

TARTU ÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Elizaveta Budarina

**ETTEVÕTTE KVALITEEDIJUHTIMISE PROTSESSIDE
TÕHUSTAMINE DIGITALISEERIMISE ABIL**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: juhtimise assistent Veronika Krassavina

Tartu 2021

Suunan kaitsmisele

(juhendaja allkiri)

Olen koostanud töö iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, põhimõttelised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

.....

(töö autori allkiri)

SISUKORD

Sissejuhatus.....	4
1. Kvaliteedijuhtimise ja digitaliseerimise teoreetilised lähtekohad.....	6
1.1. Kvaliteedijuhtimise protsesside kontseptsioon.....	6
1.2. Digitaliseerimine.....	12
1.3 Lahendused kvaliteedijuhtimise protsesside parandamiseks digitaliseerimise kaudu.....	14
2. Kvaliteedijuhtimise protsesside tõhustamine digitaliseerimise abil Eesti ettevõtete näitel.....	20
2.1. Uurimismetoodika kirjeldus ja ettevõtete ülevaade.....	20
2.2. Digitaliseerimise ja kvaliteedijuhtimise protsesside seos ettevõtete näitel.....	24
Kokkuvõte.....	30
Viidatud allikad.....	32
Lisad.....	45
Lisa 1. Intervjuu küsimused.....	45
Lisa 2. Enics Eesti AS intervjuu vastused.....	46
Lisa 3. Torm Metall OÜ kvaliteedijuhi vastused.....	49
Lisa 4. MS Balti Trafo OÜ intervjuu vastused.....	52
Lisa 5. Saku Metall Allhanke Tehas AS intervjuu vastused.....	53
Lisa 6. Premia Tallinna Külmoone AS intervjuu vastused.....	56
Lisa 7. EAS-i uuring “Tootmisprotsesside juhtimise digitaliseerimine tööstuses”, 2020.....	57
Summary.....	59

SISSEJUHATUS

Kvaliteet on mis tahes ettevõtte toodete või teenuste kõige olulisem omadus koos hinna ja brändiga, mis määrab selle konkurentsivõime müügiturul. Rahvusvahelise Standardiorganisatsiooni (inglise k ISO) järgi on kvaliteet objekti (toode, teenus, protsess, inimene, organisatsioon, süsteem, ressurss) parameetrite kogum, mis vastab teatud nõudele ning mille eesmärk on ettevõtte tulemuse saavutamine läbi organisatsiooni kvaliteedipoliitika. (ISO 9000 2015)

Igal ettevõttel on oma enda eesmärgid, mis on vaja saavutada ja ülesanded, mis on vaja täita. Aga üks asi on universaalne iga ettevõtte kohta - soov rahuldada tarbijat. Siin on asjakohane *fitness for use* mõiste, mis oli pakutud Joseph Moses Juran poolt. Fitness for use all mõeldakse toote või teenuse vastavust oma eesmärgile ning selle orienteeritust tarbijale. (Bisgaard 2007: 667–668)

Tänapäeval laiendatakse kvaliteedi mõistet. See hõlmab nii lõpptoote kvaliteeti kui ka selle tootmisega seotud protsesse. Ettevõttele on oluline, et iga protsess ettevõttekeskkonnas vastaks kvaliteedinõutele. Toodete, teenuste ja protsesside kvaliteedi parandamine tagatakse kvaliteedijuhtimise kaudu, luues ettevõttele sobiva kvaliteedijuhtimissüsteemi. (Anholon *et al.* 2018: 150)

Tänapäeval rohkem ja rohkem organisatsioonid otsivad kaasaegseid meetodeid oma tootlikkuse ja jõudluse täiustamiseks, sest tehnoloogiate kasutuselevõtt on alati aidanud tootmist paremaks muuta. Digitaliseerimine on üks megatrendidest, mis muudab kaasaegse maailma nägu. See aitab suurendada töötajate töövõimekust ja vähendada kulusid. (Alič 2018: 2) See on oluline protsess ettevõtete arendamiseks ja konkurentsivõime säilitamiseks tulevikus. Tänapäeva ühiskond iseloomustab üleminek digitaalse seltskonnast uuele arengu tasemele. Selle uue etapina on Tööstus 4.0, mis põhineb digitaalsetel tehnoloogiatel. (Hermann *et al.* 2016: 3929)

Digitalseerimine mõjutab erinevaid tegevusvaldkondi ettevõttes, sh kvaliteedijuhtimist. Ettevõtted lähevad paberivabale asjaajamisele üle, kus kõik paberikandjatel olevad dokumendid muutuvad digitaalseks formaatiks. (Cots 2018: 617) Digitaalsete tehnoloogiate kasutamine võimaldab palju käsitsi tehtud kvaliteedijuhtimise ülesandeid automatiseerida. Näiteks, on võimalik koguda ja analüüsida andmeid toodete kohta ilma inimese sekkumiseta. (Menshikova *et al.* 2019: 42) Digitaalseid tehnoloogiaid oma töös kasutades ootavad kvaliteedijuhid regulatiivsete nõuete täitmist, paremat otsuste tegemist, suuremat tõhusust, vähendades samas riski. Kõik need eelised on olulised, sest tänapäeval tarbijad on nõudlikumad ja nende ootused toode kvaliteedist on kõrged.

Bakalaureusetöö eesmärgiks on uurida digitaalseid lahendusi, mis on ettevõtetel kasutusel kvaliteedijuhtimise protsesside parendamiseks.

Töö eesmärgi saavutamiseks on püstitatud järgmised ülesanded:

- käsitleda kvaliteedijuhtimise protsesside olemust ja olulisust;
- uurida digitaliseerimise osatähtsust ettevõtte arendamisel;
- käsitleda lahendusi kvaliteedijuhtimise protsesside parandamiseks digitaliseerimise abil;
- võrrelda digitaalseid lahendusi teooriaga.

Teoreetiline osa on jagatud kolmeks alapeatükiks. Esimene alapeatüki põhiteema on kvaliteedijuhtimine ja sellega seotud protsessid. Teises alapeatükis käsitleb autor digitaliseerimist ning selle seost Tööstus 4.0 mõistega. Kolmandas alapeatükis seletab autor mida saab digitaliseerimine kvaliteedijuhtimisele pakkuda ja uurib kuidas mõjutab tehnoloogiate kasutuselevõtt kvaliteedijuhtimise protsesse.

Teises peatükis viib autor empiirilise uuringu läbi ettevõtete näitel. Empiirilise osa esimene alapeatükk tutvustab tootmisettevõtteid: Enics Eesti AS, Torm Metall OÜ, MS Balti Trafo OÜ, Saku Metall Allhanke Tehas AS, Premia Tallinna Külmoone AS. Samuti antakse ülevaade uurimismetoodikast. Teises alapeatükis võrdleb autor uurimisega abil saadud andmed teoreetiliste lähtekohtadega. Tulemuste välja selgitamiseks analüüsib autor saadud järeldused EAS uuringu abil.

Märksõnad: kvaliteedijuhtimine, digitaliseerimine, Tööstus 4.0

1. KVALITEEDIJUHTIMISE JA DIGITALISEERIMISE TEOREETILISED LÄHTEKOHAD

1.1. Kvaliteedijuhtimise protsesside kontseptsioon

Huvi kvaliteedijuhtimise vastu algas 19. sajandi lõpul koos tööstusrevolutsiooniga. Enne vastas kvaliteedi eest tavaliselt meister, kes selle toodangu vahetult tootis. Pärast seda, kontrollis inspektor lõpptoodangu kvaliteeti. Selline lisategevuse rakendamine tõi lisakulutusi kaasa ja võttis aega. Konkurentsi keskkonnas ettevõtte eesmärgina 20. sajandi algusel oli toodangu tootmine nii kiiresti kui võimalik ning madala kvaliteediga. Sellist suhtumist toote kvaliteeti seletatakse asjaoluga, et ettevõtte tegevused ei olnud keskendatud tarbijate rahuldamisele. (Juran 1995: 247-249)

Alates 1920. aastatest on kvaliteedijuhtimine pööranud suuremat tähelepanu tootmisprotsessidele. Seda muudatust seletati järgmiste põhjustega (Juran 1995: 630):

1. Tootmisprotsess muutus keerulisemaks;
2. Ohud inimeste tervisele ning keskkonnale;
3. Valitsuse poolt loodud kvaliteediregulatsioonid;
4. Tarbimise aktiivsuse tõus;
5. Tugev rahvusvaheline konkurents kvaliteedis.

Järgmine kvaliteedijuhtimise arendamise etapp on seotud Jaapaniga 20. sajandi teisel poolel. Pärast Teist maailmasõda oli Jaapani tootmine allakäigus ning välismaal Jaapani toodangud oli teatud peamiselt oma halva kvaliteedi pärast. (Juran 1995: 249) 40-ndate aastate lõpus - 50-ndate alguses hakkasid Jaapani spetsialistid, kelle olid koolitanud kvaliteedijuhtimise alal Ameerika teadlased E. Deming ja J. Juran poolt, oma tööstustes saadud teadmisi edukalt rakendama. Oma koolitustel Deming ja Juran seletati juhtimise ja statistiliste kontrollimeetodite rollist kvaliteedijuhtimises. Selle abil alustati koolitusi kvaliteedijuhtimise metoodikate kohta, mis muutus Jaapani lähenemine iseloomulikuks tunnuseks. 1960. hakati realiseerima riiklikku kontseptsiooni, mille põhiidee oli

kvaliteedi loomine ja säilitamine tootmise protsessi ajal. 1970. aastal algas üleminek statistilise kvaliteedi kontrollist tervikliku kvaliteedijuhtimisele (inglise k *Total quality management* ehk *TQM*). Samal ajal alustas arvutitehnoloogiate laialdast kasutamist kvaliteedijuhtimises. Kõrgelt automatiseeritud tehnoloogiliste protsesside kasutus tootmisel aitas Jaapani ettevõtetel arendada kvaliteedijuhtimist. (Fisher, Nair 2009: 7; Okrepilov 1998: 92-93)

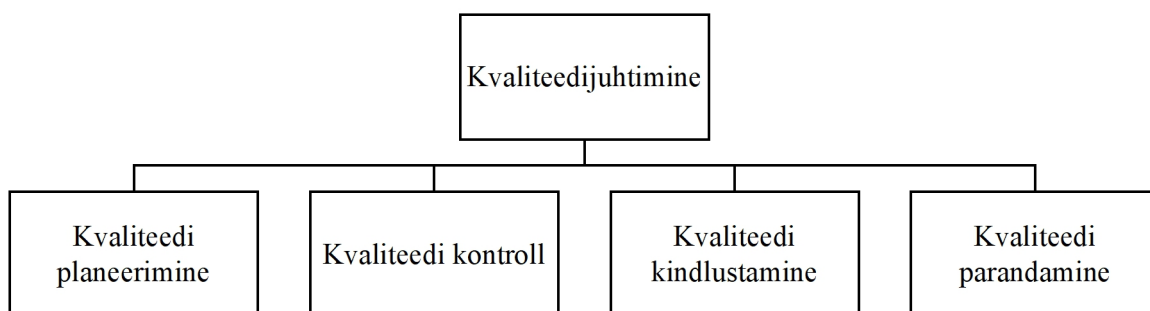
Tänapäeval tähendavad kvaliteedijuhtimise ja tervikliku kvaliteedijuhtimise mõisted mõnikord sama asi. Tegelikult kvaliteedijuhtimise kontseptsioon on laiem mõiste ning sisaldab nii tervikliku kvaliteedijuhtimist kui teisi süsteeme nagu Kuus Sigma, Timmitud Tootmine, ISO 9001. (Andersson *et al.* 2006: 283) Antud bakalaureusetöös käsitleb autor kvaliteedijuhtimist selle laiemas tähenduses.

Tabel 1. Tuntumate kvaliteedijuhtimise süsteemide võrdlus

Kvaliteedijuhtimise süsteemid	Timmitud Tootmine	Kuus Sigma	TQM	ISO 9001:2015
Parameetrid				
Eesmärk	Raiskamiste vähendamine	Defektide vähendamine	Fookus tarbijatel	Kvaliteedinõude täitmine klientide rahulolu saavutamiseks
Tööriistad	Analüütilised	Analüütilised ja statistilised	Analüütilised ja statistilised	Analüütilised
Eelised	Lühendab teostusaega	Säästab raha	Suurendab tarbijate rahuolu	Kindlustunne kliendile

Allikas: autori koostatud (Andersson *et al.* 2006: 290; Tzelepis *et al.* 2006: 1146) põhjal

Suurema hulga kvaliteedijuhtimise definitsioonidest keskenduvad protsessidel. Juran ja Godfrey (1999: 2.5) pakkusid kolm protsessi välja: kvaliteedi planeerimine, kvaliteedi kontroll ja kvaliteedi parandamine. Need protsessid on ühendatud kvaliteedi triloogias, mille alusel Juran ja Godfrey (1999: 2.6-2.7) löid diagrammi, kus näitasid nende protsesside omavahelist seost. Aastate jooksul oli eelnimetatud protsessidele lisatud ka kvaliteedi kindlustamise protsess. ISO 9000 (2015) järgi kvaliteedijuhtimise tegevused kvaliteedi eesmärkide saavutamiseks ja kvaliteedipoliitika rakendamiseks peavad olema järgmised protsessid: kvaliteedi planeerimine, kvaliteedi kontroll, kvaliteedi kindlustamine ja kvaliteedi parandamine (Joonis 1).



Joonis 1. Kvaliteedijuhtimise protsessid

Allikas: autori koostatud ISO 9000 (2015) põhjal

Edaspidi bakalaureusetöö autor käsitleb iga kvaliteedijuhtimise protsess eraldi.

Kvaliteedi planeerimine

Kvaliteedi planeerimine on esimene samm kvaliteedijuhtimise protsessi realiseerimiseks. ISO 9000 (2015) kohaselt planeerimise põhiülesanded on eesmärkide, tööprotsesside ja vajalike ressursside paigutamine kvaliteedieesmärkide saavutamiseks. Botezatu *et al.* (2019: 125) on väljendunud sarnaselt, öeldes, et kvaliteedi planeerimine on protsesside ja ressursside kogum ettevõtte eesmärkide defineerimiseks ja saavutamiseks.

Kui kvaliteedi planeerimise elluviimine on vastu võetud määrab ettevõtte esialgselt “protsessid (sh kvaliteedi kontrolli tegevused), dokumendid ja ressursid, mis on vaja kõrge kvaliteetsete produktide tootmiseks”. (Nanda 2005: 137)

Traditsiooniliselt vaadeldakse järgmisi samme (Juran, Godfrey 1999: 3.3):

1. Kvaliteedi planeerimise projekti loomine
2. Sise- ja välisklientide määramine
3. Tarbijate vajaduste väljaselgitamine
4. Toote (välja) arendamine, mis rahuldab tarbijate vajadusi
5. Protsessi vahendite välja arendamine
6. Töötada välja kontrollid ja viia need üle operatsioonidele

Kvaliteedi planeerimise protsessi kasu seisneb ettevõtte tuleviku suuna arendamiseks ja edukate tegevusalade määramiseks tarbijate seisukohast. (Lam 1997: 11) Firmade

edukus peamiselt sõltub ka eesmärkide valikust, mis on vaja nii täpselt kui võimalik formuleerida enne planeerimise protsessi alustamist (Lam 1997: 20). Kogutud andmete põhjal leidis Lam (1997: 20), et ebaselged püstitatud eesmärgid vähendavad ettevõtte tulemuslikkust.

