

Sami Niemelä

HANHIKANKAAN
VEDENPUMPPAAMON
HANKINTAVEDEN
LAATUTUTKIMUS
Siekkilänjoki–Hanhilampi välinen alue

Opinnäytetyö
Ympäristötekniikan ko.


Huhtikuu 2014



MAMK


University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 28.4.2014
Tekijä(t) Sami Niemelä	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniikan ko.
Nimeke Hanhikankaan vedenpumppaamon hankintaveden laatututkimus	
Tiivistelmä Työn tavoitteena oli selvittää Mikkelin Hanhikankaan vedenpumppaamolle tulevan hankintaveden laatua. Mikkelin vesilaitoksella oli havaittu ajoittain korkeita lämpökestoisten koliformisten bakteerien pitoisuuksia. Opinnäytetyössä selvitettiin hankintaveden hygieenistä eli mikrobiologista laatua ja veden kemiallista laatua. Työssä pohdittiin sääolosuhteiden, vuodenajan ja hulevesien vaikutusta hankintaveden laatuun. Työn toimeksiantajana oli Mikkelin Ympäristöpalvelut ja työelämän ohjaajana toimi Heikki Tanskanen. Aikaisempia mittaustuloksia ja tietoa saatiin Kaisa Lampisen opinnäytetyöstä, Oiva ympäristöpalveluista, Mikkelin Ympäristöpalveluiden ja Mikkelin vesilaitoksen arkistoista sekä Ilmatieteen laitokselta. Opinnäytetyön mittaukset suoritettiin Mikkelin ammattikorkeakoulun kemian ja mikrobiologian laboratoriossa. Mikrobiologista laatua tutkittiin kalvosuodatusmenetelmällä ja Colilert-pikamenetelmällä. Kalvosuodatusmenetelmällä analysoitiin <i>enterokokki</i> -bakteereita ja Colilert-pikamenetelmällä koliformisia bakteereita ja <i>E. coli</i> -bakteereita. Sähköjohtavuutta, pH:ta ja sameutta tutkittiin niille suunnitelluilla mittareilla, ja hapen liukoisuutta ja kyllästysastetta tutkittiin jodometrisellä menetelmällä. Opinnäytetyön mittaukset suoritettiin lokakuu 2013 – tammikuu 2014 välisenä aikana. Suurin osa mittauksista tehtiin joulukuussa 2013. Näytteenottokertoja kertyi yhteensä kuusi. Jokaisella näytteenottokerralla otettiin kaikki määritettävät näytteet. Mikrobiologiset määritykset tehtiin näytteenottopäivänä ja kemialliset määritykset seuraavana päivänä. Veden ollessa lämmintä (>14 °C) lämpökestoisten koliformien määrät olivat korkeat. <i>E. coli</i> - ja <i>enterokokki</i> -bakteeri havainnot osoittavat hankintavedessä olevan ulosteperäistä saastumista. Talviaikana lumien sulamisvedet heikentävät hankintaveden hygieenistä laatua. Hankintaveden kemiallinen laatu todettiin tyydyttäväksi. Hulevesien vaikutukset arvioidaan olevan talvella vähäisimmät, koska tällöin vedet ovat jäässä, sateet tulevat lumena, lämpötila on selvästi kylmää ja vesien virtaamat ovat pienempiä. Talvisin lämpimät sääolosuhteet lisäävät hulevesikuormitusta. Tutkimusalueelle johdetaan paljon hulevesiä, jotka kuormittavat paljon Hanhikankaan vedenpumppaamolle tulevaa hankintavettä. Jotta hankintaveden hygieenistä laatua voitaisiin parantaa, olisi tärkeää vähentää hulevesien aiheuttamaa kuormitusta. <i>E. coli</i> - ja <i>enterokokki</i> -bakteerien laatuvaatimukset ovat 0 pmy/100ml talousvedessä. Kun tämä raja-arvo ylittyy monena eri mittauskertana, voidaan hygieenisen laadun todeta olevan riski talousveden saastumiselle. Tästä työstä on hyötyä Mikkelin vesilaitokselle, Mikkelin ympäristöpalveluille ja muille toimijoille, jotka tutkivat Hanhikankaan alueen veden laatua. Työssä suoritettiin <i>enterokokki</i> - ja <i>E. coli</i> -mittauksia; näitä mittauksia ei löytynyt muiden toimijoiden mittauksista. Lisäksi työ suoritettiin aikana, jolloin vesistöt olivat pääosin jäätyneet. Talvella saadut mittaustulokset ovat tärkeää tietoa, sillä vedenlaatumittauksia suoritetaan harvoin keskellä talvea. Työ sisältää myös paljon mittausajanjakson säädäntä, josta voi olla hyötyä tulevia tutkimuksia varten.	

Asiasanat (avainsanat)		
hankintavesi, ulosteperäinen saastuminen, hygieeninen veden laatu, hulevesi, <i>enterokokki</i> , <i>E. coli</i>		
Sivumäärä	Kieli	URN
34	Suomi	
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Hannu Poutiainen		Opinnäytetyön toimeksiantaja Mikkelin seudun ympäristöpalvelut

DESCRIPTION

	Date of the bachelor's thesis 28.4.2014
Author(s) Sami Niemelä	Degree programme and option Environmental engineering
Name of the bachelor's thesis Quality investigation of acquiring water of Hanhikangas' waterworks	
Abstract <p>The main goal for this bachelor's thesis was to investigate the quality of acquiring water of Hanhikangas' waterworks. At Hanhikangas' waterworks there was noticed that the acquiring water quality had randomly big concentration pikes of warm proof coliform bacteria. The thesis focused on microbiological and chemical quality investigation. The author of thesis represents of his thoughts about how weather conditions, time of the year and urban runoff have influence on the quality of acquiring water. The employer of this thesis was the Environmental services of Mikkeli's area and Heikki Tanskanen worked as the tutor of work life.</p> <p>The information and former measurement results for this thesis was collected from the bachelor's thesis of Kaisa Lampinen, Oiva environment services, environmental services of Mikkeli's area, Mikkeli's waterworks and the Finnish meteorological institute.</p> <p>The measurements of thesis were performed at laboratory of Mikkeli Applied sciences between October 2013 and January 2014. Membrane filtration system and Colilert-24 test were used as measurement methods for microbiological quality. Membrane filtration system for enterococci bacteria and Colilert-24 for <i>E.coli</i> bacteria and total coliforms. Conductance, pH and turbidity were investigated with specific meters and the amount of dissolved oxygen was investigated with Winkler's test.</p> <p>According the thesis' results, the number of warm proof coliform bacteria was high when the temperature of sample water was warm (> 14 Celsius degrees). The results of <i>E. coli</i> and <i>enterococci</i> bacteria proof that the acquiring water was faeces of origin polluted. At winter time melt water of snow weakens the microbiological quality of acquiring water. The chemical quality of incoming water was average.</p> <p>At winter warm weather conditions increase the strain of urban runoff. At the investigation area there are lots of urban runoff which pollute the acquiring water of Hanhikangas' waterworks. That's why it is important to decrease urban runoff, so that the microbiological quality of acquiring water could strengthen. Because the microbiological measurement results were over the quality requirements for <i>enterococci</i> and <i>E. coli</i> bacteria (0 cfu/100 ml), it could assume that there is a risk of household water pollution.</p> <p>This thesis can has valuable information for Mikkeli's waterworks, the Environmental services of Mikkeli's area and other actors who investigate the water quality of Hanhikangas. There was not found other results of <i>enterococci</i> and <i>E. coli</i> bacteria measurements. Also rare investigations were performed at winter when the water areas were frozen. Thesis includes also valuable weather information that can be used on other studies.</p>	

Subject headings, (keywords) microbiological quality, acquiring water, urban runoff, <i>enterococci</i> , <i>E. coli</i> , bacteria, warm proof		
Pages 34	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Hannu Poutiainen		Bachelor's thesis assigned by the Environmental services of Mikkeli's area

SISÄLTÖ

SANASTO	1
1 JOHDANTO	2
2 TEORIA	3
2.1. Enterokokit.....	3
2.2. Escherichia coli.....	4
2.3 Koliformiset bakteerit	5
2.4 Talousvesi ja sen laatu	5
Escherichia coli.....	6
Enterokokit	6
Koliformiset bakteerit	6
2.5 Kemialliset parametrit	6
2.5.1 pH.....	6
2.5.2 Sameus	7
2.5.3 Sähkönjohtokyky	7
2.5.4 Veden hapenkulutus.....	8
2.6 Hulevedet.....	8
2.7 Sademäärän ja lämpötilan muutokset	9
3 MATERIAALIT JA MENETELMÄT	9
3.1 Suolistoperäisten enterokokkien havaitseminen ja laskeminen: kalvosuodatusmenetelmä (SFS-EN ISO 7899- 2)	10
3.2 Colilert 24- pikamenetelmä koliformisisten bakteereiden ja <i>E. colin</i> määrittämiseen	11
3.3 pH ja sähkönjohtavuus	13
3.4 Sameus	14
3.5 Liunneen hapen määrittäminen. Jodometrinen menetelmä.....	15
3.6 Näytteenottopisteet	16
Hanhilampi	22
Pankalampi.....	23
Laihalampi.....	23
Naistinki	23
Hulevesivaluma-alueet	24
4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU.....	25

4.1	Mittaustulokset	25
4.2	Hygieeninen laatu	29
4.3	Kemiallinen laatu	29
4.4	Mittaustulosten vertailua	30
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	30
	LÄHTEET	33

SANASTO

E. coli/Kolibakteeri = Escherichia coli

Eskuliini = Heterosyklinen sokereihin kuuluva yhdiste, joka tappaa bakteereita.

Heterosyklinen = Rengasrakenne, joka koostuu vähintään kahdesta eri alkuaineesta; vetyä ei lasketa tässä tapauksessa alkuaineeksi.

Hemolyyttinen = Punasoluja hajottava

Beetahemolyyttinen = Tehokkaasti punasoluja hajottava

Urogenitaalialue = Virtsa- ja sukupuolielinten alue

Endokardiitti = Sydämen sisäkalvontulehdus

Biofilmi = Mikrobin muodostama järjestynyt rakenne, joka on kiinnittynyt elolliseen tai elottomaan pintaan.

Kelafosporiini = Antibiootti, joka estää bakteerin soluseinän mureiinien synteesiä.

Mureiini = Bakteerin soluseinän rakennusaine

Sulfa-trimetopriimi = Sulfalääkkeen ja trimetopriimin yhdistelmä lääke

Gramnegatiivinen = Gramvärjäyksessä punaiseksi värjäytyvä

Antigeeni = Aine, joka aiheuttaa elimistössä vasta-aineiden muodostumisen tai soluvälitteisen immuunivasteen.

Serotyyppi = Vasta-aineiden avulla määritettäviä bakteerien tai virusten alalajeja.

Fimbria = Proteiinista koostuva lisäke, jolla bakteeri tarttuu pintoihin.

Adhesiini = Pinta-antigeeni, joka voi kiinnittää mikrobit esim. epiteelisolun pintaan.

Solumembraani = Solukalvo

Hemolysiini = Punasoluja hajoamista aiheuttava aine

Bakteerienteriitti = Bakteerin aiheuttama suolitulehdus

Fakultatiivisesti anaerobinen = Mikrobi, joka pystyy elämään hapettomassa että hapellisissa ympäristöissä.

Formaatti = Pysyvä veteen liukenematon yhdiste

Heterotrofi = Toisenvarainen eliö, joka saa biosynteesiinsä reaktioihin tarvitsemansa hiilen orgaanisista yhdisteistä.

1 JOHDANTO

Ihminen vaikuttaa toiminnallaan vesistöjen tilaan; rakentaminen, metsien, soiden ja maa- aineksen käyttö ja kalatalous ovat esimerkkejä vesistöihin vaikuttavasta toiminnasta. Vesistöihin kohdistuvasta kuormituksesta puhutaan yleensä piste- tai hajakuormituksesta. Pistekuormituksella tarkoitetaan tarkasti tunnettua kohtaa kuten puhdistamon purkupuutkea; tämä kuormitus on usein määrältään arvioitavissa. Hajakuormitus on määrällisesti ja alueellisesti vaikeammin määriteltävissä. Hajakuormitus voi tulla esimerkiksi pelloilta, soilta, pohjaveden mukana tai laskeumana ilmasta. Ihmisen toiminta vaikuttaa vesistöjen tilaan kemiallisfysikaalisesti ja biologisesti. Rehevöityminen, happipitoisuuden muutos ja eliölajien muutokset ovat esimerkkejä vesistöjen tilojen muuttumisesta. (Särkkä 1996, 125–127.)

Vesistöjen tilan muutos voi vaikuttaa olennaisesti myös ihmisiin, kuten pohjaveden laadun heikkeneminen tai pilaantuminen. Huonolaatuinen hankintavesi voi aiheuttaa huonolaatuista talousvettä, josta voi seurata epidemioita tai terveysriskejä ihmisille. Talousveden laadun heikkenemistä voi aiheutua esim. jos asumajätevettä pääsee talousveteen. Tällöin veteen pääsee tauteja aiheuttavia bakteereita. Talousveden laatu voi myös heikentyä, mikäli vesilaitoksella sattuu kalkin tai kloorin ylisyyttöä puhdistusprosessien aikana.

