

TOOTMISPROTSESSIDES KASUTATAVATE JA SAADAVATE MATERJALIDE MÕJU VEISELAUDA SISEKLIIMALE

V. Viljasoo, I. Tomson

ABSTRACT. *The influence of materials used and produced in production processes to indoor climate of cowshed. Due to the fast development of science and technology more and more new materials, machines and equipment have come up in our everyday life and working environment. In different technological processes the change of the chemical composition of air and its electrical qualities will definitely change. In certain conditions, especially in indoor condition the outside air becoming the inside one, may lose its quality which is the condition characterizing the air content and it will be estimated by the contamination level. Hence more attention is being paid to the environmental pollution, the protection of open air and the microclimate of offices among that. Feeding, watering, bedding and manure disposal as a part of production process are the most used technological processes in animal keeping. To carry out the technological operations different equipment, machines, materials and solutions are used. All the processes take place in a room, separated with walls and the roof of a building from the outer environment. In connection with this some steps have been taken for more efficient solutions of indoor climate problems.*

The objective of the research was to control the possible influences of the used and produced materials on the cowshed indoor climate.

To achieve these objectives the tasks as the reference sources concerning the subject, the methodology and the equipment assembly, diagnose and data processing were made.

Keywords: *climate, ion exchange, straw, turf, environment.*

Sissejuhatus

Teaduse ja tehnika arenedes on meie igapäevasesse elu- ja töökeskkonda toodetud üha uusi materjale, masinaid ja seadmeid, mis asuvad õhus ja kasutavad õhku kui tööks vajalikku koostisosa. Erinevates tehnoloogiaprotsessides toimub paratamatult õhu keemilise koostise ja elektriliste omaduste muutumine. Teatud tingimustel, eriti ruumisiseses töökeskkonnas võib välisõhk, muutudes siseõhuks, kaotada oma kvaliteeti, mis on õhu koostist iseloomustav seisund ja mida hinnatakse saastetaseme alusel. Seetõttu on üha põhjalikumalt hakatud tähelepanu pöörama looduskeskkonna saastatuse probleemidele, sealjuures nii välisõhu kaitsele kui ka siseõhu kvaliteedile. Tootmisprotsessi osana on loomapidamises enam levinud tehnoloogilisteks protsessideks söötmine, jootmine, sönniku eemaldamine ja allapanu laotamine. Tehnoloogiaoperatsioonideks kasutatakse erinevaid seadmeid, masinaid ja materjale. Kõik need protsessid toimuvad ruumis, mis on väliskeskonnast hoone seintega ja katusega eraldatud. Seoses sellega on käesolevas uurimistöös astunud mõningaid samme just sisekliimaliste probleemide tõhusamaks lahendamiseks.

Uurimistöö eesmärgiks oli diagnoosida veiselautade sisekliimat selleks, et määrata nendes kasutatavate ja saadavate materjalide sisekliimaliste omaduste mõju osatähtsust.

Püstitatud eesmärgi saavutamiseks olid lahendatud sellised ülesanded, nagu: 1) kirjanduses avaldatud teemakohase teabega tutvumine, 2) uurimistöö metoodika koostamine, 3) mõõteseadmete komplekteerimine, 4) diagnoosiandmete kogumine, töötlemine ja 5) tulemuste nentimine.

Võtmesõnad: kliima, ionvahetus, põhk, turvas, keskkond.

Materjal ja metoodika

Kliimaalastes uurimistöodes (Minh, 1963; Tšiževski, 1989) väljakujunenud seisukohtade järgi muutub igasuguse elu- ja tootmistegevuse käigus ruumi sattunud ja kasutatud välisõhk, kaotades kvaliteedis, siseõhuks. Lihtsamaks lahenduseks välisõhu kvaliteediga siseõhu tagamiseks on intensiivne õhuvahetus. Et see on tagatav ainult teatud tingimustel, on siiski mõiste *kliima* tänapäeval liigitatav veel *välis-* ja *sisekliima* mõisteteks (Tomson, 2001).

Teaduslike uurimisvaldkondade diferentseerituse tõttu on iga kliimaparameetri uurimist võimalik arendada omaette teadusvaldkonnaks. Selline käsitlus on võimalik tänu elektrooniliste ja täpsete mõõteriistade olemasolule. Samas on võimalik kliimaparameetreid ka rühmitada. Näiteks kasutati Eesti Vabariigi tööhutus- ja tervishoiualastes õigusaktides (1998) mõistet *mikrokliima*, mis ühendas ühte rühma selliseid näitajaid nagu õhutemperatuur, suhteline õhuniiskus, õhuliikumiskiirus ja soojuskiirus.

Teist rühma, millesse koondusid *sisekliima* sellised näitajad nagu müra, vibratsioon, valgus, rõhk, kiirgus, gaasid, tolm, bakterid, viirused jt (Tomson, 2001), on võimalik nimetada *parakliimaks* (Viljasoo, Tomson, 2002). Mõiste *parakliima* tuleneks kreekakeelsest sõnast *para*, mis antud valdkonnas oleks mõistetav kui igasuguse tegevusega põhjustatud kõrval- ja juures- või kaastoimiv nähtus.

Sisekliimaalaste uurimistööde analüüsist (Tomson, 2001) selgub, et kliimaalane uurimisvaldkond täieneb ja laieneb koos teaduse ja tehnika arenemisega uute mõistete, meetodite ja uurimistulemustega. Nii on Eesti Põllumajandusülikoolis elu- ja töökeskkonna õhu ionisatsioonialast uurimist käsitlevat valdkonda nimetatud *elektrokliimaks* (Viljasoo, Tomson, 2000).

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli määrata veisefarmides kasutatavate ja saadavate materjalide võimalikke mõjusid lauda sisekliimale. Selleks mõõdeti sisekliimaparameetreid 2001. aasta juulis Tartu lähistel oleva suurfarmi seitsmes laudas (tabel 1). Andmed lautades kasutatavate tehnoloogiate ja materjalide kohta on antud tabelis 2. Laudasisese õhkkonna kliimaparameetreid mõõdeti diagnoosikava (tabel 3) kohaselt, mis koostati lauda suvise päevakava alusel.

