



ARVO-TUHKKA: Tuhkarakentamisen ympäristövaikutukset

Samuli Joensuu

7.5.2019



Koejärjestelyt ja mittaukset



- Tapion vetämässä TuhkaTie-projektissa 2011-2014 Karstulassa on kokeiltu erilaisia tuhkarakenteita 18 päällysrakennekoealalla
 - Peittämätön tuhkamurske seospäällysrakenne eri yhdistelmillä:
 - 15, 30 tai 50 p-% tuhkaa
 - 0-16, 0-31 tai 0-63mm kalliomurskeessa.
 - Massiivituhkarakenne
 - 30 cm tiivistettyä tuhkaa + 10 cm mursketta
- Koealoilta otettu v. 2011-2014 pohjavesi- pintavesi- ja maaperänäytteitä sekä tehty kantavuusmittauksia
- Päällysrakenteen toimivuutta ja pölyämistä on seurattu aistinvaraisesti ja kerätty kokemuksia teiden käyttäjiltä



Mitä pohjavedestä ja maaperästä määritettiin?



Pohjavesinäytteet

- 15 näytt.ottokertaa 14.12.2011 – 18.9.2014
- 1 näyte/ koetie/ näytt.ottokerta
- näytt.otosta ja analysoinnista vastasi Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry (KVVY)

Maaperänäytteet

- kolme näytt.ottoa; 7.12.11, 2.11.12, 20.9.13
- 1 kokoomanäyte/koetie/näytt.ottokerta
- näytt.otosta vastasi FCG, analysoinnista KVVY

Määrittäminen	Yksikkö
Kokonaissyvyys	m
Veden pinnan korkeus	m
Ulkonäkö	
*pH (1)	
*Sähkönjohtavuus (1)	mS/m
*Sameus	FNU
*Kiintoaineen hehkutusjännös (1)	mg/l
*Kiintoaine (GF/C)	mg/l
Kiintoaineen hehkutushäviö (1)	mg/l
*Sulfaatti	mg/l
*Kloridi	mg/l
*Fluoridi	mg/l
*Fosfaattifosfori, CFA	µg/l
*Kokonaisfosfori(1), CFA	µg/l
*Kokonaisfosfori(2)	µg/l
*Nitriitti- ja nitraattitypen summa, CFA	µg/l N
*Arseeni liukoinen	µg/l
*Lyijy, liukoinen	µg/l
*Kadmium liukoinen	µg/l
*Kromi, liukoinen	µg/l
*Kupari, liukoinen	µg/l
*Barium, liukoinen (MS)	µg/l
*Nikkeli, liukoinen	µg/l
*Sinkki, liukoinen	µg/l
Liukoinen Rikki	mg/l
*Antimoni (liukoinen)	µg/l
*Molybdeeni, liukoinen	µg/l
*Seleenin (liukoinen)	µg/l
*Vanadiini, liukoinen	µg/l
*Elohopea, liuennut (0,45µm)	µg/l
*DOC orgaaninen kokonaishäviö (0,45 µm)	mg/l

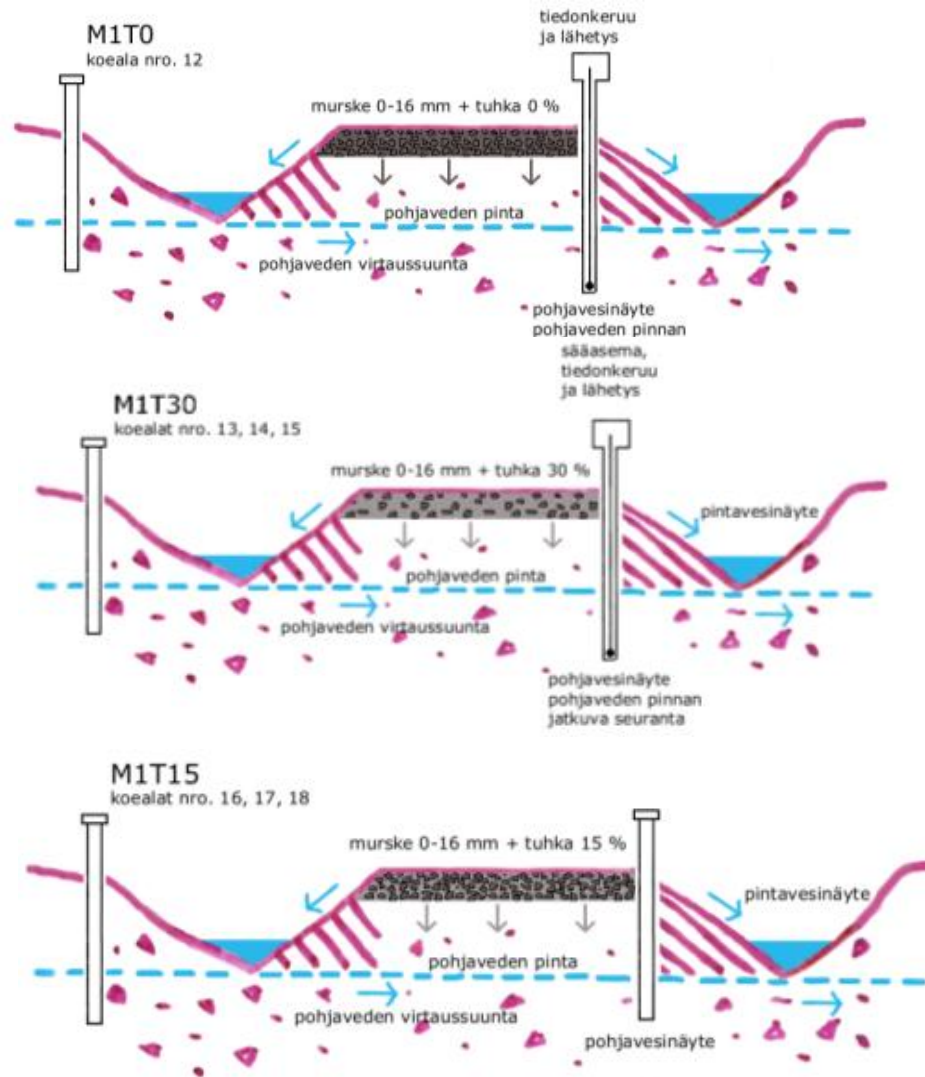
*-merkitty on akkreditoitu menetelmä.

Tuhkan koekäsittelyt



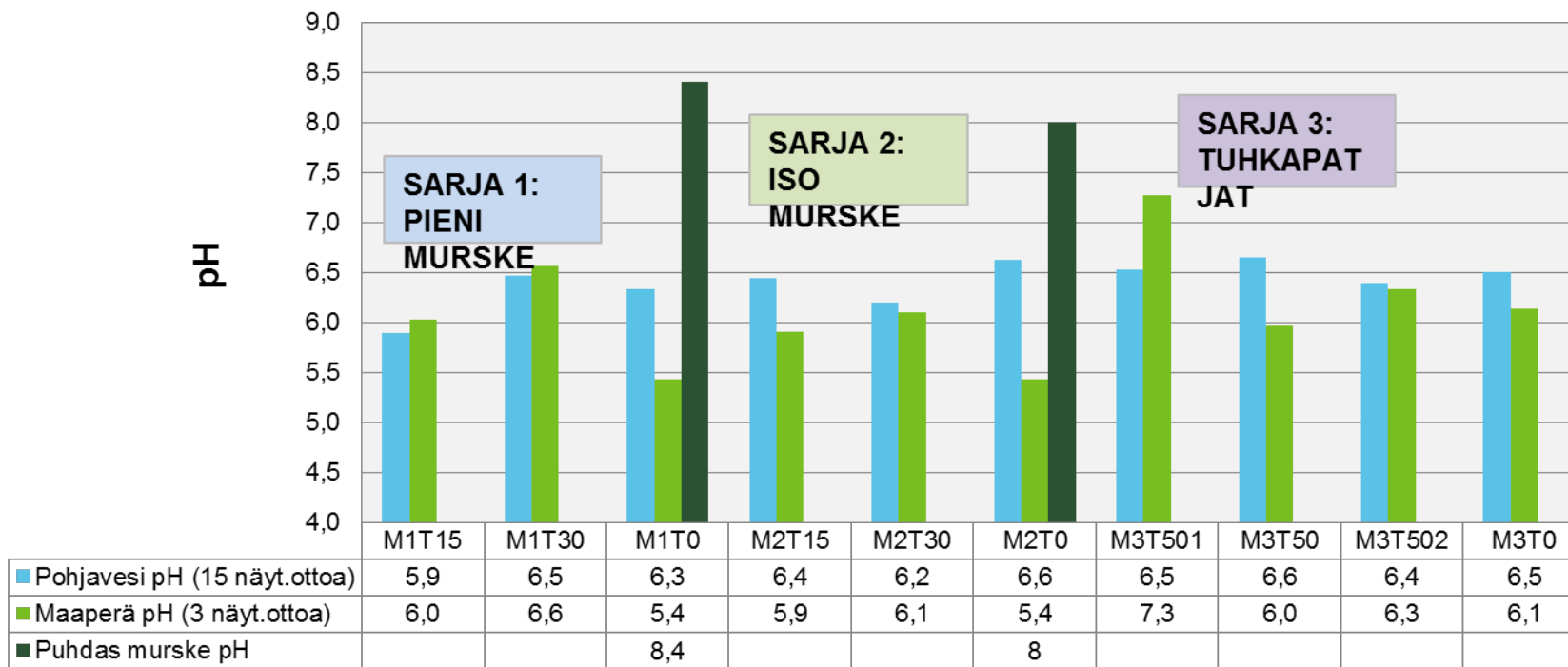
Koealan tunnus	Tuhkakäsittely	Sarjan tunnus	Rinnakkaisten lkm
M1T0	Murske 0-16 mm + tuhka 0 paino-%, kontrolli	Pieni murske	1
M1T15	Murske 0-16 mm + tuhka 15 p-%		3
M1T30	Murske 0-16 mm + tuhka 30 p-%		3
M2T0	Murske 0-31,5 mm + tuhka 0 p-%, kontrolli	Iso murske	1
M2T15	Murske 0-31,5 mm + tuhka 15 p-%		3
M2T30	Murske 0-31,5 mm + tuhka 30 p-%		3
M3T0	Murske 0-63 mm, 0-31,5 mm + tuhka 0 p-%, kontrolli	Tuhkapatjat	1
M3T50	Murske 0-63 mm, 0-31,5 mm + tuhka 50 p-%		1
M3T501	Murske 0-63 mm, 0-31,5 mm + tuhka 50 p-%		1
M3T502	Murske 0-63 mm, 0-31,5 mm + tuhka 50 p-%		1

Esimerkkejä koejärjestelyistä





Pohjaveden, maaperän ja puhtaan murskeen pH



Tuloksia:

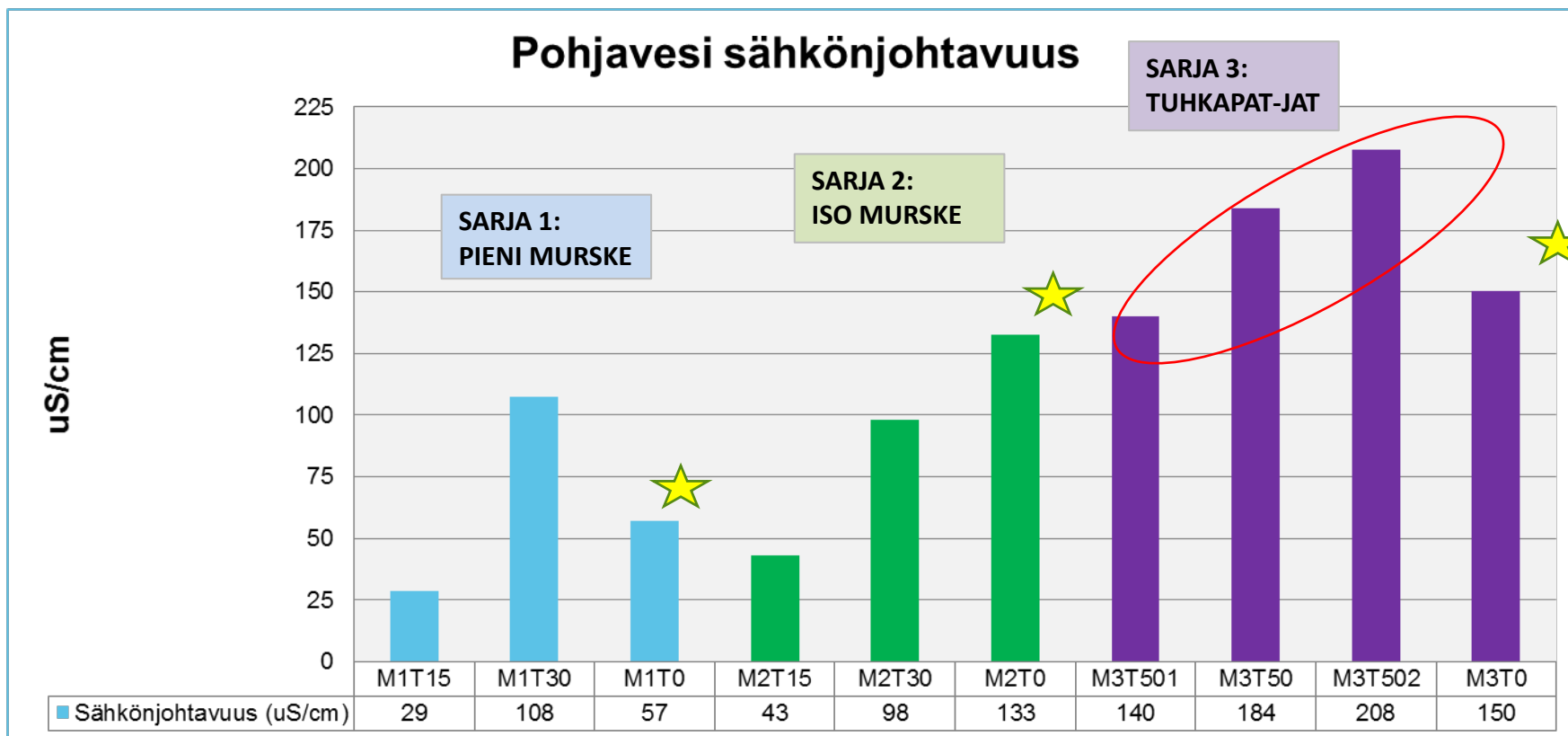
- **Pohjaveden pH 5,9 – 6,6**
- Maaperän pH 5,4 – 7,3
- Murskeen pH 8,0 - 8,4

Talousveden laatusuositus

pH 6,5-9,5 (Sosiaali- ja
terv.ministeriön asetus 442/2014)

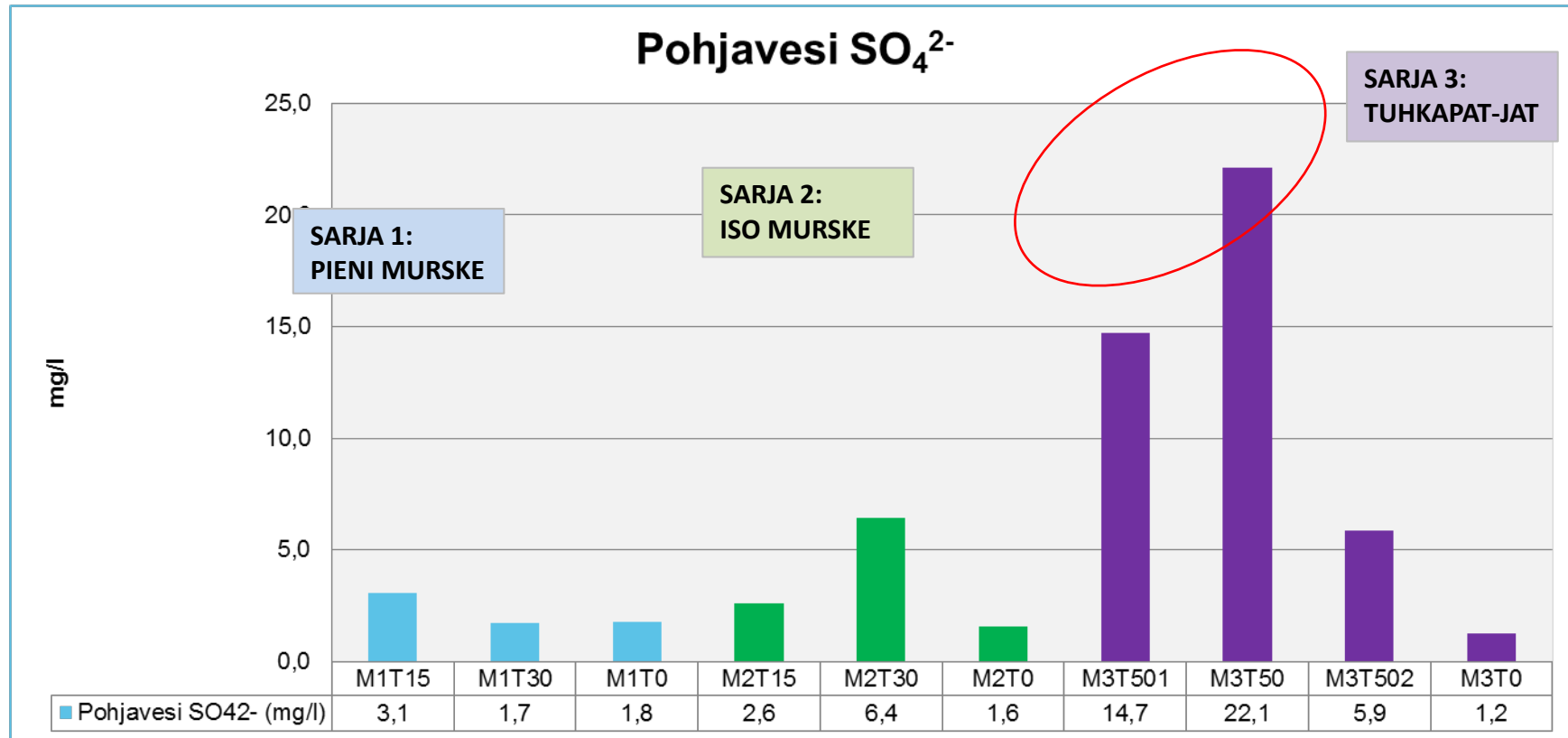
Johtopäätöksiä:

- Pohjaveden pH:ssa ei eroa käsittelyiden välillä, luontainen vaihtelu suurempaa
- Maaperän pH:ssa vaihtelu suurempaa, tuhkan vaikutus riippuu määrästä
- Puhtaan murskeen pH huomattavasti korkeampi kuin maaperän tai pohjaveden



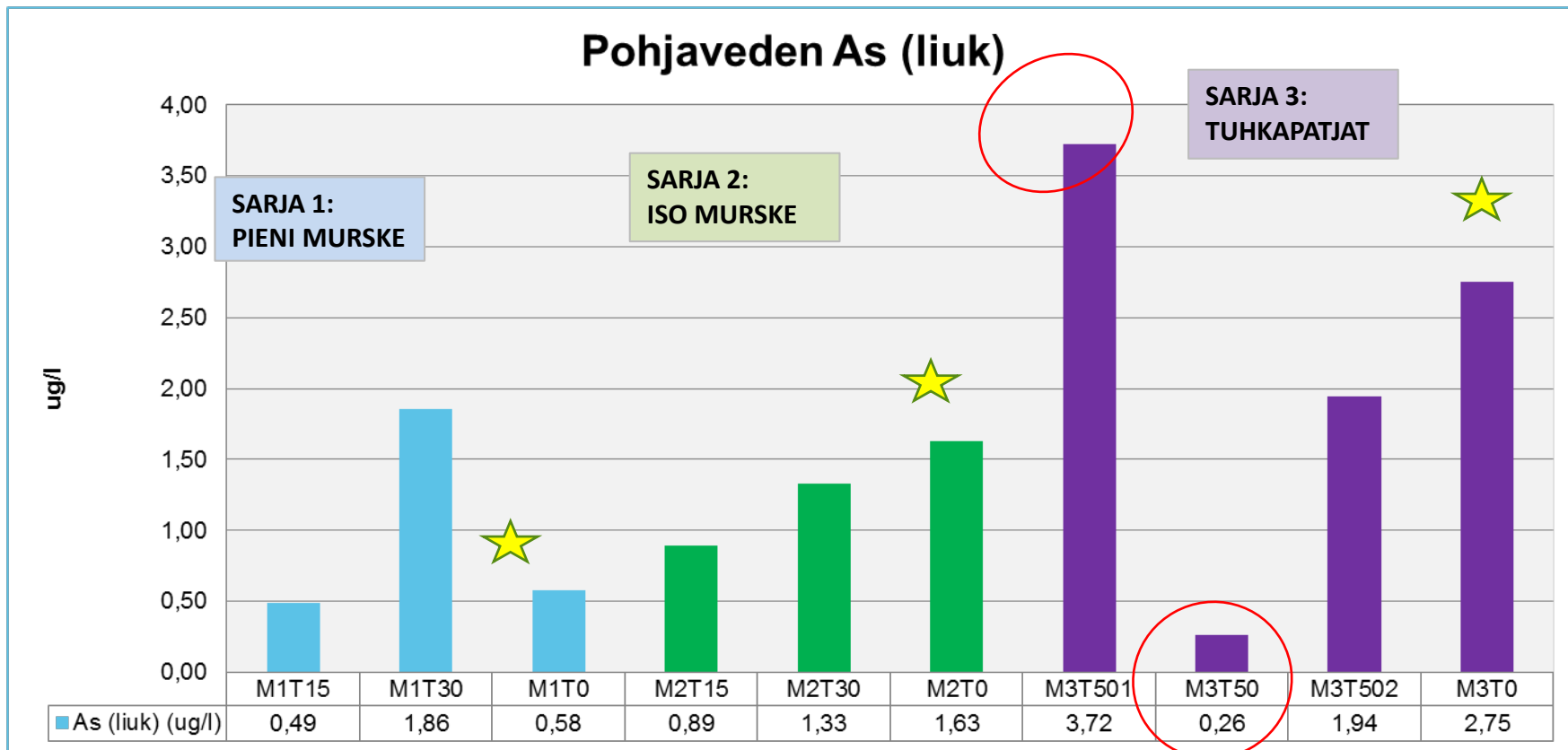
JOHTOPÄÄTÖKSIÄ:

- Pohjaveden sähkönjohtavuus kaikissa käsittelyissä täyttää talousveden laatusuosituksen $< 2500 \text{ uS/cm}$
- Moreenialueiden pohjavesien ka 127 uS/cm , hiekka- ja sora-alueiden ka 155 uS/cm , näihinkin verrattuna lukuarvot samaa suuruusluokkaa
- Paikoilla on eroa, esim. kontrollit 57-150! ★



JOHTOPÄÄTÖKSIÄ:

- Pohjaveden sulfaattipitoisuus kaikissa käsittelyissä täyttää talousveden laatusuosituksen < 250 mg/l
- Moreenialueiden pohjavesien ka 8,7 mg/l, hiekka- ja sora-alueiden ka 12,5 mg/l, näihinkin verrattuna lukuarvot samaa suuruusluokkaa
- Käsittelyissä vuosien välillä ei juurikaan eroa



JOHTOPÄÄTÖKSIÄ:

- Paikoilla on eroa, esim. kontrollit 0,58 – 2,75 ug/l!



Katsaus pohjavesituloksiin 2018



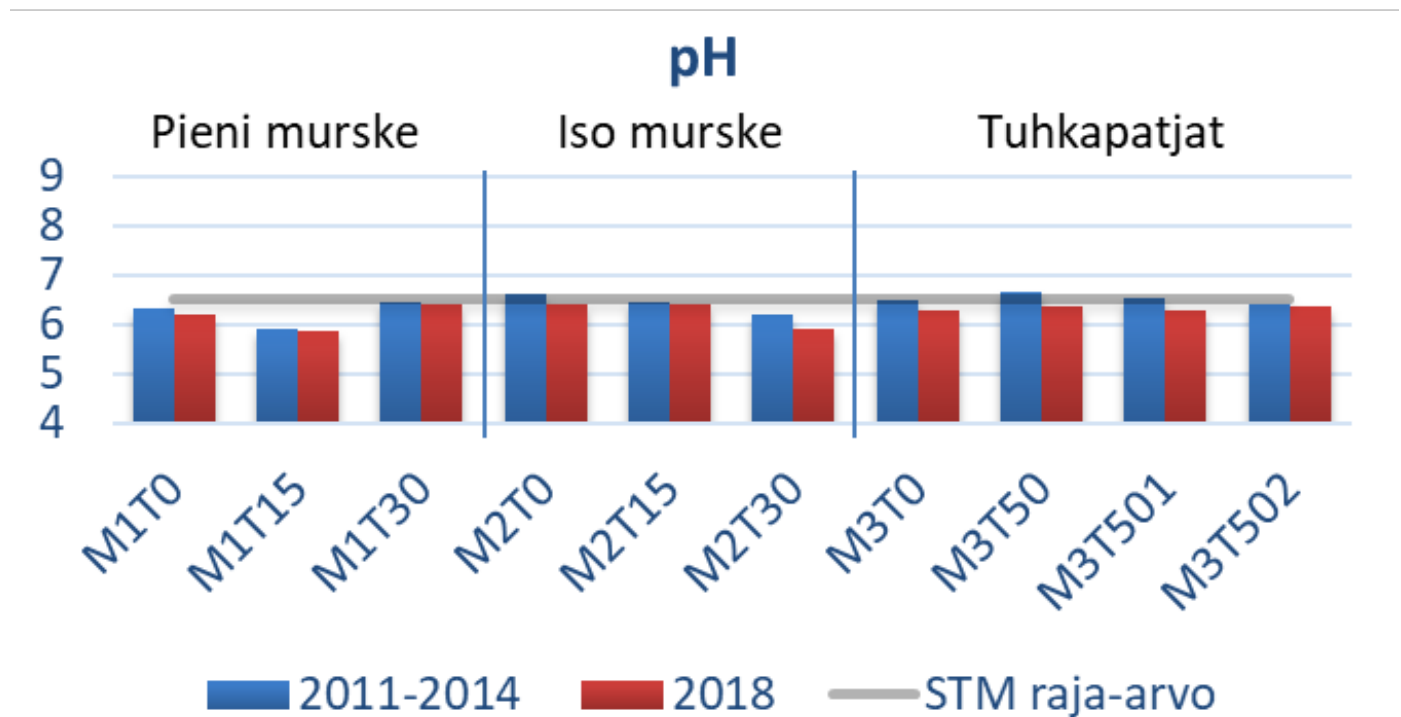
- Pohjavesinäytteitä otettu 25.9. ja 12.11.2018
- Pohjavedenlaadun seuranta tehty samoilla koelaoilla, kuin hanketta edeltäneessä Tuhkatie-hankkeessa
 - Tuhka-murskeseosrakenteiden ympäristövaikutukset ja tekninen soveltuvuus 18:lla testitiepätkällä (yht. 4,4 km) Karstulassa
- Vuoden 2018 keskiarvoja on verrattu vuosien 2011-2014 keskiarvoihin
 - Tuloksia ei ole testattu tilastollisesti – vain suuntaa antavia!
 - Vuonna 2018 otettu lisäksi näytteet vain kahtena näytteenottokertana
 - Vertailua varten esitetty STM asetuksen 683/2017 laatuvaatimukset talousvedelle

Tulokset 2011-2014 vs. 2018

- pH



- pH:n keskiarvot koealoilla laskeneet hieman
- Paikan olosuhteilla tuhkakäsittelyä suurempi vaikutus?
- Useilla kohteilla pH alle STMa 683/2017 suosituksen alaraja-arvon (suositus 6,5-9)
 - Talousveden alhainen pH aiheuttaa putkistojen syöpymistä

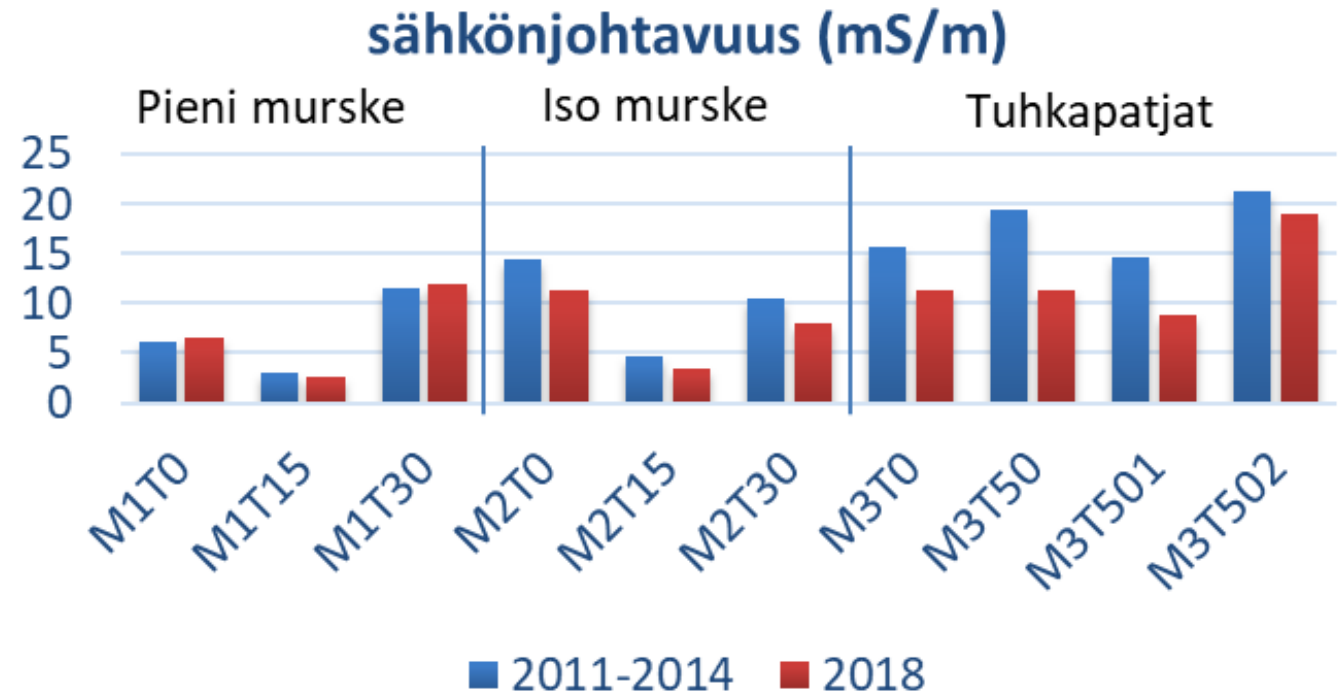


Tulokset 2011-2014 vs. 2018

- sähkönjohtavuus



- Kuvaa veteen liuenneiden suolojen määrää
 - Suuri sähkönjohtavuus voi kieliä pohjaveden kontaminaatiosta
- STMa 683/2017 vaatimus <250 mS/m alittui reilusti kaikilla koealoilla
- Sähkönjohtavuus laskenut ison murskeen ja tuhkapatjojen koealoilla?

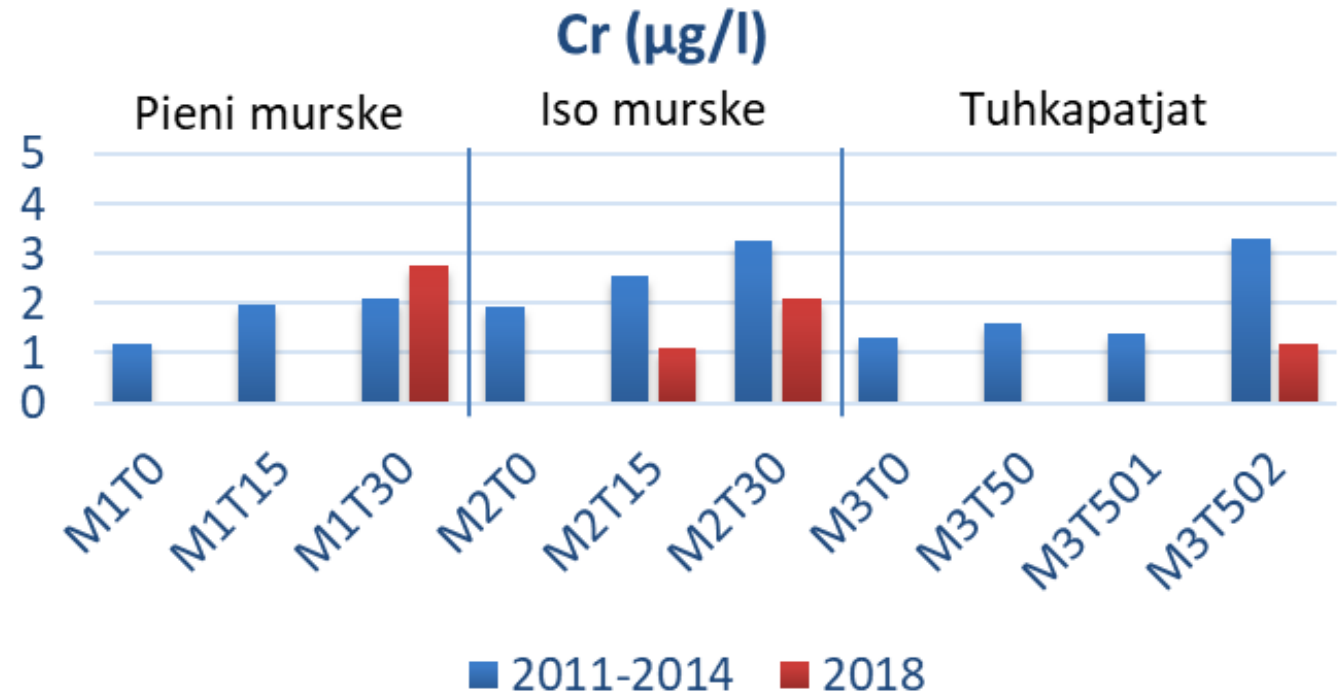


Tulokset 2011-2014 vs. 2018

- kromi



- Kromia luontaisesti kallio- ja maaperässä
- STMa 683/2017 vaatimus <50 µg/l alittui kaikilla koealoilla
 - Luonnonvaraisissa pohjavesissä ylittyy vain harvoin
- Kromipitoisuus pääosin laskenut?
 - Useimmilla koealoilla pitoisuus oli alle määritysrajan (<1 µg/l)
 - Pitoisuus siis jotain nollan ja määritysrajan välillä!

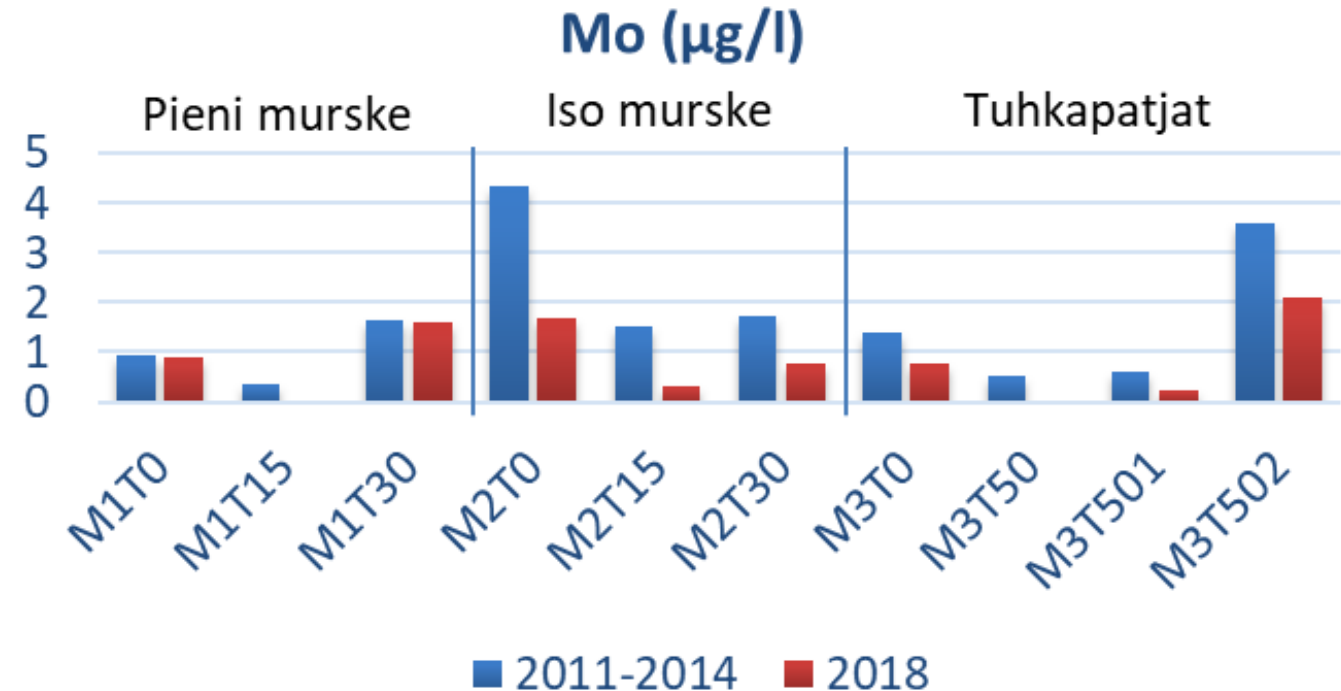


Tulokset 2011-2014 vs. 2018

- molybdeeni



- Molybdeeni organismeille välttämätön hivenaine ja metalli
 - Merkittävimmät päästölähteet teollisuus, asutus, lannoittaminen ja kalkitus
- STMa 683/2017 ei ole asetettu laatuvaatimusta molybdeenille
- Pitoisuus laskenut ison murskeen ja tuhkapatjojen koealoilla?

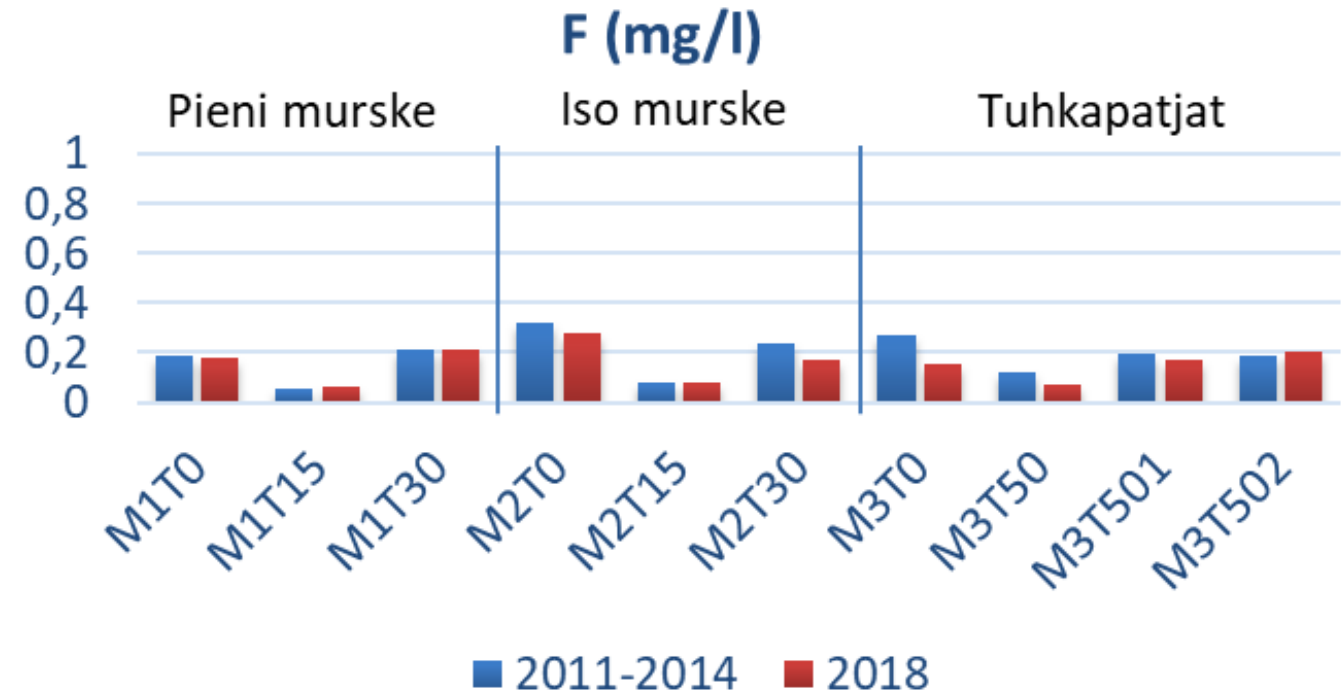


Tulokset 2011-2014 vs. 2018

- fluoridi



- Fluoridia luontaisesti kallio- ja maaperässä
 - Ihmistoiminnalla ei suurta vaikutusta
- STMa 683/2017 laatuvaatimus <1,5 mg/l
 - Alittui kaikilla koealoilla
- Pitoisuudessa vähittäistä laskua ison murskeen ja tuhkapatjojen koealoilla?

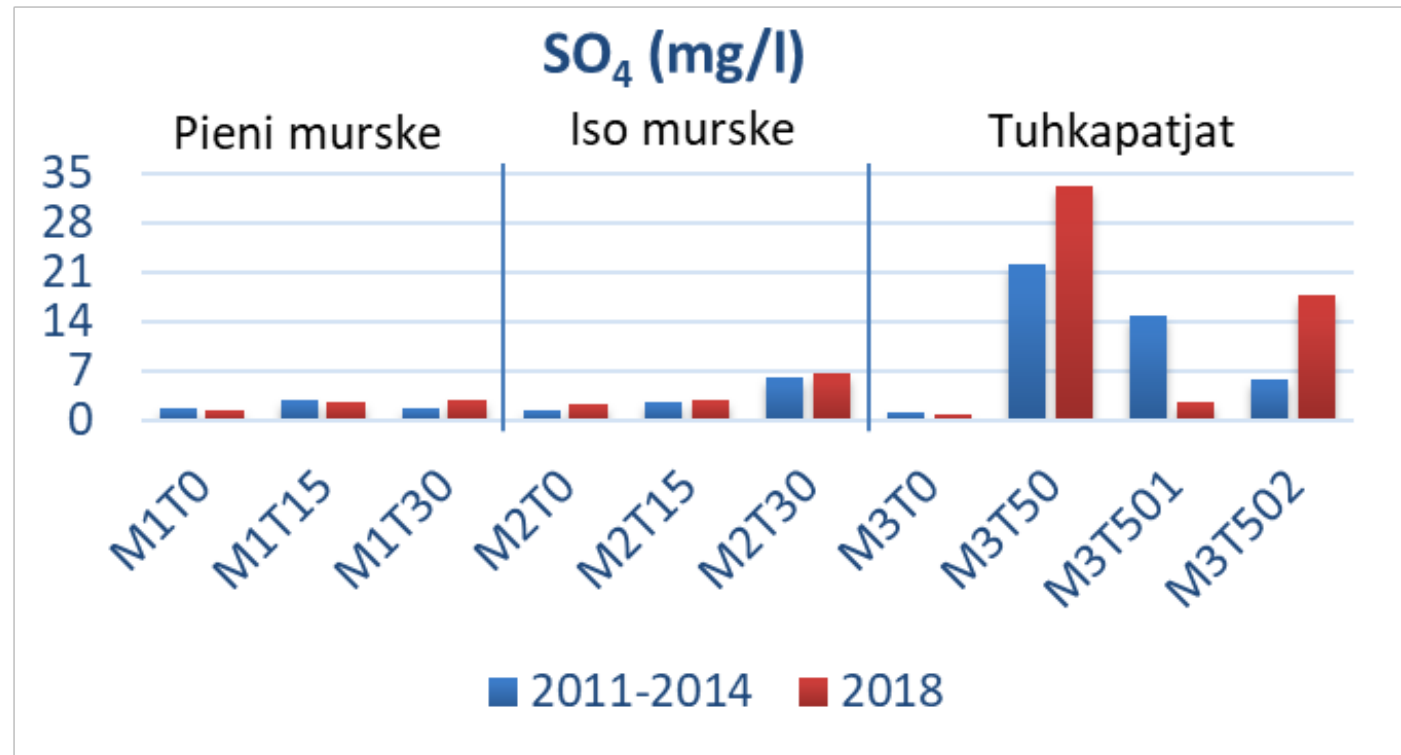


Tulokset 2011-2014 vs. 2018

- sulfaatti



- Sulfaatti yleisin meriveteen liuennut suola
- Suomen pohjavesissä on sulfaattia keskimäärin noin 10 mg/l
- Sulfaatin yleisin ihmistoimintaperäinen lähde rikkihappo
 - Käytetään teollisuudessa väriaineiden, pigmenttien ja lannoitteiden valmistuksessa, terästeollisuudessa ja bensiinin jalostuksessa
- STMa 683/2017 laatuvaatimus <250 mg/l
 - Täyttyi reilusti kaikilla koealoilla
- Kohonnut joillakin tuhkapatja-aloilla?

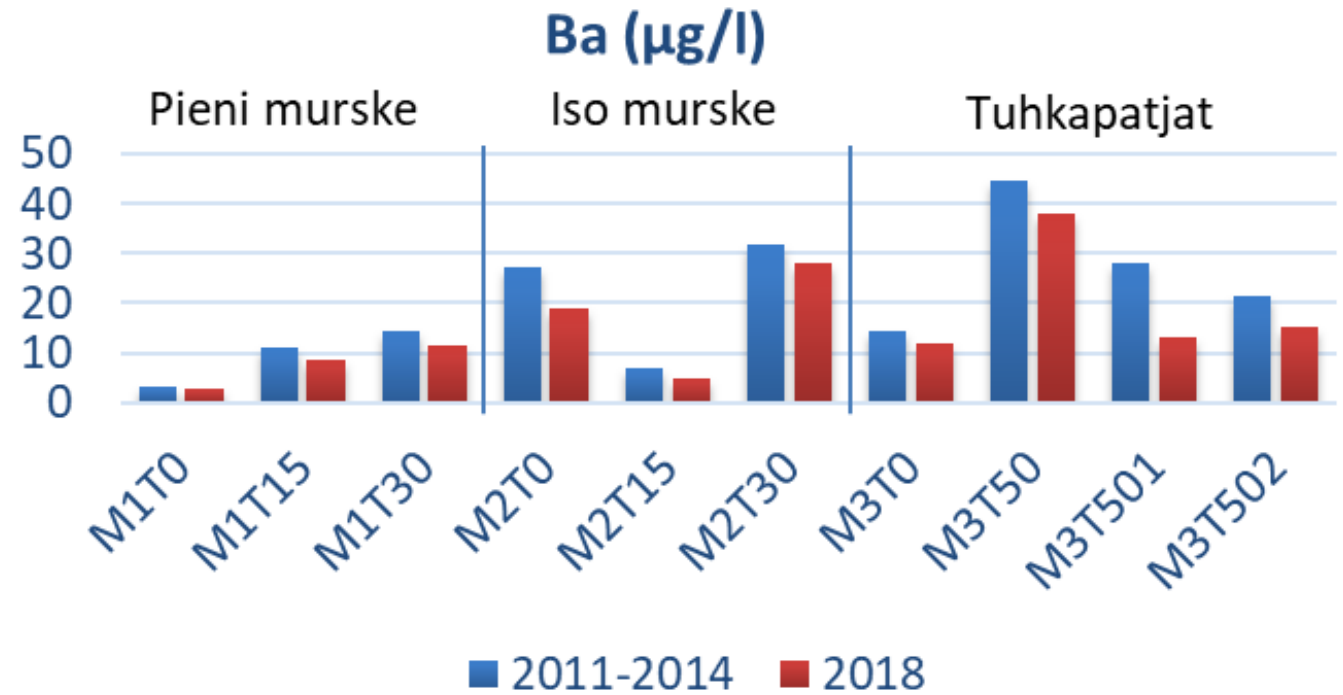


Tulokset 2011-2014 vs. 2018

- barium



- Bariumia luontaisesti kallio- ja maaperässä
- STMa 683/2017 ei laatuvaatimusta bariumille
- Laskenut kaikilla koealoilla?

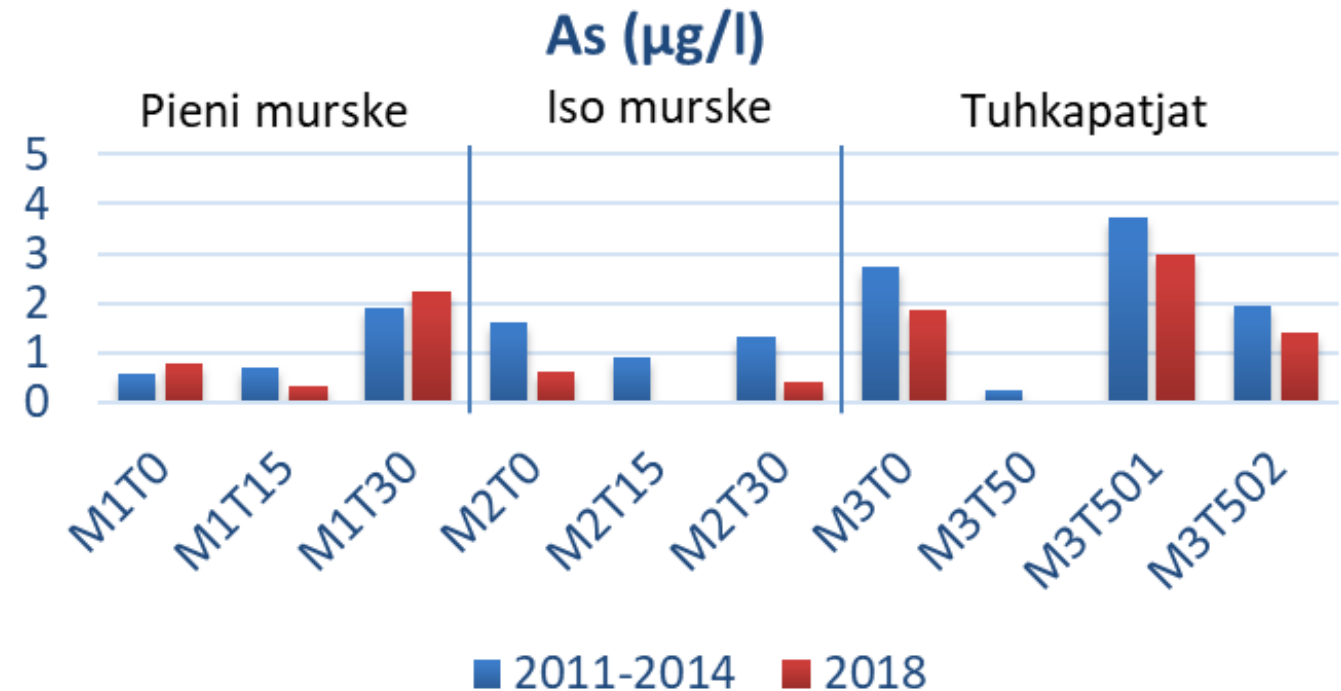


Tulokset 2011-2014 vs. 2018

- arseeni



- Arseeni maaperässä luonnostaan esiintyvä terveydelle haitallinen raskasmetalli
- STMa 683/2017 laatuvaatimus $<10 \mu\text{g/l}$
 - Täyttyi kaikilla koealoilla
- Tyhjät arvot alle määrittäysrajan
- Laskenut ison murskeen ja tuhkapatjojen koealoilla?

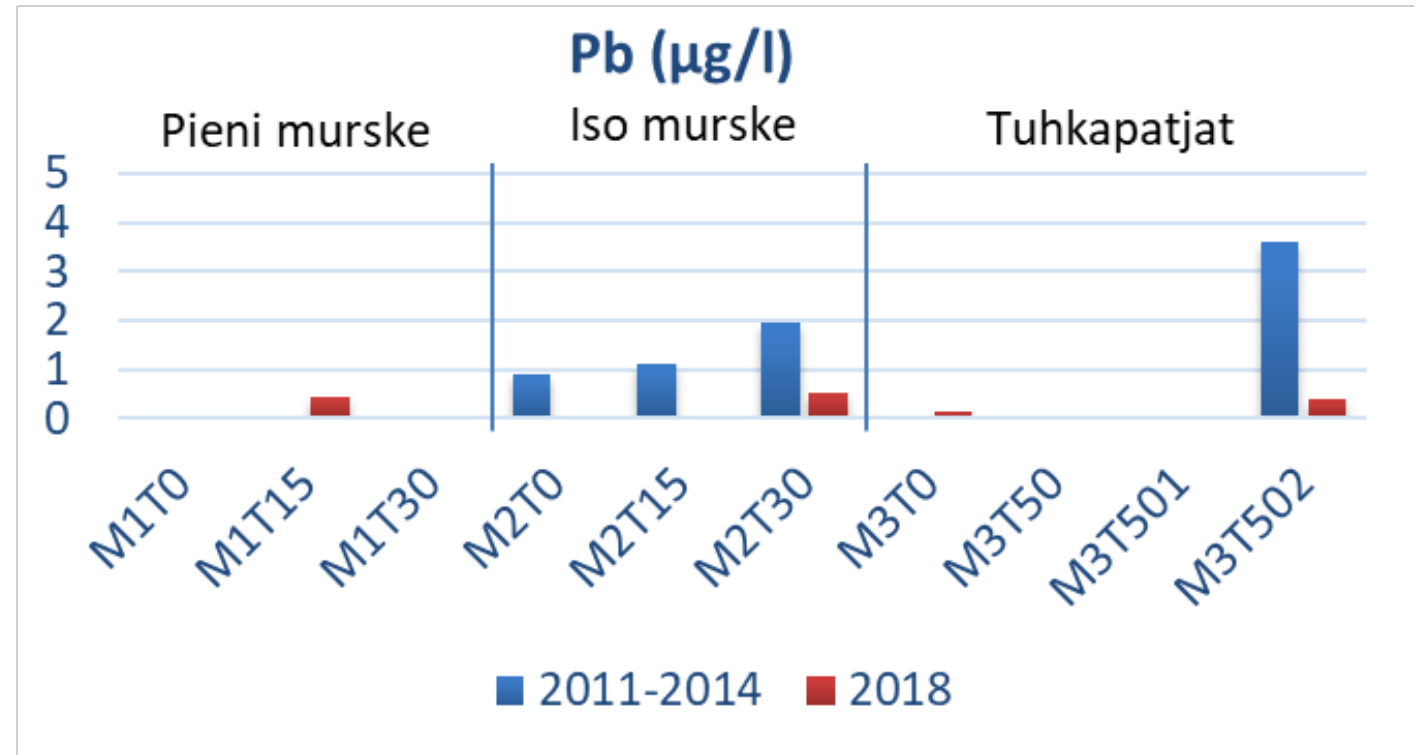


Tulokset 2011-2014 vs. 2018

- lyijy, elohopea, kadmium



- Lyijyn osalta STMa 683/2017 laatuvaatimus $<10 \mu\text{g/l}$
 - Täyttyi selvästi kaikilla koealoilla
 - Suurimmassa osassa näytteitä pitoisuus alle määritysrajan ($<0,8 \mu\text{g/l}$)
 - Pitoisuus laskenut?
- Elohopean ja kadmiumin osalta pitoisuudet olivat valtaosassa näytteistä alle määritysrajojen
 - Hg $<0,02 \mu\text{g/l}$
 - Cd $< 0,08 \mu\text{g/l}$
 - Ei viitteitä siitä, että tuhka olisi nostanut elohopean tai kadmiumin pitoisuuksia?



Tuhkamurske -päälyysrakenne kantaa, ei liukene eikä pölyä



- Vesi- ja maaperäanalyysissä ei ole havaittu haitallisten aineiden liukenemista
- Kantavuusmittauksissa on saatu hyviä, kontrollipäälyysrakenteita (100 % mursketta) parempia kantavuslukuja
- Päälyysrakenne iskostuu kovaksi, täysin pölyämättömäksi ”päälyysteeksi”
- Metsähallitus on saanut vastaavia kantavuus- ja toimivuustuloksia omista kokeistaan



Tuhka-murskepäälyysrakenteen teko



Kuivatuksen oltava kunnossa

Samat kerrospaksuudet kuin murskeella

- Tuhkan osuus ja murskeen karkeus mitoitetaan pohjamaan ja liikenteen mukaan esim:
 - Raskas liikenne tai huonosti kantava pohjamaa
 - > 20 % tuhkaa + 0-63 tai 0-32 mm murske
 - Myös kevyttä liikennettä tai kantava pohjamaa
 - > 15 % tuhka + 0-16 murske
- Murske-tuhkaseoksen keveys vähentää menekkiä



Koeteiden seuranta kesäkuussa 2018



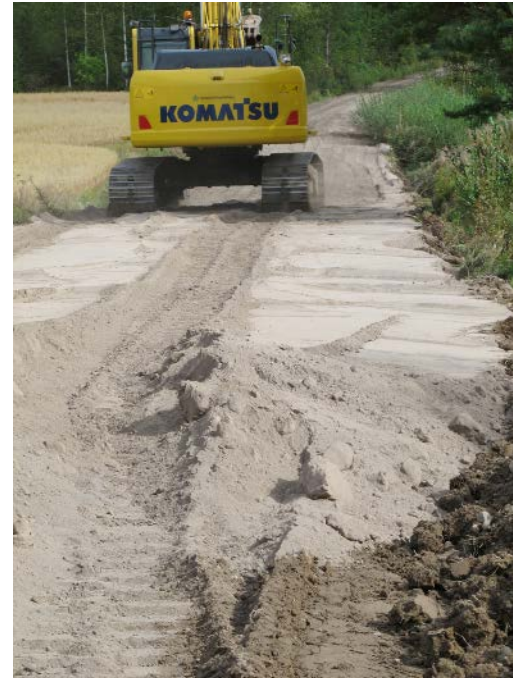
- Koeateiden kautta ajettu puuta 50 - 3000 m³
 - Urautumista 3-8 cm
 - Lanaustarvetta
- Paikoin puutteita kuivauksessa
 - Sivuojat ja vesakko perkaamatta
- Käyttäjät ovat kehuneet teiden kantavuutta ja toimivauutta



UPM:n Tuhkatiet



- UPM rakentanut mm. Kumppani-metsänomistajilleen metsäteitä Tuhaktie -konseptilla jo vuosia
- Parannettavan tai uuden tien pintaan höylätään laatikko, joka on tuettu sivulta
- 50-60 cm tuhkaa tiivistetään teloilla ja täryjyrällä 30 cm:n jakavaksi kerrokseksi
- Pälle 10 cm mursketta suoraan kuorma-auton lavalta eteenpäin ajamalla
- Kovettuu vankaksi tienrungoksi tai pengertäytteksi



Metsä Groupin tuhkatiet



- Metsä Group Keuruu ja Mänttä
- v. 2015 Suomen ensimmäiset ympäristöluvut peittämättömään käytännön tuhkamurskepäälysrakenteeseen
- Tie kovettunut hyvin ja kestänyt raskasta liikennettä



Tavoitteet jo osittain toteutuneet



- Uskomme, että hyvät koejärjestelyt ja lupaavat tulokset haitta-aineiden liukenemattomuudesta ovat osaltaan vaikuttaneet uuden MARA-asetuksen sisältöön:
 - Yksityisteilläkin riittää ilmoitusmenettely tuhkan käytöstä
 - Peittämätön tuhkamurske sallittu metsäteillä
- **Vielä tarvitaan viestintää ja yhteistyötä tuhkan tuottajille, kiviaineskauppiaille tienrakentajille ja tiekunnille**



Kiitos!

