

Põhjavee modelleerimise programm FREEWAT – kellelt, kellele ja milleks?

Maile Polikarpus, Anderes Marandi, Argo Jõelett

Numbrilistel meetoditel baseeruvaid põhjavee modelleerimise programme on arendatud ja kasutatud juba alates eelmise sajandi seitsmekümnendatest aastatest. Esimesed programmid võimaldasid modelleerida vaid kahedimensioonilist põhjavee liikumist. Mudelarvutused on keerukad ja nõuavad suurt arvutusvõimsust. Koos arvutustehnika arenemisega muutuvad keerulisemaks ka programmid, mis võimaldavad teha mahukamaid mudelarvutusi. Lisaks arvutusvõimsuse kasvule on programmid aja jooksul saanud ka kasutajasõbralikumad graafilised kasutajaliidesed, mis võimaldavad visualiseerida nii mudeli kihte kui ka modelleerimise tulemusi.

Eestis on põhjavee kolmemõõtmelise (3D) numbrilise modelleerimisega tegeletud juba üle 20 aasta. Esimene hästi dokumenteeritud 3D hüdrogeoloogiline numbrilisel meetodil baseeruv mudel valmis 1996. aastal. Mudeli koostas hüdrogeoloog Leo Vallner ning selle eesmärgiks oli hinnata Kirde-Eestis Kambrium–Vendi ja Ordoviitsium-Kambriumi veekomplekside veekasutuse perspektiive (Vallner 1996). Vaatamata juba rohkem kui 20 aasta pikkusele modelleerimiskogemusele Eestis, on meil siiski väga vähe inimesi, kes oskavad põhjavee mudeleid koostada ja mudeli tulemusi ka interpreteerida. Oskajate vähesuse üks põhjus on kindlasti tarkvaraprogrammi piiratud kättesaadavus tarkvara kõrge maksumuse tõttu. Tõsi, USA Geoloogiateenistuse (USGS) arendatud modelleerimisprogrammi kood MODFLOW-2005 on kõigile tasuta kättesaadav, aga kuna programmil puudus pikka aega graafiline kasutajaliides, oli koodi kasutamine keeruline.

Nii nagu on kasvanud arvutite arvutusvõimsused, on arenenud ka seireandmete kogumissüsteemid, mis võimaldavad andmeid koguda väga tiheda sagedusega. See aga kasvatab oluliselt andmete hulka ja nõuab seega andmete kasutajalt ka rohkem oskusi suurte andmemahtude töötlemiseks.

Nii modelleerimisvahendite kättesaadavuse parandamiseks kui ka seireandmete töötlemise hõlbustamiseks on väljatöötamisel tarkvaralahendus FREEWAT (*FREE and open source tools for WATER resource management* – vabavaralised vahendid veevarude majandamiseks). Tarkvara väljatöötamist toetab Euroopa Liidu rahastusprogramm ka 2020. Projektil on 17 partnerit kümnest Euroopa Liidu liikmesriigist, nende seas Tartu Ülikool. Projekti juhib Scuola Superiore Sant’Anna Itaaliast.

FREEWAT on vabavaraprogramm, mis integreeritakse ühe rakendusena QGIS keskkonda tööriistaribal. Kaarditarkvara QGIS on

samuti vabavara ja alla laetav aadressilt www.qgis.org. FREEWAT modelleerimisprogrammi aluseks on USGS-i arendatud põhjavee voolu ja ainete transpordi modelleerimise kood MODFLOW-2005. Lisaks tavapärasele Modflow koodi pakettidele integreeritakse FREEWAT rakendusse veel ka erinevaid andmetöötlusvahendeid nagu veega küllastumata pinnasekihi ainete transpordi moodul, veevarude majandamise ja planeerimise, vaatlusriidade analüüsi, mudeli parameetrite usaldusväärsuse ja tundlikkuse analüüsi ning automaatse kalibreerimise, põllumajanduse veekasutuse ning veekvaliteedi hindamise vahendid. FREEWAT koosneb moodulitest, kus tarbija võib osa mooduleid sisse või välja lülitada, samas võivad osade moodulite väljundid olla teiste sisendiks.

Moodul OAT on mõeldud pikkade aegriidade eeltöötlemiseks, et neid oleks võimalik sisestada modelleerimisprogrammi. Mudeli tundlikkuse analüüsimiseks, kalibreerimiseks ning verifitseerimiseks kasutatakse programmi UCODE. UCODE ja Modflow on FREEWAT programmis omavahel integreeritud ning kalibreerimiseks vajalikud sisendfailid tekitatakse automaatselt. Mooduli AkvaGIS vahendid on mõeldud põhjavee keemilise koostise analüüsimiseks, millest ilmselt tuntuimad vahendid on ioontasakaalu arvutamine ja Piperi diagramm ning hüdrogeoloogiliste teemakaartide loomise vahendid.

