

UTJECAJ BIOKLIMATSKIH FAKTORA NA MEĐUSOBNE ODOSE IZOLACIJE I STAJSKE VENTILACIJE

I. PROBLEMI BIOKLIMATSKIH ISTRAŽIVANJA

Suvremene probleme ekonomičnog održavanja optimalnog ambijenta za pojedine tipove stočarske proizvodnje treba promatrati sa tri osnovna staništa: biološkog, tehničkog i ekonomskog. Pred konstruktore nastambi za životinje tada se postavlja zadatak osiguranja optimalnih ambijentalnih uvjeta koji će omogućiti maksimalnu proizvodnju. Mogućnost ostvarenja traženih optimalnih uvjeta zahtijeva da oni budu postavljeni u određenim dozvoljenim granicama odstupanja. Definiranje navedenih dozvoljenih granica može se izraziti analogno kao kod radne okoline za čovjeka, sa tzv. **zonom udobnosti** za pojedine tipove stočarske proizvodnje. Kako je navedena problematika kompleksne naravi, od konstruktora nastambi za životinje zahtijeva mnogo brige i pažnje, naročito ako se radi o predjelima s nepovoljnim klimatskim karakteristikama. Prema tome, današnja velika rasprostranjenost nastambi za goveda, te povećani zahtjevi za proizvodnjom nameću potrebu utvrđivanja utjecaja bioklimatskih faktora na konstruktivno-građevinske karakteristike. Suvremenog stočara danas sve više interesira reagiranje životinja na kombinirano djelovanje svih elemenata klime kao npr. temperatura, relativna vlažnost zraka, brzina strujanja itd. Osnovni bioklimatski faktori koji bitnije utječu na konstruktivno građevinske karakteristike nastambi za životinje su:

- količina proizvedene tjelesne topline i vodene pare, te CO₂ dobivenog posredstvom metaboličkih procesa u tijelu životinje;
- klimatske karakteristike predjela (područja) u kojem se izgrađuje nastamba za životinje;
- ambijentalni uvjeti, tj. mikroklimatski režim u nastambama za životinje.

Kako traženi optimalni uvjeti u nastambi podstiču životinje na maksimalnu proizvodnju, razumljiva je briga oko osiguranja i održavanja optimalnih uvjeta promatranih kroz temperaturu, relativnu vlažnost i brzinu strujanja stajskog zraka. Prema tome, kod rješavanja tog problema nelo-gična je štednja na troškovima izgradnje nastambi, kada se zna kakve štetne posljedice prouzrokuje neprikladnost ambijenta. Ispitujući ove probleme u Italiji, autor Corado Ricci u jednom radu navodi da amortizzazione obaveze objekta terete cijenu konačnog proizvoda sa svega 5 — 10%. Autor dalje navodi da neprikladnost ambijenta uzrokuje nepodsticanjem životinja na maksimalnu proizvodnju i povećanje cijena koštanja konačnog proizvoda i do 70%. Nadalje, ušteda na hrani od 5% je ekvivalentna sniženju troškova na građevinskim objektima od 30%. Kako je u praksi uvriježena štednja kroz troškove građenja objekata i potrebnih instalacija, svakako očekujemo

neprikladne ambijentalne uvjete u sistemu zatvorenog tipa nastambi za životinje. Upravo zato je neophodno detaljnije upoznavanje osnovnih bioklimatskih faktora koji imaju bitniji utjecaj na građevinsko-tehnička svojstva nastambe za goveda.

1. Količine proizvedene topline, vodene pare i ugljičnog dioksida

Konstruktor nastambi za životinje mora dobro poznavati tačne količine tjelesne topline, vodene pare i ugljičnog dioksida što stvaraju proizvodna grla koja će se uzgajati u nastambi. Ove su vrijednosti varijabilne veličine i ovise o cijelom nizu faktora: težini, rasi, uzrastu, načinu hranjenja, držanju životinja, okolini, načinu čišćenja nastambe i odstranjivanju fekalija itd. Prema novijim podacima iz SSSR-a, uz temperaturu okoline od + 10° C imamo slijedeće podatke za proizvodnju količine topline, vodene pare i CO₂ prema težini životinja:

Vrsta životinje	Težina u kg	Proizvedena ukupna toplina u kcal/h	Proizvedena vodena para u g/h	CO ₂ u l/h
bikovi	400	739	350	110
	600	914	430	136
	800	1087	516	162
	1000	1280	610	191
krave (sa 10 l mlijeka na dan)	300	644	307	96
	400	765	365	114
	600	906	431	135
	800	1053	503	157
krave (sa 30 l mlijeka na dan)	400	1174	560	175
	600	1342	642	200
	800	1509	721	225
telad (do 1 mjeseca)	30	100	47	15
	40	141	67	21
	50	174	83	26
	80	256	121	38
telad (od 3 — 6 mjeseci)	90	248	118	37
	120	369	176	55
	150	382	183	57
	200	503	240	75

Podaci o količinama proizvedene topline, vodene pare i CO₂ u njemačkim DIN-propisima su izloženi po uvjetnom grlu (U. G. težine 500 kg) za goveda ovako:

Vrsta životinje	Proizvedena ukupna toplina u kcal/h	Proizvedena vodena para u g/h	CO ₂ u l/h
Goveda	750	300	160

Prosječne vrijednosti, koje se koriste kod proračuna u Italiji za količinu proizvedene topline i vodene pare, kod uobičajenih uvjeta ishrane su slijedeće:

Vrsta životinje	Težina u kg	Temperatura ambijenta u (°C)	Proizvodnja topline u kcal/h			Proizvodnja vodene pare u g/h
			ukupno	latentna	osjetljiva	
krave muzare	550	10	800	200	600	300
telad	150	10	325	75	250	120

Prema podacima iz naše literature imamo slijedeće vrijednosti koje koristimo u proračunima:

Vrsta životinje	Ukupna količina topline u (kcal/h)	Neposredna količina topline u (kcal/h)	Korisna količina topline u (kcal/h)
volovi	775	680	620
krave (manje pasmine)	500 — 760	440 — 665	400 — 610
krave (težine 500 kg)	760	655	610
krave (veće pasmine)	760 — 885	665 — 770	610 — 710

Prema izloženim podacima može se zaključiti da korisna, tj. osjetljiva toplina koja služi za ugrijavanje stajskog prostora, iznosi oko 80% od ukupno proizvedene topline.

