



Typpioksiduulipäästöjen minimointi nurmimailta - kohti hiilineutraalia maidontuotantoa

MiNiMi projekti: Mitigating grassland N₂O emissions

Heidi Aaltonen



Sisältö



- Konferenssiosallistuminen (SNY matka-apuraha)
- MiNiMi projekti
- Typpioksiduuli maidontuotannossa
- Mittaukset
- Alustavia tuloksia

EGU(European Geosciences Union) konferenssi Wienissä 2023



- Osallistujia: 15 453 paikalla, 3378 etänä, 107 maasta
- Posteriesitys sessiossa “Gas exchange and emission mitigation options in agricultural and forest ecosystems”



Picture: <https://www.acv.at/en/best-practices/putting-diversity-centre-stage-at-events/>



Nitrous oxide flux dynamics on agricultural grasslands in Western Finland

Aaltonen H.¹, Manninen N.¹, Koskinen M.¹, Hakkola S.¹, Kling V.², Nousiainen J.², Pihlatie M.¹

¹Department of Agricultural Sciences, University of Helsinki, Finland

²Valio Ltd, Finland



1. Background

- N₂O emissions of Finnish agricultural grasslands form 30 % of climate impact of milk production¹.
- Nitrogen (N) fertilization -> higher N₂O emissions
- Grasslands sequester carbon (C) into the soil -> increased C content -> increased N content² -> N₂O emissions
- Uncertain emission estimations: episodic (e.g. freeze-thaw^{3,4,5}) and complex nature of N₂O fluxes^{5,6}.

2. Gas flux measurements



Fig. 3: a. Gas measurement system (chamber and cart with analysers), b. measured grassland and c. non-fertilized plot measurement plot

- Four grasslands (mineral and organic soils) with fertilized and non-fertilized plots
- N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes measured on Valio grasslands 2022 every second week in May-August with dark chamber
- Soil samples collected each time (mineral N, total C/N, pH, EC, DOC)
- Continuous measurements of soil temperature and moisture

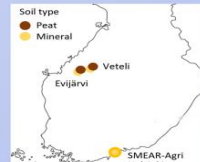


Fig. 4: locations of measurement sites (SMEAR-Agri site results not presented here)

Table 1: Measured grassland sites, added fertilizers and mean soil pH and C:N ratios with standard errors

Area	Soil type	Fertilizers (kg/ha)	Grasses	pH	C:N
koi	Coarse silt+mo uld	Mineral (360), slurry (35 tn)	timothy	6.29± 0.02	24.2 ±0.5
kiv	Fine sandy till	Mineral (350 + 150)	timothy, meadow fescue, ray grass	6.74 ± 0.03	17.7± 0.3
kyt	mould	Mineral (360), slurry (35 tn)	timothy	5.76 ±0.04	18.6± 0.5
kot	Peat (Ct)	Mineral (350 + 150)	timothy, meadow fescue, ray grass	5.90± 0.05	19.1± 0.1
pil	Peat (Ct)	Mineral (360), slurry (35 tn)	timothy	5.70 ±0.14	28.9 ± 0.3

3. Results

- N₂O fluxes varied from -22.6 to 928 μg m⁻² h⁻¹, organic soils > mineral soils
- Ct soils : Fertilized plots N₂O emissions > non-fertilized, other soils: no difference

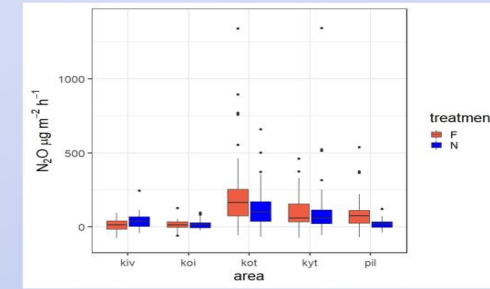


Fig. 5: N₂O fluxes of study sites during summer 2023 with F (fertilized) and N (non-fertilized) treatments. Mid-line shows the median of the group, upper and lower limits of the box show (75th and 25th percentile), whiskers are to 1.5 times the interquartile. Any data beyond are represented by individual points

- N₂O fluxes correlated most with ammonium concentration in soil, followed by soil moisture

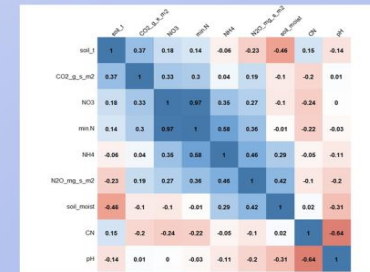


Fig. 6: Correlation matrix of measured factors (N₂O and CO₂ fluxes, soil pH, mineral N concentrations, C/N ratio, soil temperature and soil moisture)

- Step-wise regression: N₂O fluxes were best explained by soil temperature, soil moisture, CO₂ respiration and mineral N concentrations, which explained 32% of variation in N₂O fluxes

- Yield scaled N₂O fluxes showed higher emissions per yield on organic soils

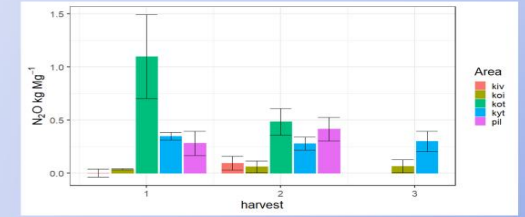


Fig. 7: Cumulative N₂O fluxes scaled by grass yield per harvest

4. Conclusions

- In general, all grasslands were sources of N₂O during summer, especially organic soils -> higher organic content, higher background emissions
- Fertilization had a more profound effect on N₂O emissions on peat soils -> optimizing fertilizers especially important on peat based grasslands, also seen in yield scaled emissions
- Soil temperature, soil moisture, CO₂ respiration and mineral N concentrations explained 32% of variation in N₂O fluxes

-> More frequent measurements are needed due to high variability and complexity of factors affecting N₂O emissions

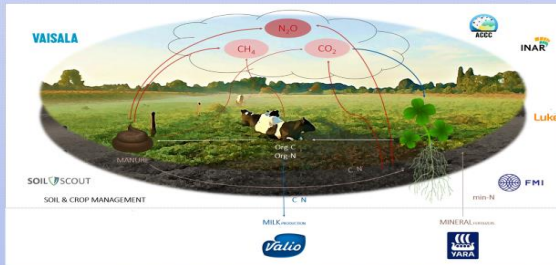


Fig. 1: C and N cycling and emission and uptake of greenhouse gases in grassland ecosystems. Emissions of GHGs are affected by soil and crop management, inputs (manure, fertilizers, CO₂ sequestration) and outputs (grass, cows, milk) of C and N

Aims:

- Find mitigation strategies
- Study the effects of weather extremes, spatial and temporal variations
- Enhance business-science communication

