

# Kaivannaisjätteiden hallintamenetelmät (KaiHaME)

## Rikastusprosessin muokkaamisen vaikutukset Kopsan rikastushiekan ja prosessivesien laatuun

Päivi Kauppila, Antti Taskinen, Matti Kurhila,  
Neea Heino & Mia Tiljander

18.4.2018 KaiHaMe-projektin  
loppuseminaari



 Endomines  
**kemira**



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus

**NEW BOLIDEN**  
Kevitsa

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

# Tavoitteet ja tutkimusmateriaalit

- Selvittää, millaisia vaikutuksia rikastusprosessin muokkaamisella on ollut
  - rikastushiekan ympäristökelpoisuuteen
  - prosessivesien laatuun
- Materiaaleina: Kopsan lajittelemattoman ja lajitellun malmin rikastushiekat ja prosessivedet
- Kiinnostuksen kohteena erityisesti As, S, Cu – sekä niiden lähteet
- Arvioida, onko muokkaamisella saavutettu muutoksia rikastushiekan jäteluokitteluun



# Näytteenotto ja tutkitut näytteet

- Näytteet otettiin rikastuskokeiden jäännöslietteestä erottamalla rikastushiekka ja prosessivesi toisistaan vakuumisudattimella



Näyte	Kuvaus
Alkuperäinen rhk 0A; As-rikas	Alkuperäinen Belvederen mallin mukainen rikastuskaavio; lajiteltu malmi
Muokattu rhk 1A; As-köyhä	Muokattu jauhatushienoutta, vaahdotusaikaa ja kemikaalien annostusta; lajiteltu malmi
Alkuperäinen rhk 0B; As-rikas	Vastaava kuin alkuperäinen, lajittelematon malmi
Muokattu rhk 1B; As-köyhä	Vastaava muokattu 1, lajittelematon malmi
Muokattu rhk 2	Muokattu sulfidivaahdotuksen kestoja ja kemikaalien annostusta; uudelleen jauhatus ja vaahdotus; lajiteltu malmi,
Muokattu rhk 3	HGMS magneettierotus uudelleen jauhetun ja vaahdotetun kokeen vaahdotusjätteestä; lajiteltu malmi

# Rikastushiekkujen karakterisointi

- Kemialliset määritykset
  - Kokonaispitoisuudet (XRF, totaaliuutto)
  - Kuningasvesiuuttoiset pitoisuudet
  - 6-portaisella uuttosarjalla alkuaineiden fraktioituminen eri faaseihin
  - Alkuaineiden liukoisuudet ravistelutesti ja/tai kolonnitesti ja NAG-uute
  - Hapontuottopotentiaali ABA-testi (SFS-EN 15875) ja NAG-testi
- Mineralogiset määritykset
  - SEM-MLA: modaalimineralogia, assosiaatiot, liberaatiot, rakeisuudet
  - Mikroanalysaattori: tarkentavia määrityksiä yksittäisistä mineraaleista



# Suotovesien karakterisointi

- Alkuaineiden kokonaispitoisuudet ja liukoiset pitoisuudet ICP-OES/MS-tekniikalla
- Anionit ionikromatografisesti
- PO<sub>4</sub> virtausinjektionalyysillä
- Fe<sup>2+</sup> spektrofotometrisesti
- TOC, DOC pyrolyyttisesti
- Alkaliniteetti titraamalla
- Kiintoaines gravimetrisesti
- pH ja EC potentiometrisesti
- Rikastuskemikaalijäämiä NMR-spektrometrisesti



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Kemiallinen koostumus

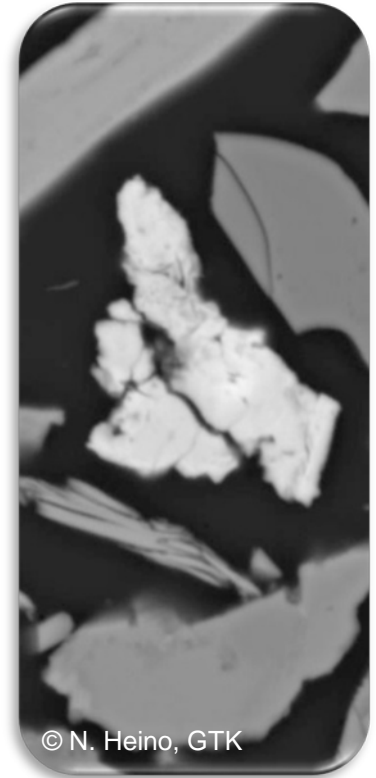
- Kohonneita pitoisuuksia As (292 mg/kg), S (0,09 %) ja Cu (154 mg/kg)
  - As-pitoisuus > ylempi PIMA-ohjearvo
  - Cu-pitoisuus > PIMA-kynnysarvo
  - **Ei-inertti kaivannaisjäte**
  - S-pitoisuus < 0,1 %
- Muita: Bi (11 mg/kg), Mo (2,7 mg/kg), ja W (121 mg/kg)
- Liukoisuuskokeiden As-pitoisuus (26 mg/kg) > haitallisen jätteen kaatopaikoille asetettu raja-arvo (25 mg/kg)
- Ei happoa tuottavaa (ABA-testi)



