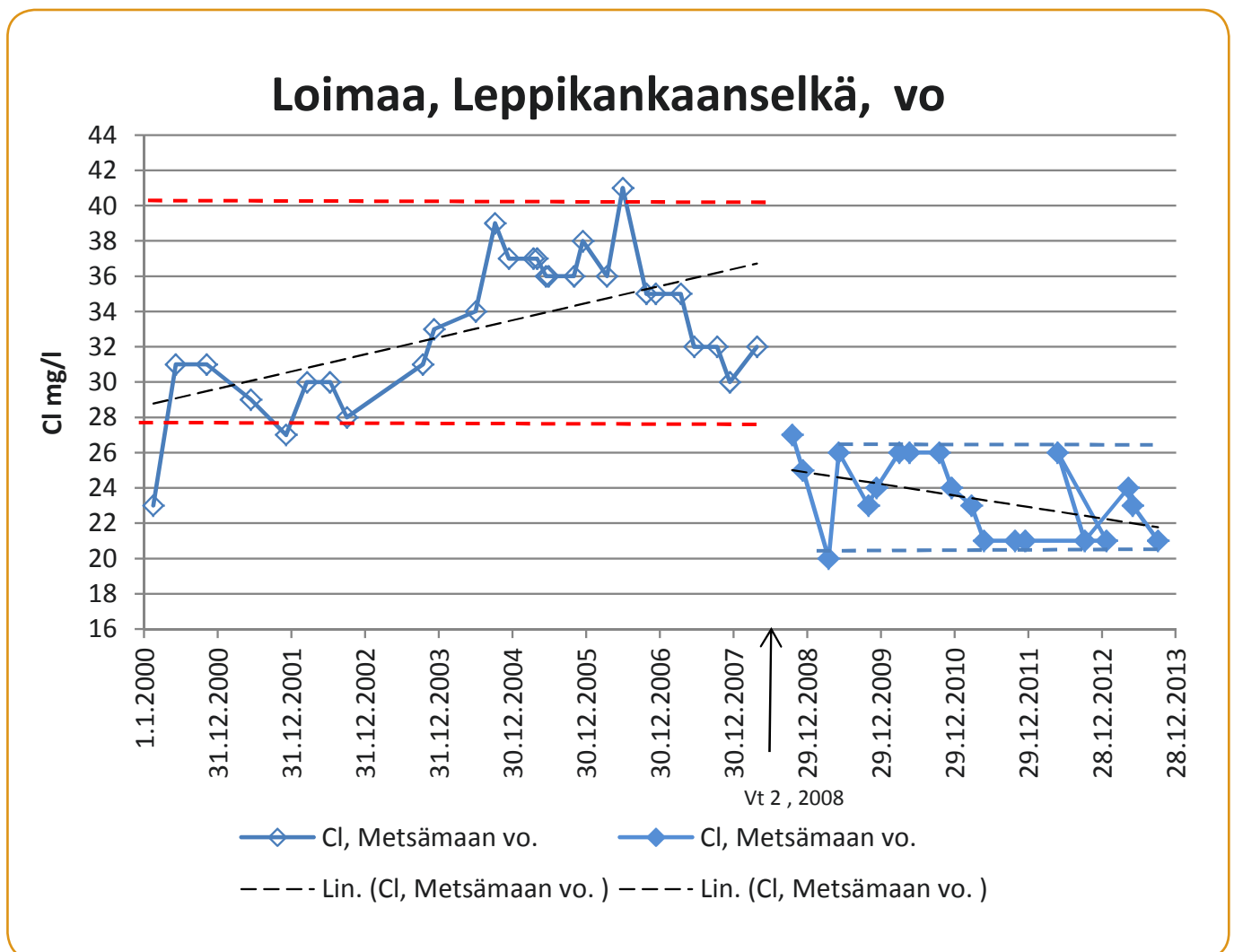


ERJA VALLILA

Luiskasuojausten vaikutuksista pohjaveden kloridipitoisuuteen eräissä kohteissa

VUONNA 2000 JA SEN JÄLKEEN RAKENNETUT SUOJAUKSET



Erja Vallila

Luiskasuojauksen vaikutuksista pohjaveden kloridipitoisuuteen eräissä kohteissa

Vuonna 2000 ja sen jälkeen rakennetut suojaukset

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2015

Kannen kuva: Leppikankaanselän pohjavesialueen Metsämaan vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuustason vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen.

Verkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-317-068-1

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 029 534 3000

Erja Vallila: Luiskasuojauksen vaikutuksista pohjaveden kloridipitoisuuden eräissä kohteissa. Liikennevirasto, Infra ja ympäristö-osasto. Helsinki 2015. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2015. 85 sivua ja 2 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-068-1.

Avainsanat: pohjavesi, ympäristö, suolaus, kloridi, tiesuolat, suojaus, luiskat, tiet, talvihoito, vaikutus selvitykset

Tiivistelmä

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut arvioida vuonna 2000 ja sen jälkeen rakennettujen pohjavesisuojausten toimivuutta keräämällä ja analysoimalla tietoa kloridipitoisuuden kehittymisestä pohjavesialueiden tarkkailupisteissä vedenottamoilla ennen ja jälkeen suojausten rakentamisen. Tiedot kerättiin tierekisteristä, ELY-keskusten liikenne- ja infrastruktuurivastuualueen ja ympäristövastuualueen ympäristöasiantuntijoilta, vedenottamoilta tai kuntien terveystoimistoilta ja POVET-pohjavesitietojärjestelmästä. Arviossa käytiin läpi 12 kohdetta, joissa suojaukset ovat kattavia ja suojausrakenteessa oli mukana sekä bentoniitti- että kalvorakenne. Lisäksi esitetään tulokset ennen vuotta 2000 rakennettujen suojausten kloridipitoisuuden kehittymisestä.

Kerätystä kloridipitoisuustiedosta arvioitiin kloridipitoisuuden taso kussakin kohteessa ennen ja jälkeen suojauksen. Tarkasteluajanjakso kaikissa kohteissa oli 6–10 vuotta ennen suojausta sekä mahdollisuuksien mukaan noin 6 vuotta suojauksen jälkeen. Kloridin pitoisuustasot pohjavesialueiden vedenottamoilla ovat tarkasteluajanjaksoilla laskeneet kohteesta riippuen 2...12 mg/l. Ennen suojausta kohteista 10 vedenottamolla ylittyi pohjaveden kemiallisen tilan arviointia varten Valtioneuvoston asetuksessa 341/2009 kloridille annettu ympäristön laatu- ja sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 461/2000 vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi annettu raja-arvo 25 mg/l. Suojausten rakentamisen jälkeen (tarkasteluajanjaksoilla 4-6 vuotta) kuudella vedenottamolla kloridipitoisuustaso 25 mg/l kloridia alittui. Kloridipitoisuustaso ylittyi neljällä ottamolla, joista yhdellä ottamon havaintoputkessa. Kahdella näistä ottamoista on tulosten perusteella arvioituna mahdollista kloridipitoisuustason 25 mg/l saavuttaminen noin 12 vuotta suojausten rakentamisen jälkeen. Neljä ottamoita, joilla pitoisuustasot laskivat 6...12 mg/l, sijaitsivat kaikki muodostumatyypiltään antikliinillä eli purkavien harjumuodostumien pohjavesialueilla. Muodostumatyypiltään synkliinisten eli keräävien harjumuodostumien vedenottamoiden kloridipitoisuuden tasot laskivat suhteellisesti vähemmän, 2...3 mg/l.

Suojausten rakentamisen lisäksi kloridipitoisuustason laskuun voi olla muitakin syitä. Liukkaudentorjuntasuolan käytön vähentäminen kyseisellä tieosuudella on voinut vaikuttaa pitoisuustasoon. Vedenottomäärien vaikutus tuloksiin on mahdollista ottomäärien merkittävien muutosten yhteydessä. Tarkasteltujen tekijöiden perusteella suojaus toimii siten todennäköisemmin kohteissa, joissa ei ole merkittäviä puutteita suojaustyypeissä, suojausten kattavuudessa eikä kohteen läheisyydessä ole muuta suolaantumista aiheuttavaa toimintaa tai kohdetta. Kuivatusvesien tehokas poisjohdaminen pohjavesialueelta on myös tärkeää. Suojausten toimivuutta voidaan parhaiten ja luotettavimmin seurata ja arvioida, kun suojausrakenne kattaa pohjavesialueella myös vesien purkureitin, klorideja seurataan vähintään 4–6 vuoden ajanjaksoilla ennen ja jälkeen suojausten rakentamista, ja kohteen tiesuolan käyttömäärää seurataan. Suojausten vaikutuksen arvioimiseksi tarvitaan pitkäaikaista, jatkuvaa seurantaa.

Erja Vallila: Effekter av slätskydd på kloridhalten i grundvatten vid vissa objekt. Trafikverket, infrastruktur och miljö. Helsingfors 2015. Trafikverkets undersökningar och utredningar 13/2015. 85 sidor och 2 bilagor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-068-1.

Sammanfattning

Syftet med undersökningen har varit att utvärdera funktionen i grundvattenskydd byggda år 2000 och senare genom att samla in och analysera data om utvecklingen av kloridhaltens utveckling i observationspunkter för grundvatten i vattentäkter före och efter att skydden byggts. Data samlades in från vägregistret, av experter på ansvarsområdet för trafik- och infrastruktur och ansvarsområdet för miljö vid NTM-centralerna, av vattentäkterna eller kommunernas hälsomyndigheter och från grundvattendatasystemet POVET. I bedömningen behandlades 12 olika objekt med heltäckande skydd, där skyddskonstruktionen omfattade både en bentonit- och membrankonstruktion. Därutöver presenteras resultaten för utvecklingen av kloridhalter i skydd byggda före år 2000.

I insamlade data om kloridhalter bedömdes kloridhaltnivån i respektive objekt före och efter skyddandet. Granskningsperioden i samtliga objekt var 6–10 år före skyddandet och, om möjligt, cirka 6 år efter skyddandet. Kloridnivåhalterna på vattentäkterna i grundvattenområdena har under observationsperioden sjunkit 2...12 mg/l beroende på objekt. Före skyddandet överskreds gränsvärdet på 25 mg/l klorid enligt miljö kvalitetsnormen för bedömning av grundvattnets kemiska tillstånd i statsrådets förordning 341/2009 och Social- och hälsovårdsministeriets förordning 461/2000 för förebyggande av korrosion av vattenledningsmaterial på 10 vattentäkter. Efter att skyddet byggts (under observationsperioden 4–6 år) underskred kloridhalten 25 mg/l klorid i sex vattentäkter. Kloridhalten överskreds på fyra täkter, i ett fall i taktens observationsrör. På basis av resultaten är det möjligt att nå en kloridhaltnivå 25 mg/l på två av dessa täkter cirka 12 år efter att skyddet byggts. De fyra täkter, där halterna sjönk 6...12 mg/l, låg alla på antiklinala grundvattenområden, dvs. i åsformationer som frigjer vatten. Kloridhalterna i vattentäkter som ligger på synklinala formations typer, dvs. samlande åsformationer, sjönk relativt sett mindre, 2...3 mg/l.

Det kan även finnas andra orsaker till att kloridhalterna sjunkit än byggandet av skydd. En minskad användning av halkbekämpningssalt på det aktuella vägavsnittet kan ha påverkat halten. Resultaten kan påverkas av vattenuttagsmängden vid större uttagsförändringar. Utifrån de studerade faktorerna fungerar skyddet således mer sannolikt i objekt som inte har betydande brister i skyddstyp, skyddets omfattning och om det inte finns annan verksamhet eller andra objekt som orsakar salinering. En effektiv dränering av dagvatten från grundvattenområdet är också viktigt. Skyddets funktion kan på bästa och pålitligaste sätt följas upp och utvärderas när skyddskonstruktionen på grundvattenområdet också täcker vattenavrinningsvägen, kloridhalten följs upp under minst 4–6 år före och efter att skyddet byggts, och användningen av vägsalt i området följs upp. För att bedöma skyddets effekt behövs en långvarig, kontinuerlig uppföljning.

Erja Vallila: Effects of groundwater protection on road slopes protection on chloride concentrations in groundwater at selected sites. Finnish Transport Agency, Infrastructure and Environment. Helsinki 2015. Research reports of the Finnish Transport Agency 13/2015. 85 pages and 2 appendices. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-068-1.

Summary

The purpose of this study was to evaluate the functionality of groundwater protections built in 2000 or later by collecting and analysing data on the development of chloride concentration at the monitoring points of groundwater areas at water intake plants before and after the protections were built. The information was compiled from the Finnish Transport Agency's road database, environmental experts at the transport and infrastructure areas of responsibility of Centres for Economic Development, Transport and the Environment, water intake plants or municipal health authorities and The Finnish Environment Institute's groundwater database. The evaluation covered 12 sites at which the protection was extensive and included both a bentonite matt and a plastic film. In addition, the results for protections built before 2000 as regards the development of chloride concentration are presented.

Based on the chloride concentration data collected, the chloride level at each site was assessed before and after the protection was built. The study period at each site was 6–10 years before the protection was built and, if possible, approximately 6 years after the protection was built. Depending on the site, the chloride levels decreased at the water intake plants in the groundwater areas by 2...12 mg/l during the study periods. Before the protection was built, the environmental quality standard set for chloride in Government Decree 341/2009 for assessing the chemical status of groundwater and the maximum concentration set in the Decree of the Ministry of Social Affairs and Health 461/2000 to prevent the corrosion of plumbing materials, 25 mg/l, was exceeded at 10 water intake plants at the sites studied. After the protection was built (study period 4–6 years), the chloride level was lower than 25 mg/l at six water intake plants. This chloride level was exceeded at four water intake plants, at one of these in groundwater monitoring pipe. Assessed on the basis of the results, it will be possible to achieve the 25 mg/l chloride level at two of these water intake plants after approximately 12 years have elapsed from the building of the protection. The four water intake plants at which the chloride levels decreased by 6...12 mg/l were all located in groundwater areas of anticlinal esker formations, which recharge groundwater, while the decrease in chloride levels at water intake plants located in groundwater areas of synclinal esker formations, which collect groundwater, was relatively speaking lower, 2...3 mg/l.

In addition to the protection built, other factors may have contributed to the decrease in chloride level. Reduced use of road salt for maintenance of the road section under study may have affected the chloride level. Significant changes in the amount of water intake may also influence the results. On the basis of the factors studied, groundwater protection is most likely to function well at sites where there are no significant defects in the type and extent of the protection used, and where there are no other activities or sites causing groundwater salinisation in the vicinity of the site. It is also important effectively to direct drainage waters away from the groundwater area. The monitoring and evaluation of the functionality of groundwater protection can be best and most reliably carried out if the protection measure in the groundwater area also covers the water discharge flow paths, the chloride level is monitored for a minimum period of 4–6 years before and after the protection is built and the amount of road salt used at the site is monitored. Long-term, continuous monitoring is required in order to be able to assess the effects of groundwater protection.

Esipuhe

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut arvioida vuonna 2000 ja sen jälkeen rakennettujen pohjavesisuojausten toimivuutta keräämällä ja analysoimalla tietoa kloridipitoisuuden kehittymisestä pohjavesialueiden tarkkailupisteissä ja vedenottamoilla ennen ja jälkeen suojausten rakentamisen. Tielaitos on laatinut vastaavan tutkimuksen vuonna 2000 (Luiskasuojausten vaikutuksista pohjaveden kloridipitoisuuteen eräissä kohteissa, Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 42/2000). Vuoden 2000 jälkeen rakennettujen pohjavesisuojausten rakenne poikkeaa ennen vuotta 2000 rakennetuista suojauksista, ja tämän tutkimuksen tavoitteena on ollut myös arvioida laatuvaatimusten muuttamisen vaikutusta suojausten toimivuuteen.

Tämä tutkimus on tehty Liikenneviraston toimeksiannosta Ramboll Finland Oy:ssä. Tutkimus perustuu Fintact Oy:n Tielaitoksen toimeksiannosta vuonna 2000 laatimaan vastaavan tutkimukseen (Luiskasuojausten vaikutuksista pohjaveden kloridipitoisuuteen eräissä kohteissa, Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 42/2000), joka tehtiin DI Kari Lehtosen ohjauksessa.

Tämän raportin laadinnasta ja tietojen keräämisestä on vastannut DI Erja Vallila. Tietojen keräämisessä, muokkauksessa ja viimeistelyssä sekä karttojen laadinnassa ovat avustaneet suunnittelijat FM Jaana Kuisma ja DI Salla Hostikka. ELY-keskukset ovat osallistuneet työhön keräämällä tietoa ja kommentoimalla raportin sisältöä. Tarkoituksena on, että Ely-keskusten L-vastuualueet korjaavat tutkimuksen yhteydessä havaitut tierekisterin puutteet tierekisteriin. Tutkimus on tehty DI Laura Pennasen ja DI Tiina Perttulan ohjauksessa.

Tutkimuksen aikana on oltu yhteydessä kuntien terveystarkastajiin, vesilaitoksiin, vesianalyysejä tehneisiin laboratorioihin, ELY-keskuksen liikenne- ja infrastruktuuri-vastuualueiden ympäristövastaaviin ja alueiden pohjaveden seurantaohjelmien laatijoihin. Kaikkien tahojen hyvä yhteistyö on ollut tärkeää raportin aineiston kokoamisessa.

Helsingissä helmikuussa 2015

Liikennevirasto
Infra ja ympäristö -osasto

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	9
2	LÄHTÖAINEISTO.....	11
3	KOhteiden perustiedot	12
4	TULOKSET	16
4.1	Laitila, Puntarin pohjavesialue	16
4.2	Loimaa, Leppikankaanselän pohjavesialue	19
4.3	Eura, Harjunummen pohjavesialue	22
4.4	Huittinen ja Punkalaidun, Huhtamo-Kanteenmaan pohjavesialue	24
4.5	Kouvola, Kaipiaisten pohjavesialue	27
4.6	Kokkola, Patamäen pohjavesialue.....	33
4.7	Kauhava, Pöyhösenkankaan (A) pohjavesialue	36
4.8	Uusikaarlepyy, Hysalheden pohjavesialue	40
4.9	Kaustinen, Åsen A pohjavesialue	44
4.10	Kruunypyy, Åsen B pohjavesialue	47
4.11	Alavus, Tastulanmäen pohjavesialue	50
5	Kloridipitoisuuteen vaikuttavat tekijät.....	54
6	Suojausten tehokkuus.....	58
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET	81
7.1	Johtopäätökset.....	81
7.2	Jatkotoimenpide-ehdotukset	83
	VIITTEET	85
	LIITTEET	
	Liite 1 Trendianalyytitaulukko	
	Liite 2 Ennen vuotta 2000 rakennettujen suojausten vaikutukset pohjaveden kloridipitoisuuteen	
	PIIRUSTUKSET (Ei julkisia, tutkimuskäyttöön)	
	Piirustus 82132658-01 Puntarin pohjavesialueella kulkevan tien luiskasuojauksen sijainti	
	Piirustus 82132658-02 Leppikankaanselän pohjavesialueella kulkevan tien luiskasuojauksen sijainti	
	Piirustus 82132658-03 Harjunummen pohjavesialueella kulkevan tien luiskasuojauksen sijainti	
	Piirustus 82132658-04 Huhtamo-Kanteenmaan pohjavesialueella kulkevan tien luiskasuojauksen sijainti	
	Piirustus 82132658-05 Kaipiaisten pohjavesialueella kulkevan tien luiskasuojauksen sijainti	
	Piirustus 82132658-06 Patamäen pohjavesialueella kulkevan tien luiskasuojauksen sijainti	
	Piirustus 82132658-07 Pöyhösenkangas A pohjavesialueella kulkevan tien luiskasuojauksen sijainti	

Piirustus 82132658-08	Hysalheden pohjavesialueella kulkevan tien luiskasuojauksen sijainti
Piirustus 82132658-09	Åsen A pohjavesialueella kulkevan tien luiskasuojauksen sijainti
Piirustus 82132658-10	Åsen B pohjavesialueella kulkevan tien luiskasuojauksen sijainti
Piirustus 82132658-11	Tastulanmäen pohjavesialueella kulkevan tien luiskasuojauksen sijainti

1 Johdanto

Tämä julkaisu kuuluu teiden luiskasuojauksen toimivuudesta tehtyyn tutkimukseen, jossa päivitettiin Tielaitoksen aiemmin laatimia julkaisuja (Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 33/2000 ja 42/2000), ja laadittiin uutena tämä vuonna 2000 ja sen jälkeen rakennettujen suojausten toimivuutta käsittelevä selvitys. Tutkimus koostuu kolmesta osasta:

1. Pohjavesialueilla kulkevien teiden luiskasuojaukset, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä (12/2015). Julkaisussa on esitetty perustiedot vuoden 2010 loppuun mennessä rakennetuista pohjavesisuojuuksista. Tietojen perusteella on valittu tähän toimivuustarkasteluun soveltuvat kohteet. Tielaitos on laatinut vuonna 2000 vastaavan julkaisun vuoden 2000 loppuun mennessä rakennetuista pohjavesisuojuuksista (Tielaitoksen luiskasuojaukset, Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 33/2000).
2. Ennen vuotta 2000 rakennettujen suojausten vaikutukset pohjaveden kloridipitoisuuteen. Selvityksessä on täydennetty vuonna 2000 laaditun tutkimuksen (Luiskasuojauksen vaikutuksista pohjaveden kloridipitoisuuteen eräissä kohteissa, Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 42/2000) kloridipitoisuuden trendianalyysiä lisäämällä tiedot 2000-luvulla tapahtuneesta kloridipitoisuuden kehityksestä. Kloridipitoisuuden kehityksen kuvaajat on esitetty tämän raportin liitteenä 2.
3. Luiskasuojauksen vaikutuksista pohjaveden kloridipitoisuuteen eräissä kohteissa, vuonna 2000 ja sen jälkeen rakennetut suojuukset, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2015.

Tässä julkaisussa on tarkasteltu vuonna 2000 ja sen jälkeen rakennettujen suojausten toimivuutta. Liikenneviraston ohjeessa "Pohjaveden suojaus tien kohdalla, Tiehallinto, 2004" käsitellään pohjaveden suojelemissa tarvittavia tutkimustietoja pohjavesialueelta, suojaustarvetta ja pohjaveden laadun seuranta sekä luiskatiivistyksessä käytettäviä rakenteita ja materiaaleja. Mahdollisia toimenpiteitä pohjaveden suojelemiseksi ovat suolauksen vähentäminen, pintavesien mahdollisimman tehokas johtaminen pois alueelta, tieympäristön pehmentäminen, suojakaiteen rakentaminen onnettomuuksien varalta tai pohjavesisuojuuksien rakentaminen. Ohjeen luonnos (8.5.2000) on ollut käytössä vuodesta 2000 asti, ja tässä tutkimuksessa käsitellään siksi vuonna 2000 ja sen jälkeen rakennettujen suojausten toimivuutta.

Tämän tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa käytiin läpi yhteensä noin 40 2000-luvulla rakennettua pohjaveden suojauskohdetta, joista 21 varmistuivat rakennetuiksi vanhalle olemassa olevalle tielle. Näistä valittiin tässä selvityksessä tarkasteltavaksi kaikki seuraavat ehdot täyttävät kohteet:

- suojaus on rakennettu vanhalle tielle,
- suojaus oli rakennettu vuonna 2000 tai sen jälkeen,
- suojuuksen rakenteessa on sekä bentoniitti- että kalvorakenne,
- kloridin seurantaloksia on saatavilla sekä ennen että jälkeen suojuuksen rakentamista, ja
- vedenottamon vaikutuspiirissä ei ole suojaamattomia teitä.

Edellä mainitut ehdot täyttäviä suojauskohteita löydettiin yhteensä kaksitoista, jotka sijaitsivat yhdellätoista pohjavesialueella. Kohteiden pohjaveden suojauksessa käytetyt ratkaisut eroavat toisistaan jonkin verran, ja ne on kuvattu kappaleessa 4. Pohjavesialueet eroavat toisistaan kooltaan, muodostumatyypiltään, tien kunnossapitoluokaltaan ja sijainniltaan. Tarkastelussa mukana olevat suojaukset on toteutettu laajoina, pääosa koko muodostumisalueen kattavina. Tutkimukseen valitut kohteet sijaitsevat Varsinais-Suomen, Pirkanmaan, Kaakkois-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan liikenne- ja infrastruktuurivastuualueilla.

2 Lähtöaineisto

Kohteet on esivalittu tierekisteritietojen perusteella (suojaus on rakennettu vanhalle tielle, suojaus oli rakennettu vuonna 2000 tai sen jälkeen, ja suojauksen rakenteessa on sekä bentoniitti- että kalvorakenne). Pohjavesisuojausten kuvausten ja pohjavesiseurantojen tiedot on kerätty ELY-keskusten liikenne- ja infrastruktuurivastuualueen ja ympäristövastuualueen ympäristöasiantuntijoilta. Suurin osa kloriditiedoista on kerätty vedenottamoilta tai kuntien terveystoimistoilta. POVET-pohjavesitietojärjestelmästä oli saatavissa vain jonkin verran tietoja tutkimuksen kohteiden pohjaveden havaintopisteistä. Tutkimukseen valituista kohteista on kerätty ja analysoitu seuraavat tiedot: sijainti (tiedoite), suojaustyyppi, pituus, muut mahdolliset kloridilähteet pohjavesialueella, pohjaveden havaintopisteiden kloridipitoisuudet, vedenotomäärät ottamoilla ja suolausmäärät.

Tiesuolan käyttötiedot on kerätty Liikenneviraston alueurakoiden seurantajärjestelmästä (AURA), mutta kohdealueilla käytettäviä suolausmääriä ei ole rekisteröity ko. järjestelmään. Tässä tutkimuksessa on siten käsitelty vain yleisesti suolausmäärien kehitystä urakka-alueilla.

3 Kohteiden perustiedot

Taulukossa 1 on esitetty perustiedot tarkasteltavista kohteista.

Taulukon 1 selitykset:

- O = On muita mahdollisia suolan lähteitä.
- Kattava = Suojaus on rakennettu koko sille tien osalle, joka kulkee pohjaveden muodostumisalueen kohdalla. Tiedossa olevat puutteet suojauksessa on lihavoitu.
- (3) = Tierekisterin mukainen suojaustyyppi, bentoniitti ja kuitukankaat (bentoniittimatto)
- (4) = Tierekisterin mukainen suojaustyyppi, min. 15 cm paksu kerros bentoniitin ja maan sekoitusta
- (6) = Tierekisterin mukainen suojaustyyppi, ohut muovi ja maatiiviste
- (7) = Tierekisterin mukainen suojaustyyppi, bentoniittimatto ja muovi
- * = Kohteesta tehty rakenneselvitys ja pohjaveden virtausmallinnus (GTK 2011)

Taulukko 1. Perustiedot suojaetuista kohteista. Tiedossa olevat kohteen puutteet on esitetty lihavoituina (**kattaa muodostumisalueen vain osittain ja (O)** on muita suolan lähteitä).

Kunta, kohdetien pohjavesialue	Suojausvuosi	Suunnitelma/suojauskuvaus (tierekisterin mukainen suojaustyyppi)	Arvio kloridipitoisuuden kehityksen suunnasta ennen suojausta	Arvio kloridipitoisuuden kehityksen suunnasta	Suojauksen kattavuus, (O) on muita mahdollisia suolan lähteitä (suojaamaton tie, kaatopaikka, soran ottoalue)
Laitila, Puntari	1997	sisäluiska ja ojanpohja bentoniittimatto ja ohutmuovi 0,3 mm, takaluiska muovikalvo 0,5 mm (7). Ei salaojitusta.	Lievästi laskeva	Laskeva	Lähes kattava
Loimaa, Leppikankaanselkä	2008	ohutmuovi (VFPE tai LLDPE) 0,5 mm ja bentoniittimatto (Bentomat NS-70), salaojitus (7). Ohutmuovi sisäluiska ja takaluiska 0,5 m korkeudelle. Laskuojat onnettomuussuojaus bentoniittimatto, ei salaojitusta ja vaativa kloridisuojaus ohutmuovi ja bentoniittimatto	Nouseva/laskeva	Laskeva	Kattava
Eura, Harjunummi	2008	Bentoniittimatto (Bentomat NS-70P), ohutmuovi (PE) 0,5 mm limisaumoin koko maton leveydeltä, ei salaojitusta (7)	Nouseva/tasainen	Tasaantunut	Lähes kattava
Huittinen ja Punkalaidun, Huhtamo-Kanteenmaa	2008	bentoniittimatto (Bentomat AS80FIN), 0,5 mm ohutmuovi molemmissa luisissa, suoja- ja salaojakerros 0,1 m (TYLT 4840) (7). Muod. alueen ulkopuolella pv-suojaustyyppi (3) ja kuivatus avo-ojassa, savi/bent.matto eristys	Nouseva	Laskeva	Kattava
Kouvola, Kaipainen	2006	bentoniittimatto (Bentofix NSP 4900) ja 0,5 mm PE-rakennuskalvo (7), salaojitettu	Nouseva	Laskeva	Kattava
Kokkola, Patämäki	1997, 2005 ja 2006	Mt 756: bentoniittimatto ja PE-kalvo (0,5 mm) (7) sisäluiska ja takaluiska 0,5 m korkeudelle, (salaojitus tarvittaessa). Mt 749: bentoniittimatto, ohutmuovi (7). Vt 8: bentoniittimatto, ohutmuovi 0,5 m (osassa muovitettu kuitukan-gas)	Nouseva/laskeva	Lievästi nouseva	Kattava, O*
Kauhava, Pöyhösenkangas A	1996 ja 2009	bentoniittimatto, LDPE-muovi 0,5 mm (7) sisäluiska ja ulkoluiska 0,5 m korkeudelle, ei salaojitusta, vielä osittain (4, maabentoniitti, 6, tiivistemaa ja muovikalvo)	(nouseva - v. 2000)	Laskeva (2 ottamoa)	Kattava
Uusikaarlepyy, Hysalheden	2002	bentoniittimatto ja aputiivistemuovi (HD-, LLD-, -polyeteeni)(7). Tiivistemuovi hitsattu, orsivesipinnan yläpuolella mahd. limitys.	Nouseva	Laskeva	Kattava
Kaustinen, Äsen A	2000	bentoniittimatto sisäluiska ja ulkoluiska 1,0 m ojan pohjaa ylemmäksi ja ojan pohjalla 3 m leveä aputiivistemuovi HD-, LLD-, polyeteenimuovi (3), salaojitettu, viimeinen 390 m matka perus-suojaus muovitiivistemateriaalilla	Nouseva	Laskeva, lievästi nouseva alkaen v. 2006-	Kattava
Kruunupyö, Äsen B	1999	bentoniittimatto sisäluiska ja ulkoluiska 1,0 m ojan pohjaa ylemmäksi ja ojan pohjalla 3 m leveä aputiivistemuovi HD-, LLD-, -polyeteeni, salaojitettu (3)	Nouseva	Laskeva	3/4 osa kattavuus
Alavus, Tastulanmäki	2003	bentoniittimatto, päällä sisäluiskassa suojamuovikalvo ja ojan pohjalla ulottuen takaluiskassa 0,5 m pohjan yläpuolelle (3)	Laskeva	Laskeva	Muodostumisalue kattava, O

Kohdeteiden pohjavesialueilla (11) on mukana selvityksessä tarkasteluajanjaksosta riippuen yhteensä 16–19 ottamon havaintopistettä. Ottamoita on yhteensä 13. Tämän lisäksi mukana on tarkastelussa kullakin pohjavesialueella pohjaveden havaintoputkia. Kaikki tarkkailupisteet on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 2. Suojattujen kohdeteiden läheisyydessä sijaitsevat ottamo- tai kaivo-havaintopisteet ja havaintopisteiden tarkasteluajanjaksot.

Pohjavesialueen nimi	Suojausvuosi	Vedenottamon nimi	Tarkasteluajanjakso
Puntari	1997	Puntari vo.	1990–2002
Leppikankaanselkä	2008	Metsämaa vo.	2000–2010 (2013)
Harjunummi	2008	Putki 205001 (Hinnerjoen entinen vo)	2002–2012
Huhtamo-Kanteenmaa	2008	Kanteenmaa vo.	2003–2013
Kaipiainen	2006	Kaipiainen, vanha vedenottamo	2000–2008
	2006	Kaipiainen, uusi vedenottamo	2003–2007
	2006	Kaipiainen, verkostovesi	2008–2010
Patamäki	2006	Patamäki vo.	1997–2010
Pöyhösenkangas A	2009	Pöyhönen I vo.	2005–2012
Pöyhösenkangas A	2009	Tuomisilta vo.	2005–2009
Hysalheden	2002	Vedenottamo: Rödding brunngrupp	1997–2012
	2002	Vedenottamo: B1 (gamla Brunn/brunnar)	1997–2012
Åsen A	2000	Puumala (vo), Kaivo 2	1996–2006, 2006–2012
	2000	Puumala (vo), Kaivo 3	1996–2006, 2006–2012
	2000	Puumala (vo), Kaivo 4	1998–2012
Åsen B	1999	Grusmark vo.	1995–2008
Tastulanmäki	2003	Niinistö (vo), Kaivo 1	2001–2009
	2003	Niinistö (vo), Kaivo 2	2001–2009
	2003	Niinistö (vo), Kaivot 1, 2	2008–2012
	2003	Niinistö (vo), Kaivo 5	2001–2006
	2003	Niinistö (vo), Kaivo 6	2001–2010
	2003	Niinistö (vo), Kaivot 5 ja 6	2008–2012

Kohdeteiden tienhoidon urakka-alueet ja käytetyt kokonaissuolamäärät kohdetien hoitoluokan teillä urakka-alueella eri vuosina on esitetty taulukossa 3. Tietolähteenä on ollut AURA-järjestelmä.

Tierekisterin mukaisten hoitoluokkien selitteet taulukossa 3:

Hoitoluokka IS: Tie on sään muutostilanteita lukuun ottamatta paljas
Hoitoluokka I: Tie on pääosan ajasta paljas.
Hoitoluokka Ib: Tie on korkeatasoisesti, mutta pääosin ilman suolaa hoidettava tie, osittain polannepintainen.

Taulukko 3. Kohdeteiden tieosoitteet, tienhoitourakat ja käytetyt suolamäärät tierekisterin mukaisen hoitoluokan teillä talvikausittain 2003–2012. Mikäli urakka-alueella on raportoitu erityiskohteiden suolausmääriä, myös ne on esitetty.

Pohjavesialueen nimi	Tieosoite	Tienhoidon urakka-alueen nimi	Hoitoluokka	Hoitoluokan mukaiset suolausmäärät urakka-alueella tonnia/talvikausi									
				2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	
Kunta	tiennumero (tieosa) alkuosa- (tieosa) loppuosa												
Puntari Laitila	Vt 8 (111) 1140 – (111) 1840	0207 Laitila 0217 2071287 Kunnossapidon alueurakka Raisio 2007 - 2014, H	Is Is	-- --	264 --	220 --	159 --	-- 706	-- 691	-- 610	-- 737	-- 748	-- --
Leppikankaanselkä, Loimaa	Vt 2 (29) 553 – (29) 2847, (30) 0 – (30) 1653	0210 2061281 Kunnossapidon alueurakka Huittinen 2006 - 2013, H	I	871	931	900	673	773	914	531	673	598	--
Harjunummi Eura	Kt 43 (8) 2220 – (8) 2570	0209 Harjavalta 04-11 0224 2111529 Kunnossapidon alueurakka Harjavalta 2011 - 2016, H	I I	-- --	902 --	831 --	421 --	683 --	824 --	652 --	760 --	-- 1009	-- --
Huhtamo-Kanteenmaa, Huittinen, Punkalaidun	Vt 2 (32) 0 – (32) 1645, (32) 0 – (32) 1645, (32) 1645 – (32) 1687, (32) 1687 – (32) 1763	0210 2061281 Kunnossapidon alueurakka Huittinen 2006 - 2013, H	I	871	931	900	673	773	914	531	673	598	--
Kaipainen Kouvola	Vt 6 (204) 3952 – 6373 Vt 6 (205) 0-592	0333 KaS Alueurakka Kouvola 2005-2012, H 0343 Lappeenranta 04-09 0343 Lappeenranta 04-09 0349 KaS Alueurakka Lappeenranta 2009 - 2016, H 0349 KaS Alueurakka Lappeenranta 2009 - 2016, H	Is Is Erityisalueet Is Erityisalueet	-- -- -- -- --	1061 500 12 -- --	970 557 21 -- --	875 751 23 -- --	1125 360 26 -- --	956 761 25 423 --	721 -- -- 435 27	846 -- -- 435 --	1050 -- -- 544 --	-- -- -- -- --
Patamäki, Kokkola	Mt 756 (1) 372- (2) 0, (2) 0 – (2) 825 Mt 749 (12) 5227- (12) 5246, (12) 5246 – (14) 0, (14) 0 – (14) 210	1012 Kokkola, alueurakka, 2007 - 2012, H 1012 Kokkola, alueurakka, 2007 - 2012, H	Is I	174 395	118 362	127 377	152 372	147 390	135 283	62 115	93 261	145 338	-- --
Pöyhösenkangas (A) Kauhava	Vt 19 (17) 2408 – (17) 2683, (17) 2683 – (17) 3013, (17) 3013 – (18) 0, (18) 0 – (18) 500, (18) 500 – (18) 695, (18) 695 - (18)740, (18)740 - (18) 1255, Mt 725 (9) 1194 - (9)1644	1024 Lapua 1016 Lapua 03-08 1025 Lapuan alueurakka 2008-2015, H	I I I	551 -- --	-- 760 --	-- 650 --	-- 545 --	-- 522 --	-- -- 476	-- -- 252	-- -- 239	-- -- 812	-- -- --
Hysalheden Uusikaarlepyy	Vt 8 (320) 3666 – (321) 0, (321) 0 – (321) 602, Mt 746 (1) 0 – (1) 60, Mt 7393 (1) 0 – (1) 70	1055 Pietarsaari 1055 Pietarsaari 1014 P:saari 04-09 1014 P:saari 04-09 1015 Pietarsaari, alueurakka, 2009-2016, H 1015 Pietarsaari, alueurakka, 2009-2016, H	I Erityisalueet I Erityisalueet I Erityisalueet	356 6 -- -- -- --	374 2 317 -- -- --	-- -- 656 1 -- --	-- -- 893 4 -- --	-- -- 897 4 -- --	-- -- 725 3 -- --	-- -- -- -- 408 --	-- -- -- -- 930 --	-- -- -- -- 1058 --	-- -- -- -- -- --
Äsen A Kaustinen Äsen B Kruunupyy	Vt 13 (110) 0 – (110) 3563 Vt 13 (109) 1226 – (110) 0	1013 Veteli 1019 Veteli 06-11 1028 Veteli 08 1027 Veteli 08-09 1029 Veteli alueurakka, 2009 - 2014, H	Ib Ib Ib Ib Ib	338 -- -- -- --	252 -- -- -- --	181 -- -- -- --	-- 488 -- -- --	-- 533 -- -- --	-- -- 224 165 --	-- -- -- -- 270	-- -- -- -- 433	-- -- -- -- 418	-- -- -- -- --
Tastulanmäki Alavus	Vt 66 (20) 2900 – (20) 3045, (20) 3045 – (21) 0, (21) 0 – (21) 950	1022 Alavus 05-10 1021 Alavus, alueurakka, 2010 - 2017, H	Ib Ib	401 --	339 --	192 --	219 --	539 --	459 --	179 --	-- 368	-- 349	-- --

4 Tulokset

Kohteista kerätyt kloridi- ja vedenottotiedot on esitetty kuvissa 3–32. Suojauksen rakentamisajankohta on kuvattu pystynuoella aika-akselilla. Tässä kappaleessa on kuvattu kunkin kohteen erityispiirteitä ja analysoitu suojauksen rakentamiseen liittyviä muutoksia kloridipitoisuudessa. Suolan kokonaiskäyttömäärät selvitettiin tierekisterin mukaisen hoitoluokituksen mukaan. Mikäli tienhoidon urakka-alueella on raportoitu erityisalueiden suolausmäärät, myös niitä on tarkasteltu.

Kaikille kohteille tehtiin trendianalyysi. Tavoitteena oli selvittää aikasarjoissa tapahtuneet muutokset ennen ja jälkeen suojausajankohdan. Trendisuorat laadittiin ajanjaksoille, joissa kloridipitoisuuden käyttäytyminen oli mahdollisimman lineaarista, kuitenkin siten että ajanjaksolla oli riittävästi havaintoja. Yhteenveto tuloksista on esitetty taulukoissa 4 ja 5 ja liitteessä 1. Kunkin kohteen analyysikuvaajat ja trendianalyysin tulokset on kuvattu tässä luvussa. Trendianalyysien luotettavuuteen vaikuttavat mm. seuranta-aika ja analyysitulosten määrä. Tässä tutkimuksessa ei ole analysoitu havaittujen trendien tilastollista merkitsevyyttä, ja analyysin tulokset ovat suuntaa-antavia.

Kohteissa esitetyissä tiedoissa on esitetty tierekisterin mukaiset suojaustyyppit:

- (3) = Tierekisterin mukainen suojaustyyppi, bentoniitti ja kuitukankaat (bentoniittimatto)
- (4) = Tierekisterin mukainen suojaustyyppi, min. 15 cm paksu kerros bentoniitin ja maan sekoitusta
- (6) = Tierekisterin mukainen suojaustyyppi, ohut muovi ja maatiiviste
- (7) = Tierekisterin mukainen suojaustyyppi, bentoniittimatto ja muovi.

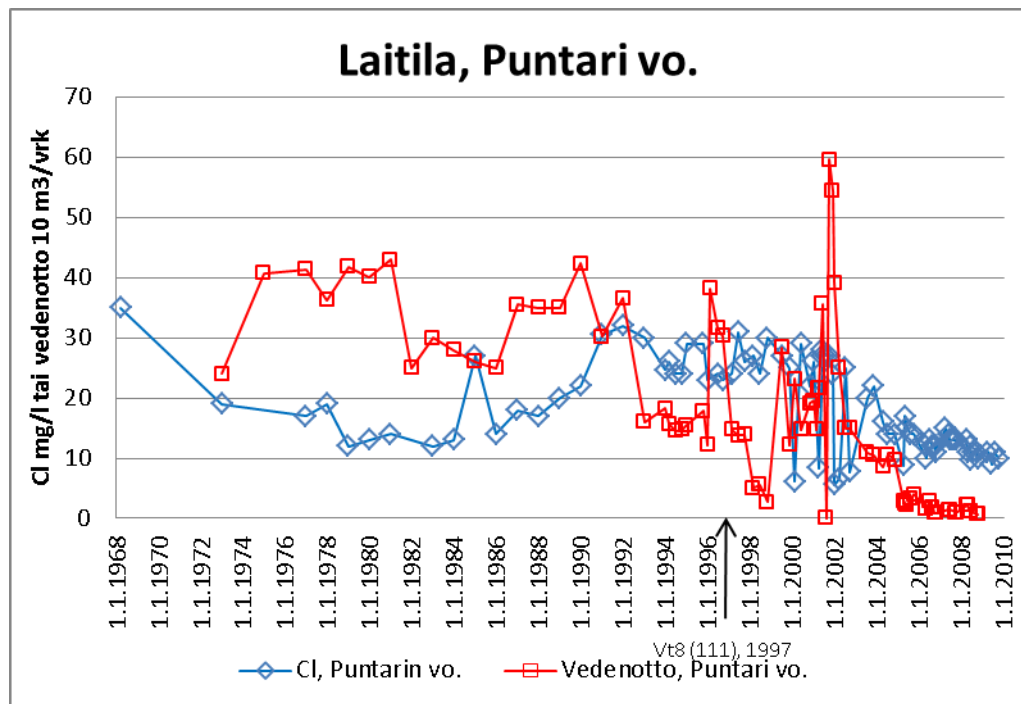
4.1 Laitila, Puntarin pohjavesialue

Laitila, Puntari (no 0240003), Vt 8 (111) 1140 – (111) 1840

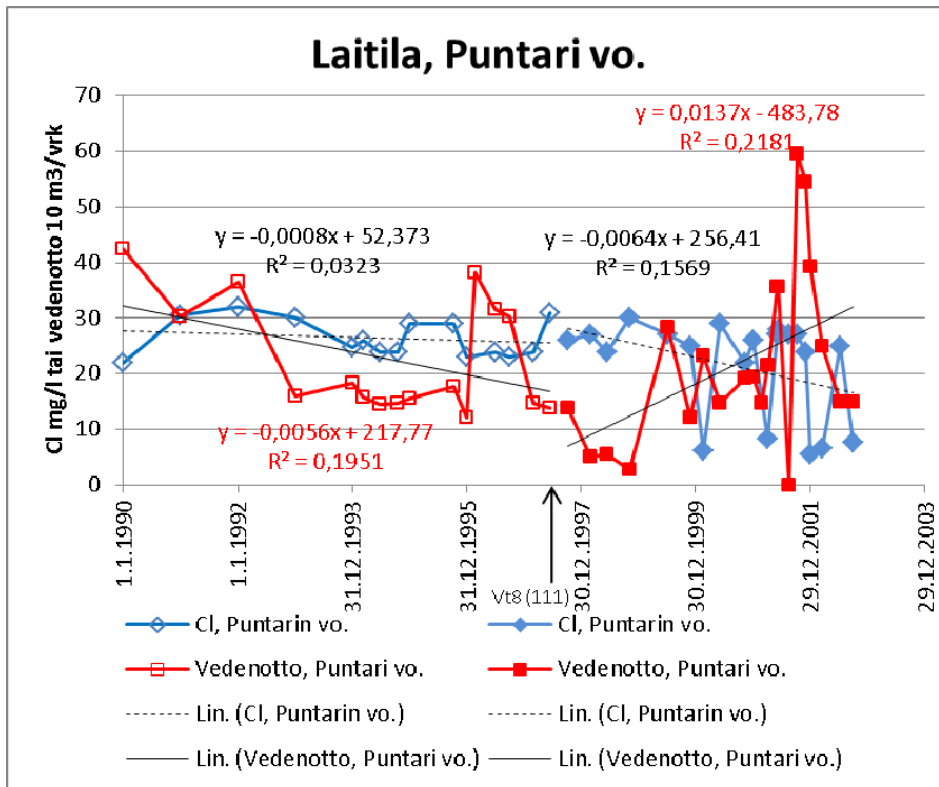
- rakennettu vuonna 1997, pituus 700 m
- suojauksen tie- ja rakennussuunnitelmassa vaativa kloridisuojaus: sisäluiska ja ojanpohja bentoniittimatto ja ohutmuovi 0,3 mm, takaluiska muovikalvo 0,5 mm, hiekkakerros 100 mm, suojakerros ja kasvukerros 400 mm. Ei sala-ojitusta. Bentoniittimatto ja ohutmuovi ulottuu 0,5 m päällysteen alle. Ulko-luiskassa bentoniittimatto vähintään 0,3 m vesijuoksun yläpuolelle. Kalvojen liimitys, ojan pohjan pituussuuntainen ohutmuovi ulotetaan vähintään 0,5 m korkeudelle tiivisteeseen vesijuoksusta, limitys >0,5 m.
- pv-suojaustyyppi 7 (tierekisteri)
- tienpitäjän kloridin velvoitetarkkailussa Puntarin vedenottamo

Suojaus on rakennettu ennen vuotta 2000 (vuonna 1997), mutta sen rakenteena on bentoniittimatto ja muovi ja suojaus kattaa pohjavesialueella pohjaveden muodostumisalueen, joten kohde soveltuu tarkasteltavaksi tässä tutkimuksessa. Suojauksen rakentamisen jälkeen kloridipitoisuus tarkkailupisteessä (Puntarin vedenottamo) on ollut laskusuuntainen. Ottamon vedenotto on lisääntynyt vuosina 1999–2002, mutta vähentynyt merkittävästi vuonna 2002. Kloridipitoisuuden vaihtelu on lisääntynyt samaan aikaan kuin vedenoton vaihtelutkin. Kloridipitoisuuden lasku on huomattavinta vedenoton vähennettyä merkittävästi vuoden 2002 jälkeen. Kloridipitoisuuden vaihtelu on vähentynyt selvästi vuoden 2002 jälkeen.

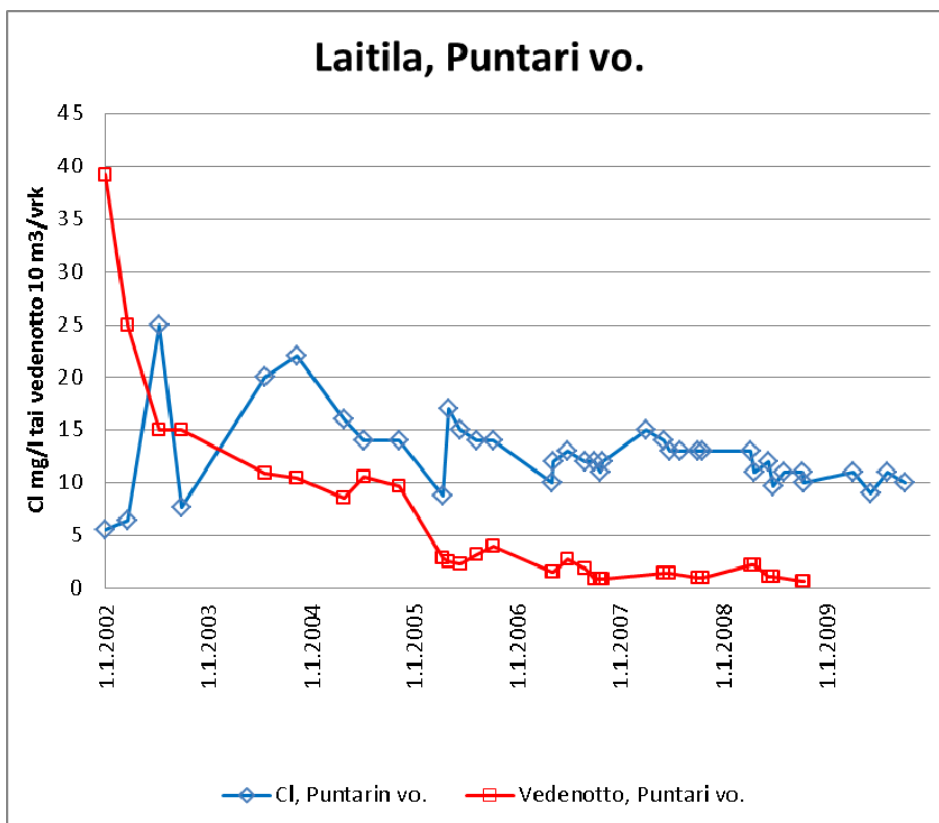
Saatavilla olleet tiedot suolausmääristä hoitourakka-alueella ajanjaksolla 2003–2012 on esitetty taulukossa 3. Talvikausina 2006–2007 ja 2009–2010 suolausmäärät ovat olleet 1. hoitoluokan (IS) teillä pienempiä kuin tarkasteluajanjaksolla keskimäärin. Tietoja on lisäksi analysoitu luvuissa 5, 6 ja 7. Analyysin perusteella sekä suojaus- rakentaminen että vedenottomäärän muuttuminen ovat vaikuttaneet kloridipitoisuuden laskuun. Suojaus- rakentamisen jälkeen kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden laskenut noin 7 mg/l havaintopisteessä Puntarin vedenottamo vuoteen 2002 mennessä, sekä vuoden 2002 jälkeen vedenoton merkittävästi vähennyttyä kloridipitoisuustaso on laskenut edelleen lisää 15 mg/l.



