



TARTU ÜLIKOOL



Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

ADDVAL-BIOEC: Lisandväärtuse tõstmine ja toorme tõhusam kasutamine Eesti biomajanduses

Uuringu lõppraport

Tallinn, Tartu 2021

RITA



Tegemist on Eesti Teadusagentuuri rakendusuuringute toetusmeetme RITA (valdkondliku teadus- ja arendustegevuse toetamine) ja Euroopa Regionaalarengu Fondist kaasrahastatava projekti „ADDVAL-BIOEC: Lisandväärtuse tõstmine ja toorme tõhusam kasutamine biomajanduses ja selle sektorites“ (kestus 03.2018–10.2021) lõppraportiga.

Uuringu tellis ja uuringut rahastas Eesti Teadusagentuur Euroopa Regionaalarengu Fondist toetatava programmi „Valdkondliku teadus- ja arendustegevuse tugevdamine“ (RITA) tegevuse 1 „Strateegilise TA-tegevuse toetamine“ kaudu.

Uuring valmis Eesti Vabariigi Maaeluministeeriumi, Keskkonnaministeeriumi ning Majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi eesmärkide elluviimiseks. Uuringu viisid läbi Tallinna Tehnikaülikooli, Tartu Ülikooli, Eesti Maaülikooli ja Balti Uuringute Instituudi teadlased.

Viitamine: ADDVAL-BIOEC (2021). Lisandväärtuse tõstmine ja toorme tõhusam kasutamine Eesti biomajanduses. ADDVAL-BIOEC uuringu lõppraport, Tallinn & Tartu.

Projekti täiendav info: Jaan Kers, ADDVAL-BIOEC projekti juht, jaan.kers@taltech.ee; <https://www.taltech.ee/biomajandus>.

Sisukord

1. Sissejuhatus	3
2. Eesti biomajanduse hetkeolukorra analüüs.....	8
2.1 Eesti biomajanduse ressursside hetkeseis	8
2.2 Soovitused bioressursi tõhusamaks väärimdamiseks	20
2.3 Eesti biomajanduse väärtusahelate ja innovatsioonisüsteemi hetkeolukord.....	22
2.4 Soovitused Eesti biomajanduse innovatsioonivõimekuste tõstmiseks.....	29
3. Eesti biomajanduse arengustsenaariumid	31
3.1 Biomajanduse baasprognoos 2030–2050	31
3.2 Eesti biomajanduse arengustsenaariumid aastani 2050.....	34
3.3 Eesti strateegilised võimalused erinevates stsenaariumites: stsenaariumitepõhised soovitused.....	41
4. Uued suunad Eesti biomajanduse väärtusahelate ärimudelite mitmekesistamiseks ja lisandväärtuse tõstmiseks.....	47
4.1 Uute potentsiaalivate väärtusahelate valiku alused.....	47
4.2 Uuringu fookuses olnud väärtusahelapõhised ärimudeli prototüübid	50
4.3 Hinnangud ärimudeli prototüüpide rakendamise ja lisandväärtuse kasvatamise potentsiaali osas	52
4.4 Bioressursi riskasutus ja konkurents toormele.....	56
4.5 Tulupotentsiaal ja riskitase	59
5. Soovitused Eesti biomajanduse valitsemiskorralduse ja poliitika tõhustamiseks.....	60
5.1 Rahvusvahelise valitsemismudelite kaardistuse põhijäreldused	60
5.2 Soovitused Eesti biomajanduse valitsemiskorralduse ja poliitika tõhustamiseks.....	64
Executive Summary.....	68

1. Sissejuhatus

Projekti „ADDVAL-BIOEC: Lisandväärtuse tõstmine ja toorme tõhusam kasutamine biomajanduses ja selle sektorites“ eesmärk oli Eesti biomajanduse ja selle põhiliste väärtusahelate arengute ja bioressursside kasutamise võimaluste väljaselgitamine konkurentsivõime tõstmiseks. Võttes arvesse kestliku arengu põhimõtteid, uuriti lisandväärtuse tõstmise ja tooraine parema kasutamise perspektiive. Eesti biomajanduse hetkeseisu analüüsi kuue väärtusahela lõikes: toit ja sööt; tselluloosi-, paberi- ja puittooted ning puitehitus; tekstiil ja rõivad; kütused ja energia; biomaterjalid, kemikaalid, farmaatsia- ja plasttooted; ja biomajandusega seotud ökosüsteemiteenused. Uuriti parimate võimalike innovaatiliste tehnoloogiate sobivust Eesti bioressursside väärimiseks. Töötati välja Eesti biomajanduse võimalikud arengustsenaariumid ning arendati uudseid ärimudelid valitud valdkondades, kus siiani pole Eestis olulisi arenguid toimunud või kus ilmnevad biomajandusele ülemineku suuremad väljakutsed, ning analüüsi nende sotsiaalsed, majanduslikku ja keskkondlikku mõju. Eelneva baasil koostati soovitusel biomajandust toetava poliitika ja valitsemiskorralduse parandamiseks.

Projekti lähteülesanne

Projekti lähteülesande kohaselt oli uuringu eesmärk **Eesti biomajanduse ja selle põhiliste väärtusahelate arengute ja bioressursside kasutamise võimaluste väljaselgitamine, tõstmaks Eesti biomajanduse konkurentsivõimet.**

Lähteülesande alusel defineeriti selles projektis biomajandus järgmiselt: biomajandus on taastuva biomassi tootmine ja muutmine peamiselt toidu-, sööda- jt biotoodeks ning bioenergiaks. Biomajandus hõlmab põllumajandust, metsandust, kalandust, toidu-, kiu- ja paberitööstust ning osaliselt keemia-, biotehnoloogia- ja energiatööstust.

Uuringu alameesmärgid olid järgmised.

1. Analüüsida Eesti biomajanduse hetkeseisu, lähtudes väärtusahelate tervikkäsitlusest.

Eesti biomajanduse hetkeseisu analüüsi kuue biomajanduse väärtusahela lõikes: 1) toit ja sööt, 2) tselluloosi-, paberi- ja puittooted ning puitehitus, 3) tekstiil ja rõivad, 4) kütused ja energia, 5) biomaterjalid, kemikaalid, farmaatsia- ja plasttooted ja 6) biomajandusega seotud muud ökosüsteemiteenused. Selle baasil tehti soovitusi poliitikakujundamiseks ja biomajanduse juhtimiseks Eestis (*governance*).

2. Töötada välja (alternatiivsed) stsenaariumid Eesti biomajanduse arengu strateegilise planeerimise toetamiseks.

Stsenaariumites tuli arvestada nii tõenäolisi muutusi laiemas väliskeskkonnas (nt kliima, põllumajandustoodete hinnad, energiaturg) kui ka Eesti-siseseid muutusi bioressursi

kasutamist mõjutavates poliitikameetmetes. Stsenaariumid pidid sisaldama konkreetset teavet ja mõjutegureid, mille alusel saab otsustada erinevate tegevussuundade ja ärimudelite perspektiivsuse üle. Mõjude analüüsis toodi välja nii sotsiaal-majanduslikud kui ka keskkonnamõjud.

3. Koostada valitud valdkondades väärtusahelapõhised ärimudelid. Selle alameesmärgi raames olid ülesanded järgmised:

3.1 selgitada välja võimalused Eesti ranniku ja mere looduslike protsesside majanduslikult perspektiivseks ning keskkonnaseisundit parandavaks kasutamiseks – mereressursi kohta tuli koostada 2–3 mereressursil (nt vetikad, karbid vms) põhinevat ärimudelit;

3.2 selgitada välja võimalused biomassi paremaks kasutamiseks energeetikas – energeetika ja kütused – ning koostada primaarsel ja/või sekundaarsel toormel (biomass) põhinevad ärimudelid energeetikavaldkonna jaoks;

3.3 selgitada välja võimalused biomassi tõhusamaks kasutamiseks toidu ja sööda ning biomaterjalide, kemikaalide, farmaatsia- ja plasttoodete valdkondades – koostada põllumajandusmaal, kalavarul, vesiviljelusel jt ressurssidel põhinevad ärimudelid.

4. Töötada välja ettepanekud riigipoolsete meetmete ja tegevuste osas biomajanduse arendamisel.

Ülesanne oli tuua välja konkreetsed ettepanekud, kuidas riik saab ressursside jagamise ja seadusloome ning valdkondlike poliitikajuhiste kujundamise kaudu biomajanduse arengut suunata ning biomajanduse sektorites toodetud lisandväärtust suurendada.

Projekti ülesehitus

Lähteülesandes seatud uurimisküsimustele vastamiseks viidi ADDVAL-BIOEC projekt ellu läbi **5 tööpaketi ja seotud alategevuste.**

1. Esimeses tööpakettis (TP1) analüüsiti Eesti biomajanduse hetkeolukorda läbi biomajanduses kasutatavate ressursside kaardistuse (TP1.1), biomajanduse väärtusahelate kaardistuse (TP1.2) ning Eesti biomajanduse innovatsioonisüsteemi võimekuste analüüsi (TP1.3). Tööpaketti 1 juhtis prof Urmas Varblane Tartu Ülikoolist.
2. Teises tööpakettis koostati Eesti biomajanduse pikaajaline bioressursi prognoos (TP2.1), biomajanduse arenguid mõjutavate tehnoloogiate teekaardid (TP2.2), mis olid koos TP1 tulemustega sisendiks Eesti biomajanduse alternatiivsete stsenaariumite koostamisele (TP2.3) ja nende analüüsile (TP2.4). Tööpaketti 2 juhtis prof Erkki Karo Tallinna Tehnikaülikoolist.
3. Kolmandas tööpakettis töötati välja ühtne metoodika uudsete ärimudelite prototüüpide koostamiseks (TP3.1), mida rakendati Eesti jaoks uudsete ärimudelite prototüüpide koostamiseks mereressursside väärimdamiseks (TP3.2); biokütuste ja -energia tootmiseks (TP3.3); toidu- ja söödasektori arengu toetamiseks (TP3.4) ning

biomaterjalide, kemikaalide, farmaatsia- ja plasttoodete biotoorme ülemineku kiirendamiseks (TP3.5). Tööpaketti 3.1 koordineerisid prof Urmas Varblane ja Liina Joller Tartu Ülikoolist, tööpaketti 3.2 koordineeris prof Georg Martin Tartu Ülikoolist, tööpaketti 3.3 koordineeris prof Alar Konist Tallinna Tehnikaülikoolist, tööpaketti 3.4 koordineeris prof Rando Värnik Eesti Maaülikoolist.

4. Neljandas tööpakettis kaardistati rahvusvahelise võrdluse baasil biomajanduse valitsemise ja poliitikakujundamise süsteemid (TP4.1), töötati TP1–TP3 tulemustest välja poliitikakujundamise jaoks olulised teemakokkuvõtted ja poliitikasoovitused (TP4.2) ning koostati projekti kokkuvõtlikud poliitikasoovitused (TP4.3), mida tutvustatakse antud raporti peatükis 5. Tööpaketti juhtis prof Erkki Karo Tallinna Tehnikaülikoolist.
5. Viies tööpakett keskendus projekti sisulisele koordineerimisele, administratiivsele juhtimisele ning kommunikatsioonile. Projekti üldjuhtimise eest vastutas prof Jaan Kers Tallinna Tehnikaülikoolist.

Projekti meeskond ja metoodiline lähenemine

Projekti uurimisküsimuste lahendamiseks kombineeriti vastavalt konkreetse tööpaketi uurimisküsimustele klassikalisi majandusteaduste, sotsiaalteaduste ning tehnikateaduste meetodeid majandusprotsesside ja ressursikasutuse modelleerimistest poliitikaanalüüsi, tulevikuseire (ingl *foresight*) ning tehnoloogiate tehnilise ja tasuvusanalüüsini.

Projekti tegi unikaalseks biomajanduse arenguid hõlmav multidistsiplinaarne konsortsium, kus osalesid majandus-, sotsiaal- ja loodus- ning tehnikateadlased Tallinna Tehnikaülikoolist, Tartu Ülikoolist, Eesti Maaülikoolist ning Balti Uuringute Instituudist. Selline valdkondlik mitmekesisus tagas erinevate uurimisküsimuste analüüsi erinevatest teaduslikest lähtepunktidest. Lisaks toimus projekti käigus ka tihe koostöö ning koosloome uuringu tellijatega (maaeluministerium, majandus- ja kommunikatsiooniministerium, keskkonnaministerium), kes andsid uuringute vahetulemustele pidevalt tagasisidet ning osalesid aktiivselt projekti koosloometegevustes (väärtusahelate analüüside fookuste valik, stsenaariumiloometegevused jms).

Vahetulemused

TP1 vaheanalüüsid

- Kers, J. *et al.* (2020). Eesti biomajanduse ressursside hetkeseisu analüüs. ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 1.1 vaheanalüüs, Tallinn & Tartu.
- Varblane, Uku. *et al.* (2020). Eesti biomajanduse väärtusahelate kvantitatiivne analüüs. ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 1.2 vaheanalüüs, Tallinn & Tartu.
- Varblane, Urmas. *et al.* (2020). Eesti biomajanduse innovatsioonisüsteemi analüüs. ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 1.2 vaheanalüüs, Tallinn & Tartu.

TP2 vaheanalüüsid

- Mõtte, M. *et al.* (2020). Eesti biomajanduse pikaajalised bioressursi potentsiaali prognoosid: 2030 ja 2050. ADDVAL-BIOEC projekti tööpaketi 2.1 vaheanalüüs, Tallinn & Tartu.
- Karo, E. *et al.* (2021). Biomajanduse tehnoloogiate trendid ja teekaardid. ADDVAL-BIOEC projekti tööpaketi 2.2 vaheanalüüs, Tallinn & Tartu.
- Tiits, M. *et al.* (2021). Eesti biomajanduse arengustsenaariumid 2030–2050. ADDVAL-BIOEC projekti tööpakettide 2.3 ja 2.4 vaheraport, Tallinn & Tartu.
- Mõtte, M., Karo, E., Tiits, M. (2021). Pikaajalised bioressursi potentsiaali prognoosid: 2030 ja 2050. Uuringu ADDVAL-BIOEC tööpakettide 2.3 ja 2.4 vaheraporti lisamaterjal, Tallinn & Tartu.
- Vilu, R. & Gavrilova, O. (2021). Teekond kliimaneutraalse biomajanduseni: täiendavad arvepidamise ja poliitika alused. Uuringu ADDVAL-BIOEC tööpakettide 2.3 ja 2.4 vaheraporti lisamaterjal, Tallinn.

TP3 vaheanalüüsid

- Joller-Vahter, L. *et al.* (2021). Uudsed suunad Eesti biomajanduse ärimudelite mitmekesistamiseks ja lisandväärtuse tõstmiseks. ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 3 raport, Tallinn & Tartu.

TP4 vaheanalüüsid ja poliitikasoovitustele keskenduvad teemakokkuvõtted

- Kirs, M., Karo, E. & Ukrainski, K. (2018). Poliitikameetmed ja valitsemissüsteemid biomajanduse toetamiseks. ADDVAL-BIOEC projekti tööpaketi 4.1 vaheanalüüs, Tallinn & Tartu.
- ADDVAL-BIOEC (2021). Lisandväärtuse tõstmine ja toorme tõhusam kasutamine Eesti biomajanduses. ADDVAL-BIOEC uuringu lõppraport, Tallinn & Tartu.
- Karo, E. *et al.* (2020). Biomajandus ja innovatsioonipoliitika: Eesti vajadused ja võimalused biomajanduse toetamiseks. ADDVAL-BIOEC projekti teemakokkuvõte, Tallinn & Tartu.
- Lahtvee, P.-J. *et al.* (2020). Sünteetiline bioloogia: järgmise generatsiooni biomajandust ja majandusarengut võimaldav tehnoloogia. ADDVAL-BIOEC projekti teemakokkuvõte, Tallinn & Tartu.
- Värnik, R. *et al.* (2021). Põllumajanduses ja kalanduses tekkivad kõrvalsaadused, toidujäätmed, toidukadu ja tootmiskadu: Eesti biomajanduse võimalused. ADDVAL-BIOEC projekti teemakokkuvõte, Tallinn & Tartu.
- Tiits, M. & Karo, E. (2021). Milline on Eesti biomajandus aastal 2050? ADDVAL-BIOEC projekti teemakokkuvõte, Tallinn & Tartu.

Lõppraporti ülesehitus

Käesolev lõppraport järgib uuringu struktuuri ning annab ülevaate erinevate töopakettide analüüside peamistest tulemustest ja järeldustest. Detailsema materjaliga tutvumiseks on eraldi avaldatud uuringu peamised vaheraportid ja -analüüsid ning lühemad teemakokkuvõtted projekti raames käsitletud võtmeteemadest. Dokumendid on kättesaadavad aadressil www.taltech.ee/biomajandus.

2. Eesti biomajanduse hetkeolukorra analüüs

Käesolevas peatükis antakse ülevaade töopaketi 1 läbi viidud analüüsides, mille raames kaardistati Eesti biomajanduse ressursside hetkeseis ning analüüsiti biomajanduse väärtusahelate konkurentsivõimet ning innovatsioonivõimekusi.

2.1 Eesti biomajanduse ressursside hetkeseis

Bioressursil on traditsiooniliselt olnud oluline roll inimeste toidu ja energiaga varustamisel, aga ka näiteks paberi ja riie tootmisel. Fossiilsel toorainel baseeruva tööstuse areng jättis bioressursi väärdamisega seotud innovatsioonitegevused paariks aastakümneks vaeslapse rolli. Uudsete tehnoloogiate ja ärimudelite toel on aga seni fossiilse ressursi baasil toodetud materjale ja tooteid võimalik asendada bioressursi baasil toodetutega. Seejuures võib avaneda ka võimalusi uute tööstusvaldkondade tekkeks. Biomajanduse areng võib samal ajal aga mõjutada ökoloogilist tasakaalu ja ökosüsteemiteenuseid, mistõttu on oluline hinnata kodumaise bioressursi potentsiaali komplekselt. Uuringu raames kaardistatud bioressursside ja väärtusahelate vahelised seosed näitavad, et **Eesti biomajandus on tänapäeval pigem traditsiooniline ega väärida kogu meie biomassi piisavalt, kuid omab seetõttu ka potentsiaali panustada senisest rohkem kestlikku majandusarengusse ja rohepöördesse.**

2.1.1 Maa- ja veeressursi kvaliteet ja selle kasutamine

Looduskeskkonna kasutatava osana on meil kõigil juurdepääs maale (mullale), jõgedele, järvedele, merele, metsale ja kliimast tulenevatele ressurssidele (sh sademed, tuul, päikesekiirgus). Kõik eelnimetatud looduskeskkonna osana eksisteerivad ressursid on taastuvad, kuid nende taastumise kiirus ja majanduslikult saadav biomassi kogus või energiahulk on piiratud. Maaressurss jaguneb erinevate eluvaldkondade vahel, kuid biomassi tootmises on kõige olulisem **põllumajanduseks** ja **metsamajanduseks** kasutatav osa, aga ka suuremate **järvede** ja **mereressursi** pindala.

Eesti pindala (4,53 miljonit hektarit) jaguneb bioressursi tootmise vaates järgmiselt¹:

- metsamaa hõlmab 2,33 miljonit hektarit (51,4% Eesti pindalast), millest 4,0% ei ole kaetud metsaga;
- põllumajandusmaa pindala on 984,7 tuhat hektarit (21,8%), millele lisandub seni põllumajandusmaast välja jääv (st Põllumajanduse Registre ja Informatsiooni Ametis deklareerimata) rohumaa pindala 275,4 tuhat hektarit (6,1%);
- lisaks moodustavad Eesti pindalast 1,5% põõsastikud, 4,9% sood ja 1,6% siseveed², mis on maastiku ja bioloogilise mitmekesisuse vaates olulised;

¹ Allikad: Statistikaameti 2018. a andmed; Keskkonnaagentuur, Eesti statistiline metsainventuur (SMI) 2018.

² Ilma Peipsi järve, Pihkva järve, Lämmi- ja Võrtsjärve, Narva jõe ja Kulje lahe pindalata.

- suuremate siseveekogude pindala on 187,1 tuhat hektarit (4,1%)³;
- mere majandusvööndi pindala on 1,13 miljonit hektarit.

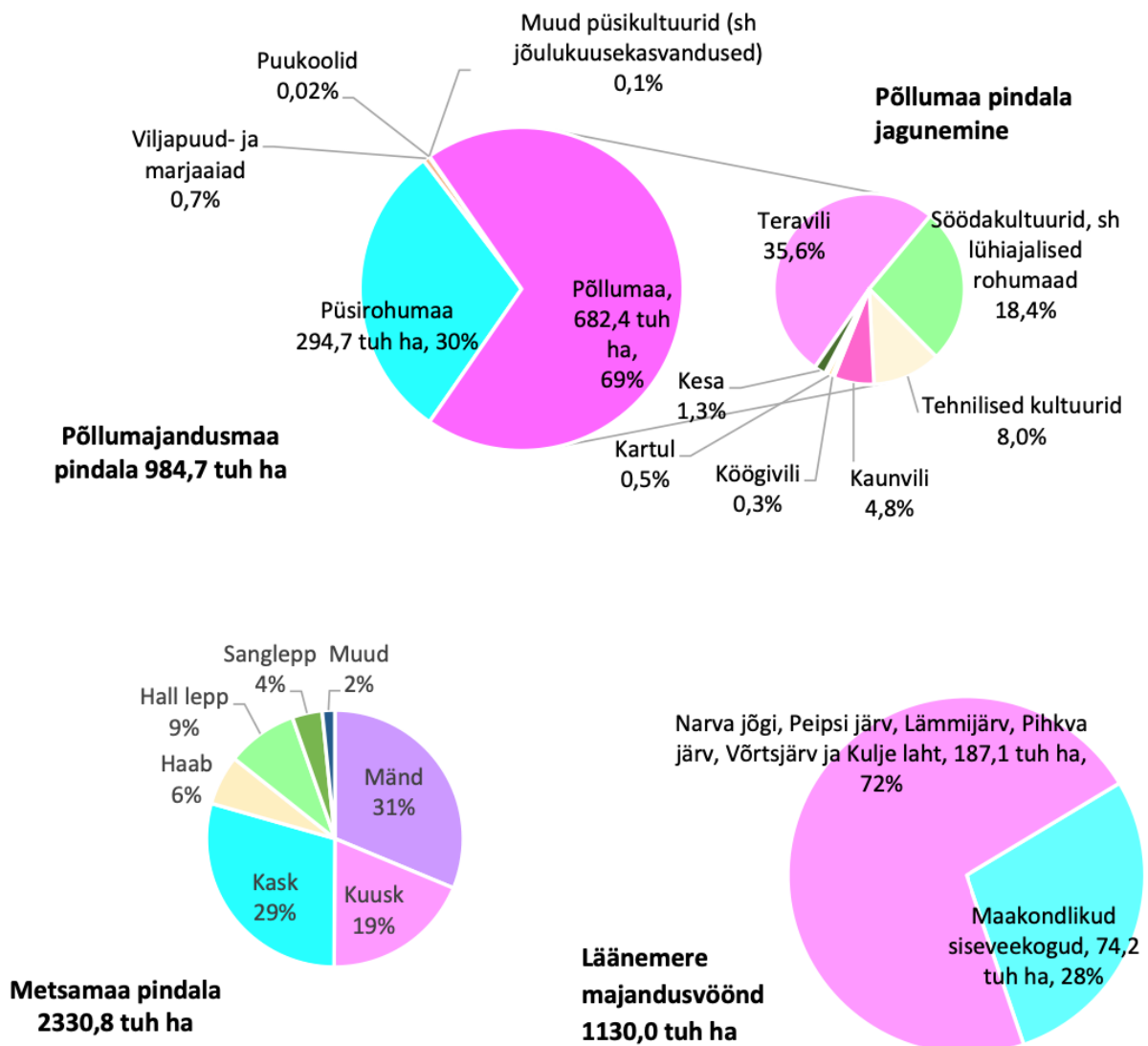
Asustusalade osatähtsus Eesti pindalast on 4,3%, millele lisandub teede (1,5%), trasside (1,6%), karjäärade (0,6%) ja muu maa (1,0%) pindala.

Puidu ja põllumajandusliku biomassi tootmiseks on Eesti pindalast hõlmatud 3,32 miljonit hektarit (73,2%). Kasutuses oleva **põllumajandusmaa ja metsamaa pindala on viimase 20 aasta jooksul** kasutusest väljas olnud pindala arvelt **samm-sammult suurenenud** (põllumajandusmaa 26,6% ja metsamaa 2%).

Põllumajandusmaast 69,3% on **põllumaa**, ülejäänu moodustavad **püsirohumaa** (30%) ja **muude püsiluhtuuride kasvupindala** (0,7%). Lisaks püsirohumaa suurendab rohtse biomassi kasvupindala põllumaal kasvatavate söödakultuuride pindala, millest 124,6 tuhat hektarit moodustab lühiajaline rohumaa ja 33,6 tuhat hektarit liblikõielised söödakultuurid. **Püsirohumaa ja lühiajalise rohumaa** pindala on kokku 421,7 tuhat hektarit (42,6%) kogu põllumajandusmaast. Rohumaa on külvikorras oluline mulla orgaanilise aine ja loodusliku mitmekesisuse hoidmisel, samuti erinevate kultuuride haiguste ennetamisel. Tänapäeval viljeletakse rohumaad peamiselt siiski loomasööda tootmiseks.

Põllumaal kasvatatavate kultuuride valikut on ajalooliselt mõjutanud poliitilised otsused, tarbimise muutused ja tehnoloogiline areng. Poliitilised valikud on mõjutanud ennekõike rohumaa pindala (püsirohumaa ja liblikõieliste heintaimede osatähtsust), aga ka mahetootmise arengut, mis on seotud ka tarbimise trendiga. 2018. aastal kasutati 20,9% Eesti põllumajandusmaast mahetootmiseks (põllumaad 111,6 tuhat ja püsirohumaad 94,8 tuhat hektarit). Tarbimise muutuste tõttu on oluliselt vähenenud kartuli ja rukki kasvupindala, samas on peamiselt tehnoloogilise arengu ja võimaluste tõttu suurenenud mahukultuuride nisu, rapsi ja rüpsi ning kaunvilja tootmine.

³ Peipsi järve, Pihkva järve, Lämmi- ja Võrtsjärve, Narva jõe ja Kulje lahe pindala.



Joonis 1. Põllumajandusmaa, metsamaa ja veekogude pindala Eestis 2018. aastal (allikad: Statistikaamet; Keskkonnaagentuur, SMI 2018).

Viimase 15–20 aasta jooksul on Eestisse jõudnud sojauba, spelta, kanep, mais, tatar, tritik, talioder, põlduba, põldhernes, taliraps. Erinevate kultuuride viljelemine aitab maandada tootmisriske ning rakendada mullaviljakuse ja saagikuse tagamiseks optimaalset külvikorda.

Metsamaal domineerivad mänd (31% pindalast), kask (29%) ja kuusk (19%). Majandatavat metsamaad on 1,77 miljonit hektarit, kuna 23,9% metsamaast on osaliste keskkonnakaitseliste piirangute või range kaitsega. Lisaks mõjutab metsamaade majandamist (eelkõige puidutööstust) ajas varieeruv metsade raieküpsus, mis seab piirid metsamaa biomassi kestlikule kasutamisele biomajanduse erinevates väärtusahelates.

Põllumajandusmaa kvaliteet on Eestis varieeruv. Selle määravad lokaalselt aluskivim ja konkreetse põllu reljeef, lõimis, huumusvaru, veerežiim, aga ka mulla koresesisaldus. Seetõttu ei ole põllumajandusmaa Eestis maakondade lõikes jaotunud võrdeliselt. **Üle 50% kogu Eesti**

põllumajandusmaast paikneb neljas Eesti maakonnas: Lääne-Viru, Järva, Jõgeva ja Viljandi maakondades. Põllumuldade kasutussobivuse ja kvaliteedi hindamiseks on mitmeid võimalusi, kuid kõige lihtsam on mõista **mulla/maa boniteeti** (100-punktilisel skaalal). Mulla boniteet on parasniiskete mineraalmuldade puhul ajas püsiv näitaja. Erandiks on märjad mullad, mille boniteet sõltub kuni 50% ulatuses kuivendusseisundist. Üldhinnangud Eesti muldade kvaliteedile on järgmised.

- **Eesti põllumaa** kaalutud keskmine boniteet on 41 hindepunkti. Eesti-siseselt on erinevused suured: suurema boniteediga muldi on rohkem Kesk-Eestis ja vähem äärealadel. Samal ajal on Kesk-Eestis nitraaditundlik ala, mis piirab majandustegevust.
- Kõrgest põhjaveest tingituna on **märgade muldade** osakaal väga suur ja need on kasutamiseks valdavalt kuivendatud: põllumaad on kuivendatud *ca* 640 tuhat hektarit ning metsamaad 728 tuhat hektarit.
- **Turvastunud ja turvasmullad** moodustavad Eesti põllumajandusmaast > 10%; need on kõrge orgaanilise aine (süsiniku) varuga, kuid tundlikud intensiivse kuivenduse ja mullaharimise suhtes (tekib kiire mineralisatsioon ja märkimisväärne CO₂ emissioon).
- **Kasutamata või väheefektiivselt kasutatud põllumajandusmaa ressursi on valdavalt väiksema boniteedi ja piiratuma kasutussobivusega põllumassiividel**, sest heal tasemel Eesti muldade ressurss on põllumajanduslikuks taimekasvatuseks rakendatud. Praegu veel kasutusest väljas olev maaressurss sobiks **rohtse biomassi tootmiseks** (nt päideroog), aga ka kiirekasvuliste lehtpuude kasvatamiseks (nn energiavõsa).

