Selvitys vahvan natriumhypokloriitin valmistuslaitteistoista

Selvityksen tiivistelmä | Syyskuu 2026

Anton Kiviahde, Marjo Keränen, Jukka Jokihaara

RAMBØLL Bright ideas. Sustainable change.

Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto

TIIVISTELMÄ

Vahvan natriumhypokloriitin paikallinen tuotanto soveltuu parhaiten tarkoin rajattuihin, usein alueellisiin tarpeisiin.

SELVITYKSEN KOKONAISARVIO

Paikallinen tuotanto voi vähentää riippuvuutta valmiin natriumhypokloriitin toimituksista, mutta samalla se lisää prosessin, sääntelyn, turvallisuuden ja kunnossapidon vaatimuksia.

RATKAISUA MÄÄRITTÄVÄT HAVAINNOT

TARJONTA

Eurooppalaiset vaihtoehdot ovat rajalliset

De Nora on tarkastelluista toimittajista ainoa eurooppalainen vaihtoehto, mutta sen minimikapasiteetti on useimmille yksittäisille vesilaitoksille suuri.

TEKNINEN TOTEUTUS

Vahva tuotanto on laimeaa vaativampi

Kalvokennot, vedyn hallinta, veden pehmennys ja lämmitys sekä mahdollinen NaOH:n käyttö kasvattavat operointi- ja kunnossapitovaatimuksia.

SOVELTUVUUS

Alueellinen malli on luontevin

Korkean pitoisuuden varastointi- ja kuljetusetu toteutuu parhaiten, kun sama tuotantoyksikkö palvelee useita vesilaitoksia tai käyttökohteita.

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet | 1.2 Menetelmät

SELVITYKSEN TARKOITUS

Selvitys tarkensi tietoja vahvaa (10-12,5 %) natriumhypokloriittia elektrolyyttisesti valmistavista laitteistoista ja niiden soveltuvuudesta suomalaisten vesilaitosten käyttöön.

TARKASTELUN LAAJUUS JA AINEISTO

TAUSTA

Toimitusketjujen haavoittuvuus

Talousveden klooridesinfioinnin varmistamisen vaihtoehdot -selvityksessä (2024) vahvaa natriumhypokloriittia tuottavia laitteita ei juuriaan esitelty.

KRITEERIT

Tekniikka, talous ja turvallisuus

Arviointi kattaa mitoituksen, tilantarpeen, kustannukset, operoinnin, huoltovarmuuden, varastoinnin, kuljetukset sekä biosidi-, kemikaali- ja ATEX-vaatimukset.

AINEISTO

Kirjallisuus ja käytännön kokemukset

Aineisto koostuu julkaisuista, viranomaisohjeista, toimittajadokumenteista sekä asiantuntija- ja vesilaitoskyselyistä kahdeksasta Euroopan maasta.

RAJAUS **Tarkastellut vahvan liuoksen laitteistot: De Nora, Electrolytic Technologies, BlueWav ja Jietong. Lisäksi niitä verrataan laimean liuoksen elektrolyysiin.**

Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto

2 VAHVAN NATRIUMHYPOKLORIITIN VALMISTUSLAITTEISTOT

2.1 Laitteiston toiminta — vahva liuos syntyy pehmennetystä vedestä, suolasta ja kalvoelektrolyysistä.

PROSESSIN NELJÄ VAIHETTA

01 SYÖTTÖVESI JA SUOLALIUOS

Pehmennetystä vedestä ja elintarvikelaatuisesta suolasta valmistettu suolaliuos laimennetaan noin 3 %:iin. Suolaa kuluu 1,9–3,2 kg/kg Cl_2.

