



Geotieteet tukevat maa- ja vesiympäristöjen kestävää käyttöä

Ilmastonmuutoksen ja luontokadon kaltaiset globaalit ympäristöhaasteet edellyttävät toimia ja ajattelumallien muutoksia useilla sektoreilla. Hiilivarastojen ja hiilinielujen, geo-biodiversiteetin sekä maaperän, veden peittämien alueiden ja merialueiden geotieteellinen tutkimus tarjoaa ratkaisuja kohti kestävämpää maankäyttöä, terveitä ekosysteemejä ja elinympäristön parempaa kantokykyä.

Maa- ja vesiympäristöjen kestävä käyttö perustuu syvälliseen ymmärrykseen geoympäristöstämme

Geotieteet ovat digitaalisen ja vihreän siirtymän kannalta tärkeitä, sillä ne auttavat meitä torjumaan ilmastonmuutosta, luontokatoa ja luonnonvarojen liikkakäyttöä. Geotieteiden avulla saadaan olennaista tietoa geoympäristöstämme ja sen tarjoamista ekosysteemipalveluista, jotka ovat keskeisiä ekologisen kestävyys ja hiilineutraaliuden saavuttamiseksi. Myös geo- ja biodiversiteetin välisen vuorovaikutuksen poikkitieteellinen tutkimus on tärkeää, vaikkakin tällä hetkellä vielä vähäistä. Lisäksi geotieteellisen tutkimuksen tarjoamat innovaatiot ja ratkaisut edistävät kestävää kehitystä, ilmastoviisasta maankäyttöä ja ympäristön kantokykyä. GTK:n geoympäristötutkimus tukee maa- ja vesiympäristöjen kestävää käyttöä ja keskittyy seuraaville osa-alueille:

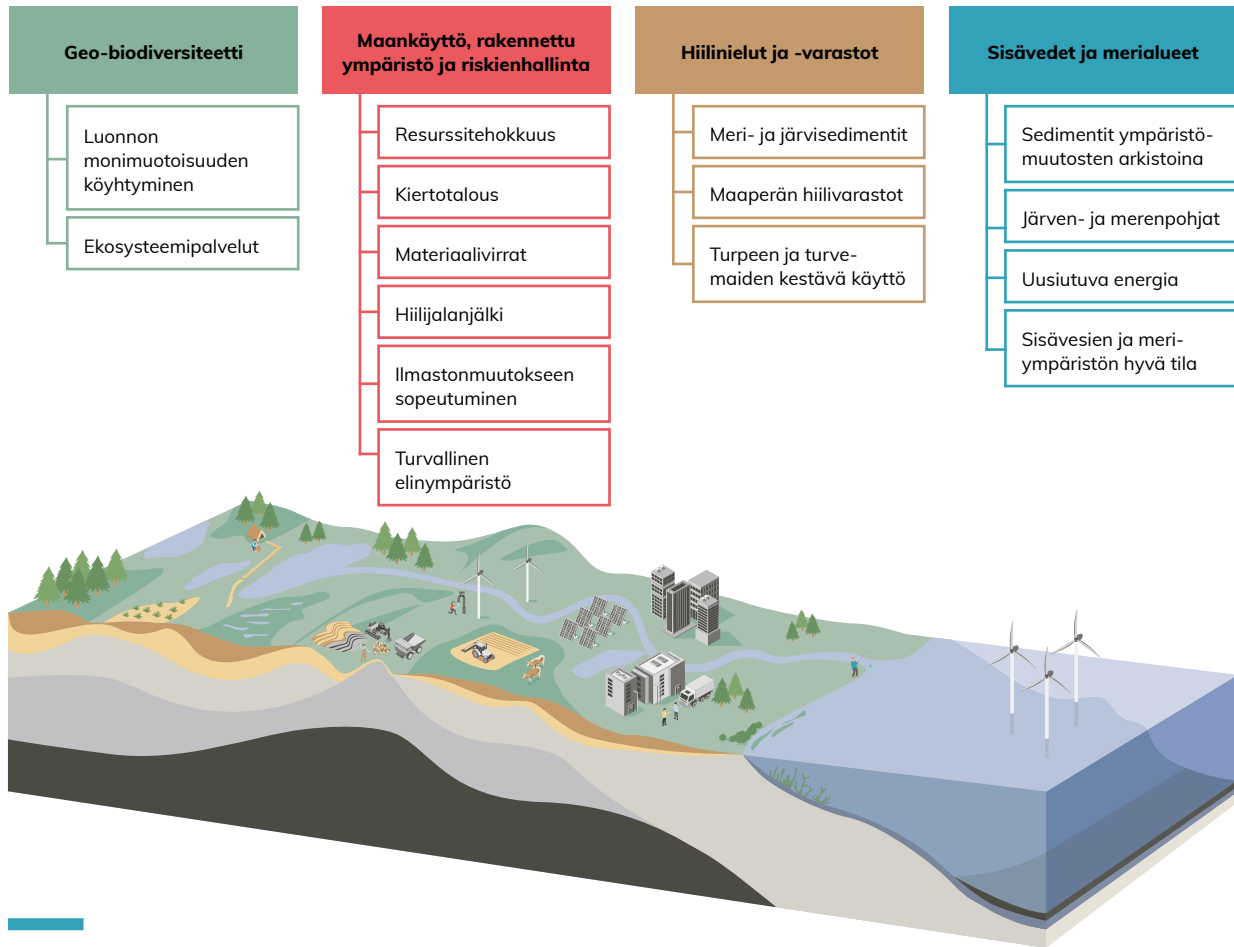
- Hiilinielut ja -varastot
- Geo-biodiversiteetti
- Sisävedet ja merialueet
- Maankäyttö, rakennettu ympäristö ja riskienhallinta

Ihmisen toiminta muuttaa maapalloa voimakkaasti ylittäen sen kantokyvyn ja uhaten globaalia hyvinvointia. Ilmastonmuutoksen, luontokadon, saastumisen ja luonnonvarojen hupenemisen hillintä edellyttää entistä laajempaa uusiutuvan energian käyttöönottoa ja resurssitehokkaita käytäntöjä, jotka edesauttavat niin ihmisen ja luonnon hyvinvointia tukevaa maankäyttöä kuin ympäristön tilan parantamista. Hiilineutraaliuden saavuttaminen ja ympäristön tilan heikkenemisen torjuminen edellyttävät monialaista yhteistyötä, johon myös geotieteet tarjoavat tutkimustietoa, ratkaisuja ja näkemyksiä kestäväen kehityksen tukemiseksi.

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



GTK:n painopisteet geoympäristötutkimuksessa



Saavutettavissa oleva tehtävä – geoympäristötieto vastaa aikamme suurimpiin haasteisiin

Hiilinielut ja -varastot – luonnon elintärkeitä prosessit ilmaston ja luonnon kestävyyden kannalta

Hiilinielujen ja -varastojen ja niitä muodostavien prosessien ymmärtäminen auttaa tunnistamaan, tukemaan ja mittaamaan luonnollista hiilensidontaa, mikä on tärkeää, kun arvioidaan maankäytön muutosten ja ihmisen toiminnan vaikutuksia hiilinieluihin ja kehitetään ratkaisuja ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Esimerkiksi järvi- ja merisedimentit ovat merkittäviä orgaanisia hiilinieluita, joihin voidaan vaikuttaa valuma-alueilla tehtävillä hiiliviisailtoimenpiteillä. Lisäksi entisten turvetuotantoalueiden jatkokäytön huolellinen suunnittelu, erityisesti metsitys ja ennallistaminen rahkasammaltaista suokasvillisuutta suosien, voi säilyttää maaperän hiilivaraston ja parantaa hiilen sitomista. Ympäristövaikutusten kattava arviointi ilmastonmuutokseen, vesistöihin ja luonnon monimuotoisuuteen mahdollistaa ilmastoviisaiden sekä sosiaalisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisten ratkaisujen valinnan turvetuotantoalueiden jatkokäyttöön.

Entisten turvetuotantoalueiden ilmastoviisas jatkokäyttö

Entisten turvetuotantoalueiden jatkokäytön huolellinen suunnittelu on tärkeää, koska parhaimmillaan voidaan säilyttää alueen maaperän hiilivarastot ja edistää hiilen sitomista. Kosteusolosuhteilla on suuri merkitys, sillä yhdessä turvekerroksen paksuuden kanssa kosteusolosuhteet määrittävät sopivimman jatkokäytön. Metsitys ja rahkasammaltaisen suokasvillisuuden ennallistaminen ovat tunnistettu ilmastokannalta parhaiksi jatkokäytön muodoiksi.