Metsamaa kvaliteedi hindamisel on aluseks metsakasvukohatüüpide ordineeritud skeem, kus on ühildatud metsakasvukohatüübid, -tüübirühmad ja mullatüübid. Metsamaa tüüp mõjutab majandustegevust oluliselt ja seda eelkõige sademeterohketel ja sulailmaga talvedel.

- Mineraalmuldadel metsad (nõmme-, loo-, palu- ja laanemetsad) on soojade talvede ja sademete suurenemise suhtes vähem tundlikud. Selliste metsade osakaal on ligikaudu 37% kogu Eesti metsamaast.
- Põua suhtes tundlikel kasvukohatüüpidel on kõige haavatavamad kuusikud, kus prognoositavalt tekivad ulatuslikud kuuse-kooreüraski kahjustused ning järgneb puude ja puistute hukkumine.

Eestis on aasta keskmine **sademete hulk** 650 mm, millest vegetatsiooniperioodil sajab maha 300–400 mm. **Veekasutuse indeks on Eestis väike** (4% piires), jäädes alla kriitilise veevaru kasutuspiiri (20%). 2018. aastal kasutati olmeveena 42,43 miljonit m³, tootmises tarbiti 28,57 miljonit m³ ja põllumajanduses 4,71 miljonit m³ vett (sh niisutuseks 0,49 miljonit m³).

Eesti metsamaa ja põllumajandusmaa pindala muutus oleks võimalik metsa- ja põllumajandusmaast välja jäävate rohumaade (275,4 tuhat hektarit) ja põõsastike (67,5 tuhat hektarit) arvelt, kuid täiendavate looduslike ressursside majandamisega kaasneb ökoloogiline mõju. Ühelt poolt on rohumaad olulised külvikorras, samuti rohestamise eesmärgi täitmiseks, kuid teisalt võib kliimaeesmärkide ja inimeste toitumistavade muutusega

kaasnev loomakasvatuse võimalik vähenemine vähendada ka rohtse biomassi vajadust põllumajandussektoris. **Eeldatavalt sobiksid sellised maad rohtse biomassi kasvatamiseks (nt kõrrelised heintaimed või päideroog), mida oleks võimalik uudelt väärintada nii energeetika kui ka materjalide tootmise väärtusahelates.** Hinnanguliselt on seni kasutamata pindala hulgas 80 tuhat hektarit looduslikke rohumaid, mille piiratud majandamine oleks võimalik ka praegu. Majandatavaid poollooduslikke rohumaid on Eestis 40 tuhat hektarit.

Läänemeres on olulisimaks bioressursiks kala ja vähemal määral ka põhjataimestik (vt täpsemalt allpool). Läänemere üks suurimaid keskkonnaprobleeme on **eutrofeerumine**. Seda põhjustab toitainete (eelkõige lämmastiku ja fosforiühendite) kuhjumine merekeskkonda inimasustuse ja tootmise (sh põllumajanduse ja metsanduse) tõttu. Eesti mereala eutrofeerumise seisundit on komplekselt hinnatud viimati seoses ELi merestrateegia raamdirektiivi järgse aruandlusega.⁴ Üldlämmastiku suvise kontsentratsiooni seisundi hinnangud olid enamasti heas ja kesises klassis. Üldfosfori suvise kontsentratsiooni seisundi hinnangud olid kesises, halvas ja väga halvas klassis. Mandri ja saarte vahele jäävad kolm rannikuveekogumit ja Läänemere avaosas põhjabasseinid olid väga halvas seisundis. Anorgaanilise lämmastiku talvise kontsentratsiooni seisundi hinnangud olid enamasti halvas ja väga halvas klassis. Fosfaatide talvise kontsentratsiooni seisundi hinnangud olid enamasti väga halvas klassis.

2.1.2 Toodetav biomass ja selle liikumine väärtusahelas

Eestis on põllumajandusliku biomassi toodang aastate lõikes suure varieeruvusega, kuna kümnendi jooksul esineb nii negatiivse kui ka äärmiselt positiivse ilmastikuga aastaid, millest sõltub kultuuride saagikus. Eestis toodetava biomassi olulisemad kogused on järgmised⁵.

- Põllumajandusliku tootmise peamine saadus on **teravili** (nisu ja oder), aastast kokku 900–1600 tuhat tonni (varieeruvus tuleneb saagikusest). Teiseks oluliseks saaduseks on **rohtne biomass** (3200–4300 tuhat tonni), mida kasutatakse veiste söödana. Seetõttu toodetakse Eestis olulises mahus piima ja liha.
- Viimasel kümnendil on oluliselt suurenenud **kaunvilja ja söödamaisi kasvatamine**, kus toodangu kogus on vastavalt 70–120 tuhat tonni ja 320–470 tuhat tonni aastas. Õlikultuuride kasvupindala on saavutanud optimaalse taseme kümmekond aastat tagasi ning toodangu kogus on 110–200 tuhat tonni rapsi- ja rüpsiseemet aastas.
- Olulises mahus on viimase 20 aasta jooksul vähenenud **köögililja ja kartuli kasvupindala**, mistõttu katavad nende kultuuride kogused riiklikku sisetarbimist ebapiisavalt.
- Arvutuslikult tekib Eestis kokku 1252,5 tuhat tonni **põhku** ja lisaks sorteerimise käigus 40,6 tuhat tonni **jäätmeid**. Kuigi põhutoodangus võib näha kasutamata ressursi, on

⁴ TTÜ Meresüsteemide instituut, 2017. ELi merestrateegia raamdirektiivi (2008/56/EÜ) kohane merekeskkonna seisundi hinnang eutrofeerumise ja hüdrograafiliste muutuste kohta.

⁵ Statistikaameti 2016.–2018. a andmete keskmine; Keskkonnaagentuur, SMI 2018.

oluline valdav osa põhust mulla huumusbilansi säilitamiseks mulda tagastada. Põhk tagastatakse mulda kas otse purustamisega või sõnniku osana, kuna RITA projekti ADDVAL-BIOEC raames tehtud küsitluse järgi kasutab 79% loomakasvatustootjatest põhku allapanuna.

- Eesti metsanduse arengukava aastani 2020 kohaselt on pikaajaliselt kestlik eesmärk kasutada 12–15 miljonit m³ **metsamaterjali** aastas. Eesti statistilise metsainventuuri (SMI) andmete järgi oli raiemaht aastatel 2011–2018 vahemikus 9,07–11,98 miljonit m³ aastas (2018. aastal koos surnud puude raiega 12,74 miljonit m³). Kõige enam raiuti sellel perioodil kuuske (2512–4375 tuhat m³), millele järgnevad mänd (1548–2769 tuhat m³) ja kask (1815–2693 tuhat m³). Vähem raiuti haaba (395–1191 tuhat m³), hall-leppa (481–858 tuhat m³) ja kõige vähem sangleppa (397–712 tuhat m³).
- Läänemere **kalanduses** on keskmeks kestliku kalapüügi korraldamine, kus väljapüük sõltub kalavarust ning selle alusel kehtestatud kvootidest ja teistest regulatsioonidest. Läänemerest püütava kala kogus on aastas on 55–70 tuhat tonni. Siseveekogude osa on kogupüügi mahus suhteliselt tagasihoidlik (ligikaudu 4%), kaugpüügi saagiosa moodustab Eesti kalalaevade kogupüügist keskmiselt aga 15,7%. Eesti kalakasvandused on tootnud kuni 0,9 tuhat tonni kala aastas.

Järgnevalt võetakse kokku ja visualiseeritakse Eestis toodetava biomassi kasutamine ja liikumine väärtusahelates.

Põllumajandus

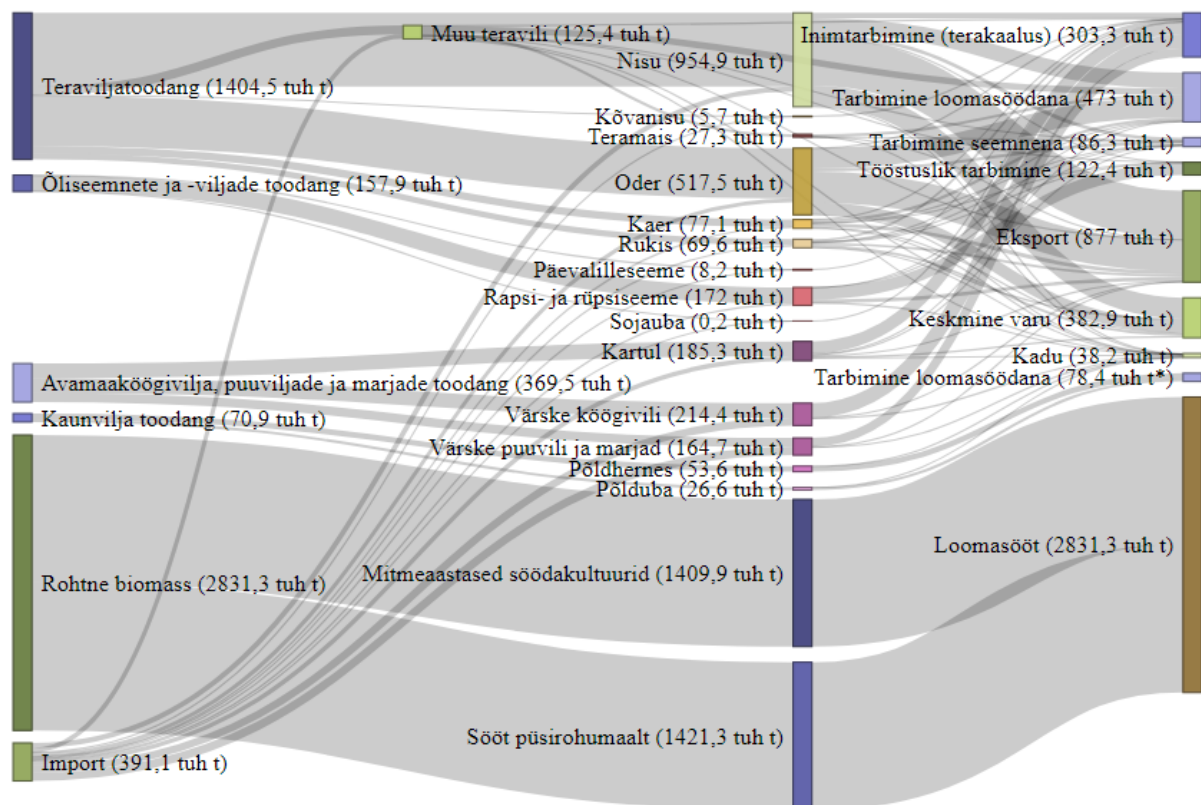
Eestis ei toimu olulises mahus põllumajandusliku bioressursi väärindamist ekstraheeritud toidulisanditeks ja tööstuslikuks kasutamiseks, näiteks keemia-, farmaatsia-, tekstiili- ja nahatoodete tootmiseks. Peamiseks väljundiks on **toit, loomasööt ja tooraine eksport** (teravili, toorpiim), mistõttu toimub põllumajanduses toodetava **biomassi liikumine ja väärindamine peamiselt valdkonna sees ja toidutööstuses**.

- Eestis toodetakse **suures koguses teravilja**, millest keskmiselt 66% eksporditakse⁶. Eestisse imporditakse kõvanisu ja teramaisi (negatiivse ekspordi-impordi bilansiga). Rapsi ja rüpsiseemnest eksporditakse 24% ning imporditakse päevalilleseemet ja sojauba (joonis 2).
- **Kartuli, värske köögivilja ning puuvilja ja marjade** vajaduse katmiseks on vajalik toodangu olulises mahus importimine, kuna isevarustatuse tase ei ole tagatud. Ekspordi-impordi bilanss on kartuli puhul miinuses 34 tuhande tonni, värske köögivilja puhul 68 tuhande tonni ning värske puuvilja ja marjade puhul 75 tuhande tonni ulatuses. Võrreldes toodangu kogusega imporditakse värsket köögivilja võrdväärse mahus aasta keskmise toodanguga, aga värsked puuvilju ja marju ligikaudu kogu tarbimisvajaduse katmiseks (joonis 2).

⁶ Järgnevad andmed põhinevad autorite arvutustel Statistikaameti 2016.–2018. a andmete põhjal.

- Loomakasvatuses on peamine toodang **toorpiim**, millest valdav osa töödeldakse, kuid ka eksporditakse keskmiselt 200 tuhat tonni aastas.
- Kõikide **liha kaubagruppide ja munade** osas on Eesti ekspordi-impordi bilanss miinuses. Eestisse imporditakse aastas keskmiselt 31 tuhat tonni sealiha, 22,4 tuhat tonni linnuliha ja 10,7 tuhat tonni mune.
- RITA projekti ADDVAL-BIOEC raames läbi viidud küsitlus näitas, et põllumajandussektoris ja toidutööstuses ei nähta oluliselt võimalusi **kaassaaduste ja jääkide** täiendavaks väärindamiseks, kuna lihtsam on jäägid komposteerida (sh eelkõige põllumajanduses sõnniku hulgas). Probleemiks on ka **lokaalselt väikesed mahud**, mis omakorda on seotud Eesti hajaasustuse ja primaarse ressursi tootmise hajutatusega. Sellest tulenevad ka potentsiaalselt suured säilitus- ja transpordikulud, mistõttu paljude kaassaaduste ja jääkide väärindamist ei peeta praegu majanduslikult mõttekaks.
- Valdavalt ei väärindata ka teraviljakasvatuse kaassaadusi põhku ja sorteerimisjäätmeid. Vastavalt teoreetilistele arvutustele on Eestis võimalik kasutada erinevate kultuuride põhuressurssi muuks otstarbeks kokku 498,6 tuhat tonni, mis on 37,5% kogu põhusaagist. Põhu kasutamine sõltub peamiselt rohumaade osakaalust külvikorras (olulisus süsiniku säilitamisel ja viljakuse hoidmisel).

Eesti põllumajandusliku bioressursi edukal väärindamisel on suureks probleemiks **väikesed loodavad ressursside mahud** (v.a teraviljatoodang ja rohtne biomass), mistõttu paljud maailmas eksisteerivad väärindamistehnoloogiad ei pruugi osutada meil majanduslikult mõttekaks. Olukorra parandamise võtmesõnadeks on **koostöö ja väärtusahelate uudsel koordineerimisel** põhinevad mudelid ja **ühistuline tegevus**, kus Eesti jaguneks ühistute vahel regioonideks ja toimuks tootjate omavaheline koostöö. Lisaks on vaja leida võimalusi potentsiaalsete **energiaülejääkide kasutamiseks**. Näitena võib tuua köögiviljakultuuride kasvatamist katmikalal koostöös energia tootmiseks rajatud jaamadega ja „talust taldrikule“ ärimudeli fookusega, mis vähendaks oluliselt ka Eesti impordisõltuvust.



Joonis 2. Peamiste põllumajanduskultuuride toodang ja kasutamine (autorite arvutused Statistikaameti 2016.–2018. a andmete põhjal).

Metsamajandus ja puittooted

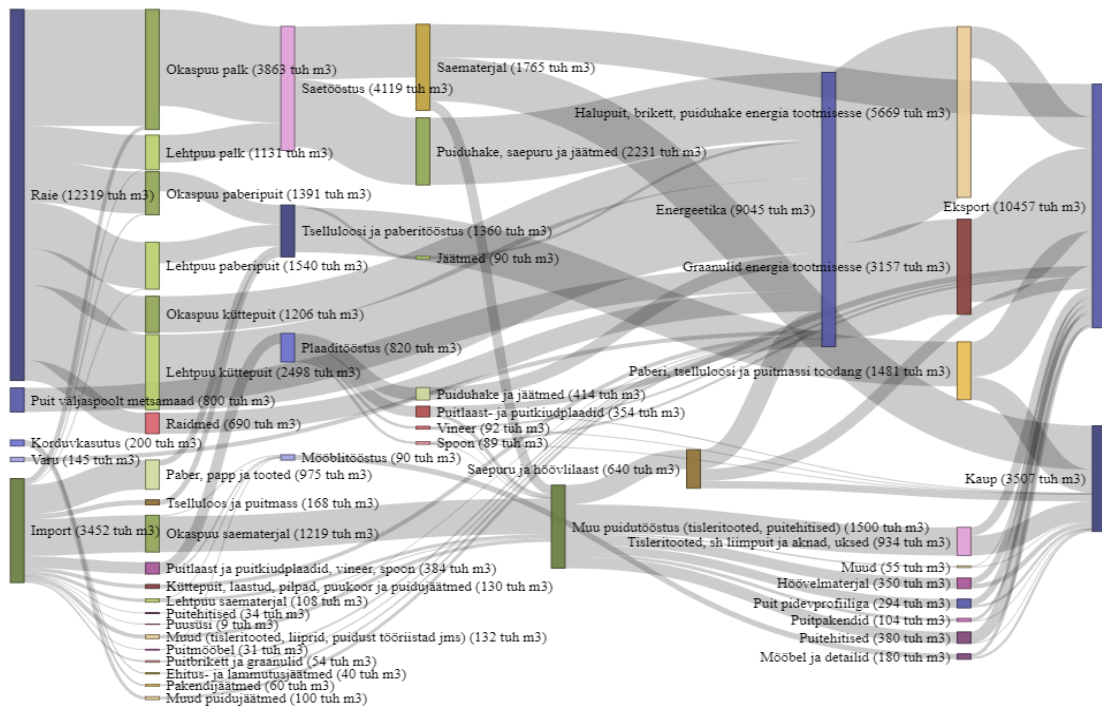
Puidu liikumine väärtusahelas on mitmekülgne, kuid sarnaselt põllumajandusega toimub ka siin suures osas toorme eksport. Puidu liikumise väärtusahelas teevad keerukaks nii puidu sortiment kui ka kaassaaduste kasutamine. Näiteks kasutavad saetööstuse põhitoodangut, aga ka kaassaadusi teised tööstused. Samal ajal võib saetööstus ise kasutada kaassaadusi puidugraanulite (nn pelletite) või energia tootmiseks. Kuigi Eesti puidutööstus on biomajanduslikult võrdlemisi traditsiooniline ning keskendub peamiselt **puidu mehhaanilisele töötlemisele ja energeetilisele kasutamisele**, toimub sektoris oluliselt ka **kaassaaduste ja jääkide väärandamine**, mis on kestliku biomajanduse oluline aluspõhimõte. Eesti puiduressurssi väärandamist iseloomustavad järgmised näitajad⁷.

- Puidu sortimendist **35% moodustab okaspuupalk**, mis on sisend saematerjali tootmisel. Saematerjali toodetakse 1765 tuhat m³ aastas, millest omakorda eksporditakse 1097 tuhat m³ aastas.
- Peamine **eksporditav toore on ümarpuit** (nn paberipuu, saepalk; ekspordimaht 2557 tuhat m³) ja **puidugraanul** (nn pelletid; ekspordimaht 2749 tuhat m³).
- Olulises mahus **eksporditakse ka saematerjalist ja palgist väärandatud tooteid** nagu puitmajad, tiseritooted ja puidust ehitusdetailid (sh liimpuit), puitmööbel, vineer,

⁷ Allolevad andmed: Keskkonnaagentuur (2019). Puidubilanss: Ülevaade puidukasutuse mahtudest 2017.

spoon ning puitlaast- ja puitkiudplaadid. Nimetatud toodangust eksporditakse 54–80% (joonis 3).

- Eesti-sisene puittoodete tarbimine on madal, kuna kaubana tarbitakse 120 tuhat m³ saematerjali ja 520 tuhat m³ paberit ning paberi- ja papptooteid. Olulises mahus toimub **puidu ja jääkide lõpptarbimine energeetikas**.



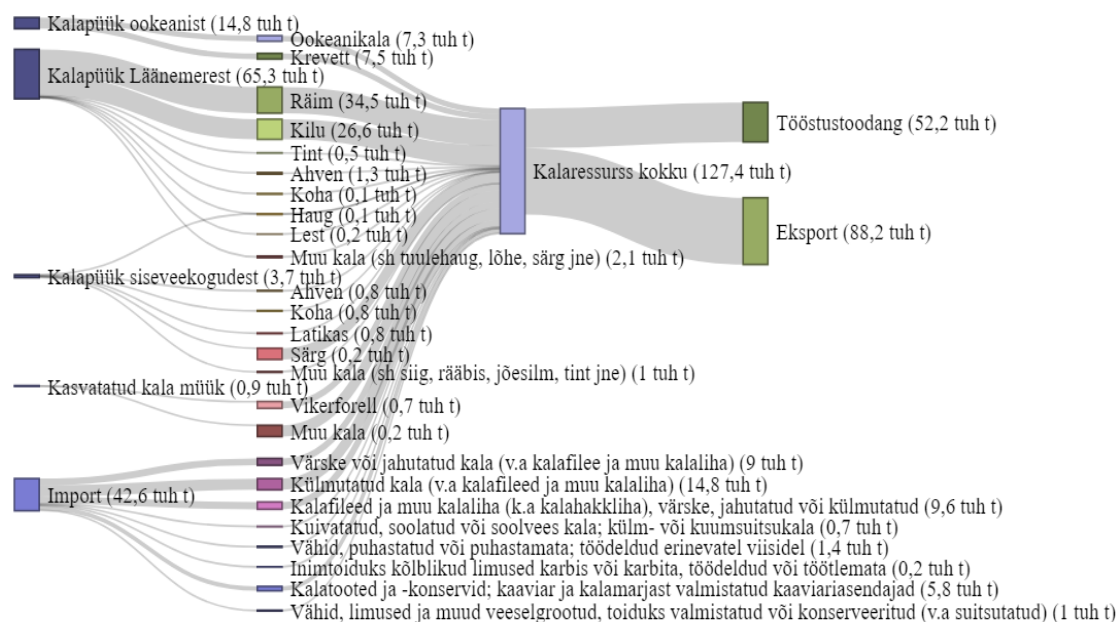
Joonis 3. Üldistatud puidubilanss 2017. aasta andmete põhjal (autorite koostatud Keskkonnaagentuuri 2017. aasta puidubilansi andmete põhjal).

Mereressurss

Merest püütava **kalaressursi** mahtudes domineerivad kilu ja räim, mida tarbijad hindavad võrreldes näiteks mageveeliikidega (ahven, haug ja koha) madala väärtusega kalaks. **Kalaressursi alakasutamine Eestis sisuliselt puudub:** kui mõnda väga üksikut kalaliiki (näiteks võõrliike) võiski rohkem püüda, on siin probleemiks kalapüüniste vähene selektiivsus. Enamasti pole võimalik ühe kalaliigi väljapüüki oluliselt suurendada, kahjustamata teisi tööstuslikult olulisi kalaliike, kelle ressursse kasutatakse niigi kestlikkuse piiril. **Biomajanduslikult iseloomustavad mereressursside kasutamist järgmised näitajad.**

- Kalatööstuse toodang on mitmekesine**, kuna esindatud on nii värsked kui ka jahutatud kalafilee (keskmiselt 1,9 tuhat tonni aastas), külmutatud mere- ja mageveekala ning filee (31,2 tuhat tonni), kuivatatud või soolatud kala (15,9 tuhat tonni), suitsukala (1,9 tuhat tonni), kalapulgad, -burgerid või paneeritud kalafilee (7,8 tuhat tonni) ja paljude muude toodete tootmine.

- Eksporditavad kogused näitavad, et **Eesti peamine ekspordiartikkel on külmutatud kala** ja peamisteks eksporditavateks kalaliikideks on kilu ja räim. Ekspordiriikideks on peamiselt Ukraina ja Taani. Kalasektori ekspordiartiklitest moodustavad suurima osa väikese lisandväärtusega tooted.
- **Nii kalapüügi kui ka karbikasvatusega eemaldatakse merest toitaineid.** Näiteks traalpüügiga (peamiselt räim ja kilu) eemaldatakse Läänemerest aastas kokku 1287 tonni lämmastikku ja 231 tonni fosforit (räimepüügil 643 tonni lämmastikku, 115 tonni fosforit; kilupüügil 637 tonni lämmastikku, 114 tonni fosforit). Lisaks oleks ogalikupüügiga võimalik kokku eemaldada veel 24 tonni lämmastikku ja 4,3 tonni fosforit aastas.
- Praeguseks on olemas ka sobivad tehnoloogilised lahendused **karbikasvatuseks Läänemeres**. Üldjuhul on tegemist ca 5 hektari suuruste farmidega ning kuna Läänemere toitainete varud on väga suured, siis on võimalik paigutada selliseid farme merealadele suurtes kogustes. Lähtudes söödava rannakarbi keskmisest kasvukiirusest on võimalik Lääne-Eesti rannikumere piirkonna 1 km² farmiga kaetud merealalt 1 aasta jooksul hüpoteetiliselt eemaldada 35 tonni lämmastikku ja 2,7 tonni fosforit. Antud hinnangud on võrdlemisi konservatiivsed, kuna karbisubstraadi tiheduse suurendamisel merealal on võimalik suurendada saagikust, ilma et tekiks lokaalne toitainete puudus.
- **Põisadru varu** aastane juurdekasv on Eesti majandusvööndis suurusjärgus 500 tuhat tonni. Suur osa sellest produktsioonist süüakse ära herbivooride poolt või laguneb kohapeal, kuid hinnanguliselt 10–20% võib jõuda heidistena randa. Selline vetikaheidiste mass sisaldab 280 tonni lämmastikku ja 70 tonni fosforit. 48% varust paikneb Saaremaa lõunarannikul ja 34% Lääne-Eesti saarestikus.
- Vetikate puhul on ainsaks kasutuses olevaks varuks kinnitumata **punavetikakooslus** Kassari lahes ja Saaremaa läänerrannikult kogutav agariku rannaheidis. **Rannaheidiste kogumine** on hetkel alakasutatud võimalus rannikumerest liigsete toitainete kättesaamiseks. Eesti rannikumeres moodustab põhjataimestiku biomassist väga suure osa põisadru.



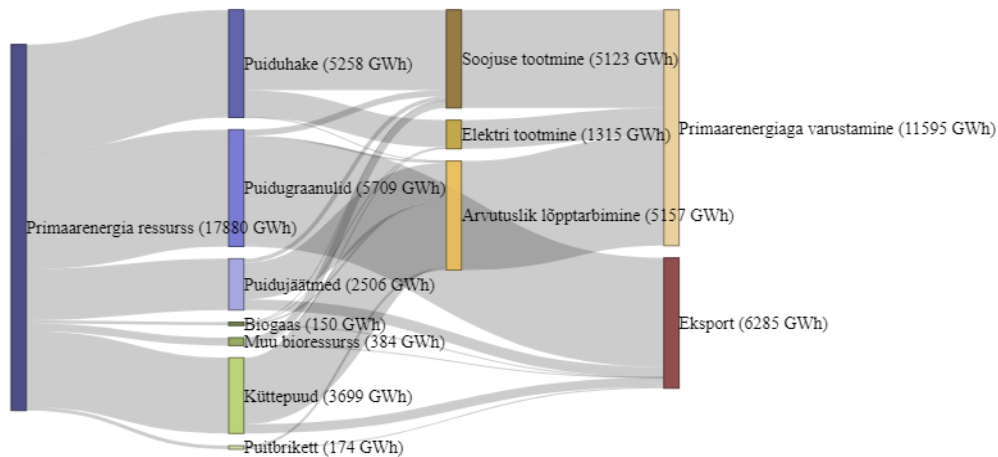
Joonis 4. Peamiste kalaressursside toodang ja kasutamine (autorite arvutused Statistikaameti 2016.–2018. a andmete põhjal).

Biomassil põhinev energeetika

Biomassi kasutamist Eestis energiaga varustamisel iseloomustavad järgmised näitajad.

- **Biomassi praeguse tootmismahu juures oleks võimalik suurendada biomassi kasutamist energia tootmiseks (soojus ja elekter) Eestis umbes poole võrra eksporditava koguse arvelt. Väärindatud kütustega (pelletid) primaarenergia varustus** moodustab ainult 5% kogu primaarenergia varustatusest. Samas moodustab **väärindatud kütuste eksport** 48% (6285 GWh) kogu primaarenergia varustatusest. Pelleteid võib mõnel juhul nimetada alternatiiviks maagaasile, kuid (puidul põhinevate) pelletite kasutamine elektri tootmisel ei ole Eestis levinud. Põhjuseks on pelletite kõrge maksumus (kütuse maksumus võib ületada maagaasi maksumust ja on hakkepuidu hinnast 2–3 korda kõrgem).
- **Tahke biomassi kasutamine elektri tootmisel** on seotud pigem kaugküttes rakendatud koostootmisjaamade ja tööstuslike energiatootmiseseadmetega. Praeguse seisuga on enamikus koostootmise kasutamise seisukohalt soodsates asukohtades koostootmine tahke biomassi baasil juba rakendatud. Biomassi kasutava suure koostootmisjaama ehitamisega seotud risk on biomassi maksumuse kasv seoses nõudluse suurenemisega ja ELi keskkonnapoliitika võimalik muutumine biomassi osas.
- **Eestis on võimalik suurendada biogaasi tootmise potentsiaali eelkõige biomassi kaskaadkasutamisest lähtuvate tööstuste arendamisel**, kus kaassaadustest ja töötlemise jääkidest toodetakse biogaasi. Biomassi töötlemiseks kulub olulisel määral

energiat, mida saab tagada biogaasi baasil, mistõttu tööstuse tarbitav energiakoormus riiklikule võrgule ei suureneks.



