

# STROPU VĒDINĀŠANA AIRING OF BEEHIVES

**A. Kaķītis**

LLU Lauksaimniecības mašīnu mehānikas zinātniskā laboratorija  
Research laboratory of Mechanics, LLU

**A. Bērzonis**

SIA Biškopības laboratorija  
Beekeeping Laboratory

**Abstract.** The most important precondition of good wintering for bees is a suitable microclimate in the beehive. The main parameters of a suitable microclimate is an appropriate content of oxygen, carbon dioxide and relative humidity in the air of the hive. Ventilation of the beehive feeds the bees with oxygen and takes carbon dioxide and moisture out from hive. The article describes theoretical connections for the consumption of honey and oxygen and for the extraction of carbon dioxide and water. Air exchange rate in the beehive mainly depends on the limit value of relative humidity in the air of the hive. The value of the necessary air exchange rate reaches 200 times per hour at the outdoor temperature  $t_a = -15^\circ\text{C}$ . In order to reduce the air exchange rate it is advisable to use an effective thermal insulation for the walls of the beehive.

**Key words:** bees, beehive, wintering, ventilation.

## 1. Ievads

Spēcīga bišu saime ir svarīgākais priekšnosacījums labam medus ienesumam un pārējo bišu produktu ieguvei. Bišu saimes spēks un veselīgums pavasarī lielā mērā atkarīgs no labvēlīgiem ziemošanas apstākļiem. Latvijas apstākļos ziemā iespējamās lielas temperatūras un gaisa mitruma svārstības, kuras nelabvēlīgi ietekmē bišu ziemošanu. Normālu dzīvības procesu nodrošināšanai stropā nepieciešams noteikts skābekļa un oglekļa dioksīda daudzums, kā arī optimāls gaisa relatīvais mitrums. Ziemā, kad bites ir neaktīvas, šos parametrus nodrošina pareiza stropu vēdināšana.

Bišu saimes kamols ziemas apstākļos patērējot medu un skābekli izdala oglekļa dioksīdu un ūdeni. Lai nodrošinātu svaiga gaisa pieplūdi un blakus produktu aizvādišanu lieto dažādus vēdināšanas paņēmienus. Izplatītākais no tiem ir vēdināšana caur skreju. Gaisa apmaiņu stropā ierobežo, sašaurinot vai pat aizverot skreju (J. Ārgalis u. c., 1970).

Šie un citi ieteiktie vēdināšanas paņēmieni ir izstrādāti pieredzes ceļā, tāpēc grūti atkārtjami izmainoties stropu konstrukcijai, saimes lielumam un klimatiskajiem apstākļiem. Katrs vēdināšanas veids ir racionāls tikai noteiktiem apstākļiem, tāpēc ir ārkārtīgi svarīgi to izvēlēties tā, lai lielākajā daļā ziemošanas perioda vēdināšana nodrošinātu optimālus apstākļus bitēm.

Šī pētījuma mērķis ir izstrādāt teorētiskos pamatus bišu stropu vēdināšanai ziemā un noteikt aptuveno gaisa apmaiņas intensitāti Latvijas apstākļos, kas varētu tikt izmantoti turpmāko eksperimentālo pētījumu plānošanā un stropu konstrukciju izstrādāšanā.

## 2. Pētījuma rezultāti

Lai noteiktu aprēķiniem nepieciešamo lielumu intervālus, izmantojam E. Jeskova (E. K. Еськов, 1983) pētījumu rezultātus par Vidusķievas bišu rases saimju (20 000-35 000 bišu) izdalīto jaudu

termiski neizolētos 12 rāmju bišu stropos, aprakstot tos ar lineāriem (idealizētiem) vienādojumiem. Minimālā jauda, ko izdala bišu kamols ziemošanas laikā 8°C āra temperatūrā, ir 2W. Izdalītā jauda palielinās lineāri gan pieaugot, gan samazinoties ārējai temperatūrai (E. K. Еськов, 1990):

$$N = 5.7 - 0.46 \cdot t_a, \text{ ja } t_a \leq 8^\circ\text{C}; \quad (1)$$

$$N = 2.1 \cdot t_a - 15, \text{ ja } t_a \geq 8^\circ\text{C}, \quad (2)$$

kur  $N$  - bišu izdalītā jauda, W;  
 $t_a$  - āra gaisa temperatūra, °C.

Lai izdalītu 1 W lielu jaudu, jāpatērē 0.316 g/h medus ar mitruma saturu 20%. Patērējot 1000 g medus ar mitruma saturu 20% tiek izlietots 853 g skābekļa un izdalīts 1173 g ogļskābās gāzes un 680 g ūdens (E. K. Еськов, 1990).

Ņemot vērā iepriekš teikto, varam uzrakstīt vielu apmaiņas vienādojumus atkarībā no ārējās temperatūras:

medus patēriņš  $m$ :

$$t_a \leq 8^\circ\text{C} \quad m = 1.81 - 0.15 \cdot t_a, \quad (3)$$

$$t_a \geq 8^\circ\text{C} \quad m = 0.74 \cdot t_a - 5.3; \quad (4)$$

skābekļa patēriņš  $m_{O_2}$ :

$$t_a \leq 8^\circ\text{C} \quad m_{O_2} = 1.54 - 0.125 \cdot t_a, \quad (5)$$

$$t_a \geq 8^\circ\text{C} \quad m_{O_2} = 0.63 \cdot t_a - 4.53; \quad (6)$$

ogļskābās gāzes  $m_{CO_2}$  izdalīšanās:

$$t_a \leq 8^\circ\text{C} \quad m_{CO_2} = 2.12 - 0.17 \cdot t_a; \quad (7)$$

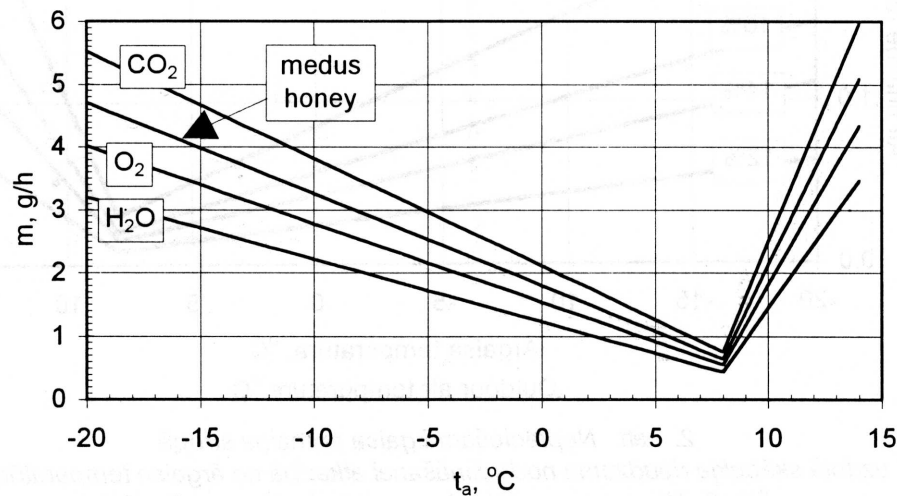
$$t_a \geq 8^\circ\text{C} \quad m_{CO_2} = 0.87 \cdot t_a - 6.23; \quad (8)$$

ūdens  $m_{H_2O}$  izdalīšanās:

$$t_a \leq 8^\circ\text{C} \quad m_{H_2O} = 1.23 - 0.1 \cdot t_a; \quad (9)$$

$$t_a \geq 8^\circ\text{C} \quad m_{H_2O} = 0.51 \cdot t_a - 3.61. \quad (10)$$

Medus patēriņa un vielmaiņas produktu izdalīšanās ātrumi, atkarībā no ārējās temperatūras, parādīti 1. attēlā.



1. att. Medus un skābekļa ( $O_2$ ) patēriņa, ogļskābās gāzes ( $CO_2$ ) un ūdens ( $H_2O$ ) izdalīšanās. idealizēta atkarība no ārējās temperatūras (20-35 tūkst. bišu termiski neizolētā stropā).

Fig. 1. Ideal dependence of honey and oxygen ( $O_2$ ) consumption, generated carbon dioxide ( $CO_2$ ) and water ( $H_2O$ ) on outdoor temperature (20-35 thous. bees in beehive without thermal insulation).

Gaisa apmaiņas ātrumu stropā  $n_{O_2}$  reizēs stundā, kas nodrošinātu uzdoto skābekļa saturu, aprēķina pēc vienādojuma:

$$n_{O_2} = \frac{m_{O_2}}{V \cdot (d'_{O_2} - d''_{O_2})}, \quad (11)$$

kur  $m_{O_2}$  - skābekļa patēriņa ātrums, g/h;

$V$  - brīvā gaisa tilpums stropā, l;

$d'_{O_2}$  - skābekļa saturs ārā gaisā, g/l,  $d'_{O_2} = \rho_{O_2} \cdot v_{O_2}$ ;

$d''_{O_2}$  - skābekļa saturs stropa gaisā, g/l;

$\rho_{O_2} = 1.13$  g/l - skābekļa blīvums;

$v_{O_2}$  - skābekļa īpatnējais tilpums gaisā, tilpuma daļas.

Brīvā gaisa tilpumu  $V$  Latvijas stāvstropā varam noteikt no stropa tilpuma bilances:

kopējais stropa tilpums 82 l,

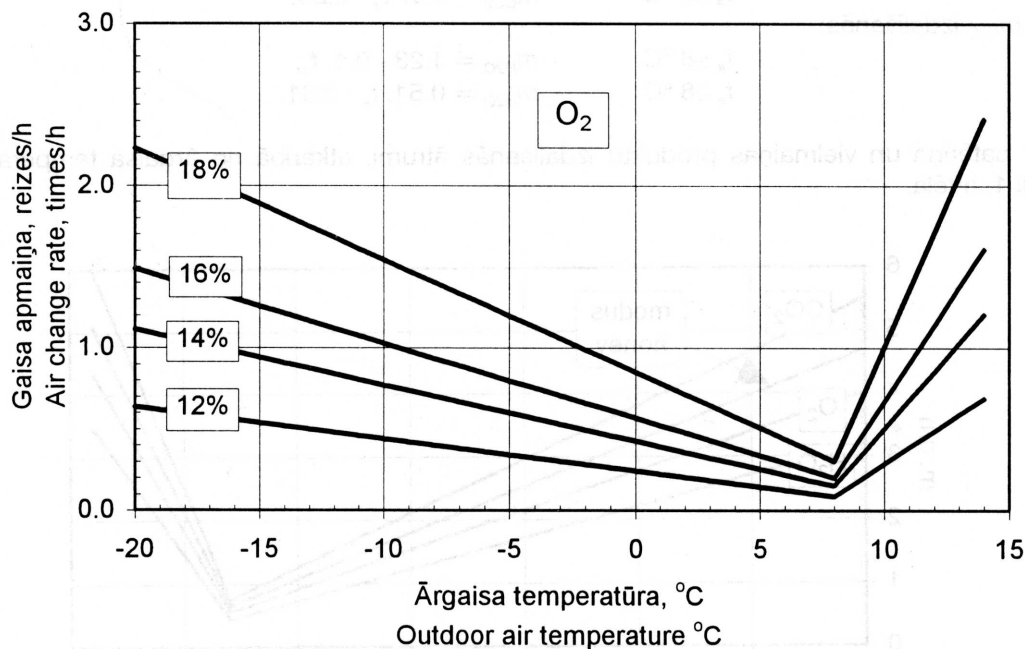
no tā:

bišu kamols 10 l;

rāmīši ar šūnām un medu 27 l;

brīvais gaiss  $V$  45 l.

Izmantojot iepriekš minētos lielumus, pēc formulām (5), (6) un (11) nosakām nepieciešamo gaisa apmaiņas ātrumu stropā, lai nodrošinātu uzdoto skābekļa daudzumu stropā esošajā gaisā (2. att.).



2. att. Nepieciešamā gaisa apmaiņa stropā uzdotā skābekļa daudzuma nodrošināšanai atkarībā no ārējās temperatūras.

Fig. 2. The necessary air change rate for the supply of the fixed oxygen amount in beehive in dependence on outdoor temperature.

Gaisa apmaiņas ātrumu stropā  $n_{CO_2}$ , kas nodrošinātu uzdoto ogļskābās gāzes saturu, aprēķinām pēc vienādojuma:

$$n_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{V \cdot (d''_{CO_2} - d'_{CO_2})}, \quad (12)$$

kur,  $m_{CO_2}$  - ogļskābās gāzes izdalīšanās ātrums, g/h;

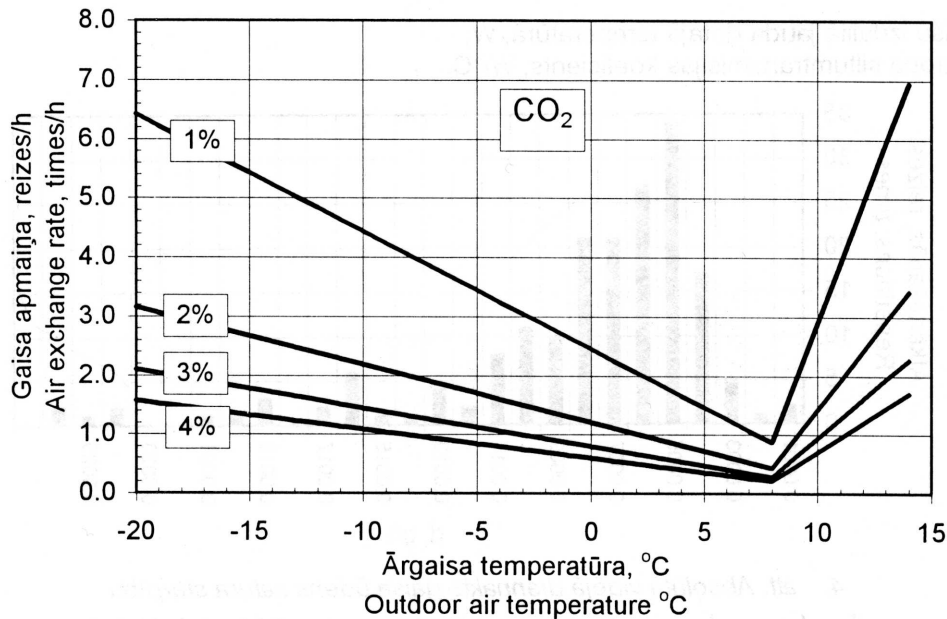
$d'_{CO_2}$  - ogļskābās gāzes saturs āra gaisā, g/l;  $d'_{CO_2} = \rho_{CO_2} \cdot v_{CO_2}$ ;

$d''_{CO_2}$  - ogļskābās gāzes saturs stropa gaisā, g/l;

$\rho_{CO_2} = 1.97$  g/l - ogļskābās gāzes blīvums;

$v_{CO_2}$  - ogļskābās gāzes īpatnējais tilpums gaisā, tilpuma daļas.

Izmantojot formulas (7), (8) un (12), nosakām nepieciešamo gaisa apmaiņas ātrumu stropā, lai nodrošinātu uzdoto ogļskābās gāzes daudzumu (3. att.).



3. att. Nepieciešamā gaisa apmaiņa stropā uzdotā ogļskābās gāzes daudzuma nodrošināšanai atkarībā no ārgaisa temperatūras.  
Fig. 3. The necessary air change rate for the supply of the fixed carbon dioxide amount in beehive in dependence on outdoor temperature.

Gaisa apmaiņas ātrumu stropā  $n_{H_2O}$ , kas nodrošinātu uzdotu ūdens saturu gaisā, aprēķinām pēc vienādojuma:

$$n_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{V \cdot (d''_{H_2O} - d'_{H_2O})}, \quad (13)$$

kur,  $m_{H_2O}$  - ūdens izdalīšanās ātrums, g/h;

$d'_{H_2O}$  - ūdens tvaiku saturs āra gaisā, g/l;

$d''_{H_2O}$  - ūdens tvaiku saturs stropa gaisā, g/l;

Ūdens tvaiku daudzumu gaisā temperatūru intervālā  $-20^{\circ}\text{C} < t^{\circ} < 15^{\circ}\text{C}$  nosakām pēc formulām:

$$d'_{H_2O} = \varphi_a \cdot 4.5 \cdot \exp(0.075 \cdot t_a); \quad (14)$$

$$d''_{H_2O} = \varphi_s \cdot 4.5 \cdot \exp(0.075 \cdot t_s), \quad (15)$$

kur  $\varphi_a$  un  $\varphi_s$  - relatīvais gaisa mitrums, attiecīgi āra un stropa gaisā;

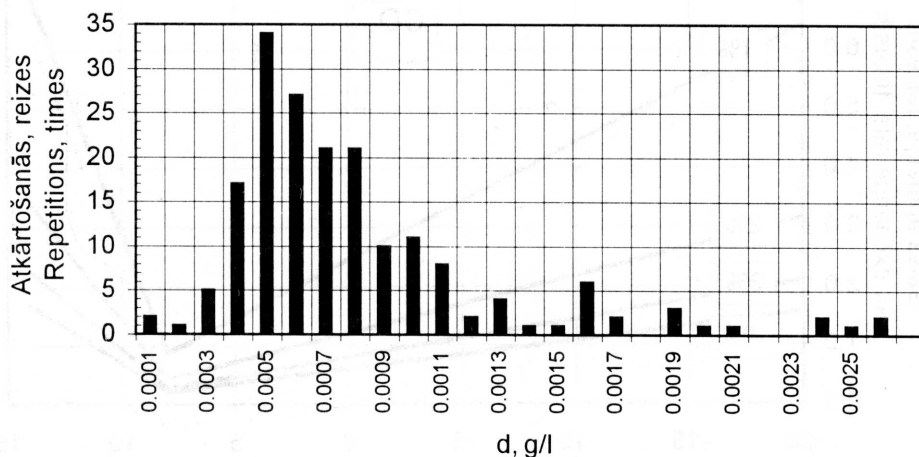
$t_a$  un  $t_s$  - gaisa temperatūra, attiecīgi āra un vidējā no stropa izplūstošā gaisā, °C.

Latvijas apstākļos (Rīgā), nesiltinātos koka 15 apkāru stropos (sienu siltumvadāmības koeficients  $K=6W/°C$ ), 95/96 gada ziemā  $d''_{H_2O} - d'_{H_2O}$  atradās intervālā no 0.0001 līdz 0.0025 (4. att.). Aprēķiniem izmantoti vidējās diennakts temperatūras un relatīvie gaisa mitrumi dravas novietnē, bet stropā pieņemts relatīvais gaisa mitrums  $\varphi_s = 95\%$  un temperatūra  $t_s$  (neievērtējot gaisa apmaiņas rezultātā aiznesto siltumu):

$$t_s = t_a + \frac{N}{K}, \quad (16)$$

kur  $N$  - bišu izdalītā jauda dotajā temperatūrā, W;

$K$  - stropa siltumtransmisijas koeficients,  $W/°C$ .



4. att. Absolūtā vidējā diennakts gaisa ūdens satura starpību  $d = d''_{H_2O} - d'_{H_2O}$  histogramma 1995/96 g. ziemā Rīgas apkārtnē.

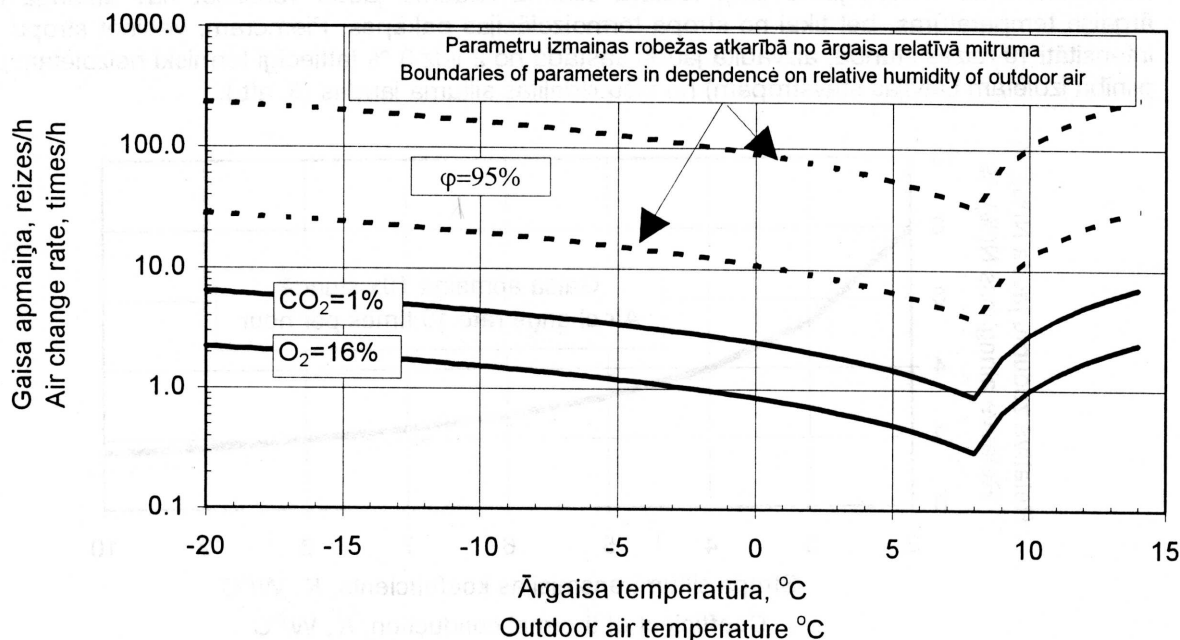
Fig. 4. Histogram of the average daily water content difference in air  $d = d''_{H_2O} - d'_{H_2O}$  in winter 1995/96, Riga region.

Lai nodrošinātu normālu bišu ziemošanu, stropā skābekļa saturam jābūt ap 16 %, ogļskābās gāzes saturam - ne vairāk kā 1 %, relatīvajam gaisa mitrumam stropā - ap  $\varphi_s = 95\%$ .

Izmantojot vienādojumus (11), (12) un (13), aprēķinām šiem parametriem atbilstošās gaisa apmaiņas intensitātes līknes, kas redzamas 5. attēlā. Kā redzams, vislielāko stropu vēdināšanas intensitāti galvenokārt nosaka ūdens izdalīšanās ātrums.

Nodrošinot mitruma aizvadīšanu no stropa gaisa apmaiņas ceļā, praktiski vienmēr tiek nodrošināta nepieciešamā skābekļa pieplūšana un ogļskābās gāzes aizvadīšana. Hermētiskā stropā siltuma zudumi notiek caur stropa sienām, bet, atverot skreju (vai citu kanālu gaisa apmaiņai) - arī gaisa apmaiņas ceļā. Izmainot stropa siltināšanas pakāpi (siltumpārvades koeficientu), izmainās šo siltuma plūsmu attiecība.

Aprēķinām stropa ventilēšanas procesā radīto siltuma zudumu īpatsvaru.



5. att. Uzdotā skābekļa, ogļskābās gāzes un mitruma daudzuma nodrošināšanai nepieciešamā gaisa apmaiņa termiski neizolētā stropā atkarībā no ārgaisa temperatūras.  
Fig. 5. The air change rate in a thermally uninsulated beehive necessary for a fixed oxygen, carbon dioxide and humidity amount in dependence on outdoor temperature.

Enerģijas daudzumu  $Q$  stropā esošā gaisa uzsildīšanai aprēķinām pēc vienādojuma:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t; \text{ J}, \quad (17)$$

kur  $c$  - gaisa siltumietilpības koeficients ( $c = 0.99 \text{ J/g}\cdot\text{°C}$ );

$m$  - gaisa masa ( $m = \rho \cdot V$ ), g;  $\rho$  - gaisa blīvums,  $\rho = 1.29 \text{ g/l}$ ;  $V$  - brīvā gaisa tilpums stropā, l;  
 $\Delta t = t_s - t_a$ , °C;  $t_s$  - no stropa izplūstošā gaisa temperatūra;  $t_a$  - stropā ieplūstošā (āra) gaisa temperatūra.

Siltumu zudumu jauda ventilējot  $N_v$ , W:

$$N_v = c \cdot \rho \cdot V \cdot n \cdot \Delta t, \quad (18)$$

kur  $n$  - gaisa apmaiņa reizēs sekundē.

Gaisa apmaiņu izsakot reizēs stundā:

$$N_v = \frac{c \cdot \rho \cdot V \cdot n \cdot \Delta t}{3600}, \quad (19)$$

vai procentos no bišu izdalītās jaudas  $N = 5.7 - 0.46 \cdot t_a$  (Ē. Kristapsons u. c.), ja  $t_a \leq 8 \text{ °C}$

$$N(\%) = \frac{N_v}{N} = \frac{c \cdot \rho \cdot V \cdot n \cdot \Delta t}{3600 \cdot (5.7 - 0.46 \cdot t_a)} \cdot 100, \%. \quad (20)$$

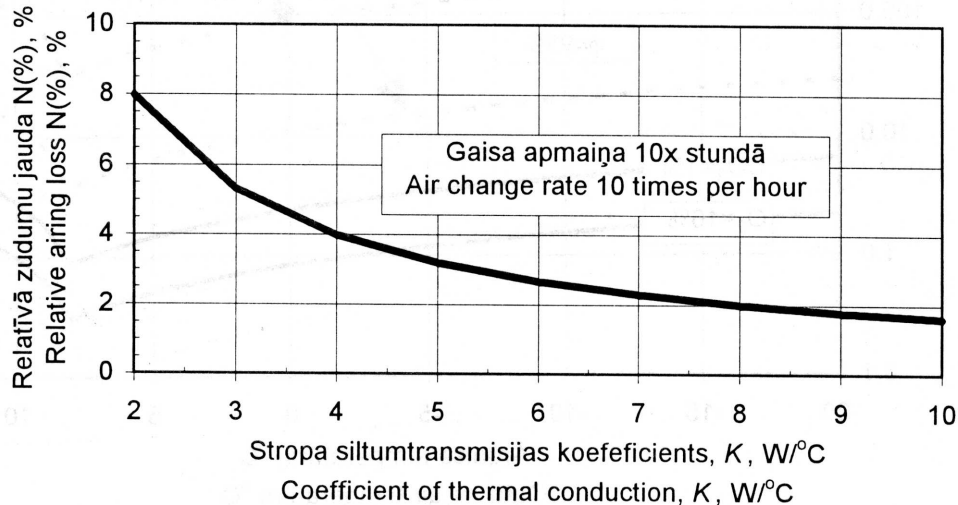
Ņemot vērā temperatūras starpību (izsaka no formulām (1) un (16)):

$$\Delta t = t_a - t_s = \frac{(5.7 - 0.46 \cdot t_a)}{K}, \quad (21)$$

iegūstam:

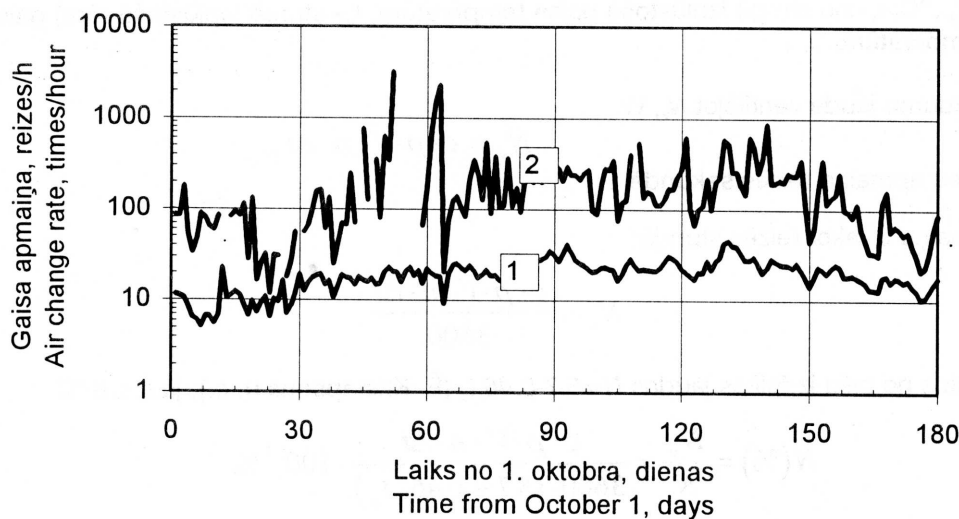
$$N(\%) = \frac{c \cdot \rho \cdot V \cdot n}{3600 \cdot K} \cdot 100, \%. \quad (22)$$

Kā redzams no vienādojuma (22), relatīvā siltuma zudumu jauda ventilējot nav atkarīga no ārējās temperatūras, bet tikai no stropa termoizolācijas pakāpes. Piemēram, vēdinot stropu ar intensitāti 10 reizes stundā, aizvadītā jauda sastāda no 2 līdz 8 % (attiecīgi termiski neizolētam un pilnībā izolētam Latvijas stāvstropam) no bišu izdalītās siltuma jaudas (6. att.).



6. att. Vēdināšanas siltuma zudumi  $N(\%)$  atkarībā no stropa siltināšanas pakāpes.  
Fig. 6. Loss of airing heat  $N(\%)$  depending on the thermoinsulation level of beehive.

Kaut arī reālā gaisa apmaiņa bišu stropos nav zināma, par tās lielumu var spriest pēc ogļskābās gāzes un skābekļa koncentrācijas mērījumiem. Tā, piemēram, oktobrī, temperatūrai svārstoties no 0°C līdz 10°C, CO<sub>2</sub> saturs stropā svārstās no 0.4-1.2 %, bet O<sub>2</sub> - no 15-19 % (E. K. Еськов, 1990). Izmantojot grafikus (2., 3. att.), gaisa apmaiņa vērtējama 1-3 reizes stundā, kas ir nepietiekama (5. att.) ūdens aizvadīšanai no stropa. Tas norāda uz to, ka mitrums daļēji migrē caur stropa sienām (ja stropa sienas ir mitruma caurlaidīgas, t.i., nav krāsotas ar krāsām, kas veido mitruma necaurlaidīgu slāni). Atsevišķos gadījumos šī mitruma daļa varētu būt ievērojama.



7. att. Nepieciešamā gaisa apmaiņas intensitāte vidējā diennakts relatīvā gaisa mitruma  $\varphi_e = 90\%$  nodrošināšanai stropā:  
1 - termiski pilnīgi izolētam stropam; 2 - neizolētam Latvijas stāvstropam (fiknes pārrāvumu vietās dotajos klimatiskajos apstākļos tas nav iespējams).

Fig. 7. The necessary air change rate to ensure the average daily air humidity  $\varphi_e = 90\%$  in the beehive: 1 - thermally insulated beehive; 2 - thermally uninsulated beehive (it is not possible at the breaches of curve).

Turpmāko analīzi veiksīm, izmantojot konkrētu piemēru, kas ataino Latvijas apstākļus 1995./96. g. ziemā (no 1. oktobra līdz 31. martam Rīgas apkārtnē). Aprēķiniem izmantoti Latvijas stāvstropa parametri. Pieņemts, ka brīvā gaisa tilpums  $V=45$  l,  $K=1$  W/°C gadījumā, ja visas sešas dzesējošās ār sienas termiski izolētas un  $K=7$  W/°C, kad par termoizolāciju izmantots tikai griestu spilvens. Nepieciešamā gaisa apmaiņas intensitāte parādīta 7. attēlā.

Kā redzam no 7. attēla, būtiska nozīme mitruma aizvadīšanai no stropa ir tā termoizolācijai. To ir viegli izskaidrot. Palielinot stropa sienu termisko pretestību, paaugstinās stropā esošā gaisa temperatūra, siltāks gaiss spēj saturēt lielāku ūdens daudzumu, kas, gala rezultātā, vēdinot samazina nepieciešamo gaisa apmaiņas intensitāti.

Šādu efektu var dot tikai rūpīga visu sešu dzesējošo sienu termoizolācija, kas nodrošina stropa siltumtransmisijas koeficientu  $K<1$  W/°C. Iespējams, ka sānu sienu siltināšanai lietderīgāk novietot siltumizolācijas slāni pie sienas, nevis pie šķirdēja, kā to praktizē pašreiz. Šādos apstākļos iespējama mitruma aizvadīšana no stropa tikai caur apakšējo skreju.

Stropu termoizolēšana maz ietekmē bišu saimju medus patēriņu ziemošanas laikā (A. Bērzonis, 1997), taču varētu būt lietderīga mitruma aizvadīšanas veicināšanai, tādējādi uzlabojot mikroklimatu stropā. Pilnīga stropu termoizolācija varētu mazināt kamola ārējo slāņu pastiprinātu žūšanu un pozitīvi ietekmēt bišu vielmaiņu, kas gala rezultātā nodrošinātu spēcīgas bišu saimes pavasarī.

### 3. Secinājumi

1. Aprēķināts, ka temperatūras intervālā no -20°C līdz + 8°C medus patēriņš atrodas robežās, attiecīgi, no 4.7 līdz 0.6 g/h; skābekļa patēriņš - no 4.0 līdz 0.5 g/h, ogļskābās gāzes izdalīšanās no 5.5 līdz 0.7 g/h un ūdens izdalīšanās no 3.2 līdz 0.4 g/h. Bet temperatūras intervālā no + 8 °C līdz + 14°C, medus patēriņš atrodas robežās, attiecīgi, no 0.6 līdz 5.1 g/h; skābekļa patēriņš - no 0.5 līdz 4.3 g/h, ogļskābās gāzes izdalīšanās no 0.7 līdz 6.0 g/h un ūdens izdalīšanās no 0.4 līdz 3.5 g/h.
2. Teorētiski, lai nodrošinātu stropa gaisā 16 % skābekļa nepieciešama gaisa apmaiņa no 1.5 līdz 2.4 reizes stundā (Latvijas stāvstropa gadījumā); pieļaujot 1 % ogļskābās gāzes saturu - no 6.4 līdz 6.9, bet relatīvo gaisa mitrumu 95 % - no 4 līdz 256 reizēm stundā.
3. Lietojot termiski izolētus stropus, ir iespējams būtiski samazināt mitruma aizvadīšanai nepieciešamo gaisa apmaiņas intensitāti.
4. Nodrošinot mitruma izvadīšanu no stropa (5. att.), vienmēr tiek nodrošināta nepieciešamā skābekļa pieplūde un ogļskābās gāzes aizvadīšana.

### Literatūra

1. Ārgalis J., Balode K., Bembere M. u. c. (1970). Biškopība. Rīga, Zvaigzne, 2. pārstrādātais izdevums. 488.
2. Bērzonis A. (1997). Ziemošana stropos āra apstākļos. Dārzs un drava, No 1. 50-53.
3. Kristapsons Ē., Stalidzāns E. u. c. (1966). Racionālas bišu saimju ziemotavas. Jelgava, LLU Raksti, 6 (283). 94-101.
4. Еськов Е. К. (1983). Микроклимат пчеличного жилища. М., Росселхозиздат. 221.
5. Еськов Е. К. (1990). Экология медоносной пчелы. М., Росагропромиздат. 191.