Kvaliteedijuhtimise ebaefektiivsust põhjendatakse ka kvaliteedi planeerimise tegevusi ilma strateegiliste muudatusteta. (Popescu, Mândru 2016: 204) Strateegilisel kvaliteedi planeerimisel on tähtis mõju ettevõtte protsessidele parendamisele ja ettevõtte tulemuslikkusele üldiselt, sest aitab analüüsida kuidas strateegiaid rakendatakse ja vajaduse juhul parendada neid. (Ebrahimi, Sadeghi 2013: 5637) Strateegilise planeerimise rakendamiseks analüüsitakse ettevõtte missioon ja põhiväärtused, uuritakse sisse- ja väliskeskkonna. Selle analüüsi põhjal on võimalik luua strateegiat probleemide lahendamiseks ja püstitada reaalseid eesmärke. Kõigil neil tegevustel on positiivne mõju ettevõtte organisatsioonilisele jõudlusele. (George *et al.* 2019: 810)

Kvaliteedi kontroll

Kvaliteedijuhtimise järgmine protsess on kvaliteedi kontroll. ISO 9000 (2015) määratleb kvaliteedi kontrolli kvaliteedijuhtimise osana, mille ülesanne on “kvaliteedi nõuete täitmine”. Jurani ja Godfrey (1999: 4.2) põhjal kvaliteedi kontrolli põhiülesanne on ettevõtte soorituse hindamine ja selle võrdlemine kvaliteedi eesmärkidega. Mittevastavuse korral, tohib võtta meetmeid erinevuse kõrvaldamiseks. Kvaliteedi kontrollimiseks on rakendatud ISO standardeid. Kvaliteedi kontrolli toiminguid täiendatakse ISO praktilise nõuetega, mis võimaldab tagada kvaliteeti. (Chojnacka-Komorowska, Kochaniec 2019: 71)

Mittevastavuste leidmiseks ja eemaldamiseks kvaliteedi kontrolli protsessis on tagasiside tsüklil (inglise keelne *feedback loop*). Esiteks kontrollitakse, kas protsessi väljund vastab kvaliteedinõuetele, toimub protsessi või tegevuse võrdlemine standartidega. Pärast seda toimub protsessi erinevuste parandus. (Nanda 2005: 12-13) Tagasiside tsüklil saab kasutada mistahes probleemile lahenduse leidmiseks. Selle eelisenä on see, et tagasiside süsteemi läbiviimine on võimalik erinevates sektorites ning on seotud töötajatega erinevatel tööpositsioonidel. (Juran, Godfrey 1999: 4.5)

Kvaliteedi kindlustamine

Kolmas kvaliteedijuhtimise faas on kvaliteedi kindlustamine. Kvaliteedi kindlustamine on “kvaliteedijuhtimise osa, mille eesmärk on tagada, et kvaliteedinõuded täidetakse”. (ISO 9000 2015) Kvaliteedi kindlustamise osakonna ülesanne on anda töötajatele soovitusi ja juhiseid nende rollide ja ülesannete kohta ning kõrvaldada süsteemi nõrkused. Kvaliteedi kindlustamine peab olema integreeritud ettevõtte igapäevatoösse. (Dale 2003: 261-262)

Väga tihti kvaliteedi kindlustamise alla mõistetakse kvaliteedi kontrolli. (Nanda 2005: 15; Juran, Godfrey 1999:4.3; Wedlake 1993: 3; Visschedijk *et al.* 2005: 96; Lyberg, Biemer 2008: 426) Selle põhjusena on see, et mõned kvaliteedi kontrolli tegevused langevad kvaliteedi kindlustamise tegevustega kokku (Juran, Godfrey 1999: 4.3) ning sellepärast võib öelda, et kvaliteedi kontroll on kvaliteedi kindlustamise osa. Need tegevused tagavad, et kvaliteet vastab määratud nõuetele. (Nanda 2005: 15) Vaatamata sarnasustele, kvaliteedi kindlustamine ja kvaliteedi kontroll erinevad üksteisest nende protsesside erinevuste pärast. Juran ja Godfrey (1999:4.3) töid neid erinevusi välja, mis on esitatud autori tabelis.

Tabel 2. Kvaliteedi kontrolli ja kvaliteedi kindlustamise vaheline erinevus

Kvaliteedi kontroll	Kvaliteedi kindlustamine
Eesmärk - kontrolli säilitamine	Eesmärk - veenduda, et kontroll on säilinud
Sooritus, mida võrreldakse eesmärkidega, toimub kõigi protsessidega seotud operatsioonide jooksul	Soorituse hindamine toimub pärast sooritatud operatsioone
Kvaliteedi kontrolli tulemused on kättesaadavad ainult nendele, kes tegeleb operatsioonidega	Kvaliteedi kontrolli tulemused on kättesaadavad nii operatsioonidega seotud inimestele kui teistele, nt erineva taseme juhtidele, töötajatele, tarbijatele

Allikas: autori koostatud (Juran, Godfrey 1999:4.3) põhjal

Lähtudes kvaliteedi kindlustamise printsiibist “kvaliteet on igaühe asi” (Wedlake 1993: 4), iga inimene ettevõttes on võtnud isikliku vastutuse oma töö kvaliteedi eest kindlustamise protsessi parema rakendamiseks. (Crossfield, Dale 1990: 177; Dale 2003: 262) Selleks luuakse kvaliteedi kindlustamise süsteemi, mis määratleb eelnevalt mis, kuidas ja milliste vahenditega on vaja kontrollida ning alati korrigeerib tegevusi süsteemi pideva töötamiseks. (Wedlake 1993: 5)

Kvaliteedi parandamine

Kvaliteedi parandamine on viimane protsess kvaliteedijuhtimises, mis “keskendub kvaliteedinõuete täitmise võimekuse suurendamisele”. (ISO 9000 2015) Kvaliteedi parandamine toob kaasa positiivseid muudatusi, mille käigus toimub ettevõtte sooritamise üleminek uuele tasemele. (Juran, Godfrey 1999: 5.3) Demingi seisukohast kvaliteedi parandamine toob kaasa ettevõtte tootlikkuse kasvu ning võimaldab konkurentsivõimelisena olla. (Dale 2003:53)

Pikaajaliste konkurentsieelise saavutamise sõltub ettevõtte võimest tooteid pidevalt arendada. (Terziovski, Sohal: 540) Pidev kvaliteedi parandamise tegevused ehk Kaizen (inglise keelne *continuous improvement*) on suunatud kõigi protsesside ja nende tulemuste parandamisele, eesmärgiga maksimaalselt rahuldada tarbijate vajadusi. (Botezatu *et al.* 2019: 126; Abdullah *et al.* 2008 441) Selle abil ettevõtte keskkonnas toimuvad olulised muutused parema tulemuslikkuse saavutamiseks. (Kohlbacher 2013: 72; Abdullah *et al.* 2008: 440) Kõik organisatsiooni töötajad vastutavad pideva kvaliteedi parandamise protsessi eest. Kasutades oma teadmisi ja oskusi teevad nad seda oma töö osana. (García-Lorenzo, Carlos Prado 2003: 16; Dale 2003: 53; Marin-Garcia *et al.* 2008: 58) Pideva parandamise abil töötajatel on võimalus avaldada raaskamist oma igapäevases tegevuses ja kõrvaldama neid. Samuti leiti, et töötajate aktiivsel osalusel Kaizeni protsessis on positiivne mõju tööga rahulolule. (Buer *et al.* 2018: 15)

Pideva parandamise protsessi keskmes on Demingi tsükkel ehk PDCA-tsükkel, mis koosneb neljast osast: *plan, do, check, act*. (Terziovski, Sohal 2000: 541; Bond 1999: 1320; Nanda 2005: 17) Plan-faasis analüüsitakse olemasolevat olukorda ja seatakse eesmärgid. Do-faas keskendub plaani eluviimisele. Järgmise sammuga (*check*) hinnatakse tegevuste efektiivsust. Act-faasil on vaja tegutseda lähtudes varasematest teadmistest. Pärast seda algab plan-faas uuesti ja tsükkel kordub. (Bond 1999: 1320; Terziovski, Sohal 2000: 541; Ning *et al.* 2010: 62; Moen, Norman 2006: 6)

Kvaliteedi parandamise edukus sõltub protsesside kestusest, st protsesse tuleb jätkata aasta-aastalt. Selleks on oluline määratleda kvaliteedi parandamise eesmärgid, tuua parandamise protsess igapäevatoosse ning rakendada lisatasusid kvaliteedi parandamise eesmärkide saavutamiseks. (Juran, Godfrey 1999: 5.67)

1.2. Digitaliseerimine

Väga tihti teadusartiklides tekib arusaamatus kolm mõiste kohta: digiteerimine (inglise k *digitization*), digitaliseerimine (inglise k *digitalization*) ja digitaalne transformatsioon (inglise k *digital transformation*). (Ng *et al.* 2019: 1270; Brennen, Kreiss 2016: 1)

Digiteerimine on protsess, mille käigus füüsiline objekt teisendatakse digitaalseks vormiks binaarse süsteemi abil. (Brennen, Kreiss 2016: 1) Digiteerimise eesmärk on luua paberivaba ettevõtte. (Gobble 2018: 56)

Digitaliseerimise all mõeldakse erinevate tehnoloogiate kasutamist ettevõtete arendamiseks digitaalse äritegevuse suunas. (Ng *et al.* 2019: 1271; Johansson 2017:12) Digitaliseerimise protsessi käigus kasutatakse juba varem digiteeritud teavet. (Gobble 2018: 56)

Digitaalne transformatsioon on lai mõiste. Rachinger *et al.* (2018 :2) on digitaalset transformatsiooni difineerinud kui “protsess, mida kasutatakse majanduse, institutsioonide ja ühiskonna ümberkorraldamiseks süsteemi tasandil”. Ng *et al.* (2018 :1269) arvamustel puudub praegu digitaalse transformatsiooni määratlus. Cots (2018 :607) on välja toonud, et kõige tähtsam on “kastist välja mõtlemine ja võime kasutada uusi tehnoloogiaid väga innovaatilistel viisidel.”

Nüüd elame kahe tööstusrevolutsioonide piiril: kolmanda ja neljanda. Tööstusrevolutsioonide piirid on hägustunud, progress levib ahelreaktsioonina ühest riigist teise. Teadusartiklite põhjal paneb autor tööstusrevolutsioonide arenguetaapid ühte tabelisse.

Tabel 3. Tööstusrevolutsioonide ajalooline käigus

Tööstusrevolutsioonid	Ajavahemik	Iseloomulikud tunnused	Innovatsioonid
Esimene tööstusrevolutsioon	18. sajand	Üleminek käsitsitööst masinatööstusele, manufaktuurist vabrikutootmisele.	Auru jõul töötavad masinad
Teine tööstusrevolutsioon	1867-1914	Üleminek masstootmisele. Tööstuses hakati elektrit kasutama	Elektrivõrgud, telefon, sisepõlemismootor, kunstväetis
Kolmas tööstusrevolutsioon ehk digitaalne revolutsioon	alates 1970st – tänapäev	Informatsiooni-kommunikatsiooni tehnoloogiate teke. Kõikjal üleminek analoogsüsteemilt digitaalsele.	Elektroonika ja IT kasutamine tootmises
Neljanda tööstusrevolutsioon ehk Tööstus 4.0	Tänapäev - ...	Küberfüüsikaliste süsteemide massiline rakendus tootmises	Asjade internet, masinõpe, tehisintellekt jt.

Allikas: autori koostatud (Kagermann *et al.* 2013: 13-14; Philbeck, Davis 2018: 19-20) põhjal

Aina sagedamini räägitakse neljanda tööstusrevolutsiooni algusest, mille teine nimi on Tööstus 4.0 (saksa k *Industrie 4.0*, inglise k *Industry 4.0*). See kontseptsioon pakuti välja Saksamaal, Hannoveri messil 2011. aastal. Saksamaa, olles Euroopa liidrina tootmises, on seadnud Tööstuse 4.0 valitsuse eriprogrammi eesmärgiks, mille keskel on ettevõtete ja valitsuse koostöö tootjate konkurentsieelise säilitamiseks ja suurendamiseks. (Xu, Duan 2019: 2941) Tööstuse 4.0 tehniline alus koosneb süsteemidest, mis on omavahel ühendatud digitaaltehnoogiatega kaudu ja mis võimaldavad täielikult iseorganiseeritud tootmist: inimesed, masinad, logistika ja tooted suhtlevad ja toimivad vastastikku omavahel otse. (Szozda 2017: 402; Kagermann *et al.* 2013: 5) Tsentraliseeritud juhtimine asendatakse detsentraliseeritud tootmisprotsessidega. See üleminek võimaldab korraldada tootmist tõhusamalt ja paindlikumalt. (Hermann *et al.* 2016: 3929)

Oluline on tähele panna, et kõikide tööstusrevolutsioonide vahel on seos ehk saab rääkida tehnoloogiate järjepidevusest. Nii näiteks kolmanda tööstusrevolutsiooni alusel on elektri- ja telekommunikatsiooni süsteemid, mis oli loodud teise tööstusrevolutsiooni ajal. (Philbeck, Davis 2018: 19-20) Samasuguselt Tööstuse 4.0 ning praeguste

digitaalsete tehnoloogiate vahel on tugev seos. (Philbeck, Davis 2018: 20; Lasi *et al.* 2014: 239) Samas Philbeck ja Davis (2018: 21) sõnul ei saa Tööstust 4.0 aga ette kujutada pelgalt digitaalsele revolutsioonile järgse arenguetapina, vaid nagu “epi-digitaalne” revolutsioon, kus praegused tehnoloogiad panevad aluse tulevastele uuendustele ja innovatsioonile.

Ühendus ja järjepidevus tehnoloogiate vahel saab näha Tööstuse 4.0 tehnoloogiate näitel: asjade internet (inglise k *Internet of Things*), tark tehas (inglise k *Smart Factory*), küberfüüsikalised süsteemid (inglise k *Cyber-Physical Systems*), suurandmed (inglise k *Big Data*) ja muud teised tehnoloogiad. Eespool nimetatud Tööstus 4.0 kontseptsioonid pakuvad tootlikkuse suurendamisele lisaks ka paljulubavat potentsiaali kvaliteedijuhtimise valdkonnas, parandades toodete, protsesside ja teenuste kvaliteeti. (Foidl, Felderer 2016: 8)

Digitaliseerimise kasutuselevõtu tähtsust arutasid paljud autorid. Rachinger *et al.* (2018: 1) tunnistas, et ettevõtte kõikides tööstusharudes tunneb sisuliselt digitaliseerimise mõju, sest selle mõju ala on esialgselt ettevõtte strateegia ja digitaliseerimise abil toimub kogu ärimudeli ümbertegemine. Lerch ja Gotsch (2015: 46) arvamustel digitaliseerimine võimaldab luua uusi võimalusi protsesside “lihtsustamiseks, kiirendamiseks või optimeerimiseks”.

1.3 Lahendused kvaliteedijuhtimise protsesside parandamiseks digitaliseerimise kaudu

Antud alapeatükis autor, põhinedes teadusartiklidel, pakub digitaalseid lahendusi kvaliteedijuhtimise meetodite parandamiseks. Tänapäeval on väga levinud ISO 9001, Kuus Sigma ja Timmitud Tootmine kvaliteedijuhtimise süsteemid. Nende efektiivsus on ajaga tõestatud. Seetõttu need populaarsed meetodid on autor kasutusele võtnud digitaalsete lahenduste ülevaatamiseks.

Siseaudit. ISO 9001 (2015) põhjal peab ettevõtte läbi viima siseauditi. See aitab hinnata, mil määral ISO standardid on rakendatud, kui efektiivne on süsteem ning millised on tõrked ja nende algpõhjused. (Alič, Rusjan 2010: 917) Siseaudit on peamine ISO 9001 vahend kvaliteedi kindlustamiseks.

