



EESTI
GEOLOOGIATEENISTUS

Aastaraamat



EESTI GEOLOOGIATEENISTUS
F. R. Kreutzwaldi 5
44314 Rakvere
Telefon: (+372) 630 2333
E-post: info@egt.ee

ISSN 2733-329

© Eesti Geoloogiateenistus 2023



2022

Eessõna	3
Arbavere uurimiskeskuse areng 2018-2022	5
Rahvusvaheline koostöö tihenes	8
Kriitiliste toormete otsinguks Eesti aluskorrast sündis uuringute teekaart	10
Jätkusid fosforiidi ja sellega kaasnevate ressursside uuringud	12
Lääne-Eesti maardlatele ja maavarade perspektiiv- ning levialadele taastuvenergeetika taristu rajamise analüüs	15
Liivi lahe idaossa planeeritava tuulepargi ala geoloogilised uuringud	18
MS Estonia vraki ümbritseva ala seismo-akustiline uuring boomer-tüüpi sette profilaatoriga	21
Kas see oli nüüd maavärin või üks järjekordne lõhkamine?	23
Edasimineked Eesti maapõueenergia potentsiaali uuringutel	28
Kas Pandivere kuivab ära?	31
Kogu tõde puurkaevudest	35
Põllumajandustegevuse mõju Pandivere kõrgustiku põhja- ja pinnavee kvaliteedile	38
Siluri stratigraafia koolitus Eesti Geoloogiateenistuse töötajatele	41
Geoloogiline baaskaart (1:50 000)	44
Eesti mereala põhjasetete keskkonnaseisundist	46
Geofüüsikalised kaugseire meetodid mereala kaardistamisel ja mererannikute seirel	49
2022. aasta välitööd	52
Meremagnetomeetriselised välitööd Liivi lähel	57
Uuendatud radooniriski kaart	59



Eessõna

Hiljuti viie aasta vanuseks saanud Eesti Geoloogiateenistusele oli 2022. aasta kasvu- ning arenguaasta. Meie tegemistes tõusevad esile kolm suuremat arengut, mis mõjutavad lähiaastatel oluliselt nii Eesti Geoloogiateenistust kui ka laiemalt Eesti geoloogiat:

- Valmisid fosforiidi ja sellega kaasnevate ressurssidega seotud uuringute esimesed etapid. Vabariigi Valitsus otsustas 2022. a detsembris rahastada järgmist, kolmeaastast jätku-uuringut. Juba käimasolevas töös keskendume uuringutele Kunda lähedal Aru-Lõuna lubjakivikarjääri piirkonnas. Uuringu eesmärgiks on saada täpsem ülevaade Eesti fosforiidi ja sellega kaasnevate ressursside majanduslikust potentsiaalist ning nende mõjudest elu- ja looduskeskkonnale. Tulemused annavad Eesti ühiskonnale võimaluse tulevikus otsustada, kas ja kuidas tasub fosforiidi ja sellega kaasnevate ressursside väärindamisel edasi liikuda.

Sirli Sipp Kulli

Eesti Geoloogiateenistuse
direktor

- Meie Arbavere uurimiskeskuses valmisid kaks uut puursüdamikuhoidlat ning lõppjärku jõudis uuringumaja ehitus. Kolisime parematesse tingimustesse hinnalised puursüdamikud Keilast ning soetasime nende uurimiseks kaasaegse mitme detektoriga skaneerimisjaama. On äärmiselt innustav näha, et ammu plaan on täitumas – Arbaverest on saamas jälle kord Eesti geoloogia kodu-südamik, kus nii juba geoloogidena töötavad eksperdid kui ka tudengid ja kraadiõppurid saavad kaasaegsetes tingimustes tipptasemel uurida, mida Eesti maapõu täpsemalt sisaldab.
- Rahvusvahelises koostöös jõudisime uuele tasemele. Saime 2022. aastal rahastuse nn EGT-TWINNi projektile, milles jagame ning arendame koos Soome, Taani ja Ühendkuningriikide kolleegidega järgmisel kolmel aastal oma meeskondade oskusi ja teadmisi. Oktoobrikuus korraldasime Eesti maapõue tutvustava infopäeva Brüsselis valdkonna suursündmusel Critical Raw Materials Week. 2022. aastal osalesime ka maapõue populariseerimise projekti RIS Briefcase ning Geological Service for Europe (GSEU) ettevalmistamisel, samuti jätkasime EU-WATERRESi rahvusvaheliste projektidega.

2022. aasta alguses Venemaa alustatud sõda Ukrainas näitab väga selgelt, et peame nii Eestis kui ka Euroopa Liidus mõtlema laiemalt ja senisest rohkem oma julgeolekule ning kohaliku varustatuskindluse tagamisele. Eesti Geoloogiateenistuse peamine roll siinkohal on panustada teaduspõhiste analüüside ja faktidele tuginevate alusandmete kogumise ja avalikustamisega. Oma igapäevatoos näeme, et nii riik, ettevõtted kui ka laiem avalikkus ootavad järjest suuremas mahus kvaliteetset maapõueinfot.

Käesolev aastaraamat annab põneva läbilõike Eesti Geoloogiateenistuse 2022. aasta olulisematest tegevustest ja tööde tulemustest ning heidab pilgu ka tulevikku. Artikleid leiab nii põhjaveest kui laiemast hüdrokeoloogiast, samuti maapõue kaardistamisest seni uurimata aladel, seismoloogiast ja meregeoloogiast, maapõueenergiast, Eesti aluskorra uuringutest ning veel mitmetest käimasolevatest projektidest. Loodan, et mahukad kajastused koos põneva info- ja pildimaterjaliga tekitavad huvi ning annavad sisuka ülevaate EGT tegevustest.

Head lugemist!



5. hoidla ehitus. Foto: Eesti Geoloogiateenistus.

Arbavere uurimiskeskuse areng 2018–2022

Eesti Geoloogiateenistuse üks peamisi ülesandeid on säilitada geoloogilist teavet ja tagada selle kättesaadavus. Geoloogiateenistuse loomisega 2018. aastal anti meile üle kõik endise Eesti Geoloogiakeskuse varad ja arhiivid, sh Arbaveres, Keilas ja Tuulas hoiustatud puursüdamikud, õhikud ja käsi-palad ning teised Geoloogifondi säilikud.

Säilitamiseks aastatega kogutud puursüdamikke alustati 2018. a Arbaveres uute puursüdamikuhoidlate rajamisega. 2018. a lõpus valmis esimene uus hoidla (nimega Elsa), 2019. a lõpus lisandusid veel kaks uut hoidlat (Heldela ja Elga). 2020. a teises pooles algas neljanda hoidla (Anne) ehitus, kuhu kavandati ka köetav kirjeldamisruum. Hoone valmis 2021. a aprillis. Samal aastal algasid viienda hoidla ehitustööd, hoidla valmis 2022. a jaanuaris. Kuues hoidla sai kasutusloa



Arbavere 2020 droonifoto. Foto: Eesti Geoloogiateenistus.

2023. a jaanuaris. Loodetavasti saab 2023. a alguse ka seitsmenda hoidla ehitus.

2019. a algas Keskkonnainvesteeringute Keskuse toel projekt nimega „Geoloogilise informatsiooni säilitamistingimuste parandamine (I etapp)“. Selle käigus viidi esimesse valminud uude hoidlasse üle 2294 kristalliinse alukorra puursüdamikukasti ning aastaid Arbaveres välitingimustes olnud 1386 Alam-Paleosoikumisettekivimite puursüdamikukasti. Viimaste puhul tuli suur hulk puursüdamikke ümber paigutada uutesse kastidesse. Keila hoidlast transporditi

Arbaverre ca 4800 puursüdamikukasti. Esimeses etapis revideeriti 717 puurauku, korrastati ja pildistati kokku 5370 kasti ja loodi puursüdamike kaardirakendus, mis on kättesaadav aadressil <https://gis.egt.ee/portal/apps/dashboards/99f758ac4ef548f686b831adb3199378>.

Käimas on selle projekti II etapp, mis lõpeb 2023. a sügisel ja millega kolitakse uutesse hoidlatesse kõik seni Keilas hoiustatud puursüdamikud. Tänapäevaks on selle etapi käigus Arbaverre jõudnud umbes 700 puurangu südamikud, korrastatud ja pildistatud

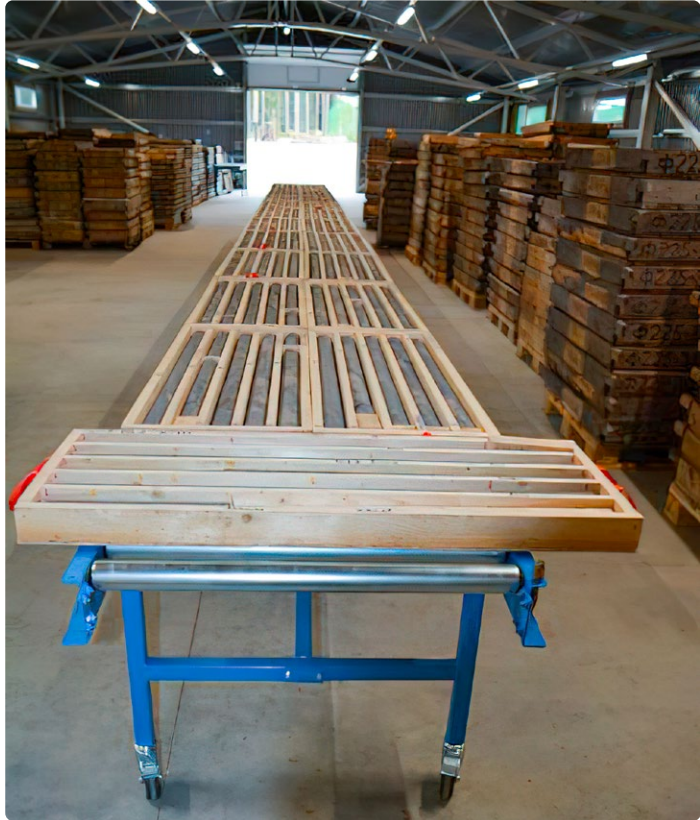
kaste on ca 7500. Samuti täieneb uue infoga puursüdamike kaardirakendus. Tuula hoidlas olevad puursüdamikud on kavas sealt ära tuua aastatel 2024–2025.

Arbaveres on hoiul ka varasemalt kogutud õhikud ja käsipalad. Õhikuid on kokku 18 367, millest settekivimite omasid on 7967 ja kristalsete kivimite õhikuid 10 400. Lisaks neile on Arbaveres hoiustatud ca 1500 lihvi aluskorra maagistunud intervallidest.

2022. a hakati projektis „Ressurss nutikale Eestile“ (RENE) ehitama Arbaverre uurimiskeskuse uuringumaja. Kokku ca 370 ruutmeetrile tuleb neli töökabinetti Arbaveres töötavatele geoloogidele ja teadlastele, lisaks konverentsiruum, väike laboriruum ning kaasaegsed olmetingimused. Uuringumaja ehitus lõpeb 2023. a kevadel.

Puursüdamike efektiivseks uurimiseks hankis EGT 2022. a puursüdamiku-skänneri, mis paigutati samuti Arbaverre ja mis võimaldab puursüdamikku automaatselt pildistada, määrata selle magnetilist vastuvõtlikkust ning XRF-seadme abil ka keemilisi elemente etteantud vahemiku järel.

Kokkuvõttes on Arbavere uurimiskeskuses juba praegu võimalik aasta ringi puursüdamikke kirjeldada, kivimeid lõigata ja nende esmauuringuid teha. Samuti kaasaegsed olmetingimused ning võimalus korraldada väikesemahulisi seminare ja koolitusi. Uurimiskeskuse tähtsus maateadlaste jaoks, ka ja eelkõige nende järelpõlvedele põhi- ja kraadiõppe baasina järjest suureneb.



Arbavere esimene hoidla. Foto: Eesti Geoloogiateenistus.

Kuigi peamine taristu on juba olemas ja valmimas, soovime jätkata Arbavere uurimiskeskuse arendamist. Järgnevatel aastatel tahame rajada õppeotstarbelise hüdrogeoloogilise katseväljaku, luua seal võimalused geoloogidele ja teistele teadlastele lühiajaliseks peatumiseks ning ehitada tehnika ja varustuse hoidmiseks-korramiseks eraldi hoone.

Jaak Jürgenson Jaak.Jurgenson@egt.ee



Brüsselis Critical Raw Materials Week raames tutvustati Eesti kriitiliste toormete uuringuid. Foto: Eesti Geoloogiateenistus.

Rahvusvaheline koostöö tihenes

Rahvusvahelises suhtluses jõudis Eesti Geoloogiateenistus 2022. aastal uuele tasemele ning tuule said tiibadesse mitmed pikalt plaanitud koostööprojektid.

Me saime Horizon Europe programmist rahastuse EGT-TWINNi projektile „Rahvusvahelises koostöös geoloogilise uurimisvõimekuse arendamine Eesti Geoloogiateenistuses“, millega parendame kolme aasta jooksul koos Soome, Taani ja Ühendkuningriikide kolleegidega oma meeskondade oskusi ja teadmisi. Projekti peamiseks eesmärgiks on suurendada rakendus-

geoloogiliste ja teadusuuringute võimekust Eesti Geoloogiateenistuses. Osalejad omandavad uusi oskusi, kuidas hinnata Euroopa Liidu kriitiliste toormete ressursse tänapäevaste geoloogiliste, geokeemiliste ja geofüüsikaliste meetodite abil. Samuti tutvutakse koostööpartnerite pikaajaliste kogemustega geoloogilises kaardistamises, 3D-modelleerimises ja andmebaaside arendamises. Lisaks tehakse ühiseid rakendusuringuid maasoojuspotentsiaali paremaks kasutamiseks Eestis. Projekti osana toimuvad lähiaastatel erinevad koolitused

Eestis ja välismaal, samuti korraldatakse rahvusvahelisi konverentse ning teadlasvahetust ühisteks rakendusüritinguteks.

Oktoobris korraldas Eesti Geoloogiateenistus Brüsselis Eesti maapõue tutvustava infopäeva valdkonna suursündmusel Critical Raw Materials Week. See oli esimene kord, kui Eesti tutvustas globaalsele auditooriumile eriseminaril seda, mis meil kriitilise aluskorra ja kriitiliste toormete uurin-gutes toimunud ja toimumas on.

Eesti Geoloogiateenistus osales projekti A Geological Service for Europe (GSEU) ettevalmistamisel. Tegemist on Horizon Europe programmist rahastatud Euroopa geoloogia-teenistusi ja teisi valdkonnaga seotud asutusi ühendava projektiga, mille lähieesmärk on panna alus Euroopa geoloogiateenistuste alalisele koostöövõrgustikule. Kaugemas plaanis hakkab loodav võrgustik pakkuma Euroopa institutsioonidele, akadeemilistele ringkondadele, uurimisorganisatsioonidele, riiklikele ja piirkondlikele poliitikakujundajatele, tööstusele ja kodanikele ajakohastatud ja kõrgetasemelist süstematiseeritud teavet maapõue kohta. Eesti Geoloogiateenistus osaleb projektis kriitiliste toormete andmes-tiku koondamisel ning rannikute haavata-vuse hindamisel ja meretuuleparkide asu-kohavaliku optimeerimisel.

Samuti osalesime maapõue populariseeri-mise üleeuroopalise projekti RIS Briefcase ettevalmistamisel ja 2022. aasta sügisel sai see projekt EIT RawMaterials rahastuse. Rohkem kui 20 rahvusvahelist partnerit ühendava projekti laiemaks eesmärgiks on

tuua maavaradega seotud teemad ühis-konnale lähemale. Peamine eesmärk on tutvustada ja selgitada kooliõpilastele, kui-das maapõues peituvad maavarad on seotud meie igapäevaeluga. Projekti jooksul valmivad nn maavarade seljakott ja samuti interaktiivsed mängud.

Sügisel osales Eesti Geoloogiateenistus ka-hel rahvusvahelisel mere-ekspeditsioonil. Koostöös Norra, Rootsi ja Soome kollee-gidega uuriti Stockholmi Ülikooli uurimis-laevalt "Electra" Fe-Mn konkretsioonide esinemisalasid Soome lahe merepõhjas, et selgitada nende tekkimise ja laigitise leviku põhjuseid. Uuringuid planeeritakse jätkata Norra Geoloogiateenistuse moodsa, eri-nevate proovivõtuseadmetega varustatud veealuse robotisüsteemiga (ROV - remotely operated vehicle). Fookusaladeks on valitud alad, kus varasemate vaatluste käigus on registreeritud süvapäritoluga fluidide lek-kimist läbi merepõhja. Soome-Eesti koos-tööprojektis "Ohtlikud ained Soome lahes" (GoFHAZ) uuriti Soome uurimislaevaga „Aranda“ merepõhja setteid Soome lahes.

Juunis toimus Arbaveres esinduslik rahvus-vaheline maapõueenergia konverents, kus esinesid valdkonna eksperdid nii välismaalt kui ka Eestist. Hüdrogeoloogia valdkon-nas jätkusid rahvusvahelised EU-WATER-RESi ja WaterActi projektid, mille fooku-ses on põhjavee piiriülene majandamine Eesti ja Läti vahel. Samuti osalesid Eesti Geoloogiateenistuse eksperdid endistviisi aktiivselt Euroopa geoloogiateenistuste esindusorganisatsiooni EuroGeoSurveys erinevates ekspertgruppides.

Erki Peegel

Erki.Peegel@egt.ee



Sulfiidne mineralisatsioon granaat-pürokseengneisis Jõhvi puuraugus PA-2. Foto: Siim Nirgi.

Kriitiliste toormete otsinguks Eesti aluskorrast sündis uuringute teekaart

Eesti kristalses aluskorras on suur uurin-
gupotentsiaal. Nii võib järeltada hiljuti
valminud Jõhvi magnetvälja uuringute
aruandest ning 2022. aastal lõppenud
ülikoolidevahe lisest koostööprojektist
„Potentsiaalselt kasulikud komponendid
ja maagistumise genees Eelkambriumi
kivimite polümetalse maagistumise ilmin-
gutes“ RESTA20.

Kui varem oli Eesti aluskorra uurimisel pea-
mine rõhk rauamaagi-ilmingutel ja sulfiidsele
maagistumisele, siis viimaste uuringute val-
guses on nii maagistumise tekkelugu kui ka
nendega kaasnevate elementide spekter
oluliselt kirjum. Samuti on leidnud kinni-
tust see, et tänapäevaste meetoditega on
võimalik juba uuritud puursüdamikest teha
uusi avastusi.

Digi- ja rohepöördest tingituna on muu-
tunud järjest enam kriitilisteks sellised

maapõues leiduvad elemendid, mida kasutatakse näiteks taastuvenergeetikas ja akutehnoloogiates. Maapõueuuringute võtmes tähendab see, et paari hästi uuritud põleva maavara asemel tuleb otsida uusi leiukohti kümnetele varem vähem huvi pakkunud elementidele. Arvestades Eesti kristalse aluskorra tekkelugu ja seost Lõuna-Soome ning Rootsi Bergslageni aladega, on põhjust otsida neid toormeid ka meie maapõuest. Viimati otsiti süsteemselt ja riiklikul tasemel kristalse aluskorra kivimitest metalle enam kui 30 aastat tagasi. Geopoliitiliselt on olukord muutunud ning Euroopa majanduslik julgeolek koos kriitiliste toormete kättesaadavusega on ka Eesti huvides. See tõttu tuleb Euroopa geoloogiateenistustel maavarauuringuid vajadusel eest vedada ning teha kindlaks oluliste elementide levik maapõues. Maavarade süsteemseks uurimiseks kristalsetes kivimites koostati geoloogiateenistuse initsiatiivil uuringute teekaart, mis sõnastab hetkeolukorra, seletab lahti geoloogilised eeldused ning paneb paika üldise tegevuskava, mida tuleks edasistel uuringutel järgida.

Eesti kristalse aluskorra potentsiaalsete maavarade otsingud ja uuringud kesken- duvad teekaardil maavaradele, mille leidmine Eestist on sama tõenäoline, kui samasuguse aluskorraga Fennoskandia maagistumisproovintsid. Lähtudes 2021. aasta Põhjamaade (Soome, Taani-Grööni- maa, Rootsi, Norra ja Island) geoloogiatee- nistuste aruandest (Eilu et al., 2021), mis kirjeldas rohepöördeks vajalike strateegiliste

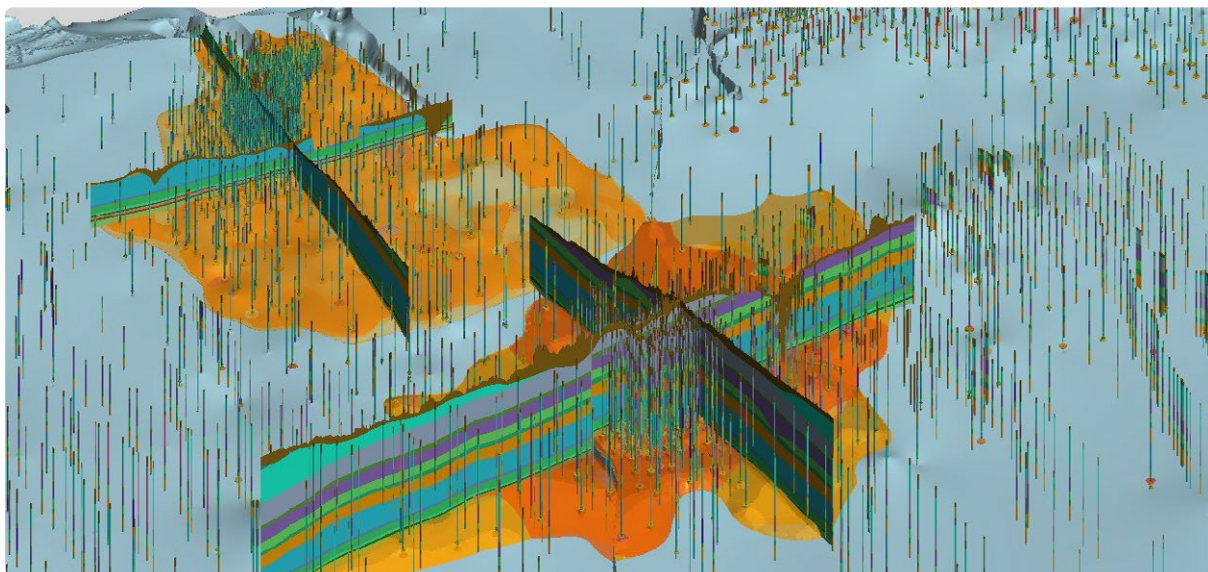
tehnoloogiliste metallitoormete, aga ka teiste suure majandusliku tähtsusega maa- varade leviku potentsiaali Põhjamaades, on Eesti kristalse aluskorra geoloogilise ehituse kontekstis põhjendatud eelkõige järgmiste metallide otsingud-uuringud: vismut (Bi), koobalt (Co), indium (In), liitium (Li), haruldased muldmetallid (REE), tallium (Ta), nioobium (Nb), volfram (W), vask (Cu), nikkel (Ni), hõbe (Ag), kuld (Au) ja plaatina grupi metallid.