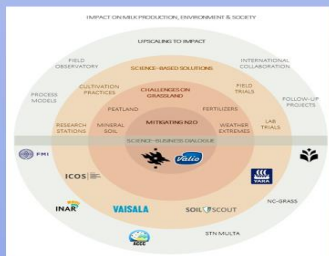


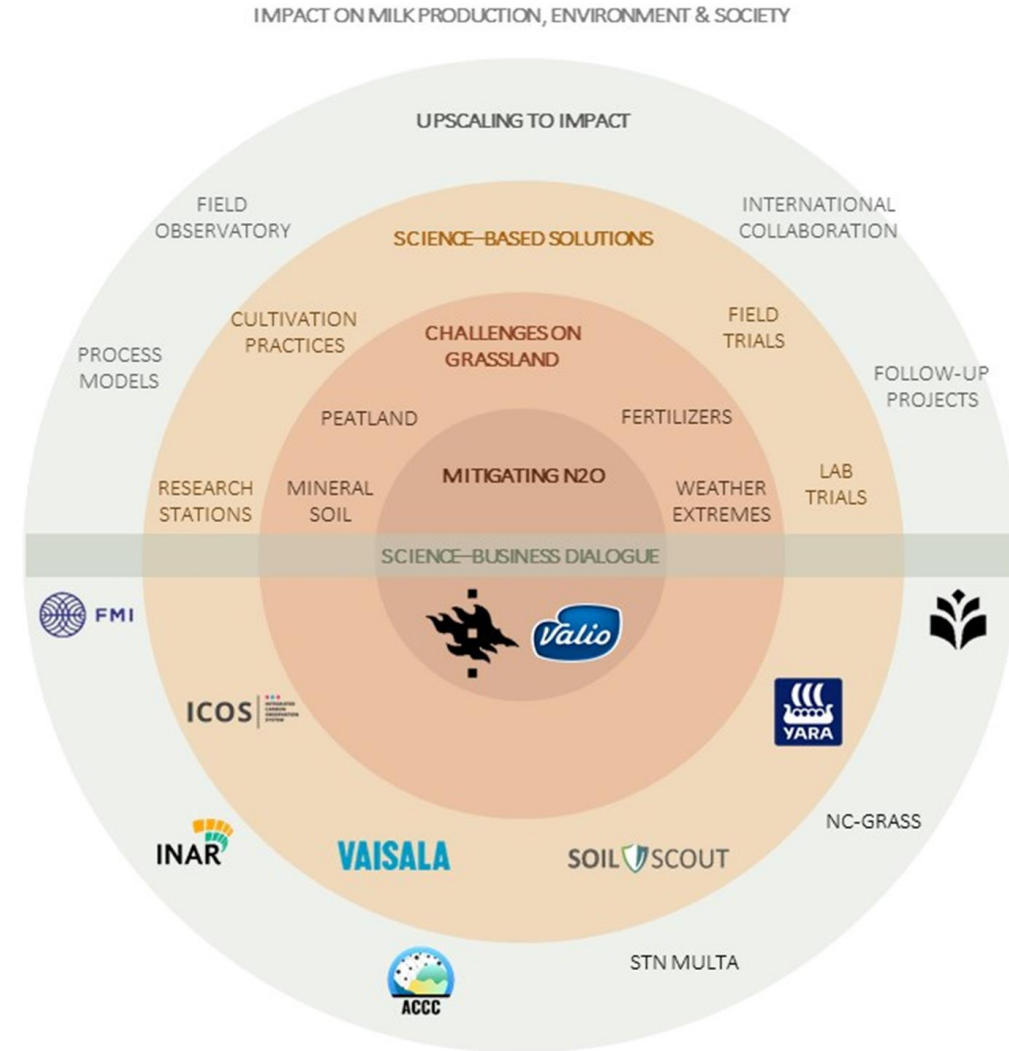
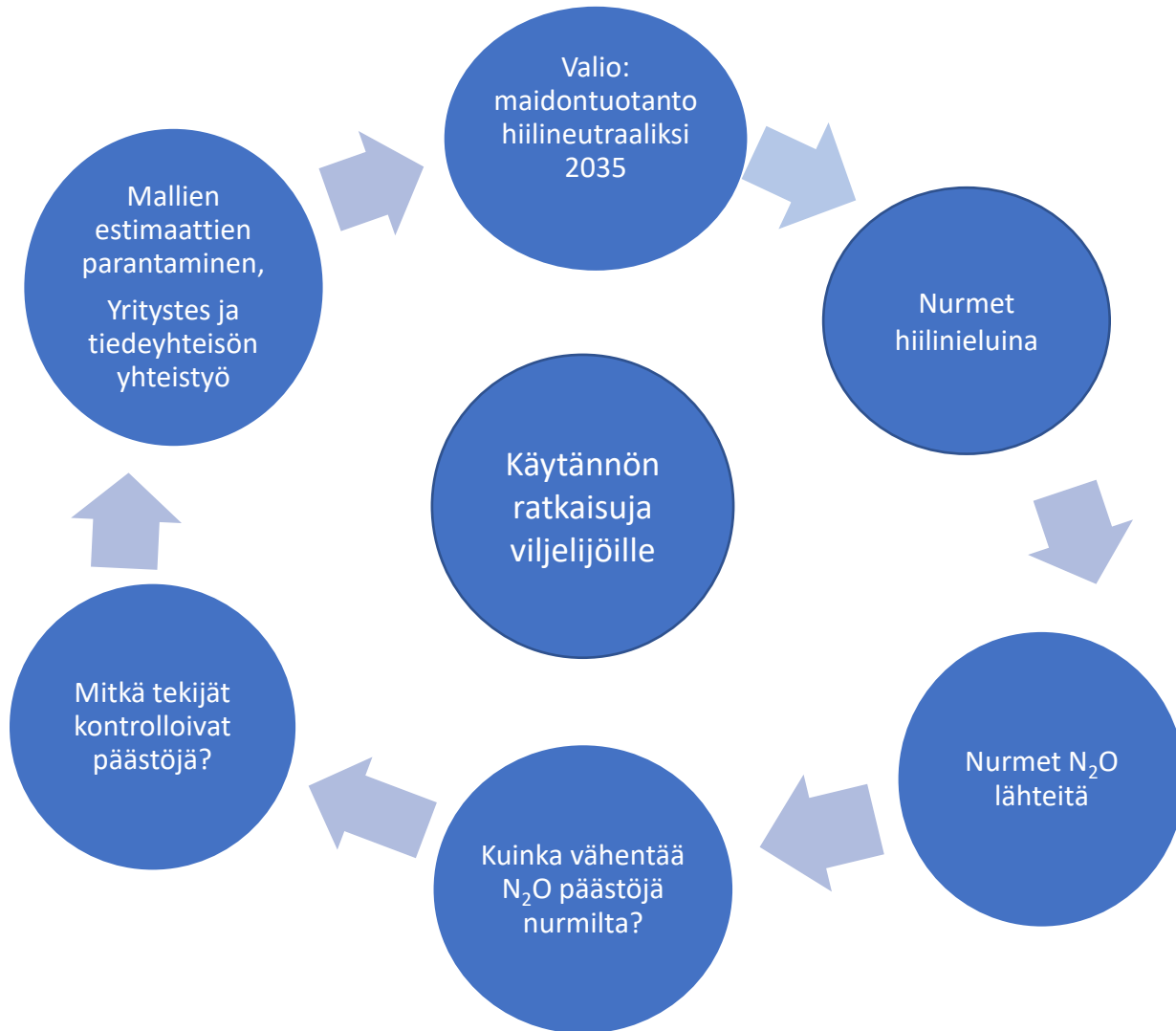
Fig. 2: Steps from quantifying the N₂O emissions from grasslands, to identifying solutions for their mitigation in continuous science-business dialogue with partners and collaborators

