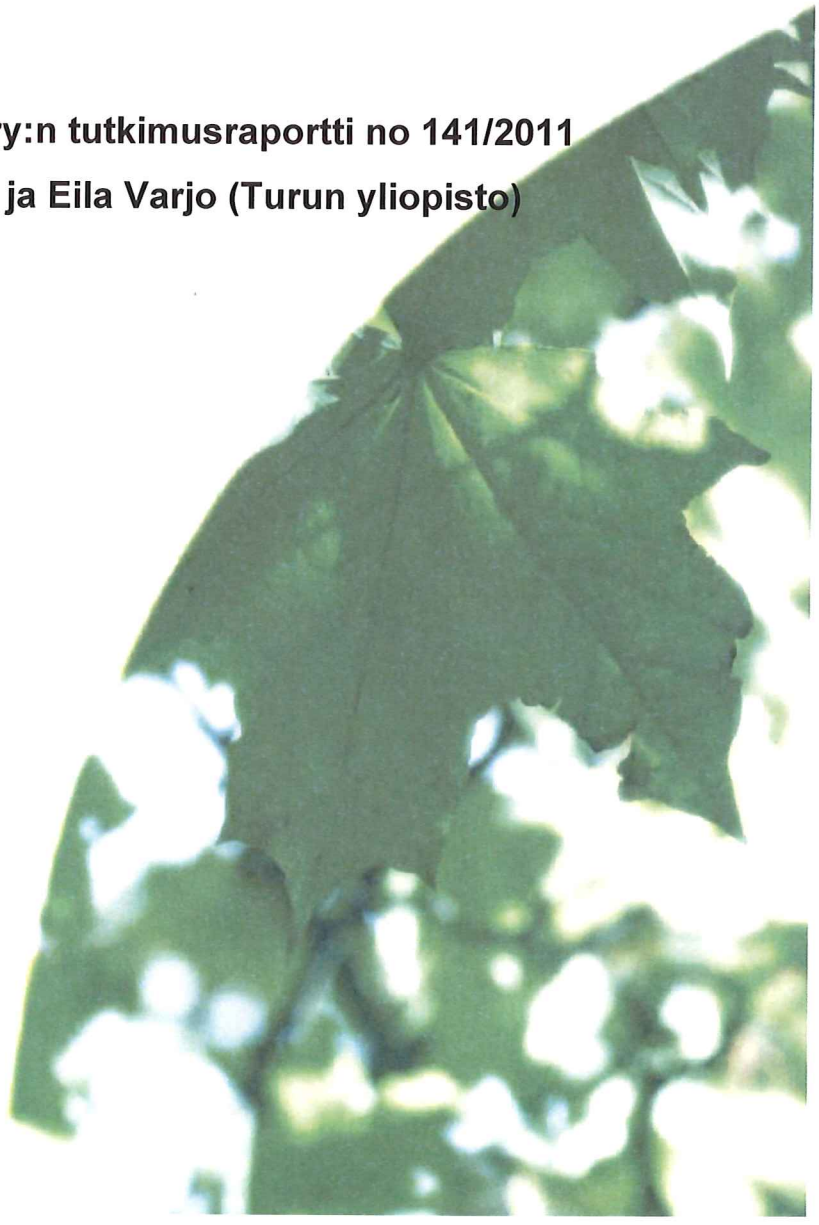
Kymijoen
vesi ja ympäristö ry

PIEN-SAIMAAN MAAVEDEN PIISPALANSELÄN VEDENLAADUN KEHITYS SEKÄ EKOLOGINEN TILA PALEOLIMNOLOGISELLA MENETELMÄLLÄ ARVIOITUNA

Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimusraportti no 141/2011

Janne Raunio, Jukka Mattila ja Eila Varjo (Turun yliopisto)



TIIVISTELMÄ

Pien-Saimaan Maaveden Piispalanselän vedenlaadun pitkän aikavälin kehitystä sekä vesistön ekologista tilaa tutkittiin piileviin perustuvan paleolimnologisen menetelmän avulla. Piispalanselän syvänteestä tutkittiin pohjasedimentin profiilinäyte, josta määritettiin piilevälajisto sekä tehtiin nokipartikkeliajoitus. Tulosten perusteella sedimenttiprofiili edusti arvioiden perusteella ajanjaksoa 1800-luvun puolivälistä nykypäivään. Piispalanselän piilevälajistossa on tapahtunut ajallisia muutoksia, jotka liittyvät valuma-alueella tapahtuneisiin muutoksiin (mm. maatalous, metsien ja soiden ojitukset sekä turvetuotanto) ja niistä johtuviin muutoksiin vedenlaadussa. Rehevää vedenlaatua ilmentävien piilevälajien osuus on pitkällä aikavälillä kasvanut ja vastaavasti karua vedenlaatua ilmentävien lajien osuus on vähentynyt. Maaveden rehevöitymiskehitys on alkanut jo 1900-luvun alkupuoliskolla, mutta voimakkainta rehevöityminen on ollut 1970-luvulta nykypäivään. Ajoitustutkimukset myös osoittivat, että sedimentaatio kasvoi huomattavasti 1960 ja -70 –lukujen taitteessa, mutta väheni jälleen 1980-luvulle tultaessa. Sedimentaationopeudessa ei ole tämän jälkeen tapahtunut juurikaan muutoksia. Sedimentaationopeus on silti nykyään moninkertainen luonnontilaiseen aikakauteen nähden. Ekologisen tilan arvion perusteella Piispalanselkä on välttävässä tilassa. Maaveden saaminen hyvään ekologiseen ja kemialliseen tilaan edellyttää ennen kaikkea valuma-alueen vesiensuojelutoimenpiteitä. Pitkän kuormitushistorian vuoksi vesistön elpyminen voi kuitenkin kestää melko pitkään.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO 1

2 PIILEVÄT VEDENLAADUN ILMENTÄJINÄ 1

3 AINEISTO JA MENETELMÄT
- 3.1 NÄYTTEENOTTO, NÄYTTEIDEN KÄSITTELY JA SEDIMENTIN OMINAISUUDET 1
- 3.2 SEDIMENTTIKERROSTEN AJOITUS 2
- 3.3 VEDENLAADUN KEHITYS 3
- 3.4 EKOLOGISEN TILAN ARVIO 4

4 TULOKSET
- 4.1 SEDIMENTIN OMINAISUUDET 5
- 4.2 SEDIMENTTIKERROSTEN AJOITUS 6
- 4.3 PIILEVÄLAJISTON JA VEDENLAADUN KEHITYS 7
- 4.4 EKOLOGISEN TILAN ARVIO 10

5 JOHTOPÄÄTÖKSET 11

VIITTEET 12

1 JOHDANTO

Keväällä 2009 käynnistyi PISA-hanke, joka tähtää läntinen Pien-Saimaan tilan parantamiseen sekä järven tilan ja siihen vaikuttavien tekijöiden selvittämiseen. Hankkeessa laaditaan Pien-Saimaalle kunnostussuunnitelman ja aloitetaan kunnostusten toteuttaminen. Osana Pien-Saimaan nykytilan ja historian selvittämistä hankkeessa on jo tutkittu paleolimnologisin menetelmin Riutanselän tilaa (Raunio ja Mattila 2009). Tavoitteena on ollut saada pitkän aikavälin tietoa järven tilan kehityksestä, vedenlaadusta ja eliöyhteisöistä luonnontilaiselta tai lähes luonnontilaiselta aikakaudella sekä siitä, mihin ajanjaksoihin mahdolliset muutokset vedenlaadussa olisi ajoitettavissa. Vuonna 2010 paleolimnologisia tutkimuksia jatkettiin Maaveden Piispalanselällä. Tähän raporttiin on koottu sedimentistä tehtyjen määritysten ja piileväanalyysien tulokset sekä sedimenttikerrosten ajoitustulokset.

2 PIILEVÄT VEDENLAADUN ILMENTÄJINÄ

Piilevät ovat hyvin lajirunsas leväryhmä, joita kasvaa lähes kaiken tyyppisissä vesissä. Osa lajeista on planktisia ja osa kasvaa eri tyyppisillä alustoilla, kuten pohjasedimentin, vesikasvien ja kivien pinnoilla. Piilevät ottavat tarvitsemansa ravinteet suoraan ympäröivästä vedestä, joten ne ilmentävät herkästi vedenlaatua (mm. Whitton ym. 1991, Prygiel & Coste 1993). Lajeilla on erilaiset optimit ja sietoalueet eri ympäristötekijöiden suhteen, joten lajistokoostumuksen perusteella voidaan arvioida vesistön nykyistä tilaa ja rekonstruoida aikaisemmin vallinnutta tilaa. Piileviin perustuen on myös kehitetty joukko indeksejä, joiden avulla voidaan selvittää mm. ravinteisuutta, happamuutta ja orgaanista kuormitusta.

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 NÄYTTEENOTTO, NÄYTTEIDEN ESIKÄSITTELY JA SEDIMENTIN OMINAISUUDET

Näytepisteeksi valittiin läntisen Pien-Saimaan Maaveden Piispalanselän pienialainen ja paikallinen syvänne, jonka sijainti oli KKJ –koordinaatteina Lat 3553540 Lon 6789040 (kuva 1). Näytepisteeltä otettiin pohjanäyte Saimaan vesi ja ympäristötutkimus Oy:n toimesta Limnos- tyyppisellä viipaloivalla sedimenttinoutimella (pinta-ala 69,4 cm^2). Sedimenttiprofiili jaettiin maastossa 39 yhden cm:n paksuiseen viipaleeseen.

Sedimentin perusominaisuuksia selvitettiin näytteenoton yhteydessä tehtyjen sedimenttikuvausten sekä sedimentistä tehtyjen määritysten kautta. Sedimentin ominaisuuksista määritettiin laboratoriossa sedimentin kuiva-ainepitoisuus sekä hehkutushäviö, joka kuvaa sedimentin orgaanisen aineksen määrää. Määritykset tehtiin akkreditoidussa KCL Kymen Laboratorio Oy:ssä.

Piilevänäytteiden esikäsittelyssä piilevät puhdistettiin pohjasedimentin sisältämästä orgaanisesta aineksesta happopesun ja sentrifugikäsittelyn avulla. Esikäsittely tehtiin KCL Kymen Laboratorio

Oy:ssä. Piilevänäytteiden preparoinnista ja lajinmäärityksestä vastasi Kymijoen vesi ja ympäristö ry. Esikäsitellyistä näytteistä pipetoitiin muutama tippa puhdistettua suspensiota peitinlaseille ja se kiinnitettiin preparointilasiin petaushartsin avulla. Sedimenttiprofiilista määritettiin ylimmät, keskimmäiset ja alimmat kolme näytettä. Näiden lisäksi määritettiin neljä näytettä, jotka edustivat ajanjaksoa 1970-luvun alusta -90 –luvun loppuun. Näytteistä laskettiin vähintään 200 solukuoren satunnaisotos. Määrityksessä hyödynnettiin Krammerin & Lange-Bertalotin (1996) määritysoppaita.

3.2 SEDIMENTTIKERROSTEN AJOITUS

Sedimenttikerrokset pyrittiin ajoittamaan Cs-137 menetelmällä sekä nokipalloajoitusmenetelmällä. Cs-137 menetelmällä voidaan ajoittaa sedimenttikerroksia viimeisten 25 vuoden ajanjaksolta, kun taas nokipallomenetelmällä voidaan ajoittaa sedimenttikerroksia noin 100 vuoden ajanjaksolla.

Cs-137 ajoitusmenetelmän ovat kuvanneet esim. Mattila ym. (2006) ja sitä on käytetty aikaisemmin esim. Pien-Saimaan Riutanselän sedimenttikerrosten ajoittamisessa (Raunio ja Mattila 2009). Sedimenttikerrokset ajoitetaan määrittämällä Cs-137:n suurimman pitoisuuden esiintymissyvyys sedimentissä, joka vastaa Tshernobyl ydinvoimalaonnettomuuden tapahtumavuotta 1986. Oletukset Cs-137 menetelmään ja sen tuloksien käsittelyyn ovat seuraavat: suurin Cs-137 pitoisuus edustaa laskeuma-ajankohdalle läheistä aikaa, sedimentin kertyminen on ollut paikalla jatkuvaa ja tasaista, sedimentti ei ole sekoittunut näytteenotossa eikä sedimenttikerroksia puutu näytteistä. Sedimenttinäytteiden Cs-137 aktiivisuuspitoisuudet määritettiin gammaspektrometrisesti ja mittauksista vastasi akkreditoitu KCL Kymen Laboratorio Oy.

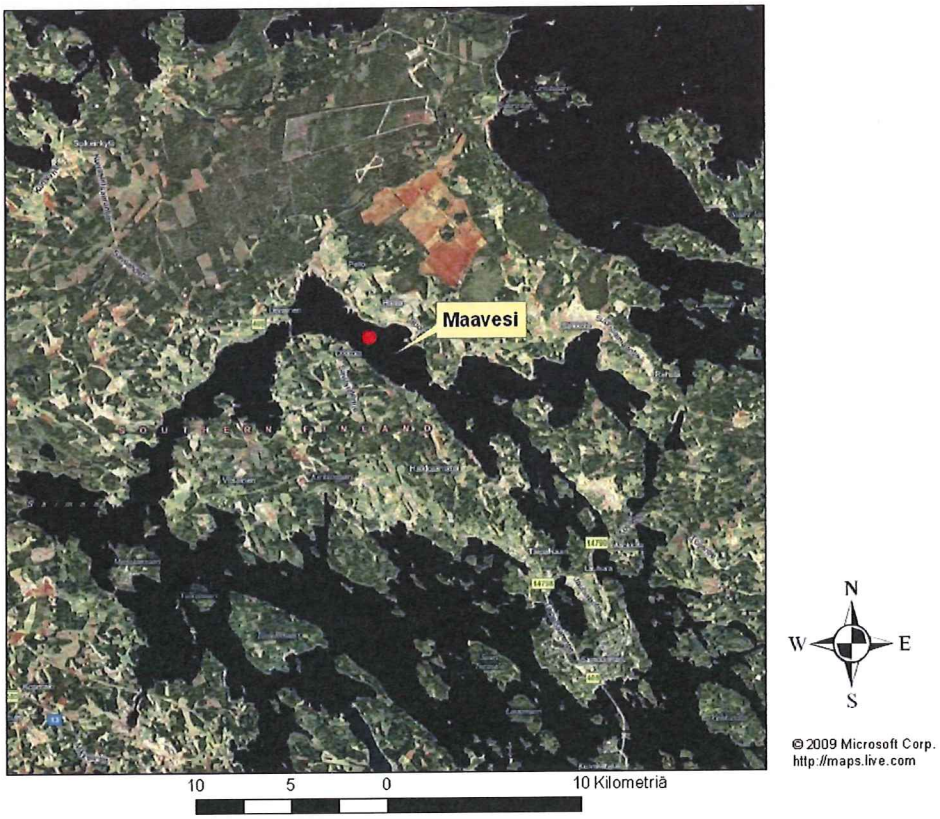
Nokipartikkelianalyysi on epäsuora sedimentin ajoitusmenetelmä, joka kattaa lähes saman aikajakson kuin radiolyijyajoituskin (n. 100-150 vuotta), mutta on huomattavasti helpompi ja halvempi toteuttaa. Nokipartikkelit muodostuvat, kun polttoainepisarat tai -partikkelit palavat epätäydellisesti ja volatiilit komponentit haihtuvat jättäen jäljelle pyöreän, reikäisen hiilipartikkelin. Koska nämä partikkelit koostuvat pääasiassa alkuainehiilestä, ne ovat kemiallisesti hyvin pysyviä ja säilyvät sedimentissä (Wik & Natkanski, 1990). Tietyissä sääoloissa partikkelit voivat kulkeutua hyvinkin pitkiä matkoja, ja niiden määrä seuraa päästölähteiden tuntumassa suoraan etäisyyttä lähteeseen (Salonen & Itkonen, 1994).

Renbergin ja Wikin (1984) kehittämässä nokipartikkelianalyysissä lasketaan kivihiilen ja öljyn poltossa ilmakehän kautta sedimenttiin päätyneitä pyöreitä hiilikappaleita, ilmoitetaan ne sedimenttisyvyyden funktiona sekä verrataan muutoksia öljyn ja kivihiilen kulutuksen mallikäyrään. Käyrien samankaltaisuudesta johtuen nokipartikkelimääristä voidaan havaita tietyt vastaavuudet polttoainemäärien kehityskäyrässä ja näin välillisesti laskea sedimentaationopeuksia. Öljyn ja kivihiilen kulutuskäyrän ja nokipartikkelimäärien välinen rinnastus perustuu yleensä II maailmansodan ajan vähäisiin nokipartikkelimääriin ja sen jälkeisen nopean energiantuotannon kasvun aiheuttamaan nokipartikkelimäärien moninkertaistumiseen. Lisäksi käyrät saavuttavat yleensä yhden tai useamman maksimihuipun muutaman cm syvyydellä sedimentissä, mitä on esitetty rinnastettavaksi öljyn ja kivihiilen maksimikulutukseen (Salonen & Itkonen, 1994). Käytetty

tutkimusmenetelmä perustuu Rosen (1990) julkaisuun. Käytetty metodi on Itkosen (1992) mukaelma kyseisen julkaisun esittämästä menetelmästä. Menetelmässä ensimmäisenä näytteenkäsittelyvaiheena tehtävän vetyperoksidin lisäyksen tarkoituksena on poistaa näytteestä humus. Tämä vaihe kestää yleensä maksimissaan jonkun viikon, mutta tässä tapauksessa vaiheeseen kului useita kuukausia, mikä osoittaa sedimentin olevan erittäin poikkeuksellista humuspitoisuutensa suhteen.

3.3 VEDENLAADUN KEHITYS

Maaveden Piispalanselän vedenlaadun arvioinnissa hyödynnettiin Omnidia -tietokantaohjelmaa, jolla laskettiin piilevänäytteille Van dam ym. (1994) kehittämä, vesistön rehevyyttä ja saprobiaa (likaantuneisuutta) kuvaavat lajiston ekologiset jakaumat. Piilevälajit on näissä ns. spektreissä jaettu luokkiin sen mukaan minkälaista vedenlaatua lajit ilmentävät. Esimerkiksi rehevyyteen perustuvassa luokituksessa lajit on ryhmitelty kuuteen luokkaan oligotrofiasta-hypertrofiaan (karu-hyvin rehevä) sekä ns. indifferentteihin lajeihin, joiden runsauksiin veden rehevyystasolla ei ole juurikaan vaikutusta. Eri rehevyysluokkien suhteellisten runsauksien muutokset näytteiden välillä kertovat muutoksista vedenlaadussa, tässä tapauksessa nimenomaan ravinnetasossa.



Kuva 1. Sedimenttitutkimuksen näytteenottopisteen sijainti Maaveden Piispalanselällä (punainen täplä).

3.4 EKOLOGISEN TILAN ARVIO

Piispalanselän ekologisen tilan arvioinnissa käytettiin menetelmänä prosenttista mallinkaltaisuutta (PMA). PMA on erityisesti pohjaeläintutkimuksissa todettu käyttökelpoiseksi menetelmäksi ekologisen tilan arviointiin, sillä sen avulla on voitu tehokkaasti havaita kuormitettujen vesistöjen lajiston poikkeamat luonnontilaisiin nähden (mm. Hämäläinen ym. 2007). Menetelmän etuna on, että se kuvaa muutosta lajistokoostumuksessa ja lajien runsaussuhteissa. Erilaiset indeksit ovat tyypillisesti ns. painespesifejä, eli ne kuvaavat muutosta eliöyhteisössä vain jonkin tietyn ihmistoiminnan aiheuttamana (mm. orgaaninen kuormitus). Piileväindeksit on yleensä kalibroitu veden kemialliseen laatuun nähden, joten ne eivät yleensä kerro niinkään vesistön ekologisesta tilasta. Sen sijaan prosenttinen mallinkaltaisuus mittaa erilaisten ihmistoiminnan vaikutuksia kokonaisuudessaan, ja ne summautuvat lajiston ja lajien runsaussuhteiden poikkeamiin. PMA-menetelmän perustana on, että luonnontilaa edustavilta vesistöiltä selvitetään tutkittavan eliöyhteisön koostumus, josta muodostetaan ns. malliyhteisö. Käytännössä malliyhteisö voidaan muodostaa laskemalla kuormittamattomista vesistöistä havaituille lajeille keskimääräinen runsaus, ja malliyhteisöä verrataan kuormitettujen vesistöjen näytteistä havaittuun lajistoon (mm. Hämäläinen ym. 2007). Poikkeama lajistokoostumuksessa ja lajirunsauksissa laskee ekologista tilaluokkaa. Paleolimnologisissa tutkimuksissa vertailutila on mahdollista määritellä tutkittavan järven luonnontilaisen tai lähes luonnontilaisen aikakauden näytteistä. Maaveden aineistossa vertailu- eli ns. malliyhteisö muodostettiin sedimenttiprofiilin kolmesta alimmasta näytteestä (viipaleet 37-39 cm). Näissä kolmessa näytteessä havaituille piilevälajeille laskettiin keskimääräinen runsaus. Ekologisen tilan arvio laskettiin vertaamalla malliyhteisöstä ja profiilin yläosan näytteistä laskettuihin PMA-arvoihin, jakamalla näytteiden havaittu PMA-arvo malliyhteisön odotetulla PMA-arvolla (eli havaittu/odotettu, H/O). Luonnontilaa edustavien näytteiden (37-39 cm) avulla määritettiin myös hyvän ja erinomaisen tilan raja, joka asetettiin näiden näytteiden H/O-arvojen vaihteluvälin alakvartiiliin, eli 25%:iin. Sedimenttiprofiilin kolmen ylimmän näytteen perusteella arvioitiin tämän jälkeen Maaveden viimeaikaista ekologista tilaa. Kolme ylintä näytettä edustavat ajoituksien perusteella viimeisten 5-10 vuoden aikakautta.

