

Luhaheina kui lignotselluloosse biomassi väärindamise võimalused Alam-Pedja näitel

Annika Jaanimägi

Juhendajad:

Ülle Roosmaa, *MSc*

Rando Värnik, *Dr (Econ)*

Timo Kikas, *PhD*

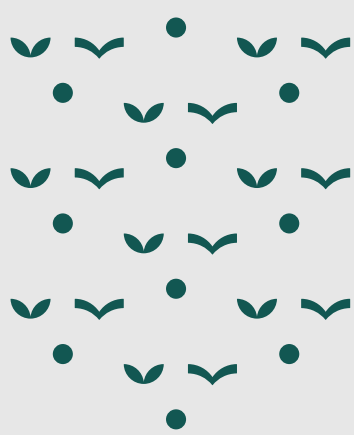


Uurimisprobleem, aktuaalsus

- **Pärandniidud** on liigirikkaimad ökosüsteemid, mille säilimine eeldab regulaarset hooldust
- Alam-Pedjal tekib hooldustööde käigus igal aastal suur kogus **luhaheina**
- Heina kasutamine loomasöödana piiratud (hiline niitmine, **madal toiteväärtus**)
- On vaja leida **alternatiivseid väärindamisvõimalusi**, mis toetaks kestlikku ja kohapealset ressursikasutust
- Töö **ajendiks** oli AdaptEst projekt, mille raames tekkis vajadus hinnata luhaheina kasutamata potentsiaali



Foto: Raivo Laanes



Eesmärk

Magistritöö eesmärk oli saada ülevaade Alam-Pedja pärandniitude biomassi väärimise tehnilistest ja majanduslikest aspektidest ning anda hinnang luhapeina kui lignotselluloosse biomassi väärimispotentsiaalile, keskendudes ligniini eraldamise võimalusele prootonsete ioonsete vedelike abil

