

Sisäisen kuormituksen tutkimuksista

Jussi Vesterinen

Vesistö- ja kala-asiantuntija

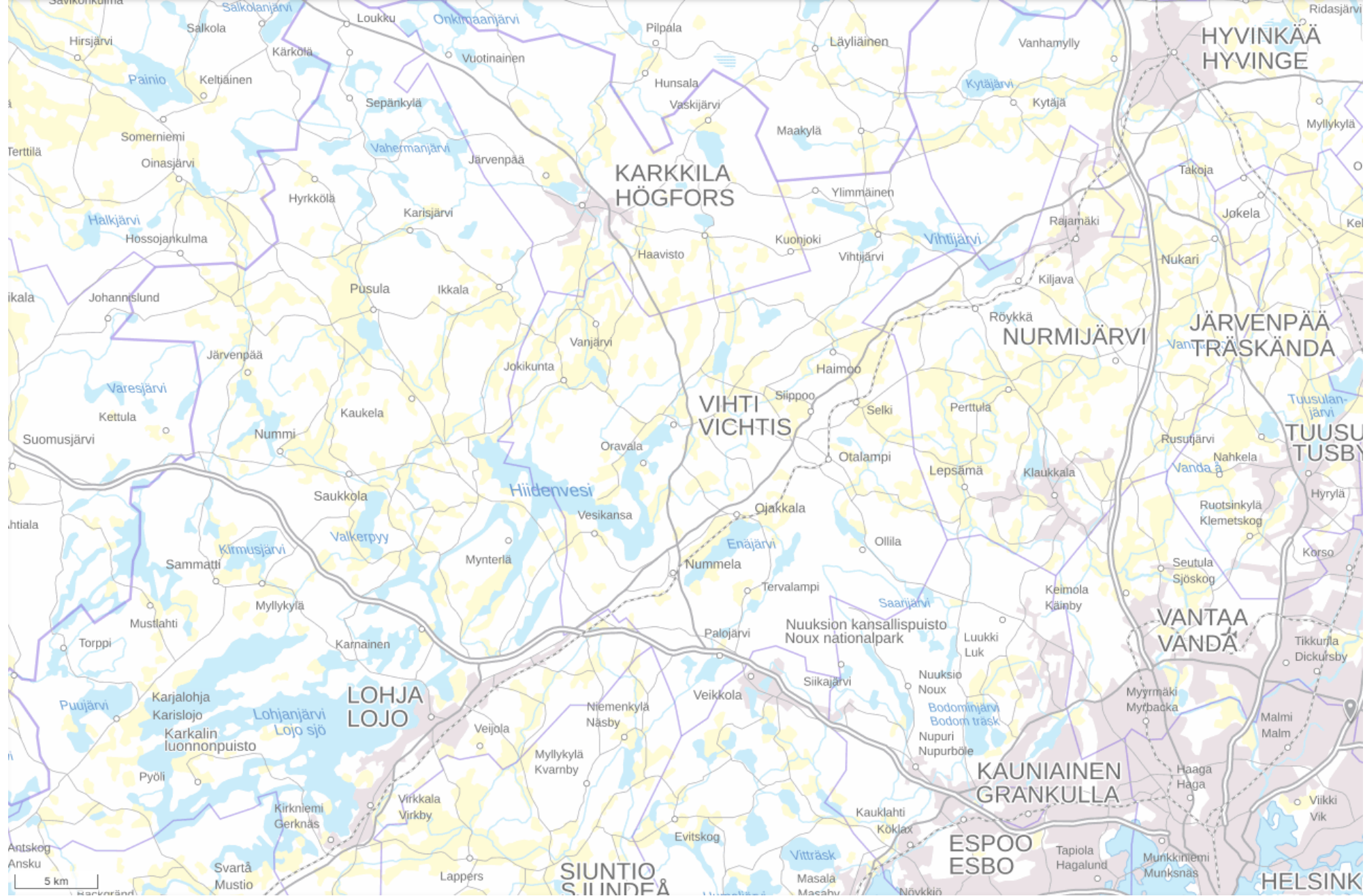
Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry

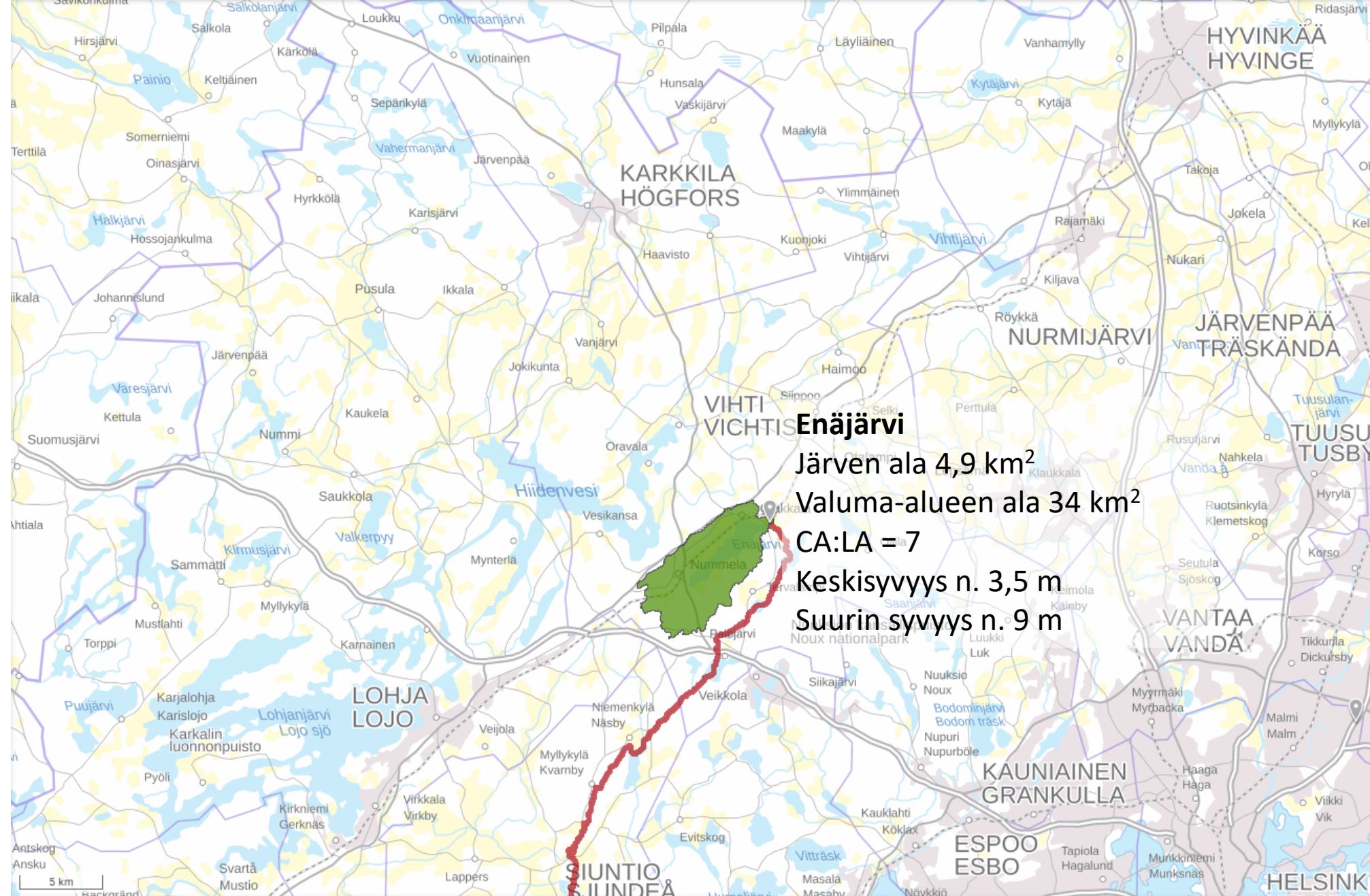
21.11.2025

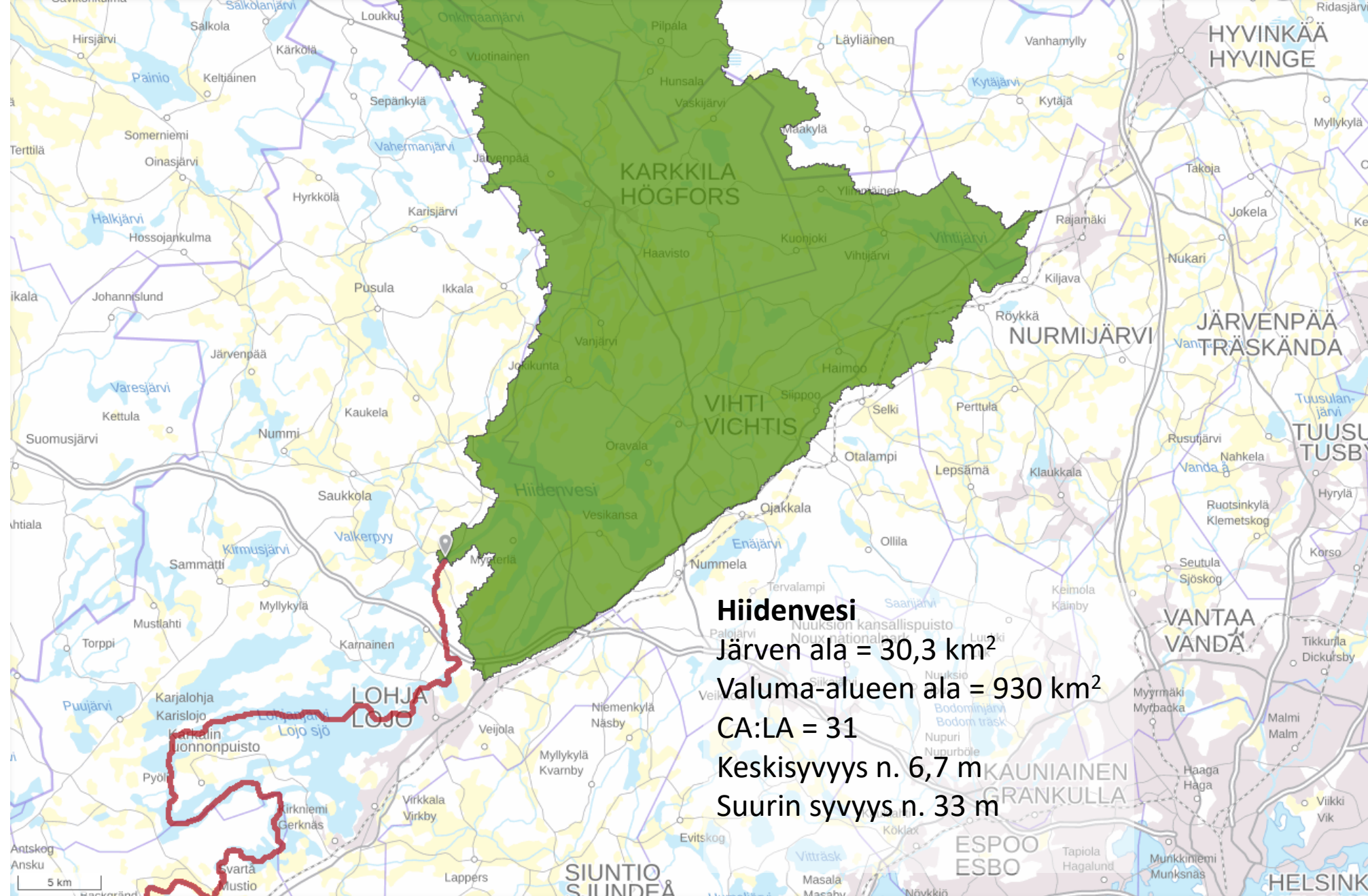


Sisältö

1. Oivalluksia ja ideoita Hiidenveden ravinnetasetutkimuksesta
2. Enäjärven sisäisen kuormituksen selittäminen
3. Fosforin matka ja kierto Siuntionjoessa ja sen järvissä







An aerial photograph of a wide, calm river flowing through a lush, green forest. The river meanders through the landscape, reflecting the sky and the surrounding trees. The forest is dense with various types of trees, and the overall scene is peaceful and natural.