4 TULOKSET

4.1 SEDIMENTTIN OMINAISUUDET

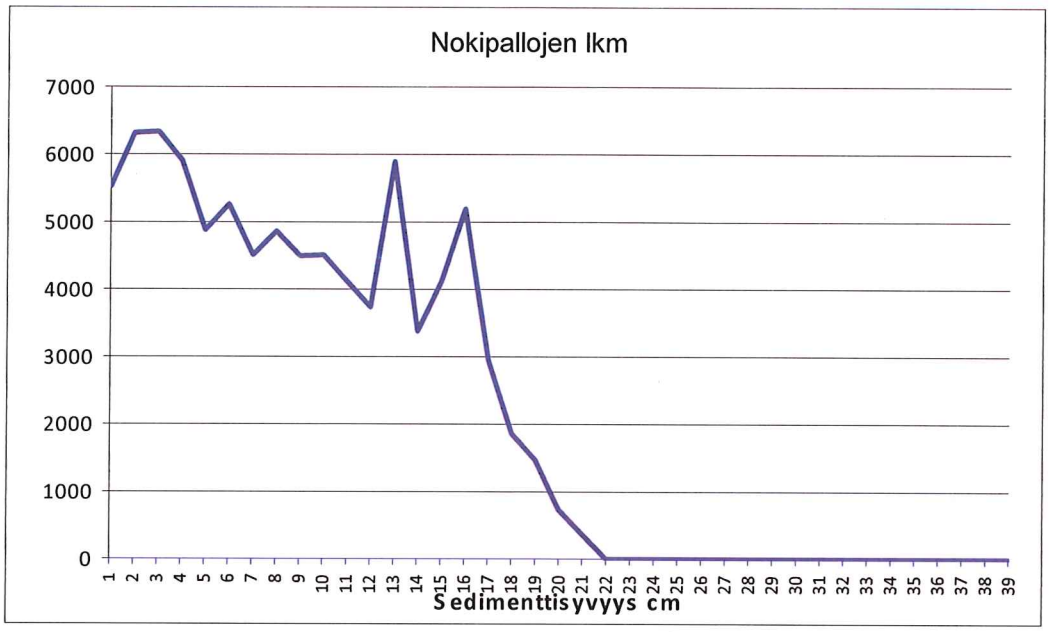
Näytteenoton yhteydessä tehdyn sedimenttikuvauksen perusteella koko näyte oli hyvin samantyyppistä tummanharmaata sedimenttiä pinnasta sedimenttipropun pohjaan asti ja vasta aivan alimmaisessa viipaleessa (39 cm) sedimentti oli selvästi savipitoisempaa. Sedimentin kuiva-ainepitoisuus vaihteli pintakerroksen 5 %:sta muiden syvempien kerrosten 13-24 %:iin (taulukko 1). Sedimentin vesipitoisuus olikin korkea koko sedimentti näytteessä. Sedimentin orgaanisen aineksen pitoisuus oli myös korkea vaihdelle välillä 79-96 % aivan alimmaista viipaletta lukuun ottamatta (taulukko 1). Sedimentin korkean vesipitoisuuden ja korkean orgaanisen aineksen pitoisuuden perusteella näytteenottopaikka edusti kertymäpohjaa eli ns. akkumulaatiopohjaa (Håkanson & Jansson 1983). Yleisesti ottaen kertymäpohjille materiaalia sedimentoituu oletettavasti tasaisesti, mikä luo perustan paleolimnologiselle tutkimukselle.

Taulukko 1. Piispalanselän sedimenttinäytteestä määritetyt kuiva-aine (%), Hehkutushäviö kuiva-aineesta (Hh ka.%) ja Cs-137 aktiivisuuspitoisuudet (Bq/kg). Hehkutushäviö kuvaa orgaanisen aineen määrää sedimentissä.

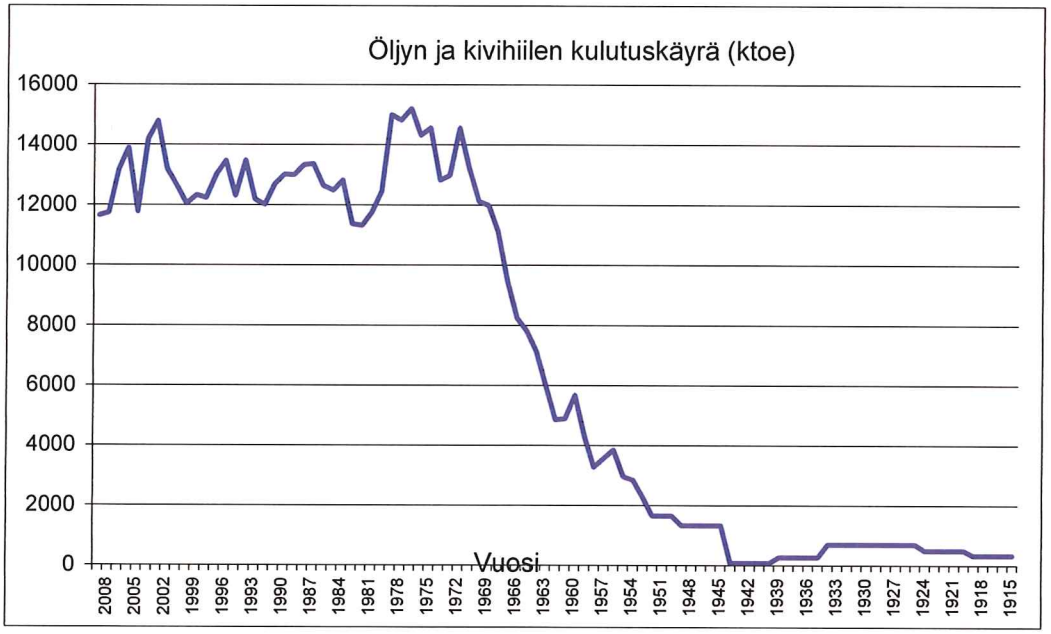
Sedimentti Piispalanselkä 28.6.2010			
cm	Kuiva-aine %	Hh ka. %	Cs-137 (Bq/kg)
1	4.9	96	<50
2			<50
3	13	89	<50
4			<50
5	15	87	<50
6			<50
7	16	86	<50
8			<50
9	17	85	<50
10			<50
11	19	84	<50
12			
13	19	84	<50
14			
15	20	83	<50
16			
17	21	82	<50
18			
19	22	81	<50
20			
21	24	79	
22			
23	24	79	
24			
25	23	80	
26			
27	23	80	
28			
29	23	80	
30			
31	23	80	
32			
33	21	82	
34			
35	19	84	
36			
37	19	85	
38			
39		22	

4.2 SEDIMENTTIKERROSTEN AJOITUS

Sedimentin Cs-137 ajoitus ei onnistunut sedimentin alhaisista aktiivisuuspitoisuuksista johtuen. Kaikki määritetyt Cs-137 pitoisuudet olivat alle käytettävissä olevan laitteiston määritysrajan (taulukko 1). Sen sijaan nokipalloajoitus onnistui aineiston vaikeasta käsiteltävyydestä huolimatta hyvin. Laskentatulokset on esitetty käyrämuodossa, jossa jokaista tutkittua sedimenttisyvyyttä vastaa laskettu nokipartikkeleiden määrä / g kuivaa sedimenttiä (DW) (Kuva 2). Käyrää on verrattu öljyn ja kivihiilen kulutuksen mallikäyrään, jossa yksikkönä on öljyekvivalenttitonni (Kuva 3).