Kuva 1. Kloridipitoisuus ja vedenoton määrä Puntarin vedenottamolla. Pohjaveden suojaus- rakentamisen ajankohta on kuvattu nuolella.



Kuva 2. Kloridipitoisuuden ja vedenoton trendi Puntarin vedenottamalla havaintojaksolla ennen pohjavesisuojausten rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on kuvattu nuolella.



Kuva 3. Kloridipitoisuus ja vedenoton määrä Puntarin vedenottamalla vuodesta 2002 eteenpäin vedenoton pienentyessä.

4.2 Loimaa, Leppikankaanselän pohjavesialue

Loimaa, Leppikankaanselkä (no 0243152), Vt 2 (29) 553 – (29) 2847, (30) 0 – (30) 1653

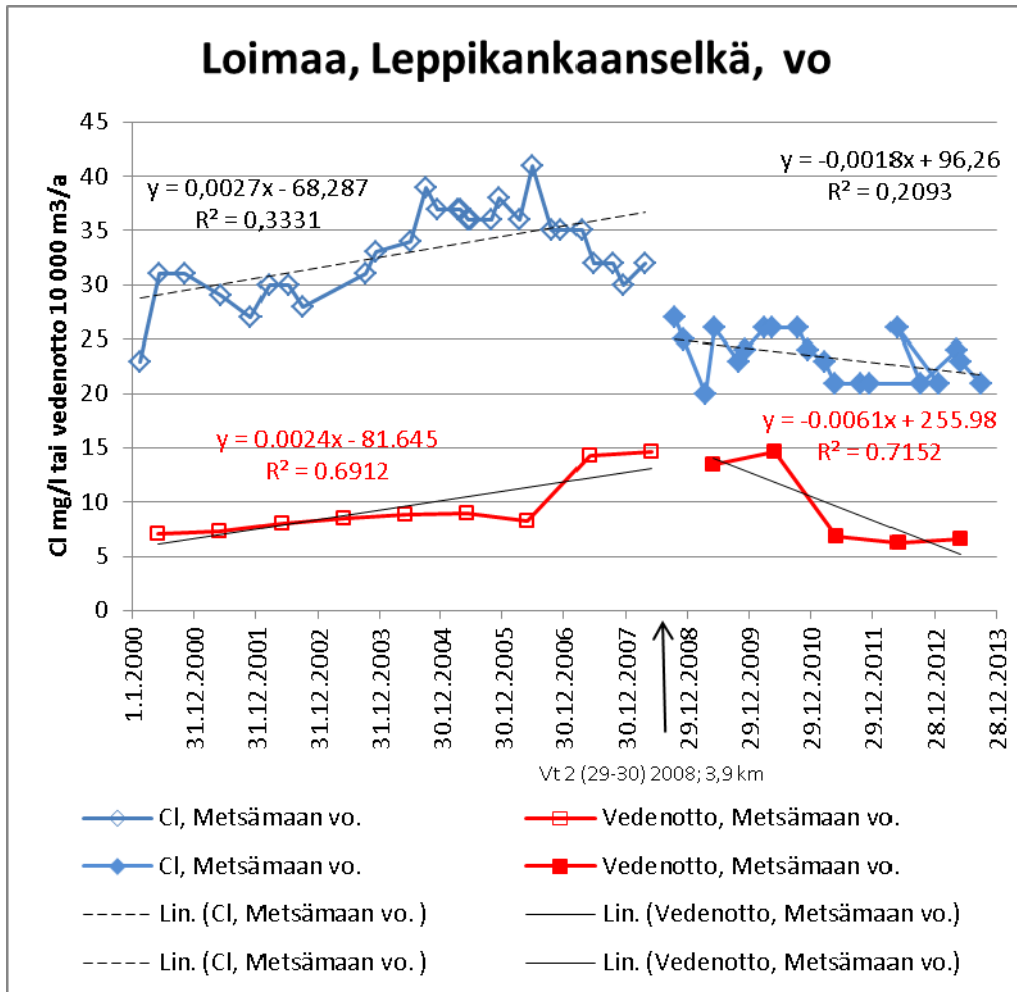
- rakennettu vuonna 2008
- pituus 3947 m tierekisterissä
- rakennettu TYLT 4840 Pohjaveden suojausrakenteet mukaisesti
- kloridisuojaus ja vaativa kloridisuojaus ohutmuovi (GSE Ultraflex VFPE tai Rani maanrakennuskalvo LLDPE) 0,5 mm ja bentoniittimatto (Bentomat NS-70), (sadevesiviemäröinti ja salaojitus tarvittaessa: lähde: tyyppipoikkileikkaus). Bentonittimatto ja ohutmuovi ulottuu 0,5 m päällysteen alle. Ohutmuovi sisäluis- ka, ojan pohjan ohutmuovi 0,5 m korkeudelle tiivisteen vesijuoksusta, muovikal- von limitiys 0,5 m. Suojauksen laajuus vähintään 10 m (9,5 m päällysteen reu- nasta) (lähde: suojauksen kuvaus). onnettomuussuojaus bentoniittimatto, ei sa- laojitusta
- suoja- ja salaojakerros 0,1 m ja suojaverhous, nurmetus 0,4 m
- pv-suojaustyyppi 7 (tierekisteri) (poikkeaa suojauksen kuvauksesta)
- laskuojassa 1 (tie noin pl 194) (oja 1 plv 20–206) onnettomuussuojaus
- laskuojassa 2 (tie noin pl 1180) (oja 2 plv 30–194) vaativa kloridisuojaus
- tienpitäjän veloitettarkkailussa havaintoputket HP 24102 ja HP 243103 sekä Metsämaan vedenottamo

Suojaus on rakennettu vuonna 2008. Kloridipitoisuuden lasku vedenottamolla on al- kanut jo ennen suojauksen rakentamista vuonna 2006. Kloridipitoisuuden laskua voi osin selittää vedenottomäärän noususuuntainen kehitys vuosina 2006–2010. Ve- denottamon lisäksi kloridia on tarkkailtu kahdesta havaintoputkesta (HP 243103 ja HP243102). Molemmissa havaintoputkissa kloridipitoisuuden kehitys on ollut vuorotel- len voimakkaasti laskevaa ja nousevaa 10 vuoden tarkasteluajanjaksolla ennen suoja- uksen rakentamista. Havaintoputkissa on havaittavissa kloridipitoisuuden laskua suo- jauksen rakentamisen jälkeen vuoteen 2003 asti, jonka jälkeen pitoisuus on lähtenyt nousuun joka on jatkunut vuoteen 2005 asti. Tämän jälkeen pitoisuus on laskenut putkessa HP 243102, mutta noussut ja pysytellyt pohjavedensuojauksen rakentamista edeltävällä tasolla havaintoputkessa HP 243103.

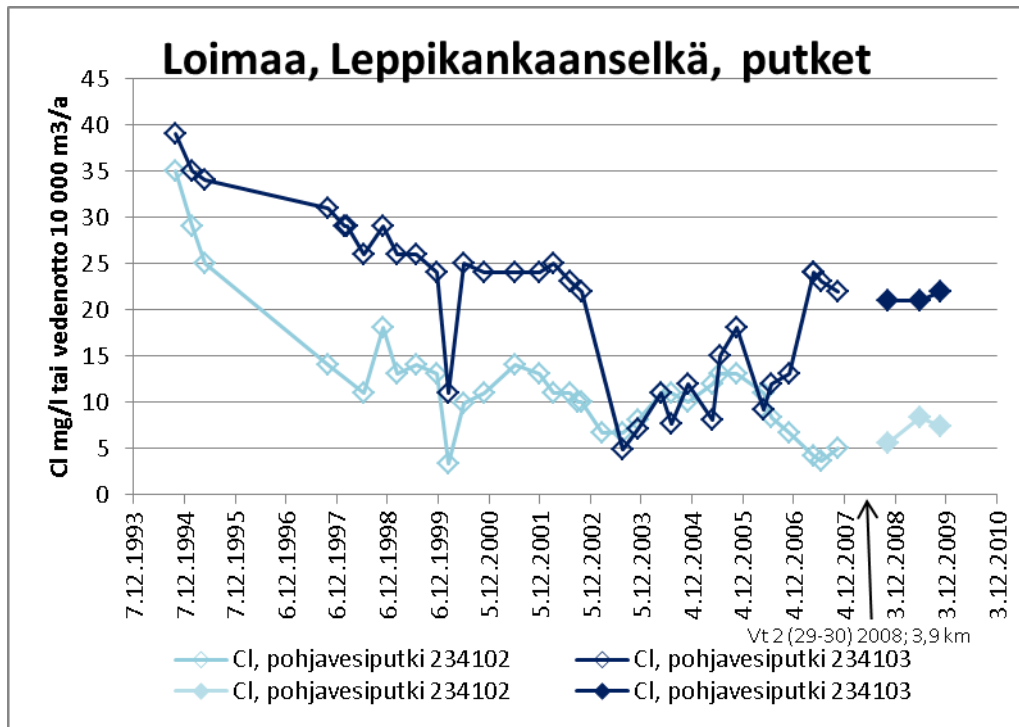
Saatavilla olevat tiedot suolausmääristä urakka-alueella rajoittuvat vuosiin 2006– 2012, ja suolauksen määrissä oli nähtävissä kohdetien hoitoluokan mukaisilla teillä (hoitoluokka I) vuosittaisen vaihtelun lisäksi tänä aikana vähenevä kehitys erityisesti talvihoitokausia v.2007–2009 seuranneena talvihoitokautena 2009–2010 (taulukko 3).

Tietoja on lisäksi analysoitu luvuissa 5, 6 ja 7. Analyysin perusteella ennen suojauk- sen rakentamista suolauksen määrällä sekä vedenoton määrällä on ollut merkitystä kloridipitoisuuden vähenemiseen ottamalla. Suojauksen rakentamisen jälkeen pie- nentyneellä suolauksen määrällä on suojauksen lisäksi ollut merkitystä kloridipitoi- suuden vähenemiseen ottamalla. Analyysin perusteella suojauksen rakentamisen jäl- keen kloridipitoisuuden taso on laskenut ja pysynyt tasolla noin 25 mg/l, ja vuodesta 2011 eteenpäin vedenoton taso on pienentynyt ja kloridipitoisuustaso on ollut noin 21 mg/l. Analyysin perusteella voimakkaasti kloridipitoisuuteen vaikuttaneen suola- uksen määrän lisäksi myös suojaus on vaikuttanut kloridipitoisuuteen.

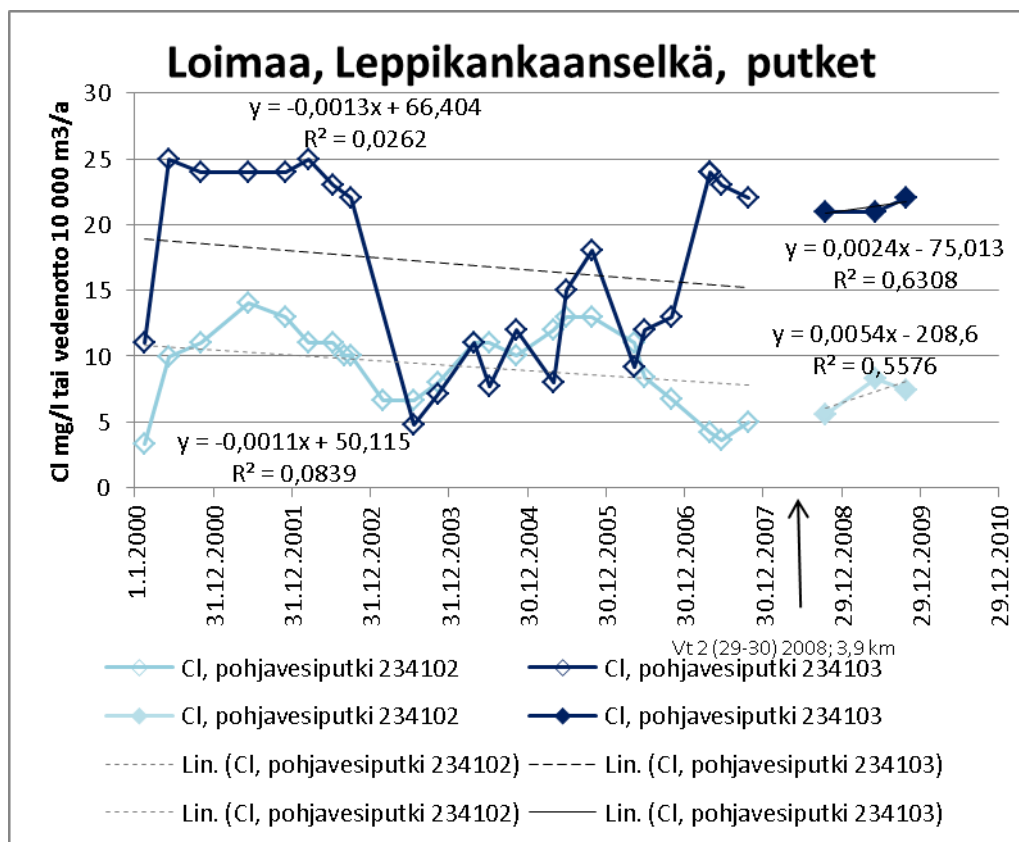
Suojauksen rakentamisen jälkeen kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden laskenut noin 10 mg/l havaintopisteessä Metsämaan vedenottamo, ja noin 6 mg/l havaintoputkessa HP243102.



Kuva 4. Kloridipitoisuuden ja vedenoton trendi Metsämaan vedenottamolla havaintojaksolla ennen pohjavesisuojausten rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 5. Kloridipitoisuudet havaintoputkissa hp 234102 ja hp 234103. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 6. Kloridipitoisuuden trendi Leppikankaanselän havaintoputkissa havaintojaksolla ennen pohjavesisuojausten rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.

4.3 Eura, Harjunummen pohjavesialue

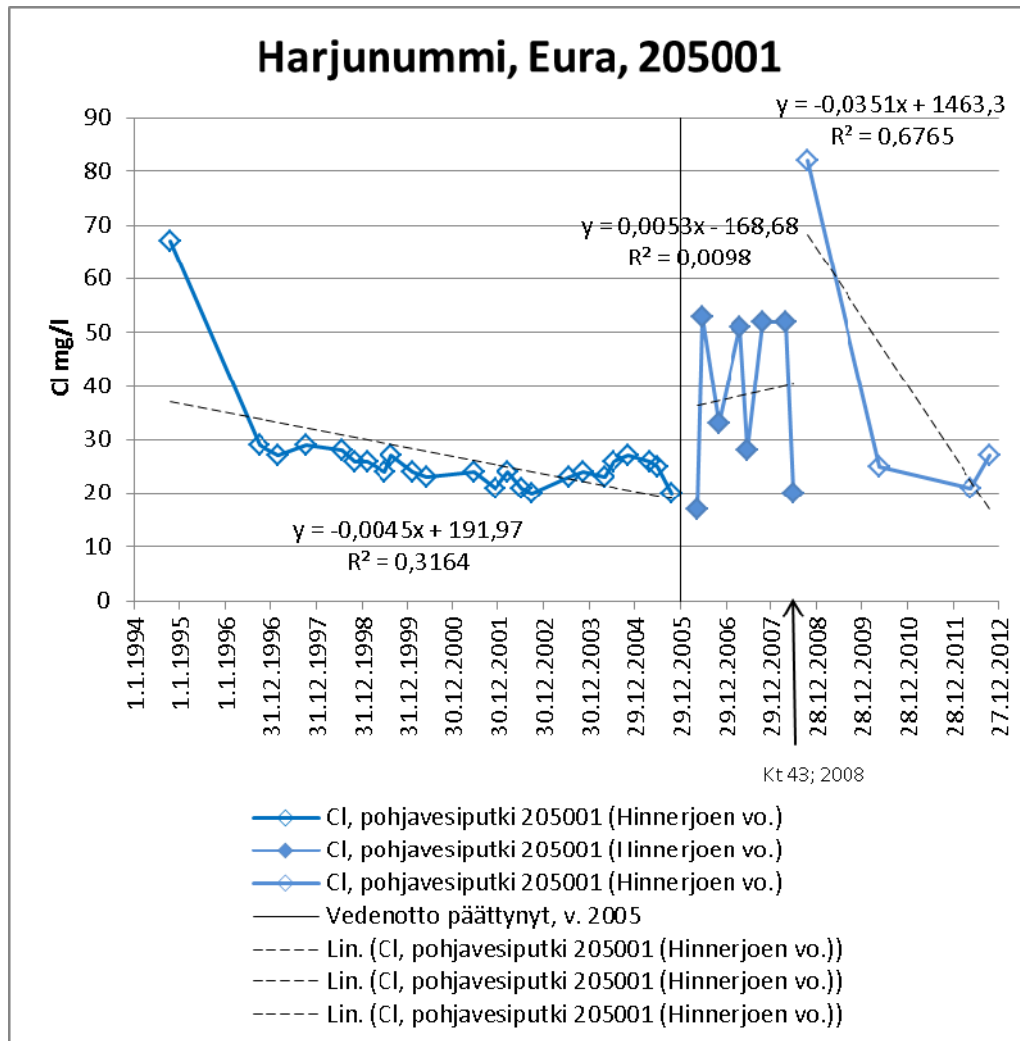
Eura, Harjunummi (no 0205003), Kt 43 (8) 2220 – (8) 2570

- rakennettu vuonna 2008
- pituus 350 m
- suojauskuvauksessa tierekisteristä poikkeava tieosoite 43 (8)2260–43(8)2610
- bentoniittimatto (Bentomat NS 70P), ulottuen 0,5 m päällysteen alle ja 6–10 m asfaltin reunasta tien takaluiskaan, ohutmuovi (Rani PE-maanrakennuskalvo) 0,5 mm limisaumoin koko maton leveydeltä, suoja - ja salaojakerros 0,3 m, suojaverhous ja nurmetus 0,2 m/tai asfaltti, ei salaojitustapv-suojaustyyppi 7 (tierekisteri)
- tienpitäjän velvoitetarkkailussa havaintoputki 205001

Suojaus on rakennettu vuonna 2008. Kloridipitoisuus on noussut merkittävästi ennen suojauksen rakentamista vuonna 2006, kun säännöllinen vedenotto on päättynyt. Myös pitoisuuksien vaihtelu on lisääntynyt tuolloin. Kehitys ajoittuu kokonaan vedenoton päättymisen jälkeiseen jaksoon. Suojauksen rakentamisen jälkeiseltä ajalta vuodesta 2008 eteenpäin ei ole tietojen perusteella tehtävissä selkeitä johtopäätöksiä. On mahdollista että suojauksen jälkeen kloridipitoisuus on noussut maanrakentamisen jälkeen ja tämän jälkeen tasaantunut. Kloridihavainnot on tehty tarkkailupisteestä, joka sijaitsee tien vieressä (HP205 001).

Tiesuolauksen on todettu suurelta osin vaikuttavan kohteen kloridipitoisuuksiin, mutta myös mariinisten savien vaikutus on mahdollista (Liikenneviraston selvityksiä 32/2010, Kohonneet kloridipitoisuudet Nummenpää–Aakoisten ja Harjunummen pohjavesialueilla). Suolauksen määrä on vaihdellut suolauskausittain vuosina 2004...2010 kohdetien mukaisilla hoitoluokan (I) teillä ollen pienimmillään talvihoitokautena 2006–2007.

Tietoja on lisäksi analysoitu luvuissa 5, 6 ja 7. Suojauksen rakentamisen vaikutuksesta kloridipitoisuustason muutokseen ei ole tehtävissä selkeitä johtopäätöksiä.



Kuva 7. *Kloridipitoisuuden trendi Euran Hinnerjoen vedenottamon havaintoputkessa havaintojaksolla ennen pohjavesisuojausten rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.*

4.4 Huittinen ja Punkalaidun, Huhtamo-Kanteenmaan pohjavesialue

Huittinen, Huhtamo-Kanteenmaa (no 0210251), Vt 2 (32) 0 – (32) 1645, (32) 0 – (32) 1645, (32) 1645 – (32) 1687, (32) 1687 – (32) 1763

Punkalaidun, Huhtamo-Kanteenmaa (pohjavesialue sijaitsee ELY L-vastualueiden rajalla), vt 2 (31) 4170 – (31) 4466, (31) 4466 – (31) 4666, (31) 4466 – (31) 4666

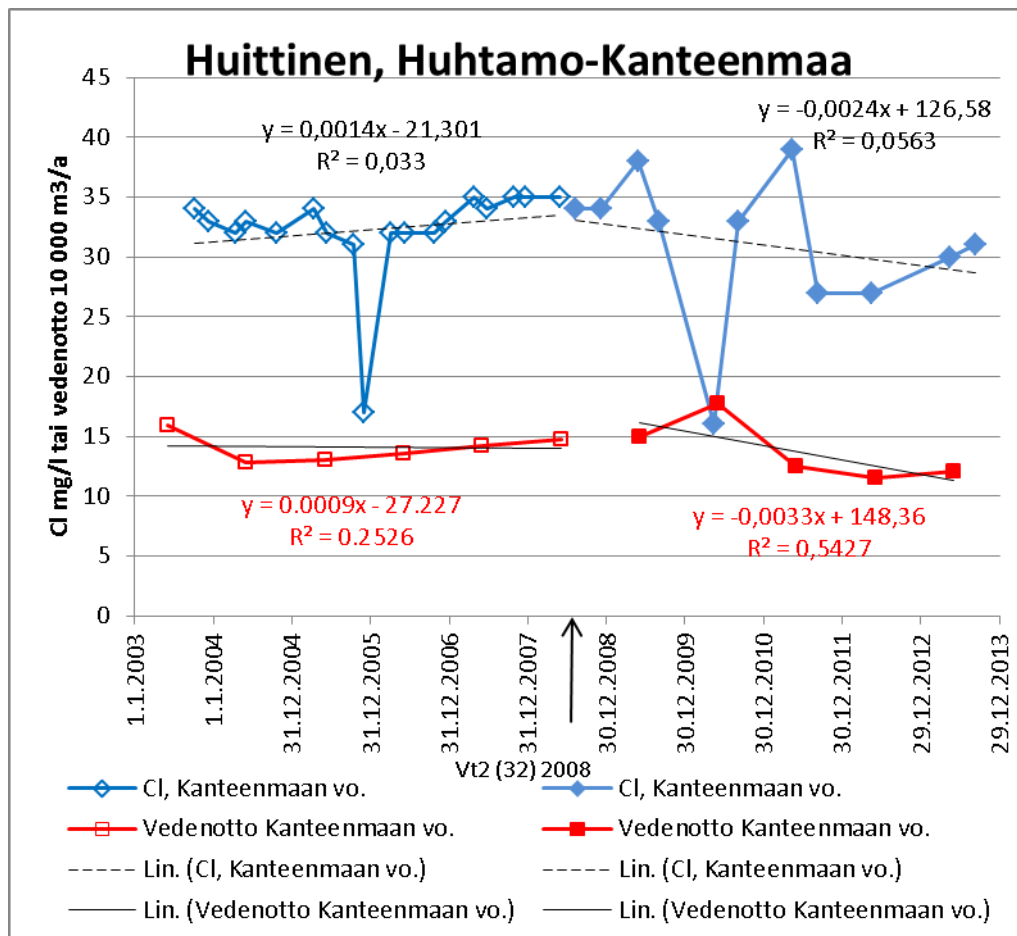
- rakennettu vuonna 2008
- rakennettu TYLT 4840 Pohjaveden suojausrakenteet mukaisesti
- tierekisteri: pv-suojautyyppi 7 ja (32) 1687-(32) 1763 pv- suojaustyyppi 3 (muodostumisalueen ulkopuolella)
- suojauksen kuvaus: vaativa kloridisuojaus ja kloridisuojaus bentoniittimatto (Bentomat AS80FIN), ulottuma 0,5 m päällysteen alla ja ulkoluiskassa noin 10 m päällysteen reunasta, 0,5 mm ohutmuovi molemmissa luiskissa ulottuma 0,5 m korkeudelle ojanpohjasta, suoja- ja salaojakerros 0,1 m ja suojaverhous, nurmetus 0,4 m. Sadevesiviemärointi ja salaojitus tarvittaessa: lähde: tyyppipoikkeileikkaus)
- onnettomuussuojaus: ei asenneta ohutmuovia, eikä rakenneta kuivatusrakenteita, muutoin sama rakenne kuin kloridisuojaus
- plv 2760–2830 (suojauksen päätyttyä) kuivatus avo-ojassa (savi/bent. matto eristys)
- 3 kpl öljynerotussäiliöitä
- tien parannustoimenpide: rakennettu ohituskaista
- Kanteenmaan vedenottamo (tunnus 1) (käyttöönotto v. 1986)
- tienpitäjän kloridin velvoitetarkkailussa Kanteenmaan vo.(K4) , havaintoputki HP261901 (rauta, v. 2003–2006), havaintoputki (rauta) RHP 261901 (v. 2005–2013), HP 2 (muovi, asennettu v. 2013)

Suojaus on rakennettu vuonna 2008. Kloridipitoisuuden kehitys on ollut ennen suojausta ottamalla noususuuntainen ja suojauksen jälkeen laskusuuntainen. Analyysin perusteella vedenotto on ollut lähes tasaista, ja noin kaksi vuotta suojauksen jälkeen vedenoton taso on hieman laskenut. Kloridipitoisuuden laskusuuntainen kehitys ajoittuu kokonaan suojauksen rakentamisen jälkeiselle ajanjaksolle. Havaintoputkessa pitoisuudet ovat vaihdelleet voimakkaasti vuosina 2005–2007, ja suojauksen jälkeen pitoisuustaso on ollut alhaisempi ja sen vaihtelu selvästi vähäisempää.

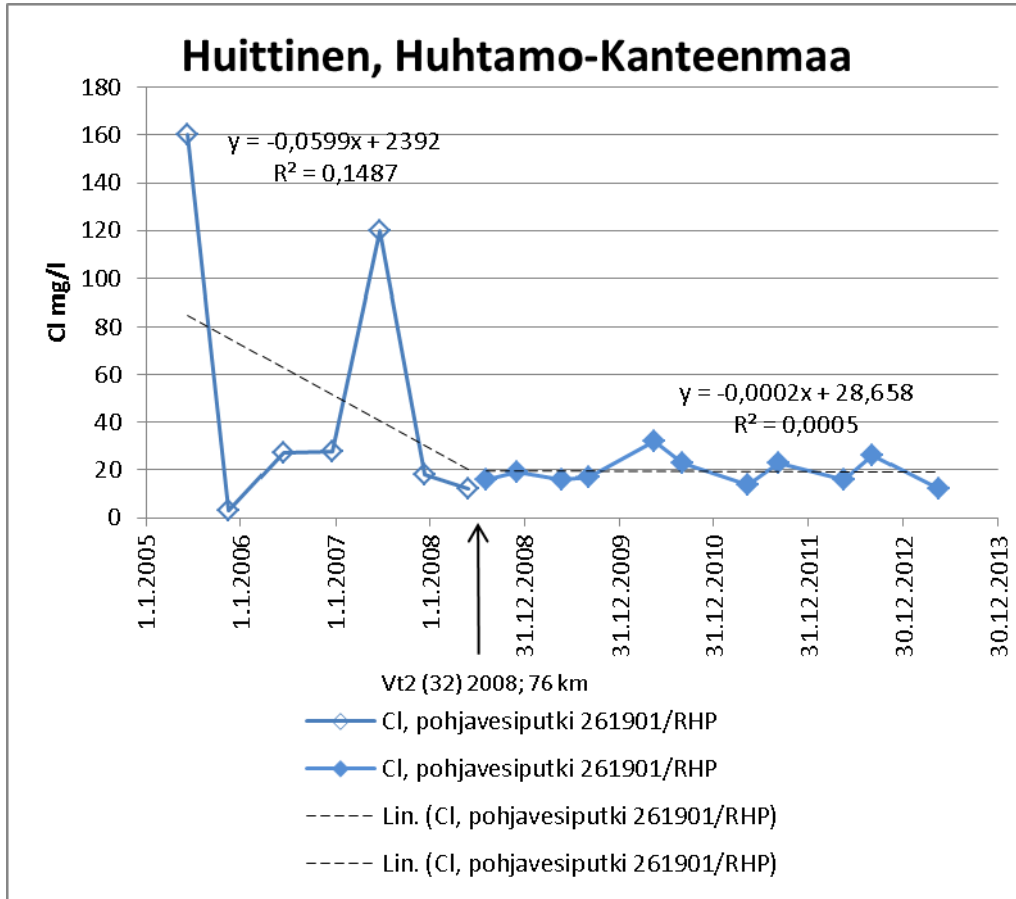
Saatavilla olevat tiedot suolauksen kokonaismäärästä urakka-alueella rajoittuvat vuosiin 2003–2012, ja suolauksen määrässä oli nähtävissä kohdetien hoitoluokan mukaisilla teillä vuosittaisen vaihtelun lisäksi tänä aikana pienevä kehitys ennen suojausta talvihoitokausina 2006–2008. Suojauksen jälkeen suolausmäärät vähenivät erityisesti talvihoitokausia v. 2009–2012. (taulukko 3).

Analyysin perusteella suojauksen rakentaminen on vaikuttanut kloridipitoisuuden laskuun. Suojauksen lisäksi myös suolauksen määrällä on voinut olla vaikutusta kloridipitoisuuteen.

Tietoja on lisäksi analysoitu luvuissa 5, 6 ja 7. Suojauksen rakentamisen jälkeen kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden laskenut noin 3 mg/l havaintopisteessä Kanteenmaan vedenottamo, ja pohjavesiputkessa 261901/RHP pitoisuuden vaihtelu on selvästi pienentynyt.



Kuva 8. *Kloridipitoisuuden ja vedenoton trendit Kanteenmaan ottamalla havaintojaksoilla ennen pohjavesisuojausten rakentamisen ajankohtaa ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.*



Kuva 9. Kloridipitoisuuden trendi Huhtamo-Kanteenmaan havaintoputkessa havaintojaksolla ennen pohjavesisuojausten rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.

4.5 Kouvola, Kaipiaisten pohjavesialue

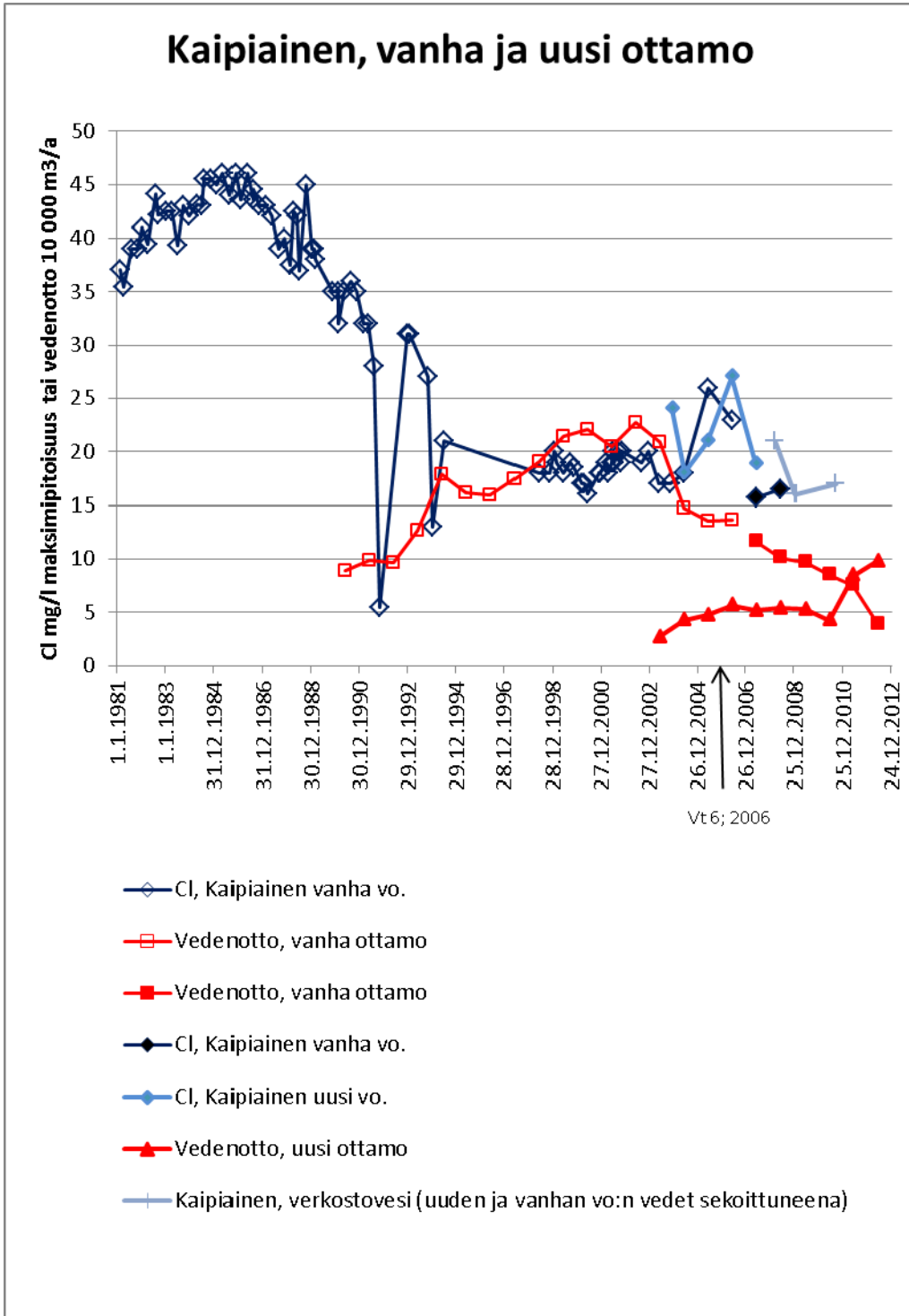
Kouvola, Kaipiainen (no 0575401), Vt 6 (204) 3952 – 6373, (205) 0-592

- rakennettu vuonna 2006 (tierekisterissä virheellisesti päivitetty v. 1997)
- KASELY tierekisterin korjauspyyntö 11.9.2014: tieosoite (204) 4269–(205)427
- pituus korjatun tierekisteriosoitteen perusteella 2531 m
- bentoniittimatto (Bentofix NSP 4900) ja 0,5 mm PE-rakennuskalvorakennusmuovi, 0,1 m suojahiekkakerros, 0,3 m kitkamaa, 0,1 m nurmetuskerros, sala-
ojitettu. Tiealueen rakennekerrosten alla suojahiekan tilalla suodatinkangas,
myös bentoniittimaton alapuolella. Ulottuu 0,5 m asfalttipäällysteen alle. pv-
suojaustyyppi 7 (tierekisteri)
- kloriditietoja seurantapisteistä Kaipiaisten uusi ja vanha vo. sekä useista ha-
vaintoputkista KAI1...KAI9

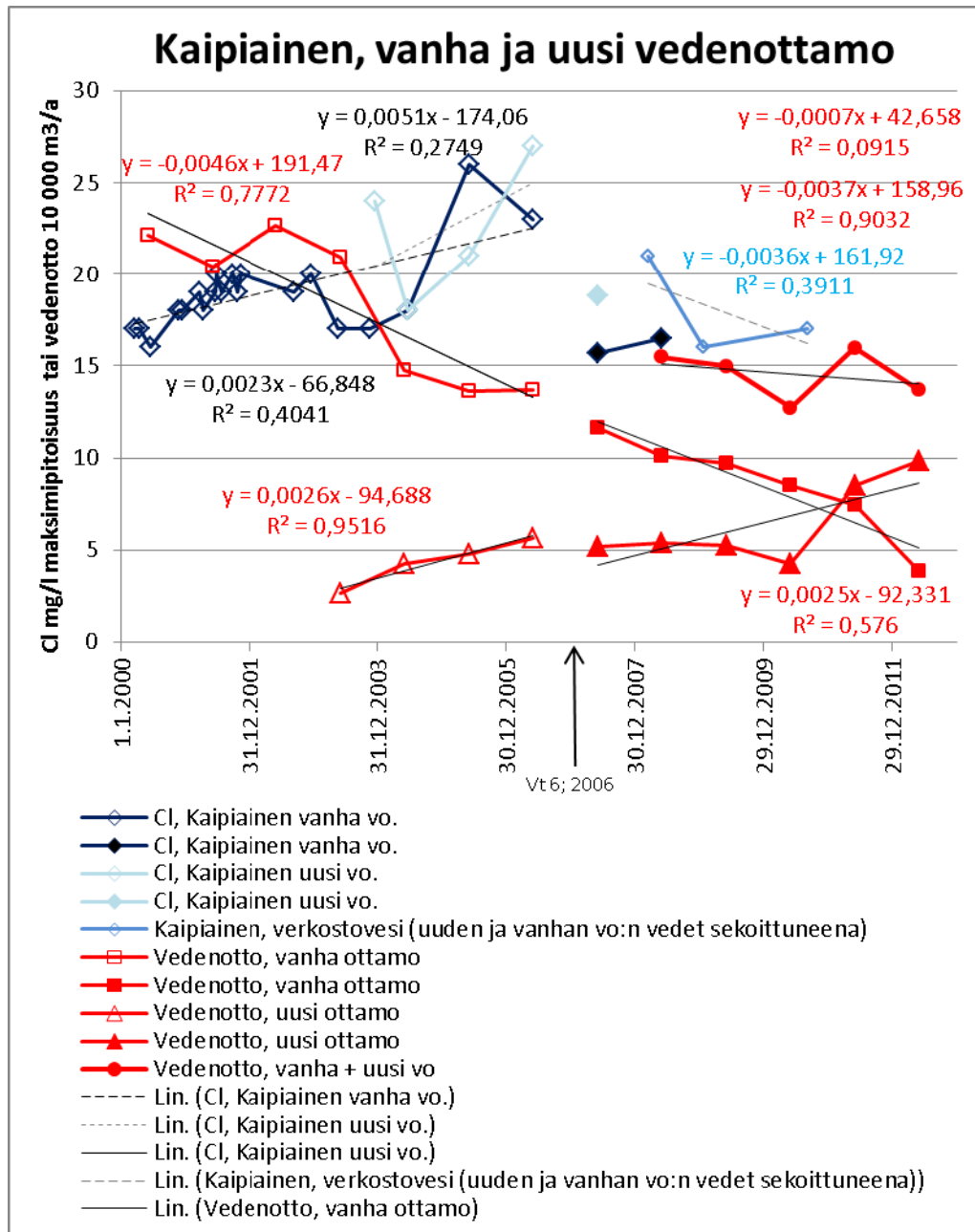
Suojaus on rakennettu vuonna 2006, jonka jälkeen kloridipitoisuuden kehitys on ollut laskusuuntainen. Suojauksen jälkeen kloridipitoisuus on nopeasti saavuttanut ennen pitoisuuden nousua 2000-luvulla olleen pitoisuustason. Ennen suojauksen rakentamista vedenottamoiden kloridipitoisuuksissa on havaittavissa voimakasta nousua vuosina 2004–2006, joka saattaa olla yhteydessä suolausmäärän vaihteluun. Vedenottomäärällä ei ole havaittavissa selvää vaikutusta kloridipitoisuuden kehitykseen. Havaintoputkessa KAI5 pitoisuuden kehitys on ollut lievästi laskeva ennen suojausta, muissa havaintoputkissa nouseva ja suojauksen jälkeen kehitys on ollut kaikissa putkissa laskeva. Putkissa KAI 3,4, ja 8 pitoisuudet ovat suojauksen jälkeen laskeneet voimakkaasti.

Kohde jakaantuu kahteen eri tienhoidon urakka-alueeseen. Urakka-alueiden 1. hoitoluokan (Is) ja erityisalueiden suolausmäärät ovat vaihdelleet voimakkaasti. Analyysin perusteella ennen suojausta vuosina 2004–2006 kloridipitoisuudet vanhalla vedenottamolla vaihtelevat samalla tavalla kuin suolauksen määrä alueella. Pohjavesiputkien kloridipitoisuushavainnoissa ei ole havaittavissa samantyyppistä vaikutusta. Suojauksen rakentamisen jälkeiseltä ajalta tietoa ei ole arviointia varten riittävästi vedenottamoilta. Vedenottamoiden kloridipitoisuuksien sijasta vuodesta 2008 eteenpäin on havainnoitu molempien ottamoiden vedestä koostuvaa verkostovettä.

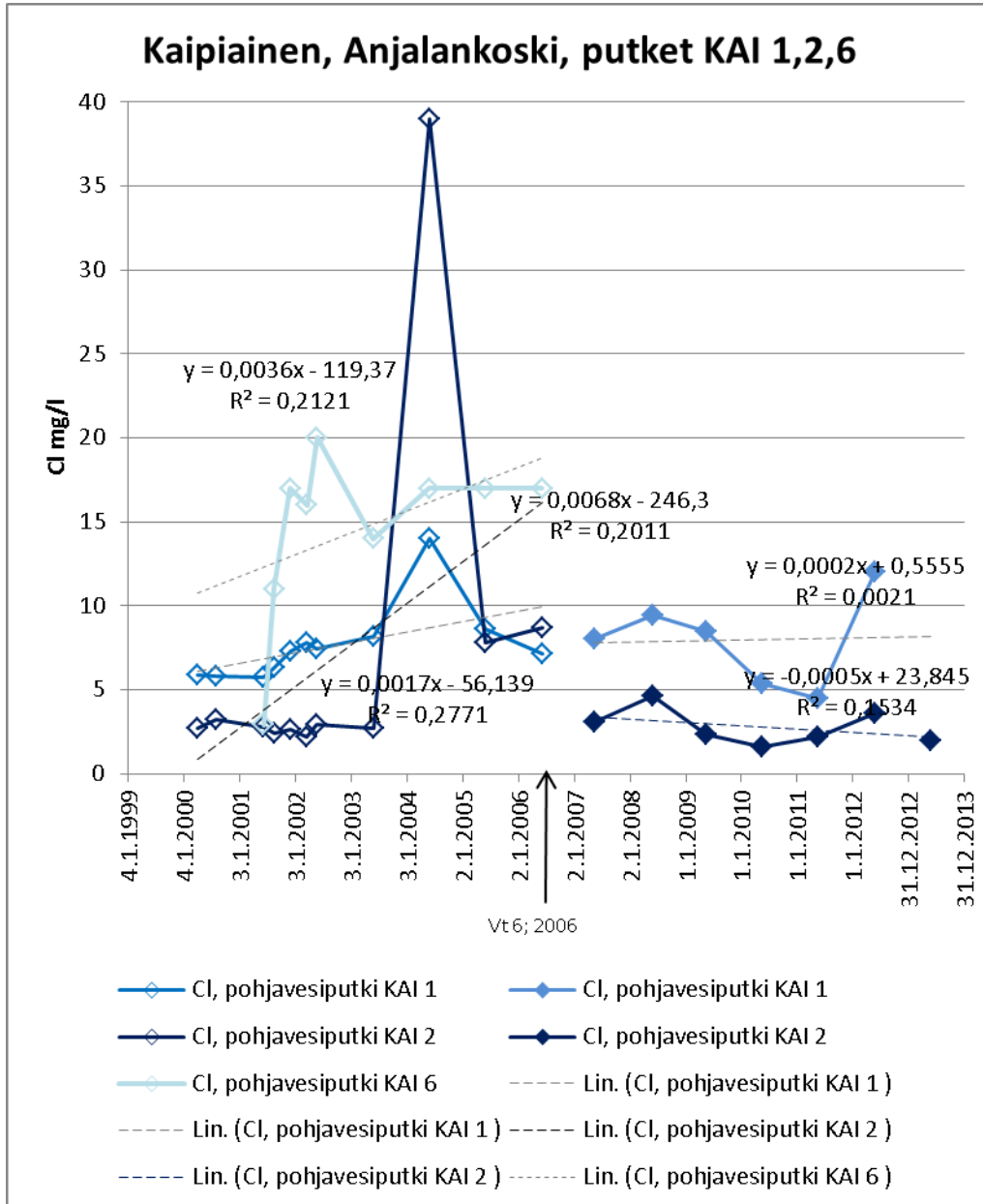
Tietoja on lisäksi analysoitu luvuissa 5, 6 ja 7. Analyysin perusteella suojauksen rakentaminen on vaikuttanut kloridipitoisuuksien laskuun. Suojauksen rakentamisen jälkeen kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden laskenut noin 3 mg/l havaintopisteessä vanha vedenottamo (v. 2006–2008) ja 5 mg/l havaintopisteessä uusi vedenottamo sekä kertaluokan tasolla havaintoputkissa KAI 3,4 ja 8.



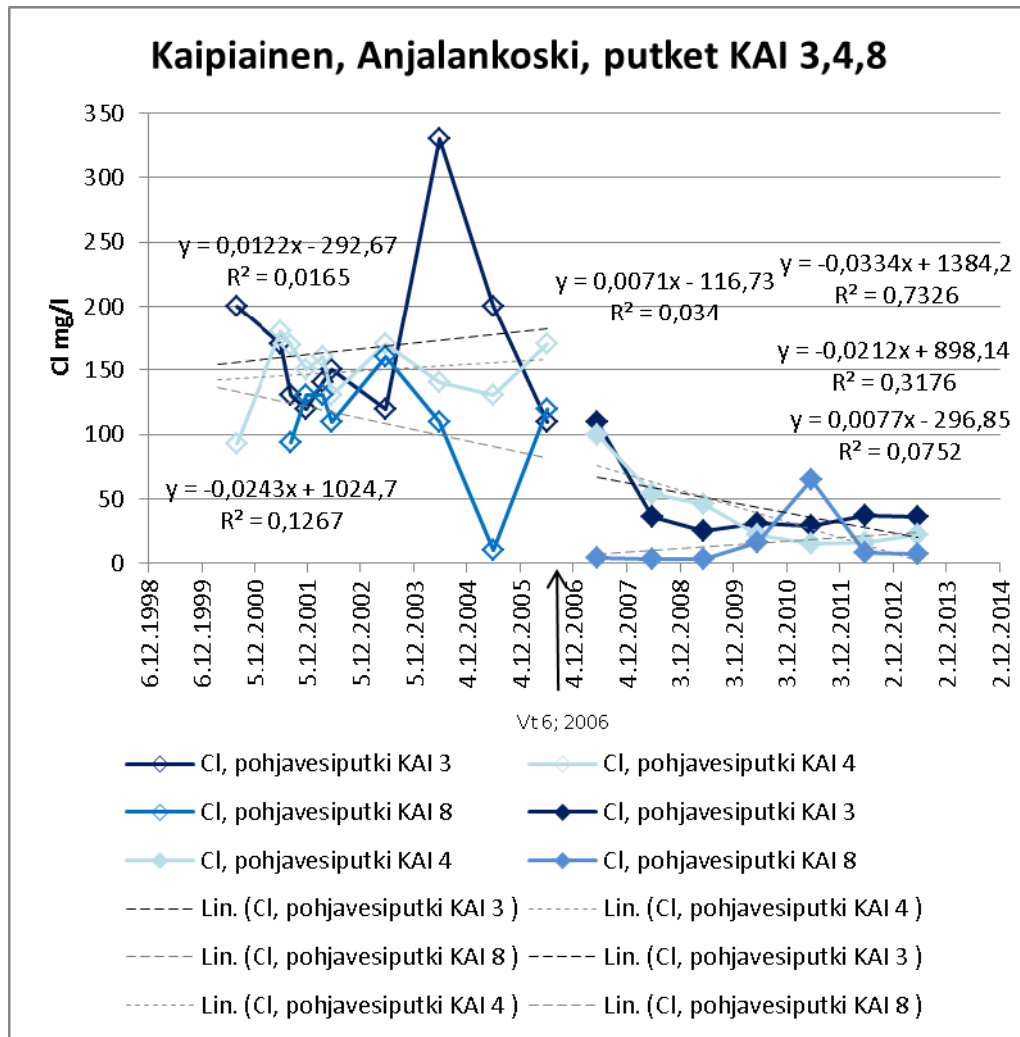
Kuva 10. Kloridipitoisuus ja vedenoton määrä Kaipiaisten vanhalla ja uudella vedenottamalla sekä kloridipitoisuus verkostovedessä. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella



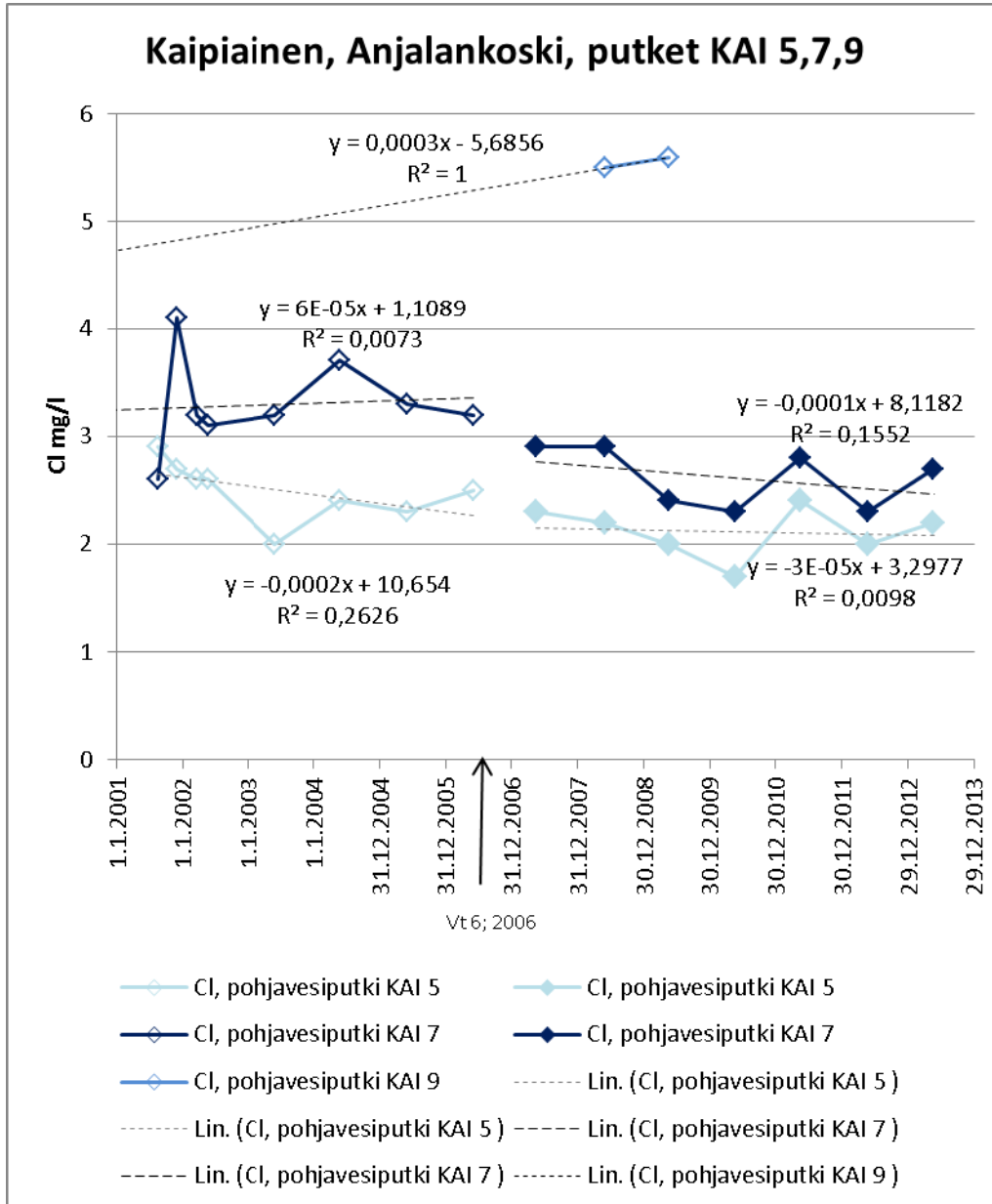
Kuva 11. Kloridipitoisuuden ja vedenoton trendi Kaipiaisten vedenottamoilla havaintojaksolla ennen pohjavesisuojausten rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 12. Kloridipitoisuuden trendi Kaipiaisten havaintoputkissa havaintojaksolla ennen pohjavesisuojausten rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 13. Kloridipitoisuuden trendi Kaipiaisten havaintoputkissa havaintojaksolla ennen pohjavesisuojausten rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 14. Kloridipitoisuuden trendi Kaipiaisten havaintoputkissa havaintojaksolla ennen pohjavesisuojauksen rakentamista ja pohjavesisuojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.

4.6 Kokkola, Patamäen pohjavesialue

Kokkola, Patamäki (no 1027251) Vt 8 (331) 80 – (331) 233, (331) 233 – (331) 1850

- rakennettu vuonna 2005
- pituus 1770 m
- pv-suojautyyppi 7 tierekisterissä
- PLV 27280–29050: bentoniittimatto, ohutmuovi 0,5 mm (plv 27280–27500 /tai muovitettu kuitukangas), suoja- ja salaojakerros 100 mm, suojaverhous <100 mm
- tienpitäjän velvoitetarkkailussa putki 2028 vuodesta 2003

Kokkola, Patamäki (no 1027251) Mt 749 (12) 5227- (12) 5246, (12) 5246 – (14) 0, (14) 0 – (14) 210, Mt 756 (1) 372- (2) 0, (2) 0 – (2) 825

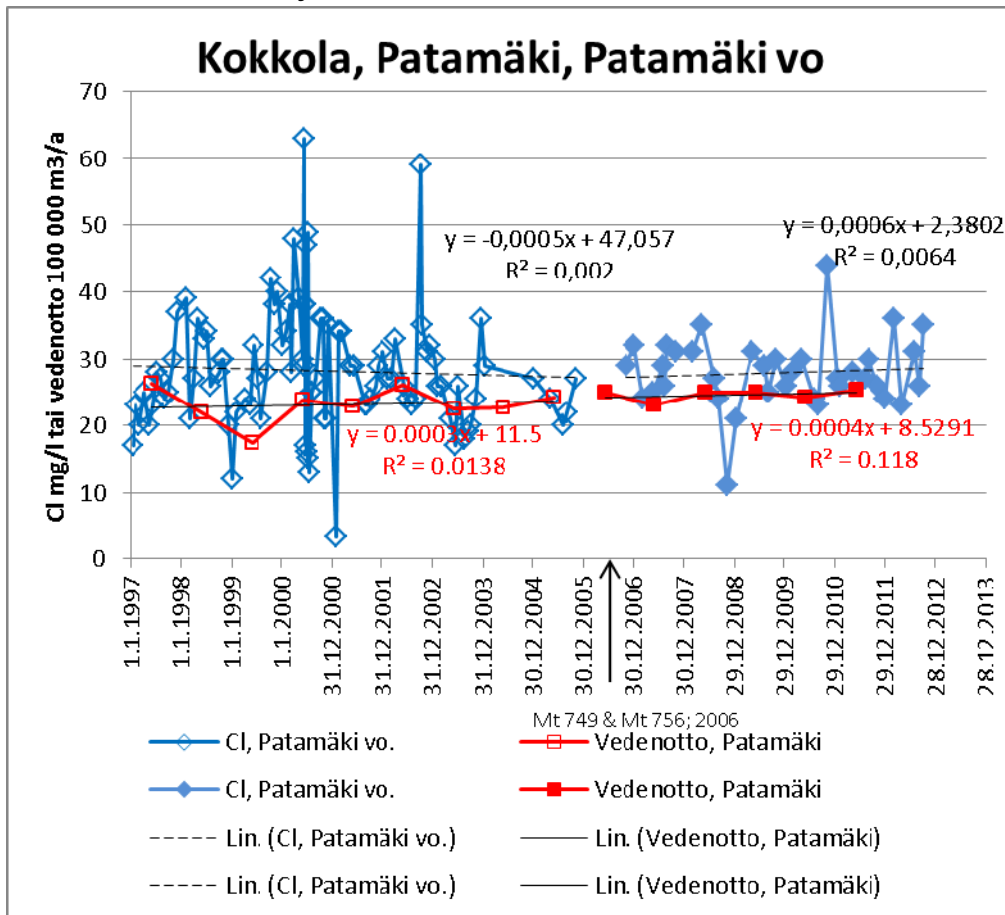
- rakennettu vuonna 2006
- pituus 545 m (Mt 749) + 3043 m (Mt 756)
- pv-suojautyyppi 7 tierekisterissä
- Mt 756: suojauksen kuvaus: bentoniittimatto ja muovi PE-kalvo (0,5 mm), suodatinhiekka, suojaverhous, yht. 500 mm. Ohutmuovi tien sisäluiskassa ja 500 mm korkeuteen ulkoluiskassa. Salaojitus tarvittaessa (suunnitelmakuva). Bentoniittimatto ja PE-kalvo ulottuvat 0,5 m päällysteen alle päällysteen reunasta.
- Satamatien alikulkukäytävien yhteyteen on rakennettu kaukiorakenteet. Niiden tehtävänä on estää pohjavesipinnan aleneminen.
- tieosoite mt 756 (1) 338 – (02) 840, pituus 3080 m. Mt 756:n suojauksen sijainti suojauskuvauksessa poikkeaa tierekisterin tiedoista.
- Mt 749 (ei suojauskuvausta, suunnitelmakuva): bentoniittimatto, ohutmuovi, suoja- ja salaojakerros $d > 100$ mm (tarvittaessa), suojaverhous 500 mm
- uusien suojausten valmistuttua suojaus pohjavesialueella kattava
- kloridituloksia Patamäen vedenottamolta vuosilta 1997–2010
- pohjavesialueen yhteistarkkailussa havaintoputket tunnus Lt 1, 573, 805 vuodesta 2009 (putki tunnus 805 asennettu v. 2005)

Vuonna 1995 maantielle 749 rakennettua pohjavesisuojausta (bentoniittimatto) on täydennetty vuonna 2006. Edellisenä vuonna (2005) myös läheiselle valtatielle 8 on rakennettu suojaus. Täydennysten jälkeen alueen suojaus on kattava. Vuonna 1995 rakennetulla suojauksella ei ole ollut toivottua tulosta kloridipitoisuuksiin. Uuden suojauksen osalta kohteessa todettu useita kuivatusongelmia (lähde: Destia Oy, 2008, Vaasan tiepiiri Patamäen pohjavesialueen suojaus Mt 756, Kokkolan satamatie). Pohjavesialueella pohjaveden pinta korkealla ja suojaavat maakerrokset ohuet. Pohjavedenpinta on pääosalla pohjavesialuetta hyvin lähellä maanpintaa, yleensä alle 3 metrin syvyydessä. Ainoastaan Patamäen vedenottamon synnyttämän pohjaveden alenemakartion ja pienialaisten luontaisten ja keinotekkoisten mäkien (mm. dyynit, rantavallit ja Patamäen vanha maankaatopaikka) kohdalla pohjavettä suojaavan irto- maapeitteen paksuus on tätä suurempi (lähde: Lindsberg, E., 2014 Kokkolan Patamäen pohjavesialueen suojelusuunnitelma, geologian tutkimuskeskus, luonnos 14.5.2014). Nykyolosuhteissa pohjoisessa ottamon vaikutus ulottuu noin 2,5–3,0 km etäisyydelle, ja vedenjakajan pohjoispuolella pohjaveden virtaus suuntautuu kohti merta (Kokkolan kaupunki, Patamäen pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys 2007–2009, Geologian tutkimuskeskus, 61/2011 Kokkola). Pohjavesialueelle on asennettu kloridin tarkkailua varten pohjavesiputkia, joista ennen suojausta on tietoa valtatie 8 läheisyydessä sijaitsevasta tarkkailupisteestä (putkitunnus 2028). Havaintopisteessä kloridipitoisuus on vuoden 2006 jälkeen pysytellyt alhaisena (alle 10 mg/l).

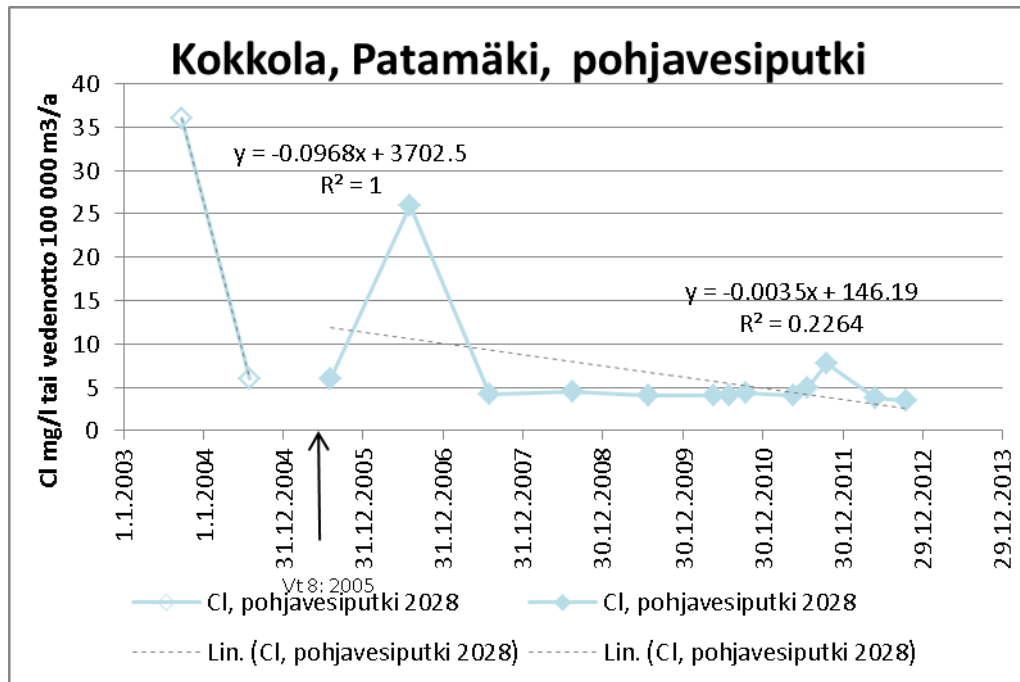
Vuosittainen vedenotto on ollut erittäin tasaista suojausten rakentamisen jälkeen. Vedenotolla ja suolauskauden alkamisella saattaa kuitenkin olla vaikutusta ottamalla havaittuun kloridipitoisuuden vuodenaikaisvaihteluun, joka on ollut voimakasta. Vuodenaikojen välillä pitoisuuserot ovat tasaantuneet suojausten rakentamisen jälkeen ja myös pohjavesiputkesta mitattuna kloridipitoisuudet ovat tasaantuneet. Kokonaisuudessaan pitoisuuden vaihtelu on edelleen melko voimakasta ja trendin määrittäminen siten vaikeaa, mutta keskimäärin rakentamisen jälkeisellä ajanjaksolla tarkasteltuna pitoisuustaso on lievästi nouseva. Kloridipitoisuuksiin saattaa vaikuttaa myös ottamalla ajoittain käytössä oleva pohjaveden imeytysjärjestelmä, jonka tarkempia tietoja ei ollut saatavilla. Suojauksen kuivatuksessa havaitut puutteet yhdistyneenä pohjaveden pinnan läheisyyteen ovat voineet vaikuttaa suojauksen toimintaan heikentäen sitä.

Suolausmäärät ovat vaihdelleet jonkin verran kaudella 2003–2012. Talvikausina 2009–2010 ja 2010–2011 suolausmäärät olivat kohdetien mukaisen hoitoluokan teillä normaalia pienempiä, maantien 749 hoitoluokan I mukaisilla teillä myös talvikautena 2008–2009 (taulukko 3).

Tietoja on lisäksi analysoitu luvuissa 5, 6 ja 7. Analyysin perusteella suojauksen rakentaminen ei ole vaikuttanut kloridipitoisuuteen. Suojauksen rakentamisen jälkeen kloridipitoisuudessa ei ole tapahtunut merkillistä muutosta havaintopisteissä Patamäen ottamo ja havaintoputki 2028. Patamäen ottamolla havaitaan pitoisuuden vaihtelun hieman vähentyneen.



Kuva 15. Kloridipitoisuuden ja vedenoton trendi Patamäen vedenottamolla havaintojaksolla ennen pohjavesisuojausten rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 16. Kloridipitoisuuden trendi Patamäen havaintoputkessa havaintojaksolla ennen pohjavesisuojausten rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.

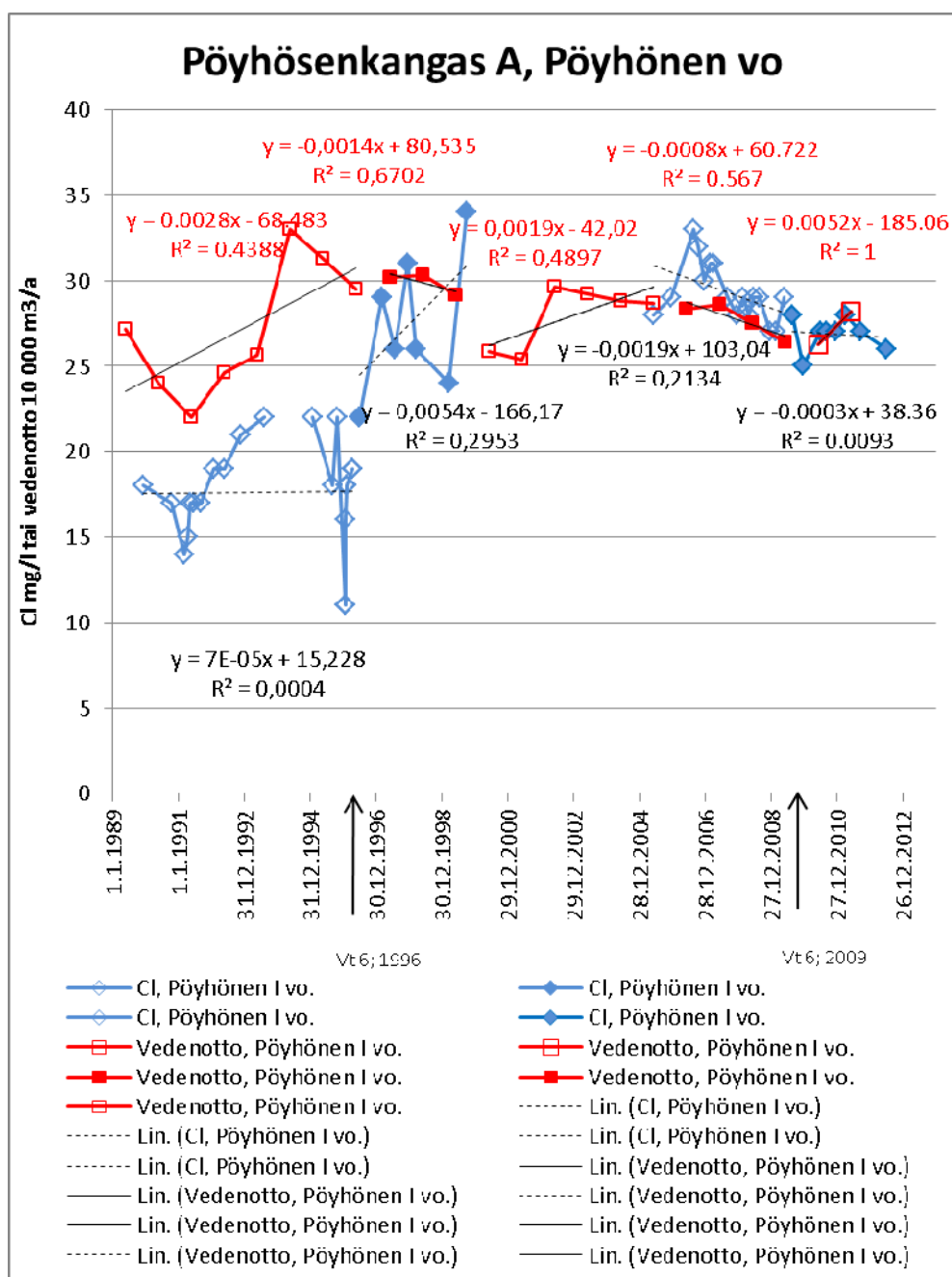
4.7 Kauhava, Pöyhösenkankaan (A) pohjavesialue

Kauhava, Pöyhösenkangas (no. 1097151 A) vt 19 (17) 2408 – (17) 2683, (17) 2683 – (17) 3013, (17) 3013 – (18) 0, (18) 0 – (18) 500, (18) 500 – (18) 695, (18) 695- (18) 740, (18) 740- (18) 1255, mt 725 (9) 1194 – 1644

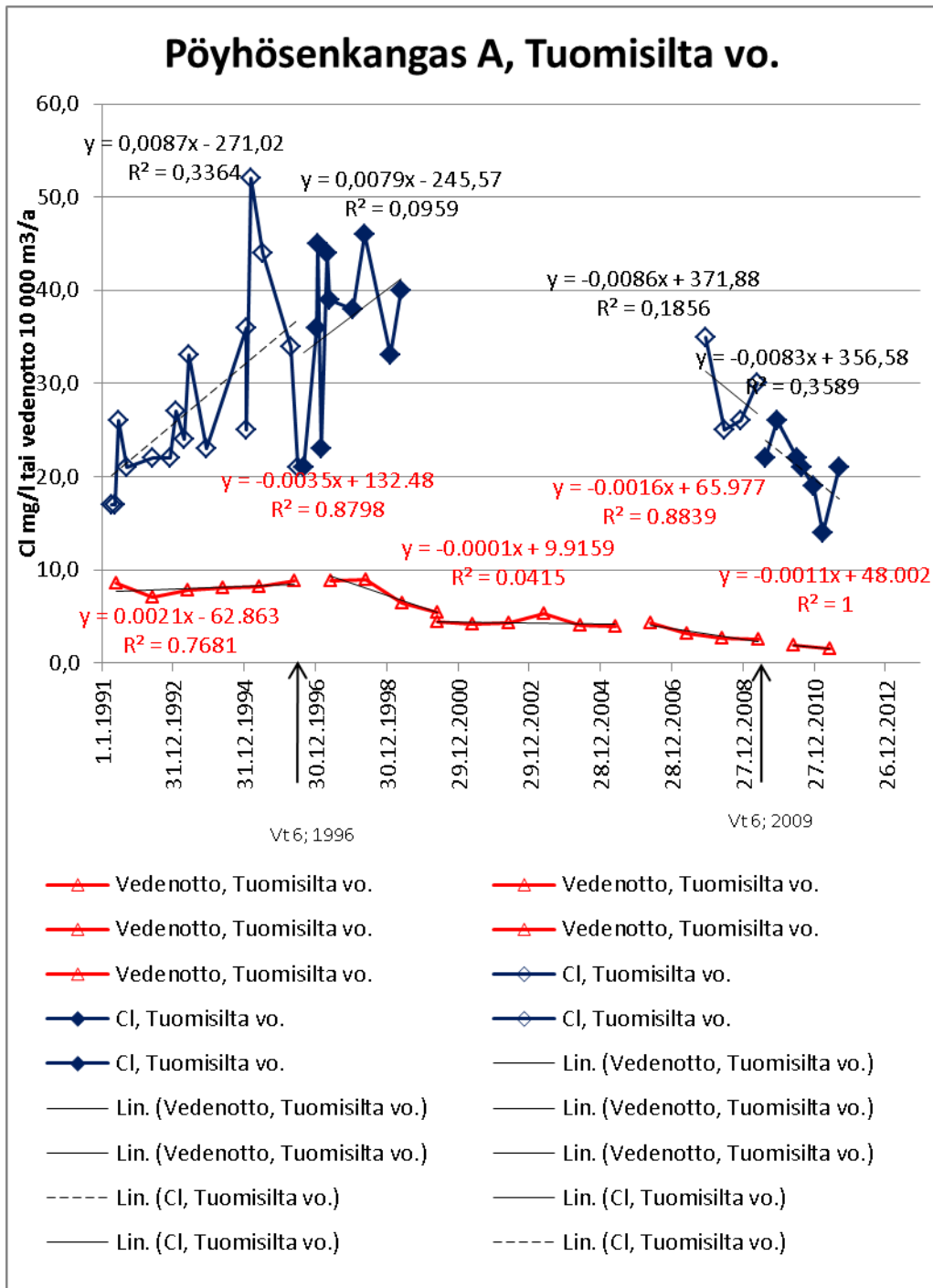
- vt 19 (17) 2408 – (18)695 rakennettu vuonna 2009 (korvaa alueelle v. 1996 rakennetun suojuuksen)
- pituus noin 2130 m
- pv-suojaustyyppi 7 (tierekisteri)
- suojuuksen kuvaus: vaativa kloridisuojaus: bentoniittimatto, LDPE-muovi 0,5 mm, suojarahikka 100 mm, suojaverhous 300 mm, ei salaojitusta. Ulko-luiskassa suojausrakenne ulottuu 0,7 m alle tien tasausviivan ja LDPE-muovi 0,5 m ojan vesijuoksun yläpuolelle. Sisäluiskassa bentoniittimatto ja kalvo ulottuvat 0,5 m asfaltin alle.
- läpiviennit InfraRYL:n ja Pohjaveden suojausrakenteet (TIEH 2200029–04) kohdan 4844.9 mukaisesti
- mt 725 suojaus ja vt 19 (18) 695- (18) 1255 suojuukset rakennettu vuonna 1996
- vt 19 (18)695- (18) 1255: pituus yhteensä 560 m (pohjavesialueella Pöyhösenkangas A noin 170 m), pv-suojaustyyppi 6 tierekisterissä
- mt 725: (9) 1194- (9) 1564: pituus 370 m, pv-suojaustyyppi 6 (tierekisteri)
- mt 725: (9) 1564- (9) 1644: pituus 80 m, pv -suojaustyyppi 4 (tierekisteri)
- vanha suojaus: erittäin vaativana: maabentoniitti 0,2 m, päällä salaojarahikka 0,1 m suojamaa 0,3 m, vaativa ja perussuojaus: tiivistemaa 0,5-0,7 m päällä muovikalvo ja suojamaa 0,3 m
- v. 2009 rakennetun suojuuksen valmistuttua suojaus pohjavesialueella kat-tava
- kloriditietoja Pöyhönen I vo:lta ja Tuomisilta vo:lta, tienpitäjän velvoitetark-kailussa havaintoputket 2000, 2001 ja 2009-1 (asennettu v. 2009, alhainen kloridipitoisuus)

Edellinen pohjavesisuojaus alueelle on rakennettu vuonna 1996, ja se on korvattu vaativalla kloridisuojuuksella vuonna 2009. Vuonna 1996 rakennetulla suojuuksella ei ole saavutettu toivottua tulosta kloridipitoisuuksiin neljän vuoden seurantajaksolla. Vedenottamoiden kloridituloksia vuosilta 2000–2005 ei ole käytettävissä. Suolaus-määrissä on vähenevä kehitys tienhoidon urakka-alueiden vastaavan hoitoluokan tei-lä v. 2004–2008 ja v. 2008–2011. Kausina 2009–2010 ja 2010–2011 suolausmäärät olivat 2. hoitoluokassa (I) normaalia pienempiä. Tarkastelujakso suojuuksen raken-tamisen jälkeen (3 vuotta) ei ole riittävän pitkä vaikutusten arvioimiseksi. Tarkastelu-jakson pidentyessä voi olla mahdollista selvittää, jatkuuko pitoisuuden pieneneminen pohjavesialueella esim. vedenottomäärän kasvaessa. Tuomisillan ottamalla vedenot-tomäärän pienentyessä myös kloridipitoisuus pieneni. Kloriditarkkailussa olevista havaintoputkista toisessa (putkitunnus 2000) kloridipitoisuudet näyttävät lähteneen laskuun suojuuksen rakentamisen jälkeen, mutta toisessa havaintoputkessa (putki-tunnus 2001) pitoisuudet ovat jatkaneet ennen suojuuksen rakentamista alkanutta jyrkkää nousua, vaikkakin suojuuksen uusimisen jälkeen vuonna 2009 havaitaan sel-västi alhaisempia pitoisuuksia.

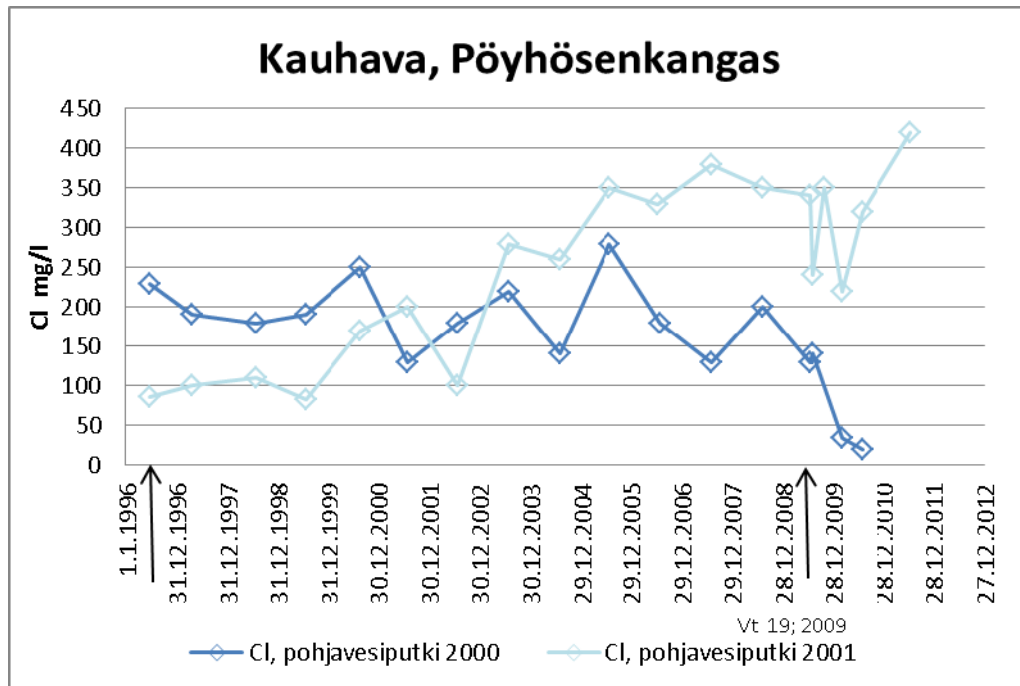
Tietoja on lisäksi analysoitu luvuissa 5, 6 ja 7. Analyysin perusteella ennen suojausta ja suojauksen jälkeen suolauksen määrällä on voinut olla vaikutusta kloridipitoisuuden vähenemiseen ottamalla. Suojauksen rakentamisen vaikutuksesta kloridipitoisuuden muutokseen ei ole tehtävissä selkeitä johtopäätöksiä. Tuomisilla ottamalla ottomäärän taso on yhtenä osatekijänä vaikuttanut kloridipitoisuuteen. Suojauksen rakentamisen jälkeen kloridipitoisuustaso on kuitenkin havaintopisteestä riippuen 1–3 vuoden jaksolla karkeasti arvioiden noussut noin 40 mg/l havaintopisteessä pohjavesiputki 2001 ja laskenut 3 mg/l havaintopisteessä Pöyhösen vedenottamo ja 9 mg/l havaintopisteessä Tuomisilla vedenottamo ja kertaluokalla pienentynyt (200 mg/l) havaintopisteessä pohjavesiputki 2000.



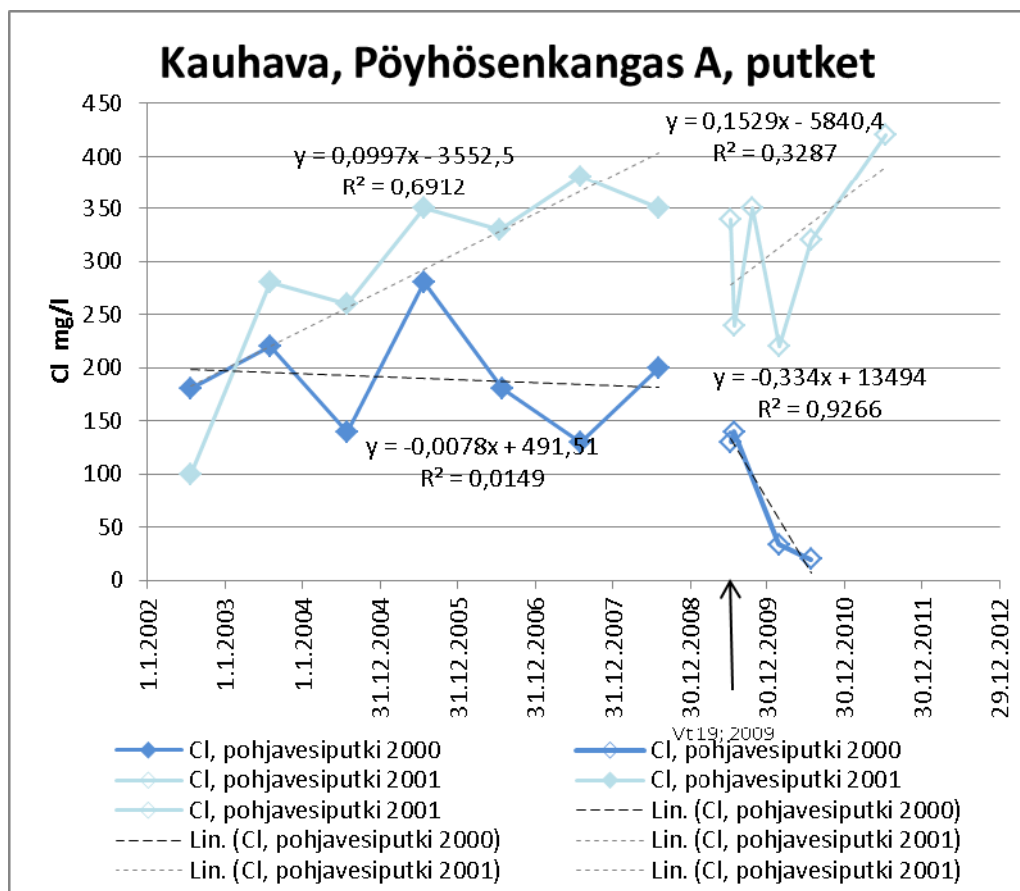
Kuva 17. Kloridipitoisuuden ja vedenoton trendit Pöyhönen I ottamalla havaintojaksoilla ennen pohjavesisuojausten rakentamisen ajankohtaa ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohdat on esitetty nuolella.



Kuva 18. Kloridipitoisuuden ja vedenoton trendit Tuomisilta ottamalla havaintojaksoilla ennen pohjavesisuojausten rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausien rakentamisen ajankohdat on esitetty nuolella.



Kuva 19. Kloridipitoisuus havaintoputkissa no 2001 (- v. 2011) ja no 2000 (- v.2010). Pohjaveden suojausien rakentamisen ajankohdat on esitetty nuolella.



Kuva 20. Kloridipitoisuuden trendi Pöyhösenkangas A havaintoputkissa havaintojaksolla ennen pohjavesisuojausien rakentamista ja pohjavesisuojausien rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausien rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.

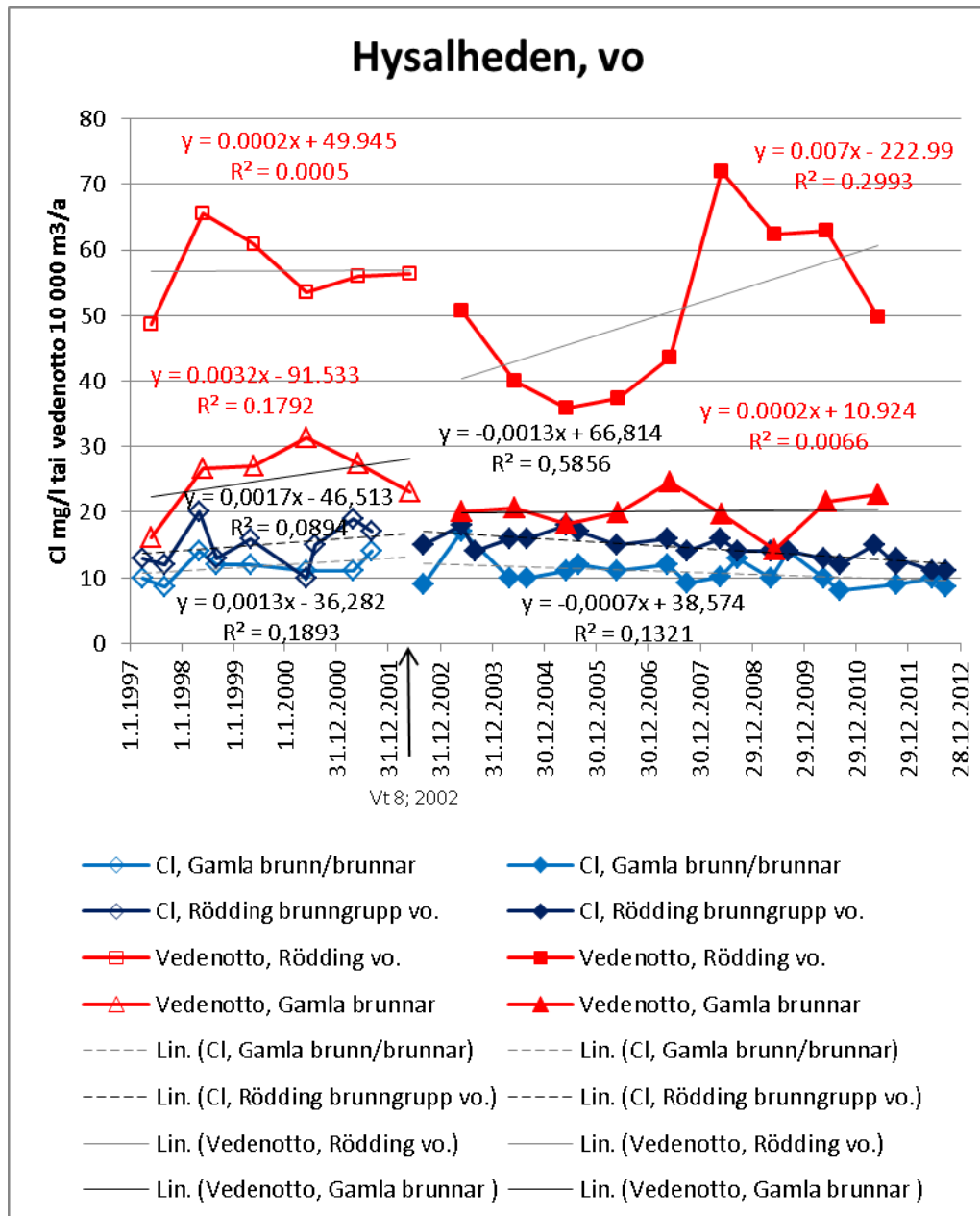
4.8 Uusikaarlepyy, Hysalheden pohjavesialue

Uusikaarlepyy, Hysalheden (no 1089301), vt 8 (320) 3666 – (321 (0), (321) 0 – (321) 602, Mt 746 (1) 0 – (1) 60, Mt 7393 (1) 0 – (1) 70

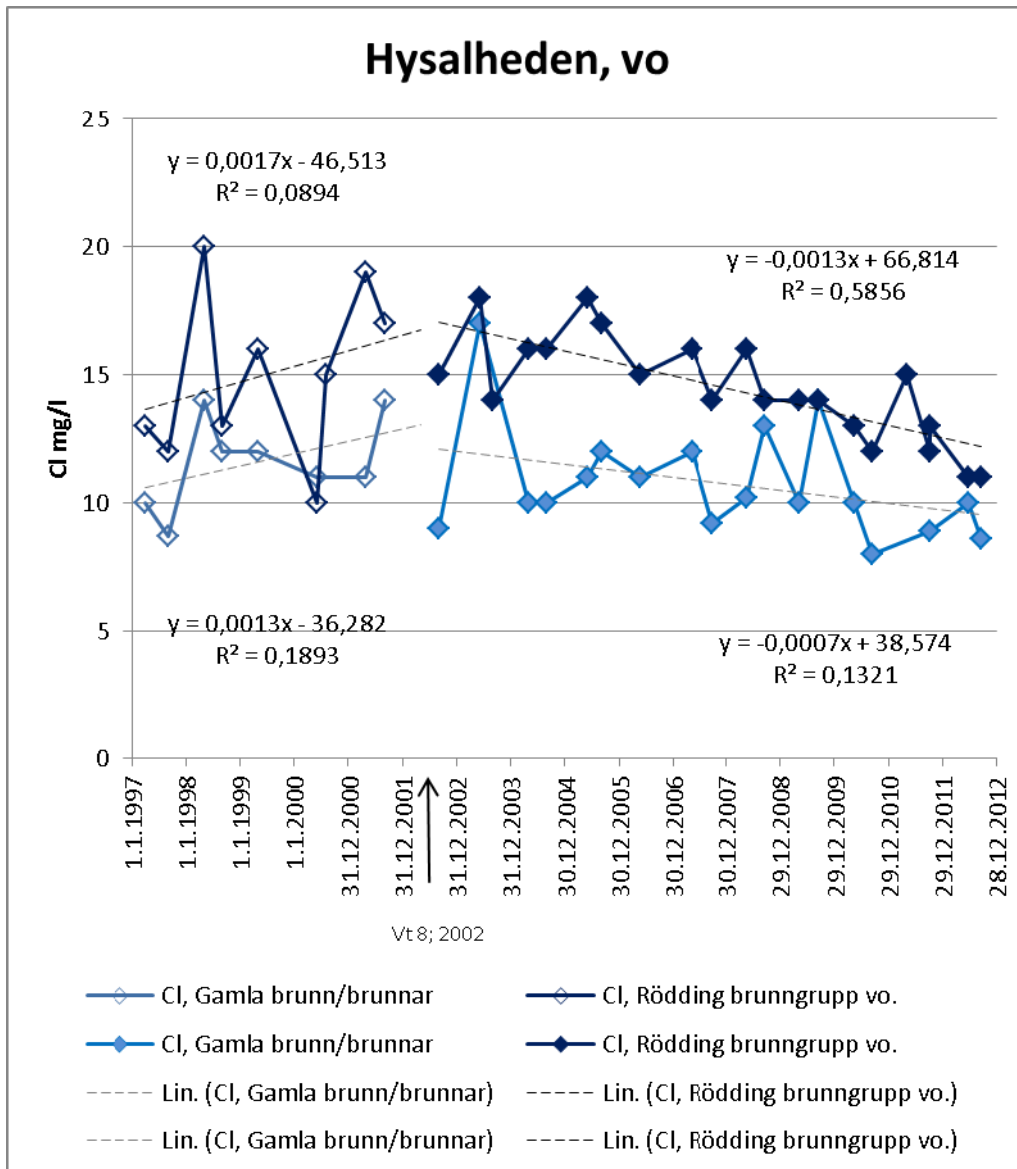
- rakennettu vuonna 2002
- pituus 1176 m (vt 8) + 60 m (Mt 746) + 70 m (Mt 7393)
- pv-suojaustyyppi 6 (virheellisesti) tierekisterissä
- suojauksen kuvaus (työselitykset ja laatuvaatimukset): bentoniittimatto ulottuen 0,5 m asfaltin alle ja ulkoluisassa 10 m päällysteen reunasta, ja aputiivistemuovi (HD-, LLD, -polyeteeni) ojan pohjalla, eristyshiekka 0,1 m, suojakerros 0,35 m, kasvualusta 0,05 m. Tiivistemuovin liitokset hitsattu vesitiiviiksi, orsi-vesipinnan yläpuolella on voitu käyttää limitystä. Bentoniittimaton saumaus liittämällä 300 mm.
- erittäin vaativa suojaus Tielaitoksen ohjeen Pohjaveden suojaus tien kohdalla TIEL 2140001-93 sekä Tielaitoksen keskusviraston 19.12.97 lisäohjeen mukaisesti
- tarkasteluajanjakso v. 1997-2012
- kloriditietoja ottamolta gamla brunn/brunnar (B1), ja rödding brunngrupp (2, 3, 4 tai B4, B5, B6) vuodesta 1998 alkaen, tienpitäjän velvoitetarkkailussa havaintoputket 2023 ja 2024

Suojaus on rakennettu vuonna 2002, jonka jälkeen kloridipitoisuuden kehitys on ollut laskusuuntainen kaikissa tarkkailupisteissä. Laskusuuntainen kehitys ajoittuu kokonaisuudessaan suojauksen rakentamisen jälkeiseen aikaan. Myös kloridipitoisuuden vaihtelu on pienentynyt suojauksen rakentamisen jälkeen. Vedenottomäärän vaihteluilla ei ole ollut vaikutusta kloridipitoisuuksiin kummassakaan kaivoryhmässä. Urakka-alueen suolan kokonaiskäyttömäärässä on ollut voimakkaasti kasvava trendi 2. hoitoluokassa (I) suojauksen rakentamisen jälkeen (v. 2004–2012), lukuun ottamatta talvikautta 2009–2010, jolloin suolauksen määrä on pienentynyt voimakkaasti.

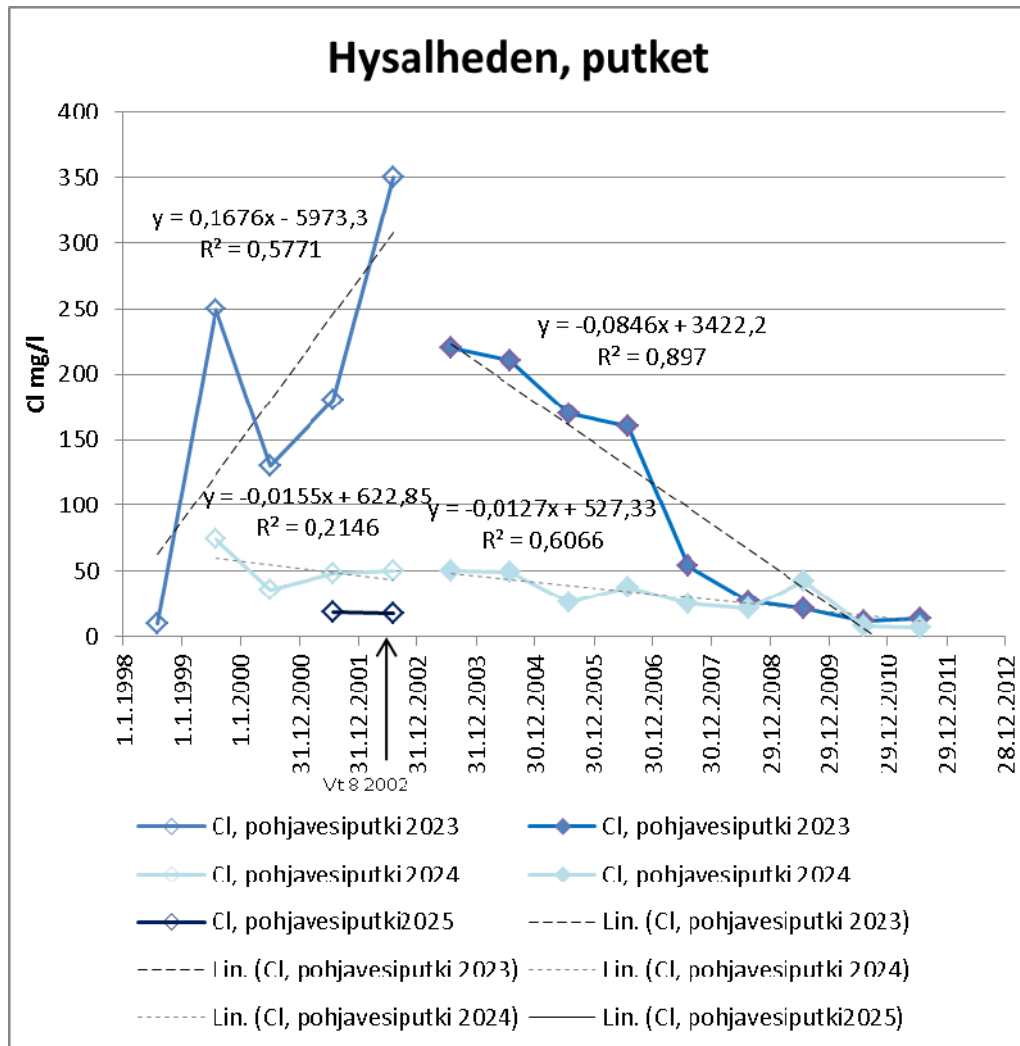
Analyysin perusteella suojauksen rakentaminen on vaikuttanut kloridipitoisuuksien laskuun merkittävästi. Suojauksen rakentamisen jälkeen kloridipitoisuustaso on korkeasti arvioiden laskenut noin 2 mg/l havaintopisteessä B1, 2 mg/l havaintopisteessä rödding brunngrupp, 100 mg/l havaintopisteessä pohjavesiputki 2023 ja 30 mg/l havaintopisteessä pohjavesiputki 2024.



Kuva 21. Kloridipitoisuuden ja vedenoton trendit Hysalhedenin ottamon kaivoryhmissä havaintojaksoilla ennen pohjavesisuojausten rakentamisen ajankohtaa ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 22. Kloridipitoisuuden trendi Hysalhedenin ottamon kaivoryhmissä havaintojaksoilla ennen pohjavesisuojausten rakentamisen ajankohtaa ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 23. Kloridipitoisuuden trendi Hysalhedenin havaintoputkissa havaintojaksolla ennen pohjavesisuojausten rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.

4.9 Kaustinen, Åsen A pohjavesialue

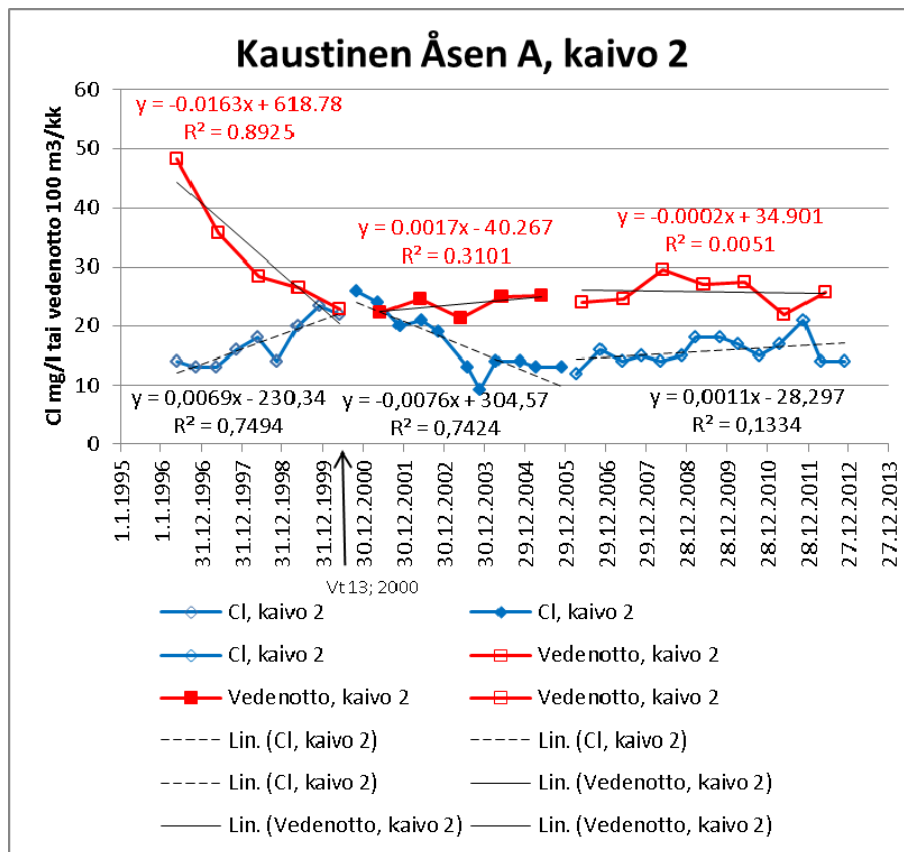
Kaustinen, Åsen A (no 1023651 A), vt 13 (110) 0 – (110) 3563

- rakennettu vuonna 2000
- pituus 3563 m
- pv-suojaustyyppi 3 tierekisterissä
- suojauskuvauksen mukaan erittäin vaativa suojaus bentoniittimatto ulottuen 0,5 m päällysteen alle ja ulkoluiskassa 1 m ojanpohjaa ylemmäs ja ojan pohjalta 3 m leveä aputiivistemuovi HD-, LLD-, polyeteenimuovi, 100 mm salaojaputki, 0,1 salaojahiekkakerros, 0,4 m suojamaakerros ja kasvualusta. Matto saumattu limittämällä 0,3 m.
- viimeinen 390 m matka perussuojaus muovitiiviste
- erittäin vaativa suojaus Tielaitoksen ohjeen Pohjaveden suojaus tien kohdalla TIEL 2140001-93 sekä Tielaitoksen keskusviraston 19.12.97 lisäohjeen mukaisesti
- suojaus on kattava
- kloriditietoja Kaustisen kunnan Puumalan vedenottamolta (kaivot 2, 3, ja 4, POVET-tunnukset K2, K3 ja K4, ja), tienpitäjän kloridin velvoitetarkkailussa putki 2020 vuodesta 1997
- Kuorikosken vesiosuuskunnan kaivo sijaitsee myös alueella, ei kloriditietoja saatavilla

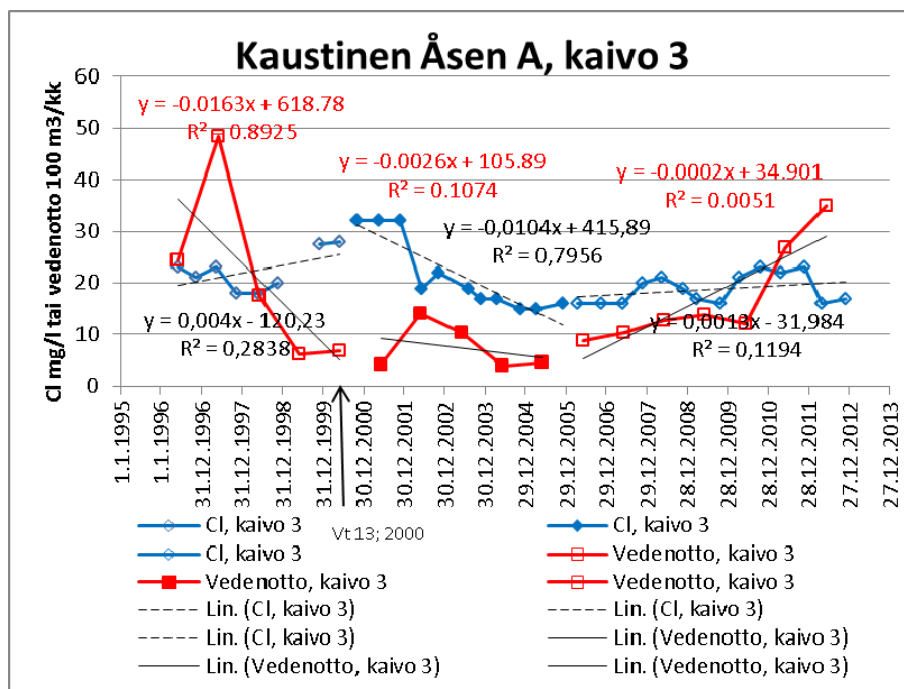
Suojaus on rakennettu vuonna 2000, jonka jälkeen kloridipitoisuuden kehitys on ollut tarkkailupisteissä pääosin laskusuuntainen. Vedenottamon kaivossa 4, jossa ottomäärä on suurin, pitoisuus on alhainen. Kaivoissa 2 ja 3 pitoisuudet ovat olleet korkeimmillaan ennen ja jälkeen suojauksen rakentamisen, laskeneet suojauksen rakentamisen jälkeen noin tasolta 25–30 mg/l tasolle 15 mg/l, mutta lähteneet uudelleen hieman kohoamaan vuodesta 2006 alkaen. Kloridipitoisuuksien laskusuunta 2000-luvun alusta vuoteen 2005 ajoittuu suojauksen (v. 2000) rakentamisen jälkeiselle ajalle. Suojauksen rakentamisajankohtaan sijoittuu myös vedenoton huomattava väheneminen kaivosta 3 ja huomattava lisääntyminen kaivosta 4. Tämän jälkeen vedenottoa on 2000-luvulla vähennetty kaivosta 4, ja vuodesta 2006 alkaen lisätty kaivosta 3. Eri vuodenaikojen välillä ei ole havaittavissa merkittäviä pitoisuuseroja. Havaintoputkesta (tunnus 2020) mitatut kloridipitoisuudet ovat olleet huomattavan korkeita (yli 200 mg/l) ennen suojauksen rakentamista, ja laskeneet jyrkästi suojauksen rakentamisen jälkeen (alle 100 mg/l vuodesta 2004 alkaen ja alle 70 mg/l vuodesta 2008 alkaen).

Suolan kokonaiskäyttömäärätiedot ovat vuosilta 2003–2012 (AURA). Hoitourakka on vaihtunut alueella usein, ja siten suolan kokonaiskäyttömäärän perusteella ei tehty analyysiä suolan käyttömäärän kehittymisestä alueella.

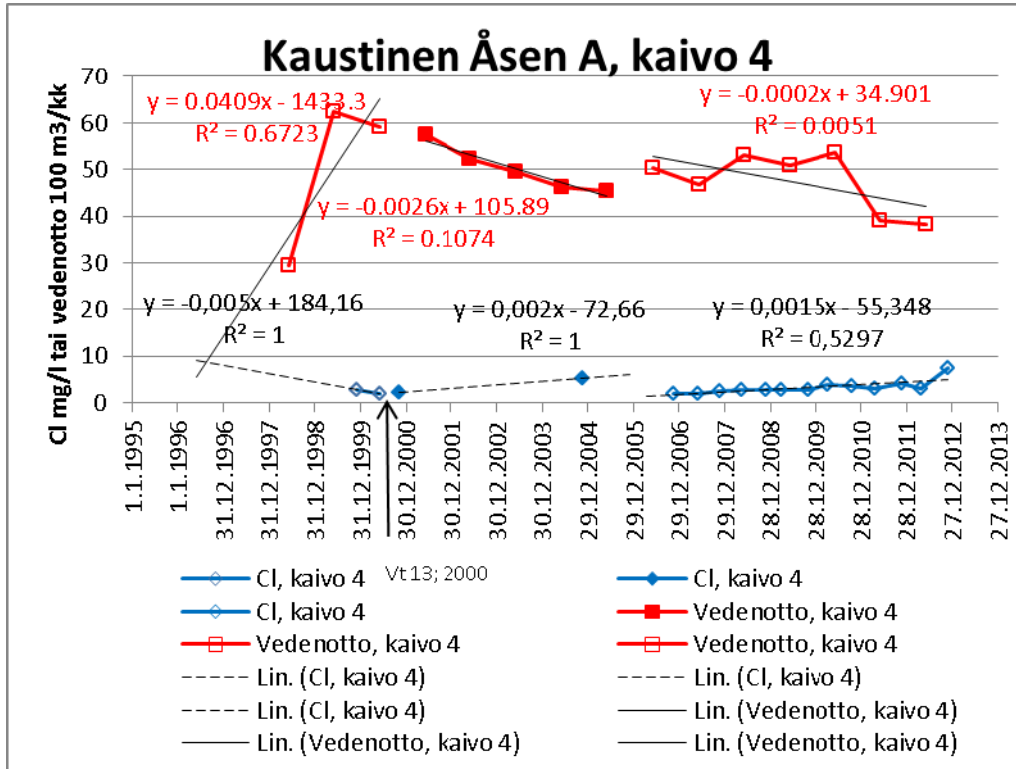
Tietoja on lisäksi analysoitu luvuissa 5, 6 ja 7. Analyysin perusteella suojauksen rakentaminen on vaikuttanut kloridipitoisuuksien laskuun erityisesti putkessa 2020. Suojauksen rakentamisen jälkeen kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden laskenut noin 2 mg/l havaintopisteessä Puumalan vedenottamon kaivo 2, 2 mg/l havaintopisteessä kaivo 3 ja 130 mg/l havaintopisteessä putki 2020.



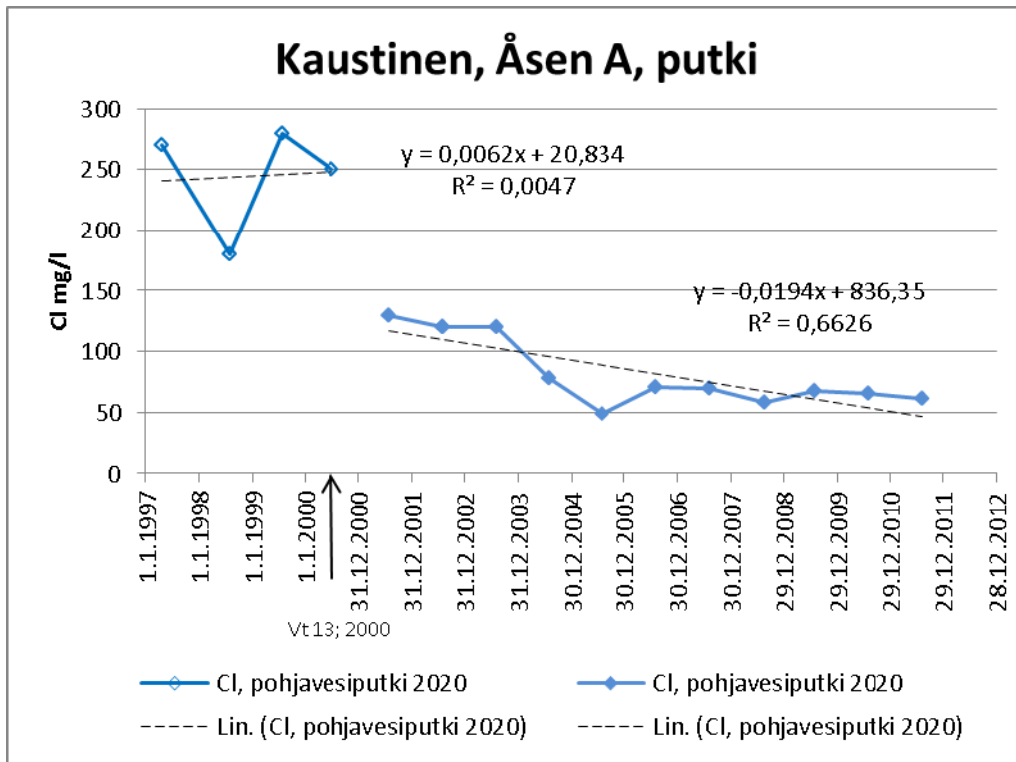
Kuva 24. Kloridipitoisuuden ja vedenoton trendit Puumalan ottamon kaivossa 2 havaintojaksoilla ennen pohjavesisuojausten rakentamisen ajankohtaa ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 25. Kloridipitoisuuden ja vedenoton trendit Puumalan ottamon kaivossa 3 havaintojaksoilla ennen pohjavesisuojausten rakentamisen ajankohtaa ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 26. Kloridipitoisuuden ja vedenoton trendit Puumalan ottamon kaivossa 4 havaintojaksolla ennen pohjavesisuojauksen rakentamisen ajankohtaa ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 27. Kloridipitoisuuden trendi Åsen A havaintoputkessa havaintojaksolla ennen pohjavesisuojauksen rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.

4.10 Kruunypyy, Åsen B pohjavesialue

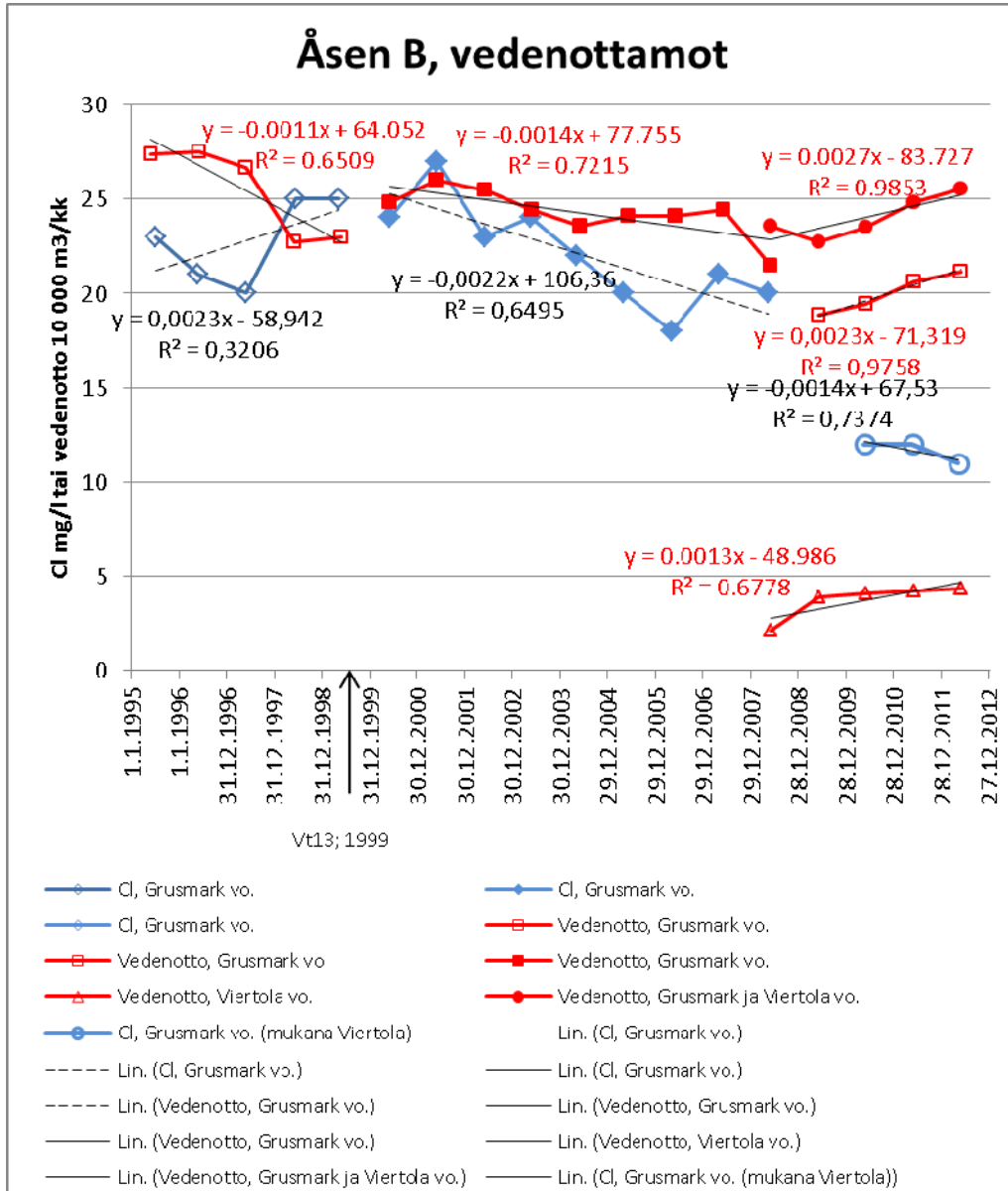
Kruunypyy, Åsen B, (no 1023651 B), vt 13 (109) 1226 – (110) 0

- rakennettu vuonna 1999
- pituus 2981 m (tierekisteri)
- pv-suojatyyppi 3 tierekisterissä
- kuvauksen mukaan erittäin vaativa suojaus bentoniittimatto ulottuen 0,5 m päällysteen alle ja ulkoluiskassa 1 m ojanpohjaa ylemmäs ja ojan pohjalla bentoniittimaton alla ja ojan pohjalla 3 m leveä aputiivistemuovi HD-, LLD-, -polyeteeni, 100 mm salaojaputki, 0,1 salaojahiekkakerros, 0, 4 m suojamaakerros ja kasvualusta. Matto saumattu limittämällä 0, 3 m.
- erittäin vaativa suojaus Tielaitoksen ohjeen Pohjaveden suojaus tien kohdalla TIEL 2140001-93 sekä Tielaitoksen keskusviraston 19.12.97 lisäohjeen mukaisesti
- suojauksen kuvaus: tieosoite (109) 700 – (110) 3560, pituus 6540 m (yhteensä Åsen A ja Åsen B)
- suojaus melko kattava. Tieosa (109) 0-(109)1226, pituus 1226 m, on suojamatta muodostumisalueella (lähde: tierekisteri)
- kloriditietoja vo:lta Grusmark Vattentäkt (kaivot Rörbrunn 1, 2, 3, 4, 5), tienpiitäjän kloridin velvoitetarkkailussa putket tunnus 2019, 2026 ja 2027
- Viertolan vedenottamo (kaivo 7) sijaitsee pohjavesialueen ulkopuolella (otettu käyttöön vuonna 2008). Vesi käsitellään Grusmarkin vedenottamalla.

Suojaus on rakennettu vuonna 2000, jonka jälkeen kloridipitoisuuden kehitys on ollut vedenottamalla laskusuuntainen. Vedenottamolta lähtevän veden kloridipitoisuus on laskenut selvästi koko 2000-luvun ajan noin tasolta 25 mg/l tasolle 20 mg/l. Pitoisuuden kehitys on ollut laskusuuntainen vuoteen 2008 saakka, jolloin otettiin käyttöön pohjavesialueen ulkopuolella sijaitseva Viertolan vedenottamo. Grusmarkin vedenottamon kloridipitoisuus on mitattu lähtevästä vedestä, joka sisältää myös Viertolan kaivon raakavettä eikä siten edusta kohteen pohjavesialuetta vuoden 2008 jälkeen. Havaintoputkista mitatuissa kloridipitoisuuksissa on ollut selvää hajontaa ennen vuotta 2003, jonka jälkeen pitoisuudet ovat laskeneet selvästi. Seuranta-aika havaintoputkissa ennen suojauksen rakentamista (0-2 vuotta) ei kuitenkaan ole riittävän pitkä suojauksen vaikutusten arvioimiseksi.

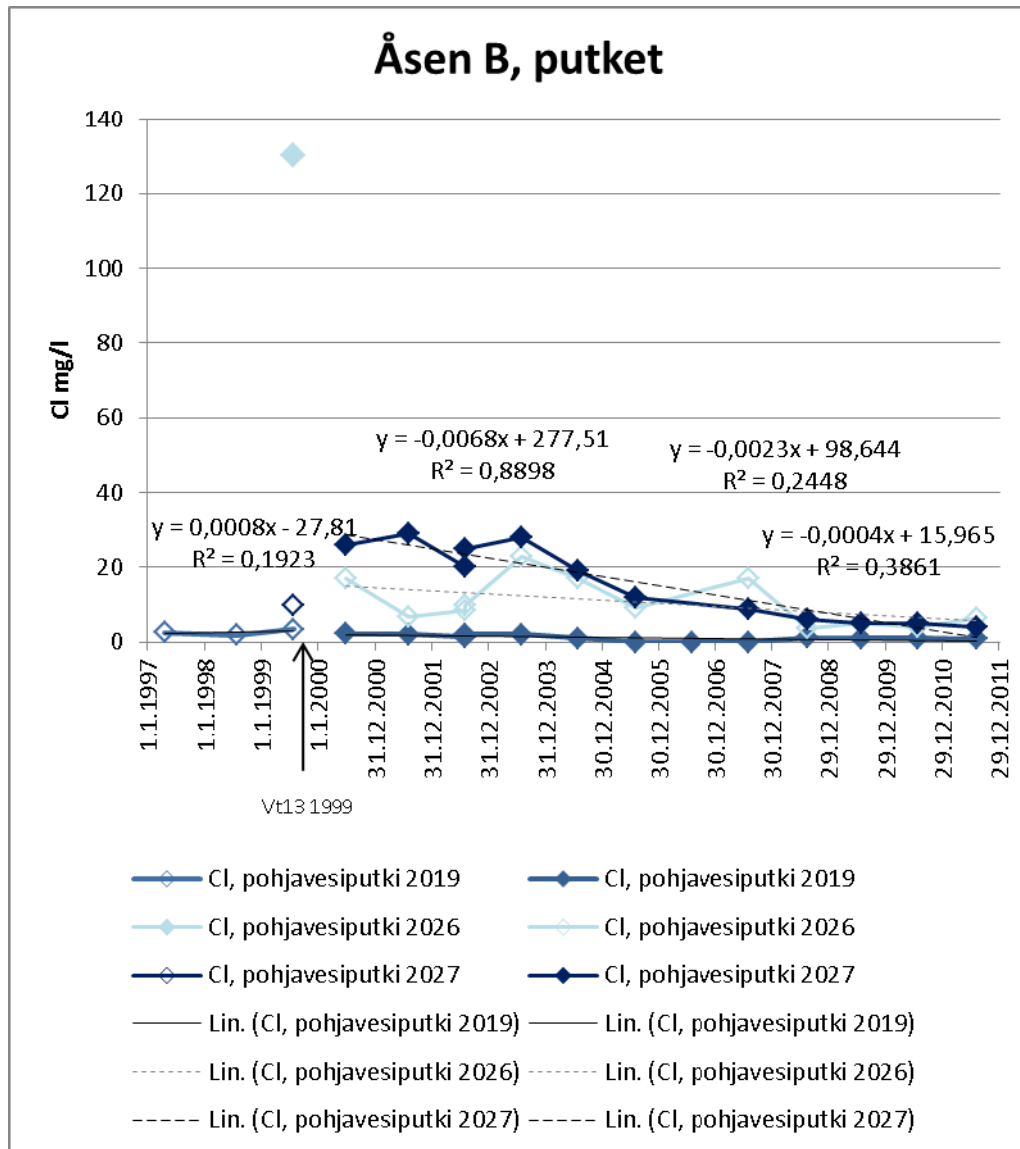
Suolan kokonaiskäyttömäärätiedot ovat vuosilta 2003–2012 (AURA). Hoitourakka on vaihtunut alueella usein, ja siten suolan kokonaiskäyttömäärän perusteella ei tehty analyysiä suolan käyttömäärän kehittymisestä alueella.

Analyysin perusteella suojauksen rakentaminen on vaikuttanut kloridipitoisuuksien laskuun vedenottamalla. Suojauksen rakentamisen jälkeen kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden laskenut vuoteen 2008 mennessä (4 viimeistä vuotta) keskimäärin noin 3 mg/l havaintopisteessä Grusmarkin vedenottamo. Suojauksen rakentamisen vaikutuksesta kloridipitoisuustason muutokseen pohjavesiputkissa ei ole tehtävissä selkeitä johtopäätöksiä.



Kuva 28.

Kloridipitoisuuden ja vedenoton trendit Grusmarkin ottamolla havaintojaksoilla ennen pohjavesisuojausten rakentamisen ajankohtaa ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Viertolan vedenottamo sijaitsee pohjavesialueen ulkopuolelle. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 29. Kloridipitoisuuden trendi Åsen B havaintoputkissa havaintojaksolla ennen pohjavesisuojausten rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.

4.11 Alavus, Tastulanmäen pohjavesialue

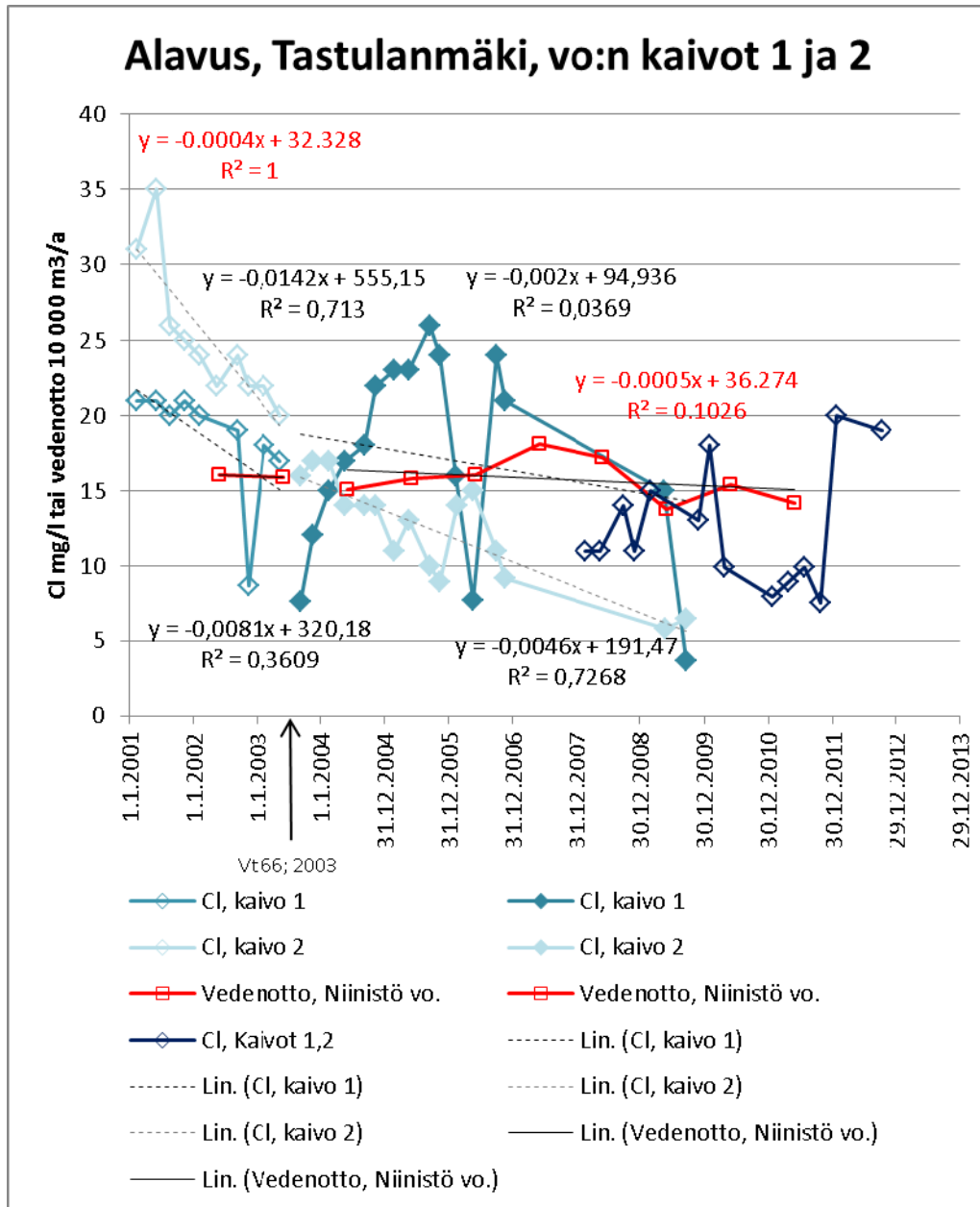
Alavus, Tastulanmäki, (no 1001002), vt 66 (20) 2900 – (20) 3045, (20) 3045 – (21) 0, (21) 0 – (21) 950

- rakennettu v. 2003
- pituus 4792 m
- tietä levennetty 1 m molemmin puolin
- pv-suojautyyppi 3 tierekisterissä
- suojauskuvauksessa (työkohtaiset työselitykset ja laatuvaatimukset): bentoniittimatto, päällä suojamuovikalvo (ohutmuovi) ojan pohjalla ja sisäluis-kassa, salaojakerros 100 mm, salaoja, 350 mm suojamaakerros, kasvukerros 50 mm.
- bentoniittimatto ulottuu 0,5 m asfalttipäällysteen alle, muovikalvo sisäluis-kassa koko leveydeltä bentoniittimaton päällä ja ulkoluis-kassa vähintään 0,5 m bentoniittimaton pohjan tason yläpuolelle. Bentoniittimaton limitys vähintään 0,15 m + bentoniittijauhe. Muovin limitys pituussuunnassa vähintään 2,0 m ja poikkisuunnassa 0,5 m.
- kloriditietoja Niinistön vedenottamolta (kaivot tunnuksella K1, K2, K5, K6 ja K7)
- tienpitäjän kloridin velvoitetarkkailussa putket 2010 ja 2014 vuodesta 1996 lähtien.

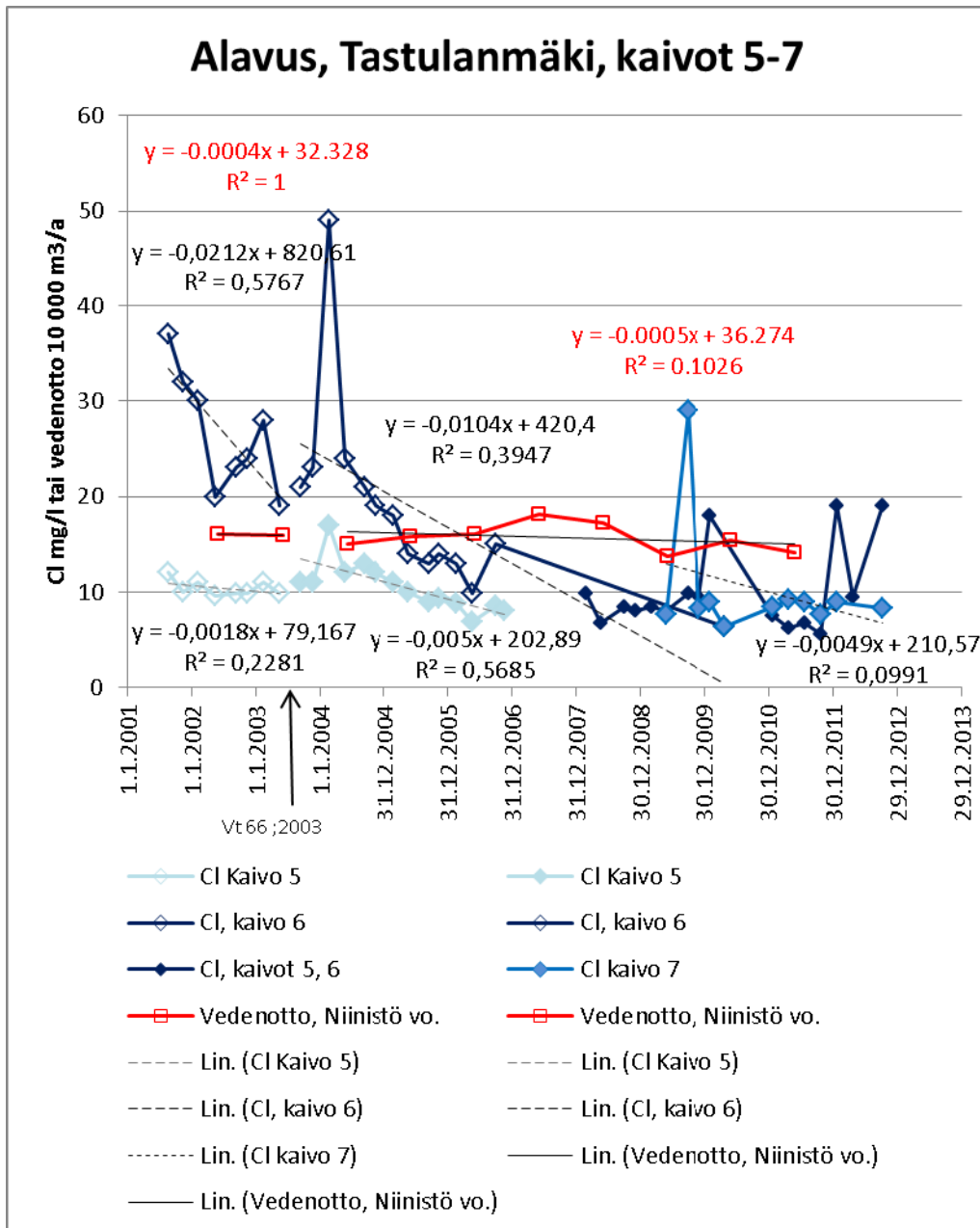
Suojaus on rakennettu vuonna 2000. Vedenottamolta mitatuista kloridipitoisuuksista ei ole saatavilla riittävästi tietoa ennen suojauksen rakentamista (vuodet 1995–2000 puuttuvat aineistosta), eikä seuranta-aika ennen suojauksen rakentamista (3 vuotta) ole riittävän pitkä suojauksen rakentamisen vaikutuksen arvioimiseksi. Lisäksi vuodesta 2008 alkaen on analysoitu eri kaivoista sekoitettua raakavettä, eivätkä tiedot ole vertailukelpoisia. Suojauksen jälkeisellä ajalla on kuitenkin tavoitettu noin pitoisuustaso 20 mg/l. Kloriditarkkailussa olevista havaintoputkista toisessa (putkitunnus 2010) kloridipitoisuuden trendi on ollut laskeva ennen suojausta ja suojauksen jälkeen (vaihteluväli ennen suojausta 16...58 mg/l ja suojauksen jälkeen 8...30,5 mg/l). Toisessa havaintoputkessa (putkitunnus 2014) kloridipitoisuuden trendi on ollut nouseva ennen suojausta ja laskeva suojauksen jälkeen, suojauksen jälkeen pitoisuustaso on kuitenkin noussut (vaihteluväli ennen suojausta 17...68 mg/l ja suojauksen jälkeen 33...160 mg/l).

Urakka-alueella kokonaissuolausmäärissä 3. hoitoluokan (Ib) teillä oli vaihtelua. Suurimmat käyttömäärät olivat talvikausina 2007–2008 ja 2008–2009.

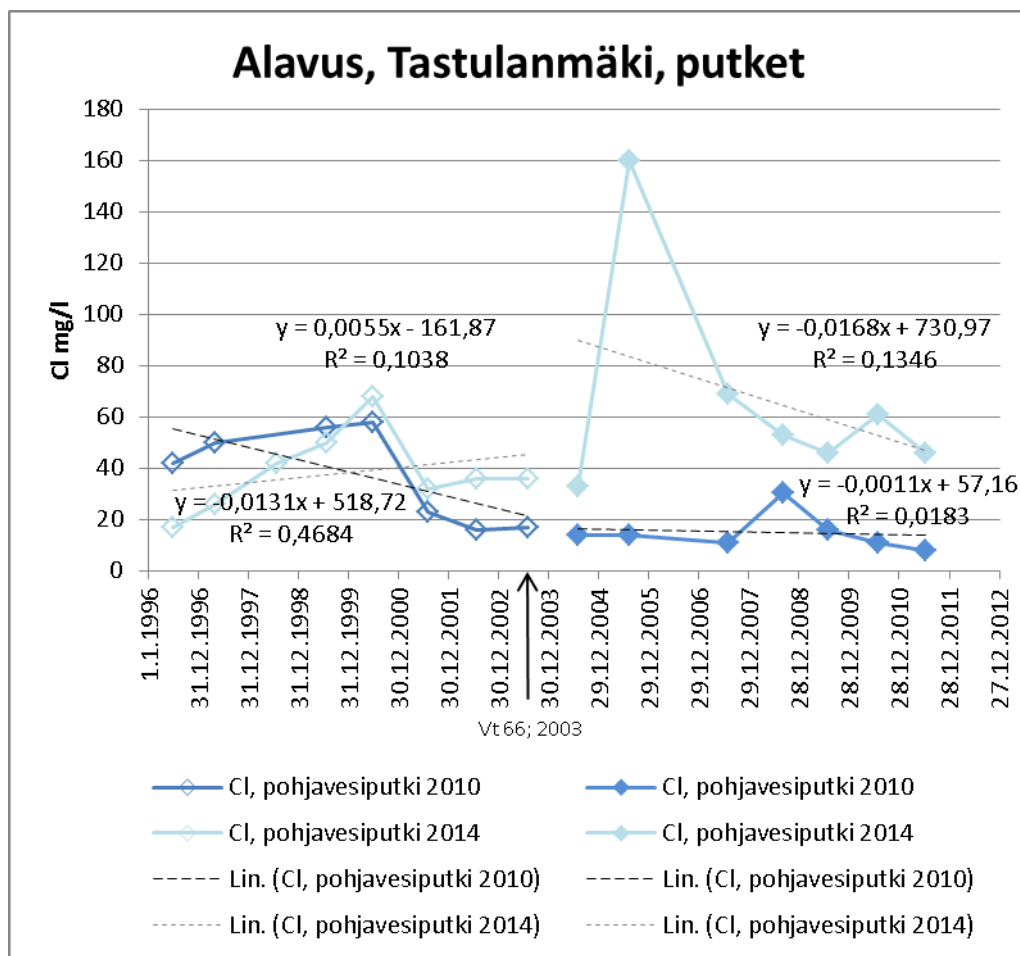
Tietoja on lisäksi analysoitu luvuissa 5, 6 ja 7. Suojauksen rakentamisen vaikutuksesta kloridipitoisuuden muutokseen ei ole tehtävissä selkeitä johtopäätöksiä. Suojauksen rakentamisen jälkeen kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden pysynyt samalla tasolla kaivossa 1, laskenut 12 mg/l kaivossa 2, laskenut 10 mg/l kaivossa 4 ja laskenut 2 mg/l kaivossa 5 vuoteen 2008 mennessä. Tämän jälkeen kaivoista sekoitetun veden kloridipitoisuushavainnot eivät ole vertailukelpoisia aikaisemman havaintojakson kanssa. Havaintopisteessä putki 2010 pitoisuustaso on laskenut 25 mg/l ja havaintopisteessä putki 2014 pitoisuuden tasossa ei ole muutosta.



Kuva 30. Kloridipitoisuuden trendit Niinistön ottamon kaivoissa 1 ja 2 ja vedenoton trendi Niinistön vedenottamalla kaivoista 1,2,5 ja 7 yhteensä havaintojaksoilla ennen pohjavesisuojauksen rakentamisen ajankohtaa ja pohjavesisuojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 31. Kloridipitoisuuden trendit Niinistön ottamien kaivoissa 5, 6 ja 7 ja vedenoton trendi Niinistön vedenottamalla kaivoista 1, 2, 5, 6 ja 7 yhteensä havaintojaksoilla ennen pohjavesisuojauksen rakentamisen ajankohtaa ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 32. Kloridipitoisuuden trendi Tastulanmäen havaintoputkissa havaintojaksolla ennen pohjavesisuojausten rakentamista ja pohjavesisuojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.

5 Kloridipitoisuuden vaikuttavat tekijät

Tässä tutkimuksessa tarkastelluista tekijöistä pohjaveden kloridipitoisuuden vaikuttavat eniten seuraavat tekijät:

1. Tiesuolan käyttö
Suolauksen vaikutuksen arvioimista vaikeuttaa se, että tiedossa on vain urakka-alueen vuotuinen tiesuolan käyttömäärä, josta ei voi erotella kyseisen pohjavesialueen kohdalla tai suojauksen kohdalla käytettyä määrää (taulukko 3). Vuonna 2000 julkaistussa 1990-luvun suojauksia käsittelevässä tutkimuksessa havaittiin, että monissa kohteissa kloridipitoisuus lähti laskuun 1...3 vuotta ennen suojauksen rakentamista. Tämän arveltiin johtuneen suolauksen rajoittamisesta, ja joissakin tapauksissa rajoituksesta oli tietokin. Tässä tutkimuksessa tällaisia kohteita ei tunnistettu.
2. Suojauksen rakentaminen
Tätä on käsitelty luvussa 4 trendianalyysin avulla ja luvussa 6 kloridipitoisuustasojen vertailun avulla.

Merkittäväällä vedenottomäärän muutoksella saattaa olla vaikutusta kloridipitoisuuden erityisesti vedenottamoilla. Toisaalta kloridipitoisuus on voinut vaikuttaa vedenottomäärää koskeviin päätöksiin. Yhteyttä vedenottomäärään on tarkasteltu luvuissa 4 ja 6. Selvityksessä ei tarkasteltu ottamon etäisyyden vaikutusta tuloksiin, sillä kaikki ottamot ovat suhteellisen lähellä tietä. Tarkasteltaessa suojausta edeltävää tilannetta esimerkiksi Pöyhösenkankaan (A) pohjavesialueella Tuomisillan ja Pöyhösen vedenottamoilla suuri vedenottomäärä liittyy korkeaan kloridipitoisuuteen (kuvat 48 ja 52). Vastaavasti pohjavesialueella Åsen A Puumalan vedenottamolla ja Åsen B Grusmarkin vedenottamolla ennen suojausta suuri vedenottomäärä näyttäisi liittyvän matalaan kloridipitoisuuteen (kuva 56 ja kuva 59). Osalla kohteista yhteyttä ei ole havaittavissa lainkaan (Metsämaan vo, Leppikaanselkä, kuva 35) tai yhteyttä ei ollut enää suojauksen jälkeen (kuva 56 ja kuva 59). Osalla kohteista vedenottomäärien pysyessä samana kloridipitoisuuden vaihtelu väheni suojauksen jälkeen (Pattamäen vo, kuva 46 ja Pöyhösenkankaan vo, kuva 48). Tarkasteltaessa suojauksen jälkeistä tilannetta vain Puntarin vedenottamolla suuri vedenottomäärä liittyy korkeaan kloridipitoisuuteen (kuva 33).

Tulosten perusteella voidaan sanoa, että suojauksen vaikutus voidaan arvioida ottamatta huomioon vedenottomäärää, mikäli muutokset vedenottomäärässä eivät ole merkittäviä. Huomattavan suuret muutokset vedenotossa tulee kuitenkin huomioida tarkasteluissa. Huomattavan vedenottomäärän muutoksen ja kloridipitoisuuden yhteys ja vaikutuksen suunta riippuvat kohteesta. Esimerkiksi Harjunummen pohjavesialueella Hinnerjoen vedenottamolla kloridipitoisuuden merkittävä nousu näyttää selvästi liittyvän säännöllisen vedenoton päättymiseen (kuva 7).

Pohjavesialueen muodostumatyyppien vaikutusta suojauksen toimivuuteen on tarkasteltu jaotteleamalla kohteet trendianalyysin tulosten perusteella. Tulokset on koottu taulukoihin 4 ja 5 muodostumatyyppien mukaisesti. Pohjavesialueista seitsemän on muodostumatyyppiltään purkavia eli antikliinisiä., Kahdella näistä pohjavesialueista on kaksi ottamoa tarkastelussa mukana, ja yhdellä pohjavesialueella ottamon havaintoputki. Pohjavesialueista neljä on keräviä eli synkliinisiä, ja kaikilla alueilla on yksi ottamohavaintopiste.

Trendianalyysin perusteella muodostumatyypiltään purkavilla eli antikliinisillä alueilla neljällä pohjavesialueella seitsemästä (viidellä ottamalla) nouseva tai tasainen kloridipitoisuuden trendi ottamalla on kääntynyt laskevaksi. Tarkastelun perusteella suolauksen ja vedenoton määrän merkittävällä muutoksella saattaa olla yhtenä osatekijänä vaikutusta havaittuihin tuloksiin (taulukko 4). Kolmella pohjavesialueella sijaitsevalla ottamalla ennen suojauksen rakentamista havaittu laskeva trendi on loiventunut. Leppikankaanselän alueelta Metsämaan vedenottamalla pitoisuuden taso laski nopeasti suojauksen jälkeen ja tämän jälkeen laskeva trendi taittui. Pöyhösenkankaan Pöyhösen ottamalla trendi taittui, ja Tuomisillan ottamalla ennen suojausta havaittu laskeva trendi jatkui ilman merkittävää muutosta. Tastulanmäen pohjavesialueella suojauksen rakentamisen jälkeen Niinistön vedenottamon kolmessa kaivossa havaittu laskeva trendi taittui ja yhdessä kaivossa laskeva trendi nopeutui. Tastulanmäen Niinistön vedenottamalla trendi muuttui nousevaksi viisi vuotta suojauksen jälkeen, mutta tiedot eivät ole vertailukelpoisia, koska vuodesta 2008 alkaen on analysoitu eri kaivoista sekoitettua raakavettä. Alueen yhdessä pohjavesiputkessa laskeva trendi taittui ja toisessa putkessa suojauksen jälkeisen nousun jälkeen trendi kääntyi laskevaksi. Harjunummen Hinnerjoen vedenottamon havaintoputken tuloksia on vielä vähän suojauksen vaikutuksen arvioimiseksi.

Trendianalyysin tulosten perusteella muodostumatyypiltään keräävillä eli synkliinisillä alueilla suojaukset toimivat ottamohavaintojen perusteella kahdessa kohteessa, sillä yhden kohdalla (Åsen A) on kuitenkin havaittu lievästi nouseva trendi vuodesta 2006 eteenpäin kuusi vuotta suojauksen rakentamisen jälkeen (taulukko 5), ja suojauksen toimivuutta ei voida päätellä trendianalyysin perusteella. Yhdessä kohteessa (Patamäen ottamo) trendi oli lievästi laskeva suojauksen jälkeisellä 4 vuoden jaksolla, jonka jälkeen pitoisuuden trendi kääntyi nousuun siten, että tarkastellulla 6 vuoden jaksolla trendi oli nouseva. Kohteessa suojaus on täydennetty uudella suojauksella ja osa suojauksesta on rakennettu vuonna 1997, joka todennäköisesti vaikuttaa tulokseen yhtenä tekijänä. Lisäksi uuden suojauksen kuivatuksessa havaitut puutteet yhdistyneenä pohjaveden pinnan läheisyyteen ovat voineet vaikuttaa suojauksen toimintaan heikentäen sitä.

Lyhenteiden ja merkintöjen selitykset taulukoissa 4 ja 5:

vo = Vedenottamo

HP= Havaintoputki

a = Tarkastelujakso alle 5-6 v., jonkin kohteen kohdalla alle 3 v.

← muutoksen suunta (Puumalan vo.) 6 v. suojauksen jälkeen

Taulukko 4. Arvio suojauksen toimivuudesta vedenottamon trendin perusteella ja havaintopisteiden trendin muutokset: antikliiniset eli purkavat harju-muodostelmat.

Ottamon nimi (ottamohavaintopisteiden (vo) lkm, havaintoputkien (HP) lkm)	Havaintopisteen pitoisuuden trendi muutos (trendi laskeva ennen suojausta)				Havaintopisteen pitoisuuden trendi muutos (trendi tasainen tai nouseva ennen suojausta)			Arvio suojauksen toiminnasta ottamon trendianalyysin perusteella	Lisätiedot
	Lasku kääntynyt nousuksi	Laskeva, ei muutosta	Lasku taipunut	Lasku jatkunut ja nopeutunut	Tasainen ja suojauksen jälkeen laskeva	Nousu kääntynyt laskuksi	Nouseva ennen suojausta ja jälkeen suojauksen		
Suojausten vaikutus havaintopisteellä trendianalyysin perusteella	Suojaus ei vaikuta	Ei vaikuta/suojaus toimii		Suojaus toimii			Suojaus ei vaikuta		
Puntari (vo, 1 kpl)					vo			Suojaus toimii	
Metsämaa (vo, 1 kpl ja HP, 2 kpl) (havaintoputket: selite a)	HP (2 kpl)		vo					Suojaus toimii	Trendi taipunut, pitoisuuden taso laskenut kuitenkin voimakkaasti. Suolauksen määrässä vähenevä kehitys.
Harjunummi (HP 1 kpl vedenottamalla) (selite a)						HP		Ei voida päätellä	Otto päättynyt 3 v. ennen suojausta, kloridipitoisuuden vaihtelu lisääntyi. Suolauksmäärät vaihdelleet melko voimakkaasti.
Kanteenmaa (vo, 1 kpl ja HP, 1 kpl)			HP			vo		Suojaus toimii	Suolauksmäärässä vähenevä kehitys ja suolauksmäärät keskimäärin pienempiä suojauksen jälkeisellä ajanjaksolla.
Kaipiainen (vo, 2 kpl ja HP, 8 kpl) (ottamot: selite a)	HP (1 kpl)	HP (1 kpl)				vo (2 kpl) ja HP (6 kpl)		Suojaus toimii	Ennen suojausta vedenottamalla havaittavissa samantyyppinen vaihtelu kloridipitoisuudessa kuin suolauksen vuosittaisissa määrissä.
Pöyhönen (vo, 1 kpl ja HP, 1 kpl) (selite a)			vo ja HP					Ei voida päätellä	Tarkastelujakso lyhyt. HP:n pitoisuuden taso laskenut voimakkaasti.
Tuomisilta (vo, 1 kpl ja HP, 1 kpl) (selite a)		vo		HP				Ei voida päätellä	Tarkastelujakso lyhyt. Vedenoton merkittävä väheneminen vaikuttaa kloridipitoisuuteen.
Niinistö (vo, 4 kpl ja HP, 2 kpl)			vo (3 kpl) ja HP	vo (1 kpl)			HP (1 kpl)	Ei voida päätellä	Ennen suojausta lyhyt 3 v. tarkastelujakso. Vedenottamalla kloridipitoisuuden trendi on muuttunut nousevaksi 5 v. suojauksen jälkeen, suolauksen määrässä samaan aikaan nouseva trendi.

Taulukko 5. Arvio suojauksen toimivuudesta vedenottamon trendin perusteella ja havaintopisteiden trendin muutokset: synkliiniset eli keräävät harju-muodostelmat.

Ottamon nimi (ottamohavaintopisteiden (vo) lkm, havaintoputkien (HP) lkm)	Havaintopisteen pitoisuuden trendin muutos (trendi laskeva ennen suojausta)				Havaintopisteen pitoisuuden trendi muutos (trendi tasainen tai nouseva ennen suojausta)			Arvio suojauksen toiminnasta ottamon trendianalyysin perusteella	Lisätiedot
	Lasku kääntynyt nousuksi	Laskeva, ei muutosta	Lasku taittunut	Lasku jatkunut ja nopeutunut	Tasainen ja suojauksen jälkeen laskeva	Nousu kääntynyt laskuksi	Nouseva ennen suojausta ja jälkeen suojauksen		
Suojauksen vaikutus havaintopisteellä trendianalyysin perusteella	Suojaus ei vaikuta	Ei vaikuta/suojaus toimii		Suojaus toimii			Suojaus ei vaikuta		
Patämäki (vo)	vo							Suojaus ei vaikuta	Trendi melko tasainen, kloridipitoisuudet vaihtelevat voimakkaasti, suolausmäärät vaihtelevat. Ottomäärällä ollut vaikutusta ennen suojausta.
Patämäki (HP)			HP					Ei voida päätellä	Vähän tietoa ennen suojausta.
Hysalheden, gamla brunnar & rödding (vo, 2 kpl ja HP, 2 kpl)						vo (2 kpl) + HP (2 kpl)		Suojaus toimii	
Puumala, Kaustisen kunnan (vo, 2 kpl ja HP, 1 kpl)	vo (2 kpl) muutos 6% suojauksen jälkeen					vo (2 kpl) + HP		Ei voida päätellä	Trendi muuttunut 6 v. suojauksen jälkeen uudeleen nousevaksi, suolausmäärän (AURA) analyysiä ei tehty urakoiden tiheään vaihtumisen vuoksi.
Grusmark (vo, 1 kpl)						vo		Suojaus toimii	

6 Suojausten tehokkuus

Kerätystä kloridipitoisuustiedosta arvioitiin kloridipitoisuuden taso kussakin kohteessa ennen ja jälkeen suojauksen. Kloridipitoisuustasolle arvioitiin vaihteluväli, jossa kloridipitoisuuden havaittiin tarkasteltavassa havaintopisteessä yleisimmin olevan kullakin ajanjaksolla. Tarkasteluajanjakso kaikissa kohteissa oli 6–10 vuotta ennen suojausta sekä mahdollisuuksien mukaan noin 6 vuotta suojauksen jälkeen. Tarkastelujaksoksi valittiin 6–10 vuotta ennen suojausta johtuen suolauskäytäntöjen muutoksista tätä pidemmällä aikavälillä ja kloridipitoisuustason arvioinnin havainnollistamiseksi. Tavoitteena on, että kuvaajasta voidaan arvioida tapahtunutta muutosta ja suojauksen vaikutuksen suuruutta. Joissakin kohteissa tietoa suojauksen jälkeiseltä ajalta on vain lyhyemmältä ajanjaksolta, joka on valittu tarkastelujaksoksi. Yksittäiset jakson havainnoista poikkeavat arvot jätettiin kloridipitoisuuden tasorajojen ulkopuolelle. Suojauksen rakentamisen jälkeiseltä noin yhden vuoden ajanjaksolta voitiin jättää useampi poikkeava havainto rajojen ulkopuolelle, koska poikkeamien arvioitiin johtuvan rakennustoiminnasta. Kuvaajat kloridipitoisuuden tasosta kussakin kohteessa ennen ja jälkeen suojauksen on esitetty tässä luvussa.

Ottamoiden kloridihavaintojen ylä- ja alarajat on koottu taulukkoon 6, jossa on esitetty myös ylä- ja alarajojen erotus. Taulukossa on suluisia esitetty erotus, mikäli tuloksia on vain vähän tarkkailuajanjaksolta. Taulukossa on esitetty viiva tai sanallinen selite, mikäli vertailulukua ei ole.

Tarkasteluajanjaksoilla kloridin pitoisuustasot ottamoiden havaintopisteissä ovat laskeneet kohteesta riippuen 2...12 mg/l, lukuun ottamatta Patamäen ottamoa, jossa pitoisuustaso ei ole muuttunut, ja Hinnerjoen ottamoa, josta ei ollut riittävästi pitoisuustietoja arviointia varten. Ottamoita on yhteensä 13. Kloridin pitoisuustaso on laskenut 2...5 mg/l seitsemällä ottamalla ja 6...10 mg/l kolmella ottamalla. Yhdellä ottamalla (Niinistön vo.) pitoisuustaso muuttui kaivokohtaisesti kahdessa kaivossa 0..2 mg/l ja kahdessa kaivossa 10...12 mg/l. Neljä ottamoa, joilla pitoisuustasot lasivat 6..12 mg/l, sijaitsevat kaikki muodostumatyypiltään antikliiniisillä eli purkavien harjumuodostumien pohjavesialueilla. Lukuun ottamatta Patamäen ottamoa, muodostumatyypiltään synkliinisten eli keräävien harjumuodostumien vedenottamoiden kloridipitoisuuden tasot ovat laskeneet suhteellisesti vähemmän, 2..3 mg/l. Ennen suojausta pohjaveden kemiallisen tilan arviointia varten Valtioneuvoston asetuksessa 341/2009 kloridille annettu ympäristön laatu normi 25 mg/l ylittyi tarkastelluista kohteista 10 vedenottamalla. Näistä neljällä ottamalla kloridipitoisuudet ylittivät 30 mg/l. Suojauksen rakentamisen jälkeen 25 mg/l kloridia ylittyi neljällä ottamalla tarkasteluajanjaksolla 4–6 vuotta. Mikäli pitoisuuden laskeva trendi jatkuu lasketulla tavalla, Kanteenmaan ottamalla 25 mg/l alittava kloridipitoisuustaso saavutettaisiin noin vuonna 2020 tai sen jälkeen eli noin 12 vuotta pohjavesisuojauksen rakentamisesta. Pöyhösen vedenottamalla 25 mg/l alittava kloridipitoisuustaso saavutettaisiin noin 3–7 vuoden kuluttua eli noin 10 vuotta suojauksen rakentamisen jälkeen. Patamäen ottamalla suojauksella ei havaittu olevan vaikutusta. Hinnerjoen ottamalla (ottamon läheinen havaintoputki), suojauksen jälkeen kloridipitoisuus on hetkellisesti ollut alle 25 mg/l, mutta tuloksia on vielä vähän ja vedenoton päätyminen ennen suojauksen rakentamista vaikeuttaa arviointia.

Suojauksen rakentamisen lisäksi kloridipitoisuuden tason laskuun voi olla muitakin syitä. Liukkaudentorjuntasuolan käytön vähentäminen kyseisellä tieosuudella on voinut vaikuttaa pitoisuustasoon, ja suolausmäärien muutokset tulisi selvittää kohdekohtaisesti. AURA-järjestelmästä kerätyt alustavat suolausmäärien tiedot on esitetty luvussa 3 (taulukko 3).

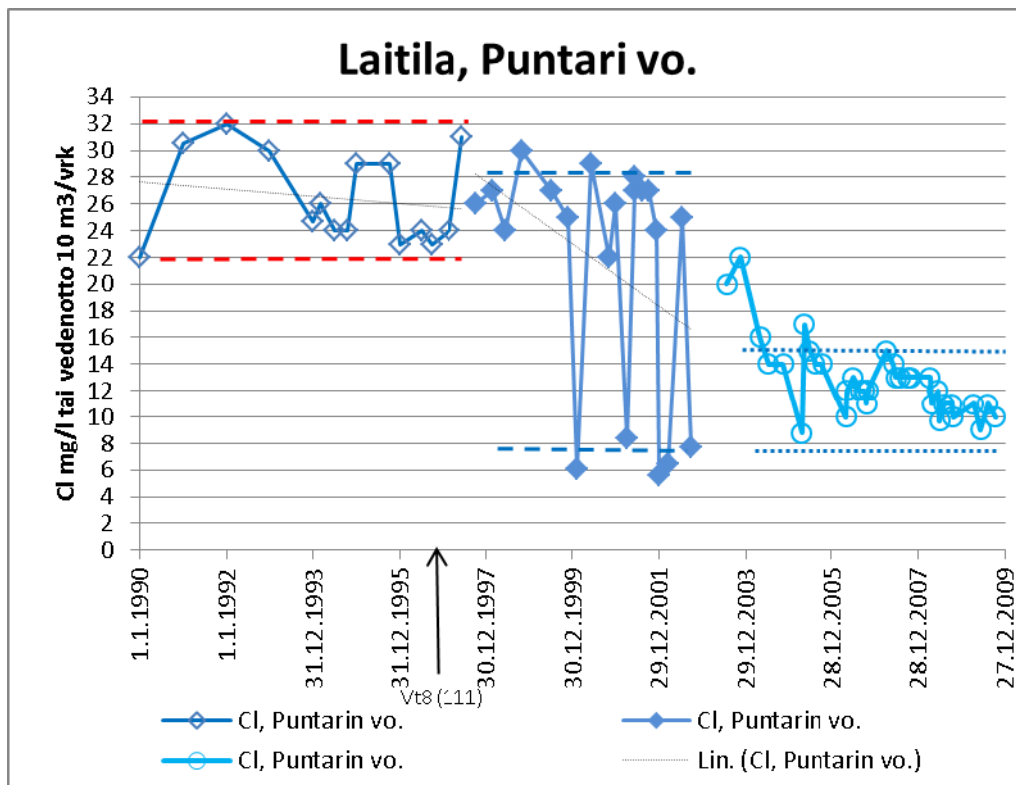
Kloridipitoisuustiedon havaintovuodenaika voi vaikuttaa tuloksiin, mikäli havaintovuodenajan painotus vaihtuu havaintosarjassa. Tällaista vaihtelua ei kuitenkaan havaittu tarkasteltavissa kohteissa.

Vedenoton määrässä tapahtuva merkittävä muutos voi vaikuttaa kloridipitoisuushavaintoihin. Esimerkiksi liiallisen vedenoton seurauksena voi heikkolaatuisempaa vettä virrata ottamolle varsinaisen pohjavesiesiintymän ympäriltä tai esiintymän syvenemistä kerroksista. Rannikkoseudulla akvifereihin saattaa liiallisen oton seurauksena kulkeutua myös merivettä (Gustafsson, 1999). Tässä luvussa on esitetty joidenkin kohteiden osalta kuvaajat kloridipitoisuudesta eri vedenottomäärillä.

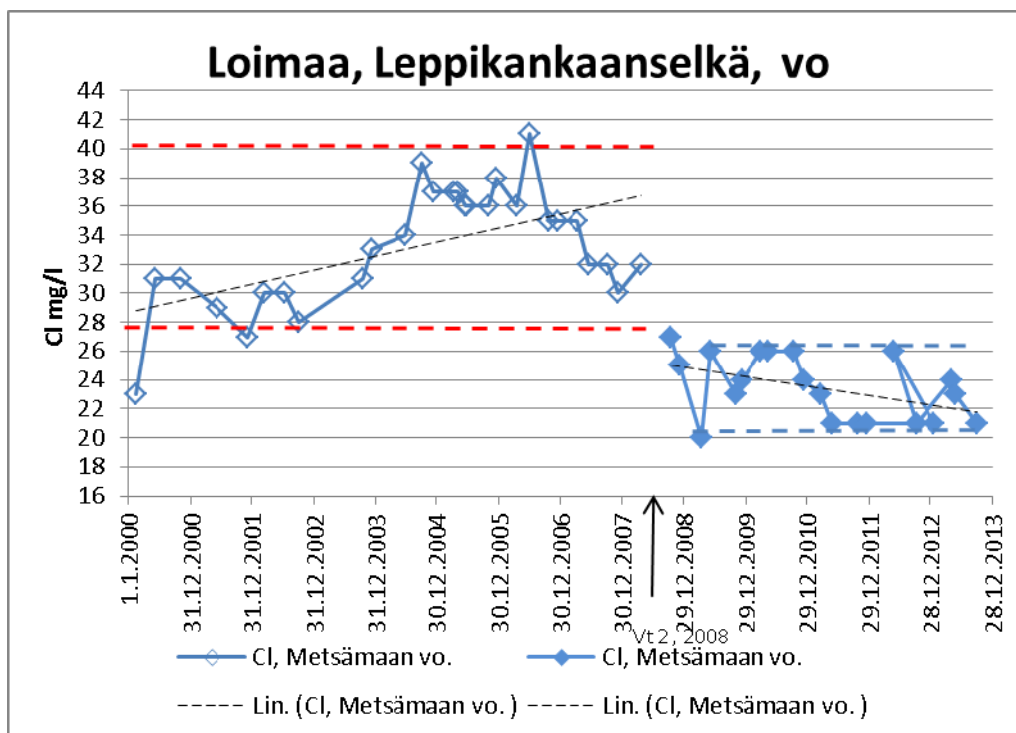
Myös muissa kloridilähteissä, kuten kaatopaikoilla tai soranottolueilla, tapahtuvat muutokset voivat vaikuttaa havaintoihin. Kohteiden valinnassa on kiinnitetty huomiota näihin seikkoihin, ja tietoja on kerätty mm. POVET-järjestelmästä ja pohjaveden suojelusuunnitelmista. Usean pohjavesialueen suojelusuunnitelman laatiminen oli kuitenkin vasta aloitettu, eikä tietoja ollut vielä saatavilla. Tarkastelussa mukana olevista kohteista yhdellä pohjavesialueella on kaatopaikka (Patamäen pohjavesialue), ja yhdellä pohjavesialueella on tiedossa soranottolueita (Tastulanmäen pohjavesialue).

Taulukko 6. Pohjavesisuojausten tarkkailupisteiden kloridipitoisuuksien vaihteluvälit tarkasteluajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Arvot on esitetty suluissa, mikäli tarkasteluajan jakso jälkeen suojauksen alittaa 4 vuotta.

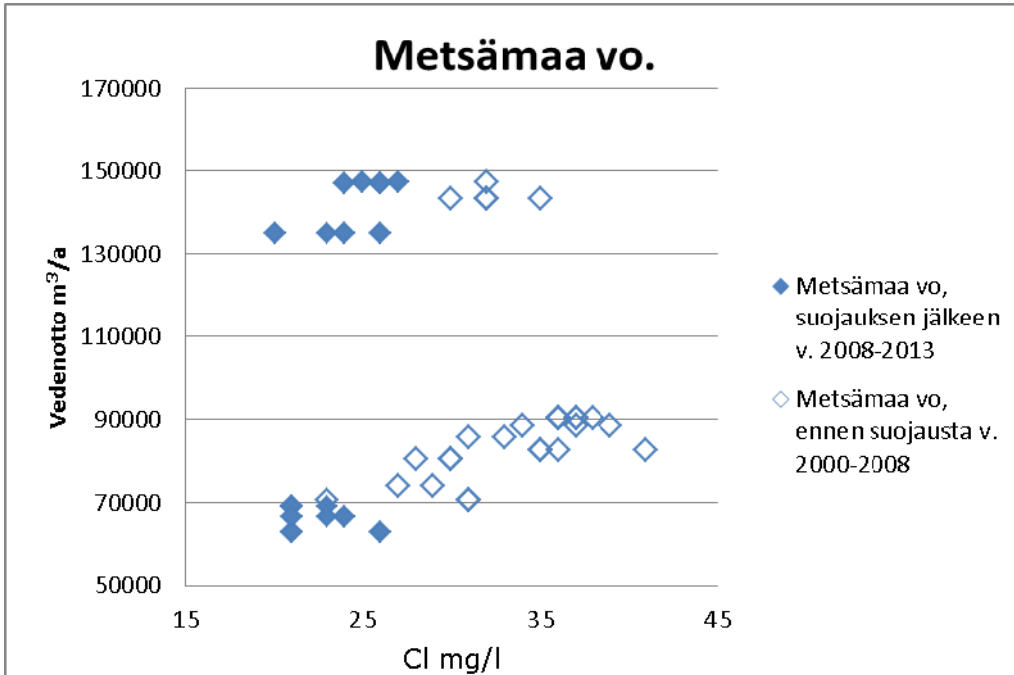
Pohjavesialue	Suojaus	Vedenottamo (vo.)	Tarkasteluajanjakso		Kloridipitoisuus ennen suojausta			Kloridipitoisuus suojauksen jälkeen			Pitoisuuden tason arvioitu muutos
			Ennen suojausta	Suojauksen jälkeen	Viimeisin pitoisuus	Yläraja	Alaraja	Viimeisin pitoisuus	Yläraja	Alaraja	
Nimi	Vuosi	Nimi			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Puntari	1997	Puntari vo.	1990-1997	1997-2002	31	32	22	25	28	7	-7
Leppikankaanselkä	2008	Metsämaa vo.	2000-2008	2008-2013	32	40	28	21	26	20	-10
Harjunummi	2008	Putki 205001	2002-2005		21	20	27				
		Putki 205001	2005-2008	2008-2012		27	53	27	20	27	(--)
Huhtamo-Kanteenmaa	2008	Kanteenmaa vo.	2003-2008	2008-2013	35	35	31	31	33	27	-3
Kaipiainen	2006	Vanha vedenottamo	2000-2006	2006-2008	23	24	17	16,5	(17)	(15)	(-3)
	2006	Uusi vedenottamo	2003-2006	2006-2007	27	25	20	18,8	(20)	(16)	(-5)
	2006	Kaipiainen vo:t, verkostovesi	--	2008-2010	--	--	--	17	(20)	(16)	
Patamäki	2006	Patamäki vo.	1997-2006	2006-2010	27	40	17	23	35	20	0
Pöyhösenkangas A	2009	Pöyhönen I vo.	2005-2009	2009-2012	29	32	28	26	28	26	-3
Pöyhösenkangas A	2009	Tuomisilta vo.	2005-2009	2009-2011	30	35	25	21	22	16	-9
Hysalheden	2002	Vedenottamo: Rödding brunngrupp	1997-2002	2002-2012	17	19	12	11	17	11	-2
	2002	Vedenottamo: B1 (gamla Brunn/brunnar)	1997-2002	2002-2012	14	14	10	8,6	12	8	-2
Åsen A	2000	Puumala (vo), Kaivo 2	1996-2000	2000-2012	22	22	14	14	18	12	-2
	2000	Puumala (vo), Kaivo 3	1996-2000	2000-2012	28	25	18	17	22	16	-2
	2000	Puumala (vo), Kaivo 4	1998-2000	2000-2012	1,8	--	--	7,4	--	--	--
Åsen B	1999	Grusmark vo.	1995-1999	1999-2008	25	25	21	20	22	19,5	-3
Tastulanmäki (2001-2012)	2003	Niinistö (vo), Kaivo 1	2001-2003	2003-2008	17	20	16	3,7	22	12	0
	2003	Niinistö (vo), Kaivo 2	2001-2003	2003-2008	20	33	21	6,5	15	9	-12
	2003	Niinistö (vo), Kaivo 5	2001-2003	2003-2006	9,8	12	9	8	12	7	-2
	2003	Niinistö (vo), Kaivo 6	2001-2010	2003-2008	19	32	20	6,4	22	9	-10



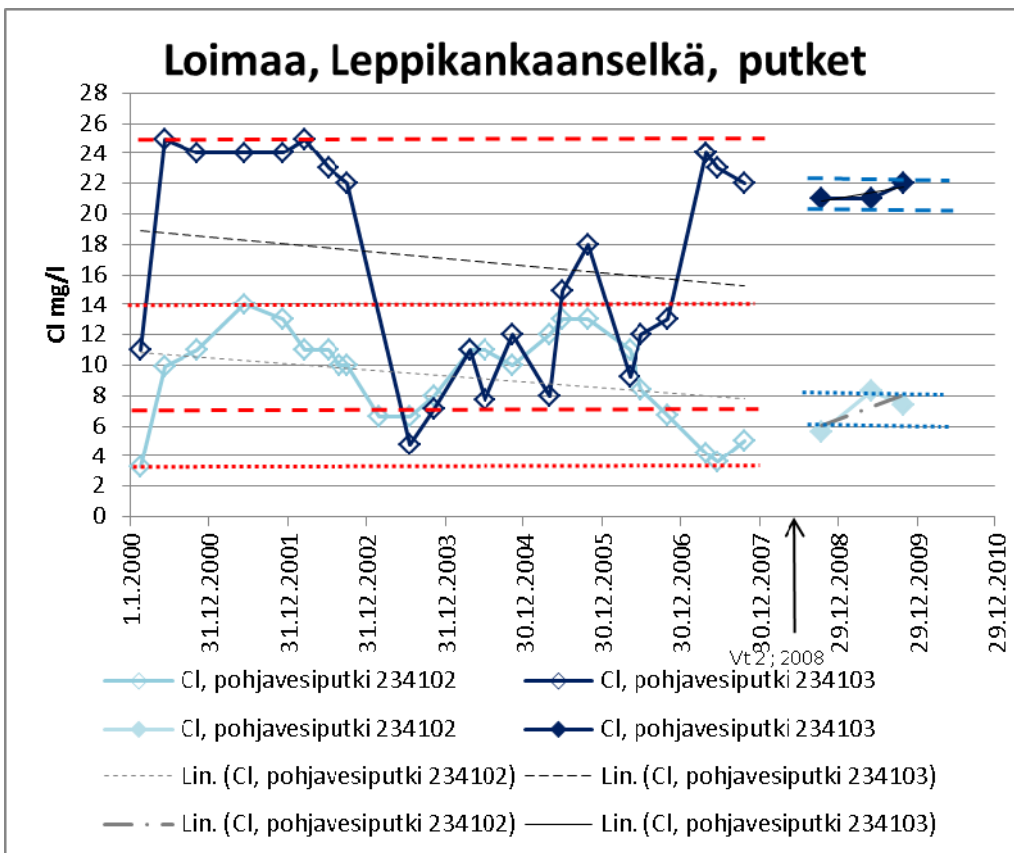
Kuva 33. Puntarin vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuustason vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Viimeisenä tarkkailujakso vuodesta 2003 alkaen vedenoton merkittävän vähenemisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



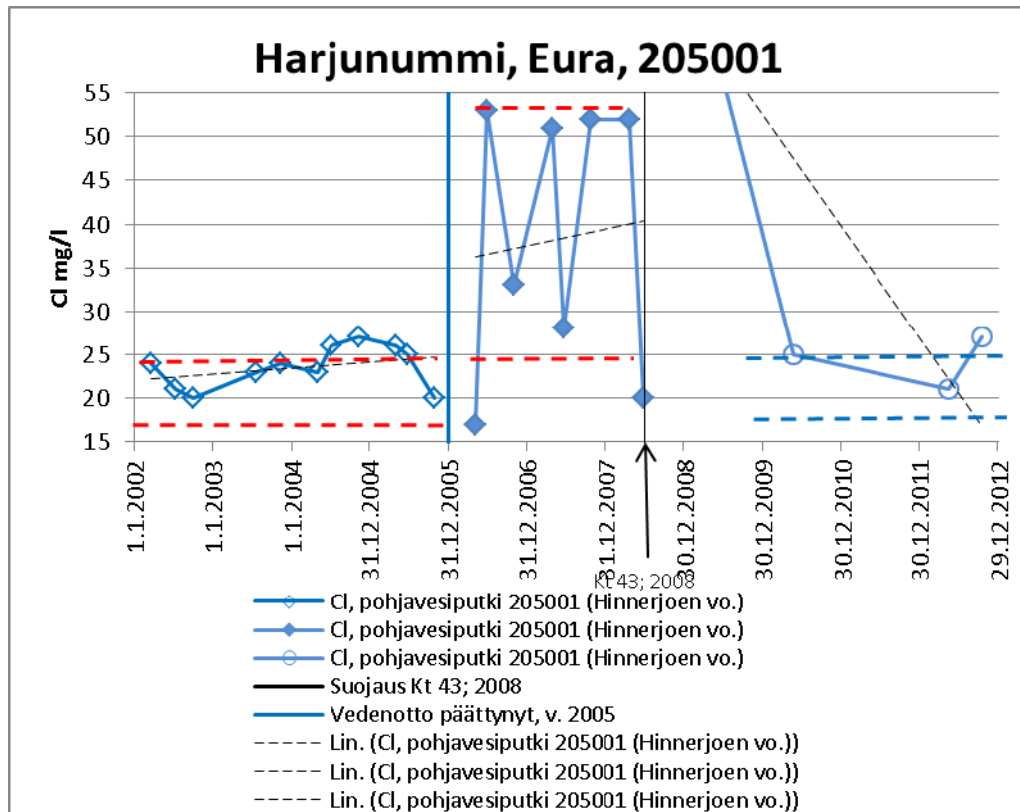
Kuva 34. Leppikankaanselän pohjavesialueen Metsämaan vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuustason vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



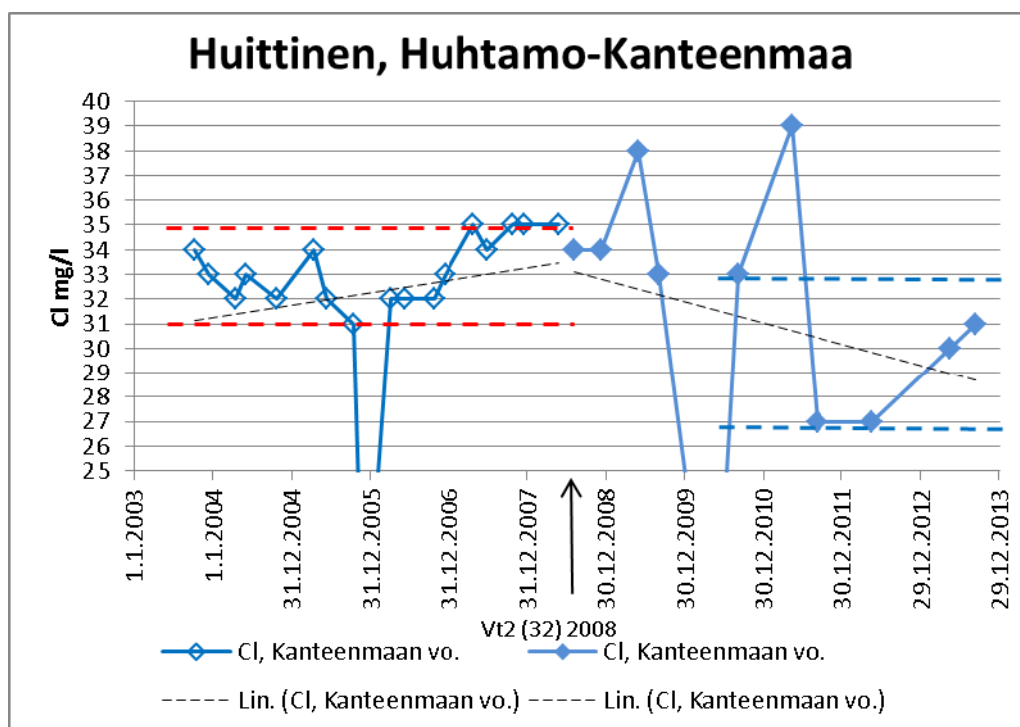
Kuva 35. Leppikankaanselän pohjavesialueen Metsämaan vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuus ottamon eri vedenottomäärillä v. 2000–2013. Kuvaajassa on nähtävissä että vedenottoa on ollut eri tasoilla. Suojauksen jälkeen esiintyneiden vedenottomäärien ei voida päätellä vaikuttavan kloridipitoisuuteen. Kloridipitoisuudet ovat olleet pienempiä suojauksen jälkeen.



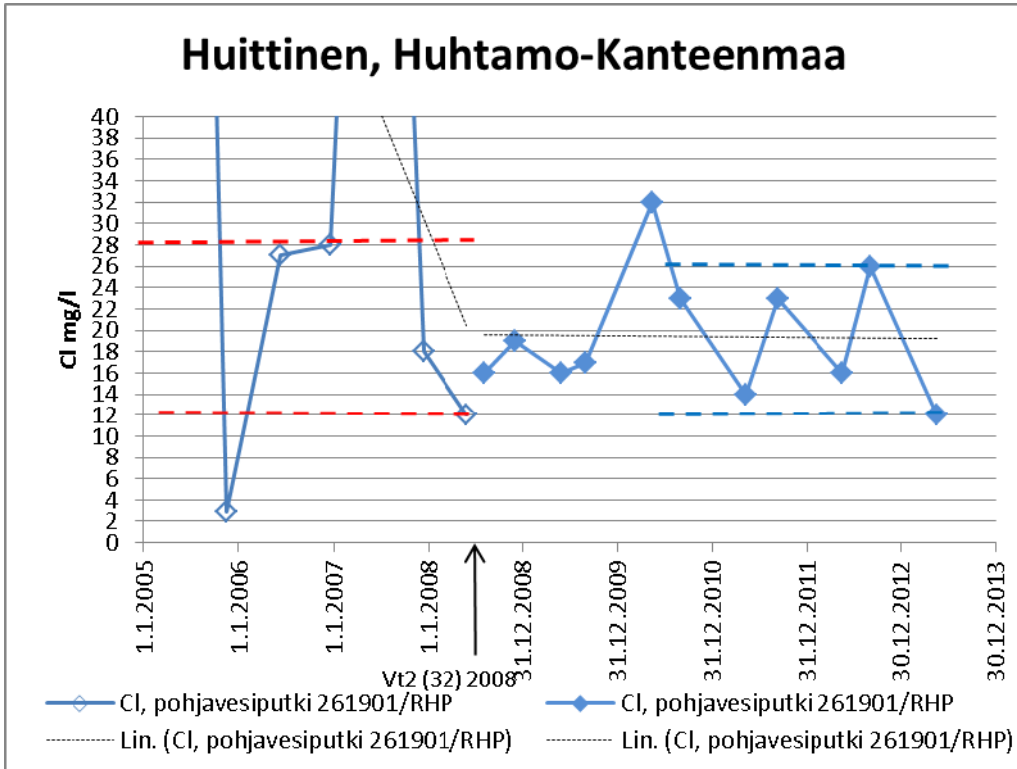
Kuva 36. Leppikankaanselän pohjavesialueen havaintopisteiden no 234102 ja no 234103 mitattujen kloridipitoisuuksien pitoisuustasojen vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



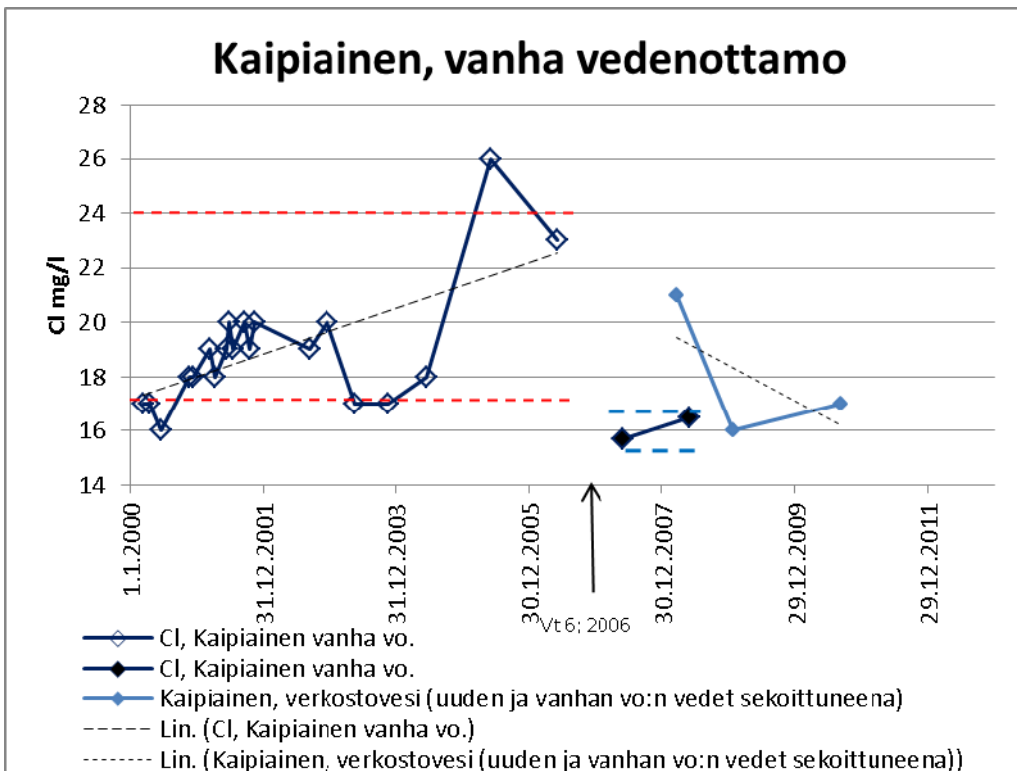
Kuva 37. Harjunummen pohjavesialueen Hinnerjoen vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuustason vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella ja pystyviivalla.



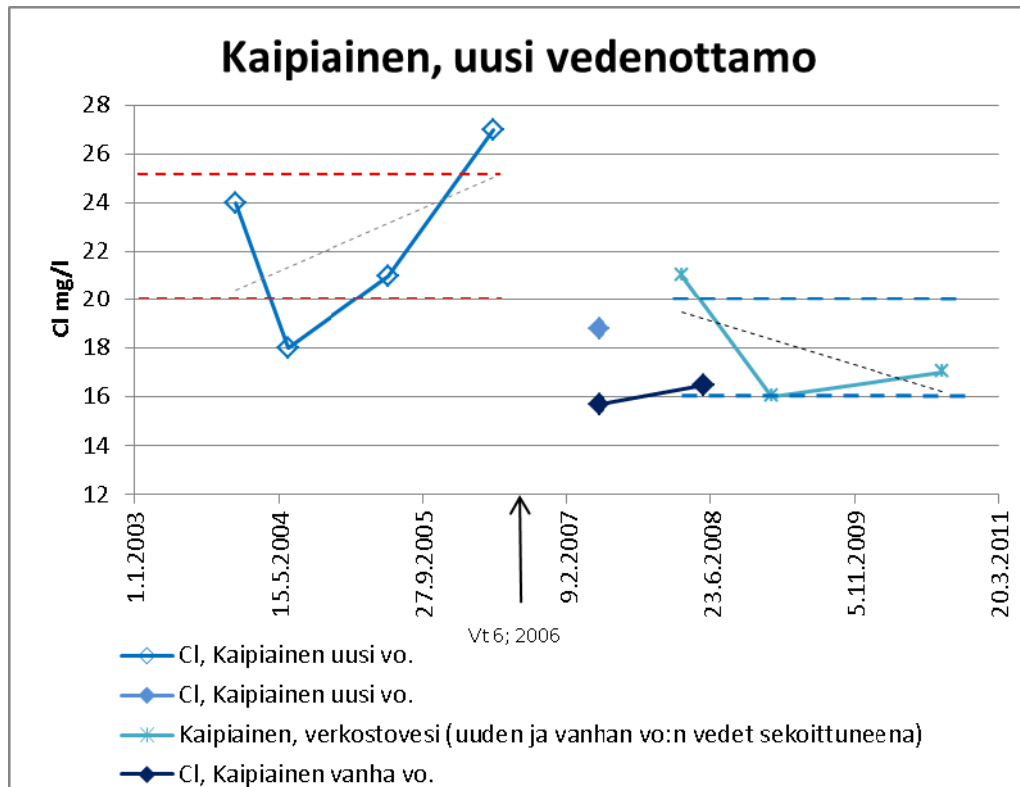
Kuva 38. Huhtamo-Kanteenmaan pohjavesialueen Kanteenmaan vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuustason vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



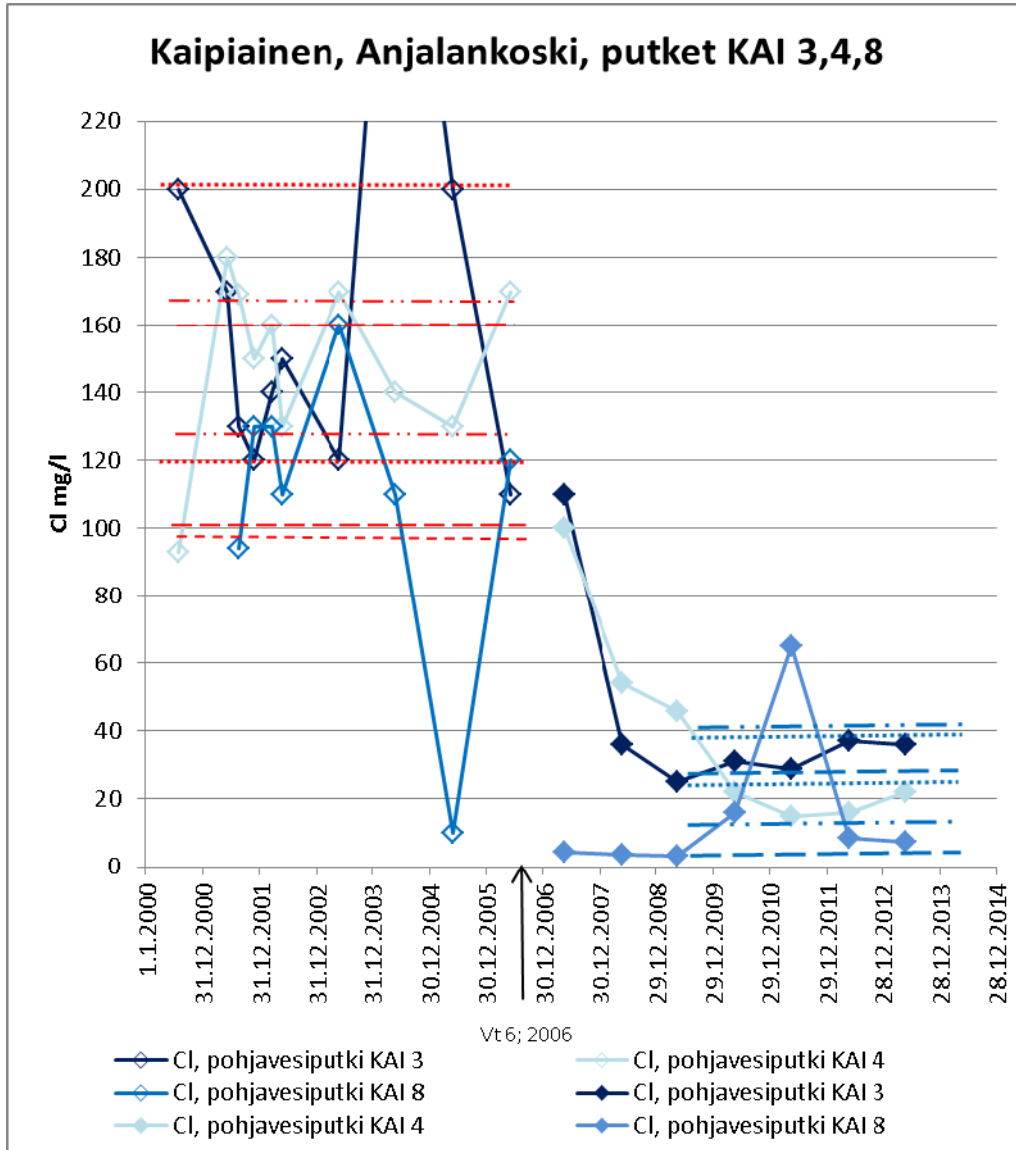
Kuva 39. Huhtamo-Kanteenmaan pohjavesialueen tarkkailupisteen 261901/RHP mitattujen kloridipitoisuuksien pitoisuustasojen vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojausten rakentamista ja suojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



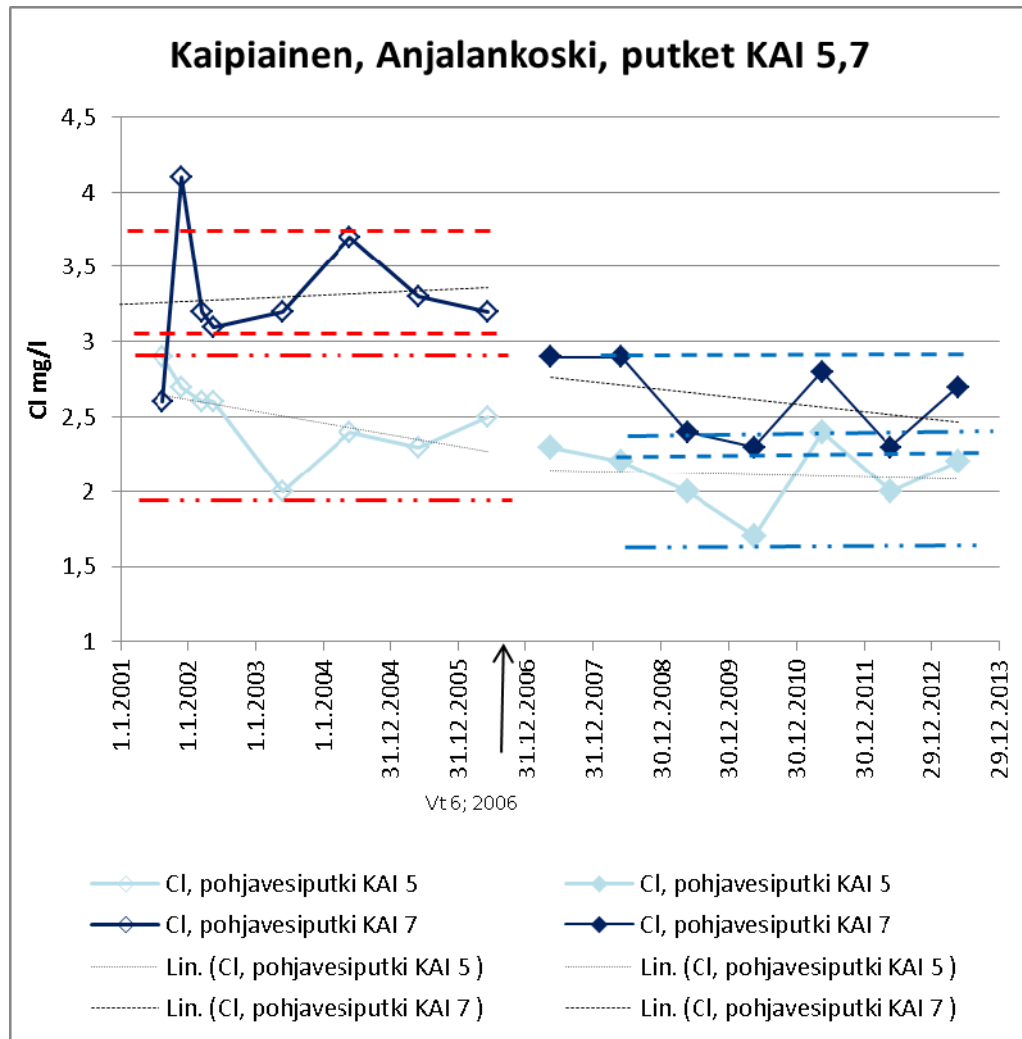
Kuva 40. Kaipiaisten vanhan vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuustason vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojausten rakentamista ja suojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



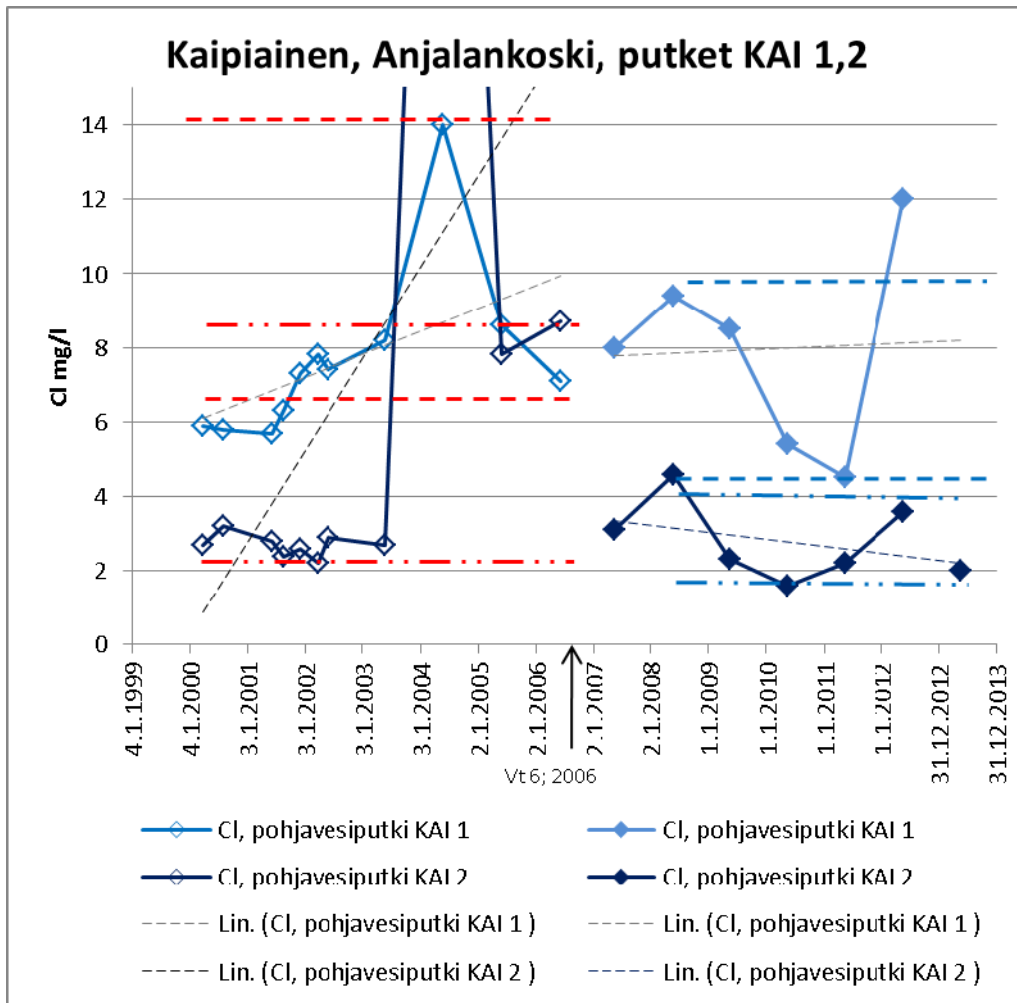
Kuva 41. Kaipiaisten uuden vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuustason vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



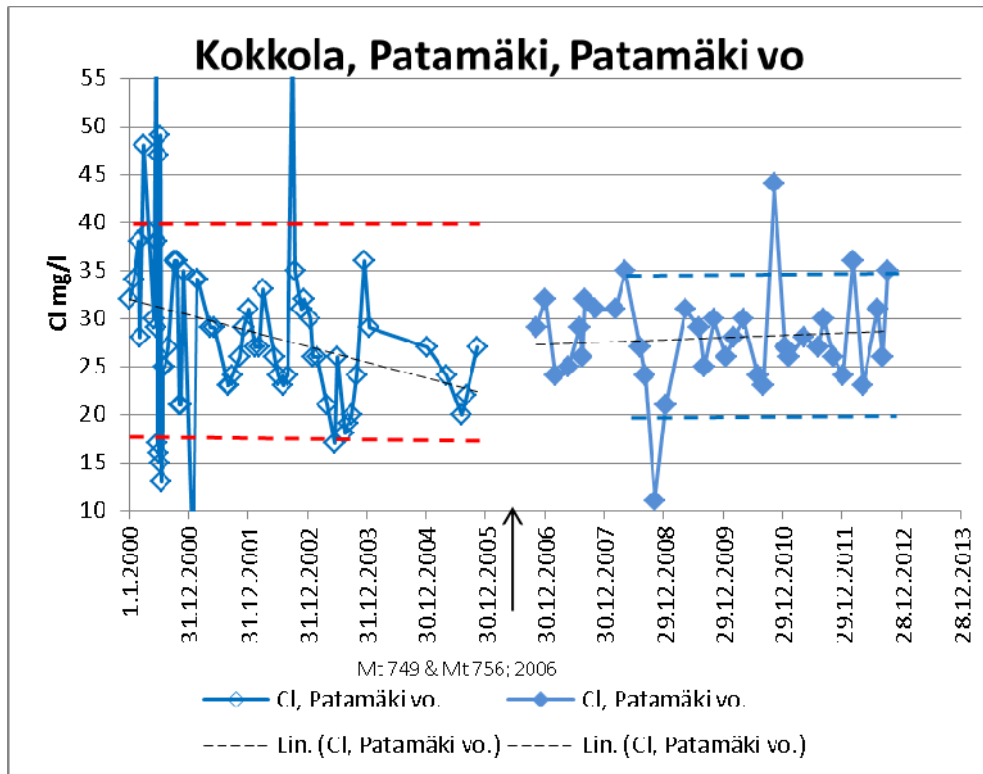
Kuva 42. Kaipiaisten pohjavesialueen havaintopisteiden KAI 3, KAI4 ja KAI 8 mitattujen kloridipitoisuuksien pitoisuustasojen vaihteluväli tarkastelu-ajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



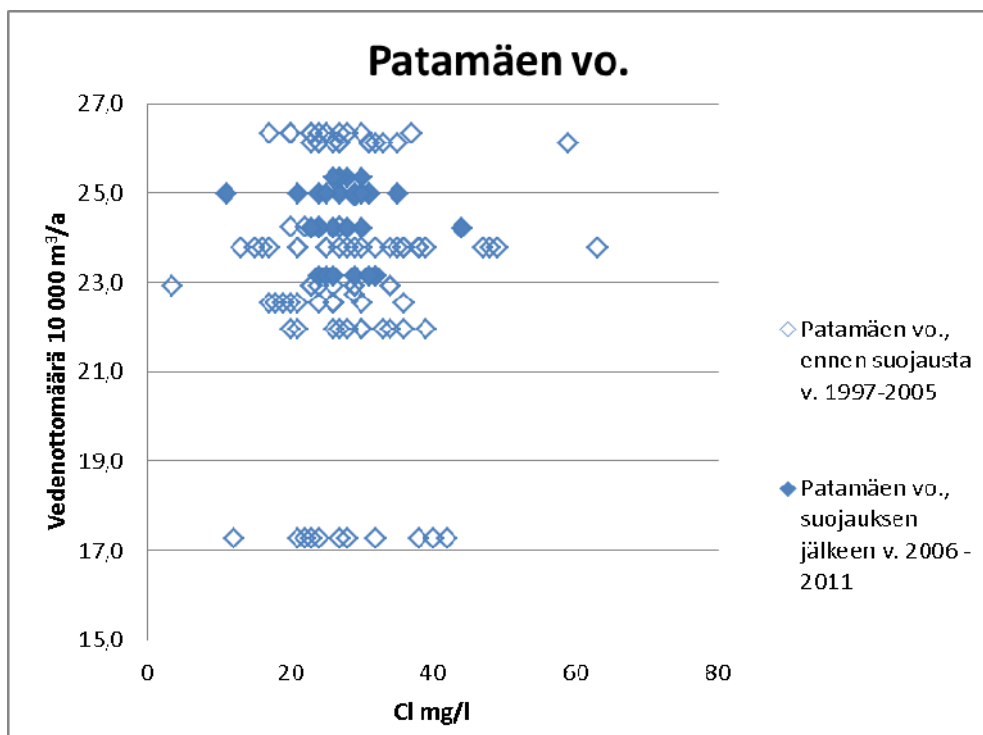
Kuva 43. Kaipiaisten pohjavesialueen havaintopisteiden KAI 5 ja KAI 7 mitattujen kloridipitoisuuksien pitoisuustasojen vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



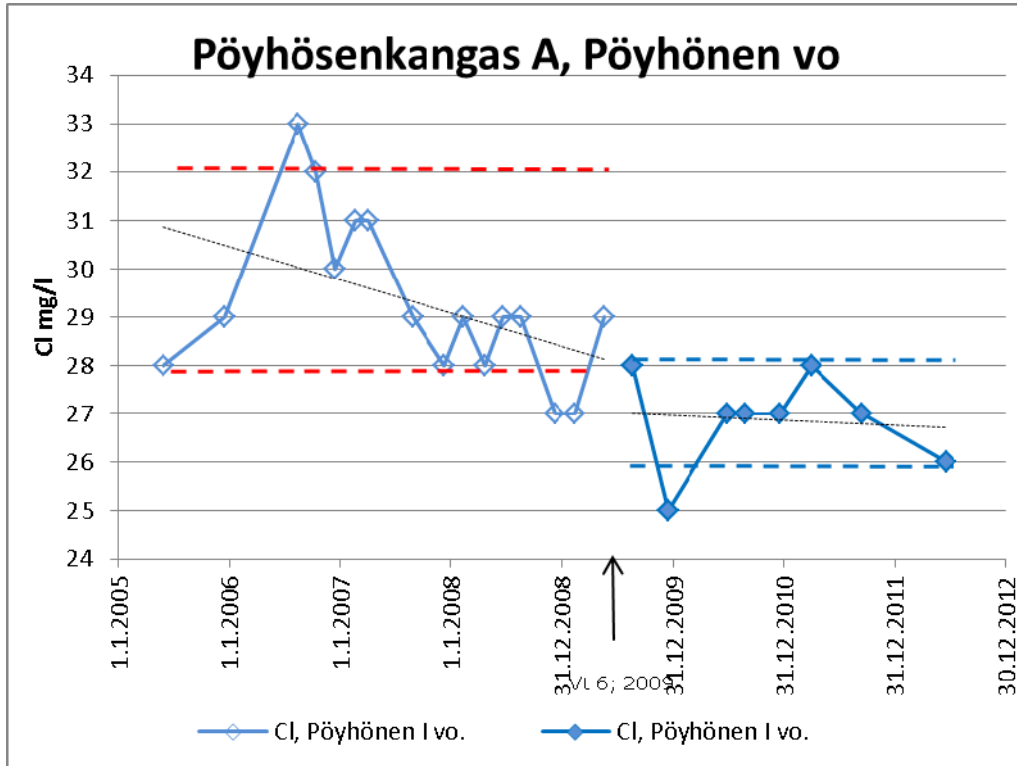
Kuva 44. Kaipiaisten pohjavesialueen havaintopisteiden KAI 1 ja KAI2 mitattujen kloridipitoisuuksien pitoisuustasojen vaihteluväli tarkasteluajankausilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



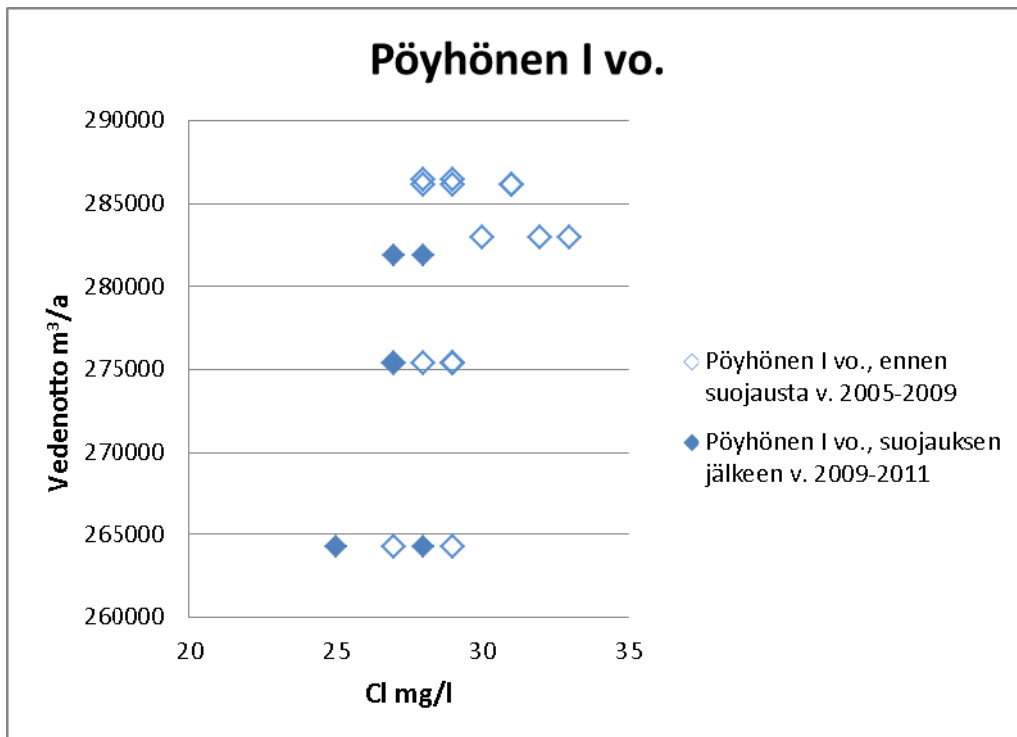
Kuva 45. Patamäen vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuustason vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojausten rakentamista ja suojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



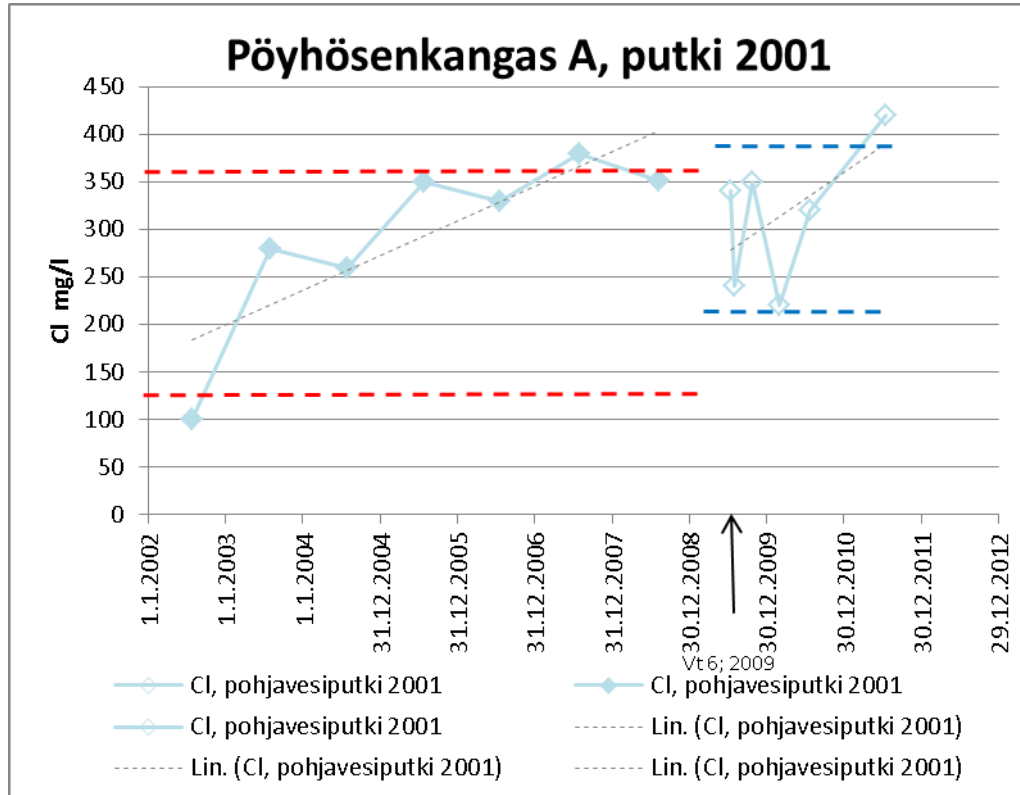
Kuva 46. Patamäen pohjavesialueen Patamäen vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuus ottamon eri vedenottomäärillä v. 1997–2011. Kuvaajassa on nähtävissä, että vedenottoa on ollut eri tasoilla. Suojausten jälkeen esiintyneiden vedenottomäärien ei voida päätellä vaikuttavan kloridipitoisuuteen. Kloridipitoisuuden vaihtelu on pienentynyt suojausten jälkeen.



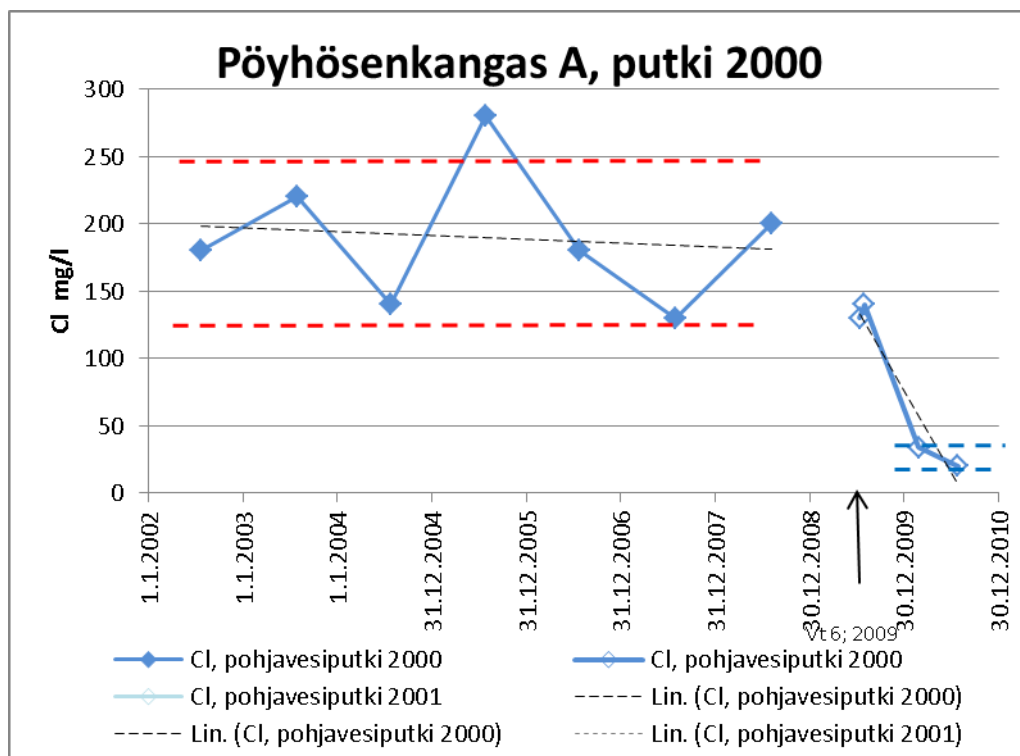
Kuva 47. Pöyhösen vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuustason vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojausten rakentamista ja suojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



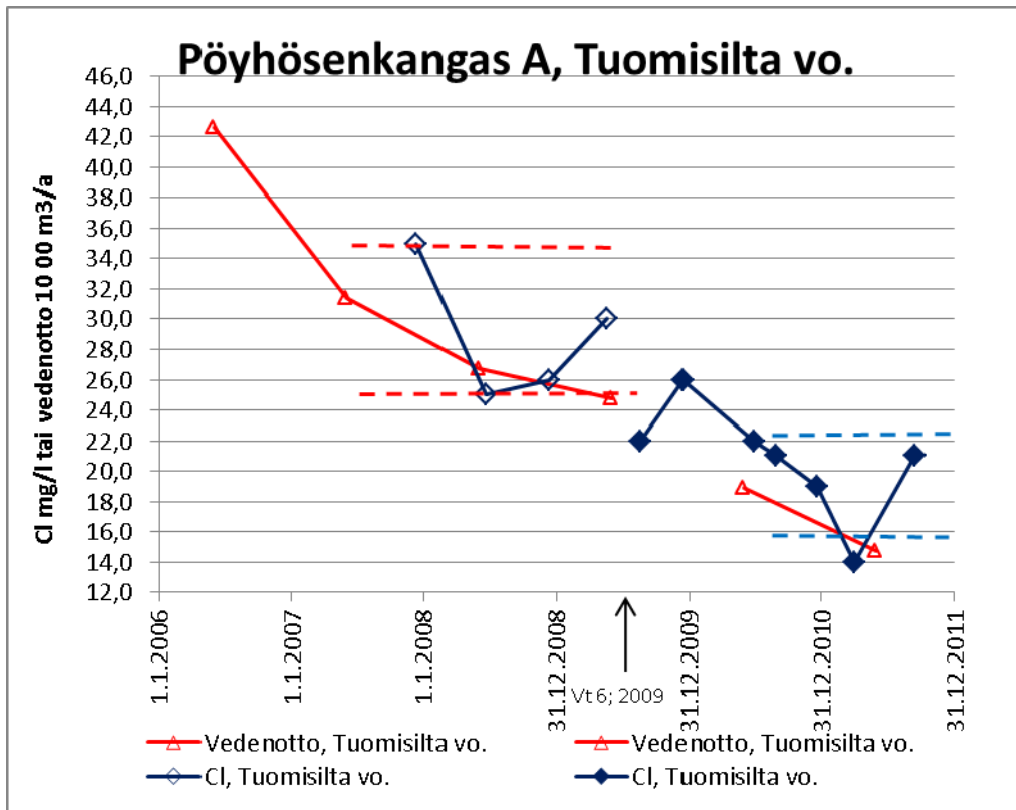
Kuva 48. Pöyhösenkankaan A pohjavesialueen Pöyhösen vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuus ottamon eri vedenottomäärillä v.2005–2011 tarkasteluajanjaksoilla ennen suojausten rakentamista ja suojausten rakentamisen jälkeen..



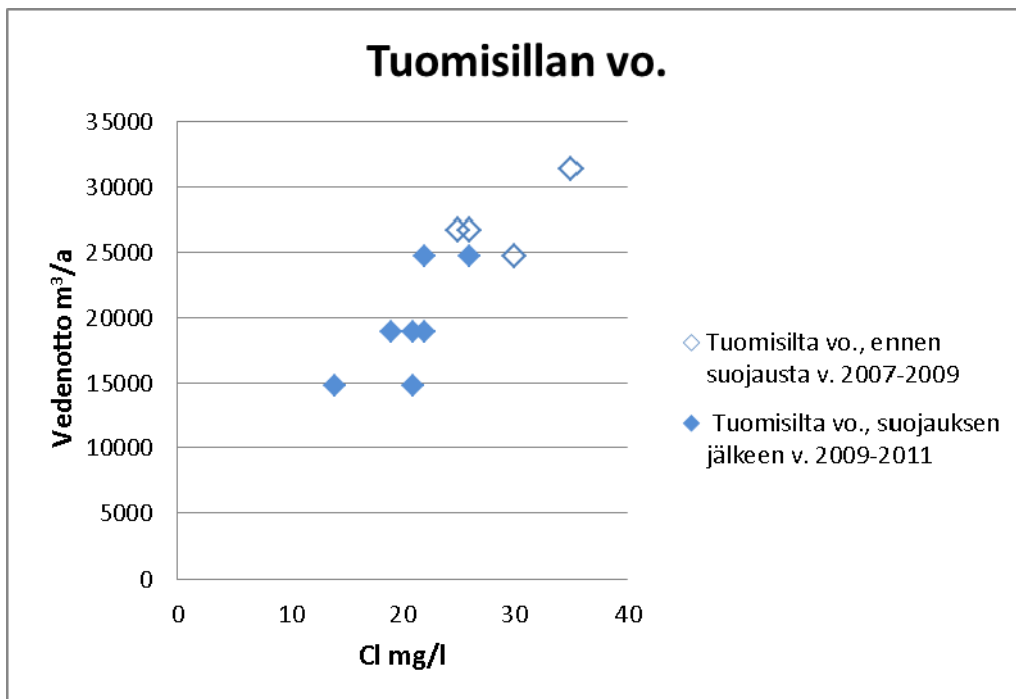
Kuva 49. Pöyhösenkangas (A) pohjavesialueen havaintopisteen 2001 mitattujen kloridipitoisuuksien pitoisuustasojen vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojausten rakentamista ja suojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



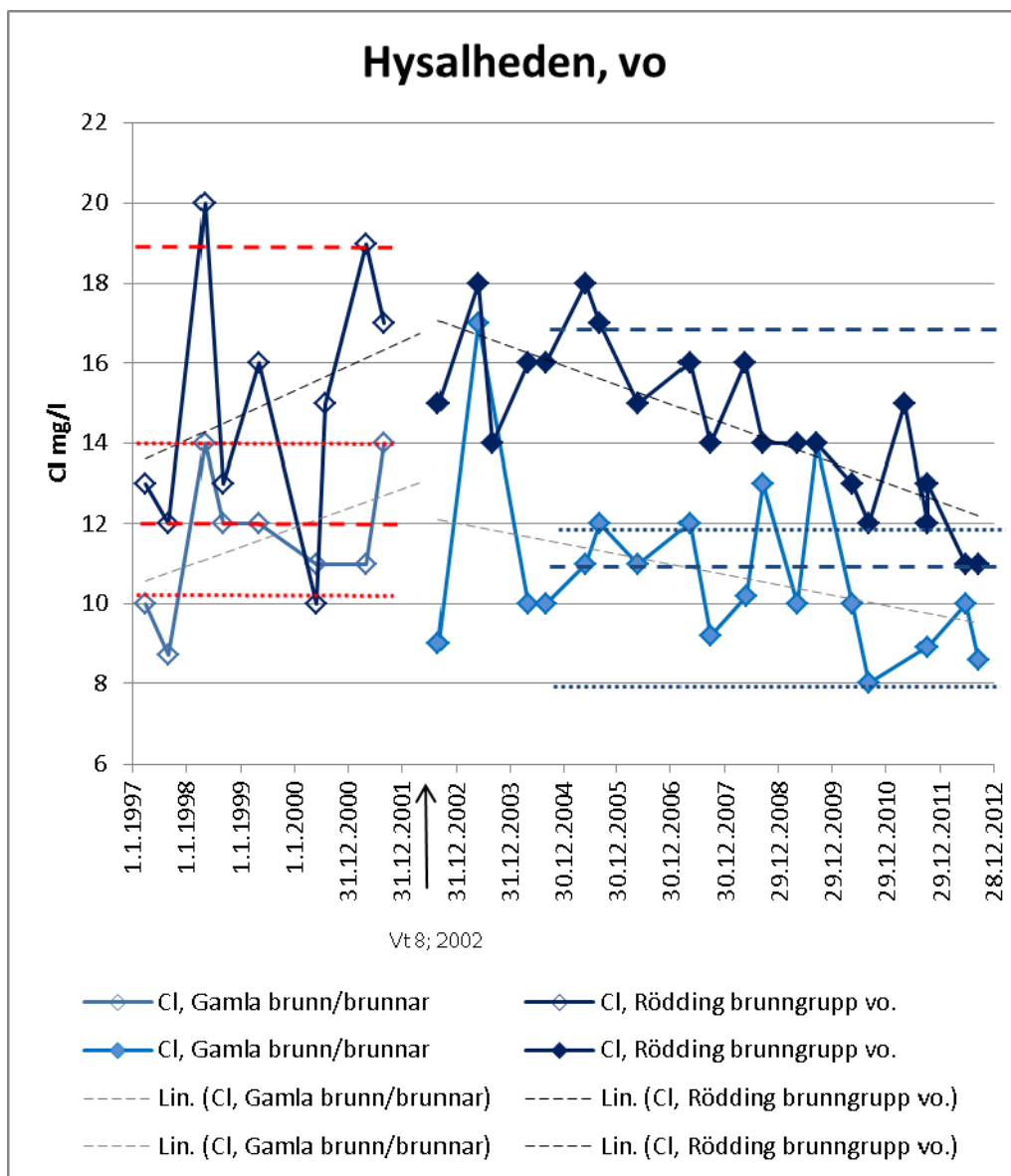
Kuva 50. Pöyhösenkangas (A) pohjavesialueen havaintopisteen 2000 mitattujen kloridipitoisuuksien pitoisuustasojen vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojausten rakentamista ja suojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



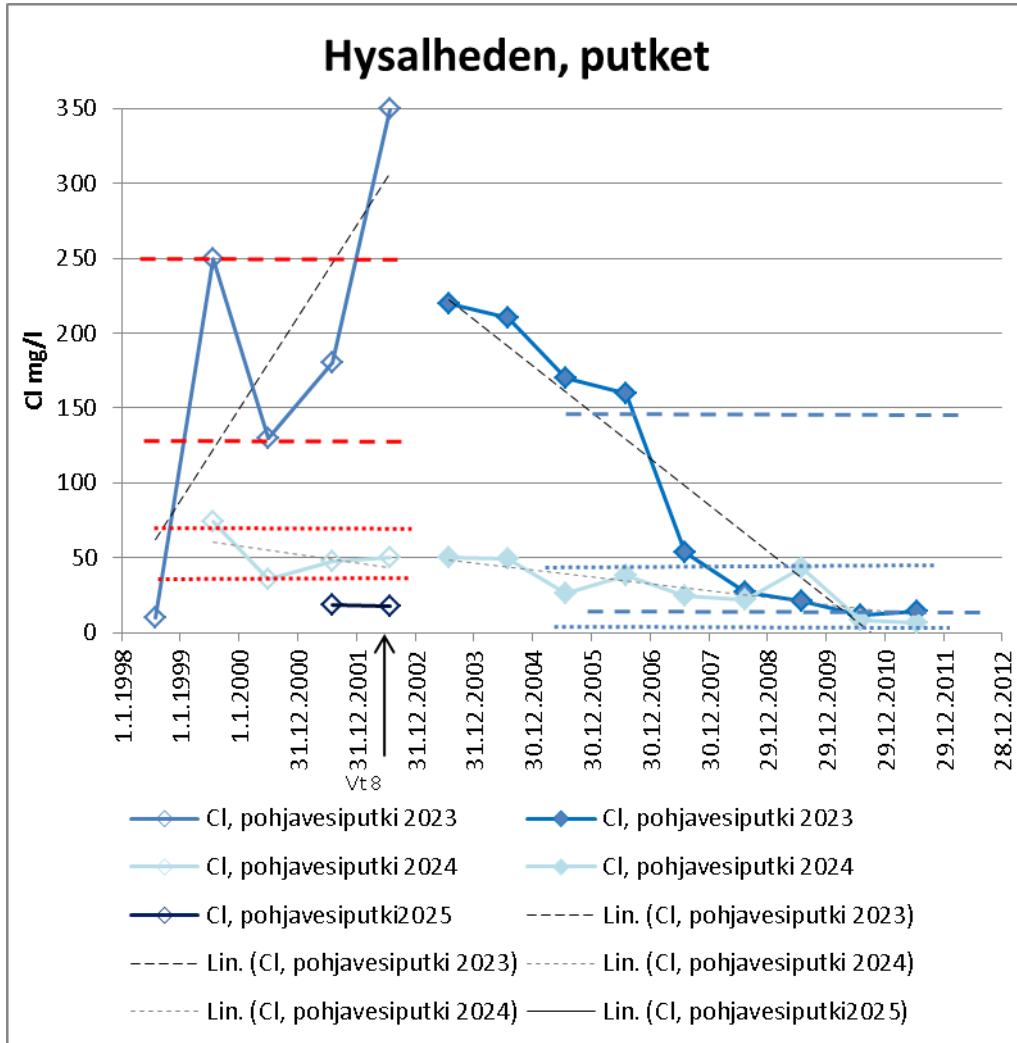
Kuva 51. Pöyhösenkankaan pohjavesialueen Tuomisillan vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuustason vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



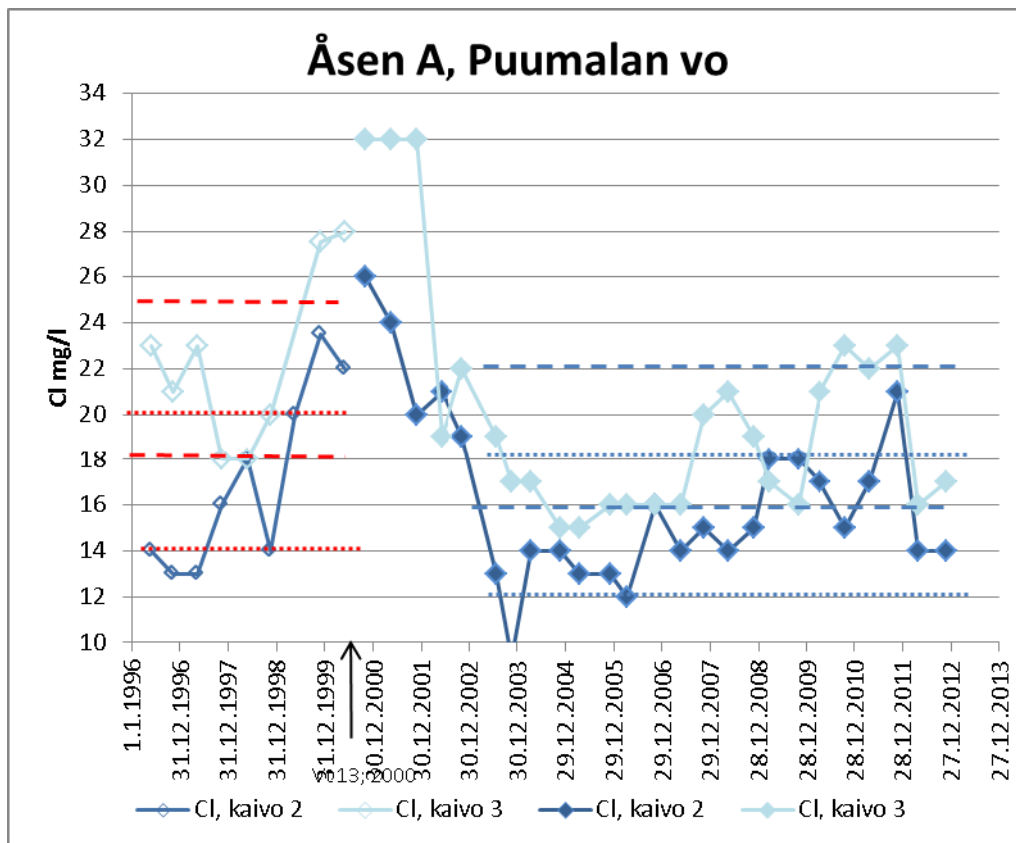
Kuva 52. Pöyhösenkankaan pohjavesialueen Tuomisillan vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuus ottamon eri vedenottomäärillä v. 2008–2011. Vedenoton taso on laskenut suojauksen jälkeen samanaikaisesti kloridipitoisuuden vähenemisen kanssa.



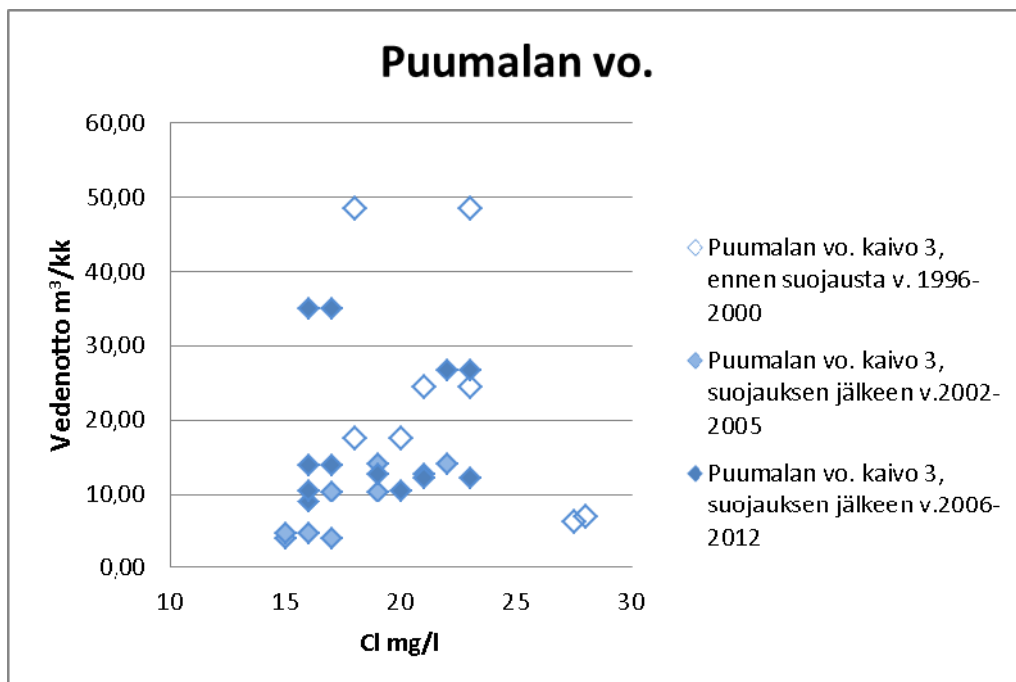
Kuva 53. Hysalhedenin vedenottamon (gamla brunn ja rödding brunngrupp) lähetevän veden kloridipitoisuustason vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



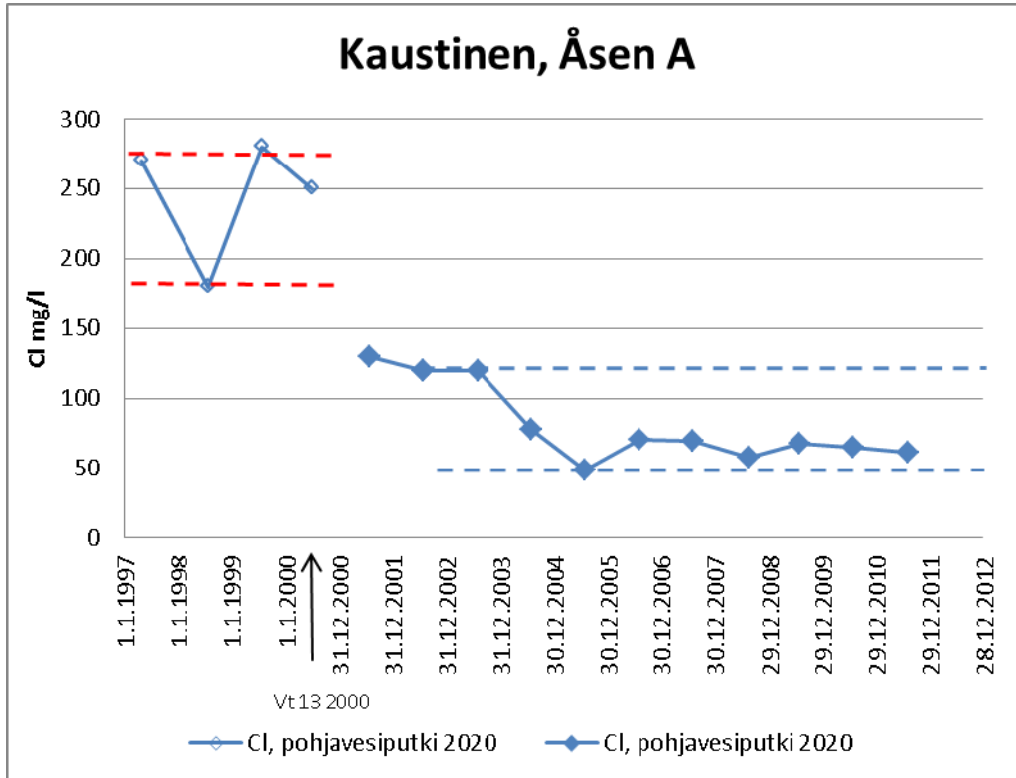
Kuva 54. Hysalhedenin havaintopisteiden pohjavesiputket 2023, 2024 ja 2025 kloridipitoisuustason vaihteluvälit tarkasteluajanjaksoilla ennen suojausten rakentamista ja suojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



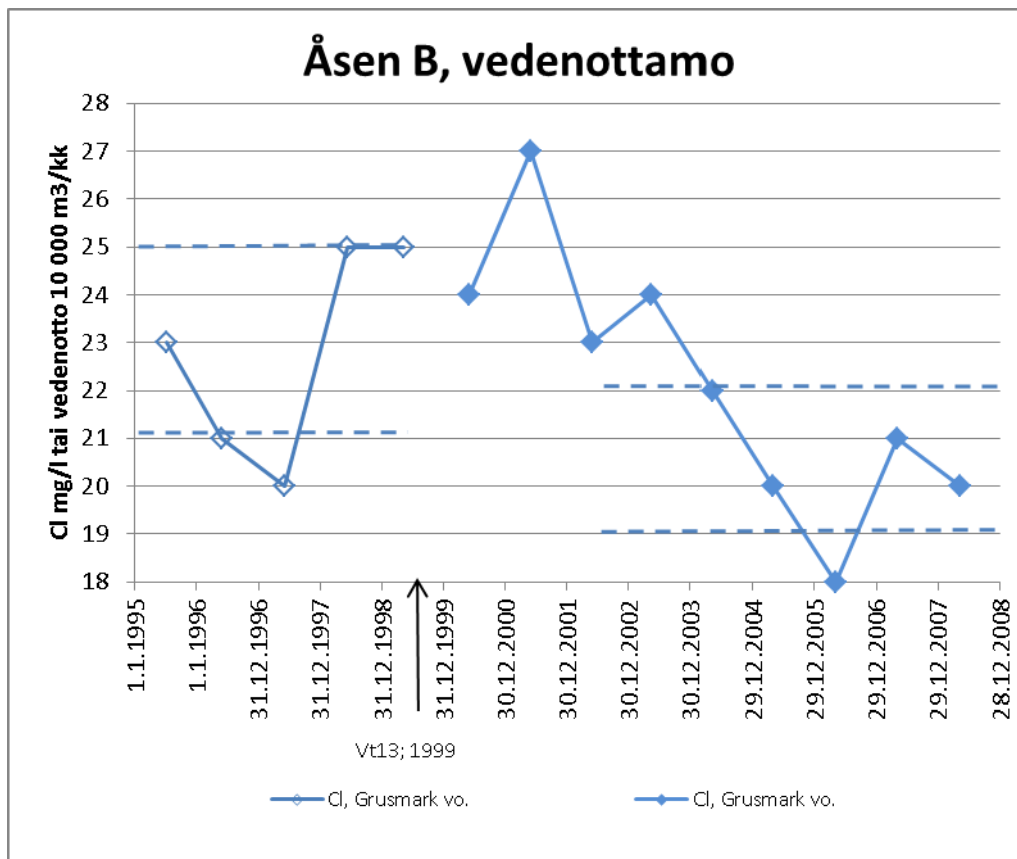
Kuva 55. Åsen A pohjavesialueen Puumalan vedenottamon kaivojen kloridipitoisuustasojen vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



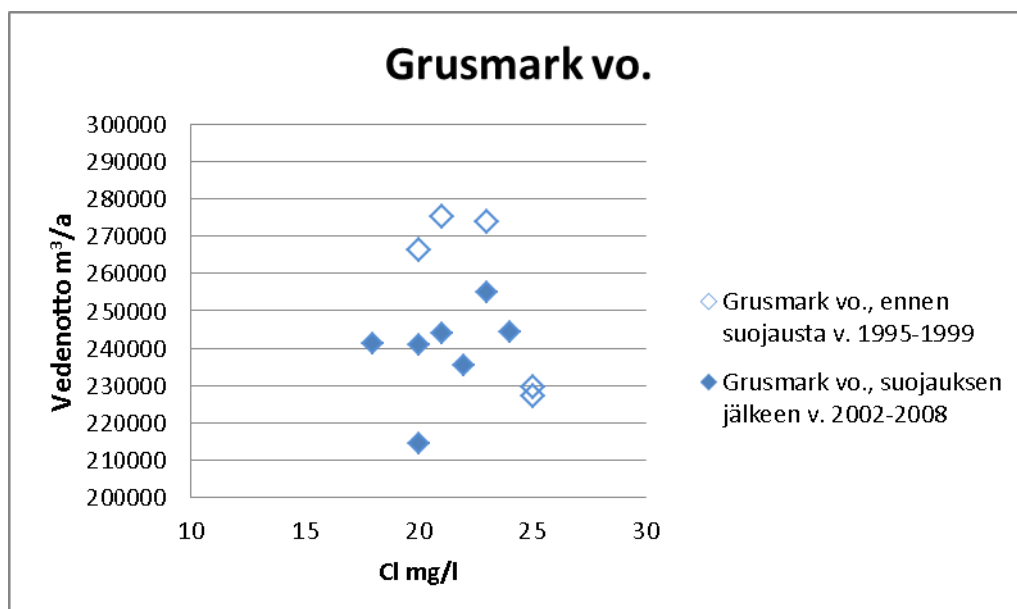
Kuva 56. Puumalan vedenottamon kaivon 3 veden kloridipitoisuus kaivon eri vedenottomäärillä v. 2006–2012 ajanjaksolla, jolloin kloridipitoisuus on lähtenyt nousuun, sekä ennen tätä ajanjaksoa v. 2002–2005 suojauksen jälkeisellä ajanjaksolla. Vedenottomäärän taso on hieman noussut vuosina 2006–2012.



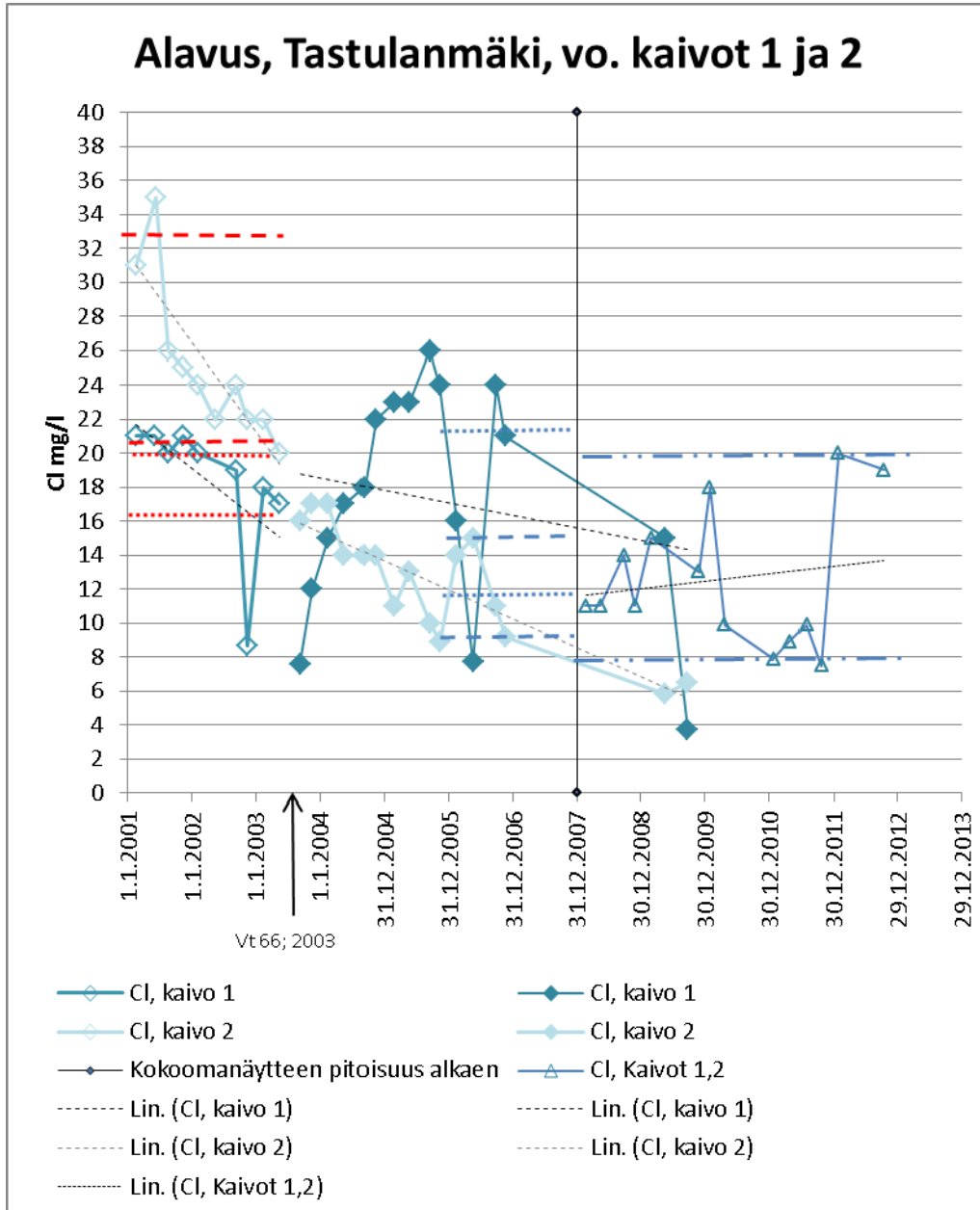
Kuva 57. Kaustinen Åsen A pohjavesialueen havaintopisteen 2020 mitattujen kloridipitoisuuksien pitoisuustasojen vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



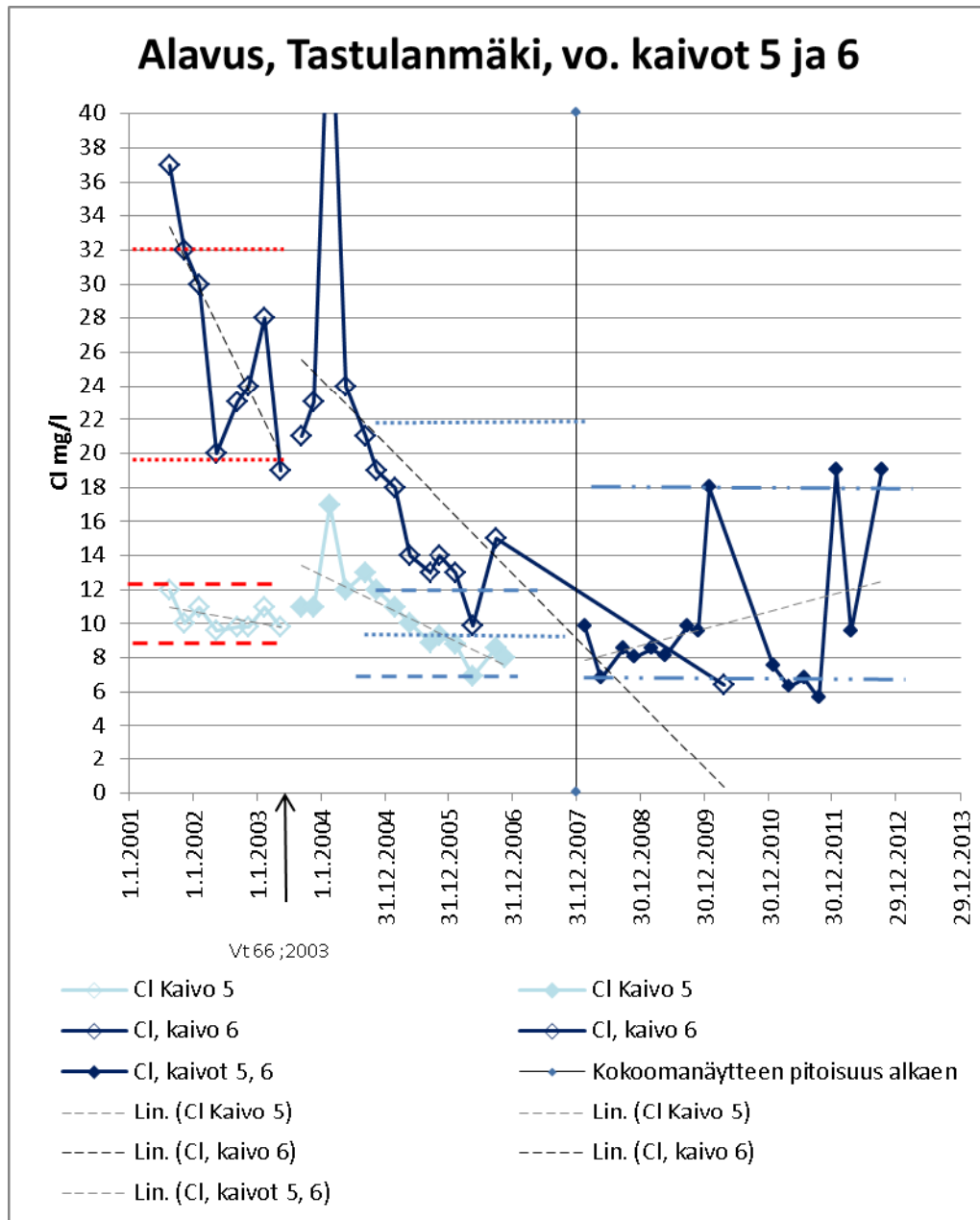
Kuva 58. Åsen B pohjavesialueen Grusmarkin vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuustason vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



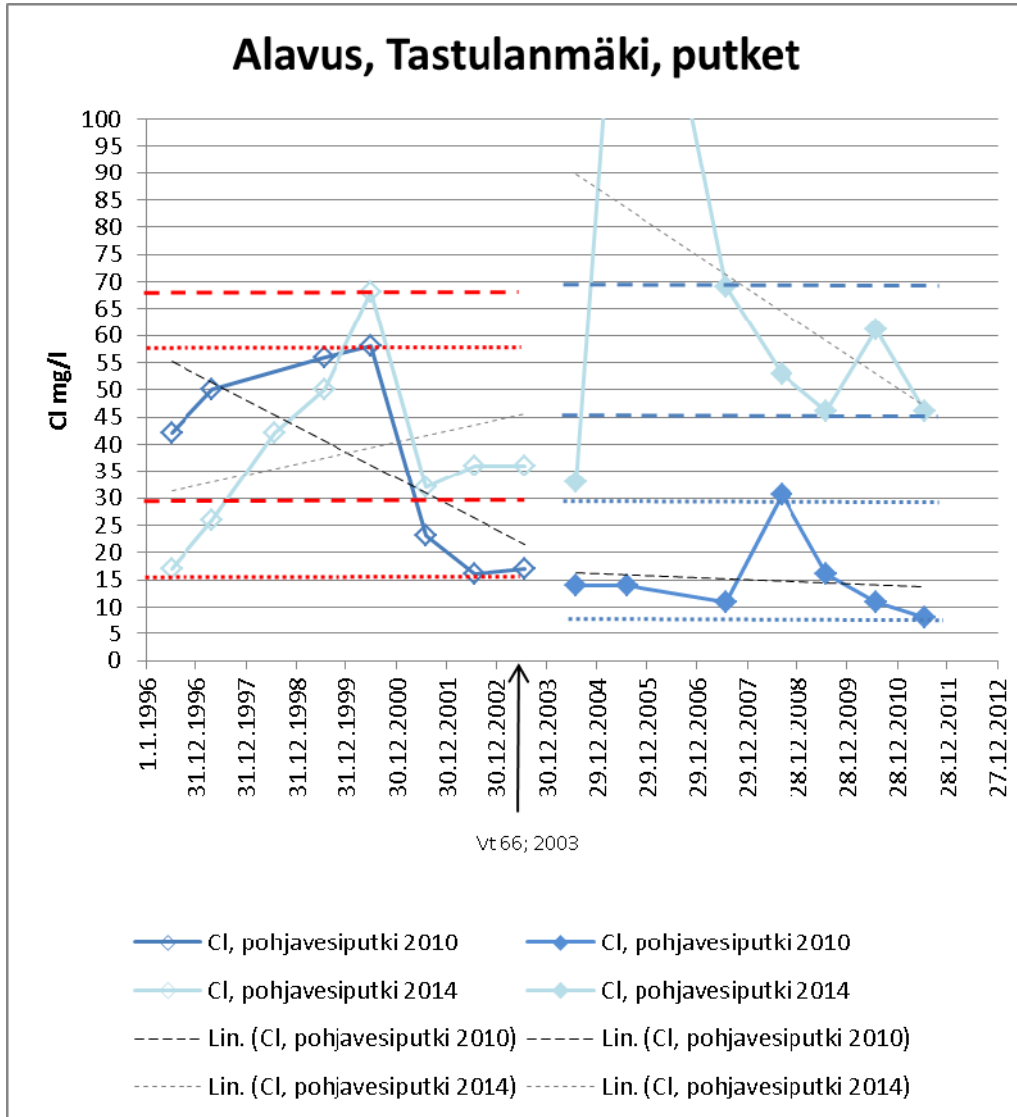
Kuva 59. Åsen B pohjavesialueen Grusmarkin vedenottamon lähtevän veden kloridipitoisuus ottamon eri vedenottomäärillä v. 2000–2008. Vedenottomäärän taso on hieman laskenut suojauksen jälkeen.