02 KALVOELEKTROLYYSI

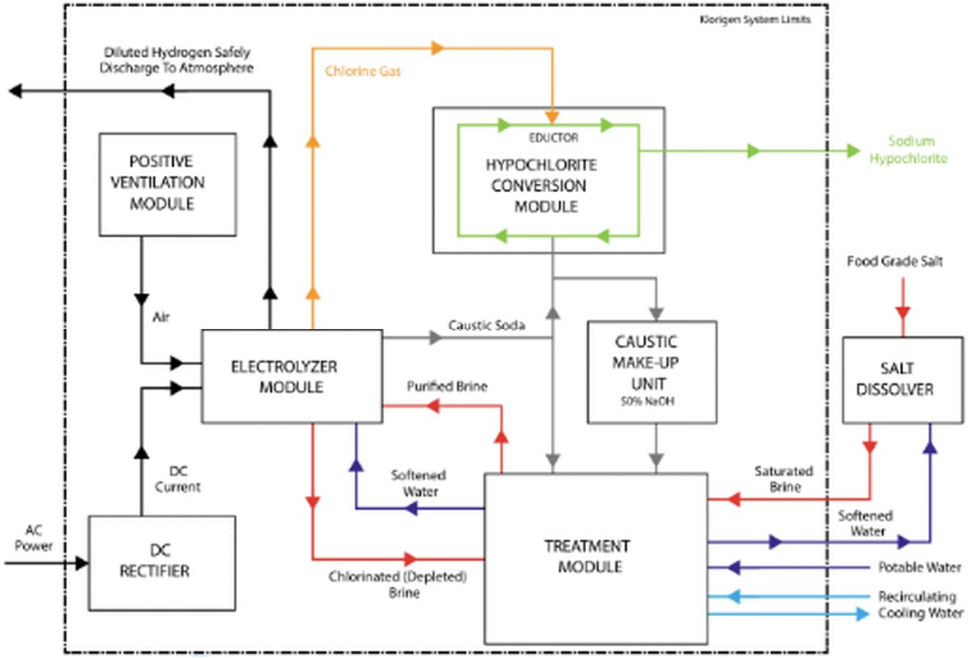
Kalvo erottaa anodin ja katodin. Kloori ja NaOH yhdistetään vasta myöhemmin, jolloin pitoisuus nousee noin 10–15 %:iin.

03 STABILOINTI JA VEDYN HALLINTA

NaOH voi stabiloida tuotteen ja HCl regeneroida vedenpehmennintä. Sivutuotteena tuleva vety laimennetaan ja johdetaan hallitusti ulos.

04 LÄMPÖTILA JA VARASTOINTI

Syöttöveden tavoite on noin 20 °C - Suomessa esilämmitys voi olla tarpeen. Säilyvyys riippuu lämpötilasta ja UV-suojasta.



Kuva: Klorigen M-Series -laitteiston yksinkertaistettu prosessikaavio (Electrolytic Technologies).

Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto

2.2 LAITTEISTOKANTA | 2.3 TEKNISET JA TOIMINNALLISET SEIKAT

Eurooppalainen tarjonta on rajallista; pienemmät ja joustavammat vaihtoehdot ovat pääosin Euroopan ulkopuolelta.

TARKASTELLUT LAITTEISTOT

TOIMITTAJA	KAPASITEETTI	PITOISUUS	KÄYTTÖTAPA	TEKNINEN PÄÄHUOMIO
De Nora — Italia	**10,5–125 kg Cl_2/h; min. 5,2 kg Cl_2/h**	n. 12,5 %	**Jatkuva / alue**	Käynnistys n. 12 h; suuri tila; CAPEX 0,95–1,1 M€. Artikla 95 -ketju tunnistettu.
Klorigen — USA	**1,25–12,5 kg Cl_2/h**	10–15 %	**Jatkuva / kausi**	Tilantarve 40–50 m^2; automatisoitu. EU-hyväksyttävyys selvitettävä.
BlueWav — Kiina	**0,5–30 kg Cl_2/h**	5–15 %	**Standby mahdollinen**	Pienin n. 5 m^2 ilman säiliötä; CAPEX 45–230 t€. Hyväksynnät ja tuki varmistettava.
Jietong — Kiina	**1–30 kg Cl_2/h**	5–12 %	**Ei in situ -käyttöön**	Tehdastuotantoon, ei vesilaitosalueella suoraan annosteltavaksi.

TULKINTA **Eurooppalainen vaihtoehto on yksittäiselle laitokselle yleensä liian suuri. Pienemmät ei-EU-mallit ovat joustavampia, mutta hyväksynnät ja elinkaarituki on varmistettava.**

2.4 VERTAILUOSIO

Vahvan ja laimean natriumhypokloriitin erot koskevat erityisesti saatavuutta, mitoitusta, kustannuksia, operointia ja logistiikkaa.

KRITEERI	VAHVA LIUOS (>10 %)	LAIMEA LIUOS (0,8–2,5 %)
Saatavuus ja mitoitus	Euroopassa yksi tunnistettu toimittaja; pienin eurooppalainen minimikapasiteetti 5,2 kg Cl_2/h. Ei-EU-mallit alkavat 0,5 kg Cl_2/h.	Myös kotimaisia toimittajia ja laaja kokoluokkavalikoima eri kokoisille vesilaitoksille.
Investointi (CAPEX)	CAPEX noin 45 000–1 100 000 €. Toimittaja-arvio Klorigenin OPEXista 1,09 €/kg Cl_2.	CAPEX noin 20 000–400 000 €. Selvityksessä käytetty OPEX-arvio 2,9 €/kg Cl_2.
Operointi, huolto ja turvallisuus	Kalvokennot, vedyn hallinta ja kemikaalit lisäävät prosessin vaativuutta. Standby-käyttö ja huoltotarve ovat laitekohtaisia.	Yksinkertaisempi rakenne, vähän säännöllisesti vaihdettavia osia ja laaja vesilaitoskäytön kokemus.
Varastointi ja kuljetus	Säilyvyysarviot vaihtelevat noin 14 vuorokaudesta 3–5 kuukauteen. Pienempi varastotilavuus ja käytännöllisempi kuljetus.	Käytetään tavallisesti muutamassa vuorokaudessa. Varastotilavuus voi olla yli kymmenkertainen ja kuljetus epäkäytännöllisempää.
Väliaikainen käyttö	Soveltuvuus laitekohtaista; suuri kapasiteetti ja investointi heikentävät käyttöä pelkkänä varajärjestelmänä.	Ei ensisijainen ratkaisu vain väliaikaiseen käyttöön; soveltuvuus shokkikloorauksen on varmistettava toimittajalta.

Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto

3 LUVITUS & LAINSÄÄDÄNTÖ

3.1 Lainsäädäntö | 3.2 Luvitus — vaatimukset kattavat biosidiketjun, kemikaaliturvallisuuden, vedenkäsittelyn ja kuljetukset.

ENNEN TOTEUTUSTA

PT5

Juomaveden desinfiointi

Sääntely- ja lupapolku on ratkaistava ennen investointia. Hyväksyntä ei lähtökohtaisesti kohdistu itse laitteeseen.

VARMISTETTAVAT ASIAT

BIOSIDIASETUS JA ECHA	Varmista artikla 95 -ketju sekä lähtöaineen tai käyttöpaikalla muodostuvan tehoaineen hyväksyntä PT5-käyttöön.
KEMIKAALITURVALLISUUS JA ATEX	Arvioi varastot, ilmanvaihto, vedyn poisto, suojaetäisyydet ja räjähdysvaaralliset tilat laitoskohtaisesti.
HYVÄKSYMISHAKEMUS TAI ILMOITUS	Kunnan terveydensuojeluviranomainen ratkaisee, onko käyttöönotto hyväksynnän edellyttämä olennainen vedenkäsittelyn muutos. Hakemus tehdään tarvittaessa vähintään 30 vuorokautta ennen muutosta.
KULJETUS	Hypokloriittiliuos: UN 1791, ADR-luokka 8, luokituskoodi C9 ja pakkausryhmä II. Kuljetukseen tarvitaan hyväksytyt säiliöt, merkinnät ja asiakirjat.

TERVEYDENSUOJELU-VIRANOMAINEN | Hyväksyntä tai ilmoitus	**TUKES | Kemikaalit ja ATEX**	**TRAFICOM | ADR/VAK-kuljetukset**

Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto

4 KÄYTTÖKOKEMUKSIA LAITTEISTOISTA EUROOPASSA

Vahvan (>10 %) liuoksen in situ -valmistus on vesilaitoksilla harvinaista; laimeat järjestelmät ovat selvästi yleisempiä.

