1. **Hydrogeologisten rakennetietojen hallinta**

| Tehtävä  ☐ tehty ☐ tullaan tekemään | Perustuen / käyttäen menetelmää  ☐ tehty ☐ tullaan tekemään | Infoa aiheesta | Vastuutaho/henkilö | Etenemisen mittaustapa | Aikataulu | Lisätietoja |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1.1 Maanpinnan topografia  Selvityksen tulokset saatavilla  xyz-tietoina  kartalla  pintamallina  Muu, mikä? | kartta-aineistot  Maanmittauslaitoksen korkeuskäyrät  Maanmittauslaitoksen korkeusrasteri  korkeusmallit  Maanmittauslaitoksen korkeusmallit (ruutukoko 2, 10, 25 tai 200 m)  laserkeilaus  vaaitus  tarkkuus-GPS  ilmakuvat  väärävärikuvat  Muu, mikä? | Maanmittauslaitos <http://www.maanmittauslaitos.fi/>  Paikkatietoikkuna <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi> |  |  |  |  |
| 1.2 Maakerrosten geometria   * maalajit * hydrogeologiset yksiköt * yksiköiden kerrospaksuudet   Selvityksen tulokset saatavilla  xyz-tietoina  kartalla  pintamallina  Muu, mikä? | kairaus  kairauspöytäkirjat  maaperänäytteet  pohjaveden havaintoputket  putkikortit  läpinäkyvien putkien videointi  geofysiikka  painovoimamittaus  maatutkaluotaus  seismiset mittaukset  sähköinen vastusluotaus  Muu, mikä?  sedimentologinen selvitys  kaivokortit  Muu, mikä? | GTK: Seismiset luotaukset ja muut maastomittaukset <http://www.gtk.fi/asiantuntijapalvelut/maankaytto/kiviaines/maastomittaukset/index.html>  GTK: pohjavesialueiden 3D-rakennekartoitus <http://www.gtk.fi/tutkimus/tutkimusohjelmat/pohjavesi/rakennekartoitus.html>  Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf>  Peltoniemi, M. 1988. Maa- ja kallioperän geofysikaaliset tutkimusmenetelmät. Espoo, Otakustantamo, moniste 515. 411 s. |  |  |  |  |
| 1.3 Kallionpinnan topografia  Selvityksen tulokset saatavilla  xyz-tietoina  kartalla  pintamallina  Muu, mikä? | kairaus  kairauspöytäkirjat  geofysiikka  lentomittaukset  painovoimamittaukset  maatutkaluotaus  seismiset mittaukset  sähköinen vastusluotaus  omapotentiaalimenetelmä  Muu, mikä?  Muu, mikä? | GTK: Seismiset luotaukset ja muut maastomittaukset <http://www.gtk.fi/asiantuntijapalvelut/maankaytto/kiviaines/maastomittaukset/index.html>  Peltoniemi, M. 1988. Maa- ja kallioperän geofysikaaliset tutkimusmenetelmät. Espoo, Otakustantamo, moniste 515. 411 s. |  |  |  |  |
| 1.4 Kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeiden geometria  Selvityksen tulokset saatavilla  kartalla  shapefile / CAD-muoto  Muu, mikä? | topografinen tulkinta  Maanmittauslaitoksen korkeuskäyrät  Maanmittauslaitoksen korkeusrasteri  geofysiikka  lentomittaukset  seismiset mittaukset  magnetometria  sähköinen vastusluotaus  tarkkuusgravimetria  maatutkaluotaus  omapotentiaalimenetelmä  Muu, mikä?  kairaus  kairauspöytäkirjat  kaivokortit  Muu, mikä? | GTK: Seismiset luotaukset ja muut maastomittaukset <http://www.gtk.fi/asiantuntijapalvelut/maankaytto/kiviaines/maastomittaukset/index.html>  Peltoniemi, M. 1988. Maa- ja kallioperän geofysikaaliset tutkimusmenetelmät. Espoo, Otakustantamo, moniste 515. 411 s. |  |  |  |  |
| 1.5 Konseptuaalinen malli hydrogeologisesta rakenteesta  Dokumentoitu |  | Virtausmallinnusopas <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41774> |  |  |  | Tällä tarkoitetaan käsitteellistä mallia ja se voi koostua tekstistä ja/tai kartta-aineistosta yms. |

