

TAASTUUVENERGIA KÄSIRAAMAT



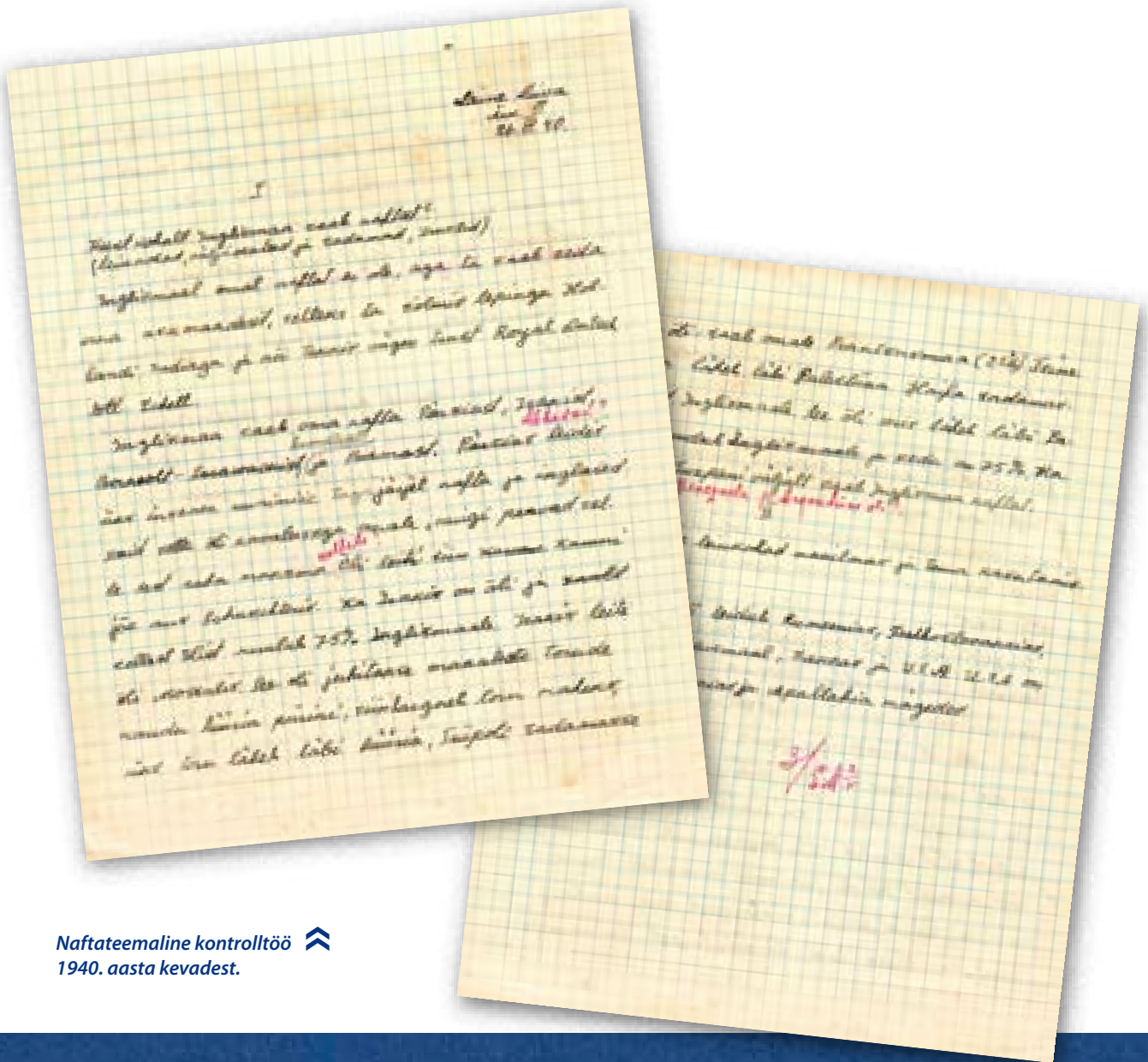


TAASTUENERGIA KÄSIRAAMAT



ELF

2007



Naftateemaline kontrolltöö 
1940. aasta kevadest.

Allikad:

Põhiallikana kasutatud
Norra energiakonsultatsiooni firma
Kanenergi materjale
Kanenergi.no.

Täiendavad allikad internetis:

CAT.co.uk, Greenpeace.org, Panda.org,
BBC.co.uk, Peakoil.net,
Eesti Tuuleenergia Assotsiatsioon -
www.tuuleenergia.ee,
Taani Tuuleenergia Assotsiatsioon -
www.windenergy.org,
WindForce 12 / EWEA ja Greenpeace -
www.evea.org, www.greenpeace.org,
Solar Generation 2006 /
Maailma Päikeseenergia Assotsiatsioon (EPIA)
ja Greenpeace - www.epia.org,
greenpeace.org,

Decentralising Power/Greenpeace -
greenpeace.org.uk

Kasutatud artiklid:

Rohelise Eesti Energiakava, Rainer Nõlvak /
Eesti Ekspress 9.03.2006
Põlevkivi kaevandamine – kas ja miks
ning kelle huvides?,
Raivo Vilu / Eesti Päevaleht 30.10.2006
Energialoojangu aegu, Toomas Trapido /
Eesti Päevaleht 02.08.2005

**Energiaalaste mõistete seletuseks
soovitame kasutada:**

energiasaast.ee, energia.ee

Koostanud: Urmo Lehtveer


Toimetanud: Toomas Trapido

Fotod: Urmo Lehtveer, ELF

Joonised: Triinu Borga, Urmo Lehtveer

Väljaandja: Eestimaa Looduse Fond ELF /
www.elfond.ee / © 2007

Väljaandmist toetas:

 Keskonnainvesteeringute
Keskus /
KIK.ee

Teised toetajad: Triip.ee, Futuren.ee

Kujundus ja trükk: Triip

Materjal on mõeldud
tasuta levitamiseks Eesti koolides /
lisainfo: elf@elfond.ee

ISBN-13: 978-9949-15-004-5
ISBN-10: 9949-15-004-3

MIS TULEB PÄRAST NAFTAT?

Ühes Tartu antikvariaadist ostetud vana "Kooli-Atlase" vahelt pudenes välja naftateemaline konsept aastatest 1939-1940. Järgnevalt lühike lõik sellest:

Inimene oma lihaste jõuga suudab tunnis ainult 1/20 hobuse jõust anda, seega tööstusmaist nagu Saksamaa, Prantsusmaa, USA ja Inglismaa iga kodaniku kohta tuleb 10-20 tumma abilist. Raudsed inglid päästsid 18 sajandi lõpul Cornwalli kaevandused uputustest ja vaatamata tööpuuduse ja sotsiaalsete hädade esile kutsumisele jäävad ka meile masinad raudseteks ingliteks. Transport, toiduainete konserveerimine, villa, siidi ja puuvilla ümbertötamine, sünteetiliste toorainete tootmine oleks masinate puudumisel teostamata.

Kuid masinad vajavad energiat. Energiaallikaid on rohkesti, tähtsamad neist nafta, kivisüsi ja veejõud. Õli on kergem energiaks muuta kui kivisüsi. Auto muutudes massiartikliks, samuti diiselmootori rakendamise tööstuses, põllumajanduses jne suurendas nõudmist õli järgi. 1913 aastal

toodeti 90 ja 1/2% energiat kivisöest, 1934 a. 70%, seega 20 aasta jooksul suurenes õli osa energiatootmises 5%-ilt 24%-le. Õliküttega laev vajab punkerdamiseks ainult 1/120 osa ajast, mida ta vajaks kivisöega varustamisel. Ühtlasi suurenes ka tema tegevusraadius, ta võib 8 korda pikema tee ära sõita võrreldes kivisöega köetava aurulaevaga. Seega ikka rohkem sõja- ja kaubalaevu viiakse üle õliküttele. Näiteks 1914 a. oli see 46%, samal ajal tõusis autode arv 2 miljonilt 33 miljonini.

Tilk õli on samaväärne tilgale verele, telegrafeeris 1918 Clemenceau Washingtoni, et Standard Õli direktoreid mõjustada ja kiirustada õlitranspordet saatma liitlastele. Nimetatud jõuallika võitmiseks ja omandamiseks võitlevad majandustuusad, vaidlevad poliitika mehed, kogunevad rahvahulgad. Kes aga omab maa, kus too jõuallikas asub ja vedel kuld välja voolab, sellel on eeldusi saada võimsamaks.../ 9/10 nafta maailmatoodangust langeb viiele tähtsamale riigile, 1934 a. andmed: USA 61,8%, Venemaa 11,2%, Venezuela 9,5% Rumeenia 4%, Iraan 4%.

Asetades eelneva teksti tänasesse päeva võiks küsida:

Kas pole huvitav, et nimetatud viiest riigist neli on täna 70 aastat hiljem, kui naftavarud on jõudmas otsakorrale, väga häälekalt ehk isegi sõjakalt nähtaval maailma poliitikas?

Kas naftajärgsel ajastul võiks tuumaenergia saada naftale sarnaste pingete allikaks - "kes aga omab maa, kust too jõuallikas asub ja radioaktiivne kuld välja tuleb, sellel on eeldusi saada võimsaks. Nimetatud jõuallika võitmiseks ja omandamiseks võitlevad majandustuusad, vaidlevad poliitika mehed, kogunevad rahvahulgad...?"

Või oleks juba aeg keerata uus lehekülj ja tegutseda sellise tehnoloogia ja maailma nimel, kus kasutatakse kõigile tasuta kättesaadavat ja meie ühiskodu planeeti Maa hoidvat tuule-, päikese-, bio, laine- jne energiat ning kus looduslikku energiat kasutava moodsa "raudse inglil" võib soetada enesele iga pere või firma?

Mõelgem selle üle!

SISUKORD

LK 6-9	ROHELISE EESTI ENERGIAKAVA
LK 10-11	EESTI RAISKAB ENERGIAT JA ELAB VÕLGU, KLIIMAMAUUTUS, KASVUHOONEGAASID, ÖKOLOOGILINE JALAJÄLG
LK 12-13	ENERGIALOOJANGU AEGU
LK 14-15	FAKTE TAASTUENERGIAST
LK 16-17	PASSIIVNE PÄIKESEKÜTE
LK 18-19	AKTIIVNE PÄIKESEKÜTE
LK 20-21	PÄIKESEPATAREID
LK 22-23	BIOENERGIA
LK 24-25	TUULEENERGIA
LK 26-27	MUUD ENERGI SAAMISE VÕIMALUSED

ROHELISE EESTI ENERGIAKAVA 2020

RAINER NÕLVAK
EESTIMA LOODUSE FONDI NÕUKOGU LIIGE

Aastalõpul kinnitati Elektrimajanduse arengukava 2015. aastani ehk Eesti Energia tegevusplaan järgmiseks kümneks aastaks. Plaanist lähtuvalt vahetatakse uuemate vastu Narva põlevkivikatlad, hakatakse kasutama rohkem Vene gaasi ning püütakse EL nõuete järgi tõsta taastuvenergia tootmist viie protsendini elektritarbimisest.

Kümme aastat - sama kaua võttis Lenini aega kogu Venemaa elektrifitseerimine GOELRO plaani järgi 1920ndatel aastatel paljasjalgsel tööliisklassi poolt. Selle ajaga ehitati 30 elektrijaama ja veeti tuhandeid kilomeetreid kaableid. Tundub uskumatu, et plaanime sama pika aja jooksul, sada aastat hiljem, mõned kivipõletamise katlad uute vastu vahetada. Mis on saanud Tiigrihüppe-Eestist?

Allpool leiata nägemuse, mis võimaldab Eesti elektritootmise üle viia kivipõletamiselt keskkonناسõbralikule taastuvenergeetikale, sulgeda Narva kivipõletamise elektrijaamad ning muuta Eesti energeetiliselt sõltumatuks. Minevikku jääks ligi 80% Eesti õhusaastet ja 95% veereostust tekitav elektritootmine ning kaoksid tuhamäed. Looksi eeldused ka transpordisüsteemi naftasaadustelt taastuvenergiaks üleviimiseks. Kui alltoodu visandamiseks kulunud magamata ööd vähemasti kaasa mõtlema ja lahendusi leidma kutsuvad, pole vaev kulunud asjata - head lugemist.

Rohelise Energiakava eesmärgid

Energiakava eesmärkideks on:

- » Eesti energeetiline sõltumatus
- » elektri hinna stabiilsus
- » taastuvate energiaallikate kasutuselevõtmine
- » vaba elektrituruloomine
- » keskkonda säästva energiamajanduse loomine.

Eesti energiaressursid

Millised on variandid meie 27 000 GWh-se aastase energiavajaduse katmiseks aastal 2020?

- » Hüdroenergiat on meil vähe, ilma Narva jõeta on energiavaru 300 GWh.
- » Päikeseenergia kasutamine on lähiaastatel veel kallis, kuid päikesepaneelide arengus on oodata läbimurret infrapunakiirgust ehk pilvise ilma päikeseenergiat elektriks muundava tehnoloogia turuletuleku osas,

suurendades sel moel päikeseelektri tootmise kasutegurit praeguselt 15%lt enam kui 30%ni. Tänapäevase tehnoloogiataseme juures on Eesti tingimustes ühe hektari päikesepaneelide tootlus 1.6 GWh energiat aastas.

» Biokütuseid kasutatakse valdavalt soojatootmiseks ning nende lisaroll saaks tulevikus olla talvise energiatarbimise tipu katmine.

» Tuuleenergia võimsusvaru Eesti maismaal on 15 000 MW, selle kasutusele võtmisel tekiks elektrienergiat ligi 30 000 GWh aastas. Eesti avamere tuulevaru on hinnanguliselt üle 30 000 GWh. Lisaks sellele on Eestil Peipsi - Euroopa suurusel neljas, tuuline ja madala põhjaga järv.

Peipsi ja Angeli avamere tuulepargid

Eesti-Vene "kontrolljoone" lähedusse, mis kulgeb Peipsit mööda 124 kilomeetrit, saab püstitada tuuleturbiine rohkem kui poole tänase Eesti elektrivajaduse katmiseks. Hinnanguliselt saaks Peipsi põhjaosas paikneva 90km² suuruse tuulepargi aastane elektritoodang olla üle 3000 GWh. Peipsi järve ümber on ka head ühendusvõimalused põhivõrku ning Läti ja Vene suunale. Läänemaal, Osmussaare ja Tahkuna neem vahelisel Angeli madalal, on võimalik kaldast 10 km kaugusele hinnanguliselt 300km² suuruse avamere-tuulepargi rajamine, mille aastane energiatootang oleks 15 000 GWh. Kauguse tõttu kaldast tõuseb märgatavalt tuuleparkide tootlus ning väheneb mõju elukeskkonnale. Tuuleparkide suurim keskkonnamõju on turbiinide püstitusajal, mil tuleb eelkõige Peipsil arvestada kalakoelmute säilimise ning ehitusaegse hõljumi kontrolli alla saamiseks tehtavate lisakuludega. Tänapäevaste tuuleturbiinide aeglaselt pöörlevad tiivikud lindudele ja nahkhiirtele märkimisväärset ohtu ei kujuta. Spetsialistide hinnangul võivad merre ehitatavad rajatised luua uusi elupaiku vee-elustikule. Sotsiaalsfääris aitaks tuuleenergia-, põlevkivigaasi- ja metaanoolitootmine ning tuuleturbiinide tööstus Ida-Virumaal asendada põlevkivienergeetikast kaduvaid töökohti, samuti peaksid nii Läänemaa kui Ida-Virumaa saama endale osa energia tootmisega tekkivast tulust.

Avamere tuuleenergia kasutuselevõtuga saaksime katta Eesti elektrivajaduse ning koos teiste taastuvate energiaalli-

katega ka soojatootmise ja autotranspordi energiatarbe ning seeläbi luua eeldused kütuseimpordist loobumiseks.

Tuulest elektri tootmine

Tuuleturbiinide püstitamine kogub hoogu, eelmisel aastal kasvas nende müük maailmas 25%. Täna toodab üksainus 120m kõrgune tuuleturbiin kuni 5MW võimsust, poole rohkem kui kolm aastat tagasi. Kümne aasta jooksul kasvab ühest tuuleturbiinist saadav võimsus 10MW-ni - kujutage ette Oleviste kiriku kõrgust tuuleturbiini, millel on Viru hotelli mõõtu tiivikulabad. Tiiviku pöörlemissageduse langemisega on kadunud müraprobleemid. Kogu Eesti keskmise päevase elektrivajaduse saaks katta 300 kaasaegse, täiskoormusel töötava tuuleturbiiniga. Mis saab tuulevaikuse korral? Üllatav, aga 120m kõrgusel on tuulevaikust harva - tuuleteadlase Ain Kulli järgi on tuul Läänemeres ja Peipsil üheaegselt nõrk 28 päeva aastas. Energiasüsteemi töökindluse vähese tuulega aegadel tagavad neli järgnevat puhverdusmehhanismi.

Tuuleelektri kõikumiste silumine

Esmalt, eurodirektiivide järgi tuleb kivipõletamine Narva elektrijaamades praegusel kujul lõpetada aastaks 2016. Selle asemel, et 15 miljardi krooni eest Narva elektrijaamadesse uued kivipõletuskatlad osta, tuleks alustada Narvas põlevkivi gaasistamisega ja vanad katlad järk-järgult tööst kõrvaldada. Miks osta miljardite eest uued kivipõletamiskatlad, kui neid amortiseeritakse kauem kui põlevkivi jätkub? Põlevkivist gaasi tootmisega vaid taastuvenergia kõikumiste silumise tarbeks väheneks põlevkivi kulu mitmekordselt ning gaasistamisel tekkiv soojus leiaks kasutust Narva linna vajaduste katteks.

Juba eelmise Eesti Vabariigi aegadel toodeti põlevkivigaasi, kuid peale nõukogude võimu kehtestamist võeti kasutusele "vennasvabariikide" odav ja energiarikam maagaas. Viimaste aastakümnetega on gaasistamistehnoloogia aga kiirelt arenenud ja selle abiga saab lisaks põlevkivile nii puitu kui ka muid biojätmeid gaasistada, saastades õhku (koos hilisema gaasi põletamisega) oluliselt vähem kui parimad põlevkivikatlad. Suuri, rohkem kui 100 MW võimsusega gaasistamistehaseid on maailmas praeguseks ligi 400.

Gaasi transport on odav, sellele kulub olemasolevaid gaasitrasse kasutades alla 1% gaasis sisalduvast energiast (elektri transportikulu ehk liinikadu on põhivõrgus 8%). Gaasivõrgu abil saab luua ka reaalse kauplemisvõimaluse väikestele biogaasi vabrikutele, mis suurendab taastuvenergia kasutamist veelgi. Sel juhul õnnestub gaasist elektrit toota tarbija lähedal, nii et gaasi põletamisel tekkinud soojus saaks samuti kasutatud.

Teiseks energiasüsteemi puhverdamiseks vahendiks on naaberriikide energiasüsteemid. Selleks tuleb naabritega sõlmitud kokkulepped üle vaadata, ei enamasti. Eesti vahendab Venemaalt Kaliningradi elektritranspordit ja on elektri netoeksportija Kaliningradi suunal, seega peaks siinkohal odava tuuleenergia abiga saama eksporti suurendada. Läti Daugava hüdroenergia-kaskaadiga puhverdab Eesti hommikust tarbimistippu juba täna. Kuna peale Igalina tuumajaama teise energiabloki sulgemist 2009 aastal tekib Balti turul energiadefitsiit, siis aitab tuuleelektri eksport tasakaalustatuna Läti uute gaasielektrijaamade toodanguga Baltikumi energiakriisi leevendada. Valmiv Soome alalisvoolukaabel loob veelgi võimalusi.

Kolmandaks, elektrivõrgu uuendamisel tasuks õppust võtta USA Energeetikaministeriumi programmist Gridwise, nn. "nutika elektrivõrgu" projektist, kus elektriseadmed saavad võrgu kaudu infot vahetades tarbimisvõimsust reguleerida nn aktiivset koormusekontrolli kasutades.

Nutika elektrivõrgu puhul ei räägi me enam öisest ja päevasest elektrihinnast, vaid vastavalt tuule- ja päikeseenergia saadavusele muutuvast elektritariffist. Mõist-

lik oleks tarbijale pakkuda fikseeritud kuumaksuga elektriteenust, milles sisalduv teatud nimivõimsuse tarbimine tuule olemasolul ehk 80% ajast, täiendava elektritarbimise eest tasutaks muutuvtarifi alusel.

Sellises elektrivõrgus läheksid küte, boiler ja külmik kallima elektriga ajal automaatselt kokkuhoiurežiimile, millega aitaksid tuuleenergia kõikumist siluda. Hinnatundlikul ja säästmishuvilisel tarbijal tekib lihtne võimalus elektri- ja küttekulu kontrolli all hoida ning seeläbi aidata stabiliseerida kogu energiatarbimist. Maikuu alustas Euroopa komisjon sarnase uurimisprogrammi Smartgrids.

Eestis on olemas vajalik mikroelektronika kompetents, niisamuti on Eesti Energias olemas teadmised elektrivõrgu ümberkorraldamiseks.

Neljandaks, võttes kasutusele Peipsi ja Läänemere tuulevaru, saaksime tarbimisest ülejääva tuuleelektri abiga elektrolüüsida veest vesinikku, eraldades veemolekulid vesinikuks ja hapnikuks. Selline tehnoloogia on üle saja aasta vana. Täna turul olevatest seadmetest on kõikuva tuule- ja päikeseenergia kasutamiseks optimeeritud Shveitsi firma AccaGen elektrolüüsiseade, mis toodab vesinikku 80% efektiivsusega. Pildiloleva Norsk Hydro elektrolüüsiseadme tootlus on 380 tonni vesinikku aastas.

USA Kaitseministeriumi uurimisprogrammis on eesmärk viia tuuleenergiast vesinikutootmise ja -transporti summaarne efektiivsus 2015. aastaks 76%ni.

Energia salvestamine metanooli abil

Vesinikuenergeetika teeb kulukaks vesiniku transport ja eriti selle säilitamine – seda nii energeetiliselt kui ka rahaliselt. See-

pärast tasuks kaaluda Nobeli preemia laureaadi George A. Olah' selle aasta märtsis ilmuvas raamatus kirjeldatud metanoolil põhinevat energiasalvestamist. Nimelt õnnestub sünteesida tuuleelektri abil toodetud vesinikust ja biomassist (või põlevkivist) metanooli, mida saab säilitada ja transportida analoogselt vedelkütustega.

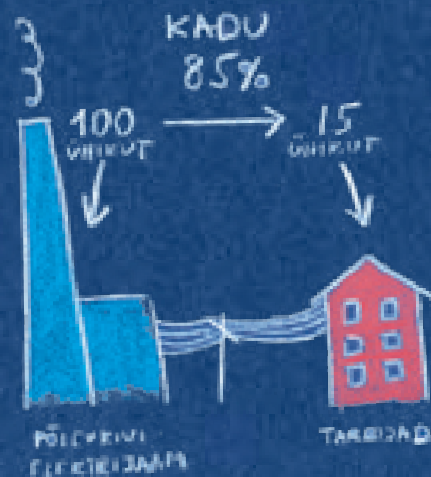
Veelgi huvitavam on tulevikus metanooli süntees vesinikust ja süsihappegaasist, mille tarbeks saaks koguda süsihappegaasi otse saasteallikast ehk tööstuslikust heitgaasist. Analoogselt vesinikuga saab ka metanooli kasutada teatud kütuseelementides elektritootmisel, samuti õnnestub metanoolist kütusetanklas odavalt vesinikku sünteesida. Metanooli-kütuselementide areng on algusfaasis, aga on huvipakkuv selle poolest, et nendes toimuv keemiline protsess on põhimõtteliselt pööratav – metanoolist toodetakse elektrit ning teisalt on võimalik elektri abiga süsihappegaasist ja veest metanooli toota. Metanooli omakorda õnnestub lihtsasti muuta dimetüüleetriks, mida saab kasutada saastevaba kütusena diiselmootoris, samuti saab metanooli lisada bensiinile. Tuulest vesiniku ning sellest omakorda metanooli tootmise abil on võimalik tasakaalustada erinevat tüüpi energiatarbivate vajadusi – näiteks vesinikutanklas saab tuulisemal päeval elektrolüüsida vett, samas kui tuulevaikse ilmaga oleks seda mõistlik toota kohapeal gaasist või metanoolist.

Vesinikul baseeruva energeetika teeb eriti atraktiivseks saaste täielik puudumine – vesinikust elektri tootmisel tekib kõrvalproduktina soe veeaur, mida saab nii kodusoosaks kui ka õhuniiskuse tõstmiseks kasutada. Siinkohal on hea teada, et Tallinna

Tabelis võime näha mitmesuguste energiaallikatega kaasnevaid keskkonnakulusid. Nende esitamine teatava vahemikuna kajastab hinnangute kõikumust (Allikas: Kanenergi)



ENERGIAALLIKAS	LISAMAKSUMUS EEK / MWh
Kivisüsi	200 – 2000
Nafta	240 – 1500
Jäätmed	400 – 700
Looduslik gaas	120 – 700
Tuumenergia	300 – 2200
Päikeseenergia	0 – 100
Tuuleenergia	0 – 40
Bioenergia	0 – 120



Enegiakadu tänases põlevkivielektrijaamas enne tarbijani jõudmist on väga suur

õhusaastest annavad autod Eesti Rohelise Liikumise andmetel ligi 90% - vesiniku-energeetikale üleminekul kaoks see täiesti.

Eesti importenergiast sõltumatuks vesiniku ja metanooli abil

Aastal 2020 kulub Eesti autopargi liikumapanemiseks vesinikuenergeetika puhul 6000 GWh. Lisaks kulub imporditud maagaasi, söe ja kütteõlide ning kohalike taastuvate kütuste abil talviseks toakütumiseks ligi 9000GWh, moodustades Eesti energiavajaduseks aastal 2020 koos elektriga ligi 27 000 GWh.

Tuuleelektrist ja gaasielektrijaamadest piisaks, et kindlustada aastal 2020 kütusega ka kogu Eesti autopark. Täna tundub see pea võimatuks, kuid juba kolme-nelja aasta pärast sõidavad tootmisliinidelt maha esimesed vesiniku-kütuseelemendi ja elektrimootoriga sõiduautod.

Enamikel suurtest autotootjatest on valmis vesinikul töötavate autode prototüübid. Tekkimas on ka esimesed vesinikutanklad, Californias töötab neid täna 95.

Maailmas räägitakse tõsiselt kolmest pikas perspektiivis odavast vesinikutootmise tehnoloogiast - need on tuumaenergia, päikese- ning tuuleenergia. Neist viimase kahe varudest piisab inimkonna energiatarbe rahuldamiseks täielikult.

Elektritootmine hajusaks

Tootes elektrit väikestes, nn. mikrojaamadest, saab pea kogu tekkivat soojusenergiat kütteks kasutada, samas kui Narvas lastakse täna aastas korstnasse hinnanguliselt 3,5 miljardi krooni eest põlevkivi põletamisel tekkivat soojust.

Väikeste, alla 100kW gaasiturbiinide elektritootmise kasutegur on 30%, Narva uute 200MW keevkiht-põlevkivikatelde oma 35%. Kuid väiketurbiin annab lisaks elektrile ka üle 50% sooja; Narvas lendab see täna korstnasse. Just tekkiva soojuse ärakasutamisega tõuseb mikrojaama summaarne kasutegur vähemalt 50%ni - ka kõiki gaasistamisega kaasnevaid kulusid arvestades - praeguse põlevkivienergeetika 14%se kasuteguri vastu. Selle asemel, et osta 15 miljardi eest uued kivipõletamise katlad ja tsentraalsed gaasielektrijaamad, tasuks kaaluda nii korruselamute kui kaubanduskeskuste varustamist gaasil või metanoolil töötavate mikroelektrijaamade, tagades sellega hajutatud ja sõltumatu elektri- ja soojavarustuse ning samal ajal kasutades neidsamu mikrojaamu tuuleenergia kõikumiste silumiseks.

Ida-Virumaale gaasistamistööstuse ja tuuleelektrist vesiniku tootmise loomisega kaoks Eesti sõltumatus importenergiast,

võimaldades Vene gaasiga paralleelselt kasutusele võtta kodumaise gaasi ning vajadusel esimesest loobuda. Projekt on ka euroabikõlblik.

Energiatootmise hajutamise huvides tuleks igale huvilisele tagada võimalus toota elektrit, et kodusest tuuleturbini või päikesepaneelist ülejäävat elektrit saaks elektriturul müüa. Praeguse, pigem suurtootjat eelistava seaduse kõrval tuleks kaaluda Taani varianti, millega on antud maksusoodustused kohalikele tuule- ja päikesekooperatiividele ning riik toetab neile vajalike elektrihenduste väljaehitamist.

Sarnase skeemi abil õnnestub märgatavalt elavdada ka biojätmete kasutamist - toetades katlamajade asemele kohalike, väikeste gaasistamisvabrikute ehitamist saab tekkiva gaasi suunata gaasitorustiku abil tavatarbijateni, samal ajal gaasistamisest ülejäävat soojust kütteks kasutades. Biokütust tootev talupidaja saaks sellise lahenduse puhul lihtsama turustusvõimaluse ning seeläbi elavneks ka kohalik majandus.

Kas rahakott lubab?

Täna on Eestil finantsseis, millest me Toolse fosforiidisõja päevil kaksikümne aastat tagasi võisime vaid unistada:

- » Rekordiline riigieelarve ülejääk
 - » Kasvuhoonegaaside kauplemisskeem EU25 raames võimaldab kivipõletamise lõpetamisel müüa kasvuhoonegaasi kvooti 5 miljardi krooni eest aastas, hinnanguliselt kahekordistub kvoodihind aastatel 2010 kuni 2012
 - » Kyoto lepingu järgse kasvuhoonegaasi kvoodi ülejääki, mis meil on tekkinud pärast veneaegse suurtööstuse ning Leningradi energiaga varustamise äralangemist Eesti iseseisvumise järel, saab Eesti müüa alates Kyoto esimesest kohustusperioodist aastatel 2008-2012.
 - » Brüsselist on saada kuni 71 miljardit krooni euroabi aastatel 2007-2013, millest on energiasõltumatus nimel võimalik lututada enam kui kümne miljardit.
 - » Eesti Energial on põlevkivi ja gaasielektrisse investeerimiseks plaanitud ligi 15 miljardit krooni.
 - » Elektritootmise müügist laekub igal aastal 6 miljardit krooni
 - » Autokütuse, gaasi ja kütteõlide müügitulu on ligi 10 miljardit krooni aastas
- Miks ei võiks ka Eesti pensionifondid sellisesse projekti raha paigutada?

Mis see kõik maksma läheb?

Nagu eespool toodud, on Eesti aastane

summaarne energiatarve aastal 2020 ligikaudu 27 000 GWh. Talvise tippkoormuse tagamiseks vajalik elektrivõimsus on 2500MW. Kui olemasolevate uute elektrijaamade, põlevkivigaasi ja biokütuste abil kataksime energiavajadusest 35% ning väikeenergeetika osakaal tõuseks 10%ni, siis puuduva 15 000 GWh energia tootmiseks tuleks püstitada 1100 avamere tuuleturbini.

