Kohalike biokütuste tootmisvõimalused Hiiumaal ning soojuse ja elektri koostootmise majanduslikud aspektid

Ülo Kask ja Triin Aavik, OÜ Pilvero

Kõrgessaare vald, Hiiumaa. 01.02.2013.

CENTRAL BALTIC INTERREG IV A PROGRAMME 2007–2013

EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE

Teemad (1)

- Kohaliku biomassi ressurss ja selle kasutusele võtmine.
- Perspektiivsete biokütuste lähteallikate kasutusele võtmise tingimused.
- Võimalikud optimaalsed tehnoloogiad ja seadmed biomassi vääristamiseks biokütusteks.
- Võimalused tootmaks kohalikust rohtsest biomassist vääristatud biokütuseid.
- Parima asukoha valik biokütuste tootmiseks Hiiumaal ja tootmisega kaasnevad riskid.

Teemad (2)

- Toodetava tahke biokütuse võimalikud tarbijad ja nende tarbimismahud.
- Optimaalsemad tehnoloogiad ja seadmed kohalikust biomassist soojuse ja elektri koostootmiseks.
- Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid.
- Järeldused ja soovitused.

Kohaliku biomassi ressurss ja selle kasutusele võtmine (1)

- Hiiu maakonnas on hinnanguliselt 72 600 ha metsa, millest korraldatud metsamaad on 47 900 ha (tabel).
- Metsa juurdekasv on madal (3,6 %), mis on peamiselt tingitud metsamaade liigniiskusest ja väheviljakast pinnasest.
- Puuliikidest valitseb Hiiumaa metsades mänd, järgnevad kask ja kuusk, leidub veel sangleppa, haaba, saart, halli leppa ja tamme.
- Puistute keskmiseks vanuseks on riigimetsas 83-aastat ja erametsas 64-aastat.
- **Hinnanguliselt on nn vaba kütust (millest saaks toota puitpõhiseid biokütuseid) kuni 26 000 tm/a ehk primaarenergiana 54 000 MWh/a.**

Kohaliku biomassi ressurss ja selle kasutusele võtmine (2)

Maakondade metsamaa pindala ja tagavara (2010. aasta seisuga)

Maakond *County*	Üldpindala *Total area*		Metsamaa pindala *Forest land area*		Metsasus *Forest*	Satelliitpilt* *Satellite image**		Metsamaa tagavara *Growing stock*		
	1000 ha	%	1000 ha	%	*coverage* %	1000 ha	%	1000 m^3	%	m^3/ha
Harju	433,3	9,9	223,2	10,1	51,5	222,0	51,2	44 046,9	9,6	188,4
Hiiu	102,3	2,3	72,6	3,3	70,9	68,3	66,7	16 276,6	3,6	218,7
Ida-Viru	336,4	7,7	196,3	8,9	58,4	185,2	55,1	38 616,9	8,4	195,9
Jõgeva	260,4	6,0	130,8	5,9	50,2	127,9	49,1	26 734,6	5,8	206,1
Järva	262,3	6,0	127,3	5,8	48,5	122,6	46,7	23 620,4	5,2	172,6
Lääne	238,3	5,5	103,9	4,7	43,6	112,2	47,1	17 340,0	3,8	161,3
Lääne-Viru	346,5	7,9	166,6	7,5	48,1	173,9	50,2	33 903,0	7,4	193,4
Põlva	216,5	5,0	117,3	5,3	54,2	95,7	44,2	26 833,9	5,9	230,6
Pärnu	480,6	11,0	242,7	11,0	50,5	243,5	50,7	52 661,9	11,5	210,5
Rapla	298,0	6,8	155,6	7,0	52,2	155,6	52,2	31 905,8	7,0	199,7
Saare	292,2	6,7	160,4	7,3	54,9	154,1	52,7	32 408,9	7,1	197,9
Tartu	308,9	7,1	117,5	5,3	38,0	112,0	36,3	26 074,1	5,7	203,1
Valga	204,7	4,7	116,8	5,3	57,1	106,8	52,2	26 234,8	5,7	215,7
Viljandi	358,9	8,2	168,1	7,6	46,8	166,2	46,3	35 143,4	7,7	203,9
Võru	230,5	5,3	112,9	5,1	49,0	111,8	48,5	26 646,5	5,8	241,4
Kokku/*Total*	4 369,8	100,0	2 212,0	100,0	50,6	2 157,8	49,4	458 447,6	100,0	201,4

* Eesti metsakaart koostatuna satelliidi Landsat Thematic Mapper piltidest (Urmas Peterson)

Estonian forest map compiled using images of satellite "Landsat Thematic mapper" (Urmas Peterson)

Allikas: Keskkonnateabe Keskus, SMI 2010

Source: Estonian Environment Information Centre, NFI 2010

Kohaliku biomassi ressurss ja selle kasutusele võtmine (3)

- Metsaressursi majanduslikku kasutamist piiravad erinevad loodus- ja maastikukaitsealad ning kaitsealused pargid, moodustades kokku 23,75 % kogu Hiiumaa metsamaast.
- Lisaks on vääriselupaiku, mis moodustavad 1,95 % kogu metsamaast.
- Metsaressursi kasutuselevõtmise riskidena on peale metsa madala juurdekasvu ja looduskaitseliste piirangute olulised veel:
  - konkurents metsatööstuses (st milleks on majanduslikult otstarbekam puitu kasutada ehk puitbiomassi vääristada);
  - piisava nõudluse olemasolu toodetavale biokütusele ja hinnad (toore, tööjõud, kütus, toodang jm);
  - Ilmastikuolud (pehme talvega on rasketehnikaga metsa pääsemine probleemne või üldse võimatu);
  - (metsa)teede vähesus ja nende suhteliselt kehv seisukord (on reaalne oht, et puiduressurss võib jääda metsa mädanema);
  - mereline eraldatus.

Perspektiivsete biokütuste lähteallikate kasutusele võtmise tingimused (1)

- Hiiumaal on perspektiivi tahke biokütuse lähteallikana eelkõige puidul.
- Alternatiivi võivad pakkuda nii looduslikelt kooslustelt ja märgaladelt ning püsirohumaadelt niidetav biomass, kirjandusallikate põhjal on nt:
- pilliroo primaarenergiahulk keskmise kuivaine saagikuse 7,9 t/ha ja küttevääртuse 4,9 MWh/t juures ~15 000 MWh/a) kui ka põllumajandusjäätmed.
- põhu primaarenergiahulk keskmise niiskuse sisalduse 15-18 % ja tarbimisaine küttevääртuse ~4 MWh/t juures 2800-4000 MWh/a).

Perspektiivsete biokütuste lähteallikate kasutusele võtmise tingimused (2)

- Puidust ja rohtsest biomassist on võimalik toota nii vääristamata kui vääristatud tahkeid biokütuseid.
- Vääristamata puitkütusteks on küttepuit (puuhalud), pressitud puitjäätmed, hakkpuit ja saepuru.
- Vääristatud puitkütusteks on brikett, pelletid, puittolm ja puusüsi. Vääristatud puitkütusteks võib lugeda ka puidust bio-keemilise ja termo-keemilise töötluse tulemusel saadavaid tahkeid (ligniin), vedelaid (bioetanool, biodiislikütus jm) ja gaasilisi kütuseid (puugaas).

Perspektiivsete biokütuste lähteallikate kasutusele võtmise tingimused (3)

- Puitpõhiseid (ka teisi) biokütuseid on võimalik toota ja kasutusele võtta, kui on:
  - olemas piisavas koguses metsaressurssi (rohtse biomassi ressurssi) ja selle raie- või koristusvõimalused;
  - olemas vastav tehnoloogia biokütuste tootmiseks ja transportimiseks;
  - olemas nõudlus toodetava (hinnaga) biokütuse järele.

