
LOOMAFARMIDES KASUTATAVATE JA SAADAVATE MATERJALIDE SISEKLIIMALISED OMADUSED

V. Viljasoo, I. Tomson

ABSTRACT. *Indoor climate characteristics of materials used and produced in cowsheds. Due to fast development of science and technology more and more new materials, machines and equipment have come up in our everyday life and working environment. Its usage, especially in working conditions, considerably influences the surrounding environment. All the materials, equipment and machines lie in the atmosphere and a great part of it uses air as a necessary component for work. In some way or other the change of the chemical composition and the electrical properties of air takes place in technological processes. Hence more attention is being paid to the environmental pollution, the protection of open air and the microclimate of offices among that. It is essential to note that in these fields the integrated normparameter, on the ground of which it would be possible to obtain comparative data about air sanitation-hygienic conditions (of time, area, room) is not in usage. For this kind of parameter the diagnosed mean electrostatic index of atmosphere or air ionization is proper to use. As a result, it is essential to make a difference between the microclimate of natural and working environments (air temperature, relative air humidity, air velocity, intensity of heat radiation) and the mean electrostatic condition or electroclimate (Viljasoo, 2000) of the atmosphere of natural and working environments.*

As the review about the literature concerning the subject shows most of the research deals with the indoor climate of cowsheds by measuring certain climate parameters. The results are compared with the characterizing indices of animal health and production capacity. It is essential in the mentioned research the influence of the materials used and generated in cowsheds on indoor climate has been studied, but up to now a scientific motivation is absent. The present research serves as an introduction in this direction.

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, ning suur osa neist kasutab õhku kui tööks vajalikku koostisosa. Ühel või teisel moel korraldatud tehnoloogiaprotsessides toimub paratamatult õhu keemilise koostise ja elektriliste omaduste muutumine. Seetõttu on üha põhjalikumalt hakatud tähelepanu pöörama looduskeskkonna saastatuse probleemidele, sealjuures nii välisõhu kaitsele kui ka siseõhu kvaliteedile. On loomulik, et seadused ja normid on pidevas muutumises, eriti tehnoloogiate ja tööprotsesside arenemise tõttu. Seoses sellega on käesolevas uurimistöös astunud mõningaid samme just sisekliimaalaste probleemide tõhusamaks lahendamiseks.

Uurimistöös eesmärgiks oli kontrollida loomafarmides kasutatavate ja saadavate materjalide võimalikke mõjusid lauda sisekliimale.

Püstitatud eesmärgi saavutamiseks tuli tutvuda kirjandusallikatest teemakohase teabega, koostada uurimistöös meetodika ja valmistada katseseadmed, komplekteerida mõteseadmed, teha katsed ja töödelda andmed.

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

Ülevaade kirjandusest

Meie teadmised ümbritsevast maailmast avarduvad eelkõige teadusinfol põhinedes. Igasuguse projekteerimise esmaseks eesmärgiks on muuta ümbritsev maailm kunstlikumaks (Jones, 1986). Näiteks ruumisisesse elu- ja tootmislaadi kujunemine on tekitanud biotehniliste süsteemide näol täiesti kunstliku maailma, mida iseloomustavad sellised mõisted nagu ehitiste ja ehitamise energiamajandus, ehitusfüüsika, ehitusanatoomia, mehhaniseeritud süsteemid, tööstusventilatsioon, ruumi sisekliima, hügieen jm (Seppänen, Seppänen, 1998). Tehiskeskonna loomine on toonud endaga kaasa selliseid põhimõisteid ja tegevusvaldkondi nagu ohutuspoliitika, ohutus-kultuur, riskianalüüs ja riskihindamine (Seppänen, Seppänen, 1998; Tint, 1999). On ilmne, et nüüdisaegses tehiskeskkonnas ei esine enam ainult üksikuid, kergesti avastatavaid ja märgatavaid ohutegureid.

Kliimaalastes uurimistöodes 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 kliimaparametri uurimist võimalik arendada omaette teadusvaldkonnaks. Selline käsitlus on võimalik tänu elektrooniliste ja täpsete mõõteriistade olemasolule. Samas on võimalik kliimaparametreid ka rühmitada. Näiteks kasutati Eesti Vabariigi tööhutus- ja tervishoiualastes õigusaktides (1998) mõistet *mikrokliima*, mis ühendas ühte rühma sellised näitajad nagu õhutemperatuur, suhteline õhuniiskus, õhuliikumiskiirus ja soojuskiirus.

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

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

Üha rohkem on hakatud arvestama selliste nähtudega nagu "ruumihaigus" (Tint, 1999), mida põhjustavad peamiselt tehislükud ehitus- ja viimistlusmaterjalid, ventilatsioonisüsteemide valed projektlahendused ja õhu puhtuse vähenemine (Seppänen, Seppänen, 1998). Need probleemid jäävad paratamatult rohkem või vähem iga riigi keskkonnapoliitika lahendada.

Materjalide mõju loomafarmide sisekliimale on kaemuslikult märgatud juba ammu. Tihti olenes lauda sisekliima küll välistest ilmastikuoludest, kuid tähele panemata ei jäänud ka sellised üksikasjad nagu õhu kvaliteedi sõltuvus sõnnikukogusest ja selle eemaldamise kordadest päevas, allapanumaterjalide mõju õhu suhtelisele niiskusele ja temperatuurile, söötadest ja nende hoiustamisest tulenevad sisekliimalised muutused ning erinevate ehitusmaterjalide (puit, kivi, betoon jm) mõju hoonesisesele kliimale.

Analoogselt on paljudes loomafarmi sisekliimale pühendatud uurimistöödes kliimaparametrite muutusi esile kutsuvateks põhjusteks nimetatud just tehnoloogiaprotsessides kasutatavaid ja saadavaid materjale. Praktilised kogemused ja uurimistulemused (Aluoja, 1960; Bailuk jt, 1975; Motes, 1976; Vutt jt, 1981; Balanin, 1988; Simakov, 1991; Mikson, 2000; Reppo jt, 2000) tõestavad, et loomalauda sisekliimat mõjutavad nii kütte- ja ventilatsioonisüsteemid kui ka loomad, materjalid ja tehnoloogiaprotsessid ise. Nii näiteks võib määrdund loomade ja niiske põranda tõttu õhus tekkida veeauru, süsinikdioksiidi ja ammoniaaki vastavalt 1,3–1,4; 1,6–1,8 ja 2–3 korda rohkem (Karhunen, 1992). Mida rohkem sõnnikut hoitakse loomaruumis, seda rohkem tekib gaase. Ammoniaagi tekkepõhjuseks veiselautades loetakse peamiselt ekskrementide ja uriini lagunemist, mis toimub bakterite abil kergelt aluselises keskkonnas (pH7,8–8,8) ja kõrgematel temperatuuridel (Motes, 1976). Enamikus nimetatud uurimistöödest selgub, et ammoniaagi kogunemist veiselauda õhus soodustab suur niiskus, kuna NH₃ lahustub hästi vees. Ammoniaaki esineb rohkem sõnnikukäigus. Nii ammoniaagi (10–35 ppm; 0,00089–0,00312%) kui ka süsihappegaasi (0,10–0,40%) sisalduse vähendamiseks laudaõhus soovitatakse eelkõige allapanu kasutamist (Motes, 1976; Karhunen, 1992; Tuure, 1995; Reppo jt, 2000).

Seoses sellega, et loomalauda õhu suur suhteline niiskus ($\geq 85\%$) võimendab õhu ebasoodsa temperatuuri ($>15\text{ }^{\circ}\text{C}$) toimet loomadele, soodustab mikroorganismide paljunemist ning haigusttekitavate mikroobide säilimist (Aluoja, 1960; Seppänen, Seppänen, 1998), on teadlaste arvates loomafarmides optimaalse sisekliima tagamiseks vaja rakendada paljude meetmete ja abinõude kogumit. Need oleksid tõhus õhustamine, kuiva ja õiges koguses allapanu kasutamine, söötade hea kvaliteet, laudatöödel rohke vee kasutamise vältimine, laudatööde õige päevakava ja selle järgimine, pidamisviiside ja tehnoloogiate sobivus, niiskust imavate ja tõkestavate ehitusmaterjalide eelistamine (Aluoja, 1960; Murusidze jt, 1972).

