

Tööstus 4.0 kui organisatsiooniline ja kultuuriline väljakutse



AARNE TOOMSALU
tööstusanaliitik, Eesti
Leiutajate Liidu tegevjuht



KEIU TELVE
Tartu Ülikooli etnoloogia
teadur



REIN MURAKAS
sotsioloog ja konsultant

Siinse artikli põhiküsimus on, kuidas siduda Eestis uus tehnika turu lugemise, töökorralduse, otsustamise ja oskustega Tööstus 4.0 kontekstis. Seda seost nimetatakse artiklis organisatsioonitehniliseks lahenduseks. Lähtudes sotsiotehnilise süsteemi käsitlesest, majandusliku keerukuse kirjandusest, hiljutistest konkurent-sivõime ja digikümnendi raportitest, tööstuspoliitika rahvusvahelisest tõusust ja Eesti näidetest, seletab artikkel, miks tuleb tootmistööstuse uuendamist vaadelda korraga tehnilise, organisatsioonilise ja kultuurilise väljakutsena.

Artikli üks keskseid väiteid on, et sotsiaal- ja humanitaarteadused ei ole

tehnika- ja inseneriteaduste jaoks kõrvaline lisakiht, vaid oluline vaatepunkt organisatsioonitehnilise sidususe mõistmiseks. Eesti kontekstis teravdab teemat vastuolu nähtava digi-Eesti ja vähem nähtava tootmise Eesti vahel. See tähendab, et tootmise digitaliseerimine toob kaasa ümberkorraldamise lisakulu ning võib konkurentsieelse uuendamisel nõuda uue turu, toote ja põhimõtteliselt uue tootmissüsteemi kooskõlalist kujundamist.

Artikli lõpus pakutakse välja kolm omavahel seotud tegevussuunda: (a) konkurentsieelse uuendamist toetava sidusama tugisüsteemi kujundamine koos harupõhise turulugemise ja sellega seotud analüütilise võimekuse tugevdamisega uute konkurentsieelse avastamiseks ja rajamiseks; (b) sotsiotehniline õpe pilootprojektide ja demokeskkondade kaudu; ning (c) piiriülesed uurimisprogrammid ja õppiva tehase platvormi prototüübid, et mõista uute tööstusharude kujunemist.

Viimastel aastatel on Eesti avalikus arutelus üha sagedamini kõrvuti kaks lugu. Üks neist on digi-Eesti: idufirmad, e-riik, innovatsiooni kuvand ja usk, et Eesti tugevus peitub eelkõige tarkvaras ja digitaliseerimises. Teine lugu on vähem nähtav tootmise Eesti, kus küsimused on materiaalsed: vananev masinapark, ettevaatlikud investeeringud, sõltuvus allhankelisest tootmisest ja raskus turu lugemisel, kuid ka tootmise tugev seotus ekspordi, traditsiooniliste tööstusharude ja ebaühtlase digimuutusega (Telve, 2024; OECD, 2017; OECD, 2024a).

Küsimus ei ole üksnes selles, kas ettevõttel on uus masin, tarkvara või andur, vaid ka selles, kuidas uus tehniline lahendus viiakse kokku turu lugemise, töökorralduse, oskuste ja otsustusloogikaga.

Riigikogu Toimetiste 49. number sõnastas selle pinge selgelt. Peatoimetaja veerus öeldakse, et ükski riik ei ole saanud rikkaks ilma tööstuseta ning just tootmise kaudu tõustakse väärtusahelas tasemele, kus lisandväärtuse eest saab küsida kõrgemat hinda (Raudsaar, 2024).

Sama numbri fookuslugudes kirjeldatakse Eesti tööstuse keerulisi aegu, ambitsiooni puudujääki ja tunnet, et tööstus ei ole ühiskonnas piisavalt väärtustatud (Eamets, 2024; Suursoo, 2024; Telve, 2024).

Siinse artikli lähtekoht on, et neljas tööstusrevolutsioon ehk Tööstus 4.0 ei ole Eestis ainult tehnoloogiline teema. Küsimus ei ole üksnes selles, kas ettevõttel on uus masin, tarkvara või andur, vaid ka selles, kuidas uus tehniline lahendus viiakse kokku turu lugemise, töökorralduse, oskuste ja otsustusloogikaga. Sellist seost nimetatakse artiklis edaspidi **organisatsioonitehniliseks lahenduseks**; mõiste sisu avatakse täpsemalt artikli jaotises „Väärtusahel, pudelikael ja organisatsioonitehniline lahendus“.

Artiklis uuritakse, kuidas saavad inseneriteaduste või kitsalt tehnoloogilise arenduse kõrval Tööstus 4.0 rakendamisse panustada sotsiaal- ja humanitaarteadused. Vastus ei ole, et nad asendavad mingis plaanis inseneri või ettevõtjat. Nende roll on aidata mõista ja vajadusel tõlkida seda osa muutusest, mis jääb tehnilise lahenduse kõrval sageli nähtamatuks: otsustamise loogika, tähendused, töökorraldus, kultuurikoodid ja institutsionaalsed piirangud.

MIKS TÖÖSTUS 4.0 EI OLE AINULT TEHNILINE PROJEKT **Tootmise digitaliseerimine ja sotsiotehniline tervik**

Tööstus 4.0 mõistega tähistatakse tavaliselt tootmise digitaliseerimist: masinate, seadmete ja protsesside nutikat ühendamist, kus andmed liiguvad tootmise kaudu ning toetavad juhtimist ja otsustamist (Breque jt, 2021; Eurostat, 2023). Euroopa Komisjoni uus Tööstus 5.0 käsitlus lisab rõhuasetused inimesekesksele, kestlikkusele ja vastupidavusele (Breque jt, 2021). Eelnevast on näha, et tööstuse uuendamist ei saa mõtestada ainult tehnika või automatiseerimise keeles. Tootmise digitaliseerimine ei tähenda ainult uue tehnoloogia lisamist, vaid sageli ka ressursi- ja

teadusmahukat organisatsioonilist ümberkujundust (Dieste jt, 2022).

Sotsiotehnilise süsteemi mõiste aitab seda probleemi täpsemalt sõnastada. Klassikalises käsitluses koosneb organisatsioon tehnilisest allsüsteemist – seadmetest ja protsessidest – ning sotsiaalsest allsüsteemist – inimestest, suhetest ja kultuurist. Edu sõltub nende mõlema koostoimimisest (Trist & Bamforth, 1951; Davis jt, 2014). Tööstus 4.0 kontekstis on sama mõtet edasi arendanud Sony ja Naik (2020), kelle järgi ei ole digitaalne tehas jätkusuutlik ilma sotsiaalse ja tehnilise külje ühise optimeerimiseta.

Siit saab teha olulise järelduse: uus masin üksi ei loo veel uut tööstust. Uuemad ülevaated näitavad, et Tööstus 4.0 juurutuse peamised raskused ei tulene sageli ainult tehnoloogiast, vaid ka oskuste, muutuste juhtimise, koolituse, standardite ja sisemise digikultuuri nõrkusest (Dieste jt, 2022; Ramadan jt, 2022). Tehnoloogiaga sama oluline on, kas käitamispärad on läbi mõeldud, kas töökorraldus on neile vastavalt kohandatud, kas töötajad oskavad uut süsteemi nõuetele vastavalt käitada, kas juhtimine toetab õppimist ning kas organisatsioon suudab siduda turuinfo tehnilise protsessiga. Kui kirjeldatud sidemed osutuvad nõrgaks, võib ka väga hea tehniline lahendus jääda poolikuks või muutuda „kalliks vanarauaks“.

Väärtusahel, pudelikael ja organisatsioonitehniline lahendus

Meie kontseptuaalne lähtekoht põhineb lihtsal väärtusahelal: leiutamine, tootmine ning müük ja turundus. See ei ole pelgalt didaktiline lihtsusust. Skeemi mõte on näidata, et väga hea idee ei jõua turule ilma toimiva tootmiseta ning väga hea tootmine ei muutu lisandväärtuseks ilma turu lugemiseta. Majanduse keeles tähendab konkurentsieelis, et ettevõtte suudab teha midagi konkurentidest eristavamalt või kuluefektiivsemalt ning selle eest ka kasu teenida (Porter, 1985).

Just tootmise lüli on selle artikli seisukohalt kriitiline. Leiutamise ja müügi vahel ei ole tootmine pelgalt neutraalne vahejaam, vaid koht, kus idee tuleb muuta korratavaks füüsiliseks väljundiks. Toote väljastab masin, kuid väärtusahela kõrgem positsioon sõltub sellest, kas masin on

Toote väljastab masin, kuid väärtusahela kõrgem positsioon sõltub sellest, kas masin on seotud õige ülesandepüstituse, turu lugemise ja kontrollitud käitamisega. [...] Pudelikael on nihkunud tehnilise seadme olemasolult selle organisatsioonilise kasutuse juurde.

seotud õige ülesandepüstituse, turu lugemise ja kontrollitud käitamisega.

Saab väita, et tootmise pudelikael on viimase sajandi jooksul muutunud. Fordi ajastul oli eeskätt keeruline tooteid kiiresti ja standardiseeritult valmistada (Womack jt, 1990). Praeguses kõrgtehnoloogilises tootmises on suur osa tehnoloogiast juba masinatesse sisse ehitatud, samas on keeruliseks muutunud nende süsteemide sidumine, installeerimine, käivitamine, seire ja nõuetekohane opereerimine. Seega

on pudelikael nihkunud tehnilise seadme olemasolult selle organisatsioonilise kasutuse juurde.

Eeltoodu tähendab, et **kõrgtehnoloogiline tootmine eeldab üha enam vaimset distsipliini**. Selle all ei peeta silmas moraalselt rangust ega abstraktset mõtlemisharjumust, vaid konkreetset suutlikkust: sõnastada ülesanne täpselt, võrrelda lahendusi süsteemselt, hoida protsess tervikuna koos ning õppida selgeks reeglid ja neid täpselt järgida nii masina installeerimise kui ka igapäevase

**Tööstus 4.0
vaates tähendab
konkurentsielise
uuendamine sageli
uue tootmissüsteemi
kujundamist vastavalt
uuele turu-, toote- ja
tehnoloogialoogikale.
[...]
Konkurentsieliseid
tuleb teadlikult
uuendada, need
ei säili ega taastu
automaatselt.**

kasutamise juures. Näiteks peaks ettevõtte enne uue CNC-töötlemiskeskuse tellimist hindama mitte ainult seda, milliseid tooteid sellega valmistada saab ja millisele turule need lähevad, vaid ka seda, kas on olemas vajalik maht, käitamise loogika, hoolduse korraldus ja opereerimise võimekus. Probleem ei tulene enamasti mitte toote või turu idee puudumisest,

vaid sellest, et investeeringu praktilised eeldused osutuvad nõrgemaks kui esialgu arvati. Seda võib vaadelda ka Herzbergi hügieenifaktorite analoogia kaudu: installeerimise, käitamise, hoolduse, järelevalve ja andmedistsipliini olemasolu üksi ei loo veel konkurentsielist, kuid nende puudumine võib süsteemi toimimise kiiresti õhnestada (vrd Herzberg jt, 1959).

Organisatsioonitehniline lahendus on siinses käsitluses töömaaratlus, millel on kaks ülesannet. Analüütiliselt aitab see kirjeldada, miks investeering tehnikasse sageli üksi ei toimi: puudu jääb seos ülesandepüstituse, töökorralduse ja turu lugemise vahel ning nende sidumine ettevõtte igapäevase praktikaga. Normatiivselt osutab mõiste sellele, mida tuleks Tööstus 4.0 rakendamisel süsteemselt arvesse võtta. Mõiste ei pretendeeri teoreetilisele uudsusele, vaid koondab praktiliseks kasutuseks elemente sotsiotehnilisest, strateegilise juhtimise ja majandusliku keerukuse kirjandusest. Silmas peetakse tegevuste kogumit, mis seob omavahel toote idee, turu lugemise, investeerimisotsuse, masina võimekuse, töökorralduse ja järelevalve. Seda saab kirjeldada kolme sammuna: eelistus, valik ja otsus. Eelistus puudutab ettevõtte ambitsiooni ja enesepilti. Valik tähendab turu, väärtusahela ja tehnilise sobivuse kaalumist. Otsus tähendab investeeringut ja teostust. Eesti tootmistööstuses minnakse sageli liiga kiiresti otsuse juurde, kusjuures enne ei ole piisavalt läbi mõeldud, mida turg tegelikult vajab, milline lahendus on sobiv ja kuidas see materiaalses tootmisprotsessis tööle panna (Telve, 2024).

Selle skeemi kriitiline koht on sobiva ja jõukohase eristus. Kui ettevõtte liigub liiga kiiresti jõukohase („madalad õunad“) lahenduse juurde, ilma et oleks läbi mõeldud, kas see on väärtusahelas tegelikult sobiv, võib otsus jääda tehniliselt teostatavaks, kuid strateegiliselt nõrgaks. **Praktikas tähendab organisatsioonitehniline lahendus järjekorda, milles eelistus, valik ja otsus läbimõeldult**

omavahel seotakse: millisele turule, millise tootega ja millise tootmisüsteemiga ettevõtte liigub. Tööstus 4.0 vaates tähendab konkurentsieelise uuendamise sageli põhimõtteliselt uue tootmisüsteemi kujundamist vastavalt uuele turu-, toote- ja tehnoloogialoogikale. **Nii ei taandu organisatsioonitehniline lahendus olemasoleva tootmisviisi parandamisele, vaid eeldab uue teraviku kujundamist.** Konkurentsieeliseid tuleb teadlikult uuendada, need ei säili ega taastu automaatselt.

Priit Vahteri 2024. aasta käsitus annab sellele argumendile tugeva empiirilise toe Eesti ettevõtete andmete alusel. Konkurentsivõime eksperdikogu raporti järgi annab digitaliseerimine ja automatiseerimine suurima tootlikkuse võidu siis, kui sellega kaasneb organisatsiooniline innovatsioon ja ärimudeli muutus. Sama aasta ettekandes esitatud hinnangute järgi tõstis automatiseerimine Eesti ettevõtete kogutootlikkust eraldi võetuna 21,9%, kuid koos organisatsioonilise innovatsiooniga 37,6%. Oluliste komplementaarsete teguritena tuuakse esile organisatsioonilisi ja ärimudeli muudatusi, muutuste juhtimise võimekust, töötajate positiivseid hoiakuid uute tehnoloogiate suhtes, juhtide tugevat kasvuambitsiooni ning avaliku sektori toimimist ja juhtimiskvaliteeti. Tehnoloogia mõju ei sõltu ainult investeeringust seadmesse või tarkvarasse, vaid ka sellest, kas ettevõtte suudab samal ajal kohandada juhtimist, ärimudelit ja töökorraldust (Kaasik jt, 2024; Vahter, 2024; Tiwari, 2023).

Isegi rangelt tehnilistes Tööstus 4.0 raamides ei alga juurutus seadme ostust, vaid ettevõtte vajaduste ja eesmärkide kaardistamisest ning süsteemi kohandamisest organisatsiooni vajadustele. Tallinna Tööstushariduskeskuse (TTHK) tööstuslike infovõrkude õppematerjal kirjeldab RAMI 4.0 kasutuselevõttu sammsammulise protsessina. Esmalt analüüsitakse tootmisprotsesse, tehnoloogilisi vajadusi ja IT-turvalisuse nõudeid, seejärel

kohandatakse mudel ettevõtte spetsiifilistele vajadustele. Sama materjal rõhutab, et tööstuslike süsteemide digitaliseerimine eeldab ka vastavust sellistele rahvusvahelistele küberturvalisuse standarditele nagu IEC 62443 ja ISO 27001. Eelnev toetab väidet, et Tööstus 4.0 ei tähenda ainult „nutikamat“ tehnoloogiat, vaid ka täpset ülesandepüstitust, nõuetele vastavust ja süsteemset juurutust (Tallinna Tööstushariduskeskus, i.a).

Eesti kontekstis illustreerib organisatsioonitehnilise lahenduse vajadust Bauhubi tootearenduse tiimi koolitamine ja mentorlus. Antropoloogia Keskus kirjeldab seda antropoloogiliste meetodite rakendamisenäsi sihtrühma vajaduste, töövoogude ja kasutustakistuste mõistmiseks. Projekti käigus kaardistati alltöövõtjate tööolukorda, analüüsiiti kogutud materjali koos tootearendustiimiga ning toodi esile infomüra, töövõtete ebaühtluse ja kasutaja iseseisva õppimise probleemid. Siit lähtub, et tehnoloogia sõltub peale seadme või tarkvara omaduste ka sellest, kuidas organisatsioon muutuse läbi mõtleb ja selleks valmistub (Antropoloogia Keskus, i.a-a). Teistsuguse, kuid samuti avalikult dokumenteeritud näitena võib tuua Mistra-Autexi, mille puhul seob EIS-i 2024. aasta konkursikajastus digihüppe tööjõupuuduse, tootmisprotsesside uuendamise ja vajadusega nn tööstuse IT-inimeste järele. Ka see näide osutab, et digitaliseerimine ei olnud pelk seadmeost, vaid eeldas korraga protsesside ümberkujundamist ja uute oskustega tööjõudu (Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus, 2024).

ITL-i Tööstus 4.0 näited osutavad samale muustrile. Hyrlese demokeskkonna, K-Prindi, Torm Metall ja Belluse juhtumid viitavad, et tehnoloogilisest investeringust üksi ei piisa: määravaks saavad protsessimuudatused, andmete liikumine, tarneahela tervikvaade, juhtimise kvaliteet ning töötajate kaasamine ja juurutuse selgitamine (Eesti Infotehnoloogia ja Telekommunikatsiooni Liit, i.a-a, 2021a, 2021b, i.a-b).

EESTI TÖÖSTUSE PARADOKS: NÄHTAV DIGI-EESTI JA VÄHEM NÄHTAV TOOTMISE EESTI

Eestis on korruga kaks majanduse lugu. Üks on nähtav digi-Eesti, mis kogub prestiiži ja sümboolset kapitali. Innovatsioon võib siin toimida ka kuvandikategoriana: avalikus arutelus seostub see prestiiži ja modernsusega. Teine on tootmise Eesti, mille probleemid on vähem nähtavad, kuid majanduslikult ülimalt olulised. Eurostati digitaalse intensiivsuse indeks aitab mõõta, kui palju ettevõtted erinevaid digitehnoloogiaid kasutavad, kuid see ei kirjelda automaatselt, kas tehnoloogia on organisatsiooni sees sisuliselt tööle hakanud või mitte (Eurostat, 2023). Vastandus ei ole siiski absoluutne. Mõnes sektoris – näiteks kaitse- ja kosmosetööstuses, meditsiinitehnoloogias või automatiseeritud laosüsteemides – on digitaalne

Nii muutub tööstuse probleem ühtaegu majanduslikuks, organisatsiooniliseks ja kultuuriliseks.

ja tööstuslik lahutamatu seotud. Tüüpiline Eesti töötleva tööstuse ettevõtte on siiski pigem allhankija, kelle jaoks digitaliseerimine tähendab sageli üksikute tarkvaralahenduste kasutuselevõttu, mitte tervikliku tootmissüsteemi ümberkujundamist (vt ka OECD, 2024a). Just siin võib peituda põhiline piirang: **olemasoleva tootmisviisi järkjärguline täiustamine**

ei pruugi olla piisav, kui eesmärk on liikuda kõrgema lisandväärtusega tootmise poole. Sel juhul võib olla vaja kujundada uue turu-, toote- ja tehnoloogialoogika järgi põhimõtteliselt uus tootmissüsteem. Mahupõhise mastaabi puudumine on seejuures oluline, kuid mitte ainus takistus.

Telve (2024) kirjutab, et tööstus ei tunne end Eesti ühiskonnas väärtustatuna ning see õhustab juhtide eneseusku ja rahvusvahelises konkurentsis läbilöömise võimet. Suursoo (2024) rõhutab, et riigi maksulaekumiste põhiosa sõltub ettevõtete võimest maksta head palka, mis omakorda sõltub konkurentsivõimest välisurgudel. Konkurentsivõime eksperdikogu 2024. ja 2025. aasta raportid lisavad laiema tausta, tuues korduvate kitsaskohtadena esile tööjõupuuduse, ettevõtete tagasihoidliku digitaliseerituse ja automatiseerituse, kõrge kapitali hinna ning bürokraatia (Kaasik jt, 2024, 2025).

Siit joonistub välja oluline erinevus siinse artikli ja tavapärase majandusarutelu vahel. Artiklis ei väideta, et majanduspoliitilised ja regulatiivsed küsimused oleks ebaolulised, ent tuuakse välja, et nende kõrvale tuleks lisada veel üks probleemitasand: kuidas suudetakse ettevõttes erinevad süsteemid tervikuks siduda ja päriselt toimima panna. Nii muutub tööstuse probleem ühtaegu majanduslikuks, organisatsiooniliseks ja kultuuriliseks. Probleem ei piirdu tehasepõrandaga, vaid ulatub juhtimistasandi, organisatsioonikultuuri ja õppimisvõime küsimusteni.

Mida näitavad uuemad andmed?

Euroopa Komisjoni 2025. aasta Eesti digikümnendi riigiraport märgib, et ettevõtete digitaliseerimine ei edene piisavalt kiiresti, eriti väikestes ja keskmise suurusega ettevõtetes (VKE). Samas ei anna raport põhjust rääkida üldisest digivaegusest. Tehisaru kasutus ettevõtetes kasvas 2024. aastal 5,2%-lt 13,9%-le ning pilveteenuseid kasutas 52,6% ettevõtetest, mis on rohkem kui EL-is keskmiselt. Seega ei ole Eesti

Näitaja	Eesti	Soome	Eesti võrreldes Soomega
Tööjõu tootlikkus lisandväärtuse alusel (tuhat eurot / töötaja, 2023)	38,2	91,7	41,6%
Koguinvesteeringud töötaja kohta (tuhat eurot, 2023)	6,8	21,9	31,2%
Masinate ja seadmete investeeringud töötaja kohta (tuhat eurot, 2023)	4,4	14,3	30,3%
Tootlikkus ja tööjõukulud protsendina Soome tasemest (2024)	~42%		

TABEL 1. Eesti ja Soome töötleva tööstuse võrdlus (2023–2024).

Märkus: suhtarvud on arvutatud ümardamata lähtearvudest. Allikas: Eurostati andmed, vahendatud Urmas Varblase ettekandes (2025)

probleem mitte digitaalsete lahenduste täielik puudumine, vaid nende ebaühtlane levik, erinev sügavus ja **piiratud organisatsiooniline lõimimine** eri ettevõtetes ja sektorites (Euroopa Komisjon, 2025). Mahajäämus tuleb eriti hästi välja mitte digitaalsel baastasemel, vaid just kõrge ja väga kõrge digitaliseerituse tasemel. Eurostati 2024. aasta andmetel jõudis väga kõrge digitaalse intensiivsuse tasemele vaid 6% EL-i VKE-dest, Soomes 18%; Eesti VKE-de vähemalt põhitaseme digitaliseeritus oli 55,9% juures ja arenenud tehnoloogiate kasutuselevõtt EL-i keskmisest allpool (Eurostat, 2025; Euroopa Komisjon, 2024).

Konkurentsivõime eksperdikogu 2024. ja 2025. aasta raportid annavad sellele sarnase diagnoosi. Esimeses nimetatakse kitsaskohtadena ettevõtete digitaliseerituse ja automatiseerituse madalat taset, tehisaru vähest kasutust, tööjõupuudust, kapitali kõrget hinda ja liigset bürokraatiat; teises rõhutatakse lisaks, et digitaliseerituse suurendamisel tuleb senisest rohkem arendada organisatsioonilisi võimekusi, sh juhtimiskvaliteeti, organisatsioonilist ja ärimudeli innovatsiooni, andmehalduse ja andmeanalüüsi võimekust ning tehisaru rakendamist välja- ja ümberõppes. See on oluline, sest lubab ühendada kultuuri- ja organisatsiooniküsimused tootlikkuse teemaga, mitte käsitleda neid „pehme“ kõrvalvaldkonnana (Kaasik jt, 2024, 2025).

Varblase 2025. aasta konverentsietekanne (vt tabel 1) koondab Eurostati andmete põhjal Eesti ja Soome töötleva tööstuse peamised võrdlusnäitajad. Sealt nähtub, et küsimus ei ole üksnes üksikute tehnoloogiate olemasolus, vaid võimes mitut liiki ressursse korraka koguda, ühendada ja tootlikuks pöörata.

Statistikaameti aastapõhised andmed rõhutavad samuti turu lugemise ja välisnõudluse tähtsust. 2025. aastal müüdi 66,3% kogu töötleva tööstuse toodangust välisurule (Statistikaamet, 2026).

Statistikaameti 2025. aasta IT-uuring ja Otto varasem (2021) tähelepanek osutavad samale probleemile eri nurkadest. Vähemalt kümne hõivatuga ettevõtetest kasutas 49% andmeanalüütikat, 22% vähemalt üht tehisintellekti tehnoloogiat ja 61% tasulisi pilveteenuseid, samas kui Otto rõhutas, et Eesti valdavalt väikestes ja keskmise suurusega tootmisettevõtetes napib sageli sisemist võimekust tootmist nutikamaks muutvaid arendusprojekte läbi viia ning ettevõtted ei hooa Tööstus 4.0 protsessi tervikuna. Euroopa Komisjoni 2024. aasta riigiraport lisab, et Eesti VKE-des võeti arenenud tehnoloogiad kasutusele vähem kui EL-is keskmiselt. Seega ei väljendu Eesti tööstuse probleem mitte üksnes digivahendite olemasolus, vaid ka nende piiratud organisatsioonilises lõimimises, kasutuse pidavuses ja sügavuses (Statistikaamet,

Ettevõtjatejuhtide „elav sõna“: mida tähendab innovatsioon?

Ettevõtjatele võib innovatsioon tähendada väga erinevaid asju: efektiivsust, andmete paremat nähtavust, töötajate digioskusi või kuvandi küsimust.

- ▶ Äriprotsessi jaoks annab otsustuskiiruse kõik, mida saad mõõta online'is. Me tahame efektisemana. Inimeste õige kasutusega suudame rohkem toota ja vältida vigu ja seisakuid. (Ants)
- ▶ Elektrooniliselt on kõik jälgitav. Idee on, et info on kogu aeg hallatav ja sama info kohe kõigile nähtav. (Marko)
- ▶ Kõik peavad innovatsiooniga kaasa tulema ... kui töötaja ei täida neid arvutis õigesti, siis on kogu see IT-süsteem mõttetu. (Kaupo)
- ▶ Mulle tundub, et riik on huvitatud ainult sellest kuvandist – et oleme innovaatiline riik, aga mille eest ja kuidas me seda teeme? (Maria)

Märkus: Intervjueeritute nimed on pseudonüümid.

Allikas: Tööandjate Keskliidu tellimisel 2023. aastal läbi viidud tööstussektori juhtide persoonauuringu ettekanne, Keiu Telve, Antropoloogia Keskus

2025; Otto, 2021; Euroopa Komisjon, 2024, 2025).

Siia lisandub veel üks oluline nüanss: ettevõtetes ei tähenda innovatsioon sugugi üht ja sama. Mõne jaoks tähendab see eeskätt efektiivsust ja seisakute vähendamist, teise jaoks andmete paremat liikumist ja ühist ülevaadet, kolmanda jaoks töötajate digioskuste parandamist ning neljanda jaoks liikumist suurema lisandväärtuse poole. Seetõttu ei kirjelda digikasutuse üldnäitajad veel seda, millise sisuga muutust ettevõtte tegelikult taotleb. Digilahenduse toimimine ei sõltu ainult tarkvara või seadme olemasolust, vaid ka elementaarsest andmedistsipliinist ja töötajate digioskustest.

Mida lisavad sotsiaalteadused?

Eelnev analüüs näitab, et **Tööstus 4.0 ei ole ainult tehniline küsimus, vaid vajab interdistsiplinaarsust.** Insenerile

või tootmisjuhile võivad sotsiaal- ja humanitaarteadused tunduda ühe suure „mitte-inseneride“ plokina, kuid tegelikult on seal erinevad vaated.

Majandusteadus aitab kõige paremini analüüsida stiimuleid, tootlikkust, konkurentsieelist, turutõrkeid ja struktuuri muutust. Näiteks majandusliku keerukuse kirjandus näitab, et areng tähendab liikumist keerukamate toodete ja võimekuste poole ning uusi tootmisvõimekusi ei saa tekitada lihtsalt tühjal kohalt (Hausmann & Rodrik, 2003; Hausmann jt, 2014; Felipe jt, 2024). Tööstuspoliitika uus tõus on omakorda toonud tagasi küsimuse, kuidas ja millal peaks riik sellist liikumist toetama (IMF, 2025; Ohnsorge jt, 2024).

Sotsioloogia lisab teistsuguse vaate. Teda huvitavad rollid, usaldus, võimusuhted, institutsioonid, organisatsioonikäitumine ja rutiinid. Tööstuse puhul aitab sotsioloogiline analüüs näha, kuidas töökorraldus kujuneb, muutus levib või takerdub ning rühmadevahelised suhted mõjutavad tehnoloogia kasutuselevõttu. Õigusteadus lisab vastutuse, nõuete, lepingute, andmekaitse, vastavusrežiimide ja regulatsiooni mõõtme.

Sotsiaal- ja humanitaarteaduste kokku puutekohas paiknev antropoloogia aitab siduda organisatsioonisiseseid tööpraktikaid laiemal kultuurilisel kontekstil, tähenduste ja tööstuse kuvandiga. Seega on sotsiaalteaduste panus tööstuse uurimisse väga oluline. Ilma majandusteaduseta jääks nõrgaks arusaam konkurentsieelisest, tootlikkusest ja tööstuspoliitikast. Ilma sotsioloogiast oleks ebaselge arusaam organisatsiooni rutiinidest, rollidest ja usaldusest. Ilma õigusteaduseta ei oleks piisavalt selge, kuidas standardid, vastutus ja regulatsioon tehnoloogilist muutust suunavad või piiravad.

Mida ütleb uuem teaduskirjandus?

Eeltoodut toetab ka uuem teaduskirjandus. Äri- ja majandusteaduslikku Tööstus 4.0 kirjandust sünteesinud ülevaade leidis, et sagedasemate uurimisteedade hulka

kuuluvad lisaks tarneahelale ja tehnoloogiale ka valmisolekumudelid, digimuutus, töötajate oskused ja inimkapital. Autorite hinnangul on suur osa senisest kirjandusest siiski mudelikeskne ning märksa vähem esineb empiirilisi töid, mis näitaksid, millal ja kuidas digimuutus päriselt majanduslikku tulemit parandab (Islam jt, 2024). See tähelepanek sobib hästi ka Eesti olukorra arutelu kirjeldamiseks.

VKE-de valmisolekut käsitlev empiiriline artikkel sõnastab probleemi veelgi konkreetsemalt. Chonsawat ja Sopadang (2020) koondasid 23 valmisolekuindikaatorit viieks mõõtmeks, millest üks on organisatsiooniline vastupidavus. Selle alla paigutuvad ärimudel, äristrateegia, digipööre, juhtimine, organisatsiooniline struktuur ja tarneahela juhtimine. See loetelu näitab, et **Tööstus 4.0 valmisolekut ei ole mõistlik mõõta ainult seadmete, robotite või tarkvara olemasolu kaudu.**

Roth ja Farahmand (2023a) rõhutavad, et sotsiaalsete ja tehniliste tegurite koosoptimeerimine on Tööstus 4.0 edukaks kasutuselevõtuks hädavajalik. Nende uuring osutab ühtlasi, et tugevam Tööstus 4.0 lõimimine ei tähenda veel automaatselt läbivat tootlikkuse kasvu. Roth ja Farahmand (2023b) toovad samal ajal kirjanduse põhjal esile, et levinud takistusteks on töötajate teadmiste ja koolitusvõimekuse puudujäägid, vastuseis muutusele, organisatsioonikultuur ning digivahendite lõimimise raskused. See kinnitab, et uue tehnoloogia väärtuse kättesaamine võib ebaõnnestuda ka siis, kui investeeering on tehtud.

Liu jt (2022) nimetavad Tööstus 4.0 otsesõnu sotsiotehniliseks süsteemiks ja näitavad, et organisatsioonikultuur vahendab juhtimise mõju teenusjuhtimise tulemustele. Tortorella jt (2024) annavad täpsema organisatsioonikultuuri mõõtmel: 153 kesk- ja tippjuhi küsitlusest selgus, et eri kultuuriprofiilid toetavad Tööstus 4.0 disainipõhimõtteid erinevalt ning ühtainsat kõigile sobivat kultuurimustrit

ei ole. Ramadan jt (2022) lisavad, et sisemiste organisatsiooniliste jõudude ja Tööstus 4.0 ebaõnnestunud lõimimine võib vähendada nii tulemuslikkust kui ka kestlikku konkurentsieelist. Seega toetab kirjandus üsna ühemõtteliselt siinse artikli ühte põhiväidet: tehnoloogia hankimine on vajalik, kuid sellest ei piisa.

Sama kinnitavad tööd, mis vaatavad digimuutust töö vaatepunktist: digitaliseerimise tajutud kasu kõrval jäävad püsima mured ümberõppe, kasutuslihtsuse ja uute tehnoloogiatega koostöötamise osas ning hooldus- ja prioritseerimispraktikad muutuvad sageli viisil, mida algne tehniline lahendus ette ei näe (Oostveen jt, 2025; Kotthaus jt, 2023; Callari jt, 2025).

Oluline lisa tuleb turulugemise ja turukonteksti kirjandusest. Alshanty ja Emeagwali (2019) näitavad 255 VKE

Turu lugemine ei ole tootmise kõrvaline lisaoskus, vaid organisatsiooni-tehnilise lahenduse eeltingimus.

andmetel, et turu tunnetamise võimekus tugevdab nii teadmuse loomist kui ka innovatsiooni. Faroque jt (2025) eristavad proaktiivset ja reageerivat ekspordituru orientatsiooni ning leiavad, et esimene aitab uusi võimalusi ära tunda, teine neid ära kasutada. Rahvusvahelist tulemust parandab eeskätt võimaluste kasutamine, mitte üksnes nende märkamine. Opazo-Basáez jt (2023) lisavad 351 Hispaania tootmisettevõtte andmetel, et nutitootmine parandab nii operatiivset kui ka kliendipoolset tulemust, kuid mõju oleneb kontekstist: rahvusvahelisema tootmis-geograafiaga ettevõtted võivad rohkem

operatiivses sooritusel, teenusele orienteerunud tootjad aga klienditulemusel. See järeldus sobib hästi käesoleva artikli väitega, et turu lugemine ei ole tootmise kõrvaline lisaoskus, vaid organisatsiooni-tehnilise lahenduse eeltingimus.

Kaasik jt (2024) viitavad ka Daron Acemoglu ettevaatlikumale hinnangule tehisarude pikaajalise tootlikkuse mõju kohta. Selle vaate järgi sõltub tehisarude mõju suuresti sellest, kas see üksnes asendab olemasolevaid tööülesandeid või aitab luua ka uut tüüpi ülesandeid ja töökohti. Ühtlasi võib tehnoloogiliste revolutsioonide mõju tootlikkusele võtta aega ja eeldada laia levikut. See tähelepanek toetab samuti väidet, et tehnoloogia mõju ei avaldu automaatselt, vaid sõltub rakendamise viisist ja organisatsioonilisest ümberkujundamisest (Kaasik jt, 2024).

MIDA LISAVAD HUMANITAAR-TEADUSED VÕRRELDES MAJANDUSTEADLASTE, SOTSIOLOOGIDE JA JURISTIDEGA?

Inimest uurivad ka humanitaarteadused, kuid nende lisapanus seisneb selles, et tähelepanu keskmesse seatakse tähendus, ajalooline kihistus, keel ja väärtused. Tööstuse uurimise juures on see oluline vähemalt viiel viisil.

Esiteks tähenduse küsimus.

Tehnoloogiat ei kasutata kunagi lihtsalt „nii, nagu ta on“. Iga uus seade, tarkvara või töövõtte tõlgitakse olemasolevasse arusaama sellest, mis on hea töö, mis on risk, mida peetakse autoriteetseks ja mida peetakse normaalseks. Humanitaarteaduste vaade aitab näha, milliste tähenduste kaudu uut tehnoloogiat mõistetakse. Kui see tõlge ebaõnnestub, võib tehniline uuendus jääda kultuuriliselt võõraks ka siis, kui see on majanduslikult mõistlik ja juriidiliselt lubatud.

Teiseks ajaloolise kihistuse küsimus. Tootmine ei alga kunagi tühjalt kohalt. Igas ettevõttes ja sektoris on olemas varasemad tööviisid, harjumused, ametisuhted ning ettekujutused „päris

tööst“ ja „päris oskusest“. Humanitaarid suudavad neid kihistusi nähtavale tuua. See on eriti tähtis Tööstus 4.0 puhul, sest mitmed takistused ei ole puhtalt tehnilised, vaid seotud vanade töö- ja mõtlemisvormide püsimisega. Lotmani kultuuriplahvatuse käsitlus aitab mõelda olukordadele, kus uus tehniline võimalus on olemas, kuid vana tõlgendusraam ei lase sellel täielikult mõjule pääseda (Lotman, 2001). Seda võib vaadata ka organisatsioonilise rajasõltuvuse kaudu: varasemad tööviisid, rutiinid ja tõlgendusraamid ei kao uue tehnoloogia saabudes automaatselt, vaid võivad isevõimenduvate mehhanismide kaudu kinnistuda ning muuta muutuse aeglaseks või valikuliseks. Sama joont on kirjeldatud ka tootmisettevõtete digitaalse ümberkujundamise puhul (Sydow jt, 2009; Sydow jt, 2020; Brekke jt, 2024).

Kolmandaks keele ja tõlkimise küsimus. Tehases kohtuvad eri maailmad: insener, operaator, juht, hankija, klient, koolitaja ja arendaja. Sageli ei ole põhiprobleem halb tahe, vaid see, et sama asja nimetatakse eri töökeeltes erinevalt. Humanitaarid saavad aidata märgata, kui arusaamatus tekib juba mõiste tasandil: mida tähendab „kvaliteet“, „oskus“, „järelevalve“, „innovatsioon“, „vastutus“ või „viga“. Tootmises võib selline tõlkeprobleem osutuda väga kalliks.