Programmi suureks eeliseks võrreldes teiste programmidega nagu MODFLOW Flex ja ModelMuse on modelleerimistulemuste kuvamine otse QGIS kaardirakenduses. Seega puudub vajadus andmete eksportimiseks. Kõik vajalikud sisendparameetrid ja kalibreerimispunktid hoitakse mudeliga seotud Spatialite andmebaasis.

Projekti FREEWAT eesmärk ei seisne üksnes modelleerimisprogrammi välja töötamises vaid soovitakse edendada ka veemajanduslikke tegevusi ning lihtsustada EL veepoliitika raamdirektiivi ja sellega seonduvate teiste direktiivide rakendamist.

EL veepoliitika raamdirektiiviga on sätestatud väga ranged nõuded veekeskkonna seiramiseks, mis nõuab üsna suure tihedusega kvalitatiiivset ning kvantitatiivset seiret. Kogutud andmete analüüsimisel eeldatakse teaduspõhiste meetodite kasutamist, sh modelleerimist, et hinnata koostatud kontseptuaalseid mudeleid, vesikondade veemajanduskavade arengustsenaariumeid, veevarusid ja nende jätkusuutlikku kasutamist, keskkonnamõjusid ja reostuskollete likvideerimise efektiivsust. Paraku aga jääb seniajani suur osa seire käigus kogutavast materjalist kasutamata, kuna mahukaid andmeridu töödeldakse vaid väga algeliste statistika-algoritmidega. Eelnevast tuleneb vajadus tööriistade järele, mis võimaldaksid suure mõõtmistihedusega andmete ajalist ja pindalalist analüüsi ja nende vajaduste rahuldamiseks ongi FREEWAT-i projekt ellu kutsutud.

FREEWAT-i projekt ei piirdu üksnes tarkvaralahenduse loomisega, vaid suur rõhk on ka partnerriikide spetsialistide koolitamisel. Peale prooviversiooni valmimist toimuvad igas partnerriigis nädalased programmi kasutamise koolitused. Koolitusi on plaanis teha kahele sihtgrupile: modelleerija, kes on juba tegelenud modelleerimisega või kel on plaan hakata modelleerima ja mudeli tulemuste kasutajad, kes on mudeli tellijad või otsustamisprotsessides osalejad, kel on vajadus mudeli tulemusi paremini mõista. Koolitused on tasuta ja kõigile huvilistele avatud.

Partnerriikide tegevus ei seisne ainult programmi testimises ja koolitamises, vaid projekti käigus tuleb läbi viia kohalikud uuringud, kus kasutatakse loodavat tarkvara. Kohalike uuringualade valikul eelistati kohti, kus on tegemist mitme EL seadusakti rakendamisega. Lisaks eeldati, et uuringualal on uuringud juba eelnevalt toimunud ning koostatud on ka põhjaveemudel, mis võimaldaks hakata FREEWATi programmi testima ilma eelnevate uuringuteta. Kogu projekt hõlmab kaheksa uuringuala, millel tegeletakse EL veepoliitika raamdirektiivi, põhjavee direktiivi või mõne muu veega seotud direktiivi rakendamisega ning viiel uuringualal pööratakse tähelepanu põllumajandustootmisega seotud veeprobleemidele mis on seotud nitraadidirektiivi rakendamisega.

Iga uuringuala kohta püstitati konkreetne eesmärk ning tegevused. FREEWAT projekti eesmärk ei ole kohalike uuringute puhul mitte lihtsalt arutada modelleerimise põhitulemusi, vaid kaasata huvigrupid modelleerimise protsessi juba võimalikult vara. Nii tagatakse uute meetodite tutvustamine huvigruppidele ning modelleerimise tulemuste senisest suurem rakendamine otsustusprotsessides. Projekti raames koondatakse kõik kohalike uuringute kogemused ning koostatakse juhend, mis edaspidi aitab kasutada GISi ja põhjavee modelleerimise vahendeid veemajanduse otsustusprotsessides.