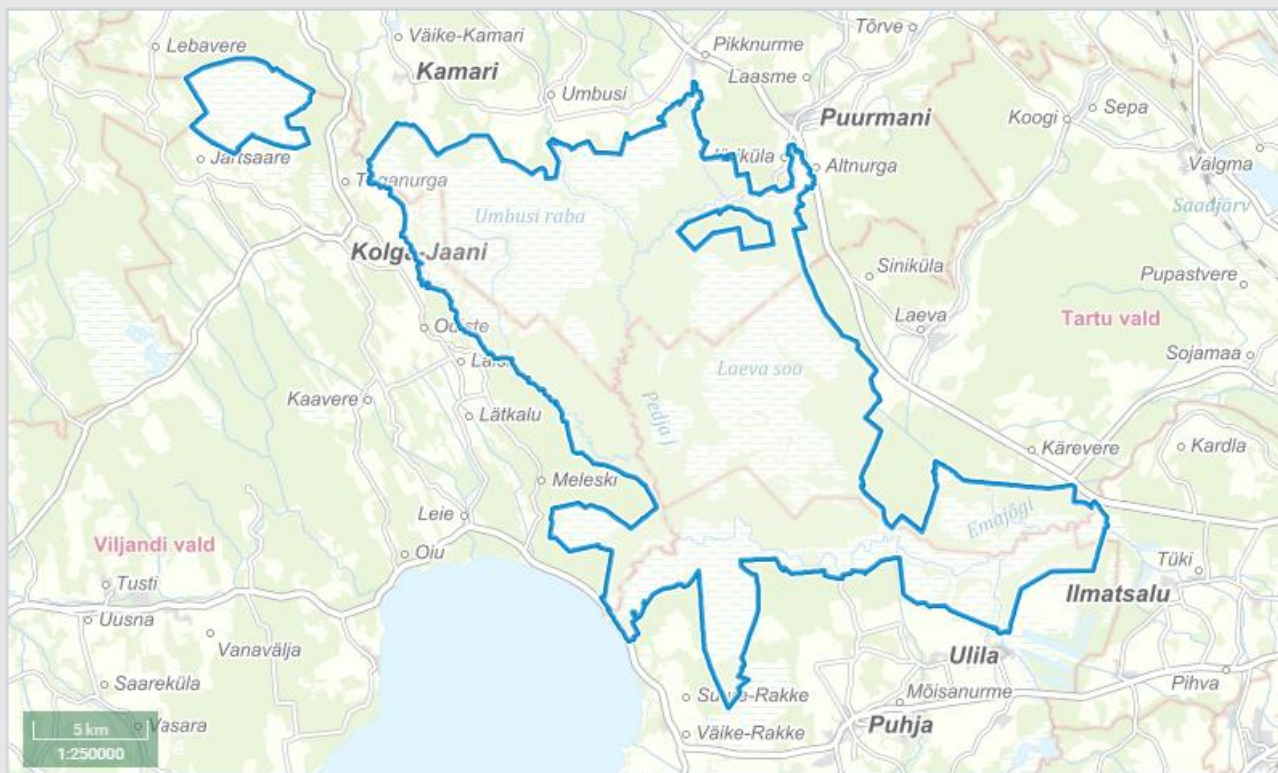
Uurimisülesanded

- 1) Selgitada pärandniitude ökoloogilist, kultuurilist ja majanduslikku tähtsust ning anda ülevaade Alam-Pedja lamminiitude eripäradest
- 2) Selgitada bioressursside väärindamise põhimõtteid ringbiomajanduse ja kaskaadkasutuse kontekstis
- 3) Anda ülevaade luhahaheinast kui lignotselluloossest biomassist ning selle senistest kasutusviisidest ja alternatiivsetest väärindamise võimalustest
- 4) Kaardistada Alam-Pedja pärandniitude majandamise praktika ja hinnata hooldustööde käigus kogutava luhahaheina koguseid ja omadusi
- 5) Käsitleda luhahaheina tootmise majanduslikku tasuvust ja toetuste rolli pärandniitude hoolduskuludes
- 6) Hinnata Alam-Pedja luhahaheina biokeemilist koostist ja saagikust, tuginedes kiuanalüüsidele ja pärandniitude majandajaltelt kogutud andmetele
- 7) Kaardistada peamised tehno-ökonoomilised tegurid, mis mõjutavad ligniini eraldamise protsessi protoonseteioonvedelike abil ning hinnata luhahaheina väärindamispotentsiaali ringbiomajanduse kontekstis

Andmed

Andmed	Allikas	Andmete kogumise viis
Alam-Pedja pärandniitudele taotletud ja väljamakstud toetused ning toetuste ühikumäärad aastatel 2023 ja 2024	PRIA	Kaardikihid: taotletud pärandniidu alad 2023 ja 2024; autori infopäringud ja kirjavahetus
Aastatel 2023 ja 2024 Alam-Pedjal teostatud hooldustegevuste pindala (ha); üldine teave pärandniitude kaitsekorralduse ja majandamistavade kohta	Keskkonnaamet	Autori intervjuud ja kirjavahetus
Pärandniitude majandamise ja luhahaina kasutamise praktikad; 2023–2024 kogutud heina kogused; kulude ja tulude hinnangud	Alam-Pedja pärandniitude majandajad	Autori intervjuud (telefonivestlused, kirjavahetus, kohapealsed kohtumised)
Luhahaina tootmiskulude hindamise aluseks olevate eelduste määratlemine (sh masinapargi valik, tööjõudlus, spetsiifilised tingimused)	METK	Autori intervjuu METKi esindajaga (ekspertarvamuse kogumiseks)
2023. ja 2024. aastal Alam-Pedjalt kogutud luhahaina biokeemiline koostis (tselluloosi, hemitselluloosi ja ligniini sisaldus)	EMÜ biokütuste labor	Autori poolt kogutud biomassi proovid ja EMÜ biokütuste laboris läbiviidud laboratoorsed katsed
Luhahainast ligniini eraldamise võimalused protoonsete ioonvedelike (PIL) abil (tehnoloogiline sobivus, piirangud, regenereerimisvõimalused)	EMÜ biokütuste töörühm	Autori intervjuud ekspertidega

Alam-Pedja linnu- ja loodusala



Alam-Pedja linnu- ja loodusala (Maa- ja Ruumiamet 2025)