Kas me peaksime tuulikud tingimata importima? Tuulikute hiigelsuurte labade valmistamine on töömahukas, lisaks võtab näiteks Taani seaduste järgi ainuüksi turbiinilaba koormustest aega kolm kuud. Töenäoliselt leiame garanteeritud mitme miljardi kroonise aastaturu puhul ka rahvusvahelised tootjad, kes Narvas tuulikute kokkupanemisega töökohti tekitavad ning seeläbi saavutame olulise hinnalanguse ja kohalike spetsialistide kaadri tekke. Samamoodi ergutaks tööturgu mikroelektrijaamade massiline kasutuselevõtt.

Põhiliseks investeeringuks olekski avameretuulikute ehitamine ja ülesseadmine, mis maksaks eeltoodud arvestades 75 miljardit krooni. Gaasistamistehaste, metanoolitootmise ja infrastruktuuri peale kulub 5-7 miljardit, põhivõrgu lisainvesteeringuks Eesti Energia praegusele arengukavale täiendavalt 3-5 miljardit, mikrojaamade toetusteks 10 miljardit, kokku 95 miljardit krooni. Sellise summa teenime kasvuhoonegaasi kvoodi müügilt ning energiamüügi kasumist tagasi 12 aastaga. Ehitades avamere tuulepargid üles etapiviisiliselt, vastavalt kasvuhoonegaaside kvoodi müügile, oleksid kulud ja tulud ka ajaliselt tasakaalus.

Tuuleelektri kallidusest

Tuuleenergia kallidus on eilsest päevast pärit muutunud. Kallis on tuuleturbiini ost ja selle ülesseadmine, kuid käigushoidmine pole põlevkivienergeetikast kallim. Tuuleturbiini ostuhind kilovati kohta võrdub täna keevkiht-põlevkivikatla omaga ja moodustab 900 eurot/kW kohta, langedes aga 2020 aastaks 500 euronni kW eest. Võrdluseks, Soomes ehitatava Olkiluoto tuumajaama maksumus on 2000 eurot/kW.

Lähitulevikus on tuuleturbiin Eesti jaoks odavam elektriliiakas. Euroopa Tuuleenergeetika Assotsiatsiooni andmetel kulub tänapäevase suure avamere tuuleturbiini hoolduseks aastas 40 inimtundi, hoolust merel tehakse korra poolaasta jooksul. Tuulepargi operaatorite hinnanguil on tuuleturbiini hoolduskulu Eestis 10 senti kilovatt-tunni kohta, langedes mahu kasvamisega. Rääkimata meie ainsa taastumatu energeetilise maavara kadumisest 40 aasta



Tuul kütusena on tasuta, põlevkivi on laenatud tulevastelt põlvedelt. Lisaks paljudele juba püstitatud elektrituulikutele, on Eesti rannikumerre kavandatud tuulepark, mille võimsus võrdub poolega tänasest Eesti energiatarbimisest. 

jooksul, juhul kui põlevkivienergeetikaga jätkame. Rääkimata sellest, et kivipõletamise teel elektri tootmisega tekib iga kilovatt-tunni kohta pool kilo tuhka, üle kilo kasvuhoonegaasi ja palju reostatud vett.

Tuumaelektrijaamadest

Eelmisel aastal nurgakivi saanud Soome Olkiluoto 1600 MW võimsusega tuumajaama maksumuseks kujunes 50 miljardit krooni, kusjuures soomlaste kulu vähendas kahe kõrvaloleva tuumajaama infrastruktuur ning reaktori tootjamaa Prantsusmaa tagastamatu abi. Olkiluoto tuumajaama ehitusaeg projektitaotluse sisseandmisest valmimiseni on 9 aastat, Eestis võtaks see spetsialistide puuduse tõttu oluliselt rohkem aega ning on teadmata, kes tahaks tuumajaama oma õuele ehitadalasta. Ehkki tuumakütus on täna odav, on see importkütus ning seetõttu peaksime siis tõenäoliselt Soome eeskujul Kanadast ja Aafrikast uraani ostma ning seda Venemaal rikastada laskma, nagu seda ka Leedus tehakse.

Soomlastel on lahendamata ka tuumajäätmete küsimus – mida ikkagi teha aastas tekkiva 300 kilo plutooniumiga, millest saab valmistada 60 tuumapommi. Praegust maa alla ladustamist ei pea spetsialistid ohutuks. Täna võimaluste taustal on raske mõista, miks peaksime taastuvate

energiaallikate olemasolul planeedi taastumatuid varusid kulutama.

Lõpetuseks

Täna on energiatootmine ja -jaotus olukorras, mis sarnaneb aastaga 1993 interneti arengus. See oli aeg, mil kogu internetis töötas vaid 200 veebiserverit ning e-maili kasutasid ainult arvutifriigid. Just sel ajal tehtud õiged otsused ja Eesti võime kiirelt muutuvast olukorras tegutseda andsid meile võimaluse ühe edukaima finantsüsteemi ülesehitamiseks, mis on siiani Eesti majanduse mootoriks. Ka toona tundus uskumatu, et vaid kümme aastat pärast tehakse internetis igapäevatoiminguid ning võimalikuks saavad tasuta videokõned välismaale.

Kahtlemata on sõltumatu energiasüsteemi ülesehitamine suur väljakutse. Sellise ülesande lahendamiseks oleks tegu meie helgeimatel peadel nii energeetikas, loodusteadustes, ehituses, elektroonikas kui finantsvaldkonnas. See oleks ülesanne, mis elavdaks Eesti majandust järgmise aastakümne jooksul ning maandaks makromajanduse riski kinnisvarabuumi lõppemisel.

Arvan, et peaksime passiivse, turu avanemist ning välisfirmade turuletulekut ootava strateegia asemel looma kodumaisel kapitalil põhineva, maailma parimate hul-

ka kuuluva energiasüsteemi – just nii, nagu me seda suutsime arvutite ja internetiga Tiigrihüppe puhul.

Usku, et puhas energia on tulevikuillusioon, võimendavad põlevkivitööstusest majanduslikult huvitatud ringkonnad. Põlevkivienergeetika entusiastidelt küsiks, mis on puhta looduse hind? Kas taanlased on rumalad, et maksustavad kivisöetua prügimäele ladustamise hinnaga 750 krooni tonnist? Või on midagi viltu meil, et põlevkivituha vedamine prügimäele maksab vaid 10 krooni tonn? Küllap oleksid taanlased nõus saatma oma tuhka ka Ida-Virumaale, selline äri oleks meile umbes kümme korda tulusam kui põlevkivist elektri tootmine. Kui palju maksab sõltumatus? Kas meil on õigust jätta läheneva globaalse energiakriisi tingimustes kasutamata võimalus oma tuleviku energiaprobleemide lahendamiseks? Miks mitte jätta põlevkivi meie kõigi pensionisambaks, tema väärtus ju tõuseb iga aastaga?

Loodetavasti leiame, et käes on aeg kivipõletamise-energeetikast loobumiseks. Sedavõrd soodsat asjaolude kokkulangemist ei teki Eestis niipea. Toolse fosforiidisõjaga alanud võitlus puhtama Eesti eest tuleks lõpuni viia, sellega saaksime lahti ka vanast võlast järeltulevate põlvede ees.

Eesti Ekspress 9.03.2006

EESTI RAISKAB ENERGIAT

JA ELAB VÕLGU

Eesti majanduse energeetiline efektiivsus on üks väiksemaid Euroopa Liidus. Näiteks Taanist ja Jaapanist jääme efektiivsuselt maha peaaegu kümme korda. Meie elektritootmissüsteemi koguefektiivsus on 15%, sellele lisandub energia raiskamine töötuses ja olmes. Ühe teenitud krooni kohta kulutab Eesti energiat ligi 10 korda enam kui näiteks Taani. Seetõttu on taastuvenergia arendamise kõrval sama tähtis energia kokkuhoid.

Põlevkivielektri tootmise kõige suurem häda seisneb selles, et tarbijate vähesuse tõttu juhitakse igal aastal umbes 10 miljardi Eesti krooni eest soojust Narva jõkke. See on energiaühikutes rohkem, kui me elektrina kasutada saame.

Kurioosum on seegi, et soojuse ärajuhitamiseks tuleb iga tonni põletatava kivi kohta kasutada 100 tonni jahutusvett, mis teeb Eestist maailma suurima magevee tarbija inimese kohta.

Põlevkivielektri tootmist hoitakse elus kunstlikult - madalate keskkonna- ja ressursimaksude abil, mis teeb võimalikuks ka elektri suhteliselt madala hinna.

» Kuna põlevkivi lasub Eestis õhukese kihina (paari meetri paksuselt, nii et ruutmeet-

ri kaevandatud maa kohta saame ainult 3,5 tonni põlevkivi), sööb põlevkivitööstus maad kahe suupoolega. Eestis on aegade jooksul kaevandatud miljard tonni kaubakivi, põlevkivi kaevandamisest on otseselt puudutatud 420 ruutkilomeetrit maapinda, üle 600 miljoni tonni ohtlikke jäätmeid on jäetud sajanditeks rikkuma mulda ja põhjavett.

» Rohkem kui 1100 km² suurusel alal ei tooda maapind enam mitte joogikõlblikku põhjavett, vaid joogikõlbmatut "turbavett", millesse aeg-ajalt võivad sattuda ka mürgised ühendid (nt kantserogeenne bens-püreen). Ida-Virumaa linnastunud põhjaosas pole ilmselt enam lootustki kohalikku põhjavett tarbida. Vasavere veehaaret ähvardab sulfaatide reostus, sügavad pindmise reostuse eest kaitstud põhjaveekihiid on kõrge mineralisatsiooniga ning neis leidub radioaktiivseid elemente.

» Veeinseneride vanade vigade tõttu pumbatakse põhjaveekihtidest välja nii palju vett, et see on tekitanud soolase merevee sissetungiohu. Me elame maalapil, mis võiks toota puhast joogivett ka ekspordiks, kuid tegelikult joob pool meie elanikest

varsti põhjavee asemel kallist ja põhjaveest selgelt halvema kvaliteediga puhastatud pinnavett.

» Põlevkivikaevanduste all olev maa moodustab märkimisväärse osa Ida-Virumaa territooriumist. Jõhvi vald on kaevandatud territooriumi poolest (70%) juba praegu Nauru saarega võrreldavas seisus. Kui põlevkivi kaevandamine suureneb näiteks 20 miljoni tonnini aastas, siis on Ida-Virumaa põhjaosa 10-15 aasta pärast umbes 100 ruutkilomeetri kaevandatud maa võrra "rikkam". Pealegi väheneb Ida-Virumaa elanikkond Eestis kõige kiiremini, sest sealsel rahval on ka tervis kõige kehvem.

» Eesti on põlevkivienergeetika tõttu üks maailma suurimaid CO₂ õhkupaiskajaid ühe elaniku kohta. Maailma Looduse Fondi (WWF) 2006. aasta ökoloogilise jalajälje edetabelis on Eesti seitsmendal kohal. Eesti jalajälg on 2,5 korda suurem kui Lätil.

» Põlevkivi aktiivvaru on erinevatel hinnangutel 1,1 - 2,2 miljardit tonni. Eesti kodanike on 1,1 miljonit, seega on igaüks meist kuni 2000 tonni põlevkivi seaduslik omanik. Praeguste põlevkiviõli hindade juures

KLIIMAMUUTUS KASVUHOONEGAASID

- » kliima soojenemisest tingitud ookeanivee tõus sunnib ümber asuma kuni 100 miljonit inimest
- » liustike sulamine võib jätta veepuudusesse iga kuuenda maakera asuka
- » kuni 40% maakera liikidest võib hävida
- » maailma majandust võib tabada kuni 20%-ne langus
- » kõige selle tulemuseks võivad olla sajad miljonid kliimapõgenikud

Suurbritannia valitsuse kliimaraport 2006

Suurimaks inimese tekitatud CO₂ saaste allikaks on elektritootmine - peamiselt kivisüsiel töötavad elektrijaamad. Kivisüsi on kõige süsinikurikkam fossiilkütus ja põledes tekib temast 70% rohkem CO₂ ühe toodetud energiaühiku kohta kui loodusliku gaasi puhul. Kogu maailmas annab energiatootmine 37% inimese tekitatud CO₂ saastest ja Euroopas 39%.

Maailma riikide allkirjastatud CO₂ heitmeid reguleeriva Kyoto leppe põhjal peab Euroopa vähendama 2012. aastaks CO₂ heitmeid 8% 1990. aasta tasemega võrrel-

des. Praegusel hetkel paraku Euroopa CO₂ emisioon kasvab, mitte ei kahane.

Teadlased leiavad järjest rohkem tõendeid selle kohta, et ilmastikumuutused pole enam seletatavad pikaajaliste looduslike protsessidega maakeral, vaid on otseselt seotud inimtegevusega.

Kahekümnenda sajandi talved on olnud kõige soojemad viimase 5 sajandi jooksul. 2005. aasta suvi oli Suurbritannia meteoroloogiateenistuse andmetel kõige soojem põhjapoolkeral alates sellest ajast, kui meteoroloogilisi mõõtmisi tegema hakati.

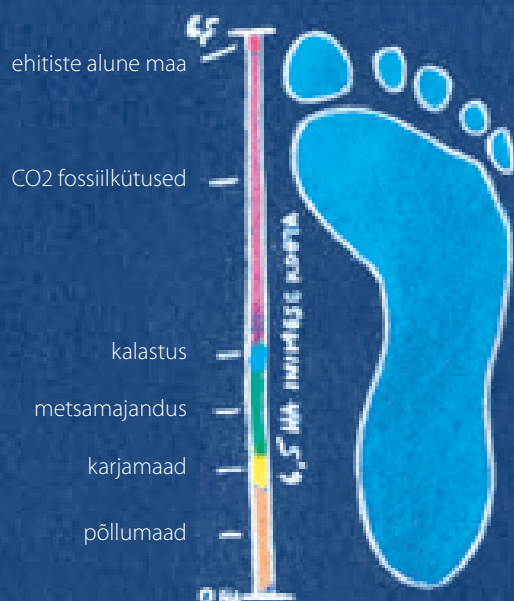
Eesti 20. sajandi nokia - põlev kivi »

tähendab see seda, et igale Eesti kodanikule kuuluva põlevkivikoguse väärtuseks on 3 miljonit krooni, mis tänu naftavarude kahanemisele kasvab peagi mitmekordseks. Praegu rikastub selle arvel vaid kümme-kond õlitöösturit, jättes endast maha songitud maa ja jäätmekuhjad.

» Õli tootmiseks põlevkivist kasutatakse praegu tehnoloogiat, mis pärineb aastast 1924. See võimaldab ära kasutada vaid 50% põlevkivis peituvast energiast. Õlitootmise jäägi - toksilise ja haisva jääkprodukti ehk poolkoksi prügimäele vedamine maksab kõigest 25 krooni tonn ja maavara kasutustasu ettevõtjale on 5(!) krooni tonn.

» Põlevkivikarjäärade aladele on pärast nende tühjakskaevamist ja taastamist aegade jooksul elama jäänud vaid üks inimene.

» Maavara kasutustasu tuleb seada sõltuvusse nafta hinnast maailmaturul - nii saaks riik õiglase tasu õliekspordi miljarditest, et selle arvelt nüüdisajastada Eesti elektrivõrgud ja viia Eesti energiasüsteem üle taastuvatele energiaallikatele.