Kavandatavad tegevused on järjestatud etappideks, kus iga eelneva etapi tulemused on aluseks järgneva etapi kavandamisele ja täitmisel. Aluskorrauuringute etapiviisilised tegevused jagunevad kahte alamteemasse: aluskorrakivimite petrograafilis-geokeemi- line analüüs ning struktuurigeoloogia ja geofüüsikaliste väljade analüüs. Praegu- seks on geoloogiateenistus teinud algust juba esimeste etappidega, kus digitalisee- ritakse aluskorrakivimite geokeemiline ja mineraloogiline andmekogu, analüüsitakse ja interpreteeritakse andmeid ning ska- neeritakse perspektiivsete puursüdamike keemiline ja mineraloogiline koostis.

Eilu, P., Bjerkgård, T., Franzson, H., Gautneb, H., Häkkinen, T., Jonsson, E., Keiding, J.K., Pokki, J., Raaness, A., Reginiussen, H., Róbertsdóttir, B.G., Rosa, D., Sadeghi, M., Sandstad, J.S., Stendal, H., Þórhallsson, E.R. & Törmänen T., 2021. The Nordic supply potential of critical metals and minerals for a Green Energy Transition. Nordic Innovation Report. <https://www.nordicinnovation.org/critical-metals-and-minerals>.

Siim Nirgi

Siim.Nirgi@egt.ee



Toole ja Rakvere fosforiidimaardlate geoloogiline 3D mudel koos ajalooliste puuraukudega.

Jätkusid fosforiidi ja sellega kaasnevate ressursside uuringud

Selleks et järjest kasvava rahvaarvuga maailmas jaguks toitu kõigile, on vaja kasutada mineraalväetisi. Üks põhilisi nende tootmiseks vajalikke ressursse on fosforirikas settekivim ehk fosforiit. Euroopa Liidus toodetakse fosforit ainult Soomes, ning üle 80% fosforiiti ja fosfaatväetisi imporditakse. Euroopa lähituleviku siht on suurendada strateegilist autonoomiat kriitiliste toormete valdkonnas, mis eeldab liidusiseste tootmismahdade kasvu.

Eestis paikneb tõenäoliselt Euroopa suurim fosforiidimaardla. Eesti esimene fosforiidikaevandus alustas tööd 1924. aastal Jõelähtme kihelkonnas Ülgasel. Maardus avati fosforiidikaevandus, rikastusvabrik ja väetisetehas 1940. aastal. Virumaal toimusid masstaapsed fosforiiduuringud 1950–1989, mis lõppesid nn fosforiidisõjaga. Järgneva pea 30 aasta jooksul Eestis fosforiiti ei uuritud, kuni 2018. aastal taasloodi Eesti Geoloogiateenistuse. 20. sajandi teises pooles tehtud põhjalikke fosforiiduuringuid Kirde-Eesti piirkonnas, nende fookuses olid peamiselt fosfori-

sisaldused. Haruldaste muldmetallide ja mustas kildas leviva vanaadiumi sisaldusi toona põhjalikult ei uuritud, sest puudus suur majanduslik nõudlus nende elementide järele.

Oluline keskkonnarisk, mis mineraalväetistega tihti kaasneb, on loodusesse sattuvad saasteained. Võrreldes praegu maailmaturul kaubeldava fosforiidiga sisaldab Eesti oma oluliselt vähem elusloodusele toksilisi elemente, nagu Cd, U, As. Seega sisaldaks Eesti fosforiidist toodetud väetis vähem toksilisi elemente ja oleks keskkonnale oluliselt kahjutum. Peale fosfori on Eesti fosforiidis ka palju haruldasi muldmetalle. Digi- ja rohepöörde kontekstis on haruldased muldmetallid keskse tähtsusega, leides kasutust nii roheenergia tootmises ja salvestamises kui ka muudes kõrgtehnoloogilistes valdkondades. Praegu sõltub Euroopa nende kriitlike elementide puhul üle 85% ulatuses Hiina kontrollitavast impordist. Mõnede vajalike metallide osas võib Hiinast sõltuvuse vähendamisel just Eesti maapõues leiduv tulevikus oma rolli mängida.

Mida siiani uuriti?

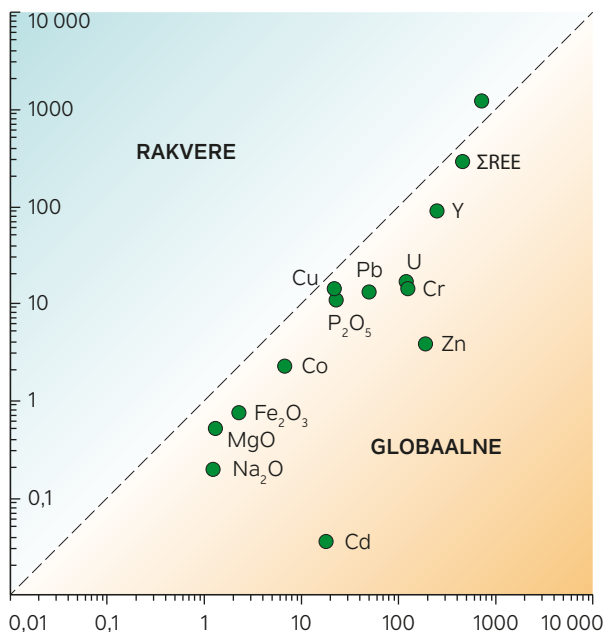
Et olla oma maapõue tark peremees, on vaja geoloogilisi andmeid kaasajastada. Aastatel 2020–2022 tegi Eesti Geoloogiateenistus fosforiidi ja sellega kaasnevate ressursside uuringu, mille põhifookuses olid ajaloolised andmed. Projekti peamine eesmärk oli hinnata fosforiidi ja sellega kaasnevate ressursside majanduslikku potentsiaali ning valmistada ette materjalid jätku-uuringuteks. Töö käigus digiteeriti vanad fosforiidiuuringute aruanded, mille põhjal loodi andmebaas, mis sisaldab andmeid rohkem kui 6000 puuraugu ja üle 21 000 fosforiidi keemilise analüüsi kohta. Nende digiandmete põhjal koostati Toolse ja Rakvere fosforiidimaardlate ruumimudel. Ajalooliste andmete valideerimiseks puuriti ka 37 uut puurauku Toolse, Rakvere ja Aseri maardlate ümbrusse. Saadud puursüdamikke analüüsiti põhjalikult erinevate geokeemiliste ja -tehniliste meetoditega. Kirjeldatud tööde lõpparuanne valmib 2023. aasta teises kvartalis. Esialgu võib



Eesti fosforiit. Foto: Liisa Lang.

vaid sedastada, et ajalooliste andmete kvaliteet on üldiselt hea. Ootuspäraselt on näha, et piirkondades, kus varasemalt oli puuritud vähem puurauke või maa-varade lasundi paksus ja/või kvaliteet oli muutlik, on erinevused suuremad. Haruldaste muldmetallide sisaldused olid Rakvere maardlas 200–300 g/t ja Toolse maardlas 300–400 g/t. Toolse maardla puhul on oodata rikastamise käigus haruldaste muldmetallide sisalduse suurenemist umbes 1200–1300 g/t-ni.

Saadud andmestikule tuginedes loodi ruumianalüüs, et leida võimalikud perspektiivsed uuringualad järgnevatele uuringutele. Valikukriteeriumiteks olid eelkõige fosforiidi geoloogilise varu suurus ja kvaliteet, kuid samuti võeti arvesse asustatud piirkondade lähedust ning esialgseid hinnanguid keskkonnamõjule. Kolmele alale arvutati koostöös TalTechiga esialgsed kaevandamise ja rikastamise ühikhinnad ning hinnati kaevandamise mõju põhjaveele. Lisaks piiritleti kolm



Rakvere maardla fosforiidi jälgelemendid, võrrelduna maailma keskmiste sisaldustega.

täiendavat ala, mille puhul oli peamiseks kriteeriumiks minimaalne eramaade osakaal, minnes seejuures kompromissile varude suuruses ja kvaliteedis. Uuringute aruanded võib peatselt leida geoloogifondist Analüüsi tulemused aitavad loodetavasti vähendada tehnoloogilisi riske ja sotsiaalseid vastuolusid Aru-Lõuna laiendatud alal, mis suures osas kattub juba olemasoleva Aru-Lõuna lubjakivi karjääriga. Selle laiendatud ala üheks nõrkuseks on aga suhteliselt väiksem fosforiidivaru.

Mis on lähiaastatel plaanis?

Viimastel aastatel tehtud töö tulemusel on võimalik uurida fosforiiti detailsemalt ning edasiste uuringute finantseerimiseks perioodil 2023–2025 esitas Eesti Geoloogiateenistus koostöös Majandus- ja Kommu-

nikatsiooniministeeriumiga Teadus- ja Arendusnõukogule taotluse 6,1 miljonile eurole. Teadus- ja Arendusnõukogu toetas meie projekti ning Vabariigi Valitsus kinnitas 2022. aasta detsembris projekti rahastuse.

Algava projekti üks peamisi eesmärke on leida uurin-gualal fosforiidi väärimiseks parim tehnoloogia. Uuringute aluseks võetakse TalTechi ja Tartu Ülikooli poolt läbi viidud RITA ja RESTA teadusprojektide tulemused. Uuringutega soovitakse leida vastused küsimustele, milliseid lõpptooteid on fosforist ots-tarbekas toota ning kuidas on tööstuslikul skaalal võimalik eraldada fosforiidist haruldasi muldmetalle ning mustast kildast vanaadiumit. Tehnoloogia aren-damise käigus kaardistatakse tekkivaid keskkon-namõjusid ning hinnatakse majandusperspektiivi, vajadusel teostatakse ka parima tehnoloogia skalee-rimiskatsetused.

Oluline on märkida, et maailmas on küll palju fosfo-riidi väärimise näiteid, kuid seni ei ole teada sellist tehnoloogiat, mis eraldaks kivimist fosforit ja harul-dasi muldmetalle koos. Seetõttu ei ole võimalik Eestis ühtegi toimivat tehnoloogilist lahendust üks ühele üle võtta, vaid tuleb leida meile optimaalne tehnoloogia ning seda meie toormele kohandada. Samuti tuleb leida parim võimalik lahendus fosforiidiga kaasneva raskemetallidega rikastunud graptoliitargilliidi vääri-damiseks või sellega seonduvate keskkonnoahtude vältimiseks.

Kokkuvõtvalt – algava kolmeaastase uuringu laiemaks eesmärgiks on saada täpsem ülevaade Eesti fosforiidi ja sellega kaasnevate ressursside majanduslikust po-tentsiaalst ning mõjudest elu- ja looduskeskkonnale. Ülevaade annab Eesti ühiskonnale võimaluse tulevi-kus otsustada, kas ja kuidas tasub fosforiidi ja sellega kaasnevate ressursside võimaliku väärimisega edasi liikuda.

Kaarel Lumiste

Kaarel.Lumiste@egt.ee



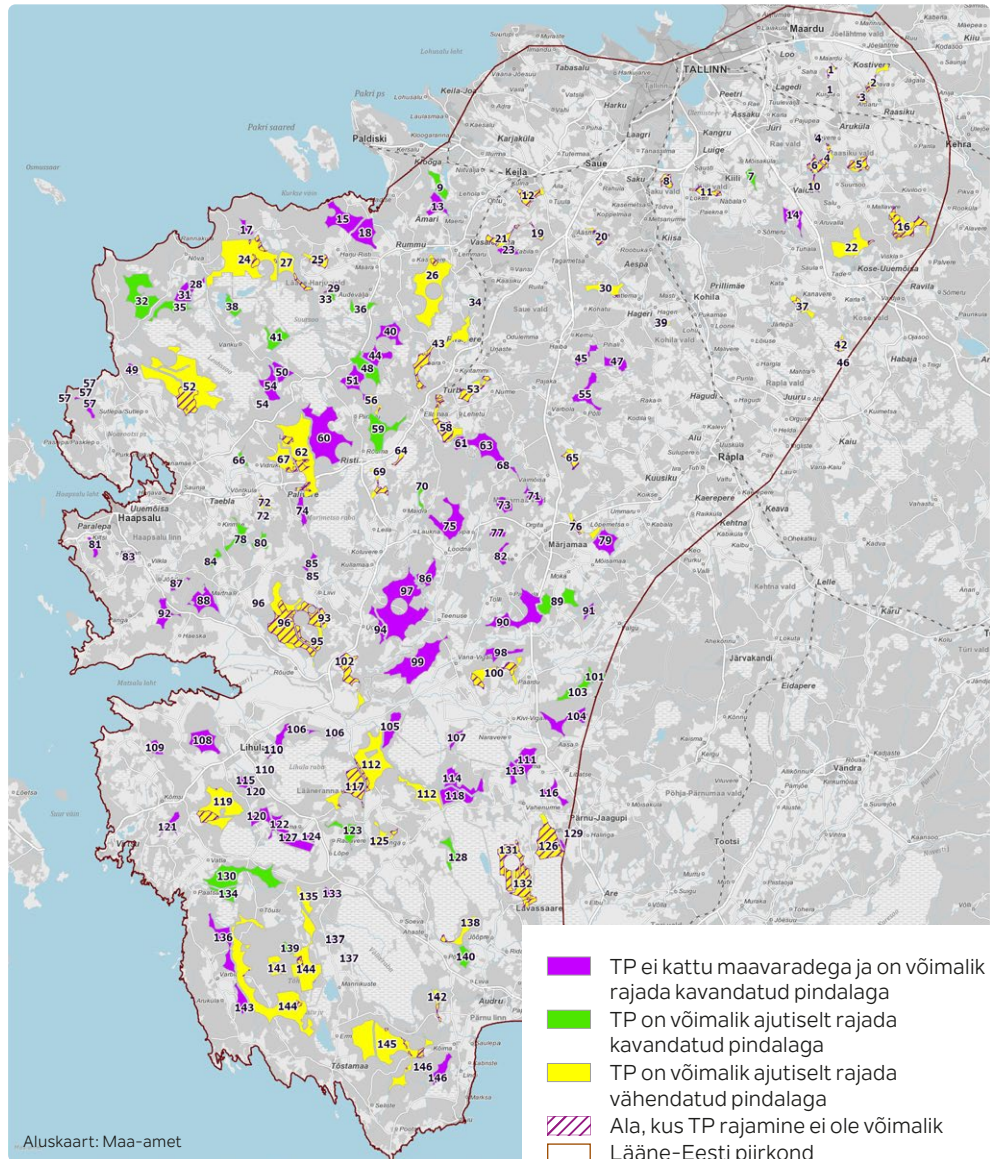
Tuulikuparkide rajamiseks sobivad hästi ammendatud karjäärid ja tööstusmaastikud. Pildil Narva tuhavälja tuulepark.
Foto: Tiit Kaasik.

Lääne-Eesti maardlatele ja maavarade perspektiiv- ning levialadele taastuvenergeetika taristu rajamise analüüs

Eesti Geoloogiateenistus (EGT) analüüsis 2022. aastal tuuleparkide ajutise rajamise võimalusi Lääne-Eesti taastuvenergeetika piirkonna maardlatele ja maavarade perspektiivsetele aladele. Uurimistöö tellis Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium ning töö oli jätkuks 2021. aastal tehtud samalaadsele uurimusele Kirde- ja Kesk-Eesti taastuvenergeetika piirkondade kohta.

Uurimistöö vajadus tuleneb Eesti energeetikavaldkonna ühest prioriteedist selekteerida taastuvenergeetika (sh tuuleenergia) arendamiseks sobilikud alad, et täita riigi taastuvenergia eesmärgid aastaks 2030.

Uurimistöö ülesanne oli analüüsida Eesti Tuuleenergia Assotsiatsiooni (ETEA) koostatud andmeid nende Lääne-Eestis paiknevate alade kohta, kuhu kavatakse rajada tuuleparke.



Lääne-Eesti taastuveneergetika piirkonda kavandatavad tuulepargid.

Uurimistöö eesmärk oli analüüsida, kas ja mis tingimustel on võimalik ajutiselt rajada taastuveneergetika tootmise seadmeid (eelkõige tuuleparke) maardlate ja maavarade perspektiivsetele aladele.

Lääne-Eesti taastuveneergetika piirkonda kavandatavate tuuleparkide rajamise võimaluste kohta on EGT esitanud seisukohad, mis peavad silmas eelkõige maavara kvaliteeti, vajadust selle järele ja varustuskindlust.

Sama tähtsad on samuti maardlate ja maavarade perspektiivsete alade asukohad ning mäetehnilised tingimused.

EGT on teinud täiendavaid ettepanekuid arvestada looduskeskkonna tingimusi, need soovitusel toetuvad ametlikule teabele, näiteks Eesti turbauuringute andmebaasile ja maavarade registrile.

Lääne-Eesti taastuveneergetika piirkonnas analüüsiti kokku 146 tuulepargi võimalikku asukohta. Maavarade registri ja EGT geoloogilise kaardistamise andmetel kattub kavandatavatest tuuleparkidest 80 osaliselt maavaradega, sh 47 maardlaga. Seega jäi maardlatest ja maavarade perspektiivsetest aladest välja 66 tuuleparki, mille rajamiseks ei ole praegu maavaradest tulenevaid kitsendusi. Kõiki tuuleparke, mis kattuvad maavaradega, tuleb selle uurimistöö põhjal esialgselt käsitleda ajutiselt rajatavate taristutena. Lääne-Eesti taastuveneergetika piirkonnas tuleb maavarade varustuskindluse tagamisel arvestada Rail Baltica rajamiseks vajalike ehitusmaavarade ressursiga.

Lääne-Eesti taastuveneergetika piirkonnas analüüsiti lubjakivi-, dolokivi-, liiva-, kruusa- ja turbamaardlaid, mis osaliselt kattusid kavandatavate tuuleparkidega ning kirjeldati nende maardlate geoloogilist ehitust, maavara kvaliteeti ja mäetehnilisi tingimusi. Lühiiseloost anti ka nende maavarade perspektiivsetele aladele ning Tapa põlevkivi perspektiivalale, Maardu fosforiidi levi-alale ja pinnakatte savilasundi levi-aladele.

Lääne-Eesti taastuveneergetika piirkonnas oli esialgu tuuleparkide rajamiseks kavandatavate alade pindala kokku 76 325,24 ha. Pärast maavarade analüüsi on uurimistöö tulemuste põhjal võimalik sellesse piirkonda rajada tuuleparke kogupindalaga 64 078,15 ha. Maavaradest tulenevate piirangute tõttu teeb EGT ettepaneku vähendada kavandatavate tuuleparkide pindala 16% ning ülejäänud maardlatega kattuvatele aladele planeerida ajutised tuulepargid.

EGT on seisukohal, et nii kehtiva kaevandamislooga aladel kui ka aladel, mille kohta on taotluse esitamisega selgelt väljendatud huvi kaevandamiseks, peab olema võimalus kaevandada ka edaspidi ning neile aladele taastuveneergetia tootmiseseadmeid ei rajata. Samuti on olulised geoloogilise uuringuruumiga või geoloogiliseks uuringuks taotletavad alad, sest geoloogilise uuringuga võetakse arvele täiendavat maavaravaru, mis võib edaspidi osutada kaevandamise jaoks perspektiivseks kaevandamise jaoks tulevikus. Maardlates olevaid varuplokke on analüüsitud juhtumipõhiselt, s.t hinnang võimaliku tuulepargi ajutiseks rajamiseks on antud kavandatava tuulepargi ja varuplokiga kattuva ala kohta, mitte maardla kohta tervikuna.

Tamm, J., Leben, K. 2022. Maardlate ja maavarade perspektiiv- ning levi-aladele taastuveneergetika taristu rajamise analüüs. Lääne-Eesti. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere, 141 lk. <https://fond.egt.ee/fond/egf/9651>.



Uurimislaev Jakob Prei sadamas. Foto: Sten Suuroja.

Liivi lahe idaossa planeeritava tuulepargi ala geoloogilised uuringud

Viimastel aastatel järsult kasvanud huvi avamere tuuleparkide rajamise vastu on hüppeliselt suurendanud vajadust uurida Eesti merealade geoloogilist ehitust.

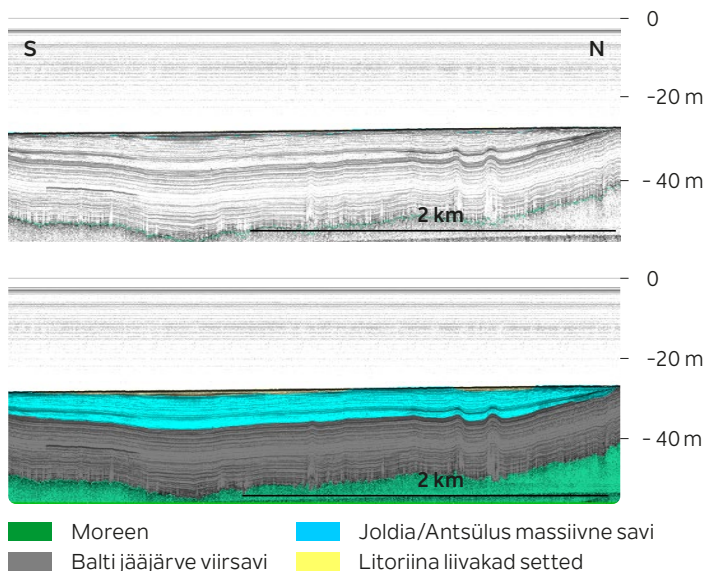
Lisaks olulisele insener-tehnilisele informatsioonile (aluspõhja sügavus ja reljeef, pinnakatte litoloogia, paksus ning liigestuse jmt parameetrid), mida on vaja tuulikute vundamentide rajamiseks, tuleb hinnata ka keskkonnamõjusid, sest tuuleparkide püstitamiseega kaasneb oluline põhjasetete ümberpaigutamine ning resuspensioon.



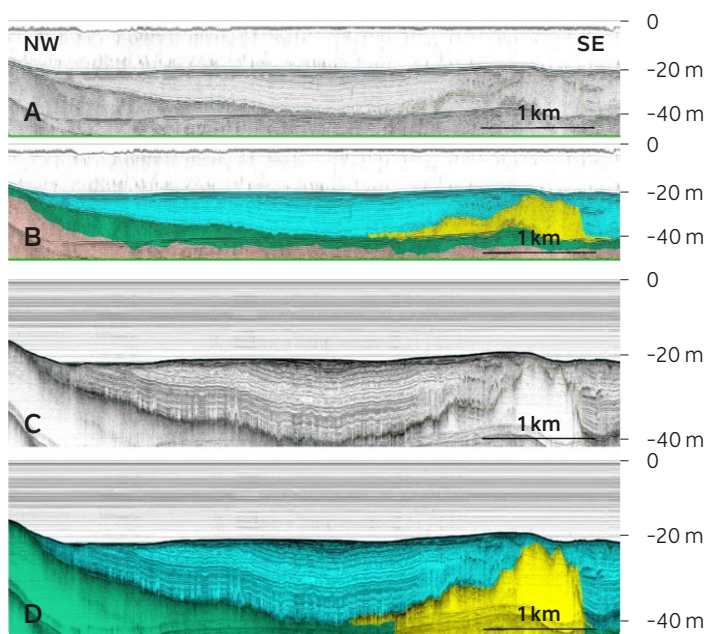
Kasutatud geofüüsikalised seadmed hüdrograafialeava "Jakob Prei" pardal. Foto: Sten Suuroja.

