

# KESKKONNATEHNIKA

vesi • õhk • jäätmed • energia • ehitus • õiguskaitse, seadused  
pumbad • torud, liitmikud • küte, ventilatsioon • automaatika

5/08

39 krooni



[www.absgroup.com](http://www.absgroup.com)

**abs**

We know how water works

ABS Pumps AS Kopli 25 C, 10412 Tallinn, tel 6117 040, e-post: [info@absgroup.ee](mailto:info@absgroup.ee)

# Pollutec<sup>2008</sup>

ENVIRONMENT CAPITAL

2 > 5  
DECEMBER

LYON

EUREXPO  
FRANCE

23<sup>rd</sup> Edition

The key global meeting for environment professionals, Pollutec Lyon provides a stage for the full range of pollution prevention and treatment technologies and, more generally, for the protection of the environment and the promotion of sustainable development.

For 4 days the 23<sup>rd</sup> show will bring together 2,500 exhibitors displaying a unique array of innovative equipment, technologies and service across a range of sectors and 70,000 manufacturers, local authority officials and specifiers in search of solutions.

In association with  
ADEME



 Reed Expositions

[www.pollutec.com](http://www.pollutec.com)



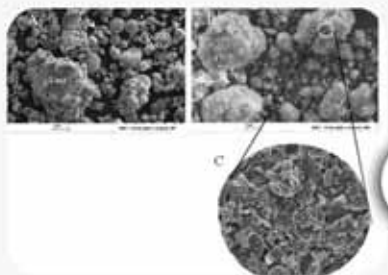
14



18



24



26



35

### TOIMETUS

Postiaadress: Pk 2195, 10402 Tallinn  
Väljaandja: OÜ Kalendrike  
Tel 672 5900, [ajakiri@keskkonnatehnika.ee](mailto:ajakiri@keskkonnatehnika.ee)  
<http://www.keskkonnatehnika.ee>

Keskkonnatehnika ilmub alates 1996. aastast. Aastas ilmub kaheksa numbrit. Järgmine number ilmub oktoobris. Trükkikoda: PRINTON.

### Peatoimetaja:

Merike Noor, [merike.noor@keskkonnatehnika.ee](mailto:merike.noor@keskkonnatehnika.ee)

### Toimetajad:

Aleksander Maastik, (terminoloogia ja keel – **A.M.**),  
Mailis Moora (keel)

### Reklaam ja levi:

Marika Rebane, [keskkonnatehnika@starline.ee](mailto:keskkonnatehnika@starline.ee)

Margis Veevo, [margis.veevo@starline.ee](mailto:margis.veevo@starline.ee)

### Reklaamide kujundus:

Raul Laugen

Küljendus: Mait Tooming



## ehitus

- 45 Hoone tehnosüsteemide projekteerimine, ehitamine ja kasutamine. Ohud ja kuidas saaks paremini. Aivar Uutar

## energeetika, automaatika

- 33 Mõningatest Eesti energeetilise pilliroo ökoloogilistest omadustest. A.-T. Pihlak
- 35 Nanotehnoloogiad ja uued materjalid. Energeetika, õhu lagundamine ja membraanid. R. Denissov
- 38 Kümme korda mööda... R. Oidram
- 42 Energiapoliitika ja soojuspumbad. H. Nurste
- 46 Õhk-vesisoojuspumpadest. R. Korsten

## jäätmed

- 14 Jäätmepõletus ja keskkonnakaitse. S. Link
- 18 Komposiitplastist toodete valmistustehnoloogiad ja tootmisjäätmete ringlussevõtt. J. Kers
- 24 Hüljatud sõjaväealade korrastamine ja kasutusele võtmine Leedus. G. Ignatavičius
- 26 Põlevkivituhk kui kasulik kõrvalsaadus. U. Kirso

## planeeringud

- 30 Miljonikroonine vaade. A. Lääne

## keskkond

- 49 Keskkonnakultuurist kultuurikeskkonnas. Keskkondlikke kokkusaamisi suvekuudel. R. Einasto

## ventilatsioon

- 47 Ventilatsioon on kindlasti vajalik. A. Arman

## vesi

- 10 Paekarjääri veetõke. E. Soovik

## raamatud

- 32 Ilmus raamat "Õhuhapniku probleemid".

## Ehitusmaavarade arengukava

Vabariigi Valitsus kiitis 19. juunil heaks ettepaneku hakata koostama looduslike ehitusmaterjalide kasutamise riiklikku arengukava aastateks 2010–2020. Arengukava hakkab käsitlema kogu Eestis paikneva lubjakivi, dolokivi, kristalliinse ehituskivi, liiva, kruusa ja savi kaevandamist ning kasutamist. Arengukavas täpsustatakse parimad võimalikud kaevandamispiirkonnad. Erilist tähelepanu pööratakse kaevandamisega kaasneva keskkonnamõju vähendamisele. Arengukavas kavandatakse ka abinõud maavaravaru säästlikuks kasutamiseks, tahetakse leida võimalusi killustikupuuduse leevendamiseks põlevkivi kasutamisel tekkinud jääkidega. Arengukava eelnõu peaks valmima 2009. aasta lõpuks ja siis esitatakse see Vabariigi Valitsusele.

*Allikas: Keskkonnaministeerium*

## Kasutatud patareide ja akude tagastamine muutub tarbija jaoks lihtsamaks

Vabariigi Valitsus kiitis 7. augustil heaks patarei- ja akujäätmete kogumise, tootjale tagastamise ning taaskasutamise või kõrvaldamise korra, mille eesmärk on kokku koguda võimalikult palju kasutatud patareid ja akusid. Keskkonnaministeeriumis ette valmistatud määrus jõustub osaliselt juba 26. septembril. Selleks ajaks peavad kõik aku- ja patareitootjad varustama oma tooteid turustavad kauplused ja muud müügipunktid kogumismahutiga, kuhu tarbijad saavad kasutatud patareid ja akusid ära visata.

Määrus sätestab ka selle, kui palju peavad ettevõtjad lõppkasutajatelt patarei- ja akujäätmeid kokku koguma ja edasisele käitlemisele suunama. Aastaks 2012 peab saavutama vähemalt 25%-lise kantavate patarei- ja akujäätmete ning 75%-lise mootorsõidukite patarei- ja akujäätmete kogumise määra; aastaks 2016 vähemalt 45%-lise kantavate patarei- ja akujäätmete ning 95%-lise mootorsõidukite patarei- ja akujäätmete kogumise määra.

Praegu kogutakse patarei- ja akujäätmeid põhiliselt omavalitsuste jäätmejaamades ja ohtlike jäätmete kogumispunktides ning üksikutes kauplustes. Selline kogumiskohtade hulk ei ole aga piisav. Näiteks olmes kasutatud vanadest patareidest ja akudest kogutakse praegu kokku vaid 6%, ülejäänud jõuavad prügilatesse.

*Allikas: Keskkonnaministeerium*

## Kas vallad ja linnad on jäätmeseadusest tulenevaid ülesandeid täitnud?

Riigikontroll esitas 22. juulil Riigikogule ülevaate jäätmehoolduse olukorrast Eesti omavalitsustes ja tegi järgmised tähelepanekud.

- **Mitmed omavalitsused ei täida seadusest tulenevaid otseseid kohustusi jäätmehoolduse korraldamiseks.** Ligi kaudu 43% omavalitsustest ei ole täitnud korraldatud jäätmeveo kohustust, ca 30% kohustust koostada jäätmekava. Jäätmehoolduseeskirjad puuduvad 5% omavalitsustest.
- **Jäätmehoolduseeskirjades esineb puudusi.** On omavalitsusi, kelle jäätmehoolduseeskirjad ei vasta sisult seaduse nõuetele ega reguleeri piisavalt jäätmehoolduse korralduslikke küsimusi ja järelevalve aluseid.
- **Korraldatud jäätmeveost vabastatute osakaal erineb omavalitsustes mitmeid kordi.** Vaadeldud omavalitsustes ulatus vabastatute osakaal 0,1–28%. Seadmata kahtluse alla vabastamiste õigsust, rõhutas Riigikontroll, et vabastuste põhjendatust peab toetama regulaarne järelevalve.
- **Omavalitsusi, kes teevad jäätmehoolduse korraldamiseks selleks loodud organisatsioonidega koostööd, on vähe.** Suur osa omavalitsustest (ca 100) ei ole koostööd vajalikuks pidanud. Riigikontroll leidis, et koostööst peaks olema kasu eelkõige väiksematele omavalitsustele.

*Allikas: Riigikontroll*

## Kas keskkonnatasudest riigieelarvesse laekuvate rahade jaotussüsteem on läbipaistev?

Riigikontroll esitas 12. juunil Riigikogule aruande, kus hinnati keskkonnatasudest riigieelarvesse laekuvast rahast finantseeritavate keskkonnaprojektide toetussüsteemi läbipaistvust ning SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse (KIK) sisekontrollisüsteemi toimimist keskkonnaprojektide sihtotstarbelisel rahastamisel.

Riigikontrolli hinnangul ei ole keskkonnatasudest laekuvate rahade jaotussüsteem läbipaistev ja rakendatavad sisekontrollisüsteemid ei taga toetuste sihipäraselt ega tulemuslikult kasutamist.

Ettepaneku keskkonnatasudest laekuva raha jaotamiseks keskkonnavaldkondade vahel teeb igal aastal keskkonnaminister. Audit näitas, et ministeeriumis puuduvad keskkonnatasude jaotamisel selged otsustuskriteeriumid ning raha jaotamise ettepaneku seotus keskkonna arengukavades püstitatud eesmärkide saavutamise ega piisavalt põhjendatud.

KIK-i toetuste kaudu rahastatakse riigieelarveväliselt Keskkonnaministeeriumi valitsemisala põhitegevust. 2006. aastal eraldati Keskkonnaministeeriumi ja selle valitsemisala projektidele KIK-ist toetust ca 202 mln krooni ehk 41% KIK-i toetuste kogumahust.

KIK-ile esitatud projektitaotluste rahastamise otsustab sihtasutuse nõukogu Keskkonnaministeeriumi korraldatud projektitaotluste hindamistulemuste alusel. Ministeeriumis hindavad projektitaotlusi vastavate valdkondadega tegelevate osakondade ametnikud, kes ise on projektitaotluste koostajad. Riigikontroll on seisukohal, et tuleb välistada olukord, kus Keskkonnaministeeriumi ametnikud hindavad ministeeriumi esitatud projekte.

KIK ja Keskkonnaministeerium ei ole keskkonnatasudest finantseeritud projektide lõppemisel süsteemselt hinnanud nende mõju kavandatud tulemustele.

*Allikas: Riigikontroll*



Plastid



Puit



Rehvid



## TANASHARK purusti – unikaalne mitmekülgsus

Tana Shark mobiilne purusti on ehituselt lihtne ja vastupidav. Purusti võimaldab töödelda väga mitmesuguseid materjale erinevateks fraktsioonideks.

Shark on parim masin, millega töödelda tugevaid, ka pikki materjale nii, et nad ei keerduks ümber rootori. Tootlikus arvestades fraktsiooni suurusega on igati konkurentsivõimeline.

Tänu Sharki uutele, täiendatud tehnilistele uuendustele, nagu näiteks TCS (Tana kontrollsüsteem) ja reguleeritav sõel,

Jäävad käituskulud väikeseks. Suur kütusepaak võimaldab töötada pikka aega tööd katkestamata. Jõuülekanne on kaitstud, tagatud on kerge juurdepääs ning hooldus.

Uue põlvkonna Tana Sharki saab täiendada erineva lisavarustusega võrreldes eelkäijatega. Mõned näited: mootori õhu-filtri eelpuhasti eriti tolmuses keskkonnas töötamiseks, pööratav ventilaator ja hüdraulilised tugijalad pidevaks tööks töömaal.

### Tana Shark purustab:

Munitsipaal tahked jäätmed

- Olmejäätmed
- Tööstusjäätmed
- Suuregabaridilised jäätmed
- Alajäätmed
- Kompost

Puidujäätmed

- Metsandus
- Põllumajandus
- Tööstusjäätmed
- Kännud
- Liiprid

Muu

- Rehvid
- Ehitusjäätmed
- Lammutusjäätmed
- Plastid
- Paber

### Tana Oy

P.O.Box 7, Haapaniementie 1,  
FI-40801 Vaajakoski, Finland  
Tel. +358 20 7290 244, Fax +358 20 7290 241  
www.tana.fi

# TANA

From Waste to Value



### AVELIN-AP OÜ

Kadaka tee 131, 12915 Tallinn  
Tel. +372 677 1783, Fax. +372 677 1763  
www.avelin.ee

# WindEnergy Study 2008

Tuuleenergiamesi *HUSUM WindEnergy* (toimub 9.–13. septembrini Husumis, Saksamaal) tellimisel korraldas Saksa tuuleenergiainstituut DEWI GmbH (*Deutsches Windenergie Institut*) neljandat korda tuuleenergiaalase uuringu *Wind-Energy Study 2008*. Eelmised uuringud tehti aastatel 2002, 2004 ja 2006, seekordses osales 52 firmat, neist 11 olid need elektrituulikutootjad, kelle valmistatud on 87 % maailma tuulikute koguhulgast. Küsitleti ka tuulikuosade tootjaid ja tuulepargiarendajaid. Tulemusi tutvustati mai lõpus Berliinis *Husum WindEnergy 2008* korraldatud pressikonverentsil.

## Tulevikku nähakse positiivsena

Uuringus osalenud arvasid, et tuuleenergeetika areneb lähiaastail kiiresti. Aastaks 2012 ennustatakse maailma tuuleelektrijaamade koguvõimsuseks 288 000 MW (2007. aastal oli see 94 000 MW) ja 2017. aastaks 718 000 MW. Arvatakse, et kasv jätkub ning et aastas püstitatavate tuulikute arv üha suureneb. Kui 2007. aastal kasvas koguvõimsus 20 000 MW, siis 2017. aastal ennustatakse juurdekasvuks 107 000 MW. Usutakse, et vähemalt järgmise viie aasta jooksul stabiilne kasv Euroopas jätkub ning hakkab siis vähenema. Arvatakse, et Euroopas on 2012. aastal elektrituulikute koguvõimsus umbes 129 000 MW (2007. aastal oli see 57 136 MW) ja 2017. aastal 253 000 MW.

Võimsaid elektrituulikuid paigaldatakse üha enam muu-

desse maailmajagudesse, kiireimat kasvu ennustatakse USAs, Hispaanias ja Hiinas. Tuuleturbiinide eksportijate ja tuuleparkide arendajate silmis on eriti atraktiivne Hiina, seal soovitakse kaasa lüüa nii tuulikutehaste ehitamisel (62 % vastanutest) kui ka tuuleparkide arendamisel (19 %). Praegu valmistatakse Hiinas tuuleturbiine 44-s ettevõttes, ent arvatakse, et Hiina firmad hakkavad juba 2010. aastal maailma praeguste juhtivate elektrituulikutootjatega konkureerima.

Tuuleenergia arengusse Saksamaal suhtuti kõhklevalt. Põhjus on tõenäoliselt see, et uuringu ajaks ei olnud Saksamaal langetatud otsust tuuleenergia tariife puudutavate muudatusettepanekute kohta. Arvatakse, et 2017. aastal on Saksamaa elektrituulikute koguvõimsus 44 000 MW, millest 32 500 MW võib kirjutada maismaa- ja 11 500 MW avameretuulikute arvele. 2007. aasta lõpuks oli maismaatuulikute koguvõimsus 22 247 MW, avameretuulikuid veel ei olnud.

Avameretuuleparkide rajamine kulgeb aeglasemalt, kui eelmises uuringus arvati. Seda põhjustab hiigelsuurte tuuleturbiinide seeriatootmisse laskmise venimine. Praegu on seeriatootmiseks valmis 3–5 MW-sed avameretuulikud ning 5,1–7,5 MW-seid turbiine, mille prototüübid töötavad juba praegu, loodetakse tuuleparkide jaoks tootma hakata 2010. aastal. Üle 7,6 MW-seid turbiine enne 2016. aastat tõenäoliselt kasutusele võtta ei suudeta.

A.M.

Keskkonnatehnika

MAKING MODERN LIVING POSSIBLE

*Danfoss*

## Kindel ja usaldusväärne valik

- Kvaliteetsed soojussõlmed korterelamutele, ridaelamutele ja eramutele
- Kompaktsed ja efektiivsed soojusvahetid
- Kvaliteetsed radiaatori termostaadid ja termostaatventiilid
- Kütte- ja tarbeveesüsteemi tasakaalustuventiilid
- Kaugkütte automaatika ja mootoriga reguleerventiilid
- Omajõulised rõhu-, vooluhulga- ja temperatuuriregulaatorid



Danfoss AS • Pärnu mnt 139f • 11317 Tallinn • Tel 659 3300 • Faks 659 3301 • www.kyte.danfoss.ee



**VALIKUD, MIS KESTAVAD**

**05-08 November '08 Rimiinis, Itaalias · [www.keyenergy.eu](http://www.keyenergy.eu)**

Rahvusvaheline mess Taastuenergia ja säästev liikumine,  
kliima ja ressursid uueks arenguks

**key Energy**

samaaegselt ka:

**ECOMONDO**

korraldajad:  **RiminiFiera**  
business space 

12° Rahvusvaheline mess Taastuenergia,  
Energiakandjate säästmine ning selle suuna areng ja toetus

[www.ecomondo.com](http://www.ecomondo.com)



**koostööpartnerid:** Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare · Ministero dello Sviluppo Economico · Conai · Consorzio Nazionale Acciaio · Cial · Comieco · Rilegno · Corepla · Coreve · Federambiente · Fise-UNIRE · Osservatorio Nazionale sui Rifiuti · Consorzio Italiano Compostatori · ISWA · ANCI · APAT · Istituto Superiore di Sanità · Polieco · Confagricoltura · Agroenergia · Confapi · Confartigianato · CNA · Concommercio · Confesercenti · CONIP · Consorzio obbligatorio oli usati · Legambiente · Kyoto Club · Eurromobility · ENEA · Laboratorio Energia ERG · FIRE · SAFE · ANEV · ASSOLTERM · ASSOSOLARE · GIF · ATIA · Rappresentanze Associate di Produttori di Beni · CNR · Consiglio Nazionale delle Ricerche · Regione Emilia Romagna · Provincia di Rimini · Comune di Rimini · Consiglio Nazionale Periti Industriali · Il Sole 24 Ore · Ambiente&Sicurezza · S.C.I. Divisione di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali · Università di Bologna · Polo Scientifico Didattico di Rimini · INCA · Consorzio Interuniversitario Nazionale della Chimica per l'Ambiente

Igasuguse info saamiseks ja tasuta VIP CARD avalduse esitamiseks, pöörduge oma esindaja poole:

**info tootesitajatele**  
tel. +39 0541 744615 [l.gurnari@riminifiera.it](mailto:l.gurnari@riminifiera.it)  
**info külalistajatele**  
tel. +39 0541744626 [mrkgestero@riminifiera.it](mailto:mrkgestero@riminifiera.it)

# HeitkerBloc

## immutab ja mahutab sademevee

**Margus Maasing**  
Pipelife Eesti AS

Ütlus, et "loodus tühja kohta ei salli" käib eriti hästi vee kohta. Sademevesi, mida meil sajab aastas keskmiselt 650 mm, otsib üles kõik madalad kohad, kuhu lompidesse koguneda. Sõltuvalt pinnase veejuhtivusest kaovad lombid paari-kolme päeva jooksul maasse. Linnades on suur osa maast kaetud asfalteeritud teede, tänavate ja platsidega ning nende vahele jäävate hoonetega, mille katustelt voolab suurel hulgal vett. Sademevee maasseimbumiseks on väga vähe võimalusi. Sademeveekanaliseerimine kogub vee kiiresti kokku ja juhib selle otse või osa sellest läbi reoveepuhasti veekogusse. Linnaruumi kasvades ja täisehitamisel tekib järjest enam kohti, kus sademevett kanalisatsiooni juhtida ei saa või see ei suuda valinguvett vastu võtta.

Üks võimalikke lahendusi on sademevee maasseimmutamine ja valinguaegne kogumine. *Pipelife* pakub selleks uudseid lahendusi. Sajaliitri mahutavusega plastist *HeitkerBloc*-kärgplokke (1200 x 400 x 200 mm) omavahel ühendades on võimalik koostada maa alla paigutatavaid mooduleid (foto 1), mille mahust on 95% vee jaoks ning mis taluvad kuni 8 KN/m<sup>2</sup> suurust koormust (see lubab neid panna ka teede ja parklate alla). Moodulid ümbritsetakse geotekstiiliga, mis takistab ümbritseva pinnase sissekandumist. Kärgmoodulitel on ettevalmistatud kohad Ø110, 160 ja 315 mm toruühenduste tegemiseks.



Foto 1. *HeitkerBloc*i kärgmoodul

Hea näide *HeitkerBloc*-süsteemi kasutamisest on tuua Tallinnast Tondi piirkonnast, kus suur maatükk oli pikka aega sõjaväeosade kasutuses ning sademevesi sai maasse imbuda. Nüüd on sinna kerkinud mitu kaubanduskeskust ja ärihoonet koos parkimisaladega, millelt voolavat valinguvett linna sademeveekanaliseerimine ei suuda vastu võtta. Tammsaare tee äärde ehitatud Tondi Rautakesko kaupluse hoone katuse- ja parkimisplatsivee jaoks ehitati 120 m<sup>3</sup> suurune *HeitkerBloc*-mahuti (foto 2), mis töötab nii maasseimmuti kui ka kogumismahutina. Valingu ajal mahutisse kogunenud vesi liigub sademeveekanaliseerimise siis, kui veetase selles alaneb. Praegu käib töö kõrvalasuva Tammsaare Ärikeskuse juures, kuhu arvutusvooluhulga järgi on vaja 400 m<sup>3</sup> suurust mahutit.

Kärgplokke *HeitkerBloc* kasutati paar aastat tagasi ka Merivälja tee rekonstrueerimisel (foto 3). Teelt voolab sademevesi restkaevude kaudu teeäärse haljasala all olevatesse mahutitesse (kogumaht 230 m<sup>3</sup>), mis toimivad nii drenaažina kui ka valinguvee Mähe oja eelse puhvermahutina. Lahenduse kavandas Malle Ütt K-Projektist.

Väikeobjektide, nt eramajade jaoks pakume geotekstiiliga kaetud 600- ja 1200-liitri suuruseid valismooduleid (foto 4).



Foto 2. Tammsaare tee äärde ehitatud Tondi Rautakesko kaupluse hoone katuse- ja parkimisplatsivee juhitakse *HeitkerBloc*-moodulitest koostatud mahutisse



Kärgplokkide *HeitkerBloc* head omadused:

- suur mahutavus – 95% kärgmooduli ruumist on vee jaoks;
- paindlikud mõõtmed – kärgmoodulmahuti pikkuse, laiuse ja kõrguse saab valida paigaldusruumi järgi;
- tugevad – taluvad kuni 8 KN/m<sup>2</sup> suurust liikluskoormust;
- lihtsad paigaldada.



Foto 4. *HeitkerBloc*i 600-liitrine valmismoodul

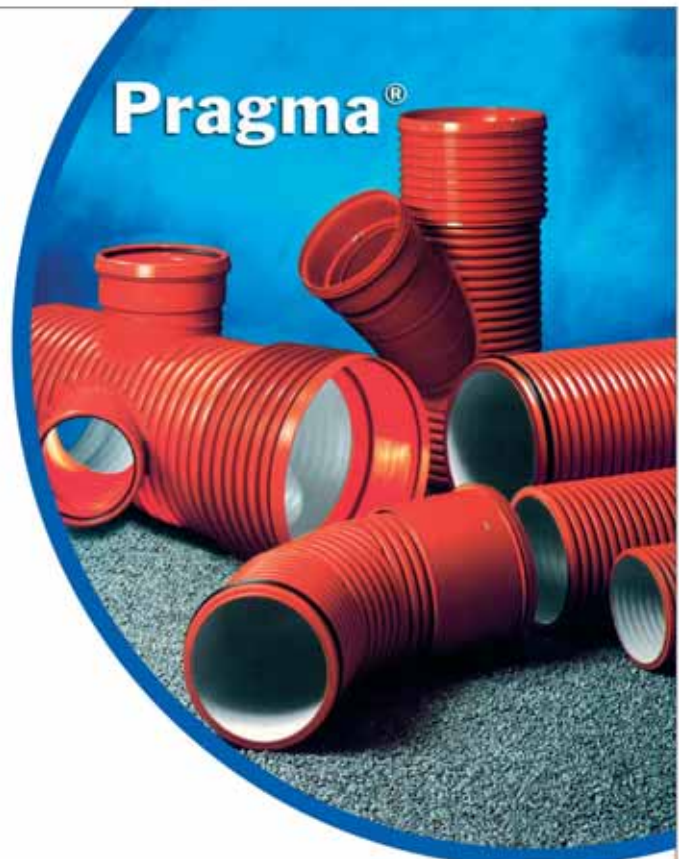


Foto 3. *HeitkerBloc*-moodulite paigaldamine Merivälja tee rekonstrueerimisel

Reoveekanaliseerimisitoru

**Pragma -  
toodetakse Eestis  
alates aastast 2007!**

**PIPELIFE**  
plasttorusüsteemid



# PAEKARJÄÄRI VEETÕKE

## ENN SOOVIK

OÜ Inseneribüroo Steiger

Eesti rahuskivi paas (lubjakivi ja dolomiit) lasub maapõues sageli allpool looduslikku põhjaveetaset, mis raskendab pae kui ehitusmaterjali kaevandamist. Tavapäraselt tehnoloogiat rakendades kaasneb kaevandamisega paratamatult ka oluline muutus lähikonna põhjaveerežiimis. Just viimane asjaolu on sageli peamine vastuargument uute paekarjääride avamisele. Selline olukord sunnib otsima meetmeid probleemi leevendamiseks põhimõttel, et hundid oleksid söönud ja lambad terved.

Kui mitmekümne meetri sügavuseni ulatuvasse paekarjääri nõrguv ja kaevandamist takistav põhjavesi lihtsalt välja pumbata ja eemale juhtida, siis kulutatakse selleks hinnalist energiat ja raisatakse puhast vett. Karjääri ümber tekib kohati mitme kilomeetrini ulatav põhjavee alanduslehter, millega kaasneb madalate kaevude kuivaksjäämine ning mulla kui kasvukeskkonna veerežiimi muutumine koos kõige sellest tulenevaga.

Näiteks Koonga valda kavandatava dolokivikarjääri ääres asuvad vääriselupaikadeks klassifitseeritud metsad, mille looduslik veerežiim võib tavapärase tehnoloogiaga karjääri käikuminemisel senisest kuivemaks muutuda, kutsudes paratamatult esile muutusi ka vääriselupaikade taimekoosluses.

Saku valda kavandatavast Nõmmküla lubjakivikarjäärist tuleks tavapärasel kaevandamisel Eesti Geoloogiakeskuse (EGK) andmeil täismõõtmete saavutamisel ööpäevas välja pumbata üle 8000 kuupmeetri mingil määral paratamatult reostunud karjäärivett. See on suurem põhjaveekogus, kui terves Tallinna linnas 2006. aastal tarbiti ( $6706 \text{ m}^3/\text{d}$ ). Kasutades üht loodusvara – lubjakivi, raisatakse teist – puhast põhjavett.

Põhjaveega seotud mured käivad kaasas ka Lüganuse valla Suurkõrtsi, Kareda jt kavandatavate paekarjääridega. Ometi on uusi karjääre tarvis, sest vanad on ammendumas ning teede- ja muud ehitust ähvardab killustikupuu-

Üks arvestatav võimalus leevendada karjääriviisilise kaevandamisega kaasnevat põhjaveeprobleemi on rajada karjääri välispiirile muldtammist veetõke, mis takistab külgsuunast tuleva põhjavee karjääri imbumist. Läbi põhja tuleb karjääri enamasti suhteliselt vähe vett, kuna sügavuse suurenedes pae veeläbilaskvus üldiselt väheneb, tugevalt avalduva anisotroopsuse tõttu on vertikaalsihiline filtratsioonimoodul

aga sageli nullilähedane.

Veetõkke rajamise võimalikkust ja otstarbekust kaaludes tuleb eelnevalt selgusele jõuda:

- vajaliku hulga sobiva pinnase olemasolu lähikonnas;
- kas veetõke on piisavalt veepidav;
- kas tekitatav veerežiim on vastuvõetav;
- tehnoloogilises teostatavuses;
- maksumuses.

Selgitagem neid küsimusi kavandatava Nõmmküla lubjakivikarjääri näitel. Karjääri servaala skemaatiline püstitõige on joonisel 1.

## SOBIVA PINNASE OLEMASOLU

Eesti Geoloogiakeskuse andmeil katub kavandatava Nõmmküla karjääri lubjakivi 6–7 m tusedune saviliiv-liivsavimoreeni kiht, mis karjääritööde alguses tuleb 47,8 ha suuruselt mäeeraldiselt eemaldada. Seda materjali on karjääri u 2800 m pikkuse kontuuri 1 m kohta üle tuhande  $\text{m}^3$ , millest veetõkke rajamiseks kindlasti piisab ka siis, kui kasvukiht, liiv ja vähelagunenud turvas välja arvata.

## VEEPIDAVUS

Veetõkke lähtematerjal – saviliiv-liivsavimoreen koosneb peamiselt raskest, keskmisest ja kergest liivsavist ning saviliivast, mille keskmine filtratsioonimoodul looduslikus olekus on Eestis 0,10–0,60 m/d [1]. Veetõkkeesse paigaldatavat pinnast eelnevalt segades ja sõrgulliga kinni rullides (kihilisust vältides) on võimalik ja vaja jõuda filtratsioonimoodulini  $k_2 \leq 0,10 \text{ m/d}$ . Selleks tuleb tihendamisel veetõkke pinnase mahtu

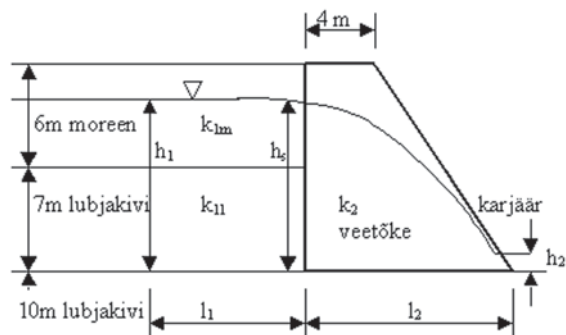
(ja poorsust) ligikaudu 10% vähendada, mis on täiesti teostatav [3]. Lubjakivi ja veetõkke kontaktpinna veetiheduse tagab pinnase puistamisega märjale pae-pinnale tekkiv pulp, mis kolmatsiooni korral suleb lubjakivi raimamisel (kihitud lahtimurdmisel) tekkivad praod ja muud väikesed õõned. Suuri tühimikke ei ole vaadeldaval mäeeraldisel ja selle läheduses tehtud pinnaseuuringud (puuraugud, elektrometria, georadar) tuvastanud.

## VEEREŽIIM

Tekitatava veerežiimi juures on oluline see, milliseks kujuneb karjääri ümbritseva põhjavee tase ning sissevool karjääri veetõkke ehitamise ajal ja pärast selle valmimist.

Lubjakivi katva 6–7 meetri tuseduse saviliiv-liivsavimoreeni keskmiseks filtratsioonimooduliks võib ettevaatlikult võtta  $k_{1m} = 0,40 \text{ m/d}$  (vastab kergele liivsavile). Moreeni all lasuva ülemise seitsmemeetrise lubjakivikihi valdavalt rõhtsuunaline filtratsioonimoodul on EGK andmeil kuni  $k_{11} = 60 \text{ m/d}$  ning selle all lasuva kavandatava varu kümne-meetrise kihi oma 2 m/d. Arvestades lähikonna muldade valdavat liigniiskust, võib põhjavee arvutuslikuks looduslikuks tasemeks võtta 0,5 m maapinnast.

Tõkestatud põhjavee taseme ja läbi



Joonis 1. Veetõkkega karjääriserva püstitõige (vt ka valemeid 1 ja 2)

veetökke karjääri imbuva veehulga määramise grafoanalüütilise lähendusarvutuse käik on kokkuvõtlikult järgmine.

Põhjavee rõhk [4] veetökke välispiiril karjääri ümbritseva pinnase poolt lähitudes

$$h_{sp} = (h_1^2 - 2q l_1/k_1)^{1/2} \quad (1)$$

ja veetökke poolt lähtudes

$$h_{sv} = (2q l_2/k_2 + h_2^2)^{1/2}, \quad (2)$$

kus  $h_1 = 12,5$  m,  $k_1 = 34$  m/d ( $k_{1m}$  ja  $k_{1l}$  kaalutud keskmine), lähendusarvutuses Kerkise valemist  $l_1 = 710, 510$  ja  $240$  m,  $h_2 = 0$ ,  $k_2 = 0,1$  m/d ja  $l_2 \approx 36$  m (täpsustatakse püsivusarvutusega) (vt joonis 1).

Tulenevalt põhjaveevoolu pidevuse tingimusest on  $h_{sp}$  ja  $h_{sv}$  võrdsed ( $h_{sp} = h_{sv} = h_s$ ); nende lähendusarvutuse (andes ette erivooluhulga  $q$  väärtused) tulemused on joonisel 2. Joonisel on näha, et pidevuse tingimus on täidetud (jooned lõikuvad), kui  $h_{sp} = h_{sv} = h_s \approx 12,4$  m (põhjavee alandus veetökke taga  $u$ ,  $0,1$  m), sellele vastab erivooluhulk läbi veetökke  $q \approx 0,22$  m<sup>3</sup>/(m·d). Sissevool kogu karjääri on sel juhul 630 m<sup>3</sup>/d ehk 7,3 l/s, mis on üle kümne korra väiksem kui tõkestamata sissevoolu puhul. Seega suureneb karjääri alla mineva maa-ala keskmine looduslik äravool ( $u$  4 l/s) ümbritsevalt alalt karjääri rajamise tagajärjel toimuva kokkuvoolu arvel vaid umbes kolm korda, mis on kuivendatud soodes üsna tavaline nähtus.

## TEHNILINE TEOSTATAVUS

Veetöke on ilmselt otstarbekas rajada kohe kaevandamise alguses ja teha seda võimalikult kiiresti (nt esimese 1–2

aasta jooksul karjääritöök planeeritud kolmekümnest aastast), et minimeerida põhjavee suhteliselt suurt ehitus- aegset sissevoolu ning ajutise muutuva alanduse ulatust ja kestust. Veetöke tuleb ehitada soovitatavalt mitmes kohas korraga, rajades selleks karjääri piirile 36 m (veetökke) laiuse kontuurtranšee, mis avatakse põhjaveele lühikeste lõikudena ning järjest kattepinnasega täidetakse ja tihendatakse. Põhjavee sissevool keskmiselt 13 m sügavuse ja 36 m laiuse kontuurtranšee ühte  $u$  90 m pikkuselt avatud tööloiku võib ulatuda 50 liitrini sekundis ning ajutise alandusletri raadius 700–800 meetrini [4]. Pärast kontuuri sulgemist langeb põhjavee sissevool kogu karjääri arvatavasti alla 10 liitrini sekundis ja veetökke taga kaob põhjaveealandus peaaegu täiesti (vt joonis 2). Seejärel on võimalik suhteliselt kuivades tingimustes ja põhjavee säästes kontuuri sisse jääv ülemise astangu lubjakivi täielikult väljata.