Geo-biodiversiteetti – geologian ja biologian vuorovaikutus tukee kestävyys-tavoitteiden saavuttamista

Elottomalla ympäristöllä on merkittävä vaikutus luonnon monimuotoisuuteen, ja geologisella monimuotoisuudella on keskeinen rooli ekosysteemeissä ja ihmisten hyvinvoinnissa. Biogeokemialliset prosessit tukevat luonnon tarjoamia ekosysteemipalveluita, kuten vesien puhdistumista, ravinteiden kiertoa, ruoantuotantoa ja tulvien torjuntaa. Geodiversiteetti on elinympäristöjen perusta ja vaikuttaa siten eliöihin ja niiden esiintyvyyteen. Yksinkertaistaen geodiversiteetti tarkoittaa elottoman luonnon monimuotoisuutta. Se on kallioperän, maaperän, maanpinnan muotojen, hydrologian sekä kaikkiin näihin liittyvien prosessien moninaisuutta.

Geo-biodiversiteetti vaikuttaa monenlaisiin ympäristöihin. Itämeren geologinen ja biologinen monimuotoisuus avomereltä saaristoon ja rannikolle, runsasravinteisten lettojen monimuotoisuus sekä merkittävät geologiset muodostumat ja pohjavesivarat ovat kaikki hyviä esimerkkejä ympäristön geologisesta ja biologisesta monimuotoisuudesta ja sen merkityksestä luonnolle ja yhteiskunnalle.

Sisävedet ja merialueet – luonnon omat arkistot ympäristömuutoksille ja elämän perusta

GTK tuottaa laajasti erilaista geotietoa sedimenttien dynamiikasta ja biogeokemiallisista prosesseista sekä järven- ja merenpohjan koostumuksesta ja rakenteesta. Koko valuma-alueen tutkiminen maalta merelle on tärkeää sisävesien ja meriympäristön kestävän käytön kannalta ja auttaa myös ymmärtämään ihmisen aiheuttamia ja luonnollisia muutoksia valuma-alueilla sekä niiden vaikutuksia sisävesiin, rannikkovyöhykkeeseen ja meriekosysteemeihin.

Maankäyttö, rakennettu ympäristö ja riskienhallinta – vastuullinen maankäytön suunnittelu edesauttaa geologisten luonnonvarojen kestävää käyttöä ja geologisten riskien tarkoituksenmukaista hallintaa

Maankäytön suunnittelulla luodaan edellytykset hyvälle ja toimivalle elinympäristölle. Geotieteet edistävät kestävä maankäyttöä tarjoamalla kustannustehokkaita ratkaisuja infrastruktuurin tarpeisiin, luonnonvarojen vastuulliseen hyödyntämiseen ja kiertotalouden tukemiseen. Kokonaisvaltainen lähestymistapa luonnonkiviainesten ja kiertotalouden kiviainesten käyttöön rakentamisessa varmistaa resurssitehokkuuden ja infrastruktuurin kestävyuden.

Maankäytön ratkaisulla edistetään maa-ainesten ja maa-alueiden käyttöä tehokkaasti, taloudellisesti ja ympäristöhaitat minimoiden. Maankäytön suunnittelua voidaan hyödyntää myös ilmastomuutoksen torjunnassa ja luonnon monimuotoisuuden turvaamisessa. Happamat sulfaattimaat, alueen geologiasta peräisin olevat mahdolliset hai-

Geodiversiteetti luo pohjan meriluonnon monimuotoisuudelle

Ilmastomuutoksesta, elinympäristöjen heikkenemisestä, luonnonvarojen liikkakäytöstä, vieraslajeista ja saastumisesta johtuva meriluonnon monimuotoisuuden köyhtyminen on maailmanlaajuinen huolenaihe. Itämeren alueella uhkana on myös merialueiden lisääntyvä käyttö. Meriluonnon geo-biodiversiteetin ymmärtäminen on olennaista merialueiden kestäville käytölle ja suojelulle. GTK osallistuu aktiivisesti Itämeren vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelmaan (Velmu), joka perustettiin keräämään ja tuottamaan merenhoidon, suojelun ja aluesuunnittelun kannalta olennaista tietoa.

