

SOOJUSTAMATA LEHMALAUDA TALVISEST SISE- JA VÄLISKLIIMAST

E. Mikson, E. Luik, Ü. Alaväli, B. Reppo

ABSTRACT. *Indoor and outdoor climate of uninsulated cowshed. In last decades in the world building of simply covered uninsulated (cold) cowsheds has been propagated. Animals are kept loosely in sheds on straw bedding (deep litter) or without bedding (resting boxes, cubicles). Popularity of these sheds is caused by smaller building costs.*

As inside climate of an unheated shed is greatly influenced by outside climate, air temperature and relative humidity have been mainly studied; based on which ventilation systems of rooms are suggested. Researches have been made mainly on smaller sheds, but the tendency to build larger sheds has become actual.

The article presents methods and results of indoor climate parameters, observed during wintertime in uninsulated cowsheds with cubicles (180, 225 and 475 cows, respectively). Indoor temperature, relative humidity, air velocity and direction, oxygen, carbon dioxide and ammonia content were measured at the height of 1.5 m for twenty four hours in succession. At the same time outdoor air temperature and relative moisture were observed. During the investigation Data Logger, respective sensors and the PC AMR WinControl software were used.

Keywords: *air temperature, ammonia, carbon dioxide, oxygen, relative humidity, ventilation, cubicles.*

Sissejuhatus

Eestis on hakatud ehitama soojustamata veiselautu. Kasutusele võetakse nii endised kergehitised kui ka ehitatakse, arvestades nende suhtelist odavust, uusi loomapidamishooneid suurematele karjadele. Viimastel aastatel on uuritud ka endiste suurfarmide rekonstrueerimise võimalusi (Miljan, Leola, 2000) ja tasuvust (J. Miljan, R. Miljan, 1999). Neis rakendatakse veiste vabapidamist nii sügavallapanul kui ka allapanuta puhkelatrites.

Soojustamata ehk nn külma lauda sisekliima on suures sõltuvuses väliskliimast (MWPS, 33, 1989; Reppo *et al.*, 2003). Siiani on uuritud peamiselt õhu temperatuuri ja suhtelist niiskust, mille alusel pakutakse ruumide õhutussüsteeme. Uuritud on ka laudaõhu liikumiskiirust, ruumide valgustatust ja müra, aga on vähe andmeid laudaõhu gaasisalduse sõltuvusest erinevatest loomade pidamistehnoloogiatest ja arvust. Lautade töökeskkonna uuringuid on tehtud peamiselt väikestes lautades (Tuure, 1995), kuid suund on suuremate lautade ehitamisele.

Töö eesmärgiks oli uurida puhkelatritega soojustamata veiselautade talvist sise- ja väliskliimat ning määrata kasutusel olevate loomapidamistehnoloogiate mõju lauda sisekliimale.

Selleks tuli määrata sisekliima parameetreid (siseõhu temperatuur, suhteline niiskus, liikumiskiirus ning hapniku-, süsinikdioksiidi- ja ammoniaagisisaldus) arvvaartuste ööpäevast muutust 1,5 m kõrgusel ja samaaegselt mõõta ööpäevaringselt välisõhu temperatuuri ning suhtelist niiskust.

Võtmesõnad: õhutemperatuur, ammoniaak, süsinikdioksiid, hapnik, suhteline niiskus, ventilatsioon, puhkelatrid.

Metoodika

Töökeskkonna sise- ja väliskliima uurimiseks farme valides lähtuti seisukohast, et lehma peetakse loomuliku õhuvahetusega soojustamata lautades. Uurimiseks valiti kolm erinevate farmide 180, 225 ja 500 lehmakohaga lauta, edaspidi vastavalt laut 1, laut 2 ja laut 3. Laut 1 on rekonstrueeritud endisest suurfarmi laudahoonest, mille aknad on asendatud ehitusliku võrguga. Vajadusel saab neid kileraamidega kinni katta. Laut 2 on metallisõrestiku ja laut 3 puitsõrestikuga uusehitised. Kõikides lautades on katuseharja pikkuses ülevalt kattega õhustuspilu, mille ava ei saa muuta. Lautade 2 ja 3 seinad on kaetud reguleeritavate kardinatega. Lehma peetakse puhkelatrites, laudas 1 peetakse loomi allapanuta, lautades 2 ja 3 kasutatakse vastavalt põhku ja saepuru. Sõnnik eemaldatakse laudas 1 pidevalt tiibskreepereite ja pumba abil, lautades 2 ja 3 vastavalt traktorite T-40 ja T-25 abil. Söötmisel kasutatakse kõikides lautades erinevate firmade haagissegisti-jaoteid (tabel 1).

Töö metoodikas lähtuti Eesti Vabariigi tervisekaitse seadusest ([http...](http://...)), Soome normatiividest (Karhunen, 1992) ja Vene OST-ist 70.2.33-80 (Rjabzev, 1981), mille alusel töökeskkonna sisekliima parameetreid määramise normatiivkõrguseks on 1,4–1,5 m.

