



## AMMONIAAGI JA VÄÄVELVESINIKU EMISSIOONIST VEDELSÖNNIKUHOIDLATEST

### AMMONIA AND HYDROGEN SULPHIDE EMISSION FROM LIQUID MANURE STORAGE

Allan Kaasik<sup>1</sup>, Marek Maasikmets<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eesti Maaülikool, Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut

Kreutzwaldi 62, 51014 Tartu, Eesti

<sup>2</sup> Eesti Keskkonnauuringute Keskus

Saabunud: 18.06.2014  
Received:  
Aktsepteeritud: 03.11.2014  
Accepted:

Avaldatud veebis: 04.11.2014  
Published online:

Vastutav autor: Allan Kaasik  
Corresponding author:  
e-mail: allan.kaasik@emu.ee

**Keywords:** ammonia emission,  
hydrogen sulphide emission, liquid  
manure, manure storage, cattle

Link: [http://agrt.emu.ee/pdf/  
2014\\_2\\_kaasik.pdf](http://agrt.emu.ee/pdf/2014_2_kaasik.pdf)

**ABSTRACT.** The aim of this study was to determine relationships between ammonia and hydrogen sulphide emissions and the type of manure storage, and correlations between emissions and Estonian climatic conditions. Total ammonia (NH<sub>3</sub>) and hydrogen sulphide (H<sub>2</sub>S) emissions depend directly on the open area of manure storage. Of ring-shaped manure storage, with permanent roofing (H1, open area 3.9 m<sup>2</sup>), 2.7 kg NH<sub>3</sub> and 0.02 kg H<sub>2</sub>S were emitted per year. Emissions from plastic lagoons (H4, open area 4100 m<sup>2</sup>) were 920 kg NH<sub>3</sub> and 4.6 kg H<sub>2</sub>S per year. Emissions per animal unit (AU) per year from storage H1 were 14.6 g NH<sub>3</sub> and 0.08 g H<sub>2</sub>S, and from storage H4 722.8 g NH<sub>3</sub> and 3.65 g H<sub>2</sub>S. The emission of pollutants, per m<sup>2</sup> of open area also depended on the depth of stored manure. The highest emissions were from the ring-shaped uncovered storage systems with high walls (H2), at 1.05 g m<sup>-2</sup> 24h<sup>-1</sup>. Emissions from ring-shaped uncovered storage with low walls (H3) was 25% smaller, 0.79 g m<sup>-2</sup> 24h<sup>-1</sup>, and from the manure lagoons (H4) 42% lower, 0.61 g m<sup>-2</sup> 24h<sup>-1</sup>. However the variation between storage systems was not significant (P > 0.05). Temperature (°C) had the greatest effect on increasing ammonia emission (r = 0.65\*\*\*). The correlation between temperature and hydrogen sulphide emissions was not significant (r = 0.18). Relative humidity (%) had no effect to ammonia and hydrogen sulphide emission (r = 0.02 and 0.16 respectively).

© 2014 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2014 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

#### Kirjanduse ülevaade

Viimasel kümnendil on Eesti piimakarjakasvatuse toimunud suured muutused. Piimalehmade koguarv on stabiliseerunud ca 100 tuhande isendi juures ning toodang lehma kohta jõudluskontrolli alustes karjades suurenenud 8416 kg-ni (Eesti Jõudluskontrolli aasta-raamat, 2013). Parema geneetilise potentsiaaliga loomade kasutamise ning täpsema ja kvaliteetsema söötmise kõrval on toodangunäitajate suurenemises oma osa ka üleminekul vabapidamisele. Tavapäraselt eeldab loomade vabapidamine üleminekut tahe-sönnikutehnoloogialt vedelsönniku tehnoloogiale v.a sügavallapanul pidamisviisi korral. Vabapidamine sügavallapanul pole Eestis suurtes piimakarjalautades

siiski levinud. Vedelsönnik ladustatakse ja säilitatakse spetsiaalsetes lekkekindlates hoidlates. Vedelsönniku käitlemine ja vegetatsiooni perioodi jooksul kasutamine erineb nii tehniliste lahenduste kui ka ajaliselt tahesönniku kasutamisest. Praegusel ajal on Eesti piimafarmide juures asuvad vedelsönnikuhoidlad lekkekindlad, st saasteainete otsene sattumine pinna- ja põhjavette on välditud, kuid enamuses katmata. Käesoleva uuringu eesmärgiks oli selgitada ammoniaagi, kui ühe peamise loomakasvatusega seonduva saasteaine ja väävelvesiniku lendumise ulatust, selle sõltuvust hoidla konstruktsioonist ning meie kliimatilistest tingimustest.

Inimtegevuse tulemusena paisatakse maailmas atmosfääri hinnanguliselt 47 miljonit tonni ammoniaaki

aastas. Põllumajandusega seostatakse sellest kogusest ligikaudu 94%, millest 68% pärineb loomakasvatusest (Steinfeld jt, 2006). Oenema jt (2007) andmetel toodeti 2000. aastal Euroopa Liidu loomakasvatuses kokku ca 10 400 kt sõnnikulämmastikku. Sellest ca 65% ladustati hoidlatesse ja säilitati mingi perioodi vältel. Keskmine lämmastiku kadu ladustatud sõnnikust ammoniaagi (NH<sub>3</sub>), dilämmastikoksiidi (N<sub>2</sub>O), lämmastikoksiidi (NO) ja lämmastiku (N<sub>2</sub>) emissiooni ning leostumise tulemusena moodustas ca 30%. Seejuures 2/3 lämmastikku lendus ammoniaagi koostises.

