

groundwater level increases less than one meter in both periods 2021–2050 and 2071–2100 compared with the current condition. Less change in the variability of groundwater recharge is expected in Lahti, due to the thick vadose zone and the impervious surface cover in the urban area. The infiltration capacity of the aquifer is limited by the impervious surface in the urban area. With the increase in the snowmelt and rainfall in the scenario data, the large part of the excess water will contribute to the runoff. This could induce more the potential stormwater flood risk from the snowmelt.

Lähdeluettelo

- Geologian tutkimuskeskus, 2021. RAINMAN – Towards higher adaptive capacity in urban water management. <http://projects.gtk.fi/rainman> [19.7.2023]
- Hyvönen, A., Okkonen, J. & Klein, J., 2021. Mikkelin Hanhikankaan pohjavesialueen virtausmalli ja ilmastomuutoksen vaikutusten mallintaminen alueen pohjavedenpintoihin aikaväleillä 2021–2050 ja 2072–2100. Geologian tutkimuskeskus, GTK:n työraportti 48/2021, 29 s.
- Jarva, J. (toim.), Klein, J. (toim.), Akentyeva, E., Eskelinen, A., Fasolko, D., ym., 2022. The RAINMAN project. General recommendations on adapting water management practices to climate

- change impacts in eastern and southern Finland and St. Petersburg. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimustyöraportti 6/2022, 48 s.
- Klein, J. & Luoma, S., 2020. Regional Climate Change Scenarios for the Water Management in Lahti and Mikkeli. Geologian tutkimuskeskus, GTK:n työraportti 61/2019, 24 s.
- Luoma, S., Eskelinen, A., Jarva, J. & Okkonen, J., 2022. Groundwater flow modelling for an assessment of climate change impacts on groundwater recharge at the Lahti aquifer, southern Finland. Geologian tutkimuskeskus, GTK:n työraportti 03/2022, 66 s.
- Luoma, S. & Okkonen, J., 2014. Impacts of Future Climate Change and Baltic Sea Level Rise on Groundwater Recharge, Groundwater Levels, and Surface Leakage in the Hango Aquifer in Southern Finland. *Water* 6, 3671–3700. <https://doi.org/10.3390/w6123671>
- Okkonen, J., 2011. Groundwater and its response to climate variability and change in cold snow dominated regions in Finland: methods and estimations. Artikkeliväitöskirja. Teknillinen tiedekunta, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, Oulun yliopisto, 78 s. <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789514297014.pdf>
- Yhdistyneet Kansakunnat, 2023. WMO: Vuoden 2023 alku rikkoo ennätyksiä <https://unric.org/fi/wmo-vuoden-2023-alku-rikkoo-ennatyksia/> [19.7.2023]

Kuvan 1 maaperäpohjakartan lähde

GTK Avoin lisenssi Nimeä CC 4.0, sisältää GTK:n maaperä 1:200 000 aineistoa © Geologian tutkimuskeskus. Lisenssin osoite: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>

Hydrogeologia, globaalimuutos ja Geologian tutkimuskeskus

JARI HYVÄRINEN

Taustaa

Lähestulkoon kaikki nestemäinen makea vesi on pohjavettä. Pohjavesiympäristön olosuhteiden ymmärtäminen ja hydrogeologinen tutkimus ovat entistäkin tärkeitä ilmaston-

muutoksen edetessä. Globaalimuutos käsittää ilmastomuutoksen lisäksi myös maapallon väestömäärän kasvun ja maankäytön tiivistymisen aikaansaamat vaikutukset ympäristölle. Muodostuvan pohjaveden määrään ja laatuun

vaikuttavat ilmastonmuutoksen aiheuttamat muutokset sademäärissä ja lämpötiloissa. Nämä aiheuttavat vesistöjen pinnankorkeuden nousua, pidentyneitä kuivuus- ja tulvajaksoja sekä haihdunnan ja maan peittoasteen kasvamista. Merkittäviä muutoksia tapahtuu myös roudan syvyydessä, lumimäärissä ja kevätsulannassa.

HYGLO-projekti

Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) Vesiratkaisut-yksikön Hydrogeologia ja globaali-muutos -projekti (HYGLO, 2020–2023) etsii ratkaisuja muuttuvaan ilmastoon liittyviin pohjavesikysymyksiin. Projektin tavoitteena on ollut hydrogeologian osaamisen laajamittainen kasvattaminen uusilla työkaluilla ja menetelmillä sekä modernisoimalla tutkimusta. (Geologian tutkimuskeskus 2020).

Projekti jakautuu kolmeen osioon eli työpakettiin. Ensimmäisessä työpaketissa selvitetään mm. tutkimus- ja palvelukonsepteja ja tavoitteena on ollut monenlaisten uusien tutkimusmenetelmien testaaminen, käyttöönotto ja kehittäminen erilaisiksi palveluiksi. Toisen työpaketin keskeisinä asioina ovat olleet hydrogeologiset testiasemat, kansainväliset seurantaverkostot sekä pohjavesitietoaineistot. Tässä osiossa tavoitteena on ollut lisätä kansainvälistä yhteistyötä sekä kehittää mm. hydrogeologista mallinnusta. Lisäksi projektin kolmannessa osiossa keskitytään tekopohjavesitutkimusten ja -sovellusten laajaan työkenttään kotimaassa sekä erityisesti ulkomailla. Projektissa on ollut mukana lähes 70 GTK:n eri alojen asiantuntijaa.

Hydrogeologiset testiasemat

GTK:n globaali muutoksen tutkimus- ja testiasemia eli ”luonnonlaboratorioita” on perustettu eri puolille Suomea (kuva 1). Hangossa Sandö-Grönvikin pohjavesialue liittyy meriympäristöön ja alueella onkin tehty tähän



Kuva 1. Geologian tutkimuskeskuksen HYGLO-projektin yhteydessä perustettujen pohjavesitestiase-
mien sijainti. Pohjakartan lähde: Maastokartta ©
Maanmittauslaitos (7/2023).

Figure 1. The groundwater research and testing
stations that are established during HYGLO-pro-
ject of the Geological Survey of Finland. Basemap:
Topographic map © the National Land Survey of
Finland (7/2023).

liittyvää tutkimusta jo pitkään. Inkoon Kopparnäsissä on jo vuosia tehty kalliopohja-
vesien esiintymiseen ja liikkumiseen liittyvää
perustutkimusta: nyt alueelle on perustettu tä-
hän liittyvä testiasema. Etelä-Hämeessä sijait-
sevalla Lammin tutkimusasemalla tutkimus-
kohteena (Helsingin yliopiston kanssa) on
maamme yleisimmistä maalajista koostuvien
moreenimaiden pohjavesiolosuhteet.

Kangasalan Rikun pohjavesialueella sijait-
sevalla testiasemalla tehdään pääasiassa rantai-
meytystutkimuksia. Kurikan tutkimusalueel-
la erityisenä mielenkiinnon kohteena on ns.
syväpohjavesi eli syvällä kallioperän laaksossa
olevissa savenalaisissa ja moreenikerrosten
erottamissa hiekka- ja sorakerroksissa esiintyvä

pohjavesi. Alueella tutkitaan myös maaperän ja kallioperän pohjavesien vuorovaikutusta.

Yksi keskeisimmistä testiasemista on Jänneniemien tekopohjavesilaitos Kuopiossa, jossa yhteistyössä Kuopion Vesi Oy:n kanssa on keskitytty erityisesti rantaimetyymiseen liittyvään problematiikkaan. Tietoa ja osaamista aiheesta tarvitaan lisää, sillä rantaimetyymiseen liittyvien pintavesien runsastuvat leväkukinnot sekä vesistöihin mahdollisesti päätyvät lääkeaineet ja mikromuovit ovat nykyisin maailmalla jo haasteellisia. Näiden vaikutukset tulevat todennäköisesti kasvamaan myös meillä Suomessa.

Luonnontilaisena testiasemana voidaan pitää Kaavilla sijaitsevaa Paljakankangasta, jossa tutkimuskohteena on metsänhoitotoimenpiteiden vaikutukset pohjavesiin. Tutkimus toteutetaan yhdessä Luonnonvarakeskuksen, Suomen ympäristökeskuksen ja maanomistaja Tornator Oyj:n kanssa. Outokummun testiasemalla kiinnostuksen kohteena tulevat olemaan kaivosympäristöihin liittyvät moninaiset vesitalouskysymykset.

Pohjois-Suomessa GTK tekee yhteistyötä Oulun yliopiston Oulangan tutkimusaseman ja sen toimintaan liittyvien kansainvälisten laitosten kanssa. Kuusamossa sijaitsevalla asemalla on käynnissä ilmaston- ja ympäristömuutoksen seurantatutkimus (EcoClimate), jossa tehdään kokeellista tutkimusta muun muassa vaihtuvien lumiolosuhteiden vaikutuksesta ympäristöön ja kasvillisuuteen. Varsinainen arktisiin olosuhteisiin keskittyvä testiasema tulee sijoittumaan Sodankylän Tähtelään, jossa yhteistyökumppaneina tulisivat olemaan Ilmatieteen laitos sekä Oulun yliopiston geofysiikan observatorio.

Tilanne nyt

Automaattisten testiasemien varustamiseen on hankittu mm. CTD-pohjavesiloggereita (kuva 2), maa- ja sääasemia sekä erilaisia multiparametrianatureita. Joillekin kohteille tullaan



Kuva 2. Pohjaveden havaintoputkeen asennettu langattomalla yhteydellä toimiva CTD-pohjavesiloggeri, jolla seurataan pohjaveden pintaa, lämpötilaa ja sähkönjohtavuutta. Kuva: Olli Sallasmaa.

Figure 2. The automated CTD-logger assembled in a groundwater tube measuring groundwater level, temperature and conductivity. Photo: Olli Sallasmaa.

myöhemmin asentamaan myös mm. lysimetrejä. Tärkeää on, että projektin yhteydessä perustettujen testiasemien toiminta pystytään varmistamaan tulevien vuosikymmenien ajaksi: muutoin mahdollisia pitkäaikaismuutoksia ei luonnossa voida havaita.

Perustetuilla testiasemilla on toistaiseksi tehty monenlaista geologista ja hydrogeologista tutkimusta sekä pohjavesiolosuhteita on myös pyritty mallintamaan. On siis luotu ymmärrystä testiasemiin liittyvien pohjavesiesiintymien ympäristöstä ja olosuhteista. Tällöin pohjavesiesiintymien käyttäytymistä voidaan seurata muuttuvassa ympäristössä ja jatkossa laatia myös muutokseen liittyviä ennusteita.

HYGLO-projektin toiminta on tätä luokassa kääntymässä loppusuoralle, mutta aiheeseen liittyvä tutkimus ei vielä tässä kohtaa tietystikään tule valmiiksi. Asianmukaisia kohteita pohjavesimuodostumien tärkeälle

ja pitkäaikaiselle tutkimukselle on kuitenkin syntymässä eri puolille Suomea. Pohjavesiolosuhteita tarkentavat kenttätöitä testi- ja tutkimusalueilla ovat jatkuneet vielä viimeisenäkin toimintavuotena, mutta syksyn koittaessa on tarkoitus siirtyä projektin raportointivaiheeseen. Saavutetuista tuloksista tullaan julkaisemaan myös useita tieteellisiä artikkeleita.

HYGLO-projekti pyrkii geologisen osaamisen suomin keinoin vastaamaan globaali-muutoksen tuomiin haasteisiin, jossa tärkeänä päämääränä on hydrogeologisen osaamisen laajamittainen kasvattaminen sekä yhteistyön vahvistaminen mm. kuntien, vesilaitosten, viranomaisten, tutkimuslaitosten ja yliopistojen kanssa – unohtamatta muitakaan (pohja)vesialalla toimivia tahoja. Sekä globaalimuutokseen että pohjavesivarojen hallintaan liittyviä tietotarpeita tulee riittämään vielä pitkälle tulevaisuuteen, mutta projektin myötä laajalti kasvanut tietotaito on toivottavasti merkittävä osa tuon kokonaisuuden hallintaa.

FM JARI HYVÄRINEN

(jari.hyvarinen@gtk.fi)

Geologian tutkimuskeskus

Viestikatu 7 A, 70211 Kuopio

Kirjoittaja työskentelee GTK:n Vesinatkaisut-yksikössä geologina lähinnä pohjavesiin liittyvissä tehtävissä toimien mm. HYGLO-projektin projektipäällikkönä.

Summary

Hydrogeology, global change and the Geological Survey of Finland

Hydrogeology and the Global Change project (HYGLO, 2020–2023) finds solutions for the groundwater questions related to changing climate and responds to the challenges brought by the global change. The project is carried out by the Water Management Solutions unit of the Geological Survey of Finland (GTK). This project seeks the needs of national and international clients and helps to plan and im-

plement new projects. Project is divided into three divisions: the first one concentrates on new research and service concepts, the second one concentrates on hydrogeological research and monitoring stations, international monitoring networks and groundwater data and the third one concentrates on the field of artificial groundwater research and applications, both domestically and especially abroad.

During the project, ten research stations have been established around Finland (Fig. 1). In Hanko the main interest is on marine environment and in Kopparnäs (Inkoo) studies are related to groundwater in bedrock. At the Lammi station, the main interest is on groundwater and moraine formations (till). Research at the Riku station (Kangasala) is concentrating on groundwater and surface water interactions. In Kurikka area GTK is interested particularly in deep (bedrock) and shallow groundwater interactions.

Jänneniemi in Kuopio is one of the key research areas, where studies are mostly related to groundwater and surface water interactions. As in a state of nature, in Paljakankangas (Kaavi) the main interest is on forestry impacts to groundwater. The Outokumpu research station is concentrating on mining waters. In northern Finland, in Oulanka Research Station GTK is involved in various international climate change studies (EcoClimate) and Tähtelä area (in Sodankylä) will be the Arctic research station.

The final months of the year 2023 will be busy for reporting all the research data collected in the last four years and numerous scientific articles will be written. To see the behaviour of the groundwater aquifers in a changing climate and environment, the research/test stations are planned to continue to collect data for decades to come.

Lähdeluettelo

Geologian tutkimuskeskus, 2020. Hydrogeologia ja globaalimuutos (HYGLO). <https://www.gtk.fi/tutkimusprojekti/hydrogeologia-ja-globaalimuutos-hyglo/> [26.7.2023]