Eesti siseaudiitorite ühingu põhjal “siseauditeerimine on sõltumatu, objektiivne kindlust ja nõu andev tegevus, mis on kavandatud väärtuse lisamiseks ja organisatsiooni tegevuse täiustamiseks.” (Siseauditi missioon... 2020) Eesmärgi saavutamiseks audiitorid kasutavad analüütikaga seotud tegevusi. Analüütika tulemuste põhjal audiitorid võrdlevad omavahel saadud andmeid ja ootuste mudeleid. Tegelikkuse ja ootuste võrdlus võimaldab välja selgitada erinevaid tõrkeid ja juhtumeid, mis on näiteks seotud ebatavaliste tehingutega raamatupidamises jm. Sarnaselt uuritakse auditi käigus, kas kvaliteedi kindlustamise protsess on efektiivne ja mida saab seal parandada. (Jans *et al.* 2014: 1752)

Auditeerimise protsess peab koos ettevõttega arenema ning uute oludega kohanema tehnoloogiate kaudu. Digitaliseerimise abil audiitoritel on võimalus ettevõtte protsesse pidevalt reaalsajas jälgida, kasutades asjade interneti (inglise k *Internet of Things*) tehnoloogia. (Dai, Vasarhelyi 2016: 2) Asjade interneti abil kogu kättesaadav informatsioon ettevõtte kohta kogutakse ühe keskse andmekogumisüksusega. Sellest infosüsteemist andmed sorteeritakse ja analüüsitakse, mis tunduvalt muudab otsustamisprotsessi tõhusamaks. (Griffin 2017: 6) Näiteks, on võimalik ennetada energia raiskamist, kui siseaudiitorid võrdleksid tootmisplaane energiaga, mida tarbitakse reaalsajas. (Dai, Vasarhelyi 2016: 6)

Jans *et al.* (2014: 1752) on leidnud, et analüüsides sündmuste logide protsessikaeve (inglise k *process mining of event logs*) abil saab defektide kontrolli jälgida. Põhiidee seisneb selles, et “saada teadmisi infosüsteemiga salvestatud sündmuste logid, kus sündmuse log on arvutisüsteemi tegevuste kronoloogiline register, mis on salvestatud süsteemi faili”. Selle meetodi eeliseks on see, et selle abil saab leida auditeerimiseks vajalikku teavet, mida on traditsiooniliste auditimeetodite abil keeruline tuvastada. Jans *et al.* (2014: 1753, 1771) on võtnud pangast finantsandmed ning protsessikaeve abil on leidnud vigadega tehtud toiminguid. Nii näiteks oli avastatud 265 makset, millel puudus vastav arve. Tavapäraseid meetodeid kasutades ei tuvastanud siseauditid neid anomaaliaid

Kolmas võimalus auditeerimise protsessi parandamiseks on äppide kasutamine. Dai ja Vasarhelyi (2016: 5) uurisid välja, et äpid on lihtsamad kasutamisel võrreldes arvutitarkvaraga. See toob veel ühe eelise: äpi kasutamiseks pole vaja koolitust.

Kolmandaks personaliseeritud äpid paremini vastavad audiitorite nõudele. Kasutamise mugavuse ja lihtsa analüütika protsessi pärast, äpid on kasulikud tööriistad auditi läbiviimiseks.

Andmete töötlemiseks siseauditi ajal kasutatakse ks masinõpet, “mis põhineb algoritmide ja statistiliste mudelite väljatöötamisel, mida arvuti saab seejärel kasutada konkreetse ülesande teostamiseks ilma täiendavate juhenditeta”. Masinaõpe tehnika automatiseerib palju ülesandeid, näiteks lepingute läbivaatamine, auditeerimisaruannete koostamine või varude kontrollimine. Samal ajal algoritmidel võrreldes inimestega on raskem teha ametialaseid hinnanguid. Seega masinõpe tehnoloogia on pigem lisatööriist kui iseseisev vahend. (European... 2020: 30)

Siseaudit aitab aru saada, kas kvaliteedijuhtimise süsteem vastab ISO 9001 nõudele ning seega hinnata süsteemi jõudlust. Selleks on kasulik, et audiitoritel on igal ajahetkel analüüsitud andmed, sest see võimaldab kontrollida tootmisprotsess algusest lõpuni, mis omakorda aitab kinnitada protsesside toimivust. Eespool nimetatud tehnoloogiad toob endaga kaasa arvutusvõime, mis võimaldab lahendada kompromissi auditi kvaliteedi ja kiiruse vahel.

Kuus Sigma. Kuus Sigma on kvaliteedi parandamise meetod, mille eesmärk on vähendada defektide arvu. Meetodiga seotud statistilised meetodid saab rakendada tootmisprotsessi igal ajahetkel. (Zu *et al.* 2008: 630; Smętkowska, Mrugalska 2018: 591) Selle meetodi realiseerimiseks kasutatakse väga tihti DMAIC tsüklit, mis koosneb viiest faasist: probleemi määratlemine (*define*), mõõtmine (*measure*), analüüs (*analyze*), parandamine (*improve*) ja kontroll (*control*). Kaks esimest etappi moodustavad probleemi kirjeldamise etapi, ülejäänud kolm - optimeerimise etapi, st optimaalse lahenduse otsimise ja rakendamise. (Watson 2004: 19) DMAIC tsükli abil on edasiliikumise mõõtmiseks rohkem võimalusi, kuna see on andmepõhine lähenemine. See võimaldab objektiivselt hinnata, kas muutused protsessis on olnud positiivsed või mitte. (Sokovic *et al.* 2010: 483)

Arcidiacono ja Pieroni (2018: 143) arvamusel DMAIC tsüklit on võimalik tugevdada tehnoloogiate abil. Sarnaseid arvamusi esitasid Gupta *et al.* (2020: 2) ja Dogan, Gurcan (2018: 951), öeldes, et arenenud analüütika tehnoloogiad, nagu suurandmete analüütika

ja protsessikaeve, aitavad teha paremat otsust, säästes aega ja raha. Teadusartiklitel pakutakse mitmesuguseid digitaalseid lahendusi DMAIC-tsükli parandamiseks (Tabel 5).

Tabel 5. DMAIC tsükli parendamine digitaliseerimise abil

DMAIC etapp	Tehnoloogia	Kuidas see aitab
Probleemi määratlemine	- Andmete kaevandamine: tekstikaeve ja videokaeve (inglise k <i>data mining: text and video mining</i>) - Asjade internet	Esiteks, kasutatakse teksti - ja videokaeve: sotsiaalmeediast, meilidest jms struktureerimata andmed kogutakse ja tõlgitakse sisukaks kokkuvõtteks. Teiseks, asjade interneti abil saab jagada vajalikku teavet paljudes seadmetes, näiteks nutitefonis ja tahvlearvutis. See aitab jälgida protsesside või toodete hälbeid.
Mõõtmine	- Vastavuse kontrollimine (inglise k <i>conformance checking</i>) - Ennustav analüütika (inglise k <i>predictive analytics</i>)	Vastavuse kontrollimise ülesanne on mõõta vastavust sündmuste logide ja protsessimudeli vahel. Sellega saab tuvastada kõik protsessi kõrvalekalded. Ennustav analüütika keskendub objektide ja subjektide tulevase käitumise ennustamisele optimaalseete lahenduste langetamiseks. See võimaldab varem teada saada, kui midagi on katki ja võtta vastumeetmeid.
Analüüs	- Masinõpe (inglise k <i>machine learning</i>)	Masinõppe kasutamine võimaldab seaduspärasuse leida ja teha järeldusi.
Parandamine	- Asjade internet - Masinaõpe	Asjade Internet võimaldab jälgimist personaalarvuti, nutitelefoni või tahvelarvuti abil. Masinõpe hõlbustab märgatavalt järelduste tegemist.
Kontroll	- Visualiseerimise vahendid, graafikud - Masinõpe	Graafika ja visualiseerimisvahendid võimaldavad võimaliku tõrke hõlpsamini leida. Masinõpet kasutavad algoritmid võivad anda märku, kui tootmisprotsess on valesti läinud.

Allikas: autori koostatud (Adriansyah et al. 2011: 123; Arcidiacono, Pieroni 2018: 143; Dogan, Gurcan 2018: 947-950; Gupta et al. 2020: 3-4) põhjal

Kõige rohkem kasu digitaliseeritud Kuest Sigmast saavad kvaliteedi kontrolli eest vastutavad inimesed. Kogudes tehnoloogiate abil andmeid, saavad insenerid avastada rohkem defekte. (Godina, Matias 2019: 177) Samalt seda aitab tõhustada kvaliteedi kindlustamise protsess, sest parandatud DMAIC tsükliga on võimalik kiiremini ja efektiivselt leida probleemide algpõhjust. Selle abil saab paremini valida probleemide kõrvaldamise viisid.

Timmitud Tootmise (inglise k *Lean Manufacturing*) põhimõtteid on ettevõtetes rakendatud juba eelmisest sajandist, sest erinevad autorid olid leidnud seose selle meetodi ja parema töötulemuse vahel. (Pagliosa *et al.* 2019: 3; Küpper *et al.* 2017: 3) Bostoni konsultatsioonigrupi spetsialistid uurisid, et tehnoloogiate seos Timmitud Tootmisega vähendab kulusid 40% võrra viie kuni kümne aasta jooksul. Tehnoloogiate ühendus aitab kiirenda toomist ja suurendada tootlikust. Lõpuks on võimalik jõuda tehase operatsioonide isejuhtimiseni. (Küpper *et al.* 2017: 3)

Tööstuse 4.0 tehnoloogiad saab jagada kolme rühma, lähtudes kasutamise eesmärkidest: andmehõive ja töötlus (inglise k *data acquisition, data processing*), masinatevaheline suhtlus (inglise k *machine to machine communication*), inimese ja arvuti vaheline suhtlus (inglise k *human-machine interaction*). Iga element on tehnoloogiate kogum. (Wagner *et al.* 2017: 127)

Andmete hõiveks ja nende edasiseks analüüsimiseks kasutatakse sensoreid ja andureid, mis paigaldatakse toodetele - *smart product'ile*. Analüütilised tarkvarad ja äpid, mis on seoses andurite ja sensoritega, saavad kõik andmed *smart product'i* kohta: teave nende identiteedi, omaduste, seisundi ja ajaloo kohta. Need andmed võimaldavad teha palju statistilisi uuringuid kvaliteediprobleemide vältimiseks. Kuna Kaizen ehk pidev parandamine on suunatud igapäevase raiskamist kõrvaldamisele, siis võimaldab *smart product* tuvastada vigu, kui see kogub andmeid toote tootmise ajal ja pärast seda. Täiustatud Kaizen on mõjukas tegur konkurentsieelise saavutamiseks. (Almeida *et al.* 2015: 7; Kolberg, Zühlke 2015: 1872; Wagner *et al.* 2017: 127; Schmidt *et al.* 2015: 3)

Masinatevaheline suhtluse põhiidee on vähendada inimeste rolli tootmisprotsessis. Ideaalis protsessid toimuvad ilma inimese osaluseta. Näiteks analüüsib masin andurite abil järgmiste masinate seisukorda ja otsustab, kas jätkata tootmisprotsessi või mitte. (Ustundag, Cevikcan 2018: 52)

Masinate ja inimeste vahel tehnoloogia näitena on *smart operator*. Üks Timmitud Tootmise tööriistast on Andon, mille sisuks on töötajate teavitamine probleemi tekkimisel. *Smart operator* kasutamine vähendab aega olulise teabe saamiseks arvutisüsteemide abil, mis reaalselt annavad töötajale teatamist probleemist. (Kolberg,

Zühlke 2015: 1874) Programmi saabunud teateid saab edasi uurida, et saavutada pideva parandamist. (Mrugalska, Wyrwicka 2017: 471)

Valitud tehnoloogiad peavad asjakohased olema. Analüüsides erinevaid Tööstuse 4.0 tehnoloogiaid, on Wagner *et al.* (2017: 128) välja toonud maatriksi, kus näitasid mil määral Timmitud Tootmise tööriistad saavad kasu Tööstuse 4.0 tehnoloogiast. Nii näiteks Kaizen meetodile kõige paremini sobivad virtuaal- ja liitreaalsuse (inglise k *virtual reality, augmented reality*) ja suurandmete (inglise k *Big Data*) tehnoloogiad ning kõige vähem kasu on sensoritest.

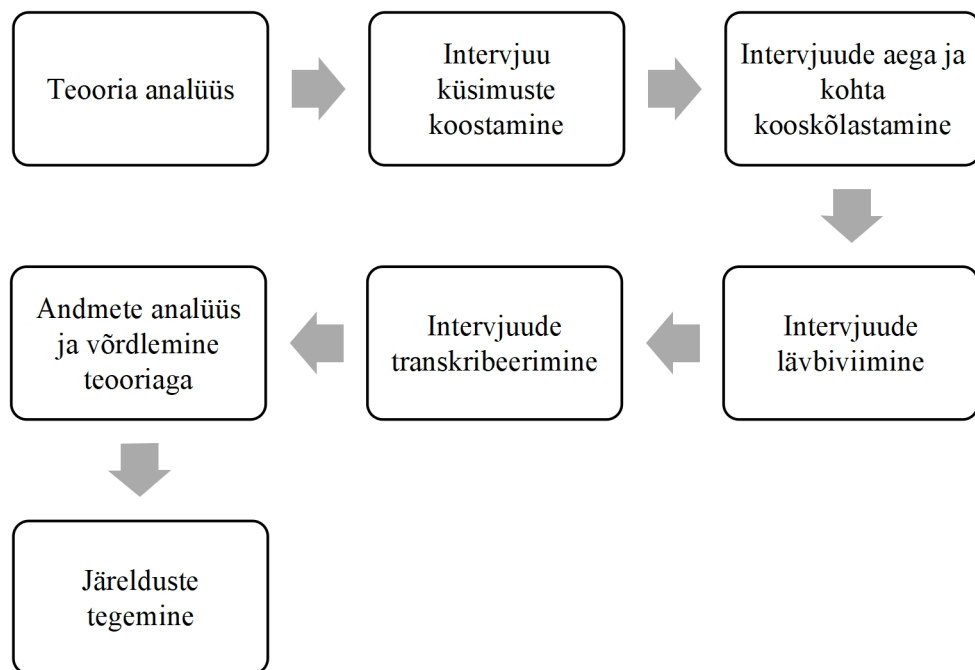
Timmitud Tootmise sisu on igapäevased parandused kõikidel ettevõtte tasandil. See on oluline protsess raiskamiste välja selgitamiseks. Analüüsides tootmisprotsessi reaalsajas ja võrreldes seda tegelike tootmisplaanidega, on võimalik hinnata tootmise kvaliteeditaset. See võimaldab otsustada kas on võimalused kvaliteedi parandamiseks või kõik protsessid töötavad oma maksimumil.

2. KVALITEEDIJUHTIMISE PROTSESSIDE TÕHUSTAMINE DIGITALISEERIMISE ABIL EESTI ETTEVÕTETE NÄITEL

2.1. Uurimismetoodika kirjeldus ja ettevõtete ülevaade

Käesolev peatükk koosneb kahest alapunktist. Esimeses alapeatükis autor kirjeldab uurimisega seotud meetodikat ning annab ülevaade ettevõtetest. Teises alapeatükis võrdleb autor uurimismetoodikast saadud tulemusi teooriaga ja teeb ettepanekuid edasiarendamiseks.