References:

- Astaptev, A. 2018. <https://aaltodoc.aalto.fi/browse?type=author&value=Astaptev,%20Aleksi>
- Cotrufo, F., et al., 2019. Nat. Geosci. 12, 989–994
- Lugato et al., 2018, 2019. Agr. Ecosys. Environ. 137: 59–67
- Maljanen, M., et al., 2007. Boreal Env. Res. 12: 133–140
- Regina K., et al., 2004. Eur. J. Soil Sci. 55: 591–599
- Shcherbak, I., et al., 2014. Proc. Natl. Acad. Sci. 111 (25) 9199–9204

Acknowledgements: This project is funded by The Finnish Research Impact Foundation

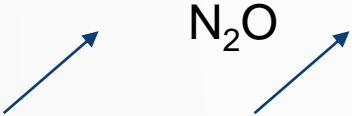
MiNiMi projektin taustat



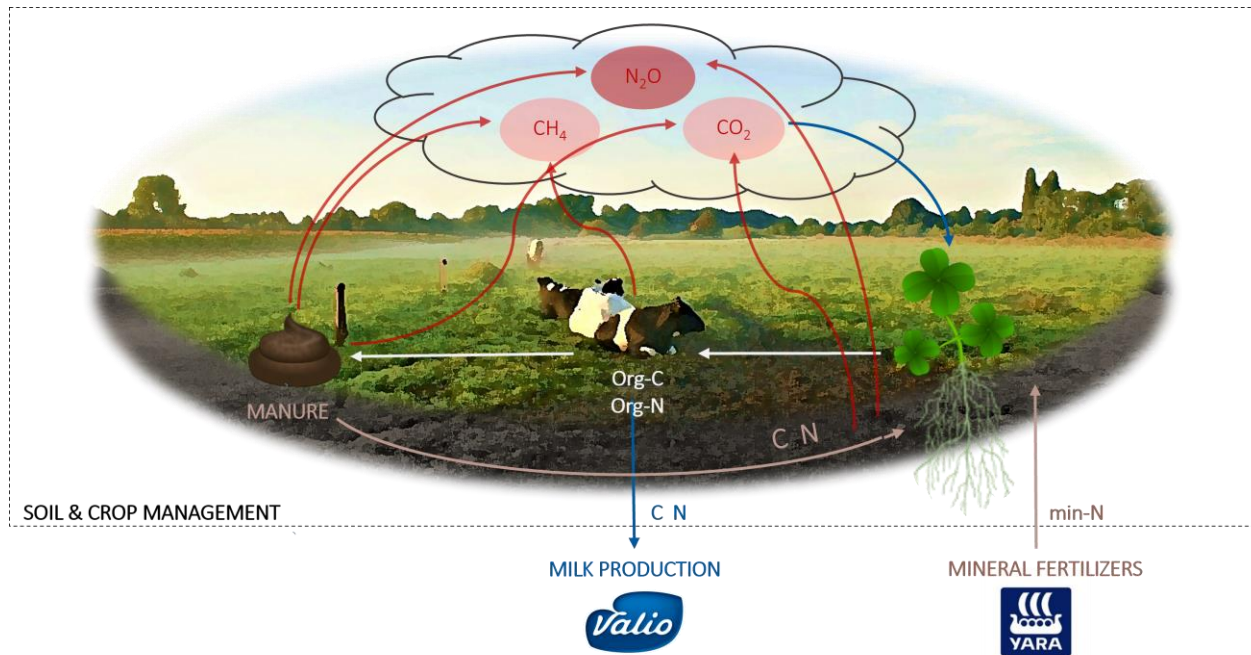


Typpioksiduuli (N₂O) kasvihuonekaasuna



- Pienet pitoisuudet, mutta vahva kasvihuonekaasu (273 x lämmityspotentiaali hiilidioksidiin verrattuna 100 vuoden ajalla)
- Otsonia tuhoava
- Nitrifikaation: $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ (hapellinen)

- Denitrifikaatio: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$ (hapeton)
- Päästöt riippuvat mm. maalajista, typpipit., maan lämpötilasta, hapellisuudesta ja kosteudesta
- Suuri spatiaalinen vaihtelu, päästöepisodit

N₂O tuotto nurmimaillla



- 30% maidontuotannon ilmastovaikutuksesta
- Typpilannoitteiden määrä lisää päästöjä
- Päästöt & lannoitus: epälineaarinen riippuvuus
- Päästöepisodit ominaisia maatalousmaille maanmuokkausten/lannoitusten takia -> haastava mitata ja mallintaa -> päästöestimaattien epävarmuus



Jäätymis-sulamissyklit: puuttuva pala päästöarvioista?

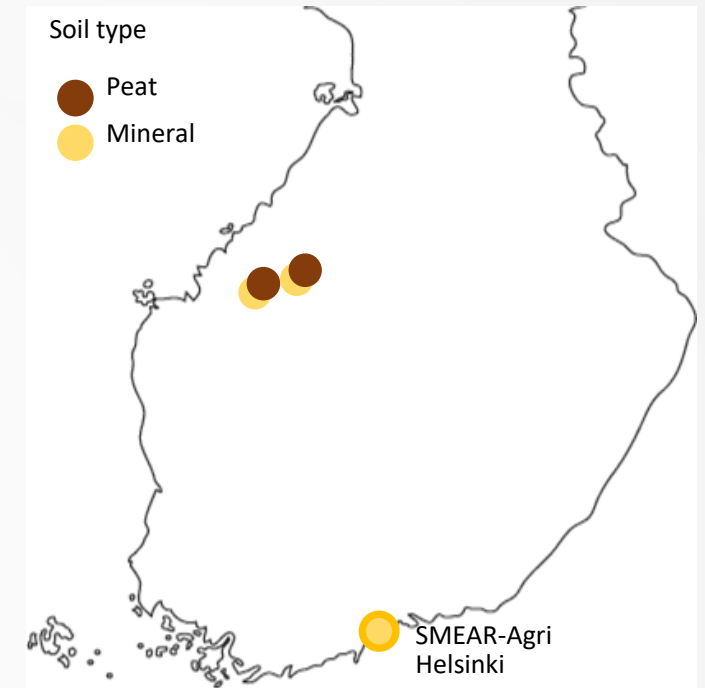
- Talviajan päästöt voivat muodostaa 50-70% vuosittaisista N₂O päästöistä (boreaalinen vyöhyke)
- Ilmastonmuutos lisää ääriolosuhteita -> enemmän jäätymis-sulamissyklejä -> N₂O?
- Päästöestimaatit puutteellisia kausi- ja spatiaalisen vaihtelun suhteen