- Asub Kesk-Eestis
 - Ramsari alad (al. 1997)
 - Natura 2000 (al. 2004)
- Kaitseala pindala: 34 671,2 ha
 - pärandniidud 3980 ha
 - sh, lamminiidud 3835 ha
- lamminiidud ehk luhad
 - tekkiv biomass = **luhahein**

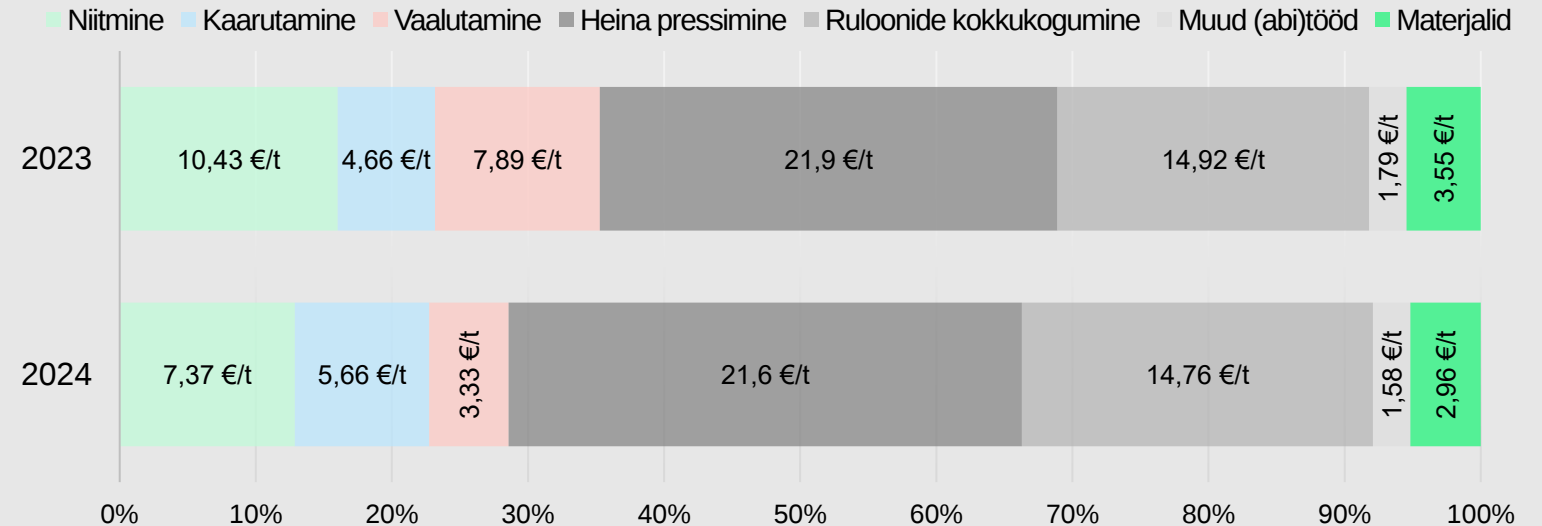
Alam-Pedja pärandniitude majandamine

Näitaja	2023	2024
hooldustegevused kokku, ha	1 507	1 583
sh niitmine + niite kogumine, ha	923	1 148
kogutud luhahahein, t, KA	1 591	2 752
loomasöödana jäi kasutuseta	48%	45%
keskmine saagikus, t/ha	2,25	3,13
t/ha KA	1,91	2,66
luhahaaina tootmiskulud, €/t	65,14	57,26

Luhahaaina tootmise tööetapid:



Luhahaaina tootmise tööprotsesside ühikukulud (€/t) ja kulude struktuur (%) aastatel 2023 ja 2024:



Pärandniitude majandamise kulud ja toetused

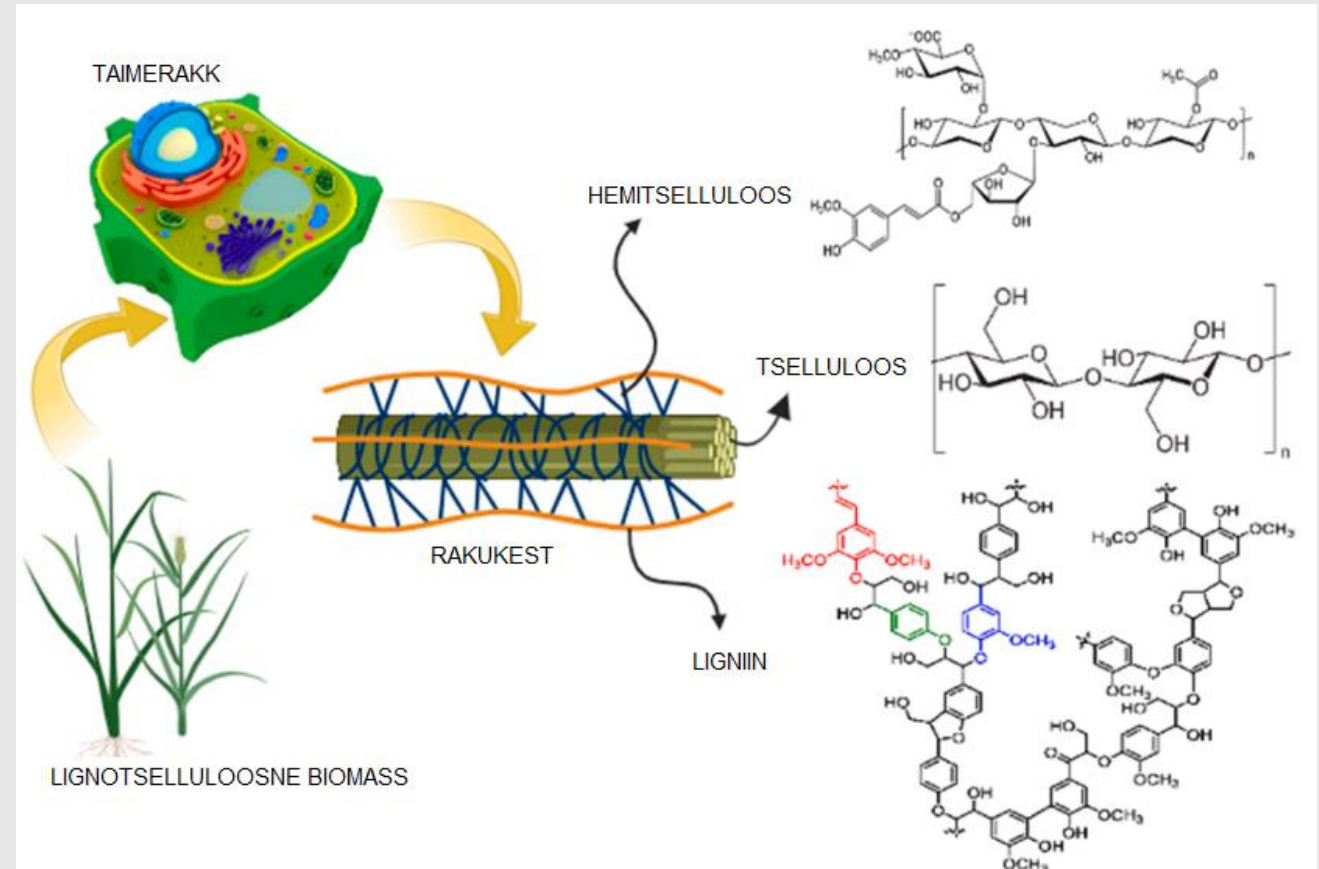
Näitaja	2023	2024
Keskmine PLK rendihind Alam-Pedja LLA-I, €/ha	-15,00	-15,00
Luhaheina tootmiskulud, €/ha	-146,57	-179,22
Otsesed PLK majandamisega seotud kulud kokku, €/ha	-161,57	-194,22
NIIT ühikumäär, €/ha	150,00	150,00
PST ühikumäär, €/ha	107,77	107,22
Otseselt PLK-ga seostatavad toetused kokku, €/ha	257,77	257,22
Tulem, €/ha	96,20	63,00

Luhahein kui lignotselluloosne biomass

lignotselluloosne biomass
(*lignocellulosic biomass*)
koosneb peamiselt kolmest
struktuursest biopolümeerist:

- tselluloos
- hemitselluloos
- ligniin

Biomassi tüüp	Ligniini koostis
okaspuuit	G
lehtpuuit	G, S
rohtne biomass	H, G, S



Lignotselluloosse biomassi molekulaarne struktuur

Ligniini struktuuris esineb kolm peamist monolignooli: H-ühikud – roheline, G-ühikud – sinine ja S-ühikud – punane.

Luhaheina koostis ja potentsiaal

Keskmine luhaheina koostis kiuanalüüside põhjal 2023. ja 2024. aastal:

Komponent	2023	2024
tselluloos, %	35,54	32,96
hemitselluloos, %	27,11	28,81
ligniin, %	5,32	5,78

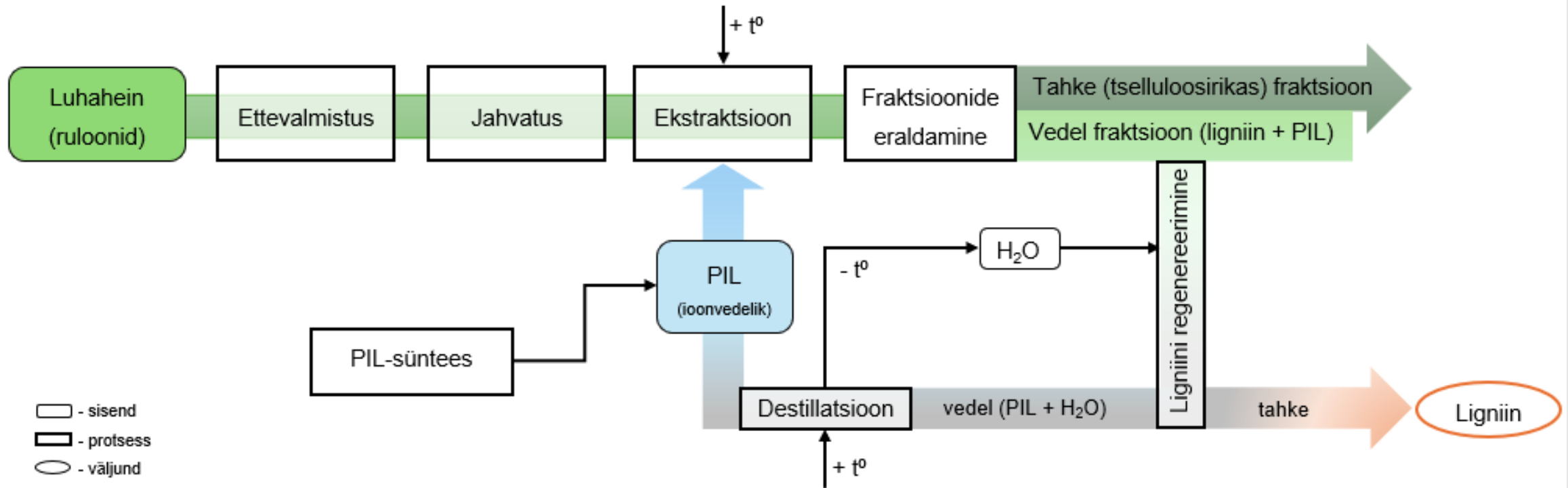
Hinnanguline hemitselluloosi, tselluloosi ja ligniini kogus 2023. ja 2024. aastal kogutud luhaheinas:

Komponent	2023	2024
tselluloos, t	431	793
hemitselluloos, t	565	907
ligniin, t	85	159

- Aastate võrdluses varieerus heina biokeemiline koostis suhteliselt vähe
- Kiuanalüüsi tulemused peegeldavad teoreetilist maksimaalset komponentide kogust
- Tegelik saagis sõltub kasutatavast väärindamistehnoloogiast ja selle efektiivsusest

- Kõrge puhtusastmega ligniini hind 2025.a: 562–1660 €/kg
- st kui mõlemal aastal kogutud heinast oleks eraldatud kogu ligniin 100% efektiivusega, siis selle turuväärtus võiks ulatuda 137–405 miljoni euron