**2 Pohjaveden virtauskuvaan liittyvien tietojen hallinta**

| Tehtävä  ☐ tehty ☐ tullaan tekemään | Perustuen / käyttäen menetelmää  ☐ tehty ☐ tullaan tekemään | Infoa aiheesta | Vastuutaho/henkilö | Etenemisen mittaustapa | Aikataulu | Lisätietoja |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2.1 Kaivokartoitus  Dokumentointi  kaivokortit  Muu, mikä? | vaaitus  tarkkuus-GPS  kenttämittaukset  pohjavesinäytteet  Muu, mikä? | Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf> |  |  |  |  |
| 2.2 Havaintoputkien asennus  mukaan lukien   * siivilän pituuden ja sijoittamisen suunnittelu * tarvittaessa monitasoputket * putkenpäiden korkeusaseman määritys   Dokumentointi  putkikortit  Muu, mikä? | kairaus  kairauspöytäkirjat  pohjaveden havaintoputket  putkikortit  vaaitus  tarkkuus-GPS | Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf> |  |  |  | Putket on asennettava käyttäen pohjatulppaa ja niin, että niiden siivilät yltävät pohjavesivyöhykkeeseen ja kontaminaation mahdollisuus on minimoitu esim. putkien tiivistämisellä. Kaivosalueilla metallipitoisuuden seurantaan tarkoitetussa putkessa tulee käyttää rosterisuojaputkea, galvanoidusta voi tulla mm. sinkkikontaminaatiota.  Maaperän pohjaveden tarkkailuun tarkoitettuja pohjavesiputkia ei saa asentaa osittain kallion sisään. Muussa tapauksessa voi olla vaikea sanoa että mikä veden kemian osasista tulee maaperän pohjavedestä ja mikä on kallion vaikutusta.  Pohjavesiputkien paikat on valittava niin, että ne ovat kaivoksen toiminnan aikana ja toiminnan mahdollisen laajentumisenkin jälkeen häiriöttömässä paikassa. Ei raskasta liikennettä pohjavesiputkien läheisyydessä, koska se voi vaikuttaa veden laatuun.  Nollaputkia tai ns. vertailuputkia mielellään useampi, ja siten, että ne sijaitsevat riittävän kaukana toiminnoista. Näin pystytään luotettavammin vertailemaan toiminnan vaikutuksia. |
| 2.3 Pohjavedenpintojen mittaus  Tulokset saatavilla  xyz-tietoina  kartalla  pintamallina  Muu, mikä? | Havaintopaikkojen korko määritetty  vaaitus  tarkkuus-GPS  Muu, mikä?  manuaalinen mittaus  jatkuvatoimiset automaattimittarit  Muu, mikä? | Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf> |  |  |  |  |
| * 1. Hydrauliset yhteydet |  | Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf> |  |  |  |  |
| 2.4.1 Maaperän kyllästyneen vyöhykkeen paksuus | pohjaveden- ja kallionpinnan tietojen perusteella, joihin tietoa hankittu:  kairaus  kairauspöytäkirjat  geofysiikka  lentomittaukset  seismiset mittaukset  magnetometria  sähköinen vastusluotaus  tarkkuusgravimetria  maatutkaluotaus  omapotentiaalimenetelmä  Muu, mikä?  kenttämittaukset  Muu, mikä? | Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf>  GTK: Seismiset luotaukset ja muut maastomittaukset <http://www.gtk.fi/asiantuntijapalvelut/maankaytto/kiviaines/maastomittaukset/index.html>  Peltoniemi, M. 1988. Maa- ja kallioperän geofysikaaliset tutkimusmenetelmät. Espoo, Otakustantamo, moniste 515. 411 s. |  |  |  |  |