KARTOITUKSEN PÄÄHAVAINNOT

KÄYTÖN YLEISYYS

Vahva tuotanto on poikkeus

Kahdeksan maan kartoituksessa 10–12,5-prosenttisia järjestelmiä tavattiin vesilaitoskäytössä vain vähän. Kaupallinen noin 10-prosenttinen liuos on silti yleinen, keskeinen haaste liittyy valmistustapaan.

MIKSI LAIMEAA SUOSITAAN

Yksinkertaisuus ja toimintavarmuus

Avoimeen kennoon perustuva prosessi on yksinkertaisempi. Vesilaitokset korostivat vähäistä huoltotarvetta, hyvää käyttövarmuutta ja helpompaa turvallisuuden hallintaa.

VAHVAN LIUOKSEN PROFIILI

Tehokas logistiikka, vaativampi käyttö

Pienempi varastotilavuus ja tehokkaampi kuljetus ovat etuja. Vastapainona ovat kalvoprosessi, NaOH, vedyn hallinta, nopeampi hajoaminen, saostumariskit ja tiukemmat turvallisuusvaatimukset.

Käyttökokemukset tukevat vahvan tuotannon tarkastelua ennen kaikkea useita käyttökohteita palvelevana alueellisena ratkaisuna.

Kyselymaat: Suomi, Espanja, Tšekki, Belgia, Ranska, Norja, Unkari ja Slovakia.

Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto

5 LAITTEISTOYHTEENVETO

Neljä tarkasteltua vaihtoehtoa eroavat kapasiteetiltaan, kustannuksiltaan, käyttötavaltaan ja EU-hyväksyttävyyden varmuudelta.

TOIMITTAJIEN YHTEENVETO

TOIMITTAJA	PITOISUUS / TEHO	KUSTANNUS	SOVELTUVUUS	KESKEINEN EPÄVARMUUS
De Nora — Italia	**12,5 % | min. 5,2 kg Cl_2/h**	CAPEX 0,95–1,1 M€	**Alueellinen**	Yksittäiselle laitokselle yleensä liian suuri; jatkuvatoiminen.
Klorigen — USA	**10–15 % | 1,25–12,5 kg Cl_2/h**	OPEX 1,09 €/kg Cl_2	**Laitos / alue**	EU-hyväksyntä, viranomaispolku ja elinkaarituki.
BlueWav — Kiina	**5–15 % | 0,5–30 kg Cl_2/h**	CAPEX 45–230 t€	**Laitos / alue; standby**	EU-hyväksynnät, paikallinen huolto ja varaosat.
Jietong — Kiina	**5–12 % | 1–30 kg Cl_2/h**	Ei kustannustietoa	**Ei in situ -käyttöön**	Tehdastuotantoon; EU-hyväksyntä selvitettävä.

YHTEENVETO **Nykyinen tarjonta tukee ensisijaisesti alueellista tuotantomallia tai erityistapausta. Huolto, kriittiset varaosat, toimitusajat ja tekninen tuki on varmistettava toimittajakohtaisesti.**

Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Vahvan natriumhypokloriitin paikallinen valmistus voi tukea kemikaalivarmuutta, mutta vaatii tapauskohtaisen arvioinnin soveltuvuudesta.

SELVITYKSEN JOHTOPÄÄTÖKSET

SOVELTUVUUS

Yksittäinen vesilaitos tarvitsee kohdekohtaisen arvion.

HUOLTOVARMUUS

Valmiin kemikaalin kuljetusriippuvuus pienenee, mutta riski siirtyy operointiin, energiaan ja varaosiin.

ALUEELLINEN MALLI

Usean käyttäjän malli jakaa investoinnin ja hyödyntää korkean pitoisuuden logistiikkaetua.

SÄÄNTELY JA TURVALLISUUS

Biosidihyväksyntä, kemikaaliturvallisuus, ATEX ja kuljetukset ratkaistaan ennen hankintaa.

ELINKAARITUKI

Huollon, varaosien, tuen vasteaikojen ja tietoturvan on oltava osoitettavissa.

SUOSITUS

Tee kohdekohtainen esiselvitys, jos alueellinen tai muu selkeä käyttötarve on tunnistettu.

Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto