

## Laitumen dityppioksidin- ja ammoniakkipäästöt

Kirsi Saarijärvi<sup>1)</sup>, Pasi Mattila<sup>2)</sup>, Marja Maljanen<sup>3)</sup>, Perttu Virkajärvi<sup>1)</sup> ja Pertti Martikainen<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> MTT, Pohjois-Savon tutkimusasema, Halolantie 31, 71750 Maaninka, [kirsi.saarijarvi@mtt.fi](mailto:kirsi.saarijarvi@mtt.fi), [perttu.virkajarvi@mtt.fi](mailto:perttu.virkajarvi@mtt.fi)

<sup>2)</sup> MTT, Maaperä ja ympäristö, Jokioinen, [pasi.mattila@helsinki.fi](mailto:pasi.mattila@helsinki.fi)

<sup>3)</sup> Kuopion yliopisto, Ympäristötieteiden laitos, Kuopio, [marja.maljanen@uku.fi](mailto:marja.maljanen@uku.fi), [pertti.martikainen@uku.fi](mailto:pertti.martikainen@uku.fi)

### Johdanto

Laiduntavan lehmän syömistä ravinteista 70–90 % palautuu ulosteiden mukana laitumelle. Ulostetut aiheuttavat korkean paikallisen ravinnekuormituksen, etenkin typpikuorman, mikä voi johtaa korkeisiin typen hävikkeihin. Ulkomaisten tutkimusten perusteella 14–22 % laitumelle tulevien ulosteiden helppoliukoisesta typestä karkaa kaasumaisina yhdisteinä (NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub> ja NO; Webb 2001).

Dityppioksidi (N<sub>2</sub>O) on sadan vuoden aikajaksolla lähes 300 kertaa voimakkaampi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi (IPCC 2001). Dityppioksidia syntyy maa-vesiekosysteemissä mikrobiologisissa prosesseissa, kuten denitrifikaatiossa ja nitrifikaatiossa. Borealisella vyöhykkeellä 10–90 % N<sub>2</sub>O päästöistä syntyy kasvukauden ulkopuolella, ja ne on yleensä yhdistetty maan jäätymissulamissykleihin (esim. Teepe ym. 2001). Noin puolet Suomen N<sub>2</sub>O-päästöistä on peräisin maataloudesta. Laidunten osuus N<sub>2</sub>O-päästöistä on epäselvä, koska aiheesta ei ole pohjoismaisia tutkimustuloksia.

Ammoniakki (NH<sub>3</sub>) ei ole kasvihuonekaasu, mutta eritteistä (virtsa, sonta) haihtuva NH<sub>3</sub> aiheuttaa laitumilla typpitappioita ja vaikuttaa merkittävästi laitumen typpitaseseen. Laitumen NH<sub>3</sub>-päästöjä ei ole kuitenkaan Suomessa vielä mitattu ja yleisestikin samanaikaisesti tehdyt N<sub>2</sub>O- ja NH<sub>3</sub>-mittaukset ovat hyvin harvinaisia. Tässä tutkimuksessa mitattiin molempien kaasujen haihtumista samalta laidunalueelta typpidynamiikan ja -taseen selvittämiseksi.

### Aineisto ja menetelmät

Mittaukset suoritettiin MTT:n Pohjois-Savon tutkimusasemalla Maaningalla yhteistyössä Kuopion Yliopiston kanssa. Koealueen päämaalajitteet kyntökerroksessa olivat karkea hieta (46-61 %), hiekka (13-23 %) ja hieno hieta (8-21 %). Alueelle vuonna 2000 kylvetty timotei-nurminatalaidun sai vuotuislannoituksen kolmessa erässä, yhteensä 220 kg ha<sup>-1</sup> N, 23 kg ha<sup>-1</sup> P ja 105 kg ha<sup>-1</sup> K. Mittausjaksolla aluetta ei laidunnettu, vaan koe suoritettiin laidunsimulaationa (5 niittoa per laidunkausi). Koska N<sub>2</sub>O ja NH<sub>3</sub> päästöt mitataan eri tekniikoilla, perustettiin kumpikin koe erikseen samalle alueelle.

Haihtunut NH<sub>3</sub>-N ja N<sub>2</sub>O-N mitattiin sonnan ja virtsan kertaerityksestä. Mittaukset tehtiin simuloituista keskimääräisen kokoisista virtsalaikuista (kokonaistyyppiä 49,3 g m<sup>-2</sup>) ja sontakasoista (kokonaistyyppiä 110,8 g m<sup>-2</sup>) sekä N<sub>2</sub>O myös ilman sonta- tai virtsakäsittelyä. Dityppioksidia mitattiin kammiotekniikalla, 6 rinnakkaista / käsittely (Nykänen ym. 1995; Maljanen ym. 2003a) kerran viikossa kesäkuusta lokakuuhun. Lumen tulon jälkeen N<sub>2</sub>O-mittauksia jatkettiin konsentraatiogradienttitekniikalla lumipatsaasta (Maljanen ym. 2003b). NH<sub>3</sub>-haihduntaa mitattiin tasapainokonsentraatiomenetelmällä (JTI-menetelmä, 4 rinnakkaista / käsittely; Svensson 1994) kahdessa jaksossa. Kesäkuun mittausjakso kesti 5 päivää ja elokuun jakso pidennettiin 8 päivään kesäkuun tulosten perusteella. Ympäristömuuttujista mitattiin ilman lämpötila, sademäärä, tuulen nopeus sekä maan lämpötila ja kosteus (TDR- ja tensiometrimittaus).

Laidunhehtaaria kohti haihtunut kokonaismäärä laskettiin eritteiden ja puhtaan maan pinta-alapeittävyyden (%) perusteella. Eritteiden peittoala laskettiin kertaerityksen vaatiman pinta-alan ja eritysten lukumäärän per laidunvuorokausi perusteella.

### Tulokset

N<sub>2</sub>O:n ja NH<sub>3</sub>:n päästödynamiikat olivat odotetusti erilaiset (Taulukko 1). N<sub>2</sub>O-emissio jatkui pitkään ja huippuarvot (1600 µg N<sub>2</sub>O-N m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) saatiin, kun maa oli kostea sateiden jälkeen. Sonta oli merkittävin N<sub>2</sub>O-lähde, kun taas lannoitettu mutta ulosteeton maa ja virtsalaikku olivat hyvin samankaltaiset. Koska virtsalaikkujen peitoksi saatiin 17 % ja sontakasojen peitoksi 5 % kasvukauden laidunalasta, voidaan karkeasti estimoida, että kasvukauden N<sub>2</sub>O kokonaisemissio (eritteet + eritteetön

maa) oli 1,3 kg ha<sup>-1</sup>. N<sub>2</sub>O-päästö oli vähäisintä elokuussa, mutta kasvoi myöhemmin pintamaan jäätyessä. Myös keväällä maan sulamisen yhteydessä mitattiin korkeita päästöjä. Talvikauden N<sub>2</sub>O-päästöt olivat myös hyvin korkeat (Kuva 1) ja ne muodostivat keskimäärin n. 50 % koko vuoden päästöistä. Yleensä talvikauden N<sub>2</sub>O-päästö on liitetty maan jäätyemis-sulamissykleihin (Teepe 2001). Tässä tutkimuksessa päästöt pysyivät korkeina vaikka ilman lämpötila oli useita vuorokausia alle -20 °C. Koska lumipeite oli samanaikaisesti paksu (> 30 cm), pysyi maan lämpötila 5 cm syvyydessä -0,1 ja -1,8 °C välillä, mikä on todennäköisesti pääsyy havaittuihin suuriin N<sub>2</sub>O-päästöihin. Tulokset osoittavat, että N<sub>2</sub>O-päästöihin vaikuttavat mekanismit tunnetaan vielä puutteellisesti.

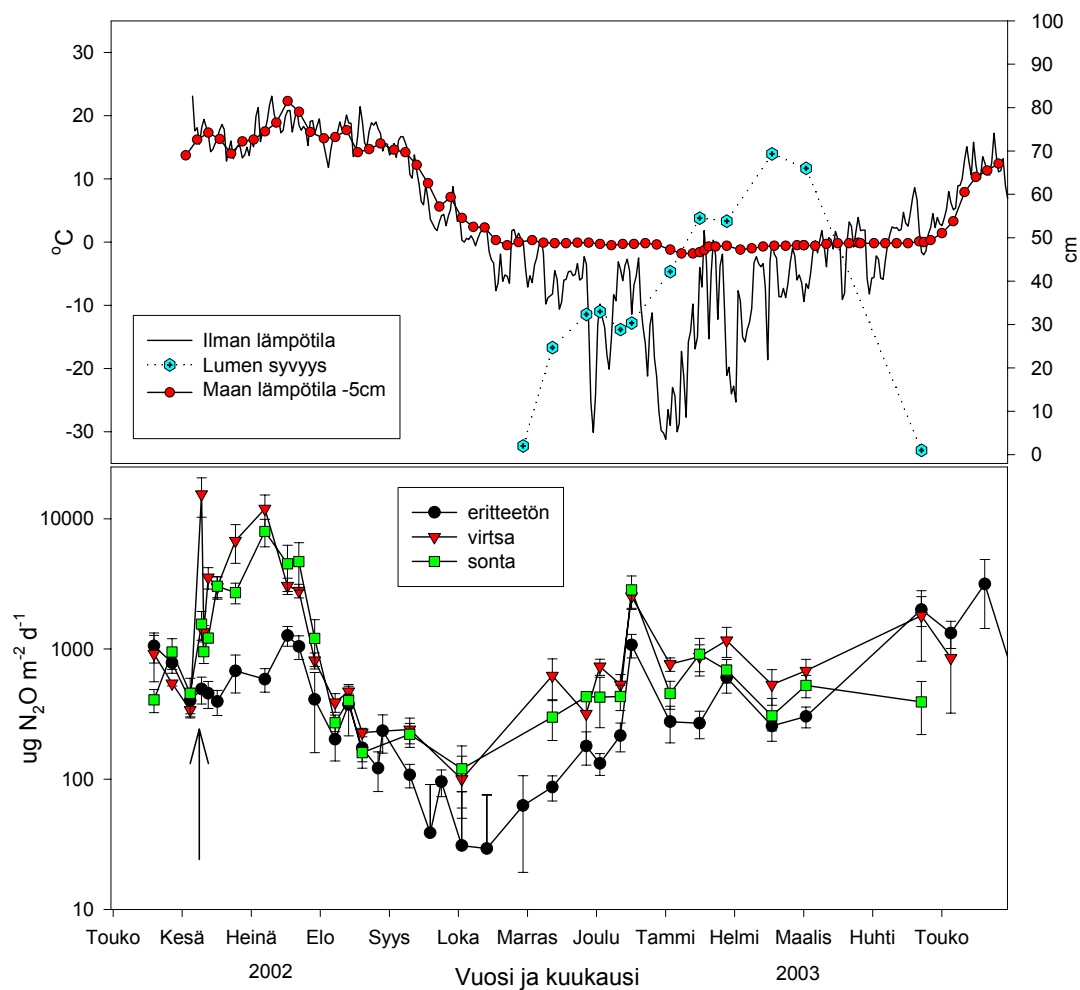
Ammoniakin osalta kesäkuun ja elokuun mittaustulokset olivat hyvin samankaltaiset. Etenkin virtsalaikuista NH<sub>3</sub>-haihtuminen oli nopeaa, ja 79 % NH<sub>3</sub>-kokonaishaihdunnasta tapahtui levitystä seuraavien ensimmäisten 44 tunnin aikana. Huippuarvo (0,51 g NH<sub>3</sub>-N m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) virtsalaikusta mitattiin elokuun jaksolla neljä tuntia simuloidun erityksen jälkeen. NH<sub>3</sub>-haihdunta riippui lämpötilasta ja eniten NH<sub>3</sub>:sta haihtui iltapäivällä, kun taas aamuyöllä haihdunta oli hyvin vähäistä (Kuva 2). Virtsan tyypestä haihtui NH<sub>3</sub>-na 17,2 %, kun sonnan tyypestä haihtui vain 1,3 %, joten ammoniakin haihdunnan kannalta sonta on melko merkityksetön lähde. Molemmilla jaksoilla sääolosuhteet suosivat NH<sub>3</sub>:n haihtumista (kuiva, lämmin ja tuulinen sää), joten mitatut arvot ovat todennäköisesti keskimääräistä suurempia. Pinta-alaa kohti laskettu haihtuminen 17,1 kg ha<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N on melko korkea. Esimerkiksi Jarvis (1989) ja Bussink (1994) ovat mitanneet noin 10 kg ha<sup>-1</sup> emissioita vastaavalla lannoitustasolla. Petersenin ym. (1998) Tanskassa tehdyissä mittauksissa NH<sub>3</sub>:n haihdunta vaihteli paljon: laitumelle levitetyn virtsan tyypestä haihtui 3–52 %. Tässä tutkimuksessa mitattiin nimenomaan suoraan erityksistä haihtuneen NH<sub>3</sub>:n määrä ja on syytä ottaa huomioon, että osa haihtuneesta NH<sub>3</sub>:sta voi sitoutua laitumeen virtsa- ja sontalajukujen ulkopuolelle.

