



KVVY



PANNUJÄRVEN SEDIMENTTITUTKIMUS

Hanna Alajoki & Reijo Oravainen 8.12.2015



Kirjenro 1014/15

SISÄLTÖ

1. JOHDANTO.....	1
2. TUTKIMUSMENETELMÄT.....	2
3. SEDIMENTTITULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	3
3.1 Sedimentin kuvaukset	3
3.2 Sedimentin yleislaatu	4
3.3 Ravinteet ja sulfaatti	5
3.4 Sedimentin ajoitus sekä kertymä- ja kerrostumisnopeus	7
4. YHTEENVETO.....	7

VIITTEET

LIITTEET:

Liite 1. Tarkkailutulokset



KVVY

Vesiosasto/HA
8.12.2015
Kirjenumero 1014/15

Vanajavesikeskus/Suvi Mäkelä
suvi.makela@vanajavesi.fi

PANNUJÄRVEN SEDIMENTTITUTKIMUS

1. JOHDANTO

Hämeenlinnan Katumajärven, Kankaistenjärven ja Pannujärven PAKKA -vesiensuojeluhankkeessa tehdään erilaisia vesistöjen tilaan ja kuormitukseen liittyviä selvityksiä, kunnostustoimenpiteiden valintaan liittyviä esiselvityksiä ja suunnitelmia sekä toteutetaan pieniä kunnostustoimenpiteitä. Hankkeen taustalla ovat Vanajavesikeskus, Hämeenlinnan kaupunki sekä Kankaistenjärven suojeluyhdistys. Tässä tutkimuksessa kohteena oli Hämeenlinnan Tuuloksessa sijaitsevan Pannujärven sedimentti. Sedimenttitutkimuksella haluttiin saada tietoa järven kuormitushistoriasta, sedimentaationopeudesta sekä pintasedimentin ravinne- ja orgaanisen aineksen määrästä ja niiden merkityksestä sisäisen kuormituksen lähteenä. Pannujärven sedimentissä olevien sulkasäaskan toukkien runsautta on selvitetty (Malinen & Vinni 2013), mutta varsinaista sedimenttiä ei ole aiemmin tutkittu.

Pannujärvi kuuluu järviyypiltään pieniin humusjärviin. Se on pinta-alaltaan 36,21 hehtaaria, sen suurin syvyys on 12 metriä ja aikaisemmin arvioitu tilavuus 1,4 milj. m³ (Jutila 2013). Järven viipymäksi on arvioitu aikaisemmin noin 1,2 vuotta ja teoreettisesti laskettuna se on keskimäärin 1,75 vuotta, eli se on suhteellisen pitkäviipymäinen järvi. Pannujärven vedet laskevat Tyrisevänojaa pitkin Kuivalammisiin. Järven vedenkorkeutta säädellään pohjapadolla.

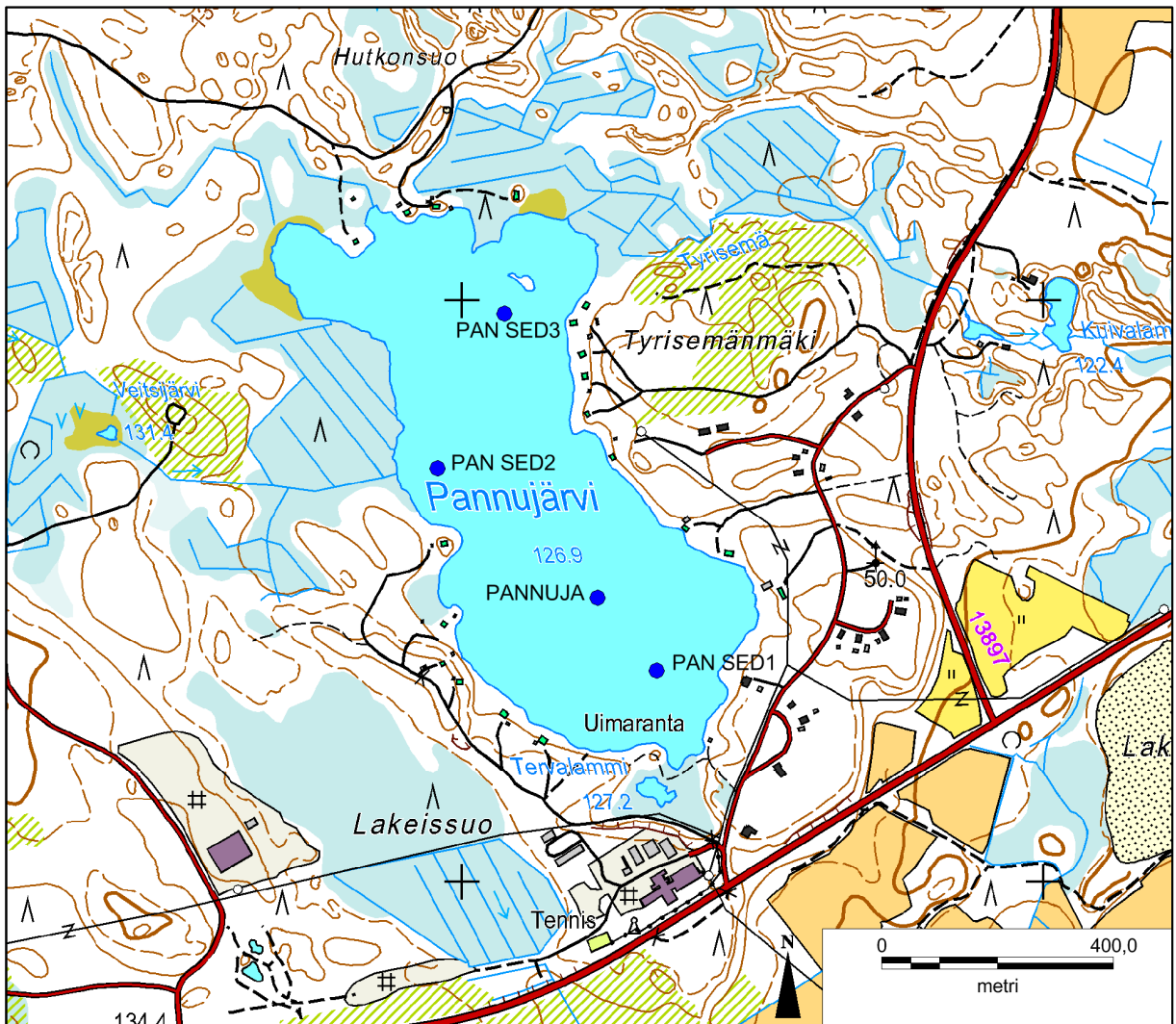
Pannujärven vesi on valuma-alueen suo- ja metsäojitusten vuoksi tummunut ja humusleima voimistunut. Päällysveden kokonaisfosforipitoisuus on ollut viime vuosina rehevän veden puolella. Järven morfologisista ominaisuuksista johtuen alusvesi ei vaihdu aina täydellisesti, eikä näin ollen aina saa happitäydennystä. Mikäli olosuhteet muodostuvat täysin hapettomiksi, käynnistyy sisäinen kuormitus, josta on ajoittain saatu viitteitä Pannujärven vedenlaatututkimuksissa (mm. Jutila 2013). Täyskierrot, osittaisenakin, tuovat alusveteen vapautuneita ravinteita ylempiin vesikerroksiin. Ajoittain päällysveden fosforipitoisuus voi kohota myös kerrostuneisuusaikoina limalevien nostaessa ravinteita pintaan järven syvemmistä vesikerroksista.

2. TUTKIMUSMENETELMÄT

Sedimenttitutkimus toteutettiin 25.9.2015 neljällä pisteellä, joista kolme sijaitsi litoraalivyöhykkeellä (PAN SED1-3) ja yksi syvänteellä (PANNUJA) (Kuva 2.1). Näytepaikkojen kokonaissyvyys oli litoraalipisteillä noin neljä metriä ja syvänteellä kahdeksan metriä. Kaikilla pisteillä sedimentin pinnasta otettiin näyte, joka ulottui 2 cm syvyydelle. Lisäksi syvänteellä otettiin näyte sedimenttipatsaasta, joka ulottui 32 cm syvyyteen. Patsas viipaloitiin 1 cm siivuksiksi. Syvännepisteeltä otettiin myös vastaava viipaloitu sedimenttipatsas Tommi Malisen sulkasäskitutkimusten jatkoa varten. Näytteenotto toteutettiin Limnos-merkkisellä sedimenttinäytteenottimella ja näytteenoton suoritti sertifioidut näytteenottajat Jyrki Ikävalko ja Markku Nieminen. Näytteenoton yhteydessä tehtiin sedimenttipatsaan kerrosten kuvaus sekä arviointi pintakerroksen hapellisuudesta / hapettomuudesta sen värin perusteella, sedimentin laadusta sekä muista mahdollisista kenttähavainnoista.

Sedimentin pinnasta, 0-2 cm syvyydeltä otetuista näytteistä analysoitiin kuiva-ainepitoisuus, hehkusjäännös, hehkutushäviö, typpi- ja fosforipitoisuus, liukoisen fosforin pitoisuus, sekä sulfaattipitoisuus. Syvännepisteeltä otetun sedimenttipatsaan viipalenäytteistä analysoitiin kuiva-ainepitoisuus, hehkusjäännös ja hehkutushäviö ja lisäksi viipaleiden syntyikä ajoitettiin Cs-137 menetelmällä (Mattila ym. 2006). Sedimenttinäytteiden analysoinnit tehtiin Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen laboratoriossa, joka on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T064.

Sedimenttikerrosten syntyikä saadaan selville Tshernobyl-laskeuman aiheuttaman cesiumpitoisuuden kohoamisen perusteella. Pitoisuus on korkein siinä sedimenttisyvytydessä, joka edustaa vuotta 1986. Tämän ylä- ja alapuoliset kerrokset saadaan ajoitettua vuosikymmentarkkuudella laskemalla kuiva-aineen vuotuinen kertymä ($\text{g/m}^2 \text{ a}$), joka saadaan jakamalla Cs-piikin esiintymissyvyyden kumulatiivinen kuiva-ainekertymä kertymiseen kuluneella ajalla (näytteenotto-1.5.1986). Tämän jälkeen päästään ajoittamaan eri kerrokset jakamalla kunkin kerroksen kumulatiivinen kuiva-ainemäärä kertymänopeudella. Tällä laskutavalla saadaan huomioitua sedimentin tiivistyminen eli vesipitoisuuden väheneminen syvyyden funktiona. Ajoituksen epävarmuus kuitenkin kasvaa, mitä kauemmas Tshernobyl-onnettomuusvuodesta mennään.



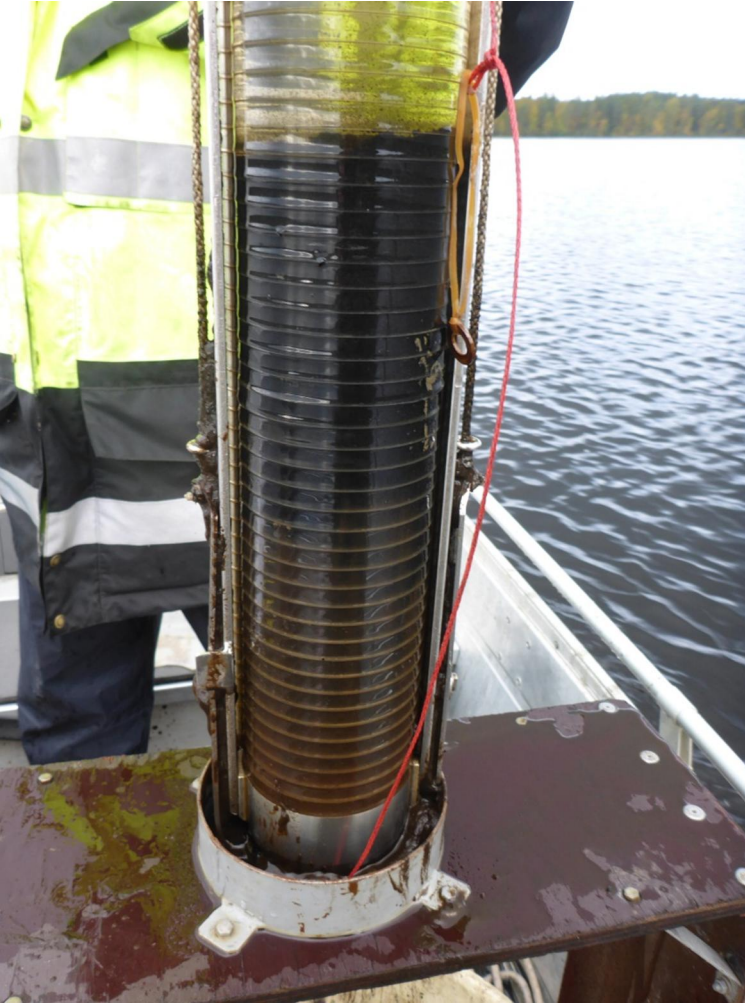
Kuva 2.1. Pannujärven sedimenttitutkimusasemien sijainti. Peruskarttarasteri © Maanmittauslaitos 6/2012.

3. SEDIMENTTITULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

3.1 Sedimentin kuvaukset

Syvännepisteen sedimentin pintakerros oli erittäin vesipitoinen ja löysä. Sedimentin päällyskerroksesta 10 cm oli hyvin tummaa tai jopa mustaa liejua, joka 10–12 cm syvyydellä muuttui vaaleammaksi ja kiinteämmäksi. Yli 12 cm syvyydellä sedimentti oli väriltään kahvinruskeaa, kiinteämpää ja kuivempaa, mutta edelleen hyvin pehmeärakeista ja veteen helposti hajoavaa humuspitoista liejua, joka hajosi veteen nopeasti. Merkittävää hajua ei todettu. Pintasedimentissä oli näkyvissä sulkasääskien toukkia.

Litoraalipisteiden sedimenttipatsas oli hyvin samankaltainen kuin syvänteellä, mutta vaaleampi lieju alkoi selvästi lähempänä sedimentin pintaa, toisin sanoen tummaa liejua oli ohuempi kerros. Sedimentti oli kokonaisuudessaan kiinteämpää kuin syvänteellä. Sedimenttipisteiden 1 ja 3 patsas ulottui 30 cm syvyyteen ja pisteen 2 patsas 28 cm syvyyteen.



Kuva 3.1. Pannujärven syvännepisteeltä otettu sedimenttipatsas.

3.2 Sedimentin yleislaatu

Sedimenttinäytteiden kuiva-ainepitoisuudet vaihtelivat litoraalityöhykkeen näytteissä välillä 37–54 g/kg. Syvännepisteen pintasedimenttinäytteessä kuiva-ainepitoisuus oli selvästi pienempi (Taulukko 3.1). Sedimentti oli kaikilla pisteillä erittäin vesipitoista ja orgaanisen aineksen määrä (hehikutushäviö) huomattavan korkea (Taulukko 3.1). Syvänteen vesipitoisessa sedimentissä orgaanisen aineen osuus nousi jopa yli 50 %:iin. Litoraalityöhykkeiden välillä ei todettu suuria eroja orgaanisen aineksen osuudessa.

Vertailuna voidaan mainita, että Lotilanjärven savisedimenteissä orgaanista ainetta oli 10–13 % ja rehevässä Kangasalan Kirkkojärvässä 17–24 %. Mäntänlahdella paperitehtaan välittömässä läheisyydessä orgaanisen aineksen osuus oli 43 %. Pannujärven sedimentissä orgaanisen aineen osuus oli siten huomattavasti suurempi kuin Lotilanjärvellä ja Kirkkojärvellä ja myös voimakkaasti kuormitetun Mäntänlahden tulos jäi Pannujärveä pienemmäksi. Tulos viittaa turve-/humuspitoiseen kuormitukseen.

Taulukko 3.1. Pannujärven sedimentin yleislaatu.

NäytePvm	Hav.paikka	Kuiva-aine g/kg	Hehk.jään g/kg	Hehk.häv. g/kg	Org.ain. %	Vesipit. %
25.9.2015	PAN SED1	49	26	22	46,9	95,1
25.9.2015	PAN SED2	37	20	17	45,9	96,3
25.9.2015	PAN SED3	54	28	26	48,1	94,6
25.9.2015	PANNUJA	16	7	9	56,3	98,4

Syvännepisteellä sedimentti muuttui noin 12 cm kohdalla myös analyysitulosten perusteella (Taulukko 3.2). Sedimentti muuttui vähemmän vesipitoiseksi ja kuiva-ainepitoisuus kohosi selvästi. Orgaanisen aineksen osuus alkoi vähentyä, eli toisin sanoen sedimentti muuttui vähemmän turve-/humuspitoiseksi. Syvemmillä sedimentti oli tulosten perusteella melko tasaista, eikä yhtä selviä muutoksia ollut analyysitulosten perusteella todettavissa. Muutos 12 cm syvyyden tienoilla oli hyvin selkeä ja osoittaa valuma-alueolosuhteiden sekä järven tilan selvää muuttumista.

Taulukko 3.2. Syvännepisteen (PANNUJA) sedimenttikerrosten yleislaatu. Analysointi tehtiin vain joka toiselle sedimenttikerrokselle.

Näytteen syvyys	Kuiva-aine g/kg	Hehk.jään g/kg	Hehk.häv. g/kg	Org.ain. %	Vesipit. %
0-1 cm	13	6	7	53,8	98,7
2-3 cm	23	10	13	56,5	97,7
4-5 cm	30	13	17	56,7	97
6-7 cm	34	15	20	55,9	96,6
8-9 cm	38	18	20	52,6	96,2
10-11 cm	51	25	26	51,0	94,9
12-13 cm	68	36	32	47,1	93,2
14-15 cm	72	38	35	47,2	92,8
16-17 cm	72	37	35	48,6	92,8
18-19 cm	68	35	33	48,5	93,2
20-21 cm	74	36	37	51,4	92,6
22-23 cm	80	41	39	48,8	92
24-25 cm	73	38	35	47,9	92,7
26-27 cm	71	37	34	47,9	92,9
28-29 cm	71	38	33	46,5	92,9

3.3 Ravinteet ja sulfaatti

Ravinnepitoisuudet tutkittiin kaikkien havaintopisteiden pintasedimentistä (0-2 cm).

Kuiva-aineen fosforipitoisuus oli litoraalipisteiden pintasedimenteissä 1,2–1,4 g/kg*ka (Taulukko 3.3). Syvännepisteen sedimenttinäytteen (0-2 cm) vesipitoisuus oli niin suuri, että tässä yhteydessä päädyttiin tarkastelemaan ainoastaan litoraalipisteiden tuloksia. Jos otetaan 10 cm paksu kerros Pannujärven sedimenttiä neliömetriltä (=100 l), siinä on kuiva-ainetta 5 kg, jonka fosforipitoisuus on

1,4 g/kg (käytettäessä fosforipitoisuutta 1,4 g/kg ka). Tällä alueella on fosforia siten 7 g. Pannujärven pinta-alan (36 ha) perusteella koko järven alueella on pohjalietteessä 2520 kg fosforia (sedimentin paksuus 10 cm). Jos sedimentin paksuudeksi otetaan 2 cm, fosforimäärä on silloin 504 kg.

Pannujärven tilavuus on 1,4 milj.m³. Jos fosforin keskipitoisuus olisi 30 µg/l, vedessä oleva fosforimäärä olisi 42 kg. Laskelman perusteella havaitaan, että pohjalietteessä on runsaat fosforivarannot verrattuna vesifaasiin. Mikäli olot ovat pohjalietteessä pelkistyneet, fosforia voi päästä veteen moninkertainen määrä.

Analyysissä määritettiin myös liukaisen fosforin osuus kokonaisfosforista. Tulos oli 0,16–0,31 mg/kg*tp, mikä kertoo, että liuenutta fosfaattifosforia on lietteessä hyvin vähän. Ts. fosfori on sitoutunut rautaan tai humukseen. Kun tulos muutetaan kuiva-ainetta kohti, saadaan 3,3–7,3 mg/kg*ka, kun kokonaisfosforia oli vastaavasti 1,2–1,4 g/kg*ka eli liunneen fosforin osuus oli vain 0,23–0,52 % kokonaisfosforista. Koko järven alalla liuenutta fosforia olisi sedimentissä siten noin 5,9 kg. Vapautuessaan veteen se nostaisi Pannujärven fosforisisältöä noin 14 %. Kuormituspotentiaali piilee kuitenkin fosforin kokonaisvarannossa, joka on ohuessa (0,2 cm) pintasedimentissäkin 10-kertainen vesifaasiin nähden.