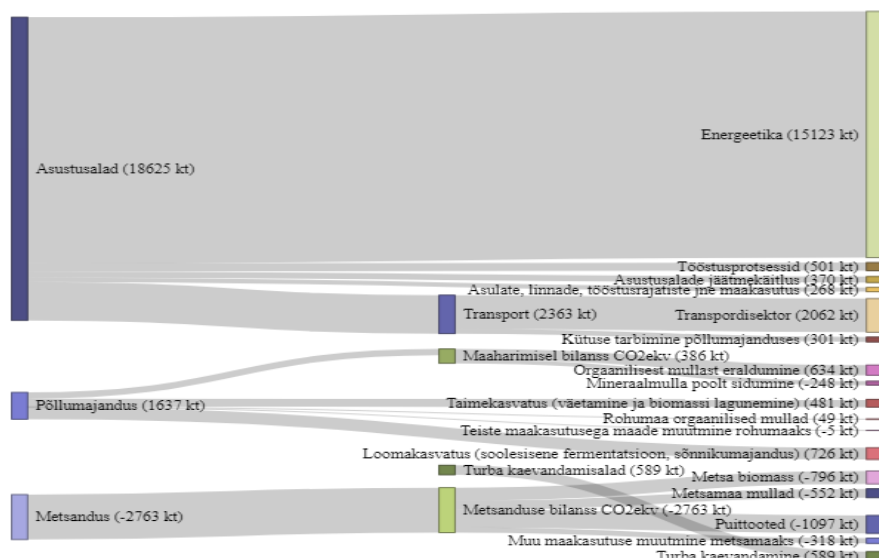
Joonis 5. Biomassist primaarenergia ressurss ja tarbimiseks jaotumine aastal 2017 (Statistikaameti andmete põhjal autorite koostatud).

Biomajanduse mõju kasvuhoonegaasidele

Biomajanduse alussektorites, nagu põllumajandus ja metsandus, toimub maa erinev kasutamine ja mahukas süsinikuringlus, mis omakorda mõjutab kliimamuutusi. Biomajandus on energeetika kõrval kõige olulisema süsinikutsükli mõjutaja ja kliima kujundaja. Eesti kasvuhoonegaaside (KHG) emissioone ja nende allikaid iseloomustavad järgmised näitajad (2016. aasta andmete alusel)⁸:

- **energeetikasektori** heitkogused moodustasid aastas 89,1% (17 486 kt CO₂ekv) summaarsest heitkogusest (ilma maakasutuse – LULUCF – sektorita);
- **tööstuslike protsesside** sektor moodustas 2,5% (501 kt CO₂ekv) Eesti KHG summaarsest heitkogusest;
- **jäätmesektori koguheid** moodustas 1,6% (370 kt CO₂ekv) Eesti KHG summaarsest heitkogusest;
- **põllumajandusest** pärines 6,8% (1338 kt CO₂ekv) Eesti KHG heitkogustest;
- **maakasutuse** (LULUCF) sektor panustas CO₂ **netosidujana** kogumahus 2724 kt CO₂ekv.

⁸ Andmete aluseks on Eesti iga-aastased kasvuhoonegaaside (KHG) heitkoguste inventuurid, mis viiakse läbi IPCC (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) poolt välja töötatud metoodika järgi ja mille kohta riigid koostavad igal aastal auditeeritavad aruanded NIR-id (NIR – National Inventory Reports).



Joonis 6. Kasvuhoonegaaside emissioon alamallikatest 2016. aastal, kt CO₂ekv (autorite koostatud NIR 2019 andmete põhjal).

Seoses kliimamuutustega püstitab Euroopa Liit eesmärgi, et liikmesriikide majandus oleks aastal 2050 kliimaneutraalne (süsinikuneutraalne). Biomajandusel on kliimaneutraalsuse saavutamisel oluline roll, **kuid Eestis on CO₂ emissioonide peamine allikas fossiilsete kütuste kasutamine energeetikas**. Biomajanduse arenguga on võimalik mõjutada KHG emissioone väga erinevates sektorites. Maakasutusepõhiselt toimub põllumajanduses KHG liigset emiteerimist, aga ka sidumist. Metsandus on ainuke CO₂ netosiduja. Põllumajanduslikus tootmises tekkivate KHG heitmevoogude hulgas on **peamine allikas taimse biomassi tootmine** (põllukultuuride saagid), teisel kohal on **loomakasvatusektoris tekkivad KHG heitkogused** ja kolmandal kohal **tootmiseks vajalike kütuste tarbimisest tulenev heide**.

2.2 Soovitused bioressursi tõhusamaks väärindamiseks

Kestliku biomajanduse arengus on olulisel kohal maa- ja veeressursi säästev kasutamine, kuna majandusliku inimtegevusega kaasneb alati koormus keskkonnale ja ökosüsteemiteenustele laiemalt. Eesti biomajanduse ressursside tänast olukorda iseloomustavad järgmised tähelepanekud.

- **Tervikpildis on Eesti biomajanduse ressursikasutus üsna traditsiooniline:** põllumajandus ja metsandus kasutavad bioressursi oma traditsioonilistes ahelates ning toimub pigem mehhaaniline väärindamine traditsioonilisteks toodeteks.
- Eesti biomajanduse lisandväärtuse tõstmiseks on vajalik **põllumajanduses toodetud ressursse oluliselt rohkem väärindada** (eelkõige teravilja, aga ka eksporditavat toorpiima ning praegu väärindamata jääke ja kaassaadusi). Lisaks on vajalik jälgida **loomakasvatusektori arengut**, mida võivad mõjutada muutused tarbimiseelistustes ja vajadus piirata ka kasvuhoonegaaside emissiooni. Loomakasvatusektori võimaliku vähenemisega jääb kasutamata **rohtne biomass ja põllumajandusmaa kasutamine**

võib muutuda. Biomajanduses on rohtset biomassi võimalik kasutada erinevate materjalide, energia ja kütuste tootmiseks. Eestis on juba praegu kasutamata ligikaudu 260 tuhat tonni rohtset biomassi aastas, millele lisaks oleks võimalik kasvatada väheväärtuslikel maadel kõrrelisi heintaimi.

- Eesti **puidu väärtusahel põhineb praegu puidu mehhaanilisel väärimdamisel** ning on saetööstuse, puidugraanuli ja küttematerjali tootmise keskne. Ligikaudu 50% (7,5 miljonit m³) käideldavast puitmaterjalist suunatakse kütteks. Kuigi **metsatööstuse roll energia tootmiseks** on suur, rakendatakse sellest Eestis tagasihoidlik osa. **Paberipuidu kui toorme ekspordi** osakaal on samuti suur, kuna Eestis toodetakse tselluloosi ja paberit piiratud mahu ning puuduvad ka teised/uudsemad väärimdamise viisid, mille arendamine on kliimaeesmärkide täitmiseks ning fossiilsel toormel põhinevate materjalide ja toodete asendamiseks hädavajalik.
- Eesti kalanduse areng on regulatiivselt piiratud, kuna kalavarude säilitamine vajab regulatsioonide süsteemi. Seetõttu on oluliseks vajaduseks **olemasoleva kalaressursi senisest tugevam väärimdamine**. Lisaks tuleb pöörata tähelepanu **suurvetikate (agarik, põisadru) ja merekarpide (söödav rannakarp) viljelemisele ja täiendavate majandusliku kasutamise võimaluste leidmisele**, mis on ressursina täna alakasutatud ning mis aitavad eemaldada merest biogeenseid aineid ja vähendada Läänemere eutrofeerumist.
- Eesti energeetika on praegu ja ka lähitulevikus seotud biomassi kasutamisega, kuid **metsanduse ja energeetika parima võimaliku efektiivsuse saavutamiseks on vajalik tähelepanu pöörata biomassi esmasele tööstuslikule väärimdamisele**. Biomassi kaskaadkasutusega ei ole energeetika kõrge lisandväärtuse looja, mistõttu on soovitatav leida biomassi tööstuslikule väärimdamisele uusi lahendusi, mille järgi väärimdatakse mittevajalikud kaassaadused ja jäägid energeetikas. Biomassil põhineva energia tootmise laiendamine on võimalik, kui leitakse täiendavalt võimalusi jääksoojuse kasutamiseks.
- Biomajanduse arengute analüüsi lihtsustamiseks oleks edaspidi vajalik tagada **bioressursside detailsem statistika**, kuna käesoleva kaardistuse koostamisel leiti olulisi andmelünki, mis takistavad kvaliteetse tervikpildi ja tulevikuprognoside koostamist (nt puudub selge ülevaade kõikide rohumaade kasutamisest ja potentsiaalset, villa ja toornahkade ahelast ning kasutatavast kogusest, soovitatav on üle vaadata jääkide tekke kogumise statistika kõikides sektorites).
- Eesti kodumaiste bioressursside väärimdamise edasise arengu oluliseks väljakutseks on **lokaalse tegevusega tööstuste (nn kogukonna biomajanduse) ja laiema haardega tööstuste terviklik planeerimine**, sest bioressursside väikesed mahud ja hajutatusest tulenevad transpordivajadused seavad nii erinevate tehnoloogiate rakendamisele kui ka majandustegevusele oma piirangud. Seejuures ei tasu alahinnata **IT-lahenduste võimalikku positiivset mõju** uute ärimudelite ja väärimdamise viiside väljatöötamisele.
- **Uuema generatsiooni biomajanduse** (nt ring-biomajandus, bioressursi keemiline ja bioinseneeriline väärimdamine) poole liikumine ning uute bioressursidel põhinevate

tööstuste ja väärtusahelate loomine on olemuselt **loominguline hävitusprotsess** ehk kestlikuma majandusmudeli ja kõrgema lisandväärtuse poole liikumine võib tähendada seniste väärtusahelate ja ärimudelite, aga ka maakasutuse struktuurseid muutusi. Neid muutusi soodustavad omalt poolt ka ELi rohelepe ja laiemad kliimaeesmärgid ning inimeste tarbimiseelistuste muutused.

2.3 Eesti biomajanduse väärtusahelate ja innovatsioonisüsteemi hetkeolukord

Nii rahvusvahelisi kui ka erinevate riikide biomajanduse visioone ja strateegiaid iseloomustab **silmatorkav tähelepanu teadus- ja arendustegevusele (TA) ning innovatsioonile**: biomajandusele seatud suurte ootuste ja ambitsioonide saavutamine – kliimaneutraalsuseni jõudmine, fossiilsetel allikatel põhinevalt majandusmudelilt biotoormel põhinevale majandusmudelile (vähemalt osaline) üleminek – eeldab olulisi TA-alaseid ja tehnoloogilisi läbimurdeid ning nendel põhinevate innovatsioonide levikut ühiskonnas ja majanduses.⁹

Seega võib biomajanduse arendamist mõtestada läbi **biomajanduse-alase innovatsioonipoliitika** kujundamise, mille fookuses on biomajanduse innovatsioonisüsteem ehk ökosüsteem, mis koosneb looduslikest ressurssidest, informatsioonist/teadmistest ning tehnoloogiast, mis liiguvad inimeste ja ettevõtete vahel ning on mõjutatud laiemast institutsionaalsest raamistikust (ühiskondlikud tavad ja reeglid, poliitika jms). Rahvusvaheliselt on seejuures biomajanduse kui innovatsioonisüsteemi arendamine muutunud järjest holistilisemaks, aga ka komplekssemaks, et katta biomajanduse arendamise esmapilgul vastandlikuna tunduvaid eesmärgi.

Kui Euroopa Liidu 2012. aasta biomajanduse strateegia keskmes oli ennekõike **majanduslik konkurentsivõime**, siis 2018. aastal tehti strateegiasse olulisi täiendusi: tuginedes strateegia elluviimise kogemusele ning lähtudes Pariisi kliimakokkuleppes rõhutati senisest enam **kestliku biomajanduse arendamise** olulisust, sh suurema tähelepanu pööramise vajalikkust biomajanduse arendamise **ökoloogilistele piiridele**.¹⁰

Antud projekti võrdlusriikide – Soome, Rootsi, Taani, Madalmaade, Austria, Iirimaa, Läti – strateegiadokumentides ja stsenaariumites on hakatud traditsiooniliste põhieesmärkide (**lisandväärtuse kasv ja konkurentsieelise saavutamine**) kõrval senisest rohkem rõhutama **ressursside kasutamise kestlikkust** (nt läbi kaskaadkasutuse), bioloogiliste **ressursside mitmekesisuse säilitamist** (nt puhas vesi ja õhk, toitainete tasakaal mullas jne) ning suurem tähelepanu on seatud ka **biotoorme piiratuse, konkurentsi ja riskasutuse** küsimuste lahendamisele.

⁹ Vt täpsemalt ka Kirs, M., Ukrainski, K. & Karo, E. (2018). Poliitika ja valitsemissüsteemid biomajanduse toetamiseks. RITA ADDVAL-BIOEC uuringu WP4.1 raport: www.taltech.ee/biomajandus.

¹⁰ Vt täpsemalt Euroopa Komisjoni biomajanduse strateegia kodulehelt: <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=policy&lib=strategy>.

Euroopa Liidu roheleppes dokumentides ja diskussioonides on hakatud üha rohkem esile tooma **kestliku konkurentsivõime** kontseptsiooni, mis rõhutab tasakaalupunkti leidmist majanduslike või keskkonnavaluste eesmärkide maksimeerimise asemel. Selles kontekstis on selge, et biomajanduse kui innovatsioonipoliitika arendamine ei saa keskenduda pelgalt traditsioonilistele teadus- ja majandusministeeriumite veetud **turu- või süsteemitõrgete lähenemistele**, vaid peab senisest teadlikumalt ja selgemalt võtma kasutusele nn **transformatsioonilise innovatsioonipoliitika lähenemise**, mis oma süsteemsete muutuste tõttu vajab laiapõhjalisemat koostööd nii avaliku sektori sees kui ka ühiskonnas laiemalt.

2.3.1 Eesti biomajanduse innovatsioonisüsteemi konkurentsivõime

Euroopa biomajanduse tegevuskavas on hinnatud Euroopa Liidu biomajanduse käibeks u 2 triljonit eurot aastas ja lisandväärtuseks u 621 miljardit eurot.¹¹ Biomajanduse lisandväärtusest luuakse ligikaudu kaks kolmandikku töötlevas tööstuses. Euroopa Liidu põllumajanduse lisandväärtus ulatus 2018. aastal 182 miljardi euron ja metsanduse lisandväärtus 27 miljardi euron.

Kuna biomajandus hõlmab endas mitmeid senini eraldi käsitletud tegevusalasid, siis võeti antud uuringu raames Eestis esmakordselt kasutusele rahvusvaheliselt arendatud metoodika biomajanduse valdkonna ettevõtete majandus- ja innovatsioonikäitumise ülevaadete koostamiseks. See metoodika hõlmab nii **biomassi tootmise** kui ka **täielikult biobaasil ja osaliselt biobaasil tootvate majandusharude** andmeid.¹² Lähenemise testimiseks ja valdkonna esmakordseks kaardistamiseks kasutati Äriregistri ja Statistikaameti aastate 2005–2017 andmeid (analüüsi läbiviimisel olid 2017. aasta andmed viimased kättesaadavad andmed).

Selle biomajanduse klassifikatsiooni alusel oli Eesti biomajanduse ettevõtete müügitulu 2017. aastal u 5 miljardit eurot (10% Eesti ettevõtete müügitulust) ja eksport 2,1 miljardit eurot (17% Eesti ettevõtete ekspordist). Eesti biomajanduse lisandväärtus ulatus 2017. aastal 1 miljardi euron, mis on 11% Eesti ettevõtetes loodud lisandväärtusest. Eesti biomajanduse ettevõtetes töötas 2017. aastal 46 000 inimest ehk 12% hõivatutest.¹³

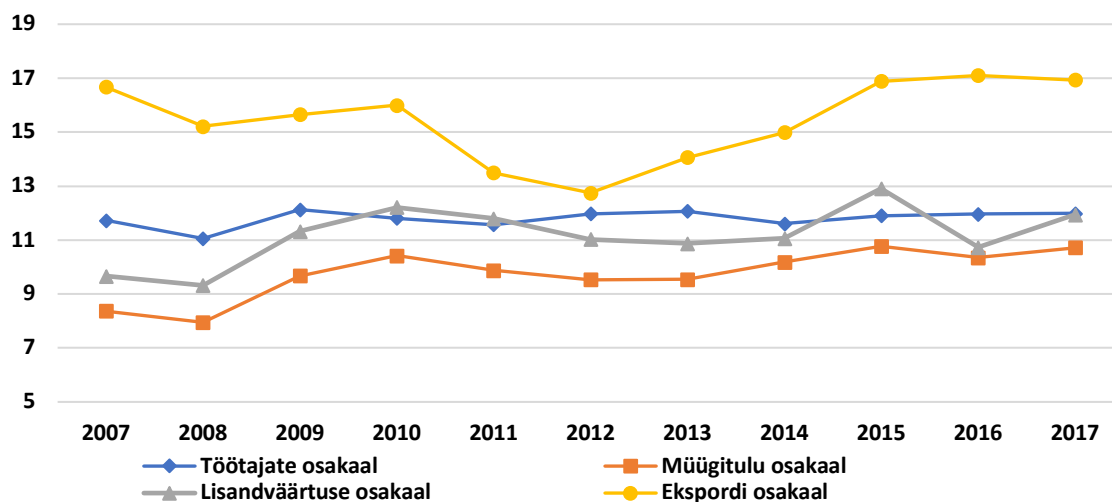
¹¹ Vt täpsemalt Euroopa Komisjon, *Bioeconomy: the European way to use our national resources*, 2018, <https://bit.ly/3dLKYul>. Hilisemad analüüsid on pakkunud tertsiaarsektorit arvesse võttes biomajanduse lisandväärtuse mahuks koguni 1,4 triljonit eurot. Vt T. Kuosmanen *et al.*, *How big is the bioeconomy*, EUR 30167EN, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020.

¹² Osaliselt biobaasil tootvate majandusharude – nt tekstiili- ja rõivatootmine, kemikaalide ja keemiatoodete tootmine, põhifarmaatsia ja ravimipreparaatide tootmine, kummi ja plasttoodete tootmine, mööblitootmine ja elektritootmine – puhul kasutati majandusharude andmete kasutamiseks rahvusvahelistes võrdlevates metoodikates välja toodud biobaasil tootvate ettevõtete osakaale majandusharude kogumahu. Vt täpsemalt Kers. J. *et al.* (2019) Eesti biomajanduse väärtusahelate kvantitatiivanalüüs. RITA ADDVAL-BIOEC uuringu WP1.2 raport: www.taltech.ee/biomajandus.

¹³ Detailsem analüüs ja biomajanduse klassifikatsiooni ülevaade: Urmas Varblane *et al.*, Eesti biomajanduse väärtusahelate kvantitatiivne analüüs. ADDVAL-BIOEC uuringu tööpaketi 1.2 vaheanalüüs, Tallinn & Tartu, 2021.

Metsa ja puidu ning põllumajanduse ja toiduainete väärtusahelates tegutsevad ettevõtted panustavad Eesti biomajanduse lisandväärtusesse suhteliselt võrdselt. **Neis kahes peamises väärtusahelas sünnib kokku ligikaudu 90% Eesti biomajanduse lisandväärtusest:**

- metsamajanduse ning puidu- ja paberitööstuse ettevõtete müügitulu moodustab umbes 50% biomajanduse ettevõtete müügitulust ning eksport umbes 60% biomajanduse ekspordist;
- põllumajandus ning toiduainete ja jookide tootmine moodustavad umbes 40% biomajanduse ettevõtete müügitulust ning umbes 25% biomajanduse ekspordist.



Joonis 7. Biomajanduse osatähtsus Eesti ettevõtluses aastatel 2007–2017 (protsentides Eesti vastavast kogunäitajast).

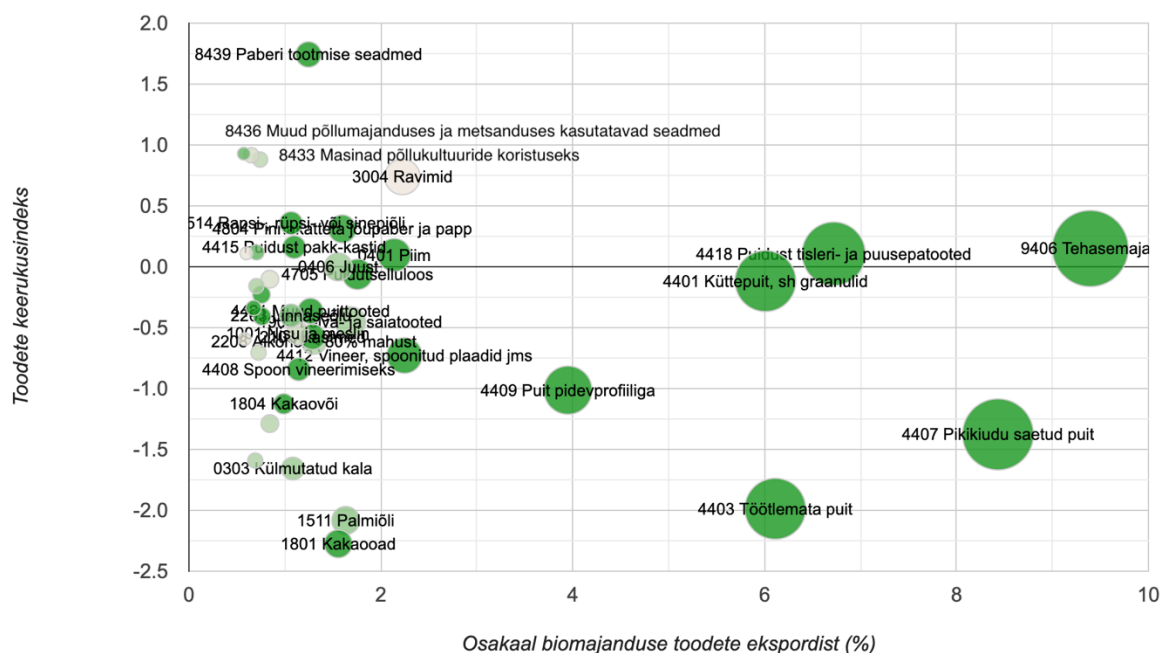
Allikad: Ärireister ja Statistikaamet.

Siiski, vaatamata väga heale biotoormega varustatusele on Eesti biomajanduse võimekus luua lisandväärtust töötaja kohta olnud allpool EL-28 keskmist. 2015. aastal (uuringu läbiviimisel olid need viimased võrreldavad andmed) oli see näitaja Eestis 23 tuhat eurot, EL-28 keskmine 34 tuhat eurot. Kuigi meie lisandväärtus töötaja kohta on vaadeldaval perioodil (2008–2015) kasvanud 53%, ei taga see piisavalt kiiret konvergentsi EL-28 ja meie põhjanaabritega.

Eesti puidu ja puittoodete toomise ning toiduainete ja jookide tootmise tööjõu tootlikkus on küll võrreldav Läti või Leeduga, kuid jääb Soome, Rootsi, Hollandi jt arenenud tööstusriikide vastavast näitajast kaks-kolm korda maha. **Eesti biomajanduse märksa väiksem konkurentsivõime on suures osas seletatav Eesti eksporttoodete vähesema keerukusega võrreldes Põhjamaadega.**

Eesti biomajanduse¹⁴ suurima netoekspordi mahuga tooterühmad on tehasemajad (9406), puidust tiseri- ja puusepatooted (4418), küttepuut (sh graanulid, 4401), pidevprofiiliga puit (4409), nisu ja meslin (1001), mööbel ja mööbliosad (9403). Suurema netoekspordi mahuga toiduainetest saab veel esile tuua juustu ja kohupiima (0406) ning kontsentreerimata piima ja röösa koore (0401). Seejuures on tehasemajad ja puidust tiseritooted, aga ka mööblikomponendid Eesti biomajanduse ekspordis olulised keskmise keerukusega tooted, mille puhul tasub otsida maailmas turuosa hoidmise ja suurendamise võimalusi (joonis 8).

Töötlemata puidu (4403), saematerjali (4407) jm vähekeerukate toodete eksport on seevastu Eesti majanduse ressursiefektiivsuse vaatest pigem raiskav. Toodete puhul, mille keerukusindeks on alla nulli, on põhiküsimus, kas neis tooterühmades on näha ette märkimisväärsed teaduslikke, tehnoloogilisi vm läbimurdeid või uudsete turunišside teket, mis võimaldaksid Eesti toodetel saavutada ainulaadse kvalitatiivse eelise. Juhul kui selliste uute tehnoloogiate või turunišside leidmine ei ole tõenäoline, tuleks otsida võimalusi vääridada bioressurssi muudel viisidel. Samal ajal tasub otsida ühtlasi võimalusi sisenemiseks täiesti uutesse, suure tehnoloogiamahtumuse ja lisandväärtusega tooterühmadesse, nagu seda on näiteks (bio)farmaatsiatooted ja puidu keemiline või biotehnoloogiline vääridamine.



Joonis 8. Eesti biomajanduse olulisimate eksportkaupade keerukus.

Märkus. Mida tugevam roheline toon, seda konkurentsivõimelisem on Eesti eksport (inglise *revealed comparative advantage*, RCA) selles kaubarühmas.

Allikas: Harvard University, 2020; Tiits & Kalvet, 2020.

¹⁴ Biomajandus hõlmab siin kahekohalisi KN-kaubarühmi 01–05 (loomad ja loomsed tooted), 06–15 (taimsed tooted), 16–24 (toiduained), 30 (farmaatsiatooted), 41–43 (nahk ja nahktooted), 44–49 (puit ja puittooted), 47–49 (tselluloos, paber ja trükised), 51–53 (vill, puuvill, taimesed tekstiilkiud) ning 94 (mööbel ja tehasemajad). NB! KN-kaubarühm 94 sisaldab peale puidust mööbli ja tehasemajade ka metallist jm materjalidest mööblit. Biomajandustoodete täpsemaks piiritlemiseks tuleks soovi korral kasutada vähemalt kuuekohalist KN-koodi.

2.3.2 Eesti biomajanduse innovatsioonisüsteemi peamised väljakutsed

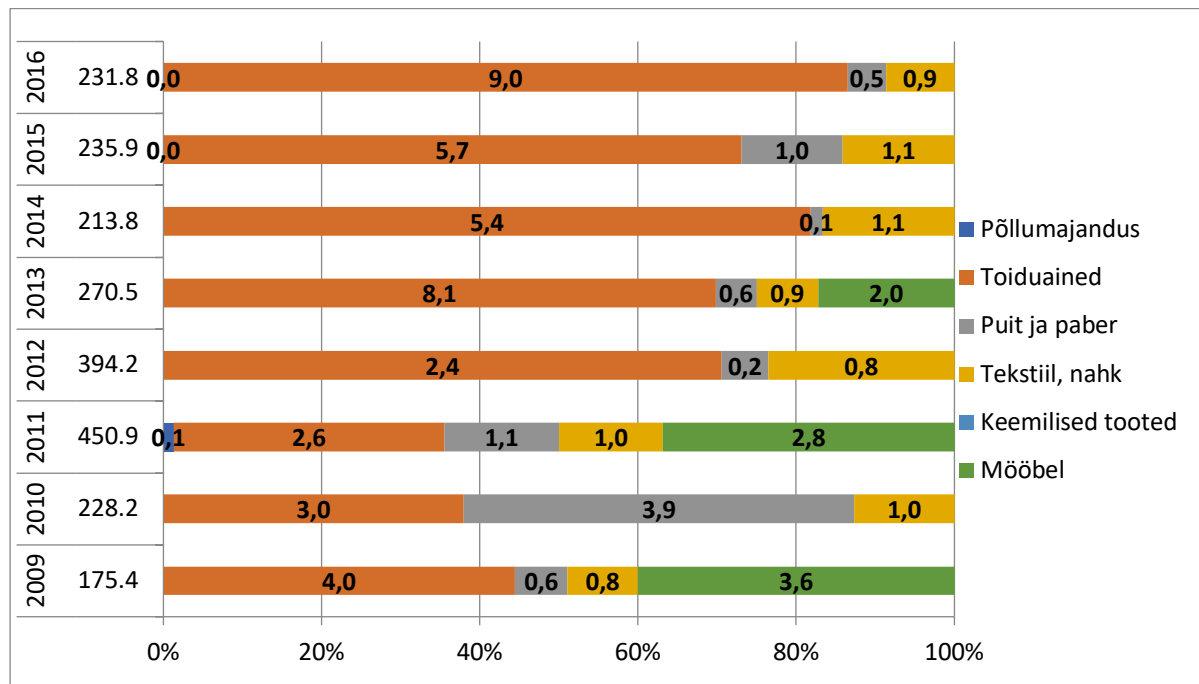
Käesoleva uuringu raames analüüsiti lisaks ettevõtete üldisele majanduskäitumisele ka viimaseid kättesaadavaid **Euroopa Innovatsiooniuringu** (CIS) andmeid (viimased andmed 2016. aasta seisuga). Küsitluse vastuste alusel (kaasatakse kuni 10 töötajaga ettevõtted; viimases uuringus 3700 ettevõtet) jagatakse ettevõtted innovaatilisteks (vaatlusaluse perioodi jooksul on läbi viidud kas toote-, protsessi-, organisatsiooni- või turundusuuendusi) ning mitteinnovaatilisteks, kus sääraseid uuendusi pole tehtud. Lisaks eristatakse, kas ettevõtte on tehnoloogiliselt innovatiivne (toote või põhi- ja tugiprotsesside uuendused) või mittetehnoloogiliselt innovatiivne (organisatsiooni- ja turundusuuendused).