Mittaukset

- Kasvihuonekaasumittaukset touko-elokuussa 2022 ja 2023
- Lannoitettu ja lannoittamaton koeruutu
- 2022: 5 nurmea kivennäis- ja orgaaninen maa
- 2023: 2 nurmea, 2 ohra + nurmi aluskasvina
- Maan kemialliset analyysit (mineraalityppi, hiili-typpi, pH yms.)





Sulamis-jäätymiskoe



Kuva: Saana Hakkola

- Nurmimailta otettuja maanäytteitä (turve, hietta, savi) jäädytettiin ja sulatettiin
- N₂O päästöjä mitattiin kaasuanalysaattorilla
- Yht. 3 sykliä
- C/N, mineraalityppi, pH ym.

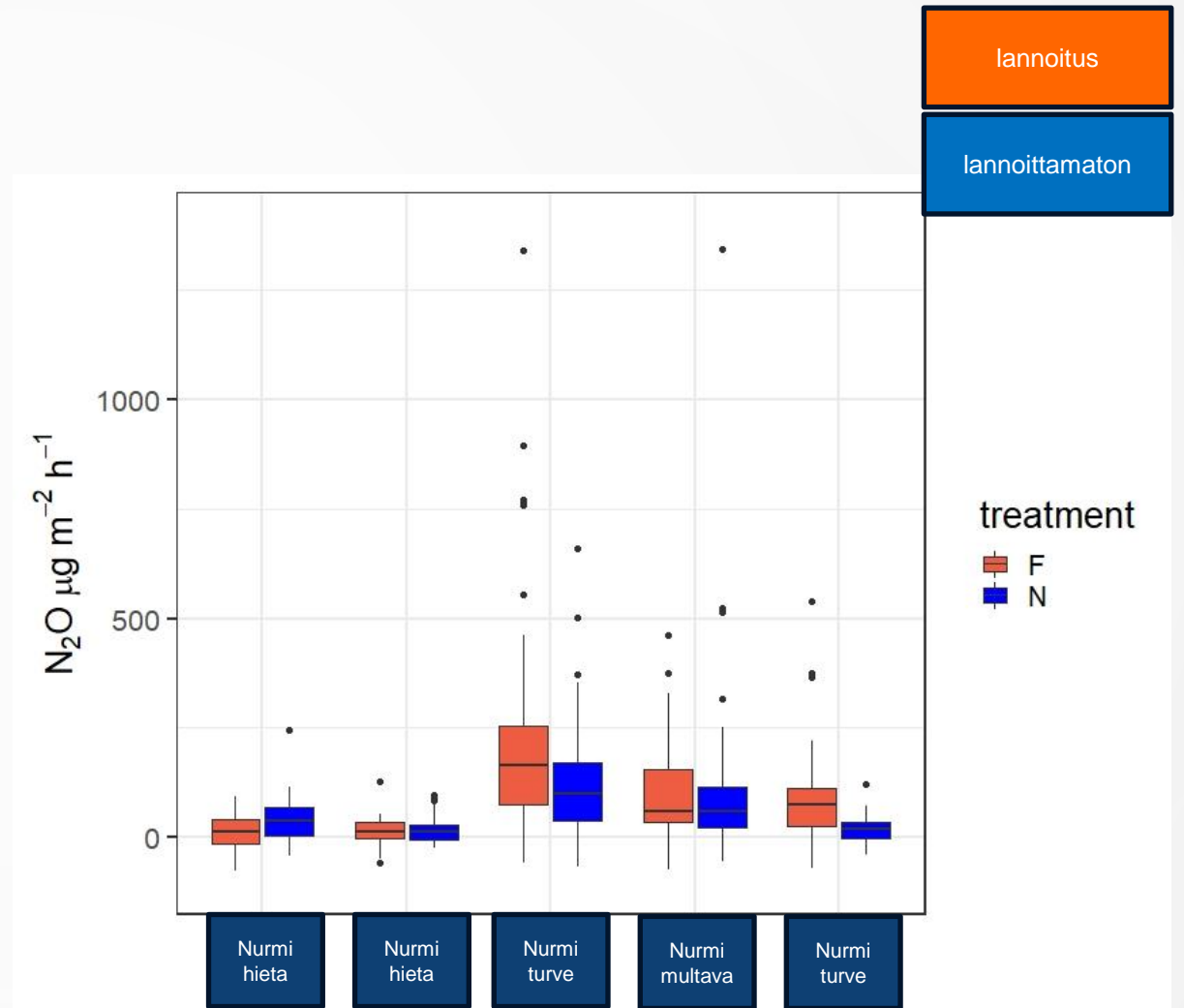


Kuva: Saana Hakkola



N₂O päästöt 2022

- Orgaaniset maat (turve, multava) tuottivat suuremmat päästöt
- O mailla lainnoitus- ja lainnoittamattoman erosi enemmän
- Kivennäismailla vain pieni ero tai ei eroa lainkaan
- Mittaustiheys -> päästöhuippuja haastava saada kiinni





N₂O päästöihin vaikuttavat tekijät

- Päästöt korreloivat vahvimmin ammoniumin ja maankosteuden kanssa
- Mitatuista tekijöistä maanlämpötilan, kosteus, maahengitys ja mineraalityypin konsentraatio selittivät 32% N₂O:n vaihtelusta