*Taulukko 1. Kesän 2002 N<sub>2</sub>O-N ja NH<sub>3</sub>-N päästöt laskettuna laidunhehtaaria kohti sekä eri lähteiden prosentuaalinen osuus N<sub>2</sub>O-N ja NH<sub>3</sub>-N päästöistä (Sd = keskihajonta).*

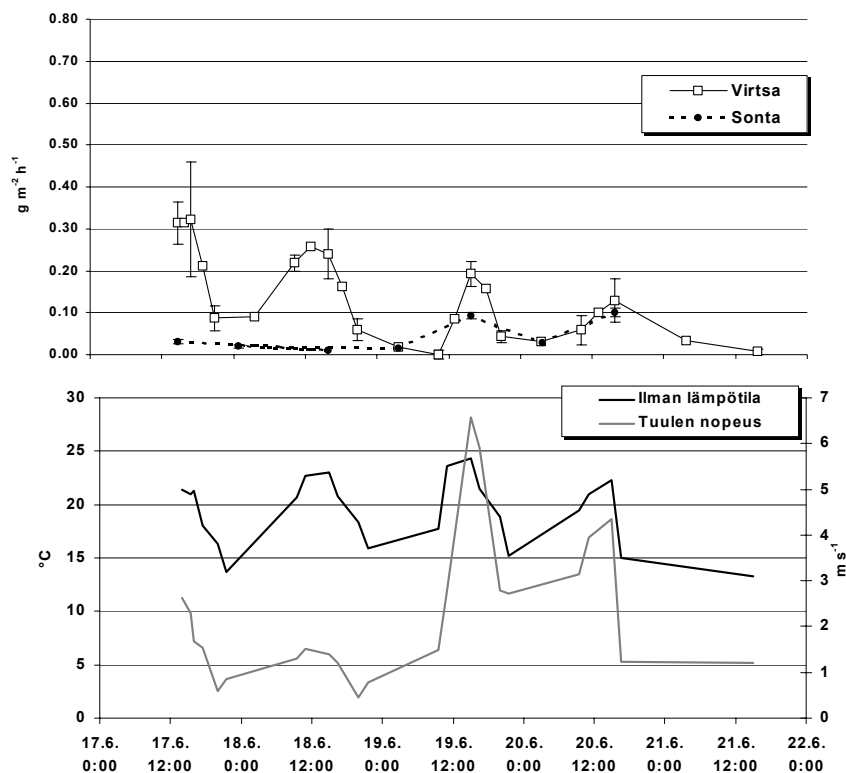
N <sub>2</sub> O-N päästö	kg ha <sup>-1</sup>	Sd	%
Sonta	0,71	-	53,0
Virtsa	0,34	-	25,5
Eritteetön maa	0,29	-	21,5
			100,0
NH <sub>3</sub> -N päästö			
Sonta	0,6	3,5	13,6
Virtsa	17,1	40,8	86,4
			100,0
(NH <sub>3</sub> + N <sub>2</sub> O)-N päästö			
N <sub>2</sub> O-N	1,3	-	16,7
NH <sub>3</sub> -N	17,7	-	83,3
			100,0

