

Esa Rouvinen

POHJAVESIEN KEMIALLISEN
TILAN ARVIOINTI ETELÄ-
SAVOSSA

Opinnäytetyö
Ympäristötekniologia


Kesäkuu 2012




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>	<p>Opinnäytetyön päivämäärä</p> <p>1.6.2012</p>
<p>Tekijä(t) Esa Rouvinen</p>	<p>Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniologia</p>
<p>Nimeke</p> <p>Pohjaveden kemiallisen tilan arviointi Etelä-Savossa</p>	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Suomessa pohjavesien kemiallista tilaa arvioidaan vesienhoitosuunnitelmien laatimisen yhteydessä. Vesiensuojelu perustuu direktiiveihin ja niiden pohjalta annettuihin kansallisiin säädöksiin. Ensimmäisen suunnittelujakson 2010-15 arviointi tehtiin vuonna 2009. Tässä työssä tehdään toiseen suunnittelujaksoon 2016-21 liittyvä kemiallisen tilan arviointi.</p> <p>Arviointiin sisältyy ihmistoiminasta aiheutuvan kuormituksen tarkastelu, riskialuetarkastelu sekä tarkennettu kemiallisen tilan arviointi niille pohjavesimuodostumille, joiden vedessä on havaittu yli ympäristölaatonormin olevia haitta-ainepitoisuuksia. Tarkennettu arviointi tehtiin kuudelle alueelle. Paine-tarkastelussa hyödynnettiin Corine Land Cover 2000 ja 2006 maanpeiteaineistoja. Riskialuetarkastelussa hyödynnettiin ensimmäisellä suunnittelujaksolla käytettyjä arviointiperusteita. Tarkennettu kemiallisen tilan arviointi tehtiin uuden vuonna 2012 laaditun ohjelunonoksen mukaisesti.</p> <p>Kemiallisesti huonoon tilaan luokiteltiin Pursialan, Kuortin ja Punkasalmen pohjavesialueet. Aiemmin huonoon kemiallisen tilaan luokitellun Rauhaniemen pohjavesialueen luokitus muuttui hyväksi. Tarkastelun yhteydessä Viinavaaran-Tahvananmäen pohjavesialue luokiteltiin riskialueeksi.</p> <p>Kemiallisen tilan tarkennettuun arviointiin liittyi epävarmuutta johtuen puutteellisista havaintotiedoista sekä siitä, että jotkin tarkkailussa käytetyt pohjaveden kemiallisen laadun analyysimenetelmät eivät olleet riittävän herkkiä.</p>	
<p>Asiasanat (avainsanat)</p> <p>Pohjavesi, pohjavesialue, arviointi, vesiensuojelu, vesienhoitosuunnitelma</p>	
<p>Sivumäärä</p> <p>65 + liitteet 9 s.</p>	<p>Kieli</p> <p>Suomi</p>
<p>URN</p> <p>URN:NBN:fi:mamk-opinn2012A8712</p>	
<p>Huomautus (huomautukset liitteistä)</p>	
<p>Ohjaavan opettajan nimi</p> <p>Arto Sormunen</p>	<p>Opinnäytetyön toimeksiantaja</p> <p>Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus</p>

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the master's thesis 1 June 2012
Author(s) Esa Rouvien	Degree programme and option Environmental technology	
Name of the master's thesis Evaluation of groundwater chemical state in South-Savo region		
Abstract <p>In Finland the chemical state of groundwater is estimated in the management plans of river basins. Water protection is based on directives given by European Union and national statutes, which are legislated on the basis of these directives. The evaluation of groundwater state was first made in 2009 for the planning period 2010-2015. The purpose on this thesis was to estimate the chemical state of groundwater in South Savo for the second planning period, 2016-2021.</p> <p>The stress of human activity, inspection of risks and detailed evaluation of chemical state of groundwater are included in the assessment of those groundwater areas where pollutants are shown to appear. The detailed evaluation of chemical state of groundwater was made for six groundwater areas. Corine Land Cover 2000 and 2006 -databases were used in the evaluation of stress produced by human activity. The same principles which were used in the first evaluation were also now used in the inspection of risks. New instructions prepared by Finnish Environment Institute for the second planning period were used in the detailed evaluation of chemical state of groundwater.</p> <p>Three groundwater areas (Pursiala, Kuortti and Punkasalmi) were classified as poor groundwater quality state. The groundwater area of Rauhaniemi, which was earlier assessed to be in poor state, was now estimated to have reached good state. One groundwater area, Viinavaara-Tahvanmäki, was evaluated to have so much new stress of human activity, so it was classed as a new area of risk.</p> <p>Scarce analytical data and unsuitable analysis methods used caused some uncertainty in the detailed evaluation of chemical state of groundwater.</p>		
Subject headings, (keywords) Groundwater, groundwater area, evaluation, water pollution control, river basin management plan		
Pages 65 + app. 9p.	Language Finnish	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn2012A8712
Remarks, notes on appendices 		
Tutor Arto Sormunen	Master's thesis assigned by Centre for Economic Development, Transport and Environment for South Savo	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	VESIEN SUOJELU SUOMESSA.....	3
2.1	Lainsäädännöllinen perusta vesiensuojelulle.....	3
2.2	Kansalliset vesiensuojeluohjelmat.....	4
2.3	Vesiensuojelun suuntaviivat 2015	5
2.4	Vesienhoitosuunnitelmat ja toimenpideohjelmat	5
3	POHJAVESI	7
3.1	Pohjavesivarat.....	7
3.2	Pohjaveden käyttö ja suojelu	8
3.3	Veden kiertokulku	8
3.4	Pohjaveden muodostuminen.....	9
3.5	Pohjavesialueiden luokittelu.....	11
3.6	Pohjaveden laatu	11
3.7	Pohjavettä uhkaavia toimintoja.....	13
4	POHJAVEDEN KEMIALLISEN TILAN ARVIOINTI	14
4.1	Pohjaveden tilan seuranta	14
4.2	Kemiallisen tilan arvioinnin perusta.....	15
4.3	Kemiallisen tilan arviointi hoitokaudella 2010-15	16
4.3.1	Paineiden tunnistaminen	17
4.3.2	Riskialueiden tunnistaminen.....	17
4.3.3	Arvio kemiallisesti huonossa tilassa olevista pohjavesialueista	19
4.4	Kemiallisen tilan arviointi hoitokaudelle 2016-21	20
5	TULOKSET	29
5.1	Perus- ja toiminnallisen seurannan tulokset	29
5.2	Hanhikangas	30
5.3	Naarajärvi	31
5.4	Painetarkastelun tulokset	31
5.5	Riskialuetarkastelun tulokset	33
5.6	Tarkennettujen kemiallisten testien tulokset	33
5.6.1	Kuortin alue	34
5.6.2	Punkasalmen alue.....	36
5.6.3	Rauhanimen alue.....	39

5.6.4	Pursialan alue	40
5.6.5	Hanhikankaan alue.....	52
5.6.6	Naarajärven alue	55
5.7	Yhteenvedo tarkennettujen kemiallisten testien tuloksista.....	57
6	TULOSTEN TARKASTELU	58
6.1	Jatkotoimenpiteet.....	60
7	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	62
LIITTEET		
1 Ympäristölaatumormit ja taustapitoisuudet		
2 Etelä-Savon pohjavesialueiden painevertailutulokset		

1 JOHDANTO

Pohjavesi on osa veden suuresta kiertokulusta ilmakehän, maanpinnan, maa- ja kallioperän, kasvillisuuden sekä vesistöjen välillä. Vesi ylläpitää elämää maassa. Maahan satava ja imeytyvä vesi toimii erilaisten maanpinnalla ja maaperässä olevien ravinteiden, mineraalien sekä haitta-aineiden pääasiallisena kuljettajana, siirtäen niitä pohjaveteen ja osin suoraan pintavaluntana vesistöihin. Haitta-aineet voivat heikentää pohjaveden käyttökelpoisuutta talousvetenä. Pohjaveden mukana maaperässä mahdollisesti olevat ravinteet ja haitta-aineet kulkeutuvat edelleen vesistöihin aiheuttaen rehevöitymistä. Veden laatua huonontamalla haitta-aineet heikentävät virkistyskäyttöä ja veden muuta hyödyntämistä. Tämän lisäksi purkautuvalla pohjavedellä voi olla vaikutuksia pintavesien kemialliseen ja/tai ekologiseen tilaan sekä pohjavedestä riippuviin maaekosysteemeihin.

Pohjavettä käytetään Suomessa enenevässä määrin yhdyskuntien vedenhankintaan. Haja- ja loma-asutuksen vedenhankinta perustuu lähes kokonaan pohjaveteen. Lisäksi pohjavettä käytetään teollisuuden erilaisiin tarpeisiin. Pohjavesi on paremmin suojattu laatuun vaikuttavilta riskeiltä kuin pintavesi ja sen käsittelytarve on pieni verrattuna pintaveteen. Edellä esitetyn takia pohjavettä tulee suojella ja siihen kohdistuvia riskejä pienentää kaikin keinoin.

Vesiensuojelutyötä, joka sisältää myös pohjavesien suojelun, on tehty Suomessa tavoitteellisesti ja määrätietoisesti 1960-luvulta lähtien. Työn tuloksena pistekuormitus teollisuudesta ja yhdyskuntien jätevesipuhdistamoilta on saatu vähentymään merkittävästi ja tämä on parantanut vesistöjen tilaa. Pohjavesien tila on säilynyt Suomessa yleisesti hyvänä, mutta paikallisia, ihmistoimintojen aiheuttamia ongelmia pohjaveden laadussa esiintyy.

Suomessa vesiensuojelutyö pohjautuu valtioneuvoston tekemiin periaatepäätöksiin sekä vesiensuojeluohjelmiin, joissa on määritelty yleiset tavoitteet ja keinot vesiensuojelulle. Suomen liittyttyä Euroopan yhteisön jäseneksi tavoitteet vesiensuojelulle ovat tulleet yhteisösäädännön kautta. Vesiensuojelun ja hoidon yleisenä tavoitteena on saada joet, järvet, rannikkovedet ja pohjavedet vähintään hyvään tilaan vuoteen 2015 mennessä. Erinomaisiksi tai hyviksi arvioitujen vesien tila ei saa heikentyä. Työkaluina vesienhoitotyölle ovat vesienhoitoalueille laadittavat vesienhoitosuunnitelmat ja

vesien hoidon toimenpideohjelmat. Ensimmäiset vesienhoitosuunnitelmat ja toimenpideohjelmat tuli laatia vuoden 2009 loppuun mennessä ja niiden tuli käsittää hoitokausi 2010-15. Toimenpideohjelmat tulee tarvittaessa päivittää kuuden vuoden välein. Seuraava tarkistus tehdään vuonna 2015 ja se käsittää hoitokauden 2016-21.

Etelä-Savon alueen pohjavesien määrällisen ja kemiallisen hyvän tilan saavuttamiseksi ja ylläpitämiseksi suunnitellut toimenpiteet vuosille 2010-15 on koottu erilliseen pohjavesien hoidon toimenpideohjelmaan. Toimenpideohjelmassa on selvitetty ja arvioitu pohjaveden määrällistä sekä kemiallista tilaa sekä pohjavesialueita kuormittavia ja vaarantavia toimintoja sekä pohjavesien nykytilaa. Määrällistä tilaa on arvioitu pohjaveden muodostumisen, käytön ja pinnankorkeuksien avulla. Kemiallisten tilan arviointi perustuu eri haitta-aineille asetettuihin ympäristölaatunormeihin.

Vesienhoitosuunnitelmien ja pohjavesien hoidon toimenpideohjelman mukaan Etelä-Savossa pohjaveden määrällinen tila ei ole heikentynyt eikä määrälliselle tilalle ole merkittäviä uhkia. Vedenotto ja pohjaveden muodostuminen ovat olleet Etelä-Savossa tasapainossa. Kemialliselta laadultaan riskinalaiseksi Etelä-Savossa on arvioitu 17 I- tai II -luokan pohjavesialuetta ja näistä huonoon tilaan on luokiteltu neljä pohjavesialuetta. Kolmella huonoon tilaan luokitellulla pohjavesialueella joidenkin haitta-aineiden pitoisuuksien on arvioitu olevan nousevia.

Tässä työssä selvitetään aiemmin kemiallisesti huonoon tilaan luokitelluilla 4 pohjavesialueella tapahtuneet muutokset uusien seurantatietojen perusteella. Alueille tehdään tarkentavat kemiallisen tilan testit. Kyseisten alueiden kemiallinen tila arvioidaan uuden, vuonna 20102 laaditun, arviointiohjelun mukaisesti. Työssä hyödynnetään tehtyä kemiallisen tilan seuranta- ja muita tutkimustietoja sekä CORINE Land Cover 2000 ja 2006 maanpeiteaineistoja ja ympäristöhallinnon pohjavesi- sekä maaperän tilan tietojärjestelmäaineistoja. Lisäksi selvitetään, onko joillakin aiemmin riskikohteiksi luokitetuilla yhdyskuntien vedenhankinnan kannalta tärkeillä pohjavesialueilla tapahtunut sellaisia laadullisia muutoksia, että alueelle tulisi tehdä tarkentavat kemiallisen tilan testit. Näille alueille tehdään tarkentavat kemiallisen tilan testit. Työssä syntyy lisäksi arvio siitä, tuleeko Etelä-Savon pohjavesialueille tehdä uusi riskialuetarkastelu. Lisäksi syntyy arvio lisätutkimus- ja selvitysalueista. Työ liittyy hoitokaudelle 2016-21 tehtävän pohjavesien hoidon toimenpideohjelman laatimiseen.

2 VESIEN SUOJELU SUOMESSA

Vesiensuojelutyötä on tehty Suomessa pitkään. Pitkäjänteinen työ vesien suojelemiseksi aloitettiin jo 1960 -luvulla. Vesiensuojelun valtakunnallisissa tavoiteohjelmissa on ollut lähtökohtana vesien tilaa eniten haittaavien kuormitustekijöiden ja muiden sitä selvästi heikentävien toimintojen saaminen hallintaan. Kuormituksesta johtuvat haitat olivat 1960 -luvulla selvimmän nähtävissä teollisuuden ja yhdyskuntien alapuolisissa vesistöissä. Niinpä 1970 -luvun alkupuolella keskityttiin suurimpien piste-kuormittajien, yhdyskuntien ja teollisuuden, kuormituksen vähentämiseen. Näiden alojen kuormitus on vähentynyt selvästi, vaikka teollisuuden tuotantomäärät ja yhdyskuntien jätevesipuhdistamoiden liittyjämäärät ovat kasvaneet huomattavasti. Vesien tila ei ole kuitenkaan kehittynyt kovin suotuisasti 1990 -luvun puolivälin ja 2000 -luvun välisenä aikana. Myöskään viimeisessä, vuoteen 2005 ulottuneessa, vesiensuojelun tavoiteohjelmassa esitetyt tavoitteet eivät ole kaikilta osin toteutuneet. Haitallisesti muuttuneiden vesistöjen tila ei ole oleellisesti parantunut ja lähes puolella tärkeistä pohjavesialueista on riskitoimintaa. (Kotanen ym. 2009, 14.)

2.1 Lainsäädännöllinen perusta vesiensuojelulle

Suomen vesiensuojelun lainsäädännöllinen perusta luotiin 1960 -luvulla vesilain (264/1961) tultua voimaan 1.4.1962. Laki sisälsi vesien pilaamis- ja muuttamiskiellot. Sittemmin vesilakiin sisältyneet ympäristön pilaantumista koskevat säännökset on sisällytetty ympäristönsuojelulakiin (86/2000). Pohjavesien osalta keskeinen pilaantumista koskeva säännös on ympäristönsuojelulain 8 § (pohjaveden pilaamiskielto). Tätä täydentää lain 7 § (maaperän pilaamiskielto). Määrällistä tilaa koskeva keskeinen säännös oli vesilain (264/1961) 1:18 § (pohjaveden muuttamiskielto). Uusi vesilaki (587/2011) astui voimaan 1.1.2012, jossa pohjaveden muuttamista koskeva säännös on lain 3:2.1 kohta 5 (vesitaloushankkeiden yleinen luvanvaraisuus).

Euroopan tasolla keskeiset vesiensuojeluun liittyvät säädökset ovat vesipuitedirektiivi (2006/60/EY) ja direktiivi pohjaveden suojelusta pilaantumiselta ja huononemiselta (2006/118/EY). Vesiensuojelun ympäristötavoitteet pilaantumisen ehkäisemiseksi ja rajoittamiseksi on määritelty yhteisön vesipolitiikan puitteista annetussa vesipolitiikan puitedirektiivissä. Puitedirektiivissä on annettu lisäksi yleiset säännökset pohjaveden suojelusta ja säilyttämisestä. Siinä määritellään ja annetaan puitteet myös jäsenmai-

den pohjaveden määrällisille ja laadullisille yleisille tavoitteille. Direktiivi astui voimaan 22.12.2000. Puitedirektiiviä täydentävässä pohjaveden suojelua koskevassa direktiivissä vahvistetaan mm. puitedirektiivissä edellytetyt erityiset toimenpiteet pohjaveden pilaantumisen ehkäisemiseksi ja rajoittamiseksi. Tällaisia toimenpiteitä ovat erityisesti pohjaveden kemiallisen tilan arviointiperusteet ja arviointiperusteet merkityksellisten ja pysyvien nousevien muutossuuntien toteamiseksi ja kääntämiseksi laskeviksi. Lisäksi pohjaveden suojelua koskevassa direktiivillä täydennetään puitedirektiivin sisältämiä säännöksiä, joilla ehkäistään ja rajoitetaan pilaavien aineiden pääsyä pohjaveteen, sekä pyritään ehkäisemään kaikkien pohjavesimuodostumien tilan heikkeneminen. Direktiivi astui voimaan 16.1.2007.

Direktiivit on implementoitu Suomen lainsäädäntöön antamalla laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004, voimaan 31.12.2004) sekä siihen liittyvillä muilla säädöksillä [mm. valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä (1040/2006, 1.12.2006), valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006, 1.12.2006)]. Nämä säädökset sisältävät tavoitteet kansalliselle vesiensuojelutyölle.

2.2 Kansalliset vesiensuojeluohjelmat

Suomessa vesiensuojelutyö on perustunut valtioneuvoston tekemiin periaatepäätöksiin sekä niiden pohjalta laadittuihin vesiensuojeluohjelmiin, joissa on määritelty vesiensuojelun yleiset tavoitteet ja keinot. Ensimmäinen kansallinen vesiensuojeluohjelma laadittiin vuosille 1975-85 vesihallituksessa. Ohjelmassa keskityttiin yhdyskuntajätevesistä, teollisuudesta ja muusta pistekuormituksesta aiheutuvien päästöjen vähentämiseen. Seuraavassa, ympäristöministeriön laatimassa, vuoteen 1995 ulottuneessa vesiensuojelun tavoiteohjelmassa, maatalous tuli uutena sektorina mukaan vesiensuojeluun. Suomen ympäristökeskus laati kolmannen vuoteen 2005 ulottuneen tavoiteohjelman. Tämä ohjelma painottui rehevöitymisen torjuntaan. Päämääräksi vuodelle 2005 asetettiin, että Itämeren ja sisämaan pintavesien tila ei huonone ihmisen toimien seurauksena ja että haitallisesti muuttuneiden vesien tila paranee. Tähän pyrittiin mm. asettamalla tavoitteeksi vuodelle 2005 alentaa vesien typpi- ja fosforikuormitus puoleen vuoden 1995 tasosta. Myös teollisuuden öljy- ja metallipäästöille asetettiin määrällisiä tavoitteita. Pohjavesien suojelussa painotettiin ennaltaehkäisyä ja riskiä lisää-

vien toimintojen säätelyä niin, että pääosin hyvänä säilynyt pohjavesien tila ei heikentyisi. (Suomen ympäristökeskus 2006, 7, 8.)

2.3 Vesiensuojelun suuntaviivat 2015

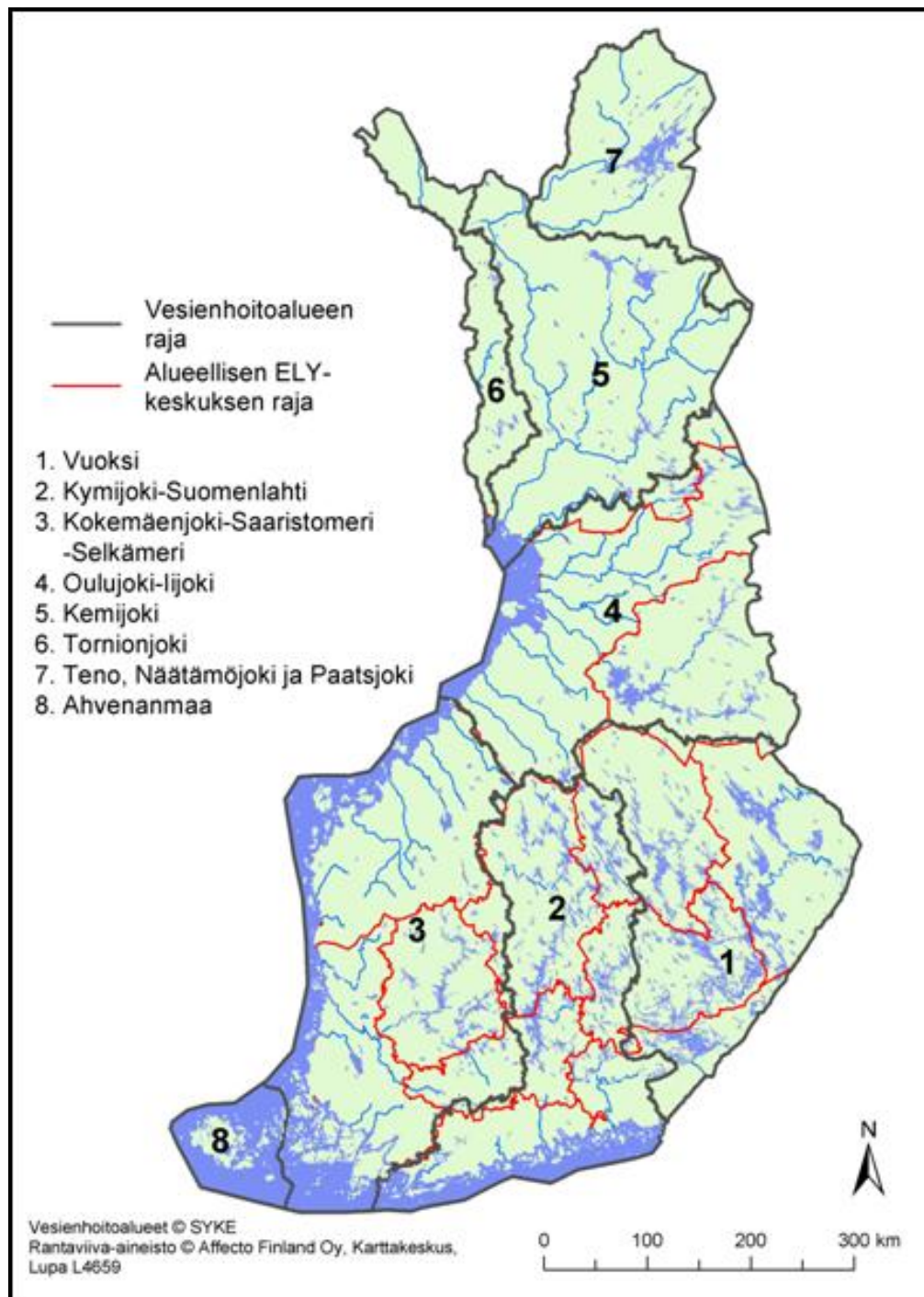
Suomen liittyttyä Euroopan Unionin jäseneksi tavoitteet vesiensuojelulle ovat tulleet yhteisösäädännön kautta. EU:n vesipolitiikan puitedirektiivisissä ja sen pohjalta annettussa meren- ja vesienhoidon järjestämisestä koskevassa laissa on asetettu yleiset tavoitteet vesien tilalle. Nämä tavoitteet ovat olleet pohjana myös valtioneuvoston periaatepäätöksessä vuoteen 2015 ulottuvien kansallisten vesiensuojelun suuntaviivojen ja tavoitteiden asettelussa. Tavoitteena on, että

- pinta- ja pohjavesien tila ei heikkene ja että niiden tila on vähintään hyvä ja
- pinta- ja pohjavesiä suojellaan, parannetaan ja ennallistetaan siten, että vesien tilan tavoitteet voidaan saavuttaa viimeistään vuonna 2015 (Ympäristöministeriö 2007, 8).

Pohjavesien osalta tavoitteena on, että pohjaveden määrällinen, kemiallinen ja mikrobiologinen tila on hyvä kaikilla vedenhankintaa varten tärkeillä ja siihen soveltuvilla pohjavesialueilla ja että hyvinä säilyneillä alueilla ei pohjavesien tilaa saa ihmistoiminnan vaikutuksesta heikentää (Ympäristöministeriö 2007, 8).

2.4 Vesienhoitosuunnitelmat ja toimenpideohjelmat

Työkaluna vesienhoidolle asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi ovat vesienhoitoalueille laadittavat vesienhoitosuunnitelmat sekä toimenpideohjelmat. Vesienhoitoalue koostuu yhdestä tai useammasta vesistöalueesta. Pohjavesimuodostuma kuuluu siihen rajoittuvaan soveltuvimpaan vesienhoitoalueeseen. Vesienhoitoa suunnitellaan vesienhoitoalueittain, joita on Manner-Suomessa viisi kappaletta. Lisäksi on muodostettu kaksi kansainvälistä vesienhoitoaluetta, toinen Ruotsin ja toinen Norjan kanssa. Ahvenanmaa muodostaa oman vesienhoitoalueen ja se vastaa itse vesipolitiikan puitedirektiivin voimaantulusta. (Karonen ym. 2009, 7) Vesienhoitoalueet on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Vesienhoitoalueet (Kotanen ym. 2010, 9)

Jokaiselle vesienhoitoalueelle on laadittu vesienhoitosuunnitelma. Suunnitelma on perusta vesienhoitoalueen vesiensuojelulle. Se sisältää näkemyksen koko vesienhoitoalueen vesiensuojelun ongelmista sekä niiden ratkaisukeinoista. Suunnitelmat tarkistetaan kuuden vuoden välein - seuraavan kerran vuonna 2015. (Karonen ym. 2010, 7, 9; Kotanen ym. 2010, 9, 11)

Etelä-Savo sijoittuu Vuoksen ja Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueille. Alueille laadituissa vesienhoitosuunnitelmissa esitetään yleiskuvaus hoitoalueista, vesien tilaa heikentävistä toiminnoista, kuvaus vesien seurannasta ja tilasta, vesien tilatavoitteista ja parantamistarpeista sekä vesienhoidon toimenpiteistä. Toimenpideohjelmaa laadittaessa on huomioitu Euroopan yhteisön ja kansallisen lainsäädännön sekä kansallisten vesiensuojelun periaatepäätösten ja vesiensuojelun tavoiteohjelmien sisältämät tavoitteet. Suunnitelmien laadinnassa ja toimenpiteiden tavoitteiden määrittelyssä on pohjavesien osalta pyritty siihen, että

- pohjavesien tila ei heikkene
- pohjavesien kemiallinen ja määrällinen tila on vuoteen 2015 mennessä vähintään hyvä, ja
- pilaavien sekä muiden haitallisten ja vaarallisten aineiden pääsy pohjavesiin ehkäistään ja rajoitetaan

Etelä-Savon alueella pohjavesiin liittyvät toimenpiteet on koottu erilliseen pohjavesien hoidon toimenpideohjelmaan. Suunnitelmat ja laadittu toimenpideohjelma sisältävät tiedot pohjavesialueista, jotka ovat määritelty riskinlaisiksi, kemiallisesti huonossa tilassa olevista alueista sekä alueet, joilla on haitta-aineiden nousevia pitoisuustrendejä.

