

Jätevesien lääkejäämien käsittelyn kustannustehokkuus

Vesihuoltopäivät 2019

Jyrki Laitinen
Suomen ympäristökeskus
15.5.2019



S Y K E

#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo

1

Sisältö

1. Jätevesien sisältämät lääkejäämät
2. Mahdolliset haitat ja haitattomat pitoisuudet
3. Käsittelymenetelmiä
4. Tarkastelun periaatteet
5. Kustannustehokkuuden arviointi
6. Hyötyjen arviointi
7. Muita lääkeaineiden vähentämismenetelmiä



S Y K E

#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo

2

Lähtökohta

"In wine there is wisdom, in beer there is freedom, in water there is bacteria" (tiedemies-diplomaatti Benjamin Franklin 1700-luvulla)

Miten siis saataisiin vesi käyttökelpoisen puhtaaksi hyväksyttävien kustannuksin?



#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo

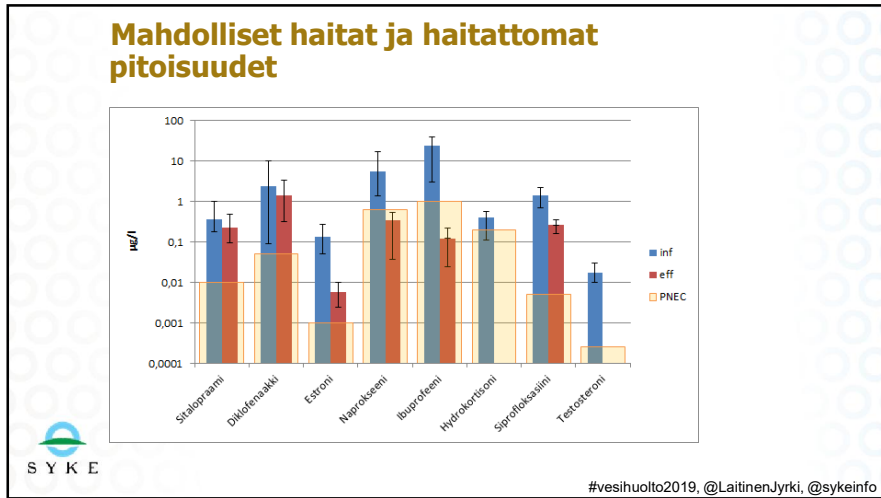


Jätevesien sisältämät lääkejäämät

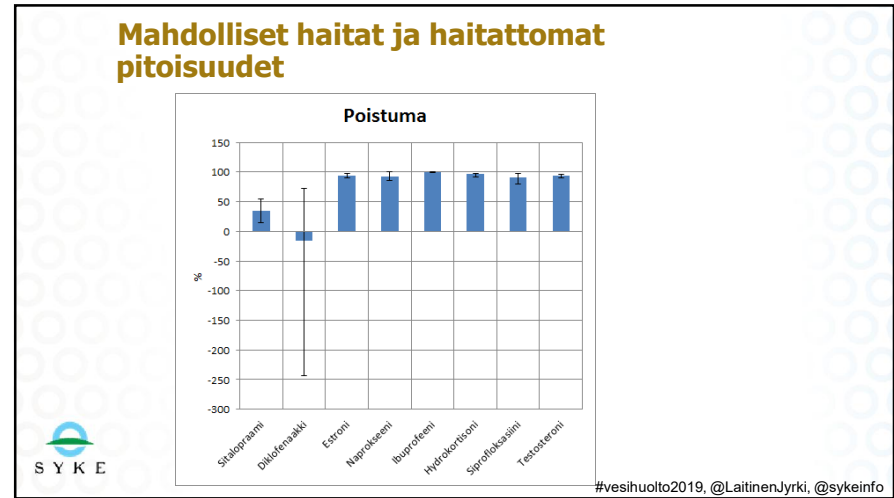
Rinnekoti batch puhdistamon	Raaka	UF per	UF+RO Per		PCO 0.5		PCO 1		PCO 3.5		UF+PCO 0.5		UF+PCO 1		UF+PCO 3.5		
			Pointo	Pointo	250 W	Pointo	250 W	Pointo	250 W	Pointo	250 W	Pointo	250 W	Pointo	250 W	Pointo	250 W
Lääkkeet ja homet																	
Parasetamoli (asetaminofeeni)	88	80	9%	8,6	90%	68	23%	29	67%	4,1	95%	42	52%	15	83%	3	97%
Bitoprololi	0,34	0,36	-6%	0,035	90%	0,23	32%	0,2	41%	<0,1	<0,05	0,24	29%	0,17	50%	<0,1	<0,05
Diltiazemili	0,052	0,051	2%	<0,005		<0,05	<0,05	<0,2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,05	<0,2	<0,05	<0,2	<0,05
Doksisykliini	0,21	<0,2		<0,020		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,13	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Enalapriili	<0,1	<0,1		<0,020		<0,0	<0,0	<0,0	<0,0	<0,0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Furosemidi	1,5	1,1	27%	0,1	93%	0,78	48%	<0,5	<0,5	<0,5	0,53	65%	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Hydrokortisoni	1,1	1,1	0%	0,16	85%	1,2	9%	1,1	0%	0,93	52%	1,1	0%	1,1	0%	<0,5	<0,5
Ibuprofeeni	7,7	7,1	8%	1	87%	7,1	8%	<0,5	5,5	25%	6,9	10%	6,6	14%	3	61%	61%
Karbamazepiini	2,3	2,5	-9%	0,25	89%	1,8	22%	1,5	35%	<0,05	1,7	26%	1,2	48%	<0,05	<0,05	<0,05
Kofeiini	250	250	0%	26	90%	200	20%	180	26%	150	40%	230	6%	210	16%	110	56%
Metoprololi	0,36	0,37	-3%	0,036	90%	0,14	61%	0,14	61%	0,069	81%	0,31	42%	0,16	56%	<0,05	<0,05
Nitrofurantoiini	2,2	2,3	-6%	0,2	91%	1,7	23%	1,3	41%	<0,1	<0,1	1,7	23%	1,1	50%	<0,1	<0,1
Propafenololi	0,12	0,11	8%	0,01	92%	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Statinsivami	0,34	0,31	8%	0,025	93%	0,23	32%	0,18	47%	<0,1	<0,1	0,16	53%	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Propofoloni	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001		<0,01	0,013	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetrasoloni	0,014	0,022	-57%	0,002	86%	<0,01	0,013	7%	<0,01	<0,01	0,012	14%	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Itseensä	104,136	104,323	9%	10,418	90%	21,118	21%	21,446	49%	10,629	90%	104,352	20%	126,39	34%	116	67%
Itsenäköisiä	104,136	95,923	9%	10,418	90%	21,118	22%	33,446	68%	10,629	90%	104,552	48%	125,33	76%	6	94%
Pestitoidit/muut GC																	
2,4-dikloorifenoili	0,035	0,03	14%	0,006	83%	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,007	80%	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
kaaloon-3-metyylifenoili	0,024	0,029	-15%	<0,005		0,48	-112%	0,22	-547%	<0,005	0,023	62%	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Permetriini	0,012	<0,005	<0,005	<0,005		0,064	-83%	0,064	-83%	0,013	-18%	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Permetriini, cis-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		<0,05	<0,05	<0,05	0,014	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Permetriini, trans-	0,009	<0,005	<0,005	<0,005		<0,05	<0,05	<0,05	0,019	-27%	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Triksolaari	0,006	<0,005	<0,005	<0,005		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
DEET (N,N-dietyyylim-estermi)	0,015	0,021	-31%	<0,005		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,016	7%	0,021	-47%	0,017	-13%	0,006	62%
Yhteensä	0,111	0,08	28%	0,006	95%	0,644	-90%	0,284	-156%	0,102	8%	0,041	63%	0,017	85%	0,006	95%

Alla määritysraja
Esiintyy vaikka ei ole määrityksessä

#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo



5



6

Mahdolliset haitat ja haitattomat pitoisuudet

Rinneotti: Havaitut lääkeaineet ja poistotehokkuudet									
Influent (31.5.2018)	PCD		UF+PCD		Effluent (28.11.2016)	PCD		UF+PCD	
	µg/l	0,5 kWh/m ³	250 W	0,5 kWh/m ³		250 W	UF+RO	0,5 kWh/m ³	250 W
Kofeiini	250	20 %	8 %	90 %	Kofeiini	0,012	99 %	-	17 %
Bisoprololi	0,34	32 %	29 %	90 %	Bisoprololi	0,18	88 %	91 %	82 %
Hydroklooritiatsidi	1,1	-9 %	0 %	85 %	Hydroklooritiatsidi	0,83	83 %	92 %	6 %
Karbamatsepiini	2,3	22 %	26 %	89 %	Karbamatsepiini	3,1	100 %	-	58 %
Diklofenaaki	0,052	-	-	-	Diklofenaaki	0,33	-	-	82 %
Metoprololi	0,36	61 %	42 %	90 %	Metoprololi	0,44	85 %	88 %	78 %
Furosemiidi	1,5	48 %	65 %	93 %	Furosemiidi	0,29	-	-	70 %
Propranololi	0,12	-	-	92 %	Propranololi	0,23	-	-	61 %
Naprokseeni	2,2	23 %	23 %	91 %	Naprokseeni	0,082	-	-	46 %
Sitalopraami	0,34	32 %	53 %	93 %	Sitalopraami	0,26	89 %	96 %	90 %
Parasetamoli (asetaminofeeni)	88	23 %	52 %	90 %	Salbutamoli	0,2	-	-	78 %
Ibuprofeeni	7,7	8 %	10 %	87 %	Sotaloli	0,14	-	-	51 %
Doksisykliini	0,21	-	-	-	Fluoksetiini	0,068	-	-	-
Testosteroni	0,014	-	14 %	86 %	Ketoprofeeni	0,022	-	-	-
					Metronidatsoli	0,059	-	-	51 %
					Trimetopriimi	0,036	-	-	69 %
					Varfarini	0,007	-	-	-
Yhteensä	354,236	21 %	20 %	90 %	Yhteensä	6,286	96 %	98 %	57 %

Heikosti poistuvat jätevedenpuhdistamolla
Hyvin poistuvat jätevedenpuhdistamolla
- Alle määritysrajan

#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo

7

Kustannustehokkuuden arviointi

- Investointi- ja käyttökustannusten arviointia
 - VVY, 2016 (Teknis-taloudellinen tarkastelu jätevesien käsittelyn tehostamisesta Suomessa)
 - THL, 2018 CONPAT-hanke, (Juomavesien epäpuhtauksien poistotekniikat talous- ja jätevesilaitoksilla)
- Elinkaarikustannuslaskenta LCC
 - SYKE, LUT, HY, 2019, EPIC-hanke



S Y K E

#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo

8

Kustannustehokkuuden arviointi

Käyttökustannusarviot (euroa/m³) vaihtelevat tehdyissä tutkimuksissa merkittävästi

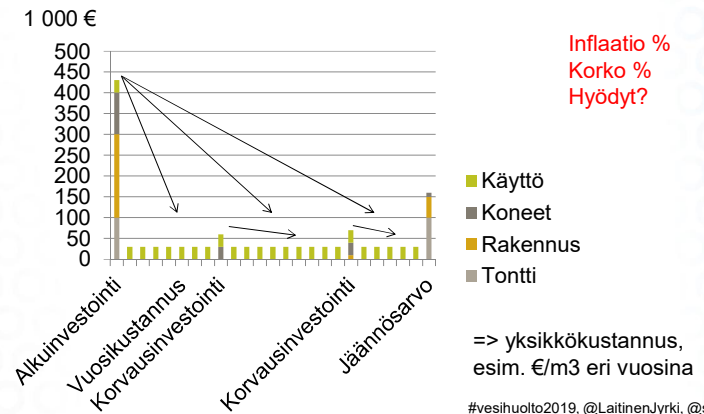
1. Aktiivihili
 - 0,0039 – 0,5 (GAC)
 - 0,036 - 1,1 (PAC)
2. Ultrasuodatus 0,08
3. Nanosuodatus 0,35
4. Käänteisosmoosi 0,52
5. Otsonointi 0,06 – 0,07
6. AOP (H₂O₂+UV) 0,14 – 0,32



#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo

9

Tarkastelun periaatteita – elinkaarikustannuslaskenta LCC



10

Kustannustehokkuuden arviointi

1. Sähköpurkausmenetelmä PCD + kalvosuodatus
2. Entsyymimenetelmä pCure



S Y K E

#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo

11

Kustannustehokkuuden arviointia

Lähtötiedot

Kustannusarviossa on käytetty kustannustekijöille seuraavia yksikköhintoja.

Sähköenergia 0,10 euroa/kWh
 Henkilötyötä ei huomioitu käyttökustannuksissa
 pCure entsyymielementit 7 euroa/kpl

Investointien kuoletusaikoina käytettiin:

Rakenteet 50 vuotta
 Laitteet ja koneisto 15 vuotta
 Laskentakorkona käytettiin 3 %, inflaatio 0 %



S Y K E


#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo

12

Kustannustehokkuuden arviointia

Sähköpurkausmenetelmä PCD + kalvosuodatus UF
Alustavia laskelmia 750 m³/d

	Vuosi		
	1-15	16-30	31-50
Building	3 887	3 887	3 887
Equipment	6 819	6 819	6 819
Pumps	0	0	0
Operation costs	31 900	35 659	39 866
Cost €/a	42 605	46 365	50 572
Cost €/m³	0,16	0,17	0,18

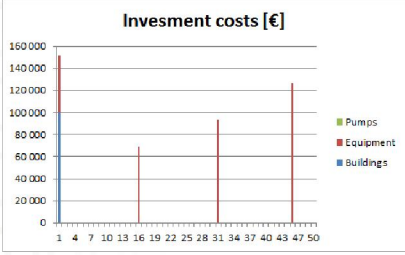

#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo

13

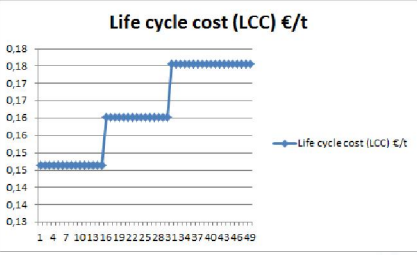
Kustannustehokkuuden arviointia


Sähköpurkausmenetelmä PCD + kalvosuodatus

Investment costs [€]



Life cycle cost (LCC) €/t




#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo

14

Kustannustehokkuuden arviointi

Entsyymimenetelmä pCure
Alustavia laskelmia 750 m³/d

	Vuosi		
	1-15	16-30	31-50
Buildings	0	0	0
Equipment	0	0	0
Pumps	0	0	0
Operation costs	379 167	417 083	458 792
Cost €/a	379 167	417 083	458 792
Cost €/m³	1,39	1,52	1,68
	0	0	



S Y K E

#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo

15

Hyötyjen arviointi

1. Poistetut tai vähennetyt aineet ja niiden vaikutukset
2. Prosessista saavutettava etu, prosessin sijainti, merkitys lietteen hyötykäyttöön
3. Arvio hyödyistä verrattuna mahdollisiin raja-arvoihin
4. Vahingon kustannukset



S Y K E

#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo

16

Kustannustehokkuuden arviointi - johtopäätöksiä

1. Elinkaarikustannusmenetelmällä saadaan arvioitua yksikkökustannuksia huomioiden alku- ja korvausinvestointi- sekä käyttökustannukset prosessin koko elinkaaren ajalle
2. Laskettua kuutiohintaa voi verrata eri prosessien kesken, laskennan epävarmuudet vaikuttavat kaikkiin
3. Eri menetelmien vaikutukset eri lääkeaineisiin vaikeuttaa vertailua
4. Kalvosuodatus + PCD tertiäärikäsittelynä, entsyymimenetelmä päästölähteellä, esim. hoitolaitoksessa
5. Lopullinen ratkaisu on tapauskohtainen ja mahdollisesti eri menetelmien yhdistelmä
6. Kustannusten vaikutus ei tuo merkittävää painetta veden hintaan



S Y K E

#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo

17

Muita lääkeaineiden vähentämismenetelmiä

Menetelmä	Vaikutus	Käyttö-kelpoisuus	Kustannus
Tietoisuuden parantaminen • Kotitaloudet, lääkärit, sairaalat, hoitolaitokset, apteekit, lääketehtaat	Hyvä estämään aineiden pääsyä viemäriveriin ja ympäristöön	Hidas	Pieni
Lainsäädäntö, käyttörajoitukset tai päästörajoitukset	Vaikuttaa teknologioiden kehittymiseen ja käyttöönottoon	Nopea	Suuri
Jätehuollon parantaminen • Kotitaloudet, lääkärit, sairaalat, hoitolaitokset, apteekit, lääketehtaat	Vaikutus ympäristö-kuormaan	Nopea	Kohtalainen



S Y K E

#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo

18

Kiitos!



Jyrki Laitinen
Suomen ympäristökeskus SYKE
jyrki.laitinen@ymparisto.fi



S Y K E

#vesihuolto2019, @LaitinenJyrki, @sykeinfo