Võimalikud optimaalsed tehnoloogiad ja seadmed biomassi vääristamiseks biokütusteks (1)

- Sobilike tehnoloogiate ja seadmete valik sõltub kasutatava toormaterjali omadustest ja toodetavast kogusest.
- Konkreetset tehnoloogilist ahelat koos seadmetega ei ole aruandes esitatud, sest puudub konkreetne projekt.

Järgnevalt tuuakse välja eelnimetatud kriteeriumi alusel võimalike sobivate seadmete üldinfo.

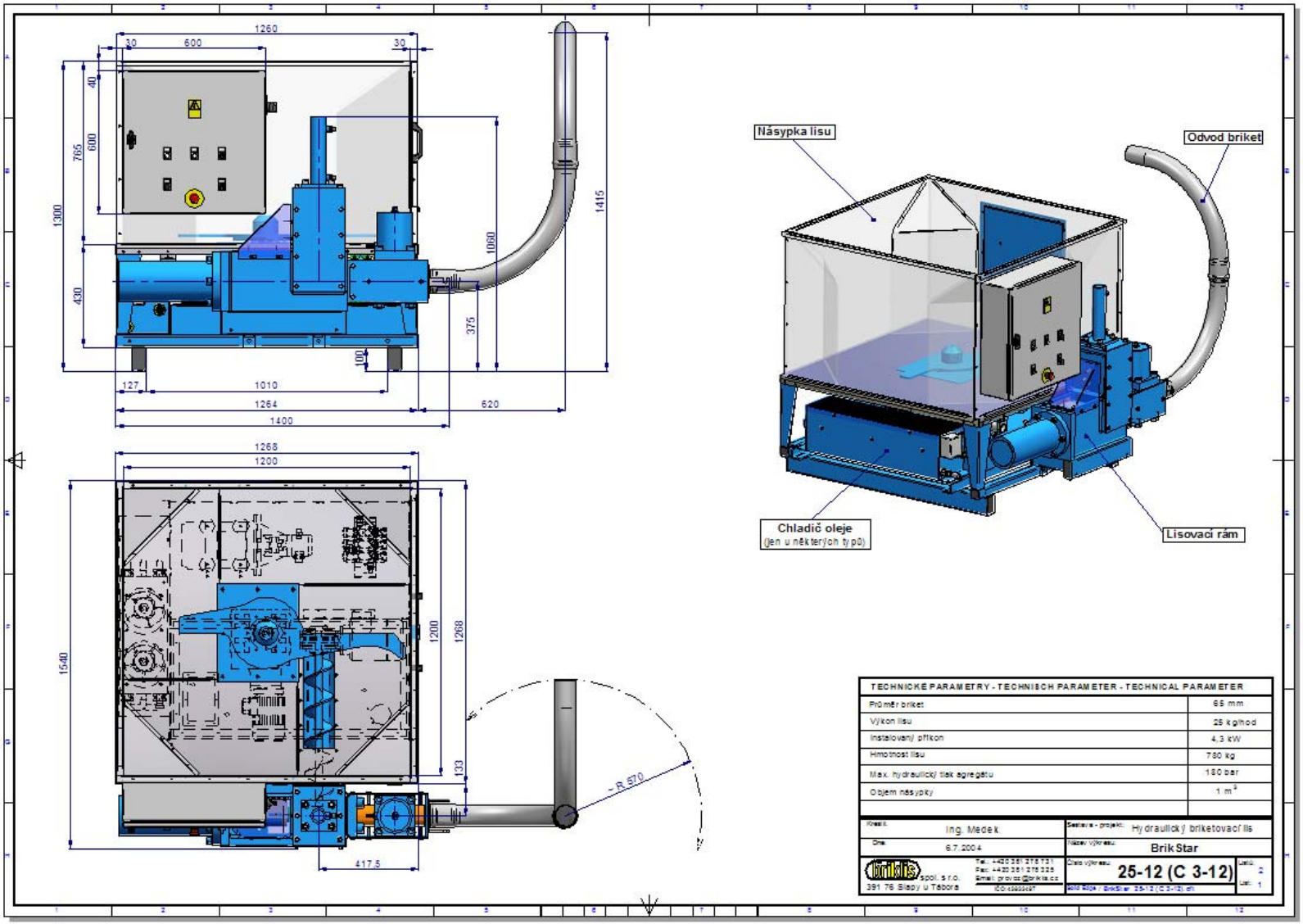
Võimalikud optimaalsed tehnoloogiad ja seadmed biomassi vääristamiseks biokütusteks (2)

- Puitbrikett

Tootmisprotsess:

– puitmassi kuivatamine kui suhteline niiskus on üle 15 %);
– puitmassi purustamine ja peenestamine enne pressimist;
– purustatud ja peenestatud kuiv puitmass suunatakse pressi toormepunkrisse;
– puitmassi mehaaniline või hüdrauliline pressimine läbi koonuste;
– brikettide jahutamine ja pakkimine (oluline on takistada õhuniiskuse juurdepääsu ja vältida seeläbi brikettide paisumist, lõhenemist ning murenemist).

Tšehhi firma Briklis briketipressi joonis



Võimalikud optimaalsed tehnoloogiad ja seadmed biomassi vääristamiseks biokütusteks (3)

- Puitbriketi turustamine on piiratud tänu madalale nõudlusele, seega hinnanguliselt on Hiiumaal majanduslikult otstarbekas toota puitbrikette vaid kohalikele tarbijatele ja sedagi minimaalses mahus.
- Näiteks AS AGROSILVA pakub Itaalia firma NAZZARENO hüdraulilisi puitbriketipresse, antud juhul on sobilik valida madalaima tootlikkusega seade OL:D 52 (tootlikkus 30-50 kg/h), mille orienteeruv hind jääb 17 000 euro piiresse.

MYKC Series Herbage Briquetting Machine

http://www.machineryshops.com/product/Briquetting-Machine.html

Võimalikud optimaalsed tehnoloogiad ja seadmed biomassi vääristamiseks biokütusteks (4)

- Puitpelletid ehk puitgraanulid

  Tootmisprotsess:

  – puitmassi kuivatamine, kui suhteline niiskus on üle 15%);
  – puitmassi purustamine ja peenestamine enne pressimist;
  – purustatud ja peenestatud kuiv puitmass suunatakse pressi toormepunkrisse;
  – 2-3% auru (massi järgi) juhtimine puitmassi enne matriitsi juhtimist ligniini sulatamiseks (vajadusel, iga seadme ja puidu liigi puhul ei ole vajadust),
  – puitmassi pressimine läbi matriitsi (joonis 4);
  – pelletite (keskmiselt 5-12 mm läbimõõduga pulgakesed) jahutamine ja pakkimine (sarnaselt briketile, ka pelletite puhul on oluline takistada õhuniiskuse juurdepääsu).

Võimalikud optimaalsed tehnoloogiad ja seadmed biomassi vääristamiseks biokütusteks (5)

- Soome konsultantide kogemusele tuginedes on tööstusettevõtetel hinnanguliselt tasuvuse alumiseks piiriks tootlikkus kuni 10 000 t/a ja omatarbeks tootjatel (nt talunikud, väikesed puidutööstused) kuni 300 kg/h (kokku 3 000 kuni 5 000 t/a).

Võimalikud optimaalsed tehnoloogiad ja seadmed biomassi vääristamiseks biokütusteks (6)

- Näiteks AWUTEK OY pakub Rootsis SPC (Sweden Power Chippers AB) poolt valmistatud seadmeid tootlikusega alates 125-175 kg/h kuni 800-1 000 kg/h.
- Kohalikust biomassist puitpelletite tootmiseks kuni 10 000 t/a on võimalik kasutada seadet PP450 Twin (tootlikkus 800-1000 kg/h), mille hind on orienteeruvalt 270 000 eurot.

