



jamk

Tuotetiedonhallinta teollisuuskestävyyden tekijänä

Kirill Novichenko

Opinnäytetyö, ylempi AMK
Toukokuu 2024
Kestävä energia

Novichenko Kirill

Tuotetiedonhallinta teollisuuskestävyyden tekijänä

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Kevät 2024**, 94 sivua

Kestävä energia tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö ylempi AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Kestävä kehitys teollisuudessa ja muilla aloilla on saavutettava kaikin keinoin. Yksi näistä keinoista on tuotetiedonhallinnan soveltaminen ja tehostaminen. Tuotetiedonhallinta on toimenpidekokonaisuus, jolla kaikki tuotteeseen liittyvät tiedot kerätään ja käsitellään mahdollisimman täydellisesti ja tehokkaasti. Se mahdollistaa sujuvan ja virheettömän tuotekehittämisen ja tukee kaikkia tuotteen elinkaaren prosesseja. Tutkimuksessa selvitettiin, miten tuotetiedonjärjestelmien käyttö vaikuttaa kestäväan kehitykseen sen kriteerien mukaan kuten myös energiateollisuuden yritysten kilpailukykyyn ja liiketoimintaan. Kohdejärjestelmäksi valittiin Vertex Flow -ohjelmisto.

Olemassa olevan tietoperustan pohjalta määritettiin kestävyteen vaikuttavat tuotetiedonhallinnan järjestelmien tekijät, ja tehtiin hypoteesit niiden vaikutuksesta. Nämä hypoteesit tarkistettiin käytännöllisten tietojen avulla, joihin kuuluivat tiedot Vertex-sivustosta, käyttökokemuksista ja kohdeyrityksen työntekijöiden kyselystä.

Tuloksena saatiin selvitettyä tuotetiedonhallinnan järjestelmien vaikutus kestävyteen, mutta vaihtelevasti tietyn vaikuttavan tekijän mukaan. Parannettavia toimialueita paljastettiin, kuten puutteellinen materiaaliluetteloiden käyttö sekä itse kohdejärjestelmän parannusmahdollisuudet tietojenkäsittelyn sekä tietoturvan näkökulmasta.

Avainsanat (asiasanat)

Tiedonhallintajärjestelmät, kestävyys, kilpailukyky, liiketoiminta.

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

-

Novichenko Kirill

Product data management as a factor of industrial sustainability

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2024, 94 pages

Degree Programme in Sustainable Energy. Master's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Sustainable development in industry and other sectors must be achieved by all means. One of these means is the application and improvement of product data management. Product data management is the process of collecting and processing all product-related information as completely and efficiently as possible. It enables smooth and error-free product development and supports all stages of the product life cycle process. The study looked at how the use of product data management systems contributes to sustainable development according to its criteria, to the competitiveness of companies in the energy industry and to their business. Vertex Flow software was chosen as the target system.

Based on the existing knowledge base, the factors of product data management systems that influence sustainability were identified and hypotheses on their impact were made. These hypotheses were tested using practical data, including information from the Vertex website, the trial run and a survey conducted among employees of the target company.

As a result, the impact of product data management systems on sustainability was proven, but to varying degrees depending on the specific influencing factor. Domain areas for improvement were revealed, such as the lack of use of bills of materials, opportunities for improvement of the target system itself in terms of data management and security.

Keywords/tags (subjects)

Data management systems, sustainability, competitiveness, business.

Miscellaneous (Confidential information)

-

Sisältö

Lyhenteet	4
1 Johdanto	6
1.1 Opinnäytetyön aiheen, tavoitteiden ja suorituksen kuvaus	6
1.2 Aiemmat tutkimukset.....	7
1.3 Tutkimuskysymykset	9
2 Opinnäytetyön tietoperusta	9
2.1 PDM-järjestelmien kuvaus	9
2.1.1 Moderni tiedonhallinta ilmiönä.....	9
2.1.2 PDM-järjestelmien tarkoitus ja funktiot	14
2.1.3 Materiaaliluettelot.....	23
2.1.4 Tietoturva tiedonhallinnassa	26
2.2 PDM-järjestelmien kehitysnäkymät.....	27
2.2.1 Keinoäly.....	28
2.2.2 Iso Data	28
2.2.3 Esineiden internet (IoT)	29
2.2.4 RFID-merkinnät.....	30
2.2.5 Digitaalinen kaksonen.....	32
2.2.6 Lisätty- ja virtuaalitodellisuus	33
2.3 Kiertotalous kestävyden tekijänä	34
2.3.1 Kiertotalouden määritelmät ja tavoitteet	34
2.3.2 Kestävyden kriteerit.....	36
2.3.3 Kiertotalouden trendit ja haasteet	38
2.4 Tiedonhallinnan rooli kestäväen kehityksen varmistamisessa	41
2.4.1 Tuotetiedonhallinta tuotteen kehittämisessä, tuottamisessa ja kunnossapidossa.....	41
2.4.2 Tuotetiedonhallinta kiertotaloudessa	41
2.5 Tietojen kypsyyssaste eri kestävyiden strategioissa.....	44
2.5.1 Tietojen kypsyyssaste ja tiedonhallinnan funktiot.....	44
2.5.2 Tiedonhallinnan funktiot kestävässä huollossa	47
2.5.3 Tiedonhallinnan funktiot kierrätyksessä	49
2.5.4 Tiedonhallinnan funktiot teollisessa symbioosissa	51
2.6 Digitaalisten teknologioiden vaikutus ympäristöön	52
2.7 PDM-järjestelmien rooli standardien vaatimuksien noudattamisessa.....	53
2.7.1 ISO 9001 ja PDM-järjestelmät.....	53
2.7.2 ISO 14001 ja PDM-järjestelmät	56

3 Kohdeyritys	57
4 Tutkimusmenetelmät	58
4.1 Havainnointi	58
4.2 Kysely.....	59
4.3 Tiedonkeruun menetelmien soveltaminen.....	59
4.4 Tietojen analyysimenetelmä	62
5 Kohdeyrityksessä käytössä oleva PDM-järjestelmä.....	63
6 PDM-järjestelmien tekijöiden vaikutus kestävyteen	64
6.1 Yhteistoiminnassa syntyvien törmäyksien ja ristiriitojen ehkäiseminen	64
6.2 Versioiden hallinnan tehostaminen	65
6.3 Työvauhdin sujuvoittaminen.....	66
6.4 Tuotteen hylkäysprosentti laatuvarion takia	67
6.5 Tietojen elementteistä etsiminen	67
6.6 Tietosuoja vaurioilta ja luvattomalta käytöltä	69
6.7 Vuorovaikutuksen tehokkuus työkaverien ja kumppaneiden välillä	70
6.8 Standardien ja säädösten vaatimuksien noudattaminen	70
6.9 Elinkaaren arviointi PDM:in avulla	71
7 Johtopäätökset ja ehdotukset	73
8 Pohdinta.....	75
Lähteet	78
Liitteet	83
Liite 1. Kyselyn tulokset.....	83
Liite 2. Analyysipohjan matriisi (hypoteesien muodostaminen)	88
 Kuviot	
 Kuvio 1. Eri tiedonhallinnassa käytettävien ohjelmistolajien tarkoituksen kaavio.....	11
Kuvio 2. Keskitetyn tietovaihdon kaavio.....	18
Kuvio 3. Hajautetun versiohallinnan kaavio.....	19
Kuvio 4. Yleinen materiaaliluettelon rakenne.....	24
Kuvio 5. Yhdistettyyn tuotetietojen lähteeseen perustuva BOM-malli.....	26
Kuvio 6. Materiaalien virrat kiertotaloudessa.....	35
Kuvio 7. Neljän kestävä kehityksen näkökohdan sisältö.....	36
Kuvio 8. Kunnossapidon tasot kestävyden ahvistamiseksi.....	49
Kuvio 9. Tutkimuksen kulku.....	63

Taulukot

Taulukko 1. Tietomateriaalien kypsyyssasteet ja vastaavat tiedonhallinnan funktiot46

Lyhenteet

AR – augmented reality

B2B – business-to-business

BKT – bruttokansantuote

BOL – beginning of life

BOM – bills of materials

CAD – computer-aided design

CAE – computer-aided engineering

CAM – computer-aided manufacturing

CIM – Computer-integrated manufacturing

DSS – decision support system

DT – digital twin

eBOM – engineering bills of materials

EOL – end of life

EPC – engineering, procurement, construction

ERP – enterprise resource planning

EU – Euroopan Unioni

IoT – Internet of things

ISO – International Organization for Standardization

mBOM – manufacturing bills of materials

MDM – Master data management

MOL – middle of life

pBOM – processing bills of materials

PDM – product data management

PIM – Product information management

PK – pieni ja keskikokoinen yritys

PLM – product lifecycle management

RFID – radio frequency identification

TQCSEFK – Time-to-market, highest Quality, lowest Cost, best Service, cleanest Environment, greatest Flexibility, and highest levels of Knowledge

VR – virtual reality

xBOM – geneerinen materiaaliluettelo

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön aiheen, tavoitteiden ja suorituksen kuvaus

Opinnäytetyö käsittelee PDM-järjestelmiä (Product Data Management Systems), jotka mahdollistavat tehokasta ja nopeaa tuotteisiin liittyviä tietoja käsittelyä. Teollisuusala on nyt jatkuvassa muutoksessa ja se vaatii siihen kuuluvia prosesseja tehostavia ratkaisuja. Modernit digitaaliset teknologiat mahdollistavat suurien tietovirtojen hallintaa ja niiden hyödyntäminen tulee tänään välttämättömäksi edellytykseksi teollisuuteen liittyvien yritysten kilpailukyvyille. PDM-järjestelmiä käytetään mm. tietojen järjestämiseksi hankkeissa käytetystä varustuksesta. Ne varmistavat yhdistettyä tietokäsittelyä, kun eri yritykset toimivat saman suurtehtävän suorittamiseksi. Yhteinen tietojärjestelmä on aina edellytys virheettömälle yhteistoiminnalle, mikä auttaa väistämään tarpeettomia kulutuksia ja resurssien tuhlaamista kehitysprosessissa. Käsiteltävä aihe antaa mahdollisuuden syventyä teknisen dokumentoinnin automaattiseen käsittelyyn ja tutustua perusteellisesti modernin energia-alan yrityksen prosesseihin.

Opinnäytetyön tavoitteena oli pääosin ymmärtää, miten PDM-järjestelmien käyttö vaikuttaa teollisuuden kestävyttä ja kehittää ratkaisuja energia-alaan kuuluville yrityksille toimintaan kestävyden vahvistamiseksi. Lisäksi oli tärkeää keskittyä vuorovaikutuksen eri osallistujien välissä sujuvoittamiseen ja parantamiseen näiden järjestelmien kautta. Tutkimuksen pääsunnan rinnalla oli tavoite edistää kestävää energiatuotantoa ja -varastointia organisaatioiden yhteistyön tehostamisen kautta.

Opinnäytetyössä käsitellään automatisoitua tiedonhallintaa ja sen vaikutus energiateollisuuden kestävyteen. Raportissa käsitellään sellaiset PDM-järjestelmien avainfunktiot, kuten versioiden hallinta, muutoshallinta, pääsyvalvonta tietoihin, materiaaliluettelojen luominen jne. Niiden tarkoitus teollisuuden kestävydelle analysoidaan niiden vaikutuksen kiertotalouteen arvioimalla sekä yleisesti olemassa olevien tutkimuksien perusteella että käytännöllisesti kohdeyrityksen toiminnan näkökulmasta. Tarkastellaan, miten PDM-järjestelmien funktiot vaikuttavat yrityksen kannattavuuteen ja kilpailukykyyn. Tutkimusalaan kuuluu sekä tekninen että organisaattorinen aspekti. Teknisestä näkökulmasta on tutkittavaa, millaisia vahvuuksia on nykyisessä tiedonhallinnan käytännössä ja miten se liittyy kestävyteen. Organisaattorinen aspekti voi koskea henkilökunnan koulutusta tai uudistuvan johtajuuden ratkaisuja. Teknisen ja organisaattorisen

näkökulman yhteensovittaminen tarjoaa syvää ymmärrystä siitä, miten PDM-järjestelmiä voidaan parhaiten hyödyntää kestävästä kehityksestä teollisuudessa edistämään.

Tutkimuksen tuloksena on tietojen ja suosituksien tuottaminen, joista voisi olla hyötyä energiateollisuudessa. Työn perusteella saadut havainnot voivat tarjota käytännöllisiä suosituksia ja ratkaisuja organisaatioille, jotka pyrkivät optimoimaan toimintaansa ja edistämään kestävyttä teknologioiden avulla. Opinnäytetyön tuloksia voi varmasti hyödyntää myös muilla teollisuuden aloilla, jossa valtavia tietovirtoja on.

Tämän opinnäytetyön toteutus suoritetaan biokaasuntuotantoteknologiaa tuottavan yrityksen pohjalta. Biopolttoaineen osa Suomen energiassa kasvaa merkittävästi ja on vielä tilaa sen jatkuvalla kehitykselle. Tämän teknologian näkymät ovat todella lupaavat, mikä johtuu mm. siitä, että on melko selvä polku, jolla biokaasun teollisuus voi kehittyä tulevaisuudessa.

Biopolttoaineiden neljä sukupolvea kuvaavat näitä kehittymismahdollisuuksia (Cavelius, Engelhart-Straub, Mehmer, Awad & Brück 2023, 2-9). Biokaasuteknologian alalla toimivan kohdeyrityksen toiminta luo merkittävän hiilikädenjäljen. Se kaikki näyttää, että toimeksiantajan toiminta kuuluu hyvin Kestävä energia opinto-ohjelman aiheeseen.

1.2 Aiemmat tutkimukset

PDM-järjestelmien käyttö ei ole ihan uusi asia, sillä ilmiönä ja käsitteenä se on ollut olemassa jo muutama vuosikymmentä. Ne kuitenkin kehittyvät jatkuvasti ja kiinnittävät tutkijoiden huomiota koko tämän ajan. Seuraavaksi katsotaan alaan liittyviä tutkimuksia ja arvioidaan, mitä on jo tutkittu ja mikä on vielä tutkittava.

Bergin, Le Blévennecin, Kristoffersenin, Stréen, Witomskin, Steinin, Basteinin, Ramesohlin ja Vranckenin (2020) kehittämässä teoksessa nostetaan esiin sidoksia digitalisoitumisen ja kestävyden välillä. Kirjoittajat korostavat, että digitaalisten teknologioiden rooli kestävästä kehityksestä toteutumisessa on aliarvioitu ja tulee käyttää niitä tällä alalla aktiivisemmin. Myös näiden teknologioiden sovellettavuus eri kestävyden strategioissa jäsenellään, eli teollisessa symbioosissa, kunnossapidossa ja kierrätyksessä. Lisäksi tässä polussa olevista esteistä keskustellaan.

Rusch ja muut (2021) teoksessaan kehittävät samaa aihetta ja samalla tekevät painopistettä tietyille teknologioille, joita voi soveltaa tiedonhallinnassa tuotteiden kestävyden varmistamiseksi. Näihin teknologioihin kuuluvat Iso Data, Esineiden Internet (IoT), keinoäly, digitaaliset kaksoset jne. Julkaisussaan myös arvioidaan näiden ratkaisujen tehokkuutta eri tuotteen elinkaaren vaiheissa.

Piétron, Stabb ja Hofmann (2023) kiinnittävät erityistä huomiota siihen, että kestävyden varmistaminen on pääosin tiedonhallinnan ja yhteistoiminnan asia. Viralliset ja taloudelliset olosuhteet joskus asettavat esteitä. Kirjoittajat toteavat, että välttämättömänä kestävyden edellytyksinä ovat tiedonvaihto yrityksiä välillä, sen standardisoiminen ja nopea pääsy tarvittaville tiedoille. Tämä kaikki korostaa tiedonhallinnan merkitystä myös PDM-järjestelmien avulla.

Sekä tiedonhallinnan että yrityksen toiminnan järjestämisestä PDM-järjestelmien avulla kertoo Philpotts (1996) teoksessaan, joka on ollut julkaistuna jo pitkään, mutta sisältää arvokkaita perustietoja näiden järjestelmien toimiperiaatteista ja ideoista, jotka eivät muuttuneet ajan kuluttua. Meta-tietojen käyttö ja toimintaprosessien hallinta jäsenellään tässä julkaisussa.

Simonova ja Khisamutdinov (2013) kertovat PLM-järjestelmien integroitumismahdollisuuksista muihin yrityksen toiminnan hallitseviin järjestelmiin, kuten ERP (Enterprise Resource Planning) jne. PLM-järjestelmät katsotaan PDM-järjestelmien laajentumisilmioiksi, jota käytetään tuotteen koko elinkaaren hallitsemiseksi, kun PDM-järjestelmät puolestaan keskittyvät pääosin tuotteiden kehitysvaiheeseen.

Khleel ja muut (2020) teoksessaan esittävät kaksi eri versioiden hallinnan järjestelmien vaihtoehtoa: keskitetty ja haarautettu. Tämä funktio on PDM-järjestelmien olennainen osa ja tässä kontekstissa se on ehdottomasti tärkeä materiaali siitä huolimatta, että alkuperäisesti kirjoittajat keskittyivät ohjelmistojen kehittämiseen. Periaatteisesti nämä kaksi versioiden hallinnan lähestymistapaa sopivat myös PDM-järjestelmien tapauksessa.

Yleisesti aiheen liittyviin lähteiden perusteella voi merkitä, että on runsaasti teknisiä tietoja PDM-järjestelmien toiminnasta ja mahdollisuuksista, mutta on suhteellisesti vähän tietoja siitä, miten näiden järjestelmien käyttö voi lisätä yrityksen kilpailukykyä ja niiden toiminnan kannattavuutta.

1.3 Tutkimuskysymykset

Tämä opinnäytetyö perustuu neljään tutkimuskysymykseen, joiden pohjalta sekä tietoperusta että tiedonkeruu ja analyysi suoritetaan:

1. Miten kestävä kehitys on varmistettava ja vahvistettava energia-alalla PDM-järjestelmien käytön avulla?
2. Millä tavoin energiateollisuuden yritys voi hyödyntää PDM-järjestelmiä liittyen kestäväan kehitykseen vahvistaakseen kilpailukykyään?
3. Kuinka PDM-järjestelmät voivat auttaa kehittämään tehokasta liiketoimintaa?
4. Miten PDM-järjestelmät voivat edistää kestävyyskriteerien seuraamista?

2 Opinnäytetyön tietoperusta

2.1 PDM-järjestelmien kuvaus

2.1.1 Moderni tiedonhallinta ilmiönä

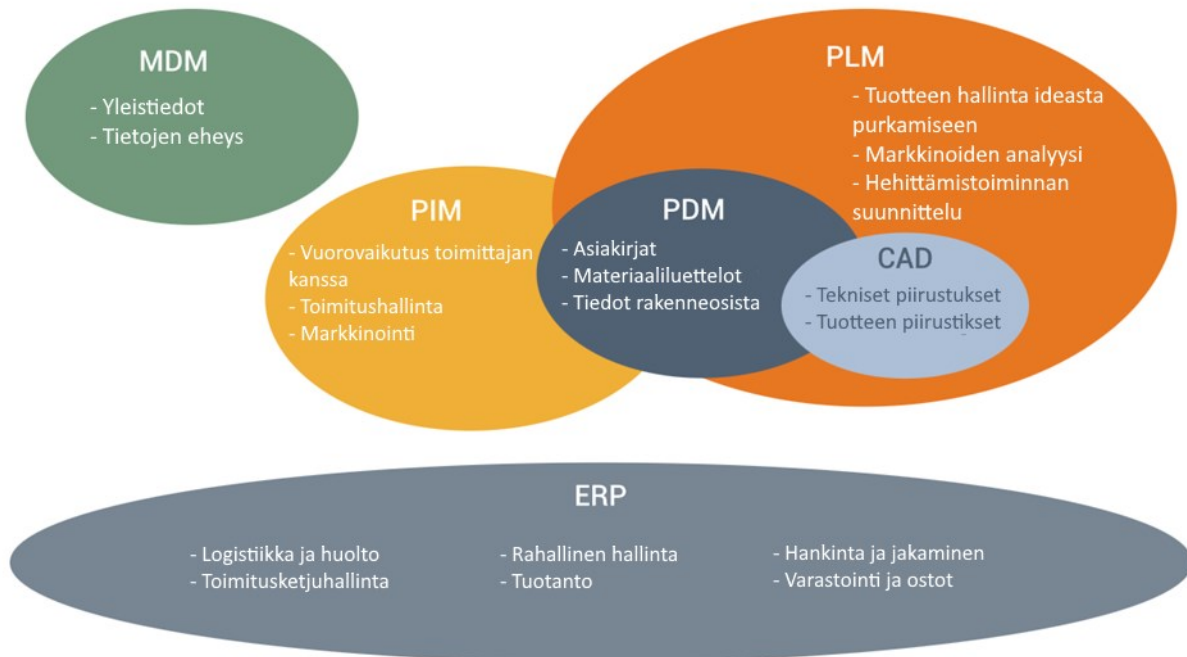
Yrityksen toimintaan ja siten sen tuotteiden laatuun vaikuttavat eri tekijät, jotka ovat sidottu toisiaan. Näihin tekijöihin kuuluvat mm. yrityksessä käytössä olevat kestävyyskriteerit, siinä toteutettu toimintakulttuuri ja toiminnan prosessit. Ilmiselvästi kestävyyskriteerit ovat kovassa vuorovaikutuksessa toimintakulttuurin kanssa, mistä johtuvat puolestaan prosessit ja vakiintuneet toimintatavat. Tehokas vuorovaikutus näihin tekijöihin vaikuttavien osapuolien välissä voi olla avaimena laadunparantamiseen. Tämän kannalta oletetaan, että PDM-järjestelmä on juuri sitä edistävä työkalu. Tuloksena yrityksen toiminta johtaa laadukkaampaan tuotteeseen, joka jää taloudellisessa käytössä pitemmin, mikä on puolestaan kiertotalouden perustuskriteeri. Sen kautta voi aikaansaada kestävyttä teollisuus- ja projektiprosesseissa. PDM-järjestelmien käyttöönotto tiedonhallinnan ja uusien tuotteiden kehittämisen tukemiseksi on entistä tärkeämpää yrityksille.

Tämä tarjoaa yhteistoimintaympäristön tuotekehitykselle, prosessihallinnalle ja tiedon jakamiselle yrityksessä, mikä parantaa niiden kilpailukykyä. (Hongtao, Shunsheng, Lang, Li & Yibing 2015, 1-2.)

Modernissa teollisuudessa valtavan tietojen määrän käsittelemiseksi tarvitaan tehokkaita ratkaisuja ja ennen tuotetiedonhallintaan syventymistä olisi hyödyllistä katsella modernin tiedonhallinnan työkalujen lajia. Periaatteessa projekti- ja tuotantoyrityksessä käytetään sellaisia järjestelmiä, kuten PLM (Product Lifecycle Management), PDM (Product Data Management), PIM (Product Information Management), CAD, (Computer-Aided Design), MDM (Master Data Management) ja ERP (Enterprise Resource Planning). Näiden järjestelmien nimet voivat sekoittaa, mutta jokaisella niistä on oma tarkoitus. (Dolbey 2022.)

PLM ohjelmisto tarkoitetaan prosessien ja tuotteiden kehittymistä hallitsemaan koko niiden elinkaarien kuluessa ideasta purkamiseen. Sen tarkoituksena on tietojen, työkalujen, liiketoiminnan järjestelmien ja henkilöiden yhdistäminen arvoketjuksi tehokkaan ja kannattavan tuotehallinnan varmistamiseksi. PDM järjestelmä puolestaan kohdistuu projekti- ja kehittämistietoihin. Niitä käytetään tuotetietojen järjestämiseen, revisioiden hallitsemiseen, yhteistyötä vahvistamaan, materiaaliluetteloja luomaan jne. Yhtenä tietojen varastona sellainen järjestelmä säästää paljon voimia ja aikaa virheiden mahdollisuuksia vähentäen. PIM:n tarkoituksena on tuotetietojen hallitseminen markkinoinnin alalla. Tietoja toimittajista, toimiketjuista ja yhteistyökumppaneista keräämällä se varmistaa markkinointiin liittyvien tietojen eheyttä. MDM myös kohdistuu tietojen eheyteen, mutta se koskee kaikenlaisia tietoja. Tämän järjestelmän tehtävänä on varmistaa, että kaikki projekti- tai liiketoimintaan liittyviä esineitä voi löytää ja käyttää ilman ristiriitoja ja virheettömästi. Esimerkiksi, jokaisella elementillä (asiakirja, piirustus, malli, yhteistyökumppanit, työntekijät, jne.) on tunnus, johon sen eri nimitykset liitetään. Näin jos samalla esineellä on eri nimityksiä eri tietokannoissa tai yrityksen osastoissa, MDM auttaa sitomaan näitä nimityksiä yhteiseen tunnukseseen, jolla sujuva tietokäsittely mahdollistetaan. CAD-ohjelmistot ovat ihan hyvin tunnetut projektialalla. Periaatteessa ne ovat digitaalisia työkaluja piirustuksien ja mallien luomiseen ennen tuotteen tuottamista. ERP yhdistää kaikki yrityksen ydinprosessit, kuten henkilökunnan hallinta, rahalliset asiat, myynti, resurssit, toiminnan suunnitteleminen, markkinointi, ostokset, tuotanto, palvelut, toimiketjut ja logistiikka. Tämän järjestelmän avulla voidaan sujuvoittaa tiedonvaihtoa, mikä ei välttämättä kuulu juuri

projektitoimintaan, vaan koskee pääosin yritysten liiketoimintaa. (Dolbey 2022.) Kuviossa 1 esitetään näiden järjestelmien tarkoitus ja yhteys toisiaan.



Kuvio 1. Eri tiedonhallinnassa käytettävien ohjelmistolajien tarkoitusten kaavio (Dolbey 2022) (muok.)

PDM-järjestelmien laaja käyttöönotto on yritysten tiedonhallinnan looginen kehitys digitaalisessa kaudessa. Perinteisen paperityön tilalle tulevat automatisoidut tietokäsittelymenetelmät. PDM-järjestelmiä käytetään suunniteltujen ja tuotettujen tuotteiden ominaistietojen määrittämiseksi, käsittelemiseksi, varastoimiseksi ja päivittämiseksi. Nämä järjestelmät eivät rajoitu pelkästään suunnitteluvaiheen hallintaan, vaan käyttäjän tarpeiden mukaan voi hallita tuotteen suunnittelua, prototyyppien valmistusta ja testausta, tuotantoa, käyttöä ja kunnossapitoa. Tämän lähestymistavan mahdollisuudet levittävät suunnittelutoiminnan ulkopuolelle, koska tämän vaiheen optimoimisen lisäksi se tarjoaa kustannussäästöjä valmistuksessa, lyhentää tuloaikaa markkinoille ja parantaa tuotteiden laatua. (Phillpotts 1996, 12.) Sen varmistaminen, että tiedostot ovat oikeiden henkilöiden saatavilla oikeaan aikaan, edellyttää jonkinlaisesta valvontaa, jota voidaan toteuttaa tuotetietojenhallintaohjelmiston avulla. Lisäksi nykyaikaiset suunnittelutiimit ovat usein maantieteellisesti hajautettuja, ja Covid-19 pandemia on vain lisännyt ymmärrystä siitä, että tärkeiden tietojen etäkäyttö on erittäin tärkeää tehokkaan työnkulun kannalta. (Thanh n.d.)

Bergin ja muiden (2020, 9) mukaan Mortenson (2015) toteaa, että kyky kerätä, järjestellä ja käyttää tietoja päätöksien tekemässä on kilpailukyvyn lähde yrityksille. Ne pyrkivät hallitsemaan tietojen voimaa ja investoivat edistyneen tiedonhallinnan työkaluihin arvokkaita oivalluksia saadakseen. Tietopohjainen lähestymistapa sekä tehostaa jokapäivästä toimintaa että mahdollistaa nopeaa räätälöitymistä markkinoiden muutoksiin.

PDM-järjestelmät sisältävät yleensä projektihallinnan, asiakirjahallinnan, tuoterakenteen ja -konfiguraation hallinnan, työkulun seuranta, käyttöoikeuksien valvontaa ja muita keskeisiä moduuleja (Hongtao ym. 2015, 2). Nämä prosessit tapahtuvat koko tuotteen elinkaaren ajan ja näin olleen PDM-järjestelmät ovat Tuotteen Elinkaaren Hallinnan (PLM) olennainen osa. Tuotetiedonhallinnan tehtävänä nykypäivinä on tietojen varastoiminen keskitietovarastossa ja optimoida datakäsittelyä (Shewaramani 2022). PLM ilmestyi 21. vuosisadan ihan alussa. Tarkoituksena oli tietointensiivisten prosessien hallinta, joihin kuuluvat pääosin kaupan analyysi, tuotteiden suunnitteleminen ja teknisten prosessien kehittäminen, tuotanto, tuotteiden jakaminen, niiden käyttö, kunnossapito ja kierrättäminen. Sen nimen mukaan tämä järjestelmä mahdollistaa tuotteiden seuraamista ja hallintaa koko niiden elinkaaren ajan. (Li, Tao, Cheng & Zhao 2015, 8.)

Tuotteen elinkaarenhallinta (PLM) käsitteenä kuuluu liiketoiminnan prosessien alueeseen, jotka kohdistuvat tuotteiden käsittelylle tärkeän informaation ylläpitämiseen. PLM:n ensisijainen tehtävä liittyy tietojen tuotteista keräämiseen, järjestämiseen, seuraamiseen, päivittämiseen ja jakamiseen niiden synnystä alkaen purkamiseen saakka. PDM toimii PLM:n kulmakivenä tarkkaa tietojen varastoimista ja nopeaa saavuttamista varmistaen. Nämä tekijät muodostavat perustan tehokkaalle PLM-pohjaiselle toiminnalle. Kaikki tuotteeseen liittyvät tiedot yhdistämällä keskitettyyn ja saavutettavaan järjestelmään voidaan sujuvoittaa tuotehallintaa koko sen elinkaaren ajan. (Thanh n.d.)

PDM-järjestelmien käyttämällä voi parantaa projektiprosesseja eri vaiheissa, eli koko tuotteen elinkaaren ajan sen valmistamisesta alkaen sen purkamiseen saakka. Tuotantovaiheessa on usein tarve dokumentoida tuotteiden ominaisuuksia, jotta voi sitten suorittaa niiden kunnossapitoa ja varastointia. Käytetyt materiaalit, rakenneosat, varastointiolosuhteet, toimiparametrit ja muut tiedot voidaan hyödyntää tuotteen ominaisuuksien parantamiseen ja tuotantoprosessien

tehostamiseen. Seuraavissa vaiheissa nämä tiedot voi käyttää turvallista ja tehokasta jakelua varten, jossa tietoja varastointi- ja kuljetusolosuhteista ovat ihan hyödyllisiä. Tuotteiden käyttöönottoa ei voi kuvitella ilman selkeää tiedonhallintaa, erityisesti kun käsitellään eri varaosia tai prosessijärjestelmien elementtejä, joiden pitää täsmätä kokonaisjärjestelmään luotettavasti. Tuotteen käyttö ja ylläpitäminen on seuraava tietoja vaativa vaihe, jossa asianmukainen kunnossapito olisi täysin mahdotonta ilman ajankohtaista tietoa tuotteesta ja aikaisemmin suoritetuista huoltotöistä. Purkamisvaiheessa kaikki edellisten vaiheiden aikana kerätyt tiedot voivat olla erittäin hyödyllisiä kiertotalouden näkökulmasta. Lähes kaikki tuotannossa käytössä olevat tuotteet sisältävät rakenneosia, joita voi käyttää uudelleen samalla tai toisella alalla. Tämän mahdollisuuden käyttämiseksi täysmääräisesti nämä tiedot tarvitaan. Kaikki yllä mainitut tiedonhallinnan prosessit voi tehostaa PDM-järjestelmiä käyttämällä, joita kuitenkin käytetään pääosin suunnitteluvaiheessa, mutta niissä olevia tietoja varmasti sovelletaan myös sen jälkeen. Tämä tulee erityisesti ajankohtaiseksi, kun kyseessä on laajamittainen teollisuusprosessi, jossa tehokas toiminta on mahdotonta ilman automatisointia. Näin kiertotaloutta tukien PDM-järjestelmien käyttö voi olla mahtavana perusteena teollisuuden kestävyydelle.

Tehokas ja hyvin hoidettu PDM-järjestelmä antaa tuotteiden kehittäjille ja tuottajille mahdollisuuden suorittaa kustannusanalyysia, jolla yritys voi tehdä perusteltuja päätöksiä kustannustehokkaiden materiaalien käytöstä tai tuotantoprosessien optimoisesta (Shewaramani 2022). Tätä lisäarvoa voidaan edelleen kasvattaa integroimalla PDM-järjestelmään reaaliaikaista tuotantotietoa, mikä mahdollistaa entistä tarkemman tuotannon seurannan ja pullonkaulojen havaitsemisen. Tällainen tieto auttaa parantamaan valmistusprosessien tehokkuutta ja tarjoaa arvokasta näkemystä tuotannon optimointiin olennaisia tietoja menettämättä. PLM-järjestelmän osana PDM:llä voi merkittävästi parantaa uusien tuotteiden kehittämistä ja alentaa tuotannon kustannuksia seuraamalla tuotteita niiden elinkaaren kuluessa (Li ym. 2015, 8.)

Täyttääkseen noudatettavia standardeja, kuten ISO 9001, yritysten tulee esittää asiakkailleen merkittäviä määriä tietoa, esimerkiksi dokumentaatio kaikista tuotteistaan. Kun tämä tieto on tallennettu erillisiin järjestelmiin tai jaettu useisiin osastoihin, siitä on vaikeampaa saada tarpeelliset tiedot juuri silloin kun niitä tarvitaan. Tuotetiedot ovat saatavilla milloin tahansa PDM-

ratkaisun avulla, ja niitä voidaan jakaa myös toimittajille, jotta heillä olisi sama ymmärrys siitä, mitä tuotteeseen kuuluu. (Thanh n.d.)

PDM-järjestelmien idea on jo hyvin kehitetty ja kokeiltu käytännössä ja niiden eduista ja mahdollisuuksista on paljon tietoa, joista voi lähteä tiedonhallinnan vaikuttamisen kehitys- ja tuotantoprosesseihin tutkimisessa. Se mahdollistaa näiden tietojen järjestettyä ylläpitämistä ja tarjoaa laajoja mahdollisuuksia kehittämisprosessien automatisointiin.

2.1.2 PDM-järjestelmien tarkoitus ja funktiot

Jokaisen yrityksen toiminnassa syntyy paljon asiakirjoja. Kun kyseessä on jokin suunnitteluorganisaatio, näihin asiakirjoihin kuuluvat vastuullisia teknisiä dokumentteja, kuten piirustuksia, rakenneosien luetteloja, selityskirjeitä jne. CAD, CAM, CAE ja CIM-ohjelmat kykyineen nopeasti luoda ja muuttaa tuotetietoja olivat ylikuormanneet tavallisia tiedonhallinnan järjestelmiä, jotka eivät enää pystyneet käsittelemään niin valtavaa tietovirtaa. (Phillipotts 1996, 11.) Kaikki sellaiset materiaalit historiallisesti varastoidaan aika epäjärjestelmällisesti. Varastointitavat olivat ihan erilaisia yrityksestä riippuen: paikalliset levyt, verkkolevyt, niiden yhdistelmät jne. Yksi keskipaikka kaikkien tietojen varastoimiseksi on käytännössä suosituin tapa nykyään. Tämä periaatteisesti antaa mahdollisuuden varmistaa, että tietojen käyttäjillä on pääsy tuoreimpiin tietoihin. Näin estetään ristiriitoja työympäristössä, jossa käsitellään tuotteiden tietojen monta versiota. PDM-järjestelmät PLM:n osana katsotaan hyväksi työkaluksi tällaisten tietoympäristöjen ylläpitämiseen ilman ristiriitojen syntymistä. (Brooks 2009, 10.)

PDM-järjestelmään tallennetaan kaksi tietolajia (Phillipotts 1996,13):

- Tekniset tiedot, CAD-mallit, CAE-tiedot, huoltotiedot, käyttöoppaat jne.
- Metatiedot, jotka liittyvät PDM:n hallitsemaan tietoon. Metatiedot tallennetaan PDM-tietokantaan ja ne tukevat PDM-järjestelmän toimintoja.

Metatiedot toimivat johtavana tietona, joka mahdollistaa muutosten, hyväksymislausuntojen ja muiden kriittisten tietojen valvonnan, seurannan ja tarkastuksen. PDM käyttää metatietoja sidosten tuotetietojen välissä luomiseksi. (Phillipotts 1996, 13.) Metatietoja käytetään kuvaamaan

tietomalleja, jotka edustavat erityyppisiä tietoja eri ympäristössä. Kun käytetään tätä ohjelman toiminnan ohjaamiseen, samalla voidaan muuttaa ohjelman käyttäytymistä metatietojen arvon muutosten kautta. Jokaisella mallin esineellä on yhteisiä keskeisiä ominaisuuksia, kuten tuotteiden ja asiakirjojen luontihetki, luoja, toimittaja, muutospäivämäärä, versio, käyttöoikeus jne. (Hongtao ym. 2015, 2.)

Yksi tärkeimmistä metatietojen näkökohdista on tiedoston tila, joka esittää tietojen kypsyyssasteen. Tämä voi olla esimerkiksi "suunnitteluvaiheessa" tai "hyväksytty tuotantoon" ja auttaa saamaan ja järjestämään tarvittavia tietoja, mikä on erittäin tehokasta, kun sidoksia tiedostojen välissä muodostetaan. Tämän rinnalla metatiedot voivat sisältää tiedoston kuvauksen, kuten "luonnos" tai "aikataulu". Jäsennelty tiedostojen kuvaus muodostaa perustan tehokkaalle hakemiselle, jonka avulla käyttäjä voi määritellä halutun asiakirjatyypin lisäksi mm. sen sisällön, omistajan, tilan ja muut tiedot. (Schorr, Borrmann, Obergruesser, Ji, Günthner & Rank 2011, 8.)

Tärkeänä PDM-järjestelmän etuna on mahdollisuus seurata asiakirjojen versioita ja hallita niiden muokkaamista. Se on erittäin tarpeellista, kun virheet ja ristiriidat poistetaan projektidokumentoinnista. Muutoksien hallinta on ihan tarpeellista, kun projektitoiminta on kyseessä. Sen ansiosta voi tarkasti seurata kaikkia muutoksia projektin dokumentoinnissa ja varmistaa, että kaikki osallistujat käyttävät ajankohtaisia tietoja. Ilman sitä on iso riski, että valtava työmäärä on tehty vanhentuneiden tietojen perusteella, mikä johtaa työresurssien ja työajan menettämiseen, erityisesti kun muutama yritystä hoitavat hanketta. Kun ei ole tarvetta tuhata aikaa virheiden etsimiseen ja korjaamiseen ja samalla yrityksen käytössä on tehokkaita työkaluja muutoksien ylläpitämiseen ja tietojen versioiden seuraamiseen, tuotteita voi valmistaa ilman vikoja ja viedä niitä nopeasti asiakkaille (Thanh n.d.).

Projektitoiminnassa usein ilmenee tarve muuttaa tietoja. Sillä kaikki kehitysprosessit ovat sidottu toisiaan, tämä muutoksenteke johtaa myös muiden tietojen muutostarpeeseen. Tällainen toimenpide aiheuttaa moniulotteista sivutoimintaa, joka pääosin liittyy asiakirjojen korjaamiseen ja osallistujien tekemiin hyväksymisiin. Joskus muutokset voivat olla maltillisia, mutta kun ne ovat syviä ja valtavia, ne aiheuttavat valtavia kustannuksia, jopa satoja tuhansia dollareita ja tuotteen toimittaminen asiakkaille viivästyy. Tehokas tuotetiedonhallinnan ohjelmisto on ehdottomasti hyödyllinen tämän estämiseksi tarkalla dokumentoinnilla, hyväksyjä rekisteröimällä ja

hyväksytyjä muutoksia jakamalla. (Thanh n.d.) Tuotteiden muutokset tapahtuvat aiemmin sen elinkaareissa, jos kehittäjillä on mahdollisuus jakaa tietoja ja asiakirjoja PDM-järjestelmän kautta. Tämä on polku parempiin tuotteisiin, pienempiin kustannuksiin, ajansäästöön, pienempään virhemäärään ja uudelleentyöstämisen estämiseen. (Phillpotts 1996, 12.)

PDM-järjestelmät auttavat käyttäjiä ja ohjelmistoja yhdistämään tuotteita kuvaavia tietoja, kuten piirustukset, tekstiasiakirjat tai prosessikaaviot ja projektin hierarkiaa. Se mahdollistaa määrittää helposti mihin tietoihin muutokset vaikuttavat. (Phillpotts 1996, 14.) Jokaisella projektitoiminnan osallistujalla on pääsy keskusvarastossa olevalle tiedoille. Vaikka tämä pääsy on rajoitettu, on kuitenkin riski, että jollakin hetkellä väärin tehty operaatio voi peräkkäisesti johtaa valtaviin tuotannon vikoihin. Tämän skenaarion väistämiseksi versioiden hallintaa suoritetaan PDM-järjestelmien avulla ja näin voi paljastaa edellisissä vaiheissa tehtyjä virheitä. (Shewaramani 2022.) Sen lisäksi muutoksien seuraaminen mahdollistaa projektin kehityksen havainnollistamista tarvittaessa. Tuotetiedonhallinnan järjestelmät tarjoavat työkaluja, joilla voidaan vertailla saman tiedoston eri versioita, mikä mahdollistaa järjestelmällistä tietojen kehittämistä (Vatare & Adkar 2019, 151). Jokaisella muutoksella voi olla kommentti, joka helpottaa yhteistyötä. Modernia tiedonhallintajärjestelmiä käyttämällä voi tarvita vähemmän tilaa tietojen varastoimiseen, sillä usein nämä järjestelmät eivät sisälly kaikki tiedostojen versiot, vaan pelkästään tietoja muutoksista. Tämä tarkoittaa, että koko tietojen versiohistoria vaadi vain vähän enemmän tilaa, kuin kokonainen ajankohtainen tiedosto. (TMS CADCentre 2020.)

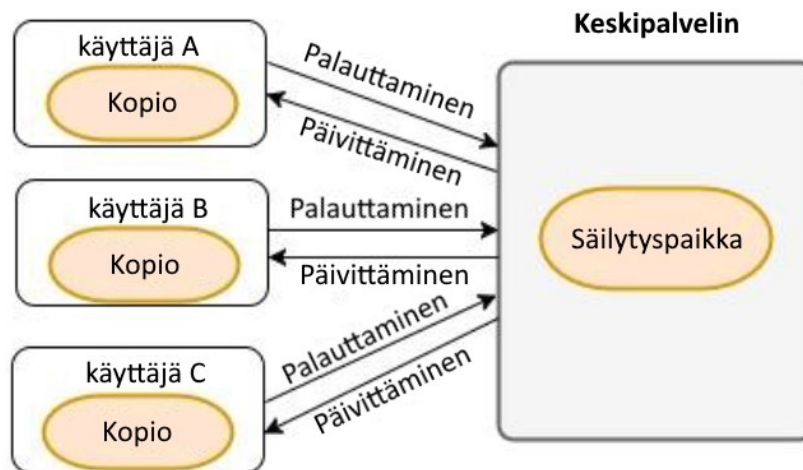
Katsotaan tavallisen ryhmätyössä esiintyvän tilanteen esimerkkiä. Oletetaan, että kaksi työntekijää käsittelevät samaa tiedostoa. Nykyinen tiedoston versio on C. Jos työntekijä 1 käsittelee jo versiota D tietokoneellaan, toinen työntekijä samalla voi tehdä muutoksia versioon C ja nimittää tuloksensa versioksi D. Näin kaksi ristiriitaista D-versiota syntyy. Tämän virheen paljastaminen ja korjaaminen voi olla aika vaikeaa ja aiheuttaa lisäkustannuksia, erityisesti, jos se oli tapahtunut jo pitkään ja johti vääriin jatkotoiminnan tuloksiin. (Brooks 2009, 16.)

PDM tarjoaa merkittäviä etuja, erityisesti niin, että sen avulla voi estää virheellisten tietojen esiintymistä ja niistä johtuvien välitulosten kumoamista. Kun yrityksellä on luotettavat tiedot, niillä on enemmän mahdollisuuksia paljasta heti syntyvien ongelmien juurisyytä ja vastustaa niitä tehokkaasti. Tämä ennakoitava lähestymistapa sekä ratkaisee viipymättä ongelmia että estää

niiden ilmestyä seuraavissa vaiheissa. Ilman PDM:n käyttöä sellaisten virheiden kehittymisen mahdollisuus kasvaa huomattavasti yrityksen toiminnan laatua uhaten. (Thanh n.d.) PDM järjestelmä varmistaa, ettei yksi tiedosto käsitellä samanaikaisesti eri käyttäjien puolesta, tai vaihtoehtona kieltää uuden version luomista, kunnes kaikki käyttäjät ovat tehneet muutoksiaan. PDM tarjoaa valtavaa ratkaisua näiden haasteiden vastaamiseen kaikki projektin tiedostot yhdistämällä yhdessä luotettavassa ja hyvin saavutettavassa tietovarastossa. Tällainen ratkaisu on tahallisesti järjestetty niin, että tarvittavia tietoja voi etsiä ja saada tehokkaasti. (Thanh n.d.)

Tässä kontekstissa PDM-järjestelmät toimivat revisioiden tai versioiden hallinnan ratkaisuna. Niihin funktioihin kuuluvat muutoksien historian säilyttäminen ja ylläpitäminen, ristiriitojen ratkaiseminen ja kehitysprosessin haarautuminen, jolla voi käsitellä eri kehitysvaihtoehtoja niitä kokemaan ja parasta ratkaisua löytämään. Tämä haarautuminen on järjestelmällinen tapa eristää kehittäjän työympäristön, jossa hän voi vapaasti käsitellä tietoja viimeisen tietojen version haittamatta. Haarautuminen voi olla monitasoisena. (Muşlu, Bird, Nagappan & Czerwonka 2014, 671.)

Nämä versioiden hallinnanjärjestelmät lajitellaan keskitettyihin ja hajautettuihin tyyppeihin niiden tietokantojen käsittelymenetelmien ja tietojen jakamisen mukaisesti. Yleisin versiohallinnan tapa on tänään keskitetty vaihtoehto, jossa tietoja säilytetään keskipalvelimessa ja työntekijät kirjautuvat sille. (Vatare & Adkar 2019, 152.) Tällainen järjestelmä vuorovaikuttaa yksittäisen palvelimen kanssa, jossa versioiden tietokanta sijaitsee. Näin palvelin toimii primäärisenä tietovarastona, josta käyttäjät ottavat tiedostoja muokkaamaksi omilla tietokoneilla. Verkon kautta saavutettava palvelin suorittaa tarkkaa tapahtumien tallentamista. Tässä mallissa käyttäjät pitävät vain käsiteltävän tiedoston kopion ja kaikki hänen tekemät muutokset tulevat näkyväksi muille työntekijöille. (Khleel & Nehéz 2020, 63.) Keskitetyn versiohallinnan järjestelmän kaavio on esitetty kuviossa 2.



Kuvio 2. Keskitetyn tietovaihdon kaavio (Khleel & Nehéz 2020, 63.) (muok.)

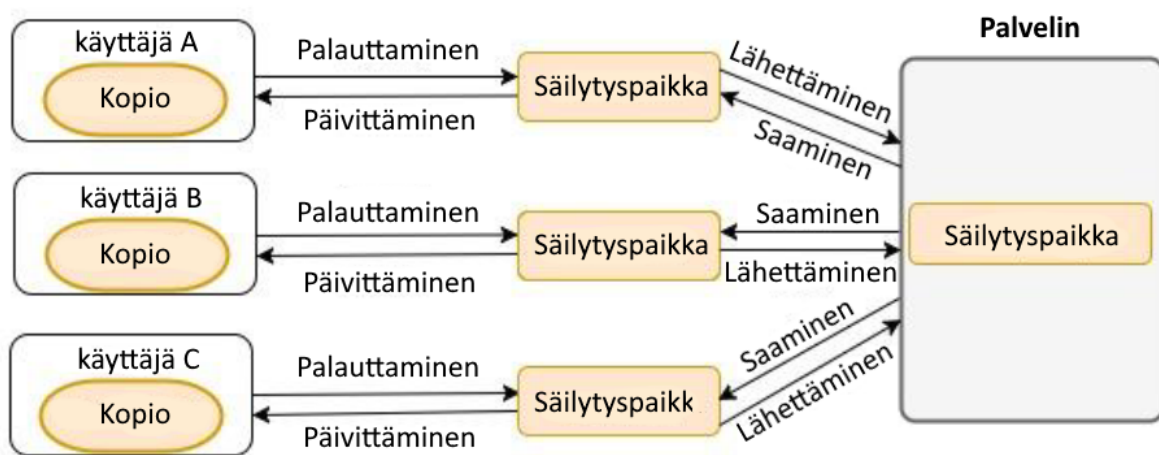
Keskitetyn tietovaihdon mallilla on seuraavat vahvuudet (Vatare & Adkar 2019, 155-156):

- Kaikki tiedot säilytetään turvallisesti luotettavassa paikassa palvelimessa.
- Paikallisessa kehittäjän tietokoneessa tapahtuneen tietovaurion tilanteessa on mahdollisuus aina korjata tietoja palvelimessa olevan tietokannan mukaisesti.
- Kirjautuminen on tehokkaasti ja luotettavasti toteutettavissa yhdessä keskipalvelimessa.
- Versioiden hallinta on selkeämpi ja yksinkertaisempi.
- Kaikkien muutoksien yhdistetty listaus on helposti toteutettavissa.

Keskitetyn tietovaihdon mallin heikkouksiin kuuluvat (Vatare & Adkar 2019, 156):

- Riippuvuus keskipalvelimen tilapäisistä savuttamattomuuksista.
- Tarve keskipalvelimeen kytkennästä hidastaa tietokäsittelyä.
- Kehitysprosessi riippuu enemmän haitallisista tietojen muutoksista.
- Keskipalvelimessa sijoitetun tietokannan vaurion tapauksessa koko muutoshistoria voi kadota.

Hajautetut versiohallinnanjärjestelmät soveltavat "peer-to-peer" lähestymistapaa, mikä mahdollistaa autonomista toimintatapaa yhteistyössä. Tässä tietovaihtokeinossa jokaisella käyttäjällä on oma koko projektin synkronoitu tietokanta, jossa voi tehdä tarvittavia muutoksia. Juuriero keskitetystä versiohallinnasta on jokaisen kopion itsenäisyys, koska ne toimivat tietovarastoina, jotka eivät ole riippuvaisia verkkoyhteydestä ja keskuspalvelimesta. Synkronointi tässä tapauksessa tapahtuu vaihtamalla korjaustiedostoja (changesets), mikä mahdollistaa kehittäjien asynkronista toimintaa ja edistää juostavampaa yhteistyötä. (Vatare & Adkar 2019, 153.) Hajautetun versiohallinnan järjestelmän kaavio on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 3. Hajautetun versiohallinnan kaavio (Khleel & Nehéz 2020, 64.) (muok.)

Hajautetun versiohallinnan vahvuuksina ovat (Vatare & Adkar 2019, 156):

- Vauhdikas tietokäsittely, sillä jokainen kehittäjä toimii erillisessä tietokannan kopiolla omalla tietokoneella ilman jatkuvaa tietovaihtoa palvelimen kanssa.
- Kehitysprosessin haarautaminen tapahtuu helpommin kehittäjän omalla tietokoneella, mikä ei aiheutakaan niin paljon ristiriitoja, kun nämä kehitysvaihtoehdot yhdistetään ajankohtaiseen versioon.
- Kehittäjien sijainti kehitysprosessissa ei ole niin tärkeä asia, sillä jatkuva kytkentä palvelimeen ei tarvita tietokäsittelyn suorittamiseksi.

- Kokonainen projektin tietokanta on kopioitu moninkertaisesti kehittäjien tietokoneilla, mikä vahvistaa tietovarastoinnin luotettavuutta.

Hajautetun versiohallinnan heikkoukset ovat seuraavat (Vatare & Adkar 2019, 157):

- Joskus ei ole selvä, kuka on tehnyt tietyn muutoksen.
- Samanaikainen saman tiedoston käsitteleminen ei ole mahdollista, mikä hidastaa kehitysprosessia.
- Hajautetun versiohallinnan käyttöönotto on ongelmallinen, sillä sen luotettava käyttö edellyttää käyttäjien vahvaa koulutusta.

Molemmat ratkaisut ovat nyt laajassa käytössä. Keskitetty rakennelma on kuitenkin suositumpi. Keskitetyt järjestelmät toimivat kehittäjä/palvelin-mallin perusteella, jonka avulla kaikki kehittäjät voivat lukea tietoja ja lähettää muutoksia. Hajautettu versioiden hallinta tulee yhä suosittumaksi viime vuosina, koska se mahdollistaa yhteistyötä ilman jatkuvaa keskustietovaraston käyttöä. Näissä järjestelmissä on monia kopioita, joista jokainen toimii itsenäisesti. (Khleel & Nehéz 2020, 62.) Vaikka käytännössä näitä kopioita voi järjestää hierarkkisesti, keskeinen periaate jää vaihtamatta: mikään kopio ei ole toista tärkeämpi. Kopioiden tasa-arvoisuus mahdollistaa niiden kloonauksen tarvittaessa, jos yksi näistä, esimerkiksi, on vaurioitu. (Khleel & Nehéz 2020, 64.) Tämä tasa-arvo varmistaa sujuvaa yhteistyötä ja helpottaa muutosten jakamista kehittäjien kesken, mikä edistää puolestaan virheetöntä ja mukavaa versioiden hallintaa.

Tehokkaan tietokäsittelyn näkökulmasta on ehdottomasti tärkeää määrittää, miten tietoja jäsenellään, eli kuinka moniin osiin koko tietokanta jaetaan, sillä jokaisella hetkellä käsitellään vain projektin tietyt osat. Pienin tietokappaleen laajuus CAD-mallissa riippuu sen seikkaperäisyydestä. Samanaikainen tuotteen kehittäminen projektiryhmässä on mahdollinen vain, jos koko mallin jaetaan kappaleiksi. (Schorr ym. 2011,14.) Näiden kappaleiden työstämiseksi on kaksi menetelmää: pessimistinen ja optimistinen.

Pessimistinen menetelmä edellyttää, että PDM-järjestelmä lukitsee kappaleen, kun se työstetään. Se tarkoittaa, että vain yksi käyttäjä voi tehdä muutoksia kappaleeseen. Näin estetään eri samanaikaisia muutoksia yhdessä kappaleessa ristiriitojen syntymistä väistämään. Mallin seikkaperäisyys on valittava ihan huolellisesti. Jos kappaleet ovat liian suuret, eli malli jaetaan liian pieneksi kappaleiden määräksi, se voi johtaa viivästymiseen, sillä muiden käyttäjien tulee odottaa, kunnes käsiteltävä kappale on taas saavuttavissa. Optimistinen menetelmä mahdollistaa samanaikaista tietojen työstämistä. Mahdollisia ristiriitoja ratkaistaan manuaalisesti ennen kappaleen tietokantaan palauttamista. (Schorr ym. 2011, 14.)

Projektitoiminnassa joskus yhden kappaleen käsittely voi kestää muutama viikkoa ja tässä tapauksessa pessimistinen menetelmä ei ole sovellettavissa, koska työsää olevat tiedot ovat lukittu liian pitkään ja kaikkien muiden käyttäjien täytyy odottaa, kunnes kappaleen käsittely on loppu toimintaan jatkamaan. Se tulee olennaiseksi ongelmaksi, kun kyseessä ovat isojen yksityksien tiedostot, jotka voi kohdata usein modernissa insinööritoiminnassa. Optimistinen menetelmä toisaalta voi ratkaista tämän ongelman lisäämällä joustavuutta koko toiminnan tehokkuutta parantaen. Useimmat tutkijat toteavat optimistisen menetelmän olevan sopivampana yleisiin kehitysprosesseihin projektitoiminnassa insinöörialalla. (Schorr ym. 2011, 14-15.)

Optimaalinen valinta näistä kahdesta vaihtoehdosta riippuu ristiriitojen syntymisen mahdollisuudesta. Optimistisessa lähestymistavassa oletetaan, että ristiriidat eivät tapahdu usein ja ei ole tarkoitusta estää niitä vahvasti. Se mahdollistaa kehitystoiminnan sujuvoittamista ja syntyvien ristiriitojen määrä on niin pieni, että niitä voi hoitaa manuaalisesti toiminnan tehoa haittaamatta. Jos ristiriitojen syntyminen on aika mahdollinen, pessimistinen lähestymistapa auttaa väistämään projektitietojen vahinkoa, mutta kehitystoiminta vaadi enemmän aikaa.

Yksi tärkeimmistä PDM-järjestelmien eduista on tehokkaan yhteistoiminnan varmistaminen. Edes yhden projektirytyksen sisällä monet asiantuntijat käsittelevät samanaikaisesti eri projektin aspekteja niiden ammattialueiden mukaisesti. Eri prosesseihin osallistuvat tahot voivat sijoittaa missä tahansa maailmassa. Kaikki muutokset projektitiedostossa ovat heti käytössä kaikille osallistuville asiantuntijoille. Ilman tehokasta tiedonhallintajärjestelmää on lähes mahdotonta varmistaa hyvin kontrolloitua ja virheetöntä kehittämisprosessia. (Hesamedin, Toubas & Detlef 2012, 1.) Yhteistoiminnan näkökulmasta on erittäin hyödyllistä, että PDM-järjestelmien avulla voi

ratkaista ohjelmistojen yhteensopivuuteen liittyviä ongelmia, sillä ne on tarkoitus integroida digitaaliseen toimintaympäristöön ja toimia sujuvasti eri muiden järjestelmien kanssa (Shewaramani 2022). PDM-järjestelmä vie kaikki sen kautta käsitellyt tiedot yhteismuotoon, jolla ne voi työstää eri käytössä olveilla ohjelmistoilla. PDM-järjestelmät mahdollistavat tietojen helppoa integrointia eri ohjelmiin. Suunnittelija voi esimerkiksi käyttää omaa CAD-ohjelmaansa siitä riippuen, mitä hän suunnittelee. Tämä suunnitteluprosessi on paljon sujuvampi PDM:n avulla, koska kaikki yleiset tuotetiedot voidaan tallentaa yhteen paikkaan ja ne eivät ole niin hajanaisia eri sovelluksissa, joissa linkit on luotava uudelleen aina, kun uudet tiedot muuttuvat, mikä vie enemmän aikaa. Tämä myös yksinkertaistaa vientiä ja tuontia eri tiedostotyyppien välillä. (Thanh n.d.)

Modernissa tuotteiden suunnitteluprosessissa käytetään monipuolista CAD-ohjelmistoa, joka mahdollistaa tuotteen ja sen osien havainnollista ja mukavaa käsittelyä. Tiedonhallinta on aina tällaisen ohjelmiston toiminnan väistämätön osa. PDM-järjestelmän avulla voi, esimerkiksi, nopeasti löytää kohdelementin (pumpun, anturin, venttiilin jne.) ja syötä sen heti prosessikaavioon. Kun insinööreillä on mahdollisuus löytää tällaiset elementit helposti, he povas käyttä näitä tietoja uudelleen ja ”pyörää ei tarvitsee keksiä uudelleen” (Phillpotts 1996, 14). Sillä kaikki tietojärjestelmässä olevat elementit sisältävät myös parametreja, se mahdollistaa ristiriitojen paljastamista prosessikaavioissa ja laajentaa mahdollisuuksia prosessijärjestelmän optimoinnille. Jokaiselle tuotteelle PDM-järjestelmä voi luoda materiaaliluettelon, joka voi olla hyödyllistä vuorovaikutuksessa tuotteen valmistajan kanssa ja sitten tuotteen elinkaaren loppuvaiheessa.

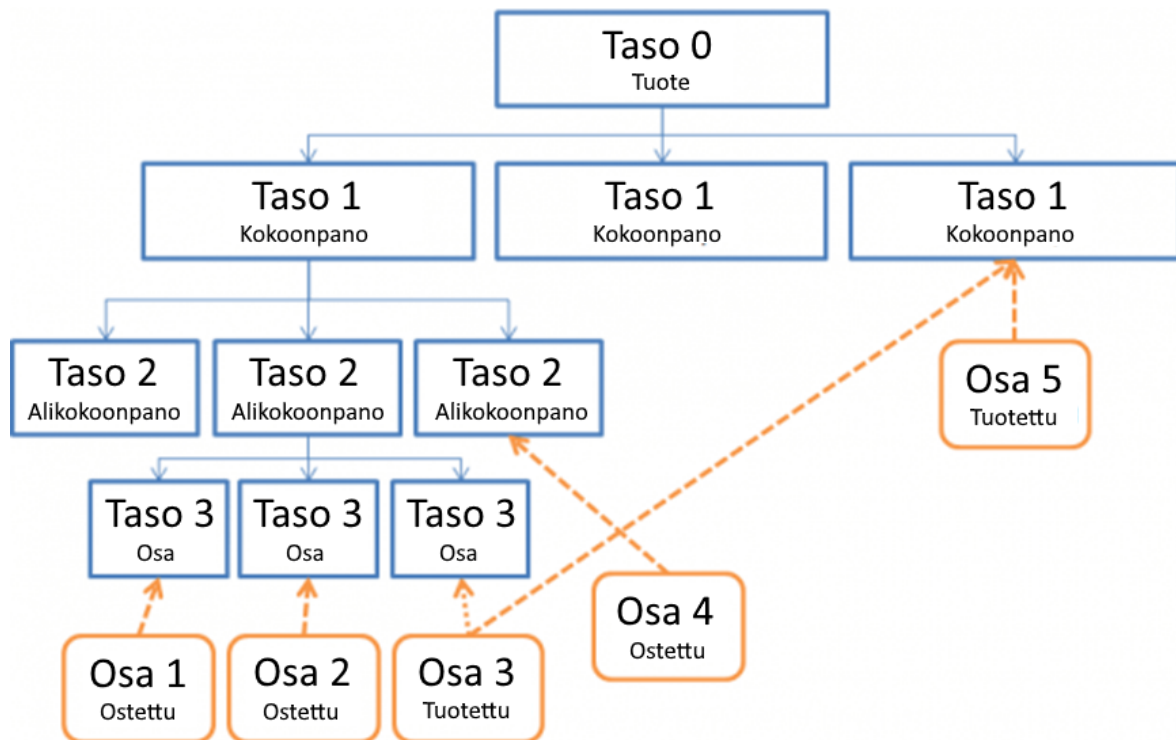
PDM-järjestelmät voidaan integroida myös muihin työkaluihin ja ohjelmistoihin. Niiden käyttö ERP-järjestelmien kanssa toteutetaan monissa yrityksissä maailmassa. Zuma ja Sibindi (2023, 98-99) artikkelissaan osoittaa, että Kangin (2020) mukaan ERP-järjestelmät ovat ohjelmistoja, jotka mahdollistavat tehokkaamman informaation välittämistä organisaation sisällä turvallisesti säilytettynä luotettavassa pilvipalvelussa, johon on pääsy tietyillä käyttäjillä hajautetun tietokannan kautta. ERP varmistaa nopeampaa yhteyttä organisaatioiden osastojen välissä. Näitä järjestelmiä käytetään liiketoiminnan prosessien sujuvoittamiseksi, joihin mm. toimitusketjun hallintakin kuuluu. Sen takia PDM integraatio ERP:seen voi varmistaa keskitetystä tietojen säilyttämistä tiedostojen käsittelemiseen, jolloin tiedot ovat aina päivitettyjä ja hyvin suojeltuja.

Teknisesti tämä integraatio toteutetaan materiaaliluetteloiden kautta, jotka ovat olennaiset PDM-järjestelmän esineet. ERP järjestelmät pystyvät havaitsemaan tulevaisuuden riskiejä ja mahdollisuuksia ja reagoivat niihin yhdistämällä älykkäästi reaaliaikaisia suunnittelu-, ennuste- ja simulointitietoja (Gupta et al., 2019) (Zuma & Sibindi 2023, 100).

ERP-järjestelmän soveltaminen on osoittanut organisaatioiden tehokkuuden ja kilpailukyvyn parantamista, mutta tämän järjestelmän käyttöönotto aiheuttaa esteitä, jotka voidaan osittain väistää PDM:n avulla. Esimerkiksi Zuman ja Sibindin (2023, 108) mukaan yksi ERP-järjestelmän käyttöönoton merkittävimmistä ongelmista on tehokkaan viestinnän ja tiedonsiirtoon merkitys ja organisaation ERP-järjestelmän strateginen linjaus ja tietojen tarkkuus, jotka helpottavat tiedonsiirtoa. Nämä haasteet kuuluvat juuri PDM:n funktioihin, joilla voidaan vastata niihin ainakin tuotetietojen osalta, jotka ovat ERP-järjestelmän olennainen osa.

2.1.3 Materiaaliluettelot

Tuotteen kehityksen tärkeänä ja välttämättömänä osana on materiaaliluetteloiden luominen ja ylläpitäminen. Olennaisesti materiaaliluettelot (bills of materials - BOM) ovat tuotteen tuottamiseen tarvittavien rakenneosien hierarkkinen kuvailu. Yleisesti sanottuna materiaaliluettelo on kaikkien tuotteen luomiseen tarvittavien rakenneosien ja materiaalien lista, jolla on hierarkkinen puumainen rakenne, jossa juuri on tuote ja oksat – tarvittavat osat ja materiaalit. Materiaaliluettelo sisältää kaksi esinettä: osat ja sidokset. Osina voivat olla materiaalit, rakenneosat ja tuote, ja sidokset osoittavat yhteyksiä eri hierarkian tasoilla olevien osien välissä. (Vegetti, Henning & Leone 2002, 492.) Yleinen materiaaliluettelon rakenne esitettiin kuviossa 4.



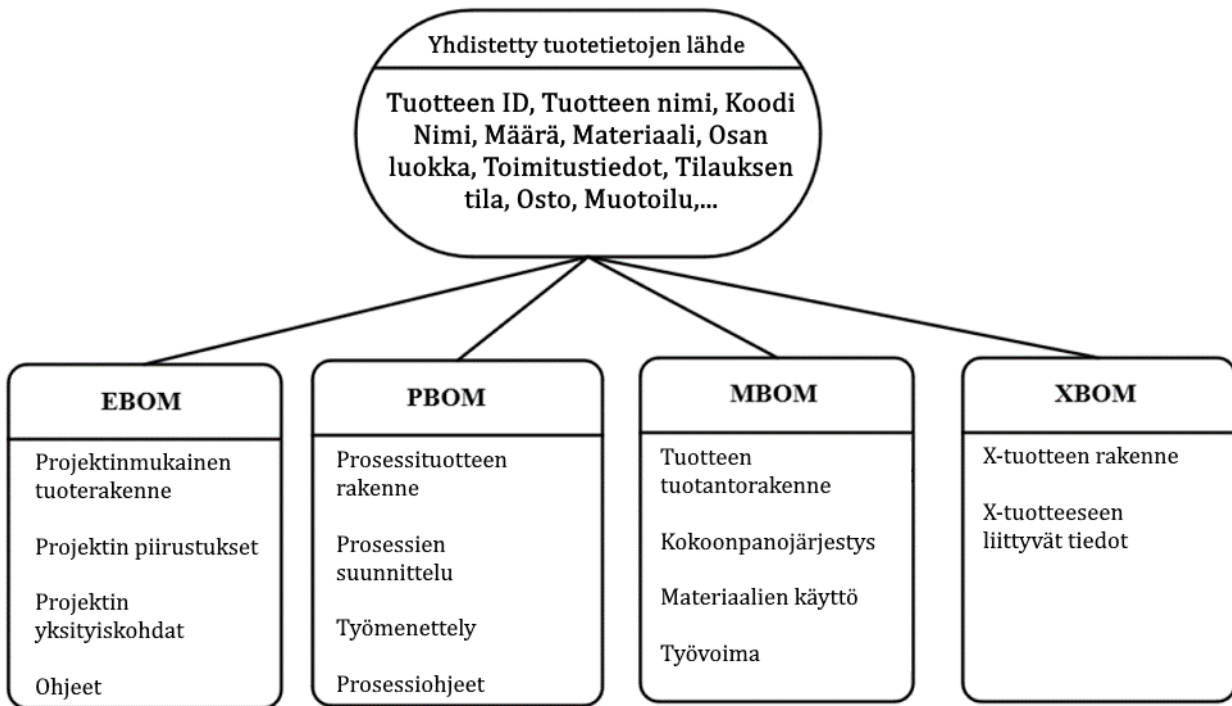
Kuvio 4. Yleinen materiaaliluettelon rakenne (Ranveer 2021) (muok.)

Materiaaliluetteluihin perustuu tuotetietojen vaihto eri kehitysprosessin osallistujien välillä. Tuotteiden kehittäminen, tuotanto ja kunnossapito käyttövaiheessa tulevat tehokkaammaksi, kun niihin liittyvät tiedot seuraavat tuotteen elinkaarta. Ongelma on, että eri tuotteen elinkaaren vaiheissa eri materiaaliluettelot tarvitaan ja niiden vuorovaikutus on ylläpidettävä tiedonvaihdon eheyttä kannattamaan.

Materiaaliluetteloilla yhdistetään eri projektiin liittyviä toimintoja, kuten kehittäminen, tuotanto, myynti jne. Näiden luetteloiden käyttö laajentuj merkittävästi CAD, PDM ja ERP järjestelmien käyttöönoton seurauksena. Eri projektivaiheissa käytetään erityyppisiä materiaaliluetteloja, jotka kuitenkin ovat sidottu toisiinsa. Suunnitteluvaiheessa käytetään insinöörisiä materiaaliluetteloja (eBOM), sitten käytetään prosessi- (pBOM) ja tuotantomateriaaliluetteloja (mBOM). (Chen, Xiao, Wang & Guo 2023, 12683.) eBOM sisältää yleensä tuotteen teknisiin ominaisuuksiin liittyviä tiedostoja, kuten CAD malleja, ei-CAD tietoja (kuten voitteluaineet), piirustuksia ja muut, jotka muodostavat selkeän kuvan tuotteesta. mBOM on järjestetty projektin konfiguraatio, josta voi saada ohjeita tuotteen tuottamisesta, kokoonpanosta, kunnossapidosta jne. Usein mBOM perustuu eBOMiin, mutta se kohdistuu juuri tuotantoprosesseihin. (Stekolschik 2019, 2.) Näiden

materiaaliluettelojen perusteella joskus luodaan myös muita luettelojen vaihtoehtoja, kuten pakkausluettelot, myyntiluettelot, kunnossapitoon liittyviä luetteloja ja muita tarpeiden mukaan. Ne kaikki tukevat projektin, kehittämisen ja tuotannon läpinäkyvyyttä ja samalla saavat sujuvaa integrointia ja tuotetietojen välittämistä aikaan. (Chen ym. 2023, 12683.)

Sillä on paljon erilaisia materiaaliluettelojen lajia, on tarve ylläpitää niiden käyttöä tietojen eheyden varmistamiseksi. PDM ja PLM järjestelmät tarjoavat työkaluja sitä varten. Näiden työkalujen tarkoituksena on muutoshallintaa ja tuotteiden rakenneosien seurannan varmistaminen materiaaliluettelojen kautta. Materiaaliluettelojen hallinnan ensisijaisena tehtävänä on näiden luettelojen eheyden ylläpitäminen. Sitä voidaan saavuttaa materiaaliluettelojen transformointimenetelmiä kehittämällä. PDM-järjestelmien kehitysmahdollisuuksina voi olla näiden materiaaliluettelojen automaattisen transformoinnin mahdollisuuksien kehittäminen. Chen ja muut (2023, 12687) ehdottavat niin kutsutun yhdistetyn tuotetietojen lähteen (single source of product data) käyttöönottoa. Nykyään eri materiaaliluettelojen lajeja käytetään usein riippumattomasti toisistaan PDM-järjestelmissä. Se suurentaa ristiriitojen syntymisen mahdollisuuden tietojen muutoksessa. Eri luetteloissa samoilla esineillä voi olla eri tunnuksia tai ominaisuuksiensa merkinnät. Sen väistämiseksi voidaan järjestää tiedonvaihtoa materiaaliluettelojen välissä yhdistetyn tuotetietojen lähteen kautta. Sellainen tietolähde sisältää tiettyjä tunnuksia, nimityksiä, määriä ja muita tuotteita ja niiden rakenneosia kuvaavia tietoja. Tuotteen kehittäminen alkaa eBOMin luomisesta. Yhdistetty tuotetietojen lähde on luotava samalla ja sitten sen perusteella luodaan muita materiaaliluetteloja. Tämä konsepti esitetään kuviossa 5.



Kuvio 5. Yhdistettyyn tuotetietojen lähteeseen perustuva BOM-malli (Chen ym. 2023, 12687) (muok.)

Usein voi huomata, että PDM ja ERP järjestelmien integroimisessa materiaaliluetteloiden rooli on erittäin tärkeä. Kuten aiemmin mainittiin, mBOM on usein kehitetty eBOMin perusteella, jota luodaan ja täytetään yleensä PDM-järjestelmien avulla, sillä näitä järjestelmiä käytetään myös tuotteen kehitysvaiheessa. ERP-järjestelmiä käytetään kehitysvaiheen lisäksi myös sitten. eBOMin perusteella luotu mBOM luodaan yleensä ERP:lla. Tämä tietojen siirto yhdestä materiaaliluettelosta toiseen on suoritettava sujuvasti ilman vikoja ja ristiriitojen syntymistä. (Stekolschik 2019, 2.) Tätä pitää vielä huolehtia ja Chenin kollegoineen (2023, 12684) mukaan materiaaliluetteloiden lajien hallinta ja niiden välissä tietojen virheetön välittäminen on vielä tulevien tutkimuksien aihe.

2.1.4 Tietoturva tiedonhallinnassa

Tietoturva koostuu kolmesta rakenneosasta: luottamuksellisuus, eheys ja saatavuus.

Luottamuksellisuus tarkoitus on tietojen suojele luvatonta pääsyä vastaan. Eheys tarkoittaa, että kaikki muutokset tehdään säännöllisesti ilman luvatonta puuttumista ja tietojen vauriota asiantonta tietojen muokkaamista estämällä. Saatavuudella tarkoitetaan tunnistautuneiden käyttäjien sujuva

pääsy tietoihin. (Samir 2020, 11.) PDM-järjestelmät voivat varmistaa tietoturvaa eri keinoin, kuten salaminen, pääsyvalvonta ja tietojen eheyden tekniikoita käyttämällä.

Nykyisissä insinööripiireissä projektitoiminta tapahtuu usein ryhmissä, joissa eri tehtävien suorittavat työntekijät ovat tiiviissä yhteistoiminnassa. Yhä useammin nämä työntekijät eivät sijaitse samassa toimistossa ja joskus he voivat olla missä tahansa maailmassa. Se aiheuttaa tarvetta luotettavasta ja jäljitettävästä tiedonkäsittelystä. Jäljitettävyys tarkoittaa, että voi helposti paljastaa, kuka on tehnyt tietyn muutoksen, kuka loi sen ja kuka vastaa tästä projektin osasta. Jokaisella työntekijällä on oltava oma digitaalinen tunniste. Koko kehitysketjun seuraamista voi toteuttaa luotettavasti modernia teknologioita käyttämällä, kuten Blockchain. Sen avulla kaikki yllä mainitut tietoturvan osat ovat hyvin toteutettavissa. (Samir 2020, 9.)

Nykyään tietoturva on ehdottomasti tärkeää kaikille yrityksille. PDM-järjestelmiä käyttämällä voi määrittää pääsyoikeuksia käyttäjille heidän roolinsa mukaisesti. Lisäksi näissä järjestelmissä toteutetaan monipuolisia suojelukeinoja, kuten salasanat, salauskoodit, kaksinkerroksinen tunnistaminen jne. (Shewaramani 2022; Thanh n.d.) Myös useita konseptuaalisia teknologioita sovelletaan, kuten Blockchain, joka vastaa ihan hyvin yllä mainittuihin tietoturvan kriteereihin.

Varmistaakseen, että oikeat ihmiset pääsevät tiedostoihin oikeaan aikaan, vaatii jatkuvaa valvontaa, jota voi saavuttaa PDM-järjestelmillä. Myös tuotetiedonhallintajärjestelmät ovat vuosi vuodelta entistä turvallisempia, kun toimittajat oppivat, mitä asiakkaat vaativat heiltä ohjelmistojen sisäänrakennetuista tietoturvaominaisuuksista. (Thanh n.d.)

2.2 PDM-järjestelmien kehitysnäkymät

Sillä tutkimusaihemme liittyy kestävyys, otetaan erityistä huomiota sen heijastamista modernissa digitaalisessa maailmassa. Kestävyys 4.0 on Teollisuus 4.0 -sukupolven perustuva konsepti, joka on neljäs teollisuuden kumouksen aalto. Se tunnistetaan uusilla teknologioilla, jotka yhdistävät fyysisen ja digitaalisen maailmat, kuten keinoäly, Iso Data, esineiden internet (IoT), digitaaliset kaksoiset, virtuaalinen ja lisätty todellisuus jne. Kestävyys 4.0 edellyttää laajaa digitaalisten teknologioiden sisällyttämistä, integroituja arvonluontiprosesseja yritysten sisällä ja yritysten välillä, hajauttamista ja pilviorganisaatiota. (Javaid, Haleem, Pratap Singh, Khan & Suman 2022, 83.) Katsellaan tiedonhallintaan liittyviä avainteknologioita.

2.2.1 Keinoöly

Bergin ja muiden (2020, 19) mukaan Kok (2009) osoittaa, että keinoöly on itseopettava ja itsekorjaava laskennallinen prosessi, joka matkii ihmisen ajattelua ja ongelmien ratkaisemista ja Knox (2020) toteaa, että keinoöly sisältää eri lähestymistapoja ja periaatteita, mutta olennaisesti koneen itseoppiminen ja sen dynaamiset algorytmeja käytetään oppimisprosessien digitoimiseksi. Keinoölyn ratkaisevana etuna on sen merkittävä kyky analysoida valtavia määriä tietoa nopeasti, edes reaaliaikana tietomalleja paljastamalla ja näin löytämällä huomaamattomia sidoksia. Lisäksi keinoöly olettaa seurauksia analyysinsa perusteella. Nämä mahdollisuudet ovat hyvin käytettävissä kestävyuden alalla, esimerkiksi näin voi seurata kehitys- ja tuotantoprosesseja uudelleentuotantoa tehostaen ennakoivalla analyysillä. (Berg, Le Blévenec, Kristoffersen, Strée, Witomski, Stein, Bastein, Ramesohl & Vrancken 2020, 19.)

Keinoölyn kykyjä voi käyttää myös materiaalivirtojen seuraamiseksi ja materiaalien uudelleenkäytön helpottamiseksi. Esimerkkinä on materiaalien ohjaus tuotteiden elinkaaren loppuvaiheessa. Berg ja muut (2020, 20) kertovat, että Costan (2018) mukaan keinoölyn käyttö parantaa käytettyjen materiaalien lajittelua 93 prosentilla. Hyvin toimiva PDM-järjestelmä, joka sisältää tuotteen materiaalilutteloa, on hyvä tuki keinoölyn toimintaan.

Historiaallisia tietoja tuotteesta ja vaikuttavien tekijöiden analysoimalla keinoöly voi helpottaa tuotteen toiminnan ennakoimista. Näin voi paljastaa ongelmia ajoissa, ennen kuin viat tapahtuvat. (Awan & Jabbour 2022, 87.) Tietopohjaa keinoölyä varten saadaan PDM-järjestelmistä. Olennaisesti synergia niiden välissä vahvistaa tuotetiedonhallintaa kestävyuden kannalta, sillä se saa ennakoivaa riskien lieventämistä aikaan, mikä puolestaan myönteisesti vaikuttaa kierrättävyyttä.

2.2.2 Iso Data

Vielä yksi laajasti keskusteltu tietoteknologia on Iso Data, joka on myös kiinnostava ilmiö tuotetiedonhallinnan näkökulmasta. Tällä termillä tarkoitetaan valtavien ja kompleksisten tietokokoelmia, joita on erittäin vaikeaa käsitellä perinteisten menetelmien avulla. Suoraan sanottuna, Iso Data tarkoittaa, että se on liian valtava, nopeasti syntyvä, jotta voisi käsitellä niitä aikaisemmin olemassa olevilla työkaluilla. (Pagoropoulos, Pigosso, & McAlbone 2017, 22.) (Li ym.

2015, 5) mukaan Iso Data on ihan tarpeellista tuotteen elinkaaren hallinnassa ja niiden yhdistelmän ansiosta yrityksillä on mahdollisuus viedä tuotteitaan markkinaan vauhdilla, varmistaa korkeaa laatua ja puhtaampaa ympäristöä, alentaa kustannuksia, parantaa palvelujaan, vahvistaa joustavuutta ja kerätä tietoja (TQCSEFK – konsepti).

Iso Data -teknologian sovellettavuus laajentuu eri aloihin, joista yksi on laitteiston energian kulutus. On ilmiselvää, että energiasäästävien laitteistojen kehittäminen suurentaa kehitysyrityksen hiilikädenjäljen ja vahvistaa sen kilpailukykyään, sillä sen tuotteiden käyttäjien kustannukset laskevat. On yleensä kaksi keinoa laitteiston energiakulutuksen alentamiseen: laitteiston rakennelman ja toimiperiaatteiden parantaminen ja sen energiahallinnan menetelmien kehittäminen. Iso Datan avulla laitteiston toimintatavan optimointi voi olla aika helppo. (Li ym. 2015, 14.) Antureiden keräämää tietoa on yleensä aika paljon ja sitä käsittelemään juuri Iso Datan menetelmät tarvitaan. Tuotteiden kehittäjät voivat nopeasti analysoida valtavaa tietomäärää tuotteiden toiminnasta ja löytää niistä malleja ja kuvioita, joiden perusteella voi keksiä parantamisratkaisuja. Edellytyksenä siihen on kuitenkin vastuullinen ja täydellinen tuotteeseen liittyvien tietokantojen hallinta.

Tärkeä tiedonkeruun laji liittyy tuotteen tai laitteen laadun seurantaan reaaliajassa, mikä voi johtaa valtavaan datamäärään ihan nopeasti. Antureiden kyky on todella ratkaiseva Iso Datan kannalta, koska jos hyödyllistä dataa ei voida kerätä, kaikki yllä mainitut edut menevät hukkaan. Tiedonkeruun perustavan roolin vuoksi se on ensisijainen tehtävä, jossa erilaisten antureiden ja keräysmenetelmien ominaisuuksia tulee harkita huolellisesti. (Li ym. 2015, 18.)

2.2.3 Esineiden internet (IoT)

Esineiden internet (IoT) on antureihin ja toimilaitteihin perustuva teknologia, jossa nämä elementit ovat liitetty verkon kautta tietokonejärjestelmiin ja jotka voivat valvoa tai hallita yhdistettyjen laitteiden ja koneiden kuntoa ja toimintaa. Kiertotalouden varmistamisen kannalta IoT voi kerätä antureiden tuottamaa tietoa yhdistääkseen prosessien osallistujia koko arvoketjun läpi. IoT tarjoaa perustan eri sidosryhmien toiminnan seurausten arvioimiselle koko tuotteen elinkaareissa. Pagoropouluksen ja muiden (2017, 21) mukaan Salminen (2017) varmistaa IoT:n tärkeyden. Hän kollegoineen korostaa IoT:n merkitystä kiertotaloudelle, sillä eri lähteistä tulevien tietojen hallinta ja analysointi suoritetaan ”data-to-service”-prosessin avulla, mikä johtaa kiertotalouden ja

liiketoiminnan yhteiskehitykseen. Tiedonkeruun ja data-analyysin osa-alueista keskustellaan usein yhdessä, erityisesti IoT ja Iso Data:n vuorovaikutuksessa. (Pagaropoulos ym. 2017, 21-22.)

Antureiden integrointi tarjoaa etuja teollisen toiminnan ja prosessien läpinäkyvyyden parantamiseksi. IoT pohjaisten antureiden avulla saadaan tärkeitä tietoja eri näkökohdista, kuten tuotteen toiminta, kuluminen, vikamallit, suorituskyky ja päästöt. Kerättyä tietoa hyödynnetään tuotteiden ja prosessien kehittämisen tehostamiseen, jossa painopisteenä on negatiivisten ympäristövaikutuksien lieventäminen ja kilpailukyvyyn vahvistaminen. Lisäksi integroitujen järjestelmien roolina on häviöiden seuranta ja hallinta tuotteen koko elinkaaren ajan. (Awan & Jabbour 2022, 86.)

Esineiden internet (IoT) on helposti integroitava kiertotalouteen. Tehtävänä on kerätä tietoja tuotteesta ja sitten siirtää niitä muihin Teollisuus 4.0 -teknologioihin käsiteltäväksi, jotka analysoivat ja ekstrapoloivat tietoja parempaa päätöksentekoa varmistamaan. Tästä näkökulmasta IoT voi lisätä resurssien käyttötehokkuutta ja sulkea silmukkaa. Keräämällä ja analysoimalla tuotteisiin liittyviä tietoja IoT:n avulla voidaan suunnitella uudelleen, suorittaa kunnossapitoa, päivittää ja kierrättää helpommin. IoT tarjoaa prosessiin liittyvää data optimoimalla uudelleenvalmistusta ja kierrätyskäytäntöjä paremman tuotannon suunnittelun ja ohjauksen mahdollistaen. Näistä syistä IoT:n käyttöönotto kiertotaloudessa voi mahdollistaa uusia jätehuoltostrategioita, parempaa prosessien kiertokulkutasoa ja älykkäiden teollisuusympäristöjen luomista. (Rocca, Rosa, Sassanelli, Fumagalli, & Terzi 2020, 4.) Kokoonpanolinjojen anturit lisäävät taloudellista kestävyyttä optimoimalla varastoinnin hallintaa. IoT-sovellukset parantavat toimitusketjun tehokkuutta vähentämällä varastojen epätarkkuutta ja nopeuttavat tuotteen vientiä markkinoille. (Awan & Jabbour 2022, 83.)

2.2.4 RFID-merkinnät

RFID (Radio Frequency Identification) on tiedonkeruuteknikka, joka on herättänyt paljon huomiota kiertotalouden yhteydessä. Se käyttää sähkömagneettista kenttää automaattisesti tunnistamaan ja seuraamaan tuotteisiin kiinnitettyjä sirumerkintöitä. Kiertotalouden yhteydessä RFID auttaa seuraamaan materiaalivirtoja arvon lisäämiseksi uudelleenkäyttöstrategioiden kautta, kuten korjaus ja uudellentuotanto. Pagoropoulouksen ja muiden (2017, 21) mukaan Govindan kollegoineen teoksessaan (2014) väittää, tietotekniikalla ja yhteistyöllä voi olla ratkaiseva rooli,

koska RFID helpottaa siirtymistä suljetun syklin järjestelmiin. Lisäksi verkotetut RFID-järjestelmät auttavat yhdistämään RFID-sirulla varustetut tuotteet tietoverkkoon ja tarjoavat täydelliset tiedot verkottuneille yhteistyökumppaneille. (Pagaropoulos ym. 2017, 21.)

Aiemmin suurin osin RFID:n toiminnot suoritettiin viivakoodeilla. Uudella teknologialla on ilmiselviä etuja, kuten pienemmät koot, pitempi toimikausi, kestävyys, uudelleenkäytön ja suurempien tietomäärien säilymisen mahdollisuus. Lisäksi sen voidaan päivittää dynaamisesti ja sen toiminta ei vaadi optista näkyvyyttä. (Nilgun, Sung, Dongmok & Soundar 2014, 1.) Teknisesti RFID järjestelmä koostuu tuotteessa sijaitsevasta sirusta antennineen yhdellä puolella, ja lukijalaitteesta toisella puolella. Siru sisältää avaintietoja, joita lähetetään joka kerta, kun lukija vaikuttaa sähkömagneettisella kentällä sirun antenniin. Antenni on merkittävästi suurempi, kuin itse siru ja tuo ensimmäinen määrittää koko RFID-merkinnän koon. Nykyään käytössä olevien pienimpien RFID-merkintöjen koko on alle 1 mm². (Kumar, Reinitz, Simunovic, Sandeep & Franzon 2009, 101.)

Nämä RFID-merkinnät ovat ihan erilaisia muotoillaan ja niitä luokitellaan niiden virtamuodon, tietojen päivittämismahdollisuuksien ja käytettyjen radioaaltojen taajuuden perusteella. Näistä ominaisuuksista riippuu merkintöjen sovellettavuus eri tapauksissa. Esimerkiksi taajuudesta riippuu merkinnän vaikutussäde ja signaalien läpäisykyky eri materiaalien läpi. Virtalähteen mukaan RFID-merkinnät luokitellaan passiivisiksi ja aktiivisiksi. Passiiviset merkinnät toimivat lukijalaitteen sähkömagneettista energiaa käyttämällä ja ne eivät tarvitse muuta virtalähdettä. Aktiivisilla merkinnöillä on isompi vaikutussäde ja se tarvitsee virtalähdettä, jona voi kuitenkin olla ulkoinen valo, täry tai muu. (Nilgun ym. 2014, 2.)

RFID:n avulla yritykset voivat seurata toimitusketjun prosesseja syvemmin, mikä vahvistaa tarkkaa reaaliaikaista tiedonkeruuta toimitusprosessien tehostamiseksi. Niiden parannettu läpinäkyvyys johtaa tuotteiden ja rakenneosien jakamisen nopeuttamiseen, viallisten komponenttien ajankohtaiseen paljastamiseen ja työkuorman vähentämiseen. Koko tuotteiden sarja tunnistetaan näin automaattisesti ilman pakkauksien avaamista. RFID:iä käyttämällä voidaan tehostaa yritysten yhteistyötä, tietovaihtoa automatisoimalla ja standardisoimalla. Sen ansiosta liikekumppanit voivat tietää, missä elinkaaren vaiheessa tuote on, missä se on ja mihin se lähetetään. (Maniyan, Abachian-Ghasemi, Rahrov 2012, 130-131.)

On kuitenkin tämän teknologian käyttöön liittyviä haasteita. Lukijan ja RFID-merkinnän antennin keskinäisestä orientoitumisesta joskus johtuu tiedonsiirron virheet. Sen lisäksi on eri maissa käytettävien standardien eroja, joiden takia samaan tehtävään tarkoitettut RFID-merkinnät toimivat eri radioaaltojen taajuudella. Myös tietosuojaan liittyvät ongelmat ilmenevät, sillä RFID-merkinnät voivat sisältää arkaluonteisia tietoja. (Nilgun ym. 2014, 8.) Näihin haasteisiin vastaamaan on ratkaisuja, mutta ne kuuluvat muiden tutkimuksien aiheisiin.

2.2.5 Digitaalinen kaksonen

Teollisuus 4.0 on vaikuttanut paljon kehittämis- ja valmistusprosesseihin ja simuloinnilla on keskeinen rooli tässä kontekstissa. Simuloinnin avulla voidaan toistaa tuotteen käyttäytymistä virtuaaliympäristössä, mikä kannattaa fyysisten ja virtuaalisten versioiden rinnakkaiseloa ja synkronointia. Se edellyttää kuitenkin kattavia tietomalleja, jotta vaihtoehtoisia skenaarioita voidaan simuloida tehokkaasti. ”Digitaalinen kaksonen” (Digital Twin – DT) on juuri siihen tarkoitettu teknologia. Se on fyysisten esineiden virtuaalinen esitys, joka heijastaa niiden käyttäytymistä reaaliaikaisen tiedonkeruun avulla. DT ei pelkästään helpota ennusteellisia arviointeja suunnitteluvaiheessa, vaan mahdollistaa myös virtuaalisten objektien reaaliaikaista synkronointia ja optimointia. (Rocca ym. 2020, 4-5.)

Nykyään vielä puuttuu digitaalisen kaksosen (digital twin – DT) tarkka määritelmä, mutta silti sen perustusideat, rakenneosat ja toiminnot tiedetään. On määritetty, että jokaisella digitaalisella kaksosella on oltava fyysinen eli reaalin esine. Ilman sellaista esinettä sen digitaalinen kuvaus ei ole vielä digitaalinen kaksonen, vaan digitaalinen malli tai toiminnallinen kuvaus. Muiden näkökohtien kannalta digitaalisen kaksosen määritelmät ja rakenne riippuu käyttöalalta. Joka tapauksessa DT koostuu kolmesta osasta: reaalin ympäristö, virtuaalinen ympäristö ja yhteys niiden kesken. Usein se sisältää myös visualisointia. (Botin-Sanabria, Mihaita, Peimbert-Garcia, Ramírez-Moreno, Ramirez-Mendoza, Lozoya-Santos 2022, 4.)

Reaalin esine voidaan kuvailla mallilla eri integroitumistasoilla. Digitaalinen kuvaus ilman yhteyttä reaaliin esineeseen on digitaalinen malli. Tässä tapauksessa kaikki muutokset malliin tehdään käsin, jos ne tapahtuvat reaaliselle esineelle. Seuraavana integroitumistasona on digitaalinen varjo, jolla tarkoitetaan sellaista esine-malli järjestelmää, jossa tiedot esineen tilasta ja muutoksista heijastetaan automaattisesti mallissa yksisuuntaisen yhteyden muodostaen. DT on

olennainen kolmas ja korkein integroitumistaso, jossa tietovaihto on kaksisuuntainen, eli sekä esineen muutokset toistetaan mallissa että mallilla voi vaikuttaa esineen ominaisuuksiin ja toimintaan. (Botin-Sanabria ym. 2022, 6.)

Digitaaliset kaksoset integroituina PDM:iin voisivat kannattaa yritysten kilpailukykyä ja toimintansa tehokkuutta eri tavoin. Yksi näistä on prototyyppien virtuaalinen valmistaminen ja kokeileminen. Se mahdollistaa kehitettyjen mallien toiminnallista simulointia ennen tuotteen tuotantoa ja helpottaa toistuvia prosesseja ja projektin parantamista kehitystoimintaa kiihdyttäen. Lisäksi DT tehostaa yhteistoimintaa ja kommunikointia kehittämis-, tuotanto- ja kunnossapitoorganisaatioiden välissä. (Turgay & Akar 2023, 9.)

Tähänkin teknologiaan kuuluvat eri haasteet. Ensimmäisenä on DT:hin liittyvien standardien puute, erityisesti tuotantoalalla. Toisena on tämän teknologian käyttöönoton aiheuttamat kustannukset, mikä johtuu antureiden ja käsiteltävien tietojen määrästä. Erittäin valtavana tämä haaste on köyhissä ja kehittyvissä maissa. Tästä ongelmasta johtuu tarve keinoälyn ja iso datan käytöstä, mikä nostaa DT:n käyttöön liittyviä kustannuksia yhä enemmän. Lisääntynyt tietomäärä aiheuttaa myös tietoturvaan liittyviä haasteita. Lopulta digitaalisella kaksosella ylläpitämä tuote tai esine voi sijoittaa kaukana kaupungeista, jonka takia tehokas kommunikoinnin rajapinta tarvitaan, kuten 5G ja muita moderneja yhteysteknologioita. (Botin-Sanabria ym. 2022, 20.)

2.2.6 Lisätty- ja virtuaalitodellisuus

Kiertotalouden alalla simulointi liittyy toimitusketjujen tehokkaaseen hallintaan ja tuotteiden uudelleenvalmistukseen. Lisäksi simulointia toteutetaan lisätyn todellisuuden (Augmented Reality – AR) ja virtuaalitodellisuuden (Virtual Reality – VR) kautta. Nämä kaikki toimenpiteet vaativat täydellisen tietotaustan, jonka voi luoda mm. PDM-järjestelmien kehittämällä tiedoilla. Nämä teknologiat ovat nykyään perustuvallineita, joiden avulla voi nopeasti saada tietoa tuotteen vaurioista ja kannattaa laadunvalvontaa. (Awan & Jabbour 2022, 229.) Automatisointi auttaa yrityksiä parantamaan ympäristöystävällisyyttään tuotteiden ja niiden rakenneosien sovellettavuuden vahvistamalla niiden standardisoinnin kautta (Awan & Jabbour 2022, 84). Sekä virtuaalisella että lisätyllä todellisuudella ovat melko samat edut ja niiden tarjoamat mahdollisuudet. Niihin kuuluvat kehittämisprosessin tehostaminen ja havainnollistaminen,

kunnossapitoprosessien helpottaminen, turvallinen oppiminen ja prototyyppien kokeileminen sekä laadunhallinnan parantaminen. (What is augmented reality (AR) n.d.)

Noëlin ja Azlin (2013, 577) mukaan on paljon tutkimuksia, jotka kohdistuvat PDM ja VR välillä olevaan yhteyteen ja siihen, miten sitä voi käyttää toiminnan tehokkuuden vahvistamiseen. Virtuaalisen todellisuuden avulla toteutettu havainnollisuus saavutetaan pääosin todenmukaisemman esineiden kolmiulotteisen esittämisen ansiosta, mitä ei voi saavuttaa tavallisilla 2D näytöillä. VR:ia käyttämällä voidaan helpottaa kompleksisten tietorakenteiden ymmärtämistä. Tämän teknologian kautta PDM-järjestelmässä sisältävien tietojen visualisointi voidaan viedä korkeammalle tasolle. VR-teknologian teollisuudessa soveltamiseksi tarvitaan toisaalta kattava ja hyvin järjestetty tietokanta. Sen takia PDM ja VR luovat enemmän arvoa yhdessä.

Abrahamin ja Annunziatan (2017) mukaan Yhdysvalloissa ilmestyy yhä enemmän korkeakoulutettuja työntekijöitä vaativia työpaikkoja, kun tällaisten työntekijöiden määrää on suhteellisesti alhainen. Tämä julkaisu osoittaa, että AR-teknologiaa käyttämällä voi helpottaa vaatimuksia työntekijöiden koulutuksen kannalta, sillä kaikki tarvittavat tiedot ja ohjeet työtehtävien suorittamiseen ovat heti käytössä. Näin huipputeknologisten yritysten (kuten General Electric and Boeing) tehokkuus kasvoi 32%:lla. AR:in avulla voidaan ratkaista huippuosajien pulan ongelmaa.

