

EESTI ETTEVÖTETE INNOVATSIOONI- JA ETTEVÕTLUSVÕIMALUSED TAIE ARENGUKAVA 2021- 2035 FOOKUSVALDKONDADE JAOKS STRATEEGILISELT OLULISTES GLOBAALSETES VÄÄRTUSAHELATES OSALEMISEL

ARUANNE

2022

Veebruar



**Eesti ettevõtete innovatsiooni- ja
ettevõtlusvõimalused TAIE arengukava
2021–2035 fookusvaldkondade jaoks
strateegiliselt olulistes globaalsetes
väärtusahelates osalemisel**

Tellinud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium

Uuringu tellis Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. Uuringu tegi Tartu Ülikooli sotsiaalteaduslike rakendusuringute keskus RAKE.

UURINGU AUTORID:

Mati Mõtte

Uku Varblane

Doris Pavlov

Siim Espenberg

Uuringu tegijad tänavad valdkondlikke eksperte, kes võtsid osa töötubades aset leidnud aruteludest ja jagasid uurimismeeskonnaga oma ideid ja soovitusi, ning tellija esindajat Külli Kella Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumist.

RAKE

RAKE on võrgustikutüüpi rakendusuringute keskus. Meie missioon on edendada teadmisel põhinevat otsustamist Eesti ühiskonnas. Lisaks RAKE meeskonnale kaasame kõrgeima kvaliteedi tagamiseks oma uuringutesse valdkondlikke eksperte nii Tartu Ülikoolist kui vajadusel ka väljastpoolt. RAKE võrgustikust leiab nii sotsiaalteadlasi kui meditsiini-, loodus-, tehnika- ja humanitaarteaduste valdkonna esindajaid.

KONTAKTANDMED:

Lossi 36, 51003, Tartu

+372 5187683

mati.motte@ut.ee

<http://skytte.ut.ee/et/rake>

SISUKORD

SISUKORD	5
1. SISSEJUHATUS.....	6
2. METOODIKA.....	7
3. DOKUMENDIANALÜÜS.....	12
3.1. OLULISTE VÄÄRTUSAHELATE KONTSEPTSIOON	12
4. EKSPORDIVÕIMEKATE EESTI ETTEVÕTETE ANALÜÜS	17
5. TEHNOLOOGILISTE ARENGUTE JA POTENTSIAALSETE TOODETE KAARDISTUS.....	31
5.1. TEHNOLOOGIA JA TOODETE TRENDID KOHALIKE RESSURSSIDE VÄÄRINDAMISE FOKUSVALDKONNAS	31
5.1.1. TRENDID MAAVARADE JA JÄÄTMETE VÄÄRINDAMISE VÄÄRTUSAHELAS	31
5.1.2. TRENDID PUIDU TÖÖTLEMISE VÄÄRTUSAHELAS.....	40
5.1.3. TRENDID TERVISETEHNOLOOGIA- JA FARMAATSIATOODETE VÄÄRTUSAHELAS.....	50
5.2. TEHNOLOOGIA JA TOODETE TRENDID NUTIKATE JA KESTLIKE ENERGIALAHENDUSTE	55
FOKUSVALDKONNAS	55
5.2.1. TRENDID ENERGIATOOTMISE VÄÄRTUSAHELAS	55
5.3. MÕÕDIKUD VÄÄRTUSAHELATES TULEMUSTE HINDAMISEKS	61
6. KOKKUVÕTE.....	63
7. KIRJANDUS.....	65
8. LISAD	70
8.1. LISA 1. KÜSIMUSTIK VALDKONDLIKU EKSPERTTEADMISE KOGUMISEKS	70

1. SISSEJUHATUS

Struktuursete muutuste esilekutsumine eeldab teaduse, ettevõtluse ja poliitikakujundamise koosmõju ning tegevuste ja rahaliste vahendite koondumist, mistõttu on Eesti teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ja ettevõtluse (TAIE) arengukavas 2035 (edaspidi TAIE arengukava) määratud ära riigi jaoks olulised fookusvaldkonnad. TAIE arengukavas on kaardistatud sihid ja kolm ettevõtluskeskkonna tegevussuunda, mis võiksid kiirendada Eesti majanduskasvu. Esimene on konkurentsivõimelise ja targa ettevõtlus- ja tarbimiskeskonna arendamine, teiseks märgitakse oluliseks kõrgema lisandväärtuse loomist ja ekspordi võimekuse arendamist ning kolmandaks tehnoloogia- ja arendusmahukate investeeringute tegemise stimuleerimist (TAIE arengukava, 2021). Lisaks loovad investeeringud teadusesse ja arendustegevusse uusi, tarku ja kõrgema sissetulekuga töökohti, suurendavad lisandväärtust ning toetavad pikaajalist majanduskasvu. Kiired muutused tehnoloogias, digitaliseerimise ja tehisintellekti areng suurendavad veelgi vajadust teaduse ja arendustegevuse järele ning avavad uusi võimalusi ettevõtluseks. Euroopa Liit (EL), Majanduskoostöö ja Arengu Organisatsioon (OECD) ning Rahvusvaheline Valuutafond (IMF) on juhtinud tähelepanu, et Eesti peaks suurendama TAIE poliitika mõjusust, sest riigi investeeringud teadus- ja arendustegevusse ei ole soovitud mahus suurendanud kõrge lisandväärtusega toodete ja teenuste ekspordi ega aidanud tõsta tootlikkust.

Uuringu eesmärk on läbi viia nutikate ja kestlike energialahenduste ning kohalike ressursside väärtusahelate teekaartide koostamisele eelnev analüüs, mille käigus kaardistatakse Eesti majandusele suurima potentsiaaliga väärtusahelaid, võimalikke tegevusi, mõõdikuid ja sekkumismeetmeid ning analüüsitakse ettevõtete ekspordivõimekust.

Uuringus on vaatluse all kaks TAIE arengukava fookusvaldkonda – **nutikate ja kestlike energialahenduste** ja **kohalike ressursside väärimise** fookusvaldkond.

Uuringu ülesanded on järgmised:

- 1) kaardistada kahe fookusvaldkonna alamvaldkondade jaoks Eesti majandusele suurima potentsiaaliga väärtusahelad;
- 2) kaardistada kahe fookusvaldkonna alamvaldkondades ekspordivõimekad Eesti ettevõtted, mis oleksid võimelised osalema neis väärtusahelates;
- 3) pakkuda välja TAIE arengukava eesmärkide saavutamiseks vajalikud riigipoolsed sekkumismeetmed, et suunata ja aidata Eesti ettevõtteid neis väärtusahelates osalema;
- 4) pakkuda välja Eesti majanduskasvu jaoks suurima potentsiaaliga ettevõtlussuunad neis väärtusahelates koos eesmärkide ja mõõdikutega.

Uuringu tulemuseks on teadmuspõhiselt koostatud ülevaade väärtusahelatest, juba tegutsevatest ning potentsiaalsete Eesti ettevõtete osast neis väärtusahelates, aga ka ülevaade võimalikest vajalikest arengutegevustest ja sekkumismeetmete ettepanekutest koos ekspertarvamustega. Uuring annab sisendit TAIE arengukava fookusvaldkondade nutikad ja kestlikud energialahenduste ja kohalike ressursside väärimise teekaartide koostamiseks.

2. METOODIKA

Uuringus tugineme kombineeritud meetodite kasutamisele, kus rakendatakse dokumendianalüüsi, kvalitatiivset primaarandmete kogumist ja väärtusahelas osalevate ettevõtete majandusandmete kvantitatiivset analüüsi. Uuringu keske osa moodustab uute kõrgema lisandväärtusega potentsiaalsete tehnoloogiate ja toodete kaardistamine valitud kahe fookusvaldkonna (**nutikad ja kestlikud energialahendused** ning **kohalike ressursside väärindamine**) ja nendega seotud väärtusahelates (kvalitatiivne analüüs), aga ka ekspordivõimekate ettevõtete kvantitatiivne analüüs. Uuringu läbiviimisel ja meetodika valikul arvestasime võimaliku teekaardi koostamise¹ peamiste meetoditega ja sellele eelneva analüüsi vajadusega. Teadaolevalt järgneb uuringule teekaardi koostamine, mille jaoks märgime ära, et edasise teekaardi koostamisel on soovitatav kasutada Phaal, R jt (2004) illustreeritud mitmekihilist ajajoonega teekaardi loogikat. Teekaardile paigutatavad näitajad on paindlikult valitavad, kuid kõige olulisem on jälgida küsimusi:

- kus me praegu asume (tänapäevane olukord),
- kuhu me tahame jõuda (mida ja miks on vajalik muuta),
- kuidas me tulemuseni jõuame?

Teekaardi analüüsi vaates annab uuring vastuse küsimustele, kus me praegu asume ning mida ja miks on vajalik muuta valitud kahes fookusvaldkonnas. Tegemist on teekaardi koostamise eelanalüüsiga. Teekaardi ja käesoleva uuringu arhitektuuri aluseks on hierarhilised taksonoomiad:

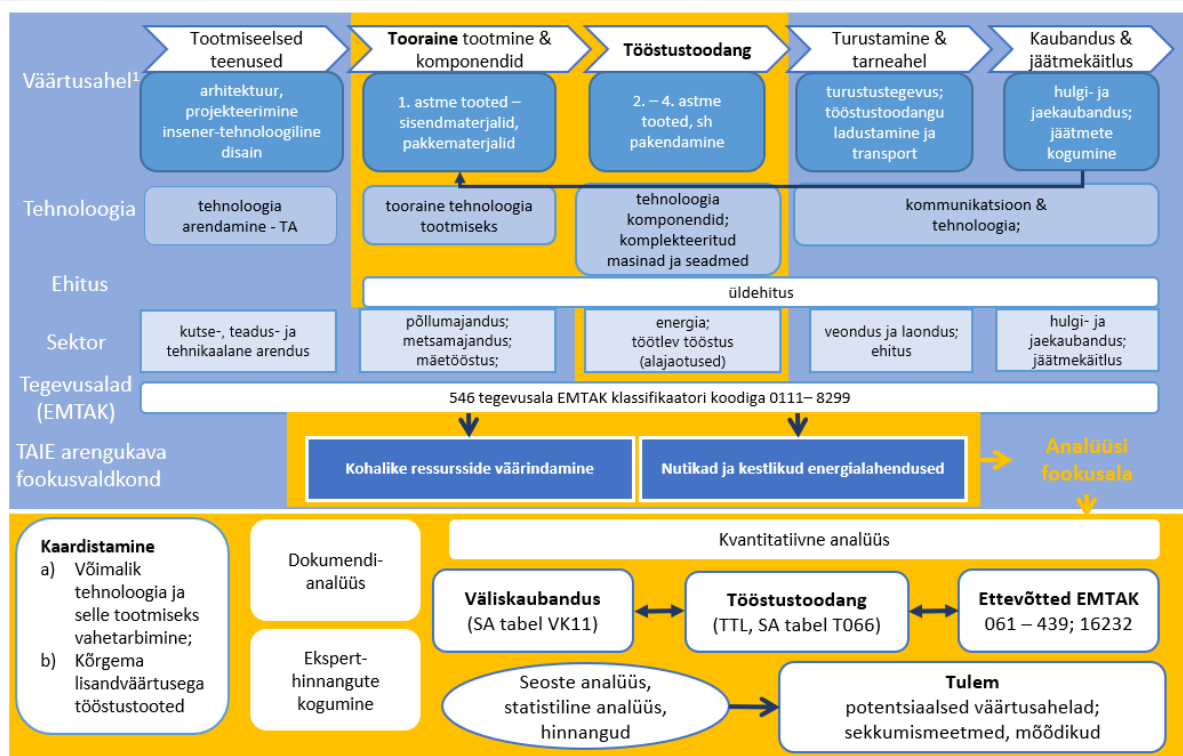
- äriiline perspektiiv (turunõudlus, tarbija vajadus) – **sh osalevad Eesti ettevõtted**;
- arendustegevus ja toote disain (sh tootmisperspektiiv) – **tooted väärtusahelas ja prognoos**;
- tehnoloogia valik, teadustegevus ja ressursid – **tehnoloogia prognoos**.

Uuringu keske osana läbiviidav kaardistus baseerub kolmele andmekogumile:

- varem läbi viidud teadusuuringute ja rakendusuuringute aruannete ja teadusartiklite kogum;
- äriregistris registreeritud (RIK andmekogu) ettevõtete kogum vastavalt valitud tegevusaladele (seostatult TAIE fookusvaldkondadega);
- tööstustoodangu ja väliskaubanduse andmebaas (Statistikaamet, Eurostat, Harvardi Majandusliku Keerukuse Atlase andmebaas, UNSTAD andmebaas).

Uuringu kahte fookusvaldkonda kuuluvate ettevõtete üldkogumi määrasime majandustegevuse klassifikaatori (EMTAK) tegevusvaldkondade sidumise kaudu fookusvaldkondade kirjeldustega. Tegevusalade valiku tegime TAIE arengukava fookusvaldkondade alamvaldkonna võimalikest tootegruppidest ja eelnevalt koostatud analüüsides (Kitsing, M., 2015; Espenberg, S. jt, 2018; Karo, E. jt, 2018) leitud valikutest. **Väärtusahelate, sektorite ja tegevusalade seoste loomine TAIE arengukava fookusvaldkondadega** on esitatud joonisel (joonis 1) koos kasutatud analüüsi alustega.

¹ Teekaart on visualiseeritud strateegiline ülevaade peamistest eesmärkidest ja tulemustest, mis tuleb määratud aja jooksul saavutada valdkonna või organisatsiooni strateegilise visiooni täitmiseks. Teekaardil kirjeldatakse peamiselt seda, mida ja miks on vajalik muuta. Teekaardile järgneb või integreeritakse juurde tegevuskava, milles keskendutakse asjaoludele, kuidas eelkirjeldatud muutused ellu viiakse. Sõltumata teekaardi tasandist (ettevõtte, tegevusala, riiklik tasand) on vajalik tehnoloogia- ja äriperspektiivide ühtlustamine ning turu „tõmbe“ ja tehnoloogia „tõuke“ tasakaalustamise mõistmine (Phaal&Muller, 2008)



¹ Kaplinsky, R. ja Morris.M, 2001 alustel

JOONIS 1. Uuringus kasutatud seoste skeem ja analüüsi alused (Allikas: autorite koostatud)

Analüüsi viisime läbi väärtusahela vaates, kuid **fookuses oli eelkõige tooraine ja tööstustoodangu tootmise lõik**. Valik tulenes sellest, et TAIE arengukava fookusvaldkonda kuuluvad sellised tegevusvaldkonnad ja sektorid, mis väärindavad kohalikke ressursse. Üldkogumisse kaasasime 13 tegevusala, mis kuuluvad EMTAK 2008 nimekirjas nelja põhijaotusse (jagu B mäetööstus, C töötlev tööstus, D elektrienergia, gaasi, auru ja konditsioneeritud õhuga varustamine ning E veevarustus, kanalisatsioon, jäätme- ja saastekäitlus). TAIE arengukava fookusvaldkondade jaotuses on kasutatud mõnevõrra üldistatud tegevusalade jaotust võrreldes EMTAK 2008 jaotusega. Näiteks kohalike ressursside väärindamise fookusvaldkonda kuuluvad sektorid nagu puidu- ja toidusektor ning maapõueressursside väärindamine jagunevad EMTAK 2008 nimekirjas märksa detailsemalt. Selle tõttu kasutasime ka käesolevas analüüsis nii sektorite jaotust, aga ka nende alla kuuluvate tegevusalade jaotust (tabel 1) ning tegevusalade ja ressursside omavaheliste seoste kaudu jõudsime ettevõtete väärtusahelate kaardistamiseni. Kvantitatiivse empiirilise analüüsi lõppvalimisse kaasasime 5 ja enama töötajaga ettevõtteid (tabel 1).

Uuringu analüüsi viisime läbi kolmes osas, mis tähendab, et kasutasime dokumendianalüüsi, kogutud kvantitatiivsete andmete analüüsi ja eksperthinnangute analüüsi (joonis 1). Dokumendianalüüsi ja intervjuude käigus kogutud hinnangute analüüsimisel keskendusime nii võimaliku tooraine ja sellest töötlemisel saadavate lõpptoodete kaardistamisele, aga samal ajal jälgisime tehnoloogilist progressi, mille jaoks omakorda toodetakse masinaid ja seadmeid (vahetarbitavad komponendid). **Kaardistamise fookus oli seega tooraine ja komponentide ning võimalikul uuel tehnoloogial ning tööstustoodangul.**

TABEL 1. Uuringu valimisse kaasatud tegevusalad, liigitus sektoriteks ja ettevõtete arv 2020. aastal (Allikas: äriregister; autorite koostatud)

Sektor ja väärtusahel	Tegevusala (EMTAK)	EMTAK kood	Üldkogum	Valim
Keemiatööstus; maavarade ja jäätmete ning puidu ja puidujäätmete väärtusahel	kemikaalide ja keemiatoodete tootmine	201-206	138	49 (36%)
	põlevkiviõli ja koksi tootmine	061; 191-192	8	4 (50%)
	plasttoodete tootmine	222	156	82 (53%)
	kokku		302	135 (45%)
Maavarade väärindamine; maavarade ja jäätmete väärtusahel	mineraalidest toodete tootmine, v.a metalltooted	081 - 099; 232-239	368	132 (36%)
	haruldaste metallide tootmine	072;244-245	4	1 (25%)
	klaastoodete tootmine	231	42	14 (33%)
	jäätmekogumine, -töötlus ja -kõrvaldus	381-383	120	46 (38%)
kokku		534	193 (36%)	
Puidutööstus; puidu ja puidujäätmete väärtusahel	puidutöötlemine ning puit- ja korktoodete tootmine	161-162	836	276 (33%)
	puitmajatööstus	16232	218	79 (36%)
	mööblitööstus	310	775	199 (26%)
	paberi ja paberitoodete tööstus	171-172	48	15 (31%)
kokku		1877	569 (30%)	
Farmaatsiatööstus; tervisetehnoloogia ja farmaatsiatoodete väärtusahel	põhifarmaatsiatoodete ja ravimpreparaatide tootmine	211-212	14	7 (50t%)
Energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmine; energia ja elektriseadmete väärtusahel	elektrienergia, biogaasi ja auru tootmine	351-353	432	56 (13%)
	elektroonika ja elektriseadmete tootmine	261-268; 271-279	207	102 (49%)
	masinaseadmete ja -osade tootmine	281-289	88	84 (95%)
	kokku		734	242 (33%)
Ehitus ja konstruktsioonid; ehitustegevus väärtusahelates	metalltoodete tootmine	251-259	1305	457 (35%)
	elamute ja mittelehoonete ehitus	412;	4168	856 (21%)
	elektriinstallatsioon ja torustiku paigaldus jm ehituspaigaldustööd	431-433; 439	6560	1017 (16%)
	teede ja tehnovõrgutrasside ehitus ning muu liigitamata ehitus	421-422; 429	934	285 (31%)
kokku		12 967	2615 (20%)	

Dokumendianalüüsil kasutasime induktiivset lähenemist ehk eelnevate uuringute juhtumite (andmete) süstematiseerimist. Tulenevalt leitud uuringutest ja artiklitest kasutasime temaatilist analüüsi ehk klassifitseerisime välja teemad ja nende järjestuse väärtusahelate vaates. Dokumendianalüüsi oluliste leidude välja toomisel keskendusime manifestse sisu ehk teksti eksplitsiitsete, otseselt väljaöeldud tulemuste kaardistamisele (nt argumendid, tegevused, järeldused).

Eesmärgiga hinnata valimis olevate tööstusettevõtete toodete keerukust ja võimalusi sisenemiseks väärtusahelatesse, kus seni on teed rajanud tööstusriigid, kasutame toodete keerukuse hindamise indeksit (PCI – *Product Complexity Index*; Hausmann & Hidalgo, 2009; Hausmann & Hidalgo, 2011).

PCI kirjeldab eelkõige riigi või valdkonna tööstustoodangu keerukuse taset. Samal ajal eelpool märgitud autorid on tõestanud, et keerukama tööstustoodangu ja kõrgema lisandväärtuse tasemega majanduse ning kaubavahetuse struktuuril on omavaheline seos. Perioodil 1995–2019 arvutatud toodete keerukuse indeksid (<http://atlas.cid.harvard.edu/rankings/product>) võtsime 2019. aasta näitel aluseks ning ühendasime käesoleva valimi tööstustoodanguga. Valimis olevate ettevõtete tööstustoodangu kogusime Statistikaameti andmebaasist, ühendades ettevõtte majandustegevuse EMTAK 2008 koodi ja Eestis toodetud tööstustoodangu kombineeritud kaupade nomenklatuuri (KN) koodiga. Kuna tööstustoodangu andmed peegeldavad Eestis toodetud kaupu, siis eeldasime, et kõigil valimisse kuuluvatel ettevõtetel on vastav panus nende kaupade tootmisel. Kahjuks ei ole konkreetseid tooted/kaubad ettevõtte kohta teada ja seega ei ole võimalik analüüsi läbi viia ettevõtete tasemel (mikrotasandil). Märgime ära, et PCI väärtus on arvutatud 1222 kaubale, sh mõnele üksikule teenusele (nt IKT, transport, turism).

Ekspordivõimekate Eesti ettevõtete kaardistamiseks viisime läbi **kaks eraldiseisvat analüüsi**:

- ekspordivõimekate ettevõtete analüüs,
- väärtusahelas eristuva toodangu ekspordi analüüs.

Ekspordivõimekamate ettevõtete analüüs tugineb perioodil 2016–2020 ettevõtete ekspordi müügiimahtude, ettevõtete lisandväärtuse ja kapitaliga varustatuse (struktuur ja mahud) välja toomisele. Üldkogumiks on eelpool kirjeldatud tegevusalade põhine valim. Kasutatavad arvutusvalemid on järgmised:

- Ekspordi osatähtsus müügitulus = ekspordi müügitulu / müügitulu
- Tootlikkus = tööjõutootlikkus lisandväärtuse kaudu = lisandväärtus / töötajate arv
- Kapitaliga varustatus = materiaalne põhivara / töötajate arv

Nutikate ja kestlike energialahenduste fookusvaldkond on praktikas erinevate tegevusvaldkondade ülene. Käesolevas analüüsis hinnatakse konkreetsete ettevõtete olemasolu, lisandväärtust ja kapitaliga varustatust energia- ja gaasitootmisel ning jaotusel (EMTAK 35111, 35112, 35113, 35119, 35211, 35131).

Väärtusahelas eristuva toodangu ekspordi andmete esitamiseks koostasime seosed ettevõtete tööstustoodangu ja eksporditava tööstustoodangu vahel. Selleks vaatlesime väärtusahelas osalevate ettevõtete toodangut ja sellest tulenevat võimalikku ekspordi (SA andmetel). Tööstustoodang ja ekspordi andmed on agregeeritud ning seetõttu oli vaja kasutada hinnangulist lähenemist ettevõtete, tegevusvaldkonna ja tööstustoodangu sidumiseks EMTAK ja tööstustoodangut iseloomustavate kaubagruppide koodide kaudu. Selleks viisime läbi väärtusahelas kasutatava toorme ja toodangu (saaduste) tootegruppide sidumise ning tootegruppide ekspordi ja tööstustoodangu andmete sidumise Statistikaameti andmetel. Varasemalt on teinud sarnast andmete sidumist Vörk jt (2018) ja Varblane jt (2020).

Lisaks vaatlesime Eesti tööstustoodangu eksportimisel kaupade suhtelise eelise indeksit (RCA-*Revealed Comparative Advantage*), mille kasutamisega on võimalik tuvastada riikidevahelise võrdluses hinnatava riigi kauba eelis. Kuna Harvardi Majandusliku Keerukuse Atlase alusandmed ei olnud täies mahus RCA arvutamiseks kättesaadavad, siis töös kasutame UNCTAD (<https://unctadstat.unctad.org/en/RcaRadar.html>) visualiseeringut.

Uuringu lõpptulemuse sünteesimiseks ning sekkumismeetmete ja mõõdikute kirjeldamiseks arutasime eelneva analüüsi tulemusi (kaardistatud suundi ja tööstuse andmeid) **kolmes töötoas** (20.01 puidutööstuse, 21.01 maavarade väärindamise ja 25.01.2022 farmaatsiatööstuse töötuba) ning kogusime täiendavaid arvamusi infopäringuga (vabade vastustega lühiküsitlus perioodil 27.01–03.02.2022). Töötubadest võttis osa 23 vastava tööstusharuga seotud eksperti.

Infopäringu eesmärgiks oli koguda valdkonna ekspertide ja kogemusega ettevõtjate käest infot eelkõige tehnoloogiliste vajaduste kohta, mis Eesti ettevõtete positsiooni võiksid väärtusahelas parandada. Lisaks esitati küsimus võimalike riiklike sekkumismeetmete kohta. Küsimused on esitatud lisas 1. Küsitlusele vastas 19 sektorite esindajat (puidu- ja puidujäätmete väärtusahel 6, maavarade ja jäätmete väärtusahel (sh keemiatööstus) 8, tervisetehnoloogia ja farmaatsiatoodete väärtusahel 2, energia ja elektriseadmete väärtusahel 3 vastust).

3. DOKUMENDIANALÜÜS

3.1. Oluliste väärtusahelate kontseptsioon

Dokumendianalüüsiga otsime vastust küsimustele, kuidas on kirjeldatud väärtusahelaid ja millised näitajad võimaldavad hinnata majandusele suurima potentsiaaliga väärtusahelaid. Taustinformatsiooni kogumine ja süstematiseerimine abistab kõikide käesoleva uuringu ülesannete täitmist, kuna tagame nii väärtusahelate potentsiaali, ekspordivõimekuse, aga ka mõõdikute ja sekkumiste kohta eelnevalt koostatud töödest ülevaate.

Dokumendianalüüsi tulemusena selgus, et väärtusahelate alused on olulised kahel põhjusel:

- **arengu- ja kasvupotentsiaaliga valdkondade võrgustiku kaardistamiseks ja**
- **ettevõtete positsiooni hindamiseks võrgustikes ning nende positsiooni tugevdamiseks.**

Väärtusahela kontseptsiooni kasutamine on mitmekülgsest kasulik seetõttu, et väärtusahela definitsiooni järgi kirjeldatakse kogu tegevuste ahelat, mis on vajalik, et luua toode või teenus ja viia see lõpptarbijateni (Fernandez-Stark, Bamber, & Gereffi, 2011). Juhul, kui kõik väärtusahelaga seotud ettevõtted paiknevad ühe riigi sees, on tegemist lokaalse väärtusahelaga. Globaliseerivas maailmas on aga järjest suurem osa globaalsetel väärtusahelatel – erinevad väärtusahela tegevused toimuvad riigipiire ületavates ettevõtete vahelistes võrgustikes (Gereffi & Fernandez-Stark, 2016). Juhime tähelepanu, et väärtusahela defineerimiseks ei ole ühest lähenemisviisi, kuid varasemates uuringutes on väärtusahela iseloomustamisel kesksel kohal konkreetne ettevõtte või konkreetne ressurss ning selle ümber luuakse võrgustik (teised ettevõtted, kaastooted jne), mis iseloomustab valitud toodete või teenuste väärtusloomet. Ettevõtted ja väärtustav ressurss kuuluvad majanduse klassifitseerimisel alati mõnda tegevusala jaotusse ja viimane omakorda sektorisse.

TAIE arengukava määratleb fookusvaldkonnad, mille arendamine on riiklikult olulise tähtsusega ning need on järgmised:

- digilahendused igas eluvaldkonnas;
- tervisetehnoloogiad ja -teenused;
- kohalike ressursside väärimine;
- nutikad ja kestlikud energialahendused;
- elujõuline Eesti ühiskond, keel ja kultuuriruum.

Fookusvaldkondadele on võimalik määrata detailsemaid spetsialiseerumise valdkondi või tegevusvaldkondi, mille kohta on võimalik defineerida väärtusahelad ning selles osalevad ettevõtted koos kasutatava ressursiga. TAIE arengukava fookusvaldkonnad on välja töötatud eelnevate uuringute abil. Eestis on tehnoloogiliste arengute ja potentsiaalsete toodete või kasvuvõimaluste kaardistamiseks läbi viidud mitmeid uuringuid, milledest käesoleva uuringu tähenduses omavad enim tähtsust kasvualade edenemise uuring (Espenberg, S. jt, 2018) ja Eesti ettevõtete osalemine rahvusvahelistes väärtusahelates ja poliitikameetmed kõrgemat lisandväärtust andvate tootmisprotsesside toetamiseks (Karo, E. jt, 2018). Eelmärgitutele eelnevalt koostati Arengufondi poolt aastatel 2012–2013 (tellija Majandus- ja Kommunikatsiooniministerium) kasvuvõimaluste analüüsid, mida omakorda hinnati nutika spetsialiseerumise

analüüsiga (Kitsing, M., 2015). **Ühtlasi kujundati viimati nimetatud aruandes nutika spetsialiseerumise (NS) definitsioon ja märgiti ära hõlmatud valdkonnad.**

Espenberg, S. jt (2018) kirjeldasid, et Eesti NS valdkondade määratlemiseks on kasutusel kolmetasandiline jaotus – kõige laiema ulatusega on kasvualad (praeguses sõnastuses: IKT, tervisetehnoloogiad, ressursside väärindamine), keskmise ulatusega on kasvualdkonnad (praeguses sõnastuses: IKT, tervisetehnoloogiad, teadmispõhine ehitus, materjalitehnoloogiad, biotehnoloogia) ning kõige kitsamad on kasvunišid (praeguses sõnastuses: andmeanalüüs ja infohaldus; infoturve ja küberkaitse; tootmise automatiseerimine, robotika, sardsüsteemid; vahendid ja meetodid tarkvaraarenduses; e-tervis; punane biotehnoloogia; energia-ja ressursitõhusus ehitusel ja ehitistes; puidu väärindamine: puit ehituses; nano-ja pinnakattetehnoloogiad; maavarade väärindamine: põlevkivi keemiatööstuses; toidutoorme väärindamine: tervist toetav toit). **Uuring ei avanud väärtusahelate kontseptsiooni kui sellist, kuid erinevate valdkondlike tulemuste juures toodi esile, et Eestis on ettevõtete vahelist koostööd aidanud edendada klasterite põhine uuringute korraldamine, kuid sisuline koostöö on endiselt pigem väärtusahela eri astmeid kattev.**

Euroopa ühist huvi pakkuvate oluliste projektide strateegiline foorum (IPCEI – *The Strategic Forum on Important Projects of Common European Interest*), mis kutsuti ellu Euroopa Komisjoni poolt 2018. aasta märtsis, leppis kokku Euroopa tööstuse võimalikud suunad jätkusuutliku, kaasava ja konkurentsivõimeliste tegevuste elluviimiseks ümberkujundamine 2030. aastaks. Kõrgetasemeliste ekspertide osalusega arutelude tulemusena lepidi kokku kuus peamist strateegilist väärtusahelat:

- keskkonnasõbralikud autonoomsed sõidukid (*Connected, clean and autonomous vehicles*);
- tark tervis (*Smart Health*);
- küberturvalisus (*Cybersecurity*);
- hüdrogeentehnoloogiad (*Hydrogen Technologies and Systems*);
- madala CO2 emissiooniga tehnoloogiad (*Low-carbon emission industry*); ja
- asjade internet (*Industrial Internet of Things*).