Oivalluksia ja ideoita Hiidenveden ravinnetasetutkimuksesta

ETRS-TM35FIN: 360456, 6689198

WGS84: N 60.31528° E 24.47372°

tarkka.syke.fi

2024-08-14

	< elokuu ▾		2024 ▾		>		
#	ma	ti	ke	to	pe	la	su
31	29	30	31	1	2	3	4
32	5	6	7	8	9	10	11
33	12	13	14	15	16	17	18
34	19	20	21	22	23	24	25
35	26	27	28	29	30	31	1

☐ Pilvettömät päivät

Uudenmaan toiseksi suurin järvi,
morfologialtaan monimuotoinen,
rehevöitymisen haitat suurimmat
matalissa itäosissa

Teho- ja hoitokalastusvuodet 1996-2004

13

KARKKILAN TIENOO

Perjantai 30.1.2009

Hoitokalastus ei pelasta rehevää Hiidenvettä

Limnologian professori Jukka Horppila pitää valuma-alueelta järveen tulevan kuormituksen vähentämistä ainoana järkevänä kunnostuskeinona

■ Hoitokalastus ei Hiidenvedellä johda sinileväkukintojen vähenemiseen ja kunnostushankkeen rahoitus on syytä suunnata valuma-alueella tehtäviin toimenpiteisiin. Näin sanoo limnologian professori **Jukka Horppila** Helsingin yliopistosta. Nummelassa tiistaina Hiidenvesi-illassa puhunut Horppila sanoo järven ulkoisen kuormituksen olevan niin suurta, ettei hoitokalastuksesta ole apua järven kunnostamisessa.

Vihdissä on parin viime vuoden ajan väitelly tiukasti Hiidenveden kunnostustoimenpiteistä. Kunnostushankkeen työntekijät ovat puhuneet valuma-alueen kuormituksen vähentämisestä muun muassa kosteikkoja rakentamalla ja Hiidenveden suojeluyhdistys on kannattanut hoitokalastuksen aloittamista. Vedenomistajia edustava Hiidenveden kalastusalue vastustaa hoitokalastuksen aloittamista kalliina ja tehottomana hoitomu-



Limnologian professori Jukka Horppila Helsingin yliopistosta ei pidä hoitokalastusta järkevänä Hiidenveden kunnostustoimenpiteenä. – Hoitokalastuksesta ei ole mitään hyötyä tilanteessa, jossa järven ulkoinen kuormitus

Roskakalojen hoitokalastus tuloksetonta Hiidenvedellä

Järven ravintoketju poikkeava -sulkasääsket napsivat sinilevää syöviä vesikirppuja

■ Uudenmaan toiseksi suurimman järven Hiidenveden kunnostuksessa kannattaa hoitokalastamisen sijaan keskittyä valuma-alueen kunnostamiseen muun muassa kosteikkoja sekä valuma-altaita rakentamalla. Näin tiivistä kunnostustarpeen Hiidenveden kalakantoja tutkinut Helsingin yliopiston tutkija **Tommi Malinen** Vihdin kunnantalolla tiistai-iltana järjestetyssä Hiidenvesi-illassa. Tilaisuudessa oli paikalla 62 kuulijaa.

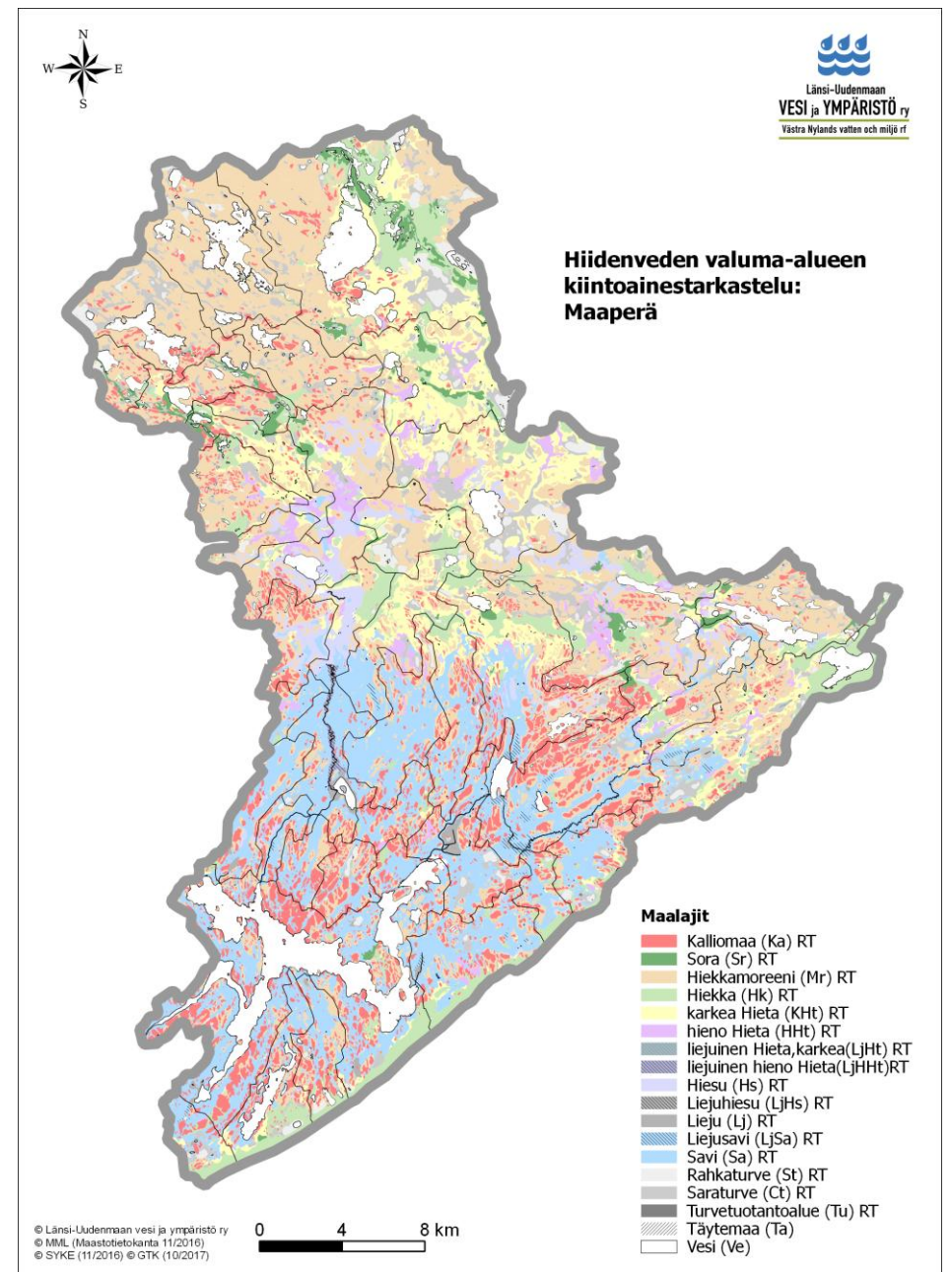
kertovat selvästi siitä, ettei hoitokalastuksella voi auttaa Hiidenvettä. Niin sanottujen roskakalojen kalastaminen ei muuta järven veden laatua, Hiidenveden nelivuotisen kunnostushankkeen projektipäällikkö **Ulla-Maija Hyytiäinen** sanoo.

Sameus arkipäivää

Hiidenveden paleolimnologiasta kertoi Helsingin yliopiston dosentti **Jan Weckström**. Paleolimno-



Vuodesta 2005 alkaen on Hiidenveden kunnostus painottunut ulkoisen ravinne- ja kiintoainekuormituksen vähentämiseen erityisesti peltoalueilla

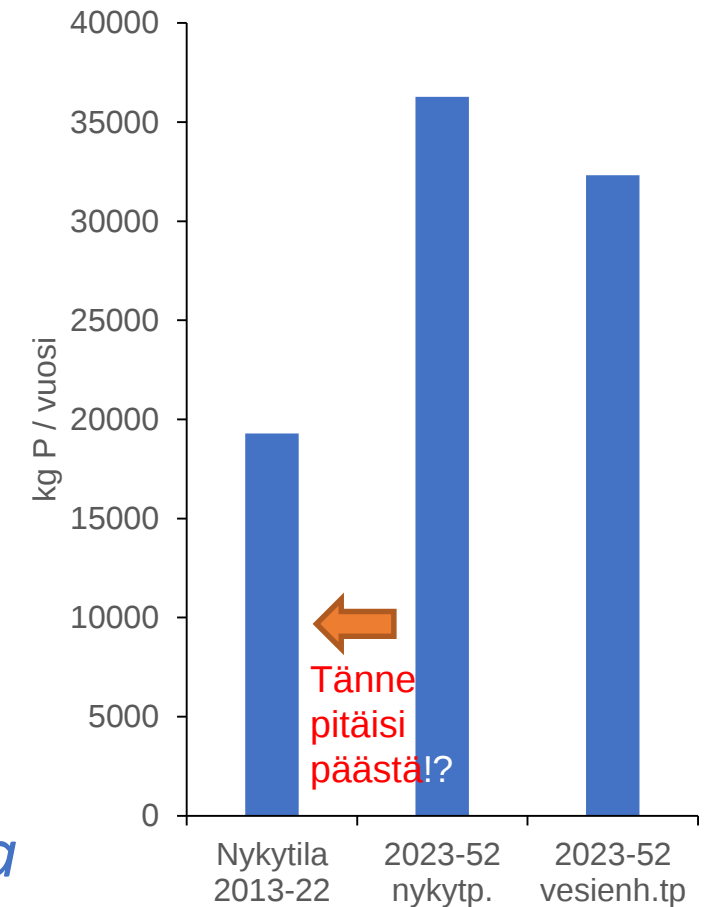


*Fosfori tyypillisesti
minimiravinteena säätelee
Hiidenveden levien kasvua*



Koko Hiidenveden fosforikuormitus

Vertailu vuoden 2021 tietoihin (nykytila v. 2013-2020, huom. eri laskenta-aika)	23049,78 kg P/vuosi (kaikki altaat)	
<i>Vertailu altaittain (yht. kg P/vuosi)</i>	<i>12/2021</i>	<i>09/2023</i>
Kiihtelyksenselkä	1469,65	840,33
Retlahti	11446,74	10496,83
Kirkkojärvi	6626,49	5850,03
Mustionselkä	469,74	316,68
Nummelanselkä	1297,69	862,31
Isontalonslk, Sirkkoonslk, Vaanilanlht	1739,42	931,14
Yhteensä	23049,73	19297,32



Ilmastonmuutoksen myötä kasvava valunta ja kuormitus merkittävä lisähaaste järven kunnostuksessa



$$UK + SK = LP + BS + dm/dt P, \text{ jossa}$$

UK = ulkoinen kuormitus

SK = sisäinen kuormitus

LP = luusuasta poistuva ainevirta

BS = bruttosedimentaatio

$dm/dt P$ = vesimassan ainesisällön muutos

Yhtälöstä voidaan laskea sisäinen kuormitus jäännösterminä

$$SK = LP + BS + dm/dt - UK$$

Ravinnetasetutkimus 2020–2021



Stratification controls the magnitude of in-lake phosphorus cycling: insights from a morphologically complex eutrophic lake

Siqi Zhao  · Martijn Hermans · Juha Niemistö · Jussi Vesterinen ·
Tom Jilbert

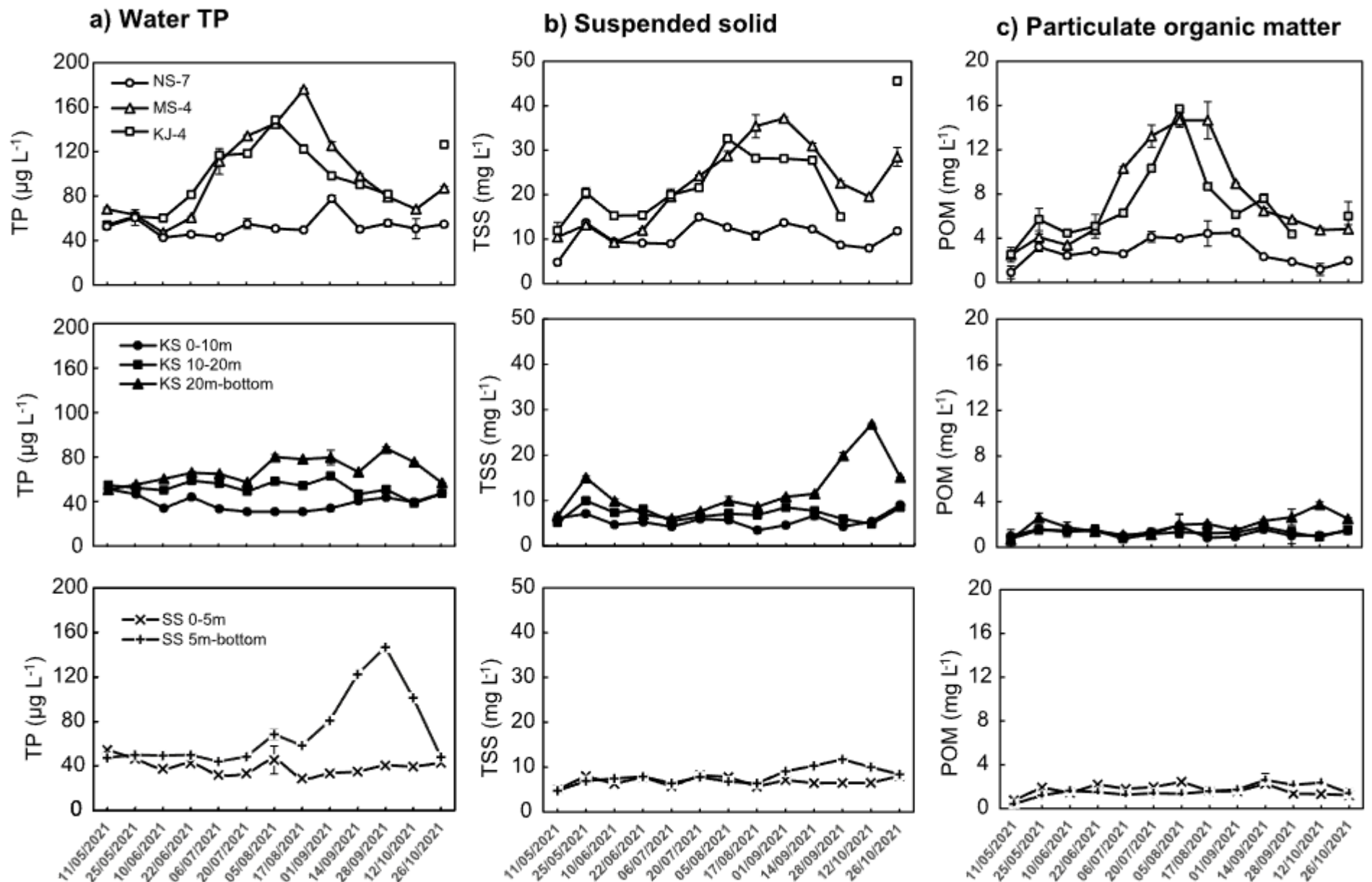
*Kerrostuneisuus kontrolloi järven sisäistä kuormitusta:
oivalluksia morfologisesti moninaiselta rehevältä
järveltä (Hiidenvesi)*

NS = Nummelanselkä
 MS = Mustionselkä
 KJ = Kirkkojärvi
 KS = Kiihkelyksenselkä
 SS = Sirkkoonselkä

TP = Kokonaisfosfori

Suspended solids =
 kiintoaines (ml.
 orgaaninen ja
 epäorgaaninen aines)

Particulate organic matter =
 partikkelimainen
 orgaaninen aines (mm.
 kasviplankton)

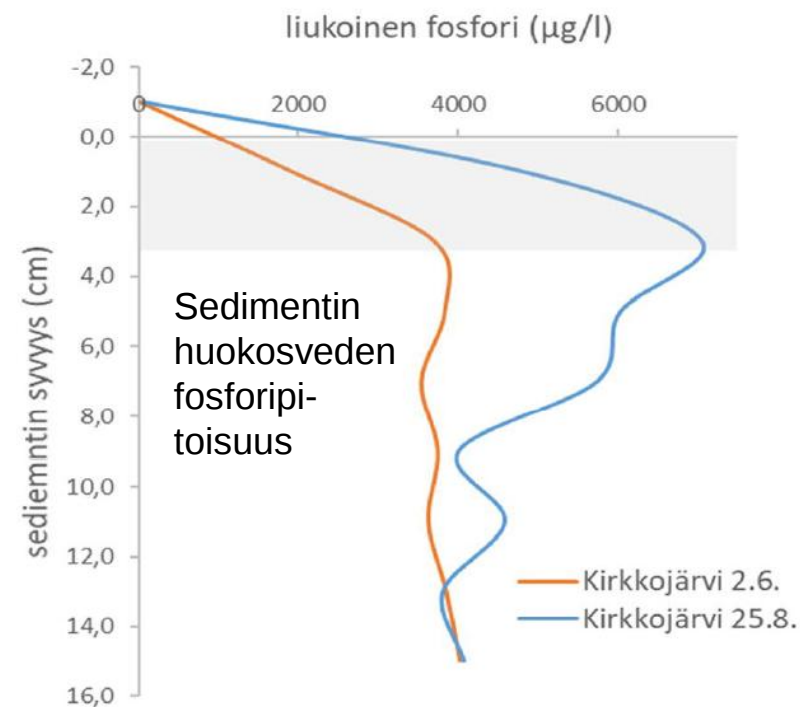
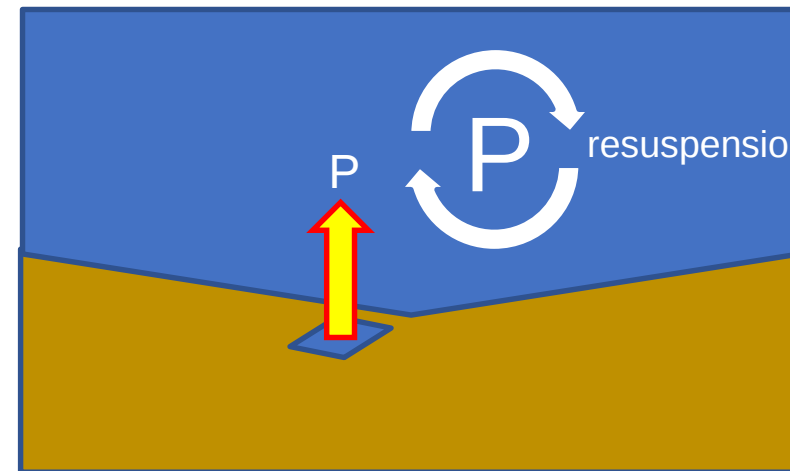
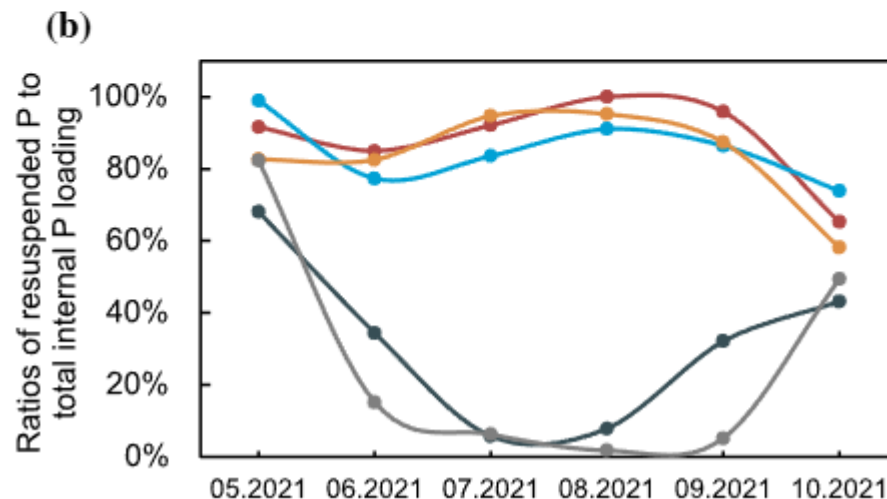
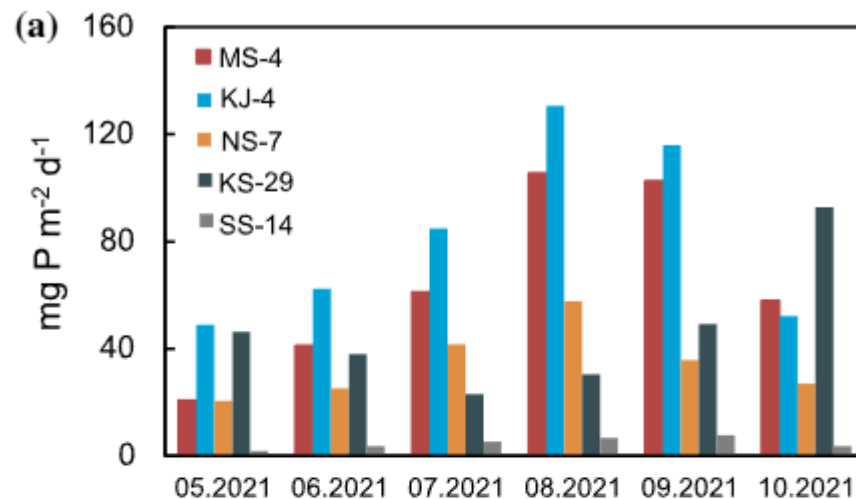


NS = Nummelanselkä
 MS = Mustionselkä
 KJ = Kirkkojärvi
 KS = Kiihkelyksenselkä
 SS = Sirkkoonselkä