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Mineralogia

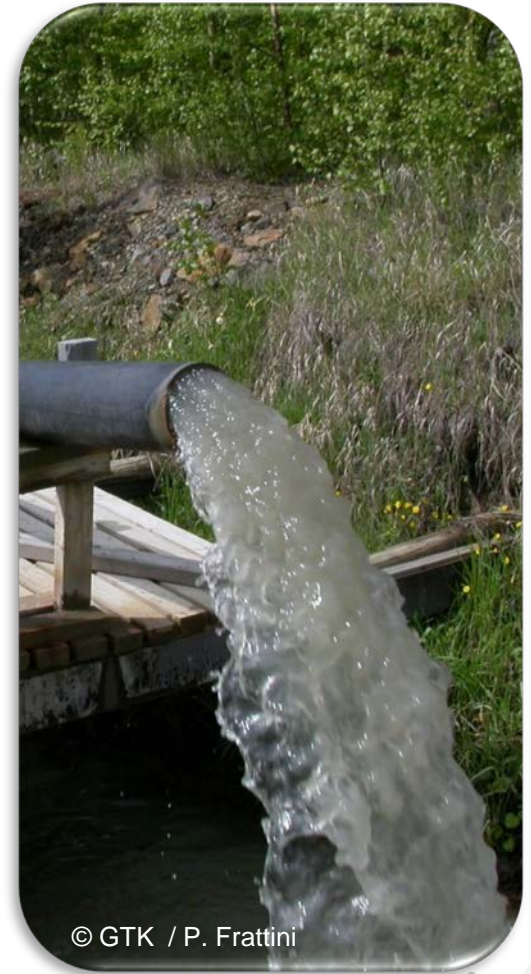
- Päämineraalit: kvartsi (25 %), plagioklaasi (24 %), biotiitti (11 %)
- As-lähteet: arseenikiisu ( $\text{FeAsS}$ ), arsenaatit, löllingiitti ( $\text{FeAs}_2$ ), götiitti ( $\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O(OH)}$ )
  - As-mineraaleja 0,04 %
- Muut sulfidit (0,09 %): magneetikiisu ( $\text{Fe}_{1-x}$ ), kuparikiisu ( $\text{CuFeS}_2$ ), rikkikiisu ( $\text{FeS}_2$ ), sinkkivälke ( $\text{ZnS}$ ), kovelliitti ( $\text{CuS}$ )
- Muita: esim. vismuttimineraaleja, scheeliittiä ( $\text{CaWO}_4$ )
- Vähän karbonaatteja (0,31 %)
- Götiitissä myös Cu ja S
- Arsenaateissa myös Cu
- Bi vismuttimineraalit ja arseenikiisu
- Mo silikaattien hiloissa



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Prosessivedet

- Prosessivesi emäksistä (pH 10,1)
- Kohonneita pitoisuuksia As (775 µg/l), SO<sub>4</sub> (310 mg/l), Mo (55 µg/l), I (25 µg/l) ja B (16,5 µg/l)
- TOC 14 mg/l, DOC 11 mg/l → orgaanisia kemikaalijäämiä?

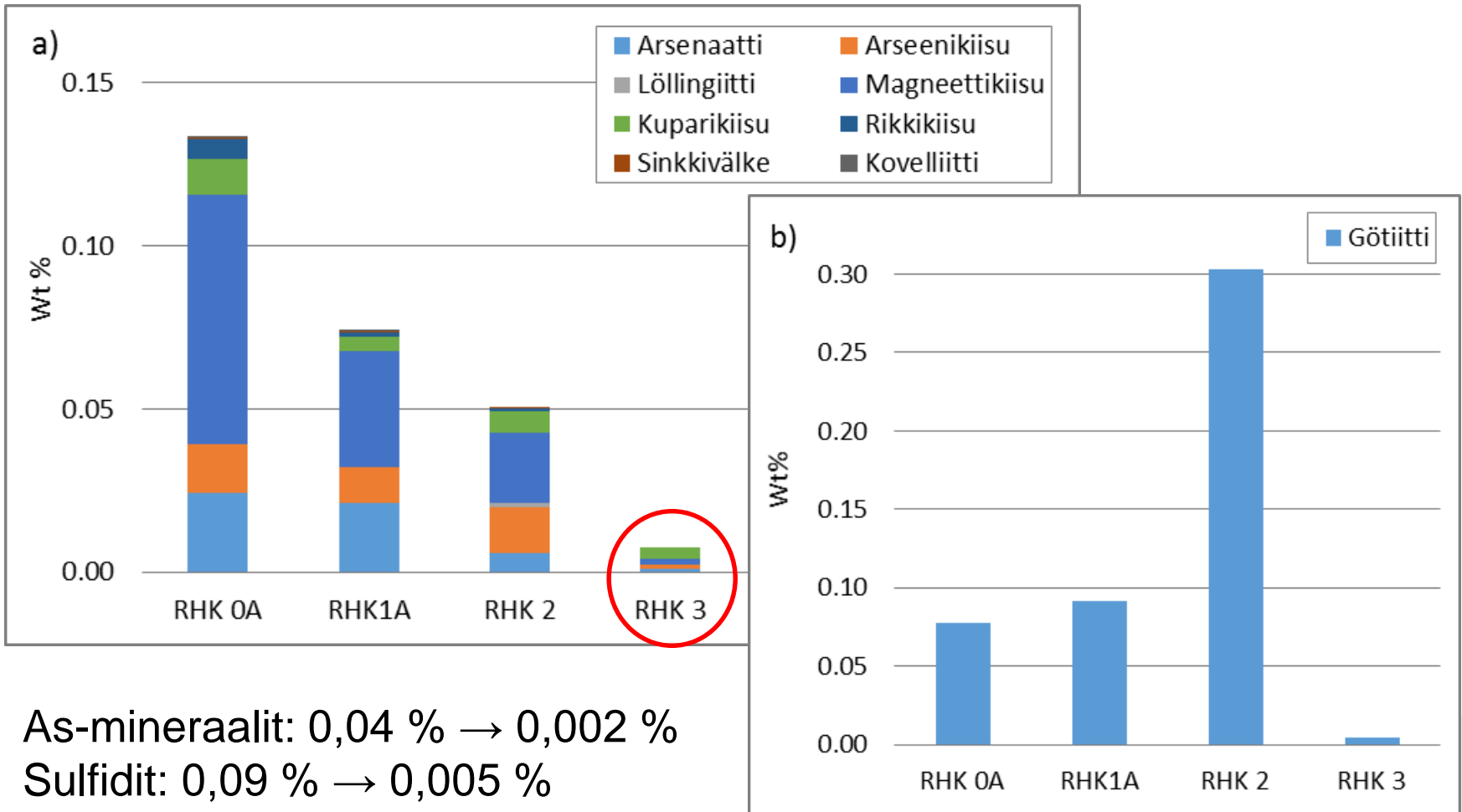


© GTK / P. Frattini

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma



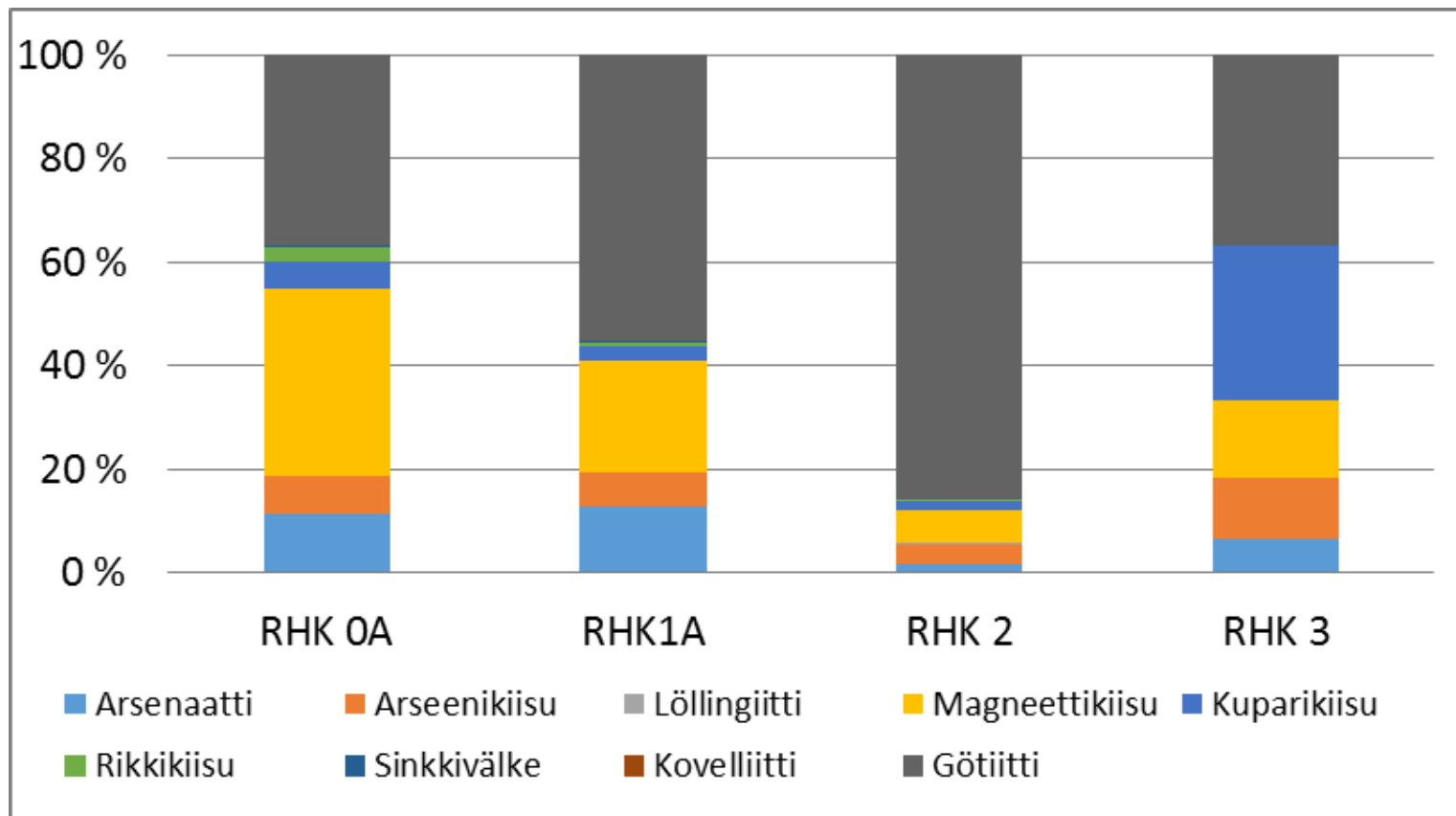
# Muutokset mineralogiassa: As-mineraalit ja sulfidit



As-mineraalit: 0,04 % → 0,002 %

Sulfidit: 0,09 % → 0,005 %

# Muutokset mineralogiassa: mineraalien suhteet

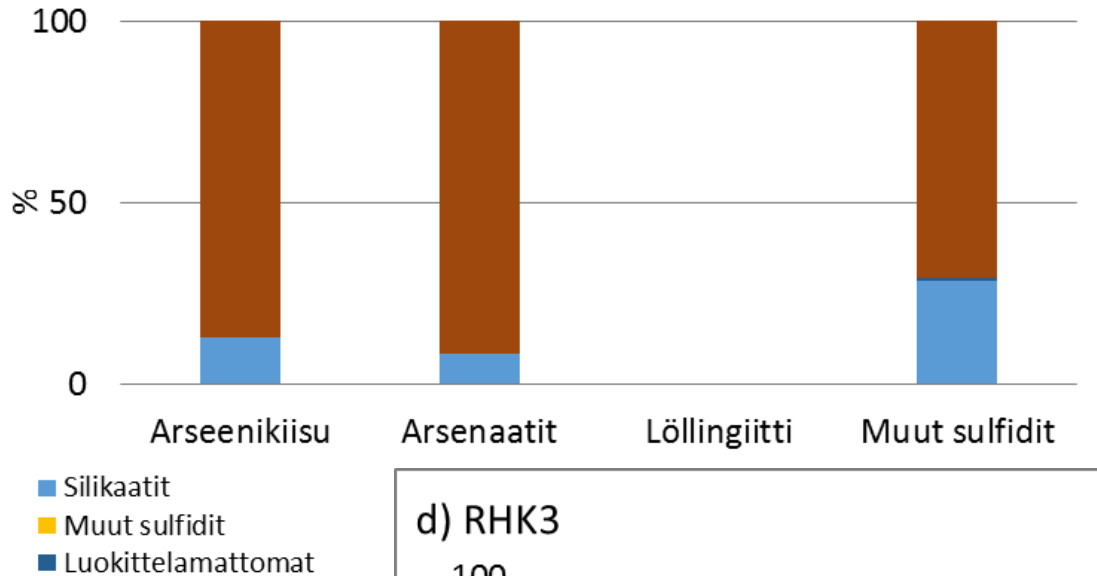


- RHK3: Arsenaatteja suhteessa vähemmän, götiitti runsain As-mineraali; kuparikiisun osuus sulfideissa korostuu

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

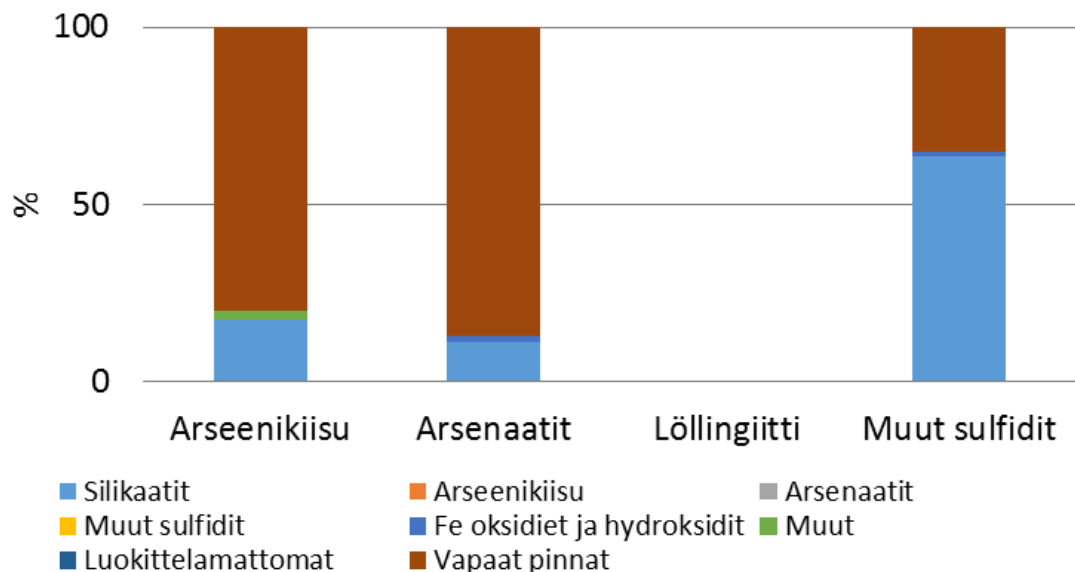
# Muutokset mineralogiassa: assosiaatiot ja liberaatiot

a) RHK OA



RHK 3: As-mineraalit ja sulfidit vähemmän liberoituneita → reaktiivisuus alhaisempi

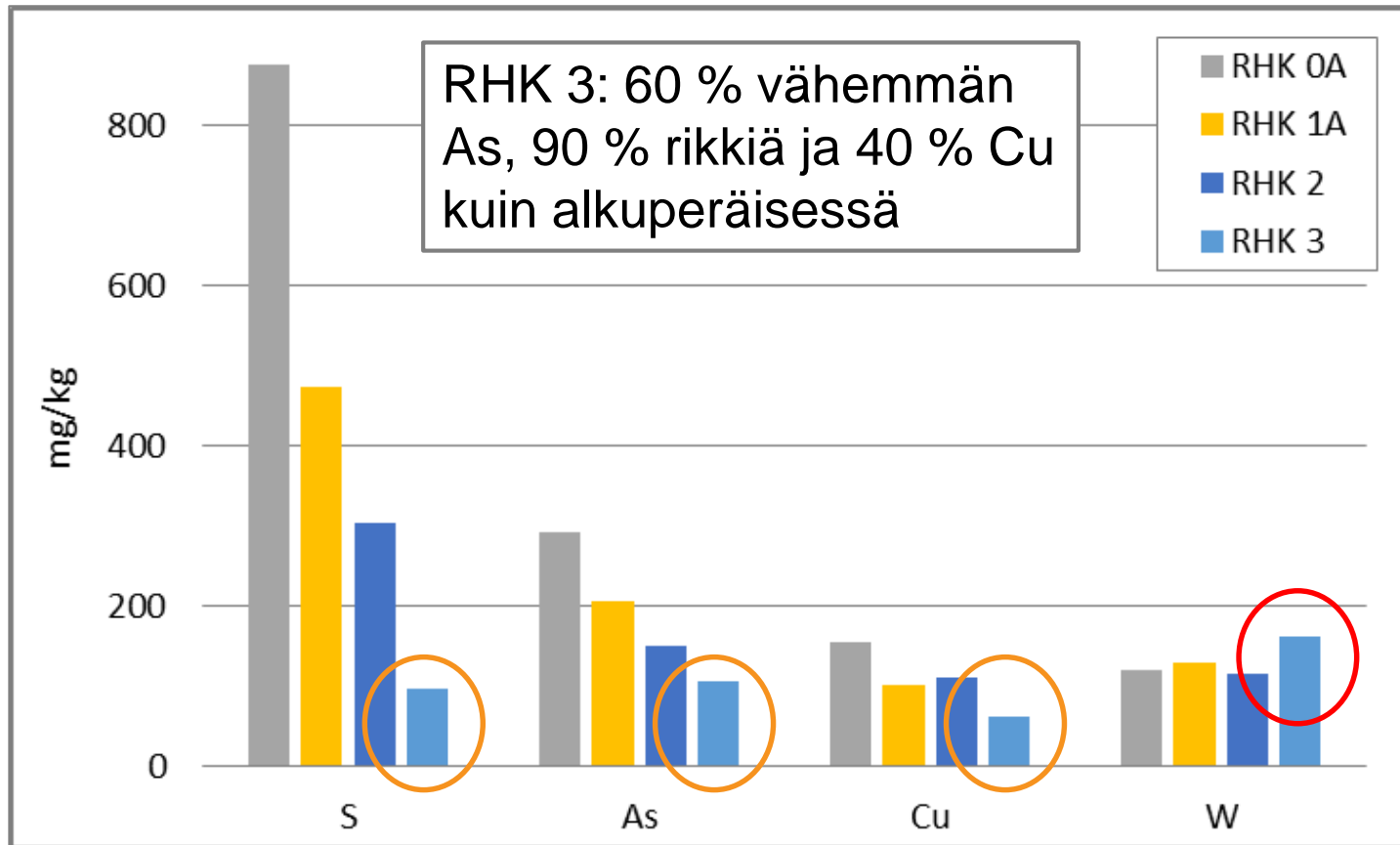
d) RHK3



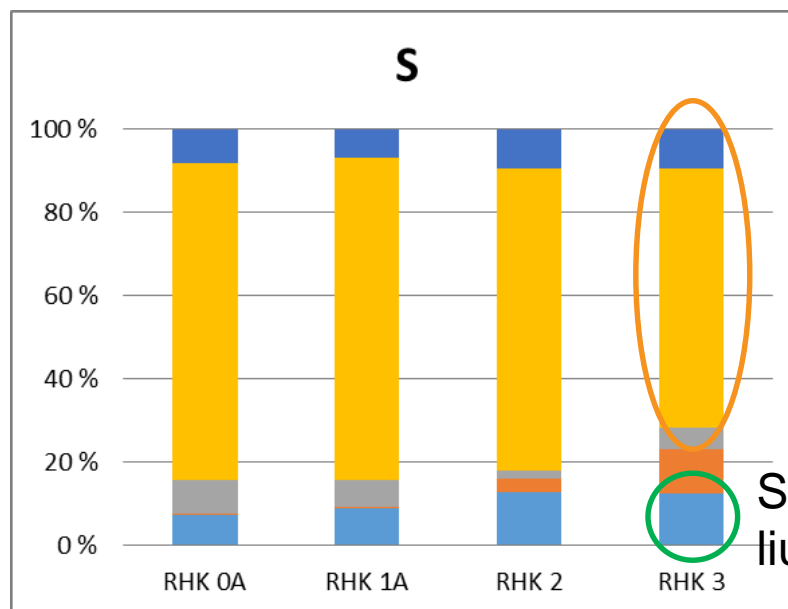
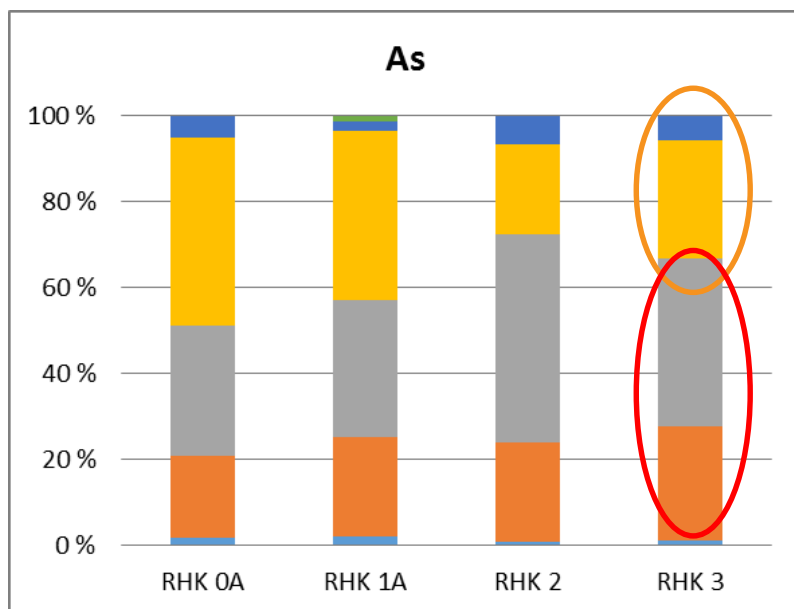
tä -ohjelma



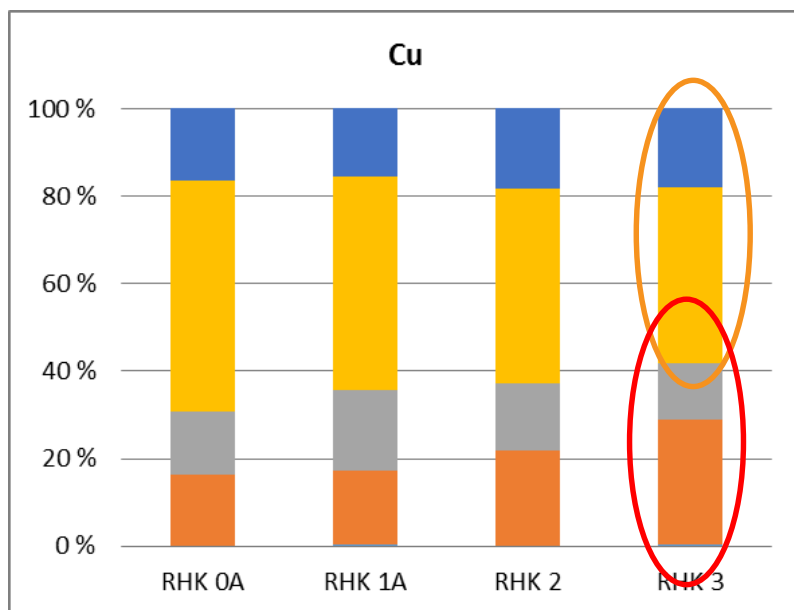
# Muutokset kemiallisessa koostumuksessa: kuningasvesiuuttoiset pitoisuudet



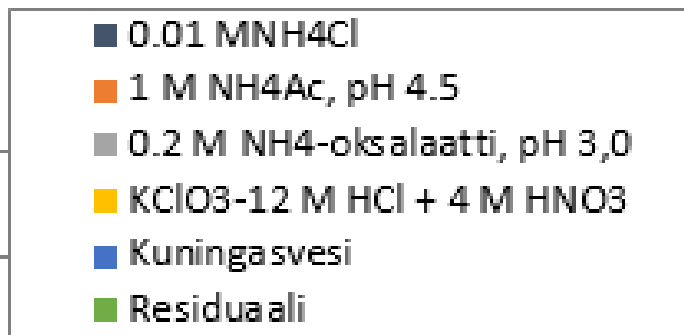
# Muutokset fraktioimisessa: osittaisuudet



S herkkäliukoisena



RHK 3: Sulfidifraktion osuus alhaisempi, As + Cu: **asetatti- ja oksalaattiuuton** osuudet suurempia → götiitti, arsenaatit



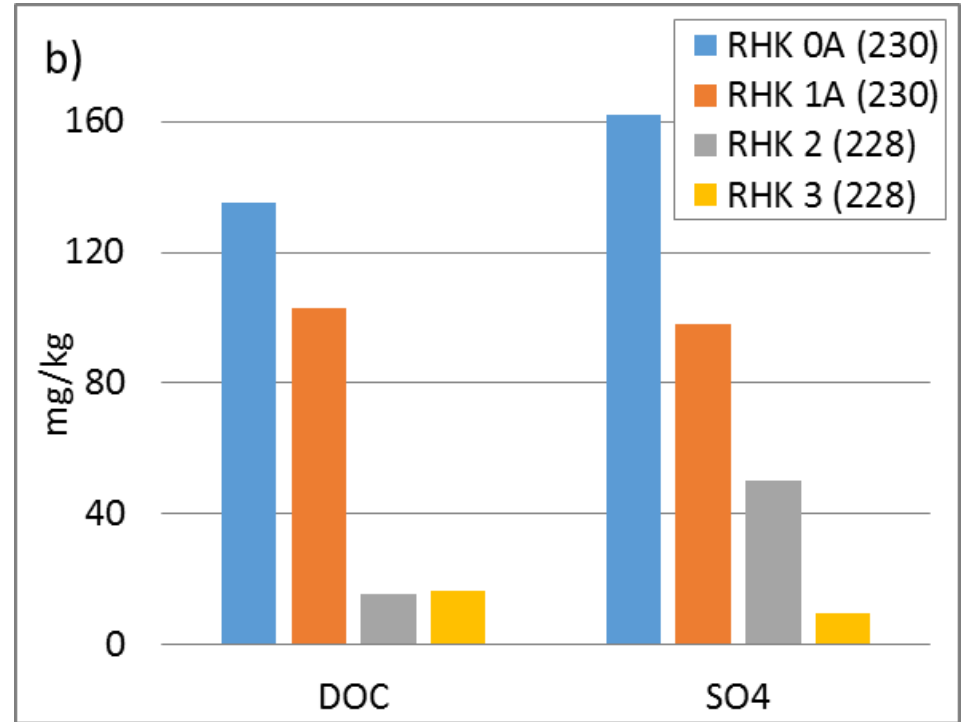
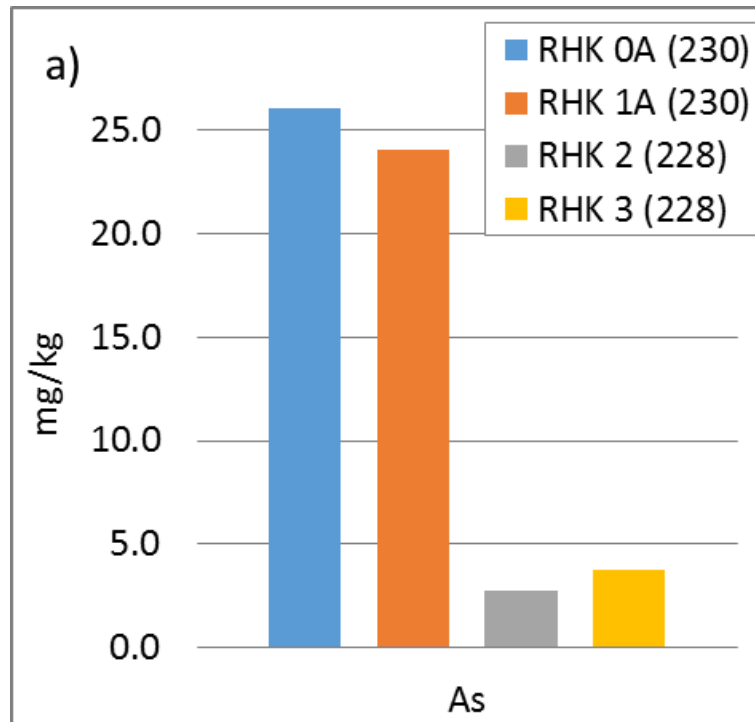
ä -ohjelma



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

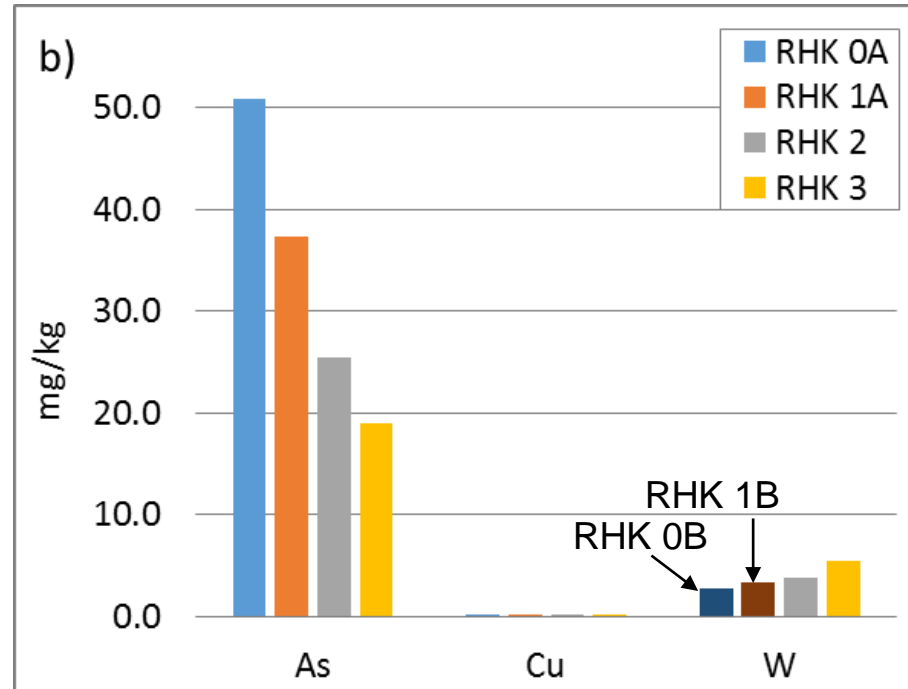
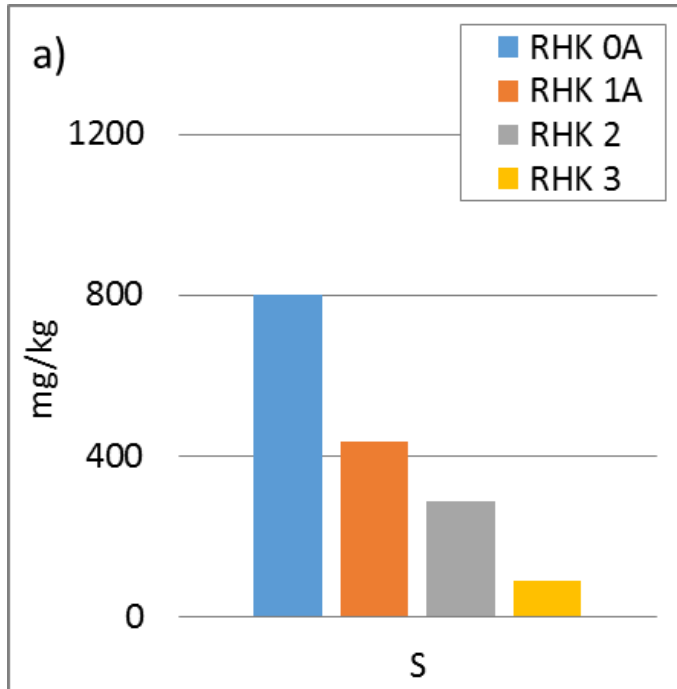
# Muutokset liukoisuudessa: liukoisuustestit

230 = SFS-EN 14405  
228 = SFS-EN 12457-3



- pH emäksinen (228 ~ 9, 230 ~ 8)
- Cu ja muut hivenmetallit < määrittäysrajan
- RHK 3: As liukeni 85 % ja SO<sub>4</sub> 94 % vähemmän kuin alkuperäisestä; As (3,8 mg/kg) > tavanomaisen jätteen kaatopaikoille asetettu raja (2 mg/kg)

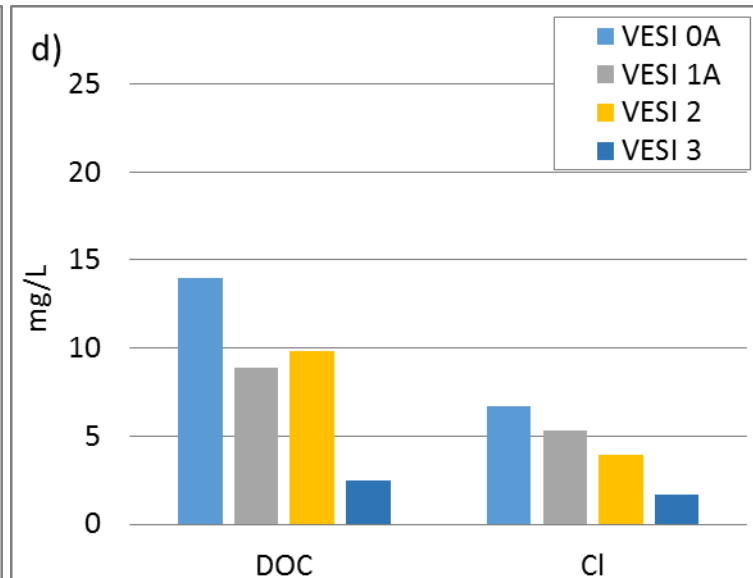
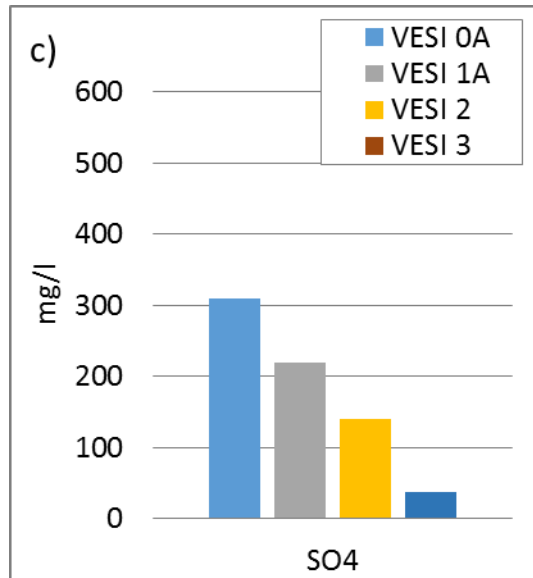
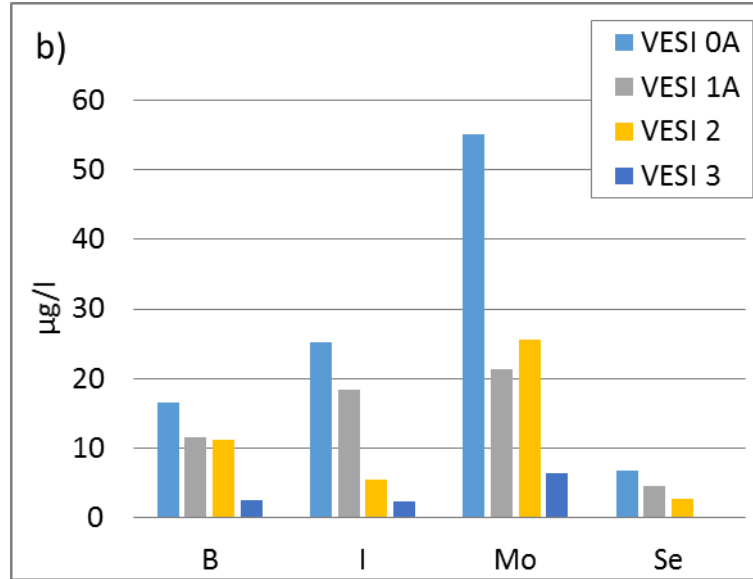
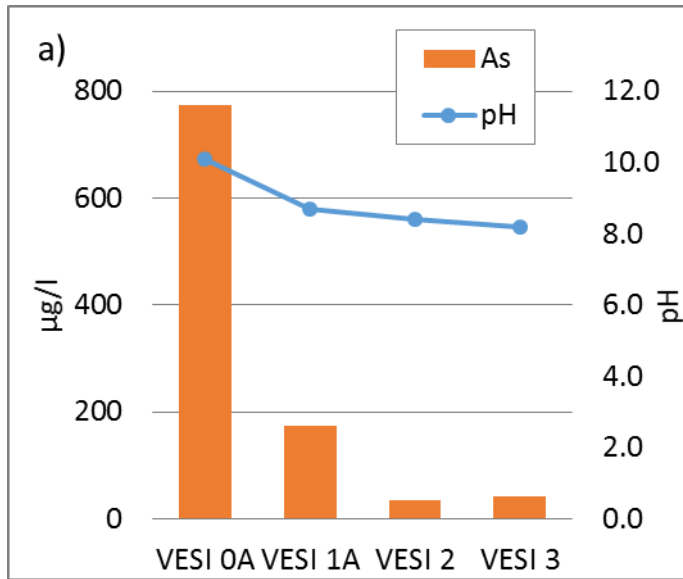
# Muutokset liukoisuudessa: NAG-uute



- pH: RHK 0A: 8,6; RHK 3: 7,9
- W scheeliitistä; RHK 3:ssa runsaammin scheeliittiä

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Muutokset prosessivesien laadussa



VESI 3: As 96 % ja SO<sub>4</sub> 89 % vähemmän kuin VESI 0A

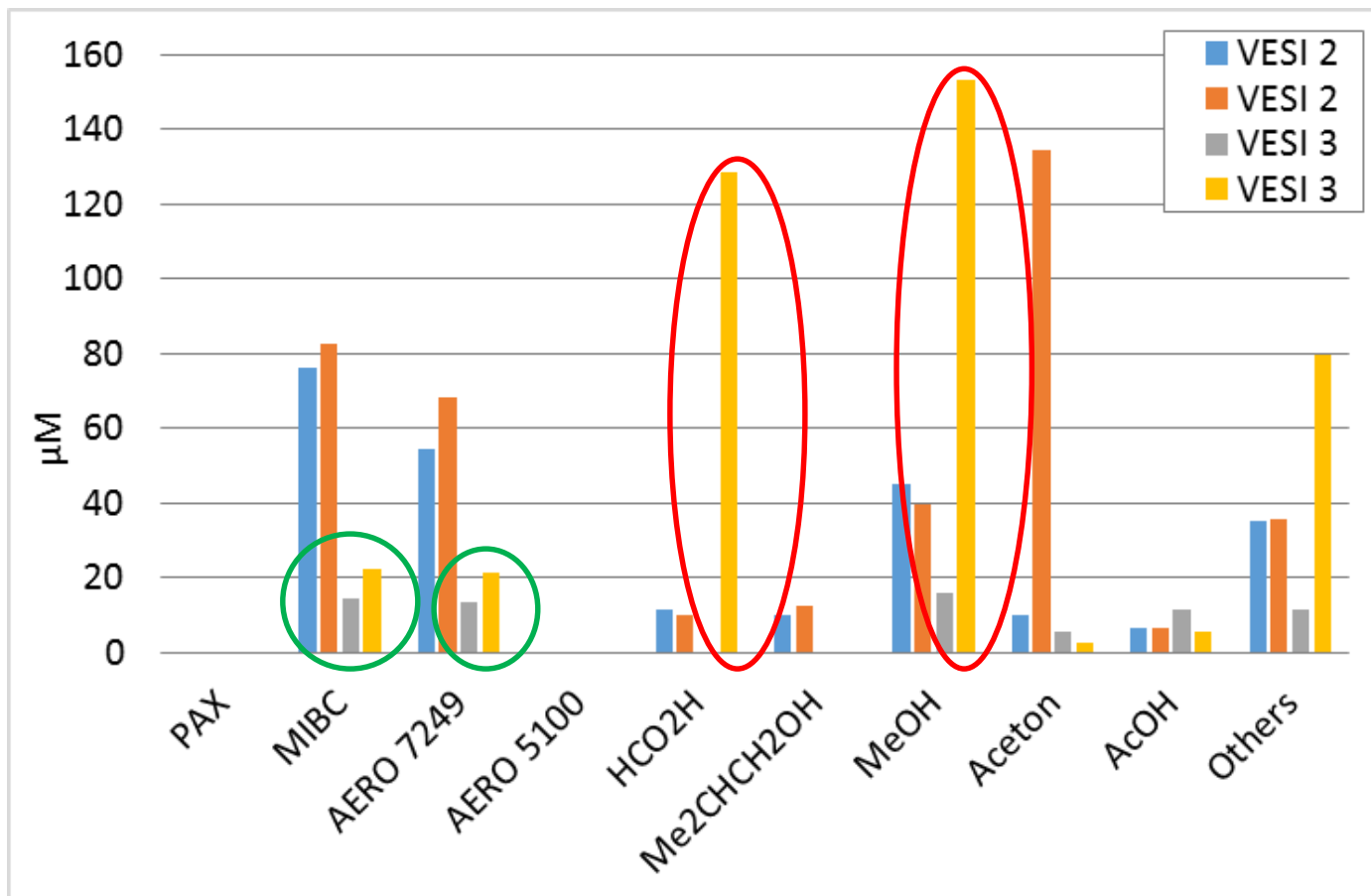
vua ja työtä -ohjelma





# Rikastuskemikaalijäämät

- Määritettiin NRM:llä vain lopullisen rikastushiekan prosessivesistä
- Ei ksantaatteja tai Aero 5100, mutta MIBC ja Aero 7249 sekä metanolia, asetonia ja orgaanisia happoja



työtä -ohjelma



# Johtopäätökset (1)

- Rikastuskokeissa onnistuttiin alentamaan oleellisesti Kopsan rikastushiekan As-, Cu- ja S-pitoisuutta käyttämällä rikastushiekan uudelleen jauhatusta ja vaahdotusta yhdistettynä vahvamagneettiseen suurgradienttierotukseen (HGMS)
- Kokonaispitoisuuksien lisäksi se alensi selvästi myös niiden liukoisia pitoisuuksia
- Alkaliset olosuhteet suosivat anioneina esiintyvien metallien ja puolimetallien liukenemista (As, Mo, W)
- Muutokset johtuivat tehokkaasta As- ja sulfidimineraalien poistamisesta rikastushiekasta



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

## Johtopäätökset (2)

- Muokkausten ansiosta As liukoisuuden aleminen muutti rikastushiekan luokitusta vaarallisesta jätteestä tavanomaiseksi jätteeksi
- Lopullinen rikastushiekka luokitellaan edelleen ei-inertiksi jätteeksi As-pitoisuuden vuoksi
- Lopullisen rikastushiekan pitkäaikaiskäyttämisen tutkiminen kosteuskammio- tai lysimetritesteillä on suositeltavaa
- Osoittaa, että rikastusteknisillä ratkaisulla voidaan vaikuttaa rikastushiekan ympäristökelpoisuuteen ja prosessivesien laatuun positiivisesti



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Kiitos!



Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

Kiitokset Jouko Vepsäläinen ja Sirpa Peräniemi / Itä-Suomen yliopisto NMR analyyseistä ja niiden tulosten tulkinnasta!

<http://projects.gtk.fi/KaiHaMe>

Yhteyshenkilö:  
[paivi.kauppila@gtk.fi](mailto:paivi.kauppila@gtk.fi)