Eesti ökoloogiline jalajälg ühe elaniku kohta



Maailma riikide ökoloogiline jalajälg (WWF 2006) »

RIIK, ha / elaniku kohta

1. Araabia Ühendemiraadid	11,9
2. Ameerika Ühendriigid	9,6
3. Soome	7,6
4. Kanada	7,6
5. Kuveit	7,3
6. Austraalia	6,6
7. Eesti	6,5
8. Rootsi	6,1
9. Uus-Meremaa	5,9
10. Norra	5,8
24. Leedu	4,4
45. Läti	2,6

MAAKERA TALUVUSE PIIR ON

1,8 ha / elaniku kohta

ENERGIALOOJANGU AEGU

TOOMAS TRAPIDO

Me elame üleminekuajal. Umbes kümne inimpõlve eest algas energiakoidik söepõletamise ja aurumasinaga. Tänapäevaks oleme jõudnud õhtueelseesse aega. Ligi pool gerasti kättesaadavast fossiilenergiast on ära kasutatud ning järgneb langus, mis võib olla aeglane, aga võib olla ka järsk.

Energia on asju liikumapanev vägi, mis hoiab kogu maailma toimimas. Viimase saja aasta jooksul on põhiliseks energiakandjaks saanud nafta ehk maaõli, mis on üpris lihtsalt kättesaadav, liigutatav ja töödeldav. Nafta on kõige muu kõrval toonud igapäevakasutusse mootorid (eelkõige auto sise-põlemismootori), mis teevad ära ligi 1000 inimese töö (võimsus vastavalt 80 kW ja 80W). Nafta kujutab endast piltlikult triljoneid orje, kes inimkonna heaks nõrkemise- ni tööd rabavad.

Naftasõltlaste hädad

Nähtamatute orjade töö on võimaldanud inimkonnal kasvada rohkem kui kuue miljardini, üles harida miljoneid ruutkilomeetreid maad, toota väetisi, liigutada kaupu ja inimesi, pidada globaalseid sõdasid ning rajada globaalsed sidesüsteemid. Aga orjade arv on jõudnud maksimumini ning saab edaspidi ainult väheneda. Käes on naftatootmise ja -tarbimise tipp (peak oil).

Naftatipu hetke üle võib vaieldada lõpmatuseni, kuid mitte põhjuste üle - geoloogi-

line paratamatus (varude lõplikkus) ning teisalt tarbimise kasv. Naftatarbimine on praegu rekordiline - enam kui 80 miljonit barrelit päevas. Kasvu veab eelkõige Hiina, põletades iga aastaga ligi 10% rohkem naftat. Maailma suurimad naftaväljad leiti aga juba 1960. aastateks ning praegused "suured" leiud või kasutamata maardlad, nt Alaskalooduskaitsealal, suudavad maailma naftavajadust rahuldada igaüks ainult mõne kuu.

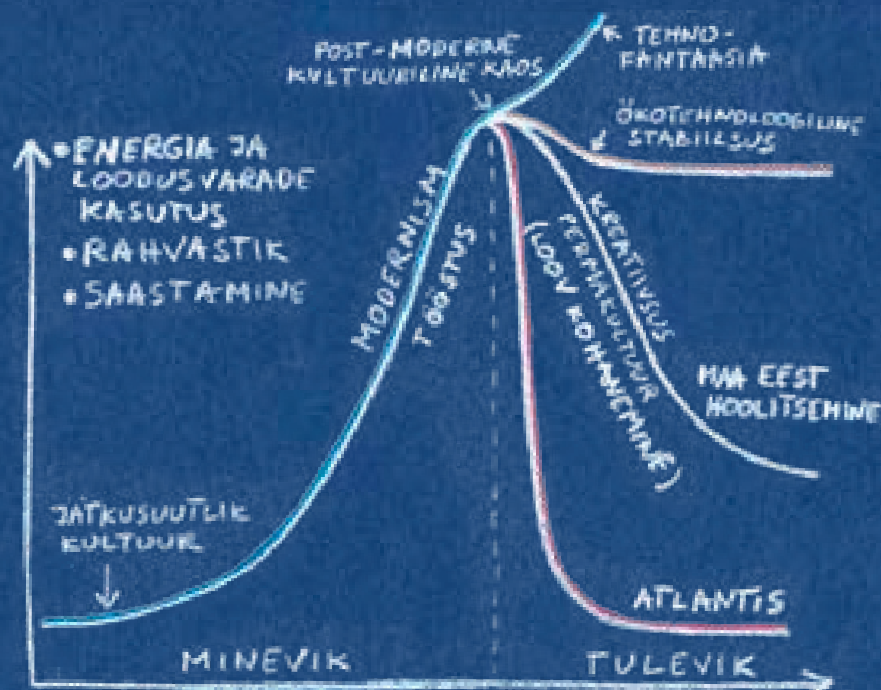
Lisaks on andmed naftavarudest pehmelts öeldes ebausaldatavad. Näiteks kasvavad OPECi riikide ametlikud naftavarud 1980. aastatel üleöö miljardite barrelite võrra, kuna see oli lihtsalt kasulik (OPECi sisest kvooti jaotati vastavalt riikide deklareeritud varudele). Isegi soliidne BBC nimetab hiljutises analüüsis olemasolevat naftavarude andmestikku "mustaks maagiaks".

Keskmiselt sisaldab arenenud riikide 1000 SKT-dollarit 200 kg toornaftat. Hinnates selle alusel Eesti majanduse sõltuvust toornafta hinnast, saame korrelatsiooni, mille järgi toornafta hinnatõus viie dollari võrra viib Eestist välja miljard krooni aastas. Kusjuures poliitilis-majandusliku irooniana läheb see raha Eestist Vene riigi ja tema naftafirmade taskusse, sest just sealt pärineb kütus meie autodes. Seega tasub naftasõltuvusele tähelepanu pöörata kõigil tasanditel - isiklikust kuni riikliku ja globaalseni välja.

Naftasõltuvuse tõestuseks on viimase aja uudised - bussifirmad vajavad toetust või peavad tõstma piletihindu, kiirabi ja tuletõrje on sunnitud kalli kütuse tõttu väljasõite vähendama, põllumehed ei jõua traktoritesse kütust osta.

Energialoojangu elustrateegiad

Hetkel pole meil kasutada ühtegi naftaga samavõrra mugavalt toodetavat ja transportitavat energiakandjat. Tuumaenergiast saab küll elektrit, aga rikast uraanimaaki jätkub samuti aastakümneteks, mitte -sada- deks. Taastuvenergia ei saa tõenäoliselt iialgi katta inimkonna energiatarbimist praeguses mahus. Jah, Prantsusmaal hakatakse ehitama väikest päikest maa peale ehk tuumasünteesijaama, mis läheb maksma 10 miljardit eurot. Ent isegi kui sealt õnnestub elektrit saada, ei pane see veel ühtegi lampi põlema, sest tegu on katseseadmega. Teoreetiliselt võiks õnnestumise korral selle jaama abil kõik ookeanid soojaks kütta, aga ainult teoreetiliselt. Ning riske tuleb ju ha- jutada, nagu õpetavad investeerimisgurud. Bensiini puudumine tanklas või selle 50- kroonine liitrihind ei tähenda kindlasti maailmalõppu. Vastupidi, õigeaegselt mõeldes ja tegutsedes on võimalik loojangut hoopis nautida. Praegu, mil kütused on veel suhteliselt odavad, tuleb läbimõeldult ja järjekindlalt investeerida elukorraldusse, mis



« Permakultuuri kaasrajaja David Holmgreni nägemus inimkonna valikutest. Meil on valida ulmelisest tehnofantaasiast, kus inimkond võtab kasutusele teised planeedid kuni Atlantiseni, mis tähendab finants- ja majandussüsteemide kiiret kokkuvarisemist ning sellega kaasnevat inimkonna arvukuse, elukvaliteedi ja majanduse langust.

tagaks põhivajaduste rahuldamise ka väiksema energia kättesaadavuse ajastul. Teisalt tuleks kindlasti säilitada kasulikke süsteeme energiatõusu ajast - globaalset kommunikatsiooni ja koostööd.

Üheks põhieesmärgiks on sellise maa kasutuse rajamine ja soodustamine, mis rahuldaks inimeste toidu-, eluruumi-, küttem- ja põhivajadused kohalikul tasandil. Selle võimalikkust Eestis fossiilkütuste abita tõestab veenvalt ajavahemik 19. sajandi keskpaigast kuni Teise maailmasõjani.

Energialoojangu eluviisi katsetatakse üle maailma, eelkõige ökoküladel, -valdade ja bioregionaalse planeerimise näol - küll veel kultuurilistel äärealadel, kuid nagu ajalugu on korduvalt tõestanud, toimuvad kõigele uuele teed rajavad liikumised just kultuurilises ja/või geograafilises perifeerias. Mitmel pool, näiteks Uus-Meremaal, on ökosüsteemne mõtlemine jõudnud ka peavoolu.

Kohalik elu ärkab

Praktiliseks energialoojangu näiteks on Kuuba, kus fossiilse energiavoo (N Liidu nafta) järsul katkemisel võeti selge siht ise toimetumisele. Tänapäevaks on näiteks Havannas tuhandeid linnaaedu (ka katustel, tühermaadel, endistel parkimisplatsidel), mis täidavad olulise osa linnaelanike toidukorvist.

Energialoojangu ajal toimub kohaliku kogukonna taaselustumine ja tugevnemine. Võetakse kasutusele täienddraha (juba praegu maailmas üle 4000), korraldatakse ühiselt kooliõpet, tervishoidu, eakate eest

hooldamist ja kõike muud, mida praegu peetakse valdavalt riigi ülesandeks.

Energialoojang tähendab ehitisi, mis on kohalikest materjalist, kestvad (samas vajaduse korral kergelt lammutatavad või transportitavad), säästvad, energia ja materjalide mõttes lihtsalt hooldatavad ja remonditavad. Energialoojang tähendab ka eelkõige kohaliku energia kasutamist - tuult, päikest, kasvavat metsa ja rohttaimi, vee voolamist raskusjõu mõjul.

Energialoojang tähendab interneti kuulutamist inimõiguseks ja globaalseks prioriteediks, mille korrallikku toimimisse panustatakse hulgaliselt ühiseid ressursse. Globaalse kogukonnana on täisväärtusliku ja tasakaalulise elu saavutamise tõenäosus suurem kui omavahel konkureerivate või lausa sõdivate regioonide, linnade ja küladena. Konkurentsi ületähtsustamist hakkab üha rohkem tasakaalustama koostöö, mida me näeme ülekaalus olevat ka looduses. Just koostöös saab käigus hoida või rajada üksikuid vajalikke megasüsteeme, nagu internet, kaubandus või teadustöö ja kultuurivahetus. Reeglikult saavad aga inimõitmelised süsteemid, mis on rajatavad ja hallatavad kohalikul tasandil.

Elu looduse osana

Energialoojang tähendab inimkonna kui terviku eesmärkide ümbermõtestamist ja -sõnastamist. Kui viimastel aastasadel on faktiliselt olnud põhiliseks eesmärgiks kasv - nii arvuline kui materiaalne -, siis edaspidi peaks selleks saama küpsemine, sest inime-

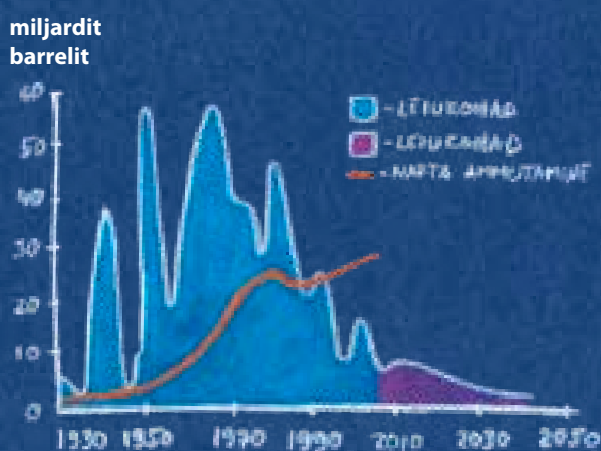
ne ongi alles suhteliselt noor liik, kes ei ole veel oma kohta ökosüsteemis leidnud (või on selle ära unustanud) ning käitub teismelise kombel.

Sama on täheldatav ka looduslike ökosüsteemide arengus. Pärast katastroofi, milleks võib olla vulkaanipurse, uputus, jääaeg vms, koloniseerivad paljaks jäänud maa kiirelt pioneerliigid, mida tihti tuntakse ka umbrohtudena. Nad võtavad kasutusele pinnases olevad toitained ning hakkavad päikeseenergia abil mulda kasvatama. Sellega valmistavad nad maad ette järgmistele liikidele, mis on pikema elueaga, ning omavaheline konkurents asendub koostööga, luuakse vastastikku kasulikke suhteid, kuni kujunebki välja võrdlemisi püsiv ökosüsteem. Küps ökosüsteem on näiteks suuremate lagendikega põlismets. Sealised mikroorganismid, seemned, taimed ja loomad on kõik üksteisest vägagi sõltuvad ning põlismets tervikuna kasutab energiat väga efektiivselt.

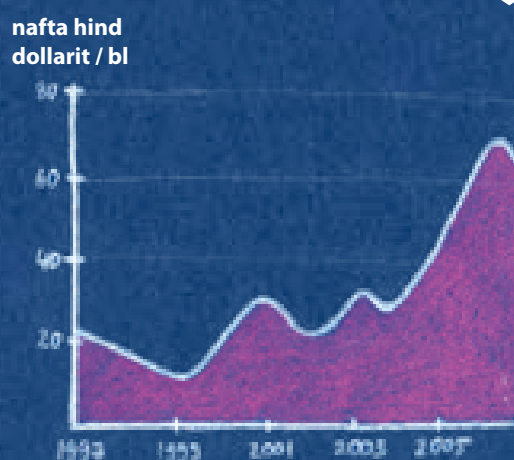
Kasulik oleks lõpetada vaidlemine selle üle, kas kliima muutub või mitte, kas inimene on looduse kroon ja valitseja või mitte, ning tunnustada end looduse osaks, oma koha ja oma arenguteega, ning seda mõnda julgelt käia, sest palju avastusi ja seiklusi seisab veel ees ning parem on ju nende heal meelel vastu minna, eriti kui tagataskus on teekaart, mis juhatab meid energialoojangu poole.

Eesti Päevaleht 02.08.2005

Nafta leiukohad minevikus ja tulevikus koos nafta tarbimise kasvuga (miljardit barrelit) (Allikas: ASPO)



Nafta hinna kasv (barreli hind USA dollarites) (Allikas: ASPO)



Inimkonna naftaajastule on eelnenud päikeseenergia põhinev elukorraldus. Loogiliselt võiks naftaajastule järgneda uus päikeseenergia ajastu.

FAKTE TAASTUVENERGIAST

» Keskmiselt langeb igale maakera ruutmeetrile selline hulk päikeseenergiat, mis võimaldaks toota aastas igalt ruutmeetrilt 1700 kWh energiat.

» Teoreetiliselt saab kogu maailma praeguse energiatarbimise katta päikesepaneelidega alal 700 km x 700 km.

» Tuuleenergia moodustab praegu 20% Taanis tarbitavast energiast, aastaks 2008 aga juba kuni 25%. Pooled Taani tuulegeneraatorid kuuluvad nn tuulekooperatiividele, s.t nad on inimeste ühisomanduses.

» Kogu maailma taastuvenergia tootmisvõimsus ilma suurte hüdrojaamadeta oli 2004. aastal kokku 160 gigavatti. See moodustab 4% kogu maailma energiasektorist.

» Maailmas kõige kiiremini kasvavaks taastuvenergia valdkonnaks on võrku ühendatud päikeseelektrisüsteemid (PV). Aastatel 2000-2004 kasvas selliste süsteemide paigaldamine igal aastal 60%. Teine kiiresti kasvav taastuvenergia valdkond on tuuleenergeetika (ligi 30% viimased aastad).

» Katusele paigaldatud päikesekollektorid katavad 40 miljoni majapidamise soojaveevajaduse üle maailma. Maailmas on paigaldatud kokku ligi 2 miljonit geotermi-

list soojustpumpa seadmete kütmiseks või jahutamiseks.

» Biokütuste (etanool, biodiislikütus jt) tootang maailmas oli 2004. aastal 33 miljardit liitrit, mis moodustab 3% kogu maailma naftatarbimisest.

» Euroopas, USAs, Austraalias ja Jaapanis on üle 4,5 miljoni tarbija, kes ostavad vabatahtlikult rohelist energiat.

» Eestis oli 2006. aastal 114 eraisikut ja 125 organisatsiooni, kes ostavad rohelist energiat vabatahtlikult ligi kolmveerandi võrra kallimalt tavalisest elektrienergia hinnast.

» Soomes ületab eraisikute valduses olevate väikeste päikeseelektrisüsteemide koguvõimsus 2 MW. Skandinaavias on päikeseelekter laiemalt kasutuses alates 1970. aastate lõpust. Praeguseks on Skandinaavias kokku ca 200 000 väikest päikeselektrijaama, mis asuvad peamiselt suvilates.

» Taastuvenergia seadmete tootmise, paigalduse ja teenindusega otseselt seotud töökohtade arv ületas 2004. aastal 1,7 miljonit.

» Väikesed taastuvenergia seadmed on eriti suure tähtsusega arengumaades, varustades energiaga kodusid, koole ja ette-

võtteid. 16 miljonit kodu kasutab söögi valmistamiseks ja valguse saamiseks biogaasi, 2 miljonit kodu valguse saamiseks päikeseenergiat.

» Vähemalt 48 riigil maailmas, sealhulgas 14 arenguriigil, on mingit tüüpi taastuvenergia edendamise poliitika.

» Rootsi riik on seadnud eesmärgiks vabanda fossiilsetest kütustest 2020. aastaks.

» Tuuleenergia mis on maakeral võimalik kasutusele võtta, ületab kaks korda kogu inimkonna tänase tarbimise. Maailma Tuuleenergia Assotsiatsioon (EWEA) koos Greenpeace'iga on hinnanud, et 2020. aastaks on võimalik katta kuni 12% maailma elektritarbimisest tuuleenergiaga.

» Maailma Päikeseenergia Assotsiatsiooni (EPIA) ja Greenpeace hinnangul saavad 2020. aastaks 135 miljonit inimest elektri võrku ühendatud päikeseplatadeid ja 900 miljonit inimest võrgust lahuse toimivatest päikeseplatadeid. Päikeseenergia tööstus annab tööd ligi 2 miljonile inimesele maailmas.

ENERGIAVARUD

PÄIKESEENERGIA

Meie planeedile jõudva päikeseenergia kogus ületab praeguse energianõudluse kuni 15 000 korda.

Aastase päikesekiirguse hulk sõltub piirkonna asukohast maakeral. Kõige päikesepaistelisemad paigad saavad aastas horisontaalpinna ühe ruutmeetri kohta kuni 2500 kWh päikeseenergiat. See energia jaotub aasta lõikes võrdlemisi ühtlaselt.

Eestis ulatub aastase päikesekiirguse energia ruutmeetri kohta ligikaudu 1200-1300 kWh-ni. Varieerumine aasta jooksul on suur - pilvitu juunipäeval võib tulemuks olla 8,5 kWh/m², pilvisel talvapäeval aga kõigest 0,02 kWh/m².

Ehkki detsembris ja jaanuaris langeb maapinnale väga vähe päikesekiirgust, on sügiseti ja kevadeti pikk periood, mil ühe-

aegselt on olemas nii kütmisvajadus kui ka soodne päikesekiirgus.

BIOMASSIST TOODETAV ENERGIA

Arvestuste kohaselt kasvab igal aastal maailmas kuivaines väljendatuna juurde ligikaudu 130 miljardit tonni biomassi. Selle energiasisaldus on 660 000 TWh. Energia tootmiseks saab muidugi ära kasutada kõigest murdosa sellest biomassist. Põhimõtteliselt on energia tootmiseks tarvitav niisugune biomass, mis ei lähe toiduks ega tööstustooraineks. Tänapäeval kasutatakse biomassist saadud energiat kogu maailma ulatuses 15 000 TWh aastas. Selle näitaja suurendamiseks on olemas märkimisväärne potentsiaal ühest küljest biomassi tootmise ja utiliseerimise suurendamise ning teisest küljest energiamuundamise tõhus-

tamise näol uurimis- ja arendustegevuse kaudu. Biomassi intensiivsem kasutamine energiaallikana võib aga sattuda vastuollu maailma kasvava elanikkonna suureneva toiduvajadusega. WWF'i hinnangul on aastaks 2020 võimalik biomassi kasutades katata 9% globaalsest primaarenergia vajadusest ja 24% elektrienergia vajadusest.

TUULEENERGIA

Tuult tekitab päikeseenergia ja see protsess neelab ligikaudu 1% Maale jõudvast päikeseenergiast. Kogu maakera ulatuses ületab see 100 korda maailma energiatarbimise. Tegelikult on üksnes murdosa tuulest kasutatav energiaallikana.

Tuuleturbiin suudab muundada elektriks 50% tuuleenergiast. Eesti tuuleenergiaavarud on üsna suured. Rannikul, avamerel



Euroopas on tuuleenergiat teadaolevalt kasutatud üle 800 aasta. Pildil Hollandi tüüpi tuulik Taanis. Hollandis valmistatud tuuleveskid olid kunagi sama minev kaup Euroopas kui täna elektrituulikud. On teada, et Hollandi võimud olid sunnitud koduse vajaduse rahuldamiseks isegi tuuleveskrite osade müüki 18. sajandil piirama.

ja Peipsi järvel on piisavalt tuuliseid ja sobivate topograafiliste tingimustega kohti. Kuid teisest küljest seavad oma piirangud infrastruktuuriga, näiteks maanteed ja võrguühendusega seotud kulud. Ühtlasi võivad teatavaks takistuseks tulevaste tuuleprojektide teostamisel kujuneda keskonnakonfliktid.

Tuuleenergia sektor annab praegu tööd juba 235 000 inimesele maailmas ja paigaldatud tuulegeneraatorite koguvõimsus tõuseb 2010. aastaks praegusest 60 000 MW-lt 120 000 MW-ni, mis võrdub 240 söel töötava elektrijaama võimsusega.

LAIINEENERGIA

Merelained transportivad energiat kauge maa taha, viies selle tormisüdamest eemal asuvatesse mererandadesse. Kogu maail-

mas randa paiskuvate lainete võimsus on keskmiselt umbes 1 TW. See on ligikaudu üks kolmandik maailma praegusest elektrenergia tarbimisest.

Avamerel on 40° ja 60° laiuskraadi vahel lainerindega edasi kanduv energia tavaliselt 50...100 kW ühe jooksva meetri kohta. Pooluste ja ekvaatori poole liikudes see näitaja väheneb. Troopikas on laineenergia tavaliselt 10...20 kW/m.

Kaldale lähenedes laineenergia väheneb tunduvalt. Hõõrdumine vastu merepõhja põhjustab vee sügavuse langemisel alla 20 meetri märgatavaid võimsuskadusid. Kui merepõhi ei ole tasane, vaid on topograafilises mõttes mitmekesise iseloomuga, peegelduvad lained sellelt tagasi. Laineenergia koondub mõnda piirkonda ja nõrgeneb teistes. See nähtus on võrreldav

valguse koondumisega fookusesse. Esimene laineenergiat kasutav elektrijaam ehitati juba 1965. aastal Prantsusmaal.

GEOTERMILINE ENERGIA

Geotermiline energia tähendab lihtsamalt öeldes Maa soojusenergiat. Maakera keskmes on temperatuur ligikaudu 5500 °C, mis on enam-vähem võrdne Päikesel valitseva temperatuuriga. Kolme meetri sügavusel püsib temperatuur aasta ringi ühtlane - 10 ja 16 °C vahel. Iga 100 meetri kohta maakera keskme poole tõuseb temperatuur 3 kraadi. Mitmes maailma piirkonnas võib maast ammutatav soojus katta märkimisväärse osa energiavajadusest. Filipiinidel moodustab geotermiline energia näiteks 27% kohalikust elektritoodangust.

TAASTUVENERGIA KASUTAMINE

PASSIIVNE PÄIKESEKÜTE

Mõiste "passiivne päikeseküte" on kasutatav juhul, kui lühilaineline päikesekiirgus soojendab läbi akende hoonesse paistes selle siseosi. Isegi Eesti ilmastikus on ehitise aruka projekteerimise korral võimalik katta 25% selle kütisvajadusest passiivse päikesekütte abil.

Üks tähtsaid tegureid soojuskadude vähendamisel madala välistemperatuuriga aastaegadel on akende hea soojusisolatsioon. Soodsat kombinatsiooni korraliku soojusisolatsiooni saavutamiseks kujutavad endast vaakumaknad ja läbipaistvad isolatsioonimaterjalid.

Vaakumklaasimine

Õhu eemaldamisega kahe klaasitahvli vahelt kõrvaldatakse konvektiivne soojusülekanne. Vaakumklaasimise (10-3 atm) ühendamisel ühe klaasitahvli katmisega soojuskiirgust majja tagasi peegeldava kattekihiga (low-emission coating) on võimalik saavutada - hoolimata külmasildadest servatihendites - U-väärtuseks 0,4 W/m² K. Tulemuseks on vähem kui 10 mm paksune hermeetiline aknaklaas, millel on väga head soojusisolatsiooniomadused.

"Arukad" aknad

Valguse ja soojuse kandumist läbi akna on võimalik suurel määral juhtida kattekihtide ja kelmete abil. Tegelikult saab ilma valgu-

se visuaalset kvaliteeti halvendamata muuta akent läbiva energia kogust ligikaudu 50% ulatuses. See on väga tulus passiivse päikesekütte rakendustes, sest "arukaid" aknaid saab kasutada nii ülekütmise vältimiseks päeval kui ka soojuskadude vähendamiseks öösel.

Passiivne päikeseküte

Passiivse päikeseküttega konstruktsioonides rakendatakse kolme põhiprintsiipi. Otsese säästu süsteem tähendab õigete mõõtmetega ja õigesti suunatud aknaid. Sellisel teel saab vähendada kütisvajadust 5...15%. Ülekütmise vältimiseks suvisel ajal on tähtis ruuloode ja piisava ventilatsiooni olemasolu.

Kaudsed süsteemid ehk päikeseseinad tähendavad mustaks värvitud ja suure soojusmahutavusega lõunapoolseid välisseinu, mis on suutelised toimima päikesekollektorina. Soojus jõuab seetõttu tuppa hilinemisega ehk alles pärast päikeseloojangut. Tavaliselt kaetakse seinu väliskülgi soojuskadude vähendamiseks tahvelklaasi või mõne läbipaistva isolatsioonimaterjaliga.

Päikeseküte päikeseruumi kasutamiseks

Isoleeritud süsteemide puhul toimib päikesekollektorina hoone köetavast osast

isoleeritud lõunapoolne klaastuba. Teatava energiasäästu annab selline klaasist lisaehitis fassaadi täiendava isoleerimisega, tänu päikeseruumi kasutamisele ventilatsiooniohu eelsoojendamiseks on aga võimalik vähendada kütisvajadust 15...25%.

Suuremate hoonete juures pakuvad arhitektuurilises mõttes ahvatlevat võimalust päikeseenergia ärakasutamiseks aatriumid. Aatriumide selline kasutusviis eeldab, et neid ei köeta tavalise sisetemperatuurini, vaid lastakse aatriumide temperatuuril köikuda sõltuvalt ilmast.

Päikesevalguse kasutamine

Päikesevalguse ärakasutamiseks piisava valgustuse loomiseks võib saavutada tunduva energiasäästu. Õigesti suunatud akende, sobiva ruumikujunduse ja tehisolustuse automaatjuhtimise abil saab elektrikulu ruumide valgustamiseks vähendada kuni 75% võrra. Viimastel aastatel on loodud palju päevavalguse paremaks ärakasutamiseks mõeldud tooteid. Valgusekanalid võivad juhtida päikesevalgust sügavale hoone sisemusse, üksikutesse tubadesse saavad aga valgust suunata peegelekraanid, klaasprismad ja holograafilised aknad.

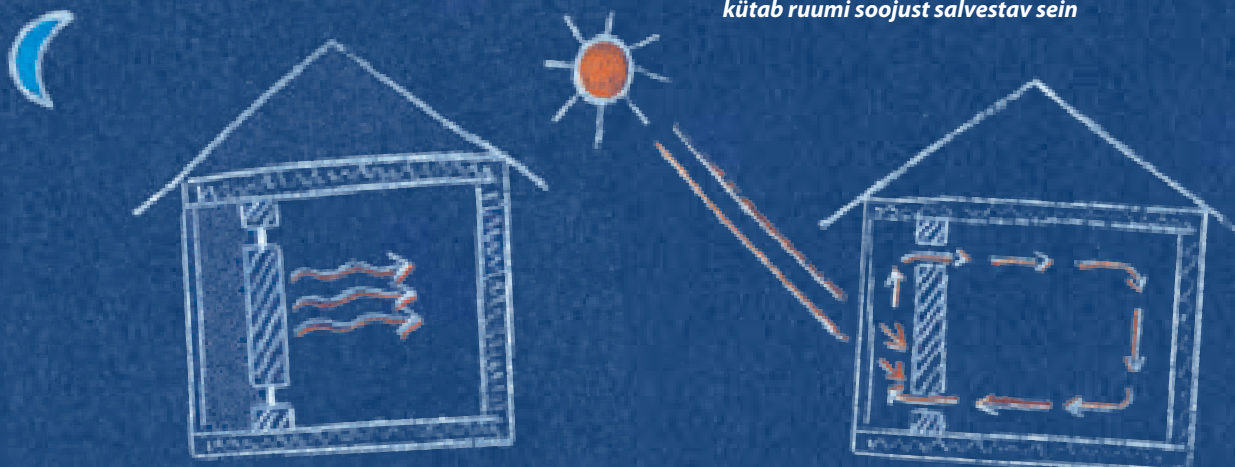
MÕTLEMISEKS

- » Passiivset päikeseenergiat kasutavad majad tehakse samadest materjalidest mis tavalised majad.
- » Nad kulutavad vähem kütet ja seega vabaneb vähem kasvuhoonegaase.
- » Nad on hästi isoleeritud, mis vähendab veelgi küttearveid.
- » Vaja on rohkem maad, sest majad peavad olema esiküljega lõuna poole ja asuma üksteisest kaugemal, et iga maja saaks päikeseenergiat kasutada.
- » Lähestikku asuvad hooned heidavad üksteisele varju.
- » Väiksema tihedusega hoonestus aitab kaasa linnade laienemisele.
- » Lihtne on ehitada uusi maju passiivseks päikeseenergiaga kütmiseks.
- » Passiivse kütmise projekt on odavam kui teised taastuva energia meetodid.
- » Hoolduskulud on väikesed või puuduvad.
- » Visuaalseid ega müraprobleeme ei ole.
- » Majades on kerge elada.
- » Vanu maju on raske ümber ehitada.
- » Passiivse päikeseenergia projekte kasutavaid maju on kallim ehitada.

Bioenergia talu Norras, mis katab ligi 80% energiavajadusest kohapeal toodetud kütustega. Talu traktorid ja autod sõidavad biodiisliga. Kütteks kasutatakse puiduhaket, mida kuivatatakse päikesenergiaal põhineva kuivatiga - katuses oleva kollektoriga soendatakse õhku, mis suunatakse hakkepuidu kuivatisse.



» **Passiivne päikeseküte:**
Päeval päike soojendab läbi lõunapoolsete akende siseruume ja soojust salvestavat massiivseina, öösel kütab ruumi soojust salvestav sein



TAASTUVENERGIA KASUTAMINE



Päikesekütte aktiivsüsteemid koosnevad päikesekollektorist, soojusmahutist ja soojuse jaotamise süsteemist. Päikesekiirgus absorbeeritakse mõnda vedelikku ning mahutus- ja jaotussüsteem väljastab soojust vastavalt vajadusele. Päikeseküttesüsteemi säästlikkus sõltub enamasti kollektori ja mahuti optimeerimisest vastavalt kohalikule ilmastikule, küttevajadusele, varuenergia tarnimise maksumusele jne.

Päikesekollektor

Päikesekollektor neelab päikesekiirgust ja muundab selle soojuseks. Soojuse edasi-toimetamiseks kollektorist võib kasutada vedelikke või õhku. Kollektori tegelik suurus sõltub energiavajadusest ja kohalikust ilmastikust.

Ühepereelamu kuumaveesüsteemides on kollektori tavaline suurus 4...6 m². Nii ruumide kütmiseks kui ka kuuma vee saamiseks mõeldud süsteemides võib kollektori pindala ulatuda 10...30 m²-ni.

Soojussalvestid

Soojuse lühiajaliseks talletamiseks mõeldud salvestite ülesanne on siluda vähem kui nädala ja tegelikult enamasti mõne

päeva pikkusi kõikumisi. Kodude kuumaveesüsteemides on salvesti maht kollektori ühe ruutmeetri kohta harilikult 50...60 liitrit. Nii ruumide kütmiseks kui ka kuuma vee tootmiseks mõeldud süsteemide puhul on kollektori pindala suurem ja tavaliselt on salvesti maht 25...30 liitrit kollektori pinna ühe ruutmeetri kohta. Päikeseenergiat töötavate õhkküttesüsteemide puhul kasutatakse üldiselt soojussalvestina keeraamikapuru. Soojuse salvestamise seisukohalt on uuritud ka muude põhimõtete (näiteks aine oleku muutumise ja pööratavate keemiliste reaktsioonide) kasutamist, kuid päikesekütterakendustes ei ole nendega senimaani edu saavutatud.

Põhjamaises kliimas piisab ühepereelamu aastase kütmiss vajaduse rahuldamiseks 5...10%-st aasta jooksul maale langevast päikesekiirgusest. Valdav osa päikeseenergiast on siiski saadaval suvel, kütmiss vajadus on aga kõige suurem talvel. Suurematel laiuskraadidel, kus päeva pikkus kõigub rohkem, läheb vaja selliseid soojussalvesteid, mida saaks suvel täis laadida. Majanduslikus mõttes tasuvaks võivad tänu mastaabiefektile osutada piirkondlike küttesüsteemide suured (üle 50 000 m³) soojussalvestid suvel kogutud soojuse säilitamiseks. Talvel on võimalik ära kasutada kuni 90% suvel salvestatud soojusest.

Heina ja teravilja kuivatamine

Norras kasutatakse päikeseküttega töötavaid heina- ja viljakuivateid. Sellistes süsteemides imetakse välisõhk läbi välise plekk- või

kivikatuse ja sisemise katuse vahelise ruumi katuseharja all asuvasse kanalisse. Hein laotatakse võrestikele ja õhk juhatakse heina alla. Niisuguse meetodi põhieeliseks ei ole tavaliselt mitte energia kokkuhoid, vaid heina suurepärase kvaliteet.

TÖÖSTUSSOOJUS JA ELEKTRIENERGIA TOOTMINE

Lamedate päikesekollektorite puhul on võimalik mitmesuguseid kattekihte ja tänapäevaseid läbipaistvaid isolatsioonimaterjale kasutades saavutada töötemperatuuride üle 100 °C. Koondamispeegleid ja päikesejälgimisseadmeid kasutavad hajuskollektorsüsteemid suudavad pakkuda kuni 300 °C-ni ulatuvaid temperatuure. Suurte päikest jälgivate peeglikomplektide (heliostaatide) kiirguse koondamisega väikesesse keskvastuvõtjasse võib jõuda temperatuurini 3500 °C. Kõik need temperatuurid on rakendatavad tööstusprotsesside läbiviimiseks ja elektrienergia genereerimiseks.

PÄIKESEJAHUTUS

Päikesesoojust saab kasutada ka hoonete jahutamiseks. Üks jahutusrakenduste olulisi eeliseid seisneb selles, et jahutamise vajadus langeb tihtipeale ajaliselt kokku päikeseenergia kõige parema kättesaadavusega ja energiat pole tarvis salvestada.

Üks võimalus kasutada päikesesoojust jahutamiseks on suurendada päikeselõõride abil loomulikku ventilatsiooni.

MÕTLEMISEKS


- » Ehitusmaterjalid on lihtsad ja odavad.
- » Vaikne.
- » Nüüdisaegsed kollektorid näevad välja nagu katuseaknad ega riiva seetõttu silma.
- » Vee soojendamine päikeseenergiaga ei tekita kasvuhoonegaase ja säästab fossiilseid kütuseid.
- » Üsna pikk tasuvusaeg, vähemalt 10-15 aastat.
- » Suurel osal hoonetel Eestis on katused, mis sobivad päikesekütte aktiivsüsteemidele.
- » Projekteerimiseeskirjad võiksid sisaldada nõuet, et kõigil uutel majadel oleks päikesekütte aktiivsüsteem.
- » Päikeseküttesüsteemi saab kombineerida biokütustel töötava katla või elektriküttega.
- » Päikesekütte aktiivsüsteem on kallis ja selle tasuvusaeg mitu aastat. Inimesed võivad majast ära kolida, enne kui oma raha tagasi saavad.
- » Usk päikesekütte aktiivsüsteemidesse on väike.

TOIDUVALMISTAMINE PÄIKESEENERGIA ABIL

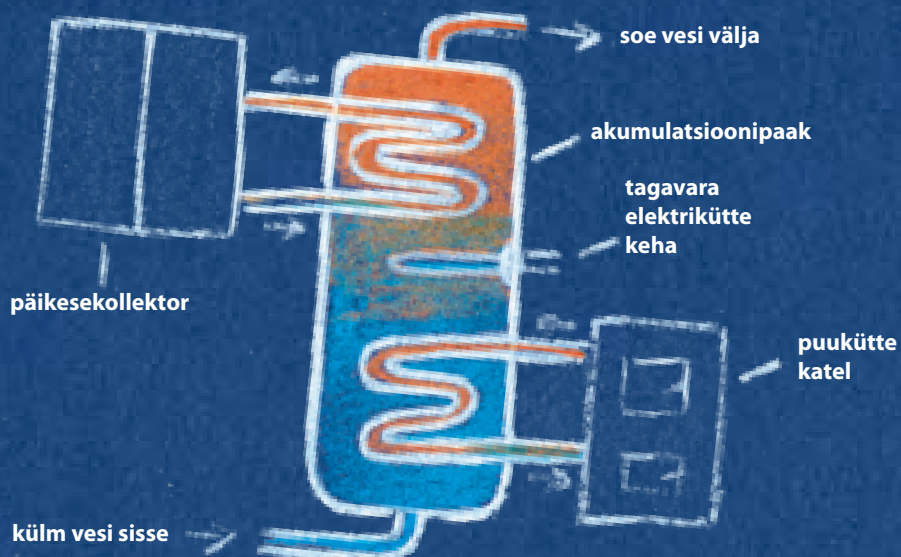
On loodud palju mitmesuguseid päikesepliite ja kõige tavalisem nendest on päikeseenergiat kasutav küpsetuskast. See on

üks kuni kolm keedunõu mahutav klaasiga kaetud ja tihtipeale reflektoriga varustatud kast. Päikeseenergiat saab kasutada ka vee pastöriseerimiseks.





 Pildil Rootsi linna Umeå ökotsoonis asuv Fordi autosalong, mille kütte- ja sooja vee vajadus kaetakse osaliselt päikesekollektoritega. Lisaks saadakse soojusvahetite abil sooja kõrval asuvas MacDonaldisi köögist ja hall vesi taaskasutatakse pärast biopuhasti läbimist.



TAASTUVENERGIA KASUTAMINE

PÄIKESEPATAREID

Fotogalvaanilise (FG) efekti - s.t valguse otsese muutmise elektrostaatiliseks energiaks - avastas 1839. aastal prantsuse füüsik Edmond Becquerel. Ta pani tähele, et kahe identse, halva elektrijuhtivusega elektrolüüdis paikneva elektroodi valgustamisel tekib nende vahel elektripinget. Valguse neeldumisel pooljuhis tekib pinget ja kui pooljuhiga ühendatakse välisahel, läbib seda elektrivool. Neeldunud energia muundatakse seega elektriks. Geneereeritud elektrienergia ja kiirusenergia suhe kujutab endast FG-raku ehk fotoelemendi kasutegurit.

Esimised fotoelemendid valmistati möödunud sajandil seleenist ja nende kasutegur oli 1...2%. Teoreetilise aluse tänapäevasele FG-tehnoloogiale rajasid 20. sajandi kahekümnendatel ja kolmekümnendatel aastatel tehtud uurimistööd. Neljakümnendate aastate lõpupoolel avastati väga puhta monokristalse räni saamise uus, Czochralski meetod. Tähtsad verstaapolid FG-tehnoloogia arenguteel olid ka viiekümnendate aastate kosmoseprogrammid ja pooljuhtelektroonika tekkimine.

- » **1839** Becquerel avastab fotogalvaanilise efekti
- » **1954** Bell Laboratories loob esimese ränifotoelemendi

- » **1958** Esimene päikeseplatariidelt toidet saav Maa tehiskaaslane CdS/Cu₂O õhukese killega fotoelement
- » **1974** Esimene amorfne ränifotoelement
- » **1983** Esimene päikeseplatariid-rakendus võimsusega üle 1 MW
- » **1985** Esimene fotoelement, mille kasutegur ületab 20 %
- » **1989** Esimene kaksikfotoelement, mille kasutegur on kontsentreeritud päikesevalguses üle 30 %

Enamik fotoelemente valmistatakse ränist. Räni on hapniku järel kõige levinum keemiline element maakeral. Tavaliselt toodetakse seda kvartsiivast. Fotoelementides kasutamiseks piisavalt puhta räni saamiseks läheb siiski vaja õige mitut keerulist töötusjärku.

Ränikristallist fotoelemendid

Turul on saadaval 20%-ni ulatava kasuteguriga monokristalsed fotoelemendid. Laboritingimustes on demonstreeritud fotoelemente, mille kasutegur läheneb teoreetiliselt võimalikule piirväärtusele 29%. Pealtnäha on 20% üsna madal näitaja, võrreldes näiteks hüdroelektrijaamade kasuteguriga, mis on peaaegu 100%. Kuid esmajoones on kasutegur siiski selline parameeter, mille järgi teadlased ja tootjad kõrvutavad üksteisega erinevaid fotoelemente. Tarbija jaoks on tähtsaks teguriks hoopis hinna ja elektritootluse vahetõrke ning sobivus konkreetseteks ilmastikutin-

gimusteks. Teoreetiline ülempiir 29% tuleb päikesekiirguse füüsikalistest omadustest. Uuel nanotehnoloogial põhinevad fotoelemendid suudavad aga töötada juba ligi 60% kasuteguriga.

Enamik monokristalseid fotoelemente valmistatakse suurtest ränitükkidest saetud liistudest. Polükristalsete elementide valmistamine on lihtsam ja seega ka odavam. Kuna polükristalsete fotoelementide kasutegur on ainult õige veidi madalam kui monokristalsetel elementidel, siis on polükristalsed elemendid äärmises mõttes huvipakkuvad.

Räniliistud on 0,3...0,5 mm paksused. See tagab neile paraja mehaanilise tugevuse ja ühtlasi on niisugused liistud küllalt paksud, et absorbeerida päikesevalgus täielikult - selleks piisab ligikaudu 0,2 mm-st.

Mono- ja polükristalsed fotoelemendid

Skandinaavias on väikesed päikeseplatariid-süsteemid väga populaarseks muutunud, eriti maamaja- ja suvilaomanike hulgas. Niisugustes rakendustes kasutatakse elektrit peamiselt valgustamiseks ja paljudel puhkudel kujutab see endast säästlikku alternatiivi võrguühendusele, diiselgeneraatorile jms. Norras on ligikaudu 80 000 paigaldist koguvõimsusega 4 MW, Soomes töötab suvemajades kokku üle 30 000 süsteemi, millest esimesed paigaldati juba 1970. aastate lõpus. Suur osa Eesti rannikul asuvatest majakatest töötab päikese- ja tuuleenergia jõul, saades vajaduse korral liisaenergiat diiselgeneraatori abil.

MÕTLEMISEKS

- » Valmistamiseks vajalikud materjalid on hõlpsasti kättesaadavad.
- » Vaikne.
- » Vähe nähtavat mõju.
- » Ei tooda töötamise ajal kasvuhoonegaase ja säästab fossiilseid kütuseid.
- » Varustab elektriga eraldatud kohtades.
- » Vähe hooldamist.
- » Puudub ruumiprobleem, sest paneelid pannakse katusele.
- » Päikeseenergiat on lihtne kasutada linnades.
- » Päikeseplatariidide tootmiseks kasutatakse kemikaale, mis võivad olla mürgised ja keskkonnaohhtlikud. (Kasutatud paneelide utiliseerimisskeem töötatakse ilmselt välja tulevikus.)
- » Suured päikeseplatariidide väljad hõlmavad suuri maa-alasid.
- » Väikesed süsteemid kasutavad akusid. Akud tuleb saastamise vältimiseks ümber töötada.
- » Päikeseplatariidide saab kasutada paljudes kohtades ja mitmel otstarbel.
- » Päikeseplatariidid kasutatakse üha rohkem kaugetes, elektrivõrguga katmata paikades, eriti arenguriikides.
- » Päikeseplatariidide tootmis- ja paigalduskulud on praegu palju kõrgemad kui tavapärastest allikatest saadud elektril maksumus.
- » Päikeseplatariidide efektiivsus on ikka veel väiksem kui 20%. Märkimisväärse elektril koguse tootmiseks on vaja suuri paneelidega kaetud alasid.

TAASTUVENERGIA KASUTAMINE

BIOENERGIA

Bioenergia on biomassi või biomassi-saaduste põletamisel saadud energia. Biomass koosneb kõikvõimalikust bioloogilisest materjalist - puidust, sõnnikust, põllumajandusjäätmetest -, selle saaduste hulka kuuluvad aga taimsed õlid, etanool ja anaeroobse lagunemise tulemusena tekkinud gaas. Kõige tavalisem on biomassi põletamine vahetult soojuse saamiseks, kuid biomassi saab kasutada ka kütusena elektrienergia tootmisel turbiinide abil.

Biomass paiskab põlemisel atmosfääri sama palju CO₂, kui ta on endaga sidunud. Bioenergia säästlik kasutamine ei kutsu esile kasvuhoonegaasi CO₂ koguse netokasvu. Biokütuste põlemisel on NO_x heitmeid fossiilsete kütuste põlemisega võrreldes tavaliselt 20...40% vähem ning tahma ja suuremate osakeste heitmete hulk biokütusega jõujaamadest on võrreldav õliküttele töötavate jõujaamade heitmehulgaga. Tänu puidu väikesele väävlisisaldusele (0,05%) on SO₂ heitmed tähtsusetud.

Ajalooliselt on biokütus olnud kõige tähtsam energiaallikas. Seetõttu pole sugugi juhuslik, et esimesed Rudolf Dieseli mootorid 1893. aastal olid konstrueeritud töötamiseks taimeõlil. Küllap üksnes vähesed inimesed - kui üldse keegi - suutsid tollal ette kujutada, millist mõju avaldavad 20. sajandi energiakasutusele naftatooted.

Tänapäeval katab bioenergia 15% maailma energiavajadusest ja on poole-

le inimkonnast kõige tähtsam energiaallikas. Esikohal on bioenergia maailma kõige vaesemate inimeste jaoks, kes sõltuvad toiduvalmistamisel ja kodu soojendamisel puuküttest. Toidu küpsetamisel lahtisel tulel kasutatakse aga ära kõigest 5% küttepuid energiast ning seetõttu on paljudel puhkudel võimalik vähendada tulepuidu kogumiseks vajaliku töö mahtu tõhusa pliititehnoloogia rakendamisega.

Norras kasutatakse praegu bioenergiat hinnanguliselt 12 TWh aastas, mis moodustab 5% energia kogutarbimisest. 5 TWh sellest kulub eramajade ja muude väikehoonete kütmiseks, ülejäänud tarbib puidutööstus, mis rahuldab ligikaudu 30% oma energiavajadusest bioenergiaga. Praeguse tehnoloogia juures on bioenergia kasutamise potentsiaal Norras umbes 30 TWh. Kuid tehnoloogia edasist täiustumist arvestades kujutab bioenergia endast jõulist ja jätkusuutlikku varianti riigi tulevase energiavajaduse rahuldamiseks.

BIOKÜTUSTE LIIGID JA ALLIKAD

Tahked väärastamata biokütused

Metsa- ja põllumajanduse kõrvalsaadustest - näiteks pehmest lehtpuidust, puude langetamis- ja harvendamisjäätmetest - saab selliseid väärastamata biokütuseid nagu küttepuut, laastud, puukoor ja põhk. Niisuguse toormaterjali töötlemine enne põletamist, mis leiab harilikult aset suuremates katlamajades, piirdub tavaliselt kuivatamise ja sobivas suuruses tükkideks hakkimisega. Kõige tähtsam näitaja tahkete biokütuste kütteväärtuse hindamisel on nende niiskusesisaldus. Ligikaudselt saab kütteväärtust arvutada valemiga $H = 5,32 - 6,02$

$j \cdot m / 100$ (kWh/kg), kus m on niiskusesisaldus protsentides.

Tahked väärastatud biokütused

» Puusöe, puidubriketi, puidugraanulite ja puidupulbri valmistamine tõstab küll kütuse hinda, kuid harilikult teevad selle kuhjaga tasa järgmised eelised:

- » energia suur erisisaldus, mis vähendab transpordi- ja säilitamiskulusid;
- » homogeense kütuse puhul on kergem reguleerida põlemisprotsessi;
- » kütus on hoiustamisel stabiilsem ega kaota pikaajalisemal säilitamisel nii kiiresti oma omadusi;
- » kolded, soojusvahetid ja gaaside töötlemise süsteemid võivad olla lihtsamad ja odavamad;
- » õlipõleteid saab niiviisi ümber teha, et need sobiksid biokütuste põletamiseks.

Puusütt toodetakse sellise termokeemilise protsessi (pürolüüs) abil, milles lenduvad materjalid tõrjutakse kuumuse abil välja ja mille esmasaaduseks on gaasid (kergeid süsivesinikud, CO, CO₂ ja veeaur), õlid (raskemad süsivesinikud ja tõrvad) ning puusüsi. Puusüsi põleb väga ühtlaselt ja väga väheses suitsuga ning seda kasutatakse paljudes maailma paikades toidu valmistamiseks ja metallurgias redutseerimisainena.

Kui biomass pressitakse vähem kui 20 mm läbimõeduga kämpudeks, nimetatakse selliseid klotse graanuliteks. Graanulite standardläbimõõt on 6, 8 ja 12 mm. Graanuleid on küll lihtsam käsitseda kui briketti, kuid toormaterjalile esitatavad nõuded on rangemad. Graanulite puhul kasutatakse samasuguseid võtteid nagu kütteõliga

MÕTLEMISEKS

- » Metsaraie tekitab jäätmeid.
- » Kiire kasvuga võsa suudab luua uusi kasvukohti elusloodusele.
- » Biomassist saadud energial on keskkonnale neutraalne süsinikdioksiidi mõju.
- » Põletamisel toodetava süsinikdioksiidi kogus on sama suur kui puude või kõrreliste poolt kasvamise ajal tarbitud süsinikdioksiidi kogus.
- » Biomassi transportimiseks elektrijaama võib kuluda palju energiat.
- » Biomassi põletamisel võib mingil määral esineda keemilist saastet.
- » Kiire kasvuga võsaväljad muudavad maastiku ilmet.
- » Heintaimede transportimiseks kasutab väikesi maateid suurem hulk veoautosid.
- » Biomassi saab kasutada energia tootmiseks just siis, kui me seda vajame.
- » Võib minna mitu aastat, enne kui võsa saab lõigata ja müüa, mis ei meelita talunikke seda kasvatama.

töötamisel ja õlipõleteid on võimalik lihtsal viisil ümber ehitada, nii et nendega saaks põletada ka graanuleid. Seega võib üleminekut biograanulitele vaadelda vahepealse abinõuna CO₂ heitmete vähendamisel.

Vedelad biokütused

Fossiilsete vedelkütuste asendajaks võivad saada vedelbiokütused. Kõige tähtsam turg nende jaoks on transpordisektor, kuid teatud asjaoludel võib kütteõli väljavahetamine pakkuda huvi ka teistele majandusharudele. Vedelbiokütuseid on mitut liiki - alkoholid, taimsed ja loomsed õlid ning esterdatud õlid.

Põllumajanduses, toiduainetetööstuses, reoveekäitluses ja jäätmete töötlemisel saab märja orgaanilise biomassi allutada anaeroobsele kääritamisele. Reoveemuda, sõnniku ja orgaaniliste jäätmete töötlemiseks on loodud mitut tüüpi reaktoreid.

Biogaas

Anaeroobne kääritamine on mikroobne protsess, mille käigus süsivesikud lagundatakse CO₂-ks ja CH₄-ks. See on loomulik protsess, aga tänu reaktori kasutamisele on võimalik reaktsioonisaadusi kokku koguda ja ära kasutada. Metaani osakaal võib sõltuvalt reaktsiooni toimumise tingimustest kõikuda 40% ja 70% vahel, kuid tavaliselt on see 50%. Metaani kütteväärtus on enamasti ligikaudu 4 kWh/m³.

Prügilad ei ole mitte ainult ebaseeldivad ja maad raiskavad rajatised, vaid eritavad ka kasvuhoonegaasi metaani. Sellised gaasieritised lehkavad vastikult ja võivad iseenesest süttida. Gaasi saab aga ka aktiivselt välja pumbata või lihtsalt prügimäe alt torude kaudu välja juhtida. Gaas vabastatakse üleliigsest niiskusest, analüüsitakse automaatselt ja põletatakse ahjudes või tööstusseadmetes.

Jäätmetest saadav bioenergia

Kodumajapidamistes ja tööstusettevõtetes tekkivate jäätmete mahu üha kasvav suurenemine on muutunud paljudes riikides järjest tõsisemaks keskkonnaprobleemiks. Jäätmeid võib vaadelda kui energiaressursi, mis pakub koos traditsiooniliste taaskasutusmeetoditega välja lahenduse suurte prügilade tekke vältimiseks.

Tavapäraste konstruktsioonidega võrreldes lubab selline kütuse etteande ja põlemise tänapäevasele juhtimissüsteemile tuginev kontseptsioon vähendada soojuskoormuste avaras vahemikus märkimisväärselt atmosfääriheitmeid. Tänu põlemisprotsessi täiustamisele vajavad suitsugaasid üksnes lihtsat puhastamist lubjakivi lisamise ja tarbe korral tekstiilfiltrite abil. Niisuguse põlemisprotsessi abil saab ära kasutada alumiiniumi ja tuhka sisaldavaid jäätmeid - näiteks muda - ning ühtlasi võib ahi töötada kas või 100% ulatuses plastjäätmetel.



⇒ **Metsast tulev puit ja põllult saadav biomass on Eestis tuule ja päikese kõrval parimaks looduslikuks energiaallikaks. Pildil erinevad tahked biokütused alates põhust kuni hakkepuidu ja puidugraanuliteni.**

TAASTUVENERGIA KASUTAMINE

TUULEENERGIA

Tuule jõudu on inimkond ära kasutanud juba sajandeid. Enam kui 3000 aastat tagasi ületas ta purjelaeval ookeane, tuuleveskeid on aga ulatuslikult rakendatud teravilja jahvatamiseks ja vee pumpamiseks. Moodsa aja koidikul varustati eraldatud piirkondi koguni tuuleturbiinide abil toodetud elektrienergiaga.

Üldkasutatavate elektrivõrkude ja fassaaduste jaotamise infrastruktuuri laienemise tõttu pärast maailmasõdu leidis aga tuulejõud üha vähem rakendamist. Tänapäeval pööratakse tuuleenergiale siiski uuesti tähelepanu, sest see ei reosta keskkonda ja on taastuv.

Tuul kujutab endast liikuvat õhku ja tuuleturbiin muundab osa õhu kineetilisest energiast (tuuleenergiast) elektriks. Tuuleturbiine on võimalik liigitada nende teljesuuna järgi horisontaalteljelisteks - see on tavalisem tüüp - ja vertikaalteljelisteks.

Horisontaalse teljega tuuleturbiin koosneb mastist, gondlist (masinaruumist) ja turbiinilabadest. Gondlis paiknevad reduktor, generaator, pidurid, juhtimissüsteem ja pööramisajamid. Gondel pöörduv tuulde kas elektrimootorite või tuule enda jõul.

Vertikaalse teljega tuuleturbiine ei ole vaja tuule suuna järgi orienteerida. Teine säärase konstruktsiooni eelis on masinaruumi paiknemine maapinnal, mis vähendab veelgi masti paigaldamise ja hooldamise maksumust. Kuid sellegipoolest ei ole vertikaalteljega turbiinid seni äriedu saavutanud. Põhjuseks on turbiinilabadele langeva koormuse tsüklilisus, mis on enamasti kutsunud esile materjali kiire väsimise. Praegu tegeldakse mitmel pool sellise tehnoloogia arendamisega, mis võiks niisugused turbiinid tulevikus konkurentsivõimeliseks muuta.

Säästlikkuse seisukohalt on ülimalt tähtis, et tuuleturbiinid paikneksid soodsas tuulekliimaga kohas. Kuna enamik tänapäeva tuuleturbiine on ühendatud elektrivõrku, saab suurema osa toodetud elektrienergiast ära kasutada. Seetõttu oleks loogiline kõik sobivad paigad võimalikult optimaalselt kasutusele võtta, püstitades nendesse tuuleparkideks nimetatavaid turbiinirühmi. Selline praktika vähendaks ühtlasi juurdepääsuteede, võrguühenduste jm infrastruktuuri rajamise maksumust. Turbiinide alla jääb ühtekokku enam-vähem 1% tuulepargi pindalast ja seetõttu saab elektrienergia tootmisega ühendada ka muid tegevusi - näiteks põllumajandust.

Katsetamise ja tootmise alustamise järgus on praegu eramajadele ja kontorihoo-

netele paigaldamiseks mõeldud väikesed tuulegeneraatorid, mis võimaldavad tulevikus vähendada kodude ja kontorite elektriarveid.

Euroopa Komisjoni taastuvenergiat käsitleva "Valge raamatu" hinnangul kasutatakse 2010. aastal Euroopas 40 000 MW ulatuses tuuleenergiat.

Viimase 15 aasta jooksul on ühe energiaühiku tootmiseks vajalike investeeringute maht kahanenud poole võrra. Jõujaamade tootlus ja kasutegur on samal ajal aga tunduvalt suurenenud. Sellise arengu tulemusena on tuuleelektri maksumus langenud niisugusele tasemele, et see on peagi võimeline võistleva fossiilkütustest toodetava elektriga. Edaspidi võib "roheline" maksupoliitika tuulejõu ja muu taastuvenergia konkurentsivõimet veelgi tõsta. Tulevikus on omahinna alanemist loota järgmistel põhjustel:

- » õige asukoha täpsemaks kindlaksmääramiseks vajalike vahendite väljaarendamine suurendab paigaldatavate turbiinide tootlust;
- » parema konstruktsiooniga turbiinilabad võivad olla suurema kasuteguri ja pikema tööeaga;
- » kergema ja paindlikuma konstruktsiooni loomine vähendab materjalikulu;
- » enamasti on tuul maapinnast

MÕTLEMISEKS

- » Tuul on energiasüsteemile tasuta "kütuseks".
- » Tuul on piiramatu ja lõppematu ressurss.
- » Elektri tootmine tuulest ei tekita kasvuhooonegaase.
- » Tehnoloogia on hästi arenenud ja elektrit suudetakse toota sama hinnaga nagu suurtes fossiilsete kütusteid kasutavates elektrijaamades.
- » Maad tuuleturbiini ümber saab kasutada põllumajanduses.
- » Vana turbiini saab lahti monteerida ja eemaldada.
- » Tuuleturbiinid tekitavad teatud määral müra, sest nende labad liiguvad läbi õhu.
- » Käigukastid teevad mehaanilist müra.
- » Vertikaalse teljega uue põlvkonna turbiinid on peaaegu hääletud.
- » Vahet tuleb teha väikestel ja suurtel generaatoritel. Linnatingimustesse kavandatud generaatoritel on

- minimaalne visuaalne mõju ja madal müratase.
- » Tuuleturbiinid võivad maastikus silma torgata. Mõnedele inimestele ei meeldi nende välimus.
- » Elektri tootmiseks on vaja tugevat tuult.
- » Tuuleturbiinid võivad häirida radari- ja televisioonisignaale.
- » Kui turbiinid asetatakse rändlindude teele, võivad linnud labadega pihta saada. Sellest probleemist ei ole palju teateid.
- » Disaini ja konstruktsiooni täiustatakse pidevalt ja turbiinid muutuvad odavamaks.
- » Eesti saartel ja rannikul ning avamerel on piisavalt tugevad tuuled tuuleparkide rajamiseks.
- » Sageli on kõige tuulisem talvekuudel, mil me vajame rohkem elektrit.

- » Kuna turbiinide maksumus kahaneb pidevalt, saab väikesed tuuleparke või üksikuid turbiine ehitada rohkem kogukondi, et toota elektrit kohalikuks kasutamiseks.
- » Tuuleturbiinid kasutavad maad, mis on majanduslikult väheväärtuslik ja mille järele ei ole suurt nõudlust.
- » Tuuleturbiine saab rajada avamerel, Eesti territoriaalmeres olevad madalikud on selleks igati sobivad.
- » Lähitulevikus saab igaüks soetada ja paigaldada oma väikese võrku ühendatava tuulegeneraatori, mis vähendaks hoone elektriarvet.
- » Väikesed tuuleturbiinid tagavad tulevikus eraisikutele ja firmadele energeetilise julgeoleku ja sõltumatuse elektrikatkestuste ja fossiilkütuste suurte hinnakõikumiste korral.

kõrgemal tugevam ning turbiini mõõtmete suurendamisel (kõrgemate mastide korral) muutub seetõttu automaatselt suuremaks ka tuulejõu kontsentratsioon;

- » väljundvõimsuse optimeerimine nõuab turbiini töökiiruse varieerimist, see aga ei sobi kokku toodetava elektrienergia fikseeritud sagedusega. Sellist takistust on võimalik ületada tänapäevase võimsuselektronika abiga;
- » turbiini ehituse lihtsustamine (reduktorita konstruktsioonid) võib vähendada mehaanilisi kadusid.

Kõik energialiigid, sealhulgas ka taastuvallikatest saadav energia, avaldavad mingisugust mõju keskkonnale. Tuuleenergia tootmine tekitab madalsageduslikku müra ja enamasti paigutatakse üksikturbiinid hoonetest vähemalt 300 m kaugusele. Tuulepargi puhul tuleb seda vahemaad suurendada vähemalt ühe kilomeetrini. Müra viimisel miinimumini on otsustava tähtsusega turbiinide kõrgetasemeline aerodünaamiline kujundus.

