

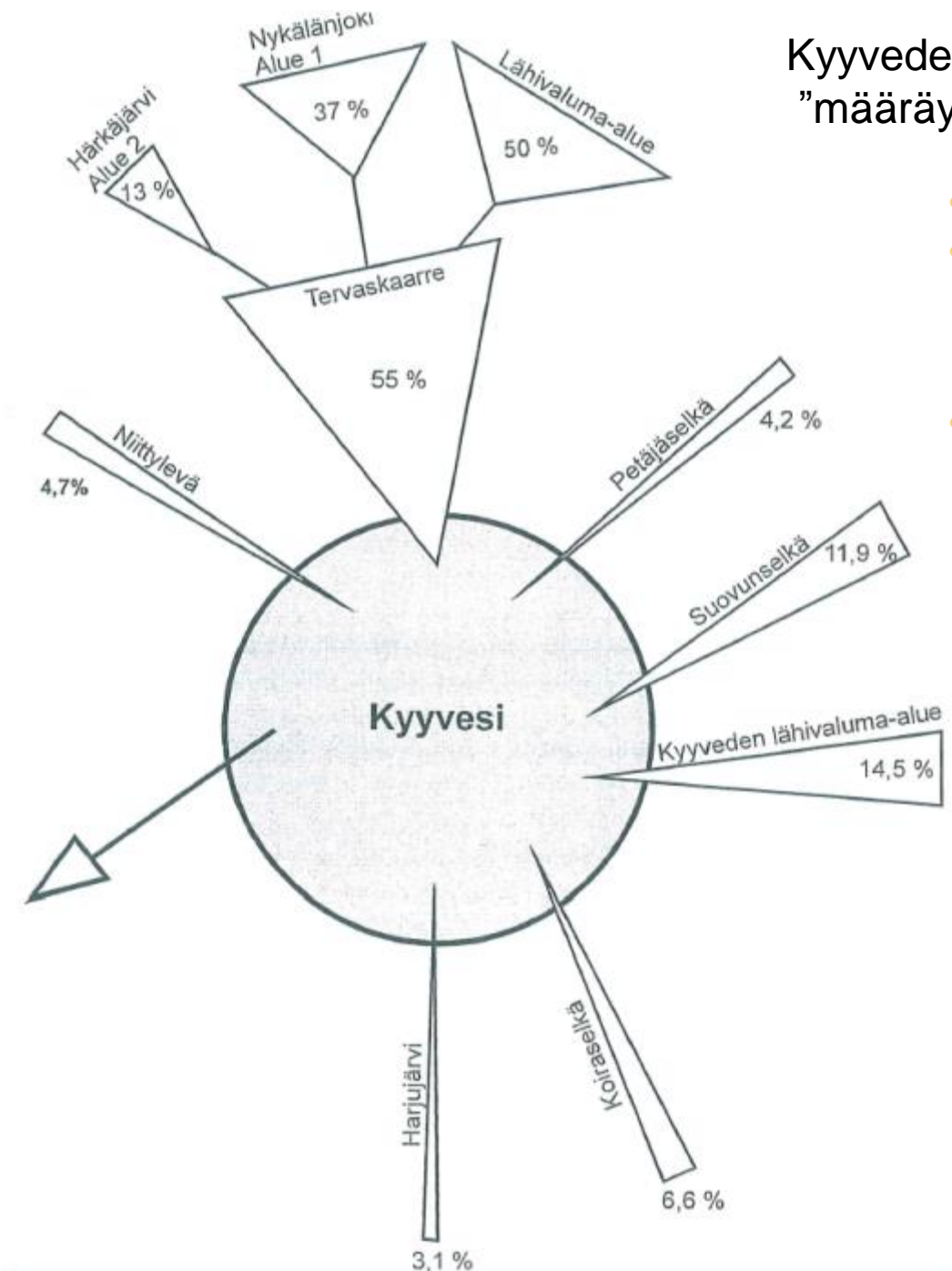


Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus  
Närings-, trafik- och miljöcentralen  
Centre for Economic Development, Transport and the Environment

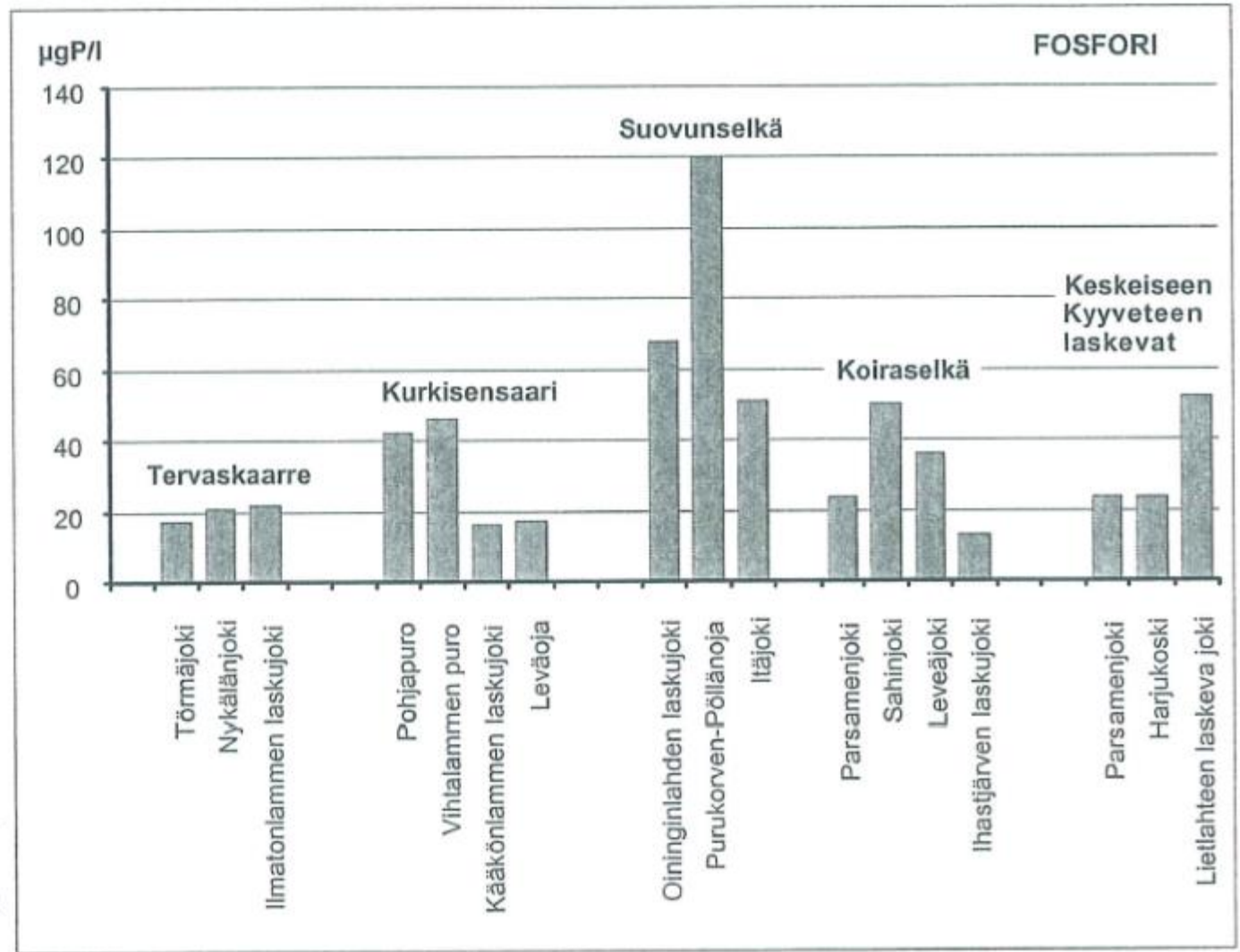
# **Kyyveteen kohdistuva kuormitus, kuormitusmallinnus ja vesien tilan seuranta**

Etelä-Savon ELY-keskus 7.4.2016

## Kyyveden fosforipitoisuuden "määräyssihteet" (Manninen 2002)

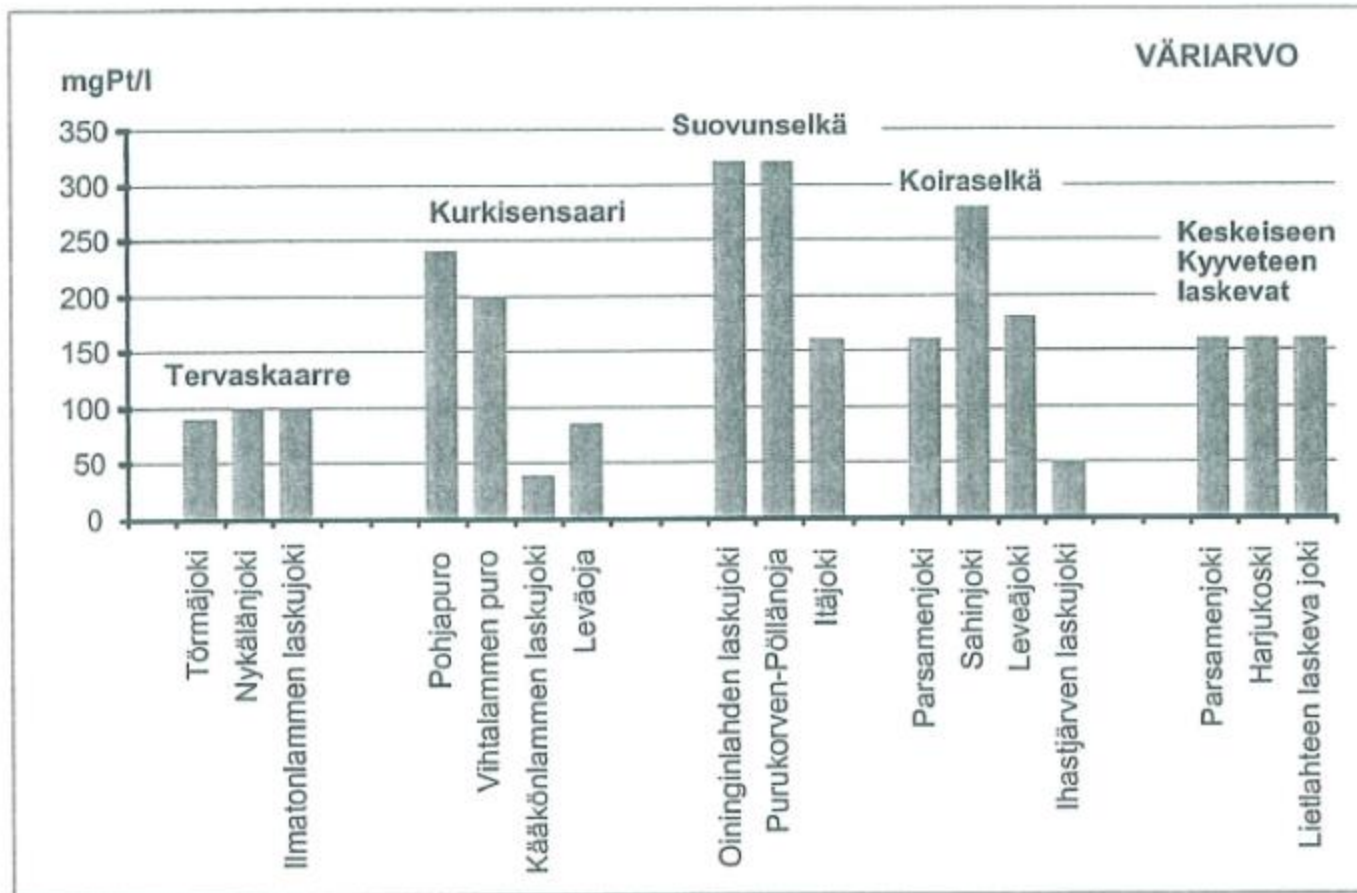


- pohjana vesinäytteet
- virtaamat perustuvat valuma-alueen pinta-aloihin ja keskivaluntaan (virtaamasuhteet)
- järvien viipymät arvioitu altainen tilavuuksien perusteella



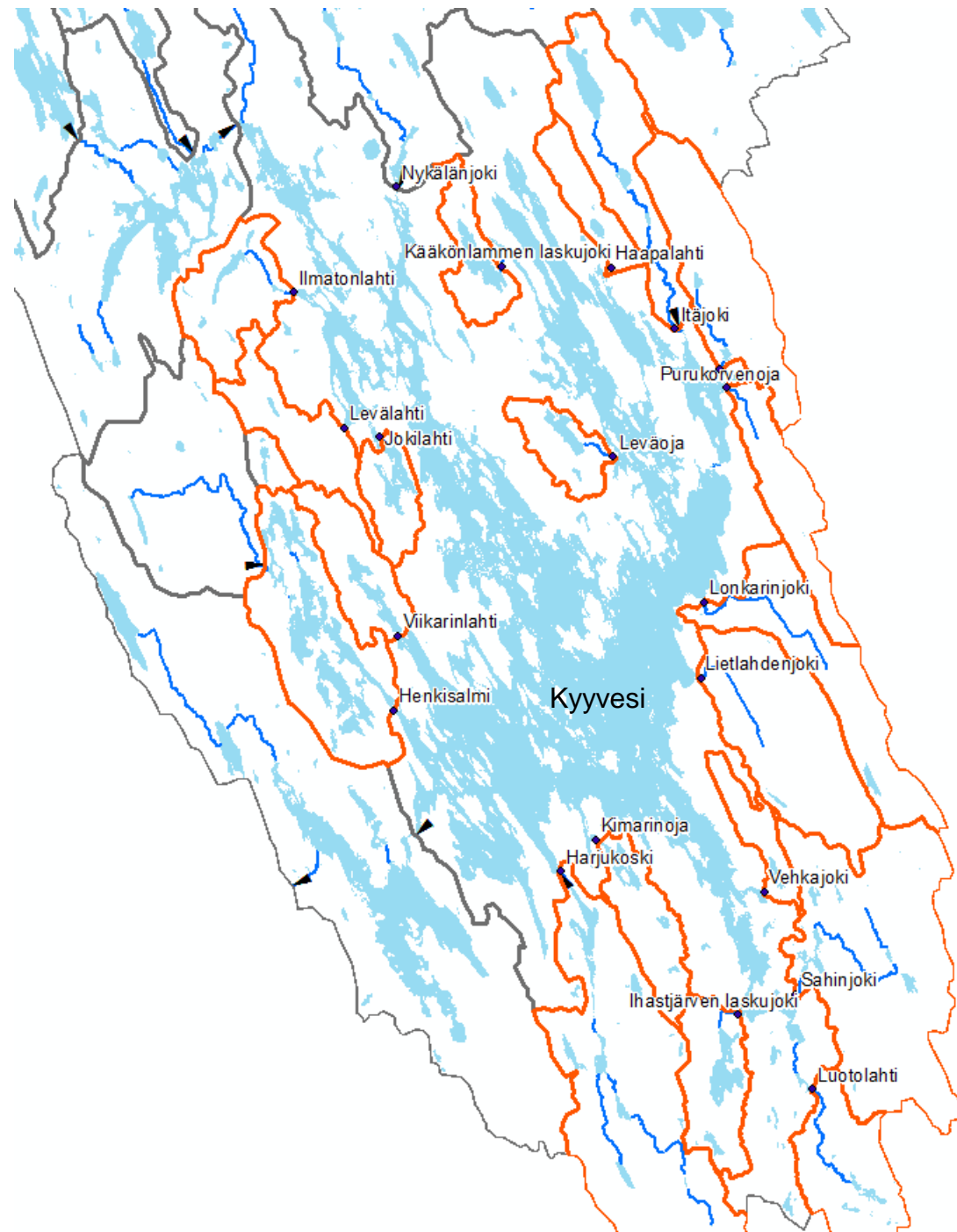
Kuva 77. Kyyveteen laskevien jokien ja purojen keskimääräiset fosforipitoisuudet

Kuva 76. Kyyveteen laskevien jokien ja purojen keskimääräiset väriarvot



# Kyyveden lähivaluma-alueita

- yhteensä 19 kpl
- valuma-alueiden koko 5-50 km<sup>2</sup>
- osasta purku-uomista otettu näytteitä 1-2 havaintokerralla vuosina 2011-2012





# Vesistökuormitusmalli VEMALA

- VEMALA-malli on operatiivinen, koko Suomen kattava ravinnekuormitusmalli vesistöille. Se simuloi ravinteiden prosesseja, huuhtoutumista ja kulkeutumista maalla, joissa ja järvissä. Malli simuloi ravinteiden kokonaiskuormaa ja pidättymistä vesistöihin sekä lähtevää ravinnekuormaa.
- VEMALA koostuu pääosin kahdesta osamallista: hydrologiaa simuloivasta WSFS-mallista ja ravinneprosesseja simuloivasta VEMALA-mallista.

Taulukko 1. Kuvaus VEMALAn neljästä eri versiosta.

Versio	Aine	Hydrologinen malli	Maa-aluemalli		Jokimalli	Järvimalli
			kuormitus maataloudesta	kuormitus muulta maa-alueelta		
VEMALA 1.1	TP, TN, SS	WSFS	pitoisuuden ja valunnan suhde	pitoisuuden ja valunnan suhde		
VEMALA-ICECREAM	TP	WSFS, pelloilla ICECREAM	peltomittakaavan prosessipohjainen malli	pitoisuuden ja valunnan suhde	ravinteiden kulkeutumismalli	ravinteiden massatasemalli
VEMALA-N	TN, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	WSFS	osittain prosessipohjainen, 5 kasviluokkaa	osittain prosessipohjainen, 1 metsäluokka		
VEMALA v.3	TN, TP, SS, TOC, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , PP, Porg, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Norg, kasviplankton, O <sub>2</sub>	WSFS	VEMALA-ICECREAM (TP), VEMALA-N (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Norg), VEMALA 1.1 (SS, TOC)		biogeokemiallinen malli	biogeokemiallinen malli



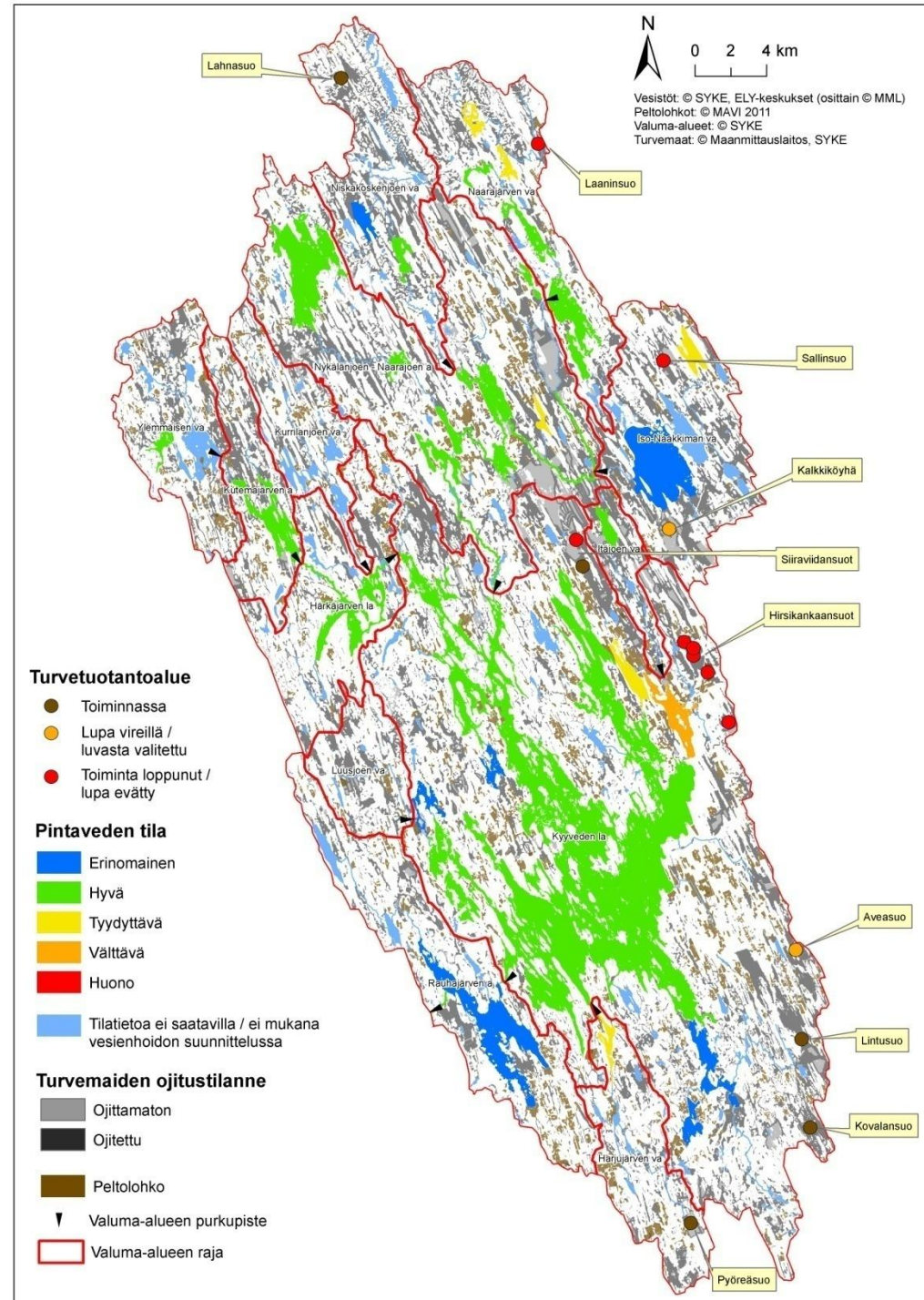
## Vesistökuormitusmalli VEMALA

- VEMALAlla voi simuloida päivittäistä vedenlaatua joissa ja yli hehtaarin kokoisissa järvissä sekä tuottaa reaaliaikaisia tuloksia. Sillä pystyy myös analysoimaan eri kuormituslähteiden osuutta kokonais- tai biologisesti käyttökelpoisista ravinteista sekä biologisesti käyttökelpoisten ravinteiden osuutta mereen menevästä kuormituksesta.
- VEMALAlla voi simuloida erilaisten maatalous- ja ravinnekuormitusta vähentävien toimenpiteiden vaikutusta kokonais- tai biologisesti käyttökelpoisten ravinteiden kuormitukseen, mikä helpottaa vesipuitedirektiivin täytäntöönpanoa.
- Lisäksi simuloinneissa voidaan huomioida ilmastonmuutoksen vaikutus. Myös reagoimattomien yhdisteiden kulkeutumista jokireiteissä voidaan simuloida esimerkiksi tahattoman vuodon seurauksena alajuoksuun päätyvän pitoisuuden arvioimiseksi.

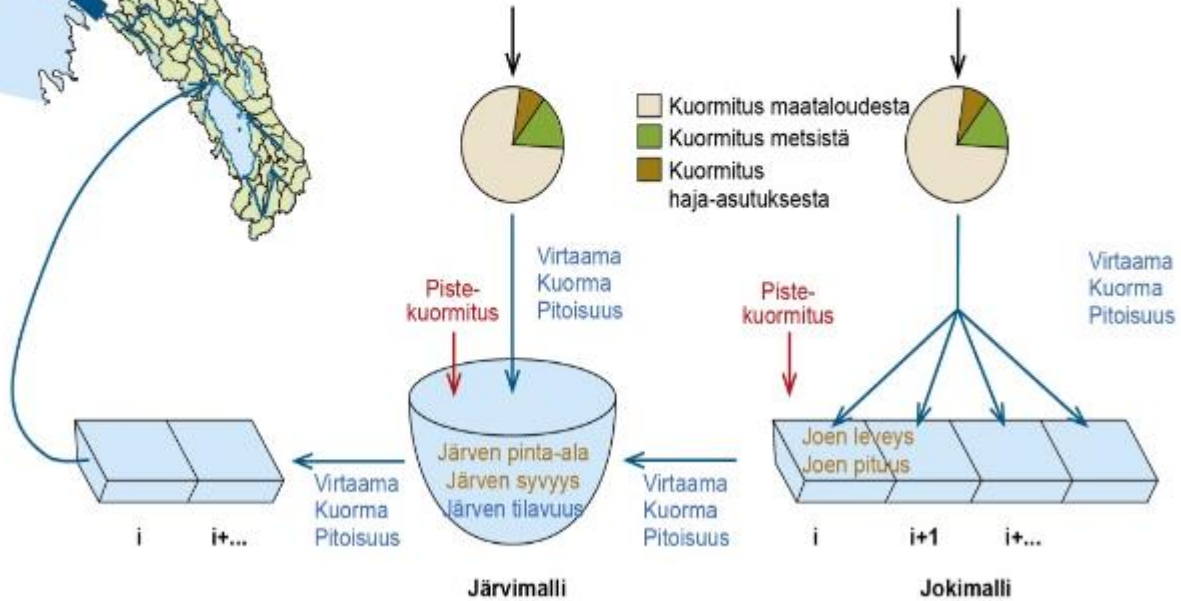
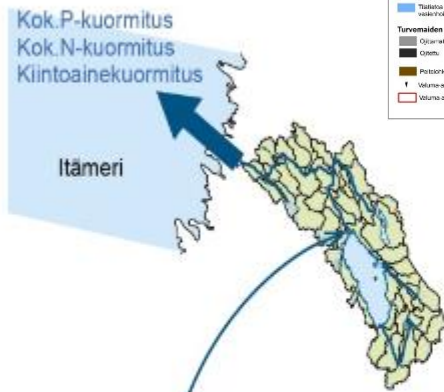
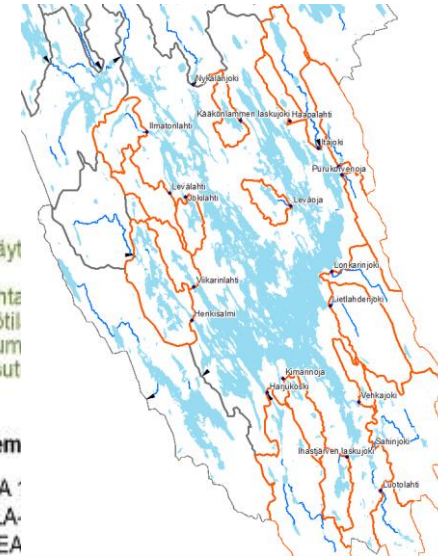
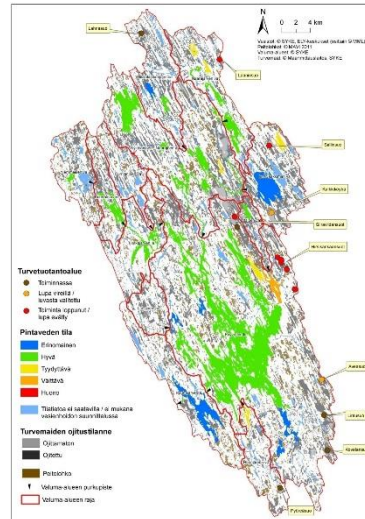


Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus  
Närings-, trafik- och miljöcentralen  
Centre for Economic Development, Transport and the Environment

- Kyyveden pinta-ala 130 km<sup>2</sup>
- valuma-alueen pinta-ala 1407 km<sup>2</sup>
  
- Corine Land Cover 2000: % koko valuma-alueen pinta-alasta
  - rakennettu alue 3 %
  - maatalousalueet 7 %
  - metsät, avoimet kankaat, kalliomaat 71 %
  - kosteikot, avosuot 3 %
  - vesistöt 16 %
  
- turvemaata n. 21 %, maapinta-alasta n. 25 %
- lähes kaikki turvemaat ojitettu
  - vaikutuksia mm. hydrologiaan ja vedenlaatuun
- turvetuotantoa n. 450 ha
  - n. 0,4 % valuma-alueen maa-alasta
  - erit. itäosissa (mm. Koiraselkä)



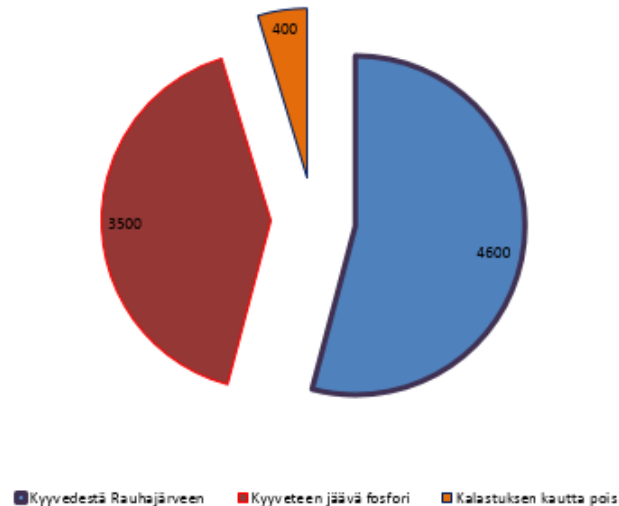




# FOSFORIKUORMITUS KYYYVEDEN ALUEELLA

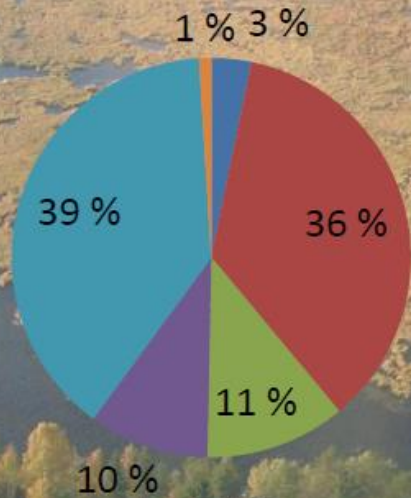
Havaintopaikka	P kg/vrk	P kg/vuosi	Osuus kuormituksesta %
Nykälänjoki			
Härkäjärvi			
Valumat maa- alueilta			
<b>Tervaskaarre</b>	<b>11,5</b>	<b>4201</b>	<b>49,3</b>
Niittylevä	1,5	549	6,4
Petäjäselkä	0,9	332	3,9
<b>Suovonselkä</b>	<b>3,3</b>	<b>1193</b>	<b>14,0</b>
<b>Lähivalumat</b>	<b>3,9</b>	<b>1438</b>	<b>16,9</b>
Koiraselkä	1,1	409	4,8
Harjujärvi	1,1	406	4,8
<b>Tulevat yhteensä</b>	<b>23,4</b>	<b>8527</b>	<b>100,0</b>
<b>Kyyvedestä lähtevä</b>	<b>12,6</b>	<b>4612</b>	
			<b>Fosforijäämä % kokonaiskuormasta</b>
<b>Kyyveteen jäävä fosfori</b>	<b>10,7</b>	<b>3915</b>	<b>45,9</b>

Vuosittainen fosforitase kiloa



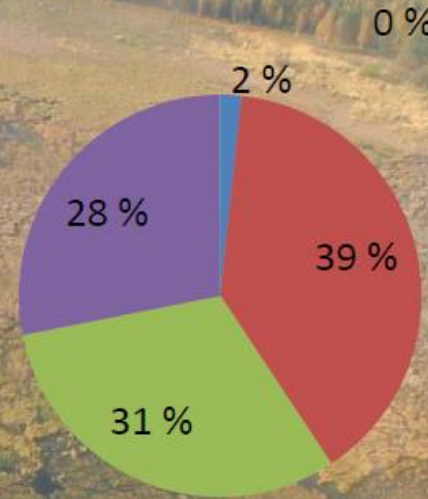
# Fosforikuormitus, Kyyveden lähivaluma-alue

- turvetuotanto
- metsätalous
- luonnonkuorma
- maatalous
- haja-asutus
- jätevedenpuhdistamo



# Kiintoaines, Kyyveden lähivaluma-alue

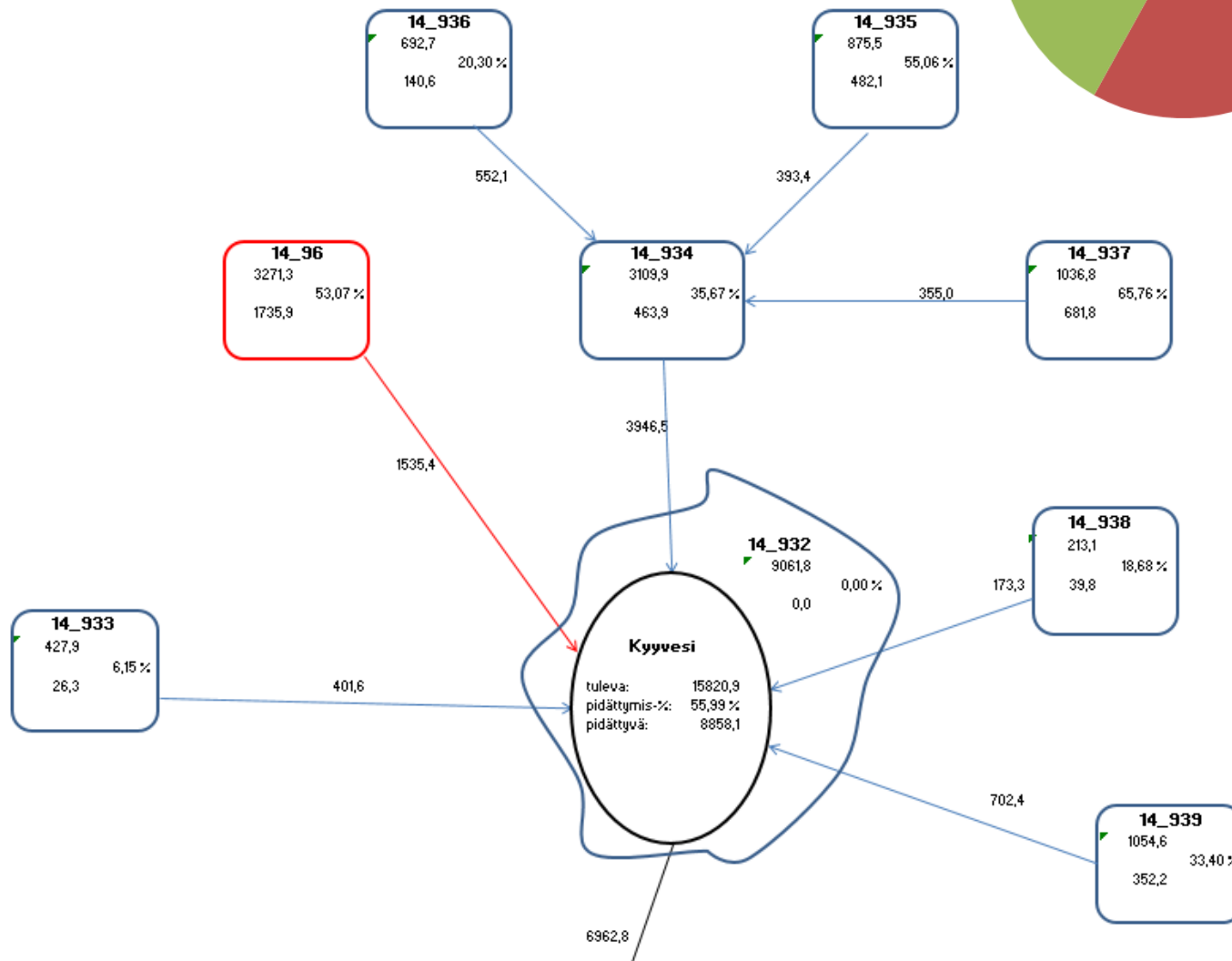
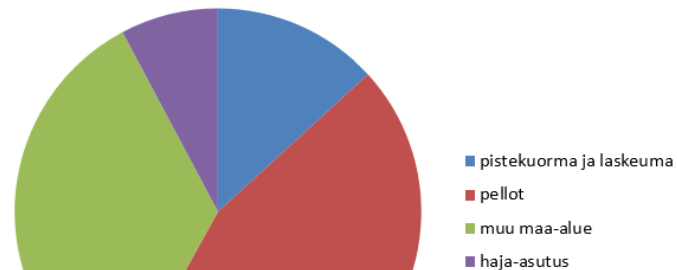
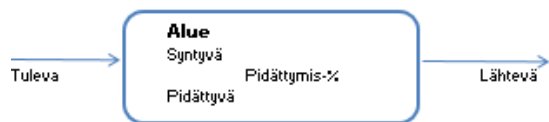
- turvetuotanto
- metsätalous
- jätevedenpuhdistamo
- maatalous
- luonnonkuorma



Alue	Pitoisuus pelto ug/l	Pitoisuus maa ug/l	Pitoisuus asutus ug/l	Koorma pelto kg/vuosi	Koorma maa kg/vuosi	Koorma asutus kg/vuosi	Turvetuotanto+pistekuormitus+laskennan vesien kg/vuosi	Koorma summa kg/vuosi	Osa alue m <sup>3</sup> /s	Virtaama m <sup>3</sup> /s
14_931	531.91	45.72	9.14	725.00	975.85	101.26	230.31	2032.42	1.06	14.08
14_932	132.62	25.90	5.63	3994.38	3117.55	804.37	2284.81	10001.10	6.87	13.28
14_933	230.27	22.72	2.36	192.87	264.61	17.04	6.42	480.94	0.39	0.39
14_934	234.83	22.03	4.80	1481.73	1575.12	213.38	410.54	3480.77	2.65	4.80
14_935	262.63	23.98	6.43	211.32	662.95	97.47	185.44	1158.18	0.87	0.76
14_936	236.15	21.85	2.52	100.31	631.30	41.33	94.76	867.71	0.95	0.93
14_937	260.84	34.59	7.42	271.93	614.58	106.06	287.97	1280.53	0.79	0.68
14_938	200.99	21.80	2.30	80.48	134.39	9.88	25.61	250.36	0.23	0.22
14_939	422.97	26.15	4.02	559.93	435.39	49.65	38.26	1083.22	0.65	0.64
Summa				7618	8211	1240	3564	20635		

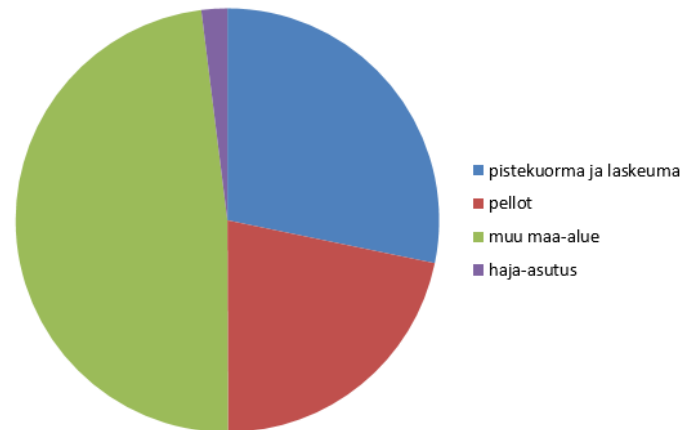
# VEMALA-kuormituskaavio – fosfori (SYKE 2014)

Alueella 14\_93 syntyvän fosforikuormitukset aiheuttajat

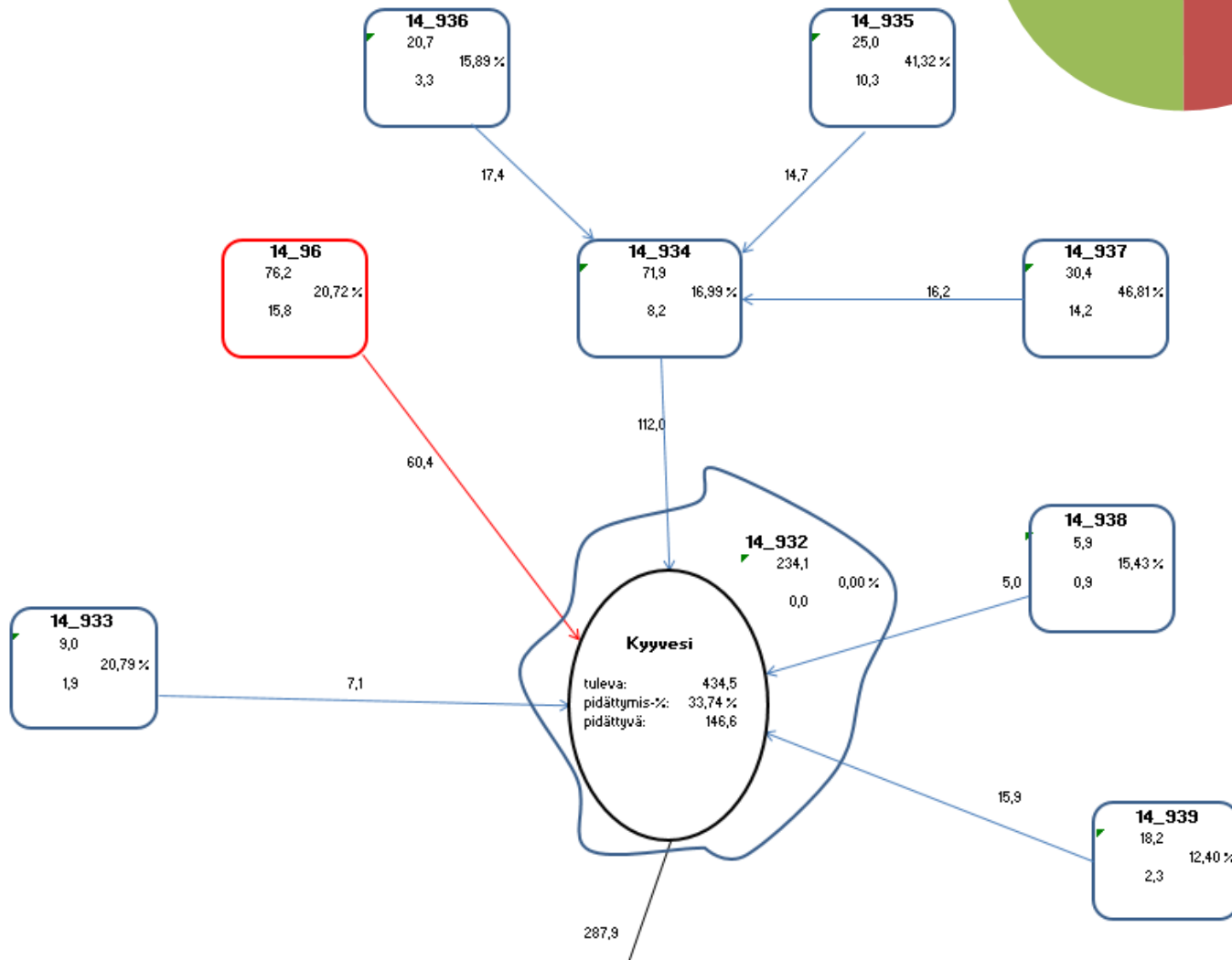
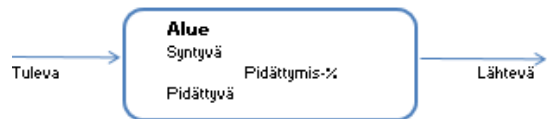


# VEMALA-kuormituskaavio – tyyppi (SYKE 2014)

Kyyvesi valuma-alueen tyyppikuormitukset aiheuttajat

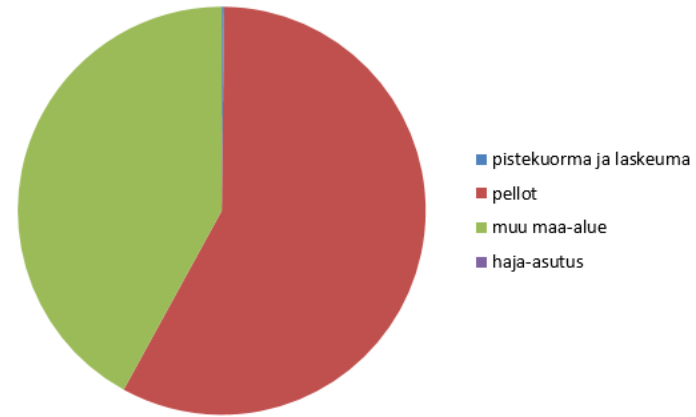


yksikkö: 1000 kg N / vuosi

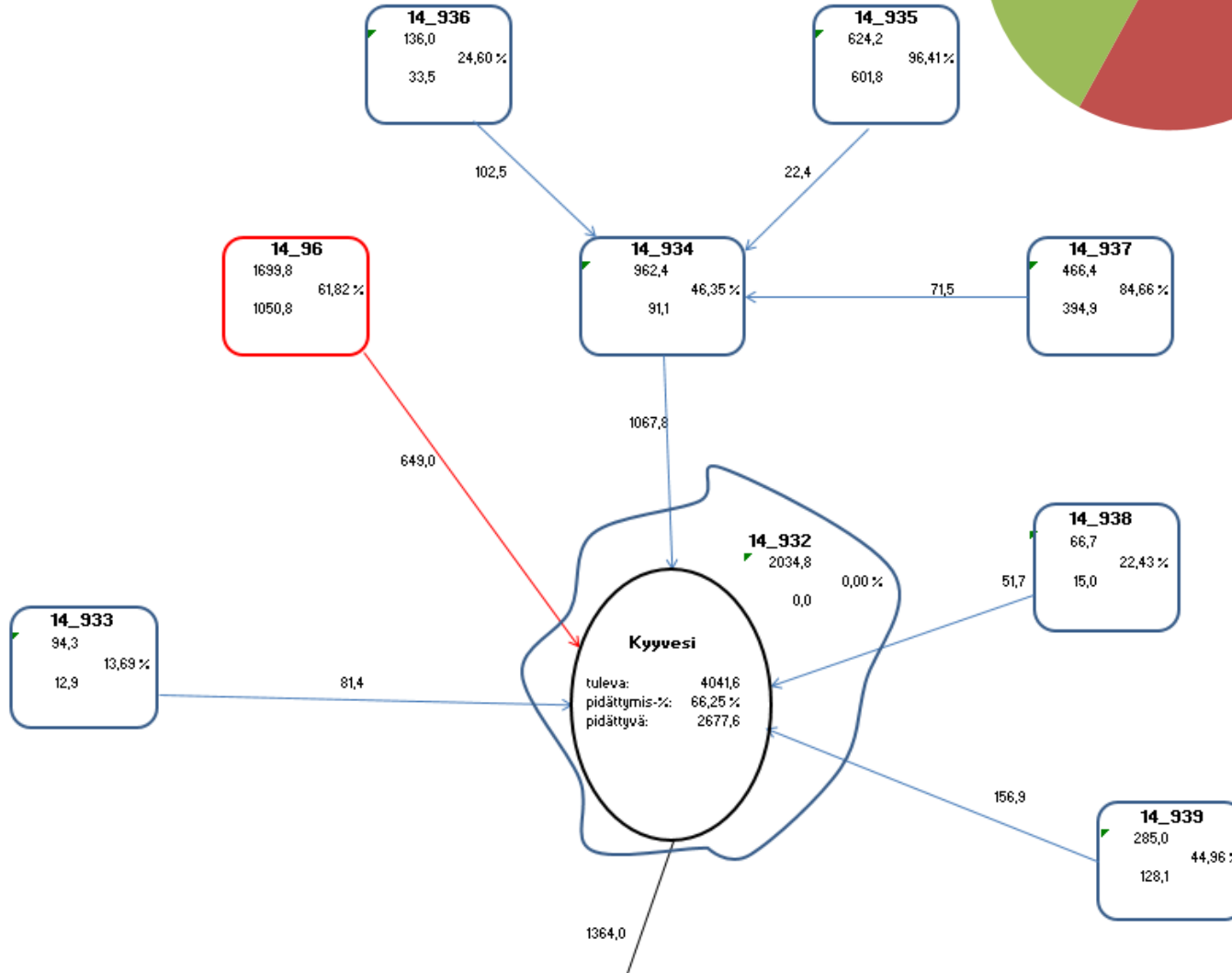
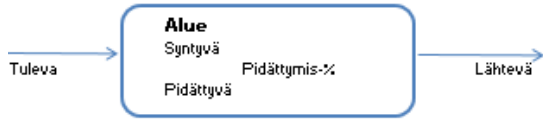


# VEMALA-kuormituskaavio – kiintoaine (SYKE 2014)

Alueella 14\_93 syntyvän kiintoainekuormitukset aiheuttajat



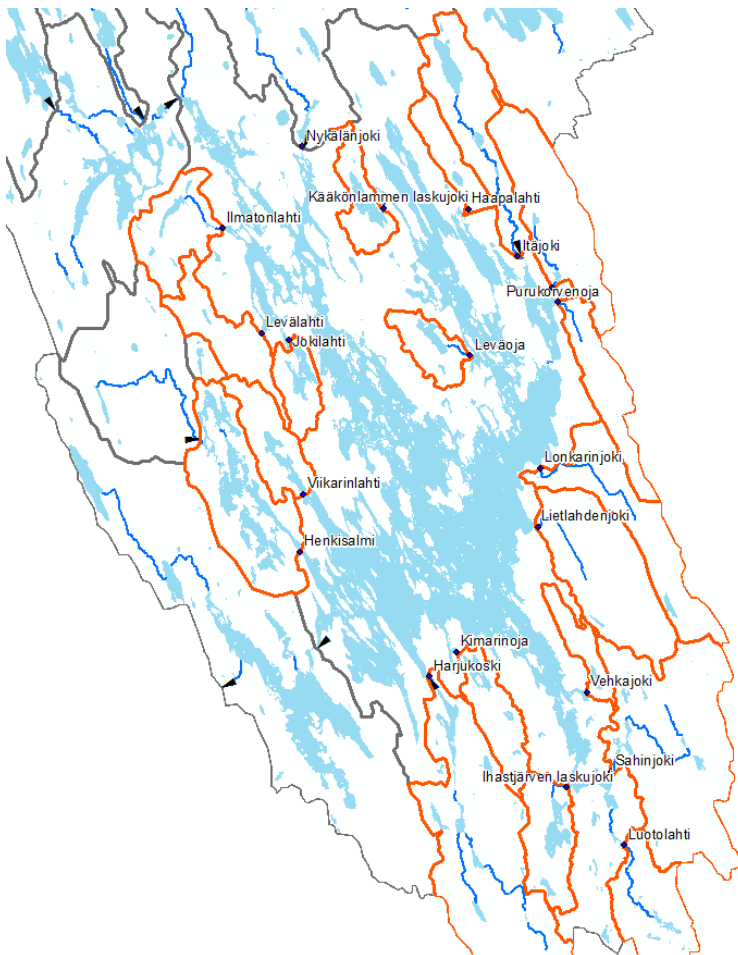
yksikkö: 1000 kg S / vuosi





# Kyyveden kuormitusmallinnuksen VEMALAn tarkennus 2016-2017

- Tietojen keruu 2016 kevät ja syksy ylivirtaamakausien aikaan
- 15-19 valuma-alueiden purkupistettä



Lämpötila  
Happi  
Happi %  
Sameus, Hach  
Sähkönjoht.  
Kiintoaine  
alkalinit. Gran  
pH  
Väri  
CODMn  
Kok.N  
NO<sub>2</sub>-N+NO<sub>3</sub>-N  
NH<sub>4</sub>-N  
Kok.P  
PO<sub>4</sub>-P  
Fe  
Virtaamamittaukset



# Kyyveden perus- ja toiminnallinen seuranta 2016

Kyyvesi 84	Piilevät, pohjaeläimet (syväne) + fys.kem
Kyyvesi Kurkisens. 132	Kasviplankton + fysk.kem
Kyyvesi Tervaskaarre 097	Kasviplankton + fysk.kem
Kyyvesi Koiraselkä 143	Kasviplankton + fysk.kem

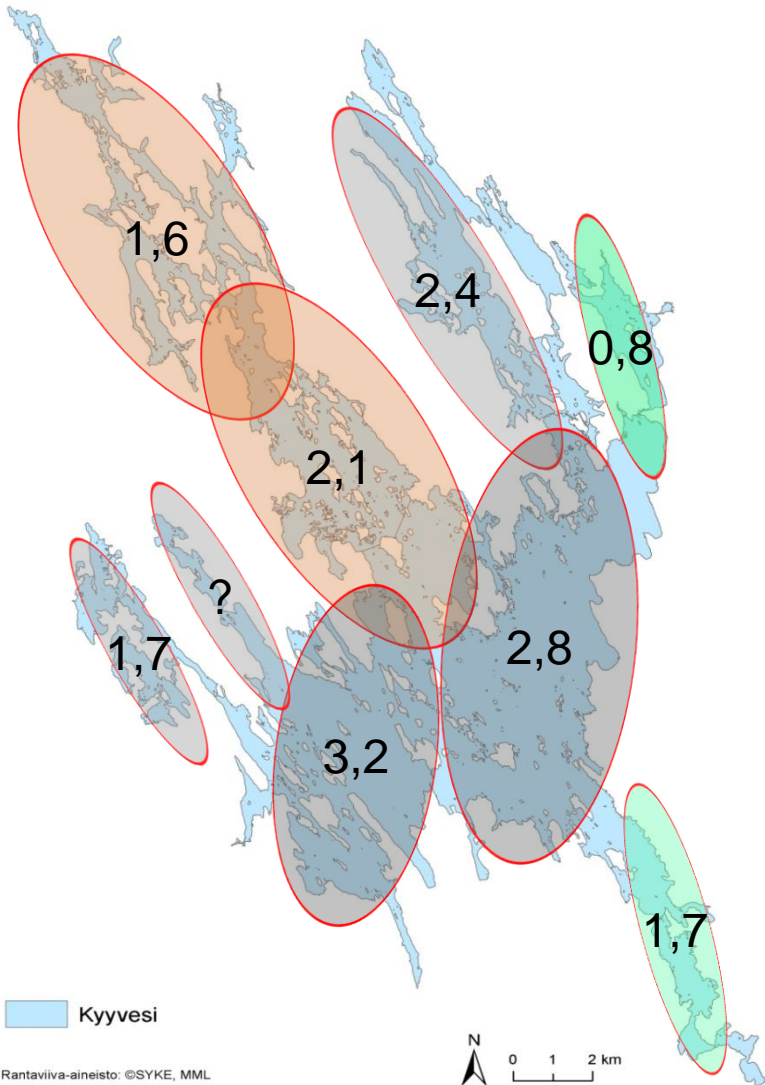
Kyyvesi 84 Raskasmetallikartoitus 2016 2/v.
(Hg, As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, U, V, Zn)

Määrittäminen
Ryhmä LW_A
lämpötila
happi
happi-%
ryhmä LW_B
Sameus, Hach
sähköjoht.
alkalinit. Gran
pH
väri
COD <sub>Mn</sub>
kok. N
NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N
NH <sub>4</sub> -N
kok. P
PO <sub>4</sub> -P
Fe**
ryhmä LW_C
Al
K
Ca
Mg
Na
Org.C/TOC
SiO <sub>2</sub>
Cl
SO <sub>4</sub>
Mn**
ryhmä LW_D
a-klorofylli
ryhmä LW_E
liuk. PO <sub>4</sub> -P *





# Kansalaishavainnot ja mittaukset, jatkuvuus 2016 ?



## Näkösyyvyys- ja levähaittahavainnot

- Arvokasta tietoa alueellisista eroista ja ajallisesta vaihtelusta
  - Tuloksia voidaan käyttää lähes sellaisenaan vesienhoidon suunnittelutyössä
- Osallistava vaikutus

NÄKÖSYYVYYS JA SINILEVÄT				MAASTOLOMAKE		
Etelä-Savon Ely-keskus						
Järven nimi: KYYVESI						
Havaintopaikan nimi: LUTAPUSKON RANTA: 12.6. - 27.6. uittamalta						
9.7. alk. uittamalta vesistöä						
Pvm	Klo	Näkösyyvyys	Levärunsas	Säätila	Muut havainnot	Havaintonoteeraus
12.6.	11:00	1,45 m	0	27	VEIKKO LINDEN / 70	4,6
19.6.	12:03	1,50 m	0		LIKKAISI TUOLI	4,1
23.6.	14:00	1,70 m	0		VENÄKÄITÄ / TUOLI	4,1
29.6.	13:00	1,60	1 (2)	27	LIKKAISI TUOLI	4
9.7.	14:00	1,75	0	25	LIKKAISI TUOLI	4
12.7.	14:45	1,50	0	17	LIKKAISI TUOLI	4
24.7.	15:30	1,45	0	26	LIKKAISI TUOLI	4
9.8.	15:00	1,70	0	25	VEIKKO LINDEN	4
28.8.	9:00	1,70	3 <sup>8</sup>	19	VEIKKO LINDEN	4

Näkösyyvyys metreinä, 10 cm tarkkuudella (esim. 2,2 m)  
Levärunsas asteikolla 0-3  
0 = EI havaittuja, on selvää tai väistävää leväkasvua vesirungossa tai pinta-alla  
1 = VÄHÄN, on havaittuja vihertävää hiutaloita tai raitoja vedenä  
2 = RUNSAK, on selvää leväkasvua tai pinta-alla on kuhertavaa pinnalla tai rannalla on ajatonta leväkasvua  
3 = RITTAIN RUNSAK, on muodostettu laajoja leväkasvuita tai sitä on ajatonta rannalla pöytäksi kasvamassa

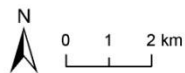
Säätila, esim. tuulen suunta ja voimakkuus, sateisuus  
Muut havainnot (esim. veden lämpötilä, hajuinnot pyydysten linnoittumisesta jne.)

Lisätietoja Ely-Keskukselta antavat: Reijo Lähteenmäki p. 0400-950285  
Pekka Sojakka p. 0400-542122

Pintaveden (1m) kokonaisfosfori- ja typpipitoisuudet µg/l  
(päivitetyt kuvat 08/2015)

Kyyvesi

Rantaviiva-aineisto: ©SYKE, MML



20 / 598

18 / 571

58 / 1075

16 / 500

24 / 650

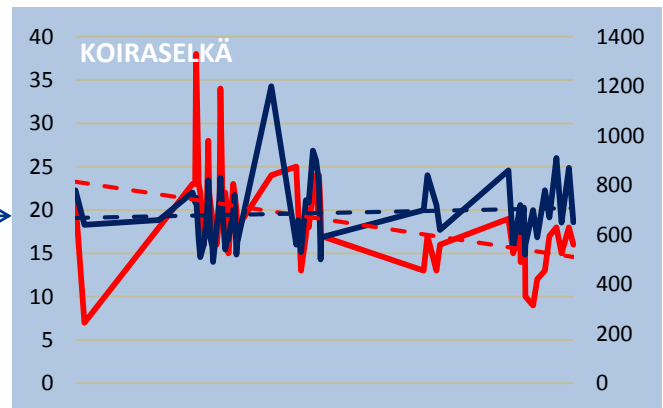
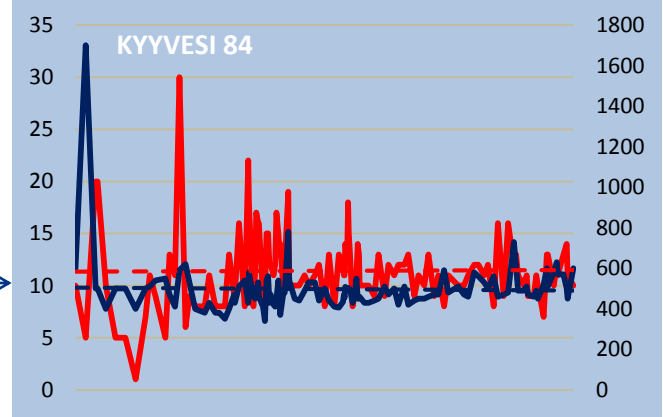
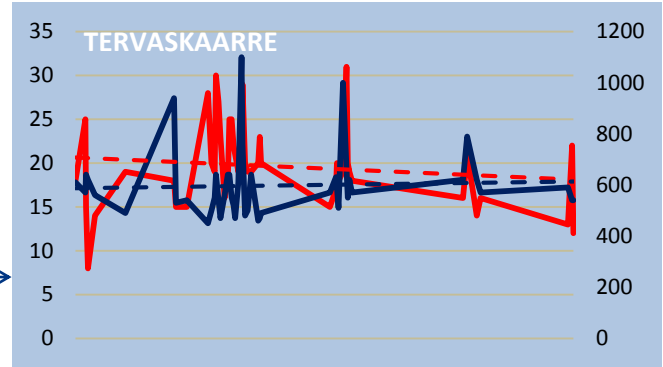
11 / 496

11 / 506

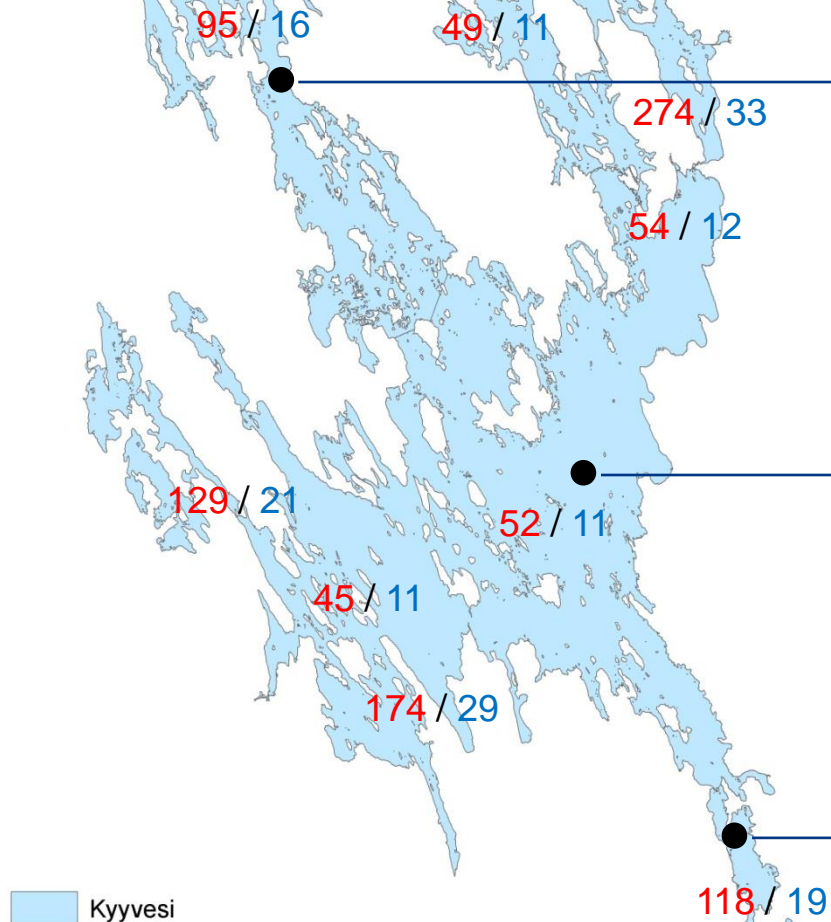
26 / 885

19 / 688

Fosfori ja typpipitoisuus µg/l

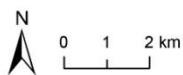


Pintaveden (1m) väri- ja kemiallinen hapenkulutus mg/l

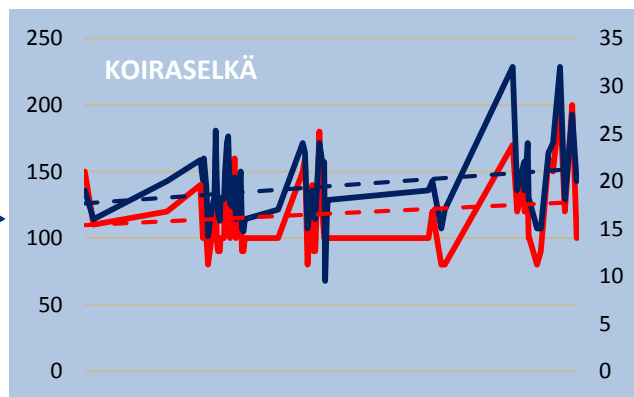
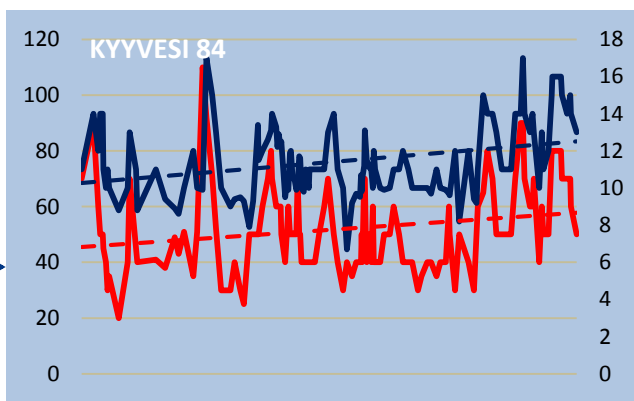
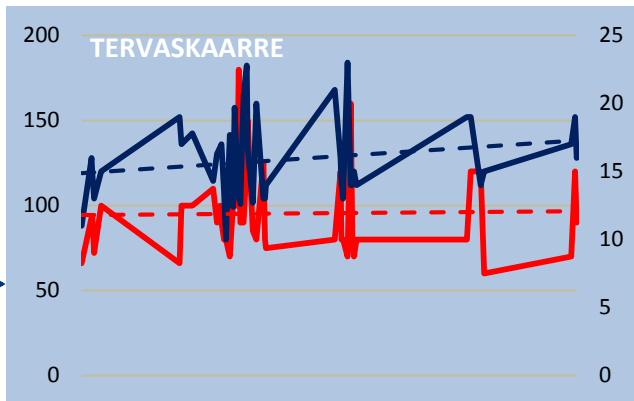


Kyyvesi

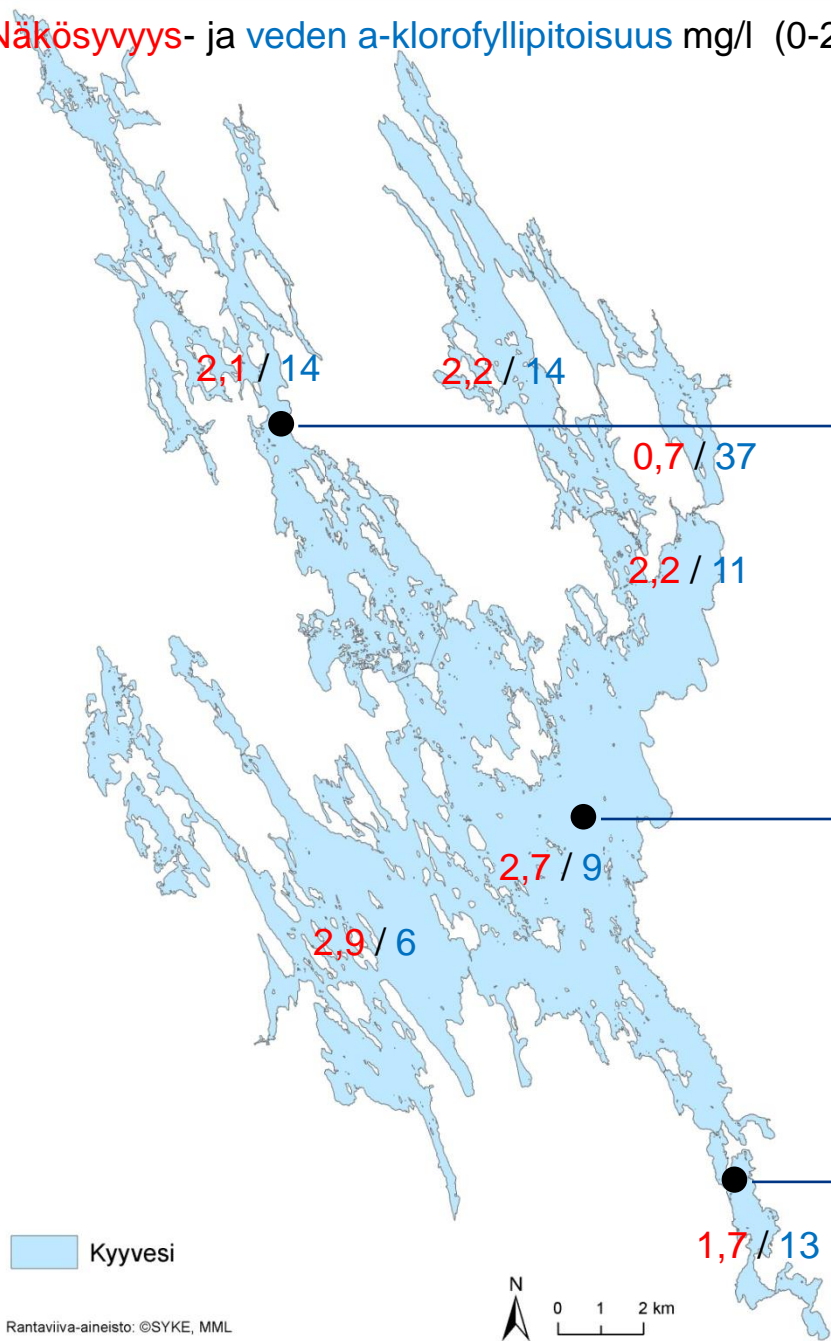
Rantaviiva-aineisto: ©SYKE, MML



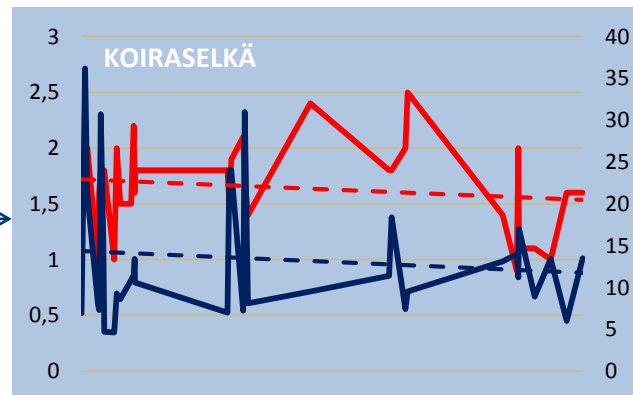
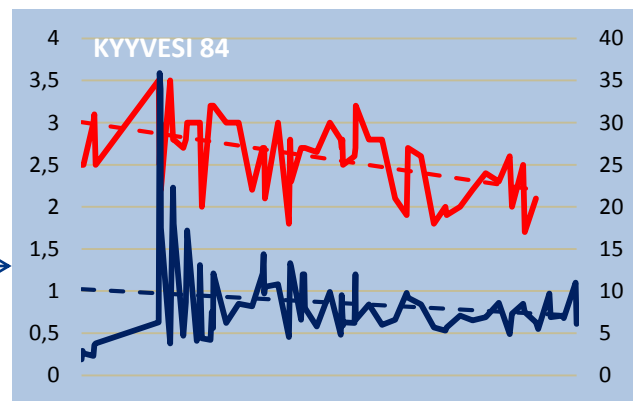
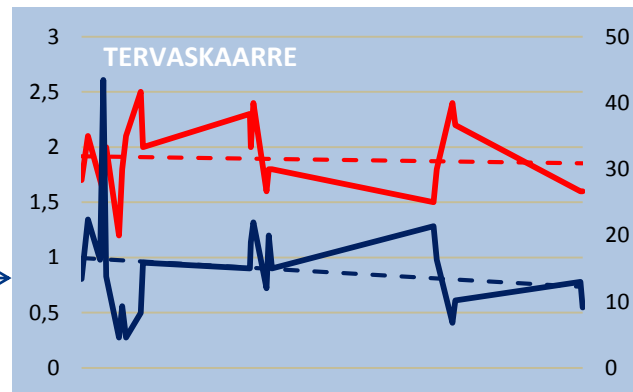
Veden väri ja kemiallinen hapenkulutus COD mg/l



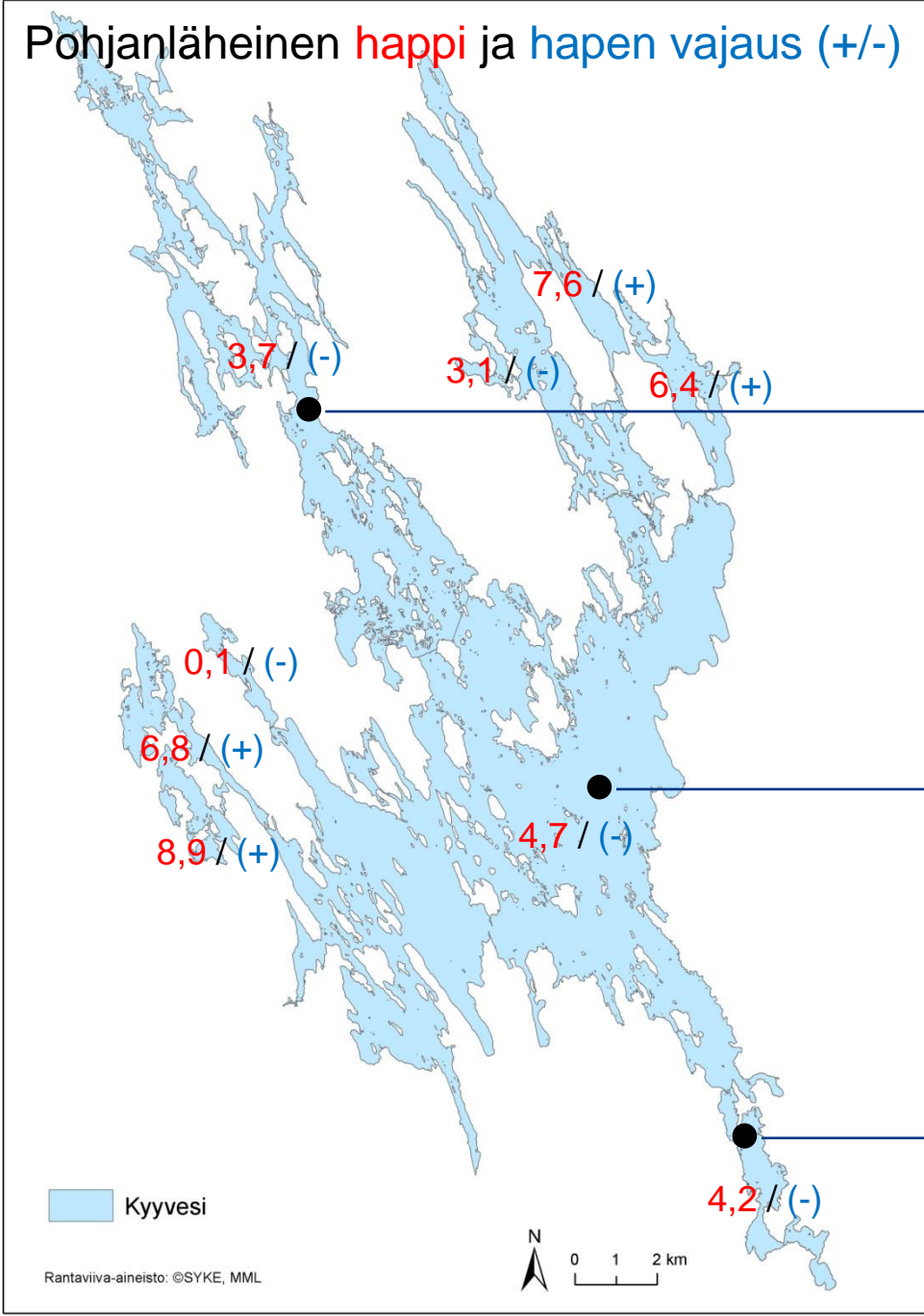
# Näkösyyvyys- ja veden a-klorofyllipitoisuus mg/l (0-2 m)



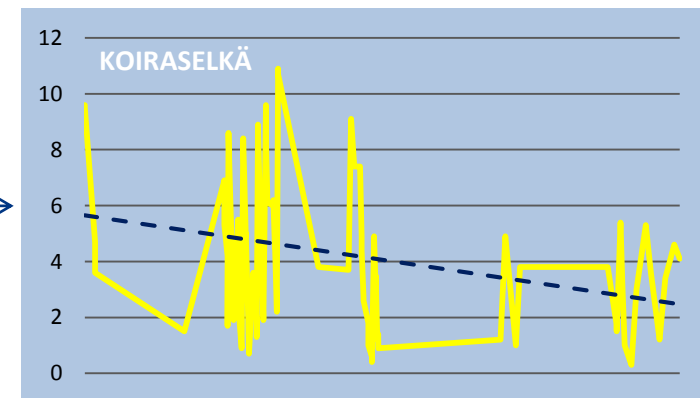
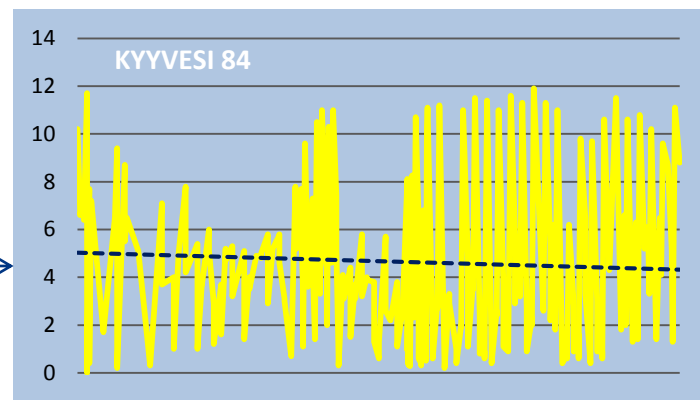
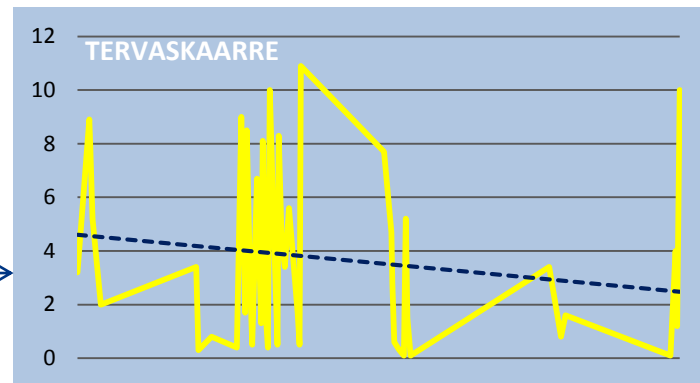
# Näkösyyvyys ja veden a-klorofylli µg/l

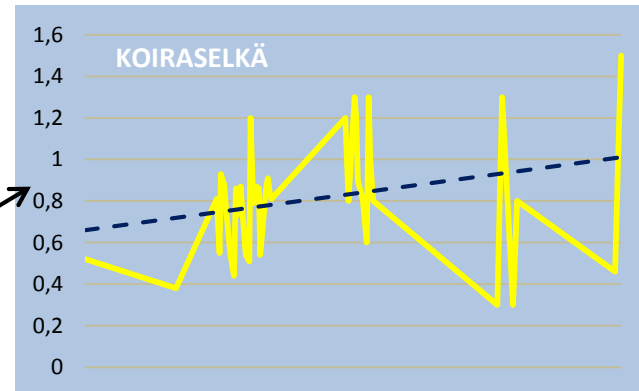
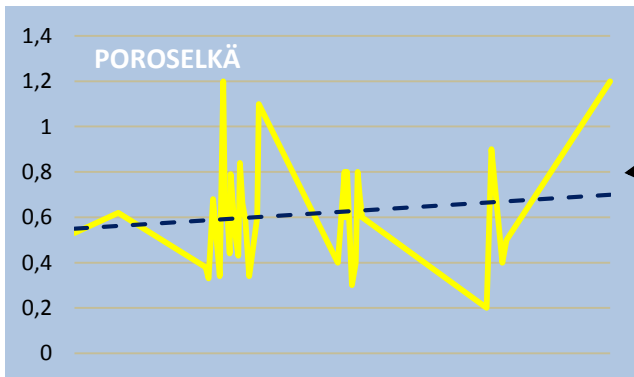
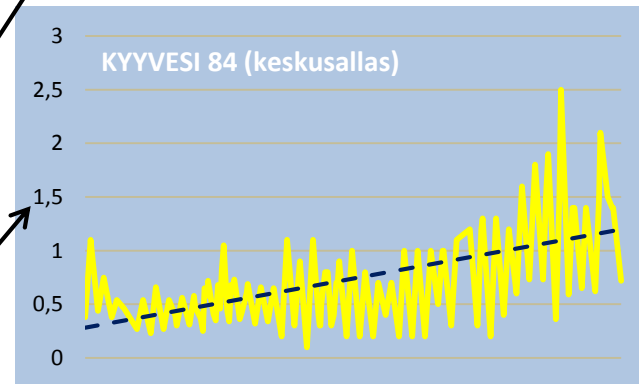
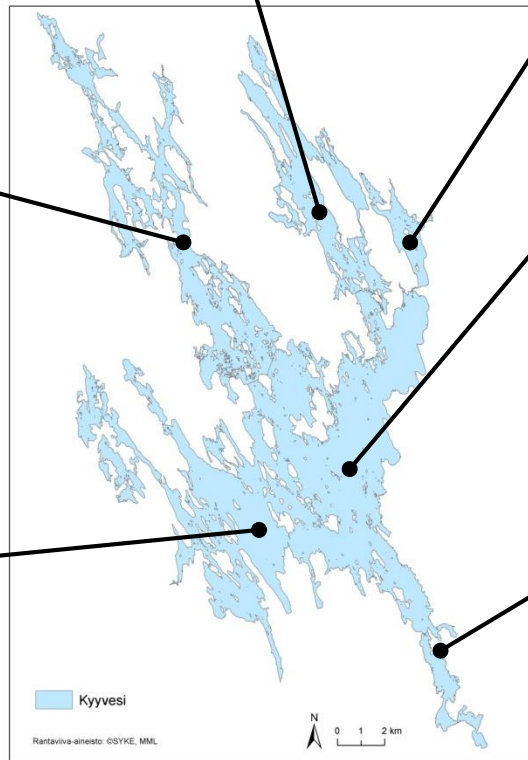
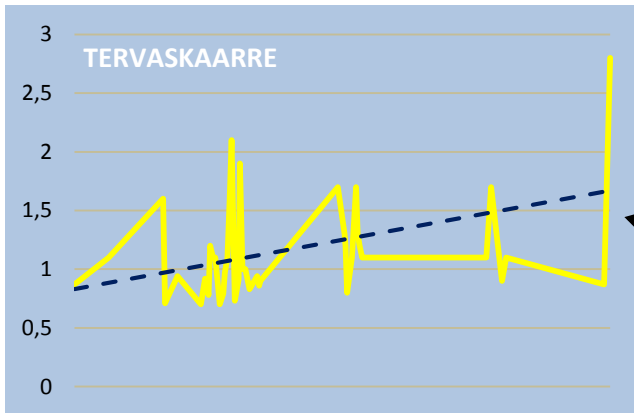
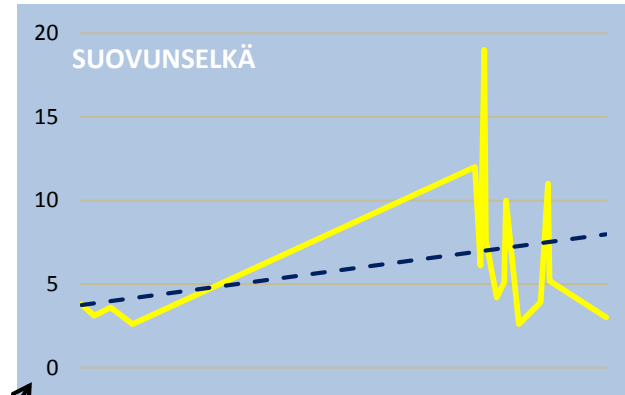
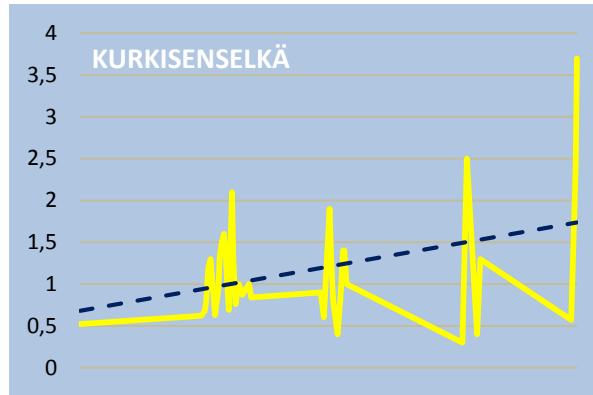


# Pohjanläheinen happi ja hapen vajaus (+/-)



## Happi pohjalla mg/l





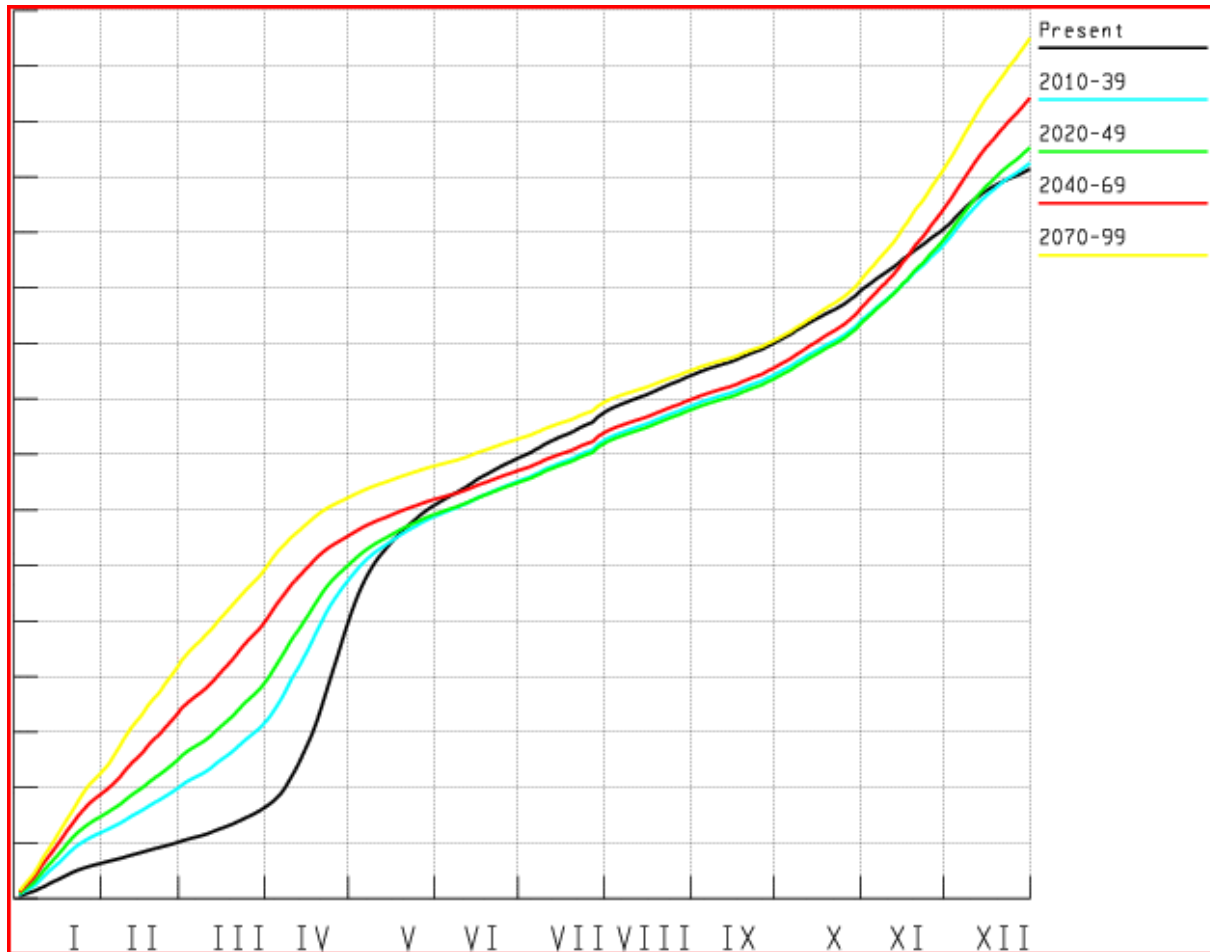


# Muutospaineet Kyyvedellä - tulevaisuudessa

- Voimistuvat rankasateet ja niiden seurauksena voimistuvat tulvat lisäävät eroosiota, ravinnekuormitusta ja haitallisten aineiden huuhtoutumista vesistöihin.
- Sopeutumistoimenpiteinä tarvitaan maankäytön ja viljelytapojen muutoksia, parempaa suunnittelua tulvien ja kuivien kausien varalle ja muutoksia veden laadun havainnoinnissa.
- Ilmastonmuutoksen vaikutukset muuttavat järvien kerrostuneisuutta, virtauksia ja biologista tuotantoa samoin kuin valuma-alueilta tulevaa kuormitusta ja valuntaa.
- Tärkein sopeutumiskeino on ravinteiden hajakuormituksen ja pistekuormituksen vähentäminen.



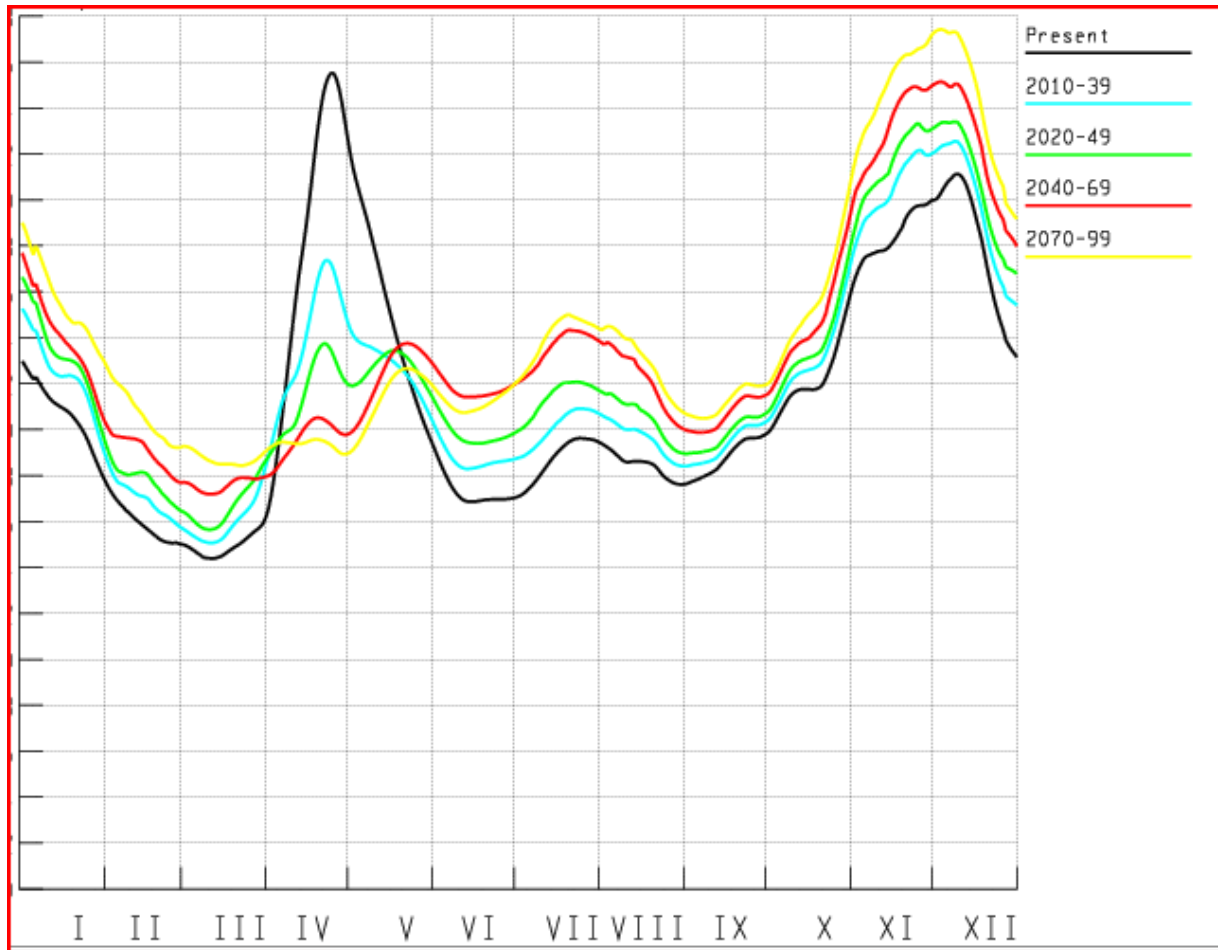
# Fosforikuorma pelloilta





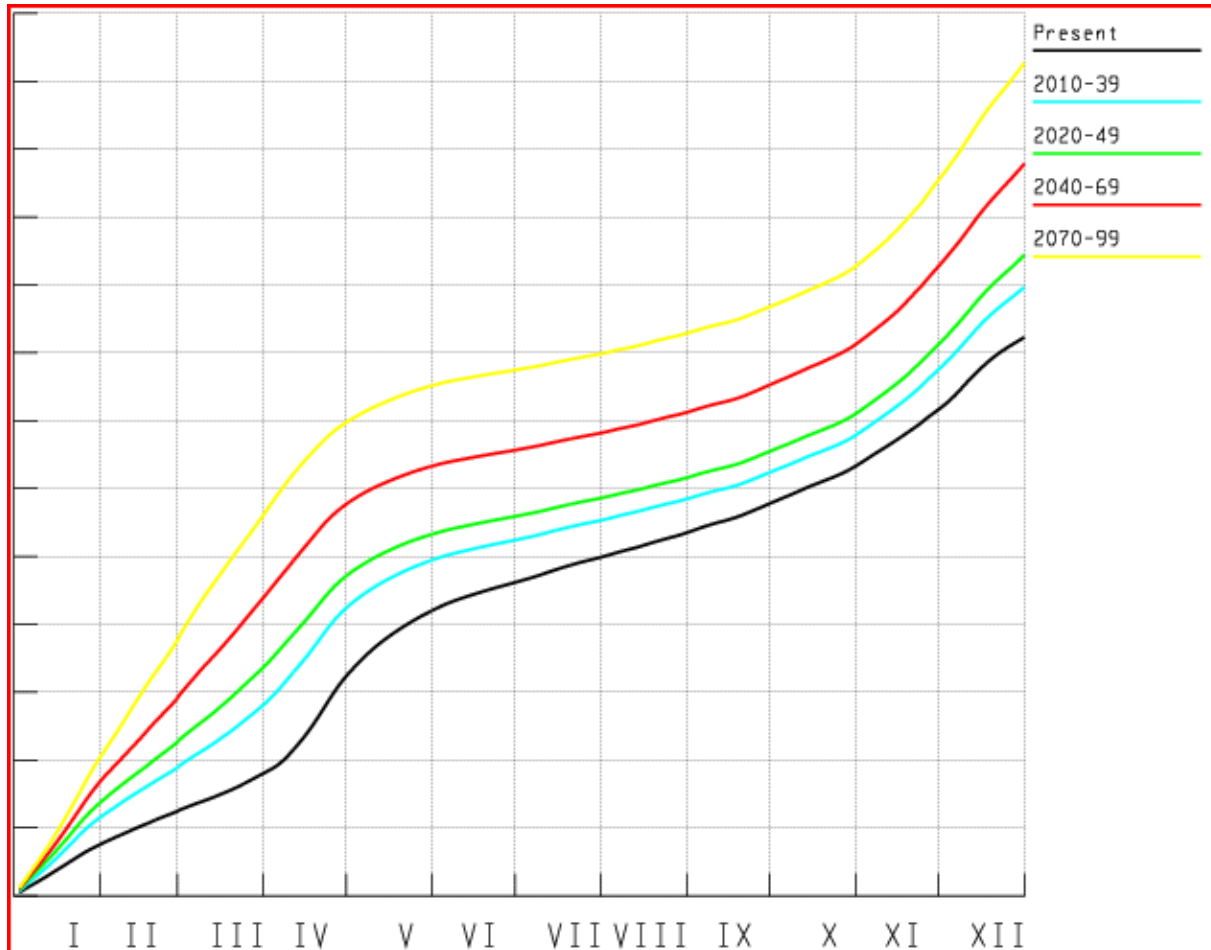


# Fosforipitoisuus





# Kiintoainepitoisuus





# Jään muodostuminen ja lähtö

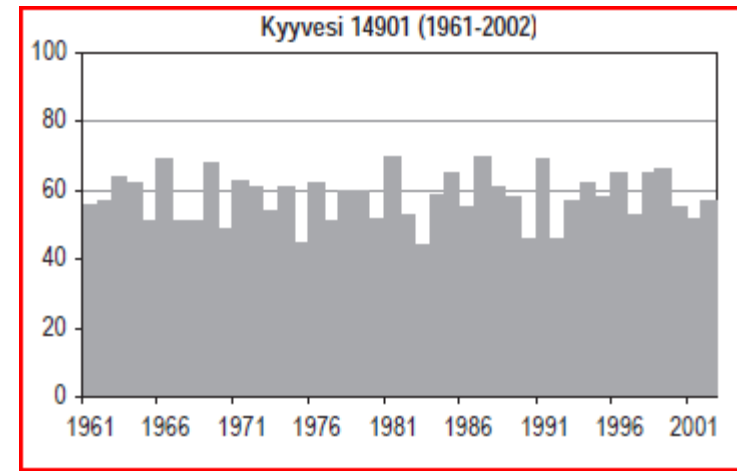
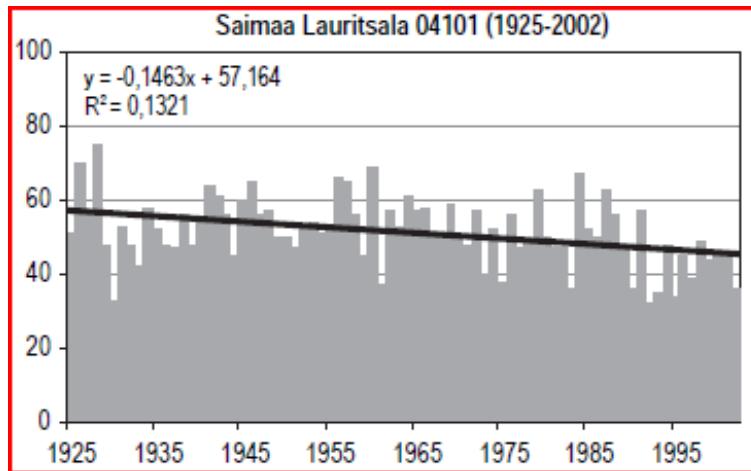
Kyyvesi, Haukivuori I4:74														
koko jakso	ka		5.5.	5.5.	8.5.	8.5.	2.11.	12.11.	6.11.	13.11.	16.11.	20.11.	22.11.	170
	min		19.4.	21.4.	20.4.	20.4.	8.10.	12.10.	4.10.	12.10.	17.10.	22.10.	25.10.	121
	max		19.5.	24.5.	27.5.	27.5.	23.12.	23.12.	23.12.	23.12.	26.12.	26.12.	26.12.	202
1961-2000	ka	30.4.	4.5.	4.5.	7.5.	7.5.	2.11.	13.11.	5.11.	13.11.	14.11.	19.11.	22.11.	170
	min	13.4.	19.4.	21.4.	21.4.	21.4.	11.10.	12.10.	11.10.	12.10.	22.10.	22.10.	28.10.	135
	max	24.5.	19.5.	15.5.	21.5.	21.5.	23.12.	23.12.	23.12.	23.12.	25.12.	25.12.	25.12.	200

XI			XII			I			II			III			IV			V			max	vuosi	pvm
10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	28	10	20	30	10	20	30	10	20	30			

Kyyvesi, Haukivuori I4901																								
	ka		6	12	17	23	28	34	38	42	46	49	51	53	55	56	54	44	24			58	27.3.	
1961-2000	min	0	0	0	0	2	14	17	20	23	32	36	38	43	42	40	35	3	0			44	1983	10.2.
	max	18	25	35	38	41	44	44	50	55	58	59	60	70	68	70	68	65	59			70	1981	20.4.



# Jääpeitteen kesto vrk





# Ilmasto-olojen vaikutus Kyyveteen

- Sateisuus vaikuttaa muun muassa Kyyveden valuma-alueen vesimäärään, veden laatuun, jokien virtaamaan, tulvaherkkyyteen, ravinteiden ja kiintoaineen huuhtoutumiseen vesistöihin sekä veden happipitoisuuteen.



# Sateet ja lämpötilan nousu

- Ilman lämpötila nousee Etelä-Savossa keskimäärin n. 3-5 astetta vuosisadan loppuun mennessä.
- Yhdessä kasvukauden pitenemisen kanssa lämpötilan muutos lisää vesiekosysteemien perustuotantoa.
- Kyyveden alueelle vaikuttaa myös sateisuus, joka kasvaneen 12-20 prosenttia ilmastoskenaariosta riippuen.
- Lisääntynyt sadanta ja rankkasateet lisäävät ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin erityisesti leutoina talvina, jolloin kasvipeite ei sido ravinteita ja maa ei ole roudassa.
- Ravinteiden runsaus vesiekosysteemissä lisää kasvien kasvua ja kokonaisuudessaan ilmastonmuutoksen odotetaan voimistavan vesien rehevöitymistä.



# Hydrologisia muutoksia

- Veden pinnan korkeuden odotetaan vaihtelevan kaikissa vesistöissä enemmän kuin nykyään ja ajoittaisten ja paikallisten tulvien odotetaan lisääntyvän koko maassa.
- Tulvien odotetaan muuttuvan aiempaa epäsäännöllisemmiksi ja kevättulvat saattavat heiketä talvisten tulvien runsastuessa.



# Muutokset Kyyveteen

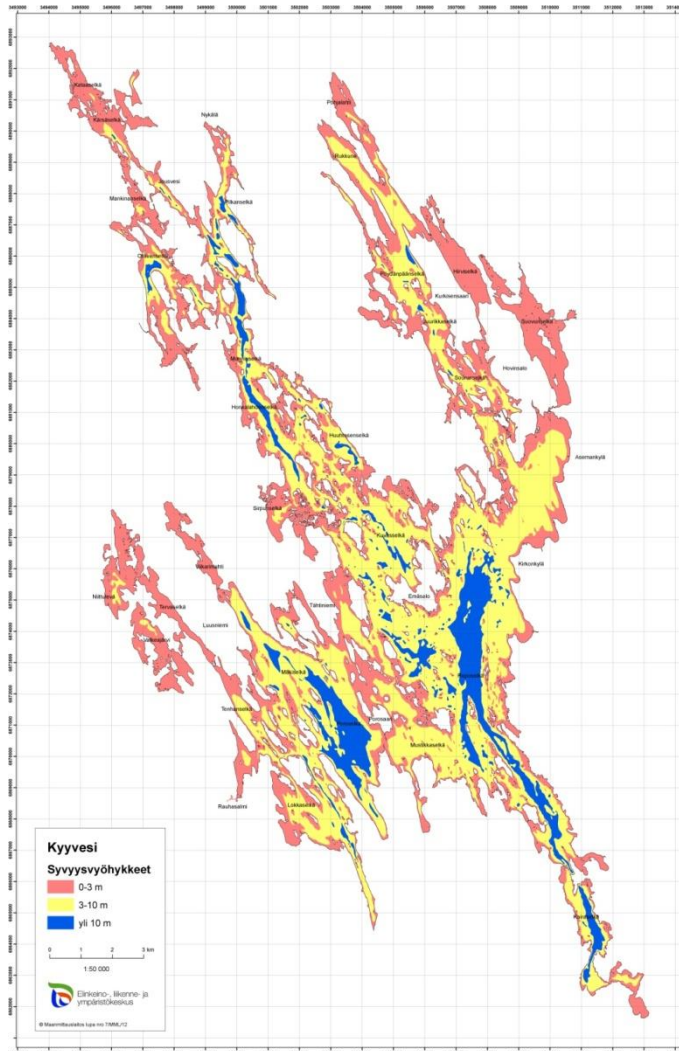
- Ilmastonmuutoksen aiheuttaman kasvukauden pidentymisen sekä rehevöitymisen takia erityisesti rantakasvillisuuden määrä tulee runsastumaan. Kookkaat ilmaversoiset kasvit hyötyvät eniten (esim järviruoko, järvikaisla ja sarat).
- Kasviplanktonin massaesiintymät saattavat yleistyä ja aikaistua esim sinilevät.
  - Sinilevillä on hieman korkeampi lämpötilaoptimi kuin muilla leväryhmillä).
  - Sinilevät pystyvät sitomaan itseensä ilman typpeä, eivätkä ne näin ollen ole yhtä riippuvaisia veden ravinnepitoisuudesta kuin monet muut lajiryhmät







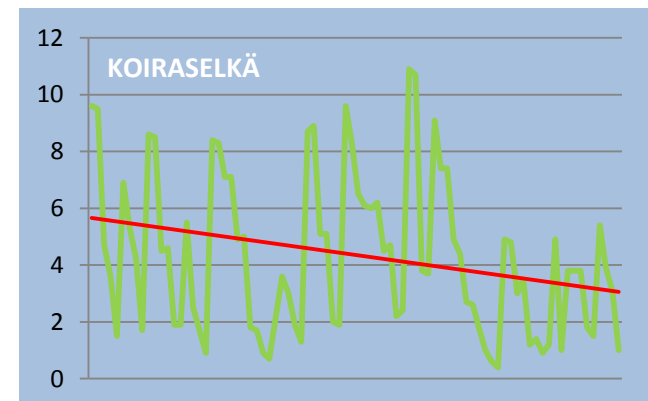
# Umpeenkasvulle herkät alueet (punainen)





# Hapettomuus uhkana Kyyvedellä

- Vuotuisten keskilämpötilojen noustessa talvi- ja jääaika lyhenevät, vesistöjen kevätkierto aikaistuu ja syyskierto myöhentyy.
- Kun järvien kesäaikainen lämpötilakerrostuneisuus pidentyy ja vesistöjen perustuotanto kasvaa, pohjien happitilanne voi huonontua aiempaa nopeammin ja hapettomat olot voivat kestää pitempiä aikoja.
- Vähähappiset olosuhteet suosivat matalaan happipitoisuuteen sopeutuneita lajeja esim. lahna
- Hapettomuus vapauttaa pohjaan varastoituneita ravinteita ja voimistaa vesistön sisäistä kuormitusta ja rehevöitymistä.





- Tuottavuuden kasvu lisää pohjalle tulevan orgaanisen aineksen määrää sekä eliöiden yksilömääriä ja hapenkulutusta.  
Tällä on vaikutusta eliöyhteisöiden koostumukseen ja tyypillisesti rehevöitymisen seurauksena lajirunsaus pienenee.
- Rehevöitymisestä hyötyviä kaloja Kyyvedellä ovat esimerkiksi kuha sekä useat särkikalat
- Lohensukuiset kalat taantuvat
- Vesieliöstö muuttuu eteläisemmäksi