Tabel 1. Diagnoositud lautade üldandmed

Table 1. General data of diagnosed cowsheds

Jrk nr No	Laudad Sheds		Üldandmed General data						Kasutatud ehitusmaterjal Used building materials		
	Nr No	Nimetus Nomination	Pidamis- viis Way of keeping	Valmimis- aeg Time of building	Loomade arv, tk Number of animals	Pikkus Length, m	Laius Width, m	Kõrgus Height, m	Seinad Walls	Lagi Ceiling	Lakk Loft
1.	1	Lüpsilaut Cowshed	Lõas Tethered	1989	46	37	12	4,1	Silikaat Silica brick	Betoon Concrete	–
2.	2	Lüpsilaut Cowshed	Lõas Tethered	1989	46	37	12	4,1	Silikaat Silica brick	Betoon Concrete	–
3.	3	Pullilaut Bullshed	Vaba Free	1989	90	37	12	4,1	Silikaat Silica brick	Betoon Concrete	–
4.	4	Vasikalaut Calfshed	Vaba Free	1989	90	37	12	4,1	Silikaat Silica brick	Betoon Concrete	–
5.	10	Lüpsilaut Cowshed	Lõas Tethered	1961	115	40	17,5	3,0	Silikaat Silica brick	Betoon Concrete	Puit Wooden
6.	11	Lüpsilaut Cowshed	Lõas Tethered	1961	108	40	17,5	3,0	Silikaat Silica brick	Betoon Concrete	Puit Wooden
7.	12	Lüpsilaut Cowshed	Lõas Tethered	1961	115	40	17,5	2,7	Silikaat Silica brick	Betoon Concrete	Puit Wooden

Tabel 2. Tehnoloogiad ja materjalid

Table 2. Technologies and materials

Jrk nr No	Tehnoloogiad ja materjalid Technologies and materials	Jrk nr No	Tehnoloogiad ja materjalid Technologies and materials
I	Söötmine/Feeding	3	Haavasaepuru / Aspen sawdust
1	Haljasmass (1.a. raihein) / Grass	4	Odrapõhk / Barley straw
2	Hein (1. a raihein) / Fresh hay	5	Turvas/Turf
3	Hein (timut) / 1 year old hay	III	Sõnniku eemaldamine / Manure disposal
4	Silo/Silage	1	Ekskrement/Excrements
5	Õlleraba / Brewer's grains	2	Kuusesaepurusõnnik / Spruce sawdust manure
6	Jõusööt/Concentrates	3	Kasesaepurusõnnik / Birch sawdust manure
II	Allapanu laotamine / Spreading bedding	4	Haavasaepurusõnnik / Aspen sawdust manure
1	Kuusesaepuru / Spruce sawdust	5	Odrapõhusõnnik / Barley straw manure
2	Kasesaepuru / Birch sawdust	6	Turbasõnnik / Turf manure

Sisekliimaparameetrite mõõtmiskohtade valik sööda- ja sõnnikukäigus sõltus nõudest mitte takistada töötajate ning masinate tööd ja oli kooskõlas ruumisiseses tingimustes keskkonna kliimaparameetrite mõõtmisnõuetega (Tööohutus..., 1998). Koostatud diagnoosikava ja Eestis kehtivate õigusaktide kohaselt määrab mõõtmiskohtade arvu üle 400 m² pindalaga ruumis nende vaheline kaugus, mis ei tohi ületada 10 m. Samuti järgiti kehtivates õigusaktides esitatud nõuet mõõta sisekliimaparameetreid ühe päeva kestel töövahetuse alguses, keskel ja lõpus kõrgusel 1 m (Tööohutus..., 1998). Mõõtmiskõrguse valikul lähtuti ka Soomes, Rootsis ja Venemaal (OCT, 1981; Balanin, 1988; Simakov, 1991; Karhunen, 1992) kasutatavast keskmisest mõõtmiskõrgusest 1 m.

Tabel 3. Diagnoosiandmete registreerimisžurnaal
Table 3. Register of diagnosed data

Jrk nr <i>No</i>	Kuu-päev <i>Date</i>	Kella-aeg <i>Time</i>	Lauda number <i>Number of shed</i>	Mõõtmiskoht <i>Measuring place</i>	Tehnoloogia <i>Technology</i>	Olukord ja materjalid <i>Materials used in technology</i>	Tehnoloogiaala, masinad ja seadmed <i>Technology area, machinery and equipment</i>
1.	03.07	13:15	11	Sõnnikukäik <i>Dung passage</i>	Tühi laut <i>Empty shed</i>	Sõnnik koristatud <i>Manure removed</i> Väravad avatud <i>Gates opened</i> Saepuru laotatud <i>Sawdust spread</i>	Sõnnikukäik <i>Dung passage</i> Loomaasemed / <i>Cow bed</i> Loomulik õhustus <i>Natural ventilation</i>
2.	03.07	13:30	11	Söödakäik <i>Feed passage</i>	Lehmad sisenevad lauta <i>Cows entering shed</i>	Bioorganismid <i>Bioorganisms</i> Sisekliima muutus <i>Change of indoor climate</i>	Sõnnikukäik <i>Dung passage</i> Loomaasemed / <i>Cow bed</i> Loomulik õhustus <i>Natural ventilation</i>
3.	03.07	14:00	11	Sõnnikukäik <i>Dung passage</i>	Söötmine <i>Feeding</i>	Jõusööt/ <i>Concentrates</i> Õlleraba / <i>Brewer's grains</i> Bioorganismid <i>Bioorganisms</i>	Käsi käru/ <i>Wheelbarrow</i> Lauplaadur/ <i>Truck</i> Avant PowerTek
4.	03.07	14:30	11	Söödakäik <i>Feed passage</i>	Lüpsmine <i>Milking</i>	Bioorganismid <i>Bioorganisms</i> Ekskrement/ <i>Excrement</i> Allapanu/ <i>Bedding</i>	Impulsa torusselüpsiseade <i>Pipeline milking device</i> Ekskrement/ <i>Excrement</i> Bioorganismid <i>Bioorganisms</i>
5.	03.07	17:00	11	Sõnnikukäik <i>Dung passage</i>	Söötmine <i>Feeding</i>	Jõusööt/ <i>Concentrates</i> Ekskrement/ <i>Excrement</i> Allapanu/ <i>Bedding</i>	Käsi käru TY-300 <i>Wheelbarrow</i> Söödaküna/ <i>Trough</i> Ekskrement/ <i>Excrement</i>
6.	03.07	17:30	11	Söödakäik <i>Feed passage</i>	Lehmad lähevad välja <i>Cows leaving shed</i>	Väravad avatud <i>Gates opened</i> Sõnnik koristamata <i>Manure not removed</i>	Sõnnikukäik <i>Dung passage</i> Loomaasemed / <i>Cow bed</i> Loomulik õhustus <i>Natural ventilation</i>
7.	03.07	18:00	11	Söödakäik <i>Feed passage</i>	Sõnniku eemaldamine <i>Manure disposal</i>	Sõnnik/ <i>Manure</i> Tühi laut / <i>Empty shed</i>	Kettkraapkonveier TCH-3,0 Б / <i>Endless chain scraper conveyer</i> Sõnnikukäik <i>Dung passage</i>

