

# **Suunnitteluohjeet kemiallisen saostuksen toimintavarmuuden parantamiseksi vesihuollossa**

Vesilaitosyhdistyksen  
monistesarja nro 74

Helsinki 2022

Tämä julkaisu on toteutettu Huoltovarmuuskeskuksen, sosiaali- ja terveysministeriön, maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön toimeksiannosta ja rahoituksella.



Maa- ja metsätalousministeriö  
Jord- och skogsbruksministeriet



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

Julkaisun on laatinut AFRY Finland Oy.



Julkaisun jakelu:

Vesilaitosyhdistys  
Ratamestarinkatu 7 B  
00520 Helsinki

puh. (09) 868 9010  
sähköposti: [vvy@vvy.fi](mailto:vvy@vvy.fi)  
kotisivu [www.vvy.fi](http://www.vvy.fi)

ISSN-L 2242-7279  
ISSN 2242-7279

ISBN 978-952-6697-72-7

Helsinki 2022

<b>KUVAILEHTI</b>							
<i>Julkaisija</i>	Suomen Vesilaitosyhdistys ry						
<i>Tekijät</i>	AFRY Finland Oy Maija Vilpanen, Johanna Herttuainen, Kristian Sahlstedt, Sami Nieminen, Emma-Tuulia Nurmesniemi, Juha Arvas, Paula Seppälä, Anne-Mari Aurola						
<i>Julkaisun nimi</i>	Suunnitteluohjeet kemiallisen saostuksen toimintavarmuuden parantamiseksi vesihuollossa						
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 74						
<i>Julkaisun teema</i>							
<i>Saatavuus</i>	Julkaisu on saatavissa Vesilaitosyhdistyksen verkkosivuilta.						
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Tämä julkaisu on laadittu täydentämään vuonna 2020 julkaistua raporttia ”Kemiallisen saostuksen huoltovarmuuden parantaminen Suomen vesihuollossa”. Julkaisussa esitetään suunnitteluohjeet kemiallisen saostuksen toimintavarmuuden parantamiseksi kaikenkokoisten vesilaitosten ja jätevedenpuhdistamoiden suunnitteluun sekä suunnittelijoiden että vesihuoltolaitosten käyttöön.</p> <p>Saostuskemikaalin saatavuushäiriöihin tulisi varautua lisäämällä vesihuoltolaitosten omaa saostuskemikaalien varastokapasiteettia. Varastoidun kemikaalin tulisi olla vesihuoltolaitoksen omistuksessa ja määräysvallassa. Vesihuoltolaitokset voivat kuitenkin tehdä yhteistyötä varastoinnissa esimerkiksi hankintarenkaan kautta.</p> <p>Vesilaitoksilla ja jätevedenpuhdistamoilla tulisi olla riittävästi saostuskemikaalia varastossa, jotta laitos voi ylläpitää toimintaansa ilman saostuskemikaalin toimitusta neljä (4) viikkoa. Toiminnan ylläpitäminen voidaan varmistaa joko lisäämällä varastointikapasiteettia tai mahdollistamalla vaihtoehdoisen saostuskemikaalin käyttö tai muilla prosessimuutoksilla.</p> <p>Kaikkien pintavesilaitosten ja jätevedenpuhdistamoiden tulisi pystyä käyttämään useampaa kuin yhtä saostuskemikaalia. Vaihtoehdoisen saostuskemikaalin käyttö voi edellyttää mm. koneisto- tai prosessimuutoksia. Kemikaalin vaihto tulee suunnitella hyvissä ajoin etukäteen.</p>						
<i>Avainsanat</i>	Varautuminen, kemiallinen saostus, talousveden tuotanto, jätevedenpuhdistus						
<i>Rahoittajat</i>	Huoltovarmuuskeskus, maa- ja metsätalousministeriö, sosiaali- ja terveysministeriö ja ympäristöministeriö						
	<table border="1"> <tr> <td><i>ISBN</i> 978-952-6697-72-7</td> <td><i>ISSN</i> 2242-7279</td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Sivuja</i> 56</td> <td><i>Kieli</i> suomi</td> <td><i>luottamuksellisuus</i> julkinen</td> </tr> </table>	<i>ISBN</i> 978-952-6697-72-7	<i>ISSN</i> 2242-7279		<i>Sivuja</i> 56	<i>Kieli</i> suomi	<i>luottamuksellisuus</i> julkinen
<i>ISBN</i> 978-952-6697-72-7	<i>ISSN</i> 2242-7279						
<i>Sivuja</i> 56	<i>Kieli</i> suomi	<i>luottamuksellisuus</i> julkinen					
<i>Julkaisun jakelu</i>	Vesilaitosyhdistys, www.vvy.fi						

<b>BESKRIVNINGSBLAD</b>			
<i>Publicerat av</i>	Finlands Vattenverksförening r.f.		
<i>Författare</i>	AFRY Finland Oy Maija Vilpanen, Johanna Herttuainen, Kristian Sahlstedt, Sami Nieminen, Emma-Tuulia Nurmesniemi, Juha Arvas, Paula Seppälä, Anne-Mari Aurola		
<i>Publikationens titel</i>	Projekteringsriktlinjer för att förbättra driftsäkerhet av kemisk fällning i vattenförsörjning		
<i>Publikationsseriens titel och nummer</i>	Vattenverksföreningens duplikatserie nr 74		
<i>Publikationens tema</i>			
<i>Tillgänglighet</i>	Publikationen finns på Vattenverksföreningens webbsida.		
<i>Sammanfattning</i>	<p>Denna publikation har tagits fram som ett tillägg till rapporten som publicerades 2020 "Förbättring av försörjningsberedskap för kemisk fällning i Finlands vattenförsörjning". Publikationen presenterar projekteringsriktlinjer för att förbättra driftsäkerhet av kemisk fällning i projektering av vattenverk och avloppsreningsverk av alla storlekar. Dokumenten är riktad till både projektörer och vattenförsörjningsverk.</p> <p>Beredskap för avbrott i tillgången på utfällningskemikalier bör förbättras genom att öka vattenförsörjningsverks egen lagringskapacitet för utfällningskemikalier. Den lagrade kemikalien bör ägas och kontrolleras av vattenverket. Däremot kan vattenförsörjningsföretag samarbeta i lagring, till exempel genom en upphandlingsring.</p> <p>Vattenverk och avloppsreningsverk bör ha tillräckligt med utfällningskemikalie i lager för att anläggningen ska kunna fortsätta att fungera utan tillförsel av utfällningskemikalie under fyra (4) veckor. Upprätthållande av driften kan säkerställas antingen genom att öka lagringskapaciteten eller genom att tillåta användning av en alternativ utfällningskemikalie eller genom andra processförändringar.</p> <p>Alla ytvattenverk och avloppsreningsverk bör kunna använda mer än en utfällningskemikalie. Användningen av en alternativ utfällningskemikalie kan kräva t.ex. maskin- eller processförändringar. Bytet av kemikalien bör planeras i god tid.</p>		
<i>Nyckelord</i>	Beredskap, kemisk fällning, produktion av hushållsvatten, avloppsvattenrening		
<i>Finansiär/uppdragsgivare</i>	Försörjningsberedskapscentralen, jord- och skogsbruksministeriet, social- och hälsovårdsministeriet och miljöministeriet		
	<i>ISBN</i> 978-952-6697-72-7	<i>ISSN</i> 2242-7279	
	<i>Sidantal</i> 56	<i>Språk</i> finska	<i>Konfidentialitet</i> offentlig
<i>Distribution av publikationen</i>	Vattenverksföreningen, <a href="http://www.vvy.fi">www.vvy.fi</a>		

## ESIPUHE

Tässä julkaisussa esitetään suunnitteluohjeet kemiallisen saostuksen toimintavarmuuden parantamiseksi suomalaisilla vesihuoltolaitoksilla. Ohjeet ovat jatkoa vuonna 2019 toteutetulle Kemiallisen saostuksen huoltovarmuuden parantaminen -hankkeelle, jossa tunnistettiin tarve kansallisten suunnitteluohjeiden laatimisesta kemiallisen saostuksen toimintavarmuuden parantamiseksi.

Suunnitteluohjeet tukevat kaikenkokoisten kemiallista saostusta käyttävien vesilaitosten ja jätevedenpuhdistamoiden käyttöä ja suunnittelua. Laitostasolla käytetyn saostuskemikaalin saatavuushäiriöihin varaudutaan riittävällä laitoksen omassa käytössä olevalla saostuskemikaalien varastolla. Ohjeessa suositellaan, että vesilaitosten ja jätevedenpuhdistamoiden saostuskemikaalinvarasto riittää ylläpitämään toimintaa neljä (4) viikkoa, vaikka kemikaalitoimitus katkeaisi. Tämä aikaikkuna mahdollistaa tarvittaessa vaihtoehtoisen kemikaalin käyttöön siirtymisen. Vaihtoehtoisten saostuskemikaalien käyttöönoton mahdollistamiseksi tarvittavat tekniset ja tuotannon ennakkojärjestelyt ja toimenpiteet on tarkasteltu vedenkäsittelyn ja jätevedenpuhdistuksen näkökulmista. Tarvittavia toimenpiteitä havainnollistetaan myös esimerkein. Lisäksi on tarkasteltu mahdollisia varalaitteita ja -järjestelyjä, mikäli olemassa olevat pumput ja kemikaaliputkistot eivät sovellu vaihtoehtoisen kemikaalin käyttöön. Jätevedenpuhdistuksen osalta on tuotu esiin myös keinoja vähentää saostuskemikaalin kulutusta prosessin toimintaa optimoimalla. Suunnitteluohje on yleistoinen ja laajasti sovellettavissa erilaisilla kemiallista saostusta hyödyntävillä vesihuoltolaitoksilla.

Hankkeen rahoittajina toimivat Huoltovarmuuskeskus, maa- ja metsätalousministeriö, sosiaali- ja terveysministeriö ja ympäristöministeriö. Hankkeen ohjausryhmään kuuluivat Riku Juhola (Huoltovarmuuskeskus), Johanna Kallio (maa- ja metsätalousministeriö), Ari Kangas (ympäristöministeriö), Riina Liikanen (Vesilaitosyhdistys), Paula Lindell (Vesilaitosyhdistys), Jarkko Rapala (sosiaali- ja terveysministeriö), Katri Saukkonen (Huoltovarmuuskeskus) ja Olli-Matti Verta (maa- ja metsätalousministeriö). Hankkeen toteutti AFRY Finland Oy.

Kiitämme lämpimästi hankkeessa järjestettyyn työpajaan osallistuneita asiantuntijoita.

Helsingissä tammikuussa 2022  
Vesilaitosyhdistys



# SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto .....	1
2	Yleisimmät saostuskemikaalit .....	2
2.1	Talousveden tuotannossa käytettävät saostuskemikaalit .....	2
2.2	Jätevedenpuhdistuksessa käytettävät saostuskemikaalit .....	3
3	Saostuskemikaalien varastokapasiteettitarpeen määrittely.....	4
3.1	Suositus varastokapasiteetista .....	4
3.2	Varastointiin vaikuttavat tekijät .....	5
3.2.1	Toimitusajat ja -erät .....	5
3.2.2	Varastointimääräysten huomioiminen .....	6
3.2.3	Säiliökoon valinta.....	8
4	Varautuminen vaihtoehtoisten saostuskemikaalien käyttöön.....	10
4.1	Yleisiä huomioitavia asioita .....	10
4.1.1	Varautuminen talousveden tuotannossa ja jätevedenpuhdistuksessa	10
4.1.2	Koneiston ja putkiston vaatimukset.....	10
4.1.3	Muutokset automaatiassa ja ajotavoissa.....	14
4.1.4	Kemiallisen saostuksen vaikutus veden pH-arvoon ja alkaliteettiin ....	15
4.2	Ohjeet talousveden tuotantoon.....	17
4.2.1	Tiivistelmä huomioitavista asioista .....	17
4.2.2	Varautuminen saostuskemikaalin vaihtamiseen.....	19
4.2.3	Eri saostuskemikaalien annostukset ja varastointi sekä vaikutus alkalointitarpeeseen .....	21
4.3	Ohjeet jätevedenpuhdistukseen .....	26
4.3.1	Tiivistelmä huomioitavista asioista .....	26
4.3.2	Varautuminen saostuskemikaalin vaihtamiseen.....	27
4.3.3	Eri saostuskemikaalien annostukset ja varastointi sekä vaikutukset muuhun prosessiin .....	27
5	Varalaitteet ja -järjestelyt.....	33
6	Saostuskemikaalien kulutuksen optimointi jätevedenpuhdistuksessa.....	34
6.1	Yleistä .....	34
6.2	Prosessin kokonaisoptimointi .....	35
6.2.1	Lietteen laskeutuvuuden optimointi .....	35
6.2.2	Sisäisten kiertojen minimointi.....	37
6.3	Suunnittelussa huomioitavia asioita .....	37
6.3.1	Syöttöpisteet, esisaostus .....	37
6.3.2	Syöttöpisteet, jälkisaostus.....	40
6.3.3	Ferrosulfaatin varastointi- ja syöttöjärjestelyt .....	42
6.3.4	Syötön ohjaus.....	43
6.3.5	Biologisen fosforinpoiston huomiointi kemiallisessa saostuksessa.....	46
7	Yhteenveto suosituksista .....	47





# 1 JOHDANTO

Tässä julkaisussa esitetään suunnitteluohjeet kemiallisen saostuksen toimintavarmuuden parantamiseksi talousveden tuotannossa ja jätevedenpuhdistuksessa. Julkaisu on laadittu täydentämään vuonna 2020 julkaistua raporttia ”Kemiallisen saostuksen huoltovarmuuden parantaminen Suomen vesihuollossa”<sup>1</sup>. Hankkeessa tunnistettiin, että kemiallisen saostuksen toimintavarmuus on kriittistä sekä turvallisen talousveden että ympäristönsuojelun kannalta. Hankkeessa tunnistettiin tarve suunnitteluohjeiden laatimiselle.

Ohjeet on laadittu kaikenkokoisten vesilaitosten ja jätevedenpuhdistamoiden suunnitteluun sekä suunnittelijoiden että vesihuoltolaitosten käyttöön. Ohjeiden tarkoituksena on konkretisoida, miten suunnittelussa tulee huomioida kemiallisen saostuksen turvaaminen ja kriittisten kemikaalien varastointi sekä syötön varajärjestelmät. Ohjeet ovat yleistasoisia ja ne on laadittu siten, että ne ovat laajasti sovellettavissa erilaisilla laitoksilla.

Julkaisu on toteutettu Huoltovarmuuskeskuksen, maa- ja metsätalousministeriön, sosi-aali- ja terveysministeriön ja ympäristöministeriön rahoituksella. Julkaisun ja suositukset on laatinut AFRY Finland Oy.

Kemikaalin vaihtoon on varauduttava hyvissä ajoin etukäteen, jotta vaihto sujuu ongelmitta mahdollisen saatavuushäiriön sattuessa. Varautuminen edellyttää suunnitelmallisuutta ja vesilaitosten kannattaa arvioida ajoissa ulkopuolisen suunnittelun tarvetta.

Julkaisun rakenne:

- Lukuun 2 on koottu yleisimpien saostuskemikaalien ominaisuudet
- Luvussa 3 on esitetty saostuskemikaalien varastointiin vaikuttavia seikkoja
- Luvussa 4 annetaan ohjeita, miten vaihtoehtoisen saostuskemikaalin käyttöön tulisi varautua talousveden tuotannossa ja jätevedenpuhdistuksessa
- Luvussa 5 on esitetty varalaitteisiin ja -järjestelyihin liittyviä huomioita
- Luvussa 6 annetaan ohjeita jätevedenpuhdistamoille saostuskemikaalien kulutuksen optimointiin

Vuonna 2020 julkaistussa raportissa<sup>1</sup> todettiin, että talousveden tuotannossa saostuskemikaalien kulutus on yleisesti jo optimoitu. Siksi saostuskemikaalien kulutuksen optimointiin talousveden tuotannossa ei tässä julkaisussa esitetä ohjeita.

---

<sup>1</sup> Kemiallisen saostuksen huoltovarmuuden parantaminen Suomen vesihuollossa, 2020  
[https://www.vvy.fi/site/assets/files/3226/kemiallisen\\_saostuksen\\_huoltovarmuuden\\_parantaminen.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/3226/kemiallisen_saostuksen_huoltovarmuuden_parantaminen.pdf)

## 2 YLEISIMMÄT SAOSTUSKEMIKAALIT

### 2.1 TALOUSVEDEN TUOTANNOSSA KÄYTETTÄVÄT SAOSTUSKEMIKAALIT

	Ferrisulfaatti	Ferrikloridi	Alumiinisulfaatti		Polyalumiinikloridi
<b>Rakennekaava</b>	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>		
<b>Olomuoto</b>	Nestemäinen (saatavilla myös kiinteä tuote, liuotettava)	Nestemäinen	Kiinteä (liuotettava)	Nestemäinen	Nestemäinen
<b>Väri</b>	Punaruskea	Tummanruskea	Vaalea	Kirkas/vaaleanruskea	Kellertävä
<b>Esimerkkituotteet*</b>	PIX-322 (Kemira) FESU-600 (Voda Nordic)	PIX-111 (Kemira), Plusjärn S 314 (Voda Nordic)	ALG (Kemira) Alumiinisulfaatti (Voda Nordic)	ALS-50 (Kemira)	PAX-XL60, PAX-XL100 (Kemira) VODA PAC-118 (Voda Nordic)
<b>Metallipitoisuus</b>	12,5 %	13,8-14 %	9 %	4 %	7,5-9,3 %
<b>Kemikaalin pitoisuus</b>	43-46 %		16,8-17,3 % (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -pit.) Vesiliukoisuus noin 360 g/l (20 °C)	7-8 %	
<b>pH</b>	<1	<1		2	<1-1,5
<b>Vapaa happo</b>	<1 % (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	<0,6-2 % (HCl)	<0 % (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	<0 % (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	-
<b>Emäksisyys</b>	-	-	-	-	40-43%
<b>Jäätymispiste</b>	-20 °C	-20-30 °C	-7 °C (36 % liuos)	-10 °C	-20-30°C
<b>Tiheys (20 °C)</b>	1570 ± 0,05 kg/m <sup>3</sup>	1420 kg/m <sup>3</sup>	850 ± 30 kg/m <sup>3</sup> (kiinteä) 1139,6 kg/m <sup>3</sup> (20 % liuos, 20 °C)	1290 ± 30 kg/m <sup>3</sup>	1310-1390 ± 30 kg/m <sup>3</sup>
<b>Viskositeetti</b>	40 ± 10 mPas (20 °C, kyläinen liuos)	5-15 mPas (20 °C)	2,25 mPas (20% liuos, 20 °C)	15-25 mPas (20 °C)	20-40 mPas (20 °C)
<b>Standardi</b>	SFS-EN 890: 2012	SFS-EN 888:2005	SFS-EN 878: 2016	SFS-EN 878: 2016	SFS-EN 883: 2004
<b>Käyttöturvallisuus</b>	Haitallista nieltynä. Voi syövyttää metalleja. Vaurioittaa vakavasti silmiä. Ärsyttää ihoa.	Voi syövyttää metalleja. Haitallista nieltynä. Ärsyttää ihoa. Voi aiheuttaa allergisen ihoreaktion. Vaurioittaa vakavasti silmiä.	Vaurioittaa vakavasti silmiä. Voi syövyttää metalleja.	Vaurioittaa vakavasti silmiä. Voi syövyttää metalleja.	Vaurioittaa vakavasti silmiä. Voi syövyttää metalleja.
<b>Materiaalit, joille ei sovi*</b>	Haponkestävä teräs sopii yleensä (tarkistettava)	Ei sovi haponkestävä teräs, esim. 1.4404 & 1.4571	-	-	Ei sovi haponkestävä teräs, esim. 1.4404 & 1.4571
<b>Varastoitavuus</b>	väh. 12 kk	väh. 12 kk	>1 v (kiinteä säkissä)	max 12 kk	8-12 kk (riippuu laadusta)
<b>Varastointilämpötila</b>	yli 0 °C	suositeltava yli 0 °C		yli 0 °C	> -20°C, suositeltava 0–30 °C

\*Tiedot vuodelta 2021. Viitteelliset, tarkista aina tapauskohtaisesti käyttöturvatiedoista.