Kui loomalauda jaoks loetakse suhtelise õhuniiskuse normiks 60–85% (Liiske, 1992), siis selle põhjustajana nimetatakse peale loomade veel lahtist vett, söötasid, ekskremeente, välisõhuniiskust, siseõhu temperatuuri alanemist ja halba õhustust. Temperatuuri, mille juures algab veeauru kondenseerimine, nimetatakse kastepunktiks. Mida kuivem on õhk, seda madalam on kastepunkti väärtus. On ilmne, et laudaõhu väikese suhtelise niiskusega õhku tekkiv rohke tolm ja staatiline elekter põhjustavad loomadel limaskestade kuivamist, rahutust ja ärritumist (Murusidze, 1972; Bailuk jt, 1975; Liiske, 1992; Seppänen jt, 1998). Paljudel juhtudel on laudades sellise sisekliimalise olukorra tekkepõhjuseks kuivad ja tolmused söödad ning allapanu või nende materjalide tehnilised jaotamis- ja laotamisviisid.

Eelpool nimetatud sellised kliimaparametrid nagu õhutemperatuur, õhuniiskus, kastepunkt ja laudaõhu keemiline koostis (hapnik, süsihappegaas, ammoniaak jm) on sõltuvuses ka õhu liikumiskiirusest laudas. Siinjuures käsitlevad teadlased seda parameetrit olenevalt pidamisviisist, aastaajast ja loomade vanusest (Murusidze, 1972; Motes, 1976; Rannamäe, 1985; Korotkov, 1987; Tuure, 1995; Mikson, 2000). Veiste lõaspidamisel oleks õhu sobivamaks liikumiskiiruseks 0,5 m/s, sügavallapanul pidamisel 0,5–1,2 m/s, suvel 1,0 m/s, talvel 0,5 m/s; vasikatele 0,1–0,3 m/s ning mullikatele ja lehmadele 0,1–0,5 m/s. Nii nagu on ammoniaagi suurim kontsentratsioon valdavalt 0,2 m kõrgusel põrandapinnast ja sõnnikukäigus, nii on ka oluline õhu liikumiskiirus suurim enamasti just põranda pinnal olevate materjalide kohal ehk loomaasemetel.

Sisekliima sellise parameetri nagu aeroioonide kontsentratsiooni muutumisel on täheldatud peamiselt kahte liiki mõjureid. Need on inimeste ja loomade olemasolu ning õhu ioniseerumine hoonesisestest konstruktsioonilistest, kasutatavatest ning saadavatest materjalidest. Kirjandusallikates (Minh, 1963; Tšizevski, 1989) esitatu põhjal järeldame, et miinusionisatsioonil on inim- ja enamikule loomorganismidele hea mõju. Miinusaenguga aeroioonide ülekaaluga keskkonnas tehtud loomkatsete tulemusena suurenes loomade liikuvus, isu, kaaluiv, suguline aktiivsus, eluiga jm. Uurimustest selgus, et aeroioonid mõjutavad bioloogiliste organismide närvisüsteemi talitluslikku seisundit, vererõhku, kudede hingamist, ainevahetust, keha temperatuuri, vere füüsikalise-keemilise koostise, valkude sisaldust veres, punaste ja valgete vereliblede suhet, vereloomet, vere pH-d, hemoglobiinisisaldust, katalüüsi, veresuhkrusisaldust, isoelektrilisi punkte veres jt.

Keskmine n^+ ja n^- aeroioonide kontsentratsioon maalähedases õhus on vastavalt 480 ja 425 aeroiooni ühes kuupsentimeetris õhus. Värske õhu sattumisel ruumisisesesse keskkonda toimub selle muutumine nn saastatud õhuks, mida iseloomustavad deionisatsioon, aeroioonide keemilise iseloomu muutumine, looduslike aerosooliosakeste koguse teisendamine, loodusliku osoonitaseme ja ultraviolettkiirguse muutumine (Priiman, 1984). Seega võib igasugust suletud ruumi, isegi hea ventilatsiooni korral, käsitleda kui filtreeritud õhuga ruumi, milles puudub optimaalne kogus miinusaenguga aeroioone ja mis on saastatud teise õhuga kaasnevatest plusslaenguga aeroioonidest. Viimaseid tuleks vaadelda kui enamikule elusorganismidele füsioloogiliselt kahjulikult toimivaid osakesi. Peab arvestama ka asjaolu, et aeroioonide väga suur kontsentratsioon ja keemilise alusaine koostise mõju võivad tekitada toksilise keskkonna. Samas kinnitavad teadlased oma uurimistöös (Reinet, 1983; Tammet, 1985; Salm jt, 1988), et aeroioonide kontsentratsiooni vähenemine või suurenemine keskkonnas mõjutab märgatavalt selle õhu temperatuuri, suhtelist niiskust, elektrostaatilist seisundit, aerosooliosakeste kogust jt parameetreid.

Teemakohasest kirjandusest tehtud ülevaatest selgub, et enamikus uurimistöös käsitletakse loomalaadade sisekliimat teatud kliimaparameetrite mõõtmise teel ning saadud tulemusi kõrvutatakse põhimõtteliselt loomade tervist ja toodangut iseloomustavate näitajatega. Tunduvalt vähem on käsitletud töötajatele sobivat sisekliimat, mida tõestavad ka prof. Reppo vastavad uurimused (Reppo, 1997). Oluline aga on siinjuures see, et enamikus nimetatud uurimistöös põhjendatakse rohkem või vähem, otseselt või kaudselt sisekliima olukorda loomafarmides kasutatavate ja saadavate materjalidega (söödad, allapanud, ekskrement, uriin, gaasid), kuid siiani pole teadaolevalt uurimistöid, mis teaduslikult põhjendaks nende materjalide võimalikku mõju loomalaada sisekliimale. Seega on artiklis esitatud uurimismeetod ja tulemused uued.

Materjal ja meetodika

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli määrata tehnoloogiaprotsessides kasutatavate ja saadavate materjalide mõju sisekliimale. Materjalid (tabel 1) olid toodud AS Tartu Agro Vorbuse osakonna veiselautadest. Materjalide süstematiseerimisel on need liigitatud söötadeks, allapanudeks ja saadusteks. Mõiste *säilitusiga* tabeli 1 päises iseloomustab materjali ligilähedast vanust ja mõiste *säilitusaeg* seda aega, kui kaua materjali kasutati uurimisobjektina laboratooriumis. Näiteks oli põllul värskeltoodetud ja lauta veetud haljasmassi säilitusiga ligilähedaselt 12 h ja selle säilitusaeg laboris katseobjektina ka ligilähedaselt 12 h. Ehk teisiti öeldes: katseid haljasmassiga alustati kohe pärast selle laudast laborisse toomist. Materjali, mis oli laudast tooduna uurimisvalmis, nimetati osismaterjalideks ja labortingimustes komponentide segamise tulemusena valmistatud materjale segamaterjalideks. Nii näiteks valmistati kuuse-, kase- ja haavaaepurusõnnikud ning odrapõhu- ja turbasõnnikud nimetatud osismaterjalide (2 dm^3) ja veiste ekskrementide (2 dm^3) segamise tulemusena. Segu valmistati kilekottides ja säilitati neis avatult katseobjektina 12–96 h. Materjalidega tehti katseid nimetatud ajavahemiku jooksul, võimalikul ajal ja vajaliku kestusega.