Elektrokliimaparaameetrid on määratud loendatud aeroioonide alusel. Lautades aeroioonide kontsentratsiooni määramiseks kasutati ionide loendurit UT-8401, mille mõõtmisviga on $\pm 10\%$. Veiselaudas on mõõdetud keskkonna selliseid mikro- ja parakliimaparaameetreid nagu õhu temperatuuri, õhu suhtelist ja absoluutset niiskust, kastetäppi, õhu liikumiskiirust ja õhu gaasilist koostist (O_2 , CO_2 , NH_3). Selleks kasutati mõõteseadet Data LOGGER ALMEMO 8990-8 koos O_2 -anduriga ZA9000-AK2K, CO_2 -anduriga FYA6000-CO2, termohügroanduriga FHA646-1, mis kõik on mõõtmisveaga $\pm 1\%$, termoanemoanduriga FHA645TH2 mõõtmisveaga $\pm 3\%$ ja ammoniaagianduriga ZA9601-FS2 mõõtmisveaga $\pm 2\%$ lõppväärtusest.

Usalduslike mõõtmistulemuste saamiseks valiti kooskõlas katsete kavandamise teooriaga (Melnikov jt, 1980) usalduslikuks tõenäosuseks $\alpha=0,95$. Valitud tõenäosusega andmete saamiseks mõõdeti igat paraameetrit vähemalt 30 korda. Mõõtmistulemused registreeriti sidustöötlusmeetodil, statistiliste andmete töötlemiseks kasutati Microsoft Excel programmi.

Mõõtmistulemuste statistilisest infokogumist arvatati mikro-, para- ja elektrokliimaparaameetrite suhtelised ülekaalud ning elektrokliimaparaameetrite alusel õhu suhteline saastatus ja suhteline värskus järgmiste valemitega:

$$A = \frac{B}{C} \cdot 100 - 100; \quad S = \frac{q_m}{q_{\bar{o}}} \cdot 100 - 100; \quad V = 100 - \frac{q_m}{q_{\bar{o}}} \cdot 100,$$

$$\text{kui } \bar{q} > q_{\bar{o}}, \quad \text{siis } K_{SV} = \left(\frac{\bar{q}}{q_{\bar{o}}} - 1 \right) \cdot 100, \quad \text{kui } \bar{q} < q_{\bar{o}}, \quad \text{siis } K_{SV} = \left(1 - \frac{\bar{q}}{q_{\bar{o}}} \right) \cdot 100,$$

kus A – sisekliimaparaameetrite suhteline ülekaal %;

B – sisekliimaparaameetrite kontsentratsioonid materjalidest mõjutatud õhus;

C – sisekliimaparaameetrite kontsentratsioonid materjalidest mõjutamata õhus;

S – õhu suhteline saastatus %;

V – õhu suhteline värskus %;

K_{SV} – õhu suhtelise saastatuse ja värskuse koosmõju %;

q_m – aeroioonide unipolaarsustegur ($q_m = n^+/n^-$, kus n^+ – kergeste plusslaenguga aeroioonide kontsentratsioon; n^- – kergeste miinuslaenguga aeroioonide kontsentratsioon) materjalidest mõjutatud õhus;

$q_{\bar{o}}$ – aeroioonide unipolaarsustegur ($q_{\bar{o}} = n^+/n^-$, kus n^+ – kergeste plusslaenguga aeroioonide kontsentratsioon; n^- – kergeste miinuslaenguga aeroioonide kontsentratsioon) materjalidest mõjutamata õhus;

\bar{q} – aeroioonide unipolaarsustegurite väärtuste aritmeetiline keskmine.

Materjalidest tulenev mõju sisekliimale on seostatav materjalide sisekliimaliste omadustega. Nendeks on hügroskoopsus, termokeemilisus, elektrostaatilisus, absorptsiooniusus, aerodünaamilisus, elektrokeemilisus jt. Käsitletud uurimisvaldkond on uudne ning materjalide sisekliimalisi omadusi iseloomustavate tunnusparaameetrite valik on käesolevas uurimistöös tehtud üldmeetodiliselt. Tootmiskeskkonnas uuritud materjalide sisekliimalisi omadusi on analüüsitud neid iseloomustavate tunnusparaameetrite (tabel 4) alusel.

Tabel 4. Diagnoosandmete registreerimisžurnaali päis

Table 4. Register's header of diagnosed data

Jrk nr No	Mõõtmiskoht Measuring place	\mathcal{G}_k °C	W_s %	\mathcal{G}_p °C	W_a g/kg	v m/s	O_2 %	CO_2 %	NH_3 ppm	n^+ cm ⁻³	n^- cm ⁻³	Σn^\pm cm ⁻³	q n ⁺ /n ⁻
1.	Välisõhk / Outdoor air												
	Õues/Outdoor	24,06	54,70	14,35	10,18	0,227	20,98	0	8,39	343	388	731	0,88

\mathcal{G}_k – temperatuur/temperature; W_s – suhteline niiskus / relative humidity; \mathcal{G}_p – kastepunkt / dew point; W_a – absoluutne niiskus / absolute humidity; v – liikumiskiirus/velocity; O_2 – hapnik/oxygen; CO_2 – süsihappegaas / carbon dioxide; NH_3 – ammoniaak/ammonia; n^+ ja n^- – pluss- ja miinuslaenguga kerged aeroioonid / plus- and minus charged light ions; Σn^\pm – aeroioonide summa / sum of ions; q – unipolaarsustegur / factor of unipolarity

Mikro-, para- ja elektrokliimaparaameetrite suhtelised ülekaalud ning elektrokliimaparaameetrite alusel õhu suhteline saastatus ning suhteline värskus on esitatud tabelis 5.