Võimalikud optimaalsed tehnoloogiad ja seadmed biomassi vääristamiseks biokütusteks (7)

- Puitpelletite väiketootjatele on võimalik kasutada seadmeid PP150 Kompakt (tootlikkus 125-175 kg/h) või PP300 Kompakt (tootlikkus 250-350 kg/h, millede hinnad jäävad alla 9 000 euro.

Võimalikud optimaalsed tehnoloogiad ja seadmed biomassi vääristamiseks biokütusteks (8)

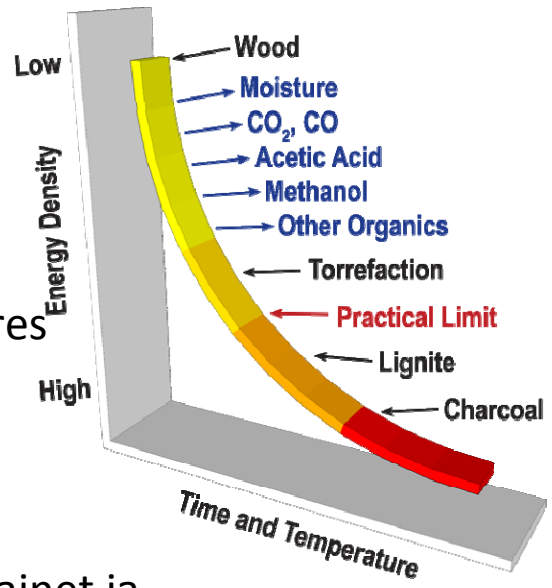
- Lõuna-Aafrika Vabariigi ettevõtte Agricultural Pelleting (PTY) Ltd. Pakutavatest seadmetest on sobivaim Agri 20, tootlikkusega 150 - 200 kg/h, mille maksumus sõltub komplekti kuuluvate seadmete arvust ja täiusest (toorme etteandeseadmed, kütuste eemaldamise ja pakkimise seadmed) ja ulatub pelletipressi osas kuni 13 000 euroni ning täiuslikuma komplekti puhul kuni 30 000 ja enamagi euroni.

Võimalikud optimaalsed tehnoloogiad ja seadmed biomassi vääristamiseks biokütusteks (9)

- Torrefitseeritud (röstitud) pelletid

Võrreldes tavaliste puitpelletiga, on torrefitseeritud pelletid väiksema niiskusega, kõrgema kütteväärtusega ja suurema energiatihedusega. Tehnoloogiliselt saab torrefitseerimise jagada kaheks:

- otsene kuumutamine -
  - ilma hapniku juurdepääsuta (liikuv kiht, vibreeriv kiht, trummel, mitme koldeline);
  - vähese hapniku juurdepääsuga (tunnel, liikuv kiht, nn „Torbed“);
- kaudne kuumutamine -
  - tigu;
  - trummel.

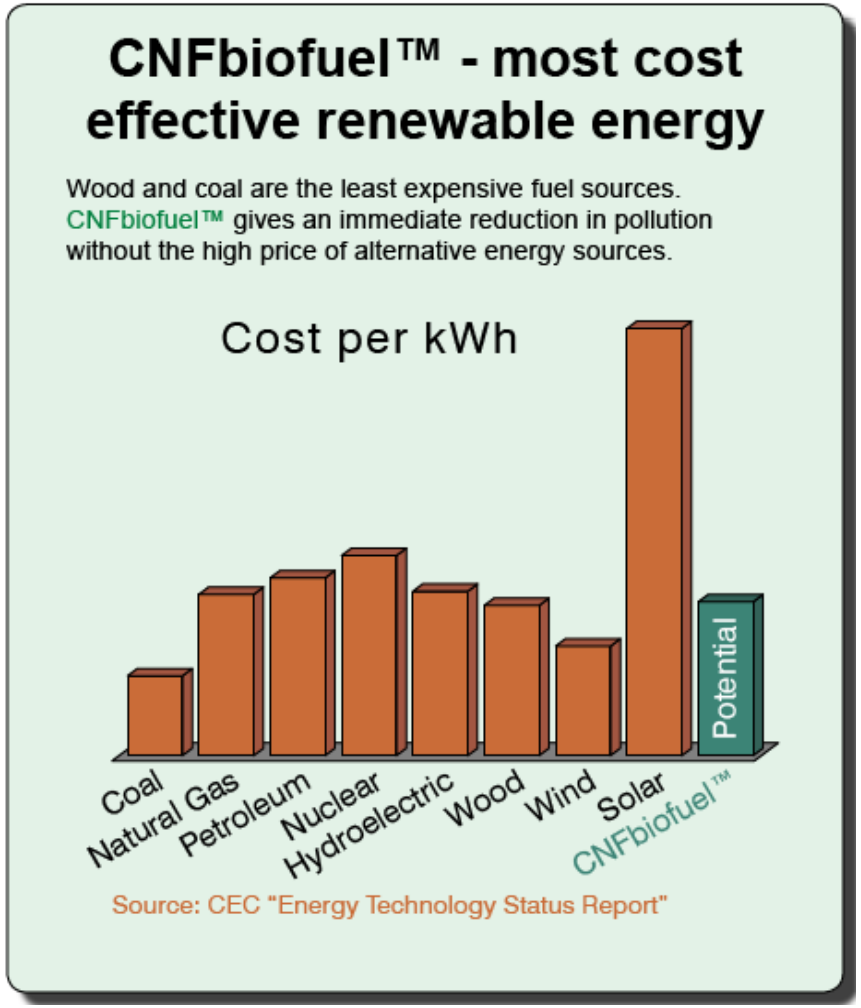


Tootmisprotsess:

- puitmassi kuivatamine;
- puitmassi nn röstimine torrefitseerimisreaktoris ~300 ºC juures (~60 minutit);
- röstitud puitmassi jahutamine;
- röstitud puitmass peenestatakse ja suunatakse pressi toormepunkrisse;
- röstitud puitmassi pressimine läbi matriitsi (kasutatakse sideainet ja vett);
- röstitud ehk torrefitseeritud puitpelletite jahutamine ja pakkimine.

Võimalikud optimaalsed tehnoloogiad ja seadmed biomassi vääristamiseks biokütusteks (10)

- Sarnaselt puitpelletitele on torrefitseeritud pelleteid majanduslikult kasulikum toota suuremates kogustes.
- Eestis seni ei toodeta ega müüda. Puuduvad müügiahelad.
- Ostjateks on suured elektrijaamad, lisavad kivisöele.
- Torrefied Wood Pellet Equipment Ltd. pakub seadmeid tootlikkusega 0,5 t/h, 2 t/h ja 5 t/h. Kui toota ainult torrefitseeritud pelleteid, võiks sobida seade tootlikkusega kuni 2 t/h, mille hind ulatub hinnanguliselt ~300 000 euroni.



Võimalikud optimaalsed tehnoloogiad ja seadmed biomassi vääristamiseks biokütusteks (11)

- Puittolm, mis tekib puidutööstuses jäätmena, on võimalik energeetilise otstarbega ära kasutada nii puitpelletite kui ka -brikettide valmistamisel toormaterjalina.
- Rootsis kasutatakse puittolmu ka katlakütusena, kuid ainult suurtes koostootmisjaamade või asulate katlamajade kateldes (vajatakse spetsiaalseid põleteid).
- Hiiumaal tuleb kõne alla puittolmu lisamine vaid pelletite või brikettide toormesse (kui seda puidutööstuses piisavalt tekib), sest selle kogused katlakütusena kasutamiseks on liiga väikesed.