Teoreetiliste lähtekohtade kinnitamiseks bakalaureusetöö autor tegi poolstruktureeritud intervjuu. Poolstruktureeritud intervjuu on andmekogumismeetod, mida kasutatakse kvalitatiivsete uurimuste läbiviimiseks. Reeglina küsimused on avatud ja nende sõnastus võib muutuda intervjuu ajal, sõltudes vastusest. Poolstruktureeritud intervjuud on võimalik teha erinevatel viisidel. Näiteks näo-näost, telefoni teel või kasutades video tarkvara. (Skype, Zoom jt.). (DiCicco-Bloom, Crabtree 2006: 351; Irvine *et al.* 2013 viidatud Brown, Danaher 2019: 77 vahendusel)



Joonis 2. Empiirilise uuringu etapid
Allikas: autori koostatud

Autor leidis, et poolstruktureeritud intervjuu meetod on kõige sobivam mitmel põhjusel. Esiteks, teema kitsuse tõttu pole meediast leidnud ettevõtete kohta piisavalt teavet, et põhjalik analüüs läbi viia. Teiseks, saavad intervjueritavad intervjuude ajal oma arvamust avaldada ja küsitlejatele küsimusi esitada, mis julgustab neid rohkem kasulikku teavet pakkuma. Kolmandaks, intervjuude läbi viimiseks saab kasutada erinevaid kanaleid.

Bakalaureusetöö autor valis intervjuudeks välja tootmisettevõtted. Tootmissektori valik põhineb sellisel faktil, et välja kirjutatud kvaliteedijuhtimisemeetodid on universaalsed tootmissektoris. Teenindussektor omakorda pole nii homogeenne, mis tekitab raskusi näiteks Kuus Sigma meetodi rakendamisel. (Chakrabarty, Tan 2006: 1) Meetodite rakendamine tootmisvaldkonnas on aastate jooksul tõestatud. Näiteks Kuus Sigma ja Timmitud Tootmine meetodid prevaleerivad tootmisega seotud teadusartiklites. Nende meetodite rakendamine teenindussektoris pole veel arenenud. (Buavaraporn 2010: 13)

Autor tegi viis intervjuud ettevõtete kvaliteedijuhtidega. Kvaliteedijuht korraldab ettevõttes kvaliteediosakonna, mis kasutab oma tegevust teiste osakondade toetamiseks igapäevases parendustegevuses. (L.M.Klyatis, E.L.Klyatis 2006 :371) Kvaliteedijuht ei juhi kõiki töötajaid, tema ülesanne on luua optimaalne juhtimisskeem. Just seetõttu

rakendatakse kvaliteedijuhtimissüsteemi, kus ta korraldab toodete kvaliteedi jälgimist, sise-eeskirjade väljatöötamist, organiseerib sertifitseerimisprotsessi. Kvaliteedijuht saab anda täieliku pildi nii kvaliteedijuhtimise meetoditest, kui ka üldse ettevõtte tootmisprotsessist.

Tabel 6. Intervjuud

Ettevõtte	Läbiviimise kuupäev	Intervjuu viis	Intervjuu pikkus (min)	Ametinimetus	Lisa
Enics Eesti AS	06.07.2020	Microsoft Teams, e-mail	15 min	kvaliteedijuht	Lisa 2
Torm Metall OÜ	14.07.2020	Skype, e-mail	14 min	kvaliteedijuht	Lisa 3
MS Balti Trafo OÜ	29.07.2020	Skype, e-mail	12 min	kvaliteedijuht	Lisa 4
Saku Metall Allhanke Tehas AS	03.09.2020	e-mail	-	kvaliteedijuht	Lisa 5
Premia Tallinna Külmoone AS	02.08.2020	e-mail	-	kvaliteedijuht	Lisa 6

Allikas: autori koostatud

Esimene intervjuueeritav oli Enics Eesti AS kvaliteedijuht. Intervjuu oli tehtud 6.07.2020 Microsoft Teams'i kaudu. Detailide välja selgitamiseks autor saatis e-kiri täpsustavate küsimustega. Teine intervjuu toimus 14.07.2020 koos Torm Metall OÜ kvaliteedijuhiga. Intervjuu läbi viimiseks oli kasutatud Skype'i. Vastused lisaküsimustele sai autor e-maili teel. Samamoodi Skype'i kaudu oli tehtud intervjuu MS Balti Trafo OÜ kvaliteedijuhiga, mis toimus 29.07.2020. Kaks ülejäänud kvaliteedijuhti Saku Metall Allhanke Tehas AS-st ja Premia Tallinna Külmoone AS-st saatsid oma vastused e-maili teel. Intervjuude küsimused ja transkribeeritud vastused esitab autor lisades. Ettevõtete kirjeldamiseks oli kasutatud ettevõtete kodulehekülgedest saadaolevaid materjale.

Enics Eesti AS on rahvusvaheline elektroonika tootmisettevõtte, mis asutati 2004. aastal Šveitsis. Tütarettevõtte Enics Eesti AS "keskendub optimeeritud tootmis- ja

tarneahelateenuste pakkumisele tööstussegmendi klientidele”. Enics AS pakub oma teenuseid tegutsevatele ettevõtetele järgmistes valdkondades: energia, tööstusautomaatika, transport, sh raudtee, hooneautomaatika ja meditsiin. (Enics... 2020) Ettevõttel on kvaliteedijuhtimise sertifikaat - ISO 9001, keskkonnajuhtimissüsteemi sertifikaat- ISO 14001 ning töötervishoiu ja tööohutuse juhtimissüsteemi sertifikaat - OHSAS 18001. (Lisa 2)

Torm Metall OÜ on Tartus asuv metallitööstlus ettevõte, mis tegutseb alates 2008. aastast. Torm Metall OÜ pakub laias valikus metallist tehtud komponente ning valmistatud tooteid. Ettevõtte teenindab ettevõtteid, kes tegelevad taastuva energia, seadmete, mootorsõidukite komponentide, raskete seadmetega. Samuti valmistatakse masinaid toidu- ja joogitööstusele ning varustusi spordisaalidele. (Torm... 2020) 2018. aastal sai ettevõtte kvaliteedisertifikaadid: kvaliteedijuhtimise sertifikaat ISO 9001:2015, keskkonnajuhtimise sertifikaat ISO 14001:2015 ning töötervishoiu ja ohutuse juhtimise süsteemi sertifikaat ISO 18001:2007. Kõik sertifikaadid on kehtivad 2021. aastani. (Lisa 3)

MS Balti Trafo OÜ on osa Tech Power Electronics gruppist, mis on üks trafotehnoloogia ja tööstustoodete liidreid Saksamaa elektrisektoris. Ettevõtte põhitegevusala on elektrimootorite, generaatorite ja trafode tootmine. Kvaliteedijuhtimise süsteem on rakendatud ISO 9001: 2015 sertifikaadi järgi. (Balti Trafo... 2020)

Saku Metall Allhanke Tehas AS keskendub metalltoodete tootmisele ja on suunatud eelkõige rahvusvahelistele ettevõttele. Ettevõtte tegevusalaks on allhanketööd õhukesest lehtmestallist. Kvaliteedi- ja keskkonnajuhtimissüsteem on vastavuses rahvusvaheliste standardite ISO 9001:2015 ja ISO 14001:2015 nõuetega. (Saku... 2020)

Premia Tallinna Külkhoone AS on jäätisetoomise ettevõtte. Lisaks jäätisetootmisele müüakse ka sügavkülmutatud köögiviljad ja eelvalmistatud toidukaubad. Ettevõttel on ISO 22000 toiduohutuse juhtimissüsteemi sertifikaat. (Premia... 2020)

Järelduste tegemiseks kasutab autor Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse (edaspidi EAS) poolt tehtud uuringut. Uuring “Tootmisprotsesside juhtimise digitaliseerimine

tööstuses” oli esimest korda tehtud jaanuaris 2019. aastal. (EAS 2019) Teine uuring oli läbi viidud märtsis 2020. aastal. Antud töös kasutatakse 2020. aastal läbi viidud uuringut. Uuringu sihtrühm on tootmisettevõtted ja valimi suurus on 300. Intervjuu ettevõtete esindajaga võeti telefoni teel. 61% 2019. aasta uuringu osavõtjatest oli 2020. uuringu valimi sees. (EAS 2020) EAS-i graafilised tulemused on välja toodud autori lisades.

2.2. Digitaliseerimise ja kvaliteedijuhtimise protsesside seos ettevõtete näitel

Selles alapeatükis kirjeldatakse intervjuudest saadud teavet, analüüsitakse ja võrreldakse teooriaga. Esmalt kontrollitakse, mil määral kvaliteedijuhtimise protsessid vastavad ISO 9001 nõudele. Seejärel kirjeldab autor, mida digitaalsed tehnoloogiad ettevõtted kasutavad kvaliteedijuhtimise süsteemi rakendamiseks. Viimasena analüüsib autor saadud tulemusi EAS uuringu abil.

Soov rahuldada tarbijat ja pakkuda neile tooteid kõrgema kvaliteediga nõuavad ettevõttelt kvaliteedisertifikaadi olemasolu. Riillo (2012: 142) järgi “klientide surve on sertifitseerimise või mittesertifitseerimise peamine põhjus”. Sertifitseerimine võib olla kvaliteedi parandamise ajend, kuid kui standardit rakendatakse õigesti.

Kõikidel ettevõtetel, v.a. Premia AS, on kehtiv ISO 9001 sertifikaat, mille järgi kvaliteedijuhtimise süsteemi eesmärkide saavutamiseks ettevõttes tuleb rakendada nelja kvaliteedijuhtimise protsessi, mis oli mainitud alapunktis 1.1: kvaliteedi planeerimine, kvaliteedi kontroll, kvaliteedi kindlustamine ja kvaliteedi parandamine. Ettevõtete arusaam kvaliteedijuhtimise protsessidest vastab sertifikaadi nõudele, kuid kvaliteedi kontrolli ja kvaliteedi kindlustamise mõisted ühendatakse.

Tehnoloogiad on juba meie igapäeva elu lahutamatu osa. Kvaliteedijuhtide sõnul toob digitaliseerimine järgmisi eeliseid (Lisa 2 - Lisa 6):

1. Tõstetakse protsesside efektiivsust;
2. Raiskamiste ja eksimusvõimaluste vähendamine;
3. Sästab aega, seega töötajatel on analüüsimiseks ja otsuste tegemiseks rohkem aega;
4. Väheneb risk mittevastavaid tooteid toota ning reklamatsioone saada.

Vaatamata tehnoloogiaga seotud paljudele eelistele ei võtta kõik ettevõtted neid kasutusele. Premia Tallinna Külmoone AS-il „ei kasuta ühtegi digi meetodit kvaliteedijuhtimise süsteemis“. Selle põhjuseks on tehnoloogiate tagasilükkamine vanema põlvkonna poolt. (Lisa 6) Lähtudes sellest, edaspidi vaatleb bakalaureusetöö autor ainult ülejäänud neli ettevõtet.

Asjakohane tehnoloogiate kasutamine koos kvaliteedijuhtimise meetodiga mõjutab otseselt kvaliteedijuhtimise protsesse. Edaspidi autor käsitleb iga kvaliteedijuhtimise meetodi kohta kas ja kuidas toimub nende vahendite digitaliseerimine.

Tabel 7. Digitaalsed lahendused

Ettevõtte Meetod	Enics Eesti AS	Torm Metall OÜ	Balti Trafo OÜ	Saku Metall Tehas AS
Siseaudit	Excel, Share Point, Qlick Sence	Excel, Share Point	Excel, Share Point	Excel
Kuus Sigma	Excel, SAP ME	ERP	ERP	ERP
Timmitud Tootmine	ERP	ERP	ERP	ERP, Power BI

Allikas: autori koostatud Lisa 2, Lisa 3, Lisa 4, Lisa 5 põhjal

Siseaudit. Kvaliteedi kontrolliks ja kindlustamiseks viiakse läbi siseaudit. Põhikeskkond auditi läbiviimiseks kõikides ettevõtetes on Microsoft Exceli arvutustabelid. (Tabel 7) Pedrosa *et al.* (2015: 4) uuringu põhjal arvestustabel on audiitorite töös kõige sagedamini kasutatav vahend.

Teine tehnoloogia, mis võimaldab auditi tulemusel hoida edasiseks analüüsiks on pilvepõhine dokumentatsiooni haldamise programm MS SharePoint (Office 365). (Lisa 2; Lisa 3) Programmi sees on tööriistad, mis võimaldavad luua mugava keskkonna, kus ettevõtte töötajad saaksid omavahel tõhusalt suhelda, olulist teavet leida, korraldada ja salvestada. ISO 9001 (2015) standartide järgi ettevõtte vastutab dokumentatsiooni teave kontrolli ja säilitamise eest. Dokumentatsioonisüsteemi loomisega väldib ettevõtte samasuguste protseduuride kordamist. Digitaalse dokumendihaldussüsteemi abil on võimalik ettevõtte dokumentatsioonisüsteem tõhusamalt korraldada.

Auditi tulemuste graafiliseks väljendamiseks Enics Eesti AS-il kasutatakse *Qlik Sense* andmeanalüüsi platvormi. Tarkvara on täiendatud tehisintellektiga ehk AI (inglise k *Artificial Intelligence*), mille abil töötajad saavad usutavat teavet parema otsuste tegemiseks. (Qlik Sence... 2020)

Kuus Sigma. Suurt rolli tootmisprotsessides mängib SAP ME süsteem. See on tootmise juhtimise süsteem (inglise k *Manufacturing Execution System*), mille eesmärk on tagada tootmistoimingute tõhus teostamine ja parandada tootmise efektiivsust. See program põhineb ERP (inlise k *Enterprise Resource Planning*) süsteemil. Enics AS-il on selline süsteem koos kõigi tooteandmetega, mis on vajalikud toote jälgimiseks, nt toote seerianumbri järgi. See aitab kontrollida kõiki tootmisetappe, teades kui palju tooteid on toodetud praegu ja mis toimub konkreetsel ajahetkel. Seal kogutakse informatsioon kogu tootmise protsessi kohta: mis oli tehtud, kelle poolt ja mis kellaajal. Tootmise juhtimissüsteem SAP ME on integreeritud statistilise meetodiga nagu SPC (inglise k *Statistical Prosess Control*), mille abil arvutatakse erinevaid statistilisi näitajaid. Näiteks, Enics Eesti AS-il integreeritud lähenemisviis võimaldab automaatselt arvutada DPMO näitajat (inglise k *Defects per million opportunities*). (Lisa 2)

Timmitud Tootmine. Kvaliteedi parandamiseks on oluline, et töötajad saaksid pidevalt protsesse jälgida. Selleks rakendavad ettevõtted ERP süsteemi. ERP süsteemi kasutamine on mitmekülgne. Torm AS-il ERP süsteemi kasutatakse tooteretseptide koostamiseks, tootmise planeerimiseks (“digitaalsed tootmisplaanid ja prioriteetide listid”) ning tehtud tööde raporteerimiseks (“salvestuvad toodetud kogused ja tootmiseks kulunud aeg ning ka mittesobivate detailide arv”). Kõik sellega seotud dokumendid, nagu juhendid, pildid, kvaliteedi dokumendid, raportid, aruanded on kättesaadavad töötajatele. See võimaldab kontrollida tootmisprotsessi ja samal ajal võrrelda seda tootmisplaanidega. Torm AS-il ERP tarkvara abil samuti toimub mittevastavuste registreerimine ja analüüs. “Kui tootmises keegi avastab, et midagi on valesti, siis meister või mittevastavustega tegelev töötaja läheb oma arvutisse ja registreerib ettevõtte ERP süsteemi mittevastavust. Siia ta kirjutab vajalikes kohtades, mis on detaili number, kui palju, pannakse siia praagi koodi ja mis on defekti tüüp, määratakse ära kas see on võimalik korda teha või tuleb see uus toota jne”. See võimaldab samuti fikseerida ja parandada tarbijatelt saadud vigu. (Lisa 3)

Enics AS kasutab protsesside täiustamiseks ka 4 Box süsteemi (on sarnane PDCA tsüklile), “kus protsessihaldurid ja kvaliteediinsenerid analüüsivad regulaarselt oma vastutusalas top probleeme, analüüsivad juurpõhjusi ja leiavad neile lahendused. Seal on neli ala või kasti kus ühes on trend, teises on topi Pareto, siis on probleemide kirjeldus ja neljandas on tegevused”. Tegevuste analüüs toimub Exceli kaudu. (Lisa 2)

Saku AS-l ERP süsteem töötab seoses Power BI-ga. See on visualiseerimisprogramm, mis põhineb äriteave (inglise k *business intelligence*) tehnoloogial. BI tehnoloogia ERP süsteemiga seoses näitab “sise- ja välistarnekindlused vastavalt suletud operatsioonidele, töökeskuste koormatus, mittevastavuste hulk ja jagunemine tooteliinide/töökeskuste vahel”. (Lisa 5)

Uurides igasuguseid tehnilisi võimalusi, mis on rakendatud ettevõtetel, pakub bakalaureusetöö autor võrdleva tabeli, mis annab ülevaate teoreetilises ja empiirilises osas nimetatud digitaalsetest tehnoloogiatest.

Tabel 8. Teoreetilise ja empiirilise osa süntees

Kvaliteedijuhtimise meetodid	Teoreetilised lähtekohad	Empiirilised tulemused
ISO 9001 (siseaudit)	- Asjade internet - äppid - sündmuste logide protsessikaave - masinaõpe	- arvestustabelid - andmebaas dokumentide digitaalseks haldamiseks - analüütika tarkvara
Kuus Sigma	- protsessikaave - ennutav analüütika - masinõpe - visualiseerimisvahendid	- tootmise juhtimise süsteem - ressursside planeerimise tarkvara
Timmitud Tootmine	- andmehõive ja töötuse tehnoloogiad - masinatevaheline suhtlus - inimese ja arvuti vaheline suhtlus	- arvestustabelid - ressursside planeerimise tarkvara

Allikas: autori koostatud läbi viidud uuringu põhjal

Võrreldes teoreetilisi lähtekohti empiiriliste tulemustega, teeb autor järgmised järeldused iga kvaliteedijuhtimise meetodi kohta:

- **Siseauditi** läbi viimiseks ettevõtetel kasutatakse analüütika tarkvara visualiseerimise võimalusega. Antud tehnoloogiate rakendamine ei olnud autoriga mainitud teoreetilises osas. See näitab, et siseauditeerimise protsessil

kasutatud tehnoloogiate arv on suurem ning seega on võimalused edasiarendamiseks. Kasutatakse ka arvutustabeleid, kuid autori arvates saab neid masinõppe abil efektiivsemaks muuta. Masinõpe võimaldab kiiresti ja järjepidevalt analüüsida suurt hulka erinevate andmetüüpidega arvestustabeleid.

- **Kuus Sigma** jaoks kasutatakse ressursside planeerimise tarkvara (ERP) ja tootmise juhtimise tarkvara (SAP ME). Nende eeliseks on see, et neid saab integreerida statistiliste vahenditega. Teiseks saab ERP parandada DMAIC tsüklit, kuna seda saab kasutada kõigi tsükliga seotud tegevuste sooritamiseks.
- **Timmitud Tootmise** jaoks on kasutusel ERP tarkvara, sest võimaldab tootmisprotsessi korraldada ja pidevalt jälgida. Kuna on juba rakendatud ERP süsteem, siis digitaliseerimise saavutamiseks on võimalik seda integreerida tootmismasinatega (masinatevaheline suhtlus), et sellise protsessi täiustada.

Baklaureusetöö autori arvamusel Eesti ettevõtted on hästi digitaliseeritud, kuid ei kasuta digitaliseerimise võimalusi täielikult. Seda on kõigepealt näha siseauditis, kus peamine keskkond on Excel. See saab põhjendada uuringuga, mis tegi EAS 2020. aastal. Uuringu raames tootmisettevõtete esindajatelt oli küsitud “Millised on ettevõtte edasised plaanid tõhustada tootmist, võttes kasutusele roboteid, või muid spetsiaalset tarkvaraga juhitavaid tootmisprotsesse?”. 38% vastajatest puuduvad lähima viie aasta jooksul digitaliseerimisega seotud plaanid. 54% respondentidest ei näe vajadust alustada digitaliseerimise protsessi lähima kahe aasta jooksul ning 28% vastanutest puudub automatiseerimise võimalust. Samal ajal 24% respondentidest on plaanides alustada või jätkata tootmise tõhusamist 2020. aastal ning 15% alustavad/jätkavad kahe aasta jooksul. (Lisa 7)

Eesti tootmisettevõtetel on hea alus kvaliteedijuhtimise protsesside digitaliseerimiseks. Enamik ettevõttega seotud tehnoloogiaid on suunatud tootmisprotsessi automatiseerimisele. EAS uuringu põhjal tootmisprotsessid (59%) ja laovarvestus (54%) on kaks peamist valdkonda, kus digitaliseerimine toob kasu. (Lisa 7) Kvaliteedijuhtimise raames toimub protsesside osaline digitaliseerimine. Kvaliteedi planeerimise protsess on päris hästi digitaliseeritud eelkõige ERP süsteemi abil. Planeerimise tarkvara annab võime kõigi selle organisatsiooni kasutajate juhtimise ja

planeerimise eesmärgil üheaegselt teabele juurde pääseda. Suurim eelis digitaalsetest tehnoloogiatest saab kvaliteedi kontroll, sest on võimalus protsesse jälgimiseks ning täiustatud statistilised tööriistad annavad protsessidest täieliku ja selge pildi parema otsuse tegemiseks. Kvaliteedi kindlustamise suhtes on veel inimese roll päris suur, kõigepealt tegevustes, kus vea tegemise tõenäosus on kõrge (nt andmete sisestamisel). Parandamiseks pakutavad tehnoloogiad on heal tasemel, kuna tootmisprotsessi kontrollitakse pidevalt ja on võimalusi erinevate tehnoloogiate koosmõjaks. Käesolevad tehnoloogiad kui ka kvaliteedijuhide arusaam digitaliseerimise kasust võivad anda hea alguse edasiseks arenguks.

Digitaliseerimise integreerimine nõuab süstemaatilist lähenemist ja pidevat tähelepanu. Juhile tuleb tutvustada tõeliselt töötavaid tehnoloogiaid, suurendada meeskonna pädevust, uuendada seadmeid, kõrvaldada ettevõttesisesed arusaamatused ja innustada inimesi töötama uutes tingimustes. Inimeste kohanemisel on tähtis roll digitaliseerimise kasutuselevõtmisel. Selleks on vaja juhtkonna arusaamist, et digitaliseerimine pole lihtsalt mõne võimaluse sisseviimine olemasolevasse süsteemi, vaid uue lähenemisviisi väljatöötamine, mis aitab lähitulevikus ettevõttel valmistada kõrgema kvaliteediga tooteid. Oluline on moodustada ettevõtte kõrgel tasemel arusaam sellest, mis sisaldub digitaliseerimismeetmete kompleksis ja mis on sellest tootmise jaoks kasu.

Piirates oma uuringu tootmisvaldkonnaga, bakalaureusetöö autor annab võimalust tulevastes töödes uurida digitaalseid võimalusi teenindussektoris. Näiteks kas selle sektori digitaliseerimine on üldse võimalik ning kas tootmisprotsessidel kasutavad tehnoloogiad saab rakendada teistes valdkondades. Teiseks piiranguks on valimi suurus. Edaspidi saab ettevõtete arvu suurendada ja täpsustada käesoleva bakalaureusetöö tulemusi.

KOKKUVÕTE

Globaalselt on digitaliseerimine majandustegevuse mõiste, mille aluseks on digitaaltehnoogiate kasutuselevõtt erinevates elu- ja tootmisvaldkondades. Tootmisettevõtetele pakub digitaliseerimine laia valikut võimalusi protsesside optimeerimiseks. Näiteks, tootmisprotsessi juhtimine reaalsajal, masinatevaheline suhtlus, paranenud analüütilised võimalused jne. Digitaliseerimine ei tähenda protsesside lihtsat automatiseerimist. See soodustab ettevõtte arengut digitaalse transformatsiooni suunas. Digitaalsete tehnoogiate integreerimine ettevõtte keskkonnas loob olukorra, kus keskkonnatingimuste muutustele reageerimise aeg muutub minimaalseks ja ekslike otsuste protsent väheneb.

Kvaliteedijuhtimise ja digitaliseerimise eesmärgid on samasuunalised. Mõlemad on suunatud kvaliteedi tõhustamiseks ja ettevõtte protsesside parendamiseks. Ühendades need kaks mõistet, saavad ettevõtted parandada pakutavate toodete kvaliteeti, vähendada tootmisprotsessi ja logistika kulusid.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on välja selgitada, milliseid lahendusi digitaliseerimine võib pakkuda ettevõtetele kvaliteedijuhtimise parandamiseks.

Teoreetilises osas on välja kirjeldatud kvaliteedijuhtimise protsessid ja nende roll ettevõttekeskkonnas. Seejärel seletas autor digitaliseerimise põhiomadusi ja kuidas ettevõtted saavad kasu digitaliseerimise ja kvaliteedijuhtimise meetodite kombineerimisega.

Empiirilises osas oli autor uurinud, kas Eesti ettevõtetel toimub kvaliteedijuhtimise meetodite digitaliseerimine ja millised tehnoogiad selleks on kasutusel. Selleks viidi läbi viis poolstruktureeritud intervjuud. Võrreldes saadud tulemusi teoreetiliste lähtekohtadega autor leidis, et tehnoogiate kasutamine on suunatud kõigepealt tootmisprotsessi parendamiseks. Kvaliteedijuhtimise jaoks autori poolt oli leidnud positiivseid aspekte digitaliseerimise arendamisel. See on põhjustatud eelkõige

tehnoloogiate valikut ettevõtetes ja kvaliteedijuhide positiivse suhtumisega digitaliseerimisse.

Saadud tulemused on võimalik edasi arendada, uurides laiemalt kuidas toimub digitaalsete tehnoloogiate rakendamine ettevõtetel erineva töötajate arvuga. Siin saab välja selgitada kas on seos ettevõtte suuruse ja digitaliseerimise taseme vahel ning kas töötajate arv on ainukene tegur. Lisaks võiks täiendavalt uurida ettevõtteid erinevatest tootmissektoritest.

Teine tähtis uurimisvaldkond on turvalisus. Olulisim probleem, mis on tihti seotud digitaliseerimise kiire arenguga on küberturvalisus. Lähtudes Tööstuse 4.0 mõistest, seadmetel peab olema pidev internetiühendus. Seetõttu suure hulga teabe viimine elektroonilises vormis toob kaasa uusi ohte konfidentsiaalsele teabele. Võiks uurida, kas ja kui sageli ettevõtted sellise ohuga kokku puutusid, millise tarkvaraga see oli seotud ja milliseid vahendeid nad oma andmete kaitsmiseks kasutasid.

VIIDATUD ALLIKAD

1. Abdullah, M. M. B., Uli, J., Tarí, J. J. (2008). The influence of soft factors on quality improvement and performance: Perceptions from managers. *TQM Journal*, 20(5), 436–452. <https://doi.org/10.1108/17542730810898412>
2. Adriansyah, A., van Dongen, B. F., van der Aalst, W. M. P. (2011). Towards Robust Conformance Checking. M. zur Muehlen & J. Su (Toim), *Business Process Management Workshops* (lk 122–133). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20511-8_11
3. Alič, M. (2018). Integration of the ISO 9001 QMS with the company's IT business system. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29, 1–18. <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1487216>
4. Alič, M., Rusjan, B. (2010). Contribution of the ISO 9001 internal audit to business performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(8), 916–937. <https://doi.org/10.1108/02656711011075116>
5. Almeida, W. de, Giacaglia, G. E. O., Lamas, W. de Q., Bargos, F. F. (2015). Kaizen tools for productivity improvement: a real case. *Engineering Research: Technical Reports*, 6(4), 1–26. <https://doi.org/10.32426/engresv6n4-001>
6. Andersson, R., Eriksson, H., Torstensson, H. (2006). Similarities and differences between TQM, six sigma and lean. *TQM Magazine*, 18(3), 282–296. <https://doi.org/10.1108/09544780610660004>
7. Anholon, R., Simon Rampasso, I., Cooper Ordonez, R. E., Silva, D. da, Quelhas, O. L. G., Leal Filho, W. (2018). Observed difficulties during implementation of

- quality management systems in Brazilian manufacturing companies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(1), 149–167.
<https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2016-0167>
8. Arcidiacono, G., Pieroni, A. (2018). The Revolution Lean Six Sigma 4.0. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(1), 141. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.1.4593>
 9. Bisgaard, S. (2007). Quality management and Juran's legacy. *Quality and Reliability Engineering International*, 23(6), 665–677.
<https://doi.org/10.1002/qre.860>
 10. Bond, T. C. (1999). The role of performance measurement in continuous improvement. *International Journal of Operations and Production Management*, 19(12), 1318–1334. <https://doi.org/10.1108/01443579910294291>
 11. Botezatu, M. A., Pirnau, C., Mircea, R., Ciocardia, C. (2019). A Modern Quality Assurance System—Condition and Support to an Efficient Management. 8(1), 125–131. <https://doi.org/10.18421/TEM81-18>
 12. Brennen, J. S., Kreiss, D. (2016). Digitalization. *The International Encyclopedia of Communication Theory and Philosophy* (1k 1–11). American Cancer Society.
<https://doi.org/10.1002/9781118766804.wbiect111>
 13. Brown, A., Danaher, P. A. (2019). CHE Principles: Facilitating authentic and dialogical semi-structured interviews in educational research. *International Journal of Research and Method in Education*, 42(1), 76–90.
<https://doi.org/10.1080/1743727X.2017.1379987>

14. Buavaraporn, N. (2010). Business process improvement methodology adoption for improving service quality: 263. <http://eprints.nottingham.ac.uk/id/eprint/11554>
15. Buer, S.-V., Strandhagen, J. O., Chan, F. T. S. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: Mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2924–2940. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945>
16. Chakrabarty, A., Tan, K. (2006). Applying Six-Sigma in the Service Industry: A Review and Case Study in Call Center Services. *2006 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology*, 2, 728–732. Singapore, China: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICMIT.2006.262316>
17. Chojnacka-Komorowska, A., Kochaniec, S. (2019). Improving the quality control process using the PDCA cycle. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego We Wroclawiu*, 63(4), 69–80. <https://doi.org/10.15611/pn.2019.4.06>
18. Cots, S. (2018). Digital Transformation of Quality Management. https://www.researchgate.net/publication/326441178_Digital_Transformation_of_Quality_Management
19. Crossfield, R. T., Dale, B. G. (1990). Mapping quality assurance systems: A methodology. *Quality and Reliability Engineering International*, 6(3), 167–178. <https://doi.org/10.1002/qre.4680060303>
20. Dai, J., Vasarhelyi, M. A. (2016). Imagineering Audit 4.0. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 13(1), 1–15. <https://doi.org/10.2308/jeta-10494>