Ammoniaagi teke sõnnikus on mikrobioloogiline protsess. Suurem osa ammoniaagist tekib aeroobses keskkonnas peamiselt uriini koostises oleva karbamiidi lagunemise tulemusena ensüüm ureaasi kaasabil (võrrand 1).

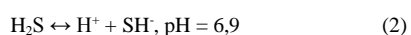


Väävelvesinik tekib samuti mikroobse protsessi tulemusena väävlit sisaldavast orgaanilisest materjalist, eriti proteiinist, kuid anaeroobses keskkonnas. Väävelvesiniku teke võib osutada probleemiks pigem seakasvatuses (Thu, 2002).

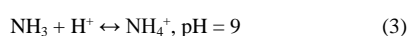
Ammoniaagi ja väävelvesiniku lendumist mõjutavad paljud väga erinevad tegurid. Kuna tegemist on eeskätt mikrobioloogiliste protsessidega, siis sõltub emissiooni intensiivsus suurel määral keskkonna temperatuurist. Temperatuuri langemisel ammoniaagi teke väheneb või lakkab sootuks (Amon jt, 2007; Ferm jt, 2005; Vaddella jt, 2013; Dinuccio jt, 2008). Seega on saasteainete emissioon külmal aastaajal väiksem (Mathot jt, 2012). Balsari jt (2007) uuringus lendus hoidlas temperatuuril 3,5°C veise vedelsõnniku pinnakihi ruutmeetritl keskmiselt 0,98 g ammoniaaki päevas. Vastav näitaja temperatuuril 27°C oli aga 1,66 g.

Ammoniaak ja väävelvesinik eralduvad välisõhku üldjuhul läga või sõnniku vedelast faasist. Saasteainete üleminek vedelikufaasist gaasifaasi allub Henry seadusele, mille kohaselt on gaasi lahustuvus vedelikus proportsionaalses sõltuvuses gaasi osarõhuga lahuse kohal.

Ammoniaagi ja väävelvesiniku jagunemist vedelfaasi ja gaasifaasi vahel mõjutab põhiliselt temperatuur ja pH. pH suurenedes väheneb väävelvesiniku dissotsiatsioon, kuid samas suureneb ammoniaagi lendumine. Lahuses dissotsieerub väävelvesinik vesinik- (H<sup>+</sup>) ja sulfiidiooniks (SH<sup>-</sup>).



Ammoniaak on lahuses aga nõrk alus, mis saab liita vesinikioone (H<sup>+</sup>) ning moodustada ammooniumioone (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).



Aeroobsetes või anaeroobsetes sõnnikuhoidlates on pH vahemikus 6,5 kuni 8. Madalama pH juures on ca 60% väävelvesinikku dissotsieerumata molekulaarsel kujul, mis võib eralduda gaasifaasi, samas ammoniaak

on dissotsieerunud ja olulist lendumist ei toimu. Kõrgema pH juures lendub ca 10% väävelvesinikku ja ammoniaaki gaasina. Samuti mõjutab pH mikroobse ja ensümaatilise aktiivsuse kaudu mõlema saasteaine tekkeprotsessi (Weast, 1971).

Ammooniumioonide (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) püsivus ja sellest tulevalt ammoniaagi lendumine on seotud keskkonna happelisusega. Kõrgema pH korral (aluselisem keskkond) on tasakaal ammoniaagi ja ammooniumioonide kontsentratsiooni vahel liikunud ammoniaagi tekke suunas, st pH alanedes ammoniaagi emissioon väheneb (Aguerre jt, 2012a; Aguerre jt, 2012b).

Orgaaniliste ja anorgaaniliste väävliühendite redutseerumisel anaeroobses keskkonnas väävlit redutseerivate bakterite poolt tekib sobivatel tingimustel reeglina väävelvesinik. Shooter (1998) on viidanud oma töös väävelvesiniku oksüdeerimisele ka vääveldioksiidiks (SO<sub>2</sub>). Väävelvesiniku emissiooni sõnnikust suurendab happeline keskkond, niiskus, kõrge temperatuur, suur väävliühendite sisaldus toidainetes ja sõnniku pikk säilitamine. Aeroobses keskkonnas tekivad väävelvesiniku asemel mittelenduvad sulfaadid (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

Saasteainete emissiooni soodustab intensiivsem õhu liikumine vedelsõnniku pinnakihi kohal (Balsari jt, 2007; Vaddella jt, 2013; Ye jt, 2009).

Sõltuvalt looma- ning allapanu liigist ja kogusest võib katmata vedelsõnnikuhoidla pinnale moodustuda naturaalne koorik, mis samuti vähendab ammoniaagi ja väävelvesiniku lendumist. Allapanuta sea vedelsõnniku pinnakihi tavaliselt koorikut ei moodustu, kuna tahke ois sadeneb hoidla põhja. Seetõttu on ammoniaagi emissioon seasõnnikust suurem (Dinuccio jt, 2008). Mõningane allapanu, soovitatavalt hekselpõhku, kasutamine soodustab vedelsõnnikule naturaalse kooriku tekkimist. Juhul kui vedelsõnnikut ei segata, algab Aguerre jt (2012a) andmetel kooriku moodustumine 12.–28. päeval pärast sõnniku ladustamist. Seejuures ammoniaagi emissioon on suurim säilitusperioodi esimestel päevadel (Aguerre jt, 2012b).

### Materjal ja meetodika

Ammoniaagi ja väävelvesiniku lendumist mõõdeti aastatel 2010–2012 neljal erinevat tüüpi vedelsõnnikuhoidlal. Sõnnikuhoidlate valikukriteeriumiks oli kõikide peamiste vedelsõnniku hoidlatüüpide esindatus.

Konstruksiooni alusel jagunevad vedelsõnnikuhoidlad nelja tüüpi: a) HDPE kilest laguuntüüpi katmata hoidlad (joonis 1); b) madala seinaga (kuni 4 m) katmata rõngasmahutid (joonis 2); c) kõrge seinaga (üle 4 m) katmata rõngasmahutid ning d) jäiga kattega (katusega) rõngasmahutid.

Rõngasmahutite põhi on valmistatud raudbetoonist, seinte ehituseks võib kasutada nii monteeritavaid raudbetoonpaneele, monoliitset raudbetooni, emailiga kaetud – või roostevabu terasplaate ning ka puitu (Luts, 2006).

Hoidlates ladustati veisesõnnikut. Emissioone mõõdeti vahetult vedelsõnniku pinnakihi, kasutades selleks ujukile paigutatud tuuletunnelit (joonis 5). Gaaside kontsentratsioone mõõdeti tuuletunnelist

stabiilse kiirusega läbipumbatud õhuvoost. Tuuletunneli sissetõmbeventilaator oli varustatud söefiltriga. Söefiltri abil eemaldati tuuletunnelisse suunatavast õhust ammoniaagi ja väävelvesiniku molekulid.



**Joonis 1.** HDPE kilest laguuntüüpi hoidla (foto A. Nõmmeots)  
**Figure 1.** Lagoon type manure storage (photo A. Nõmmeots)

Vedelsõnnikuhoidlate parameetrid on toodud tabelis 1. Kasutatud aparatuuri ja seadmete loend ning kirjeldus on toodud tabelis 2. Mõõtmised viidi läbi üks kord kuus kõikidel tabelis 1 nimetatud hoidlatel.



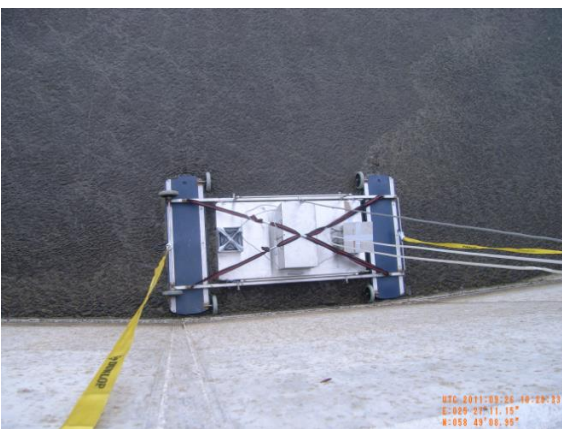
**Joonis 2.** Madala seinaga (kuni 4 m) rõngasmahuti (foto A. Nõmmeots)  
**Figure 2.** Ring shaped manure storage with low wall (to 4 m)(photo A. Nõmmeots)



**Joonis 3.** Kõrge seinaga (üle 4 m) rõngasmahuti (foto A. Nõmmeots)  
**Figure 3.** Ring shaped manure storage with roofing (photo A. Nõmmeots)



**Joonis 4.** Jäiga kattega rõngasmahuti (foto A. Nõmmeots)  
**Figure 4.** Ring shaped manure storage with permanent high wall (to 4 m) (photo A. Nõmmeots)



**Joonis 5.** Vedelsõnnikuhoidlale paigutatud tuuletunnel (foto M. Maasikmets)  
**Figure 5.** Wind tunnel placed in liquid manure storage (photo M. Maasikmets)

Hoidlatelt saadi emissioone iseloomustavad andmeid kahe aasta lõikes. Ühe mõõteperioodi pikkuseks kujunes keskmiselt 18 tundi, tulenevalt peamise gaasi-analüsaatori (Dräger X-am 7000) akude vastupidavusest. Andmed, milleks olid gaaside kontsentratsioon (ppm), õhu temperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ) ja -relatiivne niiskus (%), fikseeriti 1 minutilise intervalliga.

Perioodil, kus õhutemperatuur oli pidevalt alla  $0^{\circ}\text{C}$  või hoidlate pind oli kaetud jää- ja/või lumekihiga emissioone ei mõõdetud, kuna ammoniaagi ja väävelvesiniku lendumine oli madala temperatuuri tõttu minimaalne st gaaside kontsentratsioon oli väiksem kui aparatuuride tundlikkus.

**Tabel 1.** Vedelsõnnikuhooldate parameetrid  
**Table 1.** Characteristics of liquid manure storages

Nr No	Sõnnikuhooldla tüüp / tähis Type of manure storage / sign	Avatud pindala Open area m <sup>2</sup>	Loomade arv Number of animals		Piimatoodang kg/lehm/aasta Milk production kg/cow/year	
			2010	2011	2010	2011
1	Betoonkatusega rõngasmahuti <sup>1</sup> / H1 Ring shaped storage with permanent roofing <sup>1</sup> / H1	3,9	Lehmad: 131 Cows Mullikad: 80 Heifers Vasikad: 40 Calves	Lehmad: 128 Cows Mullikad: 74 Heifers Vasikad: 35 Calves	8612	8761
2	Kõrge seinaga (üle 4 m) betoonelementidest katmata rõngasmahuti / H2 Ring shaped not covered storage with high wall (over 4 m) / H2	1047	Lehmad: 523 Cows	Lehmad: 524 Cows	10 495	10 502
3	Madala seinaga (kuni 4 m) betoonelementidest katmata rõngasmahuti (2 tk) / H3 Ring shaped not covered storage with low wall (to 4 m) / H3	2287	Lehmad: 670 Cows	Lehmad: 672 Cows	10 495	10 502
4	Kilematerjalist laguuntüüpi katmata hoidla / H4 Lagoon type not covered storage / H4	4100	Lehmad: 1117 Cows	Lehmad: 1121 Cows	11 013	11 076

<sup>1</sup> Hoidlasse koguti kõikide vanuserühmade sõnnik. Ülejäänud testfarmides ladustati vedelsõnniku hooldlatesse ainult piimalehmadelt pärinev sõnnik.

<sup>1</sup> To the storage was collected manure of all age groups. In other test farms was collected only dairy cows manure.

**Tabel 2.** Kasutatud aparatuur  
**Table 2.** Used equipment

Nr No	Nimetus Designation	Mõõdetav gaas / näitaja Measurable gas / indicator	Kirjeldus Description
1	Tuuletunnel Wind tunnel	–	Pindala 0,5 m <sup>2</sup> , õhu läbivoolu kiirus 6 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> , maht 0,075 m <sup>3</sup> Area 0,5 m <sup>2</sup> , air throat speed 6 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> , volume 0,075 m <sup>3</sup>
2	Dräger X-am 7000	NH <sub>3</sub> ; H <sub>2</sub> S	(Dräger Safety GmbH) Andmete salvestusseadmega varustatud mõõtesead. Elektrokeemiline NH <sub>3</sub> analüsaator, mõõtepiirkond 1–200 ppm; elektrokeemiline H <sub>2</sub> S analüsaator, mõõtepiirkond 1–20 ppm. (Dräger Safety GmbH) Measuring device with data logger. Electrochemical NH <sub>3</sub> analyser, measuring range 1–200 ppm; electrochemical H <sub>2</sub> S analyser, measuring range 1–20 ppm.
3	Jerome 631-x	H <sub>2</sub> S	Andmete salvestusseadmega varustatud mõõtesead, mõõtepiirkond 0,003–50 ppm. Measuring device with data logger. Measuring range 0,003–50 ppm.
4	Rotronic HygroLog	Temperatuur; õhu niiskus Air temperature and relative humidity	(Rotronic AG) Andmete salvestusseadmega varustatud mõõtesead. (Rotronic AG) Measuring device with data logger.

Pindalaühikult (m<sup>2</sup>) lendunud gaaside kogused leiti järgmise võrrandi abil:

$$Q = c \cdot V_m / S, \text{ kus} \quad (4)$$

Q – lendunud gaasi kogus, mg m<sup>2</sup> s / Gas emitted, mg m<sup>2</sup>;

c – gaasi kontsentratsioon tuuletunnelist väljuvas õhuvoos, mg m<sup>-3</sup>  
Gas concentration in air stream in outlet of wind tunnel, mg m<sup>-3</sup>;

V<sub>m</sub> – õhu liikumise kiirus tuuletunnelis, m<sup>3</sup> s / Air velocity in wind tunnel, m<sup>3</sup> s;

S – tuuletunneli pindala, m<sup>2</sup> / Surface area of wind tunnel, m<sup>2</sup>.

Andmete statistilisel analüüsil kasutati MS Excel ja SAS tarkvara. Korrelatsioonide leidmiseks rakendati Pearson'i korrelatsioonikoefitsientide meetodikat (SAS, 2002). Seoste statistiline olulisus väljendati: p < 0,05\*; p < 0,01\*\* ja p < 0,001\*\*\*.

### Tulemused ja diskussioon

Tabelis 3 on toodud ammoniaagi ja väävelvesiniku lendumist iseloomustavad keskmised näitajad hooldate lõikes. Sõltumata mõõteperioodist nähtub tabelist, et nii gaaside kontsentratsioon (ppm) kui ka lendumine avatud pindalaühiku (m<sup>2</sup>) kohta kujunes suurimaks betoonkatusega rõngasmahuti (H1) ning väiksemaks kilematerjalist laguuntüüpi hoidla (H4) puhul.

Ammoniaaki lendus kahe aasta keskmisena hooldlast H1 1,91 g; hooldlast H2 1,05 g; hooldlast H3 0,79 g ning hooldlast H4 vastavalt 0,61 g m<sup>2</sup> 24h<sup>-1</sup>. Lendunud ammoniaagi kogused on hästi võrreldavad Balsari jt (2007) ning Misselbrook jt (2000) sarnase meetodikaga läbiiviid uuringu tulemustega, milles mõõdeti muuhulgas ka ammoniaagi emissiooni veise vedelsõnniku pinnakihi. Nimetatud uuringus oli õhu liikumise keskmine kiirus vedelsõnniku pinnakihi kohal 0,5 m/s ning ammoniaaki lendus sõltuvalt temperatuurist 0,98–1,66 g m<sup>2</sup> 24h<sup>-1</sup>.

Kuna ammoniaak tekib sõnnikus mikroobide elutegevuse tulemusena, siis sõltub protsessi intensiivsus keskkonna (välisõhu) temperatuurist. Kõrgema temperatuuri korral emissioon reeglina intensiivistub. Joonisel 6 on esitatud ammoniaagi kontsentratsiooni (ppm) sõltuvus mõõtekuu temperatuurist hooldate keskmisena (r = 0,65\*\*\*; regressioonivõrrand vastavalt: x = 1,874 + 0,392y, kus x – NH<sub>3</sub>, ppm ning y – temperatuur, °C). Statistiliselt usaldusväärne seos keskkonna relatiivse niiskuse (%) ning ammoniaagi emissiooni intensiivsuse vahel puudub (r = 0,02). Sarnaselt ammoniaagiga on ka väävelvesiniku teke seotud mikroobide elutegevusega.

**Tabel 3.** Ammoniaagi ja väävelvesiniku lendumine sõnnikuhoidlatest  
**Table 3.** Ammonia and hydrogen sulphide emission from manure storage

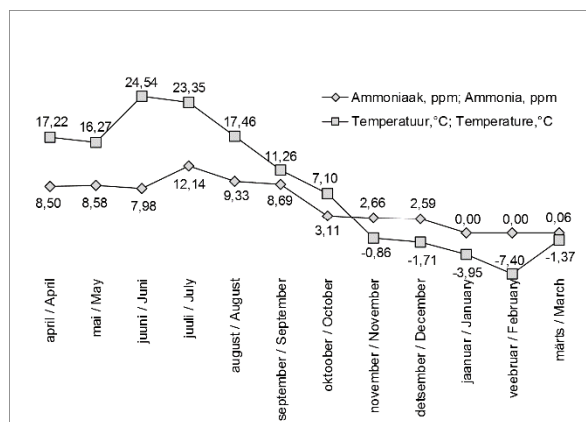
Hoidla Storage	Periood Period	Keskmine kontsentratsioon Average concentration, ppm		Temp, °C	Suhteline niiskus, % RH, %	Emissioonid, g m <sup>-2</sup> 24h <sup>-1</sup> Emissions, g m <sup>-2</sup> 24h <sup>-1</sup>	
		NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S			NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S
H1	2010/2011	8,28	0,033	9,3	84,9	1,79	0,014
	2011/2012	9,43	0,018	7,1	77,4	2,04	0,008
	Keskmine Average	8,85	0,026	8,2	81,2	1,91	0,011
H2	2010/2011	3,80	0,008	7,7	61,2	0,82	0,003
	2011/2012	5,92	0,013	7,3	75,4	1,28	0,005
	Keskmine Average	4,86	0,010	7,5	68,3	1,05	0,004
H3	2010/2011	2,68	0,007	7,3	77,8	0,58	0,003
	2011/2012	4,65	0,008	8,2	78,5	1,01	0,004
	Keskmine Average	3,67	0,008	7,7	78,1	0,79	0,003
H4	2010/2011	2,29	0,010	6,8	82,3	0,49	0,004
	2011/2012	3,40	0,005	8,3	79,0	0,73	0,002
	Keskmine Average	2,85	0,007	7,5	80,7	0,61	0,003

H1 – Betoonkatusega rõngasmahuti, H2 – Kõrge seinaga (üle 4 m) betoonelementidest katmata rõngasmahuti, H3 – Madala seinaga (kuni 4 m) betoonelementidest katmata rõngasmahuti, H4 – Kilematerjalist laguuntüüpi katmata hoidla

H1 – Ring shaped storage with permanent roofing, H2 – Ring shaped not covered storage with high wall (over 4 m), H3 – Ring shaped not covered storage with low wall (to 4 m), H4 – Lagoon type not covered storage.

Kui ammoniaagi lendumine sõltub otseselt keskkonna temperatuurist, siis väävelvesiniku (joonis 7) puhul sellist korrelatsiooni ei leitud ( $r = 0,18$ ).

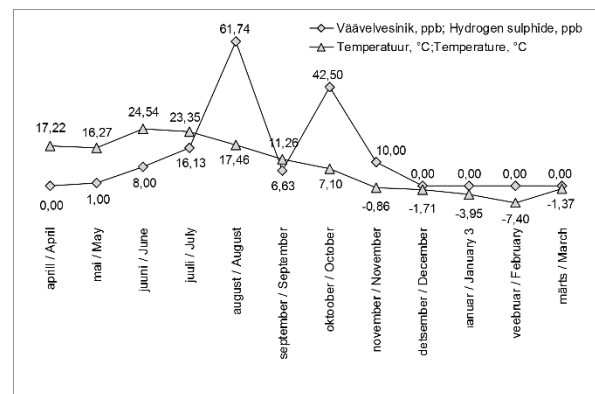
Samuti puudub seos keskkonna relatiivse niiskuse ning väävelvesiniku kontsentratsiooni vahel ( $r = 0,16$ ).



**Joonis 6.** Ammoniaagi kontsentratsiooni ning õhu temperatuuri vaheline seos

**Figure 6.** Relationship between ammonia concentration and air temperature

Mõõtmistulemuste põhjal võib järeldada, et ammoniaagi emissioon avatud hoidla pindalaühiku kohta sõltub hoidla sügavusest. Mingi kogus ammoniaaki tekib ka anaeroobses keskkonnas hoidla pinnakihi all, mis lendub koos pinnakihi aeroobses keskkonnas moodustunud ammoniaagiga.



**Joonis 7.** Väävelvesiniku kontsentratsiooni ning õhu temperatuuri vaheline seos

**Figure 7.** Relationship between hydrogen sulphide concentration and air temperature

Seetõttu paksema sõnnikukihi (sügavama hoidla) puhul on pindalaühikult lenduva saasteaine kogus suurem. Võrreldes omavahel mõõtmistulemusi, nähtub, et kõrge seinaga hoidla (H2) pindalaühikult lenduva ammoniaagi kogus on suurim (1,05 g m<sup>-2</sup>). Madala seinaga hoidlas (H3) on see 25% (0,79 g m<sup>-2</sup>) ning laguuntüüpi hoidlas (H4) 42% (0,61 g m<sup>-2</sup>) väiksem. Statistiliselt oluline erinevus hoidlatüüpide vahel pindalaühikult lendunud ammoniaagi koguste lõikes siiski puudub ( $p > 0,05$ ). Suletud (kaetud) hoidla (H1) puhul sõnnikukihi paksus saasteainete emissioonile otsesest mõju ei avalda.

**Tabel 4.** Ammoniaagi ja väävelvesiniku summaarse emissiooni ja hoidla tüübi vaheline seos  
**Table 4.** Correlation between total emission of ammonia and hydrogen sulphide with type of manure storage

Hoidla Storage	Periood Period	Emissioonid/Emissions			
		kg kokku <sup>-1</sup> aasta <sup>-1</sup> / kg total <sup>-1</sup> year <sup>-1</sup>		g LÜ <sup>-1</sup> aasta <sup>-1</sup> / g AU <sup>-1</sup> year <sup>-1</sup>	
		NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S
H1	2010/2011	2,5	0,02	13,5	0,11
	2011/2012	2,9	0,01	15,7	0,06
	Keskmine/Average	2,7	0,02	14,6	0,08
H2	2010/2011	314	1,26	483,5	1,94
	2011/2012	489	2,10	751,5	3,23
	Keskmine/Average	401 <sup>a</sup>	1,68 <sup>b</sup>	617,5	2,59
H3	2010/2011	444	2,43	545,5	2,99
	2011/2012	839	2,95	1027,7	3,61
	Keskmine/Average	642 <sup>a</sup>	2,69 <sup>b</sup>	786,6	3,30
H4	2010/2011	740	6,34	585,0	5,01
	2011/2012	1099	2,94	860,6	2,30
	Keskmine/Average	920 <sup>a</sup>	4,64 <sup>b</sup>	722,8	3,65

<sup>a</sup> ammoniaagi koguemissiooni erinevus võrreldes hoidlaga H1 on statistiliselt oluline ( $p < 0,01$ ). Hoidlate H2, H3 ja H4 koguemissioonide vahel statistiliselt oluline erinevus puudus / difference between total emission of ammonia from storages H2, H3 and H4 are not significant ( $P < 0,01$ ). Differences of total emission of ammonia from storages H2, H3 and H4 are not significant

<sup>b</sup> väävelvesiniku koguemissiooni erinevus võrreldes hoidlaga H1 on statistiliselt oluline ( $p < 0,05$ ). Hoidlate H2, H3 ja H4 koguemissioonide vahel statistiliselt oluline erinevus puudus / difference between total emission of hydrogen sulphide comparing with storage H1 is significant ( $P < 0,05$ ). Differences of total emission of hydrogen sulphide from storages H2, H3 and H4 are not significant

Vaatamata sellele, et sügavama vedelsõnnikuhoidla puhul lendub pindalaühiku kohta rohkem saasteaineid, on aasta keskmine koguemissioon otseses sõltuvuses hoidla avatud pindalast. Mida suurema avatud pindalaga hoidla, seda suurem on vahetult välisõhuga kokkupuutuva vedelsõnniku pind ning seda rohkem saasteaineid atmosfääri satub. Aasta keskmisena lendus hoidlast H1 2,7 kg, hoidlast H2 401 kg, hoidlast H3 642 kg ja hoidlast H4 920 kg ammoniaaki. Väävelvesiniku vastavad näitajad olid 0,02; 1,68; 2,69 ja 4,64 kg. Tabelis 4 on esitatud ammoniaagi ja väävelvesiniku summaarse emissiooni ja hoidla tüübi vaheline seos.

Vedelsõnnikuhoidlate erinevuse paremaks väljatoomiseks ning emissioonide omavaheliseks võrdlemiseks on tabelis 4 esitatud saasteainete emissioon ka loomühiku kohta (Kaasik, 2013). Nähtub, et keskmine ammoniaagi ja väävelvesiniku emissioon aastas on väikseim hoidlas H1 (vastavalt 14,6 ja 0,08 g LÜ<sup>-1</sup>) ning suurim hoidlatest H3 (vastavalt 786,6 ja 3,30 g LÜ<sup>-1</sup>) ning H4 (vastavalt 722,8 ja 3,65 g LÜ<sup>-1</sup>).

### Järeldused

1. Ammoniaagi ja väävelvesiniku emissioon vedelsõnnikuhoidlatest sõltub otseselt välisõhuga kokkupuutuva sõnniku pindalast. Mida suurem see on, seda rohkem saasteaineid aasta keskmisena lendub. Mõõtmistulemuste põhjal selgus, et betoonkatusega hoidlast (H1, avatud pindala 3,9 m<sup>2</sup>) lendus aasta keskmisena 2,7 kg ammoniaaki ning 0,02 kg väävelvesiniku, seevastu laguuntüüpi hoidlast (H4, avatud pindala 4100 m<sup>2</sup>) olid vastavad näitajad 920 ja 4,64 kg. Arvutatuna loomühiku kohta vastavalt 14,6 ja 0,08 ning 722,8 ja 3,65 g.

2. Saasteainete emissiooni vedelsõnnikuhoidla pindalaühikult (m<sup>2</sup>) mõjutab hoidla sügavus. Sügavama hoidla puhul lendub m<sup>2</sup> kohta mõnevõrra rohkem gaase.

Kõrge seinaga hoidla (H2) pindalaühikult lenduva ammoniaagi kogus oli suurim (1,05 g m<sup>-2</sup> 24h<sup>-1</sup>). Madala seinaga hoidlas (H3) oli see 25% (0,79 g m<sup>-2</sup> 24h<sup>-1</sup>) ning laguuntüüpi hoidlas (H4) 42 % (0,61 g m<sup>-2</sup> 24h<sup>-1</sup>) väiksem. Statistiliselt oluline erinevus hoidlatüüpide vahel siiski puudus ( $p > 0,05$ ).

3. Keskkonnateguritest mõjutas temperatuur eeskätt ammoniaagi emissiooni ( $r = 0,65^{***}$ ). Statistiliselt usutav seos keskkonna relatiivse niiskuse ja ammoniaagi lendumise vahel puudus ( $r = 0,02$ ). Kui ammoniaagi lendumine sõltub otseselt keskkonna temperatuurist, siis väävelvesiniku puhul sellist korrelatsiooni ei leitud ( $r = 0,18$ ). Samuti puudus korrelatiivne seos keskkonna relatiivse niiskuse, ning väävelvesiniku emissiooni vahel ( $r = 0,16$ ).

### Tänuavaldus

Uurimistööd finantseeris Keskkonnainvesteeringute Keskus (leping nr. 10-10-1/583).

### Ammonia and hydrogen sulphide emission from liquid manure storages

Allan Kaasik<sup>1</sup>, Marek Maasikmets<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Estonian University of Life Sciences,  
 Institute of Veterinary Medicine and Animal Sciences,  
 F.R. Kreutzwaldi 62, 51014 Tartu, Estonia  
<sup>2</sup> Estonian Environmental Research Centre

### Summary

Most Estonian dairy herds are kept in loose housing using liquid manure technology. There are four types of manure storage: plastic lagoons without cover; ring-shaped uncovered storage with low walls (up to 4 m); ring-shaped uncovered storage with high walls (over 4 m) and ring-shaped storage with permanent roofing. The aim of this study was to determine relationships

between ammonia and hydrogen sulphide emissions and the type of manure storage, and correlations between emissions and Estonian climatic conditions. Ammonia and hydrogen sulphide emissions were measured once per month during year 2010 to 2012. Cattle manure was stored. The wind tunnel method was used to measure the emissions. Total ammonia (NH<sub>3</sub>) and hydrogen sulphide (H<sub>2</sub>S) emissions depend directly on the open area of manure storage. Of ring-shaped manure storage, with permanent roofing (H1, open area 3.9 m<sup>2</sup>), 2.7 kg NH<sub>3</sub> and 0.02 kg H<sub>2</sub>S were emitted per year. Emissions from plastic lagoons (H4, open area 4100 m<sup>2</sup>) were 920 kg NH<sub>3</sub> and 4.6 kg H<sub>2</sub>S per year. Emissions per animal unit (AU) per year from storage H1 were 14.6 g NH<sub>3</sub> and 0.08 g H<sub>2</sub>S, and from storage H4 722.8 g NH<sub>3</sub> and 3.65 g H<sub>2</sub>S. The emission of pollutants, per m<sup>2</sup> of open area also depended on the depth of stored manure. The highest emissions were from the ring-shaped uncovered storage systems with high walls (H2), at 1.05 g m<sup>-2</sup> 24h<sup>-1</sup>. Emissions from ring-shaped uncovered storage with low walls (H3) was 25% smaller, 0.79 g m<sup>-2</sup> 24h<sup>-1</sup>, and from the manure lagoons (H4) 42% lower, 0.61 g m<sup>-2</sup> 24h<sup>-1</sup>. However the variation between storage systems was not significant ( $P > 0.05$ ). Temperature (°C) had the greatest effect on increasing ammonia emission ( $r = 0.65^{***}$ ). The correlation between temperature and hydrogen sulphide emissions was not significant ( $r = 0.18$ ). Relative humidity (%) had no effect to ammonia and hydrogen sulphide emission ( $r = 0.02$  and  $0.16$  respectively).

### Kasutatud kirjandus

- Aguerre, M.J., Wattiaux, M.A., Hunt, T., Lobos, N.E. 2012a. Effect of nitrogen content and additional straw on changes in chemical composition, volatile losses, and ammonia emissions from dairy manure during long-term storage. – *J. Dairy Sci.* 95, 3454–3466.
- Aguerre, M.J., Wattiaux, M.A., Powell, J.M. 2012b. Emissions of ammonia, nitrous oxide, methane, and carbon dioxide during storage of dairy cow manure as affected by dietary forage-to-concentrate ratio and crust formation. – *J. Dairy Sci.* 95, 7409–7416.
- Amon, B., Kryvoruchko, V., Fröhlich, M., Amon, T., Pöllinger, A., Mösenbacher, I., Hausleitner A. 2007. NH<sub>3</sub> and GHG emissions from a straw flow system for fattening pigs. In: *Ammonia emissions in agriculture* (Eds. G.J. Monteny, E. Hartung), Wageningen Academic Publishers, 403 pp.
- Balsari, P., Airolidi, G., Dinuccio, E., Gioelli, F. 2007. Ammonia emissions from manure heaps and slurry stores – effect of environmental conditions and measuring methods. – *Biosystems Engineering* 97, 456–463.
- Dinuccio, E., Berg W., Balsari, P. 2008. Gaseous emissions from the storage of untreated slurries and the fractions obtained after mechanical separation – *Atmospheric Environment* 42, 2448–2459.
- Eesti Jõudluskontrolli aastaraamat 2013 – [https://www.jkkeskus.ee/assets/tekstid/aastaraamatud/aastaraamat\\_2013.pdf](https://www.jkkeskus.ee/assets/tekstid/aastaraamatud/aastaraamat_2013.pdf)
- Ferm, M., Marcinkowski, T., Kieronczyk, M., Pietrzak, S. 2005. Measurements of ammonia emissions from manure storing and spreading stages in Polish commercial farms – *Atmospheric Environment* 39, 7106–7113.
- Luts, V. (toimetaja) 2006. Sõnnikuhoidlate ehitamine, Jäned – [http://www.agri.ee/public/juurkataloog/TRUKISED/sonnikuhoidla\\_loplik.pdf](http://www.agri.ee/public/juurkataloog/TRUKISED/sonnikuhoidla_loplik.pdf)
- Kaasik, A. (toimetaja) 2013. Saastuse kompleksne vältimine ja kontroll. Parim võimalik tehnika veiste intensiivkasvatases. – [http://www.ippc.envir.ee/docs/PVT/Uuendused/PVT\\_tooversioon\\_30\\_11\\_2013.pdf](http://www.ippc.envir.ee/docs/PVT/Uuendused/PVT_tooversioon_30_11_2013.pdf)
- Mathot, M., Decruyenaere, V., Stilmant, D., Lambert, R. 2012. Effect of cattle diet and manure storage conditions on carbon dioxide, methane and nitrous oxide emissions from tie-stall barns and stored solid manure – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 148, 134–144.
- Misselbrook, T.H., Van Der Weerden, T.J., Pain, B.F., Jarvis, S.C., Chambers, B.J., Smith, K.A., Phillips, V.R., Demmers, T.G.M. 2000. Ammonia emission factors for UK agriculture – *Atmospheric Environment* 34, 871–900.
- Oenema, O., Oudendag, D., Velthof, G.L. 2007. Nutrient losses from manure management in the European Union. – *Livestock Science* 112, 261–272.
- SAS Institute Inc. 2003. SAS Online Doc, Version 9.1, NC, SAS Ins. Inc.
- Shooter, D. 1998. Sources and sinks of oceanic hydrogen sulfide – an overview. – *Atmospheric Environment* 33, 3467–3472.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C. 2006. *Livestock's long shadow, environmental issues and options*, FAO – <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e00.pdf>
- Thu, K.M. 2002. Public health concerns for neighbours of large-scale swine production operations – *J. Agr. Safety Health* 8, 2, 175–184.
- Vaddella, V.K., Ndegwa, P.M., Ullman, J.L., Jiang, A. 2013. Mass transfer coefficients of ammonia for liquid dairy manure – *Atmospheric Environment* 66, 107–113.
- Weast, R.C., 1971. *Handbook of Chemistry and Physics*. – The Chemical Rubber Co., Cleveland, Ohio, 2042 pp.
- Ye, Z., Zhang, G., Seo, I.-H., Kai, P., Saha, C.K., Wang, C., Li, B. 2009. Airflow characteristics at the surface of manure in a storage pit affected by ventilation rate, floor slat opening, and headspace height. – *Biosystems Engineering* 104, 97–105.