2.3 Kiertotalous kestävyden tekijänä

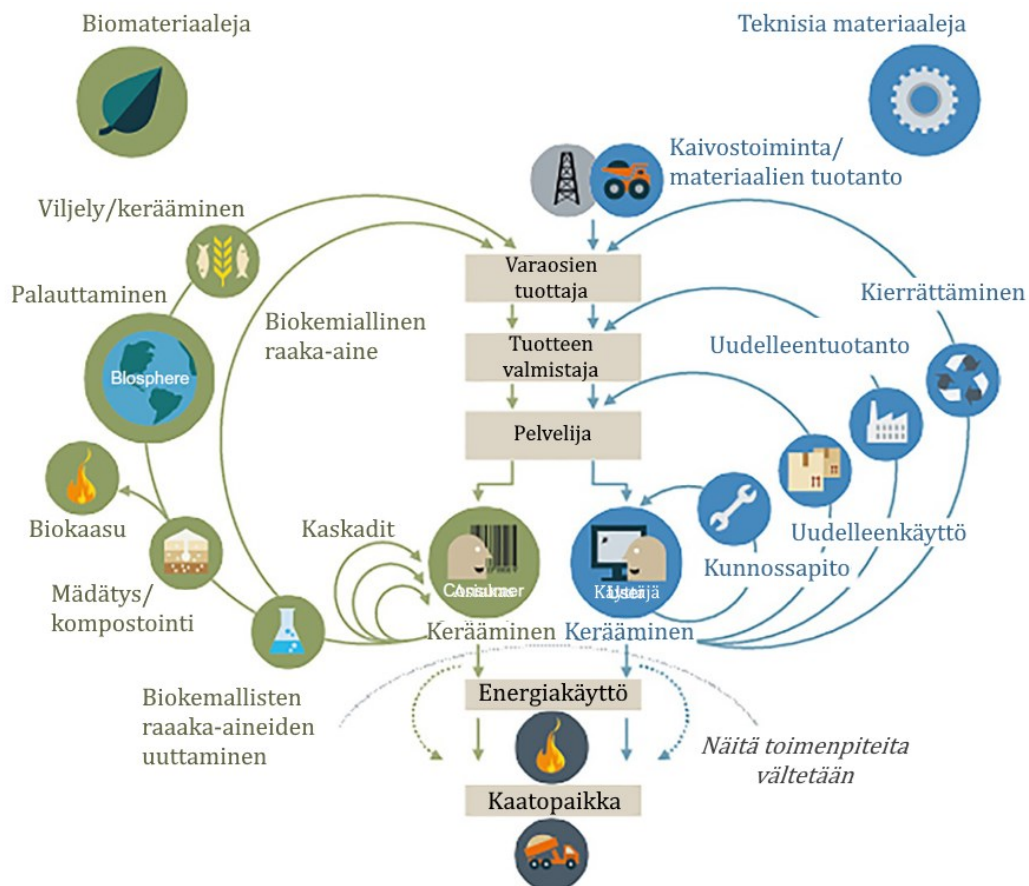
2.3.1 Kiertotalouden määritelmät ja tavoitteet

On erilaisia kiertotalouden määritelmiä. Euroopan parlamentin mukaan, kiertotalous on tuotannon ja kulutuksen malli, jossa jaetaan, liisataan, käytetään uudelleen, korjataan, kunnostetaan ja kierrätetään olemassa olevia materiaaleja ja tuotteita mahdollisimman pitkään (Circular economy: definition, importance and benefits 2023). Ellen MacArthur Foundation toteaa, että kiertotalous on järjestelmä, jossa materiaaleista ei koskaan tule jätettä ja luonto uusiutuu. Kiertotaloudessa tuotteet ja materiaalit pidetään kierrossa prosessien, kuten ylläpidon, uudelleenkäytön, kunnostamisen, uudelleentekemisen, kierrätyksen ja kompostoinnin kautta. (What is a circular economy, n.d.) Pavlovskaja (2014, 2) toteaa, että Brundtlandin Komission

mukaan kestävä kehitys on sellainen kehitys, joka vastaa nykyisen sukupolven tarpeita ilman seuraavien sukupolvien tarpeiden täyttämismahdollisuuksien loukkaantumista.

Jos raaka-materiaalien kulutuksen dynamiikka pysyy samana, koko maailman resurssien kulutus vuoteen 2050 tulee niin suuri, että tarvitsisimme kolme maapalloamme sen korvaamiseksi. Biomassan, fossiilisten polttoaineiden, metallien ja kivennäisaineiden kulutus kaksinkertaistuu seuraavan 40 vuoden kuluessa. Samalla jätteiden muodostuminen kasvaa 70% vuoteen 2050 mennessä. (A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe 2020, 2.)

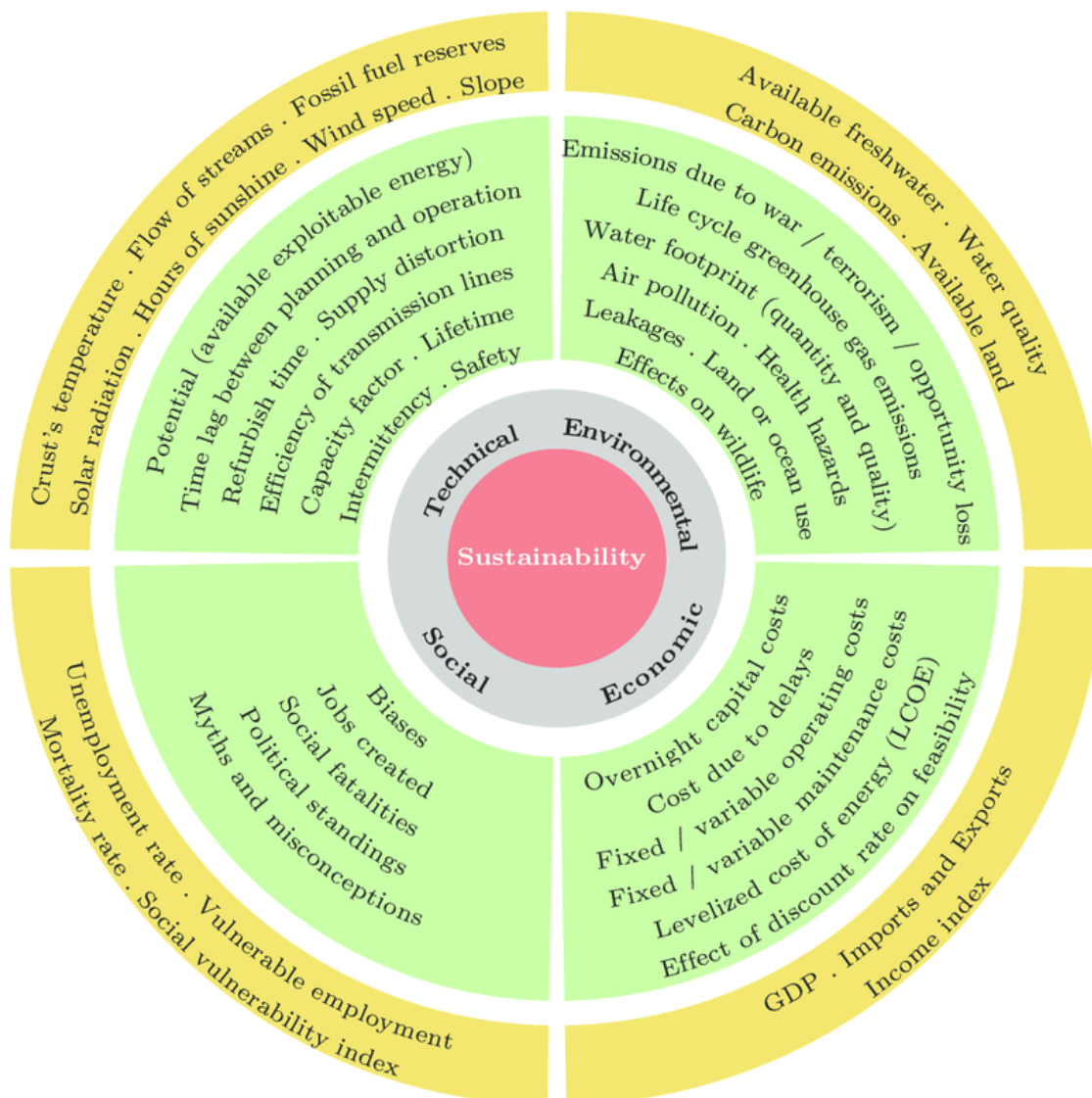
Kiertotalouden pääperiaatteina ovat uusiutuvan energian käyttö, teknisen ja biologisen materiaaliavirtojen erottaminen saastumista väistämiseksi ja materiaalien ja tuotteiden mahdollisimman pitkään taloudessa pitäminen niiden korkeimman taloudellisen arvon varmistuen (Bleicher & Pehlken 2020, 191). Kuviossa 6 näiden virtojen kaavio esitetään.



Kuvio 6. Materiaalien virrat kiertotaloudessa (Bleicher & Pehlken 2020, 192) (muok.)

2.3.2 Kestävyyden kriteerit

Klassinen ymmärrys kestävyyden perusteista ja kriteereistä sisältää kolme kestävään kehityksen näkökohtaa: ympäristöinen, sosiaalinen ja taloudellinen (Pavlovskaja 2014, 2). Khatamin ja Goharianin (2022, 9-10) mukaan näiden kolmen näkökohtien lisäksi on vielä neljäs – tekninen. Näiden näkökohtien sisältö esitetään kuviossa 7.



Kuvio 7. Neljän kestävään kehityksen näkökohdan sisältö (Khatami & Goharian 2022, 9)

Kestäväan kehityksen ympäristöinen näkökohta kohdistuu yleensä tuotteen hiilijalanjälkeen kokon elinkaareissa. Suorat ja epäsuorat kasvihuonekaasujen poisto otetaan huomioon. Lisäksi se koskee veden ja alueiden käyttöä, jossa sekä laadullinen että määrällinen vaikutusanalyysi suoritetaan. Laadullisiin tekijöihin kuuluvat kemialliset, radioaktiiviset ja lämpösaasteet.

Kasvihuonekaasujen vapauttaminen vaikuttaa kielteisesti ilmalaatuun, mikä puolestaan aiheuttaa kuolleisuusasteen kasvamista. Toinen saastumisen lähde on polttoainevuoto varastoista tai putkista. Tuotteiden ja prosessien vaikutus villieläimiin on myös ympäristöllisen näkökohdan olennainen osa. Ongelmana on kuitenkin se, että näiden tekijöiden valtava osa ei voida määrällisesti arvioida. (Khatami & Goharian 2022, 10.)

Kun verrataan uusiutuvia energialähteitä uusiutumattomiin, on tärkeää huomata, että vaikka uusiutuvilla energialähteillä on usein korkeammat alkukustannukset, niiden käyttökustannukset ovat matalampia. Rakentamisen ja käyttöön ottamisen viivästyksset, käyttökatkokset aiheuttavat voittotappioita. Muut tekijät, kuten tavaroiden kiertokulku, toimitusketjujen joustavuus ja muiden alojen riippuvuus markkinoista otetaan huomioon tässä näkökohdassa. (Khatami & Goharian 2022, 14-15.) Projektien viivästyksset voidaan vähentää myös PDM-järjestelmiä käyttämällä, sillä niiden käyttö, kuten mainittiin aiemmin, auttaa estämään turhia viivästyksiä. Sen avulla väistetään lisäkustannuksia.

Kestävyyttä arvioitaessa sosiaaliset tekijät jäävät usein ilman huomiota ympäristöllisiin ja taloudellisiin näkökohtiin verrattuna. Teknologioiden hyväksyminen yhteiskunnassa on erittäin tärkeää ennen käyttöönottoa. Uudet teknologiat tarjoavat työpaikkoja, mutta myös voi aiheuttaa riskejä työntekijöille. Työpaikkojen luominen on teknologian kannalta merkittävä sosiaalinen mittari, ja suurempi työmäärä on hyväksyttävämpää. (Khatami & Goharian 2022, 15-17.)

Tekniset tekijät liittyvät ensisijaisesti energiateknologioiden tehokkuuteen ja luotettavuuteen. Uusiutuvalla energialla on haasteita, kuten katkonaisuus ja usein kyvyttömyys vastata kysyntään, mikä vaikuttaa niiden luotettavuuteen. Resurssien saavutettavuus on myös yksi tämän näkökohdan tekijöistä. Biopolttoaineiden kannalta tämä tekijä ei ole niin haastava, mutta on silti huomioitava. (Khatami & Goharian 2022, 17-19.)

Pavlovskajan (2014, 2) mukaan Zink (2005) toteaa, että kestävyden kriteeri on sellainen kriteeri, jota käytetään ympäristöllisestä, taloudellisesta ja sosiaalisesta kestävydestä johtuvien mahdollisuuksien ja riskien arvioimiseen. Yllä mainittujen kestävyden neljän näkökohtiin perusteella voidaan olettaa, että tämä määritelmä on sovellettava myös tekniselle kestävyden osalle. Kriteerien täyttämisen arvioimiseksi käytetään indikaattoreja. Yleisesti sanottuna

indikaattori on parametri, jonka tarkoituksena on antaa tietoja ja kuvailla ilmiön tilaa. Kestävyyden tapauksessa indikaattori on kestävyyden kriteerien täyttämistä arviointiin tarkoitettu työkalu. Nämä indikaattoreja standardisoidaan viime aikana. Tällaisten indikaattorien lista voi olla seuraavana (Pavlovskaja 2014, 3.):

- Energian ja materiaalien käyttö tuotannossa
- Ympäristöhaitallisten sivutuotteiden vaikutus ympäristöön, lukuun ottaen ihmisen terveyttä.
- Taloudellinen tehokkuus
- Tuotteiden ja pakkauksien ympäristöystävällisyys.

Bleicher ja Pehlken (2020, 193) ehdottavat toisen näkökulman kestävyyden kriteereista. Heidän mukaan tuotteen kiertotalouden mukaisuutta voi arvioida seuraavia kriteerejä käyttämällä:

- Materiaalien virta tuotteen tuottamisessa – kuinka paljon materiaaleja ja rakenneosia tulee kierrätyksestä ja uudelleentuotannosta ja paljonko raaka-aineita käytetään?
- Materiaalien virta tuotteen kierrätyksessä – kuinka paljon materiaaleja ja rakenneosia käytetään uudelleen tai uudelleentuotetaan ja paljonko niitä viedään katopaikalle?
- Kuinka pitkään ja kuinka tehokkaasti tuotetta käytetään?

Näiden kriteerien ja indikaattorien perusteella voidaan arvioida PDM-järjestelmien käytön vaikutusta kestävyteen seuraavissa kappaleissa.

2.3.3 Kiertotalouden trendit ja haasteet

Usein teollisessa tuotannossa tarvitaan harvinaisia ja kalliita materiaaleja. Niiden heikosta saavutettavuudesta johtuu toimittamisen katkeamisriski. Yksi osittaisista ratkaisuista yrityksille voi olla kiertotalouden periaatteiden soveltaminen. (Bleicher & Pehlken 2020, 191.) Samalla se voi johtaa epäsuoraan rahalliseen säästämiseen, sillä näin yritys ei ole niin riippuvainen raaka-aineiden kauppahintojen värähtämisestä (Bleicher & Pehlken 2020, 193). Tuotteiden, varaosien ja materiaalien kierrätettynä pitäminen johtaa raaka-aineiden tarpeen alentamiseen ja tuottajat voivat varmistaa samaa tehoa merkittävästi vähemmän materiaalijalanjäljen muodostaen.

Uutena aloitteena teollisuudessa on kustannuksien alentaminen tuotteiden taloudellisessa käytössä mahdollisimman pidemmin pitämällä ja niiden kestävyttä vahvistamalla. Yhä enemmän tuotteiden suunnittelussa painopiste siirtyy niiden purkamismahdollisuuksiin, korjattavuuteen, modulaarisuuteen ja päivitettävyyteen. (Bleicher & Pehlken 2020, 193.)

On arvioitu, että kiertotalous voisi lisätä työpaikkoja Suomeen merkittävästi. Yli 75000 uutta työpaikkaa on luotavissa vuoteen 2030 mennessä, erityisesti uudellentuotannon ja kierrätyksen aloilla, sekä teknologia-alaan kuuluvissa PK-yrityksissä. (Leading the cycle – Finnish road map to a circular economy 2016–2025 2016, 9.) Koko EU:n mittakaavassa kiertotalouden toteuttaminen voi luoda noin 700000 lisätyöpaikkaa ja samalla EU:n kokonainen BKT arviointien mukaan kasvaa 0,5% samaan vuoteen mennessä (A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe 2020, 2).

Vaikka kiertotalouden kehittäminen vaikuttaa aika lupavalta ja sen pitkäaikaisia etuja ovat osoitettu hyvin, lyhytaikaisia esteitä on samalla paljon siirtovaiheessa. Niihin kuuluvat seuraavat ilmiöt (Leading the cycle – Finnish road map to a circular economy 2016–2025 2016, 46):

- Järjestelmällisten muutoksien vaikeuksia ja joskus niiden päinvastainen vaikutus – esimerkiksi materiaalien käyttötehokkuuden parantaminen voi johtaa kustannuksien ja resurssien intensiivisuuden alentamiseen, mutta samalla sekin voi olla tuotannon laajentamiseen ja resurssien kulutuksen lisääntymisen syynä.
- Taloudellisia haasteita – kiertotalouteen nojaava liiketoiminta voi olla epäkannattava lyhyessä aikakaudessa.
- Kaupan epäkypsyys – tarvittavien tuotteiden, infran, kilpailun, tietojen ja/tai aloitteiden puute, joista johtuvat epäsuotuisia olosuhteita.
- Lainsäädännön haasteet – vanhoihin toimintatapoihin perustuvat säädökset ja standardit ja niiden muutoksien prosessuaalisia haasteita.
- Yhteiskunnallisia tekijöitä – väestön puutteelliset taidot ja ymmärrys kiertotalouden kannalta.

Näiden tekijöiden tuloksena epätäydellinen jätteiden lajittelu tapahtuu, samoin kuin rahoitukseen liittyvät haasteet ja epätäsmällisiä menettelyjä. Näiden esteiden poistamiseksi ja ratkaisujen ehdottamiseksi ja toteuttamiseksi monialainen toiminta tarvitaan EU:n, maiden ja maakuntien tasolla. Yksi EU:n Kiertotalouden Paketin olennaisista osista on kiertotaloutta estävien tekijöiden paljastaminen ja poistaminen. (Leading the cycle – Finnish road map to a circular economy 2016–2025 2016, 46.) On kuitenkin muita säädöksiä ja standardeja, jotka liittyvät tähän aiheeseen.

Vuoden 2020 maaliskuussa Euroopan Komissio esitti kiertotalouden toimuunnitelman, joka kohdistuu tuotteiden kestävämpään suunnittelemiseen, jätteiden määrän vähentämiseen ja kuluttajien osallistamiseen (Savonin 2023).

Vuoden 2021 helmikuussa Euroopan Parlamentti hyväksyi päätöslauselman kiertotalouden toimuunnittelemasta, esittäen lisätoimenpiteet hiilineutraalista, kestävästä, myrkyttöstä ja täysin kiertelevän talouden saavuttamiseksi vuoteen 2050 mennessä. Päätöslauselma sisältää tiukempia kierrätys säännöt ja sitovat kohteet materiaalien käytöstä ja kulutuksesta vuoteen 2030 mennessä. (Circular economy: definition, importance and benefits 2023.)

Vuoden 2022 Komissio toteutti ensimmäisen toimenpiteiden paketin kiertotalouteen siirtymisen vauhdittamiseksi yllä mainitun toimuunnitelman osana. Ehdotuksina ovat kestävien tuotteiden laajentaminen, kuluttajien osallistaminen vihreään siirtoon, rakennusalan tuotteisiin kuuluvan lainsäädännön uudistaminen ja kestävästä kangastuotannon varmistaminen. (Circular economy: definition, importance and benefits 2023.)

Vuoden 2022 marraskuussa Komissio ehdotti EU-alueelle pakkaussäännöt. Tarkoituksena on pakkausjätteiden määrän vähentäminen ja pakkauksien suunnittelemisen parantaminen. Myös siirto biopohjaiseen, biohajautuvaan ja kompostoitavaan muoviin on osoitettu. (Circular economy: definition, importance and benefits 2023.)

2.4 Tiedonhallinnan rooli kestävän kehityksen varmistamisessa

2.4.1 Tuotetiedonhallinta tuotteen kehittämisessä, tuottamisessa ja kunnossapidossa

Tuotteen koko elinkaareen kuuluvat sen suunnittelu, tuotanto, toimittaminen, käyttö, kunnossapito ja kierrättäminen. Nämä toimenpiteet jaetaan kolmeksi vaiheeksi: elinkaaren alku (BOL - beginning of life), keskivaihe (MOL – middle of life) ja loppu (EOL – end of life). Elinkaaren alussa suoritetaan tuotteen suunnittelua, kehittämistä ja tuotantoa. Keskivaihe sisältää tuotteen jakoa, käyttöä ja kunnossapitoa. Loppuvaiheeseen kuuluu tuotteen kierrättäminen. (Li, Tao, Cheng & Zhao 2015, 8.)

Tuotetiedonhallinta on tuotteen elinkaaren hallinnan väistämätön osa, joka pääosin kuuluu ensimmäiseen vaiheeseen – elinkaaren alkuun. On kuitenkin huomioitavaa, että BOL-vaiheessa luodut tiedot tuotteesta kannattavat paljon sen seuraavat elinkaaren vaiheet. Tietojen tarkkuus ja täydellisyys tuotteen ensimmäisessä elinkaaren vaiheessa ovat ehdottomasti vaikuttavat tekijät tuotteen tiedonhallinnan näkökulmasta. BOL-vaiheessa luodut tiedot tuotteesta ovat yleensä tarkat ja heijastavat tuotteen ominaisuuksia hyvin. Käytännössä seuraavissa elinkaaren vaiheissa virheitä ja epätarkkuuksia kasautuu. (Rusch, Schöggel & Baumgartner 2021, 1161.) Siitä seuraa, että mitä tarkempi alkuperäisiä tietoja tuotteesta on, sitä laadukkaampi tiedonhallinta sujuu tulevaisuudessa.

Päätökset ja ratkaisut, jotka tehdään BOL-vaiheessa, vaikuttavat tuotteen kestävyteen kiertotalouden näkökulmasta. Niihin kuuluu esimerkiksi päätös antureiden käytöstä tuotteen toiminnassa. Näin voi varmistaa tuotteen kunnon seuraamista ja suorittaa ennakoivaa kunnossapitoa, mikä auttaa pidentämään tuotteen toimikauden. Lisäksi se auttaa vähentämään virheiden määrää tuotetiedonhallinnassa. (Mts. 1169.) Kuten Li ja muut (2015, 10) toteavat, yhdistetty tuote- ja kunnossapitotietojen käyttö voi auttaa estämään vikoja ja häiriöitä etukäteen. Sellainen lähestymistapa on tuotteen tuottajan mahdollisuus vahvistaa hiilikädenjälkeään.

2.4.2 Tuotetiedonhallinta kiertotaloudessa

Tuotetiedonhallinta on kestävyden tekijä juuri kiertotaloudellisen toiminnan mahdollistamisen kautta. Yksi tuotetiedonhallintajärjestelmien perusfunktioista on materiaaliluetteloiden (BOM – bill

of materials) laatiminen. Tuotteen saavutettua elinkaaren loppunsa tiedot sen koostumuksesta, materiaalien vaarallisuudesta ja kierrätysmahdollisuuksista voi helpottaa ja tehostaa tuotteen kierrätystä. (Piétron ym. 2023, 43.)

BOM tai materiaaliluettelot sisältävät tietoa raaka-aineista, ohjeista, komponenteista. Nämä luettelot tarvitaan tuotteen rakentamiseen, valmistukseen tai korjaamiseen. Sellaisenaan ne ovat olennainen osa suunnitteluprosessia. Tuotetietojen hallintaohjelmiston luomat ja hallinnoimat tuoteluettelot voivat sisältää tietoja sadoista tai edes tuhansista yksittäisistä komponenteista. BOM-päivitysten virheellinen hallinta voi johtaa kriittisiin virheisiin. PDM-ohjelmisto kokoaa kaikki materiaaliluettelot yhteen paikkaan ja varmistaa, että uusimmat versiot on merkitty selkeästi. (Thanh n.d.)

Hyvin valmistettuja ja järjestettyjä tietoja tuotteesta on hyödyllisiä myös tuotteen elinkaaren keskivaiheessa, kun kyseessä on sen kunnossapito. Hyvänä esimerkkinä voi olla tuotteen tuottajan laatima rakenneosien CAD-mallit, joiden avulla voi tarvittaessa luoda ja ottaa käyttöön paikallisesti valmistetut varaosat lisäainevalmistuksen avulla (mts. 42).

Kun tuotteen elinikä lähestyy loppuunsa, se voi vielä sisältää käytettäviä rakenneosia, joiden käytettävyyttä ja hyödyllisyyttä kannattaa arvioida. Näitä ominaisuuksia voi ennakoida tuotetietojen perusteella, joihin kuuluvat tiedot BOL- ja MOL-vaiheista, kuten kunnossapito- ja käyttöhistoria. (Li ym. 2015, 16.) Tietoja MOL-vaiheessa keräämaan tulee ottaa käyttöön digitaaliset teknologiat, kuten esineiden internet (IoT), Big Data ja keinoäly (Berg ym. 2020, 6). Näin voi estää virheiden syntymistä ja parantaa tuotetietojen laatua sen elinkaaren EOL-vaiheeseen mennessä. Tehostetun kierrätyksen rinnalla huolellinen, automatisoitu ja virheetön tuotetietojen kerääminen mahdollistaa luotettavaa huoltotarpeiden ennakoimista ja antaa ideoita tuotteen parantamisesta sen kehittäjälle ja tuottajalle, mikä yhteensä myös vaikuttaa myönteisesti kiertotalouteen ja siksi kestävyteen. Jo käytössä olevan tuotteen toiminnan optimoiminen on myös tehtävissä kerättyjen tietojen perusteella, esimerkiksi resurssien tehokkaan käytön näkökulmasta, mikä auttaa yrityksiä vähentämään päästöjä toiminnastaan.

Kun kyseessä on kestävä kehitys, kiertotalouden rinnalla hiilijalanjälki on myöskin mainittava tuotetiedonhallinnan parissa. Vaikka tämä yhteys ei ole joskus ilmiselvä, sen tärkeys ja

vaikuttavuus kestävyteen kasvaa modernissa vihreämielisessä maailmassa. Tätä tulee ottaa huomioon yritysten kilpailukyvyn kannalta. Tuotetiedonhallintajärjestelmät voi määrittää elinkaarenhallinnanjärjestelmien olennaisena osana (Shewaramani 2022).

Elinkaarenhallinnanjärjestelmät varmistavat siirron kiertotalouteen, sillä niiden avulla integroidaan tietoja monien tuotteiden elinkaarista ja prosesseihin osallistujista koko arvoketjun sisällä (Pagaropoulos ym. 2017, 22).

Esimerkkinä voi olla saksalaisen Catena-X B2B-verkon kokemus, jossa teolliset tuottajat ja ohjelmointiyritykset kehittivät tuotteiden elinkaareen liittyvän tietovaihtojärjestelmän ympäristösuojelua kannattamaan. Jokaisen arvoketjussa olevan yrityksen on arvioitava tuoteyksikkönsä hiilijalanjälki, lisätä sille tuottamisessa tarvittavien materiaalien hiilijalanjäljen ja laatia tuloksen seuraavalle arvoketjussa olevalle yritykselle. (Piétron ym. 2023, 42.) Sillä kompleksisten koneiden tuotanto edellyttää ison toimittajien verkon, nämä prosessit vaativat automatisointia ja ilman aitoa tuotetiedonhallintaa se on tuskin toteutettavissa.

Tiedonhallinnollisella lähestymistavalla kestävyden ongelman kannalta on hyviä perusteita. Piétron ja muut (2023, 41) toteavat, että Bergin ja Wiltsin (2019) mukaan kiertotalouden toteuttaminen on ensisijaisesti tietoongelma. Vuorovaikutuksen ja tiedonvaihdon puute on yritysten yhteistoiminnan valtavain este, joka johtaa epäselkeyteen ja heikkoon yhteistoiminnan prosessien ymmärrykseen.

Tietojen puute käytetyistä tuotteista ja materiaaleista johtaa muutamaan seurakseen. Ensiksi ylimääräiset kustannukset voivat ilmetä näiden materiaalien etsimisessä ja hankkimisessa. Toiseksi – tuotteen korjauksen, uudelleentuotannon ja kierrätyksen estäminen, joka usein tapahtuu immateriaalioikeuksien syystä. Lisäksi kiertotalouden muodostamiseen tarvittava tavaroiden ja palvelujen yhteiskäyttö vaatii luotettavuutta ja vuorovaikutusta. (Piétron ym. 2023, 41.)

Tuotetiedonhallintajärjestelmien tehokas käyttö kiertotalouden kannalta vaadi valtavaa määrää luotettavaa tietoa tuotteesta. Esimerkkinä voi olla ajoneuvojen tuotanto, jossa autojen korjaamiseksi usein tietoa tuottajalta tarvitaan. Tavallinen käytäntö on se, että tuottajat myöntävät näitä tietoja pelkästään rajoitetulle huoltoyritysten ryhmälle. Näin tuottaja yrittää suojella intressejään ja tietoturva. Vuonna 2007 voimaan astunut EU:n säännöt ajoneuvojen

päästöistä (EC 715/2007) velvoittaa autotuottajia avata autojen korjaamiseen liittyvää tietoa kaikille huoltoyrityksille. Tämä ratkaisu tunnustetaan osittain onnistuneeksi, vaikka autotuottajat joskus löytävät teknisiä mahdollisuuksia sen väistämiseen. (Piétron ym. 2023,43.) Tämä esimerkki ei kuulu suoraan energia-alaan, mutta se antaa syitä pohtimaan, kuinka samanlainen tilanne on järjestetty energiateollisuudessa.

Informaation epäsymmetria, eli tilanne, jossa yhdellä puolueella on enemmän informaatiota, kuin toisella, on yksi merkittävimmistä epäluottavuuden lähteistä, joka haittaa kierrätysjärjestelmien muodostumista eri vuorovaikutusvaiheissa. Luotettavan tietojen luominen digitaalisten työkalujen avulla mahdollistaa kiertotalouden muodostumista. (Berg ym. 2020, 17.)

2.5 Tietojen kypsyyssaste eri kestävyiden strategioissa

2.5.1 Tietojen kypsyyssaste ja tiedonhallinnan funktiot

Tiedonhallinnan roolin kestävyiden varmistamisessa ymmärtämiseksi tulee selvittää, miten tiedot ovat järjestetty eri kypsyyssasoillaan ja miten nämä tasot liittyvät eri kestävyiden strategioihin. Sana ”tieto” on liian yleinen ja se ei heijasta kaikki tietomateriaalien kehittymisen vaiheet. Joskus se voi johtaa epäymmärrykseen tai käsitteiden väärään tulkintaan. Joten ensin katsellaan ja määritellään tietomateriaalien kypsyyssasoihin liittyviä termejä.

Ennen kuin tietomateriaalia voi käsitellä, tulee määrittää niiden lähteitä ja koota niitä yhteen. Ensimmäisessä vaiheessa lähteiden välissä olevat sidoksia ovat löydettäviä ja näin lähteistä saanut materiaali saa tarkoituksen. Tuotteisiin liittyviä tietomateriaaleja kerätään käsin tai automaattisesti. Tässä peliin astuvat IoT-teknologiat (Internet of Things), eri antureita ja manuaalisesti ylläpidetyt tietojärjestelmät. Tuloksena kerätty materiaali tulee dataksi. Se ei ole vielä strukturoitu, mutta se on jo perusta seuraavalle askelelle, joka johtaa materiaalien lopulliseen käsittelymahdollisuuteen. Sitten dataa käsitellään laittamalla niitä kontekstiin, joka syntyy työstävältä ilmiöltä, tuotteelta tai prosessilta. Tässä vaiheessa dataa kootaan, tulkitaan, valikoidaan ja jäsenellään. Sen tavoin kontekstia saanut data tulee informaatioksi, joka sisältyy tuotteen kuvailuissa ja jonka perusteella voi vastata kysymyksiin ”kuka”, ”mikä”, ”missä” ja ”milloin”. Informaatiota voi vihdoin analysoida ja sen kautta antaa informaatiolle tarkoitusta, joka kohdistuu tiettyyn tilanteeseen. Näin tieto syntyy, joka voi olla eri muodoissa, kuten toimiohjeita,

osaaminen ja arvokkaita oivalluksia, joiden avulla voi vastata jo kysymyksiin ”miten” ja ”miksi”. Eli tieto yhtenä tässä opinnäytetyssä käytettävistä käsitteistä on järjestetty ja tapauskohtainen informaatio, jonka perusteella voi tehdä johtopäätöksiä ja löytää ratkaisuja. Yleisesti sanottuna tieto on informaation jalostamisen tulos, mikä johtaa syvempään ymmärrykseen. Nämä prosessit puolestaan johtavat älykkyyteen tietojen käsittelyn ja analyysin tuloksena. Älykkyys mahdollistaa automatisoitua päätöksentekoa ohjeiden ja tietojen perusteella. Tässä tietomateriaalien kypsyysasteessa tieto yhdistetään interaktiivisten prosessien ja mukautuvan tuomion kanssa. Interaktiivisella prosessilla tarkoitetaan toimintojen ja vastatoimintojen sarja ja mukautuvalla tuomiolla tarkoitetaan varsinainen päätös, joka on tehty interaktiivisten prosessien arvioinnin perusteella ja niiden nykyinen tila. (Kristoffersen, Blomsma, Mikalef & Li, J. 2020, 247)

Nämä tietomateriaalien kypsyystasot antavat eri mahdollisuudet resurssitehokkuuden selvittämiseen. Vain informaatio-tasolla voi ainakin määrittää mikä tapahtuu tietylle resurssille ja mitkä resurssivirrat ovat tutkitulla alalla. Olemuksena se on tiedonhallinnan kuvailu-funktio (descriptive). Tässä vaiheessa saadaan dataa antureilta, laitetaan sitä kontekstiin ja näin syntyneen informaation perusteella voi vastata kysymyksen ”Mikä tapahtuu?”. Esimerkiksi kun varustus on tuotteena ja tarkoituksemme on pidentää sen toimikauden, kyseessä voi olla tämän varustuksen osien lämpötilan mittaaminen. Kerätyn datan ja järjestetyn informaation avulla voi arvioida onko tuote nyt kunnossa.

Seuraavana tulee diagnostiikka-funktio (diagnostic). Tieto-tasolla on jo mahdollisuus vastata kysymykseen ”Miksi se tapahtuu?”. Tarkoituksena tässä vaiheessa on selittää tapahtuman syitä ja ymmärtää sen vaikutusta tilanteeseen. Selittämisen ja ymmärtämisen ansiosta informaatiosta tulee tieto. Esimerkissämme informaatio ylikuumennuksesta johtaa selvittämiseen miksi tämä ylikuumennus tapahtuu ja mahdollistaa suorien vian syiden määrittämistä. Sen jälkeen voi suorittaa reaktiivista huoltoa.

