

KESKKONNATEHNIKA

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

4/11
2,85 EUR

Bio- ja maagaasil koostootmisjaamad



Baltic Marine Group

Baltic Marine Group AS
Paljassaare tee 14, Tallinn 10313
Tel 683 3300
bm@bm.ee
www.mtu-online.com



Reovee mõõtmine

- see ei ole enam küsimus!

Mis toimub
kanalisatsioonivõrgus?

Milline on kanalisatsiooni
läbilaskevõime?

Kui suur on vooluhulk
isevoolutorus või kanalis?

Kui sellised küsimused Sind vaevavad –
telli mõõtmine ja saad vastuse!

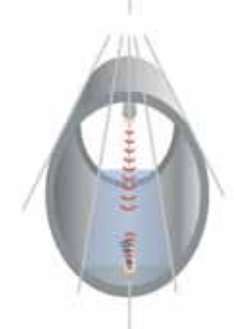
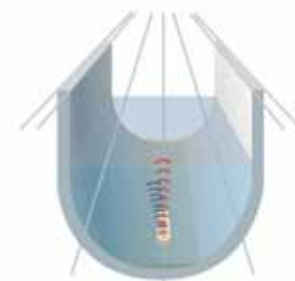
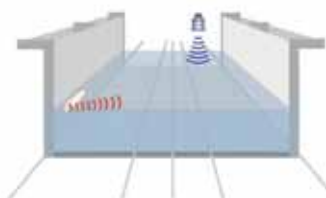
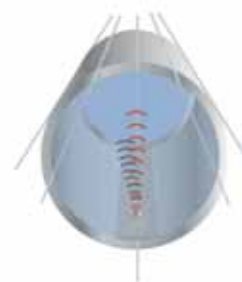
**Vooluhulga mõõtmine reovee-,
sademevee- ja ühisvoolukanalisatsioonis
ning avasängides:**

- olemasoleva kanalisatsiooni läbilaskevõime määramine;
- reoveehulga mõõtmine maksustamise eesmärgil;
- kanalisatsiooni pääseva võõrvee-, sh sademeveehulga kindlakstegemine ning sademete seire;
- andmekogumine kanalisatsioonivõrkude hüdrauliliseks modelleerimiseks.

**Kanalisatsioonivõrkude
hüdrauliline modelleerimine.**



Mõõdame väga täpse portatiivse
ultraheli-vooluhulgamõõturiga **Nivus PCM4**.



Küsi julgelt lisainformatsiooni:

Meelis Raidmaa, kontakt 50 53 249
e-post: meelis@flowsurvey.eu www.flowsurvey.eu

Andres Minn, kontakt 50 30 275
e-post: andres@lokaator.ee www.lokaator.ee

nivus

LOKAATOR



24



26



38



42

TOIMETUS

Postiaadress: Pk 2195, 10402 Tallinn
Väljaandja: OÜ Kalendriku
Tel 672 5900, ajakiri@keskkonnatehnika.ee, <http://www.keskkonnatehnika.ee>
Keskkonnatehnika ilmub alates 1996. aastast. Aastas ilmub kaheksa numbrit. Järgmine number ilmub septembris. Trükkiko: PRINTON.

Peatoimetaja:

Merike Noor, merike.noor@keskkonnatehnika.ee

Toimetajad:

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

Mailis Moora (keel)

Reklaam ja levi:

Marika Rebane, keskkonnatehnika@starline.ee

Margis Veevo, margis.veevo@starline.ee

Reklaamide kujundus: Raul Laugen

Küljendus: Mait Tooming



ehitus

- 15 Kortermajade soojustamine termovahuga. R. Blauhut, Therm OÜ reklaamartikkel

energeetika, tööstus, mäendus

- 12 Riigikontrolli audit „Riigi tegevus soojusvarustuse jätkusuutlikkuse tagamisel“. K. Kuldperre
16 Väikeste tuulegeneraatorite kasutusvõimalustest Eestis. A. Tiik
19 Tuuleenergeetika areng maailmas 2010. aastal ja prognoos aastani 2015. M. Noor
22 Kõige rohkem PV-paneele on paigaldatud Euroopas. M. Noor
24 Reoveesoojusvahetid korterelamute jaoks. M. Resev
26 Nutitelefon muudab maailma – ka automaatikasüsteeme. N. Takis
28 Arupuru aitab keskkonda jälgida. R. Somelar
35 Eesti maavaradest ja nende kasutamisest geoloogi pilguga. V. Petersell
38 Veeprobleemid maavarade kaevandamisel. R. Perens, L. Savitski

keskkond

- 40 Paemurrud pärandmaastike kujunduses. M. Kalmu
42 Vaadates kivi sisse. Pilguheit paesse: püstakkiht Billingeni ja Volhovi lademe piiril. R. Einasto, J.-L. Justi
44 Paeraamatuga Eestimaa geoparkides. A. Sarv
45 Rahvuskivi sünnipäev. L. Kvit

küte, ventilatsioon

- 8 Kortereelamute ventilatsiooniõhu soojusetagastus – tõhusus ja probleemid. K. Ingermann

vesi

- 6 Lihulas on joogiveepuhastus kolmeastmeline. Ü. Heinsaar
30 Veekeskkonna kaitse Eestis – ohtlikud ained (II osa). O. Roots
47 Summary

Euroopa Liit keelab kaadmiumi kasutamise juveelitoodetes, jootevarbades ja plastides

Alates 2011. aasta detsembrist keelatakse ELis kaadmiumi kasutamine juveelitoodetes, jootevarbades ja plastides.

Keeld hakkab kehtima kõigi juveelitoodete kohta. Paraku sisaldavad mõned neist, eriti imporditud imiteeringud, rohkesti kaadmiumi. Selliste ehte kandjad puutuvad kaadmiumiga kokku naha kaudu või neid lakkudes, eriti ohustab see lapsi.

Üheski plasttootes kaadmiumi kasutada ei tohi. Uus õigusakt lubab taaskasutada üksnes selliseid PVC-jäätmeid, milles on kaadmiumi vaid vähesel määral. Sellest võib valmistada vaid teatud ehitustooteid, varustades neid erilise tähisega.

Kaadmiumi on ka jootevarbades, mida kasutatakse mitmesuguste materjalide ühendamiseks. Sellise jootematerjali kasutamine keelatakse, välja arvatud vanaaegsete ehte jootmisel, sest sissehingatav jootmissuits kahjustab tervist. Erandjuhtudel võivad seda kasutada ainult kutselised jootjad.

Norra riik aitas Eesti keskkonna seisundit paremaks muuta

Sel kevadel jõudis Eestis lõpuni mitu suurt looduskaitset, vee-majandust, välisõhku ja taastuvenergeetikat hõlmavat keskkonnaprojekti. Neid projekte, mille kogumaksumus oli 5,3 miljonit eurot, rahastasid Norra ja Euroopa Majanduspiirkonna (EMP) finantsmehhanismide kaudu Norra, Island ja Liechtenstein. Toetuse eesmärk oli aidata kaasa riikide sotsiaalsete ja majanduslike erinevuste vähendamisele.

Abiraha toel:

- valmis Ida-Virumaa põhjavee seiresüsteem ja sealsetel Natura hoiualadel korraldati elupaikade kaitset;
- sooritati põhjalikke avamereuuringuid, mis aitavad tõhustada Läänemere elupaikade kaitset;
- viidi lõpule Eesti soode inventuur;
- rekonstrueeriti Lihula katlamaja, mis tänu biokütuste (hein, põhk, pilliroog, hakkpuut) kasutamisele vähendab kasvuhoonegaaside õhuheidet;
- koostati elurikkuse andmebaas, mis annab üksikasjaliku ülevaate Eesti loodusväärtustest;
- soetati tehnoloogiaseadmeid ASi Ecometal vanaaku-käitlustehasele ning
- täiustati ASi Kunda Nordic Tsement tsemendipöördahjude tehnoloogiat nõnda, et seal saaks põletada jäätmekütust.

Airbus'i lennukate ideede konkursi võitjad selguvad juunis

Airbus avalikustas 18. mail üliõpilaskonkursi *Fly Your Ideas* finaali jõudnud Tšiili, Hiina, India, Malaisia ja Rootsi ülikoolide tudengeist koosnevad meeskonnad. Pariisi rahvusvahelisel lennundusnäitusel 23. juunil selguvaid võitjaid ootab 30 000 euro suurune peaauphind, teisele kohale jäänud saavad 15 000 eurot.

Septembris 2010 alanud konkursile laekus töid enam kui 2600 üliõpilaselt 75 riigist. Osalejatel tuli pakkuda ideid lennunduse tuleviku rohelisemaks muutmiseks – nii lennukite disaini, tarneahelate, tootmise, kasutamise kui ka mahakandmise kohta.

Finaali jõudnud ideed:

- lennuki pidurdusenergia taaskasutamine;
- lennukite tekitatud õhuvõngete kasutamine tuuleenergia tootmiseks;
- lennukikere jäätumise vältimine vett tõrjuva polümeerikihi abil;
- kapokipuukiust valmistatud biolagunev soojus- ja heliisolatsioon;
- ECO-punktide kogumise süsteem keskkonnasõbraliku lendamise propageerimiseks.

Eesti Energia Õlitööstuse põlevkiviõli-aastatoodang ületas 200 000 tonni piiri

Eesti Energia Õlitööstuse kaheteistkümne kuu põlevkiviõli-toodang ületas tänu kahe tootmiseadme *Enefit 140* tõhususe suurendamisele aprilli lõpuks esimest korda 200 000 t piiri. Nelja aastaga on tootmismahd peaaegu kahekordistanud. Aastas töötleb Eesti Energia Õlitööstus kahe tootmiseadme *Enefit 140* abil ümber ca 1,6 mln t põlevkivi ning valmistab sellest mitmesuguseid põlevkiviõlifraktsioone. Ligi 50 % toodangust eksporditakse ja kasutatakse vedelkütuste valmistamiseks. Kohalikud tarbijad põletavad põlevkiviõli peamiselt katlamajades ja väikestes elektrijaamades soojuse ja elektri tootmiseks.

Möödunud aasta mais alustas Eesti Energia Õlitööstus uue õlitechase *Enefit 280* ehitamist. Tehas valmib 2012. aasta veebruaris ning on kavas augustis käiku anda. Uues tehases hakatakse töötlema 2,26 mln tonni põlevkivi ning sellest tootma ca 2 mln barrelit põlevkiviõli ja 75 mln m³ uttegaasi aastas. Paigaldatakse 35 MW auruturbiin, mis kasutab õli tootmisel tekkiva jääksoojuse elektrienergia saamiseks.

Komisjon soovib teada, kuidas vähendada kilekotikasutust

Euroopa Komisjon küsib üldsuselt, kuidas paremini vähendada kilekottide kasutamist – kas oleks kasu nende tasuliseks muutmiseks ja neile maksu kehtestamisest või leiduks mõni parem moodus, nt keelustamine kogu Euroopa Liidus. Arvamusi küsitakse ka selle kohta, kas tuleks muuta biolagunevad pakendid nähtavamaks, kas peaks jõulisemalt nõudma, et pakendid oleksid biolagunevad ning kas EL pakendidirektiivi praegused nõuded biolagunevuse ja kompostitavuse kohta on piisavad. Direktiiv ei tee selget vahet loodusoludes biolagunevate ja üksnes tööstuslikes kompostimisrajatistes lagunevate pakendite vahel. Looduses mittelaguneva pakendi reklaamimine biolaguneva tootena võib olla eksitav ning prügiteket hoopis suurendada.

Veebipõhine arutelu on avatud augustini 2011. Küsitlusvormi saab täita aadressil:

http://ec.europa.eu/yourvoice/consultations/index_en.htm



Foto: Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskus AS

TALLINNA PRÜGILA AVAS JÄÄTMEKÜTUSE TOOTMISLIINI

Tallinna Prügila (uus nimi Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskus) avas 10. mail Eesti suurima jäätmekütuse tootmisliini, millesse ettevõtte investeeris ligi 1,3 miljonit eurot. Kütuse saami-

seks eraldatakse segaolmejäätmetest kõigepealt mehaaniliselt biolagunevad jäätmed ja metall. Metall läheb taaskasutusse ning biolagunevad ained kompostitakse või kasutatakse biogaasi

tootmiseks. Ülejäänud jäätmed peenestatakse ja kasutatakse energiaallikana peamiselt tsemenditööstuses.

Jäätmekütuse tootmine võimaldab vähendada ladestatavate jäätmete hulka ning ka handada saastetasusid, mis omakorda aitab jäätmekäitluse hinda kontrolli all hoida.

Kui möödunud aastal käideldi Tallinna Prügilas ca 174 000 tonni tavajäätmeid (neist 150 000 tonni segaolmejäätmeid), siis

uus liin võimaldab kütuseks töödelda 120 000 tonni olmeprügi aastas. Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskuse eesmärk on ladestada mitte üle 20 % ettevõttesse toodud jäätmetest. Prügi mehaanilis-bioloogiline töötlemine on kooskõlas Euroopas tunnustatud jäätmekäitlusnormidega ning on jäätmekäitlushierarhias jäätmete ladestamisest kõrgemal. Jäätmekütust hakati Tallinna Prügilas tootma 2010. aastal, seni on sellesse investeeritud 2,4 miljonit eurot.

A.M.



Jäätmemahutite vaakumtühjendusveok NTM VS

Soome ettevõttes NTM (Närpes Trä & Metall), millel on filiaalid Rootsis, Eestis, Suurbritannias ja Poolas, välja töötatud seade NTM VS on ette nähtud maa-aluste prügimahutite vaakumtühjendamiseks. Mitmele korruselamule ühine maa-alune vaakum-jäätmekogumissüsteem toimib väga edukalt ühes Stockholmi uuselarajoonis. Jäätmed veetakse sellest süsteemist ära neljasillalisele alusautole paigaldatud jäätmetühjendus- ja vaakumpump. Veokil olev tühjenustoru ühendatakse maa-aluse vaakumsüsteemiga ning prügi imetakse veokisse. Tühjendusveoki jõudlus on suur – üle kolme tonni jäätmeid tunnis kuni 300 m kaugusele ulatuvast kogumissüsteemist! Kogu tegevust juhib ja jälgib veokijuht kabiinist elektrooniliste seadmete ja kuvari abil.

NTM Baltic OÜ pakutavate toodete hulka kuulub suur valik mitmeotstarbelisi prügiveokeid NTM ja konteinerivahetusveokid VDL. Firma teeb ka prügiveokite hooldus- ja remonditööd.



OÜ NTM BALTIC
Mustamäe tee 44a
10621 Tallinn

Tel: 654 6999

Tel: 654 6663

Faks: 656 2719

www.ntmbaltic.ee

LIHULAS ON JOOGIVEEPUHASTUS KOLMEASTMELINE



Fotod: OÜ Vee-Ekspert

Aeraator-degasaator (GDT-seade)

ÜLO HEINSAAR

OÜ Vee-Ekspert

AASTAL 2009 said Lihula lähistel valmis uus Valuste puurkaev, pumppla ja veepuhasti. Puurkaev on nüüd juba kaks aastat andnud Lihulale keskmiselt 15 m³ joogivett tunnis. Läänemaale iseloomulikult on põhjavesi lubjavaene, ent sisaldab ülemäära (umbes 1,0 mg/l) rauda (norm < 0,2 mg Fe/l) ja tervisele kahjulikke fluoriide (~ 2,6 mg F/l, norm < 1,5 mg/l). Joogiveele lubatust on õige vähe rohkem ka mangaani (~ 0,06 mg Mn /l, norm < 0,05 mg/l). Peale selle leidub puurkaevuvees ka agressiivset väävelvesinikku ja süsihappegaasi.

Kvaliteetse joogivee saamiseks ehitas OÜ Vee-Ekspert Lihulale veepuhasti, kus kasutatakse uusimat keskkonnasõbralikku tehnoloogiat ja filtermaterjale.

Puhastus on kolmeastmeline. Esimeses astmes eemaldab patenteeritud GDT-tehnoloogial (*Gas-Degas Technology*) põhinev aeraator-degasaator veest H₂S ja CO₂ ning rikastab vett õhuhapnikuga, tagades niiviisi raua- ja mangaaniärastuseks vajaliku eeloksüdatsiooni. Seade energiat ei kuluta ning on peaaegu hooldusvaba.

Teine aste on rauda ja mangaani ärastav filter, mille täidis on katalüütilise toimega patenteeritud FMH-filtermaterjal. Filter kõrvaldab veest peale raua ja mangaani ka väävelvesiniku. Tänu täidise tugevale katalüütilisele toimetele ei pea vool läbi filtri olema tavapäraselt




Joogi- ja tehnoloogiavee väikepuhastite (jõudlus 1–20 m³/h) ehitus ja püsihooldus kogu Eestis

OÜ Vee-Ekspert
 Tel. 661 4152, faks 660 7854
info@veeekspert.ee
www.veeekspert.ee



Pöördosmoosfilter, mille jõudlus on kuni 7000 l/h

aeglane (10 m/h), vaid on hoopis kiirem – kuni 25 m/h. Seetõttu on filter ja selle täidise hulk ning filtri soetus- ja käituskulu märksa väiksemad kui tavafiltritel. Tädist on vaja regenereerida kord-kaks aastas, jooksvalt pole keemikaale vaja lisada. Filtritäidise tööiga on sõltuvalt oludest 5–8 aastat. Mingit sissetootamisaega pole vaja ning filtri-
tud vee rauasisaldus on algusest peale alla 15 mg Fe/l.

Kolmas puhastusaste kulgeb pöördosmoosi põhimõttel toimivas membraanfiltris, mis kõrvaldab veest fluoriidid ning peaaegu kõik (98 %) lahustunud soolad. Membraan- tehnoloogia on keskkonnasõbralikum ja töökindlam kui fluoriidide keemiline ärastamine. Membraanfiltrisse sisen-
evat vett ei ole vaja põhjalikult pehmen-dada, piisab väi-
kese koguse keskkonnasõbraliku veepehmendi annusta-
misest. Jääb ära filtri keemilisel regenereerimisel tekkiva
suure reoveehulga moodustumine, käitus lihtsustub ja kul-
ud vähenevad. Membraanfiltritud flouriidi- ja soolavaba
destilleeritud vee omadustega vesi (permeaat) joogiveeks
ei kõlba, ent selle segamine teises astmes filtritud veega
võimaldab viia võrku antava joogivee fluoriidisaldus lu-
batavaisse piir-esse. Segamissõlmes olevad rotameetrid või-
maldavad jälgida kummagi vee vooluhulka ning ventiilid
reguleerida nende vahetkorda.

Kirjeldatud moel töödeldud puurkaevuvei voolab ko-
gumismahutisse ning pumbatakse sealt Lihula veevõrku.

Kogu puhastusprotsess on automatiseeritud ja arvuti-
juhitav, nii et kohal viibivat operaatorit vaja ei ole. Kõike



Raua- ja mangaaniärastusfilter

toimivat saab kuvarilt nii graafiliselt kui ka numbriliselt
jälgida. Igal ajahetkel on võimalik saada detailset pilti vee-
puhasti toimimisest, joogiveevarust mahutis ja vee tarbi-
misest.

Kirjeldatud tehnoloogia kohaselt on Eestis viimase viie
aasta jooksul rajatud kümmekond veepuhastit jõudluse-
ga 5–20 m³/h. Kõik nad on osutunud toimekindlaks. OÜ
Vee-Ekspert pakub kõikidele oma paigaldatud seadmetele
pikaajalist perioodilist firmahooldust, mis tähendab klien-
di jaoks muretu ekspluatatsiooni. Hooldusandmeid kasu-
tatakse seadmete edasiseks täiustamiseks.

A.M.

RÕHUME ÕHULE

KOMPRESSORIKESKUS

Suruõhu- ja vaakumtehnika
terviklahendused

TALLINNAS:
Kadaka tee 5 Tel 615 5550
10621 Tallinn Faks 615 5551
info@kompressorikeskus.ee

TARTUS:
Vasara 52d Tel 730 3500
50113 Tartu Faks 730 3501
tartu@kompressorikeskus.ee

VIRUMAAL:
Tel 50 79 758

www.kompressorikeskus.ee

KORTERELAMUTE VENTILATSIOONIÕHU SOOJUSETAGASTUS – TÕHUSUS JA PROBLEEMID

KARL INGERMANN, PhD

Emeriitdotsent, TTÜ soojustehnika instituut

KUIGI viimasel ajal on korterelamute sisekliima kohta tehtud Eestis mitu olulist uurimistööd [1, 2, 3], ei näi ärimehed nendest teadvat ning teevad korteriühistutele ettepanekuid elamute kompleksseks renoveerimiseks, lubades saavutada nimetamisväärtset energiasäästu ventilatsiooniõhu soojuse osalise tagastamise arvel. Kortere lamute sisekliima parendamise, õhuvahetuse intensiivistamise ja soojustagastite kasutamisega on seotud ka Kredexi toetus pangalaenu taotlemisel.

Vajaduse käesoleva artikli järele tingis see, et korterelamute renoveerimistöödeks kliente otsivad firmad esitavad energiasäästu kohta andmeid, mis ei saa tegelikkuses nii suured olla. Artiklit ajendaski kirjutama ühe firma projektipakkumine, milles lubati korteriühistule müstilist 53 % suurust soojussäästu ainuüksi sellega, et nende soojustagastussüsteem jahutaks väljatõmbeõhu 20-lt kraadilt 15 kraadini ning suunaks sel moel saadud soojuse soojuspumba abil sama maja tarbevee soojendamiseks.

Nõuded korterite sisekliima kohta on teada ja teada on ka see, et nõukogudeaegsetes korterelamutes on raske ajakohaseid sisekliimanõudeid täita. Käesolevas artiklis on võetud vaatluse alla korterite õhuvahetuse intensiivsus ja selle suurendamisega seotud küsimused. Paljudes uurimistöödes on ilmekalt välja toodud, et nõukogudeaegsetes paneel- ja ka kivimajades ei ole õhuvahetus pärast akende vahetamist ja välisseinte soojustamist piisavalt intensiivne. Puudulikust õhuvahetusest tingitud veeauru kondenseerumine madalatemperatuurilistel pindadel (külmasildadel) võib põhjustada halli-

tamist ning sellega kaasnevaid hädasid. Artiklis käsitletakse ainult õhuvahetuse energeetilisi aspekte, eri lahenduste maksumust vaatluse alla ei võeta.

Õhuvahetuse intensiivsuse tänapäevanormid on kirjas Eesti Vabariigi standardis EVS-EN 15251. Standardit põhjalikult refereerimata viidatagu vaid sellele, et õhuvahetuse nõutav intensiivsus korteris on ruumikaupa (köök, esik, vannituba, elutuba, magamistuba) erinev. Korteri kui terviku puhul sõltub õhuvahetuse normikohane intensiivsus seega korteri suurusest ja planeeringust.

Õhuvahetuse intensiivsust iseloomustab üldistatud näitaja – õhuvahetuskordsus, mis näitab, mitu korda tunnis õhk korteris vahetub. Selle näitaja väärtuse saab, kui korterisse tunni jooksul siseneva välisõhu maht jagada korteri sisemahuga. See näitaja on korterite puhul muidugi üsna erinev, sõltudes nt akende ehitusest ja paigaldusest ning välisseinte õhutihedusest ja soojustusest.

Kortere lamute õhuvahetuskordsusel on viimastel aastatel tendents väheneda tingituna uute akende paigaldamisest ja välisseinte (eriti otsaseinte) lisasoojustamisest. Spetsialistide hinnangul võib osaliselt renoveeritud korterelamu (aknad täielikult või osaliselt vahetatud, maja otsaseinad soojustatud) õhuvahetuskordsuseks võtta $n = 0,2\text{--}0,3$, peaks aga olema vähemalt $0,5\text{--}0,6$. Kui aga korteri õhuvahetuse vajalik intensiivsus arvutada normatiivi EVS-EN 15251 järgi, saab $n = 0,9\text{--}1,0$. Nii intensiivne õhuvahetus on autori arvates nõukogudeaegsetes korterelamutes vaevalt saavutatav. Igal juhul oleks see suurte kuludega seotud.

Õhuvahetuse intensiivsuse suu-

rendamine toob paratamatult kaasa hoone kütmiseks kuluva soojushulga suurenemise (enamasti saadakse see kütteradiaatorite kaudu). Uutes hoonetes on soojustarve välispiirete kaudu kaotsi mineva soojuskao katmiseks oluliselt väiksem kui nõukogude ajal ehitatud korterelamutes. Kui tänapäevastes kortermajades kulub õhuvahetusele 35–40 % soojustarbest, siis nõukogudeaegsetes kortermajades vaid alla 20–25 % [4]. Õhuvahetuskordsuseks võeti selles uuringus 0,5 ning nõukogudeaegse tüüp korteri ventilatsiooni soojustarbeks saadi $33 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Kui aga kordsust suurendada väärtuseni 0,6, on ventilatsiooni soojustarve juba $66 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$.

Kui tagastada osa ventilatsiooniõhu soojusest, vähendab see õhuvahetuse intensiivistamisega kaasnevat soojustarve suurenemist. Mil määral, sõltub paljudest asjaoludest, olulisemad on seejuures kasutatav tehnoloogia ja sellest, kui sügavalt väljatõmbeõhku soojustagastis alla jahutatakse.

Väljatõmbeõhusoojust on võimalik osaliselt tagastada mitut moodi:

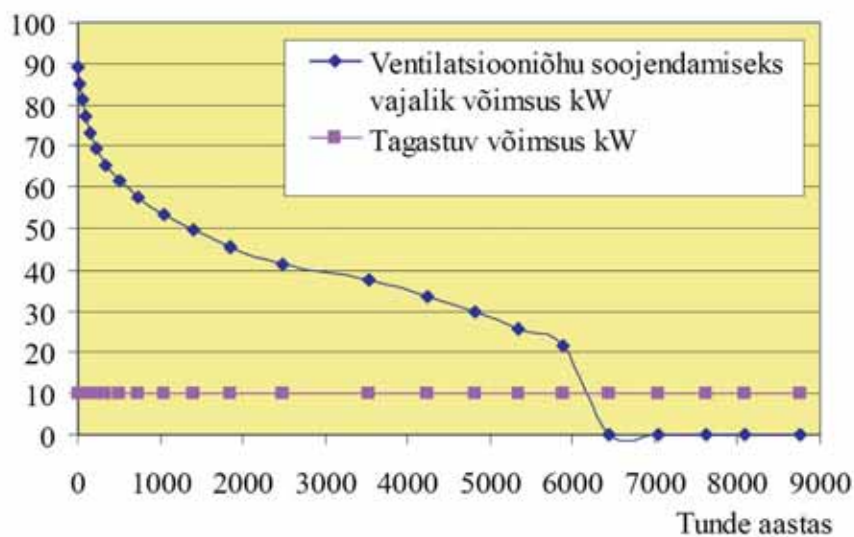
- keske soojustagastussüsteemi vahendusel, kusjuures soojuspump kannab väljatõmbeõhult võetava soojushulga üle kas kütteveele või sama maja sooja tarbevee süsteemile. Siis on vaja vahesoojuskandjat ja spetsiaalset soojusvahetit;
- keske süsteemi korral soojustagastite vahendusel, kandes väljatõmbeõhult võetava soojushulga üle sissepuhkeõhule;
- kandes ruumipõhiste soojustagastite abil väljatõmbeõhult võetava soojuse üle sissepuhkeõhule.

Analüüsigem kõigepealt soojustagastussüsteemi kasutamist sooja tar-

bevee saamiseks. Vaadelgem üheksakorruselist korterelamut, milles on 144 korterit (pooled neist 60 ja pooled 50 m² suurused). Korterite kogusisemaht on ca 19 800 m³. Koostati selle elamu korterite kogusoojuskooormuse kestusgraafik, pidades silmas statistilist välistemperatuuri jaotust Tallinnas. Arvutused tehti eri õhuvahetuskordsuste korral, kahe variandi tulemusi kujutavad joonised 1 ja 2. Peale õhuvahetuse tagamiseks (õhu soojendamiseks) vajaliku võimsuse on graafikutele kantud ka väljatõmbeõhult saadav (tagastuv) võimsus, mis kasutatakse sama korterelamu küttesüsteemis või sooja tarbevee saamiseks. Graafikul esitatud joonte alune pindala annab arvutusliku aastase soojustarve ventilatsiooniõhu soojendamiseks ruumide sisetemperatuurini ning ka soojushulga, mille soojustagasti juhib maja soojusvarustussüsteemi.

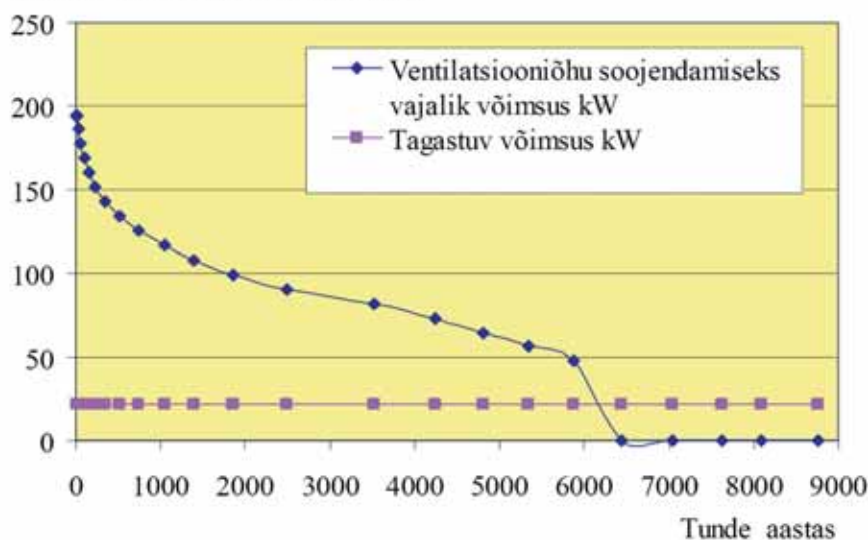
Aastane energiatarve õhu soojendamiseks sõltub õhuvahetuskordsusest. Joonise 3 koostamiseks vajalikud arvutused tehti eeldades, et soojuspumba soojendustõhusustegur (COP) on 3,0, st et elektrikulu soojuspumba käitamiseks on kinnipüütud soojushulgast kolm korda väiksem. Energiatarve suhtelised näitarvud arvutati, võttes aluseks (suhtarv = 1) õhuvahetuse tagamiseks vajaliku soojushulga õhuvahetuskordsuseks 0,3 (eeldades, et see vastab osaliselt renoveeritud korterelamu õhuvahetuse praegusele intensiivsusele). Nagu võis arvata, suurendab õhuvahetuskordsuse kahekordistamine (0,3-lt 0,6-ni) soojustagastita variandi korral energiatarvet kaks korda (suhtarv A), soojustagasti kasutamise korral on see suhtarv B = 1,65. See tähendab, et ka soojustagasti kasutamisega kaasneb õhuvahetuse intensiivsuse kasvuga märgatav energiatarbe suurenemine ning sellise soojustagasti tõhusus on väike. Alates õhuvahetuskordsusest 0,37 (kui esialgne oli 0,3) tuleb arvestada sellise korterelamu energiatarbe

Õhuvahetuseks vajalik võimsus kW



Joonis 1. Korterelamu (144 korterit) õhuvahetuseks vajaliku võimsuse ja soojustagastilt saadava võimsuse kestuskõverad, kui väljatõmbeõhk jahutatakse soojustagastis 20 kraadilt 15 kraadini. Õhuvahetuskordsus on 0,3

Õhuvahetuseks vajalik võimsus kW



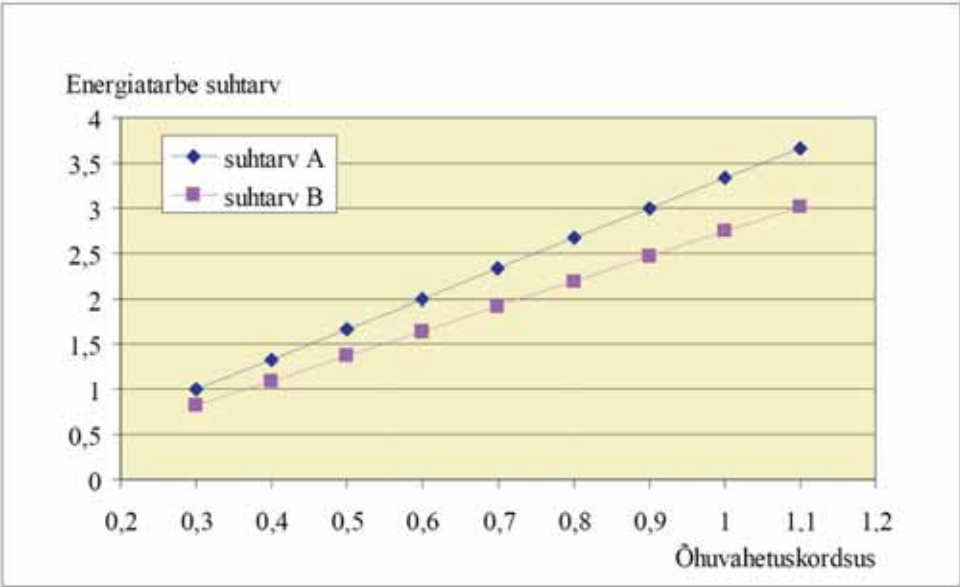
Joonis 2. Korterelamu (144 korterit) õhuvahetuseks vajaliku võimsuse ja soojustagastilt saadava võimsuse kestuskõverad, kui väljatõmbeõhk jahutatakse soojustagastis 20 kraadilt 15 kraadini. Õhuvahetuskordsus on 0,655

suurenemist.

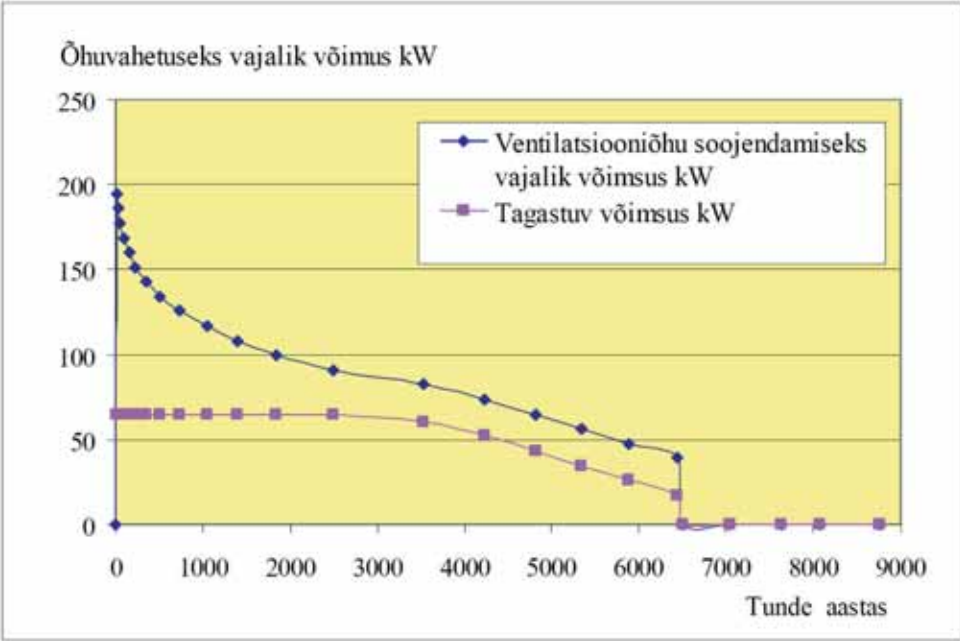
Kui õhuvahetuse intensiivsus viia vastavusse tänapäevaste elamute kohta kehtivate ventilatsiooninõuetega (õhuvahetuskordsus nt 1,0), kulub õhuvahetusele praegusega võrreldes ca 2,7 korda rohkem energiat. Selline arvutus on mõnevõrra tinglik, kuna soojustagastis kinni püütud soojus ei lähe mitte sissepuhkeõhu soojendamiseks, vaid kasutatakse tarbevee soojendamiseks.

Loomulikult tekib küsimus, miks vaadeldud variandi korral (väljatõm-

beõhu soojuse ülekandmine soojuspumba abil hoone sooja tarbevee süsteemile) ei saa väljatõmbeõhku rohkem alla jahutada. Põhjus peitub kasutatavate seadmete omapäras. Kõigepealt on meil pakutavate õhk-vesi-soojuspumpade võimsus suhteliselt väike ning nad on projekteeritud välisõhu soojuse kasutamiseks. Vajalik soojusvõimsus saadakse suurt õhuhulka suhteliselt vähe alla jahutades. Ka õhukonditsioneerimissüsteemide jaoks projekteeritud veega töötavad soojusvahetid on välja töötatud arves-



Joonis 3. Suhteline aastane energiatarbe õhu soojendamiseks sõltuvalt õhuvahetuskordsusest. Suhtarv A arvestab otsese soojustarbe suurenemist, B võtab arvesse nii soojustagastis „kinni püütud“ soojuse kui ka energiatarbe soojuspumba käitamiseks



Joonis 4. Korterelamu (144 korterit) õhuvahetuseks vajaliku võimsuse ja soojustagastilt saadava võimsuse kestuskõverad, kui soojustagastis soojendatakse sissepuhkeõhku väljatõmbeõhu arvel. Õhuvahetuskordsus on 0,655

tades suurt õhuhulka ja soojuskandja (vee) väikest temperatuurimuutust. Seetõttu ei õnnestu ka selliste soojusvahetite ja vahesoojuskandja kasutamise korral väljatõmbeõhku sügavalt alla jahutada.

Seda varianti kasutades on vaja arvestada veel üht olulist asjaolu. Nimelt on Eestis nagu ka enamikus muudes riikides elektrienergia kWh kallim kui soojuse kWh ning seoses elektrituru täieliku avanemisega 2013. aastal on lähitulevikus oodata elektrihinna olulist tõusu. Ilmselt saab see tõus

olema kiirem kui kaugkütte võimalik kallinemine. Ka energiatõhususe määruks on arvutustesse sisse viidud nn kaalumistegurid (kaugkütte korral 0,9, elektri kasutamise korral 1,5). Seega kui väljatõmbeõhu soojuse osaliseks taaskasutamiseks võetakse appi soojuspumpad, siis korterelamute energiatõhususe näitavud halvenevad oluliselt.

Korterelamu soojusbilanss on teistsugune siis, kui soojustagasteid kasutatakse sissepuhkeõhu eelsoojendamiseks, s.o siis, kui kasutatakse

väljatõmbe- ja sissepuhke-sundventilatsiooni. See on võimalik, kui väljatõmbeõhult ära võetud soojus kantakse sissepuhkeõhule üle kesksete või ruumipõhiste soojustagastite abil. Kõige sagedamini kasutatakse selleks plaat-soojusvaheteid.

Keskse soojustagastuse võimalusi ja selle rakendamist nõukogudeaegsetes korterelamutes on detailset analüüsi aruandes [3]. Keskse soojusvahetussüsteemi ehitamine on keeruline ja problemaatiline, sest väljatõmbe- või sissepuhkesüsteemi ruumikaua ehitamine korteritesse on väga kallis. Põhimõtteliselt saaks seda ju teha, kui korteritesse ehitada ripplaed ning ventilatsioonikanalid paigutada olemasoleva ja ripplae vahele.

Nii keskne kui ka ruumipõhine väljatõmbe- või sissepuhke-sundventilatsioon tagab suure soojustagastuse väljatõmbeõhult sissepuhkeõhule. Seda väidet illustreerib joonis 4. Joonise koostamiseks tehtud arvutustes eeldati, et soojustagastis kasutatavate ventilaatorite elektrienergiatarve on suhteliselt väike (0,25 W/(m³/h)). Selline elektritarve võib vastata korteripõhisele soojustagastiga sissepuhke- ja väljatõmbe-sundventilatsioonile. Graafik on koostatud eeldusel, et korteritest väljatõmmatav õhk jahutatakse alla +5 °C-ni ja nii, et soojustagasti heitõhu ja soojustagastisse siseneva välisõhu temperatuurivahe ei jääks väiksemaks kui 5 °C.

Selliste tingimuste korral suudab soojustagasti tagastada ca 60% väljatõmbeõhu soojusest.

Oluliseks osutub kahe ventilatsiooniõhu soojustagastusviisi võrdlus. Kui algselt on korterelamu korterite õhuvahetuskordsus 0,3, siis ventilatsiooniõhu soojuse osalise tagastamise korral (variant, kui väljatõmbeõhk jahutatakse 5 °C alla ning kasutatakse soojuspumpa) osutub võimalikuks suurendada õhuvahetuskordsust väärtuseni 0,37, ilma et hoone kulutaks lisaenergiat. Kui aga kasutada väljatõmbe- või

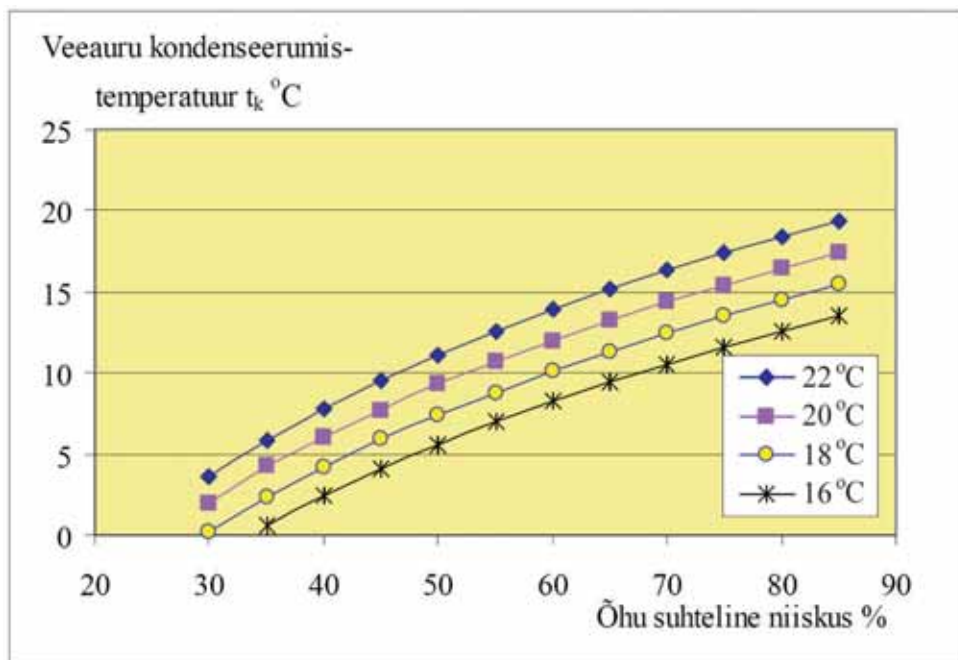
sissepuhke-sundventilatsiooni ning soojusetagastusagregaadis plaat-soojusvaheteid, võib õhuvahetuskordsust suurendada ca 0,75-ni, ilma et korterelamu energiatarve suureneks.

Paljud viimasel ajal avaldatud materjalid elamute sisekliima kohta peavad hoonete siseseinte kohatise hallitamise põhjuseks puudulikku ventilatsiooni ning ainsaks võimaluseks hallituse vältimiseks õhuvahetuse olulist intensiivistamist. Siiski on olemas ka teine võimalus – vähendada veeauru kondenseerumist hoone välispiirete sisepinnale.

Teatavasti iseloomustatakse õhu veeaurusisaldust suhtelise niiskusega. Sooja õhu võimalik veeaurusisaldus on suurem kui külmal õhul ning temperatuuri alanedes võib veeaur külmal pindadel kondenseeruda. Veeauru kondenseerumistemperatuuri sõltuvust õhu suhtelisest niiskusest ja temperatuurist on kujutatud joonisel 5.

Kui korteriõhu temperatuur on 20 °C ja suhteline niiskus 60 %, siis kondenseerub veeaur pinnal, mille temperatuur on alla 12 °C, kui aga õhu temperatuur on 18 °C ja suhteline niiskus 60 %, algab kondenseerumine temperatuuril +10 °C. Õhu suhteline niiskus jääb korteris tavaliselt alla 60 %, tõustes lühikest aega üle selle vaid vannitoas ja duširuumis pesemise, ent ka köögis toiduvalmistamise (keetmise) ajal.

Siit jõuame tõdemuseni, et võitlus hallitusega ei pruugi toimuda ainult õhuvahetuse intensiivsuse suurendamise teel. Veeauru kondenseerumist välisseinte sisepinnale (hallituse tekkepõhjus) võimaldab vältida ka külmade kõrvaldamine, s.t seinte soojustamine. Tegelikult on probleem mõnevõrra komplitseeritud, kuna peab arvestama ka veeauru liikumist (difusiooni) läbi välispiirete – põhilise osa aastast liigub veeaur läbi hoone välispiirete korteritest väljapoole. Kõige sagedamini esineb hallitust viimase korruse otsaseina juures asuvate kor-



Joonis 5. Veeauru arvutuslik kondenseerumistemperatuur sõltuvalt õhu temperatuurist ja suhtelisest niiskusest

terite köögis. Katuse lisasoojustamine pluss külmade likvideerimine toob nendele muredele kindlasti leevendust.

KOKKUVÕTTEKS

1. Nõukogude ajal ehitatud korterelamutes on vaja ning ka võimalik õhuvahetuse intensiivsust mõnevõrra suurendada, ent selle tõstmine tänapäevaste elamute kohta kehtestatud normtasemele on vaevalt et võimalik ja otstarbekas.
2. Ventilatsiooniõhu võimalik soojus- tagastus sõltub kasutatavast tehnoloogiast ja seadmetest.
3. Korterite õhuvahetuse intensiivistamine toob üldjuhul kaasa hoone soojustarve suurenemise, osaline soojus- tagastus võimaldab suurenemist küll mingil määral vähendada. Mida sügavamalt väljatõmbõhku alla jahutatakse, seda suurem on loomulikult tagastuv soojushulk. Väljatõmbõhku vähe alla jahutavate soojus- tagastussüsteemidega ei ole ilmselt mõtet tegelda.
4. Energeetilisest mõttes osutub kõige tõhusamaks ventilatsiooniõhu soojus- tagastusviisiks nõukogudeaegsetes korterelamutes ruumipõhiste soojus- tagastitega väljatõmbe- ja

sissepuhkeventilatsiooniagregaatide kasutamine. Korterite halb planeering võib küll tekitada tehnilisi probleeme nende paigaldamisel.

5. Ventilatsiooniõhu soojus- tagastite kasutamine toob tavaliselt kaasa elektritarve suurenemise. Eriti oluline on see siis, kui soojus- tagastussüsteemis kasutatakse palju elektrienergiat kulutavaid soojus- pumpeid.

A.M.

Viidatud allikad

1. Eesti eluasemefondi telliskorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga. Uuringu lõppraport. TTÜ, 2010. 227 lk.
2. Renoveeritud ja vähemalt üks aasta ekspluatatsioonis olnud elamute ehitus- füüsikalise olukorra uuring. EKÜL, Tallinna Tehnikakõrgkool, KredEx, 2010. 91 lk.
3. Elamufondi jätkusuutlikkuse säilitamine läbi ventilatsiooni probleemide tüüplahenduste väljatöötamise. TTÜ uuring, 2007. 55 lk.
4. Energiakulu mõõtmisviiside analüüs ning selle seosed energia tarbimisega ja tarbijate käitumisega, HEVACi aruanne, 2004. 154 lk.

RIIGIKONTROLI AUDIT „RIIGI TEGEVUS SOOJUSVARUSTUSE JÄTKUSUUTLIKKUSE TAGAMISEL“

KAIRE KULDPERE

Riigikontrolli auditijuht

EESTIS on valdav soojusega varustamise viis kaugküte: soojus toodetakse linna, asula või hoonerühma katlamajas ning jaotatakse soojusvõrgu kaudu tarbijatele. Eesti 226-st omavalitsusest kasutab kaugkütet 151 ning hinnanguliselt tarbib sel moel toodetud soojust 60 % riigi elanikkonnast. Ülejäänud elanikkonnal on kohtkütteseadmed – ahjud, katlad, soojuspumbad, elekterküte vms.

Riigikontroll hindas 2010. aastal tehtud auditiga, kas riik on taganud soojusvarustuse, eelkõige kaugkütte jätkusuutliku arengu. Kaugkütteseaduse mõistes tähendab see kindlat, usaldusväärset, tõhusat, hajutatud kütuseriski ja põhjendatud hinnaga ning keskkonnanõudeid ja tarbijate vajadusi rahuldavat soojusvarustust.

Auditis analüüsiti Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi tegevust soojusvarustuse arengusuundade väljatöötamisel ja varustuskindluse tagamisel, Konkurentsiameti ja kohalike omavalitsuste tegevust soojuse hinna reguleerimisel ja järelevalve korraldamisel kaugkütteseaduse nõuete täitmise üle ning Keskkonnaministeeriumi ja Keskkonnainvesteeringute Keskuse tegevust soojusvarustuse valdkonna toetusmeetmete väljatöötamisel ja toetuse saamiseks esitatud taotluste hindamisel. Auditis keskenduti soojuse tootmisele ja jaotamisele, tarbijate käitumist soojuse kasutamisel ega hoonete energiatõhusust vaatluse alla ei võetud.

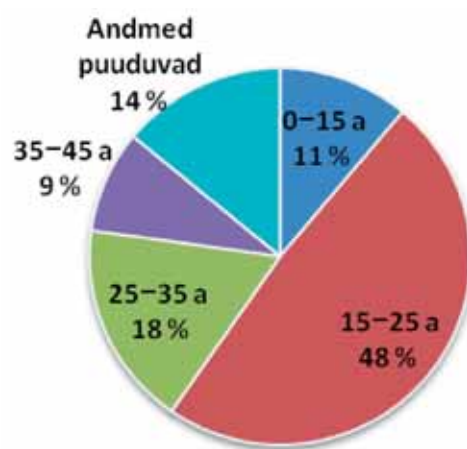
Riigikontrolli hinnangul on Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium pööranud vähe tähelepanu soojusvarustuse valdkonna jätkusuut-

likule arendamisele. Välja pole töötatud soojusvarustuse riiklikku arengukava ega ühtseid kaugküttepiirkondade kehtestamise ja soojuse hinna reguleerimise põhimõtteid. Samuti on vähe tähelepanu pööratud energiajulgeoleku tagamisele, soojusvarustuse toetusmeetmete väljatöötamisele ning Konkurentsiameti tegevusele soojuse hinna reguleerimisel.

SOOJUSVARUSTUSE SEISUKORD

Kaugküte on asulates ja linnades eelistatud kütteviis. Kui kaugküte on läbimõeldult projekteeritud ja välja ehitatud ning toimib tõhusalt, võimaldab see toota koos elektrit ja soojust, kasutada kaugküttevõrgus ära tööstusettevõtete heitsoojust, tarvitada odavamaid ja madalama kvaliteediga kütuseid ning vähem saastata õhku.

Riigikontrolli 2010. aasta märtsis-aprillis korraldatud kohalike omavalitsuste küsitlusele saadetud vastuste kohaselt on Eestis 287 kaugkütte katlamaja ja vähemalt 1447 km soojustorustikku. Kaugküttesüsteemid on üldjuhul projekteeritud ja ehitatud nõukogude ajal tolleaegseid nõudeid ja tehnoloogiat rakendades. Auditis käigus selgus, et 75 % soojustorustikest on keskmiselt üle 15 aasta vanad (joonis 5) ning kasutuses olevatest kateldest on ligi 40 % vanemad kui 20 ning 20 % vanemad kui 30 aastat.¹ Ligikaudu pooled kohalike omavalitsuste kaugküttekatalmajadest ja soojusvõrkudest on mõeldud



Joonis 1. Soojustorustike vanuseline koosseis

Allikas: Riigikontroll, KOVide küsitlemisandmed

praegusest hoopis suurema soojustarbimise jaoks.

Soojusvõrkude kõrge vanuse ja üledimensioonimise tõttu tekivad soojuse tarbijatele edastamisel suured soojuskadod, mis jäävad KOV-ide küsitluse andmetel valdavalt vahemikku 10–30 % (28 omavalitsuses üle 25 %). Keskmise soojuskadu Eesti soojusvõrkudes oli auditeerimisperioodil 20,6–21,3 %.²

Soojusvõrgus tekkiv kadu arvestatakse soojuse hinna ning mida suurem see on, seda kõrgemat hinda tuleb tarbijal soojuse eest maksta. Riigikontrolli arvutuste kohaselt maksid tarbijad 2008. aastal soojuskao eest kaugküttetorustikust 42,2 miljonit eurot (660 miljonit krooni) ja 2009. aastal 44 miljonit eurot (689 miljonit krooni).

SOOJUSE HIND

Elanike eluasemekuludest moodus-

¹ Tehnilise Järelevalve Ameti andmetel

² Andmed soojuskao suuruse kohta saatis 118 küsitlusele vastanud 151-st kaugkütet kasutavast omavalitsusest

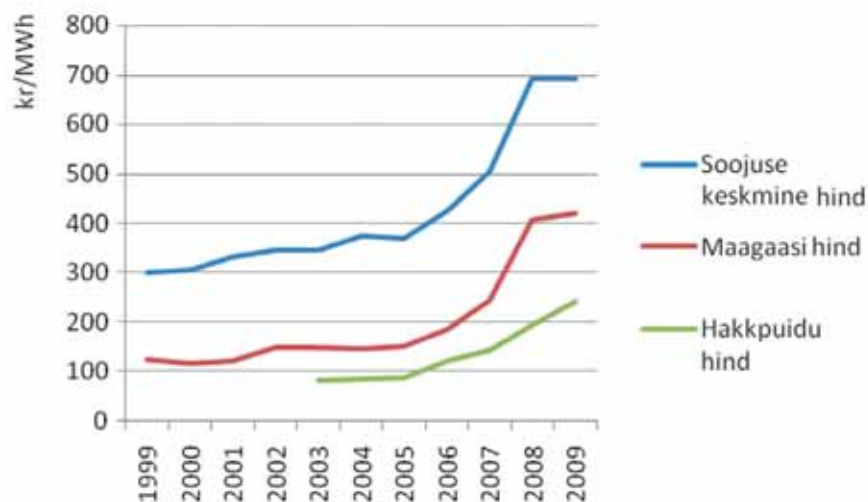
tab suurima osa toasoojakulu. Kaugküttesoojuse hinda mõjutavad kütuse hind, tootmiseladmete tõhusus, kadu soojusvõrgus ning soojusettevõtte tehtavad investeeringud. Eestis on kaugküttesoojuse hind sõltuvalt tootjast ja kasutatavast kütusest 27,8–94 eurot (435–1470 krooni) MWh eest, millele lisandub käibemaks. Kolmekümne kuues võrgupiirkonnas (ca 25 % üldarvust) oli kaugküte³ elekterküttest kallim.

Viimastel aastatel on soojuse hind tõusnud, peamiselt enamkasutatavate kütuste kallinemise (joonis 2) tõttu. Maagaasi kõrge hinna tõttu on sellest toodetav soojus üldjuhul kõige kallim. Hakkpuidust saadava soojuse MWh võib olla tarbijale mitukümmend eurot odavam kui maagaasist toodetu.

KAUGKÜTTEPIIRKONNAD

Riik andis kaugkütteseadusega kohalikele omavalitsustele võimaluse kehtestada kaugküttepiirkonnad, et tagada kaugkütteettevõttele stabiilne tarbijaskond ning luua tingimused elektri ja soojuse koostootmise arendamiseks ja sel moel energia säästlikumaks kasutamiseks. 151-st omavalitsusest on 106 kehtestanud kokku 164 kaugküttepiirkonda, 45 kaugküte kasutatavat omavalitsust pole piirkondi määranud.

Kaugkütteseaduse järgi peab omavalitsus enne oma territooriumil kaugküttepiirkondade kehtestamist hoolikalt kaaluma, kas kaugküte selles piirkonnas on mõistlik, konkurentsivõimeline ning tagab elanikele parima küttelehendamise. Selleks tuleb kindlaks teha, millises tehnilises seisukorras on piirkonna soojusvarustussüsteemid, kui palju on tarbijaid, kas neid on juurde tulemas ning kui palju läheb maksma süsteemide korrahoid ja uuendamine. Enamasti ei ole aga omavalitsused enne kaugküttepiirkonna kehtestamist soojusvarustuse seisukorda, arenguvõimalusi ega muid võimalikke küttelehendamisi kaalunud. Küsitluse kohaselt vaagis enne kaugküttepiirkonna loomist kõiki asjaolusid ainult 11 % omavalitsustest (12 KOV-i 106-st), 36 omavalitsust kehtestas piirkonnad soojusettevõtte soovil ning üheksa selleks, et saada



Joonis 2. Soojuse keskmise hinna ja enamkasutatavate kütuste hindade võrdlus

Riigikontrolli arvutus Statistikaameti andmete alusel⁴

toetusraha.

Riigikontrolli hinnangul suhtusid kaugküttepiirkondade kehtestamisse kergekäeliselt nii riik kui ka omavalitsused. Riik ei osutanud omavalitsustele kaugküttepiirkondade kehtestamisel abi ega töötnud välja selgeid juhiseid, millises piirkonnas võiks kaugküttepiirkonna kehtestada ja millises mitte. Paljud KOV-id omakorda ei ole energiamajanduse ja kaugküte korraldamise vastu erilist huvi tundnud ning neil ei ole ka piisavat asjatundlikkust selle valdkonnaga tegelemiseks.

Selle asemel et soojusvarustuse olukorda kaugküttepiirkondade kehtestamise kaudu korrastada, sunnitakse kaugküttepiirkonnas elavaid inimesi üldjuhul tarbima kaugküte ka siis, kui pole teada, kas kaugküte tagab parima kvaliteedi ja hinnaga soojusvarustuse. Riigikontrolli hinnangul oli omavalitsustel kaugküttepiirkondade kehtestamisel võimalik kindlaks teha jätkusuutmatud kaugküttevõrgud, kus peaks soojusvarustuse tarbijate huvides korraldama hoopis muude, odavamate lahendustega. Seda võimalust aga ei kasutatud.

KAUGKÜTTE JÄTKUSUUTLIKKUS

Soojusvarustusega tegelevad ettevõtted on oma piirkonnas monopoolses seisundis, mistõttu riik kooskõlastab nende pakutava teenuse hinna. Soojuse müügihind tuleb tarbijatele kujundada

nõnda, et see ei oleks kallim muul moel saadavast, kataks tootmiseks, seadmete ja rajatiste korrashoiuks või uute soetamiseks vajalikud kulutused ning kulud ja investeeringud, mida tuleb teha keskkonna-, kvaliteedi- ja ohutuse nõuete täitmiseks. Kuna tiheasustusalal, eelkõige suuremates linnades pole enamasti hoonete kütmiseks kaugküttest sobivamaid võimalusi, tuleb seadmete korrashoiu ja uuendamise tagada, et soojust saab toota ja tarbijatele edastada tõhusalt ning ilma suuremate kadudeta ka tulevikus.

Riigikontrolli analüüs Konkurentsiameti haldusalast valimisse kuulunud kuue ettevõtte kaheksatkümmet kaht hinnakooskõlastust aastatest 2005–2009. Konkurentsiamet on kooskõlastamisel hinnanud valdavalt kulude ja tulude põhjendatust ning vähem tähelepanu pööranud investeeringute vajalikkuse hindamisele. Praegu arvestatakse soojuse hinnas investeeringuid põhivara kapitalikulu kaudu. Konkurentsiameti sõnul annab ettevõtte investeerimisvajadusest märku seadmete tõhususnäitajate ja kapitalikulu üldsumma vähenemine (seadmete vananemisega tõhususnäitajad ja põhivara maksumus vähenevad). Samas näitas hinna kooskõlastamisdokumentide analüüs, et Konkurentsiamet ei ole hinnanud, kas investeerimiste tegemine kapitalikulu ulatuses on piisav kaugküte jätkusuutlikkuse tagamiseks – seda enam, et paljudes

³ Kaugküttesoojuse hinnad sai Konkurentsiamet omavalitsustest

⁴ Ettevõtetes tarbitud kütuse ja energia keskmine maksumus kütuse- või energialiigi järgi (Statistikaamet). Kütuses sisalduva energia maksumuse hindamiseks arvutati kütteväärtuste (maagaas 9,3 MWh/1000 m³, hakkpuit (niiskuse 40 %) 0,8 MWh/m³) kaudu kütustes sisalduv energiakogus

piirkondades on seadmed vananenud ning jõudnud oma tööea piirini. Amet ei ole ettevõtelt ka nõudnud ebatõhususe vähendamise tegevuskava ega kohustanud neid tõhususe huvides investeerima.

Riigikontrolli hinnangul ei ole Konkurentsiameti poolne hinna koostõkestamine alati täitnud eesmärki – tagada kaugküttesoojuse tootmise ja jaotamise tõhusamine ja tarbijate jätkusuutlik varustamine soojusega ka tulevikus.

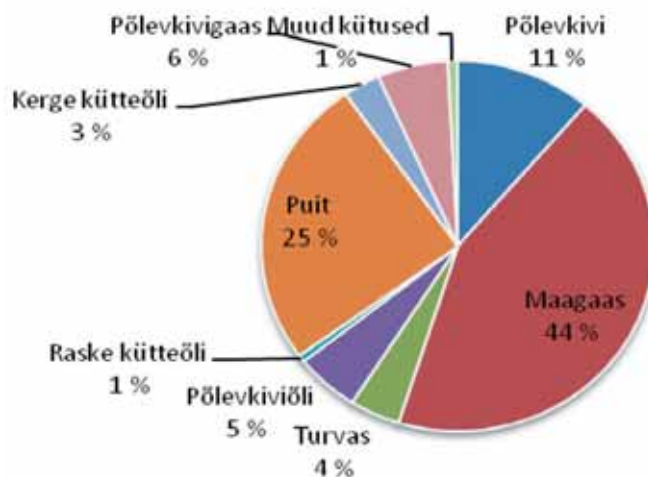
VARUSTUSKINDLUS

Katlamajades ja elektrijaa-mades, sh elektri ja soojuse koostootmisjaamades, kasutati 2009. aastal soojuse tootmiseks peamiselt Venemaalt tarnitavat maagaasi (osakaal 2009. aastal 44 %) (joonis 3).

Riiklikust seisukohast on soojamajanduse kütustega varustamine energiajulgeoleku mõttes mõistlikult tagatud siis, kui kütusetarnijaid on mitu ja ühegi kütuse osakaal soojuse tootmisel ei ületa 30 %. Kui üht kütust kasutatakse oluliselt rohkem kui muid ning sellega varustatud riik mõjutada ei saa, siis on oluline luua võimalused muude kütuste kasutamiseks või soojuse tootmiseks mingil muul moel.

Kaugkütteseadus nõuab kütusevaru olemasolu ainult kolmelt suurelt soojatootjalt. Väiksemad tootjad loovad kütusevaru või hoiavad asenduskütuseid ainult siis, kui neil on vastutustunnet, raha ja tehnilisi võimalusi. Kuigi osa omavalitsuste sõnul on nende soojatootjal varustuskindluse tagamiseks olemas kütusevaru või võimalus kasutada asenduskütust, pole riigil sellest ülevaadet. Tehnilise Järelevalve Ametil on olemas andmed vaid töötavate ka-

telde kohta. Üle kaheksa aasta reservis olnud katelde kohta aga ülevaade puudub, sest varukatelde tehnilist seisundit ei pea kontrollima ning seetõttu teave nende seisukorra kohta ametini ei jõua. Pole ka teada, mis kütust varukatel vajab, ning kui see on sama kui põhikatal, on varukatel põhikütuse tarne katkemise korral kasutu. Järeli-



Joonis 3. Soojusvarustuses 2009. a kasutatud kütused

Allikas: <http://www.stat.ee>

kult on teadmata, kui paljusid tarbijaid võib hädaolukord, nt gaasitarne katkemine, otseselt mõjutada. Gaasi kasutatel ettevõtelt ei ole võimalikku kütusevaru koguda, mistõttu on oluline, et riik tagaks pideva gaasivarustuse või ettevõttel oleks võimalik üle minna asenduskütusele.

Riigikontrolli hinnangul on maagaasitarne katkemise korral tõenäoline, et riik ei tule hädaolukorraga toime, kui suurtootjad ei suuda minna üle asenduskütustele ning seetõttu gaasi väiksematele tootjatele ei jätku. Kuna paljud soojusettevõtjad tarvitavad ainult maagaasi, võib suur osa kaugkütet kasutavast elanikkonnast toasoojata jääda. Hooneid hakatakse siis kütma elektriga ning ülekoormuse tõttu tekib elektrikatkestuste oht.

KOKKUVÕTTEKS

Kirjeldatud probleemid on tingitud sellest, et riik ei ole kaugküttevõrkude prioriteetseks pidanud ning on jätnud selle enamasti kohalike omavalitsuste korraldada. Audit aga näitas, et omavalitsused ei teadvusta alati oma vastutust soojusvarustuse toimepidevuse tagajana. Osa omavalitsusi ei ole soojustaristu erastamise tõttu kaugkütte arengust oma territooriumil teadlikud ega huvitatudki. Oodatakse, et riik rohkem sekkuks ja arengusuunad riiklikus arengukavas paika paneks. Kogu riiki hõlmavate kaugküteteprobleemide terviklik analüüsimine ja neile lahenduse pakkumine ongi riigi, mitte omavalitsuste ülesanne.

Riigikontrolli hinnangul tuleks kaugküttesektori jätkusuutliku arengu tagamiseks eelkõige välja selgitada, millistes piirkondades on kaugkütte elujõuline ning võimaldab tarbijatele pakkuda tõhusalt toodetud ja põhjendatud hinnaga soojust praegu ja tulevikus. Vaid sellistes piirkondades on riigil mõistlik rahastada kaugküttesüsteemide arendamist. Nende piirkondade jaoks, kus kaugkütte pole jätkusuutlik, tuleks välja töötada meetmed üleminekuks tõhusamale kütmissüsteemile.

Auditaruandest on peale artiklis lühidalt käsitletud teemade võimalik lugeda riigipoolsetest toetusmeetmetest soojusvarustusele, soojuse hinna koostõkestamise põhimõtetest ning järelevalvest soojusettevõtjate üle. Aruande terviktekst on kättesaadav Riigikontrolli kodulehelt www.riigikontroll.ee.

A.M.



www.rentacar-estonia.eu

AUTORENT

Tel 5625 0951



KORTERMAJADE SOOJUSTAMINE TERMOMAHUGA

RAIVO BLAUHUT

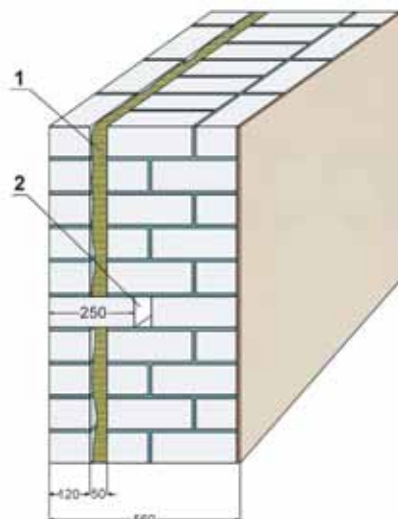
Therm OÜ

KORTERMAJADE välispiirete soojustamine termovahuga aitab kiiresti ja tõhusalt suurendada hoonete soojapidavust, rikkumata seejuures piirete niiskusereežiimi.

Nõukogude ajal ehitatud silikaattellistest korterelamuid ei saa pidada soojustatuks. Seintesse jäetud õhkvahed soojusisolatsioonina ei toimi, sest seina pinda jahutab õhu konvektiivne liikumine. Kui pidada silmas ka halvasti tihendatud vuuke, mille kaudu külm välisõhk seinatühemikku pääseb, ei saa arvestatavast soojustakistusest üldse rääkida.

Nende hoonete soojapidavust saab suurendada termovahu abil. Üldjuhul on seda tüüpi kortermajade seinapaksus 56 cm. Iga kuues kivi kiht on laotud ristise sidekihina. Viie kivi kihi ulatuses on 5 cm laiune õhkvähe poole kivi, s.o 12 cm kaugusel seina välispinnast, sidekihtide kohal on tühemiku kaugus välispinnast 25 cm (joonis 1). Kuigi sidekihikohti termovahuga soojustada ei saa, moodustavad nad vaid 17 % seinapinnast, ülejäänud pinnaosa (83 %) on termovahuga soojustatav. Mille poolest on termovahuga soojustamine kasulik? Kõigepealt selle poolest, et seda tehnoloogiat saab rakendada kohe, ilma erilise ettevalmistuseta, ka lisatööd ei ole vaja teha. Oluline moment on töö tegemise kiirus – nt 700 m² seinapinnaga elamu soojustamiseks kulub vaid 5–6 päeva.

Soojustehnilised uuringud ning arvutused on näidanud, et käsitletavat tüüpi välisseina põhiline soojusnäitaja, soojusjuhtivus



Joonis 1. Silikaattelliseseina soojustamine termovahuga: 1 on termovahuga täidetud ning 2 soojustamata jääv õhkvähe

(U-arv) on enne lisasoojustuse paigaldamist 1–1,1 W/(m²·K). Eesti Vabariigi ehitusseaduse ja valitsuse 20.12.2007 nr 258 määruse „Energiatõhususe miinimumnõuded“ kohaselt on elamute välispiirete U-arvu soovitusväärtus 0,20–0,25 W/(m²·K). Seega on selle seina soojusjuhtivus neli-viis korda suurem meie kliimavõõrtes soovitatavast ning see põhjustab ka äärmiselt suure energiakao.

Kui võtta aluseks nimetatud 56 cm paksune

silikaatsein ning selle 5 cm laiune õhkvähe, annavad arvutused seina soojustakistuseks $R = 0,91\text{--}1,0 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ning soojusjuhtivuseks juba varem nimetatud 1–1,1 W/(m²·K). Kui täita 83 % seinatühemikest termovahuga, saab seina soojustakistuseks 2,24 m²·K/W ning soojusjuhtivuseks (U-arvuks) 0,5 W/(m²·K), mis on üle kahe korra väiksem kui enne soojustamist.

Kahjuks ei saa termovahuga soojustada 9-korruselisi tellisestega korruselamuid, sest kolmel alumisel korrusel on iga teine kivi kiht ristine sidekiht ning need kihid moodustavad 50 % kogu seina pinnast. Kõrgematel korrustel on sidekihtide osakaal 30 %. Termovahuga soojustatavat seinapinda on sellistes elamutes liiga vähe, puurida tuleks väga palju vahu sisepuhumisauke ning saavutatav soojustusefekt on väike.

Termovahuga saab soojustada ka paneel maju. Silikaattellistest majadest erinevad nende seinad selle poolest, et paneelitühemikud täideti klaasvillaga, mis on praeguseks suures osas kokku vajunud ning oma soojustusomadused kaotanud. Sisestatav termovaht surub klaasvilla kokku ning tekitab soojustuskihi, milles on umbes 70 % termovahtu ning 30 % klaasvilla. Arvutuste kohaselt suureneb paneelseina soojapidavus 20–25 %.

Termovahuga on Eestis edukalt soojustatud mitu korterelamut, nt Tallinnas Vase 3, Tartus Metalli 9 ja Laagris Kuuse 24.

A.M.

SOOJUSTAMISEKS POLE KUNAGI HILJA

MIKS ON TÜHJA ÕHUVÄHEGA SEIN KÜLM?

Seinavahes olev õhk, mis on seina sisse-mise osa mõjul soojenenud, tõuseb üles. Selle asemele tungib altpoolt hõredatest kohtadest külm õhk. Katusealusesse ruumi tõusnud õhk viib pragudest välja kuni 80 protsenti seinte kaudu kaduvast soojusest. See õhk, mis ei ole veel katusealuse kaudu väljuda jõudnud, puutub kokku külma välismüüritisega ja langeb jahtudes allapoole, kuni seina sisemise osa mõjul taas soojeneb. Nisugune konvektsiooniring põhjustab umbes 20 protsenti seinakaudsest soojuskao. Sellest „korstnast“ väljub soojus hoonest palju kiiremini, kui seda ette kujutatakse.

SÜSTIME SEINAD SOOJAKSI!

Spetsiaalsete ainete vesilahused segatakse vajalikes suhetes kokku ja muudetakse suruõhu abil vahuks, mis pumbatakse seinatühimikesse. Soojustusvaht koosneb miljonitest väikestest purunenud õhumullidest. Tahkudes muutuvad need pehmeks, valgeks, veeauru läbilaskvaks materjals – termovahuks. Materjal on mõeldud spetsiaalselt elumajade seintes olevate õhuvahede täitmiseks. Termovaht sobib ka ideaalselt vana klaasvatiga soojustatud majade n-õ ületäitmiseks. Vaht ei paisu ega riku hoone konstruktsiooni. See on ainus võimalus, kui sinu maja seinakonstruktsioonis on õhutühimikud.

- Soojustatava maja fassaadi ei ole vaja lõhkuda.
- Soojustamine on kiire ja efektiivne.
- Teie küttekulud vähenevad märgatavalt.
- Termovaht on veeauru läbilaskev ja vett mitteimav materjal.
- Termovaht on suurepärane soojusisolaator.
- Termovahul on hea tulepüsimus.
- Termovahuga soojustamine on väga soodne.



Teostame
töid üle Eestil

tel 5660 6010
info@therm.ee
www.therm.ee

VÄIKESTE TUULEGENERAATORITE KASUTUSVÕIMALUSTEST EESTIS

ANTI TIHK

Bakeri OÜ

MIS ON väike tuulegeneraator? Generaatorite ametlikku klassifikatsiooni Eestis ei ole ning käesolevas artiklis on väikese tuulegeneraatori all mõeldud rõhtteljega tuulikut võimsusega 1–30 kW. Püstteljega rootoritega tuulegeneraatorite puhul on enamasti tegemist dekoratiivelementidega, mille lubatud tootlikkus ei vasta 99 % juhtudel tõele.

Kui räägitakse *tuulegeneraatorist*, tekib kohe kujutluspilt suurest 1–3 MW võimsusega rajatisest, mis paistab kaugelt üle metsade. Väiketuulikud on aga tublisti väiksemad ning nende mastid madalamad (üldjuhul 6–18 m ning vaid erandjuhtumel kuni 36 m kõrged). Muidugi, mida kõrgem, seda rohkem tuult, ent arvestama peab ka masti lisameetri maksumuse ja energiatoogi suurenemise suhet. Väiketuulikute labade, s.o rootori pindala on tootjast ja tuulikust olenevalt 5,5–150 m². See pindala määrab, kui palju tuulik „tuult näeb“, st kui palju energiat ta suudab tuulest ammutada ning millisel tuulekiirusel saavutab nimivõimsuse. Väiketuulikud saavutavad nimivõim-

suse enamasti siis, kui tuule kiirus on 9–13 m/s.

Suurima energiakoguse, mida on võimalik tuulest saada, määrab Betzi seadus, teoreetiline maksimum on 59,3 %. Põhjus on lihtne. Kui ammutada tuulest kogu energia, jääb tuulegeneraator seisma ja tööd ei tee.

Tuulegeneraatori teoreetilise aastatootlikkuse arvutamisel võetakse arvesse selle võimsustegur C_p (tuulegeneraatori väljundvõimsuse ja tuulest saadava energiahulga suhe, väärtus 0,1–0,45) ning paigalduskoha iseärasused (keskmine tuulekiirus ja sellest suuremate tuulekiiruste esinemissagedus).

Internetist võib tuulegeneraatoreid pakkuvate firmade kodulehtedelt leida arvutusviise, mis annavad generaatori tootlikkuse määramisel usumatult häid tulemusi. Ebareaalsete tulemuste põhjus on lihtne – arvutuskäikudes arvestatakse, et tuul puhub kogu aeg ühesuguse kiirusega (nt 10 m/s) ja tuulegeneraator töötab täisvõimsusel. Tegelikus elus see paraku nii ei ole. Suurbritannias ja mujal maailmas teh-

tud uuringutele tuginedes võib väita, et avamaastikule (hajaasustuspiirkonda) püstitatud väiketuuliku tootlikkus on 17–30 % võimalikust, sõltuvalt tuuleoludest ja generaatori juhtimislahendusest. Tiheasustusalal või lausa linnas jääb väiketuuliku tootlikkus alla 10 % ning selle põhjus on turbulentses tuules. Linnatingimustes on ainsad arvestatavad alternatiivenergia tootmise vahendid päikesepaneelid.

MILLINE MAST TUULEGENERAATORILE VALIDA?

Tuulegeneraatorimaste on kaheksa: vantidega toetatud ja ise püsti seisvad mastid. Viimastel aastatel on püstitatud ka langetatavate ise püsti seisvate mastidega tuulikuid (joonis 1). See lahendus on selle poolest hea, et masti on hooldustööde tegemiseks lihtne alla lasta, ta on vantide puudumise tõttu ohutum ja näeb parem välja. Mittelangetatavaist on nad küll veidi kallimad, ent hinnavahe tasub end juba esimesel tõstel – ei ole vaja kraanat.

OÜ Alkranel keskkonnavalased konsultatsioonid alates 2000. a

- Projekteerimine (veevarustus ja kanalisatsioon, reoveepuhastus)
- Ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arendamise kavad ning jäätmekavad
- Riigihangete ja rahastustootluste ettevalmistamine (vee- ja jäätmemajandus)
- Keskkonnalubade taotlemine, keskkonnuaruandlus
- Planeeringud (koostamine ja analüüsimine)
- Keskkonnuuringud, -konsultatsioonid ja -ekspertiisid
- Keskkonnamõju hindamine, strateegiline hindamine ja eelhindamine
- Müra hindamine ja müralevi modelleerimine



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

MILLIST TUULEGENERAATORIT VALIDA, KAS SABAGA VÕI SABATA?

Viimase viie aasta jooksul on turule tulnud tuulegeneraatorid, mille tuules hoidmise eest hoolitseb tuule kiirust ja suunda arvestav elektrooniline kontrollier. Selline tuulegeneraator püsib stabiilselt tuules ning see suurendab energiatootlikkust. Sabaga tuulegeneraator „sõidab“ tuule suuna kiirel muutumisel tuulest välja ehk „keerab üle“, mistõttu pöörlemissagedus langeb ning energiatootmine väheneb või katkeb sootuks seni, kuni tuulegeneraator tagasi tuulde saab.

Sabaga ja sabata tuulegeneraatorid juhitakse eri moodi. Sabaga generaatoreid juhib tuul ise, elektrooniliselt juhitud arvutab protsessor aga anduritest saadud teabe alusel, mis suunast tuul puhub ning vastavalt sellele pöörduv tuulegeneraator tuulde. Sabaga lahenduste puhul rakendub liiga suure tuulekiiruse korral pidur, juhtides üleliigse energia elektrilisele lisakoormusele ning saba asend paneb tuuliku automaatselt tuulest välja keerama. Ka elektroonilise juhtimisega lahenduste puhul juhitakse üleliigne energia lisakoormusele, kuid sellele lisaks, vastavalt määratud programme, keeratakse tuulegeneraator tuulest välja ja rakendatakse vajaduse korral lisapidurit.

Elektroonilise juhtimisega tuulegeneraatorid on kallimad, kuid kõrgema hinna kaalub üles nende energiatootlikkuse suurem stabiilsus. Eesti ja Euroopa turul on ka selliseid klassikalisi sabaga tuulegeneraatoreid, mille hinnaklass on elektroonilise juhtimisega tuulegeneraatorite omaga võrdne või isegi kõrgem.

Väikeste, 5–50 kW võimsusega tuulegeneraatorite valikusse on lisandunud ka selliseid, mille tehniline lahendus sarnaneb suurte, megavattide või veelgi suurema võimsusega tuulegeneraatorite omaga, milles püsimagneeteid ei kasutata. Need tuulikud võtavad rootori pöörlemissageduse saavutamiseks ja elektromagnetites magnetvälja tekitamiseks energiat elektrivõrgust ning neil on generaatori pöörlemissageduse suurendamiseks käigukast.



Joonis 1. Hüdrauliliselt langetatava ise püsti seisva mastiga elektrituulik

MIDA TEHA TUULEST SAADAVA ELEKTRIENERGIAGA?

Klassikalise mõtlemise kohaselt salvestatakse tuulegeneraatorilt saadav elektrienergia akuparki ja võetakse sealt tarbijate toiteks inverteri kaudu välja. Saadavat võimsust piirab inverteri väljundvõimsus, arvestama peab ka sellest saadava elektrienergia kvaliteeti – kas see sobib kõikide seadmete käitamiseks. Lahendust kavandades tuleb arvestada, et tavapärane autoaku piiratud tühjenemistsükli arvu ja tühjenemisteme tõttu süsteemi ei sobi.

Süvätühjenevad akud (DC- ehk *Deep Cycle*-akud) võimaldavad energiat ammutada kuni 80 % aku mahtuvusest ja seda vähemalt 500, parematel 1000–1200 kuni 3000 ja enamgi tsüklit. Neist on enamlevinud VRLA- ehk suletud

happeakud ja AGM- ehk geelakud.

Akupargiga lahendus sobib eelkõige kohta, kus elektrivõrk puudub ja süsteemi ei soovita lisaenergiaallikatega suurendada. Energiaallikaid saab küll lisada, kuid enamikul juhtudel eeldab see akupargi muutmist või vahetamist ning ka inverteri vahetamist. Lihtviisil saab energiaallikaid lisada, kui akupanga pinget on kuni 48 V ning selle mahtuvus piisav, kuid ka siis lisatakse alalisvoolupolele energiaallikaid. Sellise lahenduse puhul peab arvestama ka seda, et energia salvestamine akudesse ei alga enne, kui tuulegeneraatorist saadav pinget on akupargi omast kõrgem. Kindlasti tuleb enne lahenduse koostamist tutvuda akupargi kontrolleri tööpõhimõttega. Paljudel juhtudel on kulude vähendamiseks kasutatud lihtsat regulaatorit, mis alustab laadimist kindlal pingel ja

lõpetab siis, kui pinge on tõusnud maksimumväärtuseni, arvestamata aku tüüpi, temperatuuri, laadimistsükli arvu ja eripingelise laadimistsükli vajadust.

Ajakohasem on elektrivõrguta piirkonnas kasutada võrgulahendusse kuuluvat inverterit või invertereid ja omaette akupargiinverterit, mis hoolitseb andurite, algoritmide ja kindla programmi järgi akude kestva töökindluse eest. Eespoolkirjeldatud lahenduse korral on toodetud elektrienergia kvaliteet võrguelektriga võrreldes võrdväärne või isegi parem, seda saab 230V/400V võrgus kohe kasutada, tuulegeneraatorilt saadavat elektrienergiat kasutatakse maksimaalselt ära (madalaim kasutatav pinge sõltub tuulegeneraatorist ja inverterist), energia ülejääk salvestub automaatselt akuparki, energia puudujääk võetakse automaatselt akupargist ning energia ületootmise korral peatub elektrivõrgu kaitsmiseks inverterite töö astmeliselt. Suurepärase eelise on ka see, et energiatootmisel on lihtne lisada. Olemasolevat süsteemi ei ole vaja ümber ehitada ning võrguinverteril põhinev tootmisel on lisaks „kohaliku“ elektrivõrku suvalises kohas. Tuulik ei pea ka paiknema akupargi vahetus läheduses. Akupargi invertereid (võimsus 2–300 kW) on tuuleta ajal võimalik mootorite või pumpade käivitamiseks ning bensiini- või diislegeneraatori lisamiseks lühikest aega üle koormata (ka etteantud parameetrite järgi automaatselt käivitada). Juhul kui tulevikus avaneb võimalus või on mingil põhjusel otstarbekas liituda elektrivõrguga, saab süsteemi vajaduse korral toita võrgust.

VÕRGULAHENDUS ON KÕIGE LIHTSAM MOODUS TUULEENERGIA KASUTAMISEKS

Süsteemi põhiosad on tuulegeneraator,

võrgulahendust toetav kontrollid koos kaitsestatmetega ja võrguinverter(id). **NB! Võrguinverter peab olema sertifitseeritud ja standarditele vastav. Võrgulahenduste korral on teistsuguste inverterite kasutamine eluohtlik ja võib lõppeda surmaga!** Süsteemi toimimise eeldus on võrguühenduse olemasolu (vastavalt vajadusele kas üks faas või kolm faasi), kuna võrguinverter on võrguparameetreid (pinge ja sagedus) jälgiv seade ja toodab võrguenergiaga võrdse kvaliteediga elektrienergiat. Eelise akupargiga lahenduse ees on süsteemi väiksem soetusmaksus, pikem tööiga (akud puuduvad!) ja suurem tootlikkus, sest kogu saadud energia läheb kohe kasutusse. Saadud energiat kasutatakse sel puhul sõltuvalt ühendusviisist, kas müües 100 % võrku, tarbides kogu energia ise või tarbides nii palju kui vaja ja müües ülejäänu võrku.

Kindlasti on soovitatav tarbida omatootetud elektrienergiat ise ning kui tekib ülejääk, müüa see võimaluse korral võrku. Ise tootes ja tarbides ei tule maksta võrguettevõttele elektrienergia eest, võrgutasu, aktsiisi ega taastuvenergiatasu. Sästa (mitte kokkuhoidu) saab iga toodetud kWh pealt.

Lahenduse nõrk külg on see, et praegu ei ole veel ametlikku võimalust invertereid kasutavaid süsteeme elektrivõrguga liita, liitumisvõimalus lähiajal siiski tuleb.

MIDA ON VAJA TEHA TUULEGENERAATORI PÜSTITAMISEKS?

- Vali välja endale sobiv tuulegeneraator, mast ja vajalikud lisaseadmed. Ära unusta kontrollimast CE- märgistuse/sertifikaadi olemasolu tuu-

legeneraatoril ning võrgulahenduse puhul võrguinverteri(te) vastavust standardile ja tootjatehase vastavust sertifikaadile. Kindlasti konsulteerime müüjaga ja tee endale selgeks otstarbekas lahenduskäik.

- Küsi kohalikust omavalitsusest projekteerimistingimused tuulegeneraatori püstitamiseks, märkides kindlasti ära selle võimsuse ja masti kõrguse. Valmista ette projekt ja taotle ehitusluba (võrguühenduse korral on lisaks elektriprojektile vaja ka energiatevõtja kooskõlastust). Nõue saada projekteerimis- ja ehitusluba tuleneb sellest, et tuulegeneraator on üle 5 m kõrgune rajatis.
- Soeta tuulegeneraator ja lisaseadmed, pane nad paigale ning pärast edukat katsetamist taotle kasutusluba.
- Tarbi omatootetud tõeliselt rohelist energiat.

Praegu väidab 13 firmat oma kodulehel, et nad müüvad väikseid tuulegeneraatoreid. Kui paljudel neist on kogemusi ja teadmisi, ei ole teada. Kodulehtedel oleva teabe põhjal tegeleb nendest iga päev taastuvenergeetikaga ainult kaks. Tuulegeneraatori soetamiseks vali endale partner, kes ei tegele ainuüksi müügiga, vaid kes on selles valdkonnas pädev, kes suudab pakkuda ka võtmed-kätte-lahendusi ning kes annab oma toodetele garantii. Mõni üksik tuulegeneraatoritega tegelev firma on võimeline pakkuma ka vajalikke lisateenuseid: tegema lähtearvutusi, koostama projekte, kogu projekti juhtima ning tegema hooldus- ja remonditööd ning anda oma tehtud töödele garantii. Kui soovid kindlust firma valikul, küsi lisateavet Eesti Tuuleenergia Assotsiatsioonist (www.tuuleenergia.ee) ja/või www.bakeri.ee. A.M.

Elektri- ja tuulegeneraatorite müük

- Bensiini- ja diislegeneraatorid võimsusega kuni 2000kW
- Horisontaalsed ja vertikaalsed tuulegeneraatorid võimsusega kuni 50kW

OÜ Move
Kaunase pst 21b, Tartu
Tel 56 239 280, e-post: move@move.ee
www.move.ee



TUULEENERGEETIKA ARENG MAAILMAS 2010. AASTAL JA PROGNOOS AASTANI 2015

MERIKE NOOR

Keskkonnatehnika

GWEC-i (*Global Wind Energy Council*, www.gwec.net) aprillis avaldatud kuuenda aastaaruande (GWEC – *Global Wind Report. Annual market update 2010* [1]) andmeil oli maailma tuuleelektrijaamade (TEJ) koguvõimsus 2010. aasta lõpus 197,0 GW. Aastal 2010 mõjutas ülemaailmne finants- ja majanduskriis tuuleenergiasektorit rohkem kui 2009. aastal. Esimest korda viimase kahekümne aasta arvestuses vähenes aasta jooksul lisandunud uute käikuantud elektrituulikute koguvõimsus: 2010. aastal 38,3, 2009. aastal 38,8 GW. 2010. aastal paigaldatud seadmete koguväärtus oli 49,8 miljardit eurot.

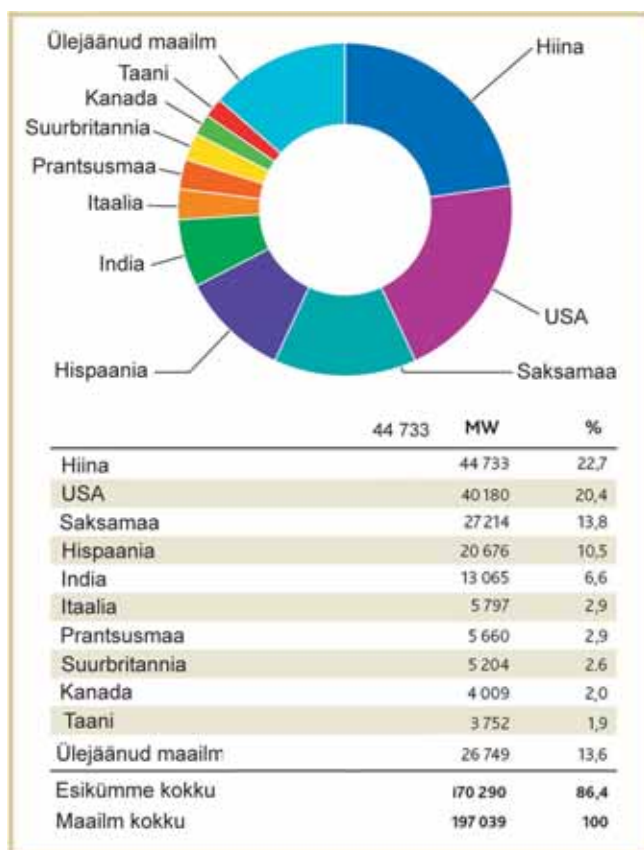
Aasta lõpuks oli elektrituulikute koguvõimsus kõige suurem Hiinas (44,73 GW), järgnesid USA (40,18 GW), Saksamaa (27,21 GW), Hispaania (20,68 GW) ja India (13,07 GW). Esikümnes olevate riikide arvele langes 86,4 % kõigi paigaldatud TEJ-de koguvõimsusest (joonis 1). Elektrituulikute koguvõimsus kasvas aasta jooksul kõige rohkem Aasias (21,5 GW), järgnesid Euroopa (9,9 GW) ja USA (5,12 GW) (joonis 2). Eelmise aastaga võrreldes vähenes USA-s uute käikuantud tuulikute koguvõimsus 2010. aastal 50 % ning Euroopa Liidus 7,5 %.

GWEC prognoosib lähiaastateks

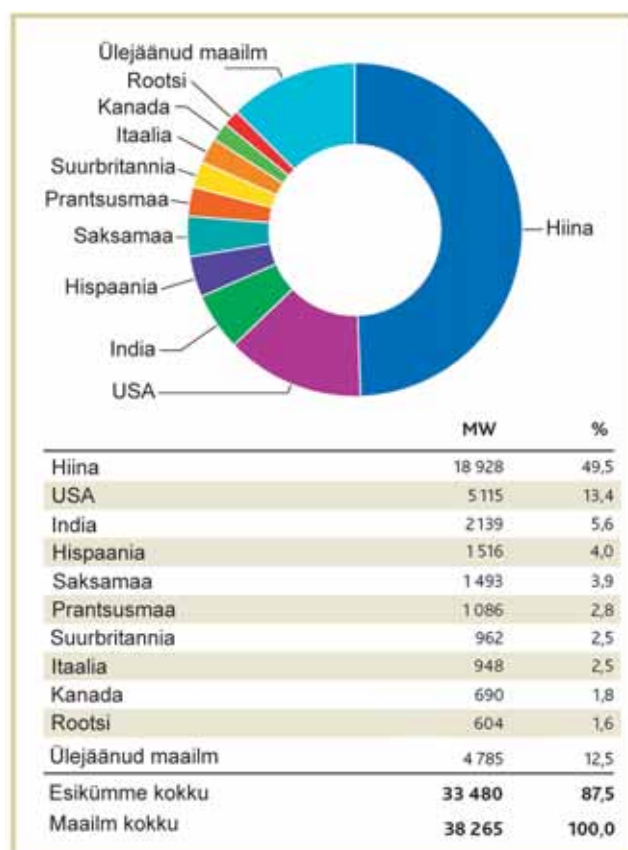
tuuleenergia rakendamise suurenemist peamiselt Aasias, Põhja-Ameerikas ja Euroopas ning arvab, et 2015. aastal on TEJ-de koguvõimsus maailmas 459 GW (praegu 197 GW).

