



Geotieteet luovat perustan kestäväälle vesivarojen käytölle

Ilmastomuutos ja ympäristön pilaantuminen kasvattavat maailmanlaajuisia vesipulaa, mikä lisää tarvetta vastuulliselle vesivarojen hallinnalle. Hydrogeologia on keskeinen geotieteen ala, jolla on merkittävä rooli turvallisen juomaveden sekä pohjaveden ja teollisuusvesien vastuullisen käytön varmistamisessa. Hydrogeologiseen asiantuntemukseen perustuva päätöksenteko takaa, että voimme puuttua aiempaa tehokkaammin vesivarojen ja ympäristön pilaantumisriskeihin, lieventää ilmastovaikutuksia ja reagoida puhtaan veden kysynnän maailmanlaajuisen kasvuun.

Vesivarojen kestävä hallinta ja suojele edellyttävät pinta- ja pohjavesivarojen syvällistä tuntemusta

Laaja-alainen geotieteellinen ymmärrys on tärkeää vesienhallinnan ratkaisujen kehittämisessä edistyneen mallintamisen, innovatiivisten seurantatekniikoiden, monitieteisen tutkimuksen ja osaamisen kehittämisen avulla. Näin varmistetaan kestävä vesivarojen hallinta ja voidaan samalla puuttua luonnollisiin ja ihmisen toiminnan aiheuttamiin pilaantumisriskeihin ja ilmastomuutoksen vaikutuksiin sekä vastata puhtaan veden kasvavaan maailmanlaajuisen kysyntään, myös teollisuudessa. Erityisesti kaivannaisteollisuudessa tarvitaan vastuullista vesienhallintaa toiminnan ympäristöjäljen pienentämiseksi.

GTK:n toiminta keskittyy erityisesti seuraaville aloille:

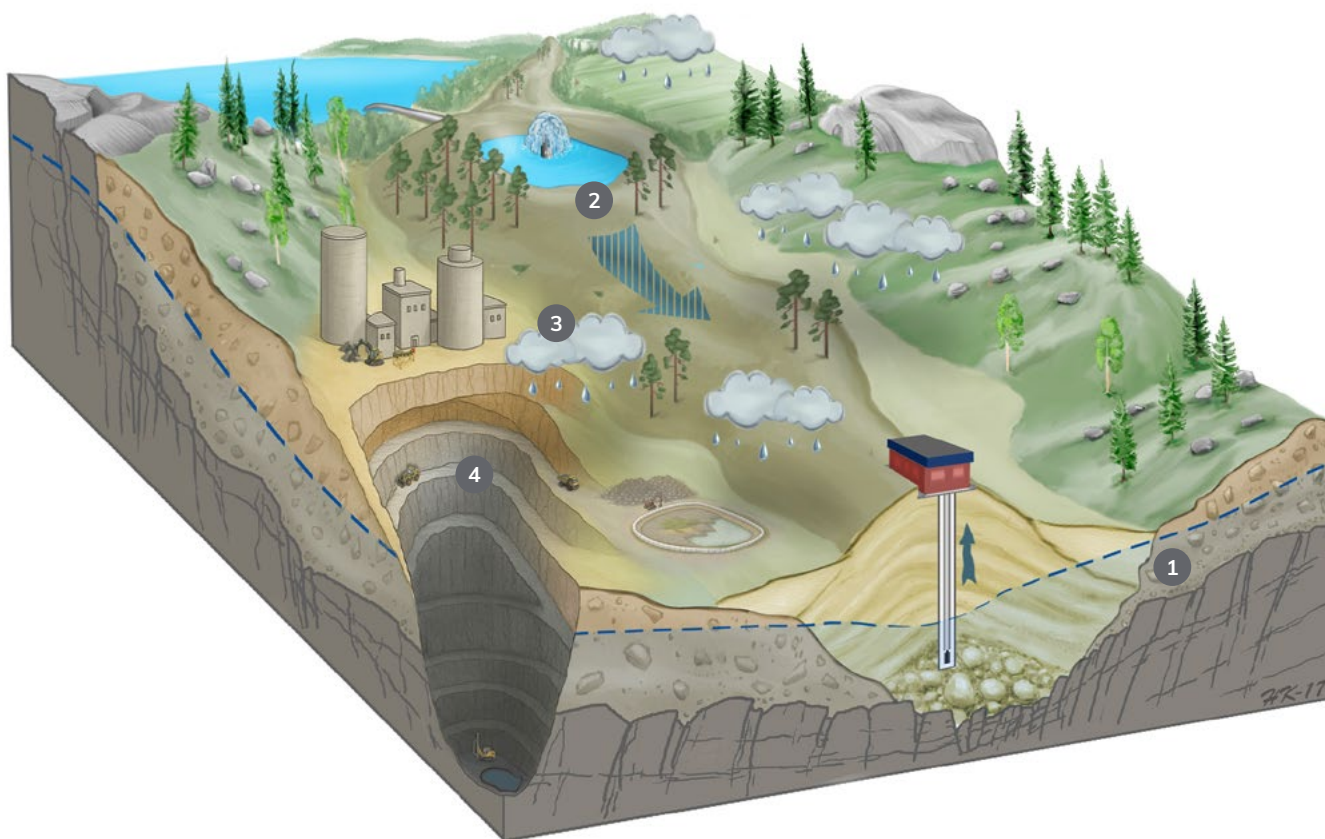
- Paikallisten ja alueellisten pohjavesivarojen hydrogeologinen mallintaminen, jotta voidaan vastata ilmastomuutoksen aiheuttamiin haasteisiin veden saatavuudessa sekä pohjaveden muodostumisessa ja laadussa.
- Geotieteellisen asiantuntemuksen hyödyntäminen pohjavesivarojen hallinnassa, pohjaveden pilaantumisen ehkäisemisessä sekä pohjaveteen liittyvän tutkimuksen kehittämisessä.