Kui esimese astangu lubjakivi on kogu karjääri ulatuses kaevandatud, siis on aeg analoogiliselt esimesel astangul tehtuga asuda teise, kümne meetri kõrguse astangu kaevandamisele. Ka seda tuleb alustada kontuurtranšee rajamisest piki karjääri välispiiri (sissepoole ülemist veetöket). Alumisse kontuurtranšeesse tungiva põhjaveekoguse järgi saab otsustada, kas ja millises ulatuses on vaja rajada alumist, kaevandatava varu põhjani ulatuvat 10 m kõrgust veetöket. Sügaval lasuva lubjakivi väiksemat veevälbilaskvust arvestades ei tarvitse see kõikjal vajalikki olla. Alumise lubjakivikihi sel moel kaevandamine tõenäoliselt nimetamisväärtset täiendust põhjavee alandusele ega sissevoolule karjääri ei tekita.

Lubjakivivaru väljamise järel saab karjäärist kujundada soovitud otstarbega (veevarustus, kalakasvatus, puhkemajandus) veekogu ning veetökkest selle veekogu nõlva, mida võib olla vaja vee sissevoolu hõlbustamiseks mõnest kohast avada.

## MAKSUMUS

Joonisel 1 kujutatud veetökke ristlõikepind on 260 m<sup>2</sup> ning maht kogu karjääri ümbermõõdu (2800 m) ulatuses koos

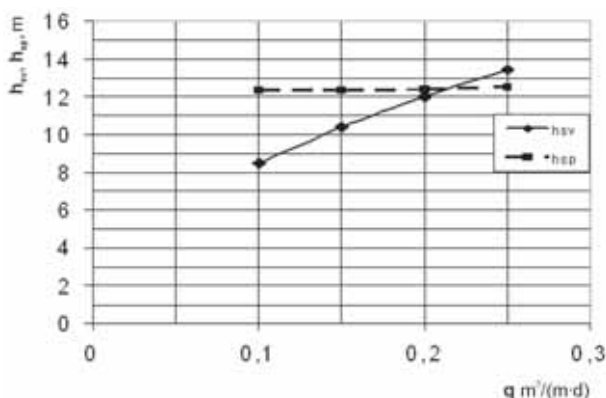
15% tihendamisaruga 837 200 m<sup>3</sup>. Kui võtta 2005. aasta kalkultatsioonihindade [2] alusel veetökke 1 m<sup>3</sup> maksumuseks 30 krooni, kuluks kogu tökke rajamiseks  $u$  25 mln krooni. Pidades silmas, et Nõmmeküla karjääri ülemise 7-meetrise astangu kaevandatav varu on 3 346 000 m<sup>3</sup> ning pae mahumass 2,6 t/m<sup>3</sup>, suurendaks veetökke ehitamine kaevisetonni maksumust 2,89 kr võrra. Arvestades alumise astangu mõnevõrra soodsamaid tingimusi, alaneks see kogu karjäärikaevise kohta nimetatust keskmiselt mõnevõrra väiksemaks, mis on vähem kui 3% killustiku praegusest hinnast. Veetökke rajamise lisakulu teeb aga kuhjaga tasa vee erikasutusmaksu ja energiakulu enam kui kümnekordne vähenemine, võrreldes veetökketa kaevandamisega. Kui võtta karjäärivee ühe m<sup>3</sup> väljapumpamise maksumuseks 0,80 krooni, ületab 30 tööaasta jooksul saadav kokkuhoid veetökke maksumuse enam kui kaks korda.

**Kokkuvõtteks** võib väita, et põhjaveepinnast allpool lasuva paekivi karjääri viisilisel kaevandamisel on sobiva kattepinnase olemasolu korral otstarbekas rajada karjääri välispiirile põhjavee külgmist sissevoolu takistav muldtaimist veetöke. Korralik veetöke muudab kaevandamisega kaasneva veemure minimaalseks ning vähendab tunduvalt ka ehituskivi või -killustiku tootmise kogukulusid. Väheneb ka karjääri kaudne keskkonnamõju. Ehitusmaavara kaevandamise arengukava ja projekte koostades on otstarbekas ka veetökkest tulenevat põhjavee säästmise võimalust silmas pidada.

A.M.

## Viidatud allikad

1. Kuivendussüsteemide projekteerimisjuhend II. Arvutuste alused. RPUI Eesti Maaparandusprojekt, Tallinn, 1989, 45 lk.
2. Maaparandussüsteemide ehitus- ja hoiukulud ning kalkulatiivsed ühikmaksumused meetme 3.4 rakendamisel. Maaparanduse Ehitusjärelvalve- ja Ekspertiisbüroo. Tallinn, 2005, 132 lk.
3. Справочник по гидротехнике. ВОДГЕО. М., 1955, 828 с.
4. Справочное руководство гидрогеолога. Том 1. Под ред. В.М. Максимова. Л., 1967, 592 с.



**Joonis 2. Põhjavee rõhk veetökke taga  $h_{sv} = f(q)$  ja  $h_{sp} = f(q, h_{sv})$  olenevalt erivooluhulgast  $q$  (vt valemeid 1 ja 2)**

# Pressimine keevitamise asemel Nii saate tänu Viega Prestabole hoida kokku nii aega kui kulusid.



## Viega pressitehnika lisab kiirust

Pikkade traditsioonidega saksa ettevõtte Viega on külmpresstehnoloogia – vaid sekundeid nõudva keevituseta torude ühendamise meetodi – pioneer. Meetodi eelis: maksimaalne ohutus ja paigaldusmugavus ning tunduvalt väiksem aja- ja rahakulu.

## Viega SC kontuuri ohutusfaktor

Viega pressmokkasid pressitakse ühe töökäigu jooksul kaks korda, mis tagab ainulaadse ohutusfaktori: end miljoneid kordi tõestanud SC kontuuri. Tänu sellele on pressimata pressmokad survekontrolli käigus silmnähtavalt ebatihead. Veetest puhul immitseb ebatiheadest kohtadest



silmnähtavalt vett. Ohurõhukontrolli tuvastab kontrollmanomeetri juures selge survekaotuse.

## Süsteemi mitmekesisus "Made in Germany"

Viegat on võimalik rakendada kõigi pressimisühendustega torusüsteemide juures. Süsteemid koosnevad vasest, punavalust, eriterasest või tsingitud terasest ning on

saadaval terve sortimehndina koos kõigi vajalike ehitusdetailidega.



**Profipress:** Vasest ja punavalust pressmokad joogiveesüsteemide jaoks.



**Profipress G:** Vasest ja punavalust pressmokad gaasisüsteemide jaoks.



**Sanpress Inox:** Eriteraest pressmokad ja torud.



**Prestabo:** Tsingitud terasest pressmokad ja torud.

## Kasutajasõbralik: Prestabo on saadaval kõigis mõõtmetes

Spetsialistid hindavad Viega Prestabot eelkõige suure valguga sortimendi tõttu.



Pressmokkasid ja torusid on saadaval läbimõõtudega alates 15 kuni 54 mm-ni – soovikorral on torud varustatud ja valge PP-ümbrisega seinapealseks paigaluseks. Spetsiaalelt suurte objektide jaoks pakukitse lisaks ka Prestabo XL seeriat. Läbimõõtudega 64, 76, 88,9 ja 108 mm paneb see süsteem laiahaardelisele tooteprogrammile optimaalse punkti. Ka keerulistes ruumoludes tagavad Viega 15 kuni 108 mm läbimõõduga pressmokad maksimaalse paindlikkuse ja kasutussõbraliku paigalduse.

## Ökonoomne ja usaldusväärne

Prestabo töötati välja spetsiaalselt küt-

tesüsteemide, suletud jahutusringide ja suruõhuseadmete ökonoomseks paigaldamiseks. Seejuures panustab süsteem eriti usaldusväärsele materjalile: tsingitud terasele. Selleks, et vältida segiajamist joogiveesüsteemide paigaldussüsteemidega, on paigaldatud silmatorkav hoiatusmärk: "Joogiveesüsteemides kasutamine keelatud!".



## Ideaalne küttesüsteemi ehitamiseks

Paigaldusmugavus, laia valguga sortiment, usaldusväärne materjal – on palju põhjuseid, miks spetsialistid usaldavad küttesüsteemide paigaldamisel Viega Prestabot. Süsteem sobib eriti hästi kasutamiseks suurtel objektidel nagu koolid, haiglad, tööstushooned või sotsiaalmajad. Kõik detailid on omavahel ideaalselt ühilduvad ning Viega patenteeritud pressimisühenduste abil pressitakse need vaid mõne sekundiga kiirelt ja mugavalt kokku.

Prestabo abil on võimalik teostada kõik paigaldustööd alates küttekeha ja kütetorude paigaldamisest korrustele kuni küttekatla paigaldamiseni. Ohutu, kiire ja eriti ökonoomne.





**Ökonoomsuse mõõdupuu.  
Viega Prestabo.**

**Viega. Taas üks idee paremuse poole!** Täpsem teave: Guntis Argalis · Telefon +371 29490606 · Faks +371 67405314  
e-post [gargalis@viega.de](mailto:gargalis@viega.de) · [www.viega.com](http://www.viega.com)



# JÄÄTMEPÕLETUS JA KESKKONNAKAITSE

## SIIM LINK

Tallinna Tehnikaülikooli soojustehnika instituut

JÄÄTMETE PÕLETAMIST reguleerib Eestis keskkonnaministri 4. juuni 2004. aasta määrus nr 66 "Jäätme põletustehase ja koospõletustehase rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded".

Jäätme põletustehnoloogia on põhiliselt järgmine:

- jäätmete vastuvõtt;
- jäätmete vaheladustamine punkrisse;
- jäätmete juhtimine koldesse;
- jäätmete põletamine;
- soojuse ja elektri tootmine;
- suitsugaaside puhastamine;
- suitsugaasipuhastusjääkide töötlemine;
- suitsugaaside väljutamine korstna kaudu;
- heitgaasi seire;
- reovee puhastamine ja selle reostusnäitajate kontroll;
- tuhakäitlus ja -kõrvaldamine;
- tahkete jääkide käitlus ja ladestamine.

Peamised valupunktid on jäätmete vaheladustamine, heitgaasi puhastamine ja tuhakäitlus.

## JÄÄTMETE VASTUVÕTT JA VAHELADUSTAMINE

Ülalviidatud määruse kohaselt peab põletusjaama käitaja kontrollima sisse-

tulevate jäätmete põlemiskõlblikkust. Vaheladustamisel tuleb vältida haisu levimist väljapoole punkrit. Jäätmed laaditakse autost maha ja liiguvad punkrisse mööda kaldteed või kallatakse punkrisse otse autost. Seejärel suletakse mahalaadimisala ja punkri vahelised väravad või luugid. Haisu levimise vältimiseks võetakse põlemisõhk punkrist, tekitades seal alarõhu. Õhupuhastussüsteem tõkestab haisu väljapääsemise ka siis, kui põletusseade ei tööta, ent punkris on jäätmeid.

Vaheladustamine kinnises punkris:

- väldib jäätmete kokkupuutumist vihmaveega, et ei tekiks reostunud ja käitlemist vajavat nõrgvett ning et jäätmete kütteväärtus niiskumise tõttu ei väheneks;
- väldib jäätmete laialikandumist tuulega;
- välistab haisu levimise;
- väldib jäätmetes sisalduvate lenduvate ainete sattumist keskkonda.

## SUITSUGAASIDE PUHASTAMINE JA TUHAKÄITLUS

Suitsugaasipuhastusseadmed peavad täitma mitut funktsiooni:

- puhastama happelisi gaase;
- kõrvaldama dioksiinid ja furaanid;

- vähendama elavhõbeda ja muude raskmetallide heidet;
- vähendama lämmastikuheidet;
- kinni pidama lenduhaosakesi.

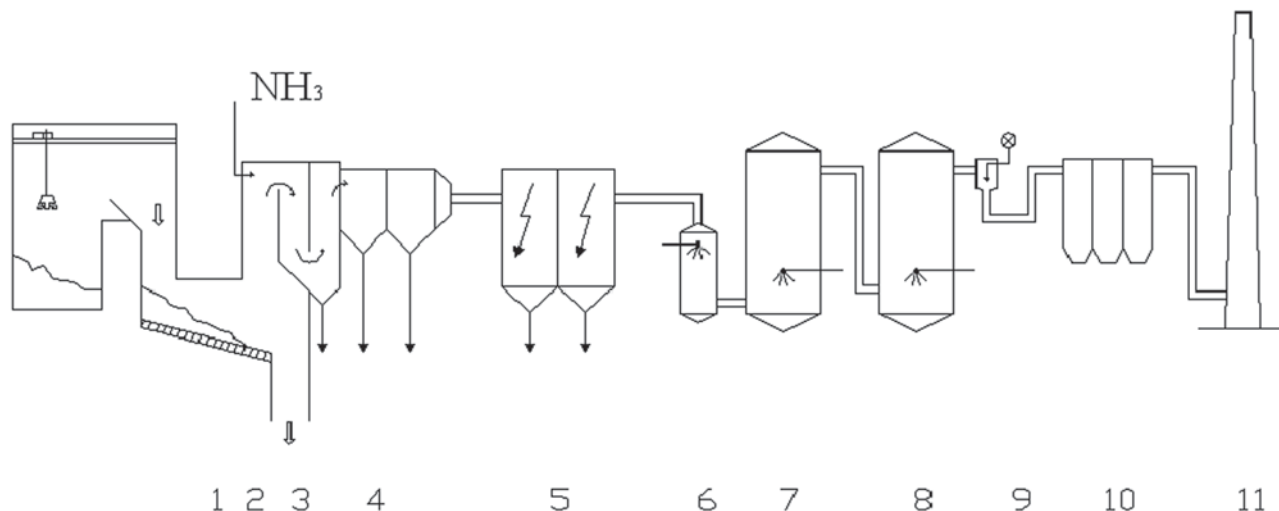
### Happeliste gaaside puhastamine

Happeliste gaaside puhastamiseks võib kasutada märg-, poolkuiv- või kuivtehnoloogiat.

**Märgtehnoloogia** (joonis 1) korral kasutatakse tavaliselt kaheastmelisi skrabereid. Skraberi esimeses astmes, kus pH on madal (hinnanguliselt 1), kõrvaldatakse peamiselt HCl ja HF. Teise, SO<sub>2</sub> kõrvaldamiseks mõeldud astmesse, doseeritakse lupja või seebikivi (NaOH) ning pH on seal 6–8. Märgtehnoloogia korral tekib saasteainerikas reovesi, mida on vaja nõuetekohaselt käidelda.

**Poolkuivtehnoloogia** (joonis 2) puhul pihustatakse lubjapiim (Ca(OH)<sub>2</sub> ja vee suspensioon) suitsugaasidesse reaktortornis, kus vesi aurustub ja happelised gaasid adsorbeeruvad tahketele osakestele. Järgneb tahkete osakeste kõrvaldamine. Poolkuivtehnoloogia korral reovett ei teki ning veetarve on väiksem kui märgtehnoloogia puhul. Tahkeid jääke tekib aga rohkem.

**Kuivtehnoloogia** korral kasutatakse aluselisi reagente – lupja või naatriumvesinikkarbonaati (NaHCO<sub>3</sub>). Reak-



**Joonis 1. Märgpuhastuse tehnoloogiaskem: 1 kolle, 2 koldetüha eemaldamine, 3 ammoniaagi sissepritse, 4 suitsukäik-küttepinna, 5 elektrostaatiline filter, 6 pesur, 7 skraberi I aste, 8 skraberi II aste, 9 adsorbendi sissejuhtimine, 10 kottfilter, 11 korsten**

torisse võib anda ka aktiivsütt, millesse absorbeerumine vähendab gaasi elavhõbeda- ning dioksiini- ja furaanisaldust.

Peab tõdema, et kuivtehnoloogia tagab heitmete kehtestatud piirväärtused, kuid märg- ja poolkuivtehnoloogia võimaldab saada väiksema kontsentratsiooniga heitmeid. Selleks et kuivtehnoloogia puhul tekkivate heitmete kontsentratsiooni vähendada, on vaja suurendada reagentidoosi. Siis tekib aga teiste tehnoloogiatega võrreldes rohkem jääke.

### Dioksiinide ja furaanide kõrvaldamine

Dioksiine ja furaane kõrvaldatakse põlemisgaasidest aktiivsöe ja aluseliste reagentide abil. Aktiivsüsi doseeritakse koos aluselise reagentiga (lubi või naatriumvesinikkarbonaat – söögisooda) gaasivoolusesse, kus nad segunevad suitsugaasidega. Dioksiinid ja furaanid adsorbeeruvad gaasivooluses. Aktiivsüsi, aluseline reagent ja selle reaktsioonisaadused püütakse kinni tahkete osakeste püünises (tavaliselt kottfiltris). Reagenti akumulunud ja sellega eemaldatud dioksiinide hulk on väiksem kui tõhusa lendtuha püüdesüsteemiga kõrvaldatav (dioksiinid adsorbeeruvad lendtuha pinnale ning hinnanguliselt sisaldub 80% dioksiinidest ja furaanidest lendtuhas. Reagenti on vaja siiski täiendavalt lisada, et neid heidetaks atmosfääri võimalikult vähe.

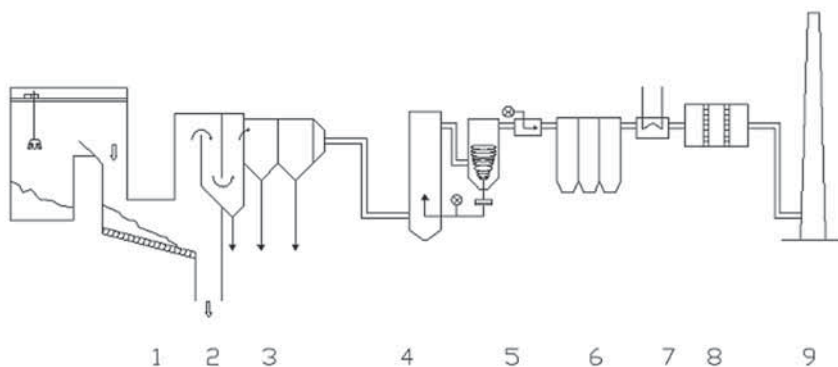
### Elavhõbedaheite vähendamine

Märgtehnoloogia korral kõrvaldatakse elavhõbedat I astme skraberis ning aktiivsöe skraberijärgset doseerimist rakendades. Esimeses astmes, kus pH on madal (hinnanguliselt 1), on elavhõbeda kõrvaldamise tõhusus  $HgCl_2$ -na, mis on üldiselt peamine elavhõbedaühend pärast jäätmete põlemist, > 95%. Metallilise elavhõbeda eemaldamise tõhusus on väike (0–10%).

Poolkuiv- ja kuivtehnoloogia korral lisatakse suitsugaasidesse aktiivsütt ja happeliste gaaside reagenti sellises vahekorras, et oleks tagatud heitmete parima võimaliku tehnikaga ettenähtud tase.

### Lämmastikuheite vähendamine

Lämmastikuheidet vähendatakse mittekatalüütiliselt või katalüütiliselt.



**Joonis 2. Poolkuivpuhastuse tehnoloogiaskeem: 1 kolle, 2 koldetuha eemaldamine, 3 suitsukäik-küttepinna, 4 poolkuivreaktor, 5 süsiniku sissejuhtimine, 6 kottfilter, 7 soojusvaheti, 8 katalüsaatoriga reaktor lämmastikuühendite sisalduse vähendamiseks, 9 korsten**

**Selektiivne mittekatalüütiline vähendamine** (ingl. k *selective non-catalytic reduction*, SNCR) on protsess, mille puhul koldesse juhitakse redutseerivat agensit (tavaliselt ammoniaaki). Reaktsioon lämmastikoksiididega toimub temperatuuril 850 kuni 1000 °C. Kui selle tehnoloogiaga soovitakse suitsugaaside  $NO_x$ -sisaldust vähendada rohkem kui 60–80%, on vaja suurendada redutseeriva agensi doosi. See võib aga põhjustada ammoniaagi emissiooni, mida nimetatakse ammoniaagi läbilipamiseks.

Suitsugaaside märgpuhastustehnoloogia korral saab liigset ammoniaaki skraberis roveest kinni püüda ja taaskasutada. Lubjapõhise poolkuiv- ja kuivtehnoloogia korral absorbeerib  $NH_3$  ülejäägi HCl kõrvaldamisel tekkiv  $CaCl_2$ .  $NH_3$  vabaneb, kui  $CaCl_2$  puutub kokku veega.

**Selektiivne katalüütiline vähendamine** (ingl. k *selective catalytic reduction*, SCR) on katalüütiline protsess, mille puhul suitsugaasidele lisatakse õhuga segatud ammoniaaki ning juhitakse siis läbi katalüsaatori – tiheda traatvõrgu (nt plaatina (Pt), roodium (Rh),  $TiO_2$ , tseoliidid). Katalüsaatoris reageerib ammoniaak  $NO_x$ -ga ning vabanevad lämmastik ja veeaur. See tehnoloogia on eelmisest tõhusam.

### Lendtuha kinnipidamine

Lendtuha kinnipidamiseks tasub kasutada kottfiltreid, mis püüavad kinni alla 1  $\mu m$  suurusi lendtuha- ja aktiivsöeosakesi ning ka happeliste gaaside adsorbeerimiseks kasutatavat aluselist reagenti. Kui aga soovitakse lendtuha ja poolkuiva puhastamise jääke eraldi

di käidelda, on soovitatav paigaldada elektrostaatiline sadesti, mis peab kinni lendtuha üle 10  $\mu m$  suuruse fraktsiooni ning vähendab sel moel kottfiltrite koormust.

### PÕHJATUHA JA SUITSUGAASI TAHKETE PUHASTUSJÄÄKIDE KÄITLEMINE

Peale suitsugaaside puhastamise tuleb pöörata tähelepanu ka põhjatuha ja suitsugaasi tahkete puhastusjääkide käitlemisele. Põletusseadmest pärinevad tahked jäägid võivad sisaldada mitmesuguseid ohtlikke aineid (nt raskmetalle, dioksiine ja furaane, soolasid), mistõttu tuleb erilist tähelepanu pöörata tuhakäitlusele. Suitsugaaside puhastamisel tekkiv lendtuhk liigitatakse ohtlikuks jäätteks. Põhjatuha üldjuhul ohtlikuks ei liigitata, kuid ka seda tuleb vajaduse korral enne ladestamist töödelda.

Põletamisjääkidest võib keskkonnohutulult kasutada põhjatuha<sup>1</sup>, mida tekib 75–90% tuha kogumahust ning mis koosneb peamiselt mineraaloksiididest. Raskmetalle on selles tavaliselt alla 1,5%, kuid see protsent võib suu- resti varieeruda.

Suur mineraalisaldus lubab põhjatuha kasutada tee-ehituses ja ehitusmaterjalina ka mujal (nt liiva või kruusa asemel). Seda on võimalik teha, kui materjal vastab keskkonna- ja tehnilistele kriteeriumitele. Eelnevalt on vaja tuha kvaliteeti esmaste ja teiseste meetmetega optimeerida.

Esmased meetmed seisnevad põlemise optimeerimises, et

- süsinikuühendid täielikult ära põleksid;
- raskmetallid kütusekihist lenduksid;
- põhjatuhas kinnistuksid leostuvust

<sup>1</sup> T. Rand, J. Haukohl, U. Marxen. *Municipal Solid Waste Incineration. Requirements for a Successful Project. World Bank Technical Paper No. 462.*

vähendavad elemendid.

Teised meetmed hõlmavad üht või mitut järgmistest tegevustest:

- tükisuuruse vähendamine, et tagada metallide kõrvaldamist ja parendada tuha tehnilist kvaliteeti;
- must- ja värviliste metallide võimalikult täielik kõrvaldamine;
- pesemine, et eemaldada lahustuvaid soolasid;
- vanandamine, et stabiliseerida tuhaosakeste maatriksi struktuuri ja vähendada tuha reaktsioonivõimet;
- töötlemine sideainetega, parandamiseks kasutusomadusi (nt tee-ehituses täitematerjalina);
- termiline töötlemine, et siduda inertmetallid klaasimaatriksisse.

Põhjatuha töötlemismeetoditest on kõige kasutatavamad metallide kõrvaldamine ja vanandamine. Tuhka tuleb töödelda keskkonnaohutult, niisutades seda tolmuemissiooni minimeerimiseks. Põhjatuha vanandamiskoht peab olema varustatud nõrgvett koguva drenaažiga. Kindlasti ei tohi põhjatuhka segada lendtuha ega muude suitsugaasi puhastusjääkidega, et saastamine ei vähendaks selle kasutusvõimalusi.

## Põhjatuha vanandamine

Värske põhjatuhk ei ole keemiliselt inertne materjal. Reaktsioonivõime ja tuhasse jäänud metallide leostuvuse vähendamiseks on vaja tuhka vanandada. Selleks ladustatakse põhjatuhk pärast metallide kõrvaldamist mitmeks nädalaks lageda taeva alla või katusealusesse. Ladustusala põrand kaetakse betooniga ning varustatakse drenaažiga, et nõrgvesi kokku koguda ja vajaduse korral töödelda. Kui põhjatuhk on kuiv, võib seda sprinklerite või voolikuga niisutada, et ta ei tolmaks ning selleks, et soodustada soolade leostumist ja karboniseerumist. Tuhka tuleb regulaarselt segada, et vananemine oleks ühtlane (CO<sub>2</sub> pääseks kogu massile hästi ligi ning nõrgvesi drenaaži voolaks) ja võimalikult kiire. Vananemine kestab 6–20 nädalat ning pärast seda võib põhjatuhka kasutada ehitusmaterjalina või prügilasse ladestada.

**Filtrituhk ja muud suitsugaasipuhastusjääd** liigitatakse ohtlike jäätmete hulka ning neid tohib ladestada ainult spetsiaalsetesse ladestuspaikadesse. Nende hulka kuuluvad lendtuhk, kasutatud aktiivsüsi ning kuiv- ja poolkuivpuhastusest pärinev reagent koos

neisse adsorbeerunud saasteainetega ja märgpuhastuse korral skraberivee puhastamisel tekkinud filtrikook.

## Suitsugaasipuhastusjääkide tahkestamine tsemendiga

Tahkestada võib kõiki suitsugaasipuhastusjäärke, segades neisse mineraalseid või hüdraulilisi sideaineid (tsement, söe lendtuhk). Tahkestatud jääke on ladestatud maa peale või allmaarajatistesse. Saksamaal on nendega täidetud soola- ja söekaevanduskäike, et vältida nende kokkuvarisemist. Sideained suurendavad jääkide kogust.

## Suitsugaasipuhastusjääkide sulatamine ja klaasistamine

Sulatamine ja klaasistamine annab kõige kompaktsama (jäägi maht muutub viis korda väiksemaks) ja tihedama (tavaliselt 2,4–2,9 t/m<sup>3</sup>) ning keskkonnaohutuma lõppsaaduse. Orgaanilised saasteained, nt dioksiinid, hävivad. Tahkete jääkide termilisel töötlemisel emiteeruvad mitmesugused saasteained (nt NO<sub>x</sub>, üldsüsinik, SO<sub>x</sub>, tolm, raskmetallid) ning suitsugaase on vaja täiendavalt puhastada. Seda võib teha jäätme põletusjaamas. Energiakulu on päris suur (700–1200 kWh/t). A.M.

## European Environmental Press

The EEP is a Europe-wide association of 18 environmental magazines. Each member is the leader in its country and is committed to building links between 400,000 environmental professionals across Europe in the public and private sectors.



- ★ EcoTech (Greece) ★
- ★ ekoloji magazin (Turkey) ★
- ★ EkoPartner (Poland) ★
- ★ Environnement Magazine (France) ★
- ★ Hi-Tech Ambiente (Italy) ★
- ★ Industria & Ambiente (Portugal) ★
- ★ Keskkonnatehnika (Estonia) ★
- ★ Környezetvédelem (Hungary) ★
- ★ milieuDirect (Belgium) ★
- ★ MilieuMagazine (Netherlands) ★
- ★ Miljø Horisont (Denmark) ★
- ★ MiljöRapporten (Sweden) ★
- ★ MiljøStrategi (Norway) ★
- ★ Residuos (Spain) ★
- ★ Umwelt Perspektiven (Switzerland) ★
- ★ UmweltJournal (Austria) ★
- ★ UmweltMagazin (Germany) ★
- ★ Uusioutiset (Finland) ★

More information on the EEP and advertising:  
[www.eep.org](http://www.eep.org) | [sec@eep.org](mailto:sec@eep.org)





**INSTRUTEK 2008**



PUIDUTEHNOLOOGIA 2008

**WOODTEC**

**19. - 21. november**

**INSTRUTEK 2008**  
XIV Tallinna rahvusvaheline tootearenduse-, tootmistehnika, tööriista-, allhanke- ja tehnohooldusmess

**PUIDUTEHNOLOOGIA - WOODTEC 2008**  
VI puidu- ja saetööstuse tehnoloogia, masinate, seadmete ja tööriistade mess

Täiendav info:

Eesti Näituste AS Pirita tee 28 Tallinn 10127 tel.: 613 7335, 613 7337 faks: 613 7437  
e-post: [epp@fair.ee](mailto:epp@fair.ee) Skype: [eppsultsmann](https://www.skype.com/en/contacts/voice/eppsultsmann) [www.fair.ee](http://www.fair.ee)

**EESTI NÄITUSED**

# KOMPOSIITPLASTIST TOODETE VALMISTUSTEHNOLOOGIAD JA TOOTMISJÄÄTMETE RINGLUSSEVÕTT

**JAAN KERS**

TTÜ materjalitehnika instituut

KOMPOSIITPLASTE kasutatakse tänapäeval laialdaselt autode, laevade, lennukite, kosmoselaevade, elektroonikaseadmete, mahutite, ehitusdetailide, spordivahendite jt toodete valmistamisel. Komposiitmaterjalide eelised tavapärase materjalidega (nt metall, puit, klaas) võrreldes on suurem eritugevus (massi ja tugevusnäitajate suhe), väga hea keemiline vastupidavus (happelises ja oksüdeerivas keskkonnas) ning hea vormitavus (selleks kulub vähe energiat). Komposiitplastijäätmed teevad aga muret kogu maailmas. Käesoleval aastal Pariisis toimunud ülemaailmse komposiidimessi (*JEC Composite Show*) lõppkasutajafoorumil oli uue teemana kavas "Keskkond ja ringlussevõtt". Foorumil tutvustati uusi loodus-, klaas- ja süsinikku taaskasutustehnoloogiasid [1].

## KOMPOSIITPLASTIJÄÄTMETE TAASKASUTUSE KOHTA KÄIVAD ÕIGUSAKTID

Tootmisjäätmed teevad muret ka Eesti komposiitplastitooteid valmistavatele ettevõtetele (nt väikelaevade, autotarvikute, mahutite, sanitaartechnikaseadmete ja profiiltoodete valmistajatele). Seniajani on peetud loomulikuks ladestada nad prügilasse, kuigi seda keelas juba Euroopa Liidu prügiladirektiiv 1999/31/EÜ. Komposiitplastijäätmeist on juttu ka romusõidukidirektiivis 2000/53/EÜ, milles nõutakse, et liikmesriigid peavad aastaks 2015 ringlusse võtma ja taaskasutama 95 protsenti romusõiduki keskmisest massist. Romusõidukites sisalduvatele komposiitplastijäätmetele lisanduvad elektroonikaromu klaasplastkered (sh minibasseini-, massaaživanni- ja au-

rusaunakoorikud), mis tuleb pärast kasutusel kõrvaldamist EL-i elektroonikaromudirektiivi 2002/96/EC nõudel kokku koguda ja 80% nende massist, kas kordus- või taaskasutada.

Komposiitplastijäätmete ringlussevõtu teeb keeruliseks see, et toodete valmistamisel kasutatavad materjalid vahetuvad üsna lühikese aja jooksul. Pidevalt arendatakse uusi, eelmistest kergemaid, odavamaid ja paremate füüsikalise-mehaaniliste omadustega sarrusmaterjale ning ka sideainete puhul seatakse eesmärgiks vähendada stüreeni ja muude tervist kahjustavate lenduvate ainete õhkupaiskamist. Komposiitplastist toodete kasutusiga on pikk – kuni paarikümnend aastat, sest neid on lihtne käepäraste vahenditega (käsitsilamineerides) uuesti kasutuskõlblikuks muuta [2].

## KOMPOSIITPLASTIDE TOOTMISTEHNOLOOGIAD JA JÄÄTMED

Komposiitplastid on materjalid, mis koosnevad polümeersest sideainest (maatriksist) ja kiulisest või pulbrilisest sarrustavast lisandist. Sarrus annab komposiidile jäikuse, tugevuse ja hea mehaanilise vastupidavuse, sideaine (termoplast või termoreaktiiv) aga väliskuju, monoliitsuse ning jaotab koormuse sarrusele. Termoplastideks loetakse selliseid polümeere (nt HDPE, LDPE, PP, PS, PVC, PET), mida saab kõrgendatud temperatuuri ja rõhu mõjul viia korduvalt sulasse olekusse ja uuesti vormida, termoreaktiivideks aga neid (klaasplastid, süsinikplastid, vahtplastid, kummid), mida saab vormida ainult üks kord, sest nende polümeriseerumisel (kövenemisel) toimuv keemiline reaktsioon on pöördumatu. Kuumutamisel nad ei sula, vaid avalda-



Joonis 1. Väikelaeva kere valmistamine käsitsilamineerimise teel [5]



**Joonis 2. AS-is Balteco tekivad komposiitplastijätmed tehnoloogilise lisa mahalõikamisel klaaskiuga sarrustatud koorikult**

vad vastupanu ning lõpuks lagunevad termiliselt [3, 4].

Et komposiitjätmete koostisest tingitud keerukaid taaskasutusprobleeme paremini mõista, kirjeldatakse allpool komposiitplastide peamisi tootmistehnoloogiaid. Neid võib laias laastus jagada viide suuremasse gruppi: kontaktvormimis- (käsitsi- ja pihustuslamineerimine, mähkimine, üle- või alarõhu all vormimine), pressimis- (otse- või valupressimine), injektioon- (surve-, tsentrifugaal- või reaktsiooninjektioonvalu), suulis- (pultrusioon-) ja valtsimistehnoloogiatega [2].

Käsitsilamineerimisel kasvatatakse toodet kiht-kihilt polüester- või epoksüvaiguga immutatud klaaskiudmatte või kangaid üksteise vastu õhutihedaks rullides. Käsitsi lamineerides saab valmistada suuri tooteid, nt väikelaevu ja aiabasseine (joonis 1). Lamineerimisjätmed on toote mõõtulõikamisel tekivad klaasplastiribad, vaiguga määratud töövahendid ja praaktooted.

Pihustuslamineerimist kasutatakse termoplastist (PMMA, ABS+PMMA) vaakumvormitud koorikute (massaaživannid, minibasseinid) sarrustamisel klaasplastiga. Kooriku pinnale pihustatakse ühekorraga purustatud klaaskiudu (2–6 cm) ja polüestervaiku ning rullitakse õhutihedaks. Plastilehe kinnitamiseks vaakumvormile jäetav töötluslisa (joonis 2) lõigatakse pärast sarrustamist maha. Jätmed on kümnekonna sentimeetri laiused plast- ja klaasplastikihiribad.

Mähkimist (kerimist) kasutatakse suurte silindriliste mahutite ja toru-

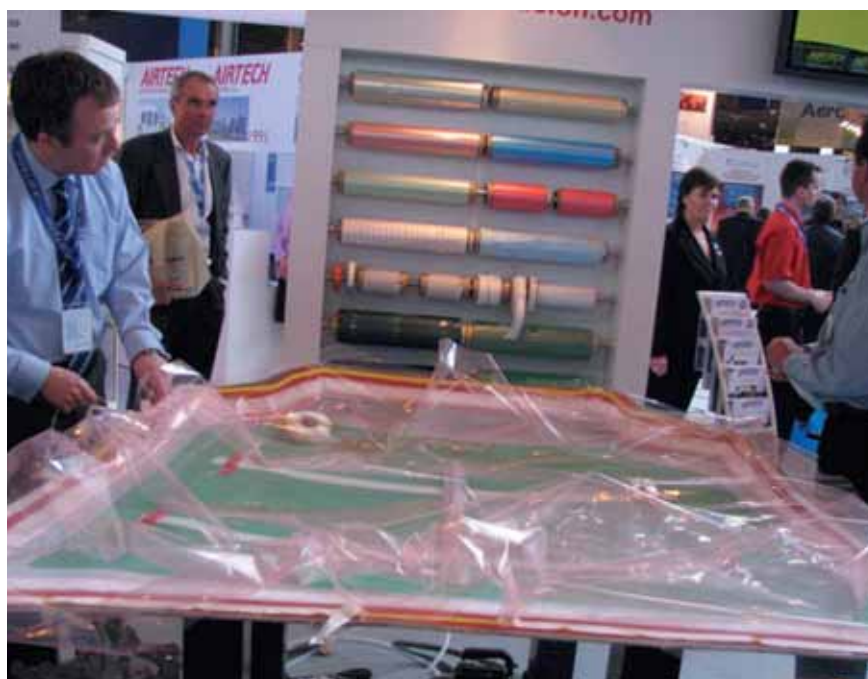
de valmistamisel. Sideainega (polüester- või epoksüvaik) immutatud pidev klaaskiudmaterjal keritakse pöörlevale silindrilisele vormile. Üle jääb peamiselt klaasplastist lõiketöötlemisjätmeid.

Ala- või ülerõhu all vormimist rakendatakse võistlusjahtide ja võidusõiduauto detailide ning muude selliste toodete valmistamisel, mille massi mõõdetakse grammi täpsusega. Ühepoolne vaakumkillega kaetud vorm ning alarõhu kasutamine sarruse vaiguga märgamiseks ning tihendamiseks võimaldab saada ühtlase seinapaksuse ja hea pinnakvaliteediga tooteid (joonis 3). Kasutatakse suure eritugevu-

sega ja kalleid süsinik-, aramiid- või polüeteenkiust sarrusmaterjale ning sideainena epoksüvaiku. Jätmeteks on ala- või ülerõhu all vormimisel kasutatud määratud ühekorred töövahendid (vaakumkile, aluskangad, vaigu- ja õhukanalid), klaasplastiribad ja kõvenemata praaktooted. Lõiketöötlemisel tekib jätmeid vähem kui eelkirjeldatud tehnoloogiate korral, sest kuivalt vormi asetatud ühtlases moodsus sarrusmaterjali kokkupressimisel saadakse ühtlasem seinapaksus ning parem kvaliteet [3].

Otse- ja valupressimisega valmistatakse peamiselt autode kere- ja siseviimistlusdetailide (joonis 4). Erinevalt kontaktvormimisest kasutatakse kuivi pulbrilisi sideaineid (termoreaktiive või termoplaste), mis pressvormi survekambris laetuna muudetakse rõhu ja temperatuuri mõjul voolavaks ja surutakse vormipessa, kuhu on eelnevalt pandud sarrus või prepreg, s.o kõvendamata immutatud materjal [2].

Survevalutehnoloogiat, mis on enim levinud termoplastide vormimisel, rakendatakse ka termoreaktiivide puhul. Polüpropeen- või polüamiidgraanuleist, mis sisaldavad lühikest (1–2 mm) klaaskiudsarrust valmistatakse auto kaitseraudu, katteid ja iluliiste, mille puhul on oluline suur purunemissiskus. Survevalu ajal puruneb kiuline sarrus valusõlmes toimuva hõõrdumise tõttu veelgi peenemaks ning lõpptootes on sarrusekiu pikkus tavaliselt 0,2–0,5 mm. Sarrustav toime on vaid üle 0,2 mm kiul, peenem muutub täi-



**Joonis 3. Ralliauto klaasplastist esikapoti vormimine vaakumkotis**



**Joonis 4. SMC-meetodil (valupressimine) valmistatud klaasplastist (40%) varurattaalus**

teaineks, mis materjali tugevusomadusi ei parenda [2, 3].

RTM-tehnoloogia (*Resin Transfer Moulding*) on vaakumkotis vormimise arendus, mille puhul kasutatakse kahepoolseid vorme ja sideaine surutakse prepregi või sarrusega täidetud vormi madala rõhu all. Niiviisi vormitakse nt suusabokse jm suure pinna ja keerulise kujuga tooteid [2].

Reaktsioon-injektsioontehnoloogia (*Reaction Injection Moulding*) on kasutusel vahtplastist (polüuretaanist) komposiitide (autoistmed) ning ka termoplastist ja vahtplastist komposiitide (auto armatuurlauad) vormimisel. Kuna aastate jooksul on välja töötatud palju polüuretaaniliike (nt jäigad ja kõvad, pehmed ja elastsed), saab kõvast polüuretaanist valmistada nii mere- kui ka maasõiduvahendite keredetaile (joonis 5) [3].

Eespool kirjeldatud suure jõudlusega pressimis-, valu- ja injektsioontehnoloogia rakendamisel tekib mitu korda vähem jäätmeid kui kontaktvormimise puhul, sest tehnoloogia (kahepoolsed metallvormid, suruõhk) nõuab täpset materjaliarvestust. Peamised tootmisjäätmed on valukanalid, lõiketöötlusjäätgid, aegunud prepregid (aastaid tagasi tuli neid hoida külmkambris) ja praaktooded.

Pultrusioontehnoloogia rakendatakse mitmesuguse ristlõikekujuga profiiltoodete (talad, torud, lehed) valmista-

misel. Vaiguga immutatud kiukimbud tõmmatakse läbi suulise, milles nad tihenevad ja saavad soovitud kuju. Jäätmeid tekib peamiselt tootmise alg- ja lõppetapis (mõõtu lõikamisel).

Olulise osa jäätmetest moodustavad ka amortiseerunud klaasplastimudelid, -vormid ja -rakised, mida kasutatakse nii plasttoodete termovormimisel kui ka lamineerimisel. Klaasplastivormid ja -rakised koosnevad aga mitmest materjalist (teras, alumiinium, plast, klaasplast) ning neid on suurte mõõtmete tõttu vaja enne purustamist tük-

kideks lõigata.

## KOMPOSIITPLASTIJÄÄTMETE KOGUSED SOOMES JA EESTIS

Soomes tekib aastas ligikaudu 4 000 tonni komposiitplastijäätmeid, millest pooled on tootmisjäätmed ja ülejäänud kasutuselt kõrvaldatud tooted, mille kogust, kategooriaid ja liikumistekonda on väga keeruline olmejäätmetest eristada. Selles rühmas on ülekaalus purjekate, paatide ja veokite kered ja osad.

Komposiitplastitootmisjäätmete keeruline koostis raskendab nende taaskasutamist. Nad võivad olla vaiguga märgunud ja/või kõvenenud klaasplastist pihustamis- ja lamineerimisjäätgid, aegunud materjalid (vaigud, kõvendid, kõvenemiskiirendid) ja toorikud (prepregid), termoplastist ja termoreaktiividest kombineeritud kasutuskõlbmatud tooted, materjali lõikamisjäätgid, tootmise käivitus- või lõpetusjäätgid, lõiketöötlemisjäätgid, määratud pakendid ja töövahendid, ala- või ülerõhu all vormimisel kasutatud töövahendid või praaktooded. Soomes korraldasid Tampere Tehnikaülikooli tudengid 2001. aastal ettevõtetes küsitlusuuringu, soovides teada saada, kui suured on komposiitplastide aastased toorme- ja jäätmekogused. Uurimistöö tulemusest loodeti teha järeldusi kasutatavate tootmistehnoloogiate ja materjalikasutuse tõhususe kohta. Tootmisjäätmete koguse ja kvaliteedi uurimist raskendas komposiittoodete kasutusala ja valmistustehnoloogiate paljusus ning ka



**Joonis 5. RIM-tehnoloogiaga valmistatud kõvast polüuretaanist kerega skuter**



**Joonis 6. Pultrusioonmeetodil valmistatud profileeritud komposiitplastlehed**

ettevõtete arv. Tootmisjätmeid tekkis ettevõtetes 0,1–50 t/a ja nende koostis muutus. Väikestes ettevõtetes koosnesid jätmed raskesti mõõdetavatest jääkidest: aegunud toorme vaadid, määratud töövahendid, lõikamis- ja lihvimispuhu, suuremas koguses oli lõigatud komposiitplastiribasad. Keskmise tootmiskadu oli 6%, suurtes ettevõtetes aga 19%. Soome paadivalmistajad hindasid tootmiskaoks 5% kasutatava toorme massist, mille järgi arvatati tootmisjätmete koguseks 2 000 tonni ja kahjusummaks 10 miljonit eurot aastas [2].

Eestis toodetakse nii käsitsilamineerimise kui ka vaakumkotis vormimise teel paate ja jahte, pihustuslamineerimise teel massaaživanne, mähkimise teel kemikaali- ja kanalisatsioonis kasutatavaid mahuteid ning RTM-tehnoloogiaga suusabokse jm tooteid. Tööstuslike komposiitplastijätmete aastakoguseks võiks hinnata 200–300 tonni. Kui palju aga aastas kõrvaldatakse kasutuselt komposiitplastooteid, on raske hinnata, sest statistilised andmed puuduvad. Kui Soome näite põhjal eeldada, et tootmisjätmeid ja kasutuselt kõrvaldatud tooteid on ühepalju, võiks jätmete üldkogus olla 400–600 t/a.

## KOMPOSIITPLASTIJÄÄTMETE RINGLUSSEVÖTT

Komposiitplastijätmete ringlussevõtu võib jagada mehaaniliseks ja keemiliseks ning energiakasutuseks [6, 7]. Me-

haaniliselt saab termoreaktiivse sideainega jätmetest materjalidena ringlusse võtta sarrust – looduslikku, klaas-, süsinik-, boor- ja aramiidkiudu. Sellised jätmed purustatakse haamerveskis, desintegraatoris või muul sellisel moel, mis võimaldab sitkelt puruneva kiu hapralt purunevast maatriksist välja sõeluda. Soomlaste arvestuse kohaselt maksab jätmete purustamine umbes 50 €/t [7]. Termoplastist komposiitjätmete peenestamiseks kasutatakse valdavalt rootorpurusteid vm lõikamismeetodeid, sest suure löögisitkusega sideainest on kiudu raske lahutada. Kuna klaaskiud hakitakse peeneks, siis on seda vajaduse korral võimalik eraldada sulatöötlemisaegsel filtrimisel. Üldjuhul seda siiski ei tehta, vaid lisatakse uut pikemakiulist sarrust. Lühikesi klaaskiuosakesi võidakse termoplastsetes maatriksites taaskasutada täiteainena. Taaskasutada saab materjali nii esmastes toodetes, mille mehaanilised omadused oluliselt ei halvene, või, kui omadused muutuvad, algupärasest tootest madalamate kvaliteedinõuetega detailide valmistamiseks. Termoplastse sideainega jätmeid (nt PP+GF30, PA6+CF20) saab nagu plastijätmeidki regranuleerida ja sulatöötlemise teel uuesti toodeteks vormida. Sarrust lisatakse regranuleerimise ajal. Mehaanilise ringlussevõtu eelis on see, et kogu kõlblik jäätmemass taaskasutatakse uute toodete valmistamiseks. Plasti- ja komposiitplastijätmete kooskasutamisel toodete mehaanilised omadu-

sed parenevad, kui võrrelda esmasest toormest valmistatutega. Puuduseks võib aga pidada käitluskulusid (vedu, purustamine) ning seda, et kiudude paremaks märgamiseks sideainega on vaja lisada pindaktiivseid sideaineid. Seadmed kuluvad rohkem ning ka tööhügieen kannatab. Esmane toore on odavam, sest teise toorme hinnas on märkimisväärne osa käitluskuludel. Sarrusena saab taaskasutada sellist purustatud klaas- ja süsinikkiudu, mis muid materjalijätke (metalli, puidutükikesi) ei sisalda, lõikamis- ja lihvimis- tolmuga aga täiteainena.

Keemilise ringlussevõtu meetoditest on kasutusel püro- ja hüdrolyüs ning gaasistamine või veeldamine, mille tulemusena saadakse materjalist uus toore. Hüdrolyüsil lagunevad küllastamata polüestervaigu jätmed stüreeniks ja glükooliks. Kõrge hinna tõttu kasutatakse seda protsessi harva.

Tampere Tehnikaülikoolis ja komposiit tootvates ettevõtetes tehtud katsete tulemusena selgus, et süsinikkiudu on võimalik pürolüüsil (450–550 °C) epoksüsideainest lahutada nii, et selle mehaanilised omadused ei muutu. Protsessi majanduslik eelis on see, et taaskasutatud süsinikkiud on esmase toormega samas hinnaklassis [7, 8], kahjuks on pürolüüsi tulemusena saadud klaaskiu mehaanilised omadused aga poole halvemad. Et tehnoloogia on kallid, on vaja suuri jäätmekoguseid: süsinikplastijätmeid vähemalt 200 t/a ja klaasplastijätmeid 10 000 t/a.

Jätmete energiakasutus on Euroopas üks levinumaid meetodeid ka komposiitplastijätmete kasutamiseks soojus- või elektrienergiana. Olmejäätmetega koospõletamise tulukust vähendab mittepõlev kiudmaterjal (klaas- ja süsinikkiud), mille sisaldus võib kõikuda suurtes piirides (20–80%) ning mis jääb põlemistuhka ja tuleb koos sellega ladestada. Mida suurem on materjali kiusisaldus, seda väiksem on kütteväärtus (5–40 MJ/kg) [2].

Tampere Tehnikaülikoolis tehtud KIERRÄ-projekti käigus (2005–2007) uuriti komposiitplastijätmete võimalikku taaskasutamist tsemendi valmistamisel pöördahjudes [7]. Jätmeveokuludeks saadi 1 euro/km, eelpurustatud jätmete tihedus oli 330 kg/m<sup>3</sup> ja purustamata jätmete oma 110 kg/m<sup>3</sup>. Soomes võtab Stora Enso Anjalakose tehas vastu komposiitplastijätmeid, mille kiusisaldus on kuni 30 massiprotsenti. Eelpurustatud jätmete vastuvõtumaks

on 10–15 €/t, purustamata jäätmetel 20 €/t. Ekokemi jäätmepõletustehasele sobivad kõik komposiitplastijäätmed (klaaskiussisaldust ei piirata) ja vastuvõtutasu on 120 €/t.

Vaigujäätmed, mille kütteväärtus on 30 MJ/kg, sobivad nii koospõletus- kui jäätmepõletusjaamades põletamiseks koos puiduga. Põletatav jääde ei tohi sisaldada PVC-d.

Süsinikplastijäätmete taaskasutamisel on epoksüsideaine põletamine hapnikukeskkonnas tehniliselt odavam ja paremini teostatav kui pürolüüs ning saadud süsinikkiud on taaskasutatav termoplastse sideainega komposiitides. Klaas- või süsinikplastijäätmeid saab edukalt kasutada kütusena tsemendi põletamisel ja järelejäävat klaas- või süsinikkiudu tsemendisarrusena. Muret teeb aga see, et tsemendi valmistatakse suurtes kogustes ning on raske tagada selle ühtlast koostist ja kvaliteeti.

## KOKKUVÕTTEKS

Kuigi komposiitplastijäätmete taaskasutamist on teadusasutustes ja tootmisettevõtete laborites uuritud, ei ole selleks sobivad tehnoloogiad veel kuigi levinud, sest saadav toore ei ole hin-

na poolest nii konkurentsivõimeline kui sekundaarne plastitoore. Tootmisettevõtete eesmärk on aga valdavalt tootearenduse parendamine ja jäätmekoguse vähendamine. Mehaaniliste ringlussevõtu plussideks võivad tulevikus kujuneda toorainekulu vähenemine ja jäätmemaksu arvel saadav sääst. Komposiitplastijäätmete käitlusteenuse pakkumiseks Euroopas on juhtivad tootjad loonud oma organisatsiooni – *European Composite Recycling Services Company* [9].

Nii komposiitplastide keemiliseks ringlussevõtuks kui ka energiakasutuseks on vaja suuri jäätmekoguseid ja suuri investeeringuid kallisse tehnoloogiasse. Kuna saastaja peab maksma jäätmete purustus-, veo- ja vastuvõtukulud, siis praegu on ettevõtetel odavam neid prügilasse ladestada. Loodetavasti see mõtteviis lähitulevikus muutub – siis, kui rajatavad energia ja soojuse koostootmisjaamad on valmis neid jäätmeid Eestis vastu võtma. **A.M.**

## Viidatud allikad

1. Rahvusvaheline komposiidimes. <http://www.jeccomposites.com>

2. Saarela, O., Airasmaa I., Kokko J., Skrifvars M., Komppa, V. Komposiitirakenteet, Muovoyhdistys ry, Helsinki, 2003.

3. Rosato, D. V. Reinforced plastics handbook, 3rd edition, Elsevier, 2004.

4. Kers, J. Recycling of composite plastics, PhD thesis, TTÜ, Tallinn, 2006.

5. Aurer, J., Kasper, A., Unsaturated Polyester Resins, Verlag moderne Industrie, 2003

6. Recycling Advanced Composites. <http://www.cwc.org/industry/ib-p953rpt.pdf>

7. Projekt KIERRÄ. [http://www.ketek.fi/tiedostot/KIERRA-hanke\\_Vuorinen.pdf](http://www.ketek.fi/tiedostot/KIERRA-hanke_Vuorinen.pdf)

8. Süsinikplastide taaskasutus. <http://www.netcomposites.co.uk/news.asp?3729>

9. European Composite Recycling Services Company. [http://www.ecrc-green-label.org/www\\_ecrc/ecrc\\_home\\_4\\_2\\_0\\_f.htm?timestamp=1218139188969](http://www.ecrc-green-label.org/www_ecrc/ecrc_home_4_2_0_f.htm?timestamp=1218139188969)



Kevadel Rootsis Jonköpingis toimunud rahvusvahelisel jäätmekäitlusmessil ELMIA Recycling 2008 esmaesitles **NTM OY** uut poolhaagis-tüüpi prükipakkeveokit NTM Semitreiler. Pakkeveoki prügipunkri mahutavus on ligi 30 m<sup>3</sup> ja tagatõstuk sobib 130-, 240-, 360-, ja 660-liitriste prügikonteinerite tühjendamiseks. Kui konteineritõstukile lisada spetsiaalsed tõstevardad, on võimalik tühjendada ka 1100-liitriseid nn eurokonteinereid. Oma suure prügimahutavuse tõttu sobib selline poolhaagis suurepäraselt jäätmete vedamiseks prügisortimisjaamadest prügilasse, ent ka regulaarsete "prügiveoringide" jaoks. Manööverdamisraskusi ei teki, sest haagise tagateljerattad on pööratavad.

Piltidel olev roheline haagis teeb oma igapäevatööd Stockholmis.

[www.ntmbaltic.ee](http://www.ntmbaltic.ee)

**OÜ NTM BALTIC**  
 Mustamäe tee 44a  
 10621 Tallinn  
 Tel: 654 6999  
 Tel: 654 6663  
 Faks: 656 2719

NTM Baltic OÜ toodete hulka kuulub suur valik NTM prükipakkeveokeid. Müüme ja paigaldame ka VDL kastivahetusseadmeid.

Tartu Näitused messikeskuses

# 14. TARTU EHTUSMESS

14-th Tartu Building Fair

# TÖÖRIIST 2008

5-th Tartu Tool Fair

# 16.-18. oktoober

## TARTU EHTUSMESS TEMAATIKA

- üld- ja eriehitustööd
- ehitusmaterjalid
- viimistlus- ja kattematerjalid
- sisekujunduselemendid
- elektriseadmed
- soojustussüsteemid
- veevarustus ja kanalisatsioon
- ventilatsioonisüsteemid
- kinnisvaraprojektid ja -arendus
- ehitusmasinad, -seadmed ja -tarbed
- ehitusinfo ja kirjastamine
- haljastus
- finantstooted



## TÖÖRIIST 2008 TEMAATIKA

- tööriistad, seadmed ja abivahendid
- keevitusseadmed ja -tarvikud
- tehnohooldus- ja garaažiseadmed
- pneumo- ja suruõhuseadmed
- metallitööpingid, -riistad ja -tarbed
- mõõteseadmed
- tööriistade ja seadmete laenutus
- turvasüsteemid
- kodutehnika

### INFO JA REGISTREERIMINE:

AS Tartu Näitused  
Kreutzwaldi 60, 51014 Tartu  
tel 742 1662, faks 742 2538  
e-post: karin@tartunaitused.ee

[www.tartunaitused.ee](http://www.tartunaitused.ee)

**TARTU**  **NÄITUSED**

# HÜLJATUD SÕJAVÄEALADE KORRASTAMINE JA KASUTUSELE VÕTMINE LEEDUS

**GYTAUTAS IGNATAVIČIUS**

ENNE TAASISEISEVUMIST olid Leedus kõik sõjaväealad suletud ning kõrvalised isikud neile ligi ei pääsenud. Nõukogude sõjavägi jättis lahkudes maha saastunud maaalad, kahjustatud ökosüsteemid, rikutud maastiku, reostunud pinnase ja vee ning maharaiutud metsad.

Nõukogude ajast ei ole peaaegu üldse säilinud dokumente sõjaväealade keskkonnaseisundi kohta, mida rajades ei pööratud keskkonnanahoiule mingit tähelepanu (joonis 1). Sageli põhjustati suurt kahju maastikule, metsadele ja looduskaitsealadele. Seda soodustas sõjaväeosade eraldatus muust maailmast, nende hoolimatu suhtumine loodushoidu ja kohalikesse elanikesse ning keskkonnakaitsjate võimetuse sõjaväelastega keskkonnaküsimustes rindapista. Alles viimastel okupatsiooniaastatel hakkasid tööle sõjaväeökoloogid, kes pidid inspekteerima sõjaväeterritooriume ja tegelema suuremate keskkonnamurede lahendamisega.



**Joonis 1. Hüljatud sõjaväeala Vilniuse lähedal Padrabes**

Nõukogude armee lahkus Leedust 1993. aastal. Maha jäi umbes 500 mitmesugust rajatist, sh 277 sõjaväebaasi, kus oli paiknenud 462 sõjaväeosa. Nõukogude Liidu sõjaväe käes oli 67 762 ha, s.o 1,04 % Leedu territooriumist. Praegu on sellest maaalast 16,7% Leedu armee käsutuses (joonis 2), ülejäänud on tsiviilkasutuses.

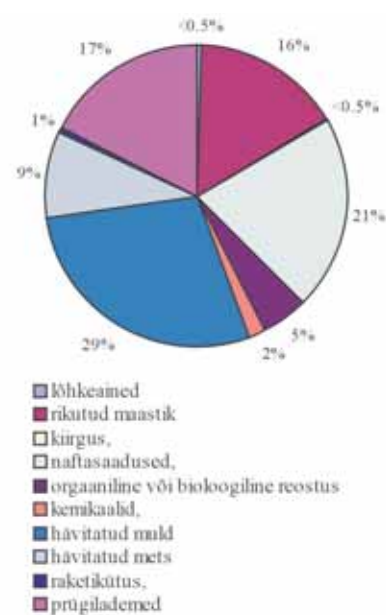
Hoolimatu suhtumine loodusesse põhjustas keskkonnamuret ka väljas-

pool sõjaväeosi. Kõigepealt andis see märku suurte linnade läheduses (Šiauliai, Kėdainiai ja Panevėžyse lennuväli) ning oli seotud peamiselt vee reostamisega naftasaadustega. Sõjaväealade ladestatud radioaktiivsete ainete, kemikaalide ja lõhkeainete asukohtade ega nende koguste kohta looduskaitsejatel teavet ei olnud. Alles 1989. aastal hakati sõjaväelt nõudma radioaktiivsete jäätmete matmist selleks ettenähtud paikadesse. Kuni 1988. aastani viidi nad olmejäätmeprügilatesse, maeti sõjaväeosa territooriumile või lähiümbrusesse.

Pärast Nõukogude vägede lahkumist hindasid hüljatud sõjaväealade keskkonnaseisundit Leedu keskkonnaeksperdid. Kõigepealt oli vaja võtta tõhusaid meetmeid, et takistada reostuse levimist. Eksperdid dokumenteerisid 2743 rikutuse põhjust (joonis 3). Sõjaväe käes olnud maaaladest oli 86% saastatud üle kahesaja mürgise kemi-



**Joonis 2. Leedu kaitseväge väljaõppelaager**



**Joonis 3. Endiste sõjaväealade rikutuse põhjustajad**



kaali jääkide ja põlevainetega. Peaaegu igal objektil oli igasugu ehitisi ja ohtlike rajatisi.

Pärast keskkonnaseisundi hindamist jaotati territooriumid vajalike investeeringute ja puhastusmeetmete järgi gruppidesse ning ka nn kahjustuskategooriatesse (tähistati indeksitega – A, B, C, E, F, suuremast kahjustusest väiksemani). Igale hüljatud sõjaväealale anti kahetäheline indeks (nt BC), mille esimene täht kirjeldab vajalike investeeringute suurust ja puhastustööde ulatust ning teine maastiku hävinemist ja taastamisvajadust. A-kategooriasse paigutati ainult üks neist – Šiauliai lennuväli, 80% liigitati B-, C- ja D-kategooriasse. Kategooriad jaotusid samamoodi ka maastike hävimist silmas pidades.

Hüljatud sõjaväealadid korrastades kõrvaldati kõigepealt radioaktiivsed ja lõhkeained. Kõik radioaktiivsed ained koguti kokku ja toimetati nende matmiskohta. Praegu ei ole kuigi töönaoline leida endistelt sõjaväealadelt radioaktiivset saastet, kuid välistatud ei ole mõningane kiirgus paikades, kus hoiti radioaktiivseid seadmeid või nende osi.

Enamik linnades asunud sõjaväealadest on nüüd kohandatud elu- ja tööstusaladeks. Pinnasereostus kõrvaldati ja määrati kindlaks tööstus- ja elupiirkondi lahutavad haljasalad.

Vilniuse moodne ärikeskus (nn Põhjalinnaosa) on rajatud kesklinnas asunud hiigelsuurele hüljatud sõjaväealale. Endistesse barakkidesse on end sisse seadnud paljud ettevõtted ja riigiasutused. Tulevikus on kavas barakid lammutada ja nende asemele ehitada moodsad hooned. Projekt loodetakse ellu viia 10–15 aasta jooksul. Kerkinud on juba mitu elumaja ja ärikeskust.

A.M.



Keskkonna ja keskkonnaõiguse uudised.

Iga kuu keskkonnaõiguses toimunud muudatuste kokkuvõtted (ESTLEXi internetikogumik Keskkonnaõigus - lihtsustab oluliselt keskkonnaõiguse jälgimist).

Keskkonnaalaste tegevuste info ja kuulutused

[www.keskkonnaveeb.ee](http://www.keskkonnaveeb.ee)



**EHITUSKESKUS**



## INFO KVALITEETSEST EHITAMISEST

Rävala pst 8, 10143 Tallinn  
Tel 660 4555

Avatud E-R 9-18

ehituskeskus@ehituskeskus.ee  
www.ehituskeskus.ee

- Alaline ehitusnäitus
- Koolitusseminarid
- Ehitusalane kirjandus

Seminarid toimuvad Ehituskeskuses,  
Rävala pst 8 (2.korrus), Tallinn

### SEPTEMBER

18.09.2008 VESI – VÄÄRTUSLIK MAAVARA. Veeressurss, vee-puhastus, veekäitus, veesääst, vee transportimine

### OKTOOBER

15.10.2008 PUIT ON VANIM EHITUSMATERJAL. Puitmaterjalid sise- ja välisviimistluses. Kandva puittarindi tulepüsivus

09.10.2008 KÜTTESÜSTEEM + VENTILATSIOON = ENERGIA-SÄÄST. On see nii? Tervislik sisekliima

30.10.2008 Metallkonstruktsioonid ja klaas fassaadides. Klaasfassaadide hooldus. Isepuhastuv klaas

### NOVEMBER

13.11.2008 Kaasaegsed seinakonstruktsioonid ja nende viimistlus

27.11.2008 Ehitusjärelvalve - omanikujärelvalve. Ehitamise ja projekteerimise IT-programmid ehitusprotsessi korraldamisel

### DETSEMBER

04.12.2008 Elektrienergia kallineb. Kas säästa aitaksid elektriseadmed ja –paigaldised või muud meetmed?

# PÕLEVKIVITUHK KUI KASULIK KÕRVALSAADUS

UUVE KIRSO

KBFI

INSTITUTSIOONIDE JA INIMESE suhtumine mingisse tootesse väljendub sageli selles, kuidas seda toodet kutsutakse. Ka sellest, kuidas muudes maades nimetatakse materjali, mis vältimatult tekib, kui fossiilkütuseid töödeldakse energia või õli tootmiseks. Eestis tavatsetakse põlevkivituhka nimetada *tahkeks jäätmeks*, vahel ka *ohtlikuks jäätmeks*. Kuigi nimi ei riku meest, näidatakse sellega oma halvus-

tavat suhtumist. Süvenemata siinkohal keskkonna- ja tervisekaitsjatest bürokraatide väljatöötatud igati kasulikke ja vajalikku reguleerimisrögastikku, mille põhjal saab otsustada, kui ja kas mingi toode on üldse ohtlik, tuleb nõustuda, et keskkonda (loodusesse) ladestatud materjal on tõepoolest kahjulik. Pika ajalooga söetööstuses nimetatakse aga sedasama tuhka hellitlevalt *saaduseks* ehk täpsemalt *(kivi)söe põlemissaadu-*

*seks*. Sageli kasutatakse tuhakaubanduses ja -äris lühendit CCPs (ingl k *Coal Combustion Products*).

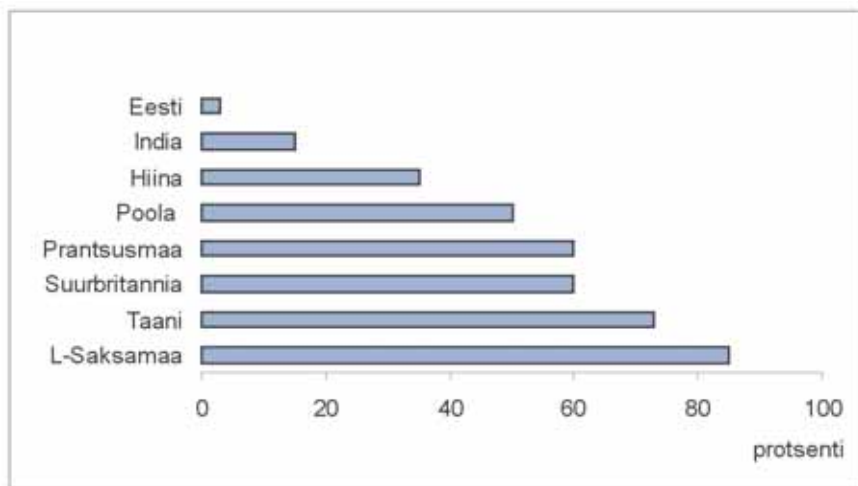
Järgnevas teaduskirjandusel põhinevas ülevaates käsitletakse fossiilkütuste töötlemisel tekkivate tahkete saaduste kasutamise kogemusi, mis on mitmes riigis omandatud peamiselt küll söetööstuse baasil. Et kivisütt on õige mitut liiki ja mitmesuguste omadustega, annab see võimalusi saadud andmeid teatava mõõndusega kasutada ka põlevkivitööstuses. Osa söetuhkadest on keemilise koostise ja omaduste poolest väga sarnased põlevkivituhaga, mis tekitab energia tootmisel ASis Narva Elektri jaamad.

## TUHA KASUTAMINE JA TURUSTRATEEGIA

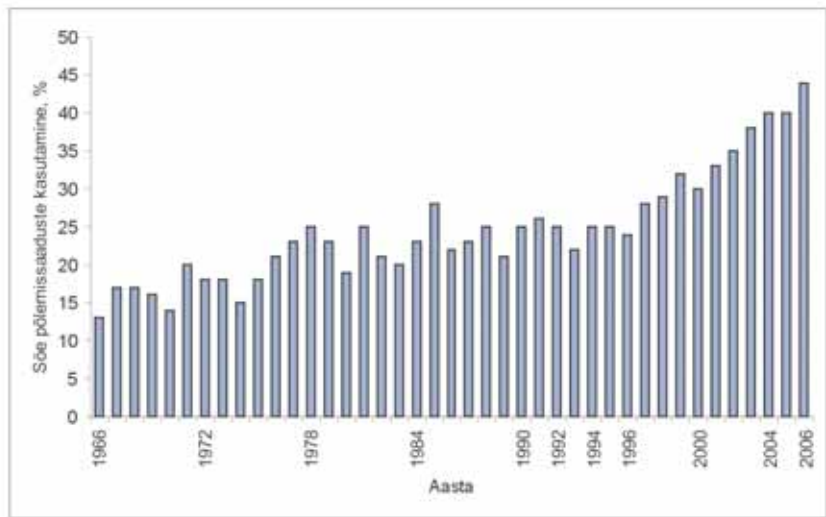
Nii üllatav kui see ka pole, hakati fossiilkütuste tuhka kasutama juba ligikaudu 2000 aastat tagasi, kui vanad roomlased ehitasid veejuhtmeid (akvedukte). Lendtuha kohta on esimene tõsiselt võetav uurimus teadaolevalt kirja pandud aastal 1937 USA-s [1]. Juba 1946. aastal kasutati seal seda materjali betoonitorude valmistamisel ning 1949. aastal ehitati Montana viadukt täielikult lendtuhapõhisest betoonist.

Tänapäeval kasutatakse ära suur osa tekkivast tuhast. Joonisel 1 on näha, et pilt on riigiti üsna erinev. Euroopa Kivisöe Põletamissaaduste Ühingu ECOBA (*European Coal Combustion Products Association*) andmeil kasutati 1999. aastal Euroopas ära 56 % tuhast, USA-s aga vaid 30 %. ECOBA-sse kuulub 13 Euroopa riiki, kus toodetakse ühtekokku 90% kontinendi söest. Samal joonisel on näha, et Eestis kasutatakse ära ainult 2–3 % põlevkivituhast. Tuha kasutamine üha suureneb, hüpeline kasv toimus just käesoleva sajandi alguses (joonis 2).

Tuha eri fraktsioonid ei ole toorme- naga sugugi võrdselt hinnatavad. ECCPA



Joonis 1. Kasutatud tuha osakaal (protsentides tuha koguhulgast) eri riikides [2, 3]



Joonis 2. Söe põletamissaaduste kasutamise osakaal USA-s aastatel 1966–2006 [4]

andmeil kasutati 1999. aastal kõige enam lendtuhka, järgnesid nn süntee-tiline kips ja katlatuhk, ladestati aga 54,5 % moodustunud tuhast (joonis 3).

Ameerika Söetuaassotsiatsiooni ACAA (*American Coal Ash Association*) andmeil (joonis 4) on erinevus Euroopa-paga võrreldes märgatav. Kaubaks läks peaaegu kogu katlaräbu, samal ajal kui katlatuhka ja ka lendtuhka kasu-tati enamvähem ühepalju. Lendtuhka oli katlatuhast ligi neli korda rohkem. Ka Eestis kasutatakse üks AS-i Narva Elektriijaamad lendtuhafraktsioon täie-likult ära tsemenditööstuses.