Tapahtumalla voi olla myös peitettyjä syitä, joita ei voi paljastaa tavallisilla ja hyvin koetuilla menetelmillä ja ohjauksilla. Joskus ongelman syitä ymmärtämään kannattaa soveltaa uudelleen keksittäviä lähestymistapoja. Se tulee mahdolliseksi löytö-funktiolla (discovery). Tämän mahdollistamiseksi tarvitaan yleensä suhteellisesti paljon tietoja, jonka takia IoT:n rinnalla Iso Data-teknologioita tulee hyödyntää. Tässä vaiheessa sovelletaan päätelmiä ja järkeilyä

epätavallisia ideoita löytämään ja trendejä paljastamaan. Näin voi määrittää uusia korjaus- ja parantamismahdollisuuksia tuotteen kestävyuden kannalta. Löytö-funktiolla ymmärrys tapahtuman syistä syventyy.

Tietomateriaalien älykkyyks-kypsyystasolla ennuste- ja ohje-funktiot (predictive and prescriptive) tulevat käytettäviksi. Ennuste-funktio auttaa löytämään resurssien parempaa käyttötapaa tulevaisuudessa. Se vastaa kysymykseen ”Mikä todennäköisesti tapahtuu?”. Tällä funktiolla voi löydettyjen trendien perusteella ennustaa tuotteen kuntoa ja toimintaa. Esimerkiksi lämpötilan mittauksien profilointi ja niiden taipumuksien määrittäminen voi auttaa arvioimaan huoltotarvetta ja näin ennakoiva huolto tulee mahdolliseksi. Ohje-funktio puolestaan vastaa kysymykseen, miten voi optimoida resurssien käyttöä jatkuvasti tilanteen mukaan. Toisin sanoen tehtyjen ennusteiden avulla voi keksiä parasta toimintatapaa vastaamalla kysymykseen ”mitä, jos?”.

Nämä sidokset tietomateriaalien kypsyyssasteen ja tiedonhallinnan funktioiden välillä ovat esitetty taulukossa 1. (Berg ym. 2020, 10.)

Taulukko 1. Tietomateriaalien kypsyyssasteet ja vastaavat tiedonhallinnan funktiot

Tietomateriaalien kypsyyssaste	Kypsyyssasteiden kuvaus	Tiedonhallinnan funktiot	Funktioiden kuvaus
Data	Epästrukturoitua materiaalia	-	-
Informaatio	Kontekstissa oleva strukturoitu data	Kuvailu	Mitä tapahtuu resurssille? Mitkä ovat resurssivirrat?
Tieto	Analysoitu tarkoitusta saanut informaatio	Diagnostiikka	Mitä ja miten tapahtuu resurssille?
		Löytö	Miten resursseja voi käyttää tehokkaammin?
Älykkyyks	Johtopäätöksien tekeminen ja ratkaisujen löytäminen	Ennuste	Resurssien paremman käyttötapojen löytäminen
		Ohje	Jatkuva resurssien käyttöä optimointi tilanteen mukaan.

Tätä tietomateriaalien kehitystä voi kuvitella kiertotalouden eri strategioiden pohjalta, kuten teollinen symbioosi, kierrättäminen ja kestävä huolto. Näissä kolmessa tapauksessa voi nähdä,

miten tietomateriaalien kehitys tapahtuu eri tilanteissa. Mutta tuotetiedonhallintajärjestelmien kannalta olisi mielenkiintoisempaa tutkia, miten ne auttavat tehostamaan teollisuuden prosessien kestävä huollon, kierrättämisen ja teollisen symbioosin näkökulmista. Katsellaan, miten PDM-järjestelmien käyttö voi vaikuttaa näihin aloihin.

2.5.2 Tiedonhallinnan funktiot kestävässä huollossa

Aloitetaan kestävästä huollosta. Tuotteen kestävyuden tarkoituksena on varmistaa, että tuote jää käytössä mahdollisimman pitkään kokonaisuutena tai osuudeltaan. Yksi loogisimmista ratkaisuista on tuotteiden tehokas kunnossapito. Tuotetiedonhallintajärjestelmät voivat saada sitä aikaan myös reaaliaikaisesti. Tulevaisuudessa IoT antureita integroidaan tuotteen rakenteeseen, joilla voi saada tietoa niiden kunnosta ja sitä kuvailevista parametreista (Awan & Jabbour 2022, 229). Voimme seurata tämän idean mahdollista kehitystä tietomateriaalien kypsyyssasteiden konseptin ja tiedonhallinnan funktioiden mukaan.

Informoitu huolto tulee mahdolliseksi kuvailu-funktion vaiheessa. Heti kun antureilta saaneet tietomateriaalit tulevat informaatioksi tietyn käsittelyn tuloksena, tuotteen käyttäjällä on mahdollisuus ylläpitää sen nykyistä kuntoa ja reagoida viivästyttä viian oireita. Näin reaktiivinen huolto on toteutettavissa. Se on varmasti ihan yksinkertainen ylläpitämistapa, josta on selvää, että huoltoa kestävämmäksi tekemään tulee seurata tiedonhallinnan funktioiden kehitysmispolkua. PDM-järjestelmien tarkoituksena tässä vaiheessa on antureiden antamia signaaleja ja niiden perusteella tuotettua informaation tallentaminen, mikä on tärkeää seuraavissa vaiheissa. (Berg ym. 2020, 12.)

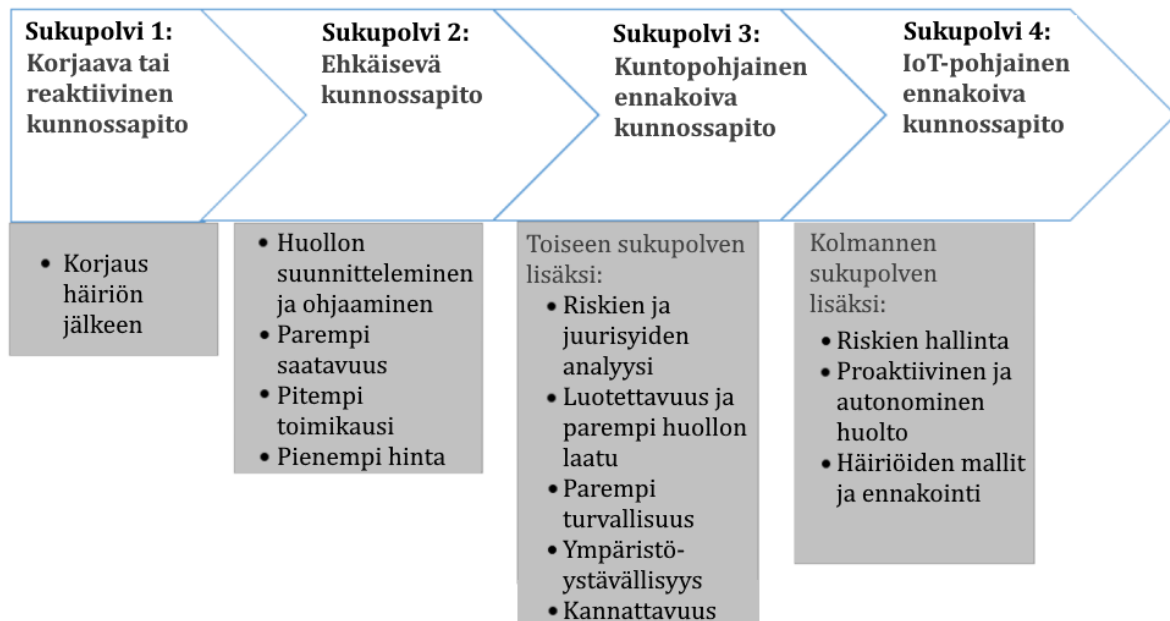
Diagnostiikka-funktion tasolla tavoitteena on huoltotarpeiden ajankohtainen määrittäminen. Se toteutetaan tuotteen toimiajan ja sen käyttötietoihin nojaavan tilaston perusteella. Viime tasolla antureilta saadusta ja tallennetusta informaatiosta nyt tulevat tilastolliset tiedot, joiden pohjalta voi kehittää ja tarvittaessa muokata huollon aikataulua. Siihen voivat vaikuttaa tuotteen toimiosuhteet, käyttömuodot ja edellisten huoltotoimenpiteiden tulokset ja huomautukset. Nämä vaikuttavat tekijät ja niiden parametrit tallennetaan PDM-järjestelmään niitä ensi vaiheessa käyttämään. (Mts. 12.)

Löytö-funktion tasolla olemassa olevat tiedot tutkitaan uusia mahdollisuuksia tuotteen elinkaaren pidentämiseksi. Tässä vaiheessa tapahtuu siirto reaktiivisesta huollosta ehtoiseen huoltoon (condition-based maintenance), joka perustuu tuotteen nykyiseen kuntoon, jota puolestaan oletetaan juurisyiden analyysin sekä luotettavuuden arvioinnin ja toiminnallisten tietomateriaalien perusteella. (Mts. 12.)

Ennuste-funktion vaiheessa tapahtuu tuotteen elinkaaren pidentämistoimenpiteiden ennakointi ja mahdollisesti automatisointi. Sen suorittamiseksi tiedot tuotteen kunnosta ja käyttäjän toiminnasta hyödynnetään. Näiden tekojen tuloksena on tuotteen toiminnan seisokkien vähentäminen ja olennaisesti tässä vaiheessa tapahtuu täydellinen siirto reaktiivisesta huollosta ennakoivaan huoltoon. Ennuste-tasolla olevat prosessit ovat jo pääosin automatisoituja. (Mts. 12.)

Loppujen lopuksi ohje-funktion tasolla kyseessä on tuotteen elinkaareen liittyvien toimenpiteiden tarpeen autonominen määrittäminen ja niiden aikataulutus. Samalla tapahtuu luotettavuuden arvioitavien algoritmien optimointi. Näitä algoritmeja käytetään löytö-tasolla. Automaattinen raportointi on tässä vaiheessa käytössä ja raporteissa sisältyvät tiedot tallennetaan PDM-järjestelmään. (Mts. 12.)

RFID-teknologian ja esineiden internetin (IoT) ansiosta on täysin mahdollista seurata tuotteita syntymästään purkamiseensa asti ja yhdistää tuotteet niiden valmistajaan. Iso Data voi tarjota mahdollisuuksia uudelle kunnossapidon sukupolvelle, kuten ennaltaehkäisevälle ja ennakoivalle kunnossapidolle. Molemmat eroavat korjaavasta kunnossapidosta, koska näissä kahdessa kunnossapitomuodossa pyritään estämään vikoja ennen kuin ne todella tapahtuvat. Kun kunnossapito on kehittynyt tähän suuntaan, hyötykäytön ja kunnossapidon välinen raja ei ole enää selvä, vaan kunnossapitoa tapahtuu samalla, kun tuotteita käytetään. (Li ym. 2015, 15.) Näin liikumme reaktiivisesta huollosta ennakoivaan, miten esitettiin kuviossa 8.



Kuvio 8. Kunnossapidon tasot kestävyden vahvistamiseksi (Niyonambaza, Zennaro, & Uwitonze 2020, 3) (muok.)

RFID-menetelmä on mahdollistanut tuotteiden reaaliaikaista tilan seuranta. Käyttövaiheen tiedoista voi tunnistaa hajoamismalleja, kuten materiaalin vanhenemismekanismi tietyssä olosuhteessa. Huomattavasti valtavan tietomäärän takia on kuitenkin haastava kysymys, miten voi luoda ennaltaehkäisevä kunnossapito-ohjelma, jolla voitaisi estää kaikki viat ennen niiden syntymistä. Iso Data on todella hyvä ratkaisu tässä tilanteessa. (Li ym. 2015, 16.)

Yleensä vain arvokkaimmat tuotteet tarkistetaan säännöllisesti, ja sellainen tarkastus tapahtuu paikan päällä tapahtuvana palveluna. Internetin ja etäpalvelun nopean kehityksen takia tuotteiden säännöllinen tarkastus on tehtävissä edes asiakkaita häiritsemättä. Säännöllisestä tarkastuksesta saatujen tietojen perusteella voi antaa asiakkaalle räätälöityjä ehdotuksia virheetöntä käyttöä varten. Tarkastustietojen käsittelemisessä Iso Data on myös aika hyödyllinen. (Li ym. 2015, 15.)

2.5.3 Tiedonhallinnan funktiot kierrätyksessä

Toisena kestävyysstrategiana on kierrätys. Kun tuotteen jokaisen rakenneosan jäljellä oleva käyttöaika on selvitetty, purkamot voivat käyttää EOL-tuotetietoja, jonka tavoitteena on maksimoida tuotteiden arvot niiden tilan ottaen huomioon. Tässäkin vaiheessa voi soveltaa Iso

Data teknologiaa sopivien EOL-hyödyntämiskäytöjen määrittämiseen, kuten kierrätys, uudelleenkäyttö, uudelleenvalmistus tai hävittäminen. (Li ym. 2015, 16.)

Yksi kierrätyksen päätarkoituksista on hukkatuotteiden aiheuttamien ympäristöhaittojen vähentäminen. On varmistettava, että itse kierrätysprosessi on energiaa säästävä ja ympäristöystävällinen. Sen tavoitteen saavuttamiseksi Iso Data olisi hyvin sovellettava älykkään päätöksenteon tukijärjestelmän (DSS) perustamiseksi, jotta voidaan tehostaa resurssien säästö- ja kierrätystoimintaa. Nämä prosessit johtavat ympäristövaikutuksen ja resurssien kulutuksen minimoimiseen kierrätyksen aikana. (Li ym. 2015, 16.)

Edes parhain tavoin kunnossapidetty tuote vanhentuu ja sen käyttö tulee mahdottomaksi. Kestävän kehityksen periaatteiden mukaan tässä vaiheessa peliin astuvat kierrätysratkaisut. Tuotetiedonhallinta tässäkin voi tarjota hyötyä. Samoin, kuin kunnossapitostrategian tapauksessa katsellaan kierrätystäkin eri tietojen kypsyyssasteen näkökulmasta ja selvittää, miten eri tietojen tasoilla PDM-järjestelmät voivat tehostaa materiaalien kierrätystä. Olennaisina käsitteinä kierrätykseen liittyen ovat EOL-strategia, materiaalin luokka, materiaalien kaskadi. EOL-strategioihin kuuluvat kierrätys, kompostointi ja energiaksi muuntaminen (waste-to-energy). Näitä strategioita sovelletaan juuri mainitussa järjestyksessä, eli ensin yritetään kierrättää materiaaleja, sitten mahdollisuuksien mukaan voidaan kompostoida niitä ja lopulta, kun kaksi edellistä ratkaisua ei enää voida soveltaa. Materiaalin luokka on määritettävä sopivimman EOL-strategian valitsemiseksi. (Kristoffersen ym. 2020, 256.) Psilovikos (2023, 6) kertoo, että Hradilin (2014) mukaan materiaalien kaskadi on käytettyjen materiaalien toistuva soveltaminen mahdollisimman korkea-arvoisimmalla tavalla. Termi ”materiaalien kaskadi” ilmestyi Alankomaalla rakennusalaalla, mutta se on hyvin sovellettavissa ihan eri aloilla. Pääperiaate on aina sama – ensin käyttö materiaalina, sitten käyttö energiaksi.

Kuvailu-funktion tasolla tehtävänä on määrittää materiaalien sijaintia ja määrää, jotta tehokas kerääminen ja käsitteleminen sopivien EOL-strategioiden mukaan tulisivat mahdollisiksi. (Kristoffersen ym. 2020, 256). Materiaalivirtojen seuraaminen on yksi olennaisimmista PDM-järjestelmien toiminnoista. Projektitoiminnassa aina syntyvät tiedot tuotteiden koostumuksesta ja usein myös sijainnista. Siitä huolimatta, että itse PDM-järjestelmiä ei yleensä käytetä EOL-vaiheessa, niissä sisältyvät tiedot voivat tarjota paljon hyötyä.

Diagnostiikka-tasolla automaattinen materiaalien luokan määrittäminen tapahtuu sopivan EOL-strategian valitsemiseksi. Se toteutetaan materiaalien puhtautta, koostumusta ja laatua tarkistamalla. (Kristoffersen ym. 2020, 256.) Tähän tasoon liittyvät toimenpiteet suoritetaan jo nyt sekä kotitaloudellisella alalla että teollisuudessa. Esimerkiksi Tomra-yritys kohdistuu kotitaloudellisen materiaalikierrätykseen pääosin elintarvikkeiden pakkauksia käsittelemällä. Sitä varten sovelletaan aktiivisesti keinoälyä, jolla voi jatkuvasti parantaa lajittelemisen tarkkuutta ja räätälöidä järjestelmän uusien materiaalien käsittelemiseen. (Making recycling smarter: TOMRA and AI 2023.) Teollisuudessa ehkä voidaan toteuttaa tätä edes tehokkaammin, koska on enemmän strukturoitua tietoa laitteiden ja tuotteiden materiaaleista. Nämä prosessit voidaan suorittaa eri menetelmillä, mutta jo olemassa olevat tiedot materiaalista voivat täsmentää tai korjata lajittelemisen tuloksia. PDM-järjestelmien laaja käyttöönotto voi tehostaa näitä ratkaisuja.

Löytö-funktion tasolla määritellään ja tutkitaan uusia ja tehokkaita materiaalien kaskadeja, jotka vaikuttaisivat ympäristöön mahdollisimman vähän. EOL-vaiheessa olevien materiaalien kysyntään vaikuttavia tekijöitä ymmärretään ja uudet markkinat ja näiden materiaalien käyttäjät löydetään. Sitten, ennuste-tasolla ennustetaan käyttäjän käyttäytymistä kierrätysasteen lisäämiseksi ja materiaalien käsittelemisen optimoimiseksi. Lopulta ohje-tasolla automaattinen kannattavuuden analyysi suoritetaan. (Kristoffersen ym. 2020, 256.) Kierrätys-strategian sisällä näiden kolmen tason tehokkuutta tuskin voidaan parantaa PDM-järjestelmillä.

2.5.4 Tiedonhallinnan funktiot teollisessa symbioosissa

Kun kyseessä on teollisuuden yritysten kilpailukyky ja niiden toiminnan kannattavuus, mahdollisuus kääntää jätettä resurssiin avaa laajaa kenttää päätöksentekijöille. Periaatteessa teollinen symbioosi on kiertotalouden muoto, jossa jätteiden ja sivutuotteiden vaihto yritysten välissä tuottaa lisää kilpailukykyä (Industrial symbiosis networks as part of a circular economy: Employment effects in some industrializing countries 2022, 1). Kansainvälisen työjärjestön raportin ”Industrial symbiosis networks as part of a circular economy: Employment effects in some industrializing countries” (2022, 3-7) mukaan teollinen symbioosi sen lisäksi johtaa uusien työpaikkojen luomiseen, mikä on huomioitava kestävä kehityksen sosiaalisen näkökohdan kannalta. Nyt katsellaan, miten voidaan vaikuttaa teollisen symbioosin tehokkuutta PDM-järjestelmillä.

Kuvailu-tasolla määritellään milloin ja kuinka runsaasti materiaalivirrat ilmestyvät, jota varten kattava materiaalien jäljitettävyyden on varmistettava. Oletettavasti se on juuri sellainen ala, jossa PDM-järjestelmät voivat tarjota hyötyä. Materiaaliluettelojen luominen ja ylläpitäminen voi olla avaimena tähän tehtävään. Jos nämä prosessit automatisoidaan riittävällä tasolla ja integroidaan eri yritysten luomia materiaaliluetteloja, näin voidaan paljastaa materiaalivirtoihin liittyviä mahdollisuuksia. Näiden materiaaliluettelojen perusteella diagnostiikka-tasolla määritellään eri materiaalilajien sovellettavuus ja etsitään mahdollisuuksia jätteistä-resurssiin ratkaisujen parantamiseksi. Näiden sidoksien materiaalivirtojen välissä määrittäminen ja niiden vaikutuksen yritysten toimintaan arviointi tapahtuu. Useita sidoksia etsitään jatkuvasti löytö-tasolla olemassa olevia tietoja materiaalivirroista käyttämällä. Lopulta ennuste- ja ohje-tasolla materiaalivirtojen sidosten vaihtelevuus ennustetaan ja niiden automaattinen yhdistäminen varmistetaan. (Kristoffersen ym. 2020, 251.) Näin materiaaliluettelojen käyttö voi luoda perustan yritysten myönteiseen vuorovaikutukseen. Tämän kuvauksen perusteella voidaan olettaa, että pääosin käytetään pBOM:ia olemassa oleville tuotannoille ja eBOM:ia suunnitteluvaiheessa oleville ratkaisuille.

2.6 Digitaalisten teknologioiden vaikutus ympäristöön

Tuotetiedonhallintajärjestelmän laaja käyttö edellyttää monipuolista digitaalisten teknologioiden käyttöä. Sen takia on huomioitava, että se voi vaikuttaa negatiivisesti ympäristöön.

Kiertotaloudesta puhuen on tärkeää varmistaa, että tuotteen elinkaaren seuraamiseen tarvittavat automatisointimenetelmät ja -kalusto eivät aiheuta enemmän vahinkoa, kuin hyötyä. On arvioitu, että vain alle 40% elektronisista jätteistä kierrätetään EU:ssa (A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe 2020, 7).

Digitaalisella teollisuudella itsellään on suuri ympäristöjalanjälki ja energiantensiteetti. Sen kehittäminen on kytkettävä uusiutuvien energialähteiden käyttöönottoon.

Tietotekniikkatuotteiden käyttöikä on yleensä suhteellisesti lyhyt. Siksi digitaaliteknologian ympäristö- ja yhteiskuntavaikutukset on arvioitava huolellisesti. Digitalisaatiossa voidaan käyttää kiertotaloutta ohjaavana periaatteena, joka on tarkoitus kestävän loppupisteen saavuttaminen. Näin ollen on todettava, että digitalisaatio voi johtaa kestävämpiin käytäntöihin, mikä on otettava huomioon digiratkaisuja sovellettaessa. (Berg ym. 2020, 7.)

2.7 PDM-järjestelmien rooli standardien vaatimuksien noudattamisessa

Insinöörialan toiminta liittyy tiiviisti säätöihin ja rajoituksiin, jotka sisältyvät standardeissa ja niihin kuuluvissa asiakirjoissa. ISO standardit ovat hyvä esimerkki tällä. Ne antavat perustaa erialaiseen toimintaan. Näiden standardien kuuluisimpina ovat ISO 9001 ja ISO 14001. Niiden tarkoituksena on tuotteiden ja palvelujen laadun varmistaminen ja niihin liittyvän toiminnan ympäristöystävällisyyden vahvistaminen. Tarkistetaan, miten näiden standardien vaatimuksia voi täyttää tehokkaasti yllä mainittujen PDM-järjestelmien funktioiden ja ominaisuuksien avulla.

2.7.1 ISO 9001 ja PDM-järjestelmät

ISO 9001 "Laadunhallinnanjärjestelmät. Vaatimukset" asettaa ohjeita, joita noudattamalla tulee saavuttaa korkealaatuista toimintaa, mikä puolestaan johtaa tuotteiden ja palvelujen korkeaan laatuun ja asiakkaiden tyytyväisyyteen. Sillä tämä standardi on laajassa käytössä, sen soveltaminen on ehdottomasti tärkeä edellytys yrityksen kilpailukyvyille, koska asiakkaiden tyytyväisyys on menestyksen perusta markkinoilla. Tämän standardin rakenne osoittaa syklistä laadunhallinnan prosessia, joka koostuu neljästä peräkkäisesti toteutettavista vaiheista: suunnittelu, toteutus, arviointi ja toiminta. Toteutus-vaiheessa laadunhallinnan menetelmiä sovelletaan ja standardin kappaleessa 8 "Toiminta" osoitetaan perustusohjeita siihen. Tämän kappaleen alussa sanotaan, että organisaation on suunniteltava ja toteutettava prosessit tuotteiden ja palvelujen tuottamiseen liittyvien vaatimusten täyttämiseen, jota varten organisaation on määriteltävä resurssit, joita tarvitaan tuotteiden ja palvelujen vaatimustenmukaisuuden saavuttamiseen, toteutettava prosessien ohjaus kriteerien mukaisesti ja määriteltävä ylläpidettävä ja säilytettävä dokumentoituja tietoa tarvittavassa laajuudessa. (ISO 9001:2015, 19-20.)

PDM-järjestelmät auttavat yrityksiä määrittämään tarvittavia resursseja tuotteiden valmistamiseen. Sen ansiosta voi tarkasti suunnitella ja jakaa resursseja tehokkaasti. Järkevästi toteutettu tiedonhallinta helpottaa prosessien hallintaakin, koska PDM-järjestelmät mahdollistavat automatisoitua työnkulun seuranta, hyväksyntää ja versioiden hallintaa, joiden avulla voi varmistaa, että toimintaprosessit suoritetaan peräkkäisesti ja asennettujen kriteerien mukaisesti. Kun dokumentoituja tietoja ylläpidetään ja säilytetään, PDM-järjestelmät ovat ilmiselvä ratkaisu, sillä ne luovat ja sisältävät tietoja projektista, materiaaliuutteloista ja toimikulusta. Näin voi seurata prosessin etenemistä ja varmistaa sen kriteerienmukaisuutta.

Seuraava merkittävä standardissa oleva vaatimus koskee projektitoiminnan suunnittelemista. Pykälän 8.3.2 mukaan suunnittelun ja kehittämisen vaiheita ja ohjausta määriteltessään organisaation on otettava huomioon mm. seuraavat kohdat (ISO 9001:2015, 22):

- Suunnittelu- ja kehittämisprosessin liittyvät vastuut ja valtuudet
- Tarve hallita suunnittelu- ja kehittämisprosessiin osallistuvien henkilöiden välisiä rajapintoja
- Tarve ottaa asiakkaat ja käyttäjät mukaan suunnittelu- ja kehittämisprosessiin

PDM-järjestelmät tarjoavat yrityksille mahdollisuuksia määrittää vastuita ja valtuuksia eri suunnittelu- ja kehittämisprosessin vaiheissa. Pääsvalvonnan mekanismien ansiosta PDM-järjestelmät varmistavat, että vain luvan omistavat henkilöt voivat tehdä muutoksia ja/tai hyväksyä muokattuja tiedostoja. Tehokas automatisoitu tiedonhallinta luo keskitetyn toimitilan, jossa voi hallita kaikki projektiin kuuluvat tiedot, asiakirjat, piirustukset, materiaaliluettelot ja vaatimukset. Näin PDM-järjestelmät auttavat ohjaamaan rajapintoja suunnittelu- ja kehittämisprosessiin osallistuvien henkilöiden välissä helpottamalla yhteistyötä ja kommunikointia. Työntekijöillä on pääsy ajankohtaisiin tietoihin, he voivat seurata muutoksia ja vuorovaikuttaa tehokkaasti virheiden ja poikkeamien syntymisen riskiä vähentäen. Sen lisäksi PDM-järjestelmiä käyttämällä yritykset voivat osallistaa asiakkaita suunnittelu- ja kehittämisprosessiin. Tietoturvan periaatteita noudattaen voidaan varmistaa turvallista pääsyä tietoihin, jonka kautta asiakkaat ja käyttäjät voivat tehdä palautteita, valvoa asiakirjojen luomista ja muokkaamista. Kaikki palautteet ja huomautukset tallennetaan PDM-järjestelmään asiakkaiden toiveiden seuraamiseksi.

ISO 9001 standardin pykälä 8.3.6 osoittaa suunnittelun ja kehittämisen muutoksia koskevat vaatimukset. Sen mukaan organisaation on yksilöitävä, katselmoitava ja hallittava tuotteiden ja palveluiden muutoksia, että voidaan varmistaa, etteivät ne vaikuta haitallisesti vaatimuksenmukaisuuteen. Sitä varten organisaation on säilytettävä dokumentoitua tietoa (ISO 9001:2015, 23):

- Suunnittelun ja kehittämisen muutoksista

- Katselmointien tuloksista
- Muutosten valtuuksista
- Toimenpiteistä, joilla haitalliset vaikutukset on pyritty estämään.

PDM-järjestelmät muodostavat tietokannan, jossa kaikki kehittämiseen kuuluvat tiedot säilytetään. Kaikki näiden tietojen muutokset dokumentoidaan automaattisesti, jonka lisäksi tallennetaan tiedot muutoksien syistä, tekijästä ja ajasta. Näiden toimenpiteiden ansiosta yrityksellä on mahdollisuus seurata tuotteiden kehittämistä. Katselmointi on myös tehostettu PDM-järjestelmillä, sillä ne tarjoavat työkaluja yhteistoimintaan, huomautuksien merkittämiseen ja kommentoimiseen. Näiden prosessien automaattisoidun dokumentoinnin ansiosta voi seurata katselmointiin liittyvien toimenpiteiden tilaa. Myös PDM-järjestelmät auttavat tehokkaasti osoittamaan valtuuksien valvonnantarvetta, sillä siihen liittyvät tiedot säilyttävät tiedonhallinnan tietokannassa, mikä tarjoaa selkeät seurannamahdollisuuksia auditoinnille. Koska tiedonhallinnan järjestelmässä tiedot ja asiakirjat ovat sidottu toisiinsa, se auttaa arvioimaan muutoksien seurauksia ja näiden muutoksien tarkoituksenmukaisuutta. Näin voi väistää muutoksien haitallisia vaikutuksia projektiin.

Standardin pykälä 8.5.1 koskee tuotannon ja palveluiden ohjausta. Siitä huolimatta, että PDM-järjestelmiä käytetään valtaosin tuotteen kehitysvaiheessa, siinä kerätyt tiedot voivat olla erittäin hyödyllisiä seuraavissa vaiheissa, kun tuotteita tuotetaan ja kunnossapidetään. Standardi vaatii, että organisaation on toteutettava tuotantoa hallitussa olosuhteissa. Tämä tarkoittaa mm., että näiden päämäärien saavuttamiseksi tarvittavien tietojen saatavuus on varmistettava. Sen lisäksi vaaditaan, että prosessien hallinnan kriteerit sekä tuotteiden hyväksymiskriteerit täytetään, jota varten prosessien seuranta ja mittaus toteutetaan. Loppujen lopuksi inhimillisiä virheitä estävien toimenpiteiden toteuttaminen on vaadittu. (ISO 9001:2015, 25.)

PDM-järjestelmät periaatteisesti tarjoavat mukavaa ja kontrolloitua pääsyä ajankohtaisiin tietoihin tuotteiden ominaisuuksista, materiaaliluetteloista, ja kunnossapidosta. Tämä tietojen saatavuus auttaa kaikkia osallistuvia puolia saamaan tarvittavia tietoja tarpeen mukaan. Lisäksi tuotetiedonhallinta helpottaa prosessien seuranta ja mittaus laadunhallinnan järjestelmiin integroituna. Raportit ja yhteenvedot voi tehdä automaattisesti PDM-järjestelmillä, mikä mahdollistaa jatkuvaa kehitys- ja tuotantoprosessin valvontaa. Ilman muuta PDM-järjestelmien

käyttö auttaa suojelemaan projektin tietoja inhimillisten virheiden aiheuttamista vaurioista, sillä korkea automatisoinnin aste vaikuttaa aina myönteisesti tähän aspektiin.

2.7.2 ISO 14001 ja PDM-järjestelmät

ISO 14001 standardi ”Ympäristöjärjestelmät. Vaatimukset ja niiden soveltamisohjeita” on toinen tässä opinnäytetyössä käsitelty ISO-asiakirja. Se ei ole niin PDM-järjestelmiin liittyvä, kuin ISO 9001, mutta silti sitä otetaan huomioon tässä kontekstissa, sillä tällä standardilla on lähes sama rakenne ja se perustuu samaan toimiperiaatteeseen, nimittäin ”suunnittelu, toteutus, arviointi ja toiminta” -lähestymistapa. Sen lisäksi tämäkin standardi sisältää muutama vaatimusta, joiden täyttämistä voidaan helpottaa järkevällä tuotetietojen käsittelemisellä.

ISO 14001 on kansainvälisesti tunnustettu standardi ympäristöjärjestelmistä, niiden toteuttamista ja hallinnasta. Se muodostaa kehyksen, jota organisaatio voi seurata ympäristöalaa toiminnan perustamiseksi, toteuttamiseksi, ylläpitämiseksi ja parantamiseksi. Tätä organisaatio voi saavuttaa ympäristöjärjestelmän käyttöön ottamalla. Sen kautta organisaation ympäristöpolitiikan muodostetaan, ympäristöpäämääriä määritetään ja saavutetaan. Standardi tarjoaa organisaatioille järjestelmällistä lähestymistapaa ympäristövastuutaan hallitsemaan, ympäristövaikutusta vähentämään ja kestäviä käytäntöjä toteuttamaan.

Samoin, kuin ISO 9001 -standardi ISO 14001 käyttää käsitettä ”dokumentoidut tiedot”. Sillä PDM-järjestelmät ovat usein integroidut ERP:hen ja sen kaltaisiin järjestelmiin, monissa tapauksissa myös tuotetiedonhallinta osallistuu standardissa kuvailtuihin prosesseihin. Pykälän 7.5.2 mukaan organisaation on dokumentoitua tietoa luodessaan ja päivittäessään varmistettava sen asianmukainen yksilöinti ja tunnistus, tallennusmuoto ja tallennusväline, sekä soveltuvuuden ja tarkoituksenmukaisuuden tarkistaminen ja hyväksyminen. (ISO 14001:2015, 19.) Samalla pykälä 9.2 sisältää vaatimuksia sisäisen auditoinnin kannalta (ISO 14001:2015, 22). PDM-järjestelmät voivat auttaa viettämään tarkastusprosesseja, sillä se sisältää järjestetyt tiedot, jotka heijastavat kaikkien tietomuutosten historiaa.