Võimalikud optimaalsed tehnoloogiad ja seadmed biomassi vääristamiseks biokütusteks (12)

- Lisaks tahkele puidust valmistatud biokütusele on võimalik toota puidust ka puugaasi (ehk generaatorgaasi).
- Puugaasi sobib kasutada väikeste soojuse ja elektri koostootmisseadmete kütusena (Otto-mootor + elektrigeneraator) gaasitootmise vahetus läheduses.
- Spanner Re^2 poolt pakutakse gaasistusseadmeid koos SEK-ga, kus gaasistusseadmed vajavad kütuseks kuiva, alla 15% suhtelise niiskusega hakkpuitu, millede tükisuurus on 30-40 mm. Gaasistusseadme koos SEK-ga (elektriline võimsus 30 kW) maksumuseks on 132 000 eurot või (elektriline võimsus 45 kW) 136 000 eurot.

Võimalikud optimaalsed tehnoloogiad ja seadmed biomassi vääristamiseks biokütusteks (13)

- Sarnaselt Spanner Re^2 poolt pakutavatele puidugaasistusseadmetele, pakub USA firma GEK Power Pallet gaasistusseadmeid, mis töötavad nii hakkpuidul kui ka puitpelletitel.
- Seadmete (võimsustega 10 ja 20 kW_{el}) hinnad on orienteeruvalt 14 500-20 500 eurot (millele lisandub veel transpordikulu kuni 2 000 eurot).

Võimalikud alternatiivid tootmaks kohalikust rohtsest biomassist vääristatud biokütuseid (1)

- Algsete uuringute põhjal on võimalik sarnaselt puidule ka rohttaimede biomassist (nt talvisel perioodil kogutud pilliroog, kuivatatud luhahein jms) toota pelleteid ja brikette.

- Rohtsest biomassist toodetud brikettide ja pelletite puhult tuleb vaid arvestada põletamisel tekkiva suurema tuhakogusega (3-4 korda suurem, võrreldes puitpelletitega), mis võib põhjustada tuhaeemaldamise seadmete ummistusi, kütuse mittetäielikku põlemist, teatud tüüpi stokkerpõletite ummistumist ja tule sumbumist, tuha paakumist jms.

Võimalikud alternatiivid tootmaks kohalikust rohtsest biomassist vääristatud biokütuseid (2)

- Vääristatud biokütusena saab rohtsest biomassist (nt suvisel perioodil kogutud pilliroog, luhahein jms) toota veel biogaasi (kääritamise teel), mida annab kasutada elektri ja soojuse (koos)tootmises, kütusena kodumajapidamistes ja sõltuvalt metaani sisaldusest spetsiaalsetes gaasi põletamiseks arendatud mootorites.
- Biogaasi kõrval on võimalik sarnaselt puidule toota kuivast rohtsest biomassist ka generaatorgaasi, mida tuleb eelnevalt sisepõlemismootorites ja kateldes põletamist või kõrge efektiivsusega gaasiturbiinides kasutamist puhastada.
- Rohtsest biomassist toodetud vedelaid biokütuseid saab kasutada sarnaselt fossiilsete kütustega mootorikütustena nii seguna (biometanool ja bensiin) kui ka puhtana (bio-DME).

Võimalikud alternatiivid tootmaks kohalikust rohtsest biomassist vääristatud biokütuseid (3)

- Lisaks eelmainitud vääristatud biokütustele, on võimalik taimsest biomassist toota ka vääristamata biokütuseid (purustatud, pressitud suurpakki või rulooni).
- Purustatud biokütust saab kasutada:
  - lähtematerjalina (nt termokeemiliseks muundamiseks ehk gaasitamiseks);
  - biokütusena soojuse tootmiseks või soojuse ja elektri koostootmiseks, kas muu kütuse lisandina (maksimaalselt 10 %, et vältida probleeme koldes) või puhtana.

Võimalikud alternatiivid tootmaks kohalikust rohtsest biomassist vääristatud biokütuseid (4)

- Pressitud suurpakke ja ruloone on võimalik kasutada tulemusrikkalt nii väiksemates põletusseadmetes kui ka keskmise võimsusega soojuse ja elektri koostootmise jaamades.
- Tehnoloogiliselt saab pressitud pilliroogu põletada järgmiselt:
  - purustamata suurpaki/rulooni põletamine:
    - üksiku suurpaki/rulooni põletamine;
    - sigartüüpi põletamine pideva söötmisega;
  - purustatud suurpaki/rulooni põletamine.
- Võimaliku alternatiivi ehk rohtse biomassi kasutuselevõtt ja sellest tahke, gaasilise ja vedela biokütuse probleemideta tootmine eeldab lisaks täiendavatele ressursiuuringutele ka sobivate tehnoloogiliste lahenduste arendamist ja olemasolevate täiustamist.

Parima asukoha valik biokütuste tootmiseks Hiiumaal ja tootmisega kaasnevad riskid (1)

- Sõltuvalt toodetavast biokütustest ja kasutatavast tehnoloogiast, on nii logistiliselt kui ka majanduslikult otstarbekas viia tootmine kas tarbijate või just biokütuse lähteallikana kasutatava biomassi kasvukoha lähedale. Siinkohal on mõttekas arendada juba olemasolevaid puidutöötlusettevõtteid.
- Biomassi toormest (siin ei mõelda mitte ainult puitbiomassi) kütuste valmistamise üks suurimaid riske on põhjustatud heitlikest ilmaoludes. Igal aastal ei pruugita saada varuda vajalikus koguses ja konditsioonis tooret.
- Teiseks suureks riskigrupiks on hinnad (toore, tööjõud, kütus, toodang jm). Aga arvestada tuleb ka ettearvamatute riskidega (nt puidutööstusettevõte, kust saadakse puitse biokütuse tootmiseks tooret, võib minna pankrotti).

Toodetava tahke biokütuse võimalikud tarbijad ja nende tarbimismahud (1)

- Toodetavat biokütust (pelletid/briketid) on võimalik Hiiumaal müüa tavatarbijale (ahju, kamina kütmiseks sobib brikett, pelletitel töötavale katlale sobib puitpellet või torrefitseeritud pellet).
- Kohalike tarbijate tarbimismahud on tõenäoliselt väga väikesed, kuid täpset nõudlust on väga raske ennustada (kõik sõltub toodetava kütuse hinnast).

Toodetava tahke biokütuse võimalikud tarbijad ja nende tarbimismahud (2)

- Tarbimismahult on turg suurem Mandri-Eestis, mis eeldab toodetud biokütuse kohest eksportimist (transpordi organiseerimine, ekspordi mõju hinnale).
- Statistiliste andmete järgi on viimasel kolmel aastal olnud nõudlus puitbriketi järele languses ja puitpelleti nõudlus on püsinud stabiilsemana (tabel).
- Euroopa turg on see-eest põhjatu ja sealne nõudlus aastatega pigem kasvab, mistõttu hinnanguliselt on majanduslikult otstarbekas müüa Hiiumaal toodetavat biokütust just Euroopasse. Eeldab piisava mahuga tootmist.

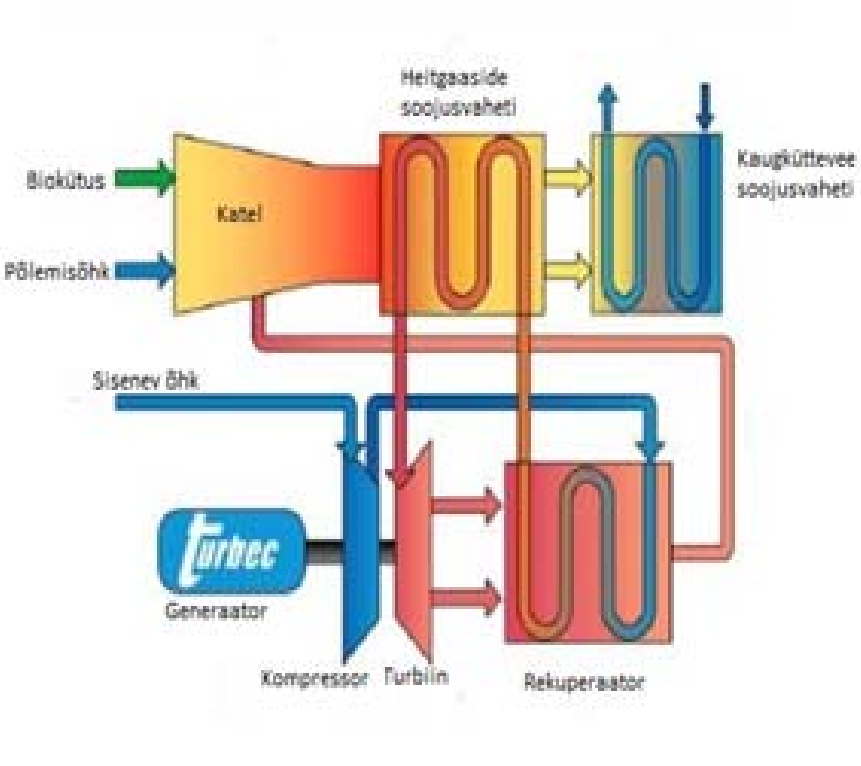
Aasta	Parameeter	Puitbrikett	Puitpellet
2009	Primaarenergia ressursid, TJ/a	751	6149
	..tarbitud soojuse tootmiseks, TJ/a	48	62
2010	Primaarenergia ressursid, TJ/a	909	6864
	..tarbitud soojuse tootmiseks, TJ/a	29	61
2011	Primaarenergia ressursid, TJ/a	901	6189
	..tarbitud soojuse tootmiseks, TJ/a	29	65

Optimaalsemad tehnoloogiad ja seadmed kohalikust biomassist soojuse ja elektri koostootmiseks (1)

- Hiiumaal (eelkõige Kärdlas) soojuse ja elektrienergia koostootmiseks on välja pakutud järgmised alternatiivsed tehnoloogiad:
  - mikroturbiin;
  - gaasimootor;
  - ORC

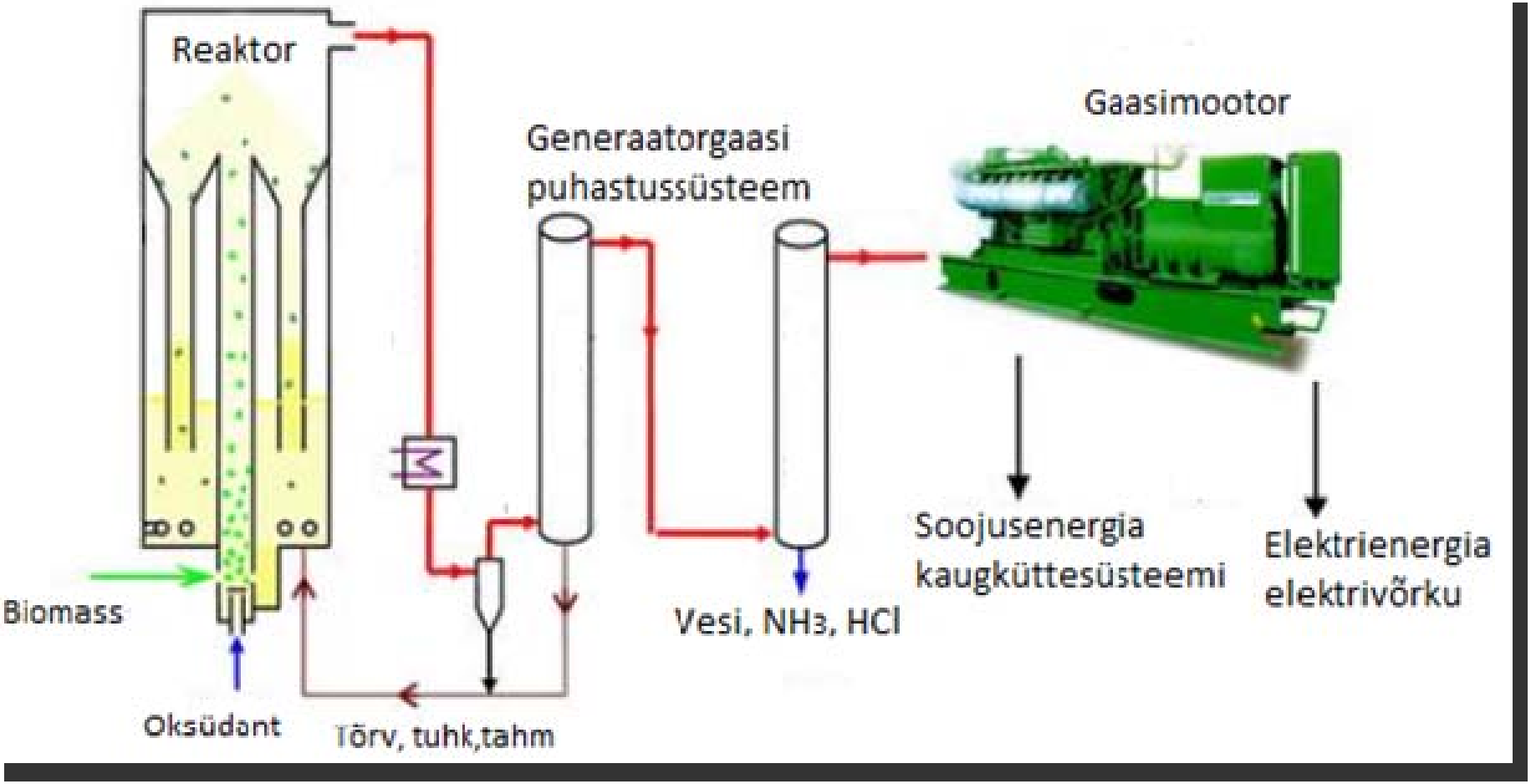
Optimaalsemad tehnoloogiad ja seadmed kohalikust biomassist soojuse ja elektri koostootmiseks (2)

Kuumal õhul töötava mikroturbiini põhimõtteline skeem (vasakul) ja vastav konteinertüüpi koostootmisjaam (paremal).



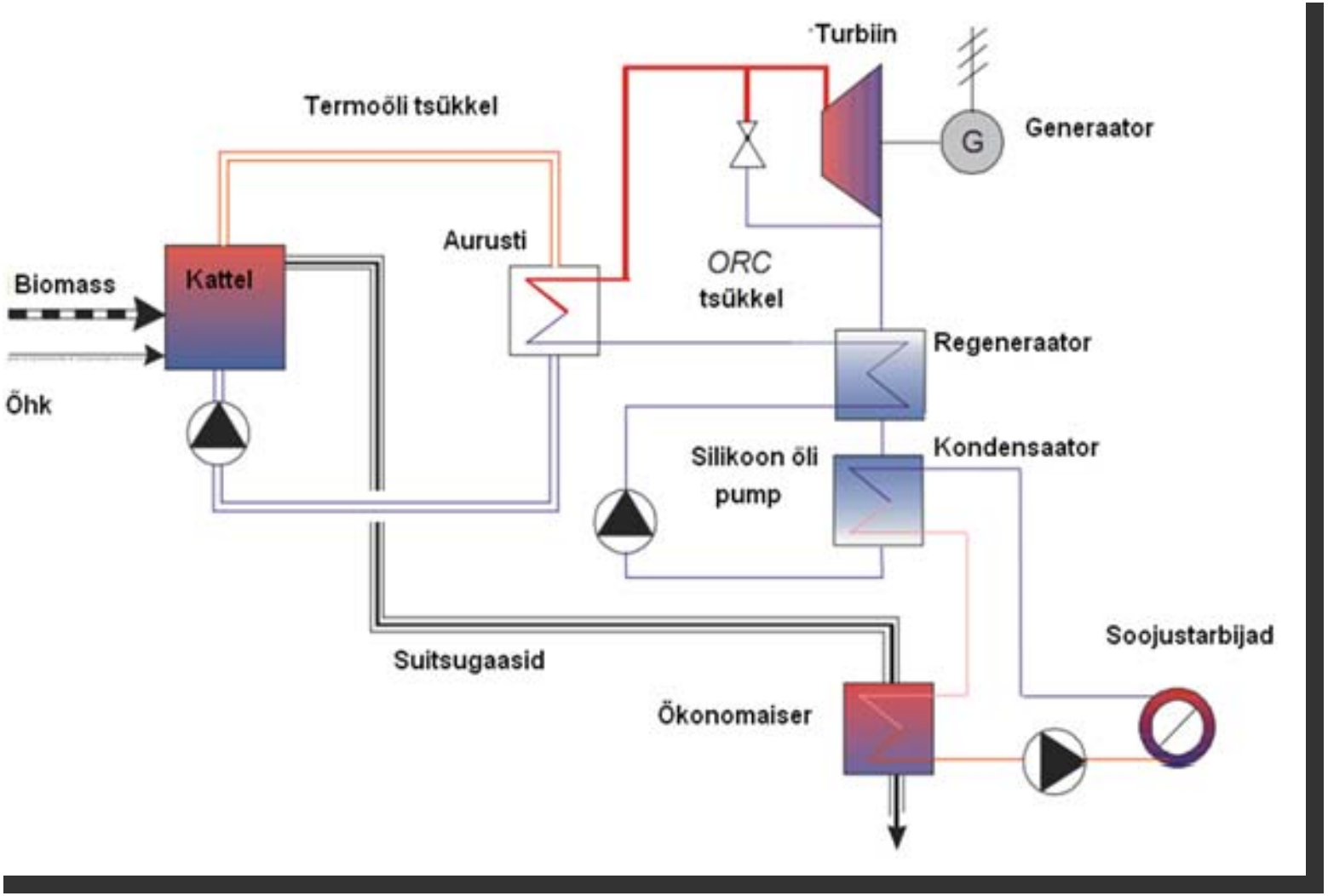
Optimaalsemad tehnoloogiad ja seadmed kohalikust biomassist soojuse ja elektri koostootmiseks (3)

Generaatorgaasi tootmise ja selle gaasimootoris põletamise põhimõtteline skeem



Optimaalsemad tehnoloogiad ja seadmed kohalikust biomassist soojuse ja elektri koostootmiseks (4)

ORC seade põhimõtteline skeem



Optimaalsemad tehnoloogiad ja seadmed kohalikust biomassist soojuse ja elektri koostootmiseks (5)

- Kolmest pakutavast alternatiivist on soojuse ja elektrienergia koostootmiseks sobivaim mikroturbiiniga tehnoloogia, kuna tegu on hästi toimivate seadmetega, kompaktse ja töökindla lahendusega.

- Analoogse konteinertüüpi koostootmisjaama saaks teoreetiliselt lisaks Kärdlale rajada veel nt Viskoosasse, Käinasse ja Laukasse ning Suuremõisa külla ja/või kooli.

- Oluline on siinkohal märkida, et koostootmisseadme ühendamisel elektrivõrguga tuleb arvestada asjaoluga, et Hiiumaa ja Mandri-Eesti vaheline ühendus on ja jääb tõenäoliselt veel pikaks ajaks kehvaks (seda tingib ka asjaolu, et tuuleelektrijaamu antud piirkonda ei lubata ehitada). Samas elektri tootmine Hiiumaal võib parandada saare energia varustuskindlust.

Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid (1)

- Hiiumaale (eelkõige Kärdlas arendatavasse sadamapiirkonda) planeeritava soojuse ja elektri koostootmisjaama võimsus oleks (~ 0,1 MW_e, 0,35 MW_{th}).

- Jaama opereerimiseks vajaminev tööjõud on olemas (Hiiumaal olemasolevate katlamajade töötajad), täiendavalt on vaja heade oskustega ja kogemustega (soojus)energeetika inseneri või korraldada väljaõpe olemasolevatele spetsialistidele.

- Koostootmisjaamas kasutatavat kohalikku biokütust (hakkpuit, puitpelletid, puidutööstuse jäätmed jms) ostetakse koos transporditeenusega sisse.

Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid (2)

- Esialgsetel andmetel on SEKi käivitamisel võimalik aastas maksimaalselt toota:
  - soojust – 2 400 MWh;
  - elektrienergiat – 800 MWh (eeldusel, et SEK töötab ~8 000 töötundi aastas).
- Mahud võivad muutuda vastavalt nõudlusele ja seadmete töökindlusele.
- Hinnanguliselt on rajatavas Hiiumaa koostootmisjaamas soojuse ja elektrienergia tootmiseks vajamineva biokütuse aastane kogus järgmine:
  - puitpelletitel töötava koostootmisjaama korral ~855 t pelleteid;
  - hakkpuidul (45% niiskusega) töötava koostootmisjaama korral ~5 000 pm^3 hakkpuitu ja puidutööstuse jäätmeid (sõltuvalt kvaliteedist võib kuluda 4 700-5 100 pm^3).
- Võttes arvesse Hiiumaa metsaressurssi, ei ole rajatava koostootmisjaama jaoks vajaliku biokütuse hankimisega probleeme. Tarnitav biokütus pärineb kas RMK metskondadest, erametsaomanike metsadest ja/või puidutööstusest.

Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid (3)

- Tehnoloogiliselt on sobivaim kasutada mikroturbiini, kuna tegu on hästi toimivate seadmetega, kompaktse ja töökindla lahendusega.

- Soomes töötab vastavat tüüpi SEK Taipalesaarel Lappeenranta lähedal. Konteinertüüpi koostootmisjaam, mis koosneb Soomes valmistatud Arimax katlast ja Itaalias toodetud Turbec turbiinist, töötab suures osas automatiseeritult (lihtne opereerida), omab kõrget kasutegurit (Ekogeni seadmel 80%) ja vähest mõju keskkonnale (minimaalne emissioon, heitvett ei teki jne).

- Tootmiseks vajalikud seadmed on biokütuse punker/hoidla, kütuse etteandesüsteem, katel, turbiin, generaator ja soojusvahetid ning tuha kogumiskonteiner. Kõik need peale kütusehoidla asuvad kompaktselt konteineris mõõtudega 13 m x 6 m x 3,2 m. Rajatava koostootmisjaama kogumaksumus on hinnanguliselt kuni 1 000 000 eurot (sõltuvalt kasutatava biokütuse punkrist/laost). Tegelikult ilmselt väiksem, sest Soomes oli see pilootprojekt.

Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid (4)

- Infrastruktuurist on Kärdlas olemas kaugküttevõrk, mis on 5,8 km pikkune, millest 5,2 km on eelisoleeritud torustikuga ja mille soojuskaod umbes 18%.

- Tänasel hetkel kuulub kaugküttevõrk koos Rehemäe ja Vabaduse katlamajadega ASle Eraküte. Kärdlas on olemas ka ladu biokütuse hoidmiseks.

