

Terrafame Oy:n purkuvesien leviäminen ja käyttäytyminen Sotkamon Nuasjärvellä tammi- helmikuun vaihteessa 2017



Jari Mäkinen



Kuva Pekka Forsman

08.05.2017 / 28/2017

Tekijät Mäkinen Jari		Raportin laji 08.05.2017 / 28/2017	
		Toimeksiantaja	
Raportin nimi Terrafame Oy:n purkuvesien leviäminen ja käyttäytyminen Sotkamon Nuasjärvellä tammi- helmikuun vaihteessa 2017			
Tiivistelmä Tutkimuksessa selvitettiin Terrafame Oy:n purkuvesien vaikutusta ja leviämistä Nuasjärveen tammi-helmikuun vaihteessa 2017. Koko vesirungon kattavia vedenlaadun mittauksia tehtiin yhteensä 118 pisteestä ja vesinäytteitä otettiin kuudesta pisteestä. Tulosten mukaan happitilanne Nuasjärvessä on vielä keskitalvella hyvä, sillä happipitoisuus pintavedessä oli keskimäärin 12,6 mg/l. Pohjanläheisessä vesikerroksessa happea oli vastaavasti 6,2 mg/l. Talven aikaan järveen on syntynyt lämpötilakerrostuneisuus ja voimakas kemiallinen kerrostuneisuus. Kemiallisesti kerrostuneen alueen (kemokliini, sähkönjohtavuus $\geq 100 \mu\text{S/cm}$) syvyys on keskimäärin 7,5 m, pinta-ala 1604 ha ja vaikutus ulottuu n. 4 km etäisyydelle purkuputkesta ja Jormasjoen suulta. Suurimpia sulfaattipitoisuuksia ja sähkönjohtavuusarvoja tavattiin purkuputken kaakkoispuolella, Petäjaniemen edustalla, missä sulfaattipitoisuus pohjan läheisessä vesikerroksessa oli 210 mg/l ja sähkönjohtavuus 486 $\mu\text{S/cm}$. Tulosten perusteella voidaan päätellä, että sulfaattipitoinen vesi kulkeutuu tehokkaimmin purkuputken luode- itä-kaakko-sektorille pohjavirtausten ja/tai loivan topografisen kaltevuuden vuoksi. Useiden kaivospäästöille tyypillisten alkuaineiden pitoisuudet pohjanläheisessä vesikerroksessa korreloivat sulfaattipitoisuuden kanssa, mikä osoittaa niiden kulkeutuneen purkuputkesta syvänteisiin (esim. kalsium, magnesium ja natrium). Syvänteissä esiintyy runsaasti myös mangaania (max. 1000 $\mu\text{g/l}$), mutta sen pitoisuusvaihtelu ei liity suoranaisesti sulfaatin määrään. Siksi osa mangaanista näyttää kulkeutuvan sedimentistä alusveteen.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Nuasjärvi, Terrafame Oy, purkuputki, vedenlaatu, YSI, Cast Away, sähkönjohtavuus			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Sotkamo, Nuasjärvi			
Karttalehdet			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi		Arkistotunnus	
Kokonaissivumäärä	Kieli	Hinta	Julkisuus

Yksikkö ja vastuualue		Hanketunnus	
Allekirjoitus/nimen selvennys  Jouni Pihlaja  Jari Mäkinen		Allekirjoitus/nimen selvennys	



Sisällysluettelo

Kuvailulehti

1	Johdanto	5	
2	Aineisto ja menetelmät	5	
3	tulokset	5	
3.1	YSI-mittaukset: happi, pH, ORP		5
3.2	YSI- ja CastAway-mittaukset: sähkönjohtavuus ja lämpötila		6
3.3	Veden kemiallinen koostumus		7
4	Johtopäätökset	7	

1 JOHDANTO

Terrafame Oy:n kaivokselta tulee tuleen kuormitusta Nuasjärveen sekä Jormasjoen kautta että Juurikkalahden edustalle 3.11.2015 käyttöön otetun purkuputken kautta. Kuormituksen vaikutusta on viime vuoden aikana seurattu tehostetusti ja tämän tutkimuksen tarkoitus on jatkaa seurantaa. Erityisesti tavoitteena on selvittää sulfaattikuormituksen kulkeutumista ja kemiallisen kerroksellisuuden kehittymistä talven aikana tekemällä useita, koko vesirungon kattavia mittauksia purkuputken lähiympäristössä ja sulfaattipitoisen veden leviämialueella.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Vedenlaadun profiilimittaus tapahtui kahdella eri instrumentilla: 1) YSI-ProDSS-sondi, jossa oli DO (liuennut happi, mg/l), ODO (happiprosentti, %), T (lämpötila, °C), pH, ORP (redox- eli hapetus-pelkistyspotentiaali, mV) ja sähkönjohtavuus-anturit (=ominaissähkönjohtavuus, SPC, $\mu\text{S}/\text{cm}$, lämpötilakorjaus 25 °C). Laitteeseen oli saatavilla vain 30 m kaapeli. Lisäksi oli käytössä 2) Cast Away-sondi, jolla mitattiin lämpötila (T, °C) ja sähkönjohtavuus ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (<http://www.sontek.com/productsdetail.php?CastAway-CTD-11>).

YSI-profiilimittauksia tehtiin 11 pisteestä, joista 10 oli velvoitetarkkailupisteitä (Kuva 1, Taulukko 1). Mittaukset ja näytteenoton suorittivat Forsman Pekka ja Stranius Tuomo (GTK). CastAway-mittauksia tehtiin 107 pisteestä (Kuva 2, Taulukko 2). Lisäksi kuudesta pisteestä otettiin vesinäytteet kolmelta eri syvyydeltä: pinnasta 1 m syvyydeltä, 1 m pohjan yläpuolelta sekä niiden keskeltä Limnos-vesinäytteenottimella (Kuva 1, Taulukko 1). Vesinäytteistä mitattiin pH, sähkönjohtavuus, DOC- (liuennut orgaaninen aines) ja sulfaattipitoisuudet, sekä tehtiin monialkuainemääritykset kokonais- ja liukoisina pitoisuuksina (Ramboll Oy, Taulukko 3).

Ylemmällä vesikerroksella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa koko vesirunkoa, joka on n. 1 m pohjan yläpuolella ja siitä ylöspäin pintaan saakka. Pohjanläheisellä vesikerroksella tarkoitetaan 0 – 1 m pohjan yläpuolella olevaa alusvettä. Tulokset esitettiin sekä alueellisina karttaesityksinä että koko näyteprofiiliin kuvaajina valikoiduista pisteistä.

Termokliinin rajapinta määriteltiin tässä tutkimuksessa syvyyteen, minkä alapuolella veden lämpötila on yli 1 °C ja kemokliinin rajapinta syvyyteen, minkä alapuolella veden sähkönjohtavuus on yli 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Rajaksi valittiin 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ koska sen alapuoleinen vesi voidaan olettaa olevan talviaikana pysyvästi kerrostunut. Kemokliinitason interpolointia varten syvyydet normeerattiin vedenpinnan tasoon 137,9 m m.p.y. NN. Vedenpinta oli 1.2.2017 tasolla 137,25 m m.p.y. (NN), mikä on 65 cm pinnan alapuolella. Graafisissa X-Y-esityksissä 0-taso on mittauspäivän vedenpinnan taso.

3 TULOKSET

3.1 YSI-mittaukset: happi, pH, ORP

Happitilanne Nuasjärven pintaosassa on hyvä, sillä happipitoisuus on keskimäärin 12,6 mg/l ja happiprosentti 86,6 %, eikä mainittavaa alueellista vaihtelua esiinny (Kuva 6, 1 – 4 m). Myös pohjanläheisessä vesikerroksessa happitilanne on hyvä, sillä happipitoisuus on keskimäärin 6,2

mg/l ja happiprosentti 62,6 %. Pientä alueellista vaihtelua esiintyy, sillä Muuraussaaren pohjoispuoleisella syvänealueella happipitoisuus pienenee eniten (Kuvat 3 ja 6).

pH ja ORP ovat keskimäärin 6,2 ja 226 mV ja alueellisesti alhaisimmat pH-arvot ja korkeimmat ORP-arvot esiintyvät purkuputken länsipuoleisessa syvänteessä (NjL6, Nj23 ja Nj46, Kuvat 4, 5 ja 7).

3.2 YSI- ja CastAway-mittaukset: sähkönjohtavuus ja lämpötila

Yleispiirteinä voidaan todeta, että Nuasjärveen on kehittynyt talviaikainen kemiallinen (sulfaatti = sähkönjohtavuus) ja lämpötilakerrostuneisuus ja termokliini on yleensä kemokliinin yläpuolella (Kuva 8). Kemiallinen kerroksellisuus on voimakkainta purkuputken läheisissä syvänteissä, Muuraussaaren eteläpuoleisessa altaassa, missä esiintyvät myös suurimmat sähkönjohtavuusarvot (Kuva 9). Neljä suurinta sähkönjohtavuusarvoa omaavaa pistettä sijaitsee Petäjaniemen edustalla (2017_02 97, NjL2 01_2017, 2017_02 96 ja 2017_02 86; 486 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 482 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 434 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ja 427 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Sähkönjohtavuusjakauman perusteella purkuputkesta tullut vesi kulkeutuu tehokkaimmin luoteis-itä-kaakko sektorille. Suuntaus johtuu pohjavirtauksista ja/tai loivasta pohjan topografisesta kaltevuudesta kaakkoon.

Purkuputken läheisyydessä on myös veden lämpötila keskimäärin alhaisinta, mikä johtuu todennäköisesti siitä, että putkesta purkautunut kylmä ja sulfaattia sisältävä vesi kulkeutuu sekä luoteeseen että kaakkoon (Vrt. Kuvat 9 ja 10). Voimakkaista vedenlaadun vaihteluista johtuen maksimilämpötilan ja maksimisyvyyden välinen yhteys vaihtelee epälineaarisesti (Kuva 11). Muuraussaaren pohjoispuoleisella syvänealueella sähkönjohtavuus on alhaista ja veden lämpötila korkeampi kuin eteläpuoleisella, purkuputken lähistöllä olevassa altaassa.

Pohjan topografiasta, virtauksista ja vedenlaadun eroista johtuen termokliinin ja kemokliinin syvyys ja niiden välinen ero vaihtelee alueittain (Kuvat 12, 14 – 21). Pinnat ovat matalimmillaan Jormasjokisuun ja Petäjaniemen edustoilla. Syvimmillään tasot ovat Muuraussaaren ja Selkäsaaren välisellä syvänealueella. Keskimäärin 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -kemokliini oli 7,5 m syvyydellä. Pienimmillään tasojen välinen syvysero on purkuputken läheisyydessä ja sen itäpuolella (Kuva 15). Kolmen merkittävimmän syvännepisteen kohdalla kemokliini on siten kohonnut marraskuun lopusta n. 3,5 m (NjL3, Nj35, Nj46, GTK:n raportti, Terrafame Oy:n purkuvesien leviäminen ja käyttäytyminen Sotkamon Nuasjärvellä loka- ja marraskuussa 2016).

Kemokliinin taso interpoloitiin pistekohtaisten syvyystietojen perusteella. Pistekohtaiset kemokliinin syvyystiedot normeerattiin keskivedenpintaan. Koska mitattu pistedata kattaa vain kertymältaan sisällä olevan alueen (Kuva 12), ekstrapoloitiin alueen reunojen ulkopuolelle lisäpisteiden avulla. Ekstrapolointia varten tarvittavien pisteiden syvyydet pidettiin samoina kuin ulommaisten havaittujen pisteiden syvyydet. Näin mahdollistettiin kemokliinin yläpinnan leikkaaminen pohjan topografian avulla ja edelleen kemokliinin pinta-alan laskeminen. Laskennan mukaan 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ kemokliinitason pinta-ala on 1604 ha (Kuva 13).

Myös pohjanläheisen vesikerroksen ominaisuudet vaihtelevat. Yleispiirteinä on, että purkuputken läheisyydessä kylmä ja sulfaattipitoinen vesi virtaa pohjan tuntumassa ja vertikaalinen vaihtelu on voimakasta (Kuvat 18 ja 20). Ilmeisesti kysymys on kohteista, missä sulfaattipitoisen veden virtaus on voimakasta. Sen sijaan alueilla, missä sekä lämpötila että sähkönjohtavuus kohoavat kohti pohjaa, vertikaalinen vaihtelu on tasaisempaa (Kuvat 19 ja 21). Näissä kohteissa virtaus olisi siten hieman heikompi. Tähän viittaa myös se, että syvimmillä alueilla yleensä pohjanläheisessä vesikerroksessa ei tapahdu suuria muutoksia (Kuva 8). Näin ei kuitenkaan aina ole, sillä ympäristöään kylmempää ja sulfaattipitoista vettä näyttää esiintyvän yksittäisillä syvänealueilla myös kauempana purkuputkesta. Esimerkiksi Muuraussaaren lounaispuoleisella syvänealueella

kylmin ja sulfaattipitoinen vesi sijoittuu syvänteen keskelle kun taas lounaisosassa tilanne on päinvastainen (Kuva 22). Mikäli veden kylmyys ja sulfaattipitoisuus yhdistetään purkupuutkesta tulevan veden ominaisuuksiin, näyttää sulfaattikuormitus etenevän tässä tapauksessa syvänteen keskiosassa, reuna-alueen edustaessa rauhallisempaa ympäristöä. Syvänteen alueet eivät siten aina ole täysin stabiileja, vaikka vesi on kerrostunut voimakkaasti.