Kuva 60. Tastulanmäen Niinistön vedenottamon kaivojen 1 ja 2 kloridipitoisuustason vaihteluväli tarkasteluajanjaksoilla ennen suojausten rakentamista ja suojausten rakentamisen jälkeen. Vuodesta 2008 alkaen analyysi on tehty kaivoista sekoitetusta raakavedestä (pystyviiva). Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 61. Tastulanmäen Niinistön vedenottamon kaivojen 5 ja 6 kloridipitoisuustason vaihteluväli tarkasteluajankausilla ennen suojauksen rakentamista ja suojauksen rakentamisen jälkeen. Vuodesta 2008 alkaen analyysi on tehty kaivoista sekoitetusta raakavedestä (pystyviiva). Pohjaveden suojauksen rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.



Kuva 62. Tastulanmäen pohjavesialueen havaintopisteiden no 2010 ja no 2014 mitattujen kloridipitoisuuksien pitoisuustasojen vaihteluväli tarkastelu-ajanjaksoilla ennen suojausten rakentamista ja suojausten rakentamisen jälkeen. Pohjaveden suojausten rakentamisen ajankohta on esitetty nuolella.

7 Johtopäätökset ja jatkotoimenpide-ehdotukset

Tässä selvityksessä tutkittiin vuonna 2000 ja sen jälkeen teille rakennettujen pohjaveden suojausten toimivuutta tarkastelemalla kloridipitoisuuden kehittymisen trendiä vedenottamoilla ja pohjaveden havaintoputkissa. Pohjaveden suojauskohteita on tarkastelussa mukana yhteensä kaksitoista, jotka sijaitsevat yhdellätoista pohjavesialueella. Tarkasteluajanjakso kaikissa kohteissa on 6–10 vuotta ennen suojausta sekä mahdollisuuksien mukaan noin 6 vuotta suojauksen jälkeen. Trendianalyysien luotettavuuteen vaikuttavat mm. seuranta-aika ja analyysitulosten määrä. Tässä tutkimuksessa ei ole analysoitu havaittujen trendien tilastollista merkitsevyyttä, ja analyysin tulokset ovat suuntaa-antavia.

Kloridipitoisuuden taso on arvioitu kussakin kohteessa ennen ja jälkeen suojauksen. Kloridipitoisuustasolle on arvioitu vaihteluväli, jossa kloridipitoisuuden havaittiin tarkasteltavassa havaintopisteessä yleisimmin olevan kullakin ajanjaksolla. Suojauksen vaikutuksen suuruutta on arvioitu karkeasti kuvaajien perusteella ilman yleisesti käytössä olevia tilastotieteellisiä menetelmiä. Vanhaa suolauskäytäntöä edustavat pitoisuudet ja yksittäiset poikkeavat arvot on pyritty rajaamaan tarkastelun ulkopuolelle. Tavoitteena on, että lukija voi itsekin kuvaajien avulla arvioida kloridipitoisuudessa tapahtunutta muutosta.

7.1 Johtopäätökset

Tulosten perusteella suojaus on alentanut kloriditasoa useimmissa kohteissa. Kloridipitoisuustasot pohjavesialueiden vedenottamoilla ovat tarkasteluajanjaksoilla laskeneet kohteesta riippuen 2...12 mg/l, lukuun ottamatta Patamäen ottamoa, jossa pitoisuustaso ei muuttunut, ja Hinnerjoen ottamoa, josta ei ollut saatavilla riittävästi kloriditietoja arviointia varten. Kloridin pitoisuustaso on laskenut 2...5 mg/l seitsemällä ottamalla ja 6...10 mg/l kolmella ottamalla. Yhdellä ottamalla pitoisuustaso muuttui kaivokohtaisesti kahdessa kaivossa 0..2 mg/l ja kahdessa kaivossa 10...12 mg/l. Neljä ottamoa, joilla pitoisuustasot ovat laskeneet 6..12 mg/l, sijaitsevat kaikki muodostumatyypiltään antikliinisiillä eli purkavien harjumuodostumien pohjavesialueilla. Lukuun ottamatta Patamäen ottamoa, muodostumatyypiltään synkliinisten eli keräävien harjumuodostumien vedenottamoiden kloridipitoisuuden tasot ovat laskeneet suhteellisesti vähemmän, 2...3 mg/l.

Ennen suojausta pohjaveden kemiallisen tilan arviointia varten Valtioneuvoston asetuksessa 341/2009 kloridille annettu ympäristön laatu normi 25 mg/l ylittyi kohteista 10 vedenottamalla. Suojauksen rakentamisen jälkeen 25 mg/l kloridia ylittyi neljällä ottamalla tarkasteluajanjaksolla 4-6 vuotta. Kahdella näistä ottamoista on tulosten perusteella arvioituna mahdollista kloridipitoisuustason 25 mg/l saavuttaminen noin 12 vuotta suojauksen rakentamisesta. Patamäen ottamalla kloridipitoisuuden arvioidaan lievästi nousevan nykyisestä suojauksesta huolimatta, mikäli muut olosuhteet säilyvät ennallaan. Hinnerjoen ottamalla kehityksen arvioiminen voi olla mahdollista pidemmällä tarkkailuajanjaksolla.

Pohjaveden suojauksen jälkeisellä tarkastelukaudella havaittiin laskevan trendin kääntymisen nousevaksi kahdessa suojauskohteessa 4...5 vuoden jälkeen suojauksesta. Patamäen ottamoon liittyvän suojauksen kuivatuksessa havaitut puutteet yhdistyneenä pohjaveden pinnan läheisyyteen ovat voineet heikentää suojauksen toimintaa. Toisessa kohteessa (Åsen A) on kalvosuojauksen osuus pienempi kuin muissa suojauksissa, joka on yhtenä osatekijänä voinut vaikuttaa havaittuun tulokseen.

Yhdessä kohteessa voimakkaasti laskeva trendi jatkui voimakkaasti laskevana (Tastulanmäki) ja suojauksen jälkeinen vertailukelpoinen tarkastelujakso päättyi 5 vuotta suojauksen jälkeen. Harjunummen Hinnerjoen vedenottamon havaintoputken tuloksia on vielä vähän suojauksen vaikutuksen arvioimiseksi. Yhdessä kohteessa trendi jatkui laskevana, mutta suojauksen rakentamisen vaikutusta ei voida arvioida, koska tarkastelujakso suojauksen jälkeen on lyhyt (Pöyhösenkangas A).

Suojauksen todettiin toimivan tarkasteluajanjaksolla kuudella pohjavesialueella. Pohjavesialueilla suojaus kattaa tai lähes kattaa muodostumisalueen. Yhdellä näistä pohjavesialueista (Kaipiainen) tarkasteluajanjakso rakentamisen jälkeen on lyhyempi kuin 5–6 vuotta. Kaipiaisten pohjavesialueella kloridipitoisuutta on analysoitu 1–2 vuotta suojauksen rakentamisen jälkeen vain verkostovedestä. Viidellä pohjavesialueella suojauskohteiden tarkastelu-aika oli pitkä ja suojauksen jälkeen havaittiin laskeva trendi ottamoilla (Puntari, Leppikankaanselkä, Huhtamo-Kanteenmaa, Hysalheden ja Åsen B).

Vedenottomäärien muuttumisen vaikutusta tuloksiin on selvitetty niissä kohteissa, joissa vedenottomäärät vaihtelivat ennen ja jälkeen suojauksen ja tarkasteluajanjaksolla havaittiin vedenottomäärän mahdollinen vaikutus havaittuihin pitoisuuksiin vedenottamalla. Ottomäärien merkittävä muuttuminen alensi kloridipitoisuutta kahdella ottamalla.

Tarkasteltujen tekijöiden perusteella suojaus on toiminut todennäköisemmin kohteissa, joissa ei ole merkittäviä puutteita tarkastelussa mukana olleiden suojauskohteiden kriteereissä kuten suojaustyyppissä tai kattavuudessa (kohdekohtainen tarkastelu). Suojauksen toiminta ja kuivatusvesien tehokas poisjohtaminen pohjavesialueelta on myös tärkeää. Toimivat kohteet sijoittuvat molempiin tarkasteltuihin pohjavesialueen muodostumatyyppisiin.

Suojausten toimivuuden arviointiin pohjaveden kloridipitoisuutta tarkastelemalla sisältyy epävarmuustekijöitä. Esimerkiksi suolan kulkeutumista tiesuolauksen kohteiden eri tyyppisissä maaperä- ja pohjavesiolosuhteissa ei vielä riittävästi tunneta. Lisäksi muutokset pohjaveden tilassa tapahtuvat hitaasti, ja suojauksen vaikutuksen arvioimiseksi tarvitaan pitkäaikaista, jatkuvaa seuranta.

On huomattava myös, että suojauksen rakentamisen lisäksi kloridipitoisuuden tason laskuun voi olla muitakin syitä. Erityisesti liukkaudentorjuntasuolan käytön vähentäminen kyseisellä tieosuudella on voinut vaikuttaa suojauksen lisäksi pitoisuuden vähenemiseen. Suolauksen vaikutuksen arvioimista vaikeuttaa se, että tietoa on kootusti saatavilla vain urakka-alueittain, eikä raportoiduista tiedoista voi erottaa pohjavesialueen tai pohjavesisuojauksen kohdalla käytettyä määrää. Jatkossa suolausmäärien raportointia ja tiedon hallintaa tulisikin kehittää siten, että pohjavesialueella käytetyt suolausmäärät ja mahdolliset suolauksen rajoittamispäätökset olisivat keskiteyesti saatavilla tieosuuksittain.

Suolausmäärien ja, vedenotossa tapahtuneiden merkittävien muutosten lisäksi kloridipitoisuuden voivat vaikuttaa suojukselle mahdollisesti tapahtuneet vauriot. Näitä voidaan arvioida suojuksen kunto- ja toimivuustarkastelun yhteydessä.

Suojaustoimenpiteistä päätettäessä tulisi suojaustapa, vaihtoehtoiset menetelmät ja niiden hyödyt sekä kustannustehokkuus arvioida tapauskohtaisesti pohjavesialueen erityispiirteet huomioiden.

7.2 Jatkotoimenpide-ehdotukset

1990-luvulla rakennettuja suojuksia käsittelevässä tutkimuksessa (Luiskasuojausten vaikutuksista pohjaveden kloridipitoisuuden eräissä kohteissa, Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 42/2000) määritettiin seuraavat ehdot seurantakohteille suojausten toimivuuden arvioimiseksi:

1. Suojaus rakennetaan vanhalle tielle, jota on suolattu ja jonka lähistöllä on kloridihavaintoja pitkältä ajalta.
2. Suojusrakenne on tiivis ja kattava, vesi ei mene purkupaikasta ottamolle tai vastaavalle havaintopaikalle.
3. Vieressä ei ole muita suolan lähteitä.
4. Klorideja seurataan suojuksen rakentamisen jälkeen useita vuosia, erikseen eri vuodenaikoina.
5. Kyseisellä osuudella seurataan tiesuolan käyttöä ennen suojuksen rakentamista ja sen jälkeen.

Tässä tutkimuksessa mukana olevissa kohteissa ehdot 1 ja 3 ovat toteutuneet kohtalaisen hyvin, mutta myös niiden osalta havaittiin puutteita.

Seurannan laadun varmistamiseksi pohjaveden suojausten laadun tarkkailussa tai suojausten toimivuuden arvioinnissa edellisen selvityksen mukaiset ehdot ovat edelleen suositeltavia.

Tämän tutkimuksen perusteella seurantakohteille asetettavia ehtoja suositellaan täydennettäväksi seuraavasti:

1. *Suojaus rakennetaan vanhalle tielle, jota on suolattu ja jonka lähistöllä on kloridihavaintoja pitkältä ajalta.*

Suosittelaa aloitettavaksi:

- 1.1. Seurantakohteiden vedenottamoiden kloridipitoisuushavaintojen ja vedenotossa mahdollisesti tapahtuvien merkittävien muutosten liittäminen ELY-keskusten liikenne- ja infrastruktuurivastuualueiden tiesuolauksen seurantakohteiden vuosittaiseen raportointiin.
- 1.2. Pohjaveden havaintoputkien asentaminen kohteisiin, joihin suunnitellaan rakennettavan suojaus 4-5 vuoden ajanjaksolla. Tarkkailun tuloksien liittäminen mukaan tiesuolauksen seurantakohteiden raportointiin.

2. *Suojausrakenne on tiivis ja kattava, vesi ei mene purkupaikasta ottamolle tai vastaavalle havaintopaikalle.*

Suosittelaa aloitettavaksi

- 2.1 Suojauksen kunto- ja toimivuustarkastelun suorittaminen ainakin kohteissa, joissa havaitaan kloridipitoisuuden kohoamisen jatkuvan suojauksen jälkeen kolmen vuoden ajanjaksolla.
4. *Klorideja seurataan suojauksen rakentamisen jälkeen useita vuosia, erikseen eri vuodenaikoina.*

Suosittelaa aloitettavaksi:

- 4.1. Kloridien tarkkailukertojen lisääminen joissakin tapauksissa. Kloridien tarkkailutiheyden olisi suositeltavaa olla alussa neljä kertaa vuodessa (lähde: Pohjaveden suojaus tien kohdalla, 2004). Tutkimuksen kohteiden tarkkailutiheydessä on eroja, ja tarkkailukertoja tulisi joidenkin kohteiden osalta lisätä. Havaintoputkien osalta tarkkailua voidaan usein myöhemmin vähentää 1–2 kertaan vuodessa. Uusissa kohteissa tiheä seuranta alkuvaiheessa on suositeltavaa.
- 4.2. Kloridinäytteiden näytteenoton laatu ja menetelmät eri havaintopistetyypeille (pohjavesiputki, ottamon hana, kaivo, muut) suositellaan määriteltäviksi vertailukelpoisiksi koko tarkkailuajanjakson ja eri tarkkailujen välillä. Kloridinäytteiden analyysimenetelmän tulisi olla standardisoitu ja vertailukelpoinen koko tarkkailuajanjakson ja eri tarkkailujen välillä.
5. *Kyseisellä osuudella seurataan tiesuolan käyttöä ennen suojauksen rakentamista ja sen jälkeen.*

Suosittelaa aloitettavaksi:

- 5.1. Tiesuolan käyttömäärien raportoiminen tieosuuksittain pohjavesialueilla. Tiesuolan käytön määrätietoja on kerätty esim. AURA-järjestelmään. Kunnossapitourakan suolausmäärien raportointitehtäviin tulisi lisätä tiesuolan käyttömäärät pohjavesialueilla ja pohjavedensuojausten kohdalla. Tiedot tulisi viedä käytössä oleviin seurantajärjestelmiin.
- 5.2. Tiesuolan käyttömäärien raportoiminen tiesuolan seurantakohteiden vuosittaisessa raportoinnissa.

Viitteet

Ahokas, H, Tikkanen, E. Tielaitoksen luiskasuojaukset, Helsinki 2000. Tielaitos, tiehallinto tie- ja liikennetekniikka. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 33/2000, 53 s. TIEL 40000253.

Ahokas, H, Tikkanen, E. Luiskasuojauksen vaikutuksista pohjaveden kloridipitoisuuteen eräissä kohteissa. Helsinki 2000. Tielaitos, tiehallinto, tie- ja liikennetekniikka. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 42/2000, 42 s + liitt. TIEL 4000262.

Gustafsson, J. 1999. Tiesuolauksen riskikartoitus pohjavesialueilla, valtakunnallinen yhteenveto. Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristö -julkaisuja no 361.

Meri, Laura. 2010. Kohonneet kloridipitoisuudet Nummenpää-Aakoisten ja Harjunummen pohjavesialueilla. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 32/2010, verkkojulkaisu. 84 s + liitteet.

Tiehallinto. Pohjaveden suojaus tien kohdalla, Tiehallinto, 2004. 32 s. + liitteet. TIEH 2100028-04

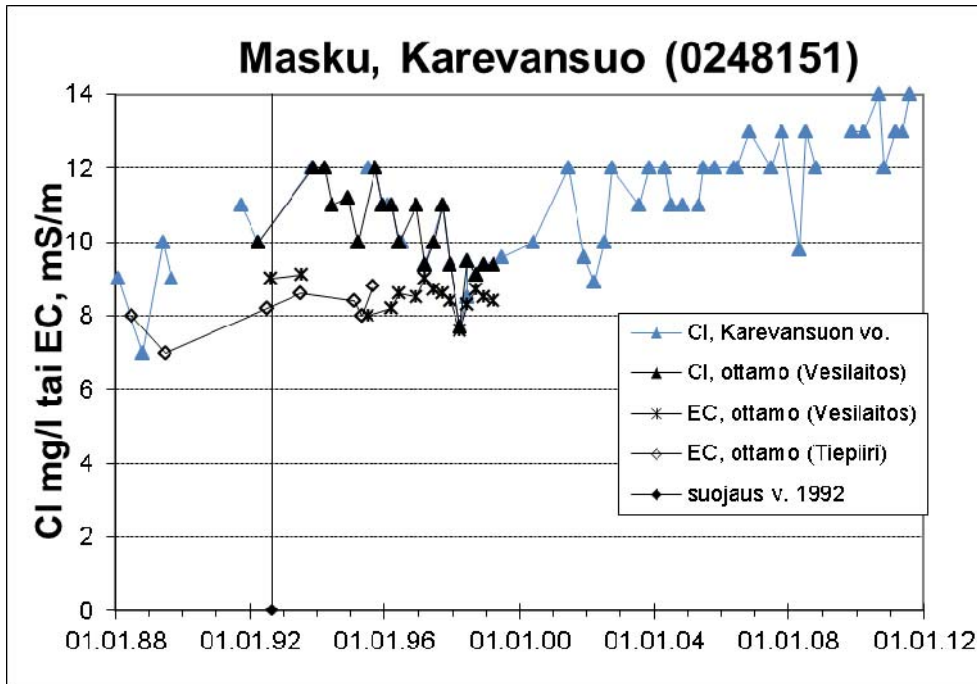
Ennen vuotta 2000 rakennettujen suojausten vaikutus pohjaveden kloridipitoisuuteen

1.1	Masku, Karevansuo	2
1.2	Luumäki, Taavetti	3
1.3	Ylöjärvi, Ylöjärvenharju	5
1.4	Juva, Hatsola	6
1.5	Kauhava, Pöyhösenkangas	8
1.6	Kokkola, Patamäki	10
1.7	Juva, Rapionkangas.....	11
1.8	Kouvola, Utti.....	12
1.9	Mynämäki, Motelli	13
1.10	Lapinlahti, Haminanmäki-Humppi	14
1.11	Kalajoki, Kourinkangas.....	15
1.12	Alavus, Pyylampi.....	17
1.13	Mynämäki, Hiivaniitty	19
1.14	Luumäki, Kaunistranta	21
1.15	Yhteenveto.....	22

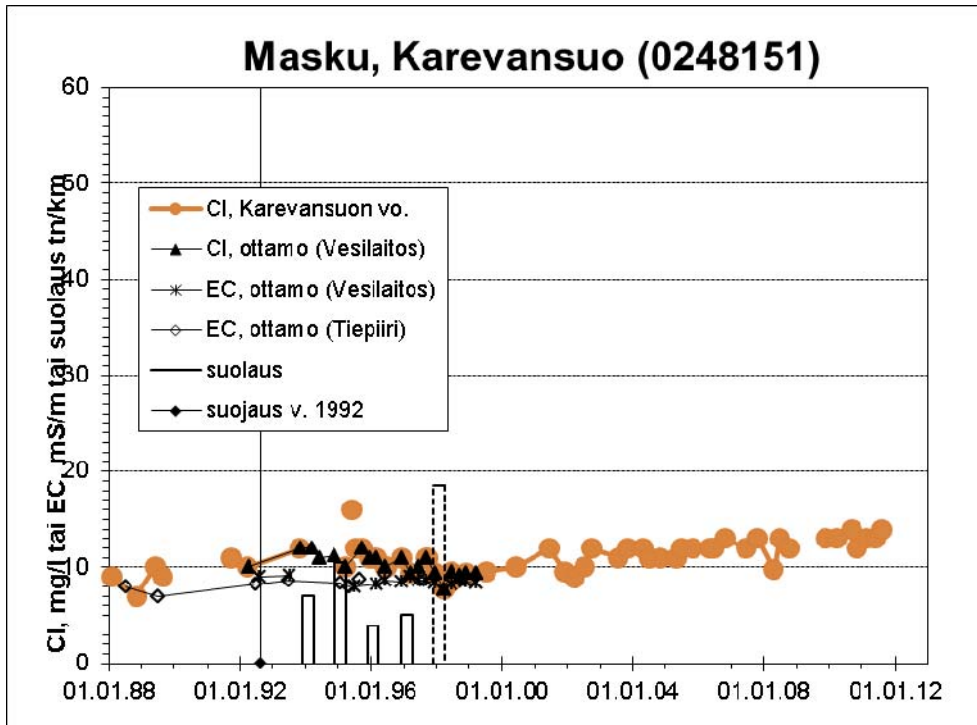
Liitteet (Ei julkisia, tutkimuskäyttöön)

Liite 1.	Masku, Karevansuo
Liite 2.	Luumäki, Taavetti
Liite 3	Ylöjärvi, Ylöjärvenharju
Liite 4.	Juva, Hatsola
Liite 5.	Kauhava, Pöyhösenkangas
Liite 6.	Kokkola, Patamäki
Liite 7.	Juva, Rapionkangas
Liite 8.	Kouvola, Utti
Liite 9.	Mynämäki, Motelli
Liite 10.	Lapinlahti, Haminanmäki-Humppi
Liite 11.	Kalajoki, Kourinkangas
Liite 12.	Alavus, Pyylampi
Liite 13.	Mynämäki, Hiivaniitty
Liite 14.	Luumäki, Kaunistranta

1.1 Masku, Karevansuo



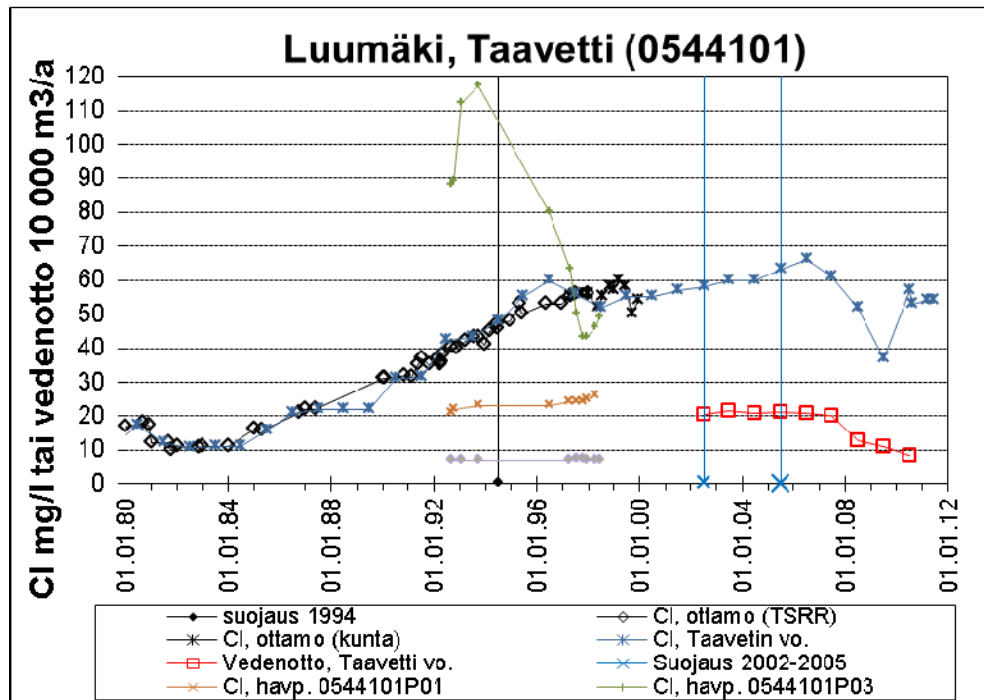
Kuva 1. Kloridipitoisuuden kehitys Karevansuon ottamalla ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen (EC= sähköjohtavuus).



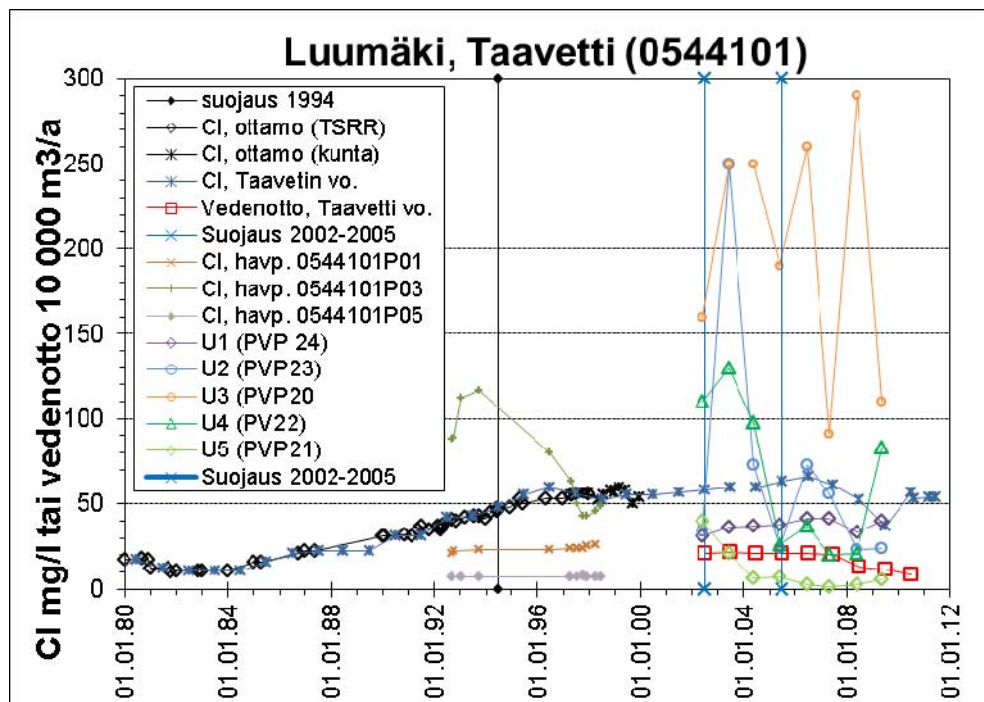
Kuva 2. Kloridipitoisuuden kehitys Karevansuon ottamalla ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen (EC= sähköjohtavuus).

Suojaus on rakennettu vuonna 1992. Suojauksen rakentamisen jälkeen kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden noussut noin 2 mg/l havaintopisteessä Karevansuon vedenottamo.

1.2 Luumäki, Taavetti



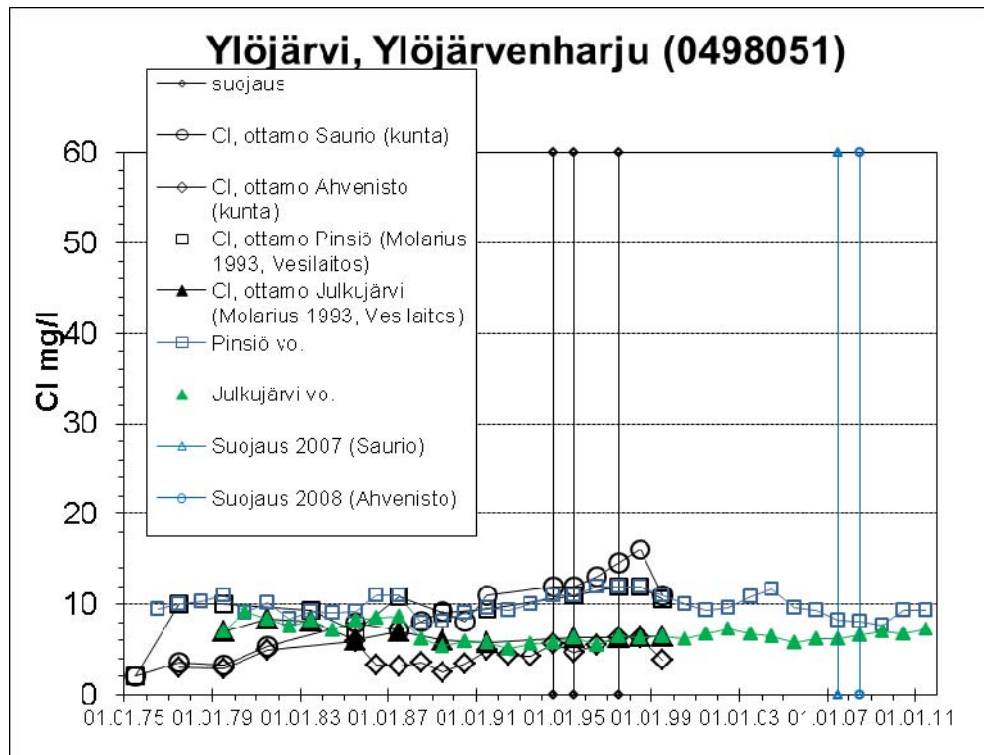
Kuva 3. Kloridipitoisuuden ja vedenoton määrän kehitys Taavetin ottamolla ja havaintoputkissa P01, P03 ja P05 ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen (TSRR= tiesuolauksen riskirekisteri).



Kuva 4. Kloridipitoisuuden ja vedenoton määrän kehitys Taavetin ottamolla ja havaintoputkissa P01, P03 ja P05 sekä U1..U5 ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen (TSRR= tiesuolauksen riskirekisteri).

Suojaus on rakennettu vuonna 1994. Edellisessä julkaisussa (Luiskasuojauksen vaikutuksista pohjaveden kloridipitoisuuteen eräissä kohteissa, Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 42/2000) esiintyneet rakennusvuodet v. 1993 - 1994 on muutettu kuvaajiin ja taulukkoon. Suojauksen rakentamisen jälkeen kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden noussut noin 10 mg/l havaintopisteessä Taavetin vedenottamo vuoteen 2002 mennessä, jolloin pohjaveden suojausta on uusittu. Pohjaveden suojauksen uusiminen on tehty vuosina 2002 ja 2005 (suojauksen kuvaus bentoniittimatto, muovikalvo 0,5 mm, suojahiekkakerros 0,1 m, suojamaa 0,4 m, nurmetuskerros 0,1 m, salaojitettu, suojaustyyppi tierekisterissä 7, vuoden 2005 suojaus rakennettu vedenottamon läheisyyteen). Kohteessa on kokeiltu kaliumformiaatin käyttöä vuodesta 2004 alkaen. Kloridipitoisuus on kääntynyt laskusuuntaiseksi vuodesta 2007 alkaen, ja vedenotto vähentynyt merkittävästi vuodesta 2008 alkaen. Kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden laskenut noin 7 mg/l vuoden 2005 suojauksen rakentamisen jälkeisestä tasosta vuoteen 2012 mennessä. Havaintoputkista P01, P05, P03 ja 2000- luvulla asennetuista havaintoputkista U1...U5 havaintosarjat ennen suojauksia ovat liian lyhyet suojausten vaikutuksen arvioimiseksi.

1.3 Ylöjärvi, Ylöjärvenharju

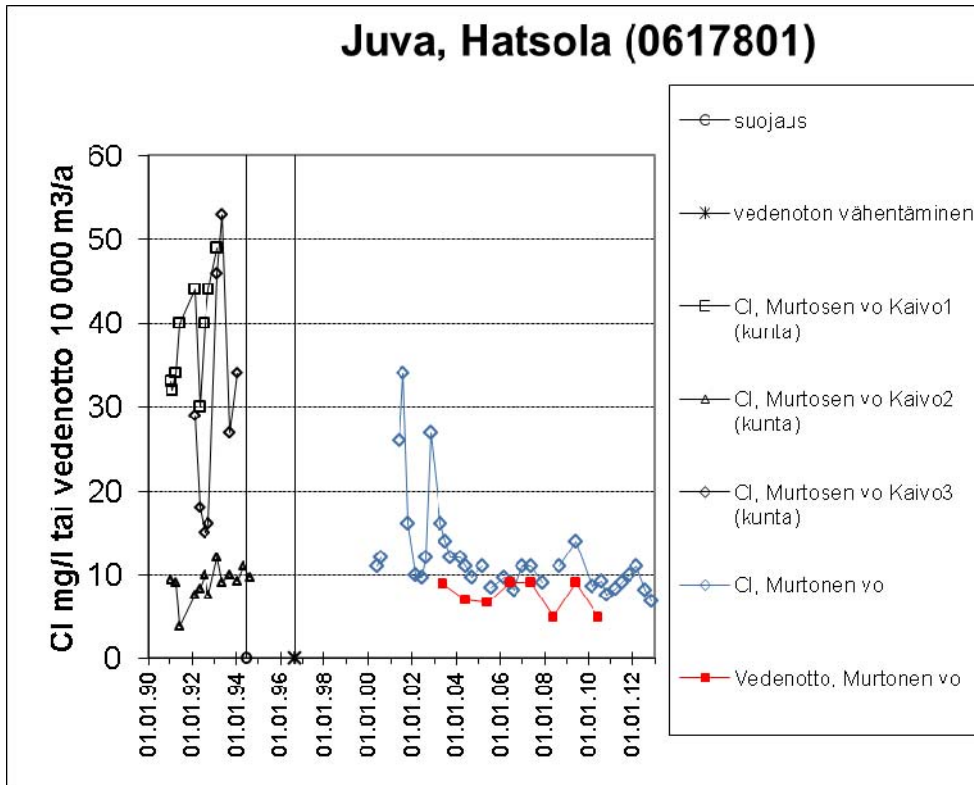


Kuva 5. Kloridipitoisuuden kehitys Saurion, Ahveniston, Pinsiön ja Julkujärven ottamolla ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen.

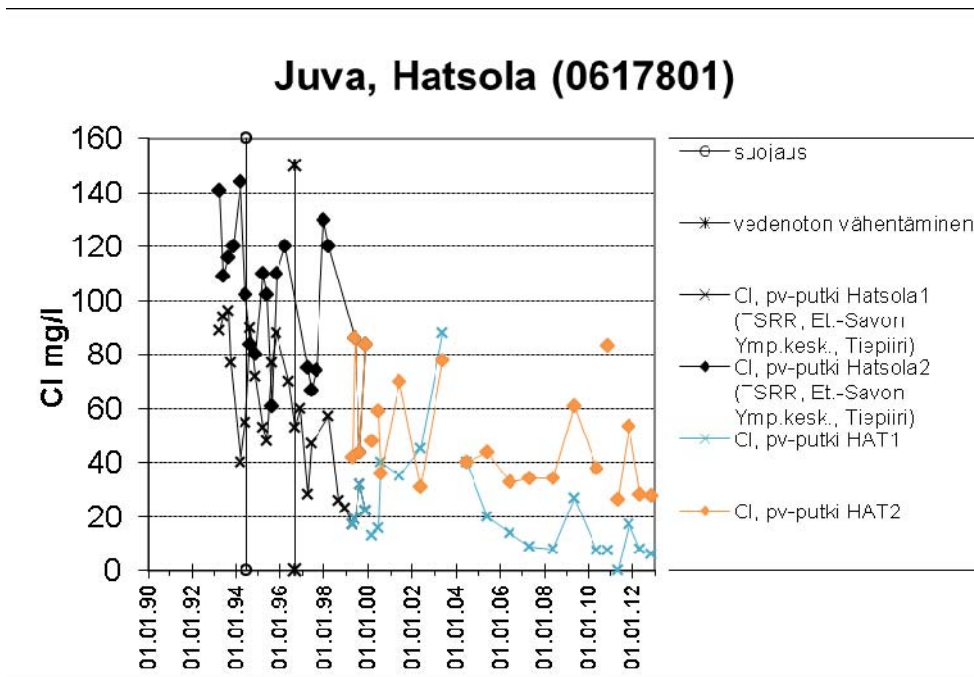
Suojausta on rakennettu lisää tai täydennetty v. 2007 lähellä Saurion ottamoaa, (pohjaveden suojaustyyppi 7) ja Ahveniston ottamoaa v. 2008 (pohjaveden suojaustyyppi 7). Kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden laskenut noin 2 mg/l havaintopisteessä Pinsiön vedenottamo. Havaintopisteessä Julkujärven ottamo kloridipitoisuustasossa ei ole merkittävää muutosta tai pitoisuus noussut lievästi. Saurion ja Ahveniston vedenottamoiden kloridipitoisuustietoja ei ollut saatavissa. Näitä on selvitetty Ylöjärven ympäristön tila 2010 raportista (Keskitalo 2011¹). Ahvenistolla pitoisuudet ovat olleet alhaisia, noin 5 mg/l¹. Suurimmillaan pitoisuudet ovat olleet Pinsiön ja Saurion ottamoilla¹. Raportin tulosten perusteella Saurion ottamolla kloridipitoisuuden laskusuuntainen kehitys olisi alkanut ennen suojauksen täydentämistä v. 2007.

¹ Keskitalo, Pertti. 2011. Ylöjärven ympäristön tila 2010. Ylöjärven kaupunki. s. 8-10.

1.4 Juva, Hatsola



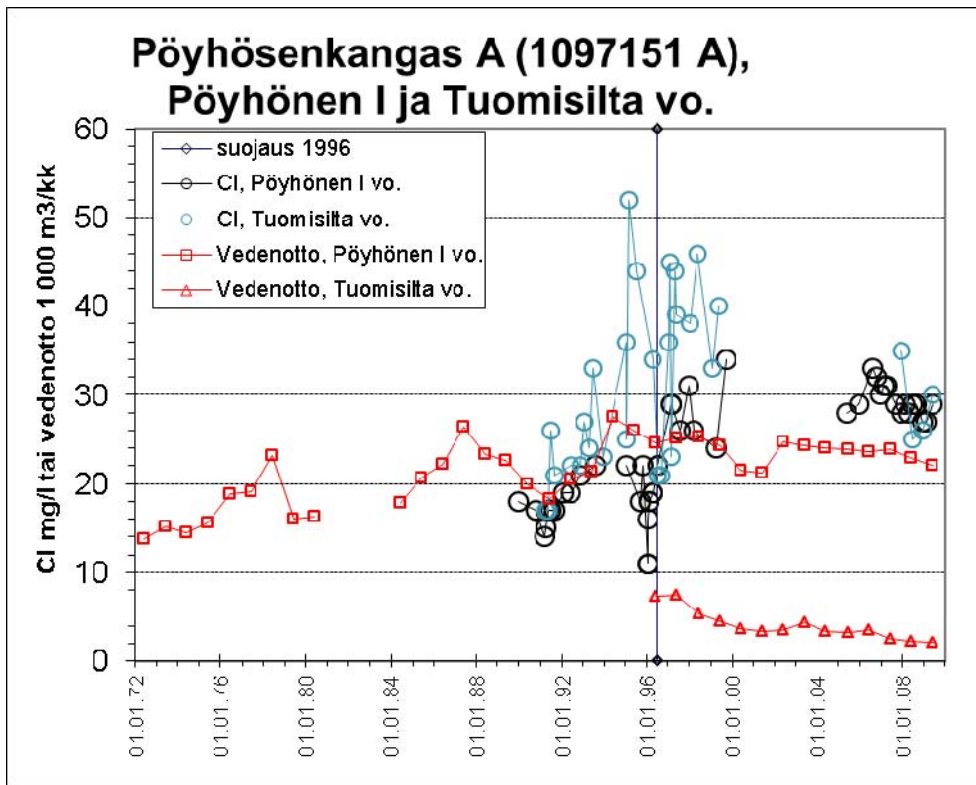
Kuva 6. Kloridipitoisuuden ja vedenottomäärän kehitys Murtosen vedenottamolla ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen.



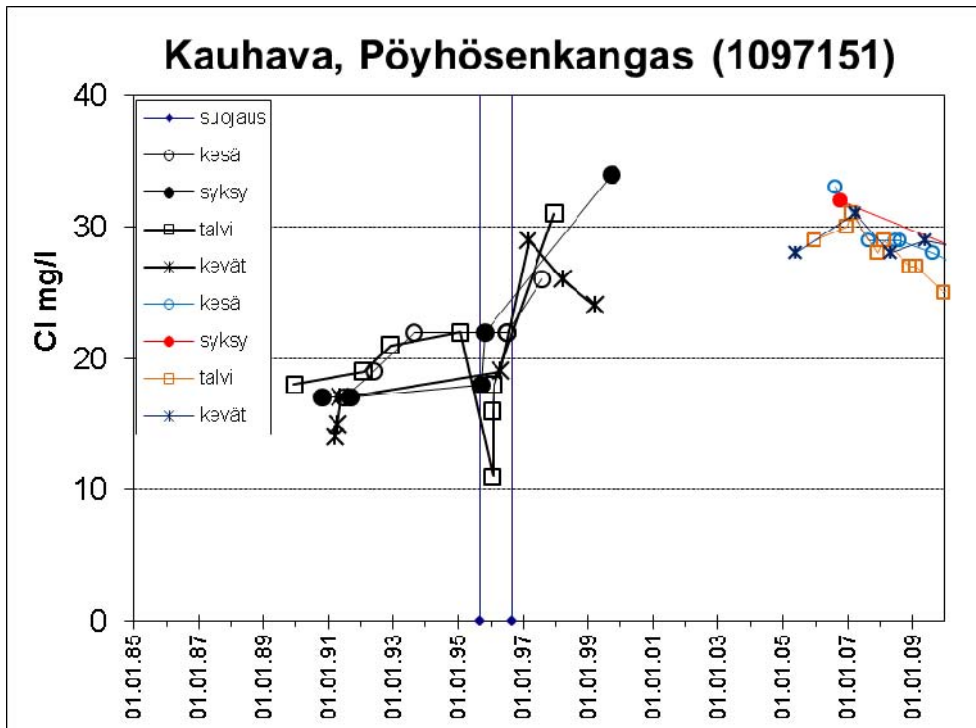
Kuva 7. Kloridipitoisuuden kehitys Hatsolan havaintopisteissä pohjavesiputki HAT1 ja pohjavesiputki HAT2 ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen (TSRR= tiesuolausten riskirekisteri).

Murtosen vedenottamon merkitys on vähentynyt vuoden 1996 jälkeen, mahdollisesti Rapionkankaan vedenottamon käyttöönoton jälkeen. Vedenottamon kaivojen kloridipitoisuuksien sijasta vuodesta 2000 eteenpäin on havainnoitu kaivojen vedestä koostuvaa verkostovettä, eikä suojauksen rakentamisen jälkeiseltä ajalta siten ole riittävästi tietoa arviointia varten. Vaikkakin pitoisuudet pohjavesiputkissa ovat olleet 2000-luvulla selvästi laskusuuntaisia, havaintojakso pohjavesiputkista ennen suojausta on liian lyhyt (3 vuotta) suojauksen vaikutuksen arvioimiseksi. Ennen suojausta kloridipitoisuus on vaihdellut havaintoputkessa HAT 1 välillä 35...100. mg/l ja kuusi vuotta suojauksen jälkeen välillä 10...60 mg/l. Ennen suojausta vaihteluväli putkessa HAT 2 oli noin 80..140 mg/l ja kuusi vuotta suojauksen jälkeen noin 30..90 mg/l.

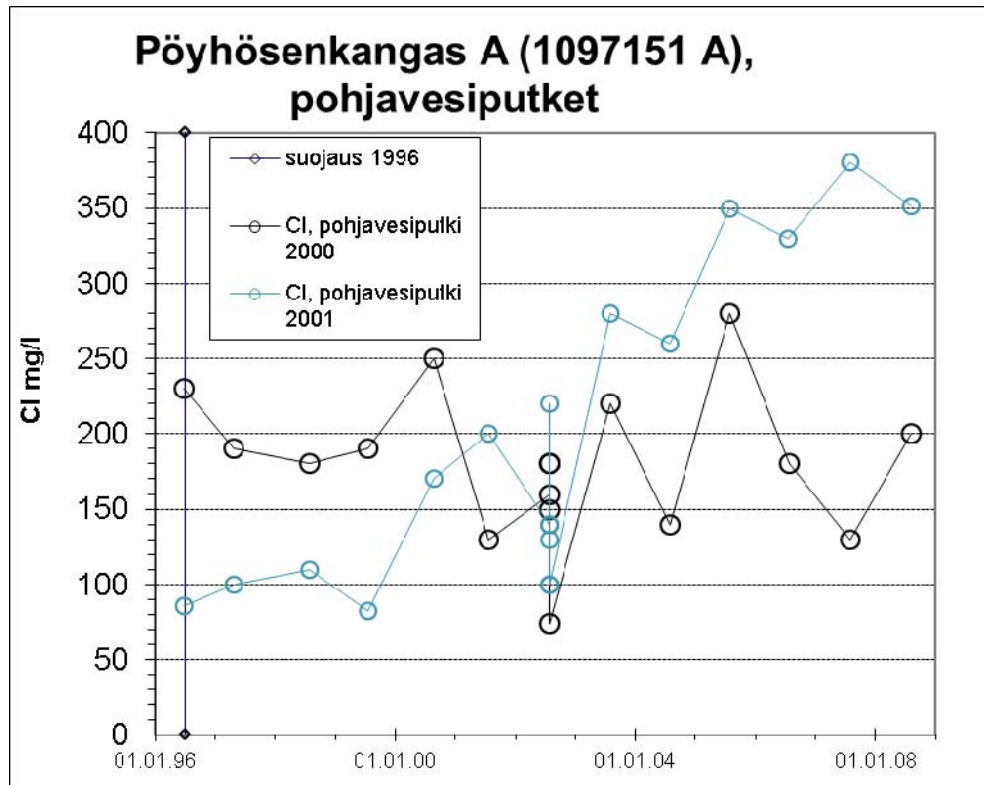
1.5 Kauhava, Pöyhösenkangas



Kuva 8. Kloridipitoisuuden ja vedenoton määrän kehitys Pöyhösen ja Tuomisillan ottamolla ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen.



Kuva 9. Kloridipitoisuuden kehitys Pöyhösen ottamolla vuodenajoittain ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen.

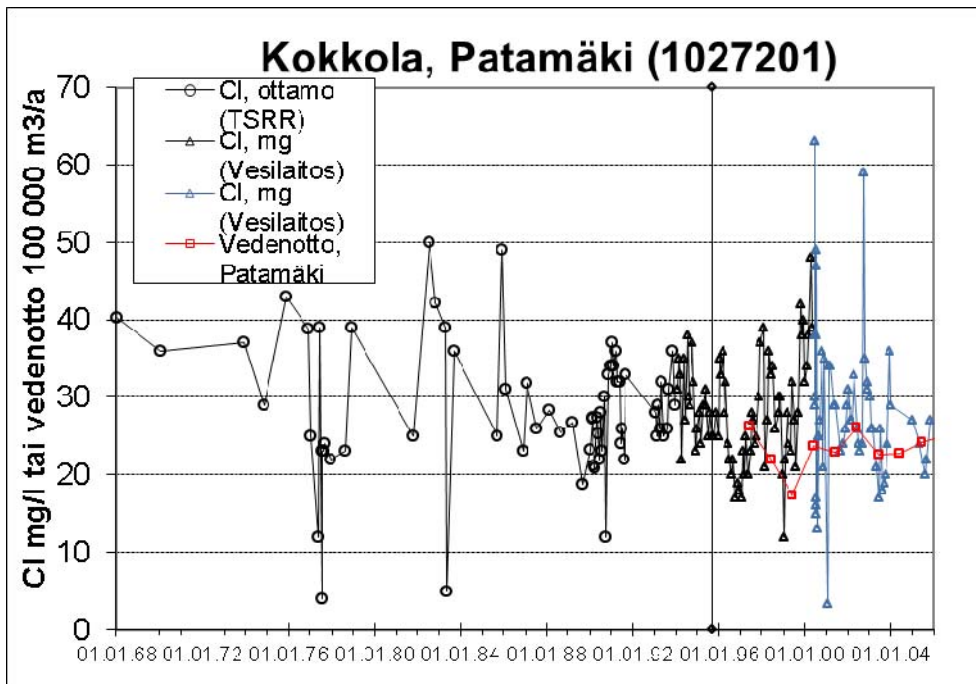


Kuva 10. Kloridipitoisuuden kehitys Pöyhösenkankaan havaintopisteissä pohjavesiputki 2000 ja pohjavesiputki 2001 ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen.

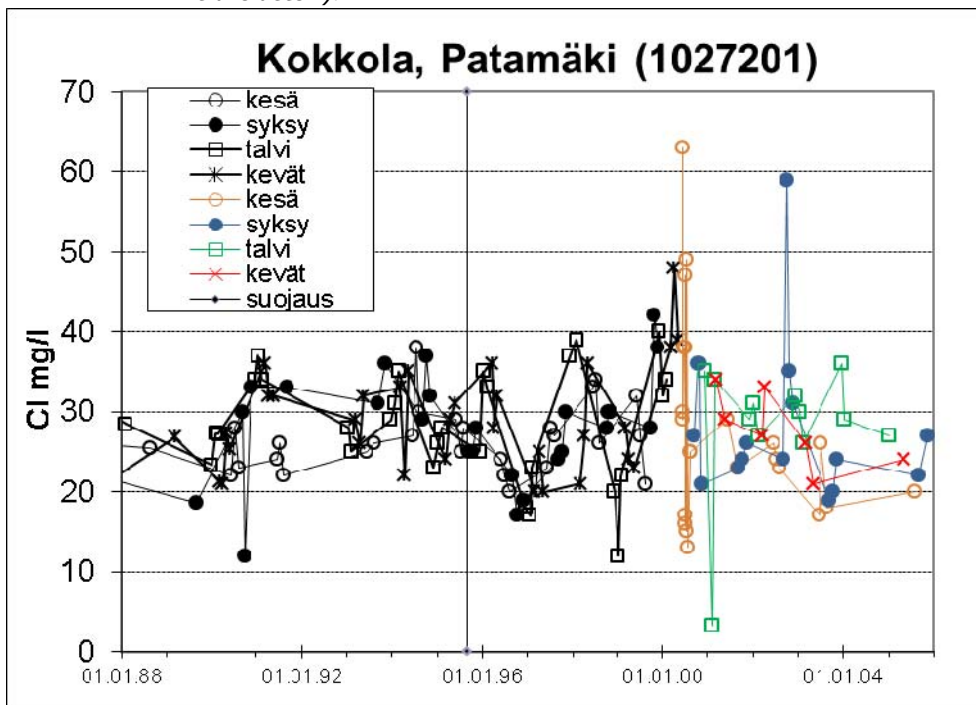
Kloridipitoisuus on lähtenyt nousuun vuonna 1995 rakennetun suojauksen jälkeen Pöyhösenkankaan ja Tuomisillan ottamoilla. Vuosilta 2000–2005 ei ole tuloksia saatavilla. Vuosina 2005 - 2009 pitoisuuden taso oli sama kuin suojauksen rakentamisen jälkeen tapahtuneen nousun aikana Pöyhösenkankaan ottamolla, ja tällä lyhyellä ajanjaksolla pitoisuuksien trendi oli laskusuuntainen. Suojauksen rakentamisen jälkeen tapahtuneen kloridipitoisuuden nousun jälkeen pitoisuus on palautunut samalle tasolle kuin ennen rakentamista havaintopisteessä Tuomisillan vedenottamo, ja vedenotto on samanaikaisesti vähentynyt. Pohjavesiputkista ei ole havaintotietoja ennen suojausten rakentamista. Kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden noussut noin 10 mg/l havaintopisteessä Pöyhösenkankaan vedenottamo.

Kohteeseen on rakennettu uudet suojaukset vuonna 2009, joiden jälkeisiä tuloksia käsitellään tässä raportissa.

1.6 Kokkola, Patamäki



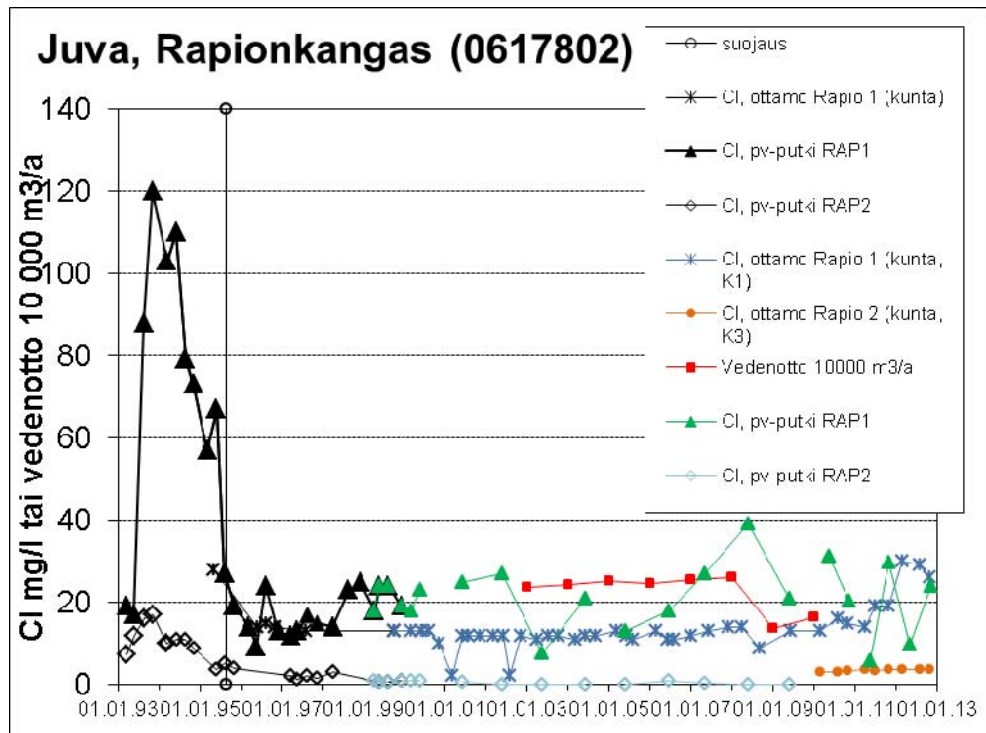
Kuva 11. Kloridipitoisuuden ja vedenottomäärän kehitys Patamäen ottamalla ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen (TSRR= tiesuolauksen riskirekisteri).



Kuva 12. Kloridipitoisuuden kehitys Patamäen ottamalla ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen vuodenajoittain.

Suojaus on rakennettu vuonna 1995. Suojauksen rakentamisen jälkeen kloridipitoisuuden tasossa ei ole tapahtunut merkillistä muutosta havaintopisteessä Patamäen ottamo. Kohteeseen rakennettiin lisää suojauksia vuonna 2005, ja rakentamisen jälkeisiä tuloksia on tarkasteltu tässä raportissa tarkemmin.

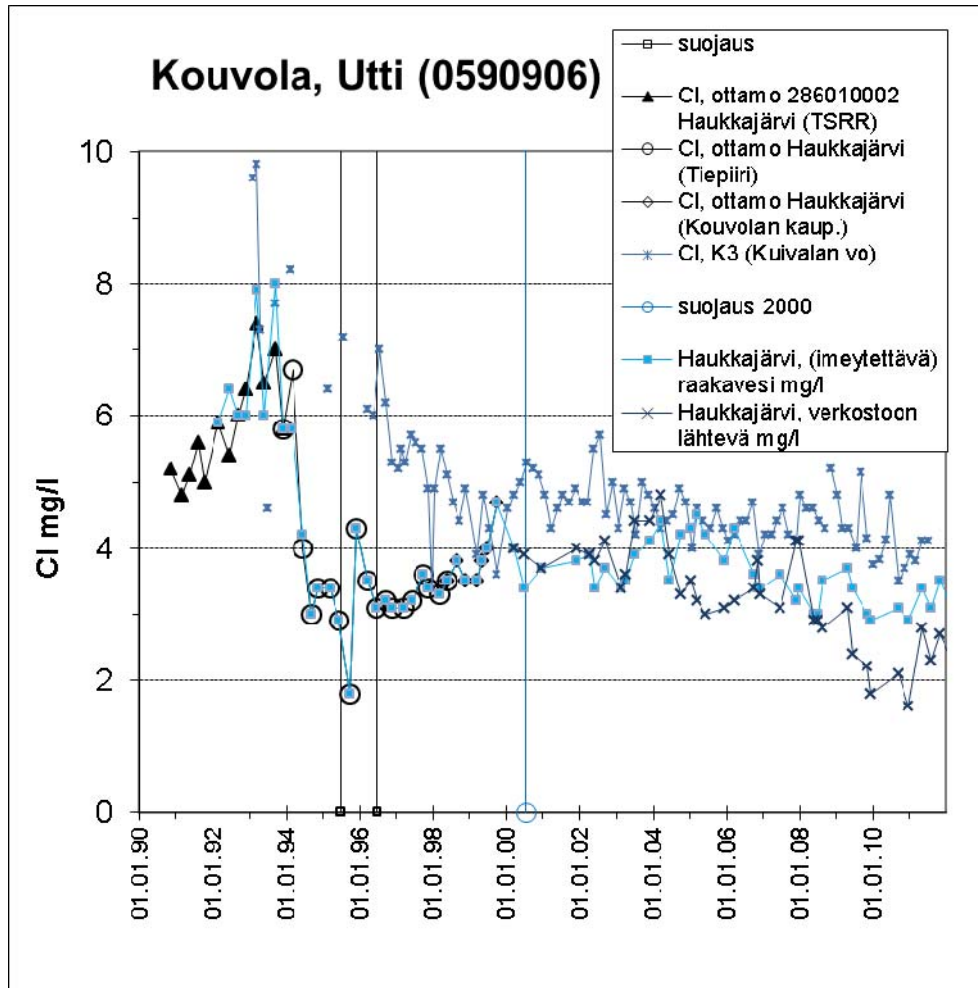
1.7 Juva, Rapionkangas



Kuva 13. Kloridipitoisuuden ja vedenottomäärän kehitys Rapion ottamon kaivoissa ennen ja jälkeen pohjaveden suojausten.

Suojaus on rakennettu vuonna 1995. Ennen suojausta on 2 vuoden seurantajaksolta kloridipitoisuushavaintoja putkista RAP 1 ja RAP 2. Havaintojakso on lyhyt. Suojauksen jälkeen pitoisuustasot ovat muuttuneet selvästi alhaisemmiksi pohjavesiputkissa. Rapion vedenottamolta tietoa ei ole riittävästi arviointia varten suojausten rakentamista edeltävältä ajalta. Ottamon kaivossa K1 (Rapio1) pitoisuus on lähtenyt nousuun ottamon kaivon K3 (Rapio 2) käyttöönoton jälkeen vuonna 2010.

1.8 Kouvola, Utti

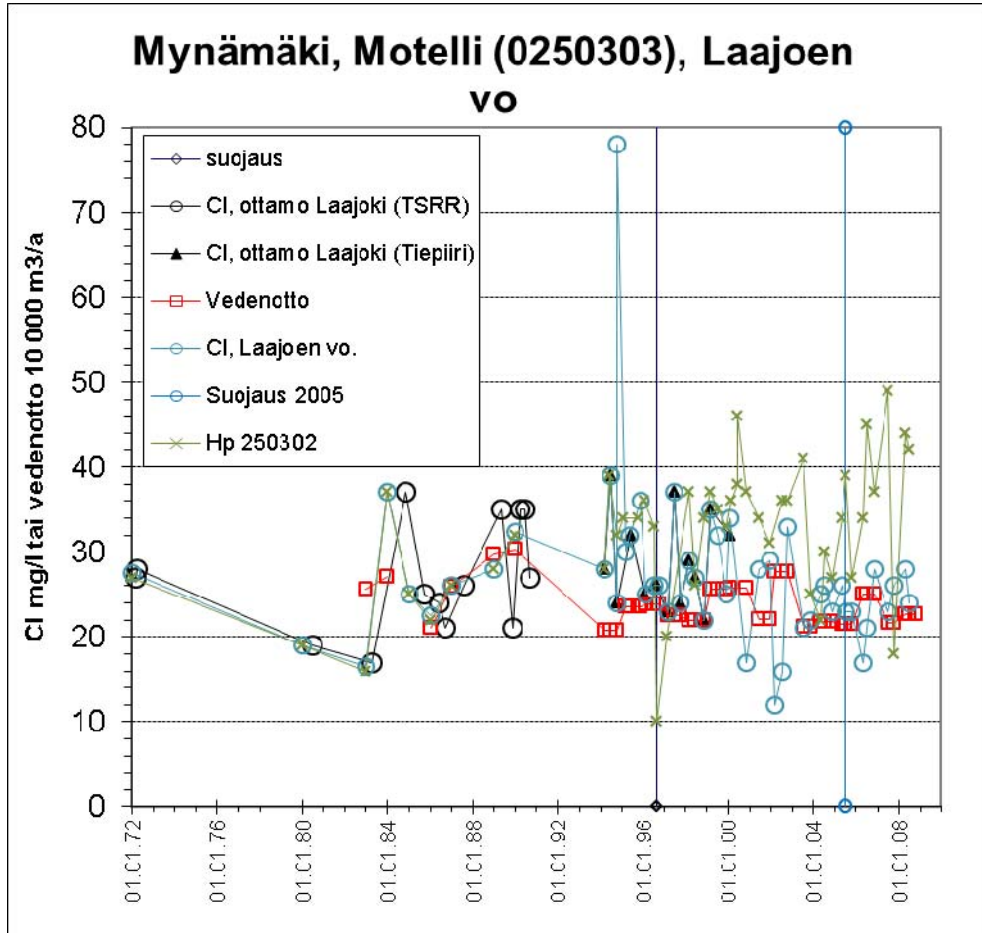


Kuva 14. Kloridipitoisuuden kehitys Haukkajärven ja Kuivalan ottamoilla ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen (TSRR= tiesuolauksen riskirekisteri).

Suojaus on rakennettu Kuivalan vedenottamon ja ABC liikekeskuksen kohdalle vuosina 1995 ja 1996. Vuonna 2000 rakennettiin suojaus Haukkajärven tekopohjavesilaitoksen läheisyyteen (suojauskuvaus: bentoniittimatto 1 cm, muovikalvo 0,3 mm, suojamaakerros 0,4 m, nurmetuskerros 0,1 m, salaojitettu, suojaustyyppi tierekisterissä 7). Pohjavesialueella sijaitsevat Haukkajärven ja Kuivalan ottamot ovat tekopohjavesilaitoksia. Vettä imeytetään pohjavesialueella viereisestä Haukkajärvestä. Tästä ns. raakavedestä mitataan erikseen kloridipitoisuus Haukkajärven käsittelylaitoksella ennen imeytystä, sekä Haukkajärven käsittelylaitokselta verkostoon johdettavasta vedestä. Kuivalan vedenottamon tulokset ovat lähinnä tietä olevasta kaivosta K3.

Raakaveden kloridipitoisuudessa on havaittu muutos vuosina 1994–1995, joka näkyy myös aikaisemmissa kloridipitoisuustuloksissa Haukkajärven ottamolta. Suojausvaikutuksesta kloridipitoisuustasoon ei voida tehdä selkeitä johtopäätöksiä, sillä Haukkajärvestä imeytettävä pohjavesi vaikuttaa pohjavesihavaintoihin pohjavesialueella.

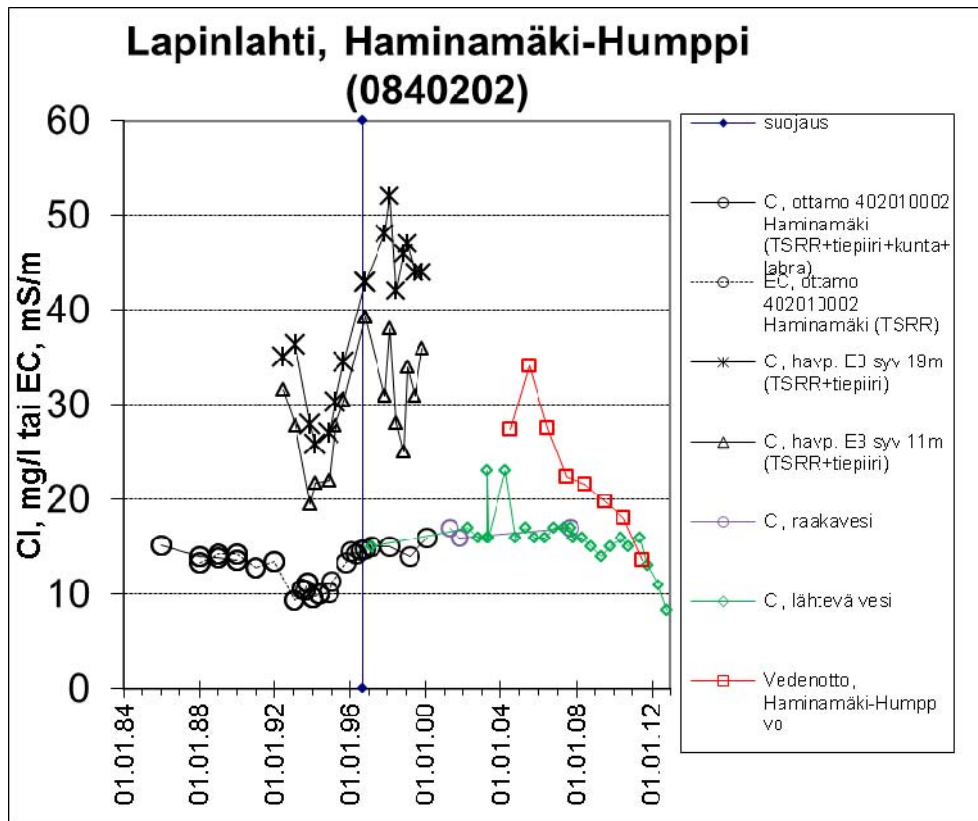
1.9 Mynämäki, Motelli



Kuva 15. Kloridipitoisuuden ja vedenottomäärän kehitys Laajoen ottamolla ja havaintopisteessä Hp 250302 ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen (TSRR= tiesuolauksen riskirekisteri).

Suojaus on rakennettu vuonna 1996. Laajoen ottamolla kloridipitoisuuden trendi on laskeva suojauksen jälkeen. Kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden laskenut noin 5 mg/l havaintopisteessä Laajoen vedenottamo ja noussut noin 10 mg/l havaintopisteessä putki 250302. Suojausta on täydennetty vuonna 2005 (rakenteessa bentoniitti 15 cm, tierekisterissä pohjaveden suojaustyyppi 4).

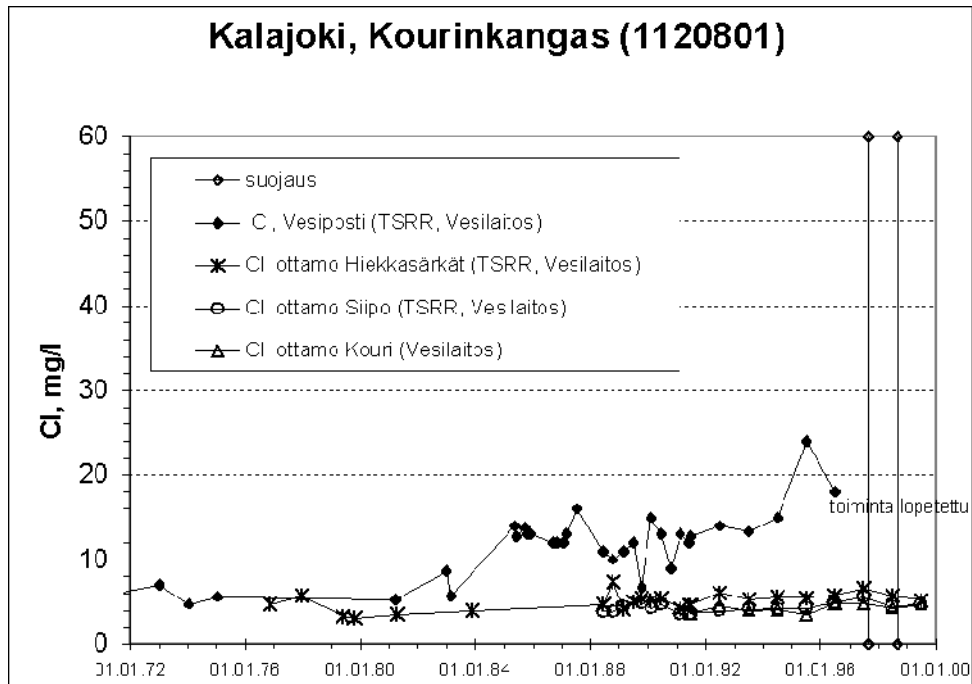
1.10 Lapinlahti, Haminamäki-Humppi



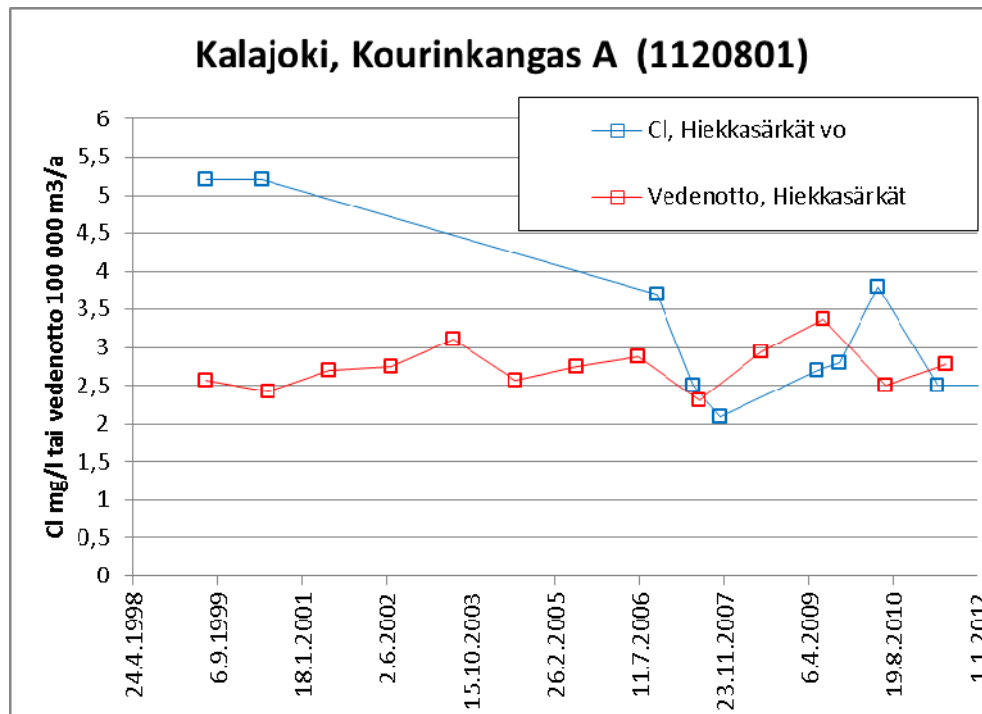
Kuva 16. Kloridipitoisuuden ja vedenottomäärän kehitys Haminamäki-Humppin ottamolla ja havaintopisteessä E3 ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen (TSRR= tiesuolauksen riskirekisteri).

Suojaus on rakennettu vuonna 1997. Haminamäki-Humppin vedenottamolla kloridipitoisuuden taso on ollut lievästi kasvava suojauksen jälkeen. Pitoisuus on lähtenyt laskuun vuoden 2011 jälkeen. Vedenoton määrä on laskenut samanaikaisesti ottamolla. Havaintopisteestä E3 ei ole tietoja. Tietojen perusteella suojaus ei ole vaikuttanut kloridipitoisuustasoon Haminamäki-Humppin ottamolla.

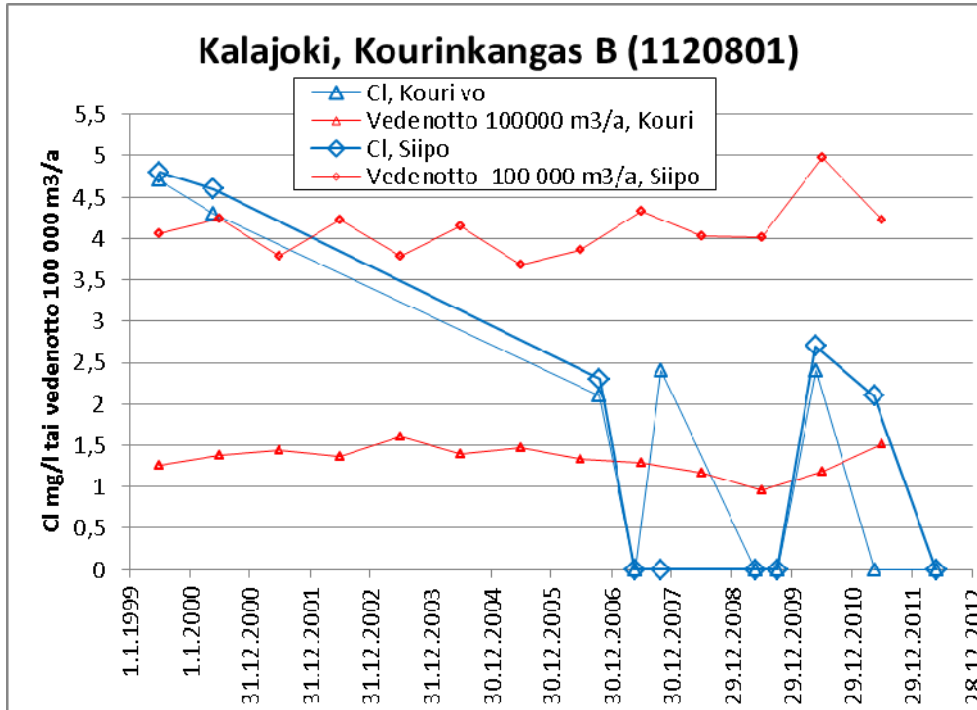
1.11 Kalajoki, Kourinkangas



Kuva 17. Kloridipitoisuuden kehitys Vesipostin, Hiekkasärkän, Siipin ja Kourin vedenottamoilla ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen vuoteen 2000 saakka (TSRR= tiesuolauksen riskirekisteri).



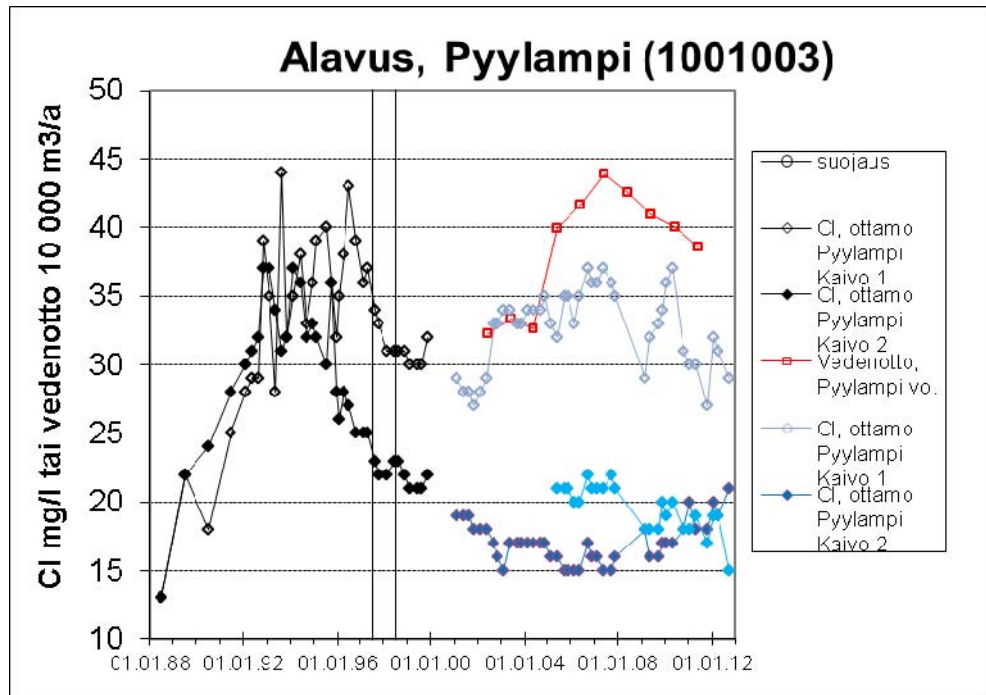
Kuva 18. Kloridipitoisuuden ja vedenottomäärän kehitys Hiekkasärkän vedenottamolla pohjaveden suojauksen jälkeen 1999-2012.



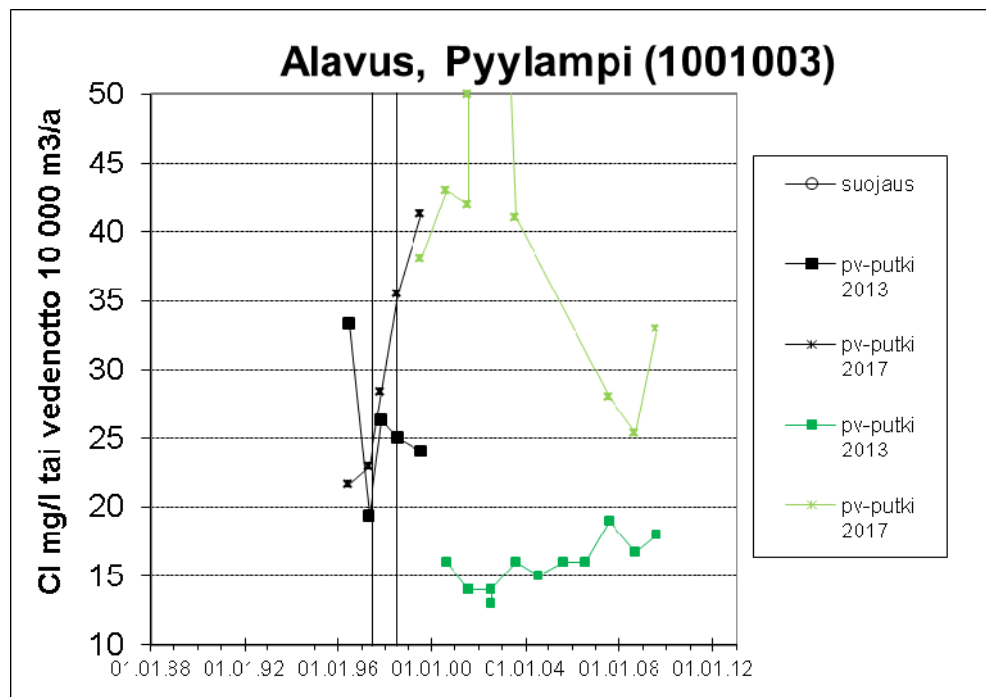
Kuva 19. Kloridipitoisuuden ja vedenottomäärän kehitys Kourin ja Siipon vedenottamoilla pohjaveden suojauksen jälkeen 1999-2012.

Suojaus on rakennettu vuosina 1998 ja 1999. Vesipostin ottamon toiminta päättyi ennen suojausten rakentamista. Hiekkasärkän, Siipon ja Kourin vedenottamoilla pitoisuudet ovat varsin alhaisia. Kloridipitoisuudet ennen suojausta ovat noususuuntaisia ja suojauksen jälkeen laskusuuntaisia. Siipon ja etenkin Kourin vedenottamot sijaitsevat niin kaukana suolattavasta valtatiestä 8, että niiden vedenlaatuun suolaus tuskin vaikuttaa. Kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden laskenut noin 2 mg/l havaintopisteissä Kourin, Siipon ja Hiekkasärkkien vedenottamot.

1.12 Alavus, Pyylampi



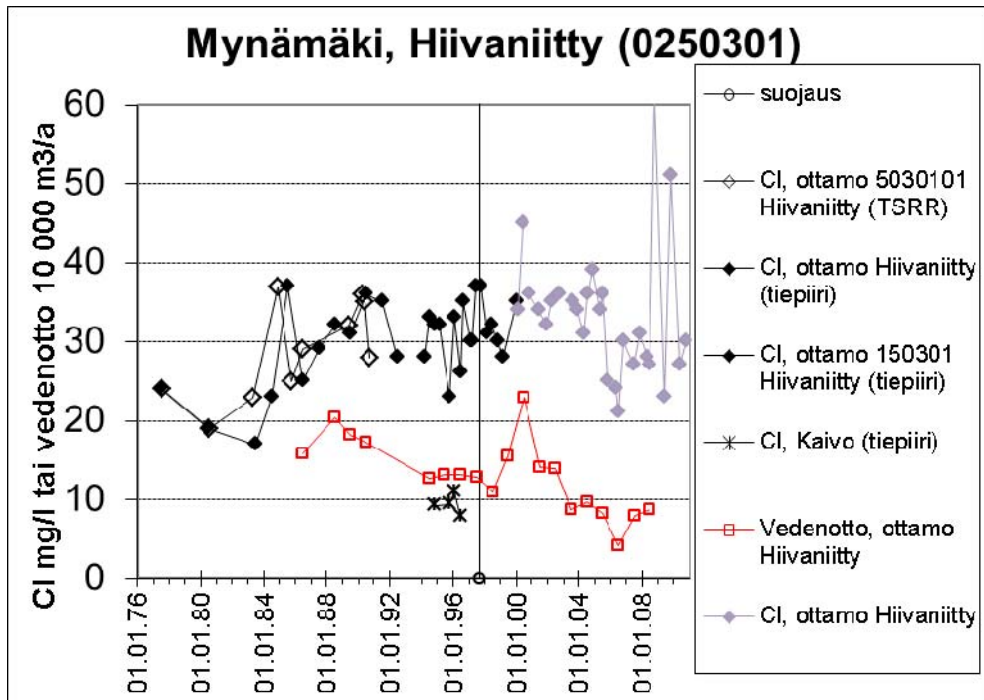
Kuva 20. Kloridipitoisuuden ja vedenottomäärän kehitys Pyylammen vedenottamolla ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen.



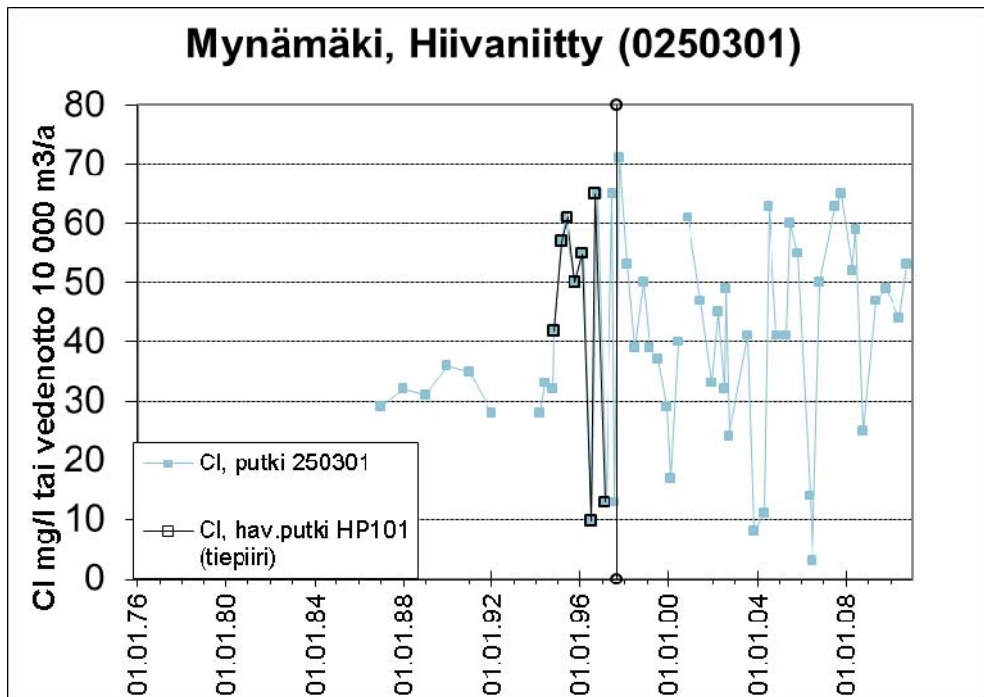
Kuva 21. Kloridipitoisuuden kehitys Pyylammen pohjaveden havaintopisteissä pvputki 2013 ja pvputki 2017 ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen

Suojaus on rakennettu vuosina 1996 ja 1997. Ottamalla on otettu kaivo 3 käyttöön suojauksen rakentamisen jälkeen vuonna 2005. Kaivon 2 pitoisuus on ollut melko voimakkaan laskusuuntainen jo ennen suojausta. Kaivon 1 pitoisuus on ollut noususuuntainen ennen suojausta. Kloridipitoisuustaso on karkeasti arvioiden laskenut (havaintojakso ennen suojausta v. 1992–1996 ja suojauksen jälkeen v. 1997–2012) noin 3 mg/l havaintopisteessä Pyylammen ottamon kaivo 1 ja noin 5...8 mg/l havaintopisteessä Pyylammen ottamo kaivo 2. Analyysiä vaikeuttavat pitoisuuksien voimakkaat vaihtelut ja melko voimakas laskusuuntainen pitoisuuden kehitys ennen suojausta (kaivo 2). Kaivon 2 laskusuuntaisen pitoisuuden kehityksen perusteella ennen suojausta tulokseen voivat vaikuttaa suojauksen lisäksi myös muut tekijät kuten suolauksen määrä. Pohjavesiputkista 2013 ja 2017 on vain lyhyet havaintojaksot ennen suojausta, joiden perusteella ei voi tehdä johtopäätöksiä suojauksen toimivuudesta.

1.13 Mynämäki, Hiivaniitty



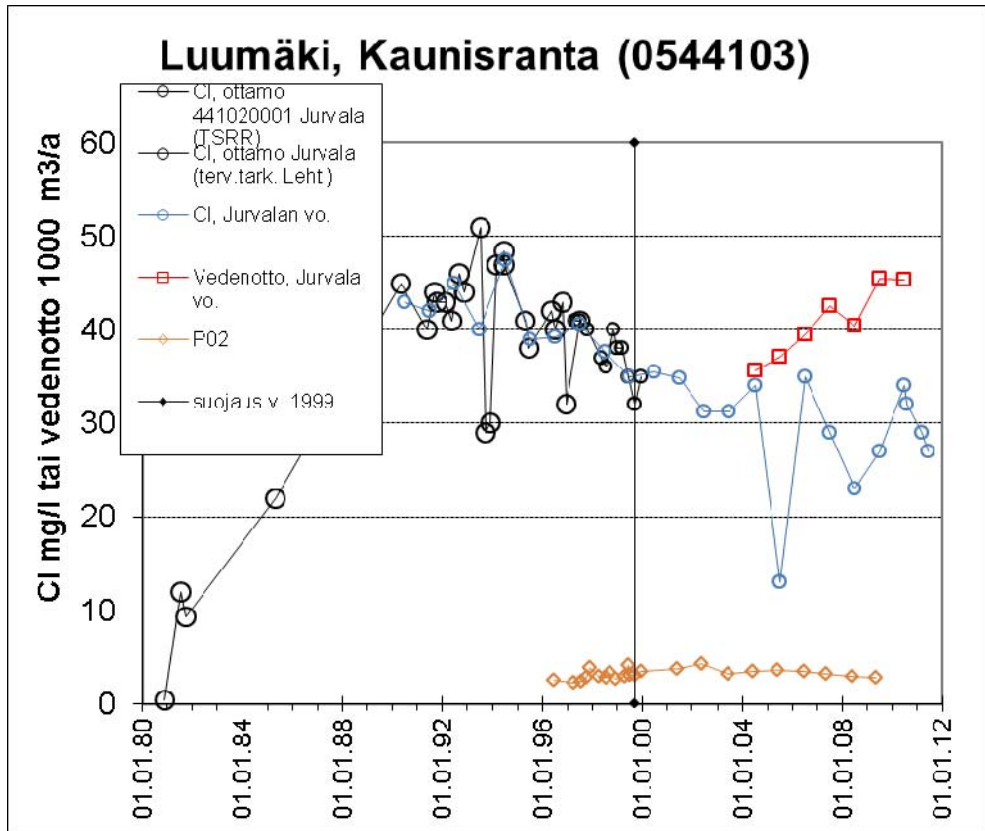
Kuva 22. Kloridipitoisuuden ja vedenottomäärän kehitys Hiivaniityn vedenottamolla ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen.



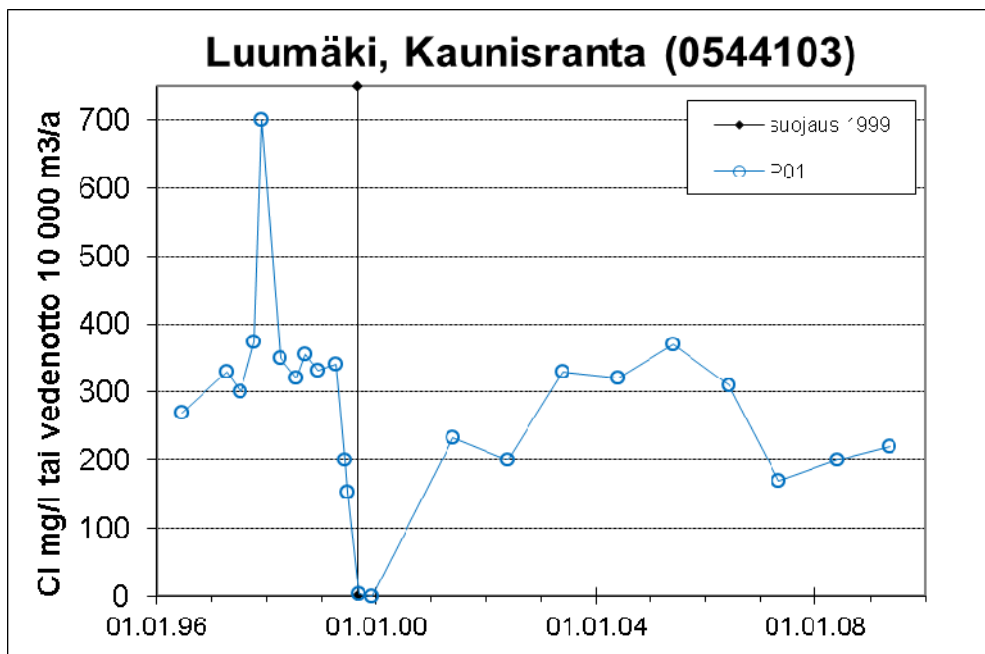
Kuva 23. Kloridipitoisuuden kehitys Hiivaniityn havaintopisteessä HP 101 ja putki 250301 ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen.

Suojaus on rakennettu vuonna 1997. Suojauksen jälkeen kloridipitoisuus on ottamalla ollut noususuuntainen vuoteen 2005, eikä suojaus ole vaikuttanut pitoisuuksiin. Vuodesta 2005 lähtien kloridipitoisuudet ottamalla ovat pienentyneet ja pitoisuuksien hajonta kasvanut. Vedenoton taso on laskenut samanaikaisesti. Suojauksen vaikutuksesta ei voida tehdä selkeitä johtopäätöksiä, sillä muita vaikuttaneita tekijöitä voivat olla muutokset vedenotossa tai suolausmäärässä. Pohjavesiputkessa pitoisuus vaihtelee voimakkaasti eikä suojauksella ole ollut vaikutusta pohjavesiputkesta havaittuihin tuloksiin.

1.14 Luumäki, Kaunisranta



Kuva 24. Kloridipitoisuuden ja vedenottomäärän kehitys Jurvalan vedenottomolla ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen (TSRR= tiesuolauksen riskirekisteri).



Kuva 25. Kloridipitoisuuden kehitys Kaunisrannan havaintopisteessä P01 ennen ja jälkeen pohjaveden suojauksen.

Suojaus on rakennettu vuonna 1999. Edellisessä julkaisussa esiintyi rakennusvuosi 1998. Pitoisuus ottamalla on ollut laskusuuntainen ennen ja jälkeen suojausten. Pohjavesiputkista PO1 ja PO2 pitoisuustietoa on vain vähän ennen suojausta. Pohjaveden kloridipitoisuuden vähenemiseen on voinut olla muita vaikuttavia tekijöitä, eikä tietojen perusteella voida tehdä johtopäätöksiä suojausten vaikutuksesta kloridipitoisuu-teen havaintopisteissä.

1.15 Yhteenveto

Tielaitos on tutkinut tässä liitteessä käsiteltävien suojausten toimivuutta myös aiemmin vuonna 2000 (Luiskasuojausten vaikutuksista pohjaveden kloridipitoisuuteen eräissä kohteissa, Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 42/2000). Aiemmassa tutkimuksessa kohteet jakautuivat kolmeen lähes yhtä suureen ryhmään:

1. Kloridipitoisuus lähtenyt laskuun tai nousu taittunut suojausten rakentamisen jälkeen.
2. Kloridipitoisuus jatkanut nousua myös suojausten rakentamisen jälkeen.
3. Suojaus on niin uusi, ettei luotettavaa arviota kloridipitoisuuden kehityksestä voida esittää.

Nyt tehdyn uudelleentarkastelun tavoitteena on ollut selvittää, muuttaako pidempi tarkastelujakso vuonna 2000 tehtyjä johtopäätöksiä suojausten toimivuudesta. Yhteenveto tarkastelun tuloksista on esitetty taulukossa 1. Uudelleentarkastelu ei tuottanut uutta tietoa ennen vuotta 2000 rakennettujen suojausten toimivuudesta, koska kohteissa on tapahtunut muutoksia, joilla saattaa olla suurempi merkitys kloridipitoisuuden kehitykselle, kuin alkuperäisen suojausten rakentamisella. Kohteiden kloriditiedoissa on myös paljon puutteita joko ennen tai jälkeen suojausten rakentamisen. Lisäksi teiden suolausmäärien vaikutusta ei ole analysoitu, koska kohdekohtaista tietoa ei ole saatavilla.

Taulukko 1. Perustiedot suojatuista kohteista. Tiedossa olevat puutteet (pelkkä **maatiiviste, ei kattava** ja **On** muita suolattavia ja suojaamattomia teitä) sekä kloridipitoisuuden kehitys (mikäli **nousussa**) on **lihavoitu**.

Kohde Kunta, pv-alue	Suojaustyyppi/ kattavuus (vuonna 2000)	Suojausvuosi	On muita suolattavia ja suojaamattomia teitä pv-alueella (O)/ ei ole (E) (vuonna 2000)	Kloridipitoisuuden kehitys suojausten jälkeen	
				Aiemman tutkimuksen perusteella (v.2000)	Tämän tutkimuksen perusteella (v.2014)
Masku, Karevansuo (Liite1)	Maatiiviste/kattava tien oikealla puolella muovikalvo	1992	E	Laskussa	Nousussa
Luumäki, Taavetti (Liite 2)	Maatiiviste, muovitettu kuitukangas, paikoin bentoniittimaa/ ei kattava 2002, 2005: bentoniittimatto, muovi/ ei kattava	1994 Suojausta uusittu v. 2002 ja 2005. Kaliumformaattikokeilu vuodesta 2004	E	Tasaantunut	Laskussa uusimman suojauksen valmistuttua vedenottamon läheisyyteen. Myös muutoksilla vedenotossa, suojauksen osittaisella uusimisella ja kaliumformaattikokeilulla voi olla vaikutusta.
Ylöjärvi, Ylöjärvenharju (Liite 3)	Vaihdellen bent.maa, bent.matto, muovi/ ei kattava 2007 ja 2008 bentoniittimatto ja muovi/ ei kattava	1994...1997 ja 2007-2008	E	Enimmäkseen laskussa	Ottamokohtaisesti laskussa tai ei muutosta . Suojauksen täydentämisellä voi olla vaikutusta. Kloriditiedoissa on puutteita.
Juva, Hatsola (Liite 4)	Muovitettu kuitukangas/ kattava	1994	E	Laskussa	Havaintojakso ennen suojausta on liian lyhyt vaikutuksen arvioimiseksi. Kloriditiedoissa on puutteita myös suojauksen jälkeen (havainnot verkostovedestä).
Kauhava, Pöyhösenkangas, (Liite 5)	Bent.maa (ottamalla), maatiiviste ja muovikalvo/ kattava	1995, 1996	E	Nousussa	Nousu tasaantunut. Kloriditiedoissa on puutteita (v. 2000 - 2005 tuloksia ei saatavilla).
Kokkola, Patämäki (Liite 6)	Bentoniittimatto/ ei kattava	1995	O	Nousussa	Ei merkittävää muutosta
Juva, Rapionkangas (Liite 7)	Bentoniittimaa/ kattava	1995	E	Vaihteleva	Havaintojakso ennen suojausta on liian lyhyt vaikutuksen arvioimiseksi.
Kouvola, Utti (Liite 8)	Bentoniittimatto (tien oikea puoli), bentoniittihiekka (vas.), ja koealueet/ ei kattava v. 2000 bentoniittimatto, muovi/ ei kattava	1995, 1996, 2000	E	Tasainen/ nousussa	Kloriditiedoissa on puutteita (tekopohjavesilaitokset).

(Taulukko 1. Jatkuu seuraavalla sivulla.)

Taulukko 1 (jatkuu edelliseltä sivulta).
Perustiedot suojaetuista kohteista. Tiedossa olevat puutteet (pelkkä maatiiviste, ei kattava ja On muita suolattavia ja suojaamattomia teitä) sekä kloridipitoisuuden kehitys (mikäli nousussa) on lihavoitu.

Kohde Kunta, pv-alue	Suojaustyyppi/ kattavuus (vuonna 2000)	Suojausvuosi	On muita suolattavia ja suojaamattomia teitä pv-alueella (O)/ ei ole (E) (vuonna 2000)	Kloridipitoisuuden kehitys suojausten jälkeen	
				Aiemman tutkimuksen perusteella (v.2000)	Tämän tutkimuksen perusteella (v.2014)
Mynämäki, Motelli (Liite 9)	Bentoniittimaa/ ei kattava v. 2005 bentoniittimaa/ kattava	1996 2005	E	Voimakkaasti vaihteleva	Laskussa ottamalla. Suojauksen täydentämisellä voi olla vaikutusta.
Lapinlahti, Haminämäki- Humppi (Liite 10)	Maatiiviste/ ei kattava	1996	E	Tasaantunut/ nousussa	Laskussa. Muutoksilla vedenotossa voi olla vaikutusta.
Kalajoki, Kourinkangas (Liite 11)	Bentoniittimatto/ kattava	1997, 1998	E	Laskussa/ tasainen	Laskussa. Suolaus ei luultavasti vaikuta Siipon ja Kourin vedenottamoilla havaittuihin kloridipitoisuuksiin.
Alavus, Pyy- lampi (Liite 12)	Bentoniittimatto/ kattava	1997, 1998	E	Tasainen	Laskussa. Laskeva suuntaus alkanut ennen suojausten rakentamista.
Mynämäki, Hiivaniitty (Liite 13)	Bentoniittihiekka, maatiiviste/ ei kattava v. 1998 bentoniittihiekka (Maansillan pohjavesialueen suojaus)/kattava	1997	E	Tasainen	Nousussa, mutta myöhemmin laskussa vedenoton vähennyttyä (pitoisuuksien hajonta kasvanut voimakkaasti).
Mikkeli, Pursiala	Bentoniittimaa/ ei kattava	1998	E	Laskussa	Ei mukana tarkastelussa. Laaja-alainen maainestenoito ja samalla alueella sijaitseva teko-pohjavesilaitos vaikeuttavat arviointia. Alueella on sijainnut aiemmin kaatopaikkoja (mahdollinen vaikutus kloridipitoisuuteen). Osa vanhoista kaatopaikoista on nykyisin kunnostettuja, eikä niiden arvioida vaikuttavan enää kloridipitoisuuteen.
Luumäki, Kaunisranta (Liite 14)	Maatiiviste ja etuluis- kassa bentoniittimatto/ kattava	1999	E	Laskussa (myös ennen suojausta)	Laskussa. Muiden tekijöiden vaikutus on todennäköistä.