Eesti poolt pakuti välja uuringualaks Ida-Virumaal asuv Selisoo, põhjuseks uuringu keerukus ning erinevate uuringugruppide avaldatud vastukäivate uuringutulemustega teadustööd (Hang jt 2012, Orru jt 2013). Selisoo, mille pindala on 2051 ha, kuulub Natura 2000 võrgustikku. Selisoole läheneb idast Estonia allmaakaevandus, mille kaevandamisloa piir ulatub Selisoo kirdenurga alla. Põlevkivi kaevandamine toimub ca 60 m sügavusel, mis toob endaga kaasa põhjavee taseme alanemise Selisoo all lasuvas Nabala-Rakvere põhjaveekihi, mis omakorda mõjutab soo veerežiimi.

2011. ja 2012. aastal toimunud uuringute raames loodi Ratva raba ja Selisoo ümbruse (16x27 km) statsionaarne hüdrogeoloogiline mudel (Hang jt 2012). Mudeli usaldusväärsust kontrolliti seirekaevude ning 2010. aasta Estonia kaevanduse veeärastuse andmetega. Pärast mudeli kalibreerimist

saavutati hea kokkulangevus arvutatud ja mõõdetud veetasemete ning vooluhulkade vahel (Hang jt 2012).

Hüdrogeoloogiline modelleerimine tõestas, et soode püsimiseks kaevanduste kohal või läheduses on vajalik savikatest setetest veepideme olemasolu turba all või turba veejuhtivus peab olema väiksem kui 10^{-5} m/ööpäevas. Selisoo ja Ratva rabas teostatud uuringute (Hang jt 2009; Hang jt 2012) andmetel pole aga ei Ratva rabas ega Selisoo kumbki tingimus täidetud. Estonia kaevanduse maksimaalne levik Selisoo alla, mäeeraldise piirini, alandaks oluliselt pinnavee taset Selisoo, mis mõjuks pöördumatult soo ökosüsteemile (Hang jt 2012). Samas ei võimalda kasutatud statsionaarne hüdrogeoloogiline mudel näha ajast sõltuvat rõhualanduse levikut turbas, võimalikku infiltratsiooni kõikumist ja/või turba kompaktatsioonist tulenevat veejuhtivuse muutumist. Alates 2009. aastast on mõõdetud veerõhkusid nii Selisoo põhja- kui lõunaosa turbaaluses mineraalpinnases. Soo lõunaosas näitavad seireandmed selget alanemistrendi, kuid seni on mineraalpinnases toimunud veerõhu muutus avaldanud mõju vaid turbalasundi kõige alumise meetri ulatuses.

FREEWAT-i projekti raames viiakse olemasolev Selisoo mudel üle FREEWAT-i platvormile ning olemasolevat mudelit täiendatakse uute seireandmetega. Samal ajal tutvustakse ja kaasatakse mudeli täiendamise protsessi ka erinevate huvigruppide – Keskkonnaministeeriumi, Keskkonnaameti, kohaliku omavalitsuse ja kaevandusettevõtte esindajad ning kõik teised asjast huvitatud osapooled.

Projekti lõpuks on Selisoo mudel vabalt kättesaadav ja kasutatav kõigile, kes seda kasutada soovivad. Kogu FREEWAT-i projektiga seotud info, sh koolituse info, on kättesaadav veebilehe kaudu, mis asub aadressil: <http://freewat.ut.ee/>.

Kasutatud kirjandus

- Hang T., Hiiemaa H., Jõelet A., Kalm V., Karro E., Kirt M., Kohv M., Marandi A. 2009. Selisoo hüdrogeoloogilised uuringud kaevandamise mõju selgitamiseks. Uuringu aruanne, Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Tartu, 60 lk.
- Hang T., Hiiemaa H., Järveoja M., Jõelet A., Kalm V., Karro E., Kohv M., Mustasaar M., Polikarpus M., Plado J. 2012. Ratva raba hüdrogeoloogiline uuring ja Selisoo seiresüsteemi rajamine. KIK projekti nr 15 aruanne. Tartu Ülikooli geoloogia osakond.

- Orru M., Väizene V., Pastarus J.R., Sõstra Y., Valgma I., 2013. Possibilities of oil shale mining under the Selisoo mire of the Estonia oil shale deposit. *Environmental Earth Sciences* 70, lk 3311–3321.
- Vallner L. 1996. *Kirde-Eesti hüdrogeoloogiline mudel. I etapp: kambriumi-vendi ja ordoviitsiumi-kambriumi veekompleksi intensiivkasutuse perspektiivid*. Eesti Geoloogiakeskus, 100 lk.

Maile Polikarpus (maile.polikarpus@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14A, 50411 Tartu

Anderes Marandi (andres.marandi@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14A, 50411 Tartu

Argo Jõelegt (argo.joelegt@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14A, 50411 Tartu