

LEHMALAUDA SISEKLIIMA TALVEL

B. Reppo, A. Pals

ABSTRACT. *Inner climate of a cowshed in winter.* The temperature, relative humidity, ammonia, carbon dioxide and oxygen content of indoor air were measured in cowsheds. The measurements of these parameters were conducted before, during and after the manure disposal in three cowsheds with different manure disposal technologies. The measuring points were set in different places (cow's place, resting area, manure passages) at the heights of 0.1, 0.8, 1.5 and 2.0 m. At the height of 1.5 m the parameters of the inner climate were measured for twenty-four hours in succession. During the investigation Data Logger, respective sensors and the PC AMR WinControl software were made the use of. The measurements were performed 2000. and 2001. year in winter. The average results of the measurements of working environment temperature, air moisture, oxygen, carbon dioxide and ammonia content in the cowshed, and measured at different heights on a cow place and in the manure gutter are presented.

Keywords: animal keeping technology, cow place, manure passage, the height of the animal's room, temperature, relative humidity, oxygen, carbon dioxide, ammonia, Data Logger, AMR WinControl.

Sissejuhatus

Loomafarm kujutab endast biotehnilist süsteemi inimene-masin-loom, mis koos loomahoonete või ruumide sisekliimaga moodustab loomakasvatussaadusi tootva töökeskkonna. Inimese töövõimele ja looma produktiivsusele ning tervisele avaldab suurt mõju töökeskkonna õhu temperatuur, niiskus, liikumiskiirus ja gaasiline koostis ning selle komponentide kontsentratsioon. Lauda sisekliimat mõjutab väliskliima, ruumis peetavate loomade arv, nende pidamisviis, söötmis- ja sõnnikueemaldamistehnoloogia ning allapanu kasutamine. Ammoniaagi, lämmastiku, väävelvesiniku ja teiste gaaside suur sisaldus õhus suurendab inimeste ja loomade vastuvõtlikkust haigustele, loomadele ka produktiivsuse langust.

Veisefarmides on sisekliimat uurinud mitmed asutused ja teadlased. Rohkem on osutatud tähelepanu õhu temperatuurile, suhtelisele niiskusele, liikumiskiirusele, ruumide valgustatusele ja tehnika poolt tekitatavale mürale. Vähem on uuritud töökeskkonna õhu gaasikoostist ruumi erineval kõrgusel ning selle sõltuvust kasutatavatest loomapidamistehnoloogiatest.

Uurimistöö eesmärgiks oli määrata erineva loomapidamistehnoloogiaga lautades õhu temperatuuri, niiskuse ning hapniku-, süsinikdioksiidi- ja ammoniaagisisaldust talvel. Uurimistulemused võimaldavad täiendada iseloomustavaid andmeid lehmafarmi kui biotehnilise süsteemi töökeskkonna kohta ning võimalusel valida lauta kahjutuma töökeskkonnaga loomapidamistehnoloogiaid.

Võtmesõnad: loomapidamistehnoloogia, lehmaase, sõnnikukäik, loomaruumi kõrgus, temperatuur, suhteline niiskus, hapnik, süsinikdioksiid, ammoniaak, Data Logger, AMR WinControl.

Materjalid ja meetodika

Töökeskkonna sisekliima parameetrite uurimiseks farme valides lähtuti seisukohast, et nendes lautades puuduks lisaküte, õhuvahetus oleks loomulik ja selle reguleerimine korraldatud ühtemoodi, s.o õhuvahetuskorstna ava muutmise ning vajadusel uste avamise kaudu. Samas oli tähtis, et lautades oleksid kasutusel erinevad loomapidamisviisid, lüpsi-, söötmis- ja sõnnikueemaldamistehnoloogiad (tabel 1).

Uurimistöö meetodika valikul lähtuti Soomes kasutatavast (Karhunen, 1992), Vene OST-ist 70.2.33-80 (Riabzev, 1981) ja Eesti Vabariigi tervisekaitse seadusest ([http...](http://...)), kust selgub, et töökeskkonna sisekliima parameetrid on määratavad normatiivkõrgusel 1,4–1,5 m. Eesmärgil uurida inimesele seistes ning loomale seistes ja lamamisasendis mõjuvaid sisekliima parameetreid ja nende muutust sõltuvalt ruumi kõrgusest, mõõdeti lauda siseõhu temperatuuri, suhtelist niiskust ja hapniku-, süsinikdioksiidi- ning ammoniaagisisaldust kõrgustel 0,1; 0,8; 1,5; 2,0 ja 3,0 m.