- Rajatav koostootmisjaam võib töötada nii autonoomselt (vaid arendatava piirkonna varustamine energiaga) kui ka paralleelselt olemasolevate katlamajadega (Rehemäe, Vabaduse). Viimane eeldab aga uue jaama ühendamist Kärdla kaugküttesüsteemiga.

- Täiendava torustiku ehitamine võrkude ühendamiseks on väga kulukas (kuni 70 000 eurot, kui trassi pikkus on ~550 m), kuid teisalt loob see suurema varustuskindluse soojuse- ja elektrienergia osas ning tagab rajatava koostootmisjaama töötamise maksimaalsel koormusel maksimaalsete töötundide juures.

Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid (5)

SWOT

Tugevad küljed	Nõrgad küljed
•kasutatava ressursi piisavus •ressursi soodne hind •kvaliteetse ja konkurentsivõimelise hinnaga soojuse ja elektrienergia tootmine •tootmise paindlikkus	•seadmete kõrge hind •uue tootja kogenematus (vähe tõenäoline, et uus arendaja on energeetika väline) •olemasoleva kaugküttevõrgu suured kaod
Võimalused	**Ohud**
•laienev ja avanev energiaturg •nõudluse suurenemisel tegevuse laiendamine •EL toetused ja CO_2 kvoodid •uus kvoodikaubandusperiood, nn roheliste sertifikaatide süsteemi loomine	•koostootmisjaama rajamiseks toetuse mitte saamine •taastuvenergia toetuse kadumine Eestis •vähenev taastuvenergia kokkuostuhind •konkurentsi kasv •uute planeeritavate arenduste ära jäämine

Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid (6)

- **Finantseerimise allikad:**

1. Koostootmisjaama rajamiseks (ja vajadusel tootmisseadmete võrguühenduseks vajaliku infrastruktuuriga)
   - **SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse (KIK) toetusmeetmed;**
   - võtta laenu ja taotleda **käendust laenule Sihtasutuselt KredEx;**
2. taastuvenergia toetus;
3. CO_2 heitkoguste ühikute müük.

Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid (7)

- Toodetava soojuse ja elektrienergia omahinna arvutus (NB! vaid otseste tootmiskulude põhjal) esimese stsenaariumi järgi (toetust saadakse koostootmisjaama rajamiseks 50% ja 40% laenatakse 15-aastase tagasimakse tähtajaga ning taastuvenergia toetust 0,0537 eur/kWh).

Kulu liik	**Toote/teenuse nimetus**	
	Soojus	**Elektrienergia**
Koostootmisjaama laenu aastane tagasimakse koos intressiga, €	38 536,92	
Koostootmisjaama käidukulu, €	27 700,00	
Biokütuse aastane sisseost, €	55 400,00	
Keskkonnatasud, €	500,00	
Töötasud (sh sotsiaal- ja töötuskindl.), €	32 400,00	
Toote/teenuse omahind, eur/MWh	42,93	10,69
Aastane toodang, MWh	2400	800
Aastane taastuvenergia toetus, €		42 960

Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid (8)

- Koostootmisjaamas toodetava soojuse ja elektrienergia omahinna arvutus teise stsenaariumi järgi (koostootmisjaama rajamiseks toetust ei saada ja 80% ulatuses võetakse laenu 15-aastase tagasimakse tähtajaga, intressiga 5%, ning taastuvenergia toetusega 0,0537 eur/kWh).

Kulu liik	**Toote/teenuse nimetus**	
	Soojus	**Elektrienergia**
Koostootmisjaama laenu aastane tagasimakse koos intressiga, €	77 073,83	
Koostootmisjaama käidukulu, €	27 700,00	
Biokütuse aastane sisseost, €	55 400,00	
Keskkonnatasud, €	500,00	
Töötasud (sh sotsiaal- ja töötuskindl.), €	32 400,00	
Toote/teenuse omahind, eur/MWh	53,63	26,75
Aastane toodang, MWh	2400	800
Aastane taastuvenergia toetus, €		42 960

Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid (9)

- Koostootmisjaamas toodetava soojuse ja elektrienergia omahinna arvutus kolmanda stsenaariumi järgi (koostootmisjaama rajamiseks ja taastuvenergia toetust ei saada ja 80% ulatuses võetakse laenu 15-aastase tagasimakse tähtajaga, intressiga 5%).

Kulu liik	**Toote/teenuse nimetus**	
	Soojus	**Elektrienergia**
Koostootmisjaama laenu aastane tagasimakse koos intressiga, €	77 073,83	
Koostootmisjaama käidukulu, €	27 700,00	
Biokütuse aastane sisseost, €	55 400,00	
Keskkonnatasud, €	500,00	
Töötasud (sh sotsiaal- ja töötuskindl.), €	32 400,00	
Toote/teenuse omahind, eur/MWh	53,63	80,45
Aastane toodang, MWh	2400	800

Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid (10)

- **Müügiprognoos (sh hinnangulised elektri ja soojuse hinnad)**

Toote või tootegrupi nimetus	Müügihind, eur/MWh	Müügiprognoos, MWh/a			Müügikäibe prognoos, eur		
		I aasta	II aasta	III aasta	I aasta	II aasta	III aasta
Soojus	54,00	2400	2400	2400	129 600,00	129 600,00	129 600,00
Elektri-energia	50,00	800	800	800	40 000,00	40 000,00	40 000,00

Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid (11)

- Alljärgnevates tabelites on välja toodud stsenaariumite kaupa soojuse ja elektrienergia tootmiste käigus tekkivad hinnangulised prognoositavad tulud ja kulud ning võimalik kasum (kahjum).
- Arvesse on võetud vaid põhitegevusega kaasnevad otsesed tulud ja kulud, kaudseid ning ettenägematuid kulusid ega tulusid (nt CO_2 heitkoguste ühikute müügist saadavat võimalikku tulu) ei kajasta.
- I stsenaarium-roheline, II stsenaarium-sinine ja III stsenaarium-punane.

	I aasta	II aasta	III aasta
Müügitulu, €	169 600,00	174 688,00	179 928,64
Muud äritulud (taastuvenergia toetus), €	42 960,00	42 960,00	42 960,00
Kapitaliseeritud väljaminekud oma tarbeks põhivara valmistamisel, €	38 536,92	38 536,92	38 536,92
Kaubad, toore, materjal ja teenused, €	83 600,00	86 108,00	88 691,24
Tööjõukulud, €	32 400,00	33 048,00	33 708,96
Põhivara kulum ja väärtuse langus, €	45 000,00	45 000,00	45 000,00
Põhjendatud tulukus, €	78 000,00	74 490,00	70 980,00
Ärikasum (-kahjum), €	91 023,08	89 445,08	87 931,52
Intressikulud, €	20 000,00	19 073,15	18 099,97
Aruandeaasta kasum (kahjum), €	71 023,08	70 371,93	69 831,56

Soojuse ja elektrienergia koostootmisjaama majanduslikud aspektid (12)

	I aasta	II aasta	III aasta
Müügitulu, €	169 600,00	174 688,00	179 928,64
Muud äritulud (taastuvenergia toetus), €	42 960,00	42 960,00	42 960,00
Kapitaliseeritud väljaminekud oma tarbeks põhivara valmistamisel, €	77 073,83	77 073,83	77 073,83
Kaubad, toore, materjal ja teenused, €	83 600,00	86 108,00	88 691,24
Tööjõukulud, €	32 400,00	33 048,00	33 708,96
Põhivara kulum ja väärtuse langus, €	45 000,00	45 000,00	45 000,00
Põhjendatud tulukus, €	78 000,00	74 490,00	70 980,00
Ärikasum (-kahjum), €	52 486,17	50 908,17	49 394,61
Intressikulud, €	40 000,00	38 146,31	36 199,93
Aruandeaasta kasum (kahjum), €	12 486,17	12 761,86	13 194,68