Tiedot tuotteista, erityisesti materiaaliluettelot, voivat olla erittäin hyödyllisiä ympäristövaikutusta arvioimaan ja siihen liittyviä toimenpiteitä suorittamaan. Tuotteiden elinkaarin seuranta ja hallinta on yksi merkittävimmistä standardin aiheista. Pykälä 8.1 sisältää vaatimuksen, että

elinkaarinäkökulman mukaisesti organisaation on tarkasteltava tarvetta, tarjoaa tietoa mahdollisista merkittävistä ympäristövaikutuksista, jotka liittyvät sen tuotteiden tai palveluiden kuljetukseen tai toimitukseen, käyttöön, loppukäsittelyyn ja loppusijoitukseen (ISO 14001:2015, 20). PDM-järjestelmien avulla voidaan helpottaa asiakirjojen käsittelemistä ja kommunikointia, mikä mahdollistaa ajankohtaisten tietojen saamista, dokumentoinnista ja käyttämistä myös ympäristöjärjestelmän näkökulmasta. Hyvä esimerkki on tiedot tuotteiden ja niiden rakenneosien ympäristötodistukset ja vastaavuus normeihin ja vaatimuksiin.

3 Kohdeyritys

Kohdeyrityksena on innovaation ja kestävän kehityksen eturintamalla oleva cleantech-sektorin yhtiö. Se tarjoaa asiakkaille avaimet käteen -ratkaisuja ja integroi tuoreimpia teknologioita biokaasulaitoksien suunnitteluun ja hallintaan. Yritys sitoutuu kannattavuuteen ja kestävytyteen ja se toimii suunnittelu-, hankinta- ja rakennusurakoitsijana (EPC), joka valvoo sen suunnittelemaa tuotteita alkusuunnittelusta ylläpitoon ja käyttöön saakka.

Kohdeyritys toimii kotimaansa lisäksi myös Pohjois-Euroopassa, nimittäin Norjassa ja Baltian maissa. Yhtiö on sitoutunut laajentamaan toimintaansa ja vaikutustaan nykyisellä alueella ja sen ulkopuolella. Yrityksen missio, visio ja arvot toimivat johtavina periaatteina, jotka ohjaavat sen pyrkimystä tulla Pohjois-Euroopan johtavaksi biometaaniratkaisujen kehittäjäksi ja maailmanlaajuisesti arvostetuksi organisaatioksi ja työnantajaksi biokaasuteollisuudessa.

Tulevaisuuteen katsoen yhtiö pitää uusiutuvaa energiaa sähköenergian tuotannon kulmakivenä maailmanlaajuisesti. Energiatuotannon menetelmiä monipuolistamalla ja kestävyttä priorisoimalla yritys pyrkii vauhdittamaan kestävän talouden kasvua ja aikaansaada menestystä asiakkailleen, päästöjen vähentäen ja ilmastonmuutoksen estäen. Yrityksen strategian keskiajatuksena on sitoutuminen yhteistoimintaan, yhteiskuntavastuuseen ja jatkuvaan kehitykseen. Kohdeyritys panostaa laadukkaaseen toimintaan ja korostaa asiakasarvoa, teknologista huippuosaamista, sekä kattavia huolto- ja käyttöpalveluita.

4 Tutkimusmenetelmät

Tämän opinnäytetyön kuluessa on mahdollisuus käytännöllisesti tutkia kohdeyrityksen toimintaa PDM-järjestelmän käytön näkökulmasta. Tavoitteena on ymmärtää, miten näihin järjestelmiin liittyvien työkalujen käyttö edistää kohdeyrityksen toimintaa sen tehokkuuden ja kestävyuden kannalta. Esikatsellaan tutkimusmenetelmiä, joita voidaan käyttää tutkimuksen aiheen mukaan.

4.1 Havainnointi

Havainnointi on olennainen menetelmä yrityksen toimintaa tutkimaan. Se antaa suoraa ja välitöntä tietoa organisaation aktiivisuudesta ja mahdollistaa havaita toiminnan ilmiötä luonnollisessa ympäristössään. Havainnointia voidaan toteuttaa sekä itsenäisesti että muiden tutkimusmenetelmien kanssa. Usein havainnointi suoritetaan haastattelujen tai kyselyjen lisäksi. Sitä sovelletaan yleensä laadullisiin tutkimuksiin ja tilanteisiin, jotka muuttuvat nopeasti tai joiden muutoksia on vaikeaa ennakoida. Havainnointi lajitellaan osallistuvaan ja ei-osallistuvaan havainnointiin. Osallistuva lähestymistapa edellyttää tutkijan välitöntä osallistumista tutkittaviin prosesseihin tai ilmiöihin, kun ei-osallistuvassa tutkimuksessa tutkija on pelkästään havainnoija. Toinen tämän menetelmän luokittelu kuuluu sen tekniikkaan, eli havainnointi voi olla strukturoitua tai ei-strukturoitua. Strukturoitu havainnointi edellyttää, että tutkimusongelma on jäsenneilty ennen varsinaista havainnointia. Tässä tapauksessa tutkittavasta ilmiöstä on oltava jo ennestään riittävää tietoa, että voidaan järjestää havainnointia huolellisesti. Strukturoimatonta havainnointia sovelletaan, kun tavoitteena on saada mahdollisimman paljon monipuolista ennakkotietoa asiasta. Havainnointi tapahtuu näin ennakko-oletuksien perusteella, jotka koskevat ilmiötä ja sen käyttäytymistä. (Havainnointi n.d.)

Tutkijan on ymmärrettävä, kuinka edustava hänen havaitsemansa asia on, mitä varten vakava teoriapohja on valmistettava. Myös tämän menetelmän tutkimuksessa käyttäen tutkijan pitää aina muistaa toimintojensa mahdollisesta vaikutuksesta tutkittuun asiaan. Tämän vaikutuksen asti riippuu menetelmän yllä mainituista lähestymistavoista ja tekniikasta. (Havainnointi n.d.)

4.2 Kysely

Havainnoinnin lisäksi on järkevää suorittaa haastattelusarjan tai kyselyä. Kohdistetaan toiseen vaihtoehtoon, eli kyselyyn. Tällä menetelmällä tutkija voi tutustua toisiin näkökulmiin tutkimusaiheen kannalta ja lisätä monipuolisuutta kerättyyn aineistoon. Hyvän kyselyn laatiminen edellyttää sekä tarkasti hoidettua sisältöä että eettisten näkökohtien huomioon ottamista. On myös huolehdittavaa, että kyselylomake herättäisi luottamusta ja halua vastata. Siihen vaikuttavat muutama tekijää, kuten lomakkeen laajuus ja ulkoasu, sen kokonaisrakenne, sisällön loogisuus jne. (Kyselylomakkeen laatiminen n.d.).)

Lomakkeen laajuus on oltava kohtuullinen, jotta keskimääräinen vastausaika ei ylittäisi 15-20 minuuttia. Tutkimuksessa on tärkeää laatia kysymyksiä kattavasti, mutta samalla yksinkertaisesti ja selkeästi. Vastailta on oltava mahdollisuus ymmärtää kysymyksiä oikein, jotta he voisivat vastata asianmukaisesti. Kysymysten laajuus on oltava kohtuullinen. Henkilökohtaisten tietojen suojeleminen on otettava huomioon. Sellaisista tiedoista ei tule kysyä ilman selkeää tarvetta. (Kyselylomakkeen laatiminen n.d.).)

Kyselyitä lajitellaan avoimiksi ja strukturoiduiksi. Avoin kysely edellyttää vastaajalta tekstiä vastauksena, kun strukturoitu kysely yleensä vaatii vastauksen vaihtoehdon valintaa. Avoimet kyselyt tulee tehdä vain, jos vastaajien joukko vastaa yleensä laajasti tai jos sellainen kysely tapa on sovittu etukäteen. Avoimet kyselyt tehdään usein tutkimuksen alkuvaiheessa tutkimusaiheen kartoitukseen, jonka jälkeen, keskivaiheessa strukturoitu kysely suoritetaan. (Kyselylomakkeen laatiminen n.d.).)

4.3 Tiedonkeruun menetelmien soveltaminen

Opinnäytetyön toiminnallinen osa sisältää välitöntä vuorovaikutusta kohdeyrityksen PDM-järjestelmän kanssa. Se tarjoaa mahdollisuuden perehtyä sen toimintaan ihan tiivistä. Sen takia havainnointi valittiin yhdeksi sopivista tutkimusmenetelmistä. Toisena sen täydentävänä menetelmänä on kysely, jolla tehtyjä havaintoja laajennetaan kokeneiden työntekijöiden avulla. Näiden menetelmien soveltaminen perustetaan tutkimuskysymyksiin.

Havainnointi menetelmänä sopii tämän opinnäytetyön suorittamiseen mm. sen takia, että kyseessä on laadullinen tutkimus. Sillä on mahdollisuus tutkia kohdeyrityksen PDM-järjestelmän toiminnan välittömästi ja käytännöllisesti, osallistuva havainnointi suoritetaan. Tämän tutkimuksen etuna on se, että tuskin voi vaikuttaa tutkittavan järjestelmän toimintaan tuloksia ja johtopäätöksiä vaurioittaen, ainakin havainnoinnin puolella. Tekniikan näkökulmasta havainnointi on suoritettava strukturoituna, sillä on jo kerätty valtava teoreettinen tausta ja tutkimuksen kohdeilmiöt ovat selkeät ja johtuvat tutkimuskysymyksistä.

On kuitenkin mahdollisuus, että pelkästään havainnoinnilla ei saada riittävä ymmärrys ja tiedot aiheesta. Sen takia havainnoinnin lisäksi kysely suoritetaan. Tavoitteena on saada lisätietoja PDM-järjestelmän käytön eduista eri näkökulmista ja täyttää sen toiminnan kokonaiskuvan yrityksen tehokkuuden ja kestävyuden kannalta. Onneksi tällaisen kyselyn järjestämiseksi ei tarvitse saada vastaajilta henkilökohtaisia tietoja, sillä tutkimuksen kohde ei riippuu paljon niistä. Se vaikuttaa myönteisesti tämän kyselyn luotettavuuteen. Kyselyn rakenne on pääosin oltava strukturoitu ja vastaajille annetaan mahdollisuus jättää kommentteja vapaasti halutessaan. Tämä lähestymistapa johtuu siitä, että tutkimus ei enää ole alkuvaiheessa ja ei ole tarvetta tehdä tutkimusaiheen kartoitusta.

Kysely sisältää seuraavat kohdat:

- Kuinka monen vuoden kokemus sinulla on PDM-järjestelmien parissa?
- Kuinka PDM helpottaa kommunikaatiota ja yhteistyötä kumppaneiden kanssa?
- Kuinka PDM helpottaa kommunikaatiota ja yhteistyötä työkaverien kanssa?
- Kuinka PDM auttaa seuraamaan ja täyttämään standardien ja säädösten vaatimuksia?
- Onko sinulla ollut haasteita, jotka liittyvät PDM-järjestelmien käyttöön? Millaisia haasteita?
- Tapahtuuko usein näin, että PDM-järjestelmässä oleva tarvittava elementti on varattu toiselle työntekijälle?
- Arvioi järjestelmän elementtien etsimisen tehokkuutta.
- Mitä parannuksia tai lisäominaisuuksia haluaisit nähdä PDM-järjestelmässä parantaaksesi entisestään sen tehokkuutta ja viestintäominaisuuksia?

- Kuinka PDM-järjestelmäsi on auttanut tunnistamaan energiatehokkuutta parantavia alueita?
- Kuinka hyödyllistä PDM voi olla tuotteiden elinkaaren arvioinnissa?
- PDM-järjestelmää yleensä käytetään tuotteen kehittämisvaiheessa. Oliko sinulla tarve tai mahdollisuus käyttää tässä vaiheessa syntyviä PDM-tietoja tuotteen elinkaaren muissa vaiheissa, kuten tuotannossa, käyttöaikana tai purkamisvaiheessa?
- Kuinka PDM:n käyttö vaikuttaa rahan ja resurssien säästöön tuotteiden suunnittelussa ja jatkokäytössä?
- Arvioi PDM:n integroinnin astetta muihin työkaluihin.
- Käytätkö materiaaliluetteloja ja jos käytät, miten?
- Kuinka PDM auttaa sinua arvioimaan käytettyjen materiaalien ympäristöystävällisyyttä tai haitallisuutta?
- Missä määrin PDM-järjestelmäsi mahdollistaa tehokkaan materiaalien jäljitettävyyden?
- Miten arvioit PDM:n vaikutusta seuraaviin näkökohtiin:
 - Yhteistoiminnassa syntyvien törmäyksien ja ristiriitojen ehkäiseminen
 - Versionhallinta
 - Yleinen työtahti
 - Hylkäämisprosentti
 - Tietojen elementteistä etsiminen
 - Tietojen organisoinnin mukavuus
 - Tietosuoja vaurioilta
 - Tietojen suojaus luvattomalta käytöltä
 - Vuorovaikutuksen tehokkuus kumppaneiden kanssa
 - Tehokas vuorovaikutus työkaverien kanssa

Kysely vietettiin Webropol-järjestelmän avulla. Se on verkkopalvelu, jolla voidaan järjestää etäkyselyitä, kerätä vastauksia ja muodostaa raportteja. Osallistujat voivat päästä kyselylomakkeen eri tavoin. Tässä tapauksessa linkki jaettiin kohdeyrityksessä työskenteleville

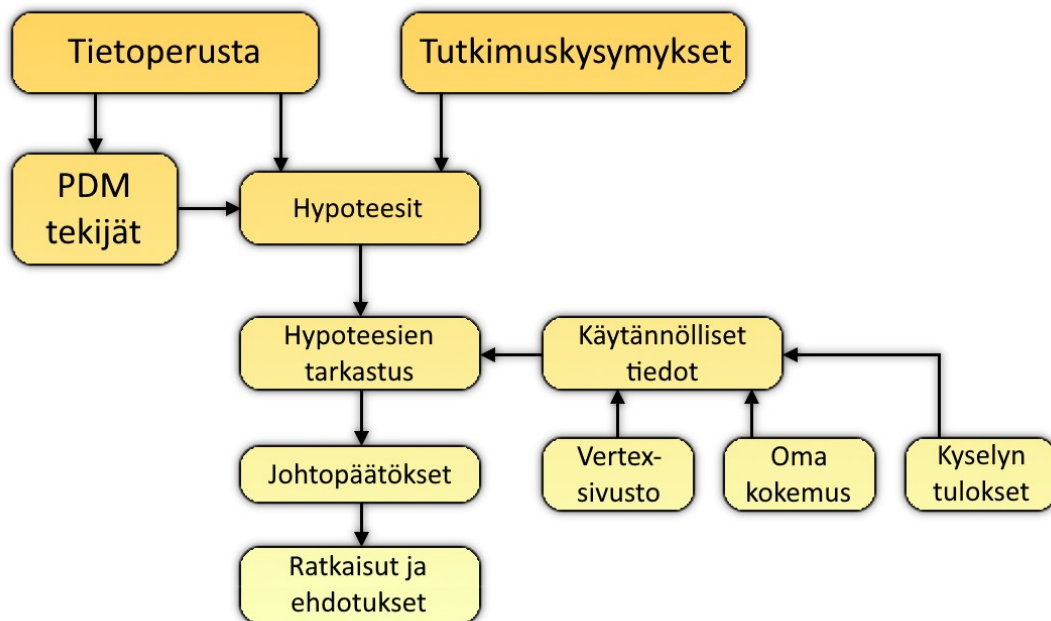
PDM-järjestelmän käyttäville asiantuntijoille. Kysely vietettiin ajalla 9.4.2024-15.4.2024. Yhdeksästä kutsutusta asiantuntijoista siihen osallistuivat kuusi henkilöä. Kyselyn tulokset esitetään liitteessä 1.

4.4 Tietojen analyysimenetelmä

Tietoperustan pohjalta paljastetaan tekijät, joilla PDM-järjestelmät voivat vaikuttaa tutkimuskysymyksissä mainittuihin ilmiöihin, eli kestävään kehitykseen yleisesti, yrityksen kilpailukykyyn, liiketoiminnan tehokkuuteen ja kestävyyskriteerien seuraamiseen. Sitten hypoteesien muodostaminen tapahtuu. Kerättyjen tietojen käsittelemiseksi analyysipohjan matriisi luodaan. Matriisin sarakkeiden nimityksinä ovat tutkimuskysymykset ja rivien nimityksinä ovat tiedonkeruusta saadut tekijät, jotka kuuluvat PDM-järjestelmän vaikutukseen tutkimuskysymysten asettamiin näkökohtiin. Näiden sarakkeiden ja rivien risteyksissä syntyvät pohjaajatukset analyysille tietoperustassa olevien materiaalien perusteella. Näin voidaan olettaa, miten teoreettisesti nämä tekijät voivat johtaa tutkimuskysymysten ratkaisuun, eli hypoteesit ehdotetaan. Esimerkiksi, otetaan tutkimuskysymys ”Kuinka PDM-järjestelmät voivat auttaa kehittämään tehokasta liiketoimintaa?” ja tekijänä – ”Vuorovaikutuksen tehokkuus kumppaneiden kanssa”. Syntyvänä pohjaajatuksena tässä tapauksessa voi olla se, että tietoperustan mukaan PDM-järjestelmät tehostavat vuorovaikutusta ja yhteistoimintaa projektissa. Oikea-aikainen tietojen välittäminen estää viivästysten syntymistä, varmistaa yhdenmukaista tietokäsittelyyn lähestymistä ja sen ymmärrystä. Se johtaa yhtenäiseen toimikehään, jossa haasteiden ilmettyä saadaan ratkaisuja nopeasti ja kaikki osallistujat saavat tietoja tilanteen muuttamisesta heti, minkä ansiosta vain ajankohtaista tietopohjaa käytetään kaikissa prosesseissa.

Kun tällainen pohjaajatus on valmis, voidaan käyttää tietoja PDM-järjestelmien toiminnasta, joita kerätään käytännöllisesti kohdeyrityksessä käytössä olevasta PDM-ohjelmistosta ja arvioida, kuinka esimerkkinä yllä mainittu vaikutus toteutuu todellisuudessa. Tästä ohjelmasta olen keräänyt tietoja ainakin kolmesta eri lähteistä: PDM-järjestelmän kehittäjän sivustosta, omasta kokemuksesta, joka saadaan kohdeyrityksen tehtävän toteuttamalla ja kohdeyrityksen henkilökunnalle suoritetusta kyselystä. Näin ilmenee ymmärrys eri tekijöiden vaikutuksesta kestävään kehitykseen ja yrityksen liiketoimintaan. Lopulta tässä vaiheessa johtopäätökset

tehdään ja ratkaisuja ehdotetaan. Analyysipohjan matriisi esitetään liitteessä 2. Yllä kuvailtu tutkimuksen yleiskaavio esitetään kuviossa 9.



Kuvio 9. Tutkimuksen kulku

5 Kohdeyrityksessä käytössä oleva PDM-järjestelmä

Kohdeyrityksessä Vertex systems -ohjelmisto on käytössä. Näistä ohjelmista Vertex Flow on juuri tuotetiedonhallintaan kohdistunut ratkaisu. Vertex Flow mahdollistaa tuotteeseen liittyvien tietojen järjestelmällistä yhdistämistä lukuun ottaen 3D-malleja, piirustuksia, raportteja, osaluetteloita, nimikkeitä, tuoterakenteita, käyttöohjeita sekä myynti- ja markkinointidokumenteja tuotteen koko elinkaaren ajan. Flow:n avulla muutosten hallinta tapahtuukin. Sen käyttö auttaa välttämään saman työn toistuvaa tekemistä, koska järjestelmä säilyttää jokaisen nimikkeen eri versiot, joita voidaan käyttää kehittämistyön vauhdittamaksi. Virheiden määrän vähentäminen ja rahojen säästäminen myös mainitaan Flow:n kuvauksessa, mitä saavutetaan tehokkaalla versioiden hallinnalla, koska näin tuotantoon ei välitä vanhentunutta tietoa, mikä usein aiheuttaa tuotteiden hylkäämistä ja siten lisäkustannuksia. (Poista päällekkäinen ja turha työ.)

On huomioitava, että Vertex määrittelee Flow:iä PLM-järjestelmänä suorasti ja epäsuorasti, kun ”tuotteen koko elinkaari” mainitaan. Samalla kuitenkin samasta lähteestä voi nähdä, että Flow:iä kutsutaan ”tuotetiedonhallintajärjestelmäksi”, mikä vastaa paremmin PDM -käsitettä. (Poista päällekkäinen ja turha työ.) Tätä voidaan selittää näin, että PDM on olennaisesti PLM-prosessin osa ja kuten jo mainittiin aiemmin PDM-järjestelmän luomat tiedot ovat aina hyödylliset seuraavissa tuotteen elinkaaren vaiheissa. Samalla Vertexin sivustosta (Tuotesuunnittelu n.d.) voi nähdä, että Vertex Flow on hyvin käytettävissä ihan eri tuotteen elinkaaren vaiheissa, kuten suunnittelu, tuotanto, jälkimarkkinointi, myynti, osto, asennus jne.

6 PDM-järjestelmien tekijöiden vaikutus kestävyteen

Tässä kappaleessa käsitellään eri PDM-järjestelmien tekijät, katsellaan, miten ne voivat vaikuttaa tutkimuskysymyksillä nostettuihin ilmiöihin ja kuinka tämä vaikutus toteutuu käytännössä.

6.1 Yhteistoiminnassa syntyvien törmäyksien ja ristiriitojen ehkäiseminen

Mitä vähemmän on ristiriitoja, sitä nopeampi suunnitteluprosessi on. Se auttaa viemään tuotteita nopeammin markkinoille. Kestävän kehityksen taloudellisen näkökohdan kannalta se vaikuttaa myönteisesti. Myös rahaa säästetään, sillä on vähemmän tarvetta käsitellä tietoja uudelleen virheitä korjaamaan. Mitä laajemmin PDM-järjestelmät otetaan käyttöön, sitä ilmiselvempi on se, että ilman näiden järjestelmien käyttöä tuskin on mahdollista varmistaa yrityksen vakavaa asemaa markkinoilla. Lyhyempi ajanjakso suunnittelun valmistamisen ja tuotteen käyttöönoton välillä on yksi kestävä kehityksen teknisen näkökohdan tekijöistä.

Vertex systems -sivuston (Poista päällekkäinen ja turha työ n.d.) mukaan kun samaa työtä tehdään toistuvasti, on hyvä mahdollisuus käyttää sitä toistuvien prosessien automatisoimiseen. Näin alennetaan ristiriitojen ja virheiden määrä. Uusien asiakirjojen luominen ja olemassa olevien muokkaaminen sujuu paremmin ja vuorovaikutus alihankkijoiden kanssa helpottuu.

Kyselyn tulokset näyttävät, että PDM-järjestelmän rooli törmäyksien ja ristiriitojen ehkäisemisessä on aika suuri. Sen keskiarvo asteikolla 1-5 on 4,2. Vastaajat huomaavat kuitenkin, että tietojen massakopiointi ja siirtäminen ilman dokumenttien linkityksien katkeamista tulisi olla helpompaa. Sama asia koskee uuden projektin luomista, kun uusi projekti perustuu olemassa olevaan

projektiin. Projektitietojen siirtäminen uuteen projektiin, jossa käytetään vastaavanlaisia ratkaisuja, on erittäin hankala. Tätä vahvistaa käytännöllinen tutustuminen Vertex Flow -ohjelmaan. Sen hierarkkisessa rakennelmassa oleviin elementteihin (esimerkiksi laitteisiin) liitetään niihin liittyviä asiakirjoja, kuten käyttöohjeet, sertifikaatit, piirustukset jne. Sellaisen elementin kopioidessa kaikki linkit asiakirjoihin katkeavat ja kaikki asiakirjat liitetään kopioituun elementtiin uudelleen käsin.

6.2 Versioiden hallinnan tehostaminen

Tietoperustan valmistaessa on huomattu, että PDM-järjestelmät joskus kutsutaan revisiohallinnan järjestelmiksi, mikä osoittaa, kuinka olennainen tämä toiminto on tuotetiedonhallinnassa. Tehokas versioiden hallinta sujuvoittaa suunnittelutoimintaa, jonka ansiosta itse tämä toiminta kuluttaa vähemmän taloudellisia ja sosiaalisia resursseja. Projektin kehityshistorian seuranta mahdollistaa optimaalisten kehityslähestymistapojen löytämistä. Näin voidaan löytää usein tapahtuvia virheitä ja haasteita ja pyrkiä estämään niiden syntymistä tulevaisuudessa. Tämä on vaikuttava kilpailukyvyyn tekijä. Järkevän ja tehokkaan versioiden hallinnan ansiosta käytössä aina ovat tuoreimmat tietojen versiot. Se johtaa eri osastojen yhteistoiminnan sujuvoittamiseen, sillä aina on tarkka ymmärrys, mikä revisio käsitellään. Näin vähemmän ristiriitoja ilmestyy, mikä puolestaan johtaa yllä mainittuihin etuihin liiketoiminnan kannalta.

Modernit revisioiden hallinnan teknologiat mahdollistavat tietojen eri versioista tehokkaan tallentamisen niin, ettei tarvitse säilyä kaikki versiot kokonaisuudessaan, vaan pelkästään muutostiedot säilytetään (TMS CADCentre 2020). Sen ansiosta ei tarvitse käyttää valtavia tietovarastoja ja voidaan rajoittaa tietokäsittelylaitteiston kulumisen, mikä vähentää sen haitallista vaikutusta ympäristöön ja pidentää sen toimikauden. Kuten kappaleessa 2.6 mainittiin, alle puolen elektronisista jätteistä kierrätetään EU:ssa, jonka takia ympäristöllisen ja teknisen näkökohdan mukaan PDM-järjestelmien käyttö saa kestävyyttä aikaan.

Samoin kuin jokainen tuotetiedonhallinnan järjestelmä Vertex Flow mahdollistaa revisioiden seuranta. Sillä Flow toimii integroituna muihin ohjelmistoihin, tämä versioiden hallinta tulee havainnollisemmaksi. Esimerkiksi, eri piirustuksien ja mallien versioita voidaan vertailla ja ymmärtää ihan nopeasti muutoksia havainnollistamalla. Se toteutetaan muilla ohjelmistolla, kuten Vertex 4G. Edellytyksenä kuitenkin on, että vanha revisio on tallennettu Vertex-arkistoon tai Flow-

arkistoon. Eri väreillä näytetyt eri versioiden piirustuksen osat antavat selkeän kuvan muutoksista. (Vertaa revisioon n.d.)

Kysely on osoittanut, että käytössä oleva PDM-järjestelmä on työntekijöiden mielestään erittäin hyödyllinen versioiden hallinnan kannalta. Kaikeista tuotetiedonhallinnan tehokkuuden arviointikriteereistä versioiden hallinnan tehostaminen sai korkeimman keskiarvon 4,7 asteikolla 1-5. Tämä välitulos on kuitenkin hyvin odotettava, sillä kyseessä on PDM-järjestelmien perustoiminto.

6.3 Työvauhdin sujuvoittaminen

Järkevä tuotetiedonhallinta sujuvoittaa sekä suunnittelutyöt että seuraavat tuotantovaiheissa olevat toiminnot. Usein se tapahtuu resurssien ja raaka-aineiden ylikulutuksen ehkäisemisen ansiosta. Näin kestävä kehitys on varmistettava ja vahvistettava työvauhdin puolelta. Sujuvoittaneet toimintaprosessit varmasti johtavat yrityksen kilpailukyvyyn vahvistamiseen. Suunnitteluprosessien vauhdittaminen modernien tiedonhallintamenetelmien avulla lisää töiden tuottavuutta, mikä myönteisesti vaikuttaa sekä yleiseen yrityksen toiminnan tehokkuuteen että työntekijöiden tyytyväisyyteen lisääntyneen työmukavuuden takia. Lisäksi tuotetietojen integrointi eri järjestelmiin auttaa väistämään lisätyökuormaa tietojen muutos- tai uudistamistapauksessa. Kun tietoja muunnellaan PDM-järjestelmässä, se aiheuttaa automaattisia vastaavia muutoksia muissa ohjelmistoissa, kuten ERP, PLM jne. Näin integroiminen tehostaa yrityksen liiketoimintaa. Sujuvoittaneet suunnittelu- ja tuotantoprosessit johtavat nopeampaan yhteiskunnan tarpeiden tyydyttämiseen. Kestävän kehityksen sosiaalisen kriteerin näkökulmasta se on juuri tämä väylä, jolla voidaan vaikuttaa kestävyYTEEN. On kuitenkin tärkeää huolehtia siitä, että prosessien sujuvoittaminen ei saavuteta muiden kestävyyskriteerien kustannuksella.

Ristiriitojen syntymisen ehkäisemiseksi sovelletaan lähestymistapoja, joilla tietojen yhteiskäsittely rajoitetaan. Vertex Flow soveltaa ilmeisesti pessimististä tietokäsittelymenetelmää, eli jokaista nimikettä voi käsitellä vain yksi käyttäjä samanaikaisesti. Niitä varataan tietylle käyttäjälle kunnes hän palauttaa uudistetun nimikkeen version tietokantaan. Tämä hidastaa yhteistyötä, mutta varmistaa virheetöntä versioiden hallintaa. Kyselyn tulokset osoittavat, että työn hidastava tilanne, jossa käyttäjä joutuu odottamaan nimikkeen palauttamista, tapahtuu suhteellisesti harvoin. Tällaisen tilanteen mahdollisuuden vastaajat ovat arvioineet keskiarvolla 2,5 asteikolla 1-10, kun

minimiarvo on 2 ja maksimiarvo on 4. Keskihajonta on vain 0,8. Se näyttää yksimielisyyttä ja vastauksien luotettavuutta. Flow-järjestelmän integrointiaste muihin työkaluihin on arvioitu keskiarvolla 6,4 asteikolla 1-10. Vastaajat osoittavat, että PDM-järjestelmä nopeuttaa yleistä työvauhtia, mutta tämä työprosessien vauhdittaminen ei ole erittäin vaikuttava ja se on arvioitu keskiarvolla 3,7 asteikolla 1-5. Sen lisäksi yksi vastaajista on kertonut, että Flow-järjestelmän käyttö luo byrokratiaa ja vie aikaa käyttäjä, mutta samalla isossa kuvassa systemaattinen järjestelmän käyttö edistää toimintaa.

6.4 Tuotteen hylkäysprosentti laatuaurion takia

Tuotteen hylkääminen aiheuttaa aina resurssien ja materiaalien tuhlaamista. Edes jos materiaaleja voidaan kierrätää, joka tapauksessa myös kierrätykseen liittyvät prosessit johtavat lisäkustannuksiin ja hiilijalanjäljen kasvamiseen. Asiakkaat ovat aina kiinnostuneita laadukkaista ja luotettavista tuotteista. Sillä asiakkaiden tyytyväisyys on jokaisen yrityksen menestystekijä, tuotteen hylkäämisistä alentaminen on ratkaiseva toiminta yrityksen kilpailukykyä vahvistamiseen. Tuotteen hylkäämistapauksessa kuormitus yritykselle syntyy, koska sellaisten tapauksien syitä aina tulee paljastaa sen ehkäisemiseksi tulevaisuudessa. Tuotteen laatuaurion estäminen suunnitteluvaiheessa voi auttaa väistämään näitä seurauksia. Kestävyyskriteerien kannalta tämä toiminta vaikuttaa eniten taloudelliseen ja ympäristölliseen näkökohtiin.

Kyselyn osallistujien mielestä PDM-järjestelmien vaikutus tähän tekijään on aika rajoitettu. Tämän vaikutuksen arvio on 3,5 asteikolla 5, eli vain vähän keskitasoa korkeampi. Flow-järjestelmään tutustuttua voidaan sanoa, että se voi teoreettisesti vaikuttaa myönteisesti tuotteiden laatuun, koska sitä todennäköisesti edistävät sen toiminnot, mutta valitettavasti käytössä ei ole riittäviä tietoja tämän oletuksen tarkistamiseksi.

6.5 Tietojen elementeistä etsiminen

Nopea pääsy tarvittaviin tietoihin on aina merkittävä etu, joka voi vahvistaa yrityksen kilpailukykyä. Edellytyksenä kuitenkin on, että etsiminen voidaan suorittaa eri ominaisuustietojen ja metadatojen perusteella, etsiminen palauttaa mahdollisimman relevantteja tuloksia ja löydetty tiedot kuuluisivat tuoreimpaan revisioon, jollei muuta tarvita. Tehokas tietojen etsiminen sekä mahdollistaa sisäisen toiminnan sujuvoittamista että edistää vuorovaikutusta

yhteistyökumppaneiden kanssa. Kommunikointi eri yrityksen osastojen välissä ja niiden yhteistoiminta tarvitsee luotettavaa tiedonvaihtoa. Työntekijöillä on oltava mahdollisuus yksiselitteisesti ja tarkasti määrittää käsitteleviä nimikkeitä. Ulkopuolisen yhteistoiminnan näkökulmasta nopea ja virheetön tiedonhaku luo perustan sujuvalle yhteistoiminnalle. Tämä kaikki yleensä vahvistaa liiketoiminnan tehokkuutta. Kestävyyssuhteiden kannalta tämä toiminta vaikuttaa eniten taloudelliseen ja tekniseen näkökohtiin, sillä työprosessien sujuvoittaminen alentaa tarvittavien yrityksen resurssien kulutusta ja sitä ei saavuteta laadun kustannuksella, vaan päinvastoin - virheettömämpi toiminta varmistaa tuotteiden laatua.

