

Pilot-mittakaavan vedenkäsittelyn on-site – testaustoiminta osana kaivosten vesiongelmien ratkaisua



**TK-päällikkö
Eero Antikainen
Vesiturvallisuus-painoala
Ympäristötekniikan laboratorio
Savonia-ammattikorkeakoulu oy
KaivosVV-päätösseminaari, Kuopio 4.12.2017**

Savonia numeroina

- Opiskelijoita 6 000
- Henkilökuntaa 450
- Budjetti 2016 43 M€
- Noin 40 ammattikorkeakoulu- tai ylempään ammattikorkeakoulututkintoon johtavaa tutkinto-ohjelmaa kuudella eri alalla



Koulutusalat:

- Kulttuuriala
- Liiketalous
- Luonnonvara-ala
- Matkailu- ja ravitsemisala
- Tekniikan ala
- Sosiaali- ja terveysala

Kampukset:

- Kuopiossa
- Iisalmessa
- Varkaudessa



Painoalat

- Savonian on fokusoinut TKI-toimintansa neljään painoalaan, joita ovat:



Vesiturvallisuus



**Vastuullinen
ruokatuotanto**



**Soveltava
hyvinvointiteknologia**



**Uudistuva
kone- ja energiateollisuus**

VESITURVALLISUUS-PAINOALAN PROFILOITUMINEN:

"Olemme vesiturvallisuuteen ja bioprosessien sovelluksiin keskittyvä soveltavan tutkimuksen ja tuotekehityksen edelläkävijä, joka uudistaa alan osaamista ja koulutuksen sisältöjä.

Erikoisena vahvuutenamme on *kyvykkyys kehittää ja testata uusia vesiteknologian sovelluksia käytäntöön sekä laboratorio-olosuhteissa että pilot-mittakaavassa kenttäkohteissa."*



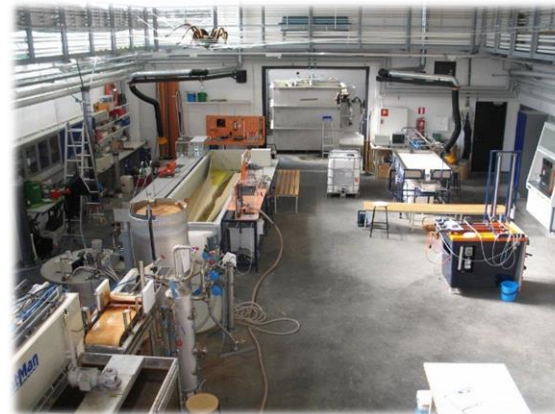
Vesiturvallisuus-painoalan toimintamuodot:

- Tekee **soveltavaa tutkimusta** yhteistyössä yliopistojen, tutkimuslaitosten (mm. GTK, UEF, THL, Luke) ja yrityskumppaneiden kanssa
- Tarjoaa **tuotekehitys- ja testauspalveluja** vesiteknologian alalla toimiville yrityksille
- Tarjoaa **täsmäkoulutusta** yrityksille ympäristöalan ajankohtaisista aiheista (vesiturvallisuus)

Painoalan toiminnan ytimenä toimii Savonian ja UEF:n **vesialan yhteiskäyttölaboratorio** Kuopion tiedepuistossa

→ konkreettinen tutkimus- ja tuotekehitysympäristö

→ oppimisympäristö molempien oppilaitosten ympäristöalan opiskelijoille



**VESITURVALLISUUS-PAINOALAN TKI-TOIMINNAN
PAINOPISTEET:**

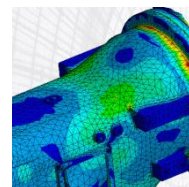
- **Kehittyneiden vedenkäsittelyprosessien** kehittäminen vesi-intensiivisille teollisuusaloille:
 - **Kaivosteollisuuteen**, jossa erityispiirteenä on liukoisten metallien ja sulfaatin poistotarpeet vesistä hyödyntäen erilaisten tehoaineiden (adsorbentit yms. kemikaalit) ja yksikköprosessien yhdistelmiä
 - **Sellu- ja paperiteollisuuteen**, jossa erityispiirteenä on orgaanisen kuormituksen (COD), sekä rikin yhdisteitten vähentäminen jätevesistä mikrobiologisten prosessien avulla
- **Reaaliaikaisten monitorointimenetelmien** kehittäminen:
 - Vesihuoltoon
 - Vesi-intensiivisille teollisuusaloille
 - Maatalouden ja vesistöjen ympäristöseurantaan





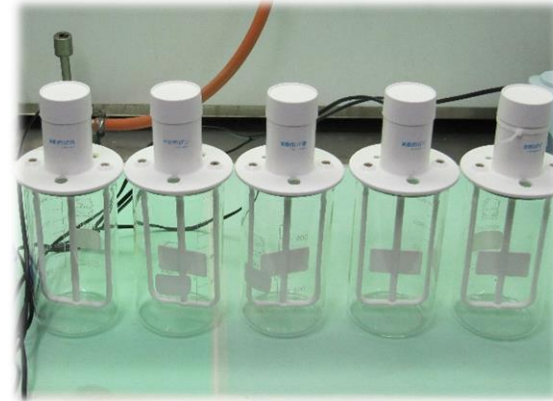
Tyypillisen veden käsittelyn pilot-toimeksiannon kulku:

1. Taustatietojen keruu ja laboratoriomittakaavan esikokeitten suunnittelu
2. Laboratorio-mittakaavan esikokeitten toteutus ja scale up pilot-mittakaavaan
3. Pilot-koeajot asiakkaan määrittämässä kohteessa
4. Johtopäätökset ja suositukset jatkotoimenpiteiksi kohti täyden mittakaavan ratkaisua



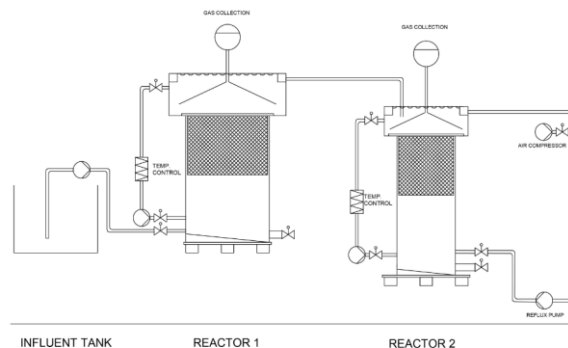


Veden käsittelyn pilotoinnin tyypilliset vaiheet ja mittakaava



1. Esikokeet laboratoriossa alkaen 10 ml:n tilavuudesta

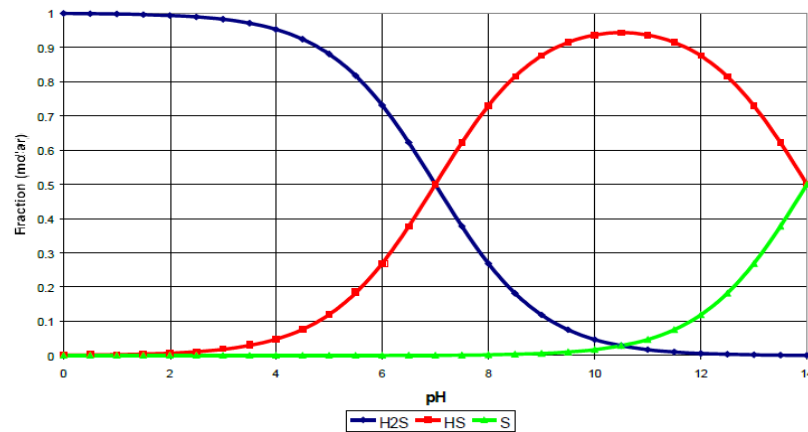
2. Laboratorio-mittakaavan saostus-kokeitten toteutus 800 ml:n tilavuudessa