## Johtopäätökset

Yli puolet Suomen maidontuotannosta sijaitsee maaperältään samankaltaisella alueella kuin mittaukset tehtiin. Näin ollen mittaustulokset ovat edustavia ja niiden perusteella voidaan arvioida päämaidontuotantoalueen laiduntamisesta aiheutuvien N<sub>2</sub>O-N ja NH<sub>3</sub>-N päästöjen suuruusluokka. Koska laitumelle tulevat eritteet jakautuvat sekä ajan että paikan suhteen spatiaalisesti, päästölaskelmat ovat epävarmoja. Päästöarvioiden tarkentamiseksi tarvitaan enemmän mittaustuloksia ja monipuolisempia laskentamalleja.



Kuva 1. Ilman ja maan lämpötila sekä lumen syvyys mittausjaksolla toukokuu 2002 - toukokuu 2003 (ylempi kuva) sekä N<sub>2</sub>O-päästöt simuloituista sonta- ja virtsalaikuista sekä käsittelemättömästä laidunnurmesta samalta ajalta (keskiarvo ja keskivirhe). Nuoli osoittaa käsitteleväpäivää.



Kuva 2. Ammoniakin haihtuminen sonta- ja virtsalaikuista kesäkuussa 2002 (keskiarvo ja keskivirhe). Alakuvassa ilman lämpötilä ja tuulen nopeus.

## Kirjallisuus

- Bussink, B.W.** 1994. Relationship between ammonia volatilization and nitrogen fertilization application rate, intake and excretion of herbage nitrogen by cattle on grazed swards. *Fert. Res.* 38: 111-121.
- IPCC.** 2001. Climate change: the Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Grigs, M. Noguer, P.J. van der Linden & D Xiaosu. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jarvis, S.C., Hatch, D.J. & Lockyer, D.R.** 1989. Ammonia fluxes from grazed grassland: annual losses from cattle production systems and their relation to nitrogen inputs. *J. Agr. Sci., Camb.* 117: 101-109.
- Maljanen, M., Liikanen, A., Silvola, J., & Martikainen, P.J.** 2003a. Nitrous oxide emissions from boreal organic soil under different land-use. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 689-700.
- Maljanen, M., Liikanen, A., Silvola, J. & Martikainen P.J.** 2003b. Measuring  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from organic soils with closed chamber or soil/snow  $\text{N}_2\text{O}$  gradient methods. *European Journal of Soil Science* 54: 625-631.
- Nykänen, H., Alm, J., Lång, K., Silvola, J., & Martikainen, P.J.** 1995. Emissions of  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$  from a virgin fen and a fen drained for grassland in Finland. *Journal of Biogeography* 22: 351-357.
- Petersen, S.O., Sommer, S.G., Aaes, O. & Søgaard, K.** 1998. Ammonia losses from urine and dung of grazing cattle: effect of N intake. *Atmospheric Environment* 32: 295-300.
- Svensson, L.** 1994. A new dynamic chamber technique for measuring ammonia emissions from land-spread manure and fertilizers. *Acta Agric. Scand. Sect. B, Soil Plant Sci.* 44: 35-46.
- Teepe, R., Brumme, R. & Beese, F.** 2001. Nitrous oxide emissions from soil during freezing and thawing periods. *Soil Biol. & Biochem.* 33: 1269-1275
- Webb, J.** 2001. Estimating potential for ammonia emissions from livestock excreta and manures. *Env. Poll.* 111: 395-406.