



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
KEEMIAINSTITUUT

**Taastuvenergeetilise ressursi (eelkõige tuuleenergia) kasutamise prioriteetsed
suunad**

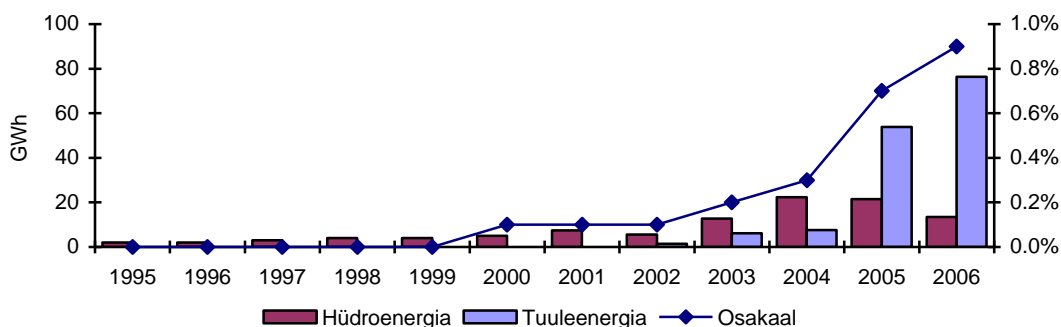
Olga Gavrilova
Raivo Vilu

Tallinn

2008

Sissejuhatus

Taastuenergia kasutusele on pühendatud Eestis viimastel aastatel suurt tähelepanu – alates sajandivahetusest on taastuenergia kasutamist uuritud terves reas uuringutes, mille tulemused on vormistatud erinevatele ministriumide aruannetena, teaduslike artiklitena või akadeemiliste väitekirjadena (vt. lisatud kirjanduse nimekiri). Ei saa ka väita, et taastuenergia praktiline kasutamine oleks seisnud paigal – ehitatud on tuulikuid, taastatud on hüdroelektrijaamu jne. Samas tuleb tunnistada, et need muutused pole muutnud oluliselt Eesti energeetika põlevkivikesksust – üle 80% primaarenergia toodangust saadakse põlevkivist, põlevkivi katab üle 60% Eesti primaarenergiaga varustatusest. Eriti suur on põlevkivi osa elektrienergia tootmises – üle 90%. Sellele vaatamata, et viimastel aastatel on kiiresti suurenenud eriti tuulikute toodetud elektrienergia kogus (vt. joonis 1), moodustab elektri tootmises taastuenergiaressursside osa ainult 1,5% (Tabel 1).



Joonis 1. Hüdro- ja tuuleelektrienergia toodang [GWh] ning nende osakaal kogu elektrienergia tootmisest [%].

Tabell1. Biokütuste osakaal energia lõpptarbimises ja elektrienergia tootmine taastuvatest energiaressurssidest (Ülevaade Eesti biokütuste...2006, ESA)

	2004	2005	2006
Energia lõpptarbimine, TJ	112 921	114 013	114 709
Primaarenergiaga varustatus, TJ	218 939	214 579	208 203
Biokütuste tarbimine, TJ	25 593	24 738	22 234
Biokütuste osakaal primaarenergiaga varustatuses, %	11,7	11,5	10,7
Biokütuste osakaal energia lõpptarbimises, %	14,9	13,0	11,1

	2004	2005	2006
Elektrienergia tootmine, GWh	10 304	10 205	9 731
Taastuvate allikatest genereeritud elektrienergia, %	0,7	1,2	1,5
Soojusenergia tootmine, GWh	3809	3750	3835
Taastuvatest allikatest genereeritud soojusenergia, %	9,5	10,6	9,5

Nagu teada on põlevkivist elektri tootmine seotud suurte keskkonnaprobleemidega. Kui Ida-Virumaa ja Eesti keskkonnaprobleeme on siiani järjekindlalt ignoreeritud, siis Euroopa Liidu kliimapoliitikat viimastel aastatel pole võimalik ignoreerida, sest seda viiakse ellu kasutades erinevalt Kyoto Protokollist, kus baasaastaks on valitud Eestile ja kõigile teistele postsotsialistlikele riikidele kasulik 1990.a., uut baasaastat 2005.a. ning KHG kvootide jaotuskavast on nn. soe õhk peaaegu täielikult välja lastud. Nimetatud asjaolud on otsustavalt muutnud Eesti energeetika arenguvõimalusi. Kui aastani 2008 võis Eesti koos teiste postsotsialistlike ELi liikmetega jätkata Nõukogude ajast pärit energiapoliitikaga, siis nüüd see enam võimalik ei ole ning on vaja tegelikult asuda energeetika ümberstruktureerimisele. Nagu käesolevast aruandest näha, on Eesti energeetika areng toimunud siiaani justkui kahte haru pidi – ametlik riiklik poliitika, mis on leidnud sõnastuse energiamajanduse ja elektrimajanduse arengukavades on olnud pingutatult põlevkivikeskne (vt. [Eesti elektrimajanduse...](#), 2004, [Eesti elektrimajanduse...](#), 2008, [Energiamajanduse...](#), 2008), tegelikkuses on aga juba toimunud otsustava tähtsusega muutused. Suuresti tänu elektrituruseaduse muutmisele, mis jõustus 1.05.2007 ja mille järgi koostoodetud ja taastuvatest allikatest toodetud elektri ostuhinda tõsteti 115 sendile/KWh, on praeguseks ehitatud ja/või alustatud taastuvelektri tootmisvõimsusi, mis peaksid katma rohkem kui 50% Eesti elektritarbimisest juba aastateks 2016-2020. Arvestades ülalöeldut tuleb Eesti energeetika arengu praeguse aja kõige olulisemaks probleemiks lugeda kirjeldatud kahe arenguvoolu ühitamist ning aktiivse riikliku taastuvenergia arengut prioriteetsena soosiva poliitika väljatöötamist. Ühitamine nõuab poliitiliste otsuste tegemist, majanduslike toetusmehhanismide edasiarendamist ning tehnoloogiliste muutuste realiseerimist, millest kõige suuremateks ja otsustavamateks on elektrivõrkude moderniseerimine hajaenergeetika kiireks arenguks sobivaks ning Eesti (Balti - BALTSO) elektrisüsteemi lahtiühendamist Venemaa loodeosa elektrivõrgust ning ühendamist nii Skandinaaviamaade (Nordel) kui ka Kesk-Euroopa (UCTE) elektrivõrkudega. Viimastel aastatel „Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007-2013“ (<http://www.valitsus.ee/failid/Biomass.pdf>) tehtud uuringutes (<http://www.bioenergybaltic.ee/?id=1175>) on küllaltki hästi kaardistatud taastuvenergeetika

ressursid ja kogutud algmaterjal taastuveneergetika arendamise planeerimiseks ja konkreetsete projektide realiseerimiseks, mis tähendab, et riigisisene põhimõtteline tehniline valmisolek taastuveneergetika prioriteetseks arenguks on tegelikult olemas. Arvestades ka seda, et aastast 2013 peab Eesti elektriturg olema avatud, peaks igale eelarvamusteta inimesele selge olema, et põlevkivienergeetika arendamine iga hinna eest viimase silmapilguni toob kaasa tarbijate/maksumaksjate raha suures ulatuses raiskamise, samas, kui otsustav ümberlülitumine tuleviku taastuveneergetika tehnoloogiate kiirele juurutamisele peaks Eestile andma samasugused eelised, nagu kiire interneti-tehnoloogiate kasutuselevõtmine kümme aastat tagasi. Kirjeldatud abinõud aitaksid kõige efektiivsemalt ellu viia ka meetmeid KHG emissioonide vähendamiseks.

Töös on formuleeritud konkreetsed ettepanekud Keskkonnaministeriumile abinõude initsieerimiseks, et tagada taastuveneergetika prioriteetne areng ning kliimamuutuste vastu võitlemisel tähtis märkimisväärne KHG emissioonide vähendamine.

Taastuvad energiaressursid

Taastuvate energeetiliste ressursside kasutamisevõimalusi on MKMi, Põllumajandusministeriumi ning erinevate erainitsiatiivide raames analüüsitud viimastel aastatel mitmel korral ([Taastuveneergetikaallikate...](#), 2001, [Liik, O. 2003](#), [Tammoja, H. 2004b](#), [Taastuvatest energiaallikatest...](#), 2005, [Ülevaade Eesti...](#),2006, [Muiste, P. 2007a](#), [Muiste, P. 2007b](#), [Soosaar jt 2007](#), [Vares, V. 2007](#), [Rummel, L. 2008](#)).

Töös ([Gavrilova, O. 2008](#)) hinnatud Eesti taastuveneergetika koguresurss on 100 PJ (Tabel 2), mis on võrreldav kogu eneergetika lõpptarbimisega (110-120 PJ), ületab aga selgelt elektri- ja soojatarbimiseks kasutatava eneergetika (2006.a. elektri lõpptarbimine 26 PJ, soojuse lõpptarbimine 32 PJ). Samasugusele tulemusele jõuti ka töös ([Rummel, L. 2008](#)).

Tabel 2. Taastuvate energiaressursside hinnang, PJ

Ressursiliik	2006. aastal
Turvas	4,7
Küttepuit	24,2
Raie- ja puidujäätmed	6,4
Biogaas	0,2
Olme- ja pakendijäätmed	13,5
Teraviljad	Huumuse taastootmiseks

Ressursiliik	2006. aastal
Looduslik rohumaa	8,1 ¹
Püsirohumaa	6,66 (kasutatakse teiseks eesmärgiks)
Hüdro	0,5
Tuul	29,8 ² (juhul kui installeeritakse 3161MW, ressursid oluliselt suurem)
Kasutamata maa (286 tuh. hektaril)	13,9 ³
Kokku	100,8

Nagu Tabel 2. näha on neljaks kõige suuremaks taastuvenergia ressursiks tuul, küttepuit, põllumajanduslikult kasutamata maa ning olme- ja pakendijäätmed – nende koguressurss 81,4 PJ. Järgnevalt on kommenteeritud lühidalt saadud hinnanguid.

Tuuleressurss

Tuuleressursi hinnangud põhinevad kahele tööle – A. Kulli poolt koostatud Eesti Tuuleatlasele (Kull, A. 1996) ja Taani Risø laboratooriumi koostatud uuringule (The UNDP/GEF., 2003).

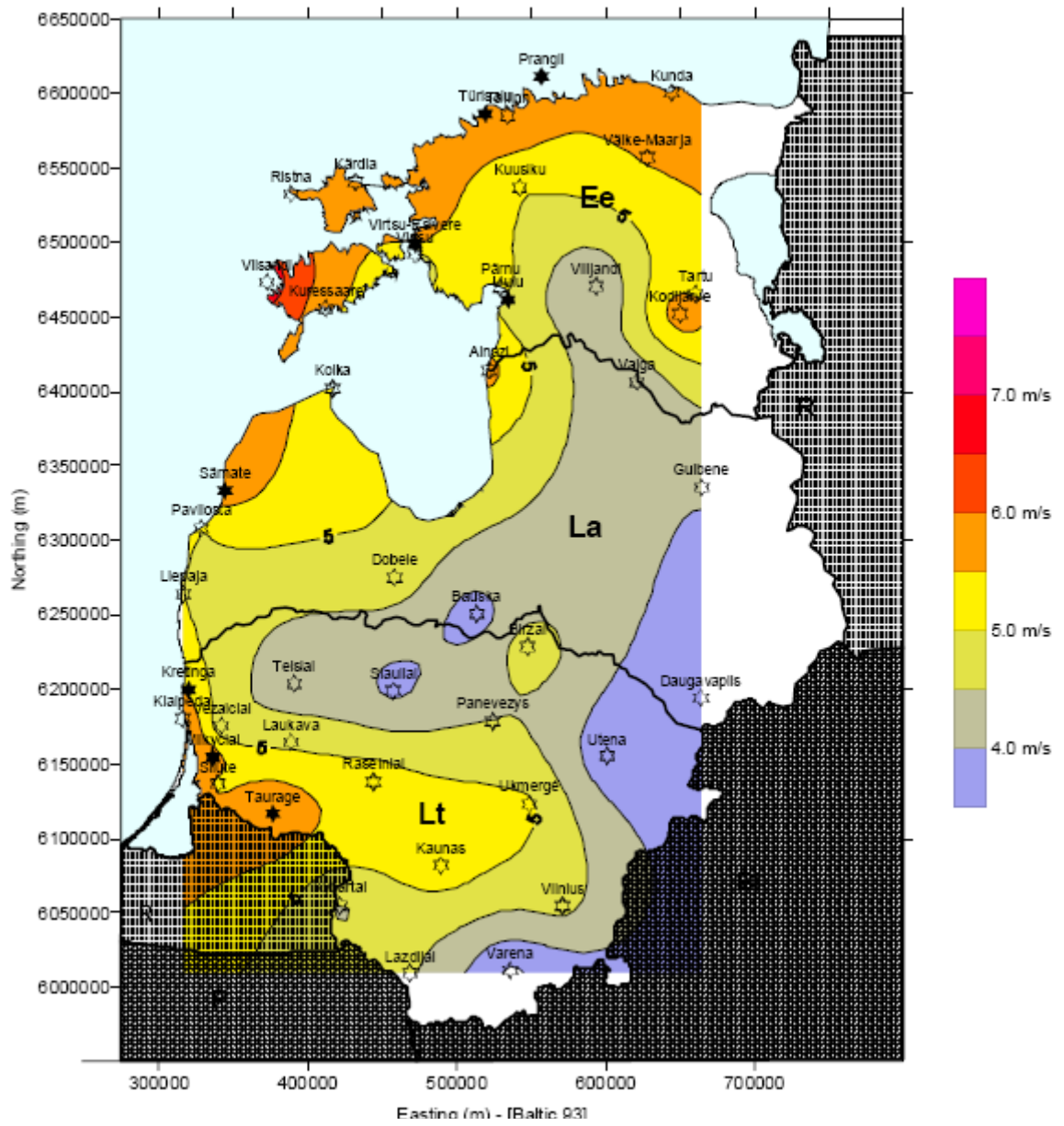
Joonisel 2. on näha, et Eesti tuuleressurss on Läti ja Leedu vastavate ressurssidega võrreldes oluliselt suurem.

Joonisel 3. on toodud Eesti tuuleressursi kirjeldav joonis tööst (Kull, A. 1996), mille baasil on hinnatud kogu Eesti tuuleressursiks üle 90 PJ, mis ületab mitmekordselt praeguse ja lähituleviku energiatarbimise (vt. näiteks Nõlvak, R. 2006). Tabelis 1. on toodud kolm korda väiksem hinnang – selle saamisel on arvestatud ainult Eesti Energiale esitatud taotlusi ja arendajate plaane (Ilves H., 2008).

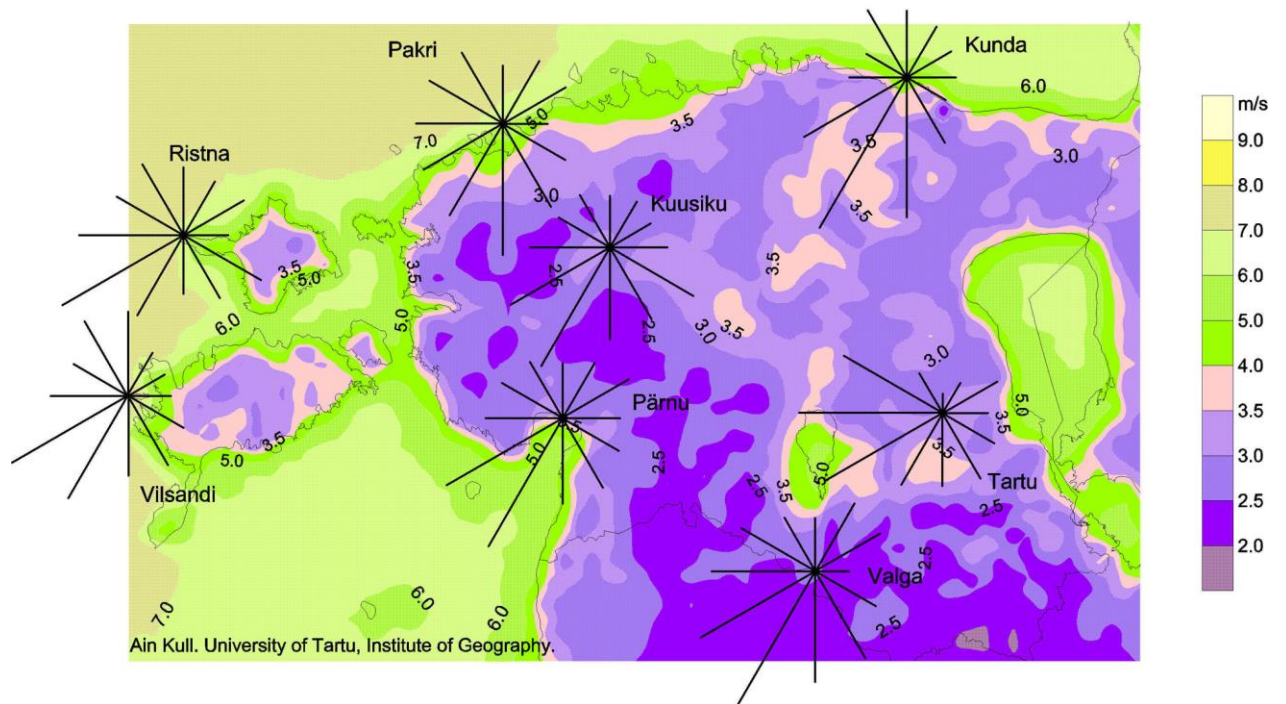
¹ 165 tuh ha * 2,9 t/KA (KuivAine) * 16,8 GJ/tKA = 8,1 PJ

² 3161 MW * 365p * 24t / 1000 = 8284,3 GWh * 3,6 / 1000 = 29,8 PJ

³ 286 tuh ha * 2,9 t/KA (KuivAine) * 16,8 GJ/tKA = 13,9 PJ

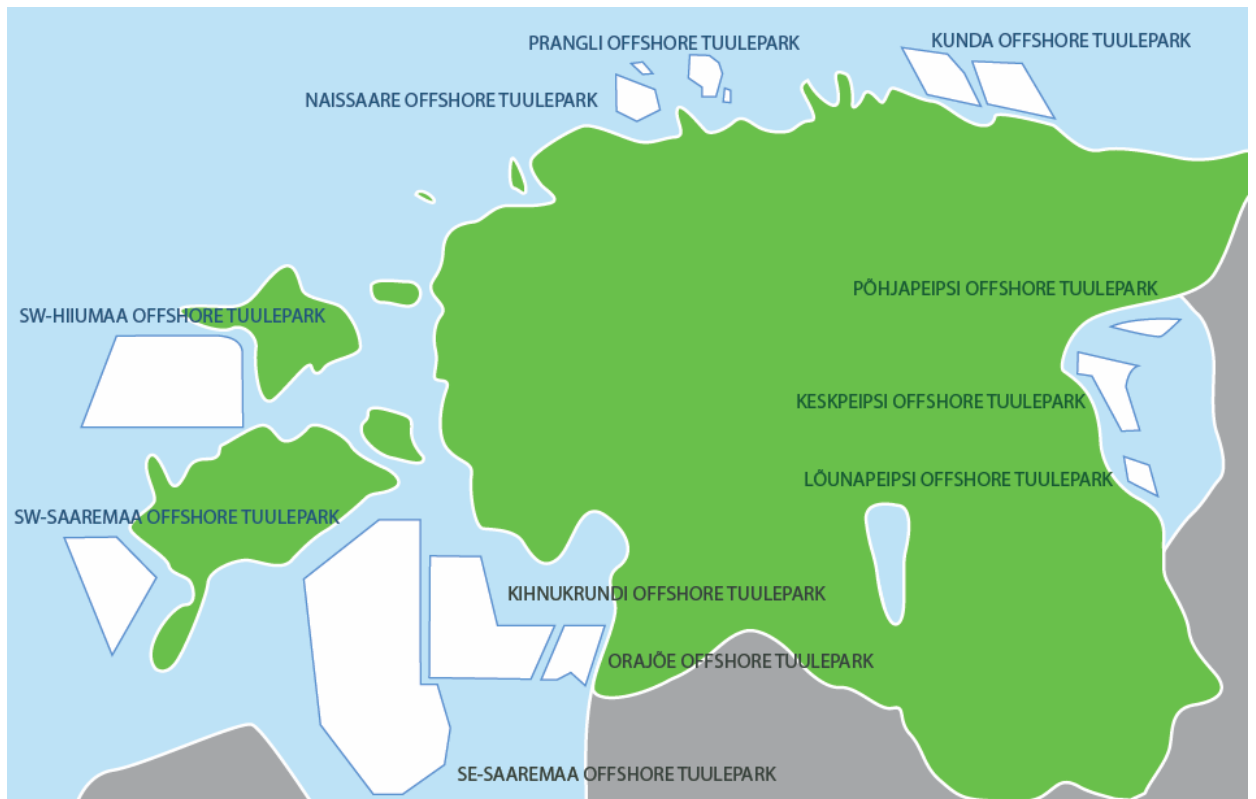


Joonis 2. Baltimaade tuuleressursi hinnang (The UNDP/GEF., 2003)



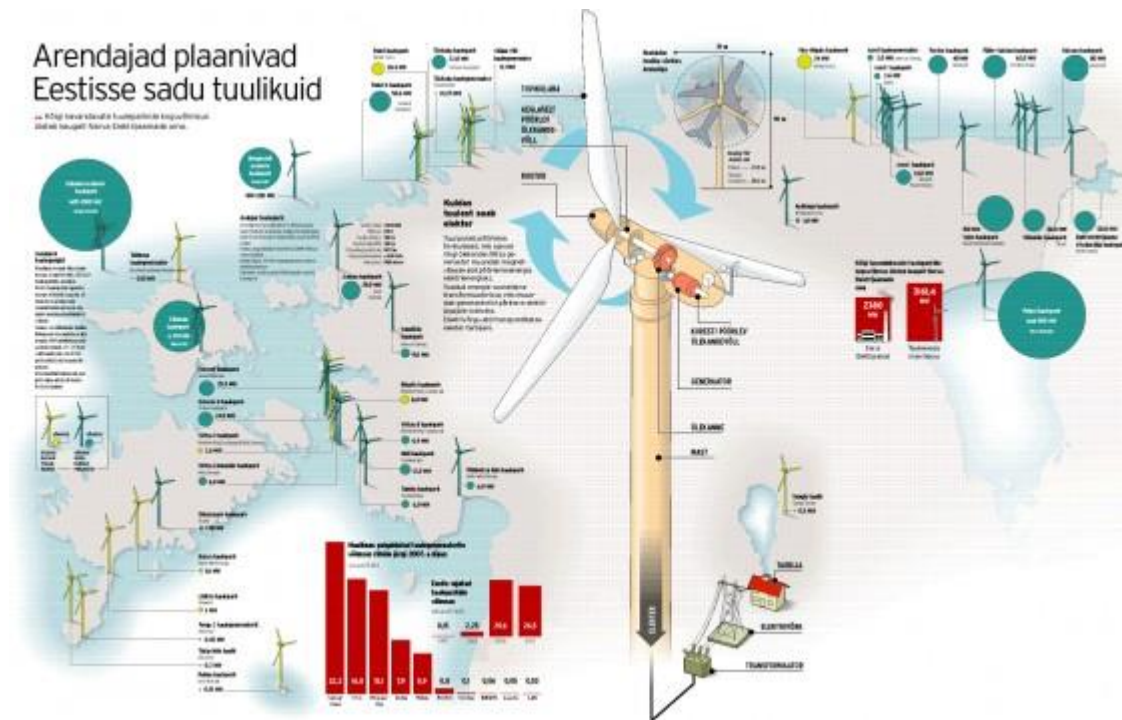
Joonis. 3. Eesti tuuleressursside hinnang A. Kulli poolt koostatud Eesti Tuuleatlase põhjal.

Perspektiivsed avamere tuuleparkide piirkonnad on toodud Joonisel 4. Tuleb muidugi tunnistada, et need pole ainsad piirkonnad ning lõppkokkuvõttes tehakse valik lähtudes nii tehnilistest kui keskkonnakaitsest kaalutlustest (Leppiman, A. 2002, Tšernobrovkin, O. 2003, Elektrituulikute keskkonnamõjude...., 2004, Lahtvee, T. 2005)



Joonis 4. Avamere tuuleparkide võimalikud asukohad

Nagu öeldud, on juba ehitatud või erinevates arenduse staadiumites olevate tuuleparkide summaarne võimsus 3161 MW, mis võiksid toota 23 PJ elektrienergiat aastas – praegune Eesti elektri lõpptarbimine oli 2006.a. 26 PJ. (Ilves H., 2008). Plaanitavate tuuleparkide asukohad on ära toodud Joonisel 5, võimsus ja ettevõtete nimikiri on esitatud Tabelis 3.



Joonis 5. Olemasolevate ja planeerivate tuuleparkide asukohad ja nende võimsused (joonis on võetud www.arileht.ee/?majandus=432453, vt. Ilves H, 2008)⁴.

Kirjeldatud olukord, mis lubaks ainuüksi tuuleressursside arvelt edukalt lahendada Eesti elektritootmise probleemid kliimamuutuste ajajärgul pole siiski ilma probleemideta. Võrguhaldur Põhivõrk OÜ lubab praeguse Eesti jaotusvõrguga ühendada 750 MW tuulikuid ning need load on juba ka välja antud. Ülejäänud arendatavad tuulepargid peavad ise leidma lahenduse pinge kõikumise probleemidele - <http://www.pohivork.ee/index.php?id=539> . Siin ilmnebki Eesti tuuleenergeetika arendamise üks võtmeprobleem. Pärast elektrituruseadusesse 2007.a. sisseviidud parandust (<https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12894671>), millega taastuvelektri ostuhind tõsteti 115 sendile/KWh kohta, on põhiliseks tuuleenergeetika arengut piiravaks teguriks tõusnud väreleva tuuleelektri kompenseerimise probleemid – nii jaotusvõrgu enda funktsioneerimisega seotud (kompensatsioonivõimsuste küsimused, jaotusvõrgu struktuur), kui ka Eesti elektrivõrkude välisühenduste probleemid. Ilma piisava võimsuseta välisühendusteta pole võimalik tuulikuid võrku liita. Tuulikute võrku liitmise tehnilised probleemid on käesoleval ajal valdavad. Neid probleeme käsitletakse detailsemalt allpool.

⁴ Kollane tuulik – olemasolevad tuulepargid.
Roheline – arendamisel olevad projektid.

Tabel 3. Olemasolevate või arendatavate tuuleparkide nimekiri (Ilves H, 2008, Rummel, L. 2008)

Tuulepark	Omanik	Võimsus, MW	Seis
Hiiumaa avamere tuulepark	Nelja energia	600–1000	Arendamisel (A)
Hiiumaa tuulepark	Raunisaar	310	A
Tahkuna tuulegeneraator	Biosfääri kaitseala Hiiumaa keskus	0,15	Olemasolev (O)
Neugrundi avamere tuulepark	Neugrund	100–200	A
Aulepa tuulepark	Eesti energia	39,0	O
Pakri tuulepark	Nelja Energia	18,4	O
Paldiski tuulepark	Nelja Energia, Eesti Energia	50,6	A
Türisalu tuulepark	Türisalu tuulepark	21,0	A
Türisalu tuulegeneraator	Tuuleenergia	0,075	O
Vääna-Viti tuulegeneraator	Tuuleenergia	0,09	O
Vanaküla tuulepark	Nelja Energia	9,0	O
Esivere tuulepark	Skinest Energia	12	O
Esivere tuulepark laiendus	Skinest Energia	13,5	A
Esivere tuulepark	Nelja Energia	8	O
Tooma tuulepark	Nelja Energia	16	O
Virtsu I tuulepark	Nelja Energia/Eesti Energia	2,6	O
Virtsu II tuulepark	Nelja Energia	6,9	O
Sikassaare tuulepark	Stacey	1,98	A
Nasva tuulepark	Baltic Wind Energy	1,6	O
Läätsa tuulepark	Telewind	3	O
Torgu 2 tuulegeneraatorit	Meritreid	0,45	O
Türju küla tuulik	Rotorline	0,3	O
Ruhnu tuulepark	Eesti Energia	0,15	O
Mäli tuulepark	Tuuleenergia	12,0	A
Tamba tuulepark	Tuuleenergia	6,0	A
Põldeotsa küla tuulepark	Baltic Wind Energy	6,0	A
Viru-Nigula tuulepark	Nelja Energia	24	O
Kullenga tuulepark	Windpower Eesti	1,8	A
Sangla tuulik	Sangla Turvas	0,3	O
Aseri tuulegeneraator	Intercon Energy	3,0	A
Aseri tuulepark	Irbeni	3,6	A
Aseri tuulepark	Nelja Energia	24,0	A
Purtse tuulepark	Raunistal	40	A
Vaira tuulepark	Iberdrola/Raisner/Adepte	150	A

Tuulepark	Omanik	Võimsus, MW	Seis
Päite-Vaivina tuulepark	Est-Wind Power	63,0	A
Sillamäe tuulepark	Ökosil	56,0	A
Vaivara tuulepark	Raunistal	80	A
Balti elektrijaama II tuhavälja tuulepark	Eesti energia	50,0	A
Peipsi tuulepark	Eesti Energia	900	A

Puidu ressurss

Nagu öeldud, on puit on üks tähtsamatest taastuvenergiaallikatest Eestis (Tabel 2). Puitu kasutatakse peamiselt soojusenergia tootmiseks katlajaamades ning kodumajapidamistes. Igal aastal kasutatakse umbes 25 PJ (24,2 PJ 2006.a.) puitu energia tootmiseks. Kasutatavast puiduressursist ülevaate saamiseks on headeks allikateks ([Ülevaade Eesti biokütuste...2006](#)), samuti ka ([Muiste, P. jt. 2007a](#), [Muiste, P. jt 2007b](#)), aga ka varasemad juba eelnevalt viidatud tööd. P. Muiste jt poolt tehtud töödes kasutatakse GISi ressursside hindamiseks, mida tuleks lugeda eriti väärtuslikuks. Erinevate meetodite ja allikate kasutamisega saadud andmed erinevad omavahel, aga need erinevused pole väga suured ning need ei muuda tervikpilti ([vt. näiteks Gavrilova, O., Vilu, R., 2008](#)). Nagu Tabelist 2 näha, on puidu energeetiline ressurss Eestis märkimisväärne ning täiendavate puidu raiemahtude, sealhulgas praegusel ajal metsa jäetavate raieljäätmete kasutamine annaks võimaluse toota 30% kasuteguriga hinnanguliselt 2700GWh elektrit, mis moodustab kolmandiku praegu tarbitavast elektrienergiast ([Rummel, L. 2008](#)). Siinkohal tuleb rõhutada, et nendes arvutustes on arvestatud lubatud raiemahtude suurendamisega praeguselt kuni metsa bioloogilise juurdekasvuni. Kui aga eeldada poliitilise huvi olemasolu puidu kui energeetilise ressursi võimalikult täieliku ärakasutamise vastu Eesti energiavajaduse katmiseks – nagu öeldud on võimalik peaaegu kogu Eesti elektri- ja soojusenergia vajadus katta puitu kasutatavate koostootmisjaamadega, siis oleks ilmselt võimalik hinnapoliitika ja teiste majanduspoliitiliste mehhanismidega saavutada, et praktiliselt kogu Eesti puiduressurss leiaks kasutamist energiaressursina.

Puidu biomassi energeetilise potentsiaali arvutamisel ja arvestamisel tuleb kindlasti tähelepanu pöörata ka sellele, et kliimamuutustega võitlemisel on tähtis roll CO₂ fikseerimise potentsiaali säilitamisel ja suurendamisel. Kyoto Protokollis artikkel 3.4. ei ole veel realiseerunud konkreetsete (majandus)mehhanismidena ja Eesti on teatanud, et ei tegele lähiajal selle artikli problemaatikaga. Samas, Eestis võiks rakendada proaktiivselt tulevikkusuunatud metsapoliitikat

ning alustada KP Artiklite 3.3. ja 3.4. toetuvate mehhanismide väljatöötamist juba praegu. Eestis pole ilmselt mõtet toetuste süsteemi rajada põhiliselt taasmetsastamisele ning ka keskmiselt süsinikku siduva metsa majandajale. Eestis peaks toetuse saamine olema seotud kasvava metsa kvaliteediga, mis sõltub puidu liikidest, nende vanusest ja boniteedist jne. Samuti tuleks silmas pidada bioloogilise mitmekesisuse säilitamise vajadust, jõgede vesikondade majandamise nõudeid jms. Kui praegune metsade majandamine on suunatud veidi lihtsustatult ümarpuidu tootmisele, siis tulevikus võiks selle kõrval arvestada ka Eesti süsinikubilansiga ja teiste eelpooltoodud faktoritega.

Praegu on vara, isegi võimatu rääkida konkreetsetest mehhanismidest ja rahanumbritest, millega metsamajanduse võimalik tugisüsteem käivitatakse, sest vastavad diskussioonid pole veel alanudki. Aga kindlasti tuleb neis diskussioonides ühel või teisel viisil arvestada sellega, et üks CO₂ tonn maksab ETSis umbes 18,6€ (seisuga 10.11.08, www.pointcarbon.com) ja ennustatakse, et tulevikus see hind võib tõusta 50€ . Üks keskmine metsahektar seob rohkem kui 1,5 tonni süsiniku (6 tonni CO₂) aastas, mis tähendab, et metsa biomass seob süsinikku rohkem kui 120 euro väärtuses hektari kohta aastas. Selge on see, et toetuste suurus on poliitiline küsimus ja sõltub sellest, kuidas üldse hinnatakse metsamajanduse tähtsust KP (,post-Kyoto'), EL ning Eesti tasemetel ja kui tugev on metsameeste poliitiline lobi.

Tasakaalu leidmine metsa energeetilise potentsiaali ja süsiniku sekvestreerimisvõime arvestamise vahel on väga tähtis praktiline (ja ka teoreetiline) probleem. See eeldab kasvava metsa, tegelikult kogu maakasutamise seonduvate süsinikuvoogude üle arvepidamise sisseseadmist

Põllumajandusliku biomassi ressursid

Eestis toodetakse igal aastal 600–700 tuhat tonni põhku ning 20–25 tuhat tonni aganaid ja sõklaid ([Ülevaade Eesti biokütuste...2006](#)), millest võiks saada umbes 500GWh elektrienergiat ([Rummel, L. 2008](#)). Nendes arvutustes on eeldatud, et 50% kogu põhuressursist jääb põllumajanduse siseselt kasutusse huumuse taastootmiseks.

2006.a tekkis Eesti 2099189 tonni sõnnikut, mille energeetiline väärtus on 400 GWh. Kui arvestada, et pool sellest võidakse kasutada biogaasi tootmiseks, siis moodustaks see 200 GWh primaarenergiana ([Muiste, P. jt. 2007a](#), [Paist, A. jt 2003](#), [Rummel, L. 2008](#)). Sõnniku kasutamine koos rohukultuuridega on arvestatav ressurss biogaasi tootmisel. Samas, erinevalt Saksamaast ei tasu biogaasi tootmine Eestis praegu end ära. Nagu näitavad arvutused on biogaasist toodetud elektri ja soojuste omahind samas suurusjärgus praeguse ostuhinnaga (115

senti/KWh) – biogaasi tootmise isetasuvuse tagamiseks peaks ostuhind olema hinnanguliselt kaks korda suurem ([Biogasanlage Torma..., 2008](#))

Eestis on umbes 287 tuhat hektarit põllumajandusmaad kasutamata (tabel 36). Sellest on 123 tuhat hektarit täielikult kasutamata ning 160 tuhat hektarit asuvad massiivides, mis on osaliselt kasutusel. Need maad on jäänud kasutusest välja põllumajandustegevuse vähenemise tõttu, aga neid võiks kasutada metsa istutamiseks ja kasvatamiseks – küttepuid tootmiseks. Samuti oleks neid võimalik kasutada rohttaimede kasvatamiseks, mida saaks kasutada energiatootmises. 200000 hektaril päideroo, idakitseherne, põldtimuti kasvatamine võimaldaks saada 11250 GWh (40 PJ) väärtuses primaarenergiat ([Rummel, L. 2008](#)), millest saaks 30% kasuteguriga 12 PJ elektrit.

Veel üheks ressursiks, mida saaks kasutada taastuvenergiaallikana, on looduslikud rohumaad. Rohumaade kasutamine on vähenenud kuna põllumajanduse tootmismahud on vähenenud. Vastavalt viimaste uuringute hinnangutele on Eestis kasutamiskõlblikke rohumaid, mida saaks kasutada energia tootmiseks, 165 tuhat hektarit. Looduslike rohumaade keskmine saagikus on 3,9 tKA⁵/ha. Kui lähtuda sellest, et rohttaimede kuivaine kütteväärtus on 16,8 MJ/kg, siis on looduslike rohumaade kuivainesaagi kütteväärtus 65,5 GJ/ha ([Muiste jt 2007a](#)). Kogu kasvupinna kohta oleks see 8,1 PJ primaarenergiat.

Jäätmed

Vastavalt tehtud arvutustele peaks olmejäätmete kogus 2013. aastaks suurenema ca 213000 tonni võrra e 700000 tonnini aastas ning kasvavate pakendijäätmete kogus peaks aastal 2013 olema ca 200 000 tonni. Seega oleks jäätmete summaarne primaarenergeetiline potentsiaal aastal 2013 13,5 PJ⁶.

Koostootmise potentsiaal

Elektri ja soojuste koostootmine on taastuvenergia ressursside kasutamisel kahtlemata prioriteetne ([Siirde, A. jt. 2005](#). [Siirde, A. 2007](#))

Vastavalt tehtud uuringule ([Tammoja, H. 2004b](#)) on Eesti suuremates linnades võimalik ehitada umbes 153MW_{el} ja 450MW_s võimsusega koostootmisjaamu (Tabel 4). Tegelikult soojusenergia tarbe neis linnades oleks võimalik katta 705 MW_s summaarse võimsusega

⁵ KA – kuivaine.

⁶ 700 000 000 kg * 10 MJ/kg (8–12 MJ/kg) + 200 000 000 kg * 32,6 MJ/kg = 7 + 6,5 PJ = 13,5 PJ

töötavate katlamajade arvelt (Tabel 4).

Tabel 4. Potentsiaalsed koostootmise elektrijaamade võimsused Eesti linnades⁷ (Tammoja, H. 2004b)

Koostootmisjaam	Elektriline võimsus, MW _{el}	Soojuslik võimsus, MW _s
Tallinn	100	300
Tartu	22,5	67,5 (160)
Pärnu	11,5	36 (70)
Viljandi	2,5	7,5 (27)
Kuressaare	3	9 (24)
Võru	2	6 (23)
Haapsalu	2	6 (20)
Paide	2	6 (19)
Rakvere	2	6 (16)
Keila	2	6 (16)
Valga	1,5	4,5 (15)
Jõgeva	1,5	4,5 (15)
Kokku	152,5 (440)	459 (705)

Koostatavas elektrimajanduse arengukavas nähakse ette 200 MW_{el} võimsusega koostootmisjaamade ehitamist Eestis. Selle võimsusega oleks võimalik katta Eesti linnaelanike elektritarbimise vajadusi.