| 2.4.2 Pohja- ja pintaveden yhteys   * pohjaveden purkautuminen (lähteet, tihkupinnat, pintavedet) * pintaveden imeytyminen (rantaimeytyminen, tihkuminen joesta) | lähteiden virtaamamittaukset  suotovirtaamamittaukset  (mini)pietsometrit  kasvillisuuskartoitus  lämpökuvaukset  lämpötilamittaukset  vesien laatuerot, esim. pH, sähkönjohtavuus, liuennut silikaatti, isotoopit  Muu, mikä? | Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf>  Rautio, A., Korkka-Niemi, K. & Kivimäki, A.-L. 2014. Lähdekartoitusta lintuperspektiivistä. Vesitalous 4/2014, 19–22.  Rautio, A.& Korkka-Niemi, K. 2011. Characterization of groundwater–lake water interactions at Pyhäjärvi, a lake in SW Finland. <http://www.borenv.net/BER/pdfs/ber16/ber16-363.pdf>  Korkka-Niemi, K., Kivimäki, A.-L., Lahti, K., Nygård, M., Rautio, A., Salonen V.-P. & Pellikka, P. 2012. Observations on groundwater−surface water interaction at River Vantaa, Finland. <http://dx.doi.org/10.1108/14777831211204958>  Rautio, A. & Korkka-Niemi, K. 2015. Chemical and isotopic tracers indicating groundwater/surface-water interaction within a boreal lake catchment in Finland. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10040-015-1234-5#page-1>  Rossi, Pekka M., Integrated management of groundwater and dependent ecosystems in a Finnish esker. Acta Univ. Oul. C 491, 2014. [http://herkules.oulu.fi/isbn9789526204789/isbn9789526204789.pdf](http://herkules.oulu.fi/isbn9789526204789/isbn9789526204789.pdf%20%20) |  |  |  | Tihkualueet näkyvät kasvillisuudessa ja myös vesistön kylmät kohdat erottuvat vesikasvillisuuden / kasvittomuutensa ansiosta  Lämpökamerakuvauksilla voidaan havaita vain pinnalle asti ulottuvat lämpöanomaliat. |
| 2.5 Hydrogeologiset ominaisuudet |  | Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf> |  |  |  |  |
| 2.5.1 Maaperän vedenjohtavuus | kairaus  kairauspöytäkirjat  maaperänäytteet  kirjallisuusarvot maalajien mukaan  laskennallisesti raekokoanalyysien perusteella  maastomittaukset  slug test  falling head test  putkivirtausmittaus  vesimenekkikoe  pumppauskoe  Muu, mikä?  laboratoriomittaukset  menetelmä  vakiopaine  muuttuva paine  paineselli  Muu, mikä?  esikäsittely  luonnontila  proctor  Muu, mikä?  Muu, mikä? | Airaksinen, J.U. 1978. Maa- ja pohjavesihydrologia. 248 s.  Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf> |  |  |  | Slug-testit tuottavat realistisia tuloksia, kun ne suoritetaan havaintoputkissa, jotka on suunniteltu, asennettu ja dokumentoitu hyvin. |
| 2.5.2. Kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeiden vedenjohtavuus | kairaus  kairauspöytäkirjat  hydrogeologiset testit  vesimenekkikoe  Muu, mikä? | Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf> |  |  |  |  |
| 2.5.3 Varastokerroin | kirjallisuusarvot maalajien mukaan  pumppauskokeet maastossa  laboratoriomittaukset  Muu, mikä? | Airaksinen, J.U. 1978. Maa- ja pohjavesihydrologia. 248 s. |  |  |  |  |
| 2.5.3 Huokoisuus | kirjallisuusarvot maalajien mukaan  laboratoriomittaukset  Muu, mikä? | Airaksinen, J.U. 1978. Maa- ja pohjavesihydrologia. 248 s. |  |  |  |  |
| 2.6 Konseptuaalinen malli pohjaveden virtauskuvasta  Dokumentoitu |  | Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf> |  |  |  | Tällä tarkoitetaan käsitteellistä mallia ja se voi koostua tekstistä ja/tai kartta-aineistosta yms. |