Ühe perspektiivsema avamere tuuleparkide piirkonnana Eestis vaadeldakse Liivi lahte.

Et hinnata Liivi lahe kirdeossa planeeritava avamere tuulepargi alla jääva ala (lühendatult LLATA) geoloogilist ehitust ning pargi rajamisega seostuvaid võimalikke keskkonnamõjusid, viisime seal 2022. aastal läbi kompleksse geofüüsikalise-geokeemilise uuringu. Esimese etapi aruanne interpreteeris suuresti olemasolevat rikkalikku CHIRP-tüüpi seisreakustilise profilaatori andmestikku. See võimaldas liigestada Läänemere LLATA moreenil lasuvaid setteid, kontuurida nende levikut, paksusi ja erinevate üksuste piirpindu. Teisel etapil tehti LLATA-l täiendavaid seisreakustilisi profileerimistöid moreenikihiki paksuse ja aluspõhja reljeefi kontuurimiseks. Selleks kaeti tuuleturbiinide ala boomer-tüüpi seisreakustilise profilaatori regulaarse võrguga. Lisaks võeti nii tuuleturbiinide

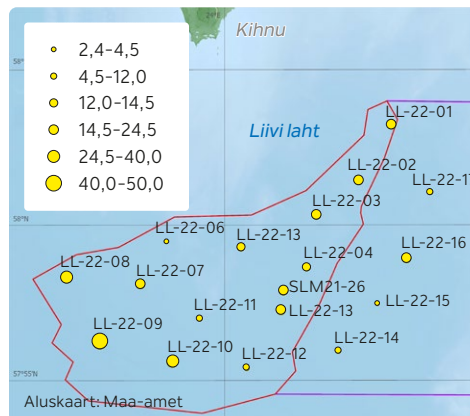
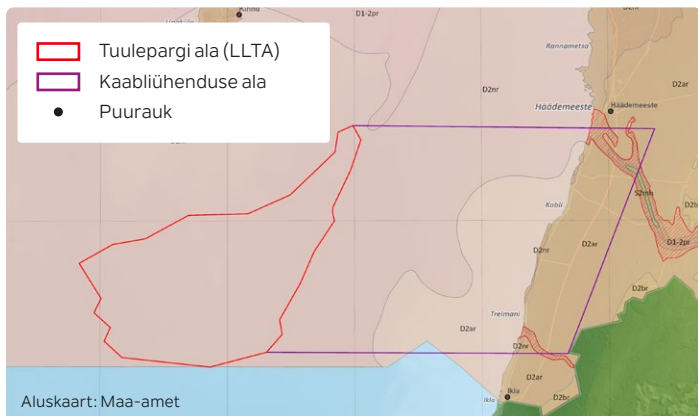


LLATA CHIRP-tüüpi profiil ja selle liigestuse näide

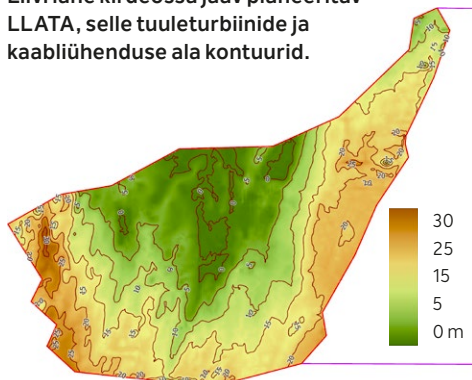


LLATA identsete boomer- ja CHIRP-tüüpi profiilide interpreteerimata (A, C) ja interpreteeritud (B, D) versioonide informatsiooni ja kvaliteedi näited.

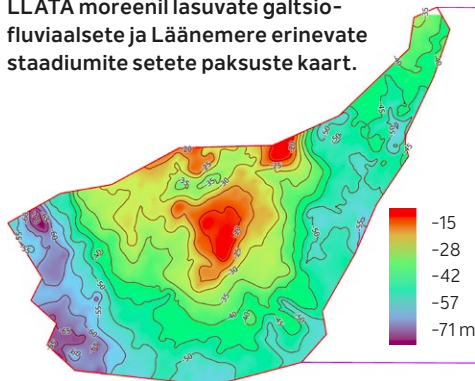
- Aluspõhi
- Moreen
- Läänemere setted
- Glatsiofluviaalne oos



Liivi lahe kirdeossa jääv planeeritav LLATA, selle tuuleturbiinide ja kaabliühenduse ala kontuurid.



LLATA moreenil lasuvate galtsio-fluviaalsete ja Läänemere erinevate staadiumite setete paksuste kaart.



Boomer-tüüpi profilaatori andmetele tuginev tuuleturbiinide ala aluspõhjareljeefi kaart.

Peenosise (<math>< 0,06 \text{ mm}</math>) sisaldus (%) LLATA proovides.

kui ka kaablitrassi alalt põhjasetete proove nende litoloogia, granulomeetria ja keemilise koostise uurimiseks. Lisaks aluspõhja reljeefile kontuuriti tuuleturbiinide alal ka moreenikihi, Balti Jääjärve viirsavide ning kogu Läänemere settekompleksi pakususe ja nendevaheliste piirpindade reljeefi. Peenpurdosakesi (<math>< 0,06 \text{ mm}</math>) on LLATA põhjasetetes 2,4–50%, keskmiselt 20%, ning nende teisaldamine seoses tuuleturbiinide aluste ning kaablitrassi rajamisega tekitaks merevees märgatavas koguses tuulte/lainetuse/hoovaluste poolt kergesti transportitavat ehk ebasoovitavat raskesti settivat heljumit. Raskemetallide ja üldiste naftaproduktide sisaldused LLATA-l jäävad allapoole ohtlikke piirmäärasid. Seega võib kirjeldatud piirkonna merepõhjasetete keskkonnaseisundit lugeda heaks.

**Igor Tuuling
Sten Suuroja
Anu Veski
Heidi Soosalu**

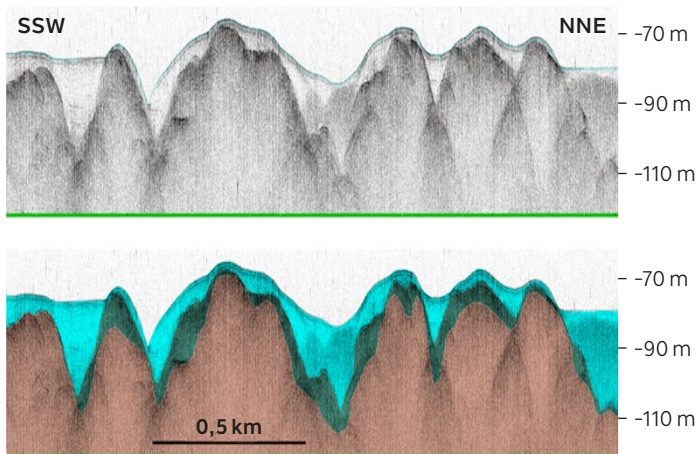
Igor.Tuuling@egt.ee
Sten.Suuroja@egt.ee
Anu.Veski@egt.ee
Heidi.Soosalu@egt.ee



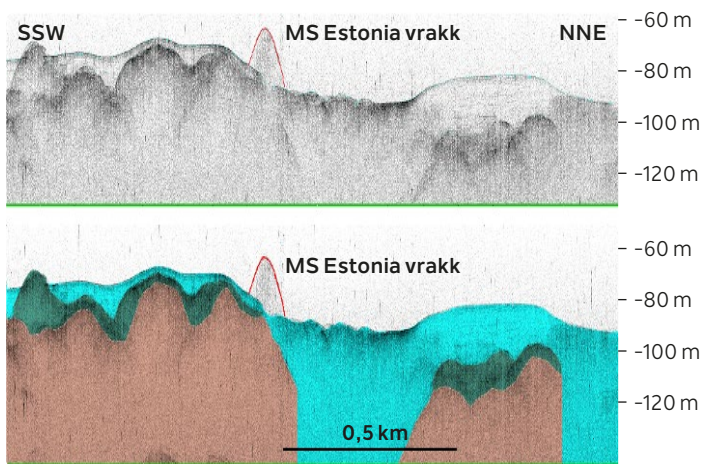
Uurimislaev "Electra" mitmeotstarbelise laeva EVA 316 poordis. Foto: Sten Suuroja.

MS Estonia vraki ümbritseva ala seismo-akustiline uuring boomer-tüüpi sette profilaatoriga

2021. a suvel osalesid EGT meregeoloogid MS Estonia vraki asukoha täiendavatel geoloogilistel uuringutel. Ülesandeks oli täiendada Stockholmi ülikooli poolt läbiviidavaid seismo-akustilisi uuringuid, kasutades madalsageduslikku boomer-tüüpi setteprofilaatorit, et täpsustada vraki aluse ja selle lähiümbruse aluspõhja reljeefi.

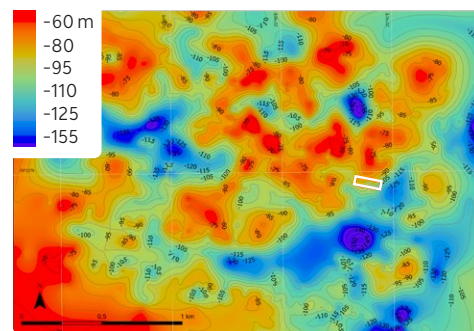


Boomer'i interpreteerimata profiil (ülal) ja selle interpretatsioon (all), mis näitab MS Estonia vraki ümbruse tugevasti liigestatud kristalset aluskorda (roosakas), sellele lasuvat muutliku paksusega moreeni (roheline) ja Läänemere (sinakas) setteid. Suure mürafooni ja signaali hajumise tõttu muutub moreeni ja kristalse aluskorra kontakt raskesti jälgitavaks.



Boomer'i interpreteerimata profiil (ülal) ja selle interpretatsioon (all), mis näitab MS Estonia vraki paiknemist ühel kristalse aluskorra kõrgendiku nõlval.

Profileerimise käigus saadava informatsiooni kvaliteet kannatas märgatavalt suure mürafooni tõttu, mille allikas/põhjus jäi ebaselgeks. Lisaks tekitas tugevasti liigestatud mere- ja aluspõhja reljeef arvukaid külgspeegeldusi, mille tulemuseks oli geoloogilistelt piirpindadelt tagasi peegeldunud signaali hajumine ja halb lahtusvõime. See raskendas oluliselt moreeni ja kristalse aluskorra kontakti jälgimist ja seega ka tugevasti liigestatud (> 90 m) aluspõhja reljeefi täpset kontuurimist. Estonia vrakk lamab ligi 70 m kõrgusel kristalse aluskorra väljasopistusel, selle laugema lae järsu- maks nõlvaks ülemineku alal, mistõttu kristalse aluskorra sügavus vraki all võib kõikuda 6–8 m-st kõrgendiku lael kuni ligi 25 m ni kõrgendiku järsul nõlval. Suurema osa kristasel aluskorral lasuvast pinnakattest moodustavad hilisjäaja ning järgnevate perioodide savid. Moreeni paksus vraki all jääb suuresti 5 m piiresse, saavutades kohati isegi 8–9 meetrit.



MS Estonia (märgitud valge ristkülikuga) asukoha aluspõhja reljeefi kaart.

Igor Tuuling
Sten Suuroja
Anu Veski
Heidi Soosalu

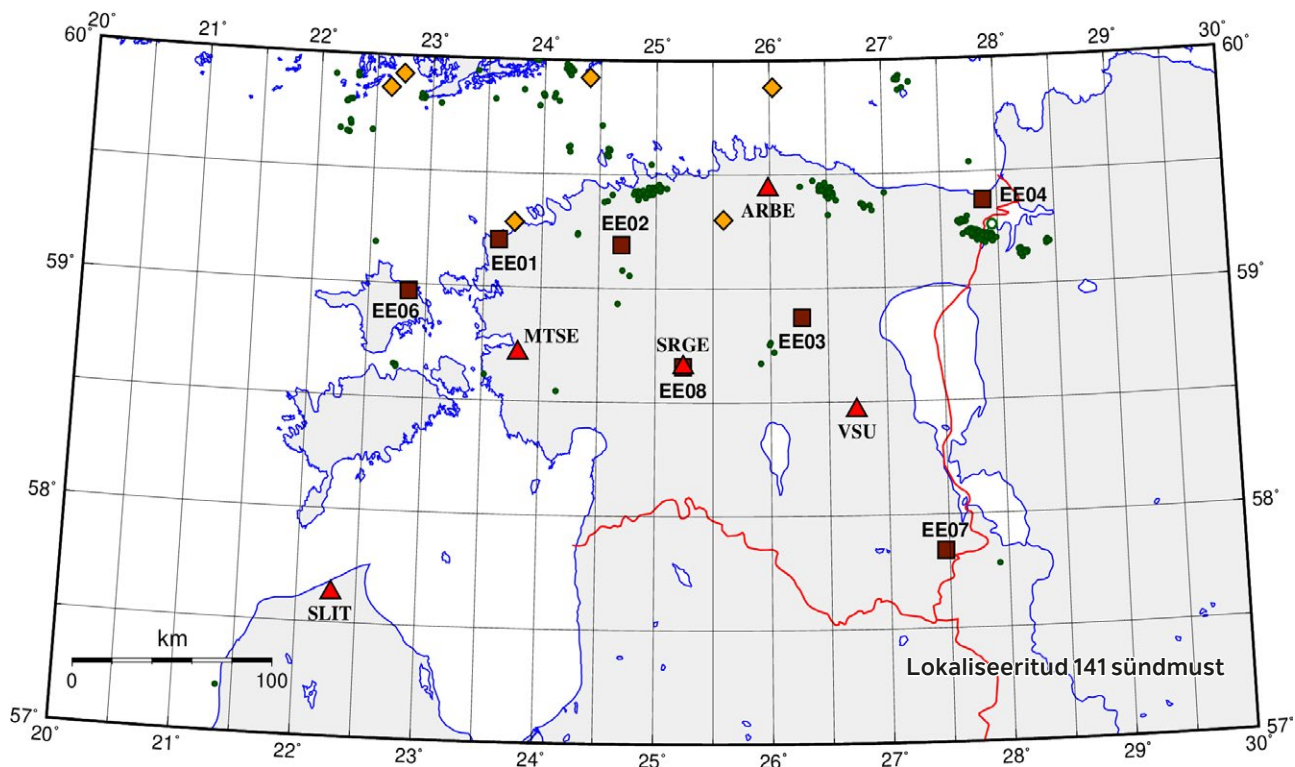
Igor.Tuuling@egt.ee
Sten.Suuroja@egt.ee
Anu.Veski@egt.ee
Heidi.Soosalu@egt.ee



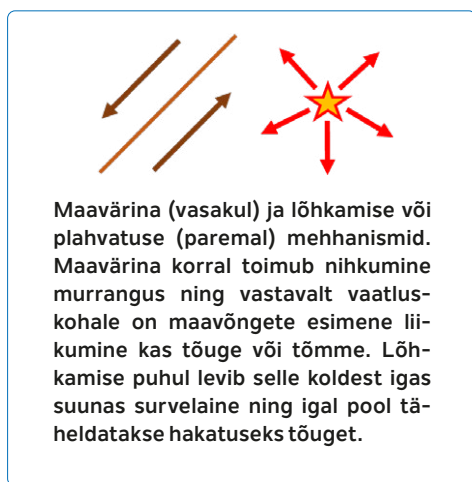
Lõhkamistööd Vão karjääris. Foto: Ivar Marist.

Kas see oli nüüd maavärin või üks järjekordne lõhkamine?

Eesti Geoloogiateenistus seirab seismilisi sündmuseid Eesti territooriumil ja selle lähialadel, 57°–60°N ja 20°–30°E vahemikus. Seireala piirides täheldatakse aastate jooksul sadu sündmuseid, millest valdav osa on rutiinsed lõhkamised karjäärides või meremiinide elimineerimised. Looduslikud maavärinad saab tavaliselt ühe-kahe kätte sõrmedel üle lugeda. Samas tuleb olla tähelepanelik, et nende tegelik iseloom kahe silma vahele ei jääks. Sündmuste liigitamiseks on seismoloogil olemas mõned abivahendid. Lisaks on sedalaadi tegevuse tuvastamisel abiks lõhketööde korraldajatelt saadud informatsioon.



Eesti Geoloogiateenistuse poolt lokaliseeritud sündmused 2022. aastal (rohelised täpid). Punased kolmnurgad: alalised seisvojaamad, pruunid nelinurgad: ajutised jaamad, oranžid rombid: maavärinad, roheline ring: tundmatu tekkepõhjusega sündmus.

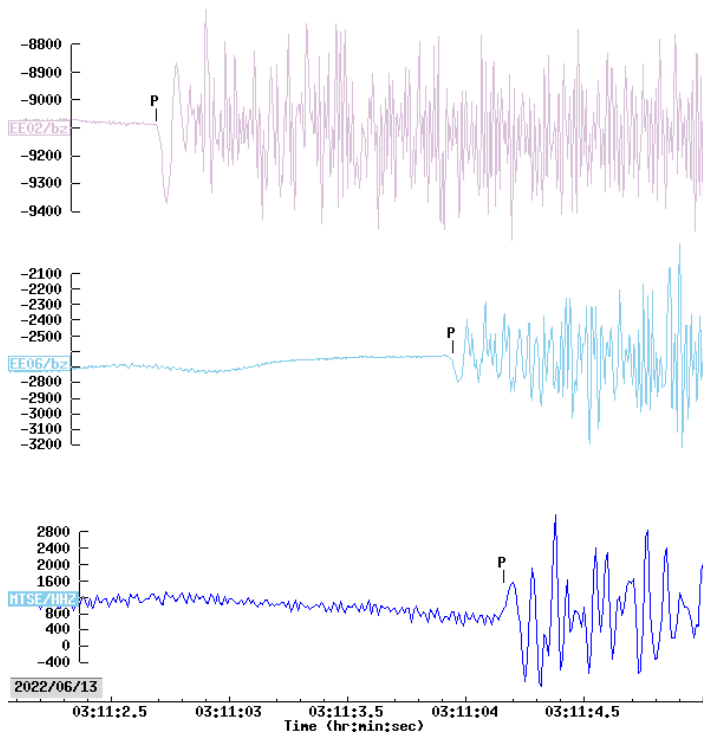


Maavärinate identifitseerimise iseloomustamiseks vaadeldakse siin 2022. aasta seisnilise seire andmeid. Seirealal registreeriti 2022. aastal kokku 414 sündmust, millest kõigest seitse liigitati maavärinadeks. Kolm nendest leidsid aset Eestis ja ülejäänud Soome lahe põhja- ja keskosas. 13. juunil toimus 4 km sügavusel Loo-de-Eesti rannikul Alliklepa lahe all maavärin magnituudiga 2,3. Sellele järgnes 28. juunil samas asukohas järeltõuge magnituudiga 1,4. Anija vallas Aegviidu lähedal toimus 3. septembril 2,4 km sügavusel maavärin magnituudiga 1,1.

Maavärina ajendiks on pinge kogunemine maapõues. Kui pinge suurus ületab kivimi tugevuse, maakoos rebeneb. Murrangus toimub nihkumine ehk kaks kivimiplokki libisevad üksteisest mööda. Sõltuvalt vaatleja asukohast võib täheldada seismilise piki-lainetuse esimese liikumisena kas tõuget või tõmme. See-eest lõhkamine või plahvatus leiab aset ühes punktis, kust energia vabanemisel hakkab levima surveaine ning esimesena täheldatakse vaatlussuunast sõltumata tõuget.

Tänu võrdlemisi suurele magnituudile registreeriti Alliklepa lahe maavärina pikilaine (P) esimene impulss selgelt mitmes Eesti seisjoaamas. Piisab vaid pilgu heitmisest seismogrammidele ja on üheselt arusaadav, et tegu pidi olema ehtsa maavärinaga. Salvestised seisjoaamades EE02 ja EE06 kaugustel 55 km ja 63 km epitsentrist näitavad kahtlemata P-laine algset suunda alla, st tõmme. Salvestis seisjoaamas MTSE 64 km kaugusel osutab vastupidist: P-laine liigub esiteks üles ehk selles suunas täheldati hakatuseks tõuget. Kui pikilaine esimese liikumise vaatlusi on arvukalt, on nende põhjal võimalik järeldada, millises murrangus ja millises suunas nihkumine maakoos toimus.