- Kolmiulotteinen ymmärrys luonnollisten ja ihmisen toiminnan aiheuttamien haitta-aineiden, kuten arseenin (As), radonin (Rn), PFAS-aineiden ja mikromuovien, hydrogeokemiallisista prosesseista ja kulkureiteistä geologisessa ympäristössä.
- Kestävä vesienhallinta läpi kaivoshankkeiden koko elinkaaren kattaen kaivannaisjätteiden pitkäaikaiskäyttämisen, alueellisen hydrogeologisen ympäristön sekä kokonaisvesitaseen syvällisen ymmärryksen.

Hydrogeologinen tutkimus tuottaa olennaista tietoa pohjaveden muodostumisesta, virtauksesta ja vuorovaikutuksesta pintavesien kanssa sekä tarjoaa toteuttamiskelpoisia ratkaisuja luonnollisen ja rakennetun ympäristön kestävään vesivarojen hallintaan. Hydrogeologinen asiantuntemus on tärkeää, jotta voidaan varautua maailmanlaajuisiin ympäristö- ja ilmastomuutokseen liittyviin haasteisiin.

Tässä politiikkasuosituksessa esitelty GTK:n tutkimus edistää näitä YK:n kestävän kehityksen tavoitteita.





Geotiede ja vesivarojen hallinnan haasteet

Käynnissä oleva ilmastonmuutos vaikuttaa pohjaveden muodostumiseen ja veden kiertokulkuun kaikkialla maailmassa, mutta erityisesti arktisilla ja subarktisilla alueilla. Ihmisen toiminnan aiheuttamat haitta-aineet, kuten PFAS-aineet ja mikromuovit, uhkaavat veden laatua. Luonnolliset geologista alkuperää olevat, tausta-arvoista kohonneet pitoisuudet sekä kaivostoiminta monimutkaiset tilannetta, mikä edellyttää geologista ymmärrystä ja geotieteellisiä ratkaisuja ympäristöriskien ja vesivarojen hallintaan. Tieteeseen perustuva tieto ja integroidut ratkaisut luovat pohjan kestäville vesivarojen hallinnalle geologisen 3D-mallintamisen ja hydrogeologisen virtausmallinnuksen, tekoälyyn perustuvan paikkatietoanalyysin sekä monitieteisen tutkimuksen ja yhteistyön avulla.

Pohjaveden liikkeiden ja esiintymisen ymmärtäminen (1)

Geotieteellinen tieto ja menetelmät ovat ratkaisevan tärkeitä pohjavesivarojen, pohjaveden muodostumisen ja virtauksen muutosten ymmärtämiseksi muuttuvassa ilmastossa arktisilla ja subarktisilla alueilla. GTK tukee hydrogeologista ja ilmastonmuutoksen tutkimusta vuonna 2024 perustetun hydrogeologisten testiasemien verkoston avulla (ks. HYGLO WOLL -tietolaatikko).

Alueellisessa hydrogeologisessa mallinnuksessa yhdistetään pohjaveden esiintyminen ja liikkeet vesistöjen virtaukseen ja hiilenkiertoon, jolloin mallinnuksella edistetään ilmastonmuutoksen huomioivaa vesivarojen hallintaa.