Taulukko 3.3. Pannujärven sedimentin ravinne- ja sulfaattipitoisuudet.

NäytePvm	Hav.paikka	Kok.N g/kg ka	Kok.P g/kg ka	Liu. P g/kg ka	Liu SO4 mg/kg ka
25.9.2015	PAN SED1	19	1,4	0,003	2600
25.9.2015	PAN SED2	19	1,4	0,007	3400
25.9.2015	PAN SED3	20	1,2	0,006	1700
25.9.2015	PANNUJA	24	2,9	<0,003	-

Lotilanjärven pintasedimentillä tehdyssä fraktioinnissa saadut tulokset osoittivat labiiliin eli liukaisen fosforin osuudeksi 1,2 % kokonaisfosforista ja rautaan/alumiiniin sitoutuneen fosforin osuudeksi 32 %. Lähes liukenematon orgaaniseen aineeseen sitoutunut osuus oli 50 %. Labiili fosfori ei ole suoraan verrannollinen Pannujärven tulokseen, koska uutossa käytetään ammoniumkloridia. Tulos kuitenkin kertoo, että pääosa fosforista on sedimenteissä tavallisesti muussa kuin vapaassa fosfaattimuodossa. Liukoinen osuus kasvaa hapettomissa ja etenkin pelkistyneissä oloissa nopeasti.

Pannujärven sedimentin typpipitoisuutta (19–20 g/kg ka) voidaan pitää korkeana. Tämä liittyy sedimentin korkeaan turve-/humuspitoisuuteen, joka lisää typpipitoisuutta. Esimerkiksi rehevän Kangasalan Kirkkojärven pintasedimentissä todettiin tyyppiä 10–15 g/kg ka ja Lotilanjärven pintasedimentissä vain alle 4 g/kg ka.

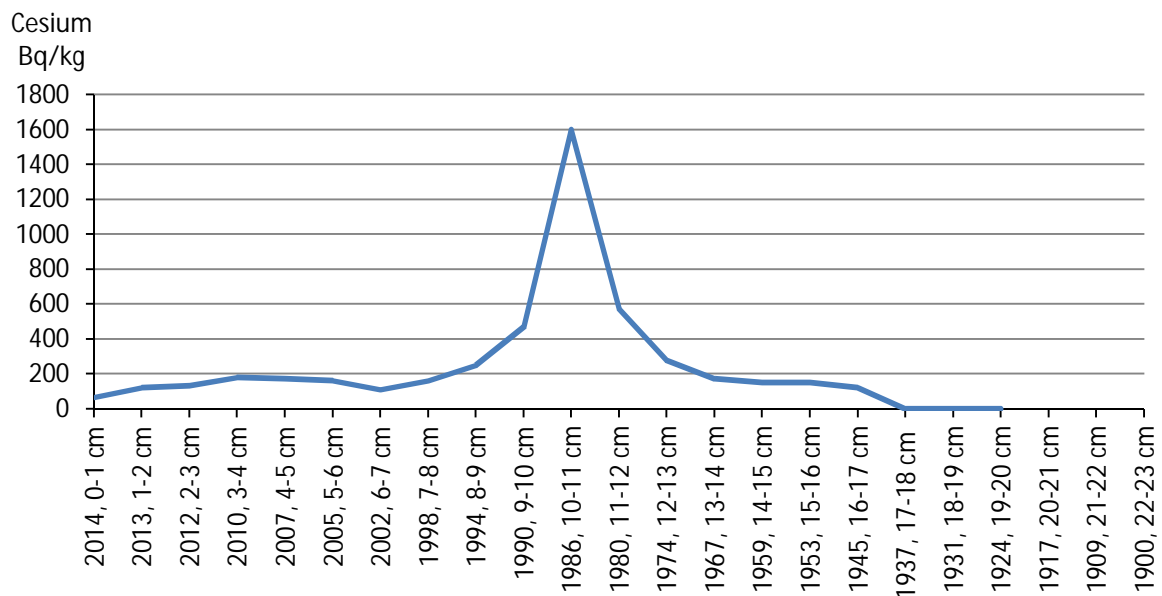
Sulfaatti reagoi herkästi muiden yhdisteiden kanssa ja sitoutuu helposti orgaaniseen ainekseen, kuten humukseen (Mäntykoski 2012). Sulfaattia olikin tulosten perusteella Pannujärven sedimentissä liukoisessa muodossa vain vähäisiä määriä (Taulukko 3.3). Eniten sulfaattia todettiin asemalla 2. Syvänteiden sedimentistä sulfaattimääritys ei onnistunut, sillä korkea vesipitoisuus vaikeutti analysointia. Sulfaatin esiintymisellä sedimentissä on oleellinen vaikutus järven rehevöitymiskehitykseen. Suuret sulfaattimäärät hapettomassa sedimentissä voivat häiritä raudan luonnollista kiertoa, jolloin rautaan sitoutunut fosfori vapautuu veteen. Tästä on merkinä musta sedimentin pinta sekä rikkivedyn haju.

Pannujärven syvänteen sedimentissä ei todettu rikkivedyn hajua, vaikka sedimentti olikin väritykseltään hyvin tummaa. Tummuus on kuitenkin todennäköisesti liittynyt suureen orgaanisen aineksen määrään.

3.4 Sedimentin ajoitus sekä kertymä- ja kerrostumisnopeus

Syvännepesteen sedimenttikerrosten syntyikä ajoitettiin Cs-137 menetelmällä (Mattila ym. 2006). Tshernobyl-laskeuman aiheuttama cesiumpiikki näkyi hyvin selvänä sedimenttikerroksessa 10–11 cm (Kuva 3.2).

Kerrostumis- ja kertymänopeudet voivat vaihdella huomattavasti eri järvien välillä, mutta myös järven eri alueiden välillä pohjajamuodoista, vesisyvyydestä sekä muista olosuhteista riippuen (Häkansson ja Jansson, 1983). Pannujärven sedimentin kertymänopeudeksi saatiin 95 g/m^2 vuodessa. Sedimentin kerrostumisnopeudeksi saatiin $0,4 \text{ cm}$ vuodessa. Pannujärven sedimentin päällimmäisten kerrosten suuresta vesipitoisuudesta ja orgaanisen aineen määrästä päätellen sedimentin kerrostumisnopeus on todennäköisesti ollut aiemmin pienempi.



Kuva 3.2. Sedimentin kuiva-ainepitoisuus eri vuosikymmeniä edustavissa kerroksissa.

4. YHTEENVETO

Hämeenlinnan Tuuloksessa sijaitsevan Pannujärven sedimenttiä tutkittiin PAKKA-hankkeeseen liittyen. Tutkimuksella haluttiin saada tietoa järven kuormitushistoriasta, sedimentaationopeudesta sekä pintasedimentin ravinne- ja orgaanisen aineksen määrästä ja niiden merkityksestä sisäisen kuormituksen lähteenä.

Sedimenttinäytteitä otettiin järven litoraalivyöhykkeeltä (3 kpl) eri puolilta järveä sekä järven syvänealueelta (1 kpl). Näytteet otettiin sedimentin pinnasta (0-2 cm). Syvänteeltä otettiin lisäksi näyte

sedimenttipatsaasta, joka viipaloitiin 1 cm viipaleiksi ja viipaleiden syntyikä ajoitettiin Cs-137 menetelmällä.