3.3 Veden kemiallinen koostumus

Tulosten (Taulukko 3) mukaan pintaveden sulfaatti- ja metallipitoisuudet ovat kauttaaltaan varsin pieniä, eivätkä pitoisuudet ylitä ympäristölaatuunormeja. Sen sijaan pohjanläheisen vesikerroksen vedenlaatu vaihtelee voimakkaasti. Nikkelin osalta laatuunormit eivät ylity. Eniten sulfaattia (210 mg/l) on pisteessä NjL2. Sen sijaan mangaania on pohjanläheisissä vesinäytteissä enimmillään 1000 µg/l pisteessä Nj23. NjL2:n kohdalla myös muiden alkuaineiden osalta pohjanläheisen veden pitoisuudet ovat suurimpia: kadmium 0,056 µg/l, sinkki 14 µg/l ja uraani 0,079 µg/l.

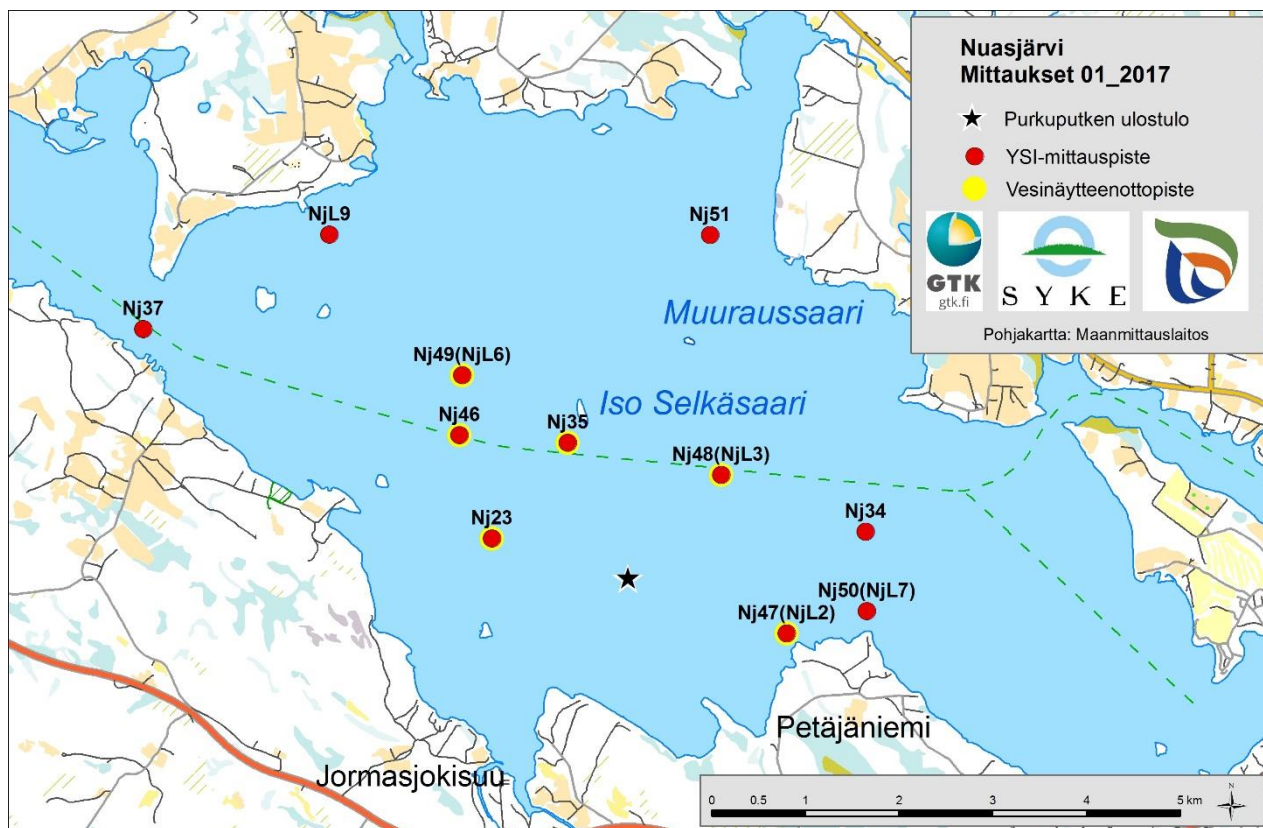
Pitoisuusvaihtelut keskimmaisten vesinäytteiden sarjassa johtuvat niiden sijoittumisesta joko kemokliinin ala- tai yläpuolelle.

Pohjanläheisen veden koostumusvaihtelua tarkasteltiin myös korrelaatioiden avulla (Taulukko 4). Laskentaa varten yksi, alle määritysrajan alittava kadmiumpitoisuus määritettiin puoleksi määritysrajasta ($< 0,01 \mu\text{g/l} = 0,005 \mu\text{g/l}$). Tulosten mukaan pohjanläheisen veden koostumusvaihtelu määräytyy pitkälti Jormasjoesta ja purkupuutkesta tulleista päästöistä, koska sulfaattipitoisuuden kanssa korreloivat parhaiten sähkönjohtavuus, kovuus, kalium, kadmium, kalsium, magnesium, natrium ja sinkki. Rauta, fosfori, mangaani ja nikkeli eivät suoraan korreloi sulfaattipitoisuuden kanssa, joten niiden käyttäytymiseen todennäköisesti liittyy sedimentin ja alusveden välinen vuorovaikutus. Esimerkiksi pisteissä Nj35 ja Nj23 keskimmaisen ja pohjimmaisen vesinäytteen välillä ei ole suuria eroja sulfaatti-, kalsium ja natriumpitoisuuksissa, joten näiltä osin kemiallinen koostumus voidaan liittää purkupuutken päästöihin. Sulfaattipitoisuus ei kuitenkaan ole kohonnut merkittävästi marras-tammikuun aikana (120 mg/l \rightarrow 130 mg/l, Nj35) Sen sijaan mangaanipitoisuudet pohjanläheisessä vesikerroksessa ovat muuhun koostumusvaihteluun nähden moninkertaiset, joten on ilmeistä, että suuret mangaanipitoisuudet liittyvät talviaikaiseen kerroksellisuuteen.

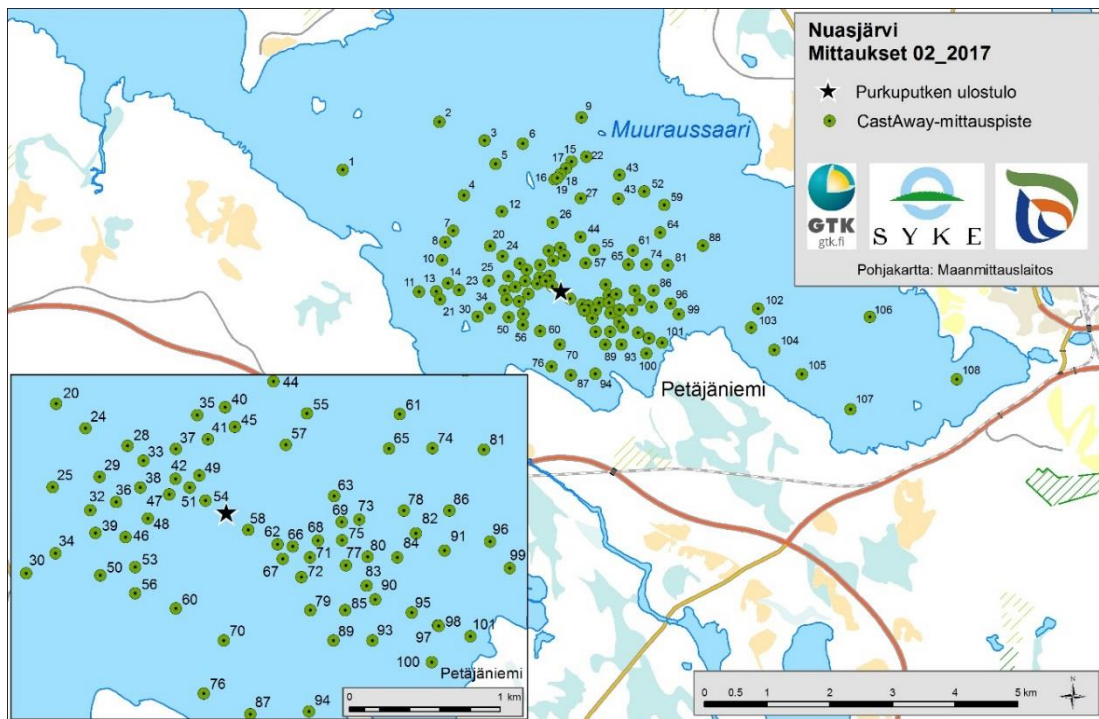
4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Happi-tilanteen osalta tilanne Nuasjärvässä on vielä tammikuun lopulla hyvä, mutta marraskuun 2016 tilanteeseen verrattuna sulfaattikuormitteen vesikerroksen paksuus on lisääntynyt n. 3,5 m. Loivasta topografiasta johtuen sulfaattikuormitteen alueen pinta-ala on lisääntynyt samalla merkittävästi. Kohonneita mangaanipitoisuuksia lukuunottamatta suuria muutoksia ei vedenlaadussa esiintynyt. Pohjanläheisen vesikerroksen mangaanipitoisuuksien kohoaminen liittyy todennäköisesti lisääntyneeseen liukoisuuteen sedimentissä, joka puolestaan kytkeytyy talvikerroksellisuuteen.

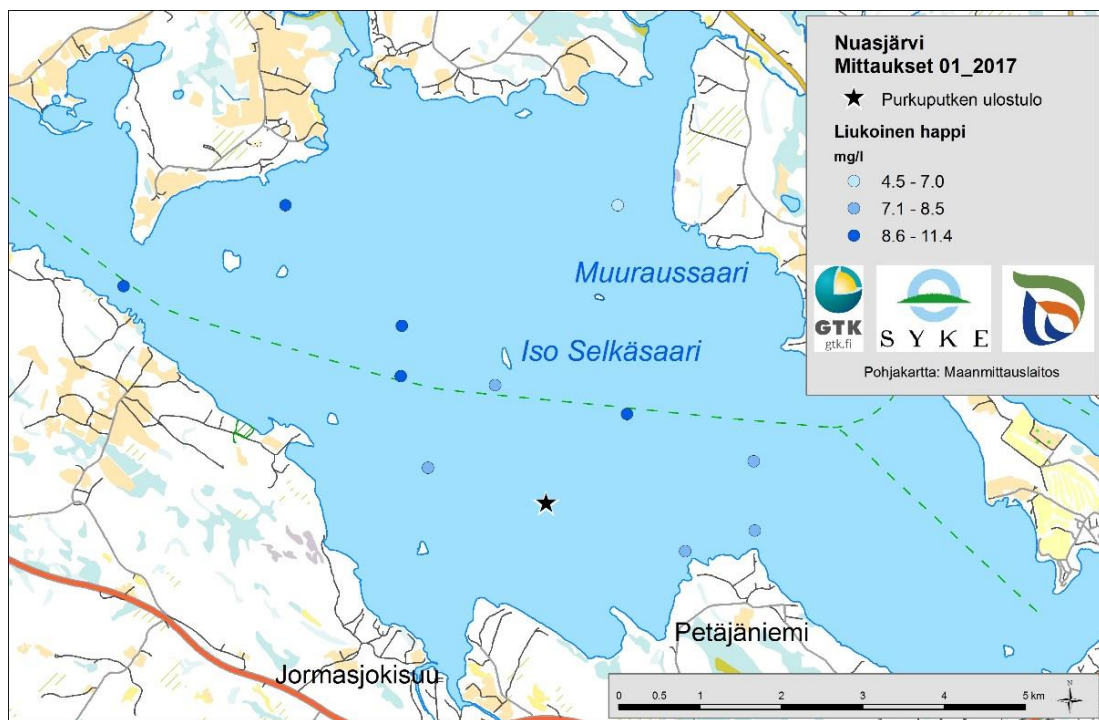
Yksityiskohtaisen profiilikartoituksen mukaan purkupuutkesta tuleva kuormitus etenee pohjanläheisinä virtauksina voimakkaimmin luode-itä-kaakkois-sektorille. Joko pohjavirtausten tai loivan kaakkoisuuntaisen pohjan kaltevuuden vuoksi suurimmat sähkönjohtavuusarvot/sulfaattipitoisuudet tavataan Petäjaniemen edustalla olevissa syvänteissä.



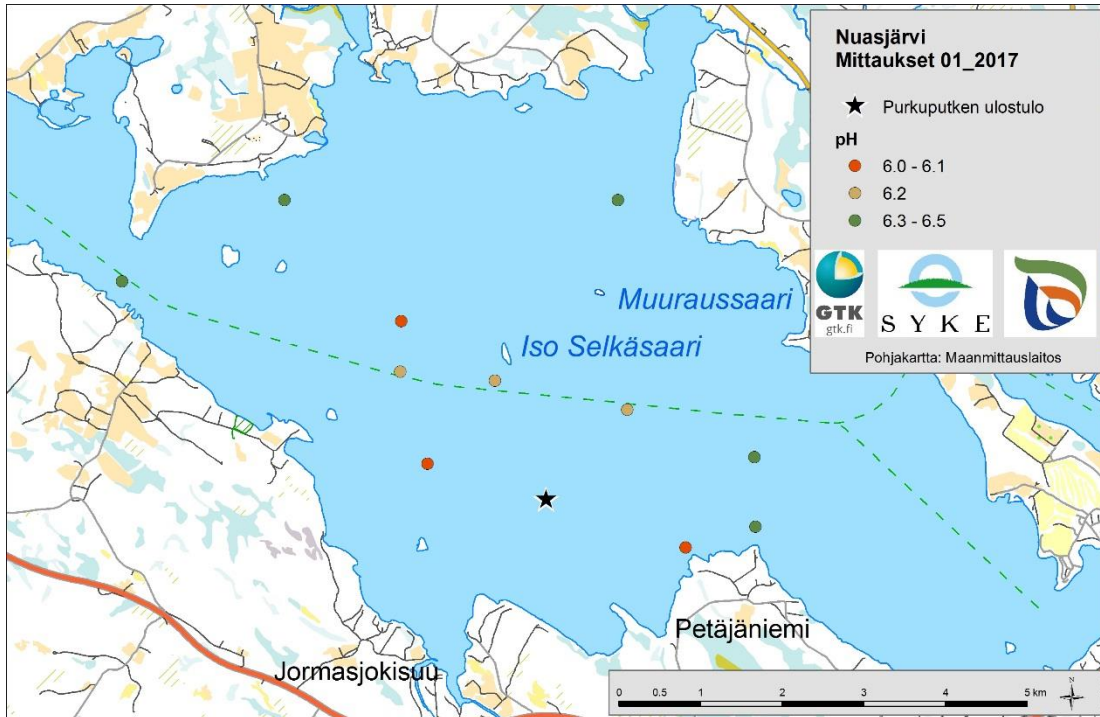
Kuva 1. YSI-mittauspisteet ja vesinäytteenottopisteet. Koordinaatit Taulukossa 1. Vesianalysit Taulukossa 3.