Tekopohjaveden muodostaminen (2)

Tekopohjaveden muodostamisella (engl. Managed Aquifer Recharge, MAR) tarkoitetaan pohjaveden muodostumisen lisäämistä imeyttämällä pintavettä pohjavesimuodostumaan ja lisäämällä näin pohjavesivaroja hallitusti.

Ilmastonmuutos lisää äärimmäisiä sääilmiöitä. Tekopohjavesiratkaisut ovat maailmanlaajuisesti tärkeitä kuivuuden, tulvien ja kausivaihteluiden hallitsemiseksi turvaten vakaan ja kestävästi vesivarojen hallinnan. Pohjavesivarojen määrällisillä ja laadullisilla tutkimuksilla varmistetaan ympäristön kannalta tarkoituksenmukaiset tekopohjaveden muodostamismenetelmät.

Geotieteelliseen tutkimukseen perustuvilla tekopohjavesiratkaisuilla voidaan lisätä pohjavesivaroja ja parantaa pohjavesivarojen hallintaa hyödyntämällä luonnollisia muodostumismekanismeja, ja tarjota siten kestäviä ja skaalautuvia vaihtoehtoja vesihuollon turvaamiseen.

Ympäristön pilaantumisen riskien vähentäminen (3)

Hydrogeologia ja hydrogeokemiallisten prosessien tuntemus auttavat ymmärtämään luonnollisten ja ihmisen toiminnasta aiheutuvien haitta-aineiden, kuten arseenin (As), radonin (Rn), PFAS-aineiden ja mikromuovien, kulkeutumiskeinoja ja käyttäytymistä ympä-

ristössä. Tämän ymmärryksen pohjalta voidaan laatia pohjaveden turvallista käyttöä sekä pilaantumisen ehkäisemistä ja ympäristön kunnostamista koskevia ohjeistuksia.

Hydrogeologisten mallinnustyökalujen avulla pystytään paremmin tunnistamaan ja rajaamaan pilaantumisalttiita pohjavesialueita sekä edistämään riskienhallintaa, riskien vähentämistä ja vesiturvallisuutta.

Vastuullinen kaivostoiminta ja vesienhallinta (4)

Hydrogeologinen ja geokemiallinen tutkimus mahdollistavat kaivostoiminnan ja kaivannaisjätteiden loppusijoituksen vesivaroihin kohdistuvien ympäristöriskien kokonaisvaltaisen ymmärtämisen. Täten ne tukevat sekä kaivostoiminnan aikaista että sulkemisen jälkeen tapahtuvaa kestävästä vesivarojen käyttöä ja hallintaa, kaivannaisjätteiden hallintaa sekä ympäristövaikutusten ehkäisyä (ks. GTK SMARTTEST -tietolaatikko).

Kaivostoiminnan pinta- ja pohjavesivaikutusten ennakointi mallintaminen, kaivosalueiden hydrogeologisten olosuhteiden systemaattinen konseptointi, kaivannaisjätteiden hallintavaihtoehtojen kenttätestaus sekä kaukokartoituksen ja tekoälysovellusten käyttö auttavat pienentämään kaivostoiminnan ympäristöjalanjälkeä ja kehittämään kaivosalueiden seuranta- ja kunnostamismenetelmiä.

Ohjeistus ja osaamisen kehittäminen

Kaivosympäristöjä koskevien ohjeiden ja asiantuntijalausuntojen avulla ohjataan kansallisen lainsäädännön soveltamista käytäntöön. Kansallisessa ja kansainvälisessä osaamisen kehittämisessä ja koulutuksessa hyödynnetään geotieteellistä asiantuntemusta vesivarojen hallinnan ja siihen liittyvien ratkaisujen, kuten tekopohjaveden muodostamisen, edistämiseksi muuttuvassa ilmastossa ja ympäristössä.

Geotieteisiin perustuva vesivarojen hallinta luo pohjaa tulevaisuuden vesien käytölle

Varaudutaan kriittisiin vedenhankintaan liittyviin haasteisiin ja varmistetaan kestävätkä ratkaisut tuleville sukupolville hyödyntämällä ja hallitsemalla geotieteellistä tietoa.

Lisätään tietämystä vesivaroista. Laajennetaan pohjavesitutkimusverkostoa niin, että niiden avulla voidaan kerätä tietoa pohjaveden muodostumisesta, virtauksesta ja ilmastomuutoksen vaikutuksista erityisesti arktisissa ja subarktisissa ympäristöissä sekä ohjata vesivarojen hallintaan liittyvää suunnittelua muuttuvassa ilmastossa.

Valmistaudutaan odottamattomaan. Määritetään vaihtoehtoiset vesivarat, jotka ovat vähemmän alttiita äkillisille muutoksille ja pilaantumiselle esimerkiksi pidempien veden viipymäaikaisten vuoksi (mm. kalliokaivot).

Tuodaan hydrogeologinen asiantuntemus päätöksentekoon. Tehostetaan geologista tutkimusta haitta-aineiden kulkeutumisesta pinta- ja pohjavesissä sekä geologisessa huokoisessa väliaineessa, mukaan lukien luonnolliset ja ihmisen toiminnasta aiheutuvat uudet haitta-aineet (kuten As, PFAS-aineet, mikro- ja nano-muovit, prosessikemikaalit).

Minimoidaan ympäristövaikutukset. Hyödynnetään kokonaisvaltaista lähestymistapaa, geotieteeseen

perustuvaa ymmärrystä sekä pitkäaikaista testausta, jotta voidaan pienentää teollisen toiminnan vesivaran-toihin kohdistuvaa ympäristöjalanjälkeä ja parantaa toiminnan kestävyyttä.

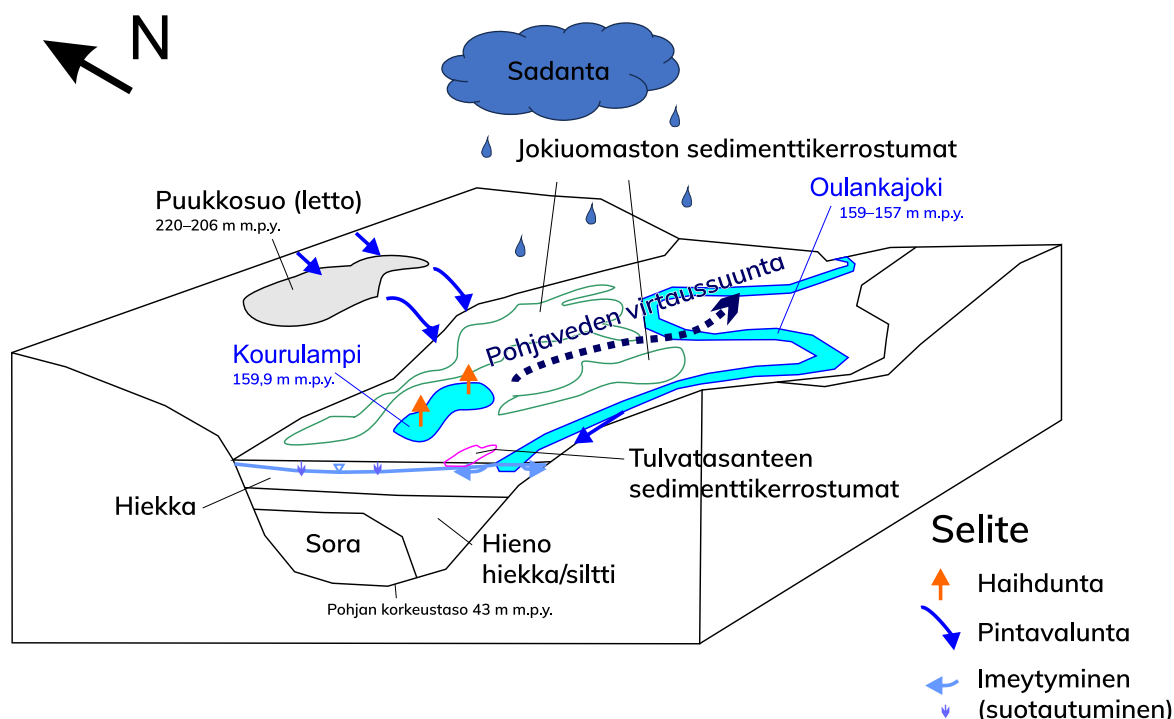
Parannetaan ennustettavuutta päätöksenteon tueksi.

Sovelletaan saatavilla olevaa geologista aineistoa ja geotieteeseen perustuvia mallinnuksia, geofysikaalisia menetelmiä ja tekoälyyn perustuvia lähestymistapoja teollisuuden vesien ja jätteiden hallinnan, alueiden kunnostustoimien sekä vesiturvallisuuteen liittyvän päätöksenteon kehittämiseksi.

Tehdään yhteistyötä. Tuetaan kestävästä pohjavesien hallintaa ja vastuullista kaivostoimintaa kehittämällä osaamista ja edistämällä kumppanuuksia geotieteiden asiantuntijoiden, vesienhallinnan ja teollisuuden sidosryhmien, viranomaisten, päätöksentekijöiden ja poliittisten päättäjien välillä.

Investoidaan uusiin innovaatioihin ja osaamisen kehittämiseen.

Vahvistetaan ja luodaan monialaista osaamista vesialan ratkaisujen kehittämiseksi. Tuetaan kansallisilla optimointi- ja vesienhallintaratkaisulla myös kansainvälistä osaamisen kehittämistä.



Oulangan HYGLO WOLL -testiaseman konseptuaalinen hydrogeologinen malli. Testiasemien avulla on mahdollista sekä hankkia käsitteellistä ymmärrystä että 3D-mallintaa pohjaveden virtausta numeerisesti ja kattavalla tavalla.

GTK on perustanut 10 hydrogeologista testiasemaa erilaisiin geologisiin ympäristöihin eri puolille Suomea. Nämä testiasemat (HYGLO WOLL) kuuluvat Water Europe Water Oriented Living Labs (WOLL) -verkostoon.

WOLL-testiasemat ovat "käyttäjälähtöisiä, avoimia innovaatioekosysteemejä, jotka perustuvat järjestelmälliseen käyttäjien yhteiskehittämiseen yksityisen ja julkisen sektorin sekä kansalaisyhteiskunnan välisissä kumppanuuksissa. Testiasemilla tutkimus- ja innovointiprosessit liitetään todellisiin yhteisöihin ja ympäristöihin".

HYGLO WOLL tukee tutkimusta, joka liittyy pohjaveden muodostumiseen, muodostumisen arvioinnin kehittämiseen, vesivarojen hallintaan, pohjaveden ja pintaveden vuorovaikutukseen, tekopohjaveden muodostamiseen, pohjaveden rooliin hiilenkierron, maaperän ja kallioperän pohjaveden väliseen rajapintaan sekä kaivosympäristöihin.

- Toimii tutkimusalueena hydrologisten seurantalaitteiden testaamiseen ja ilmastomuutokseen liittyvien ilmiöiden, kuten tulvien, kuivuuden, sään ääri-ilmiöiden, lumipeitteen muutosten ja pohjaveden muodostumisen, tutkimiseen.
- Tarjoaa lähes reaaliaikaista veden laadun ja määrän seurantatietoa ja helpottaa tutkimusta, jolla lisätään ymmärrystä pohjavesivarantojen kehityksestä subarktilla ja arktilla alueilla muuttuvissa ilmasto- ja maankäyttöolosuhteissa.
- Tarjoaa tutkimuskohteita kansallisille ja kansainvälisille tutkimusyhteistyöhankkeille.

GTK ylläpitää HYGLO WOLL -testiasemia ja solmii sopimuksia paikallisten kumppaneiden, kuten vesilaitosten, yritysten, kuntien, yliopistojen ja niiden tutkimuslaitosten, tutkimuslaitosten, valtion virastojen ja paikallisyhdistysten kanssa. GTK kehittää aktiivisesti yhdessä nykyisten ja tulevien yhteistyökumppaneiden kanssa HYGLO WOLL -testiasemia.

Lisätietoja

GTK SMARTTEST – Kaivannaisjätteiden ja sivuvirtojen pitkäaikaiskäyttötymisen ja hallinnan kenttätestit kestävän vesienhallinnan edistämiseksi kaivannaisteollisuudessa