2. Klimatske karakteristike predjela

Za pravilno konstruiranje nastambi za životinje važno je, također, poznavati i klimatske karakteristike pojedinih predjela u kojima se predviđa izgradnja. Kako se pojedini predjeli razlikuju po svojim klimatskim karakteristikama, razumljivo je da se i međusobni odnosi ventilacije i izolacije nastambi razlikuju. Prema tome, može se zaključiti da će i problemi konstruiranja i ekonomičnog osiguranja te održavanja ambijentalnih uvjeta biti različiti. Svrha je, prema tome, određivanje klimatskih zona koje će imati približno jednake klimatske karakteristike, unutar kojih ne bi dolazilo do osjetljivih razlika u međusobnim odnosima ventilacije i izolacije nastambe. Kod takvog određivanja približne jednakosti za pojedine predjele potrebno je voditi računa o slijedećim klimatskim karakteristikama:

- srednje mjesečne i godišnje minimalne temperature zraka,
- srednje mjesečne i godišnje vrijednosti relativne vlažnosti zraka,
- prosjek minimalnih temperatura i maksimalnih relativnih vlažnosti zraka za mjesec siječanj,
- prosjek maksimalnih temperatura i minimalnih relativnih vlažnosti zraka za mjesec srpanj,
- prosjek srednjeg broja studenih i ledenih dana.

Različitost pojedinih naših predjela na teritoriju Republike Hrvatske u pogledu klimatskih karakteristika je očita. Prikažemo li to grafički tako da na klimagrame ucrtamo tzv. zone udobnosti vidjet će se razlike između klimatskih karakteristika toga kraja i tražene zone udobnosti. Na klimagramima su po mjesecima prikazane srednje minimalne temperature i relativna vlažnost zraka, pa se odmah uočava koji su mjeseci u godini van zone udobnosti. Podaci za temperaturu i vlažnost zraka predstavljaju srednje mjesečne minimalne vrijednosti uzete iz prijedloga za građu klime Hrvatske koje je pripremio HMZ Hrvatske iz Zagreba. Prikazani su slijedeći predjeli: Zagreb (Maksimir), Osijek, Zalesina, Gospić, Pula, Zadar i Dubrovnik, tako da je prikazana, blaga, srednja i oštra klima.

Mj.	Zagreb (Maksimir)		Osijek		Gospić		Zalesina		Zadar		Pula		Dubrovnik	
	t_z	$\varphi\%$	t_z	$\varphi\%$	t_z	$\varphi\%$	t_z	$\varphi\%$	t_z	$\varphi\%$	t_z	$\varphi\%$	t_z	$\varphi\%$
S	-4,4	87	-2,9	87	-5,2	85	-7,6	78	3,7	73	2,1	75	6,3	62
V	-4,1	83	-2,8	82	-5,6	81	-7,3	81	3,9	73	1,7	75	6,1	63
O	-0,2	78	1,0	76	-1,9	77	-4,1	81	5,3	72	3,7	73	7,7	64
T	4,5	75	6,1	72	2,6	73	1,0	81	9,2	72	7,7	73	10,9	68
S	8,7	75	10,4	73	6,2	74	5,3	79	13,2	72	11,9	72	14,7	71
L	12,3	75	13,8	74	9,5	72	8,4	79	17,0	70	15,8	69	18,4	67
S	13,6	75	15,3	72	10,5	71	9,4	79	19,2	67	17,9	67	20,9	63
K	12,8	76	14,8	72	10,1	70	9,2	81	18,9	69	17,8	68	21,0	62
R	9,7	82	11,2	77	7,4	78	6,4	85	16,0	73	14,9	71	18,4	65
L	5,2	86	6,4	81	4,0	82	3,1	88	12,0	75	10,5	75	14,5	66
S	1,5	88	3,1	87	1,0	85	-0,4	90	8,1	76	6,7	76	10,7	66
P	-1,5	91	-0,2	89	-1,9	85	-3,5	89	5,8	77	4,2	78	8,2	66

Ako za navedena područja pogledamo i apsolutne mjesečne i godišnje minime temperature zraka (t_z) po mjesecima, dobit ćemo slijedeću sliku:

	Zagreb (Maksimir)	Osijek	Gospić	Zalesina	Zadar	Pula	Dubrovnik
S	— 24,3	— 22,5	— 28,6	— 28,6	— 8,1	— 7,6	— 6,6
V	— 27,3	— 23,3	— 33,5	— 33,1	— 8,6	— 10,2	— 4,5
O	— 16,0	— 13,0	— 20,2	— 26,6	— 4,8	— 6,4	— 2,0
T	— 4,4	— 2,9	— 8,5	— 13,9	0,4	— 1,8	2,6
S	— 1,8	0,3	— 7,0	— 9,7	4,0	1,2	6,4
L	2,5	4,3	— 1,8	— 3,2	8,4	8,5	11,2
S	3,4	4,6	2,6	0,7	13,0	11,4	14,6
K	5,0	6,5	1,7	0,3	11,0	10,7	11,1
R	— 0,2	1,5	— 3,5	— 5,3	7,8	8,0	11,3
L	— 3,3	— 1,8	— 5,6	— 9,3	2,9	1,8	8,0
S	— 12,0	— 10,0	— 13,2	— 15,7	— 2,6	— 1,9	— 3,0
P	— 13,7	— 13,0	— 16,5	— 18,0	— 3,3	— 2,8	— 3,6
Godišnji	— 27,3	— 23,3	— 35,5	— 33,1	— 8,6	— 10,2	— 6,6

Osim toga, srednje godišnje minimalne vrijednosti za temperaturu i relativnu vlažnost zraka u navedenim mjestima su slijedeće:

Zagreb (Maksimir)		Osijek		Gospić		Zalesina		Zadar		Pula		Dubrovnik	
t_z	$\varphi\%$	t_z	$\varphi\%$	t_z	$\varphi\%$	t_z	$\varphi\%$	t_z	$\varphi\%$	t_z	$\varphi\%$	t_z	$\varphi\%$
4,8	81	6,4	78	3,1	78	1,7	83	11,0	72	9,6	73	13,1	65

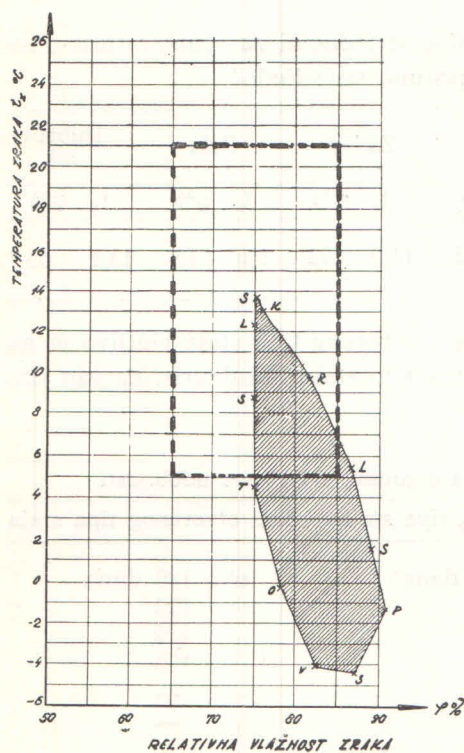
Za ugoj goveda u sistemu zatvorenog i otvorenog tipa staja vidljivo je na klimagramima koji broj dana u godini ima klimatske karakteristike van tzv. zone udobnosti.