Tabel 1. Veisefarmide andmed**Table 1.** Data of the observed cowsheds

Lauda number <i>Number of cowshed</i>	1	2	3
Lehmakohtade arv <i>Number of cowplaces</i>	250	216	116
Loomade arv <i>Number of cows</i>	160 lüpsilehma / <i>milk cows</i> , 90 mullikat / <i>heifers</i>	213 lüpsilehma / <i>milk cows</i> , 30 vasikat / <i>calves</i>	116 lüpsilehma / <i>milk cows</i> , 5 vasikat / <i>calves</i>
Pidamisviis <i>Way of keeping</i>	vaba / <i>free</i> sügavallapanul / <i>deep litter</i>	lõas / <i>tied</i>	lõas / <i>tied</i>
Õhuvahetus <i>Ventilation</i>	loomulik / <i>natural</i>	loomulik / <i>natural</i>	loomulik / <i>natural</i>
Õhuvahetuse reguleerimine <i>Air regulation</i>	korsten lauda keskel, uste avamine <i>shaft in the middle of the cowshed, opening doors</i>	korsten lauda keskel, uste avamine <i>shaft in the middle of the cowshed, opening doors</i>	korsten lauda keskel, uste avamine <i>shaft in the middle of the cowshed, opening doors</i>
Lüpsmine <i>Milking</i>	platsillüps <i>parlour</i>	torusselüps <i>pipeline</i>	torusselüps <i>pipeline</i>
Sööda jaotamine <i>Fodder delivery</i>	Kvernelandi haakesegisti-jaoti <i>Kverneland feeder-mixer</i>	käskärud, haakejaoti KTU-10 <i>pushcarts, feeder KTU-10</i>	käsitsi väiketraktori kopast <i>by hand from the scoop of a small tractor</i>
Sõnniku eemaldamine <i>Manure disposal</i>	Glas'i laadur, Strangko tiibskreep ja lattkraapkonveier <i>Glas loader, Strangko Delta scraper reversible bar-scraper conveyor</i>	lauplaadur + T-40 AM <i>front loader T-40 AM</i>	kettkraapkonveier TCH-160, TCH-3,0 B, vagonett <i>endless chain scraper conveyor TCH-160, TCH-3,0 B trolley</i>
Allapanu <i>Litter</i>	põhk, turvas <i>straw, peat</i>	saepuru, turvas <i>sawdust, peat</i>	saepuru, turvas <i>sawdust, peat</i>

Mõõtmisi tehti talvel (21.02.2000–20.03.2000 ja 20.02.2001–09.03.2001) lehmalaudade keskosas kogu lauda ristlõike ulatuses aseme (puhkeala), sõnniku- ja söödakäigu kohal (laudas 1 kümnes kohas viiel kõrgusel, laudas 2 vastavalt 9×5 ja laudas 3 11×4 mõõtmist) ning, võttes arvesse uste asukohad ning lüpsi-, söötmiss- ja sõnnikueemaldamistehnoloogiaid, lautade otstes diagonaalselt paiknevate lehmasemete juures (laudas 1 – 11×5, laudas 2 – 6×5 ja laudas 3 – 12×4 kohas). Uurimispäevadel mõõdeti ka välisõhu temperatuuri ja suhtelist niiskust 1,5 m kõrgusel, laudast, sööda- ja sõnnikuhoidlast vähemalt 10 m kaugusel. Lisaks 1,5 m kõrgusele mõõdeti laudas nr 3 keskel sisekliima parameetreid ööpäevaringselt.

Lautade sisekliima parameetrite uurimiseks kasutati ALMEMO Data Loggerit 8990-8, millega oli ühendatud temperatuuri-, suhtelise niiskuse, hapniku-, süsinikdioksiidi- ja ammoniaagiandur. Mõõtmisaparatuuri ühtsesse komplekti viimiseks valmistati torust ja plaadist koosnev kandur, mis võimaldas teha mõõtmisi 0,1 kuni 3,0 m kõrgusel. Õhu temperatuuri ja suhtelise niiskuse mõõtmiseks kasutati firma AMR andurit FH 646-1 mõõteulatuslega –20...+80 °C ja -täpsusega 0,01 °C ning niiskuseandurit vastavalt 5–98% ja 0,1%. Hapnikuanduri ZA 9000-AK2K (AMR firma) mõõtepiirkonnaks on 0–100% ja mõõtmistäpsuseks 0,01%. Õhu ammoniaagisisaldust mõõdeti anduriga ZA 3601-FS2 (firma Bacarach EIT), mille mõõtepiirkonnaks on 0–100 ppm ja mõõtetäpsuseks 0,01 ppm. Süsinikdioksiidi sisaldust mõõdeti anduriga FY A600, mille mõõtepiirkond on 0–25% ja -täpsus 0,1%. Mõõtmisandmete töötlemiseks kasutati arvutiprogrammi AMR WinControl. Enne farmi minekut programmeeriti Data Logger sisekliima parameetrite sekundivaheliseks mõõtmiseks. Kõigis kohtades, igal kõrgusel tehti mõõtmisi ühe minuti vältel, saades 60 tulemust. Ööpäevaringselt mõõdeti parameetreid vahemikuga 10 sek. Välisõhu temperatuuri ja suhtelist niiskust mõõdeti seadmega Thermo Hygrometer W/Dew Point mõõteulatuslega –10–50 °C ja 0–100% ning täpsusega vastavalt 0,1 °C ja 0,1%. Uurimistulemuste statistilisel töötlemisel määrati sisekliima parameetrite aritmeetilised keskmised \bar{x} , standardhälve σ_x ja standardviga $s_{\bar{x}}$ (Kiviste, 1999).

Tulemused

Sisekliima olulisemateks parameetriteks on siseõhu temperatuur ja suhteline niiskus. Lehmadele pakutakse kriitilise temperatuuri alampiiriks $-25...-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, ülempiiriks $23-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ (optimaalseks $5-15\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Maatalouden..., 1990). Uurimistulemustest (tabel 2) selgub, et õhu temperatuur ($5,98-18,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) oli talvel kõikides lautades tervikuna praktiliselt optimaalse temperatuuri piirides, olles mõõtmiste ajal keskmiselt $10,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabel 2. Lauda sisekliima parameetrite arvvaartused (\bar{x} – keskvaartus, σ_x – standardhälve ja $s_{\bar{x}}$ – standardviga)

Table 2. Mean values of cowshed indoor parameters (\bar{x} – arithmetical means, σ_x – standard deviation and $s_{\bar{x}}$ – standard error)