Talousvedessä ei saa olla mitään eliöitä tai kemikaaleja sellaisina pitoisuuksina, että ne voivat aiheuttaa vaaraa ihmisen terveydelle. Mikäli talousvesi ei täytä sille asetettuja laatuvaatimuksia ja vedestä voi aiheutua haittaa terveydelle, kunnan terveydensuojeluviranomaisen sekä vettä toimittavan laitoksen on selvitettävä, mistä veden laadun häiriö johtuu. Terveydensuojeluviranomaisen on määrättävä veden toimittaja korjaamaan veden laatu hyvälaatuiseksi ja ohjeistamaan veden käyttäjiä siitä, miten terveyshaitta voidaan ehkäistä. (Valvira 2014.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, mitkä tekijät heikentävät Hanhikankaan vedenpumppaamolle tulevan hankintaveden laatua. Tarkoituksena on löytää selitys, jonka avulla voidaan selittää, miksi hankintavedessä on havaittu laadun heikkenemistä. Työssä pohditaan erityisesti hulevesien ja valuma-alueiden vaikutusta han-

kintaveteen, koska laadun heikkenemisen oletetaan johtuvan hulevesien aiheuttamasta hajakuormituksesta.

2 TEORIA

2.1. Enterokokit

Enterococcus-suku erotettiin streptokokeista 1980-luvun puolivälin jälkeen. *Enterococcus*-sukuun kuuluu nykyään yli 20 lajia. ”Kliinisen mikrobiologian eristämistä enterokokeista yli 95 % on *E. faecalis* ja *E. faecium*. Muita lajeja, kuten *E. duransia*, *E. aviumia*, *E. casseliflavusa*, *E. gallinarumia* ja *E. hiraeta* eristetään satunnaisesti”. *Enterokokit* ovat kasvuvaatimuksiltaan hyvin joustavia; ne voivat kasvaa hyvin suolaisessa ympäristössä (6,5 % NaCl), laajalla lämpötila-alueella (10–45 °C), ja korkeassa pH:ssa (9,6). *Enterokokit* pystyvät hajottamaan eskuliinia ja sietävät sappisuoloja. Ne voivat säilyä hengissä elottomilla pinnoilla ja kestävät 60 °C lämpötilaa 30 minuuttia. (Hedman ym. 2010, 126.)

Yleensä *enterokokit* kasvavat ei-hemolyyttisinä pesäkkeinä, joskin alfa-hemolyyttisiä ja jopa beetahemolyyttisiä kantoja esiintyy. Solut muodostavat lyhyitä ketjuja ja pareja jakautuessaan. *Enterokokit* luokitellaan Lancefieldin D-ryhmään, joilla noin 80 %:lla on pinta-antigeeni. *Enterokokit* muodostavat tärkeän osan ihmisen ja useiden eläinten suolen mikrobifloorasta. Niitä esiintyy myös urogenitaalialueella, erityisesti välilihassa, ja pieniä määriä suussa. (Hedman ym. 2010, 126.)

Enterokokit aiheuttavat infektioita, kun immunitaetti on heikentynyt ja elimistön luonnollisten bakteerien määrä on vähentynyt antibiootihoidon aikana. Infektio on yleensä peräisin potilaan omasta mikrobistosta. Tavallisin *enterokokki*-infektio on virtsatientulehdus; *enterokokkien* osuus on 5–10 %. *Enterokokkeja* esiintyy usein vatsaontelon ja lantion alueen infektioissa yhdessä muun suoliston mikrobiston, lähinnä *enterobakteerien* ja anaerobien kanssa. (Hedman ym. 2010, 126.)

Enterokokit voivat aiheuttaa endokardiiitteja; mikrobiologisesti varmennetuista endokardiiiteista noin 10 % on *enterokokkien* aiheuttamia. *Enterokokki*-infektiot liittyvät hyvin usein katetreihin ja kanyyleihin; sekä *E. faecalis* että *E. faecium* pystyvät muodostamaan biofilmejä. *Enterokokkien* menestys sairaalainfektioissa perustuu niiden

luontaiseen resistanssiin antibiootteja kohtaan. *Enterokokit* sietävät melko suuria penisilliinipitoisuuksia, ja kaikki kefalosporiinit ovat tehottomia. Soluseinä suojaa *enterokokkeja* monilta lääkkeiltä ja ne kykenevät ohittamaan myös sulfa-trimetopriimin vaikutusmekanismin. (Hedman ym. 2010, 127.)

2.2. *Escherichia coli*

E. coli on gramnegatiivinen enterobakteeri, joka on suoliston aerobisen flooran valtabakteeri. *E. coli* -kannat voidaan jaotella O-, K ja H-antigeenin mukaan; O-antigeneja 181, K-antigeneja 101 ja H-antigeneja 56. Koska serotyyppejä on yli 700, ne ilmaistään antigeenin avulla, esim. O18:K1:H2. Suolistoinfektioita aiheuttavilta kolikannoilta puuttuu yleensä K-antigeeni. Koleilla on monenlaisia fimbrioita ja adesiineja, joita ne käyttävät erilaisiin pintoihin ja kudoksiin kiinnittymiseen. Eräät ripulia aiheuttavat kolikannat erittävät toksiineja. Monet kolikannat tuottavat solumembraaneja vaurioittavaa hemolysiiniä. (Hedman ym. 2010, 178.)

E. coli ihmisen ja eläinten suolistossa isännälleen hyödyllinen, koska se estää muita patogeneja kolonisoimasta suolta. Lisäksi *E. coli* tuottaa K-vitamiinia. *E. coli* pystyy aiheuttamaan infektioita, mikäli se pääsee suoliston ulkopuolelle limakalvojen vastustuskyvyn heikennettyä tai vamman kautta. Virtsatieinfektio on tavallisin *E. colin* aiheuttama infektio; noin 90 % on *E. colin* aiheuttamia. Tartunta on yleensä peräisin oman suoliston tai välilihan alueen floorasta. Bakteerit pääsevät virtsateihin virtsaputkea pitkin. Virtsa on erinomainen elatusaine *E. colille*, mikä edesauttaa infektion leviämistä virtsaputkesta rakkoon ja sieltä edelleen munuaiseen. Tiedetyt *E. coli* -kannat, kuten *ETEC*, *EHEC*, *EIEC* ja *EAEC* *E. coli* aiheuttavat ripuleita. (Hedman yms. 2010, 179.)

Kolibakteerit ovat aina peräisin ihmisen tai eläimen ulosteesta. Ripulikolit leviävät yleensä elintarvikkeiden ja juomaveden välityksellä, kuten muut bakteerienteriitin aiheuttajat. Paras tapa ehkäistä tartunnan leviäminen on säilyttää hyvä hygienia ravinnon koko tuotantoketjussa. Ripulikolit ovat yleisiä kehitysmaissa, joissa imeväisripuli ja pikkulasten ripuli ovat merkittävä osa aliravitsemus- ja infektiokierrettä. Matkailija voi parhaiten suojautua turistiripulitartunnalta pesemällä kätensä ja välttämällä epäilyttäviä ruokia ja juomia. *E. colin* aiheuttamat sairaalainfektiot ovat yleensä peräisin

sairaalassa olevasta *E. coli* -kannasta, joka on kolonisoinnut ensin potilaan suoliston ja aiheuttaa infektion vasta tämän kolonisaation jälkeen. (Hedman yms. 2010, 184.) *E. coli* on herkkä gramnegatiivisille bakteereille tarkoitetuille lääkkeille. Kuitenkin *E. coli* voi olla moniresistenssi monille sairaalassa käytettäville lääkkeille, joten yleensä herkkyysmääritys on tarpeen; erityisesti, jos potilas on sairastanut useita infektioita. (Hedman yms. 2010, 183.)

2.3 Koliformiset bakteerit

”Koliformiset bakteerit tarkoittaa ryhmää fakultatiivisesti anaerobisia, itiöitä muodostamattomia sauvabakteereja, gram-negatiivisia sauvabakteereja, oksidaasi-negatiivisia, jotka käyttävät laktoosia tuottaen happoa, kaasua ja aldehydiä 48 tunnissa, kun lämpötila on 35 °C tai 37 °C. Lämpökestoiset koliformiset bakteerit tarkoittaa bakteereita, jotka tuottavat kaasua ja happoa myös lämpötilassa 44,5 °C 24 tunnissa.” (Opetushallitus.)

Koliformiset bakteerit kuuluvat ihmisten ja tasalämpöisten eläimien suoliston normaaliin bakteeriflooraan. Koliformisten bakteerien määrittelyllä voidaan arvioida pintavesien aiheuttaman kaivoveden pilaantumista. ”Määrittelyä käytetään myös selvittämään vesijohtoveden käsittelyn, lähinnä desinfioidin puutteellisuutta ja vedenottoon tai vesijohtoverkon saastumista.” (Opetushallitus.)

2.4 Talousvesi ja sen laatu

Talousvedellä tarkoitetaan vettä, jota käytetään kotitalouksissa juomavetenä tai ruoanlaitto tarkoituksiin sekä elintarvikealan yrityksissä tuotteiden valmistamiseen. (Valvira 2014). Talousveden valmistukseen käytetään sekä pinta- että pohjavettä. Vesilaitokset käyttävät talousveden valmistukseen nykyään noin 39 % pintavettä ja 61 % pohjavettä. Vedenkäsittelyn tarkoituksena on poistaa vedestä haitallisia aineita ja mikrobeja sekä vähentää veden syövyttävyyttä. Raakavedenlaadusta riippuvassa vedenkäsittelyssä vedestä poistetaan haitallisia aineita ja mikrobeja sekä vähennetään veden syövyttävyyttä. Vesilaitokselta lähtevä puhdas talousvesi johdetaan vesijohtoverkostoa pitkin kiinteistöihin ja muihin käyttökohteisiin. Suomessa noin 90 % talousvedestä johdetaan vesihuoltolaitosten vesijohtoverkostojen kautta. Yli 50 asukasta palvelevia vesilaitoksia on noin 1.500. Suomessa vesilaitosten jakama talousveden laatu on erit-

täin hyvää ja täyttää sekä talousvedelle asetetut terveysperusteiset laatuvaatimukset että käyttökelpoisuuteen perustuvat laatusuositukset. (Vesilaitosyhdistys.)

Escherichia coli

E. colin esiintymistä talousvedessä pidetään parhaimpana ulosteperäisen saastumisen indikaattorina. *E. coli:lle* on asetettu laatuvaatimus 0 pmy/100ml. (Watman 2010).

Enterokokit

Enterokokkien esiintyminen talousvedessä saattaa viitata ulosteiden aiheuttamaan saastumiseen. Enterokokeille on asetettu laatuvaatimus 0 pmy/100ml. (Watman 2010).

Koliformiset bakteerit

Koliformisten bakteereiden määrä kuvaa juomaveden hygieenista laatua. Koliformiset bakteerit voivat olla peräisin ulosteiden lisäksi maaperästä, kasveista tai jätevesistä. Koliformisten bakteereiden esiintyminen ei ole varma merkki ulosteen aiheuttamasta saastumisesta, vaan se indikoi yleistä likaantumista ja on usein merkki pintavesien pääsystä kaivoon. Koliformisille bakteereille on asetettu laatuvaatimus 0 pmy/100ml. (Watman 2010.)

2.5 Kemialliset parametrit

2.5.1 pH

Happamuutta mitataan pH:n avulla, joka kuvaa vetyionien määrää liuoksessa. pH:n asteikko on 0:sta 14:sta. Alle 7 olevat arvot kuvaavat happamia liuoksia, kun taas yli 7 ovat emäksisiä. Vesien luontainen happamuusaste perustuu hiilihappotasapainoon, johon organismit vaikuttavat elintoiminnollaan. Suomessa humusaineet vaikuttavat merkittävästi veden ionitasapainoon. Myös teollisuusjätevesillä on vaikutusta happamuusasteeseen. Veden happamuudessa päällysvedessä suurehkoa vuorokautista vaihtelua; mihin on syynä yhteytyksen voimakkuuden vaihtelu. (Särkkä 1996, 59.)

Vedenkäsittelyn aikana pH säädetään 7–8,8 välille, jotta vesijohtoverkostonputket eivät syöpyisi. pH-arvo määritetään potentiometrisesti pH-mittarilla, johon on liitetty yhdistelmäelektrodi, joka sisältää lasi- ja vertailuelektrodin. (Opetushallitus). Suomalaisen järvien normaali pH arvo on välillä 6,5–7,5. Veden happamuutta lisäävät mm. valuma-alueella olevat suot, ilmakehän hapan laskeuma ja teollisuuden happamat jätevedet. Vesistö voidaan todeta happamoituneeksi, kun sen pH-arvo laskee alle 6. Happamuuden lisääntyessä lajimäärä vähenee kaikissa eliöryhmissä. Kesäisin esiintyvä korkea pH pintavedessä kertoo vilkkaasta levätuotannosta. (Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.)

2.5.2 Sameus

Sameus kuvastaa veden kirkkautta. Mitä vähemmän vedessä esiintyy savihiukkasia, levää ja muuta sameutta aiheuttavia partikkeleita, sitä pienempi on sameusarvo. Kirkkaan veden sameus on alle 1,0 FTU. Mikäli vesi on silmin nähden samentunutta, sameusarvon on 5-10 FTU tai suurempi. (Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.) Sameuden määrittäminen perustuu valonsirontaan, joka riippuu vedessä olevien hiukasten lukumäärästä, koosta, muodosta, väristä sekä taitekertoimesta. Sameus määritetään vertaamalla näytteen ja standardin valonsironnan voimakkuutta. (Opetushallitus.)

