



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Veterinární a farmaceutická univerzita Brno  
Fakulta veterinární hygieny a ekologie

## **Posuzování tepelné bilance a větrání stájových objektů pro hospodářská zvířata**

Multimediální učební text

Autor:  
MVDr. Jan Chloupek, Ph.D.

Brno, 2012

## Obsah

1. Úvod .....	5
2. Tepelná bilance stájových objektů .....	7
2.1. Princip bilance tepla ve stájových objektech.....	7
2.2. Výpočet tepelné bilance.....	7
2.3. Zdroje tepla ve stájových objektech .....	7
2.3.1. Výpočet produkce tepla .....	7
2.3.1.1. Příklady pro procvičení problematiky.....	9
2.3.1.2. Modelové zkušební příklady.....	10
2.4. Tepelné ztráty $Q_C$ .....	12
2.4.1. Ztráta tepla prostupem $Q_P$ .....	13
2.4.1.1. Základní tepelná ztráta $Q_0$ .....	14
2.4.1.2. Přirážka na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí – $p_1$ .....	14
2.4.1.3. Přirážka na urychlení zátopy – $p_2$ .....	15
2.4.2. Ztráta tepla prostupem jednotlivými stavebními konstrukcemi.....	15
2.4.2.1. Součinitel prostupu tepla .....	15
2.4.2.2. Příklady pro procvičení problematiky .....	17
2.4.2.3. Modelové zkušební příklady .....	18
2.5. Ztráta tepla větráním $Q_{VO}$ .....	19
2.5.1. Výpočet množství odváděného vzduchu $V_O$ .....	19
2.5.2. Stanovení entalpie (tepelného objemu) měněného vzduchu.....	20
2.5.3. Stanovení měrné hmotnosti odváděného vzduchu při dané teplotě a relativní vlhkosti .....	20
2.6. Makro- a mikroklimatické ukazatele pro výpočet tepelné bilance stáje .....	21
2.7. Posouzení a využití výsledků tepelné bilance stájového objektu.....	21
2.8. Modelový zkušební příklad výpočtu tepelné bilance .....	23
2.8.1. Zadání příkladu .....	23
2.8.2. Tepelná bilance - výpočet.....	24
2.8.2.1. Stanovení výpočtových hodnot $t$ a $R_v$ .....	24
2.8.2.2. Výpočet produkce tepla .....	24
2.8.2.3. Výpočet dílčích ztrát tepla prostupem .....	25
2.8.2.4. Výpočet základní ztráty tepla prostupem .....	26

2.8.2.5. Výpočet celkové ztráty tepla prostupem .....	27
2.8.2.6. Ztráta tepla větráním .....	28
2.8.2.7. Modelový zkušební příklad – vyhodnocení stanovené tepelné bilance objektu..	28
3. Větrání stájových objektů .....	29
3.1. Výpočet hodnot výměny vzduchu .....	29
3.2. Orientační hodnoty výměny vzduchu .....	30
3.3. Výpočet výměny vzduchu pomocí hodnoty $V_{OJ}$ .....	30
3.3.1. Minimální zimní výměna vzduchu .....	30
3.3.2. Maximální zimní (střední) výměna vzduchu .....	30
3.3.3. Maximální letní výměna vzduchu .....	30
3.3.4. Příklad pro procvičení problematiky .....	31
3.3.5. Modelové zkušební příklady .....	33
3.4. Přesný výpočet větrání .....	36
3.4.1. Větrání podle obsahu vodních par .....	36
3.4.1.1. Výpočet biologická produkce vodní páry .....	37
3.4.1.2. Příklady pro procvičení problematiky .....	38
3.4.1.3. Modelové zkušební příklady .....	39
3.4.1.4. Stanovení měrných vlhkostí ( $x_i$ , $x_e$ ) měněného vzduchu .....	42
3.4.1.5. Stanovení měrné hmotnosti odváděného vzduchu při dané teplotě a relativní vlhkosti .....	42
3.4.1.6. Příklad pro procvičení problematiky .....	42
3.4.2. Větrání podle obsahu $CO_2$ .....	43
3.4.2.1. Výpočet biologické produkce $CO_2$ .....	44
3.4.2.2. Příklady pro procvičení problematiky .....	45
3.4.2.3. Modelové zkušební příklady .....	45
3.4.2.4. Stanovení nejvyšší povolené koncentrace $CO_2$ ve stáji .....	47
3.4.2.5. Příklad pro procvičení problematiky .....	47
3.4.3. Větrání podle teploty – odvod přebytečného tepla .....	51
3.4.3.1. Výpočet produkce tepla .....	52
3.4.3.2. Stanovení průměrného rozdílu entalpie stájového vzduchu [ $kJ.kg^{-1}$ ] pro dané pásmo $t_i$ .....	52
3.4.3.3. Stanovení měrné hmotnosti odváděného vzduchu při dané teplotě a relativní vlhkosti.....	52

3.4.3.4. Příklad pro procvičení problematiky .....	52
3.5. Větrací zařízení ve stájových objektech – druhy, konstrukce a výpočet .....	53
3.5.1. Druhy větracích zařízení .....	53
3.5.2. Konstrukce a předpoklady správné funkce výparníků .....	55
3.5.3. Výpočet celkové potřebné plochy výparníků .....	57
3.5.3.1. Stanovení potřebné výměny vzduchu $V_0$ .....	58
3.5.3.2. Stanovení rychlosti proudění vzduchu ve výparnících .....	58
3.5.3.3. Výpočet požadované kapacity a návrh konstrukce samotížného větracího zařízení.....	58
4. Literatura .....	60

## 1. Úvod

Nejčastějším způsobem chovu hospodářských zvířat v klimatických podmínkách České republiky je jejich ustájení v uzavřených stájových systémech. Tyto systémy byly v našich podmínkách tradičně konstruovány jako zateplené (tepelně izolované) a měly ustájená zvířata chránit především před nepříznivými makroklimatickými podmínkami v zimním období. V současné době v souvislosti s významným nárůstem užitkovosti, a tedy i intenzitou metabolismu se zejména v chovech skotu tato situace začíná pozvolna měnit a jedním z hlavních typů nově budovaných stájí jsou nezateplené, či polozavřené objekty u kterých již ochrana zvířat před zimou přestává být prioritou. Jednou z příčin těchto změn je potřeba dojníc spíše se zbytkového metabolického tepla zbavovat nežli je uchovávat. Obecnou pravdou je, že skotu vzhledem k jeho arktickému fylogenetickému původu, lépe vyhovuje pobyt v prostředí s nízkými teplotami. Příčinou tohoto jevu je především disproporce produkce a výdeje tepla v organismu. Skot totiž produkuje velké množství tepla především z mikrobiální činnosti předžaludků a musí se tohoto tepla zbavit proto, aby organismus zůstal v tepelné rovnováze. V důsledku relativně malého povrchu těla (kráva cca 6 m<sup>2</sup>) se skot zbavuje nadbytečného tepla s obrovskými potížemi.

Je zjevné, že v období posledních 20 let významně vzrostl počet letních dnů s extrémně vysokými teplotami a jedna z prognóz oteplování evropského kontinentu předpokládá změny klimatických podmínek směrem k vyšším teplotám, a to tak, že průměrná teplota každých 10 let vzroste v průměru dokonce 0,4°C.

Nově konstruované stájové objekty již tedy téměř nemusí chránit skot (zejména dojnice) před nepříznivými účinky zimy, otázkou zůstává, zdali tyto stavby poskytují zvířatům dostatečnou ochranu v letním období. V chovatelské i odborné veřejnosti se začínají objevovat názory, že tomu tak nemusí být a tepelně izolované stavby, které by zvířata chránila nejen před zimou, nýbrž i před teplem jsou opět aktuální. Zcela vážné debaty se mezi odborníky vedou o možnostech budování klimatizovaných objektů, či dokonce o způsobech energetického využití metabolického tepla zvířat ustájených v zateplených objektech.

V každém případě v současnosti je většina stájí pro skot v České republice zateplená, přičemž chovy prasat (zejména mladších věkových kategorií a prasnic) a drůbeže obecně si bez zateplených stájí nedokážeme představit.

Vlivem podmínek venkovního klimatu, vlivem životních pochodů zvířat, technologických procesů, činností strojů a zařízení ve stáji a působením řady dalších fyzikálních, chemických a biologických procesů se v tomto uzavřeném stájovém prostoru utváří specifické prostředí, které velice intenzivně ovlivňuje přímým i nepřímým způsobem organismus ustájených

zvířat. Působí na jejich zdravotní stav, psychickou pohodu, a tím také dosti významně ovlivňuje jejich užitek.

Cílem tohoto multimediálního učebního textu je poskytnout studentům předmětu Zoohygiena a veterinární prevence obecný návod pro exaktní posouzení stájového prostředí z hlediska tepelné bilance objektu a jeho vlivu na chovaná zvířata v jednotlivých makroklimatických podmínkách. Pro správný provoz stájí je nezbytné též zajištění adekvátního režimu větrání, jakož i přesné stanovení požadovaných výměn vzduchu pro jednotlivé druhy a kategorie. I tato oblast je v textu zpracovaná. Pro procvičení problematiky je uvedena řada příkladů pro výpočet výše uvedených parametrů a jejich předložená modelová řešení poskytují návod pro jejich správné zvládnutí.

## 2. Tepelná bilance stájových objektů

### 2.1 Princip bilance tepla ve stájových objektech

Při bilancování tepla ve stájových objektech pro hospodářská zvířata porovnáváme teplo, které se v objektu průběžně vytváří ( $Q_{PR}$ ) s teplem, které se z objektu za daných makroklimatických podmínek ztrácí ( $Q_C$ ). Je zřejmé, že bilancování tepla je významné zejména v zimním období, kdy jsou ztráty tepla z objektu značné.

Fyzikálním rozměrem pro vyjádření tohoto děje je watt (W). Watt je hlavní jednotka výkonu. Jednotka je pojmenována podle skotského inženýra Jamese Watta. 1 watt je výkon, při němž se vykoná práce 1 joulu za 1 sekundu [ $J \cdot s^{-1}$ ].

### 2.2. Výpočet tepelné bilance

Tepelnou bilanci stájového objektu [W] stanovíme ze vztahu:

$$Q_B = Q_{PR} - Q_C$$

kde:

$Q_{PR}$  je produkce tepla [W]

$Q_C$  jsou tepelné ztráty [W]

### 2.3. Zdroje tepla ve stájových objektech

Zdrojů tepla ve stájových objektech je poměrně mnoho. Zmínit lze především metabolické teplo ustájených zvířat, teplo vycházející z intenzivní mikrobiální činnosti a fermentace podestýlky, odpadní teplo z různých elektrických zařízení (zejména elektromotory ventilátorů, krmných linek, zařízení pro odklíz exkrementů), svítidel, teplo z motorů (např. traktorů), teplo ze sousedních vytápěných místností (šatny, kanceláře, sociální zařízení, dojírny) apod. Na rozdíl od konstrukce tzv. pasivních domů (své energetické potřeby plně saturují z místních zdrojů) se u stájových objektů za jediný zdroj tepla považuje metabolické teplo produkované ustájenými zvířaty, zatímco veškeré ostatní zdroje tepla se zanedbávají.

#### 2.3.1 Výpočet produkce tepla

**Obecný vzorec pro výpočet metabolického tepla produkovaného zvířaty  $Q_{PR}$  [W]:**

$$Q_{PR} = Q_{PRj} \cdot M_Z \cdot k_M \cdot k_q$$

kde:

$Q_{PRj}$  je teplo produkované zvířaty na jednotku hmotnosti [W]

Hodnoty  $Q_{PRj}$  jsou uvedeny v tabulkových přílohách č. 1 (skot), 2 (prasata) a 3 (drůbež) ON 73 4502 Větrání a vytápění stájových prostorů.

U skotu a prasat (přílohy č.1 a 2) jsou hodnoty  $Q_{PRj}$  uvedeny ve W na 100 kg živé hmotnosti, u drůbeže (příloha č.3) pak ve W na 1 kg živé hmotnosti.

$$Bo, Su - [W \cdot 100 \text{ kg}^{-1}] \quad Ga - [W \cdot \text{kg}^{-1}]$$

$M_Z$  je počet hmotnostních jednotek [Bo, Su 100 kg nebo Ga 1 kg] (celková hmotnost zvířat). Protože v přílohách č.1 a 2 jsou hodnoty  $Q_{PRj}$  uvedeny na 100 kg a v příloze č. 3 na 1 kg živé hmotnosti zvířat, pro výpočet celkové produkce metabolického tepla ustájených zvířat musíme jednotkovou produkci násobit počtem metrických centů [q] (stovek kilogramů) živé hmotnosti skotu a prasat a počtem kilogramů živé hmotnosti drůbeže.

$k_M$  je korekce na mléčnou užitkovost (úroveň metabolismu).

V příloze č. 1 (skot) je produkce tepla u kategorie dojnic uvedena pro zvířata s průměrnou dojivostí stáda 3000-3500 kg mléka za rok. Je prokázáno, že s rostoucí dojivostí, a tedy i s intenzitou metabolismu roste i produkce tepla. Tuto skutečnost je nutné zohlednit a výpočet produkce tepla u dojnic zpřesnit. Korekce se tedy provádí pouze u dojnic, u kterých se vyskytuje vysoká variabilita mléčné produkce (v závislosti na plemeni, fázi laktace, stáří zvířete, atd.).

U ostatních druhů zvířat je užitkovost v podstatě konstantní, a je dána tabulkovou hodnotou, typickou pro danou kategorii zvířat.

Podle dodatku 2) přílohy č.1 při vyšší užitkovosti (než tabulková 3000 – 3500 kg mléka.rok<sup>-1</sup>) roste produkce tepla o 6% na 500 kg roční produkce mléka.

$k_q$  je přepočítací koeficient produkce tepla pro různé teploty vnitřního prostředí [ $t_i$ ] (přílohy č. 1, 2 a 3).

Tento koeficient zohledňuje produkci tepla u jednotlivých druhů hospodářských zvířat v závislosti na teplotě stájového prostředí. Platí, že se snižující se teplotou prostředí vrůstá produkce tepla a naopak s rostoucí stájovou teplotou zvířata svoji tepelnou produkci snižují.

U skotu a prasat nalezneme hodnoty  $k_q$  v dodatkových tabulkách příloh č. 1 a 2, kde jsou korekce uvedeny pro různé teploty vnitřního stájového prostředí [ $t_i$ ] (0, 5, 10, 15, 20, 25 a 30°C). Neuvedené mezilehlé hodnoty se získají lineární interpolací mezi dvěma nejbližší uvedenými hodnotami (viz příklady).



U jednotlivých kategorií drůbeže platí hodnoty  $Q_{PRj}$  v příloze č.3 pro vnitřní teploty  $[t_i]$  uvedené v posledním sloupci tabulky. Pro odlišné teploty stájového prostředí se uvažuje vzrůst produkce tepla při poklesu teploty o 1K (1°C) o 1% a opačně.

Pozn. 1 kelvin (K) je jednotka teploty, indikující termodynamickou teplotu. Je definován 2 body:

1. 0 K je teplota absolutní nuly, tedy naprosto nejnižší teplota, která je fyzikálně definována
2. 273,16 K je teplota trojného bodu vody (0,01°C)

Absolutní velikost jednoho stupně v Celsiově i Kelvinově stupnici je stejná – teplotní rozdíl 1K je roven rozdílu 1°C.

### 2.3.1.1 Příklady pro procvičení problematiky

#### Příklad 1

Stanovte tepelnou produkci u 200 ks dojnic s průměrnou hmotností 500 kg, roční užitkovostí 3500 kg.rok<sup>-1</sup>, při vnitřní teplotě 10°C.

**Řešení:**

$$Q_{PR} = Q_{PRj} \cdot M_Z \cdot k_M \cdot k_q$$

$$Q_{PRj} = 195 \text{ W} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1000 \text{ q} \quad (200 \cdot 500 / 100)$$

$$k_M = 1,00$$

$$k_q = 1,00$$

$$Q_{PR} = 195 \cdot 1000 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = \underline{195\,000 \text{ [W]}}$$

#### Příklad 2

Zadání stejné, jako u příkladu 1, u zvířat je vyšší užitkovost.

Stanovte tepelnou produkci u 200 ks dojnic s průměrnou hmotností 500 kg, roční užitkovostí 6000 kg.rok<sup>-1</sup>, při vnitřní teplotě 10°C

**Řešení:**

$$Q_{PR} = Q_{PRj} \cdot M_Z \cdot k_M \cdot k_q$$

$$Q_{PRj} = 195 \text{ W} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1000 \text{ q} \quad (200 \cdot 500 / 100)$$

$$k_M = 1,30 \quad (6000 - 3500 = 2500), (2500 : 500 = 5), (5 \cdot 6\% = 30\%)$$

$$k_q = 1,00$$

$$Q_{PR} = 195 \cdot 1000 \cdot 1,30 \cdot 1,00 = \underline{253\,500 \text{ [W]}}$$

Výsledek u 1. příkladu – 195 000 W. Jde tedy o zvýšení produkce tepla o 58 500 W.

### **Příklad 3**

Zadání stejné, jako u příkladu 2, ve stáji je nižší teplota.

Stanovte tepelnou produkci u 200 ks dojníc s průměrnou hmotností 500 kg, roční užitkovostí 6000 kg.rok<sup>-1</sup>, při vnitřní teplotě 2°C

#### **Řešení:**

$$Q_{PR} = Q_{PRj} \cdot M_Z \cdot k_M \cdot k_q$$

$$Q_{PRj} = 195 \text{ W} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1000 \text{ q} \quad (200 \cdot 500 / 100)$$

$$k_M = 1,30 \quad (6000 - 3500 = 2500), (2500 : 500 = 5), (5 \cdot 6\% = 30\%)$$

$$k_q = 1,08 \quad (\text{interpolací mezi hodnotami } 1,05 \text{ a } 1,10)$$

$$Q_{PR} = 195 \cdot 1000 \cdot 1,30 \cdot 1,08 = \underline{273\,780 \text{ [W]}}$$

Výsledek u 2. příkladu – 253 500 W. Jde tedy o další zvýšení produkce tepla o 20 280 W.

### **2.3.1.2 Modelové zkušební příklady**

1. Stanovte produkci tepla u 500 ks prasat ve 3. etapě výkrmu.

Průměrná hmotnost zvířat: 95 kg

Teplota ve stáji [t<sub>i</sub>]: 9°C

#### **Řešení:**

$$Q_{PRj} = 275 \text{ W} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 475 \text{ q}$$

$$k_q = 1,01$$

$$Q_{PR} = 275 \cdot 475 \cdot 1,01 = \underline{131\,931 \text{ [W]}}$$

2. Stanovte produkci tepla u 200 ks kojících prasnic.

Průměrná hmotnost zvířat: 220 kg

Teplota ve stáji [t<sub>i</sub>]: 18°C

#### **Řešení:**

$$Q_{PRj} = 430 \text{ W} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 440 \text{ q}$$

$$k_q = 0,92$$

$$Q_{PR} = 430 \cdot 440 \cdot 0,92 = \underline{174\,064 \text{ [W]}}$$

3. Stanovte produkci tepla u 300 ks výkrmu býků.

Průměrná hmotnost zvířat: 400 kg

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 6°C

**Řešení:**

$$Q_{PRj} = 210 \text{ W} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1200 \text{ q}$$

$$k_q = 1,04$$

$$Q_{PR} = 210 \cdot 1200 \cdot 1,04 = \underline{262\,080 \text{ [W]}}$$

4. Stanovte produkci tepla u 150 ks dojnic, užitkovost 6500 kg.rok<sup>-1</sup>.

Průměrná hmotnost zvířat: 620 kg

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 12°C

**Řešení:**

$$Q_{PRj} = 195 \text{ W} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 930 \text{ q}$$

$$k_M = 1,36$$

$$k_q = 0,98$$

$$Q_{PR} = 195 \cdot 930 \cdot 1,36 \cdot 0,98 = \underline{241\,703 \text{ [W]}}$$

5. Stanovte produkci tepla u 1000 ks selat.

Průměrná hmotnost zvířat: 5 kg

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 27°C

**Řešení:**

$$Q_{PRj} = 900 \text{ W} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 50 \text{ q}$$

$$k_q = 0,83$$

$$Q_{PR} = 900 \cdot 50 \cdot 0,83 = \underline{37\,350 \text{ [W]}}$$

6. Stanovte produkci tepla u 1000 ks nosnic na podestýlce, stáří 52 týdnů.

Průměrná hmotnost zvířat: 1800 g

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 12°C

**Řešení:**

$$Q_{PRj} = 7,5 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1800 \text{ kg}$$

$$k_q = 1,00$$

$$Q_{PR} = 7,5 \cdot 1800 \cdot 1,00 = \underline{13\,500 \text{ [W]}}$$

7. Stanovte produkci tepla u 50 ks plemenných kanců.

Průměrná hmotnost zvířat: 250 kg

Teplota ve stáji  $[t_i]$ : 17°C

**Řešení:**

$$Q_{PRj} = 170 \text{ W} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 125 \text{ q}$$

$$k_q = 0,93$$

$$Q_{PR} = 170 \cdot 125 \cdot 0,93 = \underline{19\,762,5 \text{ [W]}}$$

8. Stanovte produkci tepla u 200 ks jalovic, stáří 12 měsíců.

Průměrná hmotnost zvířat: 320 kg

Teplota ve stáji  $[t_i]$ : 6°C

**Řešení:**

$$Q_{PRj} = 230 \text{ W} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 640 \text{ q}$$

$$k_q = 1,04$$

$$Q_{PR} = 230 \cdot 640 \cdot 1,04 = \underline{153\,088 \text{ [W]}}$$

9. Stanovte produkci tepla u 40 ks plemenných býků.

Průměrná hmotnost zvířat: 1 200 kg

Teplota ve stáji  $[t_i]$ : 12°C

**Řešení:**

$$Q_{PRj} = 160 \text{ W} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 480 \text{ q}$$

$$k_q = 0,98$$

$$Q_{PR} = 160 \cdot 480 \cdot 0,98 = \underline{75\,264 \text{ [W]}}$$

## 2.4. Tepelné ztráty $Q_C$

Z každého, byť i zcela precizně projektovaného a stavebně realizovaného zatepleného objektu uniká v zimním období poměrně značné množství tepla. Častým problémem je únik tepla nedokonale těsnými stavebními prvky a konstrukcemi (např. netěsná okna, dveře apod.).

S takovými ztrátami nepočítáme, poněvadž jsou velmi obtížně zjistitelné a zejména stanovitelné. Proto jako s objektivně definovatelnými ztrátami tepla počítáme pouze se ztrátou tepla prostupem stavební konstrukcí  $Q_P$  a ztrátou tepla větráním  $Q_{VO}$ .

**Ztrátu tepla prostupem** stavebními konstrukcemi  $Q_P$  lze považovat za **zbytečnou** a můžeme ji různými zásahy snižovat – např. zlepšením tepelně-izolačních vlastností stájového pláště (zateplením budov).

**Ztráta tepla větráním**  $Q_{VO}$  je **nezbytná** a nesmí se záměrnými zásahy ovlivňovat. Například velmi častou chybou chovatelů nezřídka s velmi fatálními následky je jejich reakce na významný pokles venkovní teploty. Při omezení či dokonce uzavření (vypnutí) větracího systému dojde sice krátkodobě k zatavení ztrát tepla z objektu, a dokonce i k přechodnému vzrůstu vnitřní teploty, současně však dochází k postupnému zvyšování hodnot zplodin látkové výměny, jako je koncentrace  $CO_2$  a vodních par (zvýšená hodnota relativní vlhkosti prostředí). Při delším trvání tohoto stavu pak může dojít k udušení zvířat ( $CO_2$ ), případně zvlhnutí obvodových konstrukcí stájového pláště s následnou ztrátou jejich izolačních vlastností a následnému prudkému poklesu teploty uvnitř stáje ( $t_i$ ) s významnými následky na welfare, užitkovost či zdravotní stav chovaných zvířat.

Tepelné ztráty  $Q_C$  [W] ze stájového objektu tedy stanovíme ze vztahu:

$$Q_C = Q_P + Q_{VO}$$

kde:

$Q_P$  je ztráta tepla prostupem [W]

$Q_{VO}$  je ztráta tepla větráním [W]

#### 2.4.1. Ztráta tepla prostupem $Q_P$

Tepelná ztráta prostupem stavebními konstrukcemi se určí ze základní tepelné ztráty  $Q_0$  navýšené o 2 přírážky.

$$Q_P = Q_0 \cdot (1 + p_1 + p_2)$$

kde:

$Q_0$  je základní tepelná ztráta [W]

$p_1$  je přírážka na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí ( $p_1$  obecně cca 10 – 20%)

$p_2$  je přírážka na urychlení zátoku (význam pouze u turnusů)

### 2.4.1.1 Základní tepelná ztráta $Q_0$

Základní tepelná ztráta  $Q_0$  se rovná součtu tepelných toků prostupem jednotlivými stavebními konstrukcemi ohraničujícími stájový prostor. Jde tedy o součet dílčích tepelných ztrát prostupem.

Obecný vzorec pro výpočet základní tepelné ztráty  $Q_0$  [W]:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

kde:

$Q_1, Q_2, \dots$  atd. jsou tepelně-prostupové ztráty jednotlivými stavebními konstrukcemi

### 2.4.1.2 Přirážka na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí – $p_1$

Přirážkou na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí  $p_1$  se umožňuje zvýšení teploty vnitřního vzduchu tak, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazovaných stavebních konstrukcí bylo ve stájovém prostoru dosaženo požadované vnitřní teploty  $t_i$ , pro kterou se počítá základní tepelná ztráta  $Q_0$ .

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí  $p_1$  závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla všech stavebních konstrukcí stájového prostoru  $k_c$ , který se vypočítá ze vztahu:

$$k_c = \frac{Q_0}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \quad \left[ \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \right]$$

kde:

$\sum S$  je celková plocha stavebních konstrukcí ohraničujících stájový prostor [ $\text{m}^2$ ]. Plochy stropů, podlah a svislých stěn se vypočítají z vnitřních rozměrů místnosti, pouze u výšky se počítá s tzv. konstrukční výškou podlaží (výška stájového prostoru spolu s tloušťkou stropu). Plochou oken a dveří se rozumí plocha okenních a dveřních otvorů ve stěně.

$t_i$  je vnitřní výpočtová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t_e$  je venkovní výpočtová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$Q_0$  je základní tepelná ztráta

Hodnoty přirážky na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí  $p_1$  jsou uvedeny v příloze č. 8.

### 2.4.1.3 Přírážka na urychlení zátoku – $p_2$

S přírážkou na urychlení zátoku  $p_2$  se ve stájových prostorách běžně nepočítá, neboť ustájená zvířata je trvale produkovaným teplem vyhřívají. Zásadní význam má toto navýšení u turnusových provozů, a to zejména v případech, kdy se vyžadují vyšší teploty vnitřního prostředí (např. mladé věkové kategorie drůbeže, prasat či chovy laboratorních zvířat). V případě výměny turnusu zvířat dojde ke snížení vnitřní teploty (během vyskladnění se prostory nevytápí), a po naskladnění nových skupin zvířat by jejich produkované teplo nestačilo dostatečně rychle vnitřní podmínky upravit na požadované hodnoty. Vzhledem k tomu, že se v uvedených případech jedná většinou o zvířata s nedostatečně vyvinutými termoregulačními schopnostmi, byly by důsledky takového stavu velmi závažné. Před naskladněním nového turnusu je tedy nutné stájový objekt dostatečně vytopit umělými zdroji, a s tímto „nadstandardním“ množstvím tepla je tedy nutné počítat.

### 2.4.2 Ztráta tepla prostupem jednotlivými stavebními konstrukcemi

Při výpočtu celkové ztráty tepla prostupem stavební konstrukcí stájového objektu je nezbytné vypočítat nejprve veškeré dílčí tepelné ztráty prostupem jednotlivými užitými stavebními konstrukcemi.

Obecný vzorec pro výpočet ztráty tepla prostupem stavební konstrukcí  $Q$  [W]:

$$Q = k \cdot s \cdot \Delta t (t_i - t_e)$$

kde:

$k$  je součinitel prostupu tepla [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]

$s$  je plocha stavební konstrukce [ $\text{m}^2$ ]. Plochy stropů, podlah a svislých stěn se vypočítají z vnitřních rozměrů místnosti, pouze u výšky se počítá s tzv. konstrukční výškou podlaží (výška stájového prostoru spolu s tloušťkou stropu). Plochou oken a dveří se rozumí plocha okenních a dveřních otvorů ve stěně.

$\Delta t$  je rozdíl teplot na obou stranách stavební konstrukce [K].

$t_i$  je vnitřní výpočtová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ],  $t_e$  je výpočtová teplota prostředí na vnější straně stavební konstrukce (t.j. výpočtová venkovní teplota, výpočtová teplota v sousední místnosti nebo výpočtová teplota země).

#### 2.4.2.1 Součinitel prostupu tepla $k$ [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]

Jde o množství tepla za čas, které prostoupí plochou  $1\text{m}^2$  konstrukce při rozdílu teploty na jedné a druhé straně 1 K.

U některých stavebních konstrukcí, které se ve stavbách pravidelně opakují (okna, dveře) jsou součinitele prostupu tepla uvedeny v příloze č. 9.

Součinitel prostupu tepla podlah nepodsklepených přízemních hal se volí:

$k = 1,2 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  pro podlahy bez tepelné izolace

$k = 0,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  pro podlahy s tepelnou izolací

Za tepelnou izolaci se v tomto případě nepovažuje ani betonová deska podlahy, ani podlahová vrstva šěrku.

U ostatních stavebních konstrukcí, zejména u těch, které mají variabilní materiálové složení (stěny, stropy, podlahy) je nutno součinitel prostupu tepla vypočítat.

Obecný vzorec pro výpočet součinitele prostupu tepla stavební konstrukcí  $k$  [W]

$\frac{1}{k} =$  tepelně prostupový odpor ( $R_0$ ) odpor zdi proti „úniku“ tepla

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{s_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_e} \quad \text{[W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}\text{]}^{-1}$$

hodnota  $k$  je tedy:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{s_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad \text{[W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}\text{]}$$

kde:

$\alpha$  jsou součinitelé přestupu tepla [W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>]

$\alpha_i$  je celkový součinitel přestupu tepla na vnitřním povrchu stavební konstrukce.

Množství tepla za čas [W], které přestoupí z vnitřního prostředí do vnitřního povrchu stavební konstrukce o ploše 1 m<sup>2</sup>, při rozdílu teplot na obou stranách konstrukce 1 K.

$\alpha_e$  je součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu stavební konstrukce.

Množství tepla za čas [W], které přestoupí z vnějšího povrchu stavební konstrukce o ploše 1 m<sup>2</sup> do vnějšího prostředí při rozdílu teplot na obou stranách konstrukce 1 K.

$\alpha$  - závisí na rychlosti proudění vzduchu. Čím vyšší rychlost proudění vzduchu ( $\uparrow v$ ) tím vyšší hodnota součinitele přestupu tepla ( $\uparrow \alpha$ ) tím nižší hodnota tepelně přestupového odporu ( $\downarrow \frac{1}{\alpha}$ )

Hodnoty  $\alpha_i$  i  $\alpha_e$  jsou uvedeny v příloze č. 11.

$\lambda$  je součinitel tepelné vodivosti [W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>]

Množství tepla za čas [W], které projde krychlí stavebního materiálu o hraně 1 m mezi protilehlými stěnami, při rozdílu teplot na obou stranách konstrukce 1 K.



Závisí na:

- objemové hmotnosti materiálu (hustotě)  $\rightarrow \uparrow \rho \rightarrow \uparrow \lambda$
- množství vzduchu v materiálu
- vlhkosti materiálu
- směru tepelného toku materiálu

Hodnoty  $\lambda$  pro stavební materiály jsou uvedeny v příloze č. 10.

s je síla (tloušťka) jednotlivých vrstev stavební konstrukce [m]

### 2.4.2.2 Příklady pro procvičení problematiky

#### Příklad 1:

Vypočítejte součinitel prostupu tepla [k] pro venkovní zeď o následujícím složení:

vnitřní omítka vápenná (hustoty  $1600 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 2 cm  
zdivo z plných pálených cihel (hustota  $1800 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 44 cm  
venkovní omítka nastavovaná (hustota  $1800 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 2 cm  
Jedná se o zeď ve stájovém objektu pro skot.

#### Řešení:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{14} + \frac{0,02}{0,92} + \frac{0,44}{1,09} + \frac{0,02}{1,02} + \frac{1}{23}} = 1,786 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

#### Příklad 2:

Vypočítejte součinitel prostupu tepla [k] pro venkovní zeď o následujícím složení:

vnitřní omítka vápenná (hustoty  $1600 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 2 cm  
zdivo z plných pálených cihel (hustota  $1800 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 44 cm  
venkovní omítka nastavovaná (hustota  $1800 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 2 cm  
pěnový polystyren (hustota  $16 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 5 cm  
Jedná se o zeď ve stájovém objektu pro skot.

#### Řešení:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{14} + \frac{0,02}{0,92} + \frac{0,44}{1,09} + \frac{0,02}{1,02} + \frac{0,05}{0,06} + \frac{1}{23}} = 0,718 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

!!! Po přidání vrstvy 5 cm pěnového polystyrenu na vnější stranu stavební konstrukce snížíme ztrátu tepla z 1,786 na 0,715  $W.m^{-2}.K^{-1}$ , což znamená úsporu o cca 60% !!!

### 2.4.2.3 Modelové zkušební příklady

1. Vypočítejte součinitel prostupu tepla [k] pro vnitřní zeď o následujícím složení:

dřevo měkké (kolmo k vláknům) (hustoty  $600 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 2 cm

vnitřní omítka vápenná (hustoty  $1600 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 2 cm

zdivo z plných pálených cihel (hustota  $1800 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 29 cm

vnitřní omítka vápenná (hustoty  $1600 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 2 cm

Jedná se o zeď ve stájovém objektu pro skot.

**Řešení:**

$$k = \frac{1}{\frac{1}{14} + \frac{0,02}{0,15} + \frac{0,02}{0,77} + \frac{0,29}{0,77} + \frac{0,02}{0,77} + \frac{1}{14}} = 1,42 \text{ W.m}^{-2}.K^{-1}$$

2. Vypočítejte součinitel prostupu tepla [k] pro venkovní zeď o následujícím složení:

sádrokarton (sádrová deska) (hustoty  $1200 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 2 cm

železobeton (hustoty  $2300 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 30 cm

zdivo z dutých tvárnic (hustota  $1100 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 10 cm

pěnový polystyren (hustoty  $16 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 8 cm

Jedná se o zeď ve stájovém objektu pro skot.

**Řešení:**

$$k = \frac{1}{\frac{1}{14} + \frac{0,02}{0,63} + \frac{0,3}{1,82} + \frac{0,1}{0,7} + \frac{0,08}{0,06} + \frac{1}{23}} = 0,56 \text{ W.m}^{-2}.K^{-1}$$

3. Vypočítejte součinitel prostupu tepla [k] pro strop o následujícím složení:

vnitřní omítka vápenná (hustoty  $1600 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 1 cm

tvárnice HURDIS (keramická hmota) (hustota  $800 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 8 cm

škvárový beton (hustoty  $1900 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 15 cm

cementový potěr – beton prostý (hustoty  $2100 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 2 cm  
 Jedná se o konstrukci ve stájovém objektu pro skot s půdním prostorem.

**Řešení:**

$$k = \frac{1}{\frac{1}{14} + \frac{0,01}{0,77} + \frac{0,08}{0,53} + \frac{0,15}{0,96} + \frac{0,02}{1,15} + \frac{1}{14}} = 2,09 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

## 2.5. Ztráta tepla větráním $Q_{VO}$

V zimním období přináší větrání stájových objektů velmi významnou ztrátu tepla. Vyměňovaný ohřátý a vlhký vzduch jednak množství tepla odvádí, navíc je nahrazen přiváděným chladným venkovním vzduchem, který spotřebovává další značné množství stájového tepla na své ohřátí. Jak již bylo uvedeno výše, tuto ztrátu tepla musíme považovat za nezbytnou a nelze ji záměrně ovlivňovat.

Obecný vzorec pro výpočet ztráty tepla větráním  $Q_{VO}$  [W]:

$$Q_{VO} = V_0 \cdot \frac{-i_e - i_i}{3,6} \cdot \rho_i$$

kde

$V_0$  je množství odváděného vzduchu ze stáje [ $\text{m}^3.\text{hod}^{-1}$ ]

$i_i$  je entalpie (tepelný objem) odváděného vzduchu [ $\text{kJ.kg}^{-1}$ ]

$i_e$  je entalpie (tepelný objem) přiváděného vzduchu [ $\text{kJ.kg}^{-1}$ ]

$\rho_i$  je měrná hmotnost odváděného vzduchu při dané teplotě a relativní vlhkosti [ $\text{kg.m}^{-3}$ ]

### 2.5.1. Výpočet množství odváděného vzduchu $V_0$

Množství odváděného vzduchu  $V_0$  [ $\text{m}^3.\text{hod}^{-1}$ ] stanovíme ze vztahu:

$$V_0 = V_{Oj} \cdot M_Z \cdot k_M$$

kde:

$V_{Oj}$  je množství odváděného vzduchu na jednotku hmotnosti zvířat. V závislosti na venkovních a vnitřních výpočtových hodnotách teplot  $t_e$  a  $t_i$  jsou tyto údaje uvedeny v tabulkových přílohách č. 16 I. (skot), 16 II. (prasata) a 16 III (drůbež) ON 73 4502 Větrání a vytápění stájových prostorů.

U skotu a prasat jsou hodnoty  $V_{oj}$  uvedeny v  $m^3 \cdot h^{-1}$  na 100 kg živé hmotnosti, u drůbeže pak v  $m^3 \cdot h^{-1}$  na 1 kg živé hmotnosti.

$$Bo, Su - [m^3 \cdot h^{-1} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}] \quad Ga - [m^3 \cdot h^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}]$$

$M_Z$  – počet hmotnostních jednotek [Bo, Su 100 kg nebo Ga 1 kg] (celková hmotnost zvířat). Protože v přílohách č. 16 I. a II. jsou hodnoty  $V_{oj}$  uvedeny na 100 kg a v příloze č. 16 III. na 1 kg živé hmotnosti zvířat, pro výpočet celkového množství odváděného vzduchu ze stáje musíme tyto násobit počtem metrických centů [q] (stovek kilogramů) živé hmotnosti skotu a prasat a počtem kilogramů živé hmotnosti drůbeže.

$k_M$  – korekce na mléčnou užitkovost (úroveň metabolismu).

V příloze č. 16 I. (skot) je jsou požadované výměny vzduchu u kategorie dojnic uvedeny pro zvířata s průměrnou dojivostí stáda 3000-3500 kg mléka za rok. Je zřejmé, že s rostoucí dojivostí, a tedy i s intenzitou metabolismu rostou i požadavky na intenzivnější výměnu vzduchu. Tuto skutečnost je nutné zohlednit a výpočet produkce tepla u dojnic zpřesnit. Korekce se tedy provádí pouze u dojnic, u kterých se vyskytuje vysoká variabilita mléčné produkce (v závislosti na plemeni, fázi laktace, stáří zvířete, atd.)

U ostatních druhů zvířat je užitkovost v podstatě konstantní, a je dána tabulkovou hodnotou, typickou pro danou kategorii zvířat.

Podle dodatku \*) přílohy č. 16 I/1 SKOT-DOJNICE při vyšší užitkovosti (než tabulková 3000 – 3500 kg mléka.rok<sup>-1</sup>) se všechny hodnoty zvyšují o 6% na 500 kg roční produkce mléka.

### **2.5.2 Stanovení entalpie (tepelného objemu) měněného vzduchu [kJ.kg<sup>-1</sup>]**

V závislosti na vnitřních i vnějších výpočtových teplotách a relativních vlhkostech odváděného vnitřního, respektive přiváděného venkovního vzduchu stanovíme z přílohy č. 13 rozdíl entalpií.

### **2.5.3 Stanovení měrné hmotnosti odváděného vzduchu při dané teplotě a relativní vlhkosti [kg.m<sup>-3</sup>]**

Hodnoty měrné hmotnosti odváděného vzduchu při dané teplotě a relativní vlhkosti [kg.m<sup>-3</sup>]  $\rho_i$  jsou uvedeny v příloze č. 14. Pro různé teploty vzduchu (od 8°C a výše) jsou pak v příloze uvedeny vždy dvě hodnoty, a to pro případ zcela suchého (0% RV) či zcela nasyceného

(100% RV) vzduchu. V případě zjištění mezilehlé hodnoty se neprovádí interpolace. Má-li vzduch relativní vlhkost pod 50%, vybíráme hodnoty v levé sloupci tabulky (tedy 0% RV), je-li jeho relativní vlhkost vyšší než 50%, hodnoty vybíráme z pravé části tabulky (100% RV).

## **2.6. Makro- a mikroklimatické ukazatele pro výpočet tepelné bilance stáje**

Pro přesné posouzení tepelné bilance každého stájového objektu musíme vycházet z přesně definovaných hodnot vnitřního stájového prostředí (mikroklimatu) a venkovního prostředí (makroklimatu).

Výpočtové hodnoty vnitřní teploty [ $t_i$ ] jsou uvedeny v přílohách č. 4 (skot), 5 (prasata) a 6 (drůbež).

Výpočtové hodnoty teploty prostředí na vnější straně stavební konstrukce [ $t_e$ ] mohou být buď:

1. Výpočtová venkovní teplota, kterou určíme podle přílohy č. 7 (je to průměrná teplota pěti za sebou následujících nejchladnějších dnů podle dlouhodobých meteorologických pozorování). Při určení této hodnoty je rozhodující geografická poloha objektu i jeho nadmořská výška. V příloze č. 7 je mapa České republiky rozdělená na 2 teplotní oblasti. V oblasti č. I (bílá) se počítá s výpočtovou hodnotou venkovní teploty  $t_e -15^{\circ}\text{C}$ , v horských a podhorských oblastech – oblast č. II (šrafovaná) pak s hodnotou  $t_e -18^{\circ}\text{C}$ . Do oblasti II. Patří i místa v oblasti I. s nadmořskou výškou nad 600m. Pro místa s nadmořskou výškou nad 800 m v teplotní oblasti II. Je hodnota výpočtové teploty  $t_e -21^{\circ}\text{C}$ .
2. Výpočtová teplota v nevytápěných prostorách sousedících se stájovým prostorem je uvedena v příloze č. 12.
3. Průměrná teplota země se uvažuje při výpočtu tepelných ztrát prostupem podlahou nepodsklepených přízemních hal  $t_e + 10^{\circ}\text{C}$ .

Výpočtové hodnoty vnitřní relativní vlhkosti  $R_{vi}$  jsou pro jednotlivé druhy zvířat uvedeny v přílohách č. 4 (skot), 5 (prasata) a 6c (drůbež).

Výpočtové hodnoty venkovní relativní vlhkosti  $R_{ve}$  uvádí příloha č. 15. Z přílohy je zřejmé, že pro všechny výpočtové hodnoty venkovní teploty  $t_i$  ( $-15^{\circ}\text{C}$ ,  $-18^{\circ}\text{C}$  i  $-21^{\circ}\text{C}$ ) platí hodnota vnější výpočtové vlhkosti 90%.

## **2.7. Posouzení a využití výsledků tepelné bilance stájového objektu**

Výše uvedenými výpočty stanovíme tepelnou bilanci stájového prostoru, která může být:

1. Vyrovnaná – jedná se o ideální stav, kdy se celkové teplo produkované ustájenými zvířaty rovná celkovým tepelným ztrátám. Taková ideální situace však bývá i u velmi kvalitně projektovaných a stavebně realizovaných objektů vzácná, a proto připouštíme jistou míru tolerance při posouzení tepelné bilance. Tato tolerance je na úrovni  $\pm 15\%$  z celkové hodnoty.
2. Negativní – celkové ztráty tepla jsou vyšší, než teplo ustájenými zvířaty vyprodukované. Pokud je tato hodnota mimo tolerované rozpětí (viz výše), je nutné tento stav řešit.
3. Pozitivní – celkové teplo produkované ustájenými zvířaty je vyšší než celkové tepelné ztráty (jde především o stav v letním období).

### **Řešení nepříznivých stavů**

#### **Negativní tepelná bilance:**

tepelná izolace stájí  
 řešení větrání  
 vytápění stájí Bo profylaktorium  
 mléčná výživa  
 Su porodna  
 dochovna  
 předvýkrm (do 30 kg)  
 Ga do 5 týdnů stáří

#### **Pozitivní tepelná bilance:**

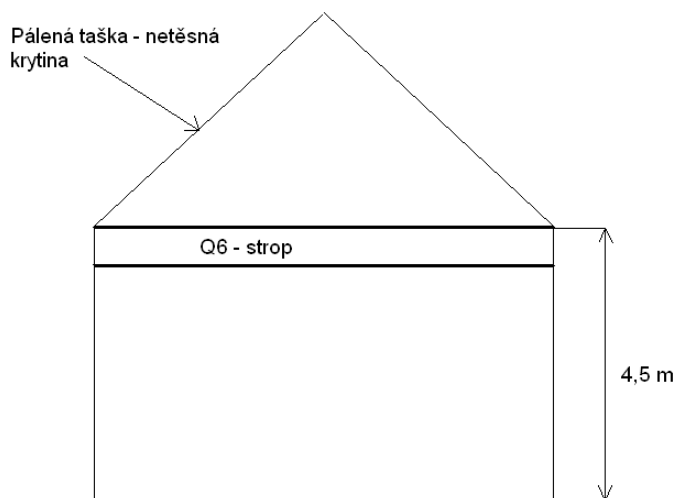
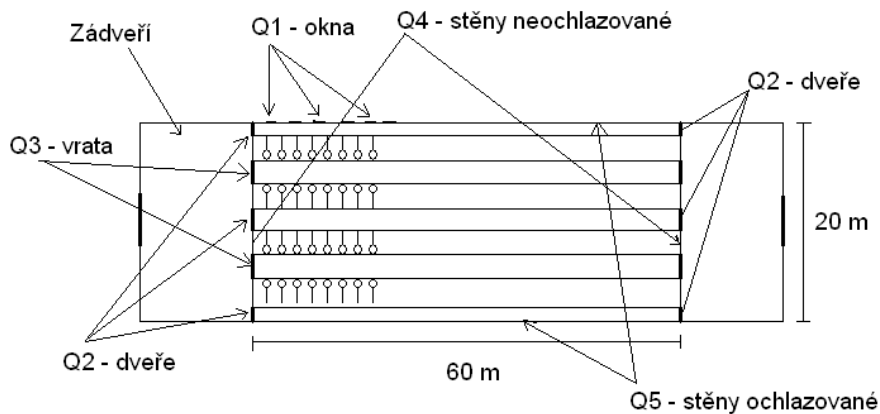
zastínění stájí (stromy)  
 světlé plochy (střechy, stěny)  
 vyšší rychlost proudění (přetlakové větrání)  
 chlazení stájí (voda, klimatizace, „tropiko“ střechy)

## 2.8. Modelový zkušební příklad výpočtu tepelné bilance

### 2.8.1. Zadání příkladu

Vypočítejte a posuďte tepelnou bilanci u stájového objektu pro 200 ks dojnic, průměrná hmotnost 620 kg, průměrná užitkovost: 8000 kg mléka.rok<sup>-1</sup>. Stáj je vazná, umístění: Malá Úpa, Krkonoše, 850 m n.m. Střecha objektu je složena z klasické pálené tašky (netěsná krytina). Podlaha objektu je bez tepelné izolace. Při posuzování stavby neberte v úvahu použité stavební materiály – jde o fiktivní stavbu.

Schematický náčrt objektu:



Dílčí tepelné ztráty vzhledem k použitým stavebním konstrukcím:

Q1 – 2x 30 oken (1,5 x 1m). Dřevěná, jednoduchá se zdvojeným sklem s mezerou nad 10 mm.

Q2 – 2x 3 malé dřevěné dveře (1,5 x 2m).

Q3 – 2x 2 dřevěná vrata (3 x 4m).

Q4 – stěny neochlazované – složení:

vnitřní omítka vápenná (hustoty  $1600 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 2 cm

zdivo z plných pálených cihel (hustota  $1800 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 29 cm

vnitřní omítka vápenná (hustoty  $1600 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 2 cm

Q5 – stěny ochlazované – složení:

vnitřní omítka vápenná (hustoty  $1600 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 2 cm

zdivo z plných pálených cihel (hustota  $1800 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 44 cm

venkovní omítka nastavovaná (hustota  $1800 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 2 cm

Q6 – strop – složení:

dřevo měkké, kolmo k vláknům (hustoty  $600 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 5 cm

desky z minerální vlny (hustota  $120 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 5 cm

sádrová deska (hustota  $1200 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 2 cm

linoleum (hustota  $1200 \text{ kg.m}^{-3}$ ), tloušťka 1 cm

Q7 – podlaha bez tepelné izolace

## 2.8.2 Tepelná bilance [W] - výpočet

### 2.8.2.1. Stanovení výpočtových hodnot $t$ a $R_v$

$t_i = 10^\circ\text{C}$  (vnitřní výpočtová teplota)

$t_{e1} = -21^\circ\text{C}$  (venkovní výpočtová teplota) teplotní oblast II. s nadmořskou výškou nad 800 m.

$t_{e2} = -12^\circ\text{C}$  (výpočtová teplota v sousedních místnostech – sousedících převážně s venkovním prostředím, s nímž jsou spojeny venkovními dveřmi) – pro výpočet ztrát  $Q_2$ ,  $Q_3$  a  $Q_4$ .

$t_{e3} = -15^\circ\text{C}$  (výpočtová teplota na půdě objektu) – pro výpočet ztráty  $Q_6$ .

$t_{e3} = +10^\circ\text{C}$  (výpočtová teplota země – pod podlahou) – pro výpočet ztráty  $Q_7$ .

$RV_i = 85\%$  (vnitřní relativní vlhkost)

$RV_e = 90\%$  (venkovní relativní vlhkost)

Obě výpočtové hodnoty  $RV$  jsou nezbytné pro stanovení ztráty tepla větráním  $Q_{vo}$ .

### 2.8.2.2. Výpočet produkce tepla

$$Q_{PR} = Q_{PRj} \cdot M_Z \cdot k_M \cdot k_q$$



$$Q_{PRj} = 195 \text{ W} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1240 \text{ q}$$

$$k_M = 1,54$$

$$k_q = 1$$

$$Q_{PR} = 195 \cdot 1240 \cdot 1,54 \cdot 1,00 = \underline{\underline{372\,372 \text{ [W]}}}$$

### 2.8.2.3. Výpočet dílčích ztrát tepla prostupem – $Q_1, Q_2 \dots Q_n$

$Q_1$  – 2x 30 oken (1,5 x 1m). Dřevěná, jednoduchá se zdvojeným sklem s mezerou nad 10 mm.

(OJ)

$$Q_1 = k \cdot S \cdot \Delta t$$

$$Q_1 = 3,26 \cdot 90 \cdot 31 = 9095,4 \text{ W}$$

$Q_2$  – 2x 3 malé dřevěné dveře (1,5 x 2m). (DV)

$$Q_2 = k \cdot S \cdot \Delta t$$

$$Q_2 = 2,33 \cdot 18 \cdot 22 = 922,68 \text{ W}$$

$Q_3$  – 2x 2 dřevěná vrata (3 x 4m). (VR)

$$Q_3 = k \cdot S \cdot \Delta t$$

$$Q_3 = 2,33 \cdot 48 \cdot 22 = 2460,48 \text{ W}$$

$Q_4$  – stěny neochlazované (SN)

Výpočet k:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{14} + \frac{0,02}{0,77} + \frac{0,29}{0,77} + \frac{0,02}{0,77} + \frac{1}{14}} = 1,75 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$Q_4 = k \cdot S \cdot \Delta t$  (od celkové plochy zdí musíme odečíst plochu dveří a vrat – již vypočítáno!!!)

$$Q_4 = 1,75 \cdot 114 \cdot 22 = 4389 \text{ W}$$

$Q_5$  – stěny ochlazované (SO)

Výpočet k:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{14} + \frac{0,02}{0,92} + \frac{0,44}{1,09} + \frac{0,02}{1,02} + \frac{1}{23}} = 1,79 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$Q_5 = k \cdot S \cdot \Delta t$  (od celkové plochy zdi musíme odečíst plochu oken – již vypočítáno!!!)

$$Q_5 = 1,79 \cdot 450 \cdot 31 = 24\,970,5 \text{ W}$$

$Q_6$  – strop (Str)

Výpočet k:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{14} + \frac{0,05}{0,15} + \frac{0,05}{0,093} + \frac{0,02}{0,38} + \frac{0,01}{0,19} + \frac{1}{14}} = 0,89 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

$Q_6 = k \cdot S \cdot \Delta t$

$$Q_6 = 0,89 \cdot 1200 \cdot 25 = 26\,700 \text{ W}$$

$Q_7$  – podlaha (Pdl)

$Q_7 = k \cdot S \cdot \Delta t$

$$Q_7 = 1,2 \cdot 1200 \cdot 0 = 0 \text{ W}$$

**2.8.2.4. Výpočet základní ztráty tepla prostupem –  $Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$**

$$Q_1 = 9\,095,4 \text{ W}$$

$$Q_2 = 922,68 \text{ W}$$

$$Q_3 = 2\,460,48 \text{ W}$$

$$Q_4 = 4\,389 \text{ W}$$

$$Q_5 = 24\,970,5 \text{ W}$$

$$Q_6 = 26\,700 \text{ W}$$

$$Q_7 = 0 \text{ W}$$

$$\underline{\underline{Q_0 = 68\,538,06 \text{ W}}}$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Označení stavební konstrukce	Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet konstrukcí	Celková plocha konstrukcí	Plocha oken a dveří k odečtení	Plocha pro výpočet	Součinitel prostupu tepla	Rozdíl teplot $\Delta t$	Základní tepelná ztráta $Q_0 = k \cdot s \cdot \Delta t$
	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	ks	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	[k]	[W]
OJ	1,50	1,00	1,50	60	90,00	-	90,00	3,26	31	9095,4
DV	1,50	2,00	3,00	6	18,00	-	18,00	2,33	22	922,68
VR	3,00	4,00	12,00	4	48,00	-	48,00	2,33	22	2460,48
SN	20,00	4,50	90,00	2	180,00	66,00	114,00	1,75	22	4389
SO	60,00	4,50	270,00	2	540,00	90,00	450,00	1,79	31	24970,5
Str	60,00	20,00	1200,00	1	1200,00	-	1200,00	0,89	25	26700
Pdl	60,00	20,00	1200,00	1	1200,00	-	1200,00	1,2	0	0
Celkem:							<b>3120</b>			<b>68538,06</b>

### 2.8.2.5. Výpočet celkové ztráty tepla prostupem – $Q_P$

$$Q_P = Q_0 \cdot (1 + P_1 + P_2)$$

Stanovení přírážky na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí  $p_1$

Pro stanovení přírážky na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí  $p_1$  musíme vypočítat průměrný součinitel prostupu tepla všech stavebních konstrukcí  $k_c$  podle následujícího vztahu:

$$k_c = \frac{Q_0}{\sum S \cdot \Delta t_e} \quad \text{[W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$$

výpočet  $k_c$  tedy bude:

$$k_c = \frac{68538,06}{3120 \cdot 31} = \frac{68538,06}{96720} = 0,709 \quad \text{[W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$$

V příloze 8 najdeme pro vypočítanou hodnotu  $k_c$  přírážku  $p_1$ . Celkovou tepelnou ztrátu prostupem stavebními konstrukcemi v modelovém objektu pak určíme podle vztahu:

$$Q_P = Q_0 \cdot (1 + p_1 + p_2)$$

Platí tedy:

$$Q_P = 68538,06 \cdot 1,12 = \underline{\underline{76\,762,63\,W}}$$

### 2.8.2.6. Ztráta tepla větráním $Q_{VO}$

#### Výpočet množství odváděného vzduchu $V_O$

$$V_{Oj} = 10,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1240 \text{ q}$$

$$k_M = 1,54$$

$$V_O = 10,5 \cdot 1240 \cdot 1,54 = 20050,8 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

#### Stanovení entalpií měněného vzduchu

$$i_i = 27,02 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s. v. (platí pro } t_i + 10^\circ\text{C a } RV_i 85\%)$$

$$i_e = -19,90 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s. v. (platí pro } t_e - 21^\circ\text{C a } RV_e 90\%)$$

#### Stanovení měrné vlhkosti odváděného vzduchu

$$\rho_i = 1,20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \text{ (platí pro } t_i + 10^\circ\text{C a } RV_i 85\%)$$

#### Výpočet celkové ztráty tepla větráním – $Q_{VO}$

$$Q_{VO} = V_O \cdot \frac{-i_e - i_i}{3,6} \text{ [W]}$$

$$Q_{VO} = 20050,8 \cdot \frac{27,02 + 19,9}{3,6} = 313\,595 \text{ [W]}$$

### 2.8.2.7. Modelový zkušební příklad – vyhodnocení stanovené tepelné bilance objektu

$$Q_B = Q_{PR} - (Q_P + Q_{VO}) \text{ [W]}$$

$$Q_{PR} = 372\,372 \text{ [W]}$$

$$Q_P = 76\,762,63 \text{ W}$$

$$Q_{VO} = 313\,595 \text{ W}$$

$$Q_B = 372\,372 - (76\,762,63 + 313\,595) = \underline{\underline{-17\,985,63\,W}}$$

U modelového příkladu byla vyhodnocena tepelná bilance posuzované budovy jako negativní. Vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o nevyrovnanost ve výši 4,83%, lze tuto skutečnost zanedbat.

### **3. Větrání stájových objektů**

Zvířata ustájená v zateplených stájových objektech trvale produkují značné množství zplodin metabolismu ( $\text{CO}_2$ , vodní pára,  $\text{NH}_3$ , štěpné plyny). Tyto zplodiny je nezbytné průběžně ze stájového prostředí odvádět vhodným a spolehlivým větracím zařízením tak, aby nedošlo ke zvýšení jejich hodnot nad limitní hranice a následně k negativním dopadům na welfare, užitkovost i zdraví zvířat.

Mezi základní požadavky na každé větrací zařízení patří především:

1. Potřebná (dostatečná) kapacita
2. Rovnoměrnost
3. Usměrnění proudění (ne průvan)
4. Regulovatelnost
5. Zajištění havarijního (náhradního) větrání

#### **3.1. Výpočet hodnot výměny vzduchu**

Výpočet požadovaného množství vyměňovaného vzduchu je ovlivněn prioritami jednotlivých režimů větrání, které jsou zcela závislé na příslušném ročním období.

V zimním období je hlavním cílem větrání uchovat ve stájovém prostředí maximální množství tepla, při současném dostatečném odvodu vlhkosti a nahromaděného  $\text{CO}_2$ . Naopak v letním období je zásadní prioritou odvedení co možná největšího množství tepla ze stáje a tedy částečné ochlazení stájového prostředí.

#### **Obecný postup při stanovení požadovaných objemů výměny vzduchu**

Při stanovení požadovaného množství vyměňovaného vzduchu v závislosti na vnějších klimatických podmínkách lze využít 3 možností:

1. Orientačně
2. Tabulky – pomocí hodnoty  $V_{OJ}$
3. Přesný výpočet (v závislosti na konkrétních podmínkách ve stáji)

### 3.2. Orientační hodnoty výměny vzduchu při $t_e = 5^\circ\text{C}$

Jedná se o ne zcela přesný, nicméně velmi snadný a rychlý postup, který lze využít při velmi obecném posouzení stájového prostředí. Tento odhad nezahrnuje vliv ročních období, intenzitu metabolismu chovaných zvířat, či další kritéria, která jsou typická u dalších, přesnějších postupů. Při výpočtu orientačního množství vyměňovaného vzduchu vycházíme z živé hmotnosti ustájených zvířat:

Bo, Eq	100 m <sup>3</sup> vzduchu . hod <sup>-1</sup> na 500 kg živé hmotnosti
Su, Ov	125 m <sup>3</sup> vzduchu . hod <sup>-1</sup> na 500 kg živé hmotnosti
Ga	500 m <sup>3</sup> vzduchu . hod <sup>-1</sup> na 500 kg živé hmotnosti

### 3.3. Výpočet výměny vzduchu pomocí hodnoty $V_{OJ}$

Při tomto postupu stanovíme požadované objemy výměny vzduchu v závislosti na venkovních (makroklimatických) podmínkách. Z tohoto hlediska rozlišujeme následující druhy výměny vzduchu:

1. Minimální zimní výměna vzduchu
2. Maximální (střední) zimní výměna vzduchu
3. Maximální letní výměna vzduchu

#### 3.3.1. Minimální zimní výměna vzduchu

Stanoví se s použitím vnitřních výpočtových a vnějších oblastních hodnot  $T$  a  $R_v$ . Jde o režim větrání za nejhorší zimy v dané klimatické oblasti, při dodržení požadovaných hodnot mikroklimatu ve stáji. V průběhu celého roku se nevětrá méně.

**Význam:** Slouží mimo jiné ke stanovení ztráty tepla větráním  $Q_{VO}$  v rámci výpočtu tepelné bilance stáje.

#### 3.3.2. Maximální zimní (střední) výměna vzduchu

Jde o větrání za běžně nejvyšších teplot ( $t_e$ ) v zimním období (+ 5°C - + 10°C)

**Význam:** Slouží ke stanovení, posouzení a projektování samotížného větracího zařízení.

#### 3.3.3. Maximální letní výměna vzduchu

Jde o režim větrání za nejteplejšího léta. Větráme tak intenzivně, abychom ve stáji dosáhli teploty alespoň o 3K (°C) nižší než venku – pomoc zvířatům.

**Význam:** Slouží mimo jiné ke stanovení a projektování nuceného větrání (ventilátory)

Množství odváděného vzduchu  $V_o$  [ $m^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ ] stanovíme ze vztahu:

$$V_o = V_{oj} \cdot M_z \cdot k_M$$

kde:

$V_{oj}$  je množství odváděného vzduchu na jednotku hmotnosti zvířat. V závislosti na venkovních a vnitřních výpočtových hodnotách teplot  $t_e$  a  $t_i$  jsou tyto údaje uvedeny v tabulkových přílohách č. 16 I. (skot), 16 II. (prasata) a 16 III (drůbež) ON 73 4502 Větrání a vytápění stájových prostorů.

U skotu a prasat jsou hodnoty  $V_{oj}$  uvedeny v  $m^3 \cdot h^{-1}$  na 100 kg živé hmotnosti, u drůbeže pak v  $m^3 \cdot h^{-1}$  na 1 kg živé hmotnosti.

$$Bo, Su - [m^3 \cdot h^{-1} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}] \quad Ga - [m^3 \cdot h^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}]$$

$M_z$  – počet hmotnostních jednotek [Bo, Su 100 kg nebo Ga 1 kg] (celková hmotnost zvířat).

Protože v přílohách č. 16 I. a II. jsou hodnoty  $V_{oj}$  uvedeny na 100 kg a v příloze č. 16 III. na 1 kg živé hmotnosti zvířat, pro výpočet celkového množství odváděného vzduchu ze stáje musíme tyto násobit počtem metrických centů [q] (stovek kilogramů) živé hmotnosti skotu a prasat a počtem kilogramů živé hmotnosti drůbeže.

$k_M$  – korekce na mléčnou užitkovost (úroveň metabolismu).

V příloze č. 16 I. (skot) je jsou požadované výměny vzduchu u kategorie dojnic uvedeny pro zvířata s průměrnou dojivostí stáda 3000-3500 kg mléka za rok. Je zřejmé, že s rostoucí dojivostí, a tedy i s intenzitou metabolismu rostou i požadavky na intenzivnější výměnu vzduchu. Tuto skutečnost je nutné zohlednit a výpočet produkce tepla u dojnic zpřesnit. Korekce se tedy provádí pouze u dojnic, u kterých se vyskytuje vysoká variabilita mléčné produkce (v závislosti na plemeni, fázi laktace, stáří zvířete, atd.)

U ostatních druhů zvířat je užitkovost v podstatě konstantní, a je dána tabulkovou hodnotou, typickou pro danou kategorii zvířat.

Podle dodatku \*) přílohy č. 16 I/1 SKOT-DOJNICE při vyšší užitkovosti (než tabulková 3000 – 3500 kg mléka.rok<sup>-1</sup>) se všechny hodnoty zvyšují o 6% na 500 kg roční produkce mléka.

### 3.3.4. Příklad pro procvičení problematiky

Stanovte požadované výměny vzduchu u 200 ks dojnic s průměrnou hmotností 500 kg, roční užitkovostí 6000 kg.rok<sup>-1</sup>, v Brně, stáj vazná.

### Řešení:

Stanovení výpočtových hodnot  $t$  a  $R_V$

$$t_i = 10^\circ\text{C} \quad R_{Vi} = 85\%$$

$$t_e = -15^\circ\text{C} \quad R_{Ve} = 90\%$$

1. Stanovení minimální zimní výměny vzduchu

$$V_{\min} = V_{Oj} \cdot M_Z \cdot k_M$$

$$V_{Oj} = 11,2 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1000 \text{ q}$$

$$k_M = 1,30$$

$$V_{\min} = 11,2 \cdot 1000 \cdot 1,30 = 14\,560 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

2. Stanovení maximální (střední) zimní výměny vzduchu

$$V_{\text{střed}} = V_{Oj} \cdot M_Z \cdot k_M$$

$$V_{Oj} = 28,4 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1000 \text{ q}$$

$$k_M = 1,30$$

$$V_{\text{střed}} = 28,4 \cdot 1000 \cdot 1,30 = 36\,920 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

3. Stanovení maximální letní výměny vzduchu

$$V_{\max} = V_{Oj} \cdot M_Z \cdot k_M$$

$$V_{Oj} = 56,0 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1000 \text{ q}$$

$$k_M = 1,30$$

$$V_{\max} = 56 \cdot 1000 \cdot 1,30 = 72\,800 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

### Výsledky:

$$V_{\min} = 11,2 \cdot 1000 \cdot 1,30 = 14\,560 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

$$V_{\text{střed}} = 28,4 \cdot 1000 \cdot 1,30 = 36\,920 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

$$V_{\max} = 56,0 \cdot 1000 \cdot 1,30 = 72\,800 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

**Rozsah větrání:  $14\,560 - 72\,800 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$**



### 3.3.5. Modelové zkušební příklady

Vše pro umístění staveb v teplotní oblasti I. (např. Brno)

1. Stanovte výměny vzduchu u 500 ks prasat ve 3. etapě výkrmu.

Průměrná hmotnost zvířat: 95 kg

#### Řešení:

Stanovení výpočtových hodnot  $t$  a  $R_V$

$$t_i = 10^\circ\text{C} \quad R_{Vi} = 85\%$$

$$t_e = -15^\circ\text{C} \quad R_{Ve} = 90\%$$

Stanovení minimální zimní výměny vzduchu

$$V_{\min} = 15,9 \cdot 475 = 7552,5 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální zimní (střední) výměny vzduchu

$$V_{\text{střed}} = 38,0 \cdot 475 = 18\,050 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální letní výměny vzduchu

$$V_{\max} = 76 \cdot 475 = 36\,100 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

2. Stanovte výměny vzduchu u 200 ks kojících prasnic.

Průměrná hmotnost zvířat: 220 kg

#### Řešení:

Stanovení výpočtových hodnot  $t$  a  $R_V$

$$t_i = 18^\circ\text{C} \quad R_{Vi} = 70\%$$

$$t_e = -15^\circ\text{C} \quad R_{Ve} = 90\%$$

Stanovení minimální zimní výměny vzduchu

$$V_{\min} = 29,3 \cdot 440 = 12\,892 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální zimní (střední) výměny vzduchu

$$V_{\text{střed}} = 88 \cdot 440 = 38\,720 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální letní výměny vzduchu

$$V_{\max} = 120 \cdot 440 = 52\,800 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

3. Stanovte výměny vzduchu u 300 ks výkrmu býků.

Průměrná hmotnost zvířat: 400 kg

#### Řešení:

Stanovení výpočtových hodnot  $t$  a  $R_V$

$$t_i = 6^\circ\text{C} \quad R_{Vi} = 85\%$$

$$t_e = -15^\circ\text{C} \quad R_{Ve} = 90\%$$

Stanovení minimální zimní výměny vzduchu

$$V_{\min} = 14,5 \cdot 1\,200 = 17\,400 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální zimní (střední) výměny vzduchu

$$V_{\text{střed}} = 24,6 \cdot 1\,200 = 29\,520 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální letní výměny vzduchu

$$V_{\max} = 60 \cdot 1\,200 = 72\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

4. Stanovte výměny vzduchu u 150 ks dojnic, užítkovost 6500 kg.rok<sup>-1</sup>.

Průměrná hmotnost zvířat: 620 kg    Ustájení: volné

**Řešení:**

Stanovení výpočtových hodnot  $t$  a  $R_V$

$$t_i = 6^\circ\text{C} \quad R_{Vi} = 85\%$$

$$t_e = -15^\circ\text{C} \quad R_{Ve} = 90\%$$

Stanovení minimální zimní výměny vzduchu

$$V_{\min} = 13,2 \cdot 930 \cdot 1,36 = 16\,695,36 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální zimní (střední) výměny vzduchu

$$V_{\text{střed}} = 28,4 \cdot 930 \cdot 1,36 = 35\,920,32 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální letní výměny vzduchu

$$V_{\max} = 56 \cdot 930 \cdot 1,36 = 70\,828,8 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

5. Stanovte výměny vzduchu u 1000 ks selat.

Průměrná hmotnost zvířat: 5 kg

**Řešení:**

Stanovení výpočtových hodnot  $t$  a  $R_V$

$$t_i = 27^\circ\text{C} \quad R_{Vi} = 70\%$$

$$t_e = -15^\circ\text{C} \quad R_{Ve} = 90\%$$

Stanovení minimální zimní výměny vzduchu

$$V_{\min} = 47,1 \cdot 50 = 2\,355 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální zimní (střední) výměny vzduchu

$$V_{\text{střed}} = 154 \cdot 50 = 7\,700 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální letní výměny vzduchu

$$V_{\max} = 240 \cdot 50 = 12\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

6. Stanovte výměny vzduchu u 1000 ks nosnic na podestýlce, stáří 52 týdnů.

Průměrná hmotnost zvířat: 1800 g

**Řešení:**

Stanovení výpočtových hodnot  $t$  a  $R_V$

$$t_i = 12^\circ\text{C} \quad R_{Vi} = 75\%$$

$$t_e = -15^\circ\text{C} \quad R_{Ve} = 90\%$$

Stanovení minimální zimní výměny vzduchu

$$V_{\min} = 0,55 \cdot 1\,800 = 990 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální zimní (střední) výměny vzduchu

$$V_{\text{střed}} = 0,96 \cdot 1\,800 = 1\,728 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální letní výměny vzduchu

$$V_{\max} = 4,8 \cdot 1\,800 = 8\,640 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

7. Stanovte výměny vzduchu u 50 ks březích prasnic do 2 měsíců březosti.

Průměrná hmotnost zvířat: 250 kg

**Řešení:**

Stanovení výpočtových hodnot  $t$  a  $R_V$

$$t_i = 12^\circ\text{C} \quad R_{Vi} = 80\%$$

$$t_e = -15^\circ\text{C} \quad R_{Ve} = 90\%$$

Stanovení minimální zimní výměny vzduchu

$$V_{\min} = 10,3 \cdot 125 = 1\,287,5 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální zimní (střední) výměny vzduchu

$$V_{\text{střed}} = 29,0 \cdot 125 = 3\,625 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální letní výměny vzduchu

$$V_{\max} = 48,0 \cdot 125 = 6\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

8. Stanovte výměny vzduchu u 200 ks jalovic, stáří 12 měsíců.

Průměrná hmotnost zvířat: 320 kg

**Řešení:**

Stanovení výpočtových hodnot  $t$  a  $R_V$

$$t_i = 10^\circ\text{C} \quad R_{Vi} = 75\%$$

$$t_e = -15^\circ\text{C} \quad R_{Ve} = 90\%$$

Stanovení minimální zimní výměny vzduchu

$$V_{\min} = 14,6 \cdot 640 = 9\,344 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální zimní (střední) výměny vzduchu

$$V_{\text{střed}} = 33,8 \cdot 640 = 21\,632 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální letní výměny vzduchu

$$V_{\text{max}} = 66 \cdot 640 = 42\,240 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

9. Stanovte výměny vzduchu u 40 ks jalovic, stáří nad 12 měsíců, volné ustájení.

Průměrná hmotnost zvířat: 400 kg

**Řešení:**

Stanovení výpočtových hodnot  $t$  a  $R_V$

$$t_i = 6^\circ\text{C} \quad R_{Vi} = 75\%$$

$$t_e = -15^\circ\text{C} \quad R_{Ve} = 90\%$$

Stanovení minimální zimní výměny vzduchu

$$V_{\text{min}} = 13,6 \cdot 160 = 2\,176 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální zimní (střední) výměny vzduchu

$$V_{\text{střed}} = 23,0 \cdot 160 = 3\,680 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Stanovení maximální letní výměny vzduchu

$$V_{\text{max}} = 54,0 \cdot 160 = 8\,640 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

### 3.4. Přesný výpočet větrání (v závislosti na konkrétních podmínkách ve stáji)

Při tomto postupu zohledňujeme specifika jednotlivých režimů větrání v souvislosti s makroklimatickými podmínkami. Platí tedy:

**ZIMA:** větrání pro odvedení vlhkosti – udržení požadované  $R_V$

větrání pro odvedení  $\text{CO}_2$

**LÉTO:** větrání pro odvedení přebytečného tepla

#### 3.4.1. Větrání podle obsahu vodních par (pro odvedení nadbytečné vlhkosti ze stáje)

Přesné množství vyměňovaného vzduchu pro odvedení vodních par ze stáje stanovíme ze vztahu:

$$V_{ow} = \frac{M_w}{\rho_i (x_i - x_e)} \cdot \rho_i \quad \left[ \text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \right]$$

kde:

$V_{OW}$  je množství vzduchu pro odvedení vodních par ze stáje [ $m^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ ]

$M_W$  je produkce vodních par ve stáji [ $\text{g} \cdot \text{hod}^{-1}$ ]

$x_i$ ,  $x_e$  je měrná vlhkost vnitřního/vnějšího vzduchu [ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.v. ]

$\rho_i$  je měrná hmotnost odváděného vzduchu při dané teplotě a relativní vlhkosti [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

### 3.4.1.1. Výpočet biologická produkce vodní páry [ $\text{g} \cdot \text{hod}^{-1}$ ]

Celkové množství produkovaných par zvířaty stanovíme ze vztahu:

$$M_W = M_{WJ} \cdot M_Z \cdot k_M \cdot k_W$$

kde:

$M_{Wj}$  je produkce vodní páry na jednotku živé hmotnosti [ $\text{g} \cdot \text{hod}^{-1}$ ]

Hodnoty  $M_{Wj}$  jsou uvedeny v tabulkových přílohách č. 1 (skot), 2 (prasata) a 3 (drůbež) ON 73 4502 Větrání a vytápění stájových prostorů.

U skotu a prasat (přílohy č.1 a 2) jsou hodnoty  $M_{Wj}$  uvedeny v  $\text{g} \cdot \text{hod}^{-1}$  na 100 kg živé hmotnosti, u drůbeže (příloha č.3) pak v  $\text{g} \cdot \text{hod}^{-1}$  na 1 kg živé hmotnosti.

$$Bo, Su - [\text{g} \cdot \text{hod}^{-1} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}] \quad Ga - [\text{g} \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}]$$

$M_Z$  je počet hmotnostních jednotek [ $Bo, Su$  100 kg nebo  $Ga$  1 kg] (celková hmotnost zvířat).

Protože v přílohách č.1 a 2 jsou hodnoty  $Q_{PRj}$  uvedeny na 100 kg a v příloze č. 3 na 1 kg živé hmotnosti zvířat, pro výpočet celkové produkce metabolického tepla ustájených zvířat musíme jednotkovou produkci násobit počtem metrických centů [ $q$ ] (stovek kilogramů) živé hmotnosti skotu a prasat a počtