

Riikliku programmi “Põllumajanduslikud
rakendusuringud ja arendustegevus
aastatel 2009–2014” lisa 4



MAJANDUS- JA SOTSIAALINSTITUUT

**ENERGIAKULTUURIDE (PÄIDEROO) KASVATAMISE JA
KASUTAMISE MAJANDUSLIK HINNANG EESTIS**

Lõpparuanne

Projekti juht:
Professor Rando Värnik

Projekti täitjad:
Liis Oper
Helis Luik
Ülle Roosmaa
Katri Kall
Jaana Prants

TARTU 2011

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	4
1. ENERGIAKULTUURIDE KASVATAMISE POTENTSIAAL PÕLLUMAJANDUSES	5
1.1. Energiakultuuride kasvatamiseks vaba maaressursi olemasolu	5
1.2. Biomassi ressurss	7
1.3. Bioenergia tootmisega kaasnev mõju tööhõivele	10
1.4. Kasvatamiseks sobiva energiakultuuri valiku kriteeriumid.....	11
1.5. Ühe- ja mitme-aastased energiakultuurid.....	13
2. PÄIDEROO KASVATAMISE PERSPEKTIIV ENERGIAKULTUURINA.....	15
2.1. Energiakultuurina kasvatatava päideroo sobivad kasvutingimused ja sordid	15
2.1.1. Sobivad kasvutingimused.....	15
2.1.2. Päideroo sordid.....	16
2.2. Päideroo saagikus	17
2.2.1. Päideroo potentsiaalne saak kultuuri kasvatamisel energiaheinana	18
2.2.2. Kultuuri saagikus päideroo kasvatamisel toormena biogaasi tootmiseks.....	22
2.3. Päideroo hektarisaak ammenuval turbakaevandusalal	25
2.4. Päideroo biomassi energiabilansi arvestamise põhimõtted ja saagi energiasisaldus.....	27
3. ÜLEVAADE PÄIDEROOST KUI KÜTUSEST NING PÄIDEROOST ENERGIAT TOOTA VÕIMALDAVATEST TEHNOLOOGIATEST.....	30
3.1. Rohtse biomassi kasutamine biokütusena	30
3.2. Päideroo biomassi kasutamine energiaheinana põletamiseks	34
3.2.1. Energiaheina kvaliteeti iseloomustavad näitajad.....	34
3.2.2. Energiaheina otsepõletamine, granuleerimine ja briketeerimine.....	36
3.3. Biomassist integreeritud biogaasi ja tahke kütuse tootmine.....	37
3.4. Päideroo biomassi kasutamine toorainena biogaasi tootmiseks	38
3.5. Eesti kogemused põhu kasutamisel katlamajades	39
4. PÄIDEROO KASVATAMISE KULUDE ARVESTAMINE	42
4.1. Energiakultuuride kasvatamise kulude arvestamine.....	42
4.1.1. Päideroo kasvatamise kulude jaotamine.....	44
4.1.2. Tootmiskulud päideroo kasvatamisel energiaheinana	45
4.1.3. Tootmiskulud päideroo kasvatamisel toormena biogaasi tootmiseks	46
4.1.4. Tootmiskulude võrdlus sõltuvalt päideroo biomassi kasutamise otstarbest	47
4.1.5. Energiakultuuride tootmiskulude võrdlus	48
4.2. Rohtsest biomassist toodetud biokütuse kulude kalkuleerimine tootmisahelas	49
4.2.1. Kulude arvestamise põhimõtted	49

4.2.2. Biokütuse omahinna arvestamine briketeerimise näitel	56
5. PÄIDEROO KASVATAMISE TULUDE ARVESTAMINE.....	66
5.1. Arvestuslike müügitulude võrdlus 2007. aasta hinnatasemetel.....	67
5.2. Päideroo kattetulu arvestused	68
5.2.1. Kattetulu võrdlus 2007. aasta hinnatasemetel	68
5.2.2. Kattetulu võrdlus 2010. aasta hinnatasemetel	70
5.3. Bioenergia tootmisega seotud toetused	76
5.3.1. „Bioenergia tootmise investeeringutoetus“ rakendamine.....	76
5.3.2. Energiakultuuride toetus.....	80
6. PROJEKTI RAAMES LÄBIVIIDUD KÜSITLUSTE ANALÜÜS	83
6.1. Vallavalitsuste majandusspetsialistide küsitlus 2007. aastal	83
6.2. Küsitlus bioenergia tootmise ja kasutamise võimaluste ja takistuse kohta Eestis.....	84
6.2.1. Uurimistöös läbiviidud ekspertküsitluse eesmärk, valim ja metoodika	84
6.2.2. Ekspertküsitlusele vastanute hinnang bioenergia valdkonna arengusuundadele.....	86
7. UURIMISTÖÖ TULEMUSTE ESITAMINE SIHTGRUPPIDELE	102
7.1. Veebipõhine abivahend põllumeestele- energiakultuuride kalkulaator.....	102
7.2. Ettekanded.....	109
7.3. Projekti raames ilmunud ning teemaga seotud publikatsioonid	110
KOKKUVÕTE.....	111
LISAD	118
Lisa 1. Vallavalitsuste majandusspetsialistide küsitlus 2007. aastal	119
Lisa 2. Küsitlus „Bioenergia tootmise võimaluste ja takistused Eestis“	123
Lisa 3. Päideroog energiaheinana materjalikulud 2007. aasta hinnatasemetel.....	129
Lisa 4. Päideroog energiaheinana masinkulud 2007. ja 2008. aastal	130
Lisa 5. Päideroog toorainena biogaasi tootmiseks materjalikulud	131
Lisa 6. Päideroog toorainena biogaasi tootmiseks masinkulud	132
Lisa 7. Energiakultuuride kattetulu 2007. aasta hinnatasemetel	133
Lisa 8. Biomassi tootmiskulud 2010-2011 hinnatasemel.....	134
Lisa 9. Briketeerimissüsteemi Weima C 150 põhivara kulum	135
Lisa 10. Briketeerimissüsteemi Weima C 150 materjalikulu	136
Lisa 11. Biomassi töötlemiskulud	137
Lisa 12. Biokütuse (briketi) tootmisomahind.....	138

SISSEJUHATUS

Käesolev projekti aruanne on riikliku programmi “Põllumajanduslikud rakendusuringud ja arendustegevus aastatel 2004–2008” raames tellitud uuringu „Energiakultuuride (päideroo) kasvatamise ja kasutamise majanduslik hinnang Eestis” lõpparuanne.

Biokütuste kasutus on Eestis praegu veel madal, kuid huvi selle kasutuse vastu on pidevalt kasvav. Eesti on välja töötanud „Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007-2013“ ning "Eesti taastuvenergia tegevuskava aastani 2020" ja selle rakendusplaani, mille eesmärk on vähendada Eesti sõltuvust imporditavatest energiaressurssidest ning laiendada biomassi kasutamist energia toorainena, mis ühtib energiamajanduse arengukava eesmärgiga tagada pidev energiavarustus energiaallikate mitmekesistamise ning ühtlasema jaotusega energiabilansis.

Bioenergia tootmise ja kasutamise arendamist Eestis võimaldavad nii looduslikud ressursid kui ka potentsiaal bioenergia tootmiseks, toimiv põlevkivienergeetika infrastruktuur ning olemasolevad-, ehitatavad- ja uued kavandatavad koostootmisjaamad, mis on seotud elektri- ja soojusturuga. Kuid sellegipoolest on bioenergia kasutamise osakaal ning valdkonnaalane teadlikkus Eestis suhteliselt madal.

Uurimistöö eesmärgiks on anda majanduslik hinnang energiakultuuride kasvatamisele ning pakkuda väikese ja keskmise suurusega ettevõtjatele uusi tegevusi. Energeetiliste kultuuride kasvatamise eelis on eeskätt selles, et vähendatakse oluliselt fossiilsete kütuste kasutamisest tulenevat negatiivset efekti keskkonnale. Soome ja Rootsi energiakultuuride kasvatamise kogemuste põhjal võeti analüüsi aluseks päideroog, mis on Põhja-Euroopa oludes sobivaim energiaheinaliik. Heintaimede loomasöödaks kasvatamise kogemusi, teadmisi, praktilisi oskusi ja olemasolevat põllumajandustehnikat saab kasutada ka energiakultuuride viljelemisel.

1. ENERGIAKULTUURIDE KASVATAMISE POTENTIAAL PÕLLUMAJANDUSES

1.1. Energiakultuuride kasvatamiseks vaba maaressursi olemasolu

Eestis on viimastel aastakümnetel oluliselt vähenenud maakasutus, mille taaskasutusele võtu üheks võimaluseks oleks energiakultuuride kasvatamine, lähtudes eelkõige sobivatest mullatingimustest (Suuster, 2008). Energiakultuure saab kasvatada eelkõige nendel põllu- ja rohumaadel, mida toidu tootmiseks vajalike kultuuride kasvatamiseks ei kasutata.

Energiakultuuride kasvatamiseks sobiva maana määratletakse:

- põllumajanduslikust kasutusest väljas olev maa (inglise k. *set-aside lands*),
- madala produktiivsusega maa (*low productivity agricultural land*),
- jäätmaa (*no productive land*),
- põllumajandusmaa (*agricultural land*),
- metsa-ala (*forest area*). (Hoogwijk *et al*, 2004)

Bioenergia tootmine on seotud põllukultuuride (toidu- ja söödakultuurid) tarbimise kasvuga ning tõenäoliselt on see mõjutanud ehk suurendanud põllumajandussaaduste hinda. Üldiselt on põllumajandussaaduste pakkumine olnud üsna stabiilne piiratud haritava maa kättesaadavuse tõttu, seda eriti arenenud riikides ning kui pakkumine ei suurene nõudlusega samas mastaabis, tekib olukord, kus ei ole tasakaalu ning see põhjustab põllumajandussaaduste hindade tõusu maailmaturul. Maakasutusega seotud konfliktid võetakse kokku 4 F-na (Land Competition 4F) – toiduained (Food), söödad (Feed), mets (Forest) ja kütus (Fuel). Survet maa kasutamise osas saab vähendada tulevikus tänu tulevaste biokütuste põlvkondadele. Näiteks teise põlvkonna kütuse osas on võimalik suurendada puhastulu ühe maaühiku kohta, seega väheneb konkurents toidu ja energeetiliste kultuuride osas.

Energiakultuuride kasvatamiseks olemasoleva maaressursi hindamiseks teostasid Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi teadurid 2007. aastal uuringu, mille andmetel oli 2007. aasta seisuga Põllumajanduse registrite ja Informatsiooni Ameti (PRIA)

põllumassiivide registris 1,13 miljonit hektarit põllumajandusmaad ning ühtse pindalatoetuse taotlusi oli esitatud ca 840 tuhandele hektarile põllumajandusmaale. Toetusõiguslikel põllumassiividel on toetustaotlusteta ehk tinglikult kasutamata maad 286 tuhat ha, millest 123 tuhat ha moodustasid täielikult kasutamata massiivid (Maaressurss 2007, lk. 38-39). Haritavast maast oli 2007. aasta statistika järgi kasutusel 627 tuhat hektarit (Suuster, 2008).

Väljaspool PRIA andmetes kajastatud põllumajandusmaid oli 2007. aastal u 147 tuh hektarit. PRIA massiividest välja jäävate maade puhul on tegu aladega, mis pole enamike põllumajanduspoliitika meetmete suhtes toetusõiguslikud (Suuster, 2008). Selliselt määratletud kasutamata maa ressurss on suurim Tartu, Lääne-Viru, Harju ja Saare maakonnas (Tabel 1) (Maaressurss, 2007). Põllumaadest, mis jäid 1990-ndatel aastatel toimunud maa-, põllumajandus- jt reformide tõttu põllumajanduslikust tootmisest välja on osa juba võsastunud ning ei oma põllumaana praktilist väärtust.

Tabel 1. Potentsiaalne* maaressurss päideroo kasvatamiseks, tuh ha

Maakond	Mahajäetud turbaväljad	Põllumajandusmaa			Põhikaardi rohumaa
		PRIA register	sellest kasutamata	sellest 100% kasutamata	
Harju	0,1	80,4	26,5	11,4	18,5
Hiiu	0	20,3	8,3	5	1,1
Ida-Viru	1	43,2	15,9	7,4	5,6
Jõgeva	0,1	88	20,2	8,4	2,8
Järva	0,1	94,3	13,2	4,5	2,4
Lääne	0	54,8	14,7	7,5	9,6
Lääne-Viru	0,4	122,3	27,9	14	4,8
Põlva	0,1	62,6	14,9	4,1	4,6
Pärnu	0,7	94,2	17,7	5,8	10,9
Rapla	0,1	78,1	17,3	6,2	4,7
Saare	0,1	68,7	25	14,8	7,2
Tartu	0,1	103,2	30,3	12,8	4,2
Valga	0,1	53,9	14,3	5,8	5,1
Viljandi	0,1	94,1	17,6	5,7	7,8
Võru	0,1	68,7	22,5	9,6	3
Eesti	3	1126,7	286,4	123,2	92,4

Allikas:[Maaressurss]

- kaardikihtide ja andmebaaside põhjal eristatud maaressurss, millest ainult teatud osa tuleb konkurentsivõimeliseks bioenergia tootmiseks arvesse.

Energiakultuuride kasvatamiseks ja biomassi toodangu suurendamiseks on oluliseks reserviks ka hetkel toetustaotlustega kaetud, kuid äärmiselt ekstensiivselt majandatav põllumajandusmaa. Pindalatoetustaotluste 840 tuhandest hektarist moodustavad

hinnanguliselt ainult toetuse eesmärgil hooldatavad (niidetavad) rohumaad enam kui 110 tuhat hektarit. (Maaressurss, 2007).

Energiakultuuride kasvatamiseks potentsiaalse maaressursina arvestati 2007. aastal :

- toetustaotlusteta ehk tinglikult kasutamata põllumajandusmaad - 286 tuhat ha, millest 123 tuhat ha moodustavad täielikult kasutamata massiivid;
- PRIA põllumassiivide registrist välja jäävad põllumajandusmaad - 147 tuhat ha;
- toetuse eesmärgil hooldatav äärmiselt ekstensiivselt majandatav põllumajandusmaad - 110 tuhat ha.

Seega võib energiakultuuride kasvatamiseks sobiva maaressursi suuruseks olla hinnanguliselt ca 400 tuhat hektarit.

Biomassi kasvatamist piiravad Euroopa Liidu poolt kehtestatud piirangud. Üldise tõkendina on nõukogu määrus (nr 583/2004/EÜ) seadnud energeetiliste kultuuride, seda just põllumajanduslike kultuuride kasvatamisele, ette piirangu kohustades tagama maad, mis oli 1. mail 2004 püsikarjamaa, et see jääks ka edaspidi püsikarjamaaks. Põhjendatud juhtudel võib kehtestada erandi, tingimusel, et võetakse kasutusele meetmed oma püsikarjamaa all oleva kogupindala olulise vähenemise vältimiseks, kusjuures erandit ei rakendata energiavõsaistanduse rajamisel. [Biokütuste tootmise...2005]

Eestis on tuhandeid hektareid puisniite, rannaniite ja üleujutatavaid lammialasid (Soomaa, Matsalu Rahvuspark, Alam-Pedja looduskaitseala jt), kus toetatakse niitetöid. Tuhanded tonnid niidetavat biomassi jääb niitealade lähedusse igal aastal seisma. Lisaks saaks Eestis märgalade ratsionaalse hoolduse käigus kasutusele võtta pilliroovarud. Tallinna Tehnikaülikooli Soojustehnika Instituudi hinnangul oleks eelnimetatud maadelt võimalik varuda kuni 500 GWh biomassi aastas (primaarenergia sisalduse järgi). [Eesti taastuvenergia tegevuskava ...]

1.2. Biomassi ressurss

Biomassi ressursi potentsiaal on Eestis küllaltki suur. Lisaks olemasolevale ressurssidele võetakse kasutusele uusi ressursse nagu kasutusest väljas olevad maa-alad, võsa. Biomassist bioenergia tootmine rakenduspiirkonnas vähendab omakorda sõltuvust teisest piirkonnast. Bioenergia tootmise suurenemisel vähenevad oletatavasti tarbijate kulutused energiale, samuti väheneb fossiilsete kütuste tarbimine. Eelpool nimetatud aspektidest lähtuvalt suureneb

põllumeeste teadlikkus bioenergia valdkonnas, mis võib vähendada takistusi (eelarvamused, tavad) bioenergia tootmiseks.

Biomassi ressursse võib liigitada alljärgnevalt (Danciu *et al.*, 2009):

- puidutööstuse ja raiejäätmed;
- bioloogiliselt lagunevad tööstus- ja olmejäätmed;
- põllumajandustootmises tekkiv biomass ja energiakultuuridena kasvatatavad puittaimed ning rohtsed kultuurid.

Biomassi ressursi kättesaadavus on mõjutatud järgnevatest asjaoludest (Hoogwijk *et al.*, 2004):

- toiduainete tootmise ja tööstusele tooraine andmise vajadusest,
- söötade tootmise vajadusest,
- toiduainete tootmise süsteemist, mida saab tarvitusele võtta ülemaailmselt, arvestades seejuures vee ja toiduainete kättesaadavust,
- metsade ja energiakultuuride tootlikkusest,
- biomaterjalide (laialdasemast) kasutamisest,
- maakasutuse teistest konkureerivatest variantidest (nt looduhoid).

Biomassi ressursi kasutamist piiravad mitmesugused tegurid. Ressursikasutust mõjutavad ka keskkonnakaitselised piirangud, raiemaht, puidutöötlemise ettevõtete paiknemine ning nendes kasutatavad tehnoloogiad ning alternatiivsete kütuste hinnad.

Bioenergia tootmise ja kasutamise võib skemaatiliselt jagada kolme gruppi, mis koosneb bioenergia tootmiseks vaja mineva toorme jaotusest, biomassi toormest valmiva biokütuse liigitusest ning biokütuse lõpptarbimise liigitusest. (Joonis 1)

Bioenergia toormematerjalina nähakse tootmistegevusest tulenevat biomassi, loomset biomassi ning biolagunevaid jäätmeid. Bioenergia toormematerjalist valmistatakse bioenergia toode, kasutades selleks erinevaid tehnoloogilisi viise. Biokütused liigitatakse kolme rühma – vedel, gaasiline ning tahke biokütus. Vedelaid kütuseid toodetakse õli- ja suhkrurikastest energiakultuuridest, gaasilist biokütust erinevatest biolagunevatest ja tööstuse jäätmetest ning loomsest biomassist. Tahket biokütust toodetakse puidust ja puidujäätmetest. Biokütuste kasutamine oleneb selle lõppkasutamise otstarbest, mida on võimalik kasutada nii elektri ja sooja tootmiseks, elektri ja soojaenergia koostootmiseks ning transpordi kütuseks.

Bioenergia toormaterjal	Bioenergia toode	Lõppkasutamise tüüp
Tootmistegevusest tulenev biomass: - Energiakultuur - Põllumajanduse ja metsanduse jäätmed - Puit - Põhk Loomne biomass: - Sõnnik - Looma rasv Biolagunevad jäätmed: - Olmejäätmed - Reoveesete - Tööstuse orgaanilised jäätmed	Vedel biokütus: - Taimne õli - Etanool - Biodüüsel	Elekter
	Gaasiline biokütus: - Biogaas - Biometaan	Soojus
	Tahke biokütus: - Puitpellet - Puusüsi	Transport

Allikas: Scubert et al, 2010

Joonis 1. Bioenergia toorme, toote ja lõpptarbimise liigitus

Põllumajandustootmisest tulenev biomass bioenergia tootmiseks on põhk; teravili, sõnnik, rohumaadelt ja looduslikelt taimekooslustelt koristatav biomass. Spetsiaalselt transpordikütuse, soojus- ja elektrienergia tootmise eesmärgil kasvatatavaid kultuure nimetatakse energiakultuurideks. Energiakultuuridena kasvatatakse peamiselt järgmisi kultuure [Biokütuste...2005]:

- õlikultuurid (raps, rüps, valge sinep, tuder);
- etanoolikultuurid (teravili, kartul, peet);
- biomassikultuurid-puittaimed (paju, hübriidhaab, paplid, lepad);
- biomassikultuurid-energiahein (päideroog, ida-kitsehernes ehk galeega, roog-aruhein, liblikõielised vahekultuurid, kiukanep, teravili).

Biomassist energia saamisel on väga palju tehnoloogilisi võimalusi, mida võib olenevalt biomassi tüübist grupeerida järgmiselt [Biomassi tehnoloogiauringud ... 2008]:

- õlitaimedest (raps, päevalill jne) toodetakse (töödeldakse mehhaaniliselt) taimeõli (bioõli), millest toodetakse biodiiselkütust, produktiks on eelkõige transpordi jaoks vedelate biokütuste tootmine;
- suhkrurikastest põllukultuuridest (suhkrupeet, suhkruroog jne) toodetakse (töödeldakse bioloogiliselt) bioetanooli, st vedelate biokütuste tootmiseks;

- tahkest biomassist (puit, õled, turvas jne) toodetakse (töödeldakse termiliselt) energiat. Pärast hüdrolüüsimist (vedeldamist) on sellest toorainest võimalik saada bioetanooli;
- märjast biomassist (orgaanilised jäätmed, läga, kanalisatsiooni settemuda jne) toodetakse (töödeldakse termiliselt) biogaasi, mida kasutatakse nii sooja kui ka elektri tootmiseks, samuti transpordikütusena.

1.3. Bioenergia tootmisega kaasnev mõju tööhõivele

Bioenergial on selge positiivne mõju sotsiaalsele ühtekuuluvusele ja tööhõivevõimalustele, eriti seoses väikeste ja keskmise suurusega ettevõtetega ning sõltumatute energiatootjatega. [Euroopa Majandus...2008, C77/43]

Bioenergia valdkonna arenguks on väga oluline kujundada vajalikke kompetentse, sealhulgas arendada antud valdkonna tööturul vajalikke teadmisi, oskusi ja hoiakuid. (Roheline... 2010) Bioenergia valdkonnast kui ka üldistest arengusuundadest tulenevad tendentsid viitavad kahele peamisele asjaolule tööjõuturul ja selle vajadustes:

- suureneb nõudlus oskustööjõu järele ja väheneb vähekvalifitseeritud töötajatega täidetavate töökohtade arv;
- suureneb vajadus tööjõu paindlikkuse ja mobiilsuse järele. (Roheline... 2010)

Roheliste ametikohtade teema on aktuaalne ning sellest räägitakse palju, kuid kirjutatakse vähe nende spetsiifikast, mille põhjuseks võib pidada asjaolu, et rohelistumise käsitlemisel on seni keskendunud enim kliimamuutustele ja keskkonnale ning vähem on uuritud sotsiaalset mõju. Rohelist töökohta võib defineerida UNEP'i (*United Nations Environment Programme*) määratlusest tulenevalt järgmiselt, et roheline töökoht on see töökoht, mis panustab keskkonna kvaliteedi hoidmisele või parendamisele ning aitab vältida kahju tekkimist ökosüsteemile. (Green... 2008)

Tihti defineeritakse rohelist ametit kui tööd põllumajanduse, tootmise, innovatsiooni, arenduse, halduse ja teeninduse valdkonnas, mille käigus panustatakse elukeskkonna kvaliteedi hoidmisse (Green... 2008). Roheliste töökohtade loomise üks mõte on saavutada energia kokkuhoid, tarbimise ja kasvuhoonegaaside emissiooni vähenemine, reostamise ja

ressursside ebaefektiivse kasutamise minimeerimine ning ökosüsteemide ja nende mitmekesisuse kaitsmine. (Roheline... 2010)

Bioenergia valdkonna laienemine võib töökohtadele mõju avaldada mitmel moel. Tekivad uued ametikohad seoses reostuse kontrolli seadmete ja energiamõõteriistadega ning ökoloogilise jalajälje mõõtmisega. Ametid asenduvad teiste ametitega näiteks üleminekul fossiilkütuselt taastuvenergiale või maanteeveokite tootmiselt raudteetranspordivahendite tootmisele muutub ametite sisu. Mõned ametid kaovad näiteks keskkonnale mittesõbralike pakkematerjalide tootmise keelustamisel. Olemasolevad ametid teisenevad ja töö uueneb vajaminevate oskuste ning töömeetodite rohelistumise tõttu. (Green..., 2008) (Tabel 2)

Tabel 2. Bioenergia tootmise ja kasutamise mõju tööhõivele

Mõju tüüp tööhõivele	Mõju mõõtmine tööhõivele
Positiivne mõju tööhõivele	Bioenergiaga seotud poliitika ja äripraktikad võivad kaasa tuua nii uute töökohtade loomise kui ka aidata kaasa olemasolevate säilimisele
Negatiivne mõju tööhõivele	Keskkonnavalused regulatsioonid võivad teoreetiliselt põhjustada negatiivseid tagajärgi töökohtadele, mille ajenditeks on kulude kasv, nõudluse vähenemine või ettevõtte konkurentsivõime vähenemine, kuid selline lõpptulemus on praktikas osutunud äärmiselt haruldaseks.
Uute töökohtade loomine	Rohelisi töökohti luuakse juurde osalt tehnoloogia arengu ja uute tööstusharude tekkimisega (tuulegeneraatorid, biokütused)
Töökohtade säilitamine	Olemasolevate ettevõtete üleminekul bioenergiale võivad töökohad muunduda ja seeläbi säilida (töömeetodite muutuse ja ümberõppe tõttu), mis muidu oleksid võinud tõenäoliselt kaduda.
Otsene mõju tööhõivele	Otsene töökohtade loomine on tingitud suurenenud nõudlusest ja toodangu kasvust keskkonnavaluste investeringute tõttu
Kaudsed mõjud tööhõivele	Kaudsed mõjud tööhõivele ilmnevad toetatavates tegevusharudes. Kaudsed mõjud töökohtadele eksisteerivad sel juhul, kui sissetulek kulutatakse uute tegevusharude nõudluse suurendamiseks
Ajutised töökohad	Ehitus- ja paigaldustöökohad (tuulegeneraatorite puhul) on üldjuhul ajutised, kuna neid ametikohti toetatakse valdavalt selleks mõeldud poliitika või programmi kaudu
Pikaajalised töökohad	Tootmise ja hooldamisega seotud ametikohti peetakse üldjuhul oma olemuselt pikemaajalisteks.
Osalise ja täiskoormusega töökoht	Osalise koormusega töökohad, kus ühel täiskoormusega kohal töötab mitu inimest

Allikas: (Green... 2008)

Bioenergia tootmise ja kasutamisega kaasnevad mõjutegurid tööhõivele, mis võivad erineda nii ettevõtte, piirkonna kui ka riigi tasandil.

1.4. Kasvatamiseks sobiva energiakultuuri valiku kriteeriumid

Eestis tuleks valida bioenergia tootmiseks välja eelkõige need energiakultuuride liigid ning sordid, mille kasvatamisest saadav biomass on meie ilmastiku- ja mullatingimustes

maksimaalne. Samas tuleks arvestada kultuuride valikul nende võimalikku mõju keskkonnale (Biomassi ja... 2007).

Õnnestunud energiakultuuri valikuks peavad olema täidetud järgnevad tingimused:

- a) sobivus kliima- ning mullatingimustele;
- b) kergesti kohandatavus põllumajandustootmisega;
- c) ühtlased ja jätkuvad saagitasemed koguse ja kvaliteedi suhtes;
- d) konkurentsivõimeline sissetulek võrreldes traditsiooniliste põllukultuuridega;
- e) positiivne energiabilanss (väljund (energeetiline väärtus)/sisend (energeetiline kulu) suhtarvu) ja eriti väljundina käsitletud puhastulu (väljund/sisend) suhtarvu suhtes;
- f) kasvatamise tehnilised võtted kooskõlas jätkusuutliku põllumajanduse kontseptsiooniga;
- g) resistentsus biotilistele ja abiotilistele ebaõnnestumistele;
- h) geneetiliste ressursside (seemnete ja risoomide) kättesaadavus ning sobivus;
- i) õige masintehnika (eeskätt koristamisega seotud tööoperatsioonide masintehnika) olemasolu, mis sobiks kultuurile või on kasutatav kerge kohandamisega. (Venturi, 2003)

Kui tingimused on energiakultuuride kasvatamiseks soodsad, vajavad vastamist kaks põllumajanduslikku küsimust: sobivaima liigi/sordi ning parima võimaliku tehnika valik. Liigi valikul tuleks eelistada mitme-aastaste kultuuride kasvatamist põllumajanduslikust kasutusest väljas olevatel aladel ning neid liike, mida saab kaasata juba toimivasse põllumajandusliku tootmise ringlusesse. Esimesse gruppi kuuluvad peamiselt puitkultuurid, teise grupi moodustavad rohtsed energiakultuurid. (Venturi, 2003)

Konkreetselt energiakultuuri valik sõltub nii sobilikkusest kasvukohale kui ka kultuuri kasutusotstarbest. **Kuigi põhimõtteliselt on võimalik energiat nii soojuseks, elektriks kui transpordiks toota igasugusest biomassist, mõjutab toodetava produkti omahinna erinevus oluliselt kultuuri valikut.** Paljude energiakultuuride puhul ei erine kasvatamistehnoloogiad oluliselt sama liigi nn. tavapärasest tootmisest põllumajanduses. Suurim erinevus on siinjuures tavaliselt sordivalikul, näiteks bioetanooli tootmiseks sobivad kõrge tärglisesisaldusega teraviljasordid vastupidiselt toiduainetetööstusele, kus eelistatakse terade kõrget valgusisaldust. Nõudluse puudusel on Eestis seni energiakultuuride sordiaretus ning uurimistöö tegemata.

Teiseks erinevuseks sõltuvalt energiakultuurist ning selle kasutusotstarbest võib olla soovitatav väetamisskeem (liigne lämmastikukogus kõrtes ei mõju hästi põletuskatlale) või koristusaeg. Biogaasi tootmiseks vajalik biomass koristatakse suvel või mitu korda kasvuperioodi jooksul, kui taimede veesisaldus on kõrge. Põletamiseks kogutakse biomassi varakevadel.

Kolmandaks erinevuseks on see, et rohttaimede kasvatamise puhul biogaasi tootmiseks on minimaalsed või puuduvad sootuks vajadused umbrohu- ja kahjuritõrjeks. (Biomassi ja..., 2007).

Energiakultuurid nagu kõik teisedki põllukultuurid on maksimaalselt saagikad piisava vee ning toitainete kättesaadavuse korral. Energiakultuuride väetamisel on erinevalt toidu- ning söödakultuuridest sobilik kasutada lisatoitainete allikana reovett või reoveepuhastite jääkmuda juhul, kui nende raskemetallide sisaldus on kontrollitud. Selline võimalus aitab kindlasti tõsta energiakultuuride majanduslikku tasuvust, kuna üha kallinevate mineraalväetiste kasutuskulud on võimalik asendada reoainete utiliseerimisest saadava lisatuluga. (Biomassi ja... 2007)

1.5. Ühe- ja mitme-aastased energiakultuurid

Kaasajal on enamuse müügi eesmärgil kasvatatud energiakultuuride puhul tegemist üheaastaste toidukultuuridega. Need on traditsioonilised toidukultuurid, mille kasvatamisel on põllumeestel olemas eelnevad kogemused. Suhkru- ja tärgliserikkaid kultuure on kasvatatud etanooli tootmise ning rapsiseemneid biodiisli tootmise eesmärgil. Siiani on Euroopas vähe kogemusi mitme-aastaste energiakultuuride kasvatamiseks müügi eesmärgil. Olenemata sellest arvatakse, et tulevikus on suurimaks potentsiaaliks biomassi tootmises mitme-aastased energiakultuurid (Biomassi ja... 2007).

Mitme-aastastel energiakultuuridel on mitmeid eeliseid üheaastaste energiakultuuride ees (Montia *et al*, 2007; Jasinskas *et al*, 2008; Ericsson 2006):

- suurem biomassi toodangumaht (kõrgem saak kuivaines);
- väiksem tööjõu ja -aja vajadus (nt maaharimist vajavad vaid esimesel aastal);
- vähendavad mulla degradatsiooni;
- kulutused materiaalsele sisenditele väiksemad;
- suurem positiivne energiabilanss;
- väiksem mõju keskkonnale.

Mitme-aastaste rohtsete energiakultuuride kasvatamine omab omakorda eeliseid kiirekasvuliste puitkultuuride kasvatamise ees, kuna rohtset biomassi saab energia tootmise toorainena kasutada juba külvamisele järgneval või ülejärmisel aastal. Mitme-aastased energiakultuurid on võrreldes ühe-aastaste energiakultuuridega mullaviljakusele vähem nõudlikud, veelgi enam, nad annavad saaki uuesti külvamiseta 7-10 aastat ja lisaks kaitsevad mulda erosiooni eest ning säilitavad mullaviljakuse. Rohtsete energiakultuuride kasvatamisel saab kasutada teravilja kasvatamisega samu põllutöömasinaid nii külvamisel, hooldustöödel kui saagi koristamisel. (Jasinskas *et al*, 2008)

Kokkuvõttes on mitme-aastaste energiakultuuride kasvatamine eelistatum tänu nende kõrgemale biomassi toodangule, paremale energiabilansile ja väiksemale keskkonnamõjule. Sellele vaatamata on need aga põllumehe jaoks uued kultuurid eriti energiapaju ning nende kasvatamine võib tuua kaasa suured muudatused ettevõtte tasemel nii töökorralduses kui masinates (Ericsson 2006).

2. PÄIDEROO KASVATAMISE PERSPEKTIIV ENERGIAKULTUURINA

Eesti kliimaatilistes tingimustes energiaheina ja biogaasi tootmiseks potentsiaali omavate heintaimede majanduslikuks iseloomustuseks kasutatakse kasutusaastate saagitaseme analüüsimisel võrdlusandmetena Rõhu katseandmeid (teostaja Eesti Maaülikool põllumajandus- ja keskkonnainstituut) ning Lavassaare ammenduväl turbatootmisala katseandmeid (teostaja Jõgeva SAI). Eestis kogemused rohhtaimede kasvatamiseks energia tootmise eesmärgil puuduvad, kuid Soomes peetakse päideroogu tänu kultuuri kõrgele kuivainesaagile põllul kasvatatavatest energiataimedest kõige perspektiivikamaks. Kuna Eestis energiakultuurina kasvatatava päideroo katseandmed on ebapiisavad (esimesed sel eesmärgil rajatud katse- ja tootmispõllud on alles 2-3-aastased), antakse hinnang eelkõige Soome ja Rootsi katseandmetele tuginedes.

Energia tootmise eesmärgil saab kasutada päideroo biomassi tahke ja gaasilise biokütuse toormena soojuse ja elektri tootmiseks. Tahke biomassin kasutatakse kevadel või suvel koristatud päideroogu energiaheinana põletamiseks. Gaasilise biokütuse toormeks on päideroo kaheniitelisel koristusel saadav haljasmass. Tehnoloogiliselt on energiaheina ja haljasmassi tootmine erinev.

2.1. Energiakultuurina kasvatatava päideroo sobivad kasvutingimused ja sordid

2.1.1. Sobivad kasvutingimused

Päideroog (*Phalaris arundinacea* L.) on mitmeaastane heintaim, mis looduslikult kasvab mere, järvede, ojade kallastel ja teepeenarde ääres. Eestis on päideroogu kasvatatud silokultuurina loomasöödaks. Sort Pedja on Eesti sordilehel alates 1984. aastast. Kasvatamise alaseid teadmisi, praktilisi oskusi ja juba olemasolevat põllumajandustehnikat saab kasutada ka päideroo viljelemisel energiakultuurina.

Päideroog on väga laia ökoloogilise amplituudiga taim, mis suudab kasvada laias mullatingimuste, temperatuuri ning sademetehulga piirides. See võib kasvada kõrgusvahemikus 0–1100 meetrini merepinnast ja taluda aprillist oktoobrini temperatuure vahemikus 1–39°C, sademeid 300–2600 mm ning kasvada mullal, mille pH on 4.5–8.2

(Noormets, 2007). Kuigi päideoog on põuakindel, tuleks suuremate saakide saamiseks eelistada paras- ja liigniiskeid muldi sügavalt kuivadele ja põuakartlikele. Päideroog ei talu kõrget seisvat põhjavett ega huumusevaest happelist mulda. Jäätumisele ja külmale on ta vastupidav. (Bender, 2006)

Päideroole sobivad hästilagundunud turvasmullad, eriti huumuselised, kobedad, toitaineterikka liikuva põhjaveega mineraal- ja üleujutatavad lammimullad, kus on ta püsiv ja suure saagivõimega. Soodsates tingimustes tõrjub päideroog aastatega kõik teised liigid, ka umbrohud välja ja muutub rohukamaras valitsevaks. Liiga madal ja sage niitmine vähendab järgnevaid saake ning taimede püsivust. (Bender, 2006).

EMÜ Eerika katsejaamas gleistunud pseudoleetunud mullal (huumusesisaldus 3.0...3.7%, pHKCI 6.0...6.2) läbiviidud katse näitas, et päideroog võib püsida taimikus 13 (katse kestus) ja enam aastat. (Noormets, 2007)

Seemnekasvatuseks sobivad soodsa niiskusrežiimiga saviliivmullad, rahuldavad on ka raskemad liivsavi- ja hästilagundunud turvasmullad. Külvatakse peamiselt laiareavahelises (külvisenorm 7-9 kg/ha), harvemini kitsarealises külvis (12-15 kg/ha). Seemnepõldu võib rajada juuni esimese poole lõpuni. Külvi järel areneb päideroog võrdlemisi pikaldaselt. Kasutusaastatel algab kasv vara ja kulgeb kiiresti. Öitsema hakkab juuni teisel poolel. Seeme valmib alates juuli teisest dekaadist kuni kuu lõpuni, valmib ebaühtlaselt ja variseb kergesti. Seemnepõllu taimiku seisukindlus on keskmine kuni hea, kasutuskestvus 4-6 aastat, seemnesaak 200-300 kg/ha. (Bender, 2006)

2.1.2. Päideroo sordid

Rootsis on tegeldud päideroo sordiaretusega energeetiliseks ka kiukultuuriks alates 1989. aastast. Üks uus sort „Bamse“ on juba tunnustatud, mitmed teisedki varieteetid on näidanud häid tulemusi. Soomes alustati aretustööga 1994. a.. Häid tulemusi on andnud sordid „Palaton“ ja „Venture“, Lääne-Soomes ka „Lara“ ja „Vantage“. (Heinsoo, Jürgens 2005)

Tabel 3. Sorddiagrotehnika nõuded päideroo importsordil „Palaton“ ja Eesti sordil „Pedja“

Importsort „Palaton“	Eesti sort „Pedja“
Hea söömuse, kõrge suhkrusisaldus, hea seeduvus, kõrge saagipotentsiaal	Kultuuriniidul kahe- või kolmeniiteliseks kasutamiseks, heina ja silo valmistamiseks
Keskmiselt kiire ädalakasv, kõrge saak (8...12t/ha)	Ädalasaak on keskmine kuni suur, kuid liiga madal ja sage niitmine vähendab järgnevaid saake ning taimede püsivust
Kaasliigid: aas-rebasesaba, põldtimut, harilik	

aruhein, aasurmikas, ohtetu luste	
Väga talvekindel, talub liigniiskust, põuda, jäätumist	Põua-, talve-, külma-, jäätumis- ja üleujutuskindel
Haigusekindel	Haigustele vastupidav
Parasniisked, niisked või märjad liikuvad põhjaveega kasvukohad. Moodustab tugeva rohukamara, levib pikkade juurevõsundite - risoomide abil. Ei kasva mättasse.	Hästilagundunud turvasmullad, huumuserikkad, kobedad, toitainerikka liikuva põhjaveega mineraal- ja üleujutatavad lammimullad
Puhaskülvis 10-12 kg/ha, segus teiste liikidega 5-7 kg/ha	Külvisenorm: puhaskülvis 15, segukülvis 5-12 kg/ha
Kestus: Rajamisaastal taimede läbilöövus nõrk	Kestvus vähemalt 8a

Allikas: (Sepajõe, T., Older grupp)

Eesti sort „Pedja“ on varavalmiv sort, selle sordi kõrgekasvuline (niidul kuni 1,3 m, seemnepõllul kuni 2,0 m) keskmiselt kuni tugevasti võrsunud püstine puhmas omab rohkesti pikki (10-35 cm) ja laiui (0,8-1,8 cm) lehti. Pikkade ja tugevate maa-aluste võsundite ning tugeva juurestikuga taim on kevadel väga hea, suvel hea põuakindlusega. Jõgeva põhivõrdluskatsetes oli keskmine haljasmassisaak lammimuldadel kaheniitelisel kasutamisel 41,8 t/ha (maksimaalne 54,8), heinasaak 9,3 KA t/ha (maksimaalne 15,4) ja suurim seemnesaak 410 kg/ha. (Bender, 2006)

Ideaalne päideroo sort, mida kasutada energia saamiseks, on pika tugeva kõrrega ning sellel on vähe lehti. Tähtis on ka kõrge KA saak ning selle madal mineraalainete (Si, K, Cl) sisaldus.. Välismaistest sortidest, mis on aretatud samuti loomasööda tootmiseks andsid Soome tingimustes häid saake 'Vantage', 'Venture', 'Platon', 'Lara', 'Barphal 050', 'Chiefton'. Suurim kevadel koristatud saak oli nende sortide korral 11...14 t KA/ha (Pahkala. *et al*, 2005). Seejuures olid 'Barphal 050' ja 'Lara' saagikad just põhjapoolsetes katsejaamades.

Saagikust mõjutab seemnete kvaliteet. Päideroo kasvatamist energiaheinaks piirab hetkel päideroo seemne nappus. Oluliseks piiravaks faktoriks on ka energiaheinaks suhteliselt vähesobivate genotüüpide kasutamine.

2.2. Päideroo saagikus

Eesti kliimatilistes tingimustes energiaheina ja biogaasi tootmiseks potentsiaali omavate heintaimede agrobioloogiliseks ja majanduslikuks iseloomustuseks on Eestis korraldatud

rohkesti rohumaakatseid, kust on selgunud erinevate taimeliikide ja nende segude saagivõime ja kuivaine keemiline koostis.

Tabelis 4 on toodud pikaajaliste katsete (Older, 1985; Viiralt, 2006) andmetele tuginedes, päideroo keskmine saagitase ja kestus Eestis enam-vähem optimaalsete kasvutingimuste (väetamine, sobiv niiterezim) korral. Kirjanduse andmetel (Pahkala jt 2005) suureneb päideroopõllu saagikus oluliselt alates kolmandast aastast peale külvamist. (Heinsoo jt, 2009)

Tabel 4. Päideroo saagitase Eestis optimaalsete kasvutingimuste korral, t/ha

Taimeliik	N kg/ha	Optimaalne niidete arv	Kestus aastat (valdav)	Sobiv muld	KA saak t/ha valdavalt
Päideroog	200	2	>10	T; M	9 ... 10

2007. aastal külvatud päideroopõldude saagi ja kvaliteedi uuringute põhjal andis mineraalmuldadel kõige suuremat saaki sort 'Venture' (12,8 tonni kuivmassi hektarilt), sordi 'Pedja' parim põld andis saaki 10,3 t/ha. Sügiseks oli päideroo biomass kõikidel uuritud põldudel suvega võrreldes kasvanud. Jätkuvalt oli suurim produktsioon mineraalmullal kasvanud sordil 'Venture' (16,8 t/ha). Kõikidel turbamullal kasvatatud päideroopõldudel oli biomass väiksem kui mineraalmullal asuvatel, sõltumata sellest, et esimesi oli väetatud (joonis 2). Turbamullal kasvanud 'Palatoni' ja 'Pedja' sortide keskmine saagikus omavahel oluliselt ei erinenud. Potentsiaalse saagikuse võrdlus mineraalmuldadel näitas, et suvest sügiseni muutus oluliselt nii sordi 'Palaton' kui ka sordi 'Venture' saagikus (kahe sordi seguga põllul oli muutus statistiliselt mitteoluline). (Heinsoo jt, 2009)

2.2.1. Päideroo potentsiaalne saak kultuuri kasvatamisel energiaheinana

Päideroo biomassi energiaheinana tootmisel võib saaki koristada kas ükskord aastas kasvuaastale järgneval kevadel (Pahkala, 2007), kasvuaasta suvel (Espenberg, 2009) või sügisel, kui päideroopõld annab küll suurimat saaki, kuid selle kasutamist põletamiseks võib takistada küttekoldeid kahjustavate elementide kõrge kontsentratsioon (Heinsoo jt, 2009).

Soomes ja Rootsis koristatakse energiaheina reeglina kevadel kohe pärast lumesulamist. Sealsete uurimistööde põhjal on kevadisel saagikoristusajal sügisega võrreldes rida eeliseid:

- Saagi kuivainesisaldus on kõrge ja saak ei vaja täiendavat kuivatamist

- taimi ei häirita kasvuperioodil, mistõttu nende juurestik on tugevam ning sinna koguneb rohkem süsivesikuid, mis aitavad taimel elada talve paremini üle ja alustada kevadel kasvu varem
- muld on aastaringselt taimedega kaetud, mistõttu väheneb erosioon väheneb taimiku umbrohtumus
- toitaineid viiakse põllult vähem minema, mistõttu väetise vajadus väheneb
- mineraalainete sisaldus saagis on väiksem ning saagi kvaliteet põletuseks seepärast parem
- väike tööjõukulu (umbes 5 inimpäeva /ha (Pahkala, 2007) Kevadise saagikoristuse puudused:
 - talvel tekib suur materjali kadu (50...60% KA)
 - kevadel puudub turul nõudlus kütte järele, mistõttu tuleb saak ladustada
 - koristus nõuab täpset ajastust. Maa peab olema kuiv kuid taimede kasv ei tohi olla alanud. Optimaalne koristusperiood kevadel on umbes 10...15 päeva . Sellel ajal püsib koristatava massi niiskusesisaldus vahemikus 10...15% (Pahkala,2007)

Kevadisel koristamisel on päideroo mineraalainete sisaldus väiksem ja põlemisomadused paremad. Kevadise koristuse puhul on eeliseks ka saagi madal niiskusesisaldus (alla 14%), mis võimaldab energiaheina kasutada kütusena täiendava kuivatamiseta. (Raave, 2008)

Kevadise koristamisega võib kaasneda aga hulk probleeme. Esimene neist on saagikadu, mis võib ulatuda kuni 60% bioloogilisest saagist. Probleemiks on samuti lühike koristusperiood ja selle kestuse sõltuvus ilmast, mis ei võimalda igal aastal kogu saaki kätte saada. (Raave 2008)

Eesti kliima on Soomega võrreldes soojem ja niiskem. Talved lõpevad sageli vihmaga ja kelts kaob põldudelt varakult, mistõttu võib saagi kättesaamine osutuda Soomega võrreldes veelgi problemaatilisemaks. (Raave 2008)

Senised tulemused näitavad, et Eestis on võimalik koristada energiaheina saaki ainult kasvuaasta suvel ning saagi koristamiseks tuleks rakendada analoogset koristustehnoloogiat, mis heina tootmisel söödaks. Suvised saagikoristuse puuduseks on suurem väetise vajadus kui kevadise saagi koristamise korral. Teatavasti liiguvad mineraalelemendid kasvuperioodi lõpus heintaimede maapealsetest osadest juurtesse (Landström *et al*, 1996; Pahkala, 2007) ja järgmisel kevadel kasutab taim neid uue saagi kasvamiseks. Suvised saagikoristuse korral eemaldatakse mineraalelemendid koos saagiga, mistõttu tuleb need väetisega kompenseerida. Suvised saagikoristuse korral tuleb teha veel lisakulutusi biomassi kuivatamiseks põllul, kuid

selle eeliseks kevadise saagikoristuse ees on oluliselt väiksemad saagikaod ning võimalus koristada septembris veel ädala saak, mida saab kasutada kas loomasöödaks või ka biogaasijaamades toorainena. (Espenberg, 2009)

Tabel 5. Rõhu katse saak esimese kasutusaasta sügisel (2008) ja sellele järgneval kevadel (2009)

Taimik	Väetusfoon	Saak, t/ha KA		Saagikadu, %
		Sügisel	Kevadel	
Päideroog	N ₀ P ₀ K ₀	5,1	5,0	2
	N ₀ P ₃₀ K ₆₀	6,2	7,6	-23
	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	6,7	6,5	3
	Reoveesete	7,9	7,4	6

Allikas:(Espenberg, 2009)

Sügisel varieerus Soomes saadud tulemuste põhjal päideroo saagikus kuuel kasutusaastal 3,3...6,4 t/ha KA. Kevadel tõusis päideroo saak Soome katsetes märgatavalt. Saagikus jäi vahemikku 6,4...7,7 t/ha KA (Pahkala, Pihala, 2000). Antud katses jäi päideroo saagikus erinevatel väetusfoonidel sügisel 5,1...7,9 t/ha KA ja kevadel 5,0...7,6 t/ha KA vahemikku. Järelikult sügisel kujunes antud katses saadav saak suuremaks kui Soomes, kuid kevadel madalamaks (Espenberg, 2009).

Saagikaod kevadisel koristamisel

Soomes toimunud katsed on näidanud, et energiaheina tootmisel on hulk probleeme. Esimene neist on suur saagikadu, mis võib ulatuda kuni 60% bioloogilisest saagist. Probleemiks on samuti lühike koristusperiood ja selle kestuse sõltuvus ilmast, mis ei võimalda igal aastal kogu saaki kätte saada. (Pahkala, 2005)

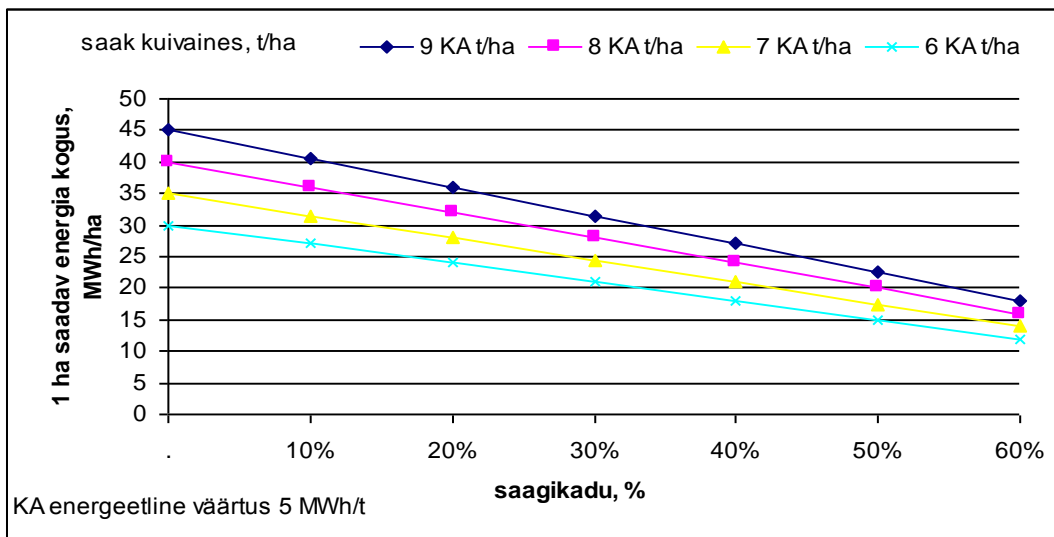
On küsitav, kas Eesti tingimustes langeb energiaheina niiskusesisaldus nii madalale, et seda saab ladustada ilma täiendava kuivatamiseta. Probleemiks võib meil saada ka saagi kõrge mineraalainete sisaldus. Selleks, et mineraalainete sisaldus maapealses biomassis väheneks, on vaja külma talve. Eestis on viimaste aastate talved olnud mõõdukalt jahedad, mistõttu võib siin jääda mineraalainete sisaldus taimedes Soome ja Rootsi võrreldes kõrgemaks. (Raave, 2008). Suurema biomassikoguse saamise huvides tuleks saaki varuda sügisel või siis täiustada koristustehnoloogiat. (Heinsoo jt, 2009)

Saagikoristus ja transport

Maa kuivendussüsteemid peavad olema korras, siis saab energiaheina õigeaegselt koristada. Koristus tuleb lõpetada siis, kui noor taimik on 10-15 cm kõrge, et ei halvendataks saagi kvaliteeti ega nõrgestataks noort taimikut. Kuiva (vaid 10-15% niiskusesisaldusega) ja hapra lamandunud päideroo taimiku kevadisel koristusel on kaod vältimatud. (Aavola, 2008)

Seepärast on koristustehnoloogia optimeerimine oluline. Katsetes on õnnestunud rootorniiduki ja vaaluti kasutamisel, ka niidukmuljuri ja pallimise korral koristuskadu vähendada 20-30%-ni. Ka liikurniiduki puhul ulatusid need 20%-ni. Rootorniiduk põhjustas väiksemaid kadusid kui niidukmuljur, kuid niidukaared tuleb koristuse kiirendamiseks ja kogumiskadude minimeerimiseks vaalutada. (Aavola, 2008)

Päideroo lahtiselt, hekslina koristamise tehnoloogia rakendamisel on saagikaod madalamad kui pallitehnoloogia puhul. Ruloonide sidumisel kasutatav võrk vähendab sidumisfaasiga kaasnevaid saagikadusid.



Allikas: MSI arvutused agrotehnoloogiliste kaartide põhjal

Joonis 2. Päideroo kasvupinna hektarilt saadav energia kogus tulenevalt saagikao osakaalust kogusaagis, MWh/ha

Eesti oludes võivad ulatuda saagikaod 50-60%-ni (Joonis 2). Seega, kui esimesel saagiaastal päideroo kuiva massi saak on 6,3 tonni hektari kohta, kujuneb koristuskadusid arvestades saagiks 3,0 tonni hektari kohta. Alates teisest saagiaastast on saak 9 t KA/ha, arvestades saagikadusid kujuneb saak 4-4,5 t KA/ha.

Eesti tingimustes võib energiaheina tootmine osutada väga riskantseks ettevõtmiseks. Kui Soomes kestab energiaheina koristamiseks sobiv periood 10-15 päeva, siis Eestis võib see olla

oluliselt lühem ja piirduda vaid mõne päevaga ja sedagi võib-olla mitte igal aastal. Energiaheina koristamiseks on vaja külmunud maapinda, mis kannaks raskeid koristusmasinaid, ja päikesepaistelist kuiva ilma, et niiskusesisaldus langeks saagis nõutava tasemeni. Juhul kui üks neist tingimustest on täitmata, ei ole põletamiseks sobiva saagi koristamine võimalik. 2008. aasta aprillikuus, kui päideroo maapealse biomassi niiskusesisaldus vastas energiaheina jaoks kehtestatud nõuetele, ei olnud maapind külmunud, mistõttu saagi koristamine raske koristustehnikaga oleks olnud küsitav. Kahtlust, et energiaheina tootmiseks sobivad hästi ainult Soome ja Rootsi põhjapoolsed piirkonnad, suurendab Norra kogemus, kus on samuti probleemiks madala niiskusesisaldusega energiaheina saamine. Sealsetes katsetes püsis energiaheina niiskusesisaldus üle 30% ning see vajab enne kütusena kasutamist täiendavat kuivatamist. (Raave, 2008)

2.2.2. Kultuuri saagikus päideroo kasvatamisel toormena biogaasi tootmiseks

Väetamisnormid

Päideroo rohukamara saak sõltub antavast lämmastiku normist. EMÜ Eerika katsejaamas läbiviidud katses saadud saagiandmete regressioonanalüüs näitas, et päideroo saak suurenes kolmeniitelise kasvatuse korral lämmastiku annuse kasvades kuni 305 kg. On ka andmeid, et maksimaalse KA saagi formeerumiseks peab N norm olema isegi 400 kg/ha. Samas näitasid kõik EMU Eerika katsejaamas toimunud põldkatsed, et KA saagi oluline juurdekasv toimub üksnes N normini 200 kg/ha. N- normi edasi kasvades KA saagi juurdekasv aeglustus, lämmastiku efektiivsus vähenes ja saagi omahind suurenes. Sarnaselt mineraalmullaga osutus keskmiselt lagunenu madal soo turvasmullal päideroole optimaalseks lämmastiku normiks 200 kg/ha, mille korral saadi kaheniitelisest variandist KA 8 t/ha ja kolmeniitelisest variandist 7 KA t/ha. (Noormets, 2007)

Päideroole on iseloomulik stabiilne saak, mis sõltub vähe vegetatsiooniperioodil valitsevast ilmastikust. Leetunud liivsavimullal toimunud pikaajalises katses, kus päideroogu väetati normiga N240 kg/ha, selgus, et tõenäosusega 90% (s.o. üheksal aastal kümnest), annab päideroog neis tingimustes 8 tonni kuiva heina hektarilt. Selle näitaja osas ületas päideroog enamikke teisi Eestis viljeldavaid heintaimi (Rand, 1981).

Eestis on aretatud päideroo sort 'Pedja'. Lisaks sellele on läbinud sordivõrdluskatsed ja võetud sordilehte veel USA firma Norfarm Seed Inc. sordid 'Venture' ja 'Palaton', mis Toris toimunud sordivõrdluskatsetes andsid 2 katseaasta keskmisena vastavalt 8,9 ja 9,15 t KA/ha.

Jõgeval sööda tootmise eesmärgil aretatud sort ‚Pedja‘ on kõrgekasvuline, varavalmiv sort, kahe ja kolmeniiteliseks kasutamiseks. Seemnepõldudel on taimede kõrgus ulatunud 2m. Mitmeniitelise kasutuse korral on see keskmiselt 1,3m. Selle keskmiselt kuni tugevasti võrsunud puhmik omab rohkesti pikki (10...35 cm) ja lai (0.8...1.8) lehti. Sort on kevadel väga hea ja suvel hea põuakindlusega, on talvekindel, talub hästi jäätumist, külma, pikaajalisi üleujutusi ning kevadisi ja sügisei öökülmi. Jõgeva SAI põhivõrdluskatsetes oli keskmine haljasmassisaak lammimuldadel kaheniitelisel kasutamisel 41,8 t/ha (maksimaalne 54,8) ja heinasaak 9,3t/ha (maksimaalne 15,4) (Annuk, Aavola, 2006). (Noormtes, Raave, 2007)

Haljasmassi koristamine

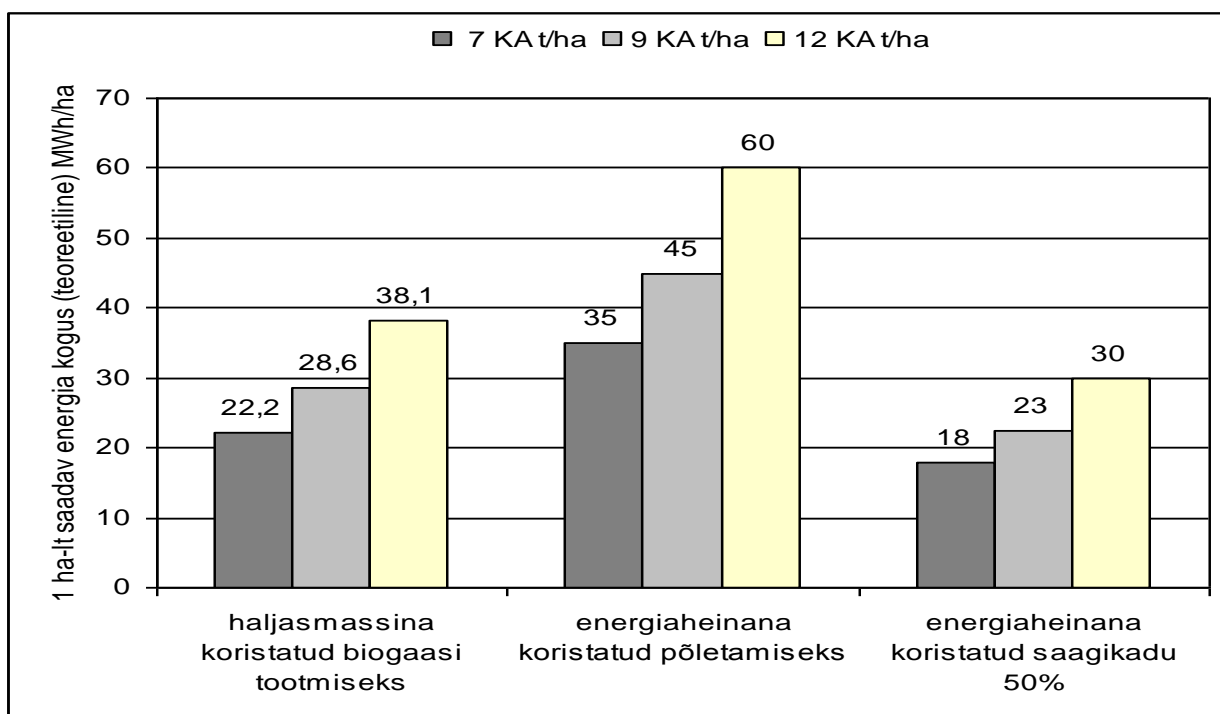
Päideroo konkurentsivõimet vähendab madal (< 12cm) ja ka sage (3 ja enam korda) niitmine. Selle tulemusena väheneb nii tema saagikus kui ka lüheneb püsivus taimikus. Madala niitekõrguse korral eemaldatakse kõrre alumistes osades olevad varutoitained, mis päiderool, kui juurmiste lehtede poolest vaesel liigil on olulised tema edasiseks kasvuks. Päideroole soovitatakse optimaalseks niitekõrguseks 4...5 tolli (10.16...12.70 cm). (Noormets, 2007)

Päideroo haljasmassi hektarisaak

Päideroo kasvatamisel toorainena biogaasi tootmiseks kasutatakse maapealset fütomassi. Taimiku kestuseks arvestatakse 10-15 aastat. Päideroo kasvatamisel toorainena biogaasi tootmiseks koristatakse saak saagiaastatel kaks korda aastas. Esimesel, rajamise aastal teostatakse üks niitmine septembri kolmandal dekaadil. Järgnevatel aastatel koristatakse päideroo saak kahel korral, esimene niitmine teostatakse juuniku kolmandal dekaadil, teine niitmine septembri kolmandal dekaadil. Viljeluse lõpetamise aastal teostatakse vaid esimene niitmine juuni kolmandal dekaadil.

Külviaasta on esimeseks saagiaastaks. Kuivaine sisaldus koristatavas massis on 20%. Külviaasta esimese niite saak on 19 tonni haljasmassi ehk 3,8 t KA/ha kohta. Alates teisest saagiaastast on haljasmassi saagiks 45 tonni ehk 9 t KA/ha kohta.

Saagiks arvestatakse 9-10 t KA/ha, sellest saadav metaani kogus on 2 860-3 182 m³/ha. Ühelt hektarilt saadav teoreetiline energia kogus on 28,6-31,8 MWh. Antud juhul ei ole arvesse võetud saagikadusid.



Allikas: MSI arvutused agrotehnoloogiliste kaartide põhjal

Joonis 3. Päideroo biomassi saagist saadav teoreetiline energia kogus ühelt hektarilt, MWh/ha

Heintaimedest biogaasi tootmise jaoks on vaja selgitada välja indikaatorid, mille alusel hinnata heintaimede optimaalset niiteaega. Biogaasi väljatulek biomassist on tihedasti seotud heintaimede arengufaasiga ning see väheneb taimiku vananedes.

Saksamaal heintaimedega läbiviidud katsete tulemused näitavad:

- Biogaasi väljatulek rohest sõltub valdavalt taimiku arengufaasist niite ajal. Hilisemates arengufaasides biogaasi väljatulek väheneb. Selle põhjuseks võib olla toorkiusisalduse tõus biomassis. Samas ei mõjuta taimede arengufaas biogaasi metaanisisaldust.
- Looduslikult rohumaalt koristatud biomassist saadav biogaasi saak on oluliselt väiksem kui biomassist, mis koristatakse varases arengufaasis intensiivselt viljeldavalt rohumaalt või siis saadakse maisist ja teraviljadest. Erinevus on kuni 1,6 korda. Seejuures oli metaani saak maisi biomassist 2,3...6,2 korda ja karjamaa raiheina ja lutserni biomassist 2,5 korda suurem kui looduslikult rohumaalt koristatud biomassist.
- Heintaimede liikide vahel on erinevus biogaasi väljatuleku osas väike ja energeetilise biomassi tootmise eesmärgil rajatava rohumaal seemnesegu koostamisel võib seda mitte arvestada. (Noormets, 2007)

2.3. Päideroo hektarisaak ammenduval turbakaevandusalal

Eestis võiks sarnaselt Soomele alustada päideroo kasvatamisega eeskätt jääsoodes. 2005. aasta turbavarude kasutamise seotud Riigikontrolli auditis märgitakse turbakaevandamisega rikutud alade mitterahuldavat seisukorda ning kohustatakse valitsust algamata jääsoode korrastamist. Eestis leiduvate jääsoode pindala ning nende seisundi täpsustamine on praegu käsil. Senise hinnangu kohaselt on neid 10 000- 15 000 ha. Ammendunud turbarabades peaks turvas olema kaevandatud nii, et alles on jäänud õhuke, ebahühtlane vähemalt 10 cm paksune turbalasund. Turbaraba kuivendussüsteemi võib energiaheina kasvatamiseks jätta endiseks, sest lubatud on lühiajalist üleujutust. Jääsoode kasutuselevõtt võimaldaks päideroo kasvatamiseks suurendada riigi taastuvenergia potentsiaali, korrastada inimtegevusega rikutud maastikke, vähendada keskkonna reostuskoormust (kasutades väetamiseks puhastusseadmete muda, sõnnikut või läga ning lupjamiseks turba-, puu- või põlevkivituhka), suurendada maapiirkondades tööhõivet ning võimaldada maaomanikele ja väikeettevõtjatele lisisissetulekut.

Soomes kaevandatakse turvast umbes 50 000 hektaril ja jääksoid tekib aastas 1000–2000 ha. Enamus neist sobivad hästi päideroo (*Phalaris arundinacea*) kasvatamiseks (Blending..., 2006) ning jääksoid ongi Soomes peamiseks päideroo kasvatusaladeks (Hytönen, 2005). Väetisearve päideroo kasvatamiseks jääkrabadel on väike, kusjuures väetamiseks sobivad tuhk, reoveepuhastite jääkmuda ja erinevad kompostid. (Paal jt, 2007)

2004. a kasvatati Soomes päideroogu 8700 hektaril ja saaki koristati 2000 hektaril (Heinimö, Alakangas, 2006). Just Soomes on päideroo tootmine viimasel kümnel aastal kasvanud. Kui 2008. aastal kasvatati Soomes päideroogu 20 000 hektaril, siis Rootsis vaid 1000 hektaril. Teistes Euroopa Liidu liikmesriikides on päideroo kasvatamine piirdunud vaid väikeste katsepolitude rajamisega.

Lavassaare katseväljak

AS Tootsi Turvas alustas 2006. aastal Lavassaares ammenduval turbakaevandusalal ettevalmistustööd päideroo kasvatamiseks. Päiderooga hakatakse kütma Lavassaare katlamaja, mis asub energiapolitudest kuni 10 km kaugusel. Korrastamisprojekt hõlmab 230 ha ammenduvat kaevandusala, millest enamik on ette nähtud energiaheina kasvatamiseks.

Energiaheina kasvatamise katsekava koostasid Jõgeva Sordiaretuse Instituudi (SI) teadurid Mati Koppel ja Rene Aavola. Võrdluskatsed tehakse kahe päideroo sordiga: Pedja ja Palaton, mõlemat kuues väetusvariandis.

Katsete eesmärgiks oli välja selgitada energiatootang pinnauhikult, tootmiseks sobivaim kultuur ja ökonoomseim väetamisskeem, aga samuti kuivendusevee reostuskoormus eesvoolule heintaimede erinevate väetisekomponentidega intensiivsel väetamisel.

Kevadel antavad orgaanilise ja mineraalväetise kogused hektari kohta

Väetusvariandid ja tööoperatsioonid hektari kohta

1. jääkmuda - 22-88-21 (jääkmuda 0,25-1,01-0,24; 35% k.a., 25 t) - sette vedu 30 km kauguselt, laotamine sõnnikulaotajaga, seemne külv kombikülvikuga, umbrohutõrje

2. vedelsõnnik 2007 jne - 101-21-77 (vedelsõnnik 2,24-0,47-1,70 kg/m³; 45 m³)- Vedelsõnniku ost, transport 4 km, laotamine virtsalaotajaga, seemne külv kombikülvikuga

3 – mineraalväetis - 0-21-80 (Kemira Power 0-12-24, 400 kg) 2008 jne - 63-14-44 (Kemira Power 18-9-15, 350 kg) - Mineraalväetise ja seemne külv kombikülvikuga

4 - jääkmuda ja mineraalväetis 2007 jne - 22-88-21 (jääkmuda 25 t) + 54-0-22 (Kemira Blend 27-0-13, 200 kg) – Sette vedu 30 km kauguselt, laotamine sõnnikulaotajaga, seemne ja mineraalväetise külv kombikülvikuga

5 - vedelsõnnik ja mineraalväetis 2007 jne - 101-21-77 (vedelsõnnik 45 m³) + 0-11-40 (Kemira Power 0-12-24, 200 kg) - Vedelsõnniku ost, transport 4 km, laotamine virtsalaotajaga, seemne ja mineraalväetise külv kombikülvikuga

6 – mineraalväetis 2007 - 16-32-133 (Viking Brand 4-18-40, 400 kg) 2008 jne - 63-14-44 (Kemira Power 18-9-15, 350 kg) - Mineraalväetise ja seemne külv kombikülvikuga (Jõgeva SI- 2007)

Esimese aasta (Jõgeva SAI analüüs) haljasmassitoodangu näitajad ei kajasta tegelikku energiatoodangut, kuid selgus siiski, et sõnnik ja eriti sõnnik koos mineraalväetisega andsid teiste väetusvariantidega võrreldes kõrgema saagise (Tabel 6), kusjuures märgatavalt suurem saak saadi katsetes Palatoniga, vastavalt 3,9 ja 4,4 t/ha kuivainena. Teiste väetisainete kasutamisel jäid saagid poole väiksemaks, kusjuures mõlemal kultuuril peaaegu ühesuuruseks. Suurima kõrguse saavutasid taimed katsetes Palatoniga – veidi üle 80 cm.(Saarmets, 2008)

Tabel 6. 2007. aasta juunis külvatud päideroo hektarisaak kuivaines Lavassaare katseväljakul 2008. aastal, t/ha

	Päideroo kuivaine, t/ha	
	8.VII.08	14.X.08
1 - reoveesete 44-177-42 (reoveesete 50 t)	1,43	6,01
2 - vedelsõnnik 153-15-45 [vedelsõnnik 3,4(om.1,5)-0,33-1 kg/m ³ ; 45 m ³]	5,78	8,15
3 - pool vedelsõnnikust 75-7-22 (vedelsõnnik 22 m ³)	2,9	5,9
4 - reoveesete ja mineraalväetis 22-88-21 (reoveesete 25 t) + 60-6-25 (Rossosh 24-6-12, 250 kg)	3,16	9,01

5 - pool vedelsõnnikust ja mineraalväetis 75-7-22 (vedelsõnnik 22 m ³) + 13-17-62 (Arvi 5-15-30, 250 kg)	7,4	5,92
6 - mineraalväetis 80-14-30 (Arvi 20-8-9, 400 kg)	4,89	7,76

Allikas: Jõgeva SAI

Päideroo kõrge produktioonipotentsiaal Eesti põldudel viitab võimalusele kasutada seda kultuuri bioenergiaallikana. Kõige kõrgemat saaki andis sort 'Ventura' mineraalmuldadel. Kuna taimede lämmastikusisaldus suve teisel poolel oluliselt väheneb, tuleb biogaasi tootmiseks päideroo põlde varakult koristada. Kõige suurema saagi saaks päideroo põllult sügisel, kuid selle kasutamist põletamiseks võib takistada küttekoldeid kahjustavate elementide kõrge kontsentratsioon. Kevadeks nende elementide sisaldus biomassis langeb ning teoreetiline biomassi saagikus pole sügisest oluliselt väiksem. Samas, päideroo kevadist saagikust võivad vähendada kaod biomassi koristamisel või ilmastikuolud, mis ei võimalda masinatel põllule minna.

2.4. Päideroo biomassi energiabilansi arvestamise põhimõtted ja saagi energiasisaldus

Leedus läbiviidud mitme-aastaste rohtsete kultuuride kasvatamise ja kasutamise uuringu raames anti hinnang rohtsete kultuuride kasvatamise energiakulule. Rohtsete kultuuride kasvatamise, koristamise ja kütusena ettevalmistamise tehnoloogiate energeetiliseks hindamiseks arvutati: otsene energiakulu, kaudne energiakulu, masinate energiakulu, tööjõu energiakulu (Tabel 7).

Rohtsete kultuuride rajamise ja kasvatamise energiakuluks arvestati külveelset maaharimist, külvamist ning väetamist. Koristamise energiakulu koosneb niitmise, vaalutamise, kuivatamise, kuivmassi kogumise, pallimise, pallide laadimise ja transpordi kulust hoiukohta. Rohtsete kultuuride kogu energiakulu külvamise aastal on 3,77 MWh hektari kohta (13,6 GJ/ha), esimesel koristusaastal (teisel kasvuaastal) on 5,33 MWh hektari kohta (19,2 GJ/ha). (Jasinskas *et al*, 2008)

Tabel 7. Rohtsete energiakultuuride kasvatamise ja koristamise energiakulu, MWh/ha

Energiakulu liik	Kasvatamise energiakulu		Koristamise energeetiline kulu	Kogu energiakulu	
	Külvamise aasta	Koristamise aasta	Koristamise aasta	Külvamise aasta	Koristamise aasta
Otsene energiakulu	0,281	0,297	0,786	1,066	1,083
Kaudne energiakulu (väetised, seemned)	2,310	3,843	-	2,310	3,843

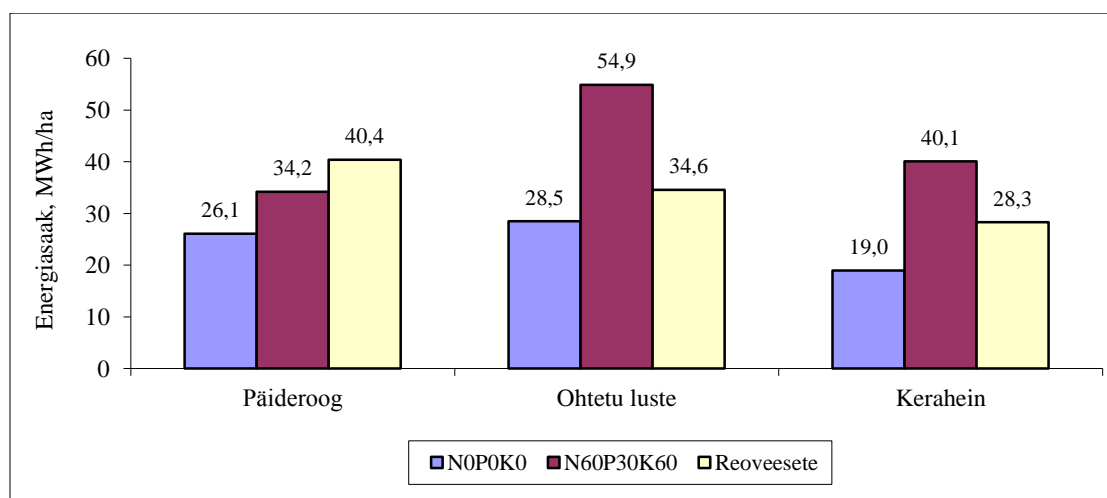
Masinate energiakulu	0,118	0,124	0,274	0,391	0,397
Tööjõu kulu	0,001	0,001	0,005	0,006	0,006
Kogu energiakulu	2,709	4,266	1,064	3,773	5,330

Allikas: (Jasinskas *et al.*, 2008)

Rohtsete energiakultuuride sh päideroo energiabilanss on positiivne, energiakulu külvamise aastal on kogukuluna 3,77 MWh hektari kohta, esimesel koristusaastal (teisel kasvuaastal) on 5,33 MWh hektari kohta (Jasinskas *et al.*, 2008).

Energiaheinana kasvatatava päideroo ühelt hektarilt saadav teoreetiline energia kogus, saagitasemetel 7-12 KA t/ha, on 18-30 MWh/ha. Biogaasi toormena kasvatatava päideroo ühelt hektarilt saadav teoreetiline energia kogus on 28,6-31,8 MWh/ha.

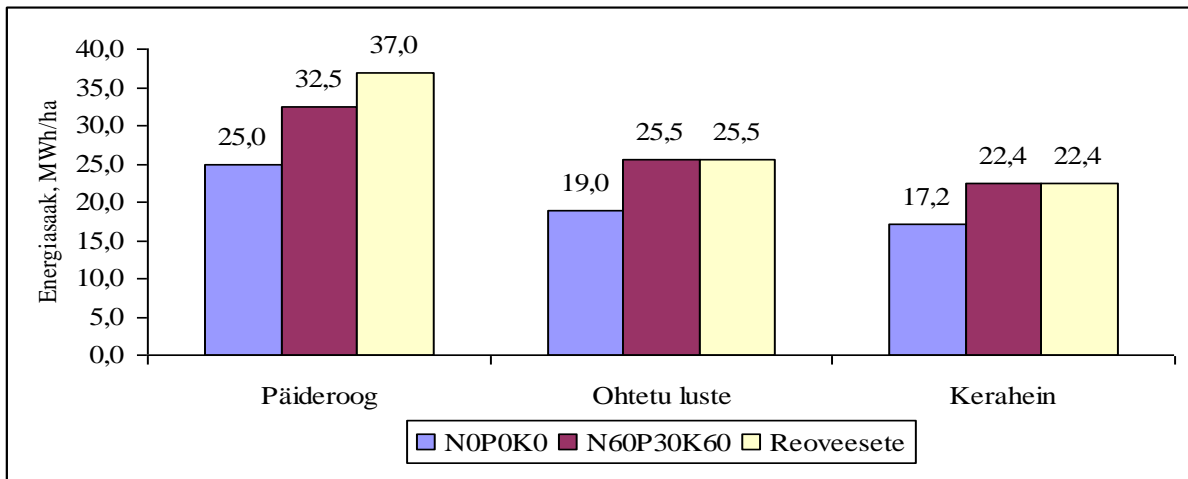
Rõhu rohtsete energiakultuuride katses andis päideroog suurima energiasaagi (40,4 MWh/ha) reoveesetega väetatud variandis (Joonis 4, Joonis 5). Kõige väiksemaks jäi energiasaak kõigil heintaimedel väetamata variandis. (Espenberg, 2009). Taimikute saagid olid suurimad sügisel ja madalamad kevadel koristades. Niiteaja mõju saagi suurusele sõltus taimiku liigilisest koosseisust.



Allikas: Espenberg, 2009

Joonis 4. Energiasaak esimese kasutusaasta sügisel.

Rohtsete energiakultuuride võrdluskatses Rõhul saadi esimese kasutusaasta kevadel suurim energiasaak (37,0 MWh/ha) päideroo taimikult reoveesete foonilt (Espenberg, 2009). Kõigil heintaimedel jäi energiasaak kõige madalamaks väetamata foonil (Espenberg, 2011).



Allikas: Espenberg, 2009

Joonis 5. Energiasaak esimese kasutusaasta kevadel

Rõhu katsete uurimistöö näitas, et biomassi saagi suurus sõltus oluliselt koristusajast. Enamik katses võrreldud liikidest andis suurima biomassi saagi hilissügisel. Kevadel koristatud saagi suurus sõltus liigi saagivõimest ja ka sellest, millisel määral taimik talvel lume raskuse all lamandus. Rõhu katses lamandus kolmest võrreldud kõrrelistest tänu jämedamale kõrrele kõige vähem päideroog. Kuigi ka selle liigi taimik oli kevadel tugevasti lamandunud, ei olnud see surutud nii tihedasti vastu maapinda kui harilikul keraheinal ja ohtetul lustel. (Espenberg, 2011)

Üks peamisi argumente, miks soovitatakse energiaheina saaki koristada kasvuaastale järgneval kevadel (*delayd harvest*), on biomassi väike niiskuse-, tuha- ja aluseliste metallide sisaldus. Erinevates riikides läbiviidud katsed näitavad, et biomassi niiskusesisaldus ei lange kevadel mitte igal pool saagi koristamist võimaldavale tasemele. Norras läbiviidud katses biomass ei kuivanud ning vajab enne ladustamist täiendavat kuivatamist (Nesheim, 2007). Sama on märkinud K. Heinsoo *et al.* (2011) Eestis läbiviidud katse põhjal. Rõhu katse näitas, et biomassi kuivamiseks kuluv aeg on liigiti erinev. Biomass kuivas võrreldud kolmest kõrrelistest kevadel kõige kiiremini päiderool. See oli ka ainus liik, mille biomassi oli võimalik koristada ilma täiendava kuivatamiseta kõigil katseaastatel. (Espenberg, 2011)

3. ÜLEVAADE PÄIDEROOST KUI KÜTUSEST NING PÄIDEROOST ENERGIAT TOOTA VÕIMALDAVATEST TEHNOLOOGIADEST

3.1. Rohtse biomassi kasutamine biokütusena

Kütuste ja energiaallikate hindade vahekorra muutumine sunnib kallinenud kütuse kasutajat otsima võimalust odavamama kütuse põletamiseks samas seadmes, sh kütuste koospõletamiseks.

Elektrituruseadusest tulenev soodustus -taastuvatest toodetud elektri võrku müügi hind 1,15 krooni/kWh kohta kuni 100 MW netovõimsusega seadmest -ahvatleb fossiilkütustele lisama biomassi, et selle ulatuses elektri kõrgemat hinda taotleda. (Vares, 2008)

Energeetilisel eesmärgil on võimalik rohtset biomassi töödelda kahel viisil. Nendeks on:

- termo-keemiline töötlemine;
- bioloogiline töötlemine. [Biomassi tehnoloogiauurid... 2008]

Termo-keemilisel töötlemisel on palju erinevaid tootmise tehnoloogiaid:

- **otsene põletamine**, kus protsessiks on põlemine temperatuuril 900-2 000° C juures ja tulemusena saadakse soojus- ja elektrienergiat;
- **biomassi gaasistamine** tähendab biomassi põletamine temperatuuril 800-1 300° C juures õhu või hapniku ja veeauru juuresolekul, tulemuseks on gaaskütus (sünteesiline gaas): H₂, CO, CO₂, NO_x, CH₄, segu;
- **biomassi veeldamine** (karboksülolüüs) on biomassi vastastikune toime CO-ga leeliskatalüsaatori juuresolekul vedelas keskkonnas rõhu 150-250 atm ja temperatuuri 300-350° C juures 10-30 minuti jooksul, produktiks on viskoosne vedelik ($\eta=100$ centipoise) keemistemperatuuriga 200-350° C ja 10 korda suurema energiamahukusega kui esialgne tooraine;
- **pürolüüsil** toimub tooraine konversioon ilma õhuta temperatuuril 450– 800° C ja tulemusena saadakse 1) bionafta (took kuni 80% kuiva tooraine massist), 2) söetaoline jääk (kuni 30-35%); 3) pürolüüsigaas (kuni 70%);

- **kiirpürolüüs** toimub õhu juurdevooluta ekstreemkõrgete temperatuuride (600–1 400° C) termilisel mõjul 2-3 sekundi jooksul ning produktideks on etanool, propüleen, bensiinilähedased süsivesinikud, vesinik metaan, etüleen;
- **biometanooli ja tema tuletiste süntees** toimub biomassi termilisel konversioonil tekitavatest gaasidest (CO, H₂) katalüütsünteesina kõrge rõhu ja temperatuuri 300° C juures

Rohtse biomassi bioloogilise töötlemise tehnoloogiateks on:

- **metanogenees**, mis on biomassi anaeroobne fermentatsioon, ja mille tulemusena on võimalik saada CH₄ (kuni 80%), CO₂ (kuni 20%) ja lisandite (N, H, HS) sisaldavat biogaasi;
- biobutanooli tootmisprotsessiks on **atsetoon-butüleeni käärimine**.

Kolmandaks võimaluseks on rohtsest biomassist integreeritud biogaasi ja tahke kütuse tootmine. **Energiaheina puuduseks puiduga võrreldes on selle suurem tuhasus ja madalam tuhasulamistemperatuur, mis seab energiaheina kasutamisele kütusena piiranguid.** Heintaimedest biogaasi tootmisel on miinuseks selle väike efektiivsus. Suur kogus heintaimedes sisalduvast energiast satub jäätmete näol tagasi põllule. Nende puuduste likvideerimiseks arendati Saksamaal välja tehnoloogia, mis võimaldab heintaimede biomassist samaaegselt toota kvaliteetset tahket kütust ahjus põletamiseks kui ka senisest täielikumalt lagundatavat substraati biogaasi tootmiseks. Biogaasi tootmise teatud etapil toimub substraadi mehhaaniline pressimine, mille tulemusena paraneb üheaegselt nii tahkekütuse kui ka biogaasi tootmiseks kasutatava substraadi kvaliteet, mis kokkuvõttes võimaldab senisest oluliselt paremini kasutada ära heintaimedes leiduvat energeetilist ressursi. [Rohtsete energiakultuuride uuringud, 2007]

Kokkuvõtvalt rohtsest biomassist on võimalik toota biokütused nii tahkes kui ka vedelas või gaasilises vormis ning tehnoloogia valik oleneb tooraine omadustest. Kuivem tooraine sobib paremini termilistes protsessides ümbertöötlemiseks, märga biomassi saab bioloogiliselt ümber töödelda vedelaks või gaasiliseks kütuseks.

Biomassi muundamine (näiteks etanooliks) ei ole õige lähenemisviis, sest iga (tööstuslik) molekulaarne muundamine on seotud energia kasutamise ja seega energia kaoga. Mõistlikum oleks saadud biomassi kasutada otse, ilma tööstuslik-keemilise muundamiseta. [Euroopa Majandus- ja Sotsiaalkomitee arvamus..., 2008]

Seega põletamine soojuse tootmiseks on kõige suurema kasuteguriga biomassi kasutusala, s.t väikseimate summaarsete energiakadudega protsess, kui võrrelda kõiki võimalusi biomassi energeetiliseks kasutamiseks. [Biomassi tehnoloogiauringud..., 2008]

Väheuuritud omadustega rohtseid biokütuseid on võimalik lisada põhikütusele ja põletada keevkihtkolletes. Keevkihttehnoloogia on väga paindliku kütusekasutusega kolle ja võimaldab ka suhteliselt erinevate kütuste koospõletamist. Enamasti soovitatakse põhikütusele lisada mitte üle 10% teist kütust, mille korral põletamisel olulisi probleeme või häireid oodata ei ole.

Spetsiaalseid rohtse biomassi põletusseadmeid praktiliselt pole -turu piiratuse tõttu nende arendamisega ei tegelda. Ka Soomes kasutatakse päideroogu segus teiste kütteainetega umbes 30-s elektri- ja soojatootmise jaamas. (Aavola, 2008)

Rohtset biomassi käsitletakse standardis prEN14961, mille eesmärgiks on -täpsustada need kütuse parameetrid, mis on kütusena kasutamisel vajalikud. Standardis määratletakse biomassipõhiste kütustena alljärgnevaid:

- puidupõhine biomass;
- rohtne biomass (põllumajandusest saadav ja looduses kasvav), sh õled, **päideroog**, terad ja seemned;
- puuvilja biomass, näit oliivide pressimise jäägid;
- lisanditega kütused ja kütuste segud;

Põllumajandusliku biomassi kui kütuse iseärasused:

- tuleb koristada lühikese ajavahemiku jooksul;
- väga väike mahukaal, ka pressitult;
- saagikus ja koristustingimused väga kõikumavad;
- viljavahelduse tõttu ei saa põllupinnad biomassi kasvatamiseks olla eriti suured;
- energeetiline biomass konkureerib toiduga ja keemiatööstuse toorainega;
- suurte laomahtude (sageli ka järelkuivatuse) vajadus;
- elutsükli jooksul vajatakse kasvatamiseks, väetamiseks, koristamiseks jne suhteliselt palju energiat, seega on see ainult osaliselt taastuenergia;
- vajatakse erinevaid sööte-ja/või põletusseadmeid (võrreldes hakkpuiduga);
- katla küttepindadel võib esineda korrosiooniprobleeme;
- tuhk sulab suhteliselt madalal temperatuuril, mis raskendab teiste kütustega koospõletamist (Vares, 2008).

Energiaheinaks kasvatatavad taimed sarnanevad kuivainesaagi poolest põhuga. Nad on tugeva varrega, vältimaks taimede lamandumist sademete toimetel. **Vahetult pärast kuivatamist on põhk tihti niiske, kütteväärtus kuivast põhust madalam. Samuti on niiske põhju säilivus halvem. Neid puudusi saab vähendada, kui töödelda põhk brikettideks või graanuliteks (või koristada päideroog kevadel). Põhk on tänapäeval arvestatav kütus, millega on siiski seotud mõned probleemid, näiteks suur maht, mis teeb ladustamise ja transpordi kalliks.** Energiaheina kasutamisevõimalused energeetikas on kasutatavate tehnoloogiate poolest väga laialdased:

- põletamine tahkekütusena (soojus- ja elektrienergia),
- tooraine gaasilise või vedelkütuse tootmiseks,
- termokeemiline töötlemine (gaasistamine, pürolüüs),
- biokeemilised protsessid (anaeroobne lagundamine – metaan)

Heintaimedest energiatootmine võib toimuda kahel viisil. Üks variant, mida kasutatakse peamiselt Lääne-Euroopas, on kasutada heintaimede biomassi biogaasi tootmiseks ja teine (seni peamiselt Soomes ja Rootsis), kasutada põllult saadavat biomassi kateldes kütteks.

Biokütuste objektiivseks võrdlemiseks fossiilsete kütustega ja nende võimaliku paremuse tõestamiseks osutub kindlasti vajalikuks määratleda ja hinnata vastavaid olelustsükleid. **Olelustsüklid** võivad suures ulatuses varieeruda sõltuvalt biokütuste tootmise toorainest, geograafilisest asukohast, tootmise kaasproduktidest, tootmise tehnoloogiast ja lõpptoodangu (biokütuse) kasutusviisist. Vaatamata variantide paljususele, on biokütuste olelustsükli põhilised etapid suhteliselt muutumatud.

Biokütuste olelustsükli põhilised etapid on:

- 1) biomassi tootmine;
- 2) biomassi transport;
- 3) biomassi töötlemine;
- 4) biokütuse laialivedu;
- 5) biokütuse kasutamine. (Biomassi tehnoloogiauringud..., 2007)

Biokütuse olelustsükkel on produkti tootmissüsteemi järjestikused ja tihedalt seotud etapid alates toorme hankimisest või looduslike ressursside tootmisest kuni lõppmüüginini.

3.2. Päideroo biomassi kasutamine energiaheinana põletamiseks

3.2.1. Energiaheina kvaliteeti iseloomustavad näitajad

Olulisemad omadused, mida peaks taimede energeetilisel kasutamisel silmas pidama on: niiskus (talveks ja kevadeks on taimede niiskus oluliselt vähenenud), kuivaine kaod, mineraalide translokatsioon (kasvuperioodi lõppedes paigutuvad mineraalid risoomidesse, seega väheneb koristusajaks taimede mineraalide sisaldus), töötamiseks sobiv aeg (koristusperiood algab esimesest päevast, mil saab koristada ning lõpeb enne uute võsude pealekasvamist. Peamiselt sõltub koristuse algus taimede niiskusest ning pinnase olukorrast (lumi on sulanud, kuid pinnas on veel kõva). (Heinsoo, Jürgens, 2005)

Võrreldes biogaasi tootmisega on heintaimedest energiaheina tootmist ja selle kasutamist katelde kütmiseks uuritud vähem. Üheks selle põhjuseks on ilmselt asjaolu, et parema kvaliteediga (madalam tuha- ja niiskusesisaldus) energiaheina saamiseks tuleks seda koristada talve järel varakevadel, enne maa sulamist. Seepärast sobib energiaheina tootmine eelkõige põhjapoolsetesse regioonidesse, kus on pikk talv ja maapind püsib kevadel kaua külmununa. Energiaheina tootmist on põhjalikumalt uuritud ainult Rootsis ja Soomes. Soomes on energiakultuuride tootmine riigi poolt doteeritud. (Raave, 2009) **Soomes on päideroo kasvatamine bioenergiaks olemuselt lepinguline. Päideroogu tuleb kasvatada vähemalt 5 hektaril.** Soome energiakontserniga VAPO sõlmitavas lepingus lepitakse kokku toodangu koguses, kvaliteedis ja hinnas. Katlamaja on kohustatud vastu võtma kvaliteedinõuetele vastava saagi ja tootma sellest energiat. (Aavola, 2008).

Päideroost energiatootmisel on suurimaks probleemiks materjali väike energia tihedus (0.3 MW h/m³) ja kõrge aluseliste metallide sisaldus, mis kahjustab katlaid. Johansson (1993) andmetel on rohhtaimede KA energiatihedus 17,5 GJt-1 ja puidul 20 GJt-1. Kivi- ja pruunsöel on vastavad näitajad 33 GJt-1 ja 24,5 GJt-1. Madalama energiatiheduse tõttu kulub energiaheina koristamiseks, transpordiks ja ladustamiseks rohkem energiat kui suurema energiatihedusega materjalide korral ja seetõttu on sealt saadav netoenergiatihedus väiksem. Energiaheina energiatihedust on võimalik suurendada, kui koristatav biomass pressida niitmise järel palliks, rulooniks, briketiks või pelletiks (Hovi, 2006). Biomassi kvaliteedi tõstmiseks on oluline vähendada selles mineraalelementide, eelkõige aga aluseliste metallide sisaldust. Üheks selliseks võimaluseks on koristusaja nihutamine suve või sügise lõpust varakevadeks. Hilissügisel paigutuvad mineraalelemendid lehtedest ja vartest ümber juurtesse, mistõttu on kevadel koristatud kuivanud biomassis nende sisaldus väiksem. Osa

kahjulikest elementidest talve jooksul taimest ka leostub. See puudutab eelkõige K ja Cl. (Noormets, 2007). Mineraalelementide sisalduse vähenemisele aitab kaasa ka taime lehtede varisemine talvel, sest mineraalainete sisaldus on lehtedes suurem kui vartes.

Energiaheina puuduseks puiduga võrreldes on selle suurem **tuhasus** ja madalam tuhasulamistemperatuur, mis seab energiaheina kasutamisele kütusena piiranguid (Heinsoo, 2005). Taimede tuhasisaldust mõjutab suurel määral kasvukoha mullastik. On selgunud, et rasketel savimuldadel kasvanud taimede saak sisaldab tuhka rohkem kui kergetel liivmuldadel kasvanud taimede oma. Tuhasisaldus sõltub samuti liigist. Üldreeglina on C4 taimede tuhasisaldus madalam kui C3 taimedel, sest nende poolt transpireeritud veehulk saagiühiku kohta väiksem. Ühe tonni biomassi tootmiseks kulutavad C4 taimed poole sellest veehulgast, mis C3 taimed. Samuti on seda võimalik vähendada kasutades väiksemaid N norme ning valides kasvukohaks kergemad mullad. (Noormets, 2007)

Päideroog saavutab täisküpsuse augusti esimesel poolel, **niiskusesisaldus** on siis umbes 65%. Energiaheinaga sarnase põhu koristusaeg algab augusti keskel, kui põhu niiskus on 30-60%. Pärast vihma on põhu niiskus aga 75-82%. Suur niiskusesisaldus mõjub negatiivselt heina kütteväärtusele, sest osa energiat kulub kütuses oleva vee aurustamiseks. Ka heina säilitamisel on niiskus ebasoovitav. Kuna energiaheina koristatakse sügisel või kuluna kevadel, on säilitusaeg vähemalt 6 kuud. (Bender, A. Eritüübiliste rohumaade rajamine ja kasutamine 2. osa). Energiahein tuleks koristada võimalikult väikese niiskusesisalduse juures. Liigniiske biomassi koristamine, tähendab täiendavaid energeetilisi kulutusi, mis tekivad niiske massi transportimisel ja kuivatamisel. Soomes makstakse kõrgemat hinda energiaheina eest, mille niiskusesisaldus on alla 14% (Pahkala, 2007). Soome ja Rootsi kogemus näitab, et kevadise koristamise korral on võimalik saada biomass, mis ei vaja täiendavat kuivatamist.

Päideroo kuivaine (100% kuiv) **alumine kütteväärtus** on 16,6 MJ/kg, samas kui 20% niiskusesisaldusega päideroo alumine kütteväärtus on 14,0 MJ/kg (Hovi, 1995).

Madalama tuhasisalduse kõrval on see teiseks oluliseks põhjuseks, miks koristatakse seal energiahein kevadel. Norras läbiviidud katsed Soome ja Rootsi katsete tulemusi koristatava massi niiskusesisalduse osas ei kinnitanud. Seal saadi kevadise saagikoristamise korral energiahein mille niiskusesisaldus oli üle 30% ja enne kütteks kasutamist vajab see täiendavat kuivatamist. (Noormets, 2007).

Spetsiaalselt põllumajandusliku biomassi põletamiseks kavandatud seadmed praktiliselt puuduvad ja tuleb kasutada puidupõhiste kütuste põletusseadmeid. Põllumajanduslikku biomassi võib ilma tõsiseid põletustehnilisi probleeme kartmata lisada kuni 10% ulatuses keevkihtkoldesse. Põllumajandusliku biomassi kogused on väikesed ja nende kütusena kasutamine eeldab pikaajalisi kokkuleppeid kütuse tootjate ja kasutajate vahel. (Vares, 2007).

3.2.2. Energiaheina otsepõletamine, granuleerimine ja briketeerimine

Energiaheina otsepõletamine pallina

Heina energiakasutuse suurim takistus on tema väike mahumass. Seetõttu on heina transport ja käsitlemine tülikas ja kallis ning on vaja suuri laopindu. Hekseldatud ja pallitud heina põletamiseks kasutatavate erikonstruktsiooniga katelde ja kütuse etteandeseadmete soetamine nõuab suuri investeeringuid. Heina energiakasutuse suurendamise üks lahendus võiks olla selle töötlemine pressimise teel, mis läbi mahumassi saaks suurendada 50-90 kg/m³ kuni 500-700 kg/m³ (Stahlberg *et al*, 1985).

Kõrrelistega kütmisel tekivad probleemid kütuse suure mahu ja pudnevuse tõttu. Seepärast kogutakse hein pallidesse või hekseldatakse. Palle on kolme liiki: suurkantpallid, ruloonid ja väikepallid. **Heina tihendamine palli nõuab küll energiat, kuid transpordi- ja säilituskulude vähenemine ning võimalus kütuse koldesse andmist mehhaniseerida tasuvad ära.**

Heinpallide energiakasutus on edukas vaid selleks ehitatud erikateldes. Sellised põhjalikud automatiseeritud ja ruumi nõudvad põletusseadmed on aga kallid ning nende kasutamine on majanduslikult tasuv üksnes maaelamute ja talude normaalset soojustarvet ületavas tarbimises.

Granuleerimine ja briketeerimine

Heina saab pressida brikettideks ja graanuliteks või jahvatada. Brikettide tihedus on 300-550 kg/m³, graanulitel 450-750 kg/m³ (Järvenpää *et al*, 1994). Jahvatamisel saadakse kütuste tiheduseks 220-240 kg/m³, mis ei ole suur, kuid jahvatatud heina saab põletada samades kolletes, kus põletatakse jahvatatud puitu, sütt ja turvast. Konstrueeritud on ka seadmed heksli ja tervete pallide põletamiseks. Soomes kasutatakse päideroogu segus puu ja turbaga. Päideroost saadava energia osa moodustab sellise segakütuse korral 10...15% (Leinonen *et al*) (Noormets, 2007)

Heina energiakasutust piirab odavate ja hästi töötavate väikekatelde nappus. Hein põleb teistes kohalikele kütustele mõeldud kateldes halvasti. See on põhjustatud heina märgatavalt väiksemast energiatihedusest, tuha suurest hulgast ja selle sulamisomadustest.

Energiaheina edukas ja lai energiakasutus eeldab selle töötlemist kütusegraanuliteks. Heinagraanulitega vähenevad kulutused põletusseadmetele, katlaruumile, kütuselaole ja kütmisele. **Kasuteguri suurenemine vähendab kütusevajadust. Granuleerimine on aga tehniliselt keerukas ja üldjuhul energiamahukas protsess.**

3.3. Biomassist integreeritud biogaasi ja tahke kütuse tootmine

Rohtse biomassi anaeroobse kääritamise tehnoloogilisi lahendusi on maailmas väga suures valikus, mille konfiguratsioon sõltub eelkõige kääritatava tooraine omadustest ja planeeritava biogaasijaama asukohast. Substraadi kuivainesisalduse alusel eristatakse kahte anaeroobset kääritamismeetodit:

- madala kuivainesisaldusega anaeroobne kääritamine (nn märgmeetod, mille korral kääritatav substraat on pumbatav);
- kõrge kuivainesisaldusega anaeroobne kääritamine (kuivmeetod, mille korral kääritatav substraat on kuhjatav). [Aavik, Kask, 2010]

Toodetud biogaasi saab põletada soojuse ja elektri koostootmisjaamades ning kasutada puhastatuna mootorsõidukite kütusena [Aavik, Kask, 2010].

Biogaasi väljatulek sõltub rohu liigilisest koosseisust (kõrrelised puhaskülvis või segus ristikuga), kasutusviisist (värskena või sileeritult) ja taimede arengufaasist (s.o. niiteajast). Biogaasi väljatulek rohust sõltub valdavalt taimiku arengufaasist niite ajal. Hilisemates arengufaasides biogaasi väljatulek väheneb. Selle põhjuseks võib olla toorkiusisalduse tõus biomassis. Samas ei mõjuta taimede arengufaas biogaasi metaanisisaldust. [Rohtsete...]

Looduslikult rohumaalt koristatud biomassist saadav biogaasi saak on oluliselt väiksem kui biomassist, mis koristatakse varases arengufaasis intensiivselt viljeldavalt rohumaalt või siis saadakse maisist ja teraviljadest. Erinevus on kuni 1,6 korda. [Rohtsete...]

Heina tihedus on suhteliselt väike, umbes 20 – 50 kg/m³. Väikse mahukaalu tõttu transportitakse ja kasutatakse heina tavaliselt pressituna silindri või risttahukakujulistesse pallidesse. [Misso valla ...]

Ettevalmistusetapil või eeltöötlusel biomass sorteeritakse, purustatakse, homogeniseeritakse. Soomes on uuritud biogaasi kadude vähendamiseks ka rohu töötlemist kemikaalidega (NaOH,

Ca(OH)₂, Na₂CO₃) enne sileerimist. Tulemusena suurenes biogaasi väljatulek kuni 15% [Rohtsete...]

Seejärel toimub substraadi sileerimine. Sileeritud biomassi (silo) eraldatakse tahkeks kiudaineterikkaks osaks (presskook, mida kasutatakse tahkekütusena) ja bioloogiliselt lagunevaks vedelikuks (pressmahl) biogaasi tootmiseks. Presskooke on võimalik brikiteerida ja lõpptulemusena saada brikette. Pressmahlast biogaasi tootmine toimub kääritamise teel, mille tulemusena moodustub biogaas ja käärimisjäädid.

Järgnevalt toimub biogaasi töötlemine: kuivatamine, puhastamine – väevli eemaldamine, ning hoiustamine. Käärimisjäädidest järelkääritamise tulemusena on võimalik saada kas vedela ja tahke osa eraldamisel vedel väetist ning komposti või otse viia põllule ilma tahke osa eraldamiseta.

Enne kütusena kasutamist läbib biomass eeltötluse, mille käigus mehhaaniliselt pressitakse taimede osadest välja rakumahl, mida kasutatakse biogaasi tootmiseks ja järgi jäänud tahket fraktsiooni ahjus põletamiseks. Võrreldes tavalise energiaheinaga on pressijäätmete tahkes fraktsioonis vähem tuhaelemente, sest need eemaldatakse sealt koos rakumahlaga. Samas jäävad pressjäätmete tahke fraktsiooni koosseisu kõik raskesti lagundatavad taime osad, mis tõttu tekib biogaasi tootmisel vähem jäätmeid. Näiteks maisiga tehtud katses kasutati vedelatest pressjäätmetest ära 90% (Wachendorf, *et al*, 2007).

Kirjeldatud tehnoloogia on veel suhteliselt uus ja seda on vähe katsetatud kuid esialgsed tulemused on paljulubavad. Mehhaanilise pressimise tulemusena paraneb üheaegselt nii tahkekütuse kui ka biogaasi tootmiseks kasutatava substraadi kvaliteet, mis kokkuvõttes võimaldab senisest oluliselt paremini kasutada ära heintaimedes leiduvat energeetilist ressursi.

3.4. Päideroo biomassi kasutamine toorainena biogaasi tootmiseks

Biogaas ehk käärimisgaas on orgaanilise aine anaeroobsel käärimisel tekkiv gaas, mis koosneb ca 55-60 mahu-% ulatuses metaanist (CH₄) ja 40-45 mahu-% süsihappegaasist (CO₂). Seega on biogaas üks taastuvenergia kasutusvormidest.

Biogaasi väljatulek sõltub rohu liigilisest koosseisust (kõrrelised puhaskülvis või segus ristikutega), kasutusviisist (värskena või sileeritult) ja taimede arengufaasist (s.o. niiteajast).

Saksamaal heintaimedega läbiviidud katsete tulemused näitavad (Mähnert, *et al*, 2002; Mähnert, *et al*, 2005; Prochnow *et al*, 2005):

Biogaasi väljatulek rohest sõltub valdavalt taimiku arengufaasist niite ajal. Hilisemates arengufaasides biogaasi väljatulek väheneb. Selle põhjuseks võib olla toorkiussisalduse tõus biomassis. Samas ei mõjuta taimede arengufaas biogaasi metaanisisaldust.

Looduslikult rohumaalt koristatud biomassist saadav biogaasi saak on oluliselt väiksem kui biomassist, mis koristatakse varases arengufaasis intensiivselt viljeldavalt rohumaalt või siis saadakse maisist ja teraviljadest. Erinevus on kuni 1,6 korda. **Seejuures oli metaani saak maisi biomassist 2,3...6,2 korda ja karjamaa raiheina ja lutserni biomassist 2,5 korda suurem kui looduslikult rohumaalt koristatud biomassist.**

Heintaimede liikide vahel on erinevus biogaasi väljatuleku osas väike ja energeetilise biomassi tootmise eesmärgil rajatava rohumaa seemneseogu koostamisel võib seda mitte arvestada. (Rohtsete ..., 2007)

3.5. Eesti kogemused põhu kasutamisel katlamajades

OÜ Lihula Soojuse põhu ja rohtse biomassi katlamaja

Eestis puudus seni rohtse biomassi mehhaniseeritud põletamise tehnoloogia ja kogemus kaugkütte katlamajades ning seetõttu on projekti edukas läbiviimine eeskujuks teistele põllumajanduslikele piirkondadele, et nemadki läheks üle rohtsele biokütusele (põhk, hein, pilliroog jne.).

Lihula linna kaugkütte süsteem põhines kallil ja keskkonda saastaval põlevkiviõlil. Fossiilsete kütuste, sh põlevkivi hind on pikemaajalises perspektiivis ainult tõusmas. Kasutamata oli piirkonna rikkalik taastuvkütuste potentsiaal - **Matsalu märgala pilliroog, luhahein, võsa ja piirkonnas tekkivad põllumajanduslikud jäätmed - põhk, väheväärtuslik hein.** Vajalik oli regulaarne rannaniitude ja luhtade niitmine ning roolõikus. Niitmisel saadud biomass on loomasöödana väheväärtuslik, lisaks on oluliselt viimase 10-15 aastal vähenenud veiste arv.

Uuringute tulemusena järeldati, et biokütuseid saab Lihula katlamajas kasutada nii tehniliselt kui majanduslikult siis, kui:

- Biokütuste varumisel rakendatakse võimalikult palju olemasolevaid seadmeid, nt põllumajandusmasinaid;
- Katlad sobivad mitmesuguste biokütuste- pilliroog, luhahein, põhu ja ka puidujäätmete põletamiseks;
- Saadakse tagastamatut abi ehitustööde osaliseks finantseerimiseks.

Osutati ka riskidele:

- Kütuste ebaregulaarne või vähene kättesaadavus,
- Biokütuste hinna tõus,
- Tarbijate arvu vähenemine linna kaugküttevõrgus. (Kask, 2010)

Projekti eesmärgiks on odavamate kohalike kütuste kasutuselevõtt, vähendada sõltuvust ühest kallist ebastabiilse hinnaga kütte liigist ning läbi selle stabiliseerida soojahinda.

Peale selle globaalsema ja keskkonnanahoiu aspektidena on eesmärgiks kasvuhoonegaaside vähendamine OÜ Lihula Soojus katlamajas, asendades praegu kasutusel oleva põlevkiviõli taastuva biokütusega - rohtse biomassi ja puiduhakkega, suurendada tööhõivet ning piirkonna sotsiaal-majanduslikku toimetulekut ning muuta elukeskkonda turvalisemaks ja atraktiivsemaks.

Rohtse biomassina võetakse Lihula Soojuse katlamajas kasutusele Kasari jõe luhahain, mida on vaja niita Matsalu märgala maastike säilitamiseks. Veel saab katlamajas põletada Matsalu lahe pilliroogu ja kohalike põllumajandusettevõtete rohtset biomassi. Puiduhake pärineb vallas tegutsevatelt metsa- ja puidutöötlemise firmadelt.

Seni on enamus lahendusi tehtud suhteliselt primitiivselt, mis ei ole eriti automatiseeritud ja vajavad üsna palju inimese ning masinate abi ning seega ei ole nad just eriti sobivad kaugkütte katlamajadele või soojuse ja elektri koostootmisjaamadele, millede majanduslik efektiivsus sõltub just paljuski automatiseerituse tasemest.

OÜ Lihula Soojusele ehitatud katlamaja on täisautomatiseeritud alates kütuse etteandmisest kuni välistemperatuurile vastava soojusvõimsuse väljastuseni. Mis teeb selle katlamaja veel eriliseks on see, et ühes katlas põletatakse nii rohtset biomassi kui puiduhaket, vastavalt sellele, mis kütus on soodsam ja varustuskindlam.

Tamsalu kogemus

Tamsalu valla soojatootjal Kalor ASil on biokütuse kasutamisel tänaseks juba pikaajalised kogemused, sest hakkepuidu kasutamisele mindi üle 2001. aastal. Katlamajasse on tehtud 12 miljoni krooni suurune investeering. Tamsalu Vallavalitsus soovis Tamsalu vallas soojuse tootmiseks vähendada põlevkivi kasutamist ning suurendada taastuvate kütuste (põhk, puit) osakaalu. AS Tamsalu Kalor katlamaja võimsuse suurendamiseks ehitati lisaks puiduhakke katlale kaks põhuküttel töötavat katelt. 2006. aasta sügisel paigaldati Kalori katlamajja veel ka Taani firmas Overdahl valmistatud 850 kW katel, milles saab kütusena kasutada **põhupalle, tükkturnast ja puitu.**

Erineva biokütuse edukas kasutamine Overdahli katlas sõltub sellest, kui hästi saadakse mehhaniseerida kütte laadimine. Soojahind on keskmiselt madalam, kui on gaasi või õliga küttes, ega sõltu nende hüppelistest hinnatõusudest.

Seniste kogemuste põhjal või öelda, et biokütusel töötavad katelseadmed nõuavad suuremaid remondikuluseid, sest palju on kuluvaid osi. Töökindluski on väiksem, sest sagedased on ummistused ja avariid. Biokütusel töötavad katlad vajavad rohkem personali ja suurem on elektrikulu. Lisaks sellele on üheks biokütustel töötava katla oluliseks puuduseks see, et investering on kallis.

Biokütustele ülemineku tulemusel väheneb keskkonnasaaste, paranes tarbijatele väljastatava soojusenergia kvaliteet ning alanes soojusenergia hind. Piirkonna põllumajandustootjatel suurenesid võimalused toodangu (põhk) realiseerimiseks.

4. PÄIDEROO KASVATAMISE KULUDE ARVESTAMINE

4.1. Energiakultuuride kasvatamise kulude arvestamine

Energiakultuuride kasvatamise kulud on biokütuste tootmiskulude arvestamise esimeseks tasemeks. Biokütuse tootmise kogukulud koosnevad biomassi tootmiskuludest, biomassi transpordikuludest, biomassi töötlemiskuludest biokütuseks ja kütuse laialiveo kuludest (Biomassi tehnoloogiauringud... 2007).

Energiakultuuride kulud põllumajandusettevõtte tasemel võib jaotada kolmeks komponendiks (Ericsson, 2006):

1. Uue kultuuri kasvatamise alustamisega seotud kulud kasvatamiseks vajaminevate teadmiste omandamisele, täiendavatele masinatele, seadmetele jne.
2. Kasvatamisega seotud kulutused.
3. Maa kasutamise seotud kulud (alternatiivkulud).

Uue kultuuri kasvatamisel tuleb kuludena arvestada ka kulutusi koolitusele, uutele masinatele ja seadmetele (nt energiavõsa kasvatamisel tuleb põllumehel investeerida saagi koristamise seadmetesse).

Kasvatamisega seotud kuludesse arvestatakse kulutusi maaharimisele, külvamisele/istutamisele, väetamisele, saagi koristamisele, koristatud massi pallimisele/lõikamisele, põllult transportimisele, ladustamisele, hoiustamisele, viljeluse lõpetamisele.

Maakasutuses on keeruline hinnata tehtavaid kulutusi. Maa kasutamise seotud kuludena võib arvestada nii maa rendikulu, ostetud maa intressimäärasid või alternatiivkulu maa kasutamisel kas traditsioonilise või energiakultuuri kasvatamiseks. Energiakultuuride kasvatamise kulude kalkulatsioonis tuleks kasutada maa kasutamise alternatiivkulu. (Rosenqvist, Nilsson, 2006)

Energiaks toodetavate ühe-aastaste kultuuride kulude arvestamine on samasugune kui toiduks toodetavate oma, kuid muutused, mida tuleb arvestada, on väetiste vajaduses ja taimekaitse vahendite osas ning sellest tulenevalt ka nende kululiikides.

Mitme-aastastel energiakultuuridel kulutused ei ole regulaarsed (nt energiapaju koristamiskulud), see tähendab, et mitte igal aastal ei ole need ühesuurused. Seepärast peab kuluarvestuses arvestama kas tüüpilise või keskmise aasta kulutustega. Kuluarvestuste tegemisel peaks arvestama ka raha ajaväärtusega.

Mitme-aastaste energiakultuuride kasvatamise kulude hulka arvestatakse:

- kulutused rajamisele sh mullaharimine, külvamine/istutamine, väetamine jmt;
- kulutused hooldamisele sh taimekaitse tööd, rohimine/harvendamine, väetamine jmt;
- kulutused koristamisele sh lõikamine/niitmine, pallimine, hekseldamine jmt;
- kulutused viljeluse lõpetamisele sh taimiku hävitamine, mullaharimine jmt.

Lisaks kasvatamisega otseselt seotud kulutustele arvestatakse kulude hulka ka kulutused biomassi transpordile põllult hoiu- või laoruumi või lõpptarbijale ning kulutused biomassi ladustamisele, hoiustamisele.

Mitme-aastaste energiakultuuride kasvatamise kulude arvestamise aluseks on Rootsi teadlase H. Rosenqvisti poolt välja töötatud modifitseeritud *total step* kalkulatsiooni meetod. Selle meetodi abil on võimalik arvutada erinevate kultuuride kulusid baasperioodil. Meetod on algselt arendatud välja selleks, et võimaldada nii energiapaju kasvatamise majandusliku hinnangu andmist kui ka võrdlemist teiste kasvatavate, nt traditsiooniliste põllukultuuridega. Probleemid paju majanduslike kulude kalkulatsiooni teostamisel on osalt seotud sellega, et tootmine kestab mitu aastat ning maksed ja kulud jaotuvad ebaühtlaselt kasvatamise perioodile ning osaliselt ei nõua energiapaju kasvatamine ka samu ressursse, mis traditsiooniliste kultuuride kasvatamine. (Ericsson *et al*, 2006)

Kui kalkulatsioonis arvestatakse ajafaktoriga, võimaldab *total step* kalkulatsiooni kasutamine ühe- ja mitme-aastaste kultuuride majanduslikku võrdlust. See saavutatakse kahe kalkulatsioonimeetodi, nüüdisväärtuse ja annuiteetväärtuse meetodi, kombineerimisega. *Total step* meetod baseerub traditsioonilisele muutuvkulude arvestamisele, mida on laiendatud sammhaaval kogukulude kalkulatsiooniks ning põhineb viljelemise kogutsükli maksete ja

kulude nüüdisväärtuste summal, mis on korrutatud intressimäära annuiteeteguriga ja viljelemise hinnangulise kestvuse aastate arvuga. (Ericsson *et al*, 2006)

Total step arvestusmeetodit praktiseeritakse juhul, kui analüüsi objektiks ei ole kogu ettevõtte, vaid ainult üksik tootmisharu. Kui tootjal tuleb kevadel otsustada, kas külvata otra või kaera, siis kuluarvestuses tuleks huvituda sellest, millised on erinevused nende kultuuride kasvatamisel muutuvkuludes. Kui aga põllumajandustootja alles asutab oma ettevõtet, tuleb arvestada kõikide kuluarvestuse astmetega, eesmärgiga anda pika-ajaline hinnang ettevõtte tootmistegevuse tasuvusele. (Rosenqvist, Nilsson 2008)

Mitme-aastaste puitkultuuride kasvatamise kulude arvestamisel tuleks kalkuleerida kulusid *total step* arvestusmeetodiga, kuna kultuuri rajamiskulud on kõrged, moodustades kuni 20% kogukuludest. Saaki saadakse alates kolmandast, neljandast aastast (energiavõsa). **Seega, võib puupõllu (energiavõsa) rajamist ettevõtja seisukohast võtta kui kasu saamise eesmärgil tehtud pika-ajalist investeeringut.**

Mitme-aastaste rohtsete energiakultuuride rajamiskulud ei ole kõrgemad ühe-aastaste traditsiooniliste põllukultuuride kuludest ning saaki saadakse kas külviaastal või külvile järgneval aastal, seega tuleb kulude võrdlemisel kasutada kasutusaastate keskmisi kulunäitajaid, mille puhul rajamiskulud jagatakse võrdsetes osades kasutusaastatele.

4.1.1. Päideroo kasvatamise kulude jaotamine

Tootmiskulude arvestamisel ja analüüsil kasutatakse täiskuluarvestuse meetodit, mille kasutamisel jagatakse kõik kulud tooteühikutele, saades ühiku kogukulud. Kulud jaotatakse otse- ja kaudseteks kuludeks.

Päideroo tootmiskulude arvestamiseks ja analüüsimiseks jaotatakse kulud vastavalt tööetappidele:

- 1. Rajamisaasta kulud.**
- 2. Saagiaasta kulud.**
- 3. Viljeluse lõpetamise kulud.**

Päideroo tootmise kogukulud koosnevad: tootmiskuludest, transpordikuludest, töötlemiskuludest, töödeldud biomassi laialiveo kuludest.

Tootmise otsekuludena arvestatakse materjalikuluseid ning kasvatamisega seotud masinkulusid. Kaudsed kulud on seotud paljude saaduste tootmisega ja nende kandmine

üksikute toodanguliikide kuludesse on raskendatud. Standardseid kaudseid kulusid kalkuleerida ei ole võimalik, sest siin hakkavad mõju avaldama ettevõtte suurus, struktuur ja juhtimine.

Tootmise otsekulude taseme selgitamiseks kasutatakse abivahendina EMÜ põllumajanduse ja keskkonnainstituudi ning Jõgeva Sordiaretuse Instituudi poolt koostatud agrotehnoloogilisi kaarte. Päideroo kasvatamisel mitme- aastase kultuurina summeeritakse viljelusaastate kulud ja jaotatakse võrdselt 10-le kuni 15-le viljelusaastale ning leitakse aasta keskmine tootmiskulu.

2008. aasta oli taimekasvatuses erakordselt keeruline nii ilmastikutingimuste kui ka tootmissisendite (väetised, taimekaitsevahendid, kütus jne) suure hinnatõusu tõttu. Seetõttu võetakse tootmiskulude arvestuses antud töö raames aluseks 2007. aasta hinnatasemed.

4.1.2. Tootmiskulud päideroo kasvatamisel energiaheinana

Päideroo kasvatamisel arvestatakse rajamiskuluna rajamisele eelneva aasta sügisel tehtud kulutusi, mis on seotud maa ettevalmistamisega ning rajamisaastal tehtud kulutusi külvamisele ja hooldamisele.

Rajamiseelsete materjalikuludena arvestatakse eelneva taimiku hävitamiseks kasutatud preparaati Roundup (kulunorm 8 l/ha). Kalkulatsioonis arvestatakse masinkuludena rajamisele eelneva aasta sügisel taimiku hävitamiseks teostatud pritsimist, künnieelset koorimist, kündmist, kultiveerimist ja kivikoristust. Rajamiseelsete masintööde kuludeks oma tööna kujunes 2007. aasta hinnatasemetel 1 905 kr/ha, teenustööna 1 883 kr/ha (lisa 3 ja lisa 4).

Rajamisaasta materjalikulud on seotud külviga. Ühe hektari külvamiskulu (seemet 20 kg/ha,). Rajamisaasta hooldustööde materjalikulu koosneb väetise (Kemira Power 20-5-15) ja umbrohutõrje (MCPA) kuludest. Väetise Kemira Power 20-5-15 kulunorm on 200 kg/ha, MCPA kulunorm on 1,5 l/ha. Kultuuri hoolduskulud, mis esitatud masintööde kuludena, on seotud umbrohutõrje ja mineraalväetise laotamisega. Teenustööna võib hoolduskulude tase olla sellest erinev. Rajamisele eelneva aasta ja rajamisaasta materjalide maksumuseks kujuneb 4 352 kr/ha (lisa 3) ja masintööde kuludeks 2 498 kr/ha (lisa 4). **Rajamise kulud kokku 2007. aasta hinnatasemetel on 6 850 kr/ha.**

Hoolduskulud saagiaastatel piirduvad väetamisega. Väetamise kulude suurus sõltub väetusvajadusest, väetisest ja kasutatavast tehnoloogiast väetamisel. Saagiaasta istanduse

hooldustöid e väetamist teostatakse kord aastas, kokku näiteks 15-aastase istanduse kestel 13 korda. Näidiskalkulatsioonis kasutatakse hoolduskulude kalkuleerimisel väetisena ammoniumnitraati kulunormiga 220 kg/ha. Väetamise masinagregaadiks on 100 kW traktor koos 24-m pneumolaoturiga.

Energiaheina niitmisega võib alustada kevadel niipea, kui põllud masinaid kannavad. Niita saab edukalt ka külmunud maapinnalt, eeldusel, et taimestik on lumeta. Saaki koristatakse kevadeti üks kord, kokku näiteks 15-aastase istanduse kestuse jooksul 14 korda. Koristuskuludes on materjalikuludena arvestatud sidumiseks vajaliku võrgu kulu, mille kulunormiks on 0,17 rulli/ha. Saagikoristuse masintöödeks on niitmine/vaalutamine, pressimine, massi transport lattu või tarbijale. Transpordi masinagregaadiks on traktor koos metsaveohaagise ja tõstukiga. Transpordikulude arvestamisel on lähtutud keskmisest veokaugusest 40 km. **Saagiaasta koristus- ja hoolduskulud kokku on 2 426 kr/ha.** Viljeluse lõpetamise tööoperatsioonideks on pritsimine taimiku hävitamiseks ja kündmine. Materjalikuludena arvestatakse taimiku hävitamiseks kasutatavat preparaati Roundup kulunormiga 8 l/ha. **Viljeluse lõpetamise kulud kokku on 1 475 kr/ha.**

4.1.3. Tootmiskulud päideroo kasvatamisel toormena biogaasi tootmiseks

Rajamiskulud päideroo kasvatamisel toorainena biomassi tootmiseks on samad, mis päideroo kasvatamisel energiaheinana põletamiseks (lisa 5, lisa 6).

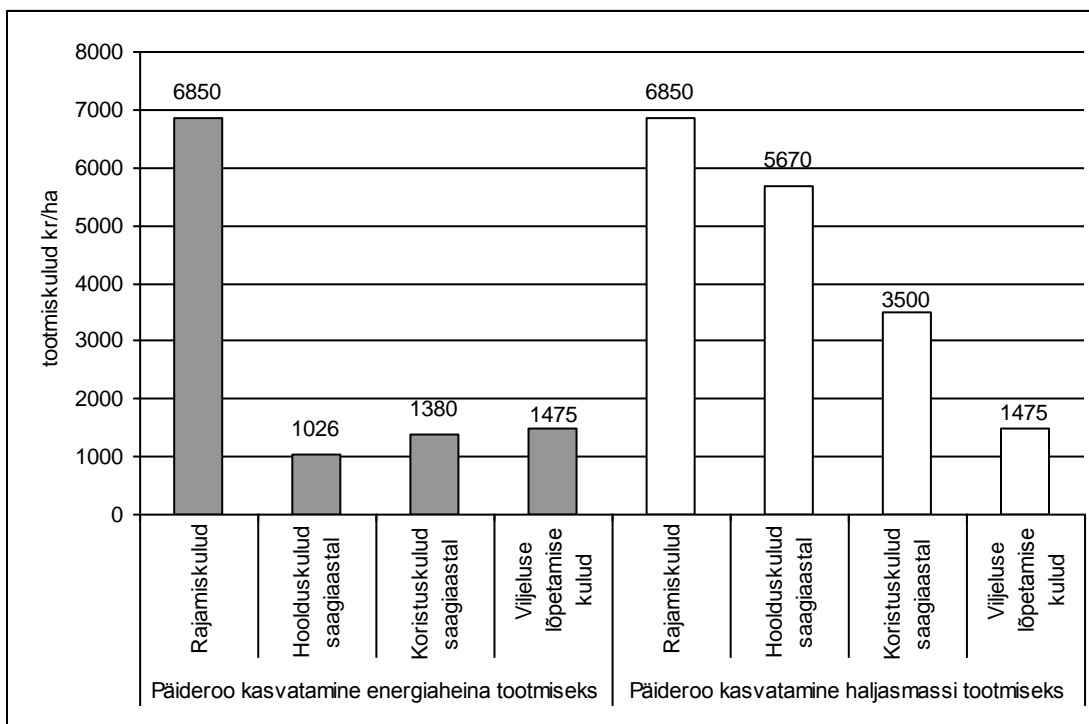
Hoolduskulud saagiaastatel piirduvad vaid väetamisega. Väetamise kulude suurus sõltub väetusvajadusest, väetisest ja kasutatavast tehnoloogiast väetamisel. Saagiaasta hooldustöid e väetamist teostatakse kaks korda aastas 13-1 kestuse aastal ning üks kord viljelemise lõpetamise aastal. Mõlemal väetamisel kasutatakse väetisena Kemira Power 20-5-15. Esimene väetamine toimub üks nädal pärast rohukasvu algust. Esimese väetamise kulunormiks on 600 kg/ha. Teine väetamine toimub nädal pärast esimest saagikoristust juuli algul. Teise väetamise kulunormiks on 400 kg/ha. Väetamise masinagregaadina kasutatakse 100 kW traktor koos 24-m pneumolaoturiga.

Saagiaasta hooldustööde materjalide maksumuseks kujuneb 2007. aasta hinnatasemetel 5 400 kr/ha ja masintööde kuluks 270 kr/ha. **Saagiaasta hoolduskulud kokku on 5 670 kr/ha.**

Päideroo kasvatamisel toorainena biogaasi tootmiseks koristatakse saak saagiaastatel kaks korda aastas. Esimesel, s.o. rajamise aastal teostatakse üks niitmine septembri kolmandal dekaadil. Järgnevatel aastatel koristatakse päideroo saak kahel korral, esimene niitmine teostatakse juunikuul kolmandal dekaadil, teine niitmine septembri kolmandal dekaadil. Viljeluse lõpetamise aastal teostatakse vaid esimene niitmine juuni kolmandal dekaadil. Niidetakse liikurniidukiga, mille töölaiuseks on 4 m. Niidetud mass kogutakse ja hekseldatakse 3-meetri laiuse haagiskoguriga ning saadud mass transportitakse tarbijani, veokaugusega 40 km. Materjalikulud koristustöödel puuduvad Viljeluse lõpetamise kulud on samad, mis päideroo kasvatamisel energiaheinana põletamiseks. **Viljeluse lõpetamise kuludeks kujuneb 1 475 kr/ha.**

4.1.4. Tootmiskulude võrdlus sõltuvalt päideroo biomassi kasutamise otstarbest

Mitme-aastase viljelustsükliga päideroo tootmiskulude suurus sõltub päideroo tooraine kasutamise otstarbest. Joonisel 6 on esitatud päideroo rajamiskulude, saagiaastate hooldus- ja koristuskulude ning viljeluse lõpetamise kulude võrdlus päideroo kasvatamisel energiaheinana põletamiseks ning haljasmassi toormena biogaasi tootmiseks.



Allikas: MSI arvutused agrotehnoloogiliste kaartide põhjal

Joonis 6. Päideroo kasvatamise tootmiskulud 2007. aasta hinnatasemetel erineva agrotehnoloogia korral, kr/ha

Rajamise ja viljeluse lõpetamise tööoperatsioonidega seotud materjali- ja masintööde kulud on päideroo kasvatamisel nii energiaheina kui haljasmassi toorme saamise eesmärgil samad. Kasvatades päideroogu energiaheina tootmise eesmärgil on saagiaasta hooldamise- ja koristuskulud märkimisväärselt madalamad (2406 kr/ha) kui päideroo kasvatamisel haljasmassi tootmiseks (9170 kr/ha). Haljasmassi suurema saagikuse saavutamiseks on väetamise tarve oluliselt kõrgem ning sellest tulenevalt on kõrgemad ka hoolduskulud. Koristuskulud on haljasmassi saamise eesmärgil kasvatatud päiderool kõrgemad, kuna niitmist teostatakse saagi aastal kaks korda.

4.1.5. Energiakultuuride tootmiskulude võrdlus

Energiakultuuride tootmiskulude analüüsimisel 2007. aasta hinnatasemetel selgus, et kõige töömahukamad ning suuremate kuludega materjalile ja masintöödele on õlikultuurid raps ja rüps. Nende kultuuride väetise ning taimekaitsevahendite tarvidus on suurem kui teistel kultuuridel. Teraviljadest olid kõige suuremate tootmiskuludega tritikale, mis on suurima väetustarbega.

Päiderool mitmeaastase kultuurina summeeritakse viljelusaastate kulud ja jaotatakse võrdselt 10-le viljelusaastale ning leitakse aasta keskmine tootmiskulu. Päideroo kasvatamisel energiaheinana kujunevad aasta keskmised tootmiskulud oluliselt madalamaks võrreldes teiste energiakultuuride tootmise otsekuludega.