Tabel 5. Veiselautade sisekliimaparameetrite suhtelised ülekaalud, saastatus ja värskus
Table 5. Relative predominances, pollution and freshness of indoor climate in cowsheds

Jrk nr No	Olukord ja tehnoloogiaprotsessid Situation and technology processes	Mikrokliima Microclimate			Parakliima Paraclimate	Elektrokliima Electroclimate						
		Suhteline ülekaal / Relative predominance %								- q	Suhteline saastatus q järgi Relative pollution by q %	Suhteline värskus q järgi Relative freshness by q %
		Suhteline niiskus Relative humidity	Kastepunkt Dew point	Absoluutne niiskus Absolute humidity	Ammoniaak Ammonia	Plussioonid Plus-ions	Miinusioonid Minus-ions	Ioonide summa Sum of ions				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Veiselaut nr 1 / Cowshed No 1												
1.	Tühi laut / Empty shed	36,33	16,03	16,21	66,75	71,43	63,92	67,44	0,92	4,55	-	
2.	Lehmad sisenevad lauta Cows entering shed	45,16	29,55	32,12	73,18	-	-	-	1,09	38,64	-	
3.	Jõusööda jaotamine Feeding (concentrates)	42,41	28,57	30,94	93,92	53,64	43,30	48,15	0,95	7,95	-	
4.	Haljasmassi jaotamine Feeding (grass)	42,87	31,08	33,99	98,33	-	-	-	0,70	-	20,45	
5.	Õlleraba jaotamine Feeding (brewer's grains)	42,29	35,26	39,10	112,04	-	-	-	0,62	-	29,55	
6.	Lüpsmine/Milking	40,53	30,73	33,60	108,46	44,90	40,98	42,81	0,91	3,41	-	
7.	Lüpsmine/Milking	42,87	37,28	41,55	133,85	62,68	60,31	61,42	0,90	2,27	-	
8.	Sõnniku eemaldamine Manure disposal	48,88	40,49	45,38	197,74	-	-	-	1,04	18,18	-	
9.	Keskmine/Mean	42,67	31,12	34,11	110,53	58,16	52,13	54,96	0,89	12,50	25,00	
Veiselaut nr 2 / Cowshed No 2												
1.	Tühi laut / Empty shed	43,88	38,40	42,93	94,42	-	-	-	1,02	15,91	-	
2.	Lehmad sisenevad lauta Cows entering shed	50,46	44,39	50,59	94,42	9,33	5,41	7,25	0,92	4,55	-	
3.	Jõusööda jaotamine Feeding (concentrates)	42,05	44,88	51,28	85,58	42,86	35,05	38,71	0,94	6,82	-	
4.	Haljasmassi jaotamine Feeding (grass)	46,98	52,13	62,08	90,82	5,54	44,85	26,40	0,64	-	27,27	

Tabeli 5. järg
Table 5. continue

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5.	Õlleraba jaotamine <i>Feeding (brewer's grains)</i>	46,80	46,13	53,14	75,80	–	–	–	0,88	–	–
6.	Lüpsmine/ <i>Milking</i>	40,55	46,13	51,66	71,39	–	–	–	0,93	5,68	–
7.	Lüpsmine/ <i>Milking</i>	33,42	43,83	50,00	97,97	46,65	23,71	34,47	1,05	19,32	–
8.	Sõnniku eemaldamine <i>Manure disposal</i>	43,69	44,52	50,98	277,59	–	–	–	0,94	6,82	–
9.	Keskmine/ <i>Mean</i>	43,48	45,05	51,58	111,00	26,10	27,26	26,71	0,92	9,85	27,27
Pullilaut nr 3 ja vasikalaut nr 4 / <i>Bullshed No 3 and calfshed No 4</i>											
1.	Pullilaut/ <i>Bullshed</i>	7,17	22,86	24,17	32,66	11,37	11,86	16,28	0,88	–	–
2.	Vasikalaut/ <i>Calfshed</i>	13,62	21,32	22,20	36,95	11,08	1,55	6,02	0,97	10,23	–
Veiselaut nr 10 / <i>Cowshed No 10</i>											
1.	Lehmad sisenevad lauta <i>Cows entering shed</i>	21,44	38,75	44,11	17,16	–	–	–	0,90	2,27	–
2.	Jõusööda jaotamine <i>Feeding (concentrates)</i>	31,35	47,39	55,80	47,91	–	–	–	1,46	65,91	–
3.	Õlleraba jaotamine <i>Feeding (brewer's grains)</i>	32,80	50,59	59,82	54,83	–	–	–	0,68	–	22,73
4.	Lüpsmine/ <i>Milking</i>	32,65	50,59	60,12	77,59	–	–	–	0,93	5,68	–
5.	Lehmad lähevad välja <i>Cows leaving shed</i>	15,12	33,66	37,23	27,06	–	–	–	0,60	–	31,82
6.	Sõnniku eemaldamine <i>Manure disposal</i>	2,16	17,28	17,58	32,30	–	–	–	0,74	–	15,91
7.	Keskmine/ <i>Mean</i>	22,59	39,71	45,78	42,81	–	–	–	0,89	24,62	23,49
Veiselaut nr 11 / <i>Cowshed No 11</i>											
1.	Tühi laut / <i>Empty shed</i>	–	–	–	–	–	–	–	0,41	–	53,41
2.	Lehmad sisenevad lauta <i>Cows entering shed</i>	0,55	–	–	–	–	–	–	0,69	–	21,59
3.	Sõnniku eemaldamine <i>Manure disposal</i>	15,45	7,80	7,86	–	–	10,05	–	0,60	–	31,82

