

Talousveden klooridesinfioinnin varmistamisen vaihtoehdot

- Yhteenveto ja suositukset

3.6.2025

Maija Sihvonen, Ramboll Finland Oy

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.



Vesihuoltolaitosten
kehittämisrahasto



Talousveden klooridesinfioinnin varmistamisen vaihtoehdot

Hankkeen tausta

- Kaikilla vesilaitoksilla pitää olla joko jatkuvatoiminen talousveden desinfiointi tai valmius desinfioinnin aloittamiseen mikäli talousveden mikrobiologisen laadun turvaaminen sitä edellyttää.
 - Klooridesinfiointi on ainoa desinfiointimenetelmä, joka turvaa talousveden mikrobiologista laatua myös desinfioinnin jälkeen.
- Lähes kaikki Suomen vesilaitokset käyttävät klooridesinfiointiin natriumhypokloriittia.
 - Natriumhypokloriitti hajoaa ja sen desinfiointiteho heikkenee varastoitaessa, eikä sitä ole tarkoituksenmukaista varastoida 6 kk pitempiä aikoja.
 - Myös liuosmuotoisen kemikaalin suuri volyyymi tekee natriumhypokloriitin merkittävän varastoinnin haasteelliseksi.
- Klooridesinfioinnin varmuuteen vaikuttavat häiriöt kloorikemikaalien tuotantoprosesseissa, logistiikassa ja maailmanmarkkinoissa.
- **Vesilaitosten kloorikemikaalin saantia on tarpeen varmistaa nykyistä tilannetta paremmin.**



Talousveden klooridesinfioinnin varmistamisen vaihtoehdot

Hankkeen toteutus ja tulosten julkaisu

- Vesihuoltopoolin koordinoima hanke, jonka rahoittivat Huoltovarmuuskeskus ja Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto. Selvityksen tilaajana Vesilaitosyhdistys.
 - Selvityksen toteutti Ramboll
 - Ohjausryhmässä edustettuina rahoittajat, Vesilaitosyhdistyksen vesilaitosryhmä, vesihuoltopooli, hankkeen toteuttaja
- Selvityksen **yhteenveto ja sen perusteella annetut suositukset** on saatavilla **Vesilaitosyhdistyksen verkkosivuilla Hankerekisterissä**.



Selvityksessä tarkastellut kemikaalit

Natriumhypokloriitti

- Valmis natriumhypokloriitti toimitetaan vesiliuoksena, jonka aktiivisen kloorin pitoisuus vaihtelee 10–15 %, Suomessa käytössä pääosin 10 % liuosta
- Voidaan myös valmistaa laitoksella elektrolyytisesti ruokasuolasta
 - Yleisesti käytössä Euroopassa
 - Suomessa valmistus yhdellä vesilaitoksella

Kalsiumhypokloriitti

- Toimitetaan kiinteässä muodossa (rakeet/tabletit), liuotetaan veteen ennen käyttöä
- Etuna hyvä säilyvyys kiinteässä muodossa
- Vedentuotannossa käytettävä juomavesilaatuista kemikaalia
- Ei yleisesti käytössä juomavedentuotannossa, käyttökokemuksia puuttuu

Klooridioksidi

- Valmistus paikan päällä
- Voidaan valmistaa useista raaka-aineista, yleisesti käytössä:
 - Suolahappo + natriumkloriittiliuos
 - Kloorikaasu + natriumkloriittiliuos
- Käytössä Pohjoismaissa ja Euroopassa
- Suomessa käytössä kahdella vesilaitoksella (raudanpoistoon)
- Käytetään desinfiointiin lisäksi raudan ja mangaanin poistoon

Kloori- desinfiointi- kemikaalit

	Edut	Haitat
Natriumhypokloriitti	<ul style="list-style-type: none"> • Suhteellisen turvallinen • Yksinkertainen käyttää • Voidaan syöttää suoraan kuljetussäiliöstään • Soveltuu myös pienille laitoksille • Juomavesikäyttöön tarkoitettu tuote ei tavallisesti sisällä merkittäviä epäpuhtauksia 	<ul style="list-style-type: none"> • Säilyvyys (pysyvyys heikkenee ajan myötä) • Emäksinen ja syövyttävä • THM¹-yhdisteiden ja klooripitoisten orgaanisten yhdisteiden muodostuminen • Kloriittien ja kloraattien muodostuminen liuoksen hajotessa² • Desinfiointiteho alkueläimiin huono • Desinfiointiteho riippuu veden pH-arvosta • Veteen hajua ja makua
Kalsiumhypokloriitti	<ul style="list-style-type: none"> • Hyvä säilyvyys kiinteässä muodossa • Turvallinen käyttää • Soveltuu kertaluonteiseen klooraukseen 	<ul style="list-style-type: none"> • Vaatii liuottamisen veteen ennen käyttöä – monimutkaisempi valmistus kuin natriumhypokloriittiliuoksella • Osa kiinteästä tuotteesta voi jäädä liukenematta • Säilyvyys veteen liuotettuna heikko • Voi aiheuttaa kalkkikerrostumia putkistoihin ja desinfiointilaitteisiin • THM¹-yhdisteiden ja klooripitoisten orgaanisten yhdisteiden muodostuminen • Tuote voi sisältää epäpuhtautena rautaa³ • Desinfiointiteho alkueläimiin huono • Desinfiointiteho riippuu veden pH-arvosta • Veteen hajua ja makua • Palo- ja räjähdysvaara kuivana
Klooridioksidi	<ul style="list-style-type: none"> • Erittäin tehokas, tuhoaa myös alkueläimet ja virukset • Veden pH ei vaikuta tehoon • Soveltuu myös hajun, maun ja värin poistoon • Ei muodosta THM-yhdisteitä, orgaanisia klooriyhdisteitä eikä klooriamiineja • Voi käyttää esikloorauksessa 	<ul style="list-style-type: none"> • Ei voida varastoida vaan on valmistettava paikan päällä • Sivutuotteena muodostuvat kloriitit ja kloraatit² • Yliannostus tekee veden mausta ja hajusta epämiellyttävän • Operointi ja hallinta vaativaa • Valmistusaineissa voi olla epäpuhtauksia, esim. suolahapossa raskasmetalleja

Kemikaalien tuotanto ja saatavuus

Natriumhypokloriitti

- Useita toimittajia, kemikaalia valmistetaan myös Suomessa
- Valmistusta pohjoismaissa, tuotevarastoja sekä Suomessa että Ruotsissa, josta voidaan toimittaa myös Suomeen
 - Poikkeustilanteissa prioriteetti Ruotsin vesilaitoksilla
- Elektrolyyttisessä valmistuksessa käytettävää ruokasuolaa saatavilla useilta valmistajilta, tuodaan Keski-Euroopasta

Kalsiumhypokloriitti

- Talousveden desinfiointikäyttöön soveltuvaa tuotetta saatavilla rae- tai tablettimuodossa
- Juomavesilaitoksen kalsiumhypokloriitin valmistus Kiinassa ja Yhdysvalloissa
- Euroopassa tuotantoa ei ole, lähin tuotevarasto Ruotsissa

Klooridioksidi

Suolahappo + natriumkloriittiliuos
Kloorikaasu + natriumkloriittiliuos

- Natriumkloriitilla muutamia toimittajia, saatavilla Ruotsista, valmistusta Etelä-Euroopassa
- Suomeen toimitettava kloorikaasu tulee Keski-Euroopasta
- Suolahapon tuotantoa Suomessa ja Ruotsissa

Yhteiset riskit: kloorialkalituotantoon vaikuttavat tekijät, kuljetuksiin liittyvät riskit (esim. lakot)

Annostelulaitteiden saatavuus

Natriumhypokloriitti

- Valmis liuos: annostelu kalvopumpuilla, useita toimittajia
- Elektrolyysilaitteille useita laitetoimittajia
- Laitteistot tavallisesti suunniteltu jatkuvatoimiseen klooraukseen
- Jotkin toimittajat tarjoavat myös huoltopalveluja



Ramboll Kuva: Prominent

Kalsiumhypokloriitti

- Liuos sekoitussäiliössä ja annostelu kalvopumpulla
- Myös erillisiä laitteistoja saatavilla
- Huoltopalvelujen saatavuus?