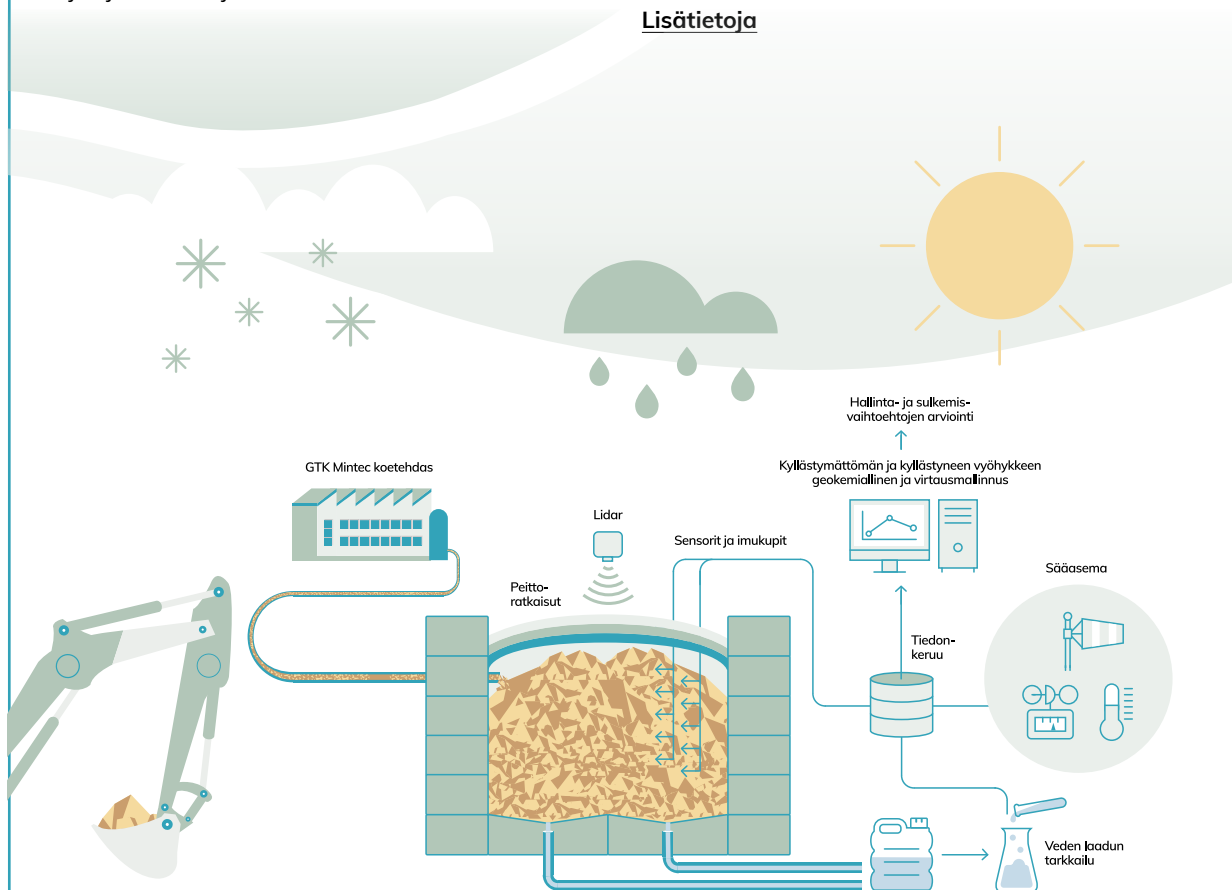
Kaivannaisjätteiden hallinta ja vesien pilaantumisen ehkäiseminen kaivostoiminnassa edellyttävät luotettavaa tietoa kaivannaisjätteiden pitkäaikaiskäyttötymisestä sekä hallinta- ja sulkemistekniikoiden toimivuudesta. Tietoja on tuotettu perinteisesti laboriotesteillä. Viime aikoina on kuitenkin kehitetty kenttätestausmenetelmiä, jotta kaivannaisjätteiden käyttötymistä ja hallintaa voidaan tutkia luotettavammin paikallisissa ympäristöissä ja ilmasto-olosuhteissa. Kenttätestit helpottavat testitulosten skaalauksesta toiminnalliseen mittakaavaan.

Uusi GTK SMARTTEST on räätälöitävä ja modulaarinen kenttätestauskonsepti rikastushiekkoille, sivukiville ja sivuvirroille. Se edistää kaivannaisteollisuuden kiertotaloutta sekä kaivannaisjätteiden, sivuvirtojen ja vesivarojen vastuullista hallintaa.

GTK SMARTTEST tarjoaa:

- Innovatiivisia ratkaisuja kaivannaisjätteiden hallintaan niiden ympäristövaikutusten, erityisesti vesipäästöjen ja vesistövaikutusten, vähentämiseksi kaivoksen elinkaaren aikana.
- Resurssitehokkuutta ja tehokkaampaa kiertotaloutta optimoimalla jättemateriaalien käyttöä ja kehittämällä ratkaisuja mineraalisten sivuvirtojen käytön lisäämiseksi kaivannaisteollisuudessa.
- Reaaliaikaista geokemiallista ja geoteknistä tietoa kaivannaisjätteiden ja vesien hallintaan.
- Tutkimusta kaivannaisjätteiden pitkäaikaiskäyttötymisestä ja vesipäästöjen laadusta sekä erilaisista hallinta- ja sulkemistekniikoista, kuten peittorakenteista ja uusista läjitysmenetelmistä (esim. kuivaläjitys, pastaläjitys, yhteis-/sekaläjitys).

Lisätietoja



Kaaviossa on kuvattu GTK SMARTTEST -testikentän toimintaa. Kenttätesteissä tutkitaan kaivannaisjätteiden pitkäaikaiskäyttötymistä ja hallintavaihtoehtoja joko GTK Mintecin koetehtaan mineraaliprosessointikokeissa muodostuvista tai kaivoskohteista kuljetetuista kaivannaisjätteistä. Testeillä voidaan tutkia myös muiden sivuvirtojen hyödyntämistä kaivannaisjätteiden hallinnassa. Kenttätestit rakennetaan betonielementeistä, ja tutkittavien hallintatekniikoiden toimivuutta seurataan erilaisilla antureilla, LIDAR-tekniikalla sekä analysoimalla suoto- ja huokosvesien sekä pintavalunnan laatua ja määrää. Testipaikan sääolosuhteita seurataan sääasemalla, ja antureista kerätään dataa verkkopilvipalveluun. Testitulokset tulkitaan ja skaalataan toiminnalliselle tasolle geokemiallisella mallinnuksella.