Tootmiskulude analüüsi tulemused Eestis on sarnased Euroopa Liidu erinevates piirkondade energiakultuuride kasvatamise ja kasutamise võrdleva analüüsi tulemusel välja selgitatud kulutasemetega. RENEW projekti raames teostatud tootmiskulude võrdleva analüüsi tulemusena jaotati energiakultuurid kulutasemete järgi kolme gruppi:

- 1) Kõrged tootmiskulud on ühe-aastastel energiakultuuridel, sh teraviljadel, kanepil. Seda gruppi iseloomustab ühe-aastane kasvutsükl, intensiivne kasvatamine ning kõrged töötlemiskulud.
- 2) Keskmiselt kõrged kulud on mitme-aastastel rohtsetel energiakultuuridel, sh päiderool. Seda gruppi iseloomustab mitme-aastane kasvutsükl, kõrged töötlemis- ja transpordikulud.
- 3) Madalad kulud on lühikese raieringiga puitkultuuridel – energiapaju. Seda gruppi iseloomustab mitme-aastane kasvutsükl, suhteliselt madalad rajamis- ning töötlemiskulud. (Rosenqvist 2006)

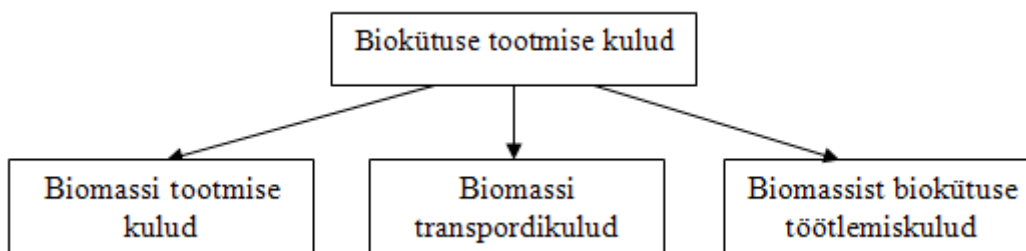
Kõige madalamate kasvatamise ja kasutamise kuludega energiakultuurid (energiapaju) toovad endaga kaasa suurimad muutused ettevõttes, seevastu kõrgeimate kasvatamise kuludega kultuurid nõuavad tootjalt kõige vähem muudatusi (teravili, raps). (Rosenqvist 2006)

4.2. Rohtsest biomassist toodetud biokütuse kulude kalkuleerimine tootmisahelas

4.2.1. Kulude arvestamise põhimõtted

Tootmise majandusliku tasuvuse hindamise aluseks on tootmisprotsessidega kaasnevate kulutuste analüüs. Kuna biokütuse tootmisahel koosneb teatud etappidest või protsessidest, siis biokütuse tootmiskulude kalkuleerimise aluseks on võetud protsessikuluarvestuse süsteem.

Biokütuse tootmiskulud koosnevad biomassi tootmiskuludest, biomassi transpordikuludest ning biomassi biokütuseks töötlemiskuludest. Joonisel 7 on skemaatiliselt esitatud biokütuse tootmise kulukomponendid.



Allikas: Ariva, 2011

Joonis 7. Biokütuse tootmiskulude skeem

Biomassi tootmiskulud

Taimekasvatuse tootmiskulude arvestamisel on levinum kulude kalkuleerimine tööoperatsioonidest lähtuvalt. Selleks selgitatakse üksikute tööoperatsioonide kulutused materjalile, masintöödele ja tööjõule. Kui kultuuri viljelemisel enamus tööoperatsioonidest teostatakse põllutöömasinate abil, võib arvestada tööjõukulud masintööde kuludega koos.

Energiakultuuride kasvatamise kulud on biokütuste tootmiskulude arvestamise esimeseks tasemeks. Mitme-aastastel energiakultuuride kulutused ei ole regulaarsed, see tähendab, et mitte igal aastal ei ole need ühesuurused. Seepärast peab kuluarvestuses arvestama keskmiste kuludega kasutusaasta kohta. Kasutusaasta kulude leidmiseks lisatakse saagiaasta kuludele rajamisaasta kulud, mis on jagatud saagiaastatele võrdsetes osades.

Kõik kulud biomassi tootmiskulude leidmisel on arvatatud hektari kohta ning hiljem on leitud biomassi tootmiskulud ühe kuivaine tonni kohta, kr/t_{KA} . Rajamis- ja saagiaastate tööoperatsioonid on esitatud lisas 8, kus materjalide kogused ning masinate valik on optimaalsed, et saavutada maksimaalsele lähedast saagikust.

Rohtsest biomassist briketi tootmise kulud päideroo ja loodusliku heina näitel

Rohtsest energiakultuurist briketi tootmisele võrdleva hinnangu andmiseks on valitud kaks kultuuri:

- päideroog energiaheinana;
- looduslik hein kui kasutamata biomassi ressurss, mida võiks kasutada biokütuse tootmisel. Näidiskalkulatsioonide tegemiseks on võetud Läänemaa põlluhein.

Rohtsete heinakultuuride energiasisaldus oli mõõdetud katsete käigus ning looduslikul heinal oli see 5,23 MWh/t_{KA}, energiaheinale (päideroog) 5,27 MWh/t_{KA}.

Energiakultuuri kasutusaasta kulude leidmisel on arvestatud taimiku kasutuskestusena 10 aastat, viljeluse lõpetamise aasta kulud (mullaharimisega seotud kulud) arvesse ei lähe.

Materjalikulu hektari kohta moodustasid päideroos 1891 kr/ha ning põlluheinal 211 kr/ha. Masinkulud olid vastavalt 2482 kr/ha ning 977 kr/ha. Biomassi tootmise kogukulud energiaheinale olid 5029 kr/ha ja looduslikul heinal 1367 kr/ha.

Päideroo tootmiskulud ühe KA kilogrammi kohta moodustasid 0,59 kr/kg_{KA}. Looduslikul heinal ühe KA kilogrammi tootmiskuludeks on 0,44 kr/kg_{KA}. (Tabel 8)

Tabel 8. Biomassi tootmiskulud 2010-2011. aastate hinnatasemetel ühe hektari kohta (kr/ha) ja ühe kuivaine kilogrammi kohta (kr/kg_{KA})

	Loodusliku rohumaa biomass	Päideroog energiaheinana
Tootmiskulud ühe hektari kohta, kr/ha	1367	5029
Tootmiskulud ühe KA kilogrammi kohta, kr/kg _{KA}	0,44	0,59

Allikas: (Agrotehnoloogilised...2007), [Kattetu... 2010]

Loodusliku heina ja energiaheina ühe hektari tootmiskulude erinevus on märgatavalt suur: päideroo kasvatamise tootmiskulud hektari kohta on ca 3,7 korda suuremad kui loodusliku rohumaa biomassi tootmisel. See on tingitud sellest, et looduslikust heinast biomassi tootmisel materjalikulu praktiliselt puudub (arvesse on võetud vaid võrk sidumiseks niitmisejärgsel biomassi rullimisel) ning masinkuludeks koristamisega seotud kulud. Kui võrrelda biomassi tootmiskulusid ühe kuivaine kilogrammi kohta, siis looduslikul heinal on see ca 25% väiksem kui energiaheinale. Selline vahe on põhjustatud kultuuride hektarisaakidest.

Lisaks sellele, et loodusliku rohumaa biomassi tootmine on odavam, on tähelepanuväärne ka see, et sellise biomassi kasutusele võtmisel väheneb negatiivne mõju keskkonnale.

Transpordikulud

Transpordiprotsess hõlmab kolme komponenti: töö, veos ja veok. Kulutused veose vedamisele tekivad transporditööl, veose ettevalmistamisel ja peale/maha laadimisel. Transpordikulude arvestamiseks sobib teenuse või funktsiooni kuluarvestus. Teenuste/funktsiooni kulude arvestuses protsessikulude jaotamisel kuluobjektidele võib kasutada transpordi puhul kulukäiturina tonnkilomeetrit.

On olemas mitu tegurit, mis mõjutavad rohtse biomassi transpordimaksumust (Lindh *et al* 2008):

- Veoauto kandevõime ja haagise mahutavus;
- Substraadi tihedus ja pakendamise kuju;
- Veokaugus.

Veoauto koorma suurus on oluline tegur, mis mõjutab transpordikulusid. Koorma suurust ja maksumust mõjutavad substraadi tihedus ja pallide kuju. Heina võib vedada pallides (ruloonid või suurkantpakkid) või lahtiselt/hekseldatult. (Lindh *et al*, 2008)

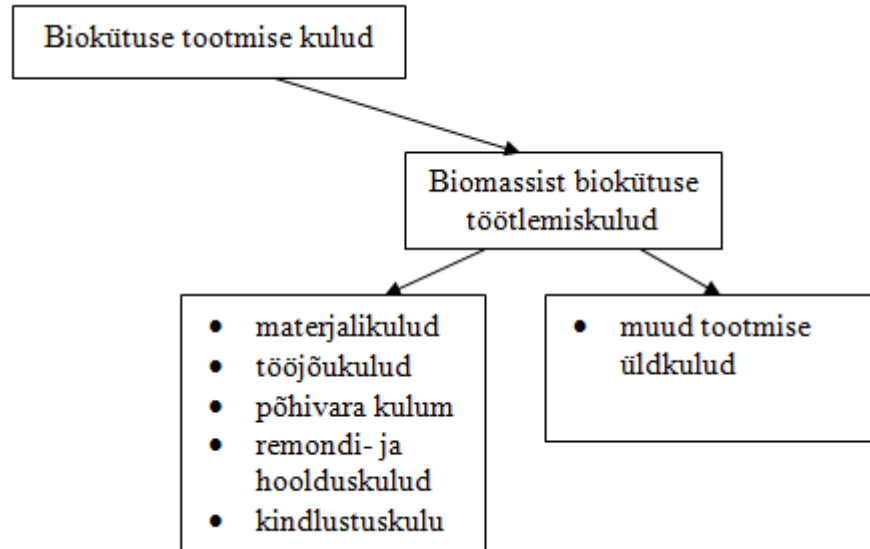
Teoreetiliselt on alternatiiviks teha kompaktsed väikesi brikette kohapeal st põllul. Teiseks võimaluseks oleks enne suurtele kaugustele transportimist segada päideroog koos hakkpuidu või turbaga. Hekseldatud biomassi transpordiks võib kasutada turbale mõeldud tarnspordivahendeid ning pallide transpordiks raiejääkidele mõeldud transpordivahendeid. (Lindh *et al*, 2008) Transpordikulud on lineaarses sõltuvuses veokaugusest. (Kukk *et al*, 2010)

Transpordikulude arvestuse aluseks on võetud ühe biomassi kuivaine tonni vedamise kulud kilomeetri kaugusele ($kr/t_{KA}km$). Arvutused põhinevad keskmisel transpordikaugusel 10 km, mis on rohtse biomassi puhul optimaalseks kauguseks. Kuivaine ühe tonnkilomeetri maksumuseks on 1,72 $kr/t_{KA}km$. (Kukk *et al*, 2010). Sellisel veokaugusel kujunevad transpordikulud 17,21 kr/t_{KA} .

Mõlema kultuuri transpordikulud on võetud arvesse 1,72 krooni $/t_{KA}km$ kohta. Kulud ei erine, kuna biomasside omadused on väga sarnased ning vedamisel võib rakendada ühte ja sama transporditehnoloogiat.

Töötlemiskulu

Töötlemiskulu (konversioonikulu, muundamiskulu) on kulu, mida tehakse tootmisprotsessis soetatud sisendite muutmisel väljundiks ehk ostetud materjalide ja sisseostetud teenuste muutmiseks valmistoodanguks.



Allikas: Ariva, 2011

Joonis 8. Biomassist biokütuse töötlemise kulude kujunemine

Biomassi biokütuseks töötlemiskulud sõltuvad biomassi kasutusotstarbest (biogaasi tootmiseks või tahke kütusena põletamiseks). Joonisel 8 on esitatud töötlemiskulude peamised komponendid.

Töötlemisprotsessidega seotud kulud koosnevad erinevatest kulukomponentidest: materjalikulud, tööjõukulud, põhivaraga seotud kulud (amortisatsioon, hooldus- ja remondikulud), ettevõtte üldkulud.

Rohtse biomassi töötlemisel kulude kalkuleerimisel arvestatakse järgnevate kuludega: materjalide kulu (energia, kütus), tööjõukulud, seadmete amortisatsiooni, remondi- ja hoolduskulud ühe tunni kohta (kr/h) ning tööaja kulu, mis kulub ühe tonni kuivaine töötlemiseks erinevate tööoperatsioonide käigus (h/t_{KA}). Biomassi töötlemise kulud leiti kr/t_{KA} ning toodangu tootmise kulud leiti nii ühe KA tonni kohta (kr/t_{KA}) kui ka energiaühiku kohta (kr/MWh).

Põhivaraga seotud kulud

Objekti soetamisega seotud kulutused kajastatakse kuluna objekti kasuliku eluea jooksul amortisatsioonikuluna. Põhivara kulum nii energiaheina kui ka loodusliku heina töötlemisel ei erine (Tabel 9), kuna kõik kasutatavad masinad ja seadmed on mõeldud just rohtse biomassi töötlemiseks. Põhivara kulum töötunni kohta sõltub eelkõige sellest, milline on põhivara

kulum kasutusaasta kohta (kr/a), põhivara kasutusest päevas (h/p) ning seadmete tootlikkusest. Erinevatel seadmetel on nii töötundide arv aastas kui ka tootlikkus erinevad. Võttes arvesse briketeerimispressi tootlikkuse, on kogu põhivara kulum toodanguühiku kohta summaarselt 0,35 kr/h ning kogu põhivara kulum ühes töötunnis on 13,85 kr/h. (Tabel 9)

Tabel 9. Põhivara kulum kasutusaasta (kr/a) ja ühe töötunni (kr/h) kohta

	Loodusliku rohumaa biomass	Päideroog energiaheinana
Põhivara kulum kasutusaasta kohta, kr/a	51 929	51 929
Põhivara maksumus toodanguühiku kr/kg	0,34	0,34
Kogu põhivara kulum tunnis, kr/h	13,85	13,85

Allikas: Briketeerimiseadmete maksumus EMÜ Tehnikainstituudi Biokütuste labori andmete põhjal

Suurema osa põhivara kulumist moodustavad briketeerimispress ning tõstuk (ca 89% masinate ja seadmete soetusmaksumusest). Biomassi töötlemisel biokütuseks briketeerimispressi ja tõstuki kulum toodanguühiku kohta moodustab vastavalt 60,69% ja 27,32% kogu põhivara kulumist. Potentsiaalseks võimaluseks vähendada töötlemisprotsessis kulusid masinatele on tõstuki kasutamine ühiskasutusena või teistes töödes.

Põhivara, mis on töötlemiskulude kalkuleerimise aluseks, on:

- Biomassi etteandmist teostati laboris tõstukiga Avant 320S ning tigutransportööriga Himel Typ FS 102. Andmed etteandmise, laadimise ja transpordi kohta baseeruvad varustuse tehnilistel kirjeldusel. Tigutransportööri kasutati purustatud materjali edastamiseks briketeerimiseks ning tõstukit kasutati laadimise ja kohaliku transpordi töödel.
- Jahvatusmasin RS06, mis on ehitatud biomassi purustamiseks niiskusesisaldusega kuni 30% et tagada osakesi pikkusega 2...5 cm.
- Briketeerimisel kasutati briketeerimispressi Weima C-150, mida on võimalik kasutada brikettide pressimiseks igast sobivast materjalist nagu puit, polüstüreen, paber või biomass läbilaskevõimega kuni 50 kg/h. Kulude arvutamisel oli kasutatud seadme läbilaskevõimet 40 kg/h.

Arvestades biokütuste labori suurust ja spetsiifikat on rohtse biomassi töötlemiskulude arvutamisel võetud üldkulude protsendimääraks 15%, mis on lähedane eksperthinnanguna arvestatud piiridele. Biomassi töötlemisprotsessidega seotud üldkulud on arvestuslikult kokku 15,96 kr/h. (Lisa 11)

Tööjõukulud

Tööjõukulu arvestamisel võeti aluseks, et biomassi töötlemisprotsessides osaleb üks tööline, täistööajaga ehk 40 tundi nädalas.

Keskmise tunni tööjõukulu leidmiseks võeti Eesti Statistika andmebaasi 2010. aasta kvartaalsed näitajad tegevusalas põllumajandus, metsamajandus ja kalapüük. Aastal 2010 oli selle tegevusala keskmine tööjõukulu 90,12 krooni tunnis. Tööjõukulude arvestamisel võetakse arvesse briketeerimismasina tööaega päevas, kui suur on briketeerimismasina päevane tootmismah. Selle alusel leitakse tööjõukulud ühe kilogrammi kohta ning briketeerimismasina tootlikkuse (40kg/h) alusel tööjõukulud ühe tunni kohta (kr/h). Tööjõukulu kujunesid 48,05 kr/h (Lisa 11).

Materjalikulu

Elektrienergia ja kütuse kulu töötlemiskulude analüüsiks arvestatakse masinate ja seadmete energia tarbimise ja tööaja põhjal. Briketeerimisseadmete energiakulu arvestatakse tööoperatsioonide põhjal. Tööoperatsioonide energiakulu on arvestatud ühe KA kg töötlemisel. Erinevate tööoperatsioonide energia tarve liidetakse ja saadakse energiatarve kuivaine kilogrammi kohta. Ühe töötunni energiatarve arvutatakse lähtuvalt briketeerimismasina tootlikkusest (keskmine tootlikkus 40 kg/h). Ühe töötunni energia tarbimine korrutatakse elektrienergia hinnaga 1,11 krooni/kWh (Eesti Energia ärikliendi hinnapakett)

Kütusekulu arvutamisel leitakse masina kütusekulu ühe kuivaine kg kohta ning ühe töötunni kütusekulu lähtuvalt briketeerimismasina tootlikkusest (keskmine tootlikkus 40 kg/h).

Kõigis töötlemise etappides mõõdeti elektrienergia kulu. Täpse energiatarbimise mõõtmiseks kasutati loenduriga elektrikilpe, mis on programmeeritud lugema täpsusega 1W.

Tõstuki puhul arvestati kütusekulu ühe töötunni kohta.

Loodusliku rohumaa biomassi töötlemisel energiatarve ühes töötunnis moodustas 7,0120 kWh/h ning energiaheina töötlemisel see näitaja oli 6,8560 kW/h. Vahe (ca 2%) tekib rohtse biomassi purustamisel ja briketeerimisel. Erinevate tööoperatsioonide energia tarve on esitatud lisas 10.

Energiakulu tunni kohta moodustas põlluheinal ca 7,82 kr/h ja päiderool ca 7,51 kr/h (Tabel 10), elektrienergia 2011. aasta hinnatasemel 1,11 kr/kWh.

Tõstuki kütusekulu tunnis mõlema kultuuri puhul on sama, 36,77 kr/h, sest kütusekulu tunnis (l/h) ei muutu.

Kokku materjalikulu loodusliku heina töötlemisel oli ca 44,59 kr/h ja energiaheinale ca 44,44 kr/h, millest suurema osa (ca 83%) moodustas kütusekulu.

Tabel 10. Energia- ja kütusekulu, kr/h

	Loodusliku rohumaa biomass	Päideroog energiaheinana
Energiakulu, kr/h	7,82	7,51
Kütusekulu, kr/h	36,77	36,77
Materjalikulu kokku, kr/h	44,59	44,44

Allikas: Briketeerimisseadmete energiatarve ja kütusekulu EMÜ Tehnikainstituudi Biokütuste labori andmete põhjal

Energiakulu suurus sõltub eelkõige elektrienergia hinnast ning arvestada võiks ka biomassi kultuuriliikide koosseisuga. Erinevatel kultuuridel võib füüsiliste ja keemiliste parameetrite tõttu töötlemiseks vajav energia kogus teatud määral erineda.

Remondi- ja hoolduskulud

Masinate ja seadmete remondi- ja hoolduskulud leitakse protsendina põhivara kasutamise intensiivsusest. Remondi- ja hoolduskulud on võimalik leida nii aasta kohta kui ka töötunni kohta, arvestades seda kui palju töötunde teeb üks või teine masin või seade aastas.

Masinate ja seadmete korrashoiukulud sõltuvad põhivara kasutamisest. Töötlemismasinate remondi- ja hoolduskulude suuruseks on võetud 2,5% masinate ja seadmete kulumist töötunnis (kr/h), ning on leitud, et korrashoiukulud tunni kohta on 0,31 kr/h. (Lisa 11)

Võib eeldada, et masinate ja seadmete kasuliku eluea lõpus reaalsed kulud remondile ja hooldusele võivad olla palju suuremad kui arvestatud 2,5% põhivara kulumist.

Ettevõtte üldkulud

Tootmisvälised e ettevõtte üldkulud sõltuvad ettevõtte suuruselt, asukohast ja paljudest muudest teguritest, seepärast selles uurimistöös on üldkulud arvestatud protsendimäärana tootmiskuludest. Sõltuvalt ettevõttest, võib nende suurus erineda mitu korda. Eksperthinnanguna võivad need sageli jääda 6–12% piiridesse. [Loko jt. 2007]

Töötlemiskulud kokku

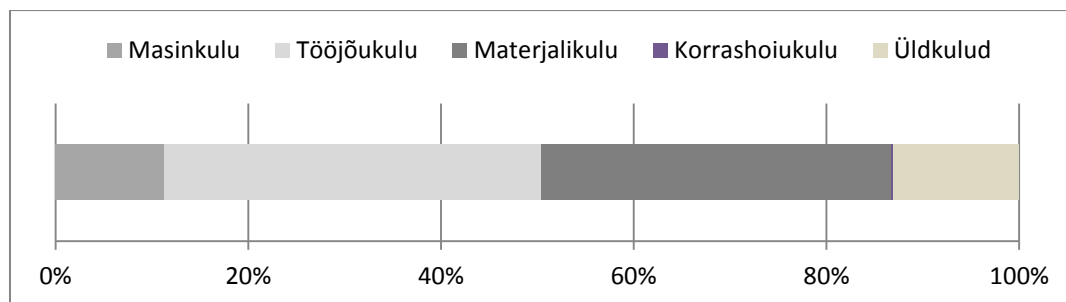
Töötlemiskulud kokku kujunevad mõlemal biomassil praktiliselt samasuurusteks: põlluheinale 122,83 kr/h ja energiaheinale on 122,67 kr/h. Kuivaine tonni kohta on töötlemiskulud vastavalt 3071 kr/t_{KA} ja 3066 kr/t_{KA}. (Tabel 11). Väike erinevus tekib töötlemiseks vajaliku energia tarbimisel.

Tabel 11. Biomassi töötlemiskulud tunni (kr/h), KA kilogrammi (kr/kg_{KA}) ja KA tonni (kr/t_{KA}) kohta

	Loodusliku rohumaa biomass	Päideroog energiaheinana
Töötlemiskulud kokku, kr/h	122,83	122,67
Töötlemiskulud ühe KA kilogrammi kohta, kr/kg _{KA}	3,07	3,07
Töötlemiskulud ühe KA tonni kohta, kr/t _{KA}	3071	3066

Allikas: MSI poolt tehtud arvutused EMÜ Tehnikainstituudi Biokütuste labori andmete põhjal

Suurema osa töötlemiskuludest moodustavad tööjõukulu ja materjalikulud, summaarselt nad annavad ca 75% kogu töötlemiskuludest, 39,18% ja 36,19% vastavalt. Masinkulude osakaal töötlemiskuludest on ca 11%. Üldkulude protsent töötlemiskuludest on 13,04%. (Joonis 9)



Allikas: MSI arvutused EMÜ Tehnikainstituudi Biokütuste labori andmete põhjal

Joonis 9. Töötlemisprotsessi kulukomponentide osakaal kogu töötlemiskuludest, %

Materjalikuludest peamine kulukoht on tõstuki kütusekulu, mida arvatavasti vähendada ei ole võimalik, sest tõstuk teeb täpselt sama palju tööd kui on ettenähtud. Töötlemiskulude vähenemine on tõenäoliselt võimalik tööjõukulu arvelt. Tööjõukulu alaneks, kui näiteks alandada töötaja töötasumäära või töökoormust, kuna masinad ja seadmed teevad suurema osa oma tööst täisautomaatselt.

4.2.2. Biokütuse omahinna arvestamine briketeerimise näitel

Omahind on ühe tooteühiku valmistamise kulud. See on teatud mõttes tooteühiku hind, mis näitab, kui palju iga tooteühik tootjale maksma on läinud. See on kulude arvestuse meetod, mille kasutamisel liigitatakse kulud otsekuludeks ja kaudkuludeks. Juhul kui jaotatakse kõik kulud kuluobjektidele, nimetatakse seda täisomahinna arvestuseks. Juhul kui jaotatakse kuluobjektidele ainult tootmise kulud, siis nimetatakse seda tootmisomahinna arvestuseks. (Karu, 2008)

Biokütuse omahinna arvutamisel on kasutatud tootmisomahinna arvestuse põhimõtteid, mis hõlmavad endas biomassi tootmis- ja transpordikuluseid ning biomassist biokütuseks töötlemisega seotud kulusid.

Biomassi tootmiskulud arvestatakse ühe KA kilogrammi kohta ($\text{kr}/\text{kg}_{\text{KA}}$). Biomassi transpordikulude arvestamisel leitakse ühe kuivaine tonni veokulud ühe kilomeetri kaugusele ($\text{kr}/\text{t}_{\text{KAkm}}$). Transpordikulude arvutamisel kuivaine tonni kohta ($\text{kr}/\text{t}_{\text{KA}}$) või kuivaine kilogrammi kohta ($\text{kr}/\text{kg}_{\text{KA}}$) võetakse arvesse veokaugust. Töötlemise kulud on töötunni kohta (kr/h).

Biomassi töötlemisprotsessi põhiliseks tööoperatsiooniks on briketeerimine ning toodangu maht sõltub briketeerimisseadme läbilaskevõimest, st kui palju biomassi ta on võimeline töötleva ühes tunnis.

Kuna briketeerimine tähendab materjali pressimist, mille tulemusena materjali ruumiline maht oluliselt väheneb, ei toimu selle juures olulist materjalikadu. Seega väljundiks on sama palju kuivaine materjali kui palju oli kuivaine sisendressursina. Ühe kuivaine tonni briketi tootmisomahinna arvutamiseks leitakse sisendressursi maksumus ning transpordi- ja töötlemiskulud sellele ja jagatakse nende summa toodangumahuga.

Kulud töötlemisele on ka arvutatavad töötunni kohta. Sellest lähtuvalt leitakse biokütuse tootmisprotsessi kogukulud, mis on arvestatud töötunni kohta.

Et leida tootmiskulud ühe kuivaine tonni kohta, jagatakse tootmisprotsessi kogukulud selle biomassi kogusega, mis oli arvestatav briketeerimisseadme läbilaskevõimega. Ühe kuivaine tonni tootmisomahinna ühikuks on $\text{kr}/\text{t}_{\text{KA}}$.

Selleks, et hiljem leida ühe energiaühiku tootmisomahinda, tuleb arvesse võtta ühe KA tonni energiasisaldust, mida mõõdetakse kas $\text{MWh}/\text{t}_{\text{KA}}$ või $\text{GJ}/\text{t}_{\text{KA}}$. Energiaheinana kasvatatava päideroo kuivaine energeetiline väärtus on $5 \text{ MWh}/\text{t}$ ($18 \text{ GJ}/\text{t}$), materjali 14% niiskusesisalduse korral langeb see $4,2 \text{ MWh}/\text{t}$ ($15,12 \text{ GJ}/\text{t}$). (Rohtsete... 2007). Rohttaimede kuivaine kütteväärtus on $16,8 \text{ MJ}/\text{kg}$. [Gavrilova, Vilu 2008].

Briketi omahinna arvutus

Briketi toodangu maht arvestatakse briketeerimispressi tootlikkuse järgi, milleks on 40 kg biomassi tunnis. Briketeerimise protsessis biomassi kaal briketiks töötlemisel ei vähene (kaalu muutus on marginaalne), seega ühes tunnis toodab briketeerimisseade 40 kg briketti.

Briketi tootmiskulud on energiaheinal kõrgemad ($3,67 \text{ kr}/\text{kg}$) kui looduslikul heinal ($3,53 \text{ kr}/\text{kg}$). (Tabel 12)

Tabel 12. Briketi tootmiskulud (kr/kg)

	Loodusliku rohumaa hein	Päideroog energiaheinana
Biokütuse tootmiskulud, kr/kg	3,53	3,67
Toodang, kg	1,00	1,00
Tootmisomahind, kr/t	3529	3668
Ühe energiaühiku maksumus, kr/MWh	675	696

Allikas: MSI poolt tehtud arvutused EMÜ Tehnikainstituudi Biokütuste labori andmete põhjal

Biokütuse tootmiskuludest suurema osa moodustavad biomassi töötlemiskulud. Põlluheina briketi tootmisel töötlemiskulud moodustavad umbes 87% ja energiaheinana umbes 83% tootmiskuludest.

Toodanguks on samapalju töödeldud biomassi kogust kui oli sisendressursi (biomassi). Seega, kuivaine kilogrammi omahind briketi tootmisel looduslikul heinal on 3,53 kr/kg ja energiaheinana 3,67 kr/kg. Kuivaine tonni kohta on tootmisomahinnad vastavalt 3529 kr/t_{KA} ja 3668 kr/t_{KA}. Tabel 13)

Päideroo briketi tootmisomahind oli 139 kr/t_{KA} võrra kõrgem kui looduslikul heinal, ühe energiaühiku tootmise maksumus on päiderool 0,70 kr/kWh ja looduslikul heinal on see 0,67 kr/kWh. (Tabel 13)

Tabel 13. Briketi KA tonni (kr/t_{KA}) ja energia (kr/kWh) tootmisomahind

	Loodusliku rohumaa hein	Päideroog energiaheinana
Tootmisomahind, kr/t _{KA}	3528	3668
Toodangu energiasisaldus, MWh/t _{KA}	5,23	5,27
Ühe energiaühiku maksumus, kr/MWh	675	696
Ühe energiaühiku maksumus, kr/kWh	0,67	0,70

Allikas: arvutused EMÜ Tehnikainstituudi Biokütuste labori andmete põhjal

Kokku labori tingimustes praeguse arvestusega on võimalik toota aastas ca 790 MWh. See on potentsiaalne energiakogus ja sõltub suuremal määral biomassi energiasisaldusest ning masinate ja seadmete tootlikkusest.

Biokütuse briketeerimise tootmisomahindade analüüsi põhjal võib öelda, et loodusliku rohumadelt saadavast heinast on võimalik toota odavamalt briketti kui spetsiaalselt energiakultuurina kasvatatavast päideroo biomassist. Kuna just looduslike ja poollooduslike rohumade biomass ei kasutata loomasöödana ning see jääb põldudele seisma, siis tuleks briketeerimisel kaaluda just selle rohtse biomassi ressursi kasutusele võtmist.

Briketeerimisseadme hindamisalused

Briketeerimisseadme valikul on määravaks selle töökindlus, kasutusaeg, tehnilised ja majanduslikud näitajad. Sobiva valiku tegemiseks võrreldakse kolme erinevat briketeerimisseadet. Briketi pressimiseks võib kasutada erinevaid briketeerimisseadmeid. Tehnoloogiliselt jagunevad briketipressid mehaanilisteks ja hüdraulilisteks kolbpressideks ning kruvipressideks.

Mehaanilise kolbpressina võiks kasutada CFN BP 4000 briketipressi, mille tehnilised andmed on välja toodud tabelis 14. Toormaterjal suunatakse etteande mehhanismidega briketipressi survekambrisse. Kolb pressib materjali läbi koonuse, kus tekib katkematu briketimass diameetriga ca 60 mm. Edasi pressitakse briketimass läbi survekanali, mis suurendab vastusurvet ja võimaldab veelgi tugevamat briketi kokku pressimist

Hüdraulilise kolbpressina võiks kasutada Weima c150, mille tehnilised andmed on välja toodud tabelis 14. Seade koosneb ca 1 m³ suurusest materjali etteandepunkrist ja hüdraulilisest kolvist. Punkri põhjas on pöörlev laba, mis tagab materjali etteande tigutransportööri ettesööte kanalisse. Tigutransportöör suunab materjali vertikaalse eelpressi töösooni. Vertikaalse eelpressi kolb surub materjali teise, horisontaalsesse hüdraulilisse kolbpressi. Horisontaalses pressis pressitakse eeltihendatud materjal briketiks. Kõik valmivad briketid on ühesuurused. Et saada püsivam põhubrikett, on vajalik viimase jahtumine surve all.

Kruvipressina võiks kasutada spetsiaalselt põhu ja heina briketeerimiseks mõeldud briketeerimisliini BIOMASSER Multi, koosneb kaheksast Biomasser DUOST mis saavad tooraine ühest suurest mahutist. Etteandepunkri maht on 14 m³. Iga biomasser Duo koosneb etteandepunkrist ja kahest pressteost. Punkri põhjas on pöörlev laba, mis tagab materjali etteande tigude söotkanalitesse. Presstigu surub materjali läbi elektriliselt kuumutatava koonilise presspea ja suunab moodustunud briketi väljuvale liinile. Presspea temperatuuri saab muuta 0...300 °C. Elektriline presspea soojendus on vajalik ennekõike töö alustamisel. Tööprotsessi käigus soojendatakse presspead vajadusel automaatselt, kuna presspea ja materjali vahelisel hõõrdumisel eraldub soojus. Liin on varustatud surve tekitamiseks vajalike mehhanismidega. Seadme tehnilised andmed on välja toodud tabelis 14.

Tabel 14. Briketipresside võrdlus

Briketipress	BP 4000	Weima c150	Biomasser Multi
Tehnoloogia	Mehaaniline kolbpress	Hüdrauliline kolbpress	Kruvipress
Tootlikkus kg/h	Kuni 750	Kuni 50	Kuni 700
Briketi diameeter mm	60	50	70
Kasutatava materjali niiskus %	10- 15	Kuni 18	15-30
Kasutatava materjali Heksli pikkus mm	Kuni 20	Kuni 20	20- 50
Energiatarve, kW	30	5,5	79
Mass, kg	3700	800	3400
Pikkus, mm	2850	1960	4000
Laius, mm	1350	1315	3000
Kõrgus, mm	1350	1410	3000

Allikas: [www.cfnielsen.com], [www.weima.com], [www.asket.pl]

Briketeerimisseadme CFN BP 4000 tehnilised näitajad

Briketeerimisseadet BP 4000 toodab C.F. Nielsen SA Taanis. BP 4000 on keskmise suurusega ettevõttele mõeldud briketipress, mille aastane tootmisvõimsus on kuni 6000 tonni briketti. Seade sobib nii saepuru ja põhu briketeerimiseks. Seadme tehnilised andmed on toodud tabelis 15.

Tabel 15. Briketeerimisseadme CFN BP 4000 tehnilised andmed

Tehnilised andmed BP 4000	
Briketi diameeter	Ümar 60 mm
Pressi mõõdud	PxLxK= 2850x1350x 1350
Pressi kaal	Ca 3700 kg
Tootlikkus	Kuni 750 kg/h
Peamootor	30 kW

Allikas: [www.cfnielsen.com]

CFN BP 4000 on mehhaaniline kolbpress. Toormaterjal suunatakse etteande mehhanismidega briketipressi survekambrisse. Kolb pressib materjali läbi koonuse, kus tekib katkematu briketimass diameetriga ca 60 mm. Edasi surutakse briketimass läbi survekanali, mis suurendab vastusurvet ja võimaldab veelgi tugevamat briketi kokku pressimist.

Juhul kui materjali fraktsioon on lubatust suurem, tuleb enne briketeerimist materjal peenestada. Kuna vajaliku tooraine fraktsioon on ca 20 mm, siis on vaja põhk eelnevalt purustada. Selleks sobiv seade on HDH 770 haamerveski, mis koosneb kootidega rootorist,

avadega võrestikust ja ventileerivast rootorist. Põhu purustamisesüsteemi tootlikkuseks on arvestatud 1500 kg/h.

Purustamiseks asetatakse pallid söotkonveierile, mis söödab pallid automaatselt purustisse. Pärast purustit suunatakse materjal pneumaatiliselt haamerveskisse, mis jahvatab põhu briketeerimiseks vajalikuks fraktsiooniks. Pärast vajaliku fraktsiooni saavutamist suunatakse materjal ventilaatori abil briketipressi mahutisse. Kuna purusti ja veski on briketeerimismasinast suurema tootlikkusega, on nende seadmete tööaeg lühem. Tootmisliini seadmete tarbimisvõimsused, tööaeg ja tarbitav energiahulk on toodud tabelis 16.

Tabel 16. CFN BP 4000 tootmisliini seadmete tarbimisvõimsused (kW), tööaeg (h) ja tarbitav energiahulk (kWh)

Seadme nimetus	Tarbimis- võimsus, kW	Tööaeg, h Päevas	Energiahulk, kWh Päevas
Sissesöödukonveier	2,2	3	6,6
Põhupurusti	33,7	4	134,8
Haamerveski	45	4	180
Ventilaator	5,5	4	22
Briketipress	30	8	240
Kokku	116,4		583,4

Allikas: www.cfnielsen.com

Kvaliteetse briketi tootmiseks peavad olema täidetud järgmised eeltingimused:

- Tooraine niiskussisaldus ei tohi ületada 15 %;
- Tooraine fraktsioon ei tohi ületada 20 mm;
- Tooraine ei tohi sisaldada võõrkehasid või segavaid lisaaineid.

Briketeerimisseadme Biomasser Multi tehnilised näitajad

Briketeerimisliini Biomasser Multi toodetakse Poolas. Briketeerimisliini aastane toodanguvõimsus on kuni 6000 tonni briketti. Seade sobib ainult põhu ja heina pressimiseks. Seadme tehnilised andmed on toodud tabelis 17.

Tabel 17. Briketeerimisseadme Biomasser Multi tehnilised andmed

Briketi diameeter	Ümar 70 mm, auk keskel
Pressi kaal	Ca 3400 kg
Tootlikkus	Kuni 700 kg/h
Peamootor	77 kW

Allikas: www.asket.pl

Pressimiseks mineva materjali fraktsioon on 20- 50 mm, seetõttu on vaja põhk eelnevalt purustada. Pallipurustiks sobib TOMASSER RB505E18, mille tootlikkus on kuni 2000 kg/h.

Kuna purusti tootlikkus on suurem kui pressimisliini oma, siis toimub pallide purustamine tsükliliselt. Seadme tarbimisvõimsused, tööaeg ja tarbitav energiahulk on toodud tabelis 18.

Tabel 18. Biomasser Multi tootmisliini seadmete tarbimisvõimsused (kW), tööaeg (h) ja tarbitav energiahulk (kWh)

Seadme nimetus	Tarbimisvõimsus, kW	Tööaeg, h päevas	Energiahulk, kWh päevas
Etteandelaud	6	0,11	0,66
Peenesti	31,6	3,2	101,12
Punker	1,5	8	12
Tolmueemaldi	7,5	3,2	24
Presside mootorid	36	8	288
Presside küttekehad	32	6	192
Kokku	114,6		617,78

Allikas: www.asket.pl

Briketeerimisseadme Weima C150 tehnilised näitajad

Weima 150 on Saksamaal toodetud hüdrauliline kolbpress. Seade on ette nähtud puidu, paberi ja biomassi pressimiseks. Seade on sobiv väikestele ja keskmise suurusega ettevõtetele. Weima C150 tehnilised andmed on toodud tabelis 19.

Tabel 19. Seadme Weima C150 tehnilised andmed

Briketi diameeter	Ümar 50 mm
Pressi kaal	800 kg
Tootlikkus	Kuni 50 kg/h
Peamootor	5,5 kW

Allikas: www.weima.com

Kuna briketeerimiseks mineva materjali fraktsioon on kuni 20 mm, on põhk vaja eelnevalt purustada. Kuna briketeerimisseade on väikese tootlikkusega sobib purustiks RS 06, mis on mõeldud väikestele tootmisliinidele. Purusti reaalne tootlikkus on kuni 200 kg/h. Kuna purusti tootlikkus on briketeerimisseadme tootlikkusest suurem, on purusti tööaeg 2 h/päevas. Seadmete tarbimisvõimsused, tööaeg ja tarbitav energiahulk on toodud tabelis 20.

Tabel 20. Weima C150 tootmisliini seadmete tarbimisvõimsused (kW), tööaeg (h) ja tarbitav energiahulk (kWh)

Seadme nimetus	Tarbimis- Võimsus, kW	Tööaeg, h päevas	Energiahulk, kWh päevas
Põhupurusti	7,5	2	15
Briketeerimisseade	5,5	8	44
Toorme segaja	0,37	8	2,96
Etteandetigu	0,37	8	2,96
Kokku	13,74		64,92

Allikas: www.weima.com

Põhu briketeerimise majanduslikud näitajad

Hinnates briketeerimisseadme majanduslikke näitajaid, on üheks aluseks seadme soetusmaksumus. Briketeerimisseadmete hinnad on esitatud tabelis 21.

Tabel 21. Briketeerimisseadmete hinnad, kroonides

	CFN BP 4000	Biomasser Multi	Weima C150
Etteandelaud		93880	
Põhupurusti	1600021		42246
Pallipurusti		359872	
Briketeerimisseade	2190524	2034058	220617
Kokku	3790545	2487809	262863
Käibemaks	758109	497562	52573
Summa käibemaksuga	4548654	2985371	315435

Põhu briketeerimisel seadmega CFN BP 4000, on arvestuslikud muutuvkulud 118 516,9 aastas. Ligikaudu 50% muutuvkuludest moodustab toorainekulu. Muutuvkulud ühe tonni kohta on 1173 kr.

Püsikulude aastane osatähtsus kogukuludest on muutuvkuludest väiksem. Aastased püsikulud antud toodangumahu juures on 780 995 kr. Suurimateks püsikuludeks on seadmete amortisatsioon ja laenukulud. Püsikulud ühe tonni kohta on 501 kr.

Biomasser Multi`ga põhu briketeerimise kulud on toodud tabelis 22. Aastane muutuvkulu on 1 798 262 kr, millest 54% moodustab tooraine. Muutuvkulud ühe tonni kohta on 1216 kr.

Püsikulud aastas on 583 862 kr, moodustades kogukuludest ca 25%. Püsikulud ühe tonni kohta on 401 kr. Muutuv- ja püsikulude summa ühe tonni kohta on 1617 kr.

Tabel 22. Briketeerimise kulud aastas (kr aastas) ning ühe tonni kohta (kr/t) kokku erinevate briketeerimisseadmete kasutamisel

	CFN BP 4000		Biomasser Multi		Weima C150	
	kr aastas	kr tonn	kr aastas	kr tonn	kr aastas	kr tonn
Põhk (toormaterjal)	1055958	660	989960	660	68637	660
Palk	630871	404	630871	433	189261	1820
Elekter	167558	107	177431	122	18646	180
Muutuvkulud kokku	1854387	1173	1798262	1216	276545	2658
Laokulud	73398	47	73398	50		
Laenukulud	195575	125	131854	91	12880	124
Hoonekulud	93880	60	93880	64	22531	216
Amortisatsioon	342332	219	230906	158	22554	214
Kindlustuskulud	37905	25	26912	19	2629	25
Hoolduskulud	37905	25	26912	19	2629	25
Püsikulud kokku	780995	501	583862	401	63222	604
Kulud kokku	2635382	1675	2382124	1617	339767	3262

Briketeerimisseadme Weima C150 kogukulude kujunemine on toodud tabelis 22. Muutuvkulud aastas on 2658 kr tonni kohta, kogusummana 276 545 kr/ aastas. Ligi 70% muutuvkuludest moodustab palgakulu. Suure palgakulu toodanguühiku kohta põhjustab seadme väike tootlikkus, kuna töötaja peab seadme kõrval olema 8 h/päevas..

Püsikulud on 63 222 kr aastas. Püsikulud ühe toodanguühiku kohta on 604 kr/t, moodustades 18,7 % kogukuludest. Muutuv- ja püsikulude summa ühe tonni kohta on 3262 kr.

Omahinna arvutamine

Omahinna arvestamisel liideti kokku tootmise muutuvkulud ja püsikulud aastas ja jagati need aastase briketitoodanguga. Selle tulemusena saadi kulutused ühe tonni põhübriketi kohta. Kõigi kolme seadme kuluarvestus on toodud tabelis 23.