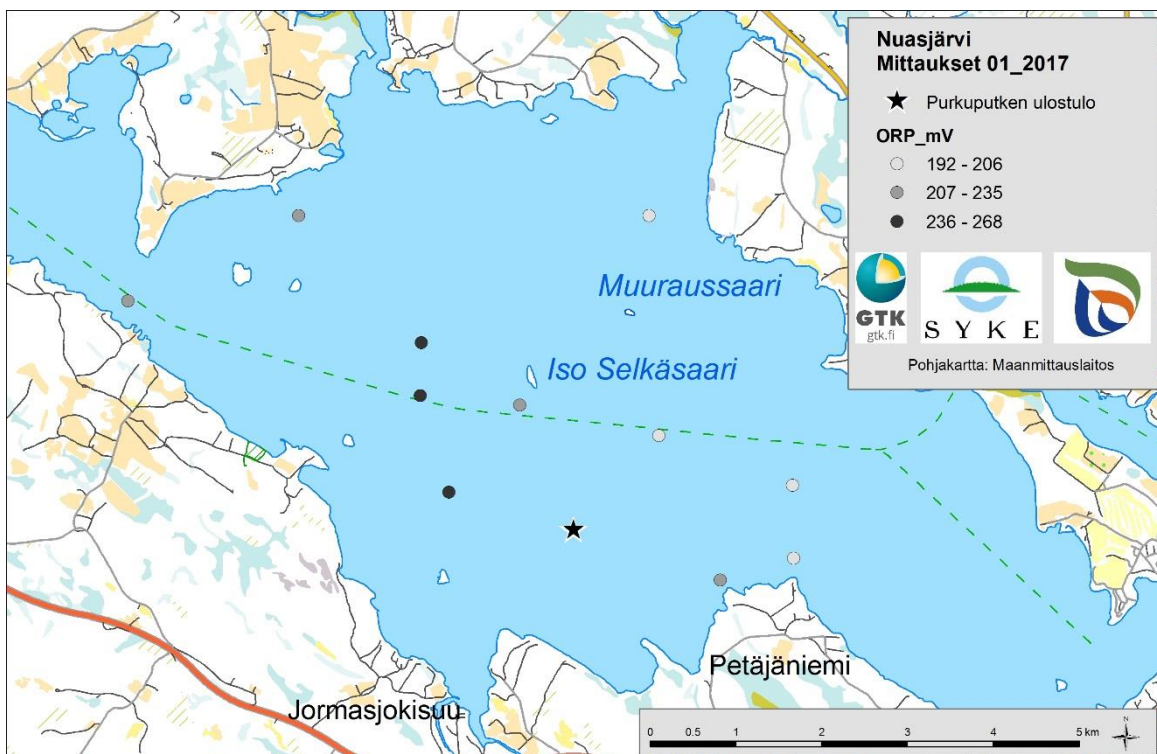
Kuva 2. CastAway-mittauspisteet. Tunnuksista on jätetty pois etuliite 2017_02. Vrt Taulukko 2, jossa myös koordinaatit.



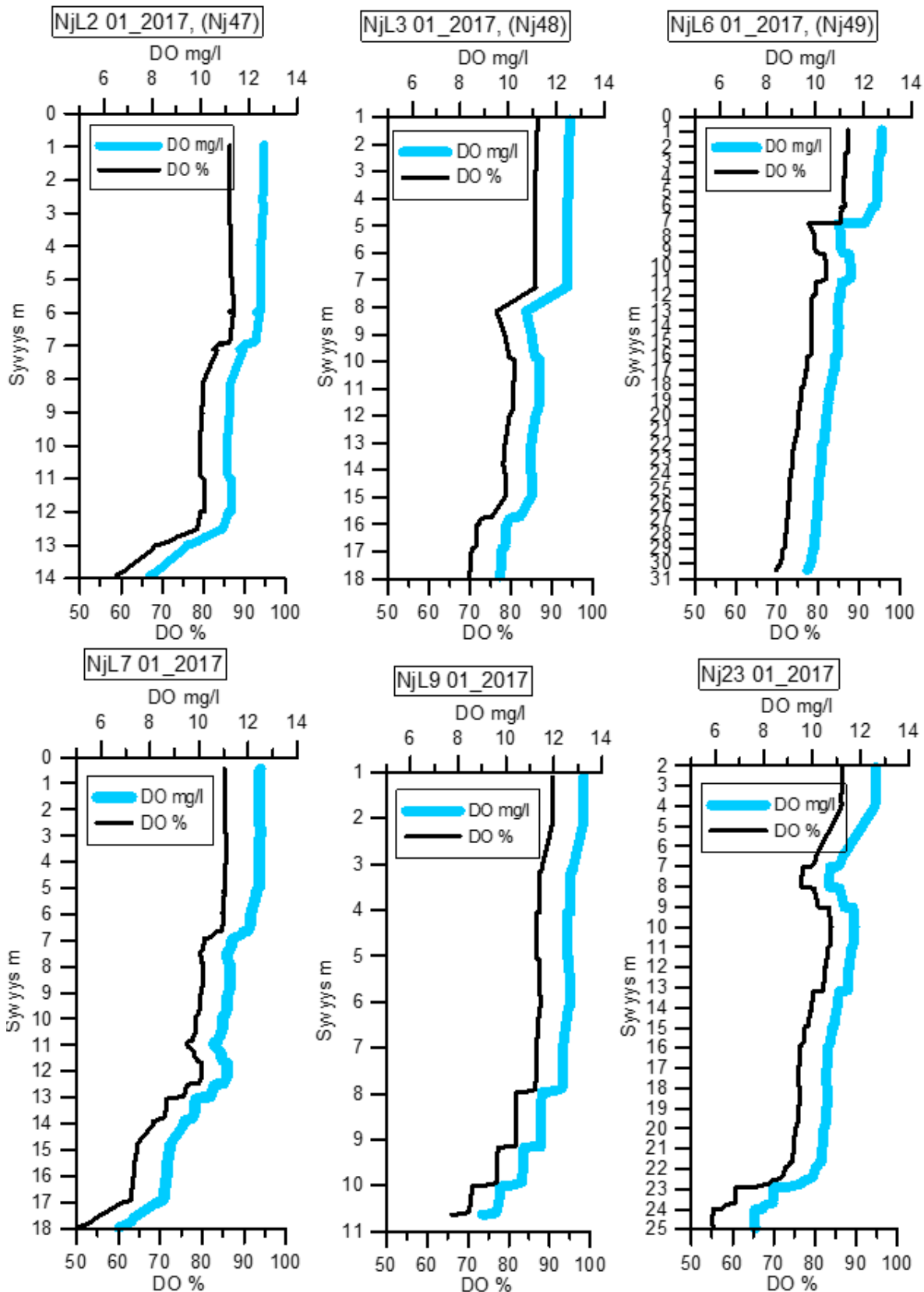
Kuva 3. Pohjanläheisen veden happipitoisuus (mg/l) 31.1.2017.



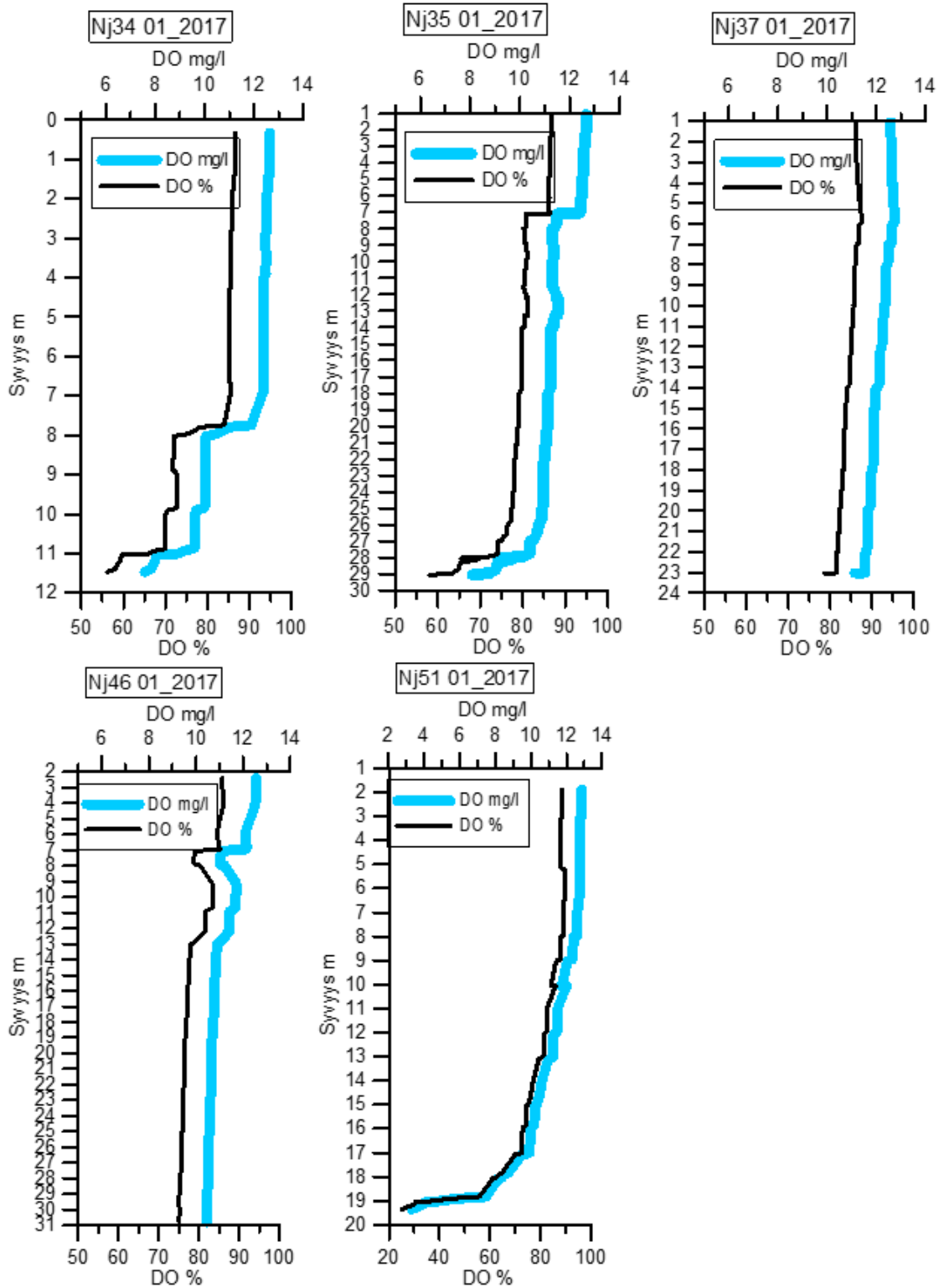
Kuva 4. Pohjanläheisen veden pH.



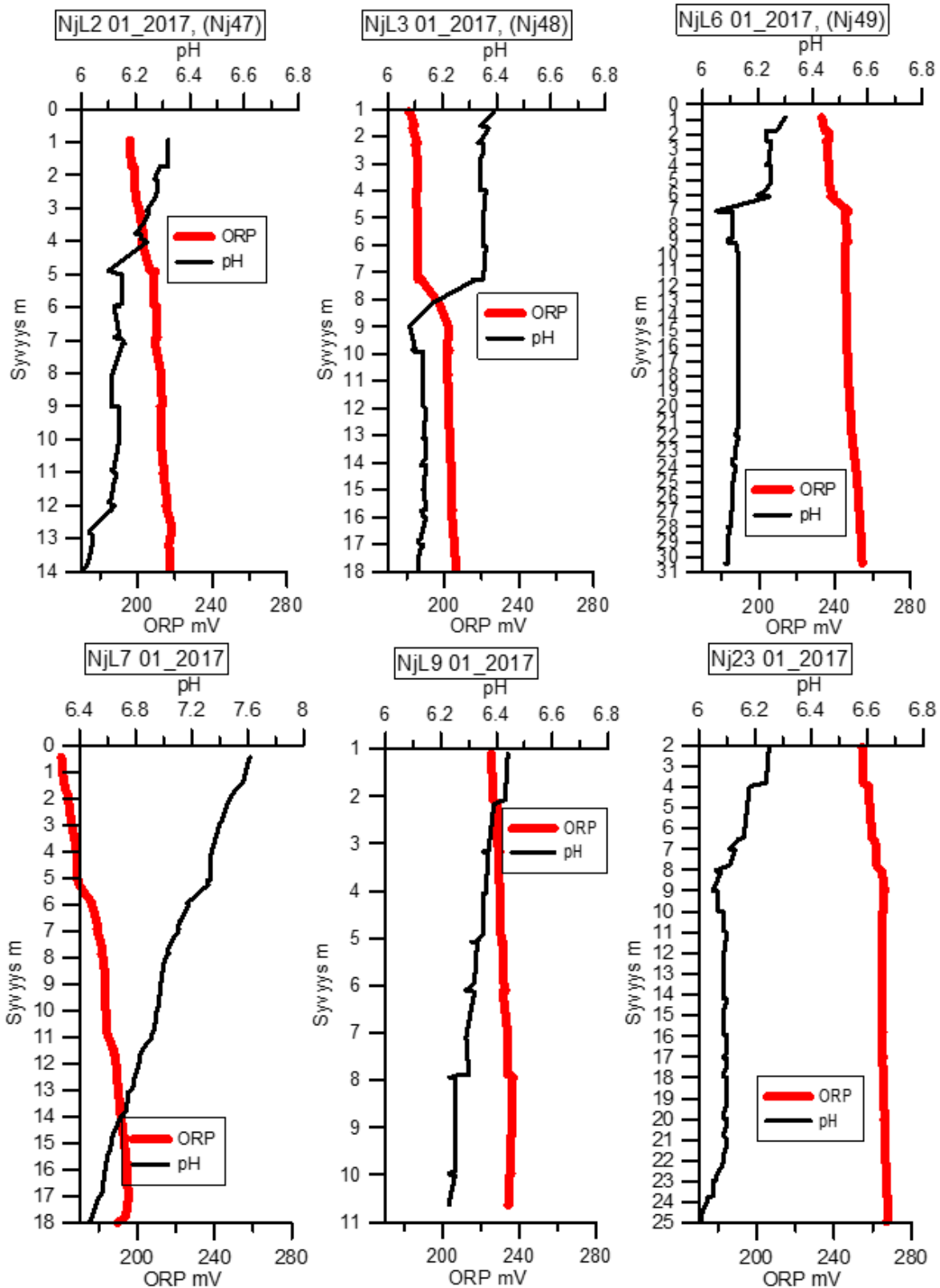
Kuva 5. Pohjanläheisen veden ORP (mV).