Teisalt, arvutused näitavad, et kogu soojusenergia tootmiseks, mis käesoleval ajal Eestis tarbitakse (37,2 PJ), oleks vajalik koostootmisjaamade koguvõimsus 1410 MW_s ja 470 MW_{el} (Tabel 4).

Koostootmispotentsiaali hinnangud tuleks tegelikult teha, lähtudes taastuvenergeetika ressursside optimaalse kasutamise vajadusi ning arvestades hajaenergeetikasüsteemi tekkimisega. Nende tingimustega arvestamine peaks võimaldama paremini tasakaalustada elektri ja soojuse tootmist Eesti energiasüsteemis.

⁷ Tabelis toodud uute koostootmisjaamade elektrilised võimsused vastavad elektri ja soojuse suhtele 1:3. Sulgudes toodud summaarne elektriline võimsus vastab toodetud elektri ja soojuse suhtele 1:1, ehk eeldab gaasimootori või kombitsükli kasutamist. Sulgudes toodud soojuskoormused vastavad antud linna maksimaalsele soojustarbele.

Taastuvate energiaallikate kasutamise praegune olukord ja üks võimalik arengutsenaarium (Rummel, L., 2008)

Kokku on Eestis 2008. a. mai seisuga taastuvenergiast elektri tootmise võimsusi 69,5 MW (Eesti tarbimise tippvõimsus on 1500 MW). Nende planeeritav aastane toodang on 215 GWh, mis moodustab 2,7% kogu Eestis aasta jooksul tarbitavast elektrist 2007. aasta andmete järgi.

Kõige suurema osa sellest moodustavad tuulepargid, millede koguvõimsus on ligikaudu 62 MW ja plaanitav aastane toodang 168 GWh. Tuuleparke kokku on üle kümne. Märgatavalt väiksema osa taastuvenergia tootmisvõimsustest moodustavad hüdroelektrijaamad, millede koguvõimsus on 5,6 MW ja plaanitav aastane toodang 33,6 GWh. Hetkel moodustab kõige väiksema osa Eesti taastuvelektri toodangus biomassist toodetud elekter, jaamade koguvõimsus on 1,6 MW ja aastane toodang 13,5 GWh. Eestis olemasolevad taastuvelektri tootmisvõimsused on koondatud Tabelisse 5.

Tabel 5 Eestis olemasolevad taastuvelektri tootmisvõimsused (Allikas: Eesti Energia)

	Võimsus, MW	Plaanitav aastane toodang, GWh
Viru-Nigula TP	24	65
Pakri TP	18,4	50
Esivere (Rõuste) TP	8	22
Sikassaare TP	4,25	11
Virtsu TP	2,4	6
Üüdibe (Läätsa) TP	3	8
Nasva TP	1,2	3
Peerna (Torgu) tuulikud	0,45	1
Ülejäänud tuulikud	0,59	2
Tuuleenergia kokku	62,3	168
Linnamäe HEJ	1,1	4,4
Kunda HEJ	0,4	2,4
Ülejäänud HEJ-d	4,1	26,8
Hüdroenergia kokku	5,6	33,6
Biomassi el. kokku	1,6	13,5

KÕIK KOKKU	69,5	215
-------------------	-------------	------------

Tabelisse 5 märgitud „ülejäanud tuulikute“ alla kuuluvad 0,3 MW Kõrste tuulik, 0,15 MW Ruhnu tuulikud, 90 kW Liikva tuulik ja 50 kW Naage tuulik. Biomassist elektri tootjaid on hetkel veel kaks: AS Tallinna Vesi toodab elektrit ja sooja läga biogaasist ja AS Terts Pääsküla suletud prügila prügilagaasist. Täieliku ülevaate Eesti hüdroelektrijaamadest annab tabel 6. Tabel põhineb Eesti Energia AS Taastuvenergia Ettevõtte ja Peeter Raesaare isiklikel andmetel. Et täpne olla, tuleb ära märkida, et viimaste andmete kohaselt on Kotka hüdroelektrijaama (160kW) töö peatatud seoses kalatrepi puudumisest tingitud keskkonnanõuetele mittevastavusega.

Tabel 6 Eestis töötavad hüdroelektrijaamad 2008. aasta alguse seisuga.

Elektrijaama nimi	Asukoht			Võimsus, kW	Valmimis-aasta
	Maakond	Vald	Jõgi		
Peri	Põlva	Põlva	Peri oja	4	1990
Saesaare	Põlva	Vastse-Kuutse	Ahja	240	1991
Kotka	Harju	Loksa	Valgejõgi	160	1993
Leevaku	Põlva	Räpina	Võhandu	210	1993
Joaveski	Harju	Loksa	Loobu	300	1999
Kunda	Lääne-Viru	Viru-Nigula	Kunda	400	1999
Tudulinna	Ida-Viru	Tudulinna	Pungerja	150	1999
Väike-Kamari	Jõgeva	Põltsamaa	Põltsamaa	200	1999
Kakkoveski	Võru	Rõuge	Aiju	18	2000
Raudsilla	Põlva	Põlva	Ora	5	2000
Rõuge	Võru	Rõuge	Rõuge	10	2000
Linnaveski	Viljandi	Tarvastu	Tarvastu	15	2000
Hellenurme	Valga	Palupera	Elva	36	2001
Koseveski	Jõgeva	Saare	Kääpa	40	2001
Oruveski	Võru	Rõuge	Aiju	18	2001
Leevi	Põlva	Veriora	Võhandu	25	2002
Linnamäe	Harju	Jõelähtme	Jägala	1200	2002
Kaarli	Viljandi	Halliste	Raadi	3	2003
Kaunissaare	Harju	Anija	Jägala	250	2003
Kunda-Silla	Lääne-Viru	Viru-Nigula	Kunda	336	2003
Lauküla	Valga	Sangaste	Väike-Emajõgi	20	2003
Räpina	Põlva	Räpina	Võhandu	75	2003
Tõrva	Valga	Tõrva	Õhne	92	2003
Tõrve	Jõgeva	Puurmanni	Pedja	60	2003
Vetla	Harju	Anija	Jägala	80	2003
Orajõe	Põlva	Põlva	Orajõgi	10	2003
Paidra Veski	Võru	Lasva	Võhandu	52	2004
Põlva	Põlva	Ahja	Ahja	30	2004
Räpina 2	Põlva	Räpina	Võhandu	365	2004
Saarlase	Võru	Rõuge	Pärlijõgi	30	2004
Tammiku	Harju	Jõelähtme	Jägala	60	2004
Tõravere vesiveski	Järva	Türi	Lintsi	20	2004
Õisu	Viljandi	Halliste	Kõpu	200	2004
Keila-Joa	Harju	Keila	Keila	365	2005
Sillaoru	Ida-Viru	Lüganuse	Purtse	220	2005
Pikru veski	Viljandi	Viljandi	Pikru küla	20	2006
Saunja	Harju	Kuusalu	Jägala	100	2006
Vihula	Lääne-Viru	Vihula	Mustoja	55	2006
Tamme	Viljandimaa	Suure-Jaani	Navesti	88	2007
Kõsti	Viljandimaa	Viljandi linn	Tänassilma	78	2007
Koguvõimsus				5640	

Hetkel ehitamisel on Eestis kokku 69,5 MW taastuvelektri tootmisvõimsusi, millede aastane plaanitav kogutoodang on 215 GWh. Ehitamisel võimsused peaksid kõik valmis saama 2009. aastaks, mil nende aastane toodang peaks moodustama umbes 9% kogu aastasest tarbimisest.

Ehitamisel on tuulepark Aulepal ja kaks biomassil töötavat koostootmisjaama (*Combined Heat and Power* - CHP) Väos ja Tartus. Aulepa tuulepargi rajajaks on Eesti Energia, Väo CHP rajamise taga on AS Tallinna Küte, mille emafirma on Prantsuse kontsern Dalkia, Tartu CHP-d rajab Fortum Termest AS, mille omanik on Soome energiakontsern Fortum.

Ehitamisel jaamade toodangust üle 4/5 annavad kaks CHP-d, millede koguvõimsus on 48,5 MW. Ülejäänud 1/5 annab Aulepa tuulepark nimivõimsusega 39 MW. Kõik ehitamisel jaamad peaksid saama valmis 2009. aasta jooksul. Ehitamisel olevad taastuvelektri tootmisvõimsused on koondatud tabelisse 7.

Tabel 7. Ehitamise olevad taastuvelektri tootmisvõimsused

	Võimsus, MW	Plaanitav aastane toodang, GWh	Valmib Aastal
Aulepa TP	39	105	2009 [1]
Tuuleenergia kokku	39	105	
Väo biomassi CHP	23,5	199	2009 [2]
Tartu biomassi CHP	25	212	2009 [3]
Biomassi el. kokku	48,5	410	
KÕIK KOKKU	88	516	

Arendamisel taastuvelektri tootmisvõimsuste projektid on ära toodud tabelis 8. Tabel on kokku pandud Taastuenergia Ettevõtte ja Eesti Tuuleenergia Assotsiatsiooni (EWPA) kodulehelt [4] saadud informatsiooni põhjal. Arendamisel tuuleparkide osas on esimesena ära toodud Eesti Energia poolt arendatavad tuulepargid, kuna nende valmimine on tõenäolisem. Teiste arendajate kohta ei ole infot, kui kaugele nad oma arendustegevuses on jõudnud, samuti ei ole garantiid, et neil arendajatel projekti teostamiseks ka rahalised vahendid olemas on. Paljusid Põhivõrgult liitumisloa saanud tuuleparke on arendatud selleks, et nad juba projekti järgus maha müüa. Siiski on nad kõik planeeritud maksimaalses mahus ära toodud, kuna tulevikus võibki mõni rahalisi ressursse omav ettevõtte nad ära osta ja juba välja arendatud tuulepargid valmis ehitada.

Tabelis 8 ühe lahtri alla koondatud arendamisel väiksemate hüdroelektrijaamade taastamise projektid on järgmised: Kundaküla Kunda jõel – 200 kW, Lilli Jägala jõel – 264 kW, Soodla – 170 kW, Sangaste – 75 kW, Pikaveski – 60 kW.

Tabelis 8 on nime all “Narvas 10% biomassi” ära toodud Eesti Energia plaan hakata Narva elektrijaamade kahes keevkihtkatlas põletama 10% ulatuses biokütuseid. Tegu pole küll uue tootmisvõimsusega, kuid taastuvatest allikatest toodetud elektri osakaalu suurendab see projekt oluliselt. Balti elektrijaamas peaks see projekt teostuma 2009. aasta jooksul ja Eesti elektrijaamas 2012. aastal.

Ahtme 18 MW CHP-s hakatakse puitkütuseid põletama ainult 30% ulatuses, ülejäänud osas kasutatakse turvast. Fortumi Pärnu koostootmisjaama kohta on veel infot üsna vähe, kuid Raadio Pärnu andmetel plaanib Fortum sinna rajada analoogset jaama Tartusse rajatava 25 MW puidul ja turbal töötava koostootmisjaamaga. Pärnu CHP peaks valmis saama 2011. [5] Praegu on Pärnus kaks soojusvõrku, arvestades, et nende mõlema baassoojuskooormus eraldi on 20 MW, siis selle jaama töösse rakendamiseks need ilmselt ühendatakse.

Lahter „biogaasi-CHP-d“ koondab enda alla Ekseko, Torma ja Jõelähtme arendamisel biogaasijaamade projektid.

Tabel 8 Arendamisel taastuvelektri projekti

	Võimsus, MW	Plaanitav aastane toodang, GWh	Peaks valmima	Arendaja
Peipsi TP	70	189	2010	Eesti Energia AS
Narva tuhavälja TP	50	135	2010	Eesti Energia AS
Paldiski TP	25	68	2009	Eesti Energia AS
Vanaküla TP	9	24	2009	Eesti Energia AS
Nõva TP	8	22	2009	Eesti Energia AS
Muuga TP	5	13,5	2011	Eesti Energia AS
Kopli TP	5	13,5	2011	Eesti Energia AS
Päite-Vaivina tuulepark	63	170	?	Est-Wind Power
Purtse tuulepark	50	135	?	AS Raunistal

Esivere I tuulepark	25,5	69	?	Skinest Energia
Aseri tuulepark	24	65	?	AS Windest Green Energy
Esivere II tuulepark	24	65	?	Tooma Tuulepark
Türisalu tuulepark	22	59	?	OÜ Türisalu Tuulepark
Mäli tuulepark	12	32	?	Tuuleenergia OÜ
Tamba tuulepark	6	16	?	Tuuleenergia OÜ
Põldeotsa küla tuulepark	6	16	?	OÜ Baltic Wind Energy
Aseri tuulepark	3,6	10	?	OÜ Irbeni
Aseri tuulegeneraator	3	8	?	Intercon Energy OÜ
Virtsu II TP	3	8	?	OÜ Roheline Ring
Sikassaare tuulepark	1,98	5	?	OÜ Stacey
Kullenga tuulepark	1,8	5	?	Windpower Eesti OÜ
Tuuleenergia kokku	418	1128		
Jägala HEJ	1,6	9,6	2010	OÜ Jägala Energy
Väiksemad HEJ-d	0,77	4,62	2010	Erinevad
Hüdroenergia kokku	2,4	14,2		
Narvas 10% biomassi	43	364	2012	Eesti Energia AS
Pärnu biomassi CHP	25	212	2011	Fortum Termest AS [5]
Ahtme biomassi CHP	18	152	2011	Eesti Energia AS [6]
Kuressaare bio-CHP	2,5	21	2011	AS Kuressaare Soojus [7]
Väiksemad bio-CHP-d	1,5	12,69	2010	Erinevad
Biomassi el. kokku	90	761		
KÕIK KOKKU	510	1904		

Tabelis 9 on välja toodud ka plaanitavad jäätmetest elektri tootmise võimsused, mis küll otseselt taastuvelektri alla ei liigitu, kuid lähtuvad samuti jätkusuutliku energiamajanduse põhimõttest ja ka prügipõletuse osas on Eestile Euroopa Liidu poolt kohustused pandud.

Tabel 9 Arendamisel jäätmetest elektri tootmise projektid

	Võimsus, MW	Plaanitav aastane toodang, GWh	Valmib aastal	Arendaja
Iru jäätmete CHP	15	127	2011	Eesti Energia AS [8]
Tartu jäätmete CHP	7,2	61	2012	Fortum Termest AS [9]
KOKKU	22,2	188		
TAASTUVATEGA	532	2092		

Arendamisel meretuulepargid on eraldi ära toodud tabelis 10 Nende eraldi tabelis ära märkimise põhjused on hilisemad valmimisajad ja kallim hind võimsusühiku kohta. Maksimaalseid võimalikke võimsusi ei ole ära toodud, sest maailma praktika näitab, et avamere tuulepargid teostuvad enamasti märksa väiksemas mahus kui esialgu plaanitud. Lisaks Eesti Energia AS avamere tuuleparkide projektile (kaalumisel on erinevad asukohad) on ära toodud ka Neugrundi ja Hiiumaa avamere tuulepargid. Hiiumaa avamere tuulepargi puhul peab ära mainima, et kuna plaanitav park asub Natura 2000 kaitsealal, võib see projekt mitte teostuda. Samas Eesti Energia plaan on rajada isegi 1000 MW meretuuleparke. Tabelisse on märgitud vähimad võimsused, mida need tuulepargid (TP) võiksid saavutada 2020. aastaks ja võimsused esimese etapi valmimisel.

Tabel 10 Arendamisel avamere tuulepargid

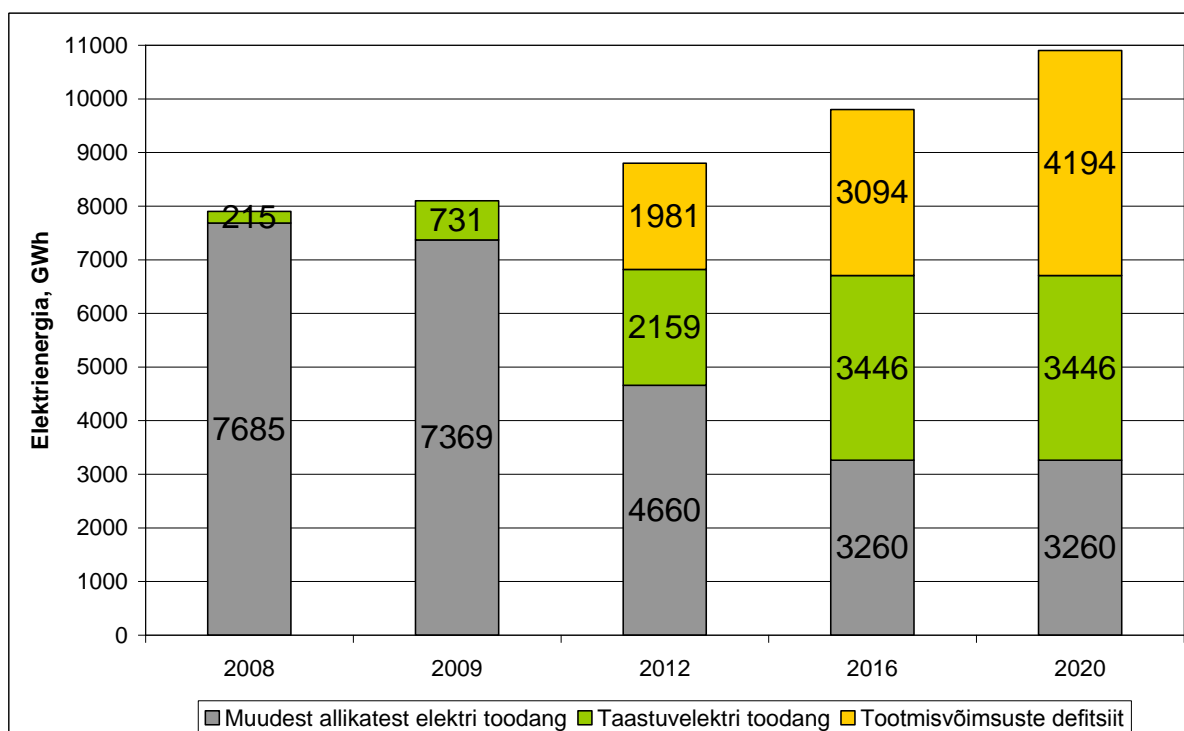
	Võimsus, MW	Plaanitav aastane toodang, GWh	Esimese etapi valmimisaasta (võimsus)	Arendaja
Neugrund avamere TP	200	540	2012 (100 MW)	OÜ Neugrund [10]
Hiiumaa avamere TP	600	1620	2016 (300 MW)	OÜ Nelja Energia [11]
Eesti Energia avamere TP	600	1620	2016 (300 MW)	Eesti Energia AS [12]
KOKKU	1400	4725		

Tabel 11 Olemasolevate, rajatavate, arendatavate ja plaanitavate taastuvelektri

tootmisvõimsuste kogusumma ja osakaal Eesti elektritarbimises

	Võimsus, MW	Plaanitav aastane toodang, GWh	Aja- horisont	Tarbimine*, GWh	Osakaal tarbimisest
Olemaolevad võimsused	69	215	2008	7900	2,7%
Koos ehitatavatega	169	731	2009	8100	9,0%
Koos arendatavatega	456	2159	2012	8800	24,5%
Koos meretuuleparkidega	932	3446	2016	9800	35,2%

* Prognositud tarbimine, kui aastane tarbimise kasv on ligikaudu 3% aastas.



Joonis 6. Eestis toodetava taastuvelektri, muudest allikatest toodetud elektri ning tootmisvõimsuste defitsiidi prognoos aastateks 2008-2020.

Nagu tabelist 11 ja jooniselt 6 võib näha, võidakse juba järgmise (2009.) aasta lõpus toota Eestis 9% elektrist taastuvatest allikatest. Kõige suurema osa sellest toodangust annavad Vão ja Tartu koostootmisjaamad.

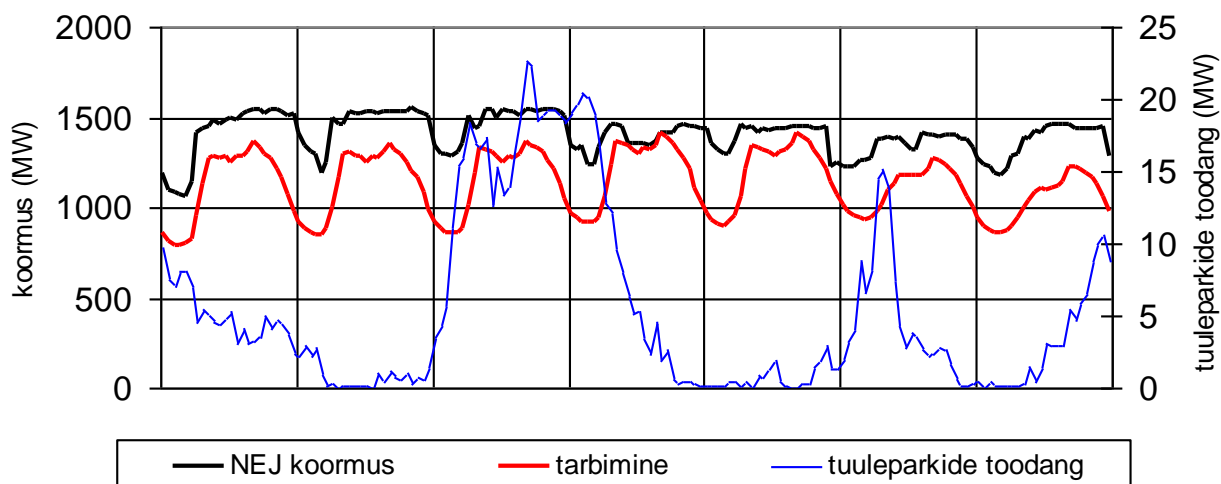
2012. aasta prognoositav taastuenergia osakaal on juba ligikaudu 25%. Kui arvestada ainult Eestis toodetud elektriga, siis taastuvelektri osakaal võib tõusta isegi üle 30%. 2016. aastal on ennustatav taastuvelektri osakaal tarbimises 35%, tootmises aga üle 50%. Eeldusel, et täiendavaid tootmisvõimsusi peale 2016. aastat rajada pole võimalik, on 2020. aastaks taastuvelektri osatähtsus tarbimises jälle langenud.

Tabelisse 12 on koondatud kõik välja pakutud täiendavad taastuvelektri tootmisvõimsused. Joonisel 7 on toodud Eesti elektrienergia tootmine tabelites toodud võimsuste rajamisel varaseimaks võimalikuks valmimisajaks. Graafikul koostamisel on eeldatud, et lisaks välja pakutavatele täiendavatele võimsustele teostuvad täies mahus kõik praegu arendamise biomassi, prügi- ja hüdroenergia projektid ja 750 MW ulatuses tuuleparke. Nagu graafikult näha võib, siis erinevalt joonisel 6 kujutatud praeguste plaanide järgi loodud prognoosist tootmisvõimsuste defitsiiti enam ei esine, 2012. aastal toodetakse taastuvatest allikatest 47% tarbitavast elektrist, 2016. aastal 67% ja 2020. aastal 70%.

Nagu eelnevalt selgitatud, ei ole üle 750 MW tuuleparkide Eestisse rajamine ilma hüdroakumulatsioonivõimaluseta majanduslikult mõttekas. Joonisel 8 on ära toodud Eesti tarbimine ja tuulikute toodang ühel talvenädalal, mis illustreerib väga selgelt, kui ebastabiilne on tuulepargi toodang. Kuigi tuuleparke plaanitakse Eestisse 2020. aastaks umbes 2000 MW, pole selle balansseerimiseks Eesti võimsustega mingeid lahendusi välja pakutud.

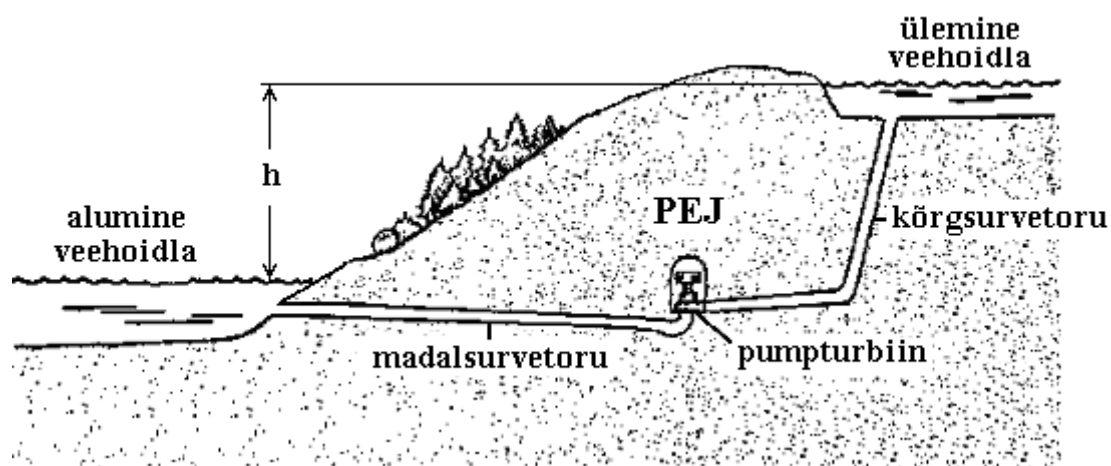
Seetõttu tuleks rajada Põhja-Eesti pangale pumpelektrijaam (PEJ) võimsusega 1200 MW. PEJ-sid on maailmas üle 300, nende võimsus kokku on 100 GW, mis annab 3% maailma elektriijaamade koguvõimsusest. PEJ rajamine maksab 20 MEEK/MW ehk 1200 MW jaama maksumus oleks 20 miljardit krooni. Jaam maksimaalse akumulēeritava elektrienergiaga 15 000 MWh ja võimsusega 1200 MW oleks võimalik rajada Ida-Virumaale, Aseri küla lähisteel. Jaama asukohta on kujutatud joonisel 11 (variant 2). Selle PEJ alumine veehoidla oleks Läänemeri. Ülemine veehoidla tuleks rajada praeguse Rannu raba asemel. Kuna raba all on tugev paepõhi, saaks kasutada ka rabasse kogunevat vett. Lisaks koosneks see PEJ veetorust mere ja veehoidla vahel, mis kulgeks läbi pumpturbiini (Vt. joonis 9).