Tabel 23. Põhubriketi kulude arvestus ühe tonni kohta (kr/tonn) ning omahinna struktuur (%)

	CFN 4000 BP		Biomasser Multi		Weima C150	
	kr/tonn	%	kr/tonn	%	kr/tonn	%
Muutuvkulud						
Tooraine	660	39,4	660	40,8	660	20,2
Palgad	406	24,2	433	26,8	1820	55,6
Elekter	108	6,4	122	7,5	180	5,5
Muutuvkulud kokku	1173	70	1216	75,1	2658	81,3
Püsikulud						
Laokulud	47	2,8	50	3,1	0	
Laenukulud	125	7,5	91	5,6	124	3,8
Hoonekulud	60	3,7	64	4	216	6,7
Amortisatsioon	219	13	158	9,8	214	6,6
Kindlustuskulu	25	1,5	19	1,2	25	0,8
Hoolduskulud	25	1,5	19	1,2	25	0,8
Püsikulud kokku	501	30	401	24,9	604	18,7
Kulud kokku	1675		1617		3262	

Allikas: MSI koostatud põhu briketeerimise kulude arvestus koond

Kuna briketeerimisseade Weima C150 on tootlikkuselt väiksem ja ka kulud erinevad eelnevatest seadmetest, siis käsitletakse seda eraldi. Seadmete CFN BP 4000 ja Biomasser Multi tootlikkused ja kulude arvestus on omavahel võrreldavad. Mõlemal seadmel moodustavad suurema osa kuludest muutuvkulud. Muutuvkulud moodustavad vastavalt 70% ja 75,1% kogukuludest.

Muutuvkuludest suurim osakaal on toorainel, moodustades CFN puhul 39,4% kuludest ja Biomasseri puhul 40,8% kuludest. Palgakulud on vastavalt 24,2 ja 26,8%. Väikseim osatähtsus muutuvkuludest on elektrienergia kulul.

Püsikulud koosnevad laokuludest, laenukuludest, hoonekuludest, amortisatsioonist, kindlustusest ja hoolduskuludest. Püsikulude osakaal kogukuludest CFN puhul on 30% ja Biomasseri puhul 24,9%. Suurimaks püsikuluks on seadme amortisatsioon.

Weima C150 puhul olid suurimateks kuludeks palgakulu, mis moodustab 55,6% kogukuludest. Palgakulude suure osatähtsuse põhjuseks on seadme väike tootlikkus. Tooraine moodustab 20,2% kogukuludest. Briketeerimisseade Weima C150 sobib pigem kodusesse majapidamisse kui tootmisettevõttesse.

5. PÄIDEROO KASVATAMISE TULUDE ARVESTAMINE

Uue kultuuri kasvatamisel vajab põllumees kompensatsiooni kasvatamisega seotud riskide hüvitamiseks. Energiakultuuride kasvatamisel ei saa kasutada samu ressursse ning põllumees peab tegema kulutusi ka uute kultuuride kasvatamiseks vajaminevate teadmiste omandamiseks. Sel põhjusel peab uus kultuur andma kõrgema oodatava sissetuleku kui traditsioonilised toidukultuurid (põllumajanduskultuurid), selleks et ahvatleda põllumehi neid kultuure kasvatama. (Rosenqvist 2006)

Riski vältimine ja riskipreemia on kesksed mõisted energiakultuuride kasvatamise majanduslikule tegevusele hinnangu andmisel. **Riski vältimine ei tähenda seda, et inividid ei sooviks riskida, vaid riski vältimine tähendab pigem seda, et riski võtmine peab olema kompenseeritud preemiaga ja omafinantseeringust kõrgemal.** Tuleb ka ette näha, et ettevõtmine, mis on teisest ettevõtmisest riskantsem, peab olema kõrgema tasuvuse määraga, et riski vältija seda teisele eelistaks. (Rosenqvist 2006)

Riskipreemia suurus sõltub põllumehe riski vältimise tasemest ja ka investeringu loodetud ja tajutud riski suurusest. Energiakultuuride kasvatamist tajutakse sageli riskantsema ettevõtmisena kui traditsiooniliste põllukultuuride kasvatamist. Riski kulude hinnang baseerub ekspertide oletustele, kuna puudub empiiriline baas kulude määramiseks. (Rosenqvist 2006)

Tootmisettevõtte kasum ühelt tootelt kujuneb tooteühiku müügihinna ja omahinna vahena. Kogu müügist saadav kasum on müüdüd toodangu müügi- ja omahinnas arvestatud maksumuse vahe. Kasum põllumajanduses on puhastulu see osa, mis realiseerub kaupade ringlussfääris. Põllumajandusettevõttes kujuneb kasum kaubatoodangu realiseerimishinna ja täisomahinna vahena. **Selleks, et põllumehed otsustaksid energiakultuuride kasvatamise poolt, peab nende kultuuride kasvatamise kasumlikkuse määr olema vähemalt sama kõrge kui nendel kultuuridel, nt teraviljad, mille kasvatamisest loobutakse.**

5.1. Arvestuslike müügitulude võrdlus 2007. aasta hinnatasemetel

Energiakultuuride arvestuslike müügitulude analüüsimiseks kasutati Eesti Konjunktuuriinstituudi poolt koostatud ja ettevõtjatelt kogutud hinnainfot ning agrotehnilistel kaartidel toodud keskmise saagikuse näitajaid. Teraviljade arvestuslike tulude kalkuleerimisel on summeeritud nii terade kui põhu müügitulu. Arvestati, et kogu toodang müüakse turuhinnaga.

Energiaheinaks kasvatatud päideroo aasta keskmine arvestuslik müügitulu on madalaim, sõltudes ühelt hektarilt müügiks saadavast toodangukogusest (Tabel 24). Kui kuivaine saak on 4 t/ha kohta, kujuneks müügitulu 1 ha kohta 2 616 krooni, 9 KA t/ha korral kujuneks müügituluks 5 886 kr/ha. Biogaasi toorainena toodetud päideroo aasta keskmine arvestuslik müügitulu ühe hektari kohta kogu toodangu realiseerimisel 13 500 kr/ha, mis on võrreldav teiste energiakultuuride 1 ha-lt saadava müügituluga.

Agrotehniliste kaartide saagikuse näitajate põhjal kalkuleeritud müügitulu teraviljadel on kõrgeim tritikalel ja rukkil. Õlikultuuridest on kõrgeim arvestuslik müügitulu talirapsil ja -rüpsil.

Tabel 24. Energiakultuuride arvestuslik tulu agrotehniliste kaartide keskmiste saagikuste näitajate põhjal 2007. aasta kokkuostuhindade tasemete juures, kr/ha

Energiakultuur	Saagikus t/ha	2007.a. arvestuslik tulu , kr/ha
Päideroog energiaheinaks (KA saagiaastal)	4 - 9	2 616- 5 886
Päideroog biogaasiks (haljasmass saagiaastal)	45	13 500
Rukis (tera, põhk)	5,0 (tera)	14 045
Kaer (tera, põhk)	4,0 (tera)	8 072
Tritikale (tera, põhk)	7,0 (tera)	17 010
Taliraps (seeme,)	3,0 (seeme)	15 360
Suviraps (seeme,)	2,5 (seeme)	12 800
Talirüps (seeme,)	3,0 (seeme)	15 360
Suvirüps (seeme)	2,2 (seeme)	11 264

Allikas: MSI koostatud agrotehniliste kaartide põhjal

Statistikaameti poolt kogutud saagitasemete andmed on oluliselt madalamad agrotehniliste kaartide saagikuse näitajatest. Tehnoloogilistel kaartidel toodud saagikuse näitajad on saadud katsete tulemustel ning tuleb arvestada, et nii kõrgeid näitajaid saavutavad vaid vähesed põllumajandustootjad. Enamusel põllumajandustootjatel läheneb saagikus Eesti Statistikaameti keskmise saagikuse näitajatele ning arvestuslik tulu toodangu müügist kujuneb Statistikaameti saagikuse näitajate baasil arvutatud müügitulule.

5.2. Päideroo kattetulu arvestused

Kattetulu on kogutoodangu väärtuse ja muutuvkulude vahe, mis näitab, kas on võimalik katta püsikulusid. Kattetulu arvestusi saab kasutada tootmise planeerimisel olenevalt konkreetse ettevõtte paiknemise piirkonnast ja olukorrast turul.

Kogutoodang on aasta jooksul toodetud toodangu väärtus turuhindades. Toodang võib olla toodetud müügiks, kasutamiseks ettevõtte siseselt või jääda varudeks. Kogutoodangu väärtus sisaldab ka antud toodanguliigiga seotud otsetoetusi. (Kattetulu 2008)

Taimekasvatussaaduste tootmisel arvestatakse muutuvkuludena nii kulutusi materjalidele kui masintöödele, mis on arvestatud tööoperatsioonidest lähtuvalt ühe hektari kohta.

Püsikulusid kattetulu arvestusse ei lisata, kuna neid on raske konkreetse tootmisharuga siduda. Püsikulud sõltuvad ettevõtte põhivara seisundist, ettevõtte juhtimisest jm teguritest, mis oluliselt erinevad ettevõtetelt.

Kattetulu meetodi rakendamise etapid taimekasvatussaaduste tootmisel:

1. Kogutoodangu väärtuse leidmisel võetakse arvesse nii oma ettevõtte tarbeks või müüdava põhi-, kaasneva- ja kõrvaltoodangu väärtus turuhindades.
2. Kattetulu 1 arvutamisel (kr/ha; kr/ha) arvestatakse kulutused seemnele, väetistele, taime-kaitsevahenditele jm materjalidele ning tasu hooajatöölisele. Tööoperatsioonidega kaasnevaid kulusid siin ei arvestata.
3. Kattetulu 2 arvutamisel (kr/ha, kr/ha) arvestatakse toodangu väärtusest maha lisaks kattetulu 1 tasemel toodud kuludele ka konkreetsete tööoperatsioonidega kaasnevad masintööde kulud.

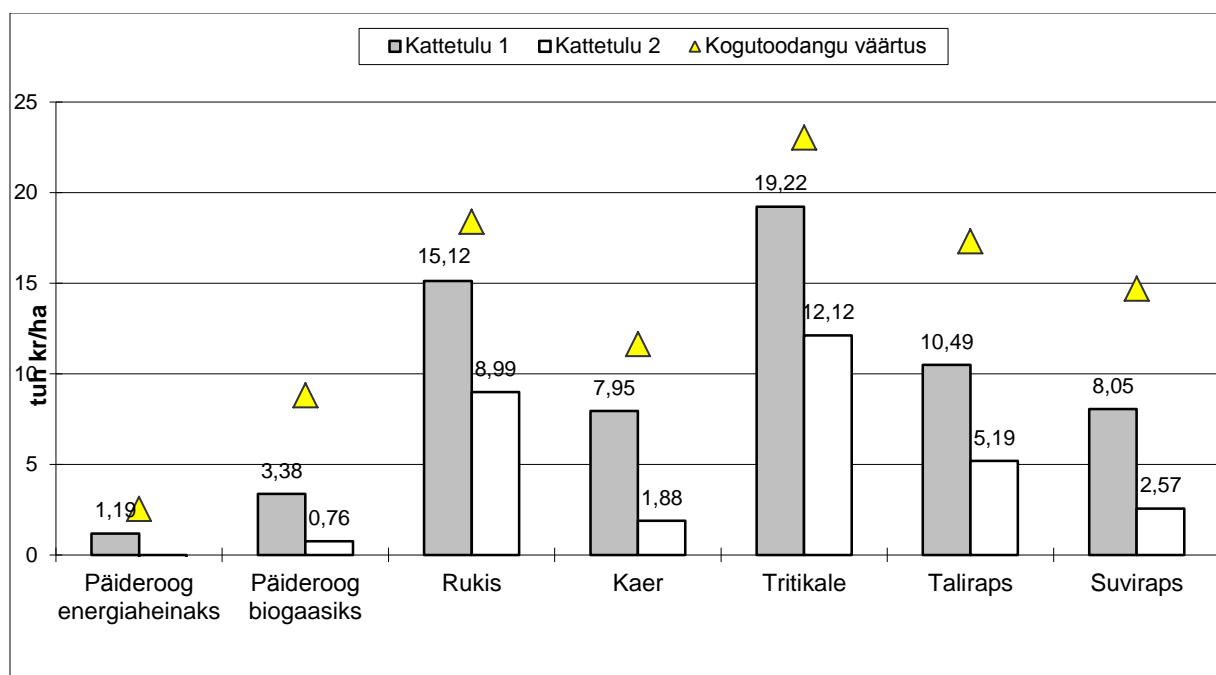
5.2.1. Kattetulu võrdlus 2007. aasta hinnatasemetel

Eesmärgiga võrrelda traditsiooniliste põllumajanduskultuuride ja päideroo kasvatamise majanduslikku tulemit teostati eeltoodud kultuuride osas kattetulu 1 ja 2 võrdlus. Agrotehnoloogiliste kaartidel toodud saagikuse näitajad on saadud katsete tulemusel ning need on oluliselt kõrgemad Eesti Statistikaameti poolt kogutud põllukultuuride saagikuse näitajatest. Agrotehnoloogilistel kaartidel esitatud saagitasemeid saavutavad vaid vähesed intensiivse tootmisega põllumajandusettevõtjad.

Kogutoodangu väärtuse kalkuleerimisel on arvestatud kogu toodangu realiseerimisega (sh teraviljade, rapsi ja rüpsi põhk). **Toetustega kalkulatsioonis ei arvestata, kuna need võivad tootjatel oluliselt erineda.**

Ühe-aastaste kultuuride kattetulu arvutamisel arvestatakse ühe tootmistsükli otsekulude ja toodangu müügist saadava laekumistega 1 hektari kohta. Mitme-aastase (päideroo) kattetulu arvutamisel koostatakse kattetulu kalkulatsioon viljelusperioodi aasta keskmisega ja toodangu müügist saadav arvestuslik laekumine esitatakse 1 hektari kohta.

Joonisel 10 on esitatud päideroo kattetulu võrdlus energia eesmärgil kasvatatud traditsiooniliste põllukultuuride arvestuslike kattetuludega.



Allikas: MSI arvutused agrotehnoloogiliste kaartide põhjal

Joonis 10. Erinevate saagitasemetega päideroo ning põllukultuuride kattetulud 2007. aasta hinnatasemetel, kr/ha

Päideroo tootmisel energiaheinana on kattetulu negatiivne, mis tuleneb eelkõige madalast saagitasemest, mitte iga-aastastest suurtest kuludest materjalile ja masintöödele.

Päideroo haljasmassi (kasvatamisel toorainena biogaasi tootmiseks) turuhind ei ole veel välja kujunenud. Toodangu koguväärtuse arvutamisel lähtutakse kõrgemast tootmisomahinnast riski katmisest tulenevate lisanduvate kulude (5% kuludest) ning ettevõtte kasuminõudluse (ca 15%) võrra.

Teraviljade kattetulu, mis on arvestatud tehnokaartide keskmiste saagikuse ja keskmiste kuludega masintöödele ja materjalidele, kujuneb tritikalel 12 121 kr/ha ja rukkil 8 988 kr/ha. Kaera kattetulu on teiste teraviljadega võrreldes tunduvalt madalam. Madalam kattetulu tuleneb kaera madalamast saagikusest, mitte kõrgematest kuludest materjalidele ja masintöödele.

Õlikultuuride kasvatamisel on kõige suurem kattetulu 1 talirapsil, kuna taliraps on õlikultuuridest suurima saagikusega ja seega kujuneb toodangu koguväärtus kõrgeimaks ning suurim materjalikulu ei ole määrava tähtsusega (vt lisa 7). Kattetulu 2 on talirapsil ja talirüpsil võrdne, need kultuurid on kõrgema saagikusega kui suviviljad. Õlikultuuride kokkuostuhind on võrreldes teraviljakultuuridega kõrgem ja iga realiseeritud tooteühik suurendab kattetulu. Kuna materjali ja masinkulu on õlikultuuridel võrdne, siis nende omavahelisel võrdlusel saab määravaks saagikus ja selle põhjal leitud arvestuslik tulu. Suviviljadel on saagikus madalam, seega on kattetulu nendel madalam kui taliviljadel, kattetulu 2 tase on suvirüpsil negatiivne, suvirapsil 2 566 kr/ha, talirapsil 5 189 kr/ha ja talirüpsil 5 237 kr/ha.

Päiderool kattetulu 2 on traditsiooniliste põllukultuuridega võrreldes tunduvalt madalam. Energiaheinana kasvatatava päideroo kattetulu 2 on negatiivne, seega tootmine ilma toetusteta kasumit ei anna. Biogaasi toormena kasvatatava päideroo kattetulu näitaja on arvestuslik, kuna rohtseid kultuure haljasmassi müümise eesmärgil ei kasvatata ning reaalselt müügihinda ei ole välja kujunenud. Kultuuride kattetulude võrdlusest võib järeldada, et päideroo kasvatamine energiaheinana ei konkureeri traditsiooniliste põllukultuuride kasvatamisega.

5.2.2. Kattetulu võrdlus 2010. aasta hinnatasemetel

Energiaheina tootmise kuluanalüüsi aluseks oli Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaamas 2007. aastal rajatud energiaheina toomiskatses kasutatav agrotehnoloogia (Raave, *et al*, 2008) ning seal saadud kahe aasta keskmised saagid. Kuluanalüüsi tegemisel kasutati järgmiste väetusfoonide saake: $N_0P_0K_0$ ja $N_{60}P_{30}K_{60}$. Arvesse võeti ainult suvel juuni lõpus koristatud saak, sest senised selle katse tulemused näitavad, et Eestis on võimalik koristada energiaheina saaki ainult suvel. Samalt taimikult sügisel koristatud ädalsaaki kuluanalüüsi tegemisel arvesse ei võetud, sest täna puudub sellel veel rakendus.

Kõigi sisendite (seeme, väetised, taimekaitsevahendid) hinnad võeti müügifirmade 2010. aasta hinnakirjadest (ilma käibemaksuta). Kuluanalüüsis kasutatav päideroo seemne hind võeti OÜ Aed ja Muru, kompleksväetise hind Baltic Agro AS ja taimekaitsevahendi hind

Pest-Chemical OÜ hinnakirjast. Masintööde hinnad võeti Maamajanduse Infokeskuse 2010. aasta infomaterjalist "Kattetulu arvestused taime- ja loomakasvatuses".

Odra väetamiseks kasutati kompleksväetist NPK 18-8-16. Päideroo katses anti kõik toiteelemendid eraldi väetisega, milleks kasutati ammoniumnitraati (N), superfosfaati (P) ja KCl (K). Kuna P ja K väetist täna enam eraldi ei müüda ja nende hind ei ole teada, siis arvutused tehti kompleksväetise YaraMila 18-8-16 põhjal. Arvutuste tegemisel oli aluseks väetise kogus (333kg), mis vastab 60 kg N ha^{-1} . P ja K kogus tuli siit vastavalt 11 ja 44 kg, mida on katses kasutatuga võrreldes veidi vähem. Ühe tonni kompleksväetise maksumus oli 5292 kr ja see sisaldab 348 kg põhitoiteelemente, nii kujunes ühe toiteelemendi hinnaks $15,18 \text{ kr kg}^{-1}$.

Tegelikult huvitab tootjat ka see, kui palju ta peab füüsilises koguses ühele hektarile andma kompleksväetist, et tagada planeeritud saagikus (Kattetulu arvestused..., 2010). Odra planeeritaval saagitasemel $3,0 \text{ t ha}^{-1}$ kohta kulub 1 hektarile kompleksväetist 400 kg ja päideroo väetataval variandil planeeritaval saagitasemel $6,6 \text{ KA t ha}^{-1}$ kasutusaastal 333 kg. Taimekaitse kulude arvutuste aluseks oli ühele hektarile kuluvate pestitsiidide rahaline maksumus.

Rohumaa kasutuskestuseks võeti arvestuste tegemisel 14 aastat, mis on päideroo taimiku keskmine kasutusaeg varasemate (Annuk, 1979; Eilart, Reidolf 1987) katsete põhjal.

Masintööde kulude arvestamisel võeti kõigi jõu- ja töömasinate hinnaks lääne päritolu uute masinate hinnad. Ka on võetud arvesse masina tööressurssi ja aastast töömahtu ettevõttes ja masina kasutamisega aastates. Diislikütuse hinnaks võeti 9,54 krooni l^{-1} . Töötasuks masinatöödel on arvestatud 59,93 krooni h^{-1} koos maksudega. Arvutuste tegemisel lähtuti olukorrast, kus kõik tööd tehakse palgatöölise poolt. Masinatööde kulud sisaldavad 7% tootmise üldkulusid. Kuludesse ei ole arvestatud riski, kasumit ja käibemaksu. Arvestuste aluseks on võetud masinate keskmine tunnitootlikkus 5 ha suurustel põllutükkidel väikese kivisusega pinnasel (Kattetulu arvestused..., 2010).

Traditsioonilise põllumajanduskultuuri odra ja päideroo kasvatamise majanduslikku tulemi võrdlemiseks kasutati kattetulu meetodikat. Kattetulu on kogutoodangu väärtuse ja muutuvkulude vahe, mis näitab, kas kogutoodangu väärtus katab muutuvkulud (Kattetulu arvestused..., 2010). Püsikulud kattetulu arvestusse ei lisatud, kuna neid on raske konkreetse tootmisharuga siduda, sest need sõltuvad ettevõtte põhivara seisundist, ettevõtte juhtimisest jm teguritest, mis oluliselt erinevad ettevõtetelt.

Ühe-aastase võrdluskulutuuri, odra, kattetulu arvutamisel arvestati ühe tootmistsükli otsekulude ja toodangu müügist saadava laekumistega 1 hektari kohta. Odra kogutoodangu

väärtuse ja kattetulu arvestamisel kasutati Maamajanduse Infokeskuse 2010. aasta kattetulu arvestusi.

Mitme-aastaste rohtsete energiakultuuride rajamiskulud ei ole suuremad ühe-aastaste traditsiooniliste põllukultuuride omast ning saaki saadakse kas külviaastal või külvile järgneval aastal. Seetõttu kasutati kulude võrdlemisel kasutusaastate keskmisi kulunäitajaid, mille puhul rajamiskulud jagati võrdsetes osades kasutusaastatele. Päideroo kui mitme-aastaste energiakultuuride kasvatamise kulude hulka arvestati:

- kulutused rajamisele sh mullaharimine, külvamine, väetamine jmt;
- kulutused hooldamisele sh taimekaitse tööd, väetamine jmt;
- kulutused koristamisele sh niitmine, pallimine, hekseldamine jmt.

Päideroo kasvatamisel energiaheinaks arvestati toodangu koguväärtuse kalkuleerimisel põhu turuhinnaga 2010. aastal, mis ettevõtete (JK Otsa talu, OÜ Lihula Soojus) küsitluste andmetel jäi vahemikku 660–850 krooni t^{-1} , mille põhjal arvutati aritmeetiline keskmine.

Eesmärgiga võrrelda traditsioonilise põllumajanduskultuuri ja päideroo kasvatamise majanduslikku tulemit viidi läbi odra ning päideroo väetisega ja väetamata variandi kattetulu arvutused. Kattetulu arvestuste põhjal on põllumehel võimalus enne oluliste otsuste tegemist kaaluda, kas tasub üht või teist tootmisharu arendada.

Tabel 25. Odra ja päideroo toodangu väärtus 2010. aasta hinnatasemetel, krooni ha^{-1}

	Kogus $t\ ha^{-1}$	Hind $kr\ t^{-1}$	Toodangu väärtus $kr\ ha^{-1}$
Oder			
Terad	3,00	1840	5520
Põhk	1,03	755	778
Ühtne pindalatoetus			1235
Toodangu väärtus KOKKU			7533
Päideroog $N_{60}P_{11}K_{44}$			
Saak, KA $t\ ha^{-1}$	6,6	755	4953
Ühtne pindalatoetus			1235
Toodangu väärtus KOKKU			6188
Päideroog / Reed canary grass $N_0P_0K_0$			
Saak, KA $t\ ha^{-1}$	5,2	755	3926
Ühtne pindalatoetus			1235
Toodangu väärtus KOKKU			5161

Odra kogutoodangu väärtuse kalkuleerimisel arvestati nii vilja- kui põhutoodangu väärtust (krooni ha^{-1}), millele liideti juurde ühtne pindalatoetus (krooni ha^{-1}). Odra kogutoodangu väärtuseks kujunes 7533 krooni ha^{-1} (Tabel 25). Päideroo kogutoodangu väärtuse kalkulatsioonis arvutati rajamisaasta ja kasutusaasta saagid keskmise saagina viljelusaastate kohta. Liites juurde ühtse pindalatoetuse kujunes päideroo väetisega variandi

toodanguväärtuseks põhu keskmise turuhinna 755 krooni t⁻¹ juures 6194 krooni ha⁻¹ ja väetiseta variandil 5144 krooni ha⁻¹.

Kattetulu 1. taseme arvutamisel (krooni ha⁻¹) lahutati kogutoodangu väärtusest kultuuri kasvatamisega seotud kulud tehnoloogilistele materjalidele (krooni ha⁻¹) (tabel 26 ja 27). Sinna hulka arvestati kulutused seemnele, väetistele, taimekaitsevahenditele jm materjalidele. Odra ja päideroo kasvatamisega seotud materjalide kulunormid, sisendressursside hinnad 2010. aasta tasemetel ning kulutused materjalidele on toodud tabelites 26 ja 27. Masinakulusid ei arvestatud. Kõige kõrgem kattetulu 1. tase kujunes päideroo väetamata variandil, kuna kulutused väetistele moodustasid suure osa nii odra kui ka päideroo väetisega variandi kasvatamisega seotud materjalikuludest

Tabel 26. Odra kattetulu 1.tase 2010. aasta hinnatasemetel, krooni ha⁻¹

Kulu nimetus	Kogus ha ⁻¹	Ühiku hind krooni	Sisendi väärtus krooni ha ⁻¹
Rajamisaasta muutuvkulud			
Seeme	210 kg	3,44	722
Herbitsiid Mustang (1 kord)	0,4 l	271,00	108,4
Kasutusaasta muutuvkulud			
Kompleksväetis NPK 18-8-16:			
Lämmastik N	72 kg	15,18	1089
Fosfor P	14 kg	15,18	219
Kaalium K	53 kg	15,18	829
Võrk põhupallide sidumiseks (2000m*1,23m)	1030 kg		39
Keskised muutuvkulud KOKKU			3006,4
KATTETULU 1			4536

Kattetulu 2. taseme arvutamisel (EUR ha⁻¹) arvestati toodangu väärtusest maha lisaks kattetulu 1. tasemel toodud kuludele konkreetsete tööoperatsioonidega kaasnevad masintööde kulud (Tabel 28). Energiaotstarbeline päideroog nõuab pärast rajamist suhteliselt vähe tööd ning kasvatamine tehnoloogilisse ketti täiendavaid masinaid ei lisa.

Odra tootmiskulude kalkuleerimisel arvestati järgnevate masintöödega: tüü randaalimine, kündmine (pöördader), kultiveerimine, kivide koristamine, libistamine (kerglibisti), mineraalväetise ja seemne vedu, külvamine (kombikülvik), taimekaitsetööd, väetise vedu ja pealtväetamine, kombainkoristus, vilja vedu kuivatisse, vilja kuivatamine ja hoiustamine, põhu rullimine (55%) muud abitööd.

Päideroo tootmiskulude kalkuleerimisel arvestati rajamisaastal järgnevate masintöödega: tüü randaalimine, kündmine, kultiveerimine, kivide koristamine, libistamine, väetise vedu ja külvamine, seemne vedu ja külvamine, rullimine, heina niitmine, kaarutamine, vaalutamine,

heina pallimine. Kasutusaasta masintöödena arvestati järgnevate masintöödega: väetise vedu ja külvamine, niitmine muljurniidukiga, kaarutamine, vaalutamine, heina pallimine. Väetiseta päideroo tootmiskulude kalkuleerimisel väetamisega seotud masinakulusid ei arvestatud.

Tabel 27. Päideroo kattetulu 1. tase 2010. aasta hinnatasemetel, krooni ha⁻¹

Kulu nimetus	Kogus ha ⁻¹	Ühiku hind krooni	Toodangu väärtus krooni ha ⁻¹
Päideroog / N₆₀P₁₁K₄₄			
Rajamisaasta muutuvkulud			
Seeme	20 kg	60	1200
Herbitsiid Roundup Bio	8 l	153	1224
Herbitsiid Mustang (1 kord)	0,5 l	271	135
Rajamisaasta keskmised kulud kasutusaasta kohta			183
Kasutusaasta muutuvkulud			
Kompleksväetis NPK 18-8-16:			
Lämmastik N	60 kg	15,17	910
Fosfor P	11 kg	15,17	167
Kaalium K	44 kg	15,17	667
Võrk heinapallide sidumiseks (2000m*1,23m)			245
Keskmised muutuvkulud KOKKU			2177
KATTETULU 1			4017
Päideroog / N₀P₀K₀			
Rajamisaasta muutuvkulud			
Seeme	20 kg	60	1200
Herbitsiid Roundup Bio	8 l	153	1224
Herbitsiid Mustang (1 kord)	0,5 l	271	135
Kasutusaasta muutuvkulud			
Lämmastik N	0 kg	0	0
Fosfor P	0 kg	0	0
Kaalium K	0 kg	0	0
Võrk heinapallide sidumiseks (2000m*1,23m)			193
Keskmised muutuvkulud KOKKU			376
KATTETULU 1			4768

Päideroo NPK väetisega ja väetiseta variantide kattetulu kujunes odraga võrreldes kõrgemaks. Kõrgeim kattetulu (2895 krooni ha⁻¹) kujunes sisendressursside kõrgete hinnatasemetete tõttu just väetiseta päideroo variandil. Tootjaomahind 2010. aasta hinnatasemetel oli päideroo väetisega variandil 639 krooni KA t⁻¹ ning väetamata variandil 531 krooni KA t⁻¹.

Tabel 28. Odra ja päideroo kattetulu 2.tase 2010. aasta hinnatasemetel, krooni ha⁻¹

	Oder	Päideroog (N ₆₀ P ₁₁ K ₄₄)	Päideroog (N ₀ P ₀ K ₀)
KATTETULU 1, kr/ha	4536	4017	4768
Keskvised masintööde kulud, kr/ha	4961	2017	1872
KATTETULU 2, kr/ha	-425	2000	2896

Kattetulu arvestuste põhjal saab kaaluda uue tegevusega alustamist, kuid otsuse tegemisel tuleb arvestada, et energiakultuuride kasvatamise kulud on biokütuste tootmiskulude arvestamise esimeseks tasemeks. Järgnevate biokütuste tootmiskulude tasemeteks on päideroo biomassi transpordi- ja töötlemiskulud. Soome kasvatamise kogemusi arvestades võib just ettevõtte kaugus töötlemiskohast oluliselt mõjutada energiakultuuri kasvatamise otsuse tegemist. Nagu sealsed kogemused näitavad, tasub energiaheina varuda maksimaalselt 60 km kauguselt, kusjuures kokkuostetava heina eest makstav hind väheneb kauguse suurenedes (Pahkala, 2007).

Toodangu väärtus on päiderool nii väetisega kui ka väetamata variandis madalam kui odral, kuid kattetulu 1. tase on kõrgem päideroo väetamata foonil ja kattetulu 2. tase päideroo mõlemal foonil. See tuleneb sellest, et päideroo muutuvkulud ja keskmised masintööde kulud on odraga võrreldes madalamad.

Energiakultuuride kasvatamisel ei saa kasutada aga samu ressursse nagu traditsiooniliste kultuuride kasvatamisel. Sel põhjusel peab uus kultuur andma kõrgema oodatava sissetuleku kui konventsionaalsed toidukultuurid (põllumajanduskultuurid), selleks et tasuks nende kultuuride kasvatamist alustada.

Uue kultuuri kasvatamisel on vaja lisaks andmetele, mille alusel võrrelda energiakultuuride kasvatamisega seotud kulutusi ning toodangu müügist ja toetustest saadavaid laekumisi traditsiooniliste kultuuride kasvatamise vastavate näitajatega, ka kindlustunnet, et energiakultuuridest saadavat bioenergeetilist tooret on võimalik ka kasvatamiskoha läheduses turustada, kuna rohtse biomassi transpordi- ja töötlemiskulud võivad oluliselt tõsta toorme omahinda. Just lõpptoodangu kõrge omahind on siiani olnud peamiseks takistuseks bioenergia laialdasel tööstuslikul tootmisel ja kasutuselevõtul.

5.3. Bioenergia tootmisega seotud toetused

5.3.1. „Bioenergia tootmise investeeringutoetus“ rakendamine

Meede 1.4.3 on ette nähtud põllumajandusettevõtete tootmise mitmekesistamiseks ja konkurentsivõime parandamiseks bioenergia kasutusele võtmise kaudu. Meetme 1.4.3 alusel saavad toetust taotlema maapiirkonnas tegutsevad põllumajandustootjad, kelle põllumajandussaaduste müügitulu ja omatoodetud põllumajandussaaduste töötlemisest saadud põllumajandustoodete müügitulu moodustab vähemalt 50% ettevõtja kogu müügitulust.

Meetme 1.4.3 taotlusvoorud on olnud avatud kaks korda:

- 1) 18.08.2007–17.09.2008;
- 2) 24.08.2009–14.09.2009.

Edaspidi nimetatakse vastavalt I taotlusvoor ja II taotlusvoor.

Meede 1.4.3 on toetusprogramm, mis põllumajandustootjatele otseselt investeeringu eesmärki arvestades pakub vähem huvi kui investeerimine eesmärgiga taimekasvatuse või loomakasvatuse seadmetesse ja hoonetesse, et kaasajastada põllumajandussaaduste tootmist. Seda kajastab ilmekalt taotluste ja toetuse saajate madal arv võrreldes eelarve mahuga.

Seisuga 30.04.2010.a on toetust saanud 35 ettevõtjat ja määratud toetuse summa on 46,1 mln krooni. Oluline on jälgida, et määratud eelarve perioodil 2007–2009 oli 109,6 mln krooni ning sellest kasutati üksnes 42%. Toimunud on kaks taotlusvoorust vastavalt eelarvega 69,6 mln krooni ja 40,0 mln krooni ning eeldatavalt avatakse veel neli taotlusvoorust. Aastaks 2010 on meetmele määratud eelarve 30,0 mln krooni, mis seega ei ületa perioodil 2007–2009 kasutamata jäänud eelarvet 63,5 mln krooni. **Meetme rakendamisel on ära kasutatud 1/3 ajalisest ressursist, ligikaudu 16% toetuse eelarvelisest ressursist ja sellega on täitunud meetme sihttasemeks märgitud ettevõtjate arvust vaid 1/5.**

Tabel 29 toodud toetussummade jaotuse alusel ilmneb, et toetuse saajad on valdavalt võtnud toetust alla ühe mln krooni. Samas esineb üksikuid ettevõtjaid, kes on saanud toetust väga suures summas. Seega tuleb vaadelda meetme raames toetuse saajaid detailsema jaotuse alusel. Ühele toetuse saajale on määratud toetus kahes voorus. Analüüsi seisukohalt liideti määratud toetused toetuse saaja kohta kokku ning loeti taotlused üheks ettevõtjaks. Võttes aluseks meetme piirmäära 4,6 mln krooni programmiperioodil, siis 35 ettevõtjast kuus on toetust saanud meetme 1.4.3 maksimaalse piirmäärale ligilähedaselt. Kaheksast uuest ettevõtjast, kes lisandus II taotlusvoorus, taotlesid viis toetust vahemikus 0,04 kuni 0,4 mln krooni.

Tabel 29. Toetuse saajate arv toetussummade jaotuse alusel

	Toetuse saajate arv	Toetuse summa, mln krooni
Meetme 1.4.3 on saadud toetust kuni 1,0 mln	23	6,5
Meetmest 1.4.3 on saadud toetust üle 1,01–2,50 mln	3	4,0
Meetmest 1.4.3 on saanud toetust üle 2,51 –3,50 mln	3	9,2
Meetmest 1.4.3 on saadud toetust üle 3,51 mln	6	26,4
Kokku	35	46,1

Ettevõtjad jagunevad toetuse summade alusel ebaühtlaselt ja meetme piirmäär ei takista ühel toetuse saajal korduvalt toetust taotlemast.

Eelnevat kokkuvõttes:

- 1) esimeses taotlusvoorus sai toetust 27 ettevõtjat ja teises taotlusvoorus üheksa taotlust, mille puhul lisandus kaheksa uut ettevõtjat;
- 2) vähemalt 1/3 toetust saanud ettevõtjatest jätkab toetuse taotlemist;
- 3) toetuse piirmäärad on piisavalt suured, kuid määratud toetuse summad ning tehtavad investeeringud on enamjaolt tagasihoidlikud, kus 23 toetuse saajal jääb toetuse summa alla 1,0 mln krooni;
- 4) meetme taotlejaskond ja taotletavad toetuse summad on küllaltki ebaühtlased, mille alusel on keerukas prognoosida tuleviku tendentse. Siiski saame eeldada, et toetuse summad jäävad järgmise kahe aasta jooksul 60% võrra väiksemad võrrelduna meetme 1.4.3 maksimaalse piirmääraga (4,6 mln krooni);
- 5) teadmiste ja kogemuste mittepiisava olemasolu tõttu kasutatakse meetme 1.4.3 võimalusi innovatiivseteks tegevusteks põllumajanduses vähe ära.

Meetme 1.4.3 rakendamise suurimaks probleemiks on sihttasemete mittetäitumine ettevõtjate arvu, investeeringute mahu ja uusi tooteid tootvate ettevõtjate arvu osas.

Järgnevalt on analüüsitud meetmest 1.4.3 toetust saanud ettevõtjate eelnevat tegevusala ja selle seotust kavandatava bioenergiase tegevusega.

Tegevusaladeks jaotamisel on kasutusel järgmist liigitust:

- 1) aiandus;
- 2) loomakasvatus (v.a piimakari);
- 3) piimakarjakasvatus;
- 4) seakasvatus;

- 5) segatootmine;
- 6) taimekasvatus.

Investeeringute liigitamisel kasutatakse järgmist jaotust:

- 1) energiavõsa istikute ja pistokste ostmine ehk istikud;
- 2) energiavõsa kasvatamiseks, biomassi töötlemiseks ja bioenergia tootmiseks vajaliku masina või seadme ostmine ehk energiavõsaga seotud seadmed;
- 3) hoone või rajatise ehitamine ehk ehitamine;
- 4) lühikese raieringiga madalmetsa kasvatamiseks, biomassi töötlemiseks ja bioenergia tootmiseks vajaliku masina või seadme ostmine ehk lühikese raieringi madalmetsaga seotud seadmed;
- 5) tootmishoonele juurdepääsutee ehitamine ehk tee ehitus;
- 6) ettevalmistavad tööd.

Olenemata ettevõtja tegevusalast eelistatakse hetkel arendada ettevõttes energiavõsa ja lühikese raieringiga madalmetsa kasvatamist ning investeerida biomassi töötlemise ja bioenergia tootmiseks vajalike seadmete soetamisse.

Edaspidi soovitame uurida reaalseid tulemusi ettevõttes energiavõsa kasvatamise osas.

Tabel 30. Määratud toetuse summad vastavalt ettevõtja tegevusalale ja investeeringu liigile, krooni

	Istikud	Energiavõsa seadmed	Ehitamine	Lühikese raieringi seadmed	Tee ehitus	Ettevalmistavad tööd	Kokku	Keskmine ettevõtja kohta
Aiandus	-	-	2 925 810	642 000	501 720	-	4 069 530	4 069 530
Loomakasvatus (v.a. piimakari)	-	266 550	-	4 531 800	-	-	4 798 350	1 599 450
Piimakarjakaasvatus	9 800	11 153 544	2 533 798	-	-	20 000	13 717 142	2 286 190
Seakasvatus	-	362 383	1 372 885	-	-	43 500	1 778 768	592 922
Segatootmine	-	3 152 557	4 537 716	1 565 220	-	67 260	9 322 753	1 035 861
Taimekasvatus	-	11 708 498	25 516	682 509	-	3 200	12 419 723	955 363
Kokku	9 800	26 643 532	11 395 725	7 421 529	501 720	133 960	46 106 266	x

Määratud toetuse summade kokkuvõttest tabeli 30 alusel saame esile tuua järgmisi seoseid:

- 1) energiavõsa seadmetesse on suunatud kaks korda rohkem toetust kui hoonete ehitamisse või lühikese raieringiga metsa kasvatamise seadmetesse;
- 2) üle poole määratud toetussummadest said ettevõtjad, kes tegelesid piimakarjakaasvatusega või taimekasvatusega, kuna selliseid ettevõtjaid oli arvuliselt ka rohkem;

3) keskmiselt ettevõtja kohta tegid suuremaid investeeringuid aiandusega, piimakarjakasvatusega, loomakasvatusega ja segatootmisega tegelevad ettevõtjad.

Tabel 31. Toetuse saajate taotluse esitamisele vahetult eelnenud majandusaasta finantsnäitajate seotus toetusega

	Toetuse saajad	Keskmine müügitulu, mln krooni	Keskmine puhaskasum, mln krooni	Keskmine võlakordaja (kohustused/varad)	Keskmine müügitulu ühe töajooku krooni kohta
Kasutatud kuni 20% meetme 1.4 maksimummäärast	15	3,36	1,26	0,35	1982
Kasutatud kuni 66% meetme 1.4 maksimummäärast	11	4,70	2,38	0,33	138
Kasutatud üle 66% meetme 1.4 maksimummäärast	9	22,36	3,75	0,42	350

Tabelis 31 on esitatud kokkuvõtte finantsnäitajate ja toetuse seotusest. Kokku on üheksa ettevõtjat, kes on taotlenud toetust meetmest 1.4 kokku üle 66% võimalikust toetuse määrast. Võimalikuks toetuse määraks on 9,3 mln krooni. Tegemist on ettevõtjatega, kelle keskmine müügitulu on üle 4 korra suurem kui seda on väiksema toetuse summa saajatel ja puhaskasum keskmiselt 1-2,5 mln krooni suurem. Keskmine võlakordaja on 0,07 kuni 0,09 ühikut suurem, kusjuures keskmise võlakordaja arvutamisel on arvesse võetud suuremat toetust saanud taotlejatest 8 ettevõtja andmed, keskmisel grupil 7 ettevõtja andmed ja kõige vähem toetust saanud grupil 6 ettevõtja andmed.

Analüüsist selgus, et ettevõtjad, kes on saanud toetust kuni 20% piirmäärast on üldjuhul füüsilisest isikust ettevõtjad (10 ettevõtjat 15-st). Füüsilisest isikust ettevõtjatel puudub tavaliselt tööjõud ja sellest tulenevalt saadakse kümnetes kordades kõrgemat müügitulu kulutatud tööjõu krooni kohta, kui seda on toetusgrupis, kus vähemalt pooled on äriühingud. Lisaks on selles grupis ka keskmiselt kõige väiksem müügitulu ja puhaskasum.

Järeldus- kõrgem müügitulu ja puhaskasum annab ettevõtjale kindluse rohkem investeerida ja seeläbi suuremat toetussummat taotleda. Seega ettevõtjad jälgivad kriitiliselt oma finantsvõimekust ja ei esita taotlusi investeeringutele läbimõtlematult.

Kokkuvõtvalt võib järeldada, et meetme 1.4.3 toetuse saajate puhul on tegemist pikaajaliste investeeringutoetuste taotlemise ja toetuse saamise kogemusega ettevõtjatega. Ainult üks

toetuse saaja juriidilise isikuna ei ole saanud toetust eelnevatest programmiperioodidest või MAK programmi teistest meetmetest.

Meetme 1.4.3 rakendamise üheks suurimaks kitsakohaks on taotlejate vähesus ja seeläbi meetme sihttasemete mittetäitumine. Ajalisest ressursist meetme rakendamisel on kulutatud 1/3, kuid sihttase ettevõtjate arvu osas on täitunud vaid 20% ja investeeringute maht 13% ulatuses. Oluline mõju meetme 1.4.3 taotlejate arvule on kindlasti teiste toetusmeetmete võimalustes biomassi töötlemisele ja bioenergia tootmisele toetust taotleda. Kokku on saanud toetust bioenergia arendamisele perioodil 01.01.2008–30.04.2010.a 65 ettevõtjat koos teistest meetmetest toetust saanud ettevõtjatega.

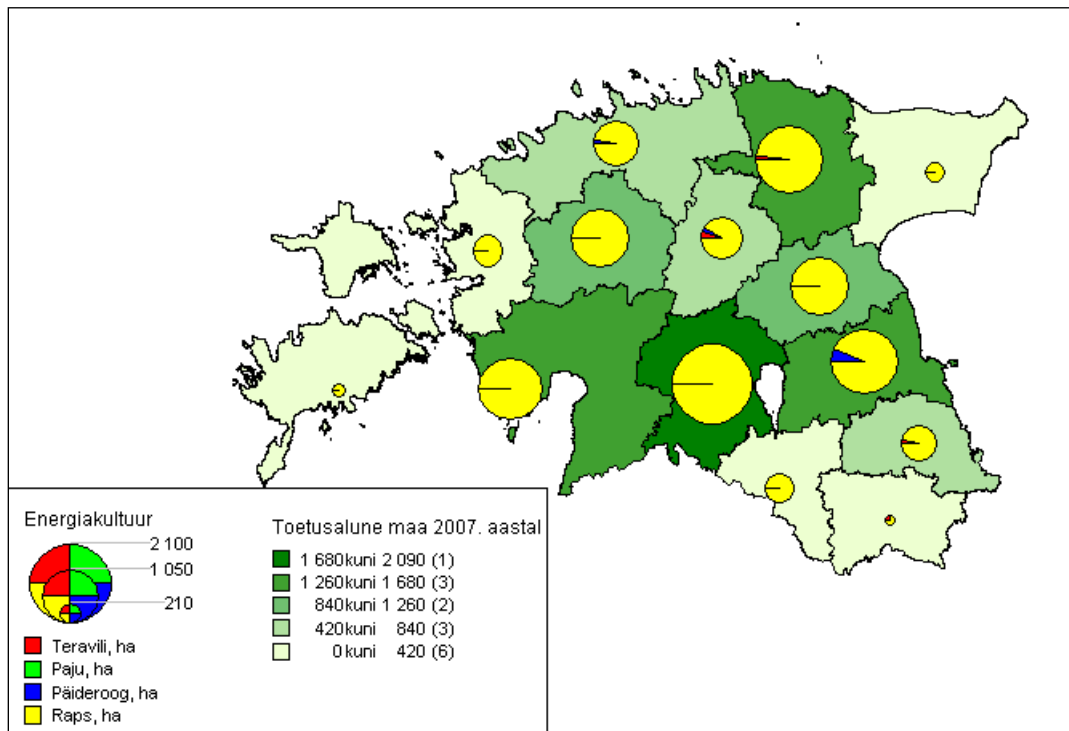
Investeeringuobjektide valikul eelistatakse energiavõsa ja lühikese raieringiga madalmetsa kasvatamise, biomassi töötlemise ja bioenergia tootmise seadmete soetamist.

5.3.2. Energiakultuuride toetus

Seni on kõige enam energiakultuuride pindalapõhist toetust taotletud rapsi kasvatamisele, mida saab kasutada nii toiduainena kui energiakandjana. Õlikooke ja põhku (varsi) võib kasutada kütusena põletamisel ja biogaasi tootmiseks. Seemnetest toodetakse õli-esterifiidi, mida lisatakse diiselkütusesse. Rapsiõli tootmise kõrvalsaadusena on võimalik valmistada rapsipelleid, mis on väga kõrge kütteväärtusega kütteaine. Raps sobib biodiisli tootmiseks. Biodiisli valmistamise kõrvalprodukte kasutatakse loomasööda väärindamiseks. [Rohtsete energiakultuuride uuringud 2007]

Arvestades asjaolu, et rapsi kordumine külvikorras ühel ja samal väljal on iga 5 aasta järel, on potentsiaalne rapsi pind 80 tuh. ha (Ilumäe *et al*, 2004). Rakendades külvikorralist maakasutamist rapsile ja rüpsile väga hästi sobivatele muldadele, viies mullastikust tuleneva riski miinimumini, võib Eestis aastane rapsi kasvupind olla ca 56 000 kuni 60 000 hektarit. Keskmiselt sobivaid muldi rapsi ja rüpsi kasvatamiseks on veel lisaks 35,5% põllumaast (Mõtte 2002). Rapsi kasvupind oli 2009. aasta seisuga 80 274 ha, ületades sellega potentsiaalset rapsi kasupinda (Värnik, 2010). Rapsi kasvupind oli 2007. aastal energiakultuuride toetusalusel maaalal kokku 11 347 ha, mis moodustas energiakultuuridele makstava pindalapõhise toetuse maa-alast 98%. Suurimad energiakultuuride (põhiliselt rapsi) kasvatajad kuulusid Viljandi maakonda, mille rapsipõllud ulatusid ca 2100 hektarini. Viljandi maakonnast järgmised suurimad kasvatajad kuuluvad Lääne-Viru, Tartu ja Pärnu maakonda, Vähem intensiivsemalt tegeletakse energiakultuuride kasvatamisega Võru, Saare, Ida-Viru,

Valga ja Lääne maakonnas – nende maakondade energiakultuuride kasvupind ulatub 62 hektarist 400 hektarini. (9)

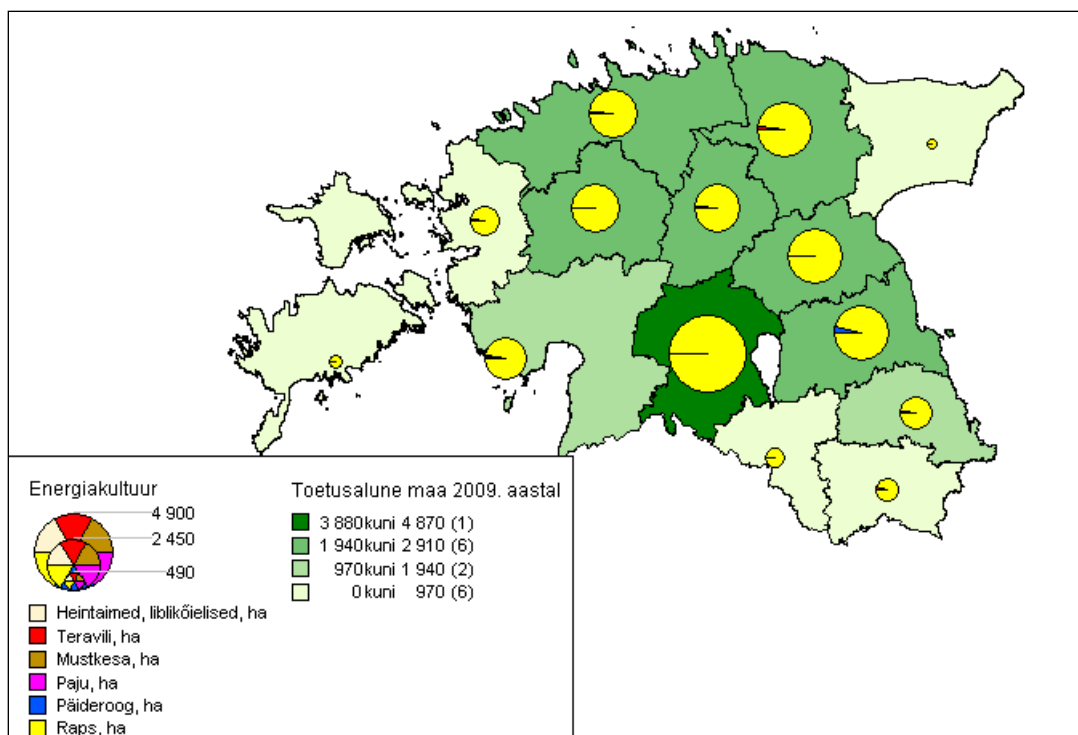


Allikas: MSI arvutused PRIA andmete põhjal

Joonis 12. Energiakultuuride toetusalune pindala 2007. aastal, ha

Võrreldes 2009. aastaga on energiakultuuride toetusalune maa kahekordistunud - 2007. aastal oli rapsi pinna suuruseks 11 347 hektarit ning 2009. aastaks oli rapsi pind suurenenud 24 319 hektarini. Samas on võrreldes 2007. aasta energiakultuuride kasvupindade jaotus maakondade lõikes veidi muutunud. Kõige rohkem on energiakultuuride pindalapõhise toetuse taotlusi rahuldatud Viljandi maakonnas, mille kasvupind suurenes 4862 hektarini. Võrreldes eelmise aastaga suurenes rapsi kasvupind üle kahe korra. Pärnu maakond on jäänud energiakultuuride kasvupinna suuruse mõttes samale tasemele, mille kasvupind suurenes ca 500 hektarit. Energiakultuuride kasvatamise intensiivsust vähenes Ida-Viru maakonnas ca 50 hektari võrra.

Stabiilsete ja kõrgete rapsisaakide saamiseks on väga heade muldade suur osakaal Järva (66,6%), Lääne-Viru (45,6%), Jõgeva (41,5%), Ida-Viru (31,5%), Põlva (28,6%), Tartu (26,7%) ja Rapla (25,2%) maakonnas. (Mõtte 2002)



Allikas: MSI arvutused PRIA andmete põhjal

Joonis 13. Energiakultuuride toetusalune pindala 2009. aastal, ha

Rapsi kasvatamine võib osutada bioenergia tootmist piiravaks teguriks, sest üldiselt kurnavad tehnilised kultuurid maad, mille käigus väheneb mullaviljakus ning mullaviljakuse tõstmine on hiljem keeruline.

Eelpool nimetatud näide tõestab seda, et bioenergia tootmise potentsiaal rapsi baasil on juba maksimaalselt ära kasutatud ning tuleks mõelda alternatiivsete energiakultuuride kasvatamise peale. Rapsi kasvupinda ei ole mõistlik ka seetõttu suurendada, et antud kultuuri kasvatamine kurnab mulda ning endise mullaviljakuse taseme saavutamine on pikaajaline protsess.

6. PROJEKTI RAAMES LÄBIVIIDUD KÜSITLUSTE ANALÜÜS

6.1. Vallavalitsuste majandusspetsialistide küsitlus 2007. aastal

2007. aasta aprillis läbi viidud valdade küsitluse eesmärgiks oli selgitada välja potentsiaalsed energiakultuuride kasvatamise piirkonnad, hinnata valdkonna- alast teadlikkust ning aktiivsust vallas. Küsitlusele vastasid 89 valda 193-st vallast. Küsitluses uuriti valla maakasutuse intensiivsust, energiakultuuride kasvatamise ja töötlemisega tegelevate ettevõtete olemasolu vallas, ettevõtjate-poolse huvi selgitamine, millal ja kuidas kavatakse vallas taastuvenergia valdkonnaga tegeleda ning millist valdkonna-alast teavet vajatakse?

Vastuste analüüsi põhjal võib välja tuua taastuvenergia valdkonnaga tegelevad aktiivsemad piirkonnad: **Läänemaa, Põlvamaa, Tartumaa** vallad.

Teabe vajadus

Kultuurid, mille kohta sooviti täiendavat teavet:

- raps, rüps,
- linaluu,
- energiahein,
- pilliroog,
- teravili,
- alternatiivsed kultuurid teraviljale,
- kiirekasvulised puitkultuurid.

Teemad, mis küsitluses esile toodi:

- energiakultuuride kasvatamine, ümbertöötlemine, kasutamine (puittaimed, linaluu, põhk, hakkepuut)
- seasõnnikust, jäätmetest energia tootmine
- odavama bioenergia kasutamine soojatootmiseks
- biomassi turg- kellele on võimalik müüa

- energiakultuuride kasvatamise tasuvus ning kasvatamise rahastamise võimalused (toetused)
- erinevate biomassi kultuuride energiasisaldused, võrreldav tootmiskulu ja toodetava energia hind, erinevate kultuuride kasutamise võimalused energia tootmisel, sööda ja energia koostootmise võimalus ja majanduslik põhjendus
- Soojusenergia tootmiseks vajalike kultuuride kohta, kuna kortermajade küttesüsteemid on lagunened ja oleks vaja ehitada uus küttesüsteem. Samuti vajaksid kohalikud väikeettevõtjad rohkem teavet energiavõsa tootmise võimaluste kohta, et parandada oma ja ka valla kui terviku majanduslikku olukorda
- Energiavõsa, selle kasvatamise viisid, alternatiivsed taastuvad energiaallikad ja nende tootmise küsimused ja üksikasjad (näit põhupelletid), samuti erinevate energialiikide tasuvusaegade ja kulutuste tabelid ja muu võrdlev infomaterjal
- energiakultuuride kasvatamisel ja kasutamisel on eeskätt vajalik teada selget energiapoliitikat

Kokkuvõtvalt võiks öelda, et taastuvenergia valdkonnast on kuulnud, kuid teave, kuidas ise seda valdkonda vallas arendada, puudub. Vastuste analüüs näitas, et valdades ollakse huvitatud taastuvenergia teemaga tegelemisest 2007. aastal, kuid samas jääb puudu nii teadmistest kui ka informatsioonist antud valdkonnas. Seega tuleks põllumeestes huvi tekitamiseks informatsiooni edastada nii massiteabevahendite kui teabepäevade kaudu. Küsitluse näidis ja valdade vastuste kokkuvõtteid on esitatud lisas 1

6.2. Küsitlus bioenergia tootmise ja kasutamise võimaluste ja takistuse kohta Eestis

6.2.1. Uurimistöös läbiviidud ekspertküsitluse eesmärk, valim ja meetodika

Eestis on olemas mitmed soodustavad tegurid bioenergia valdkonna arenguks nagu selleks loodud toetused Euroopa Liidu poolt ja bioenergia tootmiseks vajamineva maaressursi kui ka biomassi ressursi olemasolu, kuid bioenergia kasutamise osakaal nii taastuvenergeetika sektoris kui ka kogu energia sektoris jääb väga madalaks.

Seni on bioenergia valdkonna alased uuringud keskendunud ressursside hindamisele, kasutamisele, kuid ei ole hinnatud, mis takistab bioenergia valdkonna arengut.

Väidetavalt on bioenergia tootmisel suur potentsiaal Eestis, kuid sellele vaatamata on kasvanud kõige enam tuuleenergiast toodetud energia osakaal. Seega on küsitluse eesmärk välja tuua võimalused ja takistused seoses bioenergia tootmise ja kasutamisega.

Ankeetküsitluse esimese osa eesmärgiks on välja tuua taastuvenergia, sh bioenergia valdkonna arengusuunad. Küsitluse teise osa eesmärgiks oli anda hinnang majandusvaldkonnaga seotud aspektidele bioenergia tootmisel ja kasutamisel.

Küsitletavate valik toimus ekspertvalimi alusel, mille põhimõtteks oli, et küsitletav oleks seotud bioenergia valdkonnaga. Ekspertid olid valitud kolmest huvigrupist – teadlased, ametnikud ja ettevõtjad/arendajad. Teadlaste ning ametnike puhul kaasati valimi koostamisel eksperdid, keda võib nimetada bioenergia valdkonna eestvedajateks. Bioenergiavaldkonnas tegutsevad ettevõtjad valiti Biokütuste Ühingu kodulehel asuvast nimekirjast, samuti kaasati kaks 2009. aasta meetme 1.4.3 suurimat toetuse saajat.

Valim koosnes 32-st isikust, kes asusid üle Eesti. Valimi väike maht tulenes asjaolust, et ankeetküsitlus oli suunatud bioenergia valdkonna ekspertidele, kelle arv Eestis ei ole suur, kuna bioenergia valdkond on Eestis niivõrd uudne teema ning selle valdkonna areng on suhteliselt algusjärgus.

Eelpool nimetatud eesmärkidest lähtuvalt koostati ankeetküsitluse esimene osa „Biomassi tootmise ressursid, biomassi energiaks muundamise tehnoloogiad ja biokütuse liigid“, mis koosnes 9 valikvastusega ja 2 vabavastusega küsimusest. Teine osa „Majandusvaldkonnaga seotud aspektid bioenergia tootmisel ja kasutamisel“ koosnes ühest küsimusest, mis omakorda koosnes 22 väitest ning ühest vabavastusega küsimusest. Ekspertide hinnangute mõõtmisel kasutati Likert'i viiepunktilist skaalat, kus 5 tähendas nõustumist ja 1 tähendas mittenõustumist esitatud väidete suhtes.

Küsitlus oli eestikeelne, mis toimus veebipõhiselt (*Google Docs* veebikeskkonnas). Küsimustik saadeti e-maili teel, mis koosnes uuringu eesmärgist ning küsitluse lingist, mis suunas otse küsimustikule. Küsitletavatele saadeti ka kaks korduskirja. Täidetud ankeedi tagastas 18 küsitletut, st vastamisprotsent oli 56,3. Küsitlusele vastasid kõige aktiivsemalt poliitikakujundaja sihtgrupi esindajad (välja saadeti 8 ankeeti, vastas 7 ametnikku, st 88%) Küsitlusele vastanud eksperdid on bioenergia valdkonnaga seotud ca 8,6 aastat. Küsitlustulemuste analüüsis kolme sihtgrupi vastuseid ei eristatud, seda valimimisse kaasatud ekspertide ja laekunud vastuste väikese arvu tõttu.

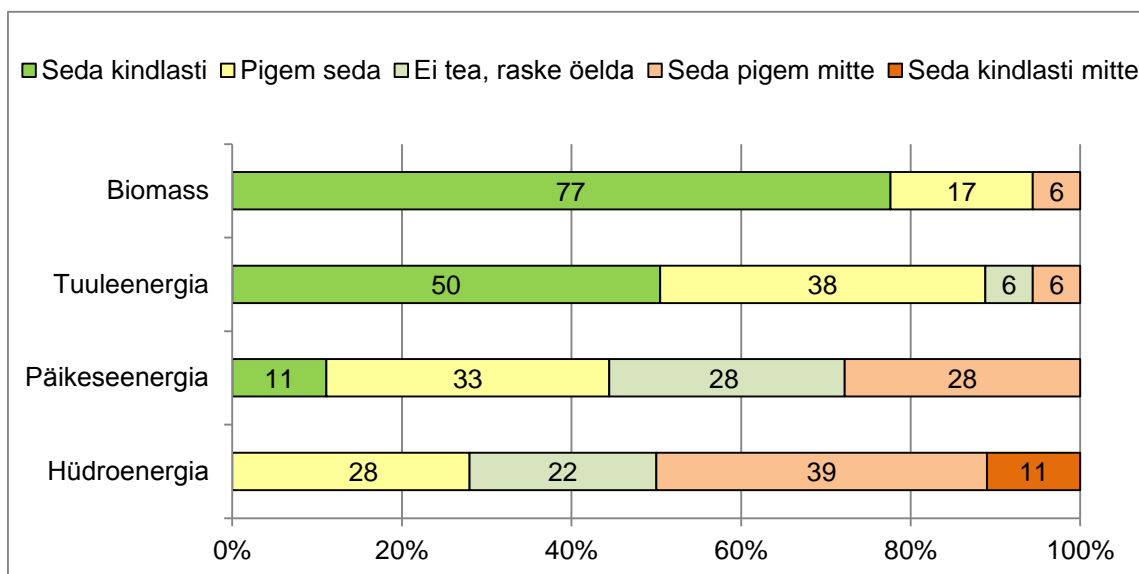
6.2.2. Ekspertküsitleusele vastanute hinnang bioenergia valdkonna arengusuundadele

Ankeetküsitleuse esimeses osas andsid eksperdid hinnangu potentsiaalseimale taastuvenergia liigile, biomassi tootmise perspektiivseimale ressursile Eesti tingimustes, maaressursi kättesaadavusele ja perspektiivseimale energiakultuurile Eesti tingimustes. Samuti selgitati välja, milline on biomassi energiaks muundamise parim tehnoloogiline viis ning hinnati, millise taastuvenergiaallika ja biokütuse arvelt võiks saavutada „Taastuvenergia tegevuskavas aastani 2020“ püstitatud eesmärgid.

Ankeetküsitleuse esimese osa vastuste analüüsimisel esitatakse iga analüüsitud küsimuse puhul viide nt (küsimus 1.1), mis asuvad lisa 2. Selline viitamine hõlbustab küsimuste esitamise viisi ja analüüsimise jälgimist.

Küsitletavatel paluti hinnata taastuva energiaallika liikide potentsiaali Eestis aastani 2020 (küsimus 1.1). Kõige enam potentsiaali omavateks taastuva energiaallika liikideks nimetati biomassist toodetavat energiat ja tuuleenergiat ning vähem potentsiaalsemaks päikese- ja hüdroenergiat. Kõige vähem potentsiaali nähti hüdroenergial (joonis 14, lisa 2).

Väidetavalt on Eestis palju kasutamata maad ja piisavalt arenenud metsatööstus, mille tõttu on just biomassist toodetud kütused taastuvatest energiaallikatest Eesti tingimustes perspektiivseimad.



Allikas: MSI ankeetküsitleuse põhjal

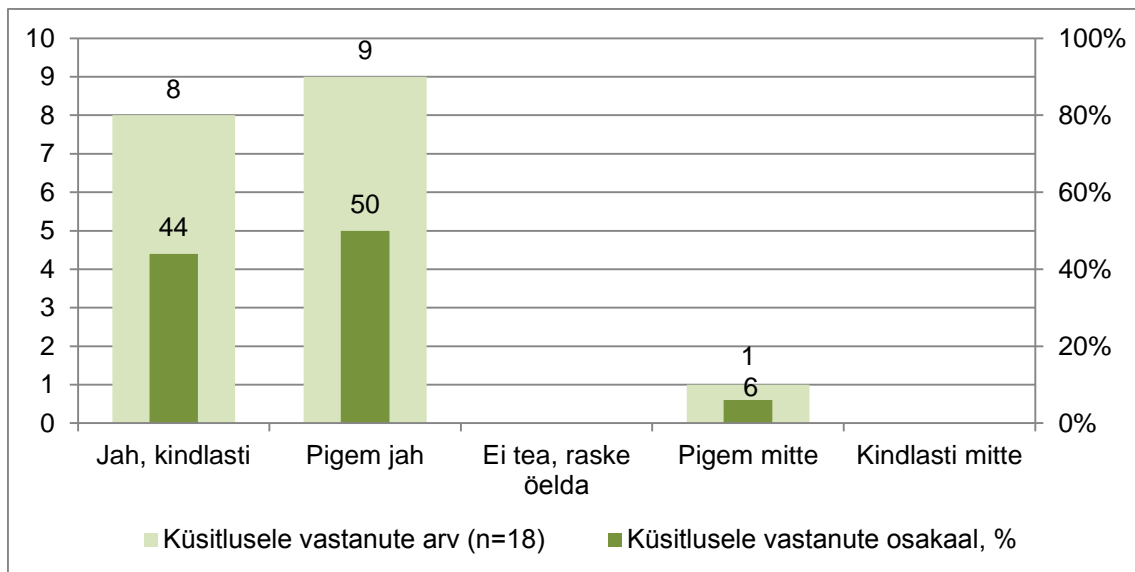
Joonis 14. Hinnang taastuva energiaallika liikide potentsiaalile Eestis aastani 2020, küsimustele vastanute osakaal, %

Euroopas on uuritud erinevates kliimavõõtetes asuvate põllumajandusettevõtete jaoks sobivat taastuvenergialiikide kasutamise kombinatsiooni. Põhja- ja Kesk-Euroopas on bioenergia kasutamine kombineeritult teiste taastuvate energiaallikatega mõttekas El Bassami järgi järgmiselt – 90% biomassi, 7% tuuleenergiat ja 3% päikeseenergiat (El Bassam, 2001, pp 405-407). Saksamaal läbiviidud uuringu tulemus sarnaneb ekspertide poolt antud hinnangule. Kõige enam kasutatakse biomassi ning väiksem osakaal energiaallikana kasutamise osas on päikese- ja tuuleenergiat. Päikese- ning tuuleenergia madalam osakaal võib tuleneda sellest, et eelpool nimetatud taastuvad energialiigid sõltuvad ilmastikuoludest (pilvisus, tuulisus jne).

Perspektiivsemaks biomassi ressursi liigiks (küsimus 1.2) hindasid eksperdid metsaraie ning puidutööstuse jäätmeid ning biolagunevaid tööstuse- ja olmejäätmeid. Vähem perspektiivsem biomassi ressursi liigiks peeti energiakultuuridena kasvatavaid põllukultuure. Metsaraie ning puidutööstusest tekkivaid jäätmeid on võimalik peaaegu 100%-liselt ilma lisatöötlemiseta kasutada energia tootmiseks, mis ei nõua liiga suuri lisakulutusi ning mille kasutamise osas on Eestis olemas ka kogemused.

Puidupõhise biomassi kasutamise osas on alates 2008. aastast toimunud suured arengud. Puitu kasutavad suured soojuse ja elektri koostoomisjaamad Väos, Tartus, Narvas, Pärnus, mis kasutab lisaks puidule ka muid jäätmeid. Peamine takistus on biokütuste tootmise osas investeeringute mahukus praegustes oludes Eestis. Kasvav nõudlus puitbiomassi järele on võimalus lisaks metsandusele ka Eesti põllumajandussektorile. Lühikese raieringiga madalmetsa (paju, arukask, hall lepp, hübriidhaab) kasvatamine on uue Euroopa Liidu põllumajanduse otsetoetuste määruse alusel toetuskõlbulik, kuid siiski ei ole Eestis nende kultuuride kasvatamisega seotud majandusliku tasuvuse ja keskkonnamõju kohta veel piisavalt teadmisi, mistõttu tuleks seda täiendavalt uurida.

Küsitlusele vastanutest 94% arvasid, et Eestis on potentsiaalne maaressurss (küsimus 1.3) biomassi tootmiseks (energiakultuuride kasvatamiseks) olemas (joonis 15). Kiirekasvuliste puitkultuuride kasvatamist peetakse perspektiivsemaks kui energiakultuuridena kasvatatavaid põllukultuure.

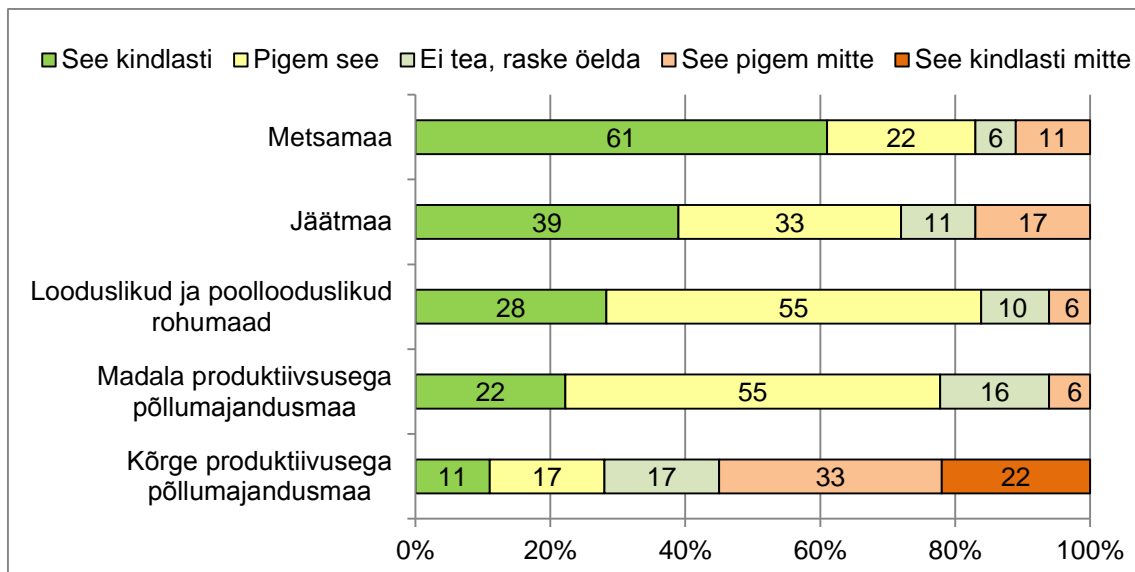


Allikas: MSI ankeetküsitluse põhjal

Joonis 15. Hinnang biomassi toomiseks vajamineva maaressursi potentsiaalile Eestis aastani 2020 küsitlusele vastanute arvu (n=18) ja osakaalu (%) lõikes

Esialgsel andmetel on Eestis aastaks 2010 põllumajandusmaa kasutusele võtmine suurenenud 7,2% võrreldes 2001. aastaga. Sellele vaatamata on Eestis olemas piisavalt kasutusest väljasolevat maad bioenergia tootmiseks, mis annaks majanduslikku tulu, parandaks Eesti energiabilanssi, tööhõivet ja võimaldaks mitmeid lisavõimalusi maastiku- ja keskkonnakaitse jaoks.

Enim potentsiaali omavaks maaressursi liikideks (küsimus 1.4) hindasid eksperdid looduslikku ja poollooduslikku rohumaad ja metsamaad ning madala produktiivsusega põllumajandusmaad, vähem potentsiaalseimaks maaressursi liigiks kõrge produktiivsusega põllumajandusmaad (joonis 16).



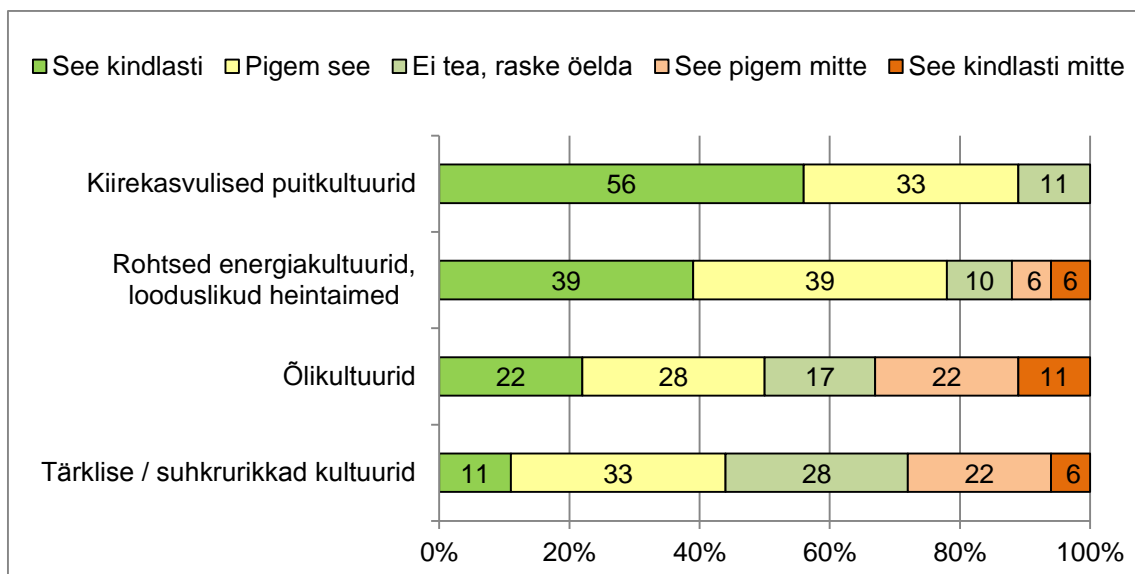
Allikas: MSI ankeetküsitluse põhjal

Joonis 16. Hinnang suurimat potentsiaali omavale maaressursi liigile biomassi tootmiseks (kasvatamiseks) Eestis aastani 2020, küsitlusele vastanute osakaal, %

Täiendavalt küsiti ekspertidelt arvamust, millist maaressursi liigi kasutamist tuleks kompenseerida lisatoetustega biomassi tootmise eesmärgil (küsimus 1.5). Ekspertide hinnangul peaks lisatoetustega kompenseeritavad maaressursi liigid olema looduslikud ja poollooduslikud rohumaad, madala produktiivsusega põllumajandusmaa ning jäätmaa. Kõrge produktiivsusega põllumajandusmaa kasutamist energiakultuuride kasvatamiseks ei tuleks kompenseerida lisatoetustega.

Küsitlusele vastanud ekspertide hinnangul peeti kõige perspektiivikamateks energiakultuuri liikideks Eestis (küsimus 1.6) kiirekasvulisi puitkultuure (paju, hübriidhaab, pappel, lepp) ja rohtseid energiakultuure, looduslikke heintaimi (päideroog, roog-aruhein, põldtimut, harilik kerahein, ohtetu luste, ida-kitsehernes, siidpööris). Vähem perspektiivikaimaks hinnati õlikultuuride (raps, rüps, valge sinep, tuder, õlikanep) kasvatamist. Õlikultuuride ja eriti rapsi madalam perspektiivikus tuleneb asjaolust, et tehniliste kultuuride kasvatamine kurnab maad, mille käigus väheneb mullaviljakus ning mullaviljakuse tõstmine on hiljem keeruline.

Valitud energiakultuuride grupist nimetati kõige suurema potentsiaaliga energiakultuuriks (küsimus 1.7) kiirekasvulisi puitkultuure (lepp, paju).



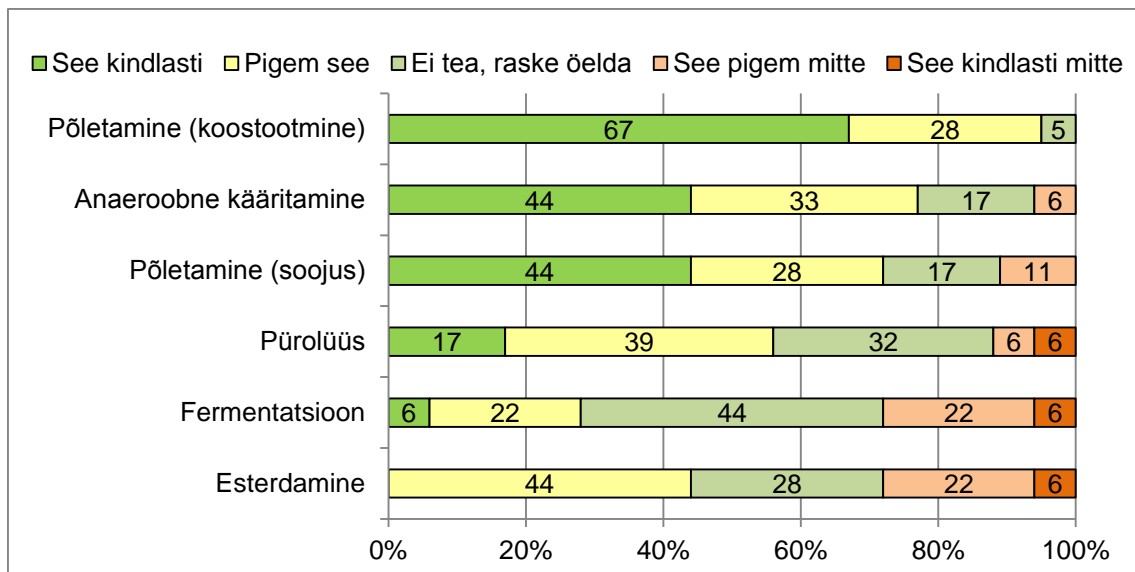
Allikas: MSI ankeetküsitluse põhjal

Joonis 17. Hinnang erinevatele energiakultuuri liikide kasvatamise perspektiivikusele Eestis aastani 2020, küsitlusele vastanute osakaal, %

Energiakultuuride kasvatamisel tuleks eelistada mitme-aastaseid energiakultuure üheaastastele energiakultuuridele, kuna mitme-aastased energiakultuurid ei konkureeri toidukultuuride kasvatamiseks kasutatavale põllumaale, vaid neid saaks ja tuleks viljeleda nendel põllumaadetel, mis on seni kasutusest väljas või on vaid toetuse saamise eesmärgil ekstensiivselt majandatud. Mitme-aastaste energiakultuuridel on väiksem tööjõu- ja aja vajadus, väiksem mõju keskkonnale ning ka madalamad tootmiskulud.

Põllumajandustootmisest tekkiva biomassi muundamise viisidest pidasid eksperdid kõige potentsiaalsemaks (küsimus 1.8) biomassi põletamist, mille koostootmise tulemusel saadakse elektri- ja soojaenergiat ning anaeroobset kääritamist biogaasi tootmise eesmärgil. Väiksema potentsiaaliga biomassi muundamise viisideks peeti fermentatsiooni, mille tulemusel saadakse biomassist etanooli ning esterdamist, mille tulemusel saadakse biomassist bioõli. (joonis 18)

Biomassi kasutamisel transpordi valdkonnas biokütuste tootmiseks peab rõhk olema tõhususel. Ka Euroopa Majandus- ja Sotsiaalkomitee on oma ettepanekus taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamise kohta selgitanud, et biomassi muundamine estriks või etanooliks ei ole õige lähenemisviis, sest iga (tööstuslik) molekulaarne muundamine on seotud energia kasutamise ja seega energia kaoga. Seega oleks mõistlikum saadud biomassi kasutada otse, ilma tööstuslik-keemilise muundamiseta.

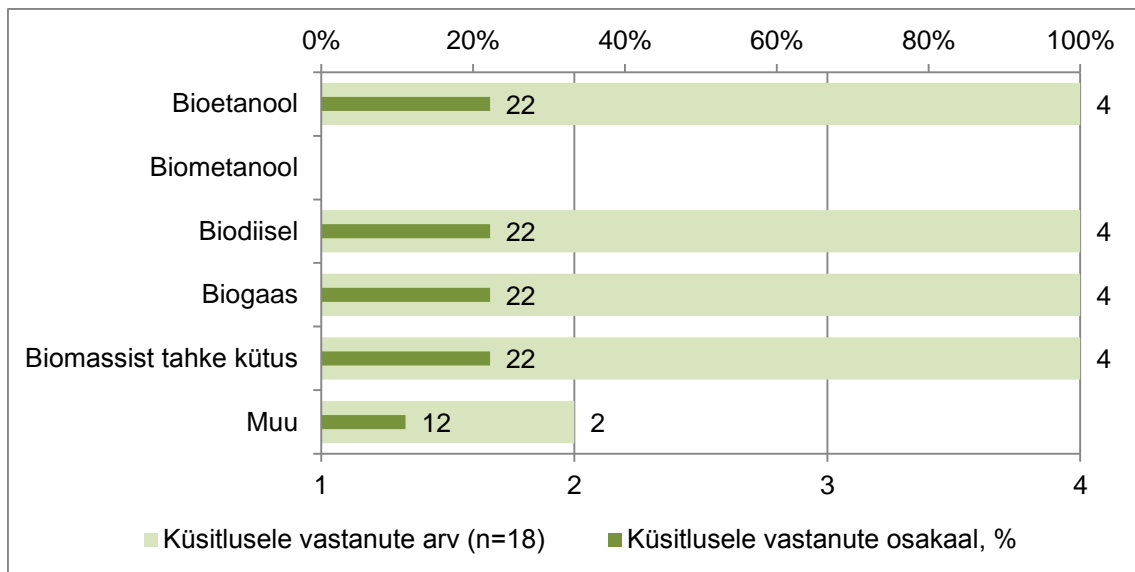


Allikas: MSI ankeetküsitluse põhjal

Joonis 18. Hinnang põllumajandustootmisest tekkiva biomassi energiaks muundamise viiside potentsiaalile Eestis aastani 2020, küsitlusele vastanute osakaal, %

Biomassi muundamise viiside nagu esterdamise ja fermentatsiooni madalam potentsiaali osakaal võib tuleneda ka sellest, et need tehnoloogilised viisid on veel uurimis- ja arendamisjärgus.

Eksperdid hindasid ka biokütuse tootmise investeeringute mahukust (küsimus 1.9). Biomassist biokütuse tootmine on Eestis praegustes oludes suhteliselt investeeringute mahukas olenemata sellest, millist liiki biokütust toodetakse. Küsitlusele vastanud eksperdid hindasid investeeringute mahukateks biokütusteks biomassist toodetud tahke kütuse (nt pelletid), biogaasi, biodiisli ja bioetanolli võrdselt. Muu hulgas nimetati ka bioõli ja söegaasi tootmist biomassi pürolüüsimisel. (joonis 19)



Allikas: MSI ankeetküsitluse põhjal

Joonis 19. Hinnang investeeringute mahukusele biokütuste tootmisel praegustes oludes Eestis küsitlusele vastanute arvu (n=18) ja osakaalu (%) lõikes

Biokütuste laialdasel tööstuslikul tootmisel ja kasutuselevõtul on peamiseks takistuseks nende kõrge tootmisomahind. Tänu mõningatele tehnoloogilistele edusammudele viimastel aastatel on biokütuste tootmise omahind küll veidi vähenenud, kuid jäänud fossiilkütustega konkureerimiseks endiselt liiga kõrgeks.

Enam edasist uurimis- ja arendamistööd erinevate asutuste ning ülikoolide poolt vajaksid küsitlusele vastanud ekspertide hinnangul (küsimus 1.10) biogaas ja biomassist toodetud tahke kütus. Vähem tähelepanu tuleks pöörata biometanoolile ja bioetanoolile, sest nende biokütuste tootmise ja kasutamise potentsiaali võrreldes teiste biokütustega Eesti tingimustes loetakse madalamaks.

Majanduslikud aspektid bioenergia tootmisel ja kasutamisel

Ankeetküsitluse teine osa seostub majandusvaldkonna aspektidega bioenergia tootmisel ja kasutamisel, millele on andnud erinevaid eksperthinnanguid kolme sihtgrupi esindajad. Ekspertide poolt antud hinnangute põhjal kaardistati bioenergia tootmise ja kasutamiseiga seotud võimalused ning takistused Eestis.

Küsitlusele vastanud ekspertide hinnangu põhjal võib pidada üheks suurimaks bioenergia tootmise ja kasutamise takistuseks teiste taastuvate energialiikide arendamise eelistamist bioenergia arendamisele (tabel 36).

Tulenevalt ekspertide kõrgest hinnangust ka tuuleenergia potentsiaalile Eestis, võib sellest järeldada, et pigem toetatakse ja arendatakse uute tuuleparkide rajamist tuuleenergia tootmiseks, kui bioenergia baasil sooja ja elektri tootmist, mis võib tuleneda sellest, et ka tuuleenergial nähakse üsna suurt potentsiaali energia tootmisel. Teiste taastuvate energialiikide arendamise eelistamine võib tuleneda ka sellest, et alates 2010. aastast kehtestati elektrituruseaduses piirang, et tootjal on õigus saada põhivõrguettevõtjalt toetust elektrienergia eest, kui ta on selle tootnud taastuvast energiaallikast, välja arvatud biomassist. Antud seadusemuudatus näitab seda, et pigem eelistatakse toetada teisi taastuvaid energialiike biomassile. Teine oluline muudatus aktsiisialaste regulatsioonide osas biokütustele toimub 2011. aasta juulis, mil lõppeb aktsiisivabastus biokütustele. Antud regulatsiooni muudatus võib saada oluliseks takistuseks biokütuste tootjatele, kuna aktsiisivabastusega on eelnevalt äriplaani koostades ja ettevõtlusega alustades arvestatud.

Eestis on suhteliselt pikka aega jõus olevaks toetuseks riigi poolt elektrivõrguettevõtetele pandud kohustus osta kindlaks määratud hinnaga ära taastuvatest energiaressurssidest toodetud elekter. Siiski on aastaid kehtiva soodustuse põhimõtteid muudetud kolmel korral. Põhiliselt puudutasid muudatused võrguettevõtete poolt kohustuslikult ostetava elektrienergia hinda (ostutariifi), mida on järk-järgult tõstetud. Elektrituruseaduse viimase parandusega, mis hakkas kehtima 1. maist 2007. a, anti soodustuse saajale võimalus valida ostukohustuse ja toetuse vahel ning võimaldatakse samu soodustusi ka elektrienergia eest, mis on toodetud tõhusat koostootmist kasutades. Selline põhimõtete muutmine rikub õiguspärase ootuse printsiipi ja ei anna potentsiaalsetele investoritele piisavalt selget kindlust äriplaanide tegemiseks.

Tallina Tehnikaülikooli poolt teostatud taastuvallikatest toodetud elektri koguste muutumise analüüs näitab, et regulatsioonide poolt kehtestatud soodustuste mõju võib täheldada tuuleenergia kasutamisel. Samal ajal on biomassi kasutamise osas mõju olnud väga tagasihoidlik – puitu elektri tootmiseks Eestis peaaegu ei kasutata. Ainsaks erandiks on tselluloositööstuses tekkiva puidupõhise musta leelise kasutamine elektri tootmiseks, kuid siinjuures tuleb märkida, et kuni viimase ajani seejuures elektrituruseadusest tulenevaid

soodustusi ei ole kasutatud. Bioloogilise päritoluga kütuste kasutamisel elektri tootmiseks võib esile tuua ainult prügilagaasi, kui biogaasi ühe liigi, kasutamist.

Pidev regulatsioonide ja põhimõtete muutmine võib raskendada bioenergia tootmise ja kasutamise majandusliku tulukuse prognoosimise. Bioenergia tootmise ja kasutamise majandusliku tulukuse prognoosimise osas olid eksperdid hinnangut andes eriarvamustel, kuid küsitlusele vastanud 56% ekspertidest leidis, et tulukust on rakse prognoosida (tabel 36).

Ekspertide hinnangul võib bioenergia valdkonna arengut pärssida ka pikaajaliste näidisprojektide puudumine Eestis. (tabel 36)

Eestis seni vähe rakendust leidnud taastuvate energiaallikate majandusliku otstarbekuse hindamine on raske kulude usaldusväärsete hinnangute tõttu. Majanduslikke hinnanguid saab esitada kas mujal Eestis või teistes riikides tehtud näidisprojektide abil, püüdes nende kogemustest lähtudes hinnata samade projektide otstarbekust mõne Eesti piirkonna tingimustes. Puitkütuste, turba ja veel mõne muu kohaliku energiaressursi kasutamisel on Eestis kogemused olemas, kuid puuduvad kogemused ja ka pikaajalised näidisprojektid biokütuse (eriti biodiisli) kasutamise osas. Seega on bioenergia valdkonna edendamisel näidisprojektide olemasolu väga tähtis.

Bioenergia valdkonnaalaste pikaajaliste näidisprojektide puudumist võib mõjutada ka riigipoolsete rahastamisvõimaluste piisavuse aspekt. Üle poole (55%) küsitlusele vastanud eksperdid hindavad bioenergia valdkonna arenguks riigipoolseid rahalisi toetusi ebapiisavaks. (tabel 36)

Bioenergia tootmiseks vajamineva ressursi osas võib takistuseks saada biomassi tootmise konkureerimine toiduainetootmisega vajamineva maaressurssi pärast, millele on oma eksperthinnangu andnud 72% ekspertidest (tabel 36). Kuigi olemasoleva maaressurssi osa biomassi kasvatamiseks hinnatakse olevat kõrgeks, võib konkureerimine maaressurssi osas avalduda põllumajandussaaduste (toiduaine- ja söödakultuuride) hindade tõus.

Kuna enamus energiakultuure konkureerib kasvukohtades toidu- ja söödakultuuridega, tuleb kasvatamispotentsiaali hindamisel kindlasti arvestada prognoositavate kasvupindadega nende kultuuride osas. Kuna toidu- ja söödakultuuride poolt kasutatava põllumajandusmaa vähenemist lähiaastakümnetel ei ole ette näha, võiks prognoosida energiakultuuride kasvatamist Eestis ülejäänud ligikaudu 300 - 400 tuhandel hektaril põllumajandusmaal. Küsitav on, kui palju sellest reaalselt suudetakse kasutusele võtta (ka toetuste olemasolu

korral), millised on kulutused, toodang ja kasum. Kui energiakultuuri kasvatamine ei osutu kasumlikuks (koos toetustega), siis see potentsiaal ei realiseeru. Biomassi tootmine energiaks sellel maal oleneb biomassi turustamisel pakutavast hinnast, mis peab katma tootmiskulud ja andma mõistliku kasumi. Samas on oluline, et töötleva tööstuse toorainendudluse tekkel saab arvestada maaressursi olemasoluga. Alternatiivina tuleb kõne alla ka kultuuride kasvatamine aladel, mis ei ole registreeritud põllumajandusmaana, kuigi nende puhul võib oletada suuremat pindade killustatust ning madalamat boniteeti. Lisaks tuleks otstarbekamalt reguleerida energiakultuuride kasvatamise tingimused looduskaitsealadel. See, mitu ühikut energiat nimetatud pindadel on võimalik toota, sõltub peale kasutatavate kultuuride oluliselt ka biomassi energiakandjaks töötlemise tehnoloogiast. Siinjuures kehtib enamasti reegel, et efektiivsemad tehnoloogiad nõuavad oluliselt suuremat investeeringut tootmise rajamise faasis. Seetõttu on eriti oluline pikaajaliste tegevusplaanide arendamine ning seeläbi tootjatele kindlusetunde loomine. Energiakultuuride kasvatamine peab soodustama põllumajandusmaa kasutuse laiendamist ning metsamaa kasutus energia tootmiseks peab suurenema.

Takistusi nähakse ka erinevate energiakultuuride kasvatamise osas, seda just õlikultuuride ja suhkru- ning tärkliserikaste kultuuride puhul. Eelpool nimetatud õlikultuurid kahjustavad pöördumatult mullaomadusi, mistõttu nendel energiakultuuride puhul on potentsiaal suhteliselt madal bioenergia tootmiseks (tabel 36).

Majanduslikust aspektist lähtuvalt võib mullaomaduste osas oluliselt mõjutada bioenergia edasist arengut energiakultuuride kasvatamise osas asjaolu, et mullaomaduse suure kahjustuse korral nõuab selle taastamine suurt rahalist väljaminekut.

Tabel 36. Majandusvaldkonnaga seotud takistused bioenergia tootmisel ja kasutamisel

Väide	Jah kindlasti ja pigem jah vastuste osakaal, %	Pigem ei ja ei, kindlasti mitte vastuste osakaal, %
1) Teiste taastuvate energialiikide arendamist (näiteks tuuleenergia) eelistatakse bioenergia arendamisele	77	17
2) Biomassi tootmine konkureerib vältimatult toiduainetootmisega vajamineva maaressurssi pärast	72	22
3) Potentsiaalset biomassi kogust bioenergia tootmiseks hinnatakse olemasolevast suuremaks	45	22

4) Bioenergia tootmise ja kasutamise majanduslik tulukus on raskesti prognoositav	56	39
5) Kõrged bioenergia toorme hinnad muudavad bioenergia projektid majanduslikult vähetasuvaks	72	11
6) Bioenergia valdkonna arengut pärsib biomassi pakkumise hooajalisus	67	11
7) Õlikultuuride kasvatamisel on suur oht kahjustada pöördumatult mullaomadusi	67	11
8) Suhkru- ja tärkliserikkad kultuuride kasvatamisel on suur oht kahjustada pöördumatult mullaomadusi	44	28
9) Väikesed alevikud ja asumid ei ole võimelised investeerima bioenergia tootmistehnoloogiasse	83	11
10) Pangad annavad meelsasti laenu uue tegevuse alustamiseks bioenergia valdkonnas	12	50
11) Bioenergia valdkonnaga seotud toetuste taotlemine ja nende menetlemine on aeganõudev ja keeruline	39	28
12) Bioenergia valdkonna arenguks on riigipoosleid rahalisi toetusi piisavalt	12	55
13) Bioenergia valdkonnas puuduvad Eestis pikaajalised näidisprojektid	77	17

Allikas: MSI ankeetküsitluse põhjal

Küsitlusele vastanud ekspertide hinnangul pärsib bioenergia valdkonna arengut biomassi pakkumise hooajalisus (tabel 36). Biomassi pakkumise hooajalisust mõjutab Eesti ilmastiku olud, kus talveperioodil on biomassi pakkumine väiksem võrreldes suveperioodiga. Kuigi biomassi on võimalik ladustada ning selleks on Eestis olemas ekspertide hinnangul ka ladustamise võimalused, mõjutab biomassi pakkumist ilmastikuolud. Biomassi pakkumise sesoonsus võib mõjutada ka energia lõpptarbijaid, mistõttu oleks vajalik mitmete erinevate biomassipakkujate olemasolu. Ettevõtjad, kes biomassist energiat toodavad, peaksid olema sõlminud lepingud mitmete erinevate biomassi pakkujatega ärahoidmaks energiatootmise kõikumisi.

Potentsiaalse biomassi koguse hindamise osas bioenergia tootmiseks ollakse ekspertide seas erinevatel arvamustel, kus küll 45% ekspertidest on arvamusel, et potentsiaalse biomassi olemasolu hinnatakse kõrgeks, kuid samas 33% ekspertidest ei osanud aspektile hinnangut anda (tabel 36). Eestis on läbi viidud Maaelu Edendamise Sihtasutuse poolt 2006. aastal

Eestis olemasoleva ja tekkiva biomassiressursi hinnanguga seotud uuring, mis selgitas välja potentsiaalse biomassi ressursi tekkimist ja olemasolu.

Sellele vaatamata võivad potentsiaalse biomassi ressursi olemasolevat ja tekkivat kogust mõjutada erinevad tegurid. Biomassi kogust mõjutavad looduslikel rohumaadel eelkõige muld, taimkatte liigiline koosseis ja ilmastik. Muld ja taimkate on väga varieeruvad, seetõttu on ka saagikus ebahühtlane. Hooldamata lammi- ja rannaniitudel hakkab domineerima pilliroog ja biomassitoodang on oluliselt suurem, kui järjepideval hooldamisel.

Tänaste hindade juures on ilma toetusteta tasuvam puidu ja turvapõhised soojatootmise- või elektri ja sooja koostootmisjaamad. Bioenergia tootjad välja arvatud puidu ja puidujäätmete põhised tootjad, vajad toetusi, et olla konkurentsivõimelised. Põhjus võib olla selles, et võrreldes puidu ja puidujäätmete kasutamise majanduslikku tasuvust energiakultuuride (õlikultuurid, rohtsed kultuurid) kasvatamise ja kasutamisega on viimaste kasutamine majanduslikult vähetasuvam.

Olenemata energiatootmiseks vajamineva infrastruktuuri olemasolust või uue ehitamisest, on fossiilselt kütuselt biokütusele üleminek investeringutemahukas, mistõttu tuleb uute seadmete soetamisel kokku puutuda ka finantsasutustega. Ekspertide hinnangul ei anna pangad kõige meelsamini laenu uue tegevuse alustamiseks bioenergia valdkonnas, mistõttu muutuvad ka bioenergia valdkonnaga seotud taotluste taotlemine ja nende menetlemine aeganõudvaks ning keeruliseks protsessiks (tabel 36).

Enamus eksperte hindasid (83%) väikeste alevike ning asumite võimekust investeerida bioenergia tootmistehnoloogiasse madalaks (tabel 36). Madal hinnang investeringu võimekuse osas võib tuleneda sellest, et väikesed asulad ja asumid ei suuda täita uute biomassi kasutatavate energeetiliste jaamade rajamise otstarbekuse tingimusi. **Otstarbekas oleks energeetiline jaam rajada siis, kui lähiümbruskonnas on olemas piisav soojakoormus ja koostootmise korral tingimused elektri müümiseks võrku või konkreetsele müüjale. Piirkonnas peaks olema nõutava biomassi ressursi kättesaadavus, sest mida kaugemal asub toorme pakkuja energia tootjast, seda kulukam on energia tootmine. Tähtis on ka sobiv jaama asukoht, sest sellest oleneb kohaliku omavalitsuse ja piirkonna elanike ning asutuste toetus ettevõtmisel.**

Kõrged bioenergia toorme hinnad muudavad ekspertide hinnangul bioenergia projektid vähetasuvaks 73% (tabel 36). Bioenergia toorme hinna muudab rahalises mõttes kallimaks

näiteks energiakultuuride kasvatamisel suuremate väetiste koguste lisamine kõrgemate saagitasemete saavutamise eesmärgil.

Majanduslikult vähetasuvaks võib olla ka reovee sette kasutamine bioenergia tootmisel, mis tuleneb asjaolust, et antud projekt on väga pika tasuvusega. Näitena võib tuua AS Tartu Veevärgi Tartu reoveepuhasti projekti, mille eesmärgiks on Tartu linna reoveepuhasti settekäitluskompleksi rekonstrueerimine. Projekti teostumise tulemusena paraneb Tartu reoveesette käitlemise kvaliteet ning puhasti tehnoloogiline, automaatika- ja ehituslik tase. Anaeroobsel stabiliseerimisel väheneb sette käitlemisega kaasnev ebameeldiv lõhn ja sette haigustekitajate sisaldus. Reoveesette maht väheneb ca 30%, mistõttu alanevad veo- ja käitluskulud. Peale anaeroobset stabiliseerimist on settes sisalduvad ained taimedele kergesti omastatavad ja seda saab kasutada kompleksväetisena. Anaeroobsel kääritamisel eralduvat metaangaasi saab kasutada elektri- ja soojusenergia tootmiseks. Investeeringuarvutluse teel leiti projekti tasuvuseaks 50 aastat. Arvestada tuleb asjaoluga, et biogaasi tootmisel kasutatavate mootorite kasutusiga on tunduvalt madalam investeeringu tasuvusajast, lisanduks veel kulusid projekti käigus hoidmiseks.

Ettevõtjate kompetentsi bioenergia tootmise ja kasutamises osas hinnati ekspertide poolt pigem positiivselt (tabel 37), kuid siiski võib vastuste osakaalude jagunemisel järeldada, et ettevõtjate kompetentsust on bioenergia valdkonna osas raske hinnata. Sellest tulenevalt võiks ettevõtjate kompetentsi bioenergia tootmise ja kasutamise osas tõsta läbi erinevate seminaride, teabepäevade ning konverentside.

Ekspertide hinnangul (78% ekspertidest) toetab bioenergia tootmine uute ettevõtete näiteks ühisfirmade loomist (tabel 37). Üldiselt ei suuda üks energiakultuure kasvatav ettevõtte üksi piisavat tootmismahu saavutada, mistõttu tuleks saavutada piirkondlik kokkulepe näiteks teiste energiakultuuride kasvatajate, saavutamaks piisav tootmismahu ning pidada üleval ühte energiatootmise jaama.

Eelnevalt bioenergia valdkonna arengu võimalusena väljatoodud uute ettevõtete loomisel on ka väga oluline ekspertide hinnangul ühistegevuse olemasolu (tabel 37). Ühistegevus on oluline bioenergia tootmisel seetõttu, et sellega on võimalik hoida kokku tootmisega seotud kulusid.

Eestis on olemas ekspertide hinnangul (55%) vahendid biomassi tootmiseks, transportimiseks ning ladustamiseks (tabel 37). Mitmete energiakultuuride kasvatamine võrreldes

traditsiooniliste põllukultuuridega uusi masinaid tootmisprotsessi ei lisa, seega ei nõua see ka ettevõtjalt lisainvesteeringuid.

Logistilised lahendused sõltuvad kõige enam kütuseliigist. Metsast saadava puidu puhul pakutakse välja neli põhilist logistilist võimalust, mis on kõik erinevad:

- Raiejäätmete hakkimine langil. Sellisel korral on otstarbekas ühildada tarbepuu saamiseks vajalik raie ja jäätmete hakkimine. Hakke transport peab sellisel juhul toimuma raieperioodil ja hakke ladustamine üldreeglina lühiajaliselt ja katlamaja juures.
- Raiejäätmete hakkimine vahelaos.
- Raiejäätmete transport töötlemata kujul ja hakkimine lõpplaos, st kas kütuse müüja laos või katlamaja juures.
- Raiejäätmete pallimine. See tehnoloogiline lahendus on otstarbekas suure võimsusega koostootmisjaama või katlamaja varustamiseks, samuti sobib see paremini suurte metsamassiivide puhul, sest nii välditakse kallite ja suure tootlikkusega pallimismasinate transportimist ühest metsast teise. Kuigi metsanduse spetsialistid peavad seda tehnoloogilist skeemi logistiliselt parimaks, on selle juurutamine väikeses mastaabis väga ebatõenäoline.

Rohtse biomassi jaoks on logistilise skeemi väljatöötamisel teatud kriteeriumid, mis puitkütuste korral ei olnud nii olulised. Need iseärasused seisnevad rohtse biomassi koristamise hooajalisuses ja kogu aastaks ladustamise vajaduses. Esiteks on tarvis ladu kogu aasta varu jaoks, teiseks aga peab ladustatav rohtne biomass olema sellise niiskusega, mis ei põhjusta ladustatud materjali mädanemist, isekuumenemist ja kvaliteedi langust. Õlgede korral on ladustamistingimused üsna hästi tuntud, muude rohtse biomassi liikide korral võivad need tingimused erineda ja neid on vaja iga liigi jaoks täpsustada, mistõttu õlgesid varutakse enamasti pressituna.

Biokütuseid peetakse ekspertide hinnangul (73%) perspektiivseks eksporditavaks (tabel 37). Seni on Eestis biomassi kütuste osas valdavaks eksporditavaks puidupelletid ja -briketid, mille väljavedu on viimastel aastatel kiiresti kasvanud.

Tabel 37. Majandusvaldkonnaga seotud võimalused bioenergia tootmisel ja kasutamisel

Väide	Jah kindlasti ja pigem jah vastuste osakaal, %	Pigem ei ja ei, kindlasti mitte vastuste osakaal, %
1) Bioenergia tootmise ja kasutamise kompetents on ettevõtjatel olemas	39	28
2) Biokütus on perspektiivne eksporditav	72	17
3) Bioenergia tootmine toetab uute ettevõtete (ka ühisfirmade) loomist	78	6
4) Ühistegevus bioenergia tootmisel on oluline	100	-
5) Biomassile on turg ja turustamise võimalused olemas	60	23
6) Puit ja turvas on bioenergia tootmisel majanduslikult tasuvamad kui põllukultuurid	93	-
7) Sobivad transpordi ja ladustamise vahendid on biomassi jaoks olemas	55	28
8) Rohtsed energiakultuuride kasvatamisel on suur oht kahjustada pöördumatult mullaomadusi	12	66
9) Kiirekasvulised puitkultuurid kasvatamisel on suur oht kahjustada pöördumatult mullaomadusi	23	36

Allikas: MSI ankeetküsitluse põhjal

Majanduslikult tasuvamaks biomassi liigiks bioenergia tootmisel peetakse ekspertide hinnangul (94%) puitu ning turvast võrreldes põllukultuuridega (tabel 37). Majanduslikult tasuvam on puidust bioenergia tootmine seetõttu, et puit ei vaja olulist eeltöötlemist, samuti olulist tehnoloogiamuutust, seega ei teki suuri investeringukulutusi. Puidust bioenergia tootmist peetakse majanduslikult tasuvamaks ka seetõttu, et selle kasvatamine ei kahjusta mullaomadusi võrreldes näiteks õlikultuuride ja suhkru- ning tärklerikaste kultuuridega. Samuti võib puidu ja turba eelistamine tulla asjaolust, et selle kasutamisega on Eestis olemas positiivsed kogemused ning peetakse selle kasutamist ka majanduslikult tasuvaks [Oja 2009].

Küsitlusele vastanud ekspertidel oli võimalus ka lisaks küsija poolt koostatud väidete hindamisele vastata ka lahtisele küsimusele, kus vastaja võis lisada omapoolseid positiivseid ning negatiivseid bioenergia tootmise ja kasutamisega kaasnevaid majandusaspekte.

Bioenergia valdkonna arendamisel puhul tuleks jätkuvalt mõelda sellele võimalusele, et Eestis on olemas kodumaine tooraine sooja ja elektri tootmiseks ning sellele tuleks ka riiklikult panustada, et saavutada suuremat sõltumatust imporditavates kütustest. Antud tegevus aitab kaasa nii töökohtade loomisele, eriti maapiirkondades, kui üldisele majanduse elavnemisele.

Majanduslikust aspektist on biomassi energiaks muutmine otstarbekas eelkõige jäätmete (puit) ja iseeneslikult tekkiva gaasi (prügilad) ärakasutamise kaudu, kusjuures ka nendel juhtudel tuleb väga täpselt arvestada tehnoloogia, selle käigushoidmise ning energia tarbijani viimise maksumusi.

7. UURIMISTÖÖ TULEMUSTE ESITAMINE SIHTGRUPPIDELE

7.1. Veebipõhine abivahend põllumeestele- energiakultuuride kalkulaator

Energiakultuuride kalkulaator on esimeseks katseks varustada ettevõtjat informatsiooniga kasvatamise arvestuslike kulude ja tulude kohta. Eelkõige põllumehele suunatud kalkulaator annab selle kasutajale ülevaate vajalikest tööoperatsioonidest erinevate energiakultuuride kasvatamisel. Sobiva kultuuri valimiseks on võimalik teostada võrdlusarvutusi erinevate kultuuride erinevate tööoperatsioonide maksumuste kohta. Lisaks võrdlusandmetele kasvatamisega seotud kulude ja tulude kohta on kalkulaator ka infoallikaks toodangu müügihindade ja pindalapõhiste toetuste määrade osas. Veebipõhise kalkulaatori link on: www.agri.ee/energia



Kulude arvestus

Energiakultuuride tootmiskulud leitakse kõikide tööoperatsioonide maksumuste alusel. Tööoperatsioonidega seotud materjali kulunormide ning masintööde normide selgitamiseks

kasutati abivahendina EMÜ põllumajandus- ja keskkonnainstituudi, Eesti Maaviljeluse Instituudi ja Jõgeva Sordiaaretuse Instituudi poolt koostatud agrotehnoloogilisi kaarte. Tootmise otsekulude taseme määramisel tugineti agrotehnoloogilistele kaartidele ja Jäneda Maamajanduse Infokeskuse kalkulatsioonidele. Infot materjalide hindade kohta saadi Eestis seemnete, väetiste ja taimekaitsevahendite müügiga tegelevate ettevõtete kodulehekülgedelt. Masintööde kulude kalkuleerimisel on võimalik kasutada tehnokaartide andmeid masintööde kulude kohta või keskmisi teenustööde hindasid Eestis.

Kulude arvestamisel ja analüüsil kasutatakse täiskuluarvestuse meetodit, mille puhul jaotatakse tootmisega seotud kulud otse- ja kaudkuludeks. Kalkulaatori abil on võimalik leida ainult tootmise otsekulud ehk siis kulud, mis kantakse otse tooteühikule ning mida saab seostada kulukandjaga. Kaudsed kulud sõltuvad ettevõtte põhivara seisundist, ettevõtte juhtimisest jm teguritest, mis oluliselt erinevad ettevõtetelt. Seetõttu kaudseid kulusid kalkulaatori kulude arvestusse ei lülitata. Materjali- ja masinkulud on arvestatud tööoperatsioonidest lähtuvalt ühe hektari kohta.

Mitme-aastaste energiakultuuride tootmiskulude kalkuleerimiseks ja analüüsimiseks jaotatakse kulud vastavalt tööetappidele: rajamisaasta kulud, hooldusaasta kulud, viljeluse lõpetamise aasta kulud. Ühe-aastaste energiakultuuride tootmiskulude arvestamisel ja analüüsimisel lähtutakse ühest tootmistsüklist.

Tuluarvestus

Energiakultuuride kasvatamise arvestusliku tulu kalkuleerimisel lähtutakse energiakultuuride saagikusest, turuhindadest ning kasvatamisele suunatud toetustest. Müügitulu ja pindalapõhised toetused on arvestatud ühe hektari kohta. Energiakultuuride saagikuse näitajad tulenevad agrotehnoloogilistest kaartidest. Seejuures tuleb märkida, et tehnokaartide saagikuse näitajad erinevad oluliselt (on kõrgemad) keskmiste kultuuride saagikuse näitajatest, mis on kogutud Eesti Statistikaameti poolt.

Müügilaekumiste kalkuleerimise aluseks on Eesti Konjunktuuriinstituudi poolt kogutud hinnainfo. Lisaks müügituludele on tulude kalkuleerimisel arvestatud võimalikke pindalapõhiseid toetusi (energiakultuuride kasvatamisele).

Ülevaade kalkulaatorist

Kalkulatsiooni etapid

Kalkulaatorit on võimalik kasutada mitmete kultuuride kulude ja tulude hindamise abivahendina. Kalkulatsiooni koostamist energiakultuuri kohta võib vaadelda nelja etapina:

1. etapp: kasutaja valib energiakultuuri grupi, nt puitkultuurid.

Kultuuride grupi kohta kuvatakse tutvustav tekst. Kultuuride eripärast tulenevalt on energiakultuurid jaotatud kalkulaatoris viide gruppi (vt joonis 20):

Puitkultuurid				
Energiapaju	Energiapaju näidisarvutus	Hall lepp	Hübriidhaab	
Kalkulatsioon	Kalkulatsioon	Kalkulatsioon	Kalkulatsioon	
Vajalik agrotehnika	Vajalik agrotehnika	Vajalik agrotehnika	Vajalik agrotehnika	
Tööd ja nende ajastus	Tööd ja nende ajastus	Tööd ja nende ajastus	Tööd ja nende ajastus	
Nõuded kasvukohale	Nõuded kasvukohale	Nõuded kasvukohale	Nõuded kasvukohale	
Kasvatamine energiakultuurina	Kasvatamine energiakultuurina	Kasvatamine energiakultuurina	Kasvatamine energiakultuurina	
Kask	Pappel			
Kalkulatsioon	Kalkulatsioon			

Joonis 20. Energiakultuuri grupi valimise programmiaken

- puitkultuurid, sh energiapaju, lepp, kask, hübriidhaab, pappel;
- rohtsed energiakultuurid, sh galeega, lutsern, päideroog;
- teravili, sh rukis, kaer, tritikale,
- tärkliserikkad kultuurid, sh maapirn, kartul, suhkrupeet
- õlikultuurid, sh suviraps, -rüps, taliraps, -rüps, kanep.

2. etapp: kasutaja valib konkreetse energiakultuuri, nt päideroog.

Kultuuri kohta kuvatakse tutvustus, näidiskalkulatsioon, kasvatamiseks vajalik agrotehnika ja tööoperatsioonide ajastus ning kasutamise võimalused energia tootmiseks.



Kalkulatsioon: Päideroog energiaheinaks

Kalkulatsioon

Vajalik tehnika

Tööd ja nende ajastus

Nõuded kasvukohale

Kasvatamine energiakultuurina

Rajamisaasta materjalikulu	286 €/ha
Rajamisaasta masinkulu	166 €/ha
Rajamisaasta kulud kokku	452 €/ha
Ühe saagiaasta materjalikulu (aastatel 2-14)	97 €/ha
Ühe saagiaasta masinkulu (aastatel 2-14)	86 €/ha
Saagiaasta kulud kokku	183 €/ha
Viljeluse lõpetamise aasta materjalikulu (15. aastal)	78 €/ha
Viljeluse lõpetamise aasta masinkulu (15. aastal)	122 €/ha
Viljeluse lõpetamise aasta kulud kokku	200 €/ha
Müügitulu ühe aasta kohta (aastatel 3-15)	187 €/ha
Toetused ühe aasta kohta	0 €/ha
Arvestusliikud tulud kokku	187 €/ha

Joonis 21. Energiakultuuri programmiaken

3. etapp: kalkulatsiooni teostamine.

Kasutaja muudab vajadusel administraatori poolt etteantud vaikeväärtusi kalkulatsiooni vastava mooduli töölehel ning võib need väärtused, mis pole kohustuslikud, nullida. Selle tulemusena kuvatakse näidiskalkulatsiooni leht, mis on koostatud kas fikseeritud näitajate põhjal või kasutaja poolt muudetud andmete alusel.

4. etapp: kasutaja saab kalkulatsiooni ja töölehed välja trükkida.

Väljatrüki leht sisaldab energiakultuuri kasvatamise koondtabelit teostatud kalkulatsioonist ja töölehti kulude (eraldi materjali-ja masintööde kulud), müügitulu ja toetuste kalkuleerimise kohta.

Kalkulatsiooni moodulid

Kalkulaator koosneb neljast moodulist. Tootmise otsekulude arvestamiseks tuleb täita materjalikulude ning masintööde kulude moodulite töölehed. Tulude arvestamiseks täidetakse müügitulu ja toetuse moodulite töölehed.

Materjalikulude leidmine

Materjalikulude töölehel esitatakse tööoperatsiooni nimetus (nt külvamine), selle tööoperatsiooni toimumisaeg, kasutatud materjali nimetus, materjali kulunorm ja ühiku hind (vt joonis 22).

Materjalikulude rippmenüüs on kasutajal võimalik valida kahe variandi vahel:

- fikseeritud materjali maksumus (€/ha) – tööoperatsiooni teostamiseks vajalik materjali nimetus, kulunorm, soovituslik kasutusaeg ja ühiku müügihind on juba sisestatud agrotehnoloogiliste kaartide alusel;
- arvutatud materjali maksumus - kasutaja poolt sisestatud tööoperatsiooni teostamiseks vajamineva materjali kulunormi (kg,l/ha) ja ühiku hinna (€/kg,l) alusel arvutatud materjali maksumus (€/ha).



Kalkulatsioon: Rajamisaasta materjalikulu

Rajamisaasta materjalikulu						
Tööoperatsioon	Materjali nimetus	Materjali kulunorm	Ühik	Kasutusaeg	Ühiku hind €/kg, €/l, €/rull, €/t	Maksumus €/ha
Eelneva taimiku hävitamine (fikseeritud)	Roundup Classic	4.00	l/ha	eelneva aasta september	7.03	28
Külvamine (fikseeritud)	Seeme	20.00	kg/ha	aprilli lõpp- mai algus	7.48	150
Umbrohutõrje (fikseeritud)	MCPA	1.50	l/ha	mai	6.77	10
Väetamine (fikseeritud)	YaraMila 20-5-15	200.00	kg/ha	juuni	0.49	98
Kokku:						286

salvesta tagasi

Joonis 22. Väljavõte materjalikulu töölehest

Joonisel 13 esitatud päideroo kasvatamisega seotud rajamisaasta materjalikulude kalkuleerimise töölehel on näiteks valitud tööoperatsiooniks külvamine, mis teostatakse varasügisel. Külviks kasutatud seemnesordi kulunormiks hektari kohta on 20 kg, ühikuhinnaks 7,48 €/kg. Külvamise materjalikuluks kujuneb 150 eurot hektari kohta.

Masintööde kulude leidmine

Masintööde kulude kalkulatsiooni lehel esitatakse tööoperatsiooni ja masinagregaadi nimetus, masina tootlikkus (ha/h), töötunni maksumus ning masinkulud.

Masinkulude kalkulatsioonis on kasutajal võimalik rippmenüüs valida nelja variandi vahel:

- fikseeritud masinkulud (€/ha) - tööoperatsiooni teostamiseks vajaliku masinagregaadi tootlikkus (ha/h) ja tunnihind (€/h) pärinevad agrotehnoloogilistelt kaartidelt;
- masinkulud teenustööna (€/ha) - kaalutud keskmised teenustööde hinnad pärinevad Eesti Maaviljeluse Instituudi teadurite poolt kogutud andmetest;
- masinkulud oma tööna (€/ha) - tootja poolt sisestatud masinagregaadi tootlikkuse (ha/h) ja töötunni hinna (€/h) alusel arvatud tööoperatsiooni maksumus (€/ha);
- tööoperatsiooni mitte tegemisel valitakse neljas variant („ei teostata“).

Kalkulatsioon: Rajamisaasta masinkulu

Rajamisaasta masinkulu				
Tööoperatsioon	Masinagregaat	Tootlikkus ha/h	Töötunni maksumus €/h	Masinkulu €/ha
Eelneva taimiku hävitamine (fikseeritud)	100 kW traktor+18-meetrine taimekaitseprits	6.00	50.23	8.37
Künnieelne koorimine (fikseeritud)	180 kW traktor + 6-meetrine rullrandaal	1.00	40.20	40.20
Kündmine (fikseeritud)	180kW traktor+5-hölmaline pöördader	1.00	36.81	36.81
Kultiveerimine (fikseeritud)	180kW traktor+8-meetrine lausharimiskultivaator	2.50	30.17	12.08
Kivikoristus (fikseeritud)	100kW traktor+UKP-0.7	1.00	30.17	30.17
Külvamine (fikseeritud)	100kW traktor+4-meetrine kombikülvik	1.50	33.49	22.31
Umbrohutõrje (fikseeritud)	100 kW traktor+18-meetrine taimekaitseprits	6.00	50.23	8.37
Min. väetise laotamine (fikseeritud)	100 kW traktor+24-pneumolaotur			9.01
			Kokku:	165

Joonis 23. Masintööde maksumuse leidmine

Joonisel 23 on valitud tööoperatsiooniks näiteks külvamine. Fikseeritud masinagregaadiks on 180 kW traktor koos 4-meetrise kombikülvikuga, tootlikkusega 1,5 hektarit tunnis. Töötunni maksumuseks on arvestatud 33,49 €. Seega kujuneb külvamise masintöö kuluks 22,31 €/ha. Analoogiliselt leitakse kõikide tööoperatsioonide (nt kündmise, kultiveerimise, kombainkoristuse jt) maksumused

Mitme-aastaste rohtsete energiakultuuride tootmisega seonduvate otsekulude arvestamiseks tuleb täita materjalikulude ja masintööde kulude kalkulatsioon eraldi nii rajamisaasta, saagiaasta kui ka viljeluse lõpetamise aasta kohta (joonis 4). Kogu tootmistsükli kulude arvestamisel summeeritakse rajamisaasta, saagiaastate ja viljeluse lõpetamise aasta kulud.



trüki

Kalkulatsioon: Päideroo energiaheinaks

Kalkulatsioon	Rajamisaasta materjalikulu	286 €/ha
	Rajamisaasta masinkulu	166 €/ha
Vajalik tehnika	Rajamisaasta kulud kokku	452 €/ha
Tööd ja nende ajastus	Ühe saagiaasta materjalikulu (aastatel 2-14)	97 €/ha
	Ühe saagiaasta masinkulu (aastatel 2-14)	86 €/ha
Nõuded kasvukohale	Saagiaasta kulud kokku	183 €/ha
Kasvatamine energiakultuurina	Viljeluse lõpetamise aasta materjalikulu (15. aastal)	78 €/ha
	Viljeluse lõpetamise aasta masinkulu (15. aastal)	122 €/ha
	Viljeluse lõpetamise aasta kulud kokku	200 €/ha
	Müügitulu ühe aasta kohta (aastatel 3-15)	187 €/ha
	Toetused ühe aasta kohta	0 €/ha
	Arvestuslikud tulud kokku	187 €/ha

Joonis 24. Mitme-aastase energiakultuuri kulude kalkulatsioonileht

Joonisel 24 esitatud energiaheinana kasvatatava päideroo kulude kalkuleerimisel 2010. aasta hinnatasemetes juures kujunesid rajamisaasta kulud 452 €/ha, saagiaasta kulud 183 €/ha ja viljeluse lõpetamise aasta kulud 200 €/ha.

Müügitulu leidmine

Müügitulu kalkulatsioon koosneb toodangu nimetusest, hektarisaagist, saagikadude osakaalust ning toodangu hinnast.

Müügitulu kalkulatsioonis on võimalik valida kahe variandi vahel:

1. Fikseeritud müügitulu (€/ha), st fikseeritud saagikus (t/ha), saagikadu (%) ja müügihind (€/t).
2. Kasutaja andmetel põhinev müügitulu (€/ha) - kasutaja poolt sisestatud saagikus saagikadu ja ühiku müügihind.

Pindalapõhiste toetuste arvestamine

Energiakultuuride kasvatamisel on tootjal võimalik taotleda põllumassiivide registris olevale maale järgnevaid toetusi:

- 1) energiakultuuri kasvatamise toetus;
- 2) ühtne pindalatoetus;
- 3) põllukultuuri kasvatamise täiendava otsetoetus;
- 4) ebasoodsate piirkondade toetus;

5) mahetootmise toetus või põllumajanduslik keskkonnatoetus.

Neid pindalapõhiseid toetusi on võimalik taotleda, kuid mahetootmise ja põllumajandusliku keskkonnatoetuse taotlemise puhul tuleb järgida rangeid põllumajandus- ja keskkonningimusi. Energiakultuuride kasvatamine mahepõllumajanduslikult ei ole majanduslikult põhjendatud, sest madala saagikuse tõttu jäävad ka tulud madalaks. Seega võime energiakultuuride kasvatamisel arvestada eelkõige kolme esimese pindalapõhise toetusega.

Toetuste kalkulatsioonis on võimalik valida:

1. Fikseeritud toetus (€/ha) - 2007.-2010. aasta toetuste määrad (€/ha).
2. Sisestatav toetuse määr (€/ha) - tootja sisestab toetuse (€/ha).

7.2. Ettekanded

Värnik, R., Roosmaa, Ü., Oper, L., Luik, H. Energiakultuuride tasuvusuuring. Arengukava alusel tellitud uuringute lõpuseminar. Türi-Alliku 19.12.2007

Energiakultuuride tasuvuskalkulaator. Stendiettekanne konverentsil „Biomass ja bioenergia“, Tallinn (27-29. veebruar 2008)

Energiakultuuride kasvatamine. Arvestuslike tootmiskulude ja tulude kalkulaator. Stendiettekanne Maamessil (17.-19. aprill 2008)

Oper, L. Energiakultuuride kasvatamine. Arvestuslike tootmiskulud ja tulud. Ettekanne Pärnu Koidula Gümnaasiumi õpilastele, Pärnu (25. aprill 2008)

Luik, H., Oper, L. „Bioenergia“ Eesti Maaülikool majandus- ja sotsiaalinstituudi seminar 4. mai 2008

Energiakultuuride tasuvuskalkulaator. Stendiettekanne konverentsil „Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine X, Tartu (13. novembril 2008)

Oper, L. Päideroo kasvatamise ja kasutamise majanduslikud aspektid. Eesti Maaülikool majandus- ja sotsiaalinstituudi seminar 8. detsember 2008

Oper, L. Energiakultuuride kasvatamine. Koolitus konsulentidele. 5. mai 2009, Waide hotell

Oper, L. Uuringu "Energiakultuuride tootmise tasuvusuuring" tulemustest ja projekti raames koostatud energiakultuuride kalkulaator. Põllumajandusministeeriumi teabepäevad 9.-10. detsembril 2009, Rakveres

Roosmaa, Ü. Economical and social aspects of biofuel production. Ettekanne. ESF (LESC/SCSS) Exploratory Workshop. Trinity College Dublin, 26.-28. April 2010

Värnik, R. Maakasutuse võimalustest Eestis. Ettekanne foorumil „Nutikas jätkusuutlik biomajandus“ 24. sept. 2010

Värnik, R. Roheline majandus. Ettekanne Eesti Majandusteadlaste Seltsi Aastakonverentsil. Narvas 28. – 29. jaanuaril 2011.

Oper, L., Espenberg, E. Stendiettekanne teemal „Energiאהinana toodetava päideroo kasvatamise majanduslik tulem kattetulu meetodil“ konverentsil Agronoomia 2010/2011. (koostamisel) Sakus 10. märtsil 2011.

7.3. Projekti raames ilmunud ning teemaga seotud publikatsioonid

Oper, L., Roosmaa, Ü. 2008. Energiakultuuride otsekulude ja arvestuslike tulude arvestus. Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine.- Kümnenda konverentsi kogumik. Tartu, 2008, 140 lk

Oper, L., Roosmaa, Ü. Energiakultuuride kalkulaator.-Artikkel Maamajandus.

Oper, L., Vahejõe, K. Ülevaade põllumajanduses toodetavate avalike hüvede hindamisest. 2011. aasta Eesti Majandusteadlaste seltsi aastakonverentsi artiklite kogumik.

Värnik, R. Roheline majandus. 2011. aasta Eesti Majandusteadlaste seltsi aastakonverentsi artiklite kogumik.

Espenberg, E., Oper, L., Raave, H., Noormets, M. Energiאהinana toodetava päideroo kasvatamise majanduslik tulem kattetulu meetodil.-Agronoomia 2010/2011. aasta. (lk 215-221).

Menind, A., Oper, L., Kers, J., Melts I. Preliminary investigation of technological, physical and economic parameters of herbaceous biomass briquettes. Artikkel avaldamisel kogumikus Agronomy research

KOKKUVÕTE

Eestis on taastuvate energiaallikatest toodetud soojus- ja elektrienergia osatähtsus kogu energiatootmises suurenenud, kuid sellegipoolest jääb bioenergiast toodetud energia osakaal väiksemaks võrreldes teistest taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaaluga.

Eestis on rajatud mitmeid biomassil põhinevaid koostootmisjaamasid, mis toodavad elektri ja soojuse energiat, kui ka väiksemaid katlamaju, mis ainult sooja energiat toodavad. Biomassina kasutatakse Eestis peamiselt puiduhaket aga ka rohtset biomassi ning loomset biomassi. Kuna olemjäätmete kasutamise perspektiivikust hinnatakse Eestis kõrgeks, siis ei puudu tulevikuperspektiivist ka olmejäätmete kasutamine energia tootmise eesmärgil.

Energiakultuuride kasvatamine on üheks alternatiivseks tegevuseks maaettevõtluse mitmekesistamisel. Tegevusharu arendamisel võib olla positiivne mõju nii maaelu arengule kui ka laiemalt regionaalse ja kohaliku arengu võimalustele, energia varustuskindlusele ning ekspordi- ja tööhõivevõimalustele. Energiakultuuride kasvatamine lisab uusi teenimisvõimalusi põllumeestele ning avab põllumajandustoodangule uusi turusektoreid.

Eestis tuleks valida bioenergia tootmiseks välja eelkõige need energiakultuuride liigid ning sordid, mille kasvatamisest saadav biomass on meie ilmastiku- ja mullatingimustes maksimaalne. Samas tuleks arvestada kultuuride valikul nende võimalikku mõju keskkonnale, kultuuride kasvatamise energiabilanssi ning sotsiaal-majanduslikku mõju.

Energiakultuure saab kasvatada eelkõige nendel põllu- ja rohumaadel, mida toidu tootmiseks vajalike kultuuride kasvatamisel ei kasutata. Eestis arvestatakse energiakultuuride kasvatamiseks sobiva maaressursina ca 400 tuhat ha. Maaressursina võetakse arvesse toetustaotluseta e tinglikult kasutamata põllumajandusmaad ning vaid toetuse eesmärgil äärmiselt ekstensiivselt majandatavad põllumajandusmaad.

Energiakultuuride kasvatamisel tuleks eelistada mitme-aastaseid rohtseid ning puitkultuure ühe-aastastele energiakultuuridele, kuna mitme-aastased energiakultuurid ei konkureeri toidukultuuride kasvatamiseks kasutatavale põllumaale, vaid neid saaks ja tuleks viljeleda nendel põllumaadel, mis on seni kasutusest väljas või on vaid toetuse saamise eesmärgil

ekstensiivselt majandatud. Mitme-aastaste energiakultuuridel on väiksem tööjõu- ja aja vajadus, väiksem mõju keskkonnale ning ka madalamad tootmiskulud. Uuringus valiti analüüsitavaks kultuuriks päideroog, mis on osutunud Põhjamaades (Soomes, Rootsis) teiste kasvatavate kultuuride seas konkurentsivõimeliseks.

Energiakultuuride kasvatamist toetati Euroopa Liidu poolt aastatel 2007-2009, kuid selle toetamine lõpetati, kuna ei nähtud antud toetuse puhul perspektiivi. Kõige enam maksti energiakultuuri toetust nimetatud aastatel rapsi kasvatamiseks. Samas on teada, et rapsi kasvatamine suurtel pindadel ja sageli kahjustab mullaomadusi ning selle taastamine on kulukas. Tulenevalt sellest asjaolust ja rapsi keerulise muundamise protsessi tõttu kütuseks ei olnud see tegevus Eesti tingimustes majanduslikult tasuv. Päideroost energiatootmine võib toimuda kahel viisil: põllult saadava biomassi kasutamisel katelde kütteks või biomassi kasutamisel biogaasi tootmiseks. Uurimistöös anti majanduslik hinnang päideroo kasvatamisel mõlema tehnoloogia korral.

Põllumehe otsus energiakultuuride kasvatamise poolt sõltub suuresti sellest, kui tulutoov on kasvatamine võrreldes teiste põllukultuuride viljelemisega. Tootmiskulude analüüsist selgus, et päideroo tootmiskulude suurus sõltub tooraine kasutamise otstarbest. Rajamise ja viljeluse lõpetamise tööoperatsioonidega seotud materjali- ja masintööde kulud on päideroo kasvatamisel nii energiaheina kui haljasmassi toorme saamise eesmärgil samad. Kasvatades päideroogu energiaheina tootmise eesmärgil on saagiaasta hooldamise- ja koristuskulud märkimisväärselt madalamad kui päideroo kasvatamisel haljasmassi tootmiseks. Haljasmassi suurema saagikuse saavutamiseks on väetamise tarve oluliselt kõrgem ning sellest tulenevalt on kõrgemad ka hoolduskulud. Koristuskulud on haljasmassi saamise eesmärgil kasvatatud päiderool kõrgemad, kuna niitmist teostatakse saagi aastal kaks korda.

Energiakultuuride (päideroog, teraviljad, raps, rüps) tootmiskulude võrdleva analüüsimisel selgus, et energiaheinana kasvatatav päideroog on madalaimate kasvatamisega seotud kuludega. Biogaasi toormena kasvatatava päideroo kasutusaasta keskmised tootmiskulud on võrreldavad teraviljade ühe tootmistsükli vastavatele kuludele. Kõige suuremad kulutused materjalile ja masintöödele tehakse õlikultuuride rapsi ja rüpsi kasvatamisel, kuna nende kultuuride väetise ning taimekaitsevahendite tarvidus on suurem kui teistel kultuuridel.

Päideroo biomassi arvestusliku tulu kalkuleerimisel võeti energiaheinana kasvatatava päideroo müügihinna aluseks põhu hind. Energiaheinana kasvatatava päideroo kuivaine

saagitasemetel 4-9 t/ KA ha korral on aasta keskmine müügitulu võrreldes teiste põllukultuuride arvestuslike müügituludega madalam, sõltudes ühelt hektarilt müügiks saadavast suhteliselt madalast toodangukogusest.

Päideroo kasutamine biogaasiks on alles katsetamisjärgus, seepärast ei ole päideroo kui biogaasi tooraine turuhind välja kujunenud. Päideroo haljasmassi arvestusliku müügihinna kalkuleerimiseks arvestati tootmisomahinnale juurde lisakulud riski katmiseks ning ettevõtte kasuminõudlus.

Eesmärgiga võrrelda traditsiooniliste põllumajanduskultuuride ja päideroo kasvatamise majanduslikku tulemit teostati päideroo ning traditsiooniliste põllukultuuride osas kattetulu 1 ja 2 võrdlus. Tootmistegevuse tulemusnäitaja kattetulu 2 on energiaheinana kasvatataval päiderool traditsiooniliste põllukultuuridega võrreldes tunduvalt madalam. Kõrgeim kattetulu kujuneb praeguste hinnatasemete juures talirapsil.

Meil peetakse päideroogu heaks söödataimeks ja soovitatakse seda viljeleda niiskemal ja/või soostunud mullal. Tartu Ülikooli botaanika ja ökoloogia instituudi erakorralise professori Jaanus Paali ettepanekul võiks Eestis sarnaselt Soomele alustada päideroo kasvatamisega eeskätt jääksoodes. 2005. aasta turbavarude kasutamisega seotud Riigikontrolli auditis märgitakse turbakaevandamisega rikutud alade mitterahuldavat seisukorda ning kohustatakse valitsust algatama jääksoode korrastamist. Eestis leiduvate jääksoode pindala ning nende seisundi täpsustamine on praegu käsil. Senise hinnangu kohaselt on neid 10 000- 15 000 ha. Ammendunud turbarabades peaks turvas olema kaevandatud nii, et alles on jäänud õhuke, ebahütlane vähemalt 10 cm paksune turbalasund. Turbaraba kuivendussüsteemi võib energiaheina kasvatamiseks jätta endiseks, sest lubatud on lühiajalist üleujutust.

Jääksoode kasutuselevõtt võimaldaks päideroo kasvatamiseks suurendada riigi taastuvenergia potentsiaali, korrastada inimtegevusega rikutud maastikke, vähendada keskkonna reostuskoormust (kasutades väetamiseks puhastusseadmete muda, sõnnikut või läga ning lupjamiseks turba-, puu- või põlevkivituhka), suurendada maapiirkondades tööhõivet ning võimaldada maaomanikele ja väikeettevõtjatele lississetulekut.

Probleemseks võib osutada biokütuse tarne logistiline teostatavus –energiakultuuri kasvatavate jäätmaade ja turbaväljade suurtelt pindadelt kogutav hein ei pruugi paikneda piisavalt lähedal katlamajadele, milles toodetavale soojusele on olemas piisav tarbijaskond.

Esmaste ja teisete andmete analüüsi põhjal võib väita, et päideroo kasvatamine energiaheinana on Eesti kliimaatilisi tingimusi arvestades riskantne ettevõtmine, kuna biomassi põllult koristamisega kevadel, kui päideroo niiskusesisaldus on madal, võivad kaasneda suured saagikaod. Perspektiivsemaks võib osutada päideroo kasvatamine biogaasi toorme tootmise eesmärgil.

Energiakultuuride kasvatamisele majandusliku hinnangu andmisel põhjanevaid järeldusi teha veel ei saa, kuna energiakultuuride kasvatamine on Eestis alles katsetuste järgus ning katseperiood on olnud lühike. Arvestama peab ka sellega, et katseväljade väike pindala ei peegelda täpselt suuremale tootmispinnale vastavat tootmistegevust ja selle tulemust iseloomustavaid näitajaid. Positiivseks teguriks valdkonna uurimisel saab pidada OÜ Starfeldi poolt päideroo tootmispõllu rajamist, mis tagab tulevikus võrdlevate andmete olemasolu päideroo kasvatamise kohta Eesti oludes suuremal tootmispinnal.

Biokütuste tootmisele anti hinnang kahe kultuuri näitel, milleks olid põlluhein loodusliku heinana ja päideroog energiaheinana. Selleks, et anda majanduslik hinnang biokütuse tootmisele rohtsest biomassist, selgitati, millistest etappidest koosneb biokütuste tootmise ahel. Tootmisahela esimeseks etapiks on biomassi tootmine, järgmiseks etapiks on biomassi transportimine. Rohtse biomassi transportimisel tuleb arvestada selle biomassi liigi eripäradega. Kolmandaks etapiks on biomassi töötlemine biokütuseks, mida antud töös uuriti briketeerimise näitel.

Analüüsi põhjal selgitati biokütuse tootmise kulukomponendid ja selgitati meetodeid, kuidas kulusid on võimalik erinevatel biokütuse etappidel arvestada, kuna ühtset arvestusmeetodit rakendada ei saa.

Loodusliku heina ja energiaheina tootmisel päideroo tootmiskulud hektari kohta oli kõrgemad kui looduslikul heinal, tänu sellele, et looduslikul heinal tootmiseks oli ainult niitmine ja biomassi koristamine põllult. Arvestades kultuuride saagikust (kuivaine tonni ühelt hektarilt) selgus, et tootmiskulud on kuivaine tonni kohta praktiliselt võrdsed.

Transpordikulude arvestuse põhjal võib järeldada, et veokulud ei moodusta nii suurt osatähtsust biokütuste tootmisahelas, kuigi tegemist on väga mahuka, kuid samas kaalu järgi väikse koormaga. Olulist rolli transpordikulude kujunemisel mängib veokaugus, sest kauguse suurenemisega rohtse biomassi transportimine kallineb. Soome arvutuste järgi rentaaabel kaugus on 60 kilomeetrit.

Nii põlluheina kui ka päideroo biomassi töötlemise katsete käigus selgus, et kulud briketeerimisele on sarnased. Biokütuste labori andmete põhjal briketeerimisel suuremad kulukomponendid on materjalikulud ja arvestuslik tööjõukulu.

Brikettide tootmisel moodustavad töötlemiskulud tootmiskuludest põhilise osa.

Biokütuse briketeerimise tootmisomahindade analüüsi põhjal võib öelda, et loodusliku rohumaadelt saadavast heinast on võimalik toota odavamat briketti kui spetsiaalselt energiakultuurina kasvatatavast päideroo biomassist. Kuna just looduslike ja poollooduslike rohumaade biomassi ei kasutata loomasöödana ning see jääb põldudele seisma, siis tuleks briketeerimisel kaaluda esmalt selle rohtse biomassi ressursi kasutusele võtmist.

Energiakultuuride tootmise tasuvusuuringu raames valmis kalkulaator energiakultuuride kasvatamise otsekulude ja arvestuslike tulude kalkuleerimiseks (www.agri.ee/energia). Eelkõige põllumehele suunatud kalkulaator annab selle kasutajale ülevaate vajalikest tööoperatsioonidest erinevate energiakultuuride kasvatamisel. Sobiva kultuuri valimiseks on võimalik teostada võrdlusarvutusi erinevate kultuuride erinevate tööoperatsioonide maksumuste kohta. Lisaks võrdlusandmetele kasvatamisega seotud kulude ja tulude kohta on kalkulaator ka infoallikaks toodangu müügihindade ja pindalapõhiste toetuste määrade osas. Kalkulaator on koostatud koostöös EMÜ põllumajandus- ja keskkonnainstituudi, Eesti Maaviljeluse Instituudi, Jõgeva Sordiaretuse Instituudi teadurite ning infotehnoloogia firmaga AS Piksel.

Ettepanekud bioenergia valdkonna arendamiseks:

- 1) Bioenergia valdkonna toetusmeetmete väljatöötamisel tuleks selgelt läbi mõelda, kuidas oleks võimalik bioenergia valdkonna arengule kaasa aidata nii, et see areng ei omaks negatiivset mõju keskkonnale või sotsiaalvaldkonnale, et ei korduks situatsioon, kus energiakultuuride toetamisel toetati kõige enam rapsi, millel pole energiakultuurina perspektiivi Eesti tingimustes.
- 2) Järjepidevuse ja selguse puudumine bioenergia valdkonda puudutavas seadusandluses ning valdkonna toetamisel pärsib oluliselt bioenergia alase ettevõtluse arengut ning ei anna investoritele kindlustunnet investeringute tegemisel. Seega on nii toetusmeetmete kui ka seadusandluse järjepidevus oluliseks aspektiks bioenergia valdkonna edasisel arengul.

- 3) Bioenergiat tootva ettevõtte toetamisel tuleks arvestada kõiki biokütuse tootmise ja kasutamisega seotud ahela lülisid, see tähendab, et toetusmeetmete väljatöötamisel tuleks arvestada nii biomassi kasvataja, biokütuste tootja ka logistilise lüli ja biokütuse tarbijaga.
- 4) Ankeetküsitlusele vastanud eksperdid pidasid ühistegevuse rolli bioenergia valdkonna arendamisel äärmiselt tähtsaks. Seega võib ühistegevusel olla suurem piirkondlik positiivne mõju. Selleks, et aidata ettevõtjatel otsust langetada piirkondlikul tasandil, tuleks välja töötada nn juhendmaterjalid või edulugude tutvustused. Samuti võiks luua ettevõtjate koolitamissüsteemi biokütuste valdkonnas. Selline tegevus aitaks kaasa ettevõtjate kompetentsi tõstmisele.
- 5) Olenemata asjaolust, et biometanooli ja bioetanooli tootmist ja kasutamist ei hinnata hetkel perspektiivikamateks biokütusteks Eesti tingimustes, tuleks siiski nende uurimist ja arendamist jätkata. Kuigi uued tehnoloogiad on kallid, tuleks leida sobiv lahendus ja sobiv biokütus, mis eeldab erinevate biokütuste edasist uurimist. Seega tuleks erinevate biokütuste uurimis- ja arendustegevust ka edaspidi toetada, et selgitada tehnoloogiliselt ja majanduslikult tulemuslikumad lahendused biokütuste tootmisel ja kasutamisel.
- 6) Energiakultuuride kalkulaator on esimeseks katseks varustada ettevõtjat informatsiooniga kasvatamise arvestuslike kulude ja tulude kohta. Eelkõige põllumehetele suunatud kalkulaator annab selle kasutajale ülevaate vajalikest tööoperatsioonidest erinevate energiakultuuride kasvatamisel. Sobiva kultuuri valimiseks on võimalik teostada võrdlusarvutusi erinevate kultuuride erinevate tööoperatsioonide maksumuste kohta. Lisaks võrdlusandmetele kasvatamisega seotud kulude ja tulude kohta on kalkulaator ka infoallikaks toodangu müügihindade ja pindalapõhiste toetuste määrade osas.
Kalkulaatori tutvustamine messidel, koolitustel on näidanud, et kalkulaatorit on raske Põllumajandusministeeriumi kodulehelt üles leida, samas huvi kalkulatsioonide teostamiseks on põllumajandustootjatel olemas.
Energiakultuuride kasvatamisest parema ülevaate andmiseks tuleks veebirakenduse haldajatel, kelleks on 2008. aastal olnud Põllumajandusministeerium, kalkulaatorit pidevalt uuendada ja täiendada. Igal aastal tuleks uuendada fikseeritud andmeid sisendite maksumuse ja hindade kohta.

LISAD

Vallavalitsuste majandusspetsialistide küsitlus 2007. aastal

Vald:

Maakond:

1. Andmed valla maakasutuse kohta:

Põllumajandus maa, ha	Metsamaa, ha	Kasutusest väljas olev põllumajandusmaa, ha	Kasutusest väljas olev metsamaa, ha	Vaba maa energiakultuuride kasvatamiseks (hinnang), ha

2. Kas vallas on ettevõtteid, mis tegelevad energiakultuuride* kasvatamisega? Kui jah, siis palun märkige ettevõtete nimed tabelisse.

Energiakultuuride kasvatamisega tegelev ettevõtte nimi	Kasvatatav energiakultuur	Energiakultuuri ligikaudne kasvatamise pind (ha)

*energiakultuurid:

1. biomassikultuurid:

- puittaimed: paju, hübriidhaab, paplid, lepad;
- energiahein: a) mitme-aastased energiaheinakultuurid: päideroog, idakitsehernes e galeega, roog-aruhein;
b) üheaastased energiaheinakultuurid: liblikõielised

vahekultuurid, kiukanep, tera

2. õlikultuurid: raps ja rüps, õlilina, valge sinep, tuder,

3. etanoolikultuurid: teravili, kartul, peet, vili

3. Kas vallas on ettevõtteid, mis tegelevad bioenergeetilise toorme väärimisega?

Energiakultuuride väärimisega tegelevad ettevõtte nimi	Bioenergeetiline toore

4. Kas vallas on energiakultuuride kasvatamisest huvitatud ettevõtjaid/ ettevõtteid?

Ettevõtte nimi	Planeeritav kultuur

5. Kas vallas on bioenergia tootmisest huvitatud ettevõtjaid/ ettevõtteid?

Ettevõtte nimi	Bioenergeetiline toore

6. Kas ettevõtjad on pöördunud valla poole, et saada teavet energiakultuuride kasvatamisest ja kasutamisest? (Palun märkige ristiga õige variant!)

	Kasvatamise küsimustes	Kasutamise küsimustes
Ei ole pöördunud		
1-5 ettevõtjat		
6-10 ettevõtjat		
üle 10 ettevõtja		

7. Kas ja kuidas on kajastatud valla arengudokumentides (arengukava, jäätmekava jms) taastuvenergia temaatika? Jah/ Ei (Kui jah, siis millistes dokumentides on kajastatud?)

Vastus:..

8. Kuidas toetab ja suunab vald taastuvenergia arengut?
Kommentaariid

Vastus:..

9. Millistel energiakultuuridega seotud teemadel vajaks vald rohkem teavet?

Vastus:..

Vastaja nimi:

amet:

kontakt telefon:

e-mail:

Täname!

Vastanud vallad maakonniti

	Valdasid kokku	Vastanuid	% (vastanud valdade % maakonna valdade arvust)
Harjumaa	18	6	33
Hiiumaa	4	2	50
Ida-Virumaa	16	6	38
Jõgevamaa	10	4	40
Järvamaa	11	5	45
Läänemaa	11	9	82
Lääne-Virumaa	13	8	62
Põlvamaa	13	6	46
Pärnumaa	17	9	53
Raplamaa	10	6	60
Saaremaa	15	5	33
Tartumaa	19	7	37
Valgamaa	11	5	45
Viljandimaa	12	6	50
Võrumaa	12	5	42

Vastajate arv

Saadetud			193	
Vastajaid	kirjana	e-mailiga	kokku	
	35	54	89	

Küsimuste vastused

	Kokku	Jah	Ei
2. Kas vallas on energiakultuuride kasvatamisega tegelevaid ettevõtteid	42	33	9
3. Kas vallas on ettevõtteid, mis tegelevad bioenergeetilise toorme väärindamisega?	30	9	21
4. Kas ettevõtjad on pöördunud valla poole, et saada teavet energiakultuuride kasvatamisest ja kasutamisest?	66	15	51
5. Kas vallas on energiakultuuride kasvatamisest huvitatud ettevõtjaid/ettevõtteid?	31	13	18
6. Kas vallas on bioenergia tootmisest huvitatud ettevõtjaid/ettevõtteid?	31	15	16
7. Kas ja millal on vald huvitatud taastuvenergia valdkonna arendamisest?	63	42	21
8. Kas ja kuidas on valla arengudokumentides kajastatud taastuvenergia temaatika?	67	24	43
9. Kas vald suunab taastuvenergia arengut?	54	26	28
10. Kas vald vajaks energiakultuuridega seotud teemadel rohkem teavet?	34	28	6

Hinnang valla maaressursile

Vald	Kasutusest väljas olev põllumajandusmaa	Kasutusest väljas olev metsamaa	Vaba maa energiakultuuride kasvatamiseks
Vihula	247	100	300
Mikitamäe	259	51	1000
Paistu	600	800	500
Alatskivi	900	100	100
Saarde	300	500	
Lüganuse	209	344	
Käina	150	1180	150
Meremäe	100		2000
Räpina	1800	500	1500
Kihelkonna	1200	2600	
Kärla	300	500	300
Toila	400	60	200
Lasva	150		150
Jõelähtme	300		
Vara	300	200	100
Kullamaa	170		170
Tori	2000	1500	1000
Võnnu	132		100
Tõlliste	592	376	100
Viru-Nigula	2500		
Emmaste	753	1525	
Abja	500	1500	700
Antsla	90		50
Avinurme	500	1000	500
Halliste	500	1000	500
Imavere	267		
Juuru	1000		
Järva-Jaani	217	300	200
Kadrina			1500
Karksi			1535
Karula	403	1059	
Kehtna	2467		
Kolgaajaani	689	1184	700
Kõue	500		500
Laheda	20		
Leisi	1000	5000	1000
Martna	494	1218	2000
Nõva		40	
Rae	800	700	200
Rakke	800		
Rannu	50		100
Rapla	900		
Ridala	3279	3296	1081
Roosnaalliku	600	600	400
Rõngu	70	46	60
Saare	500		200
Surju	360	200	400
Taebla	128	1980	650
Tamsalu	35		35
Tootsi	19		
Torma	200	300	
Tähtvere			700
Vigala	1200	2700	
Õru	200	50	100
KOKKU	31150	32509	20781

Küsitlus „Bioenergia tootmise võimaluste ja takistused Eestis“

KÜSITLUS BIOENERGIA TOOTMISE JA KASUTAMISE VÕIMALUSTE JA TAKISTUSTE KOHTA EESTIS

Veebruar 2011

Lugupeetud vastaja!

Palume Teil osaleda projekti „Energiakultuuride kasvatamise majanduslik hinnang“ ja magistritöö „Bioenergia tootmise ja kasutamise võimalused ja takistused Eestis“ raames läbiviidavas bioenergia tootmise ja kasutamisega seotud võimaluste ja takistuste uuringus. Uuringut viib läbi Eesti Maaülikooli majandus- ja sotsiaalinstituut.

Uuringus osalemine on täielikult anonüümne – tulemusi analüüsitakse statistiliselt ja kasutatakse ainult koondatud kujul ega seostata konkreetse vastajaga.

Kui soovite kokkuvõtet ankeetküsitluse tulemustest oma e-posti aadressile, võtke palun ühendust kontaktisikutega.

Täname Teid meeldiva koostöö eest!

Liis Oper, lektor, liis.oper@emu.ee, tel. 52 06 703

Jaana Prants, magistrant, jaana.prants@emu.ee, tel. 58 404 839

Majandus- ja sotsiaalinstituut

Eesti Maaülikool

Kreutzwaldi 1

Tartu 51014

1. Biomassi tootmise ressursid, biomassi energiaks muundamise tehnoloogiad ja biokütuse liigid

1.1. Milliseid taastuva energiaallika liike peate potentsiaalseimateks Eestis aastani 2020?

	Seda kindlasti	Pigem seda	Ei tea, raske öelda	Seda pigem mitte	Seda kindlasti mitte
Biomass ja biokütused	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Päikeseenergia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tuuleenergia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hüdroenergia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.2. Milliseid biomassi ressursside liike peate kõige perspektiivikamateks Eestis aastani 2020?

	Seda kindlasti	Pigem seda	Ei tea, raske öelda	Seda pigem mitte	Seda kindlasti mitte
Energiakultuuridena kasvatatavad puittaimed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Energiakultuuridena kasvatatavad põllukultuurid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Metsaraie ning puidutööstuse jäätmed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biolagunevad tööstus- ja olmejäätmed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Põllumajandustootmise bioorgaaniline jääk (sõnnik, põhk)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.3. Kas Eestis on biomassi tootmiseks (energiakultuuride kasvatamiseks) olemas potentsiaalne maaressurs?

	Jah, kindlasti	Pigem jah	Ei tea, raske öelda	Pigem mitte	See kindlasti mitte
Potentsiaalse maaressursi olemasolu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.4. Millised järgnevad maaressursi liigid omavad Teie hinnangul suurimat potentsiaali biomassi tootmiseks (kasvatamiseks) Eestis aastani 2020?

	Seda kindlasti	Pigem seda	Ei tea, raske öelda	Seda pigem mitte	Seda kindlasti mitte
Kõrge produktiivsusega põllumajandusmaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Madala produktiivsusega põllumajandusmaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Looduslikud ja poollooduslikud rohumaad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Metsamaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jäätmaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.5. Millistel maal kasvatatava biomassi kasutusele võtmist tuleks kompenseerida lisatoetustega Eestis aastani 2020?

	Sellel kindlasti	Pigem sellel	Ei tea, raske öelda	Sellel pigem mitte	Sellel kindlasti mitte
Kõrge produktiivsusega põllumajandusmaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Madala produktiivsusega põllumajandusmaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Looduslikud ja poollooduslikud rohumaad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Metsamaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jäätmaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.6. Millised energiakultuuri liigid võiksid olla Eesti tingimustes kasvatamiseks perspektiivikaimad aastani 2020?

	See kindlasti	Pigem see	Ei tea, raske öelda	See pigem mitte	See kindlasti mitte
Õlikultuurid (raps, rüps, valge sinep, tuder, õlikanep)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tärklise / suhkrurikkad kultuurid (teraviljad, mais, lupiin, kartul, maapirn, suhkrupeet)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kiirekasvulised puitkultuurid, sh paju, hübriidhaab, pappel, lepp	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rohtsed energiakultuurid ning looduslikud heintaimed, sh päideroog, roog-aruhein, põldtimut, harilik kerahein, ohtetu luste, idakitsehernes, siidpööris	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.7. Teie poolt valitud energiakultuuride grupist punktis 1.6., nimetage kõige suurema potentsiaaliga energiakultuur (nt energiapaju, maapirn) Eesti tingimustes?

.....

1.8. Millised energiaks muundamise viisid võiksid olla potentsiaalseimad põllumajandustootmisest tekkiva biomassi jaoks Eestis aastani 2020?

	See kindlasti	Pigem see	Ei tea, raske öelda	See pigem mitte	See kindlasti mitte
Anaeroobne kääritamine (biogaas) ¹	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Põletamine (soojus) ²	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Põletamine (soojuse ja elektri koostootmine)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Esterdamine (biodiisel) ³	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fermentatsioon (bioetanool) ⁴	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pürolüüs (bioõli, söegaas) ⁵	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.9. Milline biokütuse tootmine võiks olla praegustes oludes investeeringute mahukaim Eestis?

Biomassist toodetud tahke kütus	<input type="checkbox"/>
Biogaas	<input type="checkbox"/>
Bioõli (biodiiselkütus)	<input type="checkbox"/>
Biometanool	<input type="checkbox"/>
Bioetanool	<input type="checkbox"/>

1.10. Millised biokütuse liigid vajaksid edasist uurimis- ja arendustööd erinevate asutuste ja ülikoolide poolt Eestis aastani 2020?

	See kindlasti	Pigem see	Ei tea, raske öelda	See pigem mitte	See kindlasti mitte
Biomassist toodetud tahke kütus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biogaas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bioõli (biodiiselkütus)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biometanool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bioetanool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Majandusvaldkonnaga seotud aspektid bioenergia tootmisel ja kasutamisel

¹ Biomassi ja orgaaniliste jäätmete anaeroobne käitlemine;

² Biomassi toorme ümbertöötlemine otsepõletamisel soojusenergiaks;

³ Õli (nt rapsiõli) ümbertöötlemine biokütuseks;

⁴ Hüdroolüüsi produktide muutmine alkoholiks;

⁵ Tahke kütuse muundamine gaasiks, kondenseeritavateks aurudeks ja tahmaks, st puhta süsiniku osakesteks;

2.1. Kas olete nõus alljärgnevate väidetega?

	Jah	Pigem jah	Pigem ei	Ei	Ei oska öelda
1. Teiste taastuvate energialiikide arendamist (näiteks tuuleenergia) eelistatakse bioenergia arendamisele	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Biomassi tootmine konkureerib vältimatult toiduainetootmisega vajamineva maaressurssi pärast	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Bioenergia tootmise ja kasutamise kompetents on ettevõtjatel olemas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Biokütus on perspektiivne ekspordiartikkel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Potentsiaalset biomassi kogust bioenergia tootmiseks hinnatakse olemasolevast suuremaks	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Bioenergia tootmine toetab uute ettevõtete (ka ühisfirmade) loomist	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Ühistegevus bioenergia tootmisel on oluline	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Bioenergia tootmise ja kasutamise majanduslik tulukus on raskesti prognoositav	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Biomassile on turg ja turustamise võimalused olemas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Puit ja turvas on bioenergia tootmisel majanduslikult tasuvamad kui põllukultuurid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Kõrged bioenergia toorme hinnad muudavad bioenergia projektid majanduslikult vähetasuvaks	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Sobivad transpordi ja ladustamise vahendid on biomassi jaoks olemas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Bioenergia valdkonna arengut pärsib biomassi pakkumise hooajalisus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Milliste alljärgnevate energiakultuuride kasvatamisel on suur oht kahjustada pöördumatult mullaomadusi: a) õlikultuurid;	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. b) suhkru- ja tärkliserikkad kultuurid;	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. c) rohtsed energiakultuurid;	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. d) kiirekasvulised puitkultuurid.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Väikesed alevikud ja asumid ei ole võimalised investeerima bioenergia tootmistehnoloogiasse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Pangad annavad meelsasti laenu uue tegevuse alustamiseks bioenergia valdkonnas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

20. Bioenergia valdkonnaga seotud toetuste taotlemine ja nende menetlemine on aeganõudev ja keeruline	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Bioenergia valdkonna arenguks on riigiposleid rahalisi toetusi piisavalt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Bioenergia valdkonnas puuduvad Eestis pikaajalised näidisprojektid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.2. Milliseid bioenergia tootmisega kaasnevaid negatiivseid ja positiivseid majandusaspekte soovite veel lisada?

.....

3. Vastaja üldandmed

3.1. Kas Te olete ...

Teadlane

Ametnik

Ettevõtja/arendaja

3.2. Kui kaua (mitu aastat) olete bioenergia valdkonnaga seotud olnud (läbi uuringute, ettevõtluse ja/või ametikoha)? ... aastat.

Täname Teid vastuste eest!

Päideroog energiaheinana materjalikulud 2007. aasta hinnatasemetel

RAJAMISAASTA MATERJALIKULU						
Tööoperatsioon	Materjali nimetus	Materjali kulunorm	Ühik	Kasutusaeg	Materjali hind	Materjali maksumus
					(käibemaksuga)	kr/ha
					kr/ l, kg	kr/ha
Taimiku hävitamine	Roundup Classic	8	l/ha	Rajamisel (eelneva aasta sept.)	100	800
Külvamine	Seemnesort Pedja	20	kg/ha	aprilli lõpp-mai algus	117	2340
Umbrohutõrje	MCPA	1,5	l/ha	külviaastal (mais)	88	132
Väetamine	Kemira Power 20-5-15	200	kg/ha	külviaasta juunis	5,4	1080
Rajamisaasta materjalikulu kr/ha						4352
SAAGIAASTA MATERJALIKULU						
Tööoperatsioon	Materjali nimetus	Materjali kulunorm	Ühik	Kasutusaeg	Materjali hind	Materjali maksumus
					(käibemaksuga)	kr/ha
					kr/ l, kg	kr/ha
Pressimine	Võrk sidumiseks	0,17	rulli/ha (2000m*1,23m)	vahetult peale niitmist	1500	250
Väetamine	Ammooniumnitraat	220	kg/ha	juunis	4,05	891
Ühe saagiaasta materjalikulu kr/ha						1141
VILJELUSE LÕPETAMISE AASTA MATERJALIKULU						
Tööoperatsioon	Materjali nimetus	Materjali kulunorm	Ühik	Kasutusaeg	Materjali hind	Materjali maksumus
					(käibemaksuga)	kr/ha
					kr/ l, kg	kr/ha
Pressimine	Võrk sidumiseks	0,17	rulli/ha (2000m*1,23m)	vahetult peale niitmist	1500	250
Taimiku hävitamine	Roundup Classic	8	l/ha	Viljeluse lõpetamine (juuni algus)	100	800
Viljeluse lõpetamise materjalikulu kr/ha						1050

Allikas: autori koostatud agrotehnoloogiliste kaartide põhjal

Päideroog energiaheinana masinkulud 2007. ja 2008. aastal

RAJAMISAASTA MASINKULU					
Tööoperatsioon	Masinagregaat	Tootlikkus	Töötund	Masinkulu	Teenus
		ha/h	kr/h	kr/ha	kr/ha
Eelneva taimiku hävitamine	100 kW traktor+18-meetrine taimekaitseprits	6	750	125	122
Künnieelne koorimine	180kW traktor+5-meetrine rullrandaal	1	600	600	425
Künd	180kW traktor+5-hõlmaline pöördader	1	550	550	536
Kultiveerimine	180kW traktor+8-meetrine lausharimiskultivaator	2,5	450	180	350
Kivikoristus	100kW traktor+UKP-0,7	1	450	450	450
Külv	100kW traktor+4-meetrine kombikülvik	1,5	500	333	410
Umbrohutõrje	100 kW traktor+18-meetrine taimekaitseprits	6	750	125	135
Min. väetise laotamine	100kW traktor+24-pneumolaotur			135	135
Rajamisaasta masinkulu kokku 2007. aastal				2498	2563
SAAGIAASTA MASINKULU, kr aasta kohta					
Niitmine ja vaalutamine	180 kW traktor+4 m muljurniiduk	2	600	300	360
Pressimine	100 kW traktor+rullpress	2	800	400	320
Massi transport tarbijale	Traktor+metsaveohaagis tõstukiga	1	450	450	450
Min. väetise laotamine	100kW traktor+24-pneumolaotur			135	135
Ühe saagiaasta masinkulu kokku 2007. aastal				1285	1265
VILJELUSE LÕPETAMISE AASTA MASINKULU					
Niitmine ja vaalutamine	180 kW traktor+4 m muljurniiduk	2	600	300	360
Pressimine	100 kW traktor+rullpress	2	800	400	320
Massi transport tarbijale	Traktor+metsaveohaagis tõstukiga	1	450	450	450
Taimiku hävitamine	100 kW traktor+18-meetrine taimekaitseprits	6	750	125	122
Künd	180kW traktor+5-hõlmaline pöördader	1	550	550	536
Viljeluse lõpetamise aasta masinkulu kokku 2007. aastal				1825	1788

Allikas: autori koostatud agrotehnoloogiliste kaartide põhjal

Päideroog toorainena biogaasi tootmiseks materjalikulud

RAJAMISAASTA MATERJALIKULU						
Tööoperatsioon	Materjali nimetus	Materjali kulunorm	Ühik	Kasutusaeg	Materjali hind (käibemaksuga) kr/l,kg	Materjali maksumus kr/ha
Taimiku hävitamine	Roundup Classic	8	l/ha	rajamisel (eelneva aasta sept.)	100	800
Külvamine	Seemnesort Pedja	20	kg/ha	aprilli lõpp - mai algus	117	2340
Umbrohutõrje	MCPA	1,5	l/ha	külviaasta mais	88	132
Väetamine	Kemira Power 20-5-15	200	kg/ha	külviaasta juunis	5,4	1080
Rajamisaasta materjalikulu kokku						4352
SAAGIAASTA MATERJALIKULU						
Väetamine	Kemira Power 20-5-15	600	kg/ha	üks nädal pärast rohukasvu algust (aprilli lõpp - mai algus)	5,4	3240
Väetamine	Kemira Power 20-5-15	400	kg/ha	üks nädal pärast esimest niidet (juuli algus)	5,4	2160
Ühe saagiaasta materjalikulu kokku						5400
VILJELUSE LÕPETAMISE AASTA MATERJALIKULU						
Väetamine	Kemira Power 20-5-15	600	kg/ha	üks nädal pärast rohukasvu algust (aprilli lõpp - mai algus)	5,4	3240
Taimiku hävitamine	Roundup Classic	8	l/ha	20 päeva pärast niitmist (juuli algus)	100	800
Viljeluse lõpetamise materjalikulu kr/ha						4040

Allikas: autori koostatud agrotehnoloogiliste kaartide põhjal

Päideroog toorainena biogaasi tootmiseks masinkulud

RAJAMISAASTA MASINKULU					
Tööoperatsioon	Masinagregaat	Tootlikkus	Töötund	Masinkulu	Teenus
		Ha/h	Kr/h	Kr/ha	kr/ha
Eelneva taimiku hävitamine	100 kW traktor+18-meetrine taimekaitseprits	6	750	125	122
Künneelne koorimine	180kW traktor+5-meetrine rullrandaal	1	600	600	425
Künd	180kW traktor+5-hõlmaline pöördader	1	550	550	536
Kultiveerimine	180kW traktor+8-meetrine lausharimiskultivaator	2,5	450	180	350
Kivikoristus	100kW traktor+UKP-0,7	1	450	450	450
Külv	100kW traktor+4-meetrine kombikülvik	1,5	500	333	410
Umbrohotõrje	100 kW traktor+18-meetrine taimekaitseprits	6	750	125	135
Min. väetise laotamine	100kW traktor+24-pneumolaotur			135	135
1.niide	Liikurniiduk /muljurniiduk 63 kw , töölaius 4 m	2	600	300	300
Rajamisaasta masinkulu kokku 2007.aasta hinnatasemetel				2798	2863
SAAGIAASTA HOOLDUSKULU					
Min. väetise laotamine	100kW traktor+24-pneumolaotur			135	135
Min. väetise laotamine	100kW traktor+24-pneumolaotur			135	135
Saagiaasta hoolduskulu kokku 2007.aasta hinnatasemetel				270	270
SAAGIAASTA KORISTUSKULU					
1. Niide	180 kW traktor+4 m muljurniiduk	2	600	300	360
Massi kogumine ja hekseldamine	Haagiskogur	1	1000	1000	1000
Massi transport tarbijale		1	450	450	450
2. Niide	180 kW traktor+4 m muljurniiduk	2	600	300	360
Massi kogumine ja hekseldamine	Haagiskogur	1	1000	1000	1000
Massi transport tarbijale		1	450	450	450
Saagiaasta koristuskulu kokku 2007.aasta hinnatasemetel				3500	3620
VILJELUSE LÕPETAMISE AASTA MASINKULU					
Min. väetise laotamine	100kW traktor+24-pneumolaotur			135	135
Niitmine ja vaalutamine	180 kW traktor+4 m muljurniiduk	2	600	300	360
Massi kogumine ja hekseldamine	Haagiskogur	1	1000	1000	1000
Massi transport tarbijale		1	450	450	450
Eelneva taimiku hävitamine	100 kW traktor+18-meetrine taimekaitseprits	6	750	125	122
Künd	180kW traktor+5-hõlmaline pöördader	1	550	550	536
Viljeluse lõpetamise aasta masinkulu kokku 2007.aasta hinnatasemetel				2560	2603

Allikas: MSI arvutused agrotehnoloogiliste kaartide põhjal

Energiakultuuride kattetulu 2007. aasta hinnatasemetel

		Päideroog energiaheinaks	Päideroog biogaasiks	Rukis	Kaer	Tritikale	Taliraps	Suviraps	Talirüps	Suvirüps
Toodang										
Saak (põhk)	t KA /ha	3,9		7,5	4,5	8,0	2,5	2,5	2,5	1,5
Saak (haljasmass, tera, õliseeme)	t/ha		40	5,0	4,0	7,0	3,0	2,50	3,0	2,2
Saagi müügihind (põhk)	kr/t	650		650	650	650	650	650	650	650
Saagi müügihind (tera, haljasmass)	kr/t		220	2700	2176	2546	5225	5225	4798	4798
Kogutoodangu väärtus	kr/ha	2535	8800	18375	11629	23022	17300	14688	16019	11531
Materjalikulud kokku	kr/ha	1349	5423	3256	3679	3807	6812	6643	5572	6199
Kattetulu 1	kr/ha	1186	3377	15119	7950	19215	10488	8045	10447	5332
Masinkulud kokku	kr/ha	1402	2619	6131	6066	7094	5299	5479	5174	5479
Kattetulu 2	kr/ha	-216	758	8988	1884	12121	5189	2566	5273	-147

Allikas: MSI arvutused agrotehnoloogiliste kaartide põhjal

Biomassi tootmiskulud 2010-2011 hinnatasemel

	Loodusliku rohumaa biomass	Päideroog energiaheinana
Saagikus, t_{KA}/ha	3,1	8,6
Materjalikulud, €/ha		
Rajamisaasta		
Taimiku hävitamine	x	1320,6
Külvamine	x	1999,6
Umbrohutõrje	x	143,8
Väetamine (kompleks väetis)	x	1431,7
Saagiaasta		
Rullimine (võrk sidumiseks)	211	211,4
Väetamine (N-väetis)	x	1190,4
Kasutusaasta keskmine materjalikulu, €/ha	211	1891,4
Masinkulu, €/ha		
Rajamisaasta		
Tüü randaalimine	x	282,0
Kündmine	x	881,1
Kultiveerimine	x	235,0
Kivide koristamine	x	179,9
Libistamine	x	56,0
Väetise vedu ja külvamine	x	136,0
Seemne vedu ja külvamine	x	302,0
Rullimine	x	132,1
Heina niitmine	x	291,0
Kaarutamine	x	213,0
Vaalutamine	x	176,0
Heina pallimine	x	215,9
Pallide äravedu	x	81,0
Saagiaasta		
Väetise vedu ja külvamine	x	136,0
Niitmine muljurniidukiga	291,03	291,0
Kaarutamine	212,95	213,0
Vaalutamine	176,02	176,0
Heina pallimine	215,92	979,9
Pallide äravedu	81,05	367,5
Kasutusaasta keskmine masinkulu, kr/ha	976,97	2481,6
Tootmiskulud aastas, kr/ha	1188,36	4372,9
Üldkulud aastas, kr/ha	178,21	655,9
Biomassi tootmiskulud kokku aastas, kr/ha	1366,57	5029,0
Tootmiskulud ühe KA tonni kohta, kr/t _{KA}	440,76	584,7
Tootmiskulud ühe KA kilogrammi kohta, kr/kg_{KA}	0,44	0,59

Allikas: Agrotehnoloogilised kaardid, Kattetulu arvutuste..., Farm..., Baltic..., Jõgeva Sordiaretuse...

Briketeerimissüsteemi Weima C 150 põhivara kulum

Masinad, seadmed	Soetus- maksumus, kr (KM-ta)	Kasutus- aastad	Põhivara kulum kasutusaasta kohta, kr/a	Töötundide arv aastas, h/a	Põhivara kulum ühe töötunni kohta, kr/h	Põhivara kasutus päevas, h/p	Põhivara maksumus päevas, kr/p	Brikett päevas, kg _{KA} /p	Põhivara kulum toodanguühiku kohta, kr/kg _{KA}
Biomassi purusti RS06	34000	7	4857	1500	0,2070	6	3,24	600	0,03
Kolbpress Weima C 150	220617	7	31517	3750	0,5371	15	8,40	600	0,21
Tigutransportöör (100 mm) Himel Typ FS 102, 4m	9584	7	1369	1500	0,0583	6	0,91	600	0,01
Tõstuk Avant 320S	141863	10	14186	250	3,6267	1	56,75	600	0,09
Kokku	406063		51929						0,35

Allikas: Briketeerimisseadmete maksumus EMÜ Tehnikainstituudi Biokütuste labori andmete põhjal

Briketeerimissüsteemi Weima C 150 materjalikulu

		Loodusliku rohuma biomass		Päideroog energiaheinana	
Masinaid, seadmed	Nimetus, tööoperatsioon	Erinevate tööoperatsioonide energia tarve, kWh/kg _{KA}	Kütusekulu ühes töötunnis, l/h	Erinevate tööoperatsioonide energia tarve, kWh/kg _{KA}	Kütusekulu ühes töötunnis, l/h
Biomassi purusti	Purusti RS06 põhu ja rohtse massi purustamiseks	0,0200	x	0,0138	x
Kolbpress	Tselluloosi rikaste materjalide pressimiseks, briketeerimiseks, Weima C 150	0,1438	x	0,1461	x
Tigutransportöör (100 mm)	Himel Typ FS 102, 4m	0,0115	x	0,0115	x
Tõstuk	Avant 320S	x	3,0000	x	3,0000
Energiatarve kokku, kWh/kg_{KA}		0,1753	x	0,1714	x
Energiatarve 1 töötunnis, kWh/h		7,0120	x	6,8560	x
Energia hind, kr/kWh		1,11	x	1,11	x
Energia maksumus, kr/h		7,75	x	7,58	x
Kütuse (diisel) hind, kr/l		x	12,27	x	12,27
Kütuse maksumus, kr/h		x	36,80	x	36,80
Materjalikulu kokku, kr/h		44,55		44,38	

Allikas: Briketeerimisseadmete energiatarve ja kütusekulu EMÜ Tehnikainstituudi Biokütuste labori andmete põhjal

Biomassi töötlemiskulud

	Loodusliku rohumaa biomass	Päideroog energiaheinana
Masinkulu töötunnis, kr/h	13,85	13,85
Tööjõukulu töötunnis, kr/h	48,07	48,07
Materjalikulu, kr/h	44,55	44,38
Hooldus- ja remondikulud (2,5%), kr/h	0,35	0,35
Töötlemiskulud, kr/h	106,81	106,64
Üldkulud (15%), kr/h	16,02	16,00
Töötlemiskulud kokku, kr/h	122,83	122,67
Töötlemiskulud kokku ühe KA kilogrammi kohta, kr/kg _{KA}	3,07	3,07
Töötlemiskulud kokku ühe KA tonni kohta, kr/t_{KA}	3070,96	3065,95

Allikas: Autori poolt tehtud arvutused EMÜ Tehnikainstituudi Biokütuste labori andmete põhjal

Biokütuse (briketi) tootmisomahind

	Loodusliku rohumaa hein	Päideroog energiaheinana
Biomassi tootmiskulud KA kilogrammi kohta, kr/kg _{KA}	0,44	0,59
Transpordikulu KA kilogrammi vedamisel (10 km), kr/kg _{KA}	0,02	0,02
Töötlemiskulud kokku KA kg, kr/kg _{KA}	3,07	3,07
Biokütuse tootmiskulud, kr/kg_{KA}	3,53	3,67
Toodang, kg _{KA}	1,00	1,00
Tootmisomahind, kr/kg _{KA}	3,53	3,67
Tootmisomahind, kr/t_{KA}	3529	3668
Toodangu energiasisaldus, MWh/t _{KA}	5,2300	5,2700
Ühe energiaühiku maksumus, kr/MWh	675	696
Ühe energiaühiku maksumus, kr/kWh	0,67	0,70
Kogutoodangu potentsiaalne energiakogus aastas, MWh/a	784,50	790,50

Allikas: Autori poolt tehtud arvutused EMÜ Tehnikainstituudi Biokütuste labori andmete põhjal