

SOOJUSTAMATA LAUDA LÜPSIKOJA SISEKLIIMA TALVEL

B. Reppo, E. Mikson, V. Vaarak

ABSTRACT. *Indoor climate of uninsulated cowshed's milking house during wintertime. 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. The same situation is normally with milking houses of such cowsheds.*

As the indoor climate of an uninsulated shed and milking house 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 milking houses (420, 352 and 730 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: *waiting area, milking parlour, milking, area cleaning, air temperature, ammonia, carbon dioxide, oxygen, relative humidity, ventilation, cubicles.*

Sissejuhatus

Viimasel ajal pööratakse üha rohkem tähelepanu inimeste töö- ja loomadepidamiskeskkonnale. On tähtis uurida ruumide sisekliimat, sest inimese töövõimet ja loomade produktiivsust ning tervist mõjutavad sellised sisekliima tegurid nagu õhu temperatuur, suhteline niiskus, liikumiskiirus, gaasikoostis jne.

Soojustamata laudaga farmi lüpsikoja lehmade lüpsiooteala ja lüpsiplatsi sisekliimat mõjutavad suurelt, eriti talvel, väliskliima ning ruumides tehtavad tööd. Seoses nendel aladel tehtavate lüpsi- ja puhastus-koristus-töödega ning loomade tiheda paiknemisega suureneb ruumides õhu suhteline niiskus ja halveneb gaasikoostis. Kui lehm on lüpsmiseks ootealal ja lüpsiplatsil lühikest aega, siis karjak-loomaajaja ja eriti lüpsja töökestus on siin märksa pikem, ulatudes suurte farmide puhul 6–7 tunnini ööpäevas. Töökeskkonna halva sisekliima puhul võib inimene haigestuda.

Töö eesmärgiks oli uurida talvel puhkelatritega soojustamata veiselautade lüpsikodade ootealadel ja lüpsiplatsidel tehtavate tööde ja väliskliima mõju nende ruumide sisekliimale. Selleks mõõdeti ööpäevaringselt lüpsikodades õhutemperatuuri, suhtelist niiskust, liikumiskiirust ja hapniku-, süsinikdioksiidi- ning ammoniaagisisaldust, jälgiti ja kronometreeriti ruumides tehtavaid töid. Samaaegselt mõõdeti ka välisõhu temperatuuri ja suhtelist niiskust.

Võtmesõnad: lüpsiooteala, lüpsiplats, lüps, puhastus, õhutemperatuur, ammoniaak, süsinikdioksiid, hapnik, suhteline niiskus, õhutus, puhkelatrid.

Materjal ja meetodika

Väliskliima ja lehmade lüpsimisega seotud tööde mõju lüpsiooteala ja -platsi sisekliimale uuriti 420, 352 ja 730 lüpsilehmaga farmi lüpsikojas, edaspidi vastavalt farm ja lüpsikoda nr 1, nr 2 ja nr 3. Kõik farmid on soojustamata lauda (Mikson *et al.*, 2003), lüpsiooteala ja -platsiga ning loomuliku õhuvahetusega.

Farmi nr 1 lüpsikojas on lüpsiplats ja lüpsiooteala ehitatud samale tasapinnale. Lüpsiooteala pindala on 156 m², mis on mõeldud 104 lehmale. Lüpsiooteala ja -platsi eraldab plastikust ribakardin.

Lehmi lüpstakse kaks korda päevas, ühe lüpsi kestus on 4,5 tundi (joonis 1). Korraga on tööl üks karjak, kes ajab lehmi laudast ootealale ning suunab sealt lüpsiplatsile. Ootealale aetakse loomi rühmaviisiliselt, moodustades viis rühma, kuhu kuulub 90, 98, 36, 98 ja 98 looma. Korraga on ootealal üks lehmarihm. Lehmi lüpstakse paralleellüpsiplatsil seadmega DeLaval 2×14. Lüpsiplatsil töötab korraga kaks lüpsjat. Lehmade saabumisel platsile algab lüpsiprotseduur. Loomad lastakse lüpsiplatsilt minema üks pool korraga. Vahetuse lõpus pesevad lüpsjad ning karjak lüpsiplatsi veega puhtaks. Lisaks sellele pestakse pärast hommikust lüpsi survepesuriga ooteala ja veel kord lüpsiplatsi.

Farmi nr 2 lüpsikoja ooteala suurus on 233,5 m² (155 lehmale) ja on ehitatud tõusuga lüpsiplatsi poole. Ruumi soojuse hoidmise eesmärgil olid ooteala lagi ja külgeinad kaetud kilega. Lüpsiplats on otsast avatud süvendiga.

Lehmade lüpsimine toimub kolm korda ööpäevas, kus hommikuse, lõunase ja õhtuse lüpsi kestus on vastavalt 4,5, 3,5 ja 4,5 tundi (joonis 3). Selles farmis on samuti korraga tööil üks karjak. Tema ülesandeks on lehmariühmade ajamine laudast lüpsiootealale. Rühmi on kokku kaks (180 ja 172 lehma), korraga on ootealal üks rühm (joonis 2). Loomade ajamine ootealalt lüpsiplatsile toimub "elektrilise koera" abil, vajadusel aitab ka karjak. Lüpsimine toimub paralleellüpsiplatsil seadmega Strangko 2×20, kus töötab korraga kaks lüpsjat. Loomade vabastamine lüpsiplatsilt toimub samuti üks pool korraga. Vahetuse lõpus pestakse nii lüpsiplats kui ka lüpsiooteala.

Farmi nr 3 lüpsikoja ooteala põrand on ka tõusuga lüpsiplatsi suunas. Lüpsiplats on avatud süvendiga ning seal on loomulik õhutus, kuid lüpsiootealal pindalaga 300 m² (200 lehmale) on võimalik kasutada ka sundõhutus. Sisekliima uurimise ajal olid külgeinade rullkardinad osaliselt avatud.

Farmis lüpsitakse lehma samuti kolm korda ööpäevas, lüps kestab 5,5 tundi (joonis 4). Lüpsiks jaotatakse lehmad kaheksaks rühmaks (58, 110, 55, 119, 107, 98, 105 ja 78 lehma). Korraga on ootealal kaks rühma, neid eraldab "koer". Loomade suunamine ootealalt lüpsiplatsile toimub "koera" abil ja vajadusel abistab ka karjak. Lüpsitakse paralleellüpsiplatsil seadmega DeLaval 2×20. Korraga on lüpsiplatsil kaks lüpsjat. Platsi ühe poole lüpsitud loomad vabastatakse lüpsikohtadelt korraga. Vahetuse lõpul pesevad lüpsjad lüpsiplatsi veejoaga, karjak aga emaldab väiketraktoriga sõnniku lüpsiootealalt.

Töö metoodikas lähtuti Eesti Vabariigi tervisekaitseasutusest (<http://lex...>), Soome normatiividest (Karhunen, 1992) ja Vene OST-ist 70.2.33-80 (Riabzev, 1981), mille alusel töökeskkonna sisekliima parameetrite määramise normatiivkõrguseks on 1,4–1,5 m.

Siseõhu liikumiskiirust, temperatuuri, suhtelist niiskust ja hapniku-, süsinikdioksiidi- ning ammoniaagisisaldust ootealal ja lüpsiplatsil mõõdeti kõrgusel 1,5 m ööpäevaringselt. Samaaegselt mõõdeti ka välisõhu temperatuuri ja suhtelist niiskust ning jälgiti ja kronometreeriti karjakute ja lüpsjate tööd. Uurimine viidi läbi 2004. aasta veebruarikuus.

Sisekliima parameetrite uurimiseks kasutati seadet ALMEMO Data Logger 8990-8 koos arvutiprogrammiga AMR WinControl. Õhutemperatuuri ja suhtelise niiskuse mõõtmiseks kasutati AMR firma sensorit FH646-1 vastavalt mõõtmispiirkonnaga –20...+80 °C (mõõtmistäpsusega 0,01 °C) ja 5–98% (mõõtmistäpsusega 0,1%). 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 ± 0,3 °C ja ± 1,5%). Mõõtmistulemusi analüüsiti arvutiprogrammiga AMR WinControl, HW3 ja MS Excel (Kiviste, 1999).

Tulemused

Uurimistulemustest (joonised 1–4 ja tabelid 1–3) selgub, et soojustamata lauda lüpsiooteala ja lüpsiplatsi sisekliima parameetrite arvvaartusi mõjutavad nii väliskliima kui ka nendel aladel tehtavad tööd.

Lüpsikoja nr 1 ooteala sisekliima mõõtmise ajal oli ööpäevane õhutemperatuur vahemikus 0,07–9,79 °C, olles keskmiselt 4,18 °C. Samal ajal oli välisõhu temperatuur vahemikus –18,31...–7,69 °C (tabel 1).

Õhu suhteline niiskus oli keskmiselt 85,6%, kuid ööpäeva vältel see muutus vahemikus 73,0–100,0%. Samal ajal mõõdetud välisõhu suhteline niiskus püsis vahemikus 61,00–86,06%. Hapnikusisalduse muutus polnud suur, jäädes keskmiselt 20,50% juurde.

Õhu süsinikdioksiidi ja ammoniaagi kontsentratsiooni tase jäid vahemikku vastavalt 0,12–0,34% ja 3,03–12,18 ppm. Jooniselt 1 võib näha, et suuremad väärtused olid siis, kui lehmariühmad viibisid ootealal. Ka õhu liikumiskiiruse väärtused olid siis suuremad, keskmiselt 0,11 m/s.

Hommikuse ja õhtuse lüpsi ajal olid ootealal õhutemperatuurid erinevad. Seda mõjutas välisõhu temperatuuri muutus. Keskmiste välistemperatuuride –16,67 °C ja –12,19 °C juures olid ooteala keskmised temperatuurid vastavalt 4,86 °C ja 7,88 °C.

Õhu liikumiskiirus jäi lüpside ajal samaks (keskmiselt 0,12 m/s). Ka süsinikdioksiidisisalduses suuri erinevusi lüpside ajal ei olnud: hommikuse lüpsi ajal vahemikus 0,14–0,34% ning õhtuse lüpsi ajal 0,14–0,29%.

Ammoniaagisisaldus ei ületanud normatiivselt lubatud väärtust 25 ppm (Kender *et al.*, 1998), olles lüpside ajal keskmiselt 8,68 ppm ja 6,18 ppm.

Lüpsikoja nr 2 lüpsiooteala õhutemperatuur jäi vahemikku 2,34–15,45 °C, mis moodustas keskmiselt 8,53 °C. Samal ajal väline temperatuur oli mõõdetud piirides –3,69...–0,06 °C (tabel 2).

Ööpäeva suhteline niiskus oli lüpsiootealal väga suur, keskmiselt 99,89% (joonis 2), ületades tunduvalt normatiivselt lubatud (Maatalouden..., 1990; Praks, 2001; Liiske, 1992). See oli tingitud ooteala lage ja külgi

katvast kilest, mis oli mõeldud lüpsiooteala soojustamiseks (joonis 2). Välisõhu suhteline niiskus oli samaaegselt samuti kõrge, keskmiselt 87,43%.

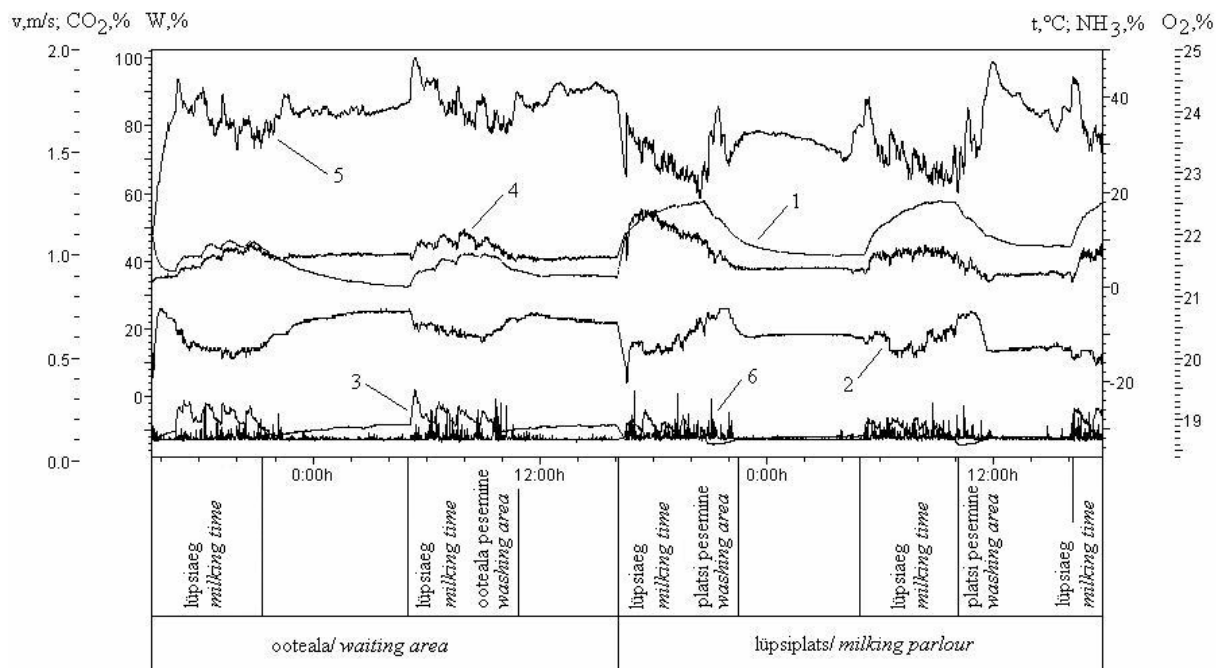
Süsinikdioksiidi ja ammoniaagisisaldus õhus oli kõige suurem siis, kui loomarühmad viibisid ootealal, olles keskmiselt vastavalt 0,19% ja 4,08 ppm. Joonisel 2 on näha, et süsinikdioksiidi suuremad väärtused küündisid 0,48%-ni, olles seega normist kõrgemad.

Hapnik ning õhu liikumiskiirus olid vahemikus vastavalt 18,10–20,13% ja 0,10–0,22 m/s, olles keskmiselt vastavalt 19,41% ning 0,11 m/s. Hapnikusisaldus õhus lähenes piirini (17%), mille juures inimesel kiireneb pulss ning sageneb hingamine (Maatalouden..., 1990).

Õöpäevane süsinikdioksiidi sisaldus õhus püsis keskmiselt 0,19% juures, kuid lüpsiaegade keskmised olid märksa suuremad (0,27%, 0,26% ja 0,25%) (tabel 2), vähendades õhu hapnikusisaldust. Õöpäevaselt püsis see 19,41%, kuid lüpsiaegadel keskmiselt 18,95%, 18,88% ja 18,90%.

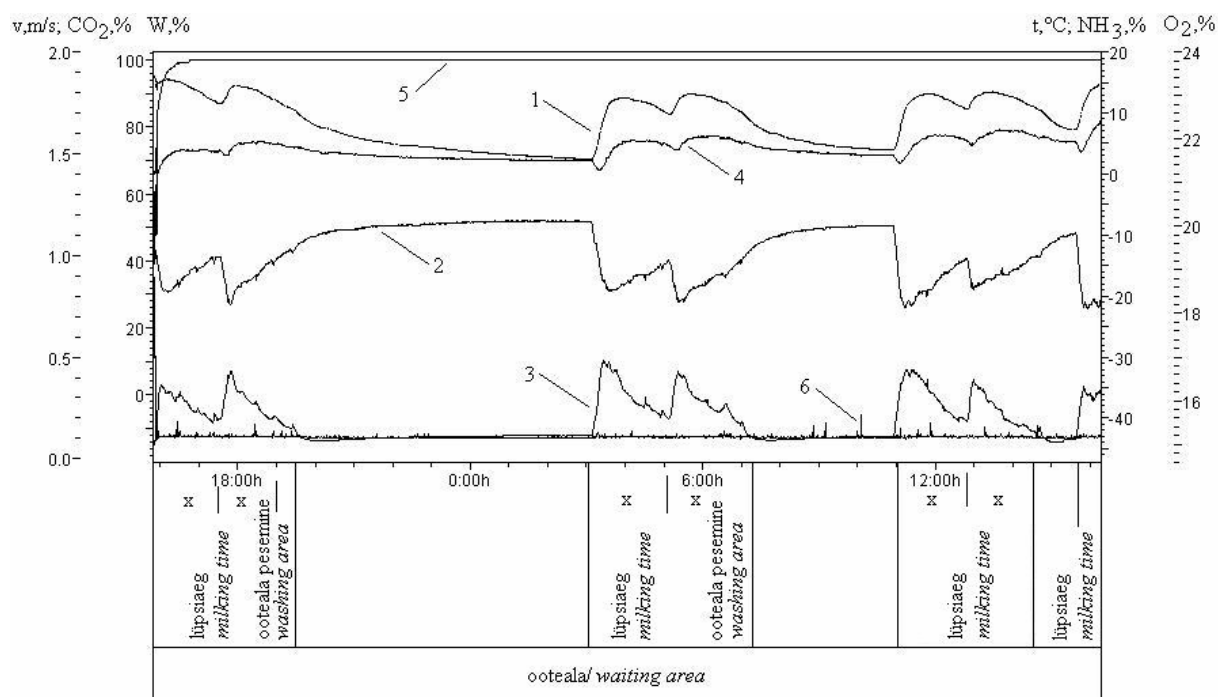
Tabel 1. Farmi 1 lüpsiooteala ja lüpsiplatsi sise- ja väliskliima parameetrite arvvaartused (\bar{x} – keskvaartus)
Table 1. Indoor and outdoor climatic parameter values of the waiting area and milking parlour in the Farm 1
(\bar{x} – mean value)

Mõõdetud parameetrid / Measured parameters	Min	Max	\bar{x}	Min	Max	\bar{x}
Õöpäevased / 24 hours values						
	Lüpsiooteala / Waiting area			Lüpsiplats / Milking parlour		
Temperatuur/Temperature, °C	0,07	9,79	4,18	6,57	18,07	11,82
Suhteline niiskus / Relative humidity, %	73,00	100,00	85,60	58,70	99,10	76,41
Hapnik O ₂ / Oxygen O ₂ , %	19,99	20,79	20,50	19,59	20,79	20,31
Süsinikdioksiid CO ₂ / Carbon dioxide CO ₂ , %	0,12	0,34	0,18	0,08	0,26	0,13
Ammoniaak NH ₃ / Ammonia NH ₃ , ppm	2,03	12,18	6,90	1,07	16,23	5,93
Õhu liikumiskiirus / Air speed, m/s	0,09	0,30	0,11	0,09	0,34	0,12
Välisõhu temperatuur / Outdoor temperature, °C	-18,31	-7,69	-13,54	-15,56	-4,19	-9,58
Välisõhu suhteline niiskus, % Outdoor relative humidity, %	61,00	85,06	77,49	73,13	91,19	83,50
Homnikune lüps / In the morning						
Temperatuur/Temperature, °C	0,07	6,95	4,86	6,76	18,04	14,76
Suhteline niiskus / Relative humidity, %	77,70	100,00	86,73	60,00	88,50	72,15
Hapnik O ₂ / Oxygen O ₂ , %	20,25	20,79	20,48	20,02	20,76	20,35
Süsinikdioksiid CO ₂ / Carbon dioxide CO ₂ , %	0,14	0,34	0,20	0,08	0,21	0,14
Ammoniaak NH ₃ / Ammonia NH ₃ , ppm	5,48	12,18	8,68	2,48	8,63	6,27
Õhu liikumiskiirus / Air speed, m/s	0,09	0,30	0,12	0,10	0,26	0,12
Välisõhu temperatuur / Outdoor temperature, °C	-18,31	-12,25	-16,67	-10,75	-7,56	-9,31
Välisõhu suhteline niiskus, % Outdoor relative humidity, %	77,81	85,06	81,53	82,19	87,88	86,53
Õhtune lüps / In the evening						
Temperatuur/Temperature, °C	3,26	9,79	7,88	8,53	18,07	15,57
Suhteline niiskus / Relative humidity, %	73,00	93,80	82,39	58,70	94,50	73,49
Hapnik O ₂ / Oxygen O ₂ , %	19,99	20,62	20,18	19,88	20,79	20,26
Süsinikdioksiid CO ₂ / Carbon dioxide CO ₂ , %	0,14	0,29	0,22	0,08	0,26	0,16
Ammoniaak NH ₃ / Ammonia NH ₃ , ppm	2,15	9,08	6,18	1,07	16,23	9,94
Õhu liikumiskiirus / Air speed, m/s	0,10	0,27	0,12	0,09	0,34	0,12
Välisõhu temperatuur / Outdoor temperature, °C	-13,13	-10,94	-12,19	-14,38	-4,19	-9,34
Välisõhu suhteline niiskus, % Outdoor relative humidity, %	61,06	76,56	70,25	73,56	91,19	80,45



Joonis 1. Farmi 1 ooteala ja lüpsiplatsi 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 of waiting area and milking parlour in Farm 1: 1 – temperature; 2 – oxygen; 3 – carbon dioxide; 4 – ammonia; 5 – relative humidity; 6 – air speed



Joonis 2. Farmi 2 ooteala sisekliima parameetrite arvvaartuste ööpäevane muutus: 1 – temperatuur; 2 – hapnik; 3 – süsinikdioksiid; 4 – ammoniaak; 5 – suhteline niiskus; 6 – õhu liikumiskiirus; x – lehmarühma lüpsiootealal viibimise aeg

Figure 2. Diurnal change of measured air parameters values of waiting area in Farm 2: 1 – temperature; 2 – oxygen; 3 – carbon dioxide; 4 – ammonia; 5 – relative humidity; 6 – air speed; x – one group of cows on waiting area

Tabel 2. Farmi 2 lüpsiooteala ja lüpsiplatsi sise- ja väliskliima parameetrite arvvaartused (\bar{x} – keskvaartus)
Table 2. Indoor and outdoor climatic parameter values of the waiting area and milking parlour in the Farm 2
 (\bar{x} – mean value)

Mõõdetud parameetrid / Measured parameters	Min	Max	\bar{x}	Min	Max	\bar{x}
Õöpäevased / 24 hours values						
	Lüpsiooteala / Waiting area			Lüpsiplats / Milking parlour		
Temperatuur/Temperature, °C	2,34	15,45	8,53	6,15	21,11	14,08
Suhteline niiskus / Relative humidity, %	85,80	100,00	99,89	49,00	100,00	76,04
Hapnik O ₂ / Oxygen O ₂ , %	18,10	20,13	19,41	18,50	20,08	19,48
Süsinikdioksiid CO ₂ / Carbon dioxide CO ₂ , %	0,08	0,48	0,19	0,05	0,42	0,13
Ammoniaak NH ₃ / Ammonia NH ₃ , ppm	0,21	8,75	4,08	0,06	18,88	6,17
Õhu liikumiskiirus / Air speed, m/s	0,10	0,22	0,11	0,10	0,30	0,11
Välisõhu temperatuur / Outdoor temperature, °C	-3,69	-0,06	-2,21	-8,56	0,13	-2,77
Välisõhu suhteline niiskus, % Outdoor relative humidity, %	72,56	92,94	87,43	68,06	95,44	82,49
Homnikune lüps / In the morning						
Temperatuur/Temperature, °C	2,34	13,04	10,60	6,15	19,67	16,39
Suhteline niiskus / Relative humidity, %	100,00	100,00	100,00	49,00	100,00	72,58
Hapnik O ₂ / Oxygen O ₂ , %	18,27	20,11	18,95	18,59	20,08	19,19
Süsinikdioksiid CO ₂ / Carbon dioxide CO ₂ , %	0,09	0,48	0,27	0,08	0,35	0,16
Ammoniaak NH ₃ / Ammonia NH ₃ , ppm	0,55	6,31	4,76	1,82	12,08	7,46
Õhu liikumiskiirus / Air speed, m/s	0,10	0,14	0,11	0,10	0,30	0,12
Välisõhu temperatuur / Outdoor temperature, °C	-3,69	-3,31	-3,58	-8,56	-3,19	-4,94
Välisõhu suhteline niiskus, % Outdoor relative humidity, %	90,00	92,38	91,23	84,13	93,81	88,59
Lõunane lüps / At the noon						
Temperatuur/Temperature, °C	3,91	13,44	11,56	8,62	21,11	17,65
Suhteline niiskus / Relative humidity, %	100,00	100,00	100,00	49,30	98,60	68,34
Hapnik O ₂ / Oxygen O ₂ , %	18,13	20,02	18,88	18,50	19,68	19,09
Süsinikdioksiid CO ₂ / Carbon dioxide CO ₂ , %	0,11	0,44	0,26	0,09	0,42	0,17
Ammoniaak NH ₃ / Ammonia NH ₃ , ppm	1,72	7,23	5,68	1,38	10,56	5,83
Õhu liikumiskiirus / Air speed, m/s	0,10	0,18	0,11	0,10	0,20	0,12
Välisõhu temperatuur / Outdoor temperature, °C	-1,88	-0,19	-0,76	-2,63	0,13	-0,74
Välisõhu suhteline niiskus, % Outdoor relative humidity, %	72,56	86,50	78,92	80,63	86,06	82,91
Õhtune lüps / In the evening						
Temperatuur/Temperature, °C	8,10	16,02	13,11	13,73	20,82	18,72
Suhteline niiskus / Relative humidity, %	97,10	100,00	99,83	55,50	86,30	64,89
Hapnik O ₂ / Oxygen O ₂ , %	18,10	19,70	18,90	18,88	19,85	19,30
Süsinikdioksiid CO ₂ / Carbon dioxide CO ₂ , %	0,06	0,43	0,25	0,08	0,22	0,13
Ammoniaak NH ₃ / Ammonia NH ₃ , ppm	0,17	8,75	4,31	0,06	16,13	7,24
Õhu liikumiskiirus / Air speed, m/s	0,09	0,89	0,12	0,10	0,25	0,12
Välisõhu temperatuur / Outdoor temperature, °C	-2,13	-0,25	-1,66	-2,13	-0,38	-1,38
Välisõhu suhteline niiskus, % Outdoor relative humidity, %	73,19	90,50	85,79	73,88	93,50	81,98

Jooniselt 4 võib näha ka, et lüpsikoja nr 3 ooteala temperatuur tõusis ja suhteline niiskus suurenes siis, kui algas loomade lüpsmine ning lehmad viibisid lüpsiootealal. Niiskus oli üsnagi suur, keskmiselt 92,11%, kuid oli mõõdetud ka 100%. Samaaegselt muutus välisõhu suhteline niiskus piirides 78,00–96,00%, moodustades keskmiselt 90,37% (tabel 3).

Tabel 3. Farmi 3 lüpsiooteala ja lüpsiplatsi sise- ja väliskliima parameetrite arvvaartused (\bar{x} – keskvaartus)
Table 3. Indoor and outdoor climatic parameter values of the waiting area and milking parlour in the Farm 3
 (\bar{x} – mean value)

Mõõdetud parameetrid / Measured parameters	Min	Max	\bar{x}	Min	Max	\bar{x}
Õöpäevased / 24 hours values						
	Lüpsiooteala / Waiting area			Lüpsiplats / Milking parlour		
Temperatuur/Temperature, °C	-3,86	8,50	1,89	-3,58	10,72	5,10
Suhteline niiskus / Relative humidity, %	66,90	100,00	92,11	56,30	91,20	68,57
Hapnik O ₂ / Oxygen O ₂ , %	19,45	20,85	20,19	20,02	21,48	20,59
Süsinikdioksiid CO ₂ / Carbon dioxide CO ₂ , %	0,12	0,25	0,17	0,09	0,26	0,16
Ammoniaak NH ₃ / Ammonia NH ₃ , ppm	0,17	3,80	1,62	0,01	5,51	1,98
Õhu liikumiskiirus / Air speed, m/s	0,07	1,60	0,23	0,08	0,70	0,12
Välisõhu temperatuur / Outdoor temperature, °C	-8,00	-0,63	-3,60	-20,94	-10,44	-15,14
Välisõhu suhteline niiskus, % Outdoor relative humidity, %	78,00	96,00	90,37	65,69	86,00	78,25
Hommikune lüps / In the morning						
Temperatuur/Temperature, °C	-0,91	2,82	1,48	-1,78	8,78	6,95
Suhteline niiskus / Relative humidity, %	84,40	100,00	93,74	56,30	88,10	67,44
Hapnik O ₂ / Oxygen O ₂ , %	20,02	20,39	20,12	20,02	21,02	20,41
Süsinikdioksiid CO ₂ / Carbon dioxide CO ₂ , %	0,15	0,20	0,18	0,10	0,26	0,19
Ammoniaak NH ₃ / Ammonia NH ₃ , ppm	0,17	2,52	1,61	0,10	3,28	2,15
Õhu liikumiskiirus / Air speed, m/s	0,07	0,81	0,27	0,08	0,40	0,12
Välisõhu temperatuur / Outdoor temperature, °C	-5,94	-2,88	-4,85	-20,94	-16,13	-19,10
Välisõhu suhteline niiskus, % Outdoor relative humidity, %	86,63	93,81	90,68	75,94	83,63	80,10
Lõunane lüps / At the noon						
Temperatuur/Temperature, °C	-3,84	0,70	-0,62	2,91	10,72	8,63
Suhteline niiskus / Relative humidity, %	80,30	95,80	88,00	57,90	83,30	68,65
Hapnik O ₂ / Oxygen O ₂ , %	20,19	20,85	20,45	20,11	21,48	20,48
Süsinikdioksiid CO ₂ / Carbon dioxide CO ₂ , %	0,18	0,22	0,20	0,09	0,24	0,18
Ammoniaak NH ₃ / Ammonia NH ₃ , ppm	0,48	2,07	1,35	0,66	3,39	2,54
Õhu liikumiskiirus / Air speed, m/s	0,07	1,54	0,23	0,09	0,70	0,13
Välisõhu temperatuur / Outdoor temperature, °C	-8,00	-4,00	-5,96	-16,44	-11,06	-12,50
Välisõhu suhteline niiskus, % Outdoor relative humidity, %	78,00	92,25	83,25	65,69	82,06	71,34
Õhtune lüps / In the evening						
Temperatuur / Temperature, °C	1,60	8,50	6,71	-1,09	5,40	3,70
Suhteline niiskus / Relative humidity, %	85,50	100,00	95,02	58,20	86,90	69,15
Hapnik O ₂ / Oxygen O ₂ , %	19,45	20,28	19,70	20,25	21,28	20,59
Süsinikdioksiid CO ₂ / Carbon dioxide CO ₂ , %	0,12	0,25	0,18	0,12	0,18	0,14
Ammoniaak NH ₃ / Ammonia NH ₃ , ppm	0,81	3,80	2,38	0,03	2,73	1,70
Õhu liikumiskiirus / Air speed, m/s	0,08	0,49	0,14	0,08	0,34	0,12
Välisõhu temperatuur / Outdoor temperature, °C	-1,50	-0,63	-1,08	-16,06	-10,94	-13,51
Välisõhu suhteline niiskus, % Outdoor relative humidity, %	94,19	96,00	95,09	78,44	86,00	81,66

Süsinikdioksiidisisaldus püsis vahemikus 0,12–0,25%, olles suurema väärtuse poolest kahe eelmainitud lüpsikoja ootealadega võrreldes madalam (tabel 3).

Ammoniaagisisalduse suurim (3,80 ppm) ja keskvaartus (1,62 ppm) olid uurimisaluste lüpsiootealade seas madalaimad. Hapnikusisaldus on võrreldav lüpsikoja nr 1 ooteala omaga, jäädes vahemikku 19,45–20,85%.

Suurim õhu liikumiskiirus (1,60 m/s) oli tingitud loomade söötmise ajal lauda avatud udest ja ooteala allalastud õhutuskardinatest.

Lüpsikoja nr 1 lüpsiplatsi ööpäevane temperatuur oli vahemikus 6,57–18,07 °C (keskmiselt 11,82 °C). Samal ajal välisõhu temperatuur jäi vahemikku –15,56...–4,19 °C (tabel 1). Lüpsmiste ajal siseõhu temperatuur tõusis, moodustades keskmiselt 14,76 °C ja 15,57 °C.

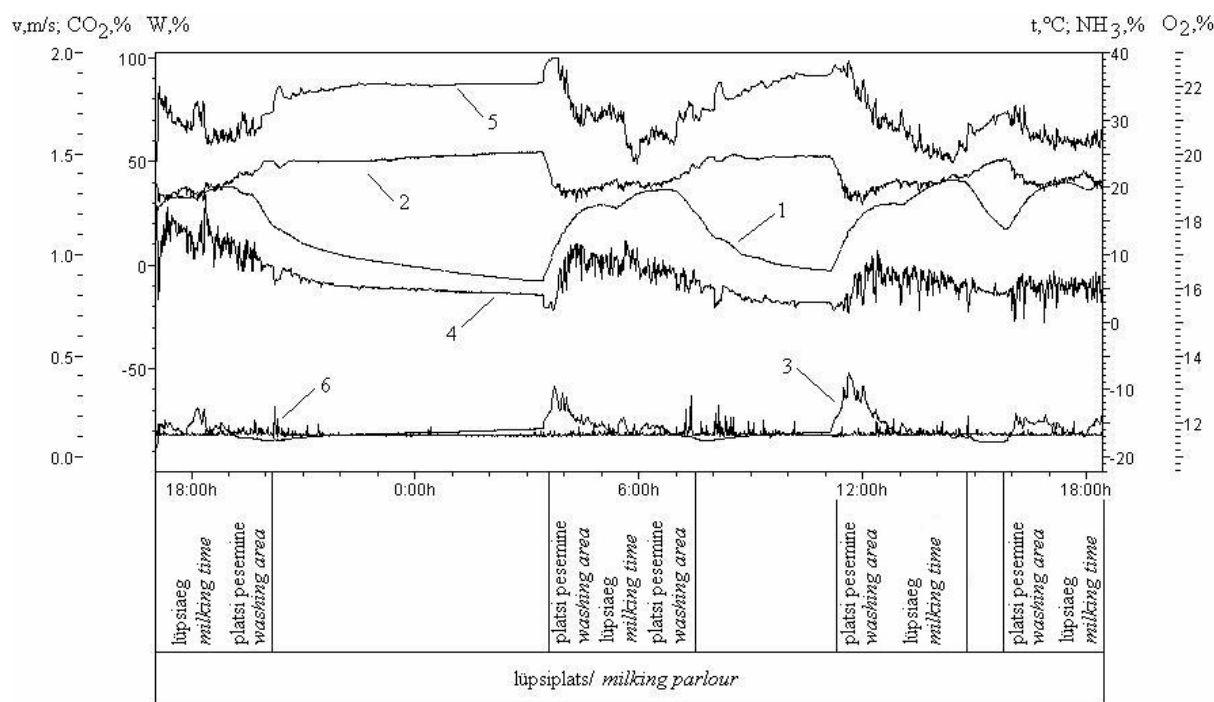
Välisõhu suhtelisel niiskusel 73,13–91,19% oli see lüpsiplatsil üle normatiivse, mõõdetuna ööpäeva keskmiselt 76,41%, optimaalne suhteline niiskus inimesele on 40–60% (<http://lex...>). Suurim oli õhu niiskus lüpsiplatsi survepesuriga pesemise ajal (99,1%).

Hapniku- ja ammoniaagisisaldus olid normi piirides, vastavalt 19,59–20,79% ja 1,07–16,23 ppm. Süsinikdioksiidisisaldus ületas normatiivi (0,25%) väga vähesel määral, jäädes vahemikku 0,08–0,26%.

Õhu liikumiskiirus jäi vahemikku 0,09–0,34 m/s, olles keskmiselt 0,12 m/s. Suurimad väärtused registreeriti ajal, kui toimus lüpsimine. Hommikuse lüpsi ajal jäi õhu liikumiskiirus vahemikku 0,10–0,26 m/s ning õhtuse lüpsi ajal 0,09–0,34 m/s.

Keskmise välistemperatuuri puhul –2,77 °C oli lüpsikoja nr 2 lüpsiplatsi temperatuur mõnevõrra kõrgem kui ooteala temperatuur (ööpäevas keskmiselt 14,08 °C) (tabel 2). Lüpsiplatsi pesemise ajal ulatusid suhtelise niiskuse väärtused samuti 100%-ni nagu lüpsiootalgi, kuid ööpäeva keskmine väärtus jäi 76,04% juurde.

Mõõtmise vältel jäid hapniku- ning süsinikdioksiidisisaldused vahemikku vastavalt 18,50–20,08% ja 0,05–0,42%. Ammoniaagisisaldus oli piirides 0,06 ppm kuni 18,88 ppm, olles keskmiselt 6,17 ppm. Loomade lüpsiplatsil viibimise ajal oli ammoniaagisisaldus õhus suurem (joonis 3). Õhu liikumiskiirus oli suhteliselt väike, keskmiselt 0,11 m/s.



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

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

Õhu temperatuuri ööpäeva keskmine oli madalam kui lüpsiaegade keskmised õhutemperatuurid. Ööpäevane keskmine oli 14,08 °C, aga lüpsiaegadel 16,39 °C; 17,65 °C ja 18,72 °C.

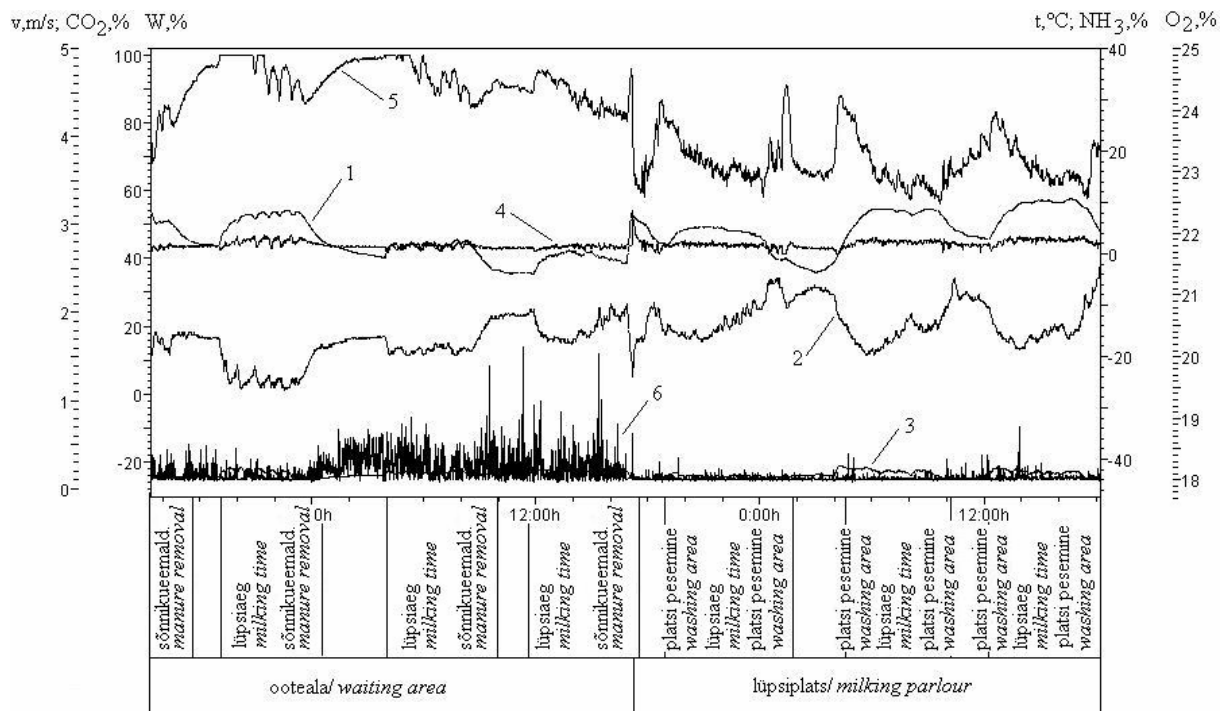
Süsinikdioksiidisisaldus püsis hommikuse ja lõunase lüpsi ajal keskmiselt vastavalt 0,16% ja 0,17%, kuid õhtuse lüpsi ajal oli väiksem (keskmiselt 0,13%).

Hapnikusisaldusega oli vastupidi – väiksemad keskmised olid loomade hommikuse ja lõunase lüpsmise ajal (19,19% ja 19,09%) ning suurem õhtuse lüpsi ajal (19,30%).

Lüpsikoja nr 3 lüpsiplatsi õhutemperatuur ja suhteline niiskus olid keskmiselt 5,10 °C ja 68,57%, kui samal ajal välistemperatuur püsis keskmiselt –15,14 °C ning suhteline niiskus 68,57%. Hapnikusisalduse muutus oli väike, jäädes vahemikku 20,02–21,48%.

Õhu ammoniaagisisalduse nii suurim kui ka keskmine väärtus oli uurimisel olnud lüpsiplatsidest kõige väiksem, s.o vastavalt 5,51 ppm ja 1,98 ppm.

Jooniselt 4 on näha, et õhu süsinikdioksiidisisalduse ja õhu liikumiskiiruse suurenemine toimus loomade lüpsmise ajal, olles vastavalt 0,26% ja 0,70 m/s.



Joonis 4. Farmi 3 ooteala ja lüpsiplatsi sisekliima parameetrite arväärtuste ööpäevane muutus: 1 – temperatuur; 2 – hapnik; 3 – süsinikdioksiid; 4 – ammoniaak; 5 – suhteline niiskus; 6 – õhu liikumiskiirus

Figure 4. Diurnal change of measured air parameters values of waiting area and milking parlour in Farm 3: 1 – temperature; 2 – oxygen; 3 – carbon dioxide; 4 – ammonia; 5 – relative humidity; 6 – air speed

Kokkuvõte

Uurimistöös mõõdeti talvel kolme erineva suurusega soojustamata lehmalauda lüpsikoja ooteala ja lüpsiplatsi siseõhu temperatuuri, suhtelist niiskust, liikumiskiirust ning hapniku-, süsinikdioksiidi- ja ammoniaagisisaldust. Samaaegselt määrati ka lauda välisõhu temperatuuri ja suhtelist niiskust. Jälgiti ja kronometreeriti ruumides tehtavaid töid.

Ööpäevastest uurimistulemustest selgus, et sisekliima parameetrite arväärtuste ööpäevane muutus on otseses sõltuvuses lautade lüpsikodades tehtavatest töedest (loomade ajamine ootealale, lüpsimine, ootealade ja lüpsiplatside pesemine ning sönnikukoristus) ja väliskliimast.

Selgus, et talvisel välisõhu temperatuuril $-2,21...-13,54$ °C oli lüpsikodade ootealade ööpäevane keskmine temperatuur vahemikus $1,89-8,53$ °C, mis on karjaku suhtes normatiivselt lubatust ($17-21$ °C) madalam.

Välisõhu suhtelise niiskuse $77,49-90,37\%$ puhul mõõdeti ootealadel siseõhu suhteliseks niiskuseks keskmiselt $85,60-99,89\%$.

Lüpsiootealade õhu hapniku- ja süsinikdioksiidisisalduse ööpäevased keskmised väärtused olid vastavalt piirides $19,41-20,50\%$ ja $0,17-0,19\%$. Kuid oli juhusid, kui hapniku sisaldus õhus langes $18,10\%$ -ni, mis on lähedal väärtusele (17%), millal inimesel suureneb pulsi- ja hingamissagedus. Samas oli ka süsinikdioksiidi suurim sisaldus õhus $0,48\%$ (inimesele soovitatav on aga alla $0,25\%$). Süsinikdioksiidi ülenormatiivne kontsentratsioon on tingitud lüpsiooteala tihedast täitumisest loomadega, mis viitab vajadusele õhutada lüpsiooteala.

Lüpsikodade ootealade õhu ammoniaagisisalduse ööpäevased keskmised väärtused jäid vahemikku $1,62-6,90$ ppm.

Õhu liikumiskiirus oli lüpsikodade ootealadel keskmiselt $0,11-0,23$ m/s. Loomade söötmisel lauda avatud uste puhul oli lüpsikoja nr 3 lüpsiootealal suurim õhu liikumiskiirus $1,60$ m/s, mis ületas normatiivset ($0,3-0,7$ m/s).

Lüpsiplatsidel oli ööpäevane keskmine õhutemperatuur vahemikus $5,10-14,08$ °C. Lüpsiplatside õhu keskmine suhteline niiskus oli piirides $68,57-76,41\%$.

Selgus, et talvel oli lüpsikodade lüpsiplatside õhu hapniku- ja süsinikdioksiidisisaldus keskmiselt vastavalt 19,48–20,59% ning 0,13–0,16%.

Õhu ammoniaagisisaldus oli lüpsiplatsidel keskmiselt vahemikus 1,98–6,17 ppm, mis ei ületanud normidega lubatud väärtust. Õhu liikumiskiiruseks mõõdeti lüpsiplatsidel 0,08–0,70 m/s, mis oli keskmiselt 0,11–0,12 m/s.

Võrreldes lüpsivaheliste aegadega tõusis kõikide lüpsikodade lüpsiplatside ja ootealade õhutemperatuur ning eriti suhteline niiskus loomade lüpsmise ajal. Sama oli märgata ka õhu liikumiskiiruse suurenemise puhul nendes ruumides. Õhu suhteline niiskus suurenes 63–100%-ni lüpsiplatsi või ooteala pesemisel veega.

Ooteala katmine kilega soojustamise eesmärgil halvendab ruumi sisekliimat. On soovitatav leida parem ehituslik lahendus.

Lisaküttega peaks tõstma õhu temperatuuri ja õhutusega vähendama õhuniiskust lüpsikodade ootealadel ja lüpsiplatsidel.

Kirjandus

<http://lex.andmevara.ee/estlex/kehtivad/AktDisplay.jsp?id=16974>

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

Kender, T., Arulepp, M., Veermäe, I. 1998. Ammoniaagisisalduse monitoring 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. Mikroklimeasjadmed. – Tartu: EPA rotaprint, 156 lk.

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

Mikson, E., Luik, E., Alaväli, Ü., Reppo, B. 2003. Soojustamata lehmalauda talvisest sise- ja väliskliimast. – Agraarteadus, nr 5, lk 277–285 (CAB).

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 Wintertime. – 31st International Symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering". Croatia, p. 307–316 (CAB).

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

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

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

Indoor climate of uninsulated cowshed's milking house during wintertime

B. Reppo, E. Mikson, V. Vaarak

Summary

Construction of uninsulated cattle sheds is spreading. Existent light buildings are used and also new buildings for greater livestock are being built, considering their relative cheapness. Free keeping of cattle is applied both in the cubicles with bedding and without bedding.

The indoor climate of uninsulated cattle sheds and their milking house 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 level 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 but there is a trend to build bigger sheds.

The aim of the paper was to study the indoor and the outer climate of uninsulated cattle shed's milking houses and to determine the influence of the technologies of cattle breeding on the indoor climate of the milking house.

Thus the tasks were to determine the changes of the numerical values of the parameters (the temperature, the relative humidity and the speed of indoor air and its content of oxygen, carbon dioxide and ammonia) of indoor 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 indoor and outer climate of working environment three uninsulated farms with natural air ventilation and milking house were chosen. The number of cattle places in each farm was 420, 352 and 730, hereinafter accordingly Farm 1, Farm 2 and Farm 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 a plastic film. Shed 2 is a new building with a metal frame and shed 3 is a new building with a 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 cubicles, in shed 1 the cattle are kept without bedding and in sheds 2 and 3 accordingly straw and 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://lex...>). Finnish norms (Karhunen, 1992) and Russian OST-standards 70.2.33-80 (Riabzev, 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 indoor 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 February 2004. The measurement results were analyzed with the computer programmes AMR WinControl, HW3 and MS Excel (Kiviste, 1999).

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

As Tables 1–3 show, the change of the numerical values of the parameters of indoor climate in the milking houses is different. The average temperatures of the indoor air of waiting area were $1.89-8.53$ °C, on milking parlour respectively $5.10-14.08$ (the average temperatures of the outer air were in the scope of $-13.54 \dots -3.60$ °C during investigations on waiting area and $-15.14 \dots -2.77$ °C during investigations on milking parlour). Thus the difference of the outer and indoor air of the waiting area was at the mean 15.40 °C, differing in Farm 1 13.90 °C, in Farm 2 14.49 °C and in Farm 3 17.84 °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 (Tables 1–3).

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 $60-85\%$. On all waiting areas the average relative humidity of the air in winter was essentially greater than the advisable relative humidity (on waiting areas 1, 2 and 3 accordingly 85.60 , 99.89 and 92.11%).

The designs of the sheds and milking houses are rather open and the relative humidity of the indoor air of the sheds was influenced by the humidity of the outer air which was measured in the territories of waiting areas 1, 2 and 3 and the average of the day was 77.49 , 87.43 and 90.37% (Tables 1–3).

Ammonia is considered to be a harmful gas both for animals and for humans. The permitted maximum concentrations in literature 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 (Tables 1–3) on waiting area remained in the scope of $1.62-6.90$ ppm, on milking parlours $1.98-6.17$ ppm (on waiting areas 1, 2 and 3 accordingly 6.90 , 4.08 and 1.62 ppm, on milking parlours accordingly 5.93 , 6.17 and 1.98 ppm). Thus in winter the concentration of ammonia was not high in any uninsulated sheds milking houses.

Round-the-clock measurements of the content of oxygen on waiting area air showed that at the mean it was the lowest in Farm 2 (19.42% , Figure 2), the same result on milking parlour (Figure 3), but on waiting area and milking parlour 1 and 3 it was accordingly 20.50 , 20.20% and 20.31 , 20.59% (Figures 1 and 4). The average content of carbon dioxide was the highest on waiting area 2 (0.19%) and milking parlour 3 (0.16%) (Tables 1–3).

It turned out that the work on waiting area and in the milking parlour such as driving cows to waiting area, milking, washing floors and the removal of dung affect the numerical values of the parameters of the indoor climate (Figures 1, 2, 3 and 4).

The content of ammonia in the milking houses air was in direct dependence on the indoor temperature of the room, increasing and decreasing together with it. Driving cows to the waiting area, milking and removing manure from the waiting area remarkably increased the content of ammonia in the air of the waiting areas up to 12.18 , 8.75 and 3.80 ppm, on milking places accordingly 16.23 , 18.88 and 5.51 (Tables 1–3, Figures 1–4).

The air temperature and the relative humidity were studied relating to the outer climate. During the measurement period the lowest outdoor temperature was -18.31 °C in Farm 1 and on milking parlour in Farm 3 (-20.94 °C). The outdoor relative humidity of the air was at the mean on waiting area 1, 2 and 3 in the scope of 77.49 , 87.43 and 90.37% , on milking parlour 83.50 , 82.49 and 78.25% (Tables 1–3).

Round-the-clock research shows that the change of the numerical values of the parameters of the indoor climate is in direct dependence on the work being executed in the milking house (driving cows to the waiting area, milking, washing floors and the removal of manure from the waiting area).