Vesiympäristö

Järvien ja merien geologiset kerrostumat, erityisesti niiden pohjalle lähes jatkuvina aikasarjoina kertyneet liejuiset, runsaasti orgaanista aineista sisältävät sedimentit, tarjoavat ainutlaatuista tietoa menneistä pitkäaikaisista ympäristömuutoksista. Nämä sedimentit ovat samalla luonnon arkistoja, joiden avulla voidaan selvittää, miten ihminen on eri aikoina toiminut valuma-alueilla ja millainen haitallisten aineiden kuormitus (saastuminen) alueeseen on kohdistunut. Jotta vesiympäristön muutoksia voidaan ennakoita ja hallita, on tärkeää ymmärtää myös menneitä muutoksia ympäristössä.

Järven- tai merenpohja koostuu kallioperästä ja erityyppisistä ja eri ikäisistä maalajeista karkeasta sorasta hienojakoiseen mutaan. Koostumukseen vaikuttavat vaihtelevat tekijät, kuten syvän veden virtausnopeus, ilmasto, biologinen tuotanto ja maankohoaminen. Eri-laatuiset pohjat esiintyvät hyvin epätasaisesti eri alueilla, ja sedimenttien eroosio-, kuljetus- ja kerrostumistavat vaihtelevat huomattavasti. Yksityiskohtaiset järven- tai merenpohjatutkimukset ovat edellytys edustavan ympäristönäytteenoton suunnittelulle, kunnostustoimille ja vesialueiden rakentamiselle.

talliset aineet maa- ja kallioperässä sekä pinta- ja pohjavesissä sekä maa- ja kallioperän geotekniset ominaisuudet voivat aiheuttaa haasteita suunnittelulle maankäytölle. Geologisista erityispiirteistä aiheutuvien riskien tunnistaminen sekä oikeanlainen ja oikea-aikainen hallinta takaavat terveellisen ja turvallisen asuin- ja elinympäristön.

Geokemiallista tutkimustietoa päätöksenteon tueksi

Happamat sulfaattimaat ovat yksi maapallon hankalimpana pidetyistä maaperän kerrostumista. Sulfidipitoinen maaperä voi aiheuttaa merkittävän ympäristöriskin altistuessaan hapelle esimerkiksi maaperän kuivatuksen tai maamassojen kaivamisen yhteydessä. Suomessa on runsaasti alueita, joissa esiintyy happamia sulfaattimaita tai rikkipitoisten mustaliuskeiden vuoksi happamoitumiselle altista maaperää. Näiden alueiden tunnistaminen ja riskienhallinnan toimenpiteiden suunnittelu ympäristövaikutusten ehkäisemiseksi tai minimoimiseksi on tärkeää. Ajantasaisella tiedolla ja kohdekohtaisella riskinarvioinnilla varmistetaan, että geokemialliset taustapitoisuudet ja anomaliat sekä happamien sulfaattimaiden ja mustaliuskeiden esiintyminen voidaan ottaa päätöksenteossa huomioon, kun suunnitellaan maankäyttöä ja vesienhallintaa sekä riskienhallintatoimenpiteitä.

Vastuullinen maankäyttö ja kestävä rakentaminen

Luonnonkiven vastuullinen hyödyntäminen takaa, että sitä on saatavilla rakentamiseen jatkossakin, rakentaminen on pitkällä aikavälillä kestävä, kiertotalous toimii ja päästöjä voidaan vähentää. Luonnonkivi on erittäin kestävä ja sillä voi korvata betonin. Lisäksi luonnonkivilouhosten sivuvirtoja voidaan hyödyntää monenlaisessa rakentamisessa.

Kallioperän rikkonaisuus ja kalliopohjavesi sekä hienorakeisten sedimenttien esiintyminen ja ominaisuudet voivat olla rakentamisen kannalta merkittäviä haasteita. Tällaisten geologisten ominaisuuksien tunnistaminen rakentamisen alkuvaiheessa säästää sekä aikaa että kustannuksia, kun rakennekerrosten stabiloinnin ja massanvaihtojen tarve vähenee. Lisäksi näin voidaan edesauttaa rakentamisen vähähiilisyttä ja tehostaa tarvittavien riskienhallintatoimenpiteiden suuntaamista oikein.

Geoympäristötutkimus tukee globaalien ympäristöhaasteiden hallintaa

Hiilinielut ja -varastot

- **Meri- ja järvisedimentit.** GTK tukee hiiliviisaiden hoitokäytäntöjen ja ennallistamisen kehittämistä selvittämällä, miten valuma-alueiden maankäyttö vaikuttaa hiilinielupotentiaaliin.
- **Maaperän hiilivarastot.** GTK keskittyy hiilirikkaisiin alueisiin tukien hiilivarastojen lisäämistä ja torjumalla niihin kohdistuvia riskejä.
- **Turpeen ja turvemaiden kestävä käyttö.** Kohteelliset suunnitelmat entisten turvetuotantoalueiden jatkokäytölle ja muiden turvemaiden maankäytön osalta mahdollistavat hiiliviisaat ratkaisut ja hiilimarkkinatoiminnan. GTK:n poikkitieteellisen tutkimuksen tavoitteena on tunnistaa ilmaston ja ympäristön kannalta sopivimmat maankäyttömuodot, ennallistamismenetelmät tai uusi ilmastoviisas kasvualustaratkaisu.

Geo-biodiversiteetti

- **Luonnon monimuotoisuuden köyhtyminen.** Geo-biodiversiteetti on alusta laajalle kirjolle ominaisuuksiltaan vaihtelevia elinympäristöjä. Se on oleellinen osa maa- ja kallioperän tarjoamia ekosysteemipalveluja, vesiympäristöjen monimuotoisuutta, maanpinnan muotoja, geologista perintöä ja ilmastomuutoksen torjumista. On tärkeää ymmärtää geologisen ja biologisen monimuotoisuuden välistä yhteyttä eri ympäristöissä ja arvioida riskejä, jotka uhkaavat tätä elintärkeää vuorovaikutusta.

- **Ekosysteemipalvelut.** Geo- ja biodiversiteettiin liittyy läheisesti luonnon tarjoamat ekosysteemipalvelut, joilla tarkoitetaan luonnon ihmiselle ilmaiseksi tarjoamia ja tuottamia hyötyjä. Ekosysteemipalvelujen vastuullinen hyödyntäminen vaatii tuekseen myös geotieteellistä asiantuntemusta liittyen esimerkiksi valuma-alueiden vedenlaatuun ja ravinnekiertoon, luontopohjaisiin ratkaisuihin perustuvaan tulvien hallintaan ja rantojen suojaukseen sekä pohjaveden muodostumiseen.

Sisävedet ja merialueet

- **Sedimentit ympäristömuutosten arkistoina.** Geologinen tieto järvistä, meristä ja erityisesti sedimenteistä, joita niiden pohjaan on lähes yhtäjaksoisesti kertynyt, antavat ainutlaatuista tietoa pitkän aikavälin ympäristömuutoksista, ilmastomuutoksesta ja luonnon monimuotoisuuden köyhtymisestä.
- **Järven- ja merenpohjat.** Suomen meri- ja rannikkoalueiden ekosysteemit ja käyttö muuttuvat ennennäkemättömän nopeasti. Myös Itämeren epävakaa turvallisuustilanne vaikuttaa tähän kehitykseen. Järven- ja merenpohjan kestävä käyttö edellyttää monitieteellistä ja koordinoitua lähestymistapaa vesistö- ja merentutkimukseen. Merentutkimuksen infrastruktuurikonsortio FINMARI on jo vuosikymmenen ajan kehittänyt merentutkimuslaitteistoja ja tutkimustiloja sekä vahvistanut suomalaista monitieteellistä yhteistyötä merentutkimuksen hyväksi.

- **Uusiutuva energia.** Maa- ja merituulivoimaratkaisujen sijoittamiseen vaikuttavat monet tekijät. Merenpohjan ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi tuulivoimaloiden ja kaapeliratkaisujen sijainnin valintaan. Huolellinen suunnittelu parantaa merituulivoimapaistojen kannattavuutta ja hyväksyttävyyttä sekä vähentää niiden ympäristövaikutuksia.
- **Sisävesien ja meriympäristön hyvä tila.** Suomen sisävesien ekologinen tila on pääosin hyvä. Ihmisten toimet ympäröivällä alueella, kuten maa- ja metsätalouden käytännöt ja rakentaminen voivat kuitenkin heikentää vesistöjemme tilaa. On tärkeää ohjata ja toteuttaa maankäyttöä ja maankäytön suunnittelua vaarantamatta vesistöjen ja meriympäristön tilaa. Esimerkiksi geokemiallisilla kartoituksilla ja tutkimuksilla voidaan ohjata ennaltaehkäisevien toimenpiteiden suunnittelua happamilla sulfaattimailla, jotta toiminnan ympäristövaikutuksia voidaan vähentää.