Klimatski predio	Broj dana u godini izvan zone udobnosti	
	kod zatvorenog tipa staja	kod otvorenog tipa staja
Zagreb (Maksimir)	oko 240 dana	oko 180 dana
Osijek	180	120
Gospić	210	120
Zalesina	270	150
Zadar	60	—
Pula	120	—
Dubrovnik	120	—

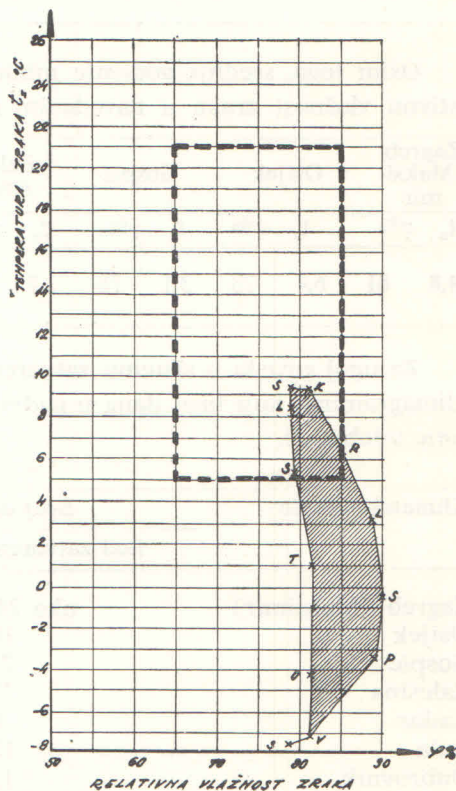
Prema navedenim podacima je vidljivo da kod uzgoja u sistemu otvorenog tipa staja u predjelu Zadra, Pule i Dubrovnika imamo klimatske karakteristike koje su unutar zone udobnosti. Kod ostalih predjela klimatske karakteristike su izvan zone udobnosti u sistemima otvorenog i zatvorenog tipa staja, što je vidljivo iz navedenih podataka. Kako su klimatske karakteristike po navedenim predjelima različite u odnosu na tražene zone udobnosti, osiguranje i održavanje traženih optimalnih ambijentalnih uvjeta je različito.

Prema navedenim klimatskim karakteristikama, i kod ovako malog broja predjela uz relativno veliku međusobnu udaljenost, moguće je odrediti klimatske zone koje će imati približno podjednake klimatske karakteristike. Približno jednake klimatske karakteristike ovdje znače da u takvoj zoni mogu zadovoljiti jednaki međusobni odnosi ventilacije i izolacije kod nastambi zatvorenog tipa. S ovakvim pretpostavkama mogu se za tako odre-

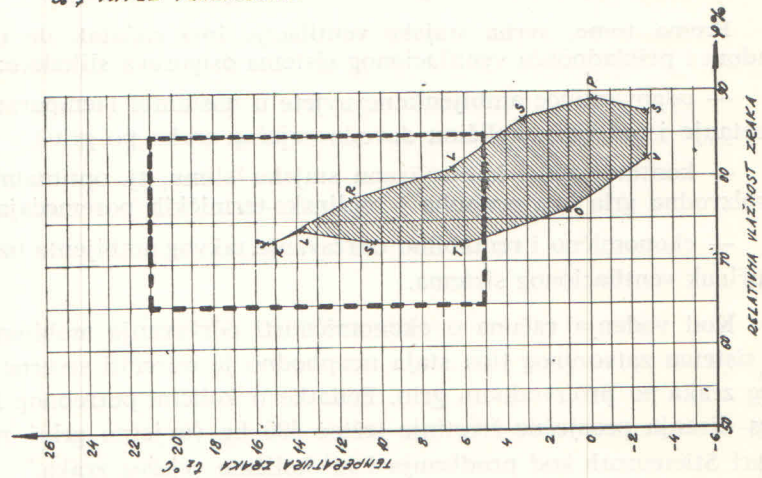
Sl. 1 — Klimagram za predio Zagreb (Maksimir)



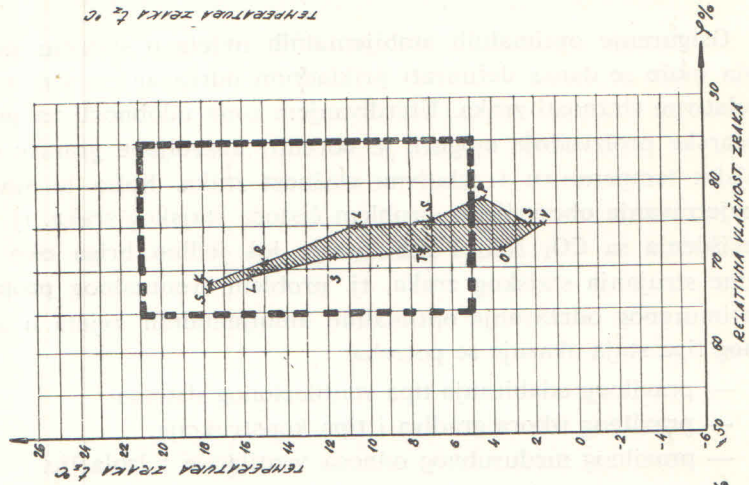
Sl. 2. — Klimagram za predio Zalesina



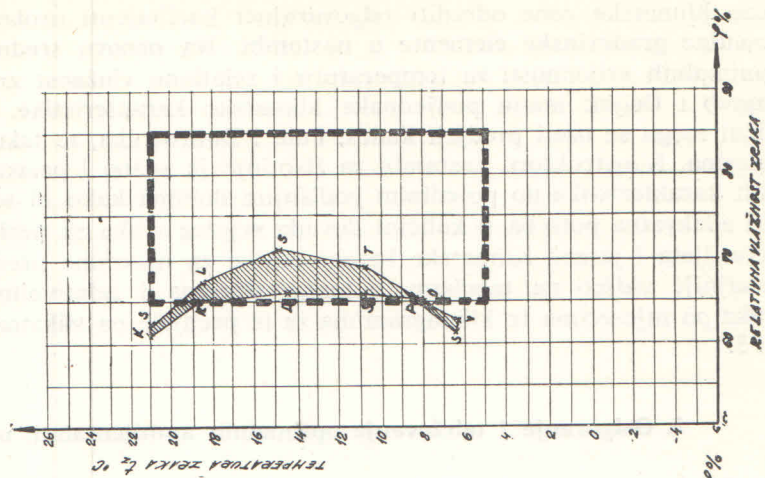
Sl. 3. — Klimagram za predio
Osijeka



Sl. 4. — Klimagram za predio
Pule



Sl. 5. — Klimagram za predio
Dubrovnik



đene klimatske zone odrediti odgovarajući koeficijenti prolaza topline za pojedine građevinske elemente u nastambi. Na osnovu srednjih godišnjih minimalnih vrijednosti za temperaturu i relativnu vlažnost zraka izlazi da Zagreb i Osijek imaju podjednake klimatske karakteristike. Nadalje, kao slični mogu se uzeti predjeli Zadra, Pule i Dubrovnika, te također Gospić i Zalesina. Konstruktoru nastambi za životinje je važno i poznavanje klimatskih karakteristika po pojedinim godišnjim dobima kako bi se mogla odrediti adekvatna potreba u količini dovoda svježeg zraka za period zime, proljeća, ljeta i jeseni. Klimatske karakteristike za navedene predjele možemo detaljnije vidjeti na tabelama o temperaturama i relativnim vlažnostima zraka po mjesecima te klimagramima za te predjele na slikama broj 1, 2, 3, 4 i 5.