2.5.3 Sähkönjohtokyky

Sähkönjohtavuus kuvastaa veteen liuenneiden suolojen määrää. Sisävesien sähkönjohtavuus on Suomessa erittäin pieni (3,5–10 mS/m). Suolapitoisuutta lisäävät esim. sadevedet, peltojen lannoitus, tiesuolaus ja yleisen ympäristön likaantuminen. (Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.)

Veden sähkönjohtavuuteen vaikuttavia suoloja ovat esim. typpi, kalsium, fosfori, kloridi ja magnesium eri esiintymismuodoissa. Myös lämpötilalla on oleellinen vaikutus sähkönjohtavuuteen; mitä lämpimämpää vesi on, sitä nopeammin ionit liikkuvat vedessä. Veden sähkönjohtavuutta voidaan hyödyntää, kun arvioidaan veden puhtautta tai kuormitusta, sillä ajan mittaan vesi kuormittuu kuolleista kasveista ja kaloista, ulosteista, erilaisista kemikaaleista ja erityyppisistä päästöistä. Nämä kuormittavat tekijät nostavat veden sähkönjohtavuutta. Tislatun veden sähkönjohtokyky on hyvin

pieni, kun taas jätevesissä arvo on huomattavasti korkeampi. (Akvaario-tietopankki 2014.)

2.5.4 Veden hapenkulutus

Happi on tärkeä osa monia kemiallisia ja biologisia reaktioita. Happea pidetään vesi ympäristössä kaikkein tärkeimpänä aineena. Happea kuluu kasvien ja eläinten hengityksessä. Uutta happea tuotetaan yhteytyksessä, kun valoa ja ravinteita on riittävästi käytössä. Happi saattaa loppua vedessä helposti, sillä happi voi kuluu loppuun hengitys- ja hajotustoiminnassa, mikäli sen varasto ei täydenny riittävästi yhteytyksen kautta tai suoraan ilmasta. Happipitoisuuden lyhyt- ja pitkäaikaiset vaihtelut kuvaavat hyvin vesistön tilaa, sillä happipitoisuus edustaa tavallaan eri toimintojen lopputulosta. Orgaaninen aines voi hajotessaan aiheuttaa voimakasta hapenpuutetta. Mikäli hapenpuutetta jatkuu pitkään, monet eliöt häviävät, ja jäljelle jää vain harvoja erityisen kestäviä lajeja. (Särkkä 1997, 50–51.)

Happea kuluu päällysvedessä enemmän kuin alusvedessä; tämä johtuu päällysveden korkeammasta lämpötilasta. Järven happivarastoon vaikuttaa paljon järven alusveden tilavuus; syvässä järvessä happi ei kulu loppuun yhtä nopeasti kuin matalassa. Kun happi loppuu, eliöiden toiminta jatkuu anaerobisesti ja happea otetaan esim. sulfaatista (SO_4) ja nitraatista (NO_3). Kun veden lämpötila on talvella enintään $+4^\circ\text{C}$, happea on teoreettisesti 13,11 mg/l, mikäli sitä ei kuluisi. Jääpeite estää hapen liukenemistä ilmakehästä ja suureksi osaksi valon pääsyä veteen ja siten yhteytyks on vähäistä. (Särkkä 1997, 54.)

2.6 Hulevedet

Hulevesillä tarkoitetaan eri pinnoilta pois valuvia sade ja sulamisvesiä sekä rakennusten kuivatusvesiä. Hulevesiksi ei luokitella metsä- ja peltovesiä. Hulevedet ovat pääosin puhdasta luonnonvettä, joka kontaminoituu vasta huuhtoessaan lika-aineita ja ravinteita eri pinnoilta ja maaperästä. Hulevesin valuma-alueella tarkoitetaan aluetta, jonka hulevesillä on yhteinen purkupiste. Purkupiste voi esimerkiksi olla selkeä sadevesiviemärin purkukohta tai vesistöön samansuuntaisesti viettävä maa-alue. (Mikkelin kaupunki.)

Hulevedet irrottavat ja liuottavat mukaansa eri pinnoilla virratessaan ravinteita, haitta-aineita suolistoperäisiä bakteereita sekä kiinteitä maapartikkeleita. Hulevesien laatu on riippuvainen alueen toiminnasta. Voimakasta kuormitusta aiheuttavat viheralueet, teollisuusalueet ja keskusta. Hulevesien vaikutuksen voimakkuus vesistöihin riippuu vesistöjen kuormitusrakenteesta, tilasta, käytötavasta ja laimentumisolosuhteista. Valmiiksi kuormittuneet vesistöt, virkistyskäytössä olevat vesistöt ja pohjaveden muodostumisalueisiin yhteydessä olevat vesistöt ovat herkimpiä hulevesien aiheuttamalle kuormitukselle. Mikkelin alueen vesistöissä hulevesien kuormitukselle herkimpiä arvioidaan olevan Kaihunlahti, Satamanlahti, Hanhilampi, Seitsenniminen joki, Pitkäjärvi, Visulahti, Laihalampi, Likolampi, Naistinki sekä Orijärvi. (Mikkelin kaupunki.)

2.7 Sademäärän ja lämpötilan muutokset

Kun sademäärä on 1 mm; tarkoittaa tämä, että yhden neliömetrin alueelle kertyy yksi litra vettä. Sade muodostuu sadepilvistä tai pilviverhosta. Sademäärää voidaan kuvaila vuorokausittaisen kokonaissademäärän mukaan seuraavasti: poutaa, kun sademäärä <0,3 mm/vrk, vähän sadetta (0,3–0,9 mm/vrk), sadetta (1–4,4 mm/vrk) ja runsasta sadetta (4,5 mm tai enemmän/vrk). Rankkasadetta kuvataan sademäärään kuluneen ajan suhteen seuraavasti: 2,5 mm/ 5 min, 5,5 mm/ 30min kuluessa, 7,0 mm/ 1h, 10 mm/ 4h, 15 mm/ 12h, ja 20 mm/ 24h. Lämpötilan muutosta kuvataan seuraavalla tavalla: lämpötila pysyy ennallaan, kun muutos on enintään 2 °C, nousee tai laskee, kun muutos on 3–4 °C tai nousee tai laskee huomattavasti tai on huomattavasti lämpimämpää tai kylmempää, kun muutos on suurempi kuin 5 °C. (Ilmatieteenlaitos.)

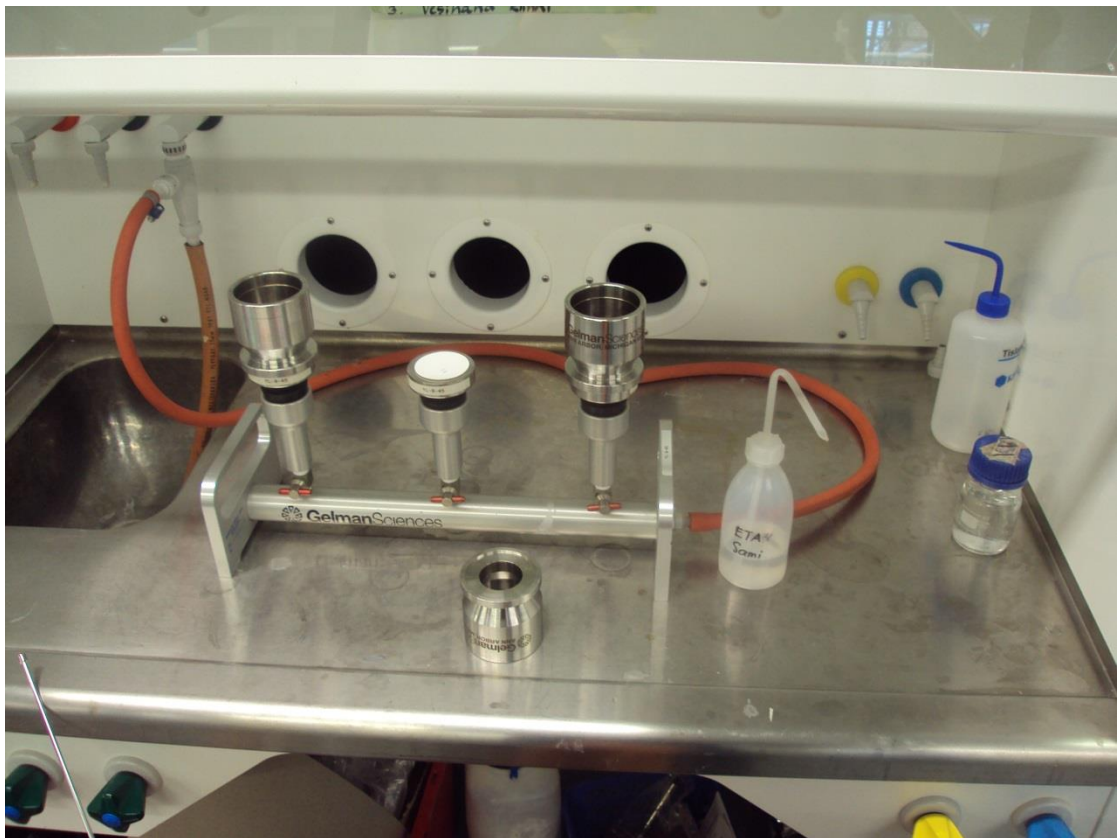
3 MATERIAALIT JA MENETELMÄT

Opinnäytetyön ongelmaa ratkaistiin suorittamalla vesinäytteenottoa ennalta valituista pisteistä eri ajankohtina. Vesinäytteistä tehtiin mikrobiologisia määrittämiä: *enterokokki*-bakteereiden määrittämiä kalvosuodatusmenetelmällä sekä *E. coli*- ja koliformisten bakteereiden määrittämiä Colilert-pikamenetelmällä. Hankintaveden kemiallista laatua tutkittiin määrittämällä: pH, sähkönjohtavuus, sameus sekä hapen liukoisuus ja kyllästysaste. Kemialliset määrittämiä tehtiin näytteenoton jälkeisenä päivänä, koska näytteenottopäivänä haettiin näytteet ja tehtiin mikrobiologiset määrittämiä. Näytteet otettiin yhden litran muovipulloihin. Näytteitä otettiin limnoksella sekä vesinäyt-

teenottimilla. Johtopäätökset tehtiin aikaisempien ja omien mittaustulosten, säädäntä, hulevesiin liittyvän materiaalin sekä mittausalueeseen liittyvän datan perusteella

3.1 Suolistoperäisten enterokokkien havaitseminen ja laskeminen: kalvosuodatusmenetelmä (SFS-EN ISO 7899- 2)

Työ aloitettiin steriloimalla kalvosuodatinlaitteisto. Laitteisto steriloitiin etanolilla; jonka jälkeen se sytytettiin tulitikulla. Sterilointi oli suoritettu, kun kaikki etanoli oli palanut pois suodattimista. Tämän jälkeen suodattimet jäähdytettiin tislattulla vedellä. Kun suodatinlaitteisto oli jäähtynyt, asennettiin suodattimiin kalvosuodattimet, joiden läpi näytevesi suodatettiin. Näytevettä suodatettiin 100–300 ml. Suodatuksen päätyttyä kalvosuodattimet siirrettiin agar- maljoille steriloiduilla pinseteillä. Tämän jälkeen agar- maljat laitettiin inkuboitumaan lämpökaappiin + 35 °C:een 44 +/- 4 tunniksi. Suodatinlaitteisto steriloitiin jokaisen suodatuksen jälkeen. Suodatettua vettä kertyi imupulloon 4 dl, jonka jälkeen imupullo tyhjennettiin.



KUVA 1. Kalvosuodatinlaitteisto (Niemelä 2014)

Suolistoperäisten *enterokokki*-bakteereiden laskeminen perustuu tarkasti määritellyn vesinäyttemäärän suodattamiseen kalvosuodattimen läpi, jonka huokoskoko (0,45 µm) on riittävän pieni pidättämään bakteereja. Suodatin tulee asettaa kiinteälle, valikoivalle kasvualustalle, jossa on natrium atsidia (estää Gram-negatiivisten bakteerien kasvua) ja 2,3,5- trifenyylitetratsolium kloridia, mikä on väritöntä ainetta, jonka suolistoperäiset *enterokokit* muuttavat punaiseksi formatsaaniksi. Tyypillisesti pesäkkeet ovat kohonneita ja niiden keskusta tai koko pesäke on punainen, punaruskea tai vaaleanpunainen. (SFS 2000, 8.)

Kun tyypillisiä pesäkkeitä havaitaan, siirretään suodatinkalvo pesäkkeineen sappieskuliini agarille, joka on esilämmitetty 44 °C: een. Suolistoperäiset *enterokokit* hydrolysoivat eskuliinin tällä kasvualustalla kahdessa tunnissa. Lopputuloksena 6,7- dihydroksikumariini yhtyy rauta (III) ioneihin, jolloin syntyy väriltään kullanuskeasta mustaan oleva yhdiste, joka leviää kasvualustaan. (SFS 2000, 10.)

Pesäkkeet, joissa on kullanuskeasta mustaan oleva väri ympäröivässä kasvualustassa, katsotaan antavan positiivisen reaktion ja ne lasketaan suolistoperäisiksi *enterokokeiksi*. (SFS2000, 16).

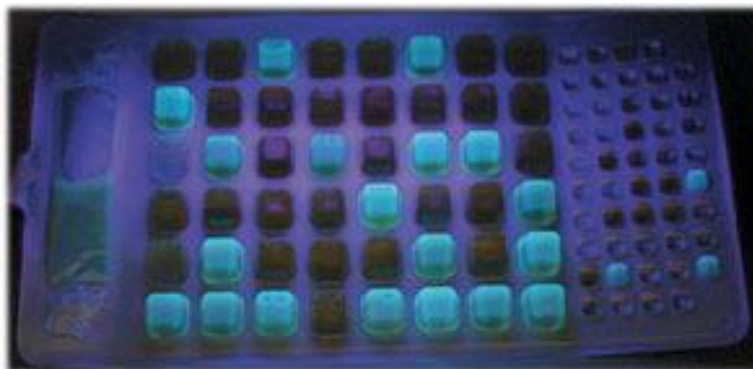
3.2 Colilert 24- pikamenetelmä koliformisten bakteereiden ja *E. coli* määrittämiseen

Colilert-testillä voidaan analysoida samanaikaisesti koliformisten bakteerien kokonaismäärä ja *E. coli*- bakteereiden pitoisuus. Testi perustuu näiden bakteereiden entsyymiaktiivisuuksien mittaamiseen. Koliformien kasvaessa Colilertissa, B-galaktosidaasi-entsyymi hajottaa ONPG-substraatin, jolloin vapautuva yhdiste muuttaa värittömän kasvualustan kirkkaan keltaiseksi. Kun *E. coli* kasvaa B-glukuronidaasi-entsyymi hajottaa MUG-substraatin, jolloin vapautuu UV-valossa (365nm) fluoresoiva yhdiste. Organismit, joilla ei ole näitä entsyymejä, eivät voi hajottaa ONPG eivätkä MUG-substraatteja: tämän seurauksena ne eivät aikaansaa väri- ja fluoresenssireaktioita. Colilert-reagenssi on muille bakteereille niukkaravintainen ja se sisältää heterotrofien kasvua estäviä aineita; muut bakteerit eivät häiritse tutkittavien bakteereiden määrittämistä. Colilert-testin herkkyys on 1 pmy/100ml vettä. Reagenssit säilytetään 4–30 °C lämpötilassa pimeässä tilassa, pakkauksessa merkittyyn ajankohtaan saakka. (Colilert-24 käyttöohje.)

Colilert 24- testi aloitettiin lisäämällä Colilert 24- reagenssi 100ml:aan näytettä steriilissä pullossa. Tämän jälkeen pullo suljettiin ja pulloa ravisteltiin, kunnes reagenssi oli kokonaan liuennut. Sitten näytevesi kaadettiin Quanti-Tray liuskaan, liuskaa ravisteltiin ja liuska suljettiin sulkijalaitteen avulla. Lopuksi liuska inkuboitiin 35 ± 0.5 °C asteen lämpötilassa 24 tuntia. Tulos tulkitaan positiiviseksi koliformeille, jos näyte on keltaisempi tai yhtä keltainen kuin kontrolli (KUVA 2). Tulos on positiivinen *E. colille*, mikäli UV-valossa havaitaan fluoresenssi (KUVA 3). (Colilert 24 käyttöohje.)



KUVA 2. Colilert-näyte- ja vertailuliuska sekä näytepullo (MDE 2006)



E. coli present

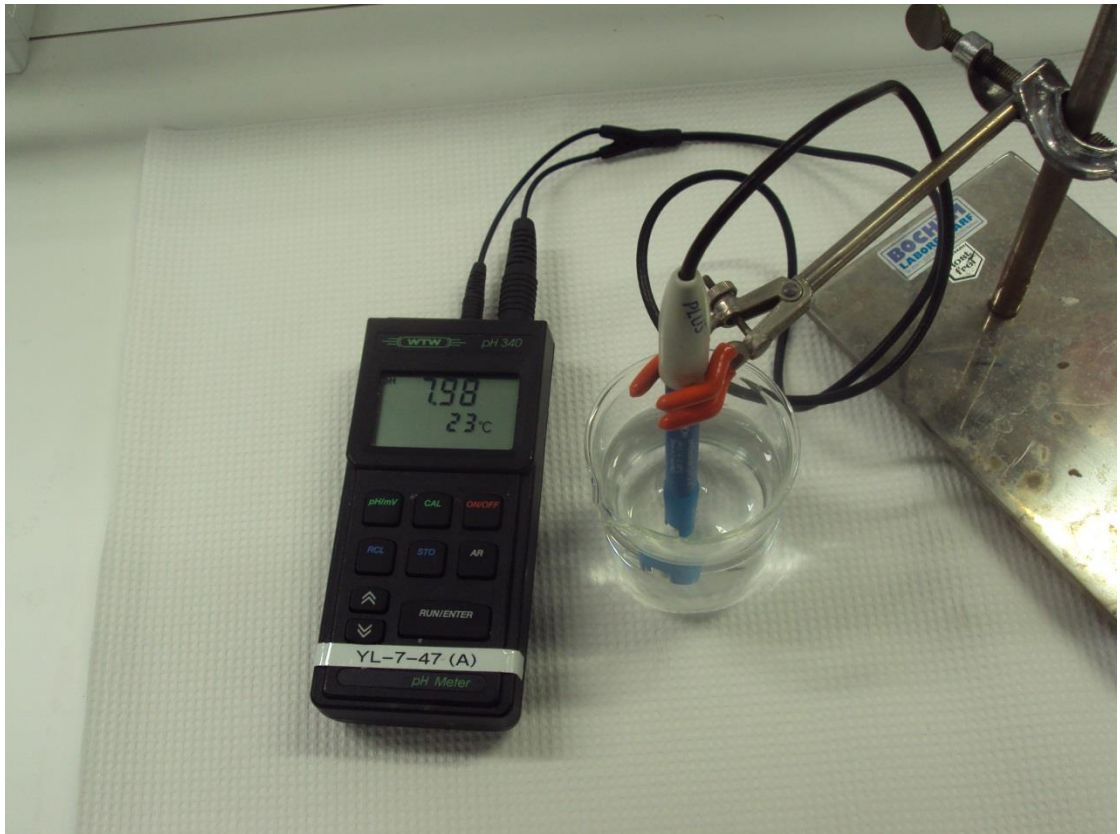
KUVA 3. E. colin fluoresoituminen UV-valon avulla (USGS 2013)



KUVA 4. Vasemmalla kaksi vesinäytteenotinta ja oikealla limnos (Niemelä 2014)

3.3 pH ja sähkönjohtavuus

pH ja sähkönjohtavuus määritettiin elektrodimitareilla, jotka näyttivät pH:n ja sähkönjohtavuuden arvot. Arvoja määritettiin kahdesti per näytepiste. Elektrodit laitettiin näytevesiin mittaamaan arvoa, niin että, elektrodi oli selkeästi veden pinnan alapuolella. Elektrodit olivat kiinnitetty statiiviin ja näytevedet kaadettiin mittalaseihin. Elektrodit puhdistettiin tislatulla vedellä jokaisen mittauksen jälkeen. pH:n mittaamiseen käytettiin pH 340-A/ SET-1 -mittaria ja sähkönjohtavuuden mittaamiseen Cond 340 i/SET -mittaria.



KUVA 5. pH- mittari (Niemelä 2014)

3.4 Sameus

Sameuden mittaamiseen käytettiin Oakton turbidi T-100 -mittaria. Sameuden mittaaminen aloitettiin kalibroimalla sameusmittari. Mittari kalibroitiin neljällä eri sameuspitoisuudella, aloittamalla suurimmasta pitoisuudesta ja lopettamalla pienimpään pitoisuuteen. Sameusmittarilla määritettiin kolme arvoa per näytepiste. Mittaus suoritettiin kaatamalla näytevettä merkkiviivaan saakka. Tämän jälkeen pullon korkki suljettiin ja pullon pinta puhdistettiin siihen tarkoitettulla liinalla. Sitten pulloa ravistettiin ja se asetettiin sameusmittariin. Sameusmittari mittasi arvon noin kymmenessä sekunnissa. Mittapullot puhdistettiin tislatulla vedellä jokaisen mittauskerran jälkeen.



KUVA 6. Sameusmittari ja standardiliuokset (Niemelä 2014)

3.5 Liunneen hapen määrittäminen. Jodometrinen menetelmä

Vesinäyte otettiin kapeasuiseen tulpalliseen lasipulloon, jonka kylkeen oli merkitty pullon tilavuus (ml). Pullo täytettiin näytteellä siten, että vettä valui reilusti yli. Näytteenoton jälkeen näytepulloon lisättiin 1 ml mangaani (II) sulfaattiliuosta ja 2 ml alkalista jodidi-atsidireagenssia. Tämän jälkeen pulloa käännettiin ylösalaisin useita kertoja, jotta sisältö hyvin. (SFS-EN 25813, 5-6.)

Jodin vapauttaminen aloitettiin lisäämällä 1,5 ml rikkihappoliuosta näytepulloon, jonka jälkeen näytepulloa ravistettiin, kunnes kaikki sakka oli liuennut ja jodi jakautunut tasaisesti. Tämän jälkeen näytepullostas siirrettiin 50 ml näytettä erlenmeyerkolviin. Näyte titrattiin natriumtiosulfaattiliuoksella, jonka kulutus kirjattiin muistiin. Indikaattoriliuoksena käytettiin tärkkelysliuosta. Indikaattoriliuosta lisättiin, kun natriumtiosulfaatti oli muuttanut liuoksen vaaleankeltaiseksi. Indikaattoriliuos värjäsi näytteen tumman siniseksi tai mustaksi. Titraaminen lopetettiin, kun liuoksen väri muuttui täysin veden kirkkaaksi, jolloin ei voitu havaita värejä liuoksessa. Näytteestä määritettiin liuennut happi kahdesti. (SFS-EN 25813, 7.)

Liuenneen hapen pitoisuus milligrammoina litraa kohti saadaan yhtälöstä

$$\frac{M_r V_2 c f_1}{4V_1}$$

jossa M_r on hapen suhteellinen moolimassa ($M_r = 32$);

V_1 on näytteen tai sen määrätyn osan tilavuus millilitroina;

V_2 on pullon sisällön tai sen määrätyn osan titraukseen käytetyn natriumtiosulfaattiliuoksen tilavuus millilitroina (10 mmol/l);

c on natriumtiosulfaattiliuoksen todellinen konsentraatio millimoolina litraa kohti;

$$f_1 = \frac{V_0}{V_0 - V'}$$

jossa

V_0 on pullon tilavuus millilitroina,

V' on mangaani (II) sulfaattiliuoksen (1 ml) ja alkalisen jodidi atsidireagenssin (2 ml) tilavuuksien summa.

3.6 Näytteenottopisteet

Näytteet haettiin alueelta, joka ulottui Hanhijoen alusta Siekkilänjokea pitkin lemmikkieläinten hautausmaan kohdalle (Taulukko 1). Näytteenoton aikana joet olivat suurimmaksi osaksi jäätyneet. Näytteenotto sijoittui lokakuu 2013–tammikuu 2014 väliselle ajalle. Näytteenottokertoja kertyi kuusi ja näytteitä haettiin 2–4 per näytteenottokerta. Näytteenottopisteiden kohdat olivat sulia, mutta muutamina näytteenottokertoina näytteitä ei pystynyt ottamaan kaikista pisteistä, sillä vesi oli jäätynyt muutamassa pisteessä. Näytteenottopisteistä otetut valokuvat ovat otettu maaliskuussa, jolloin jäät olivat jo sulaneet hyvin paljon.

TAULUKKO 1. Näytteenottopisteiden koordinaatit (ETRS89 maantiet. koord.)

Näytepiste	N/lat	E/lon
Hanhilampi	61° 42.254'	27° 15.169'
Pankajoki	61° 41.815	27° 15.27'
Pankalampi	61° 41.424'	27° 15.366'
Siekkilänjoki 1	61° 41.711'	27° 14.831'
Siekkilänjoki 2	61° 41.959'	27° 14.32'
Siekkilänjoki 3	61° 41.808'	27° 13.688'



KUVA 7. Siekkilänjoen 3. mittauspiste (Niemelä 2014)

Näytteenottopisteet valittiin myös siten, että näytteenottopisteelle pääsy olisi nopeaa ja aikaa ei kuluisi turhaan pitkän matkan tai vaikean maaston takia. Näytteenottopisteiden valinnassa otettiin huomioon alueelliset hulevesivaluma-alueet sekä aikaisemmat näytteenottotulokset. Pisteiden valintaan vaikutti myös Heikki Tanskanen (Mikkelin Ympäristöpalvelut).

Pankajoen ja Hanhilammen näytteenottopisteistä oli aikaisempaa ajankohtaisia mittaus tuloksia. Siekkilänjoesta oli vähän ajankohtaista ja julkaistua mittausdataa, joten tältä alueelta otettiin näytteitä, jotta saataisiin lisää ajankohtaista mittausdataa. Tarkoituksena oli seurata millaisia vedenlaadun muutoksia tapahtuu jokien eri kohdissa.



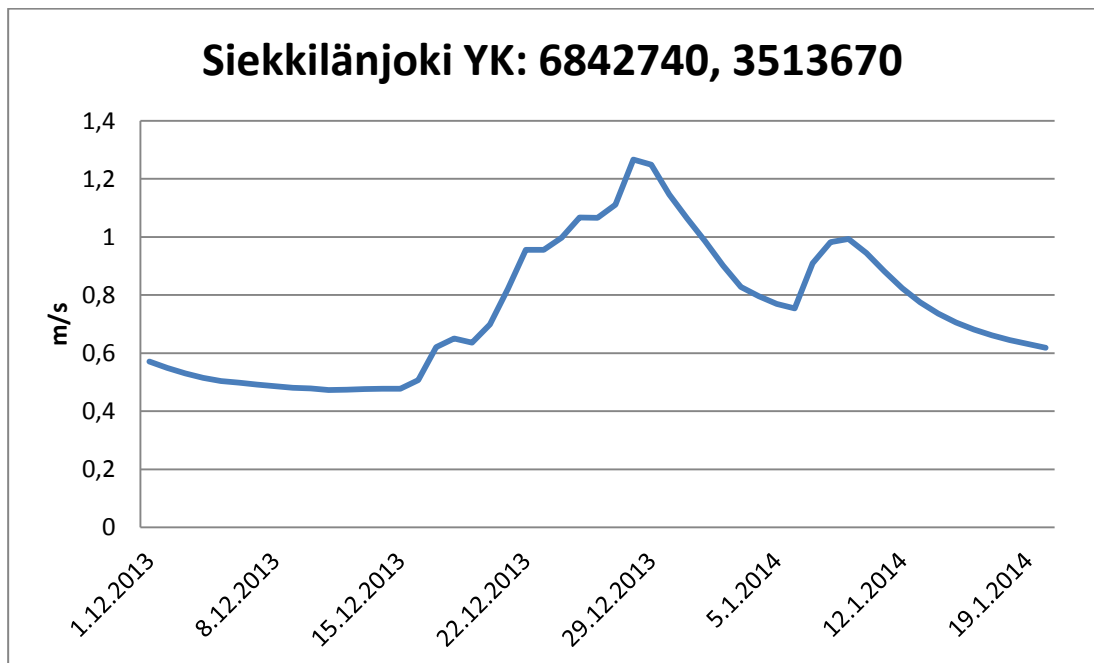
KUVA 8. Hanhilammen mittauspiste (Niemi 2014)



KUVA 9. Pankalammen mittauspiste (Niemi 2014)

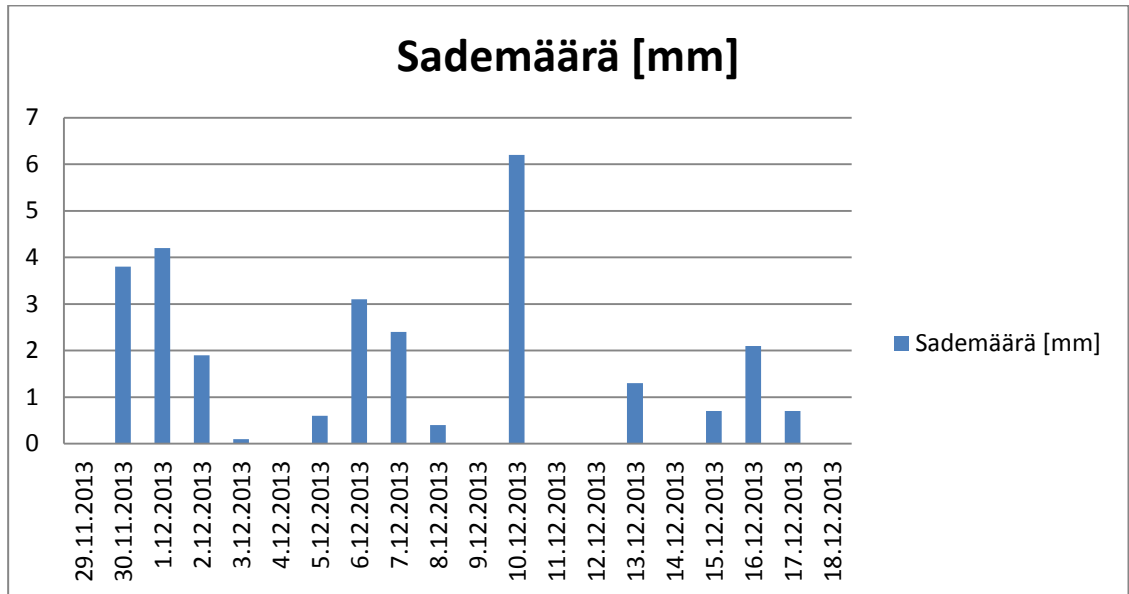


KUVA 10. Vemala-laskentaohjelman mukainen virtaama



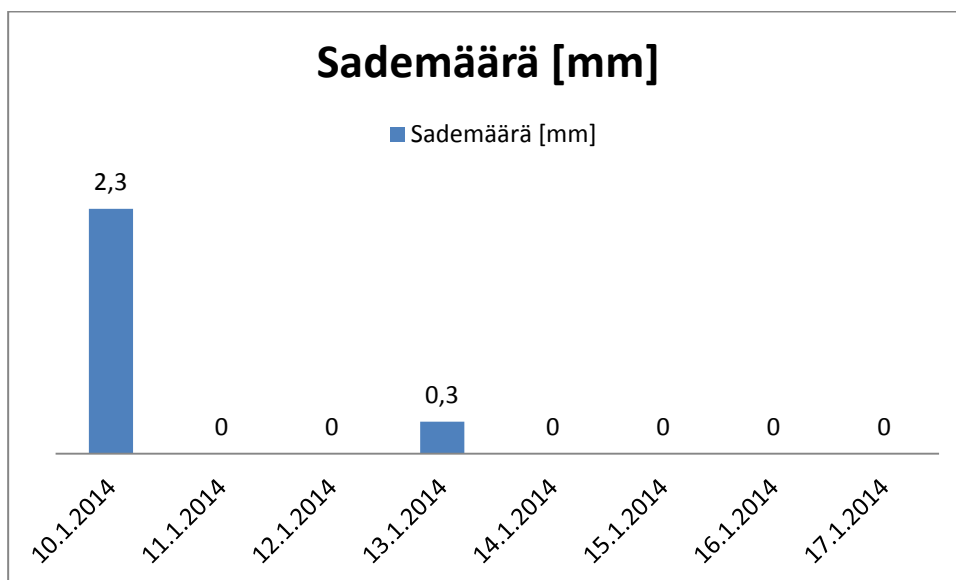
KUVA 11. Vemala-laskentaohjelman mukainen virtaama

Kuvissa 10 ja 11 näkyy Vemala:n avulla havaitut virtaamat. Molempien mittauspisteiden virtaamien kuvaajat ovat hyvin samannäköisiä. Joulukuun alussa virtaamat ovat pienimpiä, 17.12.2013 lähtien virtaamien arvot alkavat nousta joulukuun loppuun asti. Tammikuun alussa virtaamapiikki alkaa laskea, selkeä nousu 6.1–9.1, jonka jälkeen virtaamat alkavat taantua.

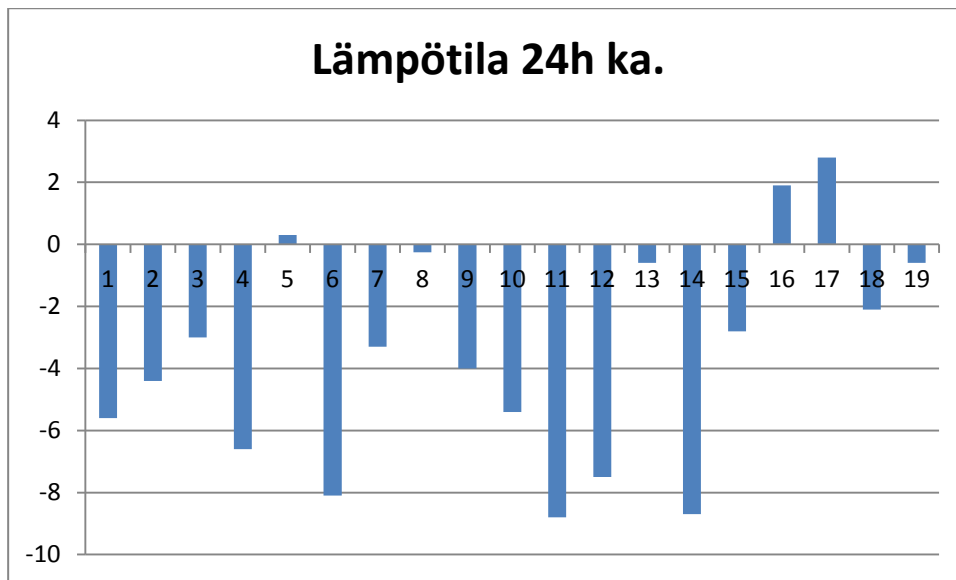


KUVA 12. Sademäärä ajalta 29.11-10.12 ja 13.12-18.12 (Ilmatieteen laitos, Mikkelin lentokentän sääasema)

Kuvasta 12 voidaan havaita, että 29.11-10.12 ja 13.12-18.12 välisenä aikana on ollut kahdeksan sadepäivää ja vähäistä sadetta tai täysin sadettomia päiviä on ollut kymmenen. Runsasta sadetta on ollut vain kahtena päivänä.

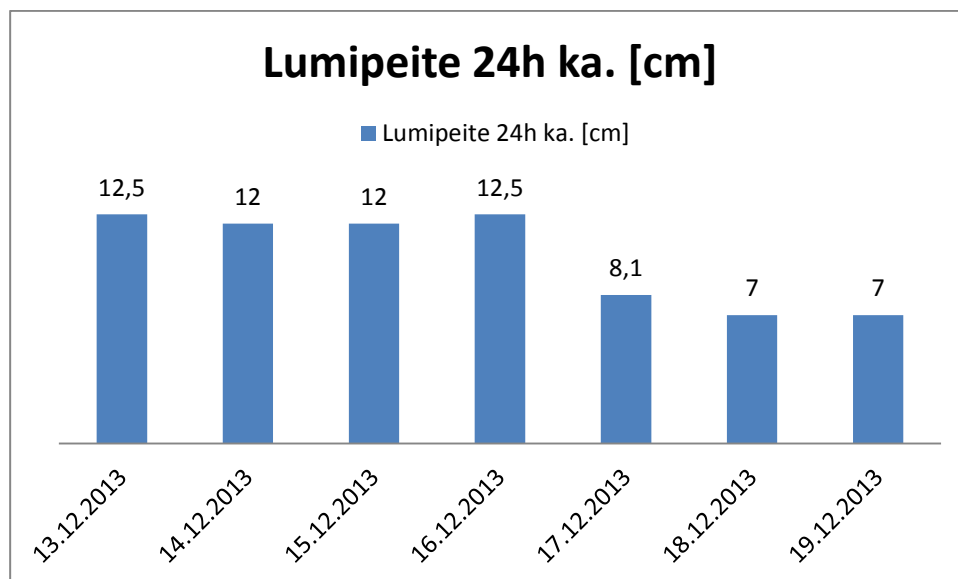


KUVA 13. Sademäärä ajalta 10.1–17.1.2014 (Ilmatieteenlaitos, Mikkelin lentokentän sääasema)



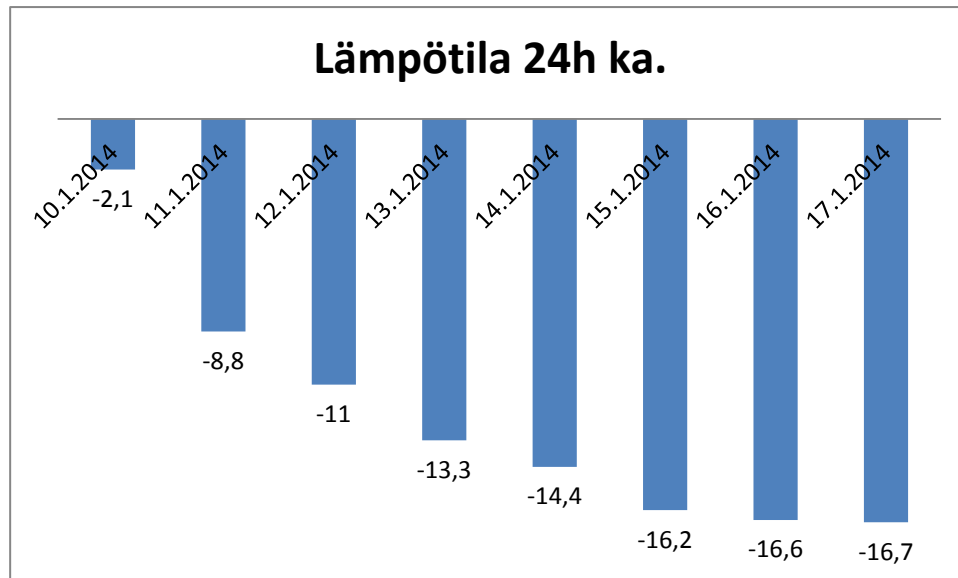
KUVA 14. Lämpötila 29.11-10.12.2013 ja 13.12-19.12.2013 (Ilmatieteenlaitos, Mikkelin lentokentän sääasema)

Kuvassa 14 olevana ajanjaksona lämpötila on pääasiallisesti ollut selvästi nollan alapuolella; useampana päivänä pakkasta on ollut vähintään -2°C . Viitenä päivänä pakkasta on ollut yli -6°C . Lämpötila on ollut plussan puolella kolmena päivänä, joista kaksi päivää on ollut peräkkäin plussan puolella. Tänä ajankohtana lämpötila on kohonnut yli 5°C ja pysynyt plussan puolella kaksi päivää. Tällöin lumipeite alkaa sulaa ja lisää hulevesien määrää.