Maankäyttö, rakennettu ympäristö ja riskienhallinta

- **Resurssitehokkuus.** Infrastruktuuriin ja rakentamiseen tarvitaan edelleen myös uusiutumattomia geologisia luonnonvaroja, vaikka hyödynnettyjen maa- ja kiviainesten uudelleenkäyttö olisi monissa tapauksissa loppukäytön kannalta toteuttamiskelpoinen vaihtoehto. GTK:n asiantuntemus mahdollistaa geoteknisesti ja geokemiallisesti soveltuvien geologisten materiaalien (maa- ja kiviainesten sekä rakentamisen yhteydessä syntyvien ylijäämämasojen) käytön optimoinnin jo suunnitteluprosessin alkuvaiheessa siten, että ne sopivat kuhunkin käyttötarkoitukseen parhaiten. Tämä tehostaa neitseellisten materiaalien resurssiviisasta käyttöä ja edistää uusiutumattomien geologisten luonnonvarojen kestävää käyttöä.
- **Kiertotalous.** Maankamarasta hyödynnettävien materiaalien (kivi- ja maa-aines, ruoppausse dimentit) uudelleenkäyttö rakentamisessa voi edellyttää fysikaalista tai kemiallista käsittelyä loppukäytön vaatimusten täyttymiseksi. Kestävän ja kustannustehokkaan kiertotalouden edistämiseksi GTK:ssa tutkitaan, miten erilaisia teollisuuden sivuvirtoja voidaan hyödyntää esimerkiksi maamassojen neutraloinnissa, stabiloinnissa ja kiinteytyksessä sekä mahdollisten haitallisten aineiden ja yhdisteiden liuokoisuuden vähentämisessä. Kestävässä raaka-ainehuollossa huomioidaan myös kaivannaisjätteiden hyödyntämismahdollisuudet.
- **Materiaalivirrat.** Ajantasainen tieto geologisista resursseista ja niiden ominaisuuksista mahdollistaa luonnonvarojen resurssiviisaan käytön Suomessa ja tukee kaupunkien ja kuntien massakoordinaatiota.
- **Hiilijalanjälki.** Rakentamisen aikana kaivettavat maa-ainekset ja louhittavat kiviainekset voidaan tunnistaa ja arvioida eri käyttötarkoitusten laatuvaatimusten mukaisesti. Näin voidaan korvata neitseellisiä kiviaineita sekä suunnitella vähäpäästöisiä ja tehokkaita logistiikka- ja jalostusketjuja.
- **Ilmastomuutokseen sopeutuminen.** Kaupunkien ja kuntien kyky selviytyä ilmastomuutoksen vaikutuksista on olennaista kestävän yhteiskunnan näkökulmasta. Geologiset erityispiirteet yhdessä infrastruktuurin kanssa määrittävät rajat sille, miten hyvin ilmastomuutokseen sopeutumisen toimenpiteet ovat toteutettavissa kaupunkialueilla.
- **Turvallinen elinympäristö.** Geologisista erityispiirteistä johtuen haitallisten aineiden pitoisuudet tai hapontuottopotentiaali voivat olla luontaisesti koholla maa- ja kallioperässä tai alueen pinta- ja pohjavesissä. Maankäytön muutokset voivat nopeuttaa altistumista näistä tekijöistä mahdollisesti aiheutuville riskeille. Kun käytettävissä on ajantasaista tietoa geokemiasta tai hapontuottopotentiaalista, alueet voidaan tunnistaa ja mahdolliset riskit arvioida sekä suunnitella ja toteuttaa asianmukaiset riskienhallinnan toimenpiteet.

Miten maa- ja vesiympäristöjen vastuullista käyttöä voidaan edesauttaa?

Toimenpidesuosituksiamme:

Hiilinielut ja -varastot. Tehostetaan ja vahvistetaan luonnon omia prosesseja, jotka sitovat ja varastoivat hiiltä maa- ja vesiekosysteemeissä sekä torjutaan niitä uhkaavia riskejä.