Praktilises tootmises peaksid kriitilised põhimõisted olema vähemalt võtme-protsessides määratletud võimalikult ühetähenduslikult. ISO 9000 rõhutab, et ühine sõnavara aitab kvaliteedijuhtimise põhimõtteid üheselt mõista ning ISO 12616-1 lähtub asjaolust, et mitmekeelse suhtluse jaoks tuleb luua usaldusväärseid kaks- või mitmekeelseid terminikogusid. Tootmises ei ole see kõrvaline detail, sest mõiste ebaselgus võib kanduda edasi juhistesse, kvaliteedikontrolli, järelevalvesse ja andmevahetusse (ISO, i.a; ISO, 2021).

Neljandaks normatiivne ja moraalne mõde. Sotsiaalteadused kirjeldavad, kuidas süsteemid toimivad;

humanitaarid küsivad ka, mida peetakse õigeks, mõistlikuks, väärikaks või talutavaks. Tööstuse puhul tähendab see näiteks küsimusi: milline on hea töö, mida tähendab vastutustundlik juurutamine, millal muutub efektiivsus inimlikult või kultuuriliselt liiga kalliks ning kuidas suhestuvad oskus, väärikus ja automatiseerimine. Need ei ole kõrvalküsimused, vaid mõjutavad otseselt, kas inimesed võtavad uue tehnoloogia omaks või hakkavad sellele vastu töötama. Seda mõõdet aitab avada semioetika mõiste (Petrilli & Ponzio, 2010).

Humanitaarid aitavad võrrelda ametlikku skeemi ja tegelikku tööd ning tõlkida osapoolte keeli.

Viiendaks kultuuriuuringute vaade. Kultuuriuuringud aitavad näha, kuidas tööstuse ja innovatsiooni tähendus kujuneb kuvandites, avalikes vastandustes ja sümboolsetes hierarhiates. Selles mõttes ei ole nähtava digi-Eesti ja vähem nähtava tootmise Eesti pinget ainult majanduslik, vaid ka kultuuriline.

Eelnevast lähtuvalt ei peaks humanitaaride lisapanust taandama ebamäärasele „mõtestamisele“. Täpsem oleks öelda, et humanitaarid aitavad võrrelda ametlikku skeemi ja tegelikku tööd ning tõlkida osapoolte keeli. Samuti aitavad nad teha nähtavaks need kultuurilised eeldused, mille najal tehniline lahendus kas hakkab tööle või jääb toppama. Ingoldi (2011) eristus võrgustiku (ingl *network*) ja põimiku (ingl *meshwork*) vahel aitab seda mõtet täpsustada. Võrgustik tähistab punktidevaheliste ühenduste skeemi, põimik aga omavahel põimunud radu ja eluliine,

mida mööda elu tegelikult kulgeb. Tehase ametlik protsessikirjeldus on enamasti võrgustik, tegelik töö aga järgib sageli pigem põimiku loogikat.

Sarnast tähelepanekut toetavad ka organisatsiooniuuringud, mille järgi ei määra tehnoloogia töökorraldust otseselt, vaid selle mõju kujuneb kasutuses, rollisuhetes ja korduvates sotsiaalsetes praktikates (Barley, 1986; Orlikowski, 2000).

Sama mõtet saab täpsustada ka organisatsioonirutiinide käsitluse kaudu. Feldmani ja Pentlandi järgi on rutiinidel korraga skeemiline külg ning performatiivne külg ehk konkreetseid tegevused, mida inimesed teatud ajas ja kohas tegelikult teevad. See aitab sõnastada, miks tehase ametlik protsessikirjeldus ja tegelik töö ei kattu kunagi täielikult ning miks tehniline lahendus hakkab tööle või jääb toppama just nende kahe kokkupuutepunktis (Feldman & Pentland, 2003).

Siinses käsitluses tähendab eelnev, et Tööstus 4.0 ei ole mitte ainult tehnoloogia-, vaid ka kultuuriprojekt. Artikli heuristiline lähtekoht on, et tehnoloogiline tase, kultuuritase ja elatustase on seotud: kui organisatsioon ei suuda uut tehnoloogiat tõlkida tööviisidesse, harjumustesse, vastutusse ja koostöösse, jääb ka tehniline investering majanduslikult poolikuks.

Just sellises mõttes ei ole sotsiaal- ja humanitaardealase roll väheoluline, vaid seondub otseselt küsimusega, kas tehniline lahendus muutub tegelikult tootmisvõimekuseks (Sony & Naik, 2020; Kaasik jt, 2024).

Kui artikli eelnevates osades näidati, mida lisavad sotsiaal- ja humanitaardealused tehase tasandil, siis järgmiseks on mõtet küsida, kuidas sama probleem paistab riigi, väärtusahela ja võimekuste kujunemise tasandil.

MAJANDUSLIK KEERUKUS JA „AHVIHÜPE“: MIKS VÕIMEKUSI EI SAA LIHTSALT OSTA

Majandusliku keerukuse kirjandus aitab siduda tehase tasandi laiema

arenguloogikaga. Hausmanni ja kaasautorite järgi võib majandust vaadelda kui metsa, kus eri tooted on eri puud. Areng tähendab liikumist kõrgematele puudele ehk keerukamate toodete ja võimekuste poole (Hausmann jt, 2014). Hausmanni ja Rodriki (2003) „enese tundmaõppimise“ idee lisab, et majandusareng eeldab katsetamist ja avastamist: ühiskond ei tea ette, millistes valdkondades ta suudab olla edukas ning seetõttu ei lahenda turud üksi kogu koordineerimisprobleemi.

Felipe ja kaasautorid (2024) toovad välja hariduse vaate. Nende tulemused viitavad, et haridus aitab riikidel liikuda uutesse toodetesse, mis ei ole senise spetsialiseerumisega otseselt seotud, kuid haridus

**Keerukama
väärtusloome
poole liikumiseks
ei piisa ainult uue
seadme tellimisest.
See eeldab selget
arusaama nõudlusest,
hinnastusest ja
tootmismahust ning
valmisoleku arvestusi.**

üksi ei taga kõige keerukamate toodete niisugust jõudmist. Siit tuleneb oluline järeldus: **võimekusi ei saa valmis kujul „poest osta“**. Võimekusi tuleb õppida, harjutada, katsetada ja organisatsioonis tööle panna.

Siit tuleneb, et majanduslik keerukus eeldab ka piisavat ettevalmistust organisatsioonitehnilise lahenduse kujundamiseks. Keerukama väärtusloome

poole liikumiseks ei piisa ainult uue seadme tellimisest. See eeldab selget arusaama nõudlusest, hinnastusest ja tootmismahust ning valmisoleku arvestusi. Samuti eeldab see suutlikkust sõnastada ülesanne nii, et protsessi oleks võimalik järjekindlalt monitoorida ja juhtida. Need on küsimused, millele tuleb vastata juba teostatavus- ja rahastuskavas (UNIDO, 1980; Saudi Industrial Development Fund, i.a). Siit tuleneb põhjus, miks sotsiaal- ja humanitaar-teaduslik lisa ei ole kõrvaline, vaid otseselt seotud võimekuste kujunemisega, mis omakorda on otseselt seotud konkurentsieeliste uuendamisega.

Konkurentsieeliste uuendamiseks ei piisa olemasoleva seadme paragi järkjärgulisest kohendamisest. Eesti töötlev tööstus vajab ka uue tehnoloogiapõlvkonna tootmiseseadmeid, kuid nende tootlik mõju sõltub organisatsioonitehnilise lahenduse kvaliteedist. Kriitilise tähtsusega on see, kuidas tarkvara ja andmete kasutamise toel tehakse paremaid otsuseid, kasvatatakse tootlikkust ja vähendatakse ebaefektiivsusest tekkivaid kulusid (Kaasik jt, 2024; Vahter, 2024; Euroopa Komisjon, 2024).

„Ahvihüpe“ kui võimekuste ja hajutamise probleem

Arenguseire Keskuse 2024. aasta konverentsil sidus Timo Hämäläinen majanduse uuendamise strateegilise tööstuspoliitika ja nn ahvihüpete loogika. Tema esituses ei tähenda see loobumist olemasolevast suhtelisest eelisest, vaid võimet luua uusi kombinatsioone tehnoloogiliste, organisatsiooniliste ja institutsionaalsete uuenduste kaudu. Sama ettekande järgi soosivad radikaalseid innovatsioone keskkonnad, kus kohtuvad piisavalt kognitiivne distants ja teaduslik mitmekesisus, kuid samal ajal ka kommunikatsioon ja sotsiaalne integratsioon (Hämäläinen, 2024).

Viimane tähelepanek on oluline kahel põhjusel. Esiteks aitab see täpsustada, miks **„ahvihüpet“ ei saa taandada pelgalt seadme ostule** või üksikule

teadus-arendusprojektile: vaja on interdistsiplinaarset erinevate teadmiste, keelte ja praktikate ühendamist. Toote kvaliteet ei sõltu ainult masina olemasolust, vaid ka sellest, kas seade on õigesti installeeritud, kvalifitseeritud ja opereeritud ning kas protsess püsib kontrolli all (Euroopa Komisjon, 2015; U.S. Food and Drug Administration, 2011). Teiseks rõhutab Hämäläinen, et arenenud tehnoloogiad, organisatsioonilised uuendused ja nendega seotud oskused ei levi kogu majandusele ega väljapoole suuri keskusi iseenesest. Neid tuleb süstemaatiliselt viia VKE-desse ja väiksematesse linnadesse (Hämäläinen, 2024). Eesti tingimustes võib see aidata laiendada tööstuse õppimisvõimet ja uuendada konkurentsieeliseid. See tähendab ühtlasi, et **tööstuse uuendamine ei saa jääda ainult juhtivate firmade ja suuremate keskuste asjaks**. See peab laienema VKE-desse, väiksematesse linnadesse ja regionaalse tööstusliku võimekuse uuendamisse (Hämäläinen, 2024; OECD, 2023).

Crystalsoli juhtum näitab sama probleemi varasemas ja teadmusmahukamas võtmes. TalTechi päikeseenergeetika uurimiskeskuse arendatud *monocrystal layer*’i tehnoloogia eesmärk oli ühendada monokristalliliste materjalide head fotoelektrilised omadused odavama materjalikasutuse, paindlike seadmete ja *roll-to-roll* tootmise võimalusega. Seda rakendas TTÜ *spin-off* ettevõttena alustanud Crystalsol. Tegemine ei olnud madala lisandväärtusega tootmisega, vaid katsega liikuda väga kõrge teadmusmahuga väärtusahela ossa. Samas rõhutas TalTech 2019. aastal, et tehnoloogia kommertsialiseerimiseks tuli päikese-raku efektiivsus tõsta 15%-ni. Juba varem märkis Enn Mellikov, et masstootmise jõudmine oli edasi lükkunud ning kuigi ettevõtte võitis tehnoloogia eest auhindu ja sai investeeringuid, osutus juurutamine keeruliseks. 2020. aastal alustas Crystalsol GmbH Austrias maksejõuetusmenetlust, mille põhjuseks nimetati pikki arendusperioode ja suuri käivituskulusid. Juhtum

toetab väidet, et kõrgele väärtusahela astmele liikumiseks ei piisa teaduslikult tugevast tehnoloogiast ega investorite olemasolust, vaja on ka suutlikkust viia tehnoloogia tööstuslikku küpsusesse, siduda see tootmise, turu ja kapitaliga ning hoida selline tervik organisatsioonili-

Toote kvaliteet ei sõltu ainult masina olemasolust, vaid ka sellest, kas seade on õigesti installeeritud, kvalifitseeritud ja opereeritud ning kas protsess püsib kontrolli all.

selt koos (TalTech, i.a; TalTech, 2019; ERR Novaator, 2013; pv magazine, 2020).

MIDA EESTIS TEHA: POLIITIKA, HARIDUS, UURIMINE

Kui eelnevat tõsiselt võtta, ei piisa ainult diagnoosist, vaja on ka vähemalt esialgset tegevuskava. Eelnevalt esitatud põhjal saab välja pakkuda kolm omavahel seotud tegevussuunda. Esimene puudutab konkurentsieeliste uuendamist toetava sidusama tugisüsteemi kujundamist koos harupõhise turulugemise ja analüütilise võimekuse tugevdamisega uute konkurentsieeliste avastamiseks ja rajamiseks. Teine puudutab sotsiotehnilist õpet pilootprojektide ja demokeskkondade kaudu. Kolmas puudutab piiriüleseid uurimisprogramme ja õppiva tehase platvormi prototüüpe. Nende ühine lähtekoht on põhimõte „konkurentsieelise fookus kõigepealt“: enne üksikute tehnoloogiliste

või rahastusmeetmete kirjeldamist tuleb sõnastada, millise konkurentsieelise uuendamist ettevõtte või tugisüsteem üldse taotleb. Koostöö ei teki automaatselt üldise hea tahte alusel, vaid enamasti siis, kui osalistel on tajutav ühine huvi konkurentsieelise uuendamiseks.