**3 Aineiden kulkeutumiseen liittyvien tietojen hallinta**

| Tehtävä  ☐ tehty ☐ tullaan tekemään | Perustuen / käyttäen menetelmää  ☐ tehty ☐ tullaan tekemään | Infoa aiheesta | Vastuutaho/henkilö | Etenemisen mittaustapa | Aikataulu | Lisätietoja |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3.1 Pitoisuusanalyysit   * humuksesta * maaperästä * pohjavedestä   Indikaattorit   * toimintaan liittyvät aineet * isotoopit | humusnäytteet  maanäytteet  pohjavesinäytteet  kenttämittaukset  laboratoriomittaukset  Muu, mikä? | Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf>  Ympäristögeotekninen näytteenotto-opas – maa-, huokoskaasu- ja pohjavesinäytteet <http://www.getunderground.fi/getfile.ashx?cid=72843&cc=3&refid=4>  Pohjavesinäytteenotto <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38376>  Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti <http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_199.pdf> |  |  |  |  |
| 3.2 Maaperän geokemialliset olosuhteet   * redox * pH * maaperän mineraalit * kationinvaihtokapasiteetti * vaihtohappamuus | kenttämittaukset  Muu, mikä? | Mustonen, Seppo. 1986 (toim.) Sovellettu hydrologia. Vesiyhdistys r.y. Helsinki 1986. 503 s. |  |  |  |  |
| 3.3 Pohjaveden laatu | kenttämittaukset  vesinäytteet  laboratoriomittaukset  Muu, mikä? | Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf>  Pohjavesinäytteenotto <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38376>  Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti <http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_199.pdf> |  |  |  | Kentällä yleisimmin määritettyjä suureita ovat pohjavedenpinnan korkeus, pohjaveden lämpötila, pH, redox, sameus, sähkönjohtavuus, alkaliteetti sekä happi-, hiilidioksidi- ja rautapitoisuus. |
| 3.4 Haitta-aineiden ominaisuudet   * vesiliukoisuus * maa-vesijakautumiskertoimet (Kd) * reaktiokertoimet | kirjallisuusarvot  laboratoriomittaukset  Muu, mikä? | Nikunen, E. & Leinonen, R. 2005. Ympäristölle vaaralliset kemikaalit - riskinarviointi ja luokitus. Kemikaalien ympäristövaikutusten arvioiminen, ympäristölle vaarallisten aineiden ja seosten luokitteleminen, toiminnanharjoittajien velvoitteet. 142 s. |  |  |  |  |
| 3.5 Konseptuaalinen malli aineiden kulkeutumisesta  Dokumentoitu |  | Virtausmallinnusopas <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41774> |  |  |  | Tällä tarkoitetaan käsitteellistä mallia ja se voi koostua tekstistä ja/tai kartta-aineistosta yms. |