Kuva 2. Nokipallojen lukumäärä tutkituissa näytteissä sedimenttisyvyyden funktiona.



Kuva 3. Suomen valtakunnallinen öljyn ja kivihiilen kulutuskäyrä.

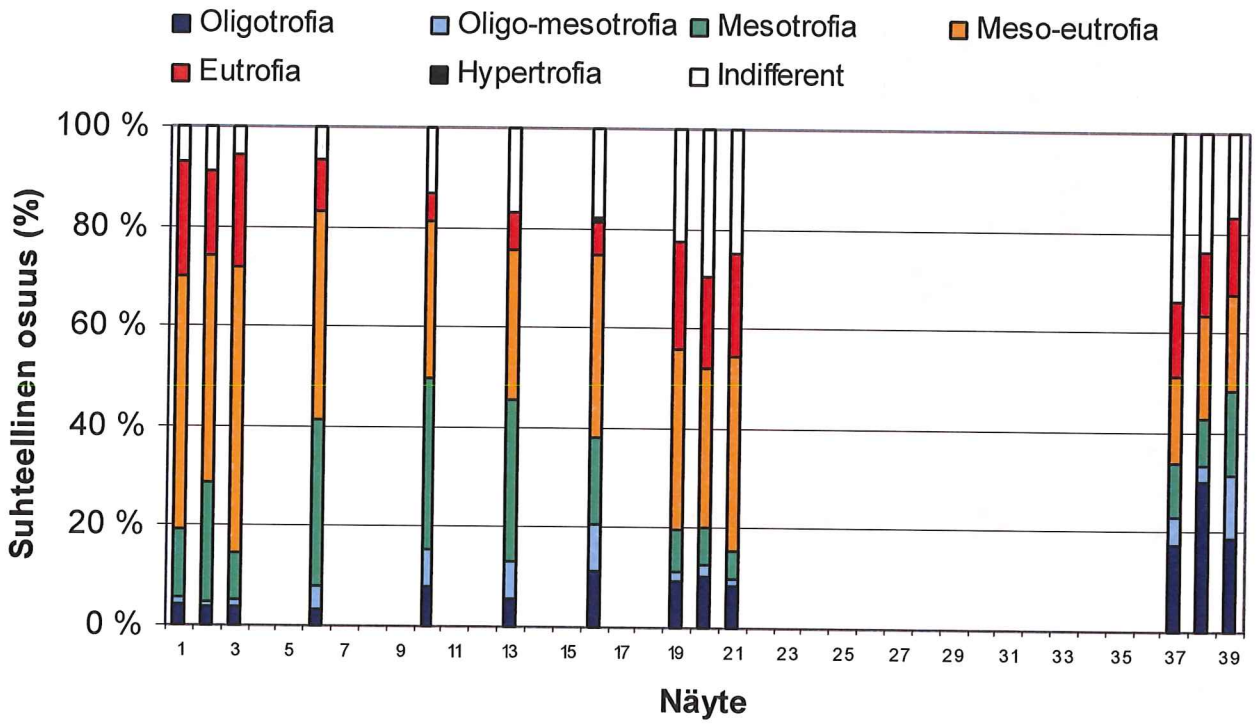
Käyristä voidaan havaita selviä yhteneväisyyskohtia: Nokipartikkelikäyrässä ensimmäiset havaitut partikkelit (21 cm syvyydessä) kuvaavat oletettavasti 1945 tapahtunutta kulutuksen nousun alkukohtaa. Tätä syvemmällä nokipartikkeleita ei havaittu. Tästä pintaa kohti partikkeleiden lukumäärä kasvaa voimakkaasti seuraillen kulutuskäyrää. Ensimmäinen huippu saavutetaan 16 cm syvyydessä vastaten n. vuotta 1972. Vuosien 1975-1978 huiput kulutuskäyrässä osuvat n. 13 cm sedimenttisyvyydelle. Suurimmat nokipartikkelipitoisuudet 2-3 cm syvyydellä vastaavat vuosia 2003-2006.

Näillä havainnoilla laskettuna sedimentin kerrostumisnopeus vuodesta 1945 vuoteen 1972 (sedimenttisyvyydet 21-16 cm) on noin 2 mm/v ja vuodesta 1972 vuoteen 1975-78 (sedimenttisyvyydet 16-13 cm) jopa noin 10 mm/v. Tämän jälkeen kerrostumisnopeus on uudelleen hidastunut ollen noin 5 mm/v vuosista 1975-1978 nykypäivään. Tulosten perusteella voidaan olettaa näytteenottopaikan edustavan pohjadynamiikaltaan tasaisen (kerrostumisnopeus vaihtelee tosin tutkittuna ajanjaksona n. 2 – 10 mm välillä), häiriöttömän ja jatkuvan sedimentaation aluetta koko ajoitettuna ajanjaksona. Tätä indikoi nokipartikkeleiden selkeä määrällinen yhteneväisyys kulutuskäyrään.

4.2 PIILEVÄLAJISTON JA VEDENLAADUN KEHITYS

Maaveden Piispalaselän piilevänäytteiden perusteella järven lajistossa on tapahtunut pitkällä aikavälillä selviä muutoksia. Sedimenttiprofiilin alimpien, eli luonnontilaa tai lähes luonnontilaa edustavien näytteiden lajistossa dominoivat mm. *Cyclotella rossii*, *Aulacoseira valida*, *Tabellaria flocculosa*, *Eunotia pectinalis* ja *Fragilaria exigua*-lajit. Sedimenttiprofiilin keskiosassa, joka ajoittuvat 1940- ja -60 –luvuille, lajistossa olivat hallitsevina *Fragilaria construens* ja *F. brevistriata*, *Aulacoseita lirata* ja *A. islandica* sekä *Pinnularia viridis* ja *Navicula radiosa*. Sen sijaa sedimenttiprofiilin yläosassa, joka kuvaa viime vuosia ja vuosikymmeniä, lajistossa olivat hallitsevina mm. *Aulacoseira italica*, *Cyclotella comta*, *Fragilaria crotonensis* ja *Fragilaria construens*-lajit.

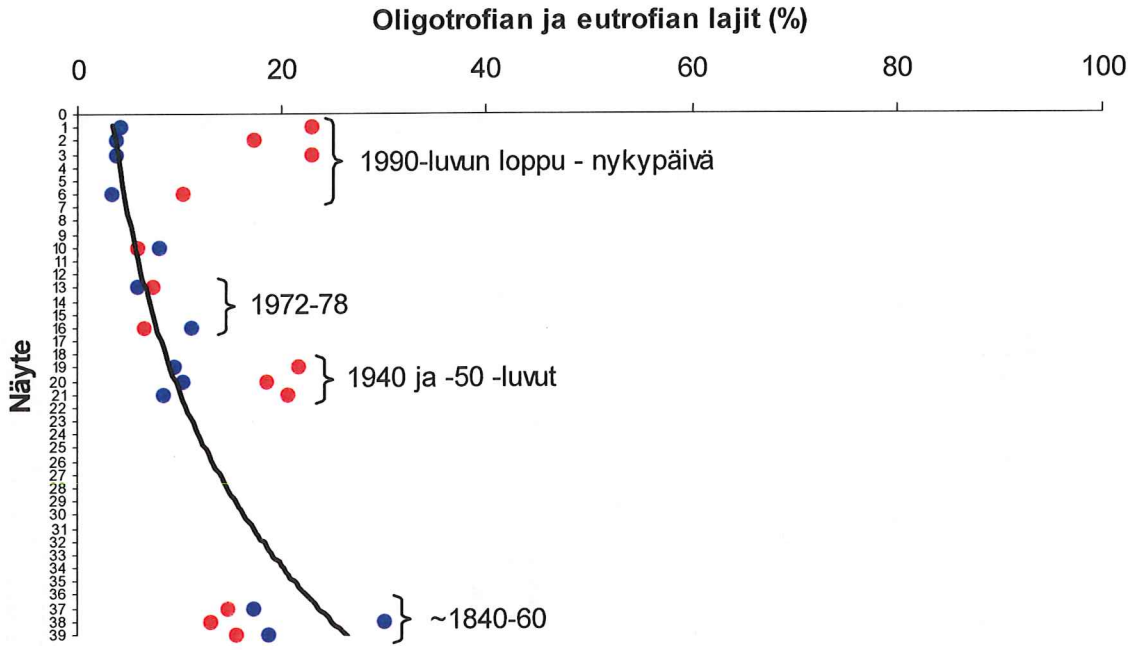
Ravinteisuutta kuvaavan ekologisen jakauman (Van Dam ym. 1994) perusteella karua vedenlaatua (luokat oligotrofia ja oligo-mesotrofia) ilmentävien lajien suhteellinen runsaus on pitkällä aikavälillä pienentynyt ja vastaavasti rehevää vedenlaatua (luokat meso-eutrofia ja eutrofia) ilmentävien lajien osuus kasvanut (kuva 4). Luonnontilaista aikakautta edustavissa näytteissä eutrofian ilmentäjälajien osuus oli n. 13-15%, kun se viime vuosina - vuosikymmenenä on ollut keskimäärin n. 21%. Oligotrofian ilmentäjälajien osuus on vastaavasti laskenut 22%:sta noin 4%:iin. Tulosten perusteella Maaveden rehevyydessä oli tapahtunut muutoksia jo 1940-50 –luvuille tultaessa (näytteet 19-21). 1970- ja 1980-luvuilla (näytteet 10-16) lajistoa hallitsivat mesotrofian ilmentäjälajit. Tämän jälkeen rehevöityminen on jatkunut ja lajistossa ovat nyt valitsevina meso-eutrofian ilmentäjälajit.



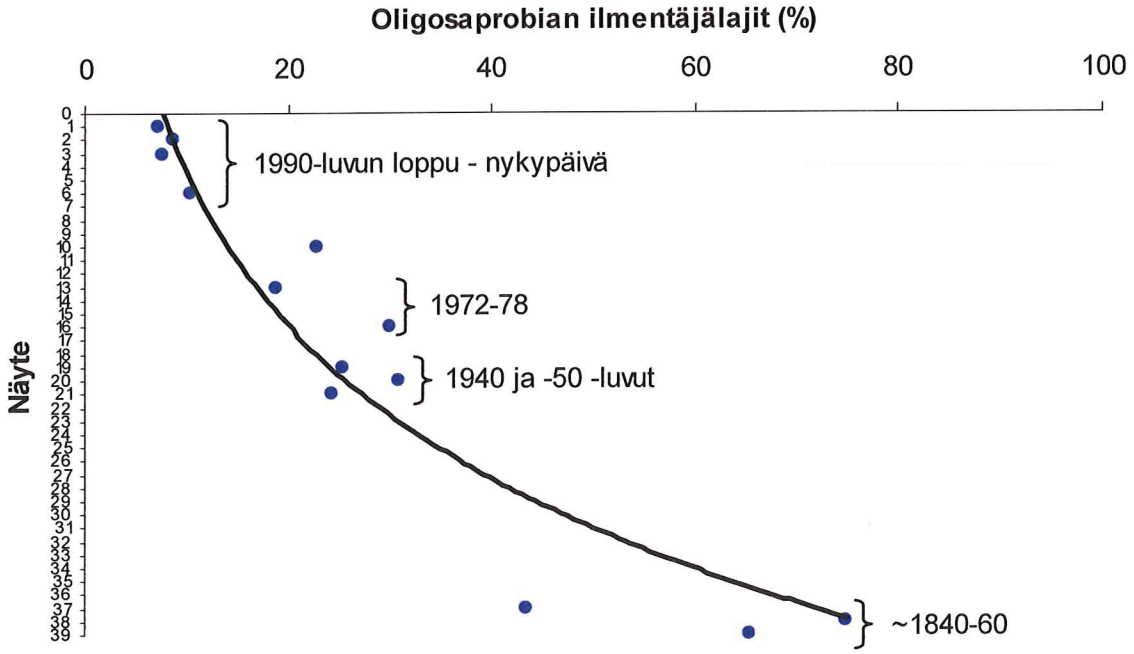
Kuva 4. Maaveden Piispalanselän sedimenttinäytteiden piilevien jakautuminen ravinteisuutta ilmentäviin ryhmiin (oligotrofinen eli karu – hypertrofinen eli hyvin rehevä).

Karua ja rehevää vedenlaatua ilmentävien lajien suhteellisten runsauksien lähempi tarkastelu osoitti, että näiden ryhmien runsauksissa on tapahtunut erityyppisiä ajallisia muutoksia (kuva 5). Siinä missä karua vedenlaatua ilmentävien lajien osuus on pitkällä aikavälillä laskenut melko tasaisesti, on rehevyyden ilmentäjälajit olleet runsaimmillaan 1940- ja 50-luvuilla sekä viime vuosikymmenenä. 1960- ja -70 –lukujen aikana rehevyyden ilmentäjälajien runsaus näytti laskevan, mutta jälleen 1990-luvulta lähtien on havaittavissa runsastumista.

Likaantuneisuutta kuvaavan saprobialuokituksen perusteella pitkän aikavälin trendi Maaveden tilassa on ollut samankaltainen mitä rehevyyttä kuvaava spektrikin osoitti (kuva 6). Saprobiaa eli jätevesikuormitusta ilmentäviä lajeja ei näytteissä havaittu, joten muutokset vedenlaadussa näyttävät liittyvän hajakuormitukseen.



Kuva 5. Maaveden Piispalanselän sedimenttinäytteen karua (siniset täplät) ja rehevää (punaiset täplät) vedenlaatua ilmentävien lajien runsaudet eri aikakausina. Musta viiva kuvaa karua vedenlaatua ilmentävien lajien runsauksien trendiä.



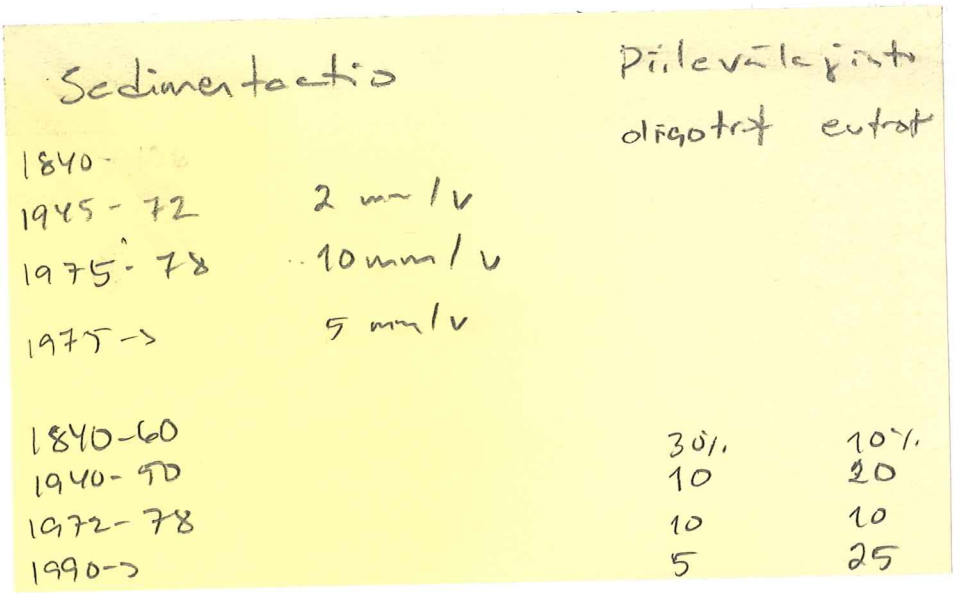
Kuva 6. Maaveden Piispalanselän sedimenttinäytteen oligosaprobian (puhtaan veden) ilmentäjälajien runsaudet eri aikakausina. Musta viiva kuvaa oligosaprobiaa ilmentävien lajien runsauksien trendiä.

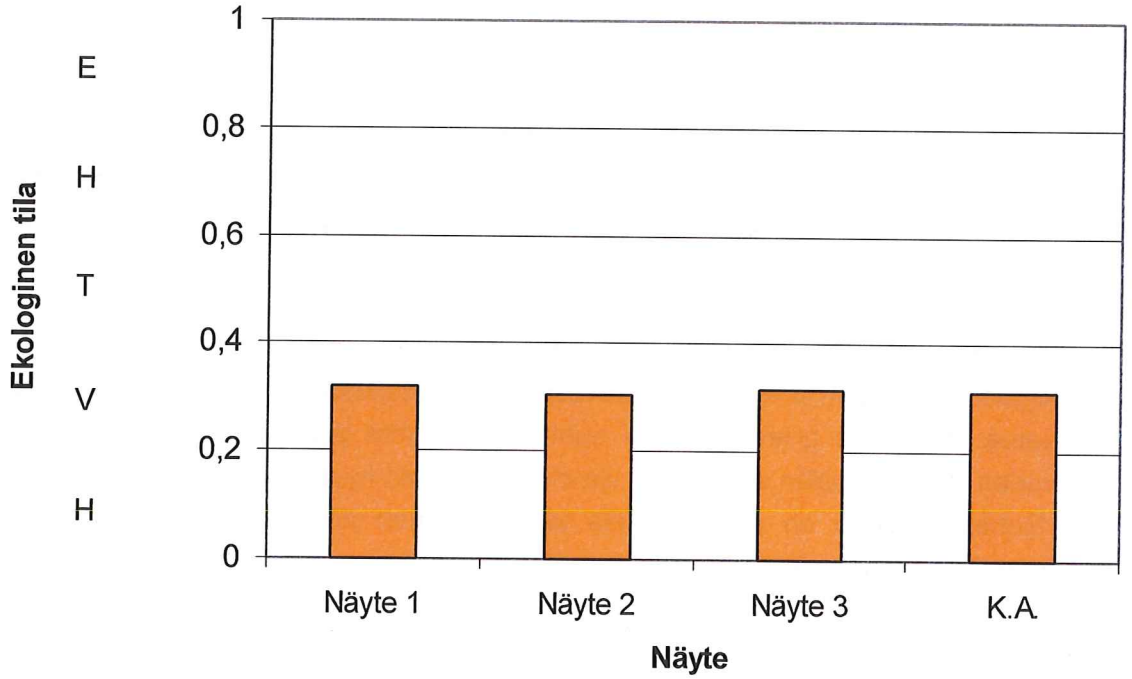
4.3 EKOLOGISEN TILAN ARVIO

Piilevälajistossa tapahtuneet ajalliset muutokset heijastuivat myös Piispalanselän ekologiseen tilaan. PMA-menetelmän perusteella arvioituna sedimentin kolmen ylimmän näytteen piilevälajisto ilmensi välttävää tilaa (kuva 7). Ekologisessa tilassa ei piilevälajiston perusteella ole tapahtunut viime vuosien aikana juurikaan muutoksia.

Kelly ym. (2008) käyttivät piileviä vesistöjen ekologisen tilan arvioinnissa ja asettivat hyvän ja tyydyttävän ekologisen tilan rajan piileviin perustuvassa tilaluokittelussa kohtaan, jossa karua ja rehevää vedenlaatua ilmentäviä piilevälajeja oli suhteellisesti yhtä paljon. Tämän lähtökohdan perusteella Maaveden Piispalanselän ekologinen tila olisi muuttunut hyvästä tyydyttävään jo ennen sotia (kuva 5). Rehevöityminen on jatkuvat vielä tämän jälkeen joten tämänkin menetelmän perusteella nykyinen tila on lähempänä välttävää kuin tyydyttävää.

Yhteenvetona Maaveden Piispalanselän ekologisen tilan arviosta voidaan todeta, että vesistön tila on heikentynyt vähitellen ja pitkän aikavälin kuluessa. Maaveden vedenlaatu ei ilmeisesti ollut 1900-luvun alkupuoliskolla samaa luokkaa kuin luonnontilaisella tai lähes luonnontilaisella aikakaudella, ja rehevöityminen on jatkunut myös viime vuosikymmeninä.





Kuva 7. Maaveden Piispalanselän viime vuosien ekologinen tila sedimenttiprofiilin kolmen ylimmän näytteen (0-3 cm) perusteella, sekä näytteiden keskiarvo (k.a.). Tilaluokat huonosta (H) erinomaiseen (E) on osoitettu kirjaintunnuksin.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Nokipartikkeliajoituksen perusteella tutkittu sedimenttiprofiili kuvasi ajanjaksoa 1800-luvun puolivälistä nykypäivään. Laskelmaan liittyy oletus, että kerrostumisnopeus on sotien jälkeisinä vuosikymmeninä ollut samaa luokkaa kuin aiempina vuosikymmeninä. Piispalanselän mataluudesta huolimatta näytepiste oli tulosten perusteella häiriöttömän ja jatkuvan sedimentaation aluetta, joten sedimenttiprofiilin tulokset kuvaavat hyvin vedenlaadun ajallisia muutoksia. Mielenkiintoinen yksityiskohta ajoitustuloksissa oli sedimentaationopeudessa tapahtuneet ajalliset muutokset. Tulosten perusteella sotien jälkeisinä vuosikymmeninä sedimentaatio oli luokkaa 2 mm/v, mutta 1970-luvulla jopa viisinkertainen aikaisempaan tasoon nähden. Luonnontilaisen aikakauden kerrostumisnopeuteen nähden ero on vieläkin suurempi. Alhonen (1974) on arvioinut, että Saimaalla luontainen kerrostumisnopeus on ollut n. 0,054 mm/v, mutta se on kasvanut voimakkaasti ihmistoiminnan (mm. metsien raivaus järven rannoilta) myötä. Alhosen (1974) esittämä arvio 1900-luvun alkupuolen kerrostumisnopeudesta Lauritsalan edustan alueella (n. 2,2-2,7 mm/v) on hyvin linjassa tämän tutkimuksen tulosten kanssa. Kerrostumisnopeuden muutos 1970-luvulla liittyi todennäköisesti voimakkaasti kasvaneeseen hajakuormitukseen (turvetuotanto, maatalous sekä metsien ja soiden ojitukset) kyseisenä aikakautena. Esimerkiksi ojitusten huippuvuodet Suomessa (1969-1970) ajoittuvat samaan ajanjaksoon kuin Maaveden kasvanut sedimentaatio. Turvetuotanto on Maaveden valuma-alueella kuitenkin alkanut vasta 1970-luvun lopulla, joten näyttää siltä, että maa- ja metsätalous on aiheuttanut suurimman kiintoainekuormituksen 1970-luvulla. 1970-luvun lopulta nykypäivään

kerrostumisnopeus on ollut luokkaa 5 mm/v, eikä tänä aikana ole ollut havaittavissa juurikaan muutoksia. Tosin rehevöityminen on jatkunut tänäkin aikana.

Piileväanalyysit osoittivat, että vesistön tilassa on tapahtunut pitkällä aikavälillä selviä muutoksia. Muutoksia vedenlaadussa on piilevälajiston perusteella tapahtunut jo ennen sotia. Erona Pien-Saimaan Riutanselän piileväanalyysien tuloksiin, viime vuosien - vuosikymmenen piilevälajistossa ei esiintynyt Piispalanselällä yhtä runsaana rehevyyden ilmentäjälajeja, vaikka vedenlaadun perusteella Maavesi on muuhun Pien-Saimaaseen verrattuna rehevämpää aluetta. Syitä voi olla useita, mutta on mahdollista, että selvemmin humuspitoisempana vesistönä Maavedellä ravinteet voivat olla pitkälti leville huonosti käyttökelpoisessa muodossa sitoutuneena humusyhdisteisiin. Toinen mielenkiintoinen yksityiskohta tuloksissa oli rehevyyden ilmentäjälajien suhteellisen runsas esiintyminen 1940- ja -50 –luvuilla. Eräs mahdollinen selitys voisi olla, että sotien jälkeisinä vuosina maatalous muodosti merkittävimmän kuormituksen lähteen. Kuormitusrakenne on saattanut muuttua 1960- ja –70 luvuilla, painottuen tuolloin selvemmin metsätalouteen (mm. metsien ja soiden ojituksiin) sekä turvetuotantoon. Tämä voisi selittää rehevyyden ilmentäjälajien suhteellisen vähäisen osuuden levälajistossa suurimman kiintoainekuormituksen ja sedimentaation aikana 1970-luvulla.

Ekologisen tilanarvion perusteella Piispalanselkä luokittui Riutanselän tavoin välttävään tilaan. Näin ollen, kun eri alueiden kehitystä peilataan niiden luonnontilaiseen tai lähes luonnontilaiseen tasoon nähden on muutos Piispalanselällä ja Riutanselällä ollut samantyyppinen.

Maaveden piileväanalyysien perusteella vesistön saattaminen hyvään ekologiseen ja kemialliseen tilaan edellyttää kunnostustoimia sekä erityisesti valuma-alueen hajakuormituksen vesiensuojelutoimenpiteitä. Vuosikymmeniä vallinneen negatiivisen kehityssuunnan muuttaminen ei ole helppoa, vaan tulee todennäköisesti viemään aikaa ja vaatimaan merkittäviä taloudellisia panostuksia. Kaakkois-Suomen ELY-keskus onkin arvioinut, että läntisen Pien-Saimaan osalta hyvän tilan saavuttaminen tulee vaatimaan lisäaikaa vuoteen 2021.

VIITTEET

Alhonen, P. 1971. Kerrostumisnopeudesta Etelä-Saimaan jätevesialueella. Vesitalous 3: 24-28.

Håkanson L. & Jansson M., 1983. Principles of Lake Sedimentology. Springer-Verlag. 316 s.

Itkonen, A. 1992. Sedimenttisarjojen SR-5 ja F-81 nokipalloajoitukset. Turun yliopisto, Maaperägeologian osasto. Geocenter raportti 8. 24 s.

Kelly, M., Juggins, S., Guthrie, R., Pritchard, S., Jamieson, J., Rippey., B., Hirst, H. & Yallop, M. 2008. Assessment of Ecological Status in U.K. rivers using diatoms. Frehwater Biology 53: 403-422.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, K. 1986-1991. Bacillariophyceae. Süβwasserflora von Mitteleuropa, 2 (1-4). Fischer, Stuttgart, Germany.

Laine, P. 2001. Kohti vesiensuojelun aikaa. Veden laadun muutokset eteläisellä Saimaalla. Acta Universitatis Lappeenrantaensis 111, 264 s.

Mattila J, Kankaanpää H, Ilus E., 2006. Estimation of recent sediment accumulation rates in the Baltic Sea using artificial radionuclides ^{137}Cs and $^{239,240}Pu$ as time markers. Boreal Environmental Research; 11: 95-107.

Prygiel, J. & Coste, M. 1993. The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. Hydrobiologia 269/270: 343-349.

Raunio J. ja Mattila J., 2009. Pien-Saimaan Riutanselän vedenlaadun kehitys sekä ekologinen tila paleolimnologisella menetelmällä arvioituna. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimusraportti no 118/2009.

Renberg, I. & Wik, M. 1985. Carbonaceous particles in lake sediments – pollutants from fossil fuel combustion. Ambio 14:3. ss. 161-163.

Rose, N. L. 1990. A method for extraction of carbonaceous particles from lake sediments. Journal of Paleolimnology 3. ss. 45-53.

Salonen V-P. & Itkonen, A. 1994. Paleolimnologia. opintomoniste, Turun yliopisto, Geologian laitos. 54 s.

Van Dam, H., Mertens, A. & Sinkeldam, J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. Netherlands Journal of Aquatic Ecology 28: 117-133.

Whitton, B. A., Rott, E. & Friedrich, G. (eds.) 1991. Use of algae for monitoring rivers. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, 193 s.

Wik, M. & Natkanski, J. 1990. British and Scandinavian lake sediment records of carbonaceous particles from fossil fuel combustion. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 327. ss. 319-323.