21. Dale, B. G. (2003). *Managing Quality*. Salvestatud 30. detsember 2020, <https://www.amazon.com/Managing-Quality-Barrie-G-Dale/dp/0631236147>
22. DiCicco-Bloom, B., Crabtree, B. F. (2006). The qualitative research interview. *Medical Education*, 40(4), 314–321. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02418.x>
23. Dogan, O., Gurcan, O. F. (2018). Data Perspective of Lean Six Sigma in Industry 4.0 Era: A Guide To Improve Quality. 12. https://www.researchgate.net/publication/326942806_Data_Perspective_of_Lean_Six_Sigma_in_Industry_40_Era_A_Guide_to_Improve_Quality
24. EAS. (2019). Tootmisprotsesside juhtimise digitaliseerimine tööstuses. Salvestatud 29. detsember 2020, EAS website: <https://www.eas.ee/uuringud/>
25. EAS. (2020). Tootmisprotsesside juhtimise digitaliseerimine tööstuses. Salvestatud 28. detsember 2020, EAS website: <https://www.eas.ee/uuringud/>
26. Ebrahimi, M., Sadeghi, M. (2013). Quality management and performance: An annotated review. *International Journal of Production Research*, 51(18), 5625–5643. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.793426>
27. Enics Eesti AS, kodulehekülg. (2020). Salvestatud 29. detsember 2020, <https://enics.com/>
28. European Court of Auditors. (2020). Big Data and digital audit. Salvestatud 27. detsember 2020, <https://www.eca.europa.eu/en/Pages/NewsItem.aspx?nid=13397>
29. Fisher, N. I., Nair, V. N. (2009). Quality management and quality practice: Perspectives on their history and their future. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 25(1), 1–28. <https://doi.org/10.1002/asmb.756>

30. Foidl, H., Felderer, M. (2016). Research Challenges of Industry 4.0 for Quality Management. M. Felderer, F. Piazzolo, W. Ortner, L. Brehm, & H.-J. Hof (Toim), *Innovations in Enterprise Information Systems Management and Engineering* (lk 121–137). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32799-0_10
31. García-Lorenzo, A., Carlos Prado, J. (2003). Employee participation systems in Spain. Past, present and future. *Total Quality Management and Business Excellence*, 14(1), 15–24. <https://doi.org/10.1080/14783360309704>
32. George, B., Walker, R. M., Monster, J. (2019). Does Strategic Planning Improve Organizational Performance? A Meta-Analysis. *Public Administration Review*, 79(6), 810–819. <https://doi.org/10.1111/puar.13104>
33. Gobble, M. M. (2018). Digitalization, Digitization, and Innovation. *Research-Technology Management*, 61(4), 56–59. <https://doi.org/10.1080/08956308.2018.1471280>
34. Godina, R., Matias, J. C. O. (2019). Quality Control in the Context of Industry 4.0. J. Reis, S. Pinelas, & N. Melão (Toim), *Industrial Engineering and Operations Management II* (lk 177–187). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14973-4_17
35. Griffin, J. (2017). Innovations in Technology: How AI and IoT are Affecting the World of Internal Audit. https://www.researchgate.net/publication/320617443_Innovations_in_Technology_How_AI_and_IoT_are_Affecting_the_World_of_Internal_Audit

36. Gupta, S., Modgil, S., Gunasekaran, A. (2020). Big data in lean six sigma: A review and further research directions. *International Journal of Production Research*, 58(3), 947–969. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1598599>
37. Heiner Lasi, Hans-Georg Kemper, Peter Fettke. (2014). Industry 4.0. Salvestatud 27. detsember 2020, <https://link.springer.com/article/10.1007/s12599-014-0334-4>
38. Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 3928–3937. Koloa, HI, USA: IEEE. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
39. Irvine, A., Drew, P., Sainsbury, R. (2013). ‘Am I not answering your questions properly?’ Clarification, adequacy and responsiveness in semi-structured telephone and face-to-face-interviews. *Qualitative Research*, 13, 87–106. <https://doi.org/10.1177/1468794112439086>
40. ISO 9000. (2015). Quality management systems—Fundamentals and vocabulary. Salvestatud 27. detsember 2020, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:en>
41. ISO 9001. (2015). Quality management systems—Requirements. Salvestatud 27. detsember 2020, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:en>
42. Jans, M., Alles, M. G., Vasarhelyi, M. A. (2014). A Field Study on the Use of Process Mining of Event Logs as an Analytical Procedure in Auditing. *The Accounting Review*, 89(5), 1751–1773. <https://doi.org/10.2308/accr-50807>
43. Johansson, J. (2017). Challenges and opportunities in digitalized work and management – case study 8. 47.

https://www.researchgate.net/publication/322419624_Challenges_and_opportunities_in_digitalized_work_and_management-case_study_8

44. Juran, J. M. (1995). *A History of Managing for Quality: The Evolution, Trends, and Future Directions of Managing for Quality*. ASQC Quality Press. Salvestatud

https://books.google.ee/books/about/A_History_of_Managing_for_Quality.html?id=Zv_sAAAAMAAJ&redir_esc=y#:~:text=and%20lecturer%2C%20Dr.-,Joseph%20M.,on%20civilization%20over%20the%20centuries.

45. Juran, J. M., Godfrey, A. B. (1999). *Juran's Quality Handbook*. McGraw Hill. Salvestatud

https://books.google.ee/books/about/Juran_s_Quality_Handbook.html?id=beVTAAAAMAAJ&redir_esc=y

46. Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Salvestatud 28. detsember 2020, Acatech—National Academy of Science and Engineering website: <https://en.acatech.de/publication/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/>

47. Lev M. Klyatis, Eugene L. Klyatis. (2006). *Accelerated Quality and Reliability Solutions*. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780080449241X5000X>

48. Kohlbacher, M. (2013). *The Impact of Dynamic Capabilities through Continuous Improvement on Innovation: The Role of Business Process*

- Orientation: Dynamic capabilities, BPO and innovation. *Knowledge and Process Management*, 20(2), 71–76. <https://doi.org/10.1002/kpm.1405>
49. Kolberg, D., Zühlke, D. (2015). Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1870–1875. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.359>
50. Küpper, D., Heidemann, A., Ströhle, J., Spindelndreier, D., Knizek, C. (2017). When Lean Meets Industry 4.0. 19. <https://www.bcg.com/en-us/publications/2017/lean-meets-industry-4.0>
51. Lam, S. S. K. (1997). Quality planning performance: The relationship between objectives and process. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 14(1), 10–23. <https://doi.org/10.1108/02656719710156752>
52. Lerch, C., Gotsch, M. (2015). Digitalized Product-Service Systems in Manufacturing Firms: A Case Study Analysis. *Research-Technology Management*, 58(5), 45–52. <https://doi.org/10.5437/08956308x5805357>
53. Lyberg, L. E., Biemer, P. P. (2011). Quality Assurance and Quality Control in Surveys. *International Handbook of Survey Methodology*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203843123.ch22>
54. Marin-Garcia, J. A., Pardo del Val, M., Bonavía Martín, T. (2008). Longitudinal study of the results of continuous improvement in an industrial company. *Team Performance Management: An International Journal*, 14(1/2), 56–69. <https://doi.org/10.1108/13527590810860203>
55. Menshikova, M. A., Piunova, Y. V., Makhova, M. N. (2019). Digital Transformation in the Quality Management System. *2019 International Conference „Quality Management, Transport and Information Security*,

- Information Technologies“ (IT&QM&IS)*, 42–46. Sochi, Russia: IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ITQMIS.2019.8928438>
56. Moen, R., Norman, C. (2006). Evolution of the PDCA Cycle. 11.
https://www.researchgate.net/publication/228475044_Evolution_of_the_PDCA_cycle
57. Mrugalska, B., Wyrwicka, M. K. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, 466–473.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.135>
58. MS Balti Trafo OÜ, kodulehekülg. (2020). Salvestatud 29. detsember 2020,
<http://www.msbaltrafo.ee/>
59. Nanda, V. (2005). Quality Management System Handbook for Product Development Companies. CRC Press. Salvestatud
<https://books.google.ee/books?id=guizsuAAyR4C>
60. Ng, H. Y., Tan, P. S., Lim, Y. G. (2019). Methodology for Digitalization—A Conceptual Model. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2019-December*, 1269–1273.
<https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607457>
61. Ning, J. F., Chen, Z., Liu, G. (2010). PDCA process application in the continuous improvement of software quality. *2010 International Conference on Computer, Mechatronics, Control and Electronic Engineering, CMCE 2010, 1*, 61–65. <https://doi.org/10.1109/CMCE.2010.5609635>
62. Pagliosa, M., Tortorella, G., Ferreira, J. C. E. (2019). Industry 4.0 and Lean Manufacturing: A systematic literature review and future research directions.

- Journal of Manufacturing Technology Management, ahead-of-print*(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2018-0446>
63. Pedrosa, I., Costa, C., Laureano, R. (2015, juuni 18). Use of Information Technology on Statutory auditors' work: New profiles beyond Spreadsheets' users. Esitatud 2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI 2015. <https://doi.org/10.1109/CISTI.2015.7170440>
64. Philbeck, T., Davis, N. (2018). The fourth industrial revolution: shaping a new era. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Fourth-Industrial-Revolution%3A-Shaping-a-New-Era-Philbeck-Davis/06c8b6ac47fee2a300e8da13a1a07a5d75e75061>
65. Popescu, M., Mândru, L. (2016). Relationship between Quality Planning and Innovation. 11. https://www.researchgate.net/publication/325645705_Relationship_between_Quality_Planning_and_Innovation
66. Premia Tallinna Külkhoone AS, kodulehekülg. (2020). Salvestatud 29. detsember 2020, Premia website: <https://www.premia.ee/>
67. Qlik Sence, kodulehekülg. (2020). <https://www.qlik.com/us/products/qlik-sence>
68. Rachinger, M., Rauter, R., Müller, C., Vorraber, W., Schirgi, E. (2018). Digitalization and its influence on business model innovation. *Journal of Manufacturing Technology Management*. <https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2018-0020>
69. Rehacek, P. (2017). Quality Costs as an Instrument of verifying the Effectiveness of Quality Management System. *18*(161), 5. <https://www.semanticscholar.org/paper/Quality-costs-as-an-instrument-of->

verifying-the-of-

Reh%C3%A1cek/f5d26b5ed2cb793c45e6f52c145c3d56f2bccc76

70. Riillo, C. A. F. (2012). Why do companies choose to be ISO 9000 certified and what is the relationship between certification and innovation? An empirical analysis for Luxembourg. 196. <https://www.semanticscholar.org/paper/Why-do-companies-choose-to-be-ISO-9000-certified-is-Riillo/53620ec12ff14cd75ce6add7bc0e3292933d8c81>
71. Saku Metall Allhanke Tehas AS, kodulehekül. (2020). Salvestatud 29. detsember 2020, Saku Metall Allhanke Tehas website: <https://sakumetall.ee/allhanketehas/et/>
72. Schmidt, R., Möhring, M., Härting, R.-C., Reichstein, C., Neumaier, P., Jozinović, P. (2015). Industry 4.0 - Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results. W. Abramowicz (Toim), *Business Information Systems* (lk 16–27). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19027-3_2
73. Siseauditi missioon, aluspõhimõtted ja definitsioon. (2020). <https://www.siseaudit.ee/siseauditi-missioon-aluspohimotted-ja-definitsioon>
74. Smętkowska, M., Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238, 590–596. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039>
75. Sokovic, M., Pavletic, D., Pipan, K. K. (2010). Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 8.

<https://www.semanticscholar.org/paper/Quality-Improvement-Methodologies-PDCA-Cycle%2C-RADAR-Pipan/e3488a24ab1197670544b4e08dc6173f396eada9>

76. Szozda, N. (2017). Industry 4.0 and its impact on the functioning of supply chains. *Logforum*, 13(4). <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2017.4.2>
77. Zu, X., Fredendall, L., Douglas, T. (2008). The Evolving Theory of Quality Management: The Role of Six Sigma. *Journal of Operations Management*, 26, 630–650. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2008.02.001>
78. Terziovski, M., Sohal, A. S. (2000). The adoption of continuous improvement and innovation strategies in Australian manufacturing firms. *Technovation*, 20(10), 539–550. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(99\)00173-X](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(99)00173-X)
79. Torm Metall OÜ, kodulehekülg. (2020). Salvestatud 29. detsember 2020, Torm website: <https://torm.ee/>
80. Tzelepis, D., Tsekouras, K., Skuras, D., Dimara, E. (2006). The effects of ISO 9001 on firms' productive efficiency. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(10), 1146–1165. <https://doi.org/10.1108/01443570610691111>
81. Ustundag, A., Cevikcan, E. (2018). Industry 4.0: Managing The Digital Transformation. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5>
82. Visschedijk, M., Hendriks, R., Nuyts, K. (2005). How to set up and manage quality control and quality assurance. *The Quality Assurance Journal*, 9(2), 95–107. <https://doi.org/10.1002/qaj.325>

83. Wagner, T., Herrmann, C., Thiede, S. (2017). Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, 63, 125–131.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.041>
84. Watson, G. H. (2004). Six Sigma for Business Leaders: A Guide to Implementation. <https://books.google.ee/books?id=EJwnQAACA AJ>
85. Wedlake, L. J. (1993). An introduction to Quality Assurance and a guide to the implementation of BS 5750. *Aslib Proceedings*, 45(1), 23–30.
<https://doi.org/10.1108/eb051302>
86. Xu, L. D., Duan, L. (2019). Big data for cyber physical systems in industry 4.0: A survey. *Enterprise Information Systems*, 13(2), 148–169.
<https://doi.org/10.1080/17517575.2018.1442934>
87. Окрепилов В.В. (1998). Управление качеством. Salvestatud 28. detsember 2020,
https://www.studmed.ru/okrepilov-vv-upravlenie-kachestvom_f7e3902a5eb.html

LISAD

Lisa 1. Intervjuu küsimused

1. Kas ettevõttel on kvaliteedi sertifikaadid? Kui jah, siis millised?
2. Kvaliteedijuhtimise teoorias on neli peamist komponenti: kvaliteedi planeerimine (inglise k *quality planning*), kvaliteedi kontroll (inglise k *quality control*), kvaliteedi kindlustamine (inglise k *quality assurance*) ja kvaliteedi parandamine (inglise k *quality improvement*). Mil määral need protsessid esinevad kvaliteedijuhtimise osakonna töös? Millist rolli mängib iga protsess?
3. Millised meetodid ja vahendid Te kasutate kvaliteedijuhtimise protsesside rakendamiseks? (nt Lean Manufacturing ja Six Sigma kvaliteedi parandamiseks, audit kvaliteedi kontrollimiseks ja kindlustamiseks jt.)
4. Tänapäeval on levinud Industry 4.0 mõiste, mille tehniline alus koosneb süsteemidest, mis on omavahel ühendatud digitaaltehnoloogiate kaudu ja mis võimaldavad täielikult iseorganiseeritud tootmist: inimesed, masinad, logistika ja tooted suhtlevad ja toimivad vastastikku omavahel otse (asjade internet, pilvepõhised teenused, tehisintellekt, suurandmete analüüs, 3D-printimine jm). Kas Te digitaliseerite kvaliteedijuhtimise meetodid? Kui jah, siis kuidas ja mil määral see toimub?
5. Teie arvates, kas digitaalsete tehnoloogiate kasutamine toob muudatusi ettevõtte jaoks kaasa? Millised? Miks? (nt töötajate arvu langus, uute instruktsioonide väljatöötamine, kulude vähendamine jm)

Lisa 2. Enics Eesti AS intervjuu vastused

1. Kas ettevõttel on kvaliteedi sertifikaadid? Kui jah, siis millised?

Jah. ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, ISO 45001, ISO/TS 22163.

2. Kvaliteedijuhtimise teoorias on neli peamist komponenti: kvaliteedi planeerimine (inglise k *quality planning*), kvaliteedi kontroll (inglise k *quality control*), kvaliteedi kindlustamine (inglise k *quality assurance*) ja kvaliteedi parandamine (inglise k *quality improvement*). Mil määral need protsessid esinevad kvaliteedijuhtimise osakonna töös? Millist rolli mängib iga protsess?