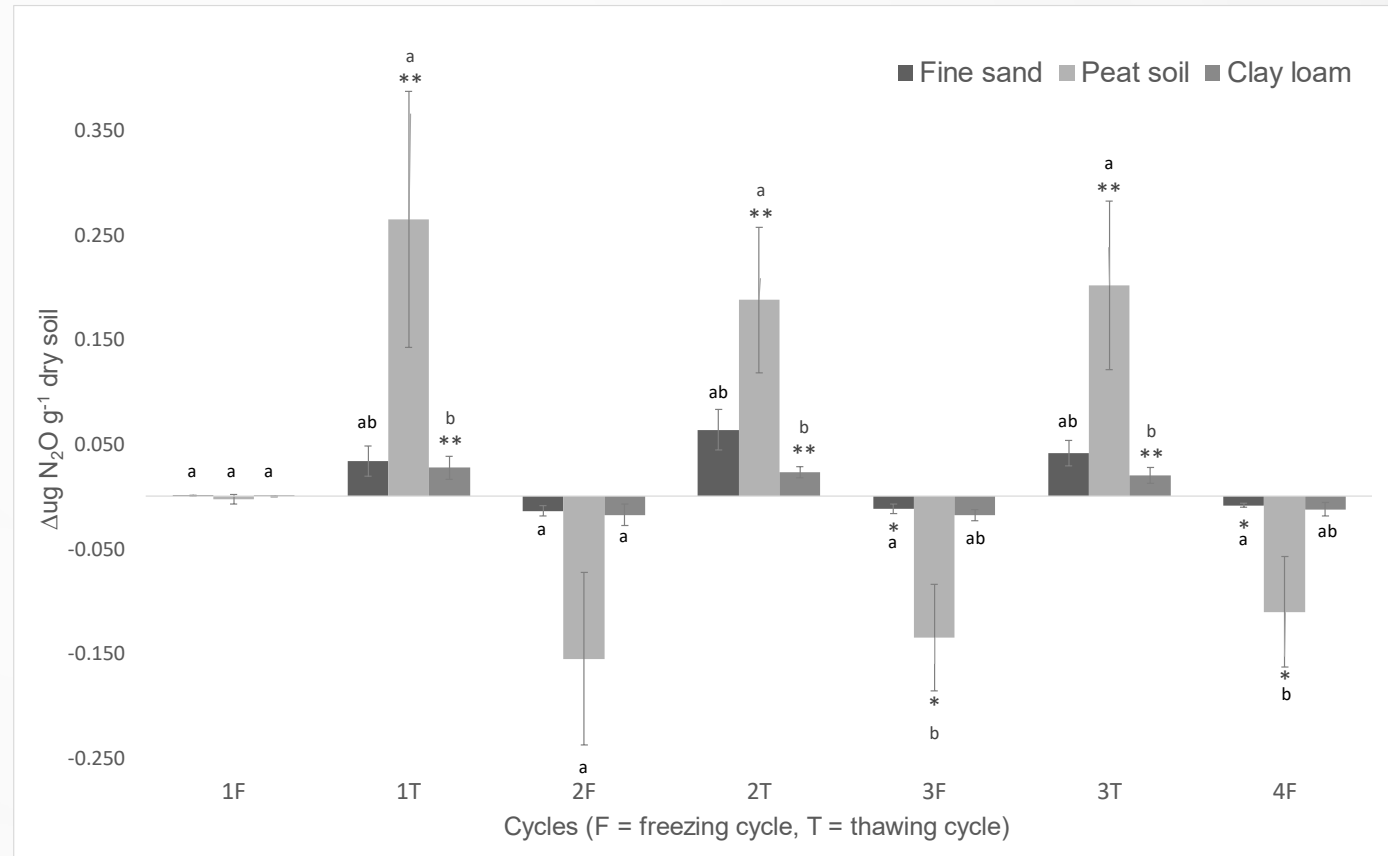
	soil_t	CO2_g_s_m2	NO3	min.N	NH4	N2O_mg_s_m2	soil_moist	CN	pH
soil_t	1	0.37	0.18	0.14	-0.06	-0.23	-0.46	0.15	-0.14
CO2_g_s_m2	0.37	1	0.33	0.3	0.04	0.19	-0.1	-0.2	0.01
NO3	0.18	0.33	1	0.97	0.35	0.27	-0.1	-0.24	0
min.N	0.14	0.3	0.97	1	0.58	0.36	-0.01	-0.22	-0.03
NH4	-0.06	0.04	0.35	0.58	1	0.46	0.29	-0.05	-0.11
N2O_mg_s_m2	-0.23	0.19	0.27	0.36	0.46	1	0.42	-0.1	-0.2
soil_moist	-0.46	-0.1	-0.1	-0.01	0.29	0.42	1	0.02	-0.31
CN	0.15	-0.2	-0.24	-0.22	-0.05	-0.1	0.02	1	-0.64
pH	-0.14	0.01	0	-0.03	-0.11	-0.2	-0.31	-0.64	1



Sulamisen aikaiset N₂O päästöt

Gradututkielma Saana Hakkola

- Turvemaan päästöt 4-10 kertaa suuremmat kuin mineraalimailla
- Kaikista pienimmät päästöt savimaalta
 - N₂O tuotettiin maan sulamisen aikana
 - Maan jäätyneen aikaan ei mitattu N₂O päästöjä lainkaan -> osa maista jopa nieluja





Johtopäätökset



- Yleisesti nurmimaat olivat kasvukauden aikana N_2O lähteitä
- orgaaniset maat suurempia lähteitä kuin kivennäismaat: valmiiksi suuri määrä hajoavaa orgaanista ainesta
- Orgaanisilla mailla suurempi ero lannoite- ja lannoittamattomalla -> köyhemmillä mailla lannoitetyppi sitoutunee tehokkaammin kasvustoon -> orgaanisilla erityisesti optimoitava lannoitemäärä
- N_2O päästöt riippuvat monista tekijöistä -> lisää jatkuvia mittauksia tarvitaan



Johtopäätökset



- Turvemaidilla moninkertainen potentiaali tuottaa N_2O päästöjä jäätymissulamissykliä aikana vs. Mineraatit
- Nurmimaat potentiaalisesti tuottavat N_2O :ta kasvukauden ulkopuolella -> sisällytettävä päästöestimaatteihin
- Toisaalta nurmilla ehkä potentiaalia toimia jopa N_2O nieluna jäätymisen aikana → kaipaa lisää tutkimusta

Kiitos 😊