3. Mikrobiologisten prosessien laboratorio-pilotoinnit n. 30 litran tilavuudessa



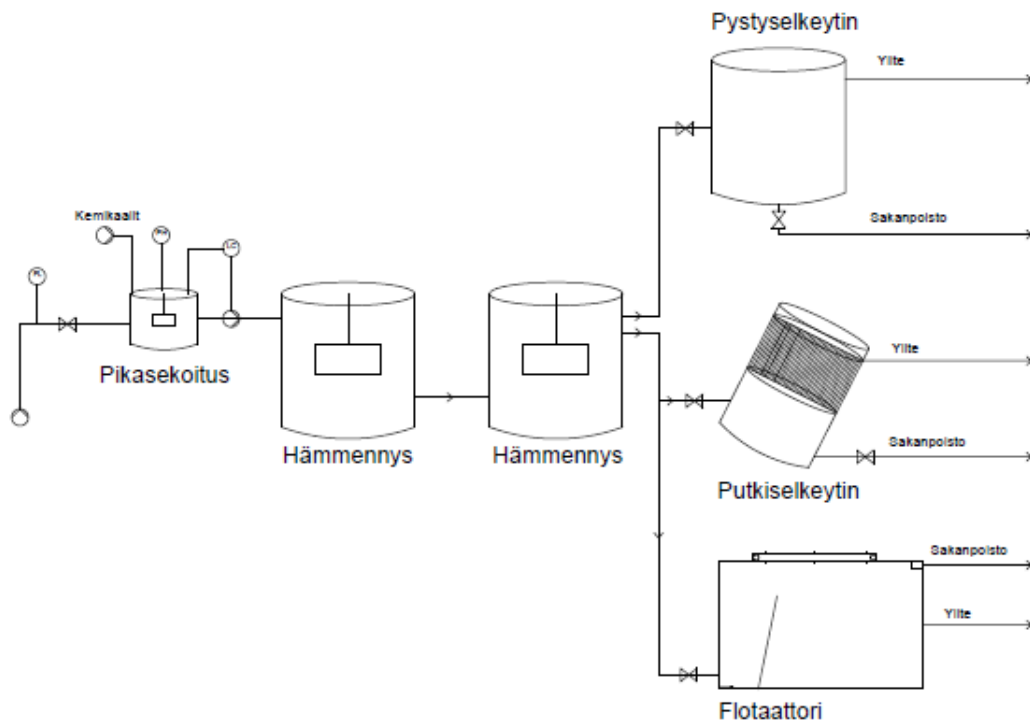
Veden käsittelyn pilotoinnin tyypilliset vaiheet



→ **4. Koetulosten tulkinta ja scale up pilot-mittakaavaan**



Veden käsittelyn pilotoinnin tyypilliset vaiheet



5. Pilot-prosessin mitoitus esikokeitten tulosten perusteella sekä koelaitteiston kokoonpanon suunnittelu ja koeajo-ohjelman laadinta



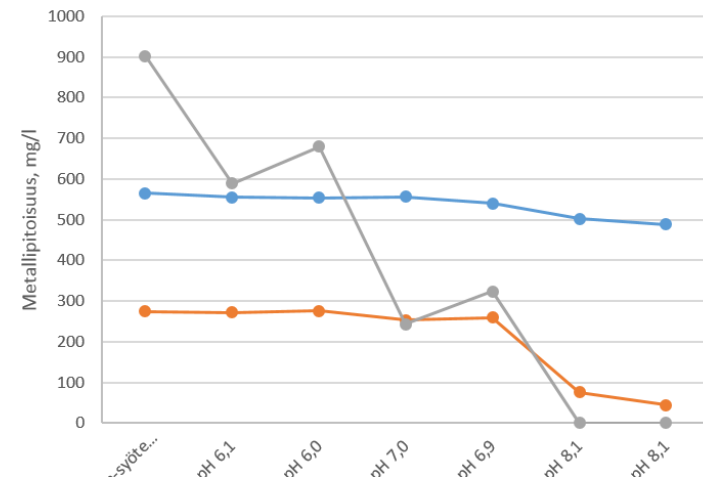
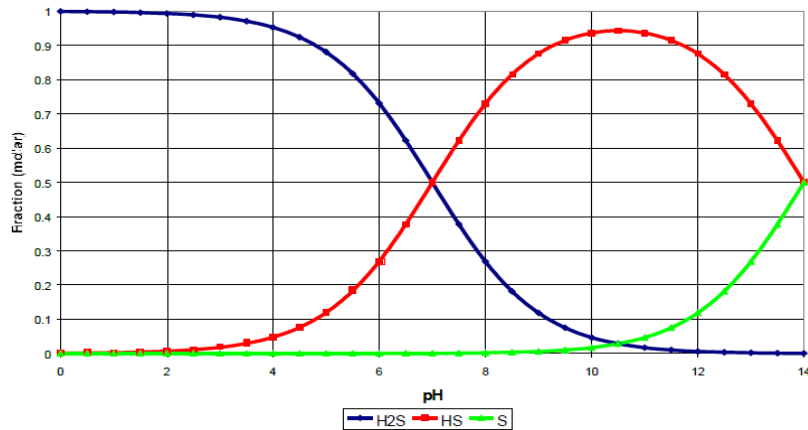
Veden käsittelyn pilotoinnin tyypilliset vaiheet



6. Pilot-koelaitteiston kokoonpano tarvittavista yksikköprosesseista ja on-site koeajojen toteutus kohteessa



Veden käsittelyn pilotoinnin tyypilliset vaiheet



6. Tulosten tulkinta, johtopäätökset ja suositukset jatkotoimenpiteiksi



Pilot-mittakaavan koetoiminnan hyödyt:

- Laboratoriossa on verrattain helppo saada reaktiot toteutumaan halutulla tavalla; ei kerro koko totuutta
- Hyvin suunniteltu pilot-koe osoittaa kehiteltävän prosessin ja sen säätöjen toimivuuden ja kehittämistarpeet ns. semi-teollisessa mittakaavassa todellisuutta vastaavissa olosuhteissa
- On-site –koetoiminta osoittaa myös kentällä väijäämättä kohdattavat haasteet, kuten:
 - Muuttuvat olosuhteet ja käsiteltävän veden laadun muutokset
 - Jatkuvatoimisten prosessien käytännön haasteet; tukkeutumiset, sekoitusten, kemikaalien annostelujen yms. haasteet
 - Toisaalta kentällä toimiviaksi todennettu prosessi on jo huomattavan lähellä toimivaa käytännön sovellusta toimien jo referenssinä kehittäjälleen





Savonian tehtävät KaivosVV-hankkeessa

- Savonia vastasi työpaketin 5 **”Vesienkäsittelyteknologioiden kehittäminen”** toteutuksesta
- Keskeisiä toimenpiteitä olivat:
 - liukoisten metallien poistomenetelmien kehittäminen ja pilotointi
 - sulfaatin poistomenetelmien kehittäminen ja pilotointi
 - kiintoaineen poistomenetelmien kehittäminen ja pilotointi

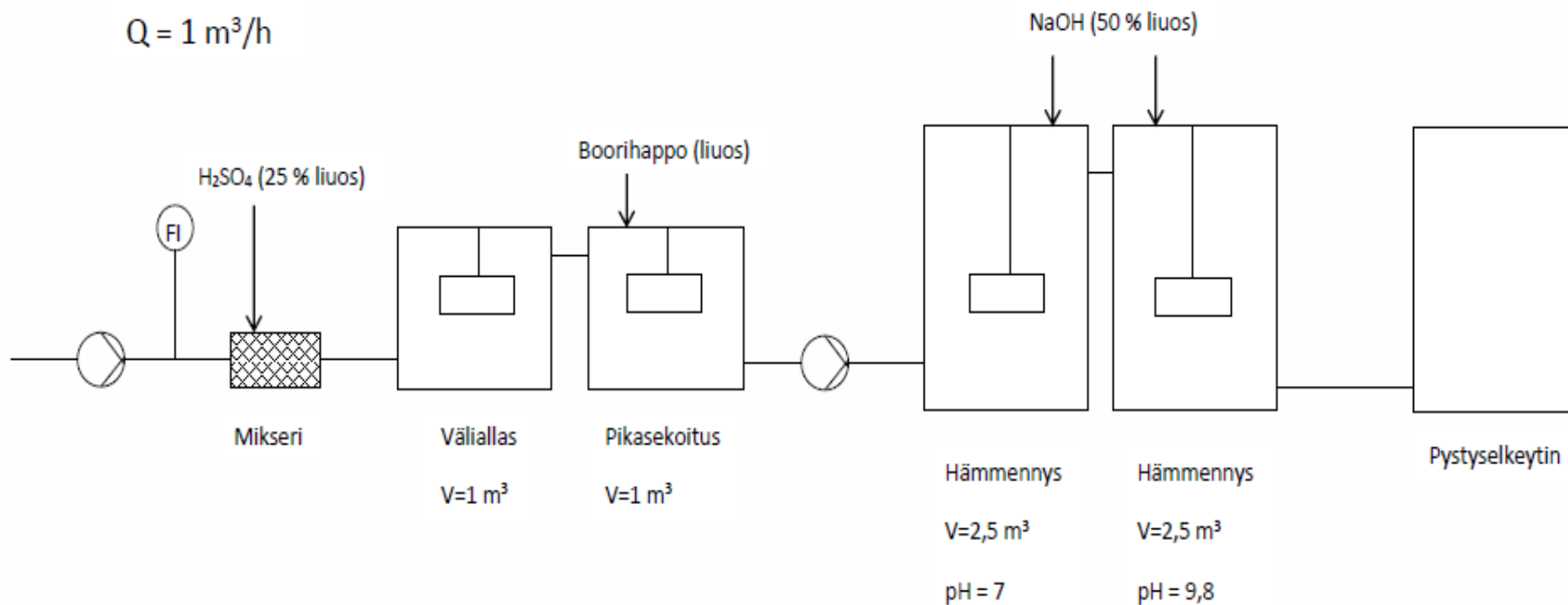


Liukoisten metallien poistomenetelmien kehittäminen ja pilotointi

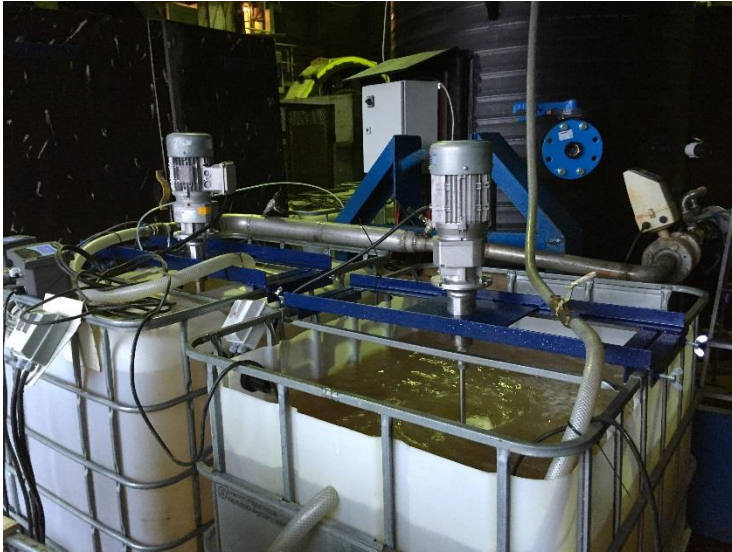
Tavoitteet ja tehdyt toimenpiteet:

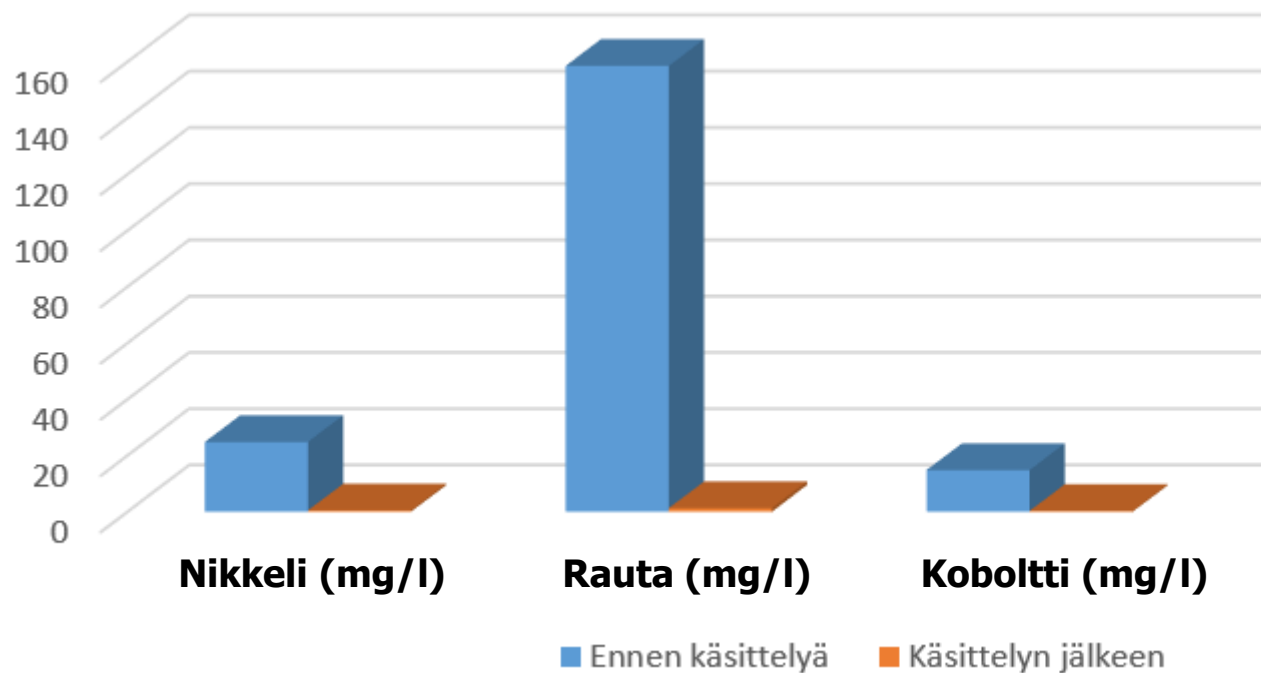
- Tavoitteena oli testata Epse-mentelmän toimivuutta; pyrkimyksenä saostaa metallit pois vedestä ja muodostaa veteen liukenematon sakka (nikkeli, kupari, koboltti ja rauta)
- Laboratoriossa toteutetuilla esitesteillä määritettiin optimaaliset kemikaalien annosmäärät ja saostuksen pH-alue varsinaisia pilot-koeajoja varten
- Pilot-mittakaavan panoskokeet Hituran kaivoksella toteutettiin touko-kesäkuussa 2015 n. 1 m³:n mittakaavassa
- On-Site –panoskokeitten perusteella suunniteltiin jatkuvatoimisen prosessin pilotointi, joka toteutettiin syksyllä 2015

Jatkuvatoimisen pilot-koeajon prosessikaavio



Jatkuvatoimisen pilot-koeajon laitteistoa Hiturassa





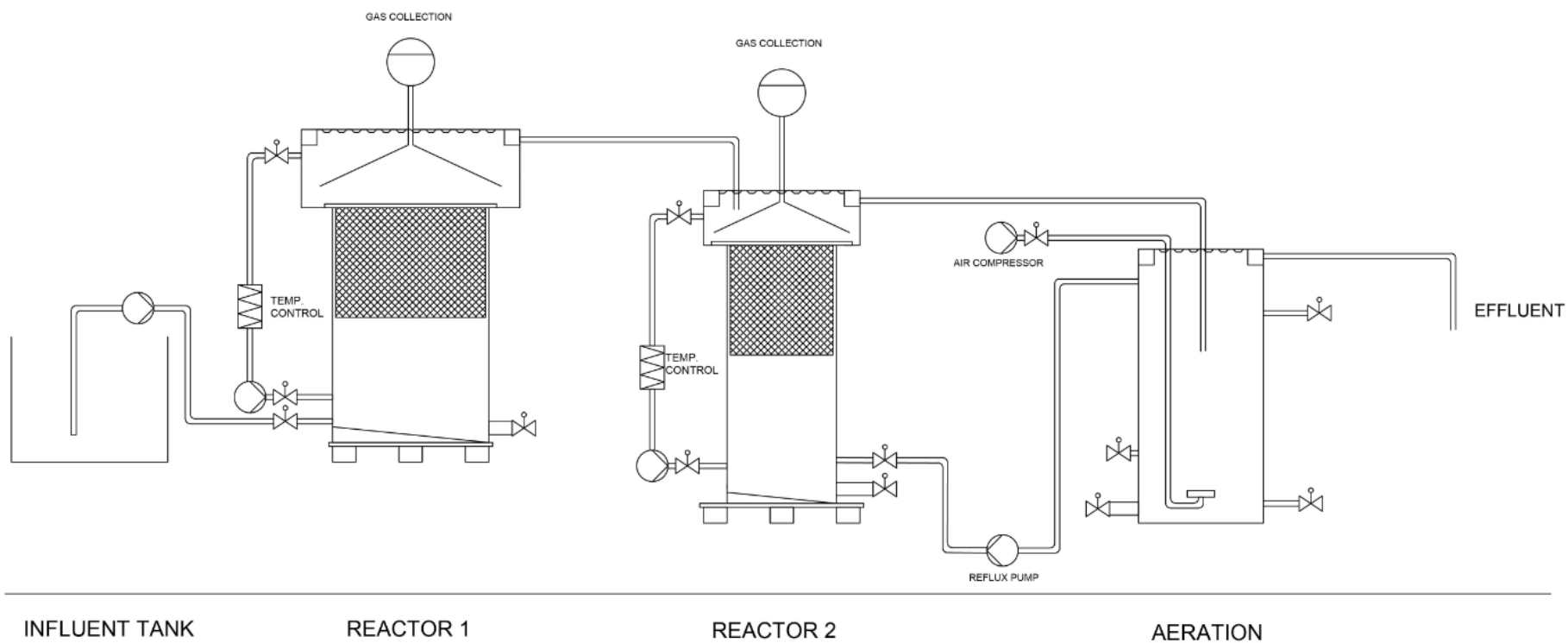
Johtopäätökset

- Prosessi saatiin toimimaan kenttäolosuhteissa jatkuvatoimisena prosessina sisältäen porrastetun pH:n noston
- Liukoisten metallipitoisuuksien perusteella menetelmä toimii ja pystyttiin osoittamaan, että raja-arvoihin on mahdollista päästä ko. prosessilla
- Voidaan käyttää myös Booraksia boorihapon sijaan
- Muodostuva sakka oli helpohkosti kohoavaa ja virtauksen mukaan lähtevää; pilotoinnin perusteella selkeytysmenetelmäksi suositellaan flotaatiota

Sulfaatinpoisto- kokeet



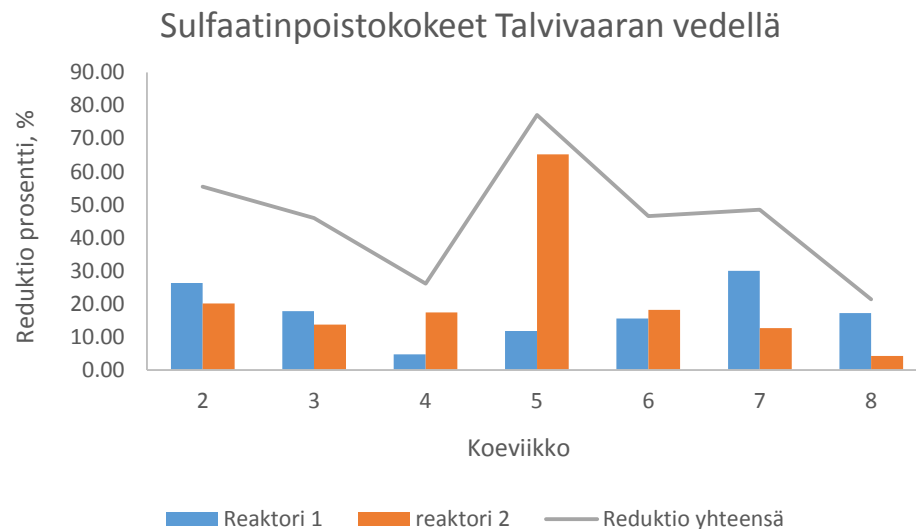
Laboratorion UASB-laitteisto



Laboratorion UASB-laitteiston toiminta

- Kaksivaiheinen anaerobinen käsittely, jossa reaktorissa 1: Sulfaatin pelkistys
 - Muovisilla tätekappaleilla varustettu kolonnireaktori
 - sulfaatin pelkistys sulfidiksi
 - orgaanisen hiilen poisto
- Reaktorissa 2: Autotrofinen ja heterotrofinen denitrifioiva sulfidin poisto (A&H-DSR, autotrophic and heterotrophic denitrifying sulfide removal)
 - prosessin keskiössä autotrofiset denitrifioivat mikrobit muuntavat sulfidin alkuainerikiksi nitraatin avulla
 - heterotrofit denitrifioivat edellisen vaiheen rasvahappoja $\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2$
- Neljäntenä vaiheena ilmastusallas: Aerobinen nitrifikaatio (AN, Aerobic Nitrification)
 - biologisesti ilmastettu allas nitrifioi $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3$
 - efluentin kierrätys takaisin vaiheeseen 2

Keskeiset tulokset



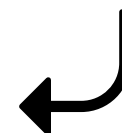
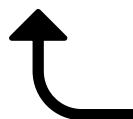
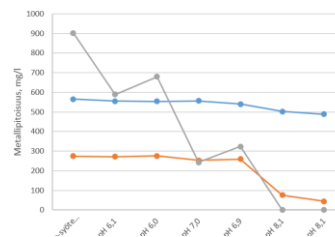
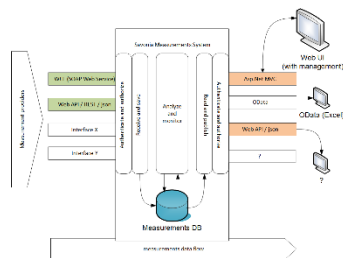
- Hiilen lähteenä aluksi natriumasetaatti joka viikon neljä lopulla vaihdettu metanoliin ja edelleen propanoliin.
- Hiilen määrässä pyritty 1,3 kertaa sulfaatin määrään verrattuna ja ammonium-N määränä 1/5 sulfaatin määrästä.
- Typen lähteenä ollut ammoniumkloridi

Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet

- Prosessi saatiin toimimaan laboratoriomittakaavassa kaksivaiheisena prosessina
- Sulfator Oy jatkoi prosessin kehitystyötä pilotmittakaavaan ja edelleen kenttäpilotointiin keväällä 2017
- Kenttäpilotointia tuettiin laboratorio-mittakaavan koejärjestelyllä, joka mahdollisti mm. prosessissäättöjen optimoinnin koeajojen aikana pienemmässä mittakaavassa ennen muutosten implementointia pilotkokoluokkaan
- Prosessin kaupallistamisesta vastaa Sulfator Oy

Case Terrafame; metallien poiston pilotointi

- Vuoden 2017 kuluessa tehtiin lisäksi metallin poiston pilotointia laboratoriomittakaavassa Terrafamen vesille
- Pilotoinnissa sovellettiin termodynaamista kemiallista mallinnusta laboratoriokeitoiminnan suuntaamiseen ja jatkuvaan iterointiin
- Menettelyllä päästiin nopeasti kiinni optimiprosessiparametreihin, kuten käytettävien saostuskemikaalien valintaan, niiden annostelumääriin, pH-olosuhteisiin jne.



KaivosVV-verkosto on selvästi kehittänyt toimijoittensa kyvykkyyttä ja yhteistoimintaa mahdollistaen erikoistumisen yhdessä



**Vesienkäsittely-
teknologioiden
kehittäminen
ja Pilot-
mittakaavan
koetoiminta**

SAVONIA-AMK



**Vesitaseiden ja
prosessivesi-
kiertojen
hallinta**

**Geologian
tutkimuskeskus
GTK**



**UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND**

**Ympäristö-
ja prosessi-
monitoroinnin
kehittäminen,
uudet
puhdistus-
materiaalit**

**Itä-Suomen
yliopisto
UEF**



**TERVEYDEN JA
HYVINVOINNIN LAITOS**

**Kokonais-
valtaisen
riskien
hallinnan
kehittäminen**

**Terveyden ja
hyvinvoinnin
laitos
THL**





Kiitos mielenkiinnostanne!

Yhteydenotot:

Mr. Eero Antikainen

Head of Research

Environmental Technology

Savonia University of Applied Sciences

Engineering and Technology

P.O. Box 6 (Microkatu 1 C) FI-70201

Kuopio, Finland

tel. +358 44 785 6325

fax. +358 17 255 5561

email: eero.antikainen@savonia.fi

web: <http://ymparistotekniikka.savonia.fi/>