Kõik eelpool mainitud komponendid on kasutusel. Kvaliteedi planeerimine toimub nii toote, protsessi kui ka osakondade tasemel. Toodete puhul on kasutusel FMEA ja Control Plan, protsesside puhul MPQ (Manufacturing Process Qualification), osakondadel on eesmärgid ja tegevused nende täitmiseks. Uue toote juurutamisel kasutame protsessi, mis hõlmab vajalike vahendite, seadmete, inimressursside saadavust, ajakava, eelarvet jne.

Kvaliteedi ohjeks kasutame erinevaid vahendeid nagu Quality Plan, SPC, Line Stop protsess, eelneva etapi kvaliteedi kontroll järgmises etapis jne. On seatud erinevad kontrollietapid, mis annavad kiiret tagasisidet protsessi.

Kvaliteedi kindlustamiseks oleme seadnud viimaseks etapiks pistelise Out Of Box kontrolli, mis keskendub uute või probleemsete toodete või protsesside kvaliteedi kontrollile. Kontroll on seatud kvaliteedi kindlustamiseks kliendi suunas seni, kuni oleme saanud probleemse toote või protsessi kontrolli alla.

Pidevaks parendamiseks oleme seadnud 4Box süsteemi (sisaldab KPI trendi, probleemide Pareto, probleeme ja tegevusi), kus protsessihaldurid ja kvaliteediinsenerid analüüsivad regulaarselt oma vastutusalas topp probleeme, analüüsivad juurpõhjust ja leiavad neile lahendused.

3. Millised meetodid ja vahendid Te kasutate kvaliteedijuhtimise protsesside rakendamiseks? (nt Lean Manufacturing ja Six Sigma kvaliteedi parandamiseks, audit kvaliteedi kontrollimiseks ja kindlustamiseks jt.)

Lisa 2. järg

Kasutame selliseid vahendeid nagu vooskeemid toote voo ja tööjärjekorra kirjeldamiseks, erinevad kontroll-lehed protsessides. Viiakse läbi erinevaid riskianalüüse (toote tootmisega seoses - FMEA, töökeskkonna ja keskkonna riskide hindamised, osakondade SWOT analüüsid jne). Probleemide analüüsil kasutame 8D, 5Why, Pareto analüüse. Samuti on kasutusel Kaizen, Lean, 5S, Poka Yoke, Turtle diagramm, Fishbone (Ishikawa) meetodid. Regulaarselt viime läbi siseauditeid. Olenevalt analüüsi keerukusest kasutame vajadusel ka erinevaid 6 Sigma analüüsi tööriistu (MSA, DOE jne).

4. Tänapäeval on levinud Industry 4.0 mõiste, mille tehniline alus koosneb süsteemidest, mis on omavahel ühendatud digitaaltehnooloogia kaudu ja mis võimaldavad täielikult iseorganiseeritud tootmist: inimesed, masinad, logistika ja tooted suhtlevad ja toimivad vastastikku omavahel otse (asjade internet, pilvepõhised teenused, tehisintellekt, suurandmete analüüs, 3D-printimine jm). Kas Te digitaliseerite kvaliteedijuhtimise meetodid? Kui jah, siis kuidas ja mil määral see toimub?

Meil on tootmises oma süsteem - SAP ME (tootmishaldamise tarkvara) - kuhu sisestatakse kõik vajalikud tootmisandmed ja tooteid jälgitakse seeria numbri kaupa. Seal kogutakse kellaja, kes tegi, mida ja mis ajal. Ja seal on ka siis igal etapil võimalik näha, kui palju tooteid seal on. Samamoodi me kasutame ERP süsteem - WISE.

Praegu meil on audiiti plaanid endiselt Excelis, aga auditi leiud me sisestame MS Share Pointi. Seal meil on oma keskkond, kus me dokumenteerime leiud. Ja siis me kasutame sellist grafilist liidest - Qlik Sence - kus me saame kuvada erinevaid auditi tulemusi.

SPC on SAP ME programmiga seoses. Näiteks, seal kus meil on komponente, automaatliinil komponente, seal näiteks on juba sisseehitatud selline statistiline programm, mis siis mõõdab automaatselt näiteks DPMO näitaja- Defects per million opportunities. Six Sigma vastavalt vajadusele kasutame, kui on vaja teha erinevaid analüüsid. Kasutatakse 4 box raportid meetod (on sarnane PDCA tsüklile), siis me võtame näiteks nädalavahetuse jooksul top probleemid, analüüsitakse, leiatakse juurpõhjused ja tehakse vastavad tegevused ning jooksvalt jälgitakse trendi, kas need tegevused on efektiivsed.

Lisa 2. järg

4 box rapordi meetodiks kasutame lihtsalt Excel. Seal on neli ala või kasti kus ühes on trend, teises on topi Pareto, siis on probleemide kirjeldus ja neljandas on tegevused.

5. Teie arvates, kas digitaalsete tehnoloogiate kasutamine toob muudatusi ettevõtte jaoks kaasa? Millised? Miks? (nt töötajate arvu langus, uute instruksioonide väljatöötamine, kulude vähendamine jm)

Digitaliseerimine ja automatiseerimine toob kindlasti kaasa positiivseid muudatusi ettevõttele (kulude vähenemine vabanenud ressursside ja paranenud kvaliteedi arvelt). Selle asemel, et kulutada palju aega info hankimisele ja kokkupanemisele, aitavad digitaalsed lahendused meil keskenduda rohkem analüüsidele ning järelduste/otsuste tegemisele. Plaanime peagi välja vahetada paberjuhendid elektrooniliste vastu, mille puhul enam ei jagataks tootmisesse laiali paberkoopiaid, vaid enda triipkoodi põhjal saab vastavas etapis töötaja kätte tööks vajaliku juhendi kehtiva versiooni. Sel juhul käiks juhendiga tutvumine elektrooniliselt ja süsteem kontrolliks enne töö algust, kas töötaja on juhendi läbi lugenud. Sedasorti lahendused vähendavad tootmise keerukust lõppkasutaja jaoks ning automaatsed lahendused ei nõua nii suurt inimeste koolitust ja keerukaid protseduure.

Lisa 3. Torm Metall OÜ kvaliteedijuhi vastused

1. Kas ettevõttel on kvaliteedi sertifikaadid? Kui jah, siis millised?

Jah. ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 18001:2007. Tulekul: ISO 45001:2018 ja ISO 3834-2

2. Kvaliteedijuhtimise teoorias on neli peamist komponenti: kvaliteedi planeerimine (inglise k quality planning), kvaliteedi kontroll (inglise k quality control), kvaliteedi kindlustamine (inglise k quality assurance) ja kvaliteedi parandamine (inglise k quality improvement). Mil määral need protsessid esinevad kvaliteedijuhtimise osakonna töös? Millist rolli mängib iga protsess?

Need protsessid on lahutamatu osa igapäevases töös. Igapäevaselt tuleb klientidele pakkumisi tehes saada aru mida klient ootab ja olla kindlad kas ollakse võimelised nõutud kvaliteeti tagama. Kui mingil põhjusel ei ole võimekust kvaliteeti tagada, siis tuleb selgitada välja mida on vaja selleks teha/muuta et tekiks võimekus klientidele soovitud toodet pakkuda. Kui on arusaam vajalikest nõuetest ja jõutakse toote tootmise ettevalmistamiseni tuleb tootmisprotsessi vajalikesse etappidesse ja vajalikul määral kavandada kvaliteedikontrollid. Kvaliteedi kindlustamiseks peavad kvaliteedikontrollide teostamise kohad ja parameetrid olema korrektselt läbi mõeldud läbi riskide hindamise. Kvaliteedi tagamiseks peavad olema kvaliteedikontrollid viidud ellu ja olema ka võimalus veenduda, et vajalik kontroll on teostatud. Vajadusel on väljundiks mõõteraportid tõestamaks kontrolli läbiviimist ja salvestamaks mõõtmistulemusi. Kvaliteedikontrollide läbiviimisel võib leida mittevastavusi, mis vajavad fikseerimist. Fikseeritud mittevastavused tuleb statistiliselt läbi analüüsida, et saada aru kus esinevad probleemid, kui tihti mingi probleem esineb ja millised on need asjad, millele peab tähelepanu pöörama ja millised on ühekordsed juhtumid, mille osas ei tohiks protsessi muutma hakata. (Vähetähtsate juhtumite puhul on oht tootmisprotsesse pigem häirida ja tekitada probleeme juurde).

3. Millised meetodid ja vahendid Te kasutate kvaliteedijuhtimise protsesside rakendamiseks? (nt Lean Manufacturing ja Six Sigma kvaliteedi parandamiseks, audit kvaliteedi kontrollimiseks ja kindlustamiseks jt.)

Lisa 3. järg

Juhendid (Protseduurilised, tööjuhendid jne), Flow diagrammid, ERP tarkvara, mõõteraportid/kvaliteediraportid, siseaudit, igapäevased Lean koosolekud, igapäevane mittevastavuste registreerimine ja analüüs, kvaliteedikontrollid.

4. Tänapäeval on levinud Industry 4.0 mõiste, mille tehniline alus koosneb süsteemidest, mis on omavahel ühendatud digitaaltehnoogiatega kaudu ja mis võimaldavad täielikult iseorganiseeritud tootmist: inimesed, masinad, logistika ja tooted suhtlevad ja toimivad vastastikku omavahel otse (asjade internet, pilvepõhised teenused, tehisintellekt, suurandmete analüüs, 3D-printimine jm). Kas Te digitaliseerite kvaliteedijuhtimise meetodid? Kui jah, siis kuidas ja mil määral see toimub?

Kogu meie ettevõtte sellist majandusjuhtimist toetab ERP süsteem ehk siis kõik planeerimine (digitaalsed tootmisplaanid ja prioriteetide listid), tooteretseptide koostamine, toodete valmis tegemine, juhendid, tehtud tööde raporteerimine (salvestuvad toodetud kogused ja tootmiseks kulunud aeg ning ka mittesobivate detailide arv), kõik lingitakse sellisse juhtimissüsteemi. Toode kvaliteedi hakkab juba alguses peale tagama majandussüsteem -ERP- sest igasugused juhendid, pildid, kvaliteedi dokumendid, raportid, kõik pannakse sellisse ühtse süsteemi kokku. Kontor tegeleb selle poolega, et need vajalikud andmed saaksid ERP süsteemi sisse ja kui läheb tootmiseks, siis kõik tootmiseks vajalikud dokumendid saavad töötajad ERP süsteemist kätte.

Konkretse auditi tegemiseks tarkvara ei ole. Kui on siseaudit, siis me kasutame väga palju dokumentide haldamiseks Share Pointi ja Exceli.

Igapäevane mittevastavuste registreerimiseks ja analüüsimiseks on see sama ettevõtte majandustarkvara ERP ehk see toimub põhimõtteliselt nii, et kui tootmises keegi avastab, et midagi on valesti, siis meister või mittevastavustega tegelev töötaja läheb oma arvutisse ja registreerib ettevõtte ERP süsteemi mittevastavuse. Siia ta kirjutab vajalikes kohtades, mis on detaili number, kui palju, pannakse siia praagi koodi ja mis on defekti tüüp, määratakse ära kas see on võimalik korda teha või tuleb see uus toota jne. Samasuguselt registreeritakse klientidest tulnud probleemid.

Lisa 3. järg

Meil on konkreetsed inimesed, kes tegelevad ise süsteemiga ja kes registreerivad mittevastavusi.

5. Teie arvates, kas digitaalsete tehnoloogiate kasutamine toob muudatusi ettevõtte jaoks kaasa? Millised? Miks? (nt töötajate arvu langus, uute instruksioonide väljatöötamine, kulude vähendamine jm)

Toob alati kaasa muudatusi. Olenevalt tehnoloogiast võib väheneda töötajate vajadus. Paraneb info liikuvus, tekivad andmed mille abil analüüsida ja järeldusi/otsuseid vastu võtta. Suureneb efektiivsus ja väheneb raiskamine, suureneb kvaliteet.

Lisa 4. MS Balti Trafo OÜ intervjuu vastused

1. Kas ettevõttel on kvaliteedi sertifikaadid? Kui jah, siis millised?

Ainult ISO 9001:2015 sertifikaat on aktiivne

2. Kvaliteedijuhtimise teoorias on neli peamist komponenti: kvaliteedi planeerimine (inglise k quality planning), kvaliteedi kontroll (inglise k quality control), kvaliteedi kindlustamine (inglise k quality assurance) ja kvaliteedi parandamine (inglise k quality improvement). Mil määral need protsessid esinevad kvaliteedijuhtimise osakonna töös? Millist rolli mängib iga protsess?

Need protsessid on meil süsteemis olemas, vastavalt ISO 9001 sertifikaadile.

3. Millised meetodid ja vahendid Te kasutate kvaliteedijuhtimise protsesside rakendamiseks? (nt Lean Manufacturing ja Six Sigma kvaliteedi parandamiseks, audit kvaliteedi kontrollimiseks ja kindlustamiseks jt.) Kas Te digitaliseerite kvaliteedijuhtimise meetodid? Kui jah, siis kuidas ja mil määral see toimub?

Lean Manufacturing on läbimist igal pool kasutusel, see koosneb paljudest tööriistadest ja siis me valime endale meelepärased ja kasutame neid põhimõtteid. Näiteks, 5S, PokaYoke, Cellular Manufacturing, KPI's (andmed jooksevad automaatselt siseveebi ja kuvatakse realajas). Kindlasti meil on siseaudit, sest see on ISO osa. Siseauditite jaoks kasutame Excelit ja Share Pointi. Tänapäeva olukorras, kuna reisimine oli keelatud, kasutame pilvepõhine failide edastamine. Audit käis läbi veebikeskkonna: programm sarnane Skype'ile, vastatakse küsimustele, kui vaja eelnevalt saadatakse dokumentid. Meil on ikka IT osakond, kes tulemusi kuvatakse reaajas ja saab iga liigipaas ja saab vaadata kuidas tootmist toimib. Ja siis sama keskkond teatab ka igasugustest ohtudest, kas peaks sekkuma ja midagi tegema. On olemas ka ERP süsteem, aga see on aeganud ja gripiga töötatakse välja uusi osi.

Lisa 5. Saku Metall Allhanke Tehas AS intervjuu vastused

1. Kas ettevõtte on kvaliteedi sertifikaadid? Kui jah, siis millised?

Saku Metall Allhanke Tehasel on järgmised juhtimissüsteemide sertifikaadid: ISO 9001:2015 ja ISO 14001:2015. Keevituskvaliteedi standard ISO 3834-2:2005 ja raudteeveeremi ning komponentide tootmise standard EN 15085-2.

2. Kvaliteedijuhtimise teoorias on neli peamist komponenti: kvaliteedi planeerimine (inglise k quality planning), kvaliteedi kontroll (inglise k quality control), kvaliteedi kindlustamine (inglise k quality assurance) ja kvaliteedi parandamine (inglise k quality improvement). Mil määral need protsessid esinevad kvaliteedijuhtimise osakonna töös? Millist rolli mängib iga protsess?

Täna liigub Saku Metall Allhanke Tehas kvaliteedijuhtimise süsteemist ettevõtte juhtimissüsteemi poole, kus ISO9001 standard on aluseks protsesside kujundamisel. Pigem põimime kvaliteedijuhtimise elemendid ettevõtte toimimisse, kuna vastupidiselt toomides süsteem ei toimi. Siit ka vastus küsimusele – kvaliteedijuhtimise osakonda pole. Olemas on kvaliteediosakond, kus kvaliteedijuht jälgib, et ISO9001 standardis toodud nõuded tegevuste, dokumentide jms. näol on rakendatud ettevõtte osakondade töös. Kvaliteediinseneride vastutusallas on erinevad tooteliinid, kus nad jälgivad kehtestatud nõuete järgimist kogu tootmisahela lõikes alates tellimuse vastuvõtust ja ostuprotseduurist, kuni valmistoote pakkimise ja saatmise ning müügi järgse tegevuseni. Kvaliteedi planeerimise all mõtleme ennekõike eesmärkide saavutamiseks tehtavate tegevuste planeerimist, milleks on tarnekindlus, kvaliteet, omahinnale vastavus. Lisaks on eesmärk tuua juurutada tootmises uued tooted vastavalt kliendile lubatud tähtaajale Kvaliteedikontrolli hindame ennekõike läbiviidud protsesside vastavust ning valmistatud toodete vastavushindamist. Samuti peame statistikat ettevõtte siseste mittevastavuste ja reklamatsioonide üle Kvaliteedi kindlustamise siseauditeid, tooteliiniauditeid, tooteauditeid. Kontrolli- ja auditi tulemusi vaatame üle juhtkonna koosolekutel ning osakondade kvaliteedikooosolekutel, kus määrame mittevastavuste kõrvaldamiseks parendustegevused.