Geo-biodiversiteetti. Tunnistetaan, miten geodiversiteetti tukee biodiversiteettiä suojelu- ja ennallistamistoimissa sekä maankäytön, sisävesien ja merialueiden strategioissa.

Sisävedet ja merialueet. Ohjataan geotiedon avulla veden peittämien alueiden käyttöä kestävämpään ja vastuullisempaan suuntaan sekä edistetään sisävesien ja Itämeren ympäristön hyvää tilaa.

Maankäyttö, rakennettu ympäristö ja riskienhallinta. Vahvistetaan ja tuetaan vastuullista infrastruktuurin kehittämistä, resurssitehokkuutta, kiertotaloushankkeita, ilmastomuutoksen sopeutumistoimia, hiilijalanjäljen pienentämistä ja geologisten riskien hallintaa turvallisen ja kestävän elinympäristön takaamiseksi. Edistetään maaperän hyvää tilaa ja toimenpiteitä maaperän tilan parantamiseksi.

Lähteet ja lisätiedot

GTK:n tutkimuksen painopisteet, politiikkasuositukset ja tutkimusprojektit

Geoympäristö – tietoa tutkimuksesta ja tutkimusprojekti

Tekijät

Aarno Kotilainen, tutkimusprofessori
aarno.kotilainen@gtk.fi

Jaana Jarva, johtava asiantuntija
jaana.jarva@gtk.fi

Tuija Vähäkuopus, ryhmäpäällikkö
tuija.vahakuopus@gtk.fi

Taija Huotari, ryhmäpäällikkö
taija.huotari@gtk.fi

GTK:n tutkimusuutiset

- Rahkasammalen korjuu voi olla kestävä vaihtoehto kasvuturpeelle
- Ilmastoviisat ratkaisut turvetuotantoalueiden jatkokäyttöön – maanomistajien tietopaketti kokoaa yhteen eri vaihtoehdot
- Uusi hanke selvittää hiilikaupan mahdollisuuksia turvetuotannosta vapautuvilla alueilla
- Uusiutuva rahkasammalesta ilmastoviisas ja turvetta korvaava kasvualusta
- Ensimmäinen suotyyppien paikatietoaineisto kattaa koko Suomen suot ja turvemaat
- Geologian tutkimuskeskus on kartoittanut mustaliuskeiden esiintymisen maanlaajuisesti ensimmäisenä maailmassa
- Maaperän terveyttä halutaan parantaa Euroopan laajuisesti – uudet tavoitteet kaipaavat järjestelmällistä maaperätietoa toteutukseen
- Geodiversiteetti luo pohjan luonnon monimuotoisuudelle
- FINMARI on vahvistanut suomalaista merentutkimusta jo 10 vuotta
- Geologiasta apua ilmastonmuutoksen hillintään ja ilmastonmuutokseen varautumiseen maa- ja merialueilla

Vertaisarvioidut artikkelit

- Edén, P., Boman, A., Mattbäck, S., Auri, J., Yli-Halla, M., Österholm, P. 2024. Mapping, impacts, characterization and extent of acid sulfate soils in Finland. Bulletin of the Geological Society of Finland 95(2).
- Hattich, G.S.I., Jokinen S., Sildever, S., Gareis, M., Heikkinen, J., Junghardt, N., Segovia, M., Machado, M., Sjöqvist, C. 2024. Temperature optima of a natural diatom population increases as global warming proceeds. Nature Climate Change 14
- Kaskela, A. M. & Kotilainen, A. T. 2024. Quantifying seabed geodiversity of the Archipelago Sea, Baltic Sea, Finland. GEUS Bulletin, 52.
- Laine, A.M., Ojanen, P., Lindroos, T., Koponen, K., Maanavilja, L., Lampela, M., Turunen, J., Minkkinen, K., Tolvanen, A. 2024. Climate change mitigation potential of restoration of boreal peatlands drained for forestry can be adjusted by site selection and restoration measures. Restor Ecol e14213.

- Loukola-Ruskeeniemi, K., Hyvönen, E., Airo, M-L, Lerssi, J., Arkimaa, H. 2023. Country-wide exploration for graphite- and sulphide-rich black shales with airborne geophysics and petrophysical and geochemical studies. Journal of Geochemical exploration, 244, 107123.
- Räsänen, A., Jantunen, A., Isoaho, A., Ikkala, L., Rana, P., Marttila, H., Elo, M. 2024. Changes in satellite-derived spectral variables and their linkages with vegetation changes after peatland restoration. Restor Ecol e14338.
- Räsänen, A., Albrecht, E., Annala, M., Aro, L., Laine, A.M., Maanavilja, L., Mustajoki, J., Ronkanen, A-K., Silvan, N., T arvainen, O., Tolvanen, A. 2023. After-use of peat extraction sites – A systematic review of biodiversity, climate, hydrological and social impacts. Science of the Total Environment 882, 163583.
- Saresma, M., Löfman, M., Kosonen, E. Ojala, A.E.K, Korkiala-Tanttu, L. 2023. Statistical approach to identify variables predicting sulphide clay occurrence in southern Finland. Bulletin of Engineering Geology and the Environment 82, 257.
- Toivonen, J. & Boman, A. 2024. Discharge of potentially toxic elements from acid sulfate soils in western Finland: conflict between water protection and land use? Regional Studies in Marine Science 71, 103426.
- Uth, C., Asmala, E., & Lewandowska, A. M. 2024. Phytoplankton community composition as a driver of annual autochthonous organic carbon dynamics in the northern coastal Baltic Sea. Marine Ecology Progress Series, 745.

Muut raportit ja julkaisut

- Autiola, M., Suonerä, E., Suvanto, S., Napari, M., Nylund, M., Kupiainen, V., Vienonen, S., Forsman, J., Suikkanen, T., Auri, J., Boman, A., Mattbäck, S. 2022. Happamien sulfaattimaiden kansallinen opas rakennushankkeisiin. Opas happamien sulfaattimaiden huomioimiseen ja vaikutusten hallintaan. Ympäristöministeriön julkaisuja 2022:3.
- Isoaho, A., Ikkala, L., Räsänen, A. 2024. Satelliittikuvien muutostulkinta aapasoiden ennallistamisen hoitoseurannan priorisoinnissa. Suo, 75(1–2), 49–62
- Juvonen, K., Kosonen, E., Räsänen, M. 2024. Esiselvitys savien hyötykäyttömahdollisuuksista Länsiratahankkeessa. GTK Työraportti 81/2024
- Laasasenaho, K., Palomäki, A., Teixeira, M., Lauhanen, R., Palkia, P., Maanavilja, L., Turunen, J., Ikkala, L., Pappinen, A., Kuittinen, S., Laakso, T., Miettinen, M., Aro, L., Jylhä, P., Wall, A. 2024. Turvemaiden ennallistamistalouden resurssi- ja osaamistarpeet: Asiantuntijoiden näkemyksiä ennallistamistavoitteiden haasteista. Suo, 75(1–2), 23–40.
- Laine-Petäjäkangas, A., Anttila, J., Maanavilja, L., Uusheimo, S., Vuorenmaa, J., Myllyviita, T., Lampela, M., Karvonen, J., Hamedianfar, A., Allonen, O., Grönroos, J., Lehtoranta, S., Ikkala, L., Karjalainen, S., Kivilompolo, J., Silvan, N., Sutinen, H., Turunen, J. 2024. Rahkasammalesta ilmastoviisas kasvualusta – mahdollisuudet kokonaiskestävään korjuuseen (RahKoo) -hankkeen lopputyöraportti. GTK Tutkimustyöraportti 80/2024.
- Laine-Petäjäkangas, A., Maanavilja, L., Allonen, O., Sutinen, H., Vähäkuopus, T. 2023. Turvetuotannosta vapautuvien suonpohjien hiiliviisas jatkokäyttö. Summary: Carbon-wise after-use of peat extraction sites. GTK Tutkimustyöraportti 82/2023.
- Loukola-Ruskeeniemi, K., Auri, J., Hyvärinen, J., Hyvönen, E., Lerssi, J., Nieminen, T. M., Nuottimäki, K., Turunen, R., Ukonmaanaho, L. 2023. Opas mustaliuskeiden ympäristövaikutusten arviointiin ja hallintaan. GTK Tutkimustyöraportti 81/2023.



Geologian tutkimuskeskus

Ratkaisuja vauhdittamaan siirtymää kestäväan, hiilineutraaliin maailmaan.

gtk.fi/en

[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.