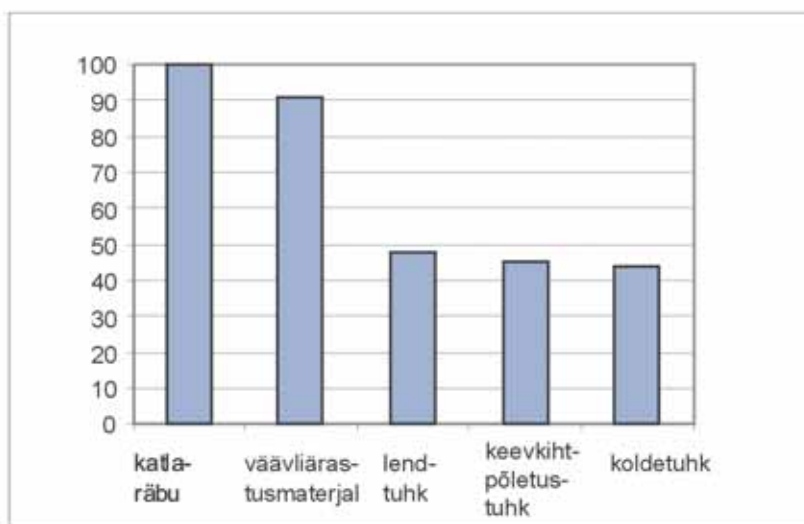
Millistes tööstusharudes tuhka kasu-tatakse? Kõige rohkem ehitustööstuses tsemendi, betooni või mördi täite- või sideainena. Tuhka kasutatakse nt tel-listes, plokkides, tsiviil- ja teehituses ning ammandatud kaevanduste täitmi-seks. See loetelu pole kaugeltki täielik. Joonisel 5 on kujutatud USA söetöös-tuses tekkiva lendtuha ning joonisel 6 katlatuha kasutusvaldkonnad.

Viimastel aastatel on tuha kasutami-se strateegias toimunud oluline muu-tus. Tööstuses täiteainena tarbimine on andnud maad eelnevale keemilisele töötlemisele. Protsessi ennast on nime-tatud mitmeti, nt geopolümeeride val-mistamiseks ja aktiveerimiseks, keemi-liselt on aga tegemist peamiselt tuhas leiduvate maakoore põhielementidest, s.o alumiiniumist ja ränist moodustuva võrkpolümeeriga. Eeltöötlus võimaldab saada tugevat ja vastupidavat materjali, mis annab tuhapõhisele tootele, olgu see betoonhoone, sild või maantee, eri-lise tugevuse ja keemilise stabiilsuse. Eeltöötlus suurendab ka ehitise kesk-konnaohutust, sest tuhas mikrokogus-tes leiduvad toksilised ühendid ei pääse keskkonda, vaid peetakse kompaktses veevabas materjalis kinni.

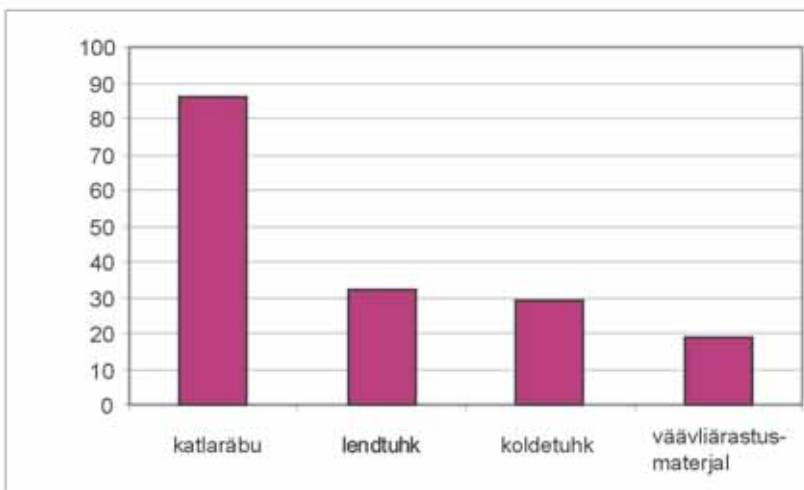
Tuha turunduse ja keskkonnaohutu-se strateegias on seega ilmselt kaks osa. Neist esimene näeb ette võimalikult suure hulga tuha kasutamist tööstus-toormena nii, et loodusesse ladestataks seda võimalikult vähe või üldse mitte. Teine variant on valmistada mingi ni-šitoode, mille kogus pole suur, aga hind on kõrge. Need variandid omavahel ei konkureeri, küll aga täiendavad teine-teist.

**PÕLEVKIVITUHK KUI PERSPEKTIIVNE TOORE**

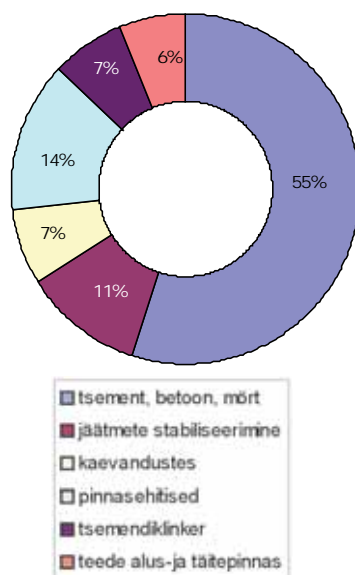
Harjumuse jõud on suur. Meil peetakse loomulikuks, et energiatootmise kõr-



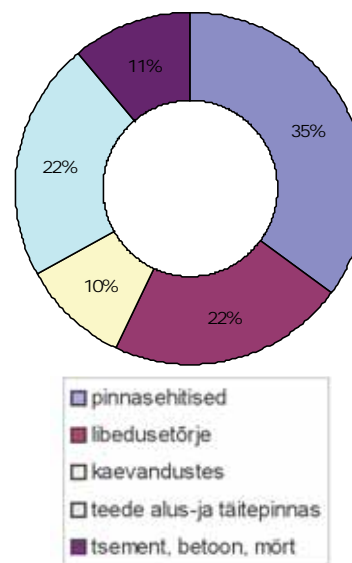
**Joonis 3. Söe põletamissaaduste kasutamine Euroopas 1999. aastal (protsentides igast toodetud saadusest) [5]**



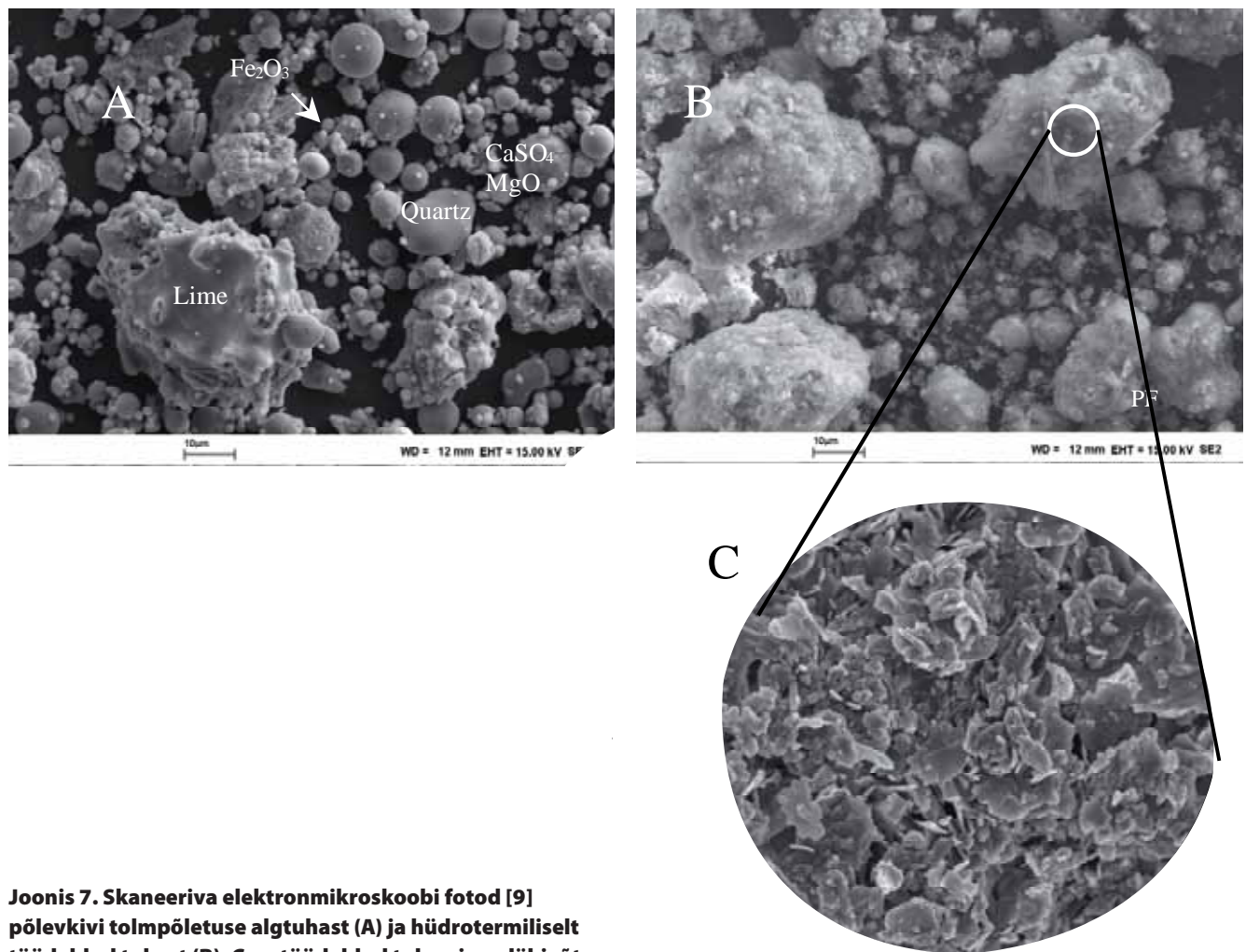
**Joonis 4. Söe põletamissaaduste kasutamine USA-s 2000. aastal (protsentides igast toodetud saadusest) [6]**



**Joonis 5. Lendtuha põhilised kasutusvaldkonnad USA-s aastal 2000 (protsentides kogu kasutatud materjalist) [6]**



**Joonis 6. Koldetuha põhilised kasutusvaldkonnad USA-s aastal 2000 (protsentides kogu kasutatud materjalist) [6]**



**Joonis 7. Skaneeriva elektronmikroskoobi fotod [9] põlevkivi tolmpõletuse algtuhast (A) ja hüdrotermiliselt töödeldud tuhast (B). C on töödeldud tuha pinna lähivõte.**

valsaadus – tuhk – ladestatakse loodusesse. Peamine küsimus on vaid see, kas seda tehakse rohkema või vähema vee ja ning tähelepanu koondub puhta vee kokkuhoiule ja ohtliku jäätmeha mahu vähendamisele. Peatselt rakenduvad rangemad keskkonnanõuded sunnivad aga tuhale tõhusamat rakendust leidma.

Mil määral on kivisöetuha kasutamise meetodid rakendatavad põlevkivitööstuses üldse ja põlevkivienergeetikas eriti? Formaalselt võttes on meil põlevkivituhha näol tegemist hoopis iselaadse materjaliga, millel on vähe ühist söetööstuse vastava saadusega. Kivisöetuha standardfraktsioonide mineraalse ja keemilise koostise ning oluliste omaduste võrdlemisel kodumaise põlevkivituhha proovide omadega (võrdluse tegi KBFI keskkonnakeemia ja -tehnoloogia töörühm) andis tunnistust sellest, et erinevused pole sugugi nii suured, kui arvata võiks. Mõned omadused, nagu kõrge leeliselisus (suur pH), mis keskkonda ladestamisel on äärmiselt ohtlikud, osutuvad aga ehitusmaterjali, täpsemalt sideaine valmistamisel hoopiski väärtuslikuks, sest

sellisele materjalile pole töötlemisel vaja lisada leelist.

Eestis on suur nõudlus odava ja kvaliteetse ehitusmaterjali järele. Tsiiviilehituses on nn Narva plokid juba praegu laialdaselt kasutusel. Nende valmistamiseks kasutatakse täielikult ära vaid üks tuhafraktsioon, mis tekib energia tootmisel AS-is Narva Elektriijaamad, ülejäänud tuhk ladestatakse ikkagi peamiselt loodusesse. Kui meenutada kavandatavat ja juba alustatud maanteede, lennuväljade, viaduktide ja sildade ehitamist, mille tarbeks üritatakse saada lube loodusressursside täiendavaks kaevandamiseks, võiks põlevkivituhha kasutamine olla lausa kasulikum. Põlevkivituhha saaks kasutada ka ammendatud kaevanduste täitmiseks ja tööstusmaastike rekultiveerimiseks, seda enam, et materjali on suures koguses lähedal olemas ning ka veokulud pole suured.

Eeltoodu ei kuulu rubriiki *Julgete mõtete maailmas*, vaid on täiesti teostatav, kuigi mitte kohe ja lihtsate vahenditega. Seoses määratu huvi tõusuga maailmas leiduvate põlevkivimaardlate kasutamise vastu on suurenenud ka vastavasi-

suliste uurimuste ja tehniliste teostuste ning visioonide hulk. Uued põlevkivil töötavad elektriijaamad või õlitööstused kavandatakse juba kompleksis tuha utiliseerimistehastega, s.o jäätmeteta tehnoloogiat järgides (vt nt [7]).

Et uued põlevkivituhapõhised tooted oleksid maailmaturul konkurentsivõimelised, peavad nad olema traditsioonilistest paremate omadustega ja/või odavamad. Mitmesugused töötlemisvõtted võimaldavad saada suures koguses perspektiivseid nn võrkpolümeere, nt geopolümeere ja klaaskeraamikat, ka põlevkivituhha baasil. Sünteetilisi kaltsium-alumosilikaatmineraale, tseoliite ja tobermoriiti on sünteesitud paljudest materjalidest ja tööstusjäätmetest (vt nt [8]). Neid saadusi on kasutatud ionivahetina radioaktiivsete jäätmete puhastamisel, soojusisolaatorina ja tulekindlate materjalide valmistamisel.

Meie katsed AS-i Narva Elektriijaamad värskel põlevkivituhha hüdrotermilisel töötlemisel [9] andsid tunnistust sellest, et sellest tuhast saab edukalt valmistada Al-asendatud tobermoriiti, mida võiks kasutada mitmes tööstusharus. Joonisel 7 on kujutatud lähtetuhka

ning töödeldud materjali ning näha, et kaltsiumsilikaathüdraat moodustab tuhaosakeste pinnale tiheda kihi. Sünteetitud materjali katalüütilisi omadusi uuriti Soomes Turu Akadeemia keemiatehnikalaboris. Katsed aktiveeritud tuha kasutamisel katalüsaatori kandematerjalina näitasid, et kodumaisest põlevkivituhast saadud materjali saab edukalt kasutada katalüütilistes protsessides. Vastuvõetav 30%-ne D-laktoosi D-laktuloosiks isomeriseerimise konversioon saavutati juba kolmetunnise reaktsiooni järel [10].

Kokkuvõtteks võib öelda, et põlevkivitööstuse kõrvalsaaduste, peamiselt tuha kasutamine on paljutootav majandusharu, mis võib anda kogu energeetikatööstusele majandusliku lisaväärtuse, oluliselt säästa loodusressursse ning on keskkonnasõbralik, sest loodusesse lastatakse vähem jäätmeid.

Artikli koostamisel tugineti KBFI keskkonnakeemia ja -tehnoloogia uurimisgrupis viimastel aastatel tehtud uurimistöö tulemustele, mis on avaldatud mitmes teadusartiklis ja projektis ning mida on finantseerinud peamiselt Eesti Vabariigi Haridus- ja Teadusministeerium. Arendusprojektid on valminud

AS-i Eesti Energia ja AS-i Narva Elektri jaamad tellimusel ja toel.

Autor avaldab tänu oma kaastöötajatele (Natalja Irha, Janek Reinik, Kelly Joa ja Pilvi Laas), kes abistasid allikate ja materjali otsingul ning tehnilisel töötlusel. A.M.

### Viidatud allikad

1. Kalyoncu, R.S. Coal combustion products. US Geological Survey Minerals Yearbook. 2000.
2. Jala, S., Goyal, D. Bioresource Technology 2006, 97, 1136–1147 (1997. aasta andmed).
3. Eesti Energia 2006/2007. aastaaruanne.
4. [http://aca.affiniscap.com/associations/8003/files/1966-2006\\_CCP\\_Svy\\_Prod\\_and\\_Use\\_Chart\(Asof09-05-07\).pdf](http://aca.affiniscap.com/associations/8003/files/1966-2006_CCP_Svy_Prod_and_Use_Chart(Asof09-05-07).pdf) (04.08.08)
5. Kalyoncu, R. Coal combustion prod-

ucts. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/coal/874400.pdf>

6. Kalyoncu, R.S. Coal Combustion Products Production and Uses ([www.mcrc.osmre.gov/PDF/Forums/CCB3/1-1.pdf](http://www.mcrc.osmre.gov/PDF/Forums/CCB3/1-1.pdf) 04.08.08)
7. Jiang X. M., Han X. X., Cui, Z.G.. New Technology for the comprehensive utilization of Chinese oil shale resources. Energy 2007, 32, 772–777.
8. Querol, X., Alastuey, A., Fernández-Turiel, J., López-Soler, A. Synthesis of Na-zeolites from fly ash. Fuel, 1997, 76, 793–799.
9. Reinik, J., Heinmaa, I., Mikkola, J-P., Kirso, U. Hydrothermal alkaline treatment of oil shale ash for synthesis of tobermorites. Fuel, 2007, 86, 669–676.
10. Reinik, J., Heinmaa, I., Mikkola, J-P., Kirso, U. Synthesis and characterization of calcium-alumino-silicate hydrates from oil shale ash – Towards industrial applications. Fuel, 2008, 87, 1998–2003).

Some energy solutions are worth a look.



Some are worth your time.

Marketplace and Partnering Platform for Global Leaders in Energy Solutions

12 – 14 November 2008  
Congress Center Basel, Switzerland

[www.globalenergybasel.com](http://www.globalenergybasel.com)



Powering Integrated Solutions

# MILJONIKROONINE VAADE

## AIVAR LÄÄNE

Keskonnakorralduse projektijuht, Evox OÜ

JOAORU LINNAOSA NARVA idaosas piirneb Narva jõega ja jõeäärse läbi-vooluga jõesopiga. Jõe kaldaastangult avanev miljonikroonine vaade Narva linnusele on tuttav viiekroonise tagaküljelt. Oma lõpliku kuju sai linnus XV saj algul sõjalis-arhitektuurilise võistluse käigus Ivangorodi kindlusega. Linnust iseloomustab võimas torn (kõrgus üle 50 m), mis on saanud nimeks Pikk Hermann.

Joauru linaosas on algatatud kolm detailplaneeringut, mille kohta on koostatud keskkonnamõju strateegilise hindamise aruanne.

- Joauru ja selle lähiala detailplaneering. Planeeritava ala pindala on ca 12,5 ha. Eskiisvariandi on koostanud Hendrikson ja Co OÜ 2005. a.
- Joauru ja selle lähiala detailplaneeringu II etapp. Planeeritava ala pindala on ca 7 ha.
- Aleksandri kiriku detailplaneering. Planeeritava ala pindala on ca 5,2 ha.

Joauru maaala keskkonnamõju strateegilise hindamise eesmärk on kindlaks teha otsene ja kaudne mõju Joauru maaala lähikeskkonnale, analüüsida negatiivse mõju või leevendamise võimalusi ning teha ettepanek sobivaima lahendusvariandi valikuks. Joauru I ja II etapi ja Aleksandri kiriku maaala detailplaneeringutes kavandatakse täiendava hoonestuse rajamist Narva jõe kaldaastangule, mis jääb 50meetrise ehituskeeluvöödi alla.

### Olulisemad keskkonnatingimused

- Planeeritava ala asub osaliselt kalda-kaitsevööndis ja piirneb Natura 2000 linnu- ja loodushoiualaga. Krundi hilisemal majandamisel arvestatakse seadustest tulenevaid ning loodust-

säästvatest põhimõtetest lähtuvaid piiranguid.

- Planeeritav ala külgneb Narva jõe kanjoni maastikukaitsealaga. Maastikukaitseala moodustati 1953. aastal Narva jõe astangu baasil. Kaitseala põhieesmärk on esindusliku alamordoviitsiumi paasi löikunud Narva jõe kanjoni ja joaastangute kaitse.
- Vastavalt looduskaitseaduse (RTI 2004, 38, 258) § 35 lõikele 5 koosnevad üle viie meetri kõrgusel ja tavaliisele veepiirile lähemal kui 200 meetrit oleval kaldaastangul kalda piiranguvöönd, veekaitsevöönd ja ehituskeeluvöönd kaldaastangu alla



- planeeringuala piir
- astang
- ehituskeelu vööndi ulatus (50m)
- katastrilõksuse piir

Joauru linnaosa detailplaneeringuala



Vaade jõe kaldaastangule ja supelrannale

kuni veepiirini jäävast alast ja sea-  
duse §-des 37–39 sätestatud vööndi  
laiusest, milleks on 50 m.

## JOAORU JA SELLE LÄHIALA DETAILPLANEERINGU I ETAPP

Planeeritav ala hõlmab Narva jõe ning linnuse vahetus läheduses asuva maa-ala, mis piirneb põhjast Raja, lõunast Grafovi ning läänest Puškini tänavaga. Idasuunast külgneb ala Narva jõega ja läbivooluga Narva jõe sopiga, mis on kasutuses avaliku rannana. Tegemist on Narva jõe Joaoru kanjoni ja puhkekori-doriga ning ala suurus on ca 12,5 ha.

Kavandatav tegevus jääb Narva jõe ehituskeeluvööndisse. Ehituskeeluvööndi peamine ülesanne on soodustada keskkonna loodusliku iseregulatsiooni säilimist, väärtuslike looduskoosluste kaitset ja loomade liikumisteede säilimist, looduslähedase majandamise, elulaadi ja rekreatsiooni võimaldamist ning looduslike alade ruumilist kättesaadavust, väärtuslike maastike säilimist ning asustuse ja maa-kasutuse suunamist. Avaliku huvi objekt on peamiselt juurdepääs veekogule ning võimalus kasutada ranna või kalda puhkevõimalusi, samuti säilitada sellel asuva loodus- ja kultuuripärandi või ka



**Planeeringu eskiislahendus. Punase värviga on märgitud olemasolev ja kavandatav hoonestus**

traditsioonilise maakasutuse väärtusi. Kaldaastangu peal on kaks eraomaniku, kes soovivad oma kinnistule hoonestust rajada. Krundil Grafovi 23 asub ka endise hoone vundament. Planeeringulahenduses on kaldaastangu äärde ette nähtud avalikuks kasutamiseks jalgrada, mis läbib ka kahte eespool mainitud erakinnistut. Praegu kaldaastangu ääres jalgrada ei ole. Avalikku

huvi arvestades on kaldaastangule kindlasti vaja ette näha vaatekohad ja ka jalgrada. Eraomanikud on nõus planeeringulahenduses väljapakutud jalgteede kasutusvalduse seadmisega avalikuks kasutamiseks. Äriotstarbeliste kinnistute planeerimine populaarsesse puhkepiirkonda loob kohalike elanikele ja turistidele täiendavaid teenuste tarbimise võimalusi.

Hinnates planeeringus väljapakutud lahendusi on ekspertgrupp seisukohal, et Narva jõe ehituskeeluvööndi vähenda-

misega kaasnevad mõjud ei halvenda Narva jõe ja kaldaastangu seisundit. Ehituskeeluvööndis asub osaliselt ka Grafovi tänav. Ehituskeeluvööndi puudumine tänavast linnapoolsel alal lihtsustaks lahendusi ja looks täiendavaid arenguvõimalusi. Ehituskeeluvööndi vähendamine loob eeldused piirkonna rekreatiivse väärtuse tõstmiseks ja piirkonna väljaarendamiseks.

Keskkonnamõju strateegilise hindamise aruandes hinnati kolme alternatiivi.

- 0-alternatiiv – säilib olemasolev olukord  
0-alternatiivi rakendamise korral jääksid ära Joaoru I etapis planeeringus kavandatud tegevused. Säilib endine olukord ja uusi hooned piirkonda ei ehitata. Piirdutakse haljastuse hooldamisega ja lagunenuid hoonete lammutamisega.
- Alternatiiv 1 – detailplaneeringus kavandatava tegevuse elluviimine.
- Alternatiiv 2 – detailplaneeringus kavandatud tegevuste osaline elluviimine.

Alternatiivide kaalukust hinnates on 0-alternatiiv ehk olemasoleva olukorra jätkumine halvem kui piirkonna arendamine ja detailplaneeringus kavandatava tegevuse täielik või osaline rakendamine nii lühiki kui pikaajalises perspektiivis. Alternatiivide 2 ja 1 erinevus tuleneb alternatiivi 2 rannaala hoonestuse väiksemast osakaalust. Rannaala hoonestuse väiksem osakaal pakub enam privaatsusi puhkajatele ja aitab säilitada rohevõrgustikku jõeäärseel puhveralal.

E V O X  
[www.evox.ee](http://www.evox.ee)

**Evox OÜ on valmis nõustama Teid ja Teie ettevõtmisi ning jagama oma kogemusi järgmistes valdkondades:**

- keskkonnakorraldus ja -juhtimine
- keskkonnamõju hindamine
- keskkonnamõju strateegiline hindamine
- detail- ja üldplaneeringute koostamine
- keskkonnauuringud ja -analüüsid
- haljastus ja heakord
- vee- ja jäätmemajandus

**Evox OÜ, Leetpõosa 16, Tartu vald, 60534  
Tartumaa, GSM 5373 9326, Tel 680 6200**

# ILMUS RAAMAT

## “ÕHUHAPNIKU PROBLEEMID”

ÕHUHAPNIK ON MAAILMAS kõige tähtsam ja kasutatavam loodusvara. Hapnikku tarbitakse tasuta, kuid tarbimise ja taastootmise kohta arvestust, liiati statistilist arvestust ei peeta. Õhuhapnikuga seonduvaid üleilmseid ökoloogilisi ja majanduslikke probleeme ei ole teadvustatud. Et fotosünteesis hapnikuvarud pidevalt taastuvad, peetakse neid ammendamatuks. Tegelikult toodavad taimed hapnikku kas sama palju või isegi 3–4 % vähem, kui kulub nende kudede täielikuks lagundamiseks pärast surma. Kui palju aastas fotosünteesi teel hapnikku tekib, selle kohta üksmeelne arvamus puudub. Arvatakse, et 150, 200, 270 või isegi 400, levinuima hinnangu kohaselt 200 miljardit tonni. See hapnik, mida me kasutame hingamiseks ja tööstustehnoloogias, on tõenäoliselt moodustunud vee ja kivimite radiolüüsil vabanenud hapnikust.

Maa rahvaarv kasvab ca 100 miljoni inimese võrra aastas. Inimkonna vajaduste rahuldamiseks on vaja pidevalt suurendada tööstus- ja põllumajandustoodangut. Sellega suureneb paratamatult ka õhuhapniku tarbimine. Fotosünteesilise hapniku teke väheneb troopiliste metsade raie hoogustumise ja steppide arvel tekkivate kõrbealade suurenemise tõttu. Aastas raiutakse praegu ca 130 miljonit hektarit peamiselt troopilist metsa. Metsa juurdekasv ja seetõttu ka hapnikutoodang väheneb praeguste raiemahtude juures ligi 5,4 miljoni tonni võrra aastas. Aastas raiutud puidu aeglasele lagunemisele ja põletamisele kulub tulevikus hapniku ligikaudu 116 miljardit tonni ning õhku paisatakse ca 154 miljardit tonni süsihappegaasi. 1980–1995 suurenes õhuhapniku tööstuslik tarbimine 5,2 miljardi tonni võrra aastas, samal ajal vähenes metsade massilise raie tõttu fotosünteesis toodetava hapniku hulk 10,1 miljardi tonni võrra.

Tööstus saab tarbida vaid atmosfääris talletatud õhuhapnikuvaru. USA ja Austraalia Vaikse ookeani vaatlusjaa-



made (*Samoa* ja *Cape Grim*) andmetel väheneb õhuhapniku hulk praegu kiirusega 3,8–3,85 ppm aastas. Kui eelmise sajandi alguses oli õhu hapnikusisaldus 20,95 %, siis sajandi lõpuks oli see tööstusrajoonides langenud 20,6–20,7 protsendini. Suur hapnikutarbija on autoveondus. Autode, mille arv maailmas suureneb kiiresti, puhul pööratakse tavaliselt tähelepanu vaid nende heitgaasidest põhjustatud õhusaastele. Sisepõlemismootorites kuluvat õhuhulka, mis on mootorite toodetava energia allikas, oluliseks ei peeta. Maailmas mootorkütuste põletamiseks kulutatud hapniku hulk on alates 1985. aastast kasvanud 3,134 kuni 4,285 miljardi tonni võrra aastas. 2004. aastal moodustas see 12,24 % maailma aastastest tööstuslikust õhuhapniku tarbimisest.

Rahvaarvu, autode ja koduloomade arvu ning põllukultuuride ja tööstustoodangu suurenemine ja metsade massiline hävitamine peavad esile kutsuma suuri muutusi Maa elusaines ja biosfääris ning viimase koosluses, ent ka hapnikubilansis. Tagajärjed ei ole teada. Kas inimkond on jõudnud ületada katastroofilise olukorra tekkimise

piiri? Et seda välja selgitada, tuleb hakata kiiresti uurima õhuhapniku tööstuslikku tarbimist, selle looduslikku taastootmist nii riiklikul kui ka rahvusvahelisel tasandil. On vaja selgeks saada tegelik olukord ning välja töötada ja rakendada teaduslikult põhjendatud meetmeid.

Arno-Toomas Pihlaku raamat “Õhuhapniku probleemid” (Tallinn 2008, 192 lk) annab ülevaate hapniku levikust looduses, atmosfääri tekkimisest Maal, madalatemperatuurilisest oksüdeerimisest, isesüttimisest ning hapnikukulust tööstuses, liiklusvahendite kasutamisel, põllumajanduses ja inimeste hingamisel. On antud hinnang kasutamiseks kättesaadava globaalse õhuhapnikuvaru ning Eesti kohaliku kütuse varu ja sellega seotud õhuhapniku kohta. Juttu on ka õhuhapniku ja süsihappegaasi hinnast ning hapnikuprobleemi-

dest kosmose mineraalivarude hõivamisega. Raamat on illustreeritud arvukate tabelite ja joonistega, rohkesti on arvutusnäiteid ja valemeid.

*Ph.D.* Arno-Toomas Pihlak on Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituudi keemilise füüsika laboratooriumi vanemteadur, rohkete teaduspublikatsioonide (trükkis avaldatud 200, neist õhuhapniku ja isesüttimise teemal saja ringis) autor, rahvusvahelise ajakirja *Ecological Chemistry* toimetuse kolleegiumi ja Eesti TA Looduskaitsekomisjoni liige. Õhuhapnikuprobleemidega hakkas autor tegelema järjekindlalt pärast oma ettekandeid III ülemaailmsel mäendusosalasel ökoloogiakongressil (1999. aastal Moskvas) ja konverentsil “Maapõue evitamine ja ökoloogilised probleemid – pilk XXI sajandisse” (2000. aastal Moskvas). UNESCO egiidi all 2001. ja 2003. aastal Tallinnas toimunud rahvusvahelistel nõupidamistel “Hapnik ja keskkond” töötati välja ja võeti vastu rahvusvaheliste uuringute programm, mis jäi rahastamise puudumise tõttu suures osas täitmata. Sellest, mida teha suudeti, saab ülevaate A. Pihlaku raamatust. A.M.



# MÕNINGATEST EESTI ENERGEETILISE PILLIROO ÖKOLOOGILISTEST OMADUSTEST

A.-T. PIHLAK

Ph.D, Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut

INIMKONNA ARVUKUS KASVAB maailmas kiirusega 70–100 miljonit inimest aastas. Nende elamiseks läheb paratamatult vaja üha rohkem toiduaineid, kaupu ning ka energiat. Kui jätkata fossiilkütuste kaevandamist ja kasutamist senises tempos, siis ammuenduvad nende teadaolevad aktiivsed varud võibolla juba 25–30 aasta jooksul, uuritud varud aga selle sajandi lõpuks. See ohustab meie tsivilisatsiooni säilimist [1, 2], seepärast pööratakse tähelepanu uutele või seni vähe kasutatud energiaallikatele – tuuma- ja vesinikuenergiatele ning tuule-, loodete ja muudele nn taastuva energia liikidele. Viimast on võimalik saada ka pilliroost, mida leidub rohkesti meie märgaladel (pindala ~24 000 ha), rannikumere ja järvede ääres ning mille saagikus on talvel niitmise ja 20% niiskuse korral keskmiselt 5–6 t/ha [3]. Viidatud artikli autorid märgivad väga õigesti, et “energeetilise biomassi varuna tuleks arvele võtta ka looduslikud, suure produktiivsusega rohttaimed, mida saab tehnoloogilise muundamise käigus kütuseks vääristada” [3], tuues ära ka mõne pillirookasvuala suuruse (tabel 1).

Tabelis 1 toodud roostike pindala moodustab ainult ~20% Eesti märgalade kogupindalast. Kokku võib saadava roo kogus ulatuda 24 050–28 860 tonni aastas ning selle põletamisel tekkida võiva energia hulk olla 88 500–106 200 MWh. Pilliroo ja pilliroopelletite ainekoostis on tabelis 2.

Meil ollakse harjunud kasutama roogu keskkonnalembeselt – hoonete rookatusete tegemiseks, roogplaatide tootmiseks, vaipade ja mitmesuguste ehete, mänguasjade jm valmistamiseks. Kui aga roogu põletada, kulutatakse nagu muudegi orgaaniliste materjalide puhul teatav hulk õhuhapnikku ning paisatakse õhku mingi hulk põlemissaadusi – kasvuhoonegaase CO<sub>2</sub> ja veeauru.

Ülevaate saamiseks pilliroo põletamisega kaasnevatest ökoloogilistest riskidest arvatati tabeli 2 and-

**Tabel 1. MÕNE EESTI PILLIROOKASVUALA SUURUS, ROOSAAK JA ENERGIAPOTENTSIAAL [3]**

Kasvuala	Roostiku pindala, ha	Kütteväärtsus, MWh/t	Roosaak, t*	Energia-potentsiaal MWh	Roosaak, t**	Energia-potentsiaal MWh
Kasari	2500	3,68	12 500	46 000	15 000	55 200
Võrtsjärv	1200	"	6000	22 080	7200	26 496
Peipsi järv	930	"	4650	17112	5580	20 534
Hiiumaa, Käina	180	"	900	3312	1080	3974
<b>Kokku</b>	<b>4810</b>	<b>"</b>	<b>24 050</b>	<b>88 504</b>	<b>28 860</b>	<b>106 204</b>

**Märkus:** \*Roo saagikus 5 t/ha; \*\* roo saagikus 6 t/ha; roo tarbimiskiiskus  $W_r = 20\%$

**Tabel 2. PILLIROO JA PILLIROOPELLETITE AINEKOOSTIS % [4, 5]**

Komponendid	Talvel niidetud pilliroog		Suvel niidetud pilliroog		Pilliroopelletid	
	Kuivaine	Materjal	Kuivaine	Materjal	Kuivaine	Materjal
Niiskus $W^r$	0	20,0	0	20,0	0	8,7
Tuhk $A^r$	3,16	2,53	5,0	4,0	3,3	3,0
$C^r$	47,5	38,00	46,5	37,20	47,5	43,4
$H^r$	5,6	4,48	6,2	4,96	5,6	5,1
$O^r$	43,3	34,64	40,7	32,56	43,3	39,5
$N^r$	0,3	0,24	11,0	0,80	0,3	0,3
$S_C^r$	0,04	0,03	0,2	0,16	-	-
$Cl^r$	0,1	0,08	0,4	0,32	< 0,15	< 0,14
$\Sigma$	100,0	100,00	100,0	100,00	100,0	100,0

mete põhjal õhuhapniku ühikku P<sub>O<sub>2</sub></sub> ning põlemissaaduste CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ja veeauru võimalik ühikemissioon (P<sub>CO<sub>2</sub></sub>, P<sub>SO<sub>2</sub></sub>, P<sub>H<sub>2</sub>O</sub>) ühe materjalikilo kohta, rakendades soojustehnikas kasutatavaid meetodeid [vt 6–9]:

$$P_{O_2} = 0,01(2,67 C^r + S_C^r + 8H^r - O_2) \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1};$$

$$P_{CO_2} = 0,01[3,67 C^r + k(CO_2)_m] \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1};$$

$$P_{SO_2} = 0,01 ( 2,0 S^r ) \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1};$$

$$P_{H_2O} = 0,01 ( 9 H^r + W^r ) \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1};$$

$$Q_j = 4,186 [ 81 C^r + 246 H^r - 26 (O_2 - S^r) - 6 W^r ] \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1};$$

$$Q_P^O = Q_j / P_{O_2} \text{ kJ}\cdot(\text{kg } O_2)^{-1}; R_{CO_2} = P_{CO_2} / P_{O_2} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}.$$

Arvutustulemused on tabelis 3.

Tabeli 3 andmeid kasutati õhuhapniku võimaliku kulu ja põlemissaaduste emissiooni võrdlevaks hindamiseks energia tootmisel pilliroost, pilliroopelletitest ja muudest kütustest. Tulemused on tabelis 4.

Tabelist 4 selgub, et sõltumata kütusest kulub 1 MWh energia saamiseks peaaegu ühesugune kogus õhuhapnikku – keskmiselt 286,7± 16,7 kg (±5,6%), mis tõestab, et tegelik energiaallikas on õhuhapnik. Eri kütused on nagu

**Tabel 3. ÕHUHAPNIKU ÜHIKKULU, PÕLEMISAADUSTE ÜHIKEMISSIOON NING POTENTSIAALNE ENERGIATOODANG PILLIROO JA PILLIROOPELLETITE PÕLETAMISEL**

Materjal	O <sub>2</sub> ühikukulu		Põlemis- ja ühikemissioon			Materjali madalaim kütteväärtus	Q <sub>p</sub> <sup>o</sup> = Q <sub>j</sub> /P <sub>o<sub>2</sub></sub>	Respiratsioonitegur
	P <sub>o<sub>2</sub></sub>	P <sub>co<sub>2</sub></sub>	P <sub>so<sub>2</sub></sub>	P <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	Q <sub>j</sub> , kJ·kg <sup>-1</sup> (kWh·kg <sup>-1</sup> )			
	kg·kg <sup>-1</sup>	kg·kg <sup>-1</sup>	kg·kg <sup>-1</sup>	kg·kg <sup>-1</sup>	kg·kg <sup>-1</sup>			kg·kg <sup>-1</sup>
Talvine roog W <sup>r</sup> =20%	1,027	1,395	0,0006	0,603	13228,3 (3,678)	12880 (3,581)	1,358	
Suvine roog W <sup>r</sup> =20%	1,066	1,365	0,0032	0,646	13692,4 (3,806)	12845 (3,571)	1,280	
Pilliroopelletid W <sup>r</sup> =8,7%	1,412	1,593	-	0,546	15449,7 (4,295)	10941,7 (3,042)	1,128	

**Tabel 4. ÕHUHAPNIKUKULU NING CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> JA VEEAURU EMISSIOONI VÕRDLEV HINNANG 1 MW ENERGIA TOOTMISEL ERI KÜTUSEID KASUTADES**

Kütus	Kütusekulu kg·MWh <sup>-1</sup> [7–9]	Võimalik O <sub>2</sub> -kulu kg·MWh <sup>-1</sup>	Põlemis- ja ühikemissioon					
			CO <sub>2</sub> kg·MWh <sup>-1</sup>	SO <sub>2</sub> kg	H <sub>2</sub> O kg·MWh <sup>-1</sup>	CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O kg·MWh <sup>-1</sup>	maagaasi suhtes	kivisöe suhtes
Maagaas	69,4 (93,4m <sup>3</sup> )	275,8	200,5	1,00	0	154,9	2,84	355,4
Masuut	87,8	284,0	271,3	1,35	0	98,8	1,81	370,0
Põlevkivi	320,4	282,6	336,2	1,68	9,6	126,2	2,32	462,4
Kivisüsi	140,0	283,8	336,3	1,68	6,3	54,5	1,00	390,5
Turvas	321,1	293,2	367,0	1,83	1,3	227,0	4,17	594,0
Puit	248,8	273,7	358,3	1,79	0	133,6	2,45	491,9
Pilliroog (talvine)	272,0	279,3	379,3	1,89	0,17	163,9	3,00	543,2
Pilliroog (suvine)	262,7	280,0	358,4	1,79	0,84	169,0	3,11	528,1
Pilliroopelletid	232,8	328,8	370,8	1,85	0	178,5	3,29	508,3
Keskmine	217,2±95,1	286,7±16,7	330,9±58,5	-	-	145,3±49,7	-	438,2±112,7

**Märkus:** Arvutustes kasutegureid pole arvestatud

erineva mahuga ämbrid, mis ühe tõstega võimaldavad ammutada kaevust korraga kas suurema või väiksema veehulga. Vaadeldaval juhul kulub ühe kilogrammi kütuse põletamisel rohkem või vähem õhuhapnikku ning vabaneb kas rohkem või vähem energiat.

Tänapäeval peetakse heaks tooniks kiruda fossiilkütuseid kui peamisi õhku paisatavate kasvuhoonegaaside allikaid. Nende asemele pakutakse peale vee, tuule ja tuumaenergia nn puhast rohelist energiat – puitu, hakkpuitu, saepuru ning ka pilliroogu ja sellest valmistatud pelletteid. Arusaadavalt tuleb olemasolevaid taimseid materjale ja jäätmeid mõistlikult kasutada ning mitte lasta neil lihtsalt ära mädaneda. Kuid nagu näha tabelis 4, heidetakse turba, puidu ja pilliroo põletamisel atmosfääri 1,79–1,89 korda rohkem CO<sub>2</sub> kui maagaasi korral ning veeauru 2,37–3,31 korda rohkem kui kivisöe põletamisel. Kui vaadelda kasvuhoonegaaside CO<sub>2</sub>+veeauru summaarset emissiooni 1 MWh energia tootmisel, siis nende suhtes osutus kõige “puhtamaks” maagaas (355,4 kg) ja kõige saastavamaks turvas (594,0 kg). Pilliroo ja sel-

le pelletite (CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O)-emissioon oli ühe MWh energia tootmisel vastavalt 528,1–543,2 ja 508,3 kg.

Järeldub, et kasvuhoonegaaside emissiooni poolest pilliroogu kui rohelse energia allikat reklaamida ei maksa, küll aga võib seda lugeda taastuva energia allikaks.

A.M.

### Viidatud kirjandus

1. Мельников Н.Н. Экологические проблемы XXI века и освоение недр. – Освоение недр и экологические проблемы – взгляд в XXI век. Международная конференция. Доклады. – М.: Изд АГН, 2001, с. 26–45.
2. Пихлак А.-Т. А. Кислород – проблема XXI века. – Освоение недр и экологические проблемы – взгляд в XXI век. Международная конференция. Доклады. – М.: Изд АГН, 2001, с. 121–129.
3. Kask, Ü., Kask, L., Aavik, T. Energeetilise pilliroo saagikus. – Eesti põlevloodusvarad ja -jätmed. 2006, 13–16.

4. Kask, L., Kask, Ü., Uljas, H., Palmus, K. Vääristatud pillirookütuse valmistamine ja väikekolletes põletamine. – Eesti põlevloodusvarad ja -jätmed. 2007, 18–20.
5. Kask, Ü., Paist, A., Nuutre, M., Kask, L., Aavik, T. Pilliroo kui kütuse põlemistehnilistest näitajatest. – Eesti põlevloodusvarad ja -jätmed. 2007, 22–24.
6. Равич Б.М., Дворин С.С., Пенков Л.Я., Певзнер С.И. Металлургическое топливо: справочник. – М.: Металлургия, 1965, 437 с.
7. Пихлак А.-Т. А. Проблема кислорода: потребление, воспроизводство, ресурсы. – ж. «Экологическая химия», 2000, 9(3): 151–174.
8. Пихлак А.-Т. Проблемы изучения и учета потребления кислорода атмосферы в промышленности. – ж. «Открытые горные работы», 2001, 1: 12–18.
9. Пихлак Арно-Тоомас. О промышленном потреблении кислорода атмосферы в Эстонии. – ж. «Экологическая химия», 2005, 14(3): 163–180.

# NANOTEHNOLOOGIAD JA UUED MATERJALID ENERGEETIKA, ÕHU LAGUNDAMINE JA MEMBRAANID

R. DENISSOV, A. TŠERNÕSEV, S. JAKUŠEV

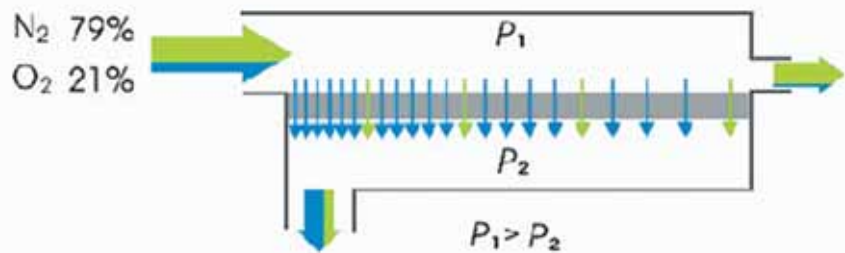
“TEHNOLOOGILINE LÄBIMURRE lagundusprotsessides on süsivesinike tootmisel otsustava tähtsusega. Lõpptulemusena väheneb toodangu energiamahukus 75% ja kapitaal mahutused 60%.” (Väljavõte ettekandest: *Sandia National Laboratories US DOE, 1999*, vt <http://www.ms.ornl.gov/programs/energyeff/aim/annual/98sec3-4.pdf>). Kõige perspektiivikamad membraanmaterjalid on tseoliidid, mis on poor- sed ja väga keeruka struktuuriga tuge- vad alumiinium-ränikristallid.

**Uued nõuded.** Viimaste aastate öko- loogia- ja energiaprobleemid on esile toonud hulgaliselt komplekstehno- loogiaid, mis said nimetuseks “kütuse heitmeteta põletamine”, kus kesksel ko- hal on kütuse põletamine hapnikukesk- konnas, s.o täielik põletamine. Jääkai- ned  $H_2O$ ,  $CO_2$  ja inertsed koostisosad püütakse kinni, eraldatakse ja utilisee- ritakse või ladustatakse. Siis atmosfääri midagi ei heideta

Põlemine hapnikukeskkonnas on õhuga võrreldes intensiivsem ning soo- just eraldub rohkem, andes ~20% enam energiat. Tekib võimalus säästa kütust ja kasutada madala kütteväärtusega kütuseid, nt jäätmeid ja vähetöödeldud biokütuseid. Eesmärgiks on kogu maa- ilmas soojusenergia tootmisel rakenda- da täielikku põlemist.

Eelmisel sajandil kasutati hapniku- keskkonnas põletamist (hapnikuga lä- bipuhumist) ainult metallurgias. Käes- oleval sajandil seatakse eesmärgiks kasutada seda tehnoloogiat laialdaselt.

Hapniku tootmisel on kõige enam levinud krüogeenne meetod (õhu jahuta- mine alla  $-150\text{ }^\circ\text{C}$ ). Selleks läheb vaja eraldi hapnikutehast, mis on otstarbe- kas vaid suurte tarbijate puhul, kesk- miste ja väiketarbijate, nt veonduses, aga mitte. Abi otsitakse membraanteh- noloogiast, mis võimaldaksid hapniku toota õhust pideva protsessina ning mille puhul ei oleks hapniku jaoks vaja säilitusanumat (ballooni).



**Joonis 1. Membraani tööpõhimõtte õhu lagundamisel:**  
**sinine – hapnik, roheline – lämmastik,  $p_1$  ja  $p_2$  – rõhud.**

**Kui lämmastikku ei koguta, on konstruktsioon lihtsam ja membraan töötab alarõhu all**

**Membraan** on vahesein, mis jagab anuma kaheks osaks.

Hapniku ja lämmastiku lahutamise füüsikaline tööpõhimõte tugineb nende molekulide erinevale ehitusele. Kineetiliste läbimõõtude erinevuse tõttu ( $O_2 \sim 3,46\text{ \AA}$ ,  $N_2 \sim 3,64\text{ \AA}$ ) liigub hapnik läbi membraani lämmastikust kiiremini (takistus väiksem) ning seda koguneb teisele poole membraani rohkem. Et läbimõõtude erinevus on väike (u 8%), on vaja peenlahutust.

$N_2$  väikeste molekulide lahutamine membraantehnoloogia abil kujunes välja eelmise sajandi 60ndatel aastatel. Sel ajal tekkis vajadus luua allvee- ja kosmoseaparaatides väliskeskonnast sõltumatu elukeskkond. Membraanina kasutati õhukest, ~ ühe mikromeetri paksust polümeerkilet, mida oli ühes moodulis sadu ruutmeetreid. Molekulide liikumine läbi polümeerkile toimub hüppelises difusioonis tekkinud lühiajaliste tühimike kaudu, mida põhjustab soojusvõnkumine polümeeri molekulaarahelate fragmentides.

Seoses energeetika- ja keskkonna- probleemidega hakati selle sajandi alguses USA-s uuesti tundma huvi membraantehnoloogiast, nende võimaluste ja kasutusvaldkondade vastu. Tähelepanu keskendus:

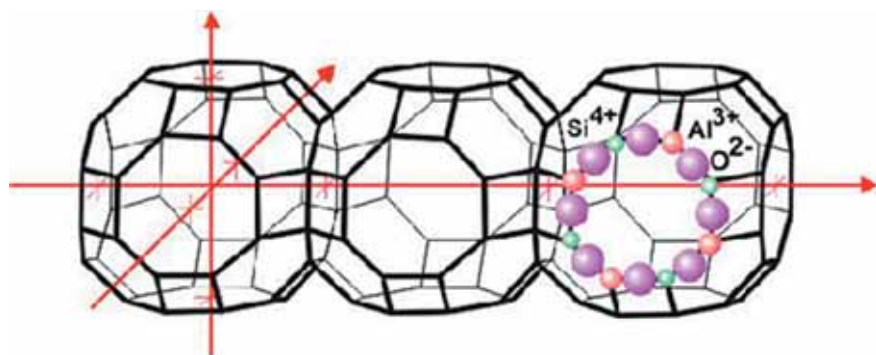
- uute ja väikesemõõtmeliste konstruktsioonide väljatöötamisele, kasutades polümeerkilet;

- uute materjalide loomisele, mis tagaksid kõrgema lahutus kvaliteedi ning suudaksid töötada laias töötin- gimuste diapsoonis.

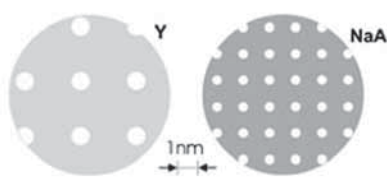
Lahendust otsivates uurimistöodes võib esile tõsta kolme suunda.

*Argonne National Laboratory* juures asuv veondustehnoloogia uurimiskes- kus asendas sõiduauto õhufiltri **po- lümeermembraaniga**, milles kasuta- takse silindrilisse moodulisse rööbiti paigutatud polümeersete kapillaaride seinu. Membraan töötab ülerõhu all. Küttesegu moodustamisel kasutatakse hapnikuga rikastatud õhku, mis soo- dustab põlemist, annab tavalisest puh- tama heitgaasi ja suurendab mootori võimsust. Õhust lahutatud lämmastik juhitakse sädelahendus kambrisse, kus ta viiakse plasmaseisundisse ja segata- se heitgaasiga, muutes selles oleva mür- gise lämmastikoksiidi molekulaarseks lämmastikuks ja hapnikuks. Praegu katsetatakse eksperimentaalseid sõidu- autosid.

Kompanii *Praxair Inc.*ioonjuhtiv **komposiitmembraan** on mõeldud võimsatele põletusjaamadale. See on intellektipõhine leiutus, millel ei ole lähedasi analooge. Õhust võetavad hapnikumolekulid adsorbeeruvad (~15 atm ülerõhu all) membraani pinnal, kus dissotsieerudes liituvad nendega elektronid, mille tulemusena



**Joonis 2. A-tüüpi sünteetilise tseoliidi poorid moodustavad kanali. Kui üleval ja all, ees ja taga asuvatele 8-osalistele “aknakestele” lisada samasugused kujundid, tekib kolmemõõtmeline süsteem, mida läbivad kaliibreeitud kanalid, s.o peenlahutamist soodustav molekulaarne sõel**



**Joonis 3. Tseoliidikristallide Y ja NaA pinnad nanomastaabis. “Aknakeste” pindala on Y puhul ~7 % ja ~NaA korral 9,5 % ning läbimõõt vastavalt 7,4 Å ja 4,2 Å.**

moodustuvad läbi membraani difundeeruvad hapniku  $O^{2-}$  ioonid. Teisele poole membraani pinnale kogunev molekulaarne hapnik juhitakse mahutisse. Seni kõrgeim saavutatud hapniku kontsentratsioon mahutis on 99,5%. Protsess aktiveeritakse temperatuuril 700–1000 °C. Torudest (läbimõõt ~3 cm, pikkus ~3 m) koosnev membraan katsetatakse paigutada otse gaasipõletuskambrisse. Peamine probleem on komposiitmaterjali tihedus ja vastupidavus gaasikeskkonnas. On juba ehitatud 2 MW-ne katsejaam.

**Tseoliitkilesid** uurib mitu töögrupp. Keskendutakse peamiselt sellele, kuidas kasutada poorseid tseoliidikristalle molekulaarse sõelana. Oma väikesele pinnale vaatamata on sellise sõela läbilaskevõime suur ja selektsioonomadused head. See teeb membraani universaalseks, laialdaselt kasutatavaks ja konkurentsivõimeliseks teiste lahenduste ees. Teostusi: poorsele alusele kasvatatakse tseoliidikristallid, mille vahed täidetakse polümeeriga, või kasvatatakse samal eesmärgil neile teine kristallikiht. Peamised probleemid on kristallikihi ebahühtlus (avaused) ja kile nõrk mehaaniline tugevus. Tänapäeval uuritakse tseoliidikristallide kasvatamise uusi võimalusi. Tseoliidid on väga keeruka struktuuriga poorsed ja tuge-

vad alumiiniumi-ränikristallid, mille elementaarosake sisaldab kümneid aatomeid. Nende korrapärase vormiga poorid on omavahel ühendatud “aknakestega”, moodustades kristalli läbivaid kanaleid (galeriisid). “Aknakeste” suurus on võrreldav lahutatavate molekulide suurusega.

Eespool vaadeldi füüsikalise protsessi mudelit õhu lagundamisel tseoliidikristalli kanalites. Protsessi selektiivsus on sellest, mis toimub üheaegselt “aknakese” sisendpinnal ja liikumisel läbi tseoliidikihi ning kvadropoolsest koosmõjust (elektriline faktor) lämmastikumolekuli ning tseoliidivõrestiku katioonide vahel. Kõik see aitab hapnikul (gaas) membraani läbida ning võimaldab õhu kõrge lagundamisastme saavutamist. Tseoliite ja nende koostist valides saab neid kolme osaprotsessi juhtida.

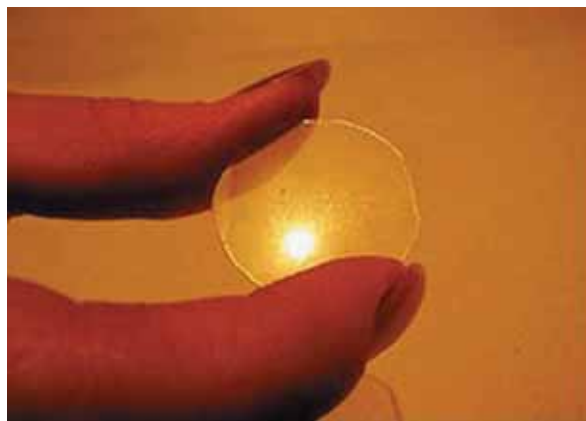
Seoses tseoliitide keerulise struktuuriga on tseoliitmembraani, s.o ühetoolist ja tihedat materjali keerukas valmistada. Hea ja puhta struktuuriga on tehistseoliidid, kuid nende sünteesimisel saadakse ~ ühe mikromeetri suurusi üksikkristalle, mitte tihedat kilet. Looduslikud tseoliidid on aga võõristega saastunud.

Kui luuakse poorsel alusel tihe tseoliitkile, siis tõusevad küsimused vastupidavusest ja käituskindlusest. Nõrk koht on eri materjalide (tseoliit ja aluskile) ühitatavuses ja üleminekukihi tekkimise ebakindlus. Vaja on aga taluvust kõrge tempera-

tuuri, keemiliste tegurite, mehaaniliste mõjude, suurte rõhuerinevuste ja vibratsioon suhtes, pealegi on pinnad raskesti puhastatavad (pind on väga õrn). Membraani saastavad ka õhus olevad mikroosakesed ja muu mustus. Vaja on töökindlat, tihedat ja monoliitset tseoliitmaterjali.

**Monoliitne tseoliit.** Tartus töötati füüsikainstituudi ioonkristallide füüsika laboratooriumis 1980ndatel aastatel välja tehnoloogia polükristalsete monoliitide saamiseks tseoliidipulbrist Ж ning mitu sellest arendatud mittestehhiomeetrilist sodaliiti (reversiivsed katodokroomsed materjalid). Tehnoloogiale ja materjalile saadi ka patendid (NSV Liidus, Jaapanis, USA-s, Inglismaal, Itaalias, Saksamaal ja Rootsis). Tükike monoliiti oli eksponeeritud NSV Liidu Rahavamajanduse Saavutuste Näitusel, kus tööd hinnati medalliga “Saavutuste eest NSVL rahvamajanduses”.

Meie tööd tseoliidiga Ж näitavad, et selle keeruline alumiinium-ränitseoliidikarkass on võimeline muutuma, säilitades oma struktuuri, s.o. osalema rekristallisatsiooniprotsessides. See tähendab, et polükristalse tseoliidi terakesed on võimelised kasvama või kahanema, täites seega nendevahelise vaba ruumi ja looma omavahel tugevaid sidemeid. See tähendab, et ka muude tseoliitide puhul on põhimõtteliselt võimalik saada tihedaid polükristalseid vorme. See avaks perspektiivi väikeste molekulide lahutamistehnika läbimurdeks. Inimkond on ammustest aegadest paljude tööde tegemisel (nt sepistamisel, metallide tõmbamisel, pulberkeraamiliste materjalide sulata-

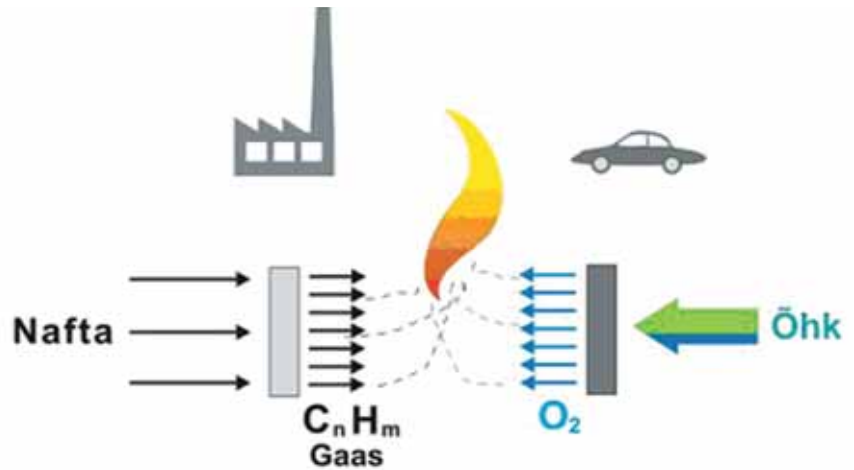


**Joonis 4. Polükristalse tseoliidi Ж monoliitne 0,3 mm paksune plaadike on läbipaistev, kristalliline, mehaaniliste omaduste poolest lähedane klaasile, vibratsioonikindel, talub pesemist, mehaanilist puhastamist ja kõrget rõhku ning säilitab oma kuju laias temperatuurivahemikus**

misel) rakendanud varjatud oskustea-bena rekristallisatsiooniprotsesse, kuid kõigest sellest teatakse vähe.

**Tulevik.** Kuna tseoliidi sees toimivas kristallses väljas on süsivesinikumolekulide omavahelisi C-C-sidemeid kergem purustada, siis krakkimise puhul kasutatakse tseoliite katalüsaatorina. Poorse sideainega seotud tseoliidikristallid sisestatakse graanulite kujul naftaga täidetud reaktorisse (temperatuur 550–750 °C), kus tseoliidipoorid täituvad süsivesinikega. Molekulivaheliste sidemete katkemisel eralduvad tseoliidist kerged molekulid ja segunevad ülejäänud massiga, mis hiljem lahutatakse fraktsioonideks. Tseoliitmembraani kasutamine võimaldab ühes protsessis nii krakkida kui ka fraktsioonideks lahutada. Reaalses teostuses võib see olla umbes üheliitrine akenmembraaniga boiler, mis täidab naftatöötlemistehase ülesannet. Selline boiler mahub auto kapoti alla ja teeb auto “kõigesööjaks”

**Järeldus.** Tseoliitmembraanide kasutamine ei piirdu üksnes energeetikaga. Tulevikus võib näha taskuvariandis membraane inimese hapnikuvajaduse rahuldamiseks, membraane mitmesuguste tehnoloogiate rakendamisel



**Joonis 5. Krakkimine ja õhulagundamismembraani kasutamine põletamisel**

oksüdeerimisprotsessides või vastupidi, lämmastikukeskkonna passiivsuse (kaitse) kasutamiseks ning membraane molekulisegude lagundamiseks. Kuna vee molekul on üks väiksemaid, siis on väljavaateid kui tahes reostatud vee puhastamiseks (magesdamiseks) ultrafiltratsiooni abil läbi tseoliitmembraanide.

Pulbertseoliite kasutatakse adsorbentidena rohkem kui sajal juhul. Lihtsate, odavate ja töökindlate membraanide saadavaks muutumine pakub inseneridele suuri loomingu võimalusi, kutsudes esile uuel tasemel arengu ning töötades

tähelepanuväärseid majanduslikke ja sotsiaalseid tulemusi.

Käesolev artikkel toetub projekti “Membraanid – molekulaarsed sõelad gaaside lahutamiseks” materjalidele. Projekt põhineb avastusel, et tseoliitides toimuvad rekristallisatsiooniprotsessid. Vene innovatsioonikonkursil 2007/2008 jõudis see projekt finaali, *short list* 32 projekti 570-st, Valge raamatu nominent, vt [www.inno.ru](http://www.inno.ru)

Kasulike näpunäidete eest on autorid tänulikud insener A. Borštševskile.

A.M.



# GAASIKASUTUSKOOLITUS




**Gaasikasutuskoolituse OÜ koolitused septembris:**

- **09.09.-11.09.** Surveseadme kasutamise järelevaataja ja surveseadme töid juhtiva isiku kursus (Tallinnas, eesti keeles)
- **16.09.-18.09.** Maagaasipaigaldiste kasutamise järelevaataja, gaasitööd juhtiva isiku ja gaasitöö teostaja kursus (Ida-Virumaal, vene keeles)
- **22.09.-25.09.** Maagaasipaigaldiste kasutamise järelevaataja, gaasitööd juhtiva isiku ja gaasitöö teostaja kursus (Tallinnas, eesti keeles)

Gaasikasutuskoolituse OÜ pakub alates 1998. aastast gaasi- ja surveseadmetevalast täiendusõpet eesti ja vene keeles. Koolituse on aktsepteerinud Eesti Gaasiliit ja Tehnilise Järelevalve Amet.

**ASUME UUEL AADRESSIL:** Kopli 96-20, Tallinn 10416  
 telefon 6411 795, 6411 797  
 faks 6411 796  
 e-post: [gkk@gkk.ee](mailto:gkk@gkk.ee)

[www.gkk.ee](http://www.gkk.ee)

**NB! 1. septembrist avatud filiaal Ida- Virumaal Kohtla-Järvel Silbeti tehase territooriumil**

# KÜMMME KORDA MÕÕDA...

## REIN OIDRAM

Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika instituudi dotsent

VANASÕNA ÜTLEB, et üheksa korda mõõda ja üks kord lõika. See tarkus kehtib ka meie igapäevatoimetustes. Elektroenergeetika, tänapäevast riiki koos hoidev majandusharu, on aga võrreldav vereringega. Siin jääb üheksast mõõtmiskorrast väheseks, sest mõju kestab aastakümneid ning uisapäisa talitades tekitatakse riigi majandusele ja inimeste elustasemele kasu asemel hoopis määratu suurt kahju.

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi algatusel toimus 14. mail 2008. aastal Tallinnas energiafoorum "Elektrituru avamise mõjud" [1]. Forumil käsitleti ka Taani elektroener-

geetikat, kus on juba rakendatud seda, mille poole Eestis alles püüeldakse.

## ARENGUD TAANI ELEKTROENERGEETIKAS

Taani hakkas oma elektriturgu avama aastatel 1999–2000 [2]. Enne seda oli riik üle elanud suuri muutusi, alates suurest naftakriisist 1970ndate aastate keskel kuni keskkonnaküsimuste tõusmiseni üheks elektroenergeetika peateemaks.

Naftakriis tingis kiire ülemineku õlilt kivisöele (joonis 1). Koos sellega suurenes elektri ekspordile ja klii-

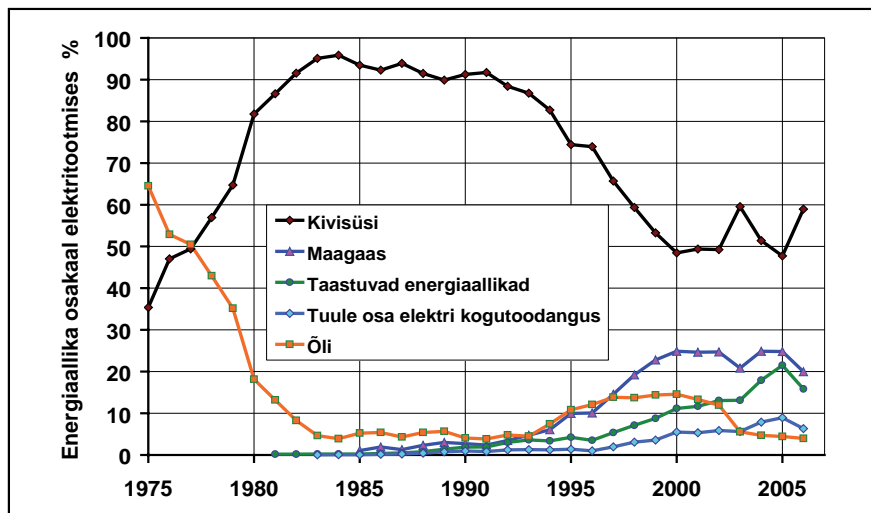
mamutustele taandatud CO<sub>2</sub>-heid e -emissioon ligi kaks korda (joonis 2). Seda põhjustas kivisöe väga suures mahus põletamine ja CO<sub>2</sub> heitetegurite (e emissioonitegurite) suur erinevus: õlidel umbes 74–78 kg/GJ, kivisöel 95 kg/GJ [4]. 1980. aastal põletati kivisütt 9,7 mln tonni, 1996. aastal rekordilised 15,1 mln tonni ja 2006. aastal 8,4 mln tonni [5].

Põhjamae maagaasi kasutuselevõtt leevendas olukorda oluliselt. Aastaks 2000 langes kivisöe osakaal elektri tootmises umbes 50, gaasi osakaal tõusis aga 25 protsendini. Mingil määral suurenes uuesti ka õli kasutamine (joonis 1). Kuna maagaasi CO<sub>2</sub> heitetegur on keskmiselt 57 kg/GJ, siis õnnestus CO<sub>2</sub>-heidet tunduvalt vähendada (joonis 2).

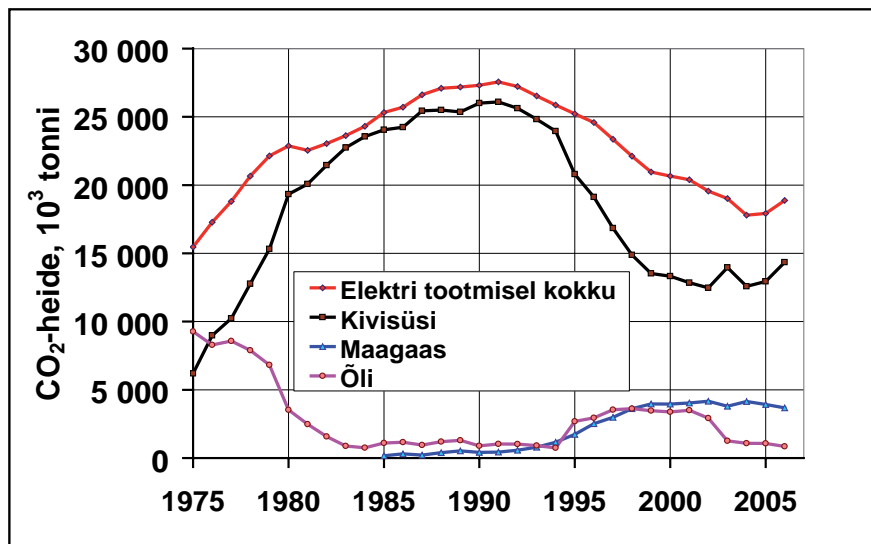
Joonistel 1 ja 2 on näha elektritootmise arengu järsku muutumist pärast 2000. aastat. Kivisöe põletamise vähenemine peatus ja hakkas uuesti suurenema, õli põletamine vähenes taas ning taastuvate energiaallikate kasutamine suurenes. Tähelepanuväärne on kivisöe põletamisest tingitud süsihappegaasiheite uus suurenemine ja seda vaatamata taastuvenergia (sealhulgas tuuleenergia) kasutamise kasvule.

Kivisöe põletamisest suurenes taandatud CO<sub>2</sub>-heidet mõnevõrra mitte üksnes protsentuaalselt, vaid ka absoluutarvudes isegi pärast seda, kui tegelikku heidet oli eksporditud mineva elektri arvel korrigeeritud (vrd jooniseid 2 ja 3).

Elektrijaamad liigitatakse tavaliselt kondensatsioonielektrijaamadeks (väljastavad ainult elektrienergiat), koostootmisjaamadeks (väljastavad elektrienergiat ja soojust), hüdroelektrijaamadeks ja tuuleelektrijaamadeks (elektrituulikuteks). Eelistatud on koostootmisjaamad ja hüdroelektrijaamad (HEJ), kuna esimesed suudavad kütust põletada suure kasuteguriga (osa sellest kulub elektri, osa sooja tootmiseks) ning teised kütust ei kuluta. Energiasüsteem vajab seejuures ka elektrijaamu, mida süsteemi dispetšer saab reguleerida vastavalt koormuse



Joonis 1. Kütusekasutus Taani elektritootmises [3]



Joonis 2. Taandatud CO<sub>2</sub>-heidet elektri tootmisel [3]

muutustele ja tekkida võivatele eriolukordadele. Selleks koostootmisjaamad kahjuks ei sobi, sest need peavad kõrge kasuteguri saavutamiseks järgima soojus-, mitte elektrikoormust. Seetõttu peab süsteemis tingimata olema kas hüdro- või kondensatsioonelektrijaamu. Taanis, nagu Eestiski, veeressurs peaaegu puudub ning tuleb paratamatult kasutada madalama kasuteguriga kondensatsioonelektrijaamu (joonis 4).

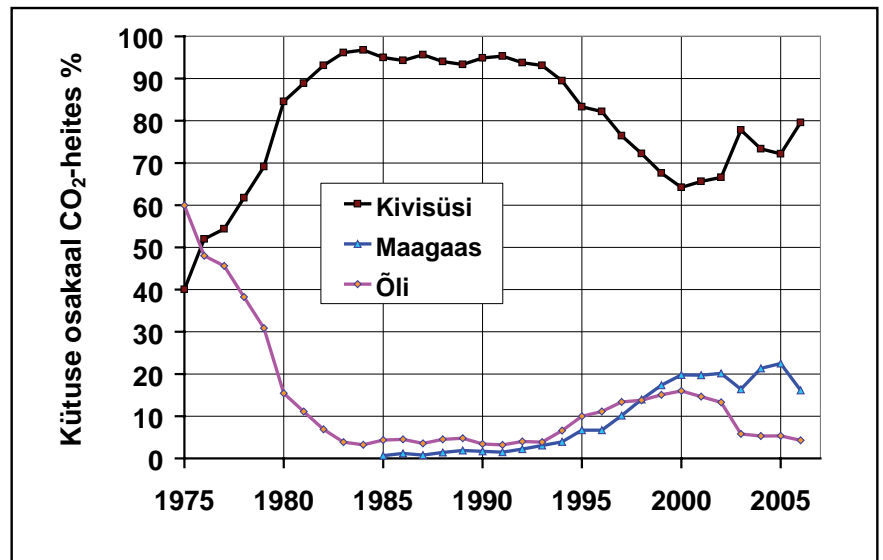
Taani energiasüsteem jaguneb kaheks sõltumatuks osaks – idapoolseks (Sjælland) ja läänepoolseks (Jüüti poolsaar ja Fyni saar). Idapoolne on ühendatud Nordeli süsteemiga, läänepoolne suurt osa Euroopat hõlmava UCTE-ga. Süsteemide erinevus seisneb veel selles, et Lääne-Taanis on elektrituulikute ülesseatud võimsus idapoolse omast ligikaudu kolm korda suurem. Eesti tulevikuvisionides on eriti vaja silmas pidada Lääne-Taanit.

### ELEKTROENERGEETIKA LÄÄNE-TAANIS

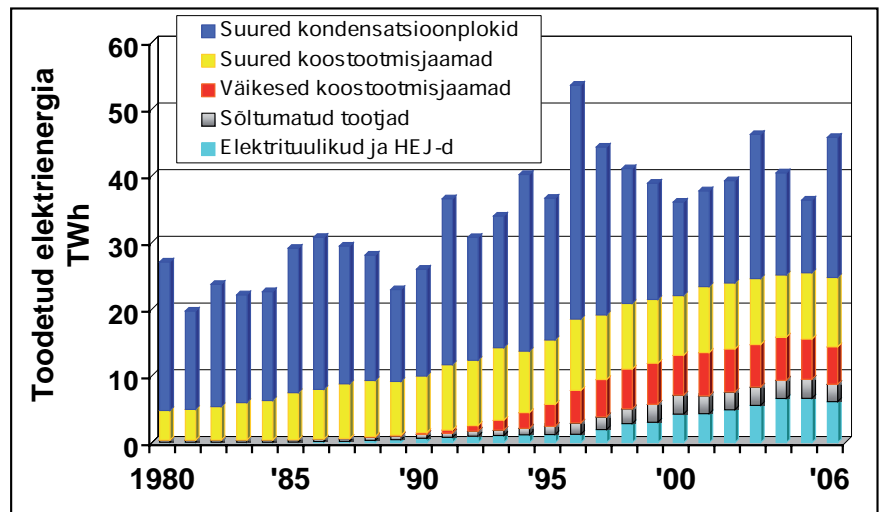
Lääne-Taani energiasüsteemi iseloomustavad tugevad sidemed Norra, Rootsi ja Saksamaa energiasüsteemidega ja väga suur elektrituulikute ülesseatud võimsus – ligikaudu 2 380 MW. Suurte soojuselektrijaamade koguvõimsus on seal umbes 4 900 MW [7], peale selle on rohkesti väiksemaid koostootmisjaamu. Põhiline kütus on suurtes jaamades kivisüsi, väiksemates maagaas ja mõningal määral ka biokütused. Elektri tarbimisvõimsus oli 2006. aastal suurim jaanuaris – 3 755 MW [8]. Kõikide elektrijaamade (sh elektrituulikute) ülesseatud koguvõimsus ületas tarbimisvõimsuse mitmekordselt.

Elektrituulikute arendatav võimsus tuule keskmiste kiiruste vahemikus sõltub teatavasti kiirusest kuubis. Kuna sellised keskmised tuuled on valdavad, siis iseloomustab Lääne-Taani elektrituulikute arendatavat koguvõimsust väga suur kõikumisvahemik – nullist ~90 %-ni ülesseatud võimsusest (joonis 5) sellele vaatamata, et nad on peaaegu ühtlaselt hajutatud kogu territooriumile.

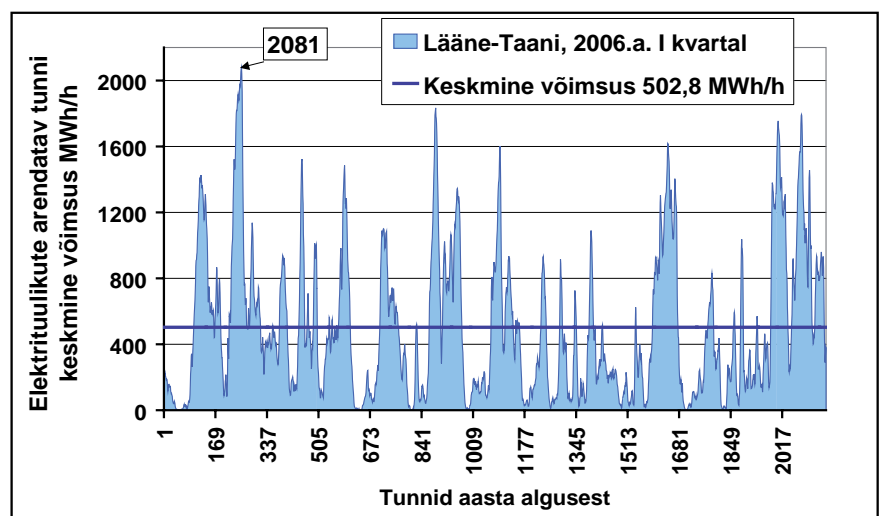
Tuule juhuslik iseloom ei sobi just kõige paremini kokku elektritarbimise koormusgraafikute rütmilise iseloomuga: päeval töötatakse, öösel magatakse ja puhkepäevadel puhatakse. Joonisel 6 iseloomustab elektritarbimise rütmilist muutumist violetne tarbimisvõimsuse muutumise kõver ning elektrituulikute



Joonis 3. Kütuse osakaal CO<sub>2</sub>-heites elektri tootmisel Taanis [3]



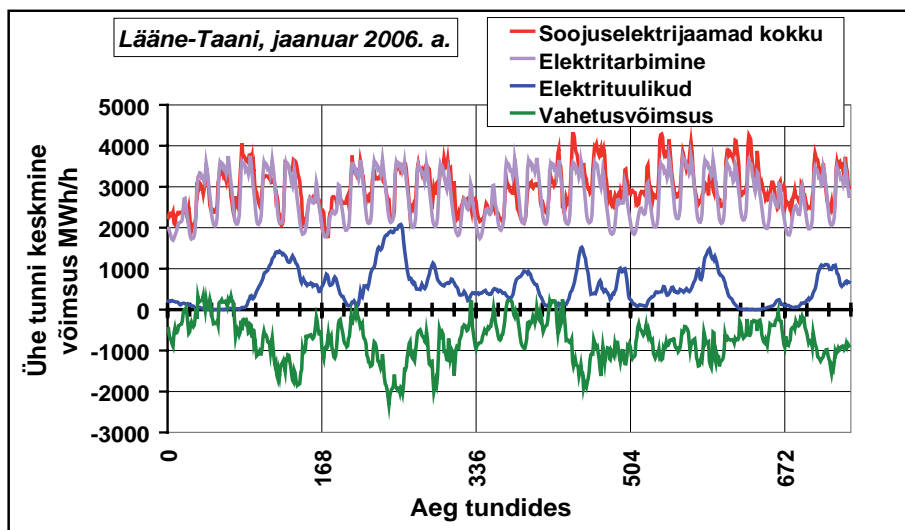
Joonis 4. Eri liiki elektrijaamade elektritoodang Taanis [6]



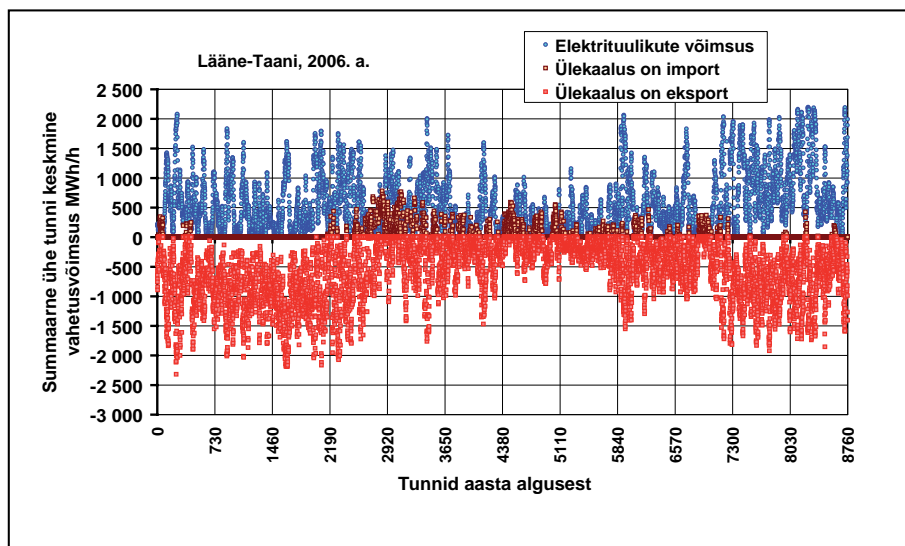
Joonis 5. Lääne-Taani elektrituulikute arendatava koguvõimsuse muutumine 2006. aasta esimeses kvartalis (koostatud [8] põhjal)

võimsuse muutumist sinine kõver. On väga selgelt näha, et need kaks kõverat ei taha omavahel kuidagi sobida ja süsteemioperaator on elektrituulikute toodangu suunanud peasjalikult ekspordi

(roheline kõver, mis on sinise kõvera peegelpilt). Oma tarbimise katmiseks on Lääne-Taani kasutanud soojuselektrijaamu (punane kõver). Mõningad erinevused nende arendatava võim-



**Joonis 6. Lääne-Taani elektritarbimise, vahetusvõimsuse ja elektrijaamade võimsuse muutumine 2006. aasta jaanuaris [8]**



**Joonis 7. Lääne-Taani elektri eksport ja import ning elektrituulikute arendatava võimsuse muutused 2006. aastal [8]**

suse ja tarbimisvõimsuse vahel võivad olla põhjustatud avatud elektriturust. Seda, et tegemist ei ole juhusega, näitab ka tervet aastat kajastav graafik (joonis 7). Elektrituulikute arendatava võimsuse suurenemine tuule tugevnemisel (sinised punktid) tingis peaaegu alati ekspordi suurenemise (punased punktid). Elektri importi (pruunid punktid) esines vähesel määral ja peaaesjalikult suvekuudel <sup>1</sup>.

Probleemidele vaatamata on tuuleenergeetikat Lääne-Taanis arendatud ennaktempos. Kui võtta vaatluse alla viimased aastad (alates aastast 2000), siis on kõige rohkem kasvanud elektrituulikute elektritoodang – tervelt 63,8 % (joonis 8), kusjuures elektritar-

bimine kasvas ainult 4,8 %. Võiks oodata, et soojuselektrijaamade toodang seetõttu vähenes, see aga (küll suurte aastakõikumistega) hoopis suurenes. Tõsi, 2007. aastal kõigi soojuselektrijaamade kogutoodang, võrreldes 2000. aastaga, veidi langes, kuid mitte suurte kivisõejaamade, vaid hoopis keskkonnasõbralikumate väikeste koostootmisjaamade arvel (toodang vähenes 80 %-ni 2000. aasta tasemest).

Absoluutarvudes näevad eri tüüpi elektrijaamade toodangu muutused Lääne-Taanis välja nii, nagu kujutatud joonisel 9. Suurte ja kohalike väikeste soojuselektrijaamade, s.o kütuseid põletavate elektrijaamade toodang on aastati teinud läbi suuri muutusi, kuid

nende muutuste keskmine suundumus (graafikul kriipsjoon) püsib samal tasemel. Elektritarbimine ei ole aga oluliselt kasvanud. Elektrituulikute toodang on selles ajavahemikus kasvanud 1,6 korda ja keskmiselt võib täheldada üsna väikest ekspordi suurenemist (joonisel pruun kriipsjoon). Hinnanguliselt katavad Lääne-Taani elektrituulikud eri aastatel mitte üle 5–10 % kohalikust elektritarbimisest, statistikas näidatakse aga alati elektrituulikute kogutoodangu suhet **kohaliku** tarbimisse, mis on loomulikult oluliselt suurem – 2006. aastal oli see nt ligikaudu 21,6 % [8]. Ekspordi suhe elektritarbimisse oli samal ajal 21,0 %, järelikult kaeti kogu piirkonna elektrivajadus kütuste põletamise arvel.

Siit võib üsna pessimistlikult järeldada, et elektrituulikute massiline kasutuselevõtt ning elektrituru avamine ei ole vaatamata väga tugevatele sidemetele naaberriikide energiasüsteemidega suutnud kütuste (kivisõe, maagaasi, õli ega ka biokütuste) põletamist pidurdada.

Täpsem analüüs näitab sedagi, et suurte soojuselektrijaamade aastatoodangu suured hüpped on tingitud Norra hüdroelektrijaamade veehoidlate veetasemest. Nt väga kuival 2003. aastal oli kevadine veetase eriti madal, veehoidlate täituvus oli ainult 10% ning Norra tarbis suurel hulgal Taani kivisõeelektrijaamade elektrit [8, 9].

## JÄRELDUSED

- Taani ja Eesti geograafilised tingimused on elektri tootmise seisukohast väga sarnased: pindalalt on riigid enam-vähem võrdsed, kummalgi ei ole arvestatavat hüdroenergiaressursi, mõlemal on olemas oma fossiilkütuste varu, naaberriigid on tunduvalt suuremad ning nende energiasüsteem võimsam.
- Taani elektroenergeetika mudel Eestile ei sobi, sest avatud elektriturul surub konkurents turuosalisi elektri odavamate tootmisviiside poole. Eestis tähendaks see põlevkivi intensiivsemat kasutamist, süsihappegaasiheite suurenemisele vaatamata.
- Tuuleenergia kasutamine ei lahenda süsihappegaasiheitega seotud muret, vaid võib seda hoopis oluliselt süvendada.
- Taani näite ja meie oma arvutus-

<sup>1</sup> Tugevate omavaheliste sidemete tõttu läbivad Lääne-Taani kõrgepingevõrku suured Norra, Rootsi ja Saksamaa vahelised energiavood ning seepärast tuleb ekspordi ja impordi all mõista nende võimsusvoogude summat riigipiiril.



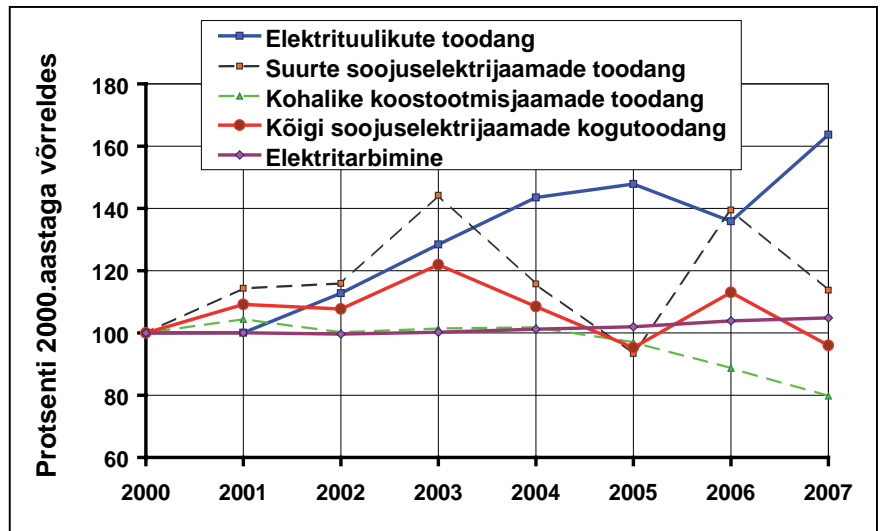
te põhjal [10] on tuule otstarbekas kasutuspiir 5% riigisisesest elektritarbimisest, mis Eestis on praegust tarbimistaset arvestades ligikaudu 370–400 GWh. Sellise elektrihulga genereerimiseks võib meil paigaldada elektrituulikuid koguvõimsusega mitte üle 180–200 MW. Kui see piir ületada, suureneb soojuselektrijaamade CO<sub>2</sub>-heide määrani, mille puhul ilma elektrituulikuteta süsteemi heide ületataks. Samasugune olukord tekiks ka kütusekuluga.

- Tugevad sidemed naabrite energiasüsteemidega ei ole Taanis lahendusi andnud. Samasugust olukorda on oodata ka meil.

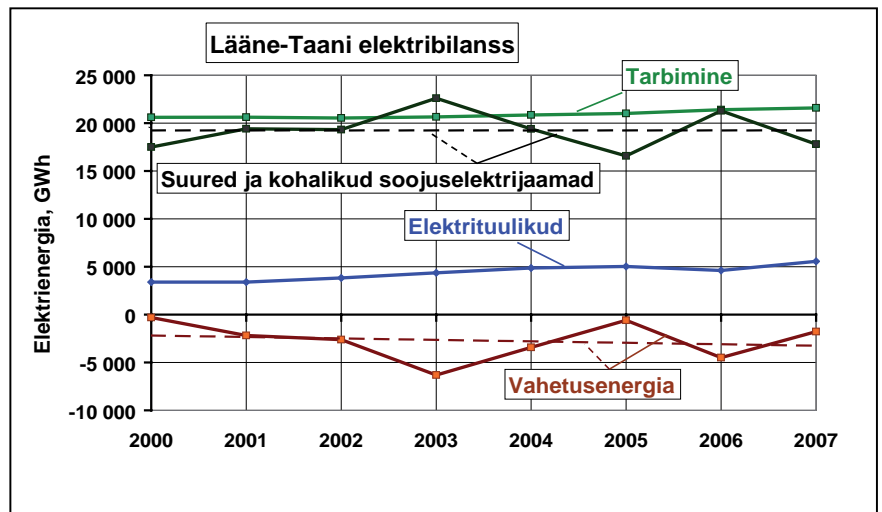
Autor tänab Eesti Teadusfondi (grant nr. 5885) uuringu toetamise eest. **A.M.**

### Viidatud allikad

1. <http://energiafoorum.blogspot.com> [25.07.08]
2. Review of Energy Policy 1999. Statement by the Minister for the Environment and Energy in relation to the Act on measures of energy policy. [http://www.ens.dk/graphics/Publikationer/Energipolitik\\_UK/epr/epr99uk.htm](http://www.ens.dk/graphics/Publikationer/Energipolitik_UK/epr/epr99uk.htm) [25.07.08]
3. Danish Energy Authority: Energy Statistics 2006. Tables2006.xls <http://www.energistyrelsen.dk/sw16508.asp> [25.07.08]
4. Danish Energy Authority: Energy Statistics 2006. BasicData2006.xls. <http://www.energistyrelsen.dk/sw16508.asp> [25.07.08]
5. Denmark Energy Data2006.xls. [http://tonto.eia.doe.gov/country/country\\_energy\\_data.cfm?fips=DA](http://tonto.eia.doe.gov/country/country_energy_data.cfm?fips=DA) [25.07.08]



Joonis 8. Eri tüüpi elektrijaamade elektritoodangu juurdekasv aastatel 2000 kuni 2007 [8]



Joonis 9. Eri tüüpi elektrijaamade elektritoodang aastatel 2000 kuni 2007 [8]

6. Energy Statistics 2006. p.8. [http://www.ens.dk/graphics/Publikationer/Statistik\\_UK/Energy%20Statistics\\_2006\\_a.pdf](http://www.ens.dk/graphics/Publikationer/Statistik_UK/Energy%20Statistics_2006_a.pdf) [25.07.08]
7. Coal Information 1996, IEA/OECD Paris.
8. <http://www.energinet.dk/en/menu/Market/Download+of+Market+Data/Download+of+Market+Data.htm>
9. [http://www.nve.no/vannmagtall/vannmagtall98\\_06.asp](http://www.nve.no/vannmagtall/vannmagtall98_06.asp) [25.07.08]
10. Liik, O., Oidram, R., Keel, M., Ojangu, J., Landsberg, M., Dorovatski, N. Co-operation of Estonia's oil shale based power system with wind turbines. // Oil Shale, 2005, Vol. 22, No. 2 Special. pp. 127–142.



www.rentacar-estonia.eu

**AUTORENT**

Tel 5625 0951



# ENERGIAPOLIITIKA JA SOOJUSPUMBAD

## HEINAR NURSTE

EnPro Inseneribüroo OÜ  
e-post: info@enpro.ee

### ENERGIAPOLIITIKA SUUNDADEST

Eestis arutletakse väga palju energia, eriti elektrienergia tootmise ning selle varustuskindluse üle. Märksa suuremat tähelepanu tuleks aga pöörata lõpptarbimisele – just sellest lähtudes peaks arvestama tootmismahutusi, investeringuid ning sotsiaalset ja keskkonnamõju.

Tootja ja tarbija on elektrisüsteemis tihedalt seotud ning elektrienergia tootmine ja tarbijale tarnimine on tehniliselt kõige keerulisem ja kallim tegevus. Energia kokkuhoidumeetmete puhul ei teadvustata tihti seda, et elektritarbimise ööpäevased, nädalased ja sesoonsed koormusgraafikud on üsna ebahühtlased. Kokkuhoidumeetmeid ei seostata elektri tootmiseks vajalike baas-, pooltipp- ja tippvõimsuste ega toodetava baas-, pooltipp- ja tippenergiaga. Kõigi nende investeeringuvajadus on erinev, kasutada võib erinevaid kütuseid ning maksumuski on erinev.

Elektrienergiat on keeruline ja kallis salvestada. Seetõttu tuleks elektritootmist nii palju kui võimalik reguleerida tarbimise poole pealt, ühtlustades tarbimisgraafikuid.

Elektrienergia on kõrge kvaliteediga energia, mida saab suhteliselt lihtsalt, odavalt, kõrge kasuteguriga ja keskkonnasõbralikult muudeks energialiikideks muundada või tehnoloogiliseks otstarbeks kasutada. Seetõttu on elekter väärtuslikum kui kütus ja soojus, mille kasutusala on piiratum.

### HINNANGUID ELEKTRIMAJANDUSE JA -TARBIMISE KOHTA

Kui tarbija juures on vaja 1 kW lisavõimsust (koormus suureneb), siis tuleb investeerida kogu tarneketti – kütuse tootmisest lõpptarbijani. Kadusid ja vajalikku varuvõimsust arvestades on 1 kW-se koormusekasvu puhul vaja juurde ligikaudu 1,2 kW genereerivat võimsust. Kui tarbija juures hoida

kokku 1 kWh, annaks see elektri tootmisel kõiki kadusid arvestades umbes 4 kWh suuruse kütusekokkuhoiu. Kui arvestus viia kaevandamata jääva primaarenergiani, võib lõpptarbija juures 1 kWh elektrienergiat kokku hoides säästa umbes 6–8 korda suuremat primaarenergia-ressurssi (kaevanduskaod võivad ulatuda 50 protsendini). Vähenavad ka kõik energeetikaga seotud keskkonnamured ja -kulud.

Elektrienergia tootmise maksumus sõltub oluliselt sellest, kas on tegemist baas- või tippkoormusega. Baaskoormusseadmed töötavad 6 000 – 8 000 tundi aastas ja kasutavad suhteliselt odavat kütust (meil põlevkivi), tippkoormusseadmed on aga töös vaid 200–500 tundi aastas. Ühe kWh tootmise maksumus võib baas- või tippkoormuse ajal erineda kümneid kordi. Siit tuleneb ka juba teada järeldus, et ööpäevaste koormusgraafikute tippude nihutamine graafiku nõgudesse annab olulist majanduslikku kokkuhoidu, lõigates vähemaks kõige kallima elektrienergia vajaduse.

Tuuleenergia laialdane kasutamine lisab olukorrale teravust, sest peale lisakulutuste tuuleenergia tootmiseks ja ülekandmiseks on vaja tuulikutega peaaegu sama suurt kütustel põhinevat varuvõimsust.

Võrreldes Eesti olukorda naabrite omaga, kes saavad kasutada ka hüdro- ja tuumaenergiat, ei ole meil lähema 15–20 aasta jooksul elektroenergeetika muud valikut, kui jätkuvalt tugineda fossiilkütustele, eelkõige kohalikele põlevkivile. Tuulegeneraatorid ja elektrienergia import võivad sõltuvust fossiilkütustest mõnevõrra vähendada, kuid on ilmne, et sellele suures ulatuses loota on riskantne.

Energiamajandusest, kasvuhoonegaaside ja muude heitmete vähendamise, keskkonnakahjust ja energiamajanduse ökonoomikast rääkides tuleks pöörata palju rohkem tähelepanu tarbimise vähendamise võimalustele. See aitaks leevendada energiamajandusega

seotud probleeme või neist hoopis vabaneda.

Ligikaudsel hinnangul on 1 kW kokkuhoitud elektrilist koormust lõpptarbija juures, olenevalt meetmest, investeeringuna 3–50 korda odavam kui selleks vajaliku elektrijaamade 1,2 kW lisavõimsuse rajamine. 1 kW tarbijale tarnitud lisavõimsuse saamiseks on vaja koos kütuse hankimisega investeerida 50 000–70 000 krooni. Investeeringukuludele lisanduvad jooksvad kulud kütuse ja elektri tootmiseks ning ülekandmiseks. Seevastu maksab 1 kW kokkuhoitud võimsust tarbija juures 1 000 – 40 000 krooni, energia eest pole vaja maksta ning jäävad ära varustuskindluse ja keskkonnakaitsega seotud mured.

Võrdlustes ei pöörata sageli tähelepanu energeetikaobjektide ja energia kokkuhoiuprojektide investeeringute amortisatsiooniaegade ebavõrdsusele. Esimestel on see 20–40 aastat, viimastelt oodatakse aga palju kiiremat tasuvust. See põhjustab kallutatust tootmise poole. Energiapoliitikas on nendele küsimusele kahjuks liiga vähe mõeldud. Eestis peaks energia kokkuhoiule kui odavamale ja keskkonnasõbralikule meetmele pöörama palju rohkem tähelepanu kui selle tootmise ja tarnimisega seotule. Elektrienergeetika arengukava järgi on säästupotentsiaaliks hinnatud 10–15 %. Tulevikus on see ilmselt hulga suurem, kui pidada silmas tehniliste võimaluste arengut ning energiahindade ja -defitsiitsuse tõusu.

Eestis peaks tõsiselt kaaluma, kuhu raha suunata, kas energia tootmisse (elektrienergeetika arengukava järgi kasvab tarbimine 2–3% aastas) või hoopis kokkuhoidu. Kui tarbimise kasvu õnnestuks vähendada ühe protsendini aastas, tähendaks see võimsusvajaduse 30–40 MW võrra väiksemat aastajuurdekasvu ja kümne aasta jooksul 300–400 MW vähem uusi või renoveeritud jõujaamu. See vähendaks investeeringuvajadust kogu tarneahele vähemalt 15 miljardi krooni võr-

ra. Rahakottidel võivad olla eri omadused, kuid riigil on võimalik suunata arengut energiapoliitika, maksustamise, soodustuste jms kaudu. Võib küsida: "Milleks kulutada investeerimiseks tootmisse, kui tarbimise piiramine annaks väiksema investeeringuga parema tulemuse?"

## SOOJUSPUMBATEHNOLOOGIA EELISED JA PUUDUSED

Soojuspump on seade, mis võimaldab kasutada madalatemperatuurilist soojust (seda leidub mingil kujul "tasuta" igal pool), tõstes temperatuuri soovitud tasemeni. Soojusallikaks võib olla pinnas, õhk, veekogu, põhjavesi, ventilatsiooni väljapuhkeõhk või muu heitsoojus. Võib öelda, et soojuspump kasutab suures osas taastuvenergiat. Kuid sellel on oma hind – soojuse pumpamiseks kõrgemale temperatuuritasemele on vaja teha tööd ning selleks tuleb kulutada kallimat, kõrgema kvaliteediga energiat (tavaliselt elektrienergiat).

Soojuspumbatehnoloogia abil sooja tootmine on viimase 5–6 aasta jooksul üha populaarsemaks muutunud. Soojuspumpade laiem kasutamine on EÜ energiapoliitika üks nurgakivisid. Euroopas on mitu organisatsiooni, kes propageerivad ja edendavad soojuspumpade kasutamist ning on käivitatud rohkesti programme nende arendamise toetamiseks (vt [www.groundreach.eu](http://www.groundreach.eu)). Euroopa Liidu riikides oli 2005. aastal üles seatud üle 600 000 maasoojuspumba, mille koguvõimsus oli 7400 MWth ning 2006. aastal suurenes nende arv 100 000 võrra. Soojuspumbatehnoloogiat kasutatakse ka Eestis üha enam ning sellega loodetakse energiat kokku hoida ja keskkonda säästa. Meil oli neid 2008. aasta alguses Eesti Soojuspumba Liidu andmeil üle 17 000 (soojusvõimsus üle 100 MWth), neist 4000 olid maasoojuspumbad (2006. aastal tuli neid juurde 1100). Maasoojuspumba eelis õhksoojuspumbaga võrreldes on soojusallika kõrgem talvine temperatuur. Soojuspumpade elektriline koguvõimsus on Eestis 30–40 MWe, mis on energiasüsteemis juba arvestatav suurus (umbes 2,5 % maksimumkoormusest) ning on üks võimalusi ööpäevase koormusgraafiku reguleerimiseks. Soojuspumpade abil saab toota madalatemperatuurilist soojust kõikjal, kus kohalik energiapoliitika seda ei keela (kaugkütepiirkonnad). Aga ka kaugküttesüsteemides endis on soojuspumpasid kasu-

tatud. Selle otstarbekus sõltub mitmest majanduslikust ja tehnilisest asjaolust ning mugavusootustest.

Kuid nagu igal ettevõtmisel, on soojuspumbatehnoloogialgi omad head ja vead. Soojuspumpade headeks külgedeks võib pidada:

- otselekterküttega võrreldes on elektrienergiakulu 2–4 korda väiksem;
- hea töökindlus ja ohutus;
- pikk tööiga – 20–25 aastat (maasoojusvahetitel kirjandusandmeil 50 aastat);
- madal müratase;
- väikesed hoolduskulud;
- pole vaja katlaruumi, kütusehoidlat ega korstnat;
- õhku ei saasta;
- pole muret kütuse hankimisega;
- moodsaid soojuspumpasid saab kombineerida muude soojusallikatega, kasutada heitsoojust ning tarbimist nende abil paindlikult reguleerida;
- soojuspumpasid saab kasutada ka jahutamiseks ning ülearust soojust akumuleerida nt pinnasesse.

Halbadest külgedest võiks nimetada:

- investering on suhteliselt suur;
- maasoojuspumpade puhul võib muret teha soojusallika leidmine – ei ole piisavalt maad või on puuraukude tegemine keskkonnanõuete tõttu küsitav;
- soojuskandja võib lekkida;
- on vaja kasutada kõrgema kvaliteediga (elektri)energiat, mida Eestis toodetakse peamiselt madala kasuteguriga soojusjõujaamades.

Soojuspumba valimisel tuleb silmas pidada, et:

- soojuspumbalahendused on üsna keerulised, seepärast tuleks asjatundjalalt nõu küsida;
- tuleb rakendada energiasäästumeetmeid;
- soojusvajadused peab usaldusväärselt kindlaks tegema;
- soojuspumba optimaalne võimsus on umbes 60 % tippkoormusest ning siis katab ta 85–90 % soojavajadusest. Tippkoormuse võib katta elekterkütete või muu energiaallikaga;
- tasub kaaluda süsteemile soojusmahuti lisamist, mis võimaldaks soojatarbimist ühtlustada ning elektrilist koormust nihutada odavama tariifiga ajale. Sobivate pinnasetingimuste korral saab luua maaaluse sesoonse soojavaru ja ka päikeseenergiat akumuleerida.

## SOOJUSPUMPADE ENERGIATÕHUSUS

Tavaliselt hinnatakse soojuspumba energiatõhusust kahe näitaja järgi:

- soojustegur COP, mis näitab toodetud soojusenergia ja kulutatud energia suhet. COP võib olla 4–5 või suuremgi;
- aasta (hooaja) jooksul toodetud soojuse suhe kulutatud energiasse – SPF, mis on halvimal juhul 2 või alla selle, võib aga küündida 4-ni või kõrgemalegi.

Enamasti mõeldakse elektrienergia üldkulu, mõnikord eraldi ka soojuspumba elektrikulu. Ei ole teada, et Eestis mõeldakse soojuspumba toodetud soojust. Seetõttu on SPF väärtused suuresti arvutuslikud või oletuslikud.

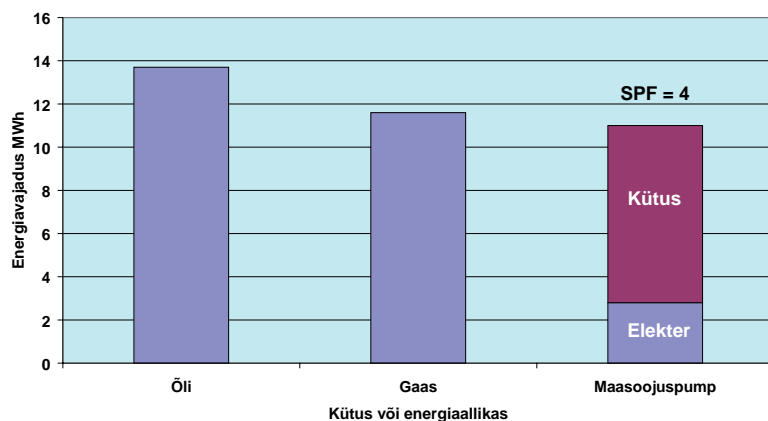
Soojuspumba energiatõhusus sõltub suuresti temperatuuride vahet, seetõttu tuleks võimaluse korral valida võimalikult kõrge temperatuuriga soojusallikas (heitõhk, pinnas) ning madala temperatuuriga küttesüsteem (nt põrandaküte). Tavalise radiaatorkütte puhul on elektrienergia kulu (olenevalt temperatuuride vahet) 20–30 protsenti suurem kui põrandakütte puhul.

Hea tulemuse saamiseks on vaja asjatundlikkust ja häid spetsialiste. Eestist kogutud andmetest nähtub, et tihti jääb soojuspumba potentsiaal täiel määral kasutamata, sest seadmed ei ole hästi valitud ega tööta soodsal režiimil. SPF väärtus jääb tihti vahemikku 2–3, s.o võimalikust madalamaks.

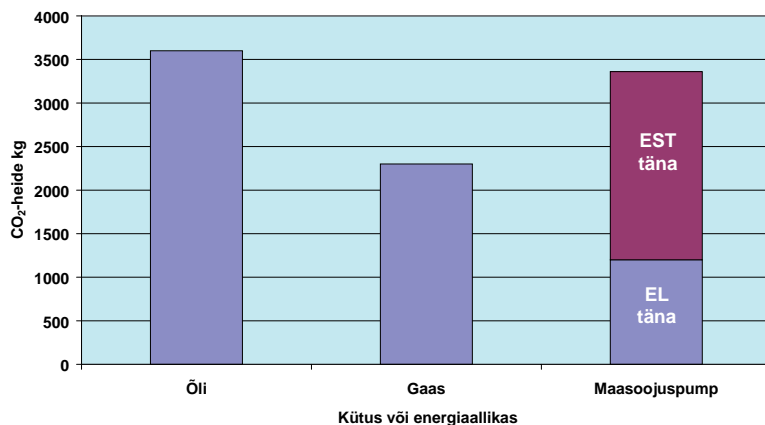
Maasoojuspumpa investeeringu tasuvusaeg sõltub paljudest asjaoludest ning on raske anda kitsast ajavahemikku. Tasuvusaeg sõltub ka muude kütmissüsteemide olemasolust, mille suhtes tasuvust arvutada. On siiski lahendusi, mille tasuvusaega on hinnatud alla kümne või isegi 5–6 aastale. Kuigi tasuvusaeg võib tunduda pikk, võivad maasoojuspumba eeliseid vaekausi selle kasuks kallutada.

## SOOJUSPUMBA KESKKONNAMÕJU

Soojuspumpasid tutvustavates või reklaamivates materjalides rõhutatakse tavaliselt väikest elektrienergia kulu ning keskkonnasõbralikkust. See aga ei ole kogu tõde. Otselekterküttega võrreldes kulub elektrit küll vähem, kuid kui taandada see primaarenergia- või -kütusekulule, siis meie oludes on kokkuhoid vaid näiv.



**Joonis 1. Energiatarve 10 MWh kasuliku soojuste tootmiseks**



**Joonis 2. CO<sub>2</sub>-heide 10 MWh kasuliku soojuste tootmisel**

Eestis toodetakse üle 90 % elektrienergiast põlevkivist ning selle tootmise ja ülekandmise keskmine kasutegur on alla 30 %. Seega kulutavad soojuspumpad ühe soojusühiku tootmiseks ligilähedaselt sama palju kütust kui katlamajad. Heal juhul, s.o kui SPF küündib üle 4, on primaarenergia suhtes saavutatav üle 100 % kasutegur ning soojuspump annab kütuse kokkuhoidu.

Majanduse seisukohast on soojuspump kasulik veel selle poolest, et elektrienergiat toodetakse peamiselt kohalikust kütusest, väikekatlaid köetakse aga tihti imporditud ja kalli kerge

kütteõli või gaasiga. Kohalike ja nn taastuvate kütuste puhul, mis on tarbija jaoks üldiselt hooldusmahukamad, on võrdlusvariante raske üheselt hinnata. Soojuspumpa on võimalik kombineerida ka päikeseenergiaga. Palju oleneb tarbija eelistustest. Soojuspumbasüsteemi puhul kütus ja hooldus teevad vähe muret ning see võib suhteliselt suure investeeringukulu üles kaaluda.

Soojuspumpade keskkonnamõju hindamiseks tuleb vaadelda fossiilkütusest toodetud elektri tootmise kasutegureid ja saastaheidet.

Joonisel 1 on näidatud primaarener-

gia kulud 10 MWh soojuste tootmiseks õli- ja gaasikatelde ning maasoojuspumba abil. Sinine osa näitab kütuse või elektrienergia otsetarbimist ning punane kadusid elektrihaamades ja ülekandel. On näha, et maasoojuspump Eesti praeguses energiasituatsioonis primaarenergia kokkuhoidu ei anna.

Joonisel 2 on näidatud aastane CO<sub>2</sub>-heide õli, gaasi ja maasoojuspumba kasutades. Õli- või gaasküttega võrreldes maasoojuspump Eestis CO<sub>2</sub>-heidet ei vähenda. See on tingitud Eesti energiasüsteemi omapärast – põlevkiviga kütmisest. Lääne-Euroopas domineerivad muud kütused, tuuma- ja veenergia ning seetõttu on CO<sub>2</sub>-heide toodetud soojusühiku kohta meie omast keskmiselt 2,8 korda väiksem (maasoojuspumba tulba sinine osa) ning seal vähendab maasoojuspump oluliselt CO<sub>2</sub>-heidet, kui võrrelda õli või gaasküttega. Eesti elektrienergeetika võimalikke arengusuundi silmas pidades on siiski ilmne, et tulevikus CO<sub>2</sub>-heide toodetud soojusühiku kohta väheneb.

## KOKKUVÕTE

Maasoojuspump on üha populaarsemaks muutuv soojatootmisvahend, millel on tarbija jaoks mitu eelist, eriti mugavust ja keskkonnanõu silmas pidades.

Eesti majanduse seisukohast ei anna soojuspump katlamajaga võrreldes primaarkütuse kokkuhoidu ega vähenda üleilmset õhusaastet, võib aga importkütuseid asendada kohalike ja taastuvate energiaallikatega. Kui elektritootmise ja soojuspumpade energiatõhusus tulevikus suureneb ning õhusaastetajad langevad, suurenevad ilmselt ka soojuspumpade keskkonnanõud.

A.M.

- **Hoone tehnosüsteemide projekteerimine**
- **Hoone tehnosüsteemide ehitus**
- **Hooneautomaatika süsteemide ehitus**
- **Kliimaseadmete hooldus**
- **Isolatsioonitööd**

# HOONE TEHNOSÜSTEEMIDE PROJEKTEERIMINE, EHITAMINE, KASUTAMINE OHUD JA KUIDAS SAAKS PAREMINI

AIVAR UUTAR

AS Klik

EI MÕÖDU PÄEVAGI, mil me ei kuuleks kõrgetest kütusehindadest ja üha kallinevatest kommunaalmaksetest. Võime ju mõelda, et kõige kallinemine on paratamatu. Tegelikult toimub meie ümber arutu raiskamine. Eestis kulutatakse ühe krooni teenimiseks neli korda rohkem kütust kui EL-s keskmiselt. Miks?

Järjest rohkem räägitakse energiasäästlikest hoonetest – passiivmajadest, alternatiivsetest energiaallikatest, energia muundamisest kõrgema kasuteguriga, energia vabaturust ja energiatõhususe direktiivist. Kõik need teemad teenivad ühel või teisel moel sama eesmärki – energiasäästu.

On teada, et tehnosüsteemid on äri- ja ühiskondlike hoonete suurimaid energiatarbijaid. Sõltuvalt hoone suurusest, kasutusotstarbest ja arhitektuursest lahendusest kulub peamine osa (kuni 70 %) energiast ventilatsiooni-, kütte- või jahutussüsteemidele. Hoone ehitusmaksumuses moodustavad need süsteemid aga vaid 10–20 % ning projekteerimisele kulub ainult 5–10 % nende kogumaksumusest.

Investeerides tehnosüsteemi peab klient arvestama mitmesuguseid kulusid. Kindlasti peetakse kõigepealt silmas soetamis- (ehitus)kulu. Asjaolusid, mida tuleb kavandamisel arvesse võtta, on aga veelgi: energiakulu, süsteemi käituskulud ning ka kunagised demonteerimiskulud.

Kõiki neid kulusid võtab kokku sõnapaar “süsteemi olerusring”. Käesoleval ajal muutub järjest populaarsemaks ja otstarbekamaks arvutada süsteemi kulud kogu kavandatava olerusringi kestel, sest normaalne protsentuaalne

vahekord soetus- ja hilisemate käituse ja energiakulude vahel on 20:80, st et installatsioonikulud moodustavad kogukuludest vaid viiendiku.

Projekteerimine ja ehitamine on kasutusajaga võrreldes väga lühike aeg. Projekteerimisele tehtavad kulutused on hilisemate käituskuludega võrreldes oluliselt väiksemad. Seetõttu on otstarbekas panustada kvaliteetsele projek-

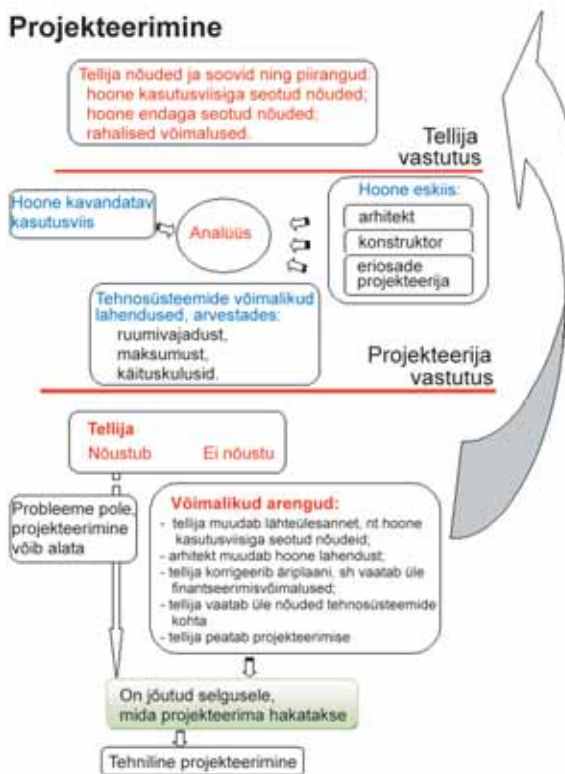
kui seinad on püsti ja asutakse tehnosüsteeme paigaldama.

Igal ehitisel on tellija. Tellija püha kohustus on määratleda, mida talle vaja on. Tihti ei oska tellija oma soove väga täpselt defineerida ega veenvalt esitada ning siis võib juhtuda, et ta saab projekteerija laualt läbi analüüsimate lahenduse (vahel ka “standardlahenduse”) põhjendusega “nii on alati tehtud”.

Nõnda võidakse saada ehitusmaksumust või käituskulusid mitteametav projektlahendus. Ehitusmaksumuslikke nõuandeid ollakse varmad jagama paremalt ja vasakult, enamasti kontekstist väljarebitud detailide haaval. Suure tõenäosusega viib see selleni, et varemprojekteeritud lahendusest tehakse põlve otsas “rats-lahendus” ning saadakse ettearvamatul tulemus. Vastutus hajub ning hoone omanik või tellija saab midagi sellist, mida ta oodatagi ei osanud. Kurb on seegi, et “ratsist” saadud rahaline võit ei jõua enamasti hoone omanikuni, tema aga maksab kinni sellest tulenevad suured käituskulud.

Oluline on jälgida, et hoone omanik määraks ja otsustaks, millist hoonet tal vaja on – arvestades hoone kasutusotstarvet, rahalisi võimalusi, arhitektuurilisi iseärasusi, tehnosüsteemidele

esitatavaid nõudeid ja käituskulusid. Projekteerimisel tohib neid nõudeid muuta vaid hoone omaniku initsiatiivil ja teadmisel. Mida varasemas staadiumis omaniku soovid saavad täpseks ning lukustuvad, seda terviklikum ja parem saab kogu hoone. Hoone omaniku nõuded peavad olema fikseeritud mõõdetavate suurustega, kokku peab olema lepitud ka kontrollimisviisis ja vastutuses.



teerimisele. Veelgi olulisem on joonestustehnilisele projekteerimisele eelnev ettevalmistav osa, s.o ideede ja võimalike lahenduste võrdlus ja analüüs.

Tehnosüsteemide energiatarbimist mõjutavad otseselt hoone arhitektuurne kujundus ja ehituskonstruktiivsed lahendused. Selle kurva tõeni, et hoone tehnosüsteemide ehitusmaksumus ja käituskulud olenevad arhitektuursest lahendusest, jõutakse sageli alles siis,

# ÕHK-VESISOOJUSPUMPADEST

**RIHO KORSTEN**

Planray OÜ

ÕHK-VESISOOJUSPUMP kasutab kütte- ja sooja tarbevee saamiseks välisõhu soojusenergiat. Pumba peamised osad on välisõhuventilaator, aurusti, mis kogub välisõhu soojusenergiat, kompressor, mis surub gaasistunud külmaaine kokku ja kondensaator, kus kuuma gaasi energia kandub üle soojuskandjale (veele) ning gaas veeldub.

Ehituse poolest on neid pumпасid kolmesuguseid:

- **monoplokkpumباد** – kõik osad on ühes keros. Välispaigalduse korral peavad pumbaruumi tulevad kütteveetorud olema soojustatud ning soojuskandjana peab kasutama mittekülmuvat vedelikku (glükooli vesilahust). Sisepaigalduse korral ühendatakse seade õhukanalite abil välisõhuga;
- **split-tüüpi pumباد** – välisosa (aurusti ja ventilaator) on õues kas majaseinal või maapinnal ning ühendatakse siseosaga (kondensaator)

freonitorude kaudu. Kompressor võib olla nii välis- kui ka siseosas;

- **äratõmbeõhu-soojuspumباد** – äratõmme majast toimub WC-st, vannitoast või köögist läbi soojuspumba, kus õhu soojusenergia soojendab tarbe- ja küttevett. Värske õhk pääseb tubadesse läbi värskõhuklappide.

Enamikus seadmetes kasutatakse külmaainena freooni R407C, väga head tehnilised näitajad on ka CO<sub>2</sub>-gaasil põhineval tehnoloogial. Suurem jagu õhk-vesisoojuspumпасid töötab soojuspumbana välistemperatuuri -20 °C. Kui läheb veel külmemaks, lülitatakse kompressor välja ning vett soojendatakse elektriliste küttekehade abil.

Õhk-vesiseadmete kasutegur COP (W/W, näitab saadava soojusenergia ja tarbitud elektrienergia suhet) sõltub suuresti väljastatava vee temperatuurist. COP on kõige kõrgem pöranda-

kütte puhul, nt kui vee temperatuur on + 35 °C ja välisõhu oma - 20 °C, on see parimatel seadmetel üle 2 W/W. Kui sama välistemperatuuri korral soovitakse 65-kraadist vett, võib COP olla ca 1,3 W/W.

Lahendused on olemas ka kortermajade kütmiseks, nt 24 korteriga majale on vaja kolme 34 kW-st seadet. Iga korter peaks siis investeerima kuni 33 000 krooni ja MWh maksaks alla 500 krooni, s.o 2,5 korda vähem kui praegu kaugkütte puhul. Piirama võib hakata vajaliku elektrivõimsuse saamine – selline süsteem vajab kuni 150 A (3 x 400 V) voolu. Majas peab muidugi olema korralikult tasakaalustatud ja puhastatud radiaatorisüsteem.

Soojuspumباد on kõikjal maailmas muutunud väga populaarseks. Mõnes riigis, nt Rootsis ja Prantsusmaal, toetab nende soetajaid riik.

A.M.

**Sisekliimalahendused**

- soojuspumباد (õhk/õhk, õhk/vesi, maa/vesi)
- konditsioneerid
- ventilaatorid

[www.planray.ee](http://www.planray.ee)



Võidu 3, Rakvere, tel 322 3742, 503 1183, riho@planray.ee  
 Sõbra 54, Tartu, tel 731 2444, 517 8973, tartu@planray.ee  
 Jüri 22a, Võru, tel 748 0608, 517 8973, voru@planray.ee

**TTÜ avatud ülikooli täienduskoolitused sügis 2008**



**Ootame taas teadmisi täiendama ehitusvaldkonna insener-tehnilisi töötajaid.**

**27. oktoobril 2008 algavad koolitused:**

- Asulate vee- ja kanalisatsioonitorustike ehitamine (72 akadeemilist tundi)
- Sadamaehitiste projekteerimine (125 akadeemilist tundi)

**Täiendav info ja registreerimine:**  
<http://www.ttu.ee/taienduskoolitus> telefonil 620 2063

1918 TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL <http://www.ttu.ee/taienduskoolitus>  
 Ehitajate tee 5, Tallinn

# VENTILATSIOON ON KINDLASTI VAJALIK

## ANDRUS ARMAN

Asbeko OÜ

VENTILEERIMATA RUUMI koguneb väljahingatud veeaur ja CO<sub>2</sub> (süsinikdioksiid e süsihappegaas). Niisuguses õhus tunneb inimene end ebamugavalt – ta väsib ja muutub loiuks. Ehitiste projekteerimismõõdud nõuavad, et eluruumis peab olema selline õhuvahetus, mis tagab inimese elutegevuseks vajaliku õhu hulga ja selle loomuliku ringluse.

Kõigepealt rääkigem korterelamutele tüüpilisest loomulikust ventilatsioonist, mille korral ruume tuulutatakse selleks ehitatud avade ja kanalite kaudu. Nõukogudeaegsetes majades vahetub õhk ka läbi ehituskonstruktsioonide ebatiheduste. Loomuliku ventilatsiooni korral liigub õhk peamiselt sise- ja välistemperatuuri vahe toimel. Et siseõhk on välisõhust soojem ja kergem, tõuseb ta tuulutussõõre pidi ülespoole ja läheb korstnast välja. Ukse-, akna- ja võimalikest seinapragudest tuleb asemele välisõhk. Selline ventilatsioon ei rahulda alati tervisekaitsenõudeid. Selle

oluline puudus on ruumi siseneva ja sellest väljuva õhuhulga määramatus ja muutlikkus, juhtida seda ei saa. Õhuvahetus sõltub väga palju ilmast (õhurõhust, tuulest), aastajast, hoone asukohast ja kõrgusest ja veel paljust muust. Kui talvel külma ilmaga võib väljatõmbelõõr toimida liigagi hästi, siis kuumal suvepäeval tekib sageli olukord, kus jahe õhk lõõris hakkab allapoole vajuma, tõrjudes halva WC-õhu elu- ja magamistubadesse. Energia säästmiseks on loomuliku ventilatsiooniga majades otstarbekas akna- ja väljatõmme talveks kinni kleepida ning sel moel väljatõmme vähendada. Ruumide tuulutamise võimalus peab siiski säilima.

Kui hoone õhustamise suunda ja mahtu ventilaatorite abil juhtida, on tegemist loomulikust märksa tõhusama **sundventilatsiooniga**. Lahendusi on mitmesuguseid.

## VÄRSKE ÕHU KONVEKTOR

Selline kalorifeeri, klappide ja filtriga süsteem on täiesti müravaba, sest sissepuhkeventilaatorit ei ole. Värske õhk läbib küttekonvektori õhufiltri ning jaguneb lamellõhujaoturi kaudu hääletult ruumi laiali. Seadme osad takistavad õhu liikumist väga vähe, ühtki elektriühendust ei ole. Värske õhu konvektoreid kasutatakse kas ainult mehaanilise väljatõmbe või väljatõmbe-sissepuhkesüsteemides (kui seade on ette nähtud värske õhu lisamiseks). Värskeõhuseade on isereguleeruv ning varustatud aerodünaamilise tormiklapiga, mis vajaduse korral piirab ruumi tungiva värske õhu kogust. Tänu tormiklapile pole ka ohtu, et kalorifeer ei suudaks hoonesse sisenevat välisõhku soojaks kütta. Klapp käivitub umbes 25 Pa

rõhu juures, mis vastab õhu kiirusele 6 m/s. Väljatõmbeventilaator tekitab ruumis 7 Pa suuruse alarõhu ning temperatuuride vahe lisab sellele 3 Pa. Loomulikult sõltub kõik hoone asukohast looduses. Isereguleeruv on ka tagasilöögikapp. Ruumi jõuab vajalik hulk sobiva temperatuuriga õhku, ruumist välja soe õhk aga ei pääse. Seda võiks pida värske õhu konvektori oluliseks eeliseks tavaliste värskeõhuklappidega süsteemiga võrreldes. Küttevee voolu reguleerib kalorifeeri ees olev termostaatventiil, mille andur mõõdab kalorifeerist väljuva õhu temperatuuri.

Aina enam projekteeritakse ventilatsioonisüsteeme nii, et nad toimiksid võimalikult ökonoomselt. Juhtimine võib käia vajaduse kohaselt ruumiõhu niiskuse, süsinikdioksiidisisalduse, sise- või välistemperatuuri või kellaaja järgi. Eriti tasuv on investeering siis, kui kütte- ja värskeõhukonvektoreid ühissüsteem ühendada soojuspumbaga.

## ENERGIASÄÄSTLIK VENTILATSIOON

Jääksoojust kasutava ventilatsiooni abil on võimalik säästa 75 % või isegi rohkem kulutatavast energiast. Selline ventilatsioon on tasuv väga hästi soojustatud majades, kus kütmiseks või jahutamiseks tehtavad kulutused on suured.

Standardse ventilatsioonisüsteemi korral ringleb õhk ventilatsioonivahete kaudu või pannakse liikuma ventilaatorite abil. Kui soojendatud või jahutatud ruumiõhk väljub ventilatsioonivahete kaudu, siis see energia, mis kulub õhu soojendamiseks või jahutamiseks (jääksoojus), läheb kaotsi. Tänapäevased ventilatsioonisüsteemid võimaldavad soojust tagastada – värsket õhku soojendab väljaminev õhk. Soojapidav maja võimaldab soojust ja õhuvahetust väga täpselt reguleerida. Jääksoojust kasutav ventilatsioon viib saastunud õhu ruumist välja ja toob värske õhu sisse nii, et kaks õhujuga omavahel ei segune, soojus või jahetus kantakse üle õhk-õhk soojusvaheti abil. Tüüpiliselt sisenev värske õhk on siis eelsoojendatud või -jahutatud. Halvasti soojustatud majades võib jääksoojus hoonest ebatiheduste kaudu juba enne soojusvahetisse jõudmist välja pääseda.

Soojusvahetiga ventilatsioonisüsteem aitab hoida kokku ruumide õhu soojenda-



LIFAIR  
PARTNERS  
IAQ SOLUTIONS



**KÕIK VAJALIK  
VENTILATSIOONISÜSTEEMIDE  
PUHASTAMISEKS**

OÜ ASBEKO  
Artelli 10b, 10621 Tallinn  
Tel 650 1865, GSM 512  
6754, faks 650 1866  
e-post: andrus@asbeko.ee  
www.asbeko.ee

miseks või jahutamiseks tehtavaid kulusid ning tagab siseruumides puhta õhu. Kuna energiahinnad tõusevad, on soojusvahetiga ventilatsioonisüsteem õige valik. Soojusvaheteid on kolme tüüpi: plaat-, rootor- ja vesi-glükoolsoojusvahetid. Kaht esimest kasutatakse kõige sagedamini, kolmandat suhteliselt suurtes ventilatsioonisüsteemides. Plaatsoojusvaheti sobib niisketele ruumidele, kus seadmes võib tekkida kondensatsioonivett. Soojusvahetiga saavutatud säästu väljendatakse soojusvaheti kasuteguri kaudu, plaatsoojusvahetil on see 55–65, rootorsoojusvahetil 65–75 ja glükoolsoojusvahetil 45–55%. Tavaliselt on soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemi tasuvusaeg 1–2 aastat.

Kuna ventilatsioonisüsteemi jaoks on vaja ruumi ning paigaldamiseks peab igale poole ligi pääsema, on mõistlik sellele mõelda juba hoone projekteerimisel. Pärast siseviimistlemist on väga raske torustikku seinte taha peita või seadet katlaruumi sokutada. Valmis majale on siiski võimalik soojusvahetiga ventilatsioon sisse seada. Kui seade paigutada pööningule, siis on torustikku suhteliselt lihtne laiali vedada.

Ka ventilatsioonisüsteemide puhul saab rääkida disainist ja sobivusest interjööri. Saadaval on seadmeid nii viimistletud disainiga eluruumide kui ka tagasihoidlikumate abiruumide jaoks. Projekteerimisel

tuleb mõelda ka juhtimispuhli asukohale. Arvestada on vaja sedagi, et soojusvahetiga ventilatsiooniseadme jaoks on hoonesse vaja kaht eraldi torustikku – sisse- ja väljapuhketorustikku, mille paigutamiseks peab olema ruumi. Soojustagastusega süsteemi sisseehitamine on suur projekt ja seetõttu on hinnast võrdlemisi keeruline rääkida. Kõik projektid on ainulaadsed ja hind kujuneb vastavalt soovitud lahendusele. Enne tööle asumist on kindlasti soovitatav asjatundja-ga nõu pidada.

## MIS JUHTUB, KUI VENTILATSIOONI EI OLE?

Tootmishoonetest on tarvis kõrvaldada inimesele ohtlikud gaasid, tolm ja kemikaalide lõhn. Ventilatsiooniga hoonetes tekib mädanik ja hallitus, mille tõttu on maju isegi maha lammutatud. Halvim pole aga see. Saab ju ehitada uue maja, kui aga hallituste ja kantserogeenide toimele jääda vähktõppe, uut tervist osta ei saa. Seepärast on tingimata vaja korras ventilatsioonisüsteemi.

## VENTILATSIOONISÜSTEEMI PUHASTAMINE

Kui paljud teatakse sellest valdkonnast? Pä-

devate uuringute tulemusena on välja selgitatud, et vähemalt 50 % ajast kodus viibiv inimene hingab päevas sisse umbes 8 m<sup>3</sup> õhku. Ühes kuupmeetris õhus võib sisaluda miljooneid kübemeid, baktereid ja viirusi. Suurte hoonete ning paneel- ja muude korterelamute ventilatsioonitorustikud on tavaliselt tolmuga täis ning see mõjutab suuresti siseõhu kvaliteeti. Eesti korterelamute ventilatsioonitorustikest on enamasti ehitusaegnegi mustus kõrvaldamata. Saastunud loomuliku ventilatsiooni süsteemis ei saa õhk temperatuuri- ja rõhuvahe toimel liikuda.

Euroopas on hea tava puhastada elamute ventilatsioonisüsteeme kord aastas. Tuleohutusnõuete kohaselt on see kohustuslik, sest torustikku kogunenud tolm ja muude tuleohtlike materjalide toel levib tuli ventilatsioonišahti pidi valgukiirusel kogu hoonesse. Puhastamisel kõrvaldatakse ventilatsioonikanalitest kergesti süttivad ained (tolm, rasvad jm) ning muuhulgas ka hallitused ja nende eosed, mis põhjustavad tihti ebameeldivat lõhna.

Teadlikkus siseõhu kvaliteedi tähtsusest kasvab ning üha enam korteriühistuid otsib võimalusi ventilatsioonišahide puhastamiseks. Seda teenust on soovitatav tellida ainult vastavaid seadmeid omavalt ja koolitatud töötajatega firmalt, nt ettevõtetele OÜ Asbeko või OÜ Lifa Partners. A.M.

## System Jeveni suurköökide kohtäratõmbeseadmed

- Moodne disain
- Väga lihtne kasutada ja hooldada
- Rasvafiltritel väga kõrge rasvaeralduse tase
- Suuremõõdulised seadmed komplekteeritavad moodulitest vastavalt vajadustele

### PAKUME TASUTA SUURKÖÖKIDE KOHTÄRATÕMBESEADMETE PROJEKTILAHENDUSE

(Jeven koostab vastavalt köögiseadmete iseloomule ja köögi plaanile seadmete joonised koos tehniliste andmetega.)



Esindaja Eestis:  
Lindab AS, Saha-Loo tee 4, 74201 Jõelähtme vald,  
tel 6348 200, [www.lindab.com](http://www.lindab.com)

SYSTEM JEVEN  
[www.jeven.fi](http://www.jeven.fi)





## Keskkonnakultuurist kultuurikeskkonnas

# KESKKONDLIKKE KOKKUSAAMISI SUVEKUUDEL

## REIN EINASTO

TTK professor

Meie *elukeskkond* on üha enam *kultuurikeskkond*, milles *looduskeskkond* domineerib järjest harvemini, kuigi päriselt puududa ei saa sealt kunagi. Inimesele kui liigile eriomane *vaimne keskkond* (akad V. Vernadski käsitluses iseseisev geosfäär – *noosfäär*) ja selle moodsaim vorm – plahvatuslikult laienev *virtuaalne keskkond* – on olemuslikult osaliselt ikkagi looduskeskkond. Hierarhiliselt elame üheaegselt nii *globaalses, regionaalses, lokaalses* kui ka oma *elementaarses kodukeskkonnas*, mille piirid on küll suhtelised, samas piisavalt selgepiirilised (Raplamaa on Eestis regionaalne, maailmas lokaalne, kohalikele kindlasti kodukeskkond). Tänapäeva muutuv maailmas on **keskkonnamõju hindamine** saanud mis tahes inimtegevuse tagajärgede looduse projekteerimise kohustuslikuks osaks. Kahjuks ei kehti sama loogika praeguseni **vaimse keskkonna mõju kohta**, eriti süvakultuuri valitsusepoolset finantspoliitikat silmas pidades. Vaimse keskkonna hetkeseisu peegeldavad ka suvekuudel toimunud kultuurisündmused.

**I**  
**KESKKONNAEETIKA**  
**VÖTMEKSTIDE**  
raamatu esitlus Tartu  
Ülikooli botaanikaaias

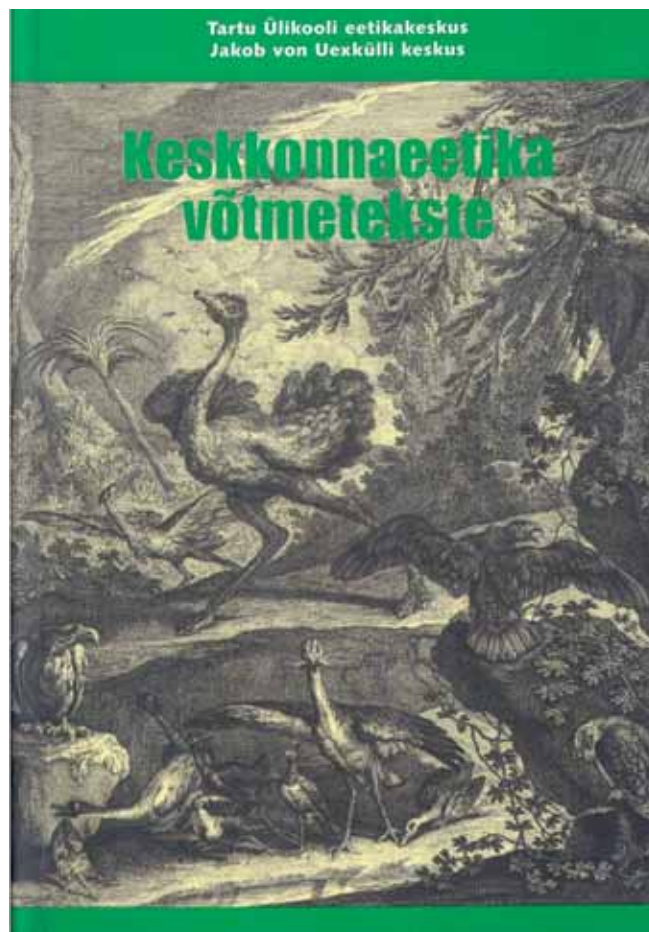
20. juunil tõi e-postiga saadetud kutse Tartu Ülikooli botaanikaaeda kokku meeldivalt mitmekesise eetikahuvilistest kuulajaskonna enam kui kümnest organisatsioonist. Peale korraldajate TÕ eetikakeskusest ning ELUS-i Jakob von Uexkülli keskusest olid kohal Tartu Keskkonnahariduse Keskuse,

TÕ usuteaduskonna, MTÜ Kortslehe, Eestimaa Looduse Fondi, Konguta kooli, Tallinna Tehnikakõrgkooli, liikumise “Loomade nimel”, EÜS-i Veljesto ja AS-i Viru Keemia Grupp esindajad. Külalisettekandega esines filosoofia ja semiootika instituudi teadur dr Paul McLaughlin teemal “Why and how one should teach environmental philosophy?”.

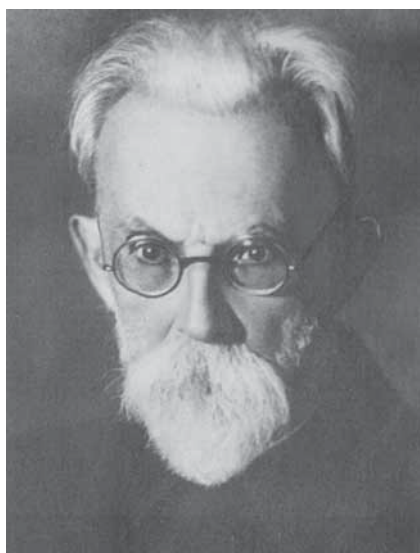
Juba ainuüksi nende asutuste ja organisatsioonide esindajate kokkusaamine ja koordinaatide vahetamine on edasise ühistegevuse oluline eeldus. Tutvustuse käigus arenenud mõttevahetuses, kus iga esindaja oma suundumusi selgitas ja keskkonnaeetika ning keskkonnahariduse kasvavat vajadust rõhutas, esitati olulisi ettepanekuid, eeskätt tulevaste

kirjastamiskavade ja ühistegevuse edasiste sammude kohta.

Eetikaraamatute sarja avas Louis P. Pojmani “Eetika. Õiget ja väärastavas” (Tallinn 2005, TÕ eetikakeskus, 423 lk). Teise raamatu “Keskkonnaeetika võtmetekste” (Tartu, 2008, TÕ eetikakeskus, Jakob von Uexkülli keskus, 94 lk) saatesõnas toonitavad koostajad-toimetajad Aire Vaher, Riste Keskaik ja Külli Keedus, et vajame oma keskkonnaprobleemidega toimetulekuks põhimõtteliselt uut tüüpi eetikat. Vajame süvaökoloogiat, vältimaks “üleolevat suhtumist loodusse”. Vastukaaluks üldlevinud antropotsentrismile vajame *ökotsentrilisi* vaatekohti, mille kohaselt “loodusel või selle osal on inimesest sõltumatu, sisemine väärtus”. Keskkonnakultuuri valdkonda kuulub kindlasti ka “põlisrahvaste õigus traditsioonilisele eluviisile ja maakasutusele, loodusvarade säästlik kasutamine ning sotsiaalne õiglus”. Mahult hõlpsalt hõlmatavas raamatus on toodud nelja klassikuks saanud keskkonnakäsitleja (A. Leopold, L. White, R. Sylvan ja P. Singe) üldistava artikli tõlked, kokku 70 leheküljel. Raamatu oluline lisaväärtus on kirjanduse loetelu: Keskkonnaeetikat käsitleva emakeelse kirjanduse valikul on tuginetud eelkõige ajakirjale “Akadeemia”, mõnevõrra ka “Eesti Loodusele”, “Vikerkaarele” ja “Loomingule”. Valik võinuks olla suurem ja kindlasti mitte ainult eestikeelne. Geoloogid on eesti lugejale seni võlgu Vladimir Vernadski (1926, 1978, 1988) biosfääri, elusa aine geoloogilist tähendust ja noosfääri käsitleva novaa-



Raamat “Keskkonnaeetika võtmetekste”



**Vladimir Vernadski teosed väärivad tõlkimist eesti keelde**

loomingu tõlked eesti keelde.

Samasuguse üldkultuurilise keskonnaharidusliku tähendusega on akad **Boris Sokolovi** (2004, 2006) meisterlikud käsitlused biosfäärist (*biosfääroloogiast*), teaduse ja kultuuri mõjust Maa geoloogilisele arengule nüüd ja edaspidi, samuti artiklid V. Vernadski teaduslase loomingu alustrajavast tähendusest tänapäeva keskkonnatunnetusele Loodusest ja Inimesest.

Mitmed keskkonnaeetikat käsitlevad baasteosed, nagu **A. Schweitzeri** "Kultuur ja eetika" ning "Aukartus elu ees", **C. Pontingi** "Maailma roheline ajalugu", **F. Radermacheri** "Tasakaal või häving: ökosotsiaalne turumajandus..." vajaksid suuremas kirjas kordustrukki, tingimata ühesuguses formaadis ja kujunduses. Loodushariduse üks kandvamaid külgi on kahtlemata keskkonnaeetika ja loodusressursside heaperemeheliku kasutamise seotu üleilmse ulatuses, mis lausa nõuab tõsisemat tähelepanu keskkonnakoolitusele.