3 POHJAVESI

3.1 Pohjavesivarat

Maapallon ja Suomen pohjavesivarat ovat rajalliset. Maapallon kaikista vesivaroista noin 0,5 % on pohjavettä (Suomen ympäristökeskus 2001, 13). Mälkin (1999, 20) mukaan pohjavesi on maapallon merkittävin makean veden varanto ja jäätikköjä lukuun ottamatta se käsittää noin 98 % makeasta vedestä. Suomessa on yli 6000 yhdyskuntien vedenhankintaa varten kartoitettua pohjavesialuetta ja niillä muodostuu pohjavettä noin 5,4 miljoonaa kuutiota vuorokaudessa. Vesilaitokset, joiden jakamasta vedestä noin 60 prosenttia on pohjavettä, käyttävät 0,7 miljoonaa kuutiota pohjavettä vuorokaudessa. Haja-asutusalueilla käytetään lähes yksinomaan kaivoista tai lähteistä saatavaa pohjavettä. (Ympäristöministeriö 2011b) Vaikka Suomessa on runsaasti kartoitettuja pohjavesialueita, on usean vesilaitoksen vedenhankinta yhden ottoalueen tai

ottamon varassa. Tämä lisää vedenhankintaan käytettävien alueiden suojelun merkittävyyttä sekä yhdyskuntien haavoittuvuutta pohjaveden pilaantumistapausten takia. Haittojen vähentäminen lisää tarvetta olemassa olevien riskien tiedostamiseen sekä toimia riskien poistamiseen ja/tai hallintaan.

3.2 Pohjaveden käyttö ja suojelu

Pohjaveden hyödyntäminen yhdyskuntien vedenhankintaan on mahdollista pääasiassa lajittuneilla harjualueilla. Suomen pohjavesivaroista merkittävin osa (95 %) sisältyy huokoisiin, karkearakeisiin sora- ja hiekka-akvifereihin (Korkka-Niemi ja Salonen 1996, 38). Nämä kattavat vajaat kolme prosenttia Suomen pinta-alasta (Hanski 2010, 15). Lisäksi yhdyskuntien vedenhankinnassa hyödynnetään tekopohjavettä sekä jonkin verran myös kalliopohjavettä ja pintavettä. Haja-asutus hyödyntää Suomessa pääosin moreenialueilla muodostuvaa pohjavettä. Yhdyskuntien vedenhankinnan, samoin kuin pohjavesien suojelun, kannalta tarkasteltuna merkityksellisintä on tärkeiden (I - luokka) ja vedenhankintaan soveltuvien (II -luokka) pohjavesialueiden vedenlaadun ja veden riittävyden turvaaminen.

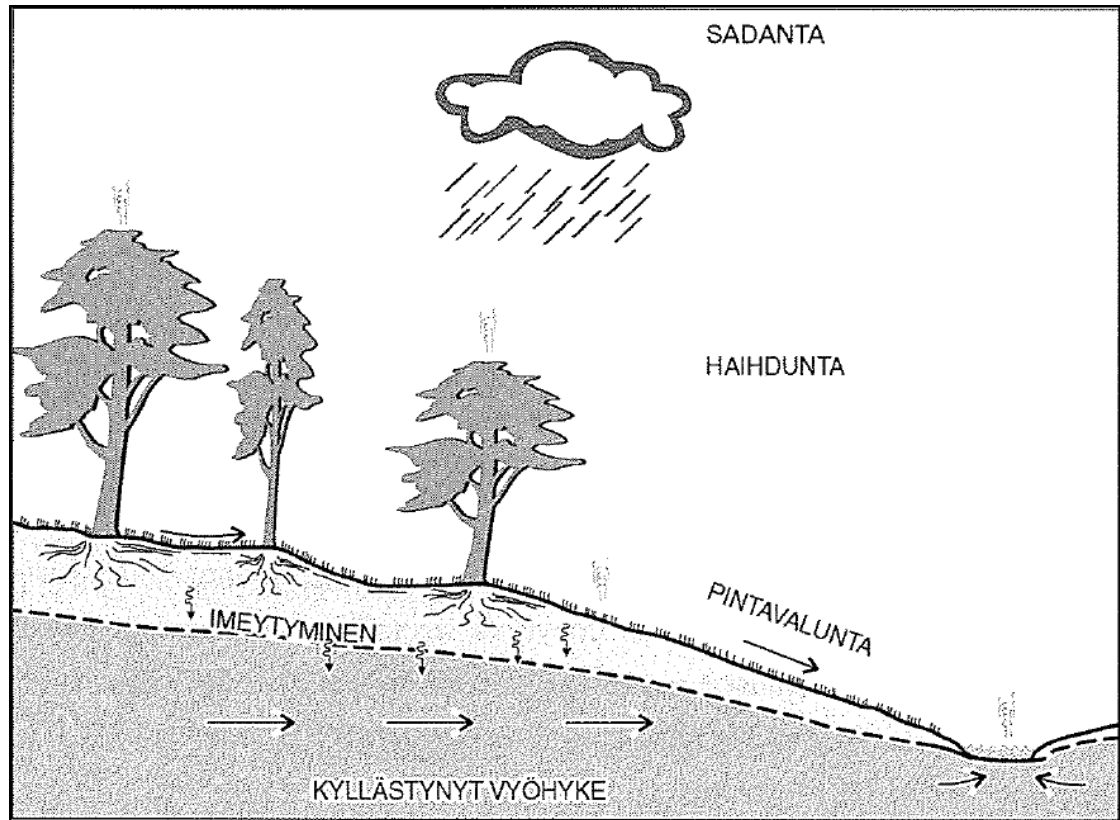
Pohjaveden suojeleminen on tärkeää. Jos pohjavesi pilaantuu, on sen puhdistaminen vaikeaa, jopa mahdotonta. Pohjaveden hidas liike ja alhainen mikrobiologinen aktiivisuus rajoittavat sen luontaista puhdistumista (O'Riordan 1995, 249). Pohjaveden pilaantumisriski on lisääntynyt johtuen mm. laajasta ympäristölle haitallisten kemikaalien käytöstä mm. teollisuudessa ja maataloudessa. On parempi estää tai vähentää pohjaveden pilaantumisriskiä, kuin hoitaa pilaantumisen seurauksia. Suomessa ennaltaehkäisevää suojelutyötä tehdään mm. kaavoituksen ja ennakkovalvonnan (tiettyjen toimintojen luvanvaraisuus) avulla.

3.3 Veden kiertokulku

Pohjavettä muodostuu ja se uusiutuu jatkuvasti ollessaan osa veden suuresta kiertokulusta ilmakehän, maanpinnan, kasvillisuuden, vesistöjen sekä maa- ja kallioperän välillä. Kuvassa 2 on esitetty kaavamainen kuva vesikierrosta.

Ilmakehässä oleva vesi tiivistyy ja sataa painovoiman vaikutuksesta kohti maanpintaa. Osa sadannasta haihtuu ja osa saavuttaa maanpinnan tai vesistön. Maanpinnalta osa

vedestä haihtuu ja osa siirtyy pinta- tai maavesivaluntana ojiin, puroihin, jokiin ja järviin. Maaperään imeytynyt vesi muodostaa maavettä ja pohjavettä, joka siirtyy kapaarivoimien ja kasvillisuuden vaikutuksesta takaisin maanpinnalle ja haihtuu ilmakehään ja osin taas pohjavesivaluntana pintavesistöihin. Ollessaan maan alla se on kiertossa. Peruslähtökohtana veden kiertokulussa on veden katoamattomuus.



KUVA 2. Kaavamainen esitys hydrologisesta kierrosta (Mälkki 1999, 21)

Korkka-Niemen ja Salosen (1996, 20) mukaan vesi kiertää, mutta sen määrä pysyy pitkällä aikavälillä vakiona yhtälön 1 mukaisesti.

$$P = Q + E + \Delta S \quad (1)$$

P = sadanta

Q = valunta

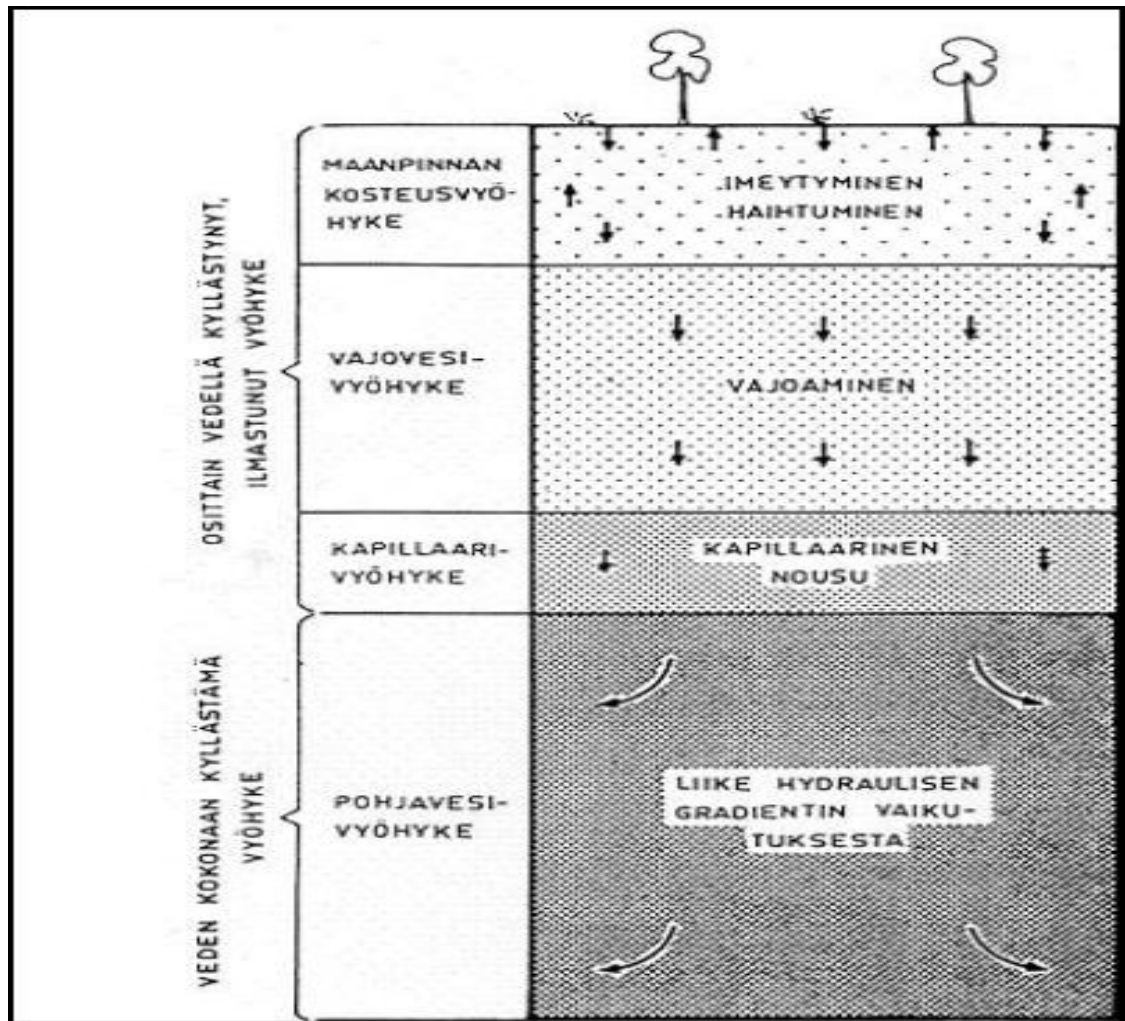
E = haihdunta

ΔS = alueelle varastoituneen veden määrä

3.4 Pohjaveden muodostuminen

Pohjavesi syntyy maahan imeytyvästä sade- ja sulamisvedestä, joka vajoaa alaspäin kunnes se saavuttaa pohjaveden pinnan. Pohjavesipinnan alapuolella oleva maahiukasten välinen huokostila on kokonaan veden täyttämää. Tällaista vettä sanotaan poh-

javedeksi ja veden kyllästämää tilaa pohjavesivyöhykkeeksi. Maaperän vesivyöhykkeet on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Maaperän vesivyöhykkeet (Airaksinen 1978, 45)

Pohjavettä voidaan pitää uusiutuvana luonnonvarana. Pohjavettä muodostuu lähes kaikkialla Suomessa. Käyttökelpoisin osa Suomen pohjavedestä muodostuu kuitenkin harjualueilla, jossa maaperä on hyvin vettä johtavaa. Korkka-Niemen ja Salosen (1996, 26) mukaan Etelä-Suomen sora-alueilla on mitattu pohjavedeksi suotautuvan veden osuudeksi jopa 60 - 75 % sadannasta, karkearakeisilla moreenimailla jopa 50 %; yleisimmin kuitenkin imeytymisen osuus moreenimailla on välillä 10-30 %. Mälkin (1999, 68) mukaan harjumuodostuman kohdalla, sen välittömät reuna- ja yhteys-alueet huomioiden, keskimääräisestä vuosisadannasta muodostuu pohjavettä yhden neliökilometrin alalla noin 750 m³/d.

3.5 Pohjavesialueiden luokittelu

Britschin ym. (2009, 14) mukaan Suomen pohjavesialueet luokitellaan käyttökelpoisuutensa ja suojelutarpeensa mukaan kolmeen luokkaan:

- luokka I: vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue
- luokka II: vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue
- luokka III: mu pohjavesialue

Luokkaan I kuuluvat ne pohjavesialueet, joiden pohjavettä käytetään tai tullaan suunnitelmien mukaan käyttämään 20-30 vuoden kuluessa tai muutoin tarvitaan vedenvedenhankintaan esimerkiksi vesihuollon erityistilanteissa.

Luokkaan II kuuluvat ne pohjavesialueet, jotka soveltuvat yhteisvedenhankintaan, mutta joille ei toistaiseksi ole osoitettavissa käyttöä yhdyskuntien, haja-asutuksen tai muussa vedenhankinnassa. Näillä alueilla on usein jo tutkitut vedenottopaikat. Huomattavaa on, että nämä II -luokan alueet rinnastetaan juridisesti suojelutarpeen osalta I -luokan alueisiin. Luokkaan III kuuluvien pohjavesialueiden hyödyntämiskelpoisuuden arviointi vaati lisätutkimuksia vedensaantiedellytysten selvittämiseksi.

Pohjavesialueiden luokittelutiedot on koottu ympäristöhallinnon ylläpitämään pohjavesitietojärjestelmään (POVET), joka on osa ympäristötiedon tietojärjestelmäkokonaisuutta (HERTTA -järjestelmä). Järjestelmän mukaan vuonna 2010 Suomessa oli 2244 I -luokan, 1559 II -luokan ja 2399 III -luokan pohjavesialuetta. Pohjavesialuilla muodostuvasta 5,4 Mm³ vuorokautisesta määrästä I -luokan pohjavesialueilla on arvioitu muodostuvan pohjavettä noin 2,8 Mm³/d, II -luokan alueilla noin 1,4 Mm³/d ja III -luokan alueilla noin 1,2 Mm³/d. Etelä-Savon alueella on 209 luokiteltua pohjavesialuetta, joissa I -luokan alueita on 65, II -luokan alueita 84 ja III -luokan alueita 60.

3.6 Pohjaveden laatu

Pohjavedelle on ominaista sen viileys, raikas maku ja hyvälaatuisuus. Näiden ominaisuuksien vuoksi se täyttää yleensä juoma- ja talousvedelle asetetut laatuvaatimukset paremmin kuin pintavesi. (Vesi- ja ympäristöhallitus 1992, 9) Luonnon olosuhteissa, missä ihmisen toiminta ei ole vaikuttamassa pohjaveteen, ovat pohjaveden sisältämät aineet peräisin vain joko sadevedestä tai maaperästä. Sadevettä pidetään totunnaisesti

varsin puhtaana, mutta siinä on lukuisia eri aineita veden ominaisuuksiin vaikuttavina määrinä. Sadevedessä on hiilidioksidia, joka aiheuttaa sen happamuuden (pH 4...5). Sadevedessä on myös luonnossa yleisesti esiintyviä suoloja. Pohjaveden hyväksikäyttöä ajatellen on sadeveden komponenteista merkitystä lähinnä vain hiilidioksidilla, joka tekee sen varsin aggressiiviseksi. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto 1981, 115 ja 116)

Suomen pohjavedet ovat säilyneet yleisesti ottaen melko puhtaina. Lähinnä paikallisia pohjaveden pilaantumistapauksia kuitenkin esiintyy. Lisäksi on todettava, että huomattavalla osalla vedenhankinnalle tärkeistä pohjavesialueista on toimintaa, joka on riski pohjaveden tilalle. Pohjaveden laadun seuranta on ollut perinteisesti Suomessa vähäisempää kuin pintavesien, joten kaikki pilaantumistapaukset eivät liene tulleet vielä esiin.

Gustafssonin ym. (2006, 8) mukaan Suomessa todetut pohjaveden pilaantumistapaukset ovat usein paikallisia, eikä pilaantuminen ole kokonaan estänyt alueen käyttöä talousveden hankintaan. Ihmistoiminnasta peräisin olevia haitta-aineiden aiheuttamia pilaantumistapauksia on muuhun Eurooppaan verrattuna vähän. Geologisista olosuhteista johtuvia, luonnosta peräisin olevien aineiden aiheuttamia laatuongelmia on esiintynyt lähinnä rannikkoalueilla, missä rauta- ja mangaanipitoisuus on ollut korkeahko. Myös rapakivialueiden pohjaveden fluoridipitoisuus sekä kallioporakaivojen veden uraani-, radon-, fluoridi- ja arseenipitoisuudet saattavat paikallisesti rajoittaa pohjaveden käyttöä. Malmiesiintymäalueilla pohjavedessä saattaa esiintyä korkeita metallipitoisuuksia.

Etelä-Savossa pohjaveden laadun yleisenä laatuongelmana ovat korkeahkot rauta- ja mangaanipitoisuudet. Ongelmaa voi lisätä etenkin kuivina kausina tapahtuva liiallinen pohjavedenotto, jonka seurauksena veden happipitoisuus voi laskea ja aiheuttaa em. metallipitoisuuksien kasvamista. Etelä-Savossa pohjaveden vakavampiin pilaantumisiin havahduttiin ensimmäisen kerran vuonna 1998, kun Sulkavan Rauhaniemen vedenottamon vedessä todettiin alueella 1950 -luvulla viimeksi toimineen sahan toiminnassa käytettyjä kloorifenoleja. Havainnot johtivat ottamon sulkemiseen ja vedenoton siirtämiseen toiselle alueelle. Sitten pohjaveden pilaantumisia erilaisilla haitta-aineilla on todettu mm. Mikkelin Pursialan ja Hanhikankaan, Pertunmaan Kuortin, Pieksämäen Naarajärven ja Punkaharjun Punkasalmen tärkeillä pohjavesialueilla.

3.7 Pohjavettä uhkaavia toimintoja

Ihminen muuttaa toimillaan ympäristöään. Osa muutoksista on haitallista pohjaveden määrälle ja laadulle. Määrällisiä muutoksia voi aiheutua mm. maankuivatuksesta, vesistöjen vedenpinnan muutoksista, erilaista vesistöihin kohdistuvista järjestelyistä sekä maa-ainestenotosta. Harjujen reuna-alueilla tapatuvan maankuivatuksen (ojitus) seurauksena voi olla myös pohjaveden laadun heikkeneminen jos ojitus ulotetaan liian lähelle harjun lajittuneita, hyvin vettä johtavia, kerroksia. Tällöin humuspitoiset vedet voivat ohjautua hallitsemattomasti muodostuman osaan, joka on veden kyllästävä ja jossa hydraulinen johtavuus on hyvä.

Pohjaveden määrällisillä muutoksilla voi olla vaikutuksia myös pohjaveden laatuun. Määrällinen muutos (esimerkiksi liiallinen vedenotto) voi johtaa pohjaveden hapetus-pelkitysolosuhteiden muuttumiseen, joka voi näkyä esimerkiksi pohjaveden rautapitoisuuden kasvuna. Laajamittaisesta maa-ainestenotosta voi aiheutua pohjaveden laadunvaihtelua sekä likaantumisriskin kasvua. Merkittävimmät laadulliset muutokset aiheutuvat kuitenkin erilaisista pohjavesialueille sijoittuneista tai sijoittuvista likaavista toiminnoista. Tällaisia toimintoja ovat mm. vanhat kaatopaikat, sahat, kyllästävät, taimitarhat, polttonesteiden jakeluasemat, korjaamot, erilaiset varastot, tienpito, asutus sekä maa- ja metsätalous.

Liikkuessaan maa- tai kallioperässä pohjavesi kuljettaa mukanaan erilaisia ravinteita ja haitta-aineita. Pelloilta sen mukana pohjaveteen ja edelleen vesistöihin voi siirtyä ravinteita sekä torjunta-aineita. Teiden talviaikaisen kunnossapidon yhteydessä pohjaveteen voi päästä suoloja, joka näkyy pohjavedessä kohonneina kloridipitoisuuksina. Teollisen toiminnan päästöt voivat aiheuttaa riskin esimerkiksi vuotavien viemäreiden tai onnettomuuksien yhteydessä tapahtuvien haitta-ainepäästöjen kautta. Pilaantuneilta maa-alueilta pohjaveteen voi kulkeutua mm. kloorattuja liuottimia, metalleja tai puun suojauksessa ja käsittelyssä käytettyjä kemikaaleja. Puutteellisen jätehuollon seurauksena pohjaveteen voi päätyä erilaisia kemikaaleja. Laajamittainen maa-ainesten otto heikentää imeytyvän sadeveden puhdistumista maan pintakerroksissa. Lisäksi maankäsittely ja pintakerroksen poisto vaikuttavat muodostuvan pohjaveden määrään ja laatuun. Pohjaveteen päässeet kemikaalit voivat aiheuttaa suoraan pohjaveden pilaantumista tai ne voivat aiheuttaa pohjavedessä olosuhdemuutoksia, joiden vaikutuksesta mm. maaperän metallit voivat tulla liukoiseen muotoon ja pilata pohjavettä.

Alueilla, joilla ei ole ihmisen toimintaa, maaperässä muodostuva ja edelleen pintavesiin purkautuva pohjavesi säilyy laadultaan hyvänä. Maan pintakerroksen vaikutus pohjaveden laatuun on merkittävä. Hatvan ym. (1993b, 42) mukaan raskasmetallit, jätevesien lika-aineet ja virukset ja bakteerit pidättyvät hyvin luonnontilaiseen pintakerrokseen. Jeltschin (1990, 14) mukaan maaperän orgaaniseen ainekseen adsorboituvat sekä raskasmetallit että orgaaniset yhdisteet. Maaperän pintakerrokseen kohdistuvat toimenpiteet, kuten maa-aineistenotto, peltojen muokkaus ja metsätalous, heikentävät pintakerroksen puhdistuskykyä ja aiheuttavat täten riskin pohjaveden pilaantumiselle. Myös erilaiset maankäytön muutokset, joiden yhteydessä pohjavettä suojaava maan pintakerros poistetaan ja korvataan mahdollisesti tiiviillä rakenteella (esim. asfaltti), voivat aiheuttaa pohjaveden määrällisiä muutoksia sekä epäsuoria vaikutuksia pohjaveden laatuun.

4 POHJAVEDEN KEMIALLISEN TILAN ARVIOINTI

Pohjavesienhoidolle asetettuihin kemiallisiin tavoitteisiin pääsemiseksi tarvitaan tiedot pohjaveden nykytilasta ja siihen vaikuttavista tekijöistä sekä kriteerit pohjavesien määrällisen ja kemiallisen tilan arvioimiseksi. Lisäksi tarvitaan seuranta, jotta tehtyjen toimenpiteiden vaikutukset saadaan selville ja tarvittaessa voidaan suunnitella lisätoimia vesien tilan parantamiseksi.

Pohjavesien kemiallisen tilan arviointi voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe on ihmistoiminnan aiheuttamien paineiden tunnistaminen. Toisessa vaiheessa tunnistetaan riskialueet, joilla kemiallinen tila on uhattuna tai se ei saavuta sille asettua tavoitetilaa asetetussa määräajassa. Kolmannessa vaiheessa arvioidaan kemiallinen tila annettujen määrittämissuhteiden mukaisesti.

4.1 Pohjaveden tilan seuranta

Pohjaveden seurannasta määrätään vesien- ja merenhoidosta annetussa lain (1299/2004) 9 §:ssä sekä tarkemmin vesienhoidon järjestämisestä annetun asetuksen (1040/2006) 15 ja 16 §:ssä. Seuranta varten tulee valita tarvittavat seurantapaikat ja -

alueet, seurattavat tekijät sekä seurantatiheyden sisältävä seurantaohjelma. Ohjelma sisältää perusseurannan ja toiminnallisen seurannan.