Esiteks poliitika. Rahvusvahelise Valuutafondi (IMF) 2025. aasta World Economic Outlooki kolmas peatükk väidab selgelt, et tööstuspoliitikat ei saa (enam) pidada automaatselt halvaks sõnaks: hästi kujundatud sekkumised võivad aidata ületada turutõrkeid, toetada uusi võimekusi ja kiirendada struktuurimuutust. Sama käsitlus rõhutab, et tööstuspoliitikad on muutunud sagedasemaks ning neid põhjendatakse üha enam strateegilise konkurentsivõime, tulevase tootlikkuse kasvu ja vastupidavuse eesmärkidega.

Kui probleem on organisatsioonitehniline, ei saa ka tugisüsteem piirduda üksikute meetmete või üksiklahenduste juurutamisega.

Samas rõhutavad nii Rahvusvahelise Valuutafondi kui ka Maailmapanga käsitlused, et tööstuspoliitika edu sõltub tugevalt rakenduskeskkonnast, institutsioonidest ja riigi suutlikkusest (IMF, 2025; Ohnsorge jt, 2024).

Selle ajaloolise mõõtme rõhutamiseks on oluline ka Changi (2002) klassikaline

käsitlus tööstus-, kaubandus- ja tehnoloogiapoliitika ajaloolisest rollist arengus.

Eelnevalt kirjeldatud nihe haakub ka väärtusahelate viimaste kogemustega. Maaailma Kaubandusorganisatsiooni (WTO) 2022. aasta tarneahelafoorumi raport märkis, et pandeemia ajal nihkus osa tootjaid *just-in-time*-loogikalt *just-in-case*-strateegiate poole, püüdes luua varupuhvreid. Eesti osas tähendab see, et kulutõhususe kõrval tuleb rohkem tähelepanu pöörata vastupidavusele, nähtavusele ja riskide hajutamisele (WTO, 2022).

Siit tuleneb praktiline poliitikasoovitus. Kui probleem on organisatsioonitehniline, ei saa ka tugisüsteem piirduda üksikute meetmete või üksiklahenduste juurutamisega. Suurem mõju võiks olla meetmetel, mis seovad tehnilise investeeringu, juhtimiskoolituse, protsessimuudatuse, andmevõimekuse ja turu-analüüsi ühiseks tervikuks. Seda joont toetavad nii konkurentsivõime eksperdikogu 2025. aasta soovitusel kui ka Euroopa Komisjoni 2025. aasta riigiraport. Mõlemad juhivad tähelepanu VKE-de aeglasele digimuutusele ja organisatsiooniliste võimekuste tähtsusele (Euroopa Komisjon, 2025; Kaasik jt, 2025). Sama 2025. aasta raport soovitab vähendada toetuste killustatust, mis toetab väidet, et ettevõtjale tuleb pakkuda koordineeritumat tugisüsteemi (Kaasik jt, 2025). Võrdlev barjääriuurimus kinnitab samuti, et **nähtavad probleemid on sageli vaid sümptomid**. Bakhtari jt (2020) töid tootmistööstuse peamiste takistustena esile nii tippjuhtkonna visiooni ja eestvedamise puudujäägi kui ka hariduse ja oskuste arendamise nõrkuse. Samal ajal leidsid Ojha jt (2024) autotööstuse näitel, et peamised barjäärid on geopoliitiline risk ja robustse IT-taristu puudujääk. Mõlemal juhul on järeldus sama: üksikute sümptomite asemel tuleb sekkuda sügavamatesse korralduslikesse ja taristulistesse kitsaskohtadesse.

Järgnevaid Eesti näiteid tuleb mõista pigem olemasolevate institutsionaalsete vormide, osaliste katsete ja võimalike

suundade näitena, mitte tõendina selle kohta, et süsteemne ja laiapõhjaline lahendus oleks juba välja kujunenud. Seda ettevaatust toetavad ka laiema näitajad, mis osutavad Eestis endiselt aeglasele ja ebaühtlasele digimuutusele, eriti VKE-des (OECD, 2024b; Euroopa Komisjon, 2024).

Üheks olemasolevaks institutsionaalseks vormiks võib pidada AIRE tegevusmudelit. Euroopa digitaalse innovatsiooni keskuste võrgustiku kirjelduse järgi ühendab see digiküpsuse hindamise, individuaalse nõustamise ja teekaardistamise, *test before invest* tüüpi demoprojektid ning rahastusele ligipääsu toetamise. Samas näitab kirjeldatu eeskätt ühe võimaliku mudeli olemasolu, mitte veel laiapõhjalise ja tõendatult mõjusa terviklahenduse kujunemist Eestis (European Digital Innovation Hubs Network, i.a).

Siit järeldub konkreetses abinõu: **turulugemine peab olema ettevõttele praktiliselt kättesaadav.** See tähendab väärtusahelate, sihtturgude, klientide nõuete, standardite ja tehnoloogiliste nihete tõlgendamist viisil, mida VKE saab kasutada investeerimisülesande sõnastamisel. Selleks on vaja äridiplomaatia, erialaliituste, teadmusasutuste ja standardiorganisatsioonide koostööd. Praegu on need rollid sageli killustatud ning VKE-l on raske neist tervikpilti kokku panna. Riigikontrolli järgi ei toetanud EAS-i ja Välisministeeriumi omavaheline konkureerimine ning ühiste info kogumise ja jagamise süsteemide puudumine äridiplomaatia arengut (Delfi Ärileht, 2020). Samas osutavad EIS-i digitaliseerimise, eistrikklass ja ITL-i demokeskond sellele, et **praktilisi instrumente on Eestis olemas, kuid need jäävad praegu pigem hajusateks algatusteks** ega moodusta ettevõtja jaoks veel ühtset turu- ja arendusinfot pakkuvat tervikut. Nende tegelikku mõju tööstuse arengule ei ole siinse artikli põhjal võimalik eraldi hinnata (Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutus, 2023; Eesti Infotehnoloogia ja Telekommunikatsiooni Liit, i.a.c). Peale

selle oleks vaja harupõhisemat analüütilist võimekust, mis aitaks süstemaatilisemalt jälgida tööstusharude tehnoloogilise taseme muutust, tootmisvõrgustike struktuuri ja sellest tulenevaid konkrentsioonide uuendamise võimalusi (OECD, 2024a; Euroopa Komisjon, 2023).

Sotsiotehniline õpe peaks hõlmama ka installeerimise, käitamise ja opereerimise distsipliini, sest just nende kaudu muutub tehniline lahendus ettevõttes töökindlaks praktikaks.

Võrdleva poliitikamõtte näitena võib tuua Uus-Meremaa. Seal ei toimunud pärast 2008. aasta finantskriisi ekspordibaasi ja tootmise tehnoloogilise taseme täielik ümbertegemine ühe hüppega, kuid kriisijärgsel kümnendil tekkisid ekspordikorvis uued võrdlevad eelised ning hilisem Advanced Manufacturing Industry Transformation Plan püüdis seda nihet teadlikult kiirendada. Näide osutab, et tööstuspoliitika ei tähenda ainult üksikute võimaluste märkamist, vaid ka olemasolevate tugevuste järkjärgulist edasiarendamist ja koordineeritud toetamist (Ministry of Business, Innovation and Employment, 2022, 2023).

AS E-Piim Tootmise Paide tehase juhtum lisab siinsele arutelule olulise täpsustuse. Projekti tugevusena rõhutati väliste partnerite kaudu tagatud turulepääsu ja müügi võimekust: Royal A-ware

teatas hiljem, et vastutab Paide tehase juustu müügi eest, samal ajal kui Interfood Groupi kanda jäi vadakupulbri ja või müük. See osutab, et osa turu- ja väljundi-loogikast toodi projekti teadlikult väljast sisse, kuid väliste müügikanalite olemasolust üksi ei piisanud (Royal A-ware, 2021, 2023; EKN, 2022).

Teiseks haridus. Kui tootmiseseadmete tehnoloogiline keerukus kasvab, ei saa inseneriõpe piirduda kitsalt tehnilise ratsionaalsusega. Samal ajal ei saa humanitaar- ja sotsiaalteadused jääda tänapäevase tööstuse toimimisest kõrvale. Ettepanek ei ole muuta humanitaare insenerideks või vastupidi, vaid kujundada kahepoolne kirjaoskus: inseneridele rohkem sotsio-tehnilist ja organisatsioonilist mõtlemist ning humanitaaridele ja sotsiaalteadlastele rohkem arusaamist kaasaegse tootmise praktilisest loogikast. Seda vajadust toetavad ka konkurentsivõime raportid, mille järgi on Eestis lõhe oskuste ja tegeliku töö vahel suur ning tööjõu voolavus Euroopa riikidega võrreldes kõrge (Kaasik jt, 2024, 2025). Oskuste probleem on kahetasandiline: vaja on nii digitaalselt pädevaid insenere ja tehnikuid kui ka olemasoleva tööjõu järjepidevat täiendõpet. Eestis on juba tehtud üksikuid katsetusi selliseks koostööks, näiteks tööstusorganisatsioonide antropoloogilisi uuringuid, kuid seni on need pigem eraldiseisvad algatused kui süsteemne lahendus. Sotsiotehniline õpe ei peaks piirduma olemasolevate süsteemide käitamisega, vaid aitama märgata ka uute tööstusharude ja kombinatsioonide kujunemise dünaamikat (UNCTAD, 2025). Sotsiotehniline õpe peaks hõlmama ka installeerimise, käitamise ja opereerimise distsipliini, sest just nende kaudu muutub tehniline lahendus ettevõttes töökindlaks praktikaks.

Sama vajadus sõnastati Eesti kontekstis juba varem. Jüri Riives rõhutas 2015. aastal, et neljanda tööstusrevolutsiooni keskmesse tõusevad targad automatiseeritud töökohad ja mehhatroonika ning Eesti peaks kasutama arenguvõimalusi

intensiivsemalt, kiirendades innovatsiooniprotsessi ja muutes õppetöö sisu. Ka väitis ta, et Tööstus 4.0 lahendused peaksid muutuma jõukohaseks mitte ainult suurtele ettevõtetele, vaid ka VKE-dele. Eelnev kinnitab väidet, et **tehnoloogilise uuendamise küsimus ei taandu seadmetele**, vaid puudutab otseselt ka õppimise vorme, oskuste kujunemist ja hariduse sidet tööstuse tegelike vajadustega (Riives, 2015).

Eestis leidub sellise lõimimise algatusi. Tallinna Tehnikaülikool on kirjeldanud oma algatust „Potential of Industry 4.0 and Digitalisation in Estonia“ interdistsiplinaarse projektina ärikorralduse ning mehaanika- ja tööstusinseneeria vahel. Sama joont toetab TalTechi ESG keskuse uurimiserühm ning laiem taustana võib siia kõrvale paigutada ka Tallinna Ülikooli interdistsiplinaarsete sotsiaalteaduste õppekava *artes liberales*. Need osutavad võimalikele suundadele, kuid ei tähenda veel, et selline haridusmudel oleks Eestis süsteemselt juurdunud või laiapõhjaliselt mõjule pääsenud (Tallinna Tehnikaülikool, 2020; Tallinna Tehnikaülikooli ESG keskus, i.a; Tallinna Ülikool, i.a). Ka laiema makronäitajad viitavad sellele, et oskuste, juhtimisvõimekuse ja tehnoloogia lõimimise küsimus ei ole Eestis veel lahendatud (OECD, 2024b).

Tööstus 4.0 on Eestis olemas ka kutsehariduse tasandil, kuid valdavalt tehnilises raamistikus. TTHK tööstuslike infovõrkude ja IT-turvalisuse õppekeskkond käsitleb muu hulgas IoT-d, IIoT-d, standardeid, pilveandmetöötlust, küberturvalisust, *edge computing*’ut, 5G-d ja digitaalse kaksiku teemat ning rõhutab, et kutsehariduses keskendutakse praktikale ja konkreetsete oskuste omandamisele, mis on vajalikud tööstusprotsesside käiguhoidmiseks ja arendamiseks. See näitab, et praktiline tehniline kirjaoskus on vajalik ja olemas. Samal ajal ei anna tehniline ja standardipõhine õpe üksi veel organisatsioonitehnilist lahendust, mis seoks tehnoloogia töökorralduse,

juhtimise ja turu lugemisega (Tallinna Tööstushariduskeskus, i.a).

Eestis on ka tehnilisi demokeskkondi. Tallinna Tehnikaülikooli tarkade tootmis-tehnoloogiate ja robotika teaduskeskuse juures tegutseb paintootmissüsteemide ja robotika demokeskus, mis lähtub Tööstus 4.0 ja paintootmise loogikast (Tallinna Tehnikaülikool, i.a). Selliseid keskkondi on võimalik luua, kuid seal ei hinnata eraldi nende tegelikku tööstusmõju.

Kolmandaks uurimine. Siin ei oleks esimene samm eeldada õppiva tehase valmislahendust, vaid piiriülest uurimis-programmi ja õppiva tehase platvormi prototüüpe, mis kaardistaks, millistel organisatsioonilistel, tehnilistel ja turulistel eeldustel oleks kaasaegset õppivat tehast Eestis üldse mõistlik üles ehitada. Nii oleks esmalt rõhk mitte valmislahenduse ülevõtmisel, vaid selle kujunemiseks vajalike eelduste uurimisel, prototüüpimisel ja katsetamisel. EIT Manufacturingu käsitlus aitab siin sõnastada sihti, mitte kirjeldada Eestis juba olemasolevat valmislahendust. EIT Manufacturing määratleb *learning factory*'t kui tootmise konteksti keerukat õpikeskkonda, mis sisaldab ehtsate tootmissüsteemide ja väärtusahelate koopiaid ning võimaldab praktilist kogemusõpet (EIT Manufacturing, i.a). Selliste keskkondade üks praktiline väärtus on võimalus piloteerida lahendusi enne täismahus hanget või juurutust, et hinnata nende käitamise, hoolduse, andmevoo ja kasutajapraktikate tegelikku toimimist. **Just selliseid tootmise hügieenifaktoreid – installeerimise täpsust, käitamise töökindlust, hoolduse korraldust ja andmevoo järjekindlust – on mõistlik enne täismahus juurutust piloteerida ja harjutada.** Samal ajal vajavad ka õppivad tehased ise järkjärgulist ülesehitamist, piloteerimist ja kohandamist, sest nende eesmärk, kasutusmudel ja töökorraldus ei ole enamasti lõpuni ette antud (EIT Manufacturing, 2022; Enke jt, 2017). Piiriülene uurimisprogramm võiks toimida ka „ahvihuippe“ loogika katsekohana,

kus uusi kombinatsioone uuritakse mitte ainult teoorias, vaid ka õppiva tehase platvormi prototüüpide ja rakenduslike koostöövormide kaudu (Hämäläinen, 2024; EIT Manufacturing, i.a).

Ettevõtjal peab olema võimalik jõuda põhjendatud ülesandepüstituseni: saada kätte turu- ja väärtusahelainfo, tõlkida see tehniliseks ülesandeks, teha investeerimisotsus ja viia lahendus ellu.

Eesti näitena võib osutada Antropoloogia Keskuse 2023. aasta Tööandjate Keskkliidu tellitud uuringule tööstuse innovatsiooni narratiivist ja juhtide persoonidest. Uuringu kokkuvõttes rõhutatakse, et tööstusjuhtidele tähendab innovatsioon väga erinevaid asju, tööstuse kuvandit tajutakse negatiivsena ning juhid vajavad innovatsiooni elluviimiseks laiemat ühiskondlikku mandaati ja mitmekülgset tuge. Tulemus näitab, mida antropoloogiline lähenemine saab Eesti kontekstis lisada: teha nähtavaks hoiakud, tõlgendused ja vastastikused ootused, mis kujundavad tehnilise muutuse tegelikku käiku (Antropoloogia Keskus, i.a-b).

Idee „asjadest arusaamisest tegutsemisjulguseni“ sobib ka artikli poliitilise

järelduse lühivormeliks. **Ettevõtjal peab olema võimalik jõuda põhjendatud ülesandepüstituseni: saada kätte turu- ja väärtusahelainfo, tõlkida see tehniliseks ülesandeks, teha investeerimisotsus ja viia lahendus seejärel järjekindlalt ellu.** Selles tähenduses on ligipääs turulugemisoskusele osa konkurentsivõimest, mitte pelgalt selle taustatingimus.

Kes mida peaks tegema?

Kui tõlkida eelnevad ettepanekud Eesti oludesse sobivaks konkreetsemaks tegevuskavaks, joonistub välja vähemalt

Investeerimisotsust ei saa lahutada küsimusest, kas ettevõtte on olemas suutlikkus tagada lahenduse töökindel kasutus kogu selle elutsükli jooksul.

viis teostajate rühma. Just nende koostööst sõltub, kas Tööstus 4.0 jääb Eestis tehnoloogiliseks loosungiks või muutub praktiliseks organisatsioonitehniliseks lahenduseks.

Esiteks riik ja riigi tugisüsteem.

Valitsuse, ministriumide ja rakendusasutuste roll peaks olema siduda tehnoloogia- ja digitaliseerimistoetused turu lugemise andmevõimekuse,

ülesandepüstituse, organisatsiooni- tehnilise lahenduse kvaliteedi, juhtimiskvaliteedi, protsessimuudatuste ja töötajate õppega. Seda loogikat toetavad nii Euroopa Komisjoni riigiraport kui ka Vahteri käsitlus, mille järgi annab tehnoloogiline innovatsioon suurima tulemuse siis, kui sellega kaasnevad organisatsioonilised muudatused ja juhtimisvõimekus (Euroopa Komisjon, 2025; Kaasik jt, 2024; Vahter, 2024).

Teiseks välis- ja turuinfo kandjad.

Välisministeeriumi äridiplomaatia, EIS, erialaliidud, standardiorganisatsioonid ja ettevõtlusvõrgustikud peaksid tegema turu lugemise ettevõttele senisest kättesaadavamaks: koondama sihtturgude nõudeid, klientide ootusi, standardeid, tehnoloogilisi nihkeid ja sobivaid partnereid ühtsemaks teenuseks. Riigikontrolli ülevaade ning ITL-i Tööstus 4.0 platvorm näitavad, et üksikuid vahendeid on olemas, kuid koordineeritud tervik pole ettevõtja vaates veel iseenesestmõistetav (Delfi Ärileht, 2020; Eesti Infotehnoloogia ja Telekommunikatsiooni Liit, i.a-c, i.a-d, i.a-e).

Kolmandaks ülikoolid ja kutseharidus. Ülikoolide, rakenduskõrgkoolide ja kutseõppe ülesanne ei ole mitte üksnes tehnoloogiat õpetada, vaid siduda see töökorralduse, juhtimise, standardite, turvalisuse ja muutuste juhtimisega. Väljakutse on, kas Eesti suudab viia oma väärtust loovate inimeste digioskused tasemele, millest edasi tekivad reaalsed eeldused konkurentsivõime hoidmiseks ja parandamiseks. Riivese varasem RiTo käsitlus, TalTechi interdistsiplinaarsed Tööstus 4.0 algatused, ESG keskuse tegevus ning TTHK Tööstus 4.0 õpikeskkond osutavad, et sellise lõimimise üksikelemente Eestis leidub, kuid need vajavad terviklikumat sidumist (Riives, 2015; Tallinna Tehnikaülikool, 2020; Tallinna Tehnikaülikooli ESG keskus, i.a; Tallinna Tööstushariduskeskus, i.a).

Neljandaks ettevõtte, juhid ja omanikud. Nende kätte jääb otsustav

vastutus **muuta eelistuse, valiku ja otsuse järjestus teadlikuks praktikaks**. Enne investeringut tuleb sõnastada, milline probleem vajab lahendamist, milline lahendus on väärtusahelas sobiv, kuidas masin või tarkvara seotakse igapäevase töövooga ning millised on opereerimise, hoolduse ja järelevalve nõuded. Otto, IITL-i ettevõtetelood ja Vahteri empiiriline käsitlus osutavad, et just siin tekib vahe tehnoloogia ostmise ja selle tegeliku kasutuse vahel (Otto, 2021; Eesti Infotehnoloogia ja Telekommunikatsiooni Liit, 2021a, 2021b, i.a-b; Kaasik jt, 2024). Mida võimekam tootmiseseade, seda suuremad on tavaliselt nõuded selle käitamise usaldusväärsusele, hooldusele ja järelevalvele. Seetõttu ei saa investeerimisotsust lahutada küsimusest, kas ettevõtte suudab tagada lahenduse töökindla kasutuse kogu selle elutsükli jooksul (ISO, 2024; Mallioris jt, 2024).

Seda kinnitab ka AS E-Piim Tootmise Paide tehase juhtum. 2026. aasta kriis näitas, et väliste müügikanalite olemasolust üksi ei piisa, kui tootmise tegelik koormamine, piima jätkuv kokkuost, omanikevahelised kokkulepped ja juhtimisvõime ei püsi koos toimiva tervikuna. Selles mõttes osutab E-Piima juhtum, et ka parima seadmepargi ja välise turulepääsu korral võib komistuskiviks saada ettevõtte sisemine organisatsioonitehniline lahendus (Euroopa Investeerimispank, 2022; ERR, 2026a, 2026b, 2026c).

Viidendaks sotsiaal- ja humanitaar-teadlased. Nende ülesanne ei ole tehnilist projekti tagantjärele kommenteerida, vaid uurida töövooge, tõlkida osapoolte keeli, teha nähtavaks vastupanu, arusaamatused ja kultuurilised eeldused ning aidata hinnata, kas juurutus muudab päriselt töökorraldust või lisab ainult uue digitaalsete kihi. Antropoloogia Keskuse tööd ning artiklis kasutatud sotsiotehniline kirjandus toetavad arusaama, et see roll on Tööstus 4.0 puhul oluline ja praktiline (Antropoloogia Keskus, i.a-a, i.a-b; Sony & Naik, 2020).

Kokkuvõttes võib öelda, et vaja on koordineeritud tegevust, kus turu lugemine, ülesandepüstitus, tehniline valik, organisatsiooniline ümberkorraldus, õpe ja järelevalve on üheks tervikuks seotud algusest peale.

Käsitluse piirangud

Sel käsitlusel on mitu piirangut. **Esiteks** pärineb osa Eesti praktilistest näidetest ettevõtete, liitude, koolide ja ülikoolide enesekirjeldusest. Need on küll kasutatavad, sest näitavad, milliseid probleeme ja lahendusi osalised ise oluliseks peavad, kuid ei asenda sõltumatut ettevõttepõhist hindamist ega võimalda alati mõõta lahenduste pikaajalist mõju (Antropoloogia Keskus, i.a-a, i.a-b; Eesti Infotehnoloogia ja Telekommunikatsiooni Liit, 2021a, 2021b, i.a-b, i.a-c; Tallinna Tehnikaülikool, 2020; Tallinna Tööstushariduskeskus, i.a). Samuti toetavad avalikud statistilised ja poliitika-dokumendid hästi laiemat diagnoosi – näiteks VKE-de aeglane digimuutus, tootlikkuse mahajäämus ja institutsionaalne killustatus –, kuid ei võimalda enamasti hinnata üksikute tugiinstrumentide, demokeskkondade või programmide tegelikku mõju eraldi (OECD, 2024b; Euroopa Komisjon, 2024; Euroopa Kontrollikoda, 2025). Peale selle tuleb artiklis käsitletud Eesti näiteid mõista pigem võimalike institutsionaalsete vormide ja osaliste katsetena, mitte tõendina selle kohta, et süsteemne ja laiapõhjaline lahendus oleks juba välja kujunenud.

Teiseks tuleb olla ettevaatlik juhtumite tõlgendamisel. Nii E-Piima kui ka Crystalsoli näited toetavad väidet, et tehnoloogiline investering või väga kõrge väärtusahela ambitsioon ei asenda organisatsioonilist kooshoidmist. Avalikult kättesaadavad allikad lubavad E-Piima puhul väita, et ettevõtte pankrot kuulutati välja 11. märtsil 2026, kuid need ei võimalda taandada kriisi ühele põhjusele. Crystalsoli puhul osutavad allikad teadmismahukale tehnoloogiale, pikale arendusperioodile ja keerulisele kommertsialiseerimisele, kuid

ei võimalda anda terviklikku hinnangut kogu strateegiale. Need juhtumid sobivad seega mustri näitamiseks, mitte lihtsus-tatult „süüdlase“ otsimiseks (Euroopa Investeerimispank, 2022; ERR, 2026a, 2026b, 2026c; pv magazine, 2020; TalTech, 2019, i.a).

Kolmandaks on Tööstus 4.0 lai ja liikuv mõiste. Selle alla mahuvad korraga tehnoloogilised standardid, ärimudelid, töökorraldus, oskused ja väärtusahela strateegiad. Eesti väiksus on siin kahetine tegur: see piirab sageli kapitalimahu, spetsialiseerumise ja siseturu mõttes, kuid ei ole iseenesest takistus uute kombinatsioonide katsetamiseks ega võimekuste hajutamiseks. Seepärast on tähtis eristada, millal on väiksus reaalne piirang ja millal pigem õigustus vältida keerulisemaid valikuid (Hämäläinen, 2024; Kaasik jt, 2024; Varblane, 2025).

LÕPPSÕNA

Eesti vastus Tööstus 4.0 väljakutsele eeldab riigi, ettevõtete, haridusasutuste, tugisüsteemi ning sotsiaal- ja humanitaar-teadlaste koordineeritud koostööd. Eesti ei vaja üksnes rohkem tehnoloogiat, vaid **konkurentsieelisest lähtuvat koordineeritud koostööd**, kus turu lugemine, ülesandepüstitus, tehniline valik, organisatsiooniline ümberkorraldus ja õpe on seotud üheks tervikuks. Eestis on elatus-taseme kasv tihedalt seotud sellega, kas eksportiv tootmistööstus suudab liikuda kõrgema lisandväärtusega tegevuste poole ning kasvatada tootlikkust ja tööjõutulu. See eeldab uute konkurentsieeliste loomist ning uute eelduste rajamist olukorras, kus tööstuspöörde on Eestis teadvustatud hilinenult. Eesti toimetulek tööstuspöörde survega nõuab uue organisatsioonitehnilise lahenduse kultuuri loomist.

KASUTATUD ALLIKAD

- ALSHANTY, A. M. & EMEAGWALI, O. L. (2019). Market-sensing capability, knowledge creation and innovation: The moderating role of entrepreneurial orientation. *Journal of Innovation & Knowledge*, 4(3), 171–178. – <https://doi.org/10.1016/j.jik.2019.02.002>.
- ANTROPOLOOGIA KESKUS (i.a-a). Bauhubi tootearenduse tiimi koolitamine ja mentorlus. – <https://antropoloogia.ee/projektid/>.
- ANTROPOLOOGIA KESKUS (i.a-b). Tööstuse innovatsiooni narratiiv ja juhtide persoonauuring. – <https://antropoloogia.ee/projektid/>.
- BAKHARTI, A. R., KUMAR, V., WARIS, M. M., SANIN, C. & SZCZERBICKI, E. (2020). Industry 4.0 implementation challenges in manufacturing industries: An interpretive structural modelling approach. *Procedia Computer Science*, 176, 2384–2393. – <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.306>.
- BARLEY, S. R. (1986). Technology as an occasion for structuring: Evidence from observations of CT scanners and the social order of radiology departments. *Administrative Science Quarterly*, 31(1), 78–108. – <https://doi.org/10.2307/2392767>.
- BREKKE, T., LENKA, S., KOHTAMÄKI, M., PARIDA, V. & SOLEM, B. A. A. (2024). Overcoming barriers to transformation in manufacturing firms: A path-dependence perspective of digital servitization. *Review of Managerial Science*, 18(2), 385–412. – <https://doi.org/10.1007/s11846-023-00641-0>.
- BREQUE, M., DE NUL, L. & PETRIDIS, A. (2021). Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. – <https://doi.org/10.2777/308407>.
- CALLARI, T. C., CURZI, Y. & LOHSE, N. (2025). Realising human-robot collaboration in manufacturing? A journey towards industry 5.0 amid organisational paradoxical tensions. *Technological Forecasting and Social Change*, 219, Article 124249. – <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124249>.
- CHANG, H.-J. (2002). *Kicking away the ladder: Development strategy in historical perspective*. Anthem Press.
- CHONSAWAT, N. & SOPADANG, A. (2020). Defining SMEs' 4.0 readiness indicators. *Applied Sciences*, 10(24), 8998. – <https://doi.org/10.3390/app10248998>.
- DAVIS, M. C., CHALLENGER, R., JAYEWARDENE, D. N. W. & CLEGG, C. W. (2014). Advancing socio-technical systems thinking: A call for bravery. *Applied Ergonomics*, 45(2), 171–180. – <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.02.009>.
- DELFI ÄRILEHT (07.10.2020). Riigikontroll: EASI ja välisministeeriumi omavaheline konkureerimine ei toeta äridiplomaatia arengut. – <https://arileht.delfi.ee/artikkel/91282829/riigikontroll-easi-ja-valisministeeriumi-omavaheline-konkureerimine-ei-toeta-aridiplomaatia-arengut>.

- DIESTE, M., SAUER, P. C. & ORZES, G. (2022). Organizational tensions in industry 4.0 implementation: A paradox theory approach. *International Journal of Production Economics*, 251, Article 108532. – <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108532>.
- EAMETS, R. (2024). Eesti tööstuse keerulised ajad. *Riigikogu Toimetised*, 49, 25–34. – <https://rito.riigikogu.ee/eelmised-numbrid/nr-49/eesti-toostuse-keerulised-ajad/>.
- EESTI INFOTEHNOLOOGIA JA TELEKOMMUNIKATSIOONI LIIT (2021a, 4. aprill). K-Print: tarneahel kontrolli alla ja käive kolmekordseks. – <https://itl.ee/edulood/k-print-tarneahel-kontrolli-alla-ja-kaive-kolmekordseks/>.
- EESTI INFOTEHNOLOOGIA JA TELEKOMMUNIKATSIOONI LIIT (2021b, 4. aprill). Torm Metall: kümme korda mõõda ... – <https://itl.ee/edulood/torm-metall-kumme-korda-mooda/>.
- EESTI INFOTEHNOLOOGIA JA TELEKOMMUNIKATSIOONI LIIT (i.a-a). Tootmislahendused. – <https://itl.ee/toostus-4-0/tootmislahendused/>.
- EESTI INFOTEHNOLOOGIA JA TELEKOMMUNIKATSIOONI LIIT (i.a-b). Bellus Furniture – IT-lahendus, mis vähendas tarneaega. – <https://itl.ee/edulood/bellus-furniture-it-lahendus-mis-vahendas-tarneaega/>.
- EESTI INFOTEHNOLOOGIA JA TELEKOMMUNIKATSIOONI LIIT (i.a-c). Tööstus 4.0. – <https://itl.ee/toostus-4-0/>.
- EESTI INFOTEHNOLOOGIA JA TELEKOMMUNIKATSIOONI LIIT (i.a-d). Ettevõtte praktiline digiteekond. – <https://itl.ee/toostus-4-0/digiteekond/>.
- EESTI INFOTEHNOLOOGIA JA TELEKOMMUNIKATSIOONI LIIT (i.a-e). Digilahenduste kasutuselevõtmine ettevõtetes. – <https://itl.ee/digidiagnostika/>.
- EIT MANUFACTURING (2022). Learning Factories Network Development: Call for Expression of Interest. – https://www.eitmanufacturing.eu/wp-content/uploads/2022/06/EITM_LFND2022_Call_v.4.pdf.
- EIT MANUFACTURING (i.a). Learning Factory. – <https://www.eitmanufacturing.eu/what-we-do/education/resources/learning-factory%E2%80%8B/>.
- EKN (05.09.2022). New Estonian dairy creates higher value to local farmers. – <https://www.ekn.se/en/ekn-magazine/ekns-magazine/new-estonian-dairy-creates-higher-value-to-local-farmers/>.
- ENKE, J., GLASS, R. & METTERNICH, J. (2017). Introducing a maturity model for learning factories. *Procedia Manufacturing*, 9, 1–8. – <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.010>.
- ERR (2026a, 5. veebruar). E-Piim võib müüa Paide piimatööstuse Hollandi investorile. – <https://www.err.ee/1609932800/e-piim-voib-muua-paide-piimatostuse-hollandi-investorile>.
- ERR (2026b, 22. märts). AK. Nädal uuris, mis viis E-piima tehase pankrotini. – <https://www.err.ee/1609974564/ak-nadal-uuris-mis-viis-e-piima-tehase-pankrotini>.
- ERR (2026c, 12. märts). Kohus kuulutas välja AS E-Piim Tootmine pankroti. – <https://www.err.ee/1609965182/kohus-kuulutas-valja-as-e-piim-tootmine-pankroti>.
- ERR NOVAATOR (24.03.2013). Enn Mellikov: elutöö päikeseenergeetikas. – <https://novaator.err.ee/245961/enn-mellikov-elutoo-paikeseenergeetikas>.
- ETTEVÕTLUSE JA INNOVATSIOONI SIHTASUTUS (18.09.2023). Digitaliseerimine on edukas, kui protsessi usaldatakse. – <https://eis.ee/digitaliseerimine-on-edukas-kui-protsessi-usaldatakse/>.
- ETTEVÕTLUSE JA INNOVATSIOONI SIHTASUTUS (24.10.2024). Ettevõtluse auhind 2024: Digitaliseerimise tipud nopivad oma sammude vilju. – <https://eis.ee/ettevotluse-auhind-2024-digitaliseerimise-tipud-nopivad-oma-sammude-vilju/>.
- EUROOPA INVESTEERIMISPANK (13.05.2022). Estonia: EIB to support dairy producer E-Piim under Investment Plan for Europe. – <https://www.eib.org/en/press/all/2022-228-eib-to-support-estonian-dairy-producer-e-piim-under-investment-plan-for-europe>.
- EUROOPA KOMISJON (2015). EudraLex, Volume 4, EU Guidelines for Good Manufacturing Practice, Annex 15: Qualification and Validation. European Commission. – https://health.ec.europa.eu/system/files/2016-11/2015-10_annex15_0.pdf.
- EUROOPA KOMISJON (2023). Monitoring the twin transition of industrial ecosystems. European Commission. – <https://monitor-industrial-ecosystems.ec.europa.eu/sites/default/files/2023-12/EMI%20EI%20industrial%20ecosystem%20report.pdf>.
- EUROOPA KOMISJON (2024). Estonia 2024 Digital Decade Country Report. European Commission. – <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/estonia-2024-digital-decade-country-report>.
- EUROOPA KOMISJON (2025). Estonia 2025 Digital Decade Country Report. European Commission. – <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/estonia-2025-digital-decade-country-report>.
- EUROOPA KONTROLLIKODA (2025). Review 05/2025: Smart specialisation strategies in the EU. – https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/RV-2025-05/RV-2025-05_EN.pdf.
- EUROPEAN DIGITAL INNOVATION HUBS NETWORK (i.a). AIRE. – <https://european-digital-innovation-hubs.ec.europa.eu/edih-catalogue/aire>.
- EUROSTAT (2023). Digital intensity by size class of enterprise (isoc_e_dii). – https://doi.org/10.2908/ISOC_E_DII.

- EUROSTAT (2025). Digitalisation in Europe – 2025 edition. Interactive publication. Eurostat. – <https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/digitalisation-2025>.
- FAROQUE, A. R., RAHMAN, A., APPIAH, E. K. & AHMED, J. U. (2025). Entrepreneurial implications of export market orientation: Unveiling proactive and responsive market orientation's differential role in exporting firms. *Industrial Marketing Management*, 131, 89–102. – <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2025.10.004>.
- FELDMAN, M. S. & PENTLAND, B. T. (2003). Reconceptualizing organizational routines as a source of flexibility and change. *Administrative Science Quarterly*, 48(1), 94–118. – <https://doi.org/10.2307/3556620>.
- FELIPE, J., JIN, H. & MEHTA, A. (2024). Education and the evolution of comparative advantage. *Structural Change and Economic Dynamics*, 70, 530–543. – <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2024.05.011>.
- HAUSMANN, R. & RODRIK, D. (2003). Economic development as self-discovery. *Journal of Development Economics*, 72(2), 603–633. – [https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(03\)00124-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(03)00124-X).
- HAUSMANN, R., HIDALGO, C. A., BUSTOS, S., COSCIA, M., CHUNG, S., JIMENEZ, J., SIMOES, A. & YILDIRIM, M. A. (2014). *The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity*. MIT Press.
- HÄMÄLÄINEN, T. (24.09.2024). Anticipating competitiveness: Foresight and public discussion in Finland [Konverentsiettekanne]. Arenguseire Keskus. – https://arenguseire.ee/wp-content/uploads/2024/09/timo-hamalainen_tallinna-240924.pdf.
- HERZBERG, F., MAUSNER, B. & SNYDERMAN, B. B. (1959). *The motivation to work* (2. trükk). John Wiley & Sons.
- IMF (2025). *World economic outlook, October 2025: Chapter 3. Industrial policy: Managing trade-offs to promote growth and resilience*. International Monetary Fund. – <https://www.imf.org/-/media/files/publications/weo/2025/october/english/ch3.pdf>.
- INGOLD, T. (2011). *Being alive: Essays on movement, knowledge and description*. Routledge.
- ISLAM, M. N., HOSSAIN, M. M. & ORNOB, M. S. S. (2024). Business research on Industry 4.0: A systematic review using topic modelling approach. *Future Business Journal*, 10, 111. – <https://doi.org/10.1186/s43093-024-00398-2>.
- ISO (i.a). ISO 9000 – Quality management systems – Fundamentals and vocabulary. <https://www.iso.org/standard/9000>.
- ISO (2021). ISO 12616-1:2021. Terminology work in support of multilingual communication - Part 1: Fundamentals of translation-oriented terminography. – <https://www.iso.org/standard/72308.html>.
- ISO (2024). ISO 55000:2024. Asset management – Vocabulary, overview and principles. International Organization for Standardization. – <https://www.iso.org/standard/83053.html>.
- KAASIK, Ü., MÄNNASOO, K., VAHTER, P. & VARBLANE, U. (2024). Eesti majanduse olukord ja väljavaated 2024. Konkurentsivõime eksperdikogu raport Riigikogule. Riigikogu Kantselei. – https://arenguseire.ee/wp-content/uploads/2024/06/rk_konkurentsivoime-raport_2024_est.pdf.
- KAASIK, Ü., MÄNNASOO, K., VARBLANE, UR. & VARBLANE, UK. (2025). Eesti majanduse olukord ja väljavaated 2025. Konkurentsivõime eksperdikogu raport Riigikogule. Riigikogu Kantselei. – https://arenguseire.ee/wp-content/uploads/2025/06/2025_eesti-majanduse-olukord-ja-valjavaated_raport.pdf.
- KOTTHAUS, C., VITT, N., KRÜGER, M., PIPEK, V. & WULF, V. (2023). Negotiating priorities on the shopfloor: A design case study of maintainers' practices. *Computer Supported Cooperative Work*, 32, 141–210. – <https://doi.org/10.1007/s10606-022-09444-5>.
- LIU, S.-F., FAN, Y.-J., LUH, D.-B. & TENG, P.-S. (2022). Organizational culture: The key to improving service management in Industry 4.0. *Applied Sciences*, 12(1), 437. – <https://doi.org/10.3390/app12010437>.
- LOTMAN, J. (2001). *Kultuur ja plahvatus*. Varrak.
- MALLIORIS, P., AIVAZIDOU, E. & BECHTIS, D. (2024). Predictive maintenance in Industry 4.0: A systematic multi-sector mapping. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 50, 80–103. – <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2024.02.003>.
- MINISTRY OF BUSINESS, INNOVATION AND EMPLOYMENT (2022, juuli). *New Zealand's Export Advantage: Composition and performance of New Zealand's comparative advantages from 1995–2018*. – <https://www.mbie.govt.nz/dmsdocument/23289-nz-export-advantage-composition-and-performance-of-nz-comparative-advantages-from-1995-2018.pdf>.
- MINISTRY OF BUSINESS, INNOVATION AND EMPLOYMENT (2023). *Advanced Manufacturing Industry Transformation Plan*. – <https://www.mbie.govt.nz/business-and-employment/economic-growth/previous-economic-development-work/industry-transformation-plans/advanced-manufacturing>.
- OECD (2017). *Getting the most out of trade in Estonia*. OECD Economics Department Working Papers, No. 1436, OECD Publishing. – <https://doi.org/10.1787/0b0b99b5-en>.
- OECD (2023). *Regions in Industrial Transition 2023*. OECD Publishing. – https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/09/regions-in-industrial-transition-2023_01fa0c0d/5604c2ab-en.pdf.
- OECD (2024a). *Estonia's firm-level production network: Lessons for industrial policy*. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2024/13, OECD Publishing. – <https://doi.org/10.1787/e0f18b9c-en>.
- OECD (2024b). *OECD Economic Surveys: Estonia 2024*. OECD Publishing. – <https://doi.org/10.1787/33e6beee-en>.
- OHNSORGE, F., RAISER, M. & XIE, Z. L. (29.10.2024). The renaissance of industrial policy: Known knowns, known unknowns, and unknown unknowns. Let's Talk Development, World Bank Blogs. – <https://blogs.worldbank.org/en/developmenttalk/the-renaissance-of-industrial-policy--known-knowns--known-unknown>.