## II GEOLOOGIDE SUVEPÄEVAD VEHENDIS VÖRTSJÄRVE ÄÄRES

Käesoleva aasta juulikuu esimesel nädalavahetusel (4.–6.07.08) kogunesid geoloogid Eesti Geoloogia Seltsi kutsel Eestimaa suurima sisemaise veekogu, Vörtsjärve idakaldal asuvasse Vehendi motelli, et põlvkondade ja erialade vahelisi sidemeid elavdada ja meeldivas keskkonnas kollektiivselt argielust eemale astuda. Seltskonda ühendav eesmärk saavutatigi sujuvalt tänu seltsi juures tegutsevatele aktiivsetele geoloogidele ja nende aastatepikkusele

organiseerimiskogemusele. Huvitavate ürituste korraldamises osales üle kahekümne geoloogi ja ettevõtmistes osalenud mitmete elualade esindaja. Suvepäevade korraldamise hing, eestvedaja ja taganttõukaja on aastaid olnud Eesti Geoloogiakeskuse (EGK) vanemgeoloog **Anne Põldvere**.

Suvepäevad avas seltsi uueks esimeheks valitud rahvamees, parimais aastais **Meeme Veisson**, kes rõhutas heade inimsuhete ja põlvkondadevahelise koostöö tähtsust. Avara katusealuse seintele olid välja pandud kõrge tasemega fotonäitused. Tallinna Tehnikaülikooli geoloogia instituudi (TTÜGI) paleontoloog **Jaak Nõlvaku** suuremõõtmelised fotod (25) tutvustasid Hiina loodusobjekte, mida külastati 2007. aastal Nanjingi rahvusvahelise ordoviitsiumi ja siluri sümposiumi ekskursioonide ajal. Teise, Afganistani loodust ja inimesi tutvustava fotonäituse autor on Tartu Ülikoolis geoloogiat ja ajakirjandust õppinud **Õnne Päril**. Traditsioonilisel filmiöööl vaadati GeoGuide Baltoscandia filmiloomingut, mis tänu geoloogiamagister **Heikki Bauertile** populariseerib juba aastaid Eesti geoloogiat ja loodusobjekte rahvusvahelisel tasemel. Kokkutulnute elava huvi pälvisid ka geoloog **Olavi Tammemäe** Hiina ja Indoneesia põnevad ja erakordse osavusega monteeritud reisifilmid. Hilisõine fotomontaaž Hiinast tõestas veenvalt, et TTÜGI vanemteaduril **Helje Pärnastel** on suurepärase oskus portreerida inimesi ja jäädvustada ainulaadseid hetki.

Õhtul sõideti kalepurjekaga Vörtsjärvel, järgmisel päeval juhatsid ekskursioone Eesti Maaülikooli Limnoloogiakeskuse teadurid **Arvo** ja **Lea Tuvikene** ning Vörtsjärve järvemuseumi õppekeskuse juhataja **Anu Metsar**. Loengud Vörtsjärve arengust ja elustikust ning ekskursioonid olid sisukad ning tunnistasid ettekandjate lugupidavat suhtumist oma töösse. Kütkestavalt kõneldi kalapüügist ja järve kalavarudest, samuti järjepidevast teadustööst, mis oluliselt aitab tasandada inimese ja kliimamuutuste mõju looduskeskkonnale. Paljusid üllatas suure Vörtsjärve (pindala 270 km<sup>2</sup>) väga madal keskmine sügavus (alla 3 m), vesikonna suurus (3374 km<sup>2</sup>) ning veeseisude kõikumise maksimaalne amplituud (kuni 3,1 m, kõrgeim 1923. aasta novembris, 35,3 m ü.m.p, madalaim 1996. aasta septembris, 32,2 m ü.m.p.). Järvemuseumi ajakohase ekspositsiooniga haakusid

sobivalt TTÜGI maailmamainegea fossiilsete kalade uurija **Elga Mark-Kuriku** ettekanne ja Devoni kalade mudelite näitus.

Eesti turba uurimise esidaami, EGK vanemgeoloogi **Malle Orru** algatusel toimusid järve rannas mudaravist mitu korda menukamad **turbaravi** protseduurid, mis kaotasid vanematel kolleegidel luuvalu nagu võluvael. Pärast emotsionaalseid rannaprotseduure esitas **Mall Orru** ettekande turba kasutamise võimalustest, kus ta tutvustas **Hans Orru**, **Varje-Riin Tuuliku** ja **Monika Übneriga** koostöös sündinud aastatepikkuste uuringute tulemusi.

Suvepäevade üks tippsündmusi oli Saaremaa projektijuhi **Tuuli Pärteli** ja Tartu Kõrgema Kunstikooli skulptori **Marika Kadaku** ettekanne **geoparkidest ja maastikukujundusest**. Geopark erineb rahvuspargist ja maastikukaitsealast peamiste vaatamisväärsuste ja kaitseobjektide geoloogilise sisu poolest. Peale Saaremaa ja Pandivere paariigi peaksid geopargid hõlmama ka põlevkivi kaevandusalasid koos Saka-Toila pankrannikuga, Osmussaare ja Pakri saari koos Pakri neeme ja Neogrundi kraatri-madalaga ning Otepää ja Haanja kõrgustiku südameid, samuti Ahja ja Piusa ürgorge liivakivist kaljudega. Kerkisid ka mitmed keskkonnaeetika pakilised päevamured seoses karjäärimajandusega kaitsealade naabruses. Neis eetikaküsimustes valitseb geoloogide keskel tähelepanuväärne üksmeel.

Naeru ja nalja pakkus oksjon, kus müüdi suvepäevaliste toodud asju. Oksjonipidaja **Meeme Veissoni** leidlikkusel ei olnud seejuures piire. Edukas oksjon teenis tulu lühijutuvõistluse auhinnafondi. Nüüd võis pidulikult lõpetada ka aasta alguses välja kuulutatud lühijutuvõistluse "**Eesti geoloogide lood**". Anonüümse võistluse võitjad kuulutas välja žürii esimees **Enn Pirrus**. Esimese koha võitnud jutu "Nii viisi. Mõõdunud aegade mälestuseks" autoriks osutus **Rein Raudsep** Keskkonnaministeeriumist. Teise ja kolmanda koha võitjad **Mati Niin** ("Kuidas ma Harku karjääris lõhesid püüdsin") ja **Olga Heinloo** ("Kuidas mul Kamtsatkal käimata jäi") töötavad EGK-s.

Eduka mälumängurina tuntud **Mati Niin** korraldas suvepäevalistele elevust tekitanud mälumängu. Nipiga küsimused eeldasid teadmisi, laia silmaringi ja loogilist mõtlemist. Edukaimaks osutus EGK kaardistajate võistkond. Silmarõõmu pakkusid suvepäeval



**Suvepäevadel Vehendis. Esiplaanil vasakult: Olga Heinloo, Malle Orru, Enn Pirrus, Endel ja Kaisa Mens.**

Foto: Helje Pärnaste

ehtekunstnikud *Ülle Voosalu* ja *Mari Pärtelpoeg*. Tallinnas, Adamson-Ericu muuseumis 2007. aasta lõpus kaunist ja meelde jäävat näitust “Maakivi Eesti ehtekunstis” näinud geoloogid tundsid kunstnike loomingu vastu nii suurt huvi, et palusid neil tulla suvepäevadele oma töid tutvustama.

Suvepäevade viimasel päeval külastati ühiselt Tamme paljandi 2 km pikkust matkarada. Devoni liivakivi paljandite juures jagasid selgitusi *Elga Mark-Kurik*, *Anne Kleesment* TTÜGI-st ja *Volli Kalm* Tartu Ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituudist. Suvepäevaliste tähelepanu suunamiseks ja teadmiste värskendamiseks koostatud Tamme paljandi matkaraamatutest võis lugeda ka Enn Pirruse (TTÜ mäeintituut) ülevaadet Tartumaa rändrahnudest.

Suvepäevade suurimaid väärtusi on argipäevastandarditest vaba suhtlemine kolleegide vahel, sõprussidemete uuening ja uute ideede esiletõus, ka kahtlused, kus vaja. Selline haakuv vaimne keskkond on loomeinimeste jaoks nagu värskelt küntud ja seemendatud põld, mille viljakus sõltub oluliselt juba edaspidisest hoolivast harimisest.

Siin on sobiv koht öelda kiidusõnu Eesti Entsüklopeediakirjastuse 2003. aastal ilmunud väljaandele “VÖRTS-JÄRV. Loodus. Aeg. Inimene” (teadustoimetajad *Juta Haberman*, *Ervin Pihu* ja *Anto Raukas*), mis on selle sarja väljaandeist kindlasti parim: soliidne ja terviklik, üheaegselt ülevaatlik ja detailirohke, värvikas, jooniste- ja fotorikas, väga heas kujunduses. Kõik see kutsub köidet üha uuesti riulilt võtma ja lehitsema või lugema. Just selline peab üks

käsiraamat olema.

### III EESTI LOODUSKAITSE SELTSI KOKKUTULEK PÖLTSAMAAL

Juuli viimasel nädalavahetusel (26.–27.07) toimus ELKS-i traditsiooniline üleriigiline kokkutulek, tänavu Pöltsamaal seoses *Ants Paju* algatatud *Sõpruse pargi rajamise 35. aastapäevaga*. Selleks puhuks on välja antud pargi rajaja koostatud soliidne voldik motoga TEGU ON MÖTTE MÖÖT.

Pöltsamaa muuseumi juhataja *Rutt Tänav* on kokku põiminud 40-leheküljelise värvipildidega väljaande – *kultuurijuh* ajaloosündmuste kronoloogiaga, väljapaistvate isikute ja vaatamisväärsuste paikade iseloomustustega. Kokkutuleku kandev teema oli tänavu “Üldsuse võimalused loodus- ja kultuuripärandi kaitsmiseks KARSTIALAL intensiivse majandustegevuse tingimustes”.

Kohale sõideti küll busside (nende seas ka Looduse Omnibuss) ja autodega. Kokku võis osavõtjaid olla poole tuhande ringis, nende seas olid endiselt ülekaalus igaaastased tulijad-olijad. Koguneti lossihoovi, pidulik algus kirikus õpetaja *Markus Haameri* avasõnade ja *Rutt Tänav* ettekandega “KULTUURILOOLINE PÖLTSAMAA” kinnitas järjekordselt ELKS-i üldist, *Jaan Eilarti* juurutatud *vaimsus kodumaa omanäolise looduse ja rahvusliku pärandikultuuri kui ühtse kultuurikeskkonna hoidmise ning kaitsmise tagamisel*. Rõhutamist väärrib kokkutuleku looduslähedus: kõik ettekanded ja arutelud toimusid Sõpruse pargis lageda taeva all, mida päikseline ilm ka

igati soosis. Pöltsamaa kandis on meeldiv tõdeda, kuidas tippjuhid – linnapea *Jaan Aiaots*, vallavanem *Toivo Tõnson*, keskkonnateenistuse juhataja *Rainis Uiga* jt – veavad üksmeeles abivalmilt ühes rohelises suunas. Ka keskkonna puhtus on kõikide mure.

Sissejuhatava ettekande teemal “KARSTIALA KUI LOODUSVÄÄRTUS, SELLE OMAPÄRA JA KAITSE ERIJÕONED” tegi päevana *Rein Einasto*, kellele pärastlõunal poleemika vormis oponeerisid akad *Anto Raukas*, vallavanem *Toivo Tõnson* ja ettevõtjad *Anti Orav* ning *Toivo Gens*. Nõiakaevu kaitseala juhataja *Ants Talioja* küsimustele Nabala karstiala tulevikust seoses kavandatavate karjääriridega tuli selge vastus: “Kõik õige pole õigeaegne! Enne tuleb kaevandada riiklik ressurss linnaehituse alla jäävatelt aladelt ja põhjaveepesetelt leiukohtadest.” Karstialade eripära nõuab majandamisel looduse omanäolisuse arvestamist ja selliste majandusharude arendamist, mis ei häiri piirkonna, eriti põhjavee looduslikku tasakaalu (nt lambakasvatust).

Päeva suursündmuseks sai *mälestussamba avamine* pargis ELKS-i asutajaliikmele ja kauaaegsele esimehele *Jaan Eilartile* skulptor *Endel Taniloo* teostuses. Rahvariietes neidude etteaste lisas hetke pidulikkust, seda süvendasid ELKS-i kauaaegse esimehe president *Arnold Rüütli* meenutused ja *Ants Paju* poeetilised mõttetihedad sõnad. Ringkäigul pargis peatuti arvukate mälestuspuude tähiskivide juures. Neid on pargis juba viiekümne ringis.

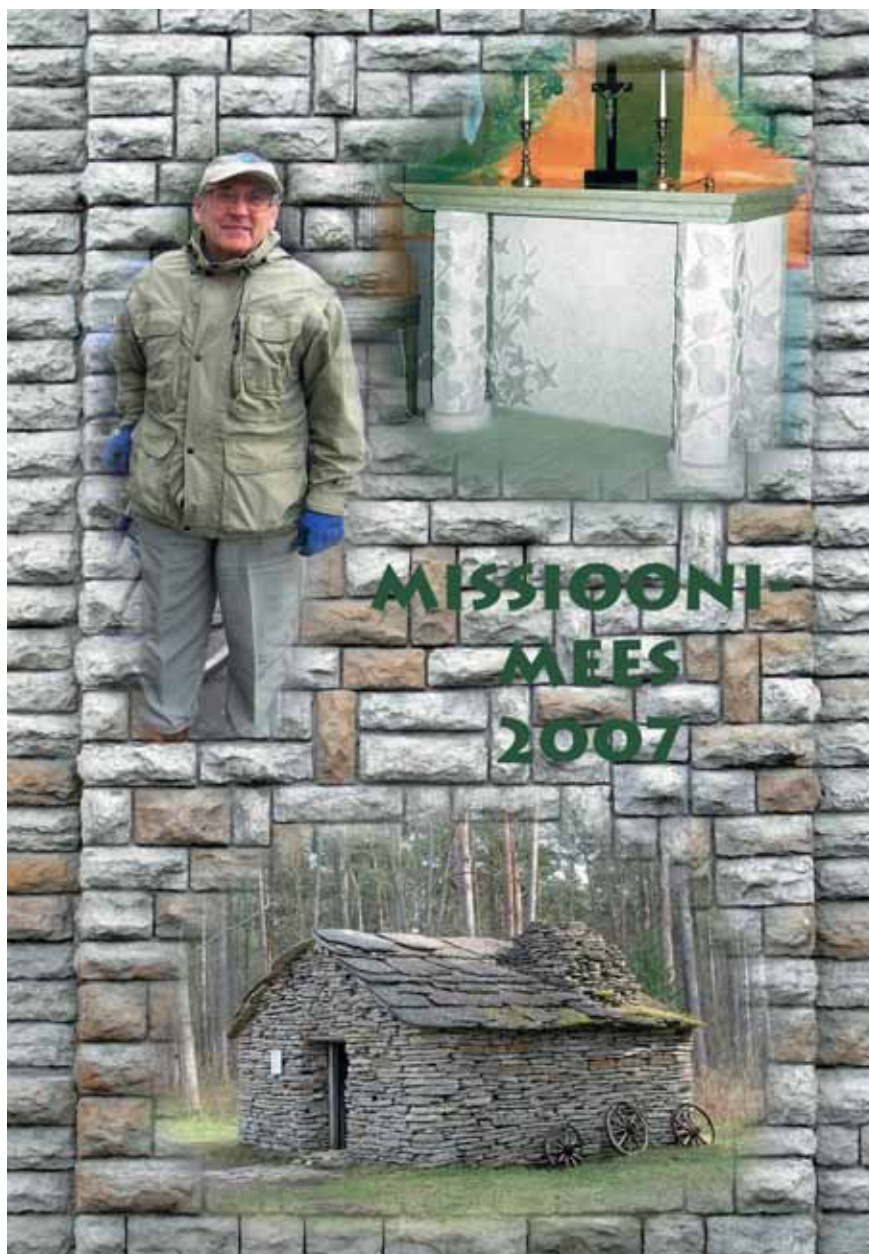
Teisel päeval sõideti EKSKURSIOONILE *Otisaare paekarjääri*, kus paljanduvad Raikküla lademe keskosa osalt dolomiidistunud paekihid kuni 15 m paksuses ning avaneb tänapäevase tootmise mastaapsus. Edasi sõideti *Tõrenurme karstialale* üksiku langatusaugu juurde, siis *K.A. Hermann* *sünnikoju*, kus kõlas vanameistri viisistatud ühislaul, selgitusi jagas *Rutt Tänav*. Pärast seda tutvuti *Kamari kunstliku paisjärvega* Pöltsamaa jõel, kuhu lähitulevikus rajatakse suur puhkeparki; selgitusi jagas *Toivo Tõnson*. Seejärel peatuti *Eesti Aleksandrikooli* ees, kõneles direktress *Viive Kibena*. Viimasena külastati *Von Bockide matmispaika*, kus jagasid selgitusi *Loniida Bergmann* ja üks Bockide järeltulija. Kujunenud erilises vaimses keskkonnas ei raatsitud laiali minna. Pealegi kostitas külarahvas kõiki lahkelt tee ja

suupistetega.

Kokkutuleku ettevõtmiste ja sündmuste harmoonilise kulgemise tagas tasakaaluka tagasihoidlikkusega toimetav ELKS-i kauaaegne esimees **Juhan Telgmaa**, kellel oli igale kaasatagijale seltsi meeldiv meene üle anda. Vähestel on ammendavat selgust selle korraldava-koordineeriva töö tegelikust suuruselt ja nähtud vaeva mahust, milleta seda laadi üritus ei sünniks ega elaks. Tuhat tänu Sulle, Juhan!

#### Kirjandus:

1. Pojman L. P. 2005. Eetika. Õiget ja väärast avastamas, Tallinn, TÜ eetika-keskus, 423 lk
2. Ponting, C. 2002. Maailma roheline ajalugu: keskkond ja suurte tsivilisatsioonide kokku-varisemine, Tallinn
3. Radermacher, F. J. 2005. Tasakaal või häving: ökosotsiaalne turumajandus kui jätkusuutliku arengu võti, Tallinn
4. Schweitzer, A. 1984. Kultuur ja eetika, Tallinn, 296 lk
5. Vaher, A., Keskspaik, R., Keedus, K. 2008. Keskkonnaeetika võtmetekste, Tartu, TÜ eetikakeskus, Jakob von Uexkülli keskus, 94 lk
6. VÕRTSJÄRV. Loodus. Aeg. Inimene. 2003 (toim. J. Haberman, E. Pihu, A. Raukas), Eesti Entsüklopeediakirjastus, 540 lk
7. Вернатский, В.И. 1926. Биосфера. Л. 146 с.
8. Вернатский, В.И. 1978. Живое вещество. М. Наука, 358 с.
9. Вернатский, В.И. 1988. Философские мысли натуралиста. М. Наука, 520 с.
10. Соколов, Б.С. 2004. О соотношении понятий биосферология и геобиология. Б.С. Соколов. Среди наук о Земле и жизни. Н. СО РАН Филиал „Geo“ с 447-449.



**Eesti Mittetulundusühingute ja Sihtasutuste Liit valis 2007. aastal professor Rein Einasto aasta missiooniinimeseks. Keskkonnatehnika tänab professor Rein Einastot sisuka kaastöö eest ja õnnitleb juulikuus toimunud sünnipäeva puhul.**

Fotomontaaž: Helle Perens

11. Соколов, Б.С. 2006. Вернатский науке и ученых“, и XX век. Б.С. Соколов. Очерки о М. Наука, с.130-137



Keskkonnamõju hindamine ja strateegiline hindamine  
Müralevi modelleerimine (SoundPlan)  
Õhusaaste hajumisarvutused  
Keskkonnalubade taotluste koostamine  
Keskkonnajuhtimissüsteemi juurutamise nõustamine  
Vee- ja reoveealased konsultatsioonid ja ekspertiisid  
Ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arengukavad  
Reoveepuhastite projekteerimine



Alkranel OÜ  
www.alkranel.ee  
info@alkranel.ee  
Riia 15b, 51 010, Tartu  
Telefonid: 7 366 676, 50 39 010



Foto: HMC / Katrin Neuhauser

## H<sub>2</sub>Expo 2008

22.–23. oktoober, Hamburg



Vesinikitehnoloogiatele ja kütuseelementidele pühendatud rahvusvaheline mess ja konverents, kus käsitletakse vesiniku tootmist maagaasist, naftast, biomassist ja jäätmetest elektrolüüsi teel; vesiniku hoidmist (vesinikhüdriid, vedelvesinik, kompressortehnika, vesinikuhooldlad, isoleerimine,

sensoritehnika, tankimissüsteemid, mõõte- ja reguleerimistehnika); energiaallikatehnoloogiaid (valmistamine, materjalid, koostisosad, kontrollimeetodid); energiaallikate kasutamist (väikesed elektri- ja soojusjõujaamad, mootorsõidukid, laevad, kosmoselaevad, elektririistad, meelelahutus- ja telekommunikatsioonitehnika); alternatiivseid energiaallikaid; vesiniku vedamist jm.

Ettekandjaid on 50 üheteistkümnest riigist. Sel aastal on pööratud tähelepanu innovaatilistele energiaallikatehnoloogiatele, vesiniku tootmisel taastuvatest energiaallikatest (päikeseenergia ja biomass), hoidmisel ning kasutamisel energiaallikana laevades, lennukites ja mootorsõidukites. Teisel päeval toimub EL-i projektile *Zemships – Zero Emission Ships* pühendatud üritus. Lisateavet messi ja konverentsi kohta on Internetis *H2Expo* koduleheküljel [www.h2expo.de](http://www.h2expo.de).

A.M.

## ÖKOTECH

14.–17. oktoober, Budapest

Ungari suurimat keskkonnakaitse- ja kommunaaltehnikamessi peetakse sel aastal kaheksandat korda. Peateemad on jäätmekäitlus ja veetöötus. Väljapanekuid on ka õhu puhtuse, müra, taastuvenergeetika ja keskkonnakahju vältimise teemal. Eelmisel aastal osales messil 227 eksponenti, neist 40 % olid välismaalt, külalastajaid oli 6000. Internetis: [http://www.okotech.hungexpo.hu/exinfo\\_reply&nyelv=en](http://www.okotech.hungexpo.hu/exinfo_reply&nyelv=en)

A.M.

## Esimene virtuaalne kliimakongress

### *Klima 2008/Climate 2008*

Kongressi korraldab 3.–7. novembril koos ÜRO Keskkonnaprogrammi (UNEP), Kliimamuutuste Riikidevahelise Paneeeli (IPCC) ja USA Keskkonnakaitse Agentuuriga (EPA) Hamburgi Tehnikaülikooli eluteaduste teaduskond (*Faculty of Life Sciences of the University of Applied Sciences Hamburg*). UNESCO on kuulutanud kliimakongressi UNECE säästvat arengut toetava haridusdekaadi (2005–2014) projektiks.

Kongressi *Klima 2008/Climate 2008* peetakse Internetis, töökeeled on inglise ja saksa. Peetakse teadusettekandeid ja tutvustatakse kliimaprojekte ning foorumites korraldatakse kliimasse puutuvaid arutelusid. Kliimakonverents on mõeldud kõigile huvilistele – teadlastele, poliitikutele, ärimeestele, valitsusvälistele organisatsioonidele ja üliõpilastele. Eesmärk on jagada kliimaalaseid teadmisi ja edendada teadusasutuste koostööd. Korraldajad arvavad, et konverentsist võtab osa vähemalt miljon inimest. Osalemine on tasuta. Internetis: <http://www.klima2008.net>

A.M.

## Agra Informa

### 4. elektroonikaromukonverents

1.–2. oktoober, hotell Renaissance, Brüssel

Euroopa komisjoni ja elektroonikatööstuse esindajate arutelu elektroonikaromudirektiivi (WEEE) kavandatud muudatuste üle. WEEE-direktiiv on põhjustanud peavalu nii elektroonikatööstusele kui ka liikmesriikidele. Analüüsitakse direktiivi tõhusust ja probleeme, mis on liikmesriikidel tekkinud selle rakendamisel ning ökodisaini osatähtsust jäätmetekke vähendamisel. Internetis: [www.agra-net.com/weee](http://www.agra-net.com/weee)

A.M.

## Chillventa Nürnberg 2008

15.–17. oktoober



Külmutustehnikale, kliimaseadmetele, ventilatsioonile ja soojuspumpadele pühendatud rahvusvahelise messi peateema on

energiatõhusus. Peasponsor on Saksa Soojuspumbaliit (*Bundesverband Wärmepumpe, BWP*). Päev enne messi, 14. oktoobril, toimub soojuspumbasümposium (*The Heat Pump Symposium*), mille korraldab Saksa Külma- ja Kliimatehnikahing (*Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein*). Ekspositsioonipinda on umbes 30 000 m<sup>2</sup>, eksponente üle 800, külalisi arvatakse tulevat ligi 25 000. Internetis: <http://www.chillventa.de/english>

A.M.



Foto: Rimini Fiera

## ECOMONDO 2008

5.–8. november, Rimini



Itaalia suurimat keskkonnamessi peetakse sel aastal kaheteistkümnendat korda. Peateemad on materjalide taaskasutus, jäätmete energiakasutus ja säästev areng. Esimest korda korraldatakse erinäitused *Reclaim Expo* (pühendatud tööstusala-

dele ja linnade rikutud keskkonna endise seisundi taastamisele), *Ecoaqua* (käsitletakse veejaotusvõrke ja vee säästmist) ja *Eco-Metal* (must- ja värviliste metallide kogumisele, ümbertöötamisele, ringlussevõtule ja vanametallikaubandusele pühendatud messiala). Erinäitus *INERTEH* käsitleb inertsete ehitusjäätmetega seonduvat. Säästvate linnaplaneerimisele ja ehitusele on pühendatud erinäitus *Sustainable Cities*, kus saab tutvuda mitme suurprojekti, sh Abu Dhabi lähedale planeeritava Masdari linna projektiga. Messiala *Sustainable Cities* jaguneb kahe näitusehalli vahel, ühes tutvustatakse arhitektuurseid lahendusi ja linnaplaneerimist ning teises tehnosüsteeme ja taastuvenergia kasutamist.

Sel aastalt toimub *Ecomondoga* samal ajal üle kolme aasta korraldatav romusõidukimes *SALVE* ja teist korda taastuvenergiames *KEY ENERGY*, kus põhirõhk on päikeseenergial. Projekti *EnergyAE* raames tutvustatakse põllumeestele taastuvenergia kasutamise võimalusi farmides (energia saamist biomassist, biogaasi tootmist, päikesepaneelide kasutamist). Esimest korda ehitatakse messialale säästliku farmi läbilõige. Messil *KEY ENERGY* käsitletakse ka elektri- ja soojuse koostootmist, energiatõhusaid hooneid ja säästlikke liiklusvahendeid.

Elmisel aastal osales *Ecomondol* 960 firmat, messipinda oli 70 000 m<sup>2</sup> ning külastajaid oli 58 000 ringis. Internetis: [www.ecomondo.com](http://www.ecomondo.com) ja [www.keyenergy.eu](http://www.keyenergy.eu) A.M.

## Agra Informa 2. biogaasikongress

27.–29. oktoober, hotell *Crowne Plaza Europa*, Brüssel

Juunis hääletas Euroopa Parlament selle poolt, et aastal 2020 peab taas- või korduskasutama vähemalt pooli peamistest EL-is tekkivatest olmejäätmeliikidest. Seaduse jõustumiseks on vaja, et liikmesriigid uue kokkuleppe heaks kiidaksid. Euroopas võetakse praegu jäätmete üle 1,8 miljardi tonni-

### MESSIREISID

**Eco Expo Asia**  
Hongkong, 28.-31. 10.  
Keskkonnakaitse ja  
jäätmekäitluse mess



**Construtec**  
Madrid, 07.-11. 10.  
Ehitusmess



**Chillventa Nürnberg**  
Nürnberg, 15.-17. 10.  
Kliima- ja külmaseadmete,  
soojuspumpade mess

**CHILLVENTA**  
Nürnberg 2008

**Bauma China**  
Shanghai, 25.-28. 11.  
Ehitus- ja kaevandamis-  
tehnikate mess

**bauma**  
China 2008

**KAROL**  
REISIBÜROO

Tel 614 3086, 085, 087, Faks 614 3088,  
info@karol.ee; [www.karol.ee](http://www.karol.ee),  
Narva mnt 13, 10151 Tallinn

sest aastahulgast (3,5 tonni inimese kohta) ringlusse vähem kui kolmandik. Ungaris töötatakse ümber 2 % ning mõnes Londoni piirkonnas 13 % olmejäätmetest, Taanis ja Hollandis seevastu olmejäätmeid prügilatesse enam ei ladestata. Kiiresti kerkivad kütusehinnad on mitmes riigis soodustanud biogaasi tootmist. Saksamaal töötab praegu 4500 biogaasijaama, Austrias 1500, Suurbritannias vaid seitse. Biogaasikonverentsil arutletakse biogaasi tootmise ja kasutamise võimaluste üle ning tutvustatakse uusi tootmistehnoloogiasid. Internetis: [www.agra-net.com/biogas](http://www.agra-net.com/biogas) A.M.

## Environment and Energy 2008

27.–29. november, Riia

Neljas rahvusvaheline keskkonna- ja energiames toimub Kipsala messikeskuses. Käsitletavad teemad: taastuvad energiaallikad ja nende kasutustehnoloogiad, energia tootmine, soojuse ja elektri koostootmine, küttesüsteemid ja -seadmed, ventilatsioonisüsteemid ja kliimaseadmed, veetöötus, torud, pumbad, jäätmekäitlus, jäätmete ringlussevõtt, geodeesia, geoloogilised uuringud, keskkonnakaitse, seiresüsteemid, ökoloogiline ehitus, analüüsi- ja mõõtetehnika. Messi korraldab firma BT1 koostöös Läti keskkonnaministeeriumi ja majandusministeeriumiga. Internetis: <http://www.bt1.lv/bt1/ee/> A.M.



Foto: BT1

## Global Energy Basel

12.–14. november, Basel



Sel aastal esimest korda ja edaspidi igal aastal Šveitsis, Baseli Kongressikeskuses *MCH Messe Schweiz AG* toimuv energiameess, mille külastamist plaanivad energiaala mõjukad asjatundjad – nii teadlased, riigitegelased kui ka säästvaid energialahendusi pakkuvate juhtivate firmade (nt Siemens, BP) esindajad, et koos arutada uute tehnoloogiliste lahenduste kasutusvõimaluste üle ja sõlmida avaliku ja erasektori vahelisi partnersuhteid. Koostööpartnerid on Šveitsi valitsus, Baseli linnavalitsus, Maailma Majandusfoorum (*World Economic Forum*), ICLEI (*Local Governments for Sustainability* – kohalikud omavalitsused säästva arengu nimel) ja ÜRO globaalse kokkuleppe liikumise ja kliimagrupp (*UN Global Compact and the Climate Group*).

Üks põhiteemadest on säästlik linnaplaneerimine (nn ökolinnad), tutvuda saab mitme ökolinna projektiga. Peale säästlike energialahenduste ja vee kokkuhoiu pööratakse tähelepanu liiklusele ja liiklusvahenditele ning käsitletakse projektide rahastamist.

Messil peetakse esinduslik konverents, millest messikorraldaja *MCH Messe Schweiz AG* ootab osalema tuhandet tippspetsialisti kogu maailmast. Ettekannetega on lubanud esineda mitu prominenti, nende seas staararhitekt Jacques Herzog, Nobeli rahupreemia saanud Rajendra Pachauri ja Briti ajakirja *The Economist* meediaekspert Vijay Vaitheeswaran.

Lisateavet messi kohta ja konverentsi programmi saab Internetist: [www.globalenergybasel.com](http://www.globalenergybasel.com)

A.M.

## Keskkonnatehnika mess 08 pakub õigeid asju

Helsingi messikeskuses toimub 10.–12. septembrini keskkonnamess, kus üle 150 firma tutvustab oma uudistooteid ja peetakse ka seminare. Messi peateema on kliimamuutus. Eksponeeritakse vee-, energia- ja jäätmemajandusega seotud tooteid ja teenuseid. Messile oodatakse ettevõtete ja omavalitsuste juhte ning oma ala asjatundjaid.

**Seminarid:** Kolmapäeval, 10. septembril, algab kolmapäevane *workshop Cleantech Finland*, kus räägitakse Soome keskkonnatehnoloogiaalase oskusteabe kasutamisest, koostööst muude riikidega ja reageerimisest üleilmsetele keskkonnajätkumisele. Seminar on rahvusvaheline ja ingliskeelne.

Muudel avapäeval seminaridel kõneldakse Euroopa Liidu kemikaalipoliitikat *REACH* (korraldajad Sotsiaalhoolduse ja Tervishoiu Tootejärelvalveteenistus (*Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus*) ja Soome Keskkonnainstituut (*Suomen ympäristökeskus*)), infotehnikast ja kliimamuutustest (Keskkonnajuhtimisliit – *Ympäristöjohtamisen yhdistys*), päikeseenergia kasutamisest ehitistes (Päikesetehnikaliit – *Aurinkoteknillinen yhdistys ry*) ja biogaasist Soomes praegu ja tulevikus (Soome Biogaasiliit – *Suomen Biokaasuyhdistys*). Veeseminare on messil kaks: kahepäevane seminar kliendi-

suhetest veesektoris (korraldab *Tekes*) ja Soome Veeühingu (*Suomen Vesiyhdistys*) veeseminar. Need seminarid on soomekeelsed.

Neljapäeval, 11 septembril peab Soome keskkonnaasjatundjate keskliit (*Ympäristöasiantuntijoiden keskusliitto*) messil keskkonnaasjatundjate päeva. Seminaridel räägitakse hajaasustuspiirkondade reovee käitlemisest (Soome Keskkonnainstituut – *Suomen Ympäristökeskus*), puhtast joogiveest (Soome Keemiaselts – *Suomen Kemian Seura*), valdade energijärelevalve ajakohastamisest (*Sitra*), biokütustest (*VTT*), mootorsõidukiheitmetest (Välisõhu Kaitse Liit – *Ilmansuojeluyhdistys ry*). *Rakennuslehti* (Ehitusleht) korraldab energiatalgud.

Reedel, 12 septembril toimuvad kliimamuutusi ja ehitiste energiatõhusust käsitlevad ingliskeelsed seminarid (korraldajad Meteoroloogiatallitus – *Ilmatieteen laitos*) ja *Greenet Finland*.

Messiga samal ajal toimuvad Kuntatalos (Soome Omavalitsusliidu peamajas) *Kuntamarkkinat*. Messikeskusest saab Kuntatalosse eribussiga. Nii bussisõit kui ka sissepääs on keskkonnamessi külastajatele tasuta.

Sissepääs messile ja seminaridel osalemine on tasuta. Lisateavet ja registreeruda saab Internetis [www.ymparistotekniikkamessut.fi](http://www.ymparistotekniikkamessut.fi)

A.M.

## POLLUTEC 2008 / ADEME Energies 2008

2.–5. detsember, Lyon



Prantsusmaa suurim keskkonnamess, kus umbes pool näitusealast on pühendatud vee- ja jäätmemajandusele.

Ülejäänud ekspositsioonipind jaguneb enam-vähem võrdselt nelja sektori vahel: riski hindamine ja analüüs ning saastatud pinnase puhastamine, analüüsi- ja mõõtetehnika, õhk ja energeetika. Energeetikaalal on põhirõhk taastuvatel energiaallikatel (päikeseenergia, biokütused, biomass, maapõueenergia). 2006. aastal osales Lyonis toimunud *Pollutecil* 2475 eksponenti 37 riigist, üle kolmandiku neist (770) oli väljastpoolt Prantsusmaad. Messi külastas 67 326 inimest. Ekspositsioonipinda oli ligi 92 000 m<sup>2</sup>. Internetis: [www.pollutec.com](http://www.pollutec.com)

A.M.



Foto: Merike Noor

# FAGGIOLATI PUMPS®

ISO 9001:2000

Ex ATEX