Internal P loading = sisäinen fosforikuormitus

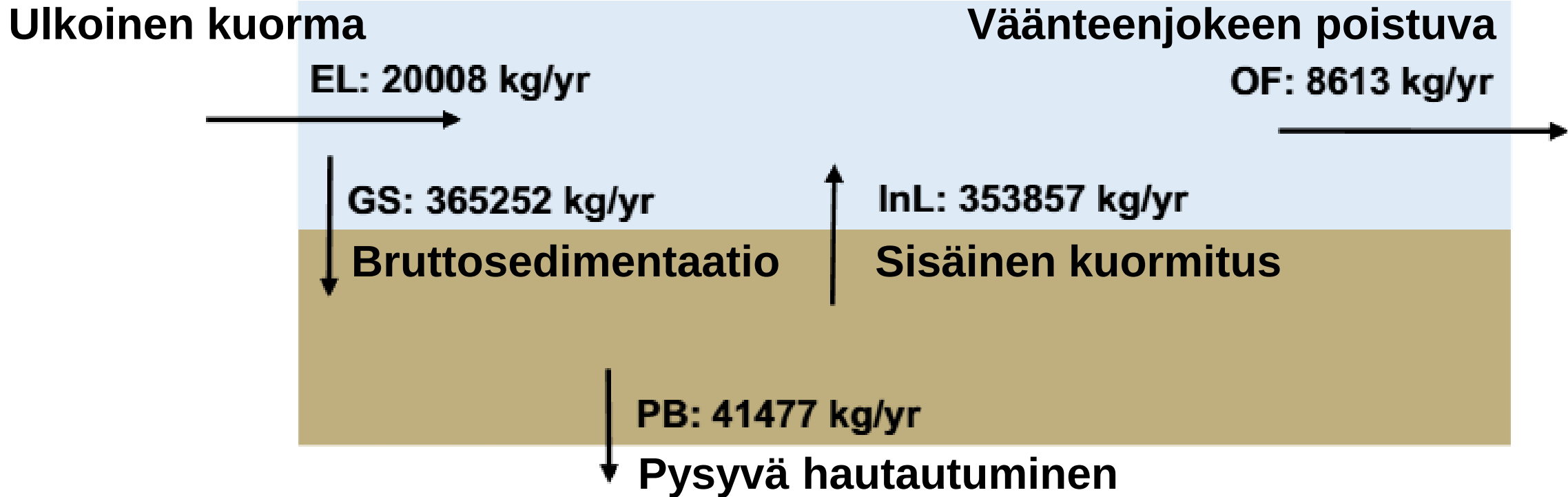
Gross sedimentation / Bruttosedimentaatio = partikkelimaisen aineksen kokonaismäärä, sisältäen sekä orgaanisen että epäorgaanisen aineksen, joka vajoaa vesipatsaasta sedimenttiin tietyllä aikavälillä

Resuspensio = uudelleenpölyäminen / pohjalle laskeutuneen sedimenttiaineksen (mm. fosfori) palaaminen vesipatsaaseen



	KS-29	SS-14	NS-7	MS-4	KJ-4
Gross sedimentation of P (kg year^{-1})	70,263	8222	34,748	45,418	39,472
Linear sedimentation rate (cm year^{-1})	0.57	0.43	0.54	0.53	0.71
Permanent burial rate ($\text{mg P m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	9.46	4.71	4.67	3.65	7.06
Basin-wide permanent burial amount (kg P year^{-1})	21,260	3248	5112	2529	2656
Total P inventory over top 10 cm (kg P)	495,786	90,700	100,476	65,290	51,504
Ratio of P resuspension to the total internal P loading (yearly average)	31.9%	26.7%	83.4%	85.2%	88.3%
Permanent burial efficiency	21.3%	28.8%	10.3%	3.9%	4.7%

c) Koko järven ravinnetase



Hiidenveden sedimenttiin hautautuu pysyvästi enemmän fosforia kuin järveen tulee ulkoisesti. Järven syvänealueet toimivat merkittävinä Karjaanjoen valuma-alueen laskeutusaltaina. Pysyvä hautautuminen on hidasta ja valtaosa koko järven fosforista kiertää takaisin vesipatsaaseen.

Mitkä seikat aiheuttavat matalien alueiden suuren resuspension (sisäisen kuormituksen) ??

- Orgaanisen aineksen hajoaminen kesän edetessä – lämpötila kiihdyttää hajotusprosesseja, heikentää happipitoisuutta ja vapauttaa fosforia sedimentin pintakerroksista
- pH:n nousu levätuotannon kasvaessa kiihdyttää fosforin vapautumista sedimentistä
- Tuuli pöllyttää matalilla alueilla pohjalle laskeutunutta ravinnepitoista sedimenttiaineista takaisin vesipatsaaseen
- Runsas kalasto kierrättää tehokkaasti ravinteita kesän aikana (eritys ja pohjan pöllyttäminen)
- Veneliikenne?

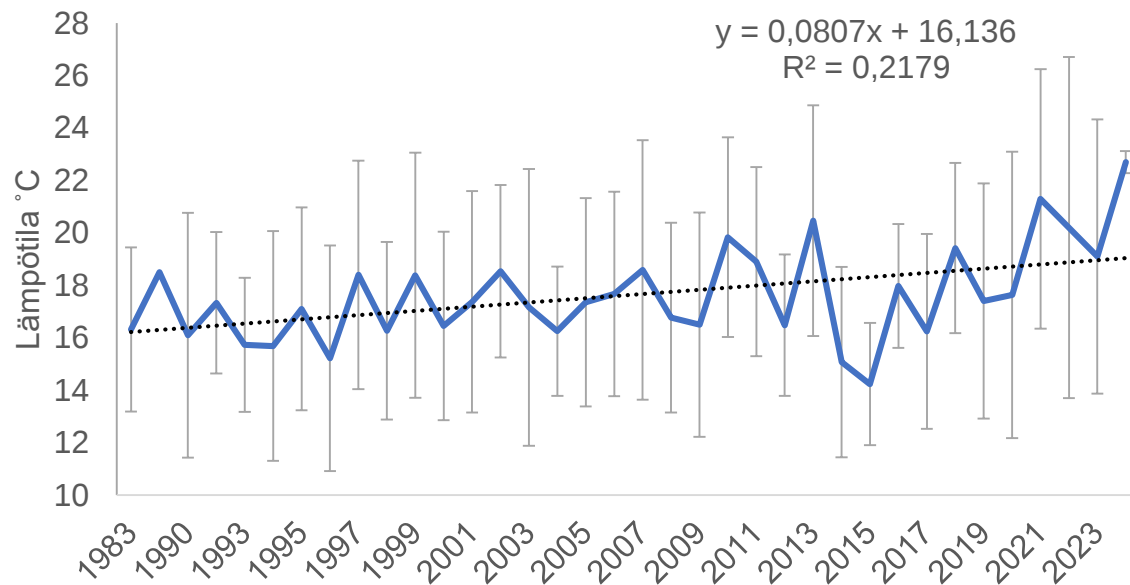
Tuulet pyörittävät levämassoja ja kerryttävät niitä rannoille (erityisesti hajoavaa sinilevää)



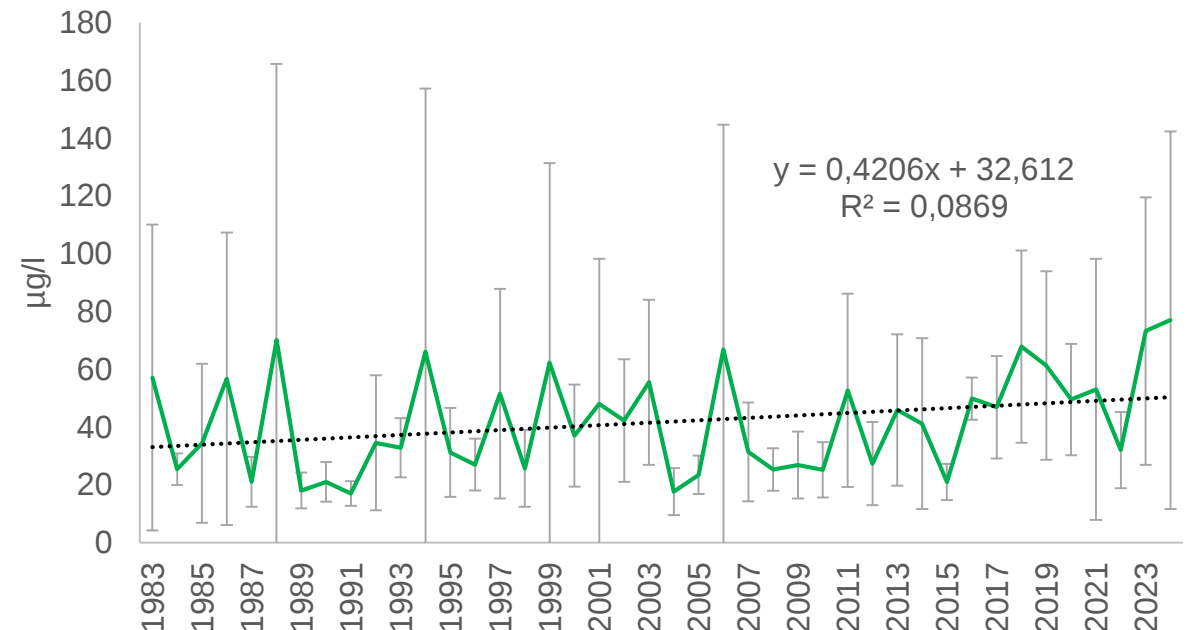
Matalilla alueilla myös runsaasti hajoavaa orgaanista ainesta (mm. isosorsimo)

Lämpeneminen lisää ongelmia

Kirkkojärven keskilämpötila (touko-syyskuu)



Kirkkojärven a-klorofyllipitoisuus



Lämpötila lisää orgaanisen aineksen hajoamista ja hapenkulutusta, mikä lisää sisäistä kuormitusta ja levähaittoja

Mitä saatiin selville?

- Hiidenveden sisäinen fosforikuormitus *kymmenkertainen* ulkoiseen kuormitukseen verrattuna
- Matalien alueiden sisäinen kuormitus on erityisesti kesäaikaisten leväongelmien syy
- Myös ulkoinen kuormitus on edelleen liian voimakasta

Mitä voidaan tehdä?

Valuma-aluekunnostus?  Hoito-aluekunnostus? 

Kemikaalisointi?  Hapetus?  Imusuihoppaus? 

Tehokalastuksen aloitus matalilla alueilla?