Lähteet ja lisätiedot

GTK:n tutkimuksen painopisteet, politiikkasuositukset ja tutkimusprojektit

Kestävät vesivarat – tietoa tutkimuksesta ja tutkimusprojektit

Tekijät

Kirsti Korkka-Niemi, tutkimusprofessori
kirsti.korkka-niemi@gtk.fi

Antti Ojala, tutkimusprofessori
antti.ojala@gtk.fi

Päivi Kauppila, johtava asiantuntija
paivi.kauppila@gtk.fi

GTK:n tutkimusuutiset

- [Puhtaan veden merkitys kriittisenä resurssina kasvaa – tekopohjavesi parantaa vesihuollon varmuutta ja kestävyyttä](#)
- [Kaivannaisjätteiden pitkäaikaiskäyttötymisen hallintaa parannetaan älykkäällä kanttätestausalustalla ja -konseptilla](#)
- [Pohjavesivarojen hallinta ilmastomuutoksen “uudessa normaalissa” – haasteita ja näkökulmia](#)
- [Koronapandemia asetti haasteita alkuun, mutta nyt NeAs-projektissa etsitään jälleen ratkaisuja juomaveden arseeni-ongelmiin Nepalissa](#)
- [Kurikan syväpohjavesiprojekti etenee seuraavan vaiheeseen – vedenottomäärää selvitetään koepumppauksilla ja mallintamalla](#)
- [Suomen Akatemialta rahoitus Geologian tutkimuskeskukselle pohja- ja pintavesitutkimuksiin](#)

Vertaisarvioidut artikkelit

- Ahmadi, N., Muniruzzaman, M., Cogorno, J., Rolle, M. 2025. [Oxidative Dissolution of Sulfide Minerals in Porous Media Under Evaporative Conditions: Multiphase Experiments and Process-Based Modeling](#). Water Resources Research 61 (1).
- Farahnakian, F., Luodes, N., Karlsson, T. 2024. [Machine Learning Algorithms for Acid Mine Drainage Mapping Using Sentinel-2 and Worldview-3](#). Remote Sens. 2024 16(24), 4680.
- Ikonen, J., Rauhaluoma, A., Tuomela, A., Postila, H., Kumpula, T., Korpelainen, T., Pietilä, R., Valtu, R.-O., Lerssi, J., Panttila, H., Korkka-Niemi, K. 2024. [Combining UAS-TIR and GEM-2 Techniques for Focused Water Sampling and Isotope Geochemical Analysis at Two Mine Sites in Northern Finland](#). Mine Water and the Environment 2025.
- Jarva, J., Kaipainen, T., Valpola, S., Kuisma, A. 2025. [Hydrogeological study methods for induced bank filtration: practical examples and experiences from Finland](#). Sustainable Water Resources Management (2025) 11:51.
- Karlsson, T., Alakangas, L., Kauppila, P. & Räsänen, M.L. 2021. [A Test of Two Methods for Waste Rock Drainage Quality Prediction: Aqua Regia Extraction and Single-addition Net-acid Generation Test Leachate Analysis](#). Mine Water and the Environment 40, 736-751.
- Karlsson, T., Kauppila, P., Lehtonen, M. 2017. [Assessment of the Effects of Mine Closure Activities to Waste Rock Drainage Quality at the Hitura Ni-Cu mine, Finland](#). Mine Water & Circular Economy (Vol I). – p. 80 – 88; Lappeenranta, Finland (Lappeenranta University of Technology).
- Karlsson, T., Kauppila, P. M., Lehtonen, M. 2018. [Prediction of the long-term behaviour of extractive wastes based on environmental characterisation: correspondence of laboratory prediction tests with field data](#). Geological Survey of Finland, Bulletin 408, 11-26, 4 figures and 4 tables.

- Kauppila, P. M., Tarvainen, T. (eds) 2018. [Improving the environmental properties, utilisation potential and long-term prediction of mining wastes](#). Geological Survey of Finland, Bulletin 408. 108 p.
- Larkins, C., Turunen, K., Mänttari, I., Lahaye, Y., Hendriksson, N., Forsman, P., Backnäs, S. 2020. [Characterization of selected conservative and non-conservative isotopes in mine effluent and impacted surface waters: Implications for tracer applications at the mine-site scale](#). Applied Geochemistry, 91.
- Luoma, S., Majaniemi, J., Pullinen, A., Mursu, J., Virtasalo, J. 2021. [Geological and groundwater flow model of a submarine groundwater discharge site at Hanko \(Finland\), northern Baltic Sea](#). Hydrogeol J. 29. 1279–1297.
- Luoma, S., Okkonen, J., Korkka-Niemi, K., Hendriksson, N. Paali-järvi, M. 2024. [Characterization of Groundwater Geochemistry in an Esker Aquifer in Western Finland Based on Three Years of Monitoring Data](#). Water. 16(22). 3301.
- Muniruzzaman, M., Karlsson, T., Ahmadi, N., Kauppila, P.M., Kauppila, T., Rolle, M. 2021. [Weathering of unsaturated waste rocks from Kevitsa and Hitura mines: Pilot-scale lysimeter experiments and reactive transport modelling](#). Applied Geochemistry 130 (5).
- Muniruzzaman, M., Karlsson, T., Kauppila, P. M. 2018. [Modelling tools for the prediction of drainage quality from mine wastes](#). Geological Survey of Finland, Bulletin 408, 27–42, 7 figures and 2 tables.
- Nguyen, T.K.H., Nuottimäki, K., Jarva, J., Dang, T.T., Luoma, S., Nguyen, K.T., Pham, T.L., Hoang, T.N.A. 2025. [Use of a groundwater model to evaluate groundwater-surface water interaction at a riverbank filtration site: a case study in Binh Dinh, Vietnam](#). Sustainable Water Resources Management 11(14).
- Purkamo, L., Ó Dochartaigh, B., MacDonald, A. & Cousins, C. 2022. [Following the flow — Microbial ecology in surface- and groundwaters in the glacial forefield of a rapidly retreating glacier in Iceland](#). Environmental Microbiology. 1– 19.
- Solismaa, S., Muniruzzaman, M., Kuva, J., Szlachta, M., Hyvönen, S., Kauppila, P., Kauppila, T. 2024. [Interaction of cemented paste backfill \(CPB\) and circumneutral mine water during column experiments](#). Applied Geochemistry, Vol 165, April 2024.
- Turunen, K., Lukkarinen, V. & Korkka-Niemi, K. 2024. [Chemical and isotopic evidence to clarify the salinity of the bedrock groundwater at Finnish mining site](#). Journal of Hydrology: Regional Studies, 51.
- Turunen, K., Räsänen, T., Hämäläinen, E. Hämäläinen, M., Pajula, P., Nieminen, S. P. 2020. [Analysing Contaminant Mixing and Dilution in River Waters Influenced by Mine Water Discharges](#). Water, Air and Soil Pollution 231, 317.
- Tähtikarhu, M., Okkonen J. 2023. [Analyzing Groundwater Recharge and Vadose Zone Dynamics by Combining Soil Moisture and Groundwater Level Data with a Numerical Model in Subarctic Conditions](#). Journal of Hydrologic Engineering. Volume 28. Issue 4.

Muut raportit ja julkaisut

- Jarva, J.(ed.), Klein, J. (ed.). 2022. [The RAINMAN project. General recommendations on adapting water management practices to climate change impacts in eastern and southern Finland and St. Petersburg](#). GTK Open File Research Report. 6/2022.
- Lahtinen, T., Pasanen, A., Lerssi, J., Turunen, K., Pullinen, A., Muniruzzaman, M. 2018. [Quickstart guide for groundwater studies in mining environments](#). GTK Open File Work Report 93/2018. 67 s.
- Putkinen, N., Bruins Slot, I., Benke, E., Kessler, H., Ahonen, J. 2020. [The Water Story](#).



Geologian tutkimuskeskus

Ratkaisuja vauhdittamaan siirtymää kestäväan, hiilineutraaliin maailmaan.

[gtk.fi](https://www.gtk.fi)

[Facebook](#) | [LinkedIn](#) | [Instagram](#)

Geologian tutkimuskeskus GTK tuottaa puolueetonta tutkimustietoa yhteiskunnalle ja yrityksille vauhdittamaan siirtymää kestäväan, hiilineutraaliin maailmaan. GTK:n yli 400 asiantuntijaa ovat erikoistuneet mineraalitalouteen, kiertotalouteen, energia-, vesi- ja ympäristökysymyksiin sekä digitaalisiin ratkaisuihin. GTK on työ- ja elinkeinoministeriön alainen tutkimuslaitos, joka toimii Suomessa ja maailmalla.