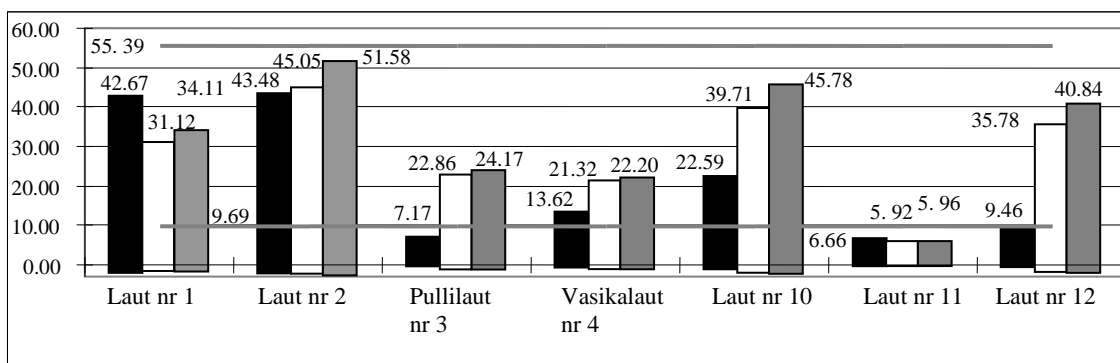
Tabeli 5. järg
Table 5. continue

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4.	Mineraalide jaotamine <i>Minerals sharing</i>	9,78	1,53	1,67	–	–	–	–	0,69	–	21,59
5.	Õlleraba jaotamine <i>Feeding (brewer's grains)</i>	5,92	–	–	–	–	–	–	0,95	7,95	–
6.	Jõusööda jaotamine <i>Feeding (concentrates)</i>	13,67	8,43	8,35	–	–	–	–	0,72	–	18,18
7.	Lüpsmine/ <i>Milking</i>	4,77	–	–	–	47,23	29,90	38,03	1,00	13,64	–
8.	Lüpsmine/ <i>Milking</i>	1,54	–	–	–	11,08	16,75	14,09	0,84	–	4,55
9.	Lehmad lähevad välja <i>Cows leaving shed</i>	1,59	–	–	–	11,08	20,10	15,87	0,82	–	6,82
10.	Keskmine/ <i>Mean</i>	6,66	5,92	5,96	–	23,13	19,20	22,66	0,75	10,80	22,57
<i>Veiselaut nr 12 / Cowshed No 12</i>											
1.	Haljasmassi jaotamine <i>Feeding (grass)</i>	28,26	53,72	64,83	169,73	–	–	–	0,68	–	22,73
2.	Sõnniku eemaldamine <i>Manure disposal</i>	5,74	30,17	34,18	159,48	23,62	–	–	1,56	77,27	–
3.	Jõusööda jaotamine <i>Feeding (concentrates)</i>	2,87	27,53	30,06	103,81	–	–	–	2,04	131,82	–
4.	Õlleraba jaotamine <i>Feeding (brewer's grains)</i>	6,98	34,22	37,82	195,35	–	–	–	0,87	–	1,14
5.	Lüpsmine/ <i>Milking</i>	3,46	33,24	37,33	327,77	3,79	–	–	1,45	64,77	–
6.	Keskmine/ <i>Mean</i>	9,46	35,78	40,84	191,23	13,71	–	–	1,32	91,29	11,94

Tulemused

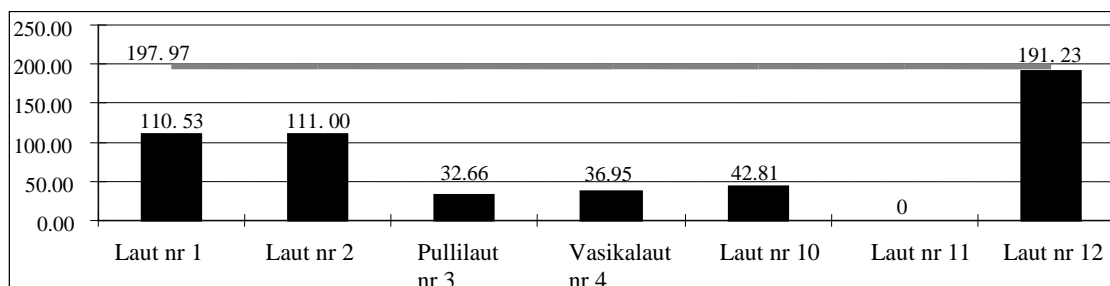
Joonistel 1, 2 ja 3 on esitatud veiselaudade mikro-, para- ja elektrokliimat mõjutavate parameetrite keskmiste väärtuste suhtelised ülekaalud.

1. Laudas nr 1 on suhtelise niiskuse suhteline ülekaal (42,67%) kõige suurem, kuid ei ületa keskkonna suhtelisele niiskusele õigusaktidega kehtestatud ülemist piirnormi (85%), mille suhteline ülekaal välisõhuga võrreldes oleks 55,39%. Suhtelise niiskuse ülemise piirnormi suhtelise ülekaalu poolest on paremad tingimused lautades nr 1, nr 2 ja nr 10. Võrreldes suhtelise niiskuse alumise piirnormiga (9,69%) on mõnevõrra alla normi suhtelised niiskused lautades nr 3, nr 11 ja nr 12.
2. Joonise 2 järgi on laudas nr 12 välisõhuga võrreldes ammoniaagi suhteline ülekaal (191,23%). See on lähedal õigusaktidega lubatud piirnormist 25 ppm tulenevale suhtelisele ülekaalule (197,97%). Mõnevõrra kõrge on ammoniaagisisalduse ülekaal ka lautades nr 1 ja nr 2.
3. Joonisel 3 on halli katkendjoonega valitud nulljooneks välisõhu puhul arvatud unipolaarsusteguri $q=0,88$ järgi määratud välisõhu suhteline seisund. Kõik väärtused, mis jäävad katkendjoonest allapoole, iseloomustavad veiselauda keskkonna elektrokliimalist suhtelist saastatust (must tulp) ja ülespoole jäävad väärtused selle suhtelist värskust (valge tulp). Halli joonega on esitatud välisõhuga võrreldes ($q=0,88$) õhu suhtelise saastatuse ($q=1,0$) alumine piirnorm (13,64%).
4. Joonisel 3 on esitatud õhu suhtelise saastatuse ja suhtelise värskuse koosmõju (hall tulp).
5. Söötadest võivad veiselaudas märg- ja haljassöödad (õlleraba, silo, haljasmass) suurendada õhu suhtelist ja absoluutset niiskust ning kastepunkti kuni 30%, allapanumaterjalidest turvas 16–19%, kuuse-, kase- ja haavasaepuru kuni 11%, odrapõhk kuni 1,5% ja sönnikuliikidest kõige rohkem, kuni 21%, odrapõhusõnnik.
6. Ammoniaagisisalduse suhteline suurenemine veiselauda õhus toimub kõige rohkem silo mõjul. Allapanumaterjalid võivad vähendada ammoniaagisisaldust õhus kuni 60%.
7. Veiselauda õhu elektrokliimalist suhtelist värskust suurendavad kuni 40% värsked hein, märg- ja haljassöödad ning allapanumaterjalidest turvas ja põhk. Suhtelist saastatust suurendavad aga jõusööt (kuni 23%), vana hein (11–42%), ekskrement (kuni 27%), haavasaepurusõnnik (kuni 43%) ja turbasõnnik (kuni 66%).
8. Tootmisalastes tingimustes saadud mikro-, para- ja elektrokliimaalaste suhteliste ülekaalude alusel on normaalsema sisekliimaga pullilaut nr 3, vasikalaut nr 4, laut nr 10 ja laut nr 11 (joonised 1–3).
9. Lautades nr 1, nr 2 ja nr 12 on õhu ammoniaagisisaldused märkimisväärselt suuremad, mis on kooskõlas nendes lautades oleva suurema niiskusega (joonis 1).
10. Õhu suhtelise saastatuse ja värskuse koosmõju järgi (joonis 3) on elektrokliima seisukohalt parem olukord lautades nr 2, nr 1, nr 11 ja nr 3. Mõnevõrra halvem on olukord lautades nr 12, nr 4 ja nr 10.

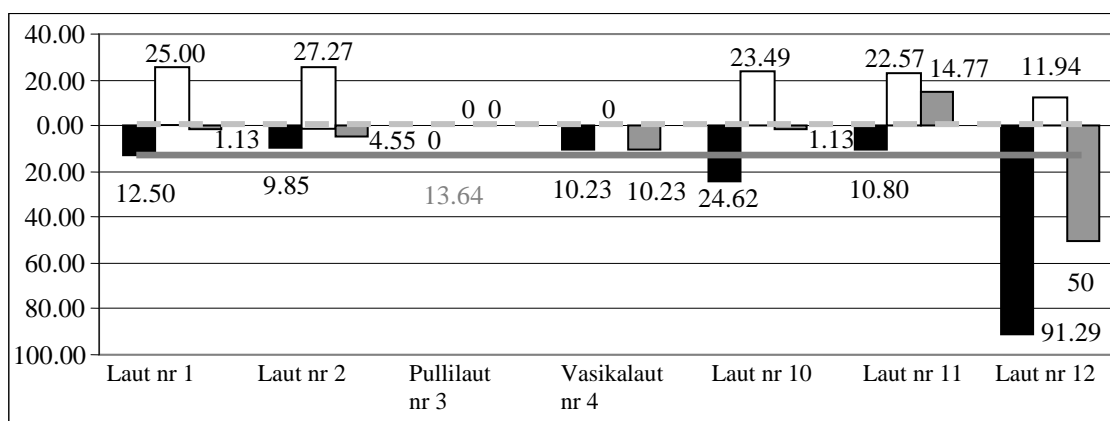


Joonis 1. Veiselaudade mikrokliima: ■ suhtelise niiskuse, □ kastepunkti, ■ absoluutse niiskuse, — suhtelise niiskuse ülemise ja alumise piirnormi suhtelised ülekaalud %-des

Figure 1. Microclimate of cowsheds: Relative predominances (%) of ■ relative humidity, □ dew point, ■ absolute humidity, — upper and lower limit of relative moisture



Joonis 2. Veiselautade sisekliima: ■ ammoniaagi, — ammoniaagi piirnormi suhtelised ülekaalud %-des
Figure 2. Indoor climate of cowsheds: Relative predominances (%) of ■ ammonia, — maximum values of ammonia



Joonis 3. Veiselautade elektrokliima: ■ suhtelise saastatuse, □ suhtelise värskuse, — — õhu suhtelise seisundi (q=0,88), — — õhu suhtelise saastatuse (q=1,00) piirnormi, ■ õhu suhtelise saastatuse ja värskuse koosmõju väärtused %-des

Figure 3. Electroclimate of cowsheds: Co-influence values (%) of ■ relative pollution, □ relative freshness, — — air relative status (q=0.88) limit, — — air relative pollution (q=1.00) limit, ■ air relative pollutions and freshness

Kokkuvõte ja järeldused

Sõnniku eemaldamine oli laudas nr 1 kõige enam õhu suhtelist ja absoluutset niiskust ning kastepunkti suurendav tehnoloogia. Suhtelise ja absoluutse niiskuse ning kastepunkti suhteline ülekogus suurenes võrreldes välisõhuga vastavalt 48,88%, 45,38% ja 40,49%.

Samuti suurenes laudas nr 1 sõnniku eemaldamise ajal ammoniaagi kogus õhus 24,98 ppm-ni ja selle suhteline ülekogus välisõhuga võrreldes oli 197,74%. Ammoniaagi selline kontsentratsioon õhus on lühiajaliselt lubatud, kuigi võib kahjustada nii loomade kui ka inimeste tervist.

Rohkem suurenes n^+ ja n^- aeroioonide kontsentratsioon lüpsmise ja jõusööda jaotamise ajal. Haljasmassi jaotamise ajal vähenes järsult n^+ ja n^- aeroioonide arv, mis on tingitud traktori väljaheitegaaside saastavast mõjust lauda elektrokliimale.

Võrreldes välisõhuga oli suhtelise saastatuse ülekaal suurim lehmade lauta sisenemise (38,64%) ja sõnniku eemaldamise ajal (18,18%).

Haljasmass ja õlleraba suurendasid keskkonna suhtelist värskust võrreldes välisõhuga vastavalt 20,45 ja 29,55%. Võrreldes neid tulemusi õlleraba kohta saadud katseandmete (Tomson, 2001) alusel arvatud õhu suhtelise saastatusega, võib siiski õlleraba kohta saadud positiivset tulemust põhjendada haljasmassi jaotamise ajal õhu suhtelise värskuse suurenemisega.

Laudas nr 2 suurenes suhtelise õhuniiskuse suhteline ülekaal välisõhuga võrreldes kõige rohkem lehmade lauta sisenemise ajal (50,46%), mida võib põhjendada lehmade higistamise ja hingeldamise tagajärjel laudaõhku eraldunud veeauruga. Haljasmassi ja õlleraba jaotamise ajal tõusis suhtelise õhuniiskuse suhteline ülekaal vastavalt 46,98 ja 46,80%, mis on põhjustatud märgade söötade omapärast.

Kastepunkti väärtus suurenes laudas nr 2, seal toimuvate tehnoloogiaprotsesside ajal ja kasutatavate ning saadavate materjalide mõjust tulenevalt kõige rohkem (52,13%) haljasmassi jaotamise ajal. Õhu absoluutne niiskus suurenes samal ajal 62,08%.

Haljasmassi jaotamise käigus toimub selle mehaaniline mõjutamine, mille tulemusena suureneb n^- aeroioonide arv õhus kuni 45%, mis tagab veiselauda õhu suhtelise värskuse paranemise 27,27% võrra.

Tühjas laudas oli õhu suhteline saastatus 15,91%, mida põhjustab n^+ aeroioonide ülekaal. Lüpsmise ajal õhu suhteline saastatus suurenes kuni 19,32%-ni, mida võib põhjendada lehmade ärritumisega ja väljaheidete koguse suurenemisega.

Ainult haljasmassi jaotamisest tulenevalt suurenes välisõhuga võrreldes veiselauda õhu suhteline värskus (27,27%).

Loomade higistamise ja haljasmassist laudaõhku eralduva niiskuse tõttu oli pullilaudas võrreldes välisõhuga suhtelise niiskuse suhteline ülekaal 7,17%. Suhtelise niiskuse suurenemine tingis ka kastepunkti ja absoluutse niiskuse suhtelise suurenemise välisõhuga võrreldes vastavalt 22,86 ja 24,17%

Ekskrementide ja uriini lagunemine suurendas laudas nr 3 välisõhuga võrreldes ammoniaagi suhtelist ülekaalu õhus 32,66%.

Aeroioonide kogusumma suurenes pullilaudas välisõhuga võrreldes 16,28% põhiliselt n^- aeroioonide tiheduse arvelt, mida põhjustas haljasmassi värskendav mõju elektrokliimale.

Laudas nr 4 suurenes loomade higistamisest ja haljasmassist laudaõhku eralduva niiskuse tõttu suhtelise niiskuse suhteline ülekaal võrreldes välisõhuga 13,62%. Suhtelise niiskuse suurenemine tingis ka kastepunkti ja absoluutse niiskuse suhtelise ülekaalu suurenemise võrreldes välisõhuga, vastavalt 21,32 ja 22,20%.

Sügavallapanul põhineva pidamisviisi tagajärjel oli vasikalaudas ekskrementide ja uriini lagunemise tulemusena ammoniaagi suhteline ülekaal õhus 36,95%.

Aeroioonide kogusumma suhteline ülekaal välisõhuga võrreldes oli 6,02% ja seda peamiselt plussioonide suhtelise ülekaalu (11,08%) tõttu. Seda võib põhjendada vasikatele ettenähtud väiksema söödakogusega, mille tulemusena oli haljasmassi värskendav mõju vasikalauda elektrokliimale väiksem.

Vasikalauda õhkkonna suhtelist saastatust iseloomustava elektrokliimalise unipolaarsusteguri arväärtuse suurenemine võrreldes välisõhuga on põhjendatav peamiselt uriini ja ekskrementide lagunemisel tekkivate n^+ aeroioonide kontsentratsiooni suurenemisega.

Laudas nr 10 oli välisõhuga võrreldes kõige suurem suhtelise õhuniiskuse suhteline ülekaal jõusööda ja haljasmassi jaotamise ning lüpsmise ajal, vastavalt 31,35, 32,80 ja 32,65%. Seda võib põhjendada lehmade higistamise tagajärjel tekkinud veeauruga ning niiskuse aurumisega õllerabast.

Ammoniaagi suhteline ülekaal 77,59%, võrreldes välisõhuga oli kõige suurem lüpsmise ajal sõnnikukäigus. Seda saab põhjendada lüpsmise ajal ärritunud lehmadel tavalisest intensiivsema ekskremendi ja uriini eraldumisega.

Õhu suhteline saastatus võrreldes välisõhuga oli 65,91% suurem jõusööda jagamise ajal. Seda saab põhjendada jõusöödatolmu saastava mõjuga.

Õhu suhteline värskus suurenes välisõhuga võrreldes 31,82% lehmade väljumise ajal laudast.

Laudas nr 11 oli suhtelise niiskuse suhteline ülekaal võrreldes välisõhuga kõige suurem sõnniku eemaldamise ja jõusööda jaotamise ajal, vastavalt 15,45% ja 13,67%. Jõusööda jaotamise ajal õhu suhtelise niiskuse suhtelist ülekaalu saab põhjendada jõusööda jaotamisele vahetult eelnenud õlleraba jaotamisega.

Plussioonide suhteline ülekaal 47,23% võrreldes välisõhuga on kõige suurem lüpsmise ajal. Seda saab põhjendada lehmade ärritatud seisundiga lüpsmise ajal, mille tulemusena suureneb lehmade poolt väljutatavate ekskrementide ja uriini kogus. Sellest põhjustatuna oli suhteline saastatus võrreldes välisõhuga suurim lüpsmise ajal (13,64%).

Suhteline värskus 53,41% oli suurim tühjas laudas, mis väheneb erinevate tehnoloogiaprotsesside puhul, kuid jääb siiski domineerivaks võrreldes suhtelise saastatusega.

Laudas nr 12 oli suhtelise niiskuse suhteline ülekaal võrreldes välisõhuga kõige suurem (28,26%) haljasmassi jaotamise ajal. Ka kastepunkti ja absoluutse niiskuse suurenemine võrreldes välisõhuga toimus koos suhtelise niiskuse suurenemisega haljasmassi jaotamise ajal ja oli suhtelise ülekaalu järgi vastavalt 53,72 ja 64,83%.

Ammoniaagi suurim sisaldus õhus võrreldes välisõhuga – 35,89 ppm – ületab õhu ammoniaagisisalduse lubatud piirnormi 25 ppm, kuid jääb lühiajaliselt (15 min) lubatud piirnormi lae 50 ppm piiridesse. Ammoniaagi suhtelist ülekaalu (191,23%) võrreldes välisõhuga saab põhjendada ebapiisava ventilatsiooni ja vähese allapanukogusega laudas.

Suhteline saastatus võrreldes välisõhuga oli suurem (131,82%) jõusööda jaotamise ajal. Seda saab põhjendada sööda tolmust ja sõnniku eemaldamisest tuleneva koosmõjuga.

Haljasmass suurendas õhu suhtelist värskust võrreldes välisõhuga 22,73%, mida põhjustab haljasmassimaterjalist suurenenud n^- aeroioonide kontsentratsioon õhus.

Teaduslikest uurimistöödest selgus, et mõiste *kliima* on käsitletav *välis-* ja *sisekliima* mõistetena, mis omakorda võivad olla liigitatavad kliimaparameetrite erisuste tõttu *mikro-*, *para-* ja *elektrokliimaks*. Koostatud metoodikat on võimalik edukalt kasutada valitud uurimissuuna teaduspõhiseks arendamiseks ja tulemuste praktikasse evitamiseks nii põllumajandus- kui ka tööstusvaldkondades.

Kirjandus

- Balanin: Баланин В. И. Зооигиенический контроль микроклимата в животноводческих и птицеводческих помещениях. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. – 144 с.
- Karhunen J. Kaasut ja põly elainsuojien ilmanvaihtoissa: – Vakolan Tiedote: 1992. – 25 lk.
- Melnikov jt: Мельников С. В., Алешкин В. Р., Рошин П. М. Планирование эксперимента в исследованиях с/х процессов. Л.: Колос, 1980. – 168 с.
- Minh: Минх А. А. Ионизация воздуха и её гигиеническое значение. Изд. второе. – Москва, 1963.– 352 с.
- ОСТ 70.2.33–80. Методы оценки безопасности. Эргономическая оценка. Москва, 1981. – 19 с.
- Simakov, A. Mikrokliima ja ventilatsioon. – Eesti Põllumajanduse Infokeskus, Tallinn, 1991. – 72 lk.
- Tomson, I. Tehnoloogiaprotsessides kasutatavate ja saadavate materjalide mõju veiselauda kliimaparameetritele. Magistritöö. EPMÜ. Tartu, 2001. – 102 lk.
- Tšičevski: Чижевский А. Л. Аэроионизация в народном хозяйстве. – 2-е изд., сокр. – М.: Стройиздат, 1989. – 488 с.
- Tööohutus- ja tervishoiualased õigusaktid. A – TEAM. Tallinn, 1998. – 352 lk.
- Viljasoo, V., Tomson, I. Ionisatsiooniteooria põhimõistete analüüs. – Põllumajandustehnika, -ehitus ja -energeetika. EPMÜ teadustööde kogumik nr 206. – Tartu, lk 190–196, 2000.
- Viljasoo, V., Tomson, I. Materjalidest mõjutatud sisekliima uurimismeetod. – APS-i toimetised 2. Tartu, lk 114–126, 2002.

The influence of materials used and produced in production processes to indoor climate of cowshed

V. Viljasoo, I. Tomson

Summary

The manure disposal technology increased the relative and absolute humidity of the air and the dew point the most in cowshed no. 1. The relative predominance of the relative and absolute humidity and dew point increased, compared with the outdoor air accordingly 48.88%, 45.38%, and 40.49%.

During the manure disposal in cowshed no. 1 the ammonia content in the air increased up to 24.98 ppm as well and its relative predominance, compared with outdoor air, was 197.74%. This concentration of the ammonia in the air is allowed in a short period, although it may harm the health of animals and people. The n^+ and n^- air ions concentration in milking and concentrate distribution increased more. When grass was given, the number of n^+ and n^- air ions became less due to the exhaust gas of a tractor on the electroclimate of the cowshed. If compared with outdoor air the predominance of relative pollution was the higher when cows entered (38.64%) and the manure disposal (18.18%).

Grass and brewer's grain raised the relative freshness of the environment, compare to outdoor air, accordingly 20.45% and 29.55%. If comparing the results with air relative about brewer's grain calculated by the experiment-data (Tomson, 2001), the positive result about the brewer's grain can be based on relative freshness increment of the air during the grass distribution.

In cowshed no. 2 the relative predominance of air humidity increased the most, compared with outdoor air during the cow's entering the shed (50.46%) which may be caused by the vapour from sweating and panting in the cowshed air. While distributing grass and brewer's grain, the relative predominance of the relative air humidity raised accordingly 46.98% and 46.80%, caused by the particularity of wet forage.

The increment of the dew point value took place the most (52.13%) while distributing grass due to technology and used-produced material influences.

At the same time the absolute humidity of air raised by 62.08%. During the grass distribution its mechanical effect takes place and as a result the number of n^- air ions enhances up to 45%, which improves the relative freshness of cowshed air by 27.27%.

In an empty cowshed the relative pollution of the air was 15.91% which causes the n^+ air ion predominance. During milking the relative pollution of the air increased up to 19.32%, which could be due to cow's irritation and increment.

Only due to grass distribution the relative freshness of the air in a cowshed, compared with the outdoor air, increased 27.27%. Due to animals sweating and the humidity from grass in the bullshed air, compared with the outdoor air, the relative predominance of the relative humidity was 7.17%. The relative increment of the relative humidity caused the relative increment of dew point and absolute humidity, compared with outdoor air accordingly 22.86% and 24.17%. The decomposition of excrements and urine raised the relative predominance in the air, compared with outdoor air, by 32.66%. The total amount of air ions in the bullshed increased by 16.28% compared with outdoor air, on account of air ions density witch was caused by the refreshing influence

of grass to electroclimate. In cowshed no. 4 due to the humidity from animals sweating and grass, the relative predominance of relative humidity, compared with outdoor air, enhanced by 13.62%. It caused the enhancement of relative predominance of dew point and absolute humidity accordingly by 21.32% and 22.20%.

In a calfshed where deep bedding was kept the decomposition of excrements and urine resulted with the relative predominance of ammonia in the air as 36.95%. The relative predominance of total air ions, compared with outdoor air, was 6.02%, and that was mostly because of plus ions predominance (11.08%). It might be caused by smaller quantity of feed to calves, as the result of which the refreshing influence of grass to calfshed electroclimate was less.

The raise of n^+ air ions concentration mostly from urine and excrement decomposition caused the electroclimatic unipolarity factor numerical value enhance which characterizes the relative pollution of calfshed air.

In cowshed no. 10 the relative predominance of relative air humidity was the highest, compared with outdoor air during the distribution of grass and milking, accordingly 31.35%, 32.80% and 32.65%. It may be caused by vapour from cows sweating and evaporation of brewer's grain humidity.

The relative predominance of ammonia was 77.59%, compared with outdoor air, being the highest during milking time in the dung passage. It could be caused by milked cows being more irritated and producing intensively excrements and urine.

The relative pollution of air, compared with outdoor air was 65.91%, being the highest during the concentrate distribution. The dust from concentrate with its pollution can be the reason. The relative freshness of air, compared with outdoor air, increased by 31.82% when cows left the cowshed. In the cowshed no. 11 the relative predominance of humidity was the highest, compared with outdoor air, during manure disposal and concentrate distribution accordingly 15.45% and 13.67%. As the concentrate distribution was directly after brewer's grain distribution it might have caused the relative predominance of relative air humidity.

The relative predominance of plus ions 47.23%, compared with outdoor air, was the highest at the milking time. The cows irritated conditions during milking can be the reason, the result of which the amount of excrements and urine was more. That is why the relative pollution, compared with outdoor air was the highest at the milking time (13.64%).

The relative freshness 53.41% was the highest in an empty cowshed, which does decrease at different technological processes, but it will be dominating compared with the relative pollution.

In cowshed no. 12 the relative predominance of relative humidity, compared with outdoor air, was the highest (28.26%) during the grass distribution. The increase of dew point and absolute humidity, compared with outdoor air, took place with the relative humidity increase during grass distribution and came after the relative predominance accordingly 53.72% and 64.83%.

The ammonia content in the air compared with outdoor air, being 35.89 ppm exceeds the limited amount 25 ppm of ammonia content in the air, but for a short period (15 minutes) it remains in the allowed range 50 ppm. This ammonia relative predominance (191.23%), compared with outdoor air, can be the result of insufficient ventilation and too little bedding.

The relative pollution, compared with outdoor air, was higher (131.82%) when concentrate was distributed. It may be caused by the co-effect of forage dust and manure disposal.

The grass increased, compared with outdoor air, the relative freshness by 22.73%, which caused the increased by grass n^- air ions concentration in air.

As the research work has shown, the concept climate can be taken as outdoor and indoor climate. The latter's can be grouped by its, peculiarities micro-, para- and electroclimate. The research method can be used for the further development of science and its results will be of much use in agriculture and industrial field.