Luhaheinast ligniini eraldamine protoonsete ioonvedelike abil



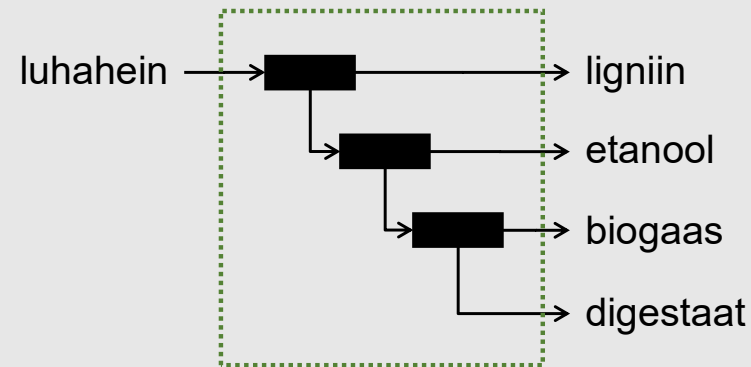
tehn-
ökonoomilised
tegurid

- PIL-i valik ja omadused
- Biomassi jahvatusaste
- BM:PIL massisuhe
- Ekstraktsiooni temperatuur
- Ekstraktsiooni kestvus
- PIL-i taaskasutusmäär
- Skaleeritavus ja seadmete sobivus
- Transport ja paiknemine

Peamised järeldused

- luhhein on alakasutatud taastuv bioressurss
- toetused aitavad katta olulise osa pärandniitude majandamise kuludest
- väärimine võiks toetada:
 - pärandniitude majandamise jätkusuutlikkust
 - ringbiomajanduse arengut
- luhhein sobib oma keemilise koostise poolest biorefineerimise toormeks

- PIL-protsessi abil saab eraldada luhheinast selektiivselt ligniini, säilitades samal ajal tselluloosirikka fraktsiooni edasiseks kasutuseks



- PIL-tehnoloogia rakendatavust mõjutavad mitmed tehno-ökonomilised tegurid, sh:
 - kasutatava lahusti koostis ja hind
 - PIL-i taaskasutamine ja taastamine
 - energia- ja kemikaalikulud
 - protsessi skaleeritavus ja seadmete sobivus

Autori ettepanekud edasiseks uurimiseks

- viia läbi sihipärased laboratoorsed katsed
 - hinnata luhahaheina sobivust PIL-põhiseks ligniini eraldamiseks
 - täpsustada protsessi parameetreid
 - PIL-taaskasutuse aspektid
- kaardistada laiem regionaalne toormepotentsiaal
- analüüsida väärindamisüksuse võimalikku paiknemist võttes arvesse nii logistilisi kui ka keskkonnategureid
- võrrelda Alam-Pedja kontekstis erinevaid väärindamisviise, mis võiksid olla tehniliselt lihtsamad ja kiiremini rakendatavad
 - nt kuivkääritamine, väikemahulised mobiilsed lahendused, biosüsi, kompostimine

Kokkuvõte

- Töö eesmärk sai täidetud
 - hinnati luhahaina väärindamispotentsiaali nii koguse, keemilise koostise kui ka kasutuspraktikate põhjal
 - käsitleti ligniini eraldamise võimalusi protoonsete ioonvedelike abil
 - kaardistati väärindamisega seotud tehnilised ja majanduslikud tegurid
- Magistritöö ei võimalda veel teha lõplikke järeldusi luhahaina väärindamise tehnoloogilise teostatavuse ega majandusliku tasuvuse kohta, kuid loob tugeva lähtekoha edasiseks uurimistööks

Täna kuulamast!

Magistritöö on valminud projekti „Kliimamuutustega kohanemise tegevuste elluviimine Eestis“ (Implementation of national climate change adaptation activities in Estonia, LIFE21-IPC-EE-LIFE-SIP AdaptEst/101069566) raames, mida rahastavad Euroopa Liidu liikmesriikide keskkonnaprojektide kaasrahastamise programm LIFE ja Eesti riik kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise tulust. Euroopa Liit ega abiandvad asutused ei vastuta ettekandes oleva informatsiooni õigsuse ja sisu kasutamise eest.



Kaasrahastanud
Euroopa Liit