Kuva: Werner Dosiertechnik

Klooridioksidi

- Laitteistoja saatavilla useilta toimittajilta
- Saatavilla laitteistoja eri kokoluokassa
- Suuremmilla laitoksilla laitteet usein räätälöity laitoksen tarpeisiin



Kuva: De Nora

Käyttöönnotossa ja operoinnissa huomioitavaa

Natriumhypokloriitti

- Valmis liuos syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa
- Säilytys valolta suojattuna kuivassa ja viileässä
- Reaktio happojen kanssa vapauttaa kloorikaasua
- Elektrolyysilaitteistoissa syntyy vetyä → ATEX-vaatimukset
- Elektrolyysilaitteiston käyttöönotto vaatii laitetoimittajan käyttöönottoavun
- Valmistusparametrien muuttaminen ei aina mahdollista
- Elektrolyysilaitteiston huoltoja tehtävissä osittain itse (pesut, kuluvien osien vaihto) riippuen laitetyypistä
- Määräaikaishuoltoja tarvittaessa itse, suuremmat huollot suorittaa laitetoimittajan huoltoteknikko

Kalsiumhypokloriitti

- Ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa
- Kiinteän kemikaalin säilytys kuivassa ja viileässä
- Taipumus kiteytyä voi lisätä huollon tarvetta (tukkeumat)
- Valmiiden laitteiden huoltopalveluiden saatavuudesta ei tietoa

Klooridioksidi

- Kloorikaasua käsiteltäessä kokonaamari, jossa kloorisuodatin
- Klooripitoisuuden seuranta laitoksella ja varastotiloissa
- Tehokas ilmanvaihto kloorin käsittelypaikalla
- Suolahappo ja natriumkloriitti syövyttäviä ja vaativat silmien, kasvojen ja käsien suojausta
- Kemikaalien vastaanotto- ja varastointitilat
- Laitteiston koekäytöt, säännöllinen kunnan seuranta
- Jotkin laitokset tekevät laitteistojen vuosihuollot kokonaan itse

Huomioitavaa kaikissa vaihtoehdoissa:

Työturvallisuus, suojavaatetus, hätäsuihkut, silmäsuihkut, varoaltaat, valvonta, henkilökunnan perehdytys, jne.

Kustannukset

Natriumhypokloriitti

- Valmis liuos: hinta vaihtelee 350-1 500 €/tonni riippuen toimitusmäärästä
- Hinnat nousseet viime vuosina ja jatkossakin hinnoissa tulee olemaan suurta vaihtelua
- Isommat elektrolyysilaitteet n. 100 000 €, pienemmät n. 20 000 - 50 000 €
- Elektrolyyttisessä valmistuksessa käytettävä suola edullista, 50-200 €/tonni

Kalsiumhypokloriitti

- Ei tällä hetkellä toimiteta Suomeen vedenpuhdistuskäyttöön
- Hinta vaihtelee paljon tilattavan määrän mukaan: erään toimittajan hinta 4 650 €/tonni, lisäksi toimituskulut Ruotsista
- Vertailuna: kemikaalin kustannus valmistettaessa 0,5 % liuos 10 m³ säiliöön natriumhypokloriitilla 162 € ja kalsiumhypokloriitilla 360 €

Klooridioksidi

- Natriumkloriitin hinta n. 300-500 €/tonni
- Suolahapon (33-%) hinta Suomesta toimitettuna 150 €/tonni, IBC-konttina 500 €/tonni, lisäksi toimituskulut
- Kloorikaasun hintataso 300-400 €/tonni, vaihtelee paljon mm. sopimustyyppin mukaan
- Isommat laitteet 25 000 €, pienemmät 10 - 15 000 €

	Natriumhypokloriitti		Kalsiumhypokloriitti	Klooridioksidi**
	Valmis liuos	Valmistus laitoksella	Käyttöliuoksen valmistus laitoksella	Valmistus laitoksella
Laiteinvestointi	10 000 € (pumppu)	100 000 €	10 000 €	25 000 €
Kemikaalin hinta	8400 €/a	2200 €/a	18 330 €/a	54 000 €/a
Energiankulutus	100 €/a	1450 €/a	350 €/a	700 €/a
Käyttökustannukset* yht.	8 500 €/a	3 650 €/a	18 680 €/a	54 700 €/a
Käyttökustannus käsiteltävää vesikuutiota kohti (snt/m³)	0,10 snt/m ³	0,042 snt/m ³	0,21 snt/m ³	0,62 snt/m ³

* Sisältää kemikaalin hinnan ja energiankulutuksen, ** Valmistus suolahaposta ja natriumkloriitista

Vertailussa esitetty arvio kustannuksista, kun tuotettava klooripitoisuus vedessä 0,3 mg/l laitoksella, jonka virtaama 1000 m³/h
Esimerkkilaitteina

- Natriumhypokloriitin elektrolyyttinen valmistus: OSEC L 20 (Evoqua)
- Kalsiumhypokloriitti: Granudos (WDT)
- Klooridioksidi Bello Zon CDkd150 (Prominent)

Yhteenveto

	Natriumhypokloriitti		Kalsiumhypokloriitti	Klooridioksidi
	Valmis liuos	Valmistus laitoksella	Käyttöliuoksen valmistus	Valmistus laitoksella
Käyttökokemukset	Paljon käyttökokemuksia, valmiin tuotteen annostelu hyvin tunnettu	Käytössä yhdellä vesilaitoksella Suomessa	Vähän käyttökokemuksia	Käytössä Pohjoismaissa ja Euroopassa, Suomessa käytössä kahdella laitoksella
Kemikaalin/raaka-aineiden saatavuus	Valmistus Suomessa, toimitus 1-4 vrk	Suola Euroopasta, toimitus 1-2 viikkoa	Toimitus Euroopan ulkopuolelta, muutamia viikkoja	Suolahappo Suomesta 1-4 vrk, natriumkloriitti ja kloorikaasu Euroopasta 1-2 viikkoa
Laitetoimittajat	Useita pumpputoimittajia	Useita toimittajia	Pumpuille useita, laitteille muutamia	Useita
Vaatimukset laitoksella, tilan tarve	Pienuhkö tilan tarve (saatavilla myös siirrettävät laitteistot)	Laitteisto + asennustila, suolasäkkien varastointi, ilmanvaihto, ATEX-vaatimukset	Pienuhkö tilan tarve, kiinteän kemikaalin varastointi	Varastointitilat kemikaaleille, vastaanottojärjestelyt ja -tilat, ilmanvaihto, kloorimittaus
Operoinnin vaativuus	Yksinkertaista, saatavilla valmis liuos	Vaatii perehtymistä laitteen käyttöön	Melko yksinkertaista, sekoitussuhde vaatii perehtymistä	Vaatii paljon perehtymistä, paljon huomioitavia työturvallisuusriskejä
Korvattavuus	Korvattavissa kalsiumhypokloriitilla	Ei helposti korvattavissa	Korvattavissa natriumhypokloriitilla	Ei helposti korvattavissa
Kustannukset	Melko edullinen kemikaali, edullinen laitehankinta	Kallis laite, suola edullista	Kallis kemikaali	Edullisempi kuin elektrolyysilaitteisto, kalliimmat raaka-aineet



Talousveden klooridesinfioinnin varmistamisen vaihtoehdot

Hankkeen ohjausryhmän suositukset vesilaitoksille ja kansallisesti klooridesinfioinnin varmuuden edistämiseksi





Toimenpide- suositukset klooridesinfioinnin varmuuden edistämiseksi - Yhteenvedo

Suomessa on tarve parantaa turvallisen talousveden toimittamiselle välttämättömän klooridesinfioinnin varmuutta. Klooridesinfioinnin varmuuden parantamiseksi tarvitaan seuraavia toimenpiteitä:

Suositukset vesilaitoksille

- Arvioitava desinfioinnin tai desinfiointivalmiuden toimintavarmuus häiriötilanteissa
- Määriteltävä mahdollinen tarve parantaa klooridesinfioinnin varmuutta.
 - Jatkuvasti klooridesinfiointien varmistettava klooridesinfioinnin jatkuvuus vähintään varastoinnilla ja/tai varmistamalla mahdollisuus ottaa käyttöön vaihtoehtoinen menetelmä.
 - Kaikkien laitosten varmistettava kyky veden klooridesinfiointiin.

Kansalliset suositukset

- Valtion tukea vesihuollon varautumisen edistämiseksi tulisi lisätä ja kohdentaa vesilaitosten talousveden desinfiointikyvyn turvaamiseksi. Tämä tuki tulisi kohdentaa investointeihin, jotka ylittävät laitospohjaisesti tarkoituksenmukaisen klooridesinfioinnin varmistamisen tason ja joilla voidaan tarvittaessa tukea myös muita alueen vesilaitoksia.
- Tarvittaessa pitäisi varmistaa raaka-aineiden ja kloorikemikaalin saatavuutta mm. varastoinnin ja kansainvälisten tuotantovarausten kautta.



Toimenpide- suositukset klooridesinfioinnin varmuuden edistämiseksi – Vesilaitokset



- Vesilaitosten on arvioitava käyttämänsä jatkuvatoimisen desinfiointin tai desinfiointivalmiuden toimintavarmuutta kemikaalin eri pituisissa saantihäiriöissä, sähkökatkoissa, laiterikoissa, tavanomaista suurempaa kloorinsyöttöä vaativissa tilanteissa sekä muissa mahdollisissa uhkakuvissa. Tämän riskinarvioinnin perusteella on määriteltävä laitospohjainen tarve ja mahdollisuudet parantaa klooridesinfiointin varmuutta.
 - Jatkuvasti klooridesinfiointia käyttävien vesilaitosten on varmistettava klooridesinfiointin jatkuvuus vähintään riittävällä varastoinnilla ja/tai rakentamalla edellytykset vaihtoehtoisen menetelmän käyttöön.
 - Kaikkien vesilaitosten on varmistettava kykynsä veden klooridesinfiointiin.
- Mahdollisia keinoja klooridesinfiointin varmuuden parantamiseksi vesilaitoksilla ovat
 - Käytössä olevien laitteistojen ja klooridesinfiointimenetelmien muuntaminen siten, että niillä voidaan käyttää myös vaihtoehtoista kloorikemikaalia
 - Vaihtoehtoisen klooridesinfiointimenetelmän hankinta
 - Kloorinvalmistuksen omavaraisuuden lisääminen hankkimalla elektrolyttisesti natriumhypokloriittia valmistava laitteisto
 - Raaka-aineiden ja kloorikemikaalien varastoinnin lisääminen
 - Hankintojen hajauttaminen tosiasiallisesti eri tuotanto- ja toimitusketjuihin (varmistettava koko ketjun erillisyyden, monet toimittajat välittävät saman valmistajan kemikaalia)
 - Raaka-aine-, kloorikemikaali- ja laitetoimittajien toiminta- ja toimitusvarmuuden selvittäminen ja edellyttäminen hankinnoissa
- Klooridesinfiointin varmistamisen lisäksi on suunniteltava ennalta käytännöt ja toiminta seuraaviin tilanteisiin:
 - Kemikaalin kulutuksen vähentäminen vedenkulutusta vähentämällä. Vakavia häiriötilanteita ja poikkeusoloja varten vesilaitosten on tarpeen suunnitella keinoja hallittuun vedenkulutuksen vähentämiseen. On myös syytä huomata, että tällaisissa tilanteissa veden mikrobiologisen laadun turvaaminen saattaa edellyttää tavanomaista suurempaa kloorikemikaalin syöttöä.
 - Keittokehotuksen antaminen tilanteissa, joissa veden mikrobiologista laatua ei pystytä varmistamaan. Näiden tilanteiden suunnittelu on tehtävä tiiviissä yhteistyössä terveydensuojeluviranomaisten kanssa ja varmistettava myös sellaisten kriittisten vedenkäyttäjien (esim. sairaalat, keskuskeittiöt, elintarviketeollisuus) riittävä omatoiminen varautuminen tilanteisiin, joille keittokehoitus aiheuttaa merkittävää haittaa toiminnan ylläpitämiselle.





Toimenpide- suositukset klooridesinfioinnin varmuuden edistämiseksi – Kansallisesti

- Vesilaitosten laitoskohtaisiin riskinarviointeihin perustuvien toimenpiteiden ei saavuteta kansallisesti riittävää klooridesinfiointin varmistamisen tasoa. Vesilaitosten toimenpiteiden lisäksi tarvitaan myös seuraavia kansallisen tason toimenpiteitä.
 - Valtion tukea vesihuollon varautumisen edistämiseksi tulisi lisätä ja kohdentaa vesilaitosten talousveden desinfiointikyvyn turvaamiseksi. Tämä tuki tulisi kohdentaa investointeihin, jotka ylittävät laitoskohtaisesti tarkoituksenmukaisen klooridesinfiointin varmistamisen tason ja joilla voidaan tarvittaessa tukea myös muita alueen vesilaitoksia.
 - Tarvittaessa pitäisi varmistaa raaka-aineiden ja kloorikemikaalin saatavuutta mm. varastoinnin ja kansainvälisten tuotantovarausten kautta.
 - Huoltovarmuuskeskuksella on tärkeä rooli edistää kansallisen tason toimenpiteitä turvallisen talousveden toimittamiselle välttämättömän klooridesinfiointin saatavuuden varmistamiseksi.