Perusseuranta on säännöllistä ja sen avulla selvitetään ihmistoiminnan (mm. asutus, teollisuus, maa- ja metsätalous, muu elinkeinotoiminta) aiheuttamia vaikutuksia pohjavedessä. Lisäksi perusseurannan tavoitteena on saada tiedot seurantaohjelmien suunnittelulle sekä luonnonolojen ja laaja-alaisen ihmisen toiminnan aiheuttaman pitkäaikaisvaikutuksen selvittämiseksi.

Perusseurannan lisäksi on tarvittaessa suoritettava toiminnallista seuranta. Toiminnallinen seuranta järjestetään niille alueille, joilla on mahdollista, että asetettuja ympäristötavoitteita ei saavuteta (riskialueet). Toiminnallisen seurannan avulla tulee saada selville näiden alueiden vesien tila sekä näille alueille laadituissa toimenpideohjelmis- sa asetettujen toimenpiteiden vaikutus mm. mahdollisesti tarvittavien lisätoimenpiteiden tarpeen selvittämiseksi. Lisäksi seurataan veden laadun kehittymistä huonoon kemialliseen tilaan luokitelluilla alueilla.

Seurantaohjelmassa on oltava riittävästi seurantapaikkoja, jotta pohjavesien luontainen tila tai ihmisen toiminnasta aiheutuva lyhyen ja pitkän ajan vaihtelu voidaan arvioida luotettavasti. Jos on mahdollista, että pohjaveden hyvää tilaa ei saavuteta, seuranta- paikat, -tekijät ja -tiheys on valittava siten, että voidaan selvittää, miten vedenotto, muu ihmisen toiminta ja pohjaveden purkautuminen vaikuttavat pohjaveden tilaan. Seurantapaikat on valittava niin, että ne osoittavat parhaiten pohjavesimuodostuman määrällisen ja kemiallisen tilan.

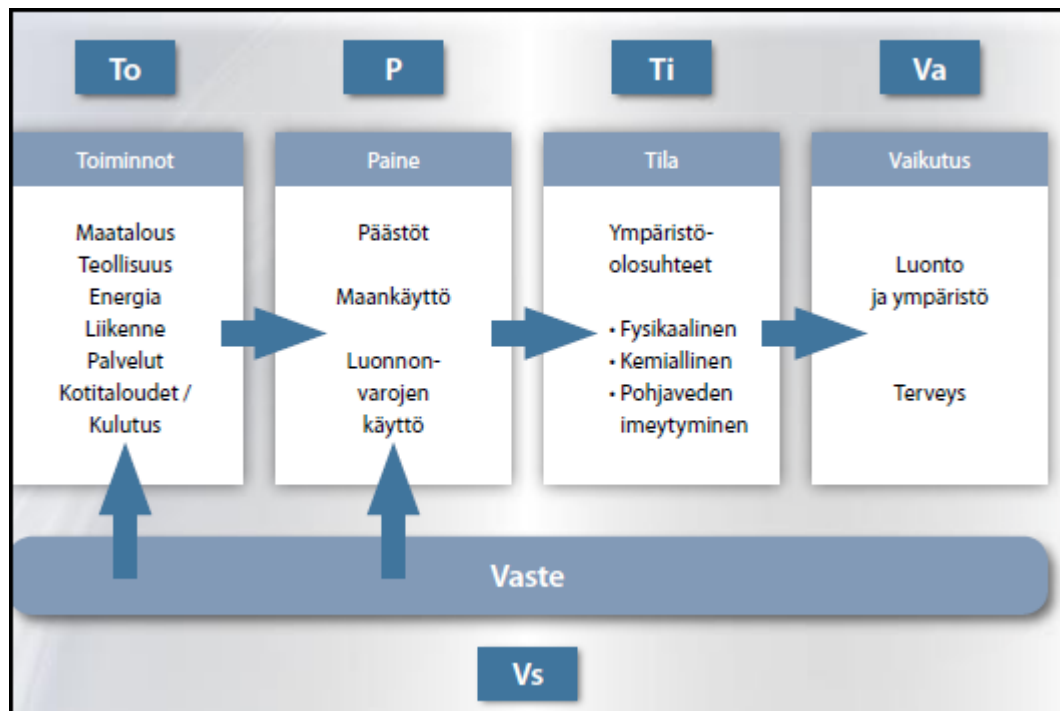
4.2 Kemiallisen tilan arvioinnin perusta

Vesien suojelemissuunnitteluun sisältyvän pohjavesien kemiallisen tilan arvioinnin perustana on pohjavesiin kohdistuvien ihmistoimintojen aiheuttamien paineiden tunnistaminen. Vesipuidedirektiivin (2006/60/EY) 5 artiklan mukaan jäsenvaltioiden on huolehdittava, että jokaisella vesienhoitoalueella tehdään ominaispiirteiden analysointi sekä tarkastelu ihmistoimintojen vaikutuksesta pohjaveden tilaan.

Pohjavesien kemiallisen tilan arviointi sisältyy kokonaisuuteen, johon vaikuttavat alueella olevat toiminnot, paineet, tila, vaikutukset ja vaste. Ominaispiirteiden tarkastelu

sisältää ihmistoimintojen pohjaveden laatuun aiheuttamien paineiden ja vaikutusten analysoinnin sekä niiden pohjavesimuodostumien, jotka eivät todennäköisesti saavuta puitedirektiivin ympäristötavoitteita, tunnistamisen riskialueiksi. (Euroopan Komissio 2008, 11, 12) Huonossa tilassa oleviin alueisiin vaikutetaan vesienhoitosuunnitelmissa ja toimenpideohjelmissa esitetyillä toimilla (vasteet). Tätä kokonaisuutta selvennetään kuvassa 4.

Pohjaveden kemiallisen tilan arviointi on keskeisessä osassa pohjavesille tehtävässä riskitarkastelussa. Se luo yhdessä määrällisen tilan arvioinnin kanssa pohjan mahdollisesti tarvittavien kunnostustoimien laatimiselle sekä näiden vaikutusten seurannalle.



KUVA 4. Riskitarkastelun periaate (Euroopan Komissio 2008, 12)

4.3 Kemiallisen tilan arviointi hoitokaudella 2010-15

Pohjavettä uhkaavat toiminnot selvitettiin ja alueet luokiteltiin Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksessa asiantuntija-arviona. Pohjavesien osalta luokitte- luun on sisällytetty I - ja II -luokan pohjavesialueet. Näille alueille kohdistuvat ihmis- toiminnan paineet on selvitetty ja koottu vesienhoitosuunnitelmiin. Paineita (kuormi- tusta) pohjavesille aiheutuu asutuksesta, maa- ja metsätaloudesta, maa-ainesten otosta, liikenteestä ja tienpidosta, maa- ja rautatiekuljetuksista, ilmansaasteista, muusta kemi- alliseen tilaan vaikuttavasta toiminnasta sekä pilaantuneista maa-alueista.

4.3.1 Paineiden tunnistaminen

Suunnittelukaudelle 2010-15 pohjavesiin kohdistuvien paineiden tunnistamisessa hyödynnettiin CORINE Land Cover 2000 -aineistoa (CLC -aineisto). Kotasen (2012) mukaan kyseisen aineiston avulla tunnistettiin ne pohjavesialueet, joilla eri toimintojen paineet ja mahdolliset vaikutukset pohjaveteen olivat suurimmat. Etelä-Savossa pohjavesien osalta ihmistoimintojen paineiden tarkastelu tehtiin suunnittelukaudelle 2010-15 tarkemmin asuinalueiden (tiiviisti ja väljästi rakennetut alueet), teollisuuden, palveluiden, maa-ainesten ottoalueiden ja peltoviljelyn osalta.

Maankäyttömuotoon perustuvassa painetarkastelussa yhdistettiin I - ja II -luokan pohjavesialueiden pinta-alatieto sekä kyseisten alueiden maankäyttötieto. Käytännössä painetarkastelussa verrattiin eri ihmistoiminnon (esimerkiksi peltojen) pinta-alan suhdetta koko pohjavesialueen pinta-alaan (varsinainen muodostumisalue ja reunavyöhyke). Tarkastelun tuloksena saatiin määriteltyä ne pohjavesialueet, joilla eri ihmistoimintamuotojen paineet olivat prosentuaalisesti suurimmat. Nämä kohteet nimettiin selvityskohteiksi, joille tehtiin tarkempi tarkastelu riskikohteiden nimeämiseksi. Merkittävimmit painetarkasteluun liittyvät tulokset on koottu Etelä-Savon pohjavesien hoidon toimenpideohjelmaan 2010-15 (kts. Petäjä-Ronkainen ym. 2009, 24 - 34).

Tarkasteltaessa suunnittelukauden 2010-15 painevertailun tuloksia voidaan todeta, että lähes kaikilla paineisiksi (selvityskohteet) tunnistetuilla alueella on useampia tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa pohjaveden kemialliseen tilaan. Usealla alueella sijaitsee myös pilaantuneista maa-alueita. Pilaantuneilla alueilla on ollut merkitystä asiantuntija-arviointina tehdyssä riskialuetarkastelussa mm. Kotkatharjun, Tervaruukinsalon, Pursialan, Hanhikankaan, Huosiuskankaan, Kuortin, Punkasalmen, Ruutanaharjun sekä Rauhanimen alueiden paineiden ja riskien arvioinnissa. Lisäksi voidaan todeta, että usein alueella on useampia painetekijöitä, joiden takia alue on voitu nostaa riskialueeksi.

4.3.2 Riskialueiden tunnistaminen

Yhdistämällä painetarkastelutieto sekä asiantuntijoiden arvio paineiden merkittävydestä, saatiin selville riskinalaiset pohjavesialueet (taulukko 1). Petäjä-Ronkaisen (2012) mukaan riskien arviointi tehtiin asiantuntijaryhmässä, jossa kullekin arvioita-

valle toiminnalle (paineille) annettiin arvoja välillä 0 - 3. Jos pohjavesialueella ei sijainnut ko. toimintaa, annettiin riskitekijälle arvo 0. Mikäli toiminta sijoittui pohjavesialueelle, mutta sijoittuminen tai sen toiminnallinen ja tekninen pohjaveden suojaustaso olivat riittävää tasoa, eikä toiminnasta em. vuoksi arvioitu aiheutuvan pohjaveden laadun (tai määrän) muuttumista, pohjaveden pilaantumista tai sen vaaraa, annettiin riskitekijälle arvo 1 (ei riskiä tai riski merkityksetön). Niille toiminnoille, jotka aiheuttavat tai voivat aiheuttaa muutoksia pohjaveden laadussa (tai määrässä), annettiin riskin suuruuden perusteella riskitekijälle arvo 2 (kohtalainen riski) tai 3 (riski on suuri). Eri riskitekijöiden pisteyttämisen jälkeen pohjaveteen kohdistuvaa kokonaisriskiä arvioitiin asiantuntija-arviona asteikolla 0-3. Pohjavesialue nimettiin riskialueeksi mikäli riskinarvioinnin tulosten perusteella yksi tai useampi toiminta tai sektori aiheutti kohtalaisen tai suuren riskin (2 tai 3), josta aiheutui pohjavesialueen kokonaisriskiarvoksi 2 tai 3; tai alueella sijaitsi useita alhaisen riskin aiheuttavia kohteita, ja tämän vuoksi pohjavesialueen kokonaisriskiarvoksi annettiin 2 tai 3.

Edellisen lisäksi pohjavesialue nimettiin riskialueeksi, jos alueelta oli käytettävissä riskejä kuvaavia laatutietoja ja pohjavesialueen yhdessä tai useammassa havaintopai-
kassa oli todettu orgaanisia haitta-aineita yli laboratorion määritysrajan, epäorgaanisen haitta-aineen pitoisuus ylitti asetetun ympäristölaatunormin tai nitraattipitoisuus ylitti arvon 15 mg/l. Eri haitta-aineiden kansalliset ympäristölaatunormit on esitetty liitteessä 1. Petäjä-Ronkaisen (2012) mukaan epäorgaanisten aineiden osalta ihmistöiminnan vaikutus on erotettu luontaisesta taustapitoisuudesta siten, että havaitusta haitta-ainepitoisuudesta on vähennetty taustapitoisuus. Taustapitoisuutena on käytetty eri lähteistä saatavia pohjaveden yleisiä, koko maan kattavia, arvoja. Etelä-Savon riskinalaiset pohjavesialueet on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Etelä-Savon I - ja II -luokan pohjavesialueet, jotka on arvioitu riskinalaisiksi (Petäjä-Ronkainen ym. 2010, 21)

Kunta	Pohjavesialue	Hyvän tilan vaarantavat haittatekijät pohjavedessä
Joroinen	Kotkatharju	Ei osoitettavissa tutkituilta osilta
Joroinen	Tervaruukinsalo	Ei osoitettavissa tutkituilta osilta
Kerimäki	Kokkomäki	Ei osoitettavissa tutkituilta osilta
Kerimäki	Kulenoisharju	Ei osoitettavissa tutkituilta osilta
Mikkeli	Pursiala	PAH-yhdisteet, liuotinaineet, kloorifenolit, torjunta-aineet, öljy-yhdisteet, raskasmetallit, kloridi
Mikkeli	Hanhikangas	Ei osoitettavissa tutkituilta osilta
Mikkeli	Huosiuskangas	Ei osoitettavissa tutkituilta osilta
Mikkeli	Porrassalmi	Ei osoitettavissa tutkituilta osilta
Pertunmaa	Kuortti	Triklloorieteeni
Pertunmaa	Pertunmaa kk	Ei osoitettavissa tutkituilta osilta
Pieksämäki	Hiidenlampi	Ei osoitettavissa tutkituilta osilta
Pieksämäki	Löytynlampi/	Ei osoitettavissa tutkituilta osilta
Pieksämäki	Naarajärvi	heksatsinoni, terbutylatsiini, terbutylatsiini-desetyyli, lenasiili, atratsiini, atratsiini-desetyyli, BAM
Punkaharju	Punkasalmi	desetyyli-desisopropyliatratsiini, desisopropyli-atrasiini
Ristiina	Parkatinkangas	Ei osoitettavissa tutkituilta osilta
Rantasalmi	Ruutanaharju	nitraatti
Sulkava	Rauhaniemi	kloorifenolit

4.3.3 Arvio kemiallisesti huonossa tilassa olevista pohjavesialueista

Niille alueille, joiden pohjavedessä oli havaittu haitta-aineiden ympäristölaatuunormin ylityksiä, tehtiin tarkentava kemiallisen tilan arviointi. Arvioinnissa huomioitiin viisi erilaista tekijää: haitallisen aineen esiintymien laajuus pohjavedessä, haitallisen aineen pääsy pohjavesimuodostumaan, pohjavedestä mahdollisesti aiheutuvan pintavesien kemiallisen ja ekologisen tilan heikkeneminen, pohjaveden laadun vaikutuksen arvio pohjavedestä riippuvien maakosysteemien tilan heikkenemiseen sekä juomaveden ottoon käytettävien vesimuodostumien tilan arviointi. Kemiallisen tilan arvioinnin tulokset on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Pohjaveden kemiallisen tilan arvioinnin tulokset (Petäjä-Ronkainen ym. 2010, 21)

Kemiallisen tilan testi	Riskinalainen pohjavesialue			
	Punkasalmi	Rauhaniemi	Pursiala	Kuortti
	Tila testin perusteella			
1 Haitallisen aineen esiintymien laajuus pohjavedessä	hyvä	hyvä	huono	hyvä
2 Haitallisen aineen pääsy pohjavesimuodostumaan	huono	huono	huono	huono
3 Pohjavedestä mahdollisesti aiheutuvan pintavesien kemiallisen ja ekologisen tilan heikkeneminen	hyvä	hyvä	hyvä	hyvä
4 Pohjaveden laadun vaikutuksen arvio pohjavedestä riippuvan maaekosysteemin tilan heikkenemiseen	hyvä	hyvä	hyvä	hyvä
5 Juomaveden ottoon käytettävien vesimuodostumien tilan arviointi	huono	huono	huono	huono
Kokonaisarvio kemiallisesta tilasta	huono	huono	huono	huono

Huonoon tilaan luokiteltiin 4 pohjavesialuetta: Mikkelin Pursiala, Pertunmaan Kuortti, Punkaharjun Punkasalmi ja Sulkavan Rauhaniemi. Luokituksen tuloksesta voidaan todeta, että

- haitta-aineet eivät ole levinneet kovin laajalle muilla alueella paitsi Pursialassa
- kaikilla alueilla tapahtuu haitta-aineiden pääsyä pohjaveteen
- pohjaveden pilaantumista ei aiheudu pintavesien tai pohjavedestä riippuvaisien maaekosysteemien kemiallisen tai ekologisen tilan heikkenemistä eikä pilaantumiset uhkaa pintavesimuodostumille asetettujen tavoitteiden saavuttamista
- pilaantumiset vaarantavat kaikilla alueilla otettavan juomaveden laatua
 - kaikkien ottamoiden vesissä on todettu haitta-aineita

Petäjä-Ronkaisen ym. (2010, 22) mukaan Mikkelin Pursialan ja Punkaharjun Punkasalmen alueilla todettiin nouseva kloridin pitoisuus. Lisäksi Pertunmaan Kuortin alueella todettiin nouseva tri- ja tetrakloorieteenipitoisuus. Alueet, joilta ei ollut käytävissä laatutietoa, luokiteltiin selvityskohteiksi. Näillä alueilla tulee tehdä perusseuranta ihmistoimintojen vaikutusten selvittämiseksi.

4.4 Kemiallisen tilan arviointi hoitokaudelle 2016-21

Arvioinnin aluksi tarkastellaan edellisen luokittelun jälkeen ihmistoiminnan aiheuttamissa paineissa mahdollisesti tapahtuneita muutoksia. Tarkastelu tehdään vertaamalla maankäytössä (maanpeitteisyydessä) vv. 2000-06 tapahtuneita muutoksia. Tarkastelun

tavoitteena on arvioida tuleeko painetarkastelu suorittaa kokonaan uudelleen suunnittelukautta 2016-21 varten, vai onko edellisellä suunnittelukaudella tehty arviointi riittävä myös toista suunnittelukautta ajatellen. Tämän jälkeen arvioidaan tarvitaanko uutta riskialuetarkastelua. Mikäli pohjavesialueisiin kohdistuvissa ihmistoimintojen paineissa ei ole tapahtunut muutoksia, edellisellä suunnittelukaudella tehty riskialuetarkastelu on ennalta arvioiden riittävä. Tämän jälkeen suoritetaan pohjavesialueiden kemiallisen tilan luokittelu vuonna 2012 tehdyn ohjeen mukaisesti. Luokittelussa hyödynnetään ympäristöhallinnon pohjavesitietojärjestelmään (POVET) tallennettuja perusseurannan ja toiminnallisen seurannan tuloksia. Mikäli muita lähteitä käytetään, tästä mainitaan erikseen.

Painevertailu

Ihmistoimintojen pohjavesille mahdollisesti tapahtuneita painemuutoksia on arvioitu vertaamalla pohjavesialueilla tapahtuneita maankäyttömuutoksia (muutoksia maanpeitteisyydessä) vv. 2000-06. Uusi maanpeitteisyysaineisto valmistuu vuonna 2012, mutta sitä ei ollut käytettävissä tässä työssä. Arvioinnissa on hyödynnetty Corine Land Cover 2000 ja 2006 -aineistoja. Aineiston perustana on hierarkkinen, satelliittikuva-aineistoon perustuva, luokittelujärjestelmä, jossa maankäyttöluokat on jaoteltu 3 tasolle, jossa on 31 maankäyttöluokkaa. Aineisto sisältää Suomen maanpeitetiedot 25*25 metrin tarkkuudella.

Vertailun ensimmäisessä vaiheessa eri pohjavesialueiden maankäyttöluokat (maanpeiteaineisto) muokattiin vastaamaan tosiaan. Vuoden 2000 aineistoa käsiteltiin siten, että neljännen tason luokat yhdistettiin kolmannen tason luokiksi.

Toisessa vaiheessa saadut kolmannen tason maanpeiteaineisto yhdistettiin ensimmäisen tason pääluokiksi. Pääluokat olivat

- rakennetut alueet
- maatalousalueet
- metsät, avoimet kankaat ja kalliomaat
- kosteikot ja avoimet suot sekä
- vesialueet

Kolmannessa vaiheessa laskettiin eri maanpeiteluokkien (edellä esitetyt maankäyttömuodot) pinta-alojen prosentuaalinen suhde ko. pohjavesialueen koko pinta-alaan molempien vuosien aineistoille. Neljännessä vaiheessa suoritettiin vähennyslasku, jossa pohjavesialueiden vuoden 2006 maanpeiteaineistosta (%) vähennettiin vuoden 2000 maanpeiteaineisto (%). Jos saatu vertailuluku (erotus) on positiivinen, on ko. maankäyttömuoto lisääntynyt pohjavesialueella ja jos vertailuluku on negatiivinen, on maankäyttömuoto vähentynyt ko. pohjavesialueella.

Tämän jälkeen aineistoa käsiteltiin siten, että taulukosta poistettiin selvästi väärät tiedot. Tällaisia tietoja olivat niiden pohjavesialueiden tiedot, joissa muutos oli erittäin suuri ja se johtui tehdyn tarkastelun perusteella siitä, että toisen vuoden tiedot puuttavat aineistosta kokonaan. Tarkasteluun otettiin mukaan I - ja II -luokan pohjavesialueita koskevat tiedot ja tämän takia taulukosta poistettiin III -luokan alueiden tiedot.

Tämän lisäksi tarkasteltiin mahdollisesti tapahtunutta maankäyttömuutosta, joka oli aiheutunut maa-ainesten oton, havumetsien ja peltoviljelyn sekä järvien osalla. Tällä tarkastelulla haluttiin selvittää tarkemmin mahdollista muutosta kolmannen tason maanpeitteisyysaineistossa. Järvien osalta tapahtunutta muutostietoa voitiin hyödyntää arvioitaessa tehdyn tarkastelun ja lähtöaineiston luotettavuutta. Luotettavuutta arvioitaessa tarkasteltiin voisiko eri alueilla tapahtuneet muutokset johtua mahdollisesti ainoastaan siitä, että toisessa luokituksessa yksittäinen ruudukko (pikseli) on rajattu kuulumaan pohjavesialueeseen ja toisessa sen ulkopuolelle tai onko yleistys aiheuttanut tapahtuneet muutokset. Maankäytössä (maanpeitteisyydessä) tapahtuneet muutokset on esitetty liitteessä 2.

Pohjaveden kemiallisen tilan arvioinnin periaatteet ja lähtökohdat

Kemiallisen tilan arviointi tulee tehdä ohjeistuksen mukaan riskialueille, eli pohjavesimuodostumille, jotka vaikutusarvioinnin ja lisäselvitysten perustella eivät mahdollisesti saavuta hyvää kemiallista tilaa.

Pohjavesialueet, joilla ei ole ihmistoiminnasta aiheutuvaa riskiä pohjaveden laadulle, luokitellaan automaattisesti hyvän tilaan. Pohjavesi on hyvässä tilassa myös aina, jos yhdessäkään havaintopisteessä ei todeta minkään haitta-aineen osalta ympäristönlaadunormin ylityksiä. Tämän lisäksi vesienhoitoasetuksen (1040/2006) 14c §:n mukaan,

vaikka ympäristölaatunormit ylittyisivät, pohjavesimuodostuman kemiallinen tila voidaan luokitella hyväksi jos pilaavan aineen pitoisuus pohjavesimuodostumassa ei aiheuta merkittävää ympäristöriskiä ja pilaavan aineen pitoisuus ei ole merkittävästi heikentänyt pohjavesimuodostuman soveltuvuutta tarkoitukseen, johon sitä voitaisiin käyttää. Jos arviointiperusteet ylittyvät vain rajallisessa bluumissa (saastepilvi), luokitellaan pohjavesimuodostuma hyvään tilaan, jos se ei

- vaaranna muun pohjavesimuodostuman käyttöä talousveden raakavetenä
- vaaranna pohjavesimuodostumaan yhteydessä olevien pintavesien ympäristötavoitteiden toteutumista tai olennaisesti huononna niiden ekologista tai kemiallista laatua
- aiheuta olennaista haittaa pohjavesimuodostumasta riippuvaisille maaekosysteemeille

Kemiallisen tilan arviointia tehtäessä käytetään haitta-aineiden vuosikeskiarvoja ja suositeltava tarkasteltava aikaväli on kaksi vuotta. Pidempää, esimerkiksi kuuden vuoden aikaväliä, voidaan käyttää jos on tarve minimoida lyhyellä aikavälillä mahdollisesti tapahtuvaa laatuvaihtelua. (Juvonen 2012)

Luonnollisten päästölähteiden huomioiminen

Kemiallisen tilan arvioinnin tavoitteena on arvioida ihmistoiminnan vaikutuksia pohjavesimuodostuman tilaan. Tämän takia mm. kallio- ja/tai maaperästä pohjaveteen kulkeutuvien epäorgaanisten aineiden osalta pohjavedessä havaitusta pitoisuudesta vähennetään pohjavesimuodostumalle ominainen taustapitoisuus. Etelä-Savon pohjavesimuodostumien taustapitoisuuksia on selvitetty eri tutkimusten yhteydessä. Tässä työssä taustapitoisuuksina käytetään näitä (Raikuu/6A/02, Herajärvi/6-08, Valkeisenkangas/Hp12-1A, Pistohiekka/Hp8A ja Juuvinkangas/205) tietoja (taulukko 3). Jos jäännöspitoisuus on suurempi kuin ko. aineelle asetettu ympäristölaatunormi, pohjaveden kemiallinen laatu luokitellaan huonoksi huomioiden kuitenkin mitä tässä kappalessa muualla esitetään.

TAULUKKO 3. Eräiden aineiden taustapitoisuuksia Etelä-Savon pohjavesissä

Aine	Taustapitoisuus
Elohopea [$\mu\text{g/l}$]	0,002
Kadmium [$\mu\text{g/l}$]	0,02

Koboltti [$\mu\text{g/l}$]	0,17
Kromi [$\mu\text{g/l}$]	0,58
Kupari [$\mu\text{g/l}$]	0,5
Lyijy [$\mu\text{g/l}$]	0,47
Nikkeli [$\mu\text{g/l}$]	0,3
Sinkki [$\mu\text{g/l}$]	2,9
Antimoni [$\mu\text{g/l}$]	0,02
Aseeni [$\mu\text{g/l}$]	0,03
Ammoniumtyppi[mg/l]	2,8
Kloridi [mg/l]	0,8

Orgaanisten aineiden osalla kyseistä tarkastelua ei tehdä, koska näitä aineita ei pitäisi esiintyä luonnossa eikä siten myöskään pohjavedessä.

Erityisten alueiden huomioiminen

Paikoitellen vesien tilaan kohdistuu suojelun tai vaativan käytön vuoksi tavanomaista tiukempia ympäristötavoitteita. Näitä alueita kutsutaan vesienhoidossa erityksiksi alueiksi, joita ovat vesienhoidon järjestämisestä annetun asutuksen (1040/2006) 4 §:n mukaan mm.

- yhteisön lainsäädännön perusteella uimavedeksi määritelty alue
- Natura 2000 -verkostoon kuuluva alue, jolla veden tilan ylläpito tai parantaminen on tärkeää elinympäristön tai lajin suojelun kannalta

Suojeltavaksi uimavedeksi katsotaan Suomessa alue, jota arvioidaan käyttävän uima-kauden aikana vähintään 100 uimaria päivässä. Etelä-Savossa tällaisia uimavesialueita on yhteensä 17 kappaletta, joita yksi sijaitsee Pursialan pohjavesialueella Mikkelin Kaihussa. Etelä-Savossa kahdelle pohjavesialueelle (Joroisten Tervaruukinsalo, Mikkelin Hanhikangas) sijoittuu luontodirektiivin tarkoittama Natura -2000 -alue. (Petäjä-Ronkanen ym. 2010, 14-16) Kemiällisen tilan arvioinnin yhteydessä tulee huomioida Mikkelin Kaihun uimaranta sekä Hanhikankaan alueelle sijoittuva Hanhilampi ja niiden suojelutarpeet.

Kemiallisen tilan tarkennettu arviointi

Kemiallisen tilan arviointi perustuu pääosin Juvosen (2012) pohjaveden tilan arviointiin laatimiin julkaisemattomiin ohjeisiin. Ohjeet on tarkistettu ja laadittu 2. suunnittelukaudelle 2016-21. Arviointimenettely poikkeaa joiltakin osin 1. suunnittelukauden arvioinnista. Muun muassa haitta-aineisiin liittyvä tarkastelutapa on muuttunut. Ensimmäisellä suunnittelukierroksella haitta-aineiden maksimipitoisuuksia verrattiin ympäristölaatunormeihin. Toisella kierroksella vertailu perustuu vuosikeskiarvojen vertaamiseen ympäristölaatunormeihin. Myös tarkastelujakson pituuteen on tehty muutoksia.

Pohjaveden kemiallisen tilan arviointi tehdään riskialueiksi luokitelluille pohjavesimuodostumille, jotka tehdyn vaikutusarvioinnin ja lisäselvitysten perustella eivät mahdollisesti saavuta vesiensuojelulle asettua hyvää tilaa. Mikäli yhdenkään kemialliselle tilalle asetetun ympäristölaatunormin pitoisuus ylittyy yhdessä tai useammassa pohjaveden seuranpisteessä, tulee pohjavesimuodostumalle tehdä tarkentavat kemiallisen tilan testit. Tämän jälkeen arvioidaan, osoittaako tämä laajempi kokonaisarvio pohjavesimuodostuman huonoa tilaa.

Tarkentavissa testeissä arvioidaan

- haitallisen aineen laajuus pohjavesimuodostumassa
- suolaantumisen tai muu haitallisen aineen pääsy pohjavesimuodostumaan
- pohjavedestä mahdollisesti aiheutuva pintavesien kemiallisen tai ekologisen tilan heikkeneminen
- pohjaveden laadun vaikutus pohjavedestä riippuvien maaekosysteemien tilan heikkenemiseen
- vaarantaako pohjavesimuodostumassa oleva pilaava aine muodostumasta otettavan juomaveden laadun

Jos yksi testi osoittaa huonoa kemiallista tilaa, se ei automaattisesti tarkoita koko pohjavesimuodostuman huonoa tilaa. Kemiallisen tilan kokonaisuusarvio tulee tehdä arvioimalla sen vaikutuksia herkipään tekijään (vedenotto, maaekosysteemi, pintavesiekosysteemi). Tarkentavan arvioinnin yhteydessä tarkastellaan mikä on haittaainetta sisältävän pilaantumisen kulkeutumisreitti ja mihin tekijään (reseptoriin) pilaantuma vaikuttaa merkittävimmin. Jos reseptoreja on useampia, valitaan niistä herkin, eli

se jossa vaikutukset ilmenevät ensimmäisenä. Vaikutukset tähän reseptoriin valitaan jatkotarkastelun lähtökohdaksi.

Tilanteessa, jossa haitta-aineita esiintyy useammasta pisteestä pohjavesimuodostuman eri osissa, mutta niillä millään ei ole vaikutusta mihinkään reseptoriin, kemiallinen tila luokitellaan pohjavesimuodostuman hyväksi. Jos kuitenkin on merkkejä haitta-aineen tai -aineiden leviämisestä ja maaekosysteemi, pintavesiekosysteemi tai juomaveden laatu on tämän takia uhattuna, voidaan kemiallinen tila luokitella huonoksi.

Rajaukset tarkennettuun arviointiin

Etelä-Savossa ei ole todettu pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokittelun yhteydessä pohjaesimuodostuman vedenlaadusta johtuvia kemiallisen tai ekologisen tilan muutoksia. Pohjavesimuodostumiin ei myöskään liity sellaisia pintavesimuodostumia, jolle asetettua tilaa ei saavutettaisi johtuen pohjavedessä todetuista haitta-aineista. Erityisten alueiden osalta tulee huomioida Pursialan alueella oleva uimaranta ja Hanhikankaan alueella oleva Natura-alue.

Haitallisten aineiden laajuuden merkitys tehdään arvioimalla, koska käytettävissä ei ole riittävästi tietoa laajuuden määrittämiseen. Laajuudet arvioidaan mittaamalla likimääräiset oletettujen pilaantumien pinta-alojen laajuudet karttapalvelun ja tehtyjen haitta-ainetutkimusten avulla. Tätä pinta-alaa verrataan POVET -järjestelmästä saatavaan kyseisen pohjavesialueen pinta-alaan.

Etelä-Savon alueella ei ole pohjaveden määrälliseen tilaan liittyviä uhkia. Tältä osin tarkennettu arviointi juomaveden ottoon käytettävien muodostumien tilan arvioinnin osalta perustuu haitta-aineiden mahdollisen merkittävän nousun tarkasteluun.

Haitallisen aineen laajuus pohjavesimuodostumassa

Määriteltäessä tai arvioitaessa haitallisen aineen laajuutta pohjavesimuodostumassa, tarkastellaan ympäristölaatonormien ylittyessä ensin onko tarpeen erotella ryhmitellyt muodostumat ja käsitellä alueita yksittäisinä muodostumina. Tämän tarkastelun jälkeen arvioidaan ylittääkö haitta-ainepitoisuus pohjaveden asetetut laatonormit merkittäväällä osalla pohjavesialueen pinta-alasta tai tilavuudesta. Haitta-aineen laajuus on

merkittävää silloin, kun se on 20 % tai enemmän pohjavesimuodostuman pinta-alasta tai tilavuudesta. Tätä laajuuden kriteeriä tulee käyttää harkiten ja huomioiden etenkin pohjavesimuodostuman pinta-ala. Myös muuta prosentuaalista osuutta voidaan käyttää, ei kuitenkaan yli 20 %. Jos laajuutta ei pystytä puutteellisten tietojen, kuten puutteellisen havaintopisteverkon, takia määrittämään, turvaudutaan laajuuden arvioimiseen.

Pilaantuneen alueen tilavuuden arviointia heikentää se, että useimmilla alueilla ei ole käytettävissä riittävää tietoa muodostuman rakenteesta eikä havaintoputkiverkko ole riittävän laaja. Myös pilaantuneen alueen pinta-alan arviointi on vaikeaa samoista syistä.

Suolaantuminen tai muun haitallisen aineen pääsy pohjavesimuodostumaan

Suolaantumisen ja haitallisten aineiden pääsyn arvioinnin yhteydessä tarkastellaan, onko pohjavesimuodostumassa riskinarvioinnin perusteella määrälliseen tilaan kohdistuva paineita. Tässä tarkastellaan, johtuuko suolaisen tai muun huonolaatuisen veden pääsy muodostumaan ihmistoiminnan aiheuttamasta pohjaveden pinnan laskusta tai virtaussuunnan muutoksesta ja onko tämän seurauksena jatkuvaa, huonolaatuisen veden pääsyä muodostumaan. Vaihtoehtoisesti tarkastellaan, ylittääkö pohjaveden haitta-aineen pitoisuus ympäristölaatunormin yhdessä tai useammassa pohjaveden seurantapistessä. Mikäli laatunormi ylittyy, tarkastellaan onko pohjaveden laadussa todettavissa yhdessä tai useammassa havaintopaikassa tilastollisesti merkittävää nousevaa haitta-aineiden pitoisuusmuutosta. Nouseva muutossuunta aiheuttaa pohjavesimuodostuman luokittelun huonoon tilaan. Lisäksi tulee tarkastella, onko vedenottoalueella (kaivot) todettu haitta-aineiden osalta merkittävää vaikutusta pohjaveden laadussa. Jos vaikutukset ovat merkittäviä, pohjavesialue luokitellaan huonoon tilaan.

Pintavesien kemiallisen tai ekologisen tilan heikkeneminen

Pintavesiin mahdollisesti aiheutuvien vaikutusten tarkennetun selvittämisen ensimmäisessä vaiheessa tarkastellaan, onko pohjaveden kanssa yhteydessä olevan pintavesimuodostuma luokiteltu olevan tilassa, ettei se saavuta pintavesille asettua hyvää tilaa. Jos pintavesien hyvä tila on vaarassa, tarkastellaan seuraavassa vaiheessa, onko pohjavedessä havaittavissa laatunormien ylityksiä sen haitta-aineen osalta, joka aihe-

uttaa pintaveden riskinalaisuuden. Jos näin katsotaan olevan, tarkastellaan seuraavassa vaiheessa ylittyvätkö haitta-ainepitoisuudet sellaisissa osissa pohjavesimuodostumaa, joista pohjaveden virtausten mukana saattaa päästä haitallisia aineita pintaveteen. Tämän jälkeen tarkastellaan, onko pintavesimuodostuma alueella muita mahdollisia päästölähteitä kyseiselle haitta-aineelle. Tämän tarkastelun jälkeen arvioidaan onko pohjaveden kautta kulkeutuvan haitallisen aineen kuormitus vähintään 50 % tai enemmän kuin muista mahdollisista lähteistä tapahtuva kuormitus. Mikäli eri tarkasteluvaiheissa todetaan, ettei väittämä toteudu luokitellaan alue hyvään tilaan. Muutoin alue luokitellaan huonoon tilaan.

Maaekosysteemien tilan heikkeneminen

Maaekosysteemeihin mahdollisesti kohdistuvien vaikutusten tarkennetun selvittämisen ensimmäisessä vaiheessa tarkastellaan onko tapahtunut pohjavedestä riippuvaisen maaekosysteemin tilan heikkenemistä. Jos heikkenemistä on tapahtunut, tarkastellaan seuraavaksi, onko pohjavedessä havaittavissa laatu normien ylityksiä sen haitta-aineen osalta, joka aiheuttaa maaekosysteemin tilan merkittävän heikkenemisen. Jos näin katsotaan tapahtuvan, tarkastellaan seuraavassa vaiheessa ylittyvätkö haitta-ainepitoisuudet sellaisissa osissa pohjavesimuodostumaa, joista pohjaveden virtausten mukana saattaa päästä haitallisia aineita maaekosysteemiin. Jos näin tapahtuu, tarkastellaan lopuksi onko mahdollista, että pohjaveden mukana kulkeutuvan haitta-aineen kuormitus on syynä maaekosysteemin tilan heikkenemiseen. Tarkasteluun otetaan mukaan ensisijaisesti pohjavesimuodostumiin dynaamisesti yhteydessä olevat vesilain tarkoittamat lähteet, lähdepurot, lähteiköt ja Natura -alueet. Mikäli eri tarkasteluvaiheissa todetaan, ettei väittämä toteudu luokitellaan alue hyvään tilaan. Muutoin alue luokitellaan huonoon tilaan.

Juomaveden ottoon käytettävien vesimuodostumien tilan arviointi

Testin aluksi tarkastellaan ylittääkö pohjavedessä olevan haitta-aineen pitoisuuden vuosikeskiarvo jonkin aineen osalta ympäristölaatu normin yhdessä tai useammassa vedenottamon kaivossa tai vedenottoalueen havaintopaikassa. Vaihtoehtoisesti tarkastellaan onko vedenottamon raakavedessä todettu ihmistoiminnasta johtuvaa nousevaa pitoisuusmuutosta alueen riskien perusteella yksilöidyn haitallisen aineen osalta (pitoisuudet voivat olla alle asetun ympäristölaatu normi). Jos näin todetaan, tarkastel-

laan seuraavaksi onko raakaveden laadun merkittävä muutos tai heikkeneminen aiheuttanut muutoksia talousveden käsittelyyn tai muutoin vaikuttanut vedenhankintaan alueella tai uhkaako nouseva pitoisuus pohjaveden laatua siten, että vedenkäsittelyn tehostaminen on tarpeen. Mikäli eri tarkasteluvaiheissa todetaan, ettei väittämä toteudu luokitellaan alue hyvään tilaan. Muutoin alue luokitellaan huonoon tilaan.

Testiä sovelletaan vedenottamoiden raakavedestä tehtyihin määrittäisiin. Alueen soveltuvuus vedenhankintaan katsotaan heikentyneen merkittävästi, jos talousveden valmistamisessa on ihmistoiminnasta aiheutuvien laatumuutosten vuoksi käsiteltävä raakavettä, jotta talousvedelle annetut laatuvaatimukset ja/tai -suositukset täyttyisivät. Tyypillisiä tilanteita ovat mm. tarve tehostaa pohjaveden käsittelyä tai tarve rakentaa lisäkaivoja tai kokonaan uusi pohjavedenotto. Myös tällöin pohjavesimuodostuman tila on tämän testin osalta huono. On huomattava, että luokitukseen ei vaikuta esimerkiksi se, että ottamo on suljettu jos tiedetään raakaveden vaativan käsittelyä ja syynä siihen on ihmistoiminta.

5 TULOKSET

Luvussa 5 esitetään tähän työhön liittyvät perus- ja toiminnallisen seurannan sekä painetarkastelun, riskialuetarkastelun ja tarkennettujen kemiallisten testien tulokset.

5.1 Perus- ja toiminnallisen seurannan tulokset

Etelä-Savossa pohjavesien seuranta on tehty huonoon kemiallisen tilaan luokitelluilla alueilla, riskikohteeksi nimetyillä alueilla, selvitystarvealueilla sekä alueilla, joiden pohjavesi on hyvässä tilassa. Tiedot kohteista ja seurantatuloksista on tallennettu POVET -järjestelmään. Seuranta-alueet ja tulosten ja käytetyn aineiston perusteella tehdyt havainnot on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Pohjaveden tilan seuranta ja tehdyt havainnot Etelä-Savon alueella

Pohjavesialue	Seurannan tarkoitus	Havainnot
Pursiala	Huono tila	Laatunormi ylittyy, 1. kierros
Kuortti	Huono tila	Laatunormi ylittyy 1. kierros

Rauhaniemi	Huono tila	Laatunormi ylittyy 1. kierros
Punkasalmi	Huono tila	Laatunormi ylittyy 1. kierros
Tervaruukinsalo	Riskialue	Ei ylityksiä
Hiidenlampi	Riskialue	Ei ylityksiä
Kulenoisharju	Riskialue	Ei ylityksiä
Hanhikangas	Riskialue	Laatunormi ylittynyt, tutkimus
Naarajärvi	Riskialue	Laatunormi ylittynyt, tutkimus
Ruutanaharju	Selvitystarve	Ei ylityksiä
Lähteelä	Ei selvitys- tai riskikohde	Ei ylityksiä
Juuvinkangas	Ei selvitys- tai riskikohde	Taustapitoisuusalue
Herajärvi	Ei selvitys- tai riskikohde	Taustapitoisuusalue
Raikuunkangas	Ei selvitys- tai riskikohde	Taustapitoisuusalue

Tehdyn seurannan mukaan Hanhikankaan ja Naarajärven riskialueilla on havaittu vv. 2010-11 tehtyjen tutkimusten yhteydessä pohjaveden haitta-aineille asetettujen ympäristönlaatunormien ylityksiä. Tämä johtaa näillä alueilla kemiallisen tilan osalta tarkentaviin testeihin. Muilla riski- tai selvitystarvealueilla ei ole havaittu ympäristönlaatunormien (kts. liite 1) ylityksiä, joten näillä alueille ei ole tarvetta kemiallisen tilan tarkennettuun arviointiin.

5.2 Hanhikangas

Hanhikankaan alueella on tehty maaperä-, pohjavesi-, vesistö- ja sedimenttitutkimuksia liittyen alueella olevaan vanhaan kyllästämöön. Kyllästämöalue sijoittuu osin Hanhikankaan tärkeän pohjavesialueen rajauksen sisäpuolelle. Kyllästämöalueella muodostuva pohjavedet purkautuvat karttatarkastelun perusteella arvioiden kohti Pankajokea, joka sijaitsee pohjavesialueen varsinaisella muodostumisalueella. Tätä olettusta tukevat myös alueelle (kyllästämön ja Pankajoen väliin) asennetuista pohjavesiputkista otetut näytteet. Putket (54, 55 ja 56) on asennettu lokakuussa 2010. Putkissa on havaittavissa yli ympäristönlaatunormin olevia kromipitoisuuksia. Pankajoen ja läheisen Hanhilammen pintavesissä ei todettu käytetystä kyllästeestä peräisin olevia haitta-aineita. Myöskään em. vesialueiden sedimenteissä ei havaittu merkittäviä pitoisuuksia kyseisiä haitta-aineita.

5.3 Naarajärvi

Naarajärven pohjavesialueen lounaisosassa on havaittu pohjaveden pilaantuneisuutta torjunta-aineilla. Vuosina 2010-11 tehdyissä tutkimuksissa on havaittu yli ympäristölaatu normien pitoisuuksia yksittäisiä torjunta-aineita (ympäristölaatu normi 0,1 µg/l) sekä torjunta-aineiden summapitoisuuksia (ympäristölaatu normi 0,5 µg/l). Ylityksiä on alueella sijaitsevien yksityisten kaivojen vedessä sekä pohjavesiputkien vedessä. Joko yksittäisen torjunta-aineelle tai torjunta-aineiden summapitoisuudelle asetettuja ympäristölaatu normin ylityksiä on havaittu kaivoissa K9, K16 ja K17. Kaivoissa K7, K10, K14, K18 ja K36 on todettu yli määritysrajan olevia, mutta alle ympäristölaatu normin olevia haitta-ainepitoisuuksia. Yksittäisistä torjunta-aineista ympäristölaatu normin ylityksiä on todettu heksatsiinin osalta (0,21 µg/l), terbutylatsiinin (0,13 µg/l), terbutylatsiini, -desetyyli (0,21 µg/l), DEA:n (aratsiini, -desetyyli) (0,3 µg/l), atratsiinin (0,36 µg/l) osalta. Kaivoissa K17 on todettu torjunta-aineiden summapitoisuus 1,21 µg/l -pitoisuus.

Torjunta-ainehavaintoja on tehty myös läheisten Hako-Palokki -järven sekä Naarajärven vedessä. Tammikuussa 2010 molempien järvien vedessä havaittiin kohonnut MCPA -pitoisuus (2-metyyli-4-kloorifenoksisietikkahappo). Hako-Palokin havaintopisteessä 328 (etelä) todettiin pitoisuus 0,12 µg/l ja havaintopisteessä 311 (pohjoinen) pitoisuus 0,46 µg/l. Naarajärven havaintopisteessä 327 todettiin pitoisuus 0,2 µg/l. Keväällä 2010 tehdyssä, hieman tammikuuta 2010 laajemmassa, seurannassa Naarajärvessä ja Naarajoessa ei todettu merkkejä torjunta-aineista. Hako-Palokki -järven pohjoisessa pisteessä (311) todettiin merkkejä atratsiinista ja terbutylatsinista. Kummankin haitta-aineen pitoisuudet olivat alle yksittäisen torjunta-aineen ympäristölaatu normin.

5.4 Painetarkastelun tulokset

Painetarkastelun mukaan, rakennettujen alueiden osalta suurimmat suhteelliset muutokset olivat yli 10 % -luokkaa. Suurimmat muutokset sijoittuivat haja-asutusalueille, kuten Pistohiekankankaalle, jossa muutoksia ei ole todellisuudessa tapahtunut. Muutosta voi selittää se, että luokassa metsät, avoimet kankaat ja kalliomaat on tapahtunut samansuuruinen ja vastakkainen muutos. Muutokset johtunevat pääosin aineistolle tehdyistä yleistyksistä.

Maatalousalueiden osalta suurin muutos oli luokkaa 8 %. Suurimmat muutokset olivat tapahtuneet Rantasalmen Kupialan ja Repomäen alueilla, jotka molemmat ovat pelto-
viljelysalueita. Verrattuna hoitokaudelle 2010-15 tehtyyn painetarkasteluun peltojen
osuus prosentuaalinen ei nouse kovin korkeaksi. Muilla alueilla suhteelliset muutokset
olivat pieniä.

Metsien, avointen kankaiden ja kalliomaiden osalta suurin muutos oli luokkaa 14 %.
Muutokset olivat negatiivisia, elikkä ko. luokan osuus oli vähentynyt. Suurin muutos
oli tapahtunut Pistohiekankankaalla. Myös Repomäen ja Kupialan alueella muutos oli
suuri. Muutokset johtunevat tulkintavirheistä rakennetun alueen ja osin myös maata-
lousmaan suhteen. Näillä alueilla rakennettujen ja maatalousmaiden osuudet olivat
kasvaneet lähes saman verran kuin metsät, avomaat ja kallioalueet olivat vähentyneet,
joten tämä selittää muutosta. Muilla alueilla muutokset olivat pieniä.

Kosteikkojen ja avointen soiden osalta suurin muutos oli luokkaa 5 %. Suurin muutos
oli tapahtunut Ritokankaan alueella. Muutosta selittänee osin vesistöjen osuuden pie-
neneminen noin 3 %:lla. Muilla alueilla muutokset olivat pieniä.

Vesialueilla suurimmat muutokset olivat luokkaa 3 %. Suurimmat muutokset olivat
tapahtuneet Seikanhajulla, Äyräsalossa, Partaharjulla, Lapsunkankaalla, Kaivannon-
harjussa, Kotkuinniemessä ja Ihanteenniemessä. Kaikki alueet rajautuvat yli 50 %
matkalta vesistöön. Muutokset johtunevat yleistyksestä (ruudukko on sijoittunut vuo-
den 2000 aineistossa eri puolelle pohjavesialuerajausta verrattuna vuoden 2006 aineis-
toon).

Kolmannen tason tarkastelun mukaan suurimmat maanottoon liittyvät muutokset ovat
maksimissaan luokkaa 7 % ja ne ovat tapahtuneet Kiermisaaren, Palokankaan ja Vii-
navaaran-Tahvananmäen alueilla. Kahdella ensimmäisen alueella on vanhastaan maa-
ainesten ottoa, joten muutos on todennäköinen. Viinavaaran-Tahvananmäen alueella
ei ilmakuvatarkastelun (2006) perusteella ole havaittavissa maa-ainestenottoa. Alueel-
la näyttäisi olevan metsänistutukseen valmisteltu (aurattu) alue. Peltoviljelyn osalta
kolmannen tason tarkastelussa nousivat jo aiemmin todettujen Kupialan ja Repomäen
lisäksi esiin Palokangas ja Seurajärvenharju. Havumetsäalueilla tapahtuneita muutok-
sia selittää vastakkaiset, lähes samansuuruiset, muutokset harvapuustoisilla alueilla.

Tarkastelussa ilmeni, että tapahtuneet muutokset ovat pääosin pieniä (keskimäärin 1 % -luokkaa) ja suurimpia muutoksia selittää mm. muissa maankäyttömuodoissa tapahtuneet vastakkaiset muutokset. Suurin osa pienistä muutoksista johtunee satelliittiaineiston tulkintavirheistä, jolloin tiettyä maankäyttömuotoa kuvaava ruudukko on sijoittunut vuoden 2000 aineistossa eri puolelle pohjavesialuerajausta tai satelliittiaineiston tulkintavaiheessa on tapahtunut sulautumista toista maankäyttömuotoa olevaan alueeseen verrattuna vuoden 2006 aineistoon. Tätä oletusta tukee se, että muutokset ovat vastaavia myös tarkasteltaessa muutoksia järvien osalta. Suurimmat muutokset ovat järvillä luokkaa 5 % ja vastaavia muissa maankäyttömuodoissa tapahtuneita pieniä muutoksia on tapahtunut myös järvien osalta. Tehdyn tarkastelun perusteella voidaan tehdä päätelmä, että suunnittelukaudelle 2010-15 tehty painetarkastelu on riittävä, eikä uutta tarkastelua tarvitse tehdä suunnittelukaudelle 2016-21.

5.5 Riskialuetarkastelun tulokset

Tehdyn painetarkastelun perusteella Viinavaan-Tahvananmäen pohjavesialue luokitellaan uudeksi riskialueeksi. Alueella on tehty laajoja hakkuita ja muita metsätalouden toimia. Riski pohjavedelle voidaan arvioida kohtalaiseksi (2) tai suureksi (3). Muilla alueilla maankäytön muutokset ovat pieniä ja näiden alueiden osalta ei ole tarvetta tehdä uutta riskialuetarkastelua.

5.6 Tarkennettujen kemiallisten testien tulokset

Tarkennetut kemiallisen tilan testit tehdään Kuortin, Punkasalmen, Rauhanimen, Pursialan sekä Hanhikankaan ja Naarajärven alueille. Neljä ensimmäistä riskialuetta luokiteltiin vesienhoidon ensimmäisellä suunnittelukierroksella huonoon tilaan ja alueilla on todettu seurannassa yli ympäristölaatunormin olevia haitta-ainepitoisuuksia. Kahdella jälkimmäisellä aiemmin riskialueeksi luokitellulla alueella on tapahtunut sellaisia kemialliseen tilaan liittyviä muutoksia (ympäristölaatunormin ylityksiä), että uuden kemiallisen tilan arviointiin liittyvän ohjeen mukaan alueille tulee tehdä tarkentavat kemiallisen tilan testit. Muilla seurannassa olevilla riski- tai selvitystarvealueilla vastaavia muutoksia ei ole tapahtunut.

5.6.1 Kuortin alue

Kuortin alue on luokiteltu ensimmäisen suunnittelukierroksen yhteydessä huonon tilaan alueella havaittujen kohonneiden liuotinpitoisuuksien (trikloorietyleeni = trikloorieteeni) takia. Haitta-ainetta on esiintynyt vedenottamon raakavedessä sekä alueen pohjaveden havaintoputkissa. Suurimmat ja merkittävimmät haitta-ainepitoisuudet on todettu havaintoputkessa Hp2. Kemiallisessa seurannassa ovat mukana raakavesi (H12) sekä havaintoputki Hp2. Seurantatulokset trikloorieteenin osalta on esitetty taulukossa 5. Ympäristönlautunormi on 5 µg/l (summapitoisuus tri- ja tetrakloorieteeni).

TAULUKKO 5. Kuortin pohjavesialueen tri- ja tetrakloriteenin summapitoisuudet ja vuosikeskisarvot havaintopisteissä H12 ja Hp2 vv. 2010-11

Hp2	24.5.10	26.10.10	16.5.11	10.10.11		Keskiarvo 2010/2011/vv. 2010-11
[µg/l]	14	66	6	9		40/7,5/24
H12	23.2.10	30.6.10	31.8.10	22.3.11	24.8.11	
[µg/l]	9	7	11	10	9	9/9,5/9

Vuosien 2010 ja 2011 trikloorieteenin keskiarvopitoisuudet sekä vv. 2010-11 vuosikeskiarvopitoisuudet ylittävät asetetun ympäristönlautunormin havaintoputkessa Hp2. Tämä edellyttää tarkentavien kemiallisten testien tekemistä. Myös raakavesikaivon vuosikeskiarvot ylittävät ympäristönlautunormipitoisuuden. Pilaantuma kulkeutuu pohjavedenottamolle ja vaikutukset näkyvät siellä ensimmäisenä, joten tämä reseptori valitaan tarkastelun lähtökohdaksi.

Haitallisen aineen laajuus muodostumassa

Kuortin pohjavesialueen pinta-ala on 70 hehtaaria. Arvioidun pilaantumalan laajuus (200m*100m) on 2 hehtaaria. Pilaantumalan prosentuaalinen osuus koko pohjavesialueen pinta-alasta on noin 3 %. Pohjavesialueella ei ole laajoja rakennettuja alueita, jotka vähentäisivät merkittävästi muodostuvan pohjaveden määrää. Pilaantumalan laajuuden osalta muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa.

Suolaantuminen tai haitallisen aineen pääsy muodostumaan

Kuortin alueella ei ole määrälliseen tilaan kohdistuvia uhkia, joten tältä osin tarkastelu perustuu mahdollisiin haitta-aineiden ympäristölaatumien ylityksiin sekä niiden vaikutuksiin vedenottoalueella. Vesienhoidon ensimmäisellä jaksolla alueella todettiin nouseva triklooriteneenin pitoisuus. Pitoisuus on vaihdellut havaintoputkessa Hp2 melko voimakkaasti vv. 2010-11. Suurin pitoisuus on todettu syksyllä 2010. Tämän jälkeen pitoisuus on laskenut tasolle 10 µg/l. Tarkastelujaksolla haitta-aineilla on laskeva trendi, joka osoittaa, että haitta-aineita ei pääsisi enää muodostumaan. Tältä osin muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa. Haitta-aineita on esiintynyt vedenottamon raakavedessä, joka aiheuttaa alueen luokittelun huonoon tilaan.

Vaikutukset pintavesien kemialliseen tai ekologiseen tilaan

Kuortin pohjavesimuodostumaan ei liity tai ole yhteydessä sellaisia pintavesimuodostumia, joiden kemiallinen tai ekologinen tila olisi heikentynyt tai olisi vaara, ettei pintavesimuodostumille asettua tilaa saavutettaisi. Tämän tekijän osalta muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa.

Vaikutukset pohjavedestä riippuviin maaekosysteemeihin

Kuortin pohjavesialueella ei ole pohjavedestä riippuvia maaekosysteemejä, joten tämän tekijän osalta muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa.

Vaikutukset juomaveden laatuun

Raakavesikaivon vuosien 2010-11 keskiarvopitoisuus ylittää ympäristölaatumormin noin 2 -kertaisesti. Ottamolle ollaan suunnittelemassa puhdistuslaitteistoa. Kuortin pohjavesialue luokitellaan näillä perusteilla huonoon kemialliseen tilaan.

Huomioitavaa

Koska haitta-aine on vettä raskaampaa, on sille ominaista kulkeutua pohjavesikerroksen pohjaosaan. Vuoden sisällä ja eri vuosien välillä tapahtuvat pitoisuusvaihtelut voivat täten olla merkittäviä. Nämä tekijät vaikeuttavat pilaantumisen laajuuden selvittä-

mistä ja arviointia. Laajuuden (tilavuus, pinta-ala) selvittäminen vaatii alueella tehtävää rakenneselvitystä sekä virtausmallinnusta. Selvityksistä saatavan tiedon perusteella alueelle tulee asentaa tarvittaessa lisäputkia pilaantumisen laajuuden selittämiseksi. Rakenneselvitys ja virtausmalli antaisivat lähtökohdat pilaantumisen laajuuden tarkempaan määrittämiseen. Mallinnustietoja voisi hyödyntää myös päästölähteen etsimisessä ja mahdollisten kunnostustoimien suunnittelemisessa ja toteuttamisessa.

5.6.2 Punkasalmen alue

Punkasalmen alue on luokiteltu ensimmäisen suunnittelukierroksen yhteydessä huonon tilaan alueella havaittujen kohonneiden torjunta-ainepitoisuuksien takia. Torjunta-aineita on esiintynyt vedenottamon raakavedessä ja ottamolta lähtevässä vedessä. Muissa alueella olevissa yksityisissä kaivoissa tai pohjaveden tarkkailuputkissa ylityksiä ei ole todettu. Kemiallisessa perusseurannassa ovat mukana vedenottamon kaivo H1 ja kaivo SK sekä pohjaveden havaintoputket PUN1 ja PUN4. Toiminnallisessa seurannassa ovat havaintoputket PUN1 ja PUN3. Yksittäisen torjunta-aineen ympäristölaatu normi on 0,1 µg/l ja torjunta-aineiden summapitoisuudelle 0,5 µg/l. Tämän lisäksi havaintopisteestä PUN1 tehdään kloridipitoisuusseuranta nousevan trendien selvittämiseksi. Kloridin ympäristölaatu normi on 25 mg/l. Torjunta-aineiden osalta tulokset on esitetty taulukossa 5 ja kloridin osalta taulukossa 7.

TAULUKKO 6. Punkasalmen alueen kuilukaivon torjunta-aineiden summa- ja DIA -pitoisuudet vv. 2010-11

	Summapitoisuus [µg/l]	DIA -pitoisuus [µg/l]
22.11.2011	0,32	0,10
17.5.2011	0,47	0,14
23.11.2010	0,45	0,13
28.7.2010	0,30	0,08
24.3.2010	0,38	0,09
Keskiarvo 2010/2011/vv. 2010-11	0,38/040/0,38	0,10/0,12/0,11

Torjunta-aineiden summapitoisuuden vuosikeskiarvo ei ylitä ympäristölaatu normipitoisuutta. Yksittäisen torjunta-aineen (DIA, simatsiin tai atratsiin hajoamistuote) vuosikeskiarvopitoisuudet ylittyvät kuilukaivossa (raakavesikaivo).

TAULUKKO 7. Kloridiseurannan tulokset havaintopisteessä PUN1, PUN3 ja kuilukaivossa vv. 2003-11

Piste	14.6.06	3.5.07	2.8.07	19.5.10	9.11.10	22.5.11	2.11.11
PUN1 [mg/l]	15	5	3	6	15	5	12
	3.5.07	2.8.07					
PUN3 [mg/l]	170	210					
Kuilukaivo	15.1.2.03	16.11.04	13.7.07	15.7.08	14.7.09		
	10	9	8	8	7		

Havaintoputkesta PUN1 vv. 2006-11 kloridipitoisuudet ovat vaihdelleet välillä 3-15 mg/l. Putkessa ei ole tapahtunut ympäristölaatunormin ylityksiä. Havaintoputkessa PUN3 kloridipitoisuus on ylittänyt vuonna 2007 ympäristölaatunormin selvästi. Pitoisuudessa näyttäisi olevan nouseva suuntaus, mutta tulosten niukkuuden takia pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei voi tehdä. Mikäli pitoisuusmuutos seuraa havaintoputken PUN1 vuosittaisvaihtelua, niin muutos voi johtua siitä, että pitoisuudet ovat yleensäkin korkeampia syksyllä kuin keväällä. Havaintoputki PUN3 ei ole ollut edustava (kallioiden rajaama pienialainen alue), eikä sitä seurata enää. Ottamon kuilukaivossa kloridipitoisuudet ovat olleet tasolla 10 mg/l vv. 2003-09, eikä kloridin ympäristölaatunormin ylityksiä ole tapahtunut. Pitoisuudet ovat kuitenkin hieman koholla luonnontilaisen verrattuna. Haitta-aineet ovat kulkeutuneet pohjavedenottomolle ja vaikutukset näkyvät siellä ensimmäisenä, joten tämä reseptori valitaan tarkastelun lähtökohdaksi.

Haitallisen aineen laajuus muodostumassa

Punkasalmen pohjavesialueen pinta-ala on 82 hehtaaria. Arvioidun torjunta-aineilla pilaantuneen alueen laajuus (100m*100m) on 1 hehtaari. Kloridilla pilaantuneen alueen laajuus on (50m*200m) 1 hehtaari. Pilaantumien prosentuaalinen osuus koko pohjavesialueen pinta-alasta on noin 2,5 %. Pohjavesialueella ei ole laajoja rakennettuja alueita, joka vähentäisi merkittävästi muodostuvan pohjaveden määrää. Pilaantumien laajuuden osalta muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa.

Suolaantuminen tai haitallisen aineen pääsy muodostumaan

Punkasalmen alueella ei ole määrälliseen tilaan kohdistuvia uhkia, joten tarkastelu perustuu tältä osin mahdollisiin haitta-aineiden ympäristölaatumormien ylityksiin sekä niiden vaikutuksiin vedenottoalueella. Kloridin osalta, pois lukien seurannasta poistetun havaintoputken PUN3 tuloksia, ympäristölaatumormin ylityksiä ei ole todettu. Tältä osin muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa. Yksittäisiä torjunta-aineita on todettu vedenottamon raakavedessä, mutta ei pohjavesialueelle asennetuissa pohjaveden havaintoputkissa. Haitta-aineen esiintyminen vedenottamon raakavedessä aiheuttaa alueen luokittelun huonoon tilaan.

Vaikutukset pintavesien kemialliseen tai ekologiseen tilaan

Punkasalmen pohjavesimuodostumaan ei liity tai ole yhteydessä sellaisia pintavesimuodostumia, joiden kemiallinen tai ekologinen tila olisi heikentynyt tai olisi vaara, ettei pintavesimuodostumille asettua tilaa saavutettaisi. Tämän tekijän osalta muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa.

Vaikutukset pohjavedestä riippuviin maaekosysteemeihin

Punkasalmen pohjavesialueella ei ole pohjavedestä riippuvia maaekosysteemejä, joten tämän tekijän osalta muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa.

Vaikutukset juomaveden laatuun

Yksittäisen torjunta-aineen vuosikeskiarvopitoisuus ylittää raakavesikaivossa ympäristölaatumormipitoisuuden. Vedenottamon vedenkäsittelyä aiotaan tehostaa rakentamalla käsittelylaitteisto torjunta-aineiden poistamiseksi. Punkasalmen pohjavesialue luokitellaan näillä perusteilla tältä osin huonossa kemiallisessa tilassa.

Huomioitavaa

Laajuuden (tilavuus, pinta-ala) selvittäminen vaatii alueella tehtävää rakenneselvitystä sekä virtausmallinnusta. Selvityksistä saatavan tiedon perusteella alueelle tulee asen-

taa tarvittaessa lisäputkia pilaantumisen laajuuden selittämiseksi. Alueen kemiallisen tila on luokiteltavissa nyt käytössä olevan tiedon perusteella, mutta rakenneselvitys ja virtausmalli antaisivat lähtökohdat päästölähteen löytämiseen ja mahdollisten kunnostustoimien tekemiseen.

5.6.3 Rauhaniemen alue

Rauhaniemen alue luokiteltiin ensimmäisen suunnittelukierroksen yhteydessä huonon tilaan alueella havaittujen kohonneiden kloorifenolipitoisuuksien takia. Kloorifenoleja on joutunut maaperään ja pohjaveteen alueella aikoinaan toimineella sahalla käytettyä sinistymisensuojauksen kemikaalista (KY-5). Kloorifenoleita on esiintynyt 1990-luvulla alueella olleen vedenottamon vedessä sekä alueella olevissa pohjaveden havaintoputkissa. Vedenottamon käyttö lopetettiin haitta-ainepitoisuuksien nousun takia 1990-luvun loppupuolella. Pohjaveden laadun seuranta tehdään havaintoputkesta Hp2. Ympäristölaatu normi tri-, tetra- ja pentakloorifenolien yhteismäärälle on 5 µg/l. Havaintoputkessa Hp2 todetut kloorifenolien pitoisuudet vv. 2010-11 on esitetty taulukossa 8.

TAULUKKO 8. Rauhaniemen alueen kloorifenolien (tri-, tetra- ja pentakloorifenolit) summapitoisuudet vuoden 2011 vuosikeskiarvopitoisuus havaintoputkessa Hp2 vv. 2010-11

Aika/yhdiste	18.5.2010	20.6.2011	26.10.2011
Pentakloorifenoli	2,1	0,35	0,88
Tetrakloorifenoli	0,11	0	0
Triklloorifenoli	0	0	0
Summa	2,3	0,35	0,88/ 0,62*)

*) = vuosikeskiarvopitoisuus 2011

Pitoisuudet eivät ylitä ympäristölaatu normipitoisuutta. Tarkasteltaessa kloorifenolipitoisuuksien kehittymistä pidemmällä aikavälillä, voidaan todeta, että suurimmat pitoisuudet vuodesta 2007 lähtien on havaittu vuonna 2007. Vuosikeskiarvopitoisuus oli tuolloin noin 15 µg/l (7.5/4,1 µg/l; 17.10/25,8 µg/l). Pitoisuus ylitti ympäristölaatu normipitoisuuden. Havaintopaikassa ei ole todettu tämän jälkeen yli ympäristölaatu normien olevia kloorifenolien summapitoisuuksia. Suljetun vedenottamon kaivosta (V2) vuonna 2010 otetussa näytteessä ei todettu kloorifenolipitoisuuksia.

Pohjavesimuodostumaan ei pääse haitta-aineita eikä se ole siten pilaantunut, että sillä voisi olla vaikutusta maaekosysteemeihin tai että siitä olisi vaikutuksia pintavesien kemialliseen tai ekologiseen tilaan. Rauhaniemen alue luokitellaan hyvään tilaan. Rauhaniemen osalta tulee kuitenkin jatkaa seurantaa. Alue luokitellaan edelleen riskialueeksi ja sen toiminnallista seurantaa tulee jatkaa.

Huomioitavaa

Ottamoa käyttöön otettaessa alueella tehdyssä pohjavesitutkimuksessa todettiin pieni pitoisuus kloorifenoleita. Ottamon oltua muutaman vuoden toiminnassa kloorifenolipitoisuudet kohosivat ja kunta sulki ottamon. Alueella suoritettiin pilaantuneen maaperän tutkimuksia ja pienimuotoinen maaperän kunnostus. Pumppauksen vaikutuksen selvittämiseksi alueella tulisi tehdä pidempi aikainen koepumppaus, jolla selvitetäisiin pumppauksen vaikutuksia pohjaveden kloorifenolipitoisuuksiin.

5.6.4 Pursialan alue

Pursialan alue on luokiteltu ensimmäisen suunnittelukierroksen yhteydessä huonoon kemialliseen tilaan alueella havaittujen kohonneiden haitta-ainepitoisuuksien takia. Pursialan pohjavesialueella pohjavettä pilaavia toimintoja ovat mm. VR:n vanha kylästämoalue, Vapo Oy:n vanha saha, pesulat sekä huoltoasemat ja liikennealueet. Merkittävimmät pilaantumukset sijaitsevat VR:n vanhan kyllästämon ja Vapo Oy:n vanhan sahan alueilla. Myös kloridipitoisuus on ylittänyt laajoilla alueilla ympäristölaatu- ja normipitoisuuden. Lisäksi kloridipitoisuuden arvioitiin olevan nousemassa. Pursialan alueen merkittävimmät pohjaveden pilaantumukset kulkeutuvat kohti pohjavedenottamoita ja vaikutukset näkyvät siellä ensimmäisenä, joten tämä reseptori valitaan tarkastelun lähtökohdaksi. Lisäksi tarkastellaan pilaantumien mahdollista vaikutusta Kaihun uimarannalle.

Pursialan alueella on todettu useissa havaintopaikoissa merkittäviä ympäristölaatu- ja normin vuosikeskiarvon ylittäviä tetraklorietyleenin (28R, 44R, 65R, PJ04), trikloorietyleenin (79), naftaleenin (35R, 42R, 61R, 62R, 63R, 64R, 65R, 66R), etyylibentseenin (42R), BAM:n (44R), kloridin (44R, 51, HP9, M14, M18, PH1, PJ03, PJ04, PJ05, PJ06, PUR1, PUR2, PUR3, PUR4, PUR5, PUR6, VHP2, VHP3), bent-

so(a)pyreenin (61R), etyylibentseenin (63R, 66R), koboltin (66, 74, 78, 79, 84, 85, 98, 99, ML1, SPK1), nikkelin (98), sinkin (74, 79, 95, ML1, SPK1), arseenin (71, 79, 85), kromin (74, 85), bentseenin (84, PJ03), kadmiumin (84, 98), kuparin (84, VHP2) sekä vinyylikloridin (P1.0, PJ04) pitoisuuksia.

Seurantatiedon käytettävyyttä heikentää se, että kaikkia tuloksia ei ole tallennettu POVET -järjestelmään. Lisäksi melko suuri määrä analyysituloksista on epävarmoja ja nämä tulokset vaatisivat tarkistamista ennen niiden käyttöä arvioinnissa. Nämä seikat asettavat reunaehdoja kemiallisen tilan arvioinnille. Osassa havaintopisteistä aikasarjat ovat lyhyitä, eikä näytteitä ole otettu kuin kerran. Näitä ei voi hyödyntää esim. nousevien trendien arvioinnissa.

Kloridiseuranta

Tässä yhteydessä kloridipitoisuuden kehityssuuntaa tarkastellaan havaintopisteiden PUR1, PUR3, PUR5, PUR6, PJ03, 44R, 51 ja 84 pisteiden osalta sekä Pursialan ottamon raakaveden (K10) osalta. Pisteet PUR1-PUR6 ovat erityisesti kloridiseurantaa varten asennettuja pohjavesiputkia, jotka sijaitsevat lähellä tiealueita (VT13 ja VT 62). Kloridipitoisuuksien vuosikeskiarvot eri pisteissä vv. 2008-11 on esitetty taulukossa. 9.

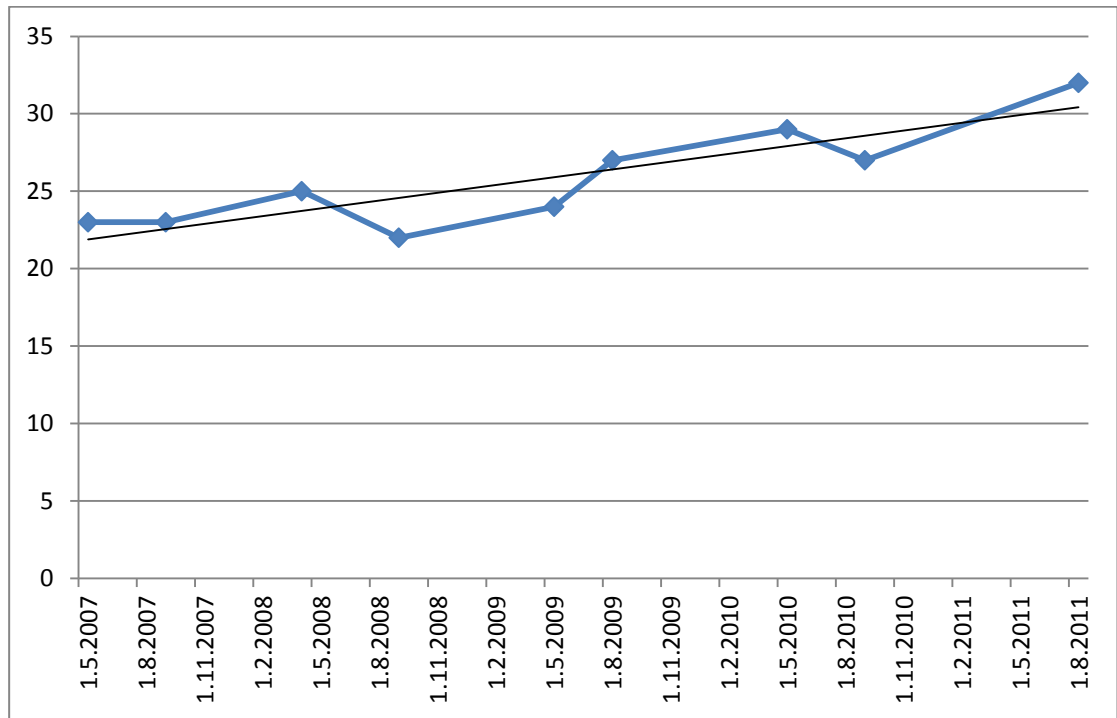
TAULUKKO 9. Pursialan alueen kloridiseurannan vuosikeskiarvotuloksia vv. 2008-11 (mg/l)

Piste	2008	2009	2010	2011
PUR1			81,5	173,5
PUR4			13,7	28
PUR5			41,6	52
PUR6			30,5	120
PJ03	60	26	26	24
44R	32	34	31	27
51	48	45	37	31
84	10,1	10	12,5	11

Kloridin ympäristölaatunormi on 25 mg/l. Ainoastaan havaintopaikan 84 (kirjaston alue) vuosikeskiarvot ovat alle ympäristölaatunormin. Kaikilla muilla havaintopai-

koilla vuosikeskiarvot ylittävät ympäristölaatunormin. Kloridiseurantaa varten olevissa havaintopaikoissa PUR1 ja PUR6 todetaan kloridipitoisuuden nouseva suuntaus.

Kloridipitoisuuksia on seurattu vv. 2007-11 Pursialan vedenottamon raakavedestä (vedenottamoalue PH1). Seurantatulokset ($\mu\text{g/l}$) on esitetty kuvassa 5. Vedenottamalla kloridipitoisuus on noussut hieman koko tarkastelujakson ajan.



KUVA 5. Pursialan vedenottamon kloridipitoisuuden ($\mu\text{g/l}$) kehittyminen vv. 2007-11 (POVET -järjestelmä)

Kloridipitoisuuksia esiintyy Pursialassa laajalla alueella. Yksittäisiä kloridin ympäristölaatunormin olevia pitoisuuksia on havaittu taulukossa 16 esitetyn lisäksi havaintopaikoilla PUR2, PJ05, PJ06 ja 79. Korkeimmat pitoisuudet ovat olleet luokkaa 300 mg/l (PJ06, 2009). Kloridia esiintyy Anttolan ja Lappeenrannan tien, Hietakadun, Kaihunharjun sekä Pursialan alueilla.

Liuottimet

Liuotinpitoisuuksia seurataan erityisesti pesuloiden sekä vanhan VR:n kyllästämön alueella. Havaintotietoja on melko vähän. Pitempien aikasarjojen tarkastelu on vaikeaa. Ainoastaan havaintopisteestä 28R on tehty vuonna 2010 laajempaa seurantaa. Trija tetrakloorietaanien summapitoisuuden ympäristölaatunormi on 5 $\mu\text{g/l}$ ja näiden

hajoamistuotteen vinyylidikloridin 0,15 µg/l. Näiden lisäksi ympäristölaatonormit on määritelty 1,2 -diklooriteneenille (25 µg/l) ja 1,2 -dikloorietaanille (1,5 µg/l). Etyyli-bentseenin ympäristölaatonormi on 1 µg/l. Ensimmäisellä suunnittelukierroksella alueella havaittiin yli ympäristölaatonormin oleva tetrakloorieteenin (8 µg/l, vuonna 2005) pitoisuus. Pesula-alueen merkittävimmät (yli ympäristölaatonormin) liuotainepitoisuudet on koottu taulukoon 10.

TAULUKKO 10. Pesula-alueen alueen merkittävät liuotainepitoisuuksien vuosikeskiarvot [µg/l]

Vuosi/Piste	1,2 - dikloorietaani	tri- ja tetrakloorieteeni, summa	vinyylidikloridi	etyylibentseeni
2009/PJ04	47,5	561	0,5	
2005/44R		7		
2007/44R		7		
2010/60R		6		
2007/79		15		
2009/PJ05		6,65		
2009/63R				1,3
2009/66R				2
2006/P1.0			3,5	
2009/PJ05		12,3		

Pesula-alueen liuotainneiden arviointia vaikeuttavat puutteelliset tiedot POVET -järjestelmässä. Käytävissä olevien tietojen perusteella ei voi laskea vuosikeskiarvopitoisuuksia tai arvioida mahdollisia muutoksia tai trendejä pitoisuuksissa. Suurimmat pitoisuudet on havaittu pesuloiden alueella (PJ04, PJ05 ja P1.0). Pesula-alueen pilaantuma on kuitenkin melko pienialainen, joten sillä ei ole suurta merkitystä tarkennettuun kemiallisen tilan arviointiin.

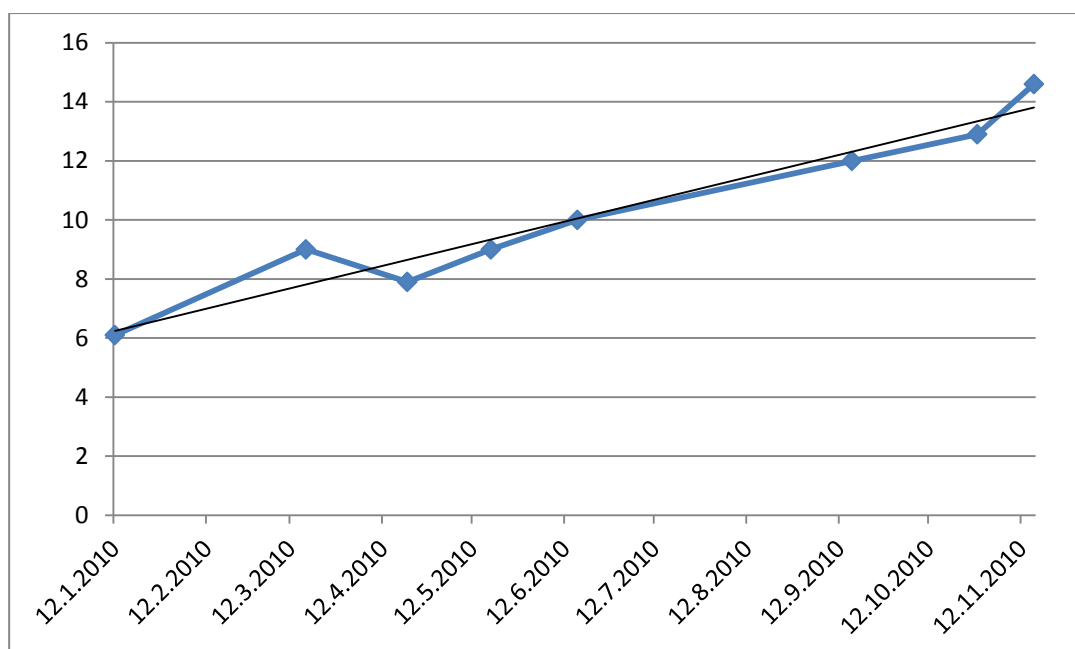
Pesula-alueen lisäksi liuottimia esiintyy vanhan VR:n kyllästämön alueella. Kyllästämöalueen merkittävimmät tri- ja tetrakloorieteenien vuosikeskiarvot on esitetty taulukossa 11.

TAULUKKO 11. VR:n vanhan kyllästämöalueen tri- ja tetrakloorieteenien merkittävimmät vuosikeskiarvot vv. 2010-11

Piste	28R	60R
2010	6,4	14,9
2011 *)	18,8	7,9

*) Ainoastaan 1 analysointikerta

Vuosikeskiarvopitoisuudet ylittävät tri- ja tetrakloorieteenille asetun ympäristönlaatu normin. Vuodelta 2011 on ainoastaan 1 havaintokerta. Pitoisuus on korkeampi kuin vuoden 2010 tulokset. Kuvassa 6 on esitetty havaintopisteen 28R tri- ja tetrakloorieteenien kehitys ($\mu\text{g/l}$) vuonna 2010. Trendi on nouseva.



KUVA 6. Havaintoputken 28R tri- ja tetrakloorieteeniin pitoisuuskehitys vuonna 2010 (POVET -järjestelmä)

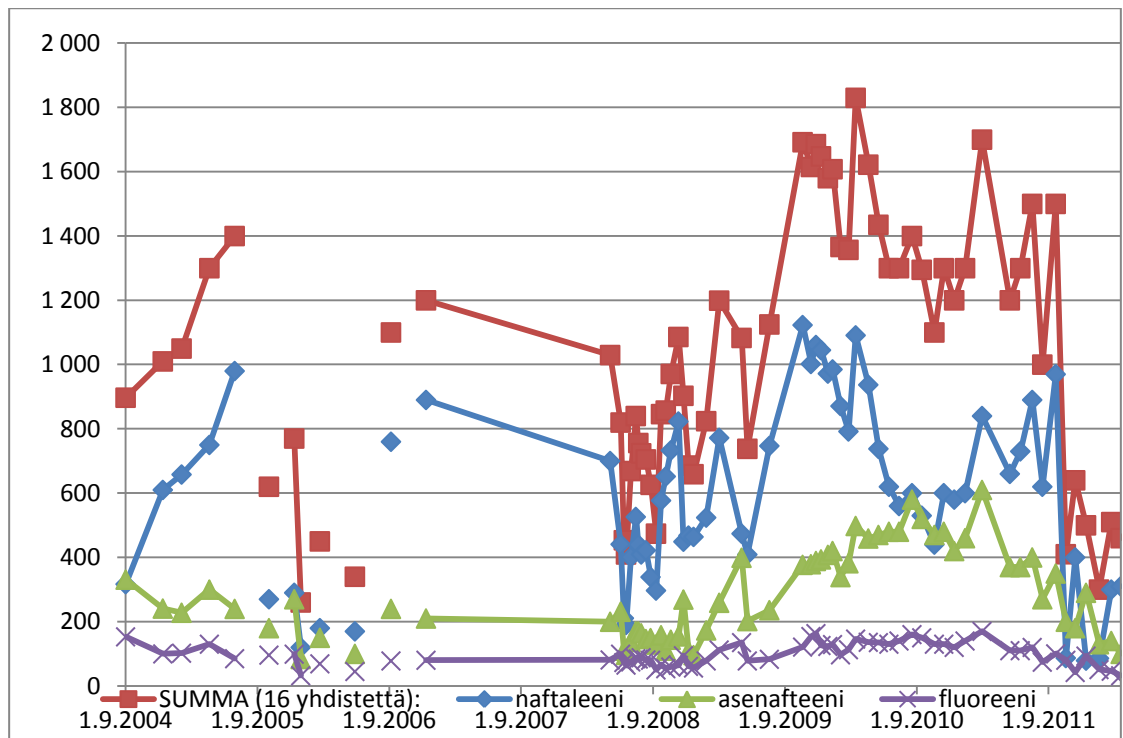
Liutainaineita esiintyy melko laajalla alueella. Suurimmat pitoisuudet on havaittu pesuloiden alueella Kirjalassa. Alueelta on matkaa Pursialan vedenottamolle yli 2 kilometriä. Toinen merkittävä liuottimilla pilaantunut alue on VR:n vanha kyllästämöalue Pursialassa. Alueelta on matkaa Pursialan vedenottamolle noin 1.4 kilometriä. Havaintopaikan 28R seuranta on syytä tehostaa, että saadaan selkeä kuva liutainainepitoisuuden kehittämisestä tällä alueella.

PAH -yhdisteet

Polyaromaattisia hiilivetyjä (PAH) esiintyy pääasiassa vanhan VR:n kreosoottikyllästämön alueella Pursialassa. Alueella on havaittu mm. yli ympäristölaatunormien olevia bentso(a)pyreenin ja naftaleenien pitoisuuksia. Naftaleenin vuosikeskiarvopitoisuus oli vuonna 2011 noin 236 µg/l (n = 4) ja alkuvuonna 2012 se on ollut noin 272 µg/l (n = 3). POVET -järjestelmään ei ole tallennettu laajasti PAH -tutkimustietoja ja tämän takia PAH -tarkastelussa hyödynnetään Ramboll Finland Oy:n alueella tekemän tarkkailun tietoja. Merkittävimmät PAH -pitoisuudet on havaittu havaintoputkessa 35R (Kiukas 2012).

Polyaromaattisten hiilivetyjen osalta ympäristölaatunormit on annettu antraseenille, naftaleenille, bentso(a)pyreenille, bentso(b)fluoranteenille, bentso(k)fluoranteenille, bentso(g,h,i)peryleenille sekä indeno(1,2,3-cd)pyreenille. Bentso(a)pyreeniä, bentso(b)fluoranteenia, bentso(k)fluoranteenia, bentso(g,h,i)peryleeniä sekä indeno(1,2,3-cd)pyreeniä ei ole havaittu missään seurannassa olevassa havaintoputkessa. Myöskään antraseenia ei ole havaittu yli ympäristölaatunormin olevina pitoisuuksina. Naftaleenia esiintyy yli ympäristölaatunormipitoisuuden havaintopaikoilla 35R, 37R ja 42R. Havaintopisteessä 45R sitä ei ole havaittu. Polyaromaattisten yhdisteiden osalta on huomattava, että vesiliukoisemmille jakeille ei ole asetettu ympäristölaatunormeja.

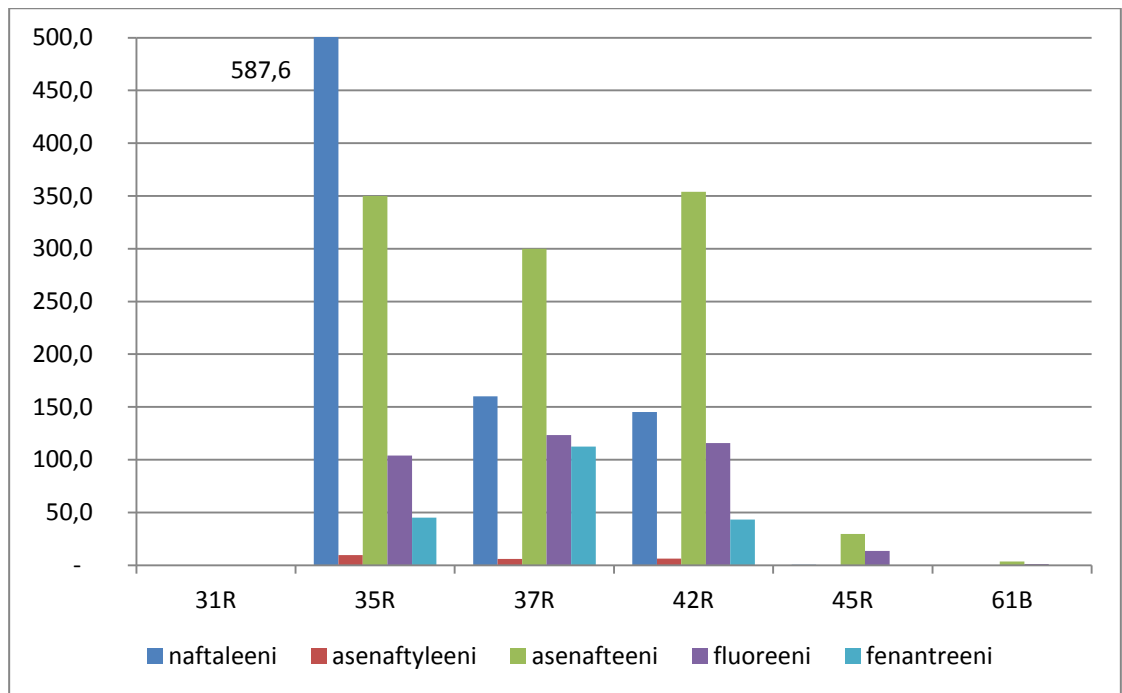
Havaintopisteen 35R polyaromaattisten hiilivetyjen kokonaispitoisuuden (16 yhdistettä), naftaleenin, asenaftenin ja fluoreenin pitoisuuksien kehittyminen vv. 2004-11 on esitetty kuvassa 7.



KUVA 7. Pursialan alueen polyaromaattisten hiilivetyjen pitoisuuskehitys (µg/l) havaintopisteessä 35R vv. 2004-11 (Ramboll Finland Oy 2012)

Pitoisuusseuranta liittyy VR:n vanhalla kyllästämöalueella tehdyn kunnostuksen sekä alueella tehtävän In-Situ -puhdistuksen seurantaan. Seuranta on ollut jatkuvaa vuodesta 2007 alkaen. Tuloksista voidaan todeta, että kaikkien tutkittujen haitta-aineiden pitoisuuksien osalta on tapahtunut nousua vv. 2008-09. Tämän jälkeen pitoisuudet ovat kääntyneet laskuun. Nousu johtunee alueella vuonna 2008 tapahtuneesta maaperäkunnostuksesta, jonka yhteydessä pilaantuneita maamassoja poistettiin. Pitoisuuksissa ei ole enää selkeää nousevaa trendiä.

Polyaromaattisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden syvyysuuntaista pitoisuusvaihtelua on seurattu pohjaveden pinta- ja pohjaosista otettavien näytteiden avulla. Havaintopaikan 35R tulokset on esitetty kuvassa 8.

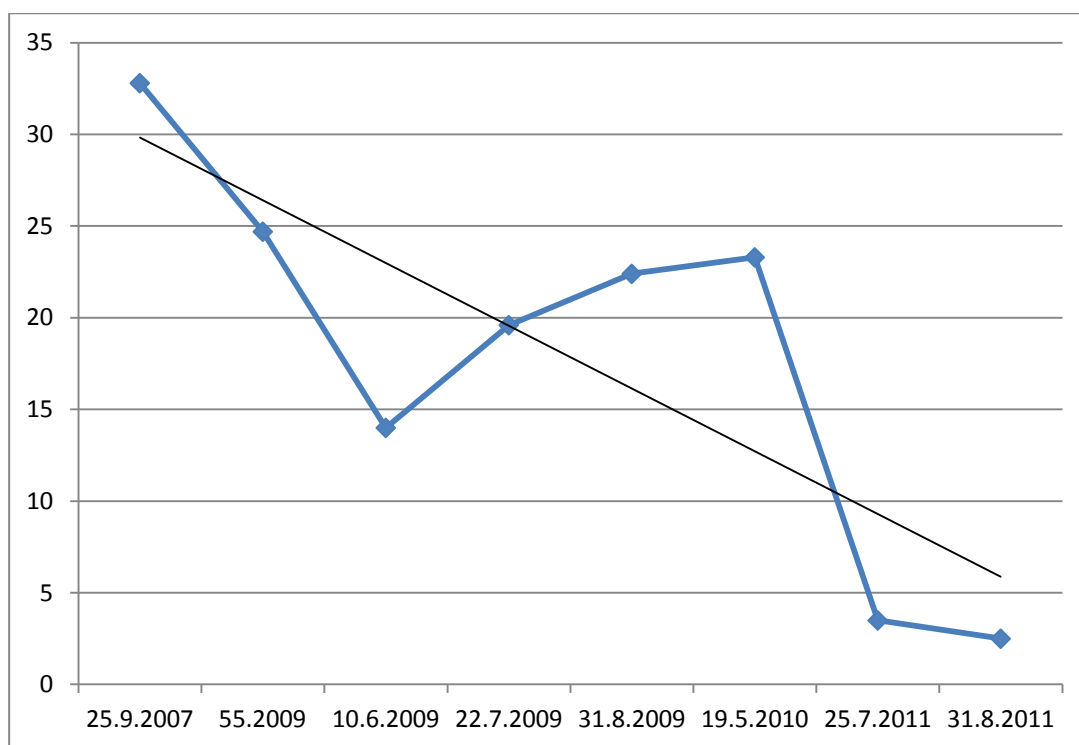


KUVA 9. Polyaromaattisten hiilivetyjen pitoisuuden (µg/l) kehittyminen Pursialan alueella vuonna 2011 (Ramboll Finland Oy 2012)

Pilaantuma on levinnyt noin 350 metrin päähän vanhalta kyllästämöalueelta. Pieniä pitoisuuksia haitta-aineita esiintyy myös havaintopaikalla 61B.

Kloorifenolit

Pursialan alueen kloorifenoliongelma on aiheutunut alueella aikoinaan toimineen sahan käyttämästä sinistymisensuojaukemikaalista (KY5). Kloorifenolien (tri-, tetra- ja pentakloorifenolien summapitoisuus) ympäristönlautunormi on 5 µg/l. Vanhalla saha-alueella sijaitsevassa havaintopisteessä M14 on todettu alueen korkeimmat summapitoisuudet. Toukokuussa 2010 pitoisuus oli noin 105500 µg/l, joka ylittää ympäristönlautunormin noin 21000 -kertaisesti. Vuonna 2010 otettujen kahden näytteen vuosikeskiarvopitoisuus oli noin 61200 µg/l. Pilaantuma on levinnyt Pursialan vedenottamolle saakka. Ottamon kaivon K10 pitoisuuskehitys on esitetty kuvassa 10.



KUVA 10. Pursialan vedenottamokaivon K10 kloorifenolien (µg/l) summapitoisuuden (µg/l) kehittyminen vv. 2007-11 (POVET-järjestelmä)

Ottamon alueella kloorifenolipitoisuudet ovat laskeneet voimakkaasti vuoden 2007 jälkeen, jolloin pitoisuus oli suurimmillaan noin 33 µg/l. Trendi on laskeva. Havaintojakson kahden viimeisen vuonna 2011 tehdyn näytteenoton tulokset sekä vuosikeskiarvopitoisuus alittavat asetetun ympäristölaatunormin. Pursialan alueella aloitettiin kesäkuussa 2009 pumppaus, jonka tarkoituksena oli esisijaisesti tutkia, pystytäänkö kloorifenolipitoisia vesiä käsittelemään Kenkäveron jätevedenpuhdistamolla. Pumpkauksella näyttäisi olevan vaikutusta myös vedenottamoalueen pohjaveden kloorifenolipitoisuuksiin. Pumppaus saattaa vaikuttaa myös muiden lähialueella olevien havaintoputkien kloorifenolipitoisuuksiin. Tämä vaikuttaa tältä osin tehtävään tarkennetun kemiallisen tilan arviointiin.

Metallit

Pursialan alueella yli ympäristölaatunormin olevia metallipitoisuuksia esiintyy useissa havaintopisteissä. Tässä yhteydessä tarkastellaan vain kirjaston alueella olevilla arseeni-, kromi- ja kadmiumpitoisuuksilla (pisteet 84, 85). Muissa havaintopaikoissa näytteitä on otettu ainoastaan yhden kerran tai ympäristölaatunormien ylitykset ovat

pieniä ja pilaantumisen laajuudet ovat myös pieniä. Näiden osalta ei voi tehdä tarkentavaa kemiallisen tilan arviointia.

Taulukossa 12 on esitetty kirjaston alueella olevan havaintoputken 84 kadmiumin kehittyminen ja vuosikeskiarvot vv. 2009-11. Taustapitoisuudella (0,02 µg/l) ei ole merkitystä arvioinnissa.

TAULUKKO 12. Kadmium -pitoisuuden kehittyminen ja vuosikeskiarvot (µg/l) havaintopisteessä 84 (POVET-järjestelmä)

Haitta- aine/pvm.	23.4.2009	5.10.2009	31.5.2010	20.10.2010	19.5.2011	19.10.2011
Kadmium	10	10	13	12	12	10
Keskiarvo		10		12,5		11

Arseenin ympäristölaatunormi on 5 µg/l, kromin 10 µg/l ja kadmiumin 0,4 µg/l. Kirjaston alueella on havaittu kromia (vuosikeskiarvo 235 µg/l) ja arsenia (vuosikeskiarvo 27 µg/l) yli ympäristölaatunormin vuonna 2007. Havaintoja ei ole muilta vuosilta. Havaintopisteen 84 kadmiumpitoisuus ylittää ympäristölaatunormin vuosina 2009, 2010 ja 2011. Tuloksissa ei voi havaita nousevaa trendiä. Pilaantumisen laajuus on pieni.

Torjunta-aineet

Havaintoputkessa 44R on havaittu yli ympäristölaatunormin olevia BAM -pitoisuuksia (2,6 -bentsoamidi). Vuoden 2008 (0,15 µg/l), 2009 (0,175 µg/l) ja 2010 (0,14 µg/l) vuosikeskiarvot ylittivät yksittäiselle torjunta-aineelle annetun ympäristölaatunormin (0,1 µg/l). Vuoden 2011 vuosikeskiarvo (0,013 µg/l) alittaa ympäristölaatunormin. BAM:n osalta ei ole havaittavissa selvää trendiä.

Haitallisen aineen laajuus muodostumassa

Pursialan alue on voimakkaasti rakennettu. Rakennetun alueen osuus koko muodostuman pinta-alasta on noin 60 %. Rakennetut alueet pienentävät pohjaveden määrää, koska imeytyminen vähenee esim. asfaltoiduilla alueilla.

Liuottimilla (0,75 ha), metalleilla (0,6 ha), PAH -yhdisteillä (6 ha) ja kloorifenoleilla (9 ha) pilaantuneiden alueiden yhteispinta-ala arvioidaan noin 16 hehtaaria. Pursialan pohjavesialueen kokonaispinta-ala on noin 470 hehtaaria, joten pilaantuneen alueen osuus pohjavesialueen koko pinta-alasta on noin 3,4 %. Jos rakennettu alue vähennetään muodostuman pinta-alasta, on pilaantumien osuus rakentamattomasta muodostumisalasta noin 8,4 %. Pilaantuneen pohjavesimuodostuman pinta-alaa lisää vielä melko laajalle levinneet kloridit. Osin kloridipilaantumien ovat samoilla alueilla kuin muilla aineilla tapahtuneet pilaantumien. Laajempi erillinen kloridipilaantuma sijaitsee PUR1-PUR6 havaintopisteiden alueella ja se on laajuudeltaan arvioilta 10 hehtaaria (500m*200m). Näillä perusteilla Pursialan alue arvioidaan huonoon tilaan pilaantumien laajuuden osalta.

Suolaantuminen tai haitallisen aineen pääsy muodostumaan

Kloridipitoisuudessa havaitaan nouseva suuntaus havaintopisteillä PUR1, PUR4, PUR5 ja PUR6. Myös Pursialan vedenottamon raakavedessä on nouseva kloridipitoisuus. Havaintopisteessä 28R on todettu nouseva kloridipitoisuus vuonna 2010. Näillä perusteilla muodostuma luokitellaan huonoon tilaan. Muiden haitta-aineiden osalta ei ole havaittavissa nousevaa suuntausta.

Vaikutukset pintavesien kemialliseen tai ekologiseen tilaan

Pursialan pohjavesimuodostumaan ei liity tai ole yhteydessä sellaisia pintavesimuodostumia, joiden kemiallinen tai ekologinen tila olisi heikentynyt tai olisi vaara, ettei pintavesimuodostumille asettua tilaa saavutettaisi. Tämän tekijän osalta muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa.

Pohjavesimuodostuman välittömässä läheisyydessä sijaitsee Kaihun uimaranta. Uimaranta sijaitsee havaintoputken 61B lähistöllä. Kyseisen havaintopaikan orgaaniset haitta-aineet on tutkittu laajasti 15.1.2011 otetusta näytteestä. Pitoisuudet ovat olleet alle laboratorion määrittämissä. Pohjaveden pilaantumien ei ole vaikutusta uimarannan vedenlaatuun. Tämän tekijän osalta muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa.

Vaikutukset pohjavedestä riippuviin maaekosysteemeihin

Pursialan pohjavesialueella ei ole pohjavedestä riippuvia maaekosysteemejä, joten tämän tekijän osalta muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa.

Vaikutukset juomaveden laatuun

Pursialan vedenottamon alueella on havaittu nouseva ja vuonna 2011 ympäristönlääntunormin ylittävä kloridipitoisuus. Pitoisuuden nousu ei ole johtanut veden käsittelytarpeeseen.

Ottamon alueella on havaittu vuonna 2007 yli ympäristönlääntunormin oleva kloorifenolien summapitoisuus. Havainto johti aktiivihiililaitoksen rakentamiseen vedenotamolle vuonna 2009. Kohonneet pitoisuudet huomioitiin myös eri kaivojen käytössä. Kaivoja käytettiin siten, että puhtaampaa kaivovettä käytettiin laimentamaan pilaantuneempien kaivojen kloorifenolipitoista vettä. Ottamolle on tehty myös ainetase- ja herkkyystarkastelu kloorifenolien poistumisen osalta. (Turkki 2012) Muodostuma luokitellaan tältä osin huonoon tilaan.

Huomioitavaa

Pursialan pohjavesimuodostumaan on päässyt monia pohjavettä pilaavia haitta-aineita. Kemiallisen tilan arviointi edellyttää kattavia seurantatietoja. Tiedot tulee tallentaa POVET -järjestelmään, josta ne olisi saatavissa keskitetysti ja riittävän kattavasti. Tämän työn yhteydessä havaittiin kemiallisen tilan arviointia heikentäviä tai haittaavia puutteita tietojen tallentamisessa.

5.6.5 Hanhikankaan alue

Hanhikankaan alue on määritelty ensimmäisellä suunnittelukierroksella riskialueeksi sillä olevan ihmistoiminnan takia. Pohjavesimuodostuman ei todettu kuitenkaan olevan huonossa tilassa. Tehdyn arvioinnin jälkeen alueella sijaitsevan vanhan suolakylälästämöalueen maaperässä ja pohjavedessä todettiin kohonneita haitta-ainepitoisuuksia. Pohjaveden kromipitoisuudet ylittivät asetetun ympäristönlääntunormin. Kyllästämö sijoittuu Hanhikankaan tärkeän pohjavesialueen varsinaiselle pohja-

veden muodostumisalueelle. Kyllästämön alueella on tehty maaperä- ja pohjavesitutkimuksia vuosina 2010 ja 2011. Tutkimusten mukaan kyseisen alueen maaperä on pilaantunut arseenilla, kromilla ja kuparilla. Pilaantumien takia alue on päätetty kunnostaa. Tutkimusten yhteydessä alueelle asennettiin kolme pohjaveden havaintoputkea (54, 55 ja 56). Putkista on otettu vesinäytteitä vuosina 2011 ja 2012. Tutkimustulokset joista on vähennetty taustapitoisuudet, on esitetty taulukossa 13.

TAULUKKO 13. Hanhikankaan kyllästämön tutkimuksissa todetut haitta-ainepitoisuudet (POVET -järjestelmä)

Putki	Arseeni [$\mu\text{g/l}$]		Kupari [$\mu\text{g/l}$]		Kromi [$\mu\text{g/l}$]	
	8.11.2011	15.3.2012	8.11.2011	15.3.2012	8.11.2011	15.3.2012
54	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	204
55	< 10	< 10	< 10	< 10	56	128
56	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10

Kromin ympäristölaatonormi on 10 $\mu\text{g/l}$, joka ylittyy putkessa 55 syksyllä 2011 ja keväällä 2012. Tämä edellyttää tarkentavien kemiallisten testien tekemistä. Putkissa 54 ja 56 kromin ympäristölaatonormi ylittyy keväällä 2012. Tutkimustulokset osoittavat haitta-aineiden kulkeutumista pohjavedessä kohti läheistä Pankajokea ja edelleen kohti noin 600 metrin päässä sijaitsevaa Hanhilampea. Hanhilampi on Natura 2000 -kohde (erityinen alue). Pilaantumien vaikutukset näkyvät ennalta arvioiden ensimmäisenä Hanhilammen Natura 2000 -alueella, joten tämä valitaan tarkastelun ensisijaiseksi lähtökohdaksi.

Haitallisen aineen laajuus muodostumassa

Hanhikankaan pohjavesialueen pinta-ala on 354 hehtaaria. Arvioidun haitta-aineilla pilaantuneen alueen laajuus (100m*100m) on 1 hehtaari. Pilaantumien prosentuaalinen osuus koko pohjavesialueen pinta-alasta on noin 0,3 %. Pohjavesialueella on laajoja rakennettuja alueita, joka vähentävät jonkin verran muodostuvan pohjaveden määrää. Pilaantuma on kuitenkin niin pieni, että haitallisen aineen laajuuden osalta muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa.

Suolaantuminen tai haitallisen aineen pääsy muodostumaan

Hanhikankaan alueella ei ole määrälliseen tilaan kohdistuvia uhkia. Alueella on todettu yli ympäristölaatonormin olevia kromipitoisuuksia. Aikasarja on lyhyt, eikä sen perusteella voi tehdä päätelmää pääseekö haitta-aineita pohjavesimuodostumaan. Tämän tekijän osalta alue luokitellaan tässä yhteydessä hyvään tilaan. Asiaa tulee kuitenkin tarkastella myöhemmin alueen kunnostuksen yhteydessä ja jälkeen tehtävän pohjaveden seurannan tuloksia hyödyntäen.

Vaikutukset pintavesien kemialliseen tai ekologiseen tilaan

Hanhikankaan pohjavesimuodostumaan ei liity tai ole yhteydessä sellaisia pintavesimuodostumia, joiden kemiallinen tai ekologinen tila olisi heikentynyt tai olisi vaara, ettei pintavesimuodostumille asettua tilaa saavutettaisi. Tämän tekijän osalta muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa.

Vaikutukset pohjavedestä riippuviin maaekosysteemeihin

Hanhikankaan alueella on Hanhilammen Natura 2000 -alue. Pankajoesta ja Hanhilammesta on otettu vesi- ja sedimenttinäytteitä vuonna 2011, joista on analysoitu mm. kromi-, arseeni- ja kuparipitoisuudet. Todetut pitoisuudet ovat pieniä. Välijoen (2012) mukaan todetulla pilaantumalla ei ole merkittävää vaikutusta Natura 2000 alueeseen. Tältä osin Hanhikankaan alue luokitellaan hyvään tilaan.

Vaikutukset juomaveden laatuun

Hanhikankaan vedenottamo sijaitsee pilaantuneelta alueelta noin 800 metriä koilliseen. Ottamon kaivoissa ei ole todettu haitta-aineita eikä pilaantuma ole vaikuttanut vedenhankintaan alueella. Hanhikankaan alue luokitellaan tältä osin hyvään tilaan.

Huomioitavaa

Alue luokitellaan edelleen riskialueeksi ja putkien 54, 55 ja 56 seuranta tulee jatkaa kunnostustyöhön liittyvillä näytteillä vuosina 2012 ja 2013. Tämän jälkeen tulee tarkastella onko seuranta syytä jatkaa.

5.6.6 Naarajärven alue

Naarajärven alue on määritelty ensimmäisellä suunnittelukaudella riskialueeksi sillä olevan ihmistoiminnan takia. Merkittävin määrittelyyn vaikuttanut tekijä oli alueella sijaitseva taimitarha. Taimitarha-alueella on tehty pohjaveden pilaantumiseen liittyviä tutkimuksia vv. 2008-11 alueella olevista yksityisistä talousvesikaivoista ja asennetuista pohjavesiputkista. Tarkkailua tehdään 13 havaintopisteestä. Kohonneita yksittäisten torjunta-aineiden pitoisuuksia esiintyy viidessä havaintopisteessä (putket 13-08 ja 12-08 sekä kaivot K9, K16 ja K17). Yksittäisten torjunta-aineiden sekä niiden summapitoisuuksien tulokset, joiden osalta esiintyy ympäristölaatunormin ylityksiä ja joilla on merkitystä kemiallisen tila arvioinnissa, on esitetty taulukossa 14. Yksittäisen torjunta-aineen tai torjunta-aineen hajoamistuotteen ympäristölaatunormi on 0,1 µg/l ja torjunta-aineiden summapitoisuudelle 0,5 µg/l.

TAULUKKO 14. Naarajärven alueen torjunta-aineiden merkittävät vuosikeskiarvopitoisuudet vv. 2010-11 [µg/l] (POVET-järjestelmä)

Havaintopaikka	vuosi	antra-siini	DEA ¹⁾	BAM ²⁾	hesat-sioni	terbyty-latsiini	terbytylatsiini, -desetyyli	summapitoisuus
13-08	2010					0,53	0,16	0,85
	2011					0,6	0,14	0,97
12-08	2010	0,12			0,1	0,37		0,95
	2011	0,12		0,15		0,2		0,51
K17	2010	0,36	0,3			0,13	0,21	1,21
	2011	0,3	0,12			0,19	0,24	1,3

1) atratsiini,- desetyyli

2) 2,6 -diklooribentsoamidi

Naarajärven alueella yksittäisten torjunta-aineiden sekä summapitoisuuden ympäristölaatunormit ylittyvät useissa havaintopisteissä. Tämä edellyttää tarkentavien kemiallisten testien tekemistä.

Taimitarha-alueeseen rajoittuvasta Hako-Palokki -järvestä ja Naarajärvestä on otettu pintavesinäytteet 12.1.2010 ja 23.3.2010. Hako-Palokin ja Naarajärven tammikuun 2010 näytteissä oli merkkejä terbutylatsiinista ja MCPA:sta (4-kloori-2-fenoksietikka-

happo). MCPA:n sisämaan pintavesien ympäristölaatonormi on 1,6 µg/l. Terbutylatsiinille ei ole määritelty pintavesien osalta ympäristölaatonormia. Havaitut MCPA:n pitoisuudet olivat maksimissaan 0,46 µg/l. Maaliskuussa 2010 Hako-Palokista otetuissa näytteissä havaittiin merkkejä atrasiinista ja terbutylatsiinista. Pitoisuudet olivat erittäin pieniä (0,005 µg/l). Haitta-aineita on todettu läheisten järvien vesissä, joten tämä tekijä valitaan tarkastelun ensisijaiseksi lähtökohdaksi. Vedenottamalla haitta-aineita ei ole havaittu.

Haitallisen aineen laajuus muodostumassa

Naarajärven pohjavesialueen pinta-ala on 354 hehtaaria. Arvioidun haitta-aineilla pilaantuneen alueen laajuus (300m*400m) on 12 hehtaari. Pilaantumien prosentuaalinen osuus koko pohjavesialueen pinta-alasta on noin 3,5 %. Pohjavesialueella ei ole laajoja rakennettuja alueita, joka vähentäisivät merkittävästi muodostuvan pohjaveden määrää. Pilaantuma on pieni, joten haitallisen aineen laajuuden osalta muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa.

Suolaantuminen tai haitallisen aineen pääsy muodostumaan

Naarajärven alueella ei ole määrälliseen tilaan kohdistuvia uhkia. Alueella on todettu yli ympäristölaatonormin olevia torjunta-ainepitoisuuksia. Haitta-ainepitoisuuksien kehittyminen ei osoita nousevaa suuntaa. Alue luokitellaan tässä yhteydessä tämän tekijän osalta hyvään tilaan.

Vaikutukset pintavesien kemialliseen tai ekologiseen tilaan

Naarajärvessä ja Hako-Palokissa havaituista torjunta-ainepitoisuuksista ei aiheudu pintavesien kemiallisen tai ekologisen tila heikkenemistä tai olisi vaara, ettei pintavesimuodostumille asettua tilaa saavutettaisi (Sojakka 2012). Tämän tekijän osalta muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa.

Vaikutukset pohjavedestä riippuviin maaekosysteemeihin

Naarajärven pohjavesialueella ei ole sellaisia pohjavedestä riippuvia maaekosysteemejä, joten tämän tekijän osalta muodostuma on hyvässä kemiallisessa tilassa.

Vaikutukset juomaveden laatuun

Naarajärven vedenottamoalueella ei ole havaittu merkkejä torjunta-aineista. Tämän tekijän osalta Naarajärven pohjavesialue luokitellaan hyvään tilaan.

Huomioitavaa

Naarajärven pohjavesialueen torjunta-ainepitoisuuksia on seurattu vuodesta 2008 alkaen. Havaintoputkessa 13-08 on todettu suurimmat yksittäisten torjunta-aineiden ja niiden summapitoisuuksien arvot vuonna 2009. Myös kaivossa K9 on havaittu korkeimmat pitoisuudet vuonna 2009. Näiden tulosten perusteella voidaan olettaa, että pitoisuuksien vaihtelu voi olla melko suurta. Tämän takia Naarajärven alue luokitellaan edelleen riskialueeksi ja sen toiminnallista seuranta on syytä jatkaa. Alueelle tulee tehdä rakenneselvitys ja virtausmalli, joiden avulla mm. pilaantumisen laajuuden määrittäminen voisi olla mahdollista tehdä. Lisäksi on huomattava, että yksityisten kaivoissa on paikoin yli talousveden laatuvaatimuksen (yksittäinen torjunta-aine 0,1 µg/l, summapitoisuus 0,5 µg/l) olevia torjunta-ainepitoisuuksia.

5.7 Yhteenveto tarkennettujen kemiallisten testien tuloksista

Riskialueiden kemiallisen tilan arviointitulokset on esitetty kootusti taulukossa 15. Yhden tekijän arviointi huonoon luokkaan johtaa kyseisen muodostuman luokittelun huonoon tilaan.

TAULUKKO 15. Tarkennettujen kemiallisten testin tulokset Etelä-Savossa

	Riskinalainen pohjavesimuodostuma ja kokonaisarvio sen kemiallisesta tilasta					
	Kuortti	Punkasalmi	Rauhaniemi	Pursiala	Hanhikangas	Naarajärvi
1	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Huono	Hyvä	Hyvä
2	Huono	Huono	Hyvä	Huono	Hyvä	Hyvä
3	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä
4	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä
5	Huono	Huono	Hyvä	Huono	Hyvä	Hyvä
Yhteensä	Huono	Huono	Hyvä	Huono	Hyvä	Hyvä

1. Haitallisen aineen laajuus pohjavesimuodostumassa
2. Suolaantumisen tai muu haitallisen aineen pääsy pohjavesimuodostumaan
3. Pintavesien kemiallisen tai ekologisen tilan heikkeneminen
4. Maaekosysteemin tilan heikkeneminen
5. Vaikutus juomaveden laatuun

6 TULOSTEN TARKASTELU

Työn tarkoituksena oli tehdä Etelä-Savon alueen pohjavesien kemiallisen tilan arviointi vesienhoidon suunnittelukaudelle 2016-21. Arviointi tehtiin ensimmäisellä suunnittelukaudella 2010-15 huonoon tilaan luokitelluille neljälle alueelle sekä kahdelle muulle alueelle, joiden pohjavedessä oli tehdyssä seurannassa havaittu ympäristölaatu normin ylittäviä haitta-ainepitoisuuksia. Arvioinnin mukaan Etelä-Savossa on kolme huonoon kemialliseen tilaan luokiteltavaa pohjavesialuetta. Alueet ovat Pursiala, Kuortti ja Punkasalmi. Pursialan alue on ongelmallisimman ja pilaantumisen vaikutukset tällä alueella ovat olleet merkittävimmät. Aiemmin huonoon kemialliseen tilaan luokiteltu Rauhaniemen alue luokiteltiin tässä yhteydessä hyvään tilaan. Uudet arvioidut alueet (Hanhikangas ja Naarajärvi), jolla oli esiintynyt yli ympäristölaatu normin olevia haitta-ainepitoisuuksia, luokiteltiin hyvään tilaan.

Tulos poikkesi hieman ensimmäisellä suunnittelukaudella tehdystä arvioinnista. Vaikka arviointimenetelmän lähtökohta - vertailu ympäristölaatu normiin tehtiin ensimmäisellä suunnittelujaksolla haitta-aineen maksimipitoisuuteen ja toisella suunnittelujaksolla vuosikeskiarvopitoisuuteen - poikkesi, ei lopputulos muuttunut paljoa. Aino-

asaan yhden alueen (Rauhaniemi) luokitus muuttui. Tämäkään muutos ei aiheutunut muuttuneesta arviointimenetelmästä vaan pohjavedessä tapahtuneesta haitta-ainepitoisuuden pienenemisestä alle ympäristölaatunormin.

Maankäytön muutosten selvittämisen yhteydessä syntyi arvio pohjavesialueista, joilla tulisi tehdä lisäselvityksiä ja -tutkimuksia. Näiden selvitysten ja tutkimusten avulla saataisiin arvioitua tulisiko jotkut pohjavesialueet määrittellä riskialueiksi. Arvion mukaan mahdolliset lisäselvitykset ja -tutkimukset (perustutkimukset) voidaan kohdentaa pääosin ensimmäisellä suunnittelukaudella paineellisimmiksi luokitelluille alueille. Näiden lisäksi esitetään Punkaharjun Viinavaaran-Tahvananmäen pohjavesialueen lisäämistä seurantaan, koska siellä on selvästi tapahtunut suuri muutos maankäytössä. Muutos voi vaikuttaa kemiallisen tilan lisäksi myös määrälliseen tilaan. Tutkimusalueet on esitetty taulukossa 16.

TAULUKKO 16. Lisätutkimus- ja -selvitysalueet Etelä-Savossa

Kuormittava tekijä	Kunta	Pohjavesialue
Peltoviljely	Joroinen	Kolma
Peltoviljely	Joroinen	Leipämäki
Peltoviljely	Rantasalmi	Ruutanaharju
Maa-ainestenotto	Pieksämäki	Löytynlampi
Maa-ainestenotto	Pieksämäki	Naarajärvi
Maa-ainestenotto	Kerimäki	Kalkkitechdas
Asutus	Mikkeli	Hanhikangas
Asutus	Rantasalmi	Ruutanaharju
Metsätalous	Punkaharju	Viinavaara-Tahvananmäki

Teollisuuden osalta lisäselvitys- tai -tutkimusalueita ei esitetä taulukossa. Nämä ovat käytännössä pistemäisiä kuormittajia, joiden mahdolliset ympäristövaikutusten seuranta tulee sisällyttää ympäristölupapäätöksiin. Teollisuuden osalta lisätutkimus- ja selvitysalueeksi esitetään Mikkelin Pursialan aluetta ja siellä tulisi erityisesti seurata alueella olevan puunjalostuslaitoksen ja betonitehtaan mahdollisia vaikutuksia pohjaveden tilaan.

Painetarkastelun yhteydessä syntyi arvio siitä tulisiko Etelä-Savon alueelle tehdä uusi riskialuetarkastelu. Ihmistoiminnan pohjavesialueille aiheuttamissa paineissa ei teh-

dyn arvioinnin mukaan ole tapahtunut sellaisia muutoksia, että riskialuetarkastelua olisi tarvetta uusien suunnittelukierroksen yhteydessä. Viinavaaran-Tahvanamäen alue määriteltiin tässä yhteydessä riskialueeksi. Uuden arvioinnin mukaan Etelä-Savossa on yhteensä 18 riskialuetta.

Kotasen (2012) mukaan luokitusta tehtäessä on tehty joitakin yleistyksiä, joilla voi olla vaikutuksia maanpeiteluokituksen lopputulokseen. Pienin alue on kooltaan 25 hehtaaria ja alueet eivät voi olla 100 metriä kapeampia. Yleistyksessä alle 25 hehtaarin alueet yhdistetään joko yli 25 hehtaarin kuvioksi tai ne sulautetaan ympäröiviin isompiin kuvioihin. Kaikkiin yleistämällä muodostuneisiin alueisiin voi sisältyä muutamakin maankäyttömuotoa, kuin luokituksessa esitettyä. Luokituksen lähtökohtainen tarkkuus on 25*25 metriä ja käytännössä tämän kokoinen pikseli voi sijoittua eri vuosina tehdyssä aineistossa eri kuvioon. Tästä syystä eri vuosien aineistoja vertailtaessa pienet muutokset voivat johtua em. yleistyksistä eikä niinkään todellisista muutoksista maanpeitteisyydessä. Yleistysten aiheuttaman virheen vaikutusta paineisiin arvioidaan tässä yhteydessä tarkastelemalla järvien osalla tapahtunutta muutosta. Järvien osalta muutosta ei käytännössä olisi tullut juurikaan tapahtua vv. 2000-06.

Pohjavesien kemiallisen tilan arviointitulokset ovat hyödynnettävissä suunnittelukauden 2016-21 vesienhoitosuunnitelmissa ja laadittavissa toimenpideohjelmissa. Uutta painetarkastelua ei tarvitse tehdä ja lisäselvitykset ja -tutkimukset voidaan kohdentaa esitetyille alueille. Tulokset ja käytetyt menetelmät ovat hyödynnettävissä uusien valtakunnallisten pohjaveden kemiallisen tilan arviointiohjeiden tarkistamisessa.

Voidaan todeta, että Etelä-Savo alueella taustapitoisuudet ovat pieniä, eikä niillä käytännössä ole juurikaan vaikutusta tai merkitystä kemiallisen tilan arvioinnissa.

6.1 Jatkotoimenpiteet

Kemiallisen tilan arviointiin käytettiin pääosin ympäristöhallinnon pohjavesitietojärjestelmän (POVET) tietoja. Työn yhteydessä havaittiin puutteita, jotka vaikeuttivat ja heikensivät järjestelmän tietojen käytettävyyttä. Lisäksi työn yhteydessä havaittiin, että arvioinnissa käytettyä arviointiohjelmuunnosta tulisi tarkentaa ja muuttaa joitakin osin sen käytettävyyden parantamiseksi.

Pohjavesitietojärjestelmästä puuttuu analyysituloksia. Tämä vaikeutti ja osin esti mm. pitoisuuksissa mahdollisesti tapahtuneiden muutossuuntien arviointia. Tuloksia oli käytettävissä niin vähän, että niiden perusteella ei voi tehdä tilastollista tarkastelua. Näin on etenkin silloin jos tarkastelujakson pituus on kaksi vuotta. POVET -järjestelmään tulee tallentaa kaikki tutkimustieto reaaliaikaisesti. Tämä parantaisi tutkimustietojen käytettävyyttä tehtävissä kemiallisen tilan arvioinneissa.

Tehdyn arvioinnin yhteydessä ilmeni, että jotkut analyysimenetelmät eivät ole riittävän herkkiä. Tämä ilmeni järjestelmässä ns. tarkistettavina lipputietoina, joita tulosten epävarmuuden takia ei voitu käyttää arvioinnissa. Epävarmuus poistuisi tarkistamalla, että käytettävät analyysimenetelmät ovat sellaisia, että niillä päästään alle ympäristölaatunormin oleviin pitoisuuksiin.

Lisäksi pohjavesitietojärjestelmää tulisi parantaa siten, että järjestelmästä saisi suoraan kemiallisen tilan arvioinnissa tarvittavat vuosikeskiarvotiedot sekä eri havaintopaikkojen pitoisuusmuutoksia esittävät kuvaajat. Tämä nopeuttaisi arviointia ja vähentäisi tarvittavaa työaika.

Kemiallisen tilan arviointiohjetta tulisi tarkentaa arvioitaessa suolaantumista tai muun haitallisen aineen pääsyn osalta. Laadittu ohje pohjautuu pitkälti Keski-Euroopan olosuhteet huomioivaan lähestymistapaan ja siellä vedenoton mahdollisesti aiheutuvaan suolaisen meriveden muodostumiin pääsyyn. Tällainen tulee Suomessa mahdollisesti kyseeseen ainoastaan joillakin rannikon muodostuma-alueilla. Sisämaassa tällaista ilmiötä ei ole. Lisäksi tulisi pohtia onko ohjeessa esitetty tarkastelujakson pituus kaksi vuotta riittävän pitkä. Usein seurantatuloksia otetaan vain kaksi kertaa vuodessa. Kahden vuoden seurantajakson aikana otetaan yhteensä neljä näytettä. Näin suppean aineiston perusteella ei voi tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä esimerkiksi haitta-aineiden trendeistä. Aineiston perusteella voidaan arvioida lähinnä tarvitseeko alueella tehdä tarkentavat kemiallisen tilan testit. Lisäksi ohjeessa tulisi esittää/tarkentaa kuinka kemiallisen tilan kokonaisarvio tulee tehdä.

Seurannassa käytettäviä tarkkailuohjelmia tulisi tarkentaa ja muuttaa siten, että ne palvelisivat paremmin tarkoitustaan. Tavoitteena tulee olla riittävän, myös tilastolliseen tarkasteluun sopivan, aineiston saaminen. Seurantaohjelmia tulisi muuttaa siten, että havaintopisteistä otettaisiin vuosittain esimerkiksi eri tilannetta (pohjavedet matal-

la ja pohjavedet korkealla) kuvaavat näytteet. Tämän lisäksi esimerkiksi joka kolmas vuosi tehtäisiin laajempi näytteenotto. Laajemman näytteenottovuoden aikana näytteitä otettaisiin esimerkiksi joka toinen tai joka kolmas kuukausi. Näin menetellen saataisiin kuva sekä eri vuosien välisestä vaihtelusta että vuoden sisällä mahdollisesti tapahtuvasta vaihtelusta. Näin menetellen aineiston käyttö parantuisi mm. tilastolliseen tarkasteluun osalta.

Pohjavesimuodostumissa olevat havaintopaikat eivät ole riittäviä ja havaintopaikat eivät välttämättä anna oikeaa kuvaa mm. pilaantumisen laajuuden määrittämiseen. Tämän takia myös tässä työssä pilaantumien laajuudet jouduttiin arvioimaan. Tämä epäkohta olisi poistettavissa tekemällä pohjavesimuodostumille rakenneselvitykset sekä laatimalla niille virtausmallit. Näiden avulla havaintopisteverkko saataisiin riittävän hyväksi ja kattavaksi. Rakenneselvitykset ja virtausmallit tulisi tehdä ensisijaisesti huonossa kemiallisessa tilassa oleville ja riskialueiksi määritellyille alueille.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Etelä-Savon pohjavesimuodostumien kemiallinen tila arvioitiin uuden ohjeen mukaisesti. Kemiallisesti huonossa tilassa ovat Pursialan, Kuortin ja Punkasalmen pohjavesialueet. Kaikkien kolmen huonossa tilassa olevan alueen kemiallinen tila oli huono myös ensimmäisellä suunnittelukierroksella. Ensimmäisellä suunnittelukierroksella huonoon kemialliseen tilaan luokitellun Rauhanimen tila muuttui arvioinnin perusteella hyväksi.

Ensimmäisellä suunnittelukierroksella riskialueiksi määriteltyjen Hanhikankaan ja Naarajärven kemiallinen tila arvioitiin hyväksi huolimatta alueilla havaituista yli ympäristölaatu normien olevista pitoisuuksista. Viinavaaran-Tahvananmäen pohjavesialue luokiteltiin riskialueeksi tapahtuneiden metsätaloustoimien perusteella.

Pohjavesiin kohdistuvat ihmistoiminasta aiheutuvat paineet eivät ole muuttuneet merkittävästi verrattuna suunnittelukauden 2010-15 paineista. Vesienhoitokaudelle 2016-21 ei tarvitse tehdä uutta painetarkastelua. Selvitykset ja tutkimukset tulee kohdistaa alueille, joilla ihmistoiminnan paineet ja vaikutukset ovat suurimmat.

LÄHTEET

Airaksinen, Jussi 1978. Maa- ja pohjavesihydrologia. Oulu: Kirjapaino Osakeyhtiö Kaleva.

Britschgi, Ritva, Antikainen, Merja, Ekholm-Peltonen, Maria, Hyvärinen, Vesa, Nylandr, Esko, Siiro, Petri, Suomela, Tapani 2009. Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus. Ympäristöopas. Sastamanala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Euroopan Komissio 2008. Pohjaveden suojele Euroopassa Uusi pohjavesidirektiivi - vahvistamassa - vahvistamassa lainsäädännön puitteita . Luxemburg.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi yhteisön vesipolitiikan puitteista 2000/60/EY. WWW -dokumentti. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=PJ:L:2000:327:0001:0072:FI:PDF>. Ei päivitystietoa. Luettu 2.11.2011.

Kiukas, Iiro 2012. Haastattelu 24.4.2012. Projektipäällikkö. Ramboll Finland Oy.

Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä. WWW -dokumentti. <http://www.edilex.fi/saadokset/lainsaadanto/20041299>. Ei päivitystietoa. Luettu 2.1.2012.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi pohjaveden suojelusta pilaantumiselta ja huononemiselta 2006/11/EY. WWW -dokumentti. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:372:0019:0031:FI:PDF>. Ei päivitystietoa. Luettu 2.11.2011.

Hatva, Tuomo. Hyyppä, Juho. Ikäheimo, Jukka. Penttinen, Heikki & Sandborg, Matti 1993a. Soranoton vaikutus pohjaveteen. Tutkimusraportti 1. Ympäristöministeriö. Helsinki.

Hatva, Tuomo. Hyyppä, Juho. Ikäheimo, Jukka. Penttinen, Heikki & Sandborg, Matti 1993b. Soranoton vaikutus pohjaveteen. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja B. Painatuskeskus Oy. Helsinki.

Jelts, Ulrich 1990. Saastuneiden maa-alueiden kunnostus. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A. Valtion Painatuskeskus. Helsinki.

Juvonen, Janne 2012. Pohjaveden tilan arviointi. Suomen ympäristökeskus. Ohjelunnos.

Korkka-Niemi, Kirsti, Salonen, Veli-Pekka 1996. Maanalaiset vedet. Turun yliopiston täydennyskoulutuskeskuksen julkaisuja A:50. Vammalan Kirjapaino Oy. ISBN 951-29-0825-5.

Kotanen, Juho, Manninen, Pertti, Petäjä-Ronkainen, Anne & Panula-Ontto-Suuronen, Anni 2010. Vuoksen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuoteen 2015. Ympäristöministeriö. Vammalan Kirjapaino Oy. ISBN 978-11-3706-8.