AASIA

Nii nagu 2009. aastal, arenes tuuleenergeetika ka 2010. aastal kõige kiiremini Aasias, mille arvele langeb nüüd juba üle poole maailmas installitud seadmete koguvõimsusest. Juhtmaa oli **Hiina**, mis möödus 2009. aastal Saksamaast ning 2010. aastal endisest liidrist USA-st. Kiiret arengut soodustab Hiina riiklik



Joonis 1. Maailma TEJ-de koguvõimsus 2010. aasta lõpus [1]



Joonis 2. TEJ-de koguvõimsuse juurdekasv 2010. aastal [1]

energiapoliitika, mis toetab tuuleenergia kasutuselevõttu, elektrituulikute tootmist ning ülekandeliinide rajamist. Praegu on Hiina saanud maailma suurim tuuleturbiinide ja nende osade tootja. Hoogsalt edeneb 2008. aastal käivitatud projekt *10 GW-Size Wind Base Program*, mille kohaselt kaheksasse provintsi rajatakse vähemalt kümne-gigavattiseid tuuleparke koguvõimsusega 138 GW. Käesoleva aasta märtsis vastu võetud kaheteistkümnendas viisaastakuplaanis näeb Hiina valitsus ette jõuda 2015. aastaks TEJ-de koguvõimsuseni 90 GW.

Aasia teine jõudsa kasvuga tuuleenergiariik on endiselt **India**, kus eelmisel aastal lisandus 2,4 GW (koguvõimsus 13,1 GW). Indias on nüüd taastuvenergia osakaal energia kogutoodangus 10,9 % ning elektrienergiatoodangus 4,13 %.

Jaapanis lisandus 2010. aastal 221 MW (koguvõimsus 2,3 GW), **Lõuna-Koreas** 31 MW (kokku 379 MW) ja **Taiwanis** 83 MW (kokku 519 MW).

GWEC ennustab kiire kasvu jätkumist Aasias ka lähiaastail. Juhtpositsioonile jääb Hiina, kus igal viimasel viiel aastal on installeeritud tuulikute koguvõimsus kasvanud poole võrra. Ennustatakse, et 2015. aastani kasvab Hiinas TEJ-de koguvõimsus üle 20 GW aastas. Pidevat kasvu (ca 2–3 GW aastas) oodatakse lähiaastail ka **Indias**. Tõenäoliselt on Aasia TEJ-de koguvõimsus 2015. aastal 184,6 GW.

EUROOPA

Euroopas lisandus 2010. aastal 9,92 GW, sellest Euroopa Liidus 9,30 GW (883 MW avameretuuleparkides). Tuuleelektrijaamade koguvõimsus oli Euroopa Liidus 84,23 GW (kogu Euroopas 86,23 GW) ning energia kogutoodang 181 TWh, s.o umbes 5,3 % Euroopa Liidu koguelektrivajadusest.

Juhtpositsioonil on endiselt **Saksamaa**, kus 2010. aastal lisandus



Joonis 3. Möödunud aasta septembris Inglismaal käiku antud avameretuulepark Thanet on praegu maailma suurim

Foto: Vattenfall

1,49 GW (koguvõimsus 27,2 GW). Tuulikutega kaeti ca 6,2 % riigi elektrienergiatööstusest. Liidumaadest on elektrituulikuid endiselt kõige rohkem Alam-Saksimaal (koguvõimsus 6,7 GW). Mõnes liidumaas annavad nad suure osa elektrienergiast (Sachsen-Anhalt 52 %, Mecklenburg-Vorpommern 45 %, Schleswig-Holstein 44 %).

Kõige suurem oli juurdekasv **Hispaanias**, kus lisandus 1,52 GW (koguvõimsus 20,7 GW) ning elektrituulikutega kaeti ca 16,6 % (42,7 TWh) riigi elektrienergiavajadusest. Suuremad tuulikupiirkonnad on Castilla León (4,8 GW), Castilla-La Mancha (3,7 GW) ja Galicia (3,3 GW). Tuuleturbiinide keskmine võimsus oli üle 2 MW, nende peamised tarnijad olid Gamesa, Vestas ja Alstom Wind.

Itaalias oli 2010. aasta lõpuks tuulikute koguvõimsus 5,8 GW, **Prantsusmaal** 5,7 GW ja **Suurbritannias** 5,2 GW. Prantsusmaa valitsus on seadnud eesmärgiks tõsta 2020. aastaks TEJ-de koguvõimsus 25 GW-ni (6 GW avamereparkides). Suurbritannia valitsuse 2009. aastal heaks kiidetud taastuvenergiastrateegia (*Renewable Energy Strategy*) näeb ette toota 2020. aastal 15 % energiast taastuvenergiaallikatest.

GWEC ennustab, et lähima viie aasta jooksul lisandub Euroopas igal aastal 14,0 GW (kokku 60 GW) ning juba 2012. aastal, mil tuulikute kogu-

võimsus on 146,3 GW, jääb Euroopa Aasiast (184,6 GW) maha. Euroopas hakatakse rajama üha rohkem avameretuuleparke, 2015. aastaks lisandub nende arvel arvatavasti 3,1 GW (21 %). Juhtpositsioone ennustatakse endiselt Saksamaale ja Hispaaniale ning kiiret arengut oodatakse Itaalias, Prantsusmaal, Suurbritannias ja Portugalis, ent ka Rumeenias, Poolas ja Türgis.

EUROOPA AVAMERETUULEPARGID

Möödunud aastal ühendati Euroopas elektrivõrku 308 (51 % rohkem kui 2009. aastal) uut avameretuulikut, mille koguvõimsus on 883 MW ning aasta lõpuks oli avameretuuleparkide koguvõimsus 2946 MW. Ehitustööd käisid 18 avameretuulepargis, valmis sai neist üheksa.

Möödunud aastal püstitatud avameretuulikute koguvõimsus oli Suurbritannias 458, Taanis 207, Belgias 165, Saksamaal 50 ja Soomes 2,4 MW. Avameretuulikuid ongi kõige rohkem Suurbritannias (1341 MW), järgnevad Taani (854 MW), Holland (247 MW), Belgia (195 MW) ja Rootsi (163 MW). Praegu rajatakse Euroopas kümme avameretuuleparki. Pärast nende valmimist ja elektrivõrguga ühendamist tõuseb avameretuulikute koguvõimsus 6,133 GW-ni.

Suurbritannias on praegu poole-

li olevate tuuleparkide koguvõimsus 1154 MW, neist enamik valmib 2011. aasta esimesel poolel. **Prantsusmaa** on seadnud eesmärgiks saavutada 2020. aastaks avameretuuleparkide võimsuseks 6000 MW. Et see eesmärk ellu viia, kuulutas valitsus 2010. aastal 3000 MW jaoks välja avatud pakumise, mille võitjad tehakse teatavaks 2012. aastal. **Saksamaal** oli 2010. aasta lõpuks avameretuulikute koguvõimsus 108 MW ning 2015. aastaks on seatud eesmärk suurendada see 3000 MW-ni. Juba on kooskõlastatud 24 projekti, mille elluviimine suurendaks koguvõimsuse 7000 MW-ni. Suurimad tuulepargirajajad olid moodunud aastal *Vattenfall* (308 MW) ja *E.ON* (305 MW).

Kümme maailma kõige suuremat avameretuuleparki paikneb Euroopas, neist suurim (koguvõimsus 300 MW) on Inglismaal 2010. aasta septembris käiku antud *Thanet* (joonis 3). Selles pargis on sada 3,0 MW-st Siemensi elektrituulik, mis arvatakse rahuldavat 200 000 majapidamise aastase elektrienervajaduse. Tuulepargi, mis läks maksma 1,22 miljardit USD ja mille kavandatud tööiga on 25 aastat, rajamine võttis aega üle kahe aasta. Tuulepargi ehitas ja seda opereerib Rootsi energeetikafirma *Vattenfall* [2]. Tuulikud on 115 m kõrgused ja võtavad enda alla 35 km² (umbes 4000 jalgpalliväljaku suurust ala). Tuuleparki on kritiseerinud Briti ajakirjandus [3, 4, 5], sest selle rajamine ei toonud juurde loodetud üheksakümnet, vaid ainult 21 uut töökohta ning investeeritud rahast jagus Briti firmadele vaid 20 %. Kuna tuult pidevalt ei ole, siis kujuneb elektrituulikute tegelik võimsus oodatust märksa väiksemaks. Et Suurbritannias toetatakse tuuleenergia tootmist, milleks on loodud süsteem *Renewables Obligation Certificates (ROCs)*, on elektrivarustusevõtted kohustatud avameretuuleparkidest saadava elektrienervajaduse eest maksma kolmekordset hinda. Iga MWh eest peab elektritarbija peale maksta 100 £ ning seetõttu tuleb brittidel lähiaastatel tuulepargi Rootsi omanikke toetada 1,2 miljardi naelaga.

PÕHJA-AMEERIKA

USA ei täitnud möödunud aastal talle pandud ootusi, sest elektrituulikuid tuli juurde poole vähem kui 2009.

aastal. Tuulikute koguvõimsus suurenes vaid 5,1 GW võrra ning liidripositsioon kaotati (joonis 1). Elektrituulikute koguvõimsus oli USA-s 2010. aasta lõpus 40,2 GW (neljateistkümnes osariigis üle 1 GW). Kõige rohkem on neid Texas (koguvõimsus 10 GW, mis katab 7,8 % osariigi elektrienervajadusest) ja Iowas (3,7 GW, 20 %), järgnevad California, Minnesota ja Washingtoni osariigid.

Kanadas oli TEJ-de juurdekasv 2010. aastal 690 MW (2009. aastal 950 MW) ning aasta lõpuks oli nende koguvõimsus 4,0 GW. Esikohal on Ontario provints (1,5 GW), järgnevad Quebec (806 MW) ja Alberta (663 MW).

GWEC peab tõenäoliseks, et USA-s ja Kanadas ehitatakse lähima viie aasta jooksul uusi elektrituulikuid koguvõimsusega 50 GW ning koguvõimsus kasvab 94,2 GW-ni.

LADINA-AMEERIKA

Ladina-Ameerikas jäi kasv ka 2010. aastal tagasihoidlikuks. Lisandus 703 MW, sellest **Brasiilias** 326 MW (koguvõimsus praegu 931 MW) ja Mehhikos 316 MW (519 MW). Aastal 2002 kinnitas Brasiilia kongress programmi *PROINFA*, mille kohaselt peab juurde tulema elektrituulikuid koguvõimsusega 1,4 GW. Praegu on programmi kohaselt käiku antud 40 (kokku 0,9 GW) ning pooleli 13 (394,1 MW) tuulefarmi, millest enamik peaks käiku antama 2011. aastal. Kui varem oli Brasiilias peamine turbiinitarbija *Wobben Enercon*, siis nüüd pakub sellele konkurentsi mitu rahvusvahelist firmat, nende seas *Vestas*, *Suzlon*, *Impsa*, *GE*, *Alstom*, *Gamasa* ja *Siemens*.

Kuigi Ladina-Ameerikas on tuuleenergia potentsiaal suur, ei soosi tuuleenergeetika arendamist enamiku selle piirkonna riikide poliitilised otsused. GWEC-i ennustuse kohaselt suureneb elektrituulikute koguvõimsus Ladina-Ameerikas järgmise viie aasta jooksul 19 GW, peamiselt Brasiilias, Mehhikos ja Tšiilis.

VAIKSE Ookeani PIIRKOND

Austraalias paigaldati eelmisel aastal elektrituulikuid koguvõimsusega 167 MW. Praegu on seal 52 tuulefarmi (kokku 1,9 GW). Kõige rohkem on tuulikuid Lõuna-Austraalias

(907 MW) ja Victorias (428 MW). 2010. aasta jaanuaris jõustus Austraalias taastuenergia arendamise kava *Renewable Energy Target (RET) Scheme*, mille kohaselt tuleb 2020. aastal katta 20 % (45 TWh) riigi elektrienervajadusest taastuenergiaallikate baasil. **Uus-Meremaal** lisandus 2010. aastal vaid 8,8 MW (kokku 506 MW) ja tuuleenergiaga kaeti 3 % riigi enervajadusest.

Vaikse ookeani piirkonnas ennustatakse järgmiseks viieks aastaks senisest veidi kiiremat arengut (ca 1,5 GW aastas), 2015. aastal peaks tuulikute koguvõimsus olema 7,4 GW.

AAFRIKA JA KESK-AASIA

Põhja-Aafrikas juhtriigid on GWEC andmetel endiselt **Egiptus** (2010. aastal 120 MW, koguvõimsus 550 MW), **Maroko** (30 MW, 286 MW) ja **Tuneesia** (60 MW, 114 MW) ning Kesk-Aasias **Iraan** (0) MW ja 92 MW). Tõenäoliselt hakatakse lähiaastatel elektrituulikuid püstitama ka **Etioopias**, **Keenias**, **Tansaalias** ja **Lõuna-Aafrika Vabariigis**.

Selle piirkonna riigid jäävad lähiajal siiski väikesteks tegijateks –juurdekasvuks prognoositakse kuni 2 GW aastas ning 2015. aastaks ennustatakse piirkonna TEJ-de koguvõimsuseks 7,5 GW.

A.M.

Viidatud allikad:

1. GWEC – Global Wind Report. Annual market update 2010. <http://www.gwec.net>.
2. www.vattenfall.com
3. British firms miss out as world's biggest offshore windfarm opens off UK coast. – The Guardian, 23 September 2010. <http://www.guardian.co.uk/environment/2010/sep/23/british-firms-worlds-biggest-wind-farm>.
4. UK needs domestic wind energy industry. – BBC News, 27 September 2010. http://news.bbc.co.uk/1/hi/kent/hi/people_and_places/nature/newsid_8587000/8587653.stm.
5. The Thanet wind farm will milk us of billions. – The Daily Telegraph (London), 25 September 2010. <http://www.telegraph.co.uk/comment/columnists/christopher-booker/8025148/The-Thanet-wind-farm-will-milk-us-of-billions.html>

PV-paneelid Flat Holmi saarel Bristolis lähes

Foto: Cardiff Council Flat Holm Project, Wikimedia Commons

KÕIGE ROHKEM PV-PANEELE ON PAIGALDATUD EUROOPAS

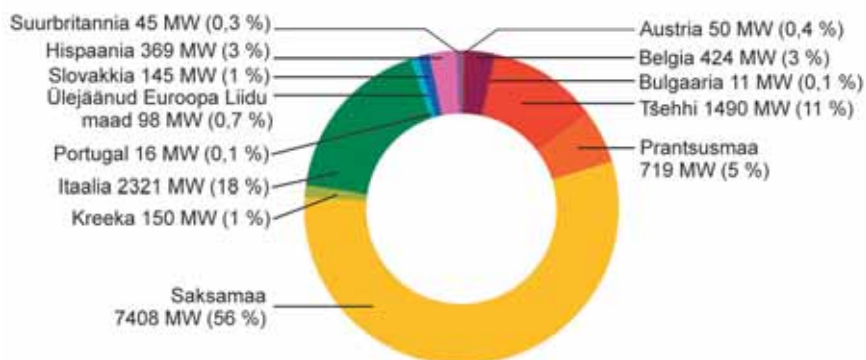
MERIKE NOOR

Keskkonnatehnika

European Photovoltaic Industry Association (EPIA) ja Greenpeace International avaldasid veebruaris raporti *Solar Generation 6*, milles ennustatakse, et investeringud elektrienergiat tootvatesse päikesepaneelidesse (PV-paneelidesse) kasvavad 2015. aastaks praegusega (35–40 miljardilt eurot) võrreldes kahekordseks. Euroopa Liidus suurenevad aastainvesteringud 25–30 miljardilt 35 miljardi euron. Euroopas toodetakse tõenäoliselt 2020. aastal 12 % ja 2030. aastal 9 % elektrienergiast PV-paneelidega. Paneelide hinnad on langenud 2005. aastaga võrreldes 40 % ning 2015. aastaks odavnevad nad tõenäoliselt veel 40 %. Tänu sellele muutuvad PV-paneelid elektri tootmisel senisest märksa konkurentsivõimelisemaks.

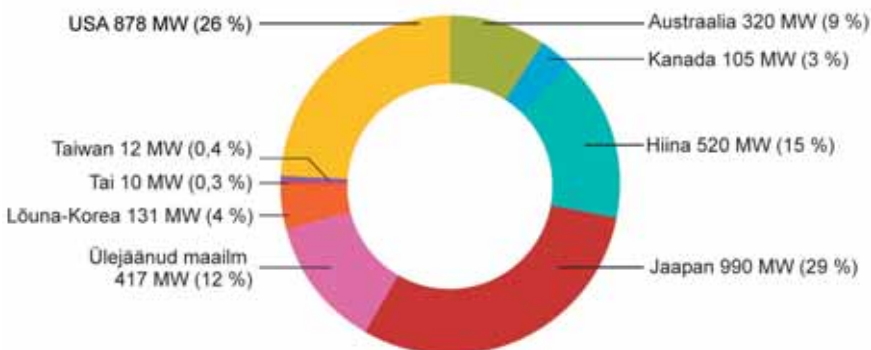
Ennustatakse, et PV-paneelide koguvõimsus tõuseb maailmas 40 GW-lt (2010. a) 2015. aastaks 180 GW-ni ja 2020. aastaks 350 GW-ni, Euroopas 2015. aastaks 28 GW-lt 100 GW-ni.

EIPA maikuus avaldatud aruande *Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015* järgi paigaldati 2010. aastal maailmas uusi PV-paneelide koguvõimsusega 16,6 GW (sellest Euroopas



Joonis 1. 2010. aastal Euroopa Liidus müüdud PV-paneelide koguvõimsus

Allikas: EPIA aruanne *Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015*

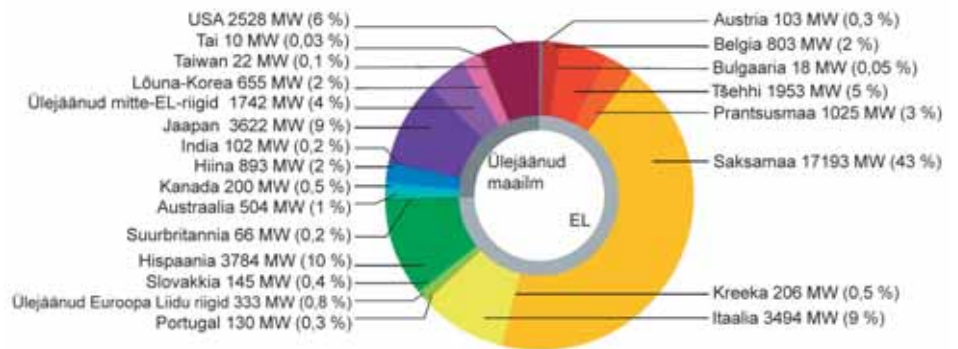


Joonis 2. 2010. aastal väljaspool Euroopa Liitu müüdud PV-paneelide koguvõimsus

Allikas: EPIA aruanne *Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015*

13 GW). Kõikide installeeritud PV-paneelide aastane elektrienergiatoodang oli ca 50 TWh – sama palju kui aastast tarbitakse elektrit Kreekas, Rumeenias või Šveitsis.

Teist aastat järjest oli juurdekasv kõigesuurem Saksamaal (7,4 GW), järgnesid Itaalia (2,3 GW), Tšehhi (1,5 GW), Jaapan (990 MW) ja USA (900 MW). 2010. aastal müüdud PV-paneelide koguvõimsust riikide kaupa kujutavad joonised



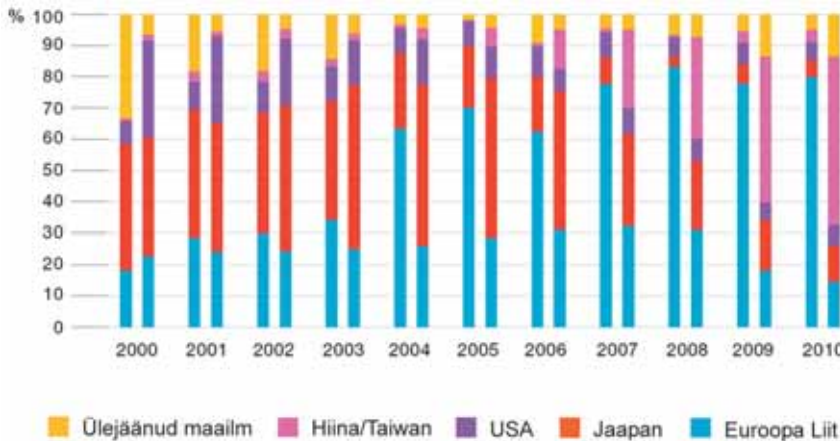
Joonis 3. Maailmas installeeritud PV-paneelide koguvõimsus 2010. aasta lõpus

Allikas: EPIA aruanne *Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015*

1 ja 2 ning maailmas 2010. aasta lõpuks installeeritud paneelide koguvõimsust joonis 3.

Mõlemad ülalviidatud raportid on allalaaditavad EPIA koduleheküljelt www.epia.org.

Kuigi põhiosa PV-paneelidest paigaldatakse Euroopas, toodetakse neid peamiselt Aasias – Hiinas ja Jaapanis (joonis 4). PV-moodulite hind moodustab umbes poole kogu PV-süsteemi (inverterid, kaablid jm vajalik) hinnast. Inverteritest toodetakse ca 80 % Euroopas. A.M.



Joonis 4. PV-moodulite müügi (vasakpoolsed tulbad) ja toodangu (parempoolsed tulbad) jagunemine aastatel 2000 kuni 2010

Allikas: EPIA aruanne *Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015*

PÄIKESE JÕUL LENDAV SOLARE IMPULSE TEGI ESIMESE RAHVUSVAHELISE LENNU

PÄIKESE JÕUL töötav lennuk *Solar Impulse HB-SIA* tegi 13. mail esimese rahvusvahelise lennu Šveitsist Payer-nist Brüsselisse. Brüsselisse seetõttu, et lennuki patroon on alates 2008. aastast, ajast, mil lennukit veel olemaski polnud, Euroopa Komisjon. Lennati üle Prantsusmaa ja Luxemburgi, 630 km pikkuse teekonna läbimiseks kulus 12 tundi ja 59 minutit. Keskmine lennukiirus oli 50 km/h ja keskmine lennukõrgus 1828 m. Varem oli lennukit katsetatud Šveitsis lühemate vahemaade läbimiseks. Juunis lendab *Solar Impulse* Brüsselist Pariisi, kus lennukit saab näha 20.–26. juunil toimival rahvusvahelisel Pariisi lennundusnäitusel (*Paris Air Show*).

Solar Impulse'i idee autorid ja piloodid on Bertrand Piccard ja André Borschberg, kes tegid koos 70-liikmelise meeskonna ja 80 koostööpartneriga projekti kallal seitse aastat



Foto: www.solarimpulse.com

tööd. Lennuk on valmistatud kergest süsinikkiust, kaalub sama palju kui sõiduauto (1600 kg) ning ta tiibade ulatus (63,40 m) on sama suur kui neljamootorilisel reisilennukil Airbus A 340. Tiibadesse on ehitatud 12 000 päikesepaneeli, mis toodavad elektrit neljale mootorile (à 10 hobujõudu) ning laevad õiste lendude jaoks vaja-

likke, 400 kg kaaluvaid liitium-polümeerakusid. Keskmine lennukiirus on 70 km/h ja suurim lennukõrgus 8500 m. *Solar Impulse* erineb varasematest omasugustest selle poolest, et sellega saab lennata ka öösel.

Lisateave: www.solarimpulse.com A.M.

Keskkonnatehnika

REOVEESOOJUSVAHETID KORTERELAMUTE JAOKS

MEELIS RESEV

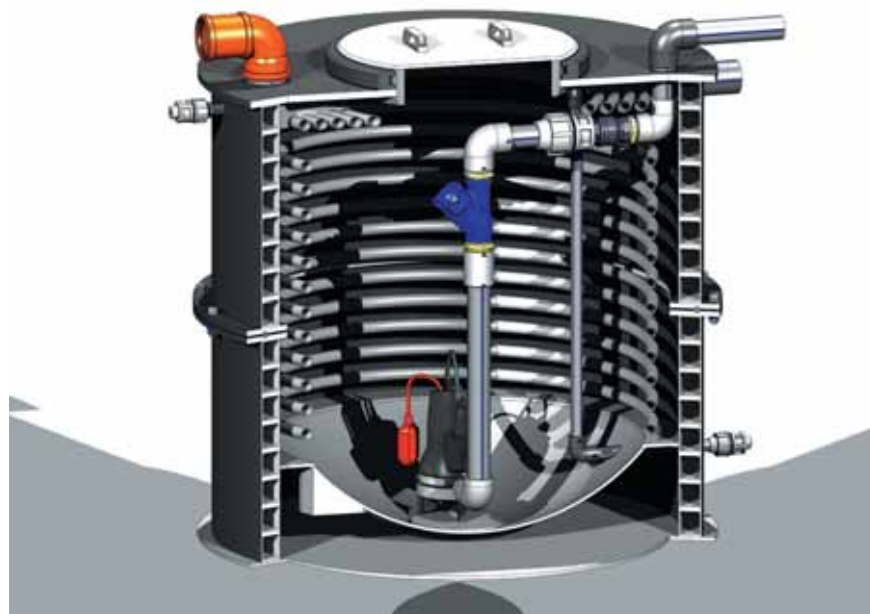
PriiEnergia OÜ juhataja, soojusvaheti autor

TARBEVEE soojendamisele kulub ligi kolmandik kortermajade soojusenergiast, Eestis laseb 60 korteriga elamu aastas kanalisatsiooni 130 MWh soojusenergiat. Müügil on mitmesuguseid reoveesoojusvahetiteid. Suures plaanis võib need jagada kahte gruppi: suured ühislahendused reoveekollektorite või reoveepuhastite jaoks ning väikesed dušialusesse, trappi või kanalisatsioonipüstikusse seatavad soojusvahetid.

Reoveekollektorite põhja paigaldatakse soojusvahetuselemente sisaldavad lisamoodulid või ehitatakse kogu kollektor erimoodulitest, mille seintes on soojusvahetustorud. Reoveepuhastites kasutatakse lahendusi, kus puhastatud reovesi läbib võimsaid soojusvahetiteid, mis kasutavad ära jääksoojuse.

Nii kollektorites kui ka reoveepuhastites on võimalik saada suuri energiakoguseid, ent palju soojust läheb kaotsi: kollektorites suudetakse kasutada vaid osa reovee soojusest ning puhastisse jõudev vesi on jõudnud juba torustikus jahtuda.

Väikesed, nt trappidesse, dušialustesse või kanalisatsioonipüstikutesse



Joonis 2. PriiEnergia OÜ reoveesoojusvaheti

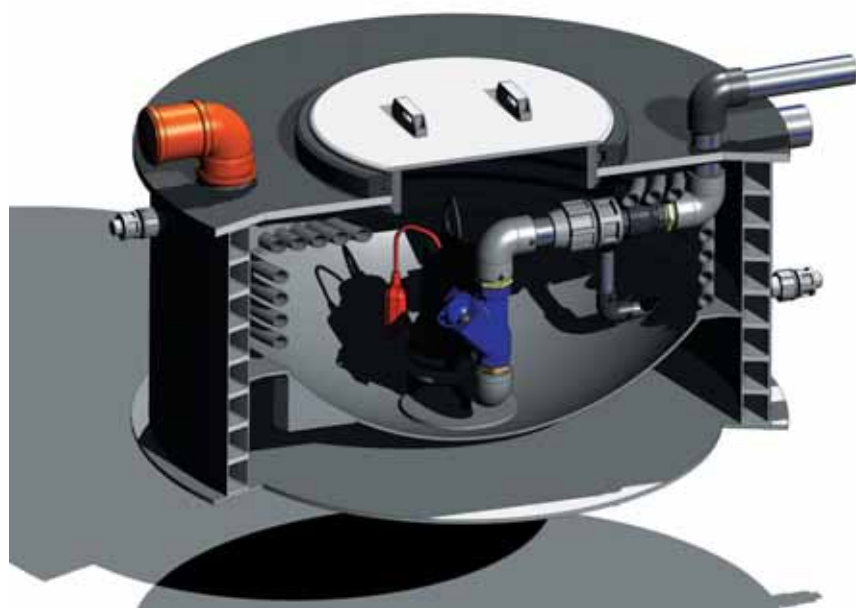
seatud soojusvahetid ühendatakse üldjuhul külma vee torustikuga ning eelsoojendavad vett nt kuumaveeboileri jaoks. Nende töö on tsükliline, st kestab ainult siis, kui vett tarbitakse, ning lühi-

kest aega sooja reoveega kontaktis olev külma vesi ei jõua piisavalt soojeneda. Hea külm on nende soodne hind.

PriiEnergia OÜ-s on saanud tootmisküpsaks omanäoline soojusvaheti reovee jaoks (joonis 1). Mahutit seintes ning sees paiknevates soojusvahetustorudes ringleb jahutusvedelik. Soe (kuni 30 °C) reovesi koguneb mahutisse, jahtub seal ettenähtud tasemeni ning pumbatakse seejärel löikuriga varustatud reoveepumba abil kanalisatsiooni. Talletatud soojuse edasikandmiseks läheb vaja vesi-vesi-soojuspumpa. Soojusvaheti jõudlust saab vabalt reguleerida soojuspumba jõudluse suurendamise või vähendamise teel, seetõttu laseb see lahendus talletada 100 % reoveesoojust.

Toote sihtgrupp on objektid, kus tekib palju sooja reovett – korterelamud, hotellid, haiglad ja tootmisettevõtted. Seadet saab kasutada ka eramajades, kuid tulenevalt väikesest reoveekogusest on süsteemi tasuvusaeg mõnevõrra pikem kui suurte objektide korral.

Maasse paigaldatuna on soojusvaheti eriti hinnatõhus, sest ei ole vaja



Joonis 1. PriiEnergia OÜ reoveesoojusvaheti



Joonis 3. PriiEnergia OÜ reoveesoojusvahetite tootmisüksuse sisevaade

arvestada kitsendatud ligipääsu (nagu hoonetesse paigaldamise puhul) ning saab vabalt valida soodsaima suurusega seadme. Maa sees hakkab soojusvaheti ka maasoojust absorbeerima, tõstes süsteemi tõhusust kuni 10 %.

Standardtootena on tootevalikus olemas ka hoone keldrisse paigaldatav soojusvaheti (joonis 2). Väikeste mõõtmetega moodulitest koosnevad seadet saab hõlpsasti majja viia ja keldris kokku panna.

NÄIDE REOVEESOOJUSPUMBA TÕHUSUSE KOHTA 60 KORTERIGA ELAMUS

Tarbevee soojendamiseks kulub 60 kor-

teriga majas 100 MWh energiat aastas (selle sees ei ole energiakulu sooja tarbevee ringlusele ja käterätikuivatitele). Sellele lisandub ligi 30 MWh külma vee soojenemisele veepestikutes ja WC-pottide loputuskastides. See energiahulk jõuab reovette. Kui soojusvahetid paigaldada maasse, absorbeerivad nad ümbritsevast pinnasest aasta jooksul 6–10 MWh soojusenergiat. Kogu süsteem on seega võimeline ammutama ca 140 MWh. Aastas kulutavad soojuspumpad (COP 1:4) selle soojushulga majjaandmiseks 35 MWh ning reovett mahutitest kanalisatsiooni pumpavad pumpad ca 50 kWh elektrienergiat. Soojusvahetuse tulemusena säästab hoone aastas seega üle saja MWh soo-

jusenergiat.

Kõik süsteemiosad on nähtud ette pidevalt töötama rasketes tingimustes ning läbi laskma kogu majas tekkiva reovee kõige sellega, mis selles sisaldub. Soojusvaheti koostatakse vastupidavast PE-plastist ajakohastes tehasetingimustes (joonis 3). Seadme kumer põhi välistab sette ladestumise. Kasutatav materjal ning tugev ehitus loovad pikaajalise toote, mis peab vastu aastakümneid ning reoveepumba tööeks võib lugeda 50 000 töötundi. Iga soojusvaheti valmib n-ö rätsepatööna objekti eripära silmas pidades.

Soojusvaheti ühildub hästi eri tehaste vesi-vesi-soojuspumpadega. Täpseks seadistamiseks ja

juhtimiseks on PriiEnergia OÜ spetsialistid välja töötatud automaatikasüsteemi, mis annab reaajas täpse ülevaate soojusvaheti tööst (temperatuurist süsteemiosades) ning võimaldab seadistusi interneti kaudu muuta. Väljatöötatud soojusvahetuslahenduse eelis konkurentide ees on suurem tõhusus ja töökindlus, väike käituskulu ning suhteline odavus.

Reoveesoojusvahetit arendav ettevõte PriiEnergia OÜ kaasati äsja eelinkubeerimisele Tallinna Teaduspargis Tehnopol. Eesmärk on aidata ettevõtet ja toode Euroopa turgudele. Euroopa Patendiametile on arendatava soojusvaheti kohta esitatud patenditaotlus.

A.M.

STOCKHOLMI RAUDTEEJAAMA KEHASOOJUSEGA KÕETAKSE NAABERHOONET



Stockholmi pearaudteejaama külastab päevas ca 250 000 inimest, kelle kehast eraldub nii palju soojust, et jaamahoone jahutamiseks oli vaja aknaid lahti teha. Kinnisvaraettevõtte Jernhusen AB leidis mooduse liigse soojuste kasutamiseks oma teisele poole tänavat rajatud kontorihoone kütteks.

Jaamahoone ventilatsioonisüsteemi seatud soojusvahetid annavad liigse soojust üle veele, mis pumpatakse kontorihoone küttesüsteemi. See võimaldas vähendada küttekulusid 25 %. Selline lahendus on küll ammu tuntud, ent selle poolest uudne, et ühes hoones tekkivat soojust kasutatakse ära teise hoone kütteks.

A.M.

Keskkonnatehnika

NUTITELEFON MUUDAB MAAILMA – KA AUTOMAATIKASÜSTEEME

NEEME TAKIS

ITvilla OÜ juhataja

NUTITELEFONIDE populaarsus kasvab kiiresti. Nende seadmete mitmekülsus ja kiiresti arenevad võimed, pidev ühendatus internetiga ja pidev inimesega kaasasolek loovad nendele telefonidele vahel lausa ootamatuid kasutusvõimalusi.

Seekord on tahetud nutitelefonide võimeid uurida automaatiku vaatenurgast. Millised on ühe tüüpilise ja mitte liiga suure, kuid seejuures ajakohase automaatikapaigaldise peamised vajadused ja nende vajaduste rahuldamiseks kasutatav seadmepeak?

1. Programmeeritav kontrollerr – kõige olulisem seade igas automaatikapaigaldises, sest see sisaldab objekti käitumist määravat rakendusprogrammi. Rakendusprogramm reageerib kontrolleri sisenditele jõudvatele signaalidele, võtab vastu vajalike juhtotsuseid ja väljastab otsuste tulemusena juhtmõjusid oma väljundite kaudu. Kui kontrolleri enda sisenditest ja väljunditest ei piisa, suurendatakse nende arvu vastavate laiendusmoodulite abil.
2. Sideseade objektilt väljuva ühenduse tekitamiseks, näiteks objekti kaughalduse või naaberobjektidega koostöö võimaldamiseks. Side toimub üldjuhul interneti vahendusel, suletud privaatvõrkude osakaal on kiiresti langemas. Sideseade võib puududa, kui objekt on interneti püsiühendus olemas. Kõige paremini kättesaadav ja universaalseim võimalus on aga enamasti mobiilne andmeside, tavaliselt GPRS. Seega läheb vaja mobiilset andmesidet võimaldavat modemit või ruuterit.
3. Operaatorpaneel – paigaldise tööparameetrite kontrolliks ja seadistamiseks kohapeal. See võib ka puududa, kui objekt on haaratud kaughaldusvõrku või kui objekti seadistamiseks saab kasutada kantavat arvutit. Parimad operaatorpaneelid on puute-

tundlikud ja värvilised.

4. Raadioside objektisiseseks traadita võrguühenduseks – võib puududa, kui kõikide andurite ja täituriteni objektis on võimalik luua traadiga ühendus. Kohalikku raadiovõrku võivad kasutada ka kantavad operaatorpaneelid või süsteemi kuuluvad liikuvad arvutitöökohad.



Seda nimekirja vaadates näeme, et kõik need mitmesuguste seadmete pakutavad võimalused on korraga olemas igas nutitelesonis, mille hind ei ületa üldjuhul ühegi eespool toodud seadme hinda üksikuna võttes. Seega on nutitelesoni näol tegu vähemalt neli-üheseadmega, mis on odavam ja mitmes suhtes ka võimsam kui seni automaatikas kasutatud üksikkomponentide puhul harjumuspärane. Tõsi, nutitelesonil ei ole kontrolleri omaseid elektriliste automaatikasignaalide sisendeid ja väljundeid. Samas on nutiteleson sellekohase USB-, Bluetooth- või WLAN-konverteri kaudu võimeline suhtlema vajaliku arvu laiendusmoodulitega – nendesamadega, mida kasutaks ka tavaline automaatika-

kontroller, kui tal endal sisendeid või väljundeid puudu jääb.

Seetõttu ei ole usutavasti kaugel aeg, kui turule ilmuvad pisut muudetud vormistusega ning temperatuuri, niiskuse ja vibratsiooni suhtes parendatud vastupidavusega universaalsed automaatikaseadmed, mille tegelik sisu on Android-operatsioonisüsteemiga nutiteleson. Miks just Android, aga mitte iPhone? Paraku ei sobi iPhone kontrolleri rolli ühel lihtsal põhjusel: rakendustarkvara, mida see seade kontrolleri rollis peaks kasutama, ei sobi AppStore-nimelise laadimiskanaliga kaudu levitamiseks. Android-telefonidel sellist piirangut õnneks ei ole. Siiski võib iPhone'i kasutus tulla kõne alla mobiilse operaatorpaneelina, kui kontrolleri kasutajaliides on teostatud ajakohases veebitehnikas. Siis ei olegi vaja telefoni uue tarkvaraga varustada, sest ka veebipõhine ekraanipilt võib olla väga sarnane nutitelesoni rakenduse pakutavaga.

Operaatorpaneelidel tasub veidi pikemaltki peatuda. On nimelt oodata, et kiiresti hakkab ilmuma mitmesuguseid koduseadmeid, mille juhtimine ei toimu enam ainult seadme enda pealt või siis seadme veidi eemale paigutatud puldi kaudu. Kütteseadmed, ventilatsiooniagregaadid, valvesüsteemid ja audiovideoseadmed omandavad just praegu paljude tootjate arendusmeeskondade pingsa töö tulemusena oskust olla nutitelesoni pealt juhitavad. See tähendab kadu kõikvõimalikele seinale paigaldatud juhtpaneelidele – mingi toiminguga pole vaja seinapealse paneeli ees püsti seista, sest vajaliku liigutuse saab teha kõikjalt. Jah, ka teiselt poolt maa-ker... See viimane võimalus eeldab muidugi, et juhitaval seadmel on olemas internetiühendus ning et kusagil internetis on server, mille poole saaks kasutaja pöörduda talle vajaliku seadmega ühendumiseks. Turvakaalutlustel ei ole



nimelt mõistlik ega enamasti ka võimalik pöörduda avalikust internetist otse juhitavasse seadmesse – seda tuleb teha läbi selleks ette nähtud vaheserveri.

Kui aga iga seadmetootja loob oma kasutajaliidese, mille loogika erineb iga teise seadme kasutajaliidese loogikast, kui igal seadmel on oma vaheserver internetis ning vahendid selle kasutamiseks, toob see iga kasutaja jaoks kaasa üsna kaootilise olukorra. Eelkõige peab

seadmete kasutaja meeles pidama, kuidas juhtimisvahendeid leida ja õigesti kasutada, sest harvem vajaminevad tegevused ja paroolid kipuvad paratamatult ununema. Võib aga ennustada, et seda saabuvat segadust hakkavad peagi vähendama universaalsed ja seadmetootjate suhtes neutraalsed kaughaldussüsteemid, mida on võimalik tarbida interneti kaudu kättesaadava teenusena. Need süsteemid hakkavad kokku sobima väga erinevate seadmetega, pakudes kasutajale võimalikult ühetaolise loogika alusel üles ehitatud jälgimis- ja juhtimiskeskonda. Sellises keskkonnas on lihtsam ka mitmesuguste seadmete omavahelist koostööd korraldada ning välistest allikatest lähtuvat informatsiooni arvestavaid juhtimisotsuseid vastu võtta.

Just sellises, nutitelefonide laiema kasutatavuse ja erinevate seadmete omavahelise koostöö edendamise suunas areneb ka ITvillas loodud universaalne tehnosüsteemide internetipõhine kaughaldusteenus, mida seni on kasutatud peamiselt tavapäraste SCADA-süsteemide odavama asendusena. Ka selle artikli illustatsioonid pakuvad mõne võimalikest vaadetest selle kaughaldusvahendi hallatavatele objektidele Android-nutitelefoni abil.

Ootame Teid osalema!

XVII Tallinna rahvusvaheline tootearenduse-, tootmistehnika, tööriista-, allhanke- ja tehnohooldusmess
17th International Fair for Production Engineering, Tooling and Subcontracting



IX puidu- ja saetööstuse tehnoloogia, masinate, seadmete ja tööriistade mess.
9th Trade Fair for Woodworking and Sawmilling Technology, Machinery, Tools, Equipment, Fittings and Supplies



16. - 18. novembril

Messi ametlik toetaja:
Eesti Masinatööstuse Liit



Täiendav info:

Eesti Näituste AS Pirita tee 28, Tallinn 10127 tel: 613 7335, faks: 613 7437
e-post: instrutec@fair.ee www.fair.ee

ARUPURU AITAB KESKKONDA JÄLGIDA

RAILI SOMELAR

Defendec

ARUPURU (ingl *smart dust* – tark tolm) kübemeteks (ingl *smart dust mote*) nimetatakse väikseid arvuteid, mis on varustatud autonoomse energiaallikaga ning traadita andmeside-liidesega, tänu millele nad on võimelised töötama iseseisvalt ja omavahel suhtlema. Hulk ühte piirkonda paigutatud arupurukübeid moodustab sensorvõrgu (*sensor network*), mille pisiarvutid (arupurukübeid) koguvad ja töötlevad keskkonnaandmeid ning edastavad need klientidele. Sensorvõrgu klientideks võivad olla nii suurte andmekogumissüsteemide serverid kui ka käsiseadmega varustatud inimesed, kes vajavad kogutud andmeid. Arupuru kontseptsiooni lõi aastal 2001 Ameerika Ühendriikide DARPA (*Defence Advanced Research Project Agency*) projekti raames California Ülikoolis prof Kristofer Pister. Pisiarvutitest koosneva võrgu kontseptsioon võimaldas tehnoloogiat arendada nõnda, et võrguosad on väikesed ning suhteliselt odavad.

Arupuru arendamine on suuresti toimunud tänu selle rakendusvaldkondade väga laialdasele uurimisele. Ometi võib öelda, et kübemerakenduste väljatöötamine tsiviilvaldkonna jaoks on suhteliselt algusjärgus ning arupururakendused ei ole igapäevaelus veel kuigi levinud. Sensorvõrke on võimalik rakendada paljudes valdkondades, kus on vaja mingeid objekte või keskkonnaomadusi jälgida ühekorraga paljudes eri punktides ning kus jälgimispunktide juhtmetega ühendamine on kas kallis või võimatu. Sellised rakendused on arukas keskkond, tootmissüsteemide jälgimine, logistika, turvasüsteemid, ent ka looduskeskkonna seire. Aruka elukeskkonna näiteid on rohkesti – oma elanike käitumist jälgivad majad, mis tuvastavad nt üksiku vanuri tervise

halvenemist, end elanike eelistustele kohandavad kodud, kus tuled süttivad või kustuvad vastavalt sellele, millises ruumis viibitakse, ning kütte- ja jahutusseadmed end ise häälestavad. See kõik toimub inimese sekkumise või otsese juhtimiseta, sest aruka keskkonna osad on võimelised inimeste käitumist jälgima, aru saama nende eelistustest ning vastavalt sellele keskkonda kohandama.

ARUPURU KASUTAMISVÕIMALUSED KESKKONNA JÄLGIMISEL

Nagu öeldud, saab arupuru kasutada kõigis rakendustes, kus on vaja suurt hulka jälgimispunkte, kuhu peab olema seadmeid lihtne ja kiire paigaldada. Sellised rakendused on näiteks keskkonna ohtlike ainete sisaldust mõõtvatest sensoritest koosneva, potentsiaalseid saasteallikaid jälgiva perimeetri rajamine. Selline sensoritest moodustatud perimeeter võimaldab jälgida saaste tekkimist ja levimist, andes sellest kohe teada ning võimaldades sellele kiiresti reageerida. Selliste rakenduste eelduseks on sensorite olemasolu, mille energiatarve on arupurule sobivalt väike. Sobilikke sensoreid on olemas juba praegu, ent arvestades sensortehnoloogia kiiret arengut (mis tegi võimalikuks ka arupuru kasutuselevõtu ja leviku) on lähitulevikus oodata nende valiku kiiret suurenemist.

Üks arupuruga varustatud perimeetri rakendusi on tule levimise jälgimine metsatulekahjude puhul. Olu korras, kus inimressurss on piiratud ning tulekahju visuaalne jälgimine pole võimalik, oleks mõistlik paigutada piki tulekahju perimeetrit arupuru ning selle abil jälgida, et tuli soovimatus suunas levima ei hakkaks. Selleks

peab olema varuks piisaval hulgal arupurukübeid, mida saab tulekahju korral kiiresti kasutusele võtta.

Arupuru on võimalik edukalt rakendada ka inimeste liikumise tuvastamiseks seal, kus on kehtestatud liikumiskeeld, nt Eesti rannikumere laidudel lindude haudeajal või metsades, kuhu minek on suure tuleohu tõttu keelatud. Arupurukübemete paigaldamine on lihtne ja kiire ning nende ökoloogiline jalajälg väga väike.

Üks näiteid keskkonda paigaldatud arupurukübemete rakendamisest pikema aja kestel on *Defendeci* loodud rakendus, mille eesmärk on jäteohu tuvastamiseks jälgida maantee ja nende lähiümbruse mikrokliimat. Praegu tehakse seda ilmajaamade abil, mis on kallid, suhteliselt suured ning kohmakad ja mille paigaldamine on kallis ja keeruline. Arupurul on selles rakenduses selgeid eeliseid ning selle hoolduskulud on väga väikesed. *Defendeci* loodud teolude jälgimise arupuru, mis oli mõeldud töötama vaid mõni kuu, toimis ka rohkem kui poole aasta pärast, ilma et keegi seda märganud oleks. Jälgimisseadmed pidasid vastu oodatust märksa kauem ning ei vajanud ka aasta pärast hooldust ega akude laadimist. Sellist seadmestikku on võimalik rakendada väga erinevates eluvaldkondades, kus on oluline pikk hooldusvälj ja väike energiatarve ning võib öelda, et rakendusi on nii palju, kui jätkub fantaasiat.

Tänapäevane tehnoloogia pakub väga suure valiku sensoreid ning arupuru muudki komponendid on arenenud tasemeni, mis lubab tarka tolmu rakendada õige mitmesugustes valdkondades. Arupuru üha laialdasem kasutuselevõtt on langetanud ka nende hinda.

A.M.

TARTU EHIITUSMESS TÖÖRIIST 2011



Tartu Näitused messikeskuses

13.-15.
OKTOOBER

Info ja registreerimine:

AS Tartu Näitused, Kreutzwaldi 60, Tartu

Terje Sõna
Projektijuht
terje@tartunaitused.ee

Tel 742 1662
Faks 742 2538

TARTU NÄITUSED

www.tartunaitused.ee

VEEKESKKONNA KAITSE EESTIS – OHTLIKUD AINED (II OSA)

OTT ROOTS

Keemiakandidaat, Eesti Keskkonnauuringute Instituut (Eesti Keskkonnauuringute Keskuse OÜ koosseisus)

EESTI VEEKESKKONNA seire eesmärk on saada parem ülevaade vee-keskkonnas esinevatest ja seda saastavatest ohtlikest ainetest. Selleks analüüsiti keskkonnaohtlike ainete ja ainerühmade nimistutesse 1 ja 2 kuuluvate (Keskkonnaministri 9. septembri 2010. aasta määrus nr 49) ning muude saasteainete sisaldust veekeskkonnas. Lisateavet saadi või saadakse ka rahvusvaheliste projektide [1, 2, 3, 4] tulemustest.

Aastatel 2005–2010 tehti mitu ettepanekut nii ohtlike ainete veeseire kui elustikuseire programmi uuendamiseks [5, 6, 7, 8]. Vee raamdirektiivi (VRD – Euroopa Parlamendi ja nõukogu 23. oktoobri 2000. aasta direktiiv 2000/60EÜ) kohaselt on ohtlike ainete seireprogrammi ülesanne jälgida siseveekogude vee (prioriteet), elustiku ja setete ohtlike ainete sisaldust. Viimase kahe kohta ei pea Euroopa Liidule aruannet esitama. Nõutud on, et nii põhjasetete kui ka bioloogiliste objektide prioriteetsete ohtlike ainete sisaldus peab aastatega vähenema.

Elustikust olid või on uuringud keskendunud peamiselt jõgede suudmealadelt ja rannikumerest püütud kalade (räim ja ahven) ohtlike ainete sisalduse määramisele, aluseks Eesti keskkonnaseireprogrammi allprogrammid „Ohtlike ainete seire rannikumeres“ ja „Ohtlike ainete seire veekogudes“ ning HELCOMi rahvusvaheline seireprogramm COMBINE (*Cooperative Monitoring in the Baltic Marine Environment*) [9]. Organismide ohtlike ainete sisaldus ei olnud vastuolus EL veekaitsealaste normide kohase kvaliteedieesmärgiga – ohtlike ainete sisaldus ei tohi aja jooksul oluliselt suureneda [10]. Käesolevas artiklis elustikule ohtlike ainete seiret ei käsitleta, see teema nõuab eraldi lähenemist.

PROOVIVÖTUMAATRIKSITE VALIMINE

Proovivõtumaatriksite valimisel, s.o milliseid vees ning milliseid veelustikus sisalduvaid ohtlikke aineid on otstarbekas määrata, lähtuti kolmest põhinäitajast:

- **aine või ühendi lahustuvus vees** (hüdrofiilsed ja -foobsed kemikaalid). Seda näitajat iseloomustab K_{ow} -väärtus (*octanol-water partition coefficient* – kemikaali oktanoolis ja vees lahustuvuse suhe). Madala K_{ow} -väärtusega kemikaale, mida võib nimetada hüdrofiilseteks, iseloomustab üldiselt hea lahustuvus vees, väike absorptsioonivõime pinnases või setetes ning veeorganismide puhul biokontsentratsiooniteguri väike väärtus. Kõrge K_{ow} -väärtusega (hüdrofoobseid) kemikaalid lahustuvad halvasti vees, nende adsorptsioonivõime pinnases või setetes ning retentsioon ja biokontsentratsiooniteguri väärtus on suured;
- **biokontsentratsioonitegur** (BCF – *bioconcentration factor*), s.o ainesisalduse suhe organismis ja keskkonnas, kirjeldab kemikaali biokontsenteerumist veekeskkonnast elusorganismi rasvkoesse. Kui BCF-väärtus on üle 5000, on kemikaali bioakumulatsioon organismide rasvkoesse suur;
- **aine püsivus keskkonnas** – püsiva orgaanilise saasteaine poolestusaeg vees on üle kahe ning settes või pinnases üle kuue kuu ($BCF > 5000$ ja/ või $\log K_{ow} > 5$).

ARTIKLIS KASUTATUD MÕISTED

Avastamispiir (detekteerimispiir – *limit of detection, LOD*) on aine või ühendi väikseim sisaldus proovis, mida on antud meetodikaga veel võimalik

usaldusväärselt kindlaks teha.

Määramispiir (*limit of quantitation, LOQ*) on aine või ühendi väikseim sisaldus proovis, mida meetodika võimaldab usaldusväärselt kvantitatiivselt määrata. Alates sellest piirist võib kvantitatiivse analüüsi tulemusi esitada numbriliselt.

Keskkonnakvaliteedi-piirväärtus on vee, põhjasete või vee-elustiku saasteaine- või saasteainerühma-sisaldus, mida ei tohi inimese tervise või keskkonna kaitsmise huvides ületada. Piirväärtuse ületamise korral klassifitseeritakse veekogumi seisund halvaks.

ÜLEVAADE EESTIS TEHTUST AASTANI 2008

Eesti Keskkonnauuringute Keskuse OÜ 2005. aastal koostatud aruandes [6] tehti ettepanekuid ohtlike ainete seireprogrammi korraldamiseks aastatel 2006–2008. Seirepunktid valisid välja Keskkonnaministeeriumi veeosakonna, Eesti Keskkonnauuringute Keskuse OÜ, MAVES OÜ ning Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskuse (praegu Keskkonnateabe Keskus) eksperdid. Arvesse võeti ka kohalike keskkonnateenistuste ja inspeksioonide ettepanekuid. Aruandes on esitatud ainete ja seirepunktide tabelid koos maatriksite ja ettepanekutega seiresageduse kohta.

Tallinnas ja Harjumaal 2006. aastal sooritatud ohtlike ainete seire ja inventuuri käigus võeti proove seitsmest seirejaamast: Pääsküla jõest allpool prügilat, Lasnamäe sademeveekollektorist, Kroodi ojust allpool reostusallikaid, Vana-Narva mnt piirkonna kollektorist, Kurblu ojust (Kuusalu), Jägala jõest allpool Kehrat ning Keila jõest allpool linna. Määrati 14 aine sisaldust ja pH väärtust, tulemused on tabelis 1.

Piirväärtuse ületas enamiku määra-

tud raskmetallide ning ühealuseliste fenoolide sisaldus. Seetõttu tehti ettepanek rakendada edaspidises töös bioindikaatororganisme, sest osa ohtlikest ainetest akumuleerub elusolenditesse.

Teisel aastal valiti Ida- ja Lääne-Virumaal välja kümme ja kolmandal aastal mujal Eestis kolmteist seirepunkti. Tehti ettepanek siduda ohtlike ainete seire Läänemere süvalaskmetes riikliku mereseire ohtlike ainete seire rannikumere-programmiga [6].

Ida-Virumaal võeti 2006. aastal 2–3 veeproovi viiest seirepunktist. Üle määramispiiri oli Kohtla jões allpool Viru Keemia Gruppi (VKG) vaske, pliidi, naftasaadusi, PAH-e ja ühealuselisi fenooli, Purtses jões (VKG) vaske ja pliidi, Narva jões allpool Narvat vaske ja PAH-e, Kohtla-Järve reoveepuhasti heitvees vaske, pliidi, niklit ja PCB-sid ning Balti SEJ jahutusvee väljavoolukanalil vaske [12]. Andmed vee raskmetallisalduse kohta on tabelis 2. Kõige rohkem oli raskmetalle (35,3 µg Cu/l ja 4,7 µg Ni/l) Kohtla-Järve reoveepuhasti heitvees, Kohtla jões allpool VKG väljalaset (3,4 µg Pb/l) ning Purtses jões allpool Kohtla jõge (20,3 µg Cu/l). Proovide elavhõbeda-, kaadmiumi- ja tsingisisaldus oli määramispiirist väiksem.

Raskmetallidest ületas ohtlike ainete keskkonnakvaliteedi-piirväärtuse maismaa pinnavees (15 µg/l) vask. Plii piirväärtust ei ole sätestatud.

Orgaaniliste ühendite poolest jäid heksaklorobenseeni (kasutatud analüüsimetoodika korral määramispiir veeproovist 10 ng/l), heksaklorobutadieeni (0,1 µg/l), tetrakloroeteeni (0,1 µg/l), tetraklorometaani (0,1 µg/l) ja triklorometaani (0,1 µg/l) sisaldus alla kasutatud analüüsimetoodika määramispiiri. Prooviandmed langesid kokku meie varasemate mõõtmiste tulemustega. Ilmselt ei ole mõtet neid ühendeid nendes seirepunktides edasises seires analüüsida. Naftasaadusi oli üle määramispiiri (20 µg/l) ainult ühes proovis – Kohtla-Järve reoveepuhasti heitvees (80 µg/l). Polüaromaatseid süsivesinikke oli suuremas osas veeproovidest alla määramispiiri (0,1 µg/l), neid leiti määrataval hulgal vaid Kohtla jõest allpool Viru Keemia Grupi väljalaset (1,0–1,6 µg/l) ja ühest Narva jõest linnast allpool võetud proovis (0,28 µg/l). Ühealuseliste fenoolide

Tabel 1. VEEPROOVIDE OHTLIKE AINETE SISALDUS (µg/l) JA pH 2006. AASTAL [11]

Aine	Pääsküla jõgi	Lasnamäe kollektor	Kroodi oja	Vana-Narva mnt	Kurbla oja	Jägala jõgi	Keila jõgi
Cd	0,1–0,2	0,1–0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Cu	4,0–6,4	12,1–15,4	20,1–20,7	37,8–318	6,6–8,7	4,9–8,3	5,4–5,6
Hg	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Pb	< 1,0	1,0–1,8	7,7–8,4	8,0–48,6	< 1–7,1	< 1–1,3	< 1–1,1
Zn	11–12	19–25	157–158	95–2080	35	< 10	< 10
As					< 1	< 1	< 1
Ba		77–78		34–49			
Ni				15,5–742			
PAH	< 1			< 1	< 1	< 1	
Ühealuselised fenoolid		10,1	6,9	3,9	4,0–5,6	5,2–6,8	
Kahealuselised fenoolid		< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	
Tetrakloroeteen		< 0,1	< 0,1	< 0,1			
Trikloroeteen		0,34	0,21	0,18–0,22			
Naftasaadused	< 50	410	< 50	< 20	< 50	< 20	< 50
pH	7,26	7,92	7,56	6,85	8,02	7,77	7,89

sisaldust määrati kõigis heitveeproovide, välja arvatud Balti SEJ jahutusvee väljalaskme vees, milles nende sisaldus oli alla määramispiiri (2,0 µg/l). Ühealuselisi fenooli oli õige rohkem kahes Kohtla jõest allpool Viru Keemia Grupi väljalaset võetud veeproovis (6,5 ja 7,0 µg/l).

Kui alates 2002. aastast ei ületanud ühegi heitveeproovi polüklooritud bifeniilide (PCB) sisaldus Vabariigi valitsuse 31. juuli 2001. aasta määrusega nr. 269 „Heitvee veekogudesse või pinnasesse juhtimise kord“ sätestatud piirnormi 50 ng/l, siis 2006. aastal oli see kahes kolmest Kohtla-Järve reoveepuhasti heitveest võetud proovis üle normi – 95 ja 103 ng/l [12].

Eestist Läänemerele juhitud ohtlike ainete koormused on siiani arvatud ainult raskmetallide (Cu, Cd, Pb, Zn, Hg) kohta (2008. aasta andmed on tabelis 3). Tallinna Tehnikaülikooli keskkonnatehnika instituudi arvutustest selgub, et peaaegu 100 % koormusest jõuab Läänemerele jõgede kaudu.

Suurema osa vasekoormusest andsid Läänemerele Pärnu (28 t/a), Narva (24,2 t/a) ja Kasari jõgi (13,5 t/a), kaadmiumikoormusest Valgejõgi (0,022 t/a), pliikoormusest Narva jõgi (4,71 t/a) ning tsingikoormusest Jägala (5,36 t/a), Kasari (3 t/a) ja Pirit (2,12 t/a) jõed [13]. Käesoleval ajal on riiklikust keskkonnaseire siseveekogude ohtlike ainete programmist välja jäänud Vasalemma vääriskalajõgi, mis tuleks lähiajal juurde võtta. Keskkon-

natehnika instituut hindas 2009. aastal ka lõheliste ja karpkalalaste elupaikadeks olevate jõgede vee kvaliteedi vastavust Keskkonnaministri 9. oktoobri 2002. aasta määrusele nr. 58 „Lõheliste ja karpkalalaste elupaikadena kaitstavate veekogude nimekirja ning nende veekogude vee kvaliteedi- ja seire nõuded ning lõheliste ja karpkalalaste riikliku keskkonnaseire jaamad“ ning EÜ nõukogu mageveekalade elupaikade direktiivi 78/659/EMÜ nõuetele. Ohtlike ainete sisaldus jäi üldiselt määru- ses nr 58 kehtestatud piirnormidest väiksemaks. Naftasaadusisaldus jäi üldjuhul allapoole laborite määramispiiri ning fenoolisisaldus ületas vaid mõnel korral piirväärtust Narva, Kunda ja Pühajõe suudmes ning Emajõe Kavastus [13, 14].

ÜLEVADE EESTIS TEHTUST AASTAST 2008 TÄNASENI

Vee raamdirektiivi (VRD) ohtlike ainete nimekirjas sisalduvatest ohtlikest ainetest oli Eestis aastaks 2008 võimalik määrata ja seirata ligikaudu pooli. Viimastel aastatel on seiresse kaasatud välislaboratooriume ning vees ja setetes on määratud ohtlikke aineid, mida Eestis polnud varem võimalik määrata. Aluseks võeti keskkonnaministri 9. septembri 201. aasta määru- ses nr 49 toodud keskkonnohtlike ainete ning ainerühmade nimistutesse 1 ja 2 kuuluvate ning muude saasteainete nimekirjad.

Tabel 2. ANALÜÜSITUD VEEPROOVIDE RASKMETALLISISALDUS (µg/l) 2006. AASTAL [12]

Seirepunkt	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
VKG, Kohtla jõgi	< 0,1	2,1–4,2	< 0,05	2,4–3,4	< 10
VKG, Purtse jõgi	< 0,1	7,9–20,3	< 0,05	3,3–3,4	< 10
Narva jõgi allpool Narvat	< 0,1	4,8–9,8	< 0,05	< 1,0	< 10
Kohtla-Järve reoveepuhasti heitvesi	< 0,1	5,9–35,3	< 0,05	1,5–2,9	< 10
BALTI SEJ jahutusvee väljavoolukanal	< 0,1	5,9–6,3	< 0,05	< 1,0	< 10

Tabel 3. EESTIST LÄÄNEMERRE JUHITUD RASKMETALLIKOORMUS (t/a) 2008. AASTAL [13]

Raskmetall	Jõgede kaudu	Munitsipaalallikatest	Tööstusheitveega	Kokku
Vask	83,8	0	0,1	83,9
Kaadmium	0,024	0	0	0,24
Plii	5,1	0	0	5,1
Tsink	15,1	0,01	0,16	15,3
Elavhõbe	0	0	0	0

Tabel 4. PRIORITEETSETE AINETE JA MÕNE MUU SAASTEAINE SISALDUS (ng/l) EESTI JÕGEDE VEES VÕRRELDDES EUROOPA LIIDU (EL) JÕGEDEGA [1]

Aine	Emajõgi	Purtse	Narva	Suurim sisaldus EL jõgede vees	Keskmine sisaldus EL jõgede vees	LOD
Duiron	2	0	2	864	41	1
Simasiin	0	0	0	169	10	1
Isoproturoon	0	0	0	1959	52	1
Atrasiin	0	0	0	46	3	1
Nonüülfenool	0	0	0	4489	134	50
Tert-oktüülfenool	0	0	0	557	13	10
PFOA	1	1	0	174	12	1
PFOS	1	0	1	1374	39	1

Rahvusvahelise projekti *EU Wide Monitoring Survey of Polar Persistent Pollutants in European River Waters* raames uuriti 2008. aastal 122 veeproovi 27-st Euroopa Liidu riigist [1]. Uuriti saja Euroopa jõe (Eestist Narva, Purtse ja Emajõgi) ja muu vooluveekogu vee saastatust kolmekümne viie püsiva polaarsete orgaanilise ühendiga. Uuritud jõgedest ja vooluvetest klassifitseeriti 10 % „väga puhtaks“. Puh-tamad veeproovid pärinesid Eesti, Leedu ja Rootsi veekogudest. Mõned näited vee raamdirektiivi kuuluvatest ohtlikest ainetest, mille sisaldust Eesti jõgede vees esimest korda määrati, on tabelis 4.

TTÜ keskkonnatehnika instituudi andmetel Kirde-Eesti jõgede vee keskmine naftasüivesinike sisaldus aastail 2008–2009 määramispiiri enamasti ei ületanud. Kõigi jõgede vee summaarne

fenoolide sisaldus oli üle 5 µg/l, suurim oli see Mustajões. Ühegi jõe vee kaadmiu-mi-, tsingi-, elavhõbeda- ega üldkroomisisaldus ei ületanud määramispiiri. Vaske oli kõige rohkem Pühajõe ning mangaani ja niklit Roostoja vees. Pärnu jõe Oore lävendi vee raskemetalli-, TOC- ja naftasüivesinike sisaldus oli väike [13, 14].

Keskonnaministeeriumi 2010. aastal tellitud uuringus [8] uuriti üheksateistkümnes veeseirejaamas (neist 18 pinnaveekogumil) kokku 52 ohtliku aine olemasolu vees. Peale prioriteetsete ainete nimistust loetletute analüüsiti direktiivi 2008/105/EÜ lisas III olevatest võimalikest prioriteetsetest ainetest nelja taimekaitsevahendi sisaldust intensiivse põllumajandusega piirkondade pinnavees.

Proovid võeti 2010. aasta mais ja septembris viieteistkümnest proovivõ-

tu-kohast: Kroodi ojast, Emajões (Kavastus), Pärnu lahest, Mustojast (Paldiski maantee), Keila jõest (400 meetrit allapool reoveepuhastit), Narva jõest (Kulgas, Balti SEJ jahutusvee väljavoolukanali juurest), Peipsi järvest (riiklikus seirepunktis 2), Haapsalu lahest (HL3), Pärnu lahest (K21), Tallinna lahest (2), Kohtla-Järve reoveepuhasti heitveest, Kuusiku jõest (sild Kehtnast 1 km), Paldiski lahest (PW), Tännas-silma jõest (Tännassilma), Vodja jõest (Vodja HJ) ning neljast põllumajanduspiirkonnast (määrati taimekaitsevahendite sisaldust): Arkma Räpu (allpool Kabala kraavi), Lähtru (Kirna Rägina), Põltsamaa jõgi (Kamari sild), Pärnu jõgi (Jändja).

Analüüsid telliti Saksamaa akrediteeritud laboratooriumist *GBA Gesellschaft für Bioanalytic Hamburg MBH*. Selle töö kevadises prooviseerias täheldati iso-nonüülfenooli esinemist paljude pinnaveekogude vees. Nagu ka varasemate uuringutes on leitud, sai veelkord kinnitust Kroodi oja halb keemiline seisund – vee niklisisaldus oli piirväärtusest suurem mõlemas prooviseerias ning arseenisisaldus 2009. aastal võetud proovis suurem pinnavee kohta kehtivast piirväärtusest 10 µg/l.

Uurimistulemused on kujutatud joonisel 1.

Siseveekogude vee ainesisaldustest jäi enamik alla määramispiiri, vaid üksikutes uurimiskohtades oli sellest määrataval hulgal rohkem kaadmiu-mi, niklit ja tina. Niklisisaldus ületas piirväärtust Kroodi ojas ning Narva ja Kunda lahe rannikuvees. Kaadmiu-mi aasta keskmine sisaldus oli piirväärtusest suurem Kuusiku jões ning iso-nonüülfenooli sisaldus Kroodi oja, Emajõe, Pärnu lahe ning Peipsi järve vees. Üle määramispiiri leidis seda ka mõnes muus veekogus. Kroodi ojas oli piirväärtusest rohkem 4-tert-oktüülfenooli [8].

Paljudes veekogudes leidis alküülfenooli, kuid nende sisaldus piirväärtust ei ületanud. Üle määramispiiri leiti ka triklorometaani, püreeni ja PAH-e. Uuritud taimekaitsevahenditest oli AMPA jääke sügisel üle määramispiiri kõigi nelja seirepunkti vees: Artma Räpu (allpool Kabala kraavi, kood SJA3989000, Lähtru (Kirna Rägina, kood SJA1807000), Põltsamaa jõgi (Kamari sild, 190 meetrit seirejaamast SJA9158005 allavoolu) ning Pärnu jõgi (Jändja sild, kood SJA7749000). Kevadel võetud proovides tuvastati glü-

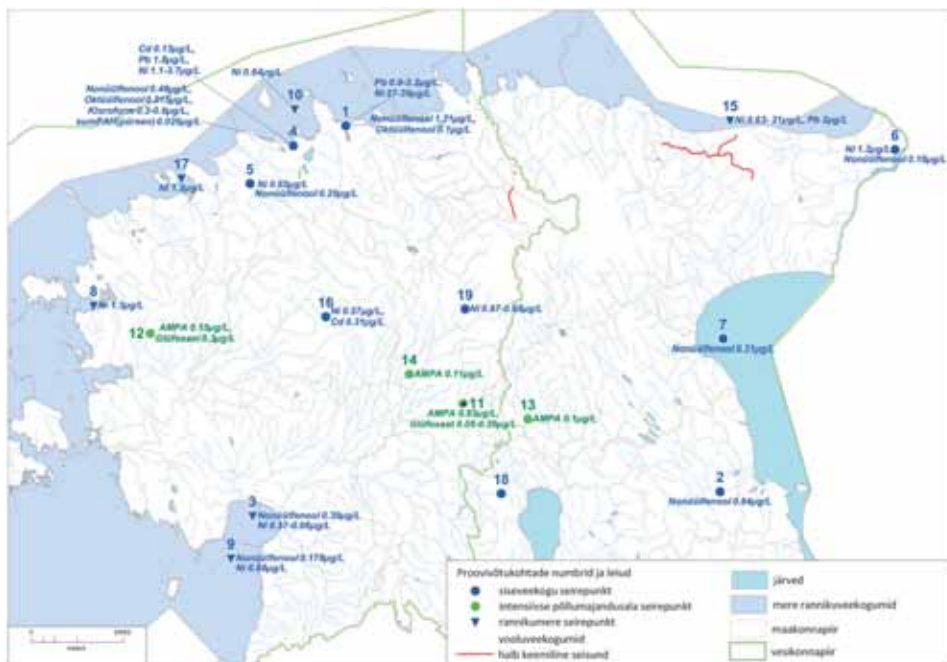
fosaati Rāpu jõe ning sügisel Rāpu jõe ja Rägina peakraavi vees [8].

Projekti *BaltActHaz* raames võeti 2010. aasta kevadel ja sügisel proove kolmekümne kolmest kohast (kaheksast heitveelaskmest, üheteistkümnest jõest, Peipsi järvest, kahest rannikumerealast ning intensiivse põllumajandustegevusega piirkondadest [2].

Proove võtsid Eesti Keskkonnauuringute Keskuse keskkonnaministri 11. jaanuari 2002. aasta määruse nr 3 „Veeuuringut teostava proovivõtja atesteerimise kord“ kohaselt atesteeritud spetsialistid ning keemilised analüüsid tehti Eesti Keskkonnauuringute Keskuse OÜ ja Saksamaal GALABI (ühendid, mida Eestis ei olnud võimalik määrata) laboratooriumides.

Käesolevas artiklis käsitletakse ainult jõgede vee raskmetalli- ja fenoolisisaldust. Ühegi uuritud jõe vee raskmetallisaldus ei ületanud Eestis kehtestatud ohtlike ainete siseriiklikke piirväärtust.

Raskmetallisaldust määrati ainult proovivõtu esimeses ringis (sulgudes ohtlike ainete keskkonnakvaliteedipiirväärtused maismaa pinnavees). Pühajõe vees oli pliid 0,65 µg/l (7,2 µg/l) ja niklit 2,90 µg/l (20 µg/l), Vasalemma ja Pärnu jõgede vees tsinki 6,2 µg/l ja 5,6 µg/l (10 µg/l) ning Vasalemma jõe ja Mustajõe vees vaske (15 µg/l) 10,3 ja 8,6 µg/l (joonis 2). Kroomisisaldus ületas määramispiire Pärnu ja Vasalemma jõgede vees (0,81 ja 0,57 µg/l (5 µg/l)). Elavhõbedasisaldus jäi kõigi jõgede



Joonis 1. Proovivõtukohtade paiknemine ja analüüsitud ainete leiud [8]

veeproovides alla määramispiiri. Mõne Eesti jõe vee raskmetallisaldus on kujutatud joonisel 2.

Enamikku uuritud jõgedesse heidetud fenoolide ja nende etoksülaatide sisaldus vees määramispiiri ei ületanud. Erandiks olid ühealuselised fenoolid, mida oli kõigi nelja uuritud jõe (Kohtla, Keila, Narva ja Vasalemma) vees üle siseriikliku ohtlike ainete keskkonnakvaliteedipiirväärtuse (1 µg/l). Keskkonnohtlike kahealuseliste fenoolide piirsaldus maismaa pinnavees on 10 µg/l.

Eesti Keskkonnauuringute Keskuses määrati vee ühealuseliste (p-, m-, o-kresool, 3,4-, 3,5-, 2,3-, 2,6-dimetüülfenool ja fenool) ning kahealuseliste fenoolide (resortsiin, 2,5-dimetüülresortsiin, 5-metüülresortsiin) sisaldust

ainult proovivõtu teises ringis. Veeproovid võeti Narva, Kohtla, Keila ja Vasalemma jõest. Fenoolisisaldus oli kõige suurem Kohtla ja Vasalemma jõgedest võetud veeproovides – 11,5 ja 5,2 µg/l. Kresoolidest oli üle piirnormi p- ja m-kresool Keila ja Narva jõe vees (2,3 ja 2,1 µg/l). Mõlema jõe vees leidis üle määramispiiri ka fenool. Kresoolidest jäid nelja jõe vees alla määramispiiri o-kresoolid.

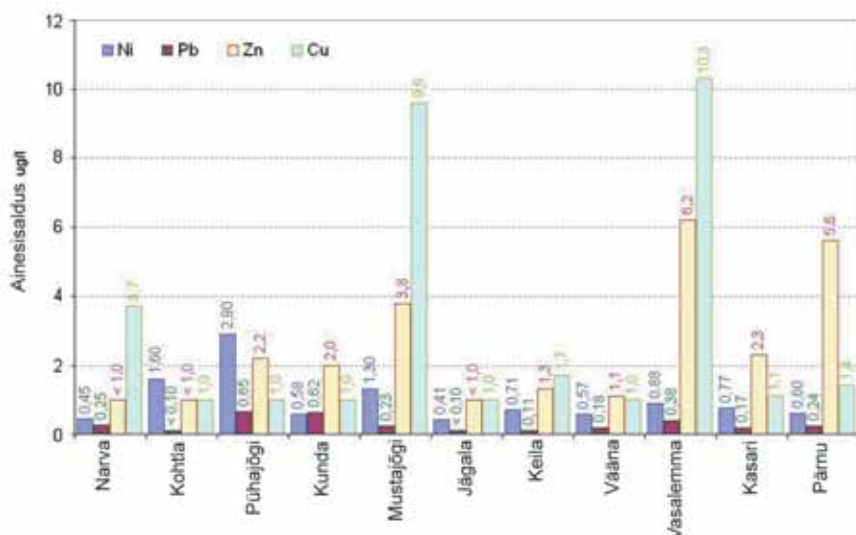
Projekti *BaltActHaz* trükkis avaldatavad lõpptulemused on käesoleva aasta juunist-juulist alates kõigile kättesaadavad.

KOKKUVÕTE

Eesti veekeskkonnas võib lugeda prioriteetseteks järgmised ohtlikud ained, mida tuleks edasi uurida ning millele jätkuvalt tähelepanu osutada: **ühe- ja kahealuselised fenoolid, baarium (põhjavees) ning raskmetallidest kroom, vask, nikkel ja tsink** [15].

Osa ohtlike ainete, mida polnud Eestis varem määratud, esinemine pinnavees vajab täiendavate analüüsidega kontrollimist. Kui nende leidumine tuvastatakse, tuleb nad lisada seireprogrammi. Riiklikku keskkonnanõuandeprogrammi siseveekogude alamprogrammi tuleks tingimata lülitada Vasalemma jõgi – ainus programmist välja jäänud vääriskalajõgi.

Pärast käimasolevate projektide CO-HIBA [4] ja *BaltActHaz* [2] lõplike tulemuste publitseerimist tuleks riiklik veekeskkonnaseire programm võima-



Joonis 2. Eesti jõgede vee raskmetallisaldus esimese proovivõturingi ajal

Tabel 5. LÕHELISTE JA KARPKALALASTE ELUPAIKADENA KAITSTAVATE JÕGEDE VEE OHTLIKE AINETE SISALDUS (µg/l) 2009. AASTAL [14]

Kuupäev	Ühealus. fenoolid	Kahealus. fenoolid	Nafta	Cu	Zn
Narva jõgi, Vasknarva (lõhelised, karpkalalased)					
22.04.2009	< 4	< 4		1,0	< 10
19.08.2009				1,6	<10
18.11.2009	< 4	6,6			
Narva jõe suue (lõhelised, karpkalalased)					
18.02.2009	< 4	< 4	< 20		
22.04.2009	< 4	< 4	58	1,9	< 10
19.08.2009	< 4	< 4	< 20	< 1	< 10
21.10.2009	6*	< 4	< 20		
Kunda jõe suue (lõhelised)					
10.02.2009	< 4	< 4	<20		
16.04.2009	< 4	6		3,2	< 10
11.08.2009	< 4	< 4			
13.10.2009	7	< 4	< 20		
Selja jõe suue (lõhelised)					
16.04.2009				5,3	<10
Avijõgi (lõhelised)					
02.02.2009			< 20		
Kääpa jõgi, Kääpa HP (lõhelised)					
04.02.2009			< 20		
Võhandu jõgi allpool Räpinat (lõhelised)					
02.02.2009			< 20		
Pühajõgi, suue (lõhelised)					
18.02.2009			< 20		
22.04.2009	5	4,4		1,7	<10
17.08.2009	< 4	< 4			
21.10.2009	9,0	< 4			
Keila jõe suue (lõhelised)					
09.02.2009	< 2	< 10			
Pärnu jõgi – Oore HP (lõhelised, karpkalalased)					
26.08.2009			52	2,4	<10
Piusa jõgi, Värsk-Saatse mnt. (lõhelised)					
2.02.2009			< 20		
Emajõgi, Kavastu (karpkalalased)					
02.02.2009	6,0		< 20	1,0	3
06.04.2009	< 5		< 20		
04.08.2009	< 5		< 20	2,0	< 2
01.10.2009	< 5		< 20		

*suured väärtused on punase värviga esile tõstetud

like täienduste siseseviimiseks uuesti läbi vaadata.

Viidatud allikad

1. Loos, R., Gawlik, B.M., Locoro, G., Rimaviciute, E., Contini, S., Bidoglio, G. EU wide monitoring survey of polar persistent pollutants in European river waters. JRC Scientific and Technical Reports EUR 23568 EN, JRC 48459, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008, 51p.

2. Roots, O. LIFEi project BaltActHaz, Keskkonnatehnika 2011 3/11, lk 20.

3. Loos, R., Locoro, G., Comero, S., Contini, S., Schweig, D., Werres, F., Balsaa, P., Gans, O., Weiss, S., Blaha, L., Bolchi, M., Gawlik, B. Pan-European survey on the occurrence of selected polar organic persistent pollutants in ground water. Water Research, 2010, v. 44, 4115–4126.

4. Control of hazardous substances in the Baltic Sea region (COHIBA): www.cohiba-project.net).

5. Rannikumere seire vastavuse analüüs Eesti ja rahvusvahelistele normatiivdokumentidele ja ettepanekud seireprogrammi muutmiseks (koostanud Martin,

G., Andres Jaanus, A., Simm, M., Kotta, J., Kutser, T.). TÜ Eesti Mereinstituut, Tallinn, 2006, 56 lk.

6. Eesti pinnaveekogude jaoks prioriteetsete ohtlike ainete määramine ja seirevõrgu moodustamine. Aruanne (koostanud Otsa, E., Roots, O.). Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn, 2005, 82 lk.

7. Ohtlike ainete seireprogrammi uuendamise. Aruanne (koostanud Kört M., Roots, O.). Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn, 2005, 61 lk.

8. Euroopa Parlamendi ja nõukogu 6. detsembri 2008 direktiivi 2008/105/EÜ nõuete täitmiseks prioriteetsete ainete inventuur ning seirekorralduse analüüs (koostanud Tamm, I.). MAVES, Töö nr 10028. Tallinn, 2010, 24 lk. (www.envir.ee/.../Direktiivi+2008_105_EÜ+prioriteetsete+ainete+inventuur.pdf).

9. Manual for marine monitoring in the COMBINE programme of HELCOM (www.helcom.fi/groups/monas/CombineManual/PartA/en_GB/main/#Intro).

10. 2009. aasta riikliku keskkonnaseire programmi tulemuste ülevaade (koostanud Liiv, K). Keskkonnateabe Keskus, Tallinn, 2010, 28 lk.

11. Prioriteetsete ohtlike ainete allikate ja sealt emiteeritavate ainete inventuur. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn, 2008, 91 lk + lisad.

12. Ohtlike ainete seire ja uuringud sisveekogudes, Aruanne (koostanud Kört, M., Roots, O.), Eesti Keskkonnauuringute Keskus, Tallinn, 2006, 19 lk + lisad.

13. Eesti reostuskoormuse arvutamine ning aruannete esitamine Helsingi Komisjoni PLC-Water töörühmale. Aruanne (koostanud Loigu, E., Leisk, Ü). Tallinna Tehnikaülikooli keskkonnatehnika instituut, 2009, 16 lk + lisad.

14. Põhja-Eesti jõgede hüdrokeemiline seire 2009. aasta aruanne (koostanud Loigu, E., Roosalu, K., Leisk, Ü). Tallinna Tehnikaülikooli keskkonnatehnika instituut, Tallinn, 2010, 34 lk.

15. Roots, O. Proposal for selection of national priority hazardous substances for Estonian surface water bodies. Ecological Chemistry, 2008, 17, 1, 22–34.

EESTI MAAVARADEST JA NENDE KASUTAMISEST GEOLOOGI PILGUGA

VALTER PETERSELL

Geoloog

ÜKSKI tõsiseltvõetav riik ei saa eksiteerida ilma maavaradeta. Maavaradel on aga kaks olulist omadust, üks neist hea ja teine halb. Hea omadus on see, et maavarad on looduse kingitus rahvale, rahva rikkuse ülioluline allikas, seda aga ainult siis, kui rahvas tahab ja oskab neid kasutada. Halb omadus on see, et maavara on kohalik, ei liigu ning seda ei saa looduses ümber paigutada. Maavara on võimalik kaevandada, töödelda ja kasutada või püüda sellest vaikides mööda hiilida ning selle väärtust kahtluse alla seada.

Meeldiv on tõdeda, et Eestis suudeti põlevkivi maavarana rahvale säilitada, kuigi paljud poliitikud soovitasid selle anda USA töösturite käsutusse. Suur osa ehitusmaterjali- (nt tsement, tellised, klaas) toormest jõuti aga võileivahinna eest väliskapitalile maha parseldada.

On muidugi kahju, et põlevkivi, meie rahvuslikku rikkust, põletatakse armutult elektrijaamades selle asemel, et minna üle tuumaenergiale või toota põlevkivist õli. Saadav tulu oleks mitu korda suurem ja kaevandamisega rikutud maaala palju väiksem. Praegu oleme aga õhku paisatava CO₂ hulga poolest inimese kohta maailmas esirinnas. Tuumaenergia „ülejäak“ oleks ju kindlasti soosinud elektriautode kasutamist ja naftasaaduste asendamist vesinikkütusega.

Oleme jõudnud ajajärku, kus ligi 100 000 Eestimaa ettevõtlikku ja helget pead on rännanud piiri taha, sama palju veedab aega töötuna, luues uut klassi – kodutuid. Kindlasti on sellise olukorra kujunemisel olnud oluline osa nn kesk-konnakaitsjail, kes püüavad sageli vahendeid valimata takistada maavaradel põhineva majanduse ja teaduse arengut.

KES VANA EI MÄLETA, ELAB TULEVIKUTA

Kesk-konnakaitsjate survele jätkati 1980ndatel aastatel õhukese fosforiidikihi kaevandamist Tallinna külje all ole-

vast Maardu fosforiidimaardlas. Hävitati sadu hektareid ajaloolise väärtusega põlumaad, selle asemel et viia kaevandamine Toolsesse. Toolse maardla 1 m² suuruselt alalt oleks saadud 2,5 korda enam P₂O₅ kui Maardust, st et sama tulemuse saamiseks oleks tulnud pahupidi pöörata 2,5 korda vähem maad. Maardusse jäi järele fosforiidi ümberpaigutatud katend, mis koosneb purustatud diktüoneemakildast, lubjakivist, glaukoniitliivast ja vähe P₂O₅ sisaldavast fosforiidist. See ala on nüüd küll metsastatud, kuid taimede kasvupind on rikastunud uraani, fluori ja paljude raskmetallidega. Katendist pinnases ületab nende elementide sisaldus sageli elurajoonides lubatud piiri ning karjääri piirkond pole enam elamiskõlblik [1]. Need elemendid võivad koguneda nt marjadesse ja seentesse, jõuda nende kaudu inimestesse ning põhjustada ravimatuid kahjustusi. Toolse piirkond oli ja on hõredalt asustatud, selle maapind juba rikutud ning suur osa fosforiiti katvast lubjakivist tsemenditoorme ja ehitusmaterjalide kaevandamise tõttu suurtel aladel ära kasutatud.

Kui algas nn fosforiidisõda, lõpetati geoloogilised, tehnoloogilised ja tulevikku suunatud teadusuuringud Euroopa suurima, Rakvere fosforiidimaardla ning ka Toolse fosforiiti katva diktüoneemakilda kaevandamise ja kasutamise valdkonnas. Fosforiidisõja tulemusena lõppes Eestis 1991. aastast alates mitte üksnes fosforiidi kaevandamine, vaid ka põlluväetiste tootmine. Seiskusid võimalused toota fosforiidist vaba fosforit, leelismuldmetalle, uraani ja muid elemente ning fosforiidil lasuvast diktüoneemakildast uraani, molübdeeni, vanaadiumi, reenumi jm elemente ning kütteõli. Kaotati tuhandete töökohtade loomise võimalus.

MIS SAAB EDASI?

Riigi arengu alustala on majandus kui rikkuse peamine allikas ning maavarad

on selle oluline osa. Eesti riigil ei ole majanduse arengu tulevikukujutlust, seda asendab stiihiline ultraliberalism. Kutsutakse üles looma ettevõtteid. Kuid kas need ettevõtted sobivad kokku Eesti arenguga, kas nende jaoks on olemas tööjõud ja toore, kas Tallinna piirkond on mitmesuguseks ettevõtluseks ainus sobiv paik? Nendele küsimustele vastuste andmine pole olnud kellegi mure. Seetõttu puuduvad ka tulevikukavad maavarade uurimise ning majanduse nendega kindlustamise kohta. Usutavasti on see ka peamine põhjus, miks Eesti tulevikku määravate maavarade, fosforiidi ja diktüoneemakilda tööstusliku kasutamise uurimine on tunnistatud vaat et riigivastaseks tegevuseks.

Poliitikud armastavad Eestit sageli võrrelda Põhjamaadega, eeskätt Rootsi ja Soomega. Nende riikide majanduse üks alustalasid on maavarade kaevandamine ja kasutamine. Kohalike ehitusmaterjalide toore pole ei Rootsis ega Soomes küll suurt muret teinud, kui välja arvata piirkonnad, kus vajalikku maavara lihtsalt ei ole. Muret teevad nad kindlasti Eestis, kus maavarasid leidub enamasti seal, kus neid kaevandada ei tohi.

Rootsis on üsna laialt levinud meie diktüoneemakilda analoogid, nn *alum shale*'id. Aastail 1965–1969 toodeti Randstadi piirkonnas suure (250–300 g/t) uraanisisaldusega kildast 120 tonni uraani aastas. Ainult tollal odav nafta (< 30 USD/barrel) ja alanud roheline liikumine peatasid selle tegevuse. Viimastel aastatel on Rootsi riik hakanud uuesti huvi tundma uraani, molübdeeni ja vanaadiumi tootmise vastu *alum shale*'ist. Selle karjäärimeetodil kaevandamiseks on ette valmistatud Kesk-Rootsis Norra piiri lähedal asuv Vikeni maardla, mille kilda uraani-, molübdeeni- ja vanaadiumisisaldus on lähedane Toolse fosforiidikatendis oleva diktüoneemakilda omale [2] (tabel 1).

Eesti pole diktüoneemakilda kasutamistehnoloogiani veel jõudnud. Meenu-

tagem, et diktüoneemakilda kasutamine avaks tee fosforiidi kaevandamisele.

Kuigi Soome mäetööstuses on peatähelepanu mustade ja värviliste metallide toormel, kaevandatakse seal apatiidimaaki, valmistatakse põlluväetisi ja paljusid muid fosforil põhinevaid tooteid. Soome fosforivaru moodustab vaevalt kolmandiku Eesti omast, ometi toodetakse seal aastas üle 600 000 tonni fosfaate ning fosfori baasil toodetud kaupadega varustatakse ka Eestit.

Viimased aastakümned on näidanud, et ei propageeritav turism ega laienev keskkonnakaitse suuda ergastada kiratsevat tööstust ja põllumajandust, rääkimata näiteks haridusest, kultuurist või meditsiinist. Kindlasti ei suuda seda ka väliskapitali ootele ja soovidele rajatud nn kõrgtehnoloogiale suunatud majandus. Viimast võib võrrelda püramiidi otsa ronimisega – mida kõrgem, seda kulukam ja seda vähem vabatahtlikke ronijaid (tarbijaid).

Eesti majandus ja rahandus peab taasiseseisvuma. Kiirendatud korras tuleb alustada fosforiidi ja diktüoneemakilda kaevandamise ettevalmistamist ja kaevandamist ning neis olevate väärtuslike elementide eraldamist ning suunamist tööstuse ja ekspordi arendamisse. Forsseerida on vaja ka kodumaisel kütusel töötava tuumajaama kavandamist. On tõsi, et fosforiidi ja diktüoneemakilda kasutuselevõtt pole kerge ülesanne. Fosforiidisõda mitte üksnes ei peatanud enam kui kahekümneks aastaks Eesti majanduse tulevikuväljavaateid selles valdkonnas, vaid õpetas ka populiste rahvaga manipuleerima.

Mõtteainet pakub maailma fosforiidikontsentraadi vajaduse ja hinna kasv viimase üheksa aasta jooksul (USA geoloogiateenistuse andmed) ja tulevikus. Eesti fosforiidikontsentraadi, mida oleks meil vaja ligi 300 000 t aastas, prognoo-

Tabel 1. DIKTÜONEEMAKILDA JA ALUM SHALE’i U-, Mo-, V- JA Re- NING MUUDE KÕIGE OLULISEMATE ELEMENTIDE SISALDUS

Element	Ühik	Keskmine sisaldus maardlas			Hind maailmaturul 2009. a	
		Toolse	Sillamäe	Viken	Ühik	USD
Uraan	g/t	162	260	140	kg	162
Molübdeen	g/t	406	450	261	kg	25
Vanaadium	g/t	1040	840	1820	kg	25
Reenium	g/t	0,18		0,28		
Kaalium	%	4,75		3,32		
Alumiinium	%	5,17		6,54		
Kaltsium	%	2,00		3,00		
Magneesium	%	0,65		0,64		
Raud	%	5,62		4,15		
Väävel	%	5,07	5,25	4,56		
Süsinik	%	10,6		11,21		

sitav hind jäi aastatel 1992–1994 USA teadlaste arvutuste kohaselt 30–36 USD piiridesse [3], mis oleks võimaldanud seda kasutada kohalike (Eesti) vajaduste rahuldamiseks.

Eesti fosforiit kuulub maailma parimate hulka – on kergesti rikastuv, kaadmiumivaene ja leelismuldmetallirikas [5]. Uraanis sisaldus on keskpärane. Nagu näitasid akad M. Veiderma juhitud uuringud 1980ndatel aastatel [6], on Eesti fosforiidikontsentraat kõlblik põlluväetiste ja vaba fosfori tootmiseks, sellest on võimalik eraldada ka fluori ja lantanoidide ning Moskva Geoloogiliste Uuringute Instituudi uuringute põhjal ka uraani [7]. Kui lantanoidide kõrge hind maailmaturul püsib, muutuvad nad fosforiidi oluliseks lisaväärtuseks.

Õeldust lähtudes on loogiline, et Eesti peab astuma normaalsete riikide hulka, hakates maavarana tuntud loodusliku rikkust kasutama riigi majanduse ja teaduspotsiaali arendamiseks. See looks tuhandeid uusi töökohti, pakuks võimekatele inimestele teaduspõhiseid arenguvõimalusi ja mõjutaks neid kodu-

maale jääma. Ei tohi unustada, et fosforiit ja energeetikatoore on loodusrikkused, ilma milleta inimkond ei ole võimeline eksisteerima. Seetõttu on nendega seotud valdkondades tööstuse ja teaduse areng pidevas tõususuunas.

Maavaradele tugineva majanduse arendamisega seotud otsused peab muidugi langetama rahvas, sest tegemist on põhimõttelise küsimusega. Kas iga kaitsealuse taime juurde hakkab istuma inimene (neid taimi on Eestis kindlasti rohkem kui inimesi) või kaitstakse loodusobjekte siiski valikuliselt? Keskkonnakaitsjate ridadesse ei peaks kuuluma ametnikud, kes keskkonnakaitse sildi all maavarade kaevandamise ja kasutamise takistamiseks lausa valetavad.

Selles suhtes lisab konkreetsust näide Jõelähtme vallas asuva Ruu lubjakivimaardla kohta (nimesid nimetamata). Selle maardla aktiivse tarbevaru piirides hakkasid keskkonnakaitsjate teatel ootamatult kasvama II kategooria kaitsealused palu-karukellad (foto 1), mis olid tegelikult ligi 3 km kauguselt (foto 2)

Tabel 2. FOSFORIIDIKONTSENTRAADI TOODANG JA HIND MAAILMATURUL [4]

Näitaja	Mõõtühik	Aastad									
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2015*
Fosforiidikontsentraadi toodang**	10 ⁶ t	133	138	141	148	151	157	161	166	176	228
1 t turuhind	USD	41,5	35,6	36,5	40,9	47,5	57,5	96,9		90,0	
Lantanoiditoodang***	10 ³ t					65	70	100	133	130	
1 kg turuhind	USD					5–6	7–8	8–9	8–9	45–55	

* Prognoos
** P₂O₅-sisaldus 28–32 %
*** Lantanoidid – keemiliste elementide perioodilisussüsteemi III rühma 6. perioodi 15 keemilist elementi, sh lantaan (La), mille järjekorranumbrid on 57–71



Foto 1. Ruu maardla peale toodud palukarukell 18.07.07. Taime ümber on näha ringikujuline samblaga kaetud kaevamisjälj



Foto 2. Aas- ja palu-karukella kasvukoht 18.07.07 ning Ruu maardla peale viidud karukellamätta auk

sinna toodud. Arendaja pidi kulutama kümneid tuhandeid kroone, et eriana-lüüsidega tõde jalule seada. Nõrdimust ei põhjusta mitte niivõrd materiaalne ja ajaline kulu, kuivõrd see, et kaevandami-se vastu võitlevad keskkonnaasjatundjad töid ohvriks kaitsealused taimed, mille kaitse kuulub nende esmaste kohustuste hulka.

Need, kes takistavad Nabala piirkon-nas lubjakivide kaevandamist, väidavad, et hävimisohus on unikaalne loodusnähtus – Nõiakaev. Tegelikult pole Nõiakaev looduslik objekt, vaid sajandi jooksul inimeste poolt karstijõe ajuti tegutsevale tõusuallikale rajatud moodustis, millest voolavat vett saab tavaliselt näha kord mitme aasta tagant eriti sademerikkal või lumesulamisperioodil. Rajada oleks võimalik mitmeid uusi nõiakaevusid, ka selliseid, mille töörežiim allub valdaja soovile. Kõikjal pasundatakse, et kavan-datavad karjäärid rajatakse karstialadele. Tegelikult jäävad karstialad kavanda-tavatest karjääridest mitme kilomeetri kaugusele. End keskkonnakaitsjateks nimetavate spetsialistide surve kaalub Keskkonnaministeerium isegi täienda-vaid geoloogilisi uuringuid, mis võivad maksta sadu tuhandeid eurosid, kuigi olemasolevate geoloogilistele andmete

kohaselt Nõiakaev ohus ei ole. Kas on ikka õige allutada KKM-i kohalike initsiaatorite survele ja kulutada mõttetult rahva raha? Nagunii ei kinnita tulemu-sed nende soove. Need miljonid, mida kuskilt oleks võimalik saada, tuleks anda näiteks lastehaiglatele, kus on puudus kroonilisi haigusi põdevate laste raviks vajalikust aparatuurist.

Kindlasti tahetakse ka teada, kust saa-da raha uute majandussuundade arenda-miseks. Ehk tuleks selle saamiseks mak-sustada riigist välja rändav kasum, mis ulatub miljarditesse eurodesse, kasutada selleks riigiettevõtetest välismaale ette-võtete rajamiseks suunatav kasum ning maksustada kasum, mida kasutatakse riigisisese ettevõtluse ebaotstarbekaks „arendamiseks“ (suvilad, kallid autod jms, mida näidatakse ettevõtete laiendamisena). Teadusuuringuteks ja tehnoloogiaga seotud probleemide lahenda-miseks tuleks korraldada ja optimeerida keskkonnakaitsesüsteem (vältida näiteks parallelsim ja suundade üleliigset dife-rentseeritust).

A.M.

Viidatud allikad

1. Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pin-nases (keskkonnaministri 11. augusti 2010.

aasta määrus nr 38).

2. Petersell, V. Diktüoneemakilt, energia ja keskkond. Keskkonnatehnika 4/08, lk 32–34.

3. Preliminary technical and economical assessment of developing the Toolse phos-phorite deposit, Estonia, 1994. Prepared for International Fertilizer Development Center by KBN Engineering and Applied Sciences, Tampa, Florida 33607, 51 p.

4. U.S.Geological Survey, Minerals Yearbook, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010.

5. Petersell, V. Valvur ja valvatav ehk dik-tüoneemakilt ja fosforiit. Keskkonnatehnika 3/09, lk 16–19.

6. Вейдерма, М. Исследование извле-чения сопутствующих элементов при кислотной переработке эстонских фосфоритов на минеральные удобре-ния. ТПИ, РТ-220, 1984, 70 с.

7. Минеев, Д. А., Исаев, З. Я., Петуни-на, С. Н. Геохимическое исследование фосфоритов месторождения Тоолсе с целью его оценки как комплексного минерального сырья. Москва, МГРИ, Тема 77/80, 1984, 130 с.



KESKKONNAVEEB

keskkonnainfo internetis

Keskkonna- ja keskkonnaõiguse uudised

Iga kuu keskkonnaõiguses toimunud muudatuste kokkuvõtted (ESTLEXi internetikogumik Keskkonnaõigus – lihtsustab keskkonnaõiguse jälgimist)

Keskkonnavalitsuste tegevuste info ja kuulutused

2010. a avaldati Keskkonnaõiguse uudiskirjas kokku infot 46 jõustunud, 117 muutunud, 39 lisandunud ja 33 kehtetu õigusakti kohta.

www.alkranel.ee/keskkonnaveeb

VEEPROBLEEMID MAAVARADE KAEVANDAMISEL

REIN PERENS ja LEONID SAVITSKI

Eesti Geoloogiakeskus

MAAVARADE kaevandamisega kaasnevad veeprobleemid on olnud läbi aegade hüdrogeoloogide olulisemaid uurimisobjekte. Oma olemuse poolest on probleeme kaheksaguseid:

- tegelikud probleemid (mõju põhjavee tasemele, mõju põhja- ja pinnavee kvaliteedile ning ökosüsteemidele) ning
- pseudoprobleemid (kaevandamisvastastest hoiakutest tulenev avaliku arvamuse mõjutamine väärinformatsiooni ja ebapädevate prognoosidega).

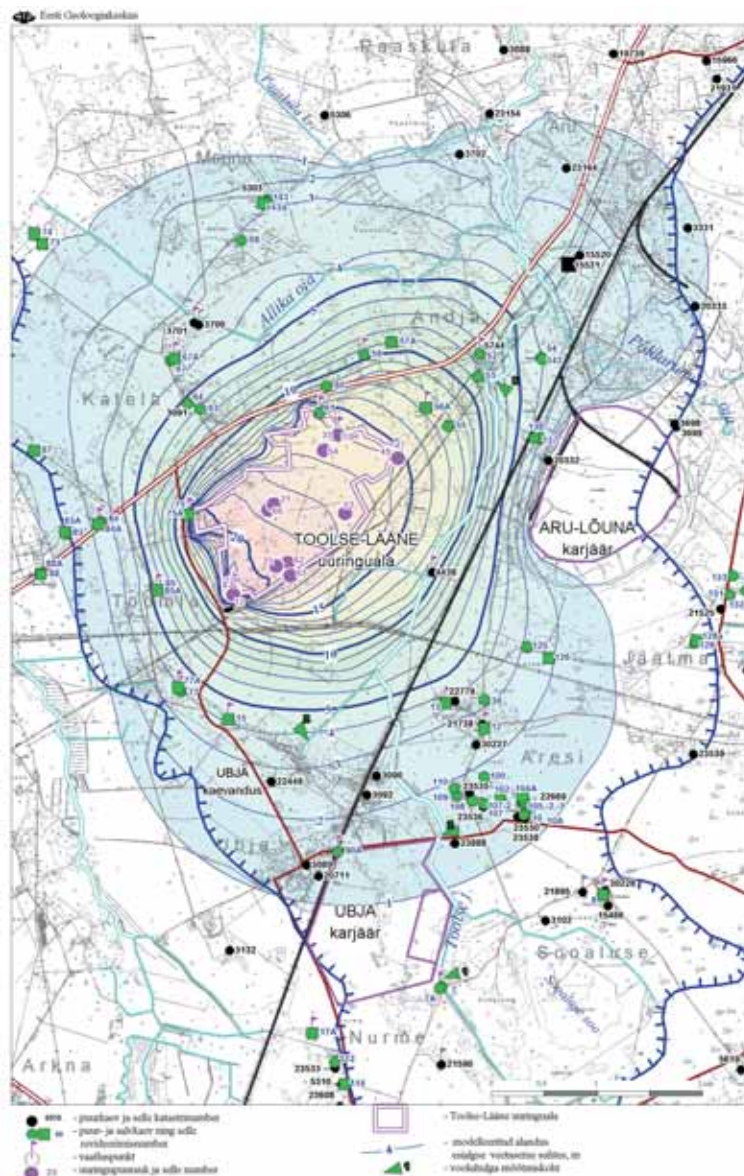
VEEPROBLEEMID PÕLEVKIVI KAEVANDAMISEL

Põhjavee seisundi kõige ulatuslikumad muutused leiavad aset põlevkivi kaevandamisel. Eesti põlevkivimaardlast pumbatakse aasta ringi vett välja keskmiselt 500 000–650 000 m³/d. Sellega kaasneb põhjaveetaseme alandamine, mis maardla põhjaosas ulatub kahekümne ja lõunaosas (Estonia kaevandus) kuuekümne meetrini. Põlevkivi kaevandamisest põhjustatud põhjaveetaseme muutumine ning selle mõju elanike veevarustusele ja vee kvaliteedile on olnud põhjaveeseire objektiks juba üle nelja aastakümne.

Kaevandamine, millega kaasneb veetaseme alandamine ja vee ärajuhtimine, mõjutab eelkõige jõgesid ja hüdrogeoloogilise läbilõike ülemisi veekihte. Veetaseme alandamise tõttu kaevandustes jäävad jõesängid, eriti ülemjooksul, sageli kuivaks. Nõnda on juhtunud Kohtla ja Rausvere jõe lätetega. Kaevandusvesi juhitakse ära jõgesid pidi ning see reguleerib nende äravoolu. Purtsse jõe veerežiimi pikaajalised vaatlused näitavad siiski, et kaevanduste ja karjääride veekõrvaldus äravoolumahtu tervikuna ei mõjuta. Kui jõe äravoolu reguleeritust võib pidada positiivseks, siis kaevandusvee mõju pinnavee keemilisele koostisele, eriti sulfaadisalduse suurendamine, on ebasoovitav.

Vee ärajuhtimine koos veetaseme suure alandamisega mõjutab suuremal või vähemal määral läbilõike kõiki veekihte. Kaevanduste drenimine muudab põhjaveevoolu suunda ning nii drenitavas kui ka lasuvas ja lamavas veekihi moodustub alanduslehter, mistõttu jäävad kuivaks ka neid veekihte kasutavad kaevud. Üldjoontes annab kaevandamise mõjust põhjaveerežiimile tunnistust aasta keskmise veetaseme alanemine ja veetaseme muutumise aasta-amplituudi suurenemine. Peaaegu surveta Nabala-Rakvere põhjaveekihti mõjutab vee ärajuhtimine kõige vähem ning veetaseme alanemist täheldatakse üksnes ammendatud alal. Kaevanduste mõju nõrgalt surveleise Keila-Kukruse veekihile on ilmne ammendatud alal ning jälgitav kaevetöödest kuni kahe kilomeetri kaugusel. Kõige tundlikum on kaevanduste veeärastusmõju suhtes surveleise Lasnamäe-Kunda veekihi survetase – selle alanemist võib jälgida kuni 15 km kaugusel.

Kuigi alanduslehtrite piirkonnas ei ole täheldatud põhjavee keemilise koostise erilisi muutusi, reageerib kaevandustesse jõudev hapnikurikas vesi



Joonis 1. Põhjavee taseme prognoositud alanemine Lääne-Toolse karjääri 35. tööaasta lõpuks



Joonis 2. Kõrge veetasemega Saka paekarjääri ei kasutata



Joonis 3. Vett täis Uudeküla rõngaspaemurd Pandivere kõrgustikul

karbonaatkivimites leiduva püriidiga. Tekib sulfaadirikas kaevandusvesi, mille sulfaadisaldus (kuni 700–800 mg/l) on ümbritseva põhjavee omast kümme korda suurem ning üldkaredus ulatub 9–12 mg-ekv/l-ni. Seetõttu ei vasta Ida-Virumaa põlevkivibasseini põhjaveekogumi vesi joogivee kvaliteedinõuetele ning ei saavuta ka lähemate aastakümnete jooksul head keemilist seisundit

Juurdevool põlevkivikarjääridesse moodustub ammen-datud alale langevatest sademetest, põhjaveekihi eelkuiven-damisel drenistrekide kaudu voolavast ning üleujutatud kaevandustest pärit veest. Vee ärajuhtimise ja veetaseme alandamise tõttu tekkis väga keeruline olukord Narva kar-jääri Vasavere mattunud oruni ulatuval läänepiiril. Seal tekkis oht, et karjäär hakkab drenima mattunud oru vett, kuivendama mitut Kurtna järve ning negatiivselt mõjutama joogiveehaaret. Kui kaevetööd lähenesid mattunud oru ida-servale, rajati infiltratsioonikanal ning töötati välja kaevan-damismetoodika, mis nägi ette ee ajutist avamist ja transeede täitmist suhteliselt vettpidava kivimiga. Nii tekitati piki mat-tunud oru serva suhteliselt veekindel tõke. Töenäoliselt tuleb sama metoodikat rakendada ka Narva karjääri lõunapiiril oleva Puhatu looduskaitseala puhul, kus veetaset alandada ei tohi.

Tehtud mudelarvutused näitavad, et Keila-Kukruse veeki-hi põhjavee alanduslehtri areng kvaternaarisetete veerežiimi peaaegu ei mõjuta.

Oluline probleemidering hõlmab ammendatud alade rekultiveerimist ja likvideeritud kaevanduste üleujutamist. Kaevandamise ajal reguleerib veerežiimi vee ärajuhtimine. Kui kaevandamine lõpetatakse ja kaevandus veega täitub,

on vaja kindlaks määrata kriitiline absoluutkõrgus, milleni põhjavee tase tohib tõusta, et vältida rekultiveeritud alade altuputamist ja metsa hukkumist. Kaevanduste töötamisel muutusid soostunud alad kuivaks ja neile kasvas mets ning varem altuputatud piirkonnad ehitati täis.

Kui Ahtme kaevandus veega täitus ja veetaset selles arvati tõusvat absoluutkõrguseni 55 m, sattusid ohtu nii Vasavere veehaarde vee kvaliteet kui ka kaevanduse töötamise ajal kui-vendatud aladele kasvanud mets. Selleks et veetase ei tõuseks üle absoluutkõrguse 45 m, puuriti Sanniku oja lähedale kolm puurauku, mille kaudu voolab ära kuni 1 m³/s liigset vett.

Jõhvi piirkonnas on mõne maaala altuputamise vältimi-seks ette nähtud hoida veetase kaevanduses nr 2 absoluut-kõrgusel 52 m ning Tammiku kaevanduses absoluutkõrgusel 44–45 m.

VEEPROBLEEMID EHITUSMAAVARADE KAEVANDAMISEL

Lubja- ja dolokivikarjääride uurimise ja kasutuselevõtu kor-ral on vaja arvutada vee prognoositav juurdevool, lähtudes ammendatud alale langeva sademevee hulgast ja veealandu-se mõjuraadiusest. Kohaliku elanikkonna veeprobleemide lahendamiseks on vaja kindlaks teha kõigi karjääri mõju-raadiusse jäävate kaevude seisund enne kaevetööde algust ja prognoosida veetaseme võimalikku alanemist maardla ühes või teises piirkonnas. Kahetsusväärsetel teevad just selles kü-simuses kohalikud elanikud ja mitmesugused isehakanud „spetsialistid“ ja pendlimehed ebapädevaid emotsionaalseid hinnanguid, mida tihtipeale võimendab ajakirjandus. Seda ei põhjusta niivõrd mure oma kaevu kuivaksjäämise pärast kui-võrd üldine soovimatus näha karjääri oma kodu läheduses.

Üks probleemseid kaevetööpiirkondi on Kunda ja Ubja vaheline ala Lääne-Virumaal Sõmeru vallas. AS Kunda Nor-dic Tsement ja tema eelkäijad on Aru-Lõuna karjäärist aas-takümneid kaevandanud lubjakivi. Kuigi karjäär ei ole kuigi kaugel põhjaveekihi väljaleast – Põhja-Eesti klindist, on kae-vandamiseks olnud vaja vett karjäärist pidevalt välja pum-bata. Möödunud sajandi kaheksakümnendate aastate lõpus ja üheksakümnendate algul oli väljapumbatava vee maht veerikastel kuudel üle 45 000 m³ ööpäevas, viimastel aastatel 25 000–30 000 m³/d.

Postimehe 24. märtsi artiklis kirjutas Nabala Keskkon-nakaitse Ühingu aktivist Tanel Ots Nabala lubjakivimaard-lale kavandatavast Nõmmküla karjäärist välja pumbatavast „meeletust veehulgast“, mis ähvardab kuivaks jätta tuhat-kond kaevu. See ekslikel kujutlustel põhinev väide ei kannata mingit kriitikat. Aru-Lõuna karjääriga sama suurusjärku väljapumbatava prognoositud vee hulk (23 600 m³/d) moo-dustaks vaid 3,1 % kõigist Eesti karjääridest ja kaevandustest 2009. aastal välja pumbatud veekohusest.

Põhjavee praegune seisund Aru-Lõuna ja Ubja karjääride mõjupiirkonnas näitab, et Nabala piirkonna elanike hirmud on tugevasti ülevõimendatud. Muidugi on karjäärivee välja-pumpamisega kaasnenud kaevude veetaseme alanemist ja madalate salvkaevude kuivaksjäämist, kuid nende arv ei ole olnud kuigi suur. AS Kunda Nordic Tsement on sellisel kor-ral lasknud puurida inimestele uued sügavamad ja enamas-ti ka kvaliteetsema veega kaevud, ning sellega on veeprob-leemid ära lahendatud. Tehtud küsitluse järgi on ligikaudu 80 % piirkonna elanikest kaevandamisega nõus. Ka tulevase Toolse-Lääne karjääri keskkonnamõju programmi avalikul



Joonis 4. Rummu peakarjäär on pilkupüüdev turismiobjekt



Joonis 5. Kadastiku karjäär on leidnud kasutamist ujumis- ja puhkekohana

tutvustamisel ei olnud kohalikel elanikel kaevandamisele vastuväiteid, kuigi põhjaveetaseme prognoositud alanemine ulatub seal nelja kilomeetri kaugusele (joonis 1). Võrdluseks: Nabala lubjakivimaardla piirkonnas oleks karjääride mõju-raadius kolm kilomeetrit.

Kaevandamisvastastest hoiakutest tulenevalt on mõnikord soovitatud kaevandada paekivi seal, kus veeprobleeme ei ole, st aladel, kus paekivi lasub põhjaveetasemest kõrgemal. Paraku on aeratsioonivööndi ehk kuiva maapõueosa paksus võrdlemisi väike. Isegi looduslikult kõige paremini drenitud piirkondades – Pandivere kõrgustikul ja Põhja-Eesti klindi lähedal – on kaevandamiseks vaja karjäärist vett välja pumbata. Kõrge veetase on põhiline põhjus, miks Saka peakarjääri (joonis 2) enam ei kasutata, selle tõttu jäeti ilmselt maha ka Tamsalu lähedal paiknev Uudeküla paemurd (joonis 3).

Pärast kaevandamise lõppemist veetase karjääris taastub ja on vaid inimese enda teha, kuidas ta tekkinud veekogu ära kasutab. Sügavsinise veega Rummu peakarjääri (joonis 4) on Vasalemma valla kodulehel iseloomustatud kui vaatamisväärsset turismiobjekti. Ka Narva külje all paiknev Kadastiku karjäär (joonis 5) on ujumis- ja puhkekohana kasutamist leidnud. Põhja-Eesti tasasel paeplatool ei ole just ülearu palju selgeveelisi järvesilmi, kus oleks võimalik ujuda, kalastada või muul viisil puhata. Paekarjääride rajamine ja nende nõuetekohane rekultiveerimine looks selleks uusi võimalusi.

Liiva, kruusa ja turba tootmisel tekkivad veeprobleemid on põlevkivi ja paekivi kaevandamisega võrreldes teisejärgulise tähtsusega.

A.M.

PAEMURRUD PÄR

MALLE KALMU

EMÜ magistrant

PÄRANDMAASTIK (*heritage landscape, semi-natural community*) on mingi piirkonna jaoks iseloomulikuks peetav maastik, mis on tekkinud tänu inimese ja looduse kaua kestnud ühistegevusele ning seetõttu eriti liigirohke [1]. Eestis on pärandmaastikke seniajani käsitletud valdavalt bioloogilise mitmekesisuse hoidjatena. Seejuures on nende kaitsmisel keskendutud vaid paarile iseloomulikumale nähtusele – niidule ja karjamaale, kuid pärandmaastik on oma liigendusest ja otstarbelt tunduvalt mitmekesisem. Põhja-Eesti pae-maastikud on kultuuriajalooliselt huvitavad ja looduslikult mitmekesised pärandmaastikud. Siinsed põliselanikud on kasutanud paekivi juba ammustel aegadel ning see on jätnud iseloomuliku jälje maastikumustrisse [2]. Kivi kasutusajalugu algab leasemetega, rõngasristide, kivilalmega ja muinaslin-nustega ning jätkub tänapäeval pae murdmisega ehitus- ja teetööde tarbeks [3].

Paekivi murdmine on jätanud maastikesse igal ajastul oma jälgi. Vanad paemurrud, mis tekkisid talude juurde paekivi ehitusotstarbelise vajaduse tõttu, on tänapäeval maastikus vaid aimatavad. Kivimurdude horisontaalpinnad on kaetud loopealsetele iseloomuliku taimkattega ja reljeef on pae suhteliselt pinnapealse väljavõtu tõttu vähe märgatav. Paasi murti selle kasutuskohale võimalikult lähedalt ja seetõttu võib paemurdude lähistel alati märgata endisaegsete kivimeistrite töö tulemusi, näiteks paekivihooneid, -müüre ja -aedu, kivist kaevurakkeid. Sellised maastikupildid räägivad asustuse kujunemisest inimese ja looduse kaua kestnud ühistegevuse tulemusena.

Nõukogude ajal hakati killustiku saamiseks paepealsetel paekivi karjääriivisilisel kaevandama. Ammendunud karjäärid (Rummu, nn Vana Harku) jäeti maha korramata ning seetõttu pärandati need meile korramata tööstusmaastikuna. See on üks põhjus, mille tõttu on igasugune uute kaevanduste ja karjääride rajamine põhjustanud suuri pingeid aktiivvaruga maardlate alal ja selle vahetus läheduses elavates inimestes. [2]. Karjääride rajamisega kaasnevad muutused loodus- ja kultuurikeskkonnas, mis omakorda mõjutavad kohalike elanike elukvaliteeti.

Üleriigilised seadused ja määrused (maapõueseadus, kaevandamisseadus, töötervishoiu ja tööohutuse seadus, üldgeoloogilise uurimistööga, geoloogilise uuringuga ja kaevandamisega rikutud maa korramata kord) nõuavad maade taaskasutatavaks muutmist kaevandusloas määratud sihtotstarbel. Kuna seadustel ei ole tagasiulatavat jõudu, tuleks vanade karjääride korramata projektid reguleerida riiklikul tasandil [4]. Negatiivse näitena toodud „pärandmaastikud“ ehk mahajäetud karjäärid võivad küll olla atraktiivsed, kuid ei pruugi olla turvalised. Kõrgete reljeefidega vanal kaevandusalal on ohtlik liikuda eelkõige lastel ja ka harrastussportlastel: karjääriseintelt võib tekkida lahtiste kivimite varinguoht; veekogud on tundmatu sügavusega; ohuallikad on ka prügi ja ohtlikud jäätmed; võimalikud kaevandamisega seotud ehitised (teed, sillad, toestikud) ei pruugi olla kandevõimelised. Teadaolevalt ei ole mahajäetud karjääridesse paigaldatud piirdeid ega hoiatavaid silte.

RANDMAASTIKE KUJUNDUSES

Tänapäeval tuleb karjäärialade tekkimist maastikku vaadelda kui majanduse arenguga paratamatult kaasnevat nähtust. Sama möödapääsmatu peab olema ka kaevandusala mõjupiirkonnas elavate inimeste ja kohaliku omavalitsusega kooskõlastatud ning teostatav maaala kujundusprojekt kaevandamisjärgseks perioodiks [4]. Pärast kaevanduste sulgemist ei ole võimalik endist olukorda taastada, mistõttu on maastikukujundajate esmane eesmärk leida parim lahendus loodus- ja inimsõbraliku keskkonna loomiseks. Endiste karjäärialade taaskasutusele võtmisel tuleb arvestada ümbritsevat loodust, pinnavorme ja nende kujunemise eripära. Jätksuutlikul korramisel tuleks kasutada kohalikke ja paikseid materjale. Ohtlike süvendite täitmiseks saab kasutada kivilibu ja paekivirahne, pinnakate tuleks ennistada eelnevalt karjäärialalt kooritud huumuskihiga. Tänu sellele taastub paigale omane taimestik.

Tulemuslikult taaskasutuskõlblikuks muudetud kaevandusala on atraktiivne ja turvaline ning sobiv ümbritseva maastikuga. Vastavalt kohaliku omavalitsuse ja elanike soovile saab kaevandussüvendisse kujundada põhjavee sügavusest olenevalt kas reljeefse taimestatud ala või tehisveekogu [2]. Korrastusvõimalusi on palju. Karjääri kujundatud järv on tänu karbonaatsusele selgeveeline ja vetikatevaene ning võimaldab **veekogu** kasutada suplus- ja sukeldumiskohana, kala- ja vähikasvatuseks. Veekogu äärde või ka kuiva kaevandussüvendisse kujundatakse (kaevandamise käigus) tugevad ning laiad tasapinnad ehk **terrassid**, mida saab kasutada vabaõhulavana (amfiteater) kultuuriürituste korraldamiseks. Üha enam levivat õuesõpet saavad korrastatud paekarjäärides viljeleda kooliõpilased ning bioloogia-, geoloogia-, kunstiteaduste ja ajalootudengid. Selleks puhastatakse ning markeeritakse **paekivi näidissein** [5], kus paljanduvad erinevate ajastute kivimikihid ja settekiivit iseloomustavad fossiilide jäljed, sildistatult tuuakse välja loopealne floora ning fauna (nahkhiired, kahepaiksed). Kohalikke ja kivitöötlemise traditsioone hoiab elus uutele põlvkondadele rajatud **skulptuuripark**, kus kevadel, suvel ja sügisel tegutsevad kivilaiumise töötoad ning toimuvad kursused, mida juhendavad skulptorid ja kunstikoolide õpetajad. Skulptuuripark on naabermaade tudengite ja õpilaste jaoks turismimagnet. Sportimisvõimalusi arendatakse, luues **spordirajatisi** nii teravisesportlastele kui ka võistluste korraldamiseks. Asfalteeri-

tud teekattel korraldatakse auto- ja motovõistlusi, matka- ja orienteerumisraja on loodusliku pinnakattega. Paigaldatakse suunaviitadele vajalikud postid ning valgustus ja ohumärgid. Üks looduslähedasemaid karjääride kujundamise võtteid on **taimestamine**. Mitmesuguste taimestamisvõtetega rajatakse karjäärialale mets, park või kadastik. Taimekollektsooni eesmärgil luuakse ammutatud kaevandusale botaanika- või iluaed. Loodusliku taimestumisega kaasneb loopealsetele iseloomulik bioloogiline mitmekesisuse aspekt.

Paemurdudes ja -kaevandusaladel on taaskasutuskõlblikuks muutmisel vaja arvestada ohutusnõudeid – paigaldada piirded ja aiad järsaku servadele, varinguohu vältimiseks kontrollida paeseina vastupidavust ilmastikule ning surve-tugevusele. Paigaldada prügikastid – soovitatavalt paemuru alaga (paekivi ümbrisega) sobivas stiilis. Liikumisradade äärde peaksid tulema sobivad puhkepaigad – istumiskohad, soovitatavalt sobivas tuseduses paelahmakad.

Kaunilt kujundatud vanad paemurrud ja -karjäärid on tähtsad objektid ning majandusliku jätkusuutlikkuse näitaja kohalikele omavalitsusele ja elanikkonnale. Õigeid kujundusvõtteid kasutades jäävad paemurrud pärandmaastikena tulevastele põlvkondadele meenutama inimese ja looduse koostöös tekkinud tasakaalus loodus- ja kultuurikeskkonda.

Viidatud allikad

1. Säätva arengu sõnaseletusi. Säätva Eesti Instituut, SEI Tallinn, www.sei.ee (15.02.2011).
2. Einasto, R., Kalmu, M. Ökosotsiaalse (loodus- ja inimsõbraliku) kaevandamise võimalustest Jõelähtme piirkonnas. Keskkonnatehnika, 3/2011, lk 44–45.
3. Perens, H. Paekivi Eesti ehitistes I, II, III, 2003, 2004, 2006. 132, 144, 144 lk.
4. Viilup, H. Puhkemaastikke kujundav kaevandamine. Ettekanne Paepäeval 04.05.2011 Tallinna Ühisgümnaasiumi aulas.
5. Einasto, R. Ökosotsiaalne (loodus- ja inimsõbralik) kaevandamine. XIX Aprillikonverentsi teesid. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 2011, lk 32–34.



Fotod: M. Kalmu

Vana paemurd Jõelähtmes, Ülgase looduskaitsealal



Kiviaiad pärandmaastikus Rebala muinsuskaitsealal

VAADATES KIVI SISSE

PILGUHEIT PAESSE: PÜSTAKKIHT BILLINGENI JA VOLHOVI LADEME PIIRIL

REIN EINASTO, JANNE-LIIS JUSTI

Tallinna Tehnikakõrgkool

KÄESOLEVAS loos on vaadeldud Baltika paeläbilõike üht kõige huvitavamat ja tuntumat katkestuspinda vahetu lamami (Päitekihistik) ja lasumiga (Saka kihistu) Eesti kõige vanemates paekihtides lasundi alumisest piirist 0,2–0,5 m kõrgemal Billingeni ja Volhovi lademe piiril. See katkestuspind (kp) on ainulaadne esiteks oma tunnuste regionaalse püsivuse poolest kogu avamusel Laadoga lähistelt Kesk-Rootsini, kokku üle 1200 km ulatuses, nagu rõhutab R. Männil (1966). Arvukate puursüdamike uurimisel on selgunud, et selle püstakkihi iseloom püsib ka avamusest lõuna pool väheste muutustega kuni kunagise paepõhjalise madal mere lauge nõlvani üleminekul Läti nõkku Mustvee–Pärnu joonel. Teiseks on unikaalne püstakute kuju, mida K. Orviku (1960, 1961) nimetab amforalaadseks. Kolmandaks on kordumatu roheliste glaukoniiditerade rohkus püstakute täites.

Üheks näiteks püstakkihist sobivad Ontika paekaldast mere äärde varisenud paeplaadid püstakkihiga (joonis 1, Einasto, 2010, tahvel I), mille pealispinnal avanevad arvukad 3–4 cm sügavused, suudmes üldjuhul laienevad amforakujulised süvised. Tasane, nõrgalt lainjas kp pealispind on selgete kulusjälgedega – glaukoniiditerad on läbi lõigatud, limoniitne impregneeritus on



Joonis 1. Püstakkihiga paeplaat Ontika rannalt, pealtvaates. Arvukad süvised on suudmes 1–4 cm laiused, sageli ühise suudmega. Suurus on varieeruv, kuju püsiv

nõrk ja katkendlik.

Teise näitena esitame püstakkihi läbilõike koos piirikihtidega Kullamaa (D-223) puursüdamikust, kus see lasub juba 201,9 m sügavusel (joonis 2). Püstakute sügavus ulatub 4 sentimeetrit. Tumeroheline glaukoniiditeradest koosnev lubitsemendiga täide tõstab püstakud reljeefselt esile, andes piirikihtidele erilise dekoratiivsuse. Viimast suurendab lamava glaukoniitlubjakivi põhimassi valdavalt helerohekas värvus, roosad ja kollased laigud püstakute vahel ning lasuva tumedama glaukoniitlubjakivi roosa muster. Roosa värvus tuleneb *hematiitse*¹ rauaühendi

lisandist kivimis, kollane värvus aga *götiitse (limoniitse)*² rauaühendi lisandist. Viimane on tekkinud hematiitsete rauaühendite veealusest murenemisest kestva lõnga ajal.

Püstakkihist sügavamal on kivim mudaline, glaukoniidi terad harvad ja väikesed, viidates vaikseveelisele keskkonnale; samas on katkestuspinnal (sügavustel 201,98 m, 202,00 m) laudtasasid või lauglainjad, harvade süvenditega ja selgete kulutuse tunnustega, mis kõneleb liikuvaveelisest keskkonnast.

Püstakkihist kõrgemal on kivim suurema glaukoniidisaldusega mudalis-teraline, kihiti lausteraline, aga

¹ *hematiit* – raudaäik (Fe_2O_3) koosneb 70 % rauast ja 30 % hapnikust (Suuroja, 2007)

² *götiit (limoniit)* – rauaooker (HFeO_2) koosneb rauast ja veest, tekib hematiidi murenemisel

detriidi (kaaneliiva) sisaldus on väga tagasihoidlik; katkestuspinnad (selgemad neist 201,87 m ja 201,85 m sügavusel) on ebatasased, taskulised, sagedaste kaevumiskäikudega, kivim katkestuspindade vahel tugevasti bioturbeeritud.

Glaukoniidi rohke esinemine viitab jahedale kliimale. Liikuv- ja vaikseseelise keskkonna tsükliline vaheldumine ja kestvad lüngad ning aeglane settimine, kihtide väikesed paksused on nendele piirikihtidele väga iseloomulikud. Viimaste aastakümnete süvauuringud teistes piirkondades võimaldavad suure tõenäosusega väita, et püstakkihi tekkeajaks võib lugeda 470 miljonit aastat tagasi, kui Baltika manner triivis lõunapoolkeral tänapäeva Austraaliast lõuna pool.

Käsitletavate piirikihtide kirjuvärviline paas on leidnud ulatuslikku kasutust ehituskivina Peterburis ja Narvas, kus neid katvad nooremad kihid on mandrijää ja teiste kulutustegurite toimele maha kulutatud. Kirjuvärvilise pae sihiteadlik selektiivne kasutamine omanäolises ehituskunstis on vanade meistrite tarkuse rakendamise renessanss.

Kirjandus

Einasto, R. 2010. Eesti rahvuskivi dekoratiivsusest. I Organismide osast paekivi dekoratiivsuse kujunemisel. Tallinna Tehnikakõrgkooli Toimetised, 13, lk 76–88.

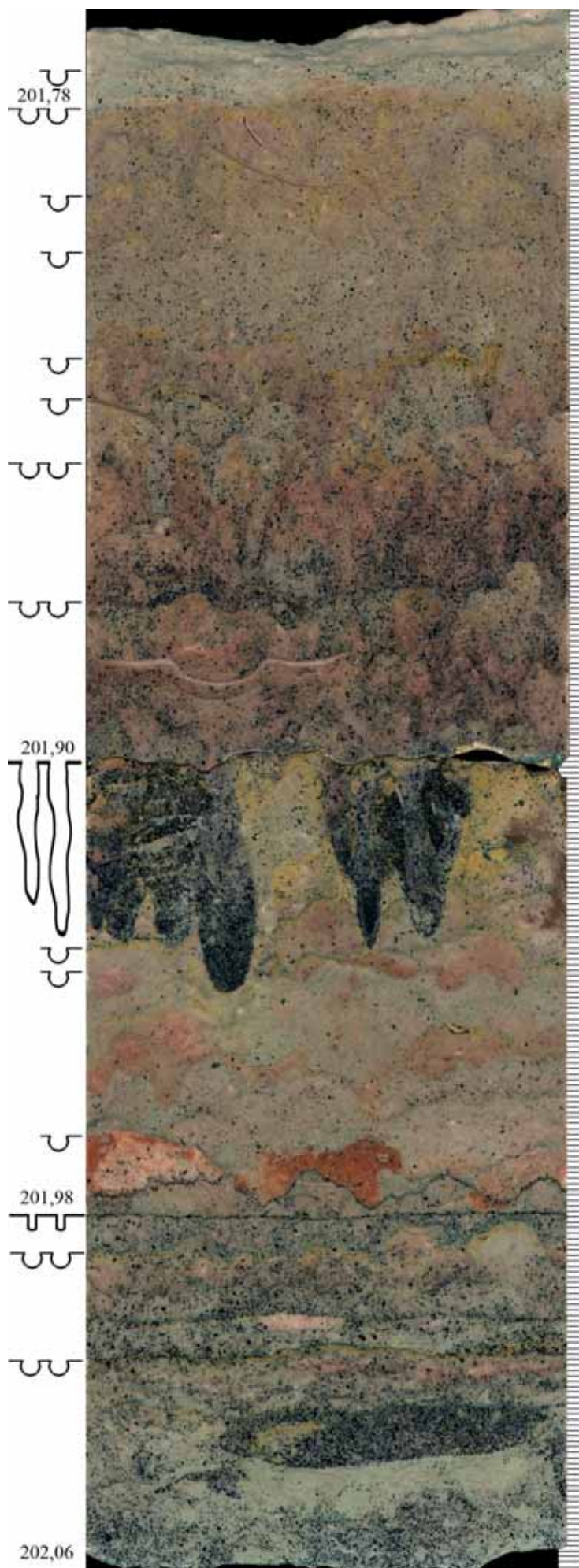
Männil, R. 1966. Balti basseini areng Ordoviitsiumis. Tallinn, Valgus, 200 lk (vene keeles).

Orviku, K. 1960. Volhovi ja Kunda lademe litostratigraafiast Eestis. ENSV TA GI Uurimused V, lk 45–87 (vene keeles).

Orviku, K. 1961. Diskontinuiteedipinnad Volhovi ja Kunda lademes. Geoloogiline kogumik. Tartu, lk 16–25.

Suuroja, k. 2007. Kiviaabits. Eesti mineraalid. Tallinn, 192 lk

► **Joonis 2.** Püstakkiht läbilõikes koos lamami ja lasumiga Kullamaa D-223 südamikus. Rohelise glaukoniidi terad on lainetusega püstakutesse ja mõne katkestuspinna vahetusse lasumisse „koondatud“. Püstak-katkestuspinnast 2 cm kõrgemal näeme trilobiidi sabakilbi läbilõiget selili-asendis. Näidispalad R. Einasto kogust



PAERAAMATUGA EESTIMAA GEOPARKIDES

AAT SARV

EMÜ magistrant

METAFOORINA tuli paeraamat ehk esmakordselt käibele seoses Eesti raamatu aastaga 2000. Eesti Paeliit esitles paeraamatut Rahvusraamatukogu Wiiralti galeriis. Tookord sai raamat paest kaaned, kartongist lehed ja sepistatud kinnitid. Seejärel on paeraamatust olnud mitmeid versioone, nii monumentaalseid kui ka lauaversioone. Ühes Lasnamäe ehituskivikihte tutvustavas artiklis kasutab paevana R. Einasto (2006) paeraamatu metafoori ka paelasundi kohta, öeldes: "Igal kihil on selles looduslikus "paeraamatus" oma nimi ja kasutusvaldkond, mis väärrib püsiekspositsiooni just oma asukohal." Just see metafoor on mind köitnud ja ahvatlenud edasi mõtlema.

Kohila Aidasõprade Seltsis koos paevanaga 5 aasta jooksul Raplamaa paepäevi korraldades võtsime igal aastal sihikule ühe Raplamaa kaarti lääne-idasuunas võõna läbiva paelademe avamusala. Igal järgneval aastal keerasime paeraamatus uue lehekülje.

Siinkohal omistaksin paeraamatu metafoori Eesti paelasundile, mida on võimalik lugeda kui maateadusõpikut otse looduses. Piltlikult väljendades võib Eestimaal põhjast lõuna poole rännates iga kilomeetriga avastada ligikaudu miljon aastat eelmistest nooremaid kihte. Ajapikku on selle artikli autor koondanud Eesti paeraamatu olemuse nelja Eesti paelasundit iseloomustavasse väitesse: järjepidev, oluliste lünkadeta ladestumine, hea säilivus algses lasuvuses, hea uuritus, kiht-kihiline paljandumine looduses.

Stratigraafia, mis loob geoloogiateadust ühendava taustsüsteemi, toimib samamoodi ka geoturismis. Enam kui poolteist sajandit kestnud uurimistöö on Eestis selle taustsüsteemi korralduslikult paika loksutanud. Eestis asub seetõttu enamik Balti paelasundi regionaalseid stratigraafilisi etalone ehk lademetest stratotüüpe, ordoviitsiumi ajastu 18-st lademest 15 ja siluris koguni kõik 10. Need on kivimkehade kõige iseloomulikumad ja esindusli-

kumad läbilõiked aluspõhja paljandite näol, mis on teaduslikult kirjeldatud, võrreldud-korreleeritud teiste samaealistega ja asjatundliku komisjoni poolt heaks kiidetud. Paraku on geoloogid viimaste aastakümnete uurimistöös keskendunud pigem puuraukudest välja tõstetud kivitulpadele, nn puursüdamikele, mille eelis paljandite läbilõigetega võrreldes on nende oluliselt suurem ulatus ja lihtsam kõrvutamine. Sellisel hõlbustusel on ka omad puudused, näiteks ei tarvitse puuroruga tabada just kõige rikkalikumat makrofossiilide esinemiskohta ja väljatõstetavast materjalist võib uuringute tegemiseks napiks jääda. Teaduse jaoks võib see tähendada, et katse korratavuse põhimõtet ei ole tagatud. "Paljandigeoloogidel" seevastu on ikka ja jälle võimalik samasse punkti tagasi tulla ja see asi veel kord üle vaadata, kolleegidele ja õpilastele esitleda. Eespool toodust saab teha ühe üldistuse: paljanditel põhinevad stratotüübid on ühtviisi tähtsad nii teaduses kui ka õppe- ja teadusturismis.

Eesti paemaakondades ei ole paepaljandid sugugi haruldased. Kõik olemegi külastanud mõnd lõiku Põhja-Eesti klindil, olemegi astunud mööda Patkuli treppi üles Toompeale, vaadanud alla merele Türisalu või Ontika pangalt, näinud paelõhesid loopealsetel või karstiväljadel, Kostiveres või Tuhalas. Laialdane paekivi kasutamine mitmesugustes ehitistes, karjaaedades, kodukujunduses ja lubjatootmisel on enamjaolt jäänud sajanditaguseks mälestuseks – pärandkultuuriks.

Igaühel on meie rahvuskiviga oma kokkupuutepunkt, kas ka stratigraafiliselt määratletud, on juba iseasi. Selleks et geoloogilisele õuesõppele süsteemiliselt läheneda, olekski vaja kindlapiirilisi piirkondi – geoparke, kus ühe või teise geoloogilise ajastu kihid on kergemini leitavad ning sellekohaseid õppe- ja matkaradu saab koostada ja kirjeldada. Kui soovime Eesti geoturismiga üleilmset tähelepanu kõita, on

meie eelis võimalus esitleda nii ordoviitsiumi kui siluri ladestust tervikuna. Asetades ülestikku kaks kaarti – Eesti maastikulised üksused ja Eesti aluspõhja geoloogilise kaardi – on võimalik leida sobivad piirkonnad mingi geoloogilise ajastu tervikladestu eksponeerimiseks. Eelistada tuleb muidugi ohema pinnakattega lavatasandikke (Harju, Viru, Kesk-Eesti) ja paest lavakõrgustikku Pandiveret. Õhukese mulgaga paepealsed loolad on sagedased ka Lääne-Eesti madalikul ja paljudel Lääne- ja Loo-Eesti saartel.

Põhja-Eesti klindivöönd üksi ei ole piisav sihtala selleks, et esitleda rahvusvahelisel tasandil ordoviitsiumi ladestust tervikuna (lisalugemist: Täht-Kok et al. 2008). Selleks oleks kohane laiendada geopark kas Harju lavamaale või Viru lavamaale koos Pandivere põhjanõlvaga. Siluri geopark aga ei saa jääda üksnes saarlaste pärusmaaks (lisalugu: Täht-Kok 2007). Kui soovitakse globaalsel tasemel siluri geoparki rajada, tuleks kaasata ka pool Hiiumaad, või kui saarlastele selline variant sugugi ei istu, on võimalik leivada ühte lüüa ka muhulaste ja mandrimeestega, kes ländouveri ja uenloki tutvustamise meelsasti enda peale võtaksid.

Viidatud allikad

Einasto, R. Mõtteid Eesti geoloogide rahvuslikest ülesannetest ja rahvusvahelistest kohustustest paemehe pilgu läbi. In: *Scola Geologica II*. Amon, L., Verš, E. (koost., toim.). Tartu, 2006, lk 24–28.

Täht-Kok, K. Eeltööd geopargi rajamiseks Eestis. I köide. Eesti Geoloogikeskus, geofüüsika, mere- ja keskkonnageoloogia osakond. Tallinn, 2007, 63 lk.

Täht-Kok, K., Ainsaar, L., Hints, O., Soesoo, A., Suuroja, K., Tuuling, I. Põhja-Eesti klint UNESCO maailmapärandi ja geopargina: edasiste võimaluste analüüs. Aruanne. Eesti Geoloogia Selts. Tallinn – Tartu, 2008, 22 lk.

RAHVUSKIVI SÜNNIPÄEV

RAHVUSKIVI 19. sünnipäeva tähistati 4. mail Tallinna Ühisgümnaasiumis. **Paekivi** on meie tähtsaim kiviliik. Mitmesuguste kihtidena moodustab paekivi aluspinna. Paemurdudes on paekivi kihiline ehitus selgesti näha. Paekihte on huvitav vaadelda ka meie põhjarannikul. Paekivist on sajandeid ehitatud Eestimaal suuremaid ja väiksemaid, tähtsaid ja vähem tähtsaid hooneid. Keskajast tänaseni säilinud Tallinna vanalinn on parim näide paekivi headest ehitusomadustest. Paekivi on hõlpsasti töödeldav ning aegade jooksul on sellest valmistatud kauneid skulptuure. Viimasel ajal kasutatakse paekivi edukalt hoonete sise- ja välisviimistluses ning sellest valmistatakse isegi ehteid.

Alates 4. maist 1992 on paekivi Eesti rahvuskivi. Paeasta eesmärk on aidata paekivi populariseerida. Ühe hea võimaluse seda kivi märgata pakub mõtisklus **Maie Kolditsi** luuletusega „Vaadates varvaste ette“.



Ära aina torma-tõtle, inimesel!
Peatu, vaata, mõtle, ajutine.
Vaatle kivi mustreid enda ees.
See on puhas ajalugu, mis seal sees.
Kuis need jäljed kivi sisse tulnud?
Mis on enne meid maailmas olnud?
Inimese aeg on olnud üsna väike!
Sellest ajast, mil on paistnud päike,
kivid iidseid aegu palju enne näinud,
varem veel, kui inimjalg ta peal on käinud.
Põlisem kui elu siin on paene kivipind.
Ta jääb kestma kaua veel ka peale sind.

Eesti Paeasta (4.05.2011–4.05.2012) avamisel osalesid president **Arnold Rüütel**, akadeemikud **Anto Raukas** ja **Dimitri Kaljo**, TTK professor **Rein Einasto**, 7 kooli (Tamsalu Gümnaasiumi, Pärnu Hansa Gümnaasiumi, Metsküla algkooli, Tallinna Mustamäe Gümnaasiumi, Tallinna Reaalkooli, Tallinna 21. kooli, Tallinna Ühisgümnaasiumi) õpilased ning esindajad 29 asutusest. Registriteeritud oli 152, peale selle TUG õpilased, kes tutvusid näituste ja töötubadega. Külalisi tervitas kandleansambel „Viisikera“, TUG segakoor ja 4b klassi rahvatantsijad ning klaveriansambel „Allegro“.

Eestimaa kauneid paiku ja paekivi tutvustasid **Jaak Nõlvaku** ja **Tõnis Saadre** slai-

diprogramm, **Heiki Bauerti** loodus-stendid, **Küllil Ausi** paekunstitaiesed, **Viivi Aaviku** paemuusika, **Kalle Suuroja**, **Tõnis Saadre** raamatud ja fotod, **Jüri Oja** ja **Haldja Kanguri** kivististe fotod.

Sõnavõttudega esinesid president **Arnold Rüütel** ja Pandivere paevana **Aivar Niinemägi**.

Paepäeva ettekanded olid huvitavad ja harivad. **Helle Perensi** ettekanne oli teemal „40 aastat paerännakut“, **Kalle Suurojal** „Sajailmne rahvuskivi“, **Heilige Toming** rääkis Tallinna Reaalkooli paetrepide uurimisest, **Liivia Kivit** tulevase põlvkonna kaasamisest, **Heini Viilup** puhkemaastikke

kujundavast kaevandamisest. **Rein Einasto** ettekande teema oli „Eesti paeasta künnisel“.

4. korruse töötubades eksponeeriti paekivist esemeid (Gildemann, Pärtli Paas ja Revalstone), Porkuni paemuuseumi materjale ja Virumaa laste joonistusi.

Tallinna Tehnikakõrgkool tutvustas Läänemäe murdmiskihte, kiviinidiseid ja trükiseid, TTÜ Geoloogia Instituut kivistisi ja trükiseid. Paepõnnide kollektsioonide järgi sai kivistisi joonistada ning kivipilte teha. Kõige põnevam oli TTÜ Mäeinstituudi tuba, kus õpilased said vahtplastist meisterdada ja plastiliinist voolida. Oma käega sai proovida, kuidas tekib vulkaanikraater, tutvuda TTÜ Mäeinstituudi valmistatud makettidega ning vaadata huvitavaid pilte ja filme mäendusest.

Paepäev lõppes kooliaeda tamme istutamisega.

Ürituse peakorraldajad olid Tallinna Ühisgümnaasium, Eesti Paeliit ja TUG vilistlane Haldja Kangur ning kaasajitajad Tallinna Tehnikakõrgkool, Eesti Geoloogiakeskus, TTÜ Geoloogia Instituut ja TTÜ Mäeinstituut.

Paekivi 19. sünnipäeva kajastas Tallinna TV, „Vikeraadio“ saade „Labor“ (8. mail) ja TTÜ Mäeinstituudi kodulehekül.

Suur tänu korraldajatele ja osalejatele

Liivia Kivit
TUG vanemõpetaja

Maailma veenädal

Maailma veenädal on maailma tuntuim veeteemale pühendatud rahvusvaheline üritus, mis korraldatakse iga aasta augustis Stockholmis. Sel aastal toimub maailma veenädal 21.–27. augustini ja peateema on „Vesi linnastuvas maailmas“ (*Water in an Urbanising World*). Üle antakse mainekas veeauhind (150 000 dollarit ja Stockholmi vanalinna kujutisega kristallskulptuur) ning Stockholmi noorte veeauhind. Veenädalal toimuva kongressi, seminaride, töötubade jm ürituste kohta leiab teavet Internetist *World Water Week* koduleheküljelt: www.worldwaterweek.org

UrbanTec – smart technologies for better cities

Kölni Messid korraldavad sel aastal esimest korda 24.–26. oktoobrini messi ja konverentsi UrbanTec, mis toimub Kölnis. Esitletakse uusi tehnoloogiaid ja tutvustatakse peamisi arengusuundi, millel on oluline mõju inimeste elukorraldusele kiiresti kasvavates suurlinnades. Peamised käsitletavat teemasid on ehitus, energeetika, tervis ja hügieen, transport ja logistika, informatsioon ja kommunikatsioon, linnaplaneerimine, finantseerimine. Üks osa messialast on nn näituseväljak, kus esitletakse näiteks mitmeid linnaarendusprojekte, nutikaid tehnoloogiaid, „rohelisi“ ehitisi ja jäätmete taaskasutust. Messikorraldajad ootavad esimesel korral osalema ca 150 eksponenti. Messi ja konverentsi aitavad korraldada Saksamaa linnade liit (German Association of Cities), Maailmapank, Saksamaa tööstusettevõtete liit (Federation of German Industries), Fraunhofer Gesellschaft.

Internetis: www.urbantec.com

ECOMONDO 2011

Itaalia suurim keskkonnamess toimub 2011. aastal 9.–12. novembrini Rimini. Messil on põhitähelepanu jäätmetel (materjalikasutus, energiakasutus), vähem on esindatud muud keskkonnateemad (veekäitlus, taastuvenergeetika, ökotooted, säästev areng). Sel aastal osales *Ecomondol* (koos erimesisega) üle 1000 eksponendi (peamiselt Itaaliast), ekspositsioonipinda oli kolmeteistkümmes messihallis kokku 110 000 m², külastajaid käis nelja päeva jooksul ca 65 000.

Internetis: www.ecomondo.com

POLLUTEC 2011

PRANTSUSMAA suurimat keskkonnamessi **Pollutec** peetakse sel aastal 29. novembrist 2. detsembrini Pariisis. Mess on rahvusvaheline. Teemad on veetöötus, jäätmekäitlus, jäätmete energiakasutus, õhupuhastus, analüüsi- ja mõõteseadmed, siseõhu kvaliteet, energia ja kliima, energiatõhusus ja taastuvenergeetika, pinnase puhastamine, riski ohjamine, säästev areng. Eraldi messiala on pühendatud eetilisele kaubandusele (*Buy&Care*), kus tutvustatakse toiduaineid, kontoritehnikat, ehitusmaterjale, pakendeid, puhastusvahendeid, mööblit, linnaplaneerimist, turismi- ja puhkemajandust ning nõustamisteenuseid.

Elmisel mesil Pariisis osales 1412 eksponenti 37 riigist. Ekspositsioonipinda oli 43 860 m². Külastajaid oli 40 000 ringis, neist 5500 väljaspoolt Prantsusmaad. Messil pööratakse suurt tähelepanu uuenduslikele tehnoloogiale.



Foto: Reed Expositions

tele. Igal aastal võib näha 200–250 uut toodet või tehnoloogiat, millest osa on tulevikutehnoloogiad.

Messil antakse välja mitu auhinda, sh

koos *Polluteciga* Euroopa Keskkonnapressi (*European Environmental Press*, EEP) auhind.

Internetis: www.pollutec.com.

European Environmental Press

The EEP is a Europe-wide association of 17 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.



- ★ CSR (Denmark) ★
- ★ Ecotec (Greece) ★
- ★ ekoloji magazin (Turkey) ★
- ★ Environnement Magazine (France) ★
- ★ Hi-Tech Ambiente (Italy) ★
- ★ Industria & Ambiente (Portugal) ★
- ★ Infomedi Europe (Romania) ★
- ★ Keskkonnatehnika (Estonia) ★
- ★ Környezetvédelem (Hungary) ★
- ★ milieuDirect (Belgium) ★
- ★ MilieuMagazine (Netherlands) ★
- ★ MiljøStrategi (Norway) ★
- ★ Residuos (Spain) ★
- ★ UmweltJournal (Austria) ★
- ★ UmweltMagazin (Germany) ★
- ★ Umwelt Perspektiven (Switzerland) ★
- ★ Uusioutiset (Finland) ★

More information on the EEP and advertising:
www.eep.org | sec@eep.org

SUMMARY

THREE STAGES OF DRINKING WATER TREATMENT IN LIHULA

Ülo Heinsaar

OÜ Vee-Ekspert

The article introduces the three-stage water treatment technology and filter materials used in the drinking water treatment plant completed in Lihula in 2009.

Pg. 6

VENTILATION AIR HEAT RECOVERY IN APARTMENT BUILDINGS – EFFICIENCY AND PROBLEMS

Karl Ingermann, PhD, *emeritdotsent*

Tallinn University of Technology

Although a number of important studies have recently been done on indoor climate of apartment buildings in Estonia, business operators who are making proposals to apartment associations for complex renovations of residential buildings, promising a substantial increase in energy efficiency from partial heat recovery of ventilation air, do not seem to know about them. Companies looking for customers for renovations of apartment buildings provide information on energy conservation that cannot in reality be that high. A number of studies have vividly demonstrated that in the Soviet era panel- and also stone buildings after the replacement of windows and insulation of external walls the air exchange is not sufficiently intense. Condensation of water vapour caused by poor air circulation on low temperature surfaces (thermal bridges) can result in mould growth and related problems. The article discusses the intensity of air exchange in apartments and issues related to its improvement.

Pg. 8

NATIONAL AUDIT OFFICE OF ESTONIA: “AUDIT ON STATE’S EFFORTS IN ENSURING THE SUSTAINABILITY OF HEAT SUPPLY”

Kaire Kuldperre

National Audit Office of Estonia

In Estonia, heating is generally provided by means of district heating: heating is produced in a boiler house of a city, urban community or settlement and is then distributed to end users via a

heating network. Of 226 Estonian local governments, 151 use district heating, and according to estimates, users of district heating in Estonia account for 60 percent of the country’s population. The aim of the audit conducted by the National Audit Office in 2010 was to assess the state’s efforts in ensuring heat supply, primarily in a form of sustainable development of district heating. The article provides an overview of the results obtained during the audit.

Pg. 12

SMALL WIND TURBINES: THEIR MEANS OF APPLICATION IN ESTONIA

Anti Tiik

Bakeri OÜ



The article provides an overview of means of application of small wind turbines (power capacity 1–30 kW) in Estonia, discussing the ways of choosing the right masts and generators for wind turbines, the erection of wind turbines and use of wind-powered electric energy.

Pg. 16

WASTEWATER HEAT EXCHANGERS FOR APARTMENT BUILDINGS

Meelis Rehev

PriiEnergia OÜ

The article introduces a wastewater heat exchanger, which is suitable for the use in apartment buildings, hotels, hospitals and manufacturing plants and which is mounted in the ground or in a cellar. While in the ground, the heat exchanger starts absorbing the warmth of the earth, thus increasing the system’s overall efficiency up to 10 percent.

Pg. 24

SMARTPHONES CHANGE THE WORLD AND AUTOMATION SYSTEMS AS WELL

Neeme Takis

ITvilla OÜ



The popularity of smartphones is quickly rising. The versatility and fast developing capabilities of these devices, their steady internet connection and portability sometimes create quite unexpected ways for using these phones. The author of this article examines the capabilities of smartphones from the perspective of an automation engineer.

Pg. 26

SMART DUST HELPS WITH ENVIRONMENTAL SURVEILLANCE

Raili Somelar

Defendec

Smart dust motes are microcomputers equipped with a self-contained energy source and wireless data exchange interface, allowing them to work independently and communicate with each other. A large number of smart dust motes converged to a specific area form a sensor network; microcomputers (smart dust motes) of this sensor network gather and process environmental data and transmit this data to clients. Sensor networks are applicable to many areas that require tracking of some objects or environmental phenomena in many different points at the same time and where connecting such surveillance points with a wire is too expensive, if not impossible. The article discusses some means of application of smart dust in environmental surveillance.

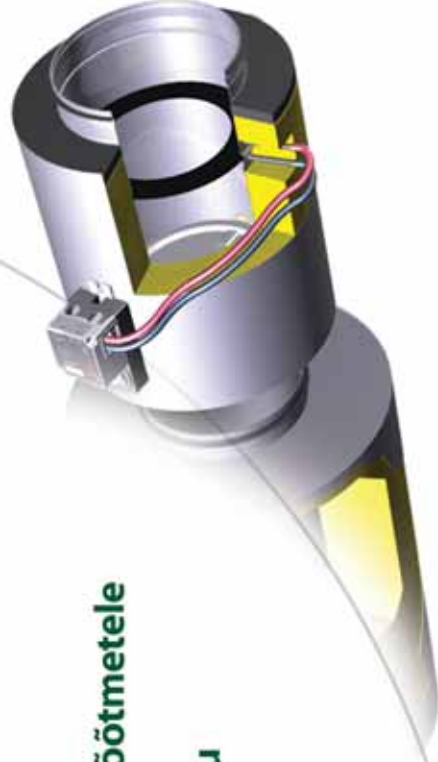
Pg. 28

SÄÄSTA ENERGIAAT!

Uus muutuva õhuhulga klapp Optivent EMSS(D)

Vajalik õhuhulk õigel ajal õiges kohas!

FläktWoods



- lihtne valida – vastavalt õhukanali mõõtmetele
- lai tööpiirkond 1–8 m/s
- madal rõhukadu = madal energiakulu
- hulga näit reaajas otse klapil
- seadistamine ilma lisaseadmeteta

tel 662 2780
flakt.ee@flaktwoods.com
www.flaktwoods.fi