Tulosten perusteella Pannujärven sedimentti oli poikkeuksellisen vesipitoista ja sisälsi runsaasti orgaanista ainesta. Orgaaninen aines oli tulosten (mm. korkea typpipitoisuus) perusteella hyvin turve-/humuspitoista. Sedimenttipatsasta tarkasteltaessa havaittiin, että sedimentin laatu muuttui selvästi noin 12 cm syvyydellä. Tämä todettiin maastossa silmämääräisen tarkastelun perusteella ja vahvistettiin laboratoriotuloksista. Ajoituksen perusteella kerros on syntynyt 1970–1980-lukujen vaihteessa. Sedimentti muuttui tätä syvemmällä mm. vähemmän vesipitoiseksi ja kuiva-ainepitoisuus kohosi selvästi. Orgaanisen aineksen määrä alkoi vähentyä, eli toisin sanoen sedimentti muuttui vähemmän turve-/humuspitoiseksi. Tulos viittaa valuma-alueolosuhteiden ja järven tilan muuttumiseen. Sedimentin fosfori on tulosten perusteella sitoutunut humuspartikkeleihin tai rautaan, eikä fosforia ole liukoisessa muodossa suuria määriä. Ajoitusten perusteella sedimentin kertymänopeus on Pannujärvellä 95 g/m² vuodessa ja kerrostumisnopeus 0,4 cm vuodessa.

KOKEMÄENJOEN VESISTÖN VESIENSUOJELUYHDISTYS RY

Laatinut:



Vesistötutkija, ekologi

Hanna Alajoki



Limnologi

Reijo Oravainen

Hyväksynyt:



Vesiosaston johtaja

Jukka Lammentausta

VIITTEET

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

Håkansson L., Jansson M. 1983. Principles of Lake Sedimentology. Springer, Berlin.

Jutila H. 2013. Hämeenlinnan seudun vesistöjen tilan seuranta vuosina 2011–2012. Hämeenlinnan ympäristöjulkaisu 24. Hämeenlinna 2013.

Kirkkojärven kunnostukseen liittyvät selvitykset 2014/sedimenttitutkimukset, KVVY kirje 934/14.

Lotilanjärven kuormitus, sedimentaatio ja ainetaseet sekä kunnostusmahdollisuudet, KVVY kirje 413, 1995.

Malinen T., Vinni M. 2013. Sulkasääsken runsaus ja merkitys Hämeenlinnan Tuuloksen Pyhä-, Suoli- ja Pannujärvessä – *Hämeenlinnan ympäristöjulkaisu* 23. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos ja Hämeenlinnan kaupunki.

Tuuloksen järvitutkimukset (TUULOS)

Pvm.	Hav.paikka Syvyys (m)	P mg/kg tp	Liu.SO4 mg/kg ka	*P g/kg ka	*Kok.N.sed g/kg ka	*Kaine.lie g/kg	*Hehk.Jään g/kg	*hehk.häv. g/kg	Cesium Bq/kg
25.9.2015	TUULOS / PAN SED1 Pannujärvi, eteläinen sedimentinäytepiste Klo 16:30; Näytt.ottaja JI;								
	0-2 cm	0,16	2600	1,4	19	49	26	22	
25.9.2015	TUULOS / PAN SED2 Pannujärvi, läntinen näytteenottopiste Klo 16:15; Näytt.ottaja JI;								
	0-2 cm	0,27	3400	1,4	19	37	20	17	
25.9.2015	TUULOS / PAN SED3 Pannujärvi, pohjoinen näytteenottopiste Klo 16:00; Näytt.ottaja JI;								
	0-2 cm	0,31	1700	1,2	20	54	28	26	
25.9.2015	TUULOS / PANNUJA Pannujärvi Näytt.ottaja MN;								
	0-2 cm	<0,1	E	2,9	24	16	7	9	
	0-1 cm					13	6	7	66
	1-2 cm								120
	2-3 cm					23	10	13	130
	3-4 cm								180
	4-5 cm					30	13	17	170
	5-6 cm								160
	6-7 cm					34	15	20	110
	7-8 cm								160
	8-9 cm					38	18	20	250
	9-10 cm								470
	10-11 cm					51	25	26	1600
	11-12 cm								570
	12-13 cm					68	36	32	280
	13-14 cm								170
	14-15 cm					72	38	35	150
	15-16 cm								150
	16-17 cm					72	37	35	120
	17-18 cm								<50
	18-19 cm					68	35	33	<50
	19-20 cm								<50
	20-21 cm					74	36	37	
	21-22 cm								
	22-23 cm					80	41	39	
	23-24 cm								
	24-25 cm					73	38	35	
	25-26 cm								
	26-27 cm					71	37	34	
	27-28 cm								
	28-29 cm					71	38	33	
	29-30 cm								