

TARTU ÜLIKOOL

Pärnu kolledž

Ettevõtlusosakond

Riine Riitmuru

**TEHISINTELLEKT EESTI
PUIDUTÖÖSTUSETTEVÕTETES:
TOOTMISE TÕHUSUS JA STRATEEGILINE
AGIILSUS**

Magistritöö

Kulno Türk, emeriitprofessor

Pärnu 2025

Soovitan suunata kaitsmisele

(allkirjastatud digitaalselt)

Kulno Türk

(allkirjastatud digitaalselt)

kaasjuhendaja nimi

Kaitsmisele lubatud

TÜ Pärnu kolledži programmijuht

(allkirjastatud digitaalselt)

Grete Männikus

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

(allkirjastatud digitaalselt)

Riine Riitmuru

SISUKORD

Sissejuhatus.....	5
1. TEHISINTELLEKTI ROLL JA STRATEEGILINE AGIILSUS: OLEMUS JA KONTEKST TÖÖSTUSES.....	8
1.1. Tehisintellekt ning selle roll tööstuses	8
1.2. Tehisintellekti roll tööstuse strateegilises juhtimises	17
1.3. Strateegiline agiilsus ja selle sünergia tehisintellektiga tööstusettevõtetes.....	21
2. TEHISINTELLEKTI ROLL TOOTMISE TÕHUSUSE JA STRATEEGILISE AGIILSUSE SUURENDAMISEL EESTI PUIDUTÖÖSTUSETTEVÕTETES	27
2.1. Tehisintellekti roll Eesti puidutööstusettevõtetes ja uurimismetoodika.....	27
2.2. Tehisintellekti roll tootmise tõhustamisel ja strateegilise agiilsuse suurendamisel ning selle rakendamise väljakutsed Eesti puidutööstusettevõtetes	32
2.3. Tulevikusuunad, järeldused ja ettepanekud.....	50
Kokkuvõte.....	55
Viidatud allikad	58
Lisa 1. Ankeetküsimustik Eesti puidutööstusettevõtetele	66
Lisa 2. Tehisintellekti rakendused, mida puidutööstusettevõtted kasutavad	71
Lisa 3. Tehisintellekti rakendused, mida ettevõtted plaanivad järgmise 3-aasta jooksul kasutusele võtta	72
Lisa 4. Tehisintellekti roll tootmises ja strateegilises agiilsuses.....	72
Lisa 5. Tehisintellekti kasutamise puhul tajutud väljakutsed puidutööstusettevõtetes.....	73
Lisa 6. Poolstruktureeritud intervjuuküsimustiku kava puidutööstusettevõtetele.....	73
Lisa 7. Poolstruktureeritud intervjuuküsimustiku kava TI-rakendusi pakkuvatele ettevõtetele.	74
Lisa 8. Puidutööstusettevõtete intervjuude tulemuste kokkuvõte	75
Lisa 9. TI-rakendusi pakkuvate ettevõtete intervjuude tulemuste kokkuvõte.....	75
Lisa 10. Spearmani korrelatsioonianalüüs: TI kasutamise seosed tootmisega	76

Lisa 11. Spearmani korrelatsioonianalüüs: TI kasutamise seosed rakendamise väljakutsetega	76
Lisa 12. Spearmani korrelatsioonianalüüs: TI kasutamise seosed strateegilise agiilsusega	77
Lisa 13. Tehisintellekti tehnoloogiaid kasutanud puidutööstusettevõtted	78
Summary	79

SISSEJUHATUS

Eesti puidutööstusettevõtted on olnud majanduse kujunemisel olulisel kohal, ühendades pikaajalised oskused ja teadmised kasvava vajadusega uuenduslike lahenduste järele. 2022. aasta andmetel moodustas metsa- ja puidutööstuse lisandväärtus 8,7% Eesti sisemajanduse kogutoodangust, sealhulgas 28% töötleva tööstuse lisandväärtusest. Kogu sektori müügitulu ulatus 5,2 miljardi euroni, millest suur osa tuli just puidu-, paberi- ja mööblitööstusest (EMPL, 2024, lk 1). Tegu on valdkonnaga, mille panus Eesti majandusse on oluline nii ekspordi kui ka tööhõive kaudu.

Viimaste aastate majanduskõikumised, tööjõunappus ja rahvusvaheline surve on suurendanud vajadust kiiremate, tõhusamate ja paindlikumate juhtimisotsuste järele. Selle tõttu on puidutööstusettevõtted hakanud rohkem tähelepanu pöörama lahendustele, mis aitavad tõhustada tootmisprotsesse ning toetavad strateegilist juhtimist.

Rahvusvaheliselt on tehisintellekt (TI) kasutamine tööstuses kiiresti kasvanud. Suurettevõtted rakendavad TI lahendusi reaalsajas andmetöötluks, hooldusvajaduse prognoosimiseks ja juhtimisotsuste toetamiseks (Dwivedi *et al.*, 2021, lk 2). Perifanis ja Kitsios (2023, lk 4) toovad välja, et TI rakendamine võimaldab vähendada tegevuskulusid ja suurendada tootlikkust, kuid eeldab samal ajal süsteemset integreerimist ja piisavat sisemist pädevust.

Siiani on TI kasutamise uuringud keskendunud peamiselt protsesside ja logistika optimeerimisele. Samas on vähe uuritud, millist rolli TI mängib strateegilises juhtimises ning kuidas see aitab ettevõttel kiiremini muutustele reageerida. Eriti napib teadmist selle kohta, kuidas väikese ja keskmise suurusega puidutööstusettevõtted Eestis TI-d kasutavad, millised on peamised takistused ja kui teadlikult nähakse TI-d strateegilise agiilsuse toetajana.

Töö autoril on pikaajaline kogemus puidutööstusettevõtte juhtimises ning igapäevane kokkupuude tootmise korralduse ja strateegiliste otsustega, mis aitas kaasa uurimismetoodika koostamisele ja läbiviimisele. Lisaks võimaldab see võimaldab käsitleda tehisintellekti rakendamise võimalusi mitte ainult teoreetilisest, vaid ka praktilisest vaatenurgast.

Töö eesmärgiks on välja selgitada, mil määral rakendatakse Eesti puidutööstusettevõtetes tehisintellekti ning millist rolli see omab Eesti puidutööstusettevõtete tootmise tõhustamises ja strateegilise agiilsuse suurendamisel. Selleks keskendutakse kolmele uurimisküsimusele:

- Milliseid TI-lahendusi on Eesti puidutööstusettevõtted rakendanud ja mida plaanitakse tulevikus rakendada?
- Kuidas toetab TI rakendamine tootmise tõhusust ja strateegilist agiilsust Eesti puidutööstusettevõtetes?
- Millised tegurid mõjutavad TI kasutuselevõttu Eesti puidutööstusettevõtetes – sh peamised takistused ja eeldused eduks?

Uuringu läbi viimisel kasutatakse kombineeritud meetodit – kvantitatiivne ankeetküsitlus ja kvalitatiivsed intervjuud puidutööstusettevõtete ja TI-teenuste pakkujatega. Analüüsi toetavad varasemad teadusartiklid, rahvusvahelised raportid ning intervjuud nelja Eesti puidutööstusettevõtte ja kolme TI-teenuse pakkujaga. Teoreetilise raamistiku aluseks on strateegilise agiilsuse kontseptsioon (Doz & Kosonen, 2010; Christofi *et al.*, 2023) ning TI rakendamise mudelid tööstuses (Dwivedi *et al.*, 2021; Perifanis & Kitsios, 2023).

Töö koosneb kahest osast. Esimeses osas käsitletakse teoreetilist raamistikku, mis hõlmab TI rolli tööstuses, strateegilise agiilsuse mõistet ja selle seoseid TI kasutamisega. Samuti tuuakse välja varasemad uuringud TI rakendamise kohta juhtimisotsuste toetamisel ning analüüsitakse TI ja strateegilise agiilsuse sünergiat tööstusettevõtetes. Töö teine osa keskendub TI rakendamisele Eesti puidutööstuses. Selles kirjeldatakse uurimismetoodikat, esitletakse ankeetküsitluse ja intervjuude tulemusi ning analüüsitakse TI rolli ettevõtete tootmises ja strateegilises juhtimises. Uuring annab praktilise ülevaate TI kasutamise väljakutsetest ja võimalustest. Töö lõpus tehakse kokkuvõte, milles

esitatakse peamised järeldused ja ettepanekud TI tõhusamaks kasutamiseks Eesti puidutööstusettevõtetes, et tõhustada tootmist ja suurendada strateegilist agiilsust.

Märksõnad: TI tööstuses, TI puidutööstuses, strateegiline agiilsus, TI tootmises, TI võimalused, TI väljakutsed

1. TEHISINTELLEKTI ROLL JA STRATEEGILINE AGIILSUS: OLEMUS JA KONTEKST TÖÖSTUSES

1.1. Tehisintellekt ning selle roll tööstuses

Selles peatükis antakse ülevaade tehisintellekti olemusest ning selgitatakse, kuidas erinevad rakendused on leidnud kasutust tööstusettevõtetes. Tuuakse esile, millised TI rakendused on tootmiskeskkonnas kõige olulisemad ning milliseid võimalusi need pakuvad protsesside tõhustamiseks, kvaliteedikontrolliks ja otsuste langetamiseks. Peatükk loob aluse edasisele käsitlesele, avades TI strateegilist tähenduse tööstuse kontekstis.

TI on muutumas tähtsaks tehnoloogiliseks saavutuseks, millel on mõju paljudele tööstusharudele, täites ülesandeid, mida tavaliselt tehti inimeste poolt. TI määratlemine ja arusaam selle tähtsusest on aastate jooksul muutunud, näidates tehnoloogia arengut ja teadmiste tõusu. Näiteks rõhutas Nilsson (1983, lk 7) TI võimet mõista oma keskkonda ja teha sihipäraseid otsuseid, samas kui Russel ja Norvig (2009, lk 1-2) määratlesid TI-d kui tehnoloogiat, mis jäljendab inimlikke kognitiivseid funktsioone nagu probleemide lahendamine ja keelekasutus. Ühiseks jooneks on kõigis määratlustes arusaam, et TI suudab täita ülesandeid, milles varem arvati, et inimesed on ainsad. See pakub lahendusi mitmesuguste tööstusharude, sealhulgas puidutööstuse probleemide lahendamiseks. Järgmine tabel (tabel 1) toob välja valiku erinevatest definitsioonidest, mis on antud erinevatel aegadel ja erinevate autorite poolt. Kui varasemalt keskenduti enamjaolt masinate õppimisvõimele, siis Balzano & Bortoluzzi (2024, lk 2-3) on välja toonud ka selle, et TI on justkui nagu strateegiline tööriist.

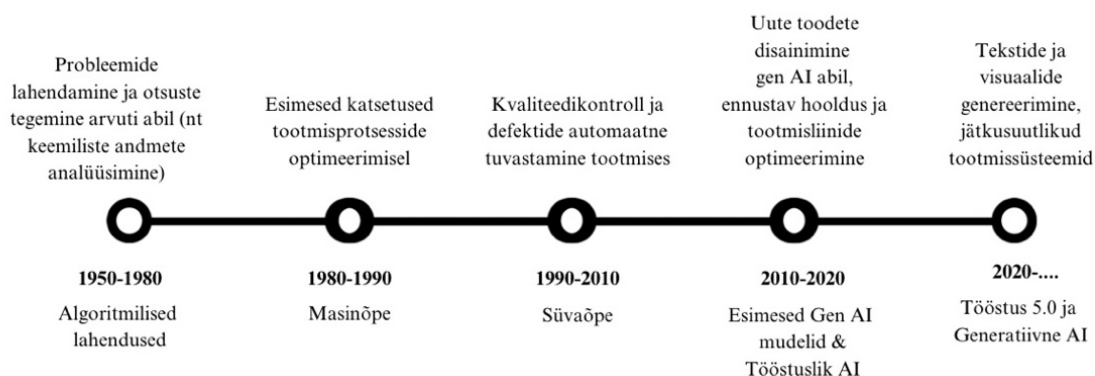
Tabel 1. Tehisintellekti definitsiooni muutus ajas

Allikas	TI definitsioon
Russel & Norvig (2009, lk 17)	Masinad, mis võimaldavad inimesele sarnast käitumist
Nilsson (1983, lk 7)	Masinad saavad mõista oma ümbrust ja teha otsuseid, et oma eesmäärke paremini saavutada.
Russel & Norvig (2009, lk 1-2)	Süsteem, mis suudab kasutada teadmisi, et teha olukorrale sobivaid otsuseid ja lahendada keerukaid ülesandeid – viisil, mis meenutab inimlikku mõtlemist.
Kaplan & Haenlein (2019, lk 5)	Masinate võime iseseisvalt õppida ja kasutada uut infot, et kohaneda ning saavutada konkreetseid seatud eesmäärke.
Dwiedi <i>et al.</i> , (2021, lk 4)	Aitab täita töid, mida tavaliselt teevad inimesed, ja pakub uusi võimalusi eri tööstusharudes, nagu tervishoid ja tootmine.
Balzano & Bortoluzzi (2024, lk 2-3)	Strateegiline tööriist, mis toetab ettevõtete paindlikkust ja konkurentsivõimet. Arendab andmete põhjal uusi ärimudeleid.

Autori koostatud tabelis esitatud allikate põhjal.

Tabelis 1 toodud definitsioonid näitavad hästi, kuidas TI tähendus ja kasutusala on ajas muutunud. Kui varem keskenduti peamiselt inimese mõtlemise jälgendamisele, siis täna kasutatakse TI-d väga erinevates valdkondades. See pole enam ainult tuleviktehnoloogia, vaid igapäevane tööriist, mis aitab lahendada keerulisi probleeme ja lihtsustab praktilist tööd – nii teaduses, äris kui ka igapäevaelus. TI areng aastakümnete jooksul on loonud kindla aluse tehnoloogiatele, mida täna kasutatakse paljudes valdkondades, sealhulgas tööstuses.

Joonis 1 näitab, kuidas TI areng on liikunud üksikutest tehnilistest lahendustest terviklike ja mitmetasandiliste süsteemideni. Kui varasemad lahendused olid suunatud konkreetsete probleemide arvutuslikule lahendamisele, siis alates 2010. aastatest on TI võimekus kasvanud nii, et see suudab toetada ka keerukamaid ärilisi ja strateegilisi otsuseid. Just siin tekib seos ka puidutööstusettevõtetega – senine areng loob eeldused selleks, et TI ei aitaks mitte ainult tootmist optimeerida, vaid toetaks ka paindlikumat juhtimist, tootearendust ja turustrateegiate kujundamist (Rane *et al.*, 2024, lk 208; Kikaben, 2021). Selline areng ei ole olnud lineaarne, vaid sõltub eeldustest – näiteks usaldusväärsetest andmetest, ettevõtte sisemisest valmisolekust ja tehnoloogia sobivusest konkreetse valdkonna vajadustega (Goodfellow *et al.*, 2024, lk 139).



Joonis 1. TI ajalooline areng tööstuses. Autori koostatud Kikaben, 2021; Lee *et al.*, (2018, lk 20); Goodfellow *et al.*, (2024, lk 139) ja Rane *et al.*, (2024, lk 208) põhjal

Tehisintellekt on kujunenud oluliseks ja laiapõhjaliseks tehnoloogiaks, mille mõju ulatub nii igapäevaellu kui ka tööstusprotsessidesse. Ramirez ja Islam (2024, lk 14) kirjeldavad, kuidas TI on integreeritud mitmetesse valdkondadesse – näiteks näotuvastusel põhinevatesse rakendustesse hariduses ja autonoomsete sõidukite arendamisse. Nende sõnul muudab TI pidevalt inimeste kogemusi, muutes suhtlused ja tegevused efektiivsemaks. Tööstuskeskkonnas on TI viimastel aastatel eriti jõuliselt kanda kinnitanud. Rakendused nagu prognoosiv hooldus, reaaliajase andmeanalüüs ja robotite kasutamine on aidanud suurendada töökindlust, vähendada seisakuid ja parandada ressursside kasutust. Samal ajal on esile kerkinud ka mitmed uued väljakutsed, eeskätt seoses andmete turvalisuse ja süsteemide usaldusväärsusega (Bécue *et al.*, 2021).

TI rakendusi saab jaotada erinevate tüüpide alusel, millest igaühel on oma spetsiifiline funktsioon. Interaktiivne TI, nagu vestlusrobotid ja nutikad assistendid, aitab parandada kasutajakogemust ning vähendada klienditoe kulusid, eriti standardpäringute korral (Dwivedi *et al.*, 2021, lk 2). Tekstipõhine TI võimaldab automatiseerida dokumentide haldust, kõne tekstiks teisendamist ja aruandlust, toetades sellega administratiivsete protsesside tõhusust (Dwivedi *et al.*, 2021, lk 17). Visuaalne TI, sh masinnägemise ja arvutinägemise lahendused, toetab kvaliteedikontrolli, defektide tuvastamist ja materjalide sorteerimist – eriti oluline just puidutööstuses (Chun *et al.*, 2023, lk 2156).

Analüütiline TI aitab töödelda mahukaid andmekogumeid, toetades turusuundumuste mõistmist, ostuharjumuste prognoosimist ja riskide hindamist (Lee *et al.*, 2018, lk 22; Dwivedi *et al.*, 2021, lk 7). Funktsionaalne TI hõlmab näiteks IoT-lahendusi ja autonoomseid roboteid, mis suurendavad tootlikkust ning aitavad kohandada tööprotsesse vastavalt muutuvatele oludele (Lee *et al.*, 2018, lk 20; Alcácer & Cruz-Machado, 2019, lk 911).

Erinevalt üldisemast TI kasutusest keskendub tööstuslik TI just masinõppe algoritmide rakendamisele tootmiskeskkonnas. Selle eesmärk on toetada tõhusat ja jätkusuutlikku toimimist, ühendades akadeemilise uurimistöö ja praktilised rakendused (Lee *et al.*, 2018, lk 20). Tabel 2 annab ülevaate erinevatest lähenemisviisidest TI kasutamiseks tööstuses. Nende eesmärk on muuta tegevused tõhusamaks, täpsemaks ja automatiseeritumaks.

Tabel 2. Tehisintellekti kasutamise tüübid ja rakendused tööstusesettevõtetes.

TI tüüp	Näited/rakendused	Olulisus tööstusesettevõtetele
Interaktiivne TI (Dwivedi <i>et al.</i> , 2021, lk 2)	Vestlusrobotid, nutikad personaalsed assistendid	Kliendisuhtlus ja tugi
Tekstipõhine TI (Dwivedi <i>et al.</i> , 2021, lk 17)	Tekstituvastus, kõne tekstiks muundamine	Dokumentide automatiseerimine
Visuaalne TI Chun <i>et al.</i> , 2023, lk 2156	Arvutinägemine, liitreaalsus	Kvaliteedikontroll ja tootmisprotsesside optimeerimine
Analüütiline TI (Lee <i>et al.</i> , 2018, lk 22)	Emotsioonianalüüs, tarnija riskianalüüs	Turuanalüüs ja riskijuhtimine
Funktsionaalne TI (Lee <i>et al.</i> , 2018, lk 20)	IoT lahendused, robotid	Tööprotsesside ja tootlikkuse tõhustamine
Tööstuslik TI Adebayo, <i>et al.</i> , 2024, lk 2060	Prognoosiv hooldus, tootmisliinide automatiseerimine	Rikete vähendamine, tootmise efektiivuse tõus, strateegiliste otsuste toetamine

Autori koostatud tabelis esitatud allikate põhjal.

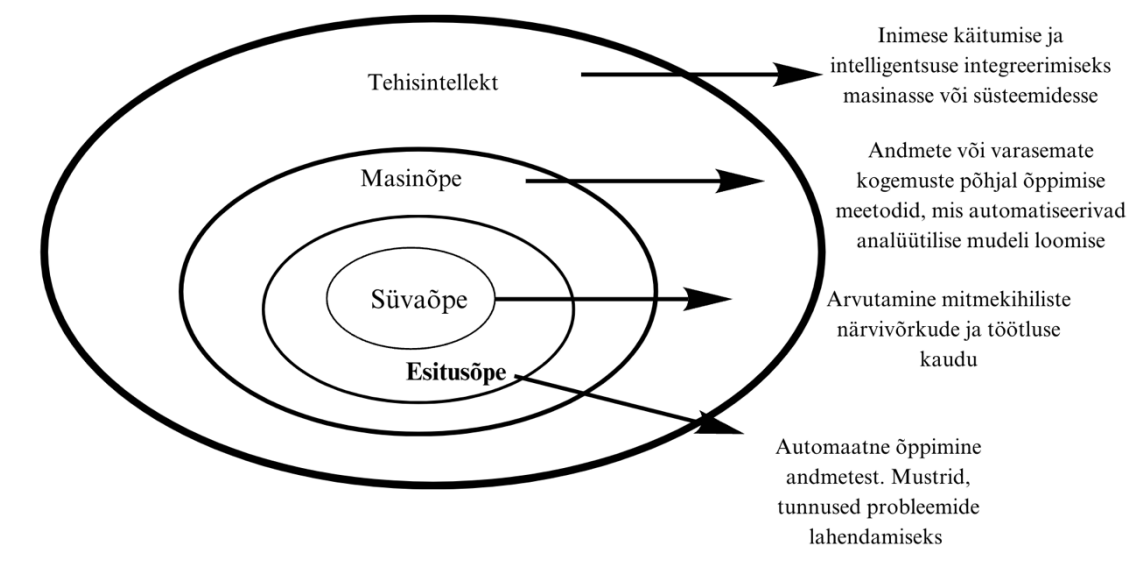
Tööstusesettevõtetes tuginevad TI-lahendused kindlatele põhikomponentidele, mis aitavad muuta tootmise tõhusamaks ning võimaldavad paremini reageerida tulevikuvajadustele. Need tehnoloogiad toetavad tootlikkuse kasvu ja aitavad tagada kõrgema kvaliteediga toodangu, omades samal ajal tugevat strateegilist rolli ettevõtte toimimises.

Üks olulisemaid TI komponente on masinõpe, mille eesmärk on võimaldada masinatel õppida inimlaadselt, lahendada ülesandeid iseseisvalt ja aja jooksul oma sooritust

parandada. Tööstuskontekstis võimaldab masinõpe prognoosida hooldusvajadusi, optimeerida tootmisprotsesse ja juhtida varusid täpsemalt. Tegemist on TI keskse osaga, kuna see võimaldab algoritmidel kohaneda uue sisendiga ning lahendada probleeme andmetel põhinevalt (Mahesh, 2020, lk 381). Süvaõpe on masinõppe erivorm, mis kasutab tehismärgivõrke inimese aju töö jäljendamiseks. See on võimeline lahendama keerukaid ülesandeid, nagu näo- ja kõnetuvastus või loomuliku keele töötlus. Varasemad uuringud on näidanud, et süvaõpe suudab tuvastada mustreid ja struktuure väga täpselt, toetades seeläbi intelligentsete süsteemide loomist, mis põhinevad suurtel andmehulkadel (Dong *et al.*, 2021, lk 1; Sarker, 2021, lk 3; Yadav, 2024, lk 25;). Süvaõpe on oluline osa Tööstus 4.0 arengust, aidates arendada nutikaid süsteeme ja automatiseerida protsesse suurema täpsusega (Hicham *et al.*, 2023, lk 5). Selle tehnoloogia võimekus täpsuse ja efektiivsuse osas on teinud sellest ühe võimsama tööriista tänapäevases tööstuses (Yadav, 2024, lk 25).

TI, masinõpe ja süvaõpe ei tööta eraldi, vaid täiendavad üksteist ning moodustavad koos tugeva aluse strateegiliste lahenduste kujundamiseks. Sarker (2021, lk 3) toob esile, kuidas need kolm tehnoloogiat loovad koos tervikliku süsteemi. Lisaks rõhutab Borges *et al.*, (2021, lk 3), et olulist rolli mängib ka esitusõpe – süvaõppe osa, mis aitab masinatel andmetest tähenduslikke omadusi õppida. See võimaldab andmeid esitada efektiivsemalt ja prognoosida tulemusi täpsemalt.

Töö autori koostatud joonis 2 illustreerib, kuidas süvaõpe toetab masinõpet ja kuidas esitusõpe suurendab veelgi TI süsteemide võimekust. Kokkuvõttes aitavad need tehnoloogiad luua süsteeme, mis suudavad töötada suurema täpsuse, paindlikkuse ja strateegilise väärtusega – omadused, mis on tööstusettevõtete jaoks üha olulisemad.