Vertex systems sivustossaan (Näkymät dokumentaatioon n.d.) toteaa, että Flow-järjestelmä tarjoaa tietojen asiankohtaista järjestelmistä, jota varten niin kutsuttuja näkymiä käytetään. Näkymät mahdollistavat saman projektin tietojen eri lajittelemista, jotta jokaiselle asiantuntijalle projektimateriaalien hierarkkinen rakennelma olisi mahdollisimman havainnollinen ja mukava. Näkymiä luo pääkäyttäjä eli järjestelmän ylläpitäjä. Niitä voidaan luoda ja asettaa yrityksen tarpeiden mukaan. Näin jos paikkakeskeinen näkymä tarvitaan, projektin elementtejä voidaan lajitella ryhmiin, kuten "valtio", "paikkakunta", "rakennus", "osasto", "konelinja" jne. Huoltoon liittyvä näkymä voi sisältää sellaiset tietolajit, kuten "sähköisyys", "ilmastointi", "viemärointi" jne. Tietoja voidaan myös luokitella organisaation liittyvällä näkymällä sellaisiin kansioihin, kuten "myynti", "suunnittelu", "jälkimerkkitointi" jne. Muut näkymät ovat myös käytettävissä.

Kaikki Flow-järjestelmään lisättävät nimikkeet tulee luokitella näiden nimikkeiden tarkoituksen tai niihin kuuluvien prosessien mukaan. Vastuullinen työtapo edellyttää tätä luokittelusta, mikä helpottaa huomattavasti nimikkeiden etsimistä tulevaisuudessa. Tutustumisen tähän järjestelmään on osoittanut, että järkevästi ja mahdollisimman täydellisesti kuviteltu nimike on helpompi löydettävissä. Flow tarjoaa eri etsimistapoja pikahausta tarkennettuun hakuun ja myös lisämahdollisuuksia, kuten haku nimikkeiden luokitteilla, objektiryhmillä, liityntöjen avulla ja nimikerakenteen perusteella (Objektien hakutoiminnot n.d.). On huomioitu kuitenkin, ettei ole mahdollista löytää järjestelmään lisätyn tiedoston juuri tiedoston nimellä. Järjestelmä tunnistaa tiedoston kaikilla tavoilla paitsi alkuperäistiedoston nimeä, vaikka tämä nimi on nähtävissä, kun tämä tiedosto löydetään.

Kyselyn osallistuilta pyydettiin arvioida tietokannan elementtien etsimisen tehokkuutta käytössä olevan PDM-järjestelmän avulla ja myös sitä, kuinka PDM-järjestelmän käyttö yleisesti helpottaa tarvittavien tietojen etsimistä tavallisiin keinoihin verrattuna. Flow-järjestelmän etsimistoiminnon tehokkuutta arvioitiin keskiarvolla 6,7 asteikolla 1-10. Sen yleinen vaikutus etsimisen tehokkuuteen arvioitiin keskiarvolla 4,0 asteikolla 1-5.

6.6 Tietosuoja vaurioilta ja luvattomalta käytöltä

Tuotetiedonhallintajärjestelmillä on haastava tehtävä samalla varmistaa sujuvaa pääsyä tarvittaviin tietoihin ja estää niiden luvaton käyttöä. Toinen turvallisuuteen liittyvä kohde on tietosuoja vaurioilta. Ensimmäisessä näkökohdassa luvattoman käytön estäminen on ilmiselvästi tärkeä kilpailukyvyyn vahvistamiseksi. Tietojen sijainti, pääsyvalvonta, muutoksien jäljitettävyyden luovat yhdessä perusteita luotettavalle tietohallinnalle. Toisessa näkökohdassa tietovaurioiden estäminen on välttämätön osa järjestelmällistä toimintaa. Vaurioituneet tiedot muodostavat selvän uhan toimintaprosessille kaikissa vaiheissa. Sen takia PDM-järjestelmästä odotetaan tietovauriovastaisia toimintoja. Tietojen säilytysmuoto, versioiden hallinta ja kopiointi ovat tämän haasteen ratkaisuna. Yhteistyö kumppaneiden kanssa myös vaatii virheettömien tietojen välittämistä. Kestävyyskriteerien kannalta tämä toiminta vaikuttaa eniten taloudelliseen, tekniseen ja jonkin verran sosiaaliseen näkökohtiin, sillä sekä vaurioitujen tietojen käyttö että luvaton pääsy niihin aiheuttavat viivästyksiä ja lisäkustannuksia itse vaurion ja sen seurauksien korjaamiseen, samoin kuin arkaluonteisten tietojen avaaminen.

Flow-järjestelmässä pääsyvalvonta ja oikeuksien määrittäminen toteutetaan käyttäjäryhmien avulla. Käyttäjällä on niin paljon oikeuksia järjestelmässä, kuinka on säädetty ryhmässä, johon käyttäjä kuuluu. Oikeuksia säädetään pelkästään ryhmien välityksellä. Käyttäjiä voidaan ryhmitellä turvallisuussyistä ja tavallista järjestelyä varten. Yksi pakollinen ryhmä on systeeminhoitoryhmä ja siihen kuuluvaa käyttäjää kutsutaan pääkäyttäjäksi. Hänellä on oikeudet järjestelmän ylläpitoon. Kaikki muut käyttäjät kuuluvat "Basic users" ryhmään, mikä on välttämätöntä järjestelmän täysipainoiseen käyttämiseen. Toinen käyttäjien luokittelutapa on lisenssityyppi, jota on kaksi: "Creator" ja "Viewer". Ensimmäinen tyyppi antaa mahdollisuuden perustaa uusia dokumentteja, projekteja, tuotteita jne, ja toinen sallii vain katsella, avata ja ladata niitä. Lisäksi lisenssi voi olla nimitetty tai kelluva. Nimitetty lisenssi kuuluu vain tietylle käyttäjälle ja kelluva lisenssi on käytettävissä eri käyttäjille, mutta vain yhdelle käyttäjälle yhtäjaksoisesti. (Käyttäjien hallinta n.d.)

Kyselyn tuloksena mm. on se, että viime sarjan kaikista kappaleista kaksi kysymystä turvallisuudesta saivat alhaisimmat arviot. PDM-järjestelmän vaikutus tietosuojaan vaurioilta arvioitiin keskiarvolla 3,0 ja sen vaikutus tietojen suojaukseen luvattomalta käytöltä arvioitiin keskiarvolla 3,2 asteikolla 1-5. Nämä ovat ainoa kaksi kysymystä, jota ainakin yksi vastaaja arvioi arvolla 2. Korkeimman arvion 5 ei kukaan ole laittanut näissä kappaleissa turvallisuudesta. Kirjautuminen Flow-järjestelmään tapahtuu käyttäjänimen ja salasanan kautta. Kaikki sen prosessit voidaan suorittaa tavallisella selaimella myös etänä.

6.7 Vuorovaikutuksen tehokkuus työkaverien ja kumppaneiden välillä

Virheetön tietovaihtelu yhteistyökumppaneiden kanssa on merkittävä tekijä yrityksen kilpailukyvyyn näkökulmasta. Yhteistyötä on helpompaa järjestää, kun toinen puoli tietää, että vuorovaikutus tapahtuu sujuvasti ja ei se vie liikaa resursseja molemmalta puolelta. Tämä johtaa siihen, että hyödylliset yhteistyökumppanit ottavat mieluummin yhteyttä yritykseen ja alkavat tuottavaa yhteistyötä. PDM-järjestelmät tehostavat vuorovaikutusta ja yhteistoimintaa projektissa. Oikea-aikainen tietojen välittäminen estää viivästysten syntymistä, varmistaa yhdenmukaista tietokäsittelyyn lähestymistä ja sen ymmärrystä. Se johtaa yhtenäiseen toimikehään, jossa haasteiden ilmettyä saadaan ratkaisuja nopeasti ja kaikki osallistujat saavat tietoja tilanteen muuttamisesta heti, minkä ansiosta vain ajankohtaista tietopohjaa käytetään kaikissa prosesseissa. Kestävyyssuhteiden kannalta tämä toiminta vaikuttaa melko tasaisesti taloudelliseen, tekniseen ja sosiaaliseen näkökohtiin.

Tämän tekijän vaikutuksen tarkistamiseksi voidaan käyttää vain kyselyn tuloksia, sillä se koskee juuri käytännöllisiä työn аспекteja. Vastaajien mielestä PDM-järjestelmien käyttö vaikuttaa melko myönteisesti kommunikaatioon ja yhteistyöhön kumppaneiden ja työkaverien kanssa. Kommunikaation parantaminen kumppaneiden kanssa arvioitiin keskiarvolla 7,8 asteikolla 1-10 ja työkaverien tapauksessa – keskiarvolla 7,5 samalla asteikolla.

6.8 Standardien ja säädösten vaatimuksien noudattaminen

Viime vuosina ilmestyy paljon kestävyysliittymiä standardeja ja säädöksiä, joiden soveltaminen ja noudattaminen voi olla tarkempi, kun näitä prosesseja automatisoidaan. PDM-järjestelmä teoreettisesti voisi tarkistaa tuotteiden ja niiden rakenneosien parametrien rajoitusmukaisuutta,

joka johtuu standardeista. Virheen tapauksessa käyttäjä voisi saada tiedotuksen siitä ja heti korjata asiaa. Yrityksen toiminnan standardimukaisuus on vaikuttava kilpailukyvyn tekijä. Esimerkiksi monet yhtiöt pyrkivät saamaan ISO-sertifikaatteja, jotka ovat niiden vastuullisuuden ja luotettavuuden merkintä. Sen lisäksi standardeilla voidaan kuvitella yrityksen toimintaa tiivistä ja tarkasti, mikä voi olla ratkaiseva asia, kun tehdään päätöksiä mahdollisesta yhteistyöstä. Standardisoitu toiminta on sujuva toiminta, myös liiketoiminta. Standardien ja säädösten seurannan automatisoitu tarkistaminen vapauttaa yrityksen resursseja. Kestävyysskriteerien kannalta tämä toiminta vaikuttaa melko tasaisesti taloudelliseen, tekniseen ja ympäristölliseen näkökohtiin.

Flow-järjestelmässä reaalisineitä vastaavat nimikkeet. Esimerkiksi laiteita vastaavat laitekortit, jossa kaikenlaisia tietoja laitteista säilytään. Tietoja valmistajasta, tyypistä, toimiparametreista jne. voidaan lisätä vastaaviin kenttiin. Standardi-kenttää tai sen rinnastavaa kuitenkin ei ole. Tietoja standardeista voi liittää Vertex G4:n kautta luoneisiin nimikkeisiin, mutta se toimii pelkästään tiedotteena ilman automatisoituja tarkistustoimintoja. Kysely kuitenkin osoitti, että PDM-järjestelmän käyttö jonkin verran auttaa seuraamaan standardeja ja säädöksiä. Tämä Flow:n potentiaali arvioitiin keskiarvolla 6,0 asteikolla 1-10. On huomioitava, että vastaajien antamat arvot eroavat toisistaan merkittävästi. Minimi- ja maksimiarvo ovat 4 ja 8. Oletettavasti standardien tarkastuksen tarve riippuu jokaisen työntekijän tehtävistä.

6.9 Elinkaaren arviointi PDM:in avulla

Elinkaariarviointi on olennainen toiminta kestävän kehityksen varmistamisessa. Tuotteen vaikutuksen ympäristöön arvioidaan eri näkökulmista. Yleensä kyseessä on hiilijalanjälki, mutta se ei ole ainoa tapa tämän vaikutuksen arvioimiseksi. Sen rinnalla käytetään myös muita kriteereja, kuten myrkyllisyys ihmiselle, myrkyllisyys yleisesti ympäristölle, happamoituminen ja rehevöityminen (Life Cycle Assessment (LCA) – Everything you need to know n.d.). PDM-järjestelmissä sisältävät tiedot voidaan hyödyntää näiden kriteerien määrittämisessä, sillä PDM on PLM:n olennainen osa. Materiaaliluettelojen käyttö on erittäin hyödyllinen tällä.

Elinkaariarvioinnin tuloksien laatiminen voi olla hyvänä tapana asiakkaiden mielenkiinnonsa herättämiseksi ja tyytyväisyydensä vahvistamiseksi. Standardien vaatimuksien lisäksi asiakkaiden odotukset edellyttävät tuotteiden ympäristöystävällisyyttä. Kyky vastata näitä odotuksia vahvistaa yrityksen kilpailukykyä. Elinkaariarvioinnin päämäärien saavuttamiseksi automatisoinnista voi olla

hyötyä. Tätä voidaan toteuttaa PDM- ja PLM-järjestelmien perusteella. Näin arviointiprosessit tulevat sujuvimaksi yrityksen liiketoimintaa vahvistaen. Kestävyysskriteerien kannalta tämä toiminta vaikuttaa ympäristölliseen ja taloudelliseen näkökohtiin.

Sillä PDM-järjestelmät voivat edistää tuotteen elinkaaren arviointia pääosin materiaaliluettelojen kautta, katsotaan, miten näiden luettelojen käsitteleminen suoritetaan Flow-järjestelmässä. Siinä materiaaliluetteloille lähintä esinettä kutsutaan tuoterakenteiksi. Nämä tuoterakenteet sisältävät tietoja tuotteen rakenneosista ja niiden ominaisuuksista. Olennaisesti tuoterakenne on hierarkkinen järjestelmä, jossa tuotteen rakenne jäsenellään, mikä vastaa materiaaliluettelojen toimintoa. Flow:ssa on muutama tuoterakennetyyppiä: tavallinen rakenne, geneerinen rakenne, ratkaistu rakenne ja yksilörakenne. Tavallinen rakenne luodaan joko CAD-ohjelmistolla, tekemällä rakenne käsin, lisäämällä osia osaluetteloon tai tuomalla rakenne ERP-järjestelmästä Flow:hun. Geneerinen rakenne luodaan modulaaristen tuotteiden hallintaan ja se voi sisältää vaihtokelpoisia osia. Ratkaistu rakenne tehdään geneerisen rakenteen perusteella vaihtokelpoisten osien parametrien muokkaamalla. Yksilörakenne voidaan luoda tavallisesta tai ratkaisusta rakenteista. (Erilaiset tuoterakenteet n.d.)

Kyselystä on tullut paljon pohdittavaa tuotteiden elinkaaren arvioinnista. Osallistuilta kysyttiin PDM-järjestelmän hyödyllisyydestä energiatehokkuuden parantamisessa, tuotetietojen eri elinkaaren vaiheessa käyttämisestä, materiaaliluettelojen käytöstä jne. Energiatehokkuudesta on vastannut vain yksi osallistuja, joka on arvioinut PDM-järjestelmän potentiaalin tällä alalla keskiarvolla 3 asteikolla 1-10. Vastaajien määrästä huolimatta tämä arvio vaikuttaa todennäköiseltä Flow-järjestelmän käyttökokemuksen perusteella. Osallistujat ovat osoittaneet, että heillä ei ole tarvetta PDM-järjestelmän tietojen käytöstä muissa kuin kehittämissivaiheessa, mutta samalla toivottiin, että tulevaisuudessa niiden sovellettavuus koko elinkaaren ajan tulee mahdolliseksi. On tullut kuitenkin yksi vastaus, jonka mukaan jo nyt PDM-tiedot ovat hyvänä apuna elinkaarikustannuksien arvioinnissa, mikä ei todella kuulu yllämainituihin elinkariarvioinnin aspekteihin, mutta voi olla tämän kehityksen lähtökohtana. Tämä vahvistaa Shewaramanin (2022) toteamista, että kustannusanalyysiä voidaan tehostaa PDM-järjestelmien avulla, mistä mainittiin kappaleessa 2.1.1.

7 Johtopäätökset ja ehdotukset

Tutkimuksen tuloksena yleisesti on se, että PDM-järjestelmän käytöllä projektitoiminnassa on myönteistä vaikutusta kestäväyyteen. Tämä vaikutus on kuitenkin usein epäsuora ja joskus on hyvin rajoitettu, mutta eri määrin tietystä näkökohdasta riippuen. Parhaiten tämä vaikutus ilmenee yhteistoiminnassa syntyvien törmäyksien ja ristiriitojen ehkäisemisessä, versioiden hallinnan tehostamisessa, yhteistyössä kumppaneiden kanssa. Nämäkin tekijät saavat yrityksen kilpailukykyä aikaan ja vahvistavat sen liiketoimintaa.

Potentiaalisesti myös tuotteiden elinkaaren arvioinnissa PDM-järjestelmät voivat tuottaa lisäarvoa, mutta sitä varten on vielä paljon ratkaisevaa, kuten ohjelmistojen integrointiasiat, yritysten henkilökunnan lisäkoulutus ja erityisesti tiedonkeruun teknologioiden kehittäminen. Esineiden internet, Iso Data, RFID ja muut tiedonkeruu- ja tietokäsittelyteknologioilla on ratkaiseva rooli tuotteiden elinkaaren arvioinnissa, jossa PDM-järjestelmiä voidaan käyttää. Ongelmana on se, että yllä mainittujen teknologioiden kypsyttäminen ja integrointi vaatii ihan paljon aikaa, sillä niitä usein tulee soveltaa tuotteen käyttöönotosta alkaen ja tarvitaan monta vuotta edustavien tietomateriaalien keräämiseksi.

Käytännössä Flow-järjestelmällä todella saavutetaan hyvää ristiriitojen ja virheiden ehkäisemistä, mitä kohdeyrityksen työntekijöille järjestetyn kyselyn tulokset vahvistavat. Tässä tapauksessa kysely on käytännöllisten tietojen lähde, koska se on luotettavampi, kuin ohjelmiston kehittäjän deklaraatiot. Samalla on virheiden syntymistä aikaansaavia tekijöitä. Näistä merkittävänä on massakopioinnin ja uusien projektien olemassa olevien pohjalta luominen. Kyselyyn osallistuneet Flow-järjestelmän käyttäjät ovat kertoneet, että tietokannan elementtien kopioinnissa siinne liittyneet tiedostot eivät kopioi mukanaan. Järjestelmän käyttökokemus vahvistaa tämän ongelman olemassaoloa. Näiden huomioiden perusteella voidaan päätellä, että yleisesti järjestelmä kykenee tehokkaasti ehkäistä virheiden ja ristiriitojen syntymistä, mutta on vielä selkeä mahdollisuus tämän ohjelmiston toiminnan näkökohdan parantamiseksi.

Flow-järjestelmä integroituna Vertex G4:ään tarjoaa hyvät mahdollisuudet versioiden hallintaan ja niiden visualisointiin. Versiohallinta on järjestetty aika hyvin kyselytuloksien mukaan. Sen tehokkuus järjestelmän käytännöllisessä toiminnassa arvioitiin kyselyn tuloksena korkeimmalla keskiarvolla. Flow-järjestelmässä pessimistinen tietojen käsittelytapaa sovelletaan, eli

tietokannassa olevat tiedostot varataan käsiteltäväksi vain yhdelle käyttäjälle ja kaikki muut joutuvat odottamaan, kunnes käsiteltävä elementti on palautettu järjestelmään. Kysely on näyttänyt, että tämä käsittelytapa ei aiheuttaa paljon viivästyksiä ja kehittämisprosessien hidastamista. Tilanne, jossa tarvittava elementti on varattu toiselle käyttäjälle on aika harvinainen. Sen perusteella voidaan päätätä, että pessimistinen tietojen käsittelytapa on hyvin asianmukainen, koska sen edut korvaavat joskus ilmestyvää epämukavuutta. Siitä ei johtuu kuitenkaan, että tämä tapa on suositeltava muille kohdeyrityksen kaltaisille yhtiöille, sillä se on todennäköisesti yrityskohtainen asia.

PDM-järjestelmän on tarjottava käyttäjälle nopeaa ja mukavaa pääsyä tarvittaviin tietoihin. Sen takia tietojen etsiminen on yksi tarkasteltavista järjestelmän tekijöistä. Flow-järjestelmän käyttökokemuksen ja kyselyn perusteella voidaan päätätä, että järjestelmän tehokkuus sujuvan tietojen hankinnan kannalta riippuu paljon käyttäjien vastuullisuutta tietojen lisäämisessä, jossa kannattaa liittää jokaiseen lisättävään elementtiin etsimistä edistäviä tietoja, kuten metatiedot ja luokitus. Viimeinen on erittäin tärkeää, sillä sen perusteella ammattikohtaiset näkymät tehdään, mikä järjestää tietoja käyttötarpeiden mukaan. Samalla on vielä parantamismahdollisuus. Kokeilukäytössä on huomattu, että nimikkeisiin liittyvät asiakirjat ei voida löytää järjestelmästä hakutoiminnolla. Niitä voidaan löytää vain vastaavaa nimikettä hakemalla. Asiakirjojen hakumahdollisuus olisi ihan hyödyllinen. Yleisesti kysely on osoittanut, että Flow:n hakemustoiminto on kätevä, mutta sen tulee vielä parantaa, jotta potentiaaliaan käytetään täydellisesti.

Tietoturvan näkökulmasta käytössä oleva PDM-järjestelmä ei ole vielä täydellinen. Kyselyn tuloksien mukaan tämä järjestelmän tekijä on heikoin kaikista tutkituista aspekteista. Selainpohjainen käyttöliittymää sovelletaan kaikissa Flow:hun liittyvissä prosesseissa. Käyttömukavuuden rinnalla se voi tuoda lisää turvallisuusriskejä. Sillä selaimen tarkoituksena on tyydyttää ihan erilaisia tietotarpeita, se sisältää erimuotoisia toimintoja, joista jokainen voi tarjota mahdollisuuksia tietojen luvattomaan käyttöön. Luotettavampana ratkaisuna voisi olla erikoissovellus, joka sisältäisi vain tarvittavia toimintoja, mikä rajoittaisi huomattavasti näitä riskejä. Niiden vähentämiseksi työntekijöiden lisäkoulutus tietoturvallisuudesta on suositeltava, jossa painopisteenä olisi mm. selainlaajennusten varovainen ja vastuullinen käyttö. Toisena ajatuksena on kaksivaiheisen todennuksen käyttöönotto.

Elinkaariarviointi on kestävä kehityksen varmistamisen olennaisena osana. PDM-järjestelmän soveltaminen sen hyödyksi on mahdollinen, mutta rajoitettu. Niiden avulla materiaalien ympäristöystävällisyyttä ja energiatehokkuutta arviointia on tuskin mahdollista parantaa huomattavasti, mutta materiaaliälykkäisyys on hyvin mahdollinen. Juuri tämä viimeinen toiminto voi olla erittäin hyödyllinen elinkaariarvioinnissa. Tämän toteuttamiseksi tarvitaan kuitenkin tietohallinnan teknologioiden kehittämistä ja integroimista eri järjestelmien välillä. Kyselyn vastaukset olivat hyvin erilaisia, edes joskus vastakohtaisia, kun kyseessä on elinkaariarviointi PDM-järjestelmien avulla. Oletettavasti se johtuu vastaajien eri työtehtävistä ja/tai aiheesta tietoisuudesta. Näiden syiden tarkistus voisi olla toisen tutkimuksen aiheena. Materiaaliluettelojen käytöstä on saatu ihan vähän vastauksia, mutta on todennäköistä, että juuri materiaaliluetteloihin voitaisiin perustaa elinkaariarviointia. Niiden käyttömahdollisuuksiin suositellaan syventyä PDM-järjestelmän potentiaalia elinkaariarvioinnissa ja kestävä kehityksen varmistamisessa toteuttamaan. Kyselyn tuloksien mukaan materiaaliluettelojen käyttö kohdeyrityksessä ei ole riittävästi aktiivinen. Samalla Flow-järjestelmän integrointiaste muihin työkaluihin arvioitiin maltillisesti, eli keskiarvolla 6,4 asteikolla 1-10. Kuten kappaleessa 2.1.3 mainittiin, materiaaliluettelojen soveltaminen paitsi elinkaariarviointia voi saada integroimista aikaan. Tämä on selvä parantamismahdollisuus. Materiaaliluettelojen aktiivisempi käyttö voi luoda perusteita sujuvampaan ohjelmistojen integroinnille, mikä puolestaan sujuvoittaa koko kehittämisprosessin.

8 Pohdinta

Modernissa teollisuudessa tarvitaan tehokkaita ja luotettavia tiedonhallinnan välineitä, sillä tietojen määrä on kasvanut merkittävästi ja niiden virtojen hallinta tulee yhä haastavaksi. Näissä olosuhteissa tietokäsittelyä tehostavien ratkaisujen käyttöönotto on olennainen yritysten kilpailukyvyyn tekijä. Nykyistä yhteiskuntaa kutsutaan usein tietoyhteiskunnaksi, jossa menestystä saavuttaa vain tietoja omistava ja järkevästi käsittelevä henkilö. Sellainen liiketoiminnan kehitys aiheuttaa myös uusia haasteita, kuten tietoturva, versioidenhallinta, tiedonkeruu jne. Tietokäsittelyyn liittyviä standardeja säädetään, joiden seuraaminen on välttämätön tiedonhallinnan tehokkuuden edellytys.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, miten PDM-järjestelmien avulla tehostettu tuotetiedonhallinta voi vaikuttaa yrityksen toiminnan ja sen tuotteiden laatuun, sekä vahvistaa kestävyttä liiketoiminnassaan ja yleisesti teollisuudessa. Tutkimusongelmana oli se, että tämä

vaikutus laatuun ja kestävyteen PDM-järjestelmien puolelta ei ole ollut riittävästi tutkittu. Tämän tutkimusongelman pohjalla laatineet tutkimuskysymykset kohdistuivat sellaisiin näkökohtiin, kuten kestävyys ja kestävä kehitys kriteerit, liiketoiminnan tehokkuus ja kilpailukyky vahvistaminen. Tutkimuskysymysten pohjalta kerätty tietoperusta heijastaa nämä näkökohdat monimuotoisesti.

Tietoperustassa käsitellyt aiheet ovat sovellettu monisuuntaisesti hypoteesien luomisessa, mutta eri painopisteet ovat tehty eri tietoperustan näkökohtien kannalta. Tiedonhankinta on suoritettu mahdollisimman kattavan kuvan PDM-järjestelmien toiminnasta saadakseen. Tietoperustan materiaalien käsiteltäväksi oma tutkimuslähestymistapa sovellettiin, jossa jokainen PDM-järjestelmän toiminto analysoitiin tutkimuskysymysten vastaan. Näin tarkasteltavien hypoteesien luominen tapahtuu sujuvasti ja kattavasti ja syntyy riittävästi paljon materiaaleja käsiteltäväksi.

Tämän tutkimuksen tulokset antavat pohjaa kohdeyrityksen liiketoiminnan ja tuotteiden laadun parantamiseen. Jonkin verran ne ovat käytettävissä myös muille yrityksille, jotka toimivat energia-, tuotanto- ja projektialalla. Johtopäätöksissä osoitettujen ilmiöiden, kuten tietoturvallisuuden alhaisen arvion tai materiaaliluetteloiden harvinaisen käytön juurisyyt voidaan selvittää jatkotutkimuksessa. Toisena arvokkaana jatkotutkimusaiheena voi olla PDM-järjestelmien käyttö tuotteiden elinkaaren arvioinnissa.

Tulokset perustuvat käytännöllisiin tietoihin kohdejärjestelmän toiminnasta. Nämä tiedot saatiin järjestelmän kehittäjältä, kyselystä ja käyttökokemuksesta. Ensimmäistä käytännöllisten tietojen lähdettä käytettiin teknisiin asioihin syventymiseksi ilman kehittäjän arvioita ja deklaraatioita. Kysely vietettiin anonyymisesti ilman arkaluonteisten tietojen keräämistä. Se oli pääosin strukturoitu, mutta sisälsi myös avoimia kysymyksiä. Tasapaino strukturoidun ja avoimen kyselyn välillä yritettiin optimoida. On kuitenkin ajatus, että muutama lisä avointa kysymystä voisivat antaa parempia tuloksia yleistä kyselyn tehokkuutta häiritsemättä. Kohdejärjestelmän kokeilukäyttö oli tukevana tiedonkeruukeinona. Yleisesti yllä mainittujen ratkaisujen ja lähestymistapojen tarkoituksena oli vahvistaa tiedonkeruuprosessin eettisyyttä ja tuloksien luotettavuutta ja käytettävyyttä.

”Hyvä tieteellinen käytäntö” -ohjeiden (Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa 2023, 11) mukaan juuri tämä käytäntö edellyttää luotettavuutta, rehellisyyttä, arvostusta ja vastuunkantoa. Näiden periaatteiden toteuttamiseksi erityistä huomiota kiinnitettiin tutkintotoiminnan laatuun suunnitelman ja menetelmien käyttöä hoitamalla. Lisäksi raportointi suoritettiin avoimesti seikkoja salaamatta. Jos hypoteesin vahvistamiseksi ei ole riittävä perustetta, se rehellisesti tunnustettiin ja kerrottiin. Kaikki alkuperäiset tietolähteet järjestettiin ja dokumentoitiin niin, että niiden sidos tutkimuskysymyksiin on selvä ja yksiselitteinen. Lähteinä käytettiin pääosin tieteellisiä artikkeleita, joiden julkaisuvuosi on 2015 ja myöhemmin. On kuitenkin kohtuullisia poikkeuksia. Kaikki lähteet lueteltiin ja viitattiin tekstissä. Tutkimuksessa järjestetty kysely suoritettiin täysin anonyymisesti ilman arkaluontoisten tietojen keräämistä. Yllä mainitut toimenpiteet tarkoitus on tutkimuksen luotettavuuden ja eettisyyden vahvistaminen. Näin ollen hyvä tieteellinen käytäntö -ohjeita ja JAMKin eettisiä periaatteita noudatettiin.

Lähteet

A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe. 2020. European Commission.

Abraham, M. & Annunziata, M. 2017. Augmented Reality Is Already Improving Worker Performance. Harvard Business Review. Viitattu 20.3.2024. <https://hbr.org/2017/03/augmented-reality-is-already-improving-worker-performance>

Awan, U. & Jabbour, C.J.C. 2022. Socially responsible and sustainable operations through digital transformation - deepening understanding of digital tools in operations management. The TQM Journal.

Berg H., Le Blévenec K., Kristoffersen E., Strée B., Witomski A., Stein N., Bastein T., Ramesohl S., Vrancken K. 2020. Digital circular economy as a cornerstone of a sustainable European industry transformation. European Circular Economy Research Alliance (ECERA).

Bleicher, A., Pehlken, A. 2020. The material basis of energy transitions. Academic Press.

Botín-Sanabria, D.M., Mihaita, A.S., Peimbert-García R.E., Ramírez-Moreno, M.A., Ramírez-Mendoza, R.A. & Lozoya-Santos, J.d.J. 2022. Digital Twin Technology Challenges and Applications: A Comprehensive Review.

Brooks, B. 2009. Automated Data Import and Revision Management in a Product Lifecycle Management Environment. Brigham Young University

Cavelius P., Engelhart-Straub S., Mehlmer N., Lercher J., Awad D., Brück T. 2023. The potential of biofuels from first to fourth generation. PLOS BIOLOGY.

Circular economy: definition, importance and benefits. 2023. Julkaisu Euroopan Parlamentin sivustolla. Julkaistu 24.5.2023. Viitattu 28.12.2023. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>

Dolbey, K. 2022. PLM, PDM, PIM, CAD, MDM: Why Connect Them to the ERP and How Are They Different? To increase. Viitattu 11.4.2024. <https://www.to-increase.com/manufacturing/blog/plm-pdm-pim-cad-mdm-connecting-to-erp>

Erilaiset tuoterakenteet. N.d. Vertex systems. Viitattu 1.5.2024. <https://kbfi.vertex.fi/flow/erilaiset-tuoterakenteet>

Gain Competitive Advantage With Product Data Management. N.d. Dassault systems.

Gerbens-Leenes P.W., Hoekstra, A.Y. & Van der Meer, Th. 2009. The water footprint of energy from biomass: A quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply. Ecological economics, Vol. 68. 1052-1060.

Havainnointi. N.d. Tietoarkisto. Viitattu 1.4.2024.
https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_4.html

Hesamedin O., Touba R., Detlef G. 2012. Implementing PDM systems in design education to enhance design collaboration. International conference on engineering and product design education 6 & 7 SEPTEMBER 2012, Artesis University College, Antwerp, Belgium.

Hongtao, T., Shunsheng, G., Lang, H., Li, L. & Yibing, L. 2015. Research and development on key models and technology of PDM system. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.

How Product Data Management Fits Into Your Competitive Strategy. N.d. Cadence PSB. Viitattu 20.3.2024. <https://resources.pcb.cadence.com/design-data-management/2022-how-product-data-management-fits-into-your-competitive-strategy>

Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa 2023. Tutkimuseettinen neuvottelukunta. Helsinki.

Industrial symbiosis networks as part of a circular economy: Employment effects in some industrializing countries. 2023. International Labour Organization.

ISO 9001:2015. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset.

ISO 14001:2015. Ympäristöjärjestelmät. Vaatimukset ja niiden soveltamisohjeita.

Javaid, M., Haleem, A., Pratap Singh, R., Khan, S. & Suman, R. 2022. Sustainability 4.0 and its applications in the field of manufacturing. Internet of things and cyber-physical systems.