Tabel 1. Lehmalaudade andmed
Table 1. Data of the observed cowsheds

Näitaja <i>Item</i>	Laut 1 <i>Cowshed 1</i>	Laut 2 <i>Cowshed 2</i>	Laut 3 <i>Cowshed 3</i>
Lüpsilehmi <i>Number of cows</i>	180	225	475
Pidamisviis <i>Way of keeping</i>	Puhkelatrites <i>Cubicles</i>	Puhkelatrites <i>Cubicles</i>	Puhkelatrites <i>Cubicles</i>
Allapanu <i>Litter</i>	–	Põhk <i>Straw</i>	Saepuru <i>Sawdust</i>
Laut <i>Cowshed</i>	Soojustamata <i>Uninsulated</i>	Soojustamata <i>Uninsulated</i>	Soojustamata <i>Uninsulated</i>
Lüpsimine <i>Milking</i>	DeLaval 2 x 14 <i>Parlour</i>	Stranko 2x20 <i>Parlour</i>	DeLaval 2x20 <i>Parlour</i>
Sõnnikueemaldamine <i>Manure disposal</i>	Pidev, tiibskreperid ja pump <i>Continuously, bar-scraper</i>	T-40+lauplaadur <i>T-40+front loader</i>	T-25+lauplaadur+valg- kanal +pump <i>T-25+ front loader+gutter+pump</i>
Õhustus <i>Ventilation</i>	Loomulik <i>Natural</i>	Loomulik <i>Natural</i>	Loomulik <i>Natural</i>
Söötmine <i>Fodder delivery</i>	DeLavali haagissegisti- jaotiga <i>DeLaval feeder-mixer</i>	Eurocompi haagissegisti- jaotiga <i>Eurocomp feeder-mixer</i>	DeLavali haagissegisti- jaotiga <i>DeLaval feeder-mixer</i>

2003. aasta jaanuaris ja veebruaris mõõdeti ööpäevaringselt siseõhu liikumiskiirust, temperatuuri, suhtelist niiskust ning hapniku-, süsinikdioksiidi- ja ammoniaagisisaldust 1,5 m kõrgusel. Samaaegselt mõõdeti ka välisõhu temperatuuri ja suhtelist niiskust.

Sisekliima parameetrite uurimiseks kasutati seadet ALMEMO Data Logger 8990-8 koos arvuti-programmiga AMR WinControl. Programm võimaldab mõõtmistulemusi töödelda ning esitada nii tabelina kui ka graafilisel kujul. Õhutemperatuuri ja suhtelise niiskuse mõõtmiseks kasutati AMR firma sensorit FH646-1 vastavalt mõõtmispiirkonnaga $-20...+80$ °C (mõõtmistäpsusega 0,1 °C) ja 5–98% (mõõtmistäpsusega 0,01%). Hapniku- ja süsinikdioksiidisisaldust mõõdeti vastavalt sensoriga ZA 9000-AK2K (mõõtmispiirkond 0–100%, -täpsus 0,01%) ja FY A600 (mõõtmispiirkond 0–2,5%, -täpsus 0,01%). Õhu ammoniaagisisaldust mõõdeti sensoriga ZA 3601-FS2 (Bacarach EIT Co) mõõtmispiirkonnaga 0–100 ppm ja mõõtmistäpsusega 0,01 ppm. Õhu liikumiskiiruse määramiseks kasutati termoanemomeetrit FHA645TH2, mille mõõtmispiirkonnaks oli 0–2 m/s ja eraldusvõimeks 0,001 m/s. Välisõhu temperatuuri ja suhtelise niiskuse mõõtmiseks kasutati seadet HygroLog koos anduriga HygroClip S (mõõtmispiirkond $-40...+85$ °C ja 0–100%, -täpsus vastavalt $\pm 0,3$ °C ja $\pm 1,5\%$). Mõõtmistulemusi analüüsiti arvutiprogrammiga AMR WinControl, HW3 ja MS Excel (Kiviste, 1999).

Tulemused

Veiselauda sisekliima olulisemateks parameetriteks on siseõhu temperatuur, suhteline niiskuse ja ammoniaagisisaldus. Lehmadele pakutakse kriitilise temperatuuri alampiiriks $-25...-15$ °C, ülemiseks piiriks $23-27$ °C ning optimaalseks $5-15$ °C (Maatalouden..., 1990).

Nagu selgub tabelist 2, on sisekliima parameetrite arväärtuste muutus lautades erinev. Siseõhu keskmised temperatuurid jäid vahemikku $-2,77-0,71$ °C (välisõhu keskmised temperatuurid mõõdeti vahemikus $-10,20...-4,18$ °C). Seega lautade välis- ja siseõhu temperatuuri vahe oli keskmiselt 6,63 °C, erinedes 1. laudas 7,43 °C, 2. laudas 4,89 °C ja 3. laudas 7,56 °C. Mõõdetud keskmised temperatuurid olid küll optimaalsest ($5-15$ °C) mõnevõrra madalamad, kuid ei ületanud soovitatavat temperatuuri alampiiri. Lauda 1 seinavad ei olnud mõõtmiste ajal kilega kaetud, seetõttu oli seal siseõhu keskmine temperatuur madalam kui 2. ja 3. laudas.

Tabel 2. Lautade sise- ja väliskliima parameetrite arvvaartused ($\bar{\chi}$ – keskväärtus, σ_x – standardhälve ja S_x – standardviga)**Table 2.** Mean values of cowshed indoor parameters ($\bar{\chi}$ – mean, σ_x – standard deviation and S_x – standard mistake)

Laut 1 / Cowshed 1					
Mõõdetud parameetrid <i>Measured parameters</i>	Min	Max	$\bar{\chi}$	σ_x	S_x
Temperatuur, °C <i>Temperature, °C</i>	-7,5	0,6	-2,77	1,91	0,03
Suhteline niiskus, % <i>Relative humidity, %</i>	76,90	100,00	99,69	1,92	0,03
Hapnik O ₂ , % <i>Oxygen O₂, %</i>	19,91	20,79	20,29	0,18	0,00
Süsinikdioksiid CO ₂ , % <i>Carbon dioxide CO₂, %</i>	0,17	0,28	0,22	0,02	0,00
Ammoniaak NH ₃ , ppm <i>Ammonia NH₃, ppm</i>	0,43	3,39	1,77	0,56	0,01
Välisõhu temperatuur, °C <i>Outdoor temperature, °C</i>	-16,7	-2,9	-10,20	3,22	0,28
Välisõhu suhteline niiskus, % <i>Outdoor relative humidity, %</i>	89,00	99,80	95,96	2,53	0,22
Laut 2 / Cowshed 2					
	Min	Max	$\bar{\chi}$	σ_x	S_x
Temperatuur, °C <i>Temperature, °C</i>	-1,3	8,7	0,71	0,90	0,01
Suhteline niiskus, % <i>Relative humidity, %</i>	62,20	100,00	94,90	3,61	0,05
Hapnik O ₂ , % <i>Oxygen O₂, %</i>	20,13	21,65	20,94	0,20	0,00
Süsinikdioksiid CO ₂ , % <i>Carbon dioxide CO₂, %</i>	0,11	0,31	0,26	0,28	0,00
Ammoniaak NH ₃ , ppm <i>Ammonia NH₃, ppm</i>	0,01	3,28	2,13	0,42	0,01
Välisõhu temperatuur, °C <i>Outdoor temperature, °C</i>	-5,0	-2,3	-4,18	0,79	0,06
Välisõhu suhteline niiskus, % <i>Outdoor relative humidity, %</i>	85,88	95,13	93,10	1,85	0,15
Laut 3 / Cowshed 3					
	Min	Max	$\bar{\chi}$	σ_x	S_x
Temperatuur, °C <i>Temperature, °C</i>	-4,1	2,4	-2,03	0,89	0,01
Suhteline niiskus, % <i>Relative humidity, %</i>	68,80	100,00	92,73	4,47	0,07
Hapnik O ₂ , % <i>Oxygen O₂, %</i>	19,48	20,53	19,87	0,13	0,00
Süsinikdioksiid CO ₂ , % <i>Carbon dioxide CO₂, %</i>	0,13	0,28	0,23	0,02	0,00
Ammoniaak NH ₃ , ppm <i>Ammonia NH₃, ppm</i>	0,01	4,31	2,54	0,84	0,01
Välisõhu temperatuur, °C <i>Outdoor temperature, °C</i>	-12,6	-7,3	-9,59	1,30	0,05
Välisõhu suhteline niiskus, % <i>Outdoor relative humidity, %</i>	69,94	87,23	82,83	4,37	0,16

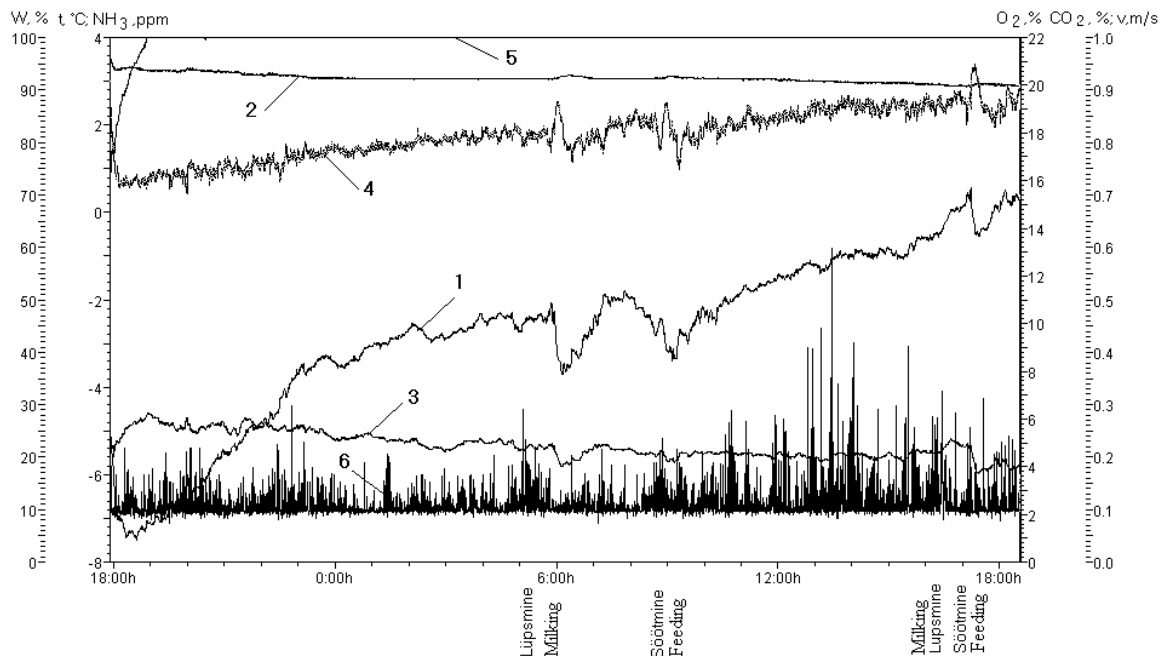
Laudaõhu suhtelise niiskuse soovituslikud väärtused on kirjandusallikates (Maatalouden..., 1990; Praks, 2001; Liiske, 1992) erinevad: 60–80% ja 60–85%. Kõikides uuritavates lautades oli talvine laudaõhu keskmine suhteline niiskus soovituslikust oluliselt suurem (laudas 1, 2 ja 3 vastavalt 99,69; 94,90 ja 92,73%). Ehituslikult küllalt lahtise konstruktsiooniga lautade siseõhu suhtelist niiskust mõjutab oluliselt ka välisõhu suur niiskus, mida uurimise ajal mõõdeti 1., 2. ja 3. farmi territooriumil ööpäeva keskmisena 95,96; 93,10 ja 82,83% (tabel 2).

Ammoniaaki peetakse kahjulikuks gaasiks nii loomadele kui ka inimestele. Lubatud piirkontsentratsiooni kohta on kirjandusallikates toodud erinevaid väärtusi. Paljudes riikides on ammoniaagi lubatud piirkontsentratsiooniks töötsooni õhus kaheksatunnise tööpäeva korral 25 ppm ning loomade elukeskkonnas 20 ppm (Kender *et al.*, 1998; Veinla, 1986). Ammoniaagi talvised keskmised mõõtmistulemused (tabel 2) jäid vahemikku 1,77–2,54 ppm (laudas 1, 2 ja 3 vastavalt 1,77; 2,13 ning 2,54 ppm). Seega ei olnud üheski soojustamata laudas talveperioodil ammoniaagi kontsentratsioon kõrge.

Laudaõhu hapnikusisalduse ööpäevaringsed mõõtmised näitasid, et keskmiselt oli see väikseim laudas 3 (19,87%) (joonis 2b), laudas 1 ja 2 aga vastavalt 20,29 ja 20,94% (joonis 1 ja 2a). Laudaõhu süsinikdioksiidi keskmine sisaldus oli kõige suurem laudas 2 (0,26%) (tabel 2).

Selgus, et laudatööd, nagu loomade lüpsmine ja söötmine ning sõnnikueemaldamine, mõjutavad sisekliima parameetrite arvvaartusi (joonised 1 ja 2).

Laudaõhu ammoniaagisisaldus oli otseses sõltuvuses lauda sisetemperatuurist, nad suurenesid ja vähenesid koos. Loomade söötmine ja lüpsmine ning sõnniku eemaldamine suurendasid lautade õhu ammoniaagisisaldust märgatavalt, kuni 3,39; 3,28 ja 4,31 ppm (tabel 2, joonised 1 ja 2).

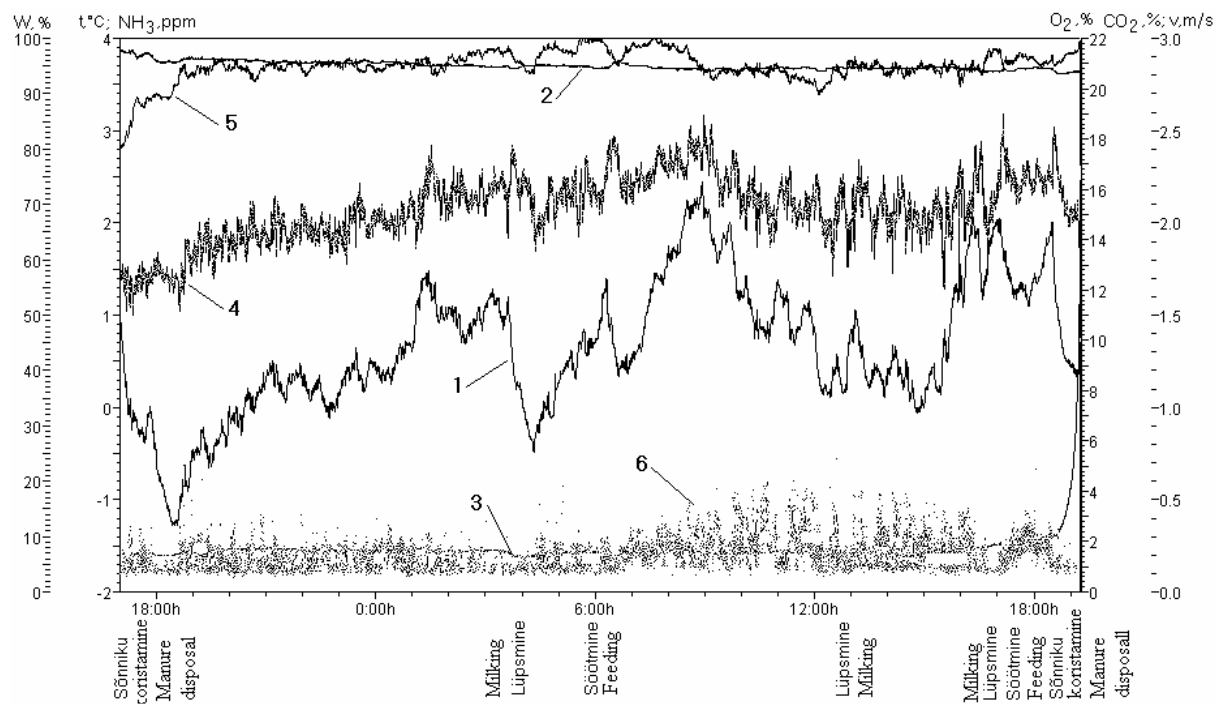


Joonis 1. Lauda 1 sisekliima parameetrite arvvaartuste ööpäevane muutus: 1 – temperatuur; 2 – hapnik; 3 – süsinikdioksiid; 4 – ammoniaak; 5 – suhteline niiskus; 6 – õhu liikumiskiirus

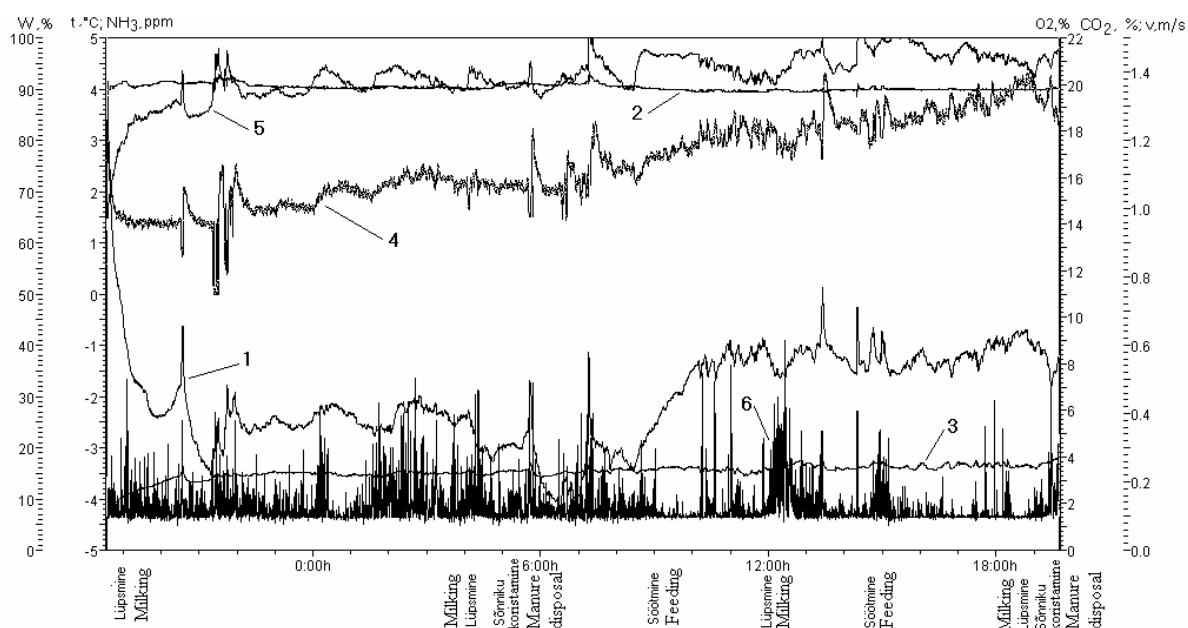
Figure 1. Diurnal change of measured air parameters values in cowshed 1: 1 – temperature; 2 – oxygen; 3 – carbon dioxide; 4 – ammonia; 5 – relative humidity; 6 – air speed

Väliskliima uurimisel olid vaatluse all õhu temperatuur ja suhteline niiskus. Mõõtmisperioodil registreeriti madalaimaks välistemperatuuriks $-16,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ farmis 1. Õhu suhteline niiskus jäi keskmiselt farmides 1, 2 ja 3 piiridesse 95,96; 93,10 ja 82,83% (tabel 2, joonised 3 ja 4). Seega esines 1. ja 2. farmis mõõtmisperioodil välisõhu suur suhteline niiskus, mis sarnaselt õhutemperatuuriga avaldas ehituskonstruktsioonide omapära tõttu mõju ka lautade sisekliimale (joonis 3). Et 1. laudas olid vaid üksikud aknad kilega kaetud, siis siseõhu temperatuur oli lineaarses sõltuvuses välisõhu temperatuurist.

Jooniselt 4 ja tabelist 2 näeme, et väiksemate muutustega püsis siseõhu temperatuur laudas 3, jäädes vahemikku $-4,1\text{...}2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (keskmiselt $-2,03\text{ }^{\circ}\text{C}$). Joonisel 3b nähtav siseõhu suhtelise niiskuse ajutine vähenemine ja temperatuuri tõus on seotud ajutise kütteseadme paigutamise ja lauda külmutatud jooturite ülessoojendamiseks. On näha, et pärast hommikust loomade söötmist langes siseõhu suhteline niiskus välisõhu niiskuse tasemele, kuna loomade söötmiseks avati laudauksed.



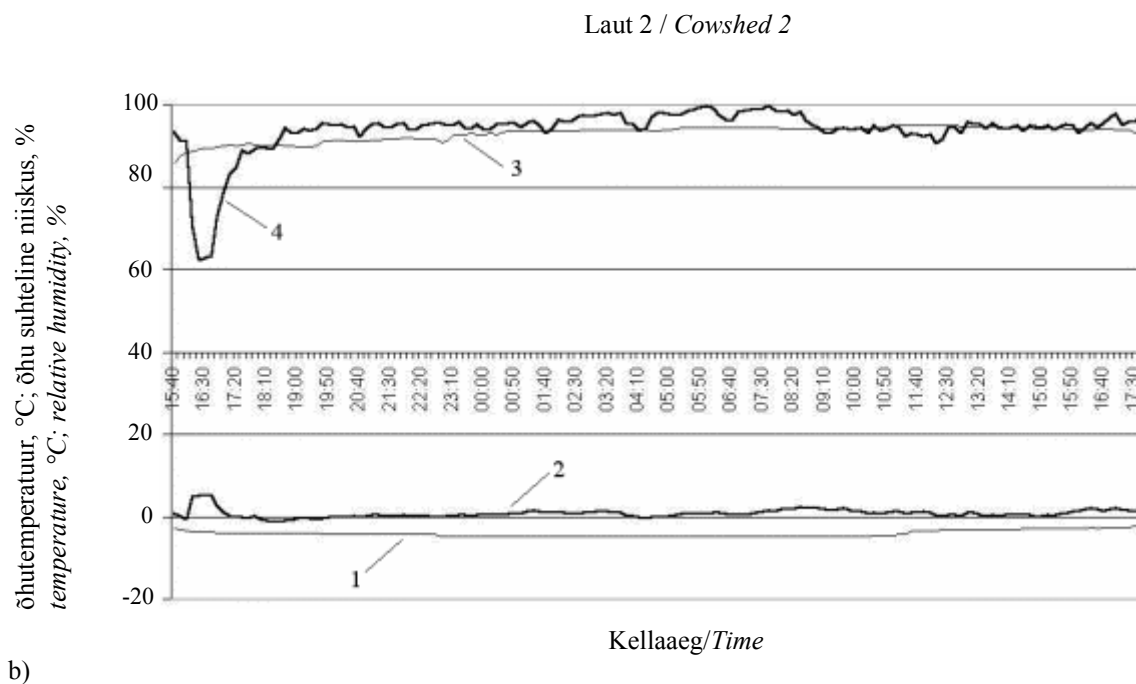
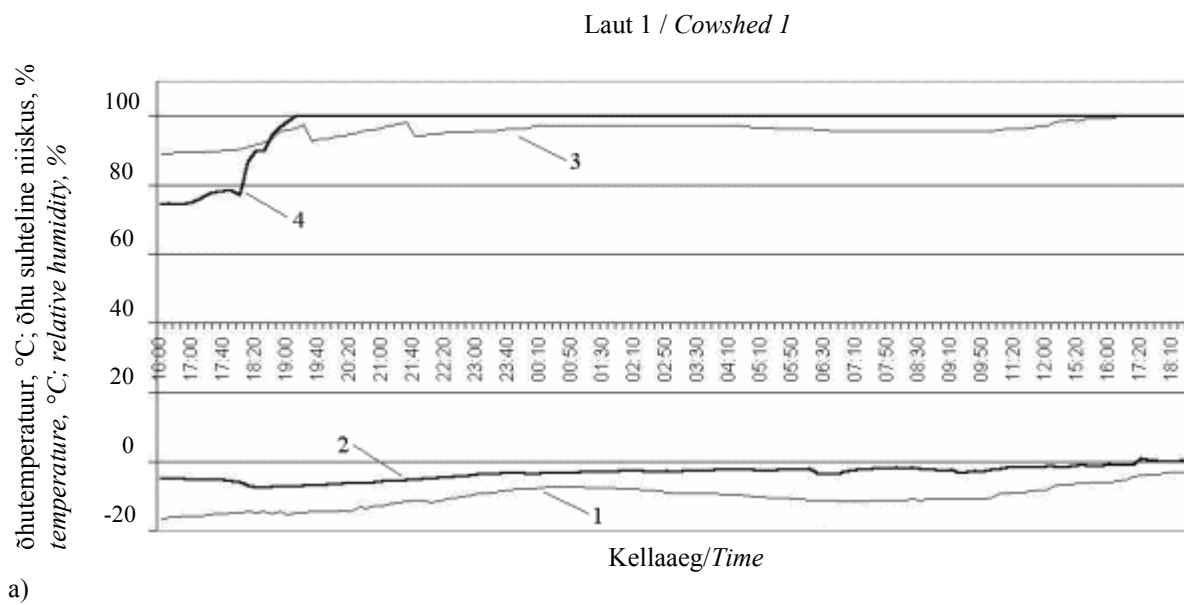
a)



b)

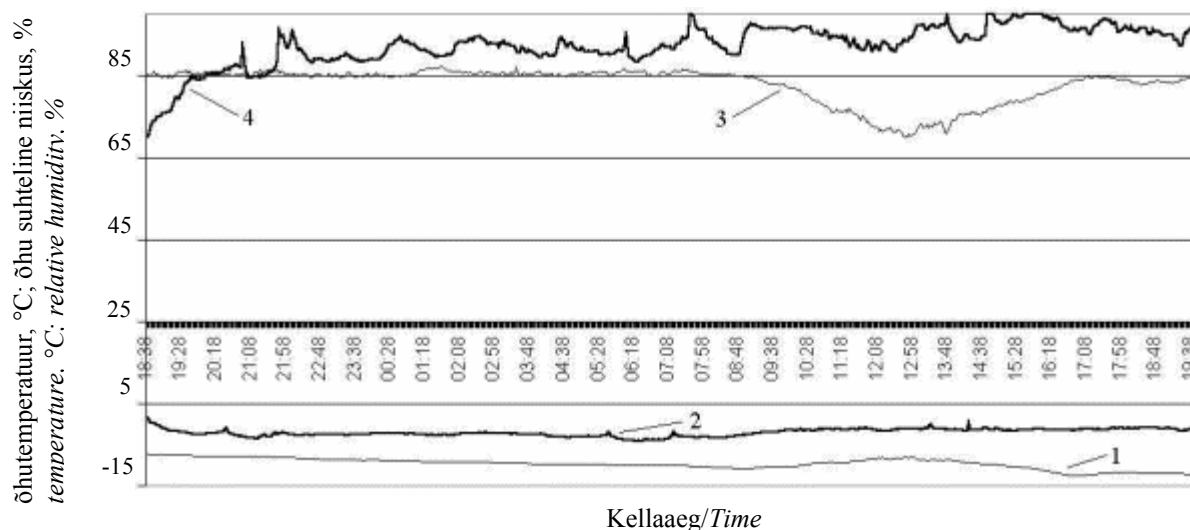
Joonis 2. Lauda 2 (a) ja 3 (b) sisekliima parameetrite arvväertuste ööpäevane muutus: 1 – temperatuur; 2 – hapnik; 3 – süsinikdioksiid; 4 – ammoniaak; 5 – suhteline niiskus; 6 – õhu liikumiskiirus

Figure 2. Diurnal change of measured air parameters values in cowshed 2 (a) and 3 (b): 1 – temperature; 2 – oxygen; 3 – carbon dioxide; 4 – ammonia; 5 – relative humidity; 6 – air speed



Joonis 3. Lauta 1 (a) ja 2 (b) sise- ja väliskliima parameetrite arvvaatuste ööpäevane muutus: 1 ja 2 – vastavalt välis- ja siseõhu temperatuur; 3 ja 4 – vastavalt välis- ja siseõhu suhteline niiskus
Figure 3. Diurnal change of measured air parameters values in cowshed 1 (a) and 2 (b): 1 and 2 – outdoor and indoor temperature; 3 and 4 – outdoor and indoor relative humidity

Laut 3 / Cowshed 3



Joonis 4. Lauda 3 sise- ja väliskliima parameetrite arvvaartuste ööpäevane muutus: 1 ja 2 – vastavalt välis- ja siseõhu temperatuur; 3 ja 4 – vastavalt välis- ja siseõhu suhteline niiskus

Figure 4. Diurnal change of measured air parameters values in cowshed 3: 1 and 2 – outdoor and indoor temperature; 3 and 4 – outdoor and indoor relative humidity

Kokkuvõte

Uurimistöös mõõdeti talvel kolme erineva suurusega soojustamata lehmalauda siseõhu temperatuuri, suhtelist niiskust, liikumiskiirust ning hapniku-, süsinikdioksiidi- ja ammoniaagisisaldust. Samaaegselt määrati ka lauda välisõhu temperatuuri ja suhtelist niiskust.

Ööpäevastest uurimistulemustest selgus, et sisekliima parameetrite arvvaartuste ööpäevane muutus on otseses sõltuvuses laudas tehtavatest tööddest (loomade lüpsmine ja söötmine ning sõnniku eemaldamine).

Siseõhu ööpäeva keskmine temperatuur oli laudas 1, 2 ja 3 (vastavalt $-2,77$; $0,71$ ja $-2,03$ °C) soovituslikust arvvaartusest madalam ning keskmine suhteline niiskus (99,69, 94,90 ja 92,73%) suurem. Seega on optimaalne sisekliima nendes lautades talveperioodil häiritud ja tuleks leida katuseharjas oleva õhustuspilu sulgemise võimalus. Õhu ammoniaagisisaldus jäi soovituslikku vahemikku (laudas 1, 2 ja 3 vastavalt 1,77; 2,13 ning 2,54 ppm).

Kirjandus

- Karhunen, J. 1992. Kaasut ja pöly elainsuojien ilmanvaihtoissa. – Vakolan Tiedote, 52/92. – 25 lk.
- Kender, T., Arulepp, M., Veermäe, I. 1998. Ammoniaagisisalduse monitooring loomakasvatushoonete õhus elektrokeemilise ammoniaagianduriga. – Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi toimetised 7, Tartu, lk 35–38.
- Kiviste, A. 1999. Matemaatiline statistika MS Exceli keskkonnas. – Tln: GT Tarkvara. – 86 lk.
- Liiske, M. 1992. Mikrokliimaseadmed. – Tartu: EPMÜ kirjastus. – 156 lk.
- Maatalouden tuotantorakennusten ilmastointi ja lämmitys. 1990. NESTE. AIR – IX suunnitelu. Espoo. – 37 lk.
- Miljan, J., Leola, A. 2000. Problems and Experiences of Cattle House Reconstruction. In: Transactions of Estonian Agricultural University. No. 206, p. 90–97. Tartu: EPMÜ (in Est.).
- Miljan, J., Miljan, R. 1999. An economic comparison of construction and reconstruction of contemporary cattle sheds. – CIVIL ENGINEERING '99: Scientific conference dedicated to the 60-th anniversary of Latvia University of Agriculture. Abstracts, Jelgava, p. 21–22.
- MWPS-33. 1989. Natural Ventilating Systems for Livestock Housing. First Edition. Midwest Plan Service.
- Praks, J. 2001. Milline peaks olema loomaruumide sisekliima? Hüva nõu. – ETKL: 11(21), lk 3–4.
- Reppo, B., Mikson, E., Pajumägi, A., Miljan, J. 2003. – Indoor Climate of Uninsulated Cowsheds During Summertime. – 31st International Symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering". – Croatia, p. 307–316 (CAB)
- Rjabzev: Рязев В. И. 1981. Методы оценки. Эргономическая оценка. – Москва. – 19с.

Tuure, V.-M. 1995. Työympäristö kylmissä pihatoissa. Maatalousteknologian julkaisuja 18. – Helsinki, 143 pp.
Veinla, V. 1986. Farmide mehhaniseerimine. – Tln: Valgus. – 648 lk.
<http://lex.andmevara.ee/estlex/kehtivad/AktDisplay.jsp?id=16974>

Uurimistöö on tehtud Eesti Teadusfondi rahalisel toetusel, grant nr 5428.

Indoor and outdoor climate of uninsulated cowshed

E. Mikson, E. Luik, Ü. Alaväli, B. Reppo

Summary

Construction of un-insulated cattle sheds is spreading. Existent light buildings are used and also new buildings for greater livestock are being built, taking into account their relative cheapness. During the last years the possibilities (Miljan, Leola, 2000) and the profitability (J. Miljan, R. Miljan, 1999) of the renovation of former big farms have been researched too. Free keeping of cattle is applied both in the cubicles with bedding and without bedding.

The inner climate of un-insulated cattle sheds or so-called "cold" sheds greatly depends on the outer climate (MWPS, 33, 1989; Reppo, *et al.*, 2003). On the grounds of the air temperature and the relative humidity the ventilation systems of rooms are offered and up to now mostly these parameters have been researched. The speed of the shed air, the illumination of rooms and the noise have also been investigated but there are few data about the gas concentration in the shed air depending on different breeding technologies and the number of cattle. The surveys of working environment of cattle sheds have been executed in small sheds (Tuure, 1995) but there is a trend to build bigger sheds.

The aim of the paper was to study the inner and the outer climate of un-insulated cattle sheds with cubicles and to determine the influence of the technologies of cattle breeding on the inner climate of the shed.

Thus the tasks were to determine the changes of the numerical values of the parameters (the temperature, the relative humidity and the speed of inner air and its content of oxygen, carbon dioxide and ammonia) of inner climate during a day at the height of 1.5 metres and at the same time to measure the outer temperature and its relative humidity.

In order to study the inner and outer climate of working environment three un-insulated farms with natural air ventilation were chosen. The number of cattle places in each farm was 180, 225 and 500, hereinafter accordingly shed 1, shed 2 and shed 3. Shed 1 is a reconstructed shed of a former big farm, its windows have been replaced with the construction mesh. In case of need they can be covered with plastic film. Shed 2 is a new building with the metal frame and shed 3 is a new building with the wooden frame. In all sheds there is a ventilation slot with the cover in the length of the ridge, the slot cannot be changed. The walls of sheds 2 and 3 are covered with adjustable air curtains. The cattle are kept in the cubicles, in shed 1 the cattle are kept without bedding and in sheds 2 and 3 accordingly the straw and the sawdust are used. The removal of manure in shed 1 is continuously effected by the scrapers and the pump, in sheds 2 and 3 accordingly with the help of the tractors T-40 and T-25. At feeding the trailed agitators-dispensers of various companies are used in all sheds (Table 1).

At the execution of the procedures the following norms were observed: Health Protection Law of the Republic of Estonia ([http...](http://...)), Finnish norms (Karhunen, 1992) and Russian OST-standards 70.2.33-80 (Rjabzev, 1981), on the basis of which the standard height of the determination of parameters of the working environment is 1.4–1.5 metres.

The speed, the temperature and the relative humidity of the inner air and its content of oxygen, carbon dioxide and ammonia were measured round-the-clock at the height of 1.5 metres. At the same time the temperature and the relative humidity of outer air were also measured. The measurements were performed in January and February 2003. The measurement results were analyzed with the computer programmes AMR WinControl, HW3 and MS Excel (Kiviste, 1999).

The most essential parameters of the inner climate of the cattle shed are the temperature, the relative humidity and the content of ammonia of the inner air. For cows the lower limit of critical temperature is $-25...-15$ °C, the top limit is $23-27$ °C and the optimum is $5-15$ °C (Maatalouden..., 1990).

As Table 2 shows, the change of the numerical values of the parameters of inner climate in the sheds is different. The average temperatures of the inner air were $-2.77...0.71$ °C (the average temperatures of the outer air were in the scope of $-10.20...-4.18$ °C). Thus the difference of the outer and inner air of the sheds was at the mean 6.63 °C, differing in shed 1 7.43 °C, in shed 2 4.89 °C and in shed 3 7.56 °C. Measured average temperatures were somewhat lower than the optimum ($5...15$ °C) but they did not exceed the lower limit of the advisable critical temperature. During the execution of measurements the windows of shed 1 were not covered with plastic film, which caused a lot lower inner temperature compared to sheds 2 and 3 (Table 2).

The advisable values of the relative humidity of the shed air in literature (Maatalouden..., 1990; Praks, 2001; Liiske, 1992) are different, being 60–80% and 60–85%. In all sheds the average relative humidity of the shed air in winter was essentially greater than the advisable relative humidity (in shed 1, 2 and 3 accordingly 99.69, 94.90 and 92.73%).

The designs of the sheds are rather open and the relative humidity of the inner air of the sheds was influenced by the great humidity of the outer air which was measured in the territories of shed 1, 2 and 3 and the average of the day was 95.96, 93.10 and 82.83 % (Table 2).

Ammonia is considered to be a harmful gas both for animals and for humans. The permitted maximum concentrations in literary sources are different. In a number of countries the permitted maximum concentration of ammonia in the air of working area in case of the 8-hour workday is 25 ppm and in the environment of animals 20 ppm (Kender et al., 1998; Veinla, 1986). The average measurement results of ammonia in winter (Table 2) remained in the scope of 1.77–2.54 ppm (in sheds 1, 2 and 3 accordingly 1.77, 2.13 and 2.54 ppm). Thus in winter the concentration of ammonia was not high in any un-insulated shed.

Round-the-clock measurements of the content of oxygen in the shed air showed that at the mean it was the lowest in shed 3 (19.87%) (Figure 2b), but in shed 1 and 2 it was accordingly 20.29 and 20.94% (Figure 1 and 2a). The average content of carbon dioxide was the highest in shed 2 (0.26%) (Table 2).

It turned out that the work in the shed such as milking and feeding and the removal of dung affect the numerical values of the parameters of the inner climate (Figures 1 and 2).

The content of ammonia in the shed air was in direct dependence on the inner temperature of the shed, increasing and decreasing together with it. Feeding animals and milking and removing manure remarkably increased the content of ammonia in the air of the shed up to 3.39, 3.28 and 4.31 ppm (Table 2, Figures 1 and 2).

The air temperature and the relative humidity were studied relating to the outer climate. During the measurement period the lowest outdoor temperature was -16°C in shed 1. The relative humidity of the air was at the mean in sheds 1, 2 and 3 in the scope of 95.96, 93.10 and 82.83% (Table 2, Figures 3 and 4). Thus in sheds 1 and 2 the relative humidity of the outer air was high which due to the peculiarities of the construction of the buildings also affected the inner climate of the sheds (Figure 3). As only a few windows of shed 1 were covered with plastic film, the temperature of inner air was in linear dependence on the temperature of the outer air.

Figure 4 and Table 2 show that the smallest changes in the temperature of inner air were in shed 3, remaining in the scope of $-4.1 \dots 2.4^{\circ}\text{C}$ (at the mean -2.03°C). The temporary decrease of the relative humidity of the inner air and the rise of the temperature (Figure 3 b) were caused due to the temporary heater which was brought to the shed in order to warm up the frozen watering vessels. We can see that after the morning feeding of the cattle the relative humidity of the inner air decreased to the level of the outer air as the doors were opened to feed the cattle.

Round-the-clock research shows that the change of the numerical values of the parameters of the inner climate is in direct dependence on the work being executed in the shed (milking, feeding and the removal of manure).