Materjalide uurimiseks laboratoorses tingimustes oli valmistatud katseseade (joonis). Selle põhiosaks on kinnine ruum, mille moodustavad puitsõrestik ja sellele paigaldatud läbipaistev plastkile. Katseseadmega on ühendatud neli aeroionisaatorit.

Kalibreeritud anuma abil mõõdeti neli korda 2 dm^3 koguses sama liiki tahkeid osis- või segamaterjale. Need puistati aeroionisaatorite nõudesse, mille põhjad olid paremate hooldusvõtete tagamise eesmärgil kaetud kilega. Nõud kaeti aeroionisaatorite kaantega, mille tõstekõrguseks nõude servast oli 15 mm. Selliselt olid aeroionisaatorite nõud materjaliga täidetud selle servani.

Aeroionisaatorite ülesandeks oli tagada uuritavatest materjalidest õhu läbiimemine ja selle muutunud seisundis edastamine katseseadme kinnisesse ruumi. Aeroionisaatori ventilaatori poolt tekitatud õhuvoo kiiruseks oli 0,1 m/s. Iga materjaliga tehtud katsele eelnevalt õhustati katseseadme kinnist ruumi 10 minuti vältel keskventilatsiooni abil. Enne valitud liiki materjalidega katsete tegemist tehti alati katse õhuga (0-katseid). Labori paremaks õhustamiseks olid aken ja uks avatud. Koostatud katseplaani kohaselt registreeriti mõõdetavate parameetrite arväärtused mõõteseadmetega. Parameetrite mõõtmiseks kasutati komplekteeritud mõõteseadmeid, mis olid paigutatud teisaldatavale kärustatiivile katseseadme kinnisesse ruumi. Aeroioone mõõdeti ioonide loenduriga UT-8401, mille mõõtmisviga on ± 10 . Katseseadmes on mõõdetud keskkonna selliseid mikro- ja parakliimaparameetreid 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 O₂ anduriga ZA9000-AK2K, CO₂ anduriga FYA6000-CO2, termohügroanduriga FHA646-1, mis kõik on mõõtmisveaga ±1%, termooanemoanduriga FHA645TH2 (mõõtmisveaga ±3%) ja ammoniaagianduriga ZA9601-FS2 (mõõtmisveaga ±2% lõppväärtusest).

Tabel 1. Katsematerjalid

Table 1. Experimental materials

Jrk nr	Liigitus ja materjalid <i>Classification and materials</i>	Säilitusiga ja säilitusaeg <i>Preservation age and preservation time</i>	Jrk nr	Liigitus ja materjalid <i>Classification and materials</i>	Säilitusiga / säilitusaeg <i>Preservation age / preservation time</i>
I	Söödad / Foods		3.	Haavasaepuru / <i>Aspen sawdust</i>	12h/96h
1.	Haljasmass (1a raihein) / <i>Grass</i>	12h/12h	4.	Odrapõhk / <i>Barley straw</i>	1a/96h
2.	Hein (1a raihein) / <i>Hay</i>	12h/96h	5.	Turvas / <i>Turf</i>	1a/96h
3.	Hein (timut) / <i>Hay (Timut)</i>	1a/96h	III	Saadused / Products	
4.	Silo / <i>Silo</i>	1a/96h	1.	Ekskrement / <i>Manure</i>	6h/96h
5.	Õlleraba / <i>Brewer's grain</i>	12h/96h	2.	Kuusesaepurusõnnik <i>Spruce sawdust manure</i>	12h/96h
6.	Jõusööt / <i>Concentrates</i>	1a/96h	3.	Kasesaepurusõnnik <i>Birch sawdust manure</i>	12h/96h
II	Allapanud / Litters		4.	Haavasaepurusõnnik <i>Aspen sawdust manure</i>	12h/96h
1.	Kuusesaepuru / <i>Spruce sawdust</i>	96h/96h	5.	Odrapõhusõnnik / <i>Barley straw manure</i>	12h/96h
2.	Kasesaepuru / <i>Birch sawdust</i>	96h/6h	6.	Turbasõnnik / <i>Turf manure</i>	12h/96h



Joonis. Katseseade kliimaparameetrite uurimiseks
Figure. Experimental equipment for climate indices research

Usalduslike mõõtmistulemuste saamiseks valiti kooskõlas katsete kavandamise teooriaga usalduslikuks tõenäosuseks $\alpha=0,95$. Valitud tõenäosusega andmete saamiseks mõõdeti iga parameetrit iga katse korral vähemalt 30 korda. Mõõtmistulemused registreeriti põhiliselt sidustöötlusmeetodil, statistiliste andmete töötlemiseks kasutati Microsoft Excel programmi.

Mõõtmistulemuste statistilisest infokogumist arvutati mikro-, para- ja elektrokliimaparameetrite *suhtelised ülekaalud* ning elektrokliimaparameetrite alusel õhu *suhteline saastatus* ja *suhteline värskus* järgmiste valemitega:

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

kus A – sisekliimaparameetrite suhteline ülekaal %;

B – sisekliimaparameetrite keskmised näitajad materjalidest mõjutatud õhus;

C – sisekliimaparameetrite keskmised näitajad materjalidest mõjutamata õhus;

S – õhu suhteline saastatus %;

V – õhu suhteline värskus %;

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

q_δ – aeroioonide unipolaarsustegur ($q_\delta = n^+/n^-$, kus n^+ – kergete plusslaenguga aeroioonide kontsentratsioon; n^- – kergete miinuslaenguga aeroioonide kontsentratsioon) materjalidest mõjutamata õhus.

Uurimistulemused ja arutelu

Materjalide mõju keskkonna mikrokliimale

Kooskõlas uurimistöö meetodiga on katsete käigus tehtud eelnevalt niinimetatud nullkatsed, mille eesmärgiks oli saada baasandmeid tavalise õhu kohta. Seejärel ventileeriti katseseadme (joonis) kinnisesse ruumi õhku, mis oli läbinud materjaliga täidetud aeroionisaatoreid.

Tabelis 2 on esitatud materjalidest mõjutatud kliimaparameetrite keskmised näitajad. Nagu tabelist selgub, on uuritavas keskkonnas (katseseadmes) õhu *temperatuur* mõnevõrra langenud. Seda võib põhjendada konvektsiooniga, mille tulemusena paljude materjalide toimel makroskoopiliste ainehulkade liikumisega kaasneb soojuse ärajuhtimine. Vastupidine nähtus, s.t õhutemperatuuri tõus toimus selliste, kuni 96 h säilinud osis- või segamaterjalide puhul nagu ekskrement, kase-, põhu-, turba- ja kuusesaepurusõnnik. Seda võib põhjendada käärimisprotsessis eralduva soojusega. Mõnevõrra väiksem soojuse eraldumine toimus haavasaepurusõnnikust ja seda haavapuidu halva soojusjuhtivuse tõttu.

Õhu *suhteline niiskus* oleneb materjalide esialgsest niiskusest. Tabelites 2 ja 3 esitatud materjalidest enamik suurendab õhu suhtelist niiskust. Kõige rohkem suureneb see haljasmassist (31,22%), õllerabast (30,29%) ja silost (26,94%). Tabelitest selgub, et õhu *kastepunkt* tõuseb kõige rohkem kokkupuutes õllerabaga (73,48%), siloga (66,67%), turbaga (45,83%) ja haljasmassiga (37,87%). Kui käesolevas uurimistöös *absoluutne niiskus* näitab ühes kilogrammis õhus veeauru sisaldust grammides (mõõturi tarkvara alusel), siis enam põhjustavad seda haljasmass (31,99%), õlleraba (28,89%), silo (22,41%) ja turvas (18,97%). *Õhuliikumiskiiruse* üldine suurenemine väiksema säilitusajaga (kuni 12h) materjalide puhul, võrreldes 0-katsega, on eelkõige põhjustatud materjalide värskusest. Nii mõjutab õhuvoo kiirust suurenemise suunas kõige rohkem värsk hein (142,61%), haljasmass (110,71%), haavasaepurusõnnik (56,39%) ja ekskrement (41,96%). Õhuvoo kiirust vähenemise suunas mõjutavad kõige rohkem sellised materjalid nagu jõusööt (21,29%), turvas (15,19%), õlleraba (13,33%) jm.

Kui võrrelda tabelis 3 esitatud andmeid, võib osis- ja segamaterjalide mõjust keskkonna mikrokliimale teha järgmisi järeldusi.

1. Märg- ja haljassöödad võivad suurendada õhu *suhtelist* ja *absoluutset niiskust* kuni 30%.
2. Märg- ja haljassöödad võivad põhjustada õhu *kastepunkti* tõusmist kuni 73%.
3. Allapanumaterjalide niiskusesisaldus oleneb materjali algseisundist, sest alati on võimalus rääkida kuivemast või niiskemast saepurust või turbast. Võrdlusandmetest aga selgub, et kõige rohkem võib põhjustada *suhtelise* ja *absoluutse niiskuse* ülekaalu turvas (16–19%) ning kuuse ja -haavasaepuru (11,0–1,0%). Õhu *kastepunkti* tõusmist mõjutab kõige rohkem turvas (45,83%).
4. Sõnnikuliikide mõjust mikrokliimale selgub, et väiksema säilitusajaga (kuni 12 h) sõnnikuliigid mõjutavad mikrokliimaparameetreid vähem kui pikema säilitusajaga (kuni 96 h) sõnnikuliigid. Õhu *suhtelise* (10,31–12,93%) ja *absoluutse* (10,31–12,78%) *niiskuse*, *kastepunkti* (10,34–14,66%) ja *liikumiskiiruse* (56,39–23,00%) suhteliste ülekaalude poolest mõjutab mikrokliimat kõige rohkem haavasaepurusõnnik.
5. Ekskrementid mõjutavad keskkonna mikrokliimaparameetreid vähe (välja arvatud õhuliikumiskiirus).

Materjalide mõju keskkonna parakliimale

Et parakliima parameetritest *süsihappegaasi* sisaldus õhus ühegi katse käigus ei muutunud (tabel 2), pole seda ka tabelisse 3 kantud. Nagu tabelitest 2 ja 3 selgub, vähendab enamik osis- või segamaterjale olenevate säilitusajast *hapnikusisaldust* õhus või ei mõjuta seda oluliselt. Uurimistöödest tehtud ülevaates selgus, et *ammoniaagi* tekkepõhjuseks veiselaudas loetakse ekskrementide ja uriini lagunemist. Tegelikult aga antud uurimistöös saadud tulemuste alusel võib mõne materjali, näiteks ekskremendi kohta väita vastupidist ja mõne

materjali, näiteks silo puhul lisada ammoniaagi tekkepõhjuste kohta täiendavat teavet. Tabelis 3 esitatud andmed võimaldavad teha järgmisi järeldusi.

1. Segamaterjalid (kase-, põhu-, turba-, haavasaepuru- ja kuusesaepurusõnnik) säilitusajaga kuni 12 tundi vähendavad *ammoniaagisisaldust* õhus kuni 60%.
2. Analoogselt vähendavad *ammoniaagisisaldust* õhus kuni 50% osismaterjalid (haava-, kase- ja kuusesaepuru, turvas, põhk).
3. Pikema säilitusaja möödudes (kuni 96 h) kaotavad segamaterjalidest kasesaepuru- (~170%), odrapõhu- (~90%), kuusesaepuru- (~45%), turba- (~34%) ja haavasaepurusõnnik (~10%) oma ammoniaaki siduva võime.
4. Katseandmete alusel võib väita, et ekskrement (ilma uriinita) ise pigem seob õhust *ammoniaaki* kuni 60%.
5. *Ammoniaagisisalduse* suhteline suurenemine õhus toimub aga kõige rohkem silomaterjalist (318,18%).
6. Kokkuvõtteks võib öelda, et kasutatavatest ja saadavatest materjalidest mõjutab kõige rohkem parakliimat *ammoniaak* ja õhu ammoniaagisisaldust suurendab enim silo. Tehes diagnostilisi mõõtmisi AS Tartu Agro Vorbuse osakonna pullilaudas, selgus karjatalitajate küsitlemise tulemusena, et talvel taluvad nad silosöödast põhjustatud ammoniaagisisaldust õhus selliste ebaseadlike aistingutena nagu silmade kipitamine ja pisarate voolamine, hingamisvaegused ja halb enesetunne. Ilmselt on sellisel juhul tegemist ammoniaagi piirnormi (25 ppm) ületamisega õhus.

Materjalide mõju keskkonna elektroliimale

Tabelis 2 esitatud elektroliimainäitajatest selgub, et aeroioonide summaarset kogust keskkonnas suurendavad värske hein (26,67%), odrapõhk (18,09%), haavasaepuru (8,79%), peenestatud haljasmass (7,58%) ja kasesaepurusõnnik (6,04%). Nimetatud materjalide mõju aeroioonide summaarse koguse suurenemisele, võrreldes 0-katsega, tuleneb värskest heinast (78,72%), odrapõhust (28,93%) ja peenestatud haljasmassist (24,39%) eralduvate n^- aeroioonide suhtelistest ülekaaludest ning haavasaepurust eralduvate n^+ ja n^- aeroioonide suhtelistest ülekaaludest (vastavalt 1,02 ja 1,02%). Seepärast on sügis- ja talveperioodil veiselaudas soovitatav säilitada koresöödana heina lauda lakas ja anda loomadele ette söödakünades. Selline lahendus võimaldaks puidust laudalae või betoonlakke puuritud avade kaudu parendada lauda õhu värskest ja sanitaar-hügieenilist seisundit kuni 5 korda. Nagu tabelis 3 esitatud andmetest selgub, tasakaalustab suveperioodil veiselauda õhu värskest haljasmassi kasutamine söödana.

Tabelis 2 esitatud katseandmete analüüsimise tulemusena võib öelda, et kuni 96-tunnise säilitusajaga materjalide poolt tekitatud elektroliimainäitajatest suurendavad aeroioonide summaarset kogust õhus kõige rohkem jõusööt (21,74%), kasesaepuru (16,42%), ekskrement (13,51%) ja õlleraba (11,11%). See on 0-katsega võrreldes suurelt osalt põhjustatud jõusöödast (40,91%), ekskremendist (28,00%) ja õllerabast (17,39%) tulenevate n^+ aeroioonide suhtelistest ülekaaludest. Nagu ilmneb tabelitest 2 ja 3, põhjustab enamik materjalidest keskkonna elektroliimalist muutust neist tulenevate nii n^+ kui ka n^- aeroioonide arvel. Erandiks on turvas ja silo, mille puhul domineerivad õhus ainult n^- aeroioonid, mille suhtelised ülekaalud on vastavalt 23,40% ja 22,45%.

Tabelis 2 esitatud katseandmete alusel võib öelda, et kuni 96-tunnise säilitusajaga materjalide poolt tekitatud elektroliimainäitajatest aeroioonide summaarset kogust õhus suurendavad kõige rohkem vana hein (162,07%), põhusõnnik (27,78%), kuuse- (26,80%) ja haavasaepurusõnnik (20,12%). See on põhjustatud peamiselt materjalidest eralduvate ja õhku ioniseerivate osakeste mõjust n^+ ja n^- aeroioonide kogusele.

Segamaterjalidest mõjutab kasesaepurusõnnik keskkonna elektroliimaparameetreid nii, et lühema säilitusajaga puhul on n^+ , n^- ja Σn^\pm aeroioonide suhteliste ülekaalude väärtused (tabel 2) vastavalt 33,33; – ja 6,04% ning pikema säilitusajaga puhul aga 7,23; – ja 1,76%.