Jun, C., Yuan, X., Gangfeng, W. & Biao, G. 2023. Research on the integrated management and mapping method of BOM multi-view for complex products. Mathematical Biosciences and Engineering Vol. 20, No 7, 12682–12699.

Käyttäjien hallinta. N.d. Vertex systems. Viitattu 26.4.2024. <https://kbfi.vertex.fi/flow/kayttajien-hallinta>

Khatami, F. & Goharian, E. 2022. Beyond Profitable Shifts to Green Energies, Towards Energy Sustainability. Sustainability, Vol 14, No. 8

Khleel, N.A.A. & Nehéz, K. 2020. Comparison of Version Control System Tools. Multidiszciplináris tudományok, 10. (2020), 61-69.

Kristoffersen, E., Blomsma, F., Mikalef, P. & Li, J. 2020. The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies. Journal of business research.

Kumar, P., Reinitz, H.W., Simunovic, J., Sandeep, K.P., & Franzon, P.D. 2009. Overview of RFID Technology and Its Applications in the Food Industry. Journal of food science, Vol. 74, No. 8. 101-106.

Kyselylomakkeen laatiminen. N.d. Tietoarkisto. Viitattu 2.4.2024.

<https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kyselylomake/laatiminen.html>

Leading the cycle – Finnish road map to a circular economy 2016–2025. 2016. Sitra.

Li, J., Tao, F., Cheng, Y. & Zhao, L. 2015. Big data in product lifecycle management. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 81.

Life Cycle Assessment (LCA) – Everything you need to know. 2024. Vertex systems. Viitattu 29.4.2024. <https://ecochain.com/blog/life-cycle-assessment-lca-guide/>

Making recycling smarter: TOMRA and AI. 2023. TOMRA. Viitattu 10.4.2024.

<https://www.tomra.com/en/reverse-vending/media-center/feature-articles/artificial-intelligence-ai>

Maniyan, A., Abachian Ghassemi, R. & Rahrov, E. 2012. Efficiency of Supply Chain Management (SCM) with an emphasis on Food Industries. *International Journal of Learning & Development*, Vol. 2, No. 5., 129-147.

McKay, A., Rice, H.P. Chau, H.H. & de Pennington, A. 2021 Maintaining Consistency Across Design Descriptions In Engineering Product Development. *International Conference On Engineering Design, ICED21*

Muşlu, K., Bird, C., Nagappan, N. & Czerwonka, J. 2014. Transition from Centralized to Decentralized Version Control Systems: A Case Study on Reasons, Barriers, and Outcomes. *International Conference on Software Engineering*.

Näkymät dokumentaatioon. N.d. Vertex Systems. Viitattu 25.4.2024.

<https://kbfi.vertex.fi/flow/nakymat-dokumentaatioon>

Nilgun, F.U., Sung, H.C., Dongmok, S. & Soundar, K. 2014. RFID in production and service systems: Technology, applications and issues. *Information systems frontiers*.

Niyonambaza, I., Zennaro, M., & Uwitonze, A. 2020. Predictive Maintenance (PdM) Structure Using Internet of Things (IoT) for Mechanical Equipment Used into Hospitals in Rwanda. *Future Internet*, Vol. 12, No. 224

Noël, F. & Azli, M.A. 2013. Experimenting New Metaphors for PDM through a Model Driven Engineering Scheme. *International Federation for Information Processing*.

Objektien hakutoiminnot. N.d. Vertex systems. Viitattu 25.4.2024.

<https://kbfi.vertex.fi/flow/objektien-hakutoiminnot>

Pagoropoulos, A., Pigosso, D. C. A. & McAlloone, T. C. 2017. The Emergent Role of Digital Technologies in the Circular Economy: A Review. *Procedia CIRP*, 64, 19–24.

Pavlovskaja, E. 2014. Sustainability criteria: their indicators, control and monitoring (with examples from the biofuel sector). *Environmental Sciences Europe*, Vol. 26, No. 17

Philpotts, M. 1996, An introduction to the concepts, benefits and terminology of product data management. CIMdata.

Piétron, D., Stabb, P. & Hofmann, F. 2023. Digital circular ecosystems - A data governance approach. GAIA

Poista päällekkäinen ja turha työ. N.d. Vertex systems. Viitattu 15.4.2024. <https://vertex.fi/flow>

Psilovikos, T.A. 2023. The use and re-use of timber structure elements, within a waste hierarchy concept, as a tool towards circular economy for buildings. *Earth and Environmental Science*.

Ranveer, S. 2021. A guide to the benefits of a bill of materials (BOM). Viitattu 7.3.2024. <https://www.eazystock.com/blog/bill-of-materials-bom-guide/>

Rocca, R., Rosa, P., Sassanelli, C., Fumagalli, L., & Terzi, S. 2020. Integrating Virtual Reality and Digital Twin in Circular Economy Practices: A Laboratory Application Case. *Sustainability*, 12(6), 2286.

Rusch, M., Schöggel, J.-P. & Baumgartner, R.J. 2021. Application of digital technologies for sustainable product management in a circular economy: A review. Wiley.

Samir, L. 2020. Blockchain-Based Data Integrity for Collaborative CAD. University of Zenica, Zenica, Bosnia and Herzegovina

Samir, M., Johan, M. & Peter, P. 2004. Product data management system-based support for engineering project management *Journal of Engineering Design*, Vol. 15, No. 4, 389–403.

Schorr, M., Borrmann, A., Obergrösser, M., Ji, Y., Günthner, W. & Rank, E. 2011. Employing Product Data Management Systems in Civil Engineering Projects – Functionality analysis and assessment. Technische Universität München and Hochschule Regensburg, Germany.

Shenghai, Q., Yunxia, W., Wenwu, J., & Jiannan, L. 2016. Design and Implementation of a Project Management System Based on Product Data Management on the Baidu Cloud Computing Platform. Nanjing Institute of Technology.

Shewaramani, M. 2022. Why Is Product Data Management System (PDM) Important for Every Organization? Credencys Data Management Company. Julkaistu 18.3.2022. Viitattu 3.1.2024. <https://www.credencys.com/blog/why-is-product-data-management-system-pdm-important-for-every-organization/>

Stekolschik, A. 2019. Approach to structure management and customer-related configuration in the product lifecycle in mechanical engineering. *Materials Science and Engineering*, No. 715.

Thanh, L. P. N.d. What is PDM? Components and benefits. ECOSYSTEM. Viitattu 10.1.2024.
<https://plmes.io/what-is-pdm-product-data-management-components-benefits/>

TMS CADCentre, 2020. What are Revisions and Versions in PDM?
<https://blogs.solidworks.com/tech/2020/08/what-are-revisions-and-versions-in-pdm.html>.
Viitattu 5.11.2023.

Tuotesuunnittelu. N.d. Vertex Systems. Viitattu 24.4.2024.
<https://kbfi.vertex.fi/flow/tuotesuunnittelu>

Turgay, S. & Akar, N. 2023. Digital Twin Modeling and Simulation of Computer Aided Design and Manufacturing Structure: Case Study. Digital Manufacturing and Process Management, Vol. 3, No. 1.

Vatare, A.S. & Adkar P. 2019. Review Paper on Centralized and Decentralized Version Control System. IRE Journals.

Vegetti, M., Henning, G.P. & Leone, H.P. 2002. An object-oriented model for complex bills of materials in process industries. Brazilian Journal on Chemical Engineering, Vol. 19, No. 4, 491-497.

Vertaa revisioon. N.d. Vertex systems. Viitattu 22.4.2024.
<https://docs.vertex.fi/plant2023fi/html/g4/dbases/comparerevisions.html>

What is a circular economy? N.d. Julkaisu Ellen Macarthur Foundation sivustolla. Viitattu 28.12.2023. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>

What is augmented reality (AR). N.d. Viitattu 20.3.2024.
<https://www.sap.com/products/scm/industry-4-0/what-is-augmented-reality.html>

Why Is Product Data Management System (PDM) Important for Every Organization? 2022. Credencys Data Management Company. Julkaistu 18.3.2022. Viitattu 3.1.2024.
<https://www.credencys.com/blog/why-is-product-data-management-system-pdm-important-for-every-organization/>

Zuma, N. & Sibindi, N. 2023. Challenges of Implementing Enterprise Resource Planning and the Role of Knowledge Management: Evidence from the National Youth Development Agency. University of the Western Cape.

Liitteet

Liite 1. Kyselyn tulokset

Kuinka monen vuoden kokemus sinulla on PDM-järjestelmien parissa?

Vastaajien määrä: 6

Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
0,0	10,0	3,3	1,0	20,0	4,1

Kuinka PDM helpottaa kommunikaatiota ja yhteistyötä kumppaneiden kanssa?

Vastaajien määrä: 5

Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
7,0	8,0	7,8	8,0	39,0	0,4

Kuinka PDM helpottaa kommunikaatiota ja yhteistyötä työkaverien kanssa?

Vastaajien määrä: 6

Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
5,0	8,0	7,5	8,0	45,0	1,2

Kuinka PDM auttaa seuraamaan ja täyttämään standardien ja säädösten vaatimuksia?

Vastaajien määrä: 6

Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
4,0	8,0	6,0	5,5	36,0	1,7

Onko sinulla ollut haasteita, jotka liittyvät PDM-järjestelmien käyttöön? Millaisia haasteita?

Vastaajien määrä: 3

Vastaukset
Lähinnä päivityksissä tapahtuneita pikkubugeja, jotka ovat saattaneet hidastaa tai jopa estää työntekoa. Onneksi nämä useimmiten korjataan nopeasti.
Projektitietojen siirtäminen uuteen projektiin jossa käytetään vastaavanlaisia ratkaisuja erittäin työlästä
Luo byrokratiaa ja vie aikaa käyttä, jolloin joskus on vaikea sitoutua. Isossa kuvassa systemaattinen käyttö edistää

Tapahtuuko usein näin, että PDM-järjestelmässä oleva tarvittava elementti on varattu toiselle työntekijälle?

Vastaajien määrä: 6

Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
2,0	4,0	2,5	2,0	15,0	0,8

Arvioi tietokannan elementtien etsimisen tehokkuutta.

Vastaajien määrä: 6

Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
5,0	9,0	6,7	6,5	40,0	1,4

Mitä parannuksia tai lisäominaisuuksia haluaisit nähdä PDM-järjestelmässä parantaaksesi entisestään sen tehokkuutta ja viestintäominaisuuksia?

Vastaajien määrä: 2

Vastaukset
Tietojen massakopiointi ja siirtäminen ilman että dokumenttien linkitykset katkeavat tulisi olla helpompaa
Tällä hetkellä oikeastaan ei ole

Kuinka PDM-järjestelmäsi on auttanut tunnistamaan energiatehokkuutta parantavia alueita?

Vastaajien määrä: 1

Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	0,0

Elinkaaren arviointi mahdollistaa arvioida tuotteen vaikutusta ympäristöön eri näkökulmista (hilijalanjalki, myrkyllisyys, ...) eri sen elinkaaren vaiheissa. Kuinka hyödyllistä PDM voi olla tuotteiden elinkaaren arvioinnissa?

Vastaajien määrä: 3

Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
2,0	8,0	5,3	6,0	16,0	3,1

PDM-järjestelmää yleensä käytetään tuotteen kehittämissä vaiheissa. Oliko sinulla tarve tai mahdollisuus käyttää tässä vaiheessa syntyviä PDM-tietoja tuotteen elinkaaren muissa vaiheissa, kuten tuotannossa, käyttöaikana tai purkamisvaiheissa?

Vastaajien määrä: 6

Vastaukset
Ei
Elinkaariarviot ovat käytännössä erittäin hankala huomioida sillä se ei ota huomioon rikkoutumismahdollisuuksia
Tulevaisuudessa on.
Ei oikeastaan. Meillä käytetään vähemmän vain kehittämisvaiheessa vaan nimenomaan toteutus ja jäljitettävyyden näkökulmasta
Käytönaikaisten kulujen huomioinnissa apuna (elinkaarikustannukset)
Ei ole tarvetta

Kuinka PDM:n käyttö vaikuttaa rahan ja resurssien säästöön tuotteiden suunnittelussa ja jatkokäytössä?

Vastaajien määrä: 4

Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
2,0	8,0	6,0	7,0	24,0	2,8

PDM-järjestelmät usein integroidaan CAD (Computer-aided design), ERP (Enterprise resource planning) ja muihin projektitoiminnassa käytössä oleviin järjestelmiin. Mitä paremmin järjestelmiä integroidaan toisiin, sitä sujuvammat ja tehokkaapmmat toimintaprosessit ovat. Arvioi PDM:n integroinnin astetta muihin työkaluihin.

Vastaajien määrä: 5

Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
5,0	8,0	6,4	7,0	32,0	1,3

Materiaaliluettelot ovat PDM-järjestelmien tekemiä hierarkkisia luetteloja, jotka näyttävät, mitä ja missä määrin materiaaleja ja rakenneosia tarvitaan tuotteen tuottamiseen. Käytätkö materiaaliluetteloja ja jos käytät, miten?

Vastaajien määrä: 2

Vastaukset
en käytä materiaaliluetteloja
Konopaja valmistusta varten

Kuinka PDM auttaa sinua arvioimaan käytettyjen materiaalien ympäristöystävällisyyttä tai haitallisuutta?

Vastaajien määrä: 2

Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
2,0	3,0	2,5	2,5	5,0	0,7

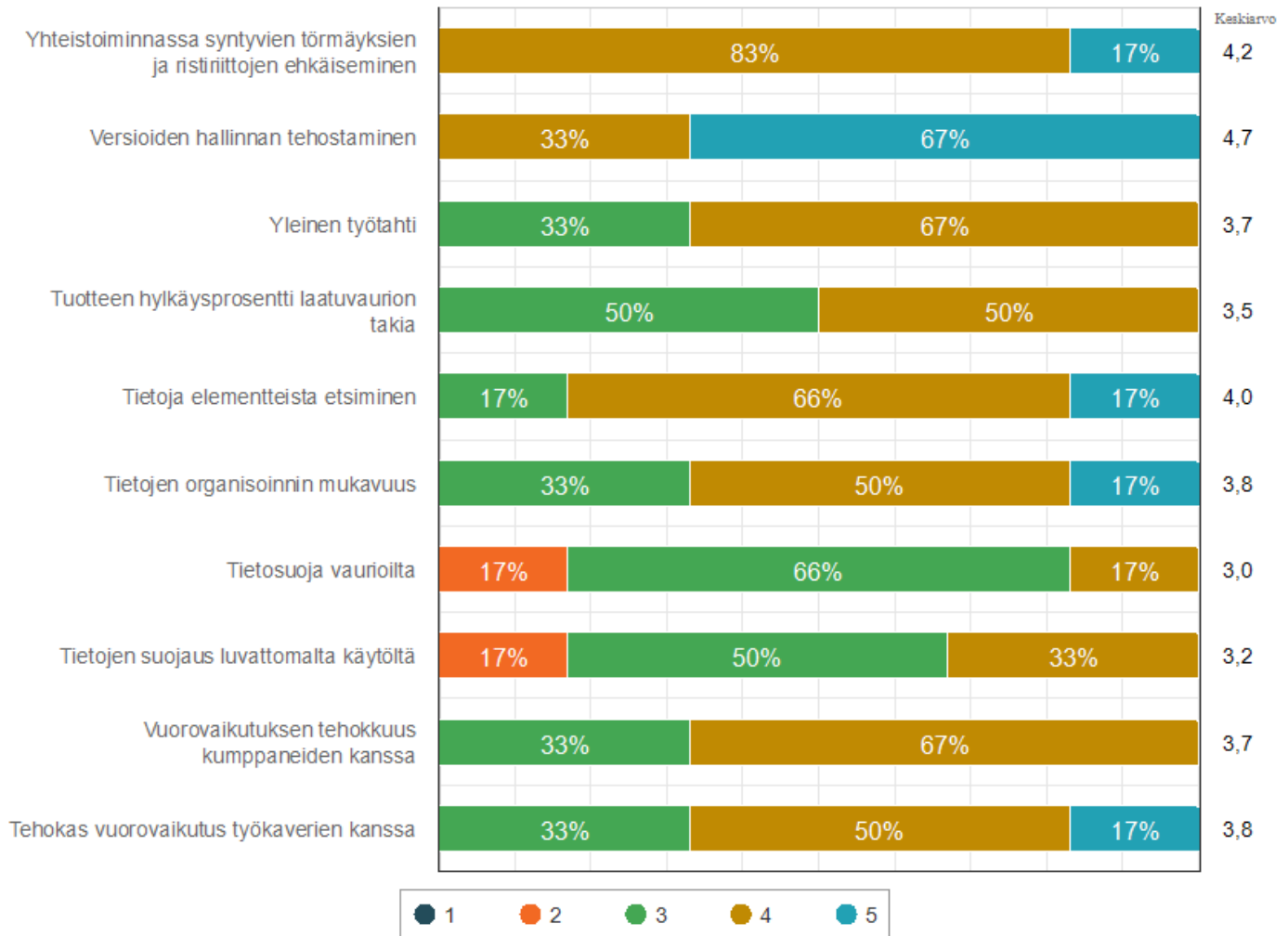
Missä määrin PDM-järjestelmäsi mahdollistaa tehokkaan materiaalien jäljitettävyyden?

Vastaajien määrä: 4

Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
4,0	9,0	7,3	8,0	29,0	2,2

Miten arvioit PDM:n vaikutusta seuraaviin näkökohtiin:

Vastaajien määrä: 6



	1	2	3	4	5	Keskiarvo	Mediaani
Yhteistoiminnassa syntyvien törmäyksien ja ristiriittojen ehkäiseminen	0,0%	0,0%	0,0%	83,3%	16,7%	4,2	4,0
Versioiden hallinnan tehostaminen	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%	66,7%	4,7	5,0
Yleinen työtahti	0,0%	0,0%	33,3%	66,7%	0,0%	3,7	4,0
Tuotteen hylkäysprosentti laatuvarion takia	0,0%	0,0%	50,0%	50,0%	0,0%	3,5	3,5
Tietojen elementteistä etsiminen	0,0%	0,0%	16,7%	66,6%	16,7%	4,0	4,0
Tietojen organisoinnin mukavuus	0,0%	0,0%	33,3%	50,0%	16,7%	3,8	4,0
Tietosuoja vaurioilta	0,0%	16,7%	66,6%	16,7%	0,0%	3,0	3,0
Tietojen suojaus luvattomalta käytöltä	0,0%	16,7%	50,0%	33,3%	0,0%	3,2	3,0
Vuorovaikutuksen tehokkuus kumppaneiden kanssa	0,0%	0,0%	33,3%	66,7%	0,0%	3,7	4,0
Tehokas vuorovaikutus työkaverien kanssa	0,0%	0,0%	33,3%	50,0%	16,7%	3,8	4,0
Yhteensä	0,0%	3,3%	31,7%	51,7%	13,4%	3,8	4,0

Liite 2. Analyysipohjan matriisi (hypoteesien muodostaminen)

	1. Miten kestävä kehitys on varmistettava ja vahvistettava energia-alalla PDM-järjestelmien käytön avulla?	2. Millä tavoin energiateollisuuden yritys voi hyödyntää PDM-järjestelmiä liittyen kestäväan kehitykseen vahvistaakseen kilpailukykyään?	3. Kuinka PDM-järjestelmät voivat auttaa kehittämään tehokasta liiketoimintaa?	4. Miten PDM-järjestelmät voivat edistää kestävyyskriteerien seuraamista?
Yhteistoiminnassa syntyvien törmäyksien ja ristiriitujen ehkäiseminen	Mitä vähemmän on ristiriitoja, sitä nopeampi suunnitteluprosessi on. Se auttaa viemään tuotteita nopeammin markkinoille. Kestävän kehityksen taloudellisen näkökohdan kannalta se vaikuttaa myönteisesti. Myös rahaa säästetään, sillä on vähemmän tarvetta käsitellä tietoja uudelleen virheitä korjaamaan.	Mitä laajemmin PDM-järjestelmät otetaan käyttöön, sitä ilmiselvempi on se, että ilman näiden järjestelmien käyttöä tuskin on mahdollista varmistaa yrityksen vakavaa asemaa markkinoilla.	<ul style="list-style-type: none"> - Nopeampi markkinoille - Rahaa säästetään, kun ei ole tietojen uudelleen käsittelytarvetta - Hylkäämisaste vähennetään 	Lyhyempi ajanjakso suunnittelun valmistamisen ja tuotteen käyttöönoton välillä on yksi kestäväan kehityksen teknisen näkökohdan tekijöistä.
Versioiden hallinnan tehostaminen	Tehokas versioiden hallinta sujuvoittaa suunnittelutoimintaa, jonka ansiosta itse tämä toiminta kuluttaa vähemmän taloudellisia ja sosiaalisia resursseja.	Projektin kehityshistorian seuranta mahdollistaa optimaalisten kehityslähestymistapojen löytämistä. Näin voidaan löytää usein tapahtuvia virheitä ja haasteita ja pyrkiä estämään niiden syntymistä tulevaisuudessa. Tämä on vaikuttava kilpailukykyyn tekijä.	Järkevän ja tehokkaan versioiden hallinnan ansiosta käytössä aina ovat tuoreimmat tietojen versiot. Se johtaa eri osastojen yhteistoiminnan sujuvoittamiseen, sillä aina on tarkka ymmärrys, mikä revisio käsitellään. Näin vähemmän ristiriitoja	Modernit revisioiden hallinnan teknologiat mahdollistavat tallentaa tietoja eri versioista tehokkaasti niin, että ei tarvitse säilyä kaikki versiot kokonaisuudessaan, vaan pelkästään muutostiedot säilytetään. Näin ei tarvitse käyttää valtavia

			ilmestyy, mikä puolestaan johtaa yllä mainittuihin etuihin liiketoiminnan kannalta.	tietovarastoja, mikä teknisen näkökohdan mukaan saa kestävyyttä aikaan.
Työtähden sujuvoittaminen	Järkevä tuotetiedonhallinta sujuvoittaa sekä suunnittelutyöt että seuraavat tuotantovaiheessa olevat toiminnot. Usein se tapahtuu resurssien ja raaka-aineiden ylikulutuksen ehkäisemisen ansiosta. Näin kestävä kehitys on varmistettava ja vahvistettava työvauhdin puolelta.	Sujuvoittaneet toimintaprosessit varmasti johtavat yrityksen kilpailukyvyn vahvistamiseen.	Suunnitteluprosessien vauhdittaminen modernien tiedonhallintamenetelmien avulla lisää töiden tuottavuutta, mikä myönteisesti vaikuttaa sekä yleiseen yrityksen toiminnan tehokkuuteen että työntekijöiden tyytyväisyyteen lisääntyneen työmukavuuden takia. Lisäksi tuotetietojen integrointi eri järjestelmiin auttaa väistämään lisätyökuormaa tietojen muutos- tai uudistamistapauksessa. Kun tietoja muunnellaan PDM-järjestelmässä, se aiheuttaa automaattisia vastaavia muutoksia muissa ohjelmistoissa, kuten ERP, PLM jne. Näin integroiminen tehostaa yrityksen liiketoimintaa.	Sujuvoittaneet suunnittelu- ja tuotantoprosessit johtavat nopeampaan yhteiskunnan tarpeiden tyydyttämiseen. Kestävän kehityksen sosiaalisen kriteerin näkökulmasta se on juuri tämä väylä, jolla voidaan vaikuttaa kestävyYTEEN. On kuitenkin tärkeää huolehtia siitä, että prosessien sujuvoittaminen ei saavuteta muiden kestävyyskriteerien kustannuksella.

<p>Tuotteen hylkäysprosentti laatuaurion takia</p>	<p>Tuotteen hylkääminen aiheuttaa aina resurssien ja materiaalien tuhlaamista. Edes jos materiaaleja voidaan kierrätä, joka tapauksessa myös kierrätykseen liittyvät prosessit johtavat lisäkustannuksiin ja hiilijalanjäljen kasvamiseen.</p>	<p>Asiakkaat ovat aina kiinnostuneita laadukkaista ja luotettavista tuotteista. Sillä asiakkaiden tyytyväisyys on jokaisen yrityksen menestystekijä, tuotteen hylkäämisisten alentaminen on ratkaiseva toiminta yrityksen kilpailukyyn vahvistamiseen</p>	<p>Tuotteen hylkäämistapauksessa kuormitus yritykselle syntyy, koska sellaisten tapauksien syitä aina tulee paljastaa sen ehkäisemiseksi tulevaisuudessa. Tuotteen laatuaurion estäminen suunnitteluvaiheessa voi auttaa väistämään näitä seurauksia.</p>	<p>Kestävyyskriteerien kannalta tämä toiminta vaikuttaa eniten taloudelliseen ja ympäristölliseen näkökohtiin.</p>
<p>Tietojen elementteista etsiminen</p>		<p>Nopea pääsy tarvittaviin tietoihin on aina merkittävä etu, joka voi vahvistaa yrityksen kilpailukykyä. Edellytyksenä kuitenkin on, että etsiminen vois suorittaa eri ominaisuustietojen ja metadatojen perusteella, etsiminen palauttaa mahdollisimman relevantteja tuloksia ja löydettyt tiedot kuuluisivat tuoreimpaan revisioon, jollei muuta tarvita.</p>	<p>Tehokas tietojen etsiminen sekä mahdollistaa sisäisen toiminnan sujuvoittamista että edistää vuorovaikutusta yhteistyökumppaneiden kanssa. Kommunikointi eri yrityksen osastojen välissä ja niiden yhteistoiminta tarvitsee luotettavaa tiedonvaihtoa. Työntekijöillä on oltava mahdollisuus yksiselitteisesti ja tarkasti määrittää käsitteleviä nimikkeitä. Ulkopuolisen yhteistoiminnan näkökulmasta nopea ja virheetön tiedonhaku luon perustan sujuvalle</p>	<p>Kestävyyskriteerien kannalta tämä toiminta vaikuttaa eniten taloudelliseen ja tekniseen näkökohtiin, sillä työprosessien sujuvoittaminen alentaa tarvittavien yrityksen resurssien kulutusta ja sitä ei saavuteta laadun kustannuksella, vaan päinvastoin - virheettömämpi toiminta varmistaa tuotteiden laatua.</p>

			yhteistoiminnalle. Tämä kaikki yleensä vahvistaa liiketoiminnan tehokkuutta.	
Tietosuoja vaurioilta ja luvattomalta käytöltä		Tuotetiedonhallintajärjestelmillä on haastava tehtävä samalla varmistaa sujuvaa pääsyä tarvittaviin tietoihin ja estää niiden luvaton käyttöä. Toinen turvallisuuteen liittyvä kohde on tietosuoja vaurioilta. Ensimmäisessä näkökohdassa luvattoman käytön estäminen on ilmiselvästi tärkeä kilpailukyyn vahvistamiseksi. Tietojen sijainti, pääsyvalvonta, muutoksien jäljitettävyyden luovat yhdessä perusteita luotettavalle tietohallinnalle. Toisessa näkökohdassa tietovaurioiden estäminen on välttämätön osa järjestelmällistä toimintaa.	Vaurioituneet tiedot muodostavat selvän uhan toimintaprosessille kaikissa vaiheissa. Sen takia PDM-järjestelmästä odotetaan tietovauriovastaisia toimintoja. Tietojen säilytysmuoto, versioiden hallinta ja kopiointi ovat tämän haasteen ratkaisuna. Yhteistyö kumppaneiden kanssa myös vaatii virheettömien tietojen välittämistä.	Kestävyyssuhteiden kannalta tämä toiminta vaikuttaa eniten taloudelliseen, tekniseen ja jonkin verran sosiaaliseen näkökohtiin, sillä sekä vaurioituneiden tietojen käyttö että luvaton pääsy niihin aiheuttavat viivästyksiä ja lisäkustannuksia itse vaurion ja sen seurauksien korjaamiseen, samoin kuin arkaluonteisten tietojen avaaminen.
Vuorovaikutuksen tehokkuus työkaverien ja kumppaneiden välillä		Virheetön tietovaihtelu yhteistyökumppaneiden kanssa on merkittävä tekijä yrityksen kilpailukyyn näkökulmasta. Yhteistyötä on helpompaa järjestää, kun toinen puoli tietää, että vuorovaikutus tapahtuu	PDM-järjestelmät tehostavat vuorovaikutusta ja yhteistoimintaa projektissa. Oikea-aikainen tietojen välittäminen estää viivästysten syntymistä, varmistaa yhdenmukaista tietokäsittelyyn	Kestävyyssuhteiden kannalta tämä toiminta vaikuttaa melko tasaisesti taloudelliseen, tekniseen ja sosiaaliseen näkökohtiin.

		<p>sujuvasti ja ei vie liikaa resursseja molemmalta puolelta. Tämä johtaa siinne, että hyödylliset yhteistyökumppanit ottavat mieluummin yhteyttä yritykseen ja alkavat tuottavaa yhteistyötä.</p>	<p>lähestymistä ja sen ymmärrystä. Se johtaa yhtenäiseen toimikehään, jossa haasteiden ilmettyä saadaan ratkaisuja nopeasti ja kaikki osallistujat saavat tietoja tilanteen muuttamisesta heti, minkä ansiosta vain ajankohtaista tietopohjaa käytetään kaikissa prosesseissa.</p>	
<p>Standardien ja säädösten vaatimusten noudattaminen</p>	<p>Viime vuosina ilmestyy paljon kestävyteen liittyviä standardeja ja säädöksiä, joiden soveltaminen ja noudattaminen voi olla tarkempi, kun näitä prosesseja automatisoidaan. PDM-järjestelmä teoreettisesti voisi tarkistaa tuotteiden ja niiden rakenneosien parametrien rajoitusmukaisuutta, joka johtuu standardeista. Virheen tapauksessa käyttäjä voisi saada tiedotuksen siitä ja heti korjata asiaa.</p>	<p>Yrityksen toiminnan standardimukaisuus on vaikuttava kilpailukyvyyn tekijä. Esimerkiksi monet yhtiöt pyrkivät saamaan ISO-sertifikaatteja, jotka ovat niiden vastuullisuuden ja luotettavuuden merkintä. Sen lisäksi standardeilla voidaan kuvitella yrityksen toimintaa tiivistä ja tarkasti, mikä voi olla ratkaiseva asia, kun tehdään päätöksiä mahdollisesta yhteistyöstä.</p>	<p>Standardisoitu toiminta on sujuva toiminta. Myös liiketoiminta. Standardien ja säädösten seurannan automatisoitu tarkistaminen vapauttaa yrityksen resursseja.</p>	<p>Kestävyyskriteerien kannalta tämä toiminta vaikuttaa melko tasaisesti taloudelliseen, tekniseen ja ympäristölliseen näkökohtiin</p>

<p>Elinkaaren arviointi PDM:in avulla</p>	<p>Elinkaariarviointi on olennainen toiminta kestävän kehityksen varmistamisessa. Tuotteen vaikutuksen ympäristöön arvioidaan eri näkökulmista. Yleensä kyseessä on hiilijalanjälki, mutta se ei ole ainoa tapa tämän vaikutuksen arvioimiseksi. Sen rinnalla käytetään myös muita kriteereja, kuten myrkyllisyys ihmiselle, myrkyllisyys yleisesti ympäristölle, happamoituminen ja rehevöityminen. PDM-järjestelmissä sisältävät tiedot voidaan hyödyntää näiden kriteerien määrittämisessä, sillä PDM on PLM:n olennainen osa. Materiaaliluettelojen käyttö on erittäin hyödyllinen tällä.</p>	<p>Elinkaariarvioinnin tuloksien laatiminen voi olla hyvänä tapana asiakkaiden mielenkiintoaan herättämiseksi ja tyytyväisyyttään vahvistamiseksi. Standardien vaatimuksien lisäksi asiakkaiden odotukset edellyttävät tuotteiden ympäristöystävällisyyttä. Kyky vastata näitä odotuksia vahvistaa yrityksen kilpailukykyä.</p>	<p>Elinkaariarvioinnin päämääriä saavuttamiseksi automatisoinnista voi olla hyötyä. Tätä voidaan toteuttaa PDM- ja PLM-järjestelmien perusteella. Näin arviointiprosessit tulevat sujuvimmaksi yrityksen liiketoimintaa vahvistaen.</p>	<p>Kestävyysskriteerien kannalta tämä toiminta vaikuttaa ympäristölliseen ja taloudelliseen näkökohtiin.</p>
--	---	---	---	--

<p>Tuotetiedonhallinnan integrointi eri järjestelmiin</p>		<p>Vuorovaikutus asiakkaiden ja yhteistyökumppaneiden kanssa voi tulla tehokkaammaksi, kun enemmän yhteiskanavia on käytössä. Pelkästään PDM-järjestelmän käyttö voi olla hankala toiselle puolelle, kun, esimerkiksi, yhteistyö PIM-järjestelmän kautta olisi suositeltavampaa, erityisesti, kun puhutaan toimitushallinnasta. Näin hyvä integrointi näiden järjestelmien välillä vahvistaa yrityksen kilpailukykyä.</p>	<p>Tuotetietojen integroiminen eri järjestelmiin auttaa väistämään lisätyökuormaa tietojen muutos- tai uudistamistapauksessa. Kun tietoja muunnellaan PDM-järjestelmässä, se aiheuttaa automaattisia vastaavia muutoksia muissa ohjelmistoissa, kuten ERP, PLM jne. Näin integroiminen tehostaa yrityksen liiketoimintaa.</p>	<p>Kestävyysskriteerien kannalta tämä toiminta vaikuttaa pääosin tekniseen ja taloudelliseen näkökohtiin.</p>
--	--	---	---	---