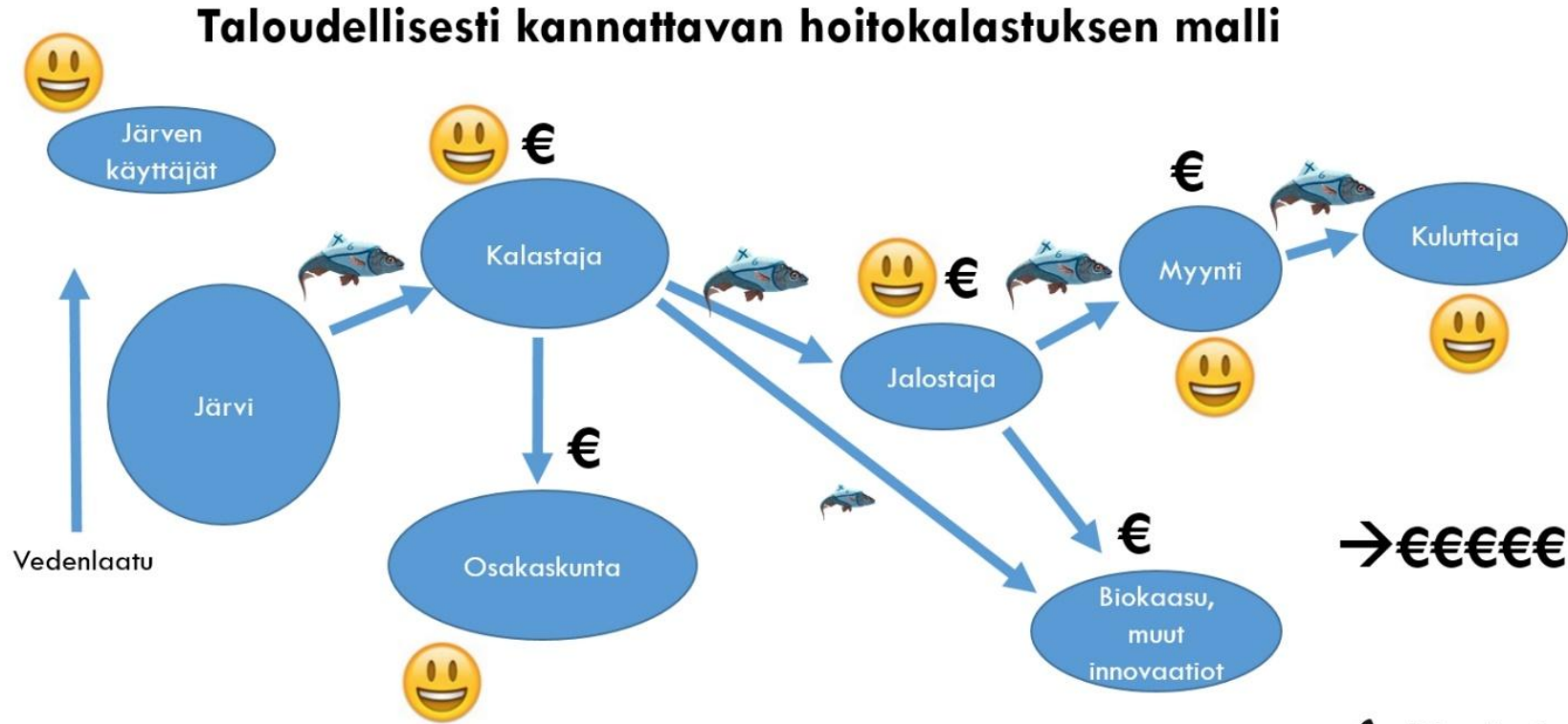
Asiaa pohdittiin ja tavoitetasoja laskettiin taannoin julkaistussa Hiidenveden hoitokalastus- selvityksessä

- *Mahdollista vähentää leväongelmia, jos riittävä tehopyynti kohdistetaan matalille alueilla – oletuksena, että kalamassat melko paikallisia*
- *Vaatii jatkuvaa ylläpitoa*

https://luvy.fi/wp-content/uploads/Julkaisu-2_2024_Hiidenveden-hoitokalastusselvitys.pdf



Hiidenvedellä on suuri potentiaali särkikalojen kaupalliselle kalastukselle



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



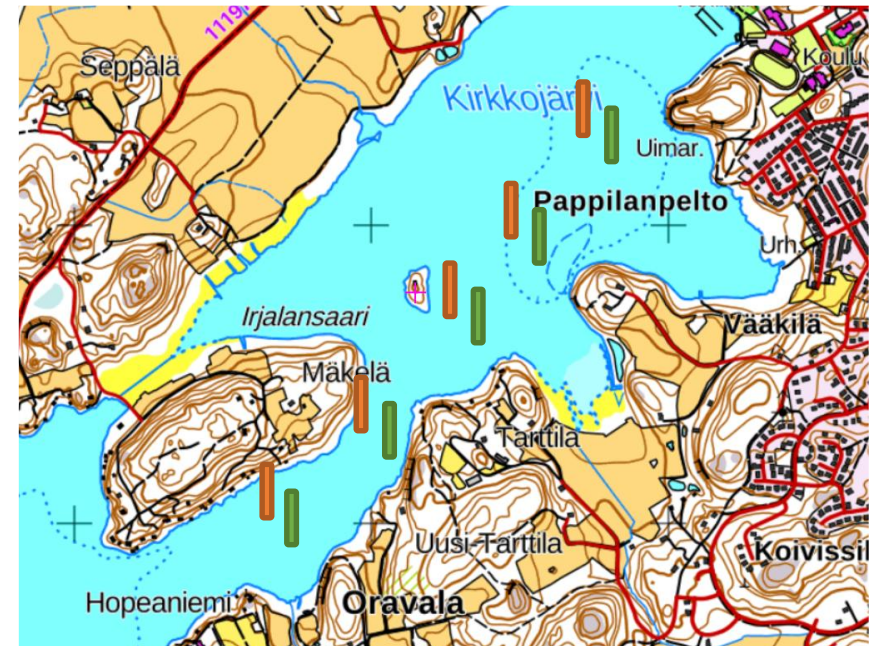
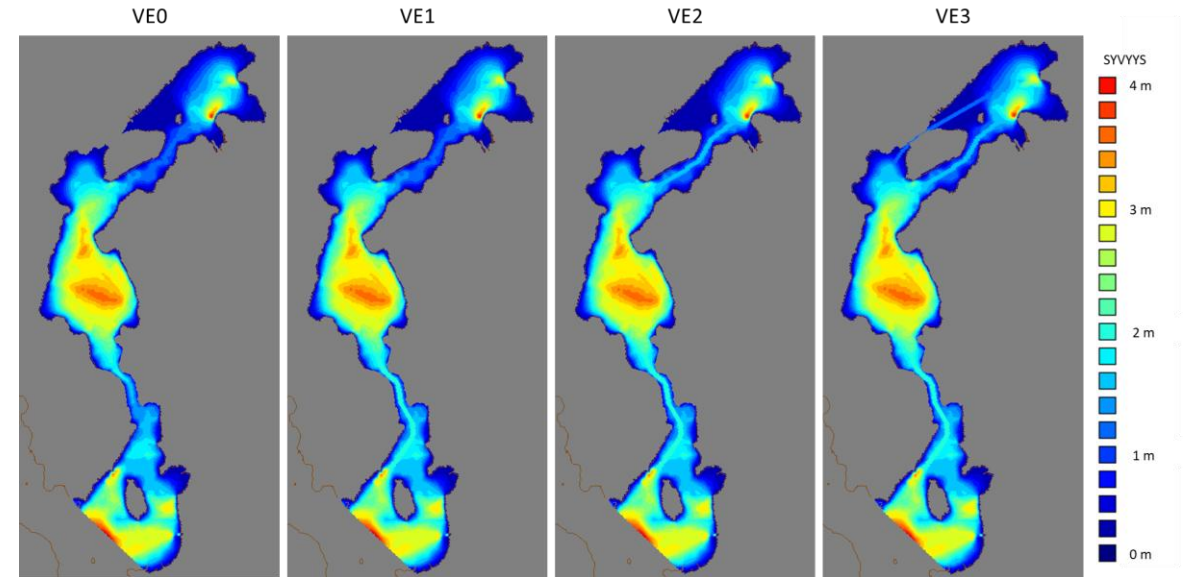
SATAKUNTALIITTO

PYHÄJÄRVI INSTITUUTTI



Muita keinoja?

- Ruoppaus? Matalien salmien avaus ja veden vaihtuvuuden parantaminen? (mallinnustyö tehty Luode Consultingin kanssa)
- Veneväylät matalille alueille? → veneliikenteen ohjaus tiettyä, mahdollisesti ruopattavaa väylää pitkin, jolloin vähenee potkurien aiheuttama resuspensio
- Kaikilla edellä mainituilla toimilla todennäköisesti jonkin verran nykytilannetta parantava vaikutus, mutta ei patenttiratkaisuja

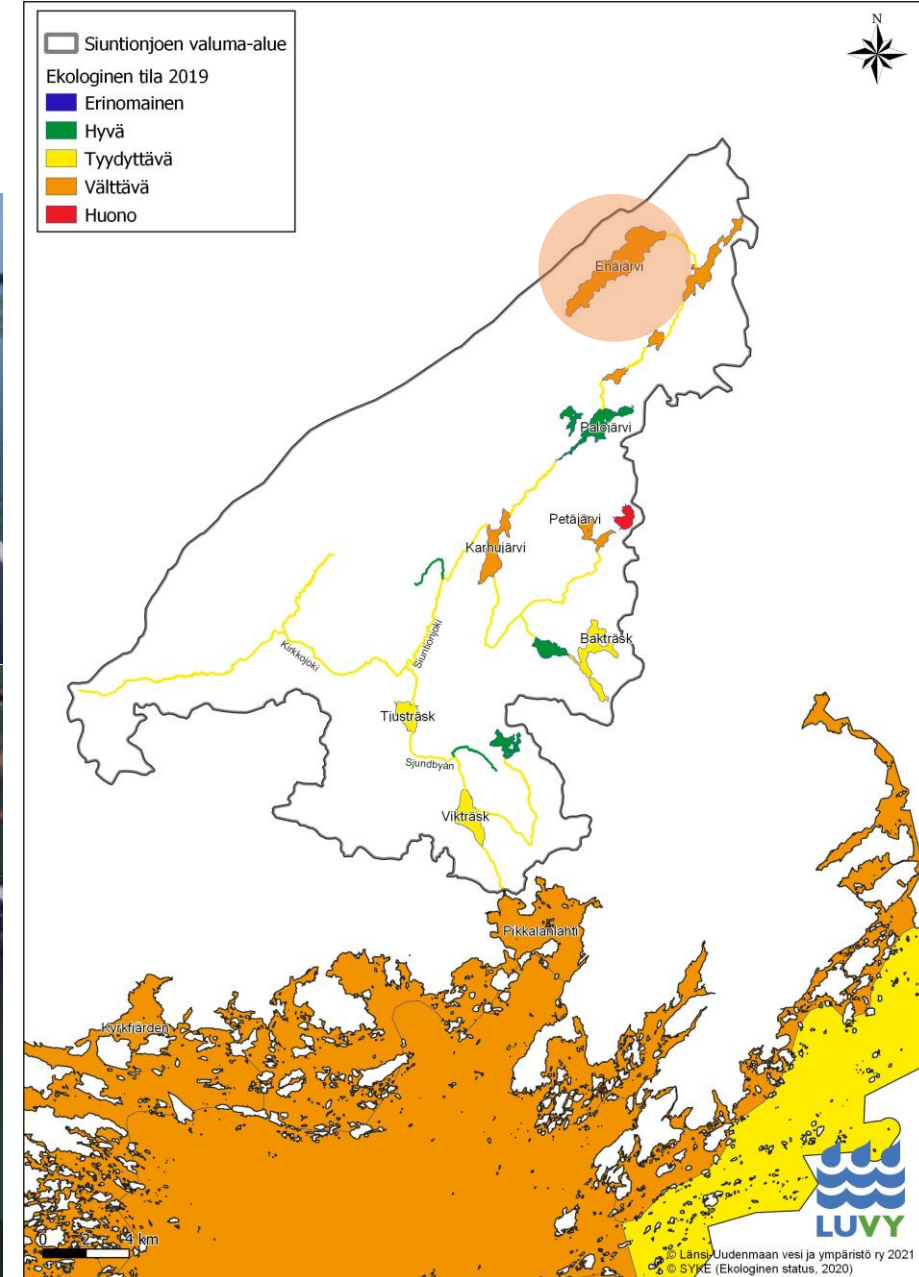




Enäjärven sisäisen kuormituksen selättäminen

Vihdin Enäjärvi

- Vihdin Nummelassa sijaitseva Siuntionjoen latvajärvi
- Pinta-ala 490 ha, keskisyvyys 3,2 m
- Viipymä 436 vrk
- Yhdyskuntajätevesi-kuormitusta 1976 asti



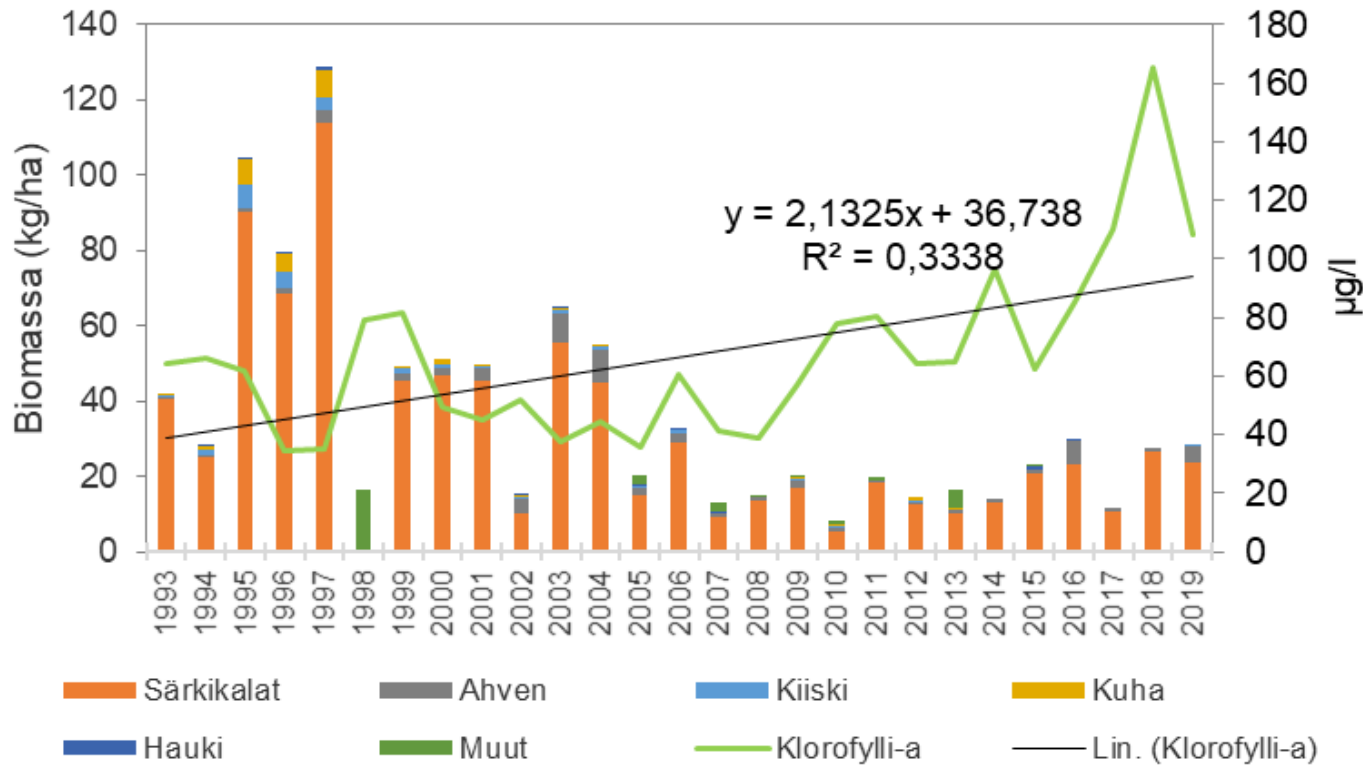
v. 2020 arvioitiin, että Enäjärven ulkoinen kuormitus ylittää vain hieman kriittisen kuorman rajan → nykytilaa ohjaa ennen kaikkea sisäinen kuormitus

Taulukko 12. Enäjärven kriittisen ja sallitun fosforikuorman rajat Vollenweiderin mallin (1976) mukaan sekä VEMALA-mallilla laskettu ulkoinen fosforikuormitus (keskiarvo vuosina 2012–2019).

	Enäjärvi
Sallittu P-kuormitus (kg/v)	475
Kriittinen P-kuormitus (kg/v)	1299
Todettu P-kuormitus (kg/v)	1446

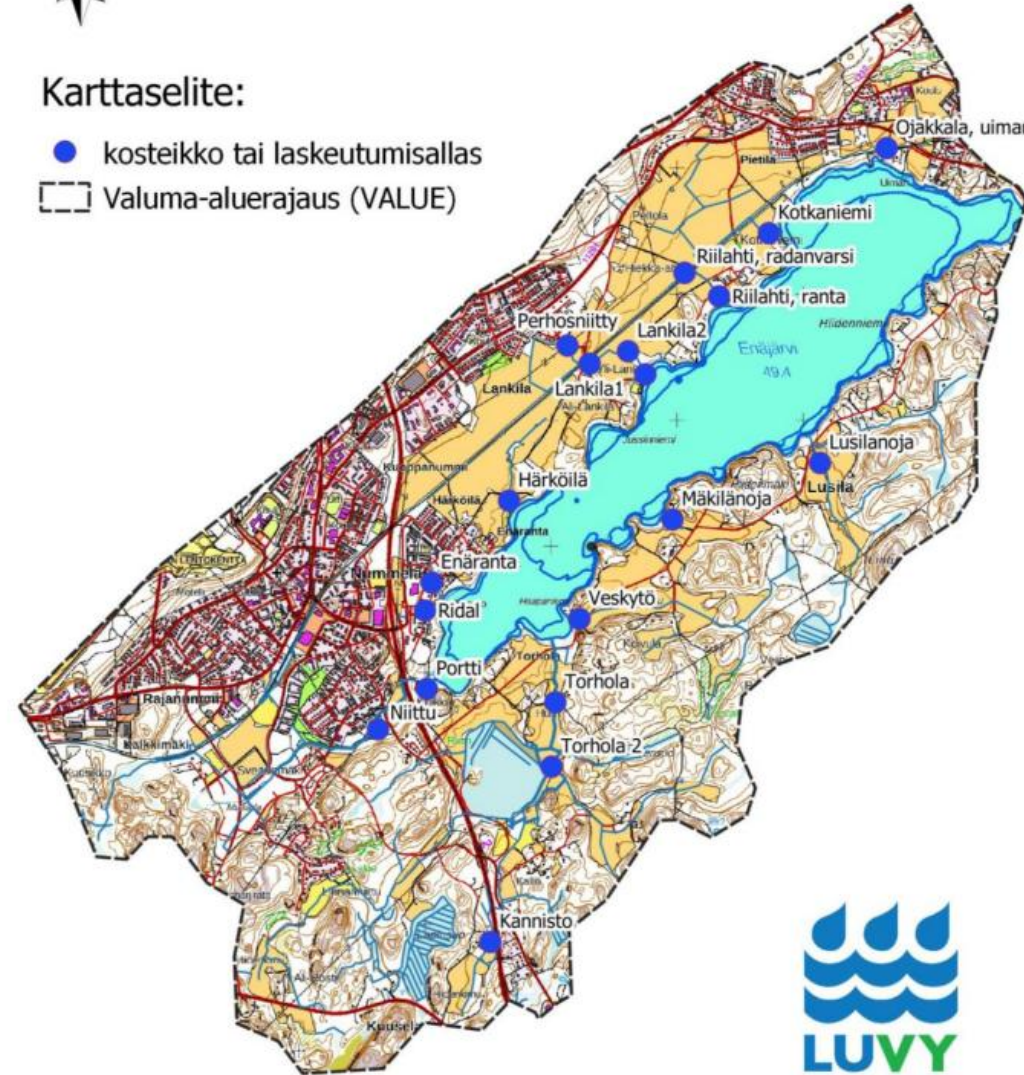


Enäjärven pitkä kunnostushistoria

Hoitokalastettu kalamäärä (kg/ha) ja α-klorofyllipitoisuus

Karttaselite:

- kosteikko tai laskeutumisas
- Valuma-aluearajaus (VALUE)



© Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry (2020)
© MML (Taustakartta ja uomat 2020)
© SYKE (VALUE 2020)

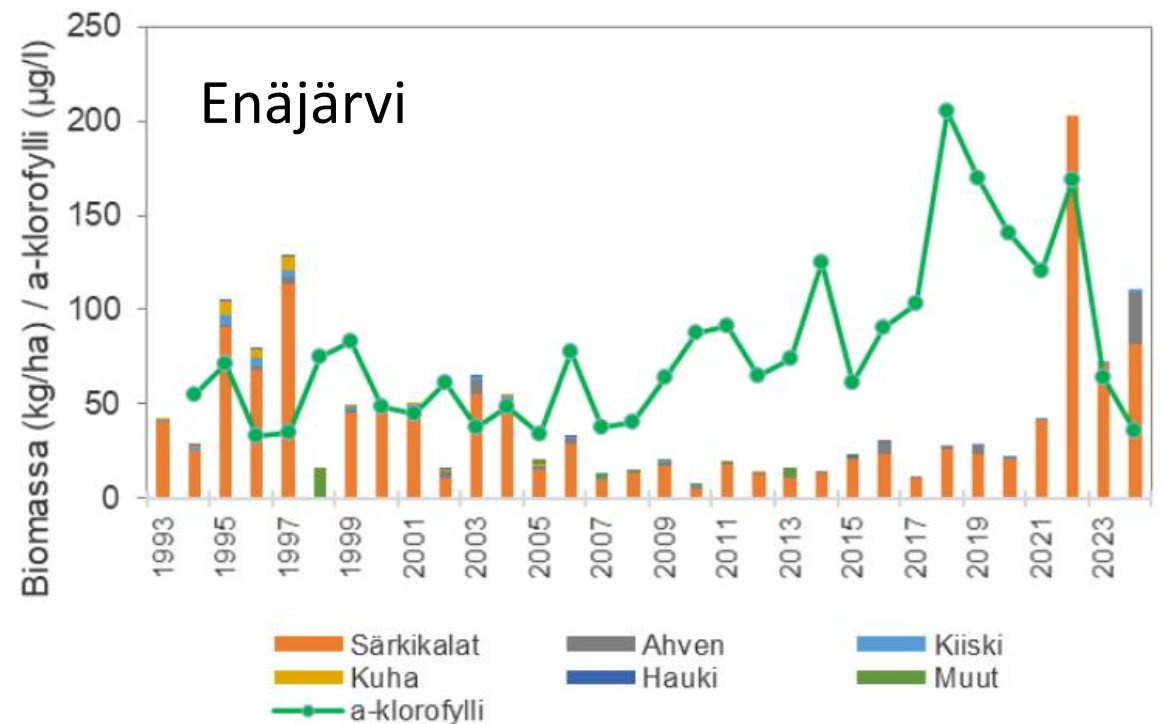
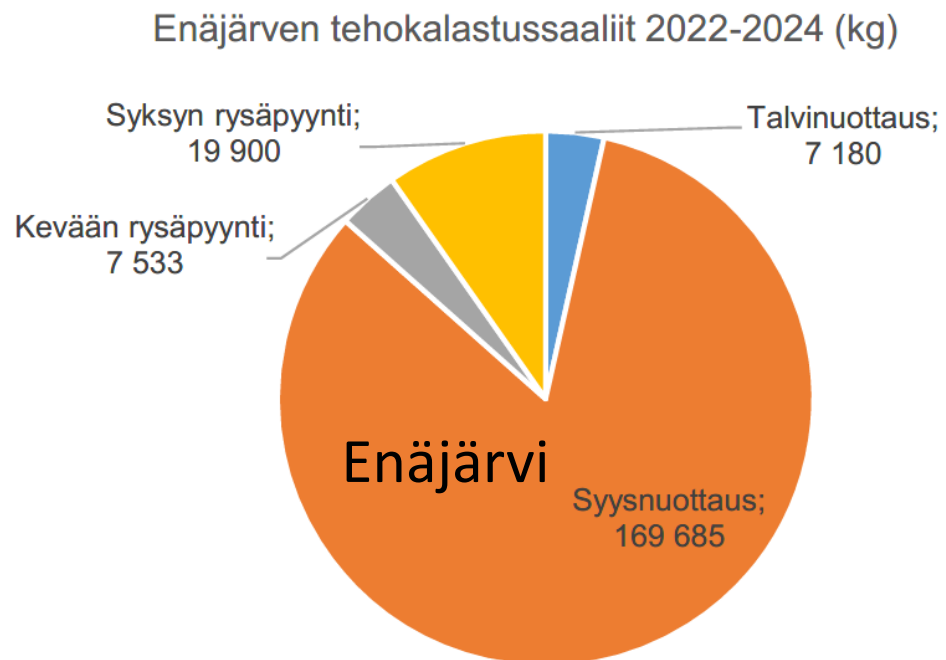
Enäjärvelläkin ensimmäinen leväkukinta tapahtuu jään alla

17.4.2024

19.4.2024

7.5.2024

Enäjärven tehokalastus 2022–2024



Kuva 25. Enäjärven klorofyllipitoisuuden kehitys sekä poistettu kalabiomassa (kg/ha).

Enäjärvi ilmakuvissa 2022–2024

- 110 000 kg särkikalaa

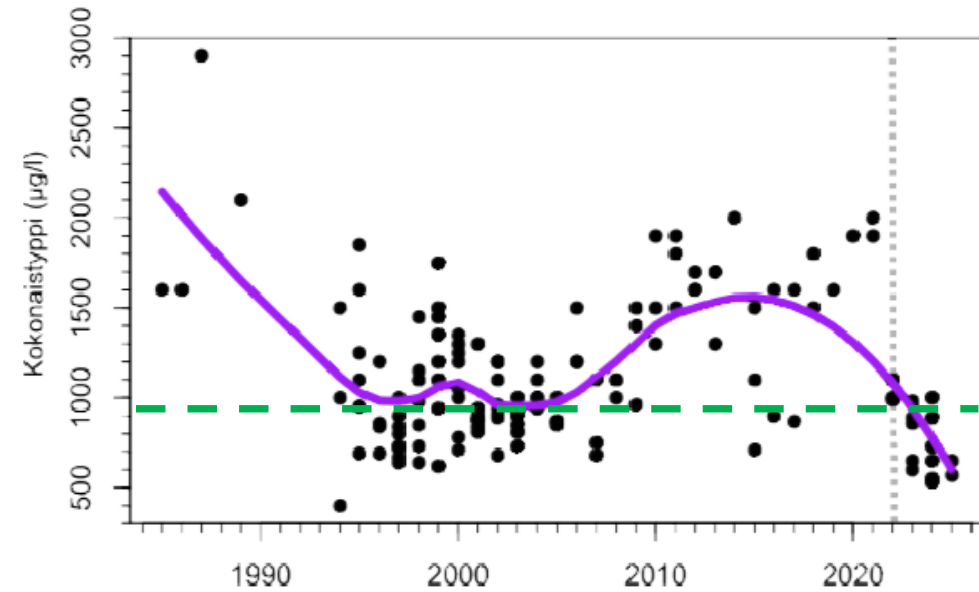
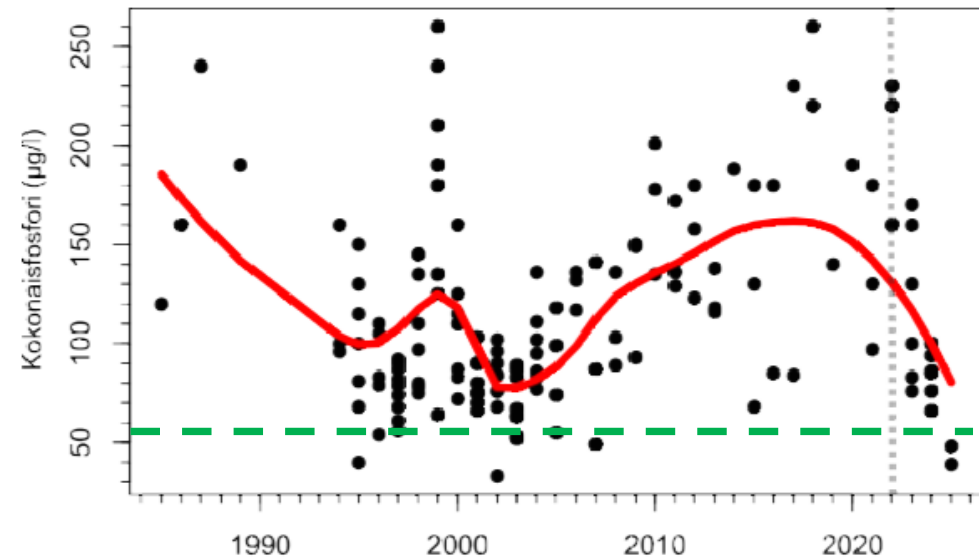
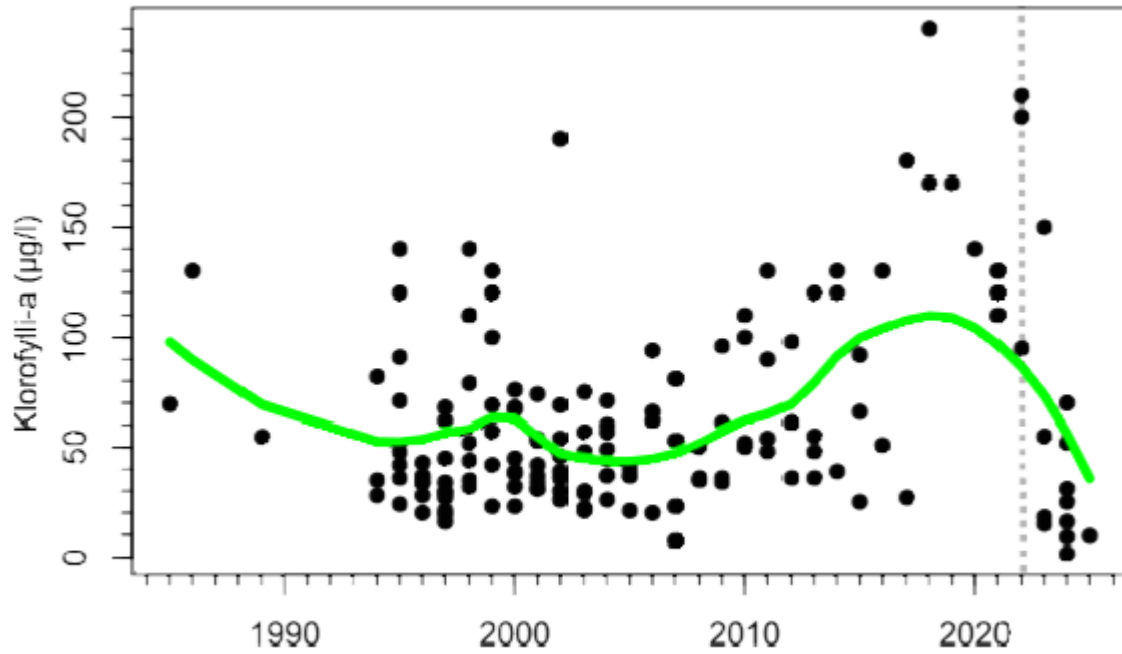


- 40 000 kg särkikalaa (yht. 150 000 kg)

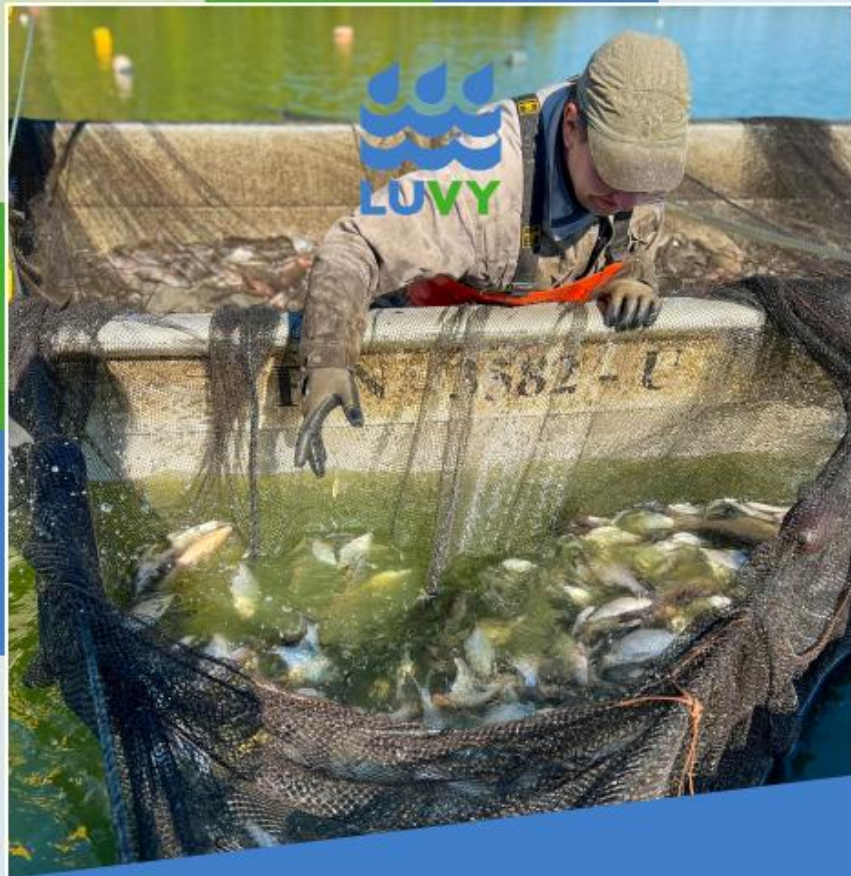


Siuntionjoen latvajärvien tehokalastus – sisäisen kuormituksen hallinta

Enäjärvi



Kuva 18. Enäjärven kokonaisfosforin ja -typen kehitys kesä-syyskuun näytteenotoissa. Trendinä on LOESS 50-tasointus. Harmaa katkoviiva kuvaa tehokalastushankkeen aloitusta.