3. Osiguranje i održavanje optimalnih ambijentalnih uvjeta

Osiguranje optimalnih ambijentalnih uvjeta u sistemu zatvorenog tipa staja može se danas definirati prikladnim održavanjem stajske temperature i relativne vlažnosti zraka. Utvrđivanjem zona udobnosti za pojedine tipove stočarske proizvodnje moguće je odrediti dozvoljene granice odstupanja za stajsku temperaturu i relativnu vlažnost zraka. Kako je suvremeni način provjetravanja obezvrijedio problem čistoće stajskog zraka, tj. koncentracije onečišćenja sa CO_2 , NH_3 i H_2S , ostaje još jedino briga oko odgovarajuće brzine strujanja stajskog zraka, tj. problem eventualnog propuha. U svrhu kontinuiranog održavanja optimalnih ambijentalnih uvjeta u sistemu zatvorenog tipa staja ukazuje se potreba:

- pravilnog odabiranja tipa ventilacionog sistema;
- pravilnog izbora gradiva i tipa konstrukcije;
- pravilnog međusobnog odnosa ventilacije i izolacije.

Prema tome, svrha stajske ventilacije ima zadatak da odgovarajućim radom i prikladnošću ventilacionog sistema osigurava slijedeće:

- odgovarajuće ambijentalne uvjete u nastambi (temperaturu, vlažnost, kretanje i potrebnu količinu dovoda svježeg zraka po grlu);
- kontinuiranu i kontroliranu stajsku klimu, tj. optimalni ambijent za proizvodna grla bez propuha i toplinsko-termičkih poremećaja u nastambi;
- ekonomično i rentabilno održavanje takvog ambijenta uz ispravan rad i učinak ventilacionog sistema.

Kod vođenja računa o ekonomičnosti održavanja ambijentalnih uvjeta u sistemu zatvorenog tipa staja neophodno je odrediti stvarne potrebe svježeg zraka po proizvodnom grlu. Podatke o količini potrebnog kisika za proces disanja prosječne životinje težine 500 kg (uvjetno grlo) navodi dr inž. Karl Stieteuroth kod prodisanja 1 m^3 količine svježeg zraka.

Udisanje	Izdisanje
781,1 l N ₂ (dušika)	800,0 l N ₂ + H + CH + smradni plin
9,3 l plemenitog plina	160,0 l O ₂
209,3 l O ₂ (kisika)	40,0 l CO ₂
0,3 l CO ₂	
<hr/>	<hr/>
1000,0 l	1000,0 l

Upravo zato je neophodno osiguranje odgovarajućih količina svježeg zraka po proizvodnom grlu. Osim toga, optimalni ambijentalni uvjeti u sistemu zatvorenog tipa staja ne dozvoljavaju veću koncentraciju onečišćenja od 3,5 l/m³ CO₂, 0,1 l/m³ NH₃, te 0,02 l/m³ zraka H₂S. S tim u vezi moramo zaključiti da je neophodno adekvatno provjetranje, tj. odgovarajući ventilacioni sistem koji će svojim radom i kapacitetima kontinuirano osiguravati tražene količine svježeg zraka. Različitost klimatskih karakteristika pojedinih predjela uvjetovat će, prema tome, i različite međusobne odnose ventilacije i izolacije nastambi. Dakle, konstruktorima nastambi su potrebne definirane dozvoljene granice za temperaturu i relativnu vlažnost za svaku vrstu proizvodnje posebno.

Unutar tih dozvoljenih granica odstupanja za temperaturu i relativnu vlažnost zraka osigurana je maksimalna proizvodnja uz uobičajene fiziološke procese u tijelu životinje, pa tako propisane granice nazivamo **tzv. zone udobnosti**. Logično je da za svaki tip proizvodnje i životinjsku rasu propisujemo odgovarajuće zone udobnosti.

NASTAMBE ZA GOVEDA

Današnja suvremena tehnologija naglašava važnost osiguranja prikladnih ambijentalnih uvjeta u sistemu zatvorenog tipa staja za goveda. Upravo ovi momenti upućuju konstruktore nastambe na detaljnije upoznavanje klimatskih karakteristika predjela u kome se predviđa izgradnja. S tim u vezi je neophodno poznavanje bioloških zahtjeva u pogledu traženih zona udobnosti. Prema podacima A. Ragsdale, H. Thompsona, te D. Worstella na osnovu istraživanja kod proizvodnje mlijeka s kravama evropskih rasa preporuča se stajska temperatura u granicama + 5° do + 21° C. Za uzgoj u otvorenom sistemu staja ove granice se kreću od 0° C do + 24° C. Relativna vlažnost zraka u zatvorenom sistemu staja se preporuča u granicama od 65 — 80%. Poznato je, da optimalna stajska temperatura kod proizvodnje mlijeka iznaša $t_u = + 10$ do 12° C. Poznavanjem zona udobnosti, tj. određenih granica u temperaturama i vlažnosti zraka, konstruktorima nastambi za životinje se omogućuje određivanje međusobnih odnosa ventilacije i izolacije koji garantiraju optimalne uvjete u bilo kojoj klimatskoj zoni.

Osnovni faktori, koji bitno djeluju na ravnotežu u proizvodnji i potrošnji topline u nastambi, mogu se predočiti slijedećom jednažbom:

$$Q_z + Q_d = Q_{tr} + Q_v \quad \text{u (kcal/h)}$$

gdje je:

Q_z = proizvedena tjelesna toplina koju proizvede jedna životinja u (kcal/h po U. G.)

Q_d = proizvedena toplina drugim izvorima radi eventualnog dopunskog grijanja u nastambi u (kcal/h),

Q_{tr} = transmisijski gubici topline iz nastambe, tj. toplina potrebna za potrebna za pokrivanje tih gubitaka u (kcal/h),

Q_v = ventilacioni gubici topline iz nastambe, tj. toplina potrebna za ugrijavanje vanjskog svježeg zraka na stajsku temperaturu u (kcal/h).