**4 Mallintaminen**

| Tehtävä  ☐ tehty ☐ tullaan tekemään | Perustuen / käyttäen menetelmää  ☐ tehty ☐ tullaan tekemään | Infoa aiheesta | Vastuutaho/henkilö | Etenemisen mittaustapa | Aikataulu | Lisätietoja |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4.1 Hydrogeologinen rakennemalli  Dokumentoitu | Käytetty ohjelmisto | GTK: pohjavesialueiden 3D-rakennekartoitus <http://www.gtk.fi/tutkimus/tutkimusohjelmat/pohjavesi/rakennekartoitus.html> |  |  |  |  |
| 4.2 Vesitasemalli  Dokumentoitu | Käytetty ohjelmisto | Vesistömallijärjestelmä <http://www.syke.fi/vesistomallijarjestelma> |  |  |  | Hydrologisia malleja käytetään hydrologisen reaaliaikaisen seurannan osana. Tuotettavia suureita ovat aluesadanta, lumen vesiarvo, maan kosteus, pohjavesivaraston muutos, haihdunta ja valunta. |
| 4.3 Virtausmalli  Dokumentoitu | Käytetty ohjelmisto | Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf>  Virtausmallinnusopas <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41774>  Rossi, Pekka M., Integrated management of groundwater and dependent ecosystems in a Finnish esker. Acta Univ. Oul. C 491, 2014. [http://herkules.oulu.fi/isbn9789526204789/isbn9789526204789.pdf](http://herkules.oulu.fi/isbn9789526204789/isbn9789526204789.pdf%20%20)  Esimerkki: Luikonlahden pohjaveden virtausmallinnus <http://fi.opasnet.org/fi/Luikonlahden_pohjaveden_virtausmallinnus> |  |  |  |  |
| 4.4 Kulkeutumismalli  Dokumentoitu | Käytetty ohjelmisto | Esimerkki: Luikonlahden pohjaveden virtausmallinnus <http://fi.opasnet.org/fi/Luikonlahden_pohjaveden_virtausmallinnus> |  |  |  |  |

**5 Seuranta**

| Tehtävä  ☐ tehty ☐ tullaan tekemään | Perustuen / käyttäen menetelmää  ☐ tehty ☐ tullaan tekemään | Infoa aiheesta | Vastuutaho/henkilö | Etenemisen mittaustapa | Aikataulu | Lisätietoja |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5.1 Alkutilanteen selvitys   * pohjaveden laatu   Dokumentoitu | kenttämittaukset  vesinäytteet  laboratoriomittaukset  Muu, mikä? | Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf>  Ympäristögeotekninen näytteenotto-opas – maa-, huokoskaasu- ja pohjavesinäytteet <http://www.getunderground.fi/getfile.ashx?cid=72843&cc=3&refid=4>  Pohjavesinäytteenotto <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38376> |  |  |  | Ennen toiminnan aloittamista kannattaa kerätä pohjavesiputkista tausta/vertailudataa:  - veden pinnan korkeus  - mahdollisimman laaja kationi- (metalli-) ja anionianalyysi + pH + johtokyky jne.  - useampia näytteenottokierroksia siten, että myöskin eri vuodenajat mahdollisesti tulisivat edustetuiksi |
| 5.2 Toiminnanaikainen tarkkailu   * pohjaveden laatu   Dokumentoitu | kenttämittaukset  vesinäytteet  laboratoriomittaukset  Muu, mikä? | Pohjavesitutkimusopas <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf>  Ympäristögeotekninen näytteenotto-opas – maa-, huokoskaasu- ja pohjavesinäytteet <http://www.getunderground.fi/getfile.ashx?cid=72843&cc=3&refid=4>  Pohjavesinäytteenotto <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38376> |  |  |  |  |
| Muu, mikä? | Muu, mikä? |  |  |  |  |  |
| Muu, mikä? | Muu, mikä? |  |  |  |  |  |

Pohjavesiselvitysten tarkistuslistassa on esitelty yleiset tiedontarpeet. Valittujen menetelmien oikeellisuudesta ja kattavuudesta vastuu on aina yrittäjällä tai yrityksen tilaamalla työn tekijällä. Tekniikoiden kehittyessä voi tulla esille myös muita uusia soveltuvia tutkimusmenetelmiä.

Lomakkeen käyttäjä vastaa itse lomakkeen käytöstä ja tarkistuslistaan kerätyistä tiedoista sekä lomakkeen ja tietojen mahdollisista puutteellisuuksista, virheellisyyksistä ja ajantasaisuudesta.

SYKE2015/25.09.2015