	I aasta	II aasta	III aasta
Müügitulu, €	169 600,00	174 688,00	179 928,64
Muud äritulud (taastuvenergia toetus), €	-	-	-
Kapitaliseeritud väljaminekud oma tarbeks põhivara valmistamisel, €	77 073,83	77 073,83	77 073,83
Kaubad, toore, materjal ja teenused, €	83 600,00	86 108,00	88 691,24
Tööjõukulud, €	32 400,00	33 048,00	33 708,96
Põhivara kulum ja väärtuse langus, €	45 000,00	45 000,00	45 000,00
Põhjendatud tulukus, €	78 000,00	74 490,00	70 980,00
Ärikasum (-kahjum)	9 526,17	7 948,17	6 434,61
Intressikulud, €	40 000,00	38 146,31	36 199,93
Aruandeaasta kasum (kahjum), €	-30 473,83	-30 198,14	-29 765,32

Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid (13)

- Selgub, et koostootmisjaama rajamine ilma taastuvenergia toetuseta (III stsenaarium) on hinnanguliste prognooside kohaselt kahjumis.
- II stsenaariumi puhul on projekt kasumis, kuid ärilises tegevuses võib tekkida rahalisi raskusi. Kasumi suurendamiseks on võimalik näiteks küsida toodetava soojus- ja elektrienergia (sõltub börsist) eest kõrgemat, kuid konkurentsivõimelist hinda ja osta biokütust võimalikult odava hinnaga sisse.

Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid (14)

- I stsenaariumi korral tasub projekt käivitada, kuna arvutuslik on tasuvusaeg veidi üle seitsme aasta ja IRR 20%.

Tasuvusaeg	7,24
NPV	€ 1 073 026,86
IRR	20%

- Teoreetiliselt võib ka II ja III stsenaariumi korral projekti käivitada, kuid selle tasuvus on küsitav. Arvutuslik tasuvusaeg on kahe viimase stsenaariumi korral üle 10 aasta.

Tasuvusaeg	10,05
NPV (II stsenaarium)	€ 1 436 325,04
NPV (III stsenaarium)	€ 1 031 329,21
IRR (II stsenaarium)	24%
IRR (III stsenaarium)	20%

Soojuse ja elektri koostootmisjaama majanduslikud aspektid (17)

- **Hinnang projekti tasuvusele uue taastuvenergia toetusskeemi muutmise korral:** eelnõu kohaselt planeeritakse tõhusa soojuse ja elektrienergia koostootmisel toodetud elektrienergia eest tasuda toetust 0,072 eurot/kWh miinus toetusperioodi kaalutud keskmine hind elektribörsil. Kui elektribörsi hind kallineb, jääb toetusena makstav summa väiksemaks ja tulu sel juhul väheneb ning tasuvusaeg pikeneb. Kui elektribörsi hind odavneb, on toetusena makstav summa suurem ja seeläbi ka tulu suureneb ning tasuvusaeg lüheneb.

Järeldused ja soovitused (1)

- Puidu ressurssi on Hiiumaal piisavas koguses ja nn teoreetiliselt kasutamata puitmaterjali, millest saab toota puitpõhiseid biokütuseid (pelleteid, brikette jm), on hinnanguliselt ~26 000 tm/a ehk primaarenergiana 54 000 MWh/a.

- Nimetatud ressursi kasutusse võtmist mõjutab konkurents metsatööstuses, madal metsa juurdekasv ja nõudluse olemasolu toodetavate biokütuste järele. Lisaks seab veel riske toorme, tööjõu, kütuse jms hinnad, millede kasvutempo võib aeg-ajalt järsult muutuda. Ressursi kättesaamine on mõneti problemaatiline tänu (metsa-)teede vähesuse ja nende suhteliselt kehva seisukorra tõttu, lisaks seab tingimusi ka ilmastikuolud.

- Hinnanguliselt on enim nõudlust peamiselt puitpelletitele nii Eesti siseselt kui Euroopas. Brikettide turg tundub olevat täitunud.

Järeldused ja soovitused (2)

- Soovitused:
  - võtta päevakorda (metsa-)teede ja maaparanduse teema ja leida lahendused olukorra parandamiseks, et ressurss ei jääks edaspidi metsa vedelema;
  - arvestades kohaliku vaba puidu ressursi ja hinnangulise nõudluse olemasoluga, on vääristatud puitkütustest otstarbekam eelkõige puitpelletite (Euroopasse eksportimisel ka torrefitseeritud puitpelletite) ja puugaasi (energeetiline kasutamine kohalike tarbijate juures) tootmine. Samas ei ole välistatud vaba ressursi ja nõudluse piisavuse korral ka puitbrikettide (eelkõige kohalike tarbijate jaoks) tootmine;
  - konkreetsete biokütuse tootmise ja tootmisseadmete valikul tuleb arvestada reaalset turu olukorda (eeldab turu-uuringut) ja tasuvust. Majanduslikult on efektiivsem toota suuremates kogustes. Hinnanguliselt on tahkete biokütuste (pelletid, briketid) tootmise tasuvuse alumiseks piiriks tööstusettevõtetele tootlikkus kuni 10 000 t/a ja omatarbeks tootjatel 3 000-5 000 t/a.

Järeldused ja soovitused (3)

- Võimalik alternatiiv puitkütustele on rohtne biomass (luhahein, pilliroog), millest on võimalik toota Hiiumaal nii vääristamata (purustatud, rulooni/suurpakki pressitud) kui vääristatud (põhiliselt briketid, pelletid, biogaas, generaatorgaas) biokütuseid. Täpne info kohaliku rohtse biomassi ressursist avalikes allikates puudub (hinnanguliselt on Hiiumaal võimalik pilliroogu koguda ~3 000 t/a, mis on primaarenergiana ~15 000 MWh/a, kuid suur osa sellest läheb ehitusmaterjali tootmiseks, energeetikas kasutatavate jääkide osa võiks olla kuni kolmandik).

- Ressursi kättesaamine võib varieeruvalt aasta-aegadele, ilmastiku ja maastiku oludest sõltuvalt olla raskendatud või koguni võimatu.

- Rohtse biomassi kõrval on energeetiliselt võimalik kasutada veel põllumajandusjäätmetest põhku, (kuid selle ressurss on väike, hinnanguliselt 700-1000 t/a, mis on primaarenergiana 2 800-4 000 MWh/a).

Järeldused ja soovitused (4)

- Soovitused:
  - rohtse biomassi ressursi, selle kasutusele võtmise tingimuste ja sellest toodetavate biokütuste nõudluse (sh ekspordi võimalused) uuringute läbiviimine;
  - selgitada välja rohtse, aga ka rohtse ja puitbiomassi segu kogused ja koos kasutamise tehnoloogilised võimalused biokütuste tootmiseks.

Järeldused ja soovitused (5)

- Hiiumaal alternatiivsete tehnoloogiliste lahenduste poolest (mikroturbiini, gaasimootor ja ORC) sobib suuremates asulates soojuse ja elektrienergia koostootmiseks mikroturbiiniga SEK, kuna tegu on hästi toimivate seadmetega ning kompaktse ja töökindla lahendusega.
- Väiksemates ettevõtetes ja taludes võiks proovida ka puugaasi generaatoritel põhinevat soojuse ja elektri koostootmise seadmeid, eeldusel, et saab kasutada kuiva puitkütust.
- Siinkohal on oluline märkida, et SEK rajamisel Hiiumaale tuleb pidada silmas kaugküttetaristu(te) puudumist (v.a Kärdlas).

Tänan tähelepanu eest!