Üldpildis, kui Eesti ettevõtete seas on end innovaatiliseks pidavate ettevõtete osakaal *ca* 48%, siis biomajanduse sektorites on see näitaja Eesti keskmisega võrreldav (*ca* 47% puidusektoris) või veidi suurem (*ca* 62% toidu ja joogi tootmise sektoris; *ca* 55% töötlevas tööstuses, mööblitootmises ning elektrienergia ja gaasiga varustamise sektoris). Eesti on väga tugev biomassi tootev riik, kuid **biomassi töötlemise ja sellega seotud lisandväärtuse tõstmise valdkonnad ei ole rahvusvahelises konkurentsivõimes piisavalt tugevad – nende valdkondade võimekuste edasine arendamine on biomajanduse lisandväärtuse ja innovatsioonipotentsiaali kasvatamise keskne teema.**

CIS-andmete detailsema analüüsi baasil saab siiski välja tuua **kaks olulist biomajanduse valdkonna arengu väljakutset**, mis mõjutavad oluliselt biomassi senisest kõrgema väärimdamise potentsiaali.

1. **Bioressursside baasil toimivate majandusharude puhul on keskendumine TA-le ning TA-põhisele innovaatilisele tegevusele pigem tagasihoidlikul tasemel**, mis osaliselt tuleneb Eesti biomajanduse sektori struktuurist (kõige TA-intensiivsemate keemia- ja farmaatsiatööstuste väike roll). Biomajandusega seotud innovaatilised ettevõtted viivad täna oluliselt enam läbi **tehnoloogilist innovatsiooni**, mis on ettevõtetes seotud enamasti masinate, seadmete ja tarkvara soetamise ning uuendamisega. Biomajanduse valdkonna ettevõtete tehnoloogiline innovatsioon piirdub sageli **valmislahenduste soetamisega ning ettevõttesisese arendustöö ja õppimine on piiratud**. Viimane on aga oluline eeldus uute toodete ja teenuste väljatöötamiseks ning seeläbi ka väärtusahelates kõrgemale tasemele liikumiseks. Mittetehnoloogilise iseloomuga innovaatilistest tegevustest teostatakse peamiselt töökorralduse ning äripraktikate uuendusi. Väga suur osa tehnoloogiliselt innovaatilistest ettevõtetest on ühtlasi ka mittetehnoloogiliselt innovaatilised.

2. Teadus- ja arendustegevus moodustab väikese osa biomajandusega seotud ettevõtete kulutustest. Joonis 9 annab ülevaate Eesti ettevõtete TA-kulutustest perioodil 2009–2016 ning näitab, et biomajandusega seotud harud annavad üsna väikse osa TA-kogukulutustest, näiteks 2009. aastal 175,4 miljonist USA dollarist vaid 9 miljonit ehk 5,1% ning 2016. aastal 238,1 miljonist USA dollarist vaid 10,5 miljonit ehk 4,4%. Sisuliselt näitab see ülevaade, et **vähemalt erasektori TA struktuuris ei ole toimunud olulist struktuurset nihet biomajanduse tähtsustamise suunas.**



Joonis 9. Teadus- ja arendustegevuste kulutused Eesti ettevõtetes (PPP 2010, mln USD).

Legend: Vasakul tulpas on võrdluseks kõik Eesti ettevõtlussektori raporteeritud TAI kulutused kokku (mln USD). Horisontaalsel teljel on konkreetse biomajanduse haru osatähtsus kogu biomajanduse ettevõtete TAI kulutustest protsentides ning horisontaalsetel ridadel on aastat kaupa välja toodud kulutused absoluutmahus (mln USD). Allikas: OECD, vt täpsemalt Kers *et al.* (2020). Eesti biomajanduse konteksti analüüs. RITA ADDVAL-BIOEC uuringu TP1.3 raport: www.taltech.ee/biomajandus.

Biomajanduse valdkonna detailsemal analüüsil näeme biomajanduse sektorites ühelt poolt **TA-võimekuste ja ressursside konsolideerumist**, kuid isegi **olulisem trend on olnud mitmete Eesti biomajanduse lisandväärtuse kasvatamise jaoks ülioluliste valdkondade (mööblitööstus, keemiatööstus, puidu- ja paberitööstus, põllumajandus) TA-võimekuste hääbumine**. Nii ettevõttesisesed kui ka -välised kulutused TA-tegevusele olid vaatlusalusel perioodil (2007–2017) langustrendis, eriti täielikult biobaasil toimivate ettevõtete seas. See viitab **ettevõtlussektori väga piiratud võimekusele tootearenduseks praegu ja lähemas tulevikus**.

Statistika kohaselt on võrreldes teiste Euroopa riikidega Eestis keskmine TA-töötajate ning teadlaste ja inseneride osakaal töötajatest alla keskmise ning mitmed täielikult biobaasil

toimivatest tööstusharudest on kaotanud suure osa TA-le spetsialiseerunud töötajatest. **Oluline osa Eesti biomajandusega seotud ettevõtete TA-st viiakse tänaseks läbi toidu- ja joogitootmisega tegelevate ettevõtete seas, mujal oluliselt väiksemal määral.** Ilma TA-töötajateta on aga raske teha sisulist koostööd TA-asutustega ning töötada välja lisandväärtust tõstvaid lahendusi.

Oluline on seejuures meeles pidada, et vaadeldud perioodil on riiklikke TA ja innovatsiooni poliitikaid iseloomustanud pigem **horisontaalne ja pakkumispõhine lähenemine, mis põhineb ennekõike turutõrgete ja vähesemal määral süsteemitõrgete sekkumisloogikatel.** Nii Eesti Teadusagentuuri meetmed (alusteaduslikest uurimisgrantidest nutika spetsialiseerumise rakendusüuringute meetmeni), Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse erinevad meetmed (nt tehnoloogia arenduskeskuste meede,¹⁵ klastrite toetamise meede) kui ka maaeluministeeriumi koostöö- ja innovatsioonimeetmed (nt innovatsiooniklastrid¹⁶) on olnud suunatud ettevõtete erinevate TA ja innovatsioonikoostöö võimekuste kasvatamisele, kuid **statistika järgi ei ole enamikus biomajandusega seotud valdkondades riiklike meetmete tulemusena ettevõtted hakanud juurde looma TA-le spetsialiseerunud töökohti, mis aga on oluliseks eelduseks TA-võimekuste arendamisel** (sisuliselt puuduvad doktorikraadiga arendustöötajad ja seotud pikaajalised TA-strateegiad, samuti investeerimisevõimekus).¹⁷ Ka hiljutine Eesti Teadusagentuuri tellitud ressursside väärindamise valdkonna TA-võimekuste analüüs¹⁸, mis keskendus puidu- ja toidutööstusele ning maavarade väärindamisele, kinnitas biomajandusega seotud sektorite (puidu- ja toidutööstus) ettevõtete innovatsioonivõimekuste puhul neid pigem kriitilisi leide ning rõhutas, et ka TA-asutuste võimekused on tänase riikliku rahastamissüsteemi fookuste juures pigem piiratud uute teadmussiirde protsesside käivitamiseks. Mitmete biomajandusega seotud kõrge kasvupotentsiaaliga sektorite esindajad (toit, puitmajad jms) on erinevates üringutes viidanud, et riiklikud sekkumised ei ole siiani disainitud nende vajadustest ja barjääridest lähtuvalt.¹⁹

Seega on riigi meetmete toel pigem suudetud hoida olemasolevaid võimekusi (või piirata nende suuremat hääbumist), **kuid struktuurseid muutusi TA-võimekuste kasvuks kõrge potentsiaaliga sektorites ei ole võimalik hetkel tuvastada.** Need nõrkused osutuvad tulevikuvaates oluliseks barjääriks uute tehnoloogia- ja innovatsioonipõhiste sektorite arendamisel ja ärimudelite rakendamisel.

¹⁵ See meede on biomajanduse valdkonnas olnud üks peamisi teadus- ja arendustegevuse ergutajaid. Toidu valdkonna TAK-id (Toidu- ja Fermentatsioonitehnoloogia Arenduskeskus ja Tervisliku Piima Biotehnoloogiate Arenduskeskus) on teinud väga head koostööd ettevõtlussektoriga.

¹⁶ Veeväli, L. (2019). „Eesti maaelu arengukava 2014–2020“ meetme 16 allmeetme „Innovatsiooniklaster“ III taotlusvooru rakendusanalüüs“ annab hea ülevaate siiani toetatud innovatsiooniklastritest ning nende tegevusfookusest.

¹⁷ Arvesse tuleb seejuures võtta, et mitmete meetmete laiem mõju võib siiski avalduda alles lähiaastatel, sest enamik 2014–2020 perioodi TAI meetmeid on tänasel hetkel veel aktiivse rakendamise faasis.

¹⁸ Ernst and Young Baltic & SA Praxis (2019). Teadus- ja arendustegevuse potentsiaal ja selle kasutamine ressursside väärindamise valdkonnas:

https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2020/01/EY_Praxis_ETAG_lõppraport_12.06.2019.pdf.

¹⁹ Espenberg, S. et al. (2018). Kasvualade edenemise uuring. Tartu Ülikool, TalTech ja Technopolis Group Eesti OÜ.

Eelnev tähendab, et biomajanduse toetamine eeldab sarnaselt laiemale TA ja innovatsiooni poliitikale sisuliselt ühelt poolt **nutikat spetsialiseerumist tänaste ressursside kõrgema väärimdamise potentsiaali realiseerimiseks** ning teiselt poolt ka teadlikumat **transformatsioonilise innovatsioonipoliitika lähenemise kasutamist** (vt ptk 5), mis toetaks majanduse ja struktuurinihet biomajanduse suunas ning looks võimalusi ja võimekusi TA ja innovatsioonipõhiste ning kõrge lisandväärtusega biomajanduse sektorite taassünniks (nt keemiatööstus, biotehnoloogilistel protsessidel põhinevad sektorid).

2.4 Soovitused Eesti biomajanduse innovatsioonivõimekuste tõstmiseks

Kokkuvõttes on vaja selleks, et teha Eesti biomajanduse praeguse struktuuri alusel uusi arenguhüppeid, ühelt poolt suurendada **Eesti biomajanduse tehnoloogilist ja innovatsioonivõimekust** ning teiselt poolt olla piisavalt **säilenõtkes, et kohaneda laiemate arengusuundadega rahvusvahelistes majandussuhetes**.

Antud projekti analüüside ja teadmiste pealt saab teha järgmised üldised soovitused nii teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ja ettevõtluse arengukava kui ka valdkondlike ministeeriumite poliitikakujundamise (sh maaeluministeeriumi biomajandusega seotud planeerimis- ja arendustegevuste) protsessidesse.

1. Senisest teadlikumalt **kasutusele võtta laiem TA- ja innovatsioonipoliitika sekkumismudel**, mis lisaks koostöö, võrgustumise ja teadmussiirde toetamisele (ennekõike süsteemitõrgete taseme sekkumised) paneb selgema rõhuasetuse nii biomajanduse valdkondade **TA baasvõimekuste arendamisele** nii ettevõtluses kui ka ülikoolides (turutõrgete põhised sekkumised) kui ka majanduse **struktuurseid muutusi soosivatele ja kiirendavatele sekkumistele** (transformatsioonitõrgete põhised sekkumised).
2. Biomajanduse mitmed **kõrge potentsiaaliga arengusuunad** – nt bioringmajanduse põhimõtetele üleminek, biomassi keemiline väärimdamine, tööstuslik biotehnoloogia – vajavad uusi ja **uuel tasemel TA- ja innovatsiooni võimekusi**. Biomajanduse valdkonna senine areng on aga näidanud, et üksikud Eesti ettevõtted (võttes arvesse nende suurust), aga ka ülikoolid (täna vahendite pealt) ei ole suutelised kestlikult vastavaid võimekusi ehitama ja hoidma. Seetõttu oleks vajalik soodustada biomajanduse valdkondade **koostööpõhist ja interdistsiplinaarset teadus- ja arendustegevust ja rakendusuuringuid ülikoolides** (nt ülikoolidevaheline alus- ja rakendusuuringuid kattev biomajanduse tippkeskus) ning **konsortsiumipõhiseid rakendusuuringuid ja arendustööd ka ettevõtluses** (ELi partnerluste ning

konsortsiumipõhise TA- ja innovatsiooni projektide näitel või Eesti tehnoloogiaarenduskeskuste näitel).

3. Biomajandusele ülemineku kiirendamiseks tuleks kaaluda **lisaks erinevate tehnoloogiate piloteerimisele ja demonstreerimisele** (maaeluministeeriumi planeeritud meetmed 2021+ perioodil), mis eeldavad tugevamaid TA- ja innovatsioonivõimekusi (vt eelmine punkt), ka **süsteemsemate valdkonnaülest ja sihistatud arenguplaanide/-kavade kokkuleppimist**, nt EL missioonipõhise lähenemise eeskujul, kus lepatakse **ministeeriumite tegevusvaldkondade üleselt kokku (ring-)biomajandusele ülemineku jaoks vajalikud muutused ühiskonnas või majanduses viisil, mis toetab (läbi stabiilse nõudluse tekitamise) ka ettevõtluse ärimudelite üleminekut (ring-)biomajanduse põhimõtetele.**²⁰
4. Eelnevate soovitude realiseerimine eeldab, et Eesti 2021+ strateegilise planeerimise perioodil **korraldatakse ümber biomajanduse innovatsioonipoliitikaga seotud tegevuste koordineerimine ja juhtimine**. Kuna üleminek (ring-)biomajandusele on oluline osa Euroopa Liidu roheleppes ja kliimaneutraalsusega seotud poliitikaeesmärkide saavutamisest, on **biomajandus piisavalt oluline ja valdkondadeülene teema, et seda siduda Eesti 2035 strateegilise planeerimise korraldusega ning vajalikke TA ja innovatsioonitegevusi (ja võimalikke fookusvaldkondi, missioone) koordineerida Vabariigi Valitsuse Teadus- ja Arendusnõukogu (TAN) tasemel**. Seejuures tuleb tagada riiklike TA ja innovatsioonivahendite (sh riigihangete ja muude investeeringute), nutika spetsialiseerumise raames koordineeritud struktuurivahendite ning valdkondlike ministeeriumite vahendite (nt ELi Ühise põllumajandus- ja kalanduspoliitika vahendite) koordineeritud ja koosmõjus kasutamine.

²⁰ Üheks näiteks võib siin tuua näiteks Rootsi VINNOVA arendatava missiooni „Tagada, et iga õpilane Rootsis sööb tervislikku, kestlikku ja maitstvat toitu“, mis hõlmab endas TA ja innovatsioonitegevusi nii toidu tootmisel ja pakkumisel, transpordis (sh kestlik transport teenuse osana) kui ka haridus- ja sotsiaalvaldkonnas ning jäätmekäitluses. Vt rohkem: <https://www.vinnova.se/en/m/missions/blog-missions/missions-blog-posts/this-is-how-vinnova-transforms-the-food-system/>.

3. Eesti biomajanduse arengustsenaariumid

Käesoleva peatükk annab ülevaate uuringu teises tööpaketis tehtud analüüsides. Tööpaketi raames koostati Eesti biomajanduse pikaajaline bioressursi prognoos (TP2.1), biomajanduse arenguid mõjutavad tehnoloogia teekaardid (TP2.2²¹), mis olid koos TP1 tulemustega sisendiks Eesti biomajanduse alternatiivsete stsenaariumite koostamisele (TP2.3) ja nende analüüsile (TP2.4).

3.1 Biomajanduse baasprognoos 2030–2050

Uuringu raames koostati bioressursi baasprognoos peamiste toodangu liikide lõikes. Baasprognoos oli aluseks biomajanduse stsenaariumite koostamisele. Baasprognoos annab ülevaate suundumustest, mis eeldatavasti avalduvad ilma täiendava sekkumiseta biomajanduse arengusse. Baasprognoosi eesmärk oli välja tuua hinnangud (kvantitatiivsed hinnangud ja ekspertide prognoosid) Eesti bioressursi potentsiaalile kahe peamise perioodi kohta – aastani 2030 ja aastani 2050. Seega otsiti teadaolevatele trendidele tuginedes konsensuslikku kõige tõenäolisemat bioressursside mahu hinnangut. Kuna baasprognoos on koostatud toodetava bioloogilise ressursi kohta, ei hõlma see biojäätmekui võimalikku sekundaarset tooret. Bioloogilise ressursi tootmisel eristatakse kõrvalsaaduseid, mistõttu üksnes kõrvalsaadused on lisatud prognoosi. Biojäätmekogust, võimalikku muutust ja kasutusotsarvet hinnatakse biomajanduse stsenaariumite koostamise käigus.

Pikaajalise bioressursi potentsiaali prognoosi koostamisel võeti arvesse järgmised tegurid:

- **looduslikud ja kliimaatilised muutused** kui ressursipotentsiaali baas, sh kliimamuutuste mõju ressurssidele ja nende kättesaadavusele (nt ligipääs puidule);
- **regulatiivsete/institutsionaalsete piirangute mõju ja võimalikud stsenaariumid** ressursipotentsiaali ja selle töötlemise edendamiseks: mida ja kuidas on erinevate õigusaktide ja kokkulepete kontekstis võimalik kasutada.
- **majanduslik kontekst:** „looduslik“ pakkumine vs „majanduse“ nõudlus (kapitali, teadmiste, spetsialiseerumise tingimustes); konkurents ressursside pärast (ringmajandus ja jääkide kasutamine), kaskaadkasutuse ja erinevate eesmärkide kontekstis (taastuvenergia ja energiakindlus, lisandväärtus ja ekspordipotentsiaal biomajanduses jne).

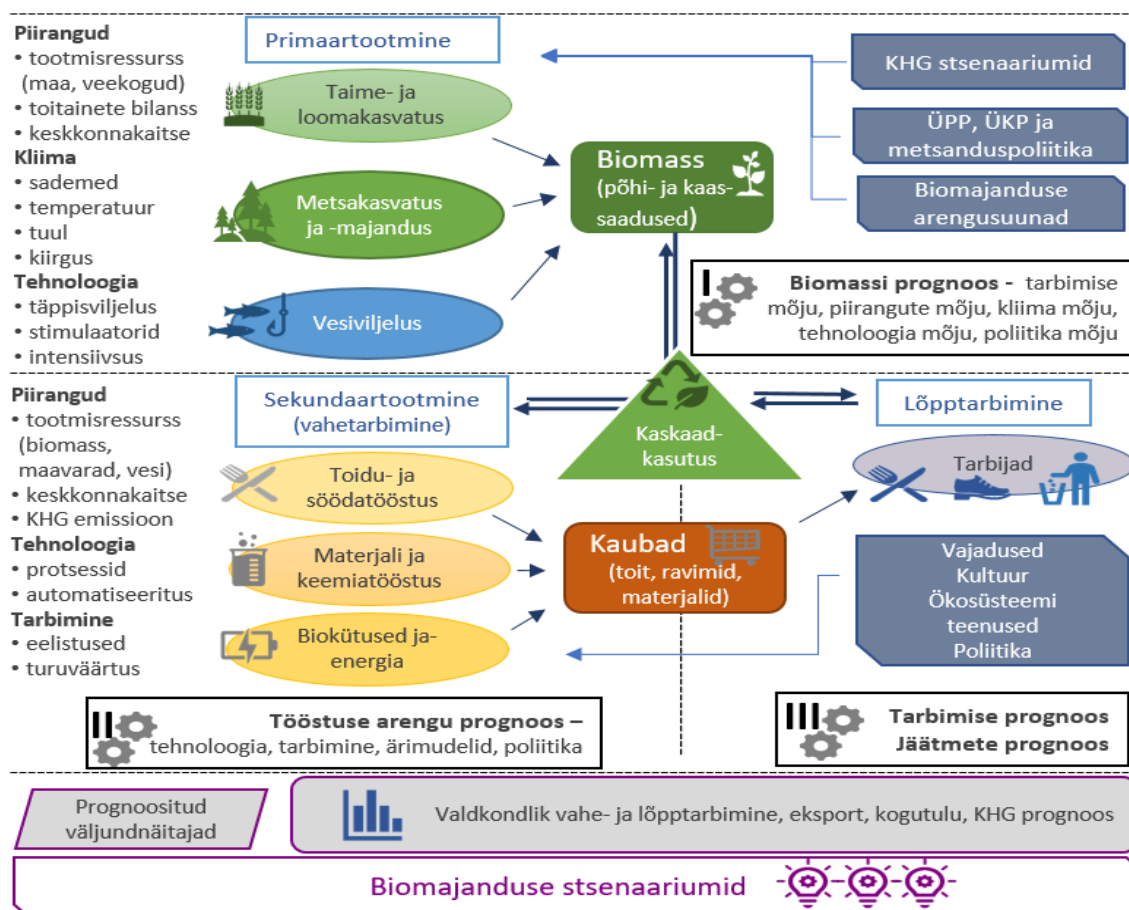
Bioressursi potentsiaali prognoosimiseks kasutatakse mitmetasandilist statistilist modelleerimist. Mudeli kontseptuaalne skeem on esitatud joonisel 9. Meetodi valik tuleneb

²¹ Tegemist on mahuka eraldiseisva sisendmaterjaliga stsenaariumide ja ärimudelite koostamise protsessidesse, mida siin kokkuvõttes detailselt ei käsitleta. Vt täpsemalt: Karo, E. *et al.* (2021). Biomajanduse tehnoloogiate trendid ja teekaardid. ADDVAL-BIOEC“ projekti tööpaketi 2.2 vaheanalüüs, Tallinn & Tartu.

vajadusest arvesse võtta looduslikke arenguid (sademed, temperatuur ja maakasutuse võimalused), aga ka regulatiivseid mõjusid ja majanduslikku arengut, sh tarbimise muutust.

Baasprognosis tugineb olemasolevale olukorrale ja võimalikult objektiivsetele muutustele, kusjuures võetakse arvesse kehtestatud arengustrateegiates ja -kavades planeeritud meetmeid. Seega loodi toodetava bioressursi baasprognosis (ingl *Baseline Scenario With Existing Measures*, edaspidi BS-WEM). Toodetava bioressursi baasprognosis ei hõlma biojäätmekasutust, kuna need sõltuvad majandusharude arengust, tarbija käitumisest ja ressursi kasutamise säästlikkusest. Biomajanduses on biojäätmekasutus oluline sekundaarne ressurss, mille võimalikku kogust, muutust ja kasutusotstarvet käsitletakse selle uuringu stsenaariumite osas. Bioloogilise ressursi tootmisel eristatakse kõrvalsaaduseid, mistõttu üksnes kõrvalsaadused on lisatud prognoosi.

BS-WEM koostati eraldiseisvalt nii taime- ja loomakasvatusele kui ka metsakasvatuse ja puiduressursi tootmisele, Läänemere ressursi kasutamisele ning sealsele vesiviljelusele. Joonise 10 kohaselt on toodangu prognoosimisel olulisel kohal mitmed erinevad indikaatorid, mis selgitatakse välja varem koostatud arengukavade ja läbi viidud uuringute põhjal.



Joonis 10. Kolmetasandilise statistilise prognoosi üldskeem (allikas: autorite koostatud).

Näiteks jälgiti uuringu „BioClim – Kliimamuutuste mõjuanalüüs, kohanemisstrateegia ja -rakenduskava looduskeskkonna ja biomajanduse teemavaldkondades“ tulemusi ja valdkondlikuid ülevaateid²². Olulise tähtsusega oli ka Keskkonnaagentuuri aruanne „Eesti tuleviku kliimastsenaariumid aastani 2100“²³, Keskkonnaministeeriumi ja Eesti Keskkonnauuringute Keskuse koostatud „Kliimamuutustega kohanemise arengukava aastani 2030“²⁴, aga samuti Eesti riiklik energia- ja kliimakava aastani 2030²⁵ ning põllumajanduse, metsamajanduse ja kalanduse valdkonna arengukavad.

Ressursside tootmise prognoosimisel arvestati riiklikes arengukavades määratud arenguid ja eesmärgid. Prognooside koostamisel võeti baastasemeks aastatel 2010–2018 kehtinud olukord (kirjeldatud tööpaketis TP1.1), kuid saagikuse/tootlikkuse/tootmismahu vaates lähtuti ka kolme viimase aasta (2017–2019) keskmisest näitajast. Ühtlasi võeti arvesse käesolevas projektis läbi viidud SWOT/TNVO-analüüsi tulemusi.

Prognoosi koostamisel oli oluline, et saagikuse/toodangu/tootmismahu prognoosimiseks kasutataks nii kliimamuutusega seotud näitajaid kui ka varasemat riiklikku statistikat ja katseandmeid.

Põllumajanduses prognoositud saak/toodang prognoositu Statistikaameti kogutud aegrea alusandmetel. Metsamajandamise prognoos põhines metsaregistri ja statistilise metsainventeerimise (SMI) andmetel ning käesoleva projekti tööpaketis 1 koostatud Eesti metsade takseerandmete mudelil. Mereressursi prognoos tugines Veterinaar- ja Toiduameti ning Statistikaameti aegridadele ning käesoleva projekti tööpaketis 1 analüüsitud andmetele (sh koostatud analüüsile „Potentsiaalsete merevetika- ja karbiressursside biomassi mudelid“).

Kliimaprognoosidest kasutati KHG stsenaariumitel põhinevaid muutuseid, kus stsenaariumiteks on RCP4.5 soovitatav põhistsenaarium (möödukas KHG piiramine ja vastavad tegevused) ja RCP8.5 soovitatav lisastsenaarium (pessimistlik, KHG-d ei piirata olulisel määral; allikas: Eesti tuleviku kliimastsenaariumid aastani 2100).

Bioressursi baasprognoosi koondtulemused on esitatud alljärgneval skeemil joonisel 11.²⁶ Baasprognoos näitab, et lähikümnenditel on oodata nii taimse biomassi, piima- ja lihatoodangu ning kala-, vetika- ja karbiressursi mõningast kasvu, kuid kasutatava puiduressursi mahud langevad tulenevalt metsade vanuselisest struktuurist ja raieringi dünaamikatest. See tähendab, et lähikümnenditel võib Eesti biomajanduse struktuuris näha olulisi muutusi ja arenguid, mida projekti raames mõtestati stsenaariumianalüüsi toel.

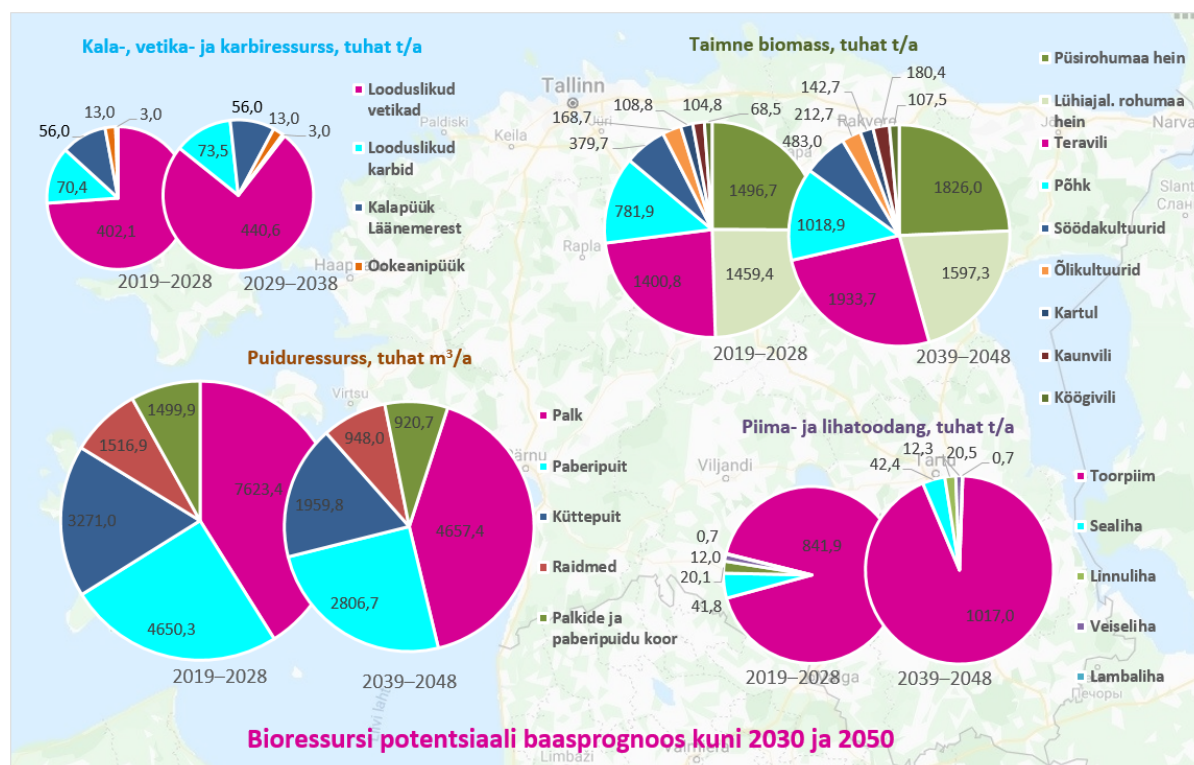
²² <http://pk.emu.ee/struktuur/maastikukorralduse-ja-loodushoiu-osakond/projektid/bioclim/tulemused-ja-materjalid/>

²³ https://www.envir.ee/sites/default/files/kliimastsenaariumid_kaur_aruanne_ver190815.pdf

²⁴ <https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/kliima/eesti-tegevused/kliimamuutustega-kohanemise-arengukava>

²⁵ <https://www.mkm.ee/et/eesmargid-tegevused/energeetika/eesti-riiklik-energia-ja-kliimakava-aastani-2030>

²⁶ Detailsem prognoos (sh eeldused ja arvutuskäigud) on leitav uuring vaheraportist: Mötte, M. *et al.* (2020). Eesti biomajanduse pikaajalised bioressursi potentsiaali prognoosid: 2030 ja 2050, ADDVAL-BIOEC projekti tööpaketi 2.1 vaheraport.



Joonis 11. Bioressursi potentsiaali baasproгноos 2030 ja 2050 (allikas: autorid).

3.2 Eesti biomajanduse arengustsenaariumid aastani 2050

Töopakettide 2.3 ja 2.4 raames koostati pikaajalised Eesti biomajanduse arengustsenaariumid (2050 ajahorisondil) ning koostati nende analüüs sotsiaal-majanduslikust, maakasutuse, kliimamõjude ning ökosüsteemide vaatest.

Stsenaariumianalüüs lähtus tähelepanekust, et strateegilist planeerimist ja avaliku poliitika kujundamist kirjeldavad praegusaja maailmas kaks vastandlikku suundumust. Ühelt poolt on **äristrateegiate ja avaliku poliitika kujundamine muutunud viimastel kümnenditel järjest teadmispõhisemaks**, kasvanud on uute andmeallikate tähtsus jne. Teiselt poolt on maailm kogenud **viimastel aastatel erakordseid sündmusi**. Ajaliselt kokku langenud majandusliku lõpp ja COVID-19 pandeemiaga kaasnev üleilmne rahvatervisekriis, millele on lisandunud varasemast suurem poliitiline määramatus, on muutnud tulevikusuundade ettenägemise erakordselt keerukaks.

Deutsche Bank on kirjeldanud tänapäeva maailma kui **segaduse ajastut**, mida iseloomustavad terav vastandumine ning paljude varem laialdaselt aktsepteeritud arusaamade ja kokkulepete küsimärgi alla seadmine. Sellises maailmas võib seniste arengutrendide automaatne pikendamine järgmistele aastakümnetele osutuda suureks veaks.²⁷ Ka Ameerika Ühendriikide

²⁷ Jim Reid, Nick Burns, Luke Templeman, Henry Allen & Karthik Nagalingham, *The Age of Disorder – Long-Term Asset Return Study*, Deutsche Bank, September 2020.

Riiklik Julgeolekunõukogu on oma analüüsidest²⁸ rõhutanud, et maailma iseloomustab kasvavalt nn **progressiparadoks**. See tähendab, et arengusuunad, mis on olnud meie edu alus, on nüüd muutunud tuleviku säilenõtkuse vaatepunktist arengu võimalikeks takistusteks, ehk praegusaja maailmas ei tasu mitte midagi pidada iseenesest mõistetavaks. Sarnase arusaamani on jõutud inimkonna kestlikule arengule pühendunud teadusuuringute valdkonnas.²⁹

Tulevikku vaadates suudame prognoosida, et aastaks 2050 kasvab maailma rahvastik ligikaudu 10 miljardi inimeseni ja näiteks Euroopas on ees rahvastiku vananemine. Siiski ei tea me lõpuni, kuidas mõjutab rahvaarvu kasv koosmõjus tehnoloogilise arenguga, muutuvate elustiilide ja eelistustega näiteks nõudlust erinevat tüüpi toidu (liha vs. taimne toit, mullapõhine vs. mullavaba toit) ning toodete (rõivastest ravimite ja eluasemeni) järele. Samuti ei ole ennustatav, milliseks kujunevad rahvusvahelised rände- ja kaubavood. Me küll näeme, et lääne poliitiline eliit püüab hoida üleval kõrgelennulisi Pariisi kliimaeesmärke, aga me ei tea lõpuni, kui hästi suudetakse neid rahvusvahelisi kokkuleppeid Aasia (ennekõike Hiina ja India) mõjuvõimu kasvades koos hoida ning riikide poliitikas ellu viia.

Suure määramatuse ajajärkudel, mil paljud olulised tegurid on kiires muutumises, osutuvad pikemaajalised üksikasjalikud prognoosid üldjuhul väga ebatäpseks. Nüüdisaegsed arenguseire (inglise *foresight*) meetodid ei püüa seetõttu järgnevate aastakümnete arengut võimalikult täpselt ennustada. Sellest tähtsamaks peetakse erinevate tulevikustsenaariumite kvalitatiivset analüüsi, sest see aitab poliitikakujundajatel, ettevõtjatel jt mõelda võimalikke tulevikusündmusi aegsasti läbi ning selle alusel kaaluda ka oma pikemaajalisi strateegilisi eesmärke ja tegevusplaane³⁰.

Eesti biomajanduse pikaajaliste arenguvõimaluste stsenaariumianalüüsis vaadeldi maailma biomajanduse nelja arengusuunda. Neil on väga erinev dünaamika, ent nad kõik on – olenevalt ühiskonna, keskkonna- ja kliima-, majandus- ja energeetika- ning poliitilisest arengust maailmas – ühtviisi võimalikud.

Lähtuti arusaamast, et pikemaajalist arengut mõjutavad peamised teadus- ja tehnoloogia-trendid sünnivad pigem tehnoloogiliselt arenenud suurriikides ning üleilmsetes innovatsioonivõrgustikes³¹. Väikeriigi majanduse väljavaated sõltuvad seejuures ennekõike võimest konkureerida eksporditurgudel ja pidada sammu tehnoloogia eesliinil olevate riikidega.

²⁸ NIC, *Global Trends: Paradox of Progress*, 2017, <https://www.dni.gov/index.php/global-trends-home>.

²⁹ William Clark & Alicia Harley, *Sustainability Science: Towards a Synthesis, Annual Review of Environment and Resources*, 45, 331–386, 2020, <https://bit.ly/3luJYzg>.

³⁰ Vt Riigikogu Arenguseire Keskuse stsenaariumite loome metoodikat, samuti: Meelis Kitsing, *The Political Economy of Digital Ecosystems: Scenario Planning for Alternative Futures*, Routledge, 2021; Luke Georgiou et al., *The Handbook of Technology Foresight*, Edward Elgar, 2008.

³¹ Christian Binz & Bernhard Truffer, „Global Innovation Systems—A conceptual framework for innovation dynamics in transnational contexts“, *Research Policy*, 46(7), 1284–1298, 2017.

Turunõudluse kujundamisel mängivad omakorda kaalukat rolli laiemad ühiskondlikud, keskkonna- ja kliimaga ning muude aspektidega seotud arengusuunad.

Analüüsi, **milliseid võimalusi pakub Eesti biomajanduse arendamiseks avatum ning milliseid enesekesksem, piirkondlikuks muutunud majanduskeskkond. Lisaks arutleti, kuidas võtta vastu biotehnoloogia revolutsioonilise arenguga³² seotud täiesti uusi tehnoloogilisi ja sotsiaal-majanduslikke võimalusi ning mida teha siis, kui bioteaduste ja -tehnoloogiaga seotud uudsed võimalused ühel või teisel põhjusel ei realiseeru.**

Kõik majandustegevused ei ole lisandväärtuse loomise potentsiaalilt ega keskkonnamõjult kaugeltki ühesugused. Eesti biomajanduse stsenaariumianalüüsi keskne küsimus on seetõttu, **millistele tegevusaladele oleks Eestil otstarbekam spetsialiseeruda selleks, et suurendada 2030.–2050. aastaks biomajanduse lisandväärtust.** Seda otsekohest majandusarengu strateegia küsimust saadavad aga **loodushoiu- ja tasakaalustatud regionaalarengu laiemad kaalutlused**, mis on Euroopa Liidu roheleppes raames praeguseks põimunud kestliku konkurentsivõime, elurikkuse ning teistes esmapilgul vastandlikke väärtusi kandvates terminites ja prioriteetides.

Stsenaariumianalüüsi raamistik

Nii kliima, keskkonna kui ka majanduse tulevikuväljavaated sõltuvad suurel määral riikide ja ettevõtete rühmade, aga ka põlvkondade omavahelisest koostöövalmidusest ja suutlikkusest kehtestada kõikidele osalistele kasulikke reegleid. Siinse stsenaariumianalüüsi üheks põhiteljeks on seetõttu valitud **biomajanduse üleilmse avatuse – piirkondliku kogukonnasutumise mõõde.** Sellel teljel on üleilmse avatud koostöö alternatiiviks maailmajagudevaheline ja -sisene kasvav rivaliteet, mis toob kaasa kogukondlike vajaduste esiplaanile seadmise nii maailmajagude, Euroopa siseturu kui ka riikide tasemel.

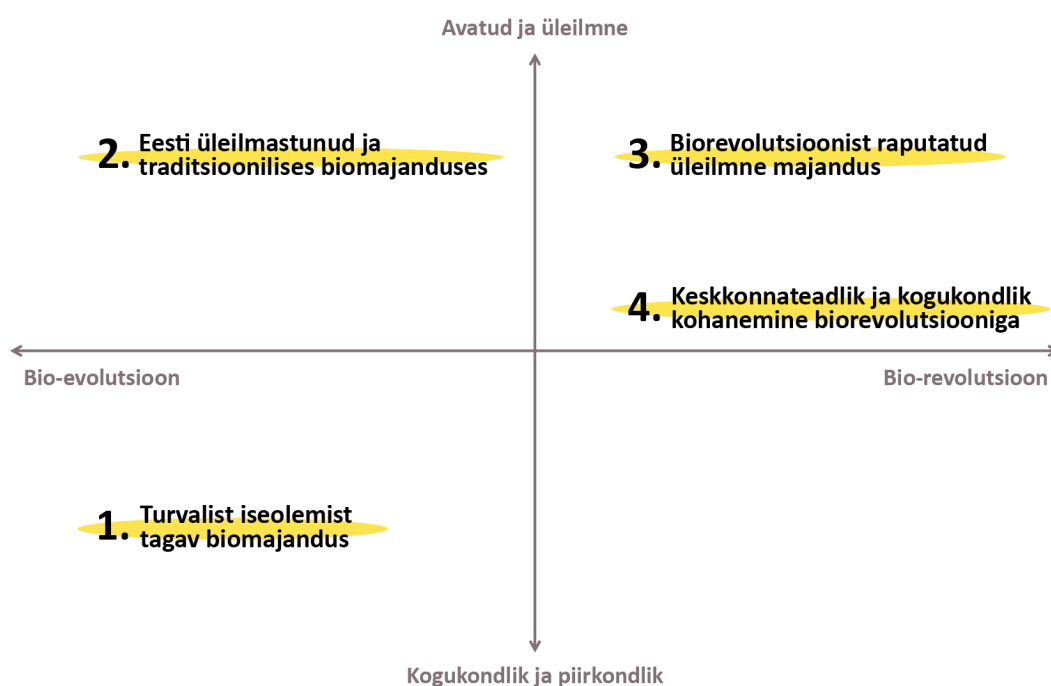
Maailmamajanduse arengut on alates 18. sajandi lõpus alguse saanud tööstusrevolutsioonist kandnud viis järjestikust tehnoloogilis-majanduslikku paradigmat. Igaühele neist on pannud aluse revolutsiooniliselt uued tehnoloogiad, sellel põhinev uus taristu, institutsioonid ja elustiilid.

Stsenaariumianalüüsi tehnoloogilise arengu teljel viitab biorevolutsioon arengusuunale, kus radikaalselt uued **biotehnoloogialahendused ja neid toetav taristu saavad järgmise tehnoloogilis-majandusliku paradigma ning sotsio-tehniliste süsteemide (energiasüsteemi, toidusüsteemi jms) muutuste üheks keskseks aluseks.** Biorevolutsioonile vastandub bio-

³² Juba praegu nähtavate biotehnoloogiarakenduste otsene majandusmõju võib McKinsey hinnangul ulatuda lähema 10–20 aasta jooksul 2–4 triljoni euroni aastas (kuni 5% maailma SKP-st). Michael Chui et al., *The Bio Revolution: Innovations transforming economies, societies, and our lives*, McKinsey Global Institute.

tehnoloogia märksa rahulikum evolutsiooniline areng, kus majandus- ja elukeskkonda põhjapanevalt muutvaid biotehnoloogialahendusi tekib vähe või on nende kasutuselevõtt ühiskondlike hoiakute, õigusaktide, kokkulepetega vms tugevalt piiratud.

Neist kahest peamisest teljest moodustub stsenaariumianalüüsi maatriks, millel vaadeldi lähemalt nelja erinevat stsenaariumit (joonis 12).



Joonis 12. Eesti biomajanduse stsenaariumianalüüsi maatriks.

Allikas: autorid.

1. stsenaarium. Turvalist iseolemist tagav biomajandus

Rahvusvaheline ebakindlus on toonud endaga kaasa üleilmastumise pidurdumise, maailma jagunemise piirkondlikeks blokkideks ning nendevahelise kasvava konkurentsi ja vastandumise. Vastastikuse usalduse puudumine pärsib rahvusvahelist poliitilist, kliima- ja majanduskoostööd. Varasemale üleilmastumisajastule omase spetsialiseerumise ning kaupade ja teenuste rahvusvahelise vahetuse asemel on juhtimisotsustes kesksel kohal usaldamatus, ressursikonkurents, iseolemine ning ise hakkama saamine.

Sellises keskkonnas on pidurdunud ka rahvusvahelised investeeringud ning koostöö uute biotehnoloogiate ja biomajandustoodete arengu nimel. Pigem püütakse tulla toime olemasolevate võimekuste peenhäälestamise ja bioressurssi tõhusama kasutamise abil, toetudes ringbiomajanduse põhimõtetele. Eesti biomassil põhinev biomajandus jääb pigem traditsiooniliseks Eesti siseturule või lähipiirkonna turgudele keskendunud tegevusalaks.

Soov tagada isevarustatuse võime sunnib hoidma laia tooteportfelli (sh toiduainete valdkonnas isegi laiendama), samal ajal kui majandustegevuse tõhus korraldus eeldaks spetsialiseerumist ja palju suuremat tootmismahu. See toetab omakorda klassikalise maaelu (metsandus, põllumajandus) mitmekesistumist ning osaajaga töötamise kui elukorralduse kinnistumist. Kapitalimahukamatel aladel (nt puidu keemiline väärimine, piima väärimise uued suunad, (bio)farmaatsiatööstus, fossiilse toorme asendamine keemiatööstuses) tegutsema hakkamiseks napib nii kohalikku kui ka rahvusvahelist investeerimiskapitali.

Eesti biomajanduse keskne arengusuund on kohaliku bioressursi kasutuse peenhäälestamine. Eesti jätkab biomassi peamiselt loomse (toit ja sööt), mehhaanilise (puit) ja energeetilise (jäätmepuit, puit) väärimise teed. Sel alal aitavad protsesse tõhusamaks muuta (sh parem planeerimine, ressursside juhtimine) info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) lahendused. Tööstuse ja tarneahelate digitaliseerimine ja imporditavate keskkonnasäästlike tehnoloogiate kasutuselevõtt on tootlikkuse kasvu põhiallikad.

2. stsenaarium. Eesti üleilmastunud ja traditsioonilises biomajanduses

Maailm on küll avatud koostööle ja kaubavahetusele, kuid liigub kliimaeesmärke toetava rohepöörde alal edasi erinevatel kiirustel. Osa riike on tugevas rajasõltuvuses kas fossiilkütuste ekspordist või muust suure keskkonnajalajlaga majandustegevustest ning ei leia sellega seotud probleemidele kiireid lahendusi. Majandus- ja keskkonnanägemuste vahel habrast tasakaalu otsides kaldutakse eelistama majanduskasvu, lootes, et see toob omakorda lahendused keskkonna- ja ühiskondlikele katsumustele.

Euroopa on jõudnud tänu pika aja vältel keskkonna- ja energiatehnoloogiasse tehtud investeeringutele üheks põhiliseks rohepöõret toetavate tehnoloogiate arendajaks Aasia kõrval. 2030. aastaks on ilmne, et rohepöõre, puhas tehnoloogia (ingl *cleantech*) ja IKT-lahendused panevad aluse järgmisele tehnoloogilis-majanduslikule paradigmale.

Eesti biomajanduse keskne arengusuund on spetsialiseerumine suurema keerukuse (suurema lisandväärtusega) toodetele ning digi- ja rohepöördega seotud investeeringute suunamine biomajanduse seniste olulisimate tegevusalade – toiduainete ja jookide ning puittoodete tootmise – konkurentsivõime hoidmise ja suurendamise. Eesti biomajanduse tegevusalade struktuuri ja liikumist suurema lisandväärtusega toodete poole mõjutavad ennekõike rahvusvahelise turunõudluse muutused ning Eesti tööstuse konkurentsivõime eksporditurgudel, sh võime kasvatada tootlikkust laialdaselt teadaolevate maaharimisviiside, bioressursi hankimise ja töötlemise tehnoloogiate raames.

Pikemaajalise strateegia keskne fookus on uute, suurema keerukusega ja kohalikust toormest sõltumatute tegevusalade väljaarendamisel. Eestile pakuvad oma perifeerset logistilist asukohta arvestades erilist huvi biomajanduse sellised tegevusalad, kus on võimalik suhteliselt lihtsasti transportida nii importsisendeid kui eksporttoodangut. See tähendab Taani, Iirimaa ja teiste väikeriikide eeskujul eelkõige teadusmahuka biofarmaatsiatööstuse, suure lisandväärtusega biokeemia jmt arendamist.

Põhjamaade eeskujul pakub Eesti ettevõtjatele huvi ja on maailmas kasvamiseks oluline ka selliste ärimudelite arendamine, kus uue ettevõtmisega (nt puidust tehasemajade tootmine, toidu-biotehnoloogiasektor) seotud pädevus ja ekspordivõimekus töötatakse küll välja kohaliku toorme baasilt Eestis, kuid äritegevuse edasiseks kasvatamiseks paigutatakse tehnoloogiad ja tootmisüksused peamise toorme ja/või põhiliste sihtturgude lähedusse.

3. stsenaarium. Oma koha leidmine biorevolutsioonist raputatud üleilmses majanduses

COVID-19 pandeemia suhtelised kiire ja edukas lahendamine on võimendanud ühiskonnas usku teadusesse ja innovatsiooni ning andnud tõuke suuremahulistele investeeringutele bioteadustesse ja -tehnoloogiasse. Põhjapanevaid läbimurdeid bioteadustes ja -tehnoloogias, mis avardavad inimkonna arusaama bioloogiast ning annavad võimaluse elusorganisme n-ö programmeerida, saab nende võimaliku majandusliku ja ühiskondliku mõju poolest võrrelda 1970. aastatel loodud esimeste Inteli mikroprotsessoritega, mis panid aluse tänapäevasele personaalarvutite ajastule.

Suurriikide kliimapöörde juhtfiguurid ning kliimamuutustega kohanemise riiklikud ja rahvusvahelised visioonid ja kokkulepped panevad suure rõhu tehnoloogiale ja innovatsioonile kui kliimamuutuste pidurdamise peamisele tööriistale. See kinnistab lootuse ja arusaama, et tehnoloogiline progress aitab üksteisest lahutada majanduskasvu ning

kasvuhoonegaaside heidete kasvu ning inimkond suudab asuda otsustavalt rohelise majanduskasvu teele.

Uue tehnoloogiaga seotud uued ja põhiosas reguleerimata turud pakuvad ootamatuid ja vastuolulisi tehnoloogilisi lahendusi ja arenguvõimalusi, muu hulgas fossiilse toorme asendamiseks ja võitluses kliimamuutustega. Ebaühtlane tehnoloogiline ja majandusareng areng tekitab uusi, senisest erinevaid võitjaid ja mahajääjaid.

Eesti biomajanduse keskne arengusuund on uudsete, biorevolutsioonist inspireeritud tehnoloogiliste võimekuste ja toodete arendamine ja võimalikult varajane kasutuselevõtt.

Eesti ei suuda uute baastehnoloogiate arendamises võistelda suurriikidega. Biorevolutsiooni laiapõhjasuse tõttu on tehnoloogiline spetsialiseerumine keeruline. Eesti laiendab investeeringute bioteadustesse tehtavate investeeringute, avatud ja väleda katsetamise abil oma biotehnoloogia alast innovatsioonivõimekust. See loob eeldused uutes, kiiresti kasvavates tehnoloogia- ja majandusharudes tegutsemiseks, nt uudsete biotehnoloogia lahenduste arendamine (nt DNA sünteesimine, rakuvabrikud) või sisenemine uudsetesse biomaterjalide, terviseedendamise ja toidu tootmisega seotud tooterühmadesse.

4. stsenaarium. Keskkonnateadlik ja kogukondlik kohanemine biorevolutsiooniga

Üleilmne biorevolutsioon on toonud kaasa põhjanevaid muutusi ühiskonna senises tehnoloogilises baasis. See võimaldab korraldada ümber sisuliselt kogu majanduse, sealhulgas asendada suurema osa fossiilse toorme kestlikuma biotoormega selleks, et tulla toime kliimamuutustega ning säilitada bioloogiline mitmekesisus, samuti teha võimalikuks personaalse lähenemise toidule ja meditsiinile.

Samal ajal on aga seoses erakordsete loodusnähtuste sagenemisega maailmas ja põlvkondade vahetumisega ennekõike Euroopas ja ka Eestis tõusnud ühiskondlike väärtushinnangute seas avatuse ja üleilmsuse kõrval esile ka kestlikkuse, elurikkuse ja looduse väärtustamine. Selle tulemusena püütakse ohjata ka biorevolutsiooni levikut, hoides looduslikkust hinnas nii toiduainetootmisel kui ka biomassi enda kasvatamisel metsanduses, põllumajanduses ja vesiviljeluses.

Biorevolutsiooniga kaasnevate uute võimaluste kasutuselevõtu kese on eeskätt meditsiini-, materjali- ja energeetikasektoris. Toidusüsteemis ja looduskeskkonnas on ülekaalus kohalikkus, vastutustundlikkus, mahedus ja tervislikkus. Toidusüsteemis on biotehnoloogiliste läbimurrete kasutuselevõtu suhtes valdav pigem ühiskondlik ettevaatlikkus, ent leidub ka nišitooteid (nt laboris kultiveeritud liha, mullavaba vertikaalne põllumajandus linnades jms) ja on olemas nende üleilmne turg, sealhulgas metsanduse ja toidusüsteemi jääkide ja kaassaaduste kasutamine muudes sektorites.

Eesti biomajanduse keskseks arengusuunaks on fookustatud panustamine tehnoloogilisse arengusse nii biotehnoloogias kui ka infotehnoloogias, et kiirendada fossiilse toorme ja materjalide asendamist biopõhiste lahendustega ning tõhustada kohaliku biomassi kestlikku kasutamist, sh ökosüsteemide hoidmist. Infotehnoloogia kompetentside baasil töötatakse välja lahendusi kogukondlike toidu- ja energiasüsteemide tõhususe ja kestlikkuse tagamiseks.

3.3 Eesti strateegilised võimalused erinevates stsenaariumites: stsenaariumitepõhised soovitud

Arengustsenaariumite analüüsis on kirjeldatud nelja arengusuunda, kuhu Eesti biomajandus võib sõltuvalt väliskeskkonna arengust eelolevatel kümnenditel liikuda. Samas ei tea me veel praegu, kui kiireks osutub biotehnoloogia kasutuselevõtt ning milliseks kujunevad eelolevatel kümnenditel maailmas kliimaneutraalsuse, elurikkuse säilitamise ja majanduskokkulepped. Seetõttu poleks õige püüda siinkohal otsustada, millise stsenaariumi teostumist me ennekõike eelistaksime. Stsenaariumite eesmärk on luua strateegilist planeerimist toetav võimalikke üleilmseid arenguid süstematiseeriv raamistik, mis aitab Eesti biomajandusel tulla säilenõtkelt toime väga erinevates maailmades. Selline lähenemine aitab tagada, et lühiperspektiivis maakasutuse, tehnoloogiliste investeeringute, keskkonnaregulatsioonide jms osas tehtavad valikud ei piira võimalikest pikemas vaates avanevatest arenguvõimalustest osasaamist. Biorevolutsiooni realiseerudes võime leida mitmete tänastele parimatele biomassi väärimise tehnoloogiatele ja biomassi kasutamise väärtusahelatele nii keskkonnahoiu kui majandusarengu vaates paremaid alternatiive.

Tabel 1 võtab stsenaariumite alusel kokku Eesti biomajanduse lisandväärtuse suurendamise põhivõimalused. Analüüsides Eesti biomajanduse oodatavat panust sotsiaal-majanduslikku arengusse, lähtume sellest, kui tõenäoline on selles stsenaariumis Eesti tegutsema asumine uutes, suurema keerukusega tooterühmades, sh puidu keemilise töötlemise, biofarmaatsiatoodete ning taimsel toormel põhinevate uute toiduainete ja materjalide, samuti biomajandust toetavate IKT-lahenduste valdkonnas. Peale selle tõstame stsenaariumite alusel esile keskkonna- ja kliimaeesmärkide saavutamise seotud kesksed aspektid.

Tabel 1. Eesti biomajanduse arengustsenaariumid 2030–2050

	1. Turvalist iseolemist tagav biomajandus	2. Eesti üleilmastunud ja traditsioonilises biomajanduses	3. Biorevolutsioonist raputatud üleilmne majandus	4. Keskkonnateadlik ja kogukondlik kohanemine biorevolutsiooniga
Väliskeskkonna peamised mõjutegurid	Üleilmne ebakindlus: vajadus tagada isevarustatus olulisimate toodetega	Avatud kaubavahtus ja kapitali liikumine loovad eeldused otsida üleilmses tööjaotuses paremat kohta	Biotehnoloogia muudab biomassi kasutamise tavadid ja toob kaasa täiesti uued biomajanduse valdkonnad	Euroopa otsib tasakaalu uudse biotehnoloogia rakendamise ning traditsiooniliste öko- ja toidusüsteemide hoidmise vahel
Eesti biomajanduse spetsialiseerumine	Senine spetsialiseerumine jätkub, sh toiduga isevarustatus ning puidu laialdane kasutamine ehituses, aga ka kohaliku juhitava energiaallikana	Eesti eksport liigub toidu ja puidu väärtusahelates edasi keerukamatele toodetele, sh puidu keemilisse töötlemisse. Uue tegevussuuna lisandub (bio)farmaatsiatoodete tootmine	Eesti otsib võimalusi asuda tegutsema üleilmse biorevolutsiooni käigus sündinud uutes, nt biomaterjalide, terviseedendamise ja toidu tootmisega seotud tootmises	Biotehnoloogiliselt loodud uudsete materjalide tootmise kõrval edendatakse traditsioonilist toidutootmist ja kogukondlikke ärimudeleid
Eesti biomajanduse keske arenguloogika lisandväärtuse suurendamiseks	Infotehnoloogia lahendused isevarustatuse suurendamiseks bioressursi kaskaadkasutuse ja ringmajanduse toetamise kaudu	Suuremahulised investeeringud parima võimaliku tehnoloogia soetamise ning väheväärdatud toorme (teravili, piim, puit ja rohumaad) paremasse kasutamisse	Uudsete biotehnoloogialahenduste (nt rakuvabrikud, DNA sünteesimine) laialdane kasutuselevõtt, neil põhinevate uudsete biotoodete loomine ja tootmine	Valikuline jõudmine biorevolutsiooni tegijate hulka (ennekõike materjalide ja energeetika alal). Andmepõhised lahendused traditsioonilise toidutootmise ja kogukondliku elustiili toetuseks
Biomajanduse panus sotsiaalmajanduslikku arengusse	Biomajanduse osakaal ettevõtlussektoris püsib 10% tasemel. Tööjõu tootlikkus on endiselt kaks-kolm korda väiksem Põhjamaade näitajast	Eesti biomajanduse tööjõu tootlikkus jõuab kolme neljandiku tasemele Põhjamaade näitajast. Biomajandus annab kuni 15% ettevõtlussektori lisandväärtusest	Biomajanduse lisandväärtus ulatub uute, biotehnoloogiamahukate majandusharude mõjul 20–25%-ni ettevõtlussektori lisandväärtusest. Eesti tööjõu tootlikkus on Põhjamaadega võrreldaval tasemel	
Biomajanduse ja maakasutuse panus keskkonna- ja kliimaeesmärkide saavutamisse	Metsastamine ja pikaajalise kasutusega puittoodete (sh puittehitiste) tootmise osakaalu kasv toetab CO ₂ sidumist	Rahvusvahelises majanduses keerukamatele toodetele ja tegevusaladele spetsialiseerumine võimaldab vabaneda suure keskkonnajalajäljega tegevustest	Uute toiduainetega kaasnev veisekasvatuse mahu vähenemine kahan-dab kasvuhoonegaaside heiteid ja vabastab rohumaid muuks otstarbeks, sh väärindamiseks või metsastamiseks	Keskkonnateadlik osalemine biorevolutsioonis täidab korraga majandus- ja keskkonnaeesmärke

Allikas: autorid.