Lisa 5. järg

3. Millised meetodid ja vahendid Te kasutate kvaliteedijuhtimise protsesside rakendamiseks? (nt Lean Manufacturing ja Six Sigma kvaliteedi parandamiseks, audit kvaliteedi kontrollimiseks ja kindlustamiseks jt.)

Oleme rakendanud 5S juhtimise ning käivitanud Lean Akadeemia kontrori- ja tootmistöötajate seas. Lisaks eespool nimetatud auditid ning kvaliteedikooosolekud.

4. Tänapäeval on levinud Industry 4.0 mõiste, mille tehniline alus koosneb süsteemidest, mis on omavahel ühendatud digitaaltehnoogiatega kaudu ja mis võimaldavad täielikult iseorganiseeritud tootmist: inimesed, masinad, logistika ja tooted suhtlevad ja toimivad vastastikku omavahel otse (asjade internet, pilvepõhised teenused, tehisintellekt, suurandmete analüüs, 3D-printimine jm). Kas Te digitaliseerite kvaliteedijuhtimise meetodid? Kui jah, siis kuidas ja mil määral see toimub?

Tootmisvoog on platvormi kaudu jälgitav igas tööloigus platvormi kaudu. Platvorm on seotud ERP-ga. Selleks, et tagada tootmisvoo võimalikult õige pilt, oleme normeerinud tööpratsioonide ajad ning viinud need muudatused sisse ERP-i. ERPist on väljavõtted tehtud Power BI-ga, kuis on näha sise- ja välistarnekindlused vastavalt suletud operatsioonidele, töökeskuste koormatus, mittevastavuste hulk ja jagunemine tooteliinide/ töökeskuste vahel jne. Tööd sooritades, on platvormi kaudu võimalik avada jooniseid ning mudeleid, mille põhjal teostada kontrolli, spetsifikatsioone. Oleme juurutamas elektrooniliste mõõteraportite süsteemi. Painutusprogrammid koostab tehnoloog kontoris, mida operaatorid tööd sooritades kasutavad. Painutusprogramm koostab automaatselt dxf failid, mida kasuavad CAD/CAM insenerid lõikeprogrammides. Siseaudit viiakse läbi Exceli abil.

5. Teie arvates, kas digitaalsete tehnoloogiate kasutamine toob muudatusi ettevõtte jaoks kaasa? Millised? Miks? (nt töötajate arvu langus, uute instruksioonide väljatöötamine, kulude vähendamine jm)

Lisa 5. järg

Digitaliseerimine tõstab efektiivsust. Näiteks ei pea operaatorid enam keerukaid programme teostama ega paberkustades jooniseid otsima. Samuti väheneb eksimisvõimalus e tõuseb protsesside kvaliteet ning väheneb risk mittevastvaid tooteid toota ning reklamatsioone saada.

Lisa 6. Premia Tallinna Külmhooone AS intervjuu vastused

1. Kas ettevõttel on kvaliteedi sertifikaadid? Kui jah, siis millised?

Hetkel omame ISO 22000: toiduohutuse juhtimissüsteemi sertifikaati. Kvaliteedijuhtimise süsteemides sisalduvad kõik komponendid. Igal komponendil väga oluline roll. Planeerimine toimub tavaliselt 1 aastast või vastavalt vajadusele, teised aga igapäevaselt.

2. Millised meetodid ja vahendid Te kasutate kvaliteedijuhtimise protsesside rakendamiseks? (nt Lean Manufacturing ja Six Sigma kvaliteedi parandamiseks, audit kvaliteedi kontrollimiseks ja kindlustamiseks jt.)

Me ei kasuta ühtegi kvaliteedijuhtimise sertifitseeritud meetodi. Küll aga oleme süsteemi kaasanud Fishbone diagrammi kvaliteediintsidendite anaüüsimiseks ja edasiste tegevuste planeerimiseks/rakendamiseks.

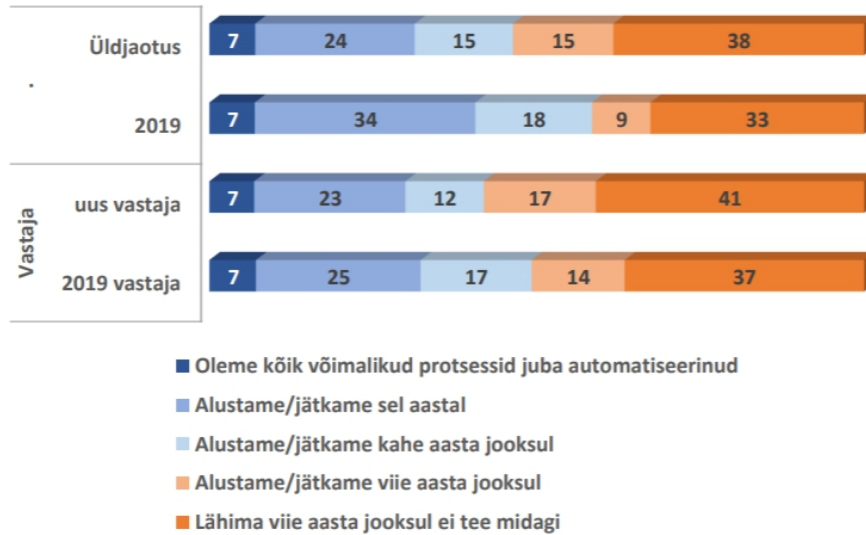
3. Tänapäeval on levinud Industry 4.0 mõiste, mille tehniline alus koosneb süsteemidest, mis on omavahel ühendatud digitaaltehnoloogiate kaudu ja mis võimaldavad täielikult iseorganiseeritud tootmist: inimesed, masinad, logistika ja tooted suhtlevad ja toimivad vastastikku omavahel otse (asjade internet, pilvepõhised teenused, tehisintellekt, suurandmete analüüs, 3D-printimine jm). Kas Te digitaliseerite kvaliteedijuhtimise meetodid? Kui jah, siis kuidas ja mil määral see toimub?

Ei kasuta ühtegi digi meetodit kvaliteedijuhtimise süsteemis. Digitaliseerimine on ideetasandil olemas, täna kasutame office dokumentide abi. Enamus tööd dokumentidega teostatakse siseandmebaasis, osa dokumente täidetakse veel käsikirjas. Põhjuseks on suuresti vanemale generatsioonile vastu tulemine.

Lisa 7. EAS-i uuring “Tootmisprotsesside juhtimise digitaliseerimine tööstuses”, 2020

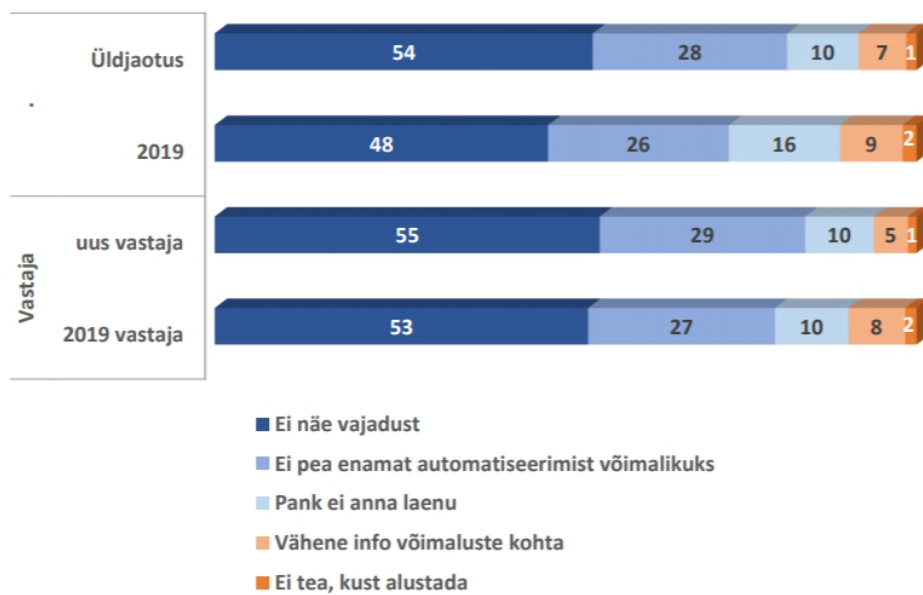
Millised on ettevõtte edasised plaanid tõhustada tootmist, võttes kasutusele roboteid, või muid spetsiaalset tarkvaraga juhitavaid tootmisprotsesse?

% kõikidest vastajatest, N=300



Miks te ei alusta/jätka varem?

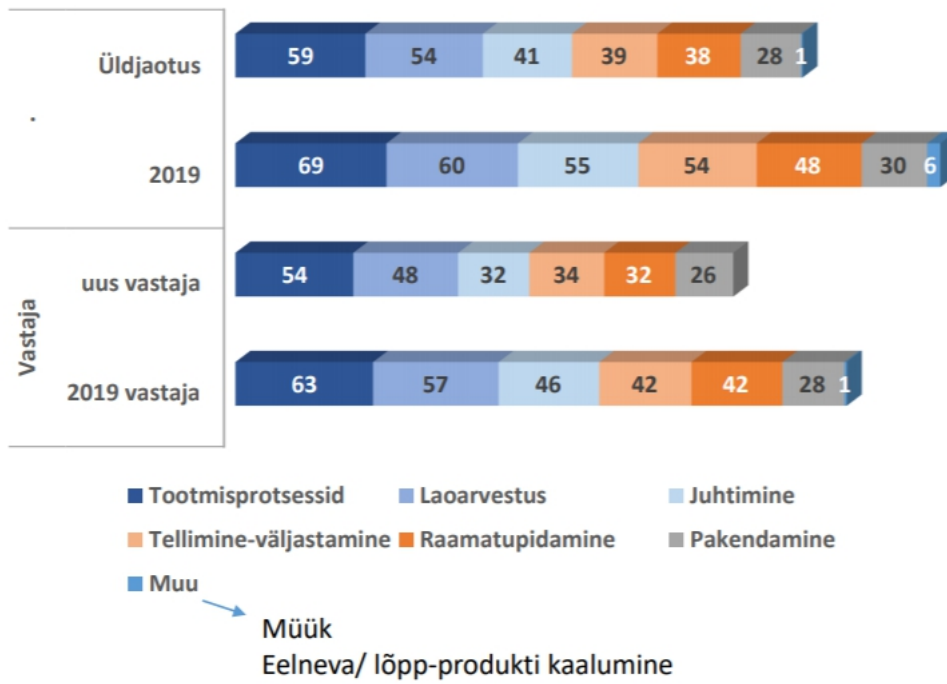
% neist vastajatest, kes ei plaani lähima 2 aasta jooksul võtta kasutusele roboteid või muid spetsiaalse tarkvaraga juhitavaid tootmisprotsesse, N=206



Lisa 7. järg

Milliseid protsesse võiks teie ettevõttes tervikuna muuta efektiivsemaks võttes kasutusele uusi tarkvara- või tehnoloogilisi lahendusi?

% kõikidest vastajatest, N=300



SUMMARY

ENHANCEMENT OF QUALITY MANAGEMENT PROCESSES WITH HELP OF DIGITALIZATION

Elizaveta Budarina

Quality is the key feature of the company that influence on competitive advantage. A company which offers a product with higher quality compared to others has a better position on the market. To achieve that quality level company should control not only the production line but also processes which involve into it. By doing this, an enterprise has to implement a quality management system. Through quality management activities, it is possible to understand two things. First of all, do product and processes meet the requirements and secondly, is there a place for improvement of current processes.

With increasing costumers demands on products, companies must find a way of improving their quality management. Nowadays, the concept of Industry 4.0 is becoming more popular. Many companies have already tried to become free of paper and automated most of the work. By applying Industry 4.0 technologies, companies seek to improve quality processes, achieve greater efficiency and reduce costs at the same time.

The goal of the bachelor thesis is to explore digital solutions used by the companies to improve the quality management processes. To achieve this goal author of the thesis has the next assignments:

- analyse quality management processes, their nature and importance
- examine the role of digitalization in enterprise development
- explore solutions to improve quality management processes using digital tools
- compare the digital capabilities of enterprises with theory

Traditional quality management concept is based on four processes: quality planning, quality control, quality assurance and quality improvement. By implementing these processes, quality managers are using different quality management systems. Most popular of them - ISO 9001, Six Sigma, Lean Manufacturing - are used by the author to show the influence of digitalization on quality management processes.

Digitalization refers to the use of different digital technologies to develop companies towards digital business. It has a positive impact on the work environment through different mobile devices. By carrying out digital technologies in quality management activities, it is possible to improve quality management methods and achieve a higher quality level of products and processes.

Internal audit, as a part of ISO 9001, can improve its activities through the Internet of Things, apps, machine learning and process mining of event logs. For quality improvement method like Six Sigma are suitable data mining, predictive analytic, machine learning, Internet of Things and visualization technologies. Lean Manufacturing can more effectively eliminate waste by implementing technologies for data acquisition and data processing, machine to machine communication and human-machine interaction.

The empirical part of the thesis is based on a semi-structured interview with quality managers from five manufacturing enterprises: Enics Eesti AS, Torm Metall OÜ, Saku Metall Allhanke Tehas AS, MS Balti Trafo OÜ, Premia Tallinna Külmoone AS. They were asked about the role of quality management processes in the enterprise, which quality management methods they are using, and which digital technologies help them to improve these methods. Received answers have been studied and compared with theory. Also, the author tries to find answers using the research made by the Enterprise Estonia conducted in March 2020.

Comparing technologies from the theoretical part with technologies, which are used in Estonian enterprises, bachelor's thesis author finds out that quality management methods in the enterprises can be improved with some technologies which were observed in the theoretical section. In the author's opinion enterprises have suitable technologies for future development. The most common digital solution is an Enterprise

Resource Planning (ERP) system. It is a very functional tool that could communicate with other software and machines. Improved statistical methods help in the analysis of the control activities, which allow workers to concentrate more on the decision-making process. Less influence of technologies is in quality assurance because quite a big part of important activities, like data input or error registration depend on humans. Digital quality improvement methods, also thanks to ERP, help to monitor the production process constantly which reduce the number of mistakes. At the same time, companies are not making full use of digitalization solutions. Partial use of digital technologies could be explained by the research of Enterprise Estonia. According to the research, 38% of respondents have no plans for digitalization in the next five years. The main reason for this is the lack of need (54%).

For further research, the author recommends to study cybersecurity threats. Also, based on the limitations of the bachelor's thesis, additional research could pay more attention to different production sectors, companies with different numbers of employees, and explore the possibilities of digitalization in the service sector.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Elizaveta Budarina,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose
“Ettevõtte kvaliteedijuhtimise protsesside tõhustamine digitaliseerimise abil”,

mille juhendaja on Veronika Krassavina,

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi
DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele
kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi
DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab
autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab
luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse
lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi
ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Elizaveta Budarina
14.01.2021