Talvenädala tarbimine, NEJ koormus ja tuuleparkide toodang



Joonis 8 Talvenädala tarbimine ilma (vt. tarbimine) ja koos (vt. NEJ koormus) võrgukadudega ja tuuleparkide toodang Eestis (Allikas: Eesti Energia)

PEJ pumpaks tuuleparkide suure toodangumahu hetkedel elektriga töötava pumbaga vett üles hoidlasse ja tuulevaikuse ajal laseks sel alla voolata ja toodaks voolamise kineetilisest energiast elektrit. Tsükli kasutegur on ca 80 %. [28]

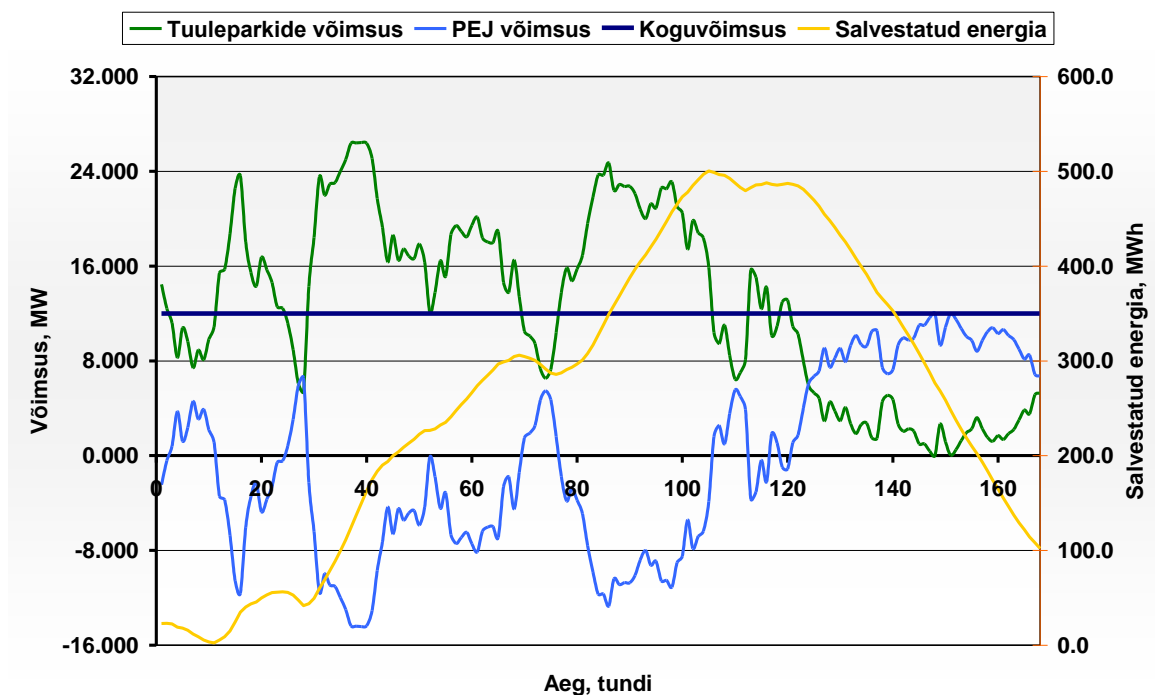


Joonis 9 Pumpelektrijaama põhimõtteskeem

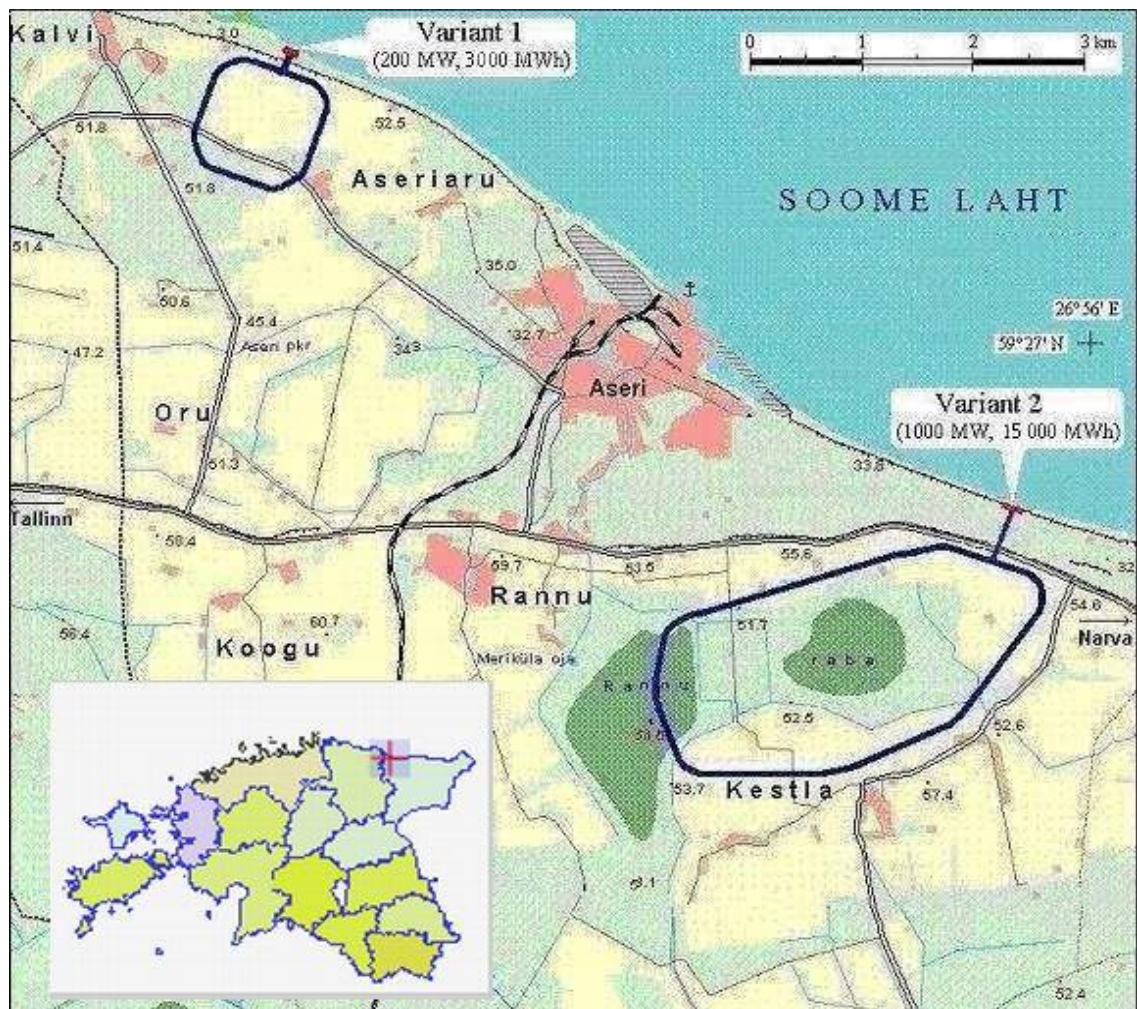
Joonisel 10 on näidatud, kuidas PEJ ja tuuleparkide koostöörežiim Eestis 2007. aasta alguses olemas olnud tuuleparkide toodangul põhinedes välja võiks näha.

Et võrrelda PEJ toodangu hinda ainsa mõeldava alternatiivi gaasiturbiini toodangu hinnaga, tuleb arvutada mõlema hinnad 2014. aastal. Omahinna arvutustest järeldub, et ka keskmise

hinnaga (aastal 2014 72 EUR/MWh) turult elektrit sisse ostes on PEJ poolt välja müüdava elektri omahind (123 EUR/MWh) 17% odavam kui gaasiturbiiniga toodetud elektri omahind (150,5 EUR/MWh, millest 19,2 EUR/MWh moodustab CO₂ kvoodi hind). Seega majanduslikult aspektist tasub PEJ-de rajamist alati eelistada gaasiturbiinide rajamisele. 1200 MW PEJ ja 2000 MW tuuleparkide koostöös on võimalik kogu aeg stabiilselt toota 600 MW võimsusega elektrit. Kui tuuleparkide toodangu omahind on 62,6 EUR/MWh, siis koostöös PEJ-ga tuleb keskmine hind ca 70 EUR/MWh (1,1 kr/kWh). Võrreldes praeguse põlevkivielektri omahinnaga Eestis on see väga kallis, kuid kui seda võrrelda põlevkivielektri omahinnaga 50 EUR/t CO₂ kvoodi hinna juures, milleks on 86 EUR/MWh, siis on tegu tuleviku energeetika koha pealt täiesti reaalse lahendusega – lahendusega, mis ühtlasi aitab Eestil vältida energiadefitsiidi tekkimist.



Joonis 10. 26 MW tuuleparkide ja 15 MW PEJ koostöörežiim (Pakri ja Rõuste tuuleparkide 2007. aasta 1. nädala toodangu põhjal)

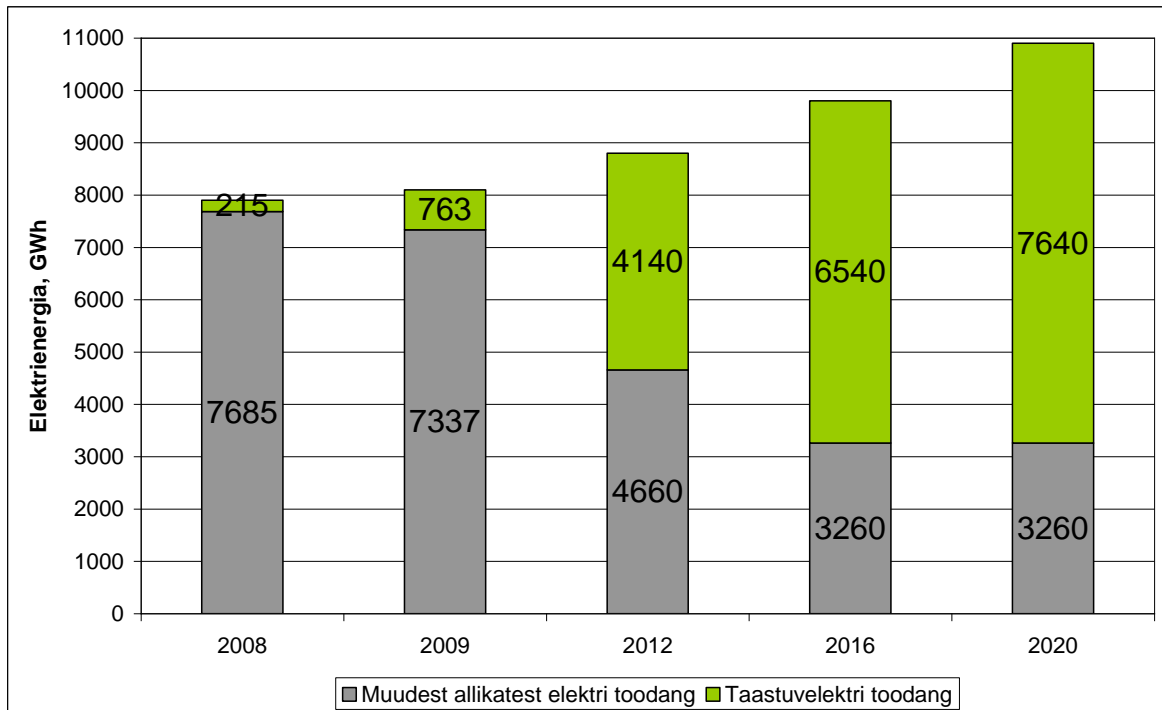


Joonis 11. PEJ võimalik asukoht [26]

Tabel 12 Täiendavad võimalikud taastuvenergia tootmisvõimsused

	Võimsus, MW	Plaanitav aastane toodang, GWh	Varaseim valmimine
Kreenholmi HEJ	30	180	2012
Sindi HEJ (Pärnu jõgi)	1,2	7,2	2012
Tori HEJ (Pärnu jõgi)	1	6	2012
Levi HEJ (Pärnu jõgi)	1	6	2012
Jändja HEJ (Pärnu jõgi)	0,2	1,2	2012
Hüdroenergia kokku	33	200	
Lääne-Tallinna CHP	80	677	2012
Paldiski põhu CHP	2	16,92	2011
Tapa põhu CHP	2	16,92	2011
Jüri põhu CHP	2	16,92	2011
Elva põhu CHP	1,5	12,69	2011
Kadrina põhu CHP	1,5	12,69	2011
Biomassi el. Kokku	89	753	
Täiendavad tuulepargid	370	999	2012
Täiendavad tuulepargid koos PEJ-ga	440	1069,2	2016
Täiendavad tuulepargid koos PEJ-ga	440	1069,2	2020
Tuuleenergia kokku	1250	3137	
KOKKU	1372	4091	

Kõigi nende võimsuste rajamine maksaks kokku ligikaudu 50 miljardit krooni, mis on võrdne ühe 1000 MW tuumajaama maksumusega Leedu uue tuumajaama teostatavasuuringu [29] põhjal arvatuna. Arvestades aga tuuleenergiale makstavaid dotatsioone ja asjaolu, et juba planeeritavate tuuleparkide koguvõimsus on vajaliku võimsusega võrdne, võib nende rajamiseks vajalikku 25 miljardit mitte arvestada, seega oleks täiendavalt vaja investeerida ligikaudu 25 miljardit Eesti krooni.



