



Mala GeoScience maapinnaradar Professional Explorer (ProEx)



Maailma üks kaasaegsamaid
radarisüsteeme



Ühildub antennidega alates
25 MHz kuni 2,3 GHz



Ülilihne ja loogiline süsteemi
juhtimine ühest nupust



Tee ja jäätee möötmiseks olemas
lihtne autokart kárukonksu
kinnitusega (váiksel pildil)



RTA 25 kuni 100MHz
kõik-ühes antennid karmides
maapinnatingimustes
mõõtmiseks



Rohkem informatsiooni:

Andres Minn, mobiil 50 30 275
või e-kirja teel: andres@lokaator.ee
või tehase kodulehelt:
www.malags.com
www.lokaator.ee

1 million discussions...
75,000 visitors, 2,400 exhibitors,
1 show.

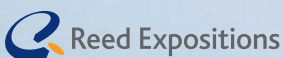


**ENVIRONMENT
CAPITAL**

2010



Chile
Country of the Year



30th Nov. > 3rd Dec. 2010

**LYON EUREXPO
FRANCE**

In association with



Over its **4** days in Lyon, as the world's leading show for the environment, Pollutec brings together the full range of equipment, technologies and services for the prevention and treatment of pollution of all kinds and more generally for the preservation of the environment and the implementation of sustainable development.

The 24th show will bring **2,400 exhibitors** offering products across a range of sectors in response to market developments together with **75,000 trade visitors** from industry, local authorities, construction and the service sector.

www.pollutec.com



12



30



32



42

TOIMETUS

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



KESKKONNAINVESTEERINGUTE
KESKUS

ehitus, mäendus

- 30 Maapõueseadus võiks käsitleda kogu maapõue. E. Reinsalu
32 Georadar maapõueuuringutel. A. Jõelett, J. Plado, M. Mustasaar
40 Paekivist kultuurikeskkonnas. Sajand vana võib olla juba uus.
R. Einasto, J.-L. Justi, R. Jairus
45 Polüuretaanmaterjalid ehituses. H. Reinula

energeetika, automaatika,

- 15 Kondensaat suruõhusüsteemis. L. Talts

keskkond

- 6 Kuidas ühitada tuuleparkide arendajate ja sõjalise riigikaitse
huve? N. Loorents
42 Neugrundi meteoriidikraater – maailmaime Eesti merepõhjas.
K. Suuroja, S. Suuroja

küte, ventilatsioon

- 16 Õhu niisutamine. K. Kabin

vesi

- 8 Väikese tegijana monopoli kõrval. T. Eensalu, J. Jalast
12 Vali reoveepuhastile energiasäästlik õhustussüsteem. I. Niglas,
T. Artma
18 Põhjavee kasutamisest ja kaitsest Eestis. R. Perens, M. Truu
21 Vesi, geoloogia ja kaevude puurimine. A. Marandi, T. Kattel
25 Siluri-ordoviitsiumi veeladestu fluoriidide ja boori geoloogilised
allikad. E. Karro, M. Uppin
28 Põhjaveet säästev paekarjäär. E. Soovik
36 Põhjavee dünaamika modelleerimise võimalused mäetööde
piirkonnas. H. Lind, I. Valgma, K. Robam
47 Summary

Paide sai uue veevärgi ja kanalisatsiooni

Keskkonnaminister Jaanus Tamkivi avas 1. aprillil Paides Euroopa Liidu Ühtekuuluvusfondi projekti raames valminud ühisveevärgi ja kanalisatsiooni. Paide vee- ja kanalisatsiooni-rajatiste rekonstrueerimise ja laiendamise projekt on üks osa Pärnu jõe vesikonna Pärnu ja Paide veeprojektist.

Projekti tulemusena said Paide linna ning Sillaotsa ja Kriilevälja küla elanikud puhtama joogivee ja euronõuetele vastava kanalisatsioonisüsteemi, mis vähendab oluliselt keskkonna reostumist. Projekti käigus rajati Paide linnas ja selle ümbruses kokku 32,7 km veetorustikku, 35,2 km kanalisatsioonitorustikku, 16 reoveepumplat, rekonstrueeriti 2 reoveepumplat. Veevärgiga liitumise võimalused loodi 742 kinnistule ja 631 kinnistut said nõuetekohased kanalisatsioonihendused.

Projekt sai Euroopa Komisjonilt rahastamisotsuse 2004. aasta lõpus. Esialgu oli Paide allprojekti maksumuseks kavandatud üle 110 miljoni krooni. Projekteerimise, ehitustööde ning omanikujärelevalve tegelikud kulud küündisid aga kokku 252 miljoni kroonini. Lisaks Euroopa Liidu Ühtekuuluvusfondile rahastasid projekti Keskkonnaministeerium (riigieelarvest), SA Keskkonnainvesteeringute Keskus ja AS Paide Vesi.

Keskkonnaministeerium

Kasvuhoonegaaside müük toob riigile tulu

Vabariigi Valitsus kiitis 1. aprillil heaks Keskkonnaministeeriumis ette valmistatud välisõhu kaitse seaduse muudatused, mille eesmärk on täpsustada kasvuhoonegaaside heitkoguste müügi korraldust ja määratleda rohelise investeerimisskeemi mõiste. Tegu on Kyoto kliimaprotokolli järgi eraldatud kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega, mida riik tänu majanduse ümberkujundamisele enam nii palju ei vaja. Riikidevaheline kauplemine toimubki Kyoto kliimaprotokolli raames ega ole seotud Euroopa Liidu ettevõtete kvoodikaubandusega.

Välisõhu kaitse seaduses kavandatud muudatus annab

keskkonnaministrile muuhulgas õiguse sõlmida SA Keskkonnainvesteeringute Keskusega (KIK) haldusleping heitkoguse ühikutega kauplemise korraldamise üleandmiseks ja saadud vahendite projektidesse suunamiseks. Lepingu kohaselt on KIKi ülesanne müügitehingud ette valmistada, potentsiaalsete ostjatega läbirääkimisi pidada ja sõltuvalt projektist ka müügituluga roheliste projektide rahastamist korraldada.

Eestil on vabu heitkoguseid 85,19 miljonit tonni ekvivalenti ehk 17,19 miljonit tonni aastas. Lõpusirgele on jõudmas Eesti esimene heitkoguste müügitehing Austria Vabariigiga.

Keskkonnaministeerium

Valitsus kinnitas vee hea seisundi saavutamise kavad

Alates käesoleva aasta aprillist on nüüd esimest korda Eesti ajaloos olemas veemajanduse korraldamise tegevuskavad. Iga vesikonna jaoks koostatud veemajanduskavad näevad ette kõikide vete hea ja loodusliku seisundi saavutamise hiljemalt 2015. aastaks. Eestis korraldatakse veemajandust jõgede ja järvede vajadusi arvestades. Veekogusid ümbritsevatest maadest on moodustatud valgalad, neist omakorda kolm vee majandamise piirkonda ehk vesikonda – Ida-Eesti vesikond, Lääne-Eesti vesikond ja Koiva vesikond.

Hea seisundi saavutamiseks on iga veekogu jaoks kirja pandud tegevused, mis on kindlasti vajalikud, ning tegevused, millest tuleks hoiduda. Kõik vajalikud tegevused on koondatud meetmeprogrammi, mille rakendamise hinnanguline kogumaksumus on 25–30 miljardit krooni. Mured, mille lahendamisele veemajanduskavade rakendamisel keskendutakse, on seotud eelkõige reoveepuhastite reostusega, põllumajandusreostusega ning jõgede paisutamise või tõkestamisega.

Veemajanduskavad koostatakse kuueks aastaks, misjärel tuleb need üle vaadata ja ajakohastada. Kavade rakendamiseks moodustatakse komisjon ja piirkondlikud töörühmad kõikides vesikondades, kuhu kaasatakse kohalikke omavalitsusi, maavalitsusi ja teisi huvitatud isikud. Veemajanduskavas toodud meetmeprogramme hakatakse igal aastal uuendada ning kavas esitatud eesmärkide saavutamist mõõtma. Kinnitatud veemajanduskavad on Keskkonnaministeeriumi veebilehel www.envir.ee/vmk.

Keskkonnaministeerium

Radiomeeter-dosimeeter DGM-1500

- DGM-1500** on mikroprotsessori ja toitest sõltumatu mälu professionaali mõõteriist.
- DGM-1500**-le saab lisada õhu radoonisisalduse määramise seadme Radon-Box 10.
- DGM-1500 Beta** registreerib ka madalaenergeetilist röntgenikiirgust.
- DGM-1500** mõõtepiirkond on 0,01...100 000 mikroSv/h.
- Koos võrguadapteri ja asünkronse järjestikliidesega ühendatud arvutiga sobib **DGM-1500** hästi keskkonnaseireks.
- DGM-1500** sobib laborile, õppeasutusele, haiglale, ametimehele ja kojugi.
- DGM-1500** sai Eesti Standardiameti tüübikinnituse juba 29.01.1993.
- DGM-1500** registreerib gamma- ja röntgenikiirguse ekvivalentdoosi ja doosikiirust energiahahemikus 35KeV kuni 1,25MeV.



Masterix OÜ, Sihi 7, 50411 Tartu. Telefon: 551 0314, e-post masterix1@yahoo.com

Valitsus muutis kanalisatsiooniehitiste veekaitse nõudeid

Vabariigi Valitsus kiitis 15. aprillil heaks määruse muudatused, mis täpsustavad kanalisatsiooniehitiste veekaitse nõudeid. Määruses on sätestatud veekaitse nõuded kanalisatsiooniehitiste kui potentsiaalselt ohtlike reostusallikate kohta, et tagada nende vajalik töökindlus ning ära hoida või leevendada suublade reostumisriski.

Eelnõu kohaselt täpsustatakse puhastite liigitust suur-, väike- ja oma- ehk kohtpuhastiteks. Samuti täiendatakse reoveepuhastite tüüpe. Täpsustatakse ka kuja mõistet ja kehtestatakse piirangud kuja alal lubatud rajatistele ja ehitistele. Kuja ehk kanalisatsiooniehitist ümbritsev puhverala on vajalik selleks, et vältida reostuse ja haigustekitajate mõju inimese tervisele ja tema varale. Kuja ulatus sõltub pinnasest, reoveepuhasti koormusest, reovee puhastamise viisist ja hulgast.

Muudatusega sätestatakse ka reoveepuhasti ja selle asukoha valiku kriteeriumid ning kehtestatakse reoveepuhasti hooldamise kohustus.

Keskkonnaministeerium

Veeseaduse muudatused parandavad veekaitset

Vabariigi Valitsus toetas 15. aprillil Riigikogu keskkonnakomisjoni algatatud veeseaduse ja kemikaaliseaduse muutmise seaduse eelnõu, mille eesmärk on veemajanduse senisest tõhusam korraldus vee hea seisundi saavutamiseks.

Täpsustatakse veekogumi, tehiseveekogu, veekasutuse, vesikonna, valgala mõisteid, et kõik neist ja nende kaitseks rakendatavatest abinõudest ühtmoodi aru saaksid. Muudetakse ka pinna- ja põhjavee kaitse eesmärgid ning nende eesmärkide saavutamise korda. Kõige olulisema muudatusena viiakse veeseadusse sisse nn rangeima keskkonnakoostiste kohaldamise põhimõte. Näiteks võib vee erikasutusloa andja nõuda ettevõttelt kolmandiku võrra rangemate nõuete täitmist, juhul kui on vaja vähendada reovee kahjulikku mõju keskkonnale. Samuti täpsustatakse nende tegevuste loetelu, milleks tuleb taotleda vee erikasutusloa. Seadusega muudetakse ka puurkaevude rajamise korda. Muudatuse jõustumisel lüheneb puurkaevu rajamise aeg 6 kuult 3 kuule, erapuurgaevude rajamiseks piisab seni nõutud ehitusloa asemel (see maksab 3000–5000 krooni) kohaliku omavalitsuse kirjalikust nõusolekust. Peale selle reguleeritakse soojuspuurkaevude ja -aukude rajamist. Uute valdkondadena käsitletakse muudetavas veeseaduses üleujutusi ning keskkonnakvaliteedi standardeid.

Keskkonnaministeerium



www.ifat.de

NEW PROSPECTS FOR THE ENVIRONMENT

ONLINE REGISTRATION FOR VISITORS:
www.ifat.de/tickets/en



WORLD'S LEADING TRADE FAIR FOR WATER, SEWAGE, WASTE AND RAW MATERIALS MANAGEMENT

13-17 SEPTEMBER 2010, MUNICH

INTERNATIONAL PRODUCTS/SERVICES FOR WASTE AND RAW-MATERIALS MANAGEMENT

- Future-oriented innovations, technologies and trends
- All application fields, all products, all services
- Technology leaders, specialists and newcomers from around the world
- The right solution for every application and every use
- First-rate related-events program for information and networking

Detailed information and presentation schedule:
www.ifat.de

Contact:
Saksa-Balti Kaubanduskoda
Eestis, Lätis, Leedus (AHK)
Tel. 6 27 69 42
Fax 6 27 69 50
muenchen.ee@ahk-balt.org



A WORLD OF ENVIRONMENTAL SOLUTIONS

Eesti õhuväe keskmaadarar Lääne-Virumaal Kellaveres

Foto: Eesti kaitseväge



KUIDAS ÜHITADA TUULEPARKIDE ARENDAJATE JA SÕJALISE RIIGIKAITSE HUVE?

NELE LOORENTS

Kaitseministeeriumi infrastruktuuri osakonna juhataja

EI OLE vist kellegi jaoks saladus, et taastuvenergia tootmine ja eriti tuuleparkide rajamine kulgeb Eestis aina tõusvamas joones. Samuti ei ole kellelgi erilisi vastuargumente tuuleenergia kasutuselevõtule, sest igaüks mõistab selle eeliseid seniste tavapärase energiaallikate ees – tuuleenergia ei reosta keskkonda, on taastuv ning laiemas plaanis vähendab Eesti sõltuvust ammenduvatest põlevkivivarudest ning imporditava energiast. Seetõttu võiks justkui eeldada, et tuuleparkide arendajate huvid ja Eesti kaitseväge tegevus omavahel ei põrku. Tegelik olukord selles küsimuses on veidi keerulisem.

Aastal 2008 jõustusid planeerimis- ja lennundusseaduse muudatused, millega sai kaitseministeerium endale õiguse ja kohustuse kooskõlastada kõikide Eestis

rajatavate tuuleparkide projektid. Täna-se seisuga on kaitseministeerium vastavalt õhuväe eksperthinnangule andnud märkusteta kooskõlastuse 5 tuulepargi projektile, märkustega kooskõlastuse 8 projektile ning jätnud kooskõlastamata 5 projekti. Allpool on antud lühike ülevaade sellest, miks on Eesti riigi kaitseks vaja korralikku radarkattepilti, kuidas tuulepargid radareid mõjutavad ning kuidas oleks võimalik leida parim ja kõikide osaliste jaoks optimaalne lahendus.

MILLEKS MEILE RADARID?

Tänapäeval on Eesti noore õhuväe üks peamisi ülesandeid tagada korralik õhuseirepilt sellest, mis täpselt toimub nii Eesti Vabariigi kui ka meid ümbrit-

sevas õhuruumis. Eesti riik ei ole veel nii rikas, et iseseisvalt välja arendama näiteks hävituslennuväge, mistõttu tagavad Eestile ning ka Lätile ja Leedule õhuturvet NATO liitlaste hävituslennukid. Samas on korraliku õhuseirepildi olemasolu kõikide teiste õhuoperatsioonidele esmane eeldus ja alus. Korraliku õhuseirepilti on vaja näiteks NATO õhuturbehävitajate „sihitamiseks“ või tulevikus hangitavate keskmää- õhukaitseraketisüsteemide tegevuse suunamiseks.

Korralik radaripilt tagab ka eelhoiatuse võimaliku konfliktiohu korral ning võimaldab rahuajal avastada meie õhu- piiride läheduses lendavaid lennukihendeid. Peale sõjaliste eesmärkide on korraliku ja häireteta radaripildi olemine oluline rahuaegse lennuohutuse

seisukohast, kuna kaitseväge primaar-radarid täiendavad meie tsiviillennu-juhtide seirepilti, mis ilma kaitseväge toetana näeb vaid (sisselülitatud) transponderitega varustatud õhusõidukeid. Hea näite selle kohta, mis võib juhtuda korraliku rahuaegse radaripildi puudumise korral, pakub Vene hävituslennuki allakukkumine Leedus 2005. aastal.

Eesti õhuvägi kasutab õhuseireks eelkõige keskmaaradareid, neist võimsaim, 2004. aastal avatud keskmaaradar TPS-117 asub Virumaal Kellaves. Sellele radarile lisanduvad 2012. ja 2014. aastal Prantsusmaalt hangitavad keskmaaradarid Thales Ground Master 400, üks Muhu saarele ja teine Lõuna-Eestisse. Nende kolme keskmaaradaringa kaetakse kogu Eesti korraliku ja ühtse radaripildiga, millele omakorda lisanduvad passiivradarisüsteemid ja õhutõrjeüksuste varustuses olevad lähimaaradarid.

KUIDAS TUULEPARGID SIIA PUUTUVAD?

Vastuse leidmiseks tasub heita põgus pilk sellele, kuidas üks moodne radar töötab. Radar kujutab endast pöörlevat antenni, mis kiirgab välja elektromagnetlaineid. Õhusõidukiga kohtudes põrkuvad lained õhusõidukist tagasi ning seeläbi on võimalik kindlaks määrata selle täpne asukoht ja kõrgus. Probleeme tekib radaripildiga siis, kui radari „vaatevälja“ kerkib terasest tuulikutest koosnev mitmekümne meetri kõrgune tuulepark. Juhul kui kümned tuulikud on radarile küllalt lähedal, hakkavad radarilained tuulikutele tagasi põrkuma.

Seega muutub tuulegeneraator radari jaoks üheks hiiglaslikuks sihtmärgiks, mis ka kõige parema tahtmise korral ei saa märkamatuks jääda. Tuulegeneraatori liikuvad osad põhjustavad hulgaliselt ettearvamatut kiirust ja suvalise suunaga valejälgi – tuulegeneraatori ümbrusesse tekib müra.

Tuulepark mõjutab radaripilti veel teisel viisil. Radarile piisavalt lähedal asuv kõrgete mastidega tuulepark moodustab füüsilise seina, millest radar läbi ei näe. Seda nimetatakse tuulepargi varjuks. Efekt ei ole suur, kui tegemist on üksiku tuulegeneraatoriga või kui tuulepark asub radarist kaugel. Radari läheduses asuva suure tuulepargi tõttu võib selles sektoris radari horisont kaugemal tõusta isegi 10 või rohkem kilomeetrit. See tähendab, et kaugvaatlusradar ei suuda enam avastada madalatel

kõrgustel lendavaid objekte.

KUIDAS KOOSKÖLASTAMINE TOIMUB?

Kahjuks võib õhuvägi juba täna tuua mitu näidet selle kohta, kuidas varasematel aastatel rajatud tuulepargid radaripilti negatiivselt mõjutavad, nõrgendades sellega meie kaitsevõimet. Seetõttu tehtigi 2008. aastal planeerimisseadusse ja lennundusseadusse muudatused, mille kohaselt peavad tuuleparkide arendajad kooskõlastama oma arendusprojektid edaspidi mitte ainult keskkonna- ja muude ametitega, vaid ka kaitse- ja siseministeeriumiga. Seadusemuudatusega ei taheta tuuleparkide arendamist takistada. Pigem tahetakse leida mõistlik tasakaal arendajate ja riigikaitse huvide vahel.

Praktikas tähendab see, et iga kaitseministeeriumile kooskõlastamiseks esitatud tuulepargiprojektile teevad õhuväe õhuseiredivisjoni spetsialistid mõjuanalüüsi selle kohta, kas üldse ja kuidas üks või teine plaanitud tuulepark radaripilti mõjutama hakkab. Analüüs tehakse selle tarbeks loodud tarkvara alusel, mis prognoosib üsna täpselt, kas ja millist mõju hakkavad plaanitud tuulikud radaritele avaldama. Võetakse arvesse ka teiste riikide kogemusi ning näiteid olemasolevate tuuleparkide mõjust radaritele. See tagab, et analüüsi koostavad oma ala asjatundjad ja see vastab tegelikkusele.

Vastavalt sellele mõjuanalüüsile selgub lõpuks, kas üks või teine plaanitud tuulepark ei avalda radaritele mingit mõju, või avaldab mõju, mida saab mitmesuguste lahendustega minimeerida, või on tõepoolest tegemist sellise asukoha ja suurusega, et julgeolekuhuvidest lähtudes ei saa tuuleparki kooskõlastada.

Üldiselt saab senise praktika põhjal öelda, et täiesti negatiivse kooskõlastuse saanud projektid moodustavad õhuväele kooskõlastamiseks esitatud projektidest selge vähemuse. Sellistel juhtudel on tavaliselt tegemist mõnele õhuseire seisukohast strateegilisele suunale ja radaritele liiga lähedale plaanitud parkidega, mis on tõepoolest sellised, et nende mõju minimeerimiseks ei piisa isegi tuulikute arvu või kõrguse piiramisest. Nii näiteks olime sunnitud andma negatiivsed kooskõlastused Ida-Virumaale plaanitud Varja ja Purtse tuulepargile, kuna analüüs tuvastas mõlema pargi liiga suure negatiivse mõju. Radaripilti

härrib ka plaanitud tuulikute vahetus läheduses juba tegutsev Viru-Nigula tuulepark.

Üldjuhul annab kaitseministeerium kas positiivse või siis piirangutega positiivse kooskõlastuse. See tähendab, et oleme tuulepargi rajamisega nõus, kui arendaja arvestab mõningaid meie seatud piiranguid näiteks tuulikute arvule, kõrgusele või asendile. Loomulikult võivad sellised piirangud vähendada plaanitava tuulepargi võimsust (seega ka kasumlikkust), kuid mõistliku ja kõiki osalisi rahuldava kompromissi leidmisest on huvitatud mitte ainult kaitseväge, vaid ka ettevõtjad. Hea näite suurepärasest kompromissist pakub Vaivarasse plaanitud tuulepark, kus Eesti Energia soostus tuulikute maksimumalset kõrgust piirama, vältides sellega negatiivset mõju radaritele.

Seda kõike arvesse võttes soovib kaitseministeerium tuuleparkide arendajatel pöörduda oma projektidega võimalikult vara kaitseministeeriumi poole õhuväe ekspertanalüüsi saamiseks. Seadusest tulenevalt peab selle projekti varem või hiljem niikuinii kaitsevägealaste kooskõlastama, kuid võimalikult varajane pöördumine hoiab eelkõige kokku arendaja aega ja raha. Samuti võimaldab see juba varajases staadiumis hakata mõtlema sellele, kuidas projekti saaks muuta riigikaitse huvidele kõige paremini vastavaks.

KOKKUVÕTTEKS

Ühiskonna toimimise seisukohast ei saa sõjalist riigikaitset näiteks energiajulgeolekust lahutada ega vastandada. Tegemist on valdkondadega, mille terviklikust toimimisest sõltub kogu elanikkonna toimetulek ning mis täiendavad üksteist. Ilma riigipoolse sõjaliselt tagatava julgeolekuta ei saa ka ettevõtjad oma tuuleparke igapäevaselt arendada ning teisalt oleks ühiskonnal ilma elektrita tänapäeval väga keeruline toime tulla. Seetõttu on mõistliku ühiosa leidmine tuuleparkide arendajate ja kaitseväge radaripildi vahel üks ülesanne, millega tuleb tegelda seoses tervikliku riigikaitse käsitluse elluviimisega. Kaitseministeerium on viimase aasta jooksul koostöös teiste ministeeriumitega alustanud selle valdkonna olukorra kaardistamist ning energiajulgeoleku ja tuuleparkidega seotud küsimusi tuleb ka edaspidi lahendada koos majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi ning arendajatega.

VÄIKESE TEGIJANA MONOPOLI KÕRVAL

TOIVO EENSALU

AS Viimsi Vesi juhatuse liige

JOEL JALAST

Hüdrogeoloog

VIIMSI VEEKORRALDUSPROJEKT, mis hõlmab Viimsi valla haldusala Miiduranna–Muuga raudteest põhja poole jäävat Viimsi poolsaareosa, sai Keskkonnainvesteeringute Keskuse Euroopa Ühtekuuluvusfondilt rahastamisotsuse 9. detsembril 2004. aastal. Kui töö juba käis, menetles Euroopa Komisjon projekti muutmise taotlust ja kinnitas selle 31. detsembril 2008. aastal klausliga, et projekt lõpeb 31. detsembril 2010. Projekti eesmärk oli täita olmevee kvaliteedi direktiivi 98/83/EÜ, joogivee direktiivi 80/778/EÜ ja asulareovee direktiivi 91/271/EÜ nõudeid, sh vähendada joogiveekadu ca 20 %-ni ja alandada majapidamisest kanalisatsiooni jõudvat reostuskoormust. Ühiskanalisatsiooniga tuli ühendada ca 8500 elanikku, tõstes sel moel ühendusmäär 52%-lt 95 %-ni, ning ühisveevärgiga ca 7100 elanikku, eesmärgiga vähendada terviseriske.

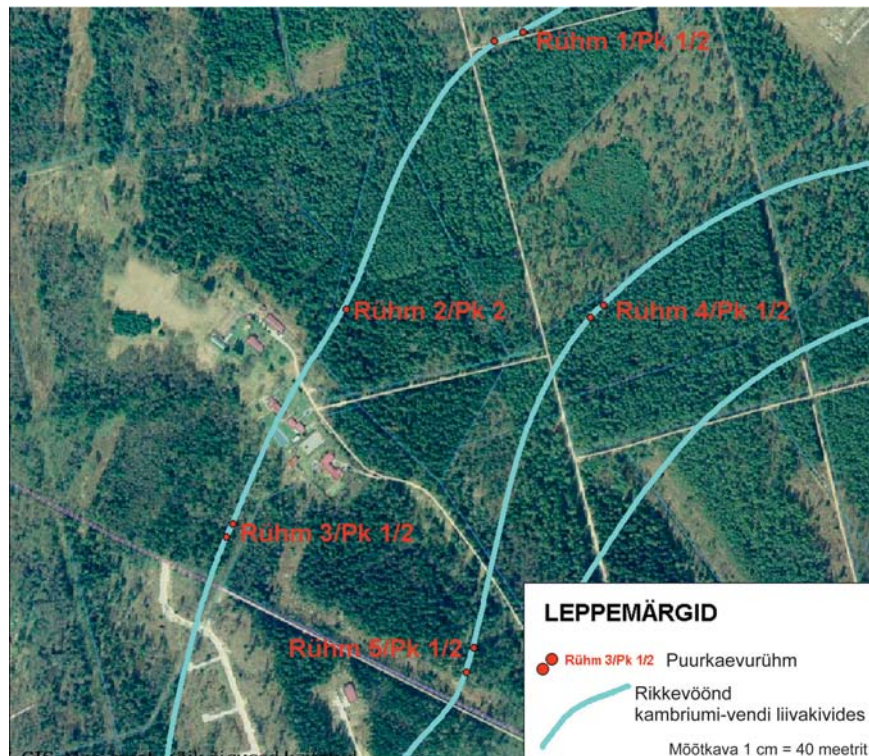
Projekti veevarustusosast on juba rajatud või renoveeritud 32,4 km ringvõrgu peatorustikku ja 53,8 km asundusala sisest veetorustikku.

Reovee kogumiseks ja ärajuhtimiseks on ehitatud 56,5 km isevoolset kanalisatsioonitorustikku, 30,9 km survetorustikku ning 31 reoveepumpilat, mis võimaldavad sõltuvalt kujunevatest asjaoludest juhtida Viimsi valla reovett kas Tallinna Paljassaare reoveepuhastusjaama või AS-i Viimsi Vesi hallatavasse Muuga reoveepuhastisse.

Eeluuringute käigus ehitati omavahendite arvel uue põhjaveehaarde piirkonna hüdrogeoloogiliste näitajate väljaselgitamiseks kaks ning ühtekuuluvusfondi toetusel seitse süvapumba-ga puurkaevu.

Viimases järjekorras on oodata vee-puhastusjaama valmimist Lubja mäele, kus paikneb ka II astme survetõstetumpila.

Projekti lõpptähtajani on jäänud kolmveerand aastat ning on viimane aeg anda ülevaade tehtust ning tege-



Joonis 1. Viimsi uus veehaare

mist ootavast.

Hästi õnnestunud lahendus on Viimsi uus põhjaveehaare, mis võtab vett kambriumi-vendi veeladest kahest – Voronka ja Gdovi veeladest. Veehaardekoha valis AS Viimsi Vesi koostöös OÜ-ga Eesti Geoloogiakeskus. Taotlus oli jätta veehaardepiirkond väljapoole jätkuva arendustegevuse haardeulatust ning suuta võimalikult väheste puurkaevudega rahuldada valla veevajadust ka tulevikus. Sellele aitas kaasa RMK (ka omakasu silmas pidav) vastutulelikkus – lubada rajada veehaare (joonis 1) riigimetsa, kus kaitsemeetmed hoiavad nii riigimetsa kui ka kaitsevad veehaaret.

Väheste puurkaevudega toimetulemist soodustab kaevude paigutamine kambriumi-vendi veerikastele rikkevõõnditele, kus kaevude tootlikkus on suur.

Vajaduse rajada puurkaevud eri sügavustel paiknevatesse põhjaveelademetesse tingis piirkonna hüdrogeoloogiline omapära. Sügavamal paiknev Gdovi põhjaveelade on ülemisest Voronka lademest küll veerikkam,

ent vesi sisaldab tunduvalt rohkem kloriide. Voronka lademe liivakivide veejuhtivus on aga märksa kehvem ja kaevude tootlikkus väiksem. Kahest lademest võetava vee segamine võimaldab saada puhastusjaamas hõlpsa mini töödeldavat toorvett.

Eri sügavuses lasuvatesse põhjaveelademetesse ei olnud puurkaevurühma kuigi lihtne rajada, sest veepidemena kaht ladet lahutavad savide ja savikate setete kihi paksus on väike ning pindalaliselt väga muutlik. Kaevude halva isoleerimise korral pääseks sügavama põhjaveelademe tunduvalt kloriidirikkam vesi madalamasse kaevu. Nii AS Keila Geoloogia, kes rajas katsekaevud, kui ka ülejäänud puurinud AS Balrock said oma tööga siiski väga hästi hakkama.

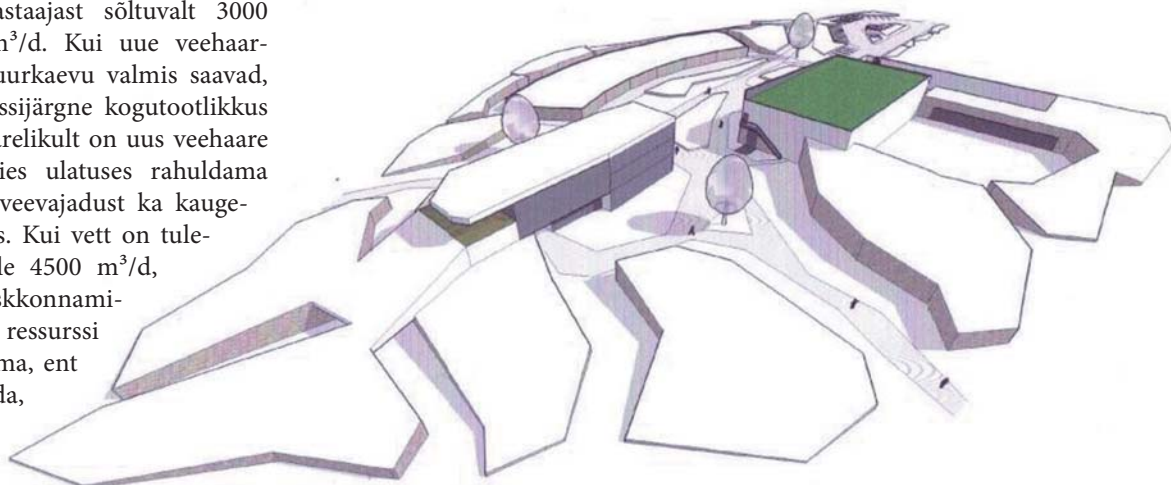
Viimsi valla territooriumil on aegade jooksul rajatud 118 registreeritud puurkaevu, mis jäävad valdavalt tiheidalt asustatud rannapiirkonda. Poolsaare tarbevee vajadusteks on kinnitatud kambriumi-vendi põhjaveeladestu varuks 4500 m³ ööpäevas, millest valla 16 000 elanikku ja tootmisettevõtted

kasutavad aastaajast sõltuvalt 3000 kuni 3500 m³/d. Kui uue veehaarde üheksa puurkaevu valmis saavad, on nende passijärgne kogutootlikkus 8800 m³/d, järelkult on uus veehaare võimeline täies ulatuses rahuldama Viimsi valla veevajadust ka kaugemas tulevikus. Kui vett on tulevikus vaja üle 4500 m³/d, peab vald Keskkonnaministeeriumilt ressursi juurde taotlema, ent kui arvestada, et Maardu linn lõpetab kambriumi-vendi varude tarbimise, jääb selle arvelt vett üle.

Ehitatavasse veepuhastusjaama juhitakse ainult uue veehaarde puurkaevude vesi. Praegu veevarustuseks kasutatavate puurkaevude hulgas tuleb teha valik – millised konserveerida ja millised likvideerida. Igal juhul jäävad kõigis Viimsi küladest alles töövalmis konserveeritud puurkaevud, mida on võimalik kriitilistes olukordades kiire korras kasutama hakata.

Viimsi veekorraldusprojekti viimane ja kõige olulisem ehitis on uus veepuhastusjaam (joonis 2), mille jaoks on kõik ettevalmistustööd tehtud. Loodusesse sulanduvast ehitises on kolm 2000 m³-st monoliitbetoonist basseini, veepuhastusseadmed ja II astme pumppla. Et kogu Eesti põhjarannikul ning ka Viimsis veevarustuses valdavalt kasutatava kambriumi-vendi põhjaveeladestu vesi sisaldab joogivee normatiivsetest näitajatest rohkem kloriide, rauda, mangaani, ammooniumi ja gaase (peamiselt lämmastikku), on vaja seda Euroopa Liidus ja Eesti Vabariigis kehtivatele tervisekaitsenõuetele vastavaks muutmiseks töödelda.

Viimsi veekorraldusprojekti raames on veepuhastustehnoloogia väljatöötamisega pidevalt tegelnud AS-i Viimsi Vesi ja firma Veelux OÜ. Tehnilise lahenduse leidmiseks ehitati katselised puhastusseadmed Haabneeme aleviku pumbajaama nr 2 ja Viimsi aleviku Raba veepuhastusjaama. Puurkaevuvee katsetöötlemisel ilmnes meeldiva üllatusena, et väljatöötatav tehnoloogiline lahendus võimaldab peale keemiliste näitajate normikohaseks viimise vähendada ka kambriumi-vendi veeladestu ja eriti Gdovi põhjaveelademe vee looduslikku radioaktiivsust, mida põhjustavad peamiselt radionukliidid

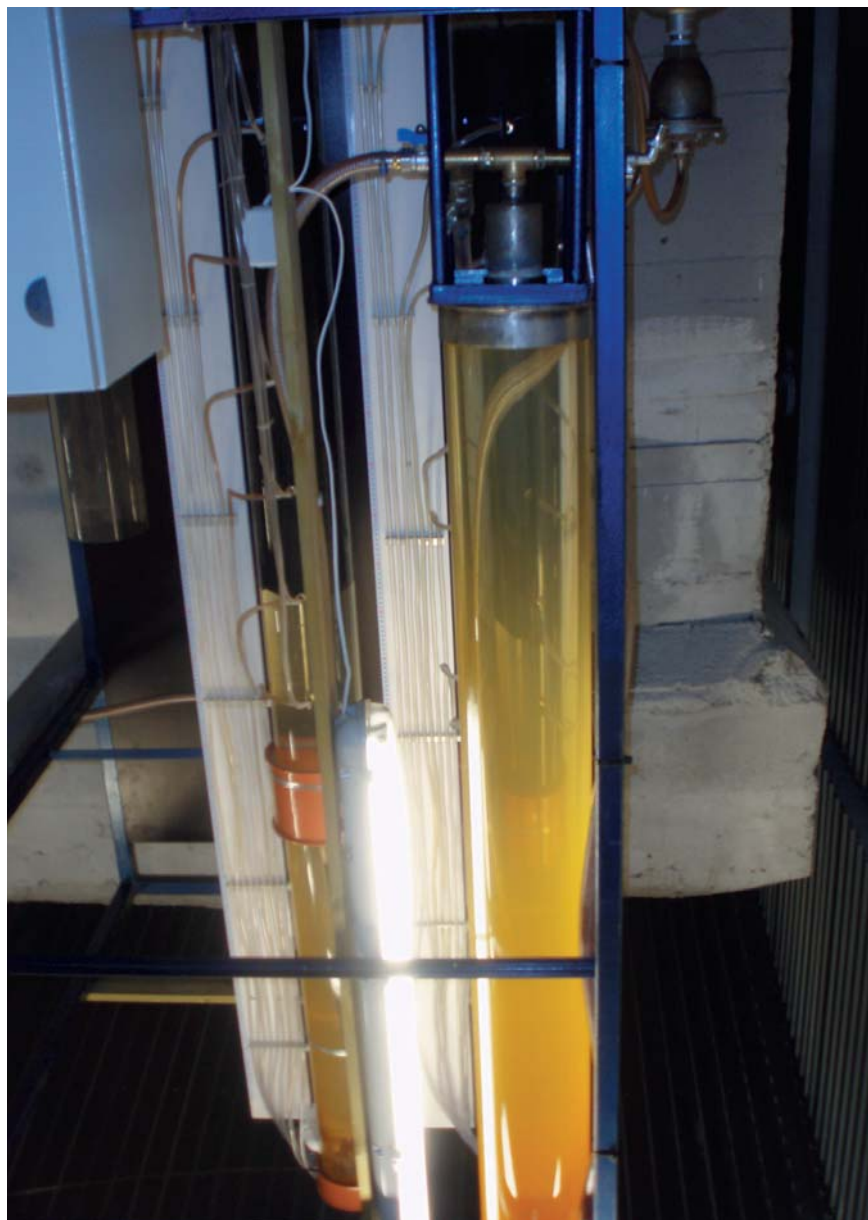


Joonis 2. Lubja mäele rajatava veepuhastusjaama makett

Ra-226 ja Ra-228 ja tublisti vähemal määral Pb-210 ja Po-210.

Mure põhjavee radioaktiivsuse üle on Eesti põhjaranniku veeteetvõtjate

jaoks muutunud väga oluliseks pärast Eesti liitumist Euroopa Liiduga, kus vee radioaktiivsust loetakse terviseriskiks. EL-i ning nüüdseks nendega



Joonis 3. Katseseade Raba veepuhastusjaamas

vastavusse viidud Eesti Vabariigi normide kohaselt ei tohi veetevõtja anda tarbijale joogivett, milles esinevast komplekssest radioaktiivsusest kujunev efektiivdoos inimese kohta ületab 0,10 mSv/a.

Keskonnaministeeriumi, Tervisekaitseinspeksiooni ja Kiirguskeskuse aastatel 2001 kuni 2005 tellitud ja Eesti Geoloogiakeskus OÜ poolt Eesti põhjarannikul tehtud põhjavee radioaktiivsuse uuringute käigus analüüsiti ka mitme Viimsi poolsaare puurkaevu vett, mille efektiivdoosiks mõõdeti 0,08 kuni 0,73 mSv/a.

Raba veepuhastusjaamas, kus veepuhastustehnoloogia väljatöötamiseks ehitatud katseseadmesse (joonis 3) juhitud puurkaevuvee efektiivdoos oli 0,30 mSv/a, oli ühest kolonnist väljuva filtraadi efektiivdoos 0,06 mSv/a ning teisest 0,08 mSv/a. Nende kolonnide uhtvee efektiivdoosid ulatusid 1,95 ja 0,85 mSv/a-ni.

Viimsi uue veehaarde puurkaevude vee radionukliidide efektiivdoos on 0,10 kuni 0,40 mSv/a-ni. Et veehaardest on võimalik ehitatava jaama veepuhastussüsteemi juhtida kahe lademe optimaalselt segatud toorvett ning kuna katseseadmes välja töötatud tehnoloogia vee radioaktiivsust tõhusalt

vähendab, on olemas kõik tingimused Viimsi tarbijate varustamiseks Euroopa Liidu ja Eesti Vabariigi kehtestatud nõuetele vastav joogiveega.

Viimsi veekorraldusprojekti ettevalmistamise alguses toimunud Viimsi vallavalitsuse ja AS-i Viimsi Vesi vahelistel aruteludel kaaluti kõiki võimalikke variante valla veearustuse väljaarendamiseks. Otsused säilitada valla veearustuse autonoomsus ja mitte liituda Tallinna veevõrguga kujunesid üldhinnangust, mille kohaselt AS Tallinna Vesi ei suuda olla nii kindel partner, nagu ta ise näida tahaks. Kuus aastat tagasi vastu võetud otsused loeme praegugi õigeks. Kuigi autonoomne veearustus on kallim ning veetevõtja tegevuse kasumimarginaal ei saa ega võigi mitte kunagi olla väga suur, on asuala inimeste kindlustunne paljude ebameeldivuste eest tunduvalt paremini kaitstud.

Kaaludes majandusliku tasuvuse vaatevinklist variante, kas puhastada reovesi ise või juhtida see Tallinna reoveepuhastisse, võib linna lähialal asuvatel omavalitsustel osutada otsustavaks, kuigi mitte just kõige kasulikumaks, valida neist teine. Puhastusseadmetele koha leidmine, nende projekteerimine, ehitamine, käitus ja

hooldus ei ole lihtsad toimingud.

Kui Viimsi veekorraldusprojekt täies ulatuses realiseerub ning valminud süsteeme asjatundlikult käitatakse, oleksid valla veearustuse põhimured pikemaks ajaks lahendatud. Uued plastist vee- ja kanalisatsioonitorustikud peaksid ehitajate esitatud sertifikaatide ja tööde järelevalveraportite alusel püsima aastakümneid, nõnda ka veepuhastusjaama betoonmahutid. Kui uue veehaarde puurkaevudele tagatakse ööpäevaringne ühtlane ja veelademetel vahel tasakaalustatud töörežiim, kestavad ka need kaua. Küll on aga kindlasti vaja veepuhastussüsteemi aja jooksul mingil määral uuendada või täiustada ning reoveepumbadki ei ole igavesed. Sellised süsteemid ei saa kunagi täiesti valmis.

Viimsi uue veehaarde planeeringule eelnenud põhjaveevarude uuringute alusel võib väita, et hüdrogeoloogilised tingimused veehaarde rajamiseks poolsaarel ei ole kuigi head. Paljudel muudel asumatel on võimalused ja tingimused uute või täiendavate veehaarde rajamiseks nii siluri-ordoviitsiumi lubjakividega seonduvasse veekompleksi kui ka kambriumi-vendi liivakivide veeladestusse tunduvalt soodsamad.

A.M.

KAESER
KOMPRESSORID

www.kaeser.ee

Rohkem suruõhku vähema energiakuluga ...

... ülemaailmselt tunnustatud SIGMA PROFILE'ga

Kaeser-rootorpuhurite uusimad mudelid DB 166C ja DB 236 C joogi- ja reovee käitlemiseks

Uued mudelid on mõeldud tööks tootlikkuste vahemikus 10 kuni 25 m³/min ja töörõhkul 1000 mbar ülerõhku või 500 mbar vaakumit. Nendele mudelitele saab paigaldada elektrimootoreid võimsusega 7,5-45 kW.

Mudeleid on võimalik tarnida kasutusvalmina koos täht-kolmnurkkäiviga, sagedusmuunduriga ja uudisena ka uue Omega Control Basic- juhtkontrolleriga, mille abil saab puhuri tööd juhtida maksimaalselt efektiivselt.

KAESER KOMPRESSORID

Kesk tee 23, Jüri Tehnopark, Aaviku, 75301 Rae vald, Harjumaa
Tel. 6064290, Faks 6064297 • E-post: info.estonia@kaeser.com

Eesti Keskkonnauuringute Keskuse tänapäev

Hille Allemann, Ülis Sõukand

Käesoleva aasta jaanuaris ühinesid Eesti kaks suurt keskkonnauuringute ettevõtet - OÜ Tartu Keskkonnauuringud ja OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus. Mõlemad ettevõtted on tegutsenud alates 1970ndate algusest keskkonnalaboritena. Täna on neist saanud Eesti suurim kõrgetasemelist aparatuuri kasutav keskkonnauuringute ettevõtte. Eesti Keskkonnauuringute Keskusel (EKUK) on osakonnad Tallinnas ja filiaalid Virumaal (Jõhvis ja Kohtla-Järvel), Pärnus, Raplas ja Tartus.

EKUK-is tegeldakse **ohtlike jäätmete analüüsiga** ja nende käitlemise uurimisega. Keskkonnankeemia osas tehakse joogi- ja heitvee ning pinnase tavaanalüüse. Määratakse ka ohtlikke aineid ja toksikante. Filiaalidesse on loodud mikrobioloogia osakonnad. Öhuosakond on varustatud ajakohase õhu-uuringute aparatuuriga, Eestis ainsana omatakse **mobiilseid õhulaboreid**. EKUK-i kütuselabor avati augustis 2006 oma praeguses asukohas Tallinnas (Suur-Sõjamäe 34). Tegemine on Põhja-maade **moodsaima kütuselaboriga**, kus tehakse kõiki vedelkütuseanalüüse. Maksu- ja Tolliametiga sõlmitud lepingu alusel

osutab EKUK riigile tollilabori kompleksteenust, täites seega riikliku **tollilabori** rolli.

Ettevõtte pädevuses on keskkonnanprojektide koordineerimine ja juhtimine, lisaks keskkonnatõustamine ja -koolitus. EKUK on heitvee ja pärast OÜ Tartu Keskkonnauuringute liitmist ka reoveesette **referentlaboriks** Eestis. Ettevõttele ja tema filiaalidele langeb valdav osa Eesti riiklikust keskkonnaseirest. Tegeldakse pinnavee-, sademete keemia, nitraaditundlike alade, piiriveekogude ja heitveeseirega. Piiriveekogude seiret viiakse läbi koos Venemaaga rahvusvahelise piiriveekogude konventsiooni raames. Seirete puhul lähtutakse Eesti ja Euroopa Liidu õigusaktidest ja strateegiatest. Seire tulemuste alusel töötatakse välja elukeskkonna parandamise meetmed ja arendatakse riiklikke strateegiaid.

Olulisel määral tehakse **ettevõtete omaseire analüüse**. EKUK-il on kompetentsed atesteeritud proovivõtjad. Proovivõtuteenust loodetakse pakkuda ettevõtetele üha enam nende omaseire proovide võtmisel. EKUK-i proovivõtjad hindavad puhastite seisundit - mõõdavad reostuskoormust ja

vooluhulkasid ning annavad hinnangu puhasti tööle.

OÜ Tartu Keskkonnauuringute liitumisel EKUK-iga täienes ettevõtte tegevusvaldkond hüdrobioloogiaga - tehakse **veekogude operatiivseiret**. See suund on eriti tähtis, arvestades Euroopa Liidu veepoliitika raamdirektiivi, milles on hüdrobioloogilisele järelevalvele pööratud suurt tähelepanu.

Ettevõtte oluline tegevussuund on ka **pinnaseuuringud**. Pinnaseanalüüse tehakse kruntide-keskkonnaseisundi hindamisel ohtlike ainete ja raskmetallide osas. Lisaks tuleb näiteks Tartu filiaalis teha palju taimse ja muu bioloogilise materjali analüüse. Määratavatest ainetest on olulisemad lämmastik, fosfor ja süsinik ning raskmetallid. Muldade analüüseid on olulised mullaviljakuse uurimisel põllumajanduslikel eesmärkidel. Eesti Keskkonnauuringute Keskusel on tihedad sidemed Eesti ülikoolidega **teadustööga** seotud analüüsides tegemisel. Sageli juurutatakse teadustööks vajalikke analüüsimeetodikaid. Ettevõtte pakub head praktika- ja baasi ülikoolide ja kõrgkoolide keskkonna-, keemia- ja bioloogia-tudengitele.



Heitveeproovid EKUK keskkonnankeemia laboris



Keskkonnankeemia labori gaaskromatograafide ruum EKUK Tallinna Kesklaboris



EKUK õhulabori kalibreerimiskeskus

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ www.klab.ee

Kesklabor

Marja 4d, 10617 Tallinn,
tel 611 2900
faks 611 2901
info@klab.ee

Pärnu filiaal

Roheline 64, 80035 Pärnu
tel / faks 443 4210
pamu@klab.ee

Virumaa filiaal

Pargi 15, 41537 Jõhvi
tel / faks 332 4470
virumaa@klab.ee

Rapla filiaal

Alu tee 13a, 79515 Rapla
tel / faks 489 4403
rapla@klab.ee

Tartu filiaal

Vaksali 17a,
50410 Tartu
tel / faks 730 7279
tartu@klab.ee

VALI REOVEEPUHASTILE ENERGIASÄÄSTLIK ÕHUSTUSSÜSTEEM

IVO NIGLAS ja TIIT ARTMA

AS J.I.T

AKTIIVMUDAPUHAŠTIS kuulub reovee õhustamisele palju energiat, sageli pool kogu puhasti energiavajadusest. Seepärast on loomulik püüda valida võimalikult energiasäästlik õhustusviis.

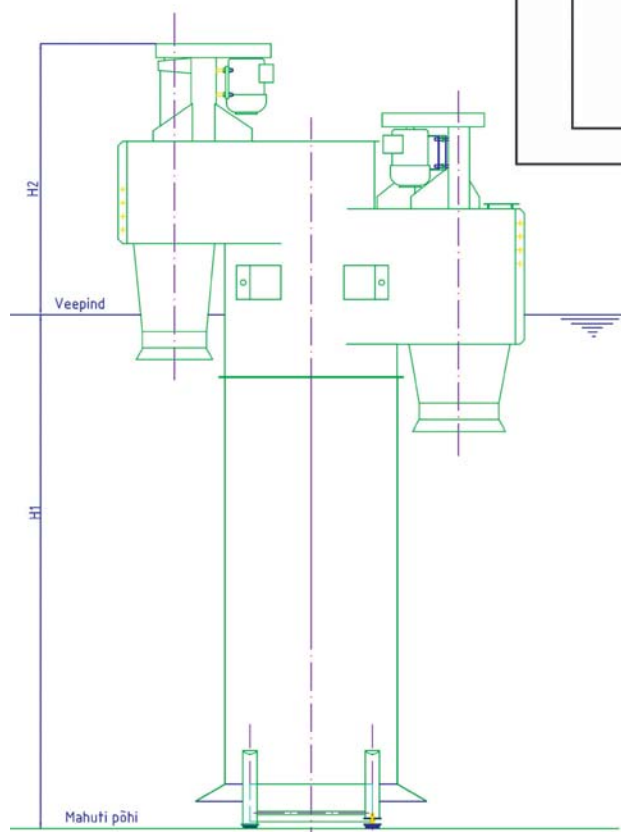
Vähemtähtsad pole ka õhustusüsteemi hooldamiskulud ja -lihtsus, õhustustõhususe kestvus ning võimalike tehniliste rikete kõrvaldamishõlpsus ilma aerotanki tühendamata.

Õhustusseadmed jagunevad peamiselt pneumaatilisteks (surveõhustusseadmed – reovette pihustatakse suruõhku) ja mehaanilisteks. Surveõhustus jaguneb omakorda selle järgi, kui peente mullidena õhk reovette pihustatakse. Mida peenemad

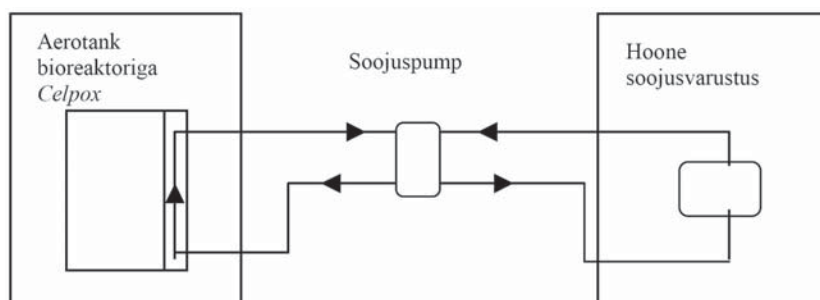
BIOREAKTORITE CELPOX TEHNILISED ANDMED

	Celpox 955	Celpox 1273	Celpox 1910
Reaktsioonitoru läbimõõt mm	955	1273	1910
Vee sügavus H_1 m	2,5-12	2,5-12	2,5-12
Kõrgus veepinnast H_2 mm	1900	2100	2100
Aerotanki maksimummaht m^3 /Celpox	~250	~750	~1200
Aerotanki maks. segatav pind m^2 /Celpox	50	150	280
Mass (kui $H_1 = 4$ m) kg	~900	~1400	~2500
Materjalid	SS 1311-2343	SS 1311-2343	SS 1311-2343
Mootorite võimsus N kW	2 x 4,0	2 x 7,5	2 x 15,0
Hapnikusiirdevõime SOTR* kgO_2/h	25	45	90

* SOTR – standard oxygen transfer rate



Joonis 1. Bioreaktor Celpox



Joonis 2. Soojusvahetussüsteemi skeem

mullid, seda tõhusamalt lahustub hapnik vette. Suruõhku tekitatakse peamiselt puhurite abil ning peenmullõhustuse korral pihustatakse õhk vette nt läbi membraanpihustite. Mehaaniliselt õhustatakse vett nt veepinnal pöörlevate turbiinide abil.

Tinglikult võib teise gruppi kuuluvaks pidada õige mitmes Eesti reoveepuhastustis 1994. aastast peale töötavad bioreaktoreid Celpox (Celpox 955, 1273 ja 1910). Bioreaktori autor on pärast sõda Rootsis elanud ja töötanud eesti insener Rudolf Woode (7.09.1925 – 29.04.1995), kelle loodud firma AB Celpatechnik eesotsas on nüüd tema pojad Erik ja Jaan Woode.

Celpox ei ole pelk õhusti, vaid tööstuslike biooksidatsiooni- ja fermentatsioonireaktorite eeskujul konstrueeritud intensiivse läbivooluga (0,5–2,0 m^3/s) püstreaktor (joonis 1)

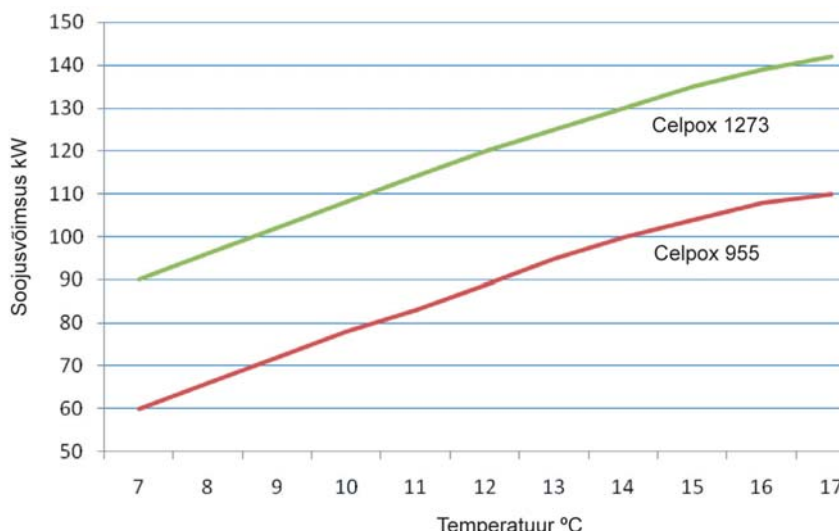
Võrreldes bioreaktoreid Celpox muude õhustussüsteemidega peab meele pidama, et nendega varustatud reoveepuhastile ei ole vaja puhureid ning et reaktori ehitus võimaldab seda seada õige mitmesuguse kuju ja süga-

vusega aerotanki. Peale õhustamise saab teha ka muud:

- soojusvahetiga reaktori abil kasutada reovee soojusenergiat;
- annustada aerotanki kemikaale;
- reaktorit seadistada puhta hapniku lahustamiseks reovette;
- ujukitele paigutatud reaktoreid kasutada biotiikide ja veehoidlate õhustamiseks.

SOOJUSVAHETIGA CELPOX

Energia saamiseks reoveesoojusest varustatakse *Celpox* reaktioonitoru soojusvahetiks kujundatud topeltkestaga, mille sees on aerotanki veesügavuse ulatuses spiraalikujuuline vöö. Süsteemis soojuspump-soojusvaheti (joonis 2) ringlev külmalahus (vooluhulk ca 200 l/min) soojeneb soojusvahetit ümbritseva reovee soojuse arvel 4–5 kraadi võrra ning annab soojuspumba kaudu 60–135 kW soojusenergiat. Soojusülekanne stabiilsust *Celpoxi* soojusvahetis tagab reovee intensiivne segamine nii sees- kui ka väljaspool reaktioonitoru; see hoiab ka soojusvaheti settest puhtana. Soojusvahetiga varustatud *Celpoxite* oodatavat soojusvõimsust saab sõltuvalt reovee temperatuurist



Joonis 3. Soojusvahetiga varustatud *Celpoxite* oodatav soojusvõimsus sõltuvalt reovee temperatuurist aerotankis

aerotankis määrata jooniselt 3.

SOOJUSVAHETIGA CELPOX 1273 ALFTA (ROOTSI) REOVEEPUHASTIS

Alfta reoveepuhasti (ca 7500 ie) ehitati 1974. ning rekonstrueeriti 1999. aastal. Kõik puhasti osad, sh olmeruumid on 750 m² suuruse hoone sees. Puhasti arvutusvooluhulk Q_{arv}

= 1900 m³/d, arvutuskooormus 500 kg BHT₇/d, juurdevoolava reovee BHT₇ 250 mg/l ja üldfosforisisaldus

$P_{üld}$ 38 mg/l. Puhastatud vee BHT₇ on 7–8 mg/l ja $P_{üld}$ 0,11 mg/l. Aerotanki (17,5 x 3,3 x 3,5 m) maht on 200 m³ ning aktiivmuda doos 3,0 g/l.

Puhasti rekonstrueerimisel asendati membraanõhustid bioreaktoriga *Celpox 1273*, 2 x 7,5 kW, mis

Firma **CELPATEKNIK AB** bioreaktorid **Celpox:** paigaldus ja häälestamine

Firma **ANDRITZ S.A.S.** settekäitlusseadmed sette tihendamiseks ja tahendamiseks (lintfilterpressid, tsentrifuugid, mehaanilised võred). Komplektsete lahenduste müük, seadmete paigaldamine ja häälestamine.

Firma **Backhus** kompostimisseadmed ja -tehnoloogia – seadmete müük, hooldus. Komplektsed lahendused reoveesette aunkompostimiseks.

AS J.I.T. Lastekodu 4-4, 70101 Viiratsi, Viljandimaa
 Tel. 43 94105; 501 6004; info@jit.ee; www.jit.ee

Eesti Geoloogiakeskus
Geological Survey of Estonia

- geoloogilised uurimistööd
- kaardistamine
- maavarade uuringud
- keskkonnaseire
- põhjavee uuringud
- mere ja ranniku uurimine
- keskkonnamõju hindamine
- eksperthinnangud
- laboriteenused

Kadaka tee 82, 12618 Tallinn
 Tel 672 0094, Faks 672 0091
 e-post: egk@egk.ee

Tartu regionaalosakond
 Rõõmu tee 1, 51013 Tartu
 Tel 733 9004

www.egk.ee



Alfa reoveepuhasti hoonet küttev kalorifeer



Soojusvahetiga Celpox 1273 Alfa (Rootsi) reoveepuhastis

Külmalahusetoru soojuspumpa

hiljem varustati soojusvahetiga. Soojusvaheti ühendati soojuspumbaga IVT 30F, mille elektriline võimsus on 10 kW ning soojusvõimsus 33 kW. Soojusvaheti maht on 450 l, spiraali pikkus 38 m, liikumiskiirus spiraalis 0,3 m/s ning ringlusvooluhulk läbi soojusvaheti ca 200 l/min.

Enne Celpoxi paigaldamist köeti puhastihoonet (kõetav pind ca 750 m², millest ca 100 m² on olmeruumid) kütteõliga. Olmeruumides hoiti keskmist temperatuuri 22 °C ning muudes ruumides 15 °C. Ruumidesse anti ka sooja vett. Puhastihoonet kütmiseks kulus aastas 12 000–15 000 l kütteõli, millest saadi 120 000–150 000 kWh soojusenergiat.

Pärast Celpoxile soojusvaheti ning soojuspumba paigaldamist õliga enam ei köeta ning kogu puhasti soojavajadus kaetakse soojuspumbaga, millele kulub aastas 35 000–45 000 kWh elektrit. Kui reovee temperatuur on kuni 7 kraadi ning külmalahuse läbivool ca 200 l/min, tõuseb lahuse temperatuuri 5 °C võrra ning Celpox 1273 soojusvaheti abil saadav soojusvõimsus on ca 90 kW ning Celpox 955 puhul ca 60 kW (vt joonist 3).

Soojusenergia äravõtmine alandab reovee temperatuuri aerotankis kuni 0,5 kraadi, mis bioprotsessi kuigi palju ei mõjuta. Soojusarvutustes tuleks aga aerotanki veetemperatuuri langust tingimata arvestada, et bioprotsess temperatuuri üle poolekraadise alanemise korral ei pidurduks.

A.M.



Soojuspump IVT 30F Alfa reoveepuhasti hoones



JOOGIVEEPUHASTUSSEADMETE
MÜÜK, PAIGALDUS, HOOLDUS,
NÕUSTAMINE.

Veetehnologia OÜ

Kadaka tee 5, 10621 Tallinn

Tel 6575 752, Faks 6575 753

GSM 5107 704, e-post: hoh@hot.ee

KONDENSAAT SURUÕHUSÜSTEEMIS

LEMBIT TALTS

Kompressorikeskus OÜ

KUI SURUÕHKU jahutada, tekib suruõhusüsteemis kondensaad – õhusisaldav veeaur muutub veeks. Õliga määritava kompressorite kondensaadis on alati ka veidi õli ning õlisegu ne vesi põhjustab keskkonnamuresid. Õlist kondensaati ei tohi mitte mingil juhul kanalisatsiooni ega laiali valguda lasta, sest üks liiter õli rikub miljon liitrit vett. Ometi on ettevõtteid, kes omakasu silmas pidades seda kas teadmatusest või meelega teevad. Õlise kondensaadi tekitaja vastutab selle eest, et kondensaati keskkonnanõuete kohaselt käideldakse.

Väikest eeltööd tuleb ehk teha selleks, et saada teada, millistest nõuetest on vaja kinni pidada ning kondensaadist vabanemiseks valida parim neile nõuetele vastav viis.

Tööstusettevõtetes talitatakse õlise kondensaadiga mitut moodi. On neid, kus õline kondensaad lastakse otse kanalisatsiooni või pinnasesse ja neid, kus kondensaad kogutakse kokku ning makstakse selle käitlemise eest. See on aga üsna kallis moodus, sest:

- kompressoritest eralduv kondensaad koosneb põhiliselt veest – vee ja õli suhe on umbes 50:1, st et 50 l kondensaati sisaldab vaid liiter õli;
- suruõhusüsteemis tekib iga päev tohutul hulgal kondensaati, nt toodab tavaline kuivatiga kruvi-

kompressor (55 kW, jõudlus +20 °C ja 80% õhuniiskuse korral 10 m³/min) tunnis 7,8 ning ööpäevas 187 liitrit kondensaati.



Tunduvalt lihtsam ja ka odavam on selline kogus kondensaati puhastada kohapeal, lahutades õli separaatori abil veest.

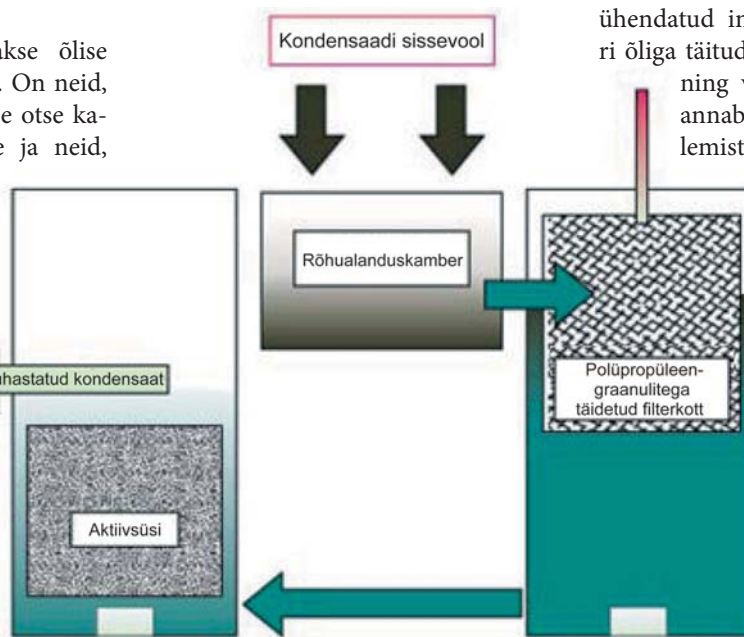
Joonisel on kujutatud uut, äärmiselt lihtsat ja suhteliselt odavat separaatorit seeriast PURO, mis sobib nii mineraalsete kui ka sünteetiliste õlide püüdmiseks, ning selle tööpõhimõtet.

Kondensaad voolab rõhualanduskambris ning sealt mahutisse, milles on õli endasse imevate polüpropüleengraanulitega täidetud filterkott. Eelpuhastatud kondensaad liigub seejärel järgmisse mahutisse, kus ta aktiivsüsi filtris lõplikult õlist vabaneb. Puhastatud kondensaadi võib kanalisatsiooni lasta.

Esimesel mahutil on filterkotiga ühendatud indikaatorvarras, mis filtri õliga täitumises järjest allapoole vajub ning vahetusvajadusest märku annab. Ohtlike jäätmetena käitlemist vajavad vaid mõlemad õliga täitunud filtrid.

Selliseid kondensaadipuhasteid valmistatakse nii üksikkompressori kui ka suure kompressorjaama tarbeks. Väikeste mõõtmete tõttu on neid lihtne olemasolevate seadmete lähedusse paigaldada. Komplektide hinnad jäävad vahemikku 3500 kuni 16 000 krooni.

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

ÕHU NIISUTAMINE

KAAREL KABIN

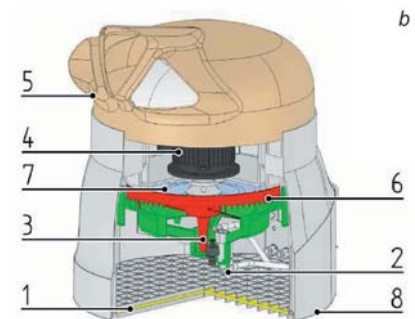
Merx AS

ELU- JA TOOTMISKESKKONNA kvaliteet muutub üha olulisemaks. Kui tööstusettevõttes jäetakse tootmiskeskond tähelepanuta, võib see oluliselt vähendada toodete konkurentsivõimet – toote omahind võib suureneada ning kvaliteet halveneda.

Õhuniiskus on oluline tegur tagamaks inimesele mugavust töö- ja puhkeruumides. Tööstusettevõttes võib õhu õige niiskus kindlustada toote kvaliteedi vastavust nõuetele, välistada staatilisest elektrist tekkivaid probleeme ja vähendada ruumide jahutamiseks kuluvat elektrienergiat.

Õhu niisutamine võib olla adiabaatiline või isothermiline. Esimesel juhul pihustatakse vesi õhku külma veeauruna, teisel aga aurustatakse vett keetmise teel ja segatakse siis õhuga. Eestis levinud aurniisutid täpsemat tutvustamist ehk ei vaja, kuigi ka nendega seoses on palju uusi huvipakkuvaid võimalusi. Käesolevas artiklis keskendutakse adiabaatilistele niisutitele, mida laiale kasutusvaldkonnale vaatamata on siiani Eestis üsna vähe.

Õhu niisutamisel külma veeauruga on mitu lahendust, ent kõigi nende eesmärk on auru võimalikult põhjalikult õhuga segada. Mida paremini vesi õhuga seguneb, seda vähem kulub seda vajaliku niiskuse saavutamiseks. Selleks püütakse vesi pihustada udupeenteks



1 õhufilter, 2 vee äravool, 3 ventilator, 4 mootor, 5 veeaurupihusti, 6 vibratsioonisummuti, 7 pihustusketas, 8 niisuti kere

Joonis 1. Õhu tsentrifugaalniisuti humiDisk: a niisutid jõudlusega 6,5 ja 1 kg vett tunnis, b õhuniisuti lõige

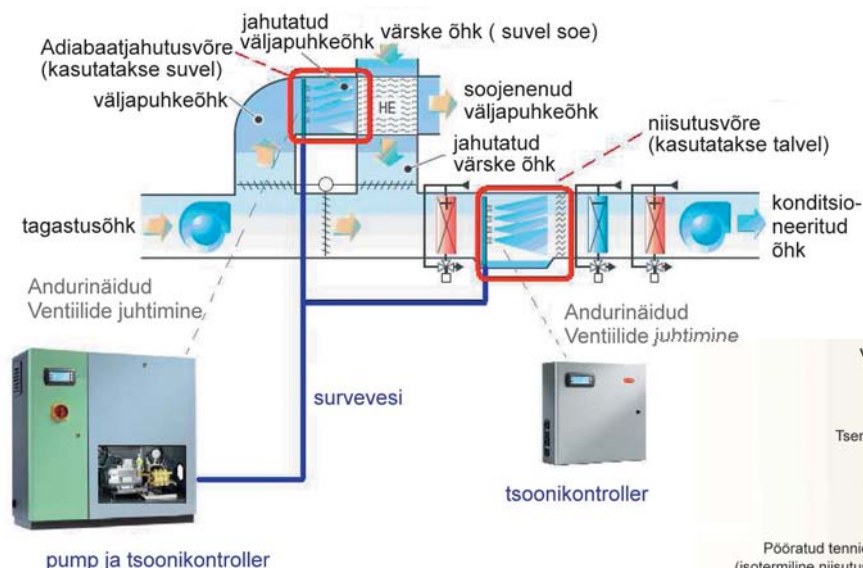
piisakesteks, et selle õhuga kokku puutuv pind oleks võimalikult suur. Üks võimalus on seda teha ultraheli abil, mille tekitatud kõrgsagedusvibratsioon paneb vee aurustuma madalal temperatuuril ja

rõhul, mille tulemusena tekib udupeen aur. Kuna veepiisakeste suurus on vaid mõni mikromeeter, siis seguneb vesi õhuga väga hästi. Võrreldes tavapärase niisutamisega vee keetmise teel on energiakulu ligi kümme korda väiksem – ühe liitri vee aurustamiseks ultraheli abil kulub vaid 60 Wh energiat. Üldjuhul on sedalaadi seadmed väikesed ja külmast veest põhjustatud jahutusefektil ei ole niisutuse kõrval tähtsust. Kodus ja kontorites kasutatakse enamasti lihtsaid käsitsi täidetavaid ultraheliniisuteid. Tootevalikus on ka väga täpseid statsionaarseid ultraheliniisuteid, mida kasutatakse kõrgete keskkonnanõuetega ruumides, nt elektroonikatoodete valmistamisel ja meditsiiniuasutustes.

Vee peenpihustamiseks kasutatakse ka mehaanilisi niisuteid. Üks selliseid on tsentrifugaalniisuti, milles vett pihustab udupeeneks kiiresti pöörlev metallketas (joonis 1). Tekkinud veeaur puhutakse ruumi ventilatori abil. Lahendus on lihtne, kasutada võib kraani- või demineraliseeritud vett. Hügieenilisuse huvides lastakse niisutisse korraga väga vähe vett, see välistab seisnud vee kasutamise ja minimeerib bakterite tekke ohtu. Samal eesmärgil lastakse osa vett perioodiliselt kanalisatsiooni. Demineraliseeritud vee kasutamine vähendab niisuti hooldusvajadust. Niisuteid on lihtne paigaldada, neid on seinale kin-



Joonis 2. Õhu surveveeniisuti humiFog



Joonis 3. Survevee-õhuniisutussüsteem

nitatavaid ja lakke riputatavaid ning nad sobivad hästi just väiksematele ettevõtetele. Tüüpilised paigalduskohad on mitteköetavad ruumid ja kergesti rikneva kauba (puu- ja juurvili) laod. Need seadmed sobivad ka väiksematesse trükikodadesse ja tekstiiliettevõtetesse.

Ventilatsioonisüsteemides on sageli kasutatud nn kärgnisuteid, milles vesi lastakse mööda kõrge meenutatav metallsõrestikku alla voolata ning sõrestikust läbipuhutatav õhk niiskub. Selle odava lahenduse miinused on suur veekulu, väike kasutegur ning väga suur bakterite tekke risk – sõrestiku sooja õhuga kokku puutuv pind on ideaalne kasvulava bakteritele, kes koos ruumidesse juhitava õhuga inimesteni jõuavad. Seepärast on soovitatav uutes ja renoveeritavates tehnosüsteemides kasutada moodsaid õhuniisutiteid. Üks lahendus on pihustada vett suruõhu abil. See on otstarbekas ettevõttes, kus suruõhku tootmises (nt õmblustsehhides) niikuinii kasutatakse. Vesi pihustatakse kas ventilatsioonisüsteemi või otse ruumi düüsidest, milles saavad kokku suruõhk ja vesi (joonis 2). Hügieenilise tagamiseks pestakse süsteem perioodiliselt läbi, välistades sellega seisnud vee kasutamise. Selliste niisutussüsteemide jõudlus on 60 kuni 1360 kg vett tunnis.

Kui suruõhku pole võtta, võib tõsta vee rõhku survetõste-pumbaga 25 kuni 75 baarini ning pihustada siis väikeseavaliste (0,2 mm) düüside kaudu ruumi või õhukanalisse (joonis 3). Tekkivad udupeened (10–15 µm) veepiisakesed segunevad õhuga väga hästi. Ühe liitri vee pihustamiseks kulub 4 Wh energiat (võrdluseks: õhu isotermlisel niisutamisel kulub liitri kohta 700 Wh).

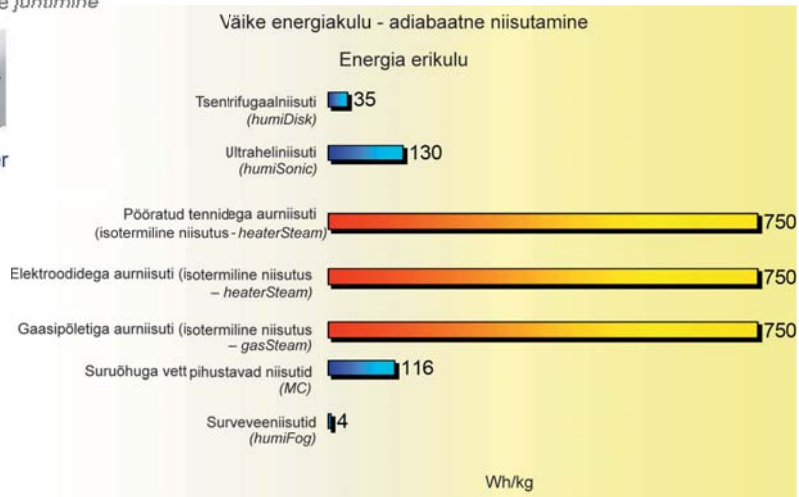
Vee rõhu all pihustamist rakendatakse suuremat niisutusjõudlust vajavates süsteemides ja hoonetes. Tüüpilised näited on trüki- ja tekstiilitööstus, puidu töötlemine ja säilitamine, puu- ja juurviljade säilitamine, paberi ja tubaka ladustamine ning õhu jahutamine suvel suure jahutuskooormusega ruumides (nt arvutuskeskustes).

Eri lahenduste energiakulu on näha joonisel 4 (arvestatud ei ole vajadust õhku soojendada). Selliseid süsteeme pakutakse niisutusjõudlusega kuni 500, eritellimisel kuni 5000 kg vett tunnis.

Ventilatsioonisüsteemides kasutatakse nii suruõhu abil kui ka survevee pihustamisel niisuti järel nn piisapüüdurit, milles jäävad pidama õhukanalit märjata võivad suured veepiisad.

Õhu niisutamise kavandamisel tuleb arvestada ka seda, et külm vesi alandab õhutemperatuuri. Talvel on seetõttu vaja ventilatsiooniõhku kas eel- või järelsoojendada. Suvel võimaldab aga adiabaatiline niisutussüsteem vähendada jahutamiseks kuluvat elektrienergiat.

Õhuniisutit valides ja projekteerides tasub alati pöörduda asjatundja poole, kes oskab soovitada lahendusi ning leida kliendile sobiv niisutusviis. **A.M.**



Joonis 4. Õhuniisutite energia erikulu Wh kg vee kohta

MERX

20 aastat professionaalset ning usaldusväärset koostööd!

KODU- JA HOONEAUTOMAATIKA TÄISLAHENDUSED



- PROJEKTEERIMINE
- PAIGALDUS
- HOOLDUS

HOONETE TEHNOSÜSTEEMIDE TÄISLAHENDUSED



- SEADMED • PAIGALDUS • HOOLDUS

AS MERX; Saeveski 10, Tallinn; 671 2800; info@merx.ee; www.merx.ee

PÕHJAVEE KASUTAMISEST JA KAITSEST EESTIS

REIN PERENS ja MERLE TRUU

Eesti Geoloogiakeskus

PÕHJAVESI on Eesti tähtsaim joo-giveallikas. Erinevalt muudest maapõuevaradest ei peeta meil põhjavett maavaraks, vaid maapõue loodusvaraks. Veepoliitika üldeesmärk on säilitada põhjavee hea kvantitatiivne ja kvalitatiivne seisund ning tagada selle säästlik kasutamine ja kaitse.

Riigi põhjavee kinnitatud tarbevaru oli 2008. aasta 31. detsembril 522 731 m³ ööpäevas. Veeseaduse kohaselt peab igal puurkaevu valdajal olema vee erikasutusluba, kui vett võetakse rohkem kui 5 m³ ööpäevas. Veevõtuarvestust peab puurkaevu valdaja, kes edastab andmed Keskkonnaametile, kust need saadetakse omakorda keskkonnaregistri pidajale.

Põhjaveekihtidest väljapumbatav vesi jaguneb joogi- ja olmeveeks, kaevandustest ja karjääridest väljapumbatavaks veeks ning mineraalveeks. Summaarne põhjaveevõtt oli 2008. aastal 902 841 m³ ööpäevas, sellest oli joogi- ja olmevett 133 208 m³/d, kaevandustest ja karjääridest väljapumbatud vett 769 596 m³/d ning mineraalvett 37 m³/d. Joogi- ja olmeveest kasutati linnades ja alevites 105 138 m³/d ning maaelanikkonna veega varustamiseks 28 070 m³/d. Põhiosa (710 225 m³/d, s.o 92,3 %) kogu Eesti kaevandustest ja karjääridest väljapumbatavast veest (769 596 m³/d) pärineb Ida-Virumaa põlevkivikaevandustest ja -karjääridest. Linnade, alevite ja maaelanikkonna veevõtt (133 208 m³/d) moodustab 25,5 % joogi- ja olmevee kinnitatud tarbevarust. Suurimad põhjaveetarbijad on Tallinn, Kohtla-Järve ja Tartu.

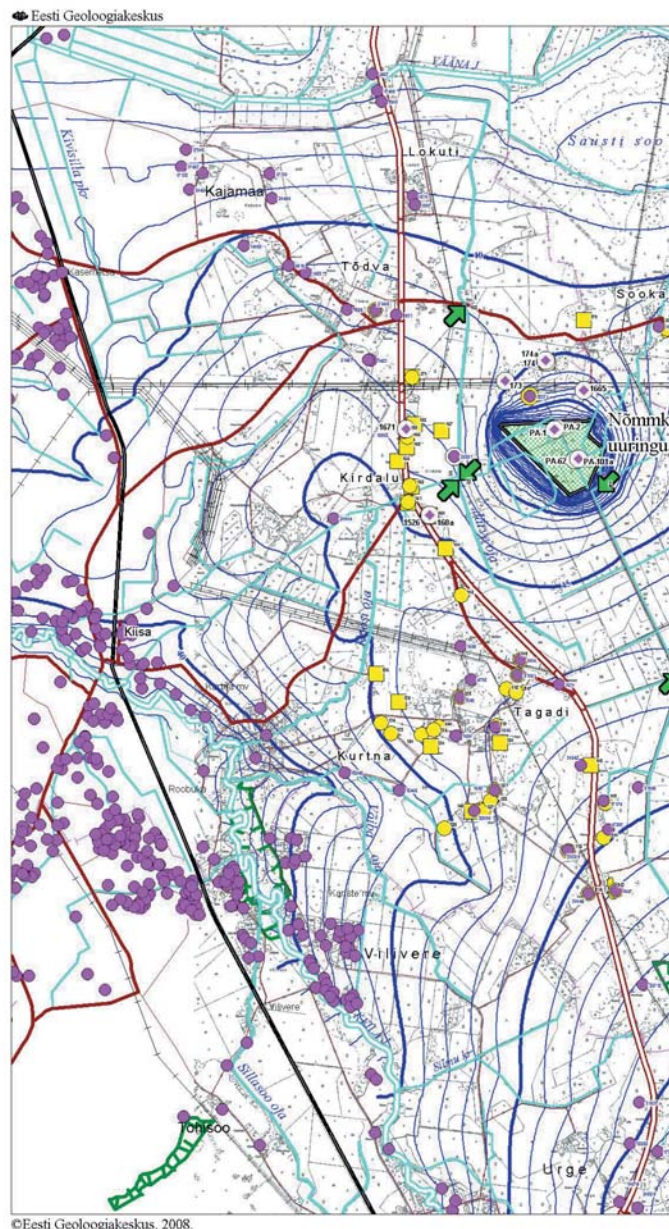
Käesoleval ajal (01.03.2010) on riigi puuraukude ja puurkaevude andmebaasi kantud 25 034 puurauku ja -kaevu. Otstarbe järgi jagunevad nad olme-, tehnoloogia- ja energeetiliseks otstarbeks kasutatava vee kaevudeks ning uuringu- ja põhjaveeseire puuraukudeks. Kõige rohkem kaevu ja puurauku on arvel Harjumaal, järgnevad Ida-Viru ja Lääne-Viru maakond.

Põhjavee kaitse korraldamisel on Eestis pikaajalised traditsioonid. NSV

Liidu Geoloogia ja Maapõue Kaitse Ministerium kinnitas 18. aprillil 1960. aastal „Põhjavee kasutamise ja kaitse määruse“, mis delegeeris riikliku põhjavee kasutamise ja kaitse kontrolli vabariiklikele geoloogiateenistustele. Kehtestati nõuded, mille kohaselt tohtis veevarustuse otstarbeks puurida puurkaevu ning uuringupuurauku tarbeveekaevudeks ümber seadistada vaid geoloogiateenistuse loal. 1960. aastal alustatud puurkaevuprojektide läbivaatamine ja puurimislubade väljastamine kestab käesoleva ajani. Edaspidi hakkavad keskkonnaministri määruse kohaselt puurkaevuprojekte aga menetlema ja puurkaevude rajamis-lube väljastama ainult keskkonnaametnikud sellele vaatamata, et neil geoloogiaalast ettevalmistust üldjuhul ei ole.

Puurkaevuprojektis määratakse ka sanitaarkaitseala või veehaarde hooldusala, mille piires on majandustegevus piiratud. Nii puurkaevu sanitaarkaitsealaprojekterimisel kui ka muude keskkonda mõjutavate objektide asukoha valimisel peab arvestama põhjavee loodusliku kaitstust. Põhjavee kaitstuse all mõistetakse veekihi kaetust nõrgalt vett läbi laskva kihiga, mis takistab maapinnal oleva reoaine imbustumist põhjavette. Reostuse levimiskiiruse järgi maapinnalt põhjavette on võimalik eristada eri loodusliku kaitstusega piirkondi ning kujutada neid eri määtkavas ja eri detailsusega kaar-

tidel. Varasemate kaardistamistöde ja puurkaevude andmebaasi põhjal koostati 2001. aastal Geoloogiakeskuses Eesti põhjavee kaitstuse ülevaatekaart määtkavas 1:400 000. Järgnevatel aastatel tellis mitu maakonda (Tartu, Viljandi, Pärnu, Saare, Harju) oma maakonna põhjavee kaitstuse digikaardi. Alates 2003. aastast on riikliku geoloogilise kaardistamise (määtkavas 1:50 000) tellija ning kaardiandmete



©Eesti Geoloogiakeskus. 2008.

levitaja Maa-amet. Põhimõtteliselt on kõik need kaardid koostatud ühesuguse meetodika alusel ning neil on eristatud kaitstud, suhteliselt kaitstud, keskmiselt kaitstud, nõrgalt kaitstud ja kaitsmata põhjaveega alad.

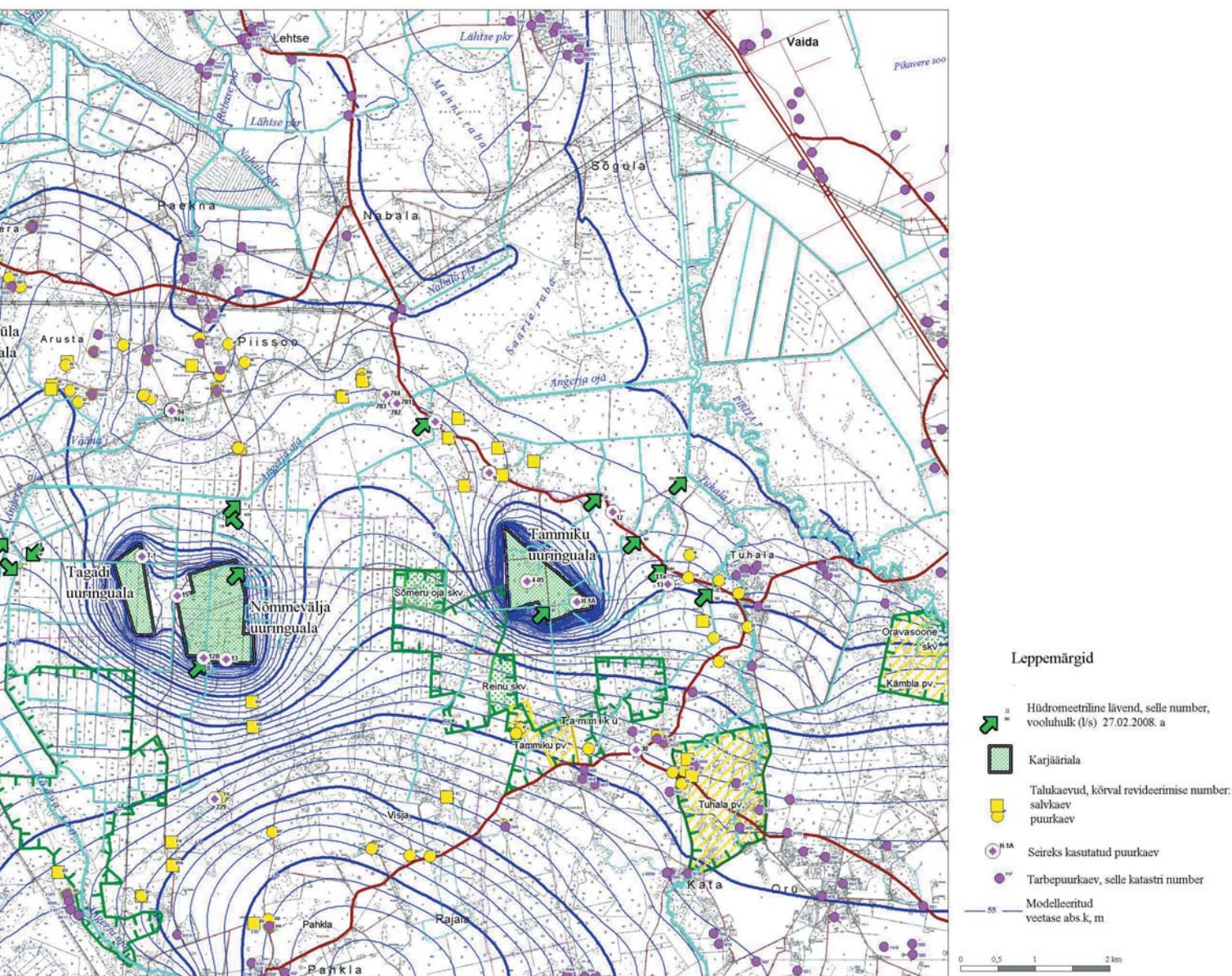
Riiklik järelevalve põhjavee seisundi üle tugineb põhjaveeseirele. Euroopa Liidu veepoliitika raamdirektiivi kohaselt hinnatakse põhjavee kvantitatiivse ja keemilise seisundi muutumist põhjaveekogumite või põhjaveekogumite gruppide kaupa. Kvantitatiivset seisundit hinnatakse põhjavee taseme järgi, mida mõõdetakse regulaarselt 1–60 korda aastas 250-s vaatluskaevus. Põhjavee taset jälgitakse ka kahes Interneti-ühendusega automaatjaamas ning kümnesse vaatluskaevu paigaldatud automaatseadmete abil.

Põhjavee keemilise koostise muu-

tumise jälgimiseks võetakse kõigist põhjaveekogumitest üldkeemiliseks analüüsiks üks veeproov aastas, kokku 179 proovi. Vees leiduvate ohtlike ainete esinemise uurimiseks määratakse valikuliselt selle As-, Cd-, Hg- ja Pb-ning mitme orgaanilise aine – trikloroeteeni, tetrakloroeteeni, naftasaaduste, fenooli, benseeni ning polütsükliliste aromaatsete süsivesinike (PAH) sisaldust. Eurodirektiivide täitmise seisukohalt on oluline analüüsida ka pestitsiidide olemasolu põhjaveekogumites. Probleemsemaid näitajaid, mille muutumise trende peaks pidevalt jälgima, on kambriumi-vendi ja Läänesaarte põhjaveekogumite vee kloriidisisaldus, Ida-Virumaa põlevkivibasseini põhjaveekogumi vee sulfaatide ning maapinnalähedaste põhjaveekogumite, eriti siluri-ordoviitsiumi ühendatud põh-

javeekogumi, nitraatidesisaldus. Kuigi üksikute seirekaevude vees on mõnda ainet olnud rohkem kui joogiveele lubatud, ei ole ühe või teise aine sisalduse suurenemise trendi siiski täheldatud.

Viimastel aastatel on ajakirjanduses korduvalt juttu olnud Eesti põhjavee radioaktiivsusest. Lehte Savitskaja tegi juba aastatel 1994–2001 Eesti Geoloogiakeskuses summaarse α - ja β -aktiivsuse arvutusi, mis näitasid, et kambriumi-vendi veekompleksi suurkaevude vee tarbimine võib põhjustada WHO soovitatud piirnormi 0,1 mSv/a ületavat efektiivdoosi (inimorganismis neeldunud kiirgusenergia summat). Sotsiaalministri 31. juuni 2001. aasta määrusega nr 82 „Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid“ kehtestati see kahjuks varasema soovitusliku viitetaseme asemel hoopis



oodatava efektiivdoosi kohustuslikuks piirnormiks. Efektiivdoos 0,1 mSv/a moodustub radionukliididest ²²⁶Ra, ²³⁴U, ²³⁸U ja ²²⁸Ra, kui täiskasvanud inimene joob aasta jooksul kaks liitrit neid sisaldavat vett ööpäevas. Senised uuringud näitavad, et ainult 16 % uuritud kambriumi-vendi veekompleksi avate puurkaevude veest vastab oodatava efektiivdoosi (0,1 mSv/a) poolest joogivee kvaliteedinõuetele. Enamasti (66 %-s kaevudest) on efektiivdoosi väärtused vahemikus 0,1–0,4 mSv/a, mistõttu põhjavees leiduvad radionukliidid teevad muret paljude Põhja-Eesti linnade ja valdade (nt Tallinn, Paldiski, Viimsi, Loksa, Kunda, Sillamäe) veevarustuses. Tervisekaitseorganid soovivad joogivee piirsaldust ületava efektiivdoosiga põhjavesi asendada pinnaveega ja mitte lubada rajada uusi kambriumi-vendi põhjavett võtvaid puurkaevusid. See on päris kindlasti terviseriski ülehindamine. Moodustab ju joogiveega saadav efektiivdoos ainult väikese osa ümbritsevast keskkonnast inimesesse jõudvast radioaktiivsusest (2–5 mSv/a). Lahenduseks võiks olla kambriumi-vendi veekompleksi vee tarbimise terviseriski hindamine ja selle alusel efektiivdoosi piirväärtu-

se suurendamine. Ka hiljutine lennukiavarii näitas, kui tähtis on Tallinnal omada põhjavee näol alternatiivset joogiveeallikat.

Palju poleemikat on tekitanud Tuuhala Nõiakaevu, mille saatuse pärast on inimeste mure täiesti mõistetav, ning nn maa-aluste jõgede esinemine Nabala piirkonnas. On üldtuntud tõsiasi, et paese aluspõhja ülemine osa on lõheline ja täis veesooni. Hüdrogeoloogid ei eita pendli- või vitsameeste võimet leida nende soonte asukohti, kuid metoodika, mille kohaselt neid pendlimõõtmispunkte omavahel salajõgedeks ühendatakse, on ülimalt spekulatiivne. Keerulise kujuga salajõgede looked ja voolusuunad ei sobi kuidagi kokku põhjavee liikumise üldiste seaduspärasustega aluspõhjakiivimite lõhesüsteemides. Kahjuks kirjeldatakse neid maa-aluseid jõgesid tõsimeeli ka Eesti Looduse Infosüsteem-Keskkonnaregistri (EELIS) infolehel. Kuigi pärast Eesti silmapaistvaima karstiuurija Ülo Heinsalu uuringuid pole Nabala piirkonnas uusi märkimisväärseid karstivorme leitud ning tegemist on pigem soostunud moreentasandikuga, on üle 8000 ha suurune piirkond oma kaheksa pendlimeetodil leitud maa-aluse

jõega nüüd karstialana ja ürglooduse objektina arvele võetud.

Eesti Geoloogiakeskus on Nabala lubjakivimaardla piirkonnas teinud põhjavee modelleerimistööid, mille tulemused näitavad, et kavandatavate paekarjäärde mõju Nõiakaevuni ei ulatu (joonis 1). Seda kinnitatakse ka Nõiakaevu peremehe ja „päästeaktsioonide“ korraldaja Ants Talioja raamatus „Tuuhala“: „...Ometi ei ole tegemist arteesia kaevuga, kus survet põhjustab põhjavesi. Nõiakaevu paneb keema Tuuhala jõgi, mis voolab pooleteise kilomeetri ulatuses maa all.“... „Mõõtmised näitavad, et see (Nõiakaevu keemine) juhtub siis, kui suurvesi tõstab Virulase koopa ava kohal veetaseme Nõiakaevu rakete servast 2,35 m kõrgemale. Tuuhala jõe vooluhulk peab siis olema vähemalt 5000 l/s. Vajaliku vooluhulga tagab Mahtra soostikust ja Leva rabast tulev vesi, mis muudab Nõiakaevu vee veidi pruunikaks.“ Leva raba jääb Nabalast 18 km lõuna poole, mistõttu Nõiakaevu veerežiimi seostamine Nabala piirkonna võimalike paekarjäärdega ei ole kuidagi põhjendatud ning oht Nõiakaevu „keemise“ lõppemisest on tugevasti ülevõimendatud. A.M.



Spetsialistid meilt

Tehnoloogia Jaapanist



HADES GEODEESIA OÜ

Pämu mnt 238
11624 Tallinn
671 8530
671 8531
hades@hades.ee
www.hades.ee



HADES INVEST OÜ

Pämu mnt 238
11624 Tallinn
671 8530
671 8531
hades@hades.ee
www.topcon.ee



VESI, GEOLOOGIA JA KAEVUDE PUURIMINE

ANDRES MARANDI

Hüdrogeoloog, TTÜ GI järel doktor Kanadas

TAAVO KATTEL

Keskonnaekspert OÜ juhataja

PÕHJAVESI moodustab üldisest veeringest väikese osa, veidi alla 1 % Maa veevarudest. Sellele vaatamata on see väga tähtis veevarustuse seisukohalt – paljudes kohtades saadakse joogivesi just põhjaveest.

MIS ON PÕHJAVESI?

Põhjavesi on allpool maapinda olev vesi. Teatud sügavusest alates on kõik maapõuekihid vett täis. Põhjavee taset võib hõlpsasti näha talude salvkaevudes.

MIKS MÕNESSE KOHTA SAAB KAEVU RAJADA, TEISE MITTE?

Põhjavee liikumine oleneb pinnasest.

Võrdluseks võib tuua kaks teerada pärast vihma. Üks neist kulgeb mööda Lõuna-Eestile tüüpilist savikat pinnast, teine liivaluidede vahel. Millised on need rajad pärast paduvihma? Esimesel peate tõenäoliselt poriloikudes või mudas sumpama, sest vesi ei pääse pinnasesse, teisel kõnnite aga mööda niisket liiva, tundes küll, et liiv on märk, kogu liigne vesi on aga maapinda imunud. Siit võib järeldada, et üldisemas plaanis on olemas kahesuguseid pinnaseid – osas neist liigub vesi hästi, osas halvasti. Oluline on muidugi, et mõlemas on vesi olemas.

Nüüd püüdke ette kujutada kaht suurt klaasakvaariumi, millest ühe täidate peaaegu servani liivaga, teise saviga (võite seda ka proovida). Kui hakkate akvaariumisse vett lisama, siis imeb liiv vee kiiresti sisse, savikihi peale jääb aga pidama. Täitke liivakiht peaaegu tervenisti veega, jättes vaid sentimeetri jagu kuivaks – läbi klaasi on selgelt

näha, kuhumaani on liiv akvaariumis veega täidetud. Looduses nimetaksime seda piiri põhjaveetasemeks. Selle protseduuri kestel on tõenäoliselt ka saviga täidetud akvaariumis vesi savisse imunud. Valage peale uus ports vett ning korraldage tegevust, kuni kogu vesi on vett täis. Selleks võib kuluda nädalapäevad, varuge kannatust. Kui pinnas on mõlemas akvaariumis veega täidetud, siis kaevake kõigepaelt liiva sisse auk, mis ulatub veetasemest allapoole. Näete, et vesi valgub kohe auku ning augu tegemine muutub üsna raskeks. Augu sein püsivana hoidmiseks võite kasutada abimaterjale. Kui sein püsib, saab augu teha üsna sügavaks, veetase selles tõuseb aga üldise veetasemeni liivas. Kindlasti olete sedasama kogenud lapsepõlves, kui mõne veekogu ääres veepiirile liivalossi ehitasite – liivas kaevatud auk valgus kogu aeg vette täis isegi siis, kui seda püüdlis välja tõstsite.



OÜ KESKKONNAEKSPERT

PUURKAEVUDE

- hooldus ja remont
- puhastamine
- projekteerimine
- puurimine

www.veeleidja.eu



OÜ KESKKONNAEKSPERT

tel 505 1911, tel/faks 737 4981

info@veeleidja.eu;

www.veeleidja.eu

Põhjaveeuuringute litsents nr 222

Nüüd püüdke kaevata auk savipinnasesse. Näete, et saate üsna hõlpsasti kaevata sügava augu, ilma et see kokku vajuks või vett täis valguks. Pikapeale vajub auk ikkagi kokku, seepärast kindlustage ka selle seinad abimaterjaliga. Kui ootate nädalapäevad, näete, et ka savipinnasesse tehtud auk täitub veega, mis tõuseb samale tasemele kui mujal savis.

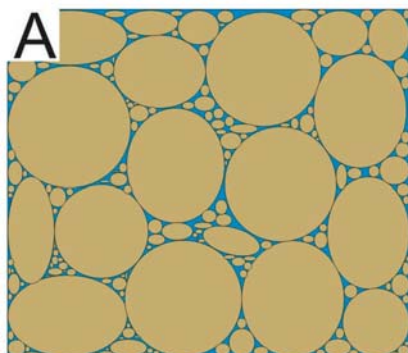
Kui vett aukudest välja tõstate, taastub veetase liivas kiiresti, savis saate aga augu tühjaks ja peate jälle nädalapäevad ootama. Liivaga täidetud akvaariumist saate suure hulga vett välja tõsta üsna kiiresti ning näete, et veetase hakkab alanema kogu seda ümbritsevas liivas. Kui vee väljatõstmist jätkate, vajub üldine veetase augu põhjani ning auk saab tühjaks.

Kirjeldatau aitab seletada, kuidas rajatakse madalaid salvkaeve. Looduses ei ole liiva- ja savikihid tavaliselt nii selgepiirilised. Enamasti on tegemist liiva ja savi segudega ning mõni neist juhib vett (loovutab seda kaevu) teistest paremini. Vett sisaldav ja loovutav maapõueosa on *veelade* ning pinnasekiht, mis vett halvasti läbi laseb – *veepide*. Kaevu rajades on oluline avada pinnasekiht, mis juhib hästi vett.

KUIDAS PÕHJAVESI IKKAGI TEKIB?

Selle teema illustreerimiseks tasub vaadata animatsiooni Interneti-aadressil http://dspace.utlib.ee/xmlui/bitstream/handle/10062/8994/pojavee_liikumine.swf?sequence=1

Kui sademevesi imbub maasse, vajub ta esialgu veelademes maa raskusjõu toimel allapoole, kuni tuleb vastu veepide. Vesi tungib ka veepidemesse, kuid saab seal liikuda vaid aeglaselt. Seetõttu koguneb veepideme peale põhjavesi, mis hakkab mööda veeladet kõrgemalt



Joonis 1. Poorsetes kivimites (A), nt liivakivides, on põhjavesi osakestevahelises poorides, kõvades kivimites (B), nt lubjakivides, liigub ta mööda kivimi lõhesid



Joonis 2. Põhjavesi saab lõhelistes kivimites liikuda vaid mööda lõhesüsteeme

madalamale laiali voolama. Nii täituvad järk-järgult kõik pinnasekihid ning põhjavesi uueneb vaid kõrgemal oleval toitealal. Maapinnas liigub vesi aeglaselt ja seetõttu ei jõua selle kihid enne uute vihmade saabumist kuivaks joosta. Mingil hetkel saabub tasakaal juurde- ja äravoolava vee vahel ning pinnase poorid on teatud sügavuseni täidetud põhjaveega.

MILLE POOLEST ERINEB PÕHJAVEE LIIKUMINE LIIVAKIVIDES JA LUBJAKIVIDES?

Kogu eespoolne jutt käib poorsete kivimite ja setete kohta. Poorsetes kivimites liigub põhjavesi kivimi- või setteosakeste vahelisi tühemikke pidi. Toodud näites täidetigi akvaariumis veega liiva- ja saviterade vaheline ruum. Poorse keskkonna suurendatud pilt on joonisel 1 A.

Lõhelised on üldjuhul kaljukivid, millesse on geoloogiliste protsesside käigus tekkinud eri suuna ja ulatusega

lõhed. Kuigi kogu kivim on veega küllastunud, s.o vett täis, saab põhjavesi hästi liikuda vaid lõhesid pidi (joonised 1 B ja 2). Selliseid lõhelise peakivimi kihte võib näha Põhja-Eestis ning kevadeti imetleda paeseinalõhedest välja imuvat põhjavett või sellest tekkinud suuri jääpurikaid.

Kui poorsete kivimite puhul saab veesakeste liikumise suunda üsna kindlalt ennustada, sest pooriruum jätkub ühtlaselt igas suunas, siis lõhelistes kivimites sõltub vee liikumine suuresti lõhede suunast, suurusest ja jätkuvusest. Püüdke ette kujutada veesakeste liikumist diagonaalsi mööda joonisel 1 kujutatud kivimiplokke. A-plokis võib ta tõepoolest liikuda diagonaali mööda, ent B-plokis on tal selleks vaid paar võimalust ning ta ei pruugi vastasnurka jõudagi. Ka joonisel 2 näitavad põhjavee liikumisteed kujutavad nooled, et punktist A punkti B jõudmiseks on mitu võimalust, vesi võib aga voolata hoopis punkti C.

MILLIST PÕHJAVETT EESTIS KASUTATAKSE?

Maapõuest saab põhjavee kätte, kui rajada kaev. Mida madalamalt põhjavesi saadakse, seda soodsam. Seetõttu on vaja täpselt teada, millised põhjaveelademed meil mingis piirkonnas levivad. Arvestades levivate põhjaveelademete paiknemist pindalaliselt ja üksteise suhtes, võib Eesti jagada kolmeks ühesugust põhjavett kasutavaks tsooniks (joonis 3).

Joonisel 3 kujutatud põhja-lõuna-suunaline läbilõige jaguneb põhjavee

tarbimise seisukohast klindieelseks madalikuks ning Kesk- ja Lõuna-Eestiks. Neist kõige põhjapoolsem on **Põhja-Eesti klindieelne madalik**, kus levivad vaid kambriumi ja vendi kivimite veelademed. Loode- ja Põhja-Eestis on kasutusel Cm-V põhjaveelade ning Kirde-Eestis Voronka ja Gdovi veelademed.

Kesk-Eesti tsoon ulatub Põhja-Eesti klindist devoni kivimite leviku alguspääriini. Siin on maapinnalt esimene aluspõhjaline S-O veelade kaetud õhukese pinnakattega. S-O veeladet moodustavate kivimite veejuhtivus on maapinna lähedal väga hea ning see annab palju eeliseid, kuid seda võib ka puuduseks pidada. Hea veejuhtivusega kivimite kaevud on väga veerikkad, kuid nendes kivimites levib ka reostus kiiresti. Nii ongi Kesk-Eesti tsoonis, kus kasutatakse karbonaatkivimite ülemist põhjavett ning kus põllumajandus on hästi arenenud, paljud kaevud reostunud lämmastikuühenditega. Kui põhja pool on ühisveearustuseks võimalik kasutada ka alumiste O-Cm ja Cm-V veelademe põhjavett ning S-O veeladest võtavad vett vaid üksikmajapidamised, siis Tapa-Haapsalu joonest lõuna pool on alumised põhjaveelademed liiga sügaval ning ainus võimalus on võtta vett S-O veeladest. Selles piirkonnas peab oma tegevust hoolikalt planeerima, et väärtuslik põhjavesi ei reostuks.

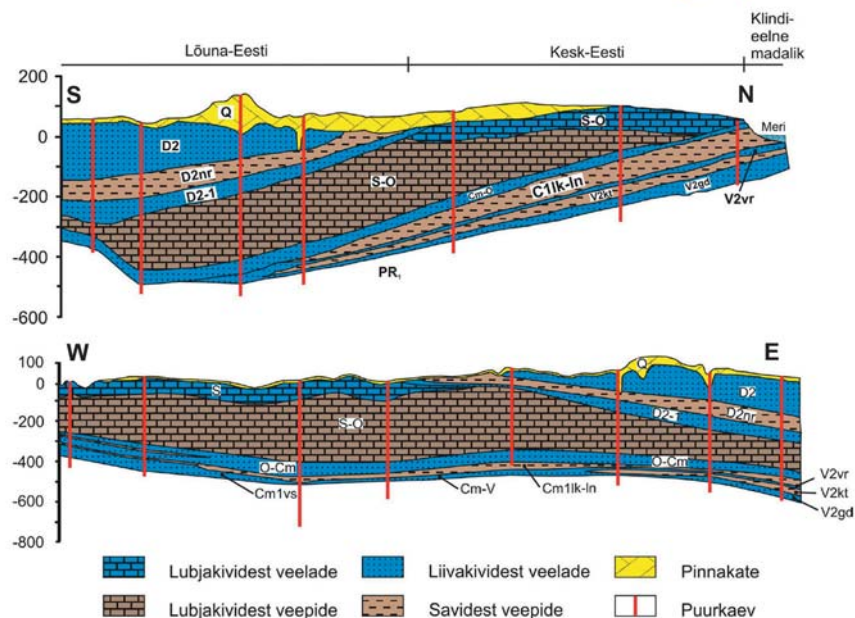
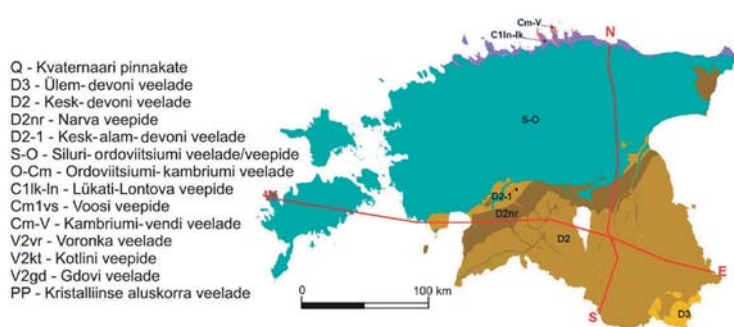
Lõuna-Eestis, kus pinnakatte all avanevad devoni liivakivid, on põhjavett võetud peamiselt kesk-devoni veeladest. Devoni kivimite leviku piirist lõuna pool, võetakse umbes 30 km laiusel alal puurkaevudega alam-kesk-devoni ja siluri-ordoviitsiumi põhjaveelademe vett. Vanemas kirjanduses võivad need ladestud kanda ka Pärnu-siluri veekompleksi nime.

Kui kellelgi on huvi täpsemalt uurida, kus ja millised põhjaveelademed Eestis levivad ning millised on nende lademe omadused ja põhjavee keemiline koostis, võib ta selle kohta teavet leida väljaannetes [2], [3] ja [4].

Puurkaevude rajamisel poorsesse pinnasesse ja lõhelistesse kivimisse on oma eripärad.

PUURKAEVUDE RAJAMINE PÕHJA-EESTI KLINDIEELSE MADALIKUL

Klindieelset madalikul rajatavate puurkaevude sügavus on tavaliselt 90–120 meetrit.



Joonis 3. Veejuhtivusest sõltuvalt jagunevad Eesti aluspõhjakivimid veelademeteks ja veepidemeteks. Läbilõigete asukohad on ülimal skeemil näidatud punaste joontega

Seal saab kasutada vaid sügaval asuvaid Cm-V põhjaveelademeid. Nendeni jõudmiseks on vaja esmalt läbida keskmiselt 70 m paksune Lontova sinisavide kiht. Läbi sinisavide puurides isoleeritakse tavaliselt ülemine 20–30 m paksune kiht konduktoriga ning puurimisel kasutatakse rataspuuri ja puurlahust või suruõhuvararat ja kompressorit. Mõlema puurimisviisi puhul on puurimisjõudluse huvides vaja jälgida eriomaseid tingimusi. Näiteks suruõhuvararaga puurides on vaja konduktoriga kindlalt sulgeda maapinnalähedane põhjaveekiht, et selle vesi ei pääseks rajatavasse puurauku. Kui seda ei tehta, ei ole leostunud ja sitke savi sees suruõhuvararaga midagi peale hakata. Kui vesi peale ei jookse, saab lahtipuuritud savi suruõhu abil tolmu-na välja puhuda. Rataspuurimisel on parima jõudluse saamiseks soovitatav kasutada polümeerilisandiga puurlahust, sest siis ei leostu lahtipuuritud materjal vees ning tuuakse puuraugust välja tervete tükkidena. Puurimiskiirus sõltub puurhiiva eemaldamisest.

PUURKAEVUDE RAJAMINE KESK-EESTIS

Kesk-Eestis, kus õhukese pinnakatte all levivad lõheliste karbonaatkivimid, rajatakse kuni 50 m sügavusi puurkaeve. Karbonaatkivimite levikualal tuleb seejuures alati arvestada kaht olulist keskkonnatingimust:

- läbikõike ülemises osas levivad väga veerikkad kivimid, mis võimaldaksid küll rajada väga suure tootlikkusega puurkaeve, ent sageli on nendes sisalduv vesi inimtegevuse tagajärjel reostunud;
- inimtekkeline reostus sügavuti küll väheneb, ent väheneb ka kivimikihtide veeandvus ning alates 50-st meetrist suureneb tõenäosus, et põhjavesi sisaldab ülemäära fluoriide [1].

Seetõttu suletakse puurkaevu rajamisel ülemised veerikkad kihid manteltoruga ning edasisel puurimisel kontrollitakse kaevu tulevat veehulka. Puurkaevu lõplikku sügavust ei ole kunagi võimalik täpselt ennustada.

Karbonaatkivimite avamusalal puu-

ritakse kaevusid rataspuuri ja puurlahuse või suruõhuvasara ja kompressori abil. Puurimiskiirus on suruõhuvasaraga puurides suurem ning suruõhku kasutades on puurkaevu lisanduva vee hulka kergem hinnata. Rataspuuri puhul valitseb oht, et puurlahus neeldub lähelistesse kivimitesse ning seetõttu võib puurimiseks kuluda tublisti rohkem aega.

Karbonaatkivimites puurimise omapära on see, et kohati võib esineda suuri (kuni 20 cm) lubjakivilõhesid ja karstimoodustisi, puurimisel on avatud isegi 80 cm läbimõõduga karstikoobas. Suurest lõhest või karstikoopast on alati väga raske edasi puurida, sest lõhe neelab kogu allapumbatava puurlahuse. Suruõhuga puurides teeb muret purdmaterjali pealevool ning see, et puurvarda vahetamise ajal valgub kogu lahtipuuritud osa üha uuesti täis. Sellisel juhul pakub lahenduse tellijaga sõlmitud kokkulepe, et kui vesi ei ole reostatud, võib puurkaevu sügavus jääda väiksemaks. Alternatiivne võimalus on puurida uus kaev teise kohta, sest lõhed levivad lubjakivides väga ebahütlaselt. Näiteks seal, kus satuti karstikoopasse, sai viie meetri kaugusel puurida täiesti projektikohase puurkaevu.

PUURKAEVUDE RAJAMINE LÕUNA-EESTI LIIVAKIVIDE AVAMUSALAL

Lõuna-Eesti liivakivide alal on devoni (D) liivakivid tavaliselt kaetud piisava paksusega pinnakattega ning inimtekeline reostus palju muret ei tee. Samas on devoni liivakivide põhjavesi tuntud oma suure rauasisalduse poolest ning sisalduse suurust on üsna raske ennustada. Ka puurkaevu rajamisel liivakividesse tuleb arvestada nende struktuuri ja tsementeerumust ehk seda, kui tugevad nad on. Kui kaev rajatakse pehmetesse kihtidesse, on karta, et sellest hakkab saama liivarikast vett. Viimaste aastate praktika on näidanud, et kui liivakivi ei ole väga pude, siis rauasisalduse poolest parima vee saab läbilõike ülemisest osast. Seetõttu on liivakividesse puurimise ajal väga oluline jälgida nende tsementeerumust ja veeandvust ning rajada nii madal kaev kui võimalik. Siis saab tellija tõenäoliselt hea vee ning kaevu rajamiskulud on väiksemad. Ometi võib Lõuna-Eestis rajatavate puurkaevude sügavus ulatuda 120 meetrini, sõltuvalt liivakivide katvate kvaternaarisetete paksusest. Puurimise ajal suletakse kvaternaarisetted

konduktoriga ning seejärel puuritakse kaev kas rataspuuri või suruõhuvasara abil lõppsügavuseni. Seejärel manteldatakse puurkaev ühe kolonniga lõppsügavuseni ning vett haaravasse ossa paigaldatakse pilufilter. Pilufiltri taha, kivimi ja filtri vahelisse ruumi, on liivakivides alati soovitatav puistata kruusa, et suurendada kaevu tootlikkust ning peened liivaosakesed kinni pidada. Muu mantelrotutagune ruum täidetakse tsemendiga kuni maapinnani. **A.M.**

Viidatud allikad

1. Karro, E., Indermitte, E., Saava, A., Haamer, K., Marandi, A. 2006. Fluoride occurrence in publicly supplied drinking water in Estonia. *Environmental Geology*, 50 (3), 389–396.
2. NSVL hüdrogeoloogia. 1966. XXX kd, Eesti NSV. (Vene k.)
3. Raukas, A. (koost). 1996. Eesti Loodus. Valgus, Tallinn, 606 lk.
4. Raukas, A. & Teedumäe, A. (comp./eds.). 1997. *Geology and Mineral Resources of Estonia*. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 436 pp.

European Environmental Press

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

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

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

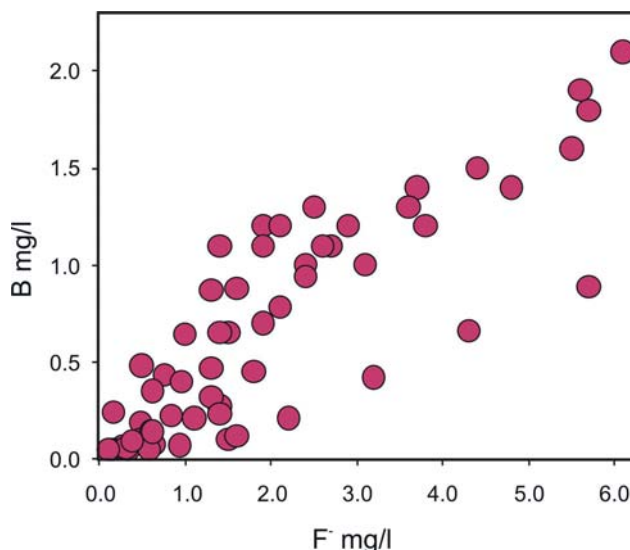
SILURI-ORDOVIITSIUMI VEELADESTU FLUORIIDIDE JA BOORI GEOLOOGILISED ALLIKAD

ENN KARRO ja MARGE UPPIN

Tartu Ülikooli geoloogia osakond

PÕHJAVESI on Eestis eriti oluline loodusvara ning on enamiku Eesti linnade ja muude asulate joogiveeallikas. Vees leiduvad keemilised elemendid ja ühendid osalevad ainevahetuses ning avaldavad mõju organismi arengule, kasvule ja paljunemisele. Seepärast on tarbitava vee ohutus ja keemiline koostis väga oluline. Inimorganismi kõige enam kahjustavateks elementideks Eesti põhjavees võib pidada fluori ja boori, mille looduslik sisaldus ületab paljudes puurkaevudes joogiveele kehtestatud piirkontsentratsiooni [1, 2]. Euroopa Liidu joogiveedirektiivi [3] ja sellega kooskõlastatud Eesti joogivee kvaliteedinõuete [4] kohaselt on selle fluoriidide piirsisaldus 1,5 mg/l ning boori oma 1,0 mg/l.

Fluor (F) on keemiliselt aktiivsemaid elemente, mis esineb põhjavees peamiselt F⁻-ioonina (fluoriidina) ning orgaaniliste ja anorgaaniliste kompleksühendite koostises. Inimorganismis on fluor vajalik hammaste ja luude arenguks. Erinevalt muudest bioelementidest ei suuda toit katta organismi fluorivajadust ning seetõttu on joogiveel oluline osa selle elemendi allikana. Kui joogivees on fluori vähe (F < 0,5 mg/l), võib tekkida ja areneda hambakaaries. Kaarise vastu vajab organism



Joonis 2. Põhjavee F- ja B-sisalduse korrelatiivne seos

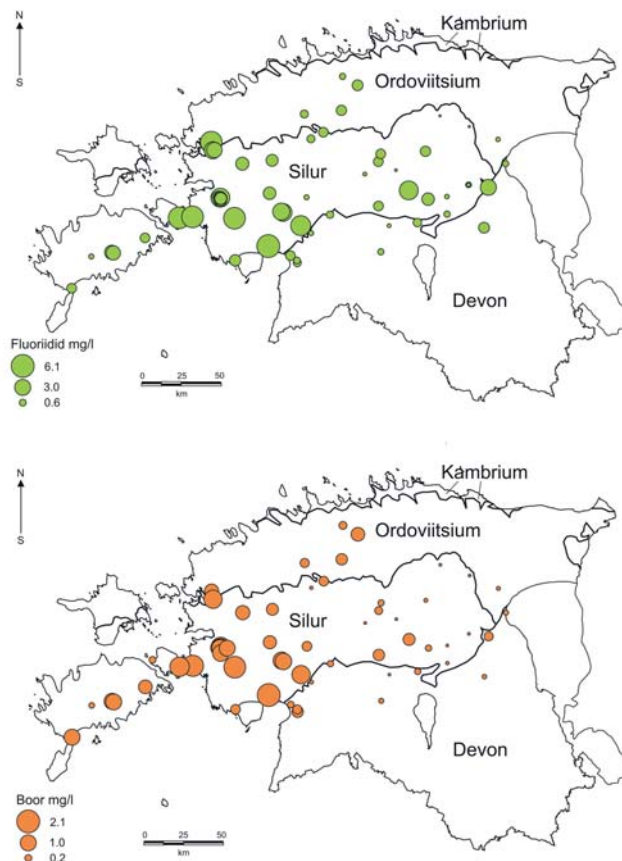
üsna vähe fluori, joogivee liigne fluorisisaldus võib aga põhjustada hambafluuroosi (kui F > 1,5 mg/l) ja skeletifluuroosi (F > 4 mg/l) [5, 6].

Boor (B) on vees lahustuv keemiline element, mis vesilahustes esineb B(OH)⁴⁻-ioonina või dissotseerumata boorhappena B(OH)₃. Kuigi boori piirsisaldus joogivees on praegu 1,0 mg/l, peab Maailma Terviseorganisatsioon [5] soovitusväärtuseks 0,5 mg/l. Pikaajalised loomkatsed on näidanud, et joogivee liigne boorisaldus põhjustab reproduktioonisüsteemi häireid ja loote kehakaalu mahajäämuse, aga ka ainevahetushäireid ja soolepõletikke [5].

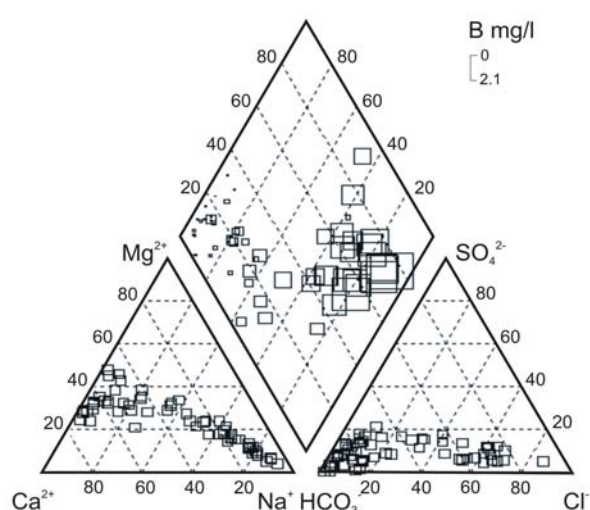
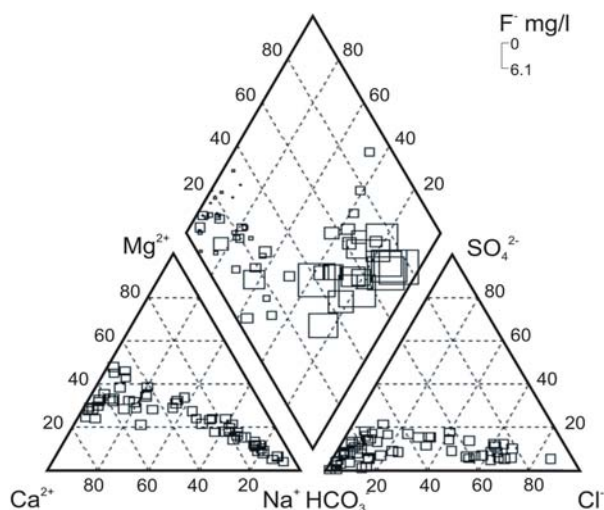
FLUORIIDIDE JA BOORI LEVIK NING HÜDROKEEMIA SILURI-ORDOVIITSIUMI VEELADESTUS

Siluri-ordoviitsiumi (S-O) veeladestu on oluline veevarustusallikas Pärnu-Tartu joonest põhja poole jääval alal ja Lääne-Eesti saartel, kus sellest võetakse 30 % Eestis tarbitavast põhjaveest. Veevõtt on suurem vaid kambriumi-vendi põhjaveeladestust, mis on tingitud Põhja-Eesti rannikul asuvate linnade ja tööstusettevõtete veevajadusest. S-O veeladestu paikneb siluri ja ordoviitsiumi ladestu lubjakivides ja dolomiitides, milles esineb savikaid vahekihte ning mille ülemine 30 m paksune osa on tugevasti karstunud ja lõhenenud. Karbonaatkivimite lõhelisus ja karstumus kahanevad sügavuse suunas. Samas suunas vähenevad ka kivimite veejuhtivus ja veeladestu veeandvus, kuni veeladestu muutub siluri-ordoviitsiumi veepidemeks [7].

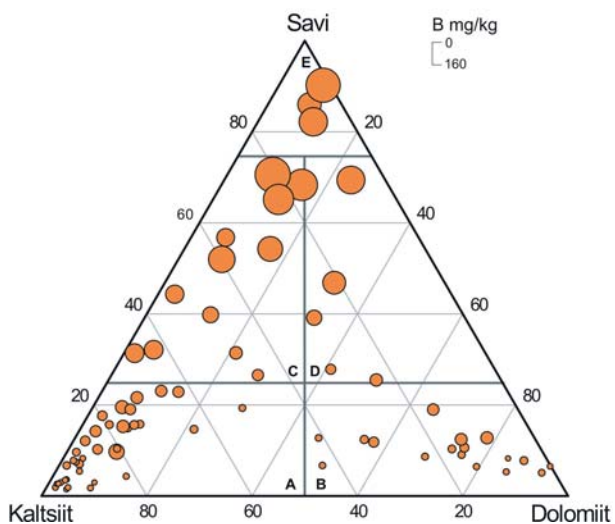
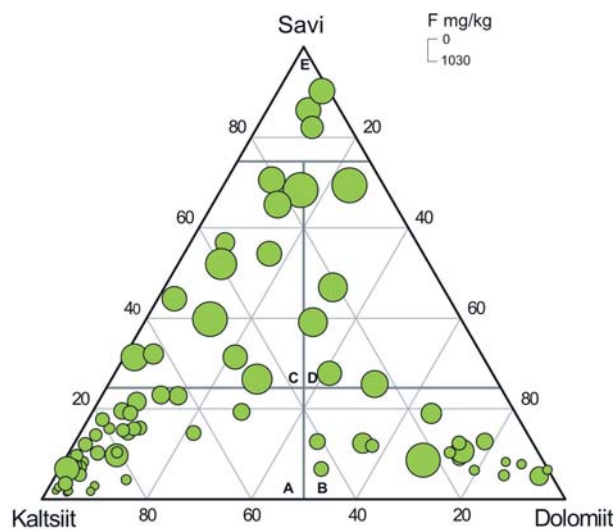
Joogiveele kehtestatud piirkontsentratsioone ületavat looduslikku F- ja B-sisaldust esineb kõikides Eesti veeladestutes



Joonis 1. F- ja B levik ning sisaldus S-O veeladestus



Joonis 3. Piperi diagrammid iseloomustavad S–O veeladestu põhjavee F- ja B-sisaldust sõltuvalt vee keemilisest tüübist



Joonis 4. Kivimiproovide F- ja B-sisaldus sõltuvalt kivimitüübist. Karbonaatkivimite klassifikatsioon ainelise koostise järgi ([10] põhjal):

- A** – lubjakivid,
- B** – dolomiidid,
- C** – merglid,
- D** – domeriidid,
- E** – savid

[8], kuid suuremad väärtused seostuvad kaardipildis eelkõige siluri ja ordoviitsiumi ladestute avamustega (joonis 1), kus S–O veeladestu on tihti ainus joogiveeallikas. Fluoriiooni ja boori oli piirsisaldusest rohkem vastavalt 46,7 % ja 28,3 % põhjaveeproovidest (analüüsiti 60 proovi), kusjuures F- ja B-sisaldus oli suur peamiselt Lääne-Eestis. Fluoriidi- ja boorisalduse vahel esines positiivne korrelatsioon (joonis 2), mis viitab nende elementide ühesugusele hüdrokeemilisele käitumisele ning seetõttu ka otstarbekusele neid geokeemilistel uuringutel koos käsitleda.

Põhjavee keemiline koostis kujuneb mitme keskkonnateguri koosmõjul. Karbonaatse kivimiladestu lõhelisus ja sellest tulenev veevahetuse kiirus vähenevad sügavuse suunas ning settekivimite koostis ja tüüp on ruumis muutuvad. Pikemat aega ümbriskivimiga kontaktis olnud põhjaveesi peegeldab kivimi keemilist koostist ning veeladestu geokeemilist ja hüdrodünaamilist iseloomu. Sellest tingituna erineb piirkonniti ka lahustunud keemiliste elementide ja nende vahekorra tulenevat eri keemilist tüüpi vett. Põhjavee keemilisest tüübist sõltub omakorda vee muude elementide, sh boori ja fluori sisaldus.

F- ja B-sisalduse sõltuvust vee keemilisest tüübist väljendavad hästi Piperi diagrammid (joonis 3), mille koostamisel on arvestatud peamiste kationide (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) ja anioonide (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) sisaldust vees. S–O veeladestus on laialt levinud suure Ca^{2+} - ja Mg^{2+} -sisaldusega HCO_3^- -Ca-Mg- ja HCO_3^- -Mg-Ca-tüüpi veed, mille F- ja B-sisaldus on üldiselt väike. Karbonaatkivimite koosnevas veeladestus on piisavalt Ca^{2+} , et fluoriide nt CaF_2 moodustumise kaudu vesilahusest välja sadestada. Suhteliselt suur F- ja B-sisaldus on iseloomulik peamiselt Na^+ - ja Cl-rikkale Cl- HCO_3^- -Na- ja HCO_3^- -Cl-Na-tüüpi põhjaveele, mis on valdav veetüüp Lääne-Eestis ning S-O veeladestu sügavamates osades. Aktiivse veevahetuse võondis paiknevate madalate puurkaevude vee fluoriidi- ja boorisaldus on üldjuhul nõuetekohane ning ülemäärast sisaldust tuleb ette sügavates, savikaid lubjakive ja dolomiite avavates lühikese töötava osaga puurkaevudes.

PÕHJAVEES SISALDUVATE FLUORIIDIDE JA BOORI GEOLOOGILISED ALLIKAD

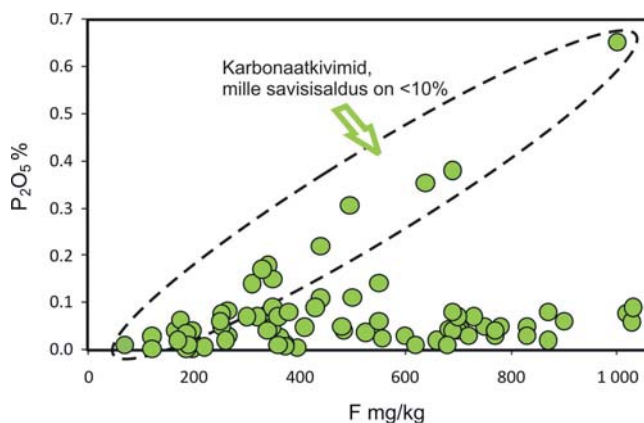
Fluoriidide ja boori looduslikud allikad on üsna sarnased. Mõlemad seostatakse peamiselt savikate setetega, kus F ja B võivad asendada savimineraalide struktuuris olevat OH-iiooni, ent ka vulkaanilise materjali ja hüdrotërmaalsete protsessidega. Kivimitüüpidest esinevad F ja B peamiselt graniitides,

karbonaatkivimites ja evaporiitides. Valdav osa fluorist ja boorist on setetesse kuhjunud nende tekkimise ajal, allunud hilisematele geokeemilistele protsessidele ning sattunud põhjavette peamiselt veeladestut moodustavate kivimite pikaajalisel leostumisel. Fluoriidide ja boori võimalikuks looduslikuks allikaks Eesti põhjavees võib pidada karbonaatkivimeid ning vulkaanilise tuha savikaid kihte – K-bentoniite, mida leidub Eesti siluri ja ordoviitsiumi ladestu läbilõigetel karbonaatkivimite vahekihtidena.

Kivimiproovide keemilised analüüsid näitavad, et lubjakiivide ja dolomiitide fluorisisaldus on valdavalt 100–500 mg/kg ning boori oma 5–20 mg/kg. Fluori ja boori on kivimeis seda rohkem, mida suurem on nende savisisaldus (joonis 4) ning võib merglitest ja domeriitides olla kuni 500–1000 ja 30–150 mg/kg. Kõige rohkem on neid K-bentoniidi kihtides – fluori 400–4500 ning boori 50–350 mg/kg. Sellest võib järeldada, et fluor ja boor leostuvad soodsate hüdrokeemiliste tingimuste korral põhjavette peamiselt merglitest ja domeriitidest ning K-bentoniidi kihtidest. Fluori on peale savikamate kivimite rohkesti ka sellistes lubjakivides ja dolomiitides, milles savisisaldus jääb alla 10 %, ning mille proovides võib täheldada selget positiivset fluori- ja P_2O_5 -sisalduse vahelist korrelatsiooni (joonis 5). Neis kivimeis võib fluori tõenäoliselt allikaks pidada suhteliselt suurt apatiiti – $Ca_5(PO_4)_3(F,OH,Cl)$ – sisaldust.

Järjestikuse ekstraheerimise katsed [10] on näidanud, et fluori leostub savikatest dolomiitidest (29 mg/kg) ja K-bentoniitidest (25–51 mg/kg) vette tunduvalt enam kui lubjakividest (4–10 mg/kg). Ekstraheerimise teisel etapil (0,5 M Tironi lahusega, mis vabastab kivimist Fe- ja Al-oksiididega seotud fluori) leostus K-bentoniitidest lisakogus (33–191 mg/kg) fluoriide. Kuna valdavalt 2–50 cm paksused K-bentoniidi vahekihtid moodustavad veeladestusse kuuluvate kivimite mahust üsna väikese osa, etendavad vee fluoriidi- ning ilmselt ka boorisalduse reguleerijana peamist rolli savikad karbonaatkivimid. Tuleb küll tõdeda, et boori osas ei ole analoogilisi leostuskatseid veel tehtud.

Elanike joogiveevarustust kavandades ja arendades tuleks kindlasti silmas pidada fluori ja boori kui potentsiaalselt toksiliste elementide sisaldust vees ning võimaluse korral valida veeallikas, kus neid ülemäära ei ole. Tihti aga piirab valikuvõimalusi piirkonna geoloogiline ehitus, mis dikteerib üsna ühelselt eksploateeritava veeladestut ning selle vee mineraloogilise geokeemilistest iseärasustest tuleneva loodusliku koostise. Sügavad puurkaevud annavad fluori- ja booririkamat põhjavett kui madalad, seetõttu võib piirkonnast ja geoloogilise läbilõike hüdraulilistest omadustest olenevalt olla majanduslikult otstarbekas rajada madalaid puurkaeve. Sellised kaevud jäävad aktiivse veevahetuse võõsse, kus põhjavees on üldjuhul vähem mikroelemente kui aeglase veevahetusega sügavamates kivimikihtide vees. Samas ohustab madalaid puurkaeve maapinnalt lähtuv reostus ning piiranguks võib osutuda kaevu vajalikust tagasihoidlikum toodang. Kui hüdrogeoloogilised tingimused võimaldavad, võib kaaluda eri veeladestute või lademetete vee segamist. Sageli on aga veehaarete varustamine puhastusseadmetega ainus võimalus vee viimiseks vastavusse kvaliteedinõuetega. Viimastel aastatel on joogiveevarustuse parandamiseks rajatud uusi puurkaeve, laiendatud veevõrke ning ehitatud vee puhastusjaamu (sh pöördosmoosi rakendamise fluoriidide eemaldamiseks), tänu millele on elanike eksponeeritus joogivee suurele fluoriidisisaldusele vähenenud.



Joonis 5. Kivimi fluorisisaldus funktsioonina P_2O_5 -sisaldusest

TÄNUAVALDUS

Artikkel on valminud ETF grandil 7403 „Kivimites esineva boori ja fluori leostumist kontrollivad looduslikud protsessid ja geokeemilised tegurid“ toel.

A.M.

Viidatud allikad

- Indermitte, E., Saava, A., Karro, E. 2009. Exposure to high fluoride drinking water and risk of dental fluorosis in Estonia. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 6(2): 710C1-721.
- Karro, E., Marandi, A., Vaikmäe, R., Uppin, M. 2009. Chemical peculiarities of Silurian- Ordovician and Cambrian-Vendian aquifer systems in Estonia: an overview of hydrochemical studies. *Estonian Journal of Earth Sciences* 58(4): 342C1-352.
- Council directive 98/83/EC. On the quality of water intended for human consumption. *Official Journal L* 330, 05/12/1998: 0032-0054.
- Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid. 2001. SOMm RTL 100, 1369.
- WHO 2004. Guidelines for drinking-water quality. 3rd ed. World Health Organisation, Geneva, 515 p.
- Indermitte, E., Saava, A. 2006. Fluor joogivees, selle võimalikud tervisemõjud. *Eesti Arst*, 85(1): 26–31.
- Perens R., Vallner L. 1997. Water-bearing formation. In: Raakas, A., Teedumäe, A. (eds.). *Geology and mineral resources of Estonia*. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 137–145.
- Karro, E., Indermitte, E., Saava, A., Haamer, K., Marandi A. 2006. Fluoride occurrence in publicly supplied drinking water in Estonia. *Environmental Geology* 50: 389–396.
- Vingisaar, P., Oraspõld, A., Einasto, E., Jürgenson E. 1965. Karbonaatkivimite ühtne klassifikatsioon ja legend. Tallinn, 49 lk.
- Haamer, K., Karro, E. 2006. High fluoride content of K-bentonite beds in Estonian Paleozoic carbonate rocks. *Fluoride* 39(2): 132–137.

PÕHJAVETT SÄÄSTEV PAEKARJÄÄR

ENN SOOVIK

PÕHJAVEEKAITSE poolest tundlikud paemaardlad, Nabala nende hulgas, on viimasel ajal tekitanud eri põhjendatud huvide vastasseisu. Nabala maapõu sisaldab 52 mln m³ valdavalt hea kvaliteediga lubjakivi – väärtuslikku ehitusmaterjali logistiliselt soodsas kohas. Tõsist tähelepanu ja kaitset vääriavad aga ka sealsed karstivormid (sh Tuhala nõiakaev), kuue teistkümmne küla veevarustus ning kápaliste kasvuala. Kolm ettevõtet on esitanud Keskkonnaministeeriumile taotluse nelja lubjakivikarjääri avamiseks Nabala maardlas, kohalikud omavalitsused on aga üksmeelselt selle vastu ning netiallkirju Tuhala nõiakaevu kaitseks on kogunenud kümnete tuhandete kaupa. Arvamust on avaldanud ka mitu teadlast.

Kaevandamisvastaste põhiargument on karjääride kardetavalt suur mõju karstiala põhjaveerežiimile (väidetavalt tavamudeliga kirjeldamatu alanduslehter raadiusega kuni 15 km) ja sellega kaasnevad tagajärjed Seejuures on aga lähtunud peamiselt vaid traditsioonilisest kaevandamisviisist, mille puhul põhjavee taset tõkestamatult alandatakse, jättes muud tehnoloogilised võimalused arvestamata. Keskkonnaminister on lubanud, et ta kaevandamisloale allkirja enne ei anna, kui on veendunud, et kasutusele võetav kaevandamisviis keskkonda ei ohusta (Postimees, 15.03.10). See selge ja põhjendatud seisukoht osutab vajadusele probleemiga täiendavalt tegelda. Sellele on pühendatud ka käesolev artikkel

Nabalale oletatavasti soodsa lahendusena on seni nimetatud veealust kaevandamist. Asjasse lähemalt süüvimata märkigem, et lubjakivi väljamine ilma ülemääraste kadudeta üle 20 meetri sügavuse vee alt ning nõnda, et tõkestamatult liikuvat karstivett ei saastata, on praeguste tehniliste võimaluste juures üpris kahtlane ettevõtmine. Seetõttu on mõistlik juhtida asjaomaste ringkondade tähelepanu tehnoloogilisele võimalusele, mille

puhul on tavapäraseid karjääritõid teataval viisil rühmitades ja järjestades võimalik nii põhjavett säästa kui ka lubjakivi erilise lisatööta, ent kuidas tingimustes väljata.

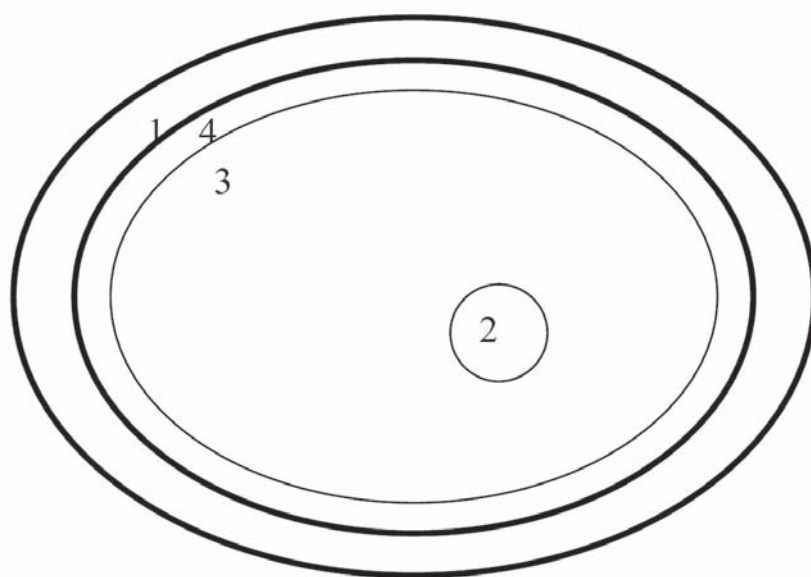
KARJÄÄR TULEB HÜDRAULILISELT ISOLEERIDA

Kui karjääri seinad ja põhi vett läbi ei laseks, oleks pikemata selge, et välja tuleks pumbata võrdlemisi vähe vett ning ümbritseva põhjavee tase kuigi palju ei muutuks. Nagu järgnevalt selgub, on sellele ideaalmudelile lähedane praktiline lahendus Nabala jaoks olemas.

Nabala maardlasse kavandatava Nõmmküla karjääri keskmiselt 23 m sügavusel asuv põhi jääb vähemalt kümme meetrit karstunud kihist allpool olevasse tihedasse lubjakivisse, mille ristsuunalist veeläbilaskvust võib hinnata nullilähedaseks. Niisiis on (väljaspool rikkekohti) peaaegu vettpeidav karjääripõhi looduse poolt

olemas, jääb vaid rajada samaväärne sein.

Piisavalt väikese veeläbilaskvusega karjääriseina (veetõket) on võimalik luua sel moel, et ammendatud karjääri nõlvade korrastamiseks vajalik kvaternaarsesteline kattmaterjal (v.a kruus, liiv ja vähelagunenud turvas) kasutatakse juba varem ära ka veetõkke tekitamiseks, millest alles hiljem saab nõlvakate. Selleks rajatakse kaevetööde alul piki karjääri välispiiri karjääri põhjani ulatuv 20–40 m laiune kontuurtranšee (vt joonis 1), mis täidetakse tööee edasiliikumisel tagantpoolt pidevalt kogu ristlõike ulatuses kihiti tihendatavast saviliivast, liivsavist, savist ja keskmiselt ning hästilagunenud turbast täitematerjaliga. Nõmmkülas on sellist materjali piisavas koguses ning sellest tehtud veetõkke filtratsioonimoodul oleks alla 0,1 m/d (lubjakivis seevastu 2–60 m/d). Võrreldes tõkestamata sissevooluga väheneks põhjavee juurdevool karjääri vähemalt kümme korda



Joonis 1. Veetõkkega paekarjääri põhimõtteskeem:

- 1 on veetõkkeseinaga kontuurtranšee,**
- 2 kaevandamise alustamiskoht karjääri põhiosas,**
- 3 karjääri põhiosa,**
- 4 ajutine tugisein**

ning põhjavee tase väljapumpamise abil kuivana hoitava karjääri ümber nimetamisväärselt ei alaneks (vt E. Soovik. Paekarjääri veetõke. Keskkonnatehnika 5/08).

Karjääri rajamisel tehakse kõigepealt valmis kontuurtranšee ja veetõke. Väljatav lubjakivi läheb kaubatoodanguks. Kontuurtranšee järk-järgult edasinihitatavast mäetehnilises mõttes (masinate töötamiseks) vajaliku pikkusega tööest tuleks vett välja pumbata 10–50 l/s vett ning selle ümber tekiks põhjavee ajutine alanduslehter raadiusega alla 1 km. Põhjavee režiim muutuks vaid umbes niisama palju, kui on seal kandis kogetud põuasel aastal. Kui veetõke umbes 50 ha suuruse kuivana hoitava karjääri ümber valmis saab, on vaja välja pumbata vaid 10–20 l/s, kusjuures ümbritsev põhjavesi jääb peaaegu endisele tasemele. Kui karjääri veetõkestamisel lõigatakse läbi mõni suurem maa-alune veetee, ei ole mõni kohalik põhjaveetaseme muutus siiski välistatud.

PAE KAEVANDAMINE VEETÕKKEGA KARJÄÄRIS

Kaevandamine võiks olla korraldatud järgmiselt.

- Piki karjääri välispiiri kulgeva veetõkke rajamiseks kaevatakse kontuurtranšee, mis töö käigus pidevalt täidetakse 1. ja 3. tsoonilt (joonis 1) kooritud tihendatava pinnakattematerjaliga. Et tööesi on väike, on ka väljapumbatava vee hulk suhteliselt väike. See vesi, mille vooluhulka pidevalt registreeritakse, juhitakse

pärast setitamist pinnaveekogusse või immutatakse põhjavette tagasi. Kaevis tuuakse tööest välja mööda tagasitõitepealset kaldteed. Veetõke tehakse valmis võimalikult kiiresti, et säästa põhjavett ja vähendada väljapumpamiskulu. Kontuurtranšee tuleb rajada seirega kaetud katsekaevandusena, milles fikseeritakse ja analüüsitakse kõiki olulisi ilminguid kaevanduse mõjupiirkonnas, et neid edasise töö käigus arvesse võtta.

- Kui kogu kaevandusala ümbritsev veetõke on valmis, alustatakse pae väljamist kohas 2, mille kaugus veetõkkest on võrdeline kontuurtranšee tööest väljapumbatud ja registreeritud vooluhulgaga. Järkjärgult laiendatavast karjäärist väljapumbatav vesi juhitakse pärast setitamist pinnaveekogusse või immutatakse põhjavette tagasi.
- Kaevandamist jätkatakse alguskohata 2 ümbritsevate ringikujuliste, mäetehniliselt sobiva laiusega ribade kaupa. Järgmise riba juurde asutakse siis, kui eelmine on täielikult väljatud. Kogu kaevandusala äärde jäetakse esialgu väljamata 20 m laiune veetõket toetav riba (ajutine tugisein 4), milleni jõutakse kontuurtranšee tööes registreeritud sissevoolu suurenemise järjekorras.
- Veetõkke 20 m laiune ajutine tugisein kaevandatakse viimasena, pärast põhiosa 3 väljamist, alustades kontuurtranšee tööes registreeritud väikseima sissevoolu piirkonnast. Pärast tugiseina väljamist on karjääri kogu lubjakivivaru kuiva-

des tingimustes täielikult kaevandatud ning võib asuda kaevandamisjärgsete tööde juurde.

Pärast tugiseina 4 eemaldamist jätkab veetõke 1 esialgu oma põhiüleande täitmist, ainult karjääripoolne nõlv võtab ajapikku loomulikule varisemisnurgale omase kalde ning filtratsioonivoolu intensiivse väljumise kohtades võib pinnast välja uhtuda. Loodud tehisveekogu kiiremaks täitmiseks ja põhjavee kaevandamiseelse liikumisteede taastamiseks on vaja veetõke mõnes kohas – eeskätt kontsentreeritud voolu kohtades – kõrvaldada. Mujal tuleb veetõkkest kujundada tehisveekogu kasutusotstarbele vastava kaldega nõlv, nt kalakasvatuse korral järsem, supluskohta puhul laugem. Kompenseerimata lisatööd, võrreldes tavapärase kaevandamisega, ei ole seejuures tehtud, peamiselt on muudetud vaid tööde järjekorda.

Kirjeldatud töökorraldus võimaldaks lubjakivi kuivades tingimustes kaevandades põhjavett kaitsta, selleks lisakulusid tegemata. Karjäärist väljapumbatava vee hulga enam kui kümnekordse vähenemisega vähenevad ka energiakulu ja vee erikasutusmaks, mis teeb kuhjaga tasa tavapärast erinevale tööskemile ülemineku kulu. Peale selle on võimalik minimeerida mitme lähestikuse karjääri hüdroteoloogilist koostõju, mis võib tavalise tehnoloogia rakendamise korral olla üksikmõjuga võrreldes mitu korda suurem. Ära langevad diskussioonilise hüdroteoloogilise mudeli kasutamise vajadus ja sellest tulenevad probleemid.

A.M.

PUMBAD VENTIIID LAADIMISSEADMED



www.pump.ee Pärnu mnt 153, 11624 Tallinn, tel 697 2572, faks 697 2570

MAAPÕUESEADUS VÕIKS KÄSITLEDA KOGU MAAPÕUE

ENNO REINSALU

TTÜ mäeinstituut

KUIGI MAAPÕUESEADUSE § 1 (1) väidab, et „...sätestab maapõue uurimise, kaitsmise ja kasutamise korra ning põhimõtted eesmärgiga tagada maapõue majanduslikult otstarbekas ja keskkonnasäästlik kasutamine“ [1], ei ole see ometi nii. Seadus on keskendunud maavaradele.

Maavara = maa(põue)vara ja maare = ma(a+a)are, nii nagu geoloogiakorüfee Karl Orviku neile Eesti esimeses määmajanduse õpikus [2] nimed pani, on maapõue ressurss. Kuid mitte ainuke ressurss. Teine on põhja- ehk maapõuevesi, mis koos muu veega on veeseaduse [3] kaitsta ja jagada. Mõlemad seadused kaitsevad oma ressursi. Näiteks sätestab veeseadus veehaarde sanitaarkaitseala (§ 28) ja veekaitsevööndi (§ 29), kuid teeb seda pindmiselt, kahemõõtmeliselt. Veeseaduse ruumiline aspekt, põhjavee puhul peamine, on olematu. Seaduses puudub isegi maapõuevee kihte vertikaalsuunas liigendava veepideme mõiste.

Maapõueseadus on asjalikum. Selles on 7. peatükk, mis sätestab mitte ainult maavara, vaid kogu maapõue kaitse. Selle peatüki § 63 (3) üritab tõkestada „... maapõue seisundit ja kasutamist mõjutavat püsiva iseloomuga tegevust...“ Millist tegevust silmas peetakse, jääb hääguseks. Mõningad lõigud seaduses ja selle normatiivdokumentides viitavad maapealsele tegevusele

Maa peal toimub mitmesugune tegevus ja selle ressurss on maa. Viljelusmaa, metsamaa, ehitusmaa puhkemaastik, maa teede, torustike, kraavide, kanalite jaoks, kaitse- ja hoialade maa jm on ressurss. Tavamõtlemise kohaselt on maa kahemõõtmeline ja seda mõõdetakse ning jagatakse pindalaliselt. Kuid mitte ükski loetletud ja loetlemata jäänud maaressursi liik ei saa läbi maapõuet – kõik toetuvad sellele. Toetudes nõuavad need oma osa maapõuest. Kui suurt ja kui sügavat, see ongi probleem.

Leppigem kokku, et **maatugi** *alias* **maapõuetugi** või **ehitustugi** on maapõue ressurss, osa maapõuest, mis on vajalik **ehitiste, kaitstavate loodusobjektide ja mälestiste** hoidmiseks [4].

Maatõe pärast tülitsevad hoonestajad ja kaevandajad. Esimesed tahavad, et kaljune maapõue toetaks nende maju, teised soovivad seal toota ehituskilustikku. Allmaaehtajad vajavad maapõues ehitusruumi tunnelite, elektrijaamade ja panilate jaoks. Nendega on konfliktis põhjavee tarbijad, kelle meelest allmaaehtajate ressurss (ehitusruum) on nende ressursi (põhjavee) jaoks keskkonnanähäring. Nagu ehitised, vajavad maatuge ka kaitstavad ja hoitavad objektid. Looduskaitsejad on maatõe suhtes üsna resoluutsed. Soovitakse „...looduskaitseaduses sätestamist, et ... kaitsereežiim laieneb ka ... maapõuele ja õhuruumile. Maapõueseaduses tuleks allmaaehtandamise suhtes sätestada sama nõue nagu avakaevandamise korral – luba ei anta, kui kaitstava loodusobjekti kaitse-eeskiri keelab maavara kaevandamise“ [5].

Arvan, et probleemi alus ja konflikti põhjus on selles, et maapõue ei tajuta ruumina ja seda piiritletakse üsna primitiivselt, mõneti ka vastuoluliselt, enamasti ainult pindmiselt. Nagu eespool toodud tsitaadist võib järeldada, välistavad kaitsealade eestvõitlejad igasuguse vertikaalsuunalise piiritlemise. Parem ei ole ka veeseadus, mille üks põhimõiste, veekaitsevöönd, on kahemõõtmeline ega arvesta veekihtide kaitstust ega sügavust. Veekaitsevööndis on keelatud „...maavara ja maa-ainese kaevandamine ning geoloogilise uuringu teostamine.“ Geoloogilise uuringu seisukohalt on see naeruväärne, sest täht-tähelt võttes ei tohi hüdroteoloog minna töö huvides veekogule lähemale kui 50 m. Allmaa- ja eriti süvakaevandamise jaoks muutub pindmine piiranguvöönd nonsensiks, sest kaevandamine, mis toimub veepideme all, ei mõjuta ei veekogu ega selle kaitsevööndit mitte kuidagi, samas kui veekaitsevööndist kaugel toimuv maapõuetöö võib küll mõjutada põhjaveekihti. Ja seda teevad mitte ainult maavara uuring ja kaevandamine, vaid ka ehitusgeoloogiline uuring ja allmaaehtamine, milleni veeseadus pole veel jõudnud.

Maapõueseaduses on olemas ruumilise jaotamise alge. Rõhtsuunas ehk maa-

pinna tasandil on maavara kuuluvuse ja valdamise aluseks maa liik, nt kinnistu, sihtotstarbeline riigimaa, territoriaalvesi, kaitsevöönd. Sügavuti on aluseks geoloogiline ehitus – maapõue jaotatakse aluspõhjaks ja pinnakatteks ehk enne- ja pärast-jääaegseteks seteteks [1, § 2 ja § 4]. Aluspõhja maavarale mitteriiklike isikute kinnisomand ei ulatu. Kuid see on vastuolus asjaõigusseadusega [6], mille § 127 kohaselt „...ulatus kinnisomand maapinnale ning õhuruumile ülalpool ja maapõuele allpool seda pinda sellise kõrguse või sügavuseni, milleni ulatus omaniku huvi kinnisasja kasutamisel, ja kinnisasja omanik ei või keelata tegevust, mis toimub sellises kõrguses või sügavuses, milleni tema huvi vastavalt kinnisasja kasutamise otstarbele ei ulatu.“ See säte annab kinnisasja omanikule, kelle huvi on säilitada ehitustugi või kelle otstarbekas põhjaveekiht on maavaralalusundis, keelata kaevandamine aluspõhjas, sest see on tema kinnistu jaoks keskkonnanähäring. Nii seob asjaõigusseadus suure osa maapõuest kinnisasjaga. Nii suure, kui suur on kinnisasjale vajalik maatugi. Ja jõuamegi tõdemuseni, et maatugi on maavara ja põhjaveega samaväärne maapõueressurss.

Ehitamise valdkonnas on asi selge. Praktiliselt iga hoone ja rajatise puhul arutatakse tema koormus ja ehitustoe ulatus nii horisontaal- kui vertikaalsuunas. See tähendab, et määratakse iga rajatise juurde kuuluv maapõue osa. Hea näide on rajatiste hoidmine põlevkivi allmaakaevandamise praktikas. Kui mäetöö jõuab hoone lähedusse, võetakse teadmiseks, et kinnistu omaniku või valdaja huvi ulatus põlevkivini. Kuigi maapõueseaduse kohaselt on põlevkivi riigi oma, jõuab asjaõigusseaduse kohaselt põlevkivini ka omaniku huvi tema kinnistu all. Asi lahendatakse projektipõhiselt – arvutatakse ja kujundatakse nii suured tervikud, et rajatis jääb püsima. Samuti toimitakse põhjaveerajatistega ehk puurkaevudega. Hoide- ja kaitsetervikud projekteeritakse ja jäetakse kõigile seaduslikele puurkaevudele, mis läbivad põlevkivi kihindit.

Selles osas projektipõhine tegevus toi-



2009. a süvel pidurdas Tallinn–Narva maantee Kukruse ringtee ehitustööd varing kohas, kus kaevanduskäiku poleks ohtinud olla. Ei olnudki – oli karstirike, millest mäemehed olid käiguga mööda läinud. See ei olnud esimene ega viimane juhus, kui tavapärase ehitusgeoloogiline uuring ei suutnud anda tehnogeense maapõue kohta adekvaatset teavet

mib ja kaitseb. Kahjuks ei jõuta samasuguste tulemusteni kaitse- ja hoiualade suhtes. Kuigi inseneriarvutused, mis lähtuvad maapõue ehitusest, häiringutest (karst, rikkevööndid, lõhelisus) ja hüdrogeoloogilistest omadustest (nt vee-kihid ja -pidemed, nende veejuhtivus ja anisotroopsus) lubaksid projekteerida mis tahes maapealse ja ka maapõue ulatuva kaitseala alla küllaldase maatoe, ei saa seda teha. Põhjus on usaldamatuses. Esiteks, kaitsealade tekitajad ei usalda inseneriarvutusi, sest nad ei saa neist aru. Teiseks, ja selleks on ka alust, kardetakse, et projekti ei järgita. Seda enam, et paljud maapõueressursse käsitlevad normatiivaktid väldivad projektipõhist ja toetavad juhendipõhist ressursikäitlust. Juhendipõhis on lihtne – kui miski arvatakse olevat ohtlik või keskkonnamõjuga, pannakse kirja, et ei tohi, ja kõik! Tavaliselt „ekspertmeetodil“, ilma inseneriarvutusteta, tihti rahvahäletuse alusel. Kui tekstiruum võimaldaks, võiks tuua näiteid, kui palju kahju toob majandusele ja keskkonnale agar juhendipõhis. Ei pea mõistlikuks avalikustada ka meetodeid, kuidas vilunud tehnoloogid lapsikutest piirangutest üle saavad.

Kokkuvõtvalt tundub olevat mõistlik

arendada maapõueseadus kogu maapõue seaduseks, lisada peatükk või paragrahvid, mis tunnustaksid maapõue kui ehitustuge. See tingib, et seadus korraldaks ka ehitusgeoloogilist uuringut, tegevust, mida seni selles ei mainitagi. Vaatamata sellele, et maavara uuringul ja ehitusuuringul ei ole põhimõttelist vahet tehnika, tehnoloogia ega meetodika, samuti teabe kogumise ja talletamise vahel. Olulist erinevust ei ole nendel uuringutegevustel ka keskkonnahäiringu seisukohalt. Maapõueseaduse ehitusuuringute üheks normatiivdokumendiks oleks ühtne, seadusele allutatud ehitusuuringute juhend, mida taasiseseisvunud Eestile pole seni suudetud luua. Teine oluline uus normatiivdokument võiks olla maatoe määramise kord, mis asendaks senise kaootilise maapõue hõlvamise projektipõhise tegevusega. Selleks et uuendatud seadus oleks kogu maapõue seadus, ei tohiks sellest välja jääda ka tehnogeenne maapõue – mitmel moel läbi kaevandatud maapõue ülaosa, mis moodustab rohkem kui 1% maismaast ja aukartustäratavate mõõtmetega rikastus-, põletus- ning utmisjäätmete antropogeensed lasundid kogumahuga umbes veerand kuupkilomeetrit.

Töö on seotud uuringuga ETF7497 “Säästliku kaevandamise tingimused”.

Allikad

1. Maapõueseadus <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=13254128>
2. Karl Orviku. Maavarad. Geoloogilisi ja majanduslikke andmeid Eestis leiduvate ja Eestisse veetavate maavarade kohta. Tartu, 1933. Loodus, 171 lk, 123 joonist, 71 tabelit. Digiteavik <http://digi.lib.ttu.ee/i/?467>
3. Veeseadus <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=13277773>
4. Vastavalt: ehitusseaduse § 2 <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=13277804>, looduskaitseaduse § 4 <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=13233620> ja muinsuskaitseaduse § 2 <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=13254453> mõisted.
5. Eesti looduskaitse arengukava aastani 2035 (eelnõu), lk 62.
6. Asjaõigusseadus, <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=13199296>

GEORADAR MAAPÕUEUURINGUTEL

ARGO JÕLEHT, JÜRI PLADO ja MARIO MUSTASAAR

Tartu Ülikooli geoloogia osakond

GEORADARI MEETODI väljatöötamisest ja esimestest rakendamistest on möödas kaugelt üle poole sajandi. Esialgu oli tegu kohmaka ja vähesuutliku süsteemiga, mida kuigi palju ei kasutatud. Areng kiirenes aga 1970ndatel aastatel seoses elektroonika ja arvutite võidukäiguga. Viimase 15 aasta jooksul on georadarite tehnoloogia teinud suure sammu edasi. Seejuures on radarite antennid varasematega sarnaseks jäänud, kuid registreerimis- ja salvestustehnika ning andmete töötlemiseks kasutatav tarkvara on oluliselt täiustunud. Tänu sellele on meetodi kasutusvaldkond tunduvalt laienenud. Georadareid kasutatakse paljudes eluvaldkondades – arheoloogiast ehituseni. Kõige suuremat rakendust on need aga leidnud pinnase siseehituse, reostuse leviku ning maaaluste objektide tuvastamises ja uuringutes. Seejuures tuleb märkida, et radari, nagu ka teiste geofüüsikaliste meetodite kasutamine uuringutel ei kahjusta mingil moel maapinda.

Georadarid pole Eestis päris tundmatud. Tõsi, mitmel firmal ja asutusel, sealhulgas Tartu Ülikoolil olevate seadmete kokkulegemiseks piisab tõenäoliselt vähem kui kahe käe sõrmedest. Samas on mitmed valdkonnad georadarite kasutusvõimaluste vastu huvi tundnud. Tegelikke mõõtmistega tutvumine on põhjustanud nii optimismi kui pettumust. Ajakohaste tehnoloogiatega harjunud uurijad ootavad pigem, et näiteks kunagisest matmiskohast saaks pildi, millel kadunukesest vasakul on näha tema möök ja paremal kiiver. Selle asemel on aga hoopis hallide või värviliste juttide sigrimigri. Mida ikkagi on võimalik georadari läbilõigetel näha



Antennid sagedusega 300 MHz paiknevad ühes kastis, mida veetakse enda järel. Teekonna pikkust ja elektromagnetimpulsi väljasaatmise hetke kontrollitakse kasti taga oleva mõõteratta abil. Mõõtmisi juhitakse ja tulemused salvestatakse sülearvutiga ühendatud portatiivseadme abil

ja kuidas georadar töötab?

TÖÖPÕHIMÖTE

Enamik georadareid kasutavad maa-põue uurimiseks elektromagnetlainete impulsse sagedusel mõnikümmend kuni mõnisada MHz. Nende impulside kestus on lühike, tavaliselt mõni kuni mõnisteist nanosekundit. Kasutatakse kahte ühesugust antenni, millest ühega saadetakse signaal teele ja teisega registreeritakse tagasipeegeldunud signaali käitumist. Registreeritud peegeldunud lained kannavadki informatsiooni keskkonna siseehituse kohta.

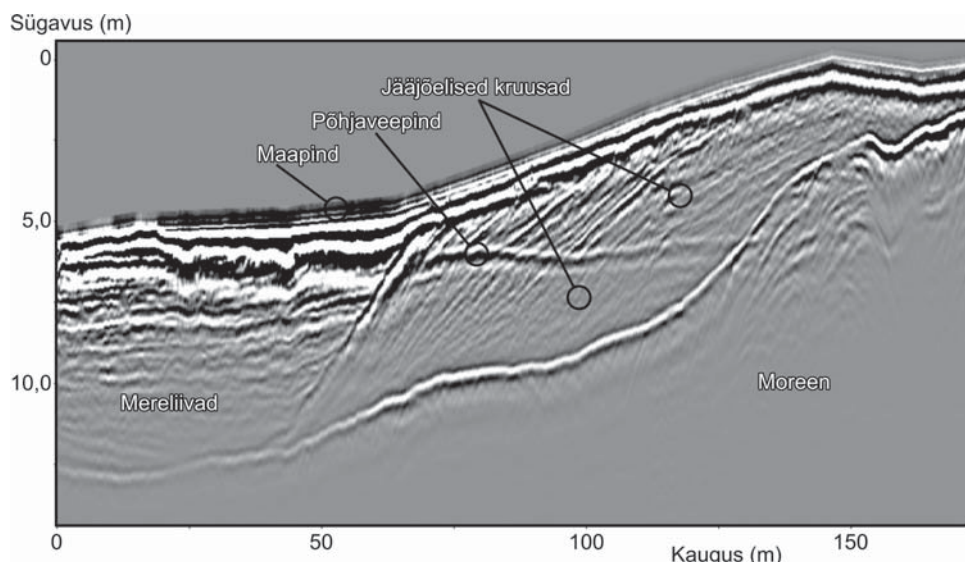
Peegeldused tekivad piirpindadel, kus keskkonna elektrilised omadused muutuvad. Mida suuremad on keskkondade omaduste erinevused, seda suurem osa energiast peegeldub ning seda väiksem osa energiast jätkab teekonda ja saab peegelduda mõnelt kau-

gemal asetsevalt keskkondade piirpinnalt. Georadari peegelduste puhul on põhjust rääkida keskkonna kahest olulisest omadusest – suhtelisest dielektrilisest läbitavusest (varem dielektriline konstant) ja elektrijuhtivusest. Neist esimene, dielektriline läbitavus, mõjutab elektromagnetlainete levikukiirust keskkonnas. Kui õhus levivad lained umbes sama kiirusega, mis vaakumis, siis enamikus kivimaterjalides levib laine 2–3 korda aeglasemalt ja vee koguni 9 korda aeglasemalt. Kuna dielektrilise läbitavuse poolest erineb vesi teistest materjalidest oluliselt, siis põhjustavad juba üsna väikesed veesisalduse või isegi niiskuse erinevused märkimisväärsed peegeldusi. Peegeldusi põhjustavad ka järsud elektrijuhtivuse muutused, mistõttu georadarit kasutatakse sageli metallobjektide (näiteks kaablid ja torud) otsimiseks. Looduslikest materjalidest tekitavad hea elekt-

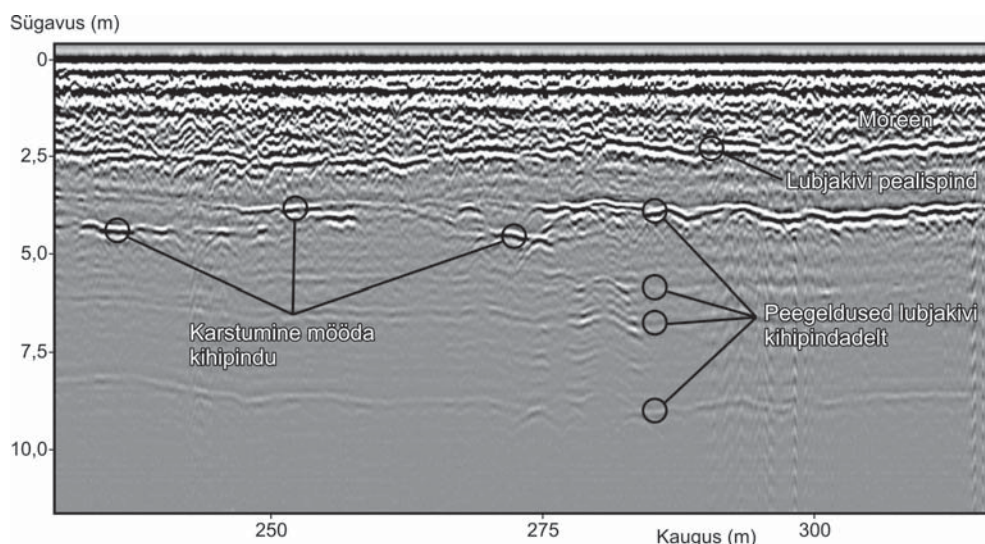
rijuhtivuse tõttu peegeldusi savid. Nii näiteks on lubjakivides jälgitavad peegeldused tekkinud peamiselt savikatelt vahekihtidelt.

Pinnasehituse iseloomustamiseks on georadari antennid disainitud selliselt, et võimalikult suur osa energiast on suunatud maa sisse ja valdavalt registreeritakse maa seest pärinevaid peegeldusi. Eesti tingimustes tulevadki peegeldused valdavalt otse alt, sest sageli on kihilis pinnases horisontaalne või ainult veidi kaldu. Tavaliselt ei teki probleeme ka kallakihiliste setete (näiteks jääjõelised kruusad) piiritlemisega, kuigi peegeldused ei tule otse alt. Küll aga tuleb arvesse võtta, et kui pinnases on mõni üksikobjekt (näiteks kivi või torud-kaablid risti üle liikumise korral), siis saadakse objektilt peegeldusi nii sellele lähenedes, selle kohal olles kui ka sellest kaugenedes. Seega seonduvad punktobjektidega kaarjad hüperboolsed peegeldused, mille hari osutab objekti tegelikule asukohale. Kuigi sellised hüperboolsed peegeldused tunduvad esmapilgul radaripilti segavat, kannavad need tegelikult väärtuslikku informatsiooni. Nimelt on hüperbooli harude kallakuse kaudu võimalik otseselt arvutada laine levikukiirust anteni ja peegeldava objekti vahelises ruumis. Lainete levikukiirust on omakorda tarvis teada ajaskaala konverteerimisel sügavusskaalaks. Nimelt mõõdab radar aega, mis kulub elektromagnetlaine impulsi väljasaatmisest peegeldumise ja tagasijõudmiseni. Hüperboolsete peegelduste analüüs annab ka aimu energiahulgast mis on peegeldunud antennide kõrvalt ja pealt sellistelt maapealsetelt objektidelt nagu majad või elektriliinid.

Georadarit kutsutakse mõnikord ka pinnaseradariks, sest teele saadetud signaal kahaneb suhteliselt kiiresti ja peegeldusi saadakse pigem maapinnalähedastest kihtidest. Signaali kiire kahanemise juures mängivad rolli saatjast kaugeneva energia jaotumine üha kasvavas ruumiosas ja sumbumi-



Uuringutulemus Tubala oosilt (Hiiumaa) jutustab mõndagi ala pärastjääaegsest arenguloost. Kõrgusandmestiku lisamiseks tuleb kasutada täiendavaid allikaid (nivelleerimine, LIDAR)



Georadar võimaldab määrata pinnakatte paksust ja karstinähtuste iseloomu. Joonisel on näha kihipindu möõda arenenud karstumine Pandivere kõrgustikul

ne elektrit juhtivas keskkonnas. Olu-line signaali summutav füüsikaline omadus on keskkonna elektrijuhtivus: mida suurem on juhtivus, seda efektiivsemalt signaal hajub ehk siis seda halvemad on uuringutulemused. Ka tugevate peegelpindade rohke esinemine kahandab sügavale jõudvat signaali. Eelnevast tulenevalt on vaja sügavamalt läbilõiget iseloomustavaid andmeid võimendada, enamasti suurusjärgude võrra. Võimendus peaks olema pigem eksponentsiaalselt kasvav, kuid siiski sujuv. Õige võimenduse leidmine võib olla üsna vaevaline, sest praktikas on andmete töötlemisel üsna lihtne läbilõike mõningaid osi üle võimendada ja tuua esile müra või peegeldusi, mis tegelikult on teisejärgulised.

Georadari meetodi tugevamaid külgi

on mõõtmiste kiirus ja tulemuste kohe- ne kuvamine arvutiekraanil. Mõõtmised käivad sõna otsese mõttes välgust kiiremini ja sekundi jooksul on masin võimeline tegema ligikaudu sadakond mõõtmist. Tavaliselt on georadariga ühendatud mõõteratas, mis võimaldab teha mõõtmisi ühtlase intervalliga ning seadmel oodata/puhata, kuni oleme jõudnud uude mõõtmispunkti, näiteks 10 cm kaugusele eelmisest punktist. Suuremaid alasid uurides on mõistlik ühendada georadariga GPS-seade, mille abil saavad mõõtmistulemused ruumiliselt seotud.

KUS KASUTADA JA KUI SÜGAVALE NÄITAB?

Nendele küsimustele ei ole ühest vas-

tust, sest georadari uuringutel ei saa rääkida garanteeritud tulemusest ja uuringusügavusest, kuna tulemused sõltuvad kohalikest oludest (uuritava pinnase elektrilistest omadustest) ning kasutatavast uuringusagedusest. Kindlasti ei tohiks uuring piirduda ainult ühe huvipakkuva profiiliga. Koostada tuleb mitu profiili, selleks et alast ja oludest saaks tervikpildi. Pärnis palju annab läbilõikeid loetavamaks muuta andmete järeltötlusega, kuid mitte alati. Üldiselt toimib georadar veidi paremini looduslikel pinnastel inimese poolt rikkumata oludes, kuid autorid on saanud häid kogemusi ka inim-mõjutusega kohtades arheoloogilistel (Pärnu ja Paide linnavallid, Jägala Jõe-suu linnamägi) ja rakenduslikel (maanteetammid) uuringutel.

Georadar on kasutatav pinnakatte tüübi kindlakstegemisel. Pudea pinnakatte settetüüpide ja tekketingimuste äratundmiseks tuleb radari läbilõigetel vaadelda peegelduste mustrit. Läbilõigetel näevad liivad ja kruusad enamasti välja kihilistena, tekketingimustest sõltuvalt kas kallutatud või mitte. Moreenile on üldiselt iseloomulik kihilisusega seotud peegelduste puudumine, kuid see-eest esineb suuremate kivide põhjustatud hüperboolilaadseid

peegeldusi. Märja moreeni hea elektri-juhtivuse tõttu ei ulatu uuringusügavus selles materjalis kaugemale kui 2–3 m, samas aga võib kuivas liivas näha detail-kümmekonna meetrini. Georadar on kasutatav ka hüdrogeoloogilistel uuringutel, seda põhjavee pealispinna kindlakstegemisel liivades ja kruusades.

Lubja- ja dolokivid on läbilõigetel üsna hästi äratuntavad, tekitades ebahürtlase vahega ja varieeruva tugevusega peegelduste mustri. Selline muster on tihti hühtlaselt jätkuvana jälgitav sadade meetrite ulatuses, erine-des oluliselt pinnakattest pärinevatest kaootilistest peegeldustest. Mustrite erinevus võimaldab õhukese (< 3 m) pinnakattega aladel kasutada georadarit pinnakatte paksuse kaardistamisel. Lubjakivides esinevad karstinähtused ilmnevad peegeldusmusteri rikutuse kaudu. Mõõda kihipindu arenenud lahustumisnähtused avalduvad lubjakivi sees esineva peegelduse „ootamatu“ tugevnemisena, samas selle kihi peal ja all esinevad peegeldused jätkuvad oma „normaalse“ tugevusega. Pandivere kõrgustikul ühe karjääri eed vaadeldes võisid autorid veenduda selles, et ümbritseval alal üsna tüüpiline ootamatult tugeva peegelduse tekkimine oli seotud kihi pinnal esineva kuni mõne

sentimeetri kõrguse tühemikuga. Suuremate karstivormide puhul tekib radaripilti rohkesti hüperboolseid peegeldusi, mis üksteist kattes/varjutades moodustavad sigrimigri ning ka läbilõike sügavam osa muutub signaali hajumise tõttu halvasti loetavaks. Avatud karstivormide kohal esinev pinnakate on sageli külgnevast erineva muustriga, seondudes peenema fraktsiooni välja-uhumise-ga.

Garanteeritud tulemustega uurimiskeskonnaks on osutunud rabad. Vaatamata veega küllastatusele ei juhi rabaturvas elektrit eriti hästi seoses vee (valdavalt vihmavesi) magedusega. Sellises keskkonnas levib elektromagnetsignaal sügavale (autorite kogemusel kuni 7 m sügavuseni Ida-Virumaal Selisoos). Rabaturba sees võib näha isegi peegeldusi, mis on seostatavad kuivemate perioodidega (kännukihid) või põlengutega. Veesisalduse järsu vähenemise tõttu turba ja lamava mineraalpinnase piiril pärinevad sealt tugevad peegeldused, mistõttu turbalasuundi paksust on lihtne määrata. Samas ei pruugi madal- ja siirdesoode uuringud rabadega sarnast uuringusügavust anda, kuna need on pigem põhjaveetoitelised, sisaldades seetõttu soolakamat vett.



Energiakile – alternatiivne küte ning vahendite kokkuhoid



Kas unistame? On talv. Te jalutate põrandal paljajalu. Lapsed mängivad põrandal ja te olete kindel, et nad ei külmeta. Hellitatud kodused koerad ei kipu diivanile – oh ei, põrandal on palju mugavam. Tarbija kujutab sooja põrandat ette kohmaka konstruktsioonina, mida paigaldatakse nädalapäevad ja mis toob kaasa tohutud elektriarved. Käes on aga 21. sajand ja nanotehnoloogia muudab kõike! Soojad kilepõrandad ilmuvad üsna hiljuti, kuid on juba jõudnud esile kutsuda šoki remondimaterjalide turul.

Põrandat soojendava energiakile peamine erinevus klassikalistest skeemidest seisneb võimaluses paigaldada teda kiiresti igale pinnale ja igas mõõtnes, liimi ja tasanduskihita.

Võite soojendada armastatud kodulooma aset või kalade akvaariumi. Kleepige kile vannitoas peegli taha ja see ei lähe kunagi uduseks. Võite minna ka klassikalist teed, paigaldades kile ruumi kogu vabale pinnale.

Nüüd kõige olulisem – kui praegu saate kütteea, mis tekitab peavalu või halvemat juhul šoki – näete, kuidas selle imematerjali abil KOKKU HOIDA! Esiteks: soojus levib ruumis ühtlaselt ja soojuse tsoon asub umbes 1,5–2 meetri kõrgusel, luues mikrokliima, milles inimene tunneb ennast mugavalt. Kõigest 10–20 minutiga saate juba sooja ruumi, mitte ainult põrandakatte, see vähendab 20% võrra elektriarveid. Teiseks: programmeeritavate termoregulaatorite kasutamine vähendab eksplua-

tatsioonikulusid veel 20–25% võrra. Te võite igasse ruumi paigaldada termoregulaatori ja see võimaldab teil taval korteris luua erinevate kliimatsoonide kollektiooni! Lisaks saate ette anda ka kütte sisselülitamise aja, näiteks enne teie koju jõudmist töölt. Üldine elektri kokkuhoid võib ulatuda kuni 56%ni!

Lisaks hoiate kokku energiakile ostmisel ja paigaldamisel. Paigaldamine võtab vähe aega ja on jõukohane kõigile. Täiesti uued tehnoloogiad võimaldavad luua sisseehitatud küttesüsteemi, mis pikkade aastate kestel on oma omadustelt ainulaadne ja individuaalne paigutuse poolest! Pakume koostööd ehitusfirmadele ja korteriühistutele.

Tere tulemast messile PulPaper 2010 tselluloosi- ja paberitööstuse ülemaailmsele kohtumispaigale!



Tulge kohtuma tarnijatega tselluloosi- ja paberitööstuse suurimal ning kõige rahvusvahelisel messil.

Leidke inspiratsiooni rahvusvahelisel konverentsil teemal "Implementing the new rise", mis käsitleb teemadena paberitööstuse bioenergiat, pidevat arengut tagavaid lahendusi ja tehnoloogilisi läbimurdeid. Konverentsi korraldab PI koostöös AEL-ga.

Saage osa suhtlemisest messi raames toimuvatel üritustel oma kolleegide ja tööstusala inimestega kogu maailmast ning samas toimuv uuel üritusel PulPaper 2010 Party.

Külastage messi PulPaper 2010 – aasta tähtsaimat kohtumispaika, mis pakub parimaid ärvõimalusi kõigile tselluloosi- ja paberitööstuses osalejatele.

2007. aasta messi statistika näitab 16 102 külastajat 78 maalt ja 700 eksponenti 33 maalt 273 kokku stendil.

PulPaper 2010 on avatud: T-K 1.–2. juuni kell 9–17, N 3. juuni kell 9–16.

Info, messikülastuspaketid: Profexpo OÜ, Soome Messide esindaja Eestis
Tel 6261347, info@profexpo.ee, www.profexpo.ee/soomemessid



Registreeruge külastajaks ja vaadake täiendavat infot www.pulpaper2010.com.

Korraldajad: Adforum ja Paberitööstuse
Inseneride Assotsiatsioon koostöös
Soome Messidega



 Suomen Messut

PÕHJAVEE DÜNAAMIKA MODELLEERIMISE VÕIMALUSED MÄETÖÖDE PIIRKONNAS

HELENA LIND, INGO VALGMA, KARIN ROBAM

TTÜ mäeinstituut

PÕLEVKIVI kaevandamisel Ida-Virumaal on lähikümnendil oodata veerežiimi mõjutavaid muudatusi. Ojamaa mäeeraldisel teeb Ojamaa Kaevandused OÜ kaevanduse avamiseks läbindustöid, AS-il Eesti Energia Kaevandused on kavas sulgeda Aidu karjäär, kus maavaravarud on aastaks 2013 ammendumas, käimas on Uus-Kiviõli (Maidla) kaevanduse keskkonnamõju hindamine. Kui hinnang on positiivne, kavatakse kaevandus avada 2016. aastal. Töötava Estonia kaevanduse mäetööd on liikumas Selisoo suunas (joonis 1). Vastavalt 2005. aastal prognoositule väheneb oluliselt avakaevandamise ja suureneb allmaakaevandamise osakaal (joonis 2) [1].

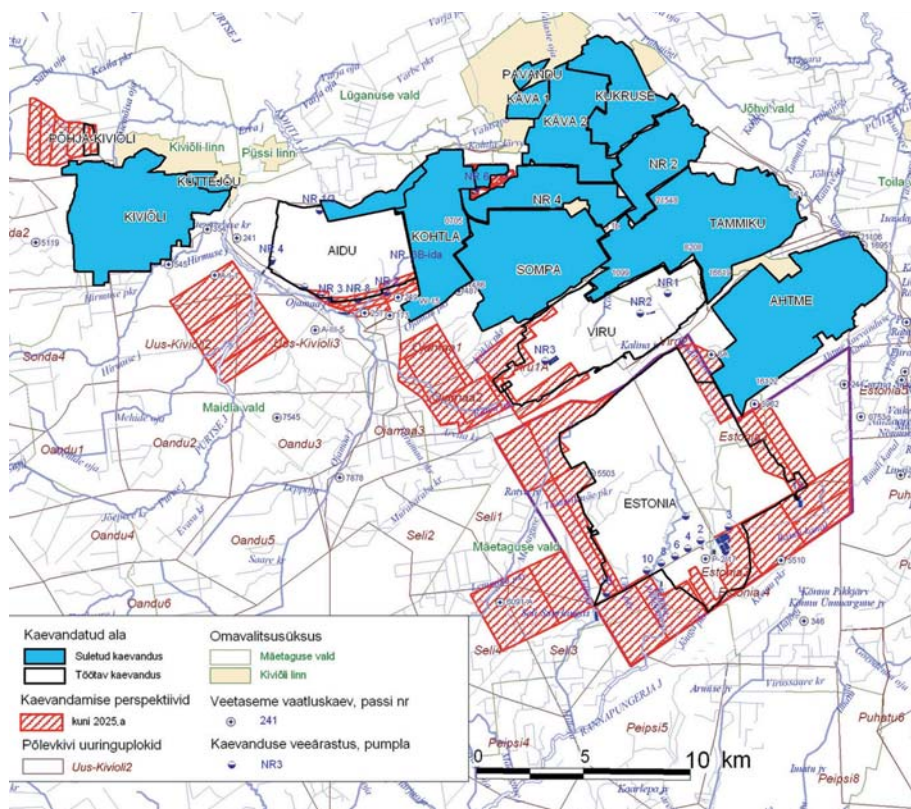
Põlevkivi kaevandamiseks kuiven-datekse põlevkivikiht, alandades veetaset olenevalt maavara lasumus-sügavusest kuni 60 meetrit [2]. Aastal 2009 kõrvaldasid AS Eesti Energia Kaevandused 257 mln m³ vett, mis teeb kaevandatud põlevkivitonniga kohta keskmiselt kuni 16 m³ vett. Looduskasutuse tasu veekõrvalduse ja joogivee eest oli 2009. aastal ca 90 mln kr (joonis 3). Mäetöödega mõjutatakse valdavalt Keila–Kukruse veekihti, Estonia kaevandusel ja osaliselt Viru kaevandusel on mõju ka Nabala–Rakvere veekihile.

Veetaseme alandamine avaldab mõju nii looduskeskkonnale kui ka kohalikele elanikele. Veekõrvaldus on maavara kaevandaja jaoks kulukas,

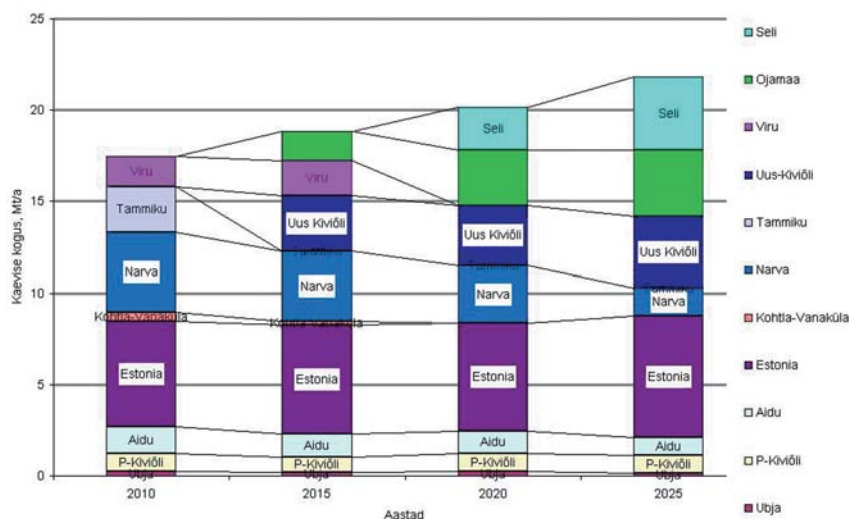
15–25% aasta keskkonnatasudest lan-geb veekasutusele (AS-i Eesti Energia Kaevandused 2009. aasta andmete põhjal). Elektrit aga vajatakse nii kodumajapidamistes kui ka Eesti tööstuses. Elektrituru avanemine käesoleval aastal võib kaasa tuua elektrihinna muutuse, energeetilise sõltumatus saab tagada kodumaist ressursi kasutades. Edasisi arenguid mõjutab oluliselt ka põlevkiviõlitööstuse laiendamine. Sellest tulenevalt vajatakse põlevkivi suure tõenäosusega üha edasi. Kulude ja keskkonnamõju vähendamiseks tuleb piirata veeärastust ja alanduslehtri ulatust.

Mäetööde arenedes, uute kaevanduste rajamisel ja ammenduvate varudega alade sulgemisel kerkib seetõttu mitu küsimust. Kui kaugel või kui sügaval kaitstud aladest võib kaevandada? Kuidas saaks vähendada veekõrvalduse kulusid ja pumpamise mahtu? Kas piirata vee juurdevoolu kaevandusse? Kus, kui palju ja kui võimsaid pumpe tuleb uues kaevanduses kasutada? Mis juhtub veetasemetega, kui mõni kaevandus suletakse ja avatakse uuesti, kas veetõkke ehitamine võib aidata vee sissivoolu vähendada? Küsimusi kerkib tõenäoliselt veelgi. Olukorra visualiseerimiseks ja hinnangute andmiseks tasub appi võtta ajakohane tarkvara.

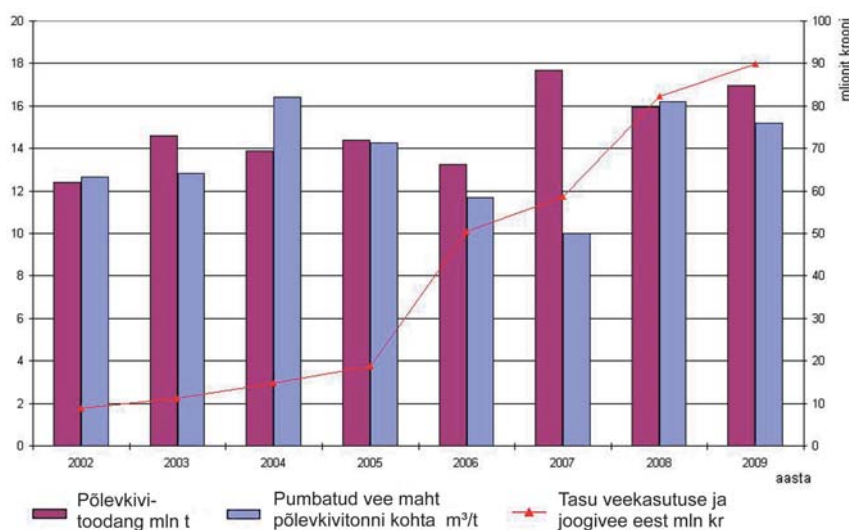
Põlevkivimaardla lääneala mudel (42,5x38=1615 km²) hõlmab lähikümnendi aktiivsemat maardlaosa (joonis 1). Eesmärk on visualiseerida Keila–Kukruse veekihi veevoolu liikumise dünaamika ajas. Mudelis käsitletav ajaperiood on 2008–2009 ning tulevikus on kavas visualiseerida prognoossituatsioon, kus töötavad Ojamaa ja Uus-Kiviõli



Joonis 1. Modelleeritav ala, kus on näha kaevandamise perspektiivid aastani 2025



Joonis 2. Põlevkivi kaevandamiskohtade kaevandamismahu dünaamika lähiaastatel



Joonis 3. Veekõrvalduse maht on suur, keskkonnatasud on tõusva trendiga

kaevandus ning suletud on Aidu karjäär ja Viru kaevandus.

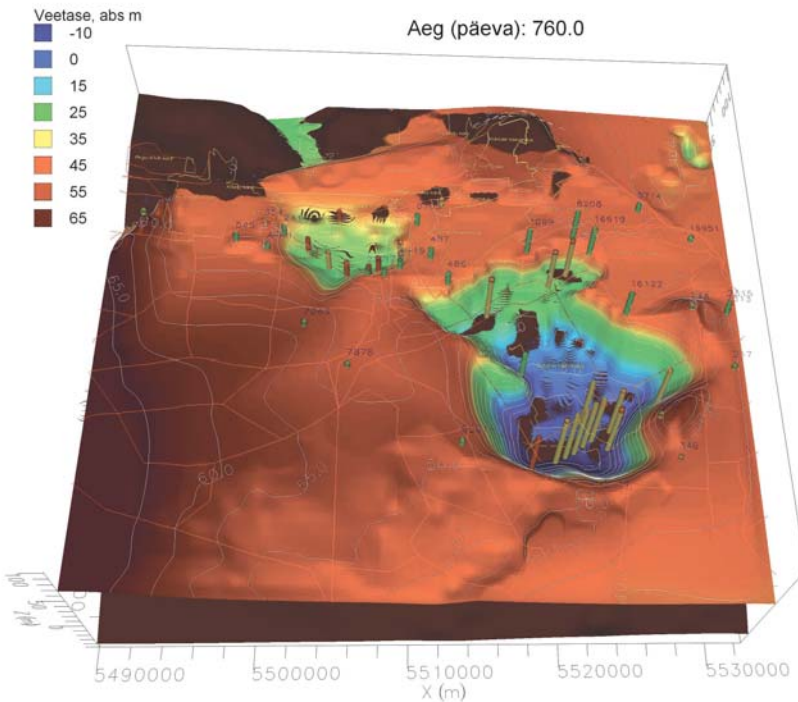
Läänes on mudeli piiriks Kiviõli kaevandus, ulatudes idas Jõhvi linnast edasi Toila valla aladeni. Mudeli lõunaosa ulatub Estonia kaevanduse mäetööde rindest 10 km kaugusele Peipsi järve suunas. Arvestatud on kaevanduse alanduslehtri ulatust (6–7 km) [2] ja võimalike mäetööde arenguid Selisoo suunas [3]. Mudeli põhjaosa piiriks on suletud allmaakaevandused – Käva, Kukruse, kaevandus nr 2, millest 2 km on jäetud ala põhjasuunda. Esialgu piiritletud ala on aga tarkvara toel võimalik laiendada, kui objekt on mudeli äärealal. Arvutusvõrgustiku tihedus on 100x100 m, mis on valitud kaevandustevaheliste tervikute kirjeldamiseks – tihedam võrgustik lubab veekihi omadusi täpsemalt kirjeldada.

Põhjavee modelleerimisel on andmevajadus suur – mudeli igale kihile

ja ruudule tuleb kirjeldada selle hüdrogeoloogilised omadused. Sisestamisel on vaja lähteandmed süstematiseerida, koostada kindla struktuuriga andmebaasid, mida info täienemise või lisandumise korral saaks hõlpsasti mudelisse lisada. Pidevalt täienevad andmekogud, mille mõõtmised toimuvad mingi perioodi tagant, on näiteks veetaseme seire, kaevanduse pumpamisemahtude ja sademete mõõtmisandmed. Käesoleva uuringu raames on koostatud põlevkivikaevanduste seirepiirkonnas paiknevate veetaseme vaatluskaevude andmebaas, mis genereerib automaatselt väljundfaili veekihi ja ajaperioodi kohta, mida mudelis käsitletakse [4]. Seniajani kasutatud MapInfo formaadis joonandmete failid (nt kaevandatud alade kontuurid, rikkevõõndid, uurinuplokid, jõed-järved) oli vaja teisendada ESRI shape'i või AutoCad-i failideks. Kogutud on hüdrogeoloogilisi omadusi

kirjeldavad andmed – filtratsioonikoefitsendid (m/ööp) ja poorsused.

Arvutile loodusliku situatsiooni kirjeldamiseks on sisestatud neli põhilist erineva veejuhtivusega kihti: 1) kvaternaari-, 2) lubjakivi-, 3) põlevkivi- ja 4) alumine savikas vettpidav kiht. Lubjakivikiht on jaotatud kolmeks osaks, et eristada kivimi veejuhtivuse ja poorsuse omadusi sügavuse suurenedes, seega on mudeli kihte 6. Mudelis kasutatud filtratsioonikoefitsendi parameetrid on üldistatud. Esialgsed üldistatud parameetrid on võetud põlevkivikaevandamise alade kohta varem koostatud hüdrogeoloogilistest uurimistöödest [5]–[8]. Käesolevas mudelis on kvaternaarikihi veejuhtivuskoeffitsient kogu alal 45 m/ööp. Kolmeks jaotatud lubjakivikihil on veejuhtivuse väärtused väheneva trendiga sügavuse suurenedes. Ülemise 20 m paksuse lubjakivikihi veejuhtivuskoeffitsient on 10–45 m/ööp, järgneva 20–50 m paksuse kihi veejuhtivus on 9–27,5 m/ööp, kõige alumise lubjakivi veejuhtivus on 1–20 m/ööp, lõunaalade väärtused on väiksemad kui põhjapoolsematel. Vertikaalsuunaline (z) veejuhtivuskoeffitsient on võetud 10 korda väiksem kui horisontaalsuunaline (x, y). Sisestatud on 28 Keila-Kukruse veekihi veevaatluskaevu, mille 2008. aasta jaanuarist alates tehtud seireväärtusi püüab tarkvara arvutuslikult järgida vastavalt sisestatud parameetritele. Põhjaveedünaamika mudeli adekvaatsust hinnatakse eri aspektidest – veetasemete ja veemahtude osas, võrreldes mõõdetud ja arvutuslike väärtuste erinevust. Kalibreerimiseks nimetatakse protseduuri, kus sisendparameetrite väärtuseid muudetakse selliselt, et mudeli arvutuslikud väärtused järgiksid mõõdetud väärtuseid vaatluskaevudes. Kalibreerimise käigus täpsustatakse valdavalt veejuhtivuskoeffitsendi ja infiltratsiooni parameetrid [10]. Kalibreerituks on loetud siin mudel, kus veetasemete erinevus kogu mudeli ajalise perioodi (2008–2009) lõikes ei ole suurem kui 1,5 meetrit. Kõige keerukam oli kalibreerida kaevanduste alanduslehtri mõjupiirkonnas paiknevate vaatluskaevude parameetrid, kus modelleeritud tulemus ei järginud mõõdetud väärtusi ning erines esialgu kuni 3 meetrit. Veemahtuvuste kontrolliks on kontuuritud töötavate kaevanduste tsoonid, kus esitatakse sissevoolava ja väljuva vee maht. Võrreldud on kaevandusest väljapumbatud ja tarkvara poolt arvatud veemahtude väärtuseid defineeritud



Joonis 4. Keila Kukruse põhjaveetase Estonia ja Viru kaevanduse (all) ja Aidu karjääri (ülal) piirkonnas, detsember 2009 (modelleerimisperioodi algus 01.01.2008)

tsoonis.

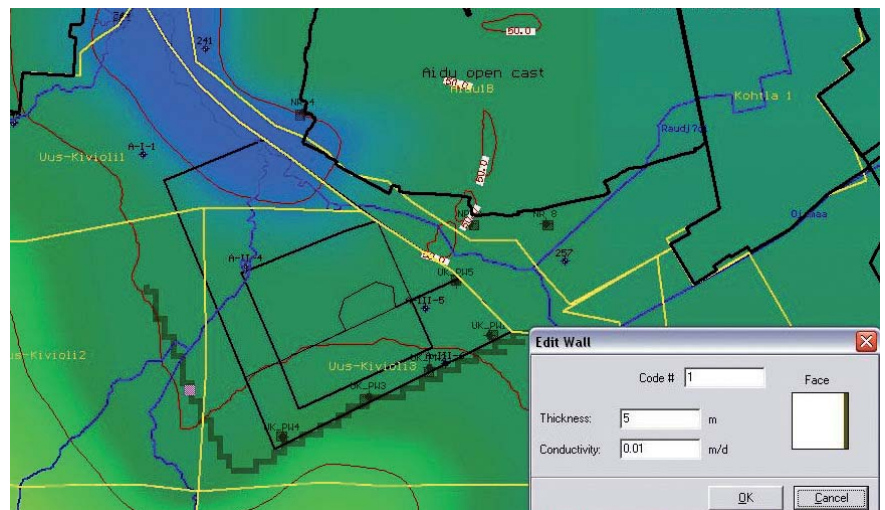
Kasutades põhjavee dünaamilist mudelit saab simuleerida stsenaariume ilma kulukate katseteta tegelikus looduses. Kirjeldatud modelleerimise tarkvara (Visual ModFlow Professional) genereerib kirjeldatavad kahe- ja kolmemõõtmelised veetaseme kaardid soovitud ajahetkel, veevoolu liikumise suunad ja mahud, videofailid (*.avi) vee dünaamika muutuste visualiseerimiseks mäetööde vaadeldava perioodi 2008.–2009.a löikes.

Joonis 4 kirjeldab Keila-Kukruse veetasemete absoluutkõrgusi, mis hõlbustavad hinnata veevoolu liikumise suundi ja mahtusid. Kaardilt on näha alandatud veetasemega Estonia ja Viru kaevanduse ning Aidu karjääri alad. Mudel esitab ka veevoolu suundade kaardi, mis aitab hinnata peamist vee juurdevoolu kohta kaevandusse ning otsustada veetõkke rajamise asukoha valikul. Diagrammid ja mudeli raportid sissevoolava ja väljuva vee mahtude kohta on kasulik teave kaevanduste vahel liikuvate veekoguste kohta, hindamaks vee sissevoolu mahtu töötavasse kaevandusse [11, 12].

Töö ühe osana on katsetatud veetõkke ehitamist Uus-Kiviõli perspektiivalale, et arvutada ja visualiseerida vee juurdevoolu piiramist kaevandusse ning vähendada alanduslehtri ulatust

(joonis 5). Veetõkete ehitamise ja infiltratsiooni vähendamise võimalusi on mitmeid – sein ehitamine pinnasesse, savi panemine karjäärinõlvale, kile laotamine settebasseinini põhja või infiltratsioonibasseini ehitamine.

Mudelisse on lisatud 5 pumplat jõudlusega 50 000 m³/ööp ning hiljem 5 m paksune tõkketervik veejuhtivuskoeffitsendiga 0,01 m/ööp. Kuna tegemist on tarkvara katsetamise ja tõkketerviku visualiseerimisega, siis on valitud parameetrid tõenäoliselt üle hinnatud. Reaalse rakenduse korral on vaja eelnevalt käsitleda ka majandusliku tasuvuse ja tehnilise rakendatavuse küsimusi

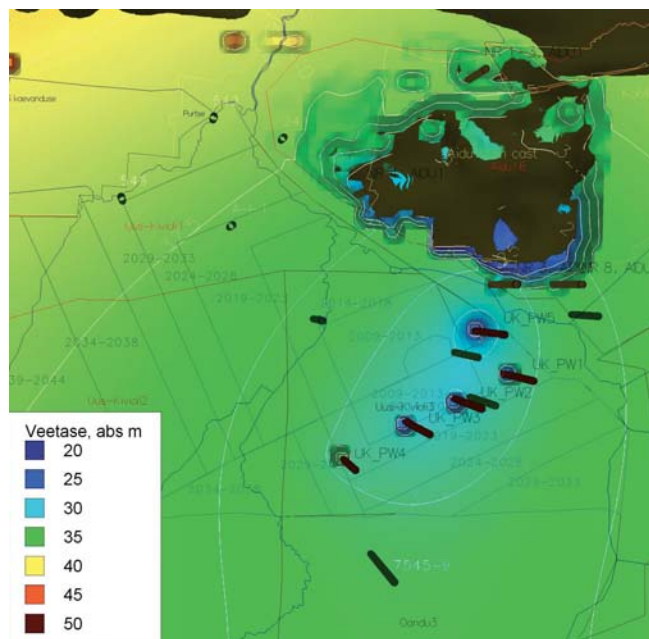


Joonis 5. Veetõkke katsetamine Uus-Kiviõli kaevanduse perspektiivalal

kaevanduse veetõkkeseina ehitamisel kaljusesse lubjakivikihti. Veetõkkeseina asukoht on lisatud veevoolu suundasid ja piirkonnas paiknevaid kaitsealasid arvestades. Joonised 6 ja 7 visualiseerivad olukorda veetõkkeseinaga ja ilma selleta. Tulemused näitavad, et veetõkkesein aitab vähendada kaevanduse veeärastuse mõjuulatust.

Kirjeldatud tööga seoses on koostatud aastate 2008–2009 veetasemete mudel põlvkivimaardla kohta, selleks et arendada tööd prognoosituatsioonide koostamiseks ja mäetööde veekõrvalduskulude vähendamise võimaluste katsetamiseks. Prognoosituatsiooni koostamise eeldus on adekvaatne kalibreeritud lähtemudel, mis on modelleerimise puhul üks olulisemaid osi. Samuti loob adekvaatne mudel eelduse veekeemia ja -reostuse transportmudeli koostamiseks. Modelleerimine võimaldab hinnata põhjavee dünaamikat ajas vastavalt mäetööde arengutele, kus kaevanduse sulgemisel veetaset tõstetakse ja uue kaevanduse rajamisel veetaset alandatakse. Tarkvara aitab koostada mitmeid stsenaariume – kuhu, kui palju ja kui võimsaid pumpe paigutada. Kui vee sissevoolu mahtu on vaja vähendada või alanduslehtri ulatust piirata, saab simuleerida veetõkkeseina ehitamist, hinnates selle optimaalseid mõõtmeid, asukohta ja parameetreid.

Käesolev uurimistöö on tehtud TTÜ mäeinstituudi ETF7499 “Säästliku kaevandamise tingimused” raames. Töö eesmärk on koostada loodusressursside kasutamiseks meetodika ja kriteeriumid, sealhulgas arvutimodelleerimise kriteeriumid. Täname TTÜ mäeinstituudi kollektiivi ja Eesti Energia Kaevandused AS-i, kes on võimaldanud teha huvitava uurimistöö aktuaalsel

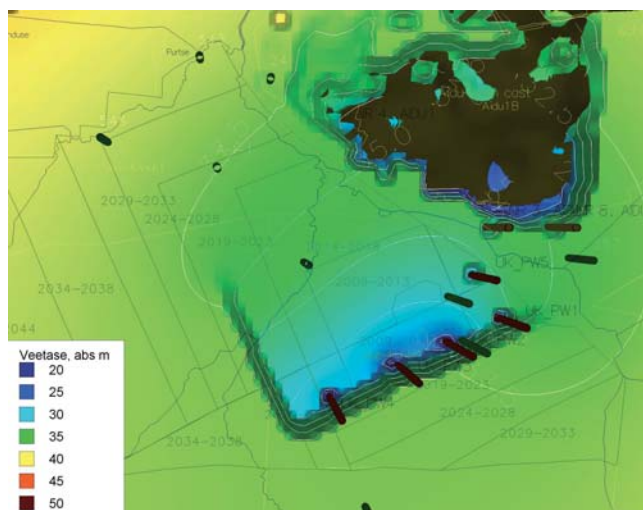


Joonis 6. Simulatsioon 1, kus veetõkkeseina ei ole kasutatud

teemal ning andnud töö koostamiseks vajalikke lähteandmeid ja varasemate uurimustööde materjale.

Viidatud allikad

1. Eesti põlevkivimaardla tehnoloogiline, majanduslik ja keskkonnakaitseline rajoneerimine. TTÜ Mäeinstituut, 2005.
2. Perens, R., Savitski, L. 2008. Põlevkivi kaevandamise mõju. Keskkonnatehnika.
3. Hang, T., Hiiemaa, H., Jõelet, A., Kalm, V., Karro, E., Kirt, M., Kohv, M., Marandi, A. 2009. Selisoo hüdrogeoloogilised uuringud kaevandamise mõju selgitamiseks. Uuringu aruanne, Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Tartu.
4. Lind, H., Robam, K., Valgma, I., Sokman, K. Developing computational groundwater monitoring and management system for Estonian oil shale deposit. Geoenvironment & Geotechnics (GEOENV08), Heliotopos Conferences.
5. Perens, R., Vallner, L. 1997. Water-bearing formation. In: Rau-



Joonis 7. Simulatsioon 2, kus on lisatud veetõkkesein

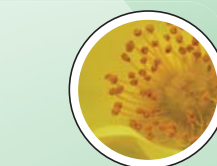
kas, A., Teedumäe, A. (eds). Geology and mineral resources of Estonia. Estonian Academy Publishers, Tallinn, lk 137–145.

6. Savitski, L., Savva, V. 2001. Hüdrogeoloogiliste muutuste prognoos Eesti põlevkivimaardla kaevandustööde piirkonnas. Etapid I –III: Kohtla kaevanduse, Aidu karjääri ja Ahtme kaevanduse sulgemine (EGF 6867, 7005 ja 7278 vastavalt).
7. Reinsalu, E., Valgma, I., Lind, H., Sokman, K. Technogenic water in closed oil shale mines, Vol. 23, 2006. Oil Shale (Eesti Teaduste Akadeemia Kirjastus).
8. Savitski, L., Savva, V. 2009. Hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosid seoses Uus-Kiviõli kaevanduse avamise ja Aidu karjääri sulgemisega. EGK.
9. Pinder, G.F. 2002. Groundwater modeling using geograafica information systems. John Wiley&Sons, Inc., New York.
10. Fitts, C.R. 2002. Groundwater science. Academic Press. Elsevier Science Ltd.
11. Reinsalu, E., Valgma I. 2003. Geotechnical Processes in Closed Oil Shale Mines. Oil Shale (Eesti Teaduste Akadeemia Kirjastus).
12. Reinsalu, E. Changes in Mine Dewatering After the Closure of Exhausted Oil Shale Mines. 2005. 261–273 p. Oil Shale (Eesti Teaduste Akadeemia Kirjastus).



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)
- Keskkonnauuringud, -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

Paekivist kultuurikeskkonnas

SAJAND VANA VÕIB OLLA JUBA UUS



Lastekodu tänav – tsaariaja lõpukümnendite paehoonestuse ühe nädiskvartali lõunakülg, kus kasutati valdavalt Lasnamäe paestu ülaosa Kõrgekalda kihistu alaossa kuuluvaid savika lubjakivi kihte (nr 2–14)



Tüüpiline 20. sajandi alguskümnendi paehoone

REIN EINASTO, JANNE-LIIS JUSTI, ROLAND JAIRUS

Tallinna Tehnikakõrgkool

PAEHOONETE KVARTAL Tallinnas Tartu maantee ja Lastekodu tänava vahel Sossi mäel on pea 100 aastat vana. Müürides on kasutatud suures osas Lasnamäe ehituspaestu kõige ülemise osa – **Kõrgekalda kihistu** lubimerkivi vahekihtidega savikat paasi, mida müürikivina hakati rohkesti kasutama alles tsaariaja viimastel aastakümnetel tööstushoonete hooga ehitamise ajal. Paekivi suurte koguste murdmine **Lasnamäe Lõunamurrus** viis murru ulatuslikule laienemisele kagusse – Sõjamäe suunas, kus paljandusid järjest kõrgemad savika lubjakivi kihid (terviklabilõikes kihid 1–14, Jürgenson, Möls, 1946), mida varem polnud linnaehituses kasutatud (Einasto, Matve, 1989; Einasto, 2002, 2008). Murdmisel saab pealmisi kihte kasutada enne alumisi. Seepärast kasutati kõige hoogsama ehituse aastail põhi-ehituskiviks ülemisi kihte, mille ilmastikukindlus lahtiselt on väike, müüris korraliku vuugi korral aga täiesti rahuldav, nagu 100 aasta vanuseid müüre vaadeldes võib igauks veenduda. Savika pae- ja lubimerkivi välispinna murenemisel eraldub kivist vaid imeõhuke kile – „kivi ajab nahka“, nagu vanad meistri ütlesid. Puhta lubjakivi puhul seda ei toimu. Selline selektiivne „kestumine“ viib savikate kihtide taandumisele ja heleda puhta pae tugevate kihtide eendumisele. Aegade jooksul on paesein seetõttu oluliselt reljeefsemaks ja seeläbi ka dekoratiivsemaks muutunud. Sellest järeldeb, et Lasnamäe ehituspaestu ülemiste kihtide „miinus“ – väiksem ilmastikukindlus – on ajapikku saanud „plussiks“. Sajandivanused müürid on saanud omanäolise dekoori ja pärast puhastamist oleks nagu tegemist uue ehitusviisiga. Tugevama ja heledama pae reljeefset pinda iseloomustavad tumedamad pruunid subvertikaalsed **püstakud** – tekkeajal põhjamudas elanud organismide kaevumiskäigud, mis on Lasnamäe ehituspaale ainuomased ja tekitavad sellest paest müüridele omanäolise mustrid. Uudse pildi annab sama kivi lihvitud pind, mis pärast immutamist ei pruugi mureneda. Lähimõeldud paigutusega müüritisel võib eri kihtidest pärit paas anda palju uudseid eksponeerimisvõimalusi.

Nende kihtide üks märkimisväärne eripära on võimalus murda suurema paksusega (kuni 30–35 cm) monoliite ka siis, kui selle sisse jäävad lubimerkivi mitme sentimeetri paksused vahekihtid (foto 3). Selgeid püriitseid katkestuspindu esineb ainult kolmes kihis: Hakantkirju (kiht 2), Topeltkirju (kiht 3) ja Karvakord (kiht 10) (vt Einasto, Rähni, 2006). Karvakorrale iseloomulike kaevumiskäikude tihedus, kontrastsus ja sügavus (foto 4) võimaldaks seda kihti analoogselt sügavamal lamavate Laksu (kiht 14), Kirjukorra (kiht 35), Trepp-kalgi (kiht 36) ja Halli arssinaga (kiht 38) kasutada dekoratiivelemendina nii sise- kui välisarhitektuuris senisest sihipärasemalt. Selleks vajalik selektiivne murdmine on Vao kihistu kihtide osas mitmes murrus (Pärtli, Vao, Valkla) juba aastaid edukalt toimunud. Lasnamäe ehituspaestu ülemisi, Kõrgekalda kihistusse kuuluvaid kihte ei murda pärast Lasnamäe murdude sulgemist ehi-

tuskiviks üheski leiukohas, mis on vaesestanud meie paearhitektuurilisi valikuvõimalusi. Ühes karjääris (nt Vao edelaosas) tuleks nende kihtide jääkvaru selleks otstarbeks reserveerida. Sinna saaks kujundada kogu ehituspaestu tervikliku näidiseina ka stratotüübi tähenduses.

Viidatud allikad

1. Einasto, R. 2002. Lasnamäe ehituslubjakivi ajaloolised murdmiskihid Tallinna ümbruses. Tallinna Tehnikakõrgkooli Toimetised, 1, lk 56–69.
2. Einasto, R. Paekasutuse pakilised päevapoliitilised ja perspektiivsed probleemid Eestis. TTK Toimetised X, lk 84–101.
3. Einasto, R., Matve, H. 1989. Paekivi kasutamise ja rakendusuuringute ajaloost Eestis. Teaduse ajaloo lehekülgi Eestis VII, ENSV TA Geoloogia Instituut, lk 57–75.
4. Einasto, R., Rähni, A. 2006. Kõrgekaldala kihistu digiläbilõige Ülemiste puursüdamikus. Keskkonnatehnika, 4/06, lk 51–53.



Paemüüri detail Lasnamäe paestu ülaosa tüüpilisest savikast lubimerkivi vahekihtidega paest. Tähele panna püriitseid katkestuspindu lubja- ja merkivikihtide piiril



Müürikiviks on /Karvakorra/ (nr 10) lainjate merkivikelmetega nõrgalt savikas lubjakivi, milles on rohkesti ülemiselt katkestuspinnalt algavaid kaevumiskäike. Käigud on pisut looklevad ja ulatuvad kihi keskele, üksikud ka sügavamale


MESSIREISID



International Building & Construction Trade Fair
Ehitusmaterjalide, ehitustehnika ja siseviimistluse mess
Shanghai, 26.05-29.05



Intersolar
Päikeseenergeetika ja taastuvenergia mess
München, 9.06-11.06



Renewable Energy Exhibition
Taastuvenergia mess
Pariis, 16.06 -18.06



Sani-CeramEx
Sanitaartehnika ja keraamiliste plaatide mess
Guangzhou, 08.07-11.07

Tel 614 3086, 085, 087, Faks 614 3088
info@karol.ee; www.karol.ee,
Narva mnt 13, 10151 Tallinn

Osmussaar ehk Odensholm on laiemas maailmas tuntud Odini hauasaarena

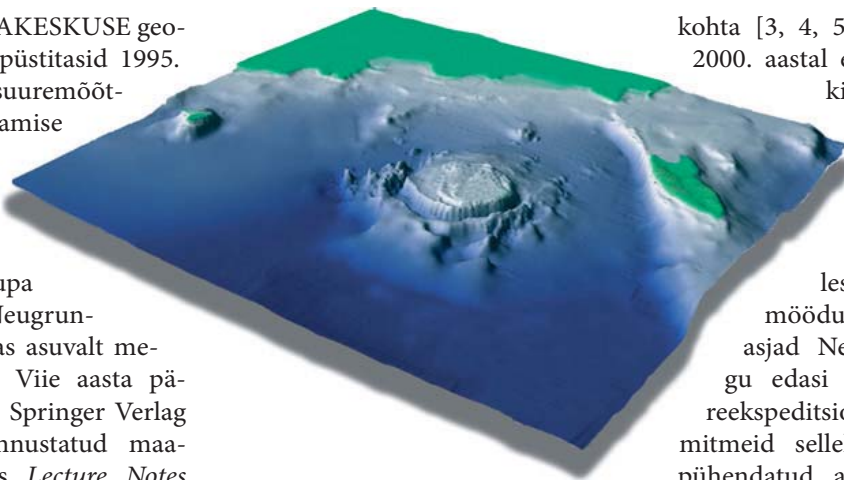


NEUGRUNDI METEORIIDIKRAATER – MAAILMAIME EESTI MERE PÕHJAS

KALLE SUUROJA ja STEN SUUROJA

Eesti Geoloogiatekeskus

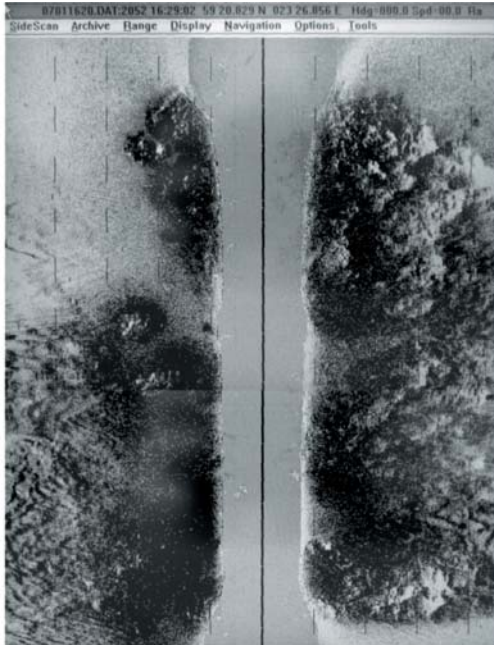
EESTI GEOLOOGIAKESKUSE geoloogid-kaardistajad püstitasid 1995. aastal Loode-Eesti suuremõotkavalise kaardistamise käigus hüpoteesi, et gneiss-bretšast rändrahnud, mida nad kaardistamise käigus kümnete kaupa leidsid, pärinevad Neugrun- di madala piirkonnas asuvalt meteoriidikraatrit [1]. Viie aasta pärast ilmus kirjastuse Springer Verlag rahvusvaheliselt tunnustatud maateaduslikus ajakirjas *Lecture Notes in Earth Sciences* artikkel *Neugrund Structure – the newly discovered submarine early Cambrian impact crater* [2]. Kuigi neid kahte daatumit eraldava aja jooksul oli ka tagasihoidlikumates väljaannetes ilmunud artikleid Neugrun- di meteoriidikraatri



Neugrun- di meteoriidikraatri keskosa (sisemine kraater) merepõhja varjutatud reljeefis. Kraatri välispiiri merepõhja reljeefis ei ilmne. Roheline ülal - Loode-Eesti rannik; roheline laig paremal - Osmussaar; roheline laig vasakul - Krassi saar

kohta [3, 4, 5] peavad asjaosalised 2000. aastal eespool mainitud ajakirjas ilmunud artiklit Neugrun- di meteoriidikraatri avastamisloole punktina- nevaks tähiseks.

Tänaseks on ka sellest avastamispäevast möödunud ligi 10 aastat ja asjad Neugrun- di mail üksjagu edasi arenenud: hulk mereekspeditsioone korraldatud ja mitmeid sellele meteoriidikraatritele pühendatud artikleid ilmunud [6, 7, 8, 9] ja ilmumas [10]. Neugrun- di meteoriidikraater on olnud peatege- laseks ka kahes kaitstud doktoritöös [11, 12]. Aastal 2000 eksponeeriti Eesti Meremuuseumis näitust “Neugrun- di meteoriidikraater” ja aastal 2009 valmis rändnäitusena mõeldud



ekspositsioon “Neugrundi meteoriidikraater – maailmaime koduukse ees”. Viimast on eksponeeritud juba Eesti Meremuuseumis ja eksponeeritakse praegu Tartu Ülikooli Loodusmuuseumis.

Avastamisest möödunud aja jooksul on täpsustunud kraatri piirjooned ja selginud kraatri mõõtmetega seotud asjaolud ning kujunemas on arusaam Neugrundi meteoriidikraatri tähendusest Eesti loodusloos ja maailma teiste omasuguste meteoriidikraat-

rite seas. Ühte võib aga juba nüüdki kindlalt öelda – Neugrundi meteoriidikraatri puhul on tegu maailmamere kõige paremini säilinud ja eksponeeritud meteoriidikraatriga. Tõsi, ega see konkurents esikoha pärast maailmamere (üle 2/3 Maa pindalast ehk ca 510 mln km²) meteoriidikraatrite seas kuigi tihe ei ole, sest umbes paarisajast maailma teadaolevast ja oletatavast meteoriiditekkelisest struktuurist Maal asub ainult kümmekond (tabel 1) kas täielikult või osaliselt meres. Neistki vähestest on peaaegu kõik, kui Neugrund välja arvata, setete ja kivimite alla mattunud. Kuigi

◀ Selline näeb välja enam kui poole kilomeetrise läbimõõduga kristalsetest kivimitest hiidpangas (megaplokk) umbes 60 m sügavuses merepõhjas külvaates sonari ekraanil

Tabel 1. MAAILMAMERES ASUVAD METEORIIDIKRAATRID

Struktuuri nimi, asukoht	Struktuuri meteoriiitsele päritolule viitavad	Struktuuri diameeter, km	Vanus, Ma	Kuidas struktuur merepõhjas ilmneb	Märkusi	Viited
1. Bedout (Austraalia loodeosa rannikumeri)	Löögimoonde tunnustega (PDF) mineraalid ja meteoriiditükid puursüdamikus	200	250	Struktuuri keskosa poolingikujuline ca 40 km läbimõõduga keskkerge Bedout High avaneb merepõhjas	Kandidaat Permi lõpul toimunud ja massilist väljasuremist põhjustanud meteoriidiplahvatusel	Becker <i>et al.</i> , 2004
2. Chesapeake Bay (Atlandi ookean, Chesapeakei laht, USA)	Löögimoonde tunnustega (PDF) mineraalid, tektiidid	85	35	Struktuur on mattunud ja merepõhja reljeefis ei väljendu	Struktuuri keskosas puuriti 2005–2006 1766 m sügavune Eyreville puurauk, sellest 1322 m on impaktbretšad	Collins <i>et al.</i> , 2005
3. Chixculub (Kesk-Ameerika, Mehhiko)	Löögimoonde tunnustega (PDF) mineraalid, iriidiumi anomaalia	180	65	Struktuur on mattunud ja merepõhja reljeefis ei väljendu	Kõige tõenäolisem 65 mln aasta taguse massväljasuremise põhjustaja	Schulte <i>et al.</i> , 2010
4. Eltanin (Bellingshauseni meri)	Löögimoonde tunnustega (PDF) mineraalid ja meteoriiditükid	130	2,1	Struktuur ei ole merepõhja reljeefis jälgitav	Esialgne diameeter oli 24–80 km. Kuni 5000 m sügavusel	Gersonde <i>et al.</i> , 2003
5. Ewing (Vaikse ookeani keskosa)	Löögimoonde tunnustega (PDF) mineraalid, sferulid, mikrotektiidid	150	7–11	Struktuur ei ole merepõhja reljeefis jälgitav	Asub “kuuma punkti” vahetus läheduses	Leung & Abbott, 2003
6. Lumparn (Läänemeri, Lumparni laht, Ahvenamaa)	Löögikoonused rabakivigraniitides	9	1000	Tugevalt erodeeritud struktuur	Struktuuri põhjas on säilinud ordoviitsiumi lubjakive	Svensson, 1993
7. Mjölñir (Barentsi meri, Bjarmelandi platvorm)	Löögimoonde tunnustega (PDF) mineraalid	40	142	Kraater on mattunud ega ole merepõhja reljeefis jälgitav	Mjölñir on nime saanud muinasskandinaavia jumala Thori imettegevast vasaralt	Dypvik <i>et al.</i> , 2006
8. Montagnais (Põhja-Ameerika, Kanada, Nova Scotia šelf)	Löögimoonde tunnustega (PDF) mineraalid	45	50	Struktuur ei ole merepõhja reljeefis jälgitav – mattunud setete alla	Struktuur kindlaks tehtud geofüüsikaliste meetoditega	Pilkinton <i>et al.</i> , 1995
9. Neugrund (Läänemeri, Eesti, Soome laht)	Löögimoonde tunnustega (PDF) mineraalid	20	535	Sisemist kraatrit ümbritsev ringvall paljandub merepõhjas	Odenholm (Osmussaar), mis asub struktuuri piiril, on legendide kohaselt viikingite peaja sõjajumala Odini haud.	Suuroja & Suuroja, 2000
10. Shiva (India ookean, Mumbaist läänes)	Problemaatiline, arvatavasti seotud laamade liikumisega, kuid puursüdamikust leitud PDF-kvartsi	600 × 400	65	Nurgelise kujuga ega meenuta kraatrit	Nime saanud hindu hävingujumalalt Shivalt. Pretendent K/T piiriga seonduva massilise väljasuremise põhjustaja kohale	Chattarje, 2002
11. Silverpit (Põhjameri, Inglismaa ranniku lähedal)	Problemaatiline, ilmselt seotud soolakuplitega	10	74–45	Struktuur asub 40 m sügavuses meres 1500 m paksuse settekivimite kihi all	Nime saanud kalurilt Silver Piti madala järgi	Stewart & Allen, 2002
12. Tvären (Läänemeri, Rootsi, Studsviki laht)	Löögimoonde tunnustega (PDF) mineraalid	2	455	Ringikujuline struktuur on täidetud ordoviitsiumi lubjakividega	Kindlaks tehtud kraatrisse puuritud puurauguga	Lindström <i>et al.</i> , 1994

Neugrund on ainulaadne maailmameres olevate meteoriidikraatrite seas, on maismaalt temasarnaseid kompleksseid meteoriidikraatrid siiski leitud (tabel 2).

Kui Neugrundi puhul veel midagi soovida, siis seda, et ta leiaks oma seisusele väärivat tunnustust UNESCO maailmapärandi programmi poolt, s.t ta kantaks maailmameres kõige paremini säilinud meteoriidikraatrina Odini haua nime all UNESCO maailmapärandi nimekirja. Sellest staatusest lähtuvalt saaks hakata rahvusvahelistelt fondidelt taotlema raha süvapuuraugu rajamiseks Neugrundi meteoriidikraatrisse. Kuigi merepõhjas on üllatavalt palju näha, peituvad Neugrundi meteoriidikraatri tõelised aarded ikkagi kraatrisüviku põhjas, mis on neid hoidnud juba ligi 535 mln aastat.

Neugrundi meteoriidikraatri uuringud on leidnud toetust ETF-i grantidelt 8049 ja 8266 ning järeldoktori nr 172 programmilt.

Viidatud allikad

1. Suuroja, K. & Saadre, T. 1995. The gneiss-breccia erratic boulders from northwestern Estonia as witnesses of an unknown impact structure. *Bulletin of Geological Survey of Estonia* 5/1, 26–28.
2. Suuroja, K. & Suuroja, S. 2000. Neugrund Structure – the newly discovered submarine early Cambrian impact crater. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. *Lecture Notes in Earth Sciences* 91, 389–416.
3. Suuroja, K., 1996. The geological mapping as a source of geological discoveries. Geological mapping in Baltic States. Vilnius. *Newsletter* 2, 19–22.
4. Suuroja, K., Suuroja, S. & Puurmann, T. 1997. Neugrundi struktuur kui impa-

Tabel 2. NEUGRUND JA MAAILMA TEISED SAMASUGUSED KOMPLEKSSED METEORIIDIKRAATRID

Struktuuri nimi, asukoht	Plahvatusaluse koostis	Struktuuri diameeter, km	Sisekraatri diameeter, km	Vanus, Ma	Viited
1. Aorunga (Aafrika, Tšaad)	Settekivimid	13	5	515	Koeberl <i>et al.</i> , 1995
2. Argeau NE (Aafrika, Liibüa)	Segakoostis	10	4	140	Earth Impact Database
3. Argeau SW (Aafrika, Liibüa)	Segakoostis	6,8	3	140	Earth Impact Database
4. Araguainha (L-Ameerika, Brasiilia)	Segakoostis	40	13	245	Crosta, 2004
5. Gleawater West (P-Ameerika, Kanada)	Kristalsed kivimid	32	12	290	Simonds <i>et al.</i> , 1978
6. Gooses Bluff (Austraalia, Põhjaterriitoriumid)	Settekivimid	22	6	14.5	Milton <i>et al.</i> , 1996
7. Kärkla (Euroopa, Eesti)	Segakoostis	12–14	4	455	Puura & Suuroja, 1992
8. Lawn Hill (Austraalia, Queensland)	Segakoostis	18	8	515	Shoemaker & Shoemaker, 1996
9. Mistastin (P-Ameerika, Kanada)	Kristalsed kivimid	28	8	35	Robertson & Grieve, 1975
10. Neugrund (Euroopa, Eesti)	Segakoostis	20	7	535	Suuroja & Suuroja, 2004
11. Oasis (Aafrika, Liibüa)	Settekivimid	18	5	120	Koeberl <i>et al.</i> , 1994
12. Ries Nördlingen (Euroopa, Saksamaa)	Segakoostis	24	8	14.5	Englehardt <i>et al.</i> , 1995
13. Shoemaker (Teague) (Lääne Austraalia)	Segakoostis	30	15	1630	Shoemaker & Shoemaker, 1996
14. Serra da Gangalha (L-Ameerika, Brasiilia)	Segakoostis	12	3	300	Romano & Crosta, 2004
15. Upheavel Dome (P-Ameerika, USA, Utah)	Settekivimid	10	3	170	Kenkmann, <i>et al.</i> , 2005
16. Vargeao Dome (L-Ameerika, Brasiilia)	Segakoostis	12	4	70	Crosta, 2004

ktkraater. *Eesti Geoloogiaseltsi bulletin* 2/96, 32–41.

5. Suuroja, K. & Suuroja, S. 1999. Neugrund structure – a submarine meteorite crater at the entrance to the Gulf of Finland. *Estonian Maritima* 4, 161–189.

6. Suuroja, S., All, T., Plado, J. & Suuroja, K. 2002. Geology and Magnetic Signatures of the Neugrund Impact Structure, Estonia. Springer-Verlag. *Impact Studies*, 277–294.

7. Suuroja, S., Suuroja, K. & Kestlane, Ü. 2003. Neugrund-bretša – suurepärase juhtkivim. Teaduste Akadeemia Kirjastus, Tartu–Tallinn, 89–99.

8. Suuroja, K. & Suuroja, S. 2003. The ejecta blanket of the Neugrund (Gulf of Finland, Estonia) impact crater. Cambridge, Abstracts and Workshop Sched-

ule, 54–56.

9. Suuroja, S. & Suuroja, K. 2004. The Neugrund Marine Impact Structure (Gulf of Finland, Estonia). Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. *Impact Studies*, 75–95.

10. Suuroja, K. & Suuroja, S. 2010. The Neugrund meteorite crater on the sea-floor of the Gulf of Finland, Estonia. *Baltica* 23/1 (ilmumisel).

11. Suuroja, S. 2007. Comparative morphological analyse of the early Paleozoic marine impact structures Kärkla and Neugrund, Estonia. PhD Thesis. Tallinn University of Technology, 188 pp.

12. Suuroja, K.-M. 2008. Geology and lithology of the early Palaeozoic marine impact structures Kärkla and Neugrund (Estonia). *Dissertationes Geologicae Universitatis Tartuensis* 22, 234 pp.

POLÜURETAANMATERJALID EHITUSES

HANNES REINULA

Kütte- ja ventilatsiooniinsener, Ameerika Ehituskeemia OÜ

KESKKONNATEHNIKAS 6/2009 tutvustati polüuretaanist (PUR) soojustusmaterjale ning nende eeliseid varem kasutatud materjalidega võrreldes. Vähem on juttu olnud nende rakendamisest ehituses.

PUR-materjale kasutatakse soojustamiseks ja hüdrosuleerimiseks, ent ka kaitseks radoongaasi eest. PUR-materjal võib kõiki neid ülesandeid ka korraga täita.

Ehituses kasutatakse tarindite kaitsmiseks kemikaalide ja korrosiooni eest PUR-isolatsioonvahtusid ja -kõvakatteid.

PUR-vahtude tihedus on tavaliselt 8–120 kg/m³ ning neid kasutatakse peamiselt soojustamiseks ja hüdrosuleerimise tarbeks, PUR-kõvakatted on mehaaniliselt väga tugevad ning kulumis- ja kemikaalikindlad.

Mõlemad materjalid koosnevad kahest koostisosast, mis omavahel reageerivad alles paigaldamise ajal. Tänu sellele nakkuvad nad väga hästi aluspinnaga ning sulgevad reaktsiooni käigus kõik alusmaterjali ebatihedused ja praod. PUR-vahtusid ja -kõvakatteid võib kasutada metall-, kivi-, puit- ja muudelgi pindadel.

Polüuretaankõvakatteid kasutatakse peamiselt ühiskasutatavate ja tööstushoonete põrandate kulumiskindluse suurendamiseks, metallmahutite kaitsmiseks kemikaalide ja korrosiooni eest ning ka reoveepuhastite betoonpinna kaitsmiseks. Võrreldes nt EPO-katetega kuivavad nad palju kiiremini (kuivamisaeg võib olla isegi alla 10 sekundi) ning nende tugevusomadused on paremad isegi siis, kui kiht on väga õhuke. Kihi paksus (alates 0,2 mm-st) sõltub aluspinnast ja nõutavatest tugevusomadustest.

PUR-vahud jagunevad kahte rühma – avatud ja suletud pooridega vahud. Kui viimaseid saab kasutada õige mitmeks otstarbeks, siis avatud pooridega vahud sobivad soojustamiseks ainult



PUR-vahu pihustamine tarindi pinnale

seal, kus ei ole karta nende märgumist. Meie kliimatingimustes nad välisseinte jaoks ei sobi. Suletud pooridega PUR-vahtudel on sõltuvalt materjalist avatud poore kuni 10 % ning seetõttu pääseb veeaur neist mingil määral läbi.

Et PUR-vahtusid on mitmesuguse koostisega, on nendega võimalik nii soojustada või hüdrosuleerida nii seinu kui ka katuseid ja vundamente. Katusel saab vahtu kanda isegi olemasolevale materjalile, kus ta moodustab monoliitse ja tugeva kaitsekihi, millel on võimalik isegi käia. Kui vaja, saab valmistada kemikaalikihtidega vahtusid, mille abil saab tõkestada pinna erosiooni või isegi betoon- ja asfaltpinna tösta.

Hiljuti on väl-

ja töötatud PUR-vahtusid, mida saab seinatühemikesse süstida. Nende soojajapidavus on tava-soojustusmaterjalide omast kaks korda parem. Nende väljatöötamise tegi keerukaks nõue, et osaliselt suletud pooridega vaht ei tohtinud reaktsiooni käigus tarindile mingit



PUR-kõvakattete tehnoloogial viimistletud maja kiviimitatsiooniga kaetud fassaad

survet avaldada. Peamiselt kasutatakse siiski tarindi pinnale pihustatavaid vahтусid. Peale mainitute on ka valataavaid PUR-vahтусid, mida kasutatakse näiteks betoontarindites.

PUR-vahтudel on ka oluline negatiivne omadus – nende paigaldamiseks sobiv aeg on Eestis lühikene. Sõltuvalt vahтust ei tohi välistemperatuur olla alla +5 kuni +10 °C. Vahтude arendamine küll jätkub ning juba on saada selliseid, mida võib paigaldada isegi –15 °C juures.

Tänu polüuretaanide laialdasele kasutamisele ehituses, nende toorme loodussõbralikumaks muutmisele ning ka odavnemisele on hakatud vahтused ja kõvakatteid ühendama. See suund kasvas välja filmitööstusest, kus oli vaja kiiresti ja mõistliku hinnaga valmistada mitmesuguste materjalide täpseid mehaaniliselt tugevaid koopiaid ning dekoratsioone.

Ehitustarindite tootjail on olemas vormid ja materjalid omavahel ühendatavate paneelide valmistamiseks, mille pind järgib väga täpselt fassaadi-

materjali pinnastruktuuri. Need paneelid on UV- ja ilmastikukindlad ning neid saab lihtsalt ja kiiresti paigaldada. Tõepärasuse huvides kasutatakse vormides peale värvikihtide ka kivipuru. Niimoodi saab imiteerida metallpindugi. Imiteerida saab mis tahes pinda. Seda on teinud restauraatorid – tarindi säilinud pinnast võetakse jäljend ning selle järgi taastatakse hävinenud pinnad.

Nüüdseks on astunud sammuke edasi ning fassaadiimitatsioon valmistatakse juba koos PUR-isolatsioonivahтukihiga tagaseinas. Selliste omavahel lukustatavatest paneelidest saab ehitada soojapidava, kiiresti paigaldatava ja vastupidava fassaadi. Paneele on ka väga lihtne asendada nt juhul, kui vandaalid on osa



Polüuretaan-fassaadipaneeli soojustatud nurgadetail. Telliskivi imiteeriva kõvakatte all on soojustuskiht

seinast rikkunud. Jäljenduspaneelid on rakendust leidnud ka sisearhitektuuris, sest nende kasutusvõimalusi piirab ainult kujundaja fantaasia.

Polüuretaanide kasutamine on toonud ehitusse uusi energiasäästlikke lahendusi, mille omavaheline ühendamine pakub piiramatu võimalusi. Need ajad on möödas, kui polüuretaanvahte kasutati peamiselt istmete pehendamiseks. A.M.

ETF KARTOTEK LÄKS INTERNETTI

EHITUSKESKUS

ET Infokeskusel on hea uudis kõigile ehitusala asjatundjale. Aastast 1993 paberikandjal väljaantav ehituslane ETF-kartoteek on aprillist alates kasutatav ka veebiversioonina.

ETF-kartoteegi juhendkaarte teatakse eelkõige kui ehitustööde kvaliteedinõuetega seotud RYL-käsiraamatute viitematerjale, kuid neid sobib kasutada ka iseseisvalt projekteerimisel, ehitamisel, renoveerimisel, järelvalvel ja hooldusel. Paberikandjal ETF-kartoteegi sisu moodustavad tehnilist informatsiooni sisaldavad juhendkaardid, projekteerimisjuhised ja tootekaardid. Uue veebiversiooni nimetus on **ETF-Net**.

Versiooni sisu ja pakutavad võimalused:

- kõik soomekeelsed RT-juhendkaardid (üle 500 tk)
- kõik eesti keelde tõlgitud RT-kaardid ja algupärased eestikeelsed juhendkaardid (120 tk)
- kõik Soome RakMK ehitusmäärused
- RYL-käsiraamatud eesti keeles (maa, tarindid, viimistlus- ja maalritööd)
- InfraRYL-käsiraamatud soome keeles
- Eesti Vabariigi ehitusseaduste ja -määruste nimekiri koos linkidega
- peamiste jooniste CAD-programmiga allalaadimise võimalus
- kehtivuse kaotanud RT-kaartide arhiiv
- otsinguvõimalused märksõnade või kaardi numbri järgi (eesti ja soome keeles)
- ETF-Neti sisu põhjal saab koostada oma kartoteegi

Kõigil ETF-kartoteegi praegustel ja tulevastel tellijatel on võimalik tutvuda ETF-Neti demoversiooniga. Registreerumine: www.ehituskeskus.ee/etf

Liitudes ETF-Neti versiooniga saate ETF-kartoteegile suurema kasutusmugavuse ning kõiki infomaterjale soovi korral ka välja trükkida.

Lisainfo: ET INFOkeskuse AS, Rävåla pst. 8, Tel 660 4535, www.ehituskeskus.ee

SUMMARY

HOW TO RECONCILE THE INTERESTS OF WIND FARM DEVELOPERS AND THE MILITARY NATIONAL DEFENCE?

Nele Loorents
Ministry of Defence



The article explores why high-quality radar imaging coverage is necessary for the defence of the Estonian state, how wind farms influence radars and how the interests of wind farm developers and the national defence could possibly be reconciled.

Pg 6

A SMALL PLAYER ALONGSIDE A MONOPOLY

Toivo Eensalu, Joel Jalast
AS Viimsi Vesi

The article is about Viimsi water management project, its achievements and the work to be done. The article gives a detailed description of a new groundwater intake well in Viimsi where water is extracted from two groundwater layers of the Cambrian-Vendian aquifer. It also discusses the development of an appropriate water treatment technology. The Cambrian-Vendian aquifer system is a major source of water supply in the Northern coast of Estonia. As the concentration of chloride, iron, manganese, ammonium and gases

(mainly nitrogen) in the drinking water there is higher than the one established by water quality regulations, the extracted water must be treated to ensure its compliance with the health protection requirements valid in the EU and in the Republic of Estonia. The test treatment of the bored well water in Viimsi revealed that the technological solution, currently under development, will not only ensure the compliance of chemical parameters with the established regulations, but can also help to reduce the natural radioactivity of water extracted from the Cambrian-Vendian aquifer system.

Pg 8

WATER, GEOLOGY AND WELL DRILLING

Andres Marandi, Taavo Kattel
Keskonnaekspert OÜ

The authors explain the origin of groundwater, its movement through sandstone and limestone layers and different uses of groundwater. They also give an overview of the construction of bored wells in Estonia.

Pg 21

GEOLOGICAL SOURCES OF FLUORIDES AND BORON IN THE SILURIAN-ORDOVICIAN AQUIFER

Enn Karro, Marge Uppin
University of Tartu

The majority of Estonian towns and other communities use groundwater as their primary source of drinking water. Water contains chemical elements and compounds that participate in the metabolism and thus affect the development, growth and reproductive abilities of a human organism. As for Estonian groundwater, fluorine and boron pose the greatest risk to human

health: in many bored wells the natural concentration of fluorine and boron exceeds the level permissible for drinking water. The article discusses natural sources of fluorine and boron and the concentration of the two elements in Estonian groundwater.

Pg 25

GEORADAR AND ITS APPLICATION IN SUBSURFACE RESEARCH

Argo Jõelet, Jüri Plado, Mario Mustasaar
University of Tartu

The georadar method was developed and introduced more than half a century ago. Over the last 15 years, georadar technology has made a huge leap in performance: both its data registration and storing capabilities as well as the data processing software have significantly improved. This has contributed to the spread of the method across various areas of application. The article examines the working principle and possible uses of the georadar.

Pg 32

THE NEUGRUND CRATER – A WONDER OF THE WORLD ON ESTONIAN SEABED

Kalle Suuroja, Sten Suuroja
Geological Survey of Estonia

The Neugrund meteorite crater is the most well preserved and exposed meteorite crater in the oceans of the world. The crater was discovered in 1995 by geologists-cartographers of the Geological Survey of Estonia in the course of a large-scale geological mapping in north-western Estonia. By today, the boundaries of the crater and its size have been specified. The treasures buried in the bottom of the crater about 535 million years ago are still waiting for exploration.

Pg 42



Keskkonna ja keskkonnaõiguse uudised.

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

Keskkonnaalaste tegevuste info ja kuulutused

www.keskkonnaveeb.ee



KAASAEGNE KAEVANDAMINE JA KIVIMITE PURUSTAMINE WIRTGENI TEHNOLOOGIATE ABIL



Close to
our customers



2200 SM

Mäekombainide abil on võimalik pinnasematerjali purustada, lõigata ja laadida sama tööprotsessi käigus. Tagatud on:

- ▶ Täpne ja keskkonnasõbralik kaevandamine
- ▶ Kvaliteetne materjalide selektiivne kaevandamine
- ▶ Suur lõikevõimsus
- ▶ Materjali tüki suurus vastavalt vajadusele

Lisainformatsiooni meie mäekombainide ja purustusseadmete kohta leiate aadressilt www.wirtgen.com



2500 SM



ROAD AND MINERAL TECHNOLOGIES

www.wirtgen.ee



WIRTGEN EESTI

OÜ Wirtgen Eesti
Betooni 26 · 11415 Tallinn · Eesti
Tel.: +372 60 66188 · Fax.: +372 60 66189
E-Mail: info@wirtgen.ee