Mõõdetud parameetrid <i>Measured parameters</i>	\bar{x}	σ_x	$s_{\bar{x}}$	\bar{x}	σ_x	$s_{\bar{x}}$
	Talvel 2000 / <i>In winter</i>			Talvel 2001 / <i>In winter</i>		
	Laut 1 (tiibskreeper) <i>Cowshed 1 (wing scraper)</i>					
Temperatuur, $^{\circ}\text{C}$ / <i>Temperature, $^{\circ}\text{C}$</i>	10,40	0,89	0,13	7,04	0,94	0,014
Niiskus, % / <i>Humidity, %</i>	68,52	6,75	1,01	73,54	10,47	0,155
Hapnik O_2 , % / <i>Oxygen O_2, %</i>	20,97	0,32	0,05	19,84	0,16	0,002
Ammoniaak NH_3 , ppm / <i>Ammonia, NH_3</i>	1,56	0,97	0,14	1,48	1,54	0,023
Õhu välistemperatuur, $^{\circ}\text{C}$ <i>Outdoor temperature, $^{\circ}\text{C}$</i>	5,10			1,20		
Välisõhu niiskus, % / <i>Outdoor humidity, %</i>	59,00			35,90		
	Laut 2 (lauplaaduriga traktor) <i>Cowshed 2 (tractor with front loader)</i>					
Temperatuur, $^{\circ}\text{C}$ / <i>Temperature, $^{\circ}\text{C}$</i>	18,60	1,26	0,15	5,98	2,14	0,021
Niiskus, % / <i>Humidity, %</i>	61,64	5,25	0,61	73,47	11,68	0,114
Hapnik O_2 , % / <i>Oxygen O_2, %</i>	20,52	0,21	0,02	19,81	0,38	0,004
Ammoniaak NH_3 , ppm / <i>Ammonia, NH_3</i>	12,61	3,12	0,36	4,13	2,18	0,021
Õhu välistemperatuur, $^{\circ}\text{C}$ <i>Outdoor temperature, $^{\circ}\text{C}$</i>	10,40			-8,20		
Välisõhu niiskus, % / <i>Outdoor humidity, %</i>	47,00			48,30		
	Laut 3 (kettkraapkonveier) <i>Cowshed 3 (endless chain scraper conveyor)</i>					
Temperatuur, $^{\circ}\text{C}$ / <i>Temperature, $^{\circ}\text{C}$</i>	10,9	1,86	0,23	10,54	1,84	0,153
Niiskus, % / <i>Humidity, %</i>	61,92	7,10	0,86	73,37	9,52	0,793
Hapnik O_2 , % / <i>Oxygen O_2, %</i>	21,25	0,34	0,04	19,50	0,30	0,025
Ammoniaak NH_3 , ppm / <i>Ammonia, NH_3</i>	7,30	4,47	0,54	11,20	3,21	0,268
Õhu välistemperatuur, $^{\circ}\text{C}$ <i>Outdoor temperature, $^{\circ}\text{C}$</i>	4,30			-5,70		
Välisõhu niiskus, % / <i>Outdoor humidity, %</i>	53,20			54,00		

Et lauda sisetemperatuur sõltub välisõhu temperatuurist, siis näiteks välisõhu keskmise temperatuuri $10,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ puhul lauda 2 siseõhu temperatuur ületas optimaalse, olles keskmiselt $18,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Järgmisel, 2001. aastal, oli talv külmem (välisõhu keskmiseks temperatuuriks mõõdeti $-8,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) ning siseõhu temperatuur oli keskmiselt ainult $5,98\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabelist 3 ja 4 nähtub, et lauda õhu temperatuur t ($^{\circ}\text{C}$) on kõrgem lauda ülemistes kihtides, sõltudes ruumi kõrgusest h (m) (joonis 1) ja on määratav valemiga

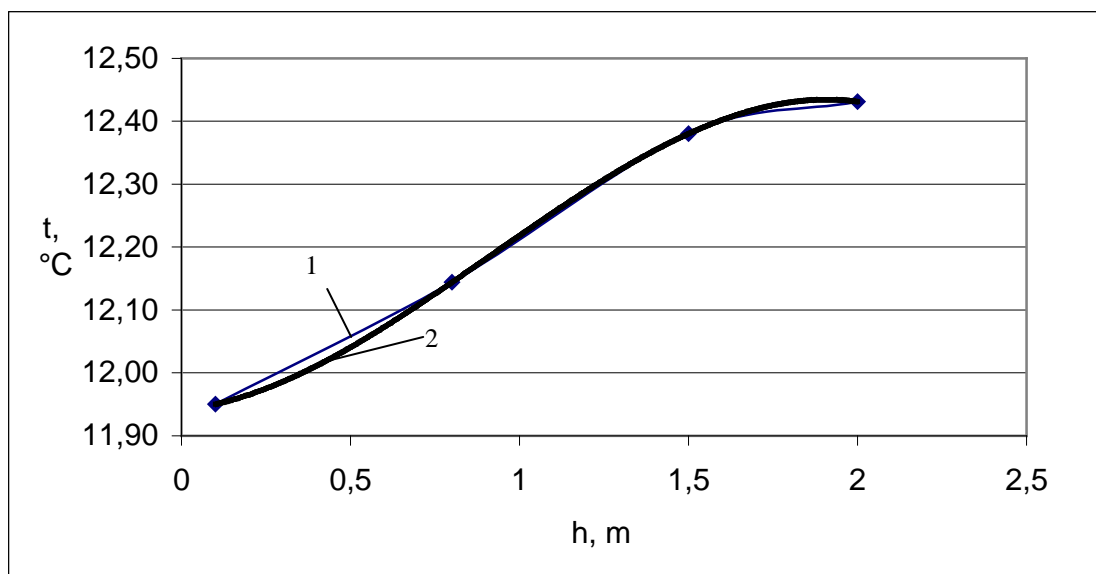
$$t = -0,126h^3 + 0,3455h^2 + 0,0579h + 11,941. \quad (1)$$

Tabel 3. Öhu temperatuur, niiskus ning hapniku- ja ammoniaagisisaldus lehmaaseme kohal**Table 3.** The temperature, moisture, oxygen and ammonia content measured in the air above the cow places

	Laut 1 (tiibskreep) / Cowshed 1 (wing scraper)					Laut 2 (lauplaaduriga traktor) / Cowshed 2 (tractor with front loader)					Laut 3 (kettkraapkonveier) / Cowshed 3 (endless chain scraper conveyor)			
	0,1	0,8	1,5	2,0	3,0	0,1	0,8	1,5	2,0	3,0	0,1	0,8	1,5	2,0
Kõrgus, m / Height, m	0,1	0,8	1,5	2,0	3,0	0,1	0,8	1,5	2,0	3,0	0,1	0,8	1,5	2,0
2000. aasta talv / 2000 winter														
Temperatuur, °C / Temperature, °C	10,8	10,8	10,6	10,5	10,5	18,0	18,5	19,3	19,2	19,2	11,4	11,5	11,7	11,7
Niiskus, % / Humidity, %	73,87	64,67	67,13	67,83	69,93	59,55	61,47	64,15	63,12	64,20	60,10	61,87	64,83	69,97
Hapnik, % / Oxygen, %	20,98	20,99	20,96	20,95	20,93	20,55	20,53	20,49	20,45	20,43	21,15	21,16	21,18	21,20
Ammoniaak, ppm / Ammonia, ppm	1,61	1,17	1,04	1,10	1,24	16,57	15,16	14,00	14,80	14,89	13,09	9,00	8,60	8,65
2001. aasta talv / 2001 winter														
Temperatuur, °C / Temperature, °C	6,47	6,56	6,63	6,66	–	5,47	5,60	5,54	5,49	6,16	10,26	10,41	10,55	10,63
Niiskus, % / Humidity, %	69,97	68,32	69,22	69,63	–	73,84	73,84	73,73	73,81	76,88	70,24	70,98	73,24	76,03
Hapnik, % / Oxygen, %	19,90	19,91	19,91	19,91	–	19,88	19,88	19,89	19,93	19,80	19,53	19,51	19,50	19,48
Süsinikdioksiid, % / Carbon dioxide, %	0,03	0,04	0,04	0,06	–	0,08	0,07	0,09	0,09	0,14	0,13	0,14	0,16	0,19
Ammoniaak, ppm / Ammonia, ppm	1,59	1,94	1,56	1,29	–	4,40	4,02	3,82	3,72	3,75	12,25	11,71	10,93	10,17

Tabel 4. Öhu temperatuur, niiskus ning hapniku- ja ammoniaagisisaldus sõnnikurenni kohal**Table 4.** The temperature, moisture, oxygen and ammonia content measured in the air above the dung gutters

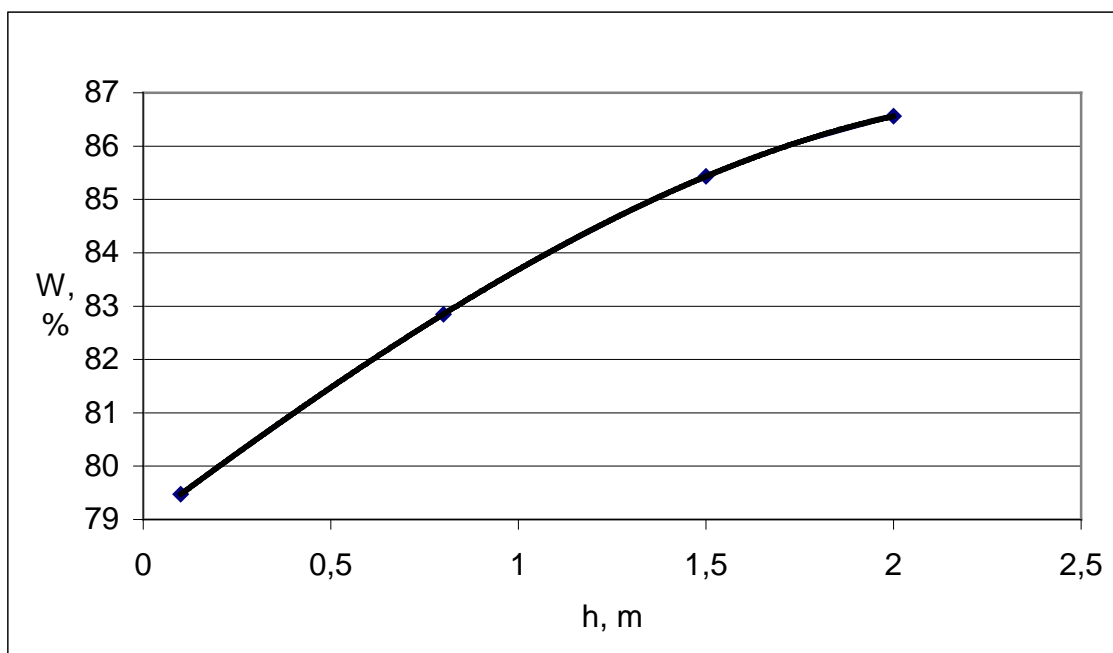
	Laut 1 (tiibskreep) / Cowshed 1 (wing scraper)					Laut 2 (lauplaaduriga traktor) / Cowshed 2 (tractor with front loader)					Laut 3 (kettkraapkonveier) / Cowshed 3 (endless chain scraper conveyor)			
	0,1	0,8	1,5	2,0	3,0	0,1	0,8	1,5	2,0	3,0	0,1	0,8	1,5	2,0
Kõrgus, m / Height, m	0,1	0,8	1,5	2,0	3,0	0,1	0,8	1,5	2,0	3,0	0,1	0,8	1,5	2,0
2000. aasta talv / 2000 winter														
Temperatuur, °C / Temperature, °C	10,5	10,7	10,7	10,6	10,6	18,0	18,3	18,7	18,8	18,9	10,5	10,6	10,8	11,1
Niiskus, % / Humidity, %	65,7	68,23	71,40	70,47	71,40	50,62	57,34	62,04	64,32	64,14	56,23	61,00	64,27	67,40
Hapnik, % / Oxygen, %	20,91	20,91	20,80	20,91	20,94	20,67	20,74	20,56	20,52	20,47	21,32	21,33	21,32	21,28
Ammoniaak, ppm / Ammonia, ppm	1,74	1,72	1,76	1,47	2,12	15,24	12,73	13,96	14,34	14,65	11,14	9,87	9,39	8,21
2001. aasta talv / 2001 winter														
Temperatuur, °C / Temperature, °C	6,76	6,84	6,86	6,78	–	4,74	4,69	4,94	5,16	5,89	10,07	10,21	10,47	10,64
Niiskus, % / Humidity, %	68,66	68,05	68,26	68,03	–	71,01	73,93	75,55	75,33	78,45	65,16	67,16	70,60	73,70
Hapnik, % / Oxygen, %	19,90	19,90	19,89	19,92	–	19,91	19,95	19,98	19,99	19,85	19,59	19,63	19,63	19,63
Süsinikdioksiid, % / Carbon dioxide, %	0,05	0,05	0,05	0,03	–	0,04	0,04	0,07	0,08	0,13	0,09	0,10	0,14	0,17
Ammoniaak, ppm / Ammonia, ppm	1,98	1,89	1,89	1,96	–	7,30	4,99	4,00	3,78	3,46	13,35	12,54	11,19	10,15



Joonis 1. Õhu temperatuuri sõltuvus loomapidamisruumi kõrgusest: 1 – empiiriline; 2 – valemi 1 järgi
Figure 1. Air temperature as function of the height of the animal-keeping room: 1 – empiric; 2 – by formula 1

Õhu suhtelise niiskuse lubatud ja soovituslike andmete avaldamisel on erinevates kirjandusallikates (Maatalouden..., 1990; Praks, 2001; Liiske, 1992) erinevad arväärtused, olles vastavalt 60–80% ja 60–85%. Sisekliima uurimistulemustest (tabel 2) on näha, et õhu keskmine niiskus, olles erinevates lautades 61,64–73,54%, jääb soovitatavatesse piiridesse. On märgata (tabelid 3 ja 4), et loomade vaba- ja lõaspidamisega lautades on õhu niiskuse kujunemisel erinevusi. Sügavallapanuga laudas on niiskus loomade puhkealal suurem madalal. Lõaspidamisega lautades tervikuna on õhu suhteline niiskus W (%) ruumi kõrgemates kihtides suurem (joonis 2) ning on määratav funktsiooniga

$$W = -0,206h^3 - 0,3119h^2 + 5,252h + 78,952. \quad (2)$$



Joonis 2. Lõaspidamisega lauda õhu suhtelise niiskuse sõltuvus loomapidamisruumi kõrgusest
Figure 2. Air relative humidity as function of animal-keeping room height in tied cowshed

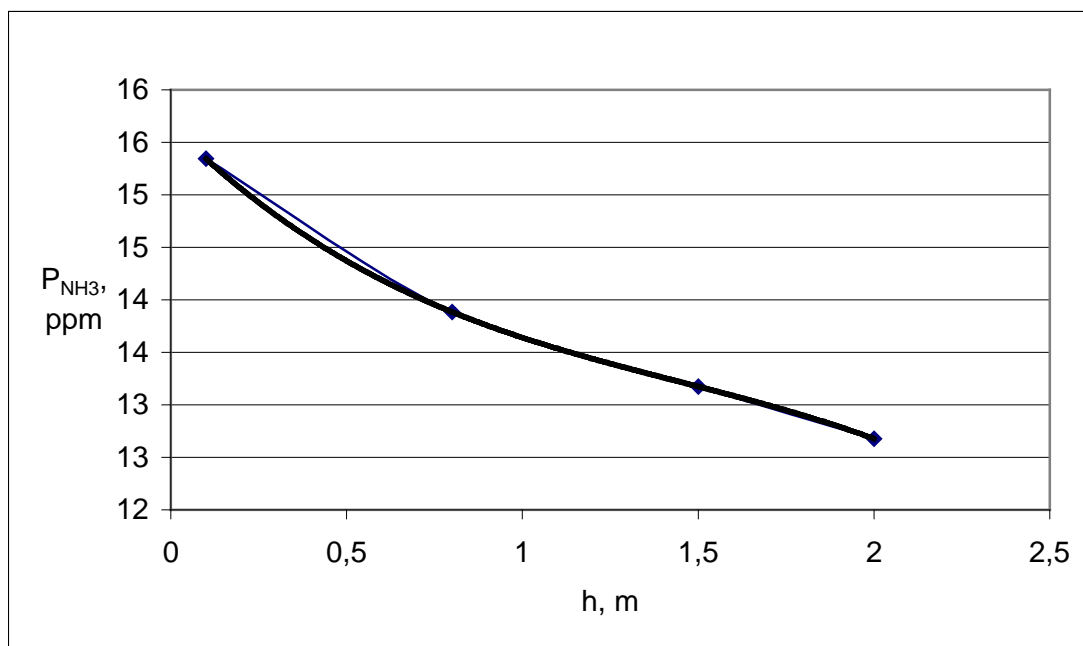
Õhu keskmine hapnikusisaldus oli 19,50–21,25% (tabel 2), suuremas osas lautadest ja eriti seal, kus kasutati traktoritehnoloogiat, oli hapnikku kõrgemates õhukihtides vähem (tabelid 3 ja 4).

Samades lautades mõõdeti kõrgemates õhukihtides suuremad süsinikdioksiidi kogused (tabelid 3 ja 4). Süsinikdioksiid oma tihedusega ($1,9778 \text{ kg/m}^3$) on õhust ($1,2928 \text{ kg/m}^3$) raskem ning ei peaks tungima ruumi

kõrgematesse kihtidesse, kuid õhu suurema niiskuse korral süsinikdioksiid lahustub veeaurus (omab õhust väiksema tiheduse) ning tõuseb ruumi lae alla, tõrjudes sealt hapniku.

Loomadele ja inimestele on organismis olev ammoniaak äärmiselt kahjulik. Ka ammoniaagi lubatud piirkontsentratsiooni kohta on erinevaid arvamusi. Mitmes riigis on ammoniaagi lubatud piirkontsentratsioon töötsooni õhus 25 ppm (kaheksatunnise tööpäeva korral) (Kender *et al.*, 1998), loomade elukeskkonnale on piirkontsentratsiooniks 20 ppm (Kender *et al.*, 1998; Veinla, 1986). Lautade sisekliima parameetrite uurimisel selgus, et ammoniaagi kontsentratsioon on ruumis tervikuna keskmiselt väiksem vabapidamisega laudas 1 (1,48 ja 1,56 ppm, tabel 2). Vabapidamisega laudas on ammoniaagi kontsentratsioon sõnnikurenni kohal suurem kui puhke-jalutusosal. Lauda madalamates õhukihtides on ammoniaagisisaldus suurem ning kõrgemal väiksem (joonis 3). Laudas 3 saadud andmete statistilisel töötlemisel leiti, et ammoniaagisisalduse P_{NH_3} (ppm) sõltuvust ruumi kõrgusest h , m võib kirjeldada funktsiooniga

$$P_{\text{NH}_3} = -0,3923h^3 + 1,7048h^2 - 3,3313h + 15,66. \quad (3)$$



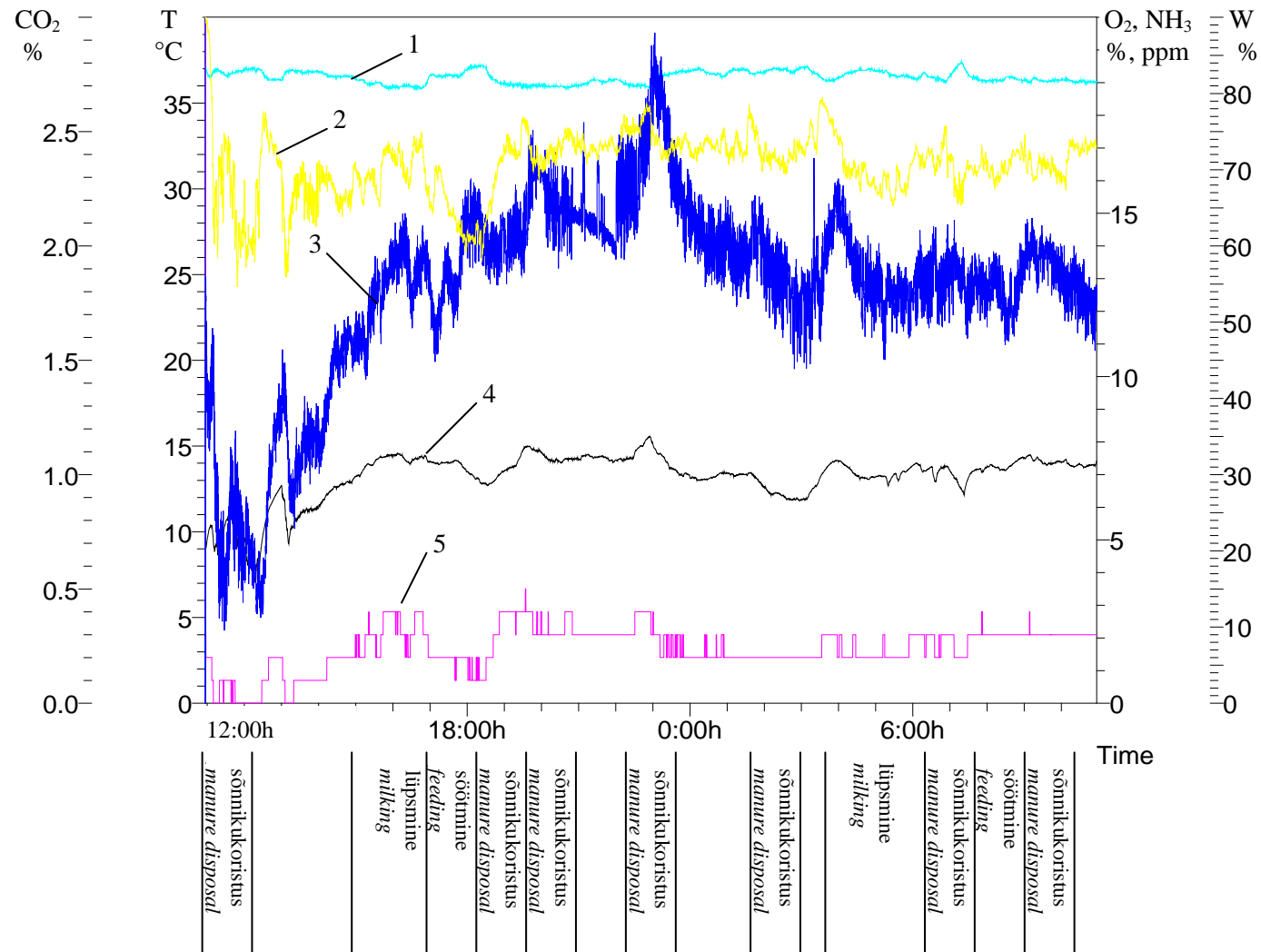
Joonis 3. Õhu ammoniaagisisalduse sõltuvus loomapidamisruumi kõrgusest
Figure 3. Air ammonia content as function of animal-keeping room height

Tabelis 5 ja joonisel 4 on toodud talvel 1,5 m kõrgusel ööpäevase pideva mõõtmisega saadud lauda 3 sisekliima parameetrite arvvaartused ja nende muutuste kõverad.

Tabel 5. Ööpäevase mõõtmisega saadud lauda 3 sisekliima parameetrite arvvaartused (\bar{x} – keskvaartus, σ_x – standardhälve ja $s_{\bar{x}}$ – standardviga)

Table 5. Diurnal indoor climate parameters, which were measured in the cowshed 3 (\bar{x} – arithmetical mean values, σ_x – standard deviation and $s_{\bar{x}}$ – standard error)

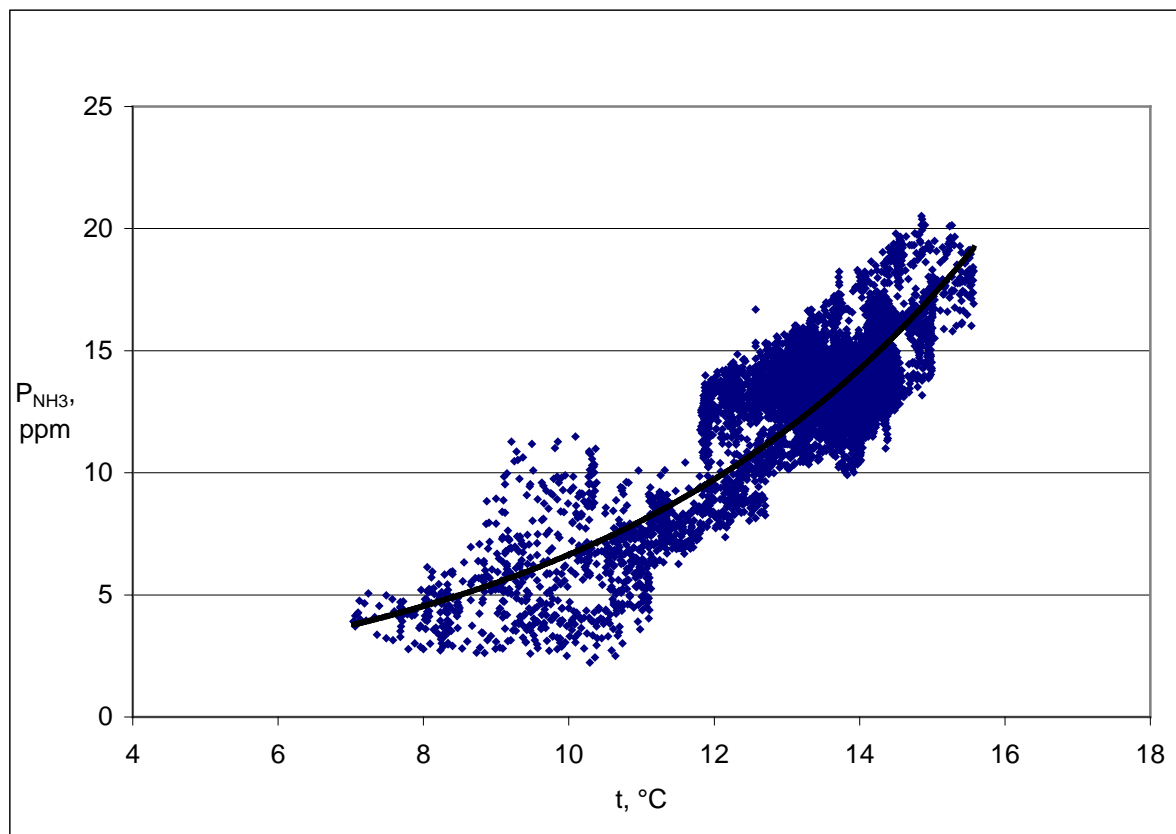
Mõõdetud parameetrid / Measured parameters	Min	Max	\bar{x}	σ_x	$s_{\bar{x}}$
Temperatuur, °C / Temperature, °C	7,04	15,57	13,22	1,38	0,015
Niiskus, % / Humidity, %	54,60	89,60	70,63	4,08	0,044
Hapnik, % / Oxygen, %	18,80	19,63	19,17	0,18	0,0019
Süsinikdioksiid, % / Carbon dioxide, %	0	0,50	0,24	0,094	0,0010
Ammoniaak, ppm / Ammonia, ppm	2,23	20,52	12,77	2,95	0,032
Õhu välistemperatuur, °C / Outdoor temperature, °C	-14,9	-0,5	-9,5		
Välisõhu niiskus, % / Outdoor humidity, %	34,1	51,4	43,7		



Joonis 4. Laudas 3 mõõdetud õhu parameetrite arvvaartuste ööpäevane muutus: 1 – hapnik; 2 – suhteline niiskus; 3 – ammoniak; 4 – temperatuur; 5 – süsinikdioksiid
Figure 4. Diurnal change of measured air parameters values in cowshed 3: 1 – oxygen; 2 – relative humidity; 3 – ammonia; 4 – temperature; 5 – carbon dioxide

Joonisel 4 on näha, et ammoniaagisisaldus laudaõhus on suurem sõnniku eemaldamise ajal ja pärast seda, õhu suhteline niiskus ja süsinikdioksiidi kontsentratsioon (tabel 5) ületavad kohati isegi lubatud piirnorme, tekitades ebameeldiva töökeskkonna lüpsjatele. Selgus, et ammoniaagisisaldust mõjutab õhu temperatuur ning selle kontsentratsioon on õhu kõrgematel temperatuuridel suurem (joonis 5). Ammoniaagisisalduse P_{NH_3} (ppm) sõltuvust õhu temperatuurist t ($^{\circ}\text{C}$) võib kirjeldada eksponentfunktsiooniga

$$P_{\text{NH}_3} = 0,9896e^{0,1905t}. \quad (4)$$



Joonis 5. Ammoniaagisisalduse sõltuvus lauda õhu temperatuurist
Figure 5. Ammonia content as function of air temperature of cowshed

Kokkuvõte

Uurimistööna on mõõdetud erineva loomapidamistehnoloogiaga lehmalautes õhu temperatuuri, suhtelist niiskust ning hapniku-, süsinikdioksiidi- ja ammoniaagisisaldust. Mõõtmisi tehti lautade keskosas kogu ruumi ristlõike ulatuses aseme, sõnniku ja söödakäigu kohal erineval kõrgusel. Lisaks mõõdeti sisekliima parameetreid ööpäevaringselt. Mõõtmiseks kasutati vastavaid sensoreid, andmete salvestamiseks ja korrastamiseks kasutati Data Loggerit ja arvutitarkvara AMR WinControl.

Uurimistulemusena leiti, et talvel lautade õhu temperatuuri ja suhtelise niiskuse keskväärtused (vastavalt 5,98–18,6 $^{\circ}\text{C}$ ja 61,64–73,54%) tervikuna ei ületanud kriitilisi piirväärtusi. Õhu keskmine hapnikusisaldus oli 19,50–21,25%. Suuremas osas lautades, eriti seal, kus kasutati traktoritehnoloogiaid, oli kõrgemates õhukihtides hapnikku vähem. Samades lautades mõõdeti kõrgemates õhukihtides suuremad süsinikdioksiidi kogused.

Ammoniaagi kontsentratsioon oli laudaruumis tervikuna keskmiselt kõige väiksem vabapidamisega laudas (1,48–1,56 ppm) ja suurem lautades, kus sõnnikueemaldamine toimus laias sõnnikurennis traktoriga (4,13–12,61 ppm) või kettkraapkonveieriga (7,30–11,20 ppm). Ammoniaagisisaldus on lauda madalamates õhukihtides suurem ning sõltub õhu temperatuurist, olles kõrgematel temperatuuridel suurem.

Kirjandus

<http://www.legaltext.ee/tekstid/x/et/x1055.htm>

Karhunen, J. Kaasut ja pöly elainsuojien ilmanvaihtoissa. – Vakolan Tiedote, 52/92, 1992. – 25 lk.

Kender, T., Arulepp, M., Veermäe, I. Ammoniaagisisalduse monitoring loomakasvatushoonete õhus elektro-keemilise ammoniaagianduriga. – Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi toimetised 7, Tartu, lk 35...38, 1998.

Kiviste, A. Matemaatiline statistika MS Exceli keskkonnas. – Tln.: GT Tarkvara, 1999. – 86 lk.

Liiske, M. Mikrokliimaseadmed. – Tartu: EPA rotaprint, 1992. – 156 lk.

Maatalouden tuotantorakennusten ilmastointi ja lämmitys. NESTE. AIR – IX suunnitelu. Espoo, 1990. – 37 lk.

Praks, J. Milline peaks olema loomaruumide sisekliima? Hüva nõu: – ETKL: 11(21), 2001. 3...4 lk.

Reppo, B., Pals, A., Puniste, K. Lehmade pidamistehnoloogiate võrdlushinnang töökeskkonna sisekliima parameetrite alusel. Põllumajandustehnika, -ehitus ja -energeetika. EPMÜ teadustööde kogumik nr 206, Tartu, lk 154...162, 2000.

Riabzev: Рябзев В. И. Методы оценки. Эргономическая оценка. – Москва, 1981. – 19 с.

Veinla, V. Farmide mehhaniseerimine. – Tln.: Valgus, 1986. – 648 lk.

Uurimistöö on tehtud Eesti Teadusfondi rahalisel toetusel, grant nr 4103.

Inner Climate of a Cowshed in Winter

B. Reppo, A. Pals

Summary

Air temperature, relative humidity, ammonia, oxygen and carbon dioxide contents were measured for the research with different animal-keeping technologies in the cowsheds. The measurements were taken in the central part of a cowshed area above a cow place, a manure gutter and a feeding passage at the different height. Indoor climate parameters were measured all day round. Sensors were used for measuring, the data were computed and worked out by Data Logger and software AMR WinControl.

As a result it can be said the mean values of cowshed air temperature and relative humidity (accordingly 5.98–18.6 °C and 61,64–73,54%) in the cowsheds as a whole did not exceed the critical ultimate values (Table 2). Mean of the air oxygen content was in the limits 19.50–21.25% (Table 2). In the most cowsheds, especially there, where used tractor technologies, it was less in higher air layers. In the same cowsheds measured in higher air layers carbon dioxide contents is greater.

The ammonia concentration was in the room of cowshed as a whole on an average the smallest in loose housing cowshed (1.48–1.56 ppm) and greater in the cowsheds, where manure was removed by tractor from a wide gutter (4.13–12.61) or by endless chain scraper conveyor (7.30–11.20 ppm) (Table 2). The ammonia content is greater in the lower layers of a cowshed (Table 3, 4 and Figure 3) and depends on temperature of air and it is greater at higher temperatures (Figure 5).