Need neli stsenaariumit erinevad üksteisest väga erineva väliskeskkonna poolest, milles Eesti teeb oma biomajanduse arendamise valikuid. Stsenaariumitel on ühtlasi täiesti erinev keskne arenguloogika ning nad toovad kaasa maakasutuse, lisandväärtuse kasvu ja teiste näitajate väga erinevad tulemused.³³

Stsenaariumianalüüsi toetamiseks koostati täiendavad bioressursi prognoosid, mis annab ülevaate võimalikest suundumusest maakasutuses ja biomassi tootmises, kui toidutarve ja võimalikud tarbimiseelisted muutuvad. **Prognoosi eesmärk oli välja tuua kvantitatiivsed hinnangud põllumajanduslikule bioressursile eelpool kirjeldatud stsenaariumite põhjal.**³⁴ Prognooside keskseks muutujaks oli inimeste **kasvav tervise- ja kliimateadlikkus**, mis võib tuua pikas perspektiivis kaasa muutusi inimeste dieetides ning tarbimisharjumustes ning seeläbi omakorda mõjutada põllumajandusliku maakasutuse dünaamikaid Eestis. Selline stsenaariumitest lähtuv teoreetiline prognoosarvutus näitas, et pelgalt siseriikliku tervisliku toitumise tagamiseks piisaks tulevikus erinevate stsenaariumite puhul oluliselt väiksemast põllumajandusmaa pindalast (1. stsenaariumi puhul kõigest 40% tänasest ja 3. stsenaariumi puhul isegi vähem), mis annaks **võimaluse maakasutuse struktuuri ja biomassi väärimdamise oluliseks ümbermõtestamiseks** majandus- ja/või kliimapoliitika huvidest lähtuvalt.³⁵

Ühelt poolt ei oleks **võimalikelt metsastatavatelt aladelt** metsa kasvukiiruse tõttu järgmise 30–40 aasta jooksul võimalik saada arvestatavas koguses biomassi täiendavaks väärimdamiseks ja lisandväärtuse kasvatamiseks, ent metsastamine aitaks kaasa kliima-eesmärkide saavutamisele ja bioloogilise mitmekesisuse säilimisele. Teiselt poolt võib **põllumajandus- ja püsirohumaadele leida ka muid rakendusi**. Esimese stsenaariumi puhul on tõenäolisem, et vähemalt osa maad metsastatakse ja kasutatakse energianõudluse tagamiseks, ning katmiklalade suurem energiavajadus loob võimalused näiteks piirkonnas uuteks **bioringmajanduse ärimudeliteks**. Teise stsenaariumi puhul on tõenäoline vähemalt esialgu ekspordi jätkamine, kuid puidu raiemahu vähenemise ja puidu väärimdamise

³³ Vt detailsemat analüüsi nendes aspektides: Tiits, M. *et al.* (2021) Eesti biomajanduse arengustsenaariumi 2030–2050. ADDVAL-BIOEC projekti töopakettide 2.3 & 2.4 vaheraport, Tallinn & Tartu.

³⁴ Mõtte, M., Karo, E., Tiits, M. (2021). Pikaajalised bioressursi potentsiaali prognoosid: 2030 ja 2050. Uuringu ADDVAL-BIOEC töopakettide 2.3 ja 2.4 vaheraporti lisamaterjal. Stsenaariumitele tuginedes ei koostatud täiendavat prognoosi metsamajandusele, kuna metsamajandusliku biomassi tootmises ei ole ette näha täiendavaid muutuseid, mis erineksid baasprognoosis esitatust. Metsaressursi ja võimalike raiemahtude valikud ei sõltu mitte niivõrd biomajanduse stsenaariumitest, vaid metsade bioloogilistest faktoritest sh metsatüüpide kujunemine, raieküpsuse saavutamine 40–80 aastaga ja kestliku majandamise alustest (püsimetsandus vs lageraiel põhinev metsa uuendamine). Oluline on tähele panna, et metsamaa osatähtsuse võimalikud muutused sõltuvad eelkõige põllumajandusmaa kasutuse muutusest, aga ka maavarade kaevandamisest. Täiendavat prognoosi ei koostatud ka mereressursi kasutamisele, kuna antud valdkonnas puudub lisaks kalandusele olulises mahus toodang ning toorme tootmine sõltub uutest ärimudelitest.

³⁵ Stsenaariume toetav Eesti KHG voogude analüüs ja täiendavad prognoosid näitasid küll, et Eesti võimalused vähendada põllumajanduse ja toiduainetootmisega seotud kasvuhooonegaaside heidet selle praeguse kogumahuga võrreldes on väga piiratud. Vt täpsemalt: Vilu, R. & Gavrilova, O. (2021) Teekond kliimaneutraalse biomajanduseni: täiendavad arvepidamise ja poliitika alused, Uuringu ADDVAL-BIOEC töopakettide 2.3 ja 2.4 vaheraporti lisamaterjal.

võimaluste konkurentsi tingimustes on tõenäoline, et hakatakse arendama ka n-ö **rohelist biorafineerimist** (ingl *green biorefinery*) eesmärgiga kasutada rohumaid väljaspool toidusüsteemi (st biogaas, materjalid, söödaproteiinid). Kolmanda ja vähemal määral ka neljanda stsenaariumi korral võib peatähelepanu alla sattuda teise stsenaariumi loogikaga sarnane **biotehnoloogiline väärindamine**, et asendada vähenevat puiduressurssi.

Me ei tea veel, kui kiireks osutub biotehnoloogia kasutuselevõtt ning milliseks kujunevad eelolevatel kümnenditel maailmas kliimaneeutraalsuse, elurikkuse säilitamise ja majanduskokkulepped. **Seetõttu poleks õige püüda siinkohal otsustada, millise stsenaariumi teostumist me ennekõike eelistaksime. Stsenaariumianalüüsi mõte on suurendada Eesti biomajanduse tulevikukindlust ja valmisolekut erinevateks tulevikeks.** Järgnevalt on toodud välja peamised strateegilised läbilöögisuunad, mis võimaldavad Eesti biomajandusel edukalt areneda mistahes oludes.

1. Spetsialiseerumine keerukamatele majandustegevustele ja sõltuvuse vähendamine kohalikust toormest

- a) Selleks, et Eesti tööjõu tootlikkus ja elatustase läheneksid Põhjamaade või Saksamaa omale, peab tuntavalt kasvama keerukamate toodete osakaal Eesti ekspordis, sh biomajanduse puhul. Eesti biomajanduse kontekstis on selleks eeldatavasti vajalikud miljarditesse eurodesse ulatuvad investeeringud puidu keemilise töötlemise, biofarmaatsiatööstuse, biomajandust toetavate IKT-lahenduste ja masinate arendamisse.

Edukas tegutsema asumine ressursi- ja tööjõumahukatel tegevusaladel, näiteks tekstiili- ja rõivatööstuses, on seevastu Eesti elatustaseme oodatava tõusuga arvestades järjest vähem tõenäoline. Kliiamaeesmärgid ning ressursikonkurents puidu keemilise ja biotehnoloogilise töötlemise alal eeldatavasti kahandavad samuti puidu kasutamist elektri- ja soojusenergia tootmiseks.

Puidu keemilise töötlemise või biofarmaatsiatööstuse arendamine on väga kapitalimahukas: sedalaadi investeeringute maht on suurusjärgus 1 miljard eurot projekti kohta. Soome ja Rootsi näitel ei rahasta ettevõtted selliseid projekte enamasti mitte üksinda oma vabadest vahenditest, vaid kaasavad rahvusvahelisi pankade sündikaate, riiklikke ekspordi krediteerimise fonde jt osalisi.³⁶

Eesti majanduse struktuurimuutuste kiirendamiseks ja uutele turgudele juurdepääsu loomiseks on samamoodi ülitähtsal kohal välismaiste otseinvesteeringute proaktiivne kaasamine nii Lääne-Euroopast, USA-st kui ka kiiresti arenevast Aasiast. Koos

³⁶ Vt nt Metsä Group builds a new bioproduct mill in Kemi, Finland, <https://bit.ly/3oLpz3>.

tootmismahu ja toodete keerukuse suurenemisega peab ühtlasi vähenema sõltuvus kohalikust toormest. See võib olenevalt tegevusalast tähendada nii imporditud toorme ja komponentide osatähtsuse kasvu kui ka tootmise paigutamist Eestist väljapoole, toorme ja/või peamiste sihtturgude lähedusse.

- b) Biomajanduse arengut toetavate spetsialiseeritud tarnijate (sh IKT ja elektroonika, masinad, keemiatooted, biotehnoloogia vahetooted ja tehnoloogiad) arendamine on üleilmastunud majanduses isegi paremate tulevikuväljavaadetega kui biomassi vahetu väärindamine.**

Toiduainetootmine, puidu töötlemine ja muud biomajanduse traditsioonilised valdkonnad ei arenda mitte ise tehnoloogiat, vaid sõltuvad suurel määral spetsialiseeritud tarnijate arendatavast tehnoloogiast ja sisseseadest. Selliste toetavate ettevõtete kohalolek annab toidu- ja puittoodete tootjatele muu hulgas suure konkurentsieelise. Neil tehnoloogiamahukatel tegevusaladel on äritegevus harilikult lihtsamini laiendatav ja suurema tootlikkusega.

Biomajanduse arengu toetamisega seotud tehnoloogilisi konkurentsieeliseid tasub esmajärjekorras otsida kiiresti arenevast pilvarvutuse, masinõppe ja tehisintellekti valdkondadest. Need on madalama sisenemisbarjääri ja suure potentsiaaliga alad, kus on Eesti ettevõtetel võimalik iseseisvalt edu saavutada.

Spetsialiseeritud toiduainetootmise ja puidutöötlemisseadmete tootmist jmt iseloomustavad teisalt järjest aeglasem tehnoloogiline areng ning kasvav mastaabimahukus. Sellistesse väljakujunenud valdkondadesse sisenejatel on kasulik mõelda välisinvesteeringute kaasamisele ning liitumistele ja ülevõtmistele.

2. Biorevolutsioon ja osalemine tärkava uue majanduse eesliinil

- a) Eesti teadus ja kõrgharidus peavad absoluutse miinimumina järgima bioteaduste ja -tehnoloogiate eesliinil toimuvat ning arendama võimekusi, mis lubavad asuda mujal loodud tehnoloogiaid kiirelt kasutusele võtma, testima ja edasi arendama.** Eesti biotehnoloogiasektori võimalikule tööjõuvajadusele hinnangu andmiseks on asjakohane võrdlus praeguse IKT-sektoriga. Seal töötab ligikaudu 30 000 inimest, kelle loova tegevuse tulemusena on sündinud rohkem kui üks miljardi euro suuruse turuväärtusega ettevõtte.

Tärkava uue biotehnoloogiamahuka majanduse ülesehitamiseks on tööjõu pakkumise suurendamise kõrval vaja tagada rakendusuringute rahastamine. Lisaks on tarvilik riskikapitali kättesaadavus end juba tõestavatele kodu- ja välismaistele iduettevõtetele, kes on valmis paigutama arvestatava osa oma tegevusest Eestisse.

Biotehnoloogia teadus- ja kapitalimahukus on aga IKT sektorist märkimisväärselt suurem.

- b) **Mahukamate teadus- ja tehnoloogiainvesteeringute jaoks tuleb Eestil otsida strateegilist partnerlust tehnoloogia eesliinil olevate riikidega.** Piiratud ressursid ei võimalda väikeriikidel konkureerida suurriikidega teadus- ja arendustegevuses, mis on vajalik biorevolutsioonile alust panevate baastehnoloogiate arendamiseks. Kuna varajase faasi investeeringud biorevolutsiooniga seotud uutesse baastehnoloogiatesse on Eesti ja ka Põhjamaade ettevõtete jaoks kaugelt liiga riskantsed, siis on omal kohal riskide jagamine riigiga.

Singapuri biotehnoloogiastrateegia näitel eeldab isegi välisinvesteeringupõhise biotehnoloogiastrateegia kasutamine avaliku ja erasektori üksteist täiendavaid investeeringuid, mille maht ulatub kümmeaasta jooksul miljarditesse eurodesse³⁷.

3. Avatud ja usaldusväärne rahvusvaheline majanduskeskkond

- a) **Eestile on toimiva koostöö hoidmine ja arendamine Põhjamaade ja Saksamaa, Poola ja Baltimaadega nii vastastikuse turgudele juurdepääsu tagamise, (bio)majanduse varustuskindluse kui ka energiaturvalisuse ja investeeringute kaitse vaates hädavajalik.** See tagab Eesti ettevõtetele juurdepääsu arvestatava suurusega turule ning võimaluse importida neid biomajanduse tooteid või tehnoloogiaid, mida pole ise kodumaal toota võimalik või otstarbekas.
- b) **Eestile on äärmiselt tähtis rääkida Euroopa Liidu ja rahvusvaheliste organisatsioonide kaudu aktiivselt kaasa kliimaeesmärke, biotehnoloogiat ja (bio)majandust puudutavate rahvusvaheliste kokkulepete, standardite ja arengusuundade kujundamises.** Euroopa riigid on hoidnud biotehnoloogia kasutuselevõtul seni paljudest suurriikidest märksa konservatiivsemat joont ning Euroopa püüab ka rohepöördega seoses positsioneerida end eestvedaja rolli. Samas kulgeb paljude valdkondade areng Euroopas ja maailmas Eestist sõltumatult. See loob keskkonna, kus Eesti peaks olema valmis võtma täiesti uudsed tehnoloogiad kiiresti kasutusele näiteks tervishoius, toiduaine- ja uudsete biomaterjalide tootmises.

³⁷ Vt nt David Finegold, Poh-Kam Wong & Tsui-Chern Cheah. „Adapting a foreign direct investment strategy to the knowledge economy: the case of Singapore’s emerging biotechnology cluster“, *European Planning Studies*, 12, 7, 2004.

4. Uued suunad Eesti biomajanduse väärtusahelate ärimudelite mitmekesistamiseks ja lisandväärtuse tõstmiseks

Lähteülesandest tulenevalt oli uuringu eesmärgiks valitud biomajanduse alamvaldkondades perspektiivsete väärtusahelapõhiste ärimudelite prototüüpide koostamine. Väärtusahelapõhiste ärimudeli innovatsiooni võimaluste analüüsis vaadati järgnevaid alamvaldkondi:

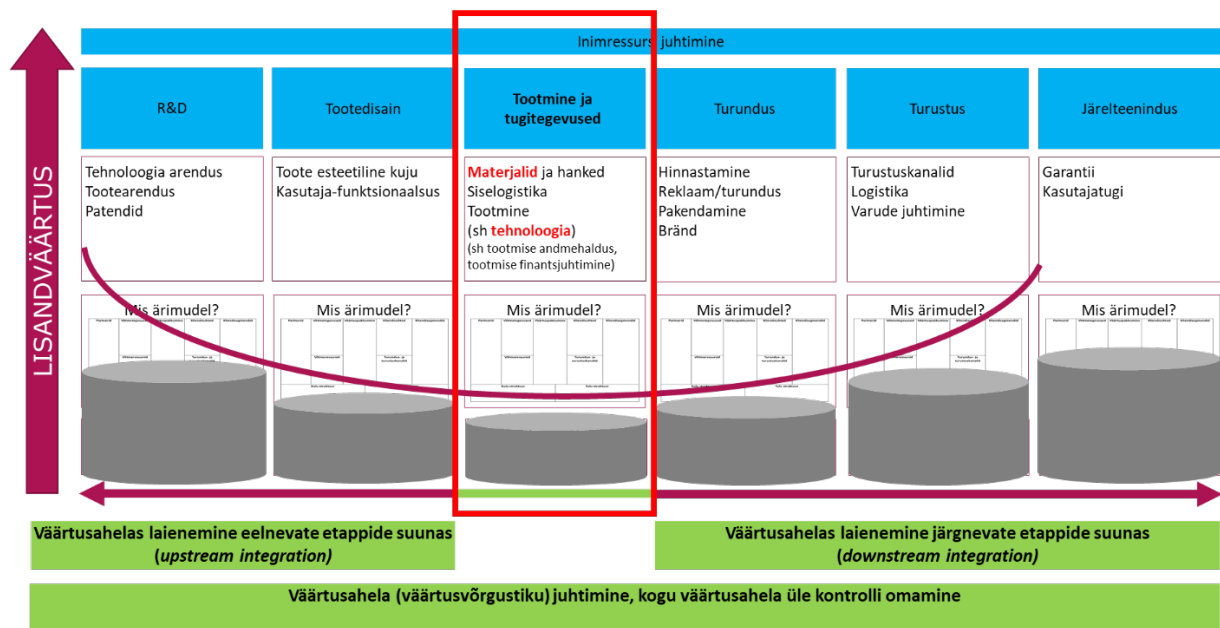
- mere- ja veeressursid;
- biokütused ja bioenergia;
- toit ja sööt;
- biomaterjalid ja -kemikaalid.

4.1 Uute potentsiaalivate väärtusahelate valiku alused

Biomajandus on suure rajasõltuvusega, pikkade traditsioonidega, kõrgete sisenemisbarjääridega, spetsiifilist oskusteavet nõudev ja suure investeeringuvajadusega valdkond. Loodava lisandväärtuse suurendamise võimalusi otsides lähtuti allolevatest projekti käigust koostatud sisenditest:

- Eesti biomajanduse hetkeseis;
- Eestis olemasolevad oskusteave ja toimivad väärtusahelad;
- Eesti sisetarbimine ja väliskaubanduse struktuur;
- Eesti pikaajaline bioressursi potentsiaal;
- tehnoloogia teekaardid ja globaalsed trendid tarbimises.

Kuigi kogu **väärtusahelas loodav lisandväärtus** hõlmab klassikalise majandusteoreetilise käsitluse järgi ka teadus-arendustööd, tootedisaini ning otse lõppkliendile suunatud tegevusi, siis tulenevalt uuringu ülesandepüstitusest oli fookuseks just tootmine ning selle aluseks olevad bioressursid ja tehnoloogia (joonis 13). Tuleb arvestada, et tootmine ise koosneb ka mitmetest etappidest, mis võivad samuti toimuda erinevates ettevõtetes.

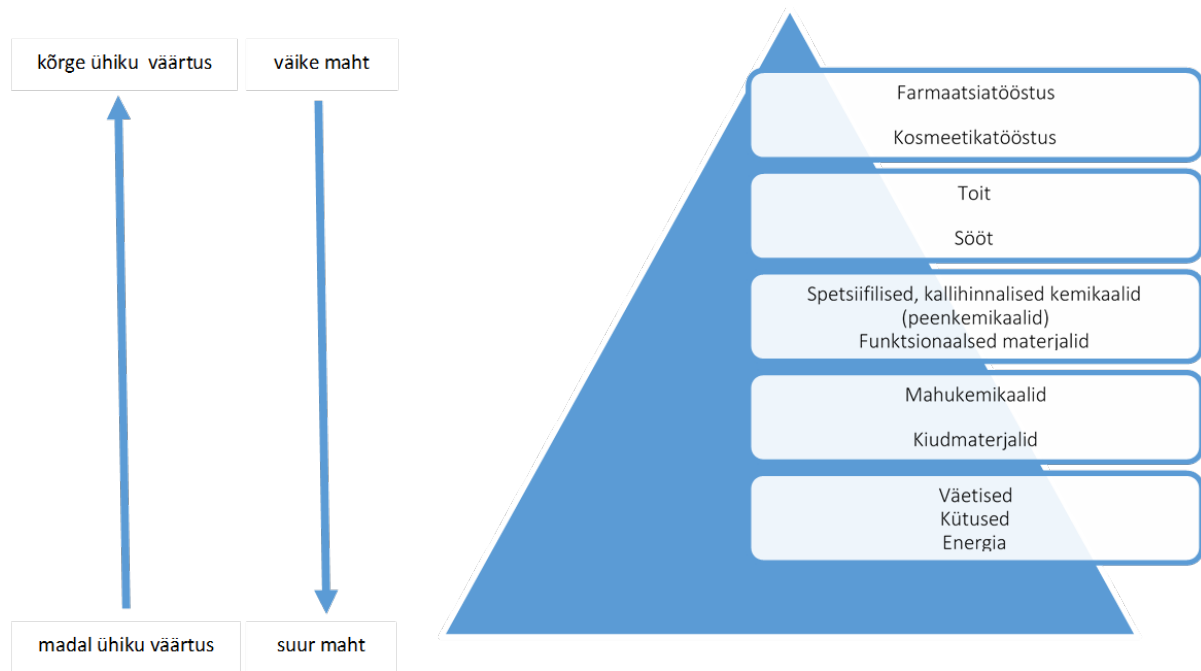


Joonis 13. Väärtusahela klassikaline kontseptsioon (Afuah 2004; Porter 1985) ja väärtusahelas enamasti moodustuv naerukõver (*U-curve, smile curve*) (Mudambi, 2008)³⁸.

Jooniselt nähtub, et kui ettevõtte on juba sobiva tehnoloogia välja arendanud või kasutusõiguse omandanud ja vajamineva bioressursivoo omale taganud, siis tema vaatest oleks kasulik proovida väärtusahelas laieneda kas üles (nt bioressursi tarnija omandades) või allapoole (omandades tuntud kaubamärgi, otsemüügi kanali, vms). Riigi vaates on lisandväärtuse loomine tagatud ka siis, kui väärtusahela osalised on erinevad ettevõtted, kuid rahvusvaheliselt konkurentsivõimelisemad ollakse tõenäoliselt kas vertikaalselt integreerituna või mingis vormis omavahel koostööd tehes.

Mitmetes valdkondades, kuid biomajanduses just eriti teravalt, kerkib ettevõtjal üles **väärtuste ja mahu dilemma**, et kas teha vähem ja kvaliteetsemalt (kallimalt) või rohkem ja odavamalt (joonis 14). Pea kõigis antud uuringu valdkondades jõudsimise olemasolevat tootmis- ja kaubandusstatistikat ning pikaajalisi ressursiprognoose kõrvutades tõdemuseni, et **vaatamata sellele, et mõnede bioressursside puhul tundub meile potentsiaalselt kasutada olev kohalik bioressursi maht suur, siis mujal maailmas juba olemasolevate tehaste mahtudega võrreldes suudaks me varustada kodumaise toormega vaid ühe suurema tootmisüksuse**. Seega ärimudeli prototüüpide valikul tuleb meil Eesti kontekstis potentsiaalikamaks pidada **väiksema mahu ja kõrgema väärtusega tooteid** (kui just mitte strateegiat üles ehitada import-toormele).

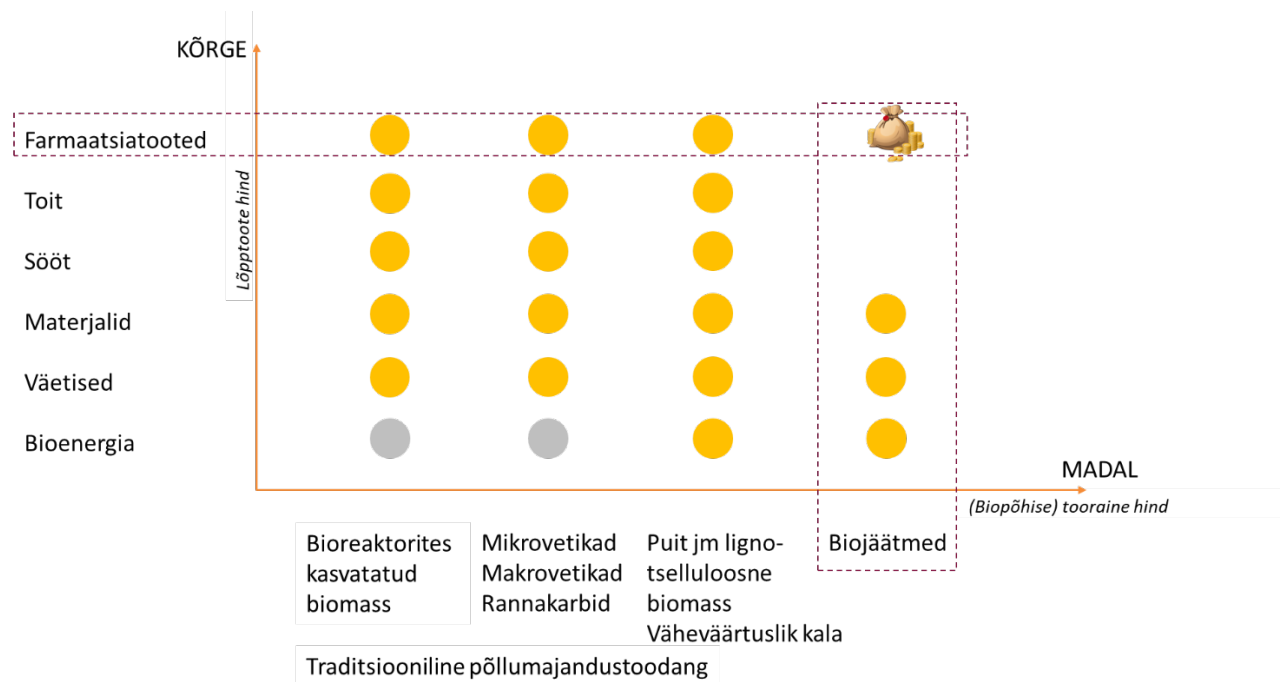
³⁸ Afuah, A. (2004). Does a focal firm's technology entry timing depend on the impact of the technology on co-opetitors?. *Research Policy*, 33(8), 1231–1246.; Porter, M. E. (1985). Technology and competitive advantage. *Journal of business strategy*.; Mudambi, R. (2008). Location, control and innovation in knowledge-intensive industries. *Journal of economic Geography*, 8(5), 699–725.



Joonis 14. Biomajanduse valdkonna toodete väärtuse-mahu püramiid (allikas: autorid).

Sama põhimõtte kehtib ka **kaskaadkasutuse võimaluste otsimise** kohta: kui kõrge väärtusega komponendid on eraldatud, siis saab järelejäänud kõrvalsaadustele otsida kasutusvõimalusi püramiidi järgmistelt astmetelt suunaga allapoole.

Eelolevast lähtuvalt on koostatud ka järgnev joonis (joonis 15), mis seostab omavahel sisendressursi ja väljund-toote hinna/väärtuse. Põhimõtteliselt võib olla isegi võimalik biojäätmest farmaatsiatoodete tootmine, kui biojäätmel on stabiilse kvaliteediga, nt mõne toiduainetööstuse puhul. Joonisel halliga märgitud võimalused ei ole eeldatavasti konkurentsivõimelised toorme suhteliselt kõrge omahinna tõttu. Kõigi ülejäänute ehk kollasega märgitud kombinatsioonide kohta aga leiab uuringu vaheraportist konkreetseid näiteid väärtusahelapõhiste ärimudeli prototüüpide näol.



Joonis 15. Võimalikult odavast toormest tehtavad võimalikult kallid lõpptooted (allikas: autorid).

4.2 Uuringu fookuses olnud väärtusahelapõhised ärimudeli prototüübid

Eelnevate töopakettide tulemuste põhjal valiti konsortsiumisest ekspertide ja uuringu tellijate vaheliste arutelude käigus konkreetsed fookusteemad uute ärimudelite võimaluste tuvastamiseks. Fookusteemade lõikes kujunesid tõenäoliselt suurema potentsiaaliga väärtuspakkumisteks järgnevad arengusuunad:

Mere- ja veeressursid

- **Söödavad rannakarbid** – kasvatamine (sümbioosis sumbakala kasvatusel) koos liigsete toitainete eemaldamisega mereveest, samal ajal karpide biomassi töötlemine toiduks, söödaks või biomaterjalideks.
- **Makrovetikad** – looduslikult meres kasvava või rannaheite korjamine või tehistingimustes kasvatamine ja biomassi töötlemine toiduks, söödaks või biomaterjalideks.
- **Mikrovetikad** – tehistingimustes kasvatamine ja biomassi töötlemine ning kasutamine farmaatsias, toidus, söödas, keemias, materjalides, jäägid energeetikas. Kasvatamisel N, P ja CO₂ sisendina võimalik kasutada teiste tööstusprotsesside jääke.
- **Väheväärtuslik kala ja kalatööstuse jäägid** – töötlemine söödaks.

Biokütused ja bioenergia

- **Biopõhine vesinik** – tehnoloogiliselt tehtav, kuid pikas perspektiivis ilmselt pole konkurentsivõimeline päikese ja tuuleenergia baasil toodetud vesinikuga. Vajalik müügi-infrastruktuur, mida hetkel pole.
- **Biogaas ja biometaan** – Eestis olemas juba mitmeid töötavaid lahendusi, kuid potentsiaali oleks veelgi. Ressurss peaks tulema oma jääkidest või vähemalt lähipiirkonnast. Kasutusvaldkonnaks nt omatarbeks soojusenergia tootmine tööstustel või siis biometaan linnaliinibussidele.
- **Vedelad biopõhised transpordikütused** – relevantne eelkõige lennunduses, mõnda ega ilmselt veel ka laevanduses ja pikamaavedudel, kuid sõiduautode puhul oma tähtsust järk-järgult kaotamas.

Toit ja sööt

- **Piim ja piimatööstuse kõrvalsaadused** – uute töötlemistehnoloogiate rakendamine on oluline, et käia kaasas tarbijate eelistuste muutumisega ning ka selleks, et võimaldada suurema geograafilise raadiusega eksporti.
- **Taimsed liha alternatiivid** – lihaga sarnase toiteväärtuse saavutamine taimsete bioressursside töötlemise teel. Loomakasvatuse vähenemisega väheneb kogu põllumajandussektori keskkonna jalajälj.
- **Teravili** – spetsiifiliste kõrgväärtuslike komponentide ja seedimiseks oluliste kiudainete piisavuse tagamiseks dieedis.

Biomaterjalid ja- kemikaalid³⁹

- **Isosorbiid** – väga mitmete kasutusvõimalustega kemikaal, mida saab toota puiduhakkest (farmaatsia, toit, materjalid, keemia)
- **Polümeriseeritud piimhape (PLA)** – kasutusel nt meditsiinis implantaatide tegemisel; ühekorranõudes, kuna on tööstuslikult komposteeritav, jne. Saab toota puiduhakkest. Ärimudeli vaates on oluline, et PLA graanuli tootja ei ole enamasti ise lõpptoote valmistaja.
- **Polüetüleen-furaandikarboksülaat (PEF)** – potentsiaal asendada hetkel karastusjookide pakendina valdavalt kasutatavat PET-plasti. Saab toota puiduhakkest. Ärimudeli vaates on oluline, et PLA graanuli tootja ei ole enamasti ise lõpptoote valmistaja.

³⁹ Uuringus ei käsitletud materjalide ja kemikaalide lähteainena bioressursse, mis konkureerivad toidu ja sööda väärtusahelaga.

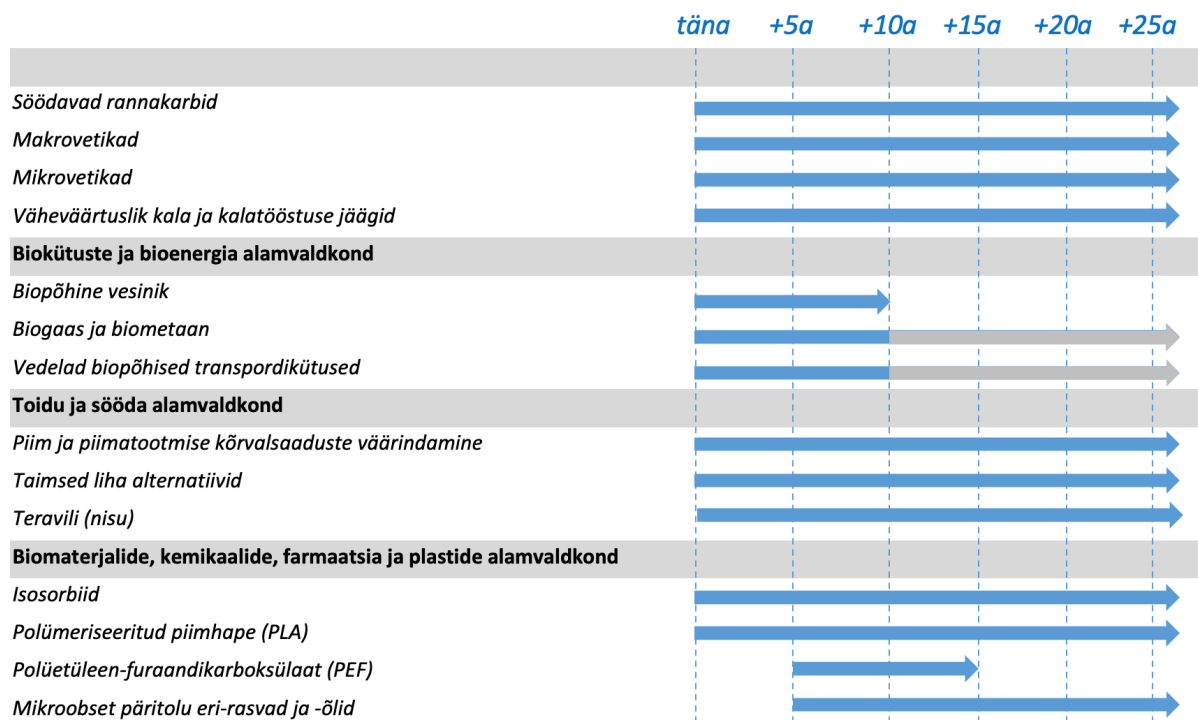
- **Mikroobset päritolu eri-rasvad ja -õlid** – inimese tervisele vajalike rasvhapete (nt O-3, O-9) tootmine „rakuvabrikutes“ puiduhakke baasil (tehnoloogia ei ole hetkel veel turuküps)

Tööpaketi vaheraportis detailsemalt kirjeldatud väärtusahelapõhised ärimudeli prototüübid on üldistused, kasutatud andmed pärinevad nii teaduskirjandusest, ekspertintervjuudest kui ka rahvusvahelistest pilootprojektidest, kes oma tulemusi on olnud valmis avalikustama. Kuna antud uuring lähtus eelkõige juba olemasolevale bioressursile suurema lisandväärtuse andmise võimaluste otsimisest, siis kõigi siintoodud tehnoloogiate ja ärimudelite edukaks rakendamiseks on vaja haarata tehnilis-majanduslikku analüüsi veel mitmeid siin hetkel väljajäänud tegureid (nt kapitali hinda, tööjõu palgataset, riigi maksusüsteemi, energiahindade kõikumist, jne). Seetõttu ei ole need prototüübid üks-ühele üle kantavad ühelegi konkreetsele Eesti ettevõttele. Muuhulgas mõjutavad nende rakendamise majanduslikku otstarbekust ka pidevas muutumises olevad rahvusvahelised ja siseriiklikud regulatsioonid, mis võivad neid nii soosida ja rakendamist kiirendada, kuid samas ka vastupidi.

4.3 Hinnangud ärimudeli prototüüpide rakendamise ja lisandväärtuse kasvatamise potentsiaali osas

Kui bioressursid on meil ajalooliselt olemas ja ettevõtjad loomupoolest pidevalt otsimas suurema lisandväärtuse loomise võimalusi, siis tekib küsimus, et miks siinkirjeldatud võimalusi seni kasutatud ei ole. Osalt, nt biogaasi puhul, tegelikult on, aga väiksemas mahus kui võiks. Enamike fookusteemade puhul aga on tegu uuenduslike tehnoloogiatega, mille osas puuduvad ettevõtjatel piisavad teadmised nii selle rakendamiseks kui ka selleks, et kindlustundega osata majanduslikku potentsiaali ja riske hinnata. Alljärgneval joonisel on konsortsiumi ekspertide hinnangud ligikaudse võimaliku rakendamise aja osas (joonis 16).⁴⁰

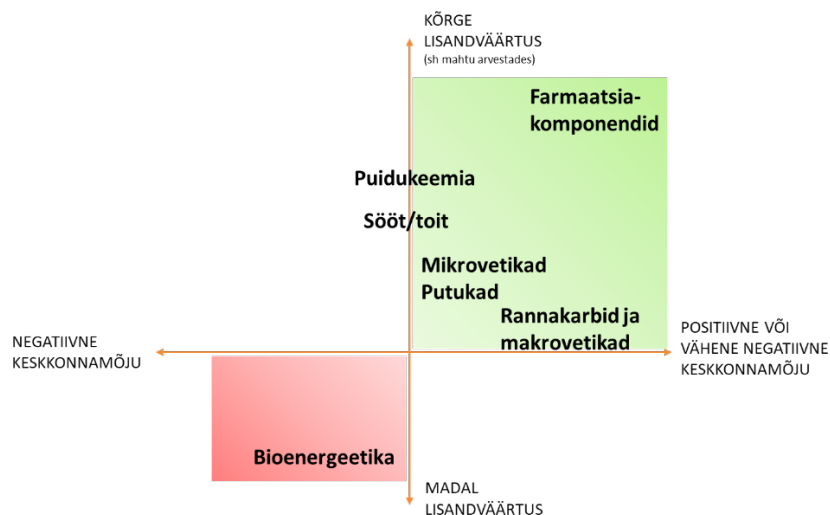
⁴⁰ Hinnangud varaseima rakendamise võimalikkuse kohta ei ole konsensuslikud, kuid konsortsiumis on olnud vähemalt üks ekspert, kelle hinnangul see oleks teostatav vähemalt piloot-lahendusena



Joonis 16. Hinnangud ärimudeli prototüüpide rakendamise võimaliku aja kohta töopakettide lõikes (allikas: autorid).

Fookusteemad, mille rakendamise hinnang algab joonisel tänasega, märgivad neid, mille puhul võiks asuda rajama kas piloot- või tööstuslikku tootmisüksust. Teemad, mida võiks kaaluda viie aasta perspektiivis on hetkel kiirelt arenevad ja vähemalt laboriskaalal on näidanud lootustandvaid tulemusi.

Majandusliku tulude ja keskkonnahoiu vaheliste dilemma üle vaagimine ja otsustamine on käesoleval sajandil ilmselt üks suuremaid väljakutseid nii eraisiku, ettevõtte juhi kui ka riigivalitsemise vaates. Alloleval joonisel (joonis 17) on proovitud need vaatluse all olnud alamvaldkondade lõikes paigutada maatriksisse, võttes arvesse potentsiaalselt loodavat lisandväärtust ja keskkonnamõju.



Joonis 17. Kombineerituna lisandväärtuse tõstmise potentsiaali ja keskkonnamõju vaade (allikas: autorid).

Kõige suurema lisandväärtuse kasvatamise potentsiaaliga on vaadeldud fookusteemadest **biomaterjalide, kemikaalide, farmaatsia ja plastide alamvaldkond**. Samal ajal võivad **mere(vee)ressursside valdkonna** arendused vajada esimeseks käivitamiseks averuse tüüpi koostöömudeleid (nt karpide kasvatamiseks infrastruktuuri loomine meretuuleparkidega) või integratsiooni teiste meremajanduse tegevusalade ärimudelitega (nt karpide kasvatamine koos kalakasvatusega keskkonnamõjude kompenseerimiseks). Siiski, nt mikrovetikad paigutuvad oma potentsiaalilt ja mõjult üldjuhul samasse piirkonda kus muud tehistingimustes, nt bioreaktorites kasvatatavad bioressursid. Tootmise vastavalt optimeerimisel on nende kasvatusprotsessis võimalik kasutada sisendina teiste väärtusahelate jääke või kõrvalsaadusi ning kuna protsess on otsast lõpuni kontrollitud, siis on suhteliselt lihtsam ka saadavast stabiilse kvaliteediga aastaringselt saadaolevast bioressursist toota kõrgelt hinnastatud komponente.

Bioressursside biotehnoloogilisel väärimdamisel mängivad üha suuremat rolli sünteetilise bioloogia abil disainitud mikroobid – **rakuvabrikud**. Euroopa Liidu tänased regulatsioonid piiravad tugevalt ning eranditult kõikide erinevate geneetiliselt modifitseeritud organismide kasutamist looduskeskkonnas. Samas piiravad antud reeglistikud ka näiteks suletud keskkonnas (bioreaktorites) bio-materjalide tootmisel kasutatud, kuid inaktiveeritud biomassi kasutamist näiteks väetistena, võttes võimaluse kõikide tekkinud produktide väärimdamise. Seetõttu saab valdkonna arendamisel oluliseks uuendatud seadusandluse loomine, mis konkreetsest protsessist ning adekvaatselt hinnatud riskianalüüsist lähtuvalt võimaldab või keelustab disainitud organismide kasutamist.

Kõige väiksem lisandväärtuse potentsiaal ja samal ajal suurem keskkonnamõju on biomassi kasutamisel energeetikas. Käesolevas projektis vaatluse all olnud uute **bioenergeetika tehnoloogiate ja väärtusahelapõhiste ärimudelite** kasutuselevõtt võiks võimaldada mõningases mahus loodava lisandväärtuse tõusu, kuid oluliselt vähem võrreldes puidukeemia ja biopõhiste materjalide tehnoloogiate rakendamisega.

Biogaasi ja vedelate biopõhiste transpordikütuste turg küll mingil määral ilmselt jääb eksisteerima, kuid mitte domineerima teiste kütuste hulgas. Uuenduslikumad ja lähiajal kiiresti arenevad valdkonnad on just biopõhise lennukikütuse tootmine, mis võiks sobida olemasolevale lennukipargile ja vesinikutehnoloogia arendused kogu väärtusahela ulatuses (tootmine, salvestamine, transport, jaevõrgu infrastruktuur, jne). Samas on vesiniku tootmisel biomassile eelistatud ja konkurentsivõimelisemad tuule- ja päikeseenergia, seega biomajanduse valdkonnast jääb see välja. Samas on lähivaates bioressursil energeetikas siiski oluline koht riigi poolt võetud taastuvenergia eesmärkide saavutamisel ja jäätmete tekke vähenemisel. Samuti tuleb arvestada asjaoluga, et mitmetes asulates on tehtud investeeringud biomassipõhistesse kaugkütte lahendustesse, mis peaksid teenima oma kasuliku tööea lõpuni. Biogaasi (sh. biometaan) tootmismahutu oleks potentsiaalselt võimalik suurendada, kõige tasuvam ilmselt ettevõtete puhul, kes saaksid seda toota oma biojätmete baasil ja kasutada saadavad energiat sealsamas omatarbeks.

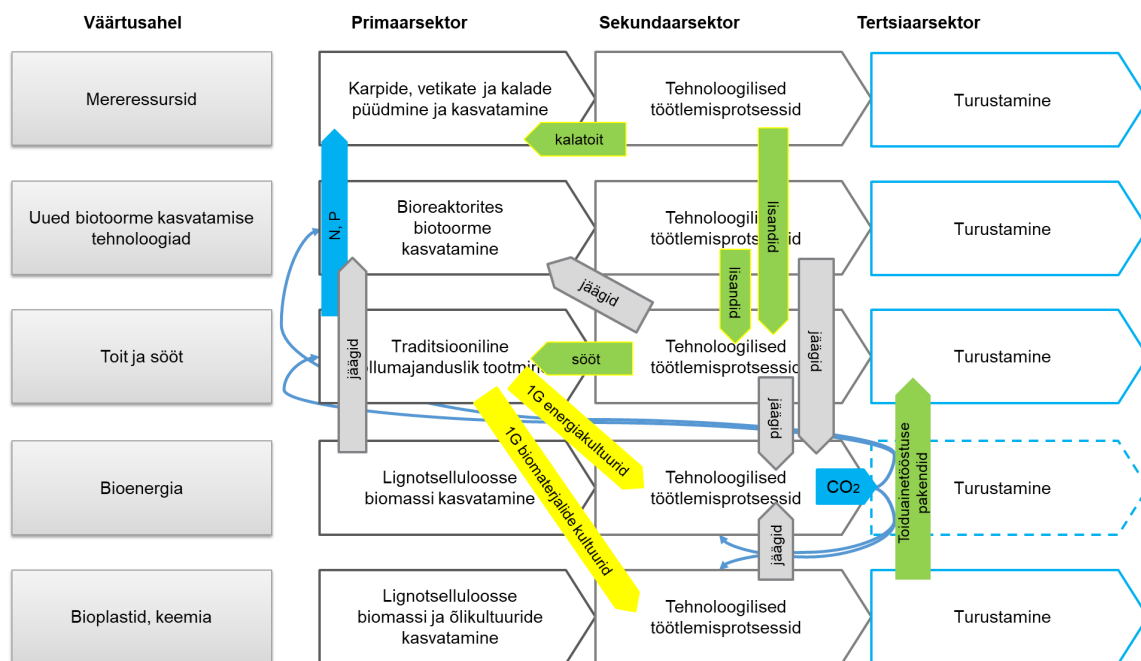
Sarnaselt puiduvaldkonnale, kus hetkel suure osa ekspordist moodustavad madalalt väärimdatud kaubagrupid, on ka **toiduvaldkonnas potentsiaal lisandväärtuse tõstmiseks läbi ressursside parema väärimdamise.** Üksikud toidu- ja söödavaldkonna tooted võivad oma sisendite ja tehnoloogiate paljususes paigutada maatriksis (Joonis 3) tegelikult pea igasse kasti. On teada, et kõik, mis on seotud loomaliha ja piima tootmisega on suure keskkonnamõjuga. Samas, kui see on valdkond, kus Eestis on olemas primaarressursi tootmises oskusteave ja kõrge tootlikkus, siis tuleks seda maksimaalselt ka kohapeal väärimdada. Sama käib ka teravilja kohta, mida hetkel suures mahus väärimdamata kujul eksporditakse. Toidu ja sööda valdkonnas on aga mitmeid uuenduslikke ja potentsiaalselt kõrge lisandväärtusega tootegruppe, millest mõnda sai uuringus ka lähemalt käsitletud, kuid kindlasti mitte kõiki võimalikke. Mitmete puhul ei ole veel ka kindlust, et kui hästi need tarbijate hulgas vastu võetakse.

Söödavaldkonnas on üheks olulisemaks äri võimaluseks sojapõhisele import-söödale omadustelt võrdväärse või parema ja rahaliselt konkurentsivõimelise kodumaise alternatiivi leidmine. Toiduvaldkonna väärtusahelates innovatsiooni suunamisel on lisaks vaja arvestada selle laiemat mõju – isevarustatuse taseme säilitamine on oluline julgeoleku ja kestlikkuse aspektist, lisaks on toiduga seotud traditsioonid meie kultuuri osa, jne. Toidu ja sööda valdkonda eristab teistest käesolevas biomajanduse projektis vaatluse all olevatest teemadest ka see, et kõigis väärtusahela etappides on seal teiste valdkondadega võrreldes **rohkem ettevõtteid ja suurem killustatus.** Suurem killustatus on küll ühelt poolt hea regionaalse tööhõive vaates, kuid see tähendab samas väga suurt varieeruvust

innovatsioonivõimekuse osas, seda nii uute tehnoloogiate kui ärimudelite kasutuselevõtu vaates. Uute tehnoloogiate kõrval aga tuleb mõelda paralleelselt ka sobiva ärimudeli leidmisele. Seejuures tuleb arvestada nii väärtusloome osa, kus sünergia loomiseks saab kasutada **klastreid, ühistuid ja muid koostöövorme**, kui ka ärimudeli väärtuspakkumise osa, kus vahe- või lõpp-kliendist lähtuvalt luua tootele või tooteseeriale atraktiivne bränd, leida sobivad turustuskanalid ja hinnastamismudel. Eraldi väärib väljatoomist **kõrvalsaadustele ja jääkidele kasutusvõimaluste** leidmise vajadus. Võimalusi selleks leiab nii otseselt toidu väärtusahelasse sobivate sisendite, nt vadaku või mahla pressimise näitel, või siis ka võimalusest tagada oma tootmise energiaga varustatus integreeritud biogaasi jaamast. Laiemas vaates konkureerivad olemasoleva biomassi kasutamisele mitmed erinevad väärtusahelad ja nendes loodavad tooted, tihti ka erinevad väga uuenduslikud lahendused samaaegselt. Kuna investeeringud kaasaegsetesse toiduvaldkonna tootmisüksustesse võivad olla väga mahukad, siis on oluline jälgida suuremaid trende tarbijate eelistustes ja regulatiivses keskkonnas. **Muuhulgas on näha näiteks toidu ja biotehnoloogia valdkondadevaheliste piiride hägustumist, lisaks mitmeid uusi seoseid toidu ja tervise valdkonna vahel.**

4.4 Bioressursi riskasutus ja konkurents toormele

Ülaltoodud valdkondades on toodud ka selliseid ärimudeli prototüüpe, millest mõned võivad olla üksteist välistavad kui lähtuda mastaabisäästuks vajaliku mahuga tootmisüksuste loomisest. Lisaks sellele, et uuenduslikud tehnoloogiad ja neil põhinevad ärimudelid konkureerivad omavahel, konkureerivad nad loomulikult ka bioressursi praeguste kasutajatega. Kõige selgemaks näiteks on ilmselt puit kogu tema sortimenti arvestades. Puidust mööbli või moodulmajade tootja peaks olema võimeline oma ärimudelit arvestades sisendressursi eest maksma enam kui puidukeemia ettevõtte, kes omakorda peaks olema võimeline maksma rohkem kui bioenergeetika ettevõtte. Sel juhul turg reguleeriks, et iga puiduressursi kasutaja saaks endale sobiva kuid mitte liiga kvaliteetse toorme (et korralik palk ei läheks katlasse). Tegelikuses on aga olukord loomulikult keerulisem puidu liikide, kvaliteedi, geograafilise paiknevuse ja metsaomandi jaotusest tulenevalt.



Joonis 18. Bioressursi riskasutus ja konkurents toormele (allikas: autorid).

Jooniselt 18 nähtub aga lisaks puidule ka muid riskasutuskohti, teraviljale näiteks konkureerivad nii inimestele toitu tootvad ettevõtted kui ka loomasööda hulgimüüjad. Teraviljast saaks teha nii traditsioonilisi kui ka väga sihitud omadustega toidutooteid kui need komponentideks eraldada ja seejärel soovitud moel uuesti kokku panna. Bioenergias on põhimõtteliselt võimalik ära kasutada kogu bioressurss, mis mujal kasutust ei leia.

On ka ristuvaid huvisid, mis sellele joonisele otseselt ei mahugi. Alustades kasvõi kõige laiemas mõttes maakasutuse proportsioonidest, mis on ajas lühikeses vaates inertsed, kuni näiteks karbi ja makrovetikakasvatusteni, mis võivad konkureerida nii rannakalurite kui ka rannapuhkuse veetjate huvidega. Mitmel juhul võib planeeritava tehase asukoha kogukonnas tunnetada „mitte minu tagaia“ meelsuse ohtu.

Joonisel on toodud ka peamised võimalused liigsete toitainete ja süsinikdioksiidi heitmete biomassi sidumiseks, mis on relevantssed eelkõige looduslikus merekeskkonnas kasva(ta)vate rannakarpide ja makrovetikate puhul ning ka kontrollitud tingimustes bioreaktorites kasvatavate mikrovetikate, bakterite ja seente puhul. Traditsioonilisema põllumajanduse alla kuuluvatest valdkondadest on CO₂-ga õhu rikastamine kasutusel juba varasemast näiteks kasvuhoonetes, kuid lisaks on see saamas oluliseks sisendiks ka muudes keemilistes protsessides ja valdkondades peale biomajanduse.

Oluline on siin aga rõhutada, et tulenevalt biomajanduse valdkonna laiapõhjalisusest ning tulevikuarengute ebakindlusest ei ole väga tõenäoline, et bioressursside kasutamist ja jagunemist erinevate ahelate vahel oleks võimalik majandusarengu vaatest senisest tõhusamalt (st rohkem kui kaskaadkasutuse põhimõtte fookuses hoidmine jms) ülalt-alla poliitiliste ja regulatiivsete sekkumistega korraldada: tulevikumuutustega kohanemisest ja väikeriigina vähemalt mõnest arengusuunast kasusaamiseks on oluline, et jääb

laiapõhjaline võimalus teadlaste ja ettevõtete koostöös toimuvaks ettevõtlikus avastusprotsessiks ning erinevatesse ahelatesse sisenemise ja seal läbilöömise võimaluste proovimiseks.

Tabel 2. Riski liigid ja nende allikad biomajanduse projektides

Riskiliik	Riski allikas	Mõju mehhanism ja/või peamine mõjutatu
1. Tururisk	1.1. Toormaterjali hinna määramatus (ebakindlus, mis tuleneb tooraine hinna muutusest turul)	mõjutab kõiki, kes pole vertikaalselt integreeritud
	1.2. Lõpptoodangu hinna volatiilsus.	mõjutab kõiki, kes ei kontrolli väärtusahelat kuni lõppkliendini
	1.3. Kõrge ensüümide hind ja muutlikkus.	mõjutab nt puiduhaket sisendina kasutatavaid protsesse
	1.4. Konkurents toormaterjalile	mõjutab peaaegu kõiki
2. Tehnoloogiarisk	2.1. Eskaleeritavus	mõjutab kõiki hetkel TVT 7–8 olevaid tehnoloogiasid
	2.2. Üldine tehnoloogiarisk	mõjutab kõiki
	2.3. Geneetiliselt muundatud organismide (GMO) kasutamine, nt fermenteerimiseks (samal on selles ka poliitiline risk)	mõju spetsiifiliselt teemaga seotud valdkondadele
	2.4. Lähteaine-spetsiifilise ensüümide või mikroorganismide tehnoloogia kasutamine	mõju spetsiifiliselt teemaga seotud valdkondadele
	2.5. Lähteainete paindlikkus	mõjutab kõiki
	2.6. Seadme poolt nõutav steriilsustase	mõjutab eelkõige farmaatsia ja toiduainete/sööda valdkonda
	2.7. Madalad või muutuvad reaktsioonitulemused	mõjutab eelkõige puidukeemiat
3. Finantsrisk	3.1. Kõrge kapitalikulu (CAPEX)	mõjutab kõiki
	3.2. Pikk tasuvusaeg	mõjutab kõiki
4. Regulaatoririsk	4.1. Poliitika, subsidiumid	enim mõjutatud energeetika, aga ka traditsiooniline põllumajandus ja metsandus
5. Pakkumisahela risk	5.1. Lähteaine juurdekasv ja varieeruvus	traditsiooniline põllumajandus ja töötlemine
	5.2. Tooraine jaotus	vertikaalselt integreeritud metsandus-puidutöötlemise kontsernid
	5.3. Lõpptoodangu jaotamine.	supermarketid dikteerivad toidutootjatele tingimusi

Allikas: autorid

4.5 Tulupotentsiaal ja riskitase

Nagu kõiki majandusharusid mõjutavad ka biomajanduse ettevõtteid mitmesugused riskid, mõned neist üldisemalt ja mõned spetsiifiliselt mõnda üksikut toodet. Kõiki uusi tehnoloogiaid ohustab tehnoloogiline risk, seetõttu me käesolevas uuringus piirdusime nendega, mis on saavutanud vähemalt TVT 7. Kõrge kapitalikulu on samuti üheks sagedaseks probleemiks uute biomajandustehnoloogiate tootmisüksuste rajamisel – näiteks farmaatsia ja toiduvaldkonnas on väga kõrged steriilsuse nõuded, puidukeemias ja materjalitööstuse on vaja konkurentsivõime tagamiseks kohe alustada suhteliselt suurte mahtudega, jne. Biomajanduse valdkonda üldiselt mõjutavad mitmesugused regulatsioonid – mitte ainult metsa, põllumajanduse, toidu, mere ja muu otseselt biomajandusega seotud õiguslik raamistik, vaid ka nt naftapõhiseid tooteid reguleerivad aktid.

Lisaks eelpooltoodule on väga oluline tururisk. Tarbijate harjumused on muutumas mitme erineva suure trendi koosmõjul, ning nende tasakaalupunktid on alles välja kujunemas. Toorme hinna, kvaliteedi ja saadavusega seotud riskid on samuti biomajanduses olulised, kuid sarnaselt lisandväärtuse suurendamisele võiks toormega seotud riske saada samuti (vähemalt osaliselt) maandada läbi väärtusahelas vertikaalse integratsiooni võimaluste leidmise.

Riskidega ja nende maandamise võimalustega me süvitsi siin uuringus ei tegelenud. Küll aga tasub fookusteemade analüüse lugedes meeles pidada, et vähegi mõistliku riskitaseme juures ilmselt on võimalik igale projektile investor leida, küll aga mõjutab see investori oodatavat tulunormi. Seda peaks siis ärimudeli prototüübi põhjal juba konkreetset äriplaani ette valmistades vastavalt kalkuleerima ning arvestama, et mõningatel juhtudel võib see viia lõppkokkuvõttes projekti kahjumlikuks hindamiseni.

5. Soovitused Eesti biomajanduse valitsemiskorralduse ja poliitika tõhustamiseks

Neljanda töopaketi raames viidi projekti alguses läbi detailne rahvusvaheline võrdlev analüüs biomajanduse valitsemismudelitest ja poliitikakujundamise süsteemidest⁴¹, mis oli projekti kestel sisendiks erinevate töopakettide raames koostatud poliitikasoovituste disainimisele.

5.1 Rahvusvahelise valitsemismudelite kaardistuse põhijäreldused

Mainitud rahvusvahelise kogemuse kaardistus näitas, et ei ole olemas lihtsat ja ühetaolist mudelit biomajanduse strateegiate ja poliitikameetmete väljatöötamiseks. Analüütiliselt võib eristada kolme tüüpi biomajanduse arendamise mudelit (vt tabel 3): kui **turutõrgete** ja **süsteemitõrgete** lähenemised jätkavad pigem seniseid keskkonna-, majandus- ja innovatsioonipoliitilisi lähenemisi, võimendades biomajandust toetavates sektorites seniseid arenguteid, siis **transformatsiooniline või süsteemimuutuste** lähenemine püüab välja töötada pigem konkreetsete **sotsio-tehniliste süsteemide tervikliku muutmise vaadet** (olgu selleks terviklik üleminek bioringmajandusele või muutused nt toidusüsteemis vms), mis võib lühiajaliselt põhineda küll ressursikasutuse efektiivsuse suurendamisel, kuid pikas perspektiivis keskendub ka **nihete saavutamisele ressursside kasutamises ning laiemates sotsiaalsetes ja majanduslikes toimumismudelites**.

Kuigi selline süsteemimuutustele keskenduv lähenemine on täna pigem erand kui reegel, püüavad selle poole liikuda riigid, kus on biomajanduse strateegilise arendamisega tegeletud kõige kauem. Sisuliselt viitab see sellele, et turutõrgete ja süsteemitõrgete põhised lähenemised ei pruugi olla piisavalt ambitsioonikad ja mõjusad biomajanduse suurte eesmärkide saavutamiseks.

Lisaks on üheks oluliseks rahvusvahelise kogemuse õppetunniks see, et biomajanduse valdkonnana on niivõrd laiaulatuslik, et selle riiklik hierarhiline juhtimine ei tööta kõige mõjusamalt. Pigem on biomajanduse arengud olnud kiiremad riikides, kus ka **muud osapooled (tööstused ja erialaliidud, ülikoolid, vabaühendused, kohalikud omavalitsused) on kas aktiivselt kaasatud või on ise aktiivselt suunanud riigi poliitikaprotsesse konkreetses suunas.** Euroopa Liidu rohelepe ja sellega seotud väliskeskkonnast tulevad mõjurid (nt peamiste ekspordi sihtriikide poliitika mõju eksportivate ettevõtete klientide käitumisele sihtriikides) võimendavad selle protsessiloogetika olulisust veelgi.

Poliitikakujundamise puhul on oluline rõhutada, et erinevate uuritud riikide biomajandusega seotud strateegiliste plaanide koostamine on käinud käsikäes poliitikakujundamise

⁴¹ Vt täpsemalt, Kirs, M., Karo, E. & Ukrainski, K. (2018). Poliitikameetmed ja valitsemissüsteemid biomajanduse toetamiseks, ADDVAL-BIOEC projekti töopaketi 4.1 vaheraport.

protsesside kvaliteedi arendamise ja legitiimsuse suurendamisega, seotud osapoolte võimekuste ja valdkondliku (sh poliitilise) pühendumuse tagamisega ning valitsemisekorraldust muutvate/toetavate koordineerimis- ja koostööplatvormide arendamisega. Enam süsteemimuutuste poole püüdlevate riikide puhul on täheldatav biomajanduse arengu toetamiseks vajalik pikaajaline ajaraam (mitmetes riikides jäävad esimesed biomajandusega seonduvad algatused enam kui 10. aasta tagusesse perioodi), mis on võimaldanud biomajandusega seotud arengumudelite kohandamist ja ka nende ümbervaatamist vastavalt nii väliskeskkonnast tulenevatele mõjuritele kui ka kohalikele oludele ja vajadustele. Nii on mitmetes riikides liigutud biomajanduse strateegiate arendamisega juba uuele ringile.

Tabel 3. Biomajandus, innovatsioonipoliitika meetmete ja riigi rollide areng

	Turutõrked Innovatsioonipoliitika 1.0	Süsteemitõrked Innovatsioonipoliitika 2.0	Transformatsioonitõrked Innovatsioonipoliitika 3.0
Poliitika eesmärk	Majanduskasv	Majanduskasv + kodumaiste ettevõtete konkurentsieelised	Majanduskasv + kodumaiste ettevõtete konkurentsieelised + kehtlik, säästlik ja kaasav areng
Fookus	Siseriiklik majandus- ja konkurentsikeskkond	Riiklikud, regionaalsed, tehnoloogilised innovatsioonisüsteemid	Kohalike ja rahvusvaheliste võrgustike kombineerimine süsteemi transformatsiooniks
Peamine strateegia	TA-keskne lineaarne innovatsioonimudel (rohkem avaliku ja erasektori investeeringuid toob majandusarengu)	Spetsialiseerumiste ja konkurentsieeliste arendamine läbi ettevõtete TA ja innovatsiooni imamisvõimekuse (<i>absorptive capacity</i>) ning süsteemis osalejate (ettevõtted, teadlaskond, riik, tarbijad/kodanikud) omavahelise võrgustumise, koostöö ja vastastikuse õppimise	Võimekuste ühtlustamine ja suunamine (teadmiste ja võimekuste loomine õigetes valdkondades), rajasõltuvuse ületamine (nii kognitiivsetes, regulatiivsetes kui käitumuslikes aspektides) ning uute arengutrajektooride juurutamine läbi pilootprojektide ja eksperimenteerimise
Võtmetegijad ja keskne tõrge	Regulaatorid ja TA asutused: peamine turutõrge on baasteadmised ja -võimekused, mida lahendavad regulatiivsed (intellektuaalomand jms) ning fiskaalsed instrumendid (toetused, maksuerisused)	Ettevõtjad ja ettevõtluskeskkond: peamine tõrge on koostöös ja võrgustumises, kuid eeldab ka baasteadmisi ja -võimekusi	Poliitikakujundajad ja erinevad süsteemi sidusrühmad: peamine tõrge on ühise suuna/sihi kokkuleppimises, kuid eeldab ka baasteadmisi ja -võimekusi ning koostööd ja võrgustumist
Sekkumismehhanismid ning nende alused / loogika (millised on peamised tõrked, mida lahendada)	1. Liiga vähe TA investeeringuid (teadmised kui avalik hüve; kuid samuti seonduvalt ebakindluse ja ülemääraste riskide võtmisega TA-tegevuse tulemuslikkuse osas) 2. Formaalsete institutsioonide probleemid (eelkõige üle/alareguleeritus teatud aspektides nagu intellektuaalomand, investeeringud) 3. Negatiivsed välismõjud (millega võitlemiseks rakendatakse nt „keskkonna kasutaja/saastaja maksab“ põhimõtet) 4. Ühiste ressursside ülekasutamine (nt juhul kui kasutus ei ole reguleeritud/piiratud)	1. Infrastruktuuriga seonduvad süsteemsed probleemid (eelkõige kõrged riskid ja pikk tasuvusaeg suuremahuliste investeeringute puhul) 2. Mitteformaalsete institutsioonide probleemid (innovatsiooni toetavate hoiakute puudus, süsteemi osapooli iseloomustav killustatus, vähene usaldus) 3. Koostöö ja võrgustumisega seonduvad probleemid (piiratud teadmiste/tehnoloogia levik; tugevad, kuid piiratud osalejatega koostöövormid, mis ei suuda panustada süsteemi kui terviku arengusse) 4. Tehnoloogiliste ja regionaalsete süsteemide piiridega seonduvad probleemid (ühise ressursi puhul koostöö ja kokkulepete saavutamine ja tegevuste joondamine)	1. Ühiste arengusuundade määramisega seonduvad probleemid (eelkõige suutmatust kollektiivselt luua alternatiivseid valdkonna arenguvõimalusi) 2. Nõudluse suunamise ja soodustamisega seonduvad probleemid (innovaatiliste lahenduste puhul on vaja tegeleda vastava turu loome ja suunamisega ning vastavate riskide maandamisega) 3. Poliitikate koordineerimisega seonduvad probleemid (suutmatust ühendada biomajandusega seotud erinevad poliitikakujundamise tasandid ja poliitikavaldkonnad siseriiklikult ja rahvusvaheliselt) 4. Muutuste jälgimise, pideva kohandamise ja õppimisvõimekusega seonduvad probleemid (pidev kohanemisvõime ning poliitilise eksperimenteerimise ja ebaõnnestumiste aktsepteerimise vajadus)

Valitsemine ja poliitika-meetmed	Riik mõjutab autonoomsete osalejate hoiakuid ja käitumist läbi informatsiooni, stiimulite ja „mängureeglite“ kujundamise Poliitikameetmete näited: • TA-tegevuse toetamine läbi grantide, maksusoodustuste jne; • intellektuaalomandi kaitse süsteemi loomine; • hariduspoliitika, rõhuasetusega teaduse, tehnoloogia, tehnika ja loodusteadustel; • tulevikustsenaariumid prioriteetsete valdkondade määratlemiseks, regulatsioonid, jne.	Poliitikasse tuuakse juurde erinevaid koostöömeetmeid, mis on vajalikud institutsionaalse kohandamise toetamiseks vastavalt seatud majanduslikele/ tehnoloogilistele spetsialiseerumistele. Rõhuasetus on selliste koostööplatvormide loomel, mis toetaks iga üksikut süsteemis tegutsejat Poliitikameetmete näited: • erinevad koostööplatvormid, võrgustikud, andmebaasid (nt TA-pargid, TA-konsortsiumid jne) tehnosiirde toetamiseks; • piirkondlike/valdkondlike innovatsioonisüsteemide arengu toetamine, nt klastrid; • nõudlust stimuleerivate vahendite kasutamine (nt hanked, rakenduslikud tellimused) kiirendamiseks turgude arengut; • oskuste arendamine valdkondades, kus esinevad peamised puudused ja vajakajäämised; • programmid stimuleerimaks ettevõtluskeskkonda, nt inkubaatorid, VKE käivitamiseks vajalike äritingimuste parandamine; • finantskapitalile juurdepääsu parandamine (riskikapital, äriinglid, jne).	Lisaks eelnevale kätkeb see endas keerukamaid koordineerimise ja suunaseadmise meetmeid, mis püüavad siduda ülalt alla tuvastatud suundi (sh rahvusvahelised kokkulepped) alt üles tekkivate (kasutaja/tarbija) initsiatiividega. Rõhuasetus on uut tüüpi poliitika legitimeerimisel ning tugevama kodanike ja ettevõtjate/tööstusharude esindajate kaasamisel poliitika väljatöötamise ja elluviimise protsessides Poliitikameetmete näited: • nišitehnoloogiate arendamiseks eksperimenteerimine stimuleerimine ning vastavate lahenduste hilisem skaleerimine; • uued institutsionaalsed võtted muutmaks olemasoleva TAI suunda (nt uudse tehnoloogia arendamine läbi standardite, vastutustundlik TA, poliitikainstrumendid nišside stimuleerimiseks ja olemasolevate süsteemide destabiliseerimiseks); • sotsiaalse, säästliku jne innovatsiooni edendamine; • haridussüsteemis inseneri-, sotsiaal- ja humanitaarteaduste sidumine.
Indikaatorid	Staatiline efektiivsus: TA-investeeringud (avalikust ja erasektorist) kui olulised tulemuslikkuse näitajad, ettevõtete arv ja lisandväärtus, eksport, patentide arv, jne; samas kui olemasolevad süsteemid ja institutsioonid jäävad suuresti samaks	Staatiline efektiivsus: tugev suunitlus ülikoolide-ettevõtete koostöö edendamise meetmetele; samuti väärtusahelates paiknemise, sektorite majandusliku komplekssuse, sektorite spetsialiseerumisega seonduvad küsimused, mis aga ei hõlma olemasolevate arengutrajektoorie muutmist	Dünaamiline efektiivsus: protsessikesksed näitajad (erinevate osapoolte tegevuste ühilduvus, joondamine jne) ja süsteemsed muutused, sh varasema prevaleeriva režiimi destabiliseerimine (nt biomajanduse osakaal majanduses, CO₂ dünaamika, kuid samuti muutused olulisemates prevaleerivates teadusharudes, tööstusharudes, uut tüüpi teadmiste, oskuste, ametikohtade juurutamine, muutused prioriteetsetes sekkumisvaldkondades ja - mehhanismides jne).

Allikas: vt täpsemalt Kirs, M., Karo, E. & Ukrainski, K. (2018). Poliitikameetmed ja valitsemissüsteemid biomajanduse toetamiseks, ADDVAL-BIOEC projekti tööpaketi 4.1 vaheanalüüs, Tallinn & Tartu.

5.2 Soovitused Eesti biomajanduse valitsemiskorralduse ja poliitika tõhustamiseks

Rahvusvahelise kogemuse baasil võib öelda, et Eesti biomajanduse arendamise esimeseks ülesandeks on **ambitsioonides kokkuleppimine**: kas me usume biomajandusega seotud osapoolte võimesse ja valmisolekusse seada eesmärgiks põhimõtteline **süsteemimuutus** biomajanduse struktuuris ja bioringmajanduse poole liikumiseks või piirdume biomajanduse toetamisel olemasolevate baasinstituutide, -võimekuste ja -võrgustike arendamisega.

See valik/kokkulepe määrab ära selle, kuidas peaks toimuma **biomajanduse poliitikameetmete strateegiliste sihtide seadmine**.

Turutörke loogikast lähtuvat baasinstituutide, -võimekuste ja -võrgustike arendamist saab toetada ka olemasoleva ja väljakujunenud spetsialiseerumistega poliitilis-administratiivse korralduse raames ja läbi **koostöökultuuri ja koordinatsiooni samm-sammulise parandamise**. Uuringu raames tehtud Eesti biomajanduse tänase olukorra analüüs ning tulevikustsenaariumid viitavad aga vajadusele teatud struktuurseteks ja süsteemseteks muutusteks biomajanduse ressursikasutuses ja innovatsioonivõimekustes, mida võimendavad ka stsenaariumianalüüsis tuvastatud võimalikud globaalsed trendid ja arengud.

Süsteemimuutused eeldavad **sektorite üleseid otsinguid ja kokkuleppeid ühistes prioriteetides ja suundades** – nt stsenaariumianalüüsis rõhutatud Eesti kui biorevolutsiooni väleda eksperimenteerija mudeli arendamist või Euroopa sünteetilise bioloogia kiirendi loomist Eestisse – ning neid toetavaid **valitsemiskorralduse muutusi**, nt anda ühele ministeeriumile või muule asutusele/võrgustikule selge mandaat vedada biomajanduse süsteemimuutuste eesmärgistamist, projektide ja initsiatiivide koordineerimist ning valdkondadeüleste TA- ja innovatsiooniprojektide sisustamist. Need tegevused ei peaks keskenduma pelgalt olemasoleva ressursi tõhusamale väärindamisele, vaid lähtuma käitumistavade, uute toodete ja teenuste arendamisel ühiselt kokkulepitud süsteemimuutuse suunast (nt üleminek bioringmajandusele, toidusüsteemi nihe tervislikumale ja kestlikumale toitumisele vms).

Lisaks mõjutab see valik/kokkulepe ka **poliitikainstrumentide ning realistlikult saavutatavate eesmärkide** ulatust.

Turutörgete lähenemine piirdub üldiste regulatiivsete ja finantseerimistingimuste arendamisega ning mõjutab seeläbi ennekõike ettevõtlikku avastusprotsessi, sh ettevõtete ja toodete/teenuste ressursikasutuse ja TA-investeeringute määrasid. Süsteemimuutustele keskenduv lähenemine seob biomajanduse toetamisega ka laiemad ühiskondlikku teadlikkust ning käitumist mõjutavad tegevused ning õigustab laiemaid regulatiivseid ja finantsilisi sekkumismehhanisme. Eesmärgiks on stiimulite loomine biomajandusele ülemineku

kiirendamiseks (sh sellise loomingulise hävitusprotsessi riskide maandamine/jagamine). Seda saab paralleelselt toetada läbi **laialdaselt omaksvõetud pikaajalise biomajanduse strateegia/arenguvisioni** tekitamise, mis hõlmab endas nii keskkonna alaseid kui ka majanduslikke fookusi ja prioriteete, ning läbi **alt üles katsetamise** erinevate võimalike lahendustega selle suuna poole liikumisel.

Antud uuringu erinevates analüüsi etappides tehtud järeldused ja soovitusel Eesti **biomajanduse ressursikasutuse parandamiseks** (vt soovitusel ptk 2.2) ja **innovatsioonivõimekuste tõstmiseks** (vt soovitusel ptk 2.4) ja **tulevikukindluse tagamiseks** (vt soovitusel ptk 3.3) hõlmavad endas nii lühiajalise turu- ja süsteemitõrgete vaatest lähtuvaid kui pikaajalise transformatsioonilise vaatega soovitusi:

- a) kuidas täna bioressursse paremini väärintada, mh tagada isevarustus ja ökosüsteemide hoidmine nii IKT-lahendustel kui ka kogukondlike koostöövormide toel;
- b) kuidas tagada tänastes väärtusahelates samm-sammult kõrgematele tasemetele ja suurema lisandväärtusega tegevuste, mh läbi rahvusvahelise avatuse, investeeringute soosimise;
- c) kuidas olla valmis radikaalsemateks muutusteks biomajanduse struktuuris ja ressursikasutuses läbi uute väärtusahelate tekkimise ja tööstuse arengutega kaasaskäimise, mh senisest proaktiivsemad biomajandusega seotud biotehnoloogia TA ja innovatsioonirahastamise programmid.

Nende erinevate vaadete ühildamine ja eelnevates peatükkides väljatoodud poliitikasoovituste elluviimine eeldavad **biomajanduse valitsemiskorralduse senisest süsteemsemat ülesehitust**, kus on olulised järgmised aspektid.

1. **Muutuste eestvedajate võimestamine.** Stsenaariumianalüüs näitas, et vaatamata olulistele rahvusvahelistele initsiatiividele (kliimalepped, Euroopa rohelepe ja seotud strateegiad ja tegevuskavad) iseloomustavad biomajanduse tulevikuarenguid süsteemsete muutuste ootuste tõttu mitmed määramatused. Seetõttu on biomajanduse ressursikasutuse klassikalist administratiivset ja regulatiivset planeerimist keeruline ning riskantne teha (võimalikke läbilöögisuundi on liiga palju). Mõistlikum on ülesse ehitada **ettevõtlikku avastusprotsessi toetavad mehhanismid**, mh **erialaliitude ning visiooniga teadlaste ja innovaatorite võimestamine ja biomajanduse strateegilise eestvedamise kaasamine**. Ka biomajanduse rahvusvaheliste kogemuste analüüs näitas, et kõige kiiremad ja süsteemsemad muutused liikumisel biomajanduse poole on sündinud ennekõike **ettevõtete ja erialaliitude eest veetud protsessidest**, mida riikliku poliitikaga on omakorda kiirendatud ja tugevdatud.

2. Muutuste eestvedajate võimestamiseks ja muude protsesside toetamiseks, ühele ministeeriumile või nt Riigikantseleile ja Vabariigi Valitsuse Teadus ja Arendusnõukogule (TAN) – või selle alla loodavale biomajanduse koordinatsioonikogule (sarnaselt senistele innovatsioonipoliitika ja teaduspoliitika komisjonidele või uuele TAIE juhtkomisjon) – anda **selge mandaat vedada eest biomajanduse süsteemimuutuste eesmärgistamist, projektide ja initsiatiivide koordineerimist ning valdkondade ülest TA-ja innovatsiooniprojektide sisustamist**. Need tegevused ei peaks keskenduma pelgalt olemasoleva ressursi tõhusamale väärindamisele, vaid lähtuma käitumistavade, uute toodete ja teenuste arendamisel ühiselt kokkulepitud süsteemimuutuse suunast (nt üleminek bioringmajandusele, toidusüsteemi nihe tervislikumale ja kestlikumale toitumisele vms). Rahvusvahelise kogemuse analüüsi baasil võib samuti eeskujuks võtta **erakondadeüleste koostöökokkulepete sõlmimise**, mis pakuvad biomajanduse süsteemimuutustega seatud eesmärkide elluviimisele vajalikku poliitilist stabiilsust ja pühendumust.
3. **Eesmärkide ja ajahorisontide täpsustamine**. Viimastel aastatel on nii Eestis kui laiemalt rahvusvaheliselt toimunud strateegilise planeerimise ajahorisondi pikenemine (nt 7-aastaste strateegiate asemel koostatakse 15-aastaseid strateegiaid, lepatakse kokku kliimaeesmäärke 30 aasta vaates jne). Ühelt poolt pakub see raamistikku **suurte muutuste pikaajaliseks planeerimiseks** (nt Eesti 2035 raamistikud või 10 aastate arengukavade toel), kuid võib ka anda võimaluste (poliitiliselt) keeruliste muutuste edasilükkamiseks, mis ei ole aga IT, bioteaduste, energeetika jms valdkondade kiirete tehnoloogiliste ja innovatsiooniarengute raames mõistlik.

Biomajanduse arendamise kontekstis on oluline omada sisuliselt **kahte planeerimise ajahorisonti**: **kesk-pikk perspektiiv** tänaste investeeringute, kompetentside ja turusituatsiooni ärakasutamiseks (nt Eesti puhul investeeringud puidukeemia või piima väärindamise arendamisse) ja **pikk perspektiiv** uute tehnoloogiliste läbimurrete võimaliku realiseerumisest kasusaamiseks (nt Eesti puhul investeeringud erinevate biotehnoloogiate teaduse ja innovatsioonivõimekuste arendamisse 10–20 aasta ajahorisondis). Nagu stsenaariumianalüüsis rõhutati on siinjuures oluline ka nendel horisontidel avanevaid võimalusi kõrvutada ja võrrelda, et lühiajalised valikud ei lukustaks ressursse (bioressurss, finantsvahendid jms) ja võimekusi tegevustesse, mis 10–20 aasta perspektiivis võivad asendada suurema lisandväärtusega alternatiividega.

4. **Tõhusam horisontaalne koordinatsioon** traditsiooniliste biomajanduse poliitikavaldkondade vahel (põllumajandus- ja kalandus, metsandus, vesiviljelus, energeetika, majandusareng, keskkonnahoid). Lisaks on ka oluline interdistsiplinaarsusega seotud fookuste võimestamine TA-, haridus- ja innovatsioonipoliitikas, sh leidmaks kokkupuutepunkte traditsiooniliste biomajanduse valdkondade arendamiseks läbi kõrgtehnoloogiliste valdkondade (sh sünteetiline

bioloogia, bioinformaatika, jne). **Bioressursside kasutamine on üha enam liikumas traditsioonilistest ahelatest pigem horisontaalseteks** (nt vetikate kasutamine põllumajanduses, farmaatsias või energeetikas; rohtse biomassi väärimine materjalide, farmaatsia ja energeetika voogudes, puidu käsitlemine horisontaalselt pea kõikides biomajanduse ahelates jne) ning see muudab oluliselt seniseid poliitika planeerimise ja elluviimise loogikaid sektorite üleseks nii ressursside, võimekuste kui ka huvigruppide vaatest.

5. Kuna biomajanduse areng on olulisel määral sõltuvuses tehnoloogilisest arengust ja innovatsioonist, on **oluline valdkondliku teadus- ja innovatsioonipoliitika fookuse/programmi pidev arendamine**, mh tehnoloogia ja turgude tulevikuseire ja teekaartide koostamine ja kokkuleppimine huvigruppide vahel. Kui ajalooliselt on selliste ülesannete eestvedamiseks loodud erinevaid riiklikke uurimisinstituute ja -keskusi, siis Eesti ressursside ja võimekuste piiratud ning biomajanduse valdkonna kiirete arengute tingimustes on realistlikum ehitada ülesse toimiv **riigiasutusi, teadusasutusi ja ettevõtteid ühendav võrgustik**, nt nagu TA-konsortsiumid või nt ELi edukamad partnerlused ja ühistegevused (nt BBI Europe⁴²).
6. **Biomajanduse rahvusvahelise koostöö horisondi laiendamine.** Eesti väiksus (biomassi mahud, finants- ja inimkapital) muudavad nii bioressursside väärimise tõhustamise (nt jääkide- ja kaassaaduste väärimine), tänastes väärtusahelates kõrgema lisandväärtuse poole liikumise (nt biokeemia ja piima väärimise investeeringud) kui ka biotehnoloogia toel uutesse ahelatesse sisenemise ühel või teisel moel sõltuvaks rahvusvahelisest koostööst. Stsenaariumianalüüs näitas, et mitmed suuremad investeeringud biomajanduse arengusse saavad toimuda ainult rahvusvahelises koostöös kas nt **BioEast-regiooni riikidega**⁴³ või **Skandinaaviaga** jt tehnoloogia eesliinil toimetavate riikidega ning see võib ka tähendada Eesti enda välisinvesteeringuid, mh riiklikku tuge investeeringute läbirääkimisel jms, või ühiseid teadus- ja innovatsioonitegevusi.

⁴² <https://www.bbi.europa.eu>

⁴³ Vt <http://www.bioeast.eu>.

Executive Summary

The aim of the project ‘ADDVAL-BIOEC: Adding value and making more efficient use of raw materials in the bioeconomy and its sectors’ was to analyze the current developments of the Estonian bioeconomy and the main value chains thereof, as well as the opportunities for using biological resources to increase competitiveness.

The study was commissioned and funded by the Estonian Research Council through Action 1 ‘Support of strategic R&D activities’ of the ‘Reinforcement of Sectoral Research and Development Activities’ (RITA) programme supported by the European Regional Development Fund. The study was conducted to support the achievement of the goals of the Ministry of Rural Affairs, Ministry of the Environment, and Ministry of Economic Affairs and Communications of the Republic of Estonia. The study was conducted by researchers from Tallinn University of Technology, University of Tartu, the Estonian University of Life Sciences and the Institute of Baltic Studies in the period from March 2018 to October 2021.

Keeping in mind the principles of sustainable development, the study focused on the perspectives for increasing added value and for better use of raw material. The current situation of Estonian bioeconomy was analysed based on six value chains: food and feed; paper and timber products and timber construction; textile and clothing; fuels and energy; biomaterials, chemicals, pharmaceuticals and plastic products; and bioeconomy-related ecosystem services. The appropriateness of the best possible innovative technologies for adding value to Estonian bio-resources was examined. The potential development scenarios of the Estonian bioeconomy were drawn up and novel business models were developed in selected sectors which are yet to witness significant developments in Estonia or which are about to face the greatest challenges accompanying the transition to bioeconomy, with the social, economic, and environmental impacts thereof analysed. Based on the above, suggestions were formulated for the improvement of the policies and governance which support bioeconomy.

In order to answer the research questions of the project and depending on the research questions of a specific work package, we combined classic methods from economics, social sciences, and technology studies, incl. modelling economic processes and resource, policy analysis, foresight, and technical and feasibility analyses of technologies. The project was unique for its multi-disciplinary consortium covering the developments of bioeconomy, which included researchers from the fields of economy, social and natural sciences, and engineering. This diversity of disciplines ensured the analysis of the research questions from different scientific perspectives. Furthermore, the project also involved close cooperation and co-creation with the parties that commissioned the study, who regularly provided feedback to the interim results of the research work and actively participated in the co-creation activities

of the project (selection of the foci for the value chain analyses, the processes for creating scenarios, etc.).

The study revealed that, sector by sector, Estonia is currently a relatively good biomass producer; however, much remains to be done to increase the added value thereof, as the amount of biomass exported with no or low value added remains too high today. A lot of work remains to be done to increase the amount of added value created in the Estonian bioeconomy: from the perspective of business models (incl. transition to cascade use, digitalisation, development of the capability for adding chemical and biotechnological value to biomass), reinforcement of export, investment in technological developments, as well as cross-sectoral cooperation.

Based on the long-term estimates for bio-resources and global social, economic, and technological trends, the study highlights four potential development scenarios of the Estonian bioeconomy depending on the developments in the external environment: These include:

- The bioeconomy which secures self-sufficiency, in which Estonia must cope in a relatively closed environment, especially by implementing cascade use and circular economy principles.
- Estonia in the globalised and traditional bioeconomy, in which the current business models remain in use in Estonia, but opportunities are sought for foreign investments and for transition to new and more complex activities.
- The global economy shook by a bio-revolution, in which Estonia is quick to test and implement new technologies, a breeding ground for know-how, and an exporter.
- Environment-aware and community-based adjustment to the bio-revolution, in which Estonia promotes traditional food production and community-based business models in addition to developing and producing novel biomaterials.

The study highlighted that as we do not have a clear idea of what kind of a world will hatch out of the current turbulent situation and which scenario will be realised in Estonia, it is important for us as a small country to be prepared for all scenarios, as well as for combinations thereof. Irrespective of which scenario will prevail, the study provides three scenario-focused suggestions for the policy-makers in the form of general observation regarding what Estonia should definitely work on to ensure the international competitiveness of the Estonian bioeconomy and increase the contribution thereof to our economy. These include the following: specialisation on increasingly complex economic activities and reducing the dependence on the local raw material; preparedness for the rapid implementation and further development of the technologies born on the frontline of biotechnology; and cooperation in the Baltic Sea region with active participation in shaping the international agreements on climate goals, biotechnology, and bioeconomy.

The study also finds that the highest future potential for the components of new bioeconomy business models lies not necessarily or not merely in focusing on adding value to the bio-resources, but also in developing new technologies and novel support services to traditional bioeconomy sectors. This is where the best opportunities for increasing the amount of value added in bioeconomy can originate from. If we want the bioeconomy to develop, we need suppliers of specific technologies as well as IT solutions which would support different bioeconomy sectors.

The study suggests two different policy making paths and choices for the development of bioeconomy based on the current situation, future scenarios, and mapping of business models: to carry on using the current market failure-based model or to move on to supporting more systemic changes in the system.

The development of the basic institutions, capabilities, and networks based on the logic of market failures can also be supported within the framework of the existing and specialised political and administrative organizations and via the gradual improvement of coordination and the culture of cooperation. The analysis of the current situation of the Estonian bioeconomy and the scenarios for the future drawn up within the framework of the study, however, indicate the need for certain structural and systematic changes in the resource use and innovation capability of bioeconomy, which are amplified by the potential global trends and developments identified in the scenario analysis.

Changing the system calls for cross-sectoral searches and agreements on shared priorities and directions – for example, the development of the model of Estonia as a quick experimenter in the bio-revolution, which was highlighted in the scenario analysis, or the creation of the European synthetic biology accelerator in Estonia – as well as for changes in the governance which support the above. Thereat, some thought should be given to the option of giving one ministry or, for example, the Government Office and the Research and Development Council of the Government of the Republic – or the bioeconomy coordination committee to be formed under the council (similarly to the current innovation policy or research policy committees or the new research, development, innovation, and entrepreneurship steering committee) – a clear mandate to lead setting the targets for the changes in the system of bioeconomy, coordinating projects and initiatives, and creating the content of cross-sectoral R&D and innovation projects. Those activities should not merely be focused on adding value to the existing resources more efficiently; but should target behavioral changes, and support development of new products and services based jointly agreed upon directions of system change (such as transition to circular bioeconomy, a shift to healthier and more sustainable food system, etc.)

For further information, please contact the Project Lead, Prof. Jaan Kers (jaan.kers@taltech.ee), or the Research Lead, Prof. Erkki Karo (erkki.karo@taltech.ee), or visit the website of the project (www.taltech.ee/biomajandus).