Eesti TAIE arengukava fookusvaldkondade valikud kattuvad olulisel osal Euroopa ühiste tööstussuundade strateegiliste väärtusahelates tehtud valikutega. KPMG (2019) viis läbi uuringu Eesti võimalused Euroopa Liidu ühishuvides strateegiliselt oluliste väärtusahelate võrgustikus osalemisel. KPMG ja kaasatud ekspertide paneel hindas Eestis kõige kõrgemalt kahte strateegilist väärtusahelat, milleks oli tark tervis ja küberkaitse. Uuringu läbiviimisel tugineti Eesti eelnevatele arengusaavutustele (eelkõige digilugu.ee ja digiresepti eduloole) ja seostele IKT valdkonnaga. Kindlasti on tegemist olulise näitega, kus digilahendused saavad muuta olemasolevat süsteemi igas elus valdkonnas ja millega peab kaasas käima nii isikuandmete kaitse kui ka küberkaitse. **Kahjuks jäeti teised Euroopa ühiste tööstussuundade strateegilised väärtusahelad detailsemalt analüüsimata, kuigi need saavad olla Eesti tööstusettevõtetele olulise tähtsusega.**

Euroopa ühiste tööstussuundade strateegiliste väärtusahelate realiseerimiseks ja edukate tulemuste saavutamiseks on Euroopa Komisjon välja andnud suunised strateegiliste väärtusahelate tugevdamiseks (European Commission, 2019). **Strateegiliste väärtusahelate valiku juures rõhutatakse tehnoloogilise innovatsiooni, majandusliku ja turupotentsiaali olemasolu, aga ka sotsiaalset ja poliitilist tähtsust.** Siinkohal nõustuvad käesoleva uuringu autorid valiku komponentidega ja valikukomponendid on endiselt aktuaalsed ka TAIE arengukava

fookusvaldkondade väärtusahelate arendamisel. **Läbivaks soovitus on suunistes nn kriitilise massi sünergia loomine ressursside ja rahastamise ühendamise teel.** Üldistades tähendab see väärtusahelate ülevalt vaadet koordineeritud investeeringutele ja tegevuste kogumile. Selles uuringus lähtume sarnasest lahendusest, sest vaatluse all on kompleksed väärtusahelad. Siinkohal saab tuua valitud strateegilise väärtusahela „Keskonnasõbralikud autonoomsed sõidukid“ koordineeritud investeeringute näite, mis sobitub enamuse tööstuse valdkonna arengutega.

Koordineeritud investeeringud on vajalikud järgmiselt:

- a) sõiduki **tehnoloogilised komponendid** (uue põlvkonna elektrimootorid, suure võimsusega inverterid, vesinikkütuse süsteemid, uue põlvkonna rehvid);
- b) **infrastruktuur** (suure võimsusega laadimisjaamad, sõidukivõrgud/märgised, vesinikkütuse tanklad);
- c) **rakenduspetsiifilised algatused** (jätkusuutlik maanteetranspordi ökosüsteem raskete kaubavedude logistika jaoks, keskkonnasõbralike autonoomsete busside arendamine, digitaalne infrastruktuur suurandmete analüüsi ja täiustatud tehisintellekti võimaldamiseks ühendatud ja autonoomseks transpordiks, ühendatud autonoomne sõit reaalsetes tingimustes).

Tegevuste kogumis nähakse ristsuunaliselt fondide rakendamist, platvormide loomist, poliitikate kujundamist ning riikide hangete suunamist koos stiimulite pakkumisega. Ühtlasi on vajalik ka koolituste ja õppekavade suunamine. Igale investeeringu tegevusele on seejärel hinnatud kriteeriumid, mis iseloomustavad veelgi detailsemalt investeeringu aluseid. **Näiteks uue põlvkonna elektrimootorite juures peaks jälgima järgmiseid kriteeriume:** suure kiirusega jõudlus, kriitiliste toorainete (nt haruldaste muldmetallide) kasutamise vähendamine, ülekannete jõudlus, uued pinnakatted, regeneratiivpidurdus, integreeritud jõuelektroonika ja akuhaldussüsteemid, olelusringi analüüs, jäätmete vähendamine tootmisel ja taaskasutamisel, remondi- ja ringlussevõtu potentsiaal, simulatsioonivahendeid ja tootmismeetodit üldise jõuülekanne ja üksiku komponendi korral.

Järeldame, et valdav enamus investeeringut hinnata võimaldavaid kriteeriume on innovatiivse vaatega ja analoogseid kriteeriume on võimalik välja töötada ja kasutada kõikide tehnoloogiliste investeeringute juures.

Raukas (2020) koostas analüüsi rakendusuuringute ja eksperimentaalarenduse programmi (RUP) valdkondliku metoodika aluste iseloomustamiseks ehk n-ö „suure pildi“ loomiseks komplekssele probleemile, milleks on Eesti ettevõtluse edaspidisel innovatsioonil põhineva arengu suunad ja eelisarendatavad teemad. Analüüsis toodi välja, et RUP programm võiks toimida *agile* tüüpi lähenemisel, kus toetatavaid tegevusi organiseeritakse paindlikult vastavalt rahalisele võimalusele ning valdkondlikele arengutele. Ühtlasi juhiti tähelepanu Harvardi Atlase soovitudele, mis eeldas muu hulgas väikese mahuga, ent oluliste või keerukate või kiire kasvuga alade toetamist, sest need loovad mitmekesisust (*diversity*). Autor eeldas, et kõige tõenäolisemalt tekib edukas areng aladel, kus on olemas lähedased kompetentsid ning alad ei tohiks piiritleda liialt rangelt (nõrgendab mitmekesisuse tegurit). Ühtlasi tuleks valida kiire kasvumääruga tööstusplatvormid (nn spetsiifilised väärtusahelad), millega kodumaine tööstus (väljaspool IKTd) seostada – olgu näideteks elektriautod ja selle infrastruktuur või ravimi- ja biotehnoloogiatööstus või midagi täiesti erinevat. Autor käsitles lisaks uusi samme, milleks võiks olla NS kasvumäärade lahtimõtestamine ettevõtete või ettevõtterühmade tasandil, analüüs väljaspool NS valdkondi toimuva kohta, st ülejäänud Eesti tööstuse ja majandusharude kasvu analüüsi, analüüs ettevõtete-õppeasutuste koostööst lepingute tasemel, aga ka akadeemiliste asutuste ja TAKide kompetentside

kaardistamine. **Ühtlasi märgiti ära, et sellisel juhul on võimalik täpsustada fookusnišside toetamise strateegiaid ja kindlaid tegevussuundi igas nišis, aga ka otsida sidemeid maailmaturu vaates kiirelt kasvavate tööstusettevõtetega või platvormidega või väärtusahelatega.**

Täna hetkel tuleb tähele panna, et rakendatud RUP (Ettevõtluse Arendamise..., 2022a) ei kata tööstuse arendamist väärtusahela põhiselt, vaid on ellu kutsutud selleks, et aidata ettevõtetel kasvatada teadus- ja arendustegevuse nõudlust, mille tulemusena suureneb ettevõtjate tulu uutest või oluliselt muudetud tehnoloogiatest, protsessidest, toodetest või teenustest. Programm koosneb ettevõtete nõustamisest ja rakendusuuringute toetusest (Ettevõtluse Arendamise..., 2022b). **Programmis ei hinnata ettevõtte paiknemist väärtusahelas ja sellest tulenevat võimalikku sünergiat ressursi kasutamisele ega ka koostöövõimekuse kasvu väärtusahelas.** Taotlemine ja hindamine toimub ettevõtte võimekuse individuaalsetele alustele tuginedes.

Eestis läbiviidud ulatusliku tulevikku vaatava ja väärtusahelaid kaardistav oli perioodil 2018–2021 läbiviidud uuring „ADDVAL-BIOEC: Lisandväärtuse tõstmine ja toorme tõhusam kasutamine Eesti biomajanduses“ (Taltech, 2022). Uuringu vahearuanandes „Uudsed võimalused Eesti biomajanduse väärtusahelate mitmekesistamiseks ja lisandväärtuse tõstmiseks“ (Joller-Vahter jt, 2021) analüüsiti käesoleva töös vaadeldavatest väärtusahelatest biokütuste ja bioenergia, aga ka biomaterjalide ja -kemikaalide tootmise väärtusahelaid. Biomassi baasil tootmisel toodi välja toodangu väärtuse ja mahu dilemma, mis tähendab, et kuigi bioressursi maht tundub suur, siis mujal maailmas olevate tehastega võrreldes suudaks Eesti varustada kodumaise toormega vaid ühe suurema tootmisüksuse. **Ärimudeli prototüüpide valikul tuleb Eesti potentsiaaliks pidada väiksema mahu ja kõrgema väärtusega tooteid (v.a strateegiad importtoorme hankimisega). Lisaks tuleb biomajanduses järgida toorme kaskaadkasutuse printsiipi**, mis tähendab, et kõrgema lisandväärtusega tooted valmistatakse esmalt (nt farmaatsia-, kosmeetika- ja keemiatooted), misjärel tagatakse toidu- ja söödavajadus ning seejärel toimub väärimine mahutoodeteks (kiudmaterjalid, mahukeemia) ning ahela kõige lõpuks toimub jääkidest ja kaassaadustest väetiste, kütuse ja energia tootmine. Analüüsi käigus kaardistati potentsiaalsed väärtusahelad ja ärimudelid, mis on käesolevas töös arvesse võetud.

Väärtusahela kaardistamist esitlevatest ja juhendavatest uuringutes toome esile Euroopa Komisjoni Teadusuuringute Keskused (*The European Commission Joint Research Centre – JRC*) globaalsete väärtusahelate kaardistamise meetodika ja näidete uuringu (Todeva jt, 2016; *Global Value Chains Mapping: Methodology and Cases for Policy Makers. Thematic Work on Value Chain Mapping in the Context of Smart Specialisation*). Kaardistamise näited tuuakse biofarmaatsia väärtusahela kohta. Aruanne on meetodilisi aspekte selgitav, **sh globaalsete biofarmaatsia strateegiliste väärtusahela gruppide tööstusharu koosseisu kaardistamist kirjeldav**. Ettevõtete liigitamine väärtusahela põhirühmadesse on võimalik majandustegevuse klassifikaatori (EMTAK; ingl k *NACE*) koodide alusel. Ühtlasi esitatakse sidemeid väärtusahela rühmade ja EMTAK koodide vahel. Seega saab väärtusahelat iseloomustada majandustegevuse klassifikaatori kaudu.

Väärtusahela kaardistamist kirjeldab ka Läänemere regiooni kohta koostatud kõrge tasemega väärtusahelate kaardistamise juhend (Reid jt 2020. *High level value chain mapping in the Baltic Sea Region: Guidance Manual*). Eelkõige tuuakse esile valdkonna väärtusahela gruppide kaardistamise võimalust koos regionaalse ja edukuse võrdlemisega. Töö koostamisel on kasutatud Euroopa ühiste tööstussuundade strateegiliste väärtusahelate valikuid, millest tegime eelpool ülevaate.

Väärtusahela kaardistamise juhendi eesmärk on luua analüütiline ja visuaalne tööriist, mis aitab mõista, kuidas konkreetne innovatsiooni ökosüsteem on ruumiliselt korraldatud nii suuruse kui ka suuna järgi. **Kaardistamise tulemuse kasutamisel rõhutatakse nn regionaalset ühist sobitamist ja ühisinvesteeringute ideede leidmise võimalust. Kõrge tasemega väärtusahela all defineeritakse mitmele piirkonnale prioriteetset sektorit ja sellega kaasnevat väärtusahelat.**

Rahvusvahelistest projektidest ulatusliku analüüsiga on biomajanduse ja sh puidutööstuse valdkonnas projekti BIOEAST (*The Central and Eastern European Initiative for Knowledge-based Agriculture, Forestry and Aquaculture in the Bioeconomy*) raames koostatud analüüsid. **Sh on koostatud Eesti kohta biotoorme potentsiaali ja väärtusahelates osalevate suuremate ettevõtete ülevaade** (*BIC country report 2020*).

Rahvusvahelistest projektidest ulatusliku ja sisuka analüüsiga muu biomassi (v.a palgi ja pabaripuu osa) kaardistamisel on olnud S2Biom projekt (*Delivery of sustainable supply of non-food biomass to support a "resource-efficient" Bioeconomy in Europe*). Uuring on selle poolest oluline, et kaardistati asukohapõhiselt biomassi potentsiaali, aga ka puidutööstuse teiseseid saaduseid (kaassaadused, jäätmed). **Seega keskenduti väärtusahelas olevale väheväärtusliku biomassi kaardistamisele.** Eestile koostatud teekaardis keskenduti hinnangu andmisele esmaste raidmete ja sekundaarse puidutööstuse jääkidele, kuid ei toodud esile võimalike uute tehnoloogiate ja toodete potentsiaali.

Ringmajanduse väärtusahelate kaardistamise uuringutest on üks ulatuslikumaid Reid jt (2020) koostatud ring-biomajanduse väärtusahelate kaardistamine. Antud loetelu ei ole kindlasti ammendav, kuid ka nende analüüside põhjal ilmneb üks oluline aspekt. **Nimelt puudub või jääb osaliseks kogu väärtusahelat kattev analüüs. Järeldame, et tegemist on kompleksse ja seetõttu keerulise vaatega, mille arengule on praktikas veelgi keerulisem kaasa aidata.**

Uuringus analüüsitud väärtusahelaid puudutav otsene varasema kirjanduse ülevaade on esitatud järgnevates peatükkides.

4. EKSPORDIVÕIMEKATE EESTI ETTEVÕTETE ANALÜÜS

Ettevõtted käesolevas analüüsis liigituvad TAIE arengukava fookusvaldkondadega seotud sektoritesse ja seeläbi tegevusaladele. Järgnevalt toome kvantitatiivse ülevaate fookusvaldkondadega seotud sektorites ettevõtete majandusnäitajatest, tööstustoodangust ja ekspordist. Peatükis esitatud kuuest sektorist (keemiatööstus, maavarade väärimine, puidutööstus, farmaatsiatööstus, energia, elektroonika ja masinaseadmete tööstus, ehitus ja konstruktsioonid) kuuluvad energia, elektroonika ja masinaseadmete tööstuse sektor ja selle all märgitud tegevusalad nutikate ja kestlike energialahenduste fookusvaldkonda. Ülejäänud sektorid kuuluvad kohalike ressursside väärimise fookusvaldkonda. See on põhjuseks, kus esitame tulemusi fookusvaldkondi eristamata. Analüüsitavate majandusnäitajate valikut mõjutasid TAIE arengukava ettevõtluskeskkonna suunad ja vastavad mõõdikud. Ettevõtluskeskkonna suunad on järgmised:

- konkurentsivõimelise ja targa ettevõtlus- ja tarbimiskeskonna arendamine;
- kõrgema lisandväärtuse loomise ja ekspordi võimekuse suurendamine;
- tehnoloogia- ja arendusmahukate investeeringute soodustamine.

TAIE arengukava ettevõtluskeskkonna mõõdikutena on kasutusel järgmised indikaatorid:

- Eesti positsioon Doing Business indeksis (18. kohalt -> TOP-5de);
- kaupade ja teenuste eksport (19 mld eurot -> 43 mld eurot);
- väljaspool Harjumaad loodud SKP elaniku kohta EL-i keskmisest (41% -> 59%).

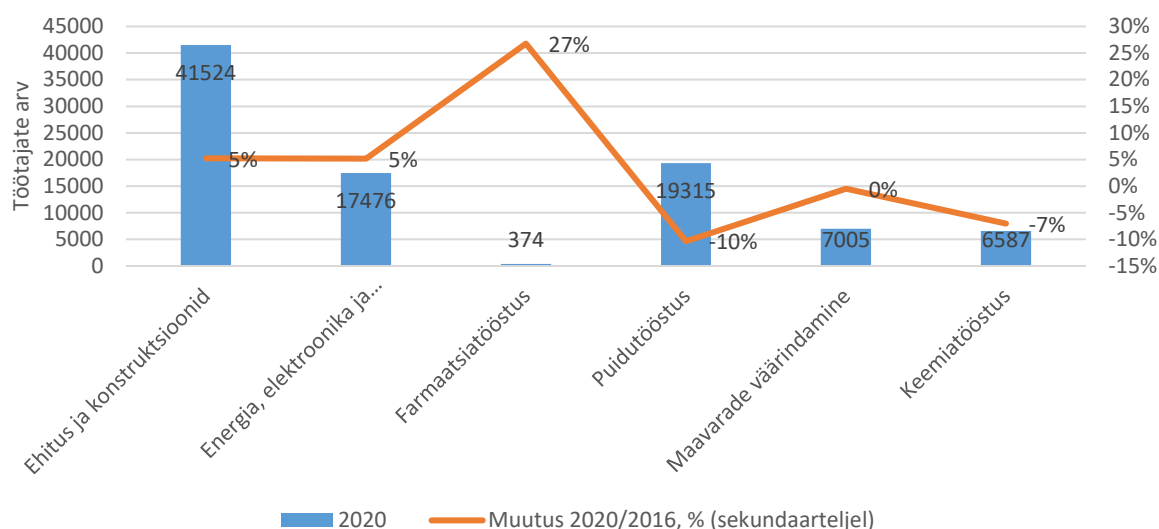
Valdav enamus 5 ja enama töötajaga Eestis ressursse väärimdavatest ja väärtusahelas osalevatest ettevõtetest tegeleb puidutööstuse sektoris puidu mehhaanilise väärimamisega (2020. aastal 569 ettevõtet). 2020. aastal tegutses maavarade väärimise sektoris 193 ettevõtet (5 ja enama töötajaga) ja energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmise sektoris 242 ettevõtet. Kõige vähem on ettevõtteid keemiatööstuse (135) ja farmaatsiatööstuse sektoris (7). Väärtusahelate toimimiseks on kaasatud ka ehitusettevõtted, millede arv 2020. aasta seisuga on 2615. Vaadeldud sektorites ei ole toimunud perioodil 2016–2020 ettevõtete dunaamikas suuri muutuseid. Detailsemalt tegevusaladel muutuseid hinnates näeme, et vähenenud on ettevõtete arv klaastoodete toomise (-22%), paberi ja paberitoodete tööstuse (-32%) ja elektrienergia, biogaasi ja auru tootmise tegevusalal (-18%) (tabel 2).

TABEL 2. Ressursside väärimamise väärtusahelas osalevate 5 ja enama töötajaga ettevõtete arv 2016–2020 (Allikas: äriregister; autorite koostatud)

Sektor ja väärtusahel	Tegevusala	2016	2017	2018	2019	2020	Muutus 2020/2016, %
Keemiatööstus; maavarade ja jäätmete ning puidu ja puidujäätmete väärtusahel	kemikaalide ja keemiatoodete tootmine	46	48	48	47	49	7%
	põlevkiviõli ja koksi tootmine	4	4	6	6	4	0%
	plasttoodete tootmine	79	85	94	90	82	4%
kokku		129	137	148	143	135	5%

Maavarade väärindamine; maavarade ja jäätmete väärtusahel	mineraalidest toodete tootmine, v.a metalltooted	120	138	142	142	132	10%
	haruldaste metallide tootmine	2	2	2	1	1	-50%
	klaastoodete tootmine	18	14	15	16	14	-22%
	jäätmekogumine, - töötlus ja -kõrvaldus	42	43	53	55	46	10%
	kokku	182	197	212	214	193	6%
Puidutööstus; puidu ja puidujäätmete väärtusahel	puidutöötlemine ning puit- ja korktoodete tootmine, v.a puitmaja- ja mööblitööstus	299	300	302	296	276	-8%
	puitmajatööstus	75	83	81	87	79	5%
	mööblitööstus	217	221	204	218	199	-8%
	paberi ja paberitoodete tööstus	22	21	20	20	15	-32%
	kokku	613	625	607	621	569	-7%
Farmaatsiatööstus; tervisetehnoloogia ja farmaatsia-toodete väärtusahel	põhifarmaatsiatoodete ja ravimpreparaatide tootmine	8	8	8	8	7	-13%
Energia, elektroonika ja masinaseadmete tööstus; energia ja elektri- seadmete väärtusahel	elektrienergia, biogaasi j a auru tootmine	68	66	65	57	56	-18%
	elektroonika ja elektriseadmete tootmine	100	102	108	121	102	2%
	masinaseadmete ja - osade tootmine	76	77	83	86	84	11%
	kokku	244	245	256	264	242	-1%
Ehitus ja konstruk- tsioonid; ehitustegevus väärtusahelates	metalltoodete tootmine	441	468	482	488	457	4%
	elamute ja mitteeluhoonete ehitus	779	885	975	977	856	10%
	elektriinstallatsioon ja torustiku paigaldus jm ehituspaigaldustööd	976	1030	1152	1171	1017	4%
	teede ja tehnovõrgutrasside ehitus ning muu liigitamata ehitus	266	288	308	314	285	7%
	kokku	2462	2671	2917	2950	2615	6%

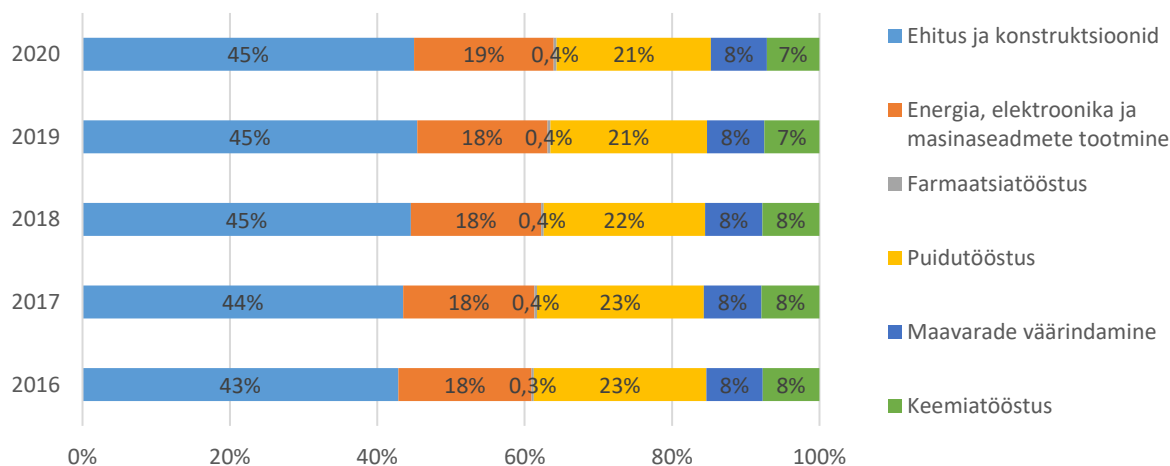
Ressurse väärindavates ettevõtetes töötas 2020. aastal kokku 92 281 inimest. Jättes kõrvale ehitussektori, kus hõivatute arv 2020. aastal oli üle 41 000 (45% kogu vaadeldud väärtusahelate hõivatutest, joonis 2), siis kõige enam hõivatuid on puidutööstuse (üle 19 000) ja energia, elektroonika ning masinaseadmete tootmise sektoris (üle 17 000), mis omakorda tähendab, et vastavalt sektorile on hõivatute osakaal 21% ja 19% kogu vaadeldud väärtusahelate hõivatutest (joonis 2, joonis 3).



JOONIS 2. Ressursside väärimise väärtusahelas osalevate 5 ja enama töötajaga ettevõtete töötajate arv 2020. aastal ja muutus võrreldes 2016. aastaga (Allikas: äriregister; autorite koostatud)

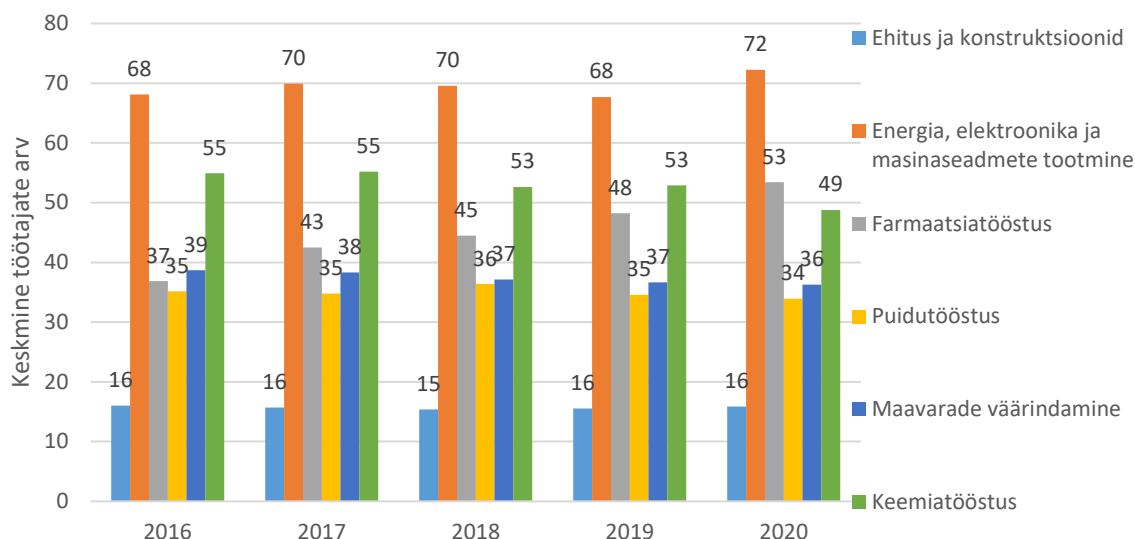
Järeldame, et hõivatute arv ei ole perioodil 2016–2020 kõikide sektorite koondina oluliselt muutunud, kuid nt farmaatsiatööstuses on hõivatute arv suurenenud 27% ja puidutööstuses vähenenud 10% (joonis 2).

Aastatel 2016–2020 ei ole hõivatute arvu osatähtsus muutunud võrreldes teiste sektoritega maavarade väärimise ahelas (joonis 3). Keemiatööstuse ja puidutööstuse hõivatute osatähtsus on vaadeldud perioodil vastavalt ühe ja kahe protsendipunkti võrra vähenenud.



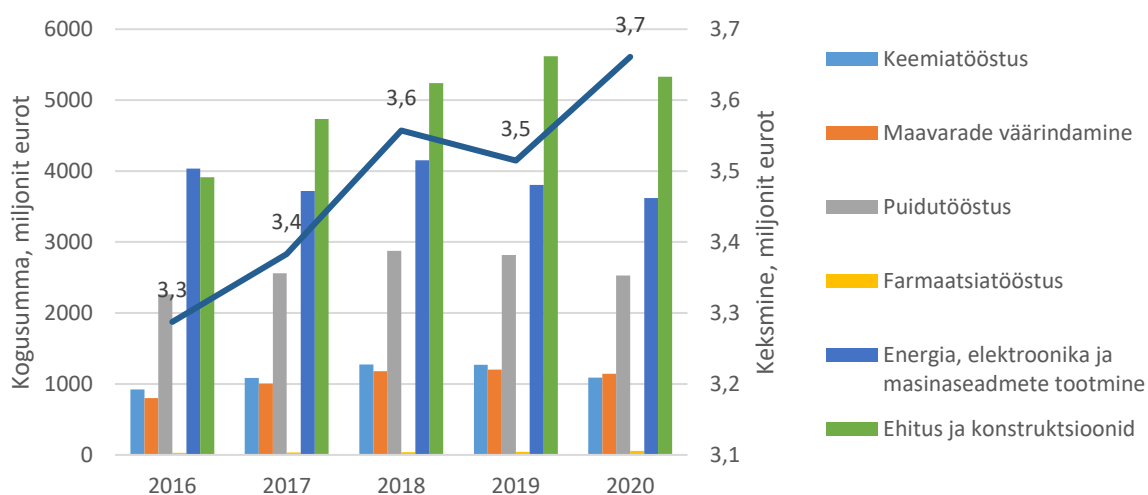
JOONIS 3. Töötajate jaotus sektorite võrdluses 2016–2020 (Allikas: äriregister; autorite koostatud)

Vastavalt üldisele hõivatute arvu vähesele dünaamikale on ka keskmine töötajate arv püsitud 5 ja enama töötajaga ettevõtetes stabiilne. Kõige väiksem keskmine töötajate arv on ehituse ja konstruktsioonide tootmise sektoris (16 töötajat ettevõtte kohta) ja kõige suurem energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmise ettevõtetes (varieerudes 68–72 töötajat) (joonis 4).



JOONIS 4. Keskmine töötajate arv ressursside väärdamise sektorites 2016–2020 (Allikas: äriregister; autorite koostatud)

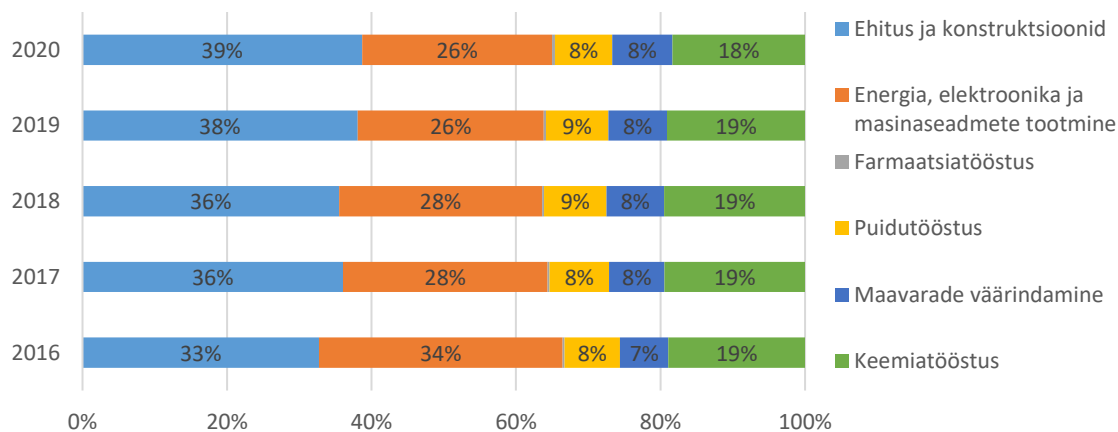
Ressurse väärdavate ettevõtete kogu müügitulu mahust moodustab olulise osa ehituse ja konstruktsioonide tootmise ning energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmise sektor ning neis sektorites on vaadeldud aastate lõikes märgatavalt suurem müügitulu kogusumma. Joonis 5 näitab, et ehituse ja konstruktsioonide tootmise sektori ettevõtete müügitulu varieerub aastatel 2016–2020 vahemikus 3,9 kuni 5,6 miljardit eurot. Energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmise sektori ettevõtete müügitulu kogusumma varieerub 3,6 kuni 4,1 miljardit eurot. Kolmandal positsioonil on puidutööstuse ettevõtete müügitulu, mis varieerub aastatel vaadeldud aastatel vahemikus 2,2 kuni 2,8 miljardit eurot. 2020. aastal on eelkõige puidutööstuse ning ehituse ja konstruktsioonide sektori ettevõtete müügitulu vähenenud võrreldes eelneva aastaga, vastavalt 10% ja 5%.



JOONIS 5. Ressurse väärdavate 5 ja enama töötajaga ettevõtete müügitulu perioodil 2016–2020 (Allikas: äriregister; autorite koostatud)

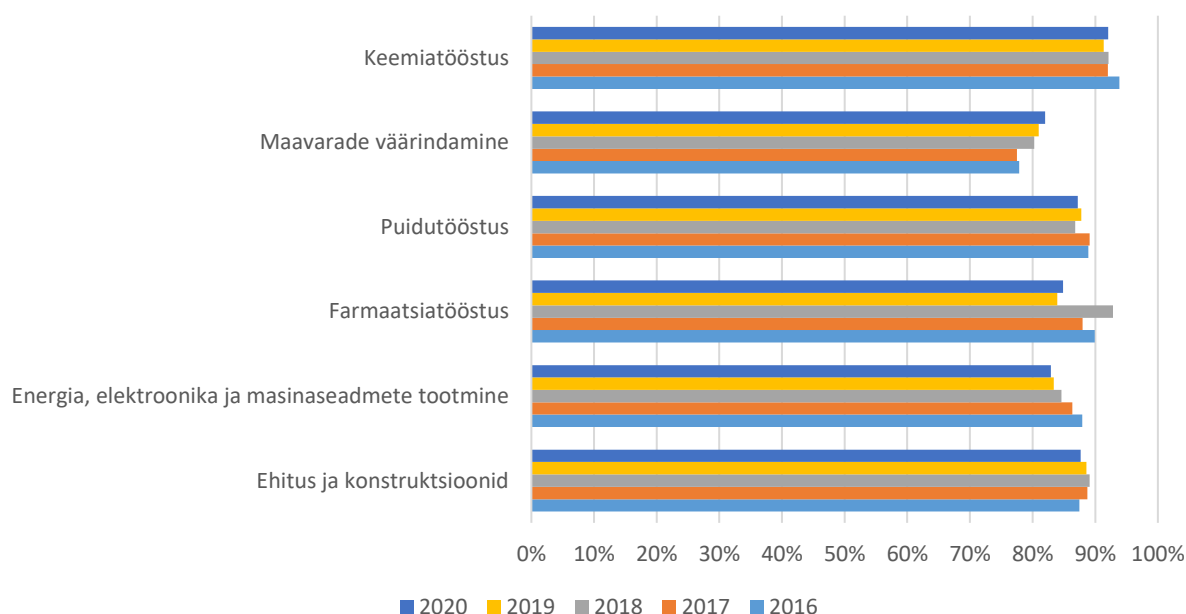
Sektorite üleselt on oluliselt suurenenud keskmine müügitulu ettevõtte kohta, mis 2020. aastal on 3,7 miljoni eurot. Muutusele avaldab mõju eelkõige farmaatsiatööstus, kuna müügitulu

kogusumma selles sektoris suurenes perioodil 10 miljonit eurot ning ettevõtete arv ühtlasi vähenes. Keskmine müügitulu ettevõtte kohta muutus ka puidutööstuse sektorist mõjutatult, kus ettevõtete arvu vähenes. Kõige rohkem panustavad ressursside väärimise ahela müügitulusse energia, elektroonika ja masinatööstuse ettevõtted ja väärtusahelas n-ö kaasnevalt tegutsevad ehituse ja konstruktsioonide sektori ettevõtted (joonis 6). Nende kahe sektori ettevõtete müügitulu moodustab kogu väärtusahela müügitulust olenevalt aastast 64–66%.



JOONIS 6. Müügitulu jaotus sektorite võrdluses 2016–2020 (Allikas: äriregister; autorite koostatud)

Lisaks näeme, et ressursside väärimise ahelas osalevate 5 ja enama töötajaga ettevõtete põhitegevuse järgne müügitulu moodustab valdavalt üle 80% kogu müügitulust (joonis 7). Mis omakorda tähendab, et EMTAK klassifikaatori järgi moodustatud jaotused peegeldavad ettevõtete põhitegevust ning kaasnevate tegevuste osatähtsus ei ole kuigi suur.



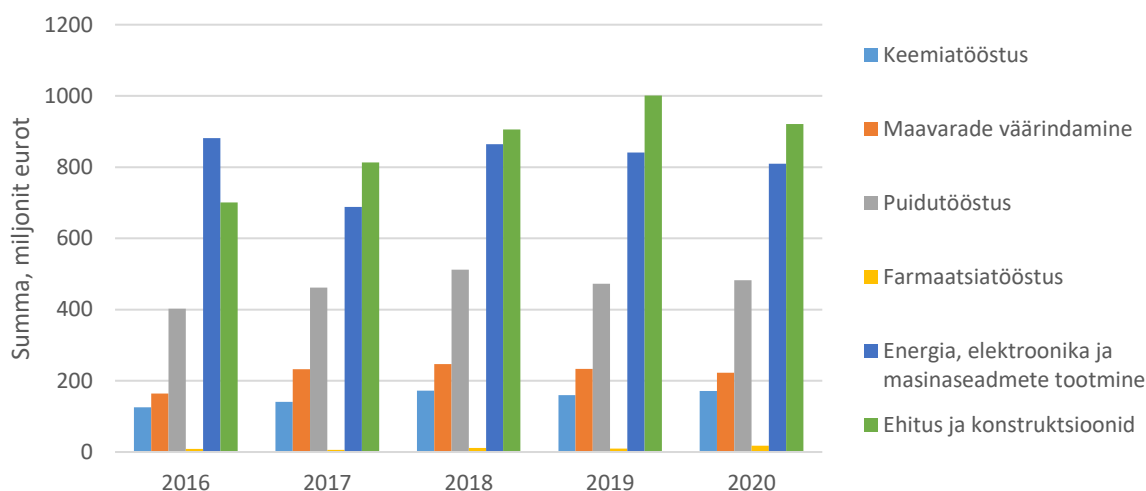
JOONIS 7. Müügitulu põhitegevusest 2016–2020 (Allikas: äriregister; autorite koostatud)

Kõige enam müügitulu teenivad kõrvaltegevustest maavarade sektoris olevad ettevõtted (18% kogu müügitulust) ja kõige suurem muutus kõrvaltegevuste kasvu osas on toimunud 2020. aastaks

energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmise sektori ettevõtetes (kõrvaltegevuste osatähtsus 2016. aastal 12% ja 2020. aastal 17% müügitulu põhjal).

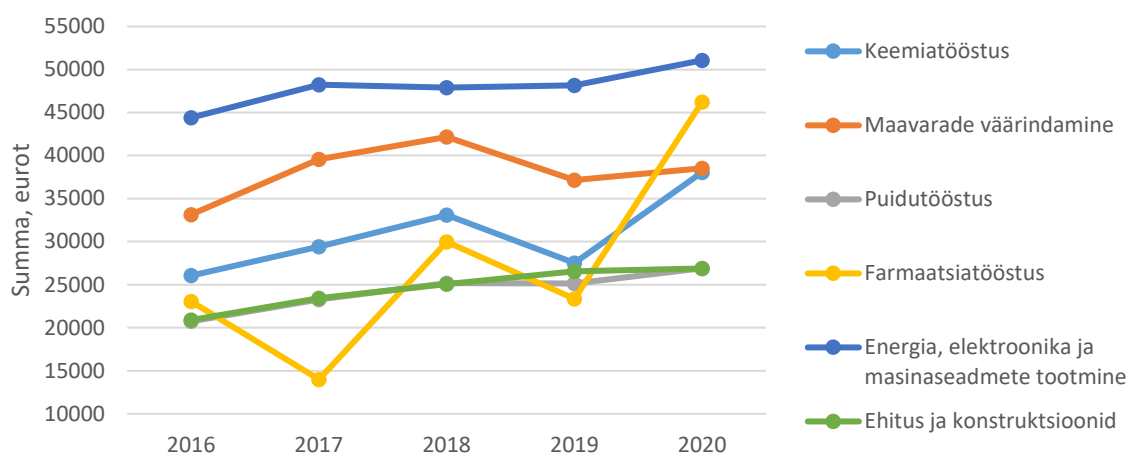
Sarnaselt müügitulu mahule moodustab energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmise sektori ning ehitus ja konstruktsioonide sektori ettevõtete lisandväärtus olulise osa analüüsitavares väärtusahelates. Lisandväärtuse muutus perioodil 2016–2020 on märkimisväärne, kuna nt puidutööstuse sektoris on lisandväärtus kasvanud 402 miljonilt 483 miljoni euro väärtusele (joonis 8; muutus 20%), aga keemiatööstuse ning maavarase väärindamise sektoris on vastav muutus koguni üle 35%.

Perioodil 2016–2020 vähenes lisandväärtus energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmise sektoris, kus ettevõtete kogu lisandväärtus vähenes 882 miljonilt 809 miljoni eurole (joonis 8; langus 9%).



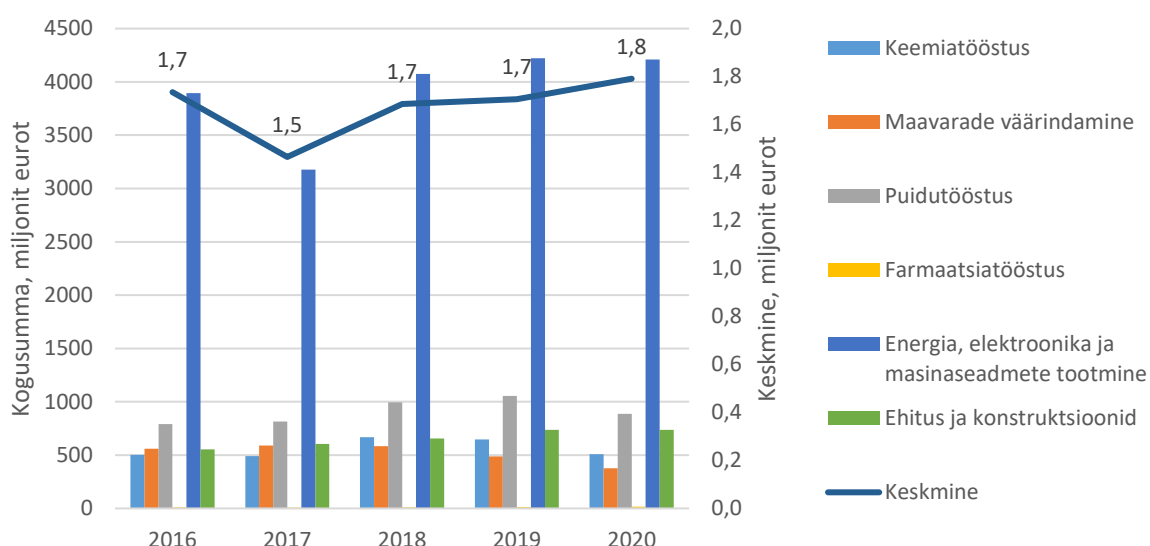
JOONIS 8. Ressursse väärindavate 5 ja enama töötajaga ettevõtete lisandväärtus 2016–2020 (Allikas: ärireister; autorite koostatud)

Joonisel (joonis 9) näeme keskmist lisandväärtuse näitajat töötaja kohta, mis on kõige suurem energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmise sektori ettevõtetel. Kõige madalam lisandväärtuse tase töötaja kohta on ehituse ja konstruktsioonide sektori ning puidutööstuse sektori ettevõtetel. Vastav näitaja 2020. aastal oli mõlema sektori ettevõtetel keskmiselt 26 900 eurot. Võrreldes eelviimase vaadeldava 2019. aastaga on hüppeliselt kasvanud farmaatsiatööstuse ettevõtete keskmine lisandväärtus töötaja kohta. Vastav näitaja 2020. aastal oli 46 230 eurot, mis on 1,9 korda suurem kui 2019. aastal. Ühtlasi on olulise positiivse muutuse teinud keemiatööstuse ettevõtete lisandväärtuse summa töötaja kohta. Perioodi 2016–2020 andmetest näeme, et kuni 2018. aastani kasvas lisandväärtus töötaja kohta kõigis vaadeldud sektorites, kuid viimastel aastatel on näitaja muutus olnud sektorite võrdluses küllatki erinev.



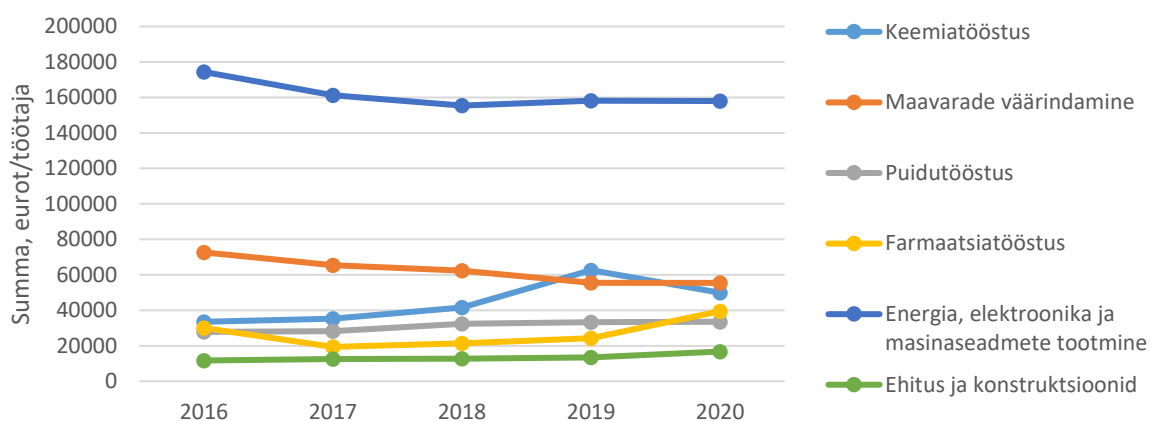
JOONIS 9. Ressurse väärindavate 5 ja enama töötajaga ettevõtete lisandväärtus töötaja kohta 2016–2020 (Allikas: äriregister; autorite koostatud)

Kõige suuremat erinevust sektorite võrdluses näeme kasutatavas põhivara väärtuses. Energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmise sektori põhivara väärtus ületas 2020. aastal 4,2 miljardi euro piiri. Teistes sektorites jääb põhivara väärtus alla 1,0 miljardi piiri. (joonis 10)



JOONIS 10. Ressurse väärindavate 5 ja enama töötajaga ettevõtete põhivara väärtus 2016–2020 (Allikas: äriregister; autorite koostatud)

Põhivaraga varustatus on töötaja kohta arvatult ülekaalukalt suurim energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmise sektori ettevõtetes (2020. aastal üle 150 000 euro töötaja kohta). Maavarade väärindamise ja keemiatööstuse sektorid ettevõtetele on võrreldav põhivara väärtuse tase töötaja kohta, mis oli 2020. aastal vastavalt 55 800 eurot ja 49 800 eurot. Ligikaudu 40 000 eurot põhivara töötaja kohta on farmaatsiatööstuse ettevõtetel ja 33 000 eurot puidutööstuse ettevõtetel. Kõige vähem põhivara töötaja kohta on ehituse ja konstruktsioonide tootmise sektori ettevõtetel (alla 20 000 euro). (joonis 11)



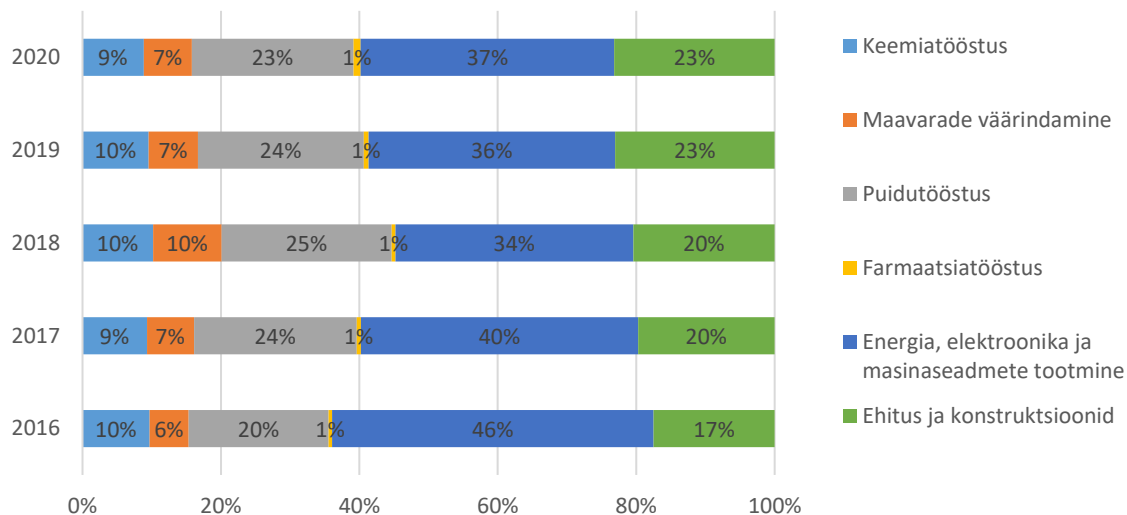
JOONIS 11. Ressursse väärindavate 5 ja enama töötajaga ettevõtete põhivara väärtus töötaja kohta 2016–2020 (Allikas: äriregister; autorite koostatud)

Kõige suuremat keskmist ekspordi osatähtsust ettevõtete müügitulu mahust näeme 2020. aastal farmaatsia sektoris (84%), millele järgneb energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmise sektor (46%) ja puidutööstuse sektor (42%). Ekspordi mahtude võrdluses on kõige enam ekspordinud energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmise ja puidutööstuse ettevõtted, 2020. aastal vastavalt 1,6 miljardi ja 1,0 miljardi euro väärtuses kaupu. (tabel 3)

TABEL 3. Ressursside väärindamise väärtusahelas osalevate 5 ja enama töötajaga ettevõtete ekspordimahud ja osatähtsus müügitulust 2016–2020 (Allikas: äriregister; autorite koostatud)

Näitaja	Sektor	2016	2017	2018	2019	2020
Ekspordi kogusumma, miljonit eurot	keemiatööstus	427	420	491	454	403
	maavarade väärindamine	249	307	473	339	316
	puidutööstus	888	1061	1180	1140	1064
	farmaatsiatööstus	23	26	27	34	47
	energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmine	2043	1808	1649	1693	1669
	ehitus ja konstruktsioonid	769	889	980	1097	1055
Ekspordi osatähtsus müügitulust, %	keemiatööstus	46%	39%	39%	36%	37%
	maavarade väärindamine	31%	31%	40%	28%	28%
	puidutööstus	39%	41%	41%	40%	42%
	farmaatsiatööstus	79%	73%	74%	76%	84%
	energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmine	51%	49%	40%	45%	46%
	ehitus ja konstruktsioonid	20%	19%	19%	20%	20%

Kogu ekspordimahu jaotuse võrdlusest näeme (joonis 12), et valdav osa ekspordi mahust tuleb kolmest sektorist, milleks on energia, elektroonika ja masinaseadmete tootmine, puidutööstus ning ehitus ja konstruktsioonide toomise sektor.



JOONIS 12. Ekspordi müügitulu jaotus sektorite võrdluses 2016–2020 (Allikas: äriregister; autorite koostatud) (Allikas: äriregister; autorite koostatud)

Järgnevalt hindame valimis olevate tööstusettevõtete toodete keerukust ja võimalusi sisenemiseks väärtusahelatesse, kus seni on teed rajanud tööstusriigid. Kasutame toodete keerukuse hindamise indeksit (PCI – *Product Complexity Index*; Hausmann & Hidalgo, 2009; Hausmann & Hidalgo, 2011) Märgime ära, et PCI väärtus on Harvardi Majandusliku Keerukuse Atlase poolt arvatud 1222 kaubale, sh mõnele üksikule teenusele (nt IKT, transport, turism). 2019. aasta indeks jääb vahemikku 2,752 kuni -2,925. Kõige keerukamad tooted on fotoplaadid ja- filmid (2,75), mittemetallide anorgaaniliste hapete estrid ja keraamilised metallid. Kõige vähem keerukad tootekategooriad on tinamaak (-2,527) ja naftaõlide ja bituminoosetest mineraalidest saadud õlid, aga ka näiteks maapähklid (maapähklid), röstimata või muul viisil kuumtöötlemata.

Valimis olevate ettevõtete tööstustoodangu jaotusse kuulus 133 kaupa/toodet. Tabelis (tabel 4) esitatud PCI väärtus algab tasemelt 1,77, milleks on erinevad seadmed (pressid) puitlaast- ja puidkiudplaadi tootmiseks, millele järgnevad poldid, töödeldud klaas, elektrilised ahjud, kuid üldiselt on nende toodete müügi väärtus väike. Üks suurema väärtusega (12 miljonit) jaotustest on passiivlementidega trükkülitused (maatriksid), k.a takistite ja/või mahtuvuste maatriksid (v.a takistus- ja mahtuvuskiipide read, aktiivlementidega alused, hübriidülitused), aga ka vee filtreerimis- ja puhastusseadmed.

TABEL 4. 25 keerukamat tööstustoodet hinnatud valimisse kuuluvate ettevõtete EMTAK 2008 koodi ja 2020. aasta tööstustoodete loetelu järgi (Allikas: äriregister; Statistikaamet, *Harvard Atlas of Economic Complexity*; autorite koostatud)

Top 25	Toodang	PCI	Väärtus, miljonit €
1	Pressid puitlaast- ja puitkiudplaatide tootmiseks vm kiudmaterjalist plaatide valmistamiseks, muud seadmed puu või korgi töötlemiseks	1,77	26,2
2	Rauast või terasest peaga poldid (v.a kuuskantaugupeaga)	1,77	0,1
3	Rubriikides 7003, 7004 või 7005 muu klaas, töödeldud servadega, painutatud, graveeritud jms	1,74	3,7
4	Elektrilised pagari- ja kondiitriahjud	1,48	1,8

Top 25	Toodang	PCI	Väärtus, miljonit €
5	Pneumoölekannete ventiilid torustikele, kateldele, tsisternidele, vaatidele jm	1,44	0,2
6	Tööstuslikud seadmed toidu keetmiseks või kuumutamiseks (v.a mitteelektrilised tunnel- ja pagariahjud, perkolaatorid)	1,33	2,3
7	Klaaspeeglid, raamidega või ilma (v.a sõidukite tahavaatepeeglid)	1,31	1,9
8	Süle- ja pihuarvutid massiga kuni 10 kg, mis sisaldavad vähemalt kesktöötlusseadet, klahvistikku ja kuvarit	1,27	0,5
9	Rauast ja terasest külmtöödeldud silindrilised survevedrud	1,23	0,0
10	Pidevtoimelised elevaatorid ja konveierid allmaatöödeks	1,20	0,0
11	Pneumaatilised elevaatorid ja konveierid	1,20	0,3
12	Keermestatud vasktooted (v.a kruvid, poldid, mutrid)	1,17	0,2
13	Mujal klassifitseerimata tööpingid puidu, korgi, luu, kõvakummi, tugevate plastide jms kõvade materjalide töötlemiseks	1,12	0,0
14	Passiivelementidega trükkülütused (maatriksid), k.a takistite ja/või mahtuvuste maatriksid (v.a takistus- ja mahtuvuskiipide read, aktiivelementidega alused, hübriidülütused)	1,11	12,3
15	Mitteväärismetallidest noaterad ja noapead lauanugadele, taskunugadele, sh aianugadele, v.a kala- ja võinugadele ja lõiketerad masinate või mehaaniliste seadmete jaoks	1,09	0,0
16	Kuuldeaparaadid	1,09	3,8
17	Tahkekütuse- või gaasipõletid, k.a kombineeritud põletid	1,09	0,6
18	Mitteelektriliste tööstus- või laboriahjude ja -põletuskambrite osad	1,04	0,7
19	Mitteväärismetallist hinged	1,03	0,0
20	Hüdrosilindrid	1,00	6,5
21	Tööstuslikud õhu filtreerimis- või puhastamismasinad ja -aparaadid, k.a tsüklonid (v.a sisepõlemismootorite sisendõhufiltrid)	0,99	6,6
22	Vee filtreerimis- ja puhastusseadmed	0,99	12,7
23	Kesküttekatlad (v.a rubriiki KN 8402 kuuluvad - vee- vm vedeliku auru tootvad)	0,95	4,6
24	Talid ja tõstukid (v.a sõidukite tõstmiseks kasutatavad, elektrimootoriga)	0,89	0,4
25	Plasttooted rõivastele ja rõivamanustele (sh peakatetele, kinnastele, vihmamantlitele, põlledel, rihmadele ja imikute pudipõlledel) (v.a kaitsepeakatted)	0,89	0,6

Kaardistatud 133 toote hulgas on 25 kõige väiksema PCI väärtusega toodet esitatud alljärgnevas tabel 5. Kõige enam tähelepanu selles nimekirjas tuleb pöörata sellistele toodetele, mille müüginahku koguväärtus on olnud suhteliselt suur. **Lisaks tuleb esitada küsimus, millist toorainet antud toodetele on kasutatud ja kas sellest toorainest, aga ka tootest on Eestis võimalik toota kõrgema PCI väärtusega kaupu.** Nimekirja alguses näeme puidugraanulid (PCI - 0,38), bituumenisegud loodusliku ja tehisluku täitematerjali ning bituumeni või loodusliku asfaldi baasil, k.a asfaltbetoon (-0,41), vineer, mis koosneb eranditult spoonilehtedest (v.a bambus), iga lehe paksusega kuni 6mm vähemalt ühe troopilisest puidust väliskihiga (-0,71), pidevprofiiliga puitmaterjal okaspuidust (keeled, sooned, punnid, kald- või ümarservad, v-punnid, helmestus, lekaalprofiil vm), k.a monteerimata parketilipid ja -liistud; raamiliistud maalidele, fotodele jne (-0,77), aga ka hariliku kuuse (*Picea abies* Karst.) ja euroopa nulu (*Abies alba* Mill.) puit, pikikiudu saetud või lõhestatud ja spoonihööveldatud või -kooritud, paksusega üle 6 mm (-1,06).

TABEL 5. 25 kõige väiksema keerukusega tööstustoodet hinnatud valimisse kuuluvate ettevõtete EMTAK 2008 koodi ja 2020. aasta tööstustoodete loetelu järgi (Allikas: äriregister; Statistikaamet, *Harvard Atlas of Economic Complexity*; autorite koostatud)

Jkn	Toodang	PCI	Väärtus, miljonit €
109	Puidugraanulid (puidupelletid)	-0,38	208,6
110	Alumiiniumist sanitaartechnikatooted ja nende osad	-0,40	1,1
111	Bituumenisegud loodusliku ja tehislaku täitematerjali ning bituumeni või loodusliku asfaldi baasil, k.a asfaltbetoon	-0,41	11,5
112	Maalide, fotode, peeglite jm esemete puitraamid, mapi seljaliistud	-0,46	2,5
113	Kotid paberist, papist, tselluloosvatist või -kiudkangast (v.a põhja laiussega vähemalt 40 cm)	-0,48	0,4
114	Elektritöödel kasutatav mähistraat	-0,51	0,0
115	Lehtmaterjalist külmvormimise teel saadud profiilid legerimata terasest, tsingitud	-0,53	2,6
116	Puurimis- või pinnaseläbindusmasinad (v.a iseliikuvad) (k.a liikumatud nafta või maagaasi uurimise platvormid)	-0,55	0,2
117	Kruus, veeris, kiviklibu ja ränikruus kasutamiseks betoonides, maantee, raudtee vm ballastina	-0,56	5,7
118	Spoonitud tahvlid ja spoon vineeri valmistamiseks ning muu pikikiudu saetud, spoonihööveldatud või kooritud okaspuit paksusega kuni 6 mm	-0,64	0,5
119	Kustutamata lubi	-0,66	0,2
120	Paberist või papist registri-, arve-, märkme-, tellimis- ja kviitungiraamatud	-0,66	0,1
121	Töödeldud looduslik kiltkivi, tooted looduslikust või aglomeeritud kiltkivist	-0,66	1,8
122	Vineer, mis koosneb eranditult spoonilehtedest (v.a bambus), iga lehe paksusega kuni 6mm vähemalt ühe troopilisest puidust väliskihiga	-0,71	22,5
123	Bentoniit	-0,72	0,03
124	Pidevprofiiliga puitmaterjal okaspuidust (keeled, sooned, punnid, kald- või ümarservad, V-punnid, helmestus, lekaalprofiil vm), ühel või mitmel küljel, otsal või serval, k.a monteerimata parketilpid ja -liistud; raamiliistud maalidele, fotodele jne	-0,77	195,3
125	Madratsialused, k.a puit- või metallraamid vedrude või terastraadist võrguga, polsterdatud madratsialused, puitlippidega	-0,78	1,3
126	Ferrotitaan ja ferrosilikotitaan	-0,83	7,5
127	Roostevabast terasest laua-, köögi- või majapidamistarbed ja nende osad, v.a söögiriistad	-0,84	0,3
128	Puitmarketrii ja -intarsia tooted; laekad ja kastikesed juveeltoodete, terariistade jms hoidmiseks, kujukesed jm dekoratiivvormid, mööbliesemed	-0,91	1,4
129	Tualettseep, sh ravimeid sisaldav tualettseep	-0,95	0,01
130	Töödeldud monumendi-/ehituskivi ja tooted sellest, marmorist, travertiinist ja alabastrist (v.a plaadid, kuubikud jms tooted, mille suurima pinnaga tahk mahub ruutu küljepikkusega alla 7 cm, tahatud sillutuskivid, äärekivid, sillutusplaadid)	-1,00	8,0
131	Räniliivad (kvartsiivad või tehnoloogilised liivad)	-1,02	1,2
132	Harilikku kuuse (<i>Picea abies</i> Karst.) ja euroopa nulu (<i>Abies alba</i> Mill.) puit, pikikiudu saetud või lõhestatud ja spoonihööveldatud või -kooritud, paksusega üle 6 mm	-1,06	136,9
133	Portlandsement, k.a segatud tsement (v.a valge tsement)	-1,38	19,5

Eelmärgitud tulemustest järeldame, et valimisse kuuluvate ettevõtete tööstustoodang on oluliselt väiksema PCI väärtusega (vahemikus 1,77 kuni -1,38), kui rahvusvaheliselt

Majandusharude seotuse, toodete mitmekesisust ja keerukuse hindamise keskkonna on loonud *Harvard Atlas of Economic Complexity* (Harvardi Majandusliku Keerukuse Atlas, Hausmann jt 2013). Nimetatud Atlases koostatud riikide mudelid on kättesaadavad interaktiivse liidese kaudu (<https://atlas.cid.harvard.edu/>), kusjuures on võimalik vaadata järgneva 10 aasta kohta koostatud prognoose ja soovitusi tegevusalade laiendamiseks. Viimased kättesaadavad andmed on siiski kolm aasta tagused (2019. aasta), mille järgi Eesti asus 133 riigi SKP elaniku kohta võrdluses 28 kohal, mis tähendab suhtelist kõrge sissetulekuga riiki. Majandusliku keerukuse indeksi (ECI) edetabeli oli Eesti 29. kohal. Märgitakse, et Eesti toodete eksport on mitmekesisunud ja järgmise 10 aasta SKP kasvuks prognoositakse 3,4% aastas. Mida toota ja kui palju see võiks mõjutada lisandväärtust, selleks tuleb mõista toote keerukuse indeksi (PCI) väärtuseid erinevate kaupade ja teenuste kohta. Näiteks on tööstustoodangus masinate ja nende osade keskmine PCI väärtus 2,54, elektroonikal 2,25, mis asuvad seega ka kõige kõrgemal tasemel. Alumise ehk madala PCI väärtusega on erinevad töötlemata põllumajandussaadused. Näiteks puuvilla, riisi, soja ja muude kultuuride toodangu töötlemata PCI väärtus on -2,25, puuviljadel -0,58. Atlase pakutud TOP 25 tootevaldkonda maailmaturu mahu kasvu alusel, mis aitaksid Eestil majanduse keerukuse indeksit suurendada, on esitatud alljärgnevas tabelis (tabel 6). Rõhutame, et esitatud andmed on informatiivsed ega ole töös analüüsitud väärtusahelatega otseselt seotud. Samas võib esineda olukord, kus märgitud tööstustoodangut on vajalik kasutada ka Eestis konkreetsetes väärtusahelas erineva valmidusastmega toodete tootmiseks, mis tähendab, et vajalik toode imporditakse.

TABEL 6. Harvardi Majandusliku Keerukuse Atlase poolt Eestile soovitatud top 25 maailmaturu mahu uued tooted (PCI > 1,0 ja kasvuprognoos >0,1%)

Tööstustoodang	KN kood	Väärtus maailmaturul, mln \$	Kasvu-prognoos 5 a jooksul
Sädesüütemootoriga sõidukid silindrimahuga kuni 1500 cm ³	8703	733,0	9,0%
Turvavööd	8708	378,0	5,5%
Inimveri, ravi, profülaktika või diagnostiliseks otstarbeks ettevalmistatud loomaveri, mikroorganismide kultuurid, toksiidid (v.a pärmid)	3002	182,0	50,8%
Reduksiooniventiliid rõhu reguleerimiseks, kombineeritud filtrite või lubrikaatoritega	8481	88,6	0,8%
Kuuldeaparaadid	9021	61,3	20,4%
Vändad ja väntvõllid	8483	55,8	2,6%
Ujuvahendite päramootorid	8407	52,1	14,4%
Mitteelektrilised kiir- ja mahtboilerid	8419	41,0	6,8%
Rauast või terasest kruvid ja poldid rõõbastee konstruktsioonelementide kinnitamiseks	7318	38,5	7,8%
Diagnostiliste või laboratoorsete reagentide segud, k.a diagnostiliste või laboratoorsete reagentidega immutatud või kaetud paber	3822	26,0	19,4%
Elektroonsed vedeliku kulumõõturid (v.a tarne mõõturid, hüdroomeetriselised rootorid)	9026	22,6	9,5%
Raadionavigatsiooni vastuvõtuaparatuur (v.a radarseadmed)	8526	22,3	22,3%
Iseliikuvad elektrimootoriga veokid, tõste- või teisaldusmehhanismiga, tõstekõrgusega vähemalt 1 m	8427	19,4	22,1%
Tulekustutid	8424	19,3	3,8%

Tööstustoodang	KN kood	Väärtus maailmaturul, mln \$	Kasvu-prognoos 5 a jooksul
Elektrilised jootekolvid ja -püstolid	8515	11,3	2,9%
Määrdeained tekstiilmaterjalide, naha, karusnaha ja muude materjalide töötlemiseks, mis sisaldavad põhikomponendina alla 70% massist naftaõlisid või bituminoosetest mineraalidest saadud õlisid	3403	9,33	0,4%
Triikimismasinad ning pressid (sh tekstiilmaterjale kokkusulatavad pressid) (v.a kalandrid)	8451	8,46	13,0%
Ajalehepaber, rullides või lehtedena	4801	8,42	17,7%
Rauast ja terasest kuumtöötlemisega valmistatud mitmelehelised lehtvedrud ja nende lehed	7320	6,88	1,0%
Looduslikud või tehisbrasiivterad ja -pulber, ainult tekstiilkangast alusel	6805	4,37	4,4%
Muust legeerterasest lehtvaltstooted, kuumvaltsitud, kuid edasi töötlemata, laiusega alla 600 mm (v.a elektrotehnilisest räniterasest tooted)	7226	3,33	2,4%
Metronoomid, helihargid ja kammertonid; mängutooside mehhanismid; muusikariistade keeled	9209	1,45	8,3%
Kalandrid jm valtsimiseadmed, v.a metalli ja klaasi jaoks	8420	1,33	0,3%

Eeldtoodud soovist näeme, et Eesti riiklikus statistikas esitatud andmed tegeliku toodangu ja eelmärgitud kõrgema PCI indeksiga tööstustoodangu kohta ei lange osaliselt kokku, mistõttu ei peegelda Harvardi Majandusliku Keerukuse Atlase andmebaas väga täpselt tegelikku olukorda.

Samas teades toodetud tööstustoodangu mahtu, siis sobivad soovitud indikaatiivselt valikute tegemiseks ja tööstustoodangu mahu prioriteetide suunamiseks.

Lisaks juhime tähelepanu, et eelnev tabel (tabel 6) on koostatud sellise tööstustoodangu kohta, millele kehtib kasvuprognosis. Samas on võimalik Eesti jaoks perspektiivikatena vaadelda ka kaupu, mille maailmaturg on suur, kuid n-ö „suures pildis“ nähakse pigem langevat trendi (nt teatud käsitööriistad). Ka maailmaturu vajaduse vähenemisel võib Eesti tööstusettevõtetel olla hea võimalus selliseid kaupu toota, sh arvestades, et meie tootmisvõimsus on märksa väiksem kui nt Saksamaa või Hiina ettevõtetel.

5. TEHNOLOOGILISTE ARENGUTE JA POTENTSIAALSETE TOODETE KAARDISTUS

5.1. Tehnoloogia ja toodete trendid kohalike ressursside väärindamise fookusvaldkonnas

5.1.1. Trendid maavarade ja jäätmete väärindamise väärtusahelas

Nii maavarade kui ka jäätmete väärindamine on Eesti jaoks olulised valdkonnad, arvestades ühelt poolt nende majanduslikku tähtsust ning teiselt poolt ringmajanduse võimalusi ja ressursside väärindamise potentsiaali. Kuna tegu on küll seotud, aga siiski väga erinevate sektoritega, siis analüüsitakse neid eraldi alajaotustes.

Maavarad

Maavarade ehk maapõueressursside väärindamine on tähtis, et anda Eestis leiduvale toorainele võimalikult suur majanduslik lisaväärtus. Seejuures on oluline kaardistada Eestis leiduvaid ressursse ja uurida nende kasutuselevõtu võimalusi ning rakendada maavarade kaevandamisel ja väärindamisel tehnoloogiaid, mis säästaksid toorainet ja koormaksid keskkonda võimalikult vähe. Teisisõnu on nii nagu teisteski sektorites tähtis ressursside väärindamisel silmas pidada nii majanduslikke eesmärgi (majanduskasv, tööhõive, soodne ettevõtluskeskkond) kui ka säästlikkust ja keskkonnahoidu.

Arvestades ka teiste riikide (Soome² ja teised Euroopa Liidu riigid³, USA⁴) sihte ja tulevikku suunatud teekaarte seoses maavarade kasutamisega, siis maavarade valdkonda nähakse selgelt strateegiliselt olulisena ning võimalusel püütakse vähendada või mitmekesistada impordivajadust olulisemate maavarade puhul. Ühelt poolt on eesmärgiks edukas konkureerimine globaalsetes väärtusahelates, eriti kõrgtehnoloogiliste komponentide ja/või toodete puhul, ning teiselt poolt tähtsustatakse süsinikuneutraalsust, loodusvarade säästvat kasutamist ja ringmajanduse edendamist.

Eestis on maapõueressurssidega tegelevaid ettevõtteid vähe, aga nende seas on mitmeid väga suuri ettevõtteid paljude töötajate ja märkimisväärse müügituluga⁵. Peamiseks väärindatavaks maapõueressursiks on olnud ja on jätkuvalt põlevkivi, aga selle osatähtsus tulevikus tõenäoliselt langeb, kuna põlevkivi tootmise ja kasutamisega kaasnevad õhusaaste, kasvuhoonegaaside

² Tuomela, P jt, 2021

³ Nt Swedish Mining Innovation, Circular Economy Roadmap for Germany

⁴ Critical Minerals and Materials, 2021.

⁵ Andmed töötajate arvu ja majandusnäitajate kohta on toodud käesolevas peatükis esitatud joonistel.

heitmete ja jäätmete teke ning suur veekasutus. Lisaks põlevkivile kasutatakse intensiivsemalt turvast ja looduslikke ehitusmaterjale (lubja- ja dolokivi jne).

Täiendavalt on maapõueressursside puhul oluline ära märkida Eesti võimekus töödelda haruldasi muldmetalle⁶, mis põhineb eeskätt ühe ettevõtte NPM Silmet OÜ tootmisvõimsusel ja kogemusel.

Viimastel aastatel on Eesti maapõueressursse aktiivsemalt uuritud, et saada parem ülevaade olemasolevatest varudest ja nende kasutusvõimalustest. Muuhulgas on selgunud (Ainsaar, L. jt, 2021), et

- praeguste teadmiste põhjal ei ole Eestis metallide leiukohtade kasutuselevõtmine raua tootmiseks perspektiivne;
- fosforiidimaardlate kasutuselevõtmine eeldab fosforiidi jätkusuutliku väärindamise tehnoloogilist valmisolekut;
- vaja on tehnoloogiat graptoliitargilliidist haruldaste metallide tootmiseks⁷ ning
- eksperimendid näitavad, et Eesti turvast saaks kasutada praegusest märksa kõrgema lisandväärtusega.

Kuivõrd maavarade senisest parema väärindamise võimaluste leidmiseks on vaja uusi uuringuid, on algatatud strateegilise teadus- ja arendustegevuse toetamise programm (ressursside väärindamise teadus- ja arendustegevuse toetamine ehk ResTA), mille fookuses on muuhulgas polümetalne maagistumine aluskorras, vanaadiumi levik ja kasutusvõimalused graptoliitargilliidis ning haruldased muldmetallid ja nende eraldamisvõimalused Eesti fosforiidis (ResTA, 2021).

Järgmised aastad võivad tuua olulist uut infot Eesti maavarade kasutamisevõimaluste kohta tulevikus, aga seejuures tuleb arvestada, et selles sektoris võtavad muutused aega, eriti uute tehnoloogiate arendamisel ja rakendamisel. Kui silmas pidada maavara väärindamist ning sellega seotud teadus- ja arendustegevust, siis Eestis leiduvatest ja praegu kasutatavatest maavaradest eristub selgelt põlevkivi ning sellel on mitmeid põhjuseid, mis jäävad tähtsaks ka lähitulevikus – sh nt see, et põlevkivi leidub Eestis palju, põlevkivi väärindamisega tegelevad ettevõtted on piisavalt suured, et aktiivselt arendustööga tegeleda, keskkonnanõuete karmistumine sunnib põlevkivi kasutamise tehnoloogiad järjest edasi arendama jne.

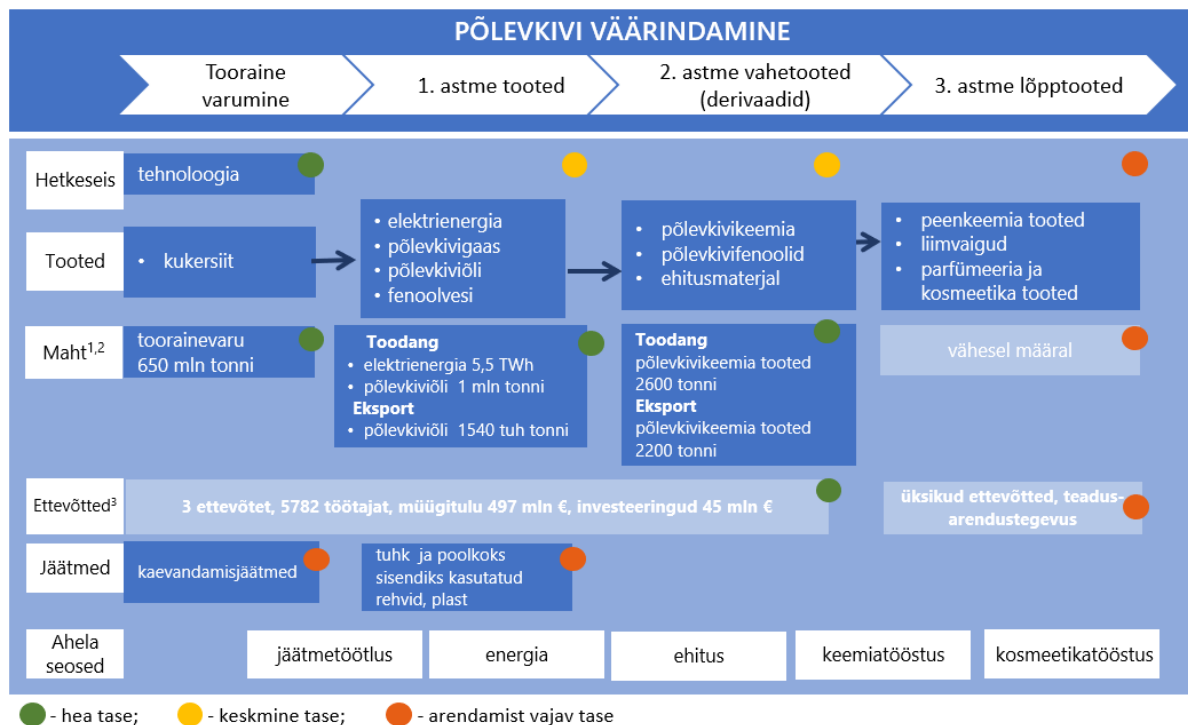
Põlevkivitööstuse väärtusahel koosneb kaevandamisest, elektri tootmisest ja põlevkivi töötlemisest ning erineva valmidustasemega toodete (sh vahetoode) tootmisest (joonis 14). Põlevkivi töötlemisel on võimalik saada mitmeid erinevaid tooteid, millest olulisemad on põlevkiviõli (sh laevakütusena), peenkeemia, bituumen, koks, fenoolid, vaigud, ehitusmaterjalid ja toore ehitusmaterjalide tootmiseks jne ning samuti toota erineval kujul energiat (soojus, elekter, aur). (Eesti põlevkivitööstuse aastaraamat 2020).

Väärtusahelast teenitav tulu sõltub lõpptoodangu (õli, elekter, tsement jms) turuhindadest, õli puhul sõltuvad turuhinnad nafta maailmaturuhindadest ning elektri puhul börsihindadest

⁶ Praegu ei kaevandata Eestis haruldasi muldmetalle, kuid see on tulevikus võimalik (nt kui otsustatakse alustada fosforiidi kaevandamise ja töötlemisega), mistõttu on oluline arvestada, et Eestis on teadmisi ja oskusi, et haruldasi muldmetalle töödelda. See on potentsiaalikas arengusuund ja oluliseks väärtuseks ka seetõttu, et see valdkond on kujunenud järjest olulisemaks seoses tehnoloogia arenguga.

⁷ Kuigi Eestil on olemas teadmised ja kogemus muldmetallide töötlemiseks imporditud maakidest ja sulamitest, siis arendamist vajab nende metallide tootmine Eesti enda maavaradest.

(Põlevkivisektori konkurentsiolekorra analüüs, 2013). Näiteks põlevkiviõli puhul on hinnatud, et selle väärtusahel võib luua perioodil 2020–2040 rahvuslikku rikkust väärtuses üle 8,2 miljardit eurot, mis jaguneks nelja põhilise sidusrühma vahel – koostööpartnerid, avalik sektor, töötajad ning aktsionärid ja finantseerijad (KPMG, 2020).



Allikas: ¹ SA tööstustoodang; kaupade eksport (2017–2020 keskmine); ² äriregister;

JOONIS 14. Põlevkivi väärtusahel (Allikas: autorite koostatud, andmed Eesti põlevkivitööstuse aastaraamatust 2020)

Väärrib märkimist, et maavarade väärdamises toimub ulatuslik koostöö just põlevkivi väärdajate ja teadus- ja arendusasutuste vahel. Teiste maavarade puhul teevad ettevõtted ja TA-asutused vähem koostööd. Enim projekte on seotud keemia ja keemiatehnika alamvaldkonnaga. Eesti TA-asutustes on uurimisteede lõikes kaetud kõige rohkem põlevkivi ning kõige vähem dolo- ja lubjakivi, ravimuda ning mineraalvesi. (Friedenthal, K jt, 2019)

Lähtuvalt ekspertide hinnangutest ja teiste riikide kogemusest on Eestis põlevkivil tõenäoliselt vähemalt järgmise kümnekonna aasta jooksul jätkuvalt oluline roll nii elektrienergia tootmises kui ka põlevkivitoote arendamisel, tootmisel ja eksportimisel (põlevkiviõli tootmine, põlevkivikeemia toodete arendamine ja tootmine ning laiemalt põlevkivitööstuse kogemuste kasutamine keemiatööstuses).

Prioriteedid põlevkivi töötlemise väärtusahelas

Põlevkivi väärdamise väärtusahela **perspektiivikates tulevikusuundades näevad valdkondlikud eksperdid järgmiseid prioriteete:**

- põlevkiviõli tootmise tehnoloogiate arendamist (sh ka vanarehvide ja plastprügi kasutamine õli tootmisel), selle kõrvalsaaduste ümbertöötlemist (uttegaas) ja jäätmetel (nt tuhk) põhinevat tootearendust;

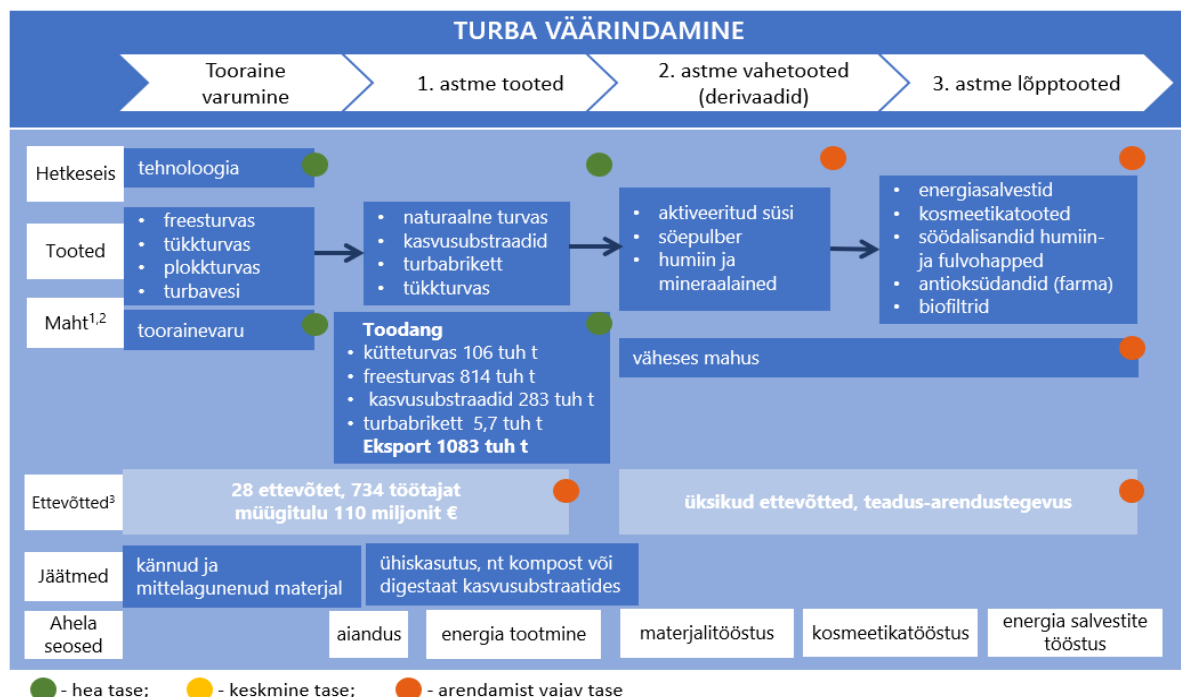
- põlevkivikeemia arendamist, peenkeemiatoodete arendamist ja tootmise kasvu (kasutusvõimalused monitoride tootmisel, kosmeetikas (nt juuksevärvides), ravimites jne).

Lisaks, kuni Eestis põlevkivi kasutatakse on oluline laiemalt arendada põlevkivi kaevandamise (sh kao vähendamine, kaevandamisjäätmete taaskasutamine), töötlemise ja kasutamise efektiivsust ning vähendada selle tegevuse keskkonnamõjusid. See on tihedalt seotud ka vajadusega algatada innovatiivsete kaevandamis- (nt mehitamata) ja töötlemistehnoloogiate arendusprojekte.

Tulevikuarenduste juures nähakse olulisena **riigi tuge** nii valdkonna tähtsustamise kontekstis (põlevkivi, aga ka maavarade väärindamine laiemalt) kui ka põlevkivi väärindamiseks mõeldud (rakendus)uuringute ja pilootprojektide käivitamisel ning valdkondlike asjatundjate koolitamisel. Rakendusliku väärtusega innovatiivsete lahenduste leidmiseks ja katsetamiseks on vaja jätkata ja tihendada ettevõtete, riigi ja teadusasutuste koostööd.

Turbatööstuse väärtusahel koosneb kaevandamisest, turbast kütuse tootmisest ja turba töötlemisest ning erineva valmidustasemega toodete (sh vahetoode) tootmisest (joonis 15). Kuigi võrreldes mõnede teiste maavaradega on turba väärindamise võimalused väiksemad, siis on oluline tähelepanu pöörata turbale kui ühele meie maapõueressursile, millel on perspektiivikaid tulevikurakendusi (nt aktiivsöe tootmine).

Praegu toodetakse turba töötlemisel erinevaid loodustooteid ja kosmeetikat ning aiandustooteid ja komposti. Turba tootegrupis tegelevate ettevõtete nii sisendite kui ka müügipartnerite poolne tarneahel on võrdlemisi lai. Sisendeid kaasatakse nii kaubandusettevõtete, transpordiettevõtete, laonduse, aga ka puidutöötlemise ettevõtetest. Müügitehingutes on peamisteks partneriteks hulgi- ja jaekaubanduse ettevõtted, elektrienergia, gaasi ning auruga varustavad ettevõtted, aga ka taime- ja loomakasvatuse ettevõtted. Turba tootegrupi ekspordimaht on olulise tähtsusega ning selles tootegrupis on eksportivate ettevõtete osatähtsus üle 70%. (Unt jt, 2018)



Allikas: ^{1,2} SA tööstustoodang; kaupade eksport (2017–2020 keskmine); ³ äriregister;

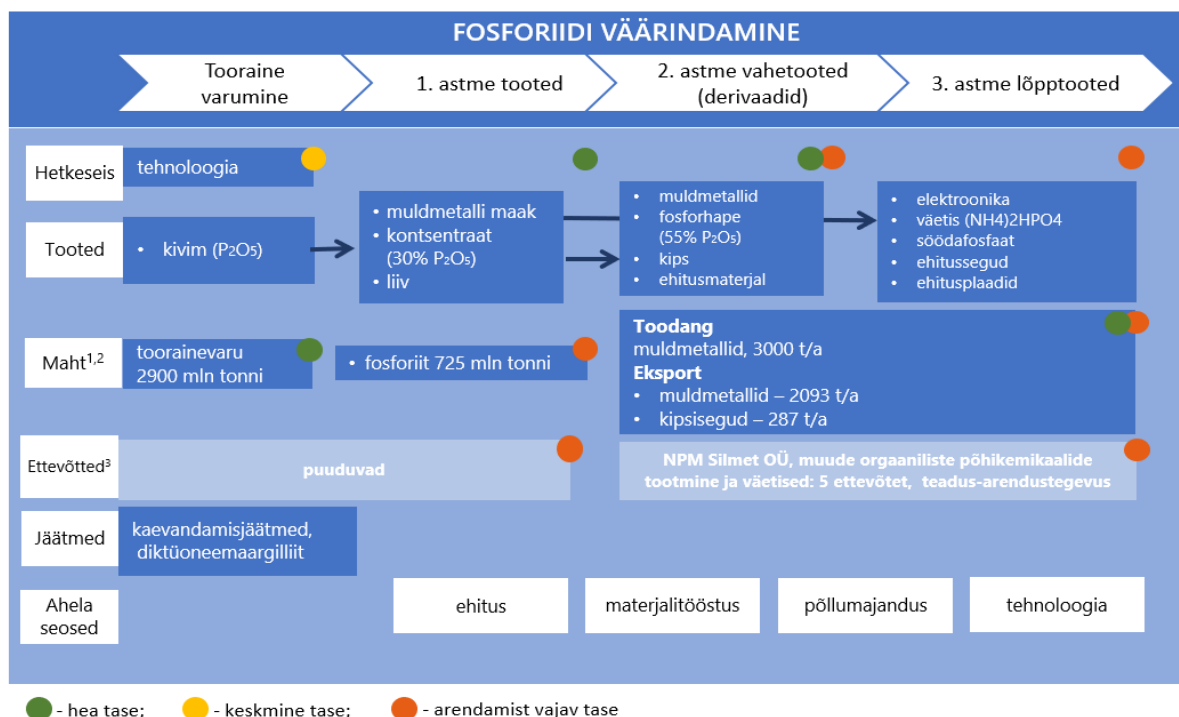
JOONIS 15. Turba väärtusahel (Allikas: autorite koostatud, äriregister)

Prioriteedid turba töötlemise väärtusahelas

Turba puhul nähakse perspektiivika tulevikusuunana **turbast sünteesitud süsinikmaterjalide arendamist ja tootmist**. Sõltuvalt tehnoloogiast, nõudlusest ja muudest tingimustest võib tootevalik olla alates aktiivsöest ja filtermaterjalidest kuni sünteesitud nanosüsinikuni. Samuti võib huvipakkuvaid võimalusi pakkuda turba baasil kosmeetikatoodete tootmise tehnoloogia arendamine.

Ka turbatööstuses on oluline riigi tugi. Eriti tähtsaks peetakse seda turba väärdamiseks mõeldud alus- ja rakendusuringute ning pilootprojektide (kaas)rahastamises. Turba potentsiaali suurendamiseks kõrge lisandväärtusega toodete tootmise jaoks on vaja süsteemset koostööd ettevõtete, teadusasutuste ja riigi vahel, sest selle maavara puhul nõuavad mitmed perspektiivikad tulevikusuunad (nt nanosüsiniku tootmine) põhjalikke uuringuid enne rakenduslike lahendusteni jõudmist.

Muldmetallide väärtusahel koosneb toormaterjalide (maagid või sulamid) importimisest, nende töötlemisest ja ning haruldastest muldmetallidest (nt lantaan, praseodüüm, neodüüm, tseerium) ühendite ja muude toodete tootmisest (joonis 16). Toodangut kasutatakse (kõrg)tehnoloogiliste toodete, nagu magnetite, katalüsaatorite, valgustite, tegemiseks. Eestis tugineb muldmetallide väärtusahel ettevõttele NPM Silmet OÜ. Kuigi selles väärtusahelas tegutsevaid ettevõtteid pole Eestis palju, on tegemist väga olulise ja tulevikuperspektiivis järjest väärtuslikuma valdkonnaga, kuna vajadus kõrgtehnoloogilistes toodetes kasutatavate haruldaste muldmetallide järele kasvab pidevalt. Lisaks on tähtis arvestada, et haruldaste muldmetallide suured varud ja töötlemisvõimekus on Hiinas ja Hiina võib seda asjaolu ära kasutada, et ettevõtjaid ja riike poliitiliselt survestada.



Allikas: ^{1,2} SA tööstustoodang; kaupade eksport (2017–2020 keskmine); ³ äriregister;

JOONIS 16. Fosforiidi väärtusahel (Allikas: autorite koostatud, äriregister)

Muldmetallide juures on oluline märkida **fosforiiti**, mis on ise tähtsaks maavaraks (fosforiiti leidub Eestis palju, aga seda praeguse seisuga ei kaevandata), aga kuna kaasnevate maavaradena esinevad siin haruldased muldmetallid, siis fosforiidi kaevandamise ja töötlemise tulemusel võib olla tulevikus võimalik Eestis toota nii fosforväetiseks vajaminevat tooret kui ka haruldasi muldmetalle. See on perspektiivikas arengusuund, kuna Eestis on pikka aega tegelenud haruldaste muldmetallide töötlemisega, see jätkub ka tulevikus, ning lisaks on suurenenas nii majanduslik kui ka poliitiline nõudlus väljaspool Hiinat olevate ressursside järele.

Prioriteedid fosforiidi ja haruldaste muldmetallide väärtusahelas

Fosforiidi väärdamise väärtusahela **perspektiivikates tulevikusuundades näevad valdkondlikud eksperdid järgmiseid prioriteete:**

- fosforiidi kasutusele võtmist ja sellel põhinevat tootearendust (nii fosforhape ja -väetised kui ka haruldased muldmetallid, mida saab majanduslikult tasuvalt ja keskkonda säästvalt fosforiidist eraldada);
- graptoliitargilliidil põhinevat tootearendust (vanaadium jt akumetallid)⁸.

Samuti võib huvipakkuvaid võimalusi pakkuda kristalse aluskorra polümetalse (nn värvilised metallid) maagistumise potentsiaal⁹.

Kuna fosforiiti Eestis ei kaevandata ega töödelda, siis juhul, kui selle suunaga hakatakse tulevikus aktiivsemalt tegelema, tuleb arvestada, et maavara väärdamiseks on vaja välja arendada kõik vajalikud tehnoloogiad ja protsessid, sh fosforiidi kaevandamine (võimalikult keskkonnasäästlikul moel, arvestades Eesti tingimusi), rikastamine, toodete arendamine (väetised jne), kõrvaltoodete (muldmetallid) arendamine, jäätmete taaskasutamine jne. See tähendab, et tuleb algselt Eestis jaoks uudsete kaevandamis- (sh elektrifitseeritud, mehitamata, süvakaevandamine), rikastamis- ja töötlemistehnoloogiate arendusprojekte.

Fosforiidi ja haruldaste muldmetallide väärtusahela puhul on väga tähtis **riigi tugi**. Kuigi tegemist on potentsiaalika väärtusahelaga, ei saa ilma riigi otsuse ja loata kaevandamise ja tootmisega alustada. Seega on ühelt poolt vaja riigi abi, et välja selgitada, millistel tingimustel ja millal on võimalik majanduslikult ja keskkondlikult mõistlikul moel fosforiiti kaevandada ning sellega seonduvalt toota haruldasi muldmetalle. Sellega osaliselt paralleelselt on tarvis käivitada väärtusahelasse sisenemiseks vajalikud uuringud ja pilootprojektid ning panustada vastavate teadmiste ja oskustega spetsialistide koolitamisega.

Eesti jaoks tähtsateks maavaradeks on samuti **looduslikud ehitusmaterjalid**. Kuigi neile selles uuringus ei keskenduta, siis varasematest analüüsides võib nende puhul välja tuua mitmeid olulisi tähelepanekuid seoses väärtusahelatega.

- Maavarade väärdamisega on seotud ehitusmaterjalide tootmine, sh eelkõige betoonisegud, ehituskivid ja mineraalsed katematerjalid. Uuringus toodi välja, et ehitusmaterjalide tootmine kuulub ehitussektori väärtusahelasse, kuhu omakorda kuuluvad arhitekti- ja inseneritegevused

⁸ See on omakorda seotud eelneva suunaga, kuna Eesti geoloogilises läbilõikes paikneb graptoliitargilliit fosforiidikihi kohal.

⁹ Praeguse seisuga puuduvad piisavad andmed ja teadmised selle tegeliku väärtuse kohta.

ning nendega seotud tehniline nõustamine, hoonete ehitus, rajatiste ehitus, eriehitustööd ja kinnisvaraala tegevus) olulisemad tarne- ja müügiahelad. (Kask jt, 2018)

- Mittemetalletest mineraalidest toodete tootmisel on hinnatud, et ettevõtete kaugus ressursist on keskmiselt 2,45 sammu (ettevõtet) ja kaugus lõpptarbimisest 2,97 sammu, mis tähendab, et ahela kogupikkuseks on keskmiselt 4,42 sammu ning üldistades on tegemist keskmise pikkusega väärtusahelatega (Unt jt, 2018).
- Ehitusmaterjalide tootegrupis tegelevate ettevõtete sisendite ostupartnerite hulgas on 3,1% kivi, liiva ja savi kaevandamisega tegelevate partnerite osatähtsus, mis on oluline tase, sest tarneahel on väga lai ning jaotub ühtlaselt. Ehitusmaterjalide tootjad omakorda müüvad materjale laias tarneahelas, kus osalevad ehitusettevõtted, aga ka hulgi- ja jaekaubandus, konstruktsioonide tootjad jne. (Kask jt, 2018)
- Väärtusahelas mõjutab materjalitootjate konkurentsivõimet väga tugevalt maksustamine – sisendhindade maksude tõttu oleme väljaspool Eestit palju halvemas olukorras (nt Eestis on kaevandamisõiguse tasu, kuid Soomes ei tunta üldse sellist maksu, Lätis on see aga palju madalam kui Eestis). (Kask jt, 2018)
- Tänapäevane tootmistööstus (ingl k *manufacturing industry*) rakendab üha enam kontseptsioone ja tehnoloogiaid, mis põhinevad neljandal tööstusrevolutsioonil (Tööstus 4.0) selleks, et säilitada pikaajaliselt olemasolevat konkurentsieelist. Tööstus 4.0 ehk targa tootmistehnoloogia peamine fookus on tootmise, IT ja kiire andmeühenduse omavahelisel kombineerimisel, mille tulemusel peaks tootjal/teenuse pakkujal olema võimalik pakkuda kliendi jaoks funktsionaalsemaid ja personaalsemalt kohandatud paindlikke lahendusi ning muutma ka tarneahelasüsteemi (ingl k *supply-chain system*) paindlikumaks, läbipaistvamaks ning globaalsemaks.
- Kohalike looduslike ehitusmaterjalide kasutamine jätkub kindlasti ka edaspidi ja perspektiivika tulevikusuunana näevad valdkondlikud eksperdid dolomiidi uurimist potentsiaalse magneesiumi toorainena ja selle tootmisvõimaluste analüüsi.

Kokkuvõtteks järeldame, et Eestis on mitmeid perspektiivikaid võimalusi maavarade valdkonnas erinevates väärtusahelates oma positsiooni tugevdada või uusi võimalusi leida. Seejuures, arvestades, et maavarade kaevandamise ja väärindamise juures on riigil väga oluline roll, hindavad ettevõtjad riigi poolt strateegiliste suundade määratlemist ja selgete eesmärkidega tegevusplaani, maapõueressursside täpset kaardistamist, õiguslike küsimuste korraldamist ja kaevandamistingimuste selgitamist ning tuge uutesse tehnoloogiatesse investeerimisel (sh uudseid tehnoloogiaid loovate ja arendavate pilootprojektide algatamisel ja läbiviimisel nt maavarade töötlemiseks).

Mitmed mainitud tähelepanekud leidsid kinnitust ka 2019. aasta uuringus teadus- ja arendustegevuse potentsiaalset ja kasutamisest ressurside väärindamise valdkonnas (Friedenthal, K jt, 2019).

Kui arvestada eelnevalt kirjeldatud perspektiivikate tulevikusuundadega, on palju koostööpotentsiaali riigi ja ettevõtete ning teadusasutuste vahel, arendades Eesti maavarade väärindamise võimalusi, sh

- keskkonnasäästlikku tehnoloogiat fosforiidi kaevandamiseks ja rikastamiseks, sh haruldaste muldmetallide eraldamiseks; võimalikud pilootprojektid;
- erinevate maavarade (nt põlevkivi, graptoliitargilliid, lubjakivi, fosforiid) koostootmise tehnoloogiad;
- CO₂ sidumise, salvestamise ja taaskasutuse tehnoloogilisi lahendusi ja nende kasutuselevõttu;

- turbast suure eripinnaga aktiveeritud söe tootmist.

Seejuures on tähtis silmas pidada, et need on võimalused, mille kasutamine majandusliku mõju saavutamiseks eeldab põhjalikku arendustööd ja tulemusteni jõudmine võtab aega (nt turbast aktiivsöe tootmise arendamine). Nagu eespool märgitud, siis paljusid neist on fookusteemadeks 2020. aastal käivitunud ressursside väärindamise teadus- ja arendustegevuse toetamise programmis ResTA. Kui rakendusuringud ja pilootprojektid, mida oleks oluline riigi ja ettevõtete koostöös planeerida ja käivitada, õnnestuvad, siis need on olulisteks teetähisteks, aga edasi sõltub globaalsetes väärtusahelates tegutsevate või neisse pürgivate ettevõtete konkurentsivõime (uute) tehnoloogiate ja nende rakendamise edukusest ning tootmis- ja ekspordivõimekusest (vastavalt nõudlusele), samuti vajaliku kvalifikatsiooniga tööjõu olemasolust, tootmiseks vajalike sisendite (nt elektrienergia) hindadest jms. Seega, kokkuvõttes saab riigipoolne tugi seisneda eelkõige:

- teadus- ja arendustegevuse toetamises (nt (uue) maavarasid väärindava tehnoloogia arendamise või kasutusele võtmise toetamise ning valdkondlike rakendusuringute ja tööstuslikeks uuringuteks ning katsetusteks vajalike pilootprojektide käivitamise ja tegemise kaudu, nt nagu ResTA) koostöös ettevõtete, Eesti Geoloogiateenistuse ja TA-asutustega;
- (kõrg)hariduse eesmärgipärasel rahastamises, et Eestis oleks vajaliku kvalifikatsiooniga spetsialiste;
- teavitustegevuse korraldamisel, et selgitada maavarade sektori tähtsust ja kasu Eesti majandusele ja arengule, et uute ressursside kasutusele võtmine oleks ühiskonna poolt aktsepteeritud.

Jäätmete väärindamine

Ressursside väärindamise arendamisel on oluline pöörata tähelepanu ka teise toorme töötlemisele ja Eestis tekkivatele jäätmetele kui kohalikele ressurssidele, mille efektiivne ja läbimõeldud kasutamine vähendab ühelt poolt koormust keskkonnale ja teiselt poolt sõltuvust materjalide impordist.

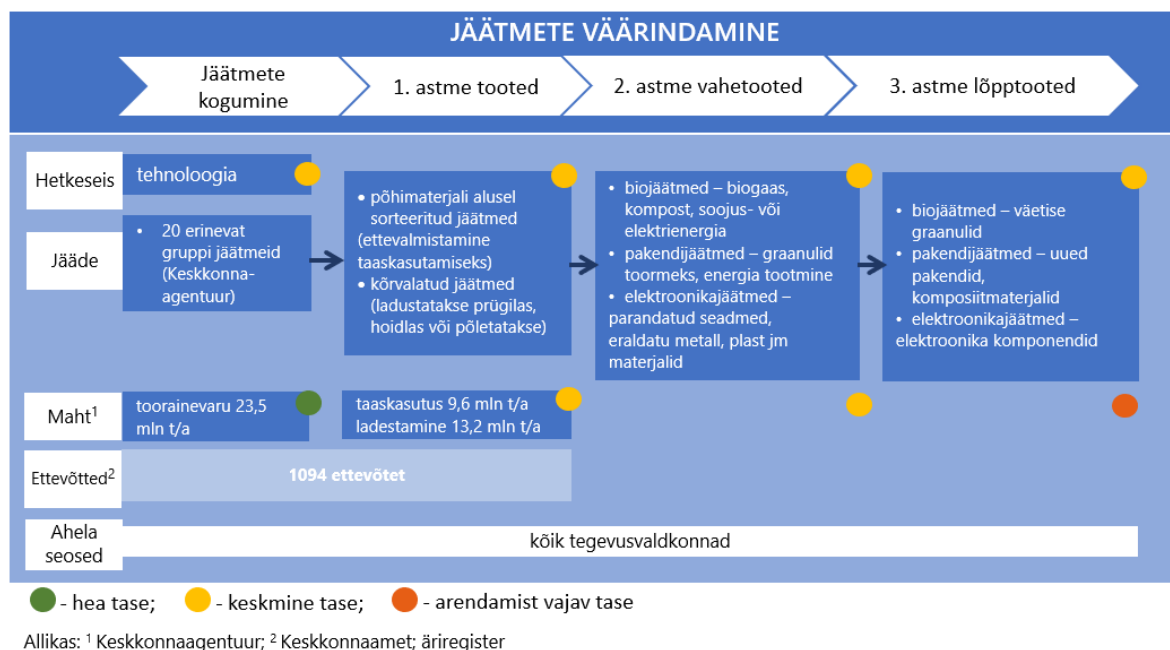
Eesti fookuses on arendada majanduses juba ringlevale teisele toormele ja jäätmevoogudele (nt plast, tekstiil, metallid, mineraalsed jäätmed) nutikas ja lisandväärtust tõstev kohalik kasutus. Kuivõrd teise toorme ja jäätmete kvaliteetne kasutuselevõtt on üle-euroopaline väljakutse, siis keskendudes Eestis selliste lahenduste loomisele, mis oleksid atraktiivsed ja huvipakkuvad mitte ainult Eesti kontekstis, vaid ka mujal, on Eestil potentsiaal muutuda neis suundades kompetentsi- ja arenduskeskuseks.

Euroopa Liidu strateegilised tulevikusuunad selles valdkonnas suunavad lõpetama ohtlike ainete kasutamist ja otsima kemikaalivabu lahendusi (roheline ja jätkusuutliku keemia printsiipide ning *safe by design* põhimõtete rakendamine). Käesoleva uuringus on suunis vaadeldav keemiatööstuse sektori ehk maavarade ja jäätmete ning puidu ja puidujäätmete väärtusahelates. Eesmärk on mõelda juba tootearenduse etapis kogu toote olelusringi peale, sest kui toote disainifaasis on materjali lisatud ohtlikke aineid, piirab see jäätmeetapis ressursi taaskasutust. Eestis oleks selle suuna puhul atraktiivne piirkond Ida-Virumaa, kuna seal tekib suures koguses mineraalseid jäätmeid, mille kasutuselevõtu arendamiseks on samuti endiselt vaja TA-tegevuse panust. Potentsiaali on ka tekstiilijäätmete, plastijäätmete jt teisest ressursside osas piirkondliku tegevuse

arendamiseks (TAIE arengukava, 2021). Seejuures on oluline ka arvestada, et EL on seadnud eesmärgiks võtta aastaks 2025 ringluse 55% olmejäätmetest ja aastaks 2035 65% olmejäätmetest (Riigikantselei ..., 2018).

Jäätmete töötlemise väärtusahel koosneb kuni kolmest erineva valmidustasemega toodete (sh vahetoode) tootmisest (joonis 17). Kuna Keskkonnaagentuuri poolt kogutavas jäätmete statistikas (Keskkonnaagentuur, 2022) eristatakse 20 põhigruppi, mille alla kuulub 470 alamliiki jäätmeid, siis nende hulgas saab eeldada olulises mahus seoseid käesolevas töös analüüsitud väärtusahelatega. Nii jäätmeliikide suure arvu kui ka tegevusalade suure arvu tõttu väärtusahelates on autorite hinnangul täpne jäätmete tekke ja töötlemise võimaluste analüüs eraldiseisev töö. Selle tõttu käsitleme jäätmete väärtusahelat üldistatult.

Jäätmete töötlemise väärtusahelas on oluline 1. astme toodete saamise efektiivne protsess, kuna sellest sõltub nii taaskasutatava materjali kogus, aga ka edasine kvaliteet. Jäätmete ettevalmistamine tagab omakorda võimaluse 2. astme vahetoodete tootmiseks. Ühtlasi on joonis 17 märgitud 2. astme toote seotud nii keemiatööstuse sektoriga, aga ka energiatootmisega. Jäätmete väärdamisel jõutakse kõrgema lisandväärtusega toodete tootmiseni alles 3. astme lõpptoodete valmistamisel. Eestis peab eelkõige saavutama jäätmete väärtusahelas 2. astme vahetoodete tootmise.



JOONIS 17. Jäätmete väärtusahel (Allikas: autorite koostatud)

Riigipoolne tugi

Jäätmete väärdamise ja ka üldisemalt rohetechnoloogiatele üleminekul oodatakse riigilt laiemate valdkondlike strateegiliste suundade määratlemist ning toetuse vajadust nähakse eeskätt (uutesse) tehnoloogiatesse investeerimisel, seadusandluse uuendamisel ja õiguskindluse tagamisel ning omavalitsuste, eraettevõtete ja riigi vastutusalade piiritlemisel.

Näiteks seadusandluse puhul on üheks kitsaskohaks, mis takistab jäätmete taaskasutamist, see, et praegu ei ole lubatud jäätmete üleandmine teisele ettevõttele tooraineks, v.a juhul kui tegemist on jäätmekäitlejaga (jäätmekäitlusloa saamist hinnatakse võrdlemisi keeruliseks). Samuti on

keemiatööstuse ja ringmajanduse seoste arendamiseks vaja efektiivsemalt reguleerida plasti ja muude materjalide keemilist töötlemist ja ringlusse võtmist.

5.1.2. Trendid puidu töötlemise väärtusahelas

Puidutööstus on Eestis majanduses väga olulise tähtsusega, kuna metsa majandamisel saadav puit väärintatakse erinevateks materjalideks. Eesti maafondist moodustab metsamaa 51,3% (Eesti statistiline metsainventuur, 2021). Puidu töötlemist ja väärtusahelat on Eestis kaardistatud viimastel aastatel mitmetes uuringutes, mille põhjal on välja toodud nii puidutööstuse olulist positsiooni, aga ka mõju nn rohelinele majandusele üleminekul. Ühtlasi tähendab see seda, et puidu väärintamise ja toodete kasutamise väärtusahelas on võimalik saavutada suhteliselt madal kasvuhuonegaaside heite tase või koguni nullemissioon. Väärtusahelat iseloomustavaid näitajaid on kaardistatud varasemetes uuringutes, mille tulemused on koondatud alljärgnevasse kokkuvõttesse.

Arenguseire Keskuse (Unt, T jt, 2018) uuringus järelitati:

- Puidutöötlemise ettevõtete kaugus ressursist on keskmiselt 2,56 sammu (ettevõtet) ja kaugus lõpptarbimisest 3,70 sammu, mis tähendab ahela kogupikkust keskmiselt 5,25 sammu.
- Mööblitootmise ettevõtete kaugus ressursist on keskmiselt 2,44, kaugus lõpptarbimisest 2,76 ja ahela kogupikkus 4,2 sammu (ettevõtet).
- Üldistades on tegemist pikkade väärtusahelatega, kuid samal ajal eksportivate ettevõtete osatähtsus nii puitmajade, aga ka puitakende, -uste,- paneelide, -plaatide tootegrupis üle 72%. Tootegruppide lõikes on puitmajade, sae- ja hõövelmaterjali, puitakende, -uste,- paneelide, -plaatide, ekspordi mahud tööstustoodangust kõige suuremad.
- Töödeldud puidutoodete tootmisega tegelevate ettevõtete nii sisendite kui ka müügipartnerite poolne tarneahel on võrdlemisi kitsas. Suur osa sisenditest tuleb sama sektori tegevusaladest (saematerjali tootjad, puidu ja puidu esmatööstustoodete hulgimüük, kaubavedu maanteel, elamute ja mitteeluruumide ehitus) üksikutest majandusharudest).
- Mööblitootjate tarneahel on siiski mõnevõrra laiem, kuna seal osalevad metallide ja metallimaakide hulgimüüjad, sanitaarseadmete jm ehitusmaterjalide hulgimüüjad ja mujal liigitamata mööblitootmine. Ühtlasi on mööblitööstuse müügipartnerite osa võrreldes muu puidutööstusega oluliselt laiem.

Käesoleva uuringu autorid järelitavad, et puidu väärintamisel on pikem väärtusahel oluliselt kasulik, kuna luuakse rohkem lisandväärtust. Lühike väärtusahel ja suuremahuline eksport tähendaks Eestile oluliselt väiksemat puidutööstuse lisandväärtust. Ahela laius piirneb siiski valdavalt erineva suunitlusega puidutööstuse, ehitussektoriga, aga ka energiasektoriga. See tähendab, et praegu Eestis toodetud puidupõhised tooted jõuavad valdavalt ehitussektorisse. Kuna puitu on võimalik väärintada tselluloosiks ja plattvormkemikaalideks, millest edasi järgnevad mitmed teiste tegevusvaldkondade tooted, siis on võimalik väärtusahelat laiendada.

SA Eesti Teadusagentuuri RITA 4: TAI poliitika seire (Karo, E jt, 2018) uuringus järelitati:

- Puidusektori väärtusahelale iseloomulikuks jooneks on see, et enamik ettevõtteid ei ole vertikaalselt üle väärtusahela integreeritud.
- Puidu väärintamisel on edukaks osutunuks väärtusahelaks ja ühtlasi ekspordi tootegrupiks puitmajade tootegrupp.

- Probleemidena toodi välja tselluloosi tootmise puudumist puidu väärimisel, mis omakorda seab kahtluse alla ülejäänud arengud. Ühtlasi märgiti, et enamik uusi väärtusahela lülisid selles valdkonnas (nt tselluloosist etanooli tootmine) on hetkel Euroopas pigem intellektuaalomandi kaitsmise ja piloot- või demonstatsioonitehaste faasis. Intervjuudest kogutud arvamustes esitati, et tulevikus ei ole oluline toota mitte ainult paberit, vaid nn karbonkiudu (*carbon fibre*) ja nanotselluloosi, mida annab LCD ekraanide puhul kasutada.
- Puitmajade väärtusahelat iseloomustatakse kui globaalse tarneahela erandlikku näidet, sest ka teiste riikide puitmajatehased on teinud läbi olulise arengu, kuid toodavad pigem siseturule. Eestiga suhteliselt sarnasteks konkurentriikideks märgitakse Läti, Leedut, Poolat, Rumeeniat, Slovakkia, kellel samuti on koduturg piiratud nõrga ostuvõimega ja pürgivad eksportöörideks.
- Tööstuslike puidust pakendite (kastide, kaante jmt) tootmine on valdavalt suurtööstuste tootmine nn masstoodanguna (ühtlasi standardsed tooted). Märgitakse, et kuna toode on lihtne ja kergesti imiteeritav, siis on lihtne ka turge kaotada.
- Puittoodete arendamisel on väärtusahelas ülespoole liikumine seotud üldjuhul kõrgema viimistlusastmega materjalide/toodete toomisega (viimistlemine võib selliste puittoodete puhul olla nt harjamine, karestamine, lakkimine, õlitamine jne).
- Kuna väärtusahelad ei ole nii fragmenteeritud kui näiteks elektroonikatööstuses, siis on ahela liikmed omavaheliselt suhteliselt pikaajalistes koostöösuhetes ja neid ei vahetata kergesti välja.
- Äris kasutatakse peamiselt B2B mudelit, kus brändingul on võrreldes referentside kasutamisega väiksem roll. Lõpptarbijale suunatud toodete puhul (alates aiamaadest ja lõpetades kõrgkvaliteedilise termotöödeldud puiduga) on kasutatud erinevaid lahendusi alates müügiesindajatest kuni ühisturunduseni).
- Arendustegevuse näited töid välja, et see on väga kallis, kuid ühtlasi avaldub suur potentsiaal (samas ka potentsiaalselt kopeeritav). Soodsam viis arengutegevust toetada on näiteks riiklike innovaatiliste lahenduste eeldavate hangete kaudu, mille tulemusena valminud tooted (lahendused) oleksid hiljem eksporditavad.
- Puitmajade jm puittoodete puhul oleks endiselt riigi tuge vaja ka ettevõtete vahelise koostöö arendamisel, kuna ettevõtted nendes alamvaldkondades on väiksemad ja ei konkureeri nii teravalt otseses majandustegevuses.

Eesti Teadusagentuuri tellitud (Friedenthal, K jt, 2019) uuringus järelitati:

- Uuringus hinnati puidutööstuse, toiduainetööstuse ja maavarade väärimise sektori ettevõtete ja teadusasutuste (TA) profiili, ulatust, taset ja koostööd.
- Puidutööstuses ei toimu ulatuslikku koostööd ettevõtete ja TA-asutuste vahel. Peamiseks põhjuseks on valdkonnas domineerivad mikro- ja väikeettevõtted, kel ei ole rahalist võimekust ega teadlikkust, et teha TA-d kas ettevõtte sees või koostöös mõne TA-asutusega.
- Need ettevõtted, millel on koostöövõimekus olemas (peamiselt suured ettevõtted), ei näe koostöötakistuseks mitte niivõrd TA-asutuste kompetentsi puudust, vaid TA-asutuste rahastamissüsteemi (konkurentsipõhise rahastamise kasutatav kvaliteedikriteerium põhineb peamiselt publitseerimisel).
- Ettevõtted näevad vajadust rakendusuuringu gruppide järele. Need grupid koosneksid teaduritest, kel on kompetents skaleerimises ning ette nähtud aeg ettevõtetega koostöök; baasuuringutega tegelevad tippteadlased oleksid konsulteerivas rollis. Siiski toodi esile, et puidu keemilise väärimise jaoks on TA valmidusaste hetkel veel madal.
- Tehti ettepanek toetada puidu keemilise väärimise kompetentsi edasi arendamist kohalikes TA-asutustes (eelkõige TalTechi inseneriteaduskonnas ja Tartu Ülikooli loodus- ja täppiseaduste valdkonna tehnoloogiainstituudis), kuivõrd keemilise töötlemise valdkonnas nähakse sektori peamist arengusuunda.

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium (Espenberg, S jt, 2018) uuringus järeldati:

- Eesti nutika spetsialiseerumise (NS) valdkondade määratlemiseks on kasutusel kolmetasandiline jaotus, kus kõige detailsem on kasvunišside määratlus (praeguses sõnastuses: andmeanalüüs ja infohaldus; infoturve ja küberkaitse; tootmise automatiseerimine, robotika, sardsüsteemid; vahendid ja meetodikad tarkvaraarenduses; e-tervis; punane biotehnoloogia; energia- ja ressursitõhusus ehitusel ja ehitistes; puidu väärindamine: puit ehituses; nano- ja pinnakattete tehnoloogiad; maavarade väärindamine: põlevkivi keemiatööstuses; toidutoorme väärindamine: tervist toetav toit).
- Toodi esile, et fookusrühmades ja ettevõtete intervjuudes kirjeldati uusi tegevussuundi, millele ei ole praegustes kasvunišside kirjeldustes piisavalt tähelepanu pööratud: IKTs tehisintellekti rakendamine (*artificial intelligence*, AI), küberturvalisus ja robotika; tervisetehnoloogiates terviseandmete e-lahendused ja digitervis; teadmistepõhises ehituses digiteerimine ja jätkusuutlikkuse tagamine; materjalitehnoloogiates loodusressursside väärindamine ning kliima- ja keskkonnatehnoloogiate arendamine. Neid näiteid ei peaks käsitlema kui kasvunišside uute ettepanekutena, vaid viitena, et sellisel detailsusel tehtud kirjeldused vajavad pidevat uuendamist, mis peaks toimuma osapoolte, sh ettevõtete, TA-asutuste, erialaliitude, TAKide ja klastrite koostöös ning pidevas dialoogis, mis võimaldab uute trendide esile kerkimisel agiilselt uusi suundi kokku leppida.
- Kasvuvaldkondade seiramiseks on oluline ühendada kvantitatiivne ja kvalitatiivne meetodika, mis võimaldab viia kokku kasvuvaldkondade majandusnäitajad (ajalooline areng) ja sisulised arengudünaamikad (praegused väljakutsed) ning tulevikuvisionid (osapoolte ühised või kokkuleppelised hinnangud). Kvalitatiivse ülevaate saavutamiseks tasub kaaluda igale kasvuvaldkonnale koostööplatvormi loomist MKMi juures (nt Euroopa Liidu NSi platvormi näitel, mis eeldaks kolme kuni nelja NSi eksperdi või koordinaatori värbamist, mis ei ole suur kulu, arvestades NSi valdkonna meetmete kogumahtu ja seda, et eeldatavalt jääb NSi mudel ELi struktuurivahendite kasutamise üheks keskseks põhimõtteks ka 2020+ perioodil), mis hoiaks riigiesindajate ja ettevõtete järjepidevat dialoogi ja koostööd ühiste eesmärkide saavutamiseks. Platvormi ülesandeks oleks korraldada regulaarseid ümarlaudu, kohtumisi, intervjuusid kasvuvaldkondade ettevõtete, TA-asutuste, erialaliitude jms koostöövormidega, kaasates seejuures nii aktiivsemate ettevõtete esindajad ja erialaliidud kui ka väiksemate ja vähem kaasa rääkida saanud ettevõtete esindajad.

Väärtusahelate kirjeldamist ja prioriteetide seadmist mõjutab **teiste riikide arendustegevus, milleks on valitud eelkõige Kanada, Rootsi, Soome ja USA näited** (valitsevad maailmset puittoodete turgu). Arengunäitajad on kogutud riikide **teekaartide** (*Roadmap to 2030: A path towards doubling Canadian ...*, 2020; *Roadmap to Reach Carbon Neutral Chemistry in Finland 2045, 2020*; *Roadmap for lignocellulosic biomass...*, *Technology Roadmap. Energy and GHG Reductions...*, 2013; *Global Energy Transformation. Roadmap to 2050*, 2019), **teadusartiklite** (DeLong, D.L. jt, 2014; Layton, R. J. jt, 2021; Kaplinsky, R. jt, 2003; Hurmekoski jt, 2018), **väärtusahela näidete ja toodete näitete vaates** (Arfan, M., 2019; *The Global Wood Furniture Value Chain...* 2003; *The Global Supply Chain. An Introduction to Global Wood Product Markets...*, 2014; *Value Chain Analysis. Wood Processing*, 2015; *Critical Materials Rare Earths Supply Chain...*, 2020).

Üldistatud suundumused on järgmised:

- riigid on võtnud valdavalt eelduseks KHG neutraalse ja elujõulise sektori arengu;
- metsamajandus neutraliseerib puidutööstuse (transport, tööstusettevõtte energiakasutus) väärtusahela KHG mõju, kuid transpordi ja tööstuse mõju peab vähenema ka üksikvaates;

- madala KHG emissiooniga toodete nomenklatuur tööstustoodangus aitab oluliselt kaasa kliimaneutraalse saavutamisele – fossiilne tooraine jääb minevikku ja taastuvtooraine aitab tulevikku;
- liidri roll ja oluline arendustegevus toimub suurtööstustes ja nn inkubaatorite toel.

Maailma tööstustoodangu prognoosis 2030 nähakse eelkõige järgmistes tootegruppides olulisi muutuseid¹⁰:

- Puitmaterjalid, sh puitehitised → +90 miljardit €
- Kiumaterjal ja pakendid → +56 miljardit €
- Paber → -1 miljardit €
- Tekstiil → +40 miljardit €
- Kemikaalid ja kütused → +10 miljardit €

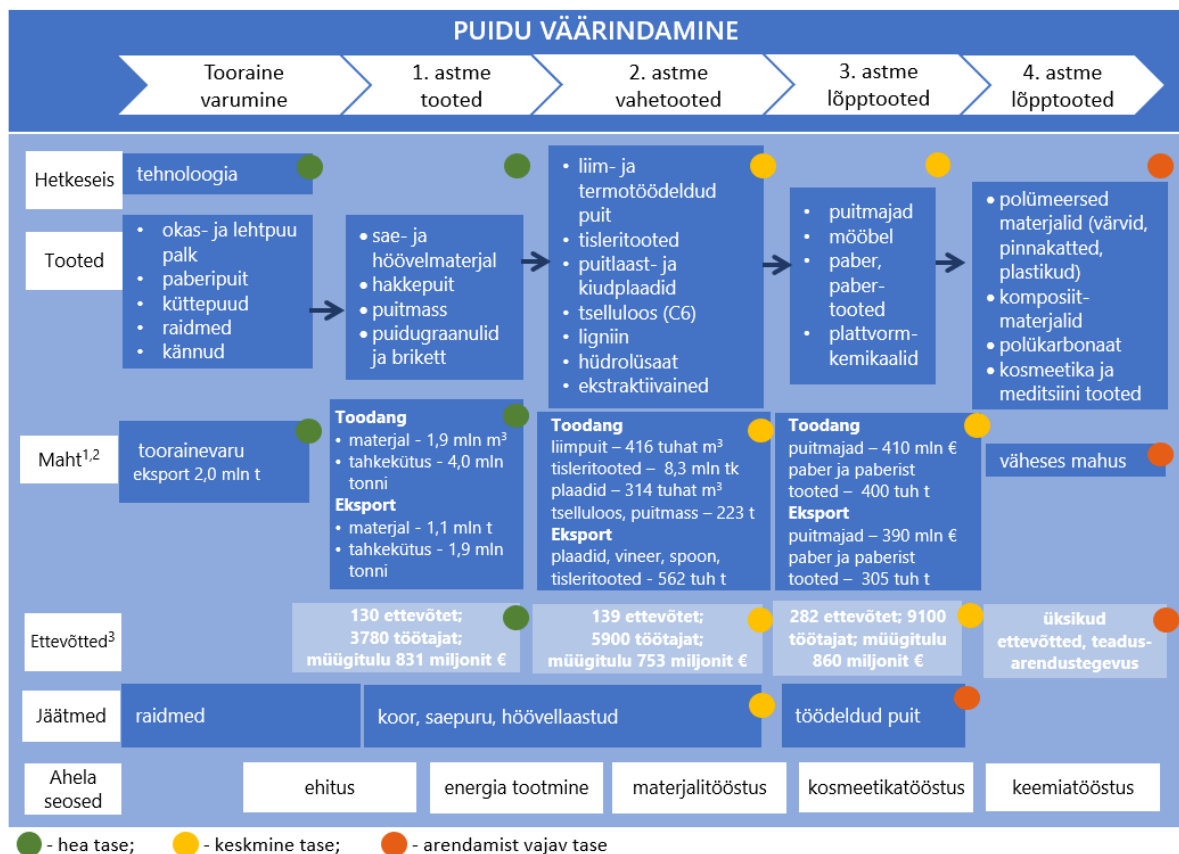
Hurmekoski jt (2018) analüüsisid puidu töötlemise väärtusahelas nii uute puidu põhiste toodete arendamist, aga ka lisandväärtuse kasvu. Tulemustes toovad nad välja võimalikud uued tooted, mis on järgmised: ehituses kasutatav ligniin (betoonilisand), ristkihtpuit (CLT), Tööstuslikult kokkupandavad moodulelemendid, tekstiilikiud (Spinnova ja IONCELL-F näide Soomest), talliõli baasil diiselkütuse tootmine (kütused), saepurul baasil etanooli tootmine, platvormkemikaalid, piimhape, furfurool, 1,4-butaandiool (BDO), merivaikhape, etüleen, plastid ja pakendid, paindlik plastpakend (nt Paptic), jäigad plastpakendid (nt SULAPAC, ARBOFORM), puitplasti komposiidid (WPC). Ühtlasi esitavad autorid väärtusahela etapis loodud suhtelise väärtus võrreldes palgi (ehitus) või paberipuiduga. Näiteks puitmajade konstruktsioonide tootmine suurendab suhtelist väärtust kuni 42 korda, platvormkemikaalide tootmine 7–93 korda, aga platvormkemikaalidest lõpptoodet tootmine kuni 5000 korda.

Puidu töötlemise väärtusahel koosneb kuni nelja erineva valmidustasemega toodete (sh vahetoodete) tootmisest (joonis 18). Puitu väärindavad traditsioonilises puidutööstuse sektori vaates sae- ja hõövelmaterjali, tislari-, puitmaja-, tselluloosi-, puitplaadi- ja mööblitööstus, aga ka tahke- ja vedelkütuse tööstus. Puidu väärindamise üldine jaotus on täispuitmaterjal ja sellel põhinevad tooted, puitmass ja selle rafineerimisel põhinevad tooted, aga ka puitplaadid ja biokütused. Kaks viimast väärindamise gruppi on soovitatav üles ehitada vähemväärtusliku puidu või koguni eelnevast järele jäänud materjalitööstuste kaassaaduste või jäätmete kasutusele (rakendada nn kaskaadkasutamise aluseid). Eesti biomajanduses lisandväärtuse tõstmise ja toorme tõhusa kasutamise uuringus (Kers, 2021) toodi esile, et puidu väärtusahel põhineb Eestis valdavalt puidu mehhaanilisel väärindamisel ning on saetööstuse, puidugraanuli ja küttematerjali tootmise keskne. Ligikaudu 50% (7,5 miljonit m³) käideldavast puitmaterjalist suunatakse kütteks. Seetõttu on lisatud käesolevas töös väärtusahel erineva väärindamise astmetega toodete kohta.

Analüüsitud andmete ja kogutud eksperthinnangute põhjal järeldame, et Eesti majanduskasvu ning puidu töötlemise väärtusahelas lisandväärtuse tõstmiseks on suurima potentsiaaliga 2. astme vahetoodete töötlemise ja 3. astme lõpptoodete tööstuse arendamine (joonis 18).

¹⁰ Pöyry/The global markets and growth potential for forest Industry products in 2030

2. astme vahetooded hõlmab rafineerimistööstuse rajamist, mis Eestis puidu väärimisel on uus suund ning vajaks kõige enam tähelepanu. Omakorda toob puitmassi väärimine kaasa puiduturul olulisi muutuseid, kuna valdkond sobib eelkõige suurema tööstuse rajamiseks. Puidu rafineerimisega seostub seni olemasolevatest tööstustest tselluloositööstus ehk paberitööstus. Tulevikku vaatavalt ja töötlemisprotsesside põhisel on tegemist puidu nn keemilise väärimisega erinevateks saadusteks, milleks on tselluloos, ligniin, hüdroliisaat ja ekstraktiivained.



Allikas: ^{1,2} SA tööstustoodang; kaupade eksport (2017–2020 keskmine); ³ ärireister;

JOONIS 18. Puidu väärtusahel (Allikas: autorite koostatud; andmed ärireister 2020)

Vaadeldes 3. astme lõpptoodete tööstuse arendamise prioriteete, siis oluline eesmärk on puitmajatööstuse järjepidev edasine arendamine, plattvormkemikaalide tootmise arendamine ning plaadi- ja mööblitööstuse arendamine.

Märgime ära, et joonis 18 esitatud 3. astme toodete hulgas plattvormkemikaalide valikut toetab eelnevalt läbi viidud biomajanduse lisandväärtuse ja toorme tõhusa kasutamise uuringu alamraport (Joller jt, 2021). Uuringu käigus kaardistati uusi ärimudeleid ning võimalikke tooteid. Kuna näeme, et globaalne trend eeldab üha enam fossiilsel toorainel põhineva keemiatööstuse ümber struktureerimist orgaanilisele ja ringmajandusega seotud muundatavatele toodetele, siis antud suund on prioriteetseks. Näiteks pakendimaterjalid, tekstiilid, liimid, sideained jne, mis põhinevad fossiilsel toorainel, saab asendada taastuvatest või ümber töödeldavast toormest.

Puitmajatööstuse valikut toetas samuti eelnev uuring, kus Vilt (2021) toob Eesti Puitmajaliidu sektori analüüsis välja, et sektori ettevõtteid iseloomustab suur ekspordi osatähtsus (vahemikus 60–100%) ja põhilised turud on Põhjamaades (Norra, Rootsi, Soome), aga müük toimub ka Taani,

Hollandisse ja Saksamaale. Uute turgudena nähakse Prantsusmaad, Suurbritanniat, Hollandit, Šveitsi aga ka näiteks USA-d. Analüüsitud hinnangute põhjal on oluline, et **Eesti puitmajatööstus suudaks oma turupositsiooni hoida**, sest turule sisenejaid on olulisel määral teistest riikidest. Kuna senine turupositsioon on olnud hea, siis see on mõnevõrra „uinutanud“ arendustegevust. Tootearendust pärsvivad nii tööjõud, aga ka toetusmeetmete bürokraatlikkus ja finantsvahendite puudumine. Samal ajal on tootearendus hädavajalik, sest konkurentide arendustöö ja tehnoloogilise võimekuse kasvuga tuleb kaasas käia. Eesti Puitmajaklastri strateegias 2018–2025 märgiti võimaliku konkurentsieelise kadumist ning seetõttu edasiste eesmärkide saavutamiseks järgmiseid tegevusi:

- tootearendus, millega aidata ettevõtetel arendada uusi või parendatud tooteid ning tagada sihtturgudel konkurentsivõime;
- ühisturundus, millega suurendada partnerite edukat tegutsemist rahvusvahelistel turgudel;
- rahvusvahelistumist, millega suurendada klasteri ja ettevõtete rahvusvahelist nähtavust, sh klasteri rahvusvaheliste kontaktide ning koostöö kasvu. (Eesti Puitmajaklastri ..., 2017)

Puitmajatööstuse väärtusahelaga on omakorda seotud sae- ja höövelmaterjalitööstus, kuigi teadaolevalt toodavad höövelmaterjali puitmajatehased valdavalt ise. Samuti on puitmajatehase väärtusahel seotud puitplaaditööstusega, aga ka tiseritoodetega ning väga olulises mahus kasutatakse teisi ehitus- ja installatsiooni materjale.

Ehitiste konstruktsioonide materjaliks on võimalik kasutada liimpuitu. Kuna liimpuiduga on võimalik asendada suurte hoonete metallist konstruktsioonid ning liimpuidutööstus on Eestis edukalt arenenud, siis selle tõttu areneks puidu- töötlemise väärtusahelas ka 2. astme vahetoodete tootmine. Kindlasti on liimpuitkonstruktsioonid kliimaneutraalse iseloomuga võrreldes energiamahuka metallsulamite ja konstruktsioonide tootmisega. Kliimapoliitika seisukohalt on mehhaaniline puidu töötlemine ja puitmajaehitus vajalik suund.

Plaadi- ja mööblitööstus on Eesti puidu töötlemise väärtusahelas olnud pikemaajaliselt olulisel kohal, mille kaudu vääringdatakse eelkõige väheväärtuslikumat puitu. Plaadi- ja mööblitööstuse sektor on ühtlasi suur, kus tööd saab üle 7300 inimese ning suuremate tööstuste aastakäive kokku on 645 miljonit eurot (Joonis 18). Plaaditööstus omakorda on seotud teiste tööstustega, kuna puitplaate on võimalik kasutada nii üldehituses, aga ka puitmajatööstuses.

Prioriteetid puidu töötlemise väärtusahelas

Puidu töötlemise väärtusahela perspektiivikates **puitmajatööstuse suundades näevad valdkondlikud eksperdid järgmiseid prioriteete:**

- Jätkuvalt puitehitiste arhitektuuri/disaini/konstruktsioonide arendamine.
- Erinevat tüüpi tootmisprotsesside integreerimisvõimaluste uurimine tagamaks võimalikult efektiivset tootmismatriksit ja kõrgeimat lisandväärtust. Sh on oluline tehasmajade tootmise automatiseerimise suurendamise ja robotiseerimise hindamine.
- Masinjuhtimise ja -kommunikeerimise suurendamine (skaneerimine, tehisnägemine).
- Tootearendus, mis on seotud puidust korrusmajade ehitamisega, sh element- ja moodulkonstruktsioonide arendamine.
- Ligi-nullenergiamajade ehitamine.
- Tootlikkuse suurendamine digitaliseerimise kaasabil, sh masinõppe ning andmekaeve meetodite rakendamine äriprotsessi efektiivsuse tõstmiseks ning tootlikkuse suurendamiseks.

Selleks, et püsida konkurentsivõime eelkõige välisriikide turul, tuleb meie ettevõtete tootlikkust tõsta 1,5–2 korda.

- Lehtpuidust toodete kasutamise suurendamine.
- Katmistehnoloogiad kahjustuste vältimiseks ja tulekindluse suurendamiseks 100% niiskuskindlad puitkomposiidid (sh eelkõige vannitubade ehitamiseks)
- Efektiivsete puidupõhiste renoveerimislahenduste väljatöötamine tüüpsetele kortermajadele ning avalikele hoonetele.

Siiski märgiti, et viimane pakutud suund eeldab suhteliselt palju arendustööd ja kalkulatsioone, mis tagaksid turul konkurentsivõime. Märgiti potentsiaali, kuna turg on hiiglaslik – ainuüksi kortermaju, mis tuleb Eestis renoveerida aastaks 2050, on ligikaudu 14 000. Tavameetoditega käib niisuguse mahus renoveerimine üle jõu ning vajalik on mudelprojekteerimise jaoks sobilike tarkvara liidest väljaarendamine ja kasutuselevõtmine, tootmisvõimsuste kohandamine ning spetsialistide väljaõpetamine.

Lisaks märgiti, et tegevusvaldkonna rahvusvaheline konkurentsivõime/edu lähiaastatel sõltub nii toorme saadavusest ja selle hinnast. Olulist rolli omab riigi tugi sektorile, selged otsused seoses metsanduse arengukavaga määratud tulevikulistele raiemahtude ja kliimamuutustele reageerimise poliitikates. **Puitmajatööstuse strateegilise planeerimise horisont on 10 aastat.** Sektor on kapitalimahukas ja vajab pikemaajalist arenguplaani. Oluline on uutele rahvusvahelistele turgudele sisenemine ja e-kaubandus – Eesti puidutööstuse hea kuvand lubab kergemalt siseneda rahvusvahelistele turgudele. See annab võimaluse professionaalselt läbi rääkida partneritega.

Riigi tuge eeldatakse järgmistes tegevusprotsessides/väärtusahela lülides:

- Kvaliteetse toormaterjali saadavus tagab sektori arengu. **Riik peab koostama pikaajalise plaani metsanduse ja tööstussektori arendamiseks ning ettevõtluskeskkonna kujundamiseks.**
- Koolitus ja teaduspoliitika peab tagama töölis- ja inseneritehniliste spetsialistide ettevalmistuse. **Oodatakse** peajasjalikult haridus- ja teadusministeeriumilt **väga jõulisi ning otsustavaid samme haridusmaastiku kohandamisel ettevõtete vajadustele vastavaks.**
- Jätkuvaid ja **uusi toetuste võimalusi tootearendus- ja innovatsiooniprojektidele, mille kriteeriumiks on suurem sünergia väärtusahelas ja kõrgem ressursside väärdamise tase.** Sealjuures on oluline võimalikult vähese bürokraatia kasutamine. Bürokraatia tähendab aega ja tööjõudu, mida niigi ettevõtjatel napib.
- Maksusoodustused, mis on seotud TAIE tegevusega ehk ettevõtetele, kes tegelevad prioriteetsetes valdkondades tootearendusega.
- Suurettevõtted peaksid toetusfondidest saama arendustegevuse hoogustamiseks tuge sarnastele tingimustel VKE-dega. Eksporditulust suurem osa tuleb just suurettevõtelt, seetõttu on nende arendustegevuse toetamine riigi jaoks ka vägagi oluline.
- Enam tähelepanu protsesside arendamisele (sh regulatiivse raamistiku loomine), mis **aitavad kaasa jäätmete tekkimise vähendamisele**, jäätmete kogumisele ja nendest võimalike toodete tegemisele.

Puitmajatööstuse jaoks eksperthinnangutes eelisarendatavaid tehnoloogiaid esile ei toodud ja märgiti ära, et tehnoloogia valik sõltub ettevõtte suurusest ning teatud spetsialiseerumisest. Seega tehnoloogilise arengu toetamine võiks olla paindlik. Uudse arenguvaatena pakuti tehnoloogiate kaardistamist puidu kaskaadkasutuseks Eestis. Leiti, et lahendamist vajab küsimus, kuidas edendada puidu kasutuse suurendamist pikaajalistes toodetes

(puitehitised) ja ehitise amortiseerumise järgselt puitlaastplaadiks ja puidukiuks. **Selliseid puidu ringlusse võtmise tehnoloogiaid ja täpset kaardistust Eestis ei ole.**

Selle valdkonna juures nähakse, et tehnoloogiate valik ja toodete arendus peaks toimuma paralleelselt vastava protsessi/toote keskkonnamõju arvestamisega (heitmed, toksikoloogia, CO₂ jalajalg jne). Seetõttu peaks tulevikus lisanduma ka kompetentsi uute ja arendatavate bioprotsesside ja biotoodete olelusringi ja jalajälje hindamiseks.

Puidu töötlemise väärtusahela perspektiivikates **puidukeemia suundades näevad valdkondlikud eksperdid järgmiseid prioriteete:**

- Puidu mehhaanilise töötlemisel tekkivate kaassaaduste ja jääkide, aga ka väheväärtusliku puidu (mis on kuni $\frac{2}{3}$ puidubilansist), mida kasutatakse eelkõige tahkekütuse tootmiseks, **terminiline, keemiline või bioloogilise väärindamise arendamine**. Võimalik on asendada fossiilsel toormel põhinevaid plaste, aga ka toota biokemikaale ja seejärel biokütuseid.
- Tehnoloogiad/tooted, mis baseeruvad nt Fibenol OÜ katsetehase saadustel – **ligniini, puidusuhkrutel ja mikrokristalsel tselluloosil. Puidusuhkrute** keemilise ja/või bioloogilise muundamise arendus kemikaalideks ja nende polümeriseerimine kõrge lisandväärtusega biomaterjalideks.
- **Platvormkemikaalid keemiatööstusele**. Peenkemikaalid erinevatele tööstusharudele olenevalt kemikaalide iseloomust. Tootevaldkonnad, kus on võimekad ettevõtted (nt ehituskeemia Krimele, Henkel), värvitööstus (AkzoNobel Baltic, Eskaro, Tikkurila), pakenditööstus jms).
- **Ligniini ja ligniinist saadavate kemikaalide kasutamine biomaterjalides**. Ligniini põhiste funktsionaalsete materjalide arendused (biolagunevad kiled, termoplastsed pakendmaterjalid, sideained teede ehitusel, liimid jne).
- **Biopõhiste puidu immutusvahendite ning pinnatöötluste ja -katete arendus** (kasutaja nt RaitWood). See on üheks eelduseks, et puit ehituskonstruktsioonides ja pika elueaga toodetes säiliks kaua.
- **Tehnoloogiad lahustuva tselluloosi ja mikrokristalse tselluloosi väärindamiseks tekstiilmaterjalides**, termoplastsetes tselluloosipõhistes materjalides, kiledes ja komposiitides asendamaks fossiilsel toorainetel põhinevaid materjaleplasti- ja pakenditööstusele (nt Estiko Plastar, Dagoplast jt).
- **Lignotselluloosse biomassi torrefaktsioon selle väärindamiseks kütuste ja materjalidena** (Baltania OÜ).
- **Puidusuhkrute tööstusliku fermentatsiooni optimeerimine bioreaktorites** ja sünteetilise bioloogia meetodid kemikaalide ja valkude tootmiseks;
- Pleegitatud keemilis-termilise puitmassi (BCTMP) ja töötlemata sekundaarsete puitmassi voogude keemilise ja biokeemilise väärindamise tehnoloogiate väljaarendamine.
- **Üldistades on vajalik arendada nii termokeemilisi kui füsiokeemilisi töötlusmeetodeid**. Esimesed tagavad kogu puidu massi väärindamise. Võimaldab temperatuuri, rõhu ja reaktsioonikeskkonna optimeerimisega suunata protsessi soovitud produktide poole. Olenevalt eesmärgist võib keskenduda nii tahke, vedela kui gaasilise vaheprodukti optimeerimisele. Termokeemilisi meetodeid on võimalik kasutada just eeltöötlusena näiteks biokeemilisele väärindamisele (nt gaasfermentatsioon), et toota juba tööstusele suunatud kemikaale. Puidutööstuse jääkide gasifitseerimise ja gaasfermentatsioonil kemikaalide tootmine.
- **Füsiokeemilised töötlusmeetodid on madalama energiasisendiga ja kemikaalivabad eeltöötlusmeetodid biomassi struktuuri lõhkumiseks** ja selle avamiseks teistele protsessidele, näiteks biokeemilistele või bioloogilistele. **Eesmärk on biomass võimalikult efektiivselt ära kasutada erinevate peenkemikaalide tootmiseks.**

Riigi tuge eeldatakse järgmistes tegevusprotsessides/väärtusahela lülides:

- Eeldades arenguvaadet 5 aastaks, siis on sobiv aeg eeltöö tegemiseks koos Eesti ja välisettevõtetega, **mis annaks tõeke 3-4 spetsiifilise biorafineerimistehase rajamiseks ressursiga piirkonda** (näiteks Lõuna-Eestis mänd). Vajalik on koostöö arendamine ja pilootprojektide hindamine. Ühtlasi teadusmahuka valdkonna uurimistöö toetamine (annab potentsiaalse konkurentsieelise pikemas perspektiivis).
- Eeldatakse olulist riigi tuge ennekõike spetsialistide koolitamisel. Valdkondlikult nii bakalaureuse-, magistri- kui ka doktorikraadiga kompetentsi omavate inimeste väljakoolitamine.
- Eeldatakse riigi pikaajalist ja mõistetavat metsanduspoliitikat, millega ei tohi kaasneda tööstuse politiseerimine. Kohaliku tooraine väärindamine on oluline riigile ning metsaomanikud peavad saama oma omandiga stabiilselt ja jätkusuutlikult majandada.
- **Pilootvõimekus (protsessi testimise võimekus suuremas skaalas) koostöös ettevõtete uute tehnoloogiate välja arendamiseks ja tööstuslikku skaalasse viimiseks.**
- Erinevat tüüpi tootmisprotsesside integreerimisvõimaluste uurimist tagamaks võimalikult efektiivset tootmismaatriksit ja kõrgeimat lisandväärtust.
- Madala väärtusega puidu ja puidu töötlemise jääkide väärindamise suurendamise ja lignotselluloosete jäätmevoogude vähendamise toetamine läbi uudsete protsesside rakendamise.

Erinevad kaasatud osapooled rõhutasid puidulise bioressursi kvaliteedi ja tootlikkuse suurendamise vajadust metsakasutuslike võtete arendamisega. Märgiti, et tooraine kättesaadavus on puidusektorile Eestis esmatähtis, sh seda mõjutab oluliselt metsanduspoliitika. Rohepöörde tingimustes sõltub rahvusvaheline konkurentsivõime materjalide ja tehnoloogiate arendustest, mille keskkonnamõju oleks võimalikult madal (nt e-faktor¹¹ ja teised rohelise keemia printsiibid). Hüppeline üleminek rohetehnoloogiatele on keeruline – seda peaks pigem tegema järkjärguliselt, et tehnoloogiline areng oleks jätkusuutlik ja ei tuleks ettevõtetele šokina. Näiteks järgmise kümne aasta perspektiivis tuleks sillata fossiilsetel toormetel põhinevaid tehnoloogiaid taastuvtoormetel põhinevate arendustega 50% ulatuses ning sealt edasi liikuda järjest fossiilse toorme osakaalu vähendades. Arvati, et see oleks praegust tehnoloogiavalmidust arvestades mõistlik tempo. Lähiaastate konkurentsivõimele ja ennekõike pikemaajalisele edule on väga oluline, et asjasse puutuvad ametkonnad ja poliitika kujundajad vaataksid kaugemale kui 3–5 aastat. Investeeringute tegemine konkurentsivõime tõstmiseks on seotud tuleviku perspektiiviga, mis on metsa- puidusektoris rohkem kui 10–30 aastat. Uute biotehnoloogiate nagu ligniini ja tselluloosi keemilise väärindamise tehnoloogiate arendamist ei tohiks edasi lükata, kuna 5 aasta pärast sellega alustades on mahajäämus naaberriikidega võrreldes äärmiselt suur.

Üleminek taastuvtoorme kasutusele ka puidukeemia valdkonnas ei saa toimuda ilma tugeva valdkondliku teadus- ja arendustegevuseta nii ülikoolides kui ettevõtetes, spetsiifilise kompetentsiga spetsialistide koolitusega, meetodikate täiustamisega ja tehnika/tehnoloogia arendamisega. Selleks on vajalik tugev valdkondlik innovaatus, haridus, toimiv koostöö ettevõtete, ülikoolide ning vastavate riiklike asutuste vahel. Märgiti ära, et üheks puidu keemilise ja bioloogilise väärindamise valdkonna arengupiiranguks Eestis on olnud ülikoolide teadusrühmade ning järelkasvu piiratud võimekus ning vähene koostöö nii ettevõtetele kui ka ülikoolide vahel.

¹¹ e-faktor (*Sheldon's environmental factor*) - kasuliku toodangu massi suhe tekkivate jäätmete massi

Seda kitsaskohta on leevendanud 2020. aastal programm „Puidu ResTA“ (ressursside väärindamise alase teadus- ja arendustegevuse toetamine; Eesti Teadusagentuur, 2022). ResTA tarbeks kaardistati ja valiti rida teadussuundi, mille arendamine algas TÜ, TTÜ ja EMÜ ühistööna. Kuigi valitud uurimissuunad on edukalt käivitunud, siis on uute protsesside/toodete väljatöötamine ning spetsialistide koolitamine pikk protsess, mis nõuab ResTA ajaperioodist oluliselt pikemaajalist investeringut. Riiklikult oleks soovitatav tagada uuringute ja arendustööde pikaajaline järjepidevus, mis ei sõltuks päevapoliitikast. Riiklikult on võimalik toetada ja jagada ettevõtete riske seoses uute tehnoloogiate arendamise ja kasutuselevõtuga, pilootkatsete läbiviimist ja tehnoloogia valmiduse taseme tõstmist. Jätkuvalt ja lihtsamalt peaks nii ettevõtetele kui ka TA asutustele olema kättesaadavad paindlikud meetmed, sh RUP programmile sarnased meetmed. Kasu oleks ka antud ettevõtlusvaldkonda toetava kompetentsi/arenduskeskuse või keskuste loomise toetamine TA asutuste juures.

Puidu töötlemise väärtusahela perspektiivikates **plaadi- ja mööblitööstuse suundades näevad valdkondlikud eksperdid järgmisi prioriteete:**

- Olulisem kui tehnoloogia on **võimalikult mitmeastmeline väärindamine** ja väärtuse lisamine Eestis. Plaaditööstus aitab väärindada erinevates astmetes järele jäävat vähem väärtuslikumat puitu võimalikult lõpptoote lähedaseks (nt ehitusmaterjal, mööbel).
- Puidu mehhaanilise, keemilise eeltöötuse ja fraktsioneerimise tehnoloogiad on maailmas olemas, kuid nende omavahelist seostamist ja saadavate **vaheproduktide edasist tootarendust tuleks Eestis rakendada.**
- Plaaditööstuses on arengusuundadeks ka **formaldehüüdi sisaldavate liimide asendamine, nano- ja pinnakattetehnoloogiate kasutamine, aga ka komposiitplaatide tootmine.**
- Perspektiivikad on multifunktsionaalsed pinnakatted, sh biotehnoloogilised pinnakatted (antibakteriaalsed, bioühilduvad jne).

Riigi tuge eeldatakse järgmistes tegevusprotsessides/väärtusahela lülides:

- Riik ei tohiks anda läbi taastuvenergia toetuste eelist puidu põletamiseks, mille mahud energiakriisis kasvavad ning seeläbi muutub tooraine hinnapoliitika puidu põletamise mahud väga suureks ning tulusaks. Mitmetes riikides on eelis puidu väärindamisel. Läbi RMK oleks võimalik riigil kindlustada ennekõike tootmiseks vajalikud mahud.
- Puidu väärindamise protsess on üldjuhul energiamahukas ja seega võtmesõnadeks oleksidki energiakindlus ja konkurentsivõimeline hinna tagamisele kaasa aitamine.
- Oluline on nii välistööjõu kättesaadavus, aga ka puidutööstusspetsialistide (tehnoloogide) koolitamine.
- Riik peaks soodustama kaasaegsete innovaatiliste tehnoloogiate Eestisse toomist (st näiteks patenteeritud tehnoloogia soetamist; riiklikes hangetes innovaatiliste lahenduste esile toomist ja hindamist), et võimalikult palju puidu biomassist viidaks Eestis maksimaalse väärtuseni ning toetama erinevaid puiduliike kasutatavate töötlemistehnoloogiate kasutuselevõttu (sh puidu töötlemise jäägid).

Kokkuvõtvalt arvati ekspertide poolt, et kõikides puidutöötlemise valdkondades on võimalik uurimisteemade püstitamine ja piloteerimisvõimaluse loomine ning toetamine. Oluliselt rohkem tuleks tegeleda vastava valdkondade spetsialistide koolitamise toetamisega ja n-ö tööstusdoktorantuuri arendamisega. Oluline on pikaajalise arendustegevuse ja koostöö toetamine nii ülikoolide vahel kui ülikoolide ja tööstusettevõtte vahel: nt ResTA meetme jätkumine, arenduskeskuste loomine kaasates rahvusvahelist kompetentsi. Materjaliteaduse ja tehnoloogia valdkonna tähtsustamine ja populariseerimine on samaväärselt oluline võrreldes digivaldkonnaga.

5.1.3. Trendid tervisetehnoloogia- ja farmaatsiatoodete väärtusahelas

Farmaatsiatööstuse ja tervisetehnoloogiate väärtusahelaid on kirjanduses vähe analüüsitud. Dokumendianalüüsis selgus, et Eestis puuduvad ainult farmaatsiatööstuse väärtusahelat käsitlevad analüüsid. Võrreldes kirjandusest nähtub, et ravimitööstuse ja tervisetoodete tootmise väärtusahelatel on teatavad iseloomulikud jooned:

- Farmaatsiatööstus on ainus tööstus, mida iseloomustab nõrgad nn. tahapoole suunatud seosed (*backward linkages*) ja nõrgad nn. ettepoole suunatud seosed (*forward linkages*). Euroopas on kõige enam integreeritud tööstus autotööstus, millele järgnevad alusmetallid, paberi ja keemiatööstus. Samas kui teises otsas ehk kõige vähem integreeritud on farmaatsiatööstus, mineraalsete toodete tootmine, mis ei ole metallid ja koksi tootmine (Medina jt 2017).
- Farmaatsiatööstust iseloomustab tootjast lähtuvad väärtusahelad. Iirimaa farmaatsiatööstuse nutika spetsialiseerumise näitel on võimalik välja tuua järgmised tunnused, mida on võimalik rakendada ka teistes riikides ja teiste tööstuste puhul (Brennan, Rakhmatullin 2015):
 - ühilduva ja toetava keskkonna loomine asjakohase infrastruktuuri rakendamise abil, mis hõlmab regulatsioone, teadustegevust, tehnoloogiat ja haridussüsteemi;
 - riikliku innovatsiooni süsteemi taseme hoidmine ja tõstmine;
 - vajamineva inimkapitali arendamine;
 - huvigruppide vahelise koostöö arendamine ja toetamine;
 - tegevuste arendamine tööstustes ja
 - kasvuvaldkondade määratlemine tööstuses.

Eesti ekspertide hinnangul on tervise- ja farmaatsiatoodete sektoris perspektiivikad innovaatilised ja rahvusvaheliselt konkurentsivõimelised olemasoleval tugevusel põhinevad riigi jaoks strateegilise tähtsusega tooted. Samuti hinnatakse, et Eesti farmaatsiatööstuse rahvusvaheline konkurentsivõime sõltub just innovaatiliste toodete olemasolust ja tootmise kvaliteedist, personali olemasolust ja kompetentsist, aga ka järelkasvu arendamisest, milles vajaliku ettevalmistuse tagamiseks nähakse olulist rolli ülikoolidel. Lisaks nähakse oluliste mõjuteguritena rahvusvahelisi regulatsioone ja riikliku tasandi koostööd erinevate ametiasutustega. Ehk ka Eesti tervise- ja farmaatsiatööstuses mängivad olulist rolli sarnased tegurid, mis nähtusid Iirimaa farmaatsiatööstuse analüüsis.

- Farmaatsiatoodete tootmisel on võrreldes teiste keemiatööstuse valdkondadega kõrge kodumaise lisandväärtuse osakaal (Folvas, Udvari 2019).
- Farmaatsiatööstuse väärtusahel on lühike ja lisandväärtuse jaotumise mõttes ebaühtlane (Antalóczy jt 2019).
- Farmaatsiatööstuse väärtusahel on võrreldes teiste tööstuste väärtusahelatega erinev, puuduvad laiaulatuslikud nn. tahapoole ja ettepoole suunatud seosed. Kodumaine väärtusahel on koondunud paari üksikusse ahelasse. Farmaatsiatööstuse tahapoole suunatud tööstuse (keemia) sisened seosed on tugevad. Ettepoole suunatud seosed on veelgi enam koondunud: enamus toodangust tarbitakse lõpptarbija ehk tervishoiusüsteemi poolt ja osaliselt läheb toodang ekspordiks (Antalóczy jt 2019).
- Originaalravimite ja geneeriliste ravimite väärtusahelad varieeruvad. Originaalravimite väärtusahelad on pikemad ja keerulisemad, millel on ahela alguses kõrgem teadus- ja arendustegevuse tase. Geneeriliste ravimite väärtusahelad on lühemad ja lihtsamad. Kui on aga

mõlemad ravimid, nii originaal- kui ka geneerilised, siis on nende väärtusahelad eraldatud ja peamiselt on jäänud alles tagasihoidlikuma lisandväärtusega tootmisetapid (Antalóczy jt 2019).

- Taimsete ja ravimisarnaste preparaatide väärtusahelad erinevad n.ö klassikaliste ravimite väärtusahelatest. Turgu iseloomustab killustatus väikse ja keskmise suurusega ettevõtete vahel ja mitmekülgsed toodete kvaliteeti ja mõjusid käsitlevad regulatsioonid, mis riigiti palju varieeruvad (Booker jt 2012).
- Euroopa Liidus on tervisetehnoloogiate valdkonnas strateegilise tähtsusega väärtusahel Tark tervis. Selle väärtusahela puhul on koordineeritud investeeringud vajalikud järgmiselt:
 - a) suurandmed;
 - b) biomeditsiini ja biotehnoloogia seadmed, protseduurid ja teenused (tööstuslikult toodetud koed ja organid, 3D in-vitro mudelid, 3D bioprintimine, kiipelundid (*organ on a chip*), mikrokoed jne).

Suurandmetega seoses on vaja keskenduda avaliku infrastruktuuriga seonduvatele suurandmetele, samuti suurandmete kogumisele, kasutamisele, jaotusele ning rakendamisele avaliku ja erasektori asutuste poolt, sealhulgas võttes arvesse ka rahvuslike tervisesüsteemide eripärasid. Biomeditsiini ja biotehnoloogia seadmete, protseduuride ja teenuste arendamise ning pakkumise jaoks on oluline integreerida tervisetehnoloogiate väärtusahelasse peamiselt väikese ja keskmise suurusega ettevõtted (European Commission, Strengthening strategic value chains ... 2019).

Dokumendialüüsis kaardistatud arenguprognosidest on eristuvad järgmised tegurid:

- tooraine jätkusuutliku tarne surve;
- toodete turule toomise kiirus (tarneraskuste minimeerimine);
- tööstusliku tehisintellekti areng.

Ravimitootjad on aastakümneid tõhustanud oma tootmisprotsesse ja allhankinud toormaterjali, alusmaterjali, vahetooteid, toimeaineid, jne väljastpoolt Euroopa Liitu. Euroopa Liit sõltub ravimite toimeainete, keemiliste toorainete ja ravimite tootmisel üha enam kolmandatest riikidest, peamiselt Hiinast ja Indiast. 80 protsenti ravimite toimeainetest ja 40 protsenti Euroopas müüdavatest valmisravimitest pärinevad Hiinast ja Indiast (Euroopa Parlament: Ravimite puudus EL-is... 2021).

Viimastel aastatel on ravimitööstuses aga ilmnunud mõned olulised tarnetega seonduvad probleemid: ravimite toimeainete (API- *active pharmaceutical ingredients*) ja toormaterjali tootmine üksikute tootjate poolt ja sõltuvuse tekkimine nendest tootjatest. Oluline mõjutegur on siinkohal pakkumuse hajutamine, st. ravimite tootmisahelas vajalike erinevate koostisosade tootmine erinevate tootjate poolt või vähemalt erinevates tootmiskohtades (Schübel 2020:). Maailma Tervishoiu Organisatsioon (WHO) on välja toonud, et elujõulise turumudeli puhul on soovitatav kui ravimite tootmise protsessis on olemas kolm erinevat toormaterjali, toimeainete, vms. pakkujat (WHO 2016: 182).

Tööstuslik tehisintellekt võimaldab vähendada farmaatsiatööstuses esinevaid väljakutseid. Tervishoiu sektor on silmitsi erinevate väljakutsetega nagu ravimite ja raviprotsesside kulude kasv, aga ka ravimite turule jõudmise kiirus ja ühiskond vajab selles osas muudatusi. Tööstusliku tehisintellekti kasutuselevõtt võimaldab toota personaalmeditsiini tooteid, kiirendada ravimite turule jõudmist, parandada kvaliteeti ja tootmisprotsessi ohutust ning võtta kulusäästlikumalt kasutusele olemasolevaid ressursse (Paul jt 2021). Tööstuslik tehisintellekt on võimaldanud lahendada kaks olulist probleemi kliiniliste katsete puhul: patsientide valik ja värbamine.

Tehnoloogia prognoosi vaates on olulised järgmised suunad:

- ravimitööstuses on oluline pöörata tähelepanu jätkusuutlike keskkonnasäästlike protsesside kasutamisele;
- tervisetööstuse tulevikku iseloomustavad e-tervis ja andmete olulisuse kasv; ja
- raku- ja geeniteraapia ja mRNA põhiste ravimite ja vaktsiinide areng.

2020. a lõpus võeti vastu Euroopa ravimistrateegia, mille üheks sambaks on toetada Euroopa Liidu ravimitööstuse konkurentsivõimet, innovaatilisust ja kestlikkust ning kvaliteetsete, ohutute, tõhusate ja keskkonnahoidlikumate ravimite väljatöötamist (Euroopa ravimistrateegia... 2022). Kuna nii kasutatud kui ka kasutamata ravimitest tekib palju jäätmeid, on selle valguses tõusnud ravimitööstuses esile uus kontseptsioon n-ö roheline farmaatsia, mille all mõeldakse kombinatsiooni kõikidest meetmetest, mis võimaldavad vähendada farmaatsiatoodete mõju keskkonnale.

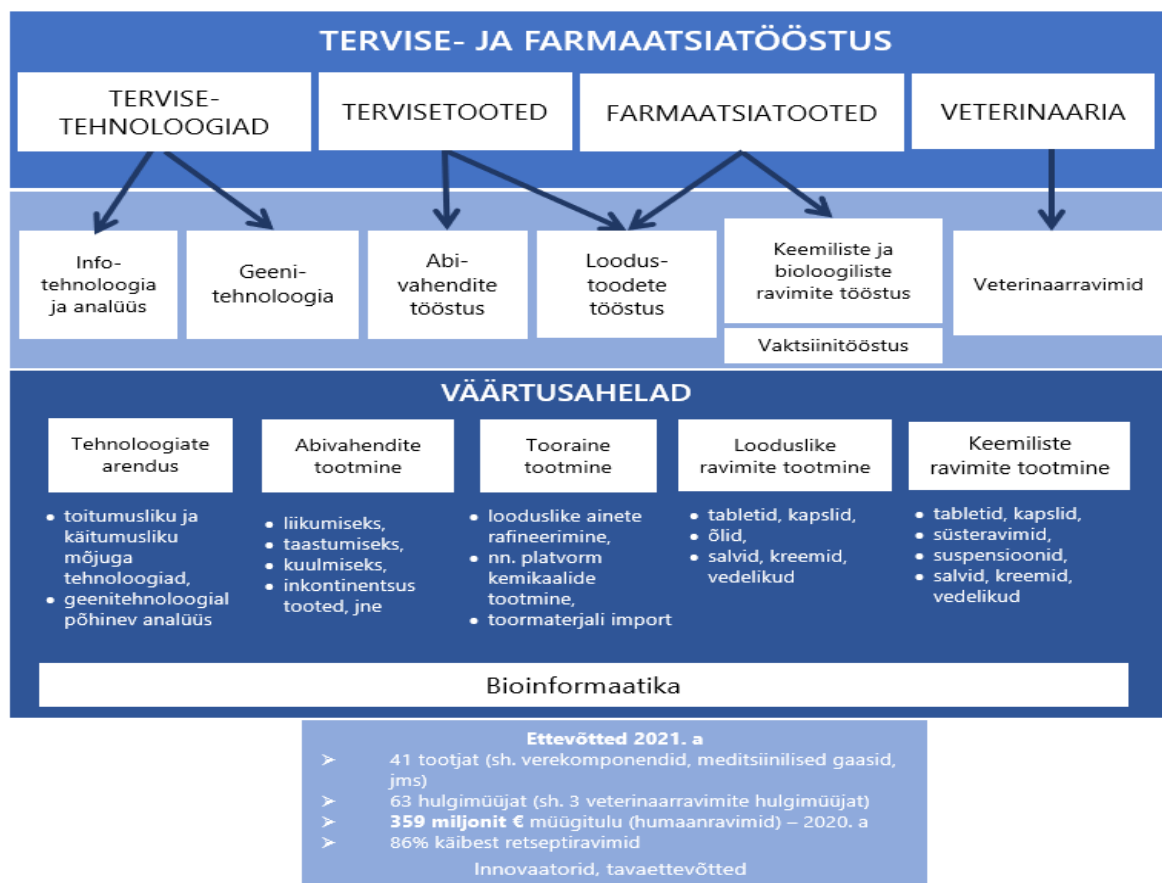
Uute bioaktiivsete ühendite loomine toimub tavaliselt keemilise sünteesi kaudu. Protsess, mis suurendab keskkonna saastatust orgaaniliste ja mitteorgaaniliste lahustite kasutamise tulemusel. Ravimitootjatel on seega oluline eesmärk toota ravimeid väiksema mõjuga keskkonnale. Rohelise farmaatsia erinevate meetoditena käsitletakse näiteks lahustite vaba sünteesi ja ensüümide kasutamist, aga ka biotehnoloogilisi lahendusi (Toma, Crisan, 2018). Üks oluline samm keskkonnamõjude vähendamisel ravimitootmise tsüklis on valida kohe tootmisprotsessi alguses võimalikult keskkonnasõbralikud (n-ö rohelised, looduslikud) lahustid ja reaktiivid. Farmaatsiatoodete toimeainete tootmisel on vajalik leida tõhus sünteetiline suund. Selline suund peab vähendama sünteetiliste sammude arvu, kuid säästma aatomit. Iga samm peab olema võimalikult ohutu ja tagama võimalikult vähese jäätmete hulga. Rohelised tehnoloogiad nagu katalüüs, biokatalüüs, aga ka pidev tootmisprotsess ja ümber töötlemine võimaldavad ravimitootjatel neid eesmärke täita (Kopach jt, 2012).

Ka Eesti valdkondlikud eksperdid on arvamusel, et ravimiarenduses on üha olulisem mõelda keskkonnasäästlikkusele.

Eesti ettevõtetel on suur potentsiaal kahes strateegilises väärtusahelas: tark tervis ja küberkaitse, selgus majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi ja KPMG Baltics OÜ poolt läbiviidud uuringus. Eestis on olemas kompetents erinevates targa tervise valdkondades nagu personaalmeditsiin, telemeditsiin, digitaalravi, vms. Uuringust selgus, et Eesti ettevõtetel on tervishoiutööstuses tugev kompetents ja ekspordivõimekus personaalmeditsiini ja *blockchain* tehnoloogia valdkondades (KPMG 2019). Personaalmeditsiini tooteid hindasid Eesti eksperdid perspektiivikaks ka selle projekti raames.

Farmaatsiatootjatele on empiirilised andmed olnud alati olulise tähtsusega. Infotehnoloogia areng on võimaldanud hakata aga farmaatsiatööstusel andmeid veelgi enam väärtustama ning selle abil majanduslikku kasu suurendama ja ajendanud innovatsiooni. Ligipääs erinevatele andmetele võimaldab kiirendada ravimite väljatöötamist ja arendamist, optimeerida ja parendada kliiniliste katsete tõhusust, leida erinevatele patsientidele tõhusamalt just neile sobivaid ravimeetodeid, saavutada paremat ülevaadet patsientide käitumismustritest, parendamaks ravimite kätte toimetamist ja tervishoiusüsteemi tulemusi, parendada turvalisust ja riskijuhtimist ning saada paremat ülevaadet turundus- ja müügitegevustest (6 Ways Pharmaceutical Companies are ... 2015).

Tervisetoodete- ja farmaatsiatööstuse väärtusahelat saab kaardistada väga erinevate tööstussektorite lõikes, kus igaühel eristuvad väärtusahela vaates erinevad tootmiseelsed teenused ja vajalik toore. Tööstussektori alamjaotuses eristuvad tehnoloogiate arendus, abivahendite, tooraine ja ravimite (looduslikud, keemilised) tootmine (joonis 19). Eesti kohaliku ressursi väärimdamisel on võimalik toota toorainet nii looduslike kui ka keemiliste ravimite (tabletid, kapslid, õlid, salvid, kreemid, vedelikud, suspensioonid, süsteravimid) tootmise sisendiks. Eesti tervise- ja farmaatsiatööstus on sarnaselt teiste riikide tervise- ja farmaatsiatööstustega, üsnagi killustunud.



JOONIS 19. Tervise- ja farmaatsiatööstuse väärtusahel (Allikas: autorite koostatud; andmed Ravimiamet 2021)

Analüüsitud andmetel ja kogutud eksperthinnangutest järeldame, et Eesti majanduskasvu ning tervisetoodete- ja farmaatsiatööstuse väärtusahelas lisandväärtuse tõstmiseks suurima potentsiaaliga on järgmised suunad:

- ravimite toimeainete tootmine, mis tagab tooteahela algusest lõpuni;
- eelisarendada tooteid, mida Eestis ei ole või on kallid, ja mille järele on reaalne riiklik vajadus;
- eelisarendada tooted, mis on samas innovaatilised ja rahvusvaheliselt konkurentsivõimelised, aga põhinevad olemasoleval tugevusel ja mis on strateegiliselt riigi jaoks vajalikud;
- personaalmeditsiini toode ja bioloogiliste ravimite arendamine;
- üha olulisem on eesmärgistada ravimiarenduses ka keskkonnasäästlikkust.

Ühest küljest on tervise- ja farmaatsiatööstuse osapooled arvamusel, et perspektiivikad tooted tervise- ja farmaatsiatööstuses on need, millega juba tegeletakse ravimite toimeained (API – *active pharmaceutical ingredients*) ja valmistooted (nii ravimid kui loodustooted, meditsiinitarvikud, testid,

jne.). Teisest küljest ollakse aga arvamusel, et perspektiivikad on need, mida Eestis ei ole või on kallid ja mille järele on reaalne vajadus. Oluline on arendada tootesuundi, mis aitavad täita katmata vajadusi, nt personaalmeditsiini tooted, bioloogilised ravimid.

Ettepanekud, milliste meetmetega saaks riik sektori tehnoloogilisele arengule ja kõrgema lisandväärtusega toodete tootmisele kaasa aidata:

- Kõige olulisem on tugi toote- ja tehnoloogia arenduses, tööstustoodangu kvaliteedi ja mahtude tagamisel, abi vastavate seadmete soetamisel, sh infrastruktuuri investeeringute tegemine.
- Suurematele välisturgudele jõudmiseks ja rahvusvaheliselt konkurentsivõimeliseks tegevuseks on oluline abi ka müügis ja marketingis.
- Oluline on ka toote ja/või tootmisprotsessi registreerimine ning auditeerimine, riigipoolne tugi antud protsesside läbiviimiseks.
- Paindlikumad laenu andmise tingimised, võimalus tagatiseta laenuks ilma protsendita või madala protsendi eest. Personaalsete lahendustega laenud.
- Paindlikkus juba olemasolevates toetuskeemides osalemiseks. Nt Eestis registreeritud äriühingut võiks käsitleda Eesti äriühinguna, mitte vaadata seda, kas ettevõttesse on kaasatud väliskapitali või mitte.
- Paindlikum personali/välisspetsialistide palkamise võimaldamine, olemasolevate kvootide ülevaatamine ja muutmine (analoogselt infotehnoloogia valdkonnale), et tootjatel tekiks sobilike spetsialistide puudumise korral võimalus Eestisse tuua ja tööle võtta kvoodiväliselt välisspetsialiste. Samas on oluline ka kohaliku kvalifitseeritud personali olemasolu ja järelkasv.
- Ametnike koolitamine koostööks ettevõtjatega (vt eelmine punkt).
- Teadus- ja arendustegevuse kulutuste maksusoodustused.

5.2. Tehnoloogia ja toodete trendid nutikate ja kestlike energialahenduste fookusvaldkonnas

5.2.1. Trendid energiatootmise väärtusahelas

Käesolevas uuringus liigitasime TAIE arengukava fookusvaldkonna nutikate ja kestlike energialahenduste elektrienergia, biogaasi ja auru tootmise, elektroonika ja elektriseadmete tootmise ja masinaseadmete ja -osade tootmise tegevusala ettevõtted. Valitud tegevusalad kuuluvad töötleva tööstuse sektorisse ja omavad valdavalt sarnaseid väärtusahelaid, aga ka omavahelisi sidemeid energia tootmise tegevuses.

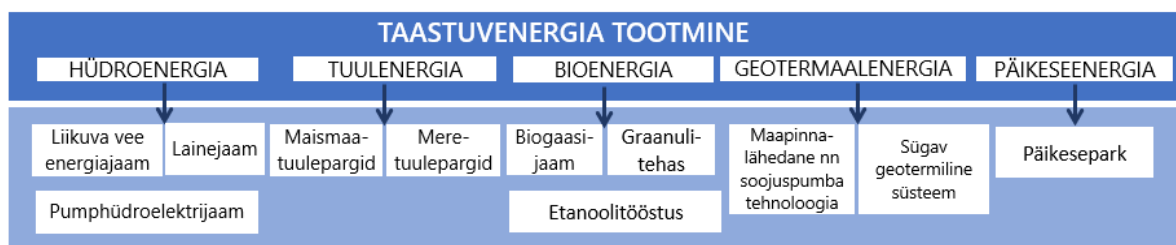
Sarnaselt eelnevas peatükis esitatud dokumendianalüüsi tulemusele on ka energiatootmise väärtusahelat iseloomustavaid näitajaid kaardistatud varasemetes uuringutes, mille tulemused on koondatud alljärgnevasse kokkuvõttesse.

SA Eesti Teadusagentuur. RITA 4: TAI poliitika seire. (Karo, E jt, 2018)

- Analüüsi elektroonika, aparaadiehituse ja isegi masinaehituse ettevõtteid, kusjuures märgiti, et piirid nende vahel on tihti küllaltki hägused sõltuvalt elektroonilise, elektromehaanilise ja mehaanilise komponendi erinevast osakaalust konkreetse ettevõtte toodangus.
- Võrreldes teiste väärtusahelatega on elektroonikatööstuse globaalsed väärtusahelad palju pikemad ja fragmenteeritumad kui näiteks puidutööstuse ja toidutööstuse puhul. Eesti ettevõtete jaoks on ka lõpptarbija küllaltki kaugel, mis tähendab, et kodumaine turg ei ole ettevõtete jaoks oluline, müüakse pigem ekspordiks.
- Analüüsi valitud toodete puhul on näha, et nii ekspordi mahu, turuosa kui ka konkurentsieelise poolest on kasvanud kontrollautomaatika jm kontrollseadmete (9032, 9027) näitajad. Eestis toodetud hüdromeetrite, loendurite jmt mõõteriistade (9027, 9029) ekspordi mahud ja osakaalud kasvasid maailmaturul kuni 2012. aastani, misjärel on toimunud langus ja stabiliserumine. Seetõttu on langenud suhtelise konkurentsieelise suhtarv (RCA) 7,61 punkti tasemelt 4,18 punktile.
- Märgitakse, et sektori ettevõtted osalevad rahvusvahelistes väärtusloomekettides väga erineval viisil, kusjuures neid viise ei ole võimalik liigitada piisava selgusega, nt lõpptoote valmistajad vs allhanketootjad või standardtootele ja selle suuremastaabilisele tiraažerimisele orienteerunud firmad vs konkreetse kliendi spetsiifilistele vajaduste rahuldamisele orienteerunud firmad.
- Elektroonikatööstuse väärtusahela juures arutleti nn "oma toote" ja "jupitootja" võimalusi, mis esimesel juhul tähendab ühtlasi väärtusloomeahela osas kõrgemale tõusmist. Eriti kõrgele siis, kui ei jääda vaid komponentide tarnijaks (*component supplier*), vaid suudetakse toote baasil tekitada tooteperekondi või mooduleid või kujundada spetsiifilisi süsteeme/terviklahendeid. Jääda vaid allhankijast „jupitootjaks“, kes toodab seda, mida klient soovib talle parasjagu ette anda, ei loeta perspektiivseks. See tähendab jäämist ka edaspidi väärtusloomeketi alumisse, kehvaltastastatud ossa. Enamik ettevõtteid näeb omatootele üleminekut väärtusahelas tõusu eeldusena, kuigi see on ka riskantne, kuna nõuab suuri investeeringuid, samuti eriti siis, kui panustatakse ühele tootele.
- Välisomanduses olevate ettevõtete hulgas kujunes välja kaks mudelit – lõpptootele orienteeritud mudel kaugetele turgudele ja lähiturgude emafirmadega seotud tootmiskeskonna pakkumise ärimudel. Eesti omanduses ettevõtted olid kas omatoote +

terviklahenduste või allhanke ja terviklahenduste pakkumise ärimudelitega. Kõigi nende ärimudelitega saavutati eelnevatel aastatel edu vähemalt ühikuhinna kasvu osas ning omamoodi asusid kõik need ettevõtted mingi väärtusahela ülemises osas

Taastuenergia tootmise liike on mitmeid, kus tehnilise erinevuse määrab eelkõige energia tootmise liik (joonis 20). Töötubades läbiviidud aruteludes saime kinnitust, et **prioriteetseteks arvati tuuleenergia ja bioenergia tootmise väärtusahel**, kuna nendes on võimalik Eesti ettevõtetel nii ehitustegevuses aga ka seadmete tootjana osaleda. Päikesepaneelide tööstuslik masstootmine algas 1980-ndatel (Salameh, 2014) ja toimub hetkel väga suures mahus. Paneelide arendamisel on kindlasti võimalik leida uusi efektiivsemaid lahendusi, millega ka Eestis tegeletakse. Hinnanguliselt on Eesti ettevõtetel päikesepaneelide komponentide tootmise väärtusahelasse keerukas siseneda. Eelkõige saavadki Eesti ettevõtted pakkuda tootmiselset arendust. Seevastu tuulikute püstitamisel ja tuuleenergia tootmiseks vajalike komponentide arendamisel on võimalik Eesti energia- ja elektroonikatööstuse ettevõtetel siseneda ka väärtusahela komponentide tootmise ja montaaži lõiku.



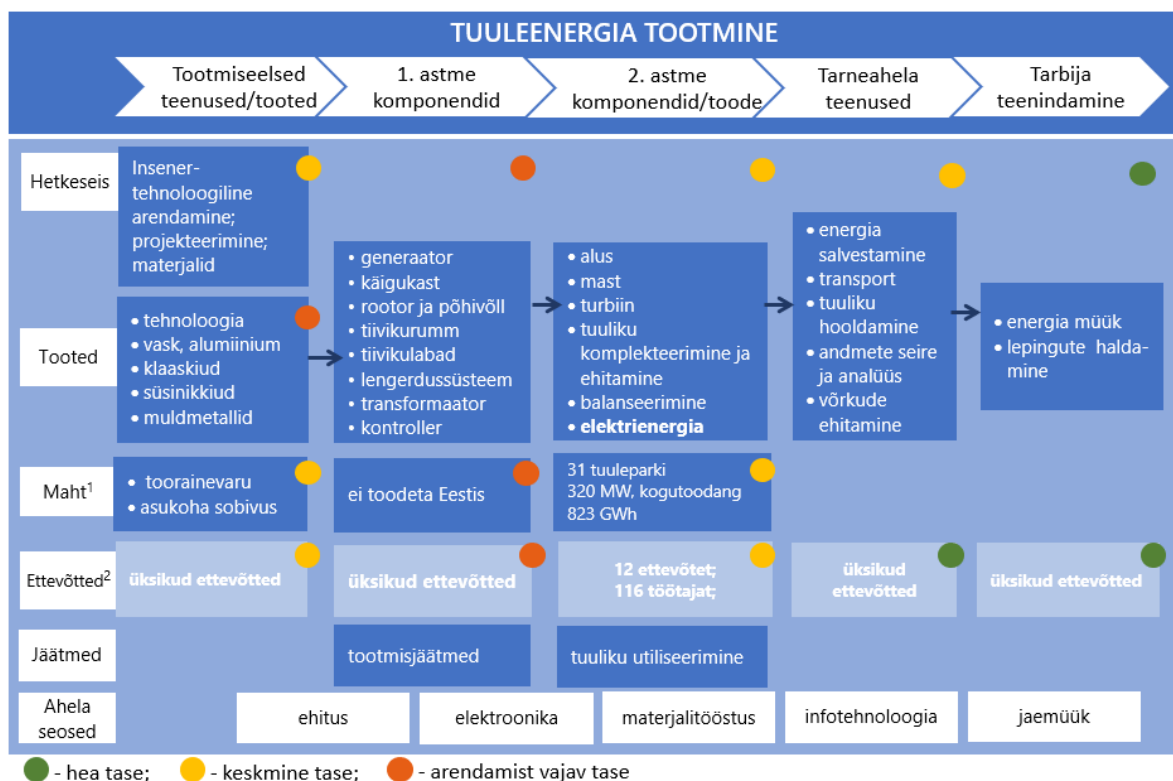
JOONIS 20. Taastuenergia tootmise liigid (Allikas: Tuuleenergia Assotsiatsioon 2020; MTÜ Eesti Biogaasi Assotsiatsioon, 2022; International Energy Agency, 2011; autorite koostatud)

Hüdroenergia ja geotermiaenergia ehk maapõueenergia on Eesti looduslikest ja geoloogilistest oludest sõltuvalt piiratud kasutusega. Tehnoloogia areng avab maapõueenergia kasutamise osas kindlasti uusi võimalusi ja täiendavalt tuleks uurida maapõue nn sügava geotermilise energia võimalusi Eestis. Rahvusvahelise Energiaagentuuri (*International Energy Agency*, 2011) tehnoloogia teekaardis märgitakse, et aastal 2050 toodetakse 3,5% (1400TWh) maailma elektri kogutoodangust geotermiliste süsteemidega, millele lisandub samas suurusjärgus kütteks kasutatavat energiat. Maapõueenergia projekteeritud geotermilise süsteemi (EGS - *Engineered Geothermal System*) pilootprojekti näide on olemas Soomes. St1 Otaniemi geotermiaenergia projekti juhivad St1 Nordic Oy ja tegevuse asukoht on Espoos¹². Projekti eesmärgiks on kasutada 6-7 km sügavusel asuvat maapõueenergiat kaugkütteks. Soojusvõimsuseks on planeeritud 40 MW ja jaama rajamisega alustati 2015. aastal. Ühtlasi on tegemist maailma sügavaimate maasoojuse kaevudega ja 2021. aastal alustati veevoolu katseid soojuskaevude vahel. Kuna projekt oli keerukas, siis kindlasti on võimalik Soome kogemust kasutada ka Eestis.

Tuuleenergia tootmise väärtusahel koosneb kuni kahest erineva valmidustasemega komponentide (st vahetoode) tootmisest (joonis 21). **Väärtusahelas 1. astme komponentide tootmine eeldab Eestis elektriseadmete tööstuse arendamist.** Väärtusahela 2. astmes

¹² <https://www.st1.com/geothermal-heat>

loodavaks tulemiks on töötav tuulik ja tooteks elektrienergia. Suurte tuuleparkide ehitamisel on oluline, et Eestis areneks selliste tehnoloogiliste rajatiste ehitamise kompetents.



Allikas: ¹² Tuuleenergia assotsiatsioon; ärireister; eksperthinnang

JOONIS 21. Tuuleenergiatootmise väärtusahel (Allikas: Tuuleenergia Assotsiatsioon 2020, autorite koostatud)

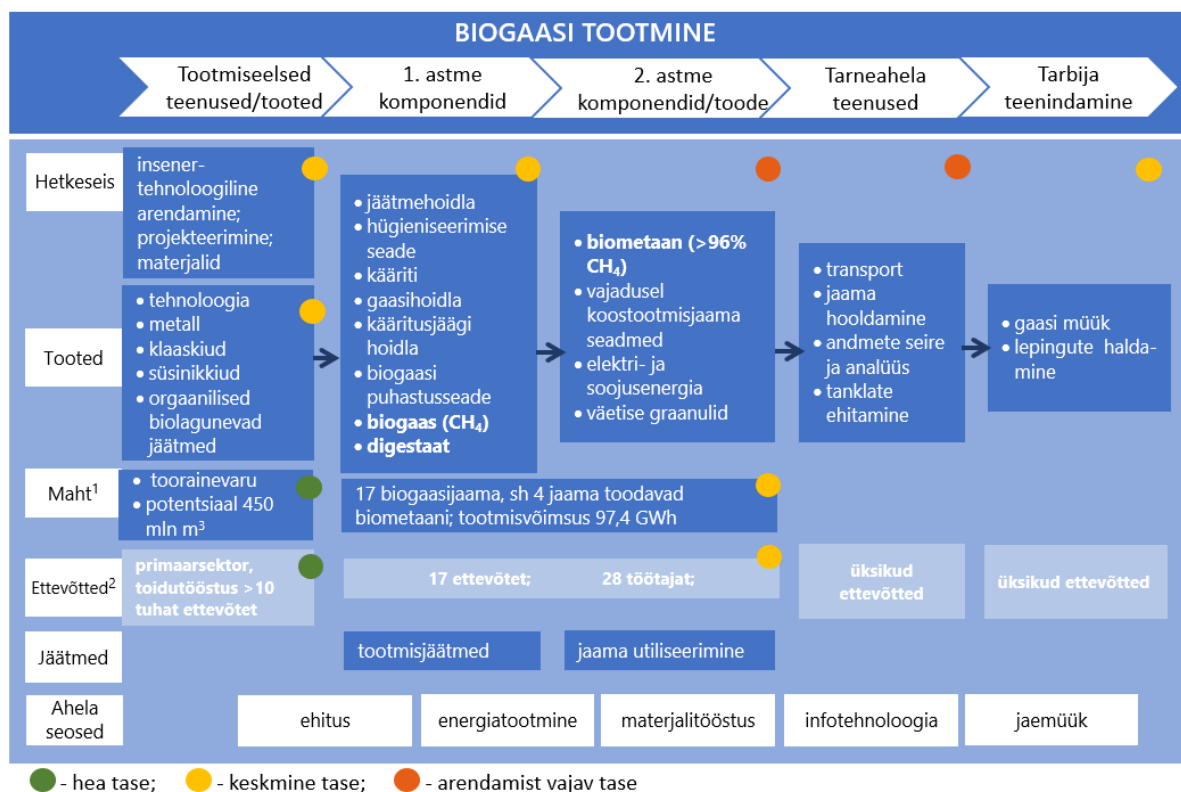
Prioriteetid tuuleenergia tootmise väärtusahelas

Taastuvenergia tootmise perspektiivikas **tuuleenergia väärtusahelas näevad valdkondlikud eksperdid järgmisi prioriteete:**

- Juhitamatu elektritootmise viisidega (päike, tuul, laine, geotermaal jmt) saadud energia salvestamise tehnoloogiate arendamine, sh näiteks öisest tarbimisest ülejäävast tuuleelektri elektrolüüseriga vesiniku tootmine ja süngaasina salvestamine. Nn „targad võrgud“ tehnoloogia ja tarbimise juhtimise tehnoloogia arendamine. „Targa võrgu“ lahendus peab suutma toime tulla ka lühiajaliste lokaalsete tipukoormuste juhtimisega.
- Alternatiivide välja töötamine võimsate rajatavate meretuuleparkide energia salvestamiseks (nt pumphüdro-elektrijaamades).
- Vaakumenergia, sh stringi ja gravitatsiooni energia kasutuse uurimine ja kasutusele võtmine.
- Integreeritud taastuvenergia (päike, tuul, biomass, geotermaal jmt), aga ka lisaks salvestatud energia ühistuliste kasutusmudelite loomine, piloteerimine ja juurutamine. Eesmärgiks on salvestada tarbimiskohale võimalikult palju selles asukohas vaja minevat energiat ja tarbida see kohapeal. Ühtlasi välditakse sealjuures energia ülekandekadusid.
- Tahke-oksiidsete kütuse elementide arendamine, nende piloteerimisest turuküps toote tegemine ja tootmise käivitamine Eestis.

- Kineetilise energia ärakasutamise süsteemide arendamine.

Taastuenergia tootmise teine oluline suund on biogaasi jaamade väärtusahel. Biogaasi tootmise väärtusahel on seotud paljude valdkondadega, kus toimub eelneva kõrgema lisandväärtusega toodete väärtustamine ja mille orgaanilistest jääkidest on võimalik toota biogaasi või mootorikütuseks sobilikku puhastatud metaani. Biogaasijaam aitab kaasa nii sõidukite energiavajaduse katmisele, aga ka vajadusel luua juhitavat elektrienergia võimsust. Biogaasijaama tehnoloogia ei ole keerukas, kuid jaama projekteerimisel on vajalik kaardistada toorme hulka, milleks on piirkondlikult kogutavad orgaanilised biolagunevad jäätmed. (joonis 22)



Allikas: ¹² MTÜ Eesti Biogaasi Assotsiatsioon; äriregister; eksperthinnang

JOONIS 22. Biogaasijaama väärtusahel (Allikas: Eesti Biogaasi Assotsiatsioon 2020, autorite koostatud)

Prioriteetid biogaasi tootmise väärtusahelas

Taastuenergia tootmise perspektiivikas **biogaasi väärtusahelas näevad valdkondlikud eksperdid järgmised prioriteete:**

- **Arendada tahkekeksiidseid kütuse elemente (TOKE)**, mida ettevõtte Biometaan OÜ juba Eestis piloteerib. Õnnestumise korral on võimalik hakata neid Eestis tootma. Elektriline kasutegur on 60% ja soojuslik on 20%. Müravaba ja liikuvate osade vaba lahendus, aga lisaks skaleeritav, mitmekesistab väikeses mahus biogaasist elektri ja soojuse koostootmist (sh „energiasaartel“).
- **Biogaasi krüopuhastustehnoloogia turuküpseks arendamine**, mille toimub biogaasi jahutamise ja CO₂-st puhastamise (krüopuhastuse) ja biometaan **puhastamisega samaaegse** veeldamise tehnoloogia välja töötamise kaudu. Tulemuseks oleks odav, väikesemahuline biogaasi puhastamise ja biometaan veeldamise seade (n-ö „kaks ühes“), sest sellega on

võimalik toota veeldatud biometaani, mis on samaväärne veeldatud maagaasiga ja vähendab Eesti sõltuvust imporditavast fossiilsest Venemaa päritolu maagaasist, sh veeldatud maagaasist.

- **Vetikatest pärast toidu-, farmaatsia-, kosmeetika-, keemiatoodete tootmisest jääva nn presskoogi kasutamine biogaasi tootmiseks**, mille puhastamise käigus eraldatud CO₂ saab toita vetikaid näiteks Ecoduna tüüpi mikrovetikate kasvatamisel kasvuhoone tüüpi reaktorites. Sellekohaste mudelite välja töötamine, katsetamine ja juurutamine.
- **Kõikide orgaaniliste jääkide ja jäätmete väärindamine toodeteks läbi anaeroobse kääritusprotsessi** ehk biogaasi tegemise ehk ringmajanduse elluviimine, kus jääkidest saavad tooted nagu biogaasi, kääritusjäak-väetis ja CO₂ tootena ja tulemusena jääke ei jää.
- **Täiendavad teadusuuringud reovee sette kääritusjägis olevate ohtlike ainete ja nende eraldamise tehnoloogiate arendamise kohta**. Reoveesette ja/või biojätmete kääritusjäagi puhastamise võimalused aitaksid sektori arengule oluliselt kaasa ja pärast biogaasi tootmist järele jääv digestaat oleks põlluväetisena kasutatav.
- **Rohelise vesiniku tootmise tehnoloogiate arendamine** tahkeoksiid-elektrolüüserite baasil. Nn Rohelise vesiniku segamine biometaani puhastuse protsessis ülejääva CO₂ ja süngaasi tootmine sellest. Ühtlasi on see CO₂ sidumise tehnoloogia.

Kokkuvõtvalt toodi esile ka võimalusi tuumaenergiat arendada ja edendada uue põlvkonna põlevkivienergeetikat. Kogutud info põhjal käesolevates valikutes siiski argumentide vähesuse tõttu käsitleda ei saa. Ühtlasi on laienevate mikrovrõrkude ja päikeseparkide juhtimiseks vajalik leida salvestus ja juhtimisalgoritme koos elektroonikalahendustega. Eesti ettevõtted saaksid olulisel määral kaasa aidata lokaalse energiakogumise (*energy harvesting*), salvestuse ja muundamise tehnoloogiate arendamisega.

Riigi tuge eeldatakse järgmistes tegevusprotsessides ja/või väärtusahela lülides:

- Tööstusele on oluline tagada energiajulgeolek, sealhulgas varustuskindlus ja konkurentsivõimeline hind. Energiatehnoloogia ja jaotusvõrkude juhtimisega on tihedalt seotud infoturve, mille elemendid vajavad sisse ehitamist juba tootearenduse käigus. Riigi üks roll ja tugi on selliste süsteemide disainimisele kaasa aitamine (nt infoturbe standarditele vastavate programmeeritud moodulite arendamine ja kasutajatoe pakkumine ettevõtetele).
- Valdkonna tarbeks piisava arvu spetsialistide koolitamine (lähtudes taastuvenergia tootmise valdkonda ja kliimapolitiika täitmise eesmärkidest).
- Tootearenduse toetamine, sest edu sõltub teadmistest ja katsetustest. Üks osa toetustest võiks olla ka innovatsiooniprogrammist intellektuaalomandi ja patentide ostmiseks fondi loomine. Kui patentide alusel loodud tehnoloogia hakkab teenima, makstakse ostmiseks saadud summa tagasi, millest osa võib kasutada eestimaisete patentide väljatöötamise toetamiseks.
- Eesmärgi püstitamine ja raha eraldamine teadus-arendustegevuseks taastuvenergia tootmise valdkonda suhestatult SKP-sse (näitena toimib sama skeem kaitsekulutuste 2% osa määrana SKP-st). Raha on vajalik kasutada teadus-arendustegevuseks, patentide ja litsentside ostmiseks ja perspektiivsete tehnoloogiate välja töötamiseks (nt 2% SKPst).
- Riskikapitali fondi loomine ja riiklikult olulisteks tunnistatud taastuvenergia lahenduste tootearenduse, piloteerimise ja skaleerimise rahastamine sellest fondist.
- Intellektuaalomandi-alane tugi koolituste ja juriidiliste lepingute ettevalmistamise näol. Tegijalt-tegijale kogemuste vahetamise tugistruktuuri loomine, mis aitab akadeemilisest teadmisest arendada konkurentsivõimelisi tooteid.

5.3. Mõõdikud väärtusahelates tulemuste hindamiseks

Väärtusahela eesmärgistatud arenguvajadusega löiku on võimalik hinnata nii väljund- kui tulemusmõõdikutega¹³. Nimetatud mõõdikud peavad omakorda olema mõtestatud TAIE arengukava fookusvaldkondade mõõdikutega. Suhteliselt lihtsam on siduda väärtusahela tulemusmõõdikuid TAIE arengukavas märgitud kaupade ja teenuste ekspordi, aga ka väljaspool Harjumaad loodud SKP elaniku kohta EL-i keskmisest arvatatud näitajaga.

Aruandes käsitletud kõikide väärtusahelate mõõdikute rakendamisel soovitame jälgida võrdlemisi sarnast käsitlust. Järgnevalt toome välja võimalikud mõõdikud, mille kohta esitati ettepanekuid töötubades ja kirjalikus tagasisides, aga ka arvestades käsitletud väärtusahelate perspektiivikamaid suundi. Lisaks juhime tähelepanu, et väärtusahela arenguks vajalike meetmete rakendamisel on soovitatav järgida Euroopa ühist huvi pakkuvate oluliste projektide strateegilise foorumi (IPCEI) poolt esitatud soovitusi ja näiteid, mida käsitlesime peatükis 3. Mõõdikute leidmisel on soovitatav jälgida nii tehnoloogiliste komponentide, infrastruktuuri, aga ka rakendusspetsiifiliste algatuste kehtestatavaid detailsemaid kriteeriume. **Vaadeldud väärtusahelates ja fokuseeritud tööstustoodangu lõikude puhul on eelkõige olulised tehnoloogilistele komponentidele esitatavad kriteeriumid ja ka TA tegevusele esitatavad kriteeriumid.** Eeldades, et eelisarendataval tehnoloogia juures peab jälgima tooraine säästliku kasutamise ja olelusringi analüüsi võimaldavate andmete lisamist, siis tulemusmõõdikuna saab kasutada materjali koguse vähenemist ja taaskasutatav materjali hulga suurenemise näitajat.

Tootmiseelsete teenustele ja TA tegevustele eesmärgi seadmiseks soovitati kaasatud ekspertide poolt järgmist sõnastust: „**Kompetentsi kasvatamine ja konkreetsete rakenduste väljatöötamine (märkida valdkond: komponent, toode, protsess) efektiivseks töötlemiseks Eesti ettevõtetes**“.

Tootmiseelsete teenustele ja TA tegevustele on võimalik rakendada järgmisi mõõdikuid:

- ettevõtluslepingute arv;
- piloottehnoloogiate olemasolu, TRL tase uuringu lõpus;
- tehnoloogilise lahenduse/projekti kasutuse võimalik ulatus;
- tehnoloogilise lahenduse/projekti ressursikasutuse efektiivsus, sh kaskaadkasutuse ulatus väärtusahelas;
- õpinguid jätkavate/lõpetanud (tööstus)doktorantide arv;
- uute õppeainete/kavade arv, mis käsitlevad (komponent, toode, protsess) väärdamist;
- täiendkoolituste arv ettevõtetele;
- teadusartiklite arv;
- intellektuaalomandi kaitse/patendite arv;
- valdkonda populariseerivate tegevuste arv.

¹³ Väljundmõõdik (väljundindikaator) on konkreetse ettevõtte või väärtusahela lüli vahetut tulemit mõõtev näitaja. Tulemusmõõdik (tulemusindikaator) on taotletava tulemuse saavutamist või saavutamise suunas liikumist mõõtev näitaja. Näiteks otsesed mõjud sihtrühmale ja sobivad kesktaseme eesmärkide hindamiseks (Mõjude hindamise meetoodika, 2012)

Väärtusahelas 2.–4. astme tööstustoodangu eesmärgi seadmiseks soovitame kasutada järgmist sõnastust: „**Säästlike tootmisprotsesside, keskkonnasõbralike ja kõrge ekspordi tasemega toodete tootmisvõimsuste arendamine tagades lisandväärtuse kasvu Eesti ettevõtetes (sh väljaspool Harjumaad)**“.

Tööstustoodangule on võimalik rakendada järgmiseid mõõdikuid:

- materjalikulu vähenemise kogus komponendi/toote tootmisel võrreldes analoogsega;
- ulatuslik komponendi/toote kasutamise võimalus nii Eestis kui välisriikides (nt puitkomponendid korrusmajade renoveerimisel; jõuhaldus elektroonika)
- eksporditud komponentide/toodete kogus;
- vähenenud energiahulk komponentide/toodete tootmisel;
- fossiilse toorme vähenemise kogus komponentide/toodete tootmisel;
- jäätmete vähenemise kogus tootmisel;
- suurenenud remondi- ja ringlussevõtu potentsiaaliga komponentide kogus.

Eelmärgitud näited väärtusahela tööstustoodangu lõigu tulemuste mõõtmiseks ei ole ammendavad ja neid on võimalik kohendada konkreetsemalt vastavalt väärtusahelale ning komponendi/toote töötlemisastmele.

6. KOKKUVÕTE

Uuring keskendus väärtusahelatele ja ettevõtlussuundadele Eesti teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ja ettevõtluse (TAIE) arengukava 2035 kahes fookusvaldkonnas: nutikad ja kestlikud energialahendused ning kohalike ressursside väärindamine. Uuringu tulemusena kirjeldati mõlema fookusvaldkonna alla kuuluvate tegevusalade vaates potentsiaalikaamaid väärtusahelaid ja anti ülevaade ekspordivõimekatest ettevõtetest (5 ja enam töötajaga ettevõtete arv, ekspordi müügitulu ja maht). Tulemused on koos perspektiivikate tulevikusuundade ülevaatega oluliseks sisendiks nutikate ja kestlike energialahenduste ning kohalike ressursside väärindamise teekaartide koostamisel.

Uuringus analüüsiti põhjalikumalt väärtusahelaid ja võimalike tulevikutrende maavarade ja jäätmete väärindamise, puidu töötlemise, tervisetehnoloogiate ja farmaatsiatoodete ning taastuvenergia tootmise puhul. Iga väärtusahela kohta koostati ülevaatlik, kuid võimalikult detailne skeem, millelt leiab lugeja nii vahe- kui ka lõpptoodete (1.–4. astme tooted) võimaliku nimekirja, senise tootmismahu ja ettevõtete arvu, aga ka hinnangu senisele tasemele. Ühtlasi ilmestavad väärtusahela skeemid n-ö väärtusahela katkemist, mis tuleneb 2.–3. astme toodete arendus- ja tootmisvõimsuse vähesusest Eestis.

Kõigis kaardistatud väärtusahelates on mitmeid perspektiivikaid ja kõrget lisandväärtust võimaldavaid vahe- ja lõpptooteid, millega võivad Eesti ettevõtted olla konkurentsivõimelised globaalsetes väärtusahelates. Alljärgnevalt on esitatud nende illustreerimiseks mõned näited:

- fosforiidil, graptoliitargilliidil, turbal põhinev tootearendus;
- põlevkivikeemia, sh peenkeemiatoodete arendamine;
- puitehitiste arhitektuuri/disaini/konstruksioonide arendamine, sh tootearendus, mis on seotud puidust korrusmajade ehitamisega, sh element- ja moodulkonstruksioonide arendamine;
- tehasmajade tootmise automatiseerimise suurendamine ja robotiseerimine;
- puidukeemia arendamine, sh platvormkemikaalide tootmine, aga ka etüleeni, plastide ja pakendite tootmine;
- erinevad uued tehnoloogiad biokütuste tootmiseks;
- tuuleenergia tootmiseks vajalike tuuleparkide komponentide arendamine ja tootmine.

Mõlemas fookusvaldkonnas on väärtusahelaid, mis toimivad Eestis edukalt ja kus on tugev alus järgmise arenguhüppe tegemiseks (nt puitehitised, tehasmajad), kui ka väärtusahelaid, mis on Eestis suure potentsiaaliga, aga millel veel (suurt) majanduslikku tähtsust pole (nt fosforiidi ja haruldaste muldmetallide kaevandamine ja tootmine). Kuna kirjeldatud väärtusahelad on erinevatel põhjustel Eesti jaoks tulevikuperspektiiviga (tugev positsioon praegu, vähe või kasutamata kohalikud ressursid, nõudluse tõenäoline kasv tulevikus jne), siis eesmärgiks on riigi ja teadusasutuste koostöös suurendada neis väärtusahelates tegutsevate (või potentsiaalselt tegutsema hakkavate) ettevõtete võimekust kasvatada lisandväärtust ja siseneda globaalsetesse väärtusahelatesse või liikuda neis parematele positsioonidele.

Eelnevalt tulenevalt on võimalikud riiklikud sekkumismeetmed osaliselt erinevad (nt on mõnedes väärtusahelates suurem roll alusteaduslikel uuringutel, kuid teistes rahvusvahelise müügivõrgustiku arendamisel). Samas saab valdkondlike ekspertide soovitude põhjal üldistada peamised

sekkumismeetmed, millega riik saaks Eesti ettevõtetel aidata osaleda valdkondlikes globaalsetes väärtusahelates ja need on järgmised:

- teadus- ja arendustegevuse toetamine (nt (uue) tehnoloogia arendamise või kasutusele võtmise toetamise ning valdkondlike rakendusuringute ja pilootprojektide käivitamise ja tegemise kaudu) koostöös ettevõtete ja TA-asutustega, et arendada uusi või parendatud tooteid ja suurendada ettevõtete konkurentsivõimet;
- (kõrg)hariduse eesmärgipärane rahastamine, et Eestis oleks vajaliku kvalifikatsiooniga spetsialiste;
- seadusandluse uuendamine (arvestades valdkondade vajadusi) ja õiguskindluse tagamine;
- rahvusvahelistumise, sh ühisturunduse soodustamine, sihtturgudel ärikontaktide leidmise toetamine, et suurendada valdkonnas tegutsevate ettevõtete edukat tegutsemist välisturgudel;
- teavitustegevuse korraldamine, et selgitada fookusvaldkondade tähtsust ja kasu Eesti majandusele ja arengule, et nende (eelis)arendamine ja uute ressursside kasutusele võtmine oleks ühiskonna poolt aktsepteeritud.

7. KIRJANDUS

1. 6 Ways Pharmaceutical Companies are Using Data Analytics to Drive Innovation & Value. 2015, Process Excellence Network, <https://www.iqpc.com/media/1001534/35903.pdf>
2. Ainsaar, L., Menert, A., Lust, E., Tõnsuaadu, K., Kirsimäe, K. Oleviku- ja tulevikumaavarade uuringud Eestis: RITA MAARE. Riigikogu Toimetised nr 44, 2021. <https://rito.riigikogu.ee/nr-44/oleviku-ja-tuleviku%c2%admaavarade-uuringud-eestis-rita-maare/>
3. Antalóczy, K., Gáspár, T., Sass, M. (2019). The Specialties of the Pharmaceutical Value Chains in Hungary. *Acta Oeconomica*, 69 (S2), 41–72. doi: 10.1556/032.2019.69.S2.3
4. Arfan, M., (2019). Biogas Value Chain in Gävleborg Feedstock, Production and Use. Research Report. No. 6. <http://hig.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1360909&dsid=-3299>
5. BIC country report (2020). Mapping Estonia's bio-based potential. Bio-based Industries Consortium. <https://biconsortium.eu/downloads/estonia-country-report>
6. Booker, A., Johnston, D., Heinrich, M. (2012). Value chains of herbal medicines – Research needs and key challenges in the context of ethnopharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*.
7. Brennan, L., Rakhmatullin, R. (2015). Global Value Chains and Smart Specialisation Strategy. European Union. doi: 10.2791/44840.
8. Circular Economy Roadmap for Germany. Circular Economy Initiative Deutschland, 2021. <https://www.acatech.de/publikation/circular-economy-roadmap-fuer-deutschland/download-pdf?lang=en>
9. Critical Minerals and Materials: U.S. Department of Energy's Strategy to Support Domestic Critical Mineral and Material Supply Chains, 2021. [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2021/01/f82/DOE Critical Minerals and Materials Strategy_0.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2021/01/f82/DOE_Critical_Minerals_and_Materials_Strategy_0.pdf)
10. DeLong, D.L., Kozak, R.A., Cohen, D.H. (2007). Overview of the Canadian value-added wood products sector and the competitive factors that contribute to its success. *Canadian Journal of Forest Research* 37(11):2211–2226. doi:10.1139/X07-027
11. Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse kodulehekülj. (2022a). Kasutatud 17.01.2022, <https://eas.ee/grants/rakendusuringute-programm/>
12. Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus (2022b). Rakendusuringute programm <https://www.eas.ee/teenus/rakendusuringuteprogramm/>
13. Eesti Puitmajaklastri strateegia 2018–2025. Teadlikult tulevikku. https://woodhouse.ee/static/2015/08/vers2_Eesti-puitmajaklastri-strateegia-2018-2025.pdf
14. Eesti põlevkivitööstuse aastaraamat 2020. https://haldus.taltech.ee/sites/default/files/2022-01/eesti_polevkivitoostuse_aastaraamat_2020_veebis.pdf
15. Eestis statistilise metsainventuur 2020. Keskkonnaagentuur. <https://keskkonnaagentuur.ee/keskkonnaagentuuri-tegevusvaldkonnad/mets/smi>

16. Eesti teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ja ettevõtluse (TAIE) arengukavas 2035. (2021). Haridus- ja Teadusministeerium, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. <https://www.hm.ee/et/TAIE-2035>
17. Eesti Teadusagentuuri kodulehekülg. (2022). Kasutatud 17.01.2022, <https://www.etag.ee/rahastamine/programmid/resta/resta-projektid/>
18. Espenberg, S., Nõmmela, K., Karo, E., Juuse, E., Lees, K., Sepp, V., Vahaste-Pruul, S., Romanainen, J. (2018). Kasvualade edenemise uuring. Tartu Ülikool, Tallinna Tehnikaülikool ja Technopolis Group Eesti OÜ. https://www.mkm.ee/sites/default/files/kasvualade_edenemise_uuring_lopparuanne_2019_0111.pdf
19. Euroopa Komisjon. Euroopa Ravimistrateegia (2020). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0761&from=ET>
20. Euroopa Parlament (2021) Ravimite puudus ELis: põhjused ja lahendused. <https://www.europarl.europa.eu/news/et/headlines/society/20200709STO83006/ravimite-puudus-elis-pohjused-ja-lahendused>
21. European Commission (2019) Strengthening Strategic Value Chains for a future-ready EU Industry - report of the Strategic Forum for Important Projects of Common European Interest. Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/37824>
22. Folfas, P., Udvari, B. (2019). Chemical Industry and Value-Added Trade – A Comparative Study on Hungary and Poland. *Acta Oeconomica*, 69 (1), 81-99. doi: 10.1556/032.2019.69.1.5
23. Friedenthal, K., Michelson, A., Toomsalu, H., Kert, K. (2019). Teadus- ja arendustegevuse potentsiaal ja selle kasutamine ressursside väärimise valdkonnas. Tallinn: Ernst & Young Baltic AS ja SA Poliitikauuringute Keskus Praxis. https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2020/01/EY_Praxis_ETAG_l%C3%B5ppraport_12.06.2019.pdf
24. Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050. (2019). International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf
25. Hausmann, R., Hidalgo, C. A. (2011). The network structure of economic output. *Journal of Economic Growth*, 16(4), 309-342. <https://doi.org/10.1007/s10887-011-9071-4>
26. Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Simoes, A., Yildirim, M. A. (2014). The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity. MIT Press. https://growthlab.cid.harvard.edu/files/growthlab/files/atlas_2013_part1.pdf
27. Hausmann, R., Hidalgo, C.A., Bustos, S., Coscia, M., Simoes, A., Yildirim, M.A. (2013). The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity. Harvard Growth Lab, Center for International Development. https://growthlab.cid.harvard.edu/files/growthlab/files/atlas_2013_part1.pdf
28. Hurmekoski, E., Jonsson, R., Korhonen, J., Jänis, J., Mäkinen, M., Leskinen, P., Hetemäki, L.P. (2018). Diversification of the forest industries: role of new wood-based products. *Canadian Journal of Forest Research* • 21 August 2018 • <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0116>

29. International Energy Agency (2011). Technology Roadmap - Geothermal Heat and Power. OECD/IEA. https://iea.blob.core.windows.net/assets/f108d75f-302d-42ca-9542-458eea569f5d/Geothermal_Roadmap.pdf
30. Joller-Vahter, L. et al. (2021) Uudsed võimalused Eesti biomajanduse väärtusahelate mitmekesistamiseks ja lisandväärtuse tõstmiseks. ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 3 raport, Tallinn & Tartu. <https://taltech.ee/biomajandus>
31. Kaplinsky, R., & Morris, M. (2001). A handbook for value chain research (Vol. 113). Ottawa: IDRC. https://www.researchgate.net/publication/42791981_A_Handbook_for_Value_Chain_Research
32. Karo, E., Müür, J., Kirs, M., Juuse, E., Ukrainski, K., Shin, Y., Kokashvili, N., Tänav, T., Masso, J., Terk, E. (2018). Eesti ettevõtete osalemine rahvusvahelistes väärtusahelates ja poliitikameetmed kõrgemat lisandväärtust andvate tootmisprotsesside toetamiseks. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, Tartu Ülikool ja Tallinna Ülikool. <https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2018/06/Eesti-ettev%C3%B5tete-osalemine-rahvusvahelistes-v%C3%A4rtusahelates.pdf>
33. Kaplinsky, Raphael; Memedovic, Olga; Morris, Mike and Readman, Jeff (2003). The global wood furniture value chain: what prospects for upgrading by developing countries? The case of South Africa. UNIDO, Vienna. <http://oro.open.ac.uk/8593/>
34. Kask, K., Veemaa, J., Puolokainen, T., Varblane, U., Võrk, A., Unt, T., Lees, K., Keerberg, C.M. (2018). Ehitussektori tootlikkuse, lisandväärtuse ja majandusmõju analüüs. Tartu: Ülikool RAKE. Tellija Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. https://www.mkm.ee/sites/default/files/ehitussektori_tootlikkuse_lisandvaartuse_ja_majandusmoju_analuus_uuendatud.pdf
35. Keskkonnaagentuuri kodulehekülj (2022). Jäätmete infopäring alatest aastast 2020. Kasutatud 17.01.2022, <https://keskkonnaagentuur.ee/keskkonnaagentuuri-tegevusvaldkonnad/jaatmed>
36. Kitsing, M. (2015). Nutika spetsialiseerumise analüüs. Majandus-ja Kommunikatsiooniministeerium, Tallinn 2015. https://www.mkm.ee/sites/default/files/nutika_spetsialiseerumise_analuus_kitsing.pdf
37. Kopach, M., Leahy, D., Manley J. (2012). The Green Chemistry Approach to Pharma Manufacturing. Innovations in Pharmaceutical Technology, 43, <http://www.iptonline.com/articles/public/ACSGreenChemistry.pdf>
38. KPMG (2019). Eesti võimalused Euroopa Liidu ühishuvides strateegiliselt oluliste väärtusahelate võrgustikus osalemisel
39. KPMG (2020). Põlevkiviõli väärtusahela loodav Eesti rahvuslik rikkus. https://keemia.ee/sites/default/files/2020-12/Final_Polevkivioli_rahvuslik_rikkus_0.pdf
40. Layton, R.J., Horta Arduin, R., Yazdeen, H., Pommier, R., Sonnemann, G. (2021). Material Flow Analysis to Evaluate Supply Chain Evolution and Management: An Example Focused on Maritime Pine in the Landes de Gascogne Forest, France. Sustainability 2021, 13, 4378. <https://doi.org/10.3390/su13084378>
41. Medina, A., Thompson, D., Spinoglio M., Magalhães, H., Esteves, S., Pinho, F., Rocha, F. (2017). Study on investment needs and obstacles along industrial value chains. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi: 10.2873/503185

42. Mõjude hindamise meetodika. (2012). Justiitsministeerium ja Riigikantselei. https://www.just.ee/sites/www.just.ee/files/elfinder/article_files/mojude_hindamise_metodika.pdf
43. Paul, D., Sanap, G., Shenoy, S., Kalyane, D., Kalia, K., Tekade, R.K. (2021). *Drug Discov Today*, 26 (1), 80-93, doi: 10.1016/j.drudis.2020.10.010
44. Phaal, R., Farrukh, C.J.P., Probert, D.R. (2004) Customizing roadmapping, *Res. Technol. Manag.* 47 (2), 26–37. <https://doi.org/10.1080/08956308.2004.11671616>
45. Põlevkivisektori konkurentsiolekorra analüüs. Konkurentsiamet, 2013. https://www.konkurentsiamet.ee/sites/default/files/92_polevkivisektori_konkurentsiolekorra_analuus.pdf
46. Raukas, M. (2020). Rakendusuuringute toetusprogramm (RUP) ja selle valdkondade määramine Eestis. Massachusetts. EAS.
47. Reid, A., Griniece, E., Cvijanović, V. (2020). High level value chain mapping in the Baltic Sea Region: pilot exercise on circular bioeconomy. Study funded by the INTERREG Baltic Sea Region Programme (2014-20) project BSR S3 Ecosystem. EFIS Centre, Brussels. doi: 10.5281/zenodo.3949883
48. ResTA – ressursside väärdamise TA-tegevuse toetamine. Eesti Teadusagentuur. <https://www.etag.ee/rahastamine/programmid/resta/>
49. Riigikantselei ja Rahandusministeeriumi taustamaterjal EESTI 2035 valdkondlikele tööühmadele, 2018. <https://www.valitsus.ee/en/media/48/download>
50. Roadmap to 2030: A path towards doubling Canadian manufacturing output and exports. (2020). Canadian Manufacturers & Exporters. <http://www.industrie2030.ca/>
51. Roadmap to Reach Carbon Neutral Chemistry in Finland 2045. Final Report. (2020). Pöyry. <https://www.industry.org.il/files/chemical/moran/ke1280121.pdf>
52. Salameh, Z. (2014). *Renewable Energy System Design: 1st Edition*. USA: Elsevier Inc. 404 pp. <https://www.sciencedirect.com/book/9780123749918/renewable-energy-system-design>
53. Schübel, D. (2020). Diversification of the Supply Chain. Affordable Medicines Europe https://affordablemedicines.eu/wp-content/uploads/2020/12/Position-Paper-Diversification-of-the-Supply-Chain_211220.pdf
54. Swedish Mining Innovation. Roadmap. <https://www.swedishmininginnovation.se/roadmap/>
55. TAIE arengukava 2021–2035 eelnõu lisamaterjal. https://www.hm.ee/sites/default/files/5_taie_arengukava_eelnou_lisamaterjal_fookusvaldkondade_teemalehed.pdf
56. Taltech kodulehekülg (2022). Kasutatud 17.01.2022, <https://taltech.ee/biomajandus>
57. Technology Roadmap Energy and GHG Reductions in the Chemical Industry via Catalytic Processes. (2013). The International Energy Agency. The International Council of Chemical Associations. DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V.. <https://www.iea.org/reports/technology-roadmap-energy-and-ghg-reductions-in-the-chemical-industry-via-catalytic-processes>
58. The Global Supply Chain. An Introduction to Global Wood Product Markets and Trade for Timberland Investors. (2014). Timberland Investment Resources, LLC.

- <https://www.semanticscholar.org/paper/THE-GLOBAL-SUPPLY-CHAIN-An-Introduction-to-Global-Fu/3867c7e164b9e8122420ad7829dc0f817e42d1e4>
59. Todeva, E. and Rakhmatullin, R., Global Value Chains Mapping: Methodology and Cases for Policy Makers. Thematic Work on Value Chain Mapping in the Context of Smart Specialisation, EUR 28085 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016, ISBN 978-92-79-69686-2 (print), 978-92-79-61507-8 (pdf), doi:10.2791/273290 (online),10.2791/232155 (print), JRC102803.
 60. Toma, A., Crisan, O. (2018). Green pharmacy – A Narrative Review. Clujul Medical, 91, (4), 391-398. doi: 10.15386/cjmed-1129, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6296717/>
 61. Tuomela, P., Törmänen, T. & Michaux, S. 2021. Strategic roadmap for the development of Finnish battery mineral resources. Geological Survey of Finland, Open File Research Report 31/2021. https://www.researchgate.net/publication/354067442_Strategic_roadmap_for_the_development_of_Finnish_battery_mineral_resources#fullTextFileContent
 62. Unt, T., Võrk, A., Varblane, U. (2018) Eesti ettevõtete osalemine ja positsioon globaalsetes ja lokaalsetes väärtusahelates. Arenguseire Keskus. https://arenguseire.ee/wp-content/uploads/2021/03/vaartusahelad_a4.pdf
 63. Value Chain Analysis. Wood Processing. Mitrovicë/a Region (2015). Ministry for Foreign Affairs of Finland. https://www.undp.org/content/dam/kosovo/docs/AFT/Value%20chain%20analysis_Wood%20Processing.pdf
 64. Varblane, U, Lees, K., Varblane, U. (2020). Eesti biomajanduse väärtusahelate kvantitatiivne analüüs. ADDVAL-BIOEC uuringu töopaketi 1.2 vaheanalüüs. Tallinn & Tartu. https://haldus.taltech.ee/sites/default/files/2021-08/ADDVAL_BIOEC_TP1.2_aruanne_final.pdf
 65. World Health Organisation (2016). Medicines Shortages. WHO Drug Information, 30 (2), <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331028/DI302-180-185-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

8. LISAD

8.1. Lisa 1. Küsimustik valdkondliku ekspertteadmise kogumiseks

Eesti ettevõtete innovatsiooni- ja ettevõtlusvõimalused strateegiliselt olulistes globaalsetes väärtusahelates osalemisel

Eesmärk on kaardistada TAIE arengukava¹⁴ fookusvaldkonna alamvaldkondade jaoks Eesti majandusele suurima potentsiaaliga väärtusahelad järgmise 3–5 aasta jooksul.

Palun vastake**tööstuse**¹⁵ vaates järgmistele küsimustele:

1. Millises tegevusprotsessi/väärtusahela lülis oleks teie arvates vajalik riigi poolne tugi? (nt tootearenduse, tooraine hankimise/esmatöötlemise, tööstustoodangu suuna/mahu/kvaliteedi tagamise, infotehnoloogia jne juures)

2. Mis on teie arvates perspektiivikad tooted/suunad keemiatööstuse sektoris?

3. Millised tehnoloogiad võiksid olla eelisarendatavad ja toetatavad teie poolt eelmärgitud väärtusahelates/toodete tootmisel?

4. Millest sõltub teie arvates tegevusvaldkonna rahvusvaheline konkurentsivõime/edu lähiaastatel?

5. Milliste meetmetega saaks riik veel kaasa aidata sektori/väärtusahela tehnoloogilisele arengule ja kõrgema lisandväärtusega toodete tootmisele?

¹⁴ Teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021–2035 <https://www.hm.ee/et/TAIE-2035>

¹⁵ Keemia-; Maapõueressursside ja jäätme-; Puidu-; Farmaatsia-, Energia/elektronika-