- Kotanen, Juho 2012. Haastattelu 20.2.2012. Erikoissuunnittelija. Etelä-Savon ELY - keskus.
- Mustonen, Seppo (toim.) 1986. Sovellettu hydrologia. Vesiyhdistys r.y. Helsinki.
- Mälkki, Esko 1999. Pohjavesi ja pohjaveden ympäristö. Tampere: Tammer-paino Oy.
- Nyroos, Hannele. Partanen-Hertell, Marjut. Silvo, Kimmo ja Kleemola, Pauli 2006. Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015. Suomen ympäristö - 55/2006. Vammalan Kirjapaino Oy. Vammala.
- Petäjä-Ronkainen, Anne 2012. Haastattelu 15.2.2012. Geologi. Etelä-Savon ELY - keskus.
- Petäjä-Ronkainen, Anne, Haajanen, Kirsi & Panula-Ontto-Suuronen, Anni 2010. Etelä-Savon pohjavesien hoidon toimenpideohjelma 2010-2015. Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 3/2010.
- POVET-tietojärjestelmä. <http://hertha.vyh.fi/scripts/hearts/welcome.asp>. Luettu 19.1.2012
- Ramboll Finland Oy 2012. VR:n alueen haitta-aineseuranta 23.4.2012.
- Sojakka, Pekka 2010. Haastattelu. Hydrobiologi. Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto 1981. Vesihuolto. Forssa: Forssan Kirjapaino.
- Turkki, Reijo 2012. Haastattelu 2.3.2012. Johtaja. Mikkelin vesiliikelaitos.
- Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä. WWW -dokumentti. <http://edilex.fi/saadokset/lainsaadanto/20061040.pdf>. Ei päivitystietoa. Luettu 2.1.2012
- Valtioneuvosto 2011. Valtioneuvoston periaatepäätös vesienhoidon toteutusohjelmasta vuosille 2010-2015 vuoteen 2015 ulottuvien vesienhoitosuunnitelmien toteuttamiseksi 17.2.2011.
- Väljoki, Jukka 2012. Haastattelu 5.4.2012. Biologi. Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
- Ympäristöministeriö 2011. Vesienhoidon toteutusohjelma 2010-2015.
- Ympäristöministeriö 2007. Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015. Ympäristöministeriö. Taustaselvitys. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.
- Ympäristöministeriö 2011a. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=86421>. Päivitetty 23.2.2012. Luettu 15.4.2012.
- Ympäristöministeriö 2011b. WWW -dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=563&lan=FI>. Päivitetty 3.3.2011. Luettu 13.9.2011

Ympäristöministeriö 2012. WWW -dokumentti.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=576&lan=fi>. Päivitetty 14.4.2010. Luettu
19.1.2012

Ympäristölaatu normit ja taustapitoisuudet

Aine	Pohjaveden ympäristölaatu normi ¹⁾	Yksikö	Taustapitoisuus ²⁾
Nitraatit	50	mg/l	µg/l
Torjunta-aineiden vaikuttavat aineet ja niiden (merkitykselliset) aineenvaihdunta-, hajoamis- tai reaktiotuotteet	0,1 0,5 yhteensä ³⁾	µg/l µg/l	
Bentseeni	0.5	µg/l	
Tolueeni	12	µg/l	
Etyylibentseeni	1	µg/l	
Ksyleenit (∑orto-, meta- ja paraksyleeni)	10	µg/l	
Antraseeni	60	µg/l	
Naftaleeni	1.3	µg/l	
Bentso(a)pyreeni	0.005	µg/l	
∑Bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni ja indeno-(1,2,3-cd)-pyreeni	0.05	µg/l	
PCB-yhdisteet (∑ kongeneerit 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180)	0.015	µg/l	
∑Triklloorieteeni ja tetrakloorieteeni	5	µg/l	
1,2-dikloorieteeni	25	µg/l	
1,2-dikloorietaani	1.5	µg/l	
Dikloorimetaani (metyleenikloridi)	10	µg/l	
Vinyylkloridi (kloorieteeni)	0.15	µg/l	
Hiilitetrakloridi	2	µg/l	
Kloroformi (trikloorimetaani)	100	µg/l	
Klooribentseeni	3	µg/l	
1,2-diklooribentseeni	0.3	µg/l	
1,4-diklooribentseeni	0.1	µg/l	
Trikllooribentseeni (∑1,2,3-, 1,2,4- ja 1,3,5-triklooribentseeni)	2.5	µg/l	
Pentaklooribentseeni	1.2	µg/l	
Heksaklooribentseeni	0.024	µg/l	

Ympäristölaatu­normit ja taustapitoisuudet

Aine	Pohjaveden ympäristölaatu­normi ¹⁾	Yksik­kö	Taustapitoisuus ²⁾
Monokloorifenolit	0.05	µg/l	
Dikloorifenolit	2.7	µg/l	
∑Tri-, tetra- ja pentakloorifenoli	5	µg/l	
MTBE (metyyli-tert-butyyli­eetteri)	7.5	µg/l	
TAME (tert-amyylimetyyli­eetteri)	60	µg/l	
Öljyjakeet (C10-40)	50	µg/l	
Elohopea	0.06	µg/l	0,002
Kadmium	0.4	µg/l	0,02
Koboltti	2	µg/l	0,17
Kromi	10	µg/l	0,58
Kupari	20	µg/l	0,5
Lyijy	5	µg/l	0,47
Nikkeli	10	µg/l	0,3
Sinkki	60	µg/l	2,9
Antimoni	2.5	µg/l	0,02
Arseeni	5	µg/l	0,03
Ammonium NH ₄ ⁺ tai Ammoniumtyppi NH ₄ N	0.25 (NH ₄ ⁺) 0.20 (NH ₄ N)	mg/l mg/l	 2,8
Kloridi	25	mg/l	0,8
Sulfaatti	150	mg/l	

- 1) *Pohjaveden ympäristölaatu­normilla* tarkoitetaan tässä asetuksessa sekä yhteisön tasolla vahvistettua pilaavan aineen, pilaavien aineiden ryhmän tai pilaantumisen indikaattorin pitoisuutta pohjavedessä ilmaistuna laatu­normina, jota ihmisen terveyden tai ympäristön suojelemiseksi ei saa ylittää sekä kansallisesti vahvistettua direktiivin 2006/118/EY artiklassa 2 kohdassa 2 tarkoitettua raja-arvoa.
- 2) *Etelä-Savon alueen epäorgaanisten haitta-aineiden taustapitoisuudet*. Laskettu keskiarvona 6 pohjavesialueen tuloksista (Raikuu/6A/02, Herajärvi/6-08, Valkeisenkangas/Hp12-1A, Pisto­hiekkä/Hp8A ja Juuvinkangas/205)
- 3) *Yhteensä* tarkoittaa kaikkien seurannassa havaittujen ja mitattujen yksittäisten torjunta-aineiden summaa mukaan luettuna niiden merkitykselliset aineenvaihdunta-, hajoamis- tai reaktiotuotteet.

LIITE 2(1).

Etelä-Savon pohjavesialueiden painevertailutulokset

Alue	Pinta- ala [ha]	Rakennettu alue [%]	Maatalous [%]	Metsät, avoimet kankaat, kal- liomaat [%]	Kosteikot, avoimet suot [%]	Vesialueet [%]	Maa- ainesten otto [%]	Pellot [%]	Havumetsät [%]	Jarvet [%]	Harvapuustoiset alueet [%]
Haapakoski	120	0,0	0,6	-0,6	0,0	0,0	-0,2	0,6	10,4	0,0	-9,6
Hanhikangas	354	-2,7	-0,4	2,3	-0,1	0,9	-0,5	-0,6	13,2	0,5	-1,4
Harjakangas	256	1,8	0,4	-2,5	0,1	0,1	2,0	0,5	1,3	0,1	-3,0
Hartikkala	209	-2,1	0,0	0,3	0,6	1,2	-0,1	0,0	7,0	1,2	-3,7
Hatsola	194	0,0	0,1	-1,5	-0,2	1,6	0,5	0,1	9,5	1,6	-6,6
Haukiharju- Palaneenkangas	266	0,4	-0,1	-0,3	0,0	0,0	0,4	-0,1	4,4	0,0	-5,2
Haukilammenharju	170	-0,5	1,0	-0,4	-0,2	0,0	-0,6	0,9	9,9	0,0	-5,3
Heinharju	72	1,3	0,8	-3,0	0,6	0,3	2,8	0,8	7,7	0,3	-8,1
Herajärvi	140	0,0	0,0	-0,8	0,1	0,7	0,0	0,0	4,9	0,7	-4,1
Hietakylänkangas	211	-1,3	2,4	-1,9	0,1	0,7	0,2	2,4	7,6	0,8	-3,0
Hiidenlampi	505	0,0	1,9	-2,4	-0,1	0,6	0,2	1,9	6,3	0,6	-2,5
Hirvivaara	1039	0,0	0,0	-0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	8,8	0,1	1,3
Huosiuskangas	81	-0,1	1,2	-2,0	0,2	0,7	-0,5	1,2	12,3	0,7	-2,6
Hympyränkangas	316	0,4	0,0	-0,3	-0,1	0,1	0,4	0,0	2,4	0,1	-0,9
Hälvä	416	0,6	0,0	0,0	2,8	-3,3	0,0	0,0	1,6	-3,3	-1,3
Hätinniemi	54	-3,8	0,0	2,2	0,1	1,5	0,2	0,0	-4,9	1,5	7,2
Ihanteenniemi	56	-2,1	0,0	-0,7	0,0	2,9	-0,4	0,0	8,3	2,9	0,4
Ilmalamminkangas	117	0,7	0,0	1,0	-1,1	-0,6	0,2	0,0	6,7	-0,6	-8,0
Kaivannonharju	287	5,4	-0,1	-8,2	0,3	2,6	-0,1	0,7	5,6	2,6	-7,0

LIITE 2(2).

Etelä-Savon pohjavesialueiden painevertailutulokset

Alue	Pinta- ala [ha]	Rakennettu alue [%]	Maatalous [%]	Metsät, avoimet kankaat, kal- liomaat [%]	Kosteikot, avoimet suot [%]	Vesialueet [%]	Maa- ainesten otto [%]	Pellot [%]	Havumetsät [%]	Jarvet [%]	Harvapuustoiset alueet [%]
Kalkkikivenkangas	411	0,0	0,5	-0,4	0,1	-0,2	0,1	0,5	5,2	-0,2	-5,2
Kalkkitehdas	105	-0,4	0,0	-0,8	-0,1	1,3	0,5	0,0	1,1	1,3	-0,2
Kataasaari	59	-5,4	0,0	1,8	2,5	1,1	-2,4	0,0	1,8	1,1	4,3
Kaukalovuori	214	-0,5	-0,8	0,0	0,0	1,3	0,5	-0,8	3,3	1,3	-3,4
Keplakko	185	-1,7	0,2	1,4	-0,5	0,6	0,1	0,2	7,3	1,3	-4,1
Keronsärkkä	56	-2,5	0,0	6,7	0,0	-4,1	0,0	0,0	2,3	-4,1	-1,2
Kiermisaari	34	4,2	0,0	-3,2	0,7	-1,8	4,2	0,0	-4,0	-1,8	0,1
Kilonkangas	152	3,7	2,2	-7,0	0,3	0,8	0,0	2,2	-8,8	0,8	1,6
Kirkkokangas	400	0,3	0,0	-0,9	-0,2	0,8	0,1	0,0	9,4	0,8	-8,3
Kirvesharju- Luosonmäki	493	-0,4	0,1	0,0	-0,2	0,5	0,1	0,1	4,7	0,5	-6,9
Kitulanniemi	52	-0,3	0,0	-0,4	0,0	0,7	0,0	0,0	4,8	0,7	0,6
Koikkala	42	-0,4	0,0	1,6	0,0	-1,1	0,0	0,0	3,9	-1,1	0,5
Kokkomäki	101	3,1	0,0	-6,1	1,8	1,3	0,0	0,0	3,8	1,3	-2,3
Kolma	825	0,8	1,2	-2,0	-0,1	0,1	0,0	1,1	7,7	0,1	-2,4
Koro	60	0,0	0,0	-1,1	0,9	0,2	-0,6	0,0	17,3	0,2	-11,7
Korsijärvi	57	-3,4	0,0	3,9	-0,5	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	-6,3
Kotkatharju	1269	2,9	0,6	-4,4	-0,2	1,1	0,9	0,6	9,6	1,1	-4,2
Kotkatsaari	151	0,3	0,0	-2,1	0,3	1,5	0,0	0,0	-0,1	1,5	1,3
Kotkuinniemi	55	-6,1	0,0	2,0	0,0	4,1	0,0	0,0	6,7	4,1	1,5

LIITE 2(3).

Etelä-Savon pohjavesialueiden painevertailutulokset

Alue	Pinta- ala [ha]	Rakennettu alue [%]	Maatalous [%]	Metsät, avoimet kankaat, kal- liomaat [%]	Kosteikot, avoimet suot [%]	Vesialueet [%]	Maa- ainesten otto [%]	Pellot [%]	Havumetsät [%]	Jarvet [%]	Harvapuustoiset alueet [%]
Koukkuniemi	90	0,0	0,0	1,4	-0,4	-1,0	0,0	0,0	24,1	-1,0	-20,7
Koulunkangas	143	2,9	0,4	-4,1	0,0	0,8	0,0	0,4	-4,7	0,8	6,7
Kuikonniemi	97	-2,7	0,0	7,3	0,0	-4,7	0,0	0,0	5,6	-4,7	-1,1
Kulenoisharju	571	0,8	-0,3	-1,5	1,2	-0,2	1,3	-0,3	1,8	-0,2	1,1
Kulhankangas	374	0,3	2,1	-2,0	-1,5	1,2	0,2	1,9	-6,9	1,2	-0,7
Kuortti	70	3,4	-1,1	-1,5	-0,5	-0,3	0,8	-1,1	15,5	-0,3	-11,2
Kupiala	110	3,9	8,2	-11,3	-0,8	0,0	-1,0	8,2	-1,6	0,0	-6,8
Kurkisenharju- Iloinenmäki	252	0,2	1,8	-2,1	0,7	-0,5	0,0	1,8	6,2	-0,5	-0,3
Kurkisuonkangas	82	0,4	0,2	1,0	-1,2	-0,4	0,0	0,2	8,7	-0,4	-7,2
Kuvajaniemi	182	-2,2	-0,2	0,9	0,1	1,3	0,0	-0,2	7,2	1,3	0,0
Kylmäkorpi	111	0,0	1,9	-2,7	0,0	0,8	1,1	1,9	10,4	0,8	-7,6
Käkötaipale	138	0,7	0,4	-0,7	0,0	-0,5	0,0	0,4	-3,2	-0,5	-1,7
Kärjäkangas	153	-2,2	0,0	3,6	0,2	-1,6	0,0	0,0	2,1	-1,6	-0,1
Kääkönlampi	49	-2,7	-0,2	2,3	0,0	0,6	-0,8	-0,3	-16,2	0,6	24,6
Lampsunkangas	127	1,4	0,0	-2,8	-1,0	2,5	0,0	0,0	-15,0	2,5	9,4
Leipämäki	408	3,2	0,9	-4,1	-0,1	0,1	0,0	0,9	14,6	0,1	-12,3
Lietniemi	395	-0,5	-0,1	-0,1	0,0	0,7	0,3	-0,1	-15,5	0,7	19,2
Liettiinkangas	348	2,6	0,1	-3,4	1,0	-0,3	-0,2	0,2	0,6	-0,3	0,2
Linnalahti	26	-5,4	2,1	5,9	0,0	-2,6	0,0	2,2	26,3	-2,6	-13,7

LIITE 2(4).

Etelä-Savon pohjavesialueiden painevertailutulokset

Alue	Pinta- ala [ha]	Rakennettu alue [%]	Maatalous [%]	Metsät, avoimet kankaat, kal- liomaat [%]	Kosteikot, avoimet suot [%]	Vesialueet [%]	Maa- ainesten otto [%]	Pellot [%]	Havumetsät [%]	Jarvet [%]	Harvapuustoiset alueet [%]
Lohikoski	48	-2,7	0,5	2,6	0,0	-0,4	0,0	0,5	-1,7	-0,4	4,1
Lukkarinniemi	28	0,0	0,0	-0,8	0,0	0,8	0,0	0,0	2,6	0,8	0,0
Luuminniemi	34	3,0	0,0	-1,3	0,0	-1,6	0,0	0,0	16,3	-1,6	-20,9
Lähteellä	403	-0,1	0,4	-0,4	-0,5	0,7	0,0	0,4	7,9	0,7	-2,4
Löytynlampi	153	-2,3	0,0	2,1	0,4	-0,2	-1,4	0,0	2,3	-0,2	-0,8
Majalampi	29	0,0	0,0	-3,5	0,0	3,4	0,0	0,0	-0,9	3,4	1,8
Metelinharju	210	-0,7	0,0	1,6	1,2	-2,2	0,0	0,0	-0,9	-2,2	0,3
Montola	125	4,6	-0,1	-4,1	-0,2	-0,2	0,0	-0,8	9,8	-0,2	-8,2
Mäntysaari	43	0,0	0,0	-2,2	0,0	2,2	0,0	0,0	6,2	2,2	-2,1
Naarajärvi	374	0,7	0,3	-0,3	-0,4	-0,2	-0,2	-0,1	3,4	-0,2	-5,7
Oulunmäki	130	-1,5	0,0	2,0	0,0	-0,5	0,0	0,0	7,1	-0,5	-2,4
Pahkajärvi	55	-1,4	0,2	2,2	0,3	-1,4	0,0	0,2	1,5	-1,4	5,5
Paitapuro	52	0,7	-4,7	4,2	-0,2	0,0	0,7	-4,7	13,3	0,0	-1,0
Pajuharju	154	-0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,6	0,1	4,5
Pakarharju	248	-0,2	0,3	-1,8	0,4	1,2	0,0	0,3	13,3	1,2	-4,7
Palokangas	81	7,4	0,8	-7,4	-1,2	0,4	6,7	0,8	8,1	0,4	-12,6
Parkatinkangas	128	0,4	-1,4	-1,0	0,7	1,3	0,0	-1,4	-1,0	1,3	2,5
Partaharju	137	-2,0	0,0	-1,3	0,8	2,5	-1,2	0,0	3,0	2,5	-0,9
Pennankangas	80	-0,1	2,6	-2,8	-0,6	0,9	0,1	2,6	6,1	0,9	-6,7
Pertunmaa kk	89	-2,5	0,1	0,9	-0,4	2,0	0,0	0,1	10,6	2,0	-8,1

LIITE 2(5).

Etelä-Savon pohjavesialueiden painevertailutulokset

Alue	Pinta- ala [ha]	Rakennettu alue [%]	Maatalous [%]	Metsät, avoimet kankaat, kal- liomaat [%]	Kosteikot, avoimet suot [%]	Vesialueet [%]	Maa- ainesten otto [%]	Pellot [%]	Havumetsät [%]	Jarvet [%]	Harvapuustoiset alueet [%]
Petri	102	0,0	0,0	5,2	0,0	-5,2	0,0	0,0	-4,6	-5,2	-2,2
Piilukanvuori	121	-0,6	0,0	2,1	-0,1	-1,5	-0,1	0,0	9,6	0,5	-2,1
Pistalanharju	182	0,7	0,0	3,5	-0,3	-3,8	0,0	0,0	4,4	-3,8	-2,9
Pistohiekankangas	294	13,0	0,4	-13,6	0,2	0,1	0,0	0,4	-20,7	0,1	6,5
Pohjaniemi	76	0,1	0,0	-2,1	0,1	1,9	0,2	0,0	0,6	1,9	4,5
Porrassalmi	123	-2,7	-2,2	4,5	-0,8	1,2	0,0	-2,3	9,6	1,2	0,6
Povenkankaat	292	2,0	-1,5	-1,5	-0,1	1,1	0,2	-1,5	6,5	1,1	-5,1
Pulmionniemi	58	-0,6	0,0	-2,1	2,0	0,8	0,0	0,0	6,0	0,8	-1,7
Punkaharju	120	-1,1	0,0	1,1	-0,2	0,2	0,0	0,0	7,0	0,2	1,0
Punkasalmi	82	0,9	-0,8	2,1	-0,4	-1,9	0,0	-0,8	5,4	-1,9	-4,5
Pursiala	431	-2,7	0,0	1,1	0,0	1,6	-1,3	0,0	7,4	1,6	-4,0
Pääniemi	18	0,0	0,0	-1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	17,7	1,0	-0,4
Raikuunkangas	313	1,6	0,1	-2,8	0,9	0,2	0,1	0,1	-11,1	0,9	-0,3
Rapionkangas	145	0,5	0,0	-0,6	-0,2	0,4	1,0	0,0	11,5	0,4	-12,2
Rauhaniemi	124	-4,4	0,0	1,7	1,0	1,7	0,0	0,0	-1,4	1,7	5,3
Rehniönniemi	118	-2,3	0,0	1,1	-0,2	1,4	0,0	0,0	8,5	1,4	-1,8
Repomäki	208	2,9	7,9	-12,6	6,1	-4,3	0,0	7,9	-5,7	-4,3	-3,5
Risukannanharju	127	2,4	-0,1	-1,4	-0,1	-0,9	0,0	-0,1	1,0	-0,9	-7,7
Ritokangas	81	-0,2	0,0	-1,9	5,3	-3,2	0,0	0,0	-1,8	-3,2	-0,9
Rohvostinrinne	185	-0,2	0,1	2,0	-0,1	-1,8	0,3	0,1	12,9	1,3	-3,0

LIITE 2(6).

Etelä-Savon pohjavesialueiden painevertailutulokset

Alue	Pinta- ala [ha]	Rakennettu alue [%]	Maatalous [%]	Metsät, avoimet kankaat, kal- liomaat [%]	Kosteikot, avoimet suot [%]	Vesialueet [%]	Maa- ainesten otto [%]	Pellot [%]	Havumetsät [%]	Jarvet [%]	Harvapuustoiset alueet [%]
Rokansaari	413	-0,9	0,3	-3,2	3,1	0,7	0,0	0,0	-4,3	0,7	3,6
Ruokokangas	337	-0,2	0,3	-0,1	-0,2	0,2	0,0	0,3	-9,5	0,2	9,8
Ruutanaharju	222	2,9	0,2	-2,8	-0,1	-0,2	0,2	0,2	2,9	-0,2	-5,8
Ryttyniemi	64	1,4	0,1	-0,2	-0,1	-1,1	0,5	0,1	8,5	-1,1	-10,0
Seikanharjut	112	1,6	-1,0	-3,0	-0,3	2,7	0,0	-1,0	3,6	2,7	-8,0
Seppäharju	216	-1,9	0,0	0,3	-0,3	1,9	0,0	0,0	3,4	2,0	-0,4
Seurajärvenharju	126	-0,9	5,2	-5,0	-0,1	0,9	0,0	5,2	-11,0	0,9	-0,3
Seurasaari	113	-0,8	0,0	-4,3	3,3	1,8	0,0	0,0	2,5	1,8	-1,2
Siikajärvenniemi	124	-1,2	0,0	1,2	-0,3	0,3	0,0	0,0	5,5	0,3	-3,2
Siikalahdenkangas	366	0,8	-0,6	-0,8	0,8	-0,1	0,1	-0,6	0,1	-0,1	1,5
Soidinkangas	96	0,4	0,0	-0,4	0,1	0,0	0,5	0,0	6,3	0,0	-1,5
Sompasaari	81	2,8	1,6	-2,4	0,0	-2,0	0,0	1,3	5,0	-2,0	-6,3
Sorvalammenkangas	146	-0,4	0,0	-0,9	-0,1	1,4	0,2	0,0	0,3	1,4	-6,7
Sourunharju	177	-0,6	0,4	0,0	0,0	0,2	0,1	0,4	4,9	0,2	1,2
Susihaudankankaat	48	0,8	0,0	-0,6	-0,1	0,0	0,8	0,0	11,0	0,0	-11,1
Suurisärkkä	76	2,8	0,3	-2,9	-0,1	-0,1	-0,1	0,3	10,4	-0,1	-4,9
Syrjäharju	44	-1,5	3,4	-2,6	-0,4	1,3	-0,1	3,4	5,7	1,3	-3,1
Syrjänharju	310	-3,0	2,5	-0,6	-0,2	1,4	-0,2	2,5	9,1	0,9	1,2
Syvälähti	43	-2,3	1,4	-0,7	0,0	1,7	0,0	1,4	5,3	1,6	-7,0
Syvänjärvenkangas	74	-3,0	1,7	1,2	0,4	-0,3	0,0	1,7	11,3	-0,3	-11,6

LIITE 2(7).

Etelä-Savon pohjavesialueiden painevertailutulokset

Alue	Pinta-ala [ha]	Rakennettu alue [%]	Maatalous [%]	Metsät, avoimet kankaat, kal-liomaat [%]	Kosteikot, avoimet suot [%]	Vesialueet [%]	Maa-ainesten otto [%]	Pellot [%]	Havumetsät [%]	Jarvet [%]	Harvapuustoiset alueet [%]
Syvänkangas	185	-0,1	0,0	0,7	-0,9	0,3	0,0	0,0	11,5	0,3	-12,2
Särkijärvenharju	100	-0,3	1,9	-2,3	-0,3	0,9	-0,4	1,9	0,3	0,9	0,1
Tervaniemi	47	0,4	1,9	-2,6	-1,6	1,9	0,0	1,9	4,5	1,9	-2,8
Tervaruukinsalo	2358	0,7	0,5	-0,9	-0,3	0,1	0,5	0,5	5,2	0,1	-2,1
Tetriniemi	147	2,7	0,0	-2,6	0,0	-0,1	0,3	0,0	-10,1	-0,1	7,4
Tikanmäki	51	0,4	0,0	3,7	0,0	-4,1	-0,1	0,0	8,6	0,0	-1,7
Tinakypärä	168	-0,8	0,0	1,4	-0,7	0,2	-0,3	0,0	12,0	0,1	-14,9
Tuopunkangas	436	-2,1	0,0	1,3	0,4	0,5	1,1	0,0	3,8	0,4	-0,3
Umpilampi	68	-3,1	0,0	0,9	0,0	2,2	-1,8	0,0	19,8	2,2	-13,9
Vaalunsärkkä	121	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,0	0,0	2,2	0,1	-3,9
Valkeisenkangas	112	0,0	0,0	0,7	-0,9	0,2	0,0	0,0	-0,8	0,2	-0,4
Varpaniemi	123	-3,4	0,3	-0,4	2,6	0,9	0,0	0,3	-9,1	0,9	4,9
Viinavaara-Tahvananmäki	417	5,0	0,5	-4,7	0,8	-1,6	2,9	0,5	1,7	-1,6	-3,7
Vilkaharju	65	-1,3	0,0	0,6	0,2	0,5	0,0	0,0	13,6	0,5	-7,1
Vilkonharju	294	1,9	1,0	-4,7	0,5	1,4	-6,3	1,5	7,5	1,4	-14,2
Äyrätsalo	163	-0,1	0,0	-2,7	0,1	2,7	0,0	0,0	-9,4	2,7	6,4