Prva dva faktora u navedenoj jednažbi (Q_z i Q_d) predstavljaju proizvodnju topline u nastambi. Logično je da treba brižljivo i racionalno postupati s proizvedenom toplinom od životinja. Druga dva faktora (Q_{tr} i Q_v) predstavljaju potrošnju topline u nastambi. Mi nastojimo odgovarajućim izoliranjem nastambe da vrijednost » Q_{tr} « bude što je moguće manja veličina. Ovo činimo upravo zato što povećanje faktora potrošnje iziskuje i povećanje faktora proizvodnje topline, a to uzrokuje neekonomično održavanje traženih ambijentalnih uvjeta u nastambi. Za optimalne ambijentalne uvjete u sistemu zatvorenog tipa staja treba određena količina svježeg zraka pri kojoj će se omogućiti odstranjivanje proizvedene vodene pare, i ostalih štetnih plinova - CO_2 - a da se održi tražena toplina stajskog zraka i dozvoljena koncentracija tih plinova u staji. Na osnovu poznate potrebne količine za ugrijavanje vanjskog zraka na stajsku temperaturu možemo odrediti navedenu količinu potrebnog svježeg zraka » V_u « u (m^3/h).

Ako je navedena potrebna toplina za ugrijavanje vanjskog svježeg zraka na stajsku temperaturu jednaka:

$$Q_v = V_u (i_u - i_v) \quad \text{u (kcal/h)}$$

onda je

$$V_u = \frac{Q_v}{(i_u - i_v)} \quad \text{u (m}^3\text{/h)}$$

gdje je:

i_u — sadržaj topline u stajskom zraku u (kcal/ m^3)

i_v — sadržaj topline u vanjskom zraku u (kcal/ m^3)

Transmisijski gubici topline iz nastambe se mogu predočiti slijedećim matematskim izrazom:

$$Q_{tr} = k \cdot F (t_u - t_v) \quad \text{u (kcal/h)}$$

gdje je:

k — koeficijent prolaza topline u (kcal/m²h°C)

F — površina preko koje se vrše transmisijski gubici topline

t_u, t_v — unutrašnja i vanjska temperatura zraka.

Uvrštavanjem tako poznatih faktora potrošnje topline u nastambi u navedenu jednadžbu ravnoteže topline dobijemo slijedeću jednadžbu:

$$Q_z + Q_d = F \cdot k (t_u - t_v) + V_u (i_u - i_v)$$

Iz jednadžbe možemo sada dobiti potrebnu količinu svježeg zraka » V_u « u m³/h pri kojoj će se održati tražena toplina u nastambi.

$$V_u = \frac{Q_z + Q_d - F \cdot k (t_u - t_v)}{(i_u - i_v)} \quad \text{u (m}^3\text{/h)}$$

Kako ni pod ovakvim uvjetima nemamo garanciju da je osigurano odvođenje vodene pare ventilacijom, moramo ustanoviti potrebnu količinu svježeg zraka koja će to omogućiti. S obzirom na proizvedenu količinu vodene pare, koju su proizvele životinje, ta količina svježeg zraka će iznositi:

$$V_x = \frac{X_z}{X_u - X_v} \quad \text{u (m}^3\text{/h)}$$

gdje je:

X_z — proizvedena količina vodene pare u g/h po U. G.

X_u — sadržaj vodene pare u stajskom zraku u g/m³

X_v — sadržaj vodene pare u vanjskom zraku u g/m³

V_x — potrebna količina svježeg zraka u m³/h

Mi nastojimo da potrebna količina dovoda svježeg zraka ($\gg V_x \ll$ u (m^3/h) , pri kojoj je osigurano odvođenje vodene pare, bude uvijek manja od količine zraka $\gg V_u \ll$ koja se može zamijeniti za toplinu iz staje

$$V_x \leq V_u$$

Kada ne postoji potreba u dopunskom grijanju ovaj je uvjet jednak:

$$\frac{X_z}{X_u - X_v} \leq \frac{Q_z - Q_{tr}}{i_u - i_v}$$

Za slučaj potrebe u dopunskom grijanju navedeni je uvjet jednak:

$$\frac{X_z}{X_u - X_v} \leq \frac{Q_z + Q_d - F \cdot k (t_u - t_v)}{i_u - i_v}$$

Kako se navedeni uvjet za $V_x \leq V_u$ uglavnom, teško poštiže moramo očekivati da se jedan dio vodene pare apsorbira u gradivo nastambe. Treba odmah napomenuti da gradivo nastambe ne smije primiti godišnje više vlage nego što se difuzijom tokom ljetnog perioda može odvesti napolje. Ako se vlaga vremenom stalno povećava u gradivu nastambe, razumljivo da će doći do povećanja koeficijenta provodljivosti (λ) a time i do smanjenja termičko-izolacionih sposobnosti cjelokupne nastambe. Takav nesklad će uvjetovati promjenu tražene ravnoteže u toplini nastambe (tj. potrošnja topline će rasti) što utječe na ekonomičnost održavanja optimalnih ambijentalnih uvjeta. Prema tome, neophodno je da se odredi adekvatan koeficijent prolaza topline (k) cijele nastambe za klimatske karakteristike toga kraja. Maksimalno dozvoljena vrijednost koeficijenta prolaza topline za sprečavanje kondenzata može se predočiti slijedećom jednačinom:

$$k_{\max} \leq \alpha_u \frac{t_u - t_s}{t_u - t_v} \quad \text{u (kcal/m}^2 \text{ h}^\circ \text{ C)}$$

Analogno je toplinska brana (otpor) jednaka:

$$\frac{1}{k_{\max}} \leq \frac{1}{\alpha_u} \cdot \frac{t_u - t_v}{t_u - t_s} \quad \text{u (m}^2 \text{ h}^\circ \text{ C/kcal)}$$

Prema tome » k_{\max} « označava onu vrijednost prolaza topline koja se kod određenih temperatura za sve konstruktivne dijelove može dostići kao maksimalna, ako treba izbjeći orošavanje zida. Ako je izračunata vrijednost $\left(\frac{1}{k_{\text{ef}}}\right)$ na temelju poznate formule $\left(\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_u} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_v}\right)$ nedovoljno potrebna vrijednost, tj. ne dostiže vrijednost $\left(\frac{1}{k_{\max}}\right)$ odnosno $k_{\text{ef}} > k_{\max}$ a što znači izolacija nije dovoljna pri određenoj temperaturi. U takvim uvjetima izolaciju moramo pojačati što onda iznaša da je:

$$\frac{1}{k_{\max}} = \frac{1}{k_{\text{ef}}} + \frac{d_d}{\lambda_d} \quad \text{pa je } d_d = \lambda_d \left(\frac{1}{k_{\max}} - \frac{1}{k_{\text{ef}}} \right)$$

gdje je:

d_d — potrebno dodatno pojačanje zida u (m')

λ_d — koeficijent provodljivosti dodatnog izolacionog gradiva.

Uvrstimo li poznate vrijednosti u jednadžbu za potrebno dodatno pojačanje dobit ćemo slijedeće:

$$d_d \cong \lambda_d \left[\frac{t_u - t_v}{\alpha_u (t_u - t_s)} - \left(\frac{1}{\alpha_u} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_v} \right) \right]$$

ili

$$d_d \cong \lambda_d \left(\frac{t_u - t_v}{\alpha_u (t_u - t_s)} - \frac{1}{k} \right) \quad \text{u (m')}$$

Analogno je moguće i obrnutim postupkom doći do **vrijednosti toplinske izolacije** na temelju k_{\max} gdje dobivamo da je ona jednaka:

$$\frac{1}{\lambda_{\text{ef}}} = \frac{1}{k_{\max}} - \left(\frac{1}{\alpha_u} + \frac{1}{\alpha_v} \right)$$

Sada nam za kontrolu može poslužiti unutrašnja zidna temperatura gdje je uvjet za dovoljnu toplinsku izolaciju zida:

$$t_u \cong t_s$$

$$\text{Unutrašnja temperatura zida jednaka je } t_u = t_s - k \frac{t_u - t_v}{\alpha_u}$$

pri čemu razlika između unutrašnje i vanjske temperature zraka mora biti

$$\text{jednaka } \Delta t = \frac{\alpha_u (t_u - t_s)}{k}$$

Međutim, i koncentracija CO₂ u staji mora biti kao mjerilo za dovod potrebne količine svježeg zraka, koja se onda određuje na osnovu slijedećeg matematskog izraza:

$$V_c = \frac{C_z}{C_u - C_v} \quad \text{u (m}^3/\text{h) po U G}$$

gdje je:

V_c — potrebna količina dovoda svježeg zraka u (m³/h) po UG

C_z — proizvedena količina CO₂ u 1/h po UG (160 1/h)

C_u — dopuštena količina (koncentracija) CO₂ u staji

C_v — koncentracija CO₂ u svježem vanjskom zraku

Pogledamo li koliko trebamo svježeg zrak'a (»V_c« u m³/h) pri određenim koncentracijama CO₂ u staji u dozvoljenim granicama od C_u = 0,3 — 0,5% dobit ćemo slijedeće vrijednosti:

Dozvoljena oncentracija CO ₂ u staji (»C _u « u %)	Potrebna količina svježeg zraka (»V _c « u (m ³ /h) po UG)
0,30	59
0,35	50
0,40	40
0,50	34

Treba napomenuti da se koncentracija CO₂ od C_u = 0,50% u stajama ne preporučuje, iako je kod ljudi to dozvoljena koncentracija onečišćenja.

Koje su količine svježeg zraka potrebne da se osigura odvođenje vodene pare od X_z = 300 (g/m³) po UG pri različitim odnosima vanjske i unutrašnje temperature i relativne vlažnosti zraka, vidimo iz podataka na tabeli. Kod proračuna je uzeto da je φ_v = 100%. Vanjske temperature zraka su odabrane tako da predstavljaju navedene klimatske predjele i to predio oštre klime sa t_v = — 16° C, predjele srednje blage klime sa t_v = —12 i —8° C, a predjeli blage klime sa t_v = — 4° C. Proračun je proveden za stajске temperature zraka od t_u = 6, 8, 10, 12 i 14° C i relativne vlažnosti stajskog zraka od φ_u = 65, 70, 75, 80, 85 i 90%.

Potrebna količina dovoda svježeg zraka »V_x« u (m³/h)

t _v	t _u	»V _x « u (m ³ /h) po UG kod φ _u = 100%					
		φ _u = 65%	φ _u = 70%	φ _u = 75%	φ _u = 80%	φ _u = 85%	φ _u = 90%
— 16	6	87,0	78,5	71,5	66,0	61,0	57,0
	8	73,0	66,0	61,0	56,0	53,0	48,5
	10	63,0	56,5	52,0	48,0	44,5	41,5
	12	53,0	48,5	44,5	41,5	38,5	36,0
	14	45,5	42,0	38,5	35,8	33,4	31,3
— 12	6	102,5	91,5	82,5	75,0	68,5	63,5
	8	84,0	75,0	68,0	62,5	57,5	53,0
	10	69,8	62,9	57,1	52,5	48,6	45,0
	12	58,3	53,0	48,5	44,5	41,3	38,5
	14	49,5	45,2	41,4	38,1	35,5	33,2
— 8	6	136,5	117,5	103,0	91,5	82,3	74,9
	8	105,0	92,0	81,5	73,5	66,5	61,0
	10	83,7	74,3	66,5	60,0	55,0	50,5
	12	68,2	60,7	55,0	50,0	46,5	42,5
	14	56,5	50,5	45,8	42,0	38,8	36,0
— 4	6	250,0	193,0	156,0	131,0	113,0	99,5
	8	161,0	131,0	112,8	97,0	85,5	76,5
	10	116,0	98,5	85,0	75,0	67,2	60,5
	12	87,8	77,0	67,0	60,2	54,1	49,3
	14	69,2	60,7	54,0	48,8	44,5	41,0

Na temelju proračunatih vrijednosti za »V_x« u jednakim kombinacijama vanjskih i nutrašnjih temperatura i relativnih vlažnosti zraka, određeni su ventilacioni gubici topline »Q_v« u kcal/h po UG. Toplina koja je potrebna za ugrijavanje vanjskog svježeg zraka na navedene stajске temperature računata je na osnovu slijedeće jednadžbe:

$$Q_v = X_z \cdot Q_{vx1} \quad \text{gdje je}$$

$$Q_{vx1} = \frac{i_u - i_v}{x_u - x_v} \quad \text{u (kcal/)}$$

Ventilacioni gubici topline iz nastambe ($\gg Q_v \ll$)

t_v (°C)	t_u (°C)	» Q_v « u kcal/h po UG kod					$\varphi_v = 100\%$	
		$\varphi_u = 65\%$	$\varphi_u = 70\%$	$\varphi_u = 75\%$	$\varphi_u = 80\%$	$\varphi_u = 85\%$	$\varphi_u = 90\%$	
— 16	6	800	735	685	650	615	585	
	8	740	685	650	612	586	550	
	10	705	648	610	580	550	520	
	12	650	608	575	548	520	500	
	14	607	578	549	520	497	482	
— 12	6	765	700	650	610	572	542	
	8	710	652	608	573	543	514	
	10	660	614	575	544	518	487	
	12	615	578	545	519	488	467	
	14	580	548	520	489	470	450	
— 8	6	775	695	632	580	540	508	
	8	700	640	584	545	510	484	
	10	646	586	550	514	485	462	
	12	595	552	518	487	463	440	
	14	560	520	490	464	441	423	
— 4	6	852	775	662	585	522	488	
	8	775	663	588	526	492	460	
	10	675	600	540	500	467	437	
	12	602	555	508	470	442	420	
	14	557	510	474	444	424	402	

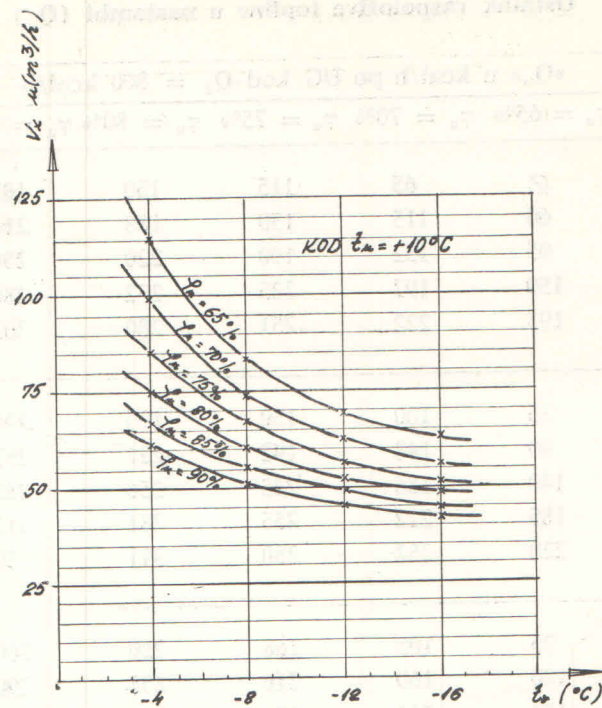
Ostatak topline, koja nam stoji na raspolaganju za pokrivanje transmisij-skih gubitaka topline (Q_{tr}) iz nastambe, računat je za jednake kombinacije kod proizvedene topline $Q_{\bar{z}} = 800$ (kcal/h) po UG naše pasmine prema dobivenim podacima Instituta za stočarstvo iz Zagreba.

Ostatak raspoložive topline u nastambi (Q_{tr})

t_v	t_u	» Q_{tr} « u kcal/h po UG kod $Q_z = 800$ kcal/h					
		$\varphi_u = 65\%$	$\varphi_u = 70\%$	$\varphi_u = 75\%$	$\varphi_u = 80\%$	$\varphi_u = 85\%$	$\varphi_u = 90\%$
	6	Ø	65	115	150	185	215
	8	60	115	150	188	214	250
— 16	10	95	152	190	220	250	280
	12	150	192	225	252	280	300
	14	193	222	251	280	303	318
	6	35	100	150	190	228	258
	8	90	148	192	227	257	286
— 12	10	140	186	225	256	282	313
	12	185	222	255	281	312	333
	14	220	252	280	311	330	350
	6	25	105	168	220	260	292
	8	100	160	216	255	290	316
— 8	10	154	214	250	286	315	338
	12	215	248	282	313	337	360
	14	240	280	310	336	359	377
	6	Ø	25	138	215	278	312
	8	25	137	212	274	308	340
— 4	10	125	200	260	300	333	363
	12	198	245	292	330	358	380
	14	243	290	326	356	376	398

Prema izračunatim vrijednostima za navedene kombinacije vidimo da količina potrebnog svježeg zraka, uz određenu vanjsku temperaturu i relativnu vlažnost stajskog zraka, opada s porastom stajске temperature zraka (t_u). Također je vidljivo da uz određenu vanjsku i unutrašnju temperaturu zraka potreba za svježim zrakom opada kod povećanja relativne vlažnosti stajskog zraka.

Vidljivo je također, da su ventilacioni gubici topline manji pri porastu stajске temperature zraka uz određenu vanjsku temperaturu i relativnu vlažnost stajskog zraka. Uz određenu vanjsku i unutrašnju temperaturu zraka ventilacioni gubici topline opadaju s porastom relativne vlažnosti stajskog

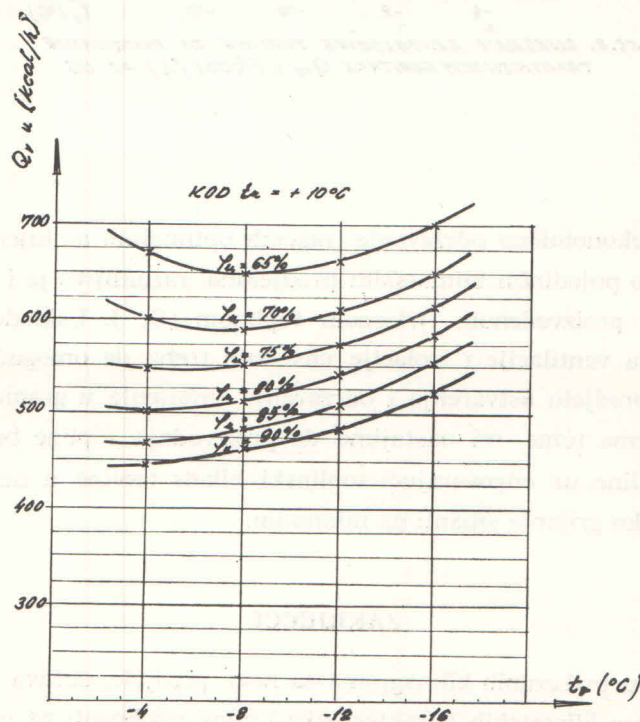


Sl. 6. DINAGRAM POTREBNIH KOLIČINA SVJEŽEG ZRAKA V_u (m^3/h) PO UG.

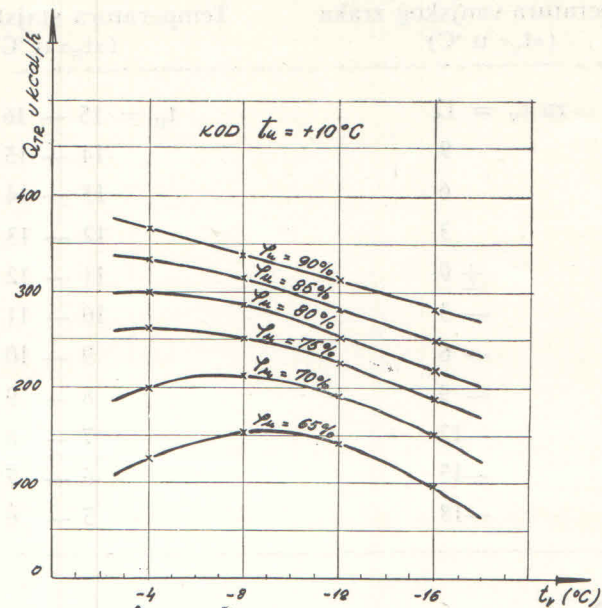
zraka. Ostatak topline s kojom raspolažemo za pokrivanje transmisijskih gubitaka topline iz nastambe je veći što dozvolimo veću relativnu vlažnost stajskog zraka uz određenu vanjsku i unutrašnju temperaturu zraka. Iz svega se može zaključiti kako su navedeni faktori u uskoj vezi, pa ih je neophodno zajednički tretirati. Na grafičkim prikazima broj 6, 7 i 8 vidimo odnose » V_x «, » Q_v « i » Q_{tr} « s vanjskim temperaturama zraka uz različite relativne vlažnosti stajskog zraka kod optimalne temperature stajskog zraka od $t_u = +10^\circ\text{C}$.

Promatrajući temperaturne razlike između vanjskog i unutrašnjeg zraka, u nastambama za goveda mogu preporučiti slijedeće vrijednosti odnosa vanjske i unutrašnje temperature zraka kod traženih ambijentalnih uvjeta:

Temperatura vanjskog zraka (» t_v « u °C)	Temperatura stajskog zraka (» t_u « u °C)
za $t_v = 12$	$t_u = 15 - 16$
9	14 — 15
6	13 — 14
3	12 — 13
+ 0	11 — 12
- 3	10 — 11
- 6	9 — 10
- 9	8 — 9
-12	7 — 8
-15	6 — 7
-18	5 — 6



sl. 7. DIJAGRAM VENTILACIONIH GUBITAKA TOPLINE
 Q_v u (KCAL/h.) PO UG



sl. 8. DIJAGRAM RASPOLOŽIVE TOPLINE ZA POKRIVANJE TRANZISIJSKIH GUBITAKA Q_{TR} U (kcal/h) PO UG:

Kako je ekonomično održavanje traženih optimalnih ambijentalnih uvjeta različito po pojedinim klimatskim predjelima, razumljivo je i ekonomično postupanje s proizvedenom tjelesnom toplinom (Q_z). Usklađenost međusobnih odnosa ventilacije i izolacije nastambi treba da omogući u svakom klimatskom predjelu ostvarenje i održavanje ambijenta u granicama ekonomičnosti. Prema tome, mi nastojimo da proizvodnja topline bude jednaka potrošnji topline uz odgovarajući toplinski bilans topline u nastambi tako da se dopunsko grijanje smanji na minimum.

ZAKLJUČCI

Na osnovu prikazanih klimograma za neke predjele, uočava se velika različitost odnosa klimatskih karakteristika i zona udobnosti za navedenu stočarsku proizvodnju na teritoriju naše Republike. Prema tome, može se zaključiti kako će biti različita ekonomičnost ostvarenja i održavanja traženih

zona udobnosti. Upravo ovi faktori povlače za sobom i različite međusobne odnose ventilacije i izolacije za pojedine klimatske predjele. Iz navedenih proračunatih vrijednosti uz različite kombinacije vanjskih i unutrašnjih temperatura i relativnih vlažnosti zraka vidljiva je i različita potreba za svježim zrakom (V_x) kao i različiti ventilacioni gubici topline iz nastambe (Q_v) te različita količina raspoložive topline. Kako su problemi održavanja topline u nastambi u uskoj vezi s potrebama za svježim zrakom, neophodno je zajedničko tretiranje ovog problema. Kod rješavanja toga problema, nužno je da su bitni faktori u ravnoteži, tj. faktori proizvodnje topline u nastambi moraju biti jednaki faktorima potrošnje topline u nastambi. Osim toga se nastoji da potrebna količina svježeg zraka kod koje se omogućuje uklanjanje proizvedene vodene pare ($\gg V_x \ll$ u m^3/h po UG) bude manja od količine zraka ($\gg V_u \ll$ u m^3/h po UG) koja se može zamijeniti za toplinu iz staje. Kako, se taj uvjet u praksi teško ostvaruje, gradivo nastambe će apsorbirati preostali dio vodene pare. Količina vodene pare koju gradivo nastambe može da primi ne smije biti veća od mogućnosti otpuštanja u ljetnom periodu. Drugim riječima, ne smijemo dozvoliti preveliko upijanje vodene pare u gradivo nastambe koje bi tokom vremena moglo izazvati promjenu termičko-izolacione sposobnosti cijele nastambe. Upravo takva promjena remeti naš uvjet ravnoteže, tj. međusobnog odnosa ventilacije i izolacije nastambe, što prouzrokuje povećanje faktora potrošnje, a time i faktora proizvodnje topline u nastambi. Kako se u takvim slučajevima ne vodi računa o odgovarajućem povećanju kapaciteta dopunskog grijanja, proizlazi da sve treba podmiriti toplina koju proizvedu životinje. Takvo suviše izdavanje tjelesne topline životinja iziskuje veću potrošnju hrane sa jedne, a sa druge strane to se direktno odražava u proizvodnji. U takvim uvjetima životinja počinje trošiti dio asimilirane hrane na produkciju topline koja se troši na ugrijavanje stajskog prostora koji više nije adekvatno izoliran. Na kraju moramo zaključiti da je i koncentracija CO_2 u nastambi mjerilo za određivanje potrebne količine za svježim zrakom, te s obzirom na dozvoljenu koncentraciju moramo osigurati odgovarajuću količinu svježeg zraka.

Literatura

- 1) »Der Rindviehstall« Von Regierungsrat Josef Ober.
- 2) »Stallüftung« Dr ing. K. Stieteueroth.
- 3) »Prijedlog za građu klime Hrvatske« razdoblje (1948—1960.) »Rukopis Hidrometeorološke službe Hrvatske« — Zagreb.
- 4) »Otoplenie i ventilacija« (Moskva 1965) I dio P. N. Kamenov, V. N. Bogoslovskij, A. G. Egiazarov.

- 5) »Toplinska mjerenja« dr inž. Velimir Vouk.
- 6) »Gesunde und Zweckmä Ige schweinställe« von Oberregierungsrat Josef Ober.
- 7) »Bauhandbuch für landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaften« von dr ing. Manfred Berger
- 8) »Das Handbuch des landbanmeisters« Cords — Parchim, Hochschule Dresden.
- 9) »La progettazione delle porcilaie industriali« Corrado Ricci.
- 10) »Mehanizacija rada u stočarstvu« prof. dr Josip Brčić.
- 11) »L'organizzazione dei servizi nelle stalle tradizionali« Nicola Matarrese.
- 12) »Suvremena izgradnja nastambi za goveda« dipl. ing. Dane Šikić.
- 13) »Osnovni uvjeti za funkcionalnu izgradnju zatvorenog tipa nastambi za goveda« Dipl. ing. Dane Šikić.
- 14) »La ventilazione meccanica dei pollai« Corrado Ricci.

Literatura

- 1) »Die Bauweise der Schweineställe« von Oberregierungsrat Josef Ober.
- 2) »Bauhandbuch für landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaften« von dr ing. Manfred Berger
- 3) »Das Handbuch des landbanmeisters« Cords — Parchim, Hochschule Dresden.
- 4) »La progettazione delle porcilaie industriali« Corrado Ricci.
- 5) »Mehanizacija rada u stočarstvu« prof. dr Josip Brčić.
- 6) »L'organizzazione dei servizi nelle stalle tradizionali« Nicola Matarrese.
- 7) »Suvremena izgradnja nastambi za goveda« dipl. ing. Dane Šikić.
- 8) »Osnovni uvjeti za funkcionalnu izgradnju zatvorenog tipa nastambi za goveda« Dipl. ing. Dane Šikić.
- 9) »La ventilazione meccanica dei pollai« Corrado Ricci.