaihtelee suuresti, pienemmät ideat on mahdollista toteuttaa erittäin nopeasti, mutta strukturoidun prosessin ja datansiirtoon tarkoitetun työkalun implementointi vie arviolta vuoden aikaa.

Toimenpide-ehdotuksista erityisesti strukturoidun prosessin ja datansiirtotyökalun kehitys vaati jatkokehitystä ja niistä tulee muodostaa omat projektinsa. Näiden tarkempi suunnittelu vie paljon aikaa ja toteutuksessa tulee huomioida paljon eri näkökulmia, joten se tulee myös sitomaan erilaisia resursseja. Näiden jatkokehityksessä yrityksellä on

mahdollista suorittaa ne sisäisesti, tai tilata datansiirtotyökalu yhteistyössä ulkopuoliselta palveluntarjoajalta.

Tutkimuksessa esiintuodut toimenpide-ehdotukset käytiin läpi tämän tutkimuksen yrityksen sisäisen ohjaajan kanssa läpi ja niiden toimivuutta arvioitiin. Toimenpide-ehdotukset nähdään selvänä parannuskohteina, jotka ratkaisisivat yrityksessä tiedostettuja haasteita prototyyppituotannossa ja sen suunnittelussa. Ehdotukset ovat luonteeltaan erilaisia ja niiden vaikutukset ovat erilaisia projektien läpiviennille ja tuotanto-organisaatiolle. Erityisesti ehdotusten vaikutusta on helpompi arvioida tuotantonäkökulmasta, mutta arviointi onnistuu myös projektinäkökulmasta, koska projektit ovat useamman eri sidosryhmän yhteisiä hankkeita. Toimenpide-ehdotuksista nähtiin erityisesti pienemmät muut erittäin toimivina, koska niiden vaikutus on suora tuotantoon ja apu tukisi prosessia välittömästi. Strukturoitu prosessi, sekä datansiirtotyökalu ovat selviä vahvistuksia prototyyppituotantoon ja tuotekehitykseen, koska näille on selvä tarve ja niiden hyöty on havaittavissa tutkimuksen haastatteluiden, sekä kyselyiden pohjalta. Nykytilanteessa jokainen projekti on hieman oma kokonaisuutensa ja niistä puuttuu yrityksen sisältä vaadittua standardointia ja siten selvää etenemistä ja laaduntuottokykyä. Nämä olisivat hyviä kilpailuvaltteja yritykselle ja erityisesti olemassa oleva prosessi olisi hyvä tapa näyttää eri auditoinneissa, että yrityksellä on selvä ja tehokas tapa tehdä tuotekehitystä tuotteelle ja prosessille. Näiden implementointi olisi hyvä tehdä, mutta niiden onnistumiselle kriittisinä tekijöinä nähdään juuri avainresurssien saaminen ja läpivienti vaatimukset täyttävinä. Yrityksellä on kuitenkin kaikki valmiudet aloittamaan näiden kehittäminen ja käyttöönotto. Datansiirtotyökalulla olisi suora vaikutus tuotekehityksen tehokkuudelle ja sen tarvitsemalle informaatiolle, kun kaikki informaatio eri prototyyppien kokoonpanosta olisi saatavilla. Strukturoitu prosessi olisi jokaiselle projektille ja eri sidosryhmälle selvä tuki, että mitä kaikkea projektissa tapahtuu ja myös seuraavat vaiheet, sekä vaaditut asiat olisivat tiedossa. Tarkastuslistat olisivat eri sidosryhmille hyvä tuki varmistua oikeista aktiviteeteista ja dokumentaatioista, kun heillä olisi oma tukityökalu saatavilla. Lisäksi nämä kaikki toimenpiteet lisäisivät läpinäkyvyyttä projektista kaikille siihen osallistuville.

Tutkimuksessa haasteena oli teoreettisessa tutkimuksessa lähdemateriaalin määrä, kun erityisesti autoteollisuuden tuomat vaatimukset ja prosessit eivät ole hyvin jaossa. Monet standardit ja vaatimukset ovat maksumuurien takana ja osaa ei ole olemassakaan sähköisesti saatavissa helpolla ollenkaan. Kohdeyrityksen toimiala on suhteellisen uutta maailmalla, mutta erityisesti suomessa vastaavaa toimintaa ei ole ollut kuin muutama vuosi vasta yhtään isomassa mittakaavassa, joten suoraa vertailua on vaikea tehdä. Akuteollisuus kuuluu autoteollisuuden alaisuuteen, kun lopputuotteet ovat käytössä ajoneuvoissa, joilla voi ajaa moottoritiellä. Autoteollisuuden standardien tuomat vaatimukset

tuotekehitystoiminnalle määrittävät prototyypin valmistusta tietyillä rajoilla, mutta yleisesti prototyyppituotanto on erittäin pienillä volyymeillä tehtävää tuotantoa kohdeyrityksen haluamalla tavalla. Autoteollisuus on tässä poikkeus, kun sen alaisissa projekteissa prototyyppituotantoa tehdään isommassa kuvassa johtuen erilaisista testeistä ja validoinneista. Prototyyppien määrät voivat koko projektin aikana olla satoja akkuja, joten ei voida puhua enää yksittäistuotannosta vaan piensarjatuotannosta jo. Tällaisesta toiminnasta ei ole saatavilla paljoa lähdemateriaalia syvälliseen teoreettiseen tarkasteluun. Tutkimusmenetelmien osalta teemahaastattelut, sekä kyselyt tehtiin tarkasti valituille henkilöille, mutta otanta on kuitenkin erittäin pieni ja siten yksittäisten henkilöiden merkitys tämän tutkimuksen osalta on merkittävä. Aikataulullisesti haasteena on tuotekehitysprojektin aikajänne, koska ne ovat pituudeltaan useampia vuosia, joten tämän tutkimuksen aikana ei voitu seurata etenemistä suurelta ajalta ja siten vaikutuksia toimenpideehdotuksista ei voida todentaa käytännössä.

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida siinä käytettyjen tutkimusmenetelmien ja niiden perusteella tehtyjen johtopäätösten avulla, sekä lopputuloksena syntyneiden toimenpideehdotuksien. Tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät olivat kvalitatiivisia menetelmiä ja niiden soveltuvuus tällaiseen tutkimukseen oli hyvä valinta kerätä tietoa ja erityisesti empiiristä tietoa, jota on mahdotonta kerätä kvantitatiivisilla menetelmillä. Kerätty data oli haastateltavien osalta yhtenäistä ja tutkimuskysymyksiä kannalta oleellista. Johtopäätökset kerätyn datan pohjalta olivat johdonmukaisia ja ne pohjautuvat suoraan saatuun informaatioon. Kielteisesti vaikutti ainoastaan haastateltavien henkilöiden vähäinen lukumäärä, koska yksittäisen henkilön vastausten vaikutus tutkimuksessa on suuri, mutta yrityksessä ei olisi ollut muita yhtä sopivia henkilöitä positionsa puolesta vastaamaan näihin kysymyksiin. Toimenpideehdotukset ovat suoraviivaisia autoteollisuudessa olevia tuttuja menetelmiä, mutta kuitenkin räätälöityjä asioita yritykselle. Ehdotukset ovat mahdollisia tehdä ja niiden vaikutusta on arvioitu myönteiseksi.

LÄHTEET

A. Cohen, Prototype to product, O'Reilly Media, Inc, 2015.

APQP, Quality-One, 2021, saatavilla: <https://quality-one.com/apqp/>

APQP-advanced product quality planning, Industry forum, 2016, saatavilla: <https://www.youtube.com/watch?v=el2vOwOz0AU>

Arto, K., Martinsuo, M. & Kujala, J. 2006. Projekttiliiketoiminta. WSOY: Helsinki.

E. Hietikko, Tuotekehitystoiminta, Books on Demand, 2015, 206 s

Grönfors. M. Laadullisen tutkimuksen kenttätöyömenetelmät. Saatavilla: http://viikka.fi/books/Laadullisen_tutkimuksen.pdf. 2011. 153 s.

How to satisfy customer specific requirements when implementing IATF 16949. Isik M, 2019. Saatavilla: <https://advisera.com/16949academy/blog/2019/07/02/iatf-16949-customer-specific-requirements-how-to-meet-them/>

IATF 16949:2016 4.3.2 Customer Specific requirements. Biswas P. 2017. Saatavilla: <https://www.linkedin.com/pulse/iatf-169492016-432-customer-specific-requirements-pretesh-biswas/>

M.A.Vonderembse, G.P.White, Operations management concepts, methods and strategies, West publishing company, 1996, 845 s.

Nonaka I, Takeuchi H: Knowledge creating company. Oxford university press, 1995.

Ojasalo, Moilanen, Ritalahti: Kehittämistyön menetelmät – Uudenlaista osaamista liike-toimintaan. Sanoma Pro, 2015

Quality management system requirements ISO 9001:2015 and IATF 16949:2016

Ronkainen, Suvi & Leila Pehkonen & Sari Lindblom-Yläne (2011) *Tutkimuksen voima-sanat*. Helsinki: Sanoma Pro.

S. Lahti, K. Tuominen, Lean Tehoa ja laatua tuotteiden ja tuotantojärjestelmän kehittämiseen, WS Bookwell Oy Jyväskylä, 2010, 143 s

The VDA maturity level model – Planning & Realisation of Design Processes: Part 2. Lortit Consultancy www-sivut 2021. Saatavilla: <https://lorit-consultancy.com/en/2021/01/the-vda-maturity-level-model-planning-realisation-of-design-processes-part-2/>

Tiedon merkitys työelämässä. Vänni K, 2008. Saatavilla: https://www.researchgate.net/profile/Kimmo-Vaenni/publication/268250580_Tiedon_merkitys_tyoelamassa/links/56f127f708ae1da84befd2d2/Tiedon-merkitys-tyoeelaemaessae.pdf

Tietämyksenhallinta osana organisaation toimintaa – hallintaa vai hämmennystä? Väyrynen H, Jalonen H, Helander N. 2015. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/289660035_Tietamyksenhallinta_osana_organisaation_toimintaa_-_hallintaa_vai_hammennysta

Understanding the Prototype to Production Process, Pacific research laboratories, saatavilla: <https://www.pacific-research.com/understanding-the-prototype-to-production-process-prl/>

VDA association, 2020. Saatavilla: <https://www.vda.de/en/association/about.html>

What is APQP? APQP Phases | APQP Checklist, Techqualitypedia, 2020, saatavilla: <https://techqualitypedia.com/apqp/>

Prototype." *UXL Encyclopedia of Science*, Blackwell A, Manar E, 3 painos, UXL, 2015. saatavilla: gale.com/apps/doc/ENKDZQ347975681/SCIC?u=dclib_main&sid=bookmark-SCIC&xid=7944326d.

Quality- and Lifecycle-oriented Production Engineering in Automotive Industry. Kiefer J, Allegretti S, Breckle T. 2017. Saatavilla: https://www.researchgate.net/figure/5-phase-model-of-APQP-2_fig2_317049061

The VDA maturity level model – Planning & Realisation of Design Processes: Part 2. 2022. Lorit-consultancy www-sivut. Saatavilla: <https://lorit-consultancy.com/en/2021/01/the-vda-maturity-level-model-planning-realisation-of-design-processes-part-2/>

IATF 16949 -standardin merkitys autoteollisuudessa ja sen ulkopuolella. Pesonen M, 2017. Saatavilla: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/iatf16949/>

Kuinka tuotekehitysprojekti etenee? 2018. Tuotekehityksen www-sivut. Saatavilla: <https://tuotekehitys.com/kuinka-tuotekehitysprojekti-etenee/>

Typical automotive trilofy development. Elsmar www-sivut. Saatavilla: <https://elsmar.com/APQP/sld056.htm>

A, B, C, D Sample means in the Automotive industry. Kang D, 2021. Hujubkang www-sivut. Saatavilla: <https://hujubkang.tistory.com/entry/Characteristics-Particular-to-the-Automotive-Industry>