## 2.2 JÄTEVEDENPUHDISTUKSESSA KÄYTETTÄVÄT SAOSTUSKEMIKAALIT

	Ferrosulfaatti	Ferrisulfaatti	Ferrikloridi	Alumiinisulfaatti		Polyalumiinikloridi
<b>Rakennekaava</b>	FeSO <sub>4</sub> x 7 H <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>		
<b>Olomuoto</b>	Kiinteä	Nestemäinen (saatavilla myös kiinteä tuote, liuotettava)	Nestemäinen	Kiinteä	Nestemäinen	Nestemäinen
<b>Väri</b>	Vaaleanvihreä kiteinen aine	Punaruskea	Tummanruskea	Vaalea	Kirkas, vaaleanruskea	Kellertävä
<b>Esimerkkituotteet*</b>	Ferrosulfaatti 175 (Kemira) Copperas A (Voda Nordic)	PIX-105/115 (Kemira) FESU-200 (Voda Nordic)	Ferri-91 (Voda Nordic)	ALG (Kemira) Alumiinisulfaatti (Voda Nordic)	ALS-230 (Kemira)	PAX-XL60, PAX-XL100 (Kemira) VODA PAC-118 (Voda Nordic)
<b>Metallipitoisuus</b>	18,3 %	11,5-12,8 %	8,8 %	9 %	4 %	7,5-9,3 %
<b>Kemikaalin pitoisuus</b>	91 % Vesiliukoisuus noin 400 g/l (20 °C)	41-44 %	>25 %	16,8-17,3 % (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -pit.) Vesiliukoisuus noin 360 g/l (20 °C)	7-8 %	
<b>pH</b>	3-4 (vesi: 50 g/l, 20 °C)	<1	<1		1	<1-1,5
<b>Vapaa happo</b>		<0,2 % (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )		<0 % (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	-0,5-1% (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	
<b>Emäksisyys</b>						40-43%
<b>Jäätymispiste</b>	-3 °C (kylläinen liuos)	-20 °C	-20 °C	-7 °C (36 % liuos)	-10 °C	-20-30 °C
<b>Tiheys (20 °C)</b>	1000 ± 100 kg/m <sup>3</sup> (kiinteä) / 1200 kg/m <sup>3</sup> (kyll. liuos)	1500-1610 kg/m <sup>3</sup>	1 240 kg/m <sup>3</sup>	850 ± 30 kg/m <sup>3</sup> (kiinteä) 1139,6 kg/m <sup>3</sup> (20 % liuos, 20 °C)	1290 ± 30 kg/m <sup>3</sup>	1310-1390 ± 30 kg/m <sup>3</sup>
<b>Viskositeetti</b>	3,6 mPas (kyll. liuos, 20 °C)	25-30 ± 5 mPas (20 °C)	5-15 mPas (20 °C)	2,25 mPas (20% liuos, 20 °C)	20 mPas (20 °C)	20-40 mPas (20 °C)
<b>Käyttöturvallisuus</b>	Haitallista nieltynä. Ärsyttää ihoa. Ärsyttää voimakkaasti silmiä.	Haitallista nieltynä. Voi syövyttää metalleja. Vaurioittaa vakavasti silmiä. Ärsyttää ihoa.	Voi syövyttää metalleja. Haitallista nieltynä. Ärsyttää ihoa. Voi aiheuttaa allergisen ihoreaktion. Vaurioittaa vakavasti silmiä.	Vaurioittaa vakavasti silmiä. Voi syövyttää metalleja.	Vaurioittaa vakavasti silmiä. Voi syövyttää metalleja.	Vaurioittaa vakavasti silmiä. Voi syövyttää metalleja.
<b>Materiaalit, joille ei sovi*</b>	-	Haponkestävä teräs sopii yleensä (tarkistettava)	Ei sovi haponkestävä teräs, esim. 1.4404 & 1.4571	-	-	Ei sovi haponkestävä teräs, esim. 1.4404 & 1.4571
<b>Varastoitavuus</b>	väh. 12 kk	väh. 12 kk	väh. 12 kk	>1 v (kiinteä säkissä)	väh. 12 kk	8-12 kk (riippuu laadusta)
<b>Varastointilämpötila</b>	0-30 °C	yli 0 °C	> -20°C, suositeltava yli 0 °C		yli 0 °C	> -20°C, suositeltava 0-30 °C

\*Tiedot vuodelta 2021. Viitteelliset, tarkista aina tapauskohtaisesti.

## 3 SAOSTUSKEMIKAALIEN VARASTOKAPASITEETTI- TARPEEN MÄÄRITTELY

### 3.1 SUOSITUS VARASTOKAPASITEETISTA

Saostuskemikaalin saatavuushäiriöihin tulisi varautua lisäämällä vesihuoltolaitosten omaa saostuskemikaalien varastokapasiteettia.

Vesilaitoksilla ja jätevedenpuhdistamoilla tulisi olla riittävästi saostuskemikaalia varastossa, jotta laitos voi ylläpitää toimintaansa ilman saostuskemikaalin toimitusta neljä (4) viikkoa. Toiminnan ylläpitäminen tarkoittaa talousveden tuotannossa turvallisen talousveden toimittamista ja jätevedenpuhdistuksessa ympäristölupamääräysten noudattamista.

Toiminnan ylläpitäminen tulisi varmistaa joko lisäämällä varastointikapasiteettia tai mahdollistamalla vaihtoehtoisen saostuskemikaalin käyttö tai muilla prosessimuutoksilla.

Varastoidun kemikaalin tulisi olla vesihuoltolaitoksen omistuksessa ja määräysvallassa. Varastojen ei tarvitse sijaita fyysisesti laitoksella, vaan varastot voivat olla esimerkiksi hankintarenkaan kautta vesihuoltolaitosten yhdessä omistamia ja hallinnoimia.

Nykytilanteessa osalla laitoksista saostuskemikaalia voidaan pitää varastossa neljän viikon kulutuksen verran, kun taas osalla laitoksista varastossa saostuskemikaalia voidaan pitää varastossa esimerkiksi ainoastaan viikoksi. Osalla jätevedenpuhdistamoista on kuitenkin mahdollista säännöstellä saostuskemikaalia tai laskea puhdistustulos ympäristölupamääräysten tasolle, tai painottaa fosforinpoistoa tertiäärikäsittelyyn (vaihtoehtoisen saostuskemikaalin käytön painottaminen). Siten vähimmäissuositus toiminnan ylläpitämisestä neljän viikon ajan ilman kemikaalitoimitusta voi nykytilanteessakin olla mahdollinen, vaikka varastokapasiteetti ei normaalitoiminnassa riittäisi neljäksi viikoksi.

Mikäli saostuskemikaalin toimitushäiriö pitkittyy, kaikkien pintavesilaitosten ja jätevedenpuhdistamoiden tulisi pystyä siirtymään vaihtoehtoisen saostuskemikaalin käyttöön. Näin voidaan varmistaa toiminnan ylläpitäminen, jos neljän viikon jälkeen normaalisti käytettävää saostuskemikaalia ei edelleenkään ole saatavilla. Suositeltavaa on, että laitoksilla olisi kaksi säiliötä saostuskemikaaleille, jotta vaihtoehtoista kemikaalia voidaan hankkia toiseen säiliöön, kun ensisijaista saostuskemikaalia on vielä jäljellä.

Toiminnan ylläpitämisen varmistamiseksi toteutettavat toimenpiteet sekä tarvittava kapasiteetti laitoksella varastoitavalle saostuskemikaalille voidaan määrittää laitoskohtaisesti.

Varastokapasiteetin määrittelyssä huomioitavia asioita on esitetty kappaleessa 3.2. Varastokapasiteettiin vaikuttavat nämä tärkeimmät tekijät:

- Pienin toimituserä saostuskemikaalille on 20 tn ja suurin mahdollinen ja kustannustehokkain toimituserä on 47 tn.
- Saostuskemikaalia on mahdollista saada kotimaasta noin viikossa. Häiriötilanteessa mahdolliset toimitukset ulkomailta kestäisivät kolmesta viikosta useaan kuukauteen.
- Toimintavarmuuden kannalta on tärkeä määrittää saostuskemikaalin tilausraja riittäväksi, jotta lyhytkestoiset toimitushäiriöt eivät vaikuta toimintaan.
- Saostuskemikaalien säilyvyys on hyvä (vähintään 8 kk), joten säilyvyys ei vaikuta varastokapasiteettiin.
- Saostuskemikaalien varastoinnille ei ole Tukesin varastointimääräyksissä asetettu ylärajaa. Varastoinnissa tulee kuitenkin huomioida kemikaaliturvallisuus (ks. kpl 3.2.2).

## 3.2 VARASTOINTIIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

### 3.2.1 Toimitusajat ja -erät

Saostuskemikaalit toimitetaan tyypillisesti kotimaisilta tuotantolaitoksilta säiliöautoilla. Suurin kerralla toimitettava kemikaalierä on täysperävaunukuorma (43-47 tn), joka on myös kustannustehokkain toimituserä. Jos säiliöauto tyhjentää koko kuorman useammassa erässä, laitosten täytyy olla lähellä toisiaan, jotta kuljetus on kustannustehokasta. Siten pienin toimituserä on nuppikuorma (20 tn) kemikaalia.

Kemiallisen saostuksen toimintavarmuuden kannalta on olennaista varautua sekä lyhytettä pitkäkestoisiin kemikaalien toimitushäiriöihin. Saostuskemikaaleja tuotetaan usealla tehtaalla Suomessa joko kotimaisista tai ulkomaisista raaka-aineista. Saostuskemikaaleja tuotetaan usealla tehtaalla Suomessa (tuotannon erityispiirteitä kuvattu julkaisussa ”Kemiallisen saostuksen huoltovarmuuden parantaminen Suomen vesihuollossa”<sup>2</sup>). Lyhytkestoisia toimitushäiriöitä voi syntyä esimerkiksi tuotantolaitosten huoltoseisokkien vuoksi. Laajamittaisia saostuskemikaalien toimitushäiriöitä on mahdollista syntyä, jos raaka-aineen saatavuus lakkaa tai tuotantoon tulee vakava häiriö. Rautapohjaisten saostuskemikaalien tuotantolaitoksilla on kuitenkin viime vuosina tehty investointeja, joilla mahdollistetaan useampien raaka-aineiden käyttö.

Pienemmissä, paikallisissa toimitushäiriöissä voidaan hankkia yksittäisiä kemikaalierä Suomesta tai lähimaista. Toimituserät voivat olla max 43-47 tn. Toimitusaika on yleisimmille saostuskemikaaleille nopeimmillaan 5-7 päivää, jos yhteys kemikaalitoimittajaan on luotu jo ennen häiriötä. Kemikaalitoimittajan varaston kapasiteetti vaikuttaa toimitusmääriin häiriötilanteessa.

Laajamittaisessa häiriössä kemikaalitoimittajien toimitusajat venyvät, ja korvaavia tuotteita voidaan joutua hankkimaan kauempaa. Kuljetukset Euroopasta kestävät tyypillisesti

---

<sup>2</sup> Kemiallisen saostuksen huoltovarmuuden parantaminen Suomen vesihuollossa, 2020  
[https://www.vvy.fi/site/assets/files/3226/kemiallisen\\_saostuksen\\_huoltovarmuuden\\_parantaminen.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/3226/kemiallisen_saostuksen_huoltovarmuuden_parantaminen.pdf)

vähintään kolme viikkoa. Kuljetukset kauempaa voivat kestää kuukausia, erityisesti jos yhteyttä tuottajaan ei ole luotu ennen häiriötilanteen alkamista.

Toimitusaikojen kohdalla on tärkeää huomioida, mille tasolle tilausraja on määritelty. Si- ten lyhytkestoiset toimitusaikojen pidentymiset tai muut häiriöt eivät häiritse vesihuolto- laitoksen toimintaa.

Yhteyden kemikaalitoimittajaan tulee olla luotu ennen häiriötä, jotta vaihtoehtoisen ke- mikaalin toimitus on mahdollisimman sujuvaa/voidaan taata. Hankintasopimuksissa tulisi sopia korvaavan kemikaalin toimittamisesta. Hankintasopimukset on laadittu tyypillisesti tietylle kemikaalille. Hankintasopimusten ei kuitenkaan tule velvoittaa vesihuoltolaitoksia ostamaan tiettyä volyymiä vaihtoehtoista kemikaalia, vaan mahdollistaa prosessin kehit- täminen ja kemikaalin vaihtamisen testaus ja harjoittelu. Lisäksi sopimukseen tulisi kirjata, että poikkeustilanteessa on oikeus tilata kemikaalia myös vaihtoehtoiselta toimittajalta.

### **3.2.2 Varastointimääräysten huomioiminen**

Kaikki saostuskemikaalit luokitellaan terveydelle vaarallisiksi kemikaaleiksi. Saostuske- mikaalien käsittelyssä on tärkeää huomioida työturvallisuus. Vaarallisten kemikaalien te- ollisesta käsittelystä ja varastoinnista sekä niihin liittyvistä lupa- ja ilmoitusmenettelyistä on säädetty kemikaaliturvallisuuslainsäädännössä. TUKES on laatinut ohjeet siitä, kuinka vaarallisia kemikaaleja tulee varastoida ja käsitellä.<sup>3</sup>

Viranomaisen valvoo kemikaaleja varastoivia laitoksia. Riippuu toiminnan laajuudesta, onko valvova viranomaisen TUKES vai pelastusviranomaisen. Toiminnan laajuus ja tä- ten luvanvaraisuus määräytyy ns. suhdeluvun perusteella. Suhdeluvun laskennassa huomioidaan kaikki laitoksella varastoitavat kemikaalit vaararyhmittäin (terveydelle vaa- ralliset, ympäristölle vaaralliset ja fysikaalista vaaraa aiheuttavat kemikaalit). Lisätietoa toiminnan laajuuden määrittämisestä löytyy TUKES:n sivuilta.<sup>4</sup> Saostuskemikaalin vaih- tamisella toiseen ei ole suurta vaikutusta toiminnan laajuuteen, sillä mikään niistä ei ole ympäristölle vaarallista tai fysikaalista vaaraa aiheuttavaa. Samat kemikaaliturvallisuus- vaatimukset ovat joka tapauksessa voimassa riippumatta siitä, mikä viranomaisen toimii valvojana.

Ylärajaa varastoinnille ei ole, kunhan varastoinnissa on huomioitu kemikaaliturvallisuus. Varastointimäärien tai varastoitavien kemikaalien muutoksesta on aina ilmoitettava val- vovalle viranomaiselle.

Saostuskemikaalit ovat kemikaaliturvallisuuden kannalta hyvin saman tyyppisiä: kaikki ovat happamia, ja kaikilla on terveydelle haitallisia ominaisuuksia. Mikään niistä ei ole

---

<sup>3</sup> Vaarallisten kemikaalien käsittely ja varastointi, Tukes  
<https://tukes.fi/vaarallisten-kemikaalien-kasittely-ja-varastointi>

<sup>4</sup> Toiminnan luvanvaraisuuden määrittäminen, Tukes  
<https://tukes.fi/teollisuus/kemikaalilaitokset/toiminnan-laajuuden-maarittaminen>

palavaa, myrkyllistä, räjähdysvaarallista tai ympäristövaarallista. Kemikaalit eroavat toisistaan lähinnä seuraavien ominaisuuksien kohdalla: syövyttävyyys (kloridit ovat syövyttävämpiä kuin sulfaatit) ja olomuoto (ferro- ja alumiinisulfaatti ovat kiinteitä, muut nestemäisiä). Syövyttävyyys aiheuttaa lisävaatimuksia materiaaleille ja aiheuttaa vakavampia seurauksia terveydelle, mikäli kemikaalia joutuu suuhun, silmiin tai iholle.

Kemikaalin olomuodolla on merkitystä esimerkiksi silloin, kun suunnitellaan kemikaalivuotojen hallintaa. Kemikaalin purkupaikan vaatimukset on huomioitava eri tavalla nestemäisille ja kiinteille kemikaaleille. On huomioitava, että vaikka ferrosulfaatti on kiinteä kemikaali, se puretaan usein suoraan liuotusaltaaseen, jolloin sitä koskee samat vaatimukset kuin nestemäisiä kemikaaleja. Kaikissa tapauksissa kemikaalin karkaaminen viemäriin tai ympäristöön on estettävä.

Vaarallista nestemäistä kemikaalia sisältävät säiliöt on varustettava varoaltailla tai valli-tilalla, joka estää säiliön sisällön karkaamisen viemäriin tai ympäristöön mahdollisen säiliörikon aiheutuessa. Varoallas on mitoitettava niin, että siihen sopii koko suurimman säiliön sisältö +10%.

Myös kemikaalin purkupaikalla on varauduttava vuotoihin. Purkupaikka voidaan varustaa omalla varoaltaalla tai purkupaikalle voidaan rakentaa putkistot, joita pitkin mahdollinen vuoto ohjautuu esimerkiksi kemikaalisäiliöiden varoaltaisiin.

Suunniteltaessa kemikaalivarastojen uusimista tulee huomioida lainsäädännön vaatimukset varastointiin liittyen, mm.

- säiliöiden etäisyydet toisistaan ja varastorakenteista
- yhteen sopimattomien kemikaalien varastointi (esim. hapot pidettävä erillään emäksistä)
- ilmanvaihto
- kemikaalivuotojen hallinta
- sammutusvesien hallinta
- kemikaaliputkistojen turvallisuusvaatimukset
- säiliömerkinnät jne.

Säiliövarastossa säiliöt on sijoitettava tarkoituksenmukaisesti ottaen huomioon varastoitavat kemikaalit ja niiden määrät. Käyttöön liittyvät toimenpiteet sekä säiliön tarkastukset, huollot ja korjaukset on voitava tehdä helposti ja turvallisesti. Alueelta poistuminen ja pelastushenkilöstön pääsy ainakin kahdesta eri suunnasta erityisesti vaaratilanteissa on varmistettava. Säiliöiden keskinäistä etäisyyttä määrättäessä huomioidaan myös mahdolliset ylivuodot ja niiden viereiselle säiliölle aiheuttamat vaarat.

Kun säiliön käyttötarkoitus tai kemikaali vaihtuu, pyydetään tarkastuslaitokselta lausunto säiliön sopivuudesta uuteen käyttötarkoitukseensa. Esimerkiksi monilla jätevedenpuhdistamoilla vanhoilla maanalaisilla ferrosulfaattisäiliöillä ei ole varoaltaita tai vastaavia järjestelyitä. Siten vaihto nestemäiseen saostuskemikaaliin voi edellyttää täysperävau- nullisen kemikaalikuorman pitävän varoaltaan rakentamista.

### 3.2.3 Säiliökoon valinta

#### Nestemäisenä toimitettavat kemikaalit

Ferrisulfaatti, ferrikloridi, alumiinisulfaattiliuos ja polyalumiinikloridi toimitetaan laitoksille nestemäisinä. Säiliökoko kannattaa valita niin, että säiliöön mahtuu kokonainen kemikaalin toimituserä. Kustannustehokkaat kuormakoot on esitetty kappaleessa 3.2.1. Lisäksi on huomioitava, että kemikaalia tulee olla vielä jäljellä toimitusrajalla, minkä vuoksi säiliökoon on suotavaa olla vähintään 1,5 kertaa toimituserän kokoinen.

Kaikki yleisimmät saostuskemikaalit säilyvät vähintään 8 kk, joten säilyvyydellä ei ole vaikutusta säiliökoon valintaan.

Taulukkoon (Taulukko 3-1) on kirjattu suositeltavat säiliökoot eri saostuskemikaaleille laitoksilla, joihin tuodaan kerralla nuppikuorma (20 tn) kemikaalia. Mikäli halutaan varautua kaikkien nestemäisten kemikaalien varastointiin, on kokonaisvaraston suositeltava minimikoko tässä tapauksessa 23 m<sup>3</sup>.

*Taulukko 3-1 Kokonaisvaraston minimikoko eri nestemäisille saostuskemikaaleille kun laitokselle tuodaan kerralla 1 nuppikuorma (20 tn) kemikaalia*

		<b>Ferri- sulfaatti</b>	<b>Ferri- kloridi</b>	<b>Alumiini- sulfaatti (liuos)</b>	<b>Poly- alumiini- kloridi</b>
Tiheys	tn/m <sup>3</sup>	1,57	1,42	1,29	1,39
Toimituserä	tn	20	20	20	20
	m <sup>3</sup>	13	14	16	14
Tarvittava säiliökoko vähintään (1,5 x toimituserä)	m <sup>3</sup>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>22</b>

Taulukkoon (Taulukko 3-2) on kirjattu suositeltavat säiliökoot eri saostuskemikaaleille laitoksilla, joihin tuodaan kerralla täysperävaunukuorma (max. 47 tn) kemikaalia. Mikäli halutaan varautua kaikkien nestemäisten kemikaalien varastointiin, on kokonaisvaraston suositeltava minimikoko tässä tapauksessa 55 m<sup>3</sup>.

*Taulukko 3-2 Kokonaisvaraston minimikoko eri saostuskemikaaleille kun laitokselle tuodaan kerralla 1 täysperävaunukuorma (max 47 tn) kemikaalia*

		<b>Ferri- sulfaatti</b>	<b>Ferri- kloridi</b>	<b>Alumiinisul- faatti (liuos)</b>	<b>Poly- alumiini- kloridi</b>
Tiheys	tn/m <sup>3</sup>	1,57	1,42	1,29	1,39
Toimituserä	tn	47	47	47	47
	m <sup>3</sup>	30	33	36	34
Tarvittava säiliökoko vähintään (1,5 x toimituserä)	m <sup>3</sup>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>51</b>



### Kiinteänä toimitettavat kemikaalit

Ferrosulfaatti ja kiinteä alumiinisulfaatti toimitetaan laitokselle kiinteässä muodossa ja liuotetaan veteen ennen annostelua.

Ferrosulfaatti on olomuodoltaan ”nuoskalumen” kaltaista, ja se liukenee veteen erittäin helposti. Ferrosulfaatti toimitetaan laitoksella yleensä suoraan liuotussäiliöön, eikä sitä varastoida erikseen kiinteässä olomuodossa. Lisättäessä vettä ferrosulfaatin joukkoon valmistetaan kylläinen liuos. Liuotussäiliö toimii joissakin tapauksissa samalla myös annostelusäiliönä, tai kylläinen liuos pumpataan erilliseen päiväsäiliöön, ja liuos laimennetaan ennen annostelua prosessiin.

Toimitettaessa täysperävaunukuorma (max 42 tn) ferrosulfaattia laitokselle on suositeltava liuotussäiliön koko vähintään 75 m<sup>3</sup>.<sup>5</sup> Vastaavasti toimitettaessa nuppikuorma (n. 20 tn) tarvitaan vähintään 35 m<sup>3</sup> liuotussäiliö.

Alumiinisulfaatti on olomuodoltaan kiteistä, ja se varastoidaan erillisessä kuivassa siilossa. Kiinteä kemikaali siirretään erilliseen liuotussäiliöön liuksen valmistusta varten. Suositeltava varastosiilon minimikoko on n. 1,5 kertaa kuljetusyksikön koko. Seuraavaan taulukkoon (Taulukko 3-3) on kirjattu minimisiilokoko kiinteän alumiinisulfaatin varastolle eri toimituskoille.

*Taulukko 3-3 Kokonaisvaraston minimikoko kiinteälle alumiinisulfaatille eri kuormakoissa*

		Alumiinisulfaatti	
Tiheys	tn/m <sup>3</sup>	0,85	0,85
Toimituserä	tn	20	42
	m <sup>3</sup>	24	49
<b>Tarvittava säiliökoko vähintään (1,5 x toimituserä)</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>35</b>	<b>74</b>

---

<sup>5</sup> Kemira, Ferrosulfaatin käyttöopas, 2002

## 4 VARAUTUMINEN VAIHTOEHTOISTEN SAOSTUSKEMIKAALIEN KÄYTTÖÖN

### 4.1 YLEISIÄ HUOMIOITAVIA ASIOITA

#### 4.1.1 Varautuminen talousveden tuotannossa ja jätevedenpuhdistuksessa

Kaikkien pintavesilaitosten ja jätevedenpuhdistamoiden tulisi pystyä käyttämään useampaa kuin yhtä saostuskemikaalia. Tässä luvussa esitetään ohjeet, miten vaihtoehtoisten saostuskemikaalien käyttöön tulisi varautua. Luvussa on esitetty ohjeet erikseen talousveden tuotantoon ja jätevedenpuhdistukseen. Näitä ennen esitetään yhteiset, molempia koskevat ohjeet: koneiston ja putkiston vaatimukset, muutokset automaatiossa sekä teoriaa saostuskemikaalin vaikutuksesta alkaliteettiin.

Yleisiä huomioitavia asioita vaihtoehtoisen saostuskemikaalin käyttöön varauduttaessa:

- eri saostuskemikaalien ominaiskulutukset ja varastointitilavuudet
- materiaalivaatimukset, työturvallisuus
- saostuskemikaalin viskositeetin ja tiheyden vaikutus pumppaukseen
- erot saostuskemikaalien tehossa ja toiminnassa eri pH- ja lämpötila-alueilla ym.
- onko laitoksella mahdollisuus liuottaa kiinteä saostuskemikaali

Vesilaitosten ja jätevedenpuhdistamoiden yleissuunnitteluvaiheessa vaihtoehtoinen saostuskemikaali tulee ottaa huomioon mm. seuraavissa suunnittelualueissa:

- vaihtoehtoisen kemikaaliannostelun mitoitus ja muiden mahdollisten kemikaalien mitoitus saostuskemikaalin muuttuessa
- vaihtoehtoisen kemikaalin päälaitteet ja säiliöt
- vaihtoehtoisen kemikaalin käytön edellyttämät tilantarpeet
- investointi- ja käyttökustannukset

Toteutussuunnitteluvaiheessa vaihtoehtoisen saostuskemikaalin toteutus ja käyttö tulee olla mukana (laitossuunnittelun tehtäväluettelon mukaisesti) mm. seuraavissa osatehtävissä:

- Prosessisuunnittelu
  - yksityiskohtainen prosessiselostus virtaussuunnassa prosessiosittain, sis. mitoitus ja toimintakuvaukset
  - koneisto- ja laitteistomitoitus yhdessä koneistosuunnittelijan kanssa
  - kemikaalien syöttöpisteet ja mitoitusmäärät
  - toiminta- ja ohjaustapaselostus automaation ohjelmointia varten
  - prosessin toiminnan edellyttämien mittausinstrumenttien määrittely lähötiedoksi muille suunnittelualueille
  - kemikaalien käytön turvallisuussuunnittelu

#### 4.1.2 Koneiston ja putkiston vaatimukset

Annostelupumppauksessa tulee huomioida erityisesti kemikaalien erilainen annostelutarve, kemikaalien vesiliuoksen tiheys sekä viskositeetti.

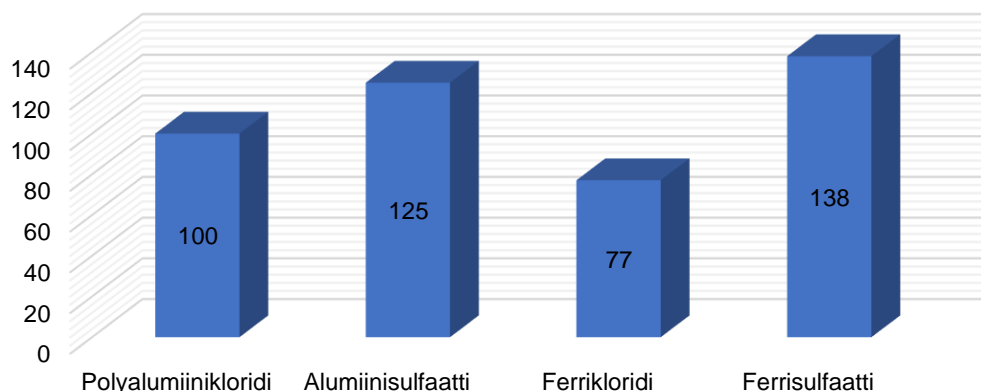
Vaihtoehtoisia saostuskemikaaleja ja niiden annostelupumppausta suunniteltaessa tulee huomioida seuraavat:

1. Soveltuvat materiaalit (PVC, PE, PP, tai syövyttää metalleja, esim. käyttöturvalisustietojen perusteella, tai kappaleen 2 taulukoiden tietojen mukaisesti).
2. Kemikaalin tiheys annostelukonsentraatiossa.
3. Kemikaalin viskoottiset ominaisuudet (suurin osa vesikemikaaleista on Newtonilaisia fluideja, ja silloin tulee laskea tarvittava painehäviö dynaamisen tai kinemaattisen viskositeetin avulla).
4. Virtausnopeus alueella noin 0,5-2,0 m/s. Putkessa kiteytymistä aiheuttavat kemikaalit vaativat yleensä suurempaa virtausnopeutta kuin sellaiset, joilla ei kiteytymistä tapahdu. Kemikaalin pitoisuudessa tulee huomioida liuoksen stabiiliisuus.

Seuraavissa kuvissa on esitetty esimerkkilaskelmat eroista eri saostuskemikaalien pumppauksessa tarvitsemisissä nostokorkeuksissa. Nostokorkeus kuvaa syöttöpumpulta vaadittua kapasiteettia. Esimerkkilaskelmissa nostokorkeudet on laskettu suhteellisina (ilman yksikköä), jotta eri kemikaalien pumppauksessa vaadittavia pumppaustehoja saa verrattua. Laskennoissa on huomioitu eri saostuskemikaalien vaatimat annostelumäärät (l/h), jotka on laskettu esimerkkilaitoksille pintaveden käsittelyssä ja jätevedenpuhdistuksessa.

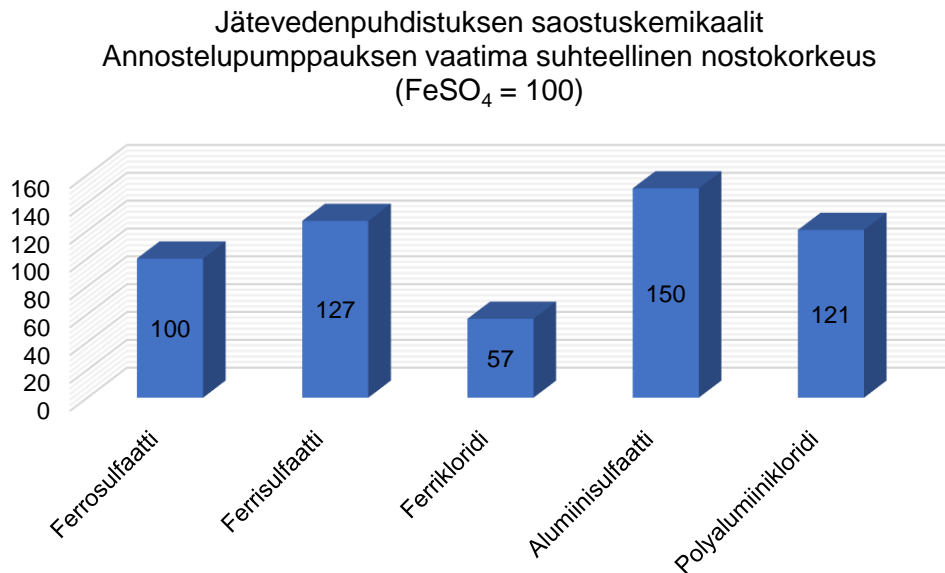
Seuraavassa kuvassa (Kuva 4-1) on esitetty talousveden tuotannon esimerkkilaitokselle eri kemikaalien tarvitsema annostelupumppauksen nostokorkeus suhteellisena, kun polyalumiinikloridin vaatima nostokorkeus on 100 (lämpötila 20 °C). Kuvassa on huomioitu eri annostelukemikaalien tarvitsemat erilaiset annostelukulutukset pintavesilaitoksen saostusprosessissa putkikokoon ja geodeettisen nostokorkeuden pysyessä samana. Esimerkkilaskelmat kemikaalin kulutuksista on esitetty kappaleessa 4.2.3.

Talousveden käsittelyn saostuskemikaalit  
Annostelupumppauksen vaatima suhteellinen nostokorkeus  
(polyalumiinikloridi = 100)



Kuva 4-1. Eri kemikaalien pumppauksen vaatima suhteellinen nostokorkeus vedenpuhdistuksen saostusprosessissa, polyalumiinikloridi = 100. Huomioitu eri annostelutarpeet kullakin kemikaalilla (varastoliuoksen pitoisuudessa, ei huomioitu syöttölaimennusta).

Seuraavassa kuvassa (Kuva 4-2) on esitetty eri annostelukemikaalien tarvitsema suhteellinen nostokorkeus jätevedenpuhdistuksen prosessissa, kun ferrosulfaatin annostelun tarvitsema nostokorkeus on 100 (lämpötila 20°C). Ferrosulfaatin annostelussa ei ole huomioitu laimennusta syöttöpitoisuuteen, vaan syöttö tapahtuu kylläisenä liuksena (tiheys noin 1 200 kg/m<sup>3</sup>). Putkikoko sekä geodeettinen nostokorkeus pysyvät samoina. Kuvassa on huomioitu eri annostelukemikaalien tarvitsemat erilaiset annostelukulut fosforin saostusprosessissa, kappaleessa 4.3.3 käsitellyjen esimerkkien mukaisesti.



*Kuva 4-2. Eri kemikaalien pumppauksen vaatima suhteellinen nostokorkeus jätevedenpuhdistuksen saostuskemikaalin annostuksessa, FeSO<sub>4</sub> = 100. Huomioitu eri annostelutarpeet kullakin kemikaalilla (varastoliuoksen pitoisuudessa, ei huomioitu syöttölaimennusta).*

Varastosäiliöissä tulee huomioida säiliömateriaalin kestävyys. Saostuskemikaaleille PE-säiliöt tuplavaipallisena tai koko kemikaalin varastotilaavuuden kattavilla varoilla varustettuina ovat kustannustehokas materiaaliveikko. Haponkestävää teräsmateriaalia voidaan käyttää alumiinisulfaatin ja ferrosulfaatin sekä joidenkin ferrisulfaattilaatujen varastoinnissa. Muilla saostuskemikaaleilla (ferrikloridi ja polyalumiinikloridi sekä eräät ferrisulfaattilaadut) haponkestävä teräs (esim. EN 1.4404), tulee pinnoittaa esim. kumioimalla. Seostettujen terästen sekä eri muovimateriaalien sekä käytettyjen tiivisteiden kemikaalinkestävyys tulee tapauskohtaisesti varmentaa. Betonisia säiliöitä voidaan käyttää varastointiin ja liuotukseen jauhemaisilla kemikaaleilla, mutta tulee huomioida, että valmis saostuskemikaaliliuos syövyttää betonia. Betonipinnat tulee joko vuorata esim. kumioimalla tai pinnoittaa kemikaalikuormitusta kestävällä pinnoitteella (esim. polyurea). Säiliöt, pumput ja kemikaaliannostelulinjat on tarkastettava säännöllisesti, ja huoltoa varten on oltava ohjelma. Kemikaaliputkilinjoille tulee olla sekä sisä- että ulkopuoliselle tarkastukselle ohjelma.

Annostelupumppauksessa tulee huomioida annostelulinjojen aiheuttama paineisku pumpun annostelupäätä vasten. Tähän vaikuttavat putkilinjan pituus, putken sisähalkai-

sija, pumpun iskutaajuus, kemikaalin ominaispaine, kemikaalin virtaama, sekä paine kemikaalin syöttökohdassa. Kemikaalin pumppauksessa painehäviön muodostavat keskimääräinen virtausnopeus, kemikaalin tiheys sekä viskositeetti, mutta sykkivän virtauksen johdosta myös pumpun annostelupäätä rasittava paine tulee määrittää, jotta pumpun kehittämä paine on vähintään annostelupäätä rasittavan paineen verran. Kemikaalin painehäviölaskenta tulee tehdä huolellisesti. Putken paineluokaksi tulee valita maksimivirtaamaa vastaava painehäviötä suurempi paineluokka. Mikäli pumpun painentuotokapasiteetti ylittää putken paineenkestokapasiteetin, tulee annostelulinja varustaa ylipaineventtiilillä. Ylipaineventtiili tulee asennettavaksi annostelulinjaan joka tapauksessa, koska annostelupumput ovat pakkosyöttöisiä pumppuja.

Varsinkin pitkissä kemikaaliannostelulinjoissa pumppauksessa kannattaa suosia älykäästä pumppaustekniikkaa, jolloin pumppaus tapahtuu perinteistä annostelupumppausta tasaisemmin, ts. pumppausaika on kohtuullisen pitkä ja imuaika pumpulla on vastaavasti suhteellisen lyhyt. Lisäksi pumpun ominaisuuksiin kuuluu nykyisin yleisesti sisäänrakennettu virtaustieto, jolloin erillistä virtausmittausta ei tarvita.

Annostelulinjat varustetaan ylipaine-, paineenpito- ja laponestoventtiilein, tai käytetään useamman toiminnon monitoimiventtiileitä. Linjoissa, joihin asennetaan erillinen virtausmittaus (yleensä virtaustieto saatavilla annostelupumpusta), tai muutoin on tarve vähentää annostelusta johtuvaa putkilinjan värähtelyä tai paineiskuja, tulee asentaa sykkeenvaimennin. Erillistä virtausmittausta käytettäessä tulee huomioida sen kaikkien komponenttien kemikaalien kestävyys, myös kemikaalia vaihdettaessa. Annostelukohdassa prosessiputkeen kemikaaliannostelulinja varustetaan takaiskuventtiilillä, tai voidaan käyttää paineenpitoventtiiliä. Suositeltavaa on asentaa annostelukohtaan syöttöpeitsi eli injektioyhde, jolla kemikaalin annostelu saadaan putkilinjan keskelle sekä venttiilijärjestely, jossa syöttökohta voidaan huoltoa varten eristää putkilinjasta.

Annosteluputkistojen ja -letkujen tavallisin materiaali on muovi. Muoveista edelleenkin yleisimmin käytetty on PVC. Metallien yhteensopivuus kemikaalien kanssa on varmistettava tapauskohtaisesti. Samoin on varmistettava käytettävien tiivisteiden materiaalinkestävyys. Teräs ja haponkestävä teräs tulee kumioida polyalumiinikloridia tai ferrikloridia annostelulinjoissa käytettäessä. Samoin tulee menetellä joidenkin ferrisulfaattilaatujen kanssa. Myös PE- tai PP-materiaalisia putkistoja voidaan yleisimmillä saostuskemikaaleilla käyttää. PVC-materiaali on hävitettäessä ongelmajätettä. PVC haurastuu auringon valon vaikutuksesta. Myös alhaiset lämpötilat haurastuttavat PVC-materiaalia.

Annosteluputkissa ja -letkuissa tulee huomioida kannakoinnin vaatimukset. Kemikaaliletkut kannakoidaan omille hyllyilleen.

Mikäli kemikaaliannostelulinja sijaitsee ulkona tai maan alla ja on altis jäätymiselle, tulee linja asentaa suojaputkeen, eristää ja varustaa saattolämmityksellä. Suojaputkeen tulee asentaa myös kulkureittien yläpuolella sijaitsevat vaarallisten kemikaalien putkilinjat. Kemikaaliputkistoja suunniteltaessa ja rakentaessa tulee huomioida, että putkistot kuuluvat vähintäänkin PED luokkaan I.

Tukesin opas ”Kemikaaliputkistojen turvallisuusvaatimukset”<sup>6</sup> ja siinä esitetty kemikaalikirjan sisältö toimivat suunnitellessa ja rakennettaessa kemikaalijärjestelmiä eräänlaisena muistilistana:

- 1) Valmistajan vaatimustenmukaisuusvakuutus siitä, että putkisto on suunniteltu, rakennettu ja tarkastettu säädösten mukaisesti
- 2) Putkiston suunnittelun lähtötiedot (kemikaalit, lämpötilat, paineet), sovelletut standardit
- 3) Vaara-analyysi ja sen tulokset
- 4) Putkiston varusteluun ja sijoitukseen liittyvät piirustuksia (PI-kaaviot, layout-kaaviot kaikkine yksityiskohtineen, kannakointi, sijoittelu putkisillalla)
- 5) Varusteluettelo kaikkine varusteiden toimittajilta saatuine tietoineen, tiivisteiden tiedot 6. Putkiston rakentamisasiakirjat:
  - a) Ainestodistukset
  - b) Hitsausohjeet ja hitsauskartta
  - c) Hitsauspiirustukset tarvittavine yksityiskohtaisine kuvineen
  - d) Luettelo hitsaajista ja heidän pätevyyksistään (pysyvät liitokset)
  - e) Hitsauslisäaineselvitykset
  - f) Selvitykset mahdollisista lämpökäsittelyistä
- 6) Putkiston tarkastusasiakirjat:
  - a) Tarkastussuunnitelma
  - b) Pöytäkirjat paine- ja tiiviyskokeesta
  - c) Pöytäkirjat ainetta rikkomattomista tarkastuksista kaavioineen
  - d) NDT-henkilöstön pätevänti
- 7) Merkintävaatimukset
- 8) Putkiston huolto- sekä sisä- ja ulkopuolinen tarkastussuunnitelma sekä pöytäkirjat tehdyistä tarkastuksista havaintoineen
- 9) Varusteiden korjaukset, muutokset ja lisäykset yms.
- 10) Putkistoon tehdyt korjaustoimet ja mahdolliset rakenteen muutokset (tarvittaessa niistä tehdään erillinen lisäasiakirjat sisältävä kansio) Muutostilanteiden jälkeen tulee muistaa päivittää kansioon kaikki piirustukset ja muut selvitykset siten, että putkistokansio vastaa kaikilta osin nykyistä putkistoa hävittämättä kuitenkaan historiatietoa.

#### 4.1.3 Muutokset automaatioissa ja ajotavoissa

Instrumentointi- ja automaatio suunnittelussa vaihtoehtoisen kemikaalin käyttömahdollisuus tulee ohjelmoida valmiiksi automaatiojärjestelmään ja sen valvomoon siten, että vaihtoehtoinen kemikaali voidaan ottaa käyttöön käytettävän kemikaalin valintapainikkeella valvomon näytöltä. Tällöin aikaisemmin käytetyn kemikaalin automaatiotoiminnot pysäytetään ja laitteistot ajetaan valmiustilaan automaattisesti ja vastaavasti vaihtoehtoisen kemikaalin laitteistot ja mittaukset ohjataan käyttövalmiuteen automaatiolla.

---

<sup>6</sup> Kemikaaliputkistojen turvallisuusvaatimukset, Tukes  
[https://tukes.fi/documents/10197/8647605/Kemikaaliputkistojen\\_turvallisuusvaatimukset.pdf](https://tukes.fi/documents/10197/8647605/Kemikaaliputkistojen_turvallisuusvaatimukset.pdf)

Instrumentointi- ja automaatio suunnittelussa on huomioitava mm. seuraava:

- Kahden kemikaalin vaatimat instrumentoinnit, ohjeet laitteiden selkeästä merkinnästä.
- Kemikaalin vaihdon edellyttämät automaattiset ja käsin suoritettavat toimenpiteet. Kemikaalin vaihto edellyttää todennäköisesti paljon käsin suoritettavia toimenpiteitä.
- Kemikaalin vaihdon aikana tapahtuvien prosessihäiriöiden huomiointi, erityisesti vesilaitoksilla, ja niiden edellyttämät varojärjestelyt.

Suunnitteludokumentit:

- Vaihtoehtoinen kemikaali saattaa tarvita eri mittaukset tai eri toiminta-alueella toimivat mittaukset, jolloin myös instrumentoinnin tulee olla valmiiksi toteutettuna vaihtoehtoiselle kemikaalille ja automaatioissa on oltava valmiit vaihtoehtoiset asetukset.

Vaihtoehtoisen kemikaalin käyttöönotto automaatiojärjestelmällä sekä instrumentoinnin toimivuus ja käyttö tulee harjoitella vuosittain.

- Kemikaalin vaihdon aiheuttaman prosessimuutoksen vaatimalle ajalle on varattava riittävät resurssit.
- Laitoksella on oltava käsin tehtävien toimenpiteiden ohjeet valvomossa ja toimintaohjekäsikirjassa.
- Toimintaohjeissa tulee olla kemikaalin vaihtoa valmistelevien toimenpiteiden ohjeet, kuten vaihtoehtoisen kemikaalin vaatimien mittausinstrumenttien käyttöönottoaminen, tarkastaminen, viritys ja kalibrointi valmiiksi käyttöön.
- Laitoksen henkilökunnalle on oltava ohjeistus kemikaalin vaihdon jälkeiselle prosessin tehostetulle tarkkailulle.
- Aktiivisesta käytöstä pois olevien analyysi-instrumenttien säilyvyys on varmistettava huolehtimalla mittausantureiden säilytyksestä laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti.

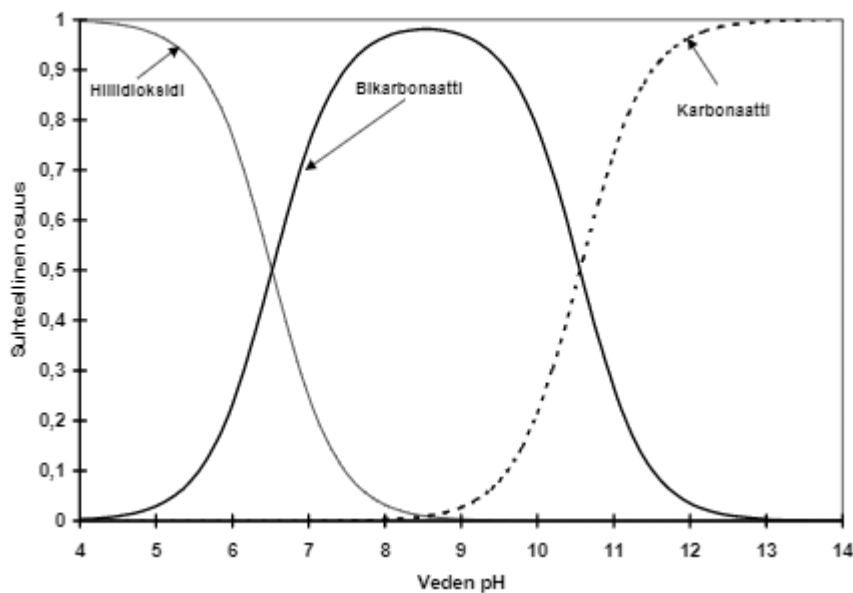
#### 4.1.4 Kemiallisen saostuksen vaikutus veden pH-arvoon ja alkaliteettiin

Kemiallinen saostus laskee veden pH:ta ja kuluttaa vedestä alkaliteettiä. Alkaliteetti on määre, joka kuvaa veden puskurikapasiteettia eli veden emästen kykyä neutraloida siihen lisättäviä happoja. Lisättäessä hapanta saostuskemikaalia veteen käsiteltävän veden pH laskee. pH muuttuu sitä helpommin, mitä vähemmän puskurikapasiteettia vedellä on.

Veden kokonaishiilidioksidipitoisuus koostuu vapaasta hiilidioksidista, bikarbonaatista ( $\text{HCO}_3^-$ ) ja karbonaatista ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Veden pH määrittelee hiilidioksidin, bikarbonaatin ja karbonaatin suhteelliset osuudet vedessä (Kuva 4-3). Talousveden alkaliteetti on käytännössä seurausta veden sisältämästä bikarbonaattipitoisuudesta, joka on vallitsevin karbonaattimuoto talousveden pH-alueella.<sup>7</sup> Jäteveden alkaliteettiin vaikuttavat bikarbonaatin lisäksi mm. jäteveden sisältämät liuenneet epäorgaaniset ja orgaaniset yhdisteet, suspendoitunut orgaaninen aines sekä hydroksidi-ionit ( $\text{OH}^-$ ).

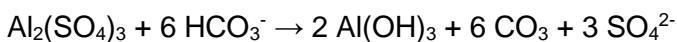
---

<sup>7</sup> Kalkkikivialkalointi – opas veden syövyttävyyden vähentämiseksi, VVY, 2002



Kuva 4-3 Veden vapaan hiilidioksidin, bikarbonaatin ja karbonaatin suhteellisten osuuksien riippuvuus veden pH-arvosta<sup>7</sup>.

Esimerkiksi alumiinisulfaatti kuluttaa veden bikarbonaatti-ioneja seuraavasti<sup>8</sup>:



Yhtälöstä nähdään että reaktiossa veden alkaliteetti (bikarbonaattikonsentraatio) laskee ja veden hiilidioksidipitoisuus kasvaa. Molemmat seikat johtavat pH:n laskuun.

Polyalumiinisulfaatit, kuten polyalumiinikloridi, kuluttavat alkaliteettiä vähemmän. Alkaliteetin kuluminen riippuu polyalumiinisulfaatin emäksisyydestä eli  $\text{OH}^-/\text{Al}^{3+}$  moolisuhteesta. Suhteellinen emäksisyys esitetään yleensä prosentteina  $(\text{mol OH}^-/3 \text{ mol Al}) \times 100$ . Mitä emäksisempi polyalumiinisulfaatti, sitä vähemmän se kuluttaa alkaliteettiä.

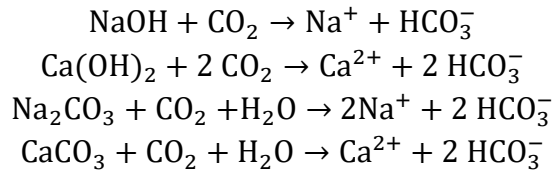
Saostuskemikaalin vaikutus alkaliteettiin ja pH-arvoon riippuu saostuskemikaalin sisältämän hapon määrästä, joka voi olla peräisin joko saostuskemikaalin valmistuksessa käytetystä ylimääräisestä haposta tai valmistuksen jälkeen lisätystä haposta. Saostuskemikaaleille on laskettavissa ns. EAC (*effective acid content*) -arvo. Saostuskemikaalin EAC-arvo voidaan laskea saostuskemikaalin hapon määrän perusteella. Esihydrolysoitujen saostuskemikaalien EAC-arvo voidaan laskea saostuskemikaalin emäksisyyden perusteella. Saostuskemikaalin sisältämä hapon määrä/esihydrolysoitujen saostuskemikaalin emäksisyys ilmoitetaan yleensä saostuskemikaalin tuote-esitteessä. EAC-arvo kuvaa koagulantin vaikutusta veden alkaliteettiin ja pH-arvoon.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Kemira 2020; About Water Treatment

<sup>9</sup> American Water Works Association, Water quality and treatment, A Handbook on Drinking Water, 6. painos



Veden alkalointiin käytetään yleensä emästä, joka reagoi veden hiilihapon kanssa muodostaen bikarbonaattia, jolloin veden pH ja alkaliteetti nousevat.<sup>7</sup> Talousveden tuotannossa voidaan joutua lisäämään hiilidioksidia veteen, mikäli vedessä ei ole tarpeeksi hiilidioksidia alkaliteetin (bikarbonaattipitoisuuden) nostamiseksi tavoitetasolle. Reaktioyhtälöt eri alkalointikemikaaleilla ovat:



## 4.2 OHJEET TALOUSVEDEN TUOTANTOON

### 4.2.1 Tiivistelmä huomioitavista asioista

Alle on koottu lyhyesti huomioitavat asiat talousveden tuotannossa, kun vaihtoehtoisen saostuskemikaalin annosteluun varaudutaan.

<p><b>Saostuskemikaalin annostustarve</b></p>	<p>Saostuskemikaalin annostelutarve muuttuu saostuskemikaalien ominaisuuksien mukaan.</p> <p>Raakaveden laadun pysyessä samana tärkeimpiä annosteluun vaikuttavia tekijöitä ovat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- saostuskemikaalin laatu (rauta- vai alumiinikemikaali)</li> <li>- saostuskemikaalin metallipitoisuus</li> </ul> <p>Lisätietoa kohdassa 4.2.3.</p>
<p><b>Muun kemikaloinnin annostelutarve</b></p>	<p>Desinfiointikemikaalin annostus ja alkalointikemikaalin (esim. kalkki, lipeä tai sooda) tarve vaihtelevat eri saostuskemikaaleja käytettäessä.</p> <p>Alkalointikemikaalin annosteluun vaikuttavia tekijöitä ovat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Saostuskemikaalin annostelumäärä (saostus kuluttaa alkaliteettiä)</li> <li>- Raakaveden alkaliteetti ja pH</li> <li>- Saostuskemikaalin EAC-arvo</li> </ul> <p>Alkaliteettiä (bikarbonaattipitoisuutta) ei ole mahdollista nostaa halutulle tasolle, mikäli raakavedessä ei ole riittävästi hiilidioksidia. Täten myös hiilidioksidin lisäykselle raakaveteen voi olla tarvetta.</p> <p>Mikäli raakaveden alkaliteetti on korkea, saattaa tulla tarve lisätä happoa veteen jotta päästään halutulle saostus-pH-alueelle ilman, että saostuskemikaalia tarvitsee annostella ylimäärin.</p> <p>Lisätietoa kohdassa 4.1.4.</p>

<b>Kemikaalin saata- vuus</b>	Tällä hetkellä Suomessa on kaksi saostuskemikaalien tuottajaa: Kemira ja Voda Nordic.  Lisätietoa eri vaihtoehdoista kohdassa 2.1.
<b>Muutokset sel- keytetyn veden laadussa</b>	Vaihdettaessa saostuskemikaalia tulee huomioida, että selkeytetyn veden laatu muuttuu. Erityisesti seuraavat muutokset tulee huomioida: <ul style="list-style-type: none"> <li>- jäännösraudan/alumiinin pitoisuus</li> <li>- sameus</li> <li>- pH → vaikuttaa loppuprosessin pH-säätötarpeeseen</li> <li>- alkaliteetti → vaikuttaa loppuprosessin alkaliteetti-säätötarpeeseen</li> <li>- orgaanisen aineen pitoisuus (TOC, KMnO<sub>4</sub>-luku, UV-absorbanssi) → Mikäli uusi saostuskemikaali poistaa orgaanista ainesta heikommin kuin normaali kemikaali, tulee varautua korkeampaan desinfiointikemikaalin annostelutarpeeseen (apua desinfiointikemikaalin annostuksen laskentaan MBA-oppaasta<sup>10</sup>)</li> <li>- sulfaatti/kloridi (jos käytössä rauta-tai alumiinisulfaatti, kasvaa sulfaatin pitoisuus vedessä, jos käytössä rauta- tai alumiinikloridi, kasvaa kloridin pitoisuus vedessä) → vaikuttaa veden korrosio-ominaisuuksiin</li> </ul>
<b>Saostuskemikaalin varastointitila- vuus</b>	Tilavuuden arvioinnissa tulee huomioida kemikaalien toimituskoot.  Lisätietoa kohdassa 3.2.
<b>Materiaalivaati- mukset</b>	Materiaalivaatimukset vaihtelevat eri saostuskemikaalille.  Lisätietoa kohdissa 2.1 ja 4.1.2.
<b>Saostuskemikaalin annosteluun vaikuttavat tekijät</b>	Saostuskemikaalien pumppaukseen vaikuttavia tekijöitä ovat: <ul style="list-style-type: none"> <li>- annosteluvirtaama</li> <li>- kemikaalin viskositeetti</li> <li>- kemikaalin tiheys</li> </ul> Vaihtoehtoisen kemikaalin annosteluun tulee tarvittaessa varautua väliaikaisella putkiratkaisulla.  Lisätietoa kohdissa 4.1.2 ja 5.
<b>Koeajotarve</b>	Kemikaalien optimaalinen annostus tulee testata käytännössä.
<b>Muutokset instru- mentoinnissa ja automaatiossa</b>	Ovatko instrumenttien säätöalueet riittäviä (esim. virtaamamittaus, pH-mittaus)?  Lisätietoa kohdassa 4.1.3.

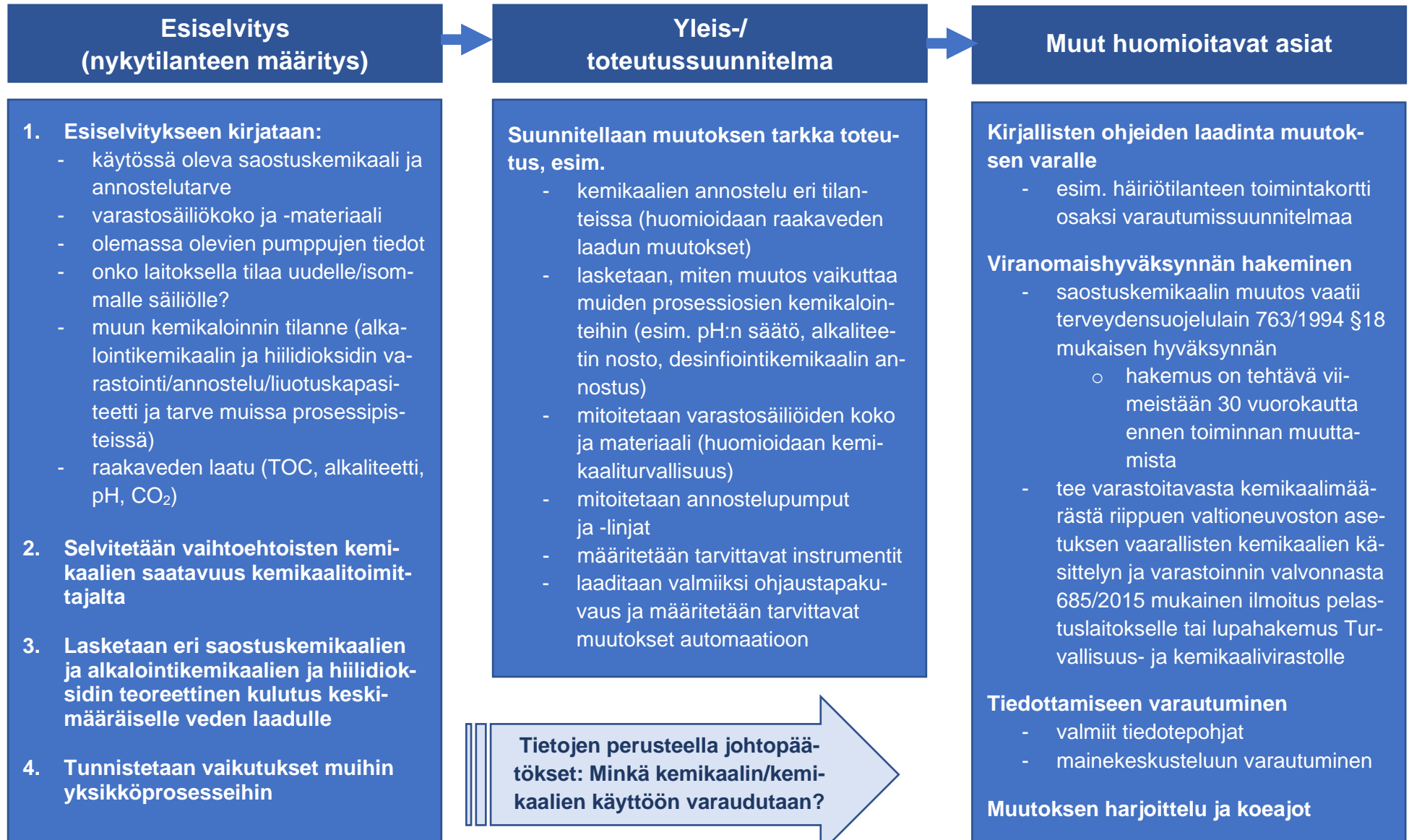
<sup>10</sup> Työkalu taudinaiheuttajien poistotehon arviointiin vedentuotantoketjussa, VVY, 2019  
[https://www.vvy.fi/site/assets/files/3057/tyokalu\\_taudinaiheuttajien\\_poistotehon\\_arviointiin\\_vedentuotantoketjussa\\_2\\_painos.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/3057/tyokalu_taudinaiheuttajien_poistotehon_arviointiin_vedentuotantoketjussa_2_painos.pdf)

#### **4.2.2 Varautuminen saostuskemikaalin vaihtamiseen**

Mikäli laitoksella ei ole mahdollista keskeyttää tuotantoa pidemmäksi aikaa, kemikaalin vaihtoon on varauduttava hyvissä ajoin etukäteen, jotta vaihto sujuu ongelmitta mahdollisen saatavuushäiriön sattuessa. Varautuminen edellyttää suunnitelmallisuutta, ja vesilaitosten kannattaa arvioida ajoissa ulkopuolisen suunnittelun tarvetta. Varautumisessa tulee myös huomioida viranomaishyväksynnän hakeminen vaihtoehtoisen saostuskemikaalin käyttöön.

Suositteluvat suunnitteluvaiheet on esitetty seuraavalla sivulla (Kuva 4-4). Suunnitteluun, varautumiseen ja kemikaalin vaihdosta aiheutuvaan työhön tulee varata riittävät resurssit.

Kuva 4-4 Suunnitteluvaiheet vesilaitoksen varautumisessa saostuskemikaalin vaihtoon



### 4.2.3 Eri saostuskemikaalien annostukset ja varastointi sekä vaikutus alkalointitarpeeseen

Saostuskemikaalin annostelu on paras optimoida käytännössä. Teoreettisen arvon laskentaan on useita tapoja. Yleisesti ottaen saostuskemikaalin annostus on aina riippuvainen orgaanisen aineen määrästä vedessä. Mitä enemmän orgaanista ainesta (TOC-pitoisuus) raakavedessä on, sitä enemmän saostuskemikaalia tarvitaan. Saostuskemikaalin annostus on verrannollinen raakaveden TOC-pitoisuuteen ja kertoimeen vaikuttaa mm. koagulantin tyyppi (Al/Fe) sekä pH.<sup>11</sup> Annostelun laskennassa huomioidaan lisäksi kemikaalin metallipitoisuus. Mitä suurempi metallipitoisuus saostuskemikaalilla on, sitä pienempi annostelutarve on.

pH:n laskiessa happaman saostuskemikaalin vaikutuksesta laskee bikarbonaatti-ionien suhteellinen osuus samalla, kun hiilidioksidin osuus kasvaa (kts kpl. 4.1.4). Saostuskemikaalin aiheuttamasta alkaliteetin (bikarbonaatin) kulumisesta saattaa olla seurauksena, että lisättäessä hapanta saostuskemikaalia veden pH-arvo laskee alle optimaalisen pH-alueen, jolloin alkalointia tarvitaan. Jos vedellä on lähtökohtaisesti korkea alkaliteetti, voidaan tarvita ylimääräistä happoa pH:n laskemiseksi halutulle tasolle. Saostuskemikaalin EAC-arvon avulla arvioidaan hapon tai emäksen lisäyksen tarvetta koagulaatiossa.

Alle on koottu kaksi laskuesimerkkiä siitä, miten vaihtoehtoinen saostuskemikaali vaikuttaisi eri raakavesien kemialliseen käsittelyyn. Esimerkki 1 on polyalumiinikloridia käyttävä pintavesilaitos, joka tullaan tulevaisuudessa rakentamaan kokonaan uudelleen, ja vaihtoehtoisen saostuskemikaalin varastointi ja annostelu voidaan huomioida jo uuden laitoksen suunnittelussa. Esimerkki 2 on ferrisulfaattia käyttävä olemassa oleva laitos, jolla on jo olemassa valmiit säiliöt ja annostelujärjestelmät.

#### Esimerkki 1. Pintavesilaitos 1, uusi laitos

**Mitoitusvirtaama:** 1 000 m<sup>3</sup>/h

**Normaali saostuskemikaali:** Polyalumiinikloridi (PAX-XL 100)

**Raakaveden keskimääräinen laatu:**

- TOC: 8,1 mg/l
- pH: 7,1
- Alkaliteetti: 0,41 mmol/l
- Hiilidioksidi: 2,1 mg/l

Pintavesilaitos 1 (Taulukko 4-1) on tottunut käyttämään saostuksessa polyalumiinikloridia. Mikäli laitos vaihtaisi toiseen alumiinituotteeseen, nestemäiseen alumiinisulfaattiin, kasvaisi kemikaalin kulutus litroissa lähes kolminkertaiseksi saman lopputuloksen saavuttamiseksi. Säiliökoko voidaan uuden laitoksen kohdalla kuitenkin mitoittaa riittäväksi

---

<sup>11</sup> American Water Works Association, Water quality and treatment, A Handbook on Drinking Water, 6. painos

niin, että sinne saa tuotua täyden kuorman mitä tahansa vaihtoehtoista nestemäistä kemikaalia. Säiliön tilavuus riittäisi alumiinisulfaattilla puolet lyhyemmäksi aikaa kuin tavanomaisella saostuskemikaalilla. Vaihdettaessa nestemäiseen alumiinisulfaattiin alkalointikemikaalin ja hiilidioksidin tarve kasvaisivat myös merkittävästi. Vaihdettaessa kiinteään alumiinisulfaattiin, tarvittaisiin laitokselle liuotuslaitteistot. Vaihdettaessa rautakemikaaliin saostuskemikaalin kulutus tuplaantuisi nykyisestä, mutta toisaalta saostustulos todennäköisesti paranisi. Täten kemikaalin kulutusta voisi todennäköisesti laskea teoreettisesta arvosta päästen silti samaan lopputulokseen vedenlaadun kannalta. SaostuspH on matalampi rautakemikaaleilla, joten yksi näkyvä muutos olisi alkalointikemikaalin tarpeen kasvu.

Taulukossa arvioidut pumppausmäärät (l/h) perustuvat laimentamattoman kemikaalin annosteluun. Mikäli kemikaalia laimennetaan ennen annostelua, muuttuvat lopulliset pumppausmäärät.

*Taulukko 4-1 Esimerkkilaskenta, pintavesilaitos 1 (laitoksen mitoitusvirtaama  $q_{mit}=1\ 000\ m^3/h$ )*

		<b>Polyalumini- nikloridi- liuos</b>	<b>Alumiini- sulfaatti- liuos</b>	<b>Ferrisul- faatti- liuos</b>	<b>Ferri- kloridi- liuos</b>	<b>Alumiini- sulfaatti (kiinteä)*</b>
Raakaveden TOC	mgC/l	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
Raakaveden pH		7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
Saostuksen pH		6,1	6,1	5,0	5,0	6,1
Saostuskemikaalin metallipitoisuus	%	9,3 %	4,0 %	12,5 %	14,0 %	9,0 %
Kemikaalin tiheys	tn/m <sup>3</sup>	1,57	1,42	1,29	1,39	0,85
Kemikaaliannos	g/m <sup>3</sup>	48	110	110	100	50
Kemikaalin kulutus	kg/h	50	120	120	110	61
	kg/d	1 200	2 800	2 800	2 500	1 500
	tn/kk	36	84	85	76	44
Liuoksen kulutus	l/h	36	90	75	74	230
	l/vrk	860	2 200	1 800	1 800	5 500
	m <sup>3</sup> /kk	26	65	54	53	160
Toimituserä	tn	47	47	47	47	34
	m <sup>3</sup>	30	33	36	34	40
Tarvittava säiliö- koko	m <sup>3</sup>	45	50	55	51	60
	tn	71	71	71	71	51
Täyttöväli (tonnien perusteella)	d	39	17	17	19	23
Lipeän (50 %) tarve	g/m <sup>3</sup>	2,3	15	16	14	11
	tn/kk	1,7	11	12	11	8,1
CO <sub>2</sub> -lisäystarve	g/m <sup>3</sup>	0,38	14	15	14	14
	tn/kk	0,29	11	12	10	7,3

*\*annostelu liuoksena (esimerkkilaskennassa jauhe liuotettu 20 p-%:ksi liuokseksi)*

Keskeiset muutokset vaihdettaessa polyalumiinikloridi vaihtoehtoiseen saostuskemikaaliin on kirjattu taulukkoon (Taulukko 4-2).

Taulukko 4-2 Keskeiset muutokset vaihdettaessa pintavesilaitoksella 1 polyalumiinikloridi vaihtoehtoiseen saostuskemikaaliin

Vaihtoehtoinen saostuskemikaali	Saostuskemikaalin annostus (l/h)	Alkalointikemikaalin ja hiilidioksidin annostus (g/m <sup>3</sup> )	Muutokset selkeytetyn veden laatuun	Tarve laitteistomuutoksille	Vaikutukset muuhun prosessiin	Muut huomiot
Alumiinisulfaatti (liuos)	kasvaa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alkalointikemikaalin tarve kasvaa</li> <li>- hiilidioksidin tarve kasvaa</li> </ul>	kloridin sijaan vedessä sulfaattia → vähemmän korrodoivaa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- annostelupumpun mitoitus tarkistettava / hankittava varapumppu</li> <li>- tarve erilliselle annosteluletkulle, mikäli kiinteän putkiston kapasiteetti liian pieni</li> </ul>	ei merkittäviä muutoksia	
Alumiinisulfaatti (kiinteä)	kasvaa (kulutus riippuu liuotusväkevyydestä)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alkalointikemikaalin tarve kasvaa</li> <li>- hiilidioksidin tarve kasvaa</li> </ul>	kloridin sijaan vedessä sulfaattia → vähemmän korrodoivaa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tarve erilliselle liuotuslaitteistolle</li> <li>- annostelupumpun mitoitus tarkistettava / hankittava varapumppu</li> <li>- tarve erilliselle annosteluletkulle, mikäli kiinteän putkiston kapasiteetti liian pieni</li> </ul>	ei merkittäviä muutoksia	
Ferrisulfaatti	kasvaa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alkalointikemikaalin tarve kasvaa</li> <li>- hiilidioksidin tarve kasvaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- orgaanisen aineen poistuma paranee</li> <li>- ei vaaraa jään-nösalumiinista</li> <li>- kloridin sijaan vedessä sulfaattia → vähemmän korrodoivaa</li> <li>- pH matalampi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- annostelupumpun mitoitus tarkistettava / hankittava varapumppu</li> <li>- tarve erilliselle annosteluletkulle, mikäli kiinteän putkiston kapasiteetti liian pieni</li> <li>- pH-mittarin mittausalue tarkistettava</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pH:n säätö ja loppuprosessin alkalointitarve muuttuu</li> <li>- desinfiointitarve vähenee jos orgaanista ainesta vähemmän talousvedessä</li> </ul>	rautapohjaista kemikaalia voi annostella todellisuudessa vähemmän, jotta saavutetaan sama veden laatu kuin alumiinilla (annostelun optimointi suotavaa)
Ferrikloridi	kasvaa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alkalointikemikaalin tarve kasvaa</li> <li>- hiilidioksidin tarve kasvaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- orgaanisen aineen poistuma paranee</li> <li>- ei vaaraa jään-nösalumiinista</li> <li>- pH matalampi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- varauduttu syövyttävyyteen lähtökohtaisesti (säiliö)</li> <li>- annostelupumpun mitoitus tarkistettava / hankittava varapumppu</li> <li>- tarve erilliselle annosteluletkulle (syövyttävyys)</li> <li>- pH-mittarin mittausalue tarkistettava</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pH:n säätö ja loppuprosessin alkalointitarve muuttuu</li> <li>- desinfiointitarve vähenee jos orgaanista ainesta vähemmän talousvedessä</li> </ul>	kts. ferrisulfaatti

## Esimerkki 2. Pintavesilaitos 2, olemassa oleva laitos

**Mitoitusvirtaama:** 100 m<sup>3</sup>/h

**Normaali saostuskemikaali:** Ferrisulfaatti (PIX-322)

**Raakaveden keskimääräinen laatu:**

- TOC: 5,4 mg/l
- pH: 6,6
- Alkaliteetti: 0,06 mmol/l
- Hiilidioksidi: 2,1 mg/l

Esimerkkilaitos 2 on tottunut käyttämään saostuksessa ferrisulfaattia. Alle on taulukoitu (Taulukko 4-3), millaisia muutoksia kemikaalin kulutuksessa, varaston riittävydessä ja alkalointikemikaalien kulutuksessa olisi vaihdettaessa ferrisulfaatti toiseen saostuskemikaaliin. Taulukossa arvioidut pumppausmäärät (l/h) perustuvat laimentamattoman kemikaalin annosteluun. Mikäli kemikaalia laimennetaan ennen annostelua, muuttuvat lopulliset pumppausmäärät. Vaihdettaessa toiseen nestemäiseen saostuskemikaaliin tarvittava säiliökoko ei muuttuisi merkittävästi.

*Taulukko 4-3 Esimerkkilaskenta, pintavesilaitos 2 (laitoksen mitoitusvirtaama  $q_{mit} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ )*

		Ferri-sulfaatti-liuos	Poly-alumiini-kloridi-liuos	Alumiini-sulfaatti-liuos	Ferri-kloridi-liuos	Alumiini-sulfaatti*
Raakaveden TOC	mgC/l	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
Raakaveden pH		6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
Saostuksen pH		5,0	6,1	6,1	5	6,1
Saostuskemikaalin metallipitoisuus	%	12,5 %	9,3 %	4,0 %	14,0 %	9,0 %
Kemikaalin tiheys	tn/m <sup>3</sup>	1,57	1,42	1,29	1,39	0,85
Kemikaaliannos	g/m <sup>3</sup>	76	32	74	68	33
Kemikaalin kulutus	kg/h	7,6	3,0	7,0	7,0	3,3
	kg/d	180	77	180	160	79
	tn/kk	5 400	2 300	5 300	4 900	2 400
Liuoksen kulutus	l/h	4,8	2,3	5,8	4,8	15
	l/vrk	120	55	140	110	350
	m <sup>3</sup> /kk	3,5	1,7	4,1	3,4	11
Toimituserä	tn	20	20	20	20	17
	m <sup>3</sup>	13	14	16	14	20
Tarvittava säiliökoko	m <sup>3</sup>	19	21	23	22	30
	tn	30	30	30	30	26
Täyttöväli (tonnien perusteella)	d	110	260	110	120	210
Lipeän (50 %) tarve	g/m <sup>3</sup>	19	6,2	15	18	12
	tn/kk	1,3	0,4	1,1	1,3	0,9
CO <sub>2</sub> -lisästarve	g/m <sup>3</sup>	18	4,7	14	18	11
	tn/kk	1,3	0,34	1,0	1,3	0,79

\*annostelu liuoksena (esimerkkilaskennassa jauhe liuotettu 20 p-%:ksi liuokseksi)



Keskeiset muutokset vaihdettaessa ferrisulfaatti eri saostuskemikaaliin on kirjattu taulukkoon (Taulukko 4-4).

Taulukko 4-4 Keskeiset muutokset vaihdettaessa pintavesilaitoksella 2 ferrisulfaatti vaihtoehtoiseen saostuskemikaaliin

Vaihtoehtoinen saostuskemikaali	Saostuskemikaalin annostus (l/h)	Alkalointikemikaalin ja hiilidioksidin annostus (g/m <sup>3</sup> )	Muutokset selkeytetyn veden laatuun	Tarve laitteistomuutoksille	Vaikutukset muuhun prosessiin	Muut huomiot
Ferrikloridi	ei merkittävää muutosta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ei merkittävää muutosta alkalointikemikaalin tarpeessa</li> <li>- ei merkittävää muutosta hiilidioksidin tarpeessa</li> </ul>	sulfaatin sijaan vedessä kloridia → korrodoivampaa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- annostelupumpun ja varastosäiliön korroosionkestävyys varmistettava</li> <li>- tarve erilliselle annosteluletkulle (syövyttävyys)</li> </ul>	- talousveden alkaliteettia joudutaan mahdollisesti nostamaan korkeammalle kun vedessä kloridia korroosio-ominaisuuksien varmistamiseksi	
Alumiinisulfaatti (liuos)	kasvaa hieman	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alkalointikemikaalin tarve vähenee hieman</li> <li>- ei merkittävää muutosta hiilidioksidin tarpeessa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- veden alumiinipitoisuus kasvaa</li> <li>- pH muuttuu (korkeampi saostus-pH)</li> <li>- orgaanisen aineen poistuma heikkenee</li> </ul>	- annostelupumpun mitoitus tarkistettava / hankittava varapumppu	- muutokset alkalointitarpeessa - desinfiointikemikaalin tarve kasvaa mikäli orgaanisen aineen poistuma prosessissa heikkenee	jäännösalumiinin hallintaan kiinnitettävä huomiota (saostuskemikaalin optimaalinen annostus ja sekoitusolosuhteet)
Alumiinisulfaatti (kiinteä)	kasvaa (kulutus riippuu liuotusväkevyydestä)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alkalointikemikaalin tarve vähenee hieman</li> <li>- ei merkittävää muutosta hiilidioksidin tarpeessa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- veden alumiinipitoisuus kasvaa</li> <li>- pH muuttuu (korkeampi saostus-pH)</li> <li>- orgaanisen aineen poistuma heikkenee</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tarve erilliselle liuotuslaitteistolle</li> <li>- annostelupumpun mitoitus tarkistettava / hankittava varapumppu</li> </ul>	- muutokset alkalointitarpeessa - desinfiointikemikaalin tarve kasvaa mikäli orgaanisen aineen poistuma prosessissa heikkenee	jäännösalumiinin hallintaan kiinnitettävä huomiota (saostuskemikaalin optimaalinen annostus ja sekoitusolosuhteet)
Polyalumiinikloridi	vähenee	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alkalointikemikaalin tarve vähenee</li> <li>- hiilidioksidin tarve vähenee</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- veden alumiinipitoisuus kasvaa</li> <li>- pH muuttuu (korkeampi saostus-pH)</li> <li>- orgaanisen aineen poistuma heikkenee</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- annostelupumpun ja varastosäiliön korroosionkestävyys varmistettava</li> <li>- tarve erilliselle annosteluletkulle (syövyttävyys)</li> </ul>	- muutokset alkalointitarpeessa - desinfiointikemikaalin tarve kasvaa mikäli orgaanisen aineen poistuma prosessissa heikkenee	jäännösalumiinin hallintaan kiinnitettävä huomiota (saostuskemikaalin optimaalinen annostus ja sekoitusolosuhteet)

## 4.3 OHJEET JÄTEVEDENPUHDISTUKSEEN

### 4.3.1 Tiivistelmä huomioitavista asioista

Alle on koottu lyhyesti huomioitavat asiat jätevedenpuhdistuksessa, kun vaihtoehtoisen saostuskemikaalin annosteluun varaudutaan.

<b>Saostuskemikaalin annostustarve</b>	<p>Saostuskemikaalin annostelutarve muuttuu saostuskemikaalien ominaisuuksien mukaan.</p> <p>Fosforikuorman pysyessä samana tärkeimpiä annosteluun vaikuttavia tekijöitä ovat:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- saostuskemikaalin laatu (rauta- vai alumiinikemikaali)</li><li>- saostuskemikaalin metallipitoisuus</li></ul> <p>Lisätietoa kohdassa 4.3.3.</p>
<b>Vaihtoehtoisen kemikaali vaikutukset muuhun puhdistusprosessiin</b>	<p>Saostuskemikaalin vaihto voi vaikuttaa eri yksikköprosesseihin.</p> <p>Arvioi etenkin alumiinin vaikutukset biologiaan (nitrifikaation inhibitio) ja lietteenkäsittelyyn (rikkivety, käsiteltävyys).</p> <p>Vaihtoehtoinen saostuskemikaali voi aiheuttaa myös pH-muutoksia, minkä vuoksi voi olla tarpeen kasvattaa alkalointikemikaalin annostelua.</p>
<b>Kemikaalin saataavuus</b>	<p>Tällä hetkellä Suomessa on kaksi saostuskemikaalien tuottajaa: Kemira ja Voda Nordic.</p> <p>Lisätietoa eri kemikaalivaihtoehdoista kohdassa 2.2.</p>
<b>Saostuskemikaalin varastointitilavuus</b>	<p>Tilavuuden arvioinnissa tulee huomioida kemikaalien toimituskoot.</p> <p>Lisätietoa kohdassa 3.2.</p>
<b>Materiaalivaatimukset</b>	<p>Materiaalivaatimukset vaihtelevat eri saostuskemikaalille.</p> <p>Lisätietoa kohdissa 2.2 ja 4.1.2.</p>
<b>Saostuskemikaalin annosteluun vaikuttavat tekijät</b>	<p>Saostuskemikaalien pumppaukseen vaikuttavia tekijöitä ovat:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- annosteluvirtaama</li><li>- kemikaalin viskositeetti</li><li>- kemikaalin tiheys</li></ul> <p>Vaihtoehtoisen kemikaalin annosteluun tulee tarvittaessa varautua väliaikaisella putkiratkaisulla.</p> <p>Lisätietoa kohdissa 4.3.3 ja 5.</p>
<b>Koeajotarve</b>	<p>Kemikaalien optimaalinen annostus tulee testata käytännössä.</p>
<b>Muutokset instrumentoinnissa ja automaatiossa</b>	<p>Ovatko instrumenttien säätöalueet riittäviä (esim. virtaamamittaus, pH-mittaus)?</p> <p>Lisätietoa kohdassa 4.1.3.</p>

#### 4.3.2 Varautuminen saostuskemikaalin vaihtamiseen

Kemikaalin vaihtoon on varauduttava hyvissä ajoin etukäteen, jotta vaihto sujuu ongelmitta mahdollisen saatavuushäiriön sattuessa. Varautuminen edellyttää suunnitelmallisuutta, ja laitosten kannattaa arvioida ajoissa ulkopuolisen suunnittelun tarvetta.

Varautumisessa tulee myös huomioida, että ympäristölupaan on määritetty puhdistamolla käytettävät kemikaalit. Siten saostuskemikaalin vaihto edellyttää keskustelua ympäristöluvan valvojan. Samalla on suositeltavaa käydä läpi saostuskemikaalin saatavuusongelmiin liittyviä skenaarioita ja vaihtoehtoisen kemikaalin käytön vaikutuksia. Vaihto rautapohjaisesta saostuskemikaalista alumiinipohjaiseen voi edellyttää fosforinpoiston ja typenpoiston välistä priorisointia.

Suositteluvat suunnitteluvaiheet on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 4-5). Suunnitteluun, varautumiseen ja kemikaalin vaihdon aiheuttaman prosessimuutoksen vaatimalle ajalle on varattava riittävät resurssit.

#### 4.3.3 Eri saostuskemikaalien annostukset ja varastointi sekä vaikutukset muuhun prosessiin

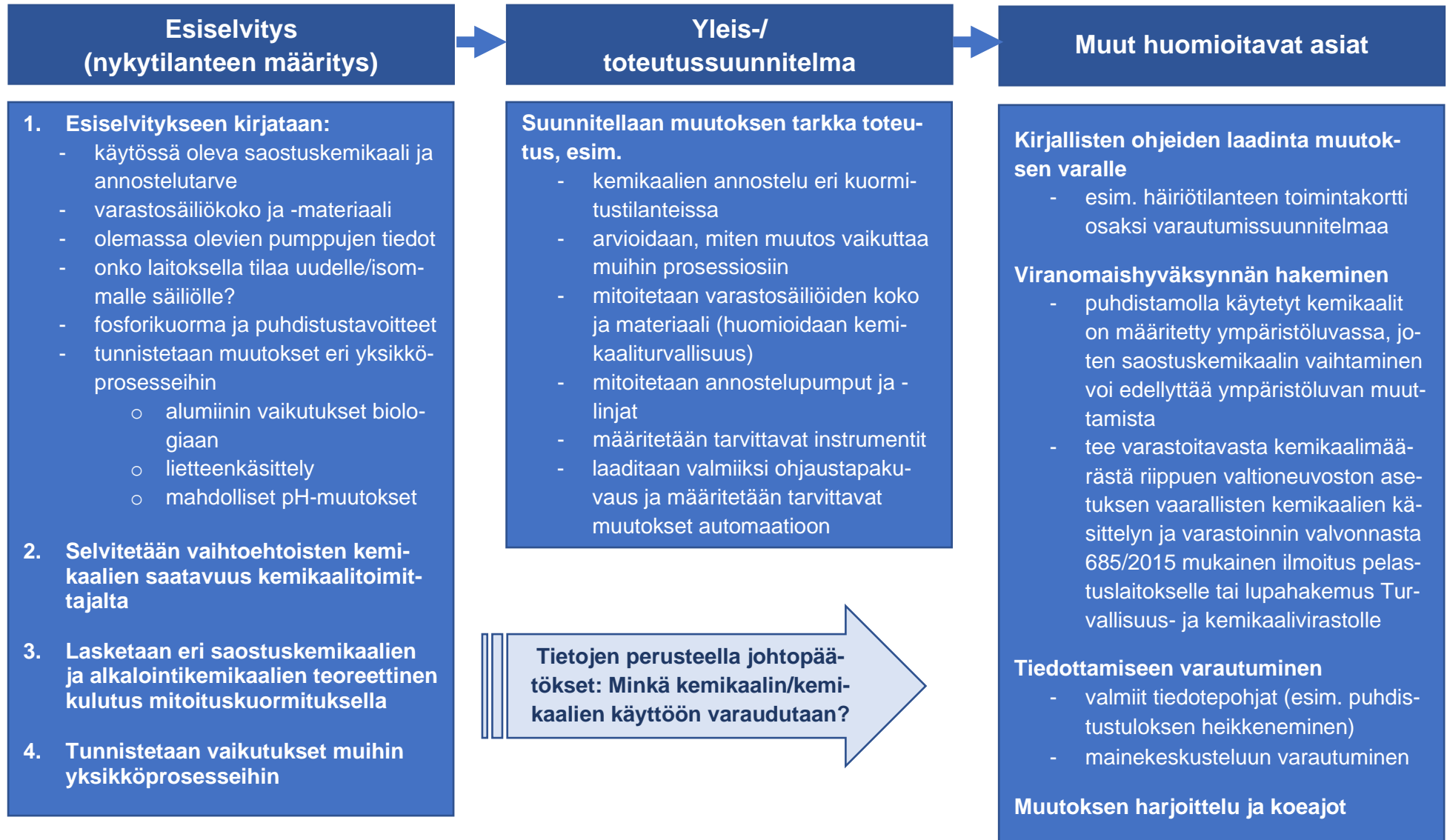
Saostuskemikaalin annostus lasketaan metalli/P-moolisuhteen perusteella. Moolisuhde lasketaan prosessivaihekohtaisesti: esimerkiksi rinnakkaissaostuksessa ja tertiäärikäsittelyssä erikseen. Rinnakkaissaostuksessa teoreettinen moolisuhde on 1, mutta käytännössä saostuskemikaalia on syötettävä enemmän. Tyypillinen suunnittelussa käytetty moolisuhde on n. 1,4 mol Fe/mol P yhdyskuntajätevedelle esi- ja rinnakkaissaostuksessa. Tertiäärikäsittelyssä moolisuhde voi kasvaa moninkertaiseksi riippuen mm. käsiteltävästä vedestä ja tavoiteltavasta jäännösfosforipitoisuudesta. Saostuksen moolisuhde kasvaa jäännösfosforipitoisuuden pienentyessä.

Moolisuhteeseen vaikuttavat mm. laitoksen kapasiteetti suhteessa kuormitukseen, tertiäärikäsittelyn olemassaolo ja tyyppi, saostuskelpoisen fosforin pitoisuus kemikaalin syöttökohdassa, kemikaalin sekoittumisolosuhteet, jäteveden sisältämän fosforin kemiallinen rakenne ja jäteveden pH.

Käytettäessä alumiinipohjaista kemikaalia esi- tai rinnakkaissaostukseen on aloitettava pienellä annostuksella ja kasvatettava annostusta vähitellen, jotta biologinen prosessi ehtii tottua uuteen kemikaaliin ja typenpoisto häiriintyisi mahdollisimman vähän. Rinnakkaissaostukseen alumiinia ei tulisi käyttää mieluiten lainkaan. Esisaostukseenkin syötetyn alumiinin on käytännössä todettu häiritsevän nitrifikaation toimintaa jo pieninä annoksina.

Seuraavaksi esitetään kaksi laskuesimerkkiä siitä, miten vaihtoehtoinen saostuskemikaali vaikuttaisi eri jätevedenpuhdistamoilla. Molemmat esimerkkilaitokset käyttävät ferrosulfaattia.

Kuva 4-5 Suunnitteluvaiheet jätevedenpuhdistamon varautumisessa saostuskemikaalin vaihtoon



### Esimerkki 1. Jätevedenpuhdistamo 1

Jätevedenpuhdistamo 1 (Taulukko 4-5) käyttää saostuksessa ferrosulfaattia. Laitoksen keskivirtaama on 4 900 m<sup>3</sup>/d. Alle on taulukoitu, millaisia muutoksia kemikaalin kulutuksessa ja varaston riittävydessä olisi vaihdettaessa toiseen saostuskemikaaliin. Mikäli laitoksella vaihdettaisiin nestemäiseen ferrisulfaattiin, ferrikloridiin tai nestemäiseen alumiinisulfaattiin, kemikaalin kulutus kg/d kasvaisi 60-120 %. Varastosäiliön tilavuus riittäisi ferrisulfaattilla, ferrikloridilla ja nestemäisellä alumiinisulfaattilla puolet vähemmäksi aikaa kuin nykyisin käytetyllä saostuskemikaalilla.

Kyseisellä laitoksella toteutunut moolisuhde mol Fe/mol P on vaihdellut välillä 2,1–2,4, kun on käytetty ferrosulfaattia. Siten ferrosulfaatin kulutus on ollut suurempi kuin laskuesimerkissä. Valmiiksi nestemäisillä saostuskemikaaleilla annostelun tarkkuus on tyypillisesti suurempi (ks. luvusta 6 suosituksia ferrosulfaatin syötön optimointiin). Ferrosulfaatin syötössä moolisuhde 1,4 ei tyypillisesti ole toteutunut rinnakkaissaostuksessa.

Taulukossa arvioidut pumppausmäärät (l/h) perustuvat laimentamattoman kemikaalin annosteluun. Mikäli kemikaalia laimennetaan ennen annostelua, muuttuvat lopulliset pumppausmäärät.

Taulukko 4-5 Esimerkkilaskenta, jätevedenpuhdistamo 1 (laitoksen keskivirtaama  $q_{kesk} = 4\,900\text{ m}^3/\text{d}$ )

		Ferrosulfaatti (kiinteä)*	Ferrisulfaattiliuos	Ferrikloridiliuos	Alumiinisulfaattiliuos	Polyalumiinikloridiliuos	Alumiinisulfaatti (kiinteä)**
Fosforikuorma	kg/d	30	30	30	30	30	30
Moolisuhde	mol metalli/ mol P	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Kemikaalin metallipitoisuus	%	18 %	11 %	8,8 %	4,0 %	9,3 %	9,0 %
Kemikaalin tiheys	kg/m <sup>3</sup>	900	1 500	1 240	1 290	1 390	850
Kemikaalin kulutus	kg/d	400	640	810	870	370	380
	t/a	150	230	300	320	140	140
Liuoksen kulutus	m <sup>3</sup> /d	0,99	0,43	0,66	0,67	0,27	1,7
Annostus normaali- virtaamalla	g/m <sup>3</sup>	81	130	170	180	76	78
Liuoksen annostelu	l/m <sup>3</sup>	0,067	0,087	0,13	0,14	0,055	0,069
Kemikaalin kulutus keskivirtaamalla	kg/h	17	27	34	36	16	16
Liuoksen kulutus	l/h	41	18	27	28	11	70
Varastosäiliön kokonaistilavuus	m <sup>3</sup>	35	35	35	35	35	35
Kuljetusyksikön kapasiteetti	t	20	20	20	20	20	20
Täyttötilavuus	m <sup>3</sup>	22	13	16	16	14	24
Täyttöväli (tonnien perusteella)	d	50	31	25	23	54	52

\*annostelu liuoksena (esimerkkilaskennassa jauhe liuotettu 33 p-%:ksi liuokseksi)

\*\*annostelu liuoksena (esimerkkilaskennassa jauhe liuotettu 20 p-%:ksi liuokseksi)

## Esimerkki 2. Jätevedenpuhdistamo 2

Jätevedenpuhdistamo 2 on tottunut käyttämään rinnakkaissaostuksessa ferrosulfaattia. Fosforinpoistoa tehostetaan tertiäärikäsittelyssä (kiekkosuodatus), jossa saostuskemikaalina käytetään polyalumiinikloridia. Laitoksen keskivirtaama on 37 000 m<sup>3</sup>/d. Alla (Taulukko 4-6) on esitetty, millaisia muutoksia kemikaalin kulutuksessa ja varaston riittävydessä olisi vaihdettaessa toiseen saostuskemikaaliin. Mikäli laitoksella vaihdettaisiin nestemäiseen ferrisulfaattiin, ferrikloridiin tai nestemäiseen alumiinisulfaattiin, kemikaalin kulutus kg/d kasvaisi 60–120 % (vastaavasti kuin jätevedenpuhdistamolla 1).

Taulukossa arvioidut pumppausmäärät (l/h) perustuvat laimentamattoman kemikaalin annosteluun. Mikäli kemikaalia laimennetaan ennen annostelua, muuttuvat lopulliset pumppausmäärät.

Taulukko 4-6 Esimerkkilaskenta, jätevedenpuhdistamo 2 (laitoksen keskivirtaama  $q_{\text{kesk}} = 37\,000\text{ m}^3/\text{d}$ )

		Ferro-sulfaatti (kiinteä)*	Ferri-sulfaattiliuos	Ferri-kloridiliuos	Alumiini-sulfaattiliuos	Polyalumiinikloridi	Alumiini-sulfaatti (kiinteä)**
Fosforikuorma	kg/d	270	270	270	270	270	270
Moolisuhde	mol metalli/ mol P	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Kemikaalin metallipitoisuus	%	18,0 %	11,2 %	8,8 %	4,0 %	9,3 %	9,0 %
Kemikaalin tiheys	kg/m <sup>3</sup>	900	1 500	1 240	1 290	1 390	850
Kemikaalin kulutus	kg/d	3 700	6 000	7 600	8 100	3 500	3 600
	t/a	1 400	2 200	2 800	3 000	1 300	1 300
Liuoksen kulutus	m <sup>3</sup> /d	9,3	4,0	6,2	6,3	2,5	16
Annostus normaali-virtaamalla	g/m <sup>3</sup>	100	160	210	220	94	98
Liuoksen annostelu	l/m <sup>3</sup>	0,084	0,11	0,17	0,17	0,068	0,086
Kemikaalin kulutus keskivirtaamalla	kg/h	160	250	320	340	145	150
Liuoksen kulutus	l/h	390	170	260	260	100	660
Varastosäiliön kokonaistilavuus	m <sup>3</sup>	76	76	76	76	76	76
Kuljetusyksikön kapasiteetti	t	43	43	43	43	43	43
Kuljetusyksikön täyttötilavuus	m <sup>3</sup>	48	29	35	33	31	51
Täyttöväli (tonnien perusteella)	d	12	7,2	5,6	5,3	12	12

\*annostelu liuoksena (esimerkkilaskennassa jauhe liuotettu 33 p-%:ksi liuokseksi)

\*\*annostelu liuoksena (esimerkkilaskennassa jauhe liuotettu 20 p-%:ksi liuokseksi)

### **Alkalointikemikaalin kulutus**

Tulevan jäteveden alkaliteetti on tyypillisesti välillä 2-3,5 mmol/l, mutta vaihtelee vuoro-kauden tai vuodenajan mukaan. Kemiallinen saostus kuluttaa jäteveden alkaliteettia (ks. kpl 4.1.4). Saostuksen vaikutus alkaliteettiin riippuu käytetystä saostuskemikaalista. Rauta-/alumiinipohjaiset saostuskemikaalit kuluttavat jäteveden alkaliteettia noin 0,5-1,2 mmol/l. Ferrosulfaatin lisäys kuluttaa alkaliteettia vähemmän kuin alumiini- tai ferrisuolojen lisäys. Nitrifikaatio kuluttaa alkaliteettia 0,14 mmol/l per mg N. Tarvittava alkalointikemikaalimäärä vähenee, jos biologista käsittelyprosessia ajetaan kokonaistypenpoistoprosessina. Nitrifikaatio asettaa jäteveden alkalointitarpeen. Saostuskemikaalin vaikutus on nitrifikaation tai kokonaistypenpoiston vaikutusta merkittävästi pienempi.<sup>12</sup>

Mikäli alkalointikemikaalia ei syötetä riittävästi esimerkiksi syöttöjärjestelmän häiriön vuoksi, veden pH laskee, nitrifikaatioprosessi häiriintyy ja lietteen flokkirakenne voi hajota, mikä aiheuttaa lähtevän jäteveden sameuden kasvua. Alkalointikemikaalia on syötettävä riittävästi siten, että lähtevän veden alkaliteetti on vähintään 1-1,5 mmol/l, jotta alkaliteettitaso ei rajoita nitrifikaatiobakteereiden toimintaa. Nitrifikaatio toimii tätä matalammallakin alkaliteettitasolla, mutta normaalitilanteen jäännösalkaliteettiin on jätettävä puskurivaraa esim. tulevan jäteveden äkillisten pH-muutoksien tai alkalointikemikaalin syöttöhäiriön varalta.

Yhteenveto keskeisistä muutoksista vaihdettaessa ferrosulfaatti vaihtoehtoiseen saostuskemikaaliin on kirjattu seuraavalle sivulle (Taulukko 4-7).

---

<sup>12</sup> Ferrosulfaatin käyttöopas, Kemira, 2002

Taulukko 4-7 Keskeiset muutokset vaihdettaessa ferrosulfaatista vaihtoehtoiseen saostuskemikaaliin

Vaihtoehtoinen saostuskemikaali	Saostuskemikaalin annostus (l/h)	Tarve laitteistomuutoksille	Vaikutukset muuhun prosessiin	Muut huomiot
Ferrisulfaatti	liuoksen kulutus pienenee, mutta kemikaalin kulutus (kg/h) kasvaa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- edellyttää sopivaa varastosäiliötä nestemäiselle kemikaalille (huom. varoallas)</li> <li>- annostelupumpun mitoitus tarkistettava / hankittava varapumppu</li> </ul>	ei vaikutuksia	säiliön täyttöväli tihenee
Ferrikloridi	liuoksen kulutus pienenee, mutta kemikaalin kulutus (kg/h) kasvaa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- annostelupumpun mitoitus tarkistettava ja korroosionkestävyys varmistettava</li> <li>- tarvittaessa erillinen varastosäiliö ja annosteluletku (korroosionkesto)</li> <li>- edellyttää sopivaa varastosäiliötä nestemäiselle kemikaalille (huom. varoallas)</li> </ul>	ei vaikutuksia	säiliön täyttöväli tihenee
Alumiinisulfaatti (liuos)	liuoksen kulutus pienenee, mutta kemikaalin kulutus (kg/h) kasvaa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- annostelupumpun mitoitus tarkistettava / hankittava varapumppu</li> <li>- edellyttää sopivaa varastosäiliötä nestemäiselle kemikaalille (huom. varoallas)</li> </ul>	<p>alumiini vaikuttaa biologiaan ja heikentää typenpoistoa (nitrifikaation inhibitio)</p> <p>alumiini voi vaikuttaa myös lietteenkäsittelyyn (rikkivety, käsiteltävyys) ja alkalointiin</p>	<p>alumiinin syöttö aloitettava vähitellen, jotta typenpoisto häiriintyy mahdollisimman vähän</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mahdollisimman suuri osa jälkisaostukseen, ei syöttöä suoraan biologiaan</li> </ul> <p>säiliön täyttöväli tihenee</p>
Alumiinisulfaatti (kiinteä)	liuoksen kulutus pienenee (kulutus riippuu liuotusväkevyydestä), mutta kemikaalin kulutus kg/h pysyy samana	<ul style="list-style-type: none"> <li>- annostelupumpun mitoitus tarkistettava / hankittava varapumppu</li> </ul>	<p>alumiini vaikuttaa biologiaan ja heikentää typenpoistoa (nitrifikaation inhibitio)</p> <p>alumiini voi vaikuttaa myös lietteenkäsittelyyn (rikkivety, käsiteltävyys) ja alkalointiin</p>	<p>alumiinin syöttö aloitettava vähitellen, jotta typenpoisto häiriintyy mahdollisimman vähän</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mahdollisimman suuri osa jälkisaostukseen, ei syöttöä suoraan biologiaan</li> </ul>
Polyalumiinikloridi	vähenee	<ul style="list-style-type: none"> <li>- annostelupumpun mitoitus tarkistettava ja korroosionkestävyys varmistettava</li> <li>- tarvittaessa erillinen varastosäiliö ja annosteluletku (korroosionkesto)</li> <li>- edellyttää sopivaa varastosäiliötä nestemäiselle kemikaalille (huom. varoallas)</li> </ul>	<p>alumiini vaikuttaa biologiaan ja heikentää typenpoistoa (nitrifikaation inhibitio)</p> <p>alumiini voi vaikuttaa myös lietteenkäsittelyyn (rikkivety, käsiteltävyys) ja alkalointiin</p>	<p>alumiinin syöttö aloitettava vähitellen, jotta typenpoisto häiriintyy mahdollisimman vähän</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mahdollisimman suuri osa jälkisaostukseen, ei syöttöä suoraan biologiaan</li> </ul>



## 5 VARALAITTEET JA -JÄRJESTELYT

Saostuskemikaalin saatavuushäiriöihin varauduttaessa tulee selvittää nykyisen varastokapasiteetin riittävyys (ks. kpl 3.1) sekä mahdollisuus vaihtoehdoisen saostuskemikaalin käyttöön. Varalaitteet ja -järjestelyt voivat olla tarpeen, mikäli olemassa olevat pumput ja kemikaaliputkistot eivät kapasiteetiltaan tai materiaaliltaan sovellu vaihtoehdoisen kemikaalin käyttöön.

Jos varsinaista saostuskemikaalia ei ole tilapäisesti saatavilla ja syöttölinjan putkien materiaalit eivät sovellut vaihtoehdoiselle kemikaalille, väliaikaisesti voi vetää rinnakkaisen syöttölinjan letkuilla.

Samaa pumpppua voi käyttää vaihtoehdoisen kemikaalin pumpppaukseen, jos pumpun kapasiteetti riittää (ks. kpl 4.1.2). Myös samaa kemikaaliannostelulinjaa voi käyttää vaihtoehdoiselle kemikaalille, jos materiaalivaatimukset täyttyvät ja linjan kapasiteetti on riittävä.

Instrumentoinnissa (lähinnä pH- ja virtaamamittaus) tulee varmistaa, että riittävät mittausalueet, jos käytetään vaihtoehdoista saostuskemikaalia.

Koska vesilaitoksilla ja jätevedenpuhdistamoilla käytettävät saostuskemikaalimäärät ovat suuria (ks. esimerkkilaskennat kpl 4.2.3 ja 4.3.3), varasäiliöt eivät useimmilla laitoksilla ole mahdollisia (vaadittava koko vähintään 10–20 m<sup>3</sup>). Varasäiliöiden kohdalla on huomioitava myös käytettävyys talvella: varasäiliöitä ei voisi säilyttää talvella ulkona (suositellut varastointilämpötilat kemikaaleille väh. 0 °C, ks. luku 2).

Vaihtoehdoisen saostuskemikaalin käyttöön varauduttaessa ei ole suositeltavaa hankkia useamman laitoksen yhteisiä laitteita, koska häiriöt kemikaalisaatavuudessa voivat olla laajamittaisia.

## 6 SAOSTUSKEMIKAALIEN KULUTUKSEN OPTIMOINTI JÄTEVEDENPUHDISTUKSESSA

### 6.1 YLEISTÄ

Julkaisussa ”Kemiallisen saostuksen huoltovarmuuden parantaminen”<sup>13</sup> todettiin, että osalla jätevedenpuhdistamoista olisi mahdollisuus pienentää saostuskemikaalin kulu- tusta, erityisesti ferrosulfaattia käsittelevillä laitoksilla. Julkaisun luvussa 5.3 esitetyt kei- not saostuskemikaalin kulutuksen optimointiin on lyhyesti koottu alla olevaan taulukkoon. Tässä luvussa syvennetään em. toimenpiteiden kuvausta esittämällä konkreettisia suun- nittelussa huomioitavia asioita ja toteutus esimerkkejä.

<b>Seuranta ja toi- menpiteet</b>	Seuraa saostuksen moolisuhdetta: jos Fe/P > 2,0 mol/mol tai muuten nou- see merkittävästi laitokselle tyypillisestä arvosta, selvitä mistä tämä johtuu
<b>Prosessin kokonaisopti- mointi</b>	Pyri pitämään prosessin kiintoainetasen hallinnassa ilman ylimääräistä ke- mikalointia  Optimoi biolietteen laskeutuvuus: älä aja biologiaa ylipitkällä lieteiällä tai tar- peettoman korkeilla palautus- ja kierrätysvirtaamilla  Minimoi sisäiset kierrot lietteenkäsittelystä: varmista sakeutuksen ja kui- vauksen oikeat ajoasetukset ja vaihda tarvittaessa polymeeriä
<b>Sekoittumis- olosuhteet</b>	Tarkista turbulenssi kemikaalin syöttökohdissa: tehosta tarvittaessa potku- risekoituksella tai muuta syöttöpaikkaa  Tunnista ja eliminoi oikovirtaukset etenkin flokkausaltaissa
<b>Syöttöpisteet</b>	Pyri syöttämään turbulentiin kohtaan  Painota kemikalointia prosessin loppupäähän, mutta ylläpidä valmius kas- vattaa alkupään syöttöä toimintahäiriöiden varalta  Huomioi alkalointikemikaalin syöttöpiste ja saostuskemikaalin vaikutus al- kaloinnin tarpeeseen
<b>Syöttöväkevyys</b>	Syötä ferro laimennettuna n. 10 % väkevyyteen (siirtopumppaus päiväsi- liöön → laimennus → syöttö)  Mittaa kylläisen liuoksen tiheyttä jatkuvasti, jotta saat aikaan oikean lai- mennoksen ja syötetty kemikaalimäärä vastaa tavoiteannostusta
<b>Laitteistot ja oh- jaus</b>	Käytä oikein mitoitettuja, hyvin säädettäviä pumppuja  Kalibroi instrumentit  Hyödynnä jatkuvatoimista fosforimittausta kemikaalin syötön ohjauksessa

<sup>13</sup> Kemiallisen saostuksen huoltovarmuuden parantaminen Suomen vesihuollossa, 2020  
[https://www.vvy.fi/site/assets/files/3226/kemiallisen\\_saostuksen\\_huoltovarmuuden\\_parantaminen.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/3226/kemiallisen_saostuksen_huoltovarmuuden_parantaminen.pdf)

Rautakemikalointi tehostaa esiselkeytyksen kiintoainereduktiota ja lisää aktiivilietteen ominaispainoa. Kemikalointia käytetäänkin fosforin saostuksen lisäksi usein myös laitoksen kiintoainetaseen hallintaan ja lietteen laskeutuvuuden parantamiseen. Prosessi tulisi optimoida kokonaisuutena siten, että esim. lietteenkäsittelyn rejektien mukana ei kierrä kiintoainetta takaisin vesiprosessiin ja aktiivilietteen laskeutuvuudesta huolehdittaisiin mahdollisimman pitkälle biologisen prosessin ajoasetusten avulla. Tällöin kemikaalia ei tarvitse käyttää muuhun kuin varsinaiseen käyttötarkoitukseensa.

## 6.2 PROSESSIN KOKONAISSOPTIMOINTI

### 6.2.1 Lietteiden laskeutuvuuden optimointi

Aktiivilietteen laskeutuvuuteen vaikuttavat useat tekijät, joiden merkitys ja mahdollisuudet vaikuttaa niihin suunnittelun tai ajotapojen kautta vaihtelevat laitoksittain. Lietteiden laskeutuvuusominaisuuksia voidaan optimoida aktiivilieteprosessin ajoasetusten kautta. Yleisesti ottaen aktiivilieteprosessin ajo mahdollisimman lyhyellä lieteikäällä ja F/M -suhteen (BOD-gradientti) pitäminen korkeana ilmastusaltaan alkupäässä suosivat flokinmuodostajia ja heikentävät rihmamaisten organismien kilpailukykyä. Oma merkityksensä on myös jälkiselkeyttimen suunnittelulla siten, että kiintoaineen kumpuaminen korkeiden virtaamien aikana lähtökouruihin asti ehkäistään niin hyvin kuin mahdollista.

Huono laskeutuvuus on ongelma lähinnä typenpoistolaitoksilla, joten tässä esitetyt ohjeet on kirjoitettu ensisijaisesti esidenitrifikaatioprosessin näkökulmasta.

#### **Lieteiän ja aerobisen lieteikäen hallinta**

Nitrifikaation kannalta keskeistä on aerobinen lieteikä, lietteiden laskeutuvuuden kannalta taas kokonaislieteikä. Näitä on siis hallittava samanaikaisesti, mitä tukevat parhaiten seuraavat suunnitteluratkaisut:

- Ylijäämälietteiden poisto tavoitelietekäohjauksella
- Mahdollisuus muuttaa ilmastetun tilavuuden osuutta varustamalla yksi tai useampi allaslohko sekä ilmastimilla että sekoittimilla (switch zone)
- Ylijäämälietteiden poisto ilmastuksesta (ei jälkiselkeytyksestä)

Kaikki em. ratkaisut ovat käytössä jo useimmilla typenpoistoa tai ympärivuotista nitrifikaatiota ajavista suomalaisista jätevedenpuhdistamoista. Silti ei ole epätavallista, että varsinkaan pienillä ja keskikokoisilla laitoksilla tavoitelietekäohjausta ei ole käytössä eikä aerobisen tai kokonaislieteikäen arvoa saa automaatiosta tai lasketa edes manuaalisesti. Lietteiän arvoa aktiivilieteprosessin tärkeimpänä parametrina ei tunneta eikä tunnusteta. Ehdoton vähimmäisvaatimus on, että automaatiojärjestelmän on mahdollistettava ylijäämälietteiden pumppaus tavoitelieteiän mukaisesti ja tähän tarvittavan instrumentoinnin on oltava toiminnassa ja kalibroitu.

Tarvittava instrumentointi on seuraava:

- Ylijäämälietteiden poisto ilmastuksesta
  - ylijäämälietteiden virtausmittaus
- Ylijäämälietteiden poisto jälkiselkeytyksestä

- o ylijäämälietteen virtausmittaus
- o linjakohtainen tulovirtaama- ja palautusvirtaamamittaus (poistettavan liemäärän laskenta ideaalisen kiintoainetaseen perusteella) ja/tai
- o ilmastus- ja ylijäämälietteen kiintoainemittaus (poistettavan liemäärän laskenta kiintoaineen pitoisuuksien kautta)

Ilmastuksen päälle-pois -ohjaus switch zone(i)ssa tapahtuu joko manuaalisesti, kello-ohjauksella tai ammoniumtyypen online-analyysin perusteella. Switch zonen ohjausta suunniteltaessa on muistettava, että ilmastuksen päälle/pois -ajo vaikuttaa aerobisen lieteiän pituuteen. On tehtävä valinta, pyritäänkö switch zonen ajolla kontrolloimaan ensisijaisesti aerobista lieteikää (pitkä säätöväli) vai ammoniumpitoisuutta (lyhyt säätöväli). Hyväksi ratkaisuksi on osoittautunut ajotapa, jossa switch zonea ohjataan ilmastusaltaasta mitatun ammoniumtyypipitoisuuden tavoitearvon mukaan, ja aktiivilieteprosessin ylijäämälietteen poistoa hallitaan kokonaislieteiän tavoitearvon perusteella. Tällöin on suositeltavaa, että järjestelmä laskee aerobista lieteikää kontrolliksi ja hälyttää, mikäli arvo on alle tai yli asetellun tavoitearvon.

### **Lietekiertojen hallinta**

Lietteen laskeutuvuutta huonontavat rihmamaiset organismit viihtyvät hitaan kasvun olosuhteissa, ts. matalissa BOD-pitoisuuksissa, kylmässä lämpötilassa ja pitkän lieteiän prosessissa (normaalit olosuhteet suomalaisilla typenpoistolaitoksilla). Nopeakasvuisia flokinmuodostajia on pyrittävä suosimaan ja rihmojen viihtyvyyttä vähentämään esim. seuraavilla keinoilla:

- ei laimenneta jäteveden BOD-pitoisuutta ilmastusaltaan alkupäässä tarpeettoman korkeilla palautus- ja nitraattikierrätyspumppauksilla
- ilmastusaltaan alkuun sijoitetaan selektorivyöhyke

Palautus- ja/tai kierrätysvirtaamat voivat olla tarpeettoman suuria, jos pumput ovat ylimitoitettuja todelliseen tarpeeseen nähden tai jos niitä ajetaan ”varmuuden vuoksi” tarpeettoman suurella tuotolla. Alla esitetään suositeltava lietekiertojen hallintastrategia.