KUVA 15. Lumipeite 13.12.2013-19.12.2013 (Ilmatieteenlaitos, Mikkelin lentokentän sääasema)

Kuvasta 15 voidaan havaita, että lumipeite on selvästi pienentynyt 17.12.2013–19.12.2013. Tämä voidaan selittää selkeällä lämpötilan kohoamisella, joka tapahtui 15.12.2013–17.12.2013 välisenä aikana (Kuva 14).



KUVA 16. Lämpötila 10.1-17.1.2014

Kuvassa 16 lämpötilat ovat selkeästi kylmiä keskilämpötilan ollessa hyvin matala. Lämpötilan ollessa kylmä ja sademäärän ollessa hyvin pieni, voidaan olettaa, että nämä tekijät eivät lisää hulevesiä (Kuva 16 & 13).

3.7 Vesistöjen kuvaus sekä virtaukset ja valuma-alueet

Heilajoki–Siekkilänjoki–Pankajoki–Hanhijoki–Rouhialanjoki–Emolanjoki–Rokkalanjoki eli Seitsenniminenjoki alkaa Alaisesta Rantakylän kaupunginosasta ja päättyy Satamanlahteen. Tällä välillä joki kiertää Pankalammen ja Hanhilammen kautta. Kaupungin hulevesiä jokeen kertyy Rantakylä, Tuskun, Lentokentän, Lehmuskylän, Siekkilän, Raviradan, Kaukolan, Kalevankankaan, Savisillan, Emolan, Rokkalan sekä Maunukselan alueilta. Joessa virtaavat ainepitoisuudet kasvavat ja hygieeninen tila heikkenee huomattavasti niillä uoman osuuksilla, joihin purkautuu kaupungin taajamien vesiä. Hulevedet vaikuttavat erityisesti Hanhilammen laatuun; vaikutus näkyy ajoittain pintaveden kohonneina kemiallisen hapenkulutuksen arvoina ja heikentyneenä hygieenisena laatuna. (Mikkelin kaupunki.)

Hanhilampi

Vuonna 2007 Hanhikankaan vedenottamosta johdettiin Mikkelin vesijohtoverkoston 24 % vesijohtovedestä. Hanhikankaan pohjavesialueella oleva harju rajoittuu sen länsireunalla sijaitsevaan Hanhilampeen. Hanhilammesta tapahtuu voimakasta ja laaja-alaista pintaveden imeytymistä pohjavesimuodostumaan luonnollisena rantaimetyymisenä, koska harjun kyljessä olevat maakerrokset läpäisevät vettä hyvin. (AVI Itä-Suomi 2010.)

Pankalampi

Pankalampi on noin 4,3 ha kokoinen lampi, joka jatkuu lammesta purkautuessaan Pankajokena. Siekkilänjoki laskee Pankalampeen pohjoisosasta. Lähivaluma-alue muodostuu pääosin asutus- ja katualueista sekä viher- ja hautausmaa-alueista. (Mikkelin seudun ympäristöpalvelut 2009.)

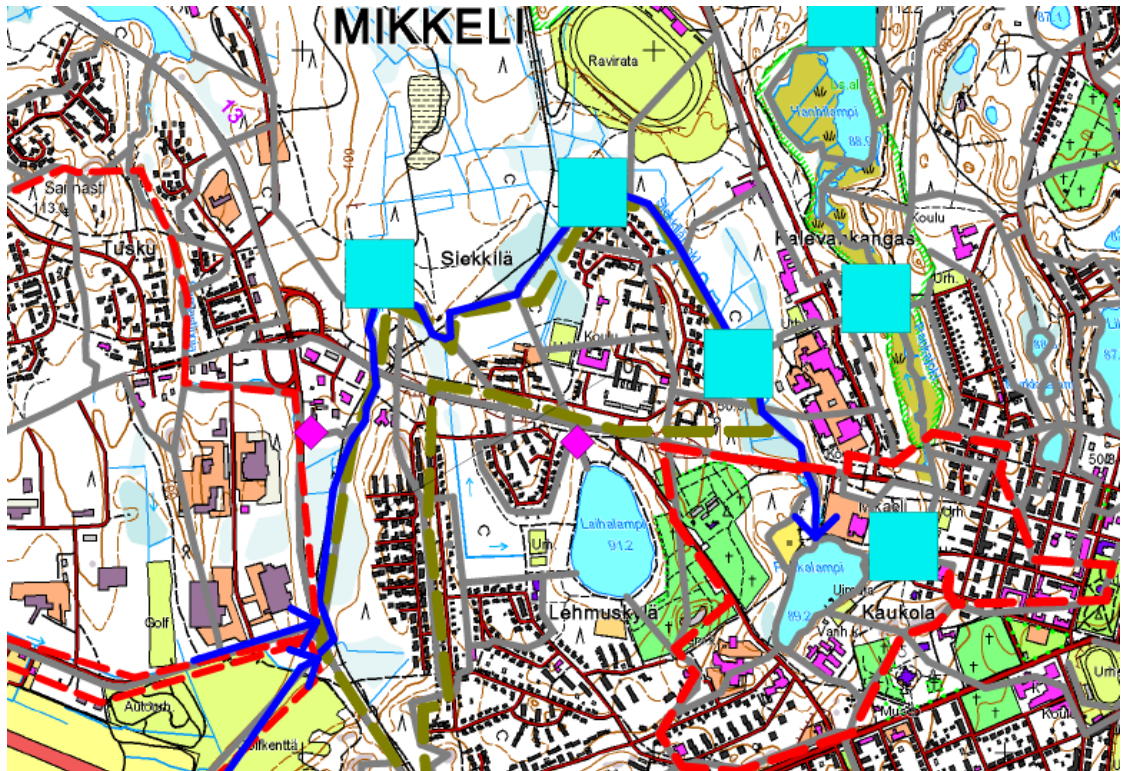
Laihalampi

Laihalampi on noin 6 ha kokoinen puistolampi, joka sijaitsee Lehmuskylässä. Laihalammen 100 ha lähivaluma-alue muodostuu asutus-, liikenne sekä viheralueista. Laihalampi on erittäin rehevä, umpeenkasvanut lampi, joka vastaanottaa ravinne- ja kiintoainekuormaa. Suuriosa kuormasta sedimentoituu lammen pohjaan. Lampeen johdetaan erillisellä viemäröinnillä lähivaluma-alueen hulevedet. Laihalampi on 0,5–1 metriä syvä; matalasta vedenpinnasta aiheutuu hajuhaittoja ja runsasta vesikasvuston ilmentymistä. (Tanskanen 2012.)

Naistinki

Naistinki on 11 hehtaarin kokoinen järvi, jonka lähivaluma-alue on noin 200 ha. ”Naistinki on tällä hetkellä lyhytviipymäinen läpivirtausallas, jonka valuma-alue ja kuormitus muodostuvat suurimmaksi osaksi Heilajoen välityksellä Vuolinkojärvien valuma-alueelta (noin 50 km²)”. Naistinkiin kohdistuu kuormitusta Heilajoen lisäksi asutuksen- ja katualueiden hulevesistä. Järven vedenlaatu ja tila määräytyy yläpuolisen valuma-alueen vesistöjen veden laadun perusteella. Vedenlaaturannan perusteella lähivaluma-alueen hajakuormituksen on todettu aiheuttavan ulosteperäisestä kuormitusta. (Mikkelin seudun ympäristöpalvelut 2012.)

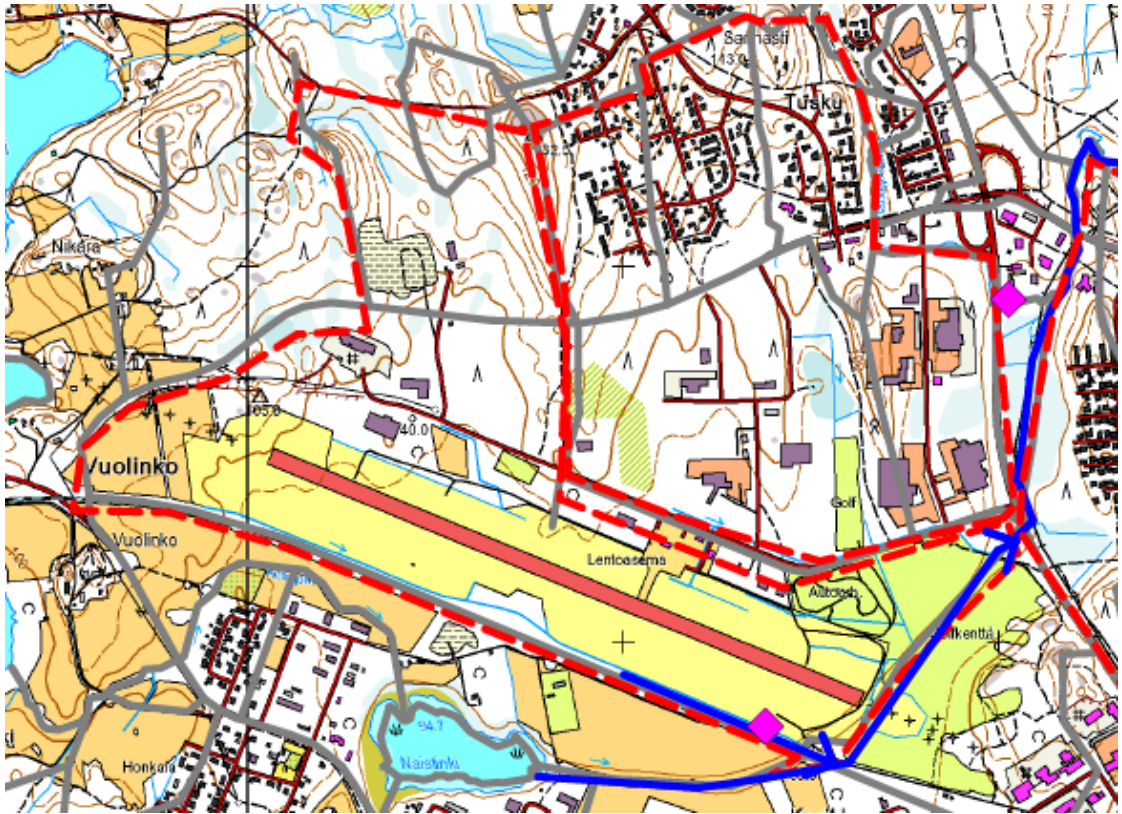
Hulevesivaluma-alueet



KUVA 17. Pankalammen ja Siekkilän hulevesivaluma-alueet sekä mittauspisteet (Niemelä 2014)

Kuvassa 17 sinisellä merkityt neliöt kuvaavat opinnäytetyössä käytettyjä mittauspisteitä. Sinisellä merkityt nuolet ja viivat kuvaavat virtausten purkautumissuuntaa ja reittiä. Punaisella merkitty viivoitettu alue kuvaa Pankalammen hulevesivaluma-alueutta (65 ha) ja vihreällä merkitty viivoitettu alue kuvaa Siekkilän hulevesivaluma-alueutta (65 ha).

Siekkilän jokeen päätyy hulevesiä taajama-alueelta (vihreä alue), myös lentokentän ja Tuskun alueelta päätyy hulevesivalumia Siekkilän jokeen. Siekkilänjokeen vaikuttaa myös Lahalampeen johdetut hulevedet. Pankalampeen vaikuttavia hulevesiä kertyy sen läheisyydessä olevista asutus- ja katualueista sekä viher- ja hautausmaa-alueista.



KUVA 18. Tuskun ja lentokentän hulevesivaluma-alueet (Niemelä 2014)

Kuvassa 16. näkyy punaisella merkityt hulevesialueet (Tusku 129 ha ja lentokenttä 150 ha). Tuskun ja lentokentän hulevedet vaikuttavat Siekkilänjoen tilaan. Siniset nuolet kuvaavat hulevesien virtaamaa, jotka kulkeutuvat Siekkilänjokeen. Naistingista tulee myös virtausta Siekkilänjokea kohti.

