

SOOJUSTAMATA VABAPIDAMISLAUDA SISEKLIIMA

A. Pajumägi, I. Veermäe, J. Miljan, J. Praks, V. Poikalainen

ABSTRACT: *The Microclimate of the uninsulated loose housing cowshed. The paper deals with the microclimate (temperature, relative humidity, air velocity, lighting, ammonia concentration and air movement) patterns within a cold cubicle cowshed for 300 dairy cows. In this cowshed doors and openings in the ridge and sides (eaves and walls) were opened in summer and autumn (I version). In winter the openings in the sides were closed step by step, and only the openings in the ridge and eaves were opened (II...III versions). In extremely cold weather the openings in the ridge and eaves were closed with plastic (IV version).*

Experiments were carried out from August 2002 to February 2003. Temperature, relative humidity, air velocity and lighting parameters were measured at 30 points throughout the cowshed at outdoor temperatures of 26.4, 1.1, -9.6 and -23 °C. Temperature and relative humidity monitoring was carried out in November (versions II and III) and January (version IV). Outside temperature varied between 13.2 and 5.7 °C in November and between -36.9 and 3.5 °C in January, whereas inside temperature fluctuated from -6.1 to 7.3 and -14.5 to 5.5 °C respectively. The facilities and cows had a stabilizing effect on temperature.

The following conclusions were drawn:

- *The more openings were opened, the more homogeneous the indoor temperature and relative humidity, and the smaller the difference between outdoor and indoor temperatures.*
- *With traditional ventilation (versions I to III), the movement of fresh air extended to all parts of the building, and the parameters of indoors microclimate met the recommendations for cattle housing.*
- *When the weather was extremely cold, openings in the roof and eaves were closed with plastic (version IV), the air movement scheme was complicated, and microclimate parameters varied to a remarkable extent throughout the cowshed. However, the parameters of inside microclimate still comply with the recommendations for cattle housing.*

Keywords: *loose housing, dairy cows, uninsulated cow-shed, microclimate.*

Maaailma külma kliimaga regioonides laieneb nii noorkarja kui ka piimakarja vabapidamine kergehitistes. Wisconsinis ülikooli katsejaamas uuriti veiste vabapidamist juba 1940–1950-ndatel aastatel (Armolik, 1962). Teatavasti loetakse külmlautadeks lautu, mille sisetemperatuur sõltub välistemperatuurist ja järgib seda mõnekraadise erinevusega (MWPS-33, 1989). Uurimustega on kindlaks tehtud, et lehmade pidamine külmlautades on võimalik ja kasulik isegi väliskeskkonna temperatuuridel kuni -34 °C (Anderson, 1997). Põhja-Uhtas tehtud võrdluskatsed aga tõestasid külmlautade eeliseid võrreldes soojade lautadega nii ökonoomika kui loomade tervise seisukohalt (Arave *et al.*, 1994).

1959. a sügisel alustati vabapidamise uurimist tol ajal põhjapoolseimas katsekülmlaudas, mis asus Rootsis Piteå linna lähedal (polaarjoonest 130 km lõuna poole) ning juba esimesed tulemused näitasid, et laut õigustab ennast ka nendes kliimatingimustes (Armolik, 1962).

Veiste vabapidamist katsetati Eestis juba 50–60-ndatel aastatel. 1957. aastal olid ehitamisel vabapidamisega laudad Roela ja Varbola sovhoosis, Tähtvere katsemajandis, Tori hobusekasvanduses jm (Kutti, 1957). Rakvere rajooni Kungla kolhoosi vabalaudas peeti 1959/60. aasta talvel 158 lehma (Armolik, Kutti, 1960). Söötmine toimus õues. Põhuvarud polnud esialgu küllaldased ja alusturvas oli niiske ning külmunud. Selle tagajärjel muutus sõnnik pehmeks massiks, mille temperatuur oli vaid mõni kraad üle nulli. Kui hakati kasutama kuivemat turvast ja mesikapõhku, olukord paranes. Lehmade keskmised päevalüpsid olid 4–6 kg, mis oli pisut rohkem kui eelmisel aastal, mil loomad polnud veel vabapidamisel. Kirjutise autorite arvates oli see nii mitte vabapidamise, vaid parema söötmise tõttu. Järgmisel aastal loodeti saada lehma kohta 3000 kg piima aastas.

Eestisse tõi külmlautade ehitamise idee EPMÜ rektor prof O. Saveli eestvedamisel USA loomaarst prof Drehmann. Sellest haaras kinni EPMÜ maaehituse instituut, otsides talu, kus soovitaks teha külmlaut. Uuema aja esimeseks külmlaudaks oli Arvo Veidenbergi 1993. a oktoobris valminud noorkarjalaut, kus 1994. a talvel alustati mikrokliima uuringuid (Pajumägi, Miljan, 1995; Pajumägi, 2001).

Viimasel kümnendil on külmlaudad levinud nii Skandinaavia- kui ka Baltimaadel (Kavolelis, 2001; Kavolelis *et al.*, 2001; Monstvilienė, Bakutis, 2001; Priekulis, Laurs, 2002). Soome pika ja külma talve tõttu tekitas külmlautade ehitamine lüpsilehmadele sealsete karjakasvatajate seas esialgu palju kahtlusi. 1995–1996 küsitleti loomapidajaid, kel oli sellel ajal külmlaut. Enamikus farmides hinnati loomade tervis väga heaks, vaatamata lihtsatele ehitustele (Tirkkonen, 1997). 2000. aastal oli Eestis kasutusel üle 50 lüpsikarja külmlauda.

Omanike seas läbi viidud küsitlusel selgus, et võrreldes lõaspidamisega soojustatud lautades oli paranenud nii loomade heaolu kui ka toodang (Veermäe, *et al.*, 2001).

Et külmlautade kasutuselevõtuga tuleb lahendada mitmed mikrokliima, ehituse, ökonoomika, tehnoloogia ja loomade tervisega seotud küsimused, iseloomustab sellealaseid uuringuid interdistsiplinaarsus.

Ajavahemikus 1861–2000 on maailma keskmine õhutemperatuur tõusnud $0,6 \pm 0,2$ °C võrra. Kõige rohkem on õhutemperatuur tõusnud põhjapoolkera suurtel laiustel, kus paikneb ka Eesti. Tartu andmetel on temperatuurimuutus olnud 0,9 kraadi. Eesti kliima soojenemine on seotud talve ja kevade soojenemisega, kõige enam on soojenenud märtsikuud (Jaagus *et al.*, 2002).

Külmlautade projekteerimise ja ehitamisega seotud küsimusi on käsitletud mitmete autorite töödes (Luts, 1997; 1998; Miljan, Leola, 2000). On leitud, et nii uue külmlauda ehitamine kui ka endise soojustatud lauda rekonstrueerimine külmlaudaks on odavam kui uue soojustatud lauda ehitamine (Miljan *et al.*, 2000). Riina Miljani uurimusest selgus, et kuigi lähiperspektiivis on majanduslikult otstarbekam rekonstrueerida vanu lautu, on kapitalitoetuste ja muude soodustuste kaasamisel investeeringuprojektidesse pikas perspektiivis õige toetada eelkõige uute lautade ehitajaid (Miljan, 1999).

Loomade käitumist ja heaolu on uuritud nii sügavallapanul kui ka puhkelatritega külmlautades (Poikalainen *et al.*, 2001; Veermäe *et al.*, 2003), käsitletud on piima kvaliteedi probleeme (Mikk, 2002). Kõige enam on uuritud külmlautade sisekliimat nii sügavallapanuga (Veermäe, Praks, 1998; Poikalainen *et al.*, 1998; Praks *et al.*, 1998; Poikalainen *et al.*, 1999) kui ka puhkelatritega ja soojustatud laudast rekonstrueeritud vabapidamislaudast (Mikson *et al.*, 2002; Poikalainen *et al.*, 2002; Pajumägi *et al.*, 2002; Poikalainen *et al.*, 2003).

2002. aasta augustis alustati mikrokliima uuringutega Tormas vastvalminud 300-kohalises ühelöövilises terasraamidega vabapidamislaudast. Lauda projektlahenduse väljatöötamisel on kasutatud Srangko firma lahendusi ning EPMÜ maaehituse ja põllumajandustehnika instituudi soovitusi. Et majanduslikult otstarbekas on nii suurtootmine kui ka valmis lahenduste juurutamine, vajavad lauda sisekliima uuringuid meie oludes ehitajad, loomakasvatajad, loomaarstid ja loomakaitsespetsialistid. Püstitati järgmised ülesanded:

- selgitada lauda sisekliima näitajate sõltuvus väliõhu vastavatest näitajatest,
- uurida räästa- ja harjaavaga ventilatsioonisüsteemi toimimist ruloode erinevate asendite korral, lähtudes õhu liikumise iseloomust laudas,
- hinnata lauda mikrokliima sobivust lüpsikarjale.

Materjal ja meetodika

Katsed viidi läbi Torma 300-kohalises puhkelatritega vabapidamislaudast 2002. aasta augustist 2003. aasta veebruarini. Lauda mõõtmed on 29,6x72 m, kandekonstruksioonideks on metallraamid. Välisseinte (kõrgus 3 m) raudbetoonist osa (kõrgus 1,5 m) on mittekandev ja toetub vundamendiplokkidele. Katusekattematerjaliks on laineline puitseptentplaad. Viis rida läbipaistvaid plaate tagavad lauda valgustatuse. Põrand on raudbetoonist. Tänu terasraamide kasutamisele on lauda ruumiks üks 30 m laiune lõõv, mis võimaldab vajadusel kergesti tehnoloogiat ümber korraldada. Ventilatsioon toimub piki külge seinu kulgevate sein- ja räästaavade ning harjaava kaudu. Seinavade (kõrgus 1,2 m) on ruloodega suletavad. Pärast seinavade sulgemist on lahti 15 cm kõrgune vaba räästaava katuse ja sein ülemise vöö vahel. Lauda skemaatiline plaan ja mõõtepunktide paigutus laudas on toodud joonisel 1.

Külgavad ja harjaavad ning otsauksed olid avatud suvel ja sügisel (I variant, joonis 2). Talve saabudes suleti järk-järgult seinavade ruloodega ja jäid ainult räästa- ning harjaavad (II ja III variant, joonis 3). Eriti külmade ilmadega suleti ka harjaava ja räästaavadele paigutati lisaks kileribad (IV variant, joonis 4).

Õhu liikumine laudas visualiseeriti mesilaslõõtsa suitsuga. Õhu liikumist uuriti 3 erineva variandi puhul:

- I – külge- ja harjaavad ning otsauksed on lahti, tuul piki hoonet;
- III – seinavade on kinni, räästa- ja harjaava lahti, tuul piki hoonet;
- IV – külge- ja harjaavad on kinni, räästaava lahti, tuul piki hoonet.

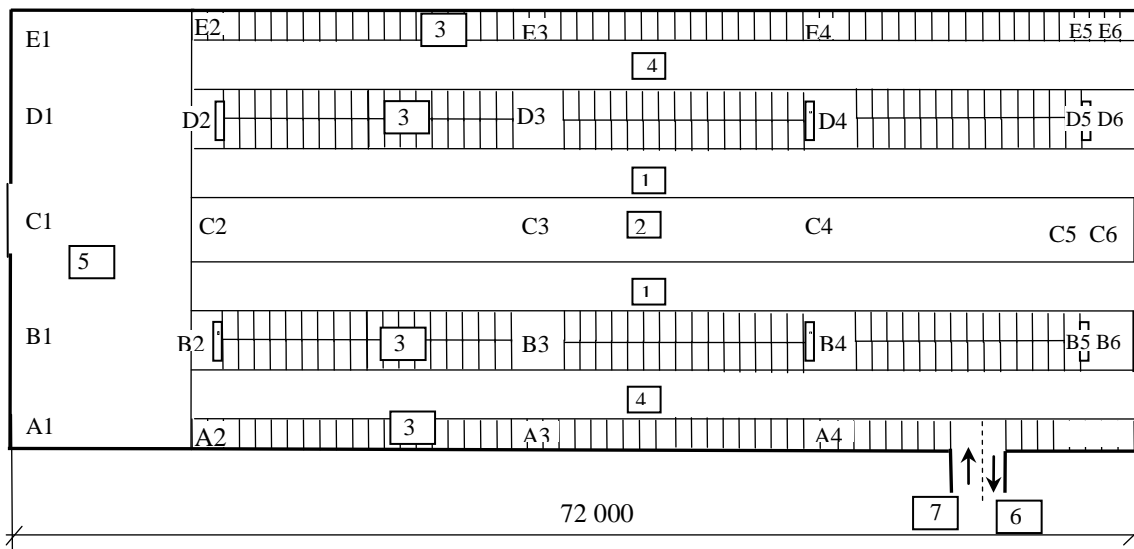
Mõõtepunktide paigutus laudas on toodud joonisel 1. Mõõtepunktide valikul lähtuti sellest, et

- saadavad andmed kajastaksid situatsiooni kogu lauda ulatuses,
- oleks võimalik hinnata sisekliimat antud projektlahendusega laudas,
- saadaks ülevaade pidamistehnoloogia iseärasuste mõjust lauda sisekliimale.

Mõõtmised sooritati järgnevalt.

1. Punktis D5 mõõdeti süsteemiga Testostor 175 30-minutilise intervalliga temperatuuri ja õhuniiskust ajavahemikul 7.–21. nov 2002 (variandid II ja III) ja 6.–21. jaan 2003 (variant IV). Väliskliima andmed saadi Uhmardu teeilmajaamast.
2. 29. augustil 2002 (variant I – ruloode üleval), 7. nov 2002 (variant II – vasakpoolne ruloode 3/4 kinni, parempoolne 1/4 kinni), 6. det 2002 (variant III – ruloode mõlemal pool all, harjaava lahti) ja 6. jaan 2003 (variant IV – ruloode all, harjaava kilega kinni, lumi katusel) mõõdeti punktides A1–E6 (1 m kõrgusel põrandast) ja välisõhus (1 m kõrgusel maapinnast) järgmised näitajad:

- 1) temperatuur (Testo 615),
 - 2) relatiivne niiskus (Testo 615),
 - 3) õhu liikumise kiirus (Testo 425),
 - 4) ammoniaak (portatiivne gaasimonitor PAC III Dräger),
 - 5) valgustus (TES 1332).
3. 6. jaanuaril 2003 mõõdeti samades punktides põrandapinna kiirus- (termomeeter Raytek Raynger ST™ RAYST2XHCG) ja termodünaamiline temperatuur (termomeeter TES 1303).

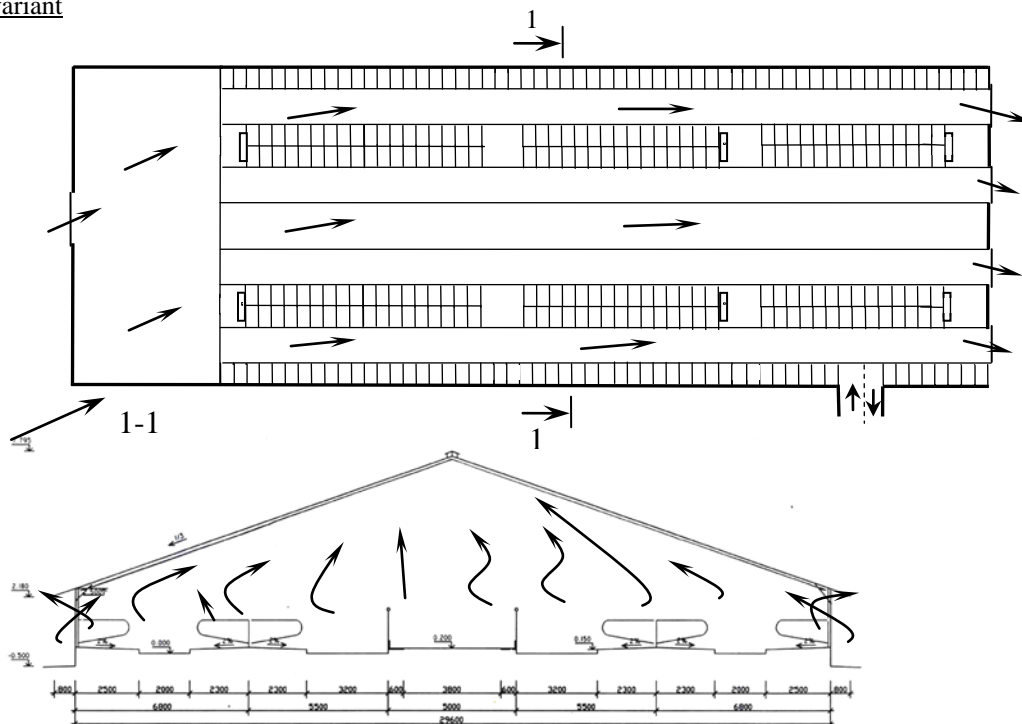


Joonis 1. Lauda skeem ja mõõtepunktide asukohad. 1 – söömisala, 2 – söödalava, 3 – puhkelatrid, 4 – liikumisala, 5 – söödahoidla ja teenindusala, 6, 7 – ühenduskäik (6 – sissepääs lüpsiplatsile, 7 – väljapääs lüpsiplatsilt), A1–E6 – mõõtepunktid

Figure 1. The layout of cowshed. 1 – eating area, 2 – feeding table, 3 – cubicles, 4 – walking area, 5 – feed storage and service area, 6 – entrance to milking parlour, 7 – exit from milking parlour, A1–E6 – the measurement points

Õhu liikumine laudas

I variant



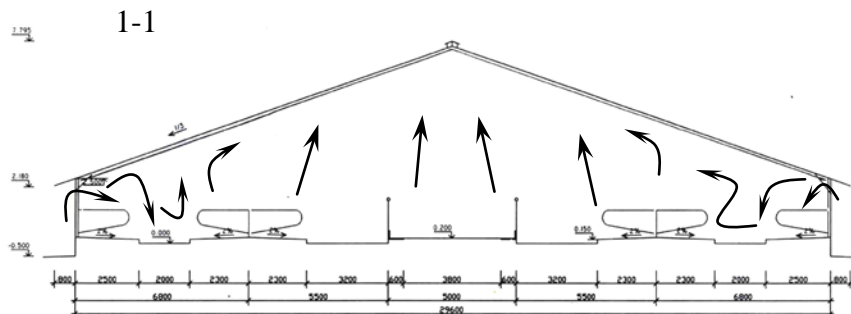
Joonis 2. Õhu liikumise skeem laudas, I variant

Figure 2. Air movement scheme in the cattle-shed, I version

Kui kõik avad olid lahti, liikus õhk piki lauta vastavalt tuule suunale, sisenedes tuulepoolsest otsauksest ja väljudes teises otsas olevatest ustest (joonis 2). Seinaavad käitusid nii sisse- kui väljalaskeavadena. Risti lauta oli õhu liikumise suund alt ülespoole.

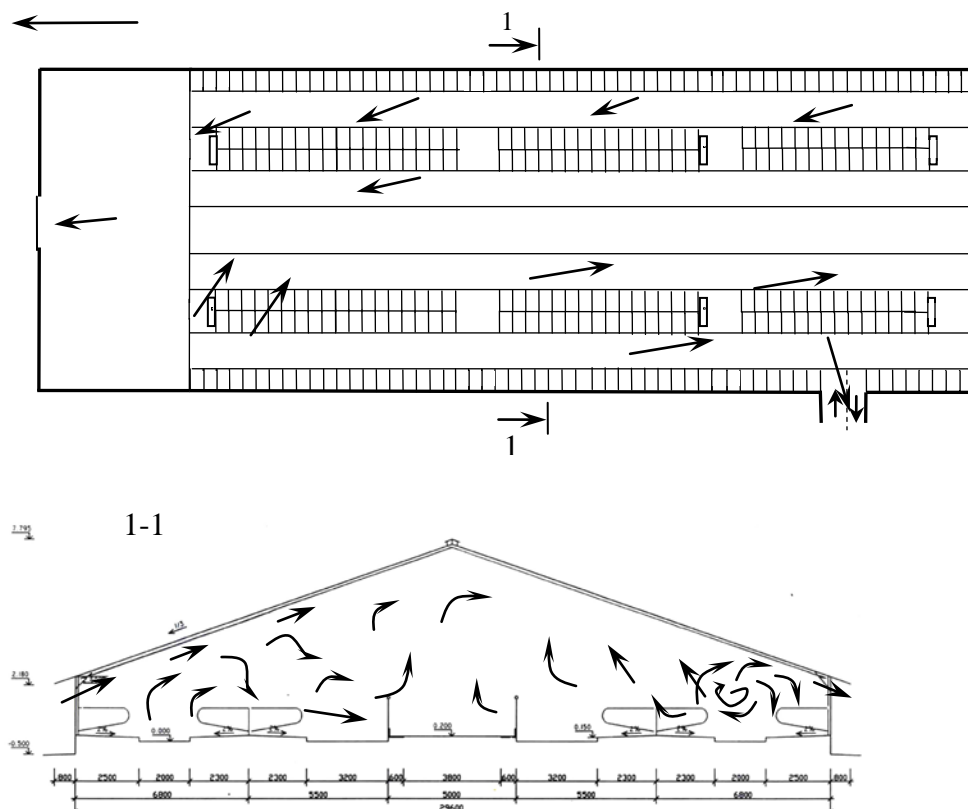
Seinaavad on kinni, räästa- ja harjaava lahti, tuul puhub piki hoonet. Õhu liikumise skeem oli nn klassikaline (joonis 3). Õhk sisenes räästaavadest, langes pisut eemal maha, pärast segunemist soojema õhuga tõusis kõrgemale harjaava suunas. Otsauksed olid kinni. Tähtsatu oli ka õhu liikumine piki lauta, mis jälgis tuule suunda õues.

III variant



Joonis 3. Õhu liikumise skeem laudas, III variant
Figure 3. Air movement scheme in the cattle-shed, III version

IV variant

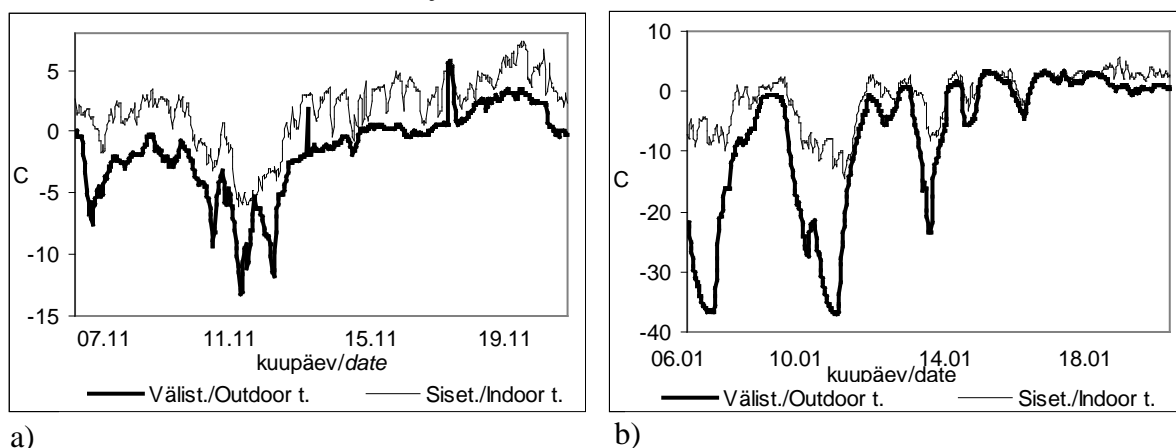


Joonis 4. Õhu liikumise skeem laudas, IV variant
Figure 4. Air movement scheme in the cattle-shed, IV version

Eriti külmade ilmadega suleti lisaks seinavadele ka harjaavad. Sellisel juhul muutus õhu liikumise skeem laudas komplitseerituks (joonis 4). Piki lauta oli ühel poolel õhu liikumise suund vastav tuule suunale. Teisel poolel, kus asub ühenduskoridor ja lüpsiplats, oli õhu liikumise suund vastupidine. Risti hoonet tekkisid pöörised. Räästaavad käitusid sisse- ja/või väljalaskeavadena. Sellist skeemi ei saa õhustamise kohalt soovitavaks pidada.

Temperatuur

Välis- ja lauda sisetemperatuuri näitajad ajavahemikul 7.–21.11.2002 (versioon II ja III) ja 6.–21.01.2003 (versioon IV) on toodud joonisel 5.



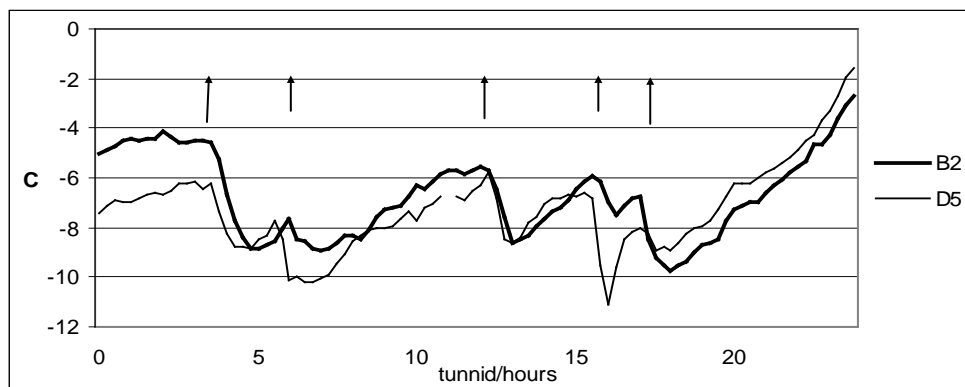
Joonis 5. Välis- ja lauda sisetemperatuur ajavahemikul 7.–21.11.2002 (a) ja 6.–21.01.2003 (b)
Figure 5. Outdoor and indoor temperature from 7.11.02 to 21.11.02 (a) and from 6.01.03 to 21.01.03 (b).

Novembris oli keskmine välis- ja sisetemperatuur katseperioodil $-1,6$ ($-13,2...5,7$) °C, jaanuaris $-7,2$ ($-36,9...3,5$) °C. Keskmine sisetemperatuurid olid vastavalt $1,7$ ($-6,1...7,3$) ja $-0,9$ ($-14,5...5,5$) °C. Välis- ja sisetemperatuuride korrelatsioonid olid novembris $r = 0,911$ ($P < 0,001$) ja jaanuaris $r = 0,891$ ($P < 0,001$), keskmine välis- ja sisetemperatuuri vahe oli novembris $3,3$ ($-1,1...8,8$) ja jaanuaris $6,3$ ($-0,6...32,1$) °C.

Novembris jälgib siseõhu temperatuur välis- ja sisetemperatuuri, olles pidevalt umbes $2-3$ °C kõrgem kui väljas (joonis 5 a). Külma ilmaga (välis- ja sisetemperatuur -14 °C) ulatub temperatuuride erinevus sees ja väljas kuni $7-8$ kraadini. Eriti külmade ilmadega jaanuaris, kui välis- ja sisetemperatuur langes kuni $-36,9$ kraadini ning sein- ja harjaavad olid suletud ja räästaavas õhuvool takistatud, oli sise- ja välis- ja sisetemperatuuride erinevus kuni 28 °C.

Laudaõhu temperatuur sõltus ka lauda töörežiimist. Kõrgetoodangulist gruppi lüpsiti kolm korda päevas, kell 3.30, 12.00 ja 17.20. Hommikuse ja õhtuse lüpsi ajal, kui lehmad olid lüpsiplatsil, koristati traktoriga sõnnik ja puhkealale laotati põhk. Madalatoodangulist gruppi lüpsiti kell 6.00 ja kell 15.30, ka siin koristati lüpsi ajal sõnnik ja laotati allapanu. Kõrgetoodangulised loomad said polükomponentset monosööta kaks korda päevas, kell 5.20 ja 17.00, madalatoodangulised hommikul kell 4.40. Selleks, et ergutada loomi sööma, sööta aeg-ajalt liigutati. Lauda sisetemperatuur hakkas alanema kohe, kui lehmad liikusid lüpsiplatsile (joonis 6). Lühiajaline uste avamine kell 16 alandas temperatuuri mõõtepunktis D5 nelja kraadi võrra.

Kohtmõõtmistel saadud temperatuurinäitajad on toodud tabelis 1 ja joonisel 7.



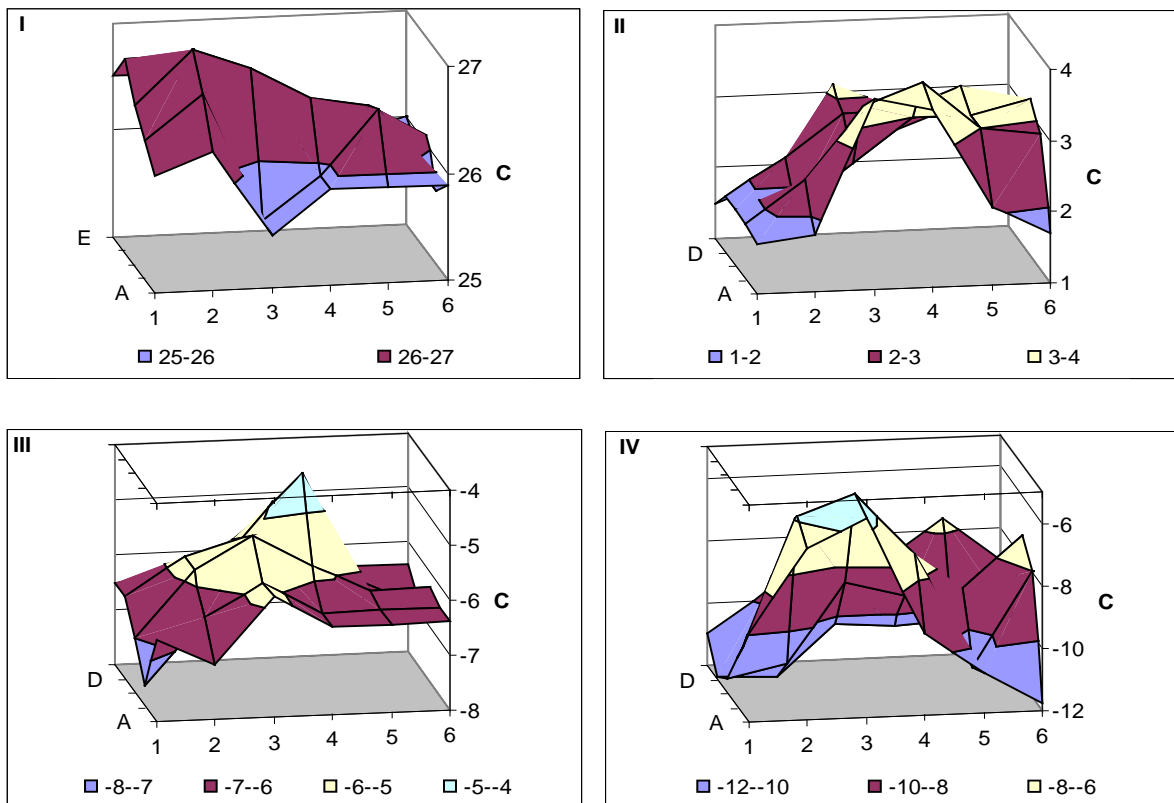
Joonis 6. Laudaõhu temperatuuri sõltuvus töörežiimist. ↑ – lüpsi- ja koristusaeg
Figure 6. Dependence of indoor temperature on working regime. ↑ – milking and manure removal time

Tabel 1. Temperatuur laudas
Table 1. Temperature data in cow-shed

Näitaja Item	Variant Version	Kuupäev Date	Väljas Outdoor	Laudas / In cow-shed				
				Keskm Average	Maks Max	Min Min	St-hälve St-dev	Vahe Range
Temperatuur, °C Temperature, °C	I	29.08.02	26,4	26,2	27,0	25,5	0,4	1,5
	II	07.11.02	1,1	2,6	3,7	1,5	0,6	2,2
	III	06.12.02	-9,6	-6,2	-4,4	-7,6	0,6	3,2
	IV	06.01.03	-23	-9,2	-5,3	-12,0	1,8	6,7
Katuse kiirgustemperatuur, °C Infrared temperature of ceiling, °C	IV	06.01.03	-23	-11,5	-6,9	-17,7	2,8	10,8
Põranda kiirgustemperatuur, °C Infrared temperature of floor, °C	IV	06.01.03	-23	-9,1	-3,7	-19,1	3,3	15,4

Vastavalt sellele, kuidas avasid järk-järgult suleti, suurenes temperatuuride vahe hoones sees ning sise- ja välistemperatuuride erinevus (tabel 1). Suvel oli varieeruvus sees ainult 1,5 °C (25,5–27,0 °C) ning sise- ja välistemperatuuride erinevus 0,2 °C. Kui välistemperatuur oli –23 °C ja avad suletud, varieerus õhutemperatuur laudas 6,7 (–5,3...12,0) °C. Keskmine siseõhu temperatuur –9,2 °C erines välisõhu temperatuurist 13,8 °C võrra.

Joonisel 7 on näha temperatuuride varieeruvus kohtmõõtmistel lauda ulatuses erinevate variantide puhul. I variant kujutab temperatuuride varieeruvust laudas suvisel mõõtmispäeval, kui kõik ventilatsiooniavad ja ka ukSED on lahti. Kõikumine on ainult 1,5 °C (tabel 1, variant 1). Novembris ja detsembris, kui seinaavasid suleti (variandid II ja III), tõsis temperatuuride erinevus juba 3,3 kraadini. Madalam oli temperatuur söödahoidlas, sest seal loomi polnud. Jaanuaris, kui enamik ventilatsiooniavadest oli suletud, oli kõikumine lauda lõikes juba 6,7 °C (variant IV). Seda põhjustas ilmselt komplitseeritud ja ebahütlane õhu liikumise skeem (joonis 4).

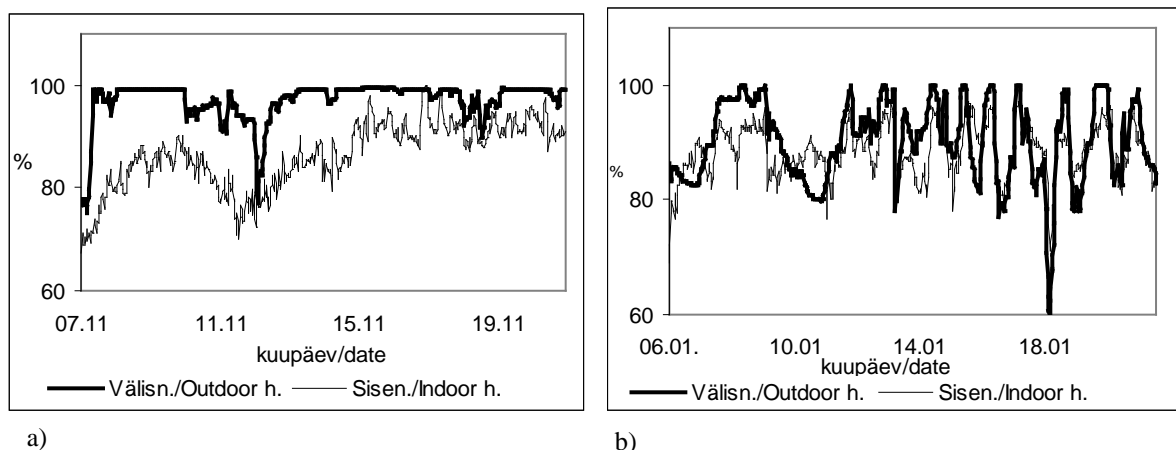


Joonis 7. Temperatuur laudas
Figure 7. Temperature patterns in the cow-shed

Niiskus

Välisõhu ja lauda relatiivse niiskuse näitajad ajavahemikul 7.–21.11.2002 ja 6.–21.01.2003 on toodud joonisel 8.

Novembris oli välisõhu keskmine niiskusesisaldus katseperioodil 97,1 (75,2–99,7)%, jaanuaris 90,2 (59,8–99,9)%. Keskmine laudaõhu niiskusesisaldus oli vastavalt 86,4 (67,4–99,9) ja 88,5 (68,9–97,6)%. Välis- ja siseõhu niiskusesisalduse korrelatsioonid olid vastavalt $r = 0,583$ ($p < 0,001$) ja $r = 0,651$ ($p < 0,001$), keskmine välis- ja siseõhu niiskusesisalduse vahe novembris 10,7 (–1...27,5) ja jaanuaris 1,7 (–17,4...17,2)%. Õhu niiskusesisalduse näitajad mõõtepunktides on toodud tabelis 2 ja joonisel 9.



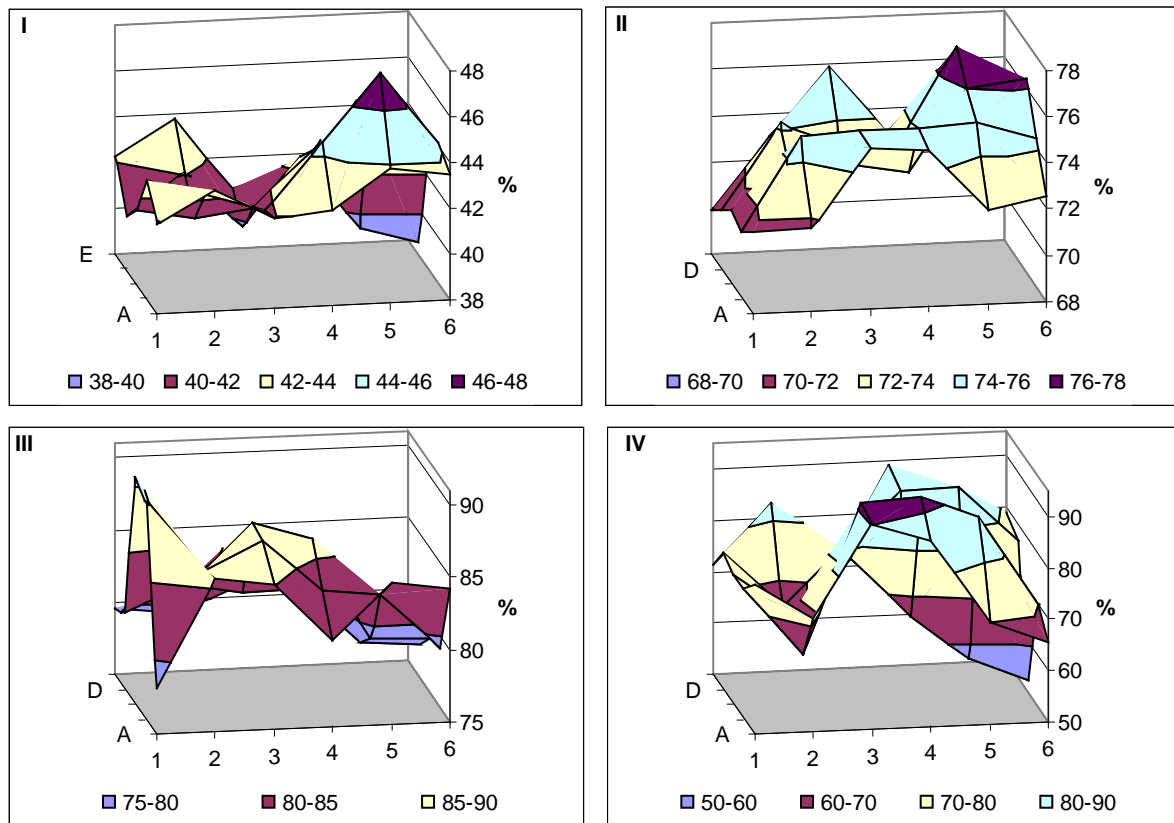
Joonis 8. Välisõhu ja lauda relatiivne niiskus ajavahemikul 7.–21.11.2002 (a) ja 6.–21.01.2003 (b)
Figure 8. Outdoor and indoor relative humidity 7.11.02 to 21.11.02 (a) and from 6.01.03. to 21.01.03(b)

Tabel 2. Relatiivne niiskus laudas
Table 2. Relative humidity data in cow-shed

Näitaja Item	Variant Version	Kuupäev Date	Väljas Outdoor	Laudas / In cow-shed				
				Keskm Average	Maks Max	Min Min	St-hälve St-dev	Vahe Range
Relatiivne niiskus, % Relative humidity, %	I	29.08.02	34,40	42,1	47,4	38,6	1,9	8,8
	II	07.11.02	69,3	73,7	77,2	69,9	1,8	7,3
	III	06.12.02	79,4	82,2	90,8	76,7	3,6	14,1
	IV	06.01.03	70,1	75,7	91,8	52,0	9,8	39,8

Avade sulgemisel suurenes suhtelise õhuniiskuse erinevus hoones sees (tabel 2), ulatudes kuni 39,8%-ni (52,0–91,8%), kui kõik avad olid suletud ja välistemperatuur -23 °C (variant IV). Joonisel 9 on näha õhuniiskuste varieeruvus erinevate mõõtmispäevade korral. Variant IV kujutab õhuniiskuste kõikumist kogu lauda ulatuses eriti külma ilmaga jaanuaris, kui enamik ventilatsioonivadest oli kinni. Arvestades suurt temperatuuride ja suhteliste niiskuste varieeruvust võib siin tegeliku niiskusolukorra hindamiseks appi võtta õhu absoluutse niiskuse. -23 °C välistemperatuuri ja 70% suhtelise õhuniiskuse korral on veeauru sisaldus õhus $0,49\text{ g/m}^3$. Kõige "soojemas ja niiskemas" mõõtmiskohas B3 ($-5,3\text{ °C}$, 91,1%) oli õhu veeauru sisaldus 3 g/m^3 . Kõige "kuivemas" mõõtmiskohas C3 ($-7,3\text{ °C}$, 52%) oli õhu veeauru sisaldus $1,4\text{ g/m}^3$. Suhteline õhuniiskus avade sulgemisel, kui välistemperatuur samal ajal alaneb, ei tõuse. Külmade ilmade puhul (välistemperatuur $-9,3\text{ °C}$ ja -23 °C) olid keskmised suhtelised õhuniiskused laudas vastavalt 82,2 ja 75,7%.

Et Eesti projekteerimisnormid loomakasvatushoonete sisekliimat ei käsitle, võib neid näitajaid võrrelda näiteks Rootsi omadega. Neis on soovitatud lauda siseõhu suhteliseks niiskuseks 60–80% ja külmlautade puhul ei tohiks siseõhu niiskus ületada välisõhu niiskust üle 10% (Dolby, 1989).



Joonis 9. Relatiivse niiskuse näitajad laudas
Figure 9. Relative humidity patterns in cow-shed

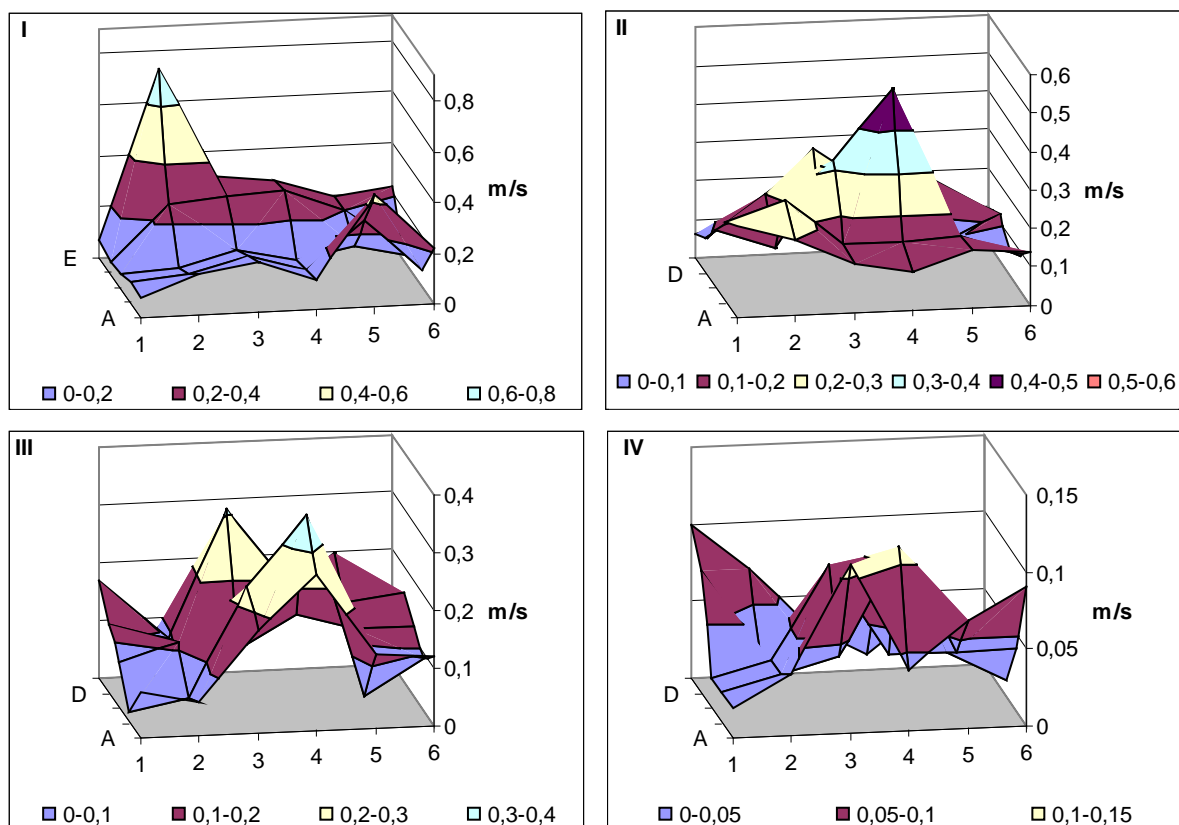
Õhu liikumise kiirus

Kohtmõõtmistel saadud andmed on toodud tabelis 3 ja joonisel 10.

Tuule kiirus mõõtmispäevadel oli väike (0,2–0,8 m/s). Avade sulgemisega vähenes õhu liikumiskiiruste erinevus ja keskmine õhu liikumiskiirus laudas. Tõmbetuulega kohti ei esinenud.

Tabel 3. Õhu liikumise kiirus laudas
Table 3. Air movement speed in cow-shed

Näitaja Item	Variant Version	Kuupäev Date	Väljas Outdoor	Laudas / In cow-shed				
				Keskm Average	Maks Max	Min Min	St-hälve St-dev	Vahe Range
Õhu liikumise kiirus, m/s Air movement speed, m/s	I	29.08.02	0,6	0,2	0,7	0,0	0,1	0,7
	II	07.11.02	0,8	0,2	0,5	0,1	0,1	0,5
	III	06.12.02	0,2	0,1	0,4	0,0	0,1	0,3
	IV	06.01.03	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1



Joonis 10. Õhu liikumise kiiruse näitajad laudas
Figure 10. Air movement speed patterns in cow-shed

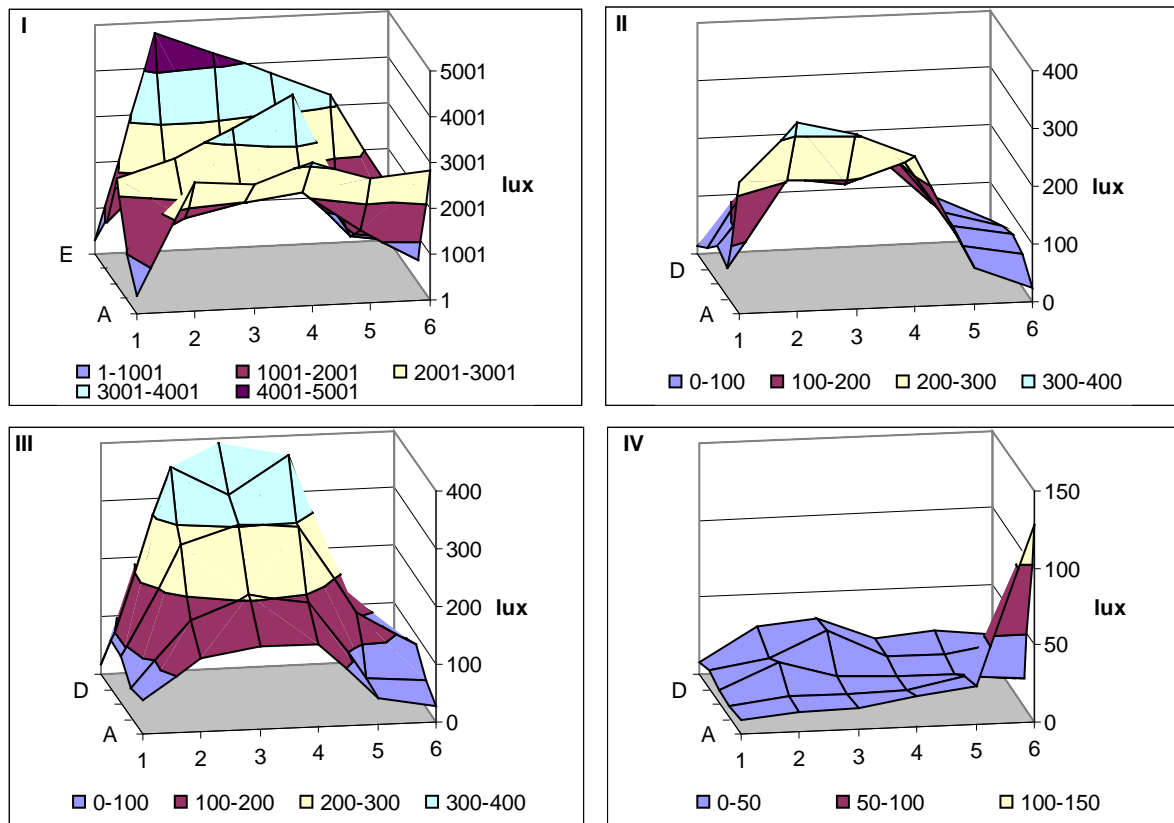
Valgustus

Kohtmõõtmistel saadud andmed on toodud tabelis 4 ja joonisel 11.

Valgustustugevus laudas kõikis suurtes piirides (tabel 4 ja joonis 11). Viimase mõõtmise ajal oli lauda katus kaetud paksu lumekihi, mistõttu valgustatus laudas oli optimaalsest väiksem (120 luksi). Sel perioodil on otstarbekas lisavalgustuse kasutamine ka päevasel ajal.

Tabel 4. Valgustus laudas
Table 4. Lighting in cow-shed

Näitaja Item	Variant Version	Kuupäev Date	Väljas Outdoor	Laudas / In cow-shed				
				Keskm Average	Maks Max	Min Min	St-hälve St-dev	Vahe Range
Valgustus, lux Lighting, lux	I	29.08.02	29133	2099	4757	293	1247	4463
	II	07.11.02	2570	138	328	14	88	314
	III	06.12.02	5500	163	391	16	118	375
	IV	06.01.03	6980	21	128	8	21	121



Joonis 11. Valgustuse näitajad laudas
Figure 11. Lighting patterns in cow-shed

Laudaõhu gaasiline koostis

Laudaõhu gaasilise koostise sobivust hinnati ammoniaagisisalduse järgi. Kõikides mõõtepunktidest jäi ammoniaagisisaldus allpoole mõõteriista tundlikkuse piiri (1 ppm). Normidega maksimaalselt soovitatud ammoniaagisisaldus laudaõhus on 10 ppm.

Kokkuvõte

Torma OÜ 300-kohalises vabapidamisega külmlaudas uuriti õhu liikumist, niiskusesisaldust, temperatuuri, valgustust ning ammoniaagisisaldust 2002. aasta augustist kuni 2003. aasta veebruarini välistemperatuuridel $-37..27$ °C. Külgavad ja harjaavad ning otsauksed olid suvel ja sügisel avatud (I variant). Talve saabudes suleti järk-järgult külgavad ruloodega ja jäid ainult räästa- ning harjaavad (II–III variant). Eriti külmade ilmadega suleti ka harjaava ja räästaavadele paigutati lisaks kileribad (IV variant). Mida rohkem ventilatsiooniasid oli lahti, seda ühtlasemad olid nii temperatuur kui ka õhuniiskus laudas ja seda väiksem oli välis- ja sisetemperatuuride vahe. Traditsiooniliste õhutusviiside korral (I–III) oli laudas tagatud piisav ventilatsioon ja mikrokliima parameetrite väärtused vastasid soovitatavatele. Kui harjaava suleti ja räästaavade avatust vähendati (IV), muutus õhu liikumise skeem komplitseerituks ning õhutemperatuuride ja niiskuse jaotus oli väga ebahühtlane. Samas mikrokliima parameetrite väärtused jäid soovitatavatesse piiridesse. Väga madalate välistemperatuuride korral võimaldas avade sulgemine tõsta lauda sisetemperatuuri. Seda näiteks hommikuti, kui päikesetõusu eel välistemperatuurid olid eriti madalad. Niiskusesisaldus laudas oli maksimaalselt 92%.

Teostatud katsete alusel võib järeldada, et ühelöövilise terasraamidest kandekonstruktsioonidega vabapidamisega külmlauda sisekliima sobib lüpsikarja pidamiseks Eesti tingimustes.

Kirjandus

- Anderson, N. G. 1997. Cold housing and open housing – effects on health, management and production dairy cattle. – 9th International Congress in Animal Hygiene, 17–21 August 1997, Helsinki, p. 481–487.
- Arave, C. W., Macaulay, A. S., Russev, N. 1994. Interaction of dairy cows with facilities and systems. – Proc. of the Third Int. Dairy Housing Conference, 2–5 Feb. 1994, Orlando, Florida, p. 613–621.
- Armolik, J. 1962. Kas külm veiste vabalaut on õigustatud. – Sotsialistlik Põllumajandus nr 6, märts 1962, lk 279–280.
- Armolik, J., Kutti, P. 1960. Lehmade vabapidamine Rakvere rajooni "Kungla" kolhoosis. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn.
- Dolby, C. M. 1989. Enkla byggnader för djurproduction. Uppsala 47 lk.
- Jaagus, J., Ahas, R., Aasa, A. 2002. Eesti asub kliimamuutuste keskmes. – Eesti Loodus, 11, lk 6–13.
- Kavolelis, B. 2001. The uninsulated cowsheds in Lithuania and microclimate conditions. – Animal Welfare in Contemporary context. The International Conference, 11–12 Oct. 2001, Lithuania, Baisogala. Animal Husbandry scientific articles, 38, p. 13–18.
- Kavolelis, B., Bleizgys, R., Cesna, J., Bakutis, B., Monstvilienė, E. 2001. The expansion of uninsulated cowshed in Lithuania and animal housing conditions. – Proceedings of the International conference "Perspectives of sustainable technological processes in agricultural engineering", 20–21 Sept. 2001, Lithuania, p. 213–219.
- Kutti, P. 1957. Lehmade pidamisoludest ja toodangust vabalautades. Sotsialistlik Põllumajandus, nr 11, 1957, lk 493–495.
- Luts, V. 1997. Veiste vabapidamislaudad.
- Luts, V. 1998. Lüpsikarjalautade rekonstrueerimine.
- Mikk, K. 2002. Piima koostis ja selle dünaamika lehmade pidamisel külmlautades. – Bakalaureusetöö.
- Miljan, J., Leola, A. 2000. Veiselautade rekonstrueerimise probleeme ja kogemusi. – Põllumajandustehnika, -ehitus ja -energeetika. Tartu, lk 90–97.
- Miljan, R. 1999. Lehmalaudade taastootmise majanduslik efektiivsus. – Magistritöö.
- Miljan, R., Lilover, L., Miljan, J. 2000. Lüpsilautade ehitamise ja rekonstrueerimise majanduslik võrdlus. – Põllumajandustehnika, -ehitus ja -energeetika. Tartu, lk 98–107.
- Mikson, E., Reppo, B., Luik, E. 2002. Indoor climate of an uninsulated loose-housing cowshed with resting boxes. – Agricultural Machinery, Buildings, Energy and Hydraulic Engineering. 22. Nov., Tartu. Transactions No 215, p. 21–24.
- Monstvilienė, E., Bakutis, B. 2001. Peculiarities of dairy behaviour in loose housing at different temperature conditions. – Animal Welfare in Contemporary context. The International Conference, 11–12 Oct., Lithuania, Baisogala. Animal Husbandry scientific articles, 38, p. 7–12.
- MWPS-33. 1989. Natural Ventilating Systems for Livestock Housing. First Edition. Midwest Plan Service.
- Pajumägi, A., Miljan, J. 1995. Külma noorkarjalauda ekspluatatsioonist 1994. a talvel. – EPMÜ teadustööde kogumik nr 184, lk 9–19.
- Pajumägi, A. 2001. Veiste sügavallapanul külmlautade sobivusest Eestis. – Magistritöö.
- Pajumägi, A., Poikalainen, V., Veermäe, I., Praks, J. 2002. Winter microclimate in the renovated loose housing cowshed. – Agricultural Machinery, Buildings, Energy and Hydraulic Engineering. 22. Nov., Tartu, Transactions No 215, p. 144–147.
- Poikalainen, V., Veermäe, I., Praks, J. 1998. Microclimate in the uninsulated loose housing cowshed with deep straw bedding. – XVIII Nordic Veterinary Congress. Helsinki. Proceedings, p. 352.
- Poikalainen, V., Veermäe, I., Praks, J. 1999. Temperature, humidity and ammonia concentration in the uninsulated loose housing cowshed with deep straw bedding. – Dairy Production in Estonia – Today and Tomorrow. Proceedings from a symposium at Estonian Agriculture University, 7. June, Tartu, p. 84–89.
- Poikalainen, V., Veermäe, I., Praks, J. 2001. Dairy cow's welfare and production in uninsulated cowsheds. – Animal Welfare in Contemporary context. The International Conference, 11–12 Oct., Lithuania, Baisogala. Animal Husbandry scientific articles, 38, p. 27–30.
- Poikalainen, V., Veermäe, I., Praks, J. 2002. Rekonstrueeritud piimakarjalauda mikrokliima talvel. – Veterinaarmeditsiin 2002, lk 53–58.
- Poikalainen, V., Veermäe, I., Praks, J. 2003. Microclimate zones and laying place preference in cubicle cowshed. – XIth ISAH Congress in Animal Hygiene. 23–27 Feb., Mexico City, p. 435–439.
- Praks, J., Miljan, J., Poikalainen, V., Veermäe, I. 1998. Mikrokliima sügavallapanuga külmlaudas. – Veterinaarmeditsiin, lk 136–144.

- Priekulis, J., Laurs, A. 2002. Unheated cowsheds in Latvia: present state and problems. – *Agricultural Machinery, Buildings, Energy and Hydraulic Engineering*. 22. Nov., Tartu, Transactions No 215, p. 25–28.
- Tirkkonen, M. 1997. A field study of the effects of cold loose housing systems in Finland for the health and welfare of dairy cows and calves – a questionnaire to farmers and veterinarians with farm visits. – 9th International Congress in Animal Hygiene, 17–21 Aug., Helsinki, p. 488–491.
- Veermäe, I., Praks, J. 1998. Mikrokliima monitooring külmas sügavallapanuga vabapidamislauas. – Eesti Põllumajandusülikooli Loomakasvatusinstituudi teadustöid. 68, lk 12–17.
- Veermäe, I., Poikalainen, V., Praks, J. 2001. Cold loose housing of dairy cows in Estonia. – Animal welfare considerations in livestock housing systems. International Symposium of the 2nd Technical Section of G.I.G.R. 23–25. Oct., Poland, p. 285–291.
- Veermäe, I., Poikalainen, V., Praks, J. 2003. Behaviour of dairy cows in two different loose housing systems. – XIth ISAH Congress in Animal Hygiene. 23–27 Feb., Mexico City, p. 423–428.

Uurimisprogrammi finantseerib Eesti Teaduse Sihtasutus (grandid 4096, 4109ja 4089). Sihtfinantseerimine nr 2612TE03.

Autorid tänavad Torma POÜ juhatajat Ahto Vilit, lauda omanikke ja personali igakülgse abi eest uuringute läbiviimisel.

Microclimate of the Uninsulated Loose Housing Cowshed

A. Pajumägi, I. Veermäe, J. Miljan, J. Praks, V. Poikalainen

Summary

This paper deals with the microclimate (temperature, relative humidity, air velocity, lighting, ammonia concentration) and air movement patterns within a cold cubicle cowshed for 300 dairy cows. In this cowshed, doors and openings in the ridge and sides (eaves and walls) were opened during summer and autumn (version I). In winter the openings in the sides were gradually closed, and only openings in the ridge and eaves were opened (versions II and III). In extremely cold weather, the openings in the ridge and eaves were closed with plastic (version IV).

Experiments were carried out from August 2002 to February 2003. The layout of the building and the displacement of the measurement points are given in Figure 1.

For the estimation of the relationship between outdoor and indoor climatic parameters, temperature and relative humidity were detected (Testostor 175, resolution: 0.1 °C and 1%) every 30 minutes, from 07.11.2002 to 21.11.2002 (versions II and III) and from 06.01.2003 to 21.01.2003 (version IV).

For the estimation of the spatial distribution of microclimate temperature and relative humidity (Testo 615, resolution 0.1 °C and 1%), air velocity (Testo 425, resolution 0.01 m/s), ammonia concentration (PAC III Dräger, resolution 1 ppm), lighting (TES 1332, resolution 1 lux), and infrared temperature (Raytek Raynger STTM RAYST2XHCG, resolution 0.1 °C) were measured at measurement points A1 to E6. The data were recorded on a PC and processed using the EXCEL spreadsheet program.

Air movement schemes are given in figures 2 to 4. A – the air enters and exits through the gates. The eaves acted as inlet and outlet at the same time. The entry of fresh air depended on the direction of the wind.

III – classic pattern of air movement (figure 3). The movement of fresh air extended to all parts of the building.

IV – the air movement scheme is complicated (figure 4).

Outdoor and indoor temperature data from 07.11.2002 to 21.11.2002 and 06.01.2003 to 21.01.2003 are given in figure 5. The outside temperature varied from –13.2 to 5.7 °C in November and –36.9 to 3.5 °C in January, whereas the inside temperature fluctuated from –6.1 to 7.3 and –14.5 to 5.5 °C respectively. The correlation between outdoor and indoor temperature was $r = 0.911$ ($p < 0.001$) in November and $r = 0.891$ ($p < 0.001$) in January. The facilities and cows had a stabilizing effect on temperature (figure 6). The results of temperature measurements are given in table 1 and figure 7.

Outdoor and indoor relative humidity data from 07.11.2002 to 21.11.2002 and 06.01.2003 to 21.01.2003 are given in figure 8.

The correlation between outdoor and indoor relative humidity was $r = 0.583$ ($p < 0.001$) in November and $r = 0.651$ ($p < 0.001$) in January. The results of relative humidity measurements are given in table 2 and figure 9.

The results of air movement velocity measurements are given in table 3 and figure 10. The results of lighting measurements are given in table 4 and figure 11.

The following conclusions were drawn:

-
- The more openings were opened, the more homogeneous the indoor temperature and relative humidity and the smaller the difference between outdoor and indoor temperatures.
 - In the case of traditional ventilation (I to III), the movement of fresh air extended to all parts of the building, and the parameters of inside microclimate meet the recommendations for cattle housing.
 - When, in extremely cold weather, openings in the roof and eaves were closed with plastic (version IV) the air movement scheme was complicated, and microclimate parameters varied to a remarkable extent throughout the cowshed. However, the parameters of the inside microclimate still comply with the recommendations for cattle keeping.