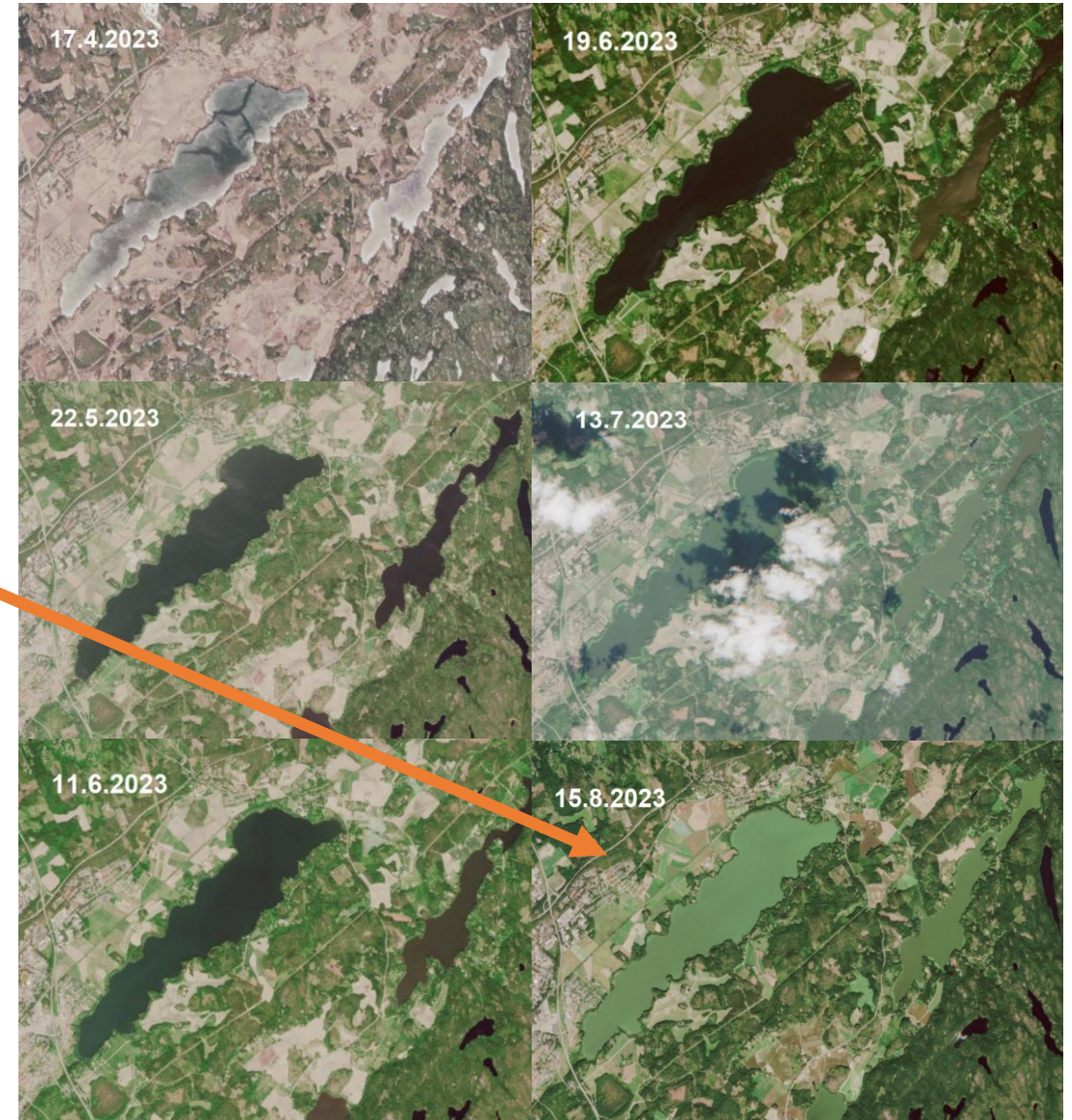
Jussi Vesterinen & Maj Rasilainen
Julkaisu 10/2025

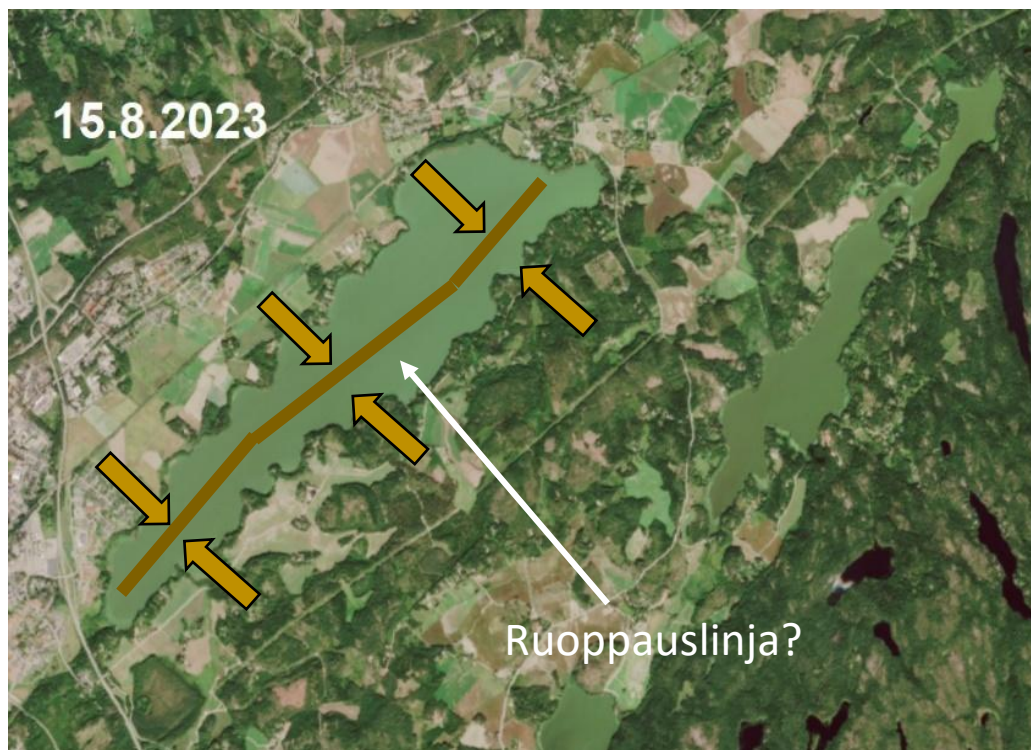
Vihdin Enäjärven tehokalastus 2022–2024 – prosessi, seuranta ja vaikutukset

https://luvy.fi/wp-content/uploads/Julkaisu-10_2025_Vihdin-Enajarven-tehokalastus-2022%E2%80%932024-%E2%80%93-prosessi-seuranta-ja-vaikutukset-1.pdf

Teho- ja hoitokalastus ei yksinään riitä?

- Miksi Enäjärven tila mm. vuonna 2023 heikkeni selvästi loppukesää kohti, vaikka iso määrä kalaa oli saatu poistettua?
- Syynä sedimentissä olevat fosforivarannot, jotka vesien lämmetessä ja orgaanisen aineksen hajotessa liukenevat vesipatsaaseen ja aiheuttavat leväkukintaa

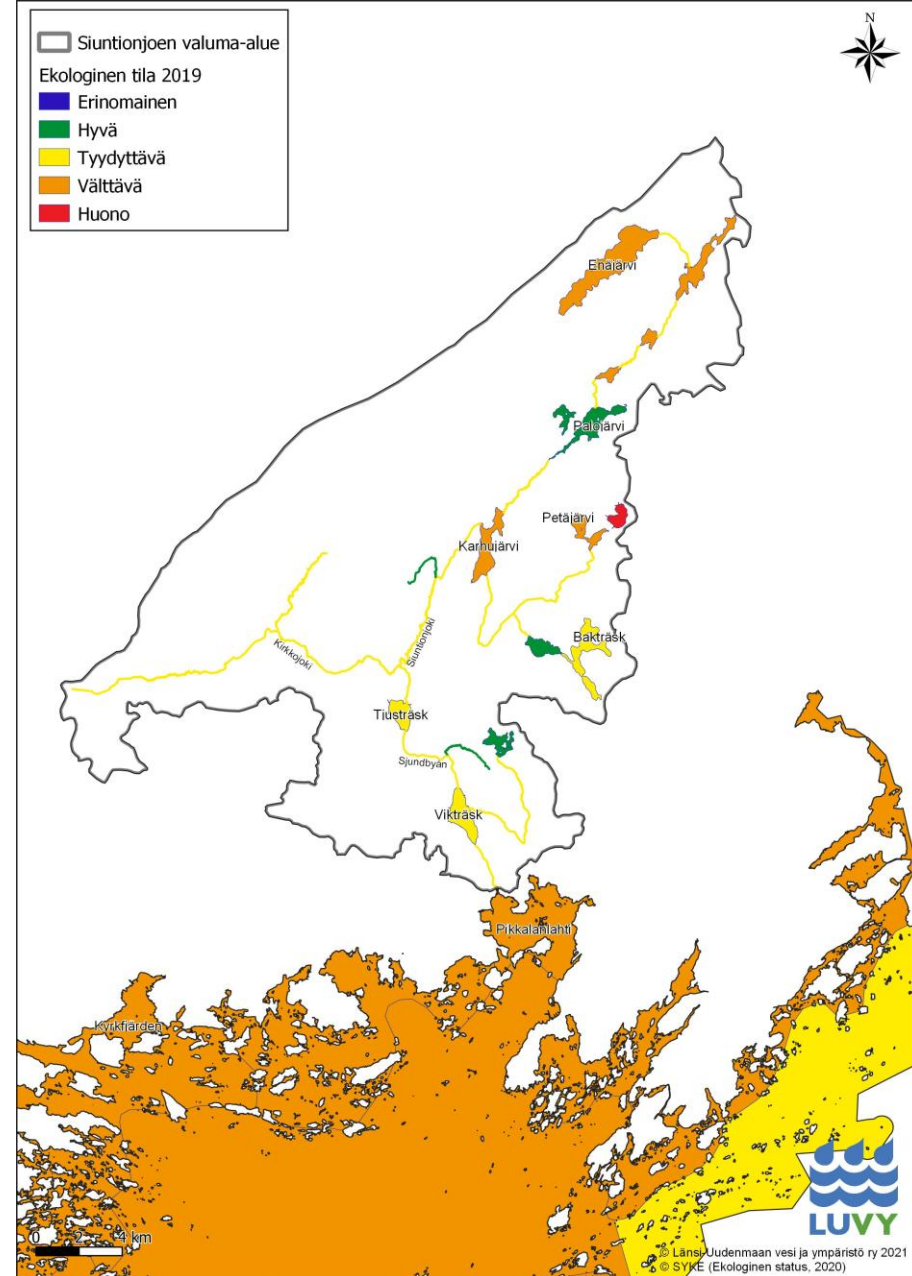




- *Pohdinnassa idea, jossa järven keskiosiin kaivetaan pitkittäissuuntainen railo, johon ravinnepitoinen ja reaktiivinen orgaaninen aines kertyy*
- *Tähän railoon kertyvää löysää sedimenttistä voidaan imuruopata suhteellisen pienin(?!) kustannuksin (hyötykäyttöön)*
- *Lisätutkimukset ja kustannusarviot käynnissä*

Fosforin matka ja kierto Siuntionjoen järvissä

- Kesän-talven 2025–2026 aikana käydään kolmesti 10:ltä Siuntionjoen järveltä ottamassa sedimenttinäytteet (yhteistyössä Helsingin yliopiston kanssa)
- Näistä tutkitaan, miten paljon kunkin järven sedimentistä vapautuu fosforia kesäisin ja talvisin
- Pyritään myös SYKE:n VEMALA-tiimin kanssa kehittämään sisäisen kuormituksen mallia





Kiitos!