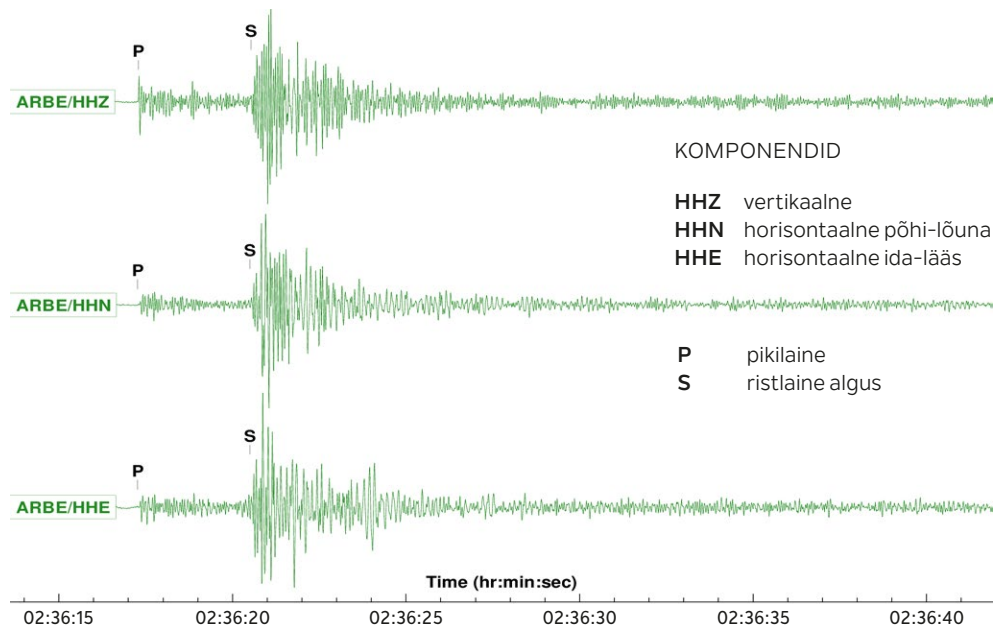
Lõhkamine mõnes karjääris või meremiini õhkimine korraldatakse kas maapinnal või selle vahetus läheduses, ehk nende sügavuseks on sisuliselt 0 km. Maavärin toimub omakorda maapõue sees – Eestis on seni täheldatud maavärinate sügavusi vahemikus 2–11 km. Seismilise sündmuse toimumes levib selle koldest kõigepealt pikilaine (P), millele järgneb ristlaine (S). Kui sündmus leiab aset maapinnal või võrdlemisi väikesel sügavusel, tekivad veekogu lainetusega analoogsed pinnalained, mille amplituud



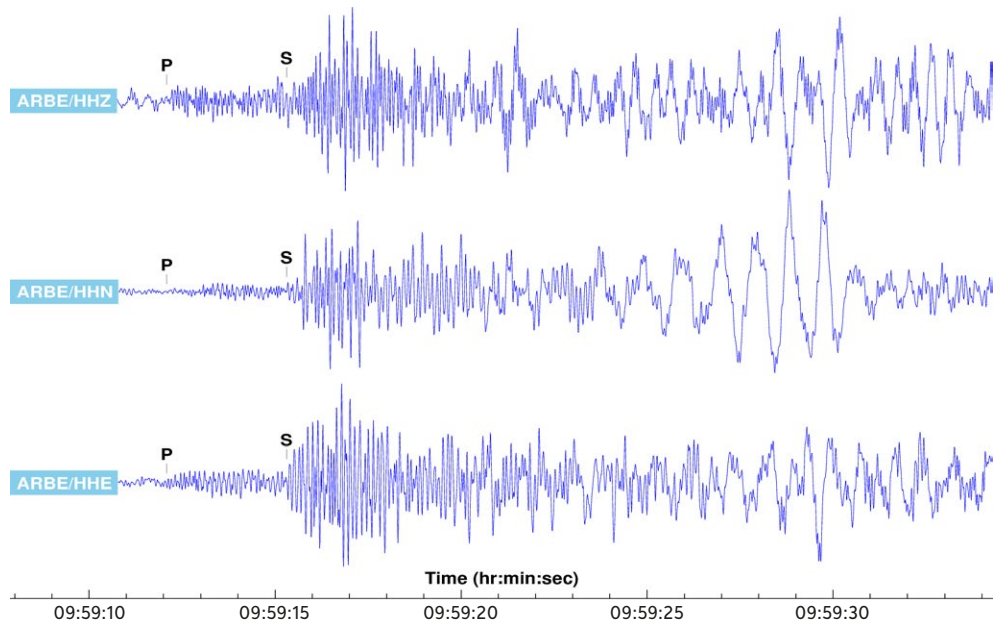
13.06.2022 Alliklepa lahes toimunud maavärina pikilaine (P) esimese liikumise suund seisjoaamade vertikaalkomponentidel. Esindatud on jaamad EE02 (alla – tõmme), EE06 (alla – tõmme) ja MTSE (üles – tõuge).

on seda suurem, mida lähemal maapinnale sündmuse kolle asub. Pinnalained on ristlainetest aeglasemad ning on äratuntavad seismogrammidel madala sagedusega lainete „saba“ näol.

2022. aasta seismilised vaatlused pakuvad head võrdlusmaterjali ühe Aru-Lõuna lubjakivikarjääris 5. jaanuaril läbiviidud lõhkamise ning Anija maavärina näol. Aru-Lõuna lõhkamise magnituudiks määrati 1,0 ehk ligi sama kui Anija maavärinal (1,1). Mõlema sündmuse registreeris seisjoaam ARBE ühesugusel kaugusel – 27 km. Lõhkamise seismogrammidel on



Anija maavärina seismogrammid jaamas ARBE.

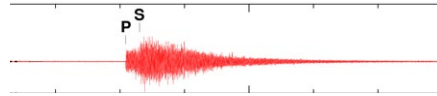
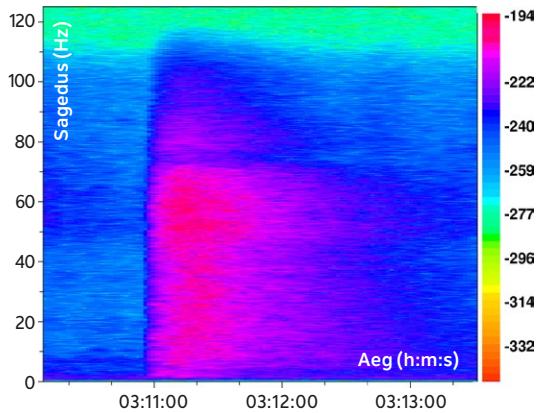
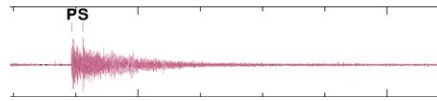
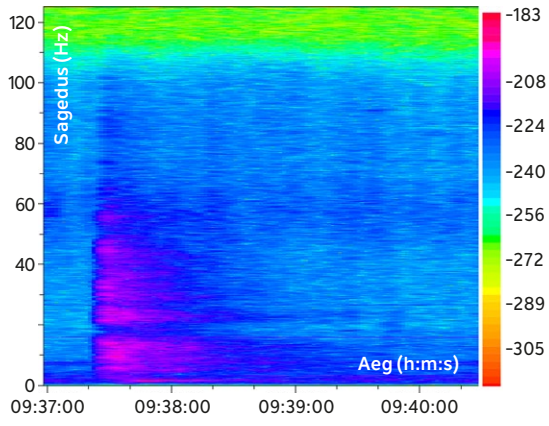


Aru-Lõuna lubjakivikarjääris toimunud lõhkamise seismogrammid jaamas ARBE. Madala sageduse ja suure amplituudiga pinnalaineid on näha kõigil komponentidel, kõige selgemini ajavahemikus 09:59:24–09:59:31.

ristlainele järgnevad madala sageduse ja suure amplituudiga pinnalained selgesti äratuntavad. Samasugust silmapaistvat ristlainele järgnevat pinnalainetust ei esine 2,4 km sügavusel toimunud Anija maavärina seismogrammidel.

Analoogselt valguslainete spektriga on seismilise lainetuse korral võimalik selgitada, millistest sagedustest see koosneb. Sündmusele arvutatakse spektrogramm, mis näitab sagedussisalduse ajalist arengut signaali vältel. Maavärina ja lõhkamise „sõrmejäljed“ spektrogrammil erinevad üksteisest. Lõhkamiste signaalidele on tüüpiline, et need koosnevad teatud sagedustel domineerivatest lainetest – spektrogramm näeb välja triibuline. Maavärina signaal sisaldab ühtlasemalt erinevaid sagedusi ehk selle spektrogramm näeb välja tasasem.

Üks meremiini elimineerimine Naissaare lähedal 06.12.2022 registreeriti seismilise sündmusena magnituudiga 1,9. Sellest arvatud spektrogramm 48 km kaugusel asuva seisvojaama EE02 andmetel lubab aimata, et laineenergiat esineb kõige rohkem teatud sagedusribadel (magentapunane värv). Võrdluseks on arvatud spektrogramm Alliklepa lahe maavärinale magnituudiga 2,3 seisvojaamast EE02 55 km kaugusel. Maavärina signaali lainesisaldus näeb spektrogrammil välja ühtlasem kui meremiini õhkimise oma.



Naissaare lähedal korraldatud meremiini õhkimise (ülal) ja Alliklepa lahe maavärina (all) spektrogrammid seisvojaama EE02 andmetel. Värviskaala näitab tinglikku amplituudi. Allpool on seismogrammi vertikaalne komponent, millest spektrogramm on arvatud.

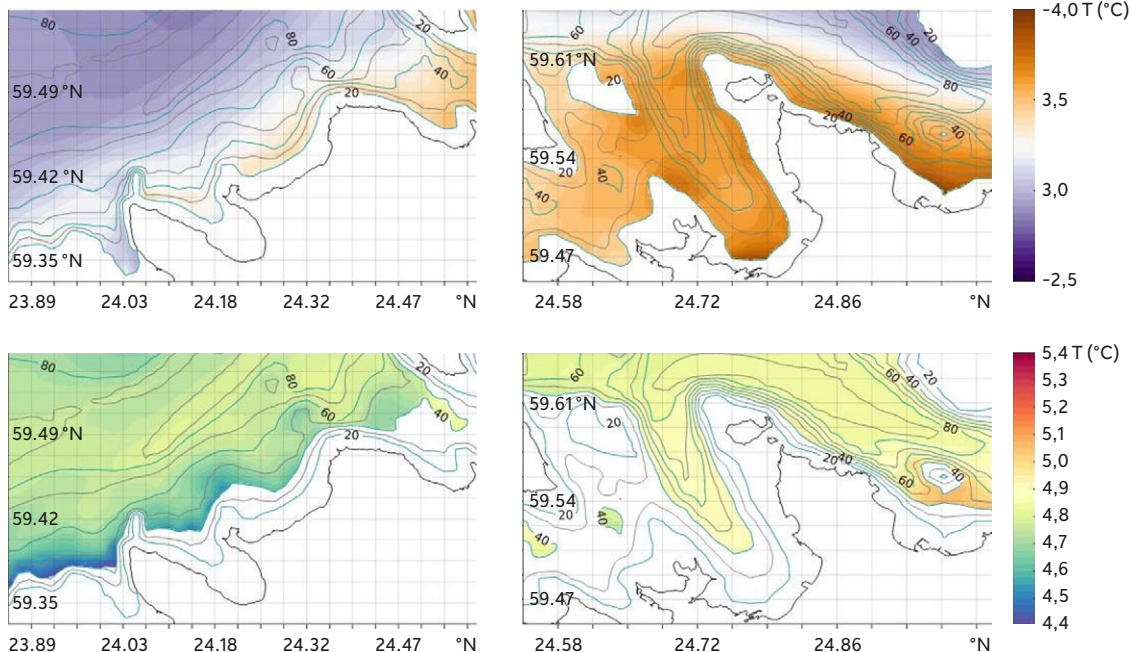


Konverents „Geotermaalenergia: olevik, tulevik ja arendusstrateegiad“ 16.06.2022, Arbavere puursüdami ke hoidlas.
Foto: Eesti Geoloogiateenistus.

Edasiminekuks Eesti maapõueenergia potentsiaali uuringutel

Maapõueenergia projektiga „GEOENEST“ liiguti 2022. aastal täie hooga edasi. Tegu oli projekti esimese tervikliku aastaga ja kuigi oleme projektiga jõudnud üle keskpunkti, on tööd ees veel palju. 2022. aastal valmis mitmeid aruandeid, tegime tihedat koostööd välisriikide ekspertidega ning korraldasime seminare ja konverentse. Teema potentsiaali ja olulisust näitab ka see, et sügisel loodi Eesti Geoloogiateenistuses maapõueenergeetika osakond.

2022. aastal valmis projekti „GEOENEST“ raames kolm publikatsiooni: „Põhjamaade geotermaalenergia alane seadusandlus ja maasoojussüsteemide rajamise praktilised kogemused“, „Merevee soojuspotentsiaal geotermaalenergia allikana“ ja „Kaevandusvete potentsiaal soojusenergia tootmiseks Eestis – asukoha sobivuse uuring“.



Talvekuude (DJV) keskmine temperatuuri jaotus Põhja-Eesti rannikumeres: Paldiskist Tabasaluni (vasakul) ja Tabasalust Muugani (paremal). Pinnakiht sügavusel 20 m on toodud ülemisel paneelil ja süvakiht alumisel paneelil. Näidatud on ka samasügavusjooned intervalliga 10 m, märgendid iga 20 m järel.

Kõik publikatsioonid on leitavad Eesti Geoloogiafondist. Mere- ja kaevandusvee aruandeid tutvustasime ka ettekannetena seminaridel.

Põhjamaade seadusandluse ja kogemuste publikatsioonis keskenduti erinevate maasoojussüsteemide kasutamise ja statistika näidetele Soomes ja Rootsis ning toodi välja sealseid erinevaid regulatsioone, nõudeid ja seadusi, mis puudutavad maasoojussüsteeme. Suur osa seadusandlusest on seotud puuraukude registreerimisega ning põhjavee kaitseusega. Vastavalt põhjanaabrite kogemustele ja seadusandlusele on välja pakutud ka soovitusi, kuidas motiveerida ja lihtsustada maasoojussüs-

teemide kasutuselevõttu Eestis. Näiteks võiks Eestis koostada energiapuurkaevude rajamise ja monitoorimise juhendi, mis ühtlustaks erinevate osapoolte kehtestatud nõuded ja tingimused. Soojuspuuraukude tagasitäitmise nõude võiks tühistada, kui puurauk läbib ainult ühte põhjaveekihti. Üle tasub ka vaadata riikliku toetuse variandid maasoojussüsteemide rajamisel.

Merevee soojuspotentsiaali uuringus analüüsiti mere süvakihtide temperatuuri ning soolsuse ja hoovuste muutlikkust, et hinnata Eesti territoriaalmeres soojusenergia potentsiaali ja selle kasutamisel tekkida võivaid mõjusid merekeskkonnale. Eesti merealade piires on Soome lahe ranniku

lähedal sügavamate kihtide termiline režiim piki lahte samasugune. Üldjuhul ei mõjuta suvine soojus ega talvine jahedus vee temperatuure sügavamal kui 45 m, kuna neid hoiab püsivalt soolane veekiht. Kuu keskmised veetemperatuurid jäävad 3,5–6 °C vahele. Soome lahe sügavamate kihtide vee kasutamist soojuspumpade sisendiks on esialgselt hinnatud otstarbekaks, kuid külmematel aastatel võib tekkida vajadus kombineerida merevee soojust teiste kütteallikatega. Seevastu Liivi lahe madala soolsuse tõttu jahtub meri seal talvel põhjani (madalamad temperatuurid alla 2 °C) ning seega pole sealse vee kasutamine soojuspumpade sisendiks otstarbekas.

Kaevandusvete soojusenergia potentsiaali aruandes analüüsiti, kus ja kui palju asub veega täitunud kaevandusalade kohal hooned ja elanikke, et selgitada välja kaevandusvee soojusenergia võimalikke tarbijaid. Põlevkivikaevanduste asukoha tõttu on kaevandusveest soojusenergia tootmise potentsiaal peamiselt Ida-Virumaal. Veega täitunud kaevandusalad asuvad Alutaguse, Jõhvi, Lügänu ja Toila vallas, Kohtla-Järve linnas ning Maardu fosforiidikaevanduse kohal. Veega täitunud kaevandusalade kohal asub 2281 elu- ja ühiskondlikku hoonet kogupindalaga 267 982 m², millest üle kolmandiku asub Kohtla-Järve linnas. Veega täitunud kaevandusalade kohal elab hinnanguliselt 3300 inimest, kellest kolmandik elab Jõhvi vallas ja kolmandik Kohtla-Järve linnas. Kõige otstarbekamad kohad soojuspumpade rajamiseks oleks kaugküttevõrgu puhul Ahtme linnaosa ning üksiktarbijate

puhul Tammiku alevik, kuid potentsiaalseid kohti on teisigi.

Juunis toimus Arbaveres esinduslik rahvusvaheline maapõueenergia konverents, kus esinesid valdkonna eksperdid nii välismaalt kui ka Eestist. Teemadeks olid soojus- ja jahutussüsteemide arendus ja poliitika Euroopas, maapõueenergia kogemused Põhjamaades ning Eesti maapõueenergia olevik ja tulevik. Nii konverentsi materjalid kui ka muu maapõueenergia seotud teave on lihtsasti leitav ka Eesti Geoloogiateenistuse kodulehel. Lähiajal lisandub sinna kaardirakendus, kus kajastuvad kõik avatud ja kinnised soojussüsteemid ning mere- ja kaevandusvee soojuspotentsiaaliga alad. Maapõueenergia projekti üheks nurgakiviks on tihe koostöö Soome Geoloogiateenistuse ekspertidega, kes on oma kogemustega aidanud lahendada väga palju küsimusi ja probleeme ning korraldanud mitmeid geotermaalenergia-alaseid koolitusi.

2023. aastasse jääb kava järgi kõige olulisem osa projektist, milleks on soojuspuuraukude puurimine ning katsejaamade rajamine. Kokku on lepitud planeeritavate puuraukude asukohad, kuid mõned tehnilised aspektid on veel lahtised. Kõikide eelduste kohaselt algab puurimine suvel. Puurimisega paralleelselt ning järgnevalt tuleb tegeleda andmete töötamise, modelleerimise ja analüüsiga, et lõpuks kokku saada faktidel ja teadmistel põhinev hinnang Eesti maapõueenergia kasutuselevõtu võimalustest.

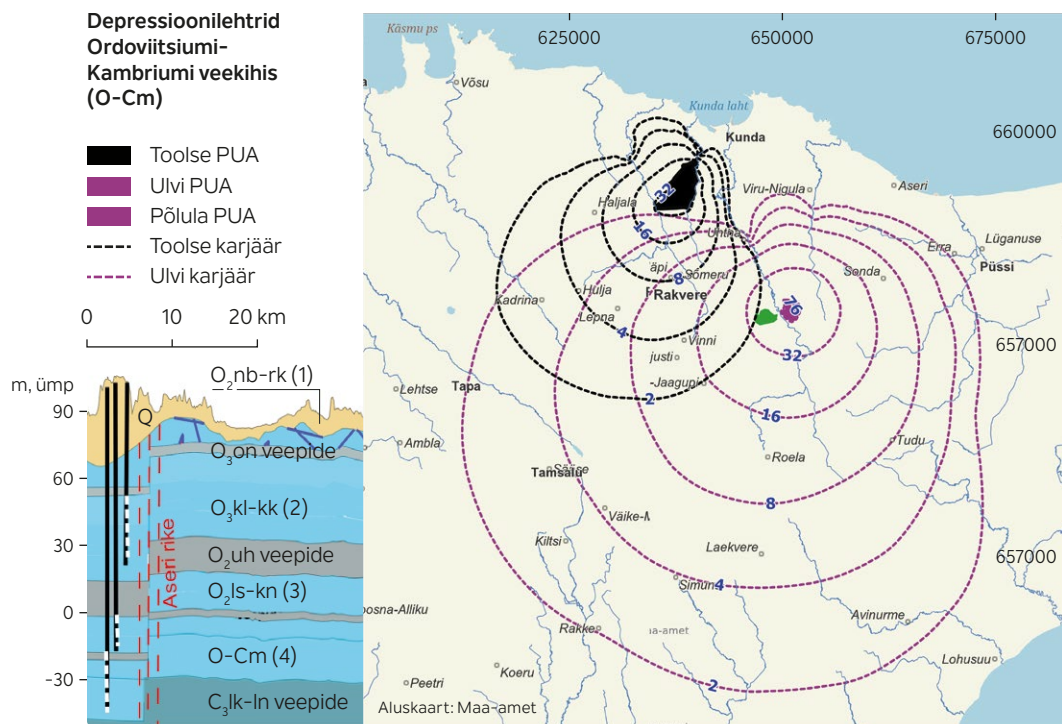


Pinnavee vooluhulkade mõõtmise harjutus Rakveres. Foto: Andres Marandi.

Kas Pandivere kuivab ära?

Koolis õpetatakse, et Pandivere kõrgustik on meie puhta joogivee allikas, mida tuleks kaitsta ja hoida. Üks sõda – fosforiidisõda – on Pandivere põhjavee pärast maha peetud ja nüüd enam kui 30 aastat hiljem tullakse jälle selle fosforiidi kaevandamise mõttega lagedale.

Valminud on uus aruanne, sirvin seda – kirjutavad, et kaevanduse mõjuraadius on 43 km. Vaatan joonist 1, põhjavee alanduslehter laiub üle Pandivere, veetase langeb 2, 4, 8, 16, 32, 76 meetrit. Elan Väike-Maargas, mul on kaevus 3 raketi vett, sel suvel polnud sedagi. Veetase langeb 4 meetrit, mu kaev jääb kuivaks, Pandivere jääb ju kuivaks!?! Selline segadus võib ilmselt vallata paljusid valminud fosforiidiuuringute aruande sirvijaid. Sestap selgitame veelkord lihtsalt, kuidas tuleb aruandes esitatud põhjaveetaseme alanduslehtreid lugeda ja mõista.



Modelleeritud põhjavee survetaseme alanemine Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekihis, kui Toolse või Põlula perspektiivsele uuringualale rajatakse karjäär.

Aruande eesmärgiks oli selgitada ja võrrelda, millist mõju avaldaks võimaliku kaevanduse rajamine Põlula, Ulvi või Toolse uuringualale. Selleks et mõista aruandes toodud tulemusi, peame mõistma selle ala hüdrogeoloogilist situatsiooni. Fosforiidikiht paikneb Ordoviitsiumi-Kambriumi (O-Cm) veekihi ülemises osas. Selle veekihi paksus varieerub 20–25 meetrini ja selle pealispinna sügavus maapinnast on Toolse PUA-l 10–40 m ja Põlulas ning Ulvis 80–90 m. Põhjaveekihi sügavus maapinnast suureneb lõuna suunas. O-Cm veekihti katab Ordoviitsiumi (O₁) veepide, mis juhib halvasti vett. Veepideme peal lasub Lasnamäe-Kunda (O₂ls-kn) veekiht, millel omakorda järgmised veepidemed ja veekihid.

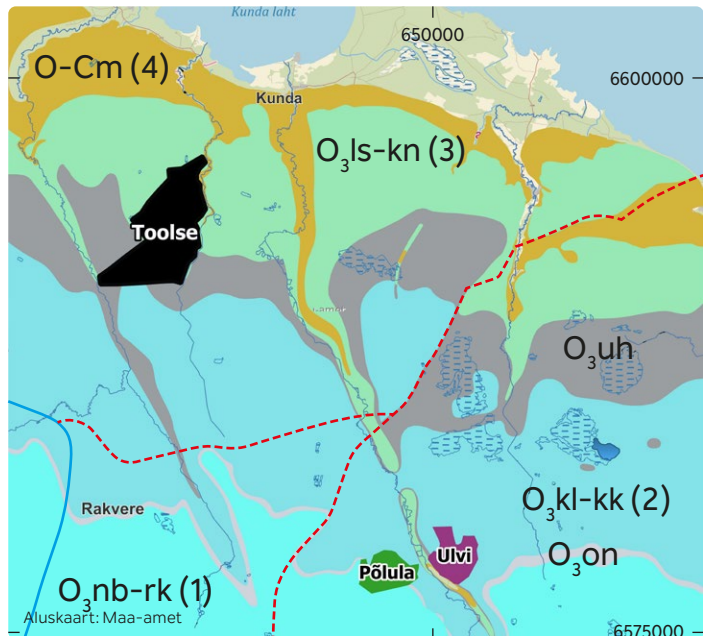
Põhjaveekihis, mis lasub sügaval ning on kaetud veepidemega, on põhjavesi surveiline. See tähendab, et kui sellesse veekihti puurida kaev, siis kaevus tõuseb veetase kõrgemale kui veekiht ise. Näiteks Vinni aleviku uus puurkaev on 150 m sügav, O-Cm veekiht on seal maapinnast 120 m sügavusel. Veetase on kaevus maapinnast 37 m sügavusel. Seega kaev on täidetud veega 113 m ulatuses. Selles kaevus tõuseb veetase 83 m kõrgemale kui veekiht ise, ehk siis veekiht, mida see kaev avab, on surveiline.

Erinevatel sügavustel lasuvate veekihtide põhjavee survetasemed on erinevad. Üldiselt, mida sügavamal maa sees on vee-

kiht, seda suurema surve all selle vesi on. Maapinnale kõige lähem veekiht võib, aga ei pruugi olla survealine. Kui veekiht ei ole survealine, siis kaevus ei tõuse veetase kõrgemale, kui on veekihi ülemine piir.

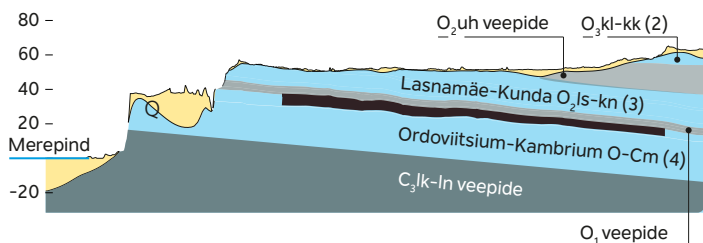
Jõudes nüüd modelleerimise juurde, siis hüdrogeoloogilises mudelis kirjeldatakse ära kõik veekihid ja veepidemed. Kuna mudel kalibreeritakse vaatluskaevudest mõõdetud veetasemete järgi, kirjeldab see põhjaveetasemete hetkeseisu. Edasi vaatame kaht erinevat stsenaariumi: karjääri ja allmaakaevandust. Karjäär erineb allmaakaevandusest selle poolest, et kaevandamise käigus alandatakse veetaset ühtviisi nii selles põhjaveekihtis, mille sees fosforiidikiht paikneb kui ka fosforiidikihi peal lasuvaid veekihte, sest vesi saab vabalt karjääri seinast välja voolata. Allmaakaevandamise korral alandatakse põhjavee survetaset eelkõige O-Cm põhjaveekihtis, kuid pealmistest veekihtidest kuivendust takistavad veepidemed.

Modelleerides allmaakaevandust eeldusel, et katendikihid ei purune, näeme, et kaevandamine Ulvis ja Põlulas mõjutab ennekõike O-Cm veekihti, milles kaevandus paikneb ning vahetut selle peal olevat veekihti. Kuid maapinnalähedased põhjaveekihid on mõjutatud vaid kaevanduse kohal. O-Cm veekiht jääb osaliselt kuivaks vaid kaevanduses. Kaevandusest kaugemal alandatakse veekihtis põhjavee rõhku, kuid ei kuivendata veekihti ennast. Ehk tulles tagasi Vinni aleviku puurkaevu näite juurde, siis selles kaevus alaneb mudeli järgi Ulvi kaevanduse tõttu veetase 16 m, aga nagu eelpool kirjeldasime, oli veesamba kõrgus kaevus 113 m, seega 16 m alandus ei jäta kaevu kuivaks.

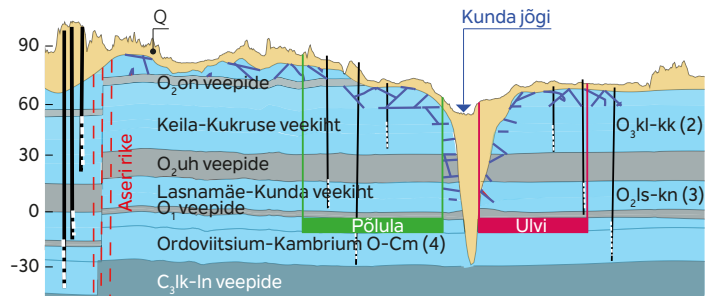


PÕHJAVEEKIHTIDE AVAMUSALAD

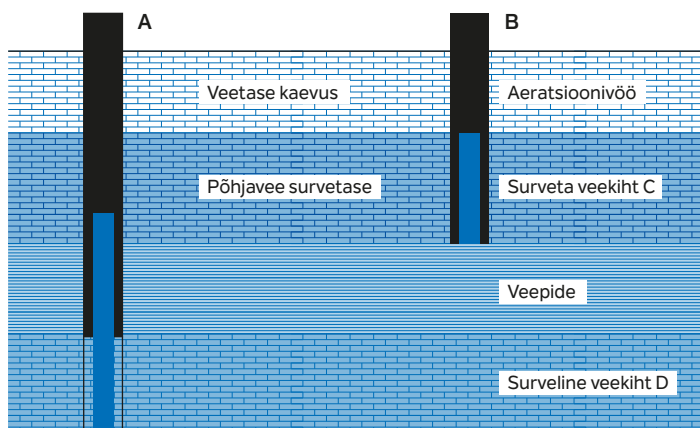
TOOLSE UURINGUALA LÄBILÕIGE



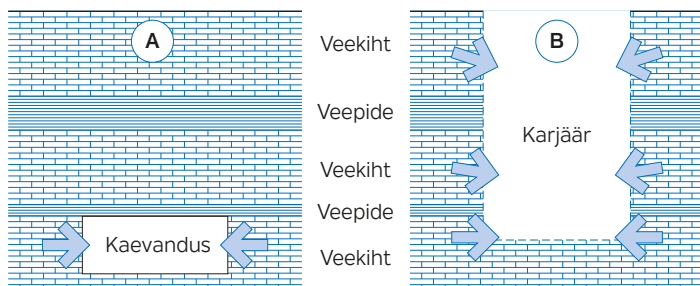
PÕLULA JA ULVI UURINGUALADE LÄBILÕIGE



Toolse, Põlula ning Ulvi PUA hüdrogeoloogiline ehitus.



Kaev A on puuritud surveleise veekihti D, selles kaevus tõuseb veetase (põhjaveesurvetase) veekihi ülemisest piirist kõrgemale. Kaev B on puuritud maapinnalt esimesse põhjaveekihti C, mis ei ole surveleine, selle kaevu veetase märgib ka veekihi ülemise piiri



Allmaakaevanduse (A) korral kuivendatakse eelkõige veekihti, milles kaevandus paikneb. Karjäär (B) mõjutab otseselt kõiki veekihte, mida see läbi lõikab.

Seevastu karjäär mõjutab ka maapinna lähedasi põhjaveekihte ning sel juhul toimub ka juba Keila-Kukruse (O₃kl-kk) ja Nabala-Rakvere (O₃nb-rk) veekihtides veetase alanemine, mis toob kaasa madalate kaevude kuivaks jäämise karjääri (Põlula, Ulvi) ümbruses kuni 4 km ulatuses, lisaks kaevudele mõjutab karjääriviisiline kaevandamine vooluhulka jõgedes, mille valglatega maapinnalähedases põhjaveekihis moodustuv depressioonilehtri piirkond kattub.

Siit tuleneb, et modelleerides karjääri, saame hinnata kõige suuremat võimalikku mõju põhjaveele ning välja selgitada, millised põhjaveest sõltuvad ökosüsteemid võiksid kaevanduse tõttu ohtu sattuda. Tundes erinevate stsenaariumite ohte, saame otsustada, millise uuringualaga on mõistlik edasi minna või kuidas kaevanduse halba mõju leevendada ja ära hoida. Üks leevendusmeede on kaevanduse poole liikuvat vett ülesvoolu paljude puurkaevude abil veekihti tagasi pumbata. Teine võimalus on teha veetõkkebarjäär ümber kaevanduse ning isoleerida kaevandus ümbritsevatest veekihtidest. Arvestades hüdrogeoloogilisi tingimusi ning võimalikke leevendusmeetmeid, on otstarbekas edaspidi keskenduda Toolse maardla uurimisele.

Maile Polikarpus Maile.Polikarpus@egt.ee



Geofüüsikasondi sisestamine puurauku Lääne-Saaremaal. Foto: Siim Tarros.

Kogu tõde puurkaevudest

Eestis haldab puurkaevudega seotud informatsiooni Keskkonnaministeerium. Kogu eksisteeriv info on Eesti Looduse Infosüsteemis (EELIS) ning kõige lihtsam on infot leida VEKA rakenduse kaudu (<https://veka.keskkonnainfo.ee/veka.aspx>). Kuigi Eesti Geoloogiateenistus ei halda puurkaevude andmebaasi, ei kooskõlasta ega anna välja puurkaevude puurimislubasid, ning meil puudub vastav paberarhiiv, laekub meile tihti päringuid seoses olemasolevate puurkaevude asukoha või dokumentatsiooni kohta. Seega teeme väikese kokkuvõtte puurkaevude rajamise tingimustest Eestis.

Puurkaeve on Eestis rajatud juba terve sajand. Eesti NSV ajal kogus ja hoidis puurkaevude infot Geoloogia Valitsus. Puurkaevude andmestik säilitati arvestuskaartidena. Aastas korra või pikema ajavahemiku tagant tehti puurkaevude rajamise kohta kokkuvõttev aruanne, mille juurde kuulusid ka arvestuskaartide koopiad. Aruanded on leitavad Geoloogifondist.

Pärast Eesti taasiseseisvumist sai Geoloogia Valitsusest OÜ Eesti Geoloogiakeskus (EGK), kelle kohustuseks oli pidada põhjavee katastrit vastavalt keskkonnaministri 19.07.1993 määrusele nr. 18. Tollane määrus

Veka Abimaterjalid Minu aruanded

Veka **eels VEKA**

Avalaht
Tubastus
Päringud
Puuraugud
Keskonnalaad
Veekogud
Tegevuslaad
Põhjaveekogumid
Taotlused
Tegastide

KESKONNAAGENTUUR
KESKONNAAMET

Keskonnaregistrisse kantud puurkaevu/puuraugu andmed

E-mail või kasutajanimi
Parool
Sisene

1. PUURKAEVU VÕI -AUGU OMANIKU ANDMED

Omanik:		Erastik	
2. PUURKAEVU VÕI -AUGU ANDMED			
Ehitisregistri kood:	221351854	Ehitamise aasta:	2020
KOV kirjeldus nimesõleku number:		Ehitusloa number:	2012271/38056
Projekti number:			2844
Puurkaevu või -augu katastrinumber:			62859
Puurkaevu või -augu registri kood:			PR00062859
Puurkaevu või -augu kasutamise otstarve:	puurkaev otmevee saamiseks		
Staatuse:	Tootav		
2.1 ASUKOHT			
Maajätkuse katastrinumber:	36302:002:0122	Koordinaadid:	6554864 575607
Address:	Harju maakond, Kose veld, Kiruvere küla, Muu		
Sanitaarkaitseala ulatus, m:		Hooduala ulatus, m:	10
Hooldusala või sanitaarkaitseala nõuded:			
2.2 PUURAUГУ ANDMED			
Sügavus, m:	63	Maapinna absoluutkõrgus, m:	75,5
Põhjaveekiht ja indeksi:	Ordovitsium O3prg-vi-ri	Põhjaveekogum (põhiline):	Süri-Ordovitsiumi Harju põhjaveekogum (1052019)
2.3 GEOLOOGILINE LÄBILÕIGE			

INFOLEHT
eels info@eels.ee

UPA
eels info@eels.ee

EELISes olevat puurkaevude infot saab vaadata VEKA rakendusest. Lisaks puuraugu konstruktiooni ja geoloogilise läbilõike andmetele on seal info olemasolu korral ära toodud ka puurija, projekteeija andmed, soovitus puurkaevu kasutamise kohta ning puurkaevust võetud veeproovide analüüsi tulemused

ütleb, et põhjaveekataster on süstematiseeritud andmekogum põhjavee hulga, omaduste ja kasutamise kohta.

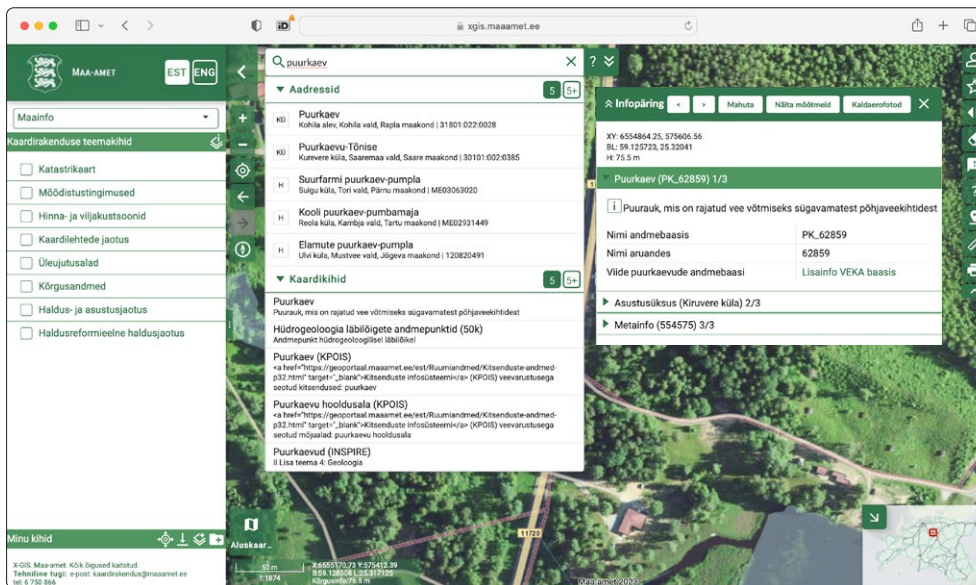
Seoses põhjaveekatastri pidamise kohustusega alustas EGK 1990ndatel arvestuskaartide sisestamist andmebaasi MS Access. Andmebaasi põhieesmärk oli talletada hüdrogeoloogilist informatsiooni. Puurkaevu rajamisega seotud dokumentatsiooni, sh puurimislubasid see andmebaas ei sisaldanud.

Samal ajal reguleeris puurkaevude rajamist 1997. a vastu võetud keskkonnaministri määrus nr 8 (<https://www.riigiteataja.ee/akt/25250>), mis sätestas, et "puurimisetevõtte on kohustatud esitama ühe kuu jooksul, pärast töö lõpetamist, puurkaevu arvestuskaardi asukohajärgsele keskkon-

naametile, põhjaveeregistri pidajale (EGK) ja Eesti Geoloogiakeskuse fondi. Puurimise teostaja annab kaevu tellijale üle suletuna koos puurkaevu passiga".

Seega ei ole Eesti Vabariigi ajal ükski ametiasutus süstemaatiliselt kogunud ega säilitanud puurkaevude passe.

2010. aastal võeti vastu uus keskkonnaministri määrus nr 37 (<https://www.riigiteataja.ee/akt/13347363>), mille tulemusel hakkasid Eesti Geoloogiakeskuse asemel puurkaevude rajamiseks vajalikku ehitusluba välja andma kohalikud omavalitsused. Keskkonnaametile jäi seejuures kooskõlastav roll ning puurijatel tekkis kohustus saata puurkaevude arvestuskaardid Keskkonnaametile.



Oma katastriüksuse puurkaevude infot EELISes on võimalik kontrollida Maa-ameti kaardirakenduse abil. Sisestades otsingulahtrisse märksõna „puurkaev“ (A) on võimalik lisada puurkaevude kaardikiht, kust omakorda saab vaadata juba infot iga objekti kohta (B)

Peale määruse nr 37 vastuvõtmist muutus ka puurkaevude katastri pidamise kord ning aastaks 2012 andis Eesti Geoloogikeskus kõik puurkaevudega seotud andmed üle Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehno keskusele, mis sel ajal oli Keskkonnaagentuuri eelkäija. Alates sellest on puurkaevude andmed leitavad VEKA andmebaasist (<https://veka.keskkonnainfo.ee/veka.aspx>) ja puurkaevu asukoha järgi leiab puurkaevu infot ka Maa-ameti kaardiportaalist.

Alates 1.07.2015 jõustus ehitusseadustik, mille alusel hakkas toimuma puurkaevu ja -augu ning salvkaevu projekteerimine, raja-

mine, kasutusele võtmine, konserveerimine ja lammutamine. Ehitusseadustiku alusel kehtestati ka praegu kehtiv keskkonnaministri 09.07.2015 määrus nr 43.

Hetkel kuuluvad puurkaevude andmed Eesti Looduse Infosüsteemi (EELIS), mida haldab Keskkonnaagentuur.

Kokkuvõtteks: Eesti Geoloogiateenistus ei haldab puurkaevude andmebaasi, ei kooskõlasta ega anna välja puurkaevude puurimislubasid ning meil puudub vastav paberarhiiv. Kogu Eesti Geoloogiateenistuses säilinud hüdrogeoloogiline info on leitav Geoloogiafondist.

Andres Marandi Andres.Marandi@egt.ee
Maile Polikarpus Maile.Polikarpus@egt.ee

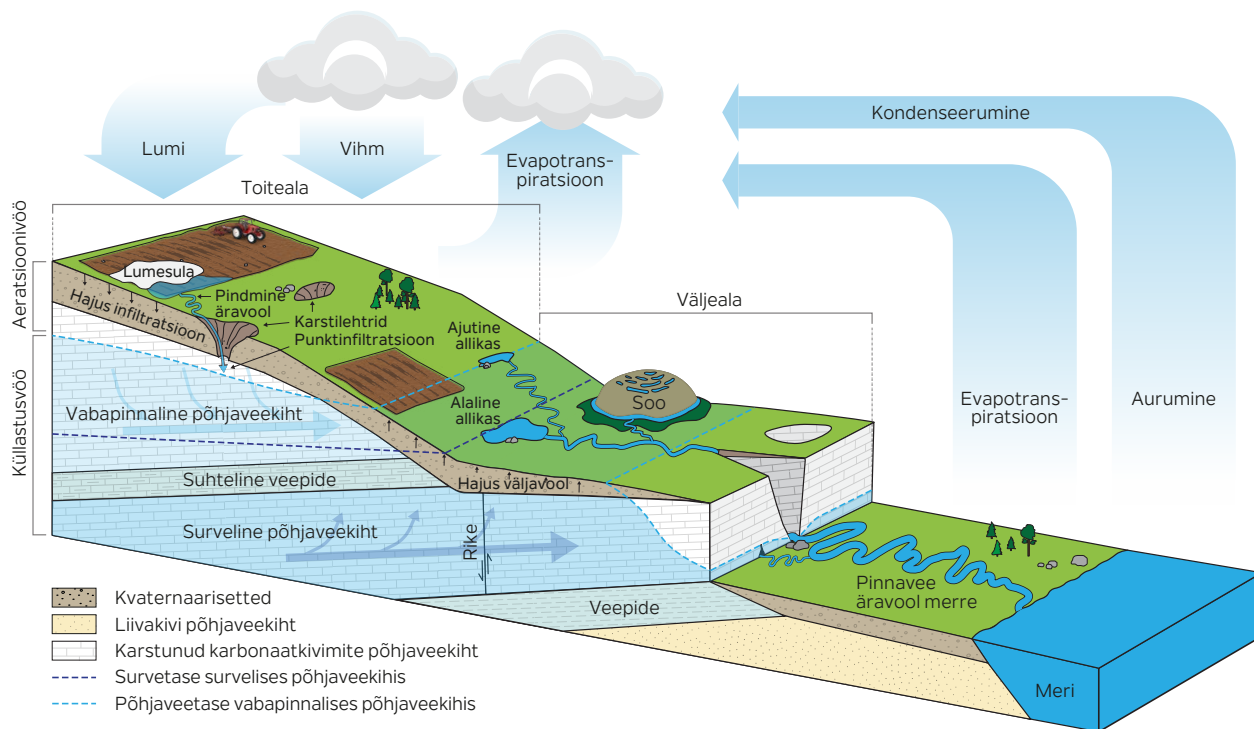


Rahkla allikad. Foto: Maile Polikarpus.

Põllumajandustegevuse mõju Pandivere kõrgustiku põhja- ja pinnavee kvaliteedile

Pandivere kõrgustik on eriline piirkond Eestis. Ühelt poolt on see Eesti üks olulisemaid põllumajanduspiirkondi, teiselt poolt ka väga eripärase geoloogilise ehitusega ala.

Pandivere kõrgustik on paekiviplateo, mille ülemises osas levivad lõhelised ja karstunud kivimid, mida katavad õhuke pinnakate. Selline ehitus loob väga soodsad tingimused sademete imbumiseks maapinda. Seda ilmestab asjaolu, et kõrgustiku lael puudub rohkem kui 1000 km² suurusel alal vooluvete alaline võrk. Kõrgustiku nõlval seevastu avaneb maapinnal enam kui 200 allikat, mis on läteteks mitmele suurele Eesti jõele, nagu Pärnu, Kunda, Põltsamaa või Pedja.



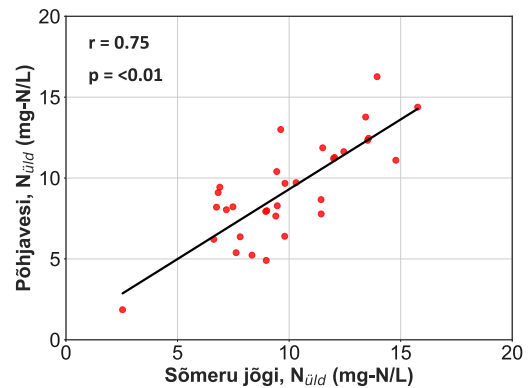
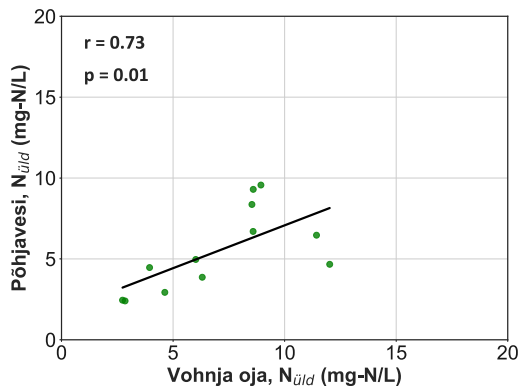
Veeringe lihtsustatud skeem Pandivere kõrgustikul.

Maapinda imbudes kannab sademevesi endaga põhjaveette kaasa põldudelt ja karjamaadelt pärit põllumajandustegevusega seotud aineid, nagu väetisest pärinevad toitained (eriti nitraati), aga ka taimekaitsevahendite ja veterinaar-ravimite jääke. Need ained kantakse kokku suurelt alalt ja nende päritolu ei ole enamasti võimalik seostada ühe kindla põllumajandustootjaga. Seepärast nimetatakse sellist mõju vee kvaliteedile hajukoormuseks. Kuna põhjavee osakaal kõrgustikult lähtuvate jõgede vees on suur, võib põhjavee kvaliteet omakorda mõjutada pinnavee seisundit ja põllumajandusest pärinevate ainete ärakannet Läänemerre. Seetõttu on alates 1980. aastatest Pandivere piirkonna põhja- ja pinnavee kvaliteedi kaitseks rakendatud erinevaid meetmeid ning on loodud Pandivere ja Adavere-Põltsamaa nitraaditundlik ala, kus põllumajandustegevust rangemalt piiratakse.

Rakendatud meetmetest hoolimata ei ole vee kvaliteet piirkonnas mitte paranenud, vaid viimastel aastatel on nitraadi- ja taimekaitsevahendite jääkide

sisaldused põhjavees hoopis suurenenud. Seega on tõhusamate meetmete planeerimiseks vaja paremini aru saada põhja- ja pinnavee kvaliteeti mõjutavatest seaduspärasusest ja nende omavahelistest seostest. Selleks viidi Pandiveres ja selle lähiümbruses aastatel 2019–2022 läbi uuringu projekti LIFE IP CleanEst raames. Uuringus osalesid Tallinna Tehnikaülikool, Eesti Geoloogiateenistus ja Eesti Keskkonnauuringute Keskus. Põhja- ja pinnavee kvaliteeti seirati valglates, kus haritav maa moodustab olulise osa maakasutusest (nt Vohnja oja ja Kihlevere peakraavi valglat Loobu vesikonnas ning Põdruse peakraavi ja Sõmeru jõe valglat Selja vesikonnas). Võrdluseks seirati ka suuremate jõgede valglatid (Kunda ja Pada), kus haritava maa osakaal on väiksem. Kõigil uuringualadel võeti põhja- ja pinnaveeproove 4–12 korda aastas, et hinnata sesoonseid muutusi vee kvaliteedis.

Tulemused kinnitavad, et Pandivere piirkonnas mõjutab põhjavesi pinnavee kvaliteeti vägagi oluliselt. Valglates, kus haritava maa osakaal on suur, on jõgedes



Üldlämmastiku ($N_{\text{üld}}$) sisaldus Vohnja ja Sõmeru valglate põhja- ja pinnavees. R- ja p-väärtused näitavad, et valglates on üld-lämmastiku sisalduse seos põhja- ja pinnavee vahel tugev ja statistiliselt usaldusväärne.

esinevate taimetoitainete – nagu üldlämmastiku – sisalduste seos põhjaveega väga tugev. Kuna veevahetus põhjaveekihtides on aeglasem kui pinnaveekogudes, võivad need endasse koguda mitme aasta jooksul mullast välja leostunud toitaineid, mille sisaldus võib mõjutada jõgede veekvaliteeti pikema aja jooksul. Seega ei saa pinnavee seisundit Pandivere piirkonnas parandada ilma et piirataks põllumajandustegevusest pärinevate ainete jõudmist põhjavette. Piirata oleks vaja toitainete leostumist eelkõige põhjaveekihtide toitealadel ehk seal, kus vesi imbub maapinda kõige intensiivselt. Kuigi nende toitealade täpne piiritlemine on keeruline, võib väita, et maapinnalähedase põhjavee liikumine on sarnaselt pinnavee omaga mõjutatud enim reljeefist.

Seega vajavad kaitset eelkõige alad, mis jäävad suuremate allikatest ülesvoolu.

Joogiveele kehtestatud norme ületavad toitainete (nt nitraadi) sisaldused eelkõige madalates kaevudes (sügavus kuni 25 m) ja allikates. Maapõues sügavamale liikudes hapniku sisaldus vees langeb ning hapnikuvaestes tingimustes nitraadid lagunevad. Taimekaitsevahendite ja ravimijääkide sisaldused püsivad kohati suured aga ka sügavamates põhjaveekihtides. Seega on need lagunemise suhtes vastupidavamad ja liiguvad koos põhjaveega kaugemale kui nitraadid. Läbiviidud uuring näitas ilmekalt, kui oluline on käsitleda põhja- ja pinnavett koos ühtse süsteemina, ja ka seda, et ilma põhjavee kvaliteedi paranemiseta ei parane ka Pandivere piirkonna jõgede seisund.

Joonas Pärn Joonas.Parn@egt.ee
 Marlen Hunt Marlen.Hunt@egt.ee
 Madis Osjamets Madis.Osjamets@egt.ee
 Oliver Koit koliver@tlu.ee



Prof. Tõnu Meidla tutvustamas Siluri südamikke. Foto: Tavo Ani.

Siluri stratigraafia koolitus Eesti Geoloogiateenistuse töötajatele

Augustis 2022 korraldas Eesti Geoloogiateenistus (EGT) oma töötajatele koolituse, et värskendada ja täiendada nende teadmisi Siluri ladestu keerulisest stratigraafiast.

Koolitus tutvustas osalejatele Eesti Siluri ajaloolist käsitlust ning tõi esile mitmeid üksuste ebajärjekindlast kasutamisest tulenevaid probleeme. Käsitleti üksuste litoloogilisi tunnuseid, nii kaasaegset kui ka ajaloolist terminoloogiat kasutades, ning analüüsiti Siluri läbilõiget erinevates Eesti

piirkondades. Koolitus kestis neli päeva ja toimus Arbavere uurimiskeskuses. Läbilõike iseloomustamiseks valiti ja eksponeeriti 11 puursüdamikku erinevatest Eesti piirkondadest, iseloomustamiseks erinevate piirkondade ja sügavusvööndite geoloogilist läbilõiget. Siluri kivimite leviala haarab Eesti maismaalise aluspõhjakivimite avamusest umbes kolmandiku. Peale selle levivad sama vanusega kivimid ka Lõuna-Eestis ning Lääne-Eesti saartel. Ehkki EGT geoloogid tegelevad täna peamiselt Ordooviitsiumi ja Kambriumiga, on Siluri ladestus

mitmeid olulisi mineraalseid ressursse ning ladestu avamusel on toimumas ja kavandamisel olulisi ja uuringuid nõudvaid arendusi, mistõttu on nende kihtide kaardistamine ja põhjalik tundmine oluline.

Siluri uurimise ajalugu Eestis ulatub 19. sajandisse. O. M. v. Engelhardt kirjeldas 1830ndatel Silurit kaksikliigestusena, kuid 1858. aastal tuli Schmidt välja ladestu kolmikjaotusega ning muutis sajandi lõpul selle veelgi detailsemaks. Uut hoogu said uuringud 20. sajandil ning sajandi keskpaiku algas tempokalt ka litostratigraafiliste üksuste püstitamine. Siluriga tegelesid 20. sajandi vältel paljud geoloogid (nt Twenhofel, Bekker, Luha, Aaloe, Jürgenson) ning kõigi nende liigestused olid mõnevõrra erinevad, arvatavasti osaliselt seoses sellega, et nende uurimistöö toimus erinevates piirkondades. Tagantjärele on väga keeruline selgitada, kuidas erinevate autorite kirjeldatud üksusi täpsemalt piiritleda ning millised on nende omavahelised suhted. Näiteks Raikküla kihistu, mis koosneb tänase kirjelduse järgi viiest regressiivsest tsükliidist, jagas Rosenshtein (1939) kuueks allüksuseks, Männil (1949) kolmeks, Oraspoold (1950) kaheks ja Jürgenson (1966) kolmeks allüksuseks, mis aga erinesid Männili (1949) kasutatuid. Üksuste täpne piiritlemine ongi Eesti Siluri stratigraafias äärmiselt keeruline ning erinevad autorid on samu üksusi sageli käsitlenud erinevas mahus ning määratlenud nende piire erinevate tunnuste alusel.

Siluri litostratigraafiline liigestus hakkas oma kaas-aegset kuju võtma alles 1970. aastal, kui suur autorite kollektiiv avaldas monograafilises ülevaates "Eesti Silur" (Kaljo 1970) tol hetkel kasutusel olevate lademetete ja kihistike põhjalikud kirjeldused. Geoloogilisel kaardistamisel ning uuringutes juhendus tollane riiklik geoloogiateenistus ametkondlikult kinnitatud stratigraafilistest skeemidest, mida uuringute arenguga kaasas käimiseks uuendati aastatel 1965, 1978 ja 1987. Ka pärast Eesti taasiseseisvumist on Siluri stratigraafilist liigestust korduvalt muudetud ning järjestikku avaldatud uute stratigraafiliste skeemide vahel on ikka ja jälle ilmnenud märkimisväärseid erinevusi.

Viimase kümnendi uurimistulemused on märgatavalt mõjutanud Siluri ladestu mahtu ja lademetete korrelatsiooni globaalse standardiga. Stabiilsete isotoopide uuringutest on selgunud, et ladestu tegelik alumine piir paikneb varem arvatust tunduvalt kõrgemal ning selle biostratigraafiline määratlus on alles täpsustamisel (Meidla et al. 2020). Eestis kasutatavate regionaalsete lademetete ning globaalse Siluri liigestusstandardi vaheliste korrelatsioonide täpsustamise tulemusena (Männik 2014) on selgunud, et erinevalt varasematest arusaamadest ei ühti meie lademetete piirid enamasti rahvusvaheliste lademetete piiridega. Need muudatused mõjustavad otseselt nii geoloogiliste läbilõigete korrelatsiooni kui ka kaardistuslegendi.

Eesti Siluri ladestu stratigraafiaga seonduvad probleemid tulenevad osaliselt uuringute keerukast ajaloost, kuid on osalt seotud ka litostratigraafiliste üksuste alatasa muutuvate määratlustega. Puursüdamike kirjeldustes on minevikus sageli kasutatud nn liitüksusi (nt Varbola-Tamsalu kihistu või Rumba-Velise kihistu), ehkki vastavad üksused peaksid kivimilise koostise poolest olema selgelt eristuvad. Samas on olemas ka vastupidiseid näiteid. Velise kihistu ei eristu mandril ja Ida-Saaremaal kivimite koostise järgi Jaani kihistust. Puursüdamike kirjeldustes on neid väga sarnaseid üksusi enamasti siiski eristatud, kuid eristamise aluseks olevaid kriteeriume ei ole täpselt kirjeldatud. Teises mõttes probleemne on Hilliste kihistu, mille kontseptsioon näib erinevatel autoritel erinevat (kaardistustöödel on kihistu eristatud palju väiksema leviala piires kui kihistu esmakirjelduses) ja ilmselt on see kontseptsioon ka aja jooksul muutunud. Probleeme tekitab arusaam Nurmekunna kihistust, mille korreleerimiseks naaberüksustega on pakutud erinevaid variante. See loetelu tuleks üsna pikk, kui siinkohal jätkata.

Korduvate revisjonide tõttu on praeguseks Siluri ladestu koosseisu kuuluvad üksused keerulise ajalooga. Mitmete üksuste definitsioonid ei ole ikka veel piisavalt selged ning varasemate uuringute tulemuste

integreerimine tänastesse uuringutesse eeldab põhjalikke teadmisi Siluri uurimise ajaloost. Samal ajal on suur hulk 20. sajandi vältel püstitatud kihistuid, kihistikke ja kihte selgete põhjendusteta liigestusest välja arvatud ning asendanud spetsiifilist tüüpi üksustega, nn „kihtidega“, mida rahvusvahelises stratigraafia juhises (2020) ei käsitleta. Kirjelduste järgi on neid üksusi üldjuhul eristatud läbilõike tsüklilise ehituse põhjal, kuid olemuselt kujutavad nad endast pigem topostratigraafilisi, s.o lito- ja biostratigraafiliste tunnuste kombinatsioonil põhinevad üksusi. Läbivaks

probleemiks on meie liigestustes ka n-ö ajaloolise pärandina esinev kihistute ja lademetes samanimelisus, mida praegu kehtiv stratigraafiajuhise ei toeta.

Koolitus tutvustas osalejatele tänapäevaste üksuste kõrval ka Eesti Siluri ajaloolist käsitlust, tõi esile mitmeid üksuste ebajärjekindlast kasutamisest tulenevaid probleeme ning aitas kuulajatel paremini mõista Siluri ladestu stratigraafia probleemide keerukust. Paljud nendest probleemidest vajaksid lahendamist juba lähiajal.

KASUTATUD KIRJANDUS

Engelhardt, O. M. (1830). Umriss der Felsstruktur Estlands und Livlands. Karstens Arhiv für Mineralogie.

Jürgenson, E. A. (1966). Литология лlandoверийских отложений Эстонии (Llandovery lademe litoloogia Eestis). Tallinn: Eesti NSV TA Geoloogia Instituut.

Kaljo, D. (1970). Силур Эстонии. Tallinn: Valgus.

Männik, P. (2014). The Silurian System in Estonia. 4th Annual Meeting of IGCP 591, Estonia, 10–19 June 2014. Abstracts and Field Guide, 123–128.

Meidla, T., Truuver, K., Tinn, O., & Ainsaar, L. (2020). Ostracods of the Ordovician–Silurian boundary bays: Jurmala core (Latvia) and its implications for Baltic stratigraphy. *Estonian Journal of Earth Sciences*.

Oraspõld, A. (1950). Raikküla lademe geoloogia Lääne-Eestis. *Diplomitöö*, 1–107.

Rahvusvaheline stratigraafia juhise. Lühendatud versioon (tõlkija M. Rubel). (2000). Rahvusvaheline Geoloogia- teaduste Liit, Rahvusvaheline Stratigraafia Komisjon ja Rahvusvaheline Stratigraafia Klassifikatsiooni Alamkomisjon, 1–39.

Rosenstein, E. (1939). Adavere lademest (silur) Lääne-Eestis. *Eesti Loodus*, 136–140.

Schmidt, C. F. (1858). Untersuchungen über die Silurische Formation von Estland, Nord-Livland und Oesel. *Dorpat: Heinrich Laakmann*.

Schmidt, F. (1894). Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten. Abt. IV. Calymmeniden, Proetiden, Bronteiden, Harpediden, Trinucleiden, Remopleuriden und Agnostiden. *Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Petersbourg*, 1–93.

Решения межведомственного регионального стратиграфического совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем рибалтики 1976 г. с унифицированными стратиграфическими. (1978). *Leningrad*.

Решения межведомственного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем верхнего докембрия и палеозоя Русской платформы, 1962 г. (1965). *Leningrad*.

Решения межведомственного стратиграфического совещания по ордовики и силуру Восточно-Европейской платформы 1984 г. с региональными стратиграфическими схемами. (1987). *Leningrad*.



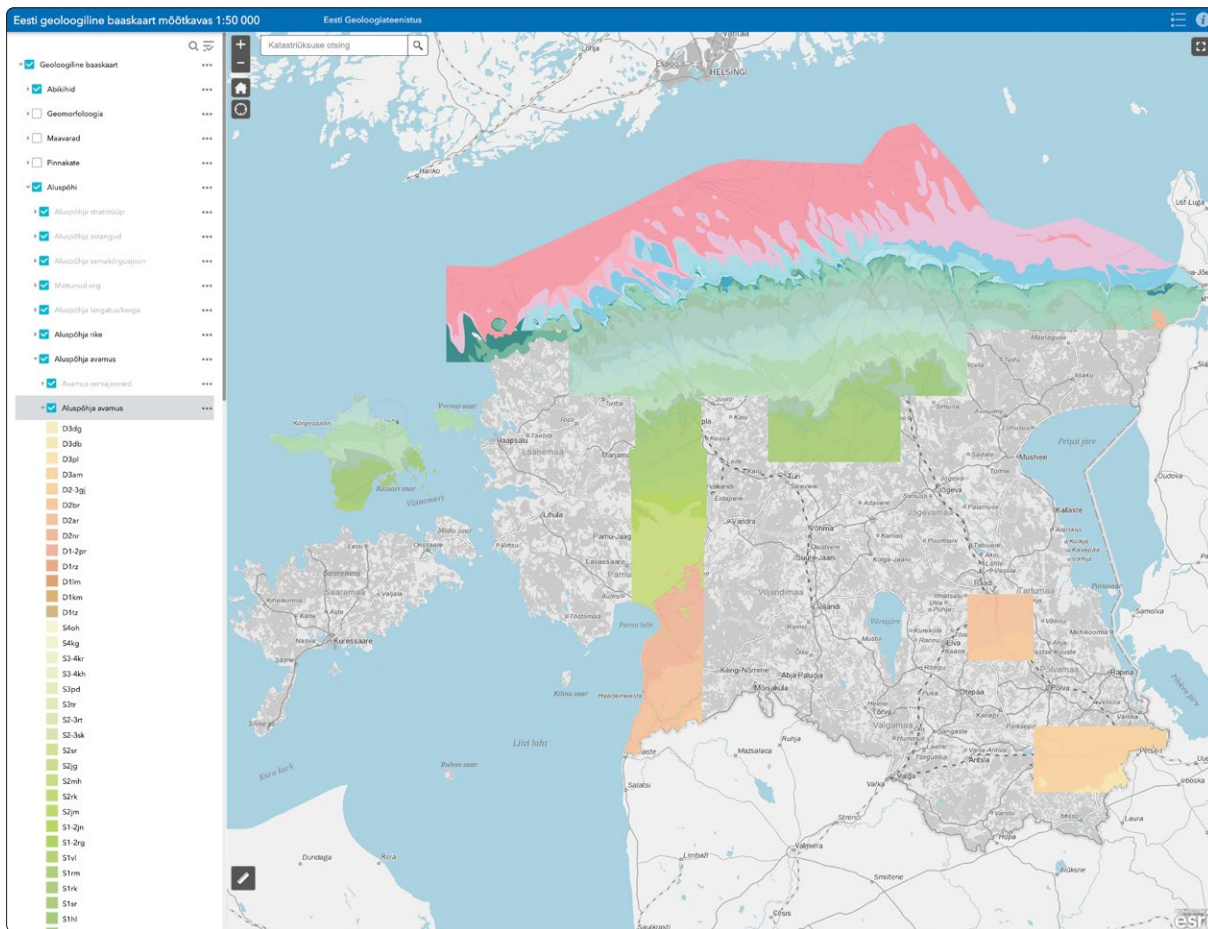
Puursüdamikud Arbavere hoidlas. Foto: Sirli Sipp Kulli.

Geoloogiline baaskaart (1:50 000)

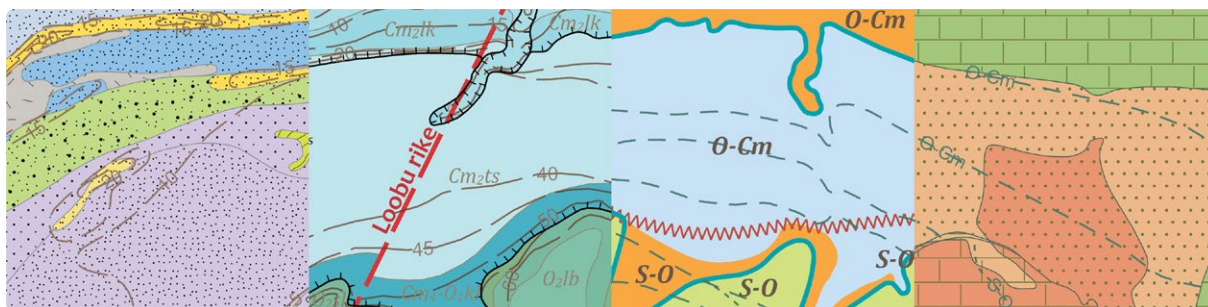
Geoloogilise baaskaardi andmed on Eesti Geoloogia-teenistuse hallata juba 2021. aastast. Alates sellest ajast on kaardiandmed läbinud detailse kaasajastamis- ja parandamiskuuri ning jõudnud uude geandmebaasi. 2022. aastal sai geoloogiline baaskaart koostöös TÜ geograafia osakonna geograafide Kiira Mõisja ja Raivo Aunapiga uue väljanägemise ning on nüüd uue kaardirakenduse kaudu kõigile kättesaadav.

Kaardirakenduse leiab EGT geoportaalist (<https://gis.egt.ee/>). Ajakohaseid kaardistusandmeid, dokumente nende kohta ja uue kujunduse faile on võimalik alla laadida EGT kodulehelt. Huvilistel tasub EGT geoportaalist tutvuda ka 1:200 000 geoloogiliste kaartide kaardirakendusega, kust leiab näiteks tervet Eesti maismaad katva aluspõhjakaardi ning gravitatsiooni- ja aeromagnetiliste anomaaliate kaardid.

Hando-Laur Habicht Hando-Laur.Haibicht@egt.ee



Aluspõhja teemakaart geoloogilise baaskaardi kaardirakenduses



Näide geoloogilise baaskaardi pinnakatte, aluspõhja, hüdrogeoloogia ja põhjavee kaitstuse teemakaartidest Vihula piirkonnas

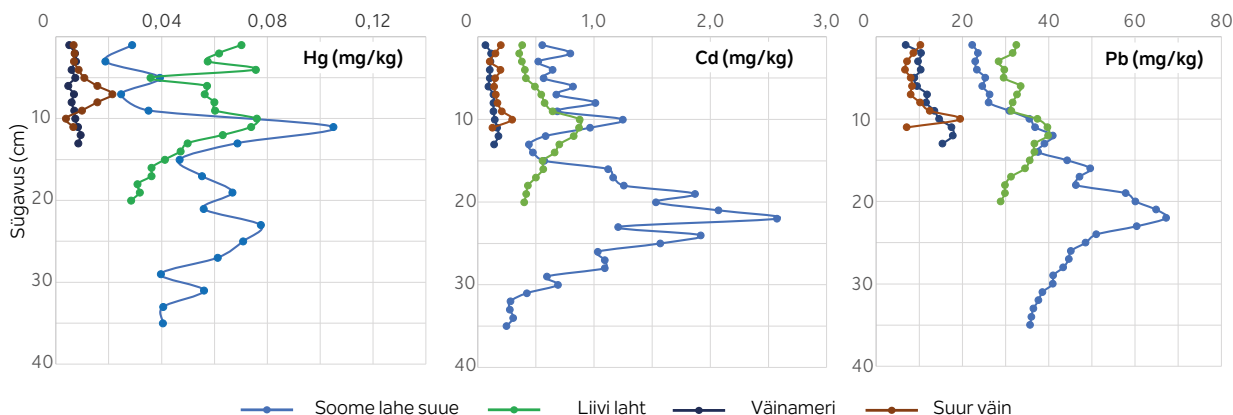


Esimene tööpäev enne jõudmist Väinamerre. Foto: Igor Tuuling.

Eesti mereala põhjasetete keskkonnaseisundist

Läänemeri on tähtis veekogu, mis mängib kesksel rollil miljonite inimeste elus. See on paljudele kogukondadele oluline nii toidu- ja elatusallikana kui ka kaupade ja teenuste transporditeena. Viimastel aastakümnetel on aga ühe rohkem väljendatud muret Läänemere ökosüsteemi tervise pärast, kuna sealne saastetase ja keskkonnaseisund ei ole paranenud oodatud tempos.

Paljud uuringud on näidanud, et Läänemeri on keskkonna seisukohalt tundlik merepiirkond. Üks oluline aspekt, mis mõjutab mere ökoloogilist seisundit, on inimtegevuse mõju, mille tulemusena võib merekeskkonda sattuda heitmeid ja saasteaineid, mis kogunevad merepõhja setetesse. Need setted sisaldavad mitmesuguseid raskmetalle ja toitaineid, nagu fosfor, mis võivad oluliselt mõjutada mereelustiku tervist ja ökosüsteemi laiemalt. Seetõttu on merepõhja setetes leiduvad saasteained üks olulisi näitajaid mere ökoloogilise seisundi hindamisel.



Uuritud piirkondade elavhõbeda (Hg), kaadmiumi (Cd) ja plii (Pb) keskmised sisaldused (mg/kg).

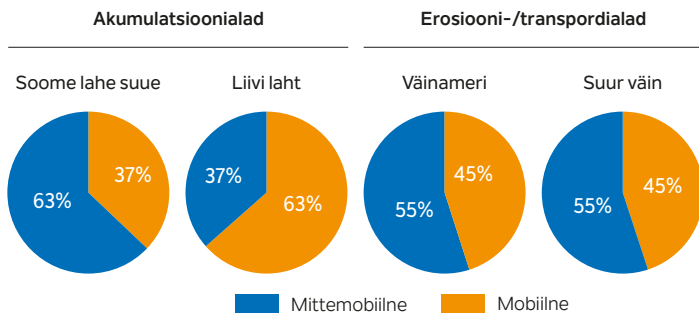
Et paremini mõista merepõhja setetes kogunenud saasteainete mõju Läänemerele ning uurida Eesti mereala põhjasetete omadusi ja koostist, viidi aastatel 2020–2022 Eesti merealal läbi Keskkonnainvesteeringute Keskuse kaasrahastatud Eesti Geoloogiateenistuse projekt nr 17065 „Merepõhja setete keskkonnaseisundi hindamise meetodika arendamine ja rakendamine“. Uuring pööras erilist tähelepanu fosfori akumulatsioonile. Mõistes fosfori akumulatsioonide mustreid ja allikaid merepõhja setetes, saame välja töötada tõhusamad strateegiad Läänemere ökosüsteemile avalduva reostuse mõju juhtimiseks ja leevendamiseks.

Eesti ranniku- ja avameresetete keskkonnaseisundi hindamisele on veel suhteliselt vähe tähelepanu pööratud. Varasemalt on Eesti meresetete keskkonnaseisundit hinnanud näiteks Soome lahe piirkonnas Suuroja jt (2016) SedGoFi projektis. Projekt SedGoF pakkus välja merepõhja setete keskkonnaseisundi hindamise meetodika, mis keskendus eelkõige erinevate kahjulike raskmetallide tasemete määramisele Soome lahe setetes, millest lähtuvalt esitati setete keskkonnamõju hindamiseks võimalikud raskmetallide piirmäärad (Suuroja et al., 2016).

Uuringus kasutati SedGoFi projektis (Suuroja et al., 2016) välja pakutud meetodikat. Kogutud raskme-

talliprofiilide analüüs näitas erosiooni- ja transpordialadel (Väinameri, Suur väin) üldiselt madalamaid kontsentratsioone võrreldes akumulatsioonialadega (Soome lahe suue, Liivi laht). Enamikus uuritud läbilõigetel olid raskmetallide kontsentratsioonid madalamad kui SedGoFi projektis pakutud rahuldavad keskkonnaseisundi piirid. Mitme elemendi (Hg, Cd, Pb, Cr, Zn, Ni, As) puhul aga ületati SedGoFi ja/või HELCOMi (2015) pakutud hea keskkonnaseisundi piir nii setete läbilõigete pinnakihis kui ka mõnes sügavamas intervallis. Eelkõige oli see nii akumulatsioonialade setete läbilõigetel. Ainult vase puhul olid kontsentratsioonid kõigis uuritud lõikudes madalamad kui SedGoFi hea keskkonnaseisundi piir. Arseni kontsentratsioonid ületasid SedGoFi hea keskkonnaseisundi piiri ka erosiooni- ja transpordipiirkondades (Liira et al., 2022).

Uuringus täiendati SedGoFi projekti pakutud meetodikat olulise toitainete ja eutrofeerumist põhjustava elemendi, fosfori osas. Kuna setetes võib fosfor esineda mitmel erineval kujul ja ainult mõned neist vormidest ehk fraktsioonidest võivad põhjustada täiendavat eutrofeerumist, on oluline määrata erinevate fosforivormide kontsentratsioonid eraldi. Esmakordselt Eestis rakendati merepõhja setete puhul selektiivset fraktsioneerimise meetodikat, et selgitada mobiilse



Mobiilse ja mitte-mobiilse fosfori fraktsiooni osakaalu võrdlus Soome lahe suudme, Liivi lahe, Väinamere ja Suure väina sette ülemises (0–1 cm) intervallis, akumulatsioon- ning erosiooni- ja transpordialadel.

VIITED

- Ausmeel, M., 2022. Fosfori esinemisvormid Läänemere põhjasetetes. Magistritöö. Tartu Ülikool, Geoloogia osakond.
- HELCOM 2015. Updated Fifth Baltic Sea pollution load compilation (PLC-5.5). Baltic Sea Environment Proceedings No. 145.
- Liira, M., Ausmeel, M., Suuroja, S., Veski, A., Tuuling, I., 2022. Merepõhja setete keskkonnanaisundi hindamise meetodika arendamine ja rakendamine. Eesti Geoloogiateenistus. <https://fond.egt.ee/fond/egf/9598>.
- Suuroja, S., Heinsalu, A., Alliksaar, T., Tõnisson, H., Lips, U., Leland, A., Kask, A., Petersell, V., Pajusaar, S., Liiv, M., et al., 2016. Hinnangu andmine merekeskkonna ökosüsteemipõhiseks korraldamiseks Soome lahe merepõhja ja setete näitel (SedGoF). Eesti Geoloogiakeskus.

fosfori osakaalu setetes (Ausmeel, 2022; Liira et al., 2022).

Fosfori fraktsioneerimisel tuvastati setetes viis erinevat fosforifraktsiooni, millest kaks (Lab-P ja Fe-P) võivad soodsatel mereveetingimustel (eriti hüpoksilistel tingimustel) muutuda mobiilseks ja vabaneda setetest järk-järgult tagasi vette. Kõigil uuritud aladel on suurem osa setetes leiduvast mobiilsest fosforist seotud raua- ja mangaaniühenditega. Akumulatsioonialade mobiilse fosfori osakaal kõigist mõõdetud fraktsioonidest oli Soome lahe suudme setete ülemises intervallis 37% ja Liivi lahe setete ülemises intervallis 63%. Erosiooni- ja transpordialadel oli mobiilse fosfori osakaal ülemises settevahemikus aga ligikaudu 45%, nii Väinameres kui ka Suures väinas. Samal ajal oli Väinamere ja Suure väina setetes keskmine üldfosfori sisaldus ligikaudu 480 mg/kg, mis on üle 1,5 korra väiksem kui akumulatsioonialadel (Ausmeel, 2022; Liira et al., 2022).

Kokkuvõttes on tehtud uurimus Läänemere ökosüsteemi ja sellest sõltuvate koosluste tervise ja jätkusuutlikkuse tagamisel kriitilise tähtsusega ning on andnud väärtuslikke teadmisi reostuse ja muude tegurite mõjust setete kvaliteedile. Heites valgust saasteainete kogunemisele ja reostust soodustavatele teguritele piirkonnas, saame töötada Läänemere ning sellest sõltuvate inimeste ja mereelustiku puhtama ja tervema tuleviku nimel.

Martin Liira Martin.Liira@egt.ee
Markus Ausmeel Markus.Ausmeel@egt.ee
Sten Suuroja Sten.Suuroja@egt.ee
Anu Veski Anu.Veski@egt.ee
Igor Tuuling Igor.Tuuling@egt.ee

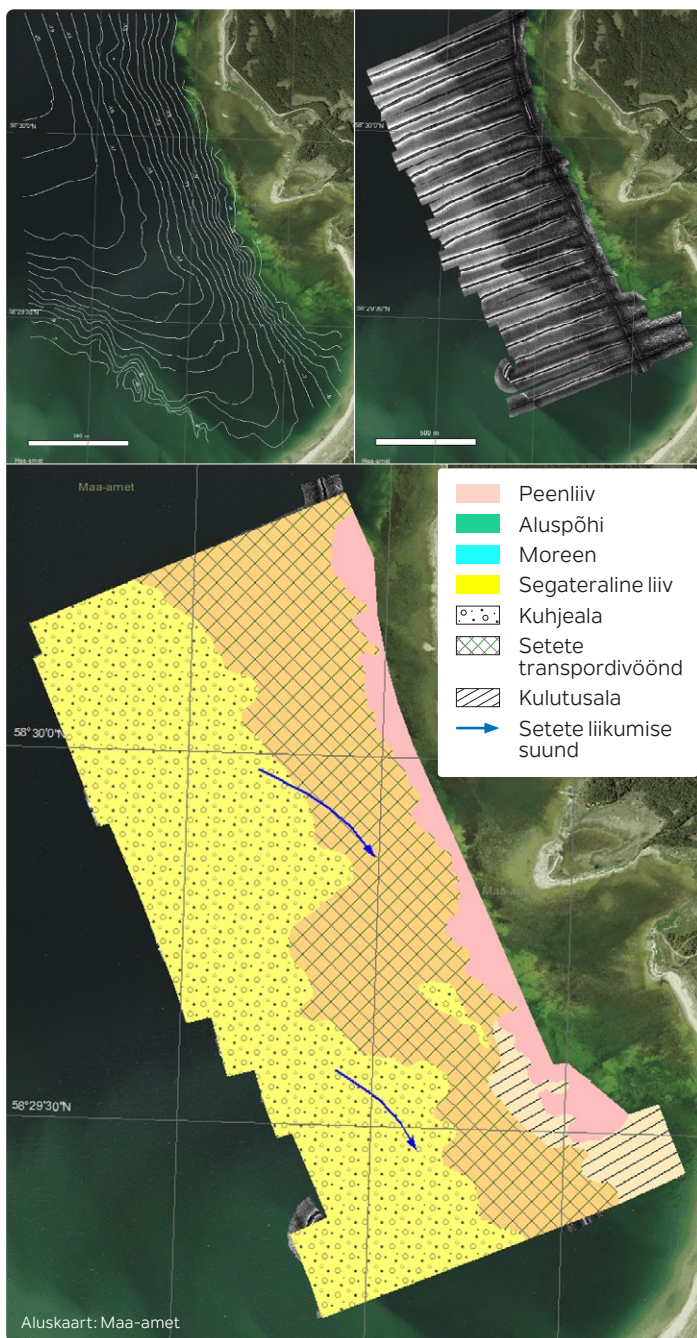


Küedema seireala. Foto: Sten Suuroja.

Geofüüsikalised kaugseire meetodid mereala kaardistamisel ja mererannikute seirel

Euroopa Liidu merestrategia raamdirektiiv kohustab iga riiki välja töötama ja kasutusele võtma meetmeid, mille eesmärgiks on kaitsta ja säilitada merekeskkonda ning hoida ära selle seisundi halvenemine. Merepõhja efektiivseks ja innovaatiliseks kaardistamiseks kasutatakse geofüüsikalisi (seismoakustilisi) kaugseire meetodeid, mis annavad hea ülevaate merepõhja batümeetriast, eri tüüpi setete ja kivimite levikust.

Projekti mereRITA käigus hinnati ja täiendati Eesti mereala kaardistamise metoodikat. Uuringu pilootalaks oli Saaremaa loodeosas asuv Uudepanga lahe idakülg. Uurimaks merepõhja geoloogilist ehitust ja pindmiste setete substraati, kaeti pilootala rannikuga ristuvate geofüüsikaliste profiilide võrguga. Merepõhja vertikaalse geoloogilise läbilõike kaardistamisel kasutati samal ajal erineva sagedusega seismoakustilisi setteprofiilaatoreid ning merepõhja



Valminud kaardikihid – batümeetria, külgvaatesonari profiilide mo-saiik, põhjasetete levik ja dünaamika Uudepanga lahes.

pindalalisel kaardistamisel erinevaid so-nareid (külgvaate- ja lehviksonar).

Kogutud andmed interpreteeritakse ja andmestikule tuginedes tehakse kindlaks akumulatsiooni- ja erosioonialad. Seismoakustiliste profiilide usaldusväärse-maks interpreteerimiseks ja settetüüpide verifitseerimiseks kogutakse merepõh-jast profiilidel haardkopaga setteproove. Seismoakustiliste setteprofiilaatorite and-mete alusel saab koostada pinnakatte ja selle all lasuva aluskivimi geoloogilisi läbi-lõikeid. Meetod võimaldab läbindada set-teid merepõhjas kuni aluspõhja kivimite pinnani. Sõltuvalt kasutatud lainepikku-sest on võimalik eraldada settekihte kuni 10 cm täpsusega.

Rakendatud innovatiivne meetodika on sobilik merepõhja kaardistamiseks ja aitab efektiivselt koguda uusi alusandmeid, mis on vajalikud mereala keskkonnasäästlikuks ja jätkusuutlikuks kasutamiseks, tagades olemasolevate ökosüsteemide säilimise.

Seismoakustilistele läbilõigetele tuginedes koostatakse pinnakatte kaart. Külgvaate-sonari profileerimisandmete põhjal koostatakse uuringuala põhjasetete ja nende leviku kaart. Tööde tulemusena antakse ülevaade uuringuala/seireala merepõhja substraadist ja morfoloogiast, merepõhja setete levikust, abrasiooni- ja akumulat-sioonialadest, veealuse rannandõlva kulu-tus- ja kuhjeptsesside ulatusest ning set-te liikumiste muutustest.

Nimetatud meetodikat on võimalik ka-sutada ka riikliku keskkonnaseire käigus tehtaval mererannikute seirel. Alates 2018. aastast on seda meetodit rakenda-



Setteproovide võtmine Van-Veen haardkoga. Foto: Sten Suuroja.

tud veealuse rannanõlva mõõdistamisel 12 erineva seireala puhul. Kui varem mõõdistati seirealadel maismaalt lähtuvaid kõrgusprofiile, kus seireprofiil kulgeb risti rannajoonega ca 1,5 m sügavuseni, siis nüüd tehakse geofüüsikalisi mõõdistamisi väikelaevalt kuni 10 m sügavusel veealusel rannanõlval. Selline kombineeritud meetodika võimaldab koguda andmeid oluliselt efektiivsemalt, suuremalt alalt ja suuremas mahus ning jälgida rannavööndis toimuvaid protsesse.

Rannikualade geofüüsikalistel mõõdistusandmetel põhinevad teemakaardid ja andmemudelid võimaldavad teha senisest tõhusamaid otsuseid pikaajasel planeerimisel ja ennetada seega ranna ja mereala kasutusega seotud riske.

Anu Veski
Igor Tuuling
Sten Suuroja
Martin Liira,

Anu.Veski@egt.ee
Igor.Tuuling@egt.ee
Sten.Suuroja@egt.ee
Martin.Liira@egt.ee



Uudepanga lahe mõõdistamine lehviksonariga. Foto: Sten Suuroja.

Merepõhja geoloogia: geofüüsikalised kaugseire meetodid ja setteuringud. Teostatud projekti "Eesti mereala keskkonna ja loodusväärtuste hindamise ja seire innovaatilised lahendused" käigus (mereRITA). https://sisu.ut.ee/sites/default/files/mererita/files/2_3_2_seabed_geological_inventories_acoustic_profiling_and_sediment_survey.pdf.

Veski, A., Suuroja, S., Tuuling, I., Liira, M., 2022. 2022. aasta mererannikute seire tööd. Eesti Geoloogiateenistus. <https://fond.egt.ee/fond/egf/9729>.



Puuraukude geofüüsikaline sondeerimine Lääne-Saaremaal. Foto: Maile Polikarpus.

2022. aasta välitööd

2022. aasta välitööd toimusid peamiselt suvel ja sügisel aprilli ning novembri vahel, nende käigus koguti ca 3000 uut andmepunkti ja kirjeldati pea 6000 geoloogilist üksust. Lisaks sellele koguti välitööra-kendusega Field Maps ka 136 uut andmepunkti Väi-namere piirkonnas.

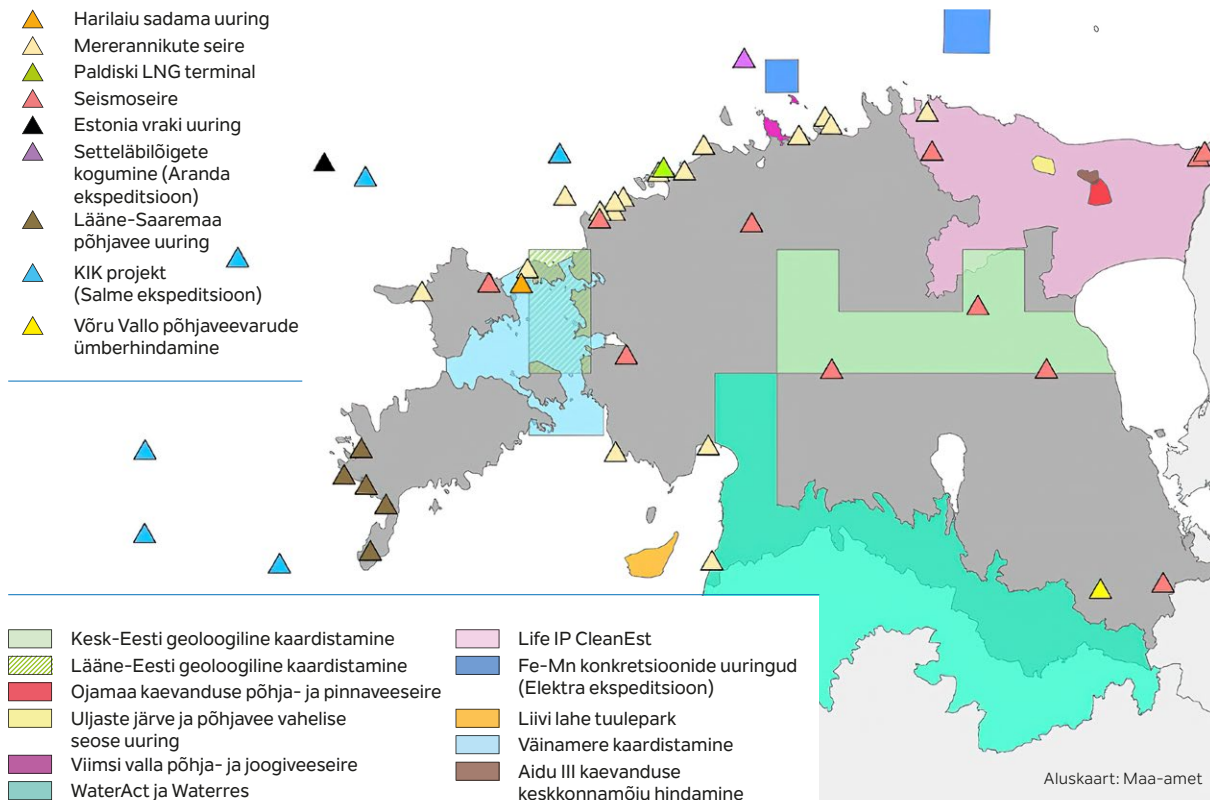
Geoinformatsiooni osakond teostas 1:50 000 geoloogilist kaardistamist Kesk- ja Lääne-Eestis, uurides peamiselt pinnakatte paksust, setteid ja geomorfooloogiat. Meregeoloogia ja geofüüsika osakonna välitööde aasta osutus erakordselt tigusaks, töid tehti üle Eesti nii maal kui merel.

„Aranda“ ekspeditsioon

Rahvusvahelisel ekspeditsioonil Soome uurimislaevaga „Aranda“ koguti proove setteläbilõigetest Soome lahel. Meretööd toimusid Soome ja Eesti koostööprojekti „Ohtlikud ained Soome lahes“ (GoFHAZ) käigus.

„Electra“ ekspeditsioon

Viiepäevasel ühisekspeditsioonil Stockholmi Ülikooli uurimislaevaga „Electra“ uuriti koos Rootsi ja Soome kolleegidega detailsemalt merepõhja Fe-Mn konkretsioonide esinemisalasid Soome lahes. Meretöödel tehti vaatlusi lehvikonari ja allveerobotiga ning koguti proove põhjasetetest, konkretsioonidest ja setete

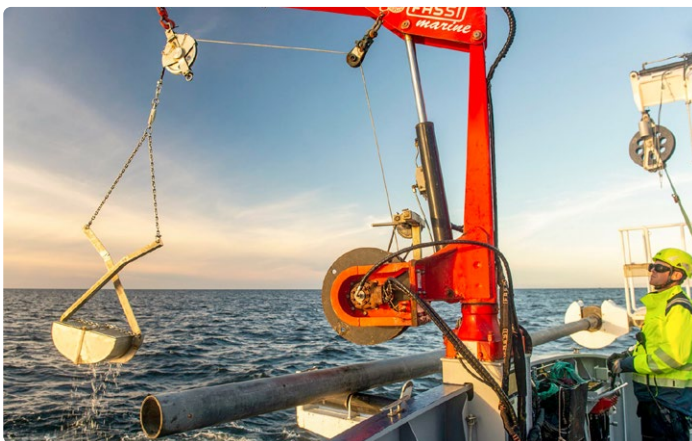


Ülevaade 2022. aasta välitöödest.

pooriveest. Rahvusvahelise koostöoga soovitakse selgitada konkretsioonide tekkimise ja laigulise leviku põhjuseid Soome lahes.

Pakrineeme LNG-terminali uuring

2022. aasta maikuu uuris meregeoloogia ja geofüüsika osakond koostöös Tallinna Ülikooli ökoloogia keskusega täiendavalt LNG terminali ala merepõhja geoloogiat, kasutades erinevaid seismo-akustilisi meetodeid. Uuring viidi läbi täpsustamaks LNG terminaliga seotud mereala, rajatava haalamiskai ja sellelt maale suunduva gaasitoru lähikonda jäävate olulisemate geoloogilistoloogiliste pindade (eeskätt kõvadest kividest koosneva aluspõhja) levikut.



Proovide võtmine Fe-Mn konkretsioonide esinemisalalt. Foto: Sten Suuroja.



Setteläbilõigete võtmine Väinamerel merejäält koostöös TTÜ kolleegidega. Foto: Sten Suuroja.

Väinamere geoloogiline kaardistamine

Eesti geoloogilise baaskaardistamise välitööd jätkusid Väinamerel. Sealse akvatooriumi mereala profileeriti geofüüsikalisel ca 1 km intervalliga 1335 km ulatuses erinevatel sagedusvahemikel töötavate setteprofilaatoritega. Samuti võeti haardkopaga 214 põhjaproovi põhjasetete koostise määramiseks.

Harilaiu sadama uuring

Hari kurgus teostati kompleksne seismo-akustiline profileerimine. Eesmärgiks oli välja selgitada Harilaiule planeeritava väikesadama ala ja selle lähiümbruse geoloogiline läbilõige, kontuurida kõvade aluspõhjakivimite pealispinda ning seda katva moreenikihi reljeefi ja paksust.