Joonis 12 Taastuvelektri osakaal prognoositavast tarbimisest kõigi arendatavate taastuvelektri projektide teostumisel koos antud töös pakutud täiendavate jaamadega

Kokkuvõte

1. Tehtud tööd (vt. Muiste, P. jt. 2007a, Rummel, L. 2008, Gavrilova, O, Vilu, R. 2008, samuti terve rida teisi töid kirjanduse nimekirjast). on näidanud, et Eestis on olemas taastuvenergia ressursid (tuul, biomass jms.), mis ületab kaugelt praeguse ning ka äranähtava tuleviku Eesti energiatarbe. Eesti energeetika arendamise üheks tähtsamaks strateegiliseks probleemiks on nende ressursside võimalikult täielik ja maksimaalne efektiivsusega (NB! koostootmine) kasutuselevõtmine. Siiani ja ka praegu koostatavad energia- ja elektrimajanduse arengukavad on koostatud põlevkivikesksetena ja nad ei arvesta täielikult vajadusega kiiresti kasutusele võtta Eesti suured taastuvenergia ressursid (eelkõige tuule ja biomassi ressurss), avada Eesti elektriturgu aastal 2013, lahutada Eesti elektrivõrgud Venemaa Loodeosa elektrivõrkudest ning ühendada nad Nordel'i ja UTCE võrkudega, samuti turu avanemisega kaasnevate asjaoludega. Energia- ja elektrimajanduse arengukavade koostamisel on vajalik läbi töötada n.ö. jõulised rohelised arengustsenaariumid (vt. Nõlvak, R. 2006, Rummel, L. 2008) ning võrrelda neid koostatavate põlevkivikesksete stsenaariumidega. N.ö. jõuliselt rohelised arengustsenaariumid koos elektrivõrkude moderniseerimise ja vastava seadusandluse loomisega peaks olema praktiliselt ainukeseks garantiiks, et Eesti tuleb proaktiivselt toime KHG vähendamise ülesannetega.
2. Taastuvenergia, eriti tuuleenergia laialdase kasutuselevõtu piduriks on kujunenud olemasoleva elektrivõrgu tehniline võimetus vastu võtta ja stabiliseerida värelevat tuuleelektrit, samuti suure hulga väiketootjate elektrit. Olemasolevad elektrivõrgud ei ole valmis toimima hajaenergeetika tugivõrguna. Eesti elektrivõrgud on lahutamatu seotud Loode-Venemaa elektrivõrguga, nad ei ole võimelised töötama sünkroonrežiimis ei Skandinaaviamaade elektrivõrguga Nordel, ega Kesk-Euroopa elektrivõrguga UCTE. Nimetatud asjaolu vähendab oluliselt Eesti tarbijate energiajulgeolekut ja varustuskindlust, samuti elektrivõrkude reguleerimisvõimet – takistab näiteks praegu rohkem kui 750 MW summaarse võimsusega tuulegeneraatorite lülitamist põhivõrku (<http://www.pohivork.ee/index.php?id=539>). Kirjeldatud olukorra lahendamiseks tuleks võimalikult kiiresti käivitada lisäühenduste rajamine Eesti (Balti) elektrivõrkude ja Nordeli ning UCTE vahel (vt. joonis ja [The executive summary... 2008](#)). Moderniseerimist vajavad ka Eestisesed elektrivõrgud. Riigisiseste elektrivõrkude renoveerimise kavasid on koostatud siinemaani eeldusel, et säilivad tsentraliseeritud (põlevkivi)elektrijaamad Narvas (vt. [Tammoja, H. Jt. 2004b](#)). Lähtudes tuuleenergia ja teiste taastuvate ressursside kasutuselevõtu vajadusest tuleks välja töötada uued elektrivõrkude moderniseerimise plaanid, mis võimaldaksid lahendada nii suure hulga tuulegeneraatorite ühendamise probleeme, mida viimasel ajal on päris palju ka uuritud (vt. [Liik, O. Jt., 2003](#), [Agabus, H., Palu, I. 2007](#), [Leppiman, A. 2002](#), [Tšernobrovkin, O., 2003](#), [Rummel, L. 2008](#) jt) kui ka suure hulga väiketootjate ühendamise. Ütlematagi on selge, et elektrivõrkude moderniseerimine peaks muutma Eesti elektrivõrgud nn. nutikateks elektrivõrkudeks. Eesti elektrivõrkude moderniseerimine ülalkirjeldatud põhimõtetele vastavaks on üks kõige tähtsamatest KHG vähendamise ja tuuleressursi efektiivse kasutamise abinõusid.
3. 2007.a. võeti Vabariigi Valitsuse poolt vastu „Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007-2013“ ([Biomassi..., 2007](#)). Selle arengukava raames on korraldatud rida väärtuslikke uuringuid. Et tagada biomassi ja bioenergia pikaajaline ja efektiivne edendamine, on vajalik vastu võtta Bioenergia seadus. Analoogse seaduse võttis 2007.a. vastu USA kongress ([Energy Independence and security Act of 2007, 2007](#)). Teiseks eeskujuks väärivaks seaduseks, millest tuleks õppida on Inglismaa kliimamuutuste seadus ([Climate Change Bill, 2008](#)). Viimase seadus raames luuakse Inglismaale Kliimamuutuste Komitee, kes hakkab koostama ja jälgima süsinikubilansi koostamist ja täitmist. Süsinikubilansi koostamine ja selle seisu jälgimine on väga tähtsad, kui tahta efektiivselt ja kiiresti lahendada biomassi tootmise ja maakasutuse optimeerimise küsimusi „telgedel“ toit vs. energeetika ja energeetika vs. süsiniku sekvestreerimine. Viimatikirjeldatud probleemide lahendamine on väga tähtis KHG vähendamise strateegiliste küsimuste lahendamisel.



Joonis 13. Balti energiasüsteemi (BALTISO) planeeritavad ühendused UCTE ja Nordel'iga ([The executive summary on ... 2008](#))

4. Tänu taastuvelektri hinna tõstmisele 115 senti/KWh on alustatud kolme suure koostootmisjaama ehitamist (Väo, Ahtme(?), Tartu). Kehtestatud hind on käivitanud ka tuuleparkide ehitamise.

Samas ei ole selle hinnaga võimalik ehitada isetasuvaid biogaasijaamu. Biogaasijaamade ja eriti väikeste mikroturbiinide kasutuselevõtuga on probleeme. KKM võiks valitsusele teha ettepaneku biogaasijaamades (ja väikestes koostootmisjaamades?) toodetud elektri hinna ülevaatamiseks. Meie poolt tehtud arvutused näitavad, et biogaasist elektri tootmine tasuks end ära hinnatasemel umbkaudu 230 senti/KWh. Nimetatud abinõude väljatöötamisel tuleks kindlasti arvestada tööga ([Bioenergia tururegulatsioonid Eestis, 2008](#))

5. „Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007-2013“ ([Biomassi., 2007](#)) elluviimine on peatunud. Tähtis oleks arengukava „ellu äratada“ ning laiendada seda seadusandlike algatuste ja tehnoloogiate arendamisega. Eriti tähtis oleks GIS-tehnoloogiapõhiste ressursiuuringute läbiviimine ja vastavate arengukavade koostamine maakondade ja valdade tasemel analoogselt töödele ([Muiste, P. jt. 2007a](#), [Muiste, P. jt. 2007b](#), [Planning regional bioenergy..., 2007](#), [Renewable Energy Resources..., 2007](#)), kus on koostatud bioenergia kasutuselevõtu kava Põlva maakonnale. Jätkata tuleks ka tehnoloogiauuranguid, mida saaks kasutada biomassi ja bioenergia optimaalsete tootmis- ja kasustehnoloogiate väljatöötamisel ja rakendamisel regionoides ([Noormets, M. jt. 2007](#), [Päideroo,., 2007](#), [Tullus, H. Jt., 2007](#), [Võsa, T. jt. 2007](#), [Vares, V., 2007](#)). Regionaalsete arenguplaanide koostamisel, samuti nagu tuuleparkide rajamisel tuleb kindlasti kinni pidada keskkonnamõju hindamise põhimõtetest (vt. [Lahtvee, T. 2005](#), [Õunapuu, J., 2006](#)).

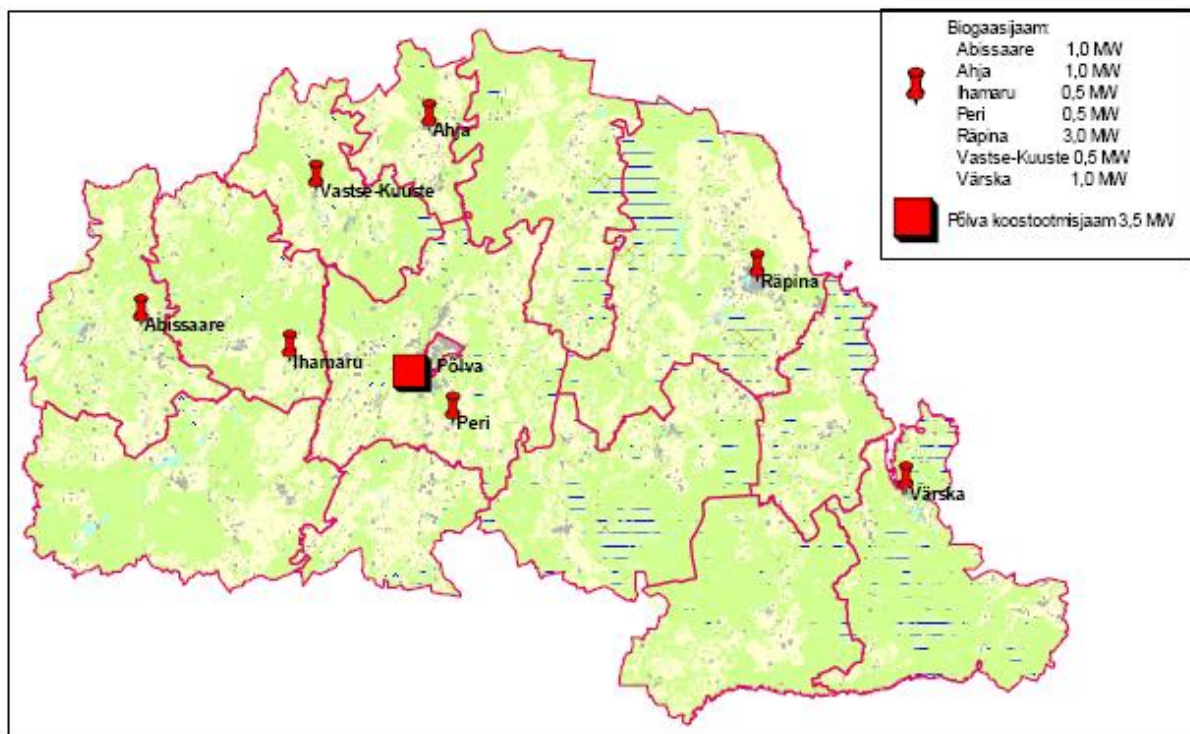


Figure 1. Location of co-generation plants in Põlva county according to the scenarios

Kasutatud kirjandus

- Agabus, H., Palu, I. 2007, Wind Energy Integration Impact on Power Quality in Estonia, http://www.ewec2007proceedings.info/allfiles2/299_Ewec2007fullpaper.pdf
- Bioenergia tururegulatsioonid Eestis, 2008, Ernst&Young, http://www.bioenergybaltic.eu/bw_client_files/bioenergybaltic/public/img/File/EYMESRaport_Koondraport.pdf
- Biogasanlage Torma, 2008, Planungsbüro Rossow
- Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007-2013, Eelnõu, 2007, <http://www.valitsus.ee/failid/Biomass.pdf>
- COM(2006) 846 final. Communication from the commission to the Council and the European Parliament. Priority Interconnection Plan. Brussels, 10.1.2007 // <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0846:FIN:EN:PDF>.
- Climate Change Bill, UK, 2008, <http://services.parliament.uk/bills/2007-08/climatechange.html>
- CRF Reporteri tarkvara
- Decision No 1364/2006/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 laying down guidelines for trans-European energy networks and repealing Decision 96/391/EC and Decision No 1229/2003/EC // <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:262:0001:0023:EN:PDF>.
- Eesti elektrimajanduse arengukava 2005–2015. 2004 Kinnitatud Vabariigi Valitsuse 3. jaanuari 2006. a korraldusega nr 5, <http://www.riigiteataja.ee/ert/get-attachment.jsp?id=984718>.
- Eesti elektrimajanduse arengukava 2008–2018. Tööversioon (6) Juuni 2008. Majandus- ja kommunikatsiooni ministeerium, http://www.mkm.ee/failid/ELAK_t_ versioon_06.08.pdf.
- Elektriturseadus, <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12894671>
- Electricity transmission across Europe in 2004, <http://www.berr.gov.uk/files/file45407.pdf>.
- Elektrienergia tootmine taastuvatest energiaallikatest 2005—2007 Eesti, <http://www.mkm.ee/index.php?id=8098>
- ELi statistikabüroo kodulehekül // <http://epp.eurostat.cec.eu.int/>
- Elektriturseadus, <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12894671>

