

Rinnakkaissaostuksesta biologiseen fosforinpoistoon

Sakari Pitkämäki
Huittisten puhdistamo oy

16.5.2019

#vesihuolto2019

1

1

Perinteinen rinnakkaissaostus

- Fosfori saostetaan jätevedestä kemiallisesti
- Esimerkiksi ferrisulfaattia lisätään, jotta siinä oleva rauta muodostaa liukoisen fosforin kanssa niukkaliukoista suolaa, joka laskeutuu jälkiselkeytyksessä.
- Typpi ja orgaaninen aines poistetaan biologisesti.

16.5.2019

#vesihuolto2019

2

2

Biologinen fosforinpoisto

- Fosforia sitoutuu normaalisti mikrobien kasvussa, mutta siten poistuu vain noin 10-20 % fosforista.
- Fosforia varastoivat organismit (PAO) varastoivat kasvuunsa nähden ylimäärin fosforia polyfosfaattina.
- Näiden organismien avulla voidaan päästä jopa alle 0,1 mg/l poistuvan veden fosforipitoisuuteen.
- Fosfori poistuu ylijäämälietteen mukana biomassaan sitoutuneena.

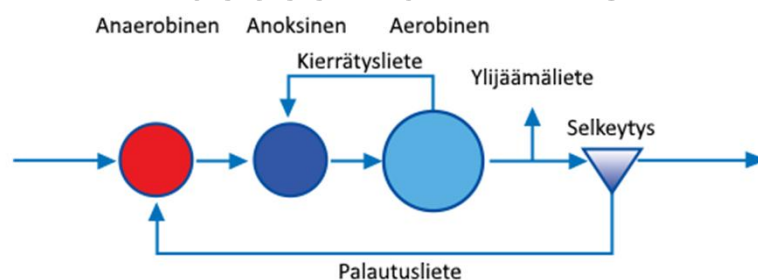
16.5.2019

#vesihuolto2019

3

3

Prosessimalli – A²O



Henze, M., van Loosdrecht, Mark C M, Ekama, G.A. & Brdjanovic, D. (2008). Biological Wastewater Treatment : Principles, Modelling and Design. IWA Publishing, London.

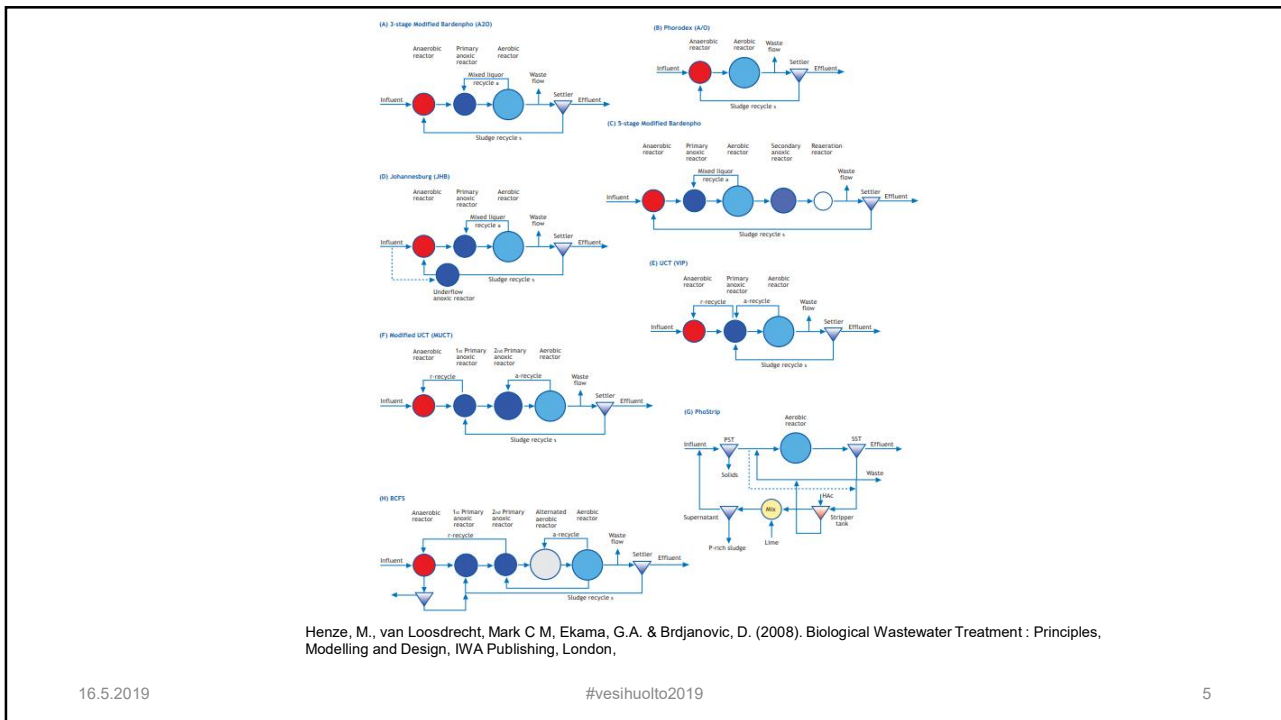
- Anaerobinen vaihe: ei liuennutta happea, ei nitraattia tai nitriittiä
- Anoksinen vaihe: ei liuennutta happea
- Aerobinen vaihe: liuennutta happea >1 mg/l

16.5.2019

#vesihuolto2019

4

4



5

Biologisen fosforinpoiston mikrobiologia

- Anaerobinen vaihe:
 - Fermentoivat mikro-organismit fermentoivat helposti hajoavaa orgaanista hiiltä (rbCOD) haihtuviksi rasvahapoiksi (VFA)
 - PAO:t vapauttavat varastoimaansa polyfosfaattia ja käyttävät veteen liuennutta VFA:ta muodostaakseen solunsisäisiä hiilivarastoyhdisteitä. (PHA, polyhydroksyylialkanoottaatteja)
 - PAO:t saavat muihin organismeihin nähden kilpailuedun, sillä muut tarvitsevat ulkoisen elektroniakseptorin VFA:n hyödyntämiseen.

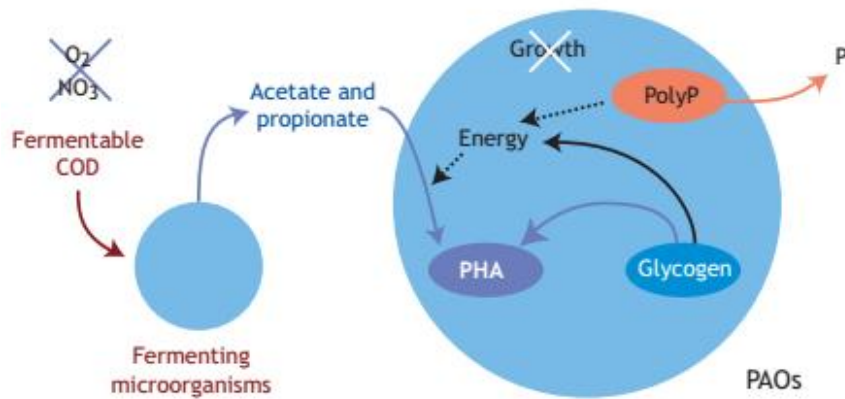
16.5.2019

#vesihuolto2019

6

6

Anaerobinen metabolia



Henze, M., van Loosdrecht, Mark C M, Ekama, G.A. & Brdjanovic, D. (2008).
Biological Wastewater Treatment : Principles, Modelling and Design

16.5.2019

#vesihuolto2019

7

7

Biologisen fosforinpoiston mikrobiologia

- Aerobinen vaihe:
 - Varastoitu PHA käytetään solun kasvuun ja fosfaattifosforin varastointiin.
 - Vaatii happea (joissain tapauksissa voi tapahtua anoksisesti nitraatin avulla)
 - Poistaa myös metalli-ioneja vedestä (Mg, K, Ca)

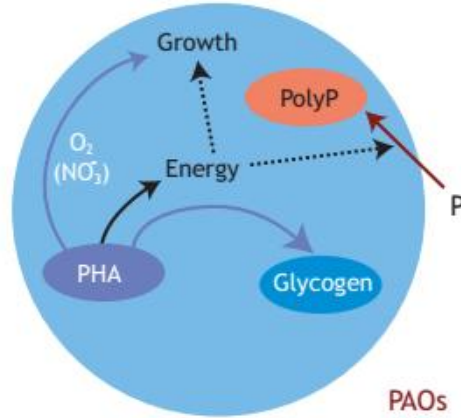
16.5.2019

#vesihuolto2019

8

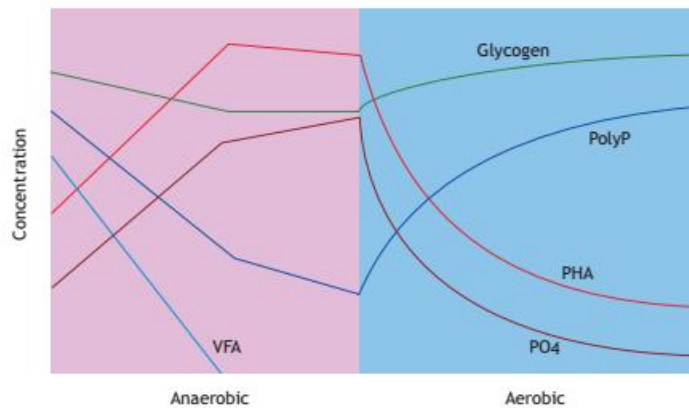
8

Aerobinen metabolia



Henze, M., van Loosdrecht, Mark C M, Ekama, G.A. & Brdjanovic, D. (2008). Biological Wastewater Treatment : Principles, Modelling and Design

Aineiden konsentraatioita EBPR-prosessin vaiheissa



Henze, M., van Loosdrecht, Mark C M, Ekama, G.A. & Brdjanovic, D. (2008). Biological Wastewater Treatment : Principles, Modelling and Design

Biologisen fosforinpoiston vaatimukset

- Tertiäärikäsittely
- Nitraatin ja hapen määrä anaerobilohkossa vähäinen
- Riittävästi helposti hajoavaa orgaanista ainetta suhteessa fosforiin

Parametrisuhde	M&E minimi	Huittinen
COD:P	> 60	96
BOD:P	> 30	50
rbCOD:P	> 18	-
VFA:P	> 8	-

Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering, 5th edition

16.5.2019

#vesihuolto2019

11

11

Biologisen fosforinpoiston vaatimukset - VFA

- VFA:n saatavuus anaerobilohkossa olennaisinta.
- VFA muodostuu fermentoitavissa olevasta helposti biohajoavasta COD:sta
- Jos anaerobilohkossa on nitraattia tai happea, tavalliset heterotrofit käyttävät niitä elektroniakseptoreinaan ja hyödyntävät tätä COD:ta kasvuunsa ennen kuin se fermentoituu.

16.5.2019

#vesihuolto2019

12

12

Biologisen fosforinpoiston vaatimukset - VFA

- Mistä saada lisää VFA:ta?
 - Primäärilietteen fermentointi
 - Esiselkeytyksen ohitus
 - Pitkät viipymät viemärissä

16.5.2019

#vesihuolto2019

13

13

Jälkivapautuminen

- Fosforin jälkivapautuminen PAOista tapahtuu anaerobisissa olosuhteissa ilman, että VFA:ta on saatavilla.
- PAOt käyttävät hitaasti fosforia solun ylläpitoon.
- Fosforin vapautuessa ei muodostu PHA:ta.
- Huomioitava lietteenkäsittelyssä. Liian pitkät anaerobiset viipymät aiheuttavat korkeaa fosforipitoisuutta rejektivesissä.
- Jos lietteenkäsittelyssä VFA:ta vapaana, nopeutuu vapautuminen entisestään.

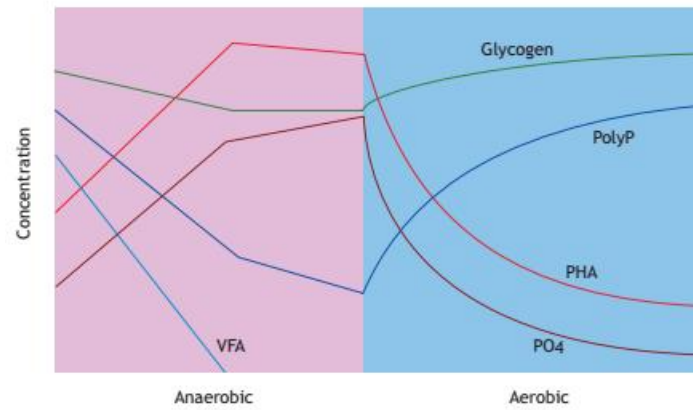
16.5.2019

#vesihuolto2019

14

14

Aineiden konsentraatioita EBPR-prosessin vaiheissa



Henze, M., van Loosdrecht, Mark C M, Ekama, G.A. & Brdjanovic, D. (2008).
Biological Wastewater Treatment : Principles, Modelling and Design

16.5.2019

#vesihuolto2019

15

15

Jälkivapautuminen

- Kuitenkin vain 20-40 % lietteeseen sitoutuneesta fosforista on havaittu palaavan rejektivesissä.
- Loput PAOjen liukoiseen muotoon vapauttamasta polyfosfaatista saostuu struviittina ja kalsiumvetyfosfaattina.

16.5.2019

#vesihuolto2019

16

16

Kilpailevat mikrobit

- Glykogeeniä varastoivat organismit (GAO)
 - Toimivat samalla tavalla kuin PAO:t, mutta varastoivat glykogeeniä polyfosfaatin sijaan, eivätkä siten poista fosforia.
- GAO-PAO kilpailuun vaikuttaa
 - Lämpötila
 - pH
 - Asetaatti-propionaattisuhde
 - P:VFA-suhde

16.5.2019

#vesihuolto2019

17

17

Kilpailevat mikrobit

	100 % HAc			75-25 % HAc-HPr			50-50 % HAc-HPr			100 % HPr			
Temperature	30 °C	Competi	Competi	Competi	PAO	PAO	PAO	Alpha	Alpha	PAO	Alpha	Alpha	Alpha
				PAO	Alpha			PAO	PAO		Alpha	Alpha	Alpha
	20 °C	Competi	Competi	PAO	PAO	PAO	PAO	PAO	PAO	PAO	Alpha	Alpha	PAO
	PAO	PAO											
10 °C	PAO	PAO	PAO	PAO	PAO	PAO	PAO	PAO	PAO	PAO	PAO	PAO	PAO
	6.0	7.0	7.5	6.0	7.0	7.5	6.0	7.0	7.5	6.0	7.0	7.5	
	pH			pH			pH			pH			

Lopez-Vazquez, C.M., Oehmen, A., Hooijmans, C.M., Brdjanovic, D., Gijzen, H.J., Yuan, Z. & van Loosdrecht, M.C.M. (2009). Modeling the PAO-GAO competition: Effects of carbon source, pH and temperature, *Water Research*, Vol. 43(2), pp. 450-462.

16.5.2019

#vesihuolto2019

18

18

Saavutetut hyödyt

- Kemikaalikustannukset laskevat, kun ferrisulfaattia ei tarvita.
- Kun fosfori ei ole metalliin sitoutuneena, lietteestä voidaan saostaa fosfori struviittina maatalouden käyttöön.

16.5.2019

#vesihuolto2019

19

19

Suomalaisten juomavettä puhdistetaan kaatopaikkajätteellä – Kemira joutui uuteen tilanteeseen pigmenttitehtaan palon takia

Porin pigmenttitehtaan tulipalo kaksi vuotta sitten keskeytti Suomen ainoan vesikemikaalitehtaan raaka-aineen saannin.

Porin 8.1.2019 klo 13:30



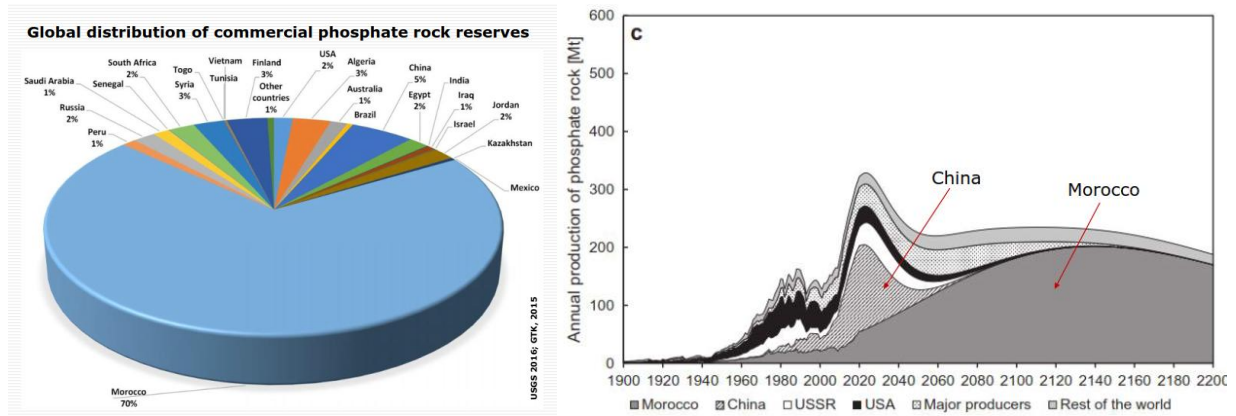
16.5.2019

#vesihuolto2019

20

20

Fosfori on rajallinen luonnonvara



Arno Rosemarin (2016) [Phosphorus a Limited Resource – Closing the Loop](#),
Global Status of Phosphorus Conference, Malmö, Sweden

16.5.2019

#vesihuolto2019

21

21

Huittisten puhdistamo

- Puhdistaa Huittisten, Sastamalan ja Punkalaitumen jätevesiä
- AVL noin 80 000
- Alueella elintarviketeollisuutta

	Enimmäispitoisuus, mg/l	Vähimmäisteho, %
BOD _{7ATU} O ₂	15	95
COD _{Cr} O ₂	60	90
Kiintoaine	15	95
Fosfori, P	0,3	95
Kokonaistyyppi, N	-	70

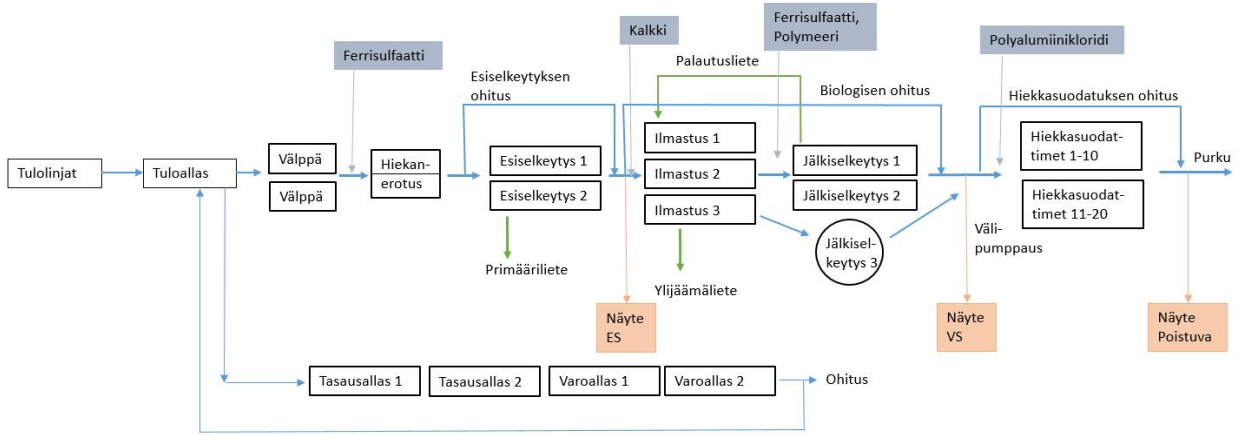
16.5.2019

#vesihuolto2019

22

22

Huittisten puhdistamo



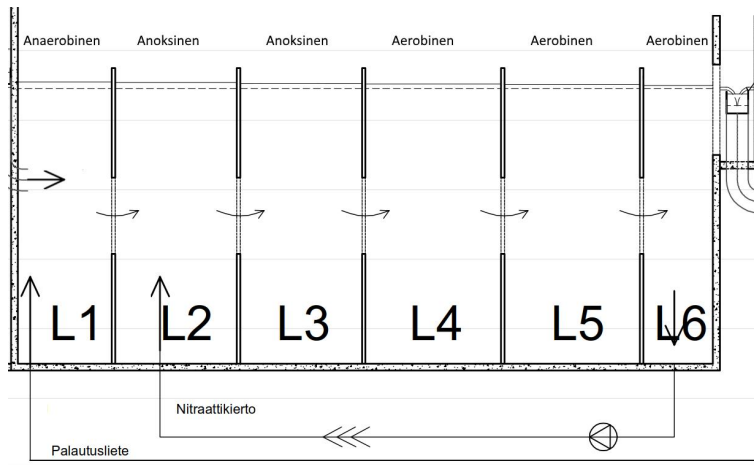
16.5.2019

#vesihuolto2019

23

23

Aktiivilietteen lohkojako

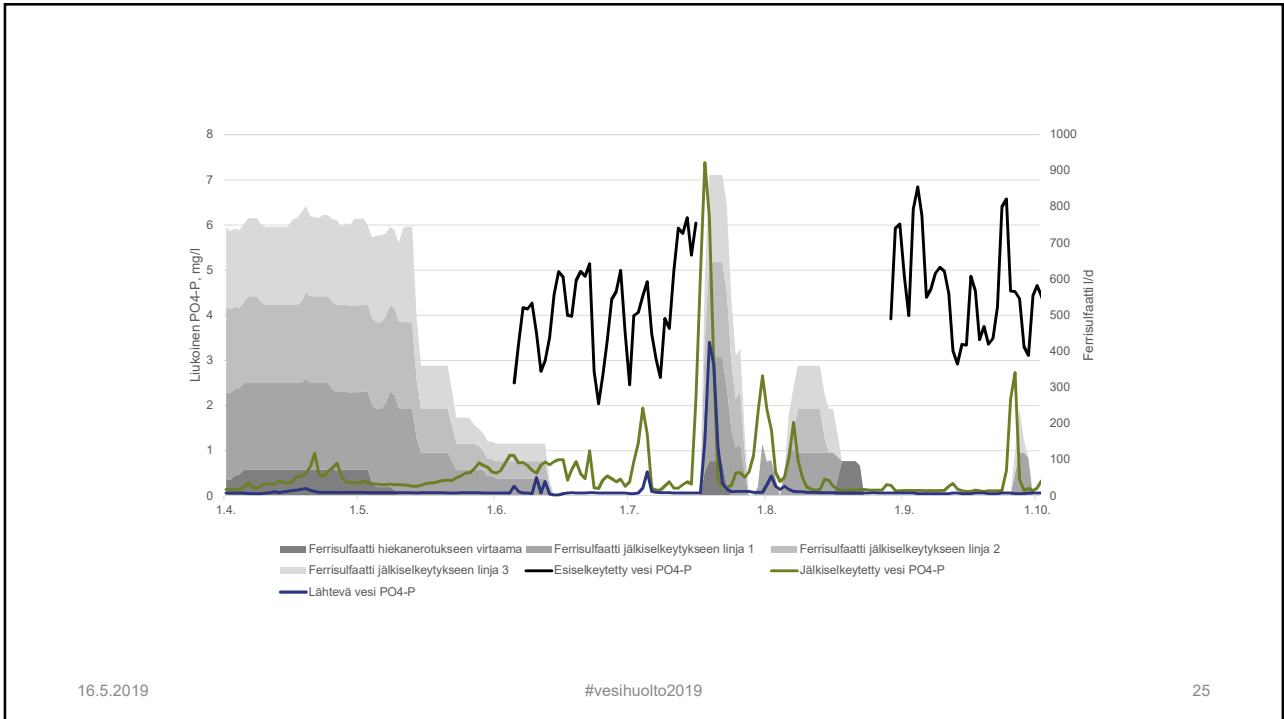


16.5.2019

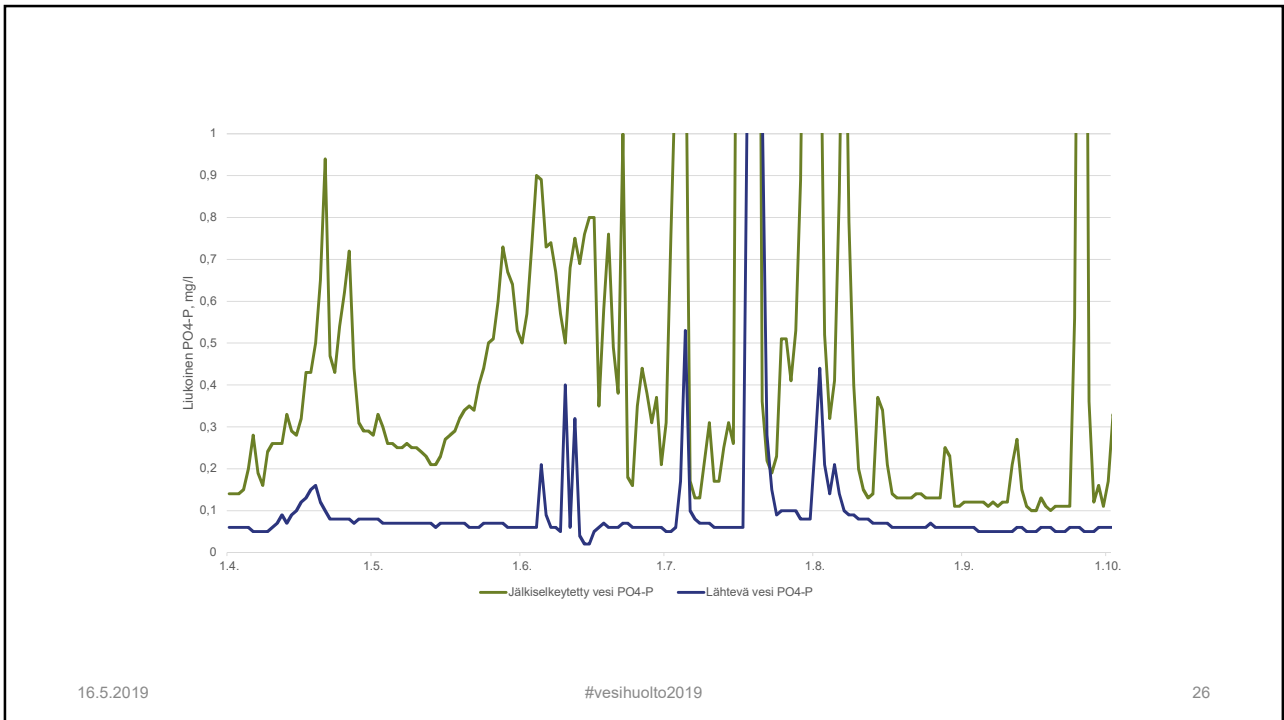
#vesihuolto2019

24

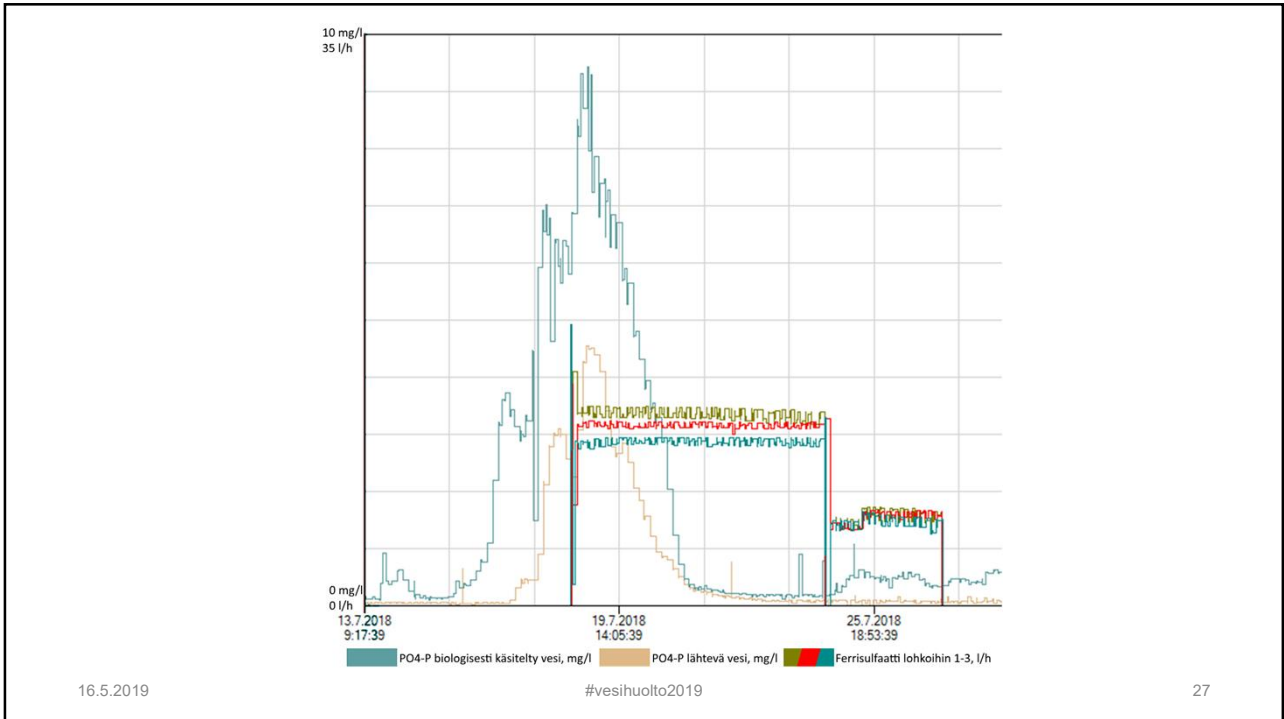
24



25



26



27



28