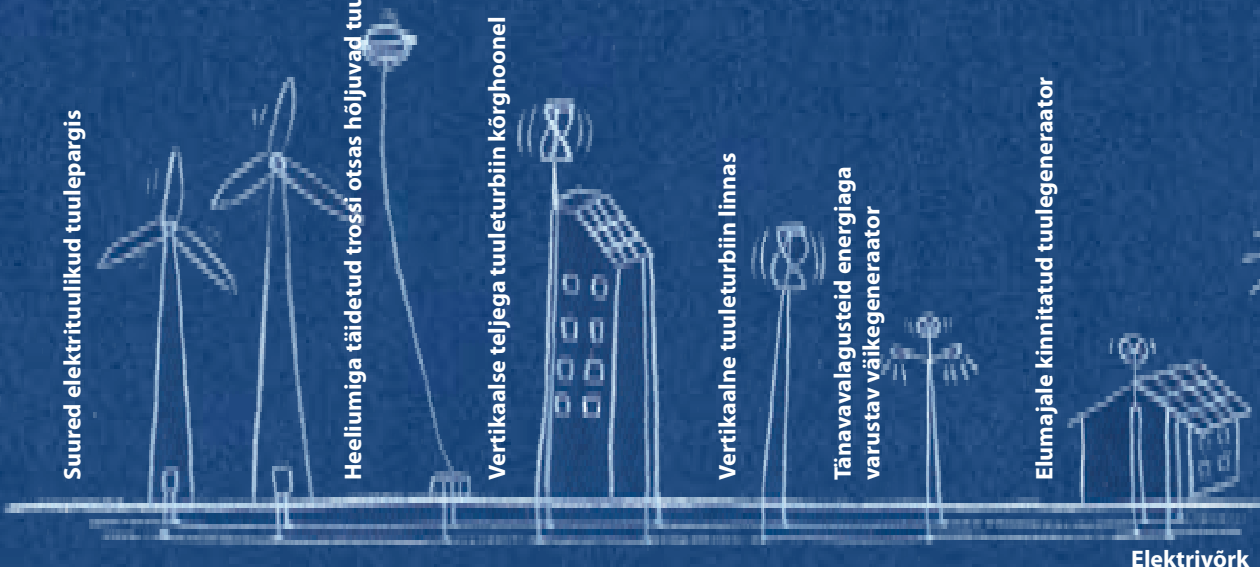
Mõned inimesed peavad tuuleturbiini siluetti maastiku rikastajaks, teised aga on vastupidisel arvamusel. Tähtsad parameetrid on turbiini asukoht ja värvus ning muud visuaalset pilti kujundavad tegurid. Õige asukoht on tähtis ka raadiosignaali inter-

ferentsi vältimise seisukohalt. Mingi paikonna ärakasutamine tuuleelektri tootmiseks ei välista sugugi muid tegevusi ning ka lindude pärast ei peaks olema põhjust muretseda: on nad ju kohandanud oma käitumist näiteks tuuleveskitega.

Võrku ühendatud ja akusid laadivad väikesed tuulegeneraatorid on igapäevase võimaluseks ennast elektrienergiaga varustada või vähendada võrgust ostetava energia hulka. Pildil 1,4 kW tuulegeneraator ja 1 kW päikeseplatari talus Lääne-Eesti rannikul. ≡



Tuuleenergia kasutamine tuleviku asumites.



MUUD ENERGIA SAAMISE VÕIMALUSED

LAINEENERGIA

Esimene lainete jõu kasutamise patent väljastati 1799. aastal Prantsusmaal ja sellele on järgnenud üle 1000 uue patendi. Juba aastakümneid tegelikult kasutusel olevate seadmete näiteks on kuivenduspumbad ja meremärkide elektritoitesüsteemid. Alates 1983. aastast on mitu prototüüp- ja näidisrajatist valmistatud Jaapanis, Norras, Hiinas, Indias, Suurbritannias, USA-s, Rootsis ja Taanis. Kaldal paiknevate seadmete installeeritud võimsus on jäänud 3 kW ja 400 kW vahele.

Üks laineenergia looduslikke eeliseid on energia salvestamise võime lainetes, mis eksisteerivad veel tunde ja päevi pärast seda, kui neid tekitanud tuul on väinunud. Olulisemate miinuste hulka kuulub aga asjaolu, et säärase energia kogumiseks läheb vaja massiivseid rajatisi, mis suudaksid lainete jõule vastu seista, ning enamasti on nende kasutus- ja hoolduskulud nõudliku merekeskkonna tõttu suured.

Rannas ei ole laineenergia sugugi nii hästi kättesaadav kui avamerel ja kaldajoonel topograafilistest omadustest tulenevad piirangud harilikult vähendavad jõujaama võimalike asupaikade arvu. Merel on piiranguid vähem ja lained kannavad endaga kaasa rohkem energiat. Avamerejaama peamine puudujääk on aga kaugus nendest kohtadest, kus toodetavat energiat vajatakse, ning see nõuab kulutusi kaablite paigaldamiseks ja muudab rajatise hooldamise kallimaks. Kuid teisest küljest on avamererajatisi valmistamine laevaehituste-

hases odavam kui ehitustööde teostamine võimsatele lainetele avatud rannal.

VESINIK

Vesiniku kui energiakandja "võttis kasutusse" juba Jules Verne 1874. aastal oma raamatus "Saladuslik saar". Vesinikku kasutati ka esimeste mootorsõidukite kütusena, kuid peagi asendasid selle odavamad ja käepärasemad naftasaadused.

"Vesinikumajanduse" ideed on pakutud välja kui maailma energiaprobleemide lahendust. On ennustatud, et päikeseenergiat hakatakse päikesepaistelises piirkonnades - näiteks Saharas - suures ulatuses rakendama selleks, et toota vesinikku kui energia talletamise ja transportimise vahendit. Ei ole siiski teada, millal võiks vesinikust saada realistlik ja ökonoomne lahendus, mis rahuldaks suure osa kogu maailma energiavajadusest. Kuid võitluses maailma energiasüsteemi säästlikumaks muutmise nimel suunatakse märkimisväärses ulatuses uurimis- ja arenduspädevust ka vesinikule ning loomisel on rakendused vesiniku kasutamiseks tööstusliku energiakandjana.

Alternatiivseks vesiniku tootmise viisiks võib olla samuti bioloogilist päritolu süsivesinike pürolüüs. Kui protsessis ei ole muid osalejaid, eraldub CO₂ asemel lihtsalt süsinik. Kui osaleb ka vesi, võib see süsinikuga reageerida ning protsessi saadusteks on vesinik ja CO₂. Praegu on käimas uurimistööd, et luua säästlikke meetodeid biomassist vesiniku tootmiseks.

Enne fossiilset päritolu vesiniku juhtko-

hale asumist toodeti suurem osa vesinikust hüdrolüüsi abil, kasutades selleks tihtipeale hüdroenergiat. Mõnel juhul võib osutada konkurentsivõimeliseks vesiniku tootmine hüdro- või tuuleenergia ülejäägi ja tulevikus ka päikeseenergia najal.

Kuna enamiku taastuvenergia allikate kättesaadavus on juhusliku iseloomuga ja need ei pruugi olla eksploateeritavad just seal ja siis, kus ja millal neid vaja läheb, muutub energia salvestamine tähtsaks probleemiks. Väikeste süsteemide ja lühiajalise talletamise korral võib piisata akumulaatoritest, kuid suures koguses energia pikaajalisemaks säilitamiseks ja transportimiseks tuleb leida teistsuguseid lahendusi.

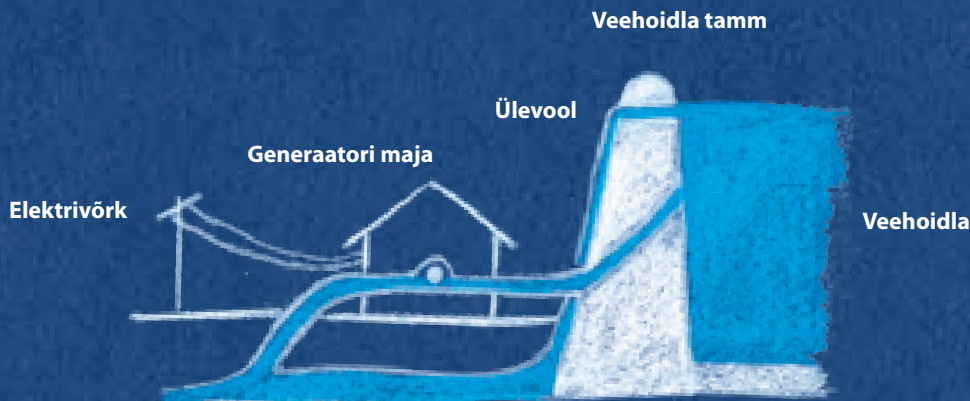
Vesinikku on võimalik toota elektrolüüsi abil veest ning säilitada ja kasutada seejärel vastavalt vajadusele põletite, mootorite ja kütuseelementide kütusena.

OOKEANIDE SOOJUSENERGIA KONVERSIIOON

Ligikaudu 25% Maani jõudvast päikeseenergiast neeldub meres. Troopilistes ja subtropilistes piirkondades on pinnavee (25 °C) ja põhjavee (5 °C) temperatuur märkimisväärselt erinev. Põhimõtteliselt on sellist temperatuuride vahet võimalik ära kasutada termodünaamilises tsükklis. Kaasatavate suurte veekoguste hiiglaslik soojusmahutavus tagab stabiilsed energiatarned.

Temperatuuride erinevuse väike aste tähendab seda, et energia muundamise kasutegur ei ole suur. Tüüpiline näitaja on

Vee jõul töötav
elektrijaam >>



2,5%. Kuid soojusenergia konversiooni teoreetiline potentsiaal on suurem kui tuule-, laine- ja mereloodete energial.

MERELOODETE ENERGIA

Ookeanitaseme kõikumist tõusu ja mõõna näol põhjustab Päikese ja Kuu gravitatsioonijõud. Selle mõjul sünnib vähem kui meetri kõrgune laine, mille tekkeperioodiks on 12 tundi ja 25 minutit. Kaldajooned topograafilised iseärasused võivad kergetada tõusulaine kohati märkimisväärselt kõrgele ning kutsuda esile tugevaid loodevoole.

Hispaanias ja Prantsusmaal hangiti erikonstruktsiooniga veskite abil mereloodetest energiat juba enne 11. sajandit. Viimase 150 aasta jooksul on loodete jõu ärakasutamise kohta registreeritud sadu patente ja uusi taotlusi antakse sisse praegugi. Enamik neist käsitleb võimalust kasutada ära vee tõusu- ja mõõnaegse taseme erinevust.

Tegelikuses piirduvad loodete energia eksploateerimine selliste kohtadega, kus veetaseme erinevus tõusu ja mõõna ajal on suur (üle 3 m) ning soodsad on ka muud lokaalsed tingimused. [joonis]

GEOTERMILINE ENERGIA

Peamiselt radioaktiivse materjali lõhustumise tagajärjel on maakoore kogunenud suurel hulgal soojust. Maakera keskosa temperatuur on hinnanguliselt kuni 5500 °C ja maakoore tõuseb temperatuur sügavamale minnes 30..35 °C kilomeetri kohta. Selle soojuse koguhulk on ligikaudu 35 miljardit korda suurem kui maailma aastane elektritarbimine. Tegelikuses on sellest geotermilise energiana siiski kasutatav üksnes murdos.

Maakoore temperatuurigradient varieerub tugevasti sõltuvalt kohalikest tingimustest. 5 km sügavusel võib temperatuur ulatuda 70 °C-st kuni enam kui 500 °C-ni. Selline gradient tekitab maapinna poole

kerkiva soojusvoolu, mille erivõimsus on tavaliselt 0,03...0,05 W/m². Geotermilise energia ärakasutamine toimub tavaliselt soojuse looduslikust juurdevoolust kiiremini ja üksiku puuraugu tööiga võib jääda vahemikku 30 kuni 50 aastat. Geotermilist energiat on võimalik muundada elektriks, milleks läheb tavaliselt vaja temperatuuri üle 150 °C, või kasutada kütmiseks, milleks piisab 40 °C-st.

VÄIKESED HÜDROELEKTRIAAMAD

Kui hüdrojõujaama installeeritud võimsus jääb alla 10 MW, nimetatakse seda sageli "väikeseks". Tavaliselt jaotatakse sellised jõujaamad 3 kategooriasse - mikrojaamad (< 100 kW), minijaamad (100 - 1000 kW) ja väikejaamad (1 - 10 MW). Maailmas on rajatud hüdroelektrijaamu koguvõimsusega 627 GW ja need toodavad aastas ligikaudu 2300 TWh elektrit. Väikeste hüdrojaamade osa on sealjuures vastavalt 19,5 GW ja 80 TWh.

Paljud jõed ja ojad on selliste hüdrorajatiste jaoks üsnagi sobivad ning maailma mitmes ulatuslikus piirkonnas esineb eraldatud aladel vajadus elektrienergia järele. Kõigest 5% isoleeritud alade asukatest maailmas võib loota, et nad hakkavad saama energiat üldelektrivõrkude kaudu.

SOOJUSPUMBAD

Soojuspump võtab mõnest soojusallikast soojust, mida on võimalik kõrgemal temperatuuril ära kasutada küttesüsteemides. Soojusallikaks võib olla välisõhk, vesi, väljuva õhu jääksoojus või tootmise jääksoojus. Soojuspumbasüsteemi põhiosad on kompressor, paisutoru ja kaks soojusvahetit (aurusti ja kondensaator). Töövedelik ringleb nendest neljast komponendist koosnevas suletud kontuuris. Vedelik paisub läbi klapi aurustisse. Paisumine tekitab temperatuurilanguse, vedelik adsorbeerib soojusallikast soojust ja aurustub. Aur surutakse kokku, mis tõstab selle rõhku ja tem-

peratuuri. Kuum aur siseneb kondensaatorisse, kus kondenseerub ja annab endast ära kasuliku soojust. Lõpuks paisub kõrge rõhu all olev töövedelik läbi paisutoru aurustisse.

Suurem osa soojuspumpi töötab elektrimootori jõul, üha kasvav vähemus aga gaasküttega. Soojuspumba väljundsoojus kujutab endast soojusallikalt võetud soojust ja kompressori töötamiseks vajaliku energia summat. Seadme kasutegurit nimetatakse harilikult soojusteguriks (COP) ning see kujutab endast toodetud kasuliku soojust ja soojuspumba tööks vajaliku sisendenergia suhet. Tavaliselt on COPi väärtus 2...5.

Külmkapi ja soojuspumba seadmestik on põhimõtteliselt ühesugune

Soojuspumpades traditsiooniliselt kasutatavaid osooni lagundavaid töövedelike - näiteks kloorfluorsüsinikku ehk freooni (CFC) ja hüdrokloorfluorsüsinikku (HCFC) - on üha rohkem hakatud asendada selliste keskkonnasõbralike vedelikega nagu ammoniaak ja propaan.

STIRLINGMOTOR

Stirlingmootori leiutas 1816. aastal šotlastest vaimulik Robert Stirling. Stirlingmootoris liigub töövedelik suletud kontuuris ja selle üks peamisi tunnuseid on väga vaikne töö. Ühe otsa kuumutamisel ja teise jahutamisel saadakse kasulikku tööd pöörleva võlli kaudu. Stirlingmootor töötab kõigega, mis põleb - selleks sobib puit, pöhk, bensiin, petrooleum, alkoholid, propaan, maagaas, metaan jne. Stirlingmootorite käiguhoidmiseks võib kasutada ka päikesesoojust, geotermilist energiat ja tööstuslike protsesside jääksoojust.

Esimesed Stirlingmootorid olid suured ja neid kasutati peamiselt tööstusettevõtetes. Kuna paljudes esimestes mootorites täitis töövedeliku ülesandeid atmosfäärirõhu all olev õhk, said need tuntuks kuumõhumootorite nime all.

Energia tootmine mereloodete abil