- Elektrienergia keskonnajuhumise k siraamat, 2004, Eesti Tuuleenergia Assotsiatsioon, <http://www.tuuleenergia.ee/?path=0x136x104&newlanguage=est>
- Emission trading: Commission adopts decision on Estonia's national allocation plan for 2008–2012. 2007 // <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/07/613&format=HTML&aged=0%3Cuage=EN&guiLanguage=en>.
- Energiabilanss 1994. Statistikaamet, 1995. Tallinn.
- Energiabilanss 1995. Statistikaamet, 1996. Tallinn.
- Energiabilanss 1996. Statistikaamet, 1997. Tallinn.
- Energiabilanss 1997. Statistikaamet, 1998. Tallinn.
- Energiabilanss 1998. Statistikaamet, 1999. Tallinn.
- Energiabilanss 1999. Statistikaamet, 2000. Tallinn.
- Energiabilanss 2000. Statistikaamet, 2001. Tallinn.
- Energiabilanss 2001. Statistikaamet, 2002. Tallinn.
- Energiabilanss 2002. Statistikaamet, 2003. Tallinn.
- Energiabilanss 2003. Statistikaamet, 2004. Tallinn.
- Energiabilanss 2004. Statistikaamet, 2005. Tallinn.
- Energiabilanss 2005. Statistikaamet, 2006. Tallinn.
- Energiabilanss 2006. Statistikaamet, 2007. Tallinn.
- Energiamaajanduse riiklik arengukava aastani 2020, t ooversioon (7), september 2008, http://www.mkm.ee/failid/ENMAK_t_ versioon_september_2008.pdf
- Energias astu portaal, <http://kokkuhoid.energia.ee>
- Energy Independence and Security Act of 2007, 2007, US Congress, <http://thomas.loc.gov/cgi-bin/bdquery/z?d110:h.r.00006>:
- European Climate Exchange kodulehek lg <http://www.europeanclimateexchange.com>.
- Gas and electricity market...2007. Eurostat Statistical yearbook, http://www.energy.eu/publications/KSGB07001ENC_002.pdf.
- Gavrilova, O, Vilu, R. 2008, Taastuvenergeetilise ressursi (eelk oige tuuleenergia) kasutamise prioriteetsed suunad, TT 
- GIS-Based Methods for Biomass Modeling at Regional Level in the Baltic Countries, May 18-19, 2006, Conference Proceedings, http://www.balticbiomass.com/content/index_1.cfm?id_bereich=23&lang_neu=2&CFID=2859798&CFTOKEN=25681906

- Green Paper A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy 2006 {SEC(2006)317} Brussels, 8.3.2006 COM(2006) 105 final
- Hääl K., Laur T., Sasi L., Vares V. 2000. Eluaseme säästlik hooldamine. Majandusministeeriumi tellimus.
http://www.mkm.ee/failid/eluaseme_energiasaastlik_hooldamine_2006.pdf.
- Ilves H., 2008 Arendajad plaanivad Eestisse sadu tuulikud. Eesti Päevaleht, 13 juuni 2008.
- Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskuse kodulehekül, www.keskkonnainfo.ee.
- Key world energy statistics 2005. The International Energy Agency,
<http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2005/key2005.pdf>.
- Kilk K., 2008. Tootmine ja reservid Eestis ning naabritel. Energiafoorumi ettekanne 9. märtsil 2008.a, http://www.mkm.ee/failid/MKM_II_foorum_Kalle_Kilk.pdf.
- Kiviselg, R. 2003, Tuuleenergeetika, selle arengut mõjutavad tegurid ja perspektiiv Eestis, TÜ bakalareusetöö, <http://www.tuuleenergia.ee/?path=0x136x104&newlanguage=est>
- Kliimamuutused 2007: koondaruanne. Kokkuvõtte poliitikakujundajatele. Valitsustevaheline kliimamuutuste nõukogu Neljas hindamisaruanne.
- Kull, A. 1996, Eesti Tuuleatlas, TÜ magistratöö
- Lahtvee, T. 2005, Taastuvatest allikatest elektritootmise keskkonnamõju ja selle hindamine, TLÜ bakalaureusetöö,
<http://www.tuuleenergia.ee/?path=0x136x104&newlanguage=est>
- Latvenergo kodulehekül, <http://www.latvenergo.lv>
- Leppiman, A. 2002, Tuulegeneraatorite elektri sobivusest Eesti elektrisüsteemi, TTÜ, bakalaureusetöö, <http://www.tuuleenergia.ee/uploads/File/loputoo010502.pdf>
- Liik O. Jt. 2003. Taastuvate energiaallikate osakaalu tõstmise võimalused elektri tootmisel Eestis, Lepingu nr. 297L aruanne, TTÜ Elektroenergeetika instituut,
<http://www.mkm.ee/index.php?id=8098>
- Muiste P., Astover A., Padari A., Roostalu H., Kukk L., Suuster E., Ostroukhova A., Melts I. 2007a. Eestis olemasoleva, praeguse või juba kavandatud tootmise-tarbimise juures tekkiva biomassi ressursi hindamine MES uuringu Lõpparuanne. Tartu // <http://www.bioenergybaltic.ee/?id=1301>
- Muiste P., Astover A., Padari A., Roostalu H., Kukk L., Suuster E., Ostroukhova A., Melts I. 2007b. Maaressurss. MES uuringu Lõpparuanne. Tartu // www.bioenergybaltic.ee/?id=1301

- Noormets, M. jt. Rohtsete energiakultuuride uuringud, 2007, EMÜ, http://www.bioenergybaltic.ee/bw_client_files/bioenergybaltic/public/img/File/Mes_rohtsete_energiakultuuride_uuring.pdf
- Nõlvak, R. 2006, Rohelise Eesti energiakava, http://vana.elfond.ee/alaleht.php?id_kategooria=976&keel=eesti
- Nordic Grid Master Plan 2008. Organisation for the Nordic Transmission System Operators http://www.svk.se/upload/4788/2008-00096-01-E_rapport.pdf
- ODYSSEE indicators. Energy efficiency indicators in Europe, <http://www.odyssee-indicators.org>.
- Oidram, R. 2008, Kümme korda mõõda..., Keskkonnatehnika 5/08, lk. 38-41
- Package of Implementation measures for the EU's objectives on climate change and renewable energy for 2020 Brussels, 23 January 2008 SEC(2008) 85/3 Commission staff working document // http://ec.europa.eu/energy/climate_actions/doc/2008_res_ia_en.pdf.
- Paist, A., Kask, Ü., Kask, L., Sihtmäe, M. Eesti biokütuste energeetilise ressursi hinnang. Konv. TEUK IV kogum. (ISBN 9985-9483-2-7). Tartu, 2003, lk 34-44
- Planning regional bioenergy resource use, Interreg IIB Project Handbook Baltic Biomass Network (2005-2007), 2007, http://www.balticbiomass.com/content/index_1.cfm?id_bereich=23&lang_neu=2&CFID=2859798&CFTOKEN=25681906
- Point Carboni kodulehekülg // www.pointcarbon.com.
- Päideroo, teraviljade ja kanepi kasutusvõimalused energiakultuurina Eestis; 2007, Jõgeva Sordiareti instituut, <http://www.bioenergybaltic.eu/?id=1305>
- Renewable Energy Resources of Põlva County and Possibilities for Using These, 2007, TUT, Thermal Engineering Department, <http://www.balticbiomass.com/daten/downloads/Poelva%20Coutny%20Renewable%20Energy%20Plan.doc>
- Rummel L. 2008. Taastuvatest allikatest elektri tootmise võimalused Eestis, TTÜ Soojustehnika instituut, bakalaureusetöö, http://www.tuuleenergia.ee/uploads/File/Taastuvatest_allikatest_elektri%20tootmise_vimalused_Eestis_bak_too_Leo_Rummel.pdf
- SEK(2007)7, SEK (2007) 8. Ülemaailmse kliimamuutuse piiramine 2 Celsiuse kraadiga. Edasine tegevuskäik aastaks 2020 ja järgnevatiks aastateks. Komisjoni teatis Nõukogule,

Euroopa Parlamendile, Euroopa Majandus- ja Sotsiaalkomiteele ning Regioonide Komiteele. Brüssel, 10.01.2007. KOM(2007) 2 (lõplik).

- Siirde, A. 2007. Tõhusa elektri ja soojuse koostootmise potentsiaal Eestis. TTÜ Soojustehnika instituut. Tallinn. <http://www.mkm.ee/index.php?id=8098>
- Siirde, A. jt. 2005. Tõhusa koostootmise viiteväärtused ja tõhusa koostootmise potentsiaal Eestis, TTÜ Soojustehnika instituut, <http://www.mkm.ee/index.php?id=8098>
- Soosaar S., Vares V., Laur A., Tenno K. 2007. Eesti energeetika arengujooni – 2005. Soojusetehnika instituut, Majandusuuringute teaduskeskus. Tallinn, <http://www.mkm.ee/doc.php?321277>
- Taastuvatest energiaallikatest toodetud elektrienergia kasutamise edendamine, Eesti 2005, MKM, <http://www.mkm.ee/index.php?id=8098>
- Taastuvenergiaallikate majanduslikult põhjendatud rakendamine energia tootmiseks, 2001, Taastuvenergeetika nõukogu, <http://www.eby.ee/TENettekanne.pdf>
- Tammoja, H., Liik, O., Valtin, J., Tiigimägi, E., Keel, M. 2004b. Elektrienergia tootmis- ja edastusvõimsuse vajadus ning arendusstsenaariumid Eesti elektrisüsteemis aastatel 2005-2015. Aruanne. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. Tallinn Tehnikaülikool. Tallinn. <http://www.mkm.ee/index.php?id=8098>
- Tammoja, H., Raesar, P., Valtin, J., Tiigimägi, E. 2004a. Eesti elektritarbimine aastatel 2005–2015 Aruanne. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. Tallinn Tehnikaülikool. Tallinn. <http://www.mkm.ee/index.php?id=8098>
- The executive summary on pre-feasibility steady-state load flow study on synchronous operation of Baltic power systems with UCTE, <http://www.le.lt/repository/UCTE%20projektoi/2008%2003%2020%20PreFeasibility%20SSLF%20EX%20Summary.pdf>
- The UNDP/GEF Baltic Wind Atlas, 2003, Risø National Laboratory, <http://www.risoe.dk/rispubl/VEA/veapdf/ris-r-1402.pdf>
- Trans-European energy networks Policy and actions of the European Community. 2007 // <http://ec.europa.eu/energy/library/ten.pdf>.
- Tšernobrovkin, O. 2003, Elektrienergia saarte jaotusvõrkudes ühendamise võimaluste analüüs, TTÜ lõputöö, <http://www.tuuleenergia.ee/?path=0x136x104&newlanguage=est>
- Tullus, H. Jt. Puittaimede kasutusvõimalused energiakultuurina Eestis, 2007, EMÜ, <http://www.bioenergybaltic.eu/?id=1305>

- Vares, V. 2007. Biomassi tehnoloogiauringud ja tehnoloogiate rakendamine Eestis. Soojustehnika instituut. Tallinn.
http://www.bioenergybaltic.ee/bw_client_files/bioenergybaltic/public/img/File/Lep7028VVFinalB.pdf
- Võsa, T. jt. Galeega ja lutsern energiakultuuridena Eestis nii kuiva massina otsepõletamiseks kui toore massina edasiseks ümbertöötamiseks, 2007,
http://www.bioenergybaltic.ee/bw_client_files/bioenergybaltic/public/img/File/LutsernJaGaleegaEnergiaks.pdf
- Õunapuu, J. 2006, Tuuleenergeetika hetkeolukord, arenguvõimalused ning kolme huvipoolse suhtumine tuuleenergia tootmisesse Eestis, TLÜ bakalaureusetöö,
<http://www.tuuleenergia.ee/?path=0x136x104&newlanguage=est>
- Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni Kliimamuutuste Raamkonventsiooni Kyoto Protokoll Vastu võetud 11. detsembril 1997. a Kyotos,
<http://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=760682>.
- Ülevaade Eesti biokütuste turust 2006. aastal. 2007. Eesti Konjunkturiinstituut. Tallinn.
<http://www.bioenergybaltic.ee/?id=1607>.