Liivi lahe tuulepargi uuring

Vastavalt Liivi lahe idaossa planeeritava avamere tuulepargi ala keskkonnamõju hindamise programmile viis Eesti Geoloogiteenistuse meregeoloogia ja geofüüsika osakond 2022. a kevadel tuuleparki hõlmaval alal läbi kompleksse geoloogilise uuringu. Täpsustati tuulepargialuse ala geoloogilise läbilõike (aluspõhja sügavuse, pinnakatte läbilõike) ning merepõhja setete koostise ja leviku geofüüsikalisi omadusi. Lisaks

hinnati põhjasetete reostusastet granulomeetriliste ja geokeemiliste analüüsidega.

Estonia vraki uuring

Stockholmi Ülikool uuris 2022. aastal parvlaev "Estonia" vraki asukohta uurimislavaga "Electra". EGT osales uuringutel madalasagedusliku boomer-tüüpi setteprofilaatoriga, et kontuurida kristalse aluskorra pealispinda ja moreenikihi paksusi.

„Salme“ ekspeditsioon

KIK-i projektis „Merepõhja setete keskkonnaseisundi hindamise meetodika arendamine ja rakendamine“ koguti merepõhjast setteproove meregeoloogia ekspeditsioonil uurimislavaga „Salme“.

Seismoseire

Eesti seismilisi sündmusi kajastab seismiline seirevõrk, mis koosneb 7 ajutisest ja 4 alalisest jaamast. Sügisel 2022 lisandus alaliste jaamade koosseisu Särghaua seisvojaam. 2022. aastal registreeriti ja lokaliseeriti 414 sündmust, millest 406 identifitseeriti tavapäraste lõhkamiste signaalidena. Maavärinaid tuvastati kokku seitse, millest üks leidis aset Põhja-Eestis Anijas (magnituud 1,1), kaks Soome lahe Alliklepa lahes Loo-de-Eesti rannikul (magnituudid 2,3 ja 1,4) ning neli mujal Soome lahes (magnituudid vahemikus 0,9–1,2).

Mererannikute seire

Riikliku keskkonnaseire käigus tehti iga-aastaseid mererannikute seire töid. 2022. aastal tehti RTK-GNSS mõõdistamisi 16-l ja veealuse rannanõlva geofüüsikalisi mõõdistamisi kolmel seirealal. Tulemusena anti ülevaade seirealade merepõhja substraadist ja morfoloogiast, merepõhja setete levikust, sh abrasiooni- ja akumulatsioonialade muutumisest, veealuse rannanõlva kulutus- ja kuhjeprotsesside ulatusest ning setete liikumiste muutustest.

WaterAct ja EU-WATERRES

Projektide eesmärgid on suurendada riikide suutlikkust majandada piiriüleseid põhjaveevarusid, luua selleks integreeritud teabeplatvorm ja võtta kasutusele



EU-WATERRES projektipartnerid Meenikunno rabas.

Foto: Magdaleena Männik.

uued andmeanalüüsi vahendid ning lahendused põhjavee kooskõlastatud haldamiseks ja kaitseks. Projekti elluviimisega on seotud üheksa asutust Eestist, Ukrainast, Lätist, Norrast ja Poolast, nende hulgas nii geoloogiateenistused, teadusüksused kui ka üks geoinformaatika ettevõtte.

LIFE IP CleanEST

Toimused uuringud Ida- ja Lääne Virumaal. Ida-Virumaal uuriti põhjaveekogumeid, mille seisund on hinnatud ohustatuks või halvaks. Uuringute käigus kirjeldati põhjavees esinevate ohtlike ainete (nt arseen, elavhõbe, fenoolid) levikut, selgitati põhjavee keemilise koostise kujunemist ning prognoositi põhjavee seisundi muutusi. Lääne-Virumaal toimused uuringud põllumajandusmaa suure osakaaluga valglates, hinnates sealse põllumajandusliku hajukoormuse mõju põhja- ja pinnavee kvaliteedile.

Ojamaa kaevanduse põhja- ja pinnaveeseire

Eesti Geoloogiateenistus seiras koostöös OÜ-ga VKG Kaevandused Ojamaa põlevkivikaevanduse mõju ümbritseva ala veekeskkonnale. Seire üheks eesmärgiks on varakult avastada vee kaevandustest välja pumpamise mõju, mis veekeskkonna muutuste näol



Geoloogilise kaardistamise välitööd Torma lehel. Foto:

Rauno Torp.

võiks tekitada probleeme läheduses asuvate ökosüsteemide toimimisele. Seire tulemusel täiendatakse piirkonna põhjaveemudelit.

Ojamaa ja Aidu piirkonna pinna- ja põhjavee uuringud

Uus-Kiviõli kaevanduse, Ojamaa kaevanduse laiendamise ning VKG biotoodete tehase rajamise KMH-s, hüdroteoloogilise mõju hindamiseks, seirati põhjaveetasemeid ning mõõdeti vooluhulkasid Aidu karjääris ning Vahtsepa kraavis.

Võru Valio põhjaveevarude ümberhindamine

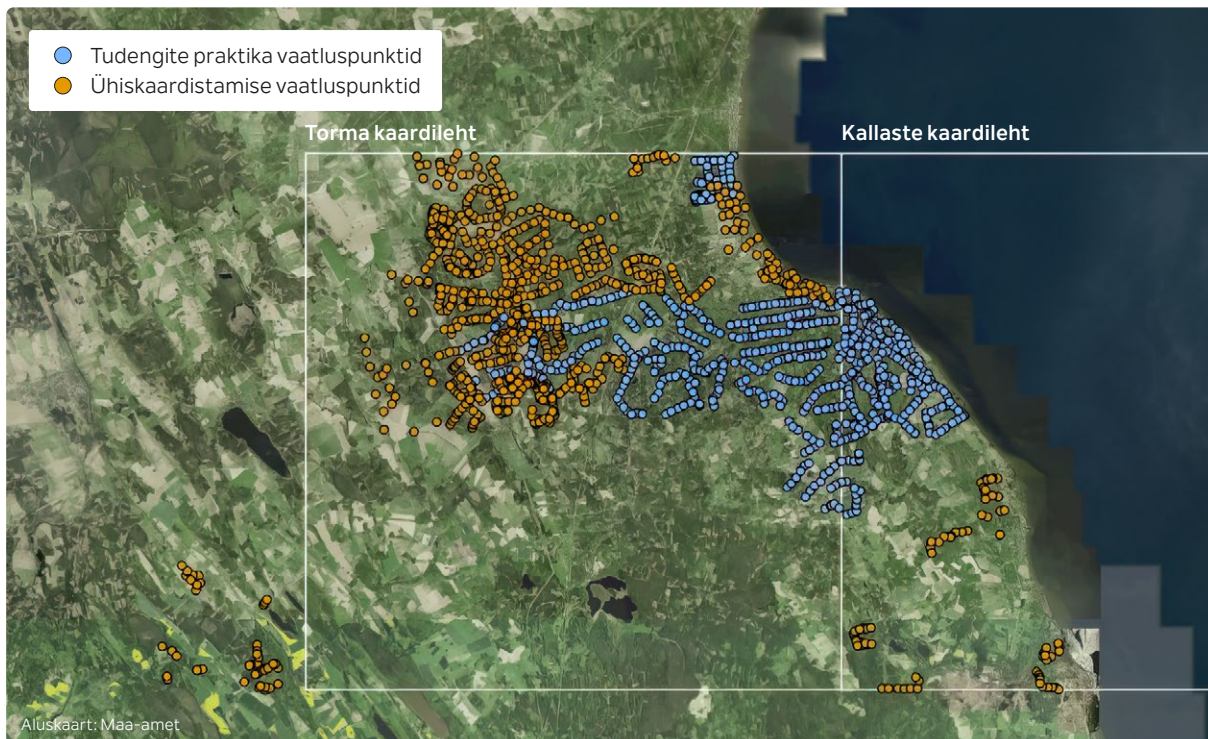
Hinnati ümber Valio Eesti AS Võru Juustutööstuse veehaarde põhjavee tarbevaru.

Lääne-Saaremaa puuraukude geofüüsika

Teostati geofüüsikalist sondeerimist Lääne-Saaremaa puurukudes ning võeti põhjaveeproove.

Uljaste järve ja põhjavee vahelise seose uuring

Välitööd hõlmasid veetasemete vaatlusi järves, soos ja põhjaveekihtides ning vee vooluhulkade mõõtmisi Toomika kraavi erinevatel lõikudel. Pumpamiskatsete abil hinnati pinnase ja selle all lasuvate kivimite veejuhtivust. Geofüüsikaliste töödega täpsustati pinnakatte paksust



Ülevaade 2022. aasta tudengite praktikast ja EGT ühiskaardistamisest

ja iseloomu ning võimalike rikkevööndite esinemist lubjakivikihtides. Tööde abil selgitati, kui palju sõltub Uljaste järv põhjaveest ja selle tasemest ning millisel hulgal ja kiirusel toimub järvevee äravool läbi Uljaste oosi.

Viimsi valla põhjavee seire

Intensiivse veevõtu mõjude hindamiseks Viimsi poolsaarel ja Prangli saarel tegi Eesti Geoloogiateenistus koostöös AS-iga Viimsi Vesi sealse põhjavee seiret. Viimsi põhjaveeseire eesmärgiks oli jälgida veekihi tasemete ning keemilise koostise muutusi ajas. Põhjaveetasemete jälgimiseks paigaldas Eesti Geoloogiateenistus poolsaarel asuvasse reservpuur-

kaevudesse automaatsed andurid, mis mõõtsid veetaset iga tunni aja tagant.

Ühiskaardistamine ja tudengite praktika

Sarnaselt eelneva aastaga toimus Eesti Geoloogiateenistuse iga-aastane ühiskaardistamine ja tudengite praktika Jõgeva ja Peipsi järve vahelisel alal, kus 2022. aasta jooksul viidi lõpule pinnakatte kaardistamine. 13. juunist kuni 29. juulini leidsid aset Tartu Ülikooli ja Tallinna Tehnikaülikooli eraldiseisvad praktikad, mille käigus koguti üle 600 andmepunkti. 22.–26. augustil toimunud Eesti Geoloogiateenistuse ühiskaardistamise käigus koguti ca 850 andmepunkti.

Markus Maido
Rauno Torp

Markus.Maido@egt.ee
Rauno.Torp@egt.ee



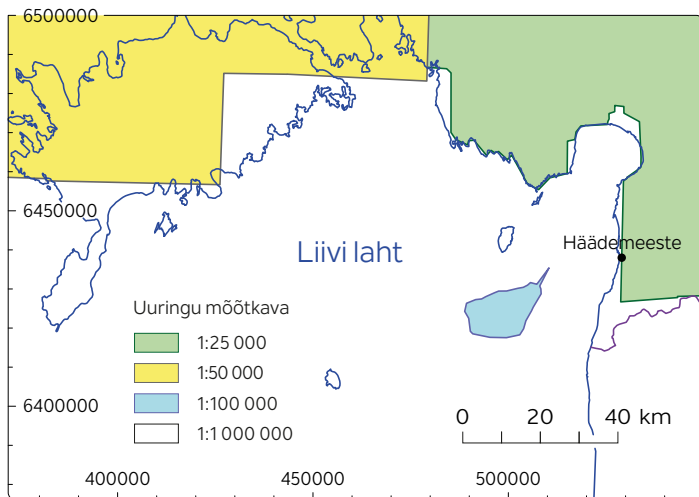
Meremagnetomeeter. Foto: Sten Suuroja.

Meremagnetomeetrilised välitööd Liivi lahel

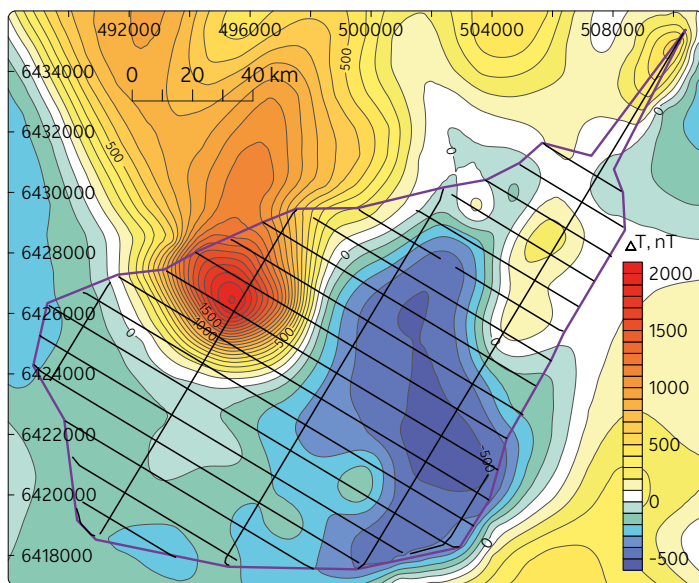
2022. a mais tegi Eesti Geoloogiateenistus Liivi lahel meremagnetomeetrilisi välitöid, kasutades magnetomeetrit

Välitööd, mis kaasnesid lahe meregeoloogiliste uuringutega, viidi läbi varasema väikese mõõtkavaga kaardistatud andmestiku

täpsustamiseks. Uuringuala hõlmas 183 km² ning marsruutide vahemaa oli 1 km. Rea-marsruutide suund 122° (idakagu) valiti risti magnetvälja tugevusjoonte valdavale suunale. Töid tehti 5 päeva vältel kokku 234 km-l. Magnetomeetrit veeti uuringutööde käigus laevast 34 m kaugusel 9 m sügavusel.



Liivi lahe magnetomeetriline uuritus.



Väljavõte uuendatud magnetvälja kaardist uuringualal koos marsruutide ja oletatavate riketega.

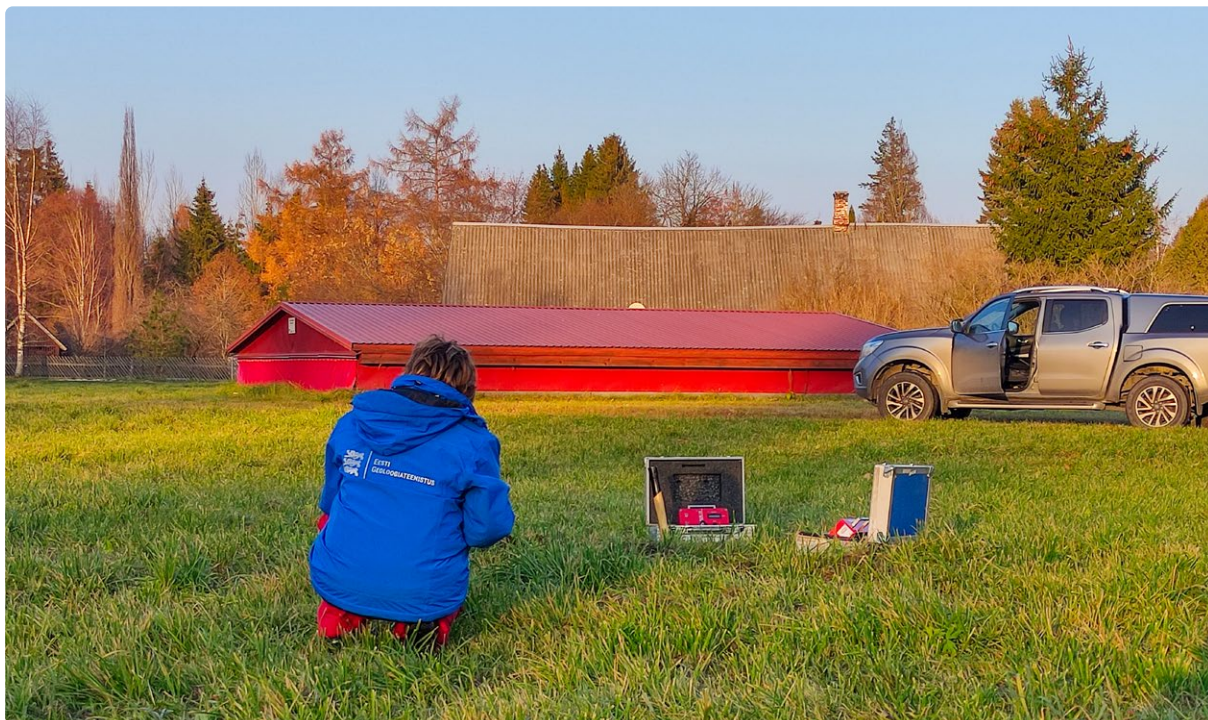
Magnetomeetri asukoht määrati (ja parandati) laeva pardal paiknenud GPS-süsteemi abil. Magnetvälja ajaliste variatsioonide lahutamiseks mõõtmistulemustest kasutati Häädemeestele paigaldatud ajutise magnetomeetri G-857 (Geometrics Inc.) andmestikku. Magnetvälja variatsioonid jäid välitööde ajal enamasti 30 nT piiresse.

Marsruutide ristumiste andmetel arvutati mõõtmiste ruutkeskmine täpsus, milleks oli 11 nT magnetväljas gradiendiga < 50 nT/km (16 ristumist) ja 22 nT magnetväljas gradiendiga 50–200 nT/km (18 ristumist). Mõõtmiste keskmiseks täpsuseks oli 5–15 nT, mis vastab uuringu mõõtkavale (1:100 000). Reamõõtmised paiknesid tulenevalt meremagnetomeetri eripärale väga tihedalt piki marsruuti. Seda anisotroopsust arvestati andmete interpoleerimisel. Interpoleerimise kvaliteedi kriteeriumiks oli mõõtmiste võrgu mõju puudumine anomaaliate kujule. Vastavalt uuringu mõõtkavale interpoleeriti tulemused sammuga 100 m ning arvutati ümber kõrgusele 300 m selleks, et need oleksid võrreldavad aeromagnetilise kaardi andmebaasiga.

Meremagnetomeetriliste tööde tulemusel täpsustati Liivi lahes paiknevate magnetiliste anomaaliate asendit ja amplituudi. Lisaks täpsustati aeromagnetilise kaardi andmebaasi, mis võimaldab nüüd Eesti aluskorrakivimite koostise ja struktuuri interpretatsioone.

Anu Veski
Jüri Plado
Sten Suuroja
Mikhail
Štokalenko

Anu.Veski@egt.ee
Juri.Plado@ut.ee
Sten.Suuroja@egt.ee
Mikhail.Shtokalenko@egt.ee



Geoloogiateenistuse spetsialist radooni mõõtmäs. Foto: Elina Kuusma.

Uuendatud radooniriski kaart

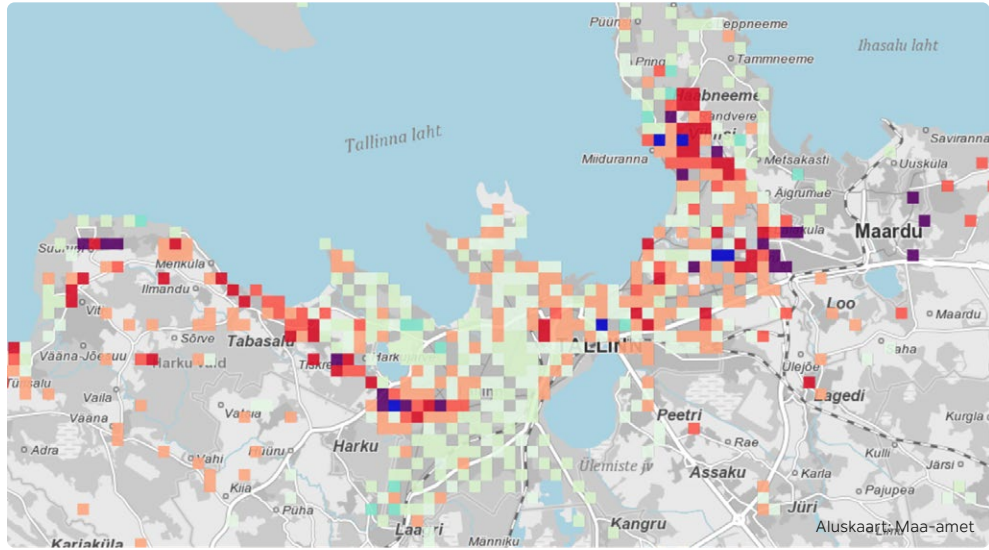
Selle aasta alguses valmis uus Eesti pinnase radooniriski kaardirakendus, kust saab varasemast täpsemat infot radoonisisaldustest Eesti pinnaseõhus. Kaardi aluseks on veidi enam kui 3000 uuringupunkti andmed, mis on kogutud üle Eesti alates 2003. aastast.

Uus rakendus sisaldab kahte erineva tase-mega andmekihti – kohalikud omavalitsused ning 500 m x 500 m ruutkaart.

Kohalike omavalitsuste andmekiht annab teavet, millised Eesti omavalitsused on klassifitseeritud kas kõrge või madala radooniriskiga alaks. Kõrge radooniriskiga omavalitsustes on vähemalt 10% uuringupunktides mõõdetud radoonisisaldused üle 75 kBq/m³, madala radooniriskiga aladel jääb radoonisisaldus enamasti alla

Rn-riski väärtus
(Bq/m³)

- < 10
- 10-30
- 30-50
- 50-100
- 100-150
- 150-250
- 250-500
- > 500

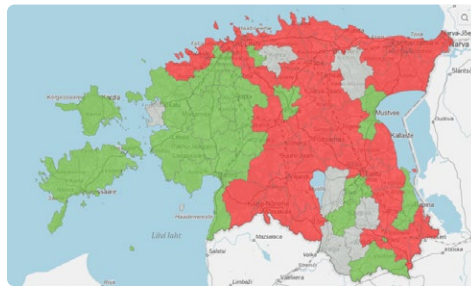


**Radooniriski ruutkaart (500x500 m). Kuva-
tõmmis EGT radooniriski kaardirakendusest.**

75 kBq/m³. Üksikud omavalitsused oota-
vad veel uurimist ning need kaardistatakse
lähiaastatel.

Omavalitsuse klass

- Kõrge või
väga kõrge
- Täiendav
uuringuvajadus
- Keskmine või
madal



**Radoonirisk omavalitsuse tasemel. Kuvato-
mmis EGT radooniriski kaardirakendusest**

500 m × 500 m ruutkaardi andmekihil on iga
ruudu kohta kuvatud maksimaalne mõõ-
detud radooni sisaldus, mõõtmiste arv ja
viimase mõõtmise aasta. Mõõtmised on
koondunud suuremate linnade ja asulate
ümber, et kajastada radooniriski eelkõige
piirkondades, kus see mõjutab paljusid ini-
mesi. Mõõtmised puuduvad näiteks liigniis-
ketel ja paepealsetel aladel, kus sageli ra-
dooni mõõta ei õnnestu, ning piirkondades,
kus asustus on väga hõre. Sellest tulenevalt
ei kata ruudustik kogu Eestit. Ruutkaart il-
mub nähtavale mõõtkavas 1:300 000.

Radooniriski kaardirakenduse andmekihid
uuenevad jooksvalt, kui lisandub värskaid
andmeid.

Elina Kuusma
Eveli Sisas

Elina.Kuusma@egt.ee
Eveli.Sisas@egt.ee

**EESTI GEOLOOGIATEENISTUS
AASTARAAMAT 2022**

RAKVERE 2023