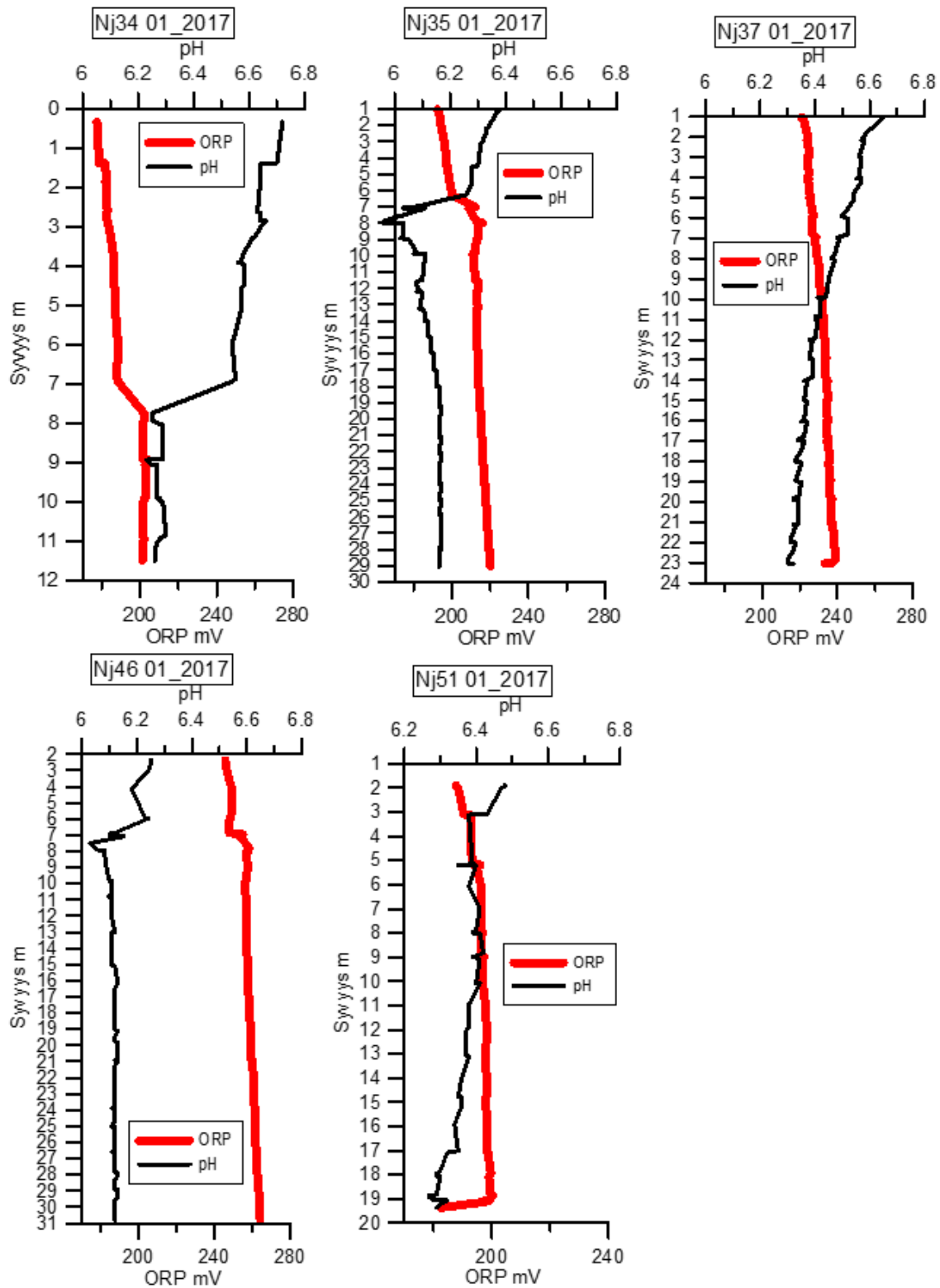
Kuva 6. Happi YSI-mittausprofiileissa 31.01.2017.



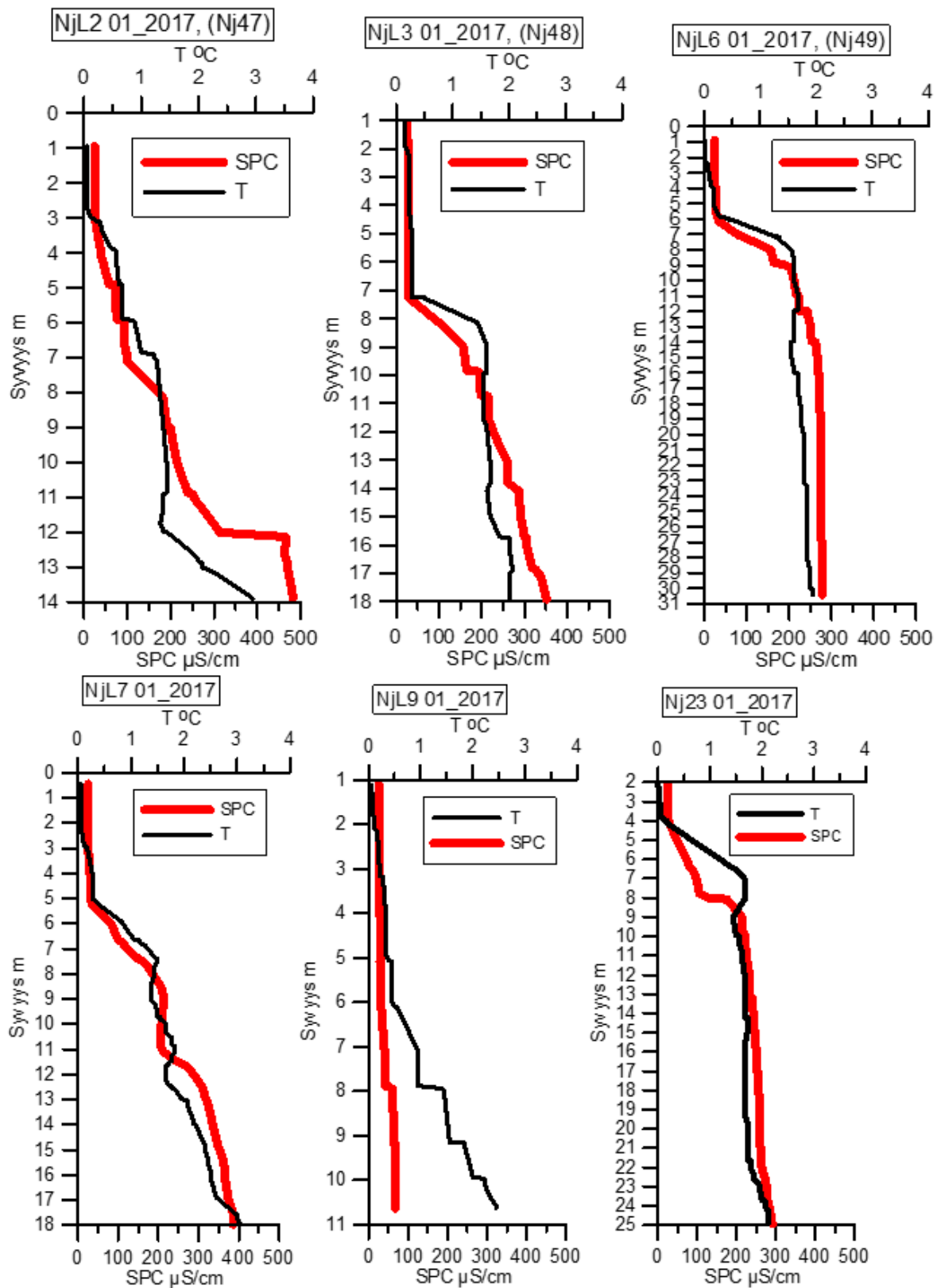
Kuva 6. jatkuu.



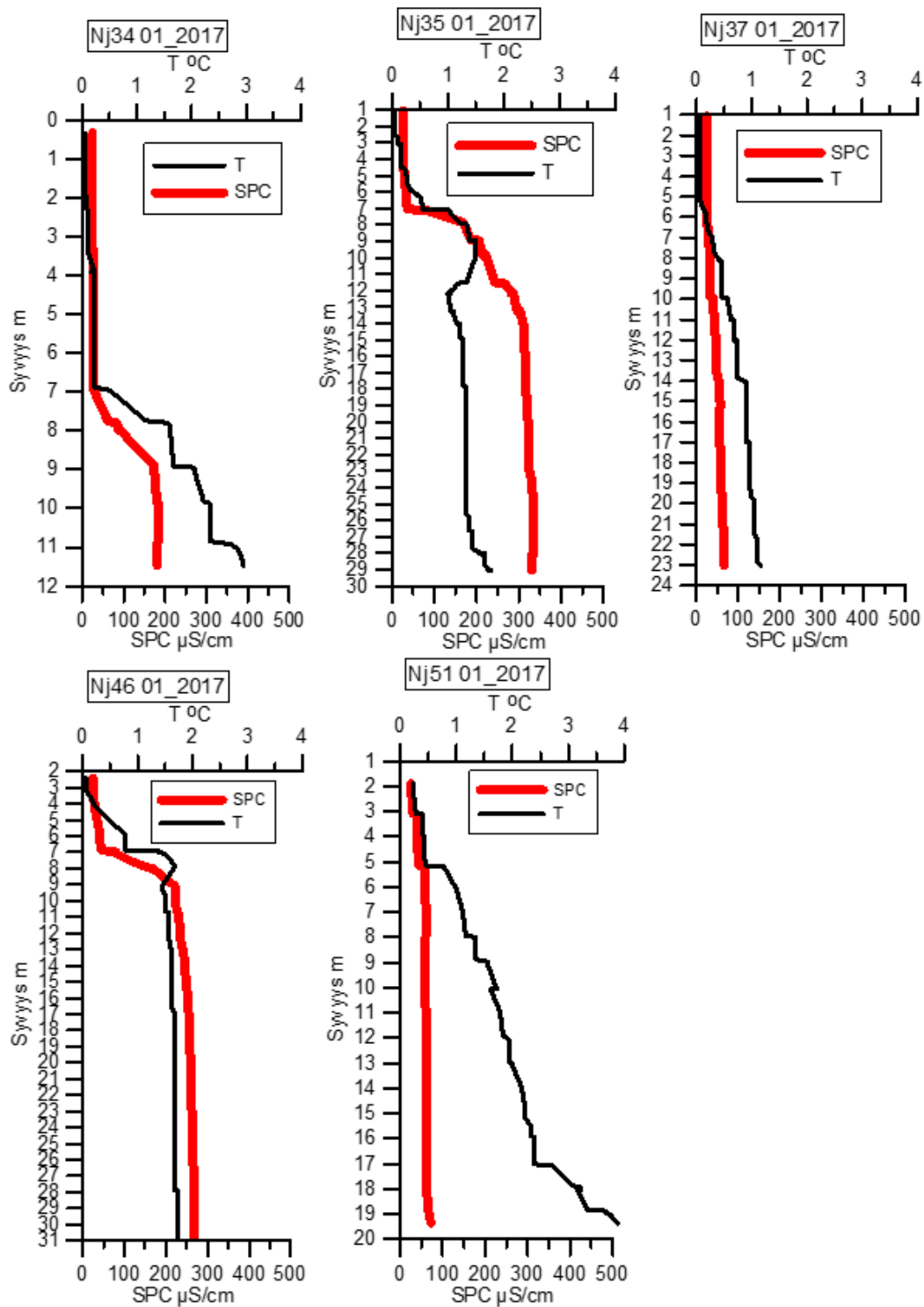
Kuva 7. pH ja ORP YSI-mittausprofiileissa.