4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

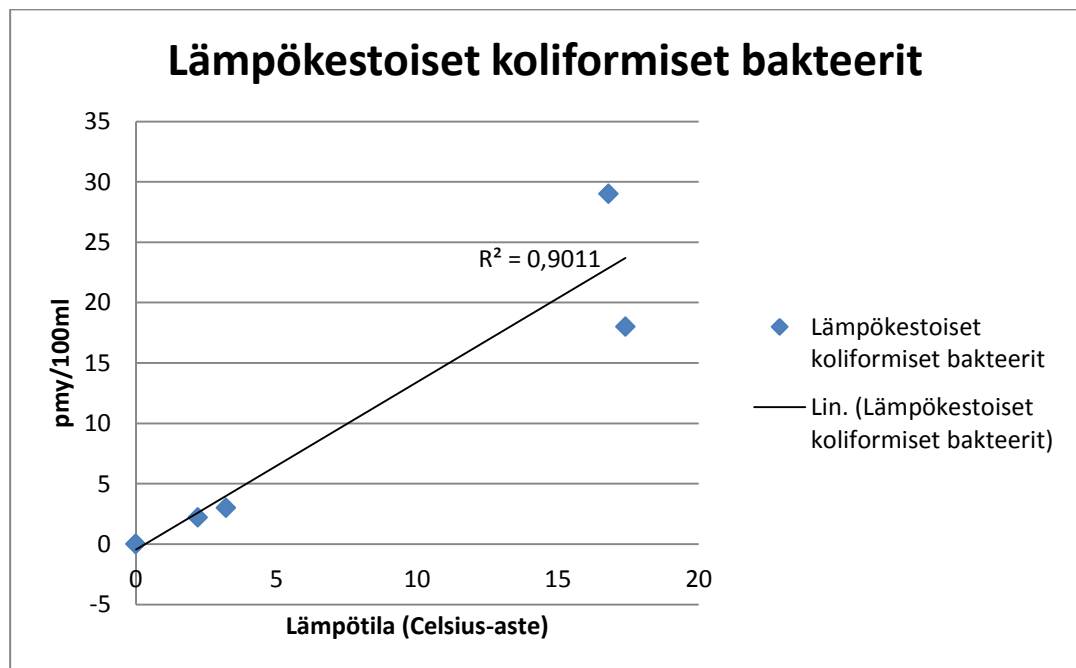
Tässä osiossa on esitetty opinnäytetyöntekijän omat mittaustulokset sekä muiden tutkimusten tuloksia, joita on hyödynnetty vertailutuloksina opinnäytetyössä. Kaikkia tuloksia on analysoitu ja niiden merkitystä opinnäytetyön kannalta on perusteltu.

4.1 Mittaustulokset

TAULUKKO 2. Savolab:in mittaustuloksia Hanhilammen pisteestä v. 2012–2013 (Savolab 2014)

Havaintopiste	Hanhilampi				
Koordinaatit YK:	684332, 351365				
Päivämäärä	Lämpötila °C	pH	Hapen liukoisuus [mg/l]/ Hapen kyll. %	Lämpökestoiset koliformiset bak. [pmy/100ml]	Johtavuus [ms/m]
5.3.2012	0	6,6	9,9/67	<1	8,5
20.8.2012	16,8	6,6	5,7/59	29	7,6
29.10.2012	2,2	6,7	10,2/74	2,2	7,3
5.3.2013	0	6,5	9,7/67	<1	8,2
19.8.2013	17,4	6,8	6,1/64	18	8,8
23.10.2013	3,2	6,8	8,6/64	3	11

pH arvot ovat hyvin samantapaisia ja niissä ei ole juurikaan vaihtelua. Hanhilammen veden lämpötilan ollessa korkea lämpökestoisten koliformisten bakteereiden arvot ovat selvästi koholla. Lämmin vesi luo bakteereille paremmat elin- ja lisääntymisolosuhteet kuin kylmä vesi (Taulukko 2).



KUVA 19. Lämpötilan suhde lämpökestoisiin koliformisiin bakteereihin

Kuva 19 osoittaa, että lämpötilalla ja lämpökestoisten koliformien pitoisuudella on lineaarista riippuvuutta, sillä korrelaatiokerroin (R^2) on lähellä lukua 1. Sähkönjohtavuuden ja muiden arvojen välillä ei näytä olevan riippuvuus suhdetta, sillä sähkönjohtavuuden arvot vaihtelevat epäsäännöllisesti. Ne eivät myöskään vaihteleva suuresti. Sähkönjohtavuuden ja pH:n arvot ovat tyypillisiä suomalaisten järvien lukemia (ks. 2.5.1). Hapen liukoisuuden arvot ovat pienimmillään, kun veden lämpötila on ollut

selkeästi lämmintä. Tämä selittyy sillä, että lämpimään veteen happea liukenee selvästi vähemmän kuin kylmään veteen (Taulukko 2).

TAULUKKO 3. Pankajoen mittaustuloksia vuodelta 2012 (Kuhmonen & Palomäki 2013, Oiva ympäristöpalvelut 2012)

Pankajoki	YKJ-koord	6843320, 3513650				
	Lämpötila °C	Happi mg/l	Happi kyll %	pH	Sameus NTU	Johtokyky ms/m
26.4.2012	2,2	10	73	6,4	3,1	8
12.6.2012	16,2	6,6	67	6,7	2,2	7,5
4.9.2012	14,7	6,1	60	6,7	2,6	8
29.10.2012	2,2	10,2	74	6,7	-	7,3
8.11.2012	2,8	10,4	77	6,7	2,5	7,5

TAULUKKO 4. Kaisa Lampisen mittaustuloksia 22.4-23.4.2013 (Lampinen 2013)

Mittauspiste	Hapen liukoisuus [mg/l]	pH	Sameus [NTU]	Johtavuus [ms/m]	N/lat	E/ion
Naistinginjokeen oja	8,7	5,6	8,6	11	61.682802	27.213524
Naistinginjoki	9,5	6	1,4	7,7	61.682631	27.213762
Siekkilänjoki 3	10,3	6,1	2,9	7,6	61.695833	27.227289
Siekkilän joki 1	10,9	6,1	3,5	7,8	61.694793	27.247766
Laihalampi luusua	2,9	5,8	12	12	61.692676	27.238736

Kaisa Lampinen on tehnyt opinnäytetyön 7-nimisen jokeen liittyvästä taajamien hulevesien aiheuttamasta kuormituksesta. Hän on käyttänyt samoja mittausmenetelmiä kuin tässä opinnäytetyössä on käytetty. Mittauspisteet ovat nimetty samalla tavalla kuin Lampisen opinnäytetyössä. Siekkilänjoki 3 ja Siekkilänjoki 1 ovat nimetty samalla tavalla kuin tässä opinnäytetyössä, koska kyseiset mittauspisteet ovat sijainniltaan hyvin lähellä opinnäytetyössä käytettyjä mittauspisteitä.

Taulukosta 4. voidaan havaita, että pH lukemat ovat jokialueilla hieman matalampia kuin yleensä. Happitilanne ja sähköjohtavuuden arvot ovat hyviä, ja sameuden arvojen perusteella jokivesi on suhteellisen kirkasta.

Erityisesti jokiin virtaavissa ojissa ja uomissa pH-arvot ovat selvästi happamia. Myös sameuden ja sähkönjohtavuuden arvot ovat korkeita samoilla alueilla. Tämä kuvastaa, että vedessä on paljon suoloja, kiintoainetta ja sadevesien ja hulevesien kuormitus

näkyy parhaiten ojissa ja uomissa. Happitilanne on hyvä muualla paitsi Laihalammen luusuan kohdalla.

TAULUKKO 5. Opinnäytetyöntekijän mittaustulokset

	Enterokokit [pmy/100ml]	E.coli [pmy/100ml]	pH	Johtokyky [ms/s]	Sameus [NTU]	Hapen liuk. [mg/l]	Hapen kyll %
Hanhilampi							
10.12.2013	2	1	6,7	8,3	2,5	12,5/87	
17.12.2013	10	1	6,3	8,4	2,5	12,3/85	
15.1.2014	5	17	6,4	7,9	3,2	12,3/85	
Pankajoki							
31.10.2013	-	-	6,5	11,1	4,7	9,4/73	
3.12.2013	4	5,3	6,7	8,6	2,4	10,0/70	
Pankalampi							
31.10.2013	-	-	6,7	11,1	8,3	9,4/73	
3.12.2013	4	5,3	6,7	8,4	5,5	9,9/70	
11.12.2013	3	0	7,3	8,2	3,2	11,1/78	
17.12.2013	17	17,5	6,6	8,5	3,6	12,5/87	
15.1.2014	5	4,2	6,7	7,6	3,4	13,0/90	
Siekkilänjoki 1							
31.10.2013	-	-	6,7	10,5	4,7	11,3/83	
3.12.2013	4	5,3	6,7	8,5	5,5	10,0/70	
11.12.2013	0	4	7	7,9	3,8	13,0/90	
Siekkilänjoki 2							
31.10.2013	-	-	6,7	10,9	5,8	11,3/83	
10.12.2013	2	1	6,5	7,7	4,7	10,0/70	
17.12.2013	31	19,2	6,7	8,6	5,5	13,0/90	
15.1.2014	3	4,2	6,4	7,3	3,2	13,1/91	
Siekkilänjoki 3							
10.12.2013	2	3,1	6,6	7,6	4	13,6/93	
17.12.2013	27	5,3	6,7	8,5	4,8	13,0/90	

Mittausten aikana vesinäytteiden lämpötilat olivat 0 °C, paitsi 30.10.2013 veden lämpötila oli 4,5 °C. Suurimmat enterokokki- ja E. coli -pitoisuudet saatiin 17.12.2013. Kuitenkin jokaisella mittauskerralla saatiin tuloksia, jotka viittaavat ulosteperäiseen saastumiseen. Kemiallinen laatu on mittausten perusteella tyydyttävä. Tarkemmat analyysit kappaleessa 4.2 ja 4.3.

4.2 Hygieeninen laatu

Colilert 24 -testillä suoritettujen koliformisten bakteereiden mittaukset osoittautuivat samanlaisiksi kaikissa mittauspisteissä myös eri ajankohtina. Tämän takia koliformisten bakteereiden tuloksia ei ole esitetty taulukossa. Jokaisen Colilert-liuskan ”kuplat” olivat keltaisia. Tämä tarkoittaa, että jokainen keltainen kupla tarkoittaa positiivista tulosta koliformeille. Colilert 24 -testin taulukosta luettuna 50 kuplan positiivinen tulos merkitsee tulosta 200 pmy/100ml. Tämä tulos indikoi vesien selkeää likaantumista.

E. coli -mittauksilla oli tarkoitus selvittää raakaveden ulosteperäistä saastumista, sillä *E. colia* pidetään parhaimpana ulosteperäisen saastumisen indikaattorina. Taulukosta 5 voidaan havaita, että *E. coli* -tuloksia saatiin kaikkina muina mittauskertoina paitsi 11.12.2013. Suurimmat pitoisuudet saatiin 17.12.2013 päivän tuloksista, jolloin arvot olivat huomattavasti suurempia kuin muina päivinä. Suurta pitoisuutta voidaan selittää lämpötilan nopealla ja suurella vaihtelulla, sillä 15.12.2013 keskilämpötila oli -2,8 °C, 16.12.2013 keskilämpötila oli 1,9 ja 17.12.2013 keskilämpötila oli 2,8. Tänä ajanjaksona lämpötila on kohonnut yli 5°C ja ollut kahtena päivänä selkeästi nollan yläpuolella (Kuva 14). Tästä johtuen vesistöihin on päätyneet lumien sulamisvesiä, jotka ovat nostaneet *E. coli* -pitoisuuksia. Myös virtaamassa on pientä kasvua (0,2 m/s) 15.12-17.12 välisenä ajanjaksona (Kuva 11). Tämä voi selittyä sulamisvesien takia. Myös 15.1.2014 oli korkea pitoisuus Hanhilammen mittauspisteellä. Useista eri mittauskertoista havaitusta *E. coli* -pitoisuuksista voidaan todeta vesistössä olevan ulosteperäistä saastumista.

Enterokokki-tuloksien avulla oli tarkoitus myös tutkia vesinäytteiden hygieenistä laatua. *Enterokokkit* ovat myös suolistoperäisiä bakteereita, joiden esiintyminen saattaa viitata ulosteperäiseen saastumiseen. *Enterokokki*-tulokset ovat pieniä, mutta 17.12.2013 tulokset ovat huomattavasti korkeampia kuin muina päivinä. 17.12.2013 myös *E. coli* -tulokset olivat selvästi korkeita. *Enterokokki*-tulokset vahvistavat *E. coli* tulosten rinnalla vedessä olevan ulosteperäistä saastumista.

4.3 Kemiallinen laatu

pH lukemat vaihtelevat hyvin vähän mittauskertojen ja mittauspisteiden välillä, ja ne voidaan todeta olevan normaaleja vesistöjen pH arvoja, sillä Suomen järvien normaali

pH arvot ovat 6,5–7,5 välillä. pH arvot ovat lähellä neutraalia tai hieman happamia, joten ne eivät aiheuta ongelmia vesistöissä tai vedenkäsittelylaitoksilla. Sähkönjohtavuuden tulokset ovat tyypillisesti matalia (5–10 ms/m), niin kuin suomalaisissa järvisä yleensä. 31.10.2013 havaittiin suurimmat sähkönjohtavuuden arvot, tähän todennäköisesti vaikuttaa veden lämpötila, joka oli tuona päivänä 4,5 °C korkeampi kuin muina mittauspäivinä.

Sameimmat vesinäytetulokset saatiin 31.10.2013. Siekkilänjoen 2. mittauspisteen vesi näyttäisi olevan sameinta, kun huomioidaan kaikki mittauskerrat. Hanhilammen mittauspisteen vesi on mittausten perusteella kirkkainta. Mittausten perusteella sameuden arvot pienenevät, kun lähestytään Hanhilammen mittauspistettä. Tämän perusteella Siekkilänjoessa vaikuttaisi olevan enemmän kiintoainetta ja mineraaleja kuin Pankajoessa ja Hanhilammessa. Pienimmät hapenliukoisuudet/kyllästysasteen tulokset saatiin 31.10.2013; tämä johtuu näyteveden lämpötilasta; kylmään veteen happea liukenee enemmän kuin lämpimämpään. Joissa virtaavan veden happitilanne vaikuttaa tulosten perusteella olevan hyvä ja korkeat kyllästysaste % ovat merkki siitä, että happea myös liukenee veteen hyvin.

4.4 Mittaustulosten vertailua

pH:n ja sähkönjohtavuuden tulokset ovat hyvin samantapaisia kun aiemmissa töissä (. Sameustuloksissa on hieman eroavaisuuksia, mutta tulokset ovat kuitenkin lähellä toisiaan. Eniten eroa on hapenliukoisuuden ja hapen kyllästysasteen tuloksissa. Opin näytetyön tekijän määrittämät tulokset ovat korkeampia (2-3 mg/l) kuin muissa vertailututkimuksilla, joita on hyödynnetty tässä opin näytetyössä (Taulukot 2,3,4). Toisaalta mittausajankohdat ja sääolosuhteet poikkeavat toisistaan vaihtelevasti, joten suoraa vertailua mittaustulosten välillä ei voi tehdä.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Siekkilänjoki–Hanhilampi välisellä alueella on selviä merkkejä ulosteperäisestä saastumisesta. Kaikki hygieenistä laatua mittaavat menetelmät osoittavat tuloksia, joiden perusteella voidaan päätellä Hanhikankaan vedenpumppaamolle tulevan hankintaveden sisältävän ulosteperäisiä bakteereja. Suurimpana riskinä ovat epäsäännölliset ja

korkeat *E. coli* -pitoisuudet, sillä ne voivat aiheuttaa talousveden saastumisen ja epidemioiden riskiä.

E. coli havaittiin kuudesta mittauskerrasta viitenä, vain yhtenä mittauskertana ei havaittu *E. coli*. Aikaisempien mittaustulosten perusteella lämpökestoisia koliformisia bakteereita havaittiin, kun veden lämpötila oli 14–20 °C. *E. coli* kuuluu lämpökestoisiin koliformisiin bakteereihin, mutta tähän ryhmään kuuluu myös muita bakteereita, joten lämpökestoisten koliformisten bakteereiden ja *E. coli* -pitoisuuksia ei voida suoraan verrata. Mutta lämpökestoiset koliformiset bakteerit ovat yleensä merkki *E. coli* -pitoisuuksista.

Opinnäytemittaustulosten perusteella korkeita *E. coli* -pitoisuuksia havaittiin myös kylmässä vedessä (0°C). Suurimmat *E. coli* -pitoisuudet havaittiin 17.12.2013. Tämä todennäköisesti on seurausta kahden päivän aikana seuranneesta lämpötilan kohoamisesta, joka on aiheuttanut sulamisvesiä. Lämpötilan kohoamista ja lumien sulamista tukee lumipeitteen paksuuden kuvaaja (Kuva 15). Hulevesien ja sulamisvesien yhteisvaikutus on nostanut *enterokokki* - ja *E. coli* -pitoisuuksia.

Enterokokki -bakteereita havaittiin jokaisella mittauskerralla. Suurimmat *enterokokki* -bakteeripitoisuudet havaittiin myös 17.12.2013. *Enterokokki* -bakteerit ovat suolistoperäisiä bakteereita, mutta selvää riippuvuutta näiden välillä ei ole, sillä *enterokokki* -pitoisuuksien ollessa koholla, saattoi *E. coli* -pitoisuudet olla matalat ja päinvastoin. *Enterokokki* -pitoisuudet saattavat olla merkki ulosteperäisestä saastumisesta, mutta tässä tapauksessa ne voidaan todeta vahventavan ulosteperäistä saastumista *E. coli* -pitoisuuksien rinnalla.

Mittausjaksolle sattui erilaisia sääolosuhteita, kuten selkeä lämpötilan kohoamista kuvaava ajanjakso ja selkeästi kylmä ja lähes sateeton ajanjakso (Kuva 16 & 13), jolloin sääolosuhteiden ei pitäisi vaikuttaa mittauksiin. Opinnäytetyön perusteella voidaan todeta, että *enterokokki* -bakteereita sekä *E. coli* -bakteereita havaittiin mittausajanjaksona sääolosuhteista riippumatta. Mittausalueen vedenlaatuun vaikuttavat monet hulevesivaluma-alueet (Siekkilä 65 ha, Pankalampi 65 ha, Tusku 129 ha, lentokenttä 150 ha). Hulevesien ja sääolosuhteiden yhteisvaikutuksella on merkitystä veden hygieeniseen laatuun. Tämä näkyi selkeästi mittauksissa, sillä talviaikana hulevesiä syntyy paljon vähemmän kuin muina vuoden aikoina. Joten sääolosuhteiden merkitys

talvella korostuu. Talviaikana muodostuvilla sulamisvesillä on selkeä vaikutus hankintaveden hygieeniseen laatuun.

Kemiallinen veden laatu mittausalueella osoittautui hyväksi; pH, sameus- ja sähköjohtokykyarvot osoittautuivat tavallisiksi vesistöiden arvoiksi. Arvoissa ei ollut huomiota herättäviä tuloksia. Sameuden arvot olivat Pankajoki–Hanhilampi välisellä alueella kaikkein pienimmät. Tästä voidaan päätellä, että veteen kohdistuu vähemmän kuormitusta, kuin ennen Pankalampea. Hapittilanne osoittautui talviaikana hyväksi koko mittausalueella.

Jotta talviaikana osattaisiin varautua hygieenisen laadun heikkenemiseen, olisi tärkeää osata huomioida lämpötilojen vaihtelua. Kun lämpötila nousee selkeästi nollan yläpuolelle päiväksi tai pidemmäksi aikaa, voidaan olettaa hygieenisessä laadussa nähtävän arvojen nousua. Lämpiminä aikana, erityisesti kesällä, lämpökestoiset koliformit ovat koholla kun vesi on lämmintä ($>14\text{ °C}$). Todennäköisesti talviaikana hygieeninen laatu on parhaimmillaan, koska hulevesiä syntyy vähän ja lämpötilat ovat yleensä reilusti nollan alapuolella. Muina vuoden aikoina vesistöjen lämpötilat ovat selvästi korkeammat ja sadevesiä muodostuu enemmän. Tällöin hulevesikuormituksen vaikutus on suurempi ja hygieenisessä laadussa havaitaan enemmän laadun heikkenemistä.

Mittausajanjaksona saadut *enterokokki*- ja *E. coli* -tulokset ovat osoitus siitä, että hankintaveden hygieenistä laatua tulisi parantaa. Talousveden laatuvaatimuksissa molemmille bakteereille on asetettu laatuvaatimus 0 pmy/100 ml. Jotta tämä olisi helppo saavuttaa, tulisi hankintaveden olla mahdollisimman hyvälaatuista. Parempi hankintaveden laatu vähentäisi raakaveden käsittelyn tarvetta ja talousveden saastumisen riskiä. Tärkeää olisi, että Siekkilänjoki–Hanhilampi väliselle alueelle kohdistuvaa hulevesivalumaa pystyttäisiin vähentämään. Alueelle ohjataan paljon taajamien, viheralueiden ja hautausmaan hulevesiä. Myös Laihalampeen johdetaan paljon hulevesiä, ja Laihalammesta virtaa vettä Siekkilänjokeen. Laihalampi on erityisen herkkä hulevesien kuormitukselle, sillä se on entuudestaan jo hyvin heikossa tilassa oleva vesialue. Hanhikankaan pohjavesimuodostuma on tärkeä alue Mikkelin talousveden kannalta. Siksi on tärkeää, että Hanhilampeen tulevan veden laatua pyrittäisiin parantamaan esimerkiksi miettimällä nykyisten hulevesien johtamista eri alueille. Säännöllinen veden laadun seuranta on myös tärkeää, sillä pohjavesimuodostumaan vaikuttavat vesialueet ovat erityisen herkkiä hulevesien kuormitusten vaikutuksille.

LÄHTEET

Aluehallintovirasto, Itä-Suomi, Ympäristölupavastuualue 2010. Päätös. PDF-dokumentti. http://www.avi.fi/documents/10191/56846/isavi_paatos_21_10_2-2010-2-15.pdf. Ei päivitystietoa. Luettu 10.3.2014.

Hedman, Klaus, Heikkinen, Terho, Huovinen, Pentti, Järvinen, Asko, Meri, Seppo & Vaara, Matti 2010. Mikrobiologia. Mikrobiologia, immunologia ja infektiosairaudet. Kustannus Oy Duodecim: Helsinki.

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojelu ry. Veden laadun arvosteluperusteet. WWW-dokumentti. <http://www.kvvy.fi/vedenlaatu/index.php?sivu=arvosteluperusteet&kunta=Ta>. Ei päivitystietoa. Luettu 25.3.2014.

Kuhmonen, Irene & Palomäki, Arja 2013. Mikkelin alapuolisen Saimaan kuormitus selvitys. Jyväskylän yliopisto. Ympäristöntutkimuskeskus. Tutkimusraportti 99/2013. PDF-dokumentti. <http://www.elykeskus.fi/documents/10191/275972/Mikkelin+alapuolisen+Saimaan+kuormitus selvitys/ffdfc914-dd35-4c1b-9cfa-243f0b4fff41>. Ei päivitystietoa. Luettu 25.3.2014.

Lampinen, Kaisa 2013. 7- nimisen joen taajamavaluma-alueet ja niiden aiheuttaman kuormitus. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. <http://www.theseus.fi/handle/10024/63702>. Ei päivitystietoa. Luettu 25.3.2014.

Maryland. The Department of environment 2006. Volume II number 2. WWW-dokumentti. http://mde.maryland.gov/programs/ResearchCenter/ReportsandPublications/Pages/researchcenter/publications/general/emde/vol2no2/beaches_photo3.aspx. Ei päivitystietoa. Luettu 10.3.2014.

Matinmäki, Leea, Savolainen, Aino. Colilert 24 käyttöohje. Berner Oy.

Mikkelin kaupunki. Mikkelin kaupungin hulevesiohjelma 2012-2017. PDF-dokumentti. Luonnos. Ei julkaistu.

Niemelä, Sami 2014. Valokuvia opinnäytetyöhön 16.3.2014. Opiskelija. Mikkelin ammattikorkeakoulu.

Oiva-ympäristö- ja paikkatietopalvelu. Pankajoki 29.10.2012.

Opetushallitus. Ympäristöanalyysit. Veden sameuden nefelometrinen määrittäminen. WWW-dokumentti. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_veden_sameuden_nefelometrinen_maaritys.html. Ei päivitystietoa. Luettu 10.3.2014.

Opetushallitus. Ympäristöanalyysit. Veden pH-arvon määrittäminen. WWW-dokumentti. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_ph_vedesta.html. Ei päivitystietoa. Luettu 10.3.2014.

Opetushallitus. Ympäristöanalyysit. Veden koliformisten bakteerien kokonaismäärän määrittäminen kalvosuodatusmenetelmällä. WWW-dokumentti.
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_koliformiset_bakterit.html. Ei päivitystietoa. Luettu 11.3.2014.

Savolab 2014. Tutkimustuloskooste 14.03.2014. Hanhilampi, Kalevankangas, Piste 13. Vesistövesi. Excel-tiedosto. Ei päivitystietoa. Luettu 10.3.2014.

Suomen standardisoimisliitto SFS 2000. Veden laatu. Suolistoperäisten enterokokkien havaitseminen ja laskeminen. Osa 2: kalvosuodatusmenetelmä. Standardi. Vahvistettu 11.6.2000.

Suomen standardisoimisliitto SFS 1993. Veden laatu. Liuenneen hapen määrittäminen. Jodometrinen menetelmä. Standardi. Vahvistettu 31.5.1993

Särkkä, Jukka 1996. Järvet ja ympäristö. Limnologian perusteet. Tammer-paino Oy: Tampere.

Tanskanen, Heikki 2008. Likolammen kunnostus ja hoito. Esittelymuistio. Mikkelin seudun ympäristöpalvelut.

Tanskanen, Heikki 2012. Mikkelin Lehmuskylän Laihalampi hoito-ohjelma. Mikkelin seudun ympäristöpalvelut.

Valvira. Sosiaali – ja terveysalan lupa – ja valvontavirasto 2014. Terveystietojen suojeleminen. Talousvesi. WWW-dokumentti.
http://www.valvira.fi/ohjaus_ja_valvonta/terveydensuojelu/talousvesi. Ei päivitystietoa. Luettu 10.3.2014.

Vesilaitosyhdistys. Talousvesi. WWW-dokumentti.
http://www.vvy.fi/vesihuolto_linkit_lainsaadanto/talousvesi. Ei päivitystietoa. Luettu 11.3.2014.

USGS 2014. E. coli present. WWW-dokumentti.
<http://ga.water.usgs.gov/projects/bacteria/sample-analysis.html>. Ei päivitystietoa. Luettu 11.3.2014.

Watman 2010. Miten tulkita yleisempien vesitutkimuksien tuloksia? PDF-dokumentti.
www.watman.fi/pdf/vedenlaatu.pdf. Ei päivitystietoa. Luettu 11.3.2014.