Palautuslietteen pumppausta on ohjattava ensisijaisesti jälkiselkeytyksen toiminnan ehdoilla. Palautuslietteen suositeltava virtaama on 80–120 % tulovirtaamasta. Matalan palautussuhteen aiheuttama pitkä viipymä lietepatjassa suosii flokinmuodostajia. Palautusta ei kuitenkaan saa pienentää niin paljon, että lietepatjan pinta nousee niin korkeaksi, että virtaamapiikit aiheuttavat lietteen karkaamista tai että lietepatjassa tapahtuu denitrifikaatiota niin suuressa määrin, että typpikuplat nostavat lietettä selkeyttimen pinnalle. Jälkiselkeyttimen toimintaa, lietepatjan pinnankorkeutta ja lieteindeksin kehittymistä on tarkkailtava päivittäin.

Nitraattikierrätystä ohjataan typenpoiston ehdoilla. Kierrätyksellä säädetään prosessin kokonaiskierrätysuhde (palautusvirtaama + kierrätysvirtaama)/tulovirtaama sellaiseksi, että saavutetaan tarvittava denitrifikaatioaste.

### **Esiselkeytyksen ohitus**

Esiselkeytyksen hallittu, osittainen ohittaminen on suoraviivainen tapa lisätä ilmastuksen alkupään BOD-pitoisuutta, mikä suosii flokinmuodostajia filamenttien kustannuksella.

Tällöin myös biolietteen tuotanto ja typen poistuminen assimilaatiolla kasvavat ja typenpoisto tehostuu tätä kautta. Toisaalta raakalietteen muodostuminen ja mädätyksellä varustetulla puhdistamolla myös biokaasun tuotanto vähenevät samassa suhteessa kuin esiselkeytystä ohitetaan. Ohitetun kiintoaineksen raskaimpia fraktioita laskeutuu usein ilmastusaltaan pohjalle, mikä saattaa edellyttää altaan tiheämpää puhdistamista.

### **Selektorit**

Ilmastusaltaan alkupäähän voidaan toteuttaa lyhytviipymäinen (n. 10–20 min) selektori-vyöhyke, jossa palautusliete ja tuleva jätevesi törmäytetään keskenään. Nitraattikierto ohjataan vasta selektorin jälkeiseen vyöhykkeeseen.

## **6.2.2 Sisäisten kiertojen minimointi**

Jos puhdistamon kiintoainetase ei ole hallinnassa, lietettä kertyy prosessiin ja saatetaan joutua kierteeseen, jossa saostuskemikaalia lisätään yhä enemmän lietteen ominaispaineon kasvattamiseksi ja lietteen karkaamisen estämiseksi.

Kiintoainetaseen hallinnan kannalta keskeistä on huolehtia siitä, että lietteen sakeutuksen ja kuivauksen erotuskyky säilyy hyvänä eikä prosessiin kerry pintalietettä. Kuivausta ja tarvittaessa sakeutusta on tehostettava oikeanlaisella polymeerillä, jonka tunnistaminen voi vaatia pilotointeja ja yhteistyötä laitevalmistajan kanssa. Rejektin pitoisuutta sekä sakeutuksessa että kuivauksessa on syytä seurata; ohjeellisena maksimiarvona voidaan pitää 1 000 mg TSS/l.

Pintalietteiden kertymistä voidaan ehkäistä etenkin varmistamalla esikäsitelyn tehokas toiminta. Esikäsitelystä läpi pääsevät roskat edistävät pintalietteen muodostumista ja vahvistavat sen rakennetta, jolloin lietteen poistaminen on vaikeaa. Anoksilohkoissa on oltava riittävä sekoitusteho, ja niissä muodostuvan pintalietteen on päästävä virtaamaan vapaasti aerobiosaan, jossa ilmastus edesauttaa sen hajoamista. Tästä syystä anoksilohkojen väliseinät eivät saa ulottua vedenpinnan yläpuolelle. Tarvittaessa pintaliete on hajotettava vesisuihkulla. Esiselkeytyksessä ja hiekanerotuksessa, mielellään myös jälkiselkeytyksessä, tulee olla pintalietteen poistojärjestely.

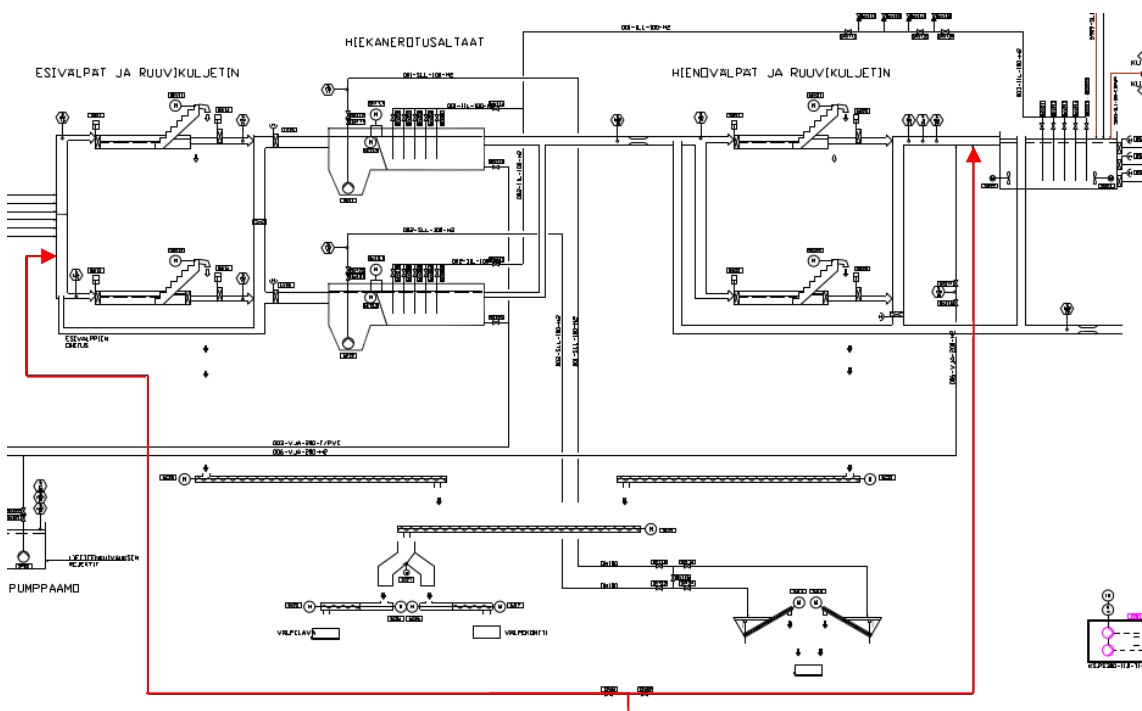
## **6.3 SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVIA ASIOITA**

### **6.3.1 Syöttöpisteet, esisaostus**

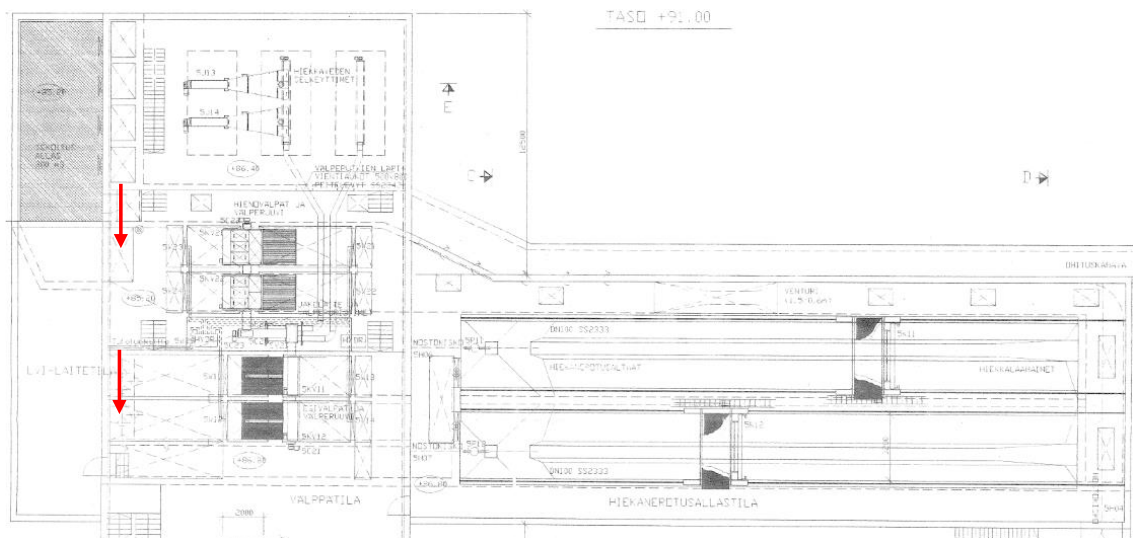
Kemikaalin tehokas sekoittuminen käsiteltävään jätevetteen syöttöpisteessä on ehkä tärkein yksittäinen saostustehoon vaikuttava tekijä. Syöttö tulee järjestää kohtaan, jossa on mahdollisimman paljon turbulenssia ja jossa ferrorauta hapettuu nopeasti kolmenarvoiseksi. Ferrisaostuksessa hyviä syöttökohteita ovat esim. ilmastettu hiekanerotus tai esi-ilmastus, ferrisaostuksessa näiden lisäksi esim. nostopumppaamon paineputki.

Rautakemikaalin toimintaa edistää myös oikea pH-alue. Tulevan jäteveden alkaliteetista riippuen ferrin/ferron syöttö voi laskea pH:ta alle saostuksen optimialueen, joten mahdollisen alkalointikemikaalin syöttö kannattaa sijoittaa mahdollisuuksien mukaan siten, että saostus-pH saadaan mahdollisimman lähelle optimialuetta.

Alla on esitetty kaksi esimerkkiä hyvin toimivista ferron syöttöpisteistä. Ensimmäisessä vaihtoehdossa (Kuva 6-1 ja Kuva 6-2) ferro syötetään joko tuloputken kohdalle ennen karkeavälppää tai ilmastettuun ja potkurisekoitettuun jakoaltaaseen ennen esiselkeytystä. Etummaisessa pisteessä kemikaalin sekoittuminen koko jätevesivirtaan tapahtuu ilmastetussa hiekanerotuksessa hyvin, mutta välppäkanavassa voi olla pieni viive hapettumisen alkamisessa. Jälkimmäinen piste on todennäköisesti lähellä optimaalista sekä sekoittumisen että hapettumisen kannalta.

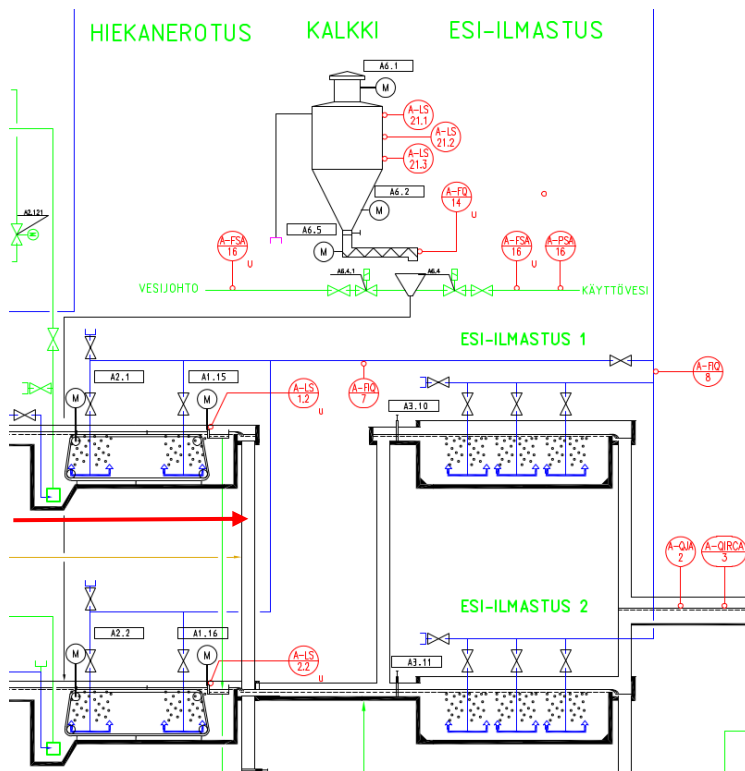


Kuva 6-1 Ferron syöttöpiste vaihtoehdoisesti ennen karkeavälppäystä ja hiekanerotusta tai ilmastettuun ja potkurisekoitettuun jakoaltaaseen (layout: ks. Kuva 6-2).



Kuva 6-2 Ferron syöttöpiste vaihtoehtoisesti ennen karkeavälppäystä ja hiekanerotusta tai ilmastettuun ja potkurisekoitettuun jakoaltaaseen (virtauskaavio: ks. Kuva 6-1).

Toisessa esimerkissä kalkki syötetään ilmastettuun hiekanerotukseen ja ferro (punainen nuoli) sen jälkeiseen yhdyskanavaan ennen esi-ilmastusta (Kuva 6-3). Prosessivaiheet seuraavat välittömästi toisiaan, joten viipymä ferron syöttökohdasta hapettumiseen on hyvin pieni. Tässä sekä pH-alueen, hapettumisen että sekoittumisen edellytykset on pyritty optimoimaan. Esi-ilmastuksen jälkeisellä pH-mittauksella ohjataan alkalointikemikaalin syöttöä.



Kuva 6-3 Ferron 1. syöttöpiste ennen esi-ilmastusta, kalkki syötetty hiekanerotukseen.

Esimerkki huonosta sekoittumisesta näkyy alla (Kuva 6-4). Ferrisulfaatin ja kalkin syöttö samaan kohtaan ei sinänsä ole huono asia, mutta syöttö tapahtuu selvästi lähes laminaariseen virtaukseen, jolloin kumpikaan kemikaali ei sekoitu veteen heti ja tehokkaasti. Jos kemikaalina olisi ferrosulfaatti, saostusta huonontaisi vielä hidaskin hapettuminen ja siitä seuraava hydroksidisaostumisen suuri osuus. Jos tällaisen syöttökohdan jälkeen on virtaaman jakorakenne, jossa on oikovirtauksen mahdollisuus (kuten lähes aina enemmän tai vähemmän on), pääosa kemikaalista voi päätyä vain osalle käsittelylinjoista.



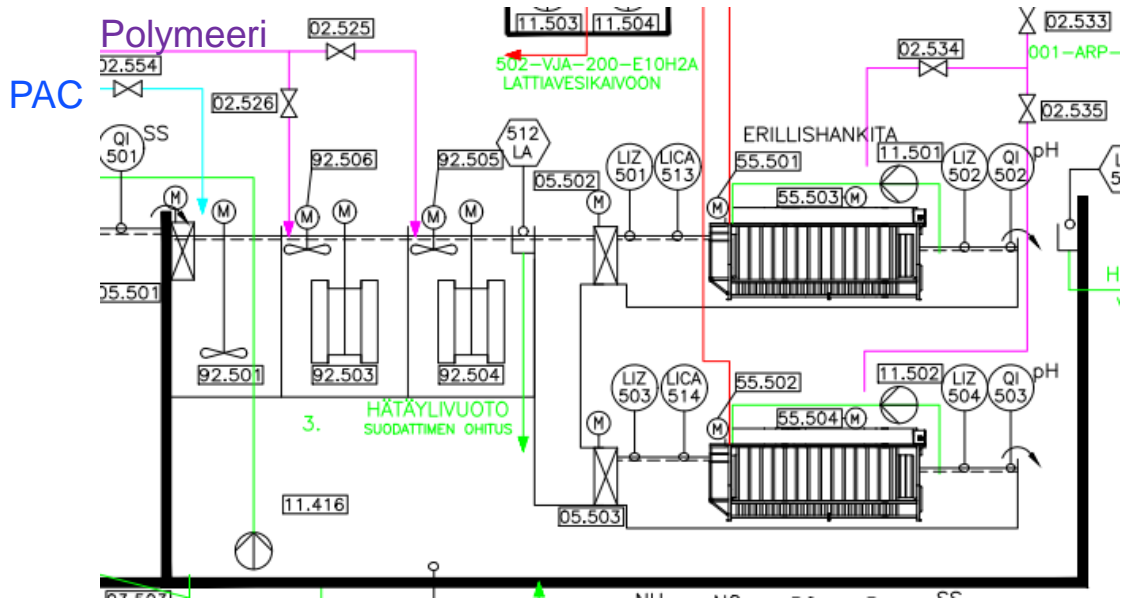
*Kuva 6-4 Ferron ja kalkin syöttö epäedulliseen kohtaan, jossa ei turbulenssia.*

### **6.3.2 Syöttöpisteet, jälkisaostus**

Fosforin saostuvuus paranee puhdistamon loppupäätä kohden, kun ei-fosfaattimuotoiset fosforijakeet hydrolysoituvat ortofosfaatiksi. Prosessin loppupäässä saostusta on mahdollista ohjata tarkemmin kuin alkupäässä, koska jatkuvatoimiset analysaattorit toimivat sitä paremmin mitä vähemmän vedessä on epäpuhtauksia. Jos laitoksella on käytössä tertiäärikäsittely, hyvä tapa vähentää riippuvuutta rautakemikaaleista onkin painottaa saostusta puhdistamon loppupäähän. Jälkisaostus mahdollistaa alumiinipohjaisten saostuskemikaalien käytön ilman, että alumiini vaikuttaa toksisesti nitrifikaatioon.

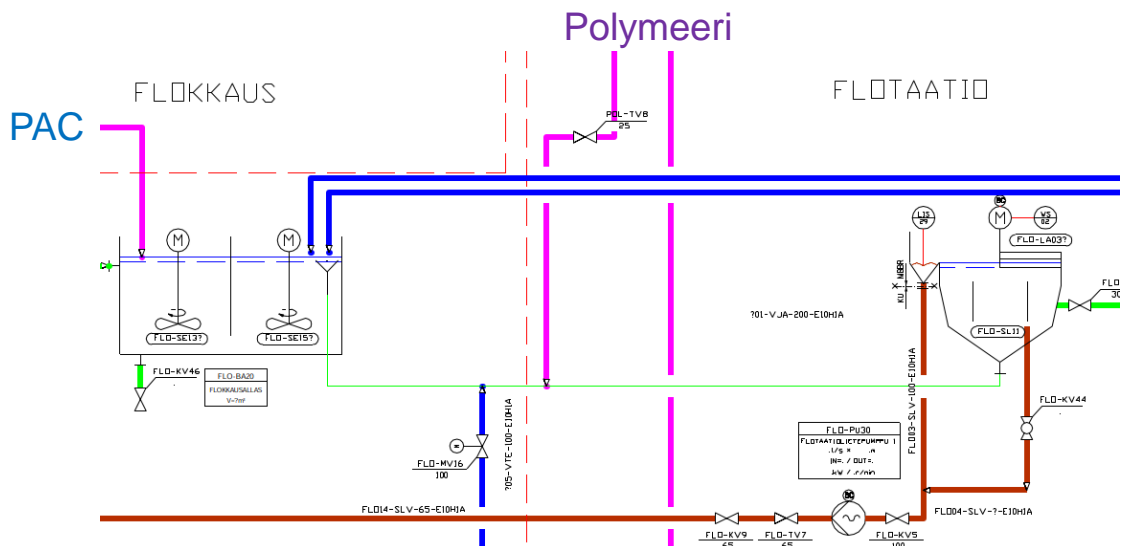
Jälkisaostuksen onnistumiselle on keskeistä, että saostuskemikaalin ja mahdollisesti tarvittavan flokkausapuaineen syöttö, sekoitus ja hämmennys toteutetaan siten, että flokinmuodostus on optimaalinen kiintoaineen erotustekniikan kannalta. Tämä onnistuu yleensä parhaiten siten, että jälkikemikaloinnin detaljisuunnittelu tehdään yhteistyössä kiintoaineen erotustekniikan toimittajan kanssa. Alla on esitetty kaksi esimerkkiä polyalumiinikloridilla tapahtuvan jälkisaostuksen toteutuksesta, joista toisessa tertiäärisenä kiintoaineen erotuksena on kiekkosuodatus ja toisessa flotaatio.





Kuva 6-5 Jälkisaostus ja kiekkosuodatus, saostuskemikaalin syöttöpiste.

Yllä (Kuva 6-5) jälkisaostus on toteutettu yksilinjaisena ja kiekkosuodatus kaksilinjaisena vanhan purkupumppaamon rakenteisiin. Kemikalointia käytetään pääsääntöisesti vain silloin, kun jälkisuodatuksen ohjataan biologian ohitusvesiä esiselkeytyksestä. PAC syötetään pikasekoitukseen ja polymeeri kaksivaiheisen hämmennyksen alkuun ja/tai puoliväliin. Pienet potkurisekoittajat polymeerin syöttökohdassa luovat alaspäin suuntautuvan virtauksen, joka ohjaa polymeerin altaan pohjalla kulkevalle jäteveden virtausaukulle.



Kuva 6-6 Jälkisaostus ja flotaatio, saostuskemikaalin syöttöpiste.

Yllä (Kuva 6-6) on esitetty esimerkki jälkisaostuksen toteutuksesta flotaation yhteydessä. Saostuskemikaali syötetään kaksivaiheiseen hämmennykseen, jossa ensimmäisen vaiheen kierrosluku on toista vaihetta nopeampi. Polymeeri syötetään tässä teräsrakentei-

nessa ratkaisussa tuloputkeen dispersioveden syöttökohdan jälkeen. Flotaation toteutustavasta riippuen polymeeri voidaan syöttää myös hämmennykseen tai nousukartion pohjalle.

### 6.3.3 Ferrosulfaatin varastointi- ja syöttöjärjestelyt

Ferrosulfaatin varastointi- ja syöttöjärjestelyjen toteutuksesta esitetään tässä tiivis yleiskuvaus. Detaljien osalta viitataan Kemiran julkaisemaan ferrosulfaatin käyttöoppaaseen<sup>14</sup>, jossa eri toteutustavat on kuvattu kattavasti ja yksityiskohtaisesti. Ferrisulfaatti tuodaan laitokselle valmiina n. 10 % käyttöliuoksena, joka pumpataan prosessiin suoraan varastosäiliöstä. Sen syöttöjärjestelyt ovat yksinkertaisemmat kuin ferron, joten niitä ei käsitellä tässä tarkemmin.

Ferro voidaan syöttää prosessiin kylläisenä tai laimennettuna liuoksena. Laimentaminen helpottaa kemikaalin sekoittumista jätevesivirtaan ja tehostaa siten kemikaalin käyttöä. Laimeampi liuos ei myöskään tuki ohuita syöttöputkia yhtä herkästi kuin väkevä. Kylläinen liuos valmistetaan liuottamalla kiinteää ferrosulfaattia puhdistettuun jäteveteen. Liuotus tapahtuu tavallisesti maanalaisissa varastosäiliöissä, joihin kiinteä kemikaali puretaan kuljetusautosta liettämällä.

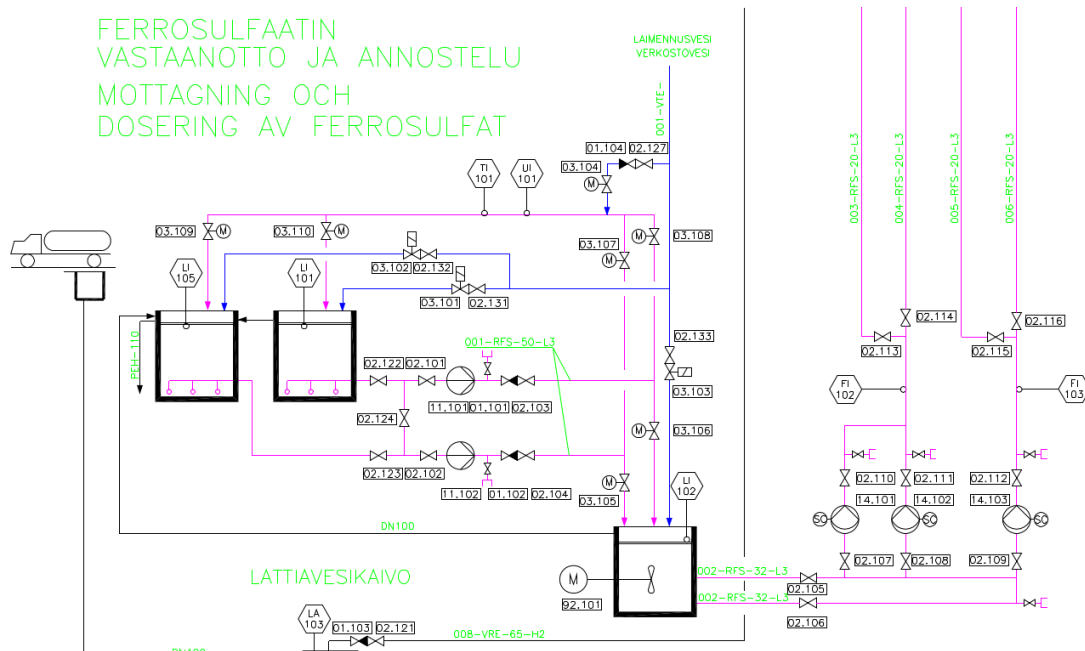
Kylläinen liuos voidaan pumpata prosessiin suoraan tai päivä säiliön kautta. Päiväsäiliöön valmistetaan tavallisesti määrävahvuinen syöttöliuos. Kummassakin tapauksessa on tiedettävä käyttöliuoksen ferrosulfaattipitoisuus, jotta annostusta voidaan ohjata oikein. Liuoksen pitoisuus vaihtelee lämpötilasta ja kemikaalin puhtaudesta riippuen välillä n. 350–450 g/l ja tiheys vastaavasti n. 1,15–1,20 kg/l. Mittaus voidaan tehdä manuaalisesti tai automaattisesti. Manuaalimittausta käytettäessä käyttäjä syöttää liuoksen pitoisuuden automaatiojärjestelmään, joka laskee ohjeannostuksen perusteella syöttöpumpun ohjetuoton.

Alla (Kuva 6-7) on esitetty esimerkki hyvästä toteutusratkaisusta, jonka keskeiset komponentit ovat seuraavat:

- Ferron varastosäiliötä ja siirtopumppuja on kaksi kpl. Kumpikin siirtopumppu voi imeä kummasta tahansa säiliöstä. Tämä järjestely helpottaa toimintaa huoltotilanteissa
- Ferro laimennetaan päivä säiliössä arvoon n. 230 mg/l
- Online-ominaispainon ja lämpötilan mittaukset ennen päivä säiliötä ohjaavat laimennusveden syöttöä
- Ominaispainon mittaus toimii myös indikaattorina uuden ferrolastin tilaustarpeelle. Kun kiinteä kemikaali alkaa loppua altaan pohjalta, liuos laimenee

---

<sup>14</sup> Ferrosulfaatin käyttöopas, Kemira, 2002

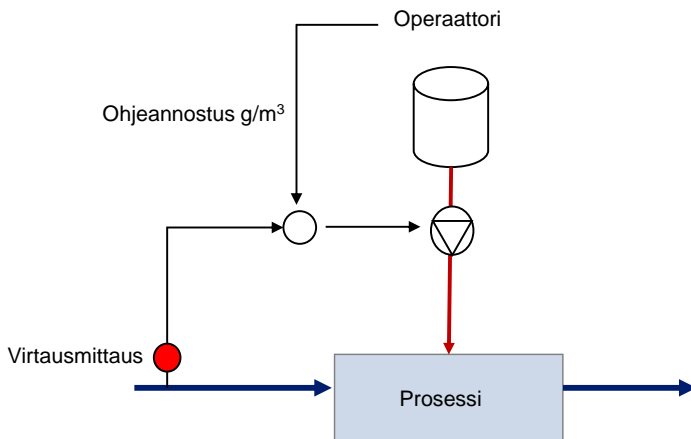


*Kuva 6-7 Ferron varasto- ja liuotusaltaat, joista siirtopumppaus päiväsäiliöön, jossa laimennus ja annostelu prosessiin.*

### 6.3.4 Syötön ohjaus

Alla on esitetty eräitä saostuskemikaalin syötön ohjausfilosofioita. Kaikissa on oletuksena, että kemikaalin käyttöluoksen pitoisuus on joko syötetty järjestelmään tai mitattu jatkuvatoimisesti ja huomioidaan automaattisesti syöttöpumpun tuoton laskennassa.

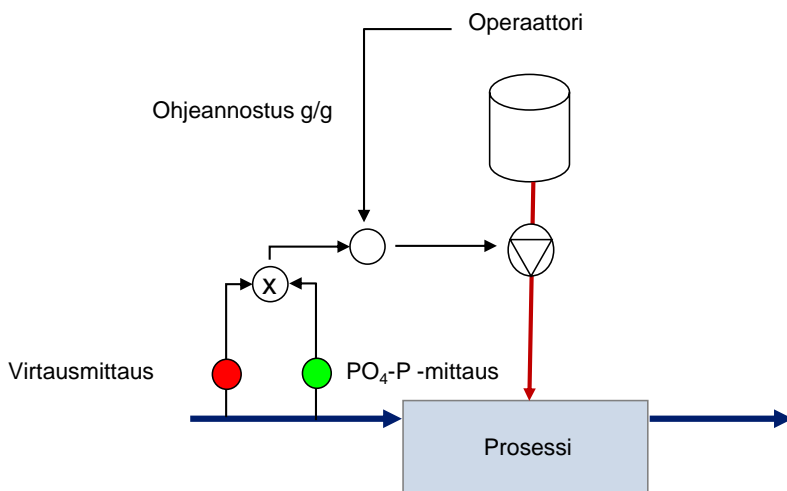
Ylivoimaisesti yleisin tapa ohjata saostuskemikaalin syöttöä on virtaamaohjattu syöttö, jossa syötetään annostuksen ohjearvoa [g kemikaalia / m<sup>3</sup> jätevettä] vastaava liuosmäärä. Tämä ohjaustapa on käytössä useimmilla laitoksilla kaikissa syöttöpisteissä. Ohjaus on kuvattu kaaviona alla.



Kuva 6-8 Perinteinen virtaamaohjattu syöttö saostuskemikaalin syöttöön.

Yllä kuvattu ohjaustapa on varmatoiminen eikä vaadi edistyksellistä instrumentointia. Se ei kuitenkaan mahdollista syötön optimointia, koska ohjausfilosofia tavallaan olettaa jäteveden fosforikonsentraation olevan vakio. Näinhän asia ei todellisuudessa ole.

Syötön ohjausta voi tarkentaa fosfaattifosforin online-mittauksella joko eteen- tai takaisinkytkettynä säätönä. Alla on kaaviokuva eteenkytketystä (FF) säädöstä, jossa virtausmittauksen ja fosforimittauksen avulla seurataan jatkuvatoimisesti käsiteltävää fosforikuormaa. Tällöin saostuksen metalli/fosforisuhde voidaan pitää vakiona.

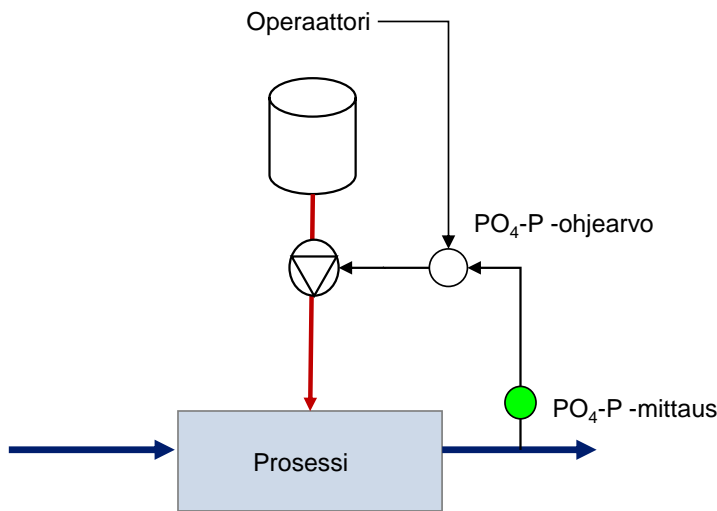


Kuva 6-9 Eteenpäin kytketty ohjaus (feed forward, FF) saostuskemikaalin syöttöön.

Tämän ohjauksen edut ovat, että kemikaalin syöttömäärä vastaa fosforin todellista määrää ja säätö reagoi kuorman muutokseen välittömästi. Käytännössä säätötapaa voi käyttää lähinnä jätevedenpuhdistamon loppupäässä (biologian jälkeen). Fosforin luotettava jatkuvatoiminen mittaus mekaanisesti tai mekaanis-kemiallisesti käsitellystä jätevedestä on käytännössä harvoin mahdollista veden likaisuuden vuoksi ja edellyttää joka tapauksessa analysaattorin ja näytteen suodatusyksikön tiheää puhdistamista.

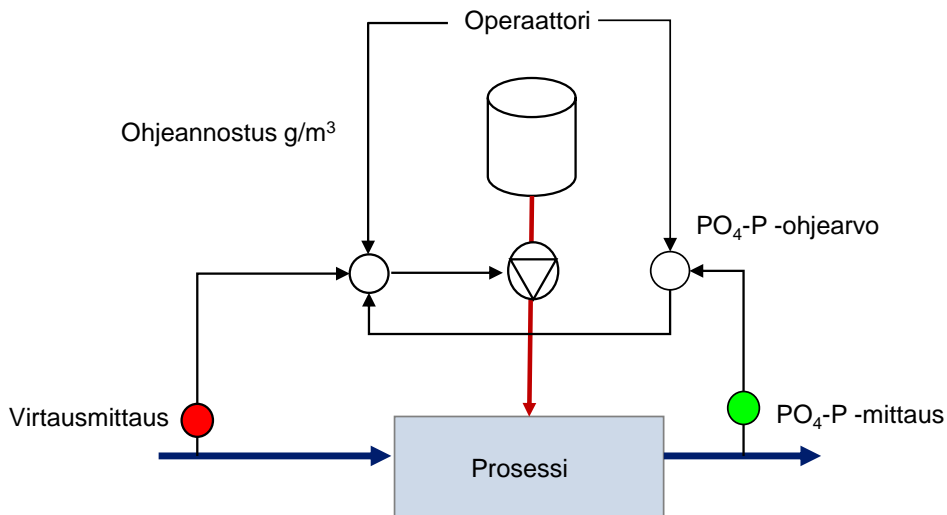
Tertiäärikäsittelyssä, jossa viipymät ovat tavallisesti lyhyitä, voidaan käyttää suoraa takaisinkytkettyä säätöä alla kuvattuun tapaan. Tällä ohjaustavalla päästään tarkimpaan

syötön optimointitulokseen edellyttäen että viipymä syöttökohdan ja mittauskohdan välillä on riittävän lyhyt. Tämän ohjaustavan voi olettaa yleistyvän, mikäli fosforin saostusta aletaan painottaa tertiäärikäsittelyyn.



Kuva 6-10 Takaisinkytketty ohjaus (feedback, FB) saostuskemikaalin syötössä.

Edellä kuvattuja ohjausfilosofian perusmuotoja voidaan myös yhdistää. Alla (Kuva 6-11) on kuvattu esimerkki, jossa perinteistä virtaamaohjattua syöttöä täydennetään takaisinkytkennällä käsitellyn veden fosforimittauksesta.



Kuva 6-11 Perinteinen virtaamaohjattu syöttö täydennettynä takaisinkytketyllä ohjauksella saostuskemikaalin syötössä.

Tätä ohjaustapaa voidaan soveltaa, kun lähtevän jäteveden online-mittaus halutaan mukaan ohjaukseen, mutta viipymä syöttökohdan ja mittauksen välillä on liian pitkä suoran takaisinkytketyn säädön kannalta – esim. kakkospisteen syöttö jälkiselkeytykseen ja mittaus jälkiselkeytetystä jätevedestä. Virtaamaohjattu säätö toimii normaalisti, mutta lähtevän jäteveden fosforimittauksesta riippuva kompensatiotermi moderoi ohjeannostusta siten, että jäännösfosfori pysyy asetelluissa rajoissa. Takaisinkytketty säätö voidaan

luonnollisesti ohjelmoida täydentämään myös FF-säätöä (Kuva 6-9), mikäli on mahdollista mitata fosforipitoisuutta useammasta pisteestä.

### 6.3.5 Biologisen fosforinpoiston huomiointi kemiallisessa saostuksessa

Biologisen fosforinpoiston mahdollistavilla prosessijärjestelyillä varustettuja jätevedenpuhdistamoja on Suomessa toistaiseksi vain muutama, eikä kaikilla niistäkään ajeta bioP:tä ympärivuotisesti. Tekniikan yleistymistä on estänyt halvan saostuskemikaalin hyvä saatavuus, kansainvälisessä vertailussa tiukat fosforin lupamääräykset ja bioP-prosessien toiminnallinen epävakaus. Biologisen fosforinpoiston toteutusmahdollisuuksien laajemmalle selvittämiseksi voisi olla tilausta, koska laitosten toimintaympäristö on muuttanut entisestään.

Aikaisemmassa julkaisussa<sup>15</sup> on esitetty pääpiirteittäin biologisen fosforinpoiston toiminta, tekninen toteutus ja ajoperiaatteet. Biologista fosforinpoistoa ajettaessa saostuskemikaalia tarvitaan varmistamaan lupaehtojen mukainen fosforin poistotulos, mutta kemikalointitarpeen voi odottaa vähenevän 30–90 % verrattuna tilanteeseen, jossa bioP:tä ei sovelleta. Haarukka on suuri, koska bioP:n teho riippuu suuresti esim. tulevan jäteveden BOD/P/N -suhteesta, typenpoiston tarpeesta, esiselkeytyksen käytöstä sekä siitä, onko laitoksella lietteen mädätys vai ei.

BioP:tä ajettaessa kemikaalia ei suositella syötettävän lainkaan biologiaan, ja esikäsitteilyynkin syötettäessä on noudatettava varovaisuutta. Biologiaan menevän fosforin määrän on oltava riittävän suuri, jotta fosforia varastoivien bakteerien (PAO) rikastuminen on mahdollista. Paras hyöty bioP:stä saadaan, kun kemikaali syötetään vain jälkikäsitteilyyn ja mahdollisesti lietteenkäsittelyn rejekteihin. Jollei tulevan jäteveden BOD/N/P -suhde ole poikkeuksellisen korkea esim. teollisuuskuormituksen vuoksi, esisaostus on syytä pitää minimissä, jotta biologiaan saadaan mahdollisimman paljon fosforin- ja typenpoiston hiilenlähteeksi soveltuvaa, helposti hajoavaa BOD:tä. Puhdistustulos viimeistellään kemiallisella saostuksella jälkikäsitteilyssä. Fosforin jatkuvatoiminen mittaaminen on suositeltavaa, jotta jälkisaostuksella voidaan reagoida bioP:n tehon vaihteluihin.

Jos jätevedenpuhdistamolla on mädättämö, jos lietteen viipymä gravitaatiosakeutuksessa on pitkä (mitoitetaan tyypillisesti yli 24 h), tai jos raaka- ja bioliete johdetaan samaan sakeuttamoon, on riskinä, että lietteeseen biologisesti sitoutunut fosfori vapautuu ja palaa vesiprosessiin sakeuttamo- tai linkorejektien mukana. Mädätykseen johdetun lietteen fosforista vapautuu tavallisesti 15–50 %. BioP:tä ajettaessa on siten syytä järjestää saostuskemikaalin syöttömahdollisuus lietteenkäsittelyn rejekteihin tai sakeutukseen menevään lietteeseen. Tällöin vapautuvan fosforin saostus voidaan tehdä korkeasta fosforipitoisuudesta, ja näin päästään taloudelliseen kemikaalinkäyttöön. Lietteenkäsittelyssä tapahtuvaa fosforin vapautumista voidaan myös hyödyntää fosforin talteenotossa. Vapautuva fosfori voidaan saostaa rejekteistä magnesiumsuoloilla magnesium-ammoniumfosfaattina eli struviittina (MAP-saostus).

---

<sup>15</sup> Kemiallisen saostuksen huoltovarmuuden parantaminen Suomen vesihuollossa, 2020  
[https://www.vvy.fi/site/assets/files/3226/kemiallisen\\_saostuksen\\_huoltovarmuuden\\_parantaminen.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/3226/kemiallisen_saostuksen_huoltovarmuuden_parantaminen.pdf)

## 7 YHTEENVETO SUOSITUKSISTA

Saostuskemikaalin saatavuushäiriöihin tulisi varautua lisäämällä vesihuoltolaitosten omaa saostuskemikaalien varastokapasiteettia. Varastoidun kemikaalin tulisi olla vesihuoltolaitoksen omistuksessa ja määräysvallassa. Varastojen ei tarvitse sijaita fyysisesti laitoksella, vaan varastot voivat olla esimerkiksi hankintarenkaan kautta vesihuoltolaitosten yhdessä omistamia ja hallinnoimia.

Vesilaitoksilla ja jätevedenpuhdistamoilla tulisi olla riittävästi saostuskemikaalia varastossa, jotta laitos voi ylläpitää toimintaansa ilman saostuskemikaalin toimitusta neljä (4) viikkoa. Toiminnan ylläpitäminen voidaan varmistaa joko lisäämällä varastointikapasiteettia tai mahdollistamalla vaihtoehtoisen saostuskemikaalin käyttö tai muilla prosessimuutoksilla.

Kemiallisessa saostuksessa tulisi pystyä käyttämään useampaa kuin yhtä saostuskemikaalia. Kemikaalin vaihdon aiheuttaman prosessimuutoksen vaatimalle ajalle on varattava riittävät resurssit.

Saostuskemikaalin vaihto voi vaikuttaa puhdistustehoon, muihin prosessiosiin tai muuhun kemikalointiin. Talousveden tuotannossa kemikaalin vaihto voi vaikuttaa erityisesti alkalointiin ja desinfiointiin. Jätevedenpuhdistuksessa alumiinipohjainen saostuskemikaali voi heikentää typenpoistoa.

Vaihtoehtoinen saostuskemikaali voi edellyttää muutoksia kemikaalisäiliöihin, annostelupumppaukseen ja -putkistoihin. Kemikaalien erilainen annostelutarve, kemikaalien vesiliuoksen tiheys sekä viskositeetti voivat vaikuttaa pumppaukseen. Kiinteää saostuskemikaalia käyttävien laitosten on huomioitava varoaltaan tai vastaavien järjestelyiden tarve nestemäisillä kemikaaleilla.

Vaihtoehtoisen saostuskemikaalin käyttöön varautumiseen suositellaan seuraavia suunnitteluvaiheita:

### **Nykytilanteen määrittäminen**

- Esiselvityksen perusteella valitaan, minkä kemikaalin/kemikaalien käyttöön varaudutaan
- Huomioitavia asioita mm. eri saostuskemikaalien ominaiskulutukset ja varastointitilavuudet, materiaalivaatimukset, erot kemikaalien tehossa ja toiminnassa eri pH- ja lämpötila-alueilla ym. sekä viskositeetissa ja tiheydessä (vaikutus pumppaukseen)

### **Suunnitellaan muutokset, joilla mahdollistetaan vaihtoehtoisen kemikaalin käyttö**

- Kemikaalien annostelumäärien laskeminen
- Tunnistetaan vaihtoehtoisen kemikaalin vaikutukset muihin prosessiosiin ja muuhun kemikalointiin
  - Talousveden tuotannossa esim. pH:n säätö, alkaliteetin nosto, desinfiointikemikaalin annostus
  - Jätevedenpuhdistuksessa erityisesti alumiinipohjaisten kemikaalien vaikutukset typenpoistoon (nitrifikaation inhibiitio)

- Määritetään ja mitoitetaan tarvittavat varastosäiliöt, annostelupumput ja -linjat, instrumentit
  - Kiinteää saostuskemikaalia käyttävien laitosten on huomioitava varoaltaan tai vastaavien järjestelyiden tarve nestemäisillä kemikaaleilla
- Tehdään tarvittavat muutokset automaatioon

#### **Muut huomioitavat asiat**

- Kirjallisten ohjeiden laadinta
- Viranomaishyväksynnän hakeminen kemikaalimuutokseen tai ilmoitus kemikaalin varastoinnin muutoksesta
- Tiedottamiseen varautuminen
  - Mahdollisten skenaarioiden tunnistaminen (esim. jäännösalmiiniipitoisuus talousvedessä tai jätevedenpuhdistuksen tuloksen heikkeneminen)
- Muutoksen harjoittelu ja koeajot