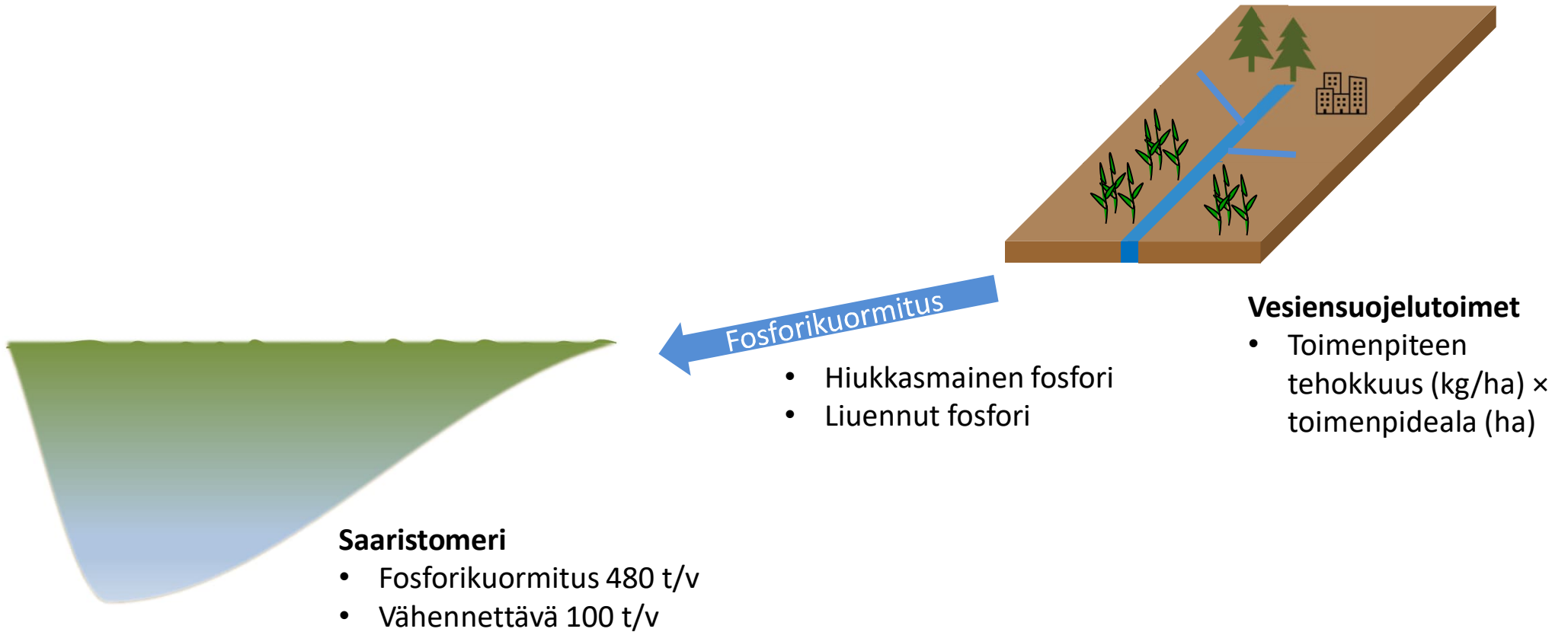


# **Kipsi vesiensuojelumenetelmä**

Petri Ekholm  
Suomen ympäristökeskus

Salo  
8.3.2024

# Ravinnekuormituksen vähentäminen



# Peltojen kipsikäsittely ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

## Taustaa

- Vesiensuojelumenetelmä
  - Voi tuottaa agronomisia hyötyjä
- Tutkittu laboratorio-, peltolohko- ja valuma-alueetasolla mm. Suomessa ja USA:ssa
- Vähentää fosforin ja liuenneen orgaanisen hiilen huuhtoutumista
- Välitön vaikutus → antaa aikaa hitaammin vaikuttaville toimille
  - Kipsin liukoisuus veteen noin 3 g/l = 250-kertaa maatalouskalkin liukoisuus
- Laaja potentiaalinen toimenpideala
- Suomessa käytetty lähinnä Yaran Siilinjärven sivutuotekipsiä (4 t/ha)
  - USA:ssa lähinnä savukaasujen pesussa muodostunutta kipsiä
- 2006–2020: laboratoriosta vesiensuojelumenetelmäksi

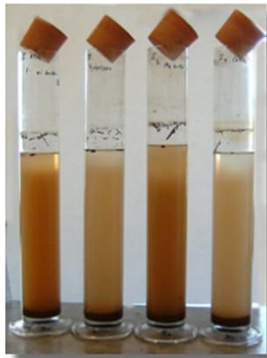
# Mistä kaikki sai alkunsa?

MTT:n selvityksiä 118



## Savimaiden eroosio

Erkki Aura, Katariina Saarela ja Mari Rätty



Ympäristö

### 2.2 Maahiukkasten diffuusio maan veteen

Ulkomaisissa eroosiomalleissa usein maan savespitoisuutta pidetään eroosiota vähentävänä tekijänä. Kuitenkin kostean kesän jälkeen nimenomaan jäykkien savimaiden rakenne on huono ja salaojavedet ovat varsin sameita jo ensimmäisten syyssateiden aikana. Vaikka etenkin hienoa savesta (rakeen läpimitta  $\approx 0,0002$  mm) yleisesti pidetään maan rakennetta stabiloivana aineksena, hyvin jäykkienkin savimaiden ojavedet ovat Suomessa sameita. Selitys löytyy pienten savihiukkasten liikkumisesta lämpöliikkeessä maan veteen märkänä aikana. Jos maa on osittain kuiva, veden pintajännite ("imu") puristaa hiukkasia yhteen estäen näin maan hajaantumista. Märän maan routautuessa syntyvät jääkiteet imevät vettä maan huokosista, jolloin maa väliaikaisesti ikään kuin kuivuu. Roudan sulassa vesi imeytyy jääkiteistä huokosiin, jolloin maa palautuu märäksi. Tuhoisinta jäykän savimaan rakenteelle on maan oleminen vedellä kyllästetyssä tilassa pitkään. Lämpöliikkeessä hiukkasten keskimääräistä etenemisnopeutta tiettyyn suuntaan ilmaiseva diffuusiokerroin riippuu hiukkasten koosta ja saadaan lasketuksi Stokes – Einsteinin kaavalla (Einstein 1905):

$$D = (kT)/(6\pi\eta r) \quad (1)$$

missä  $k$  = Boltzman vakio  $1,3805 \times 10^{-23}$  J K<sup>-1</sup>,  $T$  = lämpötila °K,  $\eta$  = veden viskositeetti  $1,005 \times 10^{-3}$  kg m<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>,  $r$  = hiukkasen säde m. Hiukkasten keskimääräisesti kulkema matka  $s$  (m) diffuusiosta on:

$$s = (2Dt)^{1/2} \quad (2)$$

missä  $t$  = aika sekuntia. Diffuusion merkitystä voidaan arvioida vertaamalla hiukkasten keskimääräistä liikkumista diffuusiosta painovoiman vaikutukseen hiukkasiin. Jos painovoiman merkitys tulee hallitsevaksi verrattuna lämpöliikkeeseen, voidaan olettaa, että vedellä kyllästetyssä maassa veteen joutuneet hiukkaset juuttuvat maan mutkitteliivihin huokosiin. Painovoiman ansiosta hiukkasen kulkema matka

$$s = vt \quad (3)$$

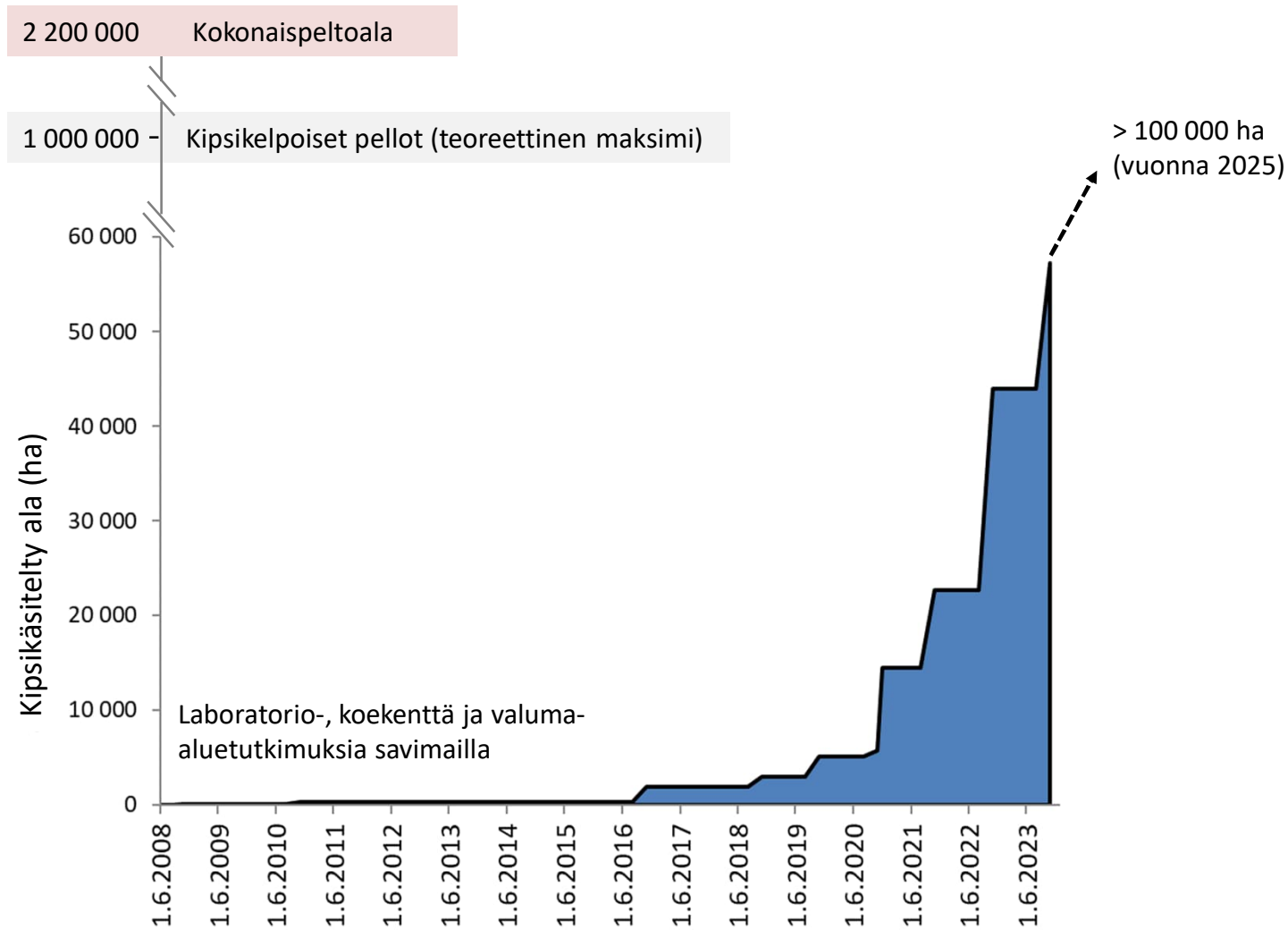
missä  $v$  on nopeus ja  $t$  on aika. Nopeus painovoimakiiltyvyyden  $g$  (ms<sup>-2</sup>) johdosta taasen saadaan suspensioanalyysissä yleisesti käytetystä kaavasta:

$$v = 2/9 (gr^2(\rho_1 - \rho_2))/\eta \quad (4)$$

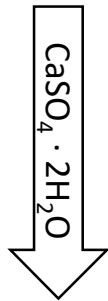
missä  $\rho_1$  = hiukkasen tiheys ja  $\rho_2$  = veden tiheys kg m<sup>-3</sup>. Kaavan (2) mukainen diffuusion matka asetetaan yhtä suureksi painovoiman ansiosta kulkeman matkan (3) kanssa ja sijoitetaan kaavat (1) ja (4). Tulokseksi saadaan, että diffuusion merkitys tulee painovoimaa tärkeämmäksi, kun hiukkasen säde suunnilleen alittaa 0,0002 mm eli nimenomaan hieno saven on altis diffuusiolle maan veteen, jos mikään mekanismi ei ole liimannut hienon saven hiukkasia yhteen.

Diffuusion merkitystä eroosion aiheuttajana tutkitaan pitämällä maa jatkuvasti hyvin märkänä ja tyhjentämällä välillä valuva vesi maasta hitaasti välttämättä hiukkuvan veden aiheuttamaa hankauseroosiota maan suurissa huokosissa. Veteen lämpöliikkeessä joutuneiden hiukkasten pitoisuus on hyvä mitta eroosioalttiudelle. Äestetyn maan diffuusioeroosiota voidaan mitata sekoittamalla maata varovasti veteen ja sekoittamalla varovasti välillä suspensiota. Pienet savihiukkaset diffundoituvat muruista veteen ja pysyvät vedessä, kun sen

# Laboratoriosta vesiensuojelumenetelmäksi



# Miten kipsi vaikuttaa?

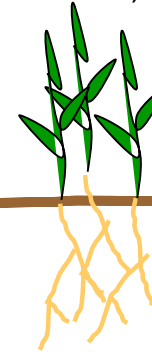


Liukoisuus

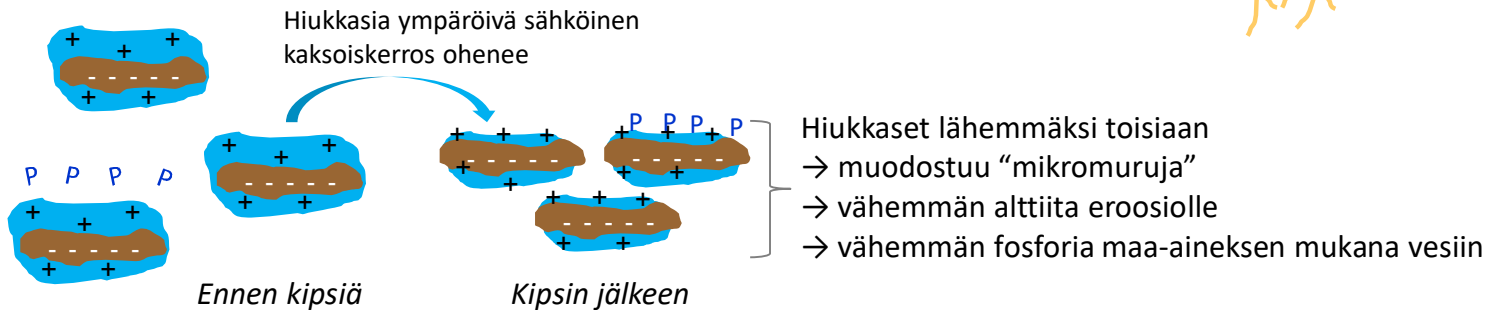
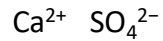
- Kipsi 3,15 g/l
- Maatalouskalkki 0,013 g/l

## Sato ja viljely

- 4 t/ha kipsiä: 640 kg/ha rikkiä, 800 kg/ha kalsiumia, n. 8 kg/ha fosforia
- Maan rakenne paranee
- Ionivahvuus ei nouse haitalliselle tasolle

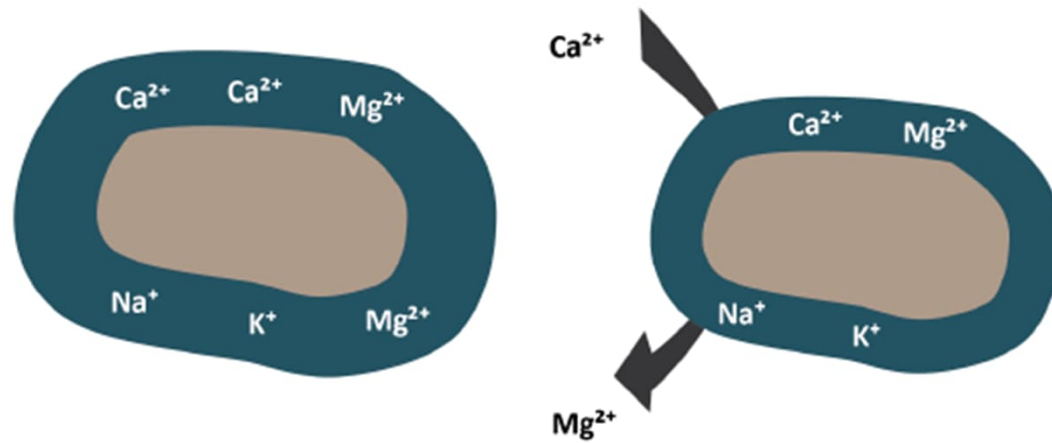


## Maanesteen ionivahvuus (johtoluku) kasvaa

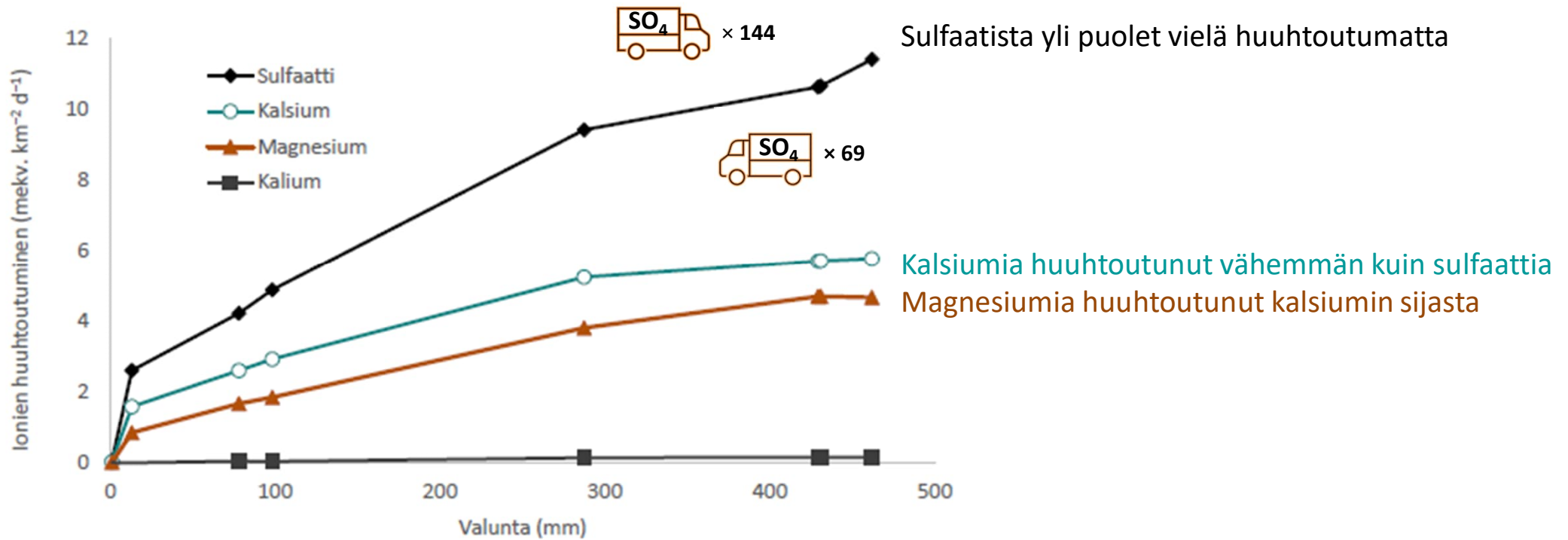


- Myös liennuttu fosforia huuhtoutuu vähemmän, fosfori kasveille käyttökelpoista
- Vähentää liunneen orgaanisen hiilen huuhtoutumista
- Vähäinen vaikutus maan pH-arvoon (toisin kuin maatalouskalkki,  $\text{CaCO}_3$ )

# Kationinvaihtoreaktiot



# Kipsin huuhtoutuminen Savijokeen





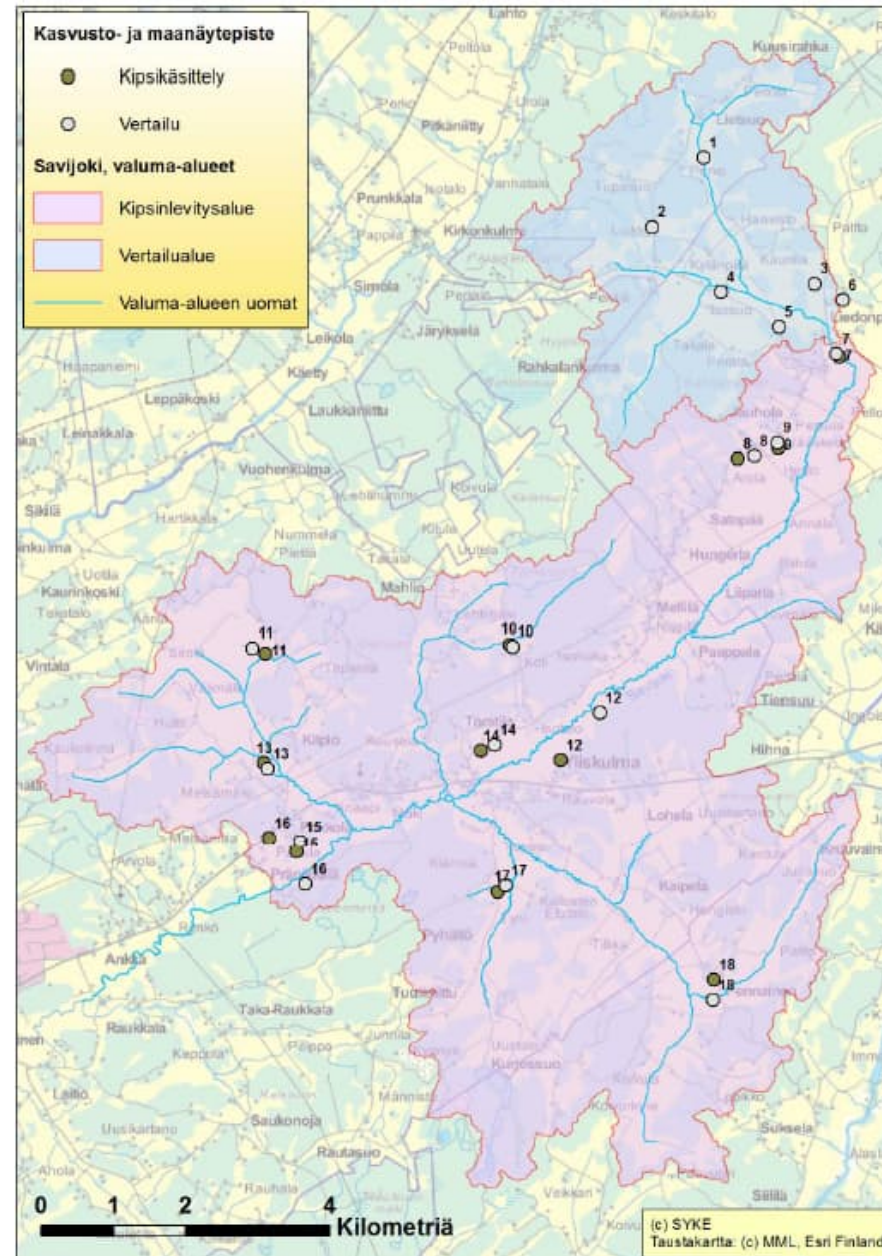
# Maa- ja kasvustonäytteet

## Maanäytteet ( $n = 28$ )

- Ennen kipsiä
- 1. kevät kipsin jälkeen
- 2. kevät kipsin jälkeen
- 4. kevät kipsin jälkeen
- Pintamaa (0–20 cm)
  - Vertailualue 6 lohkoa
  - Kipsialue
    - Käsittlemättömiä 11 lohkoa
    - Kipsikäsiteltyjä 11 lohkoa
- Pohjamaa (20–40 cm, 40–60 cm)
  - 3 lohkoa
- Viljavuusanalyysi

## Kasvustonäytteet

- Pääasiassa kevätiljoja
- Kemiallinen kasvianalyysi



## Gypsum amendment influences soil and plant chemical composition temporarily

Markku Yli-Halla<sup>1</sup>, Antti Taskinen<sup>2</sup> and Petri Ekholm<sup>1</sup><sup>1</sup>Department of Agricultural Sciences, Viikinkaari 9, FI-00014 University of Helsinki, Finland<sup>2</sup>Finnish Environment Institute Syke, Latokartanonkaari 11, FI-00790 Helsinki, Finland

e-mail: petri.ekholm@syke.fi

Field application of gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) is a tool to decrease phosphorus (P) load to watercourses. Effects of gypsum application (4 tons  $\text{ha}^{-1}$ ) on soil and crop composition were monitored up to four years after the treatment in the Savijoki catchment, southwestern Finland. Eleven amended fields and 17 control fields were analyzed for easily soluble P, Ca, Mg, K, S,  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ , electrical conductivity (EC) and loss-on-ignition. Plant samples were analyzed for most nutrients and Se. Downward S transport was monitored in two amended fields. In the first and second spring after gypsum application, S concentrations and EC were substantially but not harmfully elevated in the plough layer, with no other significant effects on soil composition. Sulfur leached out slightly less rapidly from clay than from the coarse mineral soil. Plant S concentration increased for the first and the second year. In conclusion, gypsum application did not have adverse effects on soil or crop chemical composition in this survey of predominantly clay soils.

**Key words:** electrical conductivity, leaching, magnesium, phosphorus, sulfur

### Introduction

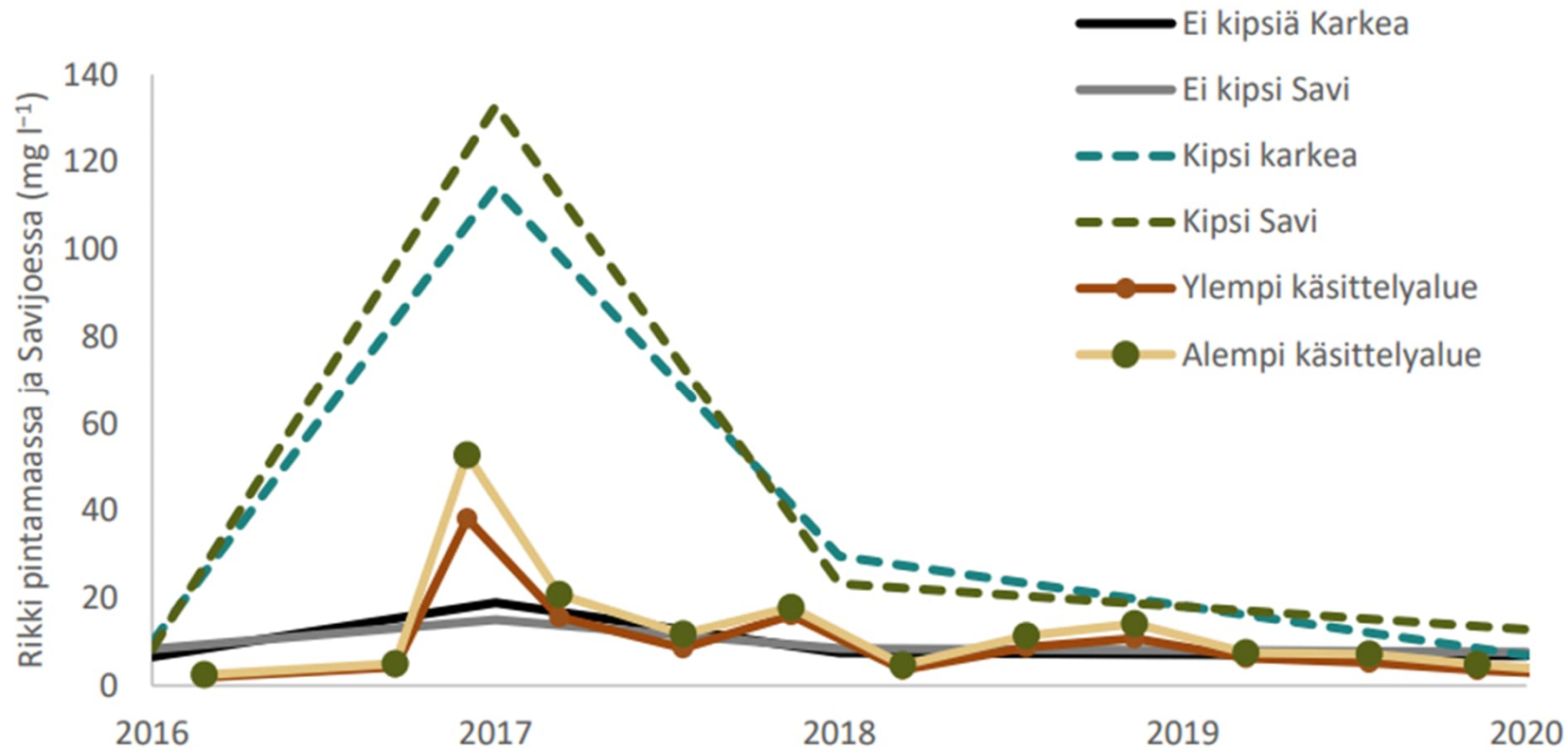
Anthropogenic P loading into the Baltic Sea is a major environmental problem (Andersen et al. 2017). The Archipelago Sea on the southwestern coast of Finland is particularly loaded, with severe signs of eutrophication. This sea area is impacted not only by the generally weak state of the Baltic Sea but especially in the coastal areas also by continuous nutrient losses from the clayey cultivated land.

Application of gypsum to agricultural fields has been identified as a cost-effective tool to decrease P losses into watercourses (Iho and Laukkanen 2012, Ollikainen et al. 2020). Gypsum has been studied, and used, mainly in the USA (e.g., Shainberg et al. 1989, DeSutter and Cihacek 2009, Kost et al. 2018) and Finland (Ollikainen et al. 2020) and found to decrease the P load up to 50% (Ekholm et al. 2012, Uusitalo et al. 2012). In Finland, a large-scale pilot was organized in the Savijoki catchment (Ollikainen et al. 2020) where gypsum generated as a by-product of phosphoric acid production in Siilinjärvi, eastern Finland was applied.

Application of gypsum gives rise to several reactions in soil because the prevailing semi-equilibrium is disturbed upon addition of a relatively easily soluble component into the system. Solubility of gypsum in water is about  $3.15 \text{ g l}^{-1}$  while the solubility of calcium carbonate is only  $0.013 \text{ g l}^{-1}$  (Appelo and Postma 2005). The elements S and Ca are released into the soil solution as sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) and  $\text{Ca}^{2+}$  ions upon gypsum dissolution. In the slightly or moderately acidic soils of Finland, practically no adsorption of sulfate takes place (Yli-Halla 1987), so this ion remains in the pore water. Gypsum is an old commercial fertilizer used as a source for both S and Ca (Batte and Forster 2015). It is largely acknowledged that S fertilization is needed in Finland (Yli-Halla et al. 2011). Particularly, horticultural crops and potato receive their fertilizer K in the form of  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , being supplied with up to 50 kg of S per hectare while cereals and grass receive fertilizers that contain KCl but, owing to added S compounds in many fertilizers, also those crops get a S dose of 10–20 kg  $\text{ha}^{-1}$ . Moreover, gypsum application has been proposed to increase Ca supply to potato without increasing the pH (Sipilä and Virtanen 2010) as a contrast to agricultural lime. Since sulfate is not retained by the soil matrix, the EC is increased in the soil solution, which may at high values hamper plant growth. On the other hand, lack of sulfate adsorption results in ultimate leaching of this ion out of the soil, similar to nitrate and chloride, accompanied by cations.

Cation exchange reactions take place after Ca is dissolved from gypsum. Calcium is the dominant exchangeable cation in soils of Finland (Räty et al. 2021) and compared to the original stock, the amount of Ca addition is relatively small. However, Ca originating from gypsum likely displaces some Mg and K from the exchange sites, as found in a lysimeter experiment (Uusitalo et al. 2012). There is also competition between Ca and Mg in plant uptake (e.g., Mengel and Kirkby 1979 p. 117–118 and p. 420). Both leaching and cationic competition can in principle result in decreased crop Mg uptake by excess Ca originating from the added gypsum. Certain proportions of Ca,

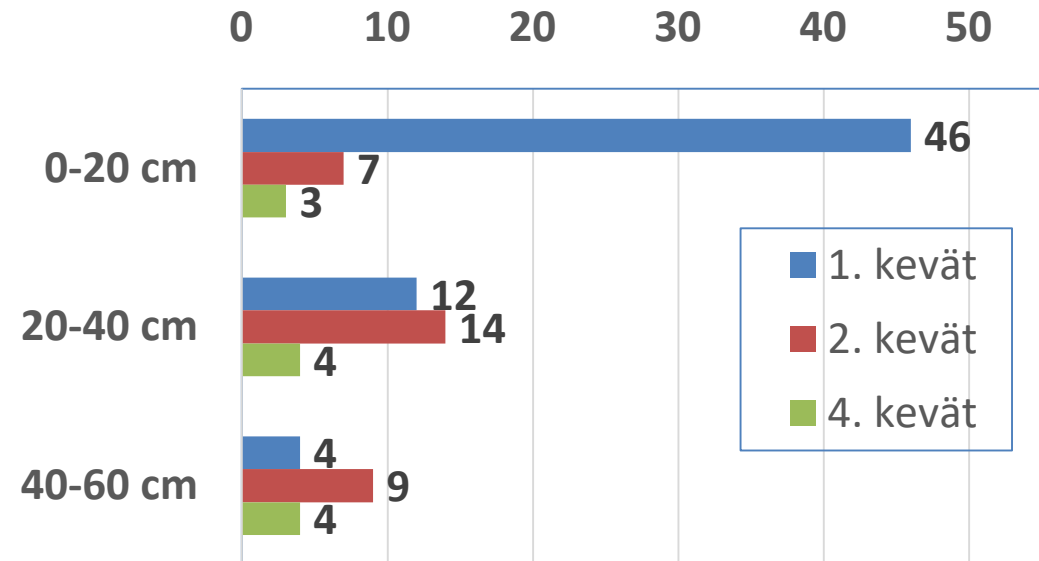
# Kipsin vaikutus maan ja veden rikkipitoisuuteen



Lisätty rikkimäärä on suuri verrattuna maan alkuperäisen helppoliukoisen rikin pitoisuuteen.

## Osuus lisätystä sulfaatista (%)

- Johtoluku nousee
- Sulfaatti ei juurikaan sitoudu maahiukkasiin
- Kipsin sulfaatti on liikkunut maassa alaspäin
- Neljässä vuodessa kipsi on huuhtoutunut ulos seurantakerroksesta
- Johtoluku palautui alkuperäiselle tasolle

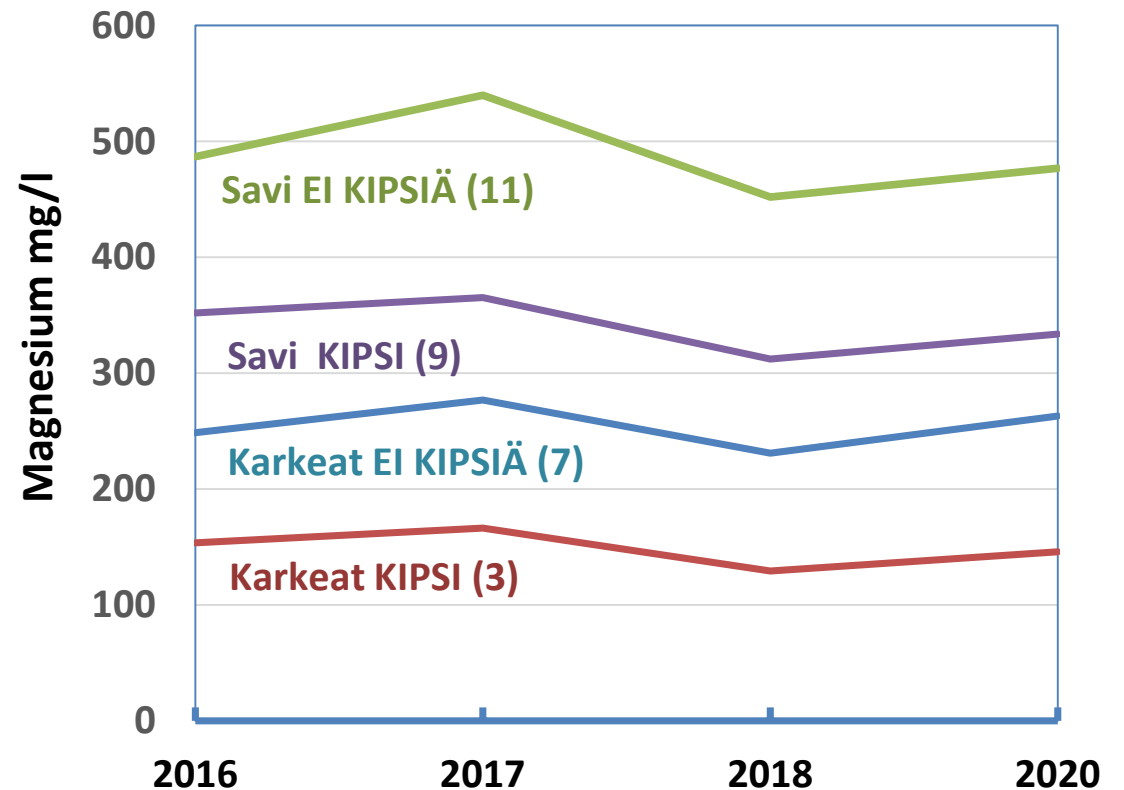


Hiue/hiuesavimaa

## Muita havaintoja maasta

- Kipsikäsitteily ei nosta maan pH-arvoa
- Maassa on runsaasti kalsiumia. Kipsilisäys tuo maahan suhteellisen vähän kalsiumia.
- Maan magnesiumipitoisuus ei muuttunut
- Kipsikäsitteilyllä ei vaikutusta viljavuusanalyysin fosfori- tai kaliumlukuihin

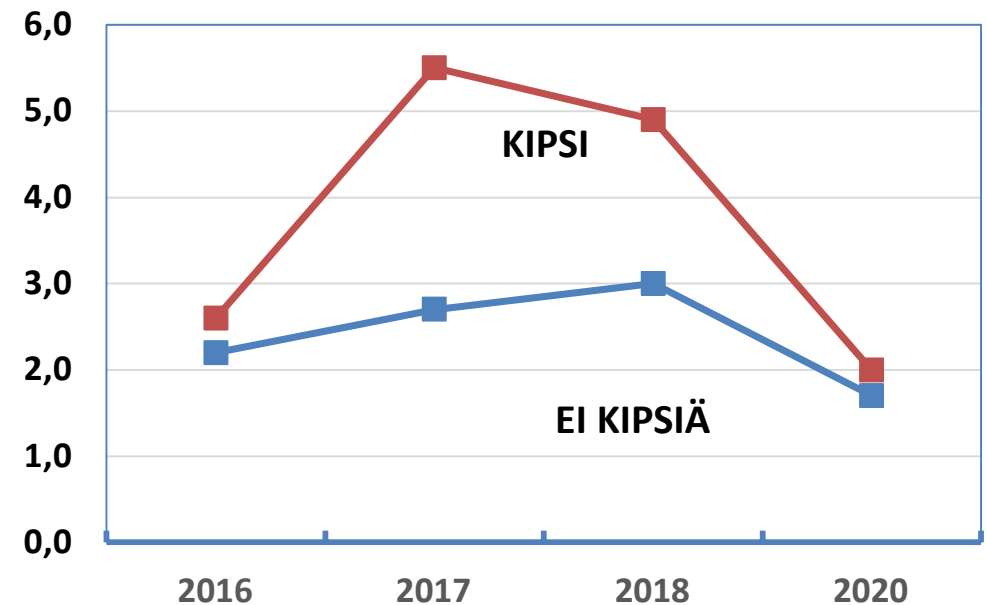
## Muokkauskerroksen magnesiumipitoisuus



# Peltojen kipsikäsittelyllä ei haitallisia vaikutuksia kasvinravitsemukseen

- Ainoa poikkeama tavanomaisesta oli kasvien kohonnut rikkipitoisuus v. 2017 ja 2018
- Myös rikki on kasvinravinne
- Korkeimmat pitoisuudet ovat samaa tasoa kuin rypsin naattien rikkipitoisuus (3,5 – 7 g/kg)
- Ei vaikutusta muiden ravinteiden saantiin
- Seleenit!

Kasvien rikkipitoisuus, g/kg



# Kipsin potentiaali

## EI KIPSIÄ

- Järvien valuma-alueet
- Luomupelloille vain louhittua luonnonkipsiä
- Jos magnesiumia maassa vähän (huono tai huononlainen)
- Pohjavesialueet
- Pelloilla sijaitsevat Natura-alueet
- Talvella

## KIPSIÄ

- Eroosioherkät peltolohkot
- Lohkot, joiden fosforitila korkea
- Kohdennettava, mutta ei liian valikoiden
- Saaristomeren peltopinta-alasta (2738 km<sup>2</sup>) 82 % kipsikelpoisia (maksimi)
- Savijoen 1494 ha kipsikäsittely vähensi kuormitusta 1,3 t/v → noin 40 % peltopinta-alasta käsiteltävä kipsillä, jotta fosforia pois 100 t/v

## Mitä ei tiedetä

- Kipsin vaikutus eri maalajeilla ja muokkausmenetelmillä
  - Karkeat kivennäismaat ja happamat sulfaattimaat
  - Suorakylvössä vaara kipsin nopeampaan huuhtoutumiseen?
- Useamman kipsikäsitteilyn vaikutukset
- Kipsin vaikutusmekanismi
  - Maan mururakenteen mahdollisia muutoksia kipsipelloilla on syytä tutkia



## GYPREG-hanke

8 partneria +

15

liitännäispartneria

## NordGypsum

2 partneria



Norwegian Institute of Bioeconomy Research

Suomen ympäristökeskus  
John Nurmisen säätiö

Research Institutes of Sweden  
Race for the Baltic

HS Consult AB  
Federation of Swedish Farmers (LRF)  
Odling i Balans

Aarhus University

Latvian Institute of Aquatic Ecology  
Farmers' Parliament of Latvia

Agricultural Advisory Center in Brwinow  
Agricultural Advisory Center in Opole  
Sub-Carpathian Agricultural Advisory Center in Boguchwala  
Malopolskie Agricultural Advisory Centre in Karniowice

Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry  
Institute of Technology and Life Sciences - National Research Institute

HELCOM

VAR-ELY

Ympäristöministeriö

Ålands Hushållningssällskap

Rädda Lumparn rf

LT Association Green Klaipėda

Chamber of Agriculture of the Republic of Lithuania

Ministry of Agriculture of the Republic of Lithuania

# Kipsikäsittelyt halutaan laajentaa ulkomaille

Suomalaiskeksintöä esiteltiin ulkomaisille asiantuntijoille Liedossa. Muissa Itämeren maissa kipsin käyttö maataloudessa on vielä vierasta.

**Elina Malkamäki**  
TS LIETO

Joukko kansainvälisiä asiantuntijoita tarkastelee kahta muovisangollista varsinais-suomalaista savimaata ja niiden vieressä olevia lasitölkkejä, joista toisessa vesi on sameaa ja toisessa lähes kirkasta. On meneillään yksinkertainen demonstraatio siitä, millaisia vaikutuksia peltojen kipsikäsitteilyllä on vesistöihin ja miten helposti eron käsittelyyn sekä käsittelemättömän maan välillä huomaa.

– Tämä on yksi keino havainnollistaa maanviljelijöille, miten kipsi savisessa pellossa oikein toimii, kertoo Paimion-jokiyhdistyksen toiminnanjohtaja **Marjukka Kulmala**.

Kuulijakuntana Liedon peltomaisemissa on parisenkymmentä ympäristö- ja maatalo-

usalan asiantuntijaa Latviasta, Liettuaista, Norjasta, Ruotsista ja Tanskasta.

He ovat tulleet tutustumaan ainutlaatuisen suomalaismenetelmään, jossa rannikkovesiä rehevöittävää peltojen fosforikuormitusta vähennetään levittämällä pelloille kipsiä.

Taustalla on Suomen ympäristökeskuksen (Syke) uusi hanke, jossa selvitetään, voisiko kipsi toimia maatalouden fosforisiepparina myös muissa Itämeren maissa, joissa sitä ei ole aiemmin näin hyödynnetty.

– Luomme kullekin maalle oman realistisen kansallisen toimintamallin, jossa kipsin soveltuvuutta arvioidaan ottaamalla huomioon paikalliset ympäristöolosuhteet ja viljelykäytännöt. Tähän liittyy maittain myös monia ratkaisua vaativia käytännön kysymyksiä muun muassa kustannuksista, kipsin lähteistä sekä lainsäädännöstä. Esimerkiksi Norjassa kipsin levitys pelloille on kielletty, summaa Gypreg-hanketta vetävä Syken johtava tutkija **Petri Ekholm**.

**Uusia avauksia tarvitaan**, sillä vaikka fosforin pistekuormitusta on pystytty suitsimaan, hajakuormitus on edelleen Itämeren reunoilla iso ongelma ja



**Marjukka Kulmala (vas.) havainnollisti peltojen kipsikäsitteilyn vaikutuksia.**

sen lähde on tyypillisesti maatalous, Ekholm sanoo.

Suomessa peltojen kipsikäsitteilyä on tehty jo vuodesta 2016 alkaen, kertoo projektipäällikkö **Minna Kolari** Varsinais-Suomen Ely-keskuksesta.

– Suomi on etulyöntiasemassa myös siksi, että meiltä kipsiä löytyy maaperästä omasta takaa ja se on todella puhdasta.

Euroopassa luonnonkipsin joukossa saattaa olla esimerkiksi raskasmetalleja, Kolari sanoo.

**Torstaina vierailijoille** esiteltiin valuma-alueita, joissa kipsimenetelmää on kokeiltu ensimmäisten joukossa.

Latvialaisessa Aquatic Ecology -instituutissa työskentelevien **Inga Retike** ja **Inta**

TS/MARTTIINA SAIRANEN

## FAKTA

### Parituhatta viljelijää jo mukana

- **Jo lähes 2000** suomalaista viljelijää käsittelee peltoja kipsillä.
- **Kipsiä on** levitetty 52000 peltohehtaarille.
- **Tavoitteena** on tuplata määrä vuoteen 2025 mennessä.
- **Haku kipsin** saamiseksi on parhaillaan avoinna.
- **Suomen ympäristökeskuksen** (Syke) hankkeessa selvitetään, miten kipsin peltolevityksestä saataisiin vientituote.

Retike arvelee, että voi olla haasteellista saada viljelijät kiinnostumaan kipsistä.

– Utta kohtaan on aina epäluuloa. Viljelijöille on luotava kannustimia, ja markkinoitava asiaa oikealla tavalla. Mukaan lähteville voisi luoda esimerkiksi ympäristöystävällisen viljelijän nimikkeen, hän miettii.

Myös Ruotsissa kipsin käyttö on vierasta, mutta rakenekalkista on peltokäytössä kokemuksia, kertoo **Rosemari Herrero** Race for the Balticista.

– Kalkin hinta on kallistunut, joten etsimme uusia menetelmiä ja tämä vaikuttaa kiinnostavalta.

**Dimanta-Deimantovican** mielestä kipsitoimet vaikuttavat lupaavilta.

– Latviassa on kipsiesiintymiä, mutta kipsiä käytetään lähinnä rakennusteollisuudessa ei maataloudessa. Tämä olisi ihan uutta, ja varmasti kokeilemisen arvoista, koska fosforin vähentämisellä on kiire, Dimanta-Deimantovica toteaa.

# Kipsikaivos Latviassa



Kuva: Inga Retike