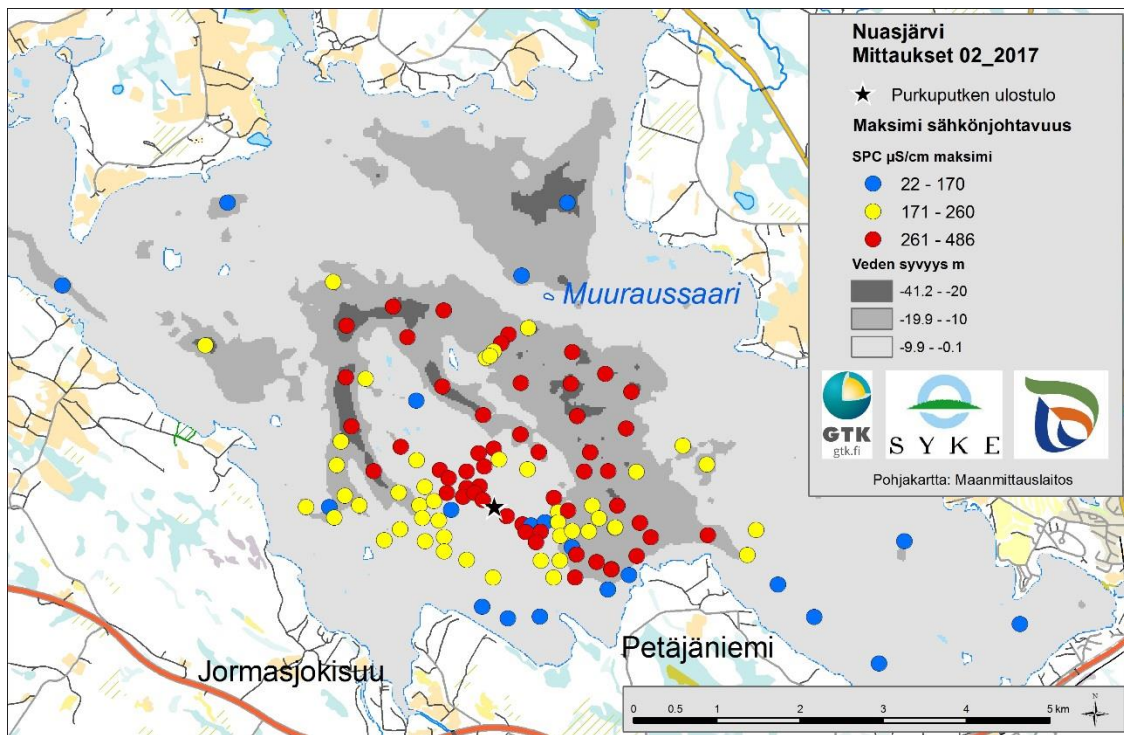
Kuva 7. jatkuu



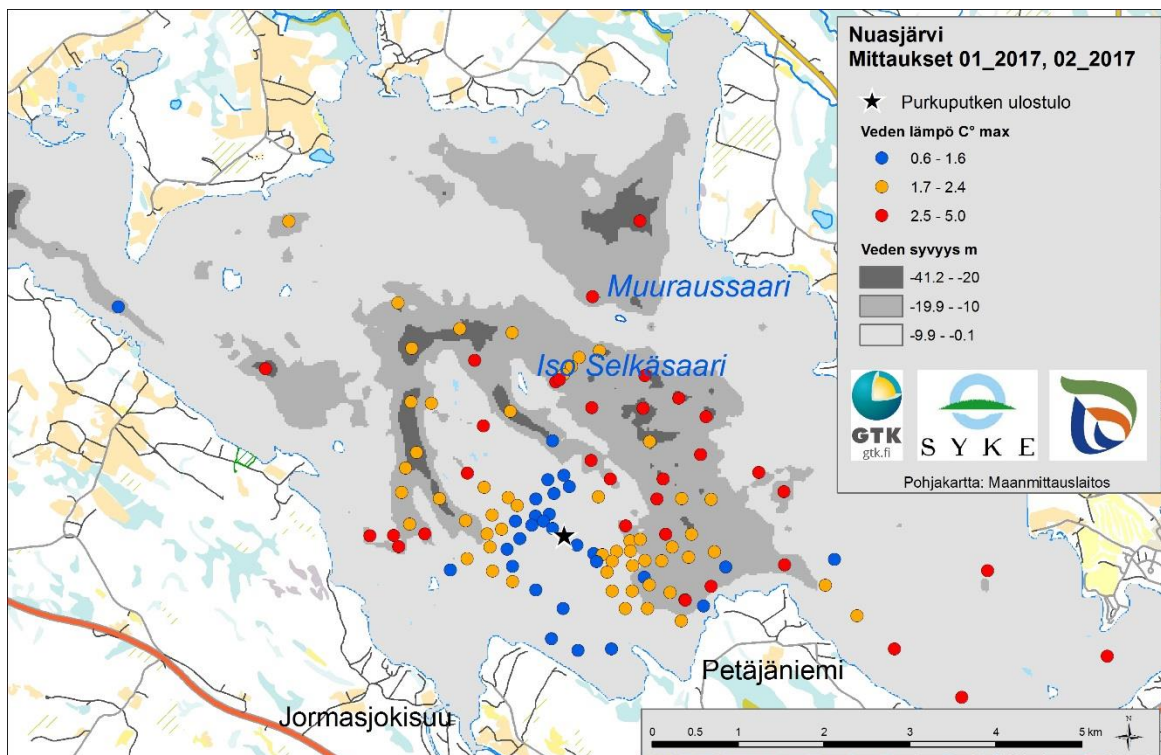
Kuva 8. Sähkönjohtavuus ja lämpötilakuvaajat YSI-mittausprofiileissa.



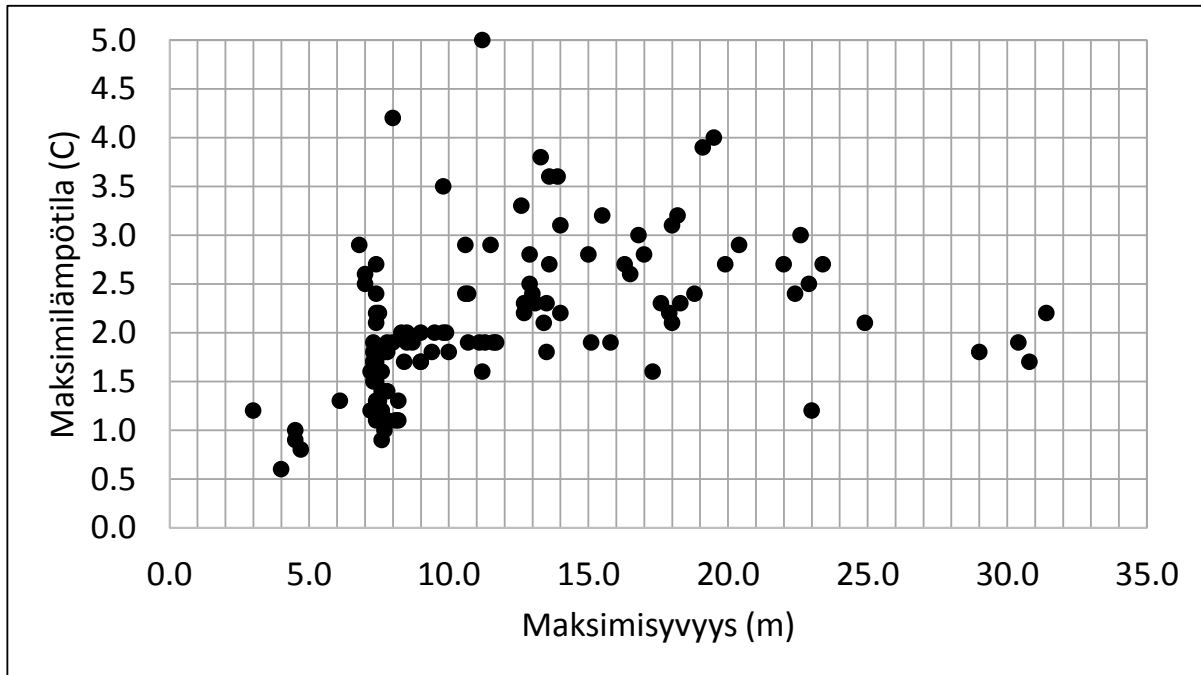
Kuva 8. jatkuu



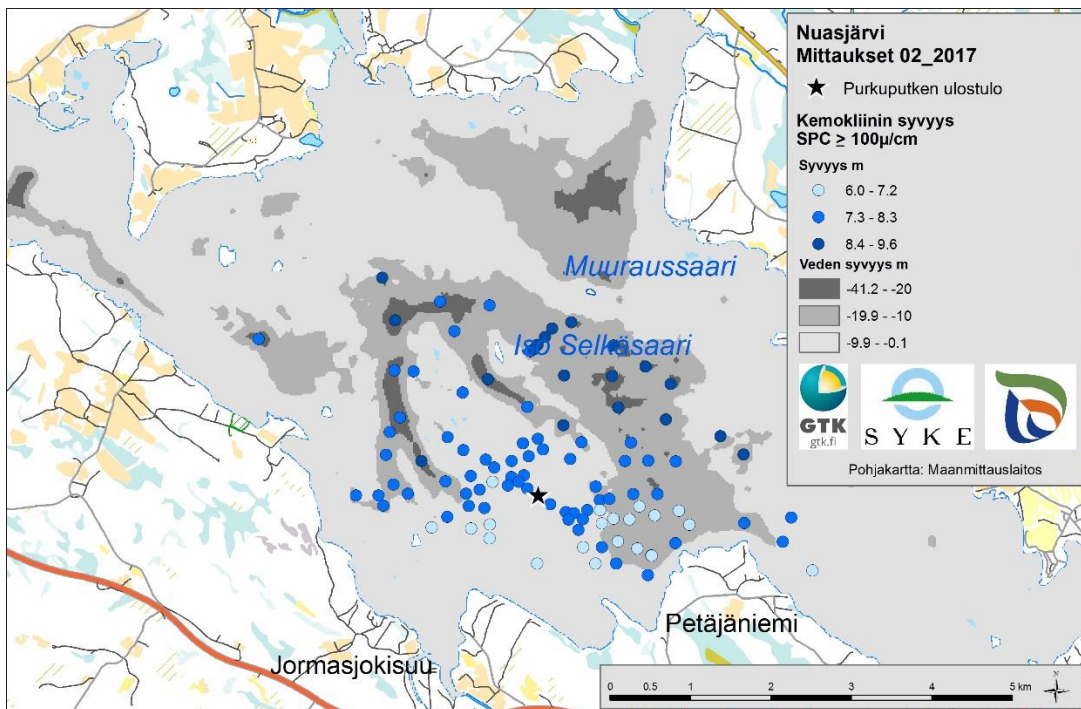
Kuva 9. Veden maksimisähkönjohtavuus (SPC, $\mu\text{S/cm}$) mittauspisteissä. Karttaan on yhdistetty CastAway- ja YSI-mittaustulokset.



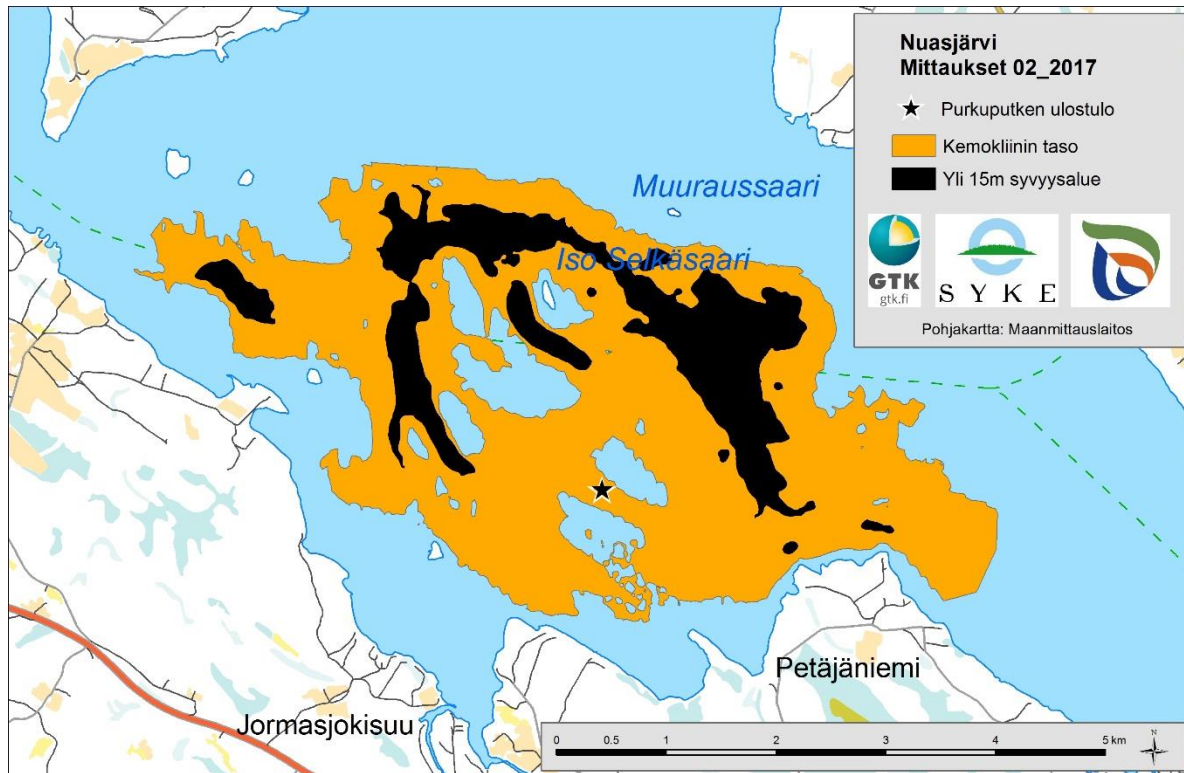
Kuva 10. Veden maksimilämpötila (°C) mittauspisteittäin. Vrt. Kuva 11.



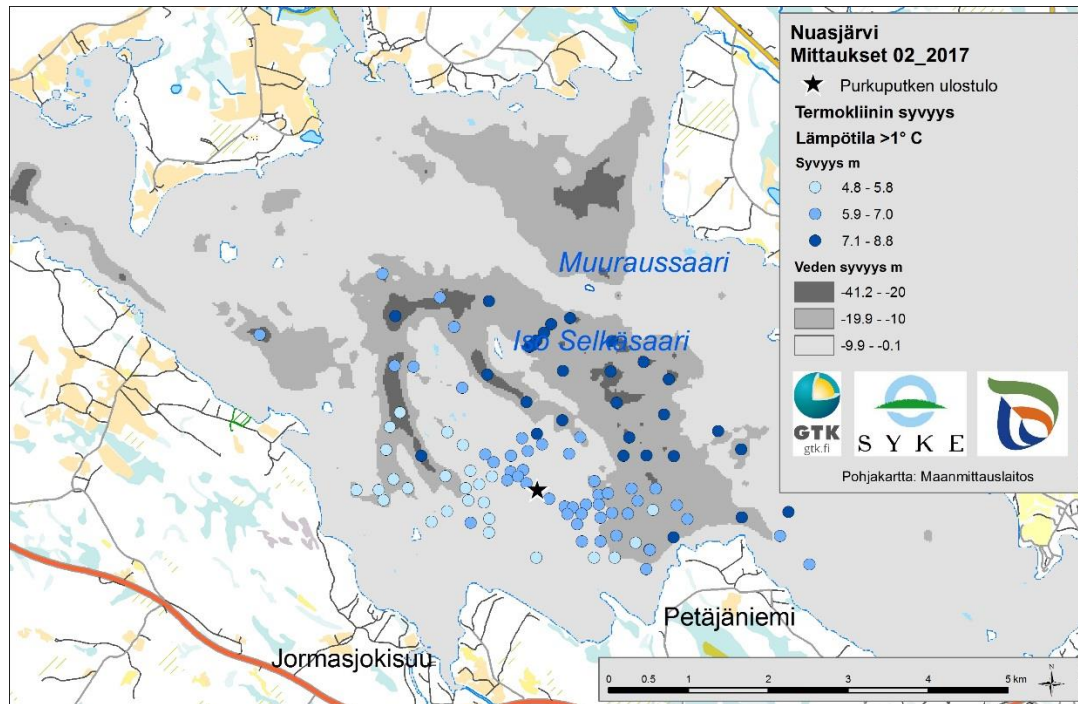
Kuva 11. Veden maksimilämpötila (°C) ja veden syvyys (m) mittauspisteittäin. Vrt. Kuva 10.



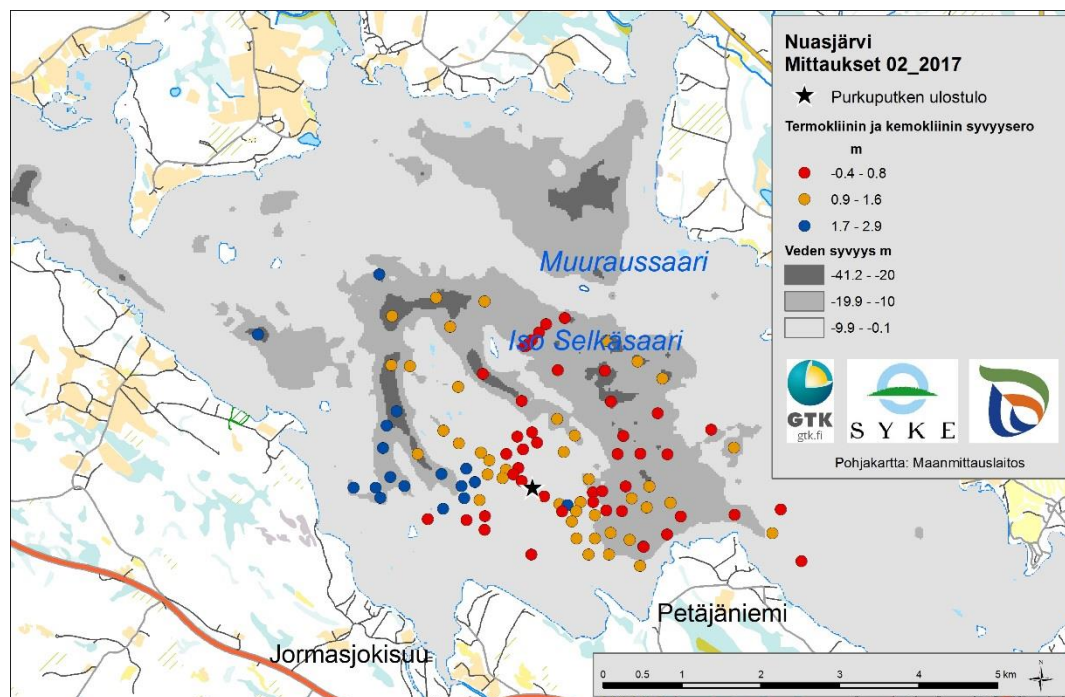
Kuva 12. Kemokliinin syvyys Nuasjärvellä. Kemokliini määriteltiin rajaksi, minkä alapuolella sähkönjohtavuus on yhtä suuri tai suurempi kuin $100 \mu\text{S}/\text{cm}$. Syvyudet on normeerattu Nuasjärven keskivedenpintaan.



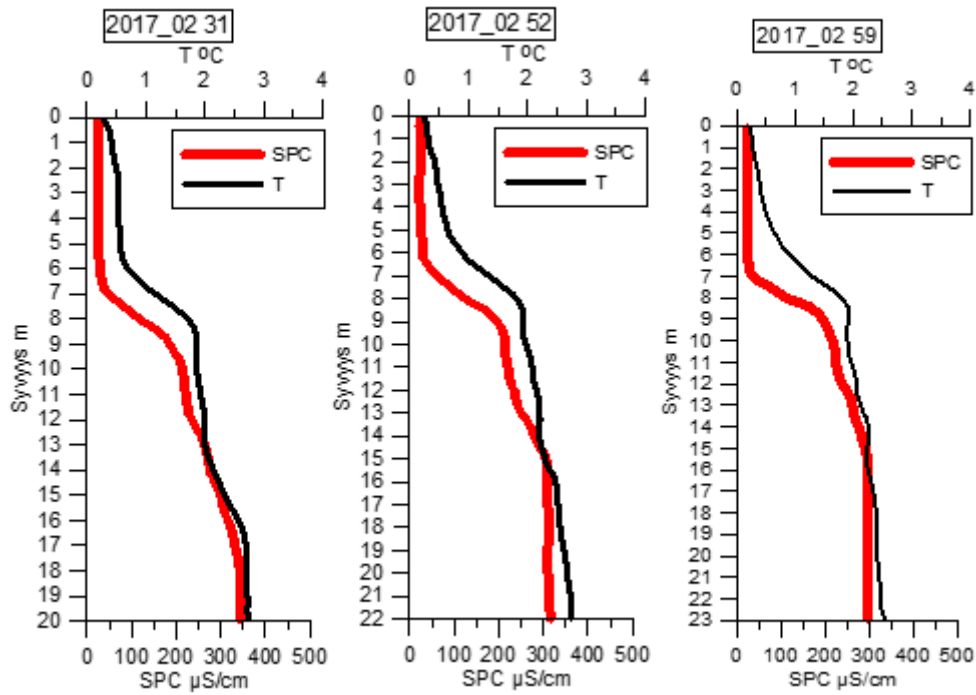
Kuva 13. Kemokliinin jakautuminen Nuasjärvässä 1.2.2017. Kemokliinin pinta-ala on n.1604 ha ja se edustaa tasoa, jonka alapuolella vesi on selvästi sulfaattikuormitteista ja sähkönjohtavuus on suurempi tai yhtä suuri kuin $100 \mu\text{S}/\text{cm}$. Kuvassa on myös 15 m syvyyalue ja sen pinta-ala on n. 279 ha. Kuvasta käy ilmi, kuinka suurin osa pinta-alasta ja vesitilavuudesta on 15 m yläpuolella.



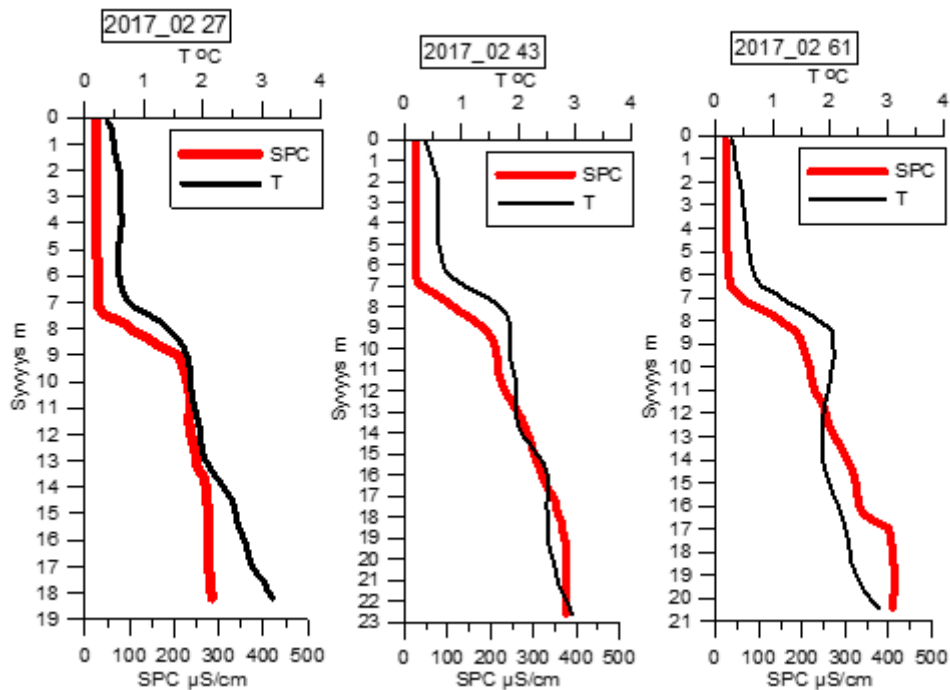
Kuva 14. Termokliinin syvyys Nuasjärvellä. Termokliini määriteltiin rajaksi, minkä alapuolella lämpötila on yhtä suuri tai suurempi kuin 1 °C .



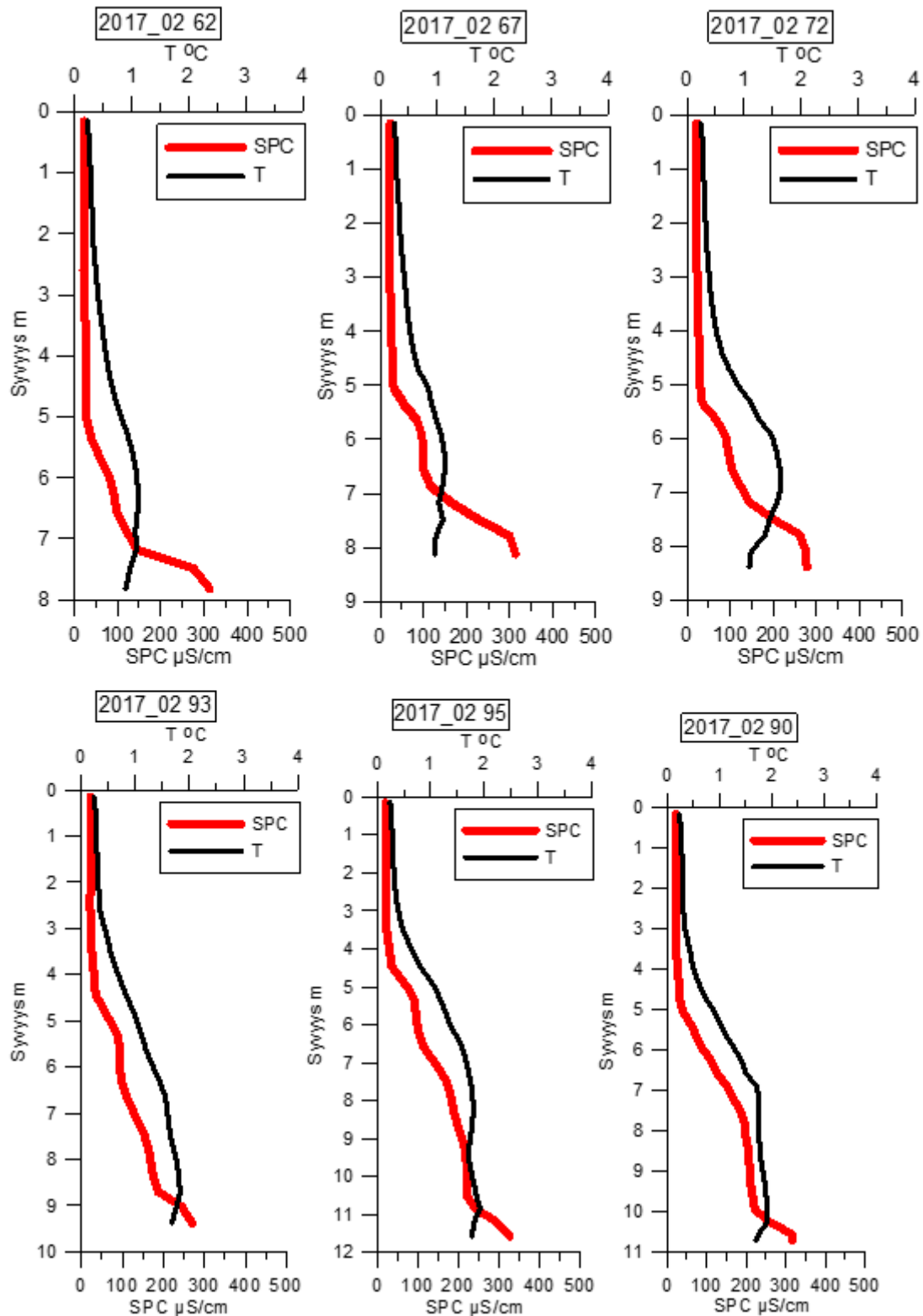
Kuva 15. Termokliinin ja kemokliinin syvyysero. Kemokliinin syvyys vähennetty termokliinin syvyydestä.