Analüüsides tabeli 2 alusel kasesaepuru poolt mõjutatud keskkonna elektroliimaparameetrite n^+ , n^- ja Σn^\pm aeroioonide suhtelisi ülekaale vastavalt arväärtustena 15,00; 17,02 ja 16,42% ning arvestades kasesaepuru mõju veiselauda õhu suhtelisele värskusele 2,33% (tabel 3), võib seda materjali allapanuks soovitada, eriti lühema toimimisaja (säilitusaja) vältel.

Kuusesaepurusõnniku puhul on analoogse analüüsi tulemused vastavalt tabelile 2 sellised, et säilitusajaga kuni 12 tundi on n^+ , n^- ja Σn^\pm aeroioonide suhteliste ülekaalude väärtused –; – ja –% ja säilitusajaga kuni 96 tundi vastavalt 25,64; 28,00 ja 26,80%.

Turbasõnniku puhul on tabeli 2 alusel analoogse analüüsi tulemused sellised, et säilitusajaga kuni 12 tundi on keskkonnas n^+ , n^- ja Σn^\pm aeroioonide suhteliste ülekaalude väärtused vastavalt 26,67; – ja –% ja kuni 96-tunnise säilitusajaga 25,93; – ja –%.

Põhusõnniku puhul on analoogse analüüsi tulemused sellised, et säilitusajaga kuni 12 tundi on keskkonnas n^+ , n^- ja Σn^\pm aeroioonide suhteliste ülekaalude väärtused –; – ja –% ning säilitusajaga kuni 96 tundi vastavalt 41,56; 15,29 ja 27,78%.

Analüüsides toimimisaja vältel muutuva ekskremendi mõju keskkonna elektroliimale selgub, et kuni 12-tunnise toimimisaja vältel on materjali mõju võrreldes õhuga n^+ , n^- ja Σn^\pm aeroioonide suhteliste ülekaalude

järgi tabeli 2 alusel vastavalt 11,84; – ja – % ning kuni 96-tunnise toimimisaja vältel 28,00...– ; 6,12...– ja 13,51...–%.

Tabelis 3 esitatud andmete alusel võib teha järgmisi järeldusi.

1. Värske koresööt (hein) võib suurendada õhu elektroosmaalist *suhtelist värskust* kuni 80%.
2. Märg- ja haljassöödad võivad suurendada õhu elektroosmaalist *suhtelist värskust* 30–40%.
3. Kuivadest söötadest mõjutab õhu elektroosmaalist *suhtelist saastatust* kõige rohkem jõusööt (23,40%) ja vana hein (11,43–41,51%).
4. Allapanumaterjalidest suurendavad õhu elektroosmaalist *suhtelist värskust* kõige rohkem turvas (39,59%) ja odrapõhk (20,31%).
5. Ekskrementid võivad põhjustada plusslaenguga aeroioonide ülekaalu (11,84%) tõttu *suhtelist saastatust* kuni 27%, mis säilitusaja pikenedes väheneb. Kokkuvõttena võib öelda, et värske ekskrement teeb säilitusaja vältel laudas õhuga kokku puutudes läbi kulmineeruva ja hääbuva käärimisprotsessi ja on elektroosmaaliselt õhku suhteliselt saastava toimega.
6. Kuusesaepurusõnniku puhul on täheldatav esialgse elektroosmaalist *suhtelise saastatuse* (22,03%) muutumine säilitusaja pikenedes suhteliseks värskuseks (1,92%). Selle omaduse tõttu on kuusesaepuru soovitatav kasutada loomade sügavallapanuga pidamisviisil.
7. Kasesaepurusõnniku puhul on täheldatav küll esialgne suur *suhteline saastatus* (47,37%), kuid arvestades kasesaepuru häid elektroosmaalist omadusi ja toimimisaja vältel kasesaepurusõnnikust tuleneva *suhtelise saastatuse* vähenemist (47,37–11,58%), võib seda materjali allapanuks soovitada ja eriti suuremas koguses.
8. Tabelitest selgub, et haavasaepurul on väiksem võime vähendada ekskrementidest põhjustatud elektroosmaalist *suhtelist saastatust*. Pigem põhjustab see materjal ekskrementidega kokkupuutes tugevamat käärimisprotsessi, millega kaasneb keskkonna sisekliima *suhteline saastatus* kuni 43%.
9. Odrapõhusõnniku puhul on tegemist teatud ajaks käärimisprotsessi pärssiva segamaterjaliga ja seetõttu ainult vähesel määral õhu elektroosmaalist *suhtelist saastatust* (1,67%) põhjustava materjaliga. Et põhusõnniku selline mõju keskkonnale püsib lühemat aega, on soovitatav põhku kasutada allapanumaterjalina ka lühema toimimisaja vältel.
10. Turbasõnniku puhul võib öelda, et vaatamata turba omadusele tekitada miinuslaenguga aeroioone, muutub see ekskrementidega kokkupuutes kiiresti õhu elektroosmaalist *suhtelist saastatust* (61,54%) põhjustavaks teguriks, mistõttu võiks turvast allapanumaterjalina kasutada suuremas koguses ja lühemat aega.
11. Unipolaarsusteguri ($q = n^+/n^-$) arvvaartuse ($q > 1,0$) järgi on ilmne, et kõikidel juhtudel (välja arvatud ekskrement) saastavad segamaterjalid pikema säilitusaja vältel plusslaenguga aeroioonide ülekoosse tõttu õhukeskkonna elektroosmaalist seisundit.

Kokkuvõte ja järeldused

Uurimistöös püstitatud eesmärgi kohaselt võib põhjendatult väita, et loomafarmides kasutatavad ja saadavad materjalid võivad arvestataval tasemel mõjutada lauda sisekliimat. Kirjandusallikate ülevaatest selgus, et enamik uurijatest väidab laudas saadavate (ekskrementid, uriin, sõnnik jm) ja kasutatavate (allapanud, söödad, vesi jm) materjalide mõju olemasolu sisekliimale, kuid siiani pole teadaolevalt neid mõjusid eesmärgikohaselt uuritud.

Koostatud katsete meetodika ja katseseade on materjalidest mõjutatud keskkonna kliimaparametrite uurimiseks sobiv ja uudne.

Uurimistöö tulemused (tabelid 2 ja 3) ja analüüs tõestavad, et mõningatel juhtudel võib eelkäijate poolt tehtud järeldusi, nagu näiteks seda, et ammoniaagi tekkepõhjuseks on ekskrementid, lugeda paikapidamatuks. Samas võimaldavad need ka põhjendatult täiendada uurijate varasemaid seisukohti selliste arvestamata jäänud faktidega, nagu näiteks see, et ammoniaagi tekke põhjustajaks veiselaudas on silo. Enamik loomalauda sisekliimat uurinud teadlastest soovivad õiges koguses allapanu kasutamist, kuid siiani pole põhjendatud uurimistulemusi erinevat liiki allapanumaterjalide mõjust nii loomalauda sisekliimale kui ka ekskrementidele ja uriinile. Samuti puuduvad andmed materjalidest mõjutatud keskkonna elektroosmaali kohta.

Teaduslikest uurimistöödest selgus, et mõiste *kliima* on käsitletav *välis-* ja *sisekliima* mõistetena, mis omakorda võivad olla liigitatavad kliimaparametrite erisuste tõttu *mikro-*, *para-* ja *elektroosmaals*.

Et käesolevas uurimistöös saadud tulemused kinnitavad loomafarmides kasutatavate ja saadavate materjalide mõju keskkonna mikro-, para- ja elektroosmaali, on neid mõjusid õigem käsitleda materjalide sisekliimaliste omadustena.

Valmistatud katseseadet ja koostatud meetodikat on võimalik edukalt kasutada valitud uurimissuuna teaduspõhiseks arendamiseks ja tulemuste praktikasse evitamiseks nii põllumajandus- kui ka tööstusvaldkondades. Esitatud uurimistulemuste alusel selgub vajadus erinevatest osis- või segamaterjalidest põhjustatud sisekliima optimeerimiseks.

Uurimistöös saadud tulemusi ja seisukohti on vajalik kontrollida tootmistingimustes.

Kirjandus

- Aluoja, R. Veiselautade mikrokliima uurimine Eesti NSV-s. – Veterinaariakandidaadi dissertatsioon/ Juhend. Ridala, E.: ELVI. Tartu, 1960. – 306 lk.
- Bailuk: Байлук Н. Д., Марочкин В. К. Микроклимат на фермах. – Мн.: Урожай, 1975. – 96 с.
- Balanin: Баланин В. И. Зоогиgienический контроль микроклимата в животноводческих и птицеводческих помещениях. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. – 144 с.
- Jones: Джонес Дж. К. Методы проектирования. Пер. с англ. – 2-е изд., доп. – М.: Мир, 1986. – 32 с.
- Karhunen, J. Kaasut ja põly elainsuojien ilmanvaihdossa: – Vakolan Tiedote: 1992. – 25 lk.
- Korotkov: Коротков Е. Н. Вентиляция животноводческих помещений. – М.: Агропромиздат, 1987. – 111 с.
- Liiske, M. Mikroklimeadmed. – Tartu: EPA rotaprint, 1992. – 156 lk.
- Mikson, E. Lehmalauda ja lüpsiplatsi sisekliima. – Magistriväitekiri/ Juhend. Reppo, B.: EPMÜ. Tartu, 2000. – 114 lk.
- Minh: Минх А. А. Ионизация воздуха и её гигиеническое значение. Изд. второе. – Москва, 1963. – 352 с.
- Motes: Мотес Э. Микроклимат животноводческих помещений. – М.: Колос, 1976. – 190 с.
- Murusidze: Мурусидзе Д. Н., Оленев В. А., Павлов А. В. и др. – Оборудование для создания микроклимата на фермах. М.: Колос, 1972. – 207 с.
- Priiman: Прийман Р. Э. О понятии “свежесть воздуха”. Ученые записки Тартуского государственного университета. № 669. – Тарту, 1984. – с. 115...121.
- Rannamäe, R. Looma- ja linnukasvatataja töötervishoid. – Tln.: Valgus, 1985. – 208 lk.
- Reinet: Рейнет Я. Ю. О нормах аэроионов в помещениях. Учен. зап. Тартуск. гос. ун-та, вып. 648. – Тарту, 1983. – с. 46...51.
- Reppo, B. Lehmafarmi tehnoloogiliste elementide ja biotehniliste süsteemide töökindluse määramise ja parendamise meetodid. Tehnikateaduste doktorikraadi taotlemise väitekiri. EPMÜ, Tartu, 1997. – 113 lk.
- Reppo, B., Pals, A., Puniste, K. Lehmade pidamistehnoloogiate võrdlushinnang töökeskkonna ja sisekliima parameetrite alusel. //Põllumajandustehnika, -ehitus ja -energeetika. EPMÜ teadustööde kogumik nr 206 – Tartu, 2000, lk 154...162.
- Salm: Сальм Я. Й., Таммо Х. Ф., Ихер Н. Р., Харрак У. Э. Зависимость спектра подвижности легких аэроионов в приземном слое атмосферы от температуры и давления воздуха. Учен. зап. Тартуск. гос. ун-та, вып. 809. – Тарту, 1988. – с. 87...94.
- Seppänen, O., Seppänen, M. Hoone sisekliima kujundamine. – Tln.: Koolibri, 1998. – 270 lk.
- Simakov, A. Mikroklime ja ventilatsioon. – Eesti Põllumajanduse Infokeskus, Tallinn, 1991. – 72 lk.
- Tammet: Счетчики аэроионов. Методическое руководство для использования счетчиков аэроионов, разработанных в Тартуском государственном университете. Составил Таммет Х. Ф. – Хаапсалу, 1985. – 42 с.
- Tint, P. Riski hindamine töökeskkonnas. – Tallinn, 1999. – 232 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.
- Tuure, V.-M. Työympäristö kylmissä pihatoissa. Maatalous teknologian julkaisu. – Helsinki, 1995. – 226 lk.
- Viljasoo, V., Tomson, I. Ionisatsiooniteooria põhimõistete analüüs. – Põllumajandustehnika, -ehitus ja -energeetika. EPMÜ teadustööde kogumik nr 206. – Tartu, 2000, lk 190...196.
- Vutt, O., Nõmm, V., Lukason, T. Enam tähelepanu lüpsikarjalautade mikroklimele //Teaduse saavutusi ja eesrindlike kogemusi, 1981, nr 25, lk 222...230.

Indoor Climate Characteristics of Materials Used and Produced in Cowsheds

V. Viljasoo, I. Tomson

Summary

Feeding, watering, bedding and manure removing 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. As supposed, the air quality in the production environment depends on the used machinery, materials and the choice of the working processes. In certain conditions, especially in an inside working condition the outside air becoming the inside air, may lose its quality which is the condition characterizing air content and will be estimated by the contamination level (Tomson, 2001). In the course of living and production activities the inside air, in its turn, comes into outside atmosphere, but now already with a new quality and contamination level of outside air, i.e. the concentration of contaminated substances in the outside air or the sedimentation on the ground at a certain time. Different contaminated substances in the air are electrostatically in the state of ionisation and they cause chemical as well as physical ionisation changes in human and animal organisms being in that natural or working environment (Table 1) The concept 'preservation age' presents on approximate age and the concept "preservation time" shows the time the material was used as a research object in to laboratory.

To get a survey about the influence of technological processes on the electroclimate of inside atmosphere it is essential to collect the separate information about the materials used in production. In cowsheds the most used materials and the objective of the presented research are silo, brewer's grains and concentrated fodder, spruce and birch sawdusts and turf as litter and manure as a side-product.

For measuring air ions separated from molecules in the research materials they are simultaneously put in all the four air ionizers. The air flow created by the ventilators throw air ions into the experimental equipment. The equipment (Figure) is a closed room covered with a plastic and connected with the central ventilation system. Air ionizers belong to the equipment. There are measuring equipment on a wheelbarrow stand to measure parameters. Air ions are measured by an ion reader UT-8401, the measuring accuracy of the measurer is $\pm 10\%$. To make the cause analysis of the change in the electrostatic state in the atmosphere air temperature, O_2 , CO_2 , NH_3 the relative and absolute humidity of air, dew point and air velocity are measured. The equipment DATA LOGGER ALMEMO 8990-8, with O_2 sensor ZA9000-AK2K, with CO_2 sensor FYA6000- CO_2 , the temperature sensor, thermohydrosensor FHA646-1, all having a measuring accuracy $\pm 1\%$; the thermoanemosensor FHA645TH2 (measuring accuracy $\pm 3\%$) and the ammonia sensor ZA9601-FS2 (measuring accuracy $\pm 2\%$) were used.

The experiments were made with solid matters. According to the experiment planning theory for getting data the constant confidence probability ($\alpha=0.95$) was chosen. The parameter values were measured with the interval of 5 seconds 30 times in one experiment. In case of repeated experiments the mean values of the data were given in Table.

In the course of experiments so-called zero experiments were carried out before, the aim of which was to get some basic data about usual air. After that the air concentrated with material molecules was ventilated into a closed room of the equipment. The experimental data, the results of the whole 1200 measuring results, mean values about the chosen materials are presented in Table 2. Table 3 presents the data about the influence of the materials used and generated in technological processes on indoor climate by relative predominance, factor of unipolarity, relative pollution and relative freshness. Relative air humidity depends on the initial humidity of the material. In the given case it increases because of the grass (31.22%), brewer's grain (30.29%) and silo (26.94%). The dew point shows the temperature at which water vapour starts condensing in the air and surfaces being in contact. The data in Table show that brewer's grain (73.48%), silo (66.67%), turf (45.83%) and grass (37.87%) raise it. When the absolute humidity shows water vapour content volume percentage in the air, grass (31.99%), brewer's grain (28.89%), silo (22.41%) and turf (18.97%) cause it more. The general increase of air velocity in 12 h preservation time is caused, compared with zero experiments, by the freshness of the fresh hay (142.61%), grass (110.71%), aspen sawdust manure (56.39%) and manure (41.96%). Comparison of the analyses made with equal amount of materials has shown that concentrates (21.29%), turf (15.19%) and brewer's grains (13.33%) effect the velocity of air flow the most.

Out of indoor climate indices the content of CO_2 in the air does not change much depending on materials. The increase of oxygen content in the air is caused by fresh hay (0.14%) and grass (0.76%). The ammonia content in the air is produced by decaying manure and urine which is allowed 10–35 ppm. Mixed materials, with the preservation time 12 h, reduced content of ammonia in the air up to 60%. During the preservation time 96 h

most of the mixed materials, except aspen sawdust, lose the ability to bind ammonia by 10–170%. The increase of ammonia content in the air is caused mostly by silo (318.18%).

The average concentration of plus- and minus charged light ions is 480 and 425 ion per cm^3 . In the case of moving “fresh air” to indoor environment it changes to “polluted air”, characterizing deionization, transformation of natural aerosol particles, etc. Therefore we can treat every closed room, even with good ventilation, as a room with “filtrated air”, which does not have optimal amount of minus charged light ions which is polluted with plus charged light ions. Electroclimatical relative freshness may be caused by fresh hay (78.33%), humid and green fodder (36.60–40.43%). Relative pollution (27.14–21.57%) is caused by predominance of plus charged light ions of manure.

In the present research the concept “climate” means outside and inside climate, which, in its turn can be distinguished as micro-, para- and electroclimate concepts by their peculiarities. The experimental equipment and the methods can be used for the further development of science and its results will be of much use in agriculture and industrial field. The results of the research expose the need for the optimization of indoor climate caused by different separate and mixed materials.

As the present research results confirm the influence of the materials used and generated on the micro-, para- and electroclimate of the environment these influences are more correct to take as indoor climate characteristics of the materials.

The results and stand-point of the research need to be checked in production conditions.

Tabel 2. Materjalidest (säilitusaeg kuni 12–96 h) mõjutatud keskkonna kliimaparameetrite keskmised näitajad
Table 2. Mean indices of atmosphere climateparameters, effected by materials (preservation time 12–96 h)

Parameeter / Parameter		ϑ_k	W_s	ϑ_p	W_a	v	O_2	CO_2	NH_3	n^+	n^-	Σn^\pm	q
Materjal / Material		°C	%	°C	g/kg	m/s	%	%	ppm	cm ⁻³	cm ⁻³	cm ⁻³	n ⁺ / n ⁻
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I	Söödad / Foods	Säilitusaeg kuni 12...96 h / Preservation time											
1.	Õhk / Air	27,87	35,14	11,01	8,16	0,112	20,99	0	5,15	25	41	66	0,61
	Haljasmass (1a raihein) / Grass	27,89	46,11	15,18	10,77	0,236	20,83	0	4,22	20	51	71	0,39
2.	Õhk / Air	28,35	36,54	12,04	8,74	0,115	20,89	0	4,86	28	47	75	0,60
	Hein (1a raihein) / Hay	28,68	38,58	13,21	9,42	0,279	20,86	0	4,07	11	84	95	0,13
3.	Õhk / Air	23,28	58,14	14,52	10,33	0,161	20,30	0	0,94	83	118	201	0,70
	Hein (timut) / Hay (Timut)	23,91	56,18	14,58	10,37	0,205	20,29	0	1,03	82	105	187	0,78
3.1.	Õhk / Air	25,46	38,27	10,22	7,71	0,197	20,50	0	0,65	20	38	58	0,53
	Hein (timut) / Hay (Timut)	26,15	39,86	11,39	8,36	0,176	20,47	0	0,53	65	87	152	0,75
4.	Õhk / Air	22,66	37,08	6,00	5,80	0,152	20,89	0	0,77	23	49	72	0,47
	Silo / Silo	21,80	47,07	10,00	7,10	0,134	20,89	0	3,22	17	60	77	0,28
5.	Õhk / Air	22,67	36,94	5,92	5,78	0,150	20,89	0	0,70	23	49	72	0,47
	Õlleraba / Brewer's grain	21,74	48,13	10,27	7,45	0,130	20,91	0	0,75	27	53	80	0,51
6.	Õhk / Air	22,61	37,18	5,98	5,78	0,155	20,76	0	0,93	22	47	69	0,47
	Jõusööt / Concentrates	21,89	34,73	5,60	5,67	0,122	20,99	0	0,50	31	53	84	0,58
II	Allapanu / Litters	Säilitusaeg kuni 12...96 h / Preservation time											
1.	Õhk / Air	22,72	36,68	5,85	5,75	0,155	20,90	0	0,96	18	51	69	0,35
	Kuusesaepuru / Spruce sawdust	21,66	40,78	5,60	5,67	0,139	20,89	0	0,62	22	52	74	0,42
2.	Õhk / Air	22,68	37,24	6,10	5,83	0,150	20,89	0	0,96	20	47	67	0,43
	Kasesaepuru / Birch sawdust	21,92	37,90	6,80	5,15	0,150	20,95	0	0,54	23	55	78	0,42
3.	Õhk / Air	23,04	56,39	13,89	9,86	0,160	20,35	0	2,00	84	98	182	0,86
	Haavasaepuru / Aspen sawdust	22,88	60,97	14,88	10,55	0,172	20,28	0	0,87	99	99	198	1,00
3.1.	Õhk / Air	26,77	41,13	12,42	9,05	0,211	20,49	0	2,46	53	87	140	0,54
	Haavasaepuru / Aspen sawdust	26,40	44,64	13,32	9,61	0,186	20,43	0	1,59	48	63	111	0,76
4.	Õhk / Air	23,16	57,61	14,29	10,16	0,146	20,30	0	1,23	78	121	199	0,64
	Odrapõhk / Barley straw	23,17	58,03	14,42	10,22	0,142	20,31	0	1,13	79	156	235	0,51
4.1.	Õhk / Air	25,56	37,29	9,96	7,55	0,178	20,52	0	1,09	18	45	63	0,40
	Odrapõhk / Barley straw	25,52	37,87	10,16	7,66	0,176	20,51	0	0,80	20	52	72	0,38
5.	Õhk / Air	22,65	37,16	6,00	5,80	0,158	20,89	0	0,83	20	47	67	0,43
	Turvas / Turf	21,56	43,33	8,57	6,90	0,134	20,96	0	0,46	15	58	73	0,26

Tabeli 2 järg / Table 2 continue

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
III	Saadused / Products	Säilitusaeg kuni 12...96 h / Preservation time											
1.	Õhk / Air	23,75	56,57	14,56	10,35	0,143	20,28	0	0,90	76	109	185	0,70
	Ekskrement / Manure	23,66	58,67	15,02	10,66	0,203	20,26	0	0,66	85	96	181	0,89
1.1.	Õhk / Air	27,09	40,64	12,50	9,09	0,139	20,45	0	1,41	95	111	206	0,86
	Ekskrement / Manure	27,25	42,51	13,34	9,60	0,191	20,44	0	0,83	88	88	176	1,00
1.2.	Õhk / Air	22,64	37,20	6,03	5,80	0,160	20,88	0	0,79	25	49	74	0,51
	Ekskrement / Manure	21,82	37,77	6,73	6,13	0,147	20,98	0	0,31	32	52	84	0,62
2.	Õhk / Air	23,64	57,37	14,67	10,40	0,162	20,26	0	0,91	43	73	116	0,59
	Kuusesaepurusõnnik / Spruce sawdust manure	23,50	62,48	15,86	11,27	0,171	20,22	0	0,47	43	60	103	0,72
2.1.	Õhk / Air	26,94	40,63	12,39	9,02	0,211	20,46	0	1,03	78	75	153	1,04
	Kuusesaepurusõnnik / Spruce sawdust manure	27,01	47,01	14,70	10,47	0,167	20,42	0	1,00	98	96	194	1,02
3.	Õhk / Air	23,63	57,36	14,65	10,40	0,174	20,27	0	0,81	54	95	149	0,57
	Kasesaepurusõnnik / Birch sawdust manure	23,56	61,27	15,59	11,07	0,164	20,25	0	0,37	72	86	158	0,84
3.1.	Õhk / Air	27,15	40,22	12,41	9,01	0,220	20,44	0	0,65	83	87	170	0,95
	Kasesaepurusõnnik / Birch sawdust manure	27,18	44,68	14,03	10,04	0,150	20,43	0	1,39	89	84	173	1,06
4.	Õhk / Air	23,86	57,53	14,89	10,57	0,133	20,25	0	0,93	46	76	122	0,61
	Haavasaepurusõnnik / Aspen sawdust manure	23,81	63,46	16,43	11,66	0,208	20,20	0	0,46	52	60	112	0,87
4.1.	Õhk / Air	26,47	43,23	12,89	9,31	0,200	20,47	0	1,20	82	82	164	1,00
	Haavasaepurusõnnik / Aspen sawdust manure	26,42	48,82	14,78	10,50	0,246	20,42	0	0,72	106	91	197	1,16
5.	Õhk / Air	23,72	57,99	14,88	10,57	0,160	20,25	0	0,80	53	88	141	0,60
	Odrapõhusõnnik / Barley straw manure	23,48	63,39	16,07	11,41	0,176	20,22	0	0,39	52	85	137	0,61
5.1.	Õhk / Air	26,80	39,82	11,96	8,73	0,214	20,46	0	1,02	77	85	162	0,91
	Odrapõhusõnnik / Barley straw manure	27,14	47,21	14,87	10,60	0,17	20,39	0	1,41	109	98	207	1,11
6.	Õhk / Air	23,76	57,24	14,72	10,46	0,159	20,25	0	1,05	45	86	131	0,52
	Turbasõnnik / Turf manure	23,69	61,64	15,80	11,24	0,184	20,23	0	0,40	57	68	125	0,84
6.1.	Õhk / Air	26,90	40,18	12,17	8,88	0,186	20,46	0	1,34	81	103	184	0,79
	Turbasõnnik / Turf manure	27,02	45,31	14,10	10,10	0,19	20,43	0	0,97	102	78	180	1,31

ϑ_k – temperatuur; W_s – suhteline niiskus; ϑ_p – kastepunkt; W_a – absoluutne niiskus; v – liikumiskiirus; O_2 – hapnik; CO_2 – süsihappegaas; NH_3 – ammoniaak; n^+ ja n^- – pluss- ja miinuslaenguga kerged aeroioonid; Σn^\pm – aeroioonide summa; q – unipolaarsustegur

ϑ_k – temperature; W_s – relative humidity; ϑ_p – dew point; W_a – absolute humidity; v – velocity; O_2 – oxygen; CO_2 – carbon dioxide; NH_3 – ammonia; n^+ ja n^- – plus- and minus charged light ions; Σn^\pm – sum of ions; q – factor of unipolarity

Tabel 3. Tehnoloogiaprotsessides kasutatavate ja saadavate materjalide mõju keskkonna sisekliimale suhteliste ülekaalude järgi, unipolaarsustegur, suhteline saastatus ja suhteline värskus**Table 3.** Influence of the materials used and generated in technological processes on indoor climate by relative predominance, factor of unipolarity, relative pollution and relative freshness

Jrk nr	Parameeter / Parameter	Suhtelised ülekaalud % / Relative predominance						Unipolaarsustegur Factor of unipolarity q	Suhteline saastatus % Relative pollution	Suhteline värskus % Relative freshness
	Materjal / Material	Suhteline niiskus Relative humidity	Kastepunkt Dew point	Absoluutne niiskus Absolute humidity	Õhu- liikumiskiirus Air velocity	Hapnik Oxygen	Ammoniaak Ammonia			
I	Söödad / Foods	Säilitusaeg kuni 12...96 h / Preservation time								
1.	Haljasmass (1a raihein) / Grass	31,22	37,87	31,99	110,71	(0,76)	(18,06)	0,39	–	36,07
2.	Hein (1a raihein) / Hay	5,58	9,72	7,78	142,61	(0,14)	(16,26)	0,13	–	78,33
3.	Hein (timut) / Hay (Timut)	(3,37)...4,15	0,41...11,45	0,39...8,43	27,33...(10,66)	(0,05...0,15)	9,57...(18,46)	0,78...0,75	11,43...41,51	–
4.	Silo / Silo	26,94	66,67	22,41	(11,84)	0,00	318,18	0,28	–	40,43
5.	Õlleraba / Brewer's grain	30,29	73,48	28,89	(13,33)	0,10	7,14	0,51	8,51	–
6.	Jõusööt / Concentrates	(6,59)	(6,35)	(1,90)	(21,29)	1,11	(46,24)	0,58	23,40	–
II	Allapanud / Litters	Säilitusaeg kuni 12...96 h / Preservation time								
1.	Kuusesaepuru / Spruce sawdust	11,18	(4,27)	(1,39)	(10,32)	0,05	(35,42)	0,42	20,00	–
2.	Kasesaepuru / Birch sawdust	1,77	11,48	(11,66)	0,00	0,29	(43,75)	0,42	–	2,33
3.	Haavasaepuru / Aspen sawdust	8,12...8,53	7,13...7,25	7,00...6,19	7,50...(11,85)	(0,34...0,29)	(56,50...35,57)	1,00...0,76	16,28...40,74	–
4.	Odrapõhk / Barley straw	0,73...1,56	0,91...2,01	0,59	(2,74...1,12)	0,05...(0,05)	(8,13...26,61)	0,51...0,38	–	20,31...5,00
5.	Turvas / Turf	16,60	45,83	18,97	(15,19)	0,34	(44,58)	0,26	–	39,53
III	Saadused / Products	Säilitusaeg kuni 12...96 h / Preservation time								
1.	Ekskrement / Manure	3,71...1,53	3,16...11,61	3,00...5,69	41,96...(8,13)	(0,10)...0,48	(26,67...60,76)	0,89...1,0...0,6	27,14...21,57	–
2.	Kuusesaepurusõnnik / Spruce sawdust manure	8,91...15,70	8,11...18,64	8,37...16,08	5,56...(20,85)	(0,20)	(48,35...2,91)	0,72...1,02	22,03...–	1,92
3.	Kasesaepurusõnnik / Birch sawdust manure	6,82...11,09	6,42...13,05	6,44...11,43	(5,75...31,82)	(0,10...0,05)	(54,32)...113,85	0,84...1,06	47,37...11,58	–
4.	Haavasaepurusõnnik / Aspen sawdust manure	10,31...12,93	10,34...14,66	10,31...12,78	56,39...23,00	(0,25...0,24)	(50,54...40,00)	0,87...1,16	42,62...16,00	–
5.	Odrapõhusõnnik / Barley straw manure	9,31...18,56	8,00...24,33	7,95...21,42	10,00...(20,56)	(0,15...0,34)	(51,25)...38,24	0,61...1,11	1,67...21,98	–
6.	Turbasõnnik / Turf manure	7,69...12,77	7,34...15,86	7,46...13,74	15,72...2,15	(0,10...0,15)	(61,90...27,61)	0,84...1,31	61,54...65,82	–

() – suhteline alakaal / relative underweight