- OJHA, R. S., KUMAR, A., KUMAR, V., RAJA, A. R. & SINGH, S. (2024). Industry 4.0 implementation barriers in automotive manufacturing industry: Interpretive structural modelling approach. *Concurrent Engineering: Research and Applications*, 32(1–4), 34–45. – <https://doi.org/10.1177/1063293X241287687>.
- OOSTVEEN, A.-M., EIMONTAITE, I. & FLETCHER, S. (2025). Human factors in digital manufacturing technology adoption: A workforce perspective. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 140, 6575–6593. – <https://doi.org/10.1007/s00170-025-16524-5>.
- OPAZO-BASÁEZ, M., VENDRELL-HERRERO, F., BUSTINZA, O. F., VAILLANT, Y. & MARIĆ, J. (2023). Is digital transformation equally attractive to all manufacturers? Contextualizing the operational and customer benefits of smart manufacturing. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 53(4), 489–511. – <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-12-2021-0538>.
- ORLIKOWSKI, W. J. (2000). Using technology and constituting structures: A practice lens for studying technology in organizations. *Organization Science*, 11(4), 404–428. – <https://doi.org/10.1287/orsc.11.4.404.14600>.
- OTTO, T. (25.05.2021). Tootmine mingi järjest nutikamaks. TööstusEST. – <https://toostusest.ee/uudis/2021/05/25/tauno-otto-tootmine-mingi-jarjest-nutikamaks/>.
- PETRILLI, S. & PONZIO, A. (2010). *Semioethics*. P. Cobley (toim), *The Routledge companion to semiotics* (lk 150–162). Routledge.
- PORTER, M. E. (1985). *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. Free Press.
- PV MAGAZINE (14.01.2020). Hard times for thin-film PV module makers as Crystalsol and Calyxo file for insolvency. – <https://www.pv-magazine.com/2020/01/14/hard-times-for-pv-thin-film-module-makers-as-crystalsol-and-calyxo-file-for-insolvency/>.
- RAMADAN, M., AMER, T., SALAH, B. & RUZAYQAT, M. (2022). The impact of integration of Industry 4.0 and internal organizational forces on sustaining competitive advantages and achieving strategic objectives. *Sustainability*, 14(10), 5841. – <https://doi.org/10.3390/su14105841>.
- RAUDSAAR, M. (2024). Tööstuseta me rikkaks ei saa. Riigikogu Toimetised, 49, 5–6. – <https://rito.riigikogu.ee/eelmised-numbrid/nr-49/toostuseta-me-rikkaks-ei-saa/>.
- RIIVES, J. (2015). Tööstus 4.0 ja selle mõjud Eesti tööstusele ja haridusele. Riigikogu Toimetised, 31, 42–50. – <https://rito.riigikogu.ee/eelmised-numbrid/nr-31/toostus-4-0-ja-selle-mojud-eesi-toostusele-ja-haridusele/>.
- ROTH, K. & FARAHMAND, K. (2023a). A socio-technical study of Industry 4.0 and SMEs: Recent insights from the Upper Midwest. *Sustainability*, 15(16), 12559. – <https://doi.org/10.3390/su151612559>.
- ROTH, K. & FARAHMAND, K. (2023b). A study of current socio-technical design practices in the Industry 4.0 context among small, medium, and large manufacturers in Minnesota and North Dakota. *Sustainability*, 15(23), 16438. – <https://doi.org/10.3390/su152316438>.
- ROYAL A-WARE (22.04.2021). SCE E-Piim, Royal A-Ware and Interfood Group join forces to develop ultramodern dairy facility in Estonia. – <https://www.royal-aware.com/en/sce-e-piim-royal-a-ware-and-interfood-group-join-forces-to-develop-ultramodern-dairy-facility-in-estonia/>.
- ROYAL A-WARE (05.09.2023). First cheese from the most modern dairy factory in Estonia. – <https://www.royal-aware.com/en/first-cheese-from-the-most-modern-dairy-factory-in-estonia.html>.
- SAUDI INDUSTRIAL DEVELOPMENT FUND (i.a). Feasibility Study Preparation Guideline. – https://www.sidf.gov.sa/-/media/PDFs/LoanFiles/Feasibility-Study-Preparation-Guideline_En.pdf.
- SONY, M. & NAIK, S. (2020). Industry 4.0 integration with socio-technical systems theory: A systematic review and proposed theoretical model. *Technology in Society*, 61, Article 101248. – <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101248>.
- STATISTIKAAMET (15.09.2025). Statistikaameti IT uuring: pooled Eesti ettevõtted kasutavad andmeanalüütikat. – <https://stat.ee/et/uudised/statistikaameti-it-uuring-pooled-eesi-ettevotted-kasutavad-andmeanaluutikat>.
- STATISTIKAAMET (05.02.2026). Tööstustoodangu maht kasvas 2025. aastal 1,7%. – <https://stat.ee/et/uudised/toostustoodangu-maht-kasvas-2025-aastal-17>.
- SUURSOO, I. (2024). Vähenenud ambitsioon hoiab tööstusel ja majandusel pidurit peal. Riigikogu Toimetised, 49, 41–44. – <https://rito.riigikogu.ee/eelmised-numbrid/nr-49/vahene-ambitsioon-hoiab-toostusel-ja-majandusel-pidurit-peal/>.
- SYDOW, J., SCHREYÖGG, G. & KOCH, J. (2009). Organizational path dependence: Opening the black box. *Academy of Management Review*, 34(4), 689–709. – https://www.wiwi.wiwi-berlin.de/forschung/pfadkolleg/downloads/AMR_09.pdf.
- SYDOW, J., SCHREYÖGG, G. & KOCH, J. (2020). On the theory of organizational path dependence: Clarifications, replies to objections, and extensions. *Academy of Management Review*, 45(4), 717–734. – <https://doi.org/10.5465/amr.2020.0163>.
- TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL (2020). Potential of Industry 4.0 and Digitalisation in Estonia. In *Research Projects | Department of Business Administration*. – <https://taltech.ee/en/department-business-administration/projects>.
- TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL (i.a). Tarkade tootmistehnoloogiate ja robotika teaduskeskus. <https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/tarkade-tootmistehnoloogiate-ja-robotika-teaduskeskus>.
- TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOLI ESG KESKUS (i.a). Collaboration: Sustainable Value Chain Management Research Group. – <https://esg.taltech.ee/en/collaboration/>.

- TALLINNA TÖÖSTUSHARIDUSKESKUS (i.a). Tööstus 4.0 ja võrgud. Tööstuslikud infovõrgud ja IT turvalisus. – <https://ikt.tthk.ee/toostus-4-0-ja-vorgud/>.
- TALLINNA ÜLIKOOL (i.a). Interdistsiplinaarsed sotsiaalteadused – Artes Liberales. – <https://www.tlu.ee/yti/interdistsiplinaarsed-sotsiaalteadused-artes-liberales>.
- TALTECH (10.12.2019). TalTechi materjaliteadlased parandasid järgmise põlvkonna päikesepaneelide tööefektiivsust hõbeda lisamisega absorbermaterjali. – <https://taltech.ee/uudised/taltech-materjaliteadlased-parandasid-jargmise-polvkonna-paikesepaneelide-tooefektiivsust>.
- TALTECH (i.a). Päikeseenergetika materjalide teaduslabor. – <https://taltech.ee/materjali-ja-keskkonnatehnoloogia-instituut/laborid-ja-teenused/paikeseenergeetika-materjalide-labor>.
- TELVE, K. (2024). Eestisisene kemplemine võtab tööstussektorilt jõu areneda ja kasvada. Riigikogu Toimetised, 49, 45–46. – <https://rito.riigikogu.ee/eelmised-numbrid/nr-49/eestisisene-kemplemine-votab-toostussektorilt-jou-areneda-ja-kasvada/>.
- TIWARI, A. K. (2023). Automation in an Open, Catching-up Economy: Aggregate and Microeconomic Evidence. University of Tartu FEBA Working Paper No. 144. – <https://hdl.handle.net/11159/15835>.
- TORTORELLA, G. L., PRASHAR, A., CARIM JUNIOR, G., MOSTAFA, S., BARROS, A., LIMA, R. M. & HINES, P. (2024). Organizational culture and Industry 4.0 design principles: An empirical study on their relationship. Production Planning & Control, 35(11), 1263–1277. – <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2170294>.
- TRIST, E. L. & BAMFORTH, K. W. (1951). Some social and psychological consequences of the longwall method of coal-getting. Human Relations, 4(1), 3–38. – <https://doi.org/10.1177/001872675100400101>.
- UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD) (2025). Diversifying economies in a world of accelerated digitalization: Report of the Secretary-General. United Nations. – https://unctad.org/system/files/official-document/ecn162025d2_en.pdf.
- UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO) (1980). Guidelines for the Preparation of Industrial Feasibility Studies for Consulting Firms. – <https://www.unido.org/publications/ot/9644209/pdf>.
- U.S. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (2011). Guidance for Industry. Process Validation: General Principles and Practices. – <https://www.fda.gov/media/71021/download>.
- VAHTER, P. (25.09.2024). Automatiseerimine ja digitaliseerimine: võimalused ja väljakutsed Eesti ettevõtetele [ettekande slaidid]. Arenguseire Keskus. – https://arenguseire.ee/wp-content/uploads/2024/09/priitvahter_slaidid_25september2024.pdf.
- VARBLANE, U. (24.09.2025). Konjunktuur ja konkurentsivõime: Eesti võrdlus Läti, Leedu ja Soomega [Konverentsietekanne]. Arenguseire Keskus. – https://arenguseire.ee/wp-content/uploads/2025/09/urmas-varblane_eesti-vordluses-lati-leedu-ja-soomega_24.09.2025.pdf.
- WOMACK, J. P., JONES, D. T. & ROOS, D. (1990). The machine that changed the world: The story of lean production. Free Press.
- WTO (21.03.2022). Global Supply Chains Forum: Easing supply chain bottlenecks for a sustainable future. Event report. World Trade Organization. – https://www.wto.org/english/news_e/events_e/report-gsforum2022_e.pdf.