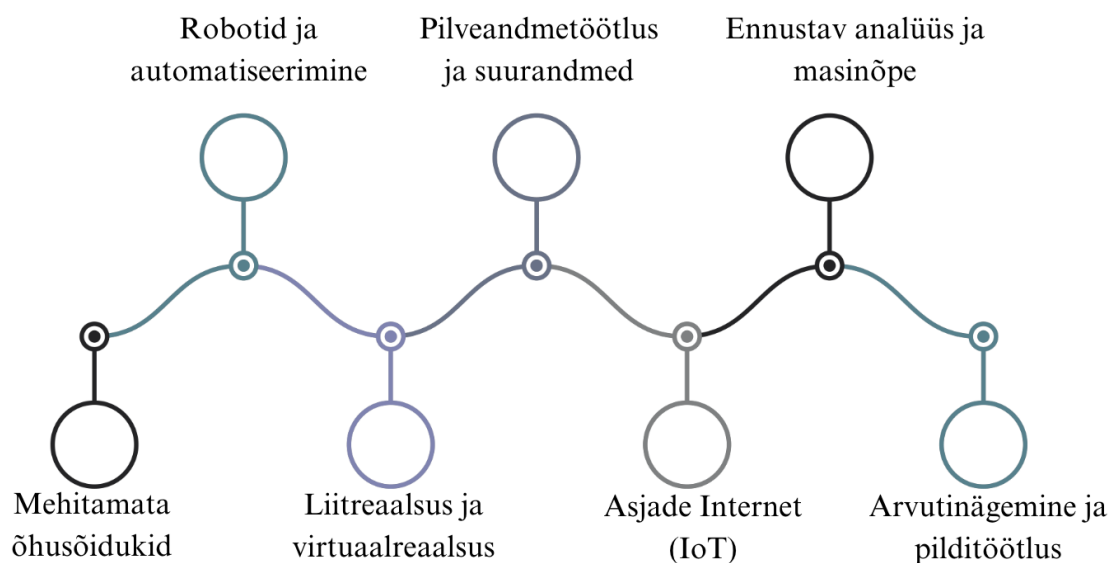
Joonis 2. Tehisintellekti põhikomponendid. Autori koostatud Sarker (2021, lk 3); Borges *et al.*, (2021, lk 3) põhjal

Lisaks eelnevalt käsitletud põhikomponentidele on tööstusettevõtete jaoks olulised ka mitmed teised TI-tehnoloogiad, mis koos moodustavad tugeva aluse tootmise digitaliseerimiseks. Nende hulka kuuluvad arvutinägemine, loomuliku keele töötlus, robotika, tugevdusõpe, kõnetuvastus ja -süntees, kavatsuste mõistmine ning andmete visualiseerimine (Ahmed *et al.*, 2022, lk 5033; Adebayo, 2024, lk 2060; Suma *et al.*, 2024, lk 119). Need tehnoloogiad ei toimi eraldiseisvalt – näiteks arvutinägemine kasutab sageli süvaõpet, loomuliku keele töötlus tugineb masinõppele ning tugevdusõpet kasutatakse robotikas. Koos aitavad need lahendused tõsta tootlikkust, parandada kvaliteeti ja vähendada kulusid, mis on ettevõtte konkurentsivõime seisukohalt võtmetähtsusega.

TI-tehnoloogiate järjest tihedam lõimimine tootmisprotsessides, kujundab laiemalt laiemalt Tööstus 4.0 kontseptsiooni, mis sai alguse Saksamaal 2011. aastal ja tähistab digitaalsete ning füüsiliste süsteemide integreerimist nutikateks tootmisprotsessideks. Tööstus 4.0 keskmes on reaajas suhtlevad seadmed ja süsteemid, mis võimaldavad kiiret reageerimist turumuutustele ning paindlikku juhtimist (Peres *et al.*, 2020, lk 17). TI on selles kontekstis kujunenud keskseks tehnoloogiaks, mis aitab optimeerida tootmist ja juhtida tarneahelaid. Uuringud, sealhulgas Espina-Romero jt (2024, lk 6), on näidanud, et TI suurendab efektiivsust ja vähendab kulusid ka väljaspool tööstust, näiteks

põllumajanduses. TI-põhised kvaliteedikontrollisüsteemid ja digitaalsed platvormid aitavad tõsta toodete kvaliteeti ning vähendada tööjõukulusid (Yao *et al.*, 2024, lk 184)

Tänu TI-le ja asjade internetile (IoT) on võimalik kujundada paindlikke, kohandatavaid tootmisliine, mis suudavad kiiresti kohaneda turutingimustega (Peres *et al.*, 2020, lk 2). Tööstus 4.0 tähendab sisuliselt tehnoloogiapõhist revolutsiooni, kus küberfüüsikalised süsteemid, suurandmete analüüs ja IoT töötavad koos, et tagada suurem tõhusus ja kohanemisvõime (Suma *et al.*, 2024, lk 120; Alcácer & Cruz-Machado, 2019, lk 901–911). Seda kontseptsiooni illustreerib ka joonis 3, mis annab ülevaate Tööstus 4.0 võtmetehnoloogiatest ja nende rollist tootmise arendamisel – alates mehitatud ja mehitamata robotitest ning liitreaalsusest kuni pilveandmetöötlemise ja masinõppeni. Kõik need lahendused toetavad protsesside optimeerimist, tööjõu automatiseerimist ja ressursside säästlikumat kasutust.



Joonis 3. Tööstus 4.0 võtmetehnoloogiad. Autori koostatud Suma *et al.*, (2024, lk 120); Alcácer & Cruz-Machado (2019, lk 901-911) põhjal

Tööstus 4.0 tehnoloogiate rakendamine loob tööstusettevõtetele mitmeid uusi võimalusi, kuid toob kaasa ka olulisi väljakutseid. Näiteks on mehitamata robotid väga tõhusad korduvate ja füüsiliselt keeruliste ülesannete täitmisel, toetades kvaliteedikontrolli ja pakendamisprotsesside kiirust ning täpsust. Nende kasutuselevõtt eeldab aga märkimisväärsed investeeringuid ja kvalifitseeritud tööjõudu.

Suurandmete analüütika võimaldab paremini ennustada tarneahela probleeme ning planeerida hooldusi – just prognoosiv hooldus aitab vältida ootamatuid seisakuid (Ucar *et al.*, 2024, lk 1). Prognoosiva hoolduse puhul tuvastatakse kogutud andmete põhjal võimalikke rikete ohukohti enne, kui need realselt esinevad. Pilvetechnoloogia kasutamine andmete hoidmiseks pakub paindlikke koostöövõimalusi, kuid eriti väiksemate ettevõtete jaoks tekitavad andmekaitseküsimused jätkuvalt ebakindlust (Mansouri *et al.*, 2017, lk 1)

Viimastel aastatel on tööstuses esile kerkinud ka generatiivne tehisintellekt, mida nähakse olulise tehnoloogilise läbimurde ja tulevikusuunana. Erinevalt tavapärasest masinõppest võimaldab generatiivne TI luua täiesti uusi andmevorme – näiteks tekste, pilte või protsesside mudeleid –, mida saab rakendada disainis, tootmise simulatsioonis ja tarneahela juhtimises (Doanh, 2023, lk 85–86; Wamba, 2024, lk 5683). Samuti aitab see hinnata tarnijate efektiivsust, automatiseerida hanketegevusi ning tõlgendada tellimusi loomuliku keele töötamise abil (Frederico, 2023, lk 4). Kuigi generatiivne TI on alles arenemisjärgus, nähakse selles suurt potentsiaali nii Tööstus 4.0 kui ka 5.0 arengu kontekstis, toetades ettevõtete paindlikkust, tootlikkust ja reageerimisvõimet (Rane, 2024, lk 10, 12–13).

Tööstus 5.0 toob tehnoloogia kõrval fookusesse ka inimese. Kui Tööstus 4.0 keskendus automatiseerimisele ja digitaliseerimisele, siis uue tööstusparadigma puhul rõhutatakse inimkeskset ja vastutustundlikku lähenemist. Žižić (2022, lk 6) rõhutab, et tulevikutööstus peab arvestama töötaja rolli, eetiliste kaalutluste ja sotsiaalse vastutusega – TI ei ole ainult tootlikkuse tõstmise töövahend, vaid osa tasakaalustatud ja kestliku töökultuuri kujundamisest.

Tehisintellekti väärtus ilmneb ka väga selgelt praktilisel tasandil. Näiteks näitas Olaoye ja Potter (2024, lk 7) uuring, et TI rakendamine tootmises võimaldas vähendada laokulusid 20% ning tõsta efektiivsust 25% võrra – seda tänu täpsemale prognoosimisele ja reaajas kohandumisele. Just sellised lahendused muudavad tootmise mitte ainult tõhusamaks, vaid ka riskikindlamaks ja paindlikumaks.

Ka puidutööstuses on TI rakendamine hakanud andma esimesi tulemusi. Kvaliteedikontrolli täpsustumine, tootmisprotsesside optimeerimine ja jäätmete

vähendamine aitavad ettevõtetel paremini vastata nii klientide ootustele kui ka regulatiivsetele nõuetele (Ericsson *et al.*, 2021; DigitalDefynd, 2025). Kuigi paljud puidutööstusettevõtted on alles alustamas, näitavad rahvusvahelised kogemused, et õigesti valitud tehnoloogiad ja andmepõhine juhtimine võivad anda märkimisväärse konkurentsieelise. Järgnev tabel (tabel 3) toob esile konkreetseid näiteid sellest, kuidas TI on puidutööstuses tootmist ja juhtimist tõhustanud.

Tabel 3. Tehisintellekti rakendamise näited puidutööstusettevõtetes

TI rakendus	Rahvusvaheline näide
Proгноosiv hooldus	Vibratsioonisensorid tuvastasid laagri rikke Põhja-Ameerika saekaatriks, ennetades seisakut
Kvaliteedikontroll	Euroopa mööblitootja: TI tuvastas defektsed paneelid, vähendades tagastusi 15%, materjalikulu kokkuhoid Rootsi: TI-põhine kvaliteedikontrolli süsteem automatiseeris puidupindade inspekteerimise, vähendas defekte ja suurendas tootlikkust
Tarneahela optimeerimine	Brasiilia puiduekspordi firma: TI tuvastas sadamate ummikud ja optimeeris tarne marsruute. Eesti puidutööstus: TI aitas parandada tootmise koormuse planeerimist, suurendades hinnapakkumiste täpsust 70%-lt 80%-le
Automati-seerimine	Aasia vineeritootja: TI-juhtimisega materjalikandurid (AVG) suurendasid tootlikkust 20%
Metsade haldamine ja ressursijaotus	Austraalia metsandusfirma: TI kaardistas metsa tervise droonide abil
Kohandamine ja tootearendus	USA mööblitootja: TI analüüsis tagasisidet ja lõi kohandatavaid diivanimudeleid
Energiakasutus	Skandinaavia kuivatustehased: TI optimeeris energia kasutust, vähendades kulusid 15%
Nõudluse prognoosimine	Kanada tootja: TI prognoosis nõudlust terrassilaudade järele, vältides puudujääke
Töötajate ohutus ja koolitus	USA puidutööstus: TI tuvastas kaitseprillide puudumist ja ennetas väsimusest tingitud riske
Jäätmete vähendamine ja taaskasutus	Ida-Euroopa vineeritootja: TI vähendas jäätmeid 25% ja lõi bioenergiatooteid

Autori koostatud Ericsson *et al.*, 2021, lk 1; Maas *et al.*, 2024, lk 82 ja Digital Defynd, 2025 allikate põhjal.

Kuigi TI toob kaasa olulisi eeliseid, seisavad ettevõtted silmitsi mitmete väljakutsetega, nagu töökohtade ümberkujundamine, keerukate ülesannete integreerimine ja suurte andmehulkade tõhus haldamine. TI kasutuselevõtt nõuab lisaks tehnilisele pädevusele ka tähelepanu eetilistele ja regulatiivsetele aspektidele. Euroopa Komisjon (2019) on

sõnastanud seitse põhimõtet, mis aitavad tagada turvalise, seaduskuuleka ja ühiskondlikult vastutustundliku TI arendamise:

- inimese teovõime ja järelvalve
- tehniline töökindlus ja ohutus
- privaatsus ja andmehaldus
- läbipaistvus
- mitmekesisus ja õiglus
- ühiskondlik ning keskkonnaalne heaolu.

Akhtar (2024, lk 7–8) rõhutab, et TI potentsiaal avaneb vaid selge äristrateegia ja tõhusa andmehaldustoe kaudu. Paraku piiravad selle rakendamist paljudel juhtudel madal tehnoloogiline infrastruktuur, reaajas andmetöötluse puudumine ja ettevõttekultuuri jäikus (Hirvi, 2023, lk 29–30). Eesti kontekstis on oluliseks takistuseks ka madal digitaliseerituse tase ja vähene andmepõhine mõtteviis. Edasiviivat mõju avaldab lähenemine, mis ühendab erinevad valdkonnad ja arvestab nii inimeste kui ka masinate rolliga. Kui need kaks on tasakaalus ja tehnoloogilised lahendused toimivad sujuvalt, suureneb ka süsteemi üldine tõhusus (Kutz *et al.*, 2022, lk 256; Espina-Romero *et al.*, 2024, lk 22). TI ulatuslikum kasutus sõltub eelkõige kvaliteetsete andmete olemasolust ja haldamisest tsentraliseeritud süsteemides. Eestis on see praktika veel vähene, kuid just digiprotsesside ja automatiseeritud lahenduste kasutuselevõtt looks pinnase, mis võimaldab TI-l laiemalt tööstuses kanda kinnitada (Hirvi, 2023, lk 30). Kui need väljakutsed suudetakse ületada, võib TI oluliselt tugevdada tootmise jätkusuutlikkust ja innovatsioonivõimet, aidates Eesti ettevõtetel püsida konkurentsivõimelised ka muutuvas ärikeskkonnas.

1.2. Tehisintellekti roll tööstuse strateegilises juhtimises

Selles peatükis keskendutakse TI rollile strateegilises juhtimises ning sellele, kuidas see toetab tööstusettevõtete arengut laiemas ärilises kontekstis. Alates tootmise automatiseerimisest aitab TI kujundada ka otsustusprotsesse, toetada äristrateegiate kujundamist ja suurendada organisatsioonide paindlikkust. Peatükis käsitletakse TI rakendusi ärimudelite arendamisel, andmepõhisel juhtimisel ja kliendisuhtluse

optimeerimisel, rõhutades strateegilist väärtust, mida TI suudab pakkuda kiiresti muutuvates oludes.

Tehisintellektil on üha olulisem roll tööstusettevõtete strateegilises juhtimises. See pakub mitmekülgseid võimalusi keerukate otsuste tegemisel, tööprotsesside optimeerimisel ja pikaajaliste eesmärkide saavutamisel. Suurte andmehulkade analüüsimine, täpsemad prognoosid ja riskide ennetamine aitavad juhtidel tuvastada trende, prognoosida tulemusi ning seeläbi kujundada paremaid strateegiaid (Badmus *et al.*, 2024, lk 616). Lisaks saab TI abil automatiseerida rutiinseid ülesandeid, mis võimaldab juhtidel kasutada oma aega innovatsiooni ja uute ärisuundade leidmise jaoks.

TI rakendusvõimalused ulatuvad kaugemale andmepõhisest otsustamisest. Masinõppel põhinevad mudelid võimaldavad reaajas turutrendide analüüsi ja strateegiate kohandamist vastavalt nõudluse muutustele (Potter & Brooklyn, 2024, lk 1). Samuti on TI oluline abivahend riskijuhtimises, pakkudes vahendeid riskitegurite tuvastamiseks ja maandamiseks. TI edukat rakendamist illustreerivad dünaamilised hinnakujundusalgoritmid, mis võivad suurendada ettevõtte tulusid kuni 15% (Olaoye & Potter, 2024, lk 10). Sellised lahendused võimaldavad kiiresti reageerida turu muutustele ja kasutada ära lühiajalisi võimalusi, andes ettevõttele selge strateegilise eelise. TI abil saavad ettevõtted kujundada personaalsemaid ja tõhusamaid kliendisuhetuslahendusi. Näiteks Coca-Cola kasutab sentimentanalüüsi, et hinnata klientide tagasisidet sotsiaalmeediast ja küsitlustest, toetades seeläbi turundust ja tootearendust (Okeke *et al.*, 2024, lk 2036, 2044). Walmart on TI integreerinud oma tagasisidesüsteemidesse, et muuta ostukogemus sujuvamaks (Andayani *et al.*, 2024, lk 256).

TI võimaldab ka protsesside ja korduvate toimingute automatiseerimist ning aitab vabastada töötajaid strateegiliste tegevuste jaoks. Tootmis- ja tarneahela optimeerimisel aitavad masinõppel põhinevad logistikaalgoritmid planeerida ressursside kasutust ja tuvastada kitsaskohti reaajas (Badmus *et al.*, 2024, lk 616). TI ei ole ainult tööriist, vaid selle rakendamine võib oluliselt muuta organisatsiooni olemust ning luua uusi väärtusi (Perifanis & Kitsios, 2023, lk 30). TI teadlik ja läbimõeldud kasutuselevõtt loob ettevõtetele võimaluse innovatsiooniks ning aitab neil kiiremini ka tehnoloogiliste muudatustega kohaneda (Dwivedi *et al.*, 2021, lk 2).

TI rakendamine strateegilises juhtimises võimaldab ettevõtetel teha täpsemaid ja andmepõhiseid otsuseid, vähendades strateegiliste vigade riski (McKinsey & Company, 2021), pakkuda personaalsemat kliendikogemust (Okeke *et al.*, 2024, lk 2044) ning optimeerida ressursside kasutust, suurendades tootlikkust ja vähendades kulusid (Okeleke *et al.*, 2024, lk 36). Mitmed teadusuuringud on käsitlenud TI kasutusvõimalusi just strateegilise juhtimise kontekstis, rõhutades selle rolli ettevõtete agiilsuse, prognoosimisvõime ja juhtimisvõimekuse suurendamisel. Uurimused on jaotunud mitmesse fookusvaldkonda – sh prognoosimine, otsusteooria, teadmiste haldamine ja juhtimisotsuste toetamine –, mis kõik kinnitavad TI potentsiaali tugevdada ettevõtte strateegilist kohanemisvõimet (Oppioli *et al.*, 2023, lk 2).

Tabelist 4 ilmneb, et TI rakendused ulatuvad kaugemale pelgalt tehniliste protsesside optimeerimisest. Need toetavad ettevõtteid ka strateegilises juhtimises, võimaldades teha kiiremaid ja paremini informeeritud otsuseid. TI-st on kujunemas strateegiline tööriist, mis aitab tõsta tööstusettevõtete konkurentsivõimet ning toetada nende jätkusuutlikkust.

Tabel 4. Tehisintellekti rakenduste kasutusvaldkonnad tööstuses

Kategooria	Kirjeldus	Näited	Allikas
Tarneahelate optimeerimine	Tarneahela läbipaistvuse, parandamine, kulude vähendamine, tõhususe suurendamine	Blockchaini integreerimine, ladude automatiseerimine ja nõudluse analüüs.	Vandana <i>et al.</i> , (2024, lk 866)
Toote elutsükli juhtimine	Toodete arenduse ja turule toomise toetamine ning tarbijate vajadustega kohandamine	TI kasutamine prototüüpide testimiseks ja kvaliteedi parandamiseks.	Ogundipe <i>et al.</i> , (2024, lk 952)
Automatiseerimine ja nutikad süsteemid	Vigade vähendamine, tootlikkuse parandamine	Tööstusseadmed, mis suudavad iseseisvalt optimeerida tootmist.	Williamson & Vijayakumar, (2021, lk 291)
Strateegilised otsustusprotsessid	Informeeritumate ja jätkusuutlikumate otsuste tegemine	Ressursside efektiivsem jaotamine ja innovatsioon	Shirui <i>et al.</i> , (2024, lk 120)

Autori koostatud tabelis toodud allikate põhjal.

McKinsey 2024. aasta uuring (Singla *et al.*, 2025, lk 2–5) näitab, et suurimat väärtust loovad need ettevõtted, kes kujundavad TI-lahendusi oma ärivajadustest lähtuvalt. Paljud suurettevõtted on selleks ümber struktureerinud töövooge ja organisatsioonistruktuure, et

TI integreerimine tooks reaalselt kasu. Uuringu järgi on üheks olulisemaks eduteguriks tööprotsesside sihipärane ümberkujundamine.

Edukas rakendamine eeldab süsteemset lähenemist, mis hõlmab juhtkonna aktiivset kaasatust, mudelite valideerimist ning töötajate oskuste arendamist. Ettevõtted, kes suudavad luua tervikliku strateegia ja skaleerida TI-lahendusi üle kogu organisatsiooni, saavutavad konkurentsieelise ning muudavad oma kulustruktuuri ja ärimudelit (*ibid.*). Samuti rõhutatakse, et TI rakendamine nõuab investeringuid nii tehnoloogiasse kui ka inimressurssi – eelkõige töötajate oskustesse ja teadmistesse.

Sarnast arusaama jagavad ka Hansen jt (2024, lk 2157), kelle loodud TI võimekuse küpsusmudeli kohaselt on rakendamise eelduseks kolme valdkonna üheaegne valmisolek: tehnoloogiline võimekus (andmed, süsteemid, infrastruktuur), organisatsiooniline võimekus (strateegia, inimesed, juhtimiskultuur) ning väline raamistik (regulatsioonid, eetika, motivatsioonid). Mudel rõhutab, et üksnes tehniline võimekus ei ole piisav – vaja on strateegilist ja kultuurilist valmisolekut kogu organisatsioonis. Lisaks tööstusettevõtetele loodud küpsusmudelitele on TI rakendamise süsteemsust käsitletud ka avaliku sektori vaates. Dreyling jt (2024, lk 224) töötasid välja mudeli, mis toob välja kaheksa kategooriat – alates tehnoloogiast ja andmetest kuni juhtimise, eetika ja turvalisuseni –, rõhutades, et edukas TI kasutuselevõtt eeldab tasakaalu tehniliste, strateegiliste ja kultuuriliste tegurite vahel. Kuigi mudel on loodud avalikule sektorile, on selle põhimõtted ülekantavad ka tööstusettevõtetele.

Strateegilise juhtimise vaates aitab TI luua ettevõttele pikaajalist väärtust – eriti just paindlikkuse ja kohanemisvõime kaudu. Kui otsused põhinevad andmetel ja protsessid on osaliselt automatiseeritud, saab juhtimine toimuda kiiremini ja teadlikumalt (Badmus *et al.*, 2024, lk 616; Ajiga *et al.*, 2024, lk 1898). Christofi jt (2023, lk 90) toovad välja, et TI toetab strateegilist agiilsust just siis, kui teadmiste juhtimine ja paindlikkus on osa kogu juhtimistasandist. Ka Oppioli *et al.* (2023, lk 2) rõhutab, et TI-st saadav kasu sõltub suuresti sellest, kui hästi see on organisatsiooni igapäevasesse toimimisse lõimitud – see eeldab juhtkonna teadlikkust ja süsteemset lähenemist. Et TI võimalused päriselt tööle hakkaksid, on vaja läbi mõeldud planeerimist ja tugevat seost olemasolevate süsteemide ja inimestega. TI mõju strateegilises juhtimises kasvab just seetõttu, et tehnoloogia areneb kiiresti ja samal ajal muutub ka ärikeskkond keerulisemaks.

Kokkuvõttes saab öelda, et TI ei toeta strateegilist juhtimist ainult tehniliste lahenduste kaudu, vaid eeldab ka juhtkonna teadlikku osalust ja süsteemset mõtlemist. Just seetõttu on oluline mõista TI rolli mitte üksnes töövahendina, vaid strateegilise võimekusena, mis aitab ettevõttel kiiremini kohaneda, teadlikumalt otsustada ja pikemas plaanis kestlikult toimida.

1.3. Strateegiline agiilsus ja selle sünergia tehisintellektiga tööstusettevõtetes

Selles peatükis keskendutakse strateegilise agiilsuse kontseptsioonile ning selle seosele TI kasutamisega tööstusettevõtetes. Eesmärk on näidata, kuidas TI rakendamine toetab ettevõtte paindlikkust, otsustuskiirust ja kohanemisvõimet muutuvas ärikeskkonnas. Samuti vaadeldakse strateegilise agiilsuse metavõimekusi ning seda, kuidas need aitavad kujundada kaasaegseid juhtimispraktikaid.

Strateegilise agiilsuse mõiste kujunes välja 2000ndate alguses, kui ettevõtted pidid järjest enam kohanema kiirete muutustega nii turul kui tehnoloogias. Kui varasem juhtimine keskendus efektiivsusele ja stabiilsusele, siis globaliseerumine, digitaliseerimine ja ebakindlus tõid fookusesse paindlikkuse ja otsustuskiiruse. Doz ja Kosonen (2008; 2010) olid ühed esimesed, kes tõid välja, et pikaajalise edu jaoks ei piisa ainult reageerimisvõimest – vaja on strateegilist ärksust, otsustusvõimekust ja oskust ressursse kiiresti ümber suunata. Hiljem on strateegilist agiilsust edasi arendanud mitmed autorid, tuues esile uusi aspekte nagu teadmiste juhtimine, talentide paindlikkus, avatud innovatsioon ja digitaliseerimine (Shams *et al.*, 2021, lk 2; Christofi *et al.*, 2023, lk 90). Eriti viimastel aastatel, kus muutused toimuvad samaaegselt mitmel tasandil – tehnoloogiliselt, keskkondlikult ja sotsiaalselt –, on strateegiline agiilsus muutunud keskseks juhtimisvõimekuseks, mis aitab organisatsioonidel pidevalt suunda hoida ja samas kohaneda.

Tänapäeva tööstusettevõtted tegutsevad keskkonnas, mida iseloomustavad pidevad muutused, ebakindlus ja kasvav konkurents. Sellises kontekstis muutub strateegiline agiilsus keskseks teguriks, mis võimaldab organisatsioonidel kiirelt kohaneda ning samal ajal säilitada konkurentsivõimet ja pikaajalist visiooni. Uuringud on näidanud, et just digitaaltehnoloogiate, sealhulgas TI, integreerimine toetab strateegilise agiilsuse arengut,

võimaldades ettevõtetel tõhusamalt juhtida muutusi, optimeerida tootmisprotsesse ja teha andmepõhiseid otsuseid (Mata *et al.*, 2023, lk 2; Alokshe *et al.*, 2025, lk 1–2).

Erinevalt varasemast lähenemisest, kus TI rakendusi käsitleti eelkõige tootmise automatiseerimise vahendina, nähakse TI-d tänapäeval ka strateegilise juhtimise tööriistana, mis võimaldab kujundada paindlikke ja vastupanuvõimelisi ärimudeleid. Näiteks toovad Wong & Ngai (2023, lk 1) välja, et strateegiline agiilsus vahendab otseselt seost digitaalsete tootmistehnoloogiate ja ettevõtte jätkusuutliku konkurentsieelise vahel, aidates kaasa nii tootlikkuse kasvule kui ka paremale reageerimisvõimele turumuutuste osas. Samuti rõhutab 2025. aasta HSO Tootmise agiilsuse raport, et ettevõtted, kes suudavad kombineerida TI ja strateegilise planeerimise, saavutavad paremaid tulemusi mitte ainult tootlikkuses, vaid ka juhtimisprotsesside kiiruses ja täpsuses. Andmepõhine juhtimine, reaajas prognoosimine ja töövoogude digitaliseerimine on muutumas standardiks, mida ootavad nii kliendid kui ka investorid (HSO, 2025, lk 30–31).

Doz & Kosonen (2008, lk 96; 2010, lk 371) on välja töötanud strateegilise agiilsuse raamistiku, mis toetub kolmele peamisele meta-võimekusele (*meta-capabilities*). Papla & Pak (2022, lk 54-56) uuringus kirjeldavad samuti, kuidas need meta-võimekused toetavad ettevõtte võimet kiiresti ja paindlikult reageerida ärikeskkonna muutustele ning toetavad strateegilist agiilsust (vt tabel 5).

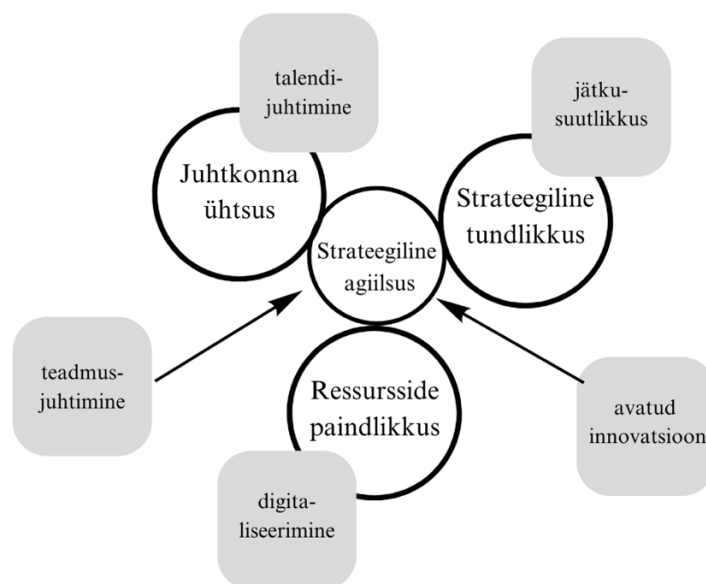
Tabel 5. Strateegilise agiilsuse metavõimekused ja kasutuspraktikad

Meta-võimekus	Kirjeldus	Kasutuspraktika	Tulemuslikkus	Riskid ja piirangud
Strateegiline ärksus	Turu muutuste kiire märkamine	Andmete kogumine, analüüs	Kiire kohanemine	Valetõlgendused, signaalide ignoreerimine
Juhtkonna ühtsus	Ühtne otsustamine	Avatud arutelud, ühised eesmärgid	Kiired strat. otsused	Erimeelsused suure juhtkonna puhul
Ressursside paindlikkus	Ressursside ümberjaotamise võime	Koolitused, paindlikud protsessid	Kiire reageerimine ja kasutegur	Ressursside nappus, sõltuvus üksikutest võtmeisikutest

Autori koostatud Doz & Kosonen (2008, lk 96); Doz & Kosonen (2010, lk 371); Papla & Pak (2022, lk 54-56) põhjal.

Dozi ja Kosoneni (2010, lk 371) strateegilise agiilsuse mudel näitab, kuidas need kolm võimekust koosmõjus toetavad ettevõtte ärimudeli uuendamist ja strateegilist agiilsust, mis on eriti oluline muutuvates ärikeskkonnas. Ames jt (2025, lk 7–9) toovad välja, et strateegiline agiilsus ei tähenda ainult kiiret reageerimist, vaid ka seda, kui mitmekesiselt ja sihipäraselt suudab ettevõtte oma tegevusi kohandada.

Nad kirjeldavad strateegilist agiilsust kahe mõõtme kaudu: muudatuste mitmekesisus (M-agility, magntitude of variety change), mis näitab, kui erinevates valdkondades – näiteks toodete, protsesside või teenuste tasandil – suudetakse muutusi ellu viia, ning muudatuste kiirus (R-agility, rate of variety change), mis viitab sellele, kui kiiresti need muudatused reaalsete teoks saavad. Need kaks koos näitavad, kui paindlik ja kohanemisvõimeline on ettevõtte kiiresti muutuvates oludes. Tõeliselt agiilne organisatsioon suudab tegutseda nendes kahes dimensioonis samaaegselt, muutes vajadusel oma toodete valikut, protsesse või juhtimispraktikaid (Ames *et al.*, 2025, lk 1) Uuemad uuringud, sealhulgas Christofi jt (2023, lk 89) uurimus, on näidanud, et strateegilise agiilsuse mudel on arenenud ja sisaldab nüüd ka täiendavaid komponente, nagu dünaamiline talentide juhtimine, jätkusuutlikkus, digitaliseerimine ja avatud innovatsioon (vt joonis 4).



Joonis 4. Strateegilise agiilsuse mudel

Autori süntees Doz & Kosonen (2010, lk 371), Christofi (2023, lk 89-90, 94) põhjal

Christofi jt (2023, lk 90) märgivad, et teadmiste haldamine jääb endiselt kriitiliseks teguriks, kuid lisaks sellele on oluline ka töötajate pidev arendamine ja kaasamine, et tagada organisatsiooni kohanemisvõime.

Kuigi Doz & Kosoneni (2010, lk 371) mudel pakub tugevat aluspinda strateegilise agiilsuse mõistmiseks, on Christofi jt (2023) uuringud näidanud, et kaasaegsed organisatsioonid peavad arvestama ka muutuvate tingimustega, et saavutada tõhus ja jätkusuutlik agiilsus kiiresti muutuvas ärikeskkonnas. Lisaks toovad Shams jt (2021, lk 2) esile, et agiilse organisatsioonisüsteemi loomiseks on olulised võimed kiiresti mõista teavet ja olukordi, teha otsuseid tõhusalt ning suunata ressursse paindlikult vastavalt muutuvatele oludele.

Strateegilise agiilsuse juures ei ole aga oluline ainult see, kui kiiresti otsuseid tehakse, vaid ka see, kui hästi suudetakse kohaneda olukordades, kus olemasolevad plaanid enam ei kehti. Siin tulebki mängu organisatsiooniline improvisatsioon – oskus tegutseda ka ootamatutes olukordades paindlikult ja loovalt, kasutades olemasolevaid teadmisi ja ressursse (Ambituuni *et al.*, 2021, lk 171). Pina e Cunha jt (2020, lk 2–5) rõhutavad, et improvisatsioon ei tähenda kaootilist tegutsemist, vaid teadlikku reageerimist muutustele. Ettevõttel peab olema julgus katsetada ja kohanduda isegi siis, kui kõiki vastuseid veel ei ole. TI saab seda protsessi toetada, pakkudes andmeid ja prognoose, kuid ilma inimeste täiendava otsustusvõime ja tegutsemisjulguseta jääb selle mõju poolikuks. Seetõttu on oluline, et organisatsioonides oleks loodud keskkond, kus inimesed saavad kiiresti reageerida, kui olukord seda nõuab.

Selline paindlikkus loob tugeva aluse ka TI ja strateegilise agiilsuse sünergia tekkeks. TI ja strateegiline agiilsus on kujunemas oluliseks kombinatsiooniks, mis aitab ettevõtetel kiiremini kohaneda ja püsida konkurentsivõimelised. TI võimaldab automatiseerida otsuseid, prognoosida tulevikutrende ja analüüsida riske, pakkudes tuge andmepõhises juhtimises. TI ja strateegiline agiilsus täiendavad teineteist ning nende ühenduskohaks on andmepõhine juhtimine ja kohandatavad protsessid, mis annavad organisatsioonidele vajaliku paindlikkuse ja võime kiiresti muutuvas tingimustes edukalt tegutseda. Joonis 5 illustreerib nende kahe kontseptsiooni sünergiat ning selgitab, kuidas TI toetab strateegilise juhtimise efektiivsust ja aitab suurendada ettevõtete konkurentsivõimet.



Joonis 5. Tehisintellekti roll strateegilise agiilsuse toetamisel. Autori koostatud Perifanis & Kitsios (2023, lk 7) põhjal

Viimase kümnendi jooksul on TI kujunenud üheks keskseks tehnoloogiaks, mis mõjutab tööstusettevõtteid ja juhtimisprotsesse. TI võimaldab ettevõtetel koguda ja analüüsida suuri andmemahte, pakkudes tuge andmepõhisele otsustamisele ning suurendades juhtimisprotsesside kiirust ja täpsust. See on eriti oluline strateegilise agiilsuse saavutamiseks, kuna TI aitab ettevõtetel kohaneda muutuvate turutingimustega ja (Espina-Romero *et al.*, 2024, lk 16) ning selle teadlik kasutamine aitab olla paindlikum ning toetada juhtimisotsuseid, mis loovad reaalse ärilise väärtuse (Perifanis&Kitsios, 2023, lk 1). TI-d integreerivad ettevõtted saavad olulist kasu, kuna tehnoloogia ühendab *strateegilised* ja operatiivsed vajadused. Näiteks võimaldab TI reaajas andmeanalüüsi, mis parandab otsuste tegemise kiirust ja kohanemisvõimet turumuutustega.

Lisaks aitab TI-põhine analüüs tuvastada uusi ärivõimalusi ja toetada innovatsiooni (Perifanis & Kitsios, 2023, lk 3). TI rakendused ulatuvad kvaliteedikontrollist kuni prognoosiva hoolduseni. Näiteks puidutööstuses, kus materjali omadused võivad varieeruda (oksad, praod, tekstuurid), suudavad TI-põhised kvaliteedikontrolli süsteemid analüüsida tootmisandmeid reaajas. Puidu kvaliteedikontrolli protsessis on inimlikud vead sagedased, mis põhjustab toodete kvaliteedi ja tootmismahdade langust. Masinõppe

ja süvaõppe meetodid on näidanud suurt potentsiaali puidu pinnade defektide kiireks ja täpseks tuvastamiseks, kuid nende meetodite rakendamisel esineb endiselt piiranguid, mida tuleks tulevikus edasi arendada (Chun *et al.*, 2023, lk 2156).

Lisaks pakuvad TI lahendused olulist tuge tööjõu ja ressursside planeerimisel analüüsides töötajate oskusi, töösooritust ja saadavust, optimeerides personali paigutust ja prognoosides tulevasi vajadusi. Näiteks on TI algoritmid suutnud nutikates tehastes efektiivselt juhtida ressursside jaotust, optimeerides robotite ja automaatika kasutust vastavalt tootmisvajadustele (Adebayo *et al.*, 2024, lk 2060)

TI suudab tuvastada logistikaprobleeme, nagu tootmisprotsessi kitsaskohad, ning pakkuda lahendusi, mis vähendavad kulusid ja seisakuid (Maas *et al.*, 2024, lk 82) Lisaks võimaldab TI dünaamiliselt kohandada tootmisprotsesse, parandades sellega ettevõtete jätkusuutlikkust ja kuluefektiivsust. (Espina-Romero *et al.*, (2024, lk 1, 16-17).

Seega mängib TI olulist rolli strateegilise agiilsuse toetamisel, aidates ettevõtetel kiiremini muutustega kohaneda ning tootmis- ja juhtimisprotsesse tõhusamalt korraldada. Alates kvaliteedikontrollist kuni tarneahela juhtimiseni pakuvad TI lahendused praktilisi võimalusi nii konkurentsieelise saavutamiseks kui ka ettevõtte kestlikumaks toimimiseks. Strateegiline agiilsus tähendab enamasti kiiret reageerimist – see eeldab paindlikkust, teadlikku juhtimist ja vajadusel ka improvisatsiooni. TI saab seda toetada, aidates paremini prognoosida, otsustada ja protsesse suunata. Kui TI on hästi lõimitud juhtimisse, muutub organisatsioon kohanemisvõimelisemaks ja jätkusuutlikumaks.

Kokkuvõttes näitavad varasemad uuringud, et strateegiline agiilsus ja tehisintellekti rakendamine ei ole eraldiseisvad teemad, vaid teineteist toetavad suunad. TI võib aidata ettevõtetel muutustele kiiremini ja teadlikumalt reageerida, toetades andmepõhist juhtimist, prognoosimist ja protsesside kohandamist. Samas on vähe uuritud, kuidas need võimalused realiseeruvad Eesti puidutööstusettevõtete igapäevases juhtimises. Käesoleva töö empiiriline osa keskendubki sellele, millist rolli mängib TI tootmise tõhustamises ja strateegilise agiilsuse kujundamises Eesti puidutööstusettevõtete kontekstis.

2. TEHISINTELLEKTI ROLL TOOTMISE TÕHUSUSE JA STRATEEGILISE AGIILSUSE SUURENDAMISEL EESTI PUIDUTÖÖSTUSETTEVÕTETES

2.1. Tehisintellekti roll Eesti puidutööstusettevõtetes ja uurimismetoodika

Metsa- ja puidutööstus on Eestis üks olulisemaid majandusharusid, mis pakkus 2022. aastal tööd ligikaudu 57 500 inimesele ja panustas Eesti majandusse kokku ligi 3,6 miljardi euro ulatuses. Sellest moodustas otsene lisandväärtus 1,88 miljardit eurot ehk umbes 8,5% kõigi Eesti ettevõtete loodud lisandväärtusest. Nii otseselt kui ka kaudselt oli metsa- ja puidusektor seotud umbes iga kaheksanda töökohaga Eestis. Tegemist on valdkonnaga, mille mõju ulatub kaugemale tootmisest – see toetab piirkondlikku tööhõivet, ekspordi tasakaalu ja annab stabiilsust majandusele laiemalt (EMPL, 2024. lk 5). Statistikaameti andmetel kasutas 2023. aastal 5% Eesti ettevõtetest vähemalt üht tehisintellekti tehnoloogiat, mis on 2 protsendipunkti enam kui 2021. aastal. Töötleva tööstuse sektoris oli see näitaja 2023.aastal 3%, kusjuures arvutite, elektroonika- ja optikaseadmete tootmisega tegelevatest ettevõtetest kasutas TI teenuseid 12%. Levinumad tehnoloogiad olid tekstikaeve, masinõpe ja pildituvastus (Statistikaamet, 2024).

Swedbanki (2024, lk 17) tööstuse uuringu kohaselt on puidutööstustes automatiseerituse osakaal 46% ja digitaliseerituse osakaal 40%. Ettevõtted planeerivad suunata 27% oma investeeringute eelarvest automatiseerimisse ja digitaliseerimisse (Swedbank, 2024, lk 18). Uuringust selgub ka, et puidutööstustes on kasutusel näiteks tööstusrobotid, masinõpe ja asjade internet. (Swedbank, 2024, lk 19). Järgmise kahe aasta jooksul plaanitakse märkimisväärset kasvu kõikide juba kasutusel olevate lahenduste osas. Eesti saetööstustes on kasutusel 3D-laserskaneerimine ja kaamerasüsteemid

kvaliteedikontrolliks, mis võimaldavad tootmisprotsesse optimeerida ja vähendada jäätmeid, suurendades samal ajal toodete kvaliteeti.

Eesti puidutööstus ühendab edukalt traditsioonilised väärtused ja kaasaegse tehnoloogia. TI rakendamine selles valdkonnas aitab suurendada sektori konkurentsivõimet, tõhustada tootmisprotsesse ja avada uusi turuvõimalusi. Käesoleva magistritöö empiirilises osas analüüsitakse TI rolli Eesti puidutööstuse strateegilise agiilsuse suurendamisel, keskendudes selle mõjule tootmise efektiivsusele, turu kohanemisvõimele ja sektori väljakutsetele.

Magistritöö metoodika tugineb segauurimusele (tabel 6), ühendades kvantitatiivse ja kvalitatiivse andmekogumise. Eesmärk on saada mitmekülgne arusaam TI kasutamise ulatusest ja rollist Eesti puidutööstusettevõtetes, eeskätt seoses tootmisprotsesside tõhustamise ja strateegilise agiilsusega.

Tabel 6. Andmekorje meetodid ja ajakava

Andmekorje (ja - analüüsi) meetodid	Aeg	Valim	Väljund
Ankeetküsitlus	Jaauar - veebruar, 2025	22 puidutööstus-ettevõtet	Andmed TI kasutamise kohta tööstuses, ettevõtete valik
Poolstruktureeritud intervjuud	Märts, 2025	3 TI lahenduste pakkujat	Ekspertide arvamused TI süsteemide integreerimise kohta
Dokumendianalüüs	Märts, 2025	Erialauuringud, raportid	Valdkondlik ülevaade
Pool-struktureeritud intervjuud	Märts, 2025	4 ettevõtte esindajat	Kvalitatiivne teave TI rolli kohta strateegilistes otsustes
Osalev vaatlus puidutööstusettevõttes	Märts 2025- mai 2025	Väike puidutööstusettevõtte X	TI praktiliste lahenduste hindamine

Uuring viidi läbi kaheetapiliselt. Alustati ankeetküsitlusega, mis võimaldab korraga koguda andmeid suuremalt hulgalt vastajatelt ning tulemusi kvantitatiivselt analüüsida. Ankeet on tõhus viis, et võrrelda vastajate hoiakuid, kogemusi või hinnanguid standardiseeritud viisil Kuphanga (2024, lk 2). Küsimustik oli üles ehitatud nii, et see looks aluse intervjuudeks. Valimi koostamisel kasutati Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liidu liikmete nimekirja, avalikke andmeid Äriregistrist ning kontakte TI-lahenduste pakkujatelt. Ettevõtteid valiti erineva suuruse ja tegevusvaldkonna põhjal, et tagada

mitmekesisus. Küsimustik edastati e-posti teel. Intervjuud salvestati ja transkribeeriti, et neid oleks hiljem võimalik sisuliselt analüüsida.

Ankeetküsimustiku struktuur jagunes viide plokki (vt tabel 7): ettevõtte profiil, TI kasutusvaldkonnad, strateegilise juhtimise aspektid, tajutud kasud ja takistused ning tulevikuplaanid (lisa 1). Küsimused loodi tuginedes varasematele uuringutele (nt McKinsey, WEF, Rootstock), kuid kohandati need Eesti puidutööstuse konteksti. Küsitlus oli suunatud ettevõtte juhile või töötajale, kes TI kasutamise teemadega kursis on.

Tabel 7. Ankeetküsimustiku struktuur.

Küsimuste plokk	Küsimuste eesmärk	Oodatavad tulemused
Ettevõtte suurus ja tegevusvaldkond	Profiili määratlemine	Määrab TI rakendamise potentsiaali
TI kasutamise ulatus ja investeeringud	TI leviku ja investeeringute määramine	Näitab, kui aktiivselt TI-d kasutatakse
TI roll strateegilises agiilsuses	Kohanemisvõime ja konkurentsieelise hindamine	Seosed TI ja strateegilise juhtimise vahel
TI roll tootmises	Tootmisefektiivsuse ja kvaliteedi analüüs	Kas TI parandab tootmisprotsesse?
TI tulevikuväljavaated	Uute tehnoloogiate kasutuselevõtt	Millised TI lahendused on eelistatud?

Ankeetküsitluse levitamiseks kasutati kahte kanalit. Esmalt saadeti küsitlus Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liidu (EMPL) vahendusel 71 liikmesettevõttele. Selle kaudu kogunes 8 vastust. Kuna huvi jäi tagasihoidlikuks, saatis töö autor küsitluse eraldi e-mailiga veel kokku 100 puidutööstusettevõttele, kasutades avalikult kättesaadavaid e-posti aadresse ning varasemaid kontakte koostööstest kokkupuudetest. Ka see ei aidanud väga palju vastajaid juurde saada. Järgmiseks hakkas töö autor läbi helistama enda varasemaid koostööpartnereid ning saatis kirju nagu puidutööstusettevõtte omanik, et tekitada usaldust.

Lisaks suhteliselt tagasihoidlikule vastajate arvule küsitluses ilmnas, et puidutööstuse ettevõtted on oma olemuselt üsna kinnise suhtlusstiiliga ega soovi alati infot avaldada. Seda kinnitas ka intervjuus üks TI-lahenduste pakkuja, kelle sõnul eelistavad paljud tööstusettevõtted mitte jagada sisemisi protsesse või uusi arendusplaane, eriti kui need on

alles katsetamise faasis. Leanest OÜ tegevjuht tõi välja, et TI kasutamine ei ole veel paljudesse ettevõtetesse jõudnud, ja et üksnes ChatGPT kasutamist ei peeta piisavaks, et selle kohta küsitluses midagi öelda. Seetõttu võib osa võimalikest vastajatest olla jätnud vastamata lihtsalt seetõttu, et nad ei osanud enda kogemust TI-ga veel piisavalt tähtsaks pidada. Ankeetküsitlusele vastas kokku 22 puidutööstusettevõtet, kes erinevad oma suuruselt ja tegevusvaldkonnalt. Tabelis 8 on toodud Eesti puidutööstusettevõtete arv sektoris ja ankeetküsitlusele vastanute arv.

Tabel 8. Eesti puidutööstusettevõtete arv tööga hõivatud isikute arv järgi (2023.a.)

Töötajate arv	Puidutööstusettevõtete arv sektoris	Puidutööstusettevõtete arv valimis
1-9 töötajat	1366	7
10-50 töötajat	245	5
51-100 töötajat	55	5
Üle 100 töötaja	42	5

Autori koostatud Statistikameti 12.05.2025 väljavõtte põhjal ja ankeetküsitluse tulemuste põhjal.

Väikseimate töötajate arvuga grupis (1–50 töötajat) võib sektori koguarvus sisalduda ka ettevõttest, mille aktiivsus on madal või puudub – näiteks ettevõttest, kellel pole töötajaid või kes ei ole tegevust realselt käivitanud. Andmestik põhineb Statistikameti 2023. aasta registripõhistel andmetel, kus ettevõtete aktiivsuse määra eraldi ei eristata.

Nendest 13 ettevõtet märkis, et kasutavad juba mingil määral TI-lahendusi – näiteks kvaliteedikontrollis, tootmise planeerimisel või kontoriprotsesside automatiseerimisel. Küsimustik oli üles ehitatud nii, et kõik vastajad said anda hinnanguid TI kasutamise üldisele vajalikkusele ja tulevikuvaadetele, kuid süvitsi käsitlesid konkreetseid kogemusi vaid need 13 ettevõtet, kellel oli olemas praktiline kokkupuude TI-ga. Just nemad andsid ka tagasisidet selle kohta, millist rolli on TI seni mänginud tootmise tõhustamisel ja strateegilise agiilsuse kujundamisel, samuti jagasid nad kogemusi kasutuselevõtuga seotud väljakutsete kohta.

Teises etapis viis töö autor läbi olid poolstruktureeritud süvaintervjuud nende ettevõtetega, kes olid ankeedis jätnud oma kontaktid ja olid valmis kogemust jagama. Intervjuuküsimused lähtusid samadest teemadest nagu ankeetküsitlus (lisa 7), kuid võimaldasid minna detailsemaks: miks mingi lahendus valiti, millised muutused

ettevõttes toimusid ja kuidas TI kasutamine on mõjutanud otsustamist, planeerimist või töökorraldust. Küsimuste järjekord ei olnud fikseeritud, vaid kohandati vastavalt vestluse kulgemisele.

Lisaks tegi töö autor poolstruktureeritud intervjuusid ka TI-lahenduste pakkujatega. Küsimused olid suunatud kogemuste jagamisele: millistes sektorites nad on TI-d rakendanud, milliseid probleeme on TI-ga lahendatud, millised on peamised takistused juurutamisel ning mida nad näevad lähiaastate suundumustena (lisa 8). Selle kaudu soovis töö autor saada selgem pilt ka sellest, kuidas teenusepakkujad tajuvad puidutööstuse valmisolekut ja tegelikku huvi.

Statistiline analüüs viidi läbi kasutades kirjeldavat statistikat (keskmised, mediaan, mood ja standardhälve). Seoste tuvastamiseks kasutati Spearmani astakorrelatsiooni koeffitsienti (ρ), mis sobib paremini väikeste valimite ja mitte-normaaljaotusega andmete puhul. Kuna andmed põhinesid järjestusskaalal hinnatud hoiakutel ja hinnangutel, ei olnud sobilik kasutada Pearsoni korrelatsiooni, mis eeldab intervallskaalal mõõdetud andmeid ning normaaljaotust. Spearmani koeffitsient võimaldab uurida, kas kahe muutuja vahel esineb monotoonne seos – ehk kas ühe muutumisega kaasneb teise suurenemine või vähenemine, sõltumata nende täpsest jaotusest.

Korrelatsioonikoeffitsient jääb vahemikku -1 kuni $+1$. Kui väärtus on $+1$ lähedal, viitab see tugevale positiivsele seosele – mida rohkem üks muutujatest suureneb, seda rohkem suureneb ka teine. Kui väärtus on -1 lähedal, viitab see tugevale negatiivsele seosele – ühe muutuja suurenedes teine väheneb. Kui väärtus on 0 lähedal, siis seost kahe muutuja vahel ei ole.

Uuringus kasutati tähistusi:

- $p < 0.05$ – statistiliselt oluline seos (*)
- $p < 0.01$ – olulisem seos (**)
- $p < 0.001$ – väga tugev ja usaldusväärne seos (***)

Valimi põhjal tehtud analüüsi tulemusi tõlgendati vastavalt nendele tasemetele, arvestades, et väikese valimi korral tuleb järelduste esitamisel säilitada ettevaatlikkus ning rõhutada seoseid just uuritud ettevõtete kontekstis.

Töö tulemused annavad ülevaate TI rolli kohta puidutööstusettevõtte juhtimispraktikates ja strateegilise agiilsuse kujundamisel. Tulemuste põhjal esitatakse töö lõpus ka soovitusel TI tõhusamaks rakendamiseks, pakkudes praktilisi suuniseid, mis võiksid toetada puidutööstusettevõtete konkurentsivõime, tootmistõhususe ja strateegilise agiilsuse kasvu Eesti kontekstis. Käesoleva uuringu fookus on innovaatiline ja väärtuslik, pakkudes uut teadmist TI rollist puidutööstuse strateegilises juhtimises.

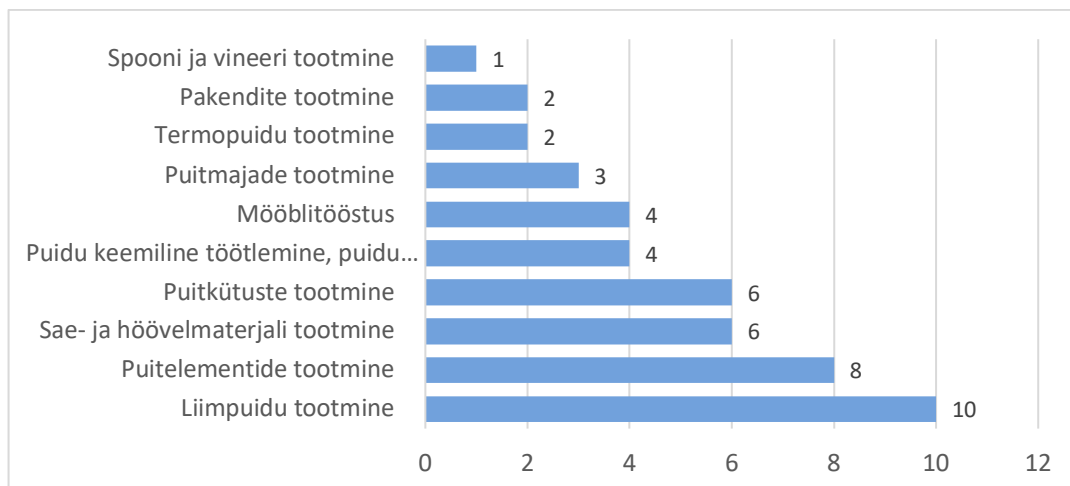
Käesoleva magistritöö koostamisel kasutas töö autor ka generatiivse tehisintellekti rakendust ChatGPT (OpenAI, 2024) eelkõige abivahendina töö struktuuri täpsustamisel, sobivate allikate leidmisel, ideede väljendamisel ning keelelise selguse parandamisel. Töö analüüsid, sisulised arutlused ja järeldused põhinevad siiski täielikult autori enda hinnangutel ja uurimistulemustel ning vastavad täielikult Pärnu Kolledži reeglitele.

2.2. Tehisintellekti roll tootmise tõhustamisel ja strateegilise agiilsuse suurendamisel ning selle rakendamise väljakutsed Eesti puidutööstusettevõtetes

Käesolevas peatükis esitatakse uuringu tulemused, mis põhinevad Eesti puidutööstusettevõtte vastustel ankeetküsitlusele ning täiendavatel poolstruktureeritud intervjuudel.

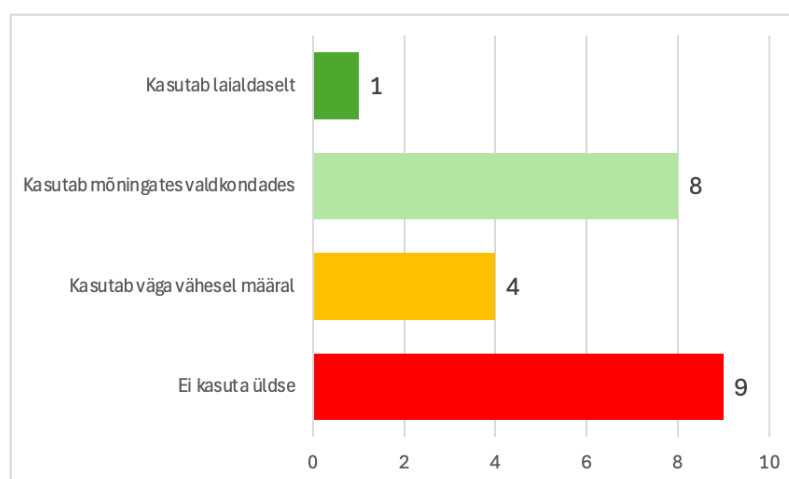
Tulemusi esitatakse teemade kaupa: esmalt vaadeldakse TI kasutusvaldkondade jaotust. Vastata sai nii põhitegevuse kui ka lisategevuse kohta, seejärel käsitletakse selle rolli strateegilises agiilsuses ja tootmises, tuuakse välja peamised väljakutsed ning lõpuks antakse ülevaade ettevõtete tulevikuplaanidest. Kvalitatiivsed ja kvantitatiivsed andmed on põimitud ühtsesse analüüsi, et anda terviklik pilt TI rakendamise hetkeolukorrast ja suundumustest puidutööstuses.

Küsitluses osalenud ettevõtete seas oli enim liimpuidu tootjaid – neid oli ligi pool kogu valimist. Samuti oli märkimisväärne hulk puitelementide ning sae- ja höövelmaterjali tootmisega tegelevaid ettevõtteid. Mõned valimi ettevõtted keskendusid kitsamatele nišivaldkondadele, nagu termopuit, pakendid või spoon. Kuigi kõik tootmisliigid ei olnud valimis võrdselt esindatud, andis jaotus ülevaate puidutööstusettevõtete mitmekesisusest ja erinevatest fookusvaldkondadest (joonis 6).



Joonis 6. Valimis osalenud ettevõtete jaotus tegevusvaldkonna järgi

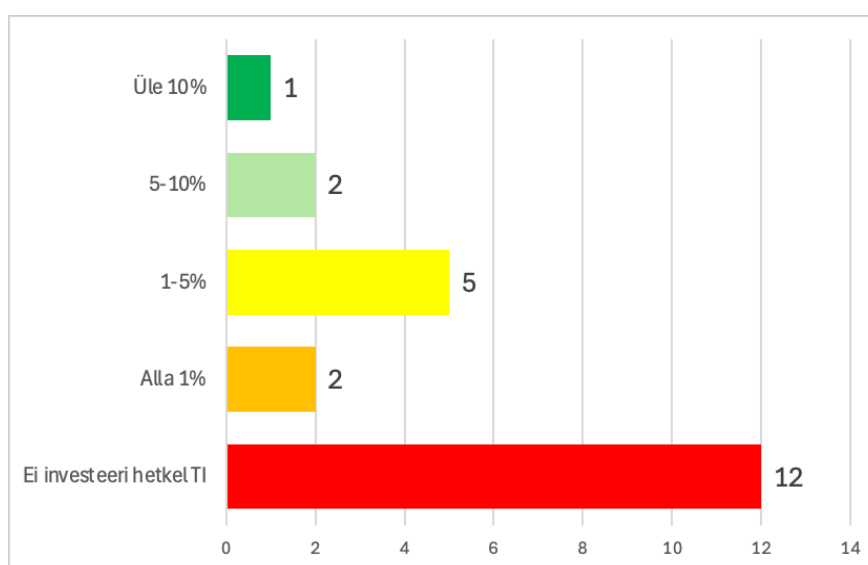
Küsitluse tulemused näitavad, et kuigi mitmed ettevõtted on TI kasutamist katsetanud, on selle laialdasem rakendamine puidutööstuses veel harv. Enamik vastajaid märkis kas vähest või valdkonnapõhist kasutust, samas kui ainult üks ettevõtte hindas oma kasutust laialdaseks. Üheksa ettevõtet tõdesid, et nad TI-d ei kasuta (joonis 7). Selline jaotus viitab, et valdkonnas on huvi olemas, kuid praktikas on TI rakendused veel varajases etapis ning sageli piirduakse esialgsete lahendustega. Samas võib oletada, et osa vastajaid ei pidanud mõnda lahendust TI-ks või ei olnud teadlik selle tehnilisest olemusest, mistõttu võivad hinnangud kohati ka alahinnata tegelikku kasutust.



Joonis 7. TI kasutamise ulatus Eesti puidutööstusettevõtetes (valim 22)

Siinkohal kinnitub ka Leanest OÜ tegevjuhi tähelepanek, et paljud ettevõtted ei pea end veel TI kasutajaks, kui nende kokkupuude piirdub näiteks mõne lihtsama tööriista kasutamisega nagu ChatGPT. Sellisel juhul võib jääda mulje, et ettevõtte ei kasuta TI-i üldse, kuigi tegelikult on tehnoloogia juba mingil kujul töös (nt *Google Translate*).

Küsitluse tulemuste põhjal ei investeeeri hetkel TI lahenduste arendamisse üle poole ettevõtetest (joonis 8), neljandik ettevõtetest suunab TI-ga seotud arendustesse 1–5% oma digitaalsest eelarvest (eelarve, mis on mõeldud ettevõtte digitaliseerimise või IT-arenduste jaoks), samas kui väiksemaid investeeringuid (alla 1%) teeb kaks ettevõtet.



Joonis 8. Tehisintellekti investeeringute osakaal digitaalsest eelarvest (valim 22)

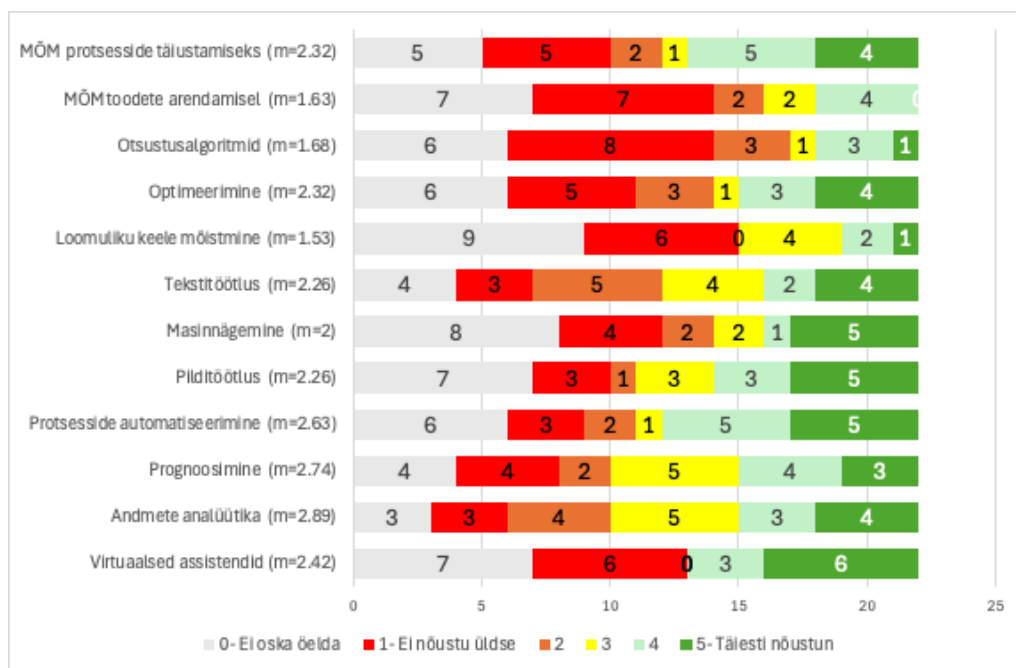
Suuremaid investeeringuid, üle 10% digitaalsest eelarvest, mainis ainult üks ettevõtte. See viitab sellele, et TI rakendamine on küll teemana olemas, kuid finantsiliselt veel pigem ettevaatlikult käsitletav.

TI kasutamise valdkondade jaotust aitab paremini mõista Lisa 2, kus vastajad hindasid erinevate TI-lahenduste kasutust oma ettevõttes. Analüüs keskendub sellele, millistes funktsioonides TI-d kõige sagedamini kasutatakse ning millistes valdkondades on kasutus veel algusjärgus või ebaühtlane.

TI rakenduste kasutuse jaotus näitab, et enim kasutatud on igapäevast tööd toetavad lahendused. Kõrgeima hinnangu sai tekstitöötlus, mille keskmine (m) oli 3,38 (skaala 1-

5) (SD = 1,66), viidates levinud, kuid erinevalt rakendatud kasutusele. Pilditöötlus oli samuti sagedane, samas kui masinnägemise puhul oli hinnangute hajuvus kõige suurem (SD=2,25), mis viitab väga erinevatele kogemustele selles valdkonnas. Vähem on kasutusel spetsiifilisemad lahendused, nagu prognoosimine ja otsustusalgoritmid, mida kasutatakse pigem harva või katsetusjärgus. Uute toodete arendamisel ja protsesside täiustamisel kasutatavad masinõppepõhised mudelid said samuti madalad hinnangud, mis viitab sellele, et strateegiline TI kasutus on valimis veel piiratud.

Puidutööstusettevõtetes kasutatakse TI lahendusi kõige enam valdkondades, mis toetavad igapäevaseid kontoritöid ja visuaalse sisendiga seotud protsesse. Kõige kõrgemalt hinnati tekstitöötlust, pilditöötlust, virtuaalseid assistente ja masinnägemise lahendusi (vt joonis 9). Samas viitavad hinnangute erinevused sellele, et mitte kõik ettevõtted pole nende kasutamisega veel alustanud või ei pea neid enda jaoks oluliseks. Selline varieeruvus näitab, et kuigi teatud valdkondades on TI kasutamine juba tavapärasem, on üldine pilt siiski ebaühtlane.



Joonis 9. Kasutusel olevad TI-lahendused puidutööstusettevõtetes (valim 13)

Intervjuudes toodi esile, et tekstitöötluse lahendused on kasutusel näiteks dokumentide koostamisel ja tõlkimisel ning neid peetakse kasulikuks just ajakokkuhoiu tõttu. Mitmel juhul märgiti, et TI aitab parandada teksti selgust ja struktuuri, pakkudes tuge eelkõige

korduvates sisulooime ülesannetes. Ettevõtte 3 esindaja ütles: „No, TI aitas meil isegi auditist läbi saada. Mõnes mõttes on Chat GPT kasutamine nii igapäevane töövahend, et seda isegi enam ei pane tähele!“

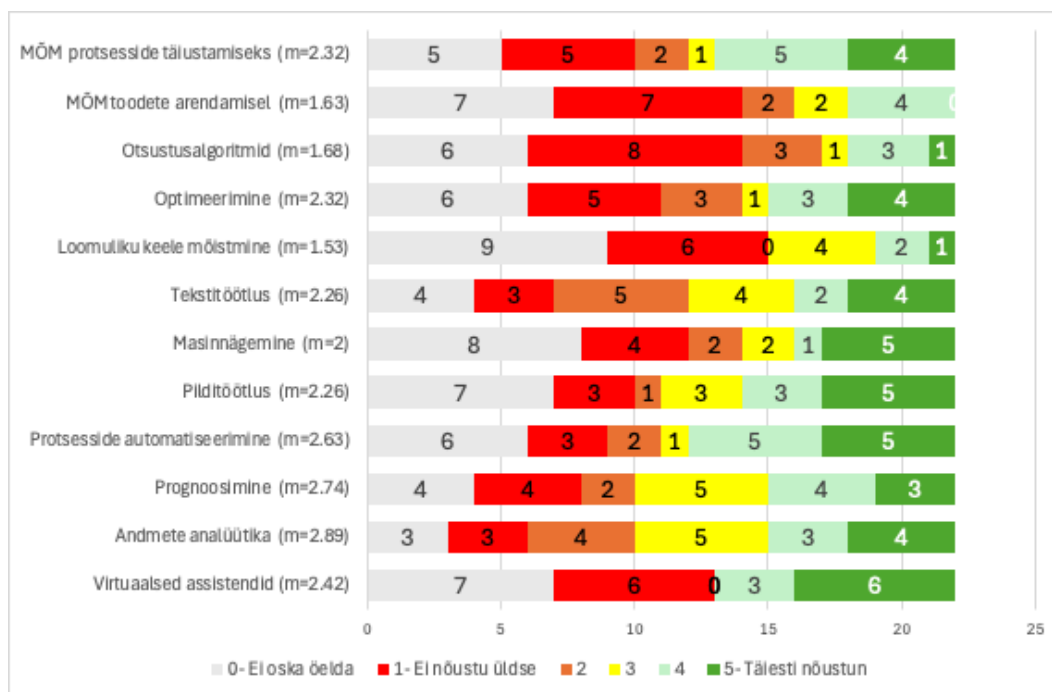
Kõrgeima moodi (5) said pilditöötlus ja masinnägemine, mis viitab sellele, et seal, kus seda rakendatakse, ollakse pilditöötluse ja masinnägemisega üldjuhul väga rahul. Näiteks Ettevõttes 1 on kasutusel masinnägemise lahendus, mis võimaldab defekte täpsemalt tuvastada ja seeläbi vähendada materjalikulu kuni 15%. Ettevõtte 2 juht mainis, et nende eesmärk ongi liikuda rohkem automatiseeritud kvaliteedikontrolli suunas: „Inimese silm väsib, aga kaamera ei väsi – kui seal on loogika taga, siis see töötab paremini kui käsitsi vaadata.“ See kinnitab, et motivatsioon visuaalse sisendi automatiseerimiseks on olemas, eriti seal, kus tootmismaht on suurem või kvaliteedinõuded ranged. Samas viitas kõrge standardhälve (vastavalt 1,85 ja 2,25), et lahenduste kasutus on ettevõtetes väga erinev – osad ettevõtted on seda vahendit katsetamas või juba integreerinud, samas kui teised ei ole seda veel kaalunudki. Virtuaalseid assistente on samuti kasutusele võetud, kuid hinnangute suur varieeruvus ($SD=1,96$) viitab, et nende potentsiaali ei ole veel täiel määral realiseeritud. Intervjuude põhjal kasutatakse neid eeskätt sisekommunikatsioonis ja meeldetuletussüsteemides, kuid roll võiks kasvada ka klienditoes ja päringutele vastamises. Ettevõtte 4 esindaja ütles, et nende kasutus on veel väga algusjärgus, aga huvi on olemas: „Praegu kasutame seda ainult ühes meeldetuletuste töövoos, kuid usun, et see võiks hästi toimida ka päringutele vastamisel – kui me selle kunagi integreerime.“

TI keerukamate rakenduste, nagu prognoosimine ja otsustusalgoritmid, kasutamine on puidutööstusettevõtetes seni olnud pigem tagasihoidlik. Küsitluse tulemused näitasid, et prognoosimise keskmine hinnang jäi madalaks ning otsustusalgoritmide puhul oli see veelgi väiksem. Mõlemas kategoorias oli mood 1, mis tähendab, et enamik vastajaid hindas nende kasutamist minimaalseks. Statistilised andmed on kirjeldatud lisas 2. Intervjuud näitasid, et selliste lahenduste rakendamine eeldab usaldusväärseid ja korrastatud andmeid ning täpselt sõnastatud eesmärke, mida paljudes ettevõtetes praegu ei ole. Ettevõtte 2 juht sõnastas selle tabavalt: „Me ei saa lubada, et otsuseid takistab aeglane või käsitsi andmete liigutamine – meil on vaja sujuvat ja automatiseeritud andmevoogu, et saaks kiiresti reageerida.“

Sarnast mustrit võib täheldada ka masinõppepõhiste mudelite kasutamisel. Näiteks protsesside täiustamisega seotud masinõppelahendused said keskmiseks hinnanguks $m = 1,46$ ($SD = 1,05$) ja uute toodete arendamisega seotud mudelid $m = 1,00$ ($SD = 0,82$). Vastajad hindasid neid lahendusi valdavalt madalaks, mis viitab, et kasutus on kas vähene või ebarealistlik olemasolevates tingimustes. Ettevõtte 4 esindaja kommenteeris: „Meil ei ole ettevõttes kedagi, kes teaks täpselt, kuidas seda üldse rakendada peaks.“ Veidi kõrgem oli hinnang andmeanalüütikale ($m = 2,54$; $SD = 1,66$), kuid ka siin jäi mood madalaks (1). See viitab olukorrale, kus ettevõtted koguvad küll andmeid, kuid ei oma piisavalt teadmisi ega tööriistu nende tõhusaks kasutamiseks. Mitmed vastajad tunnistasid, et kuigi andmeid kogutakse regulaarselt, puudub selge arusaam, kuidas neid juhtimisel rakendada või otsustesse kaasata.

Kokkuvõttes näitavad tulemused, et TI kasutamine puidutööstusettevõtetes on valdkonniti väga erinev. Kõrgema hinnangu said eelkõige need lahendused, mis on visuaalselt tajutavad või mille kasu on kergesti hinnatav – näiteks teksti või pildi töötlemine, automatiseeritud teavitused või sisekommunikatsiooni toetavad tööriistad. Samas madalamad hinnangud iseloomustasid neid valdkondi, kus TI kasutuselevõtt eeldab oluliselt rohkem planeerimist, andmepõhist lähenemist ja süsteemide integratsiooni. Standardhälbed kinnitavad, et ettevõtete valmisolek ja kogemus TI kasutamisel on ebaühtlane (vt Lisa 2). Statistikaamet on 2024. aastal läbi viinud andmekogumise, milles on uuritud TI tehnoloogiaid kasutanud ettevõtteid tegevusvaldkonna lõikes. Kõige rohkem kasutatakse TI loomuliku teksti genereerimisel ja tootmisprotsessides, mis kattub ka intervjuudest saadud infoga, et Eesti ettevõtted näevad selle kasutamise osas suurt potentsiaali. Masinõppe ja kõnetuvastuse rakenduste kasutamine on väga madal, mis võib viidata sellele, et need on liiga keerulised või vähemolulised. Täpsemad andmed on toodud lisa 13.

Töö käigus uuris autor, milliseid tehisintellekti lahendusi puidutööstuse ettevõtted näevad järgmise kolme aasta jooksul oma tegevuses. Küsimustikule vastas 22 ettevõtet ning tulemused on esitatud joonisel 10, mis näitab kogu valimi üldist jaotust. Lisaks koostas töö autor ka eraldi kirjeldava statistika tabeli, kus vastajad olid jagatud ettevõtte suuruse alusel kahte gruppi: kuni 50 ja üle 50 töötajaga ettevõtted (vt lisa 3).



Joonis 10. TI-rakenduste kasutamise kavandamine järgmisel kolmel aastal (valim 22)

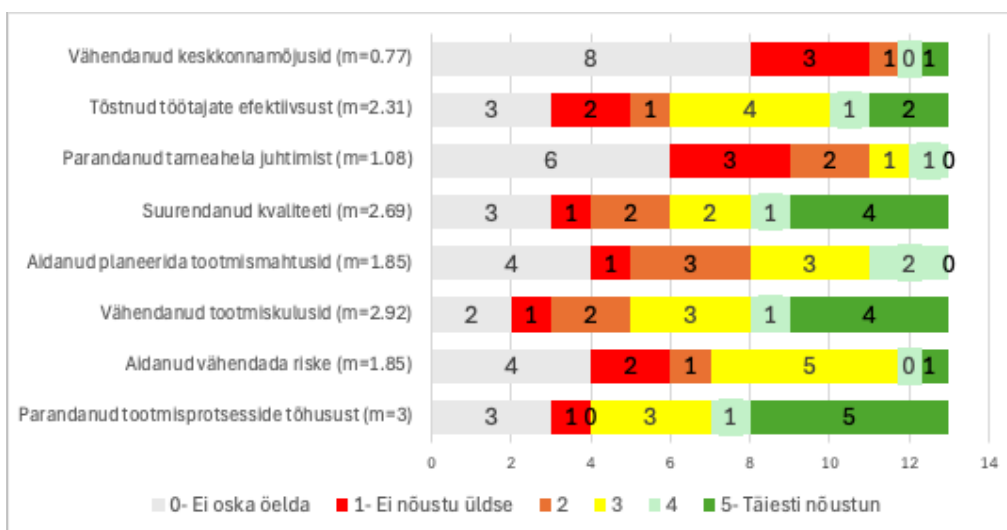
TI kasutuse planeerimine lähiaastatel näitab puidutööstusettevõtete tehnoloogilist ja organisatsioonilist valmisolekut. Joonis 10 pakub visuaalset ülevaadet, milliste lahenduste suunas vaadatakse, ent põhjalikum tõlgendus – koos kirjeldava statistika (Lisa 3) ja intervjuudega – toob esile teatud mustrid: valmisolek sõltub eelkõige andmete olemasolust, teadlikkusest ning juhtkonna strateegilisest vaatest. Kuna küsitluses osales ainult 22 ettevõtet, suhtub autor saadud tulemustesse kui indikatsiooni kvalitatiivse uuringu jaoks.

Ettevõtete suuruse rolli hindamiseks jagati vastused kahte gruppi – väiksemad ja suuremad ettevõtted. Lisa 3 statistika aitas tuua esile valdkonnad, kus ootused olid erinevad. Üldpildis ilmnes, et suuremad ettevõtted on tehnoloogilisteks investeeringuteks paremini valmis. Eriti selge oli erinevus protsesside automatiseerimise, prognoosimise ja optimeerimise puhul – suuremates ettevõtetes olid need prioriteedid, väiksemates pigem tagaplaanil. Intervjuud toetasid seda vaadet: „Meil ei ole täna andmeid, mida analüüsida – see on meie kõige suurem takistus,“ märkis Ettevõtte 3 esindaja.

Masinõppe, tekstitöötluste ja masinnägemise puhul andsid mitmed vastajad hinnangu vahemikus 3–5, viidates, et teatud tööriistad on juba kasutusel või vähemalt tuttavad.

Lihtsamini rakendatavad lahendused, nagu tekstitöötlus, on kiiremini kanda kinnitanud – nagu üks juht märkis: „TI abiga tekstide koostamine on saanud igapäevaseks tööriistaks, mida enam kõrvale jätta ei oska.“ Samal ajal jäid mitmed vastused virtuaalsete assistentide, loomuliku keele töötamise ja otsustusalgoritmide kohta andmata või hinnati neid nulliga, mis viitab kas teadmatusel või kaugena tunduvatele rakendusvõimalustele. Üks TI-lahenduste pakkuja kommenteeris: „Ettevõtted, kes on oma andmetöö juba korda saanud, liiguvad väga kiiresti TI katsetusteni – teistel jääb asi toppama juba alguses.“ Vastuste põhjal võib järeldada, et TI-rakenduste tulevikuperspektiiv sõltub suuresti ettevõtte suurusest, sisemisest valmisolekust ja digiteadlikkusest. Suuremad ettevõtted on hakanud TI-d mõtestama osana strateegilisest arengust, väiksemad on seevastu ettevaatlikumad või vajavad rohkem teadlikkuse tõstmist. Küsimustiku tulemused näitavad, et esmajoonel nähaakse väärtust otsuseid toetavates ja protsesse automatiseerivates lahendustes – need on kohad, kus kasutegur on kõige kergemini tajutav.

Järgmisena analüüsitakse, kuidas on TI kasutamine mõjutanud tootmist ja sellega seotud protsesse puidutööstusettevõtetes. Kirjeldav statistika, sh keskmised, moodid ja standardhälbed, on esitatud Lisas 4. Tulemuste üldist jaotust aitab illustreerida joonis 11.



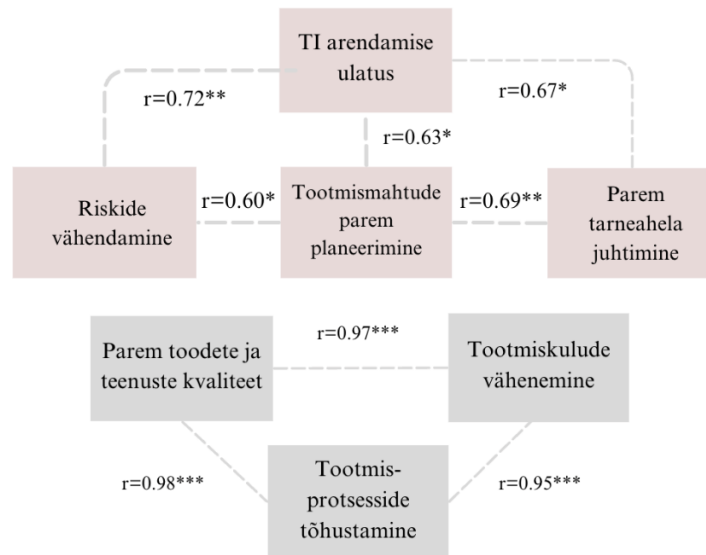
Joonis 11. Vastajate hinnangud TI rollile tootmisprotsesside toetamisel (valim 13)

Kõige kõrgemad hinnangud said väited „TI on parandanud tootmisprotsesside tõhusust“ ja „TI on aidanud suurendada toodete või teenuste kvaliteeti“. Nende kahe väite puhul

valis mitu vastajat täieliku nõustumise. Näiteks Ettevõtte 1 tippjuht sõnas, et visuaalse kvaliteedikontrolli süsteem on aidanud paremini tuvastada defekte juba enne tootmisprotsessi lõppu: „See on meil toonud alla nii materjalikulu kui praagi hulga.“ Näiteks Leanest OÜ kirjeldas, kuidas nende loodud lahendus tuvastab automaatselt oksakohad ja muud defektid, mis võimaldab tootmisliinil töötada kiiremini ja ühtlasemalt. Üks ettevõtte märkis, et masinnägemise kasutuselevõtt „tõi stabiilsuse sinna, kus enne pidi inimene ise hindama“. Sarnane muster ilmnis väites „Vähendanud tootmiskulusid“, mida hinnati samuti kõrgelt. Samas olid vastajate arvamused selles valdkonnas ebaühtlased, mis viitab, et osa ettevõttest ei ole veel vastavate lahendusteni jõudnud või ei ole kogenud selget kasu. Ettevõtte 2 tippjuht tõi välja, et neil on kasutusel lahendus, mis aitab toormaterjali ja tööaja arvestuse põhjal tootmiskulusid jälgida reaalselt.

Mõnes valdkonnas olid hinnangud märgatavalt madalamad. Näiteks väited „TI on aidanud hallata tootmise keskkonnamõjusid“ ja „TI on aidanud parandada tarneahela juhtimist“ viitavad, et neid teemasid seostatakse TI kasutamisega harva. Ettevõtte 3 esindaja tõi välja: „Tarneahelas sõltume rohkem tarnijatest kui enda süsteemidest – seal TI väga aidata ei saa. Materjali suudame ise ära laadida.“ Ebakindlust nähti ka tootmismahdade planeerimises. Kuigi üldine hinnang jäi madalale, oli mõnel juhul märgata kõrgemaid ootusi. Ettevõtte 2 märkis, et neil on arenduses süsteem, mis võimaldaks tootmisvõimsuste juhtimist reaalselt: „Meil on idee, et tootmine liigub vajaduse järgi – TI võiks anda märku, millal tootmisliin tuleks käivitada või peatada.“ Ka TI rakendajad kinnitasid, et tootmise juhtimises on potentsiaali, kuid tulemused sõltuvad suuresti andmetest. Leanest OÜ märkis, et nende kogemusel jäävad mõned lahendused katki, kui „alguses pole piisavalt andmeid või süsteem ei toeta mudeli treenimist“. Samas mainiti, et korraliku ettevalmistusega suudab TI parandada efektiivsust kuni 15%. Tulemused näitavad, et TI kasutamine tootmises on kõige levinum seal, kus selle mõju on kergemini tajutav – näiteks kvaliteedi, tõhususe ja kulude vähendamise puhul. Rohkem strateegilisi ja keerukamaid valdkondi, nagu keskkonnamõjud või tarneahela juhtimine, seostatakse TI-ga praegu veel vähe. Samas ilmnis, et mitmed ettevõtted töötavad lahenduste arendamisega juba praegu ja näevad potentsiaali eelkõige prognoosimise ning ressursikasutuse juhtimise osas.

Töö autor selgitas välja korrelatiivsed seosed TI kasutamise ja tootmise tulemuslikkuse vahel. Tulemused näitavad mitmeid olulisi seoseid, mida on illustreeritud joonisel 12 ning detailselt esitatud lisas 10.



Joonis 12. TI rakendamise ulatuse seosed tootmise eripärade ja tulemuslikkusega

Spearmani astakorrelatsioonid; * $p < 0.05$ – statistiliselt oluline seos; ** $p < 0.01$ – olulisem seos; *** $p < 0.001$ – väga tugev ja usaldusväärne seos

Silmatorkav muster ilmus just kvaliteedi, kulude ja protsesside tõhustamise vahel. TI rakendamise kogemus seostus väga tugevalt tootmisprotsesside tõhustamisega, parema toodete ja teenuste kvaliteediga ning tootmiskulude vähenemisega. Need kolm aspekti moodustasid selge süsteemse kolmnurga (vt joonis 12), mis viitab sellele, et TI-l on suur potentsiaal üheaegselt parandada tootmise kvaliteeti ning muuta tootmine kuluefektiivsemaks. See muster toetab ka loogilist eeldust: kui protsessid on sujuvamad ja automatiseeritud, väheneb materjalikulu, vigu tekib vähem ning toodete kvaliteet paraneb. Samal ajal langevad ka tootmiskulud, sest ressursse kasutatakse efektiivsemalt. Need väga tugevad seosed kinnitavad, et TI rakendamine mõjutab mitut kriitilist tegurit samaaegselt – ja mitte juhuslikult, vaid süsteemse seosena. Siinkohal saab veelkord rõhutada Ettevõtte 1 esindaja intervjuus väljatoodut, et tehisintellekti rakendamine on neil aidanud vähendada nii materjalikulu kui praagi hulga.

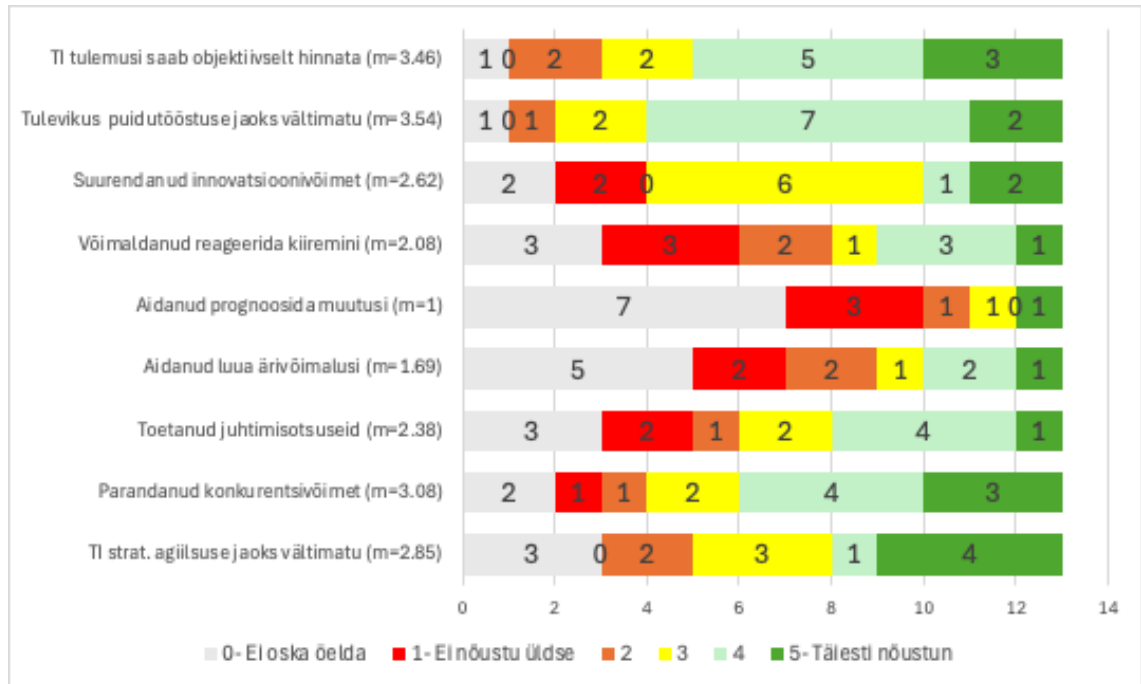
Teine muster ilmnas seoses tootmismahdade täpsema planeerimisega ja kvaliteedi paranemise, kulude vähenemise ning riskide parema juhtimisega. See näitab, et kui TI abil suudetakse paremini prognoosida tootmisvajadusi, aitab see kaasa ka üldisele tõhususele ja riskide maandamisele. Lisaks oli tugev seos ka TI arendamise ulatuslikkuse ning planeerimis- ja juhtimisvõimekuse vahel – mida süsteemsemalt lahendusi rakendatakse, seda rohkem neid seostatakse parema tarneahela juhtimise, planeerimisprotsesside ja riskide vähendamise. Töö autori kogemuse põhjal termopuidu tootmise ettevõtte juhina on tootmismahdade planeerimine sageli ajakriitiline ning sõltub paljudest välistest teguritest nagu toorainepartiide saadavus ja tarnete graafikud. Praegused planeerimislahendused on suures osas käsitsi koostatud või põhinevad Exceli mudelitel, mistõttu tekib vajadus pidevalt andmeid uuendada ja muutuvates tingimustes ümber planeerida. Sellises kontekstis võiks TI rakendamine aidata prognooside täpsust oluliselt parandada, minimeerides seisakuid ja vältides ületootmist.

Mõned muutujad ei olnud ootuspäraselt teistega seotud. Näiteks ei ilmnenu tugevat korrelatsiooni töötajate töö efektiivsuse ja ühegi teise tootmisega seotud näitaja vahel. Samuti ei olnud keskkonnamõjude vähenemine seotud kulude kokkuhoiu ega protsesside optimeerimisega (r väärtused jäid vahemikku -0.03 kuni 0.48 , mitteolulised). See võib viidata sellele, et neid valdkondi ei mõõdetata ettevõtetes süsteemselt või ei ole TI rakendustel seal seni veel reaalselt toimivat rolli olnud.

Kuna mitmete tugevate seoste puhul võib esineda autokorrelatsiooni – ehk siis sama nähtust on hinnatud mitme sarnase küsimuse kaudu – tuleb nende tulemuste tõlgendamisel olla ettevaatlik. Samas kordusid seosed selgelt samade teemade ümber, mis viitab sellele, et kui TI rakendamine on süsteemsem ja läbimõeldum, siis seostatakse seda tugevamalt parema juhtimise, toodete kvaliteedi ja ressursikasutuse tõhususega.

Tulenevalt töö fookusest pöörati erilist tähelepanu küsitluses ja analüüsis just TI rollile ettevõtte strateegilise agiilsuse toetamisel ja suurendamisel. Strateegilise agiilsuse all mõistetakse ettevõtte võimet kiiresti reageerida turumuutustele, teha teadlikke juhtimisotsuseid ning arendada uuenduslikke ärisuundi.

Küsitluses paluti 13 tehisintellekti kasutaval puidutööstuse ettevõttel hinnata, kuivõrd on erinevad agiilsust toetavad tegevused saanud tuge TI kasutuselevõttust. Hinnangute jaotus on visuaalselt esitatud joonisel 13, detailsemad näitajad nagu keskmised, moodid ja standardhälbed on toodud Lisas 5.



Joonis 13. Tehisintellekti roll strateegilises juhtimises ja agiilsuses (valim 13)

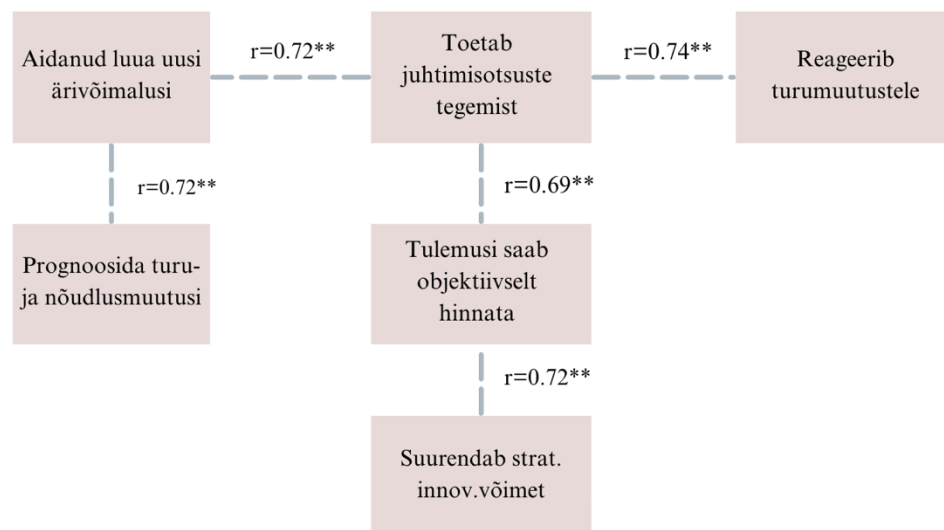
Kõige tugevama toetuse said väited „TI on puidutööstuse jaoks tulevikus vältimatu” ja „TI tulemusi on ettevõttes võimalik objektiivselt hinnata”. Mõlemas kategoorias koondusid vastused pigem kõrgematele skaalaastmetele ja üldine hoiak oli pigem positiivne. See näitab, et TI-d ei käsitleta enam üksnes tehnilise uuendusena, vaid nähakse laiemat strateegilist potentsiaali. Ettevõtte 4 märkis: „Me ei saa ilmselt ilma nendeta enam edasi minna – asi ei ole selles, kas kasutada, vaid millal ja mil viisil.”

Sarnaselt anti arvestatavaid hinnanguid väidetele „Parandanud ettevõtte konkurentsivõimet” ($m=3,08$) ja „TI rakendamine on strateegilise agiilsuse suurendamisel võtmetähtsusega” ($mood=5$), mis viitab, et paljud vastajaid tajuvad TI selgelt ka kui juhtimisvahendit. Siiski oli mitmel juhul hajuvus suur ($SD=1,95$), mis näitab, et ettevõtete arusaam TI strateegilisest kasutusest ei ole ühtlane. Ettevõtte 2 sõnas, et nende tulevikuplaanidesse kuulub süsteem, mis aitab tootmisvõimsusi reaajas juhtida

ning TI abil muudatustega kohaneda: „Tulevikus näeme võimalust, kus tootmine liigub vajaduspõhiselt – süsteem võiks jälgida tellimuste seisu, töökoormust ja materjalivoogu ning anda märku, kui liin tuleks peatada või taaskäivitada.“ Selline kirjeldus viitab LeAgile-lähenemisele, kus kombineeritakse Lean-meetodite efektiivsus Agile-lähenemise paindlikkusega. Just TI rakendamine – näiteks reaajas andmepõhine jälgimine ja otsustustugi – võimaldab sellist süsteemi ellu viia ning tugevdada tootmise võimekust muutuvates tingimustes.

Samas jäi mitme strateegilise agiilsuse aspekti keskmine tagasihoidlikuks. Näiteks väide „TI on aidanud prognoosida turu- ja nõudlusmuutusi” sai keskmiseks vaid 1,00 ning „TI on aidanud luua uusi ärivõimalusi” 1,69. Need tulemused viitavad, et prognoosiv ja arendav TI kasutus on praegu veel marginaalne. Ettevõtte 1 märkis, et „TI võiks aidata prognoosida, mis mõõduga puitu rohkem tellitakse, aga praegu seda infot veel ei suudeta töödelda.“

Töö autor koostas ka korrelatsioonianalüüsi TI kasutamise ja strateegilise agiilsuse väidete vahel, et leida üles nendevahelised märkimisväärsed seosed (vt joonis 14)



Joonis 14. Tehisintellekti kasutamise seosed strateegilise agiilsuse komponentidega

Spearmani astakorrelatsioonid; * $p < 0.05$ – statistiliselt oluline seos; ** $p < 0.01$ – olulisem seos; *** $p < 0.001$ – väga tugev ja usaldusväärne seos

Joonis 14 illustreerib valitud tugevamaid seoseid strateegilise juhtimise ja TI kasutamise vahel. Analüüsi põhjal võib järeldada, et mitmed strateegilise agiilsuse komponendid on

omavahel tihedalt seotud ning toetavad väidet, et TI rakendamine ei ole ainult tehniline tegevus, vaid laiem juhtimisotsuseid ja innovatsioonivõimet toetav protsess. Täpsemad korrelatsioonikordajad on esitatud lisas 10.

Tugevaimad seosed valimi hulgas ilmneseid väidete „TI on toetanud juhtimisotsuste tegemist äriliste väärtuste saavutamiseks“ ja „TI on võimaldanud kiiremini reageerida turumuutustele“ vahel (vt joonis 14). Samasugused mustrid olid näha ka juhtimistasandil laiemalt – TI kasutamine seostus otseselt ettevõtte paindlikkuse ja reageerimisvõimega. Tugevad seosed ilmneseid samuti TI panuse ja uute ärivõimaluste loomise ning võimekuse vahel prognoosida turu- ja nõudlusmuutusi. Siit võib järeldada, et ettevõtted, kes on TI-d rakendanud strateegilisemates funktsioonides, tajuvad selle mõju ka ärilise arenduse ja turu prognoosimise osas.

Huvitav on seos ka väidete „TI tulemusi on võimalik objektiivselt hinnata“ ja „TI on aidanud luua uusi ärivõimalusi“ vahel, mis viitab, et seal, kus TI mõju on ettevõttes selgelt nähtav ja mõõdetav, tekib ka rohkem ruumi innovatsiooniks (joonis 14). Samuti ilmnes seos objektiivse hindamise ja organisatsiooni strateegilise innovatsioonivõime vahel, mis tugevdab arusaama, et TI roll strateegilistes funktsioonides on tihedalt seotud läbipaistvuse ja arusaadavusega – ehk kui mõju on näha, usaldatakse TI-d rohkem ka uuenduste ja innovatsiooni planeerimisel.

See haakub hästi analüüsis ilmnenu mustriga, kus TI seostus tugevamini planeerimis- ja juhtimisvõimekuse, riskide juhtimise ning agiilse reageerimisvõimega (vt joonis 14). Töö autor ei ole TI-d veel tootmise tasandil rakendanud, kuid varasemad kogemused strateegilisel tasandil kinnitavad selle potentsiaali toetada laiemat ärilist agiilsust.

Vahekokkuvõttes kinnitab analüüs, et TI mõju strateegilisele juhtimisele ei seisne ainult paremates otsustes, vaid ka paremas prognoosimises, paindlikkuses ja suutlikkuses tuua esile uusi võimalusi. Kuigi seosed ei näita põhjuslikkust, viitavad need siiski suundumusele, et TI strateegiline roll on kasvamas ning ettevõtted, kes selle potentsiaali näevad ja suudavad selle mõju mõõta, on samas ka need, kes loovad rohkem uut väärtust.

TI rakendajate vaates kinnitati, et kuigi tänased kasutusjuhud keskenduvad tootmisele ja kontoriprotsessidele, näevad nad TI rolli tulevikus tugevalt just strateegilises

otsustamises. DreamGrow Digital tõi välja, et suurim kasutamata potentsiaal on ideede genereerimise ja valikute suunamise tasandil: „TI ei ole faktimasin, ta aitab mõelda ja analüüsida. See on uus mõtteviis.“

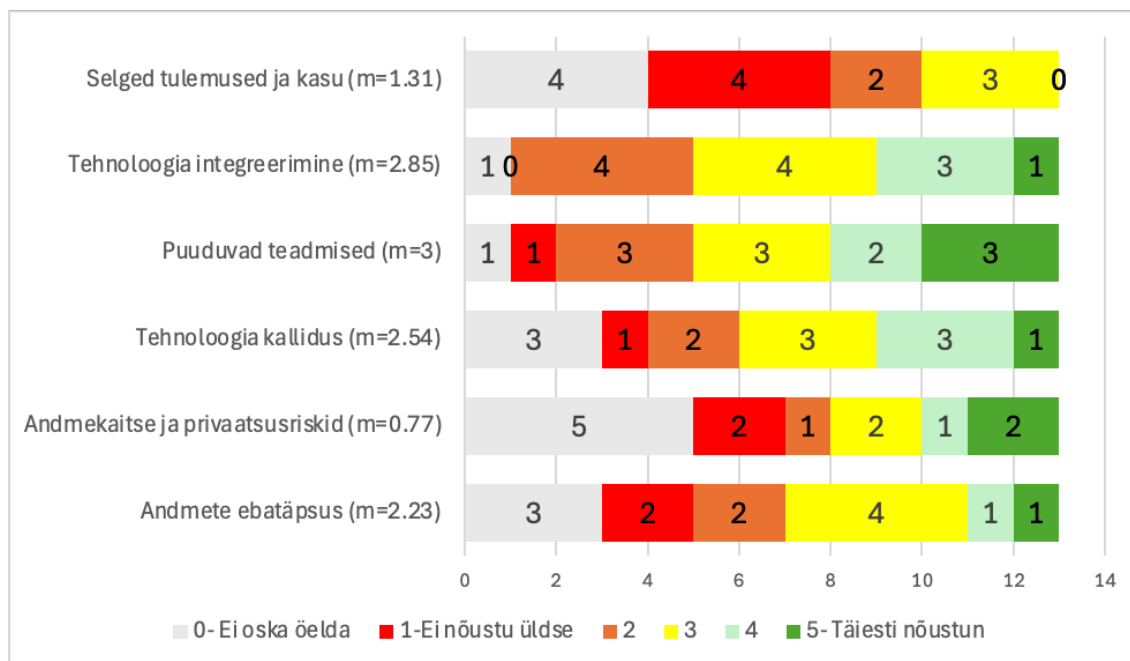
Tulemused viitavad, et TI strateegilise kasutamise teema on puidutööstuses küll üha enam teadvustatud, kuid rakendused on alles algusjärgus. Juhtimistasandil on olemas huvi ja valmisolek, kuid süsteemsed lahendused, mis aitaksid prognoosida muutusi, luua uusi ärimudeleid või kohaneda kiiresti turudünaamikaga, vajavad veel arenguruumi. Hoolimata sellest kinnitavad küsitluse ja intervjuude tulemused, et TI-l on kõik eeldused kujuneda tulevikus just strateegilise agiilsuse oluliseks tugisambaks.

Lisaks näitavad tulemused, et TI roll strateegilises juhtimises ei piirdu vaid andmetöötluse või prognoosimisega. Ettevõtted tajuvad TI-d üha rohkem kui vahendit, mis:

- aitab langetada kiireid ja andmepõhiseid juhtimisotsuseid,
- toetab konkurentsipositsiooni hoidmist ja tugevdamist,
- võimaldab suurendada organisatsiooni paindlikkust,
- ja loob eeldused innovatsiooni juhtimiseks ning uute ärisuundade avastamiseks.

Kuigi osade lahenduste mõju on praegu veel tagasihoidlik või pigem potentsiaalne (nt uute äri võimaluste loomine või nõudluse prognoosimine), joonistub siiski välja, et TI rakendamine ei ole ainult tehniline otsus, vaid muutub osaks juhtimisotsuste langetamisest ja strateegilisest arengust. TI-d ei nähta enam lihtsalt tööriistana, vaid partnerina, mis aitab ettevõttel suunata oma valikuid ja reageerida muutustele rohkem läbimõelduna ja kiiremini.

Tehisintellekti kasutuselevõtt ei ole puidutööstusettevõtetes lihtne – tihti on see seotud mitmete takistuste ja ebakindlusega. Küsitluse kaudu paluti ettevõtetel hinnata, millised on olnud seni suurimad väljakutsed TI kasutuselevõtul. Tulemusi illustreerib allolev joonis (vt joonis 15), detailsemad arvulised näitajad on esitatud Lisa 5-s.



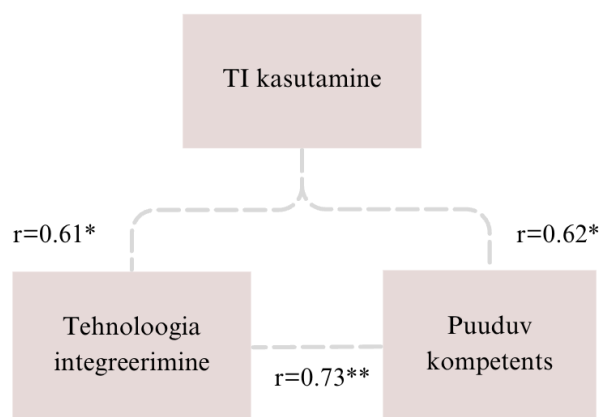
Joonis 15. TI rakendamisega seotud väljakutsed puidutööstusettevõtetes (valim 13)

Kõige selgemalt tajutud takistus oli vajalike teadmiste ja oskuste puudumine organisatsioonis – enamik vastajaid hindas seda vähemalt keskmise raskusena. Ettevõtte 3 juht tõi intervjuus välja, et nad ei tunne end veel piisavalt kindlalt, et midagi ise luua või juhtida: „Meie majas ei ole hetkel ühtegi inimest, kes oskaks sellist asja vedada – meil puudub see kompetents.“ Samas suundutakse pigem väliste partnerite kaasamise poole. Statistikaameti (2024) andmed (vt Lisa 13) kinnitavad samuti, et TI kasutuselevõtt on sageli seotud oskuste ja teadlikkuse puudusega. Teiseks suurimaks väljakutseks peeti tehnoloogia integreerimist olemasolevatesse protsessidesse. Ettevõtete hinnangud olid selles osas erinevad – mõne jaoks oli tegemist tõsise kitsaskohaga, samas kui teised tajusid seda vähem olulisena. Leanest OÜ tõi välja, et paljude projektide puhul on keeruline lisada uusi lahendusi tootmisliinidesse ilma kogu töökorraldust ümber mõtlemata.

Ka tehnoloogia kallidus ja piiratud ressursid tõusid esile oluliste takistustena. Mõned vastajad tajusid kulusid lausa äärmusliku takistusena. Ettevõtte 1 juht kommenteeris, et hinnapakkumised, mis nad kunagi said, „olid lihtsalt liiga krõbedad, et mõistlikkuse piires katsetada.“ Samal ajal rõhutas TI arendaja DreamGrow Digital, et esmased kulud võivad olla tõesti kõrged, kuid: „Kui see tööle hakkab, siis annab see nii palju tagasi – eriti

korduvate protsesside puhul.“ Harva mainiti andmekaitse ja privaatsusriskidega seotud takistusi. See võib viidata sellele, et TI rakendusi kasutatakse hetkel peamiselt sisemistes ja kontrollitud protsessides, kus tundlikke andmeid ei töödelda, või et ettevõtetes on riskiteadlikkus veel madal. TI arendajate kogemuse põhjal kerkivad andmekaitseküsimused oluliselt rohkem esile just suuremates ja andmemahukamates projektides, kus andmete haldamine muutub keerukamaks. Ettevõtte 3 esindaja märkis, et nad ei sisesta kõiki andmeid ChatGPT-sse, sest „asi on natukene liiga uus ja teeb ettevaatlikuks.“ Madalalt hinnati ka väidet, et TI kasutuse juures puuduvad selged tulemused või mõõdetav kasu. Ebakindlust näitasid ka vastused, kus mitmed osalejad valisid variandi „Ei oska öelda“. Ettevõtte 4 esindaja märkis, et nad ei ole veel suutnud hinnata, kas senised katsetused on end „rahaliselt või ajaliselt ära tasunud.“

Vahekokkuvõttes võib öelda, et TI rakendamise suurimad väljakutsed puidutööstusettevõtetes ei ole ainult tehnoloogilised, vaid seotud inimeste teadlikkuse, oskuste ja organisatsioonisisese valmisolekuga. Teadmiste puudus, integreerimiskasused ja kulude kartus tõusevad selgelt esile, samal ajal kui andmeriskide ja mõõdetava kasu teemad jäävad tahaplaanile – tõenäoliselt seetõttu, et paljud ettevõtted ei ole veel TI praktilise rakendamiseni jõudnud.



Joonis 16. TI kasutamise seosed väljakutsetega

Spearmani astakorrrelatsioonid; * $p < 0.05$ – statistiliselt oluline seos; ** $p < 0.01$ – olulisem seos; *** $p < 0.001$ – väga tugev ja usaldusväärne seos

Korrelatsioonanalüüsi tulemused viitavad, et TI kasutuselevõttu puidutööstusettevõtetes mõjutavad eelkõige kaks tegurit: tehnoloogia integreerimise keerukus ning vajaliku kompetentsi puudumine. Nagu nähtub jooniselt 16 ja korrelatsioonitabelist (vt lisa 11), on nende vahel tugevad positiivsed seosed.

Kõige tugevam seos ilmnes väidete „Tehnoloogia integreerimine olemasolevatesse protsessidesse on keeruline” ja „Vajalikud teadmised ja oskused puuduvad organisatsioonis” vahel, mis viitab sellele, et teadmiste puudus võib olla peamine põhjus, miks TI ei jõua olemasolevate tööprotsessideni. Samuti esineb oluline seos nii teadmiste puudumise kui ka tehnoloogia integreerimise raskuste ja TI kasutamise vahel. See tähendab, et ettevõtted, kus oskuste ja süsteemide integreerimise osas on ebakindlus suurem, on pigem ettevaatlikumad TI kasutamisel. Ka mitmed intervjuud kinnitasid seda. Näiteks Ettevõtte 1 juht tõdes, et kõik uus on natuke hirmutav ja see pole ainult süsteemi küsimus, vaid ka inimeste valmisolek. Sarnast mõtet väljendas ka Ettevõtte 3, kus toodi välja, et teoorias saaks palju asju automatiseerida, aga oskusi selleks lihtsalt pole.

Kuigi korrelatsioonianalüüsi käigus ei tulnud välja tugevat seost TI rakenduste kalliduse ja selle kasutamise ulatuse osas, siis töö autori kogemusele tuginedes on tehnoloogia kallidus siiani olnud oluliseks takistuseks TI rakendamisel tootmise tasandil. Kuna termopuidu tellimused on sageli erineva mahuga, varieeruva tootetsükliga ja sõltuvad tugevalt eriprojektidest, ei ole olnud lihtne hinnata, kas investeering TI-lahendustesse tasuks end realselt ära. Sama dilemma tõi välja ka Ettevõtte 4 esindaja, kelle sõnul on keeruline rakendada TI-d tootmises, kus korduvtegevusi on vähe ja protsessid muutuvad sõltuvalt kliendist või projektist.

TI kasutamine ei sõltu ainult sellest, kas ettevõtte tahab või oskab seda teha, vaid ka sellest, kuidas nende tootmine on üles ehitatud. Kui protsessid on korduvad ja andmeid tekib palju, on TI kasutamine lihtsam ja tõenäolisemalt ka kasulik. Aga kui tootmine on pigem muutlik või projektipõhine, võib TI-st saadav kasu jääda ebaselgeks ja investeeringu tasuvust on palju keerulisem põhjendada.

Lõputöö käigus analüüsitud intervjuude, ankeetide ja kirjanduse põhjal küsis töö autor ka tehisintellekti keelemudelilt ChatGPT (OpenAI, 2024), millised võiksid olla TI kasutuselevõtu soovitusel Eesti puidutööstusettevõtetele. Päring esitati 8. aprillil 2025,

tuginedes lõputöö sisule. Alljärgnevalt on toodud töö autoripoolne lühendatud ja toimetatud kokkuvõtte mudeli soovitustest:

- Keskenduda andmepõhise otsustamise kultuuri arendamisele ning alustada väiksemate ja mõõdetavate TI-põhiste katsetustega, kus edu on paremini nähtav.
- Kaasata töötajaid TI kasutuselevõtu protsessi, et vähendada vastupanu ja suurendada süsteemide usaldusväärsust organisatsioonis.
- Investeerida andmekvaliteedi tõstmisse ja digitaalse kirjaoskuse arendamisse, mis loob eeldused TI edukaks rakendamiseks.
- Luua koostöös TI-partneritega pikemaajalised arenguplaanid, vältides pelgalt projektipõhist lähenemist ja toetades järjepidevat muutuste juhtimist.

(Allikas: OpenAI ChatGPT, 2024. Päring esitatud 8. aprillil 2025. Täpne päring: „Millised võiksid olla soovitud Eesti puidutööstusettevõtetele TI kasutuselevõtuks, tuginedes sellele lõputööle? “)

Need ettepanekud kattuvad mitmes aspektis töö käigus kogutud empiiriliste andmete ja praktikute vaadetega, rõhutades, et edukas TI kasutuselevõtt nõuab süsteemset lähenemist, inimeste kaasamist ja tehnoloogilist ettevalmistust.

2.3. Tulevikusuunad, järeldused ja ettepanekud

Uuringu tulemused viitavad, et TI kasutamine ei ole Eesti puidutööstusettevõtetes veel igapäevane praktika, kuid selle potentsiaalset ollakse järjest enam teadlik. Küsitluse põhjal rakendas TI lahendusi aktiivselt vaid 13 ettevõtet 22-st, kuid kaks kolmandikku vastanutest nõustus väitega, et TI rakendamine on tulevikus vältimatu (vt Lisa 4). See näitab, et TI-d nähakse üha enam töövahendina, millel on roll lisaks tootmise optimeerimisele ka strateegiliste otsuste tegemisel ja turumuutustega kohanemisel.

TI strateegilist väärtust tajutakse eriti juhtimise paindlikkuse seisukohalt. Kvantitatiivsed andmed näitasid tugevat seost väidete vahel, mis puudutasid TI rolli äriliste eesmärkide saavutamisel ja võimet kiiresti turumuutustele reageerida ($r=0,74^{**}$). Samuti toodi esile TI mõju strateegilise innovatsioonivõime kasvule ($r=0,69^{**}$) (vt Lisa 10). Intervjuud kinnitasid seda pilti – seal, kus TI on integreeritud juhtimisprotsessidesse, tuntakse ka selle rolli laiemamalt.

Töö autor võib osaleva vaatluste tulemusena väikeettevõttes X väita, et TI aitab ka väiksemates ettevõtetes suurendada juhtimise paindlikkust. TI oli abiks ametlike dokumentide koostamisel, kriitilistele pöördumistele vastamisel, uutele turgudele sisenemise planeerimisel ning täiesti uue tootesuuna ja brändi väljatöötamisel. Lisaks on TI toetanud otsustusprotsesse uute toodete arendamisel ja äriliste ideede struktureerimisel, näiteks pitchide loomisel. Need tegevused viitavad, et TI roll ei piirdu ainult automatiseerimise või efektiivsusega, vaid aitab ettevõttel kujundada suunda, langetada teadlikke valikuid ning liikuda paindlikult turumuutustega kaasa.

Samas jäid mõned strateegilised kasutusvaldkonnad tagasihoidlikuks. Näiteks TI mõju uute äri võimaluste loomisele hinnati küsitluses madalaks ning ka intervjuudes toodi välja, et sellele pole veel teadlikult lähenetud. Ettevõtte 3 esindaja tunnistas, et neil ei ole olnud isegi mõtet küsida TI-lt, mida uut võiks toota – mis viitab sellele, et TI-d nähakse eelkõige olemasolevate protsesside täiustajana, mitte innovatsiooni käivitajana.

Ka tootmise tõhustamise poolel tulid välja mõned mustrid. TI kasutust tajuti selgelt nendes valdkondades, kus protsessid on korduvad ja hästi mõõdetavad – näiteks kvaliteedikontroll ja prognoosimine. Ettevõtte 1 juht kirjeldas, kuidas visuaalne kvaliteedikontroll aitab praaki varakult tuvastada, mis omakorda vähendab materjalikulu ja suurendab täpsust. Samas jäi näiteks TI mõju keskkonnamõjude vähendamisele või tarneahela juhtimisele madalaks, viidates, et nendes valdkondades kas puudub teadlikkus või süsteemid nende teemade mõõtmiseks. Küsitluses ilmnes ka, et paljud ettevõtted ei osanud mitmele küsimusele vastata – mitmete väidete puhul oli “ei oska öelda” vastuseid märkimisväärselt palju. See viitab sellele, et TI võimalusi ei teadvustata kõikides valdkondades piisavalt ning mitmes ettevõttes ollakse veel algfaasis, kus teadmised ja kogemus puuduvad.

Intervjuud võimaldasid välja selgitada ka TI kasutuselevõttu takistavad tegurid. Kõige sagedamini mainiti teadmiste ja oskuste puudust, tehnoloogia kallidust ning raskusi TI integreerimisel olemasolevatesse süsteemidesse. Nt ettevõtte 4 esindaja märkis, et neil puudub organisatsioonis inimene, kes oskaks sellise lahenduse rakendamist juhtida. Ka Leanest OÜ kogemused kinnitasid, et ilma tugevate sisemiste eeldusteta jäävad projektid sageli toppama juba algfaasis.

Samas rõhutasid nii ettevõtted kui lahendusepakkujad, et seal, kus andmed on korras ja juhtkond motiveeritud, on areng kiirem. Intervjuudest ilmnes, et juhtkonna roll on TI rakendamisel otsustava tähtsusega. Kui strateegiline juhtkond ei ole protsessi kaasatud, jäävad paljud algatused kinni tehnilisele tasandile või ei jõua üldse elluviimiseni. DreamGrow juht tõi välja: „Kui raamatupidaja hakkab asju otsustama, siis on asjad juba valesti – juhtkond peab olema ise asja juures 100%, siis toimuvad ka muutused.” Sama ilmnes ka Ettevõtte 3 puhul: kuigi tootmisjuht oli oma kolleegile varasemalt TI võimalustest rääkinud, jäi idee seisma, kuna kolleeg ei pidanud seda realistlikuks. Alles siis, kui ühe TI-pakkuja kontakt jõudis ettevõteteni otse läbi omaniku, hakati lahenduse rakendamist tõsiselt kaaluma. See näitab, et strateegiline valmisolek ja juhtkonna osalus on sageli eeldus, et muudatused saaksid üldse alata. Hästi rakendatud TI-lahendused võivad tõsta tootmismahu kuni 15% (Ettevõtte 1 kogemus) ning toetada paremat töökorraldust nii tootmises kui kontoris.

Lähtuvalt uurimisküsimustest teeb töö autor ülevaate tekkinud järeldustest. TI-lahenduste rakendamise osas selgus, et enim kasutatakse Eesti puidutööstusettevõtetes TI tootmise tõhustamiseks kvaliteedikontrollis, defektide tuvastamisel ning andmete kogumisel ja haldamisel. Praktikas on enim kasutatud masinnägemise ja visuaalse kontrolli lahendusi. Töö tulemusena joonistus ka välja, et TI potentsiaal Eesti puidutööstusettevõtetes on olemas, eriti kvaliteedikontrolli, tootmisvoogude juhtimise ja prognoosimise valdkondades. Siiski on selle kasutuselevõtt praegu veel pigem selektiivne ja sõltub paljuski ettevõtte sisemisest valmisolekust. TI rakendamine nõuab teadlikku juhtimist, andmepõhist lähenemist ja koostööd spetsialistidega – eriti väiksemates ettevõtetes, kus oma teadmised ja ressursid on piiratud. Kui seni on TI fookus olnud tootmise efektiivsuse ja kvaliteedi tõstmisel, siis järjest enam teadvustatakse ka selle rolli strateegilises juhtimises. Tulevikku vaadates on märgata kasvavat huvi keerukamate rakenduste, nagu tarneahela juhtimine või tootmiplaneerimise vastu – isegi kui nende praktiline kasutamine on veel tagasihoidlik.

Uurimisküsimuses, milline on TI rakendamise roll tootmise tõhususe ja strateegilises agiilsuses, järeldas töö autor, et TI rakendused toetavad strateegilist agiilsust eelkõige siis, kui need võimaldavad ettevõttel kiiremini andmeid töödelda, otsuseid teha ja protsesse kohandada. Samas ilmnes, et enamik valimis olnud ettevõtteid ei olnud veel

jõudnud strateegilise agiilsuseni TI tähenduses – pigem nähakse TI-d praegu kui tööriista igapäevase efektiivsuse tõstmiseks, mitte pikaajalisteks strateegilisteks muudatusteks. Ankeetküsitluse tulemusena saab siiski väita, et ettevõtted nägid TI potentsiaali juhtimisotsuste toetamisel. Agiilsuse potentsiaal realiseerub tihti alles siis, kui ettevõttel on piisav andmepõhine alus ja valmisolek protsesse kiiresti ümber kujundada.

Tootmise tõhustamise seisukohalt võib analüüsi põhjal järeldada, et suurimat kasu on ettevõtted seni saanud kvaliteedikontrolli, dokumentide halduse ja andmepõhise planeerimise valdkondades, kus protsessid on korduvad ja andmestik juba olemas. Just nendes valdkondades on TI-rakenduste kasutegur olnud kõige selgemini tajutav. Seega viitavad tulemused sellele, et TI roll tootmise tõhustamisel on praegu kõige tugevam operatiivtasandil, samas kui strateegiline potentsiaal realiseerub alles koos organisatsiooni üldise digitaalse valmisolekuga kiireteks muutusteks.

Uurimisküsimusele, mis käsitles TI rakendamisega seotud kitsaskohti, järeldas töö autor, et suurimad takistused ei tulene tehnoloogilisest valmisolekust, vaid pigem inimfaktorist – puuduvatest teadmistest, oskustest ja organisatsioonilisest toetusest. Küsimustiku vastuste põhjal peeti enim piiravaks just TI-alase kompetentsi vähesust ettevõtte sees. Samuti viitasid vastajad raskustele olemasolevate süsteemide kohandamisel ning andmestiku puudumisele, mis piirab TI rakendatavust. Kuigi andmekaitse ja privaatsusega seotud riskid hinnati madalaks, viitab see pigem asjaolule, et paljud ettevõtted ei ole veel TI rakendamisega süvitsi läinud. Töö tulemustest ilmnes, et kuigi Eesti puidutööstusettevõtted näevad TI kasutuse potentsiaali, on selle rakendamine olnud seni pigem ettevaatlik ja katsetav. See haakub Hansen ja Barali (2024, lk 2157) kirjeldatud TI küpsusmudeliga, mille kohaselt eeldab edukas rakendamine nii tehnoloogilist valmisolekut kui ka strateegilist ja kultuurilist toetamist. Samuti toetavad tulemused Christofi jt (2023, lk 90) käsitlust, mille järgi TI aitab strateegilist agiilsust suurendada juhul, kui seda kasutatakse teadlikult juhtimistasandil. Kokkuvõtlikult võib öelda, et TI potentsiaal jääb sageli realiseerimata mitte seetõttu, et tehnoloogiat poleks, vaid seetõttu, et organisatsioonis puudub võimekus seda teadlikult ja süsteemselt rakendada.

Tuginedes nendele teoreetilistele lähenemistele ning töö empiirilisele analüüsile, esitab töö autor järgmised soovitusettepanekud Eesti puidutööstusettevõtetele.

- Kaardistada olemasolevad äriprotsessid, sh tootmis- ja juhtimisprotsessid, et tuvastada töövood, kus TI rakendamine oleks tehniliselt ja majanduslikult realistlik. Tagab ressursside parema jaotuse.
- Alustada TI rakendamist lihtsamatest ja korduvatest tegevustest (nt kvaliteedikontroll või dokumendihaldus), kus võimalik kasu on kiiremini nähtav ning andmed paremini kättesaadavad.
- Tõsta juhtkonna teadlikkust TI strateegilisest potentsiaalist ning kaasata neid teadlikult panustama, et tagada selle kasutamine mitte ainult spetsialistide tasandil.
- Luua sisemine kompetents ning määrata vastutav töötaja, kes omab ülevaadet TI lahenduste kasutamisest ja nende arenguvõimalustest ettevõttes.
- Luua TI jaoks integreeritud andmebaas ning määrata sellele haldur, sest ilma andmeteta on TI rakendamise kasutegur olematu.

Uuringu lõppjärgus küsiti sisulist tagasisidet ka uurimistöö huvirühmadelt. Tagaside andsid nii üks TI -lahenduste pakkuja kui üks puidutööstusettevõtte juht. Mõlemad kinnitasid, et töö järeldused vastasid nende kogemusele ning peegeldasid valdkonna tegelikke arengukohti. TI-pakkuja tõi eraldi esile dokumentide halduse valdkonna, kus TI tugevuseks on just paindlikkus kohanduda muutuvate sisenditega. Samuti rõhutati, et TI rakendamist võib takistada ettevõtte üldine IT-baastase. Antud tagasiside aitas töö autoril täpsustada mõningaid sõnastusi ja peegeldada valdkonna praktilist reaalsust

Kuigi töö valim on piiratud ning ei võimalda teha järeldusi kogu Eesti puidutööstuse sektori kohta, pakub see suundi ja mõttekohti neile ettevõtetele, kes soovivad suurendada oma tootmise tõhusust ja strateegilist agiilsust. Tegemist on eksperimentaalse tööga, mis põhineb nende ettevõtete kogemusel, kellel oli soov ja võimalus uuringus osaleda. Kuna TI kasutamine puidutööstuses on Eestis alles algusjärgus, näitab ka ankeetküsitluse tulemus piiratud rakendust – vaid 13 ettevõtet 22-st (ehk veidi üle poole) märkisid, et nad juba kasutavad TI-d. Sellest hoolimata võimaldas kogutud kvalitatiivne materjal teha järeldusi ja esitada ettepanekuid, mis on toetuvad otseselt osalevate ettevõtete kogemusele. Tulevikus määrab TI kasuteguri eelkõige see, kui teadlikult ja strateegiliselt seda rakendatakse – mitte ainult andmetöötluseks, vaid ka otsuste tegemiseks ja juhtimise toetamiseks.

KOKKUVÕTE

Magistritöös käsitletakse tehisintellekti (TI) kasutamist ja selle ulatuslikuma kasutamise võimalusi tööstusettevõtetes, sh puidutööstusettevõtetes tootmise tõhustamise ja strateegilise agiilsuse suurendamise eesmärgil. TI on sel kümnendil läbi teinud kiire arengu ning muutunud tööstusettevõtete jaoks järjest kättesaadavamaks ja praktilisemaks töövahendiks. Kui varem keskenduti pigem protsesside automatiseerimisele, siis nüüd nähakse TI üha enam ka strateegilise juhtimise ja paindlikkuse toetajana.

TI rakendamine tööstuses on seotud mitme paralleelse eesmärgiga – tootlikkuse kasvatamine, kvaliteedi parandamine, kulude vähendamine ning otsustusprotsesside andmepõhisemaks muutmine. Strateegilise agiilsuse käsitluste järgi ei piisa organisatsioonil pelgalt kiirest reageerimisvõimest – oluline on ka oskus kohanduda, suunda muuta ja tegutseda teadlikult ka ebakindlates olukordades. TI saab seda protsessi toetada, võimaldades prognoosimist, reaajas seiret ning mitmesuguste stsenaariumide läbimängimist, mis tugevdavad organisatsiooni võimet kohaneda muutuvate oludega.

Empiirilise uuringu läbi viimiseks Eesti puidutööstusettevõtetes töötas autor välja uuringu metoodika, mis tugines Eesti puidutööstusettevõtetes läbi viidud ankeetküsimustikule (valim 22), intervjuudele nelja Eesti puidutööstusettevõtte esindajatega ja kolme TI-teenusepakkujaga ning autori osalevale vaatlusele ühes puidutööstusettevõttes. Töö käigus määrati kindlaks, millist rolli etendab TI Eesti puidutööstusettevõtetes, millised on selle kasutuselevõtu eeltingimused, tulemused ja arenguvõimalused. Praktilise fookusega käsitlus aitas mõista, mis päriselt toimib ja millised on takistused. Autoripoolne lisapanus oli ka ChatGPT mudeli kasutamine, mille põhjal koostati täiendav soovitusloend, mis tugines töö sisule. See andis võimaluse peegeldada töö tulemusi tehnoloogilise arengu laiema konteksti kaudu.

TI kasutuselevõtt puidutööstusettevõtetes on ebaühtlane – mõned on jõudnud konkreetsete rakendusteni, teised alles katsetavad või pole veel alustanud. 13 küsitlusele vastanut pidasid end TI kasutajateks, kuid intervjuud näitasid, et sageli piirdub see kasutus konkreetsete ja lihtsamate tegevustega – näiteks visuaalne kvaliteedikontroll või dokumendihaldus. Just nendes valdkondades oli kasu kergemini mõõdetav ja tulemused kiiresti nähtavad, näiteks materjalikulu vähenemine kuni 15%. Samas on paljud ettevõtted alles algusfaasis ning mitmed töö käigus esitatud väited said vastuseks „ei oska öelda“, mis viitab pigem teadmatusele kui vastumeelsusele TI kasutamise suhtes.

TI kasutuselevõttu ei piira niivõrd tehniline valmisolek, kuivõrd inimlikud ja organisatsioonilised tegurid – juhtide teadlikkus, andmete olemasolu, oskus võimalusi ära tunda ja valmisolek investeerida. Seal, kus need eeltingimused olid täidetud, kasutati TI-d enam kui pelgalt töövahendit. Töö analüüs näitas, et TI aitab kaasa paindlikumale tootmise korraldamisele, paremale andmete kasutamisele juhtimises ning kiiremaks reageerimiseks muutustele. See tähendab, et TI toetab otseselt ka strateegilist agiilsust – eelkõige sisemise paindlikkuse ja mitmekesiste muudatuste juhtimise kaudu.

Uuringu põhjal võib järeldada, et TI kasutuselevõtt puidutööstuses ei ole enam tehniline küsimus, vaid strateegiline valik. Seal, kus juhtkond on teadlik, andmed korras ja fookus paigas, saab TI-lahendusi edukalt rakendada nii tootmises kui juhtimises. Samas vajab valdkond veel tuge, eelkõige sisemise valmisoleku kasvatamise ja oskuste arendamise kaudu.

Töö autori soovitude kohaselt võiksid Eesti puidutööstusettevõtted kaardistada tootmis- ja juhtimisprotsessid, et tuvastada TI rakenduseks sobivad töövood, ning alustada rakendamist korduvatest ja mõõdetavatest tegevustest, kus kasu on kiiresti nähtav. Oluline on tõsta juhtkonna teadlikkust TI strateegilisest potentsiaalist, luua sisemine kompetents ning määrata vastutav töötaja. Samuti on vajalik rajada usaldusväärne andmebaas, kuna ilma kvaliteetsete andmeteta jääb TI kasutegur piiratud.

Tagasisidena huvirühmadelt andsid tööle oma hinnangu üks TI-teenusepakkuja ja üks puidutööstusettevõtte esindaja. Mõlemad kinnitasid, et töö järeldused olid kooskõlas nende kogemusega ning peegeldasid valdkonna tegelikke kitsaskohti ja arenguvõimalusi. Üks TI-teenusepakkuja andis ka keelelist ja sisulist tagasisidet, mis aitas täpsustada

sõnastusi. Täiendavalt toodi välja, et dokumentide halduse puhul seisneb TI tugevus just paindlikkuses kohaneda muutuvate sisenditega ning et rakendamist võib takistada ka ettevõtte üldine IT-baastase.

Töö piirangutena tuleb märkida, et valim oli piiratud ja uuring tugines peamiselt juhtide vaadetele. Spetsialistide, arendajate ja andmeanalüütikute perspektiiv jäi tahaplaanile, kuigi just nemad puutuvad TI-ga igapäevaselt kõige tihedamalt kokku. Kuigi autor tegi kõik endast oleneva valimi suurendamiseks, jääb valim siiski tagasihoidlikuks. Edasistes uuringutes on TI arengu taustal võimalik kaasata rohkem erineva profiiliga ettevõtteid ning uurida ka TI rakendamise kuluefektiivsust, mis toetaks juhtimistasandi otsuseid.

VIIDATUD ALLIKAD

- Adebayo, R., Obiuto, N., Olajiga, O., & Festus-Ikhuoria, I. (2023). TI-enhanced manufacturing robotics: A review of applications and trends. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.3.0924>.
- Ahmed, I., Jeon, G., & Piccialli, F. (2022). From Artificial Intelligence to Explainable Artificial Intelligence in Industry 4.0: A Survey on What, How, and Where. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 18, 5031-5042. <https://doi.org/10.1109/TII.2022.3146552>.
- Akhtar, Z. B. (2024). Artificial intelligence (AI) within manufacturing: An investigative exploration for opportunities, challenges, future directions., 5 (2), 2731. <https://doi.org/10.54517/m.v5i2.2731>
- Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. <https://doi.org/10.1016/J.JESTCH.2019.01.006>.
- Ambituuni, A., Azizsafaei, F., & Keegan, A. (2021). HRM operational models and practices to enable strategic agility in PBOs: Managing paradoxical tensions. *Journal of Business Research*, 133, 170–182. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.048>
- Ames, J. B., Lyytinen, K., Schnackenberg, A. K., & Sharma, G. (2025). Charting research directions in organizational agility: Reconceptualizing the agility construct for systematic theory development and cumulative empirical inquiry. *Global Journal of Flexible Systems Management*. <https://doi.org/10.1007/s40171-025-00442-2>
- Andayani, D., Indiyati, D., Sari, M., Yao, G., & Williams, J. (2024). Leveraging AI-Powered Automation for Enhanced Operational Efficiency in Small and Medium Enterprises (SMEs). *APTISI Transactions on Management* <https://doi.org/10.33050/atm.v8i3.2363>.

- Badmus, O., Anas, S., Arogundade, J., & Williams, M. (2024). TI-driven business analytics and decision making. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.24.1.3093>.
- Balzano, M., & Bortoluzzi, G. (2024). Strategic agility: An introduction. In *Strategic agility in dynamic business environments* (International Series in Advanced Management Studies). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-58657-6_1
- Bekker, A. (2019, May 13). *5 Types of TI to Propel Your Business*. ScienceSoft. Available at <https://www.scnsoft.com/blog/artificial-intelligence-types>
- Christofi, K., Chourides, P., & Papageorgiou, G. (2023). Cultivating strategic agility: An empirical investigation into best practice. *Global Business and Organizational Excellence*, 43 (3), 89–105. <https://doi.org/10.1002/joe.22241>
- Chun, T. H., Hashim, U. R., Ahmad, S., Salahuddin, L., & Kanchymalay, K. (2023). A review of the automated timber defect identification approach. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 13(2), 2156–2166. <https://doi.org/10.11591/ijece.v13i2.pp2156-2166>
- DigitalDefynd. (n.d.). *AI in wood industry*. Kättesaadud aadressilt <https://digitaldefynd.com/IQ/TI-in-wood-industry/> (31. detsember 2024).
- Dong, S., Wang, P., & Abbas, K. (2021). A survey on deep learning and its applications. *Computer Science. Review.*, 40, 100379. <https://doi.org/10.1016/J.COSREV.2021.100379>.
- Doanh, D., Dufek, Z., Ejdys, J., Ginevičius, R., Korzyński, P., Mazurek, G., Paliszkiewicz, J., Wach, K., & Ziemba, E. (2023). Generative TI in the Manufacturing Process: Theoretical Considerations. *Engineering Management in Production and Services*, 15, 76 - 89. <https://doi.org/10.2478/emj-2023-0029>.
- Doz, Y. L., & Kosonen, M. (2008). The dynamics of strategic agility: Nokia's rollercoaster experience. *California Management Review*, 50(3), 95–118. <https://doi.org/10.2307/41166447>
- Doz, Y., & Kosonen, M. (2010). Embedding strategic agility: A leadership agenda for accelerating business model renewal. *Long Range Planning*, 43(2–3), 370–382. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.006>

- Dreyling, R., Lemmik, J., Tammet, T., & Pappel, I. (2024). An artificial intelligence maturity model for the public sector: A design science approach. *TalTech Journal of European Studies*, 14(2), 217–239. <https://doi.org/10.2478/bjes-2024-0023>
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., *et al.* (2021). Artificial intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice, and policy. *International Journal of Information Management*, 57, 101994. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.002>
- (EMPL) Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit. (2024). Metsa- ja puidutööstus numbrites 2023. <https://empl.ee/wp-content/uploads/2025/02/2023-metsa-ja-puidutoostus-numbrites.pdf>
- (EMPL) Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit. (2024). Metsa- ja puidutööstuse majandusmõjud 2022 (EY analüüs). https://empl.ee/wp-content/uploads/2024/05/EY_EMPL_majandusmojud_2022_final.pdf
- Ericsson, M., Johansson, D., & Stjern, D. (2021). TI-Based Quality Control of Wood Surfaces with Autonomous Material Handling. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app11219965>.
- Espina-Romero, L., Hurtado, H., Parra, D., Pirela, R., Talavera-Aguirre, R., & Ochoa-Díaz, A. (2024). Challenges and Opportunities in the Implementation of TI in Manufacturing: A Bibliometric Analysis. *Sci*. <https://doi.org/10.3390/sci6040060>.
- Eurostat. (2023, oktoober). *Wood products - production and trade*. Euroopa Komisjon. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Wood_products_-_production_and_trade#Wood-based_industries
- Euroopa Komisjon. (2019). *Eetika juhised usaldusväärse TI jaoks*. Kättesaadav aadressil <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-TI>
- Forsyth, E. (n.d.). *Strateegiline agiilsus: definitsioon ja näited*. B. Loy (juhendaja). *Study.com*. Laaditud aadressilt <https://study.com/academy/lesson/strategic-agility-definition-examples.html>
- Frederico, G. F., ChatGPT in supply chains: initial evidence of applications and potential research agenda. *Logist*. 2023;7(2):26.

<https://doi.org/10.3390/logistics7020026>

Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial networks.

Communications of the ACM, 63, 139 - 144. <https://doi.org/10.1145/3422622>.

Hansen, H. F., Lillesund, E., Mikalef, P., & Altwaijry, N. (2024). Understanding artificial intelligence diffusion through an AI capability maturity model. *Information Systems Frontiers*, 26(6), 2147–2163. <https://doi.org/10.1007/s10796-024-10528-4>

Kikaben. (2021.). *Dartmouth Conference: TI in 1956*. <https://kikaben.com/dartmouth-conference-TI-in-1956/#the-first-TI-winter>

Kutz, J., Neuhüttler, J., Spilski, J., & Lachmann, T. (2022). Implementation of TI Technologies in manufacturing - success factors and challenges. *The Human Side of Service Engineering*. <https://doi.org/10.54941/ahfe1002565>.

Lee, J., Davari, H., & Singh, Jaskaran & Pandhare, Vibhor. (2018). Industrial Artificial Intelligence for Industry 4.0-based Manufacturing Systems. *Manufacturing Letters*, 18, 20-23 <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.09.002>.

Maas, R., Shevtshenko, E., & Karaulova, T. (2024). TI generated route data pre - processing for faster decision making. *2024 8th International Young Engineers Forum on Electrical and Computer Engineering (YEF-ECE)*, 82-87. <https://doi.org/10.1109/YEF-ECE62614.2024.10625086>.

Mahesh, B. (2020). *Machine Learning Algorithms – A Review*. <https://doi.org/10.21275/ART20203995>

Mansouri, Y., Toosi, A. N., & Buyya, R. (2017). Data storage management in cloud environments: Taxonomy, survey, and future directions. *ACM Computing Surveys*, 50(6), Article 91, 1–51. <https://doi.org/10.1145/3136623>

McKinsey & Company. (2021). Artificial intelligence in strategy. Kätte saadud aadressilt <https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/artificial-intelligence-in-strategy>

Na, S.; Heo, S.; Han, S. Shin, Y.; Roh, Y. Acceptance Model of Artificial Intelligence (TI)-Based Technologies in Construction Firms. Applying the Technology Acceptance Model (TAM) in Combination with the Technology–Organisation Environment (TOE) Framework. *Buildings* 2022, 12, 90. <https://doi.org/10.3390/buildings12020090>

- Nilsson, N. J. (1983). Artificial Intelligence Prepares for 2001. *AI Magazine*, 4(4), 7.
<https://doi.org/10.1609/aimag.v4i4.411>
- Ogundipe, D. O., Babatunde, S. O., & Abaku, E. A. (2024). AI and product management: A theoretical overview from idea to market. *International Journal of Management & Entrepreneurship Research*, 6 (3)
<https://doi.org/10.51594/ijmer.v6i3.965>
- Okeke, N., Alabi, O., Igwe, A., Ofodile, O., & Ewim, P. (2024). TI in customer feedback integration: A data-driven framework for enhancing business strategy. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.24.1.3207>.
- Okeleke, P. A., Ajiga, D., Folorunsho, S. O., & Ezeigweneme, C. (2024). Predictive analytics for market trends using AI: A study in consumer behavior. *International Journal of Engineering Research Updates*, 7(1), 36–49.
<https://doi.org/10.53430/ijeru.2024.7.1.0032>
- Olaoye, F., & Potter, K. (2024). TI-driven predictive analytics in business decision-making. *Journal of Artificial Intelligence*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/385416674>
- OpenAI. (2025). ChatGPT (märtsi 2025 versioon) [suur keelemudel].
<https://chat.openai.com/>
- Oppioli, M., Sousa, M. J., Sousa, M., & de Nuccio, E. (2023). The role of artificial intelligence for management decision: A structured literature review. *Management Decision*, 61(1), 1-19. <https://doi.org/10.1108/MD-08-2023-1331>
- Papla, R., & Pak, D. (2022). Discovering the Role of Entrepreneurial Resilience Tensions as Predictors for Strategic Agility. *International Journal of Economics, Business and Management Research*. <https://doi.org/10.51505/ijebmr.2022.6105>.
- Peres, R., Jia, X., Lee, J., Sun, K., Colombo, A., & Barata, J. (2020). Industrial Artificial Intelligence in Industry 4.0 - Systematic Review, Challenges and Outlook. *IEEE Access*, 8, 220121-220139. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3042874>.
- Perifanis, N.-A.; Kitsios, F. Investigating the Influence of Artificial Intelligence on Business Value in the Digital Era of Strategy: A Literature Review. *Information* 2023, 14, 85. <https://doi.org/10.3390/info14020085>
- Pina e Cunha, M., Gomes, E., Mellahi, K., Miner, A. S., & Rego, A. (2020). Strategic agility through improvisational capabilities: Implications for a paradox-sensitive

- HRM. Human Resource Management Review, 30(1), 100695.
<https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2019.100695>
- Potter, K. & Brooklyn, P. (2024). Tehisintellektil põhinev ennustav hooldus tootmistööstustes. *TI. Laaditud*
 aadressilt <https://www.researchgate.net/publication/385285956>
- Puusaag, A. (2024, oktoober). TI rakendamine tööstusettevõtetes – mitte kas, vaid millal. *TööstusEST*. Kättesaadav aadressilt
<https://toostusest.ee/uudis/2024/10/07/TI-rakendamine-toostusettevotetes-mitte-kas-vaid-millal/>
- Ramírez, J.G.C., & Islam, M. (2024). Utilizing Artificial Intelligence in Real-World Applications. *Journal of Artificial Intelligence General science (JAIGS) ISSN:3006-4023*. <https://doi.org/10.60087/jaigs.v2i1.p19>.
- Rane, J., Mallick, S. K., Kaya, Ö., & Rane, N. L. (2023). Artificial general intelligence in industry 4.0, 5.0, and society 5.0: Applications, opportunities, challenges, and future direction. *Deep Science Research*, 212. https://doi.org/10.70593/978-81-981271-0-5_6
- Rane, N. L. (2024). ChatGPT and similar generative artificial intelligence (TI) for smart industry: Role, challenges, and opportunities for Industry 4.0, Industry 5.0, and Society 5.0. *Innovations in Business and Strategic Management*, 2(1), 10–17. <https://doi.org/10.61577/ibsm.2024.100002>
- Rootstock. (2024). 2024 Researchscape survey: Manufacturing ERP trends. https://clouderp.rootstock.com/hubfs/RTS240002_2024%20Researchscape%20Survey_090528.pdf?hsLang=en-us
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd ed.). Pearson Education. <https://people.engr.tamu.edu/guni/csce625/slides/AI.pdf>
- Shams, R., Vrontis, D., Belyaeva, Z., Ferraris, A., & Czinkota, M.R. (2021). Strategic agility in international business: A conceptual framework for “agile” multinationals. *Journal of International Management*, 27(1), 100837.
<https://doi.org/10.1016/j.intman.2020.100737>
- Shirui, L., Chen, J., Sun, Y., Wang, Z., Du, J., & He, W. (2024). TI-driven transformation: From economic forecasting to strategic management. *Applied and Computational Engineering*. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/57/20241319>.

- Singla, A., Sukharevsky, A., Yee, L., Chui, M., & Hall, B. (2024). *The state of TI: Trends, risks, and the future of artificial intelligence*. McKinsey & Company. Kättesaadud aadressilt <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-TI>
- Suma, K. G., Patil, P., Sunitha, G., & Kale, N. D. (2024). Computer vision and its intelligence in Industry 4.0. In *Machine Learning Techniques and Industry Applications (Chapter 7)*. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5271-7.ch007>
- Statistikaamet. (2024, 13. september). *Tehisintellekti tehnoloogiad kasutab 14% ettevõtetest*. Kättesaadav aadressil <https://www.stat.ee/et/uudised/TI-tehnoloogiad-kasutab-14-ettevotetest?>
- Swedbank. (2024). *Tööstusuuring 2024*. Kättesaadav aadressil <https://blog.swedbank.ee/wordpress/wp-content/uploads/2024/05/toostusuuring-2024-1-2.pdf>.
- Žižić, M., Mladineo, M., Gjeldum, N., & Celent, L. (2022). From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People, Organization and Technology. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en15145221>.
- Tilk, R., & Kruusmaa, E.-K. (2022). *Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: metsandus ja puidutööstus*. Tallinn: SA Kutsekoda. Kättesaadav aadressil. <https://uuringud.oska.kutsekoda.ee/uuringud/metsandus-puidutoostus>
- Ucar, A., Karakose, M., & Kırımça, N. (2024). Artificial Intelligence for Predictive Maintenance Applications: Key Components, Trustworthiness, and Future Trends. *Applied Sciences*, 14(2), 898. <https://doi.org/10.3390/app14020898>
- Vandana, M., Naveena, M., Ellaturu, N., Kumari, T. L., Bambuwala, S., & Rajalakshmi, M. (2024). TI-driven solutions for supply chain management. *Journal of Informatics Education and Research*, 4(2), 861. <https://doi.org/10.52783/jier.v4i2.849>
- Vijayalakshmi, S., Mrudhula, S., Ashok Kumar, V. *et al.* Artificial Intelligence-Driven Timber Wood Defect Characterization from Terahertz Images. *J Nondestruct Eval* **43**, 116 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10921-024-01130-4>
- Wamba, S., Guthrie, C., Queiroz, M., & Minner, S. (2024). ChatGPT and generative artificial intelligence: an exploratory study of key benefits and challenges in operations and supply chain management. *International Journal of Production Research*, 62, 5676 - 5696. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2294116>.

- Williamson, S., & Vijayakumar, K. (2021). Artificial intelligence techniques for industrial automation and smart systems. *Concurrent Engineering*, 29, 291 - 292. <https://doi.org/10.1177/1063293X211026275>.
- Wong, D. T. W., & Ngai, E. W. T. (2023). The impact of advanced manufacturing technology, sensing and analytics capabilities, and planning comprehensiveness on sustained competitive advantage: The moderating role of environmental uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 262, 109007. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.109007>
- Yadav, N. (2024). Redefining Intelligence: The Deep Learning Revolution in TI. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-16804>.
- Yao, K., Wang, E., Lei, X., & Xu, B. (2024). Industrial Applications of Artificial Intelligence Technologies and Their Socio-economic Impacts. *Advances in Economics and Management Research*. <https://doi.org/10.56028/aemr.11.1.184.2024>.

Lisa 1. Ankeetküsimustik Eesti puidutööstusettevõtetele

TI roll strateegilise agiilsuse suurendamisel Eesti puidutööstusettevõtetes

Tere!

Aitäh, et võtate aega selle küsimustiku täitmiseks! Küsitluse eesmärk on uurida TI rakendamise ulatust ja selle rolli strateegilise agiilsuse suurendamisel Eesti puidutööstuse sektoris. Strateegilise agiilsuse all mõistetakse ettevõtte võimet kiiresti kohaneda muutuvate turutingimustega, tõhusalt reageerida võimalustele ja riskidele ning säilitada samal ajal konkurentsieelis.

Küsimustikus palume Teil vastata küsimustele, mis puudutavad ettevõtte suurust, tegevusvaldkondi ning TI kasutamise kogemust ja väljakutseid. Küsimustiku täitmine võtab 10–15 minutit. Teie vastused on konfidentsiaalsed ja neid kasutatakse ainult teadustöö eesmärgil. Teie panus aitab luua väärtuslikke teadmisi ja pakkuda uusi lahendusi puidutööstussektori väljakutsetele.

1. Kui suur on Teie ettevõtte? (Kinkel *et al.*, 2021, lk 4)

- ☐ 1–9 töötajat
- ☐ 10–50 töötajat
- ☐ 51–100 töötajat
- ☐ Üle 100 töötaja

2. Kas Teie ettevõtte käive viimase kahe aasta jooksul? (Wamba-Taguimdje, 2020, lk 1900)

- ☐ Kasvas oluliselt (üle 10%)
- ☐ Kasvas veidi (1–10%)
- ☐ Jäi samaks
- ☐ Vähenes veidi (1–10%)
- ☐ Vähenes oluliselt (üle 10%)

3. Millistes tegevusvaldkondades tegutseb Teie puidutööstusettevõtte?
(Valige kõik sobivad vastused. Märkige iga tegevus kas põhitegevusena või lisategevusena).

Tegevusvaldkond	Põhitegevus	Lisategevus	Ei tegele
Sae- ja hõövelmaterjali tootmine	☐	☐	☐
Puitelementide tootmine	☐	☐	☐
Puitmajade tootmine	☐	☐	☐

Tegevusvaldkond	Põhitegevus	Lisategevus	Ei tegele
Termopuidu tootmine	☐	☐	☐
Puitkütuste tootmine	☐	☐	☐
Puidu keemiline töötlemine, puidu süvaimmutus	☐	☐	☐
Liimpuidu tootmine	☐	☐	☐
Mööblitööstus	☐	☐	☐
Pakendite tootmine	☐	☐	☐
Spoonide ja vineeri tootmine	☐	☐	☐

4. Kas Teie ettevõtte kasutab TI lahendusi oma tegevustes?

0- Ei kasuta üldse

1- Kasutab väga vähesel määral

2- Kasutab mõningates valdkondades

3- Kasutab laialdaselt erinevates valdkondades

TINGIMUS: KUI VASTAB 0, siis liigub edasi küsimuse juurde nr 8 (Teistel juhtudel liiguvad küsimused edasi järjest).

5. Kui suur osa Teie organisatsiooni digitaalsest eelarvest suunatakse TI rakenduste arendamisele? (McKinsey, 2024)

☐ Üle 10%

☐ 5–10%

☐ 1–5%

☐ Alla 1%

☐ Ei investeerita hetkel TI

6. Milliseid järgnevat TI lahendusi kasutatakse teie ettevõttes täna? (Rootstock, 2024, lk 19) (Palun märkige kõik sobivad vastusevariandid)

☐ Chatbotid või virtuaalsed assistendid (nt klienditeeninduses või müügitöös).

☐ Andmete analüütika (nt andmemustrite tuvastamine, trendide analüüs või otsuste toetamine).

☐ Prognoosimine (nt müügi, tootmismahutude, nõudluse või varude ennustamine).

☐ Protsesside automatiseerimine (nt robotprotsesside automatiseerimine – RPA).

☐ Pilditöötlus (nt kvaliteedikontroll fotode abil, piltide analüüs).

☐ Masinnägemine (nt objektide tuvastamine või liikumise jälgimine turvakaamerate salvestistest).

☐ Tekstitöötlus (nt dokumendihaldus ja tekstide automaatne analüüs).

Lisa 1 järg

- ☐ Loomuliku keele mõistmine (nt sentimentide analüüs, klienditagasiside tõlgendamine või vestluste analüüs).
- ☐ Optimeerimine (nt ressursikasutuse, ajakava või protsesside efektiivsuse parandamine).
- ☐ Otsustusalgoritmid (nt automaatotsuste tegemine tarneahela haldamisel või planeerimisel).
- ☐ Masinõppe mudelid uute toodete arendamisel (nt täiesti uute toodete loomine masinõppe abil).
- ☐ Masinõppe mudelid protsesside täiustamiseks (nt tootmisprotsesside optimeerimine ja täiustamine masinõppe mudelite abil).

7. Milliseid väljakutseid olete Teie organisatsioonis kogenud seoses TI kasutamisega? (McKinsey,2024)

Väljakutse	Ei oska öelda	1 – Ei nõustu üldse	2	3	4	5 – Täiesti nõus
Andmete ebatäpsed tulemused						
Andmekaitse ja privaatsusriskid						
Tehnoloogia kallidus						
Ettevõtte piiratud ressursid						
Vajalikud teadmised ja oskused puuduvad organisatsioonis						
Tehnoloogia integreerimine olemasolevatesse protsessidesse						
Puuduvad selged tulemused või mõõdetav kasu						

8. Plaanime ettevõttes rakendada järgmisi TI lahendusi 3 aasta jooksul.

Lahendus	Ei oska öelda	1 – Ei nõustu üldse	2	3	4	5 – Täiesti nõustun
Chatbotid või virtuaalsed assistendid (nt klienditeeninduses või müügitöös).						
Andmete analüütika (nt andmemustrite tuvastamine, trendide analüüs või otsuste toetamine).						
Prognoosimine (nt müügi, tootmismahdade, nõudluse või varude ennustamine).						
Protsesside automatiseerimine (nt robotprotsesside automatiseerimine – RPA).						
Pilditöötlus (nt kvaliteedikontroll fotode abil, piltide analüüs).						
Masinnägemine (nt objektide tuvastamine või liikumise jälgimine turvakaamerate salvestistest).						

Tekstitöötlus (nt dokumendihaldus ja tekstide automaatne analüüs).						
Loomuliku keele mõistmine (nt sentimentide analüüs, klienditagasiside tõlgendamine või vestluste analüüs).						
Optimeerimine (nt ressursikasutuse, ajakava või protsesside efektiivsuse parandamine).						
Otsustusalgoritmid (nt automaatotsuste tegemine tarneahela haldamisel või planeerimisel).						
Masinõppe mudelid uute toodete arendamisel (nt täiesti uute toodete loomine masinõppe abil).						
Masinõppe mudelid protsesside täiustamiseks (nt tootmisprotsesside optimeerimine ja täiustamine masinõppe mudelite abil).						

TI roll strateegilises agiilsuses (konkurentsivõime, riskide maandamine, muutuste tuvastamine, tõhus reageerimine)

Väide	Allikas	Ei oska öelda	1 – Ei nõustu üldse	2	3	4	5 – Täiesti nõustun
TI rakendamine on strateegilise agiilsuse suurendamisel võtmetähtsusega	Kubatko et al, 2024, lk 20						
TI rakendamise tulemusi on ettevõttes võimalik objektiivselt hinnata	-						
TI kasutamine on parandanud ettevõtte konkurentsivõimet	Kubatko et al, 2024, lk 19						
TI rakendamine on suurendanud ettevõtte innovatsioonivõimet	Wetering, 2022, lk 5						
TI on toetanud juhtimisotsuste tegemist äriliste väärtuste saavutamiseks	Singh& Chouan, 2021, lk 374						
TI kasutamine on võimaldanud kiiremini reageerida turumuutustele.	Talaei et al., 2024, lk 7						
TI kasutamine on aidanud prognoosida turu- ja nõudlusmuutusi.	Sullivan&Fosso Wamba, 2024, lk 2						
TI on aidanud luua uusi äri võimalusi	Giuggioli & Pellegrini, 2023, lk 817						
TI kasutamine on puidutööstuse jaoks tulevikus vältimatu	Paas, 2024, lk 40						

Lisa 1 järg

TI roll tootmises

Küsimus	Allikas	Ei oska öelda	1 – Ei nõustu üldse	2	3	4	5 – Täiesti nõustun
TI kasutamine on parandanud tootmisprotsesside tõhusust.	Ahmmed <i>et al.</i> , 2024, lk 2,3						
TI rakendamine on vähendanud tootmiskulusid	Del Gallo, 2023, lk 1						
TI kasutamine on suurendanud toodete või teenuste kvaliteeti.	Ahmmed <i>et al.</i> , 2024, lk 2						
TI on aidanud paremini planeerida tootmismahтусid	Del Gallo, 2023, lk 1						
TI on aidanud vähendada tootmise negatiivseid keskkonnamõjusid	Zhao&Li, 2025, lk 1						
TI on aidanud paremini kohandada tooteid klientide vajadustega	Singh&Chounan, 2021, lk 373						
TI on aidanud parandada tarneahela juhtimist	Shekhar, 2024, lk 4182						
TI kasutamine on tõstnud töötajate töö efektiivsust.	Joshi & Mashi, 2023, lk 301						

Süvaanalüüs ja tulevikuplaanid

Milliseid muutusi ja võimalusi näete tulevikus TI rakendamisel puidutööstuses ning kuidas need võiksid mõjutada tootmist, agiilsust ja konkurentsivõimet? (avatud)

Palun, kas oleksite valmis osalema süvitsi uurimuses, et analüüsida TI kasutamise potentsiaali ja mõjusid Teie ettevõttes? Kui vastate “JAH”, siis palun lisage oma kontaktid, et saaksin Teiega vajadusel ühendust võtta. Tagan soovi korral ettevõtte anonüümsuse ja annan uuringu tulemustest tagasisidet.

Lisa 2. Tehisintellekti rakendused, mida puidutööstusettevõtted kasutavad

TI rakendus	Keskmine	Mood	Mediaan	SD
Chatbotid või virtuaalsed assistendid (nt klienditeeninduses või müügitöös)	2,77	1,00	3,00	1,96
Andmete analüütika (nt andmemustrite tuvastamine, trendide analüüs või otsuste toetamine)	2,54	1,00	3,00	1,66
Prognoosimine (nt müügi, tootmismahdade, nõudluse või varude ennustamine)	1,77	1,00	1,00	1,36
Protsesside automatiseerimine (nt robotprotsesside automatiseerimine – RPA)	2,85	1,00	3,00	1,91
Pilditöötlus (nt kvaliteedikontroll fotode abil, piltide analüüs)	2,92	5,00	3,00	1,85
Masinnägemine (nt objektide tuvastamine või liikumise jälgimine turvakaamerate salvestistest)	2,69	5,00	1,00	2,25
Tekstitöötlus (nt dokumendihaldus ja tekstide automaatne analüüs)	3,38	1,00	4,00	1,66
Loomuliku keele mõistmine (nt sentimentide analüüs, klienditagasiside tõlgendamine või vestluste analüüs)	2,62	1,00	3,00	1,71
Optimeerimine (nt ressursikasutuse, ajakava või protsesside efektiivsuse parandamine)	2,31	1,00	1,00	1,89
Otsustusalgoritmid (nt automaatotsuste tegemine tarneahela haldamisel või planeerimisel)	0,92	1,00	1,00	0,86
Masinõppe mudelid uute toodete arendamisel (nt täiesti uute toodete loomine masinõppe abil)	1,00	1,00	1,00	0,82
Masinõppe mudelid protsesside täiustamiseks (nt tootmisprotsesside optimeerimine ja täiustamine masinõppe mudelite abil)	1,46	1,00	1,00	1,05

Lisa 3. Tehisintellekti rakendused, mida ettevõtted plaanivad järgmise 3-aasta jooksul kasutusele võtta

Lahendus	1-50 keskmine	51-... keskmine	1-50 mood	51-... mood	1-50 mediaan	51-... mediaan	1-50 SD	51-... SD
Virtuaalsed assistendid	1,92	2,71	1,00	0,00	1,00	2,50	2,15	2,27
Andmete analüütika	2,08	3,71	1,00	5,00	2,00	3,50	1,56	1,64
Prognoosimine	1,67	3,86	1,00	4,00	1,00	4,00	1,44	1,65
Protsesside automatiseerimine	1,42	4,57	0,00	5,00	1,00	4,00	1,73	1,62
Pilditöötlus	2,33	3,29	1,00	0,00	2,50	2,00	1,78	2,45
Masinnägemine	1,67	2,29	1,00	0,00	1,00	2,00	1,87	2,26
Tekstitöötlus	2,42	3,00	3,00	2,00	2,50	2,00	1,73	1,84
Loomuliku keele mõistmine	1,08	2,43	0,00	0,00	1,00	1,00	1,24	1,99
Optimeerimine	1,33	3,57	0,00	4,00	1,00	3,50	1,83	1,70
Otsustusalgoritmid	0,92	2,57	1,00	4,00	1,00	2,00	0,90	1,83
MÕ mudelid toodete arendamisel	1,00	2,29	1,00	4,00	1,00	2,00	1,28	1,60
MÕ mudelid protsesside täiustamiseks	1,67	3,71	1,00	4,00	1,00	4,00	1,83	1,81

Lisa 4. Tehisintellekti roll tootmises ja strateegilises agiilsuses

Väide	Keskmine	Mood	Mediaan	SD
Parandanud tootmisprotsesside tõhusust	3,00	5,00	3,00	2,08
Aidanud vähendada riske ettevõttes	1,85	3,00	2,00	1,63
Vähendanud tootmiskulusid	2,92	5,00	3,00	1,85
Aidanud paremini planeerida tootmismahтусid	1,85	0,00	2,00	1,52
Suurendanud toodete või teenuste kvaliteeti	2,69	5,00	3,00	2,02
Aidanud parandada tarneahela juhtimist	1,08	0,00	1,00	1,32
Tõstnud töötajate töö efektiivsust	2,31	3,00	3,00	1,80
Aidanud hallata ja vähendada tootmise keskkonnamõjusid	0,77	0,00	0,00	1,42
Väide	Keskmine	Mood	Mediaan	SD
TI rakendamine on strat. ag. suurendamisel võtmetähtsusega	2,85	5,00	3,00	1,95
Parandanud ettevõtte konkurentsivõimet	3,08	4,00	4,00	1,80
Toetanud juhtimisotsuste tegemist äriliste väärtuste saavutamiseks	2,38	4,00	3,00	1,80
Aidanud luua uusi äri võimalusi	1,69	0,00	1,00	1,80
Aidanud prognoosida turu- ja nõudlusmuutusi	1,00	0,00	0,00	1,53
Võimaldanud kiiremini reageerida turumuutustele	2,08	4,00	2,00	1,75
Suurendanud organisatsiooni strateegilist innovatsioonivõimet	2,62	3,00	3,00	1,66
TI on puidutööstuse jaoks tulevikus vältimatu	3,54	4,00	4,00	1,33
TI tulemusi on ettevõttes võimalik objektiivselt hinnata	3,46	4,00	4,00	1,45

Lisa 5. Tehisintellekti kasutamise puhul tajutud väljakutsed puidutööstusettevõtetes

Väide	Keskmine	Mood	Mediaan	SD
Andmete ebatäpsus või mudelite ebatäpsed tulemused	2,23	3,00	3,00	1,59
Andmekaitse ja privaatsusriskid	0,77	0,00	0,00	1,17
Tehnoloogia kallidus ja piiratud ressursid	2,54	5,00	3,00	1,98
Vajalikud teadmised ja oskused puuduvad organisatsioonis	3,00	3,00	3,00	1,58
Tehnoloogia integreerimine olemasolevatesse protsessidesse	2,85	3,00	3,00	1,28
Puuduvad selged tulemused või mõõdetav kasu	1,31	0,00	1,00	1,18

Lisa 6. Poolstruktureeritud intervjuuküsimustiku kava puidutööstusettevõtetele

Taust ja motivatsioon

Miks tekkis teie ettevõttes huvi tehisintellekti kasutamise vastu? Milliseid probleeme või vajadusi lootsite TI abil lahendada?

Kasutuskohad ja rakendused

Millistes valdkondades TI-d täna kasutate? (nt tootmine, kontoritöö, logistikaplaanid jne)
Missuguseid programme või lahendusi te selleks kasutate?

Kasud ja tulemused

Missugustes tööprotsessides on TI olnud eriti tõhus? Kuidas mõõdate tehisintellekti poolt loodud kasu või kahju? (nt aeg, kvaliteet, kulud). Kuidas mõjutas TI kasutuselevõtt töötajate oskusi või koolitusvajadust?

Väljakutsed ja piirangud

Mis on olnud suurimad väljakutsed TI rakendamisel? Kuidas on muutunud riskitase? Kas esines probleeme seoses andmekaitse, tööstusspetsiifiliste piirangute või privaatsusega?

Tulevikuplaanid ja soovitused

Kas plaanite TI-d rakendada ka uutes valdkondades? Millistes? Mida soovitaksite IT firmadele ja teistele puidutööstusettevõtetele, kes kasutavad või kaaluvad TI kasutamist?

Strateegiline vaade

Kuidas on tehisintellekti kasutamine mõjutanud teie ettevõtte positsiooni turul? Kas olete märganud muutusi võrreldes konkurentidega? Milles väljendub strateegiline TI väärtus – kas see aitab kiiremini reageerida, paremini planeerida või rohkem kliente võita? Kas mõni TI-põhine lahendus on muutnud teie toodet või teenust nii, et see oleks kliendi jaoks selgelt eristuv? Kas olete märganud, et koostööpartnerid, kliendid või tarnijad on hakanud rohkem väärtustama teie TI-põhiseid võimekusi?

Lisa 7. Poolstruktureeritud intervjuuküsimustiku kava TI-rakendusi pakkuvatele ettevõtetele.

Taust ja kogemus

Millised on teie ettevõtte või organisatsiooni peamised teenused TI lahenduste juurutamisel? Millistes sektorites olete TI-d varem rakendanud? Kui palju on Eestis TI-d rakendatud puidutööstuses? Kas olete tegelenud nii tootmise kui kontori poole digitaliseerimise ja automatiseerimisega?

TI kasutuselevõtu kasu

Milliseid konkreetseid tulemusi on teie kliendid saavutanud TI lahenduste abil? Nt tootlikkuse tõus, kulude vähenemine, kvaliteedi paranemine, parem planeerimine? Palun tooge näiteid. Kuidas on TI aidanud parandada otsustusprotsesse, juhtimise kvaliteeti või operatiivset paindlikkust? Kuidas hindate TI mõju ettevõtte strateegilisele agiilsusele? Kas TI on aidanud klientidel kiiremini kohaneda turumuutustega? Kuidas on muutunud teie klientide võimekus kohaneda nõudluse kõikumise, tooraine hinnatõusu või tööjõuprobleemidega? Kas TI kasutuselevõtt on tõstnud ettevõtte konkurentsivõimet või loonud mõne eristuva eelise?

Väljakutsed ja takistused

Millised on olnud peamised takistused TI juurutamisel tööstusettevõtetes, eriti puidutööstuses? Milliseid sisemisi või väliseid tegureid tuleks arvesse võtta (andmed, töötajate oskused, juhtkonna tugi, partnerite kaasamine)? Kas on tekkinud probleeme seoses andmekaitse, privaatsuse või tööstusspetsiifiliste regulatsioonidega?

Tulevikutrendid ja soovitusel

Milliseid uusi TI tehnoloogiaid, võimekusi või lahendusi näete lähiaastatel relevantsetena puidutööstuse jaoks? Millised TI rakendused võiksid tulevikus enim tugevdada tööstusettevõtete strateegilist paindlikkust ja otsustusvõimet? (nt autonoomne planeerimine, prognoosiv hooldus, reaajajas andmeanalüüs) Milliseid soovitusi annaksite puidutööstusettevõtetele, kes on alles alustamas TI kasutuselevõttuga? Milliseid ootusi või soovitusi annaksite tehnoloogiaettevõtetele, kes pakuvad TI lahendusi tööstusele?

Lisa 8. Puidutööstusettevõtete intervjuude tulemuste kokkuvõte

Teema	Ettevõte 1	Ettevõte 2	Ettevõte 3	Ettevõte 4
Motivatsioon	Sooviti parandada liimpuidu kvaliteedikontrolli ja automatiseerida tootmist.	Eesmärgiks oli kiirem kvaliteedikontroll liistude tootmisel.	Soov vähendada inimtööd ja tõsta kvaliteeti tootmisliinil.	Vajadus optimeerida spoonitootmist ja kvaliteedikontrolli.
Kasutusvaldkonnad	Kvaliteedi kontroll, sorteerimine, ressursikasutus.	Planeerimine ja tooraine kasutuse optimeerimine.	Visuaalsete defektide tuvastamine ja tootmise juhtimine.	Visuaalne defektide analüüs spooni tootmisel.
Tulemused	Vähem raiskamist ja parem täpsus tootmises.	Kiirem protsess ja vähem inimlikke vigu.	Väiksem tööjõuvajadus ja stabiilsem kvaliteet.	Täpsem kontroll ja parem tootmiskvaliteet.
Väljakutsed	Treenimine võtab aega, protsessid on keerulised.	Süsteemide täpsus ja sobitamine kiirete liinidega.	Mudelite rakendamine ja kulukus.	Tarkvara ja seadmete kiire vananemine.
Tulevik	Plaanis laiendada kasutust ja jätkata automatiseerimist.	Soovitakse kasutada TI-d ka tarneagade ennustamisel.	Plaanis on laienemine ja veel suurem ressursitõhusus.	Jätkatakse TI kasutust ning uuendatakse süsteeme.
Strateegiline vaade	TI aitab kiiremini muutustega kohaneda.	Toetab täpsemat planeerimist ja konkurentsivõimet.	Aitab ettevõttel kohaneda ja areneda.	Säilitab kvaliteedi ja konkurentsivõime.

Lisa 9. TI-rakendusi pakkuvate ettevõtete intervjuude tulemuste kokkuvõte

Ettevõte	Fookusvaldkonnad	Tulemused ja mõju	Väljakutsed	Soovitused
MindTitan OÜ	Kvaliteediprobleemide vähendamine tootmises, kontori protsesside automatiseerimine, masinnägemine, NLP, gen-AI	TI aitab vähendada defekte ja tõsta tõhusust; suur potentsiaal, eriti kontoris ja kvaliteedis	Andmete puudus, keeruline kasutusjuhtude määratlemine, integratsiooni keerukus	Alustada väikeste katsetustega ja hästi sõnastatud äri vajadusest
Leanest OÜ	Tootmise optimeerimine, tööjõu planeerimine, kvaliteedikontroll, automatiseerimine, sh puidutööstused	Tootmismahd kasvas kuni 15%, kvaliteedikontroll muutus täpsemaks	Mudelite treenimise keerukus, andmekvaliteet, ootus ja reaalsus ei ühti	Lihtsatest ja korduvatest protsessidest alustada, alles siis keerukamad
DreamGrow Digital OÜ	TI konsultatsioon ja program, paremad protsessid tehisintellektiga	Tõstetud töövoogi kiirust, vähenenud manuaalne töö; paremad müügitulemused	Töötajate vastuseis, liialdatud ootused tehnoloogia võimaluste	Alustada kohe – kasvõi väikese lahendusega, mitte jääda ootama ideaalhetke

Lisa 10. Spearmani korrelatsioonianalüüs: TI kasutamise seosed tootmisega

<i>Spearman's Correlations</i>										
Variable	AI kasutamine	AI arendamise ulatus	Tootmis- protsesside tõhustamine	Riskide vähenemine	Tootmis- kulude vähenemine	Tootmis- mahtude parem plan.	Parem toodete/ teenuste kvaliteet	Parem tarne- ahela juhtimine	Töötajate töö efektiivsus	Keskkonnamõjude vähenemine
AI kasutamine	—									
AI arendamise ulatus	0.80***	—								
Tootmisprotsesside tõhustamine	0.478	0.454	—							
Riskide vähenemine	0.57*	0.72**	0.56*	—						
Tootmiskulude vähenemine	0.426	0.433	0.95*	0.463	—					
Tootismahtude parem planeerimine	-0.093	0.628*	0.329	0.60*	0.304	—				
Parem toodete /teenuste kvaliteet	0.465	0.401	0.98*	0.485	0.97***	0.258	—			
Parem tarneahela juhtimine	0.096	0.67*	0.058	0.539	-0.037	0.69**	0.022	—		
Töötajate töö efektiivsus	0.186	0.173	-0.088	0.308	-0.136	0.358	-0.145	0.155	—	
Keskkonnamõjude vähenemine	-0.126	0.447	0.076	0.277	-0.032	0.486	-0.031	0.485	-0.018	—

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Lisa 11. Spearmani korrelatsioonianalüüs: TI kasutamise seosed rakendamise väljakutsetega

Spearman's Correlations							
Variable	Andmete ebatäpsus	Andmekaltse ja privaatsusriskid	Kallidus ja piiratud ressursid	Puuduv kompetents	Tehnoloogia integreerimine	Selged tulemused /kasu	AI kasutamine
Andmete ebatäpsus või mudelite ebatäpsed tulemused	—						
Andmekaltse ja privaatsusriskid	0.488	—					
Tehnoloogia kallidus ja piiratud ressursid	0.412	0.461	—				
Vajalikud teadmised ja oskused puuduvad organisatsioonis	0.022	0.213	0.311	—			
Tehnoloogia integreerimine olemasolevatesse protsessidesse	0.153	0.226	0.485	0.734**	—		
Puuduvad selged tulemused või mõõdetav kasu	0.329	0.618*	0.263	0.31	0.05	—	
AI kasutamine	0.278	0.412	0.209	0.619*	0.614*	0.322	—
* p < .05, ** p < .01, *** p < .001							

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Lisa 12. Spearmani korrelatsioonianalüüs: TI kasutamise seosed strateegilise agiilsusega

Spearman's Correlations

Variable	Strat. agiilsuses võtmetähtsusega	Parandatud konkurentsi-võimet	Toetanud juhtimisotsuste tegemist	Luaa uusi äri-võimalusi	Prognoosida turu- ja nõudlusmuutusi	Kiiremini reageerida turumuutustele	Suurenenud strat. innov.võime	Tulevikus vältimatu	Võimalik objektiivselt hinnata	Suurem käive	Suurem kasum
Strat. agiilsuses võtmetähtsusega	—										
Parandatud konkurentsi-võimet	0.247	—									
Toetanud juhtimisotsuste tegemist	0.202	0.46	—								
Luaa uusi äri-võimalusi	-0.001	0.376	0.718**	—							
Prognoosida turu- ja nõudlusmuutusi	0.136	0.394	0.526	0.721**	—						
Kiiremini reageerida turumuutustele	0.417	0.292	0.741**	0.601*	0.441	—					
Suurenenud strateegiline innov.võime	0.614*	0.254	0.438	0.6*	z	0.405	—				
Tulevikus vältimatu	0.603*	0.346	0.237	0.145	0.492	0.191	0.524	—			
Võimalik objektiivselt hinnata	0.587*	0.452	0.69**	0.645*	0.596*	0.555*	0.72**	0.602*	—		
Suurem käive	0.037	0.262	0.375	0.278	0.537	0.293	0.221	0.269	0.437	—	
Suurem kasum	0.014	0.236	0.234	0.13	0.298	0.127	-0.014	0.455	0.389	0.823***	—

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Lisa 13. Tehisintellekti tehnoloogiaid kasutanud puidutööstusettevõtted

Väljavõte Statistikaametist 08.04.2025.

IT149: TEHISINTELLEKTI TEHNOLOOGIAID KASUTANUD ETTEVÕTTED Näitaja, Tegevusala, Tööga hõivatud isikute arv ning Vaatlusperiood	
Väide	Kasutamise määr (%)
Tekstikaeve tehnoloogiaid kasutanud ettevõtted	3,60
Kõnetuvastust kasutanud ettevõtted	0,60
Loomuliku teksti genereerimist kasutanud ettevõtted	4,60
Pildituvastust kasutanud ettevõtted	3,30
Masinõpet kasutanud ettevõtted	0,90
Tööprotsesside automatiseerimiseks või otsuste toetamiseks tehisintellekti kasutanud ettevõtted	1,60
Tehisintellekti kasutamine müügiks või turunduseks	2,90
Tehisintellekti kasutamine tootmisprotsessis	4,50
Tehisintellekti kasutamine administratiivsetes protsessides	4,30
Tehisintellekti kasutamine ettevõtte juhtimiseks	..
Tehisintellekti kasutamine logistikaks	0,30
Tehisintellekti kasutamine raamatupidamises, kontrolliks või finantsjuhtimises	1,30
Tehisintellekti kasutamine inimeste juhtimiseks	..
Tehisintellekti ei kasutata suurte kulude tõttu	1,00
Tehisintellekti ei kasutata asjakohaste teadmiste puudumise tõttu	3,20
Tehisintellekt ei ole ettevõttele vajalik	0,30

SUMMARY

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ESTONIAN WOOD INDUSTRY ENTERPRISES: PRODUCTION EFFICIENCY AND STRATEGIC AGILITY

Riine Riitmuru

This master's thesis examines the use of artificial intelligence (AI) in industrial companies, with a particular focus on the Estonian wood industry. The study explores how AI can support both production efficiency and strategic agility. Over the last decade, AI has developed rapidly and become an increasingly accessible and practical tool for industrial companies. While earlier applications focused mainly on process automation, AI is now increasingly regarded as tool to enhance strategic decision-making and organizational adaptability.

In industry, AI implementation serves multiple goals—improving productivity, quality, cost efficiency, and data-driven decision-making. Strategic agility, as described in the literature, is not only about reacting quickly but also about deliberately shifting direction and adapting to uncertainty. AI can support this process by enabling real-time monitoring, forecasting, and scenario modeling, which strengthens an organization's ability to respond to changing conditions.

To investigate the role of AI in Estonian wood industry enterprises, the author conducted a mixed-methods study. This included a questionnaire (n=22), interviews with representatives of four wood industry companies and three AI solution providers, and participant observation in one company. The author also used the ChatGPT language model to generate additional recommendations based on the findings, which provided a broader reflection on technological developments.

The study found that AI use in wood industry enterprises is still inconsistent—some companies have implemented concrete solutions, while others are still in the exploratory phase. Thirteen survey respondents considered themselves AI users, but interviews revealed that this usage is often limited to simpler, well-defined areas such as visual quality control or document handling. These areas also provided the most measurable benefits—for example, up to 15% savings in material usage. In contrast, many companies were still in early stages of adoption, with many respondents answering “don’t know” to several survey items—indicating a lack of awareness rather than resistance.

Barriers to AI adoption were found to be more organizational than technical. Key obstacles included lack of awareness among managers, insufficient data infrastructure, and limited ability to recognize or act on opportunities. In companies where these conditions were met, AI was used not only as a tool but as part of broader decision-making and production management. The findings suggest that AI supports strategic agility primarily through better data use, faster decision-making, and more flexible process design.

The study concludes that AI adoption in the wood industry is no longer a purely technical matter—it has become a strategic choice. Where leadership is aware, data is available, and internal readiness is high, AI can be successfully applied in both production and management. However, further development requires building internal capabilities and improving digital awareness.

According to the author’s recommendations, Estonian wood industry enterprises should map their production and management processes to identify suitable workflows for AI implementation, starting with repetitive and measurable tasks where the benefits are quickly visible. It is important to raise management’s awareness of AI’s strategic potential, build internal competence, and assign a responsible person for AI adoption. In addition, a reliable database should be established, as the effectiveness of AI remains limited without high-quality data

Feedback was received from one AI solution provider and one representative of a wood industry company involved in the study. Both confirmed that the thesis findings aligned with their real-world experience and reflected key challenges and development

opportunities in the sector. The AI provider also offered detailed linguistic and content-related suggestions, which helped refine specific formulations. Additionally, they emphasized that in document management, AI's strength lies in its flexibility to adapt to changing inputs, and that low general IT literacy within companies can also act as a barrier to implementation.

The main limitation of this study lies in its small sample size and reliance on managerial perspectives. The views of specialists, developers, and data analysts—those most directly involved with AI—were less represented. Despite the author's efforts to expand participation, the sample remains modest. Future studies could include a wider range of companies and explore cost-effectiveness and ROI of AI adoption, as well as deepen theory-based analysis connecting AI with organizational learning, innovation, and business model development.

Lihthitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Riine Riitmuru

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihthitsentsi) minu loodud teose

Tehisintellekt Eesti puidutööstusettevõtetes: tootmise tõhusus ja strateegiline agiilsus

mille juhendaja on Kulno Türk

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

Commonsi litsentsiga CC BY NC ND 4.0, 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 lihthitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Riine Riitmuru

19.05.2025