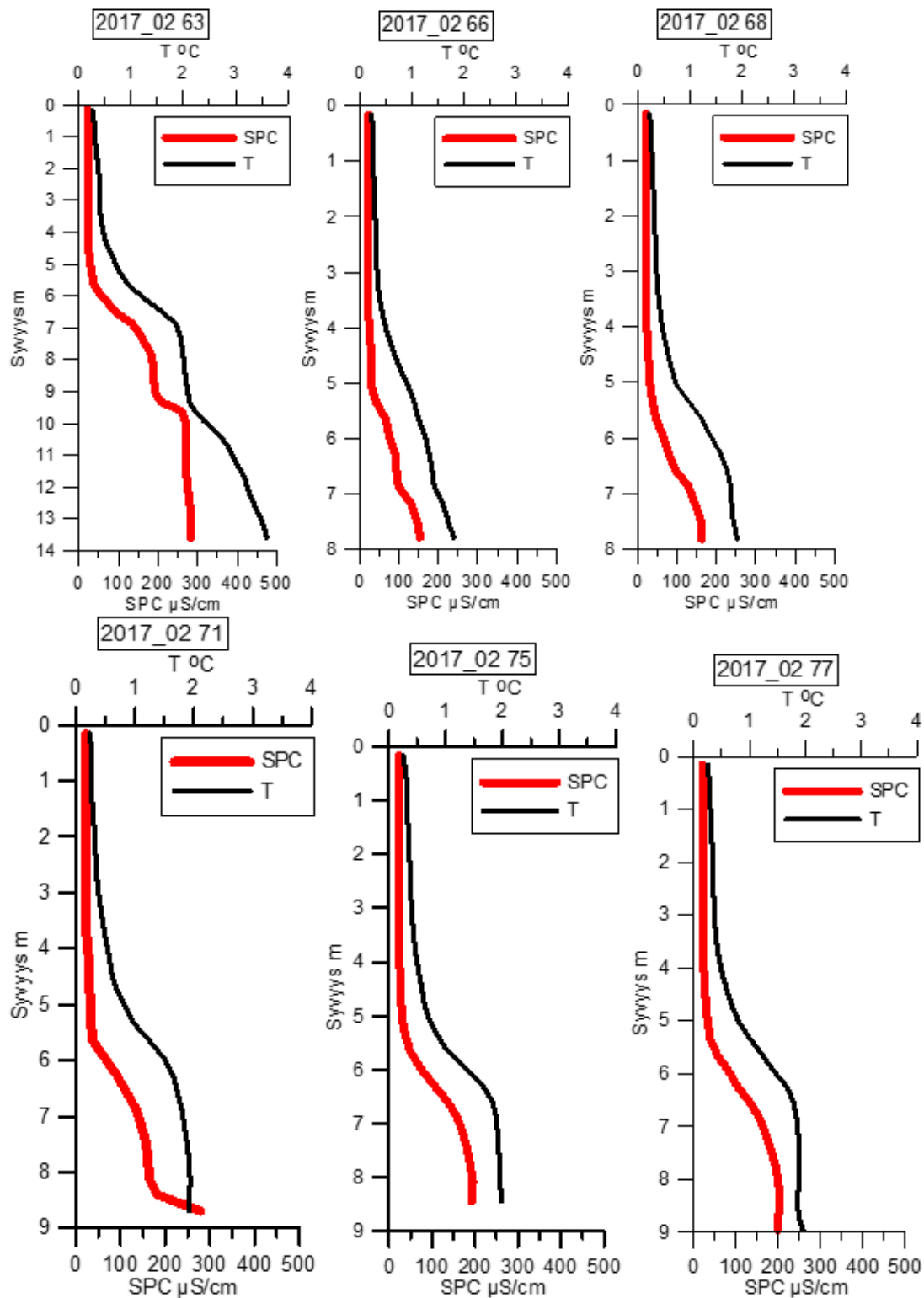
Kuva 16. Suurehko termokliinin ja kemokliinin syvyysero.



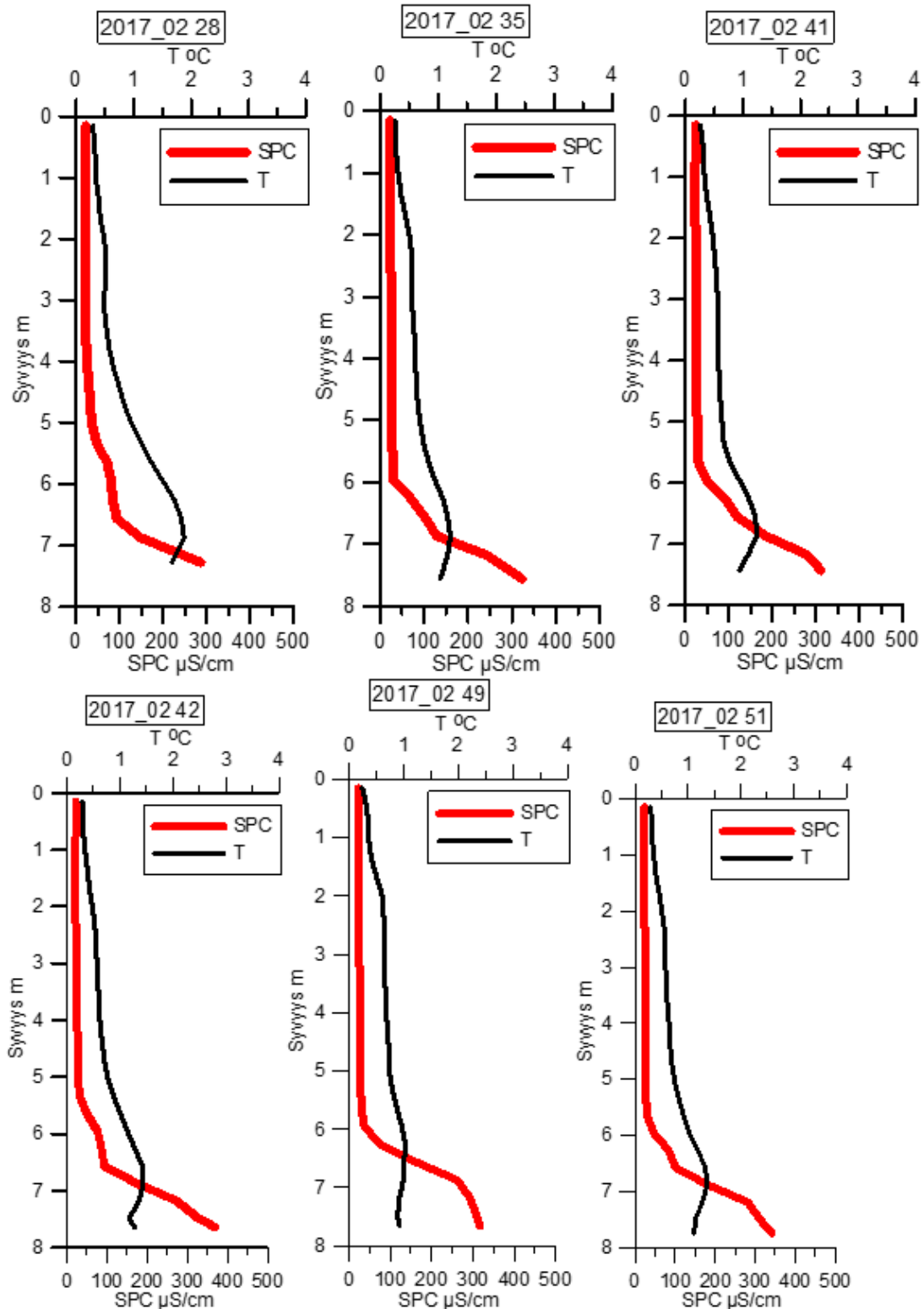
Kuva 17. Pienehkö termokliinin ja kemokliinin syvyysero.



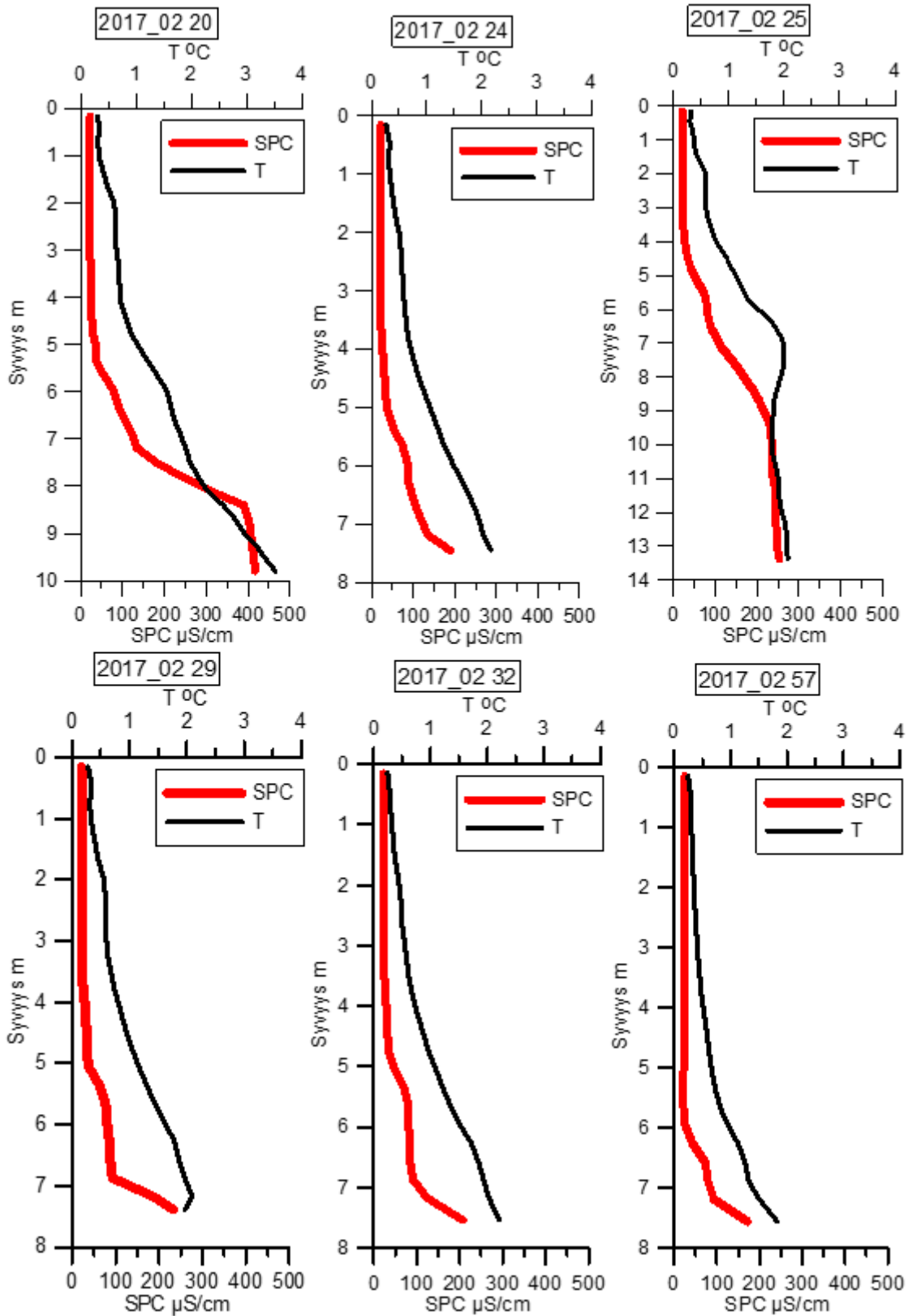
Kuva 18. Purkuputken kaakkoispuolen mittausprofiilit, missä veden lämpötila laskee ja sähkönjohtavuus kohoaa pohjan tuntumassa.



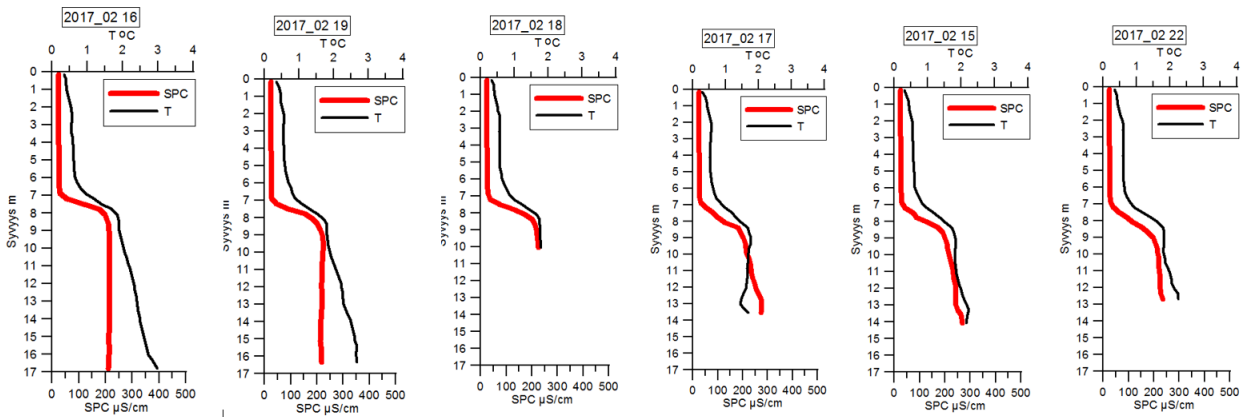
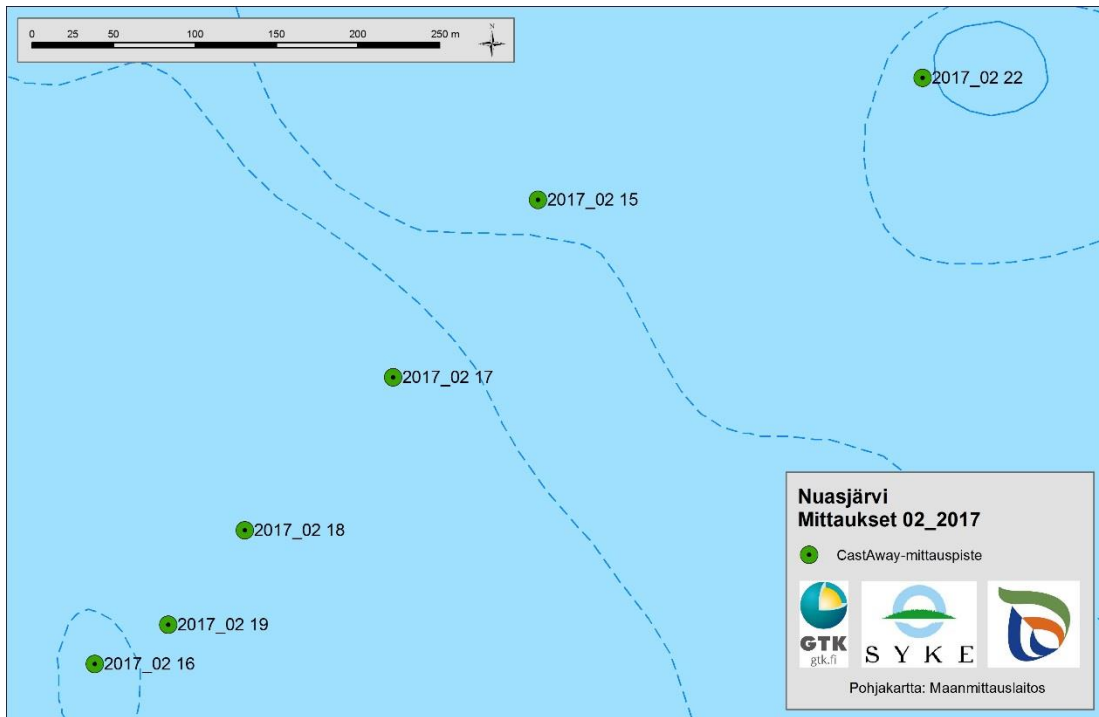
Kuva 19. Purkuputken kaakkoispuolen mittausprofiilit, missä veden lämpötila ja sähkönjohtavuus kohoaa pohjan tuntumassa.



Kuva 20. Purkupuutken luoteispuolen mittausprofiilit, missä veden lämpötila laskee ja sähkönjohtavuus kohoaa pohjan tuntumassa.



Kuva 21. Purkuputken luoteispuolen mittausprofiilit, missä veden lämpötila ja sähkönjohtavuus kohoaa pohjan tuntumassa.



Kuva 22. Muuraussaaren lounaispuoleisen syvännealueen sähköjohtavuus- ja lämpötilaprofiilit. Kuvaajien mukaan pohjanläheisen veden lämpötila ja sähköjohtavuus on alhaisin/suurin syvänteen keskiosassa (2017_02 17). Syvännealue ei siten ole täysin stabiili, vaan purkuputken läheisyydessä oleva kylmä ja sulfaattipitoinen vesi näyttää kulkeutuvan syvänteeseen ja erityisesti uoman keskikohdalla. Mittaukset 2017_02 18 ja 22 ovat jääneet lyhyiksi.

Taulukko 1. Ysi-laitteen mittauspisteet sekä vesinäytteenottopisteet. Karttaesitys Kuvassa 1.

Piste	Y_Euref	X_Euref	YSI-mittaus	Vesinäyte
Nj23 01_2017	7114878	552148	X	X
Nj34 01_2017	7114959	556154	X	
Nj35 01_2017	7115895	552973	X	X
Nj37 01_2017	7117110	548405	X	
Nj46 01_2017	7116004	551815	X	X
NjL2 01_2017	7113857	555309	X	X
NjL3 01_2017	7115540	554595	X	X
NjL6 01_2017	7116625	551825	X	X
NjL7 01_2017	7114107	556164	X	
NjL9 01_2017	7118104	550394	X	
Nj51_01_2017	7118105	554479	X	

Taulukko 2. CastAway-laitteen mittauspisteet. Karttaesitys Kuvassa 2.

CA_piste	Y_Euref	X_Euref	CA_piste	Y_Euref	X_Euref	CA_piste	Y_Euref	X_Euref
2017_02 1	7116391	550125	2017_02 37	7114874	553269	2017_02 73	7114404	554485
2017_02 2	7117154	551663	2017_02 38	7114616	553032	2017_02 74	7114878	554968
2017_02 3	7116857	552383	2017_02 39	7114316	552736	2017_02 75	7114267	554369
2017_02 4	7115987	552053	2017_02 40	7115150	553595	2017_02 76	7113249	553453
2017_02 5	7116486	552558	2017_02 41	7114936	553480	2017_02 77	7114100	554394
2017_02 6	7116810	552994	2017_02 42	7114675	553266	2017_02 78	7114463	554780
2017_02 7	7115415	551883	2017_02 43	7115928	554520	2017_02 79	7113804	554159
2017_02 8	7115235	551756	2017_02 44	7115321	553914	2017_02 80	7114158	554538
2017_02 9	7117228	553930	2017_02 45	7115019	553658	2017_02 81	7114869	555309
2017_02 10	7114950	551706	2017_02 46	7114289	552933	2017_02 82	7114314	554859
2017_02 11	7114446	551337	2017_02 47	7114571	553224	2017_02 83	7113966	554533
2017_02 12	7115726	552661	2017_02 48	7114412	553083	2017_02 84	7114153	554736
2017_02 13	7114449	551616	2017_02 49	7114696	553424	2017_02 85	7113803	554390
2017_02 14	7114581	551801	2017_02 50	7114035	552767	2017_02 86	7114464	555080
2017_02 15	7116523	553773	2017_02 51	7114616	553360	2017_02 87	7113112	553762
2017_02 16	7116238	553501	2017_02 52	7116046	554934	2017_02 88	7115182	555866
2017_02 17	7116414	553684	2017_02 53	7114089	552998	2017_02 89	7113601	554312
2017_02 18	7116320	553593	2017_02 54	7114531	553464	2017_02 90	7113874	554590
2017_02 19	7116262	553546	2017_02 55	7115109	554137	2017_02 91	7114199	555049
2017_02 20	7115173	552475	2017_02 56	7113915	552997	2017_02 93	7113602	554570
2017_02 21	7114321	551674	2017_02 57	7114901	553998	2017_02 94	7113132	554150
2017_02 22	7116598	554009	2017_02 58	7114336	553749	2017_02 95	7113788	554831
2017_02 23	7114469	551977	2017_02 59	7115833	555249	2017_02 96	7114259	555350
2017_02 24	7115010	552668	2017_02 60	7113814	553268	2017_02 97	7113702	555006
2017_02 25	7114620	552451	2017_02 61	7115105	554751	2017_02 98	7113698	555009
2017_02 26	7115550	553466	2017_02 62	7114240	553942	2017_02 99	7114083	555480
2017_02 27	7115936	553922	2017_02 63	7114559	554316	2017_02 100	7113457	554964
2017_02 28	7114893	552947	2017_02 64	7115392	555186	2017_02 101	7113629	555221
2017_02 29	7114689	552763	2017_02 65	7114876	554681	2017_02 102	7114173	556747
2017_02 30	7114049	552275	2017_02 66	7114226	554043	2017_02 103	7113873	556640
2017_02 31	7116310	554538	2017_02 67	7114145	553977	2017_02 104	7113515	557009
2017_02 32	7114467	552702	2017_02 68	7114266	554209	2017_02 105	7113129	557445
2017_02 33	7114796	553054	2017_02 69	7114388	554368	2017_02 106	7114039	558529
2017_02 34	7114181	552469	2017_02 70	7113601	553586	2017_02 107	7112569	558226
2017_02 35	7115097	553410	2017_02 71	7114152	554157	2017_02 108	7113044	559918
2017_02 36	7114521	552873	2017_02 72	7114022	554101			

Taulukko 3. Vesinäytteiden kemialliset määritykset. Ramboll Oy. Näytteenottopisteet kuvassa 1.

Näyte	Syvyys m	pH	Sähkön- johtavuus mS/m	Alkaliniteetti (Gran- menetelmä)	DOC mg/l	Sulfaatti (SO ₄) mg/l	Typpi (N), koko- µg/l	Fosfori (P), koko- µg/l	Kovuus (Ca+Mg) mmol/l	Kadmium (Cd), liuk. µg/l	Kalium (K) mg/l	Kalsium (Ca) mg/l	Magnesium (Mg) mg/l	Mangaani (Mn) µg/l	Natrium (Na) mg/l	Nikkeli (Ni), liuk. µg/l	Rauta (Fe) µg/l	Rikki (S) µg/l	Sinkki (Zn), liuk. µg/l	Uraani (U), liuk. µg/l
NJ35, pinta	1	6.5	2.5	0.11	10	2.4	610	12	0.097	<0,010	0.53	2.5	0.86	16	1.4	0.61	630	910	2.4	0.057
NJ35, väli	15	6.5	30	0.11	9.6	130	380	11	0.99	<0,010	1	31	5.2	200	21	3.2	510	41000	4.5	0.077
NJ35, pohja	28.7	6.5	33	0.14	9.4	130	460	15	1	0.015	1.1	32	5.3	580	22	3.1	570	42000	5.7	0.076
NJ23, pinta	1	6.6	2.5	0.11	10	2	330	12	0.091	<0,010	0.52	2.3	0.82	13	1.3	0.62	590	800	1.6	0.06
NJ23, väli	13	6.5	18	0.1	9.2	67	340	9.3	0.53	<0,010	0.88	16	3.1	47	15	4.2	380	24000	5.7	0.054
NJ23, pohja	25	6.3	28	0.13	8.8	110	430	12	0.82	0.018	0.99	26	4.3	1000	20	4.7	460	35000	8.3	0.058
NJ46, pinta	1	6.6	2.5	0.11	10	2.1	330	11	0.097	<0,010	0.52	2.4	0.89	17	1.3	0.58	610	810	0.75	0.057
NJ46, väli	16	6.5	25	0.11	9	95	360	11	0.76	<0,010	0.94	24	3.6	130	18	2.9	510	32000	4	0.064
NJ46, pohja	32	6.5	26	0.11	9.3	110	360	12	0.83	<0,010	0.97	27	3.9	140	18	2.9	490	35000	4.1	0.069
NJL2, pinta	1	6.6	2.5	0.11	10	2.2	330	12	0.082	<0,010	0.52	2	0.79	14	1.3	0.59	700	820	1	0.057
NJL2, väli	7	6.5	13	0.11	9.4	43	350	12	0.41	<0,010	0.75	12	2.4	76	9.5	2.3	500	16000	5.4	0.056
NJL2, pohja	13.2	6.3	47	0.11	8.8	210	490	11	1.6	0.056	1.3	50	7.2	650	34	4.8	470	68000	14	0.079
NJL3, pinta	1	6.6	2.8	0.11	9.9	2.9	340	12	0.095	<0,010	0.53	2.4	0.86	15	1.5	0.6	590	1100	2.1	0.053
NJL3, väli	9	6.6	18	0.11	9.3	65	340	12	0.55	<0,010	0.84	17	2.9	94	13	2.6	460	23000	3.3	0.058
NJL3, pohja	17.3	6.4	34	0.11	9.3	150	420	11	1.1	0.016	1.1	36	5.6	210	24	3.4	500	48000	6	0.071
NJL6, pinta	1	6.6	2.5	0.11	11	2.2	350	12	0.087	<0,010	0.52	2.2	0.81	14	1.4	0.59	600	850	0.8	0.058
NJL6, väli	15	6.5	26	0.11	9.3	110	380	12	0.86	0.011	0.99	28	4.1	140	19	2.8	490	36000	4.3	0.069
NJL6, pohja	30	6.5	27	0.11	9.2	110	390	13	0.87	0.011	0.98	28	4.2	160	19	2.9	510	36000	6.5	0.07

Taulukko 4. Alkuaineiden korrelaatio (Pearson) pohjanläheisessä vesikerroksessa. Merkitsevyydet tähdellä. n = 6.

	Sulfaatti	pH	SPC	Alkal	DOC	Typpi	Fosfori	Kovuus	Kalium	Kadmium	Kalsium	Magnesium	Mangaani	Natrium	Nikkeli	Rauta	Sinkki
pH	-,552																
SPC	,989**	-,560															
Alkal	-,281	,026	-,144														
DOC	-,408	,893*	-,424	,075													
Typpi	,761	-,587	,845*	,370	-,450												
Fosfori	-,450	,631	-,340	,733	,516	,028											
Kovuus	,996**	-,519	,990**	-,276	-,407	,766	-,404										
Kalium	,981**	-,507	,997**	-,104	-,357	,853*	-,282	,983**									
Kadmium	,928**	-,708	,944**	-,164	-,681	,816*	-,412	,938**	,918**								
Kalsium	,997**	-,499	,986**	-,297	-,369	,749	-,416	,998**	,980**	,919**							
Magnesium	,977**	-,526	,990**	-,112	-,340	,855*	-,309	,973**	,993**	,897*	,975**						
Mangaani	,176	-,722	,277	,634	-,711	,641	,049	,168	,256	,436	,128	,244					
Natrium	,992**	-,617	,994**	-,209	-,495	,818*	-,422	,991**	,982**	,964**	,986**	,977**	,285				
Nikkeli	,556	-,973**	,587	,091	-,933**	,662	-,491	,537	,538	,761	,507	,535	,816*	,636			
Rauta	-,209	,730	-,138	,502	,791	,066	,852*	-,180	-,061	-,365	-,165	-,058	-,278	-,236	-,667		
Sinkki	,823*	-,783	,844*	-,149	-,818*	,768	-,429	,836*	,803	,971**	,809	,785	,533	,880*	-,840*	-,484	
Uraani	,689	,211	,692	-,177	,270	,470	,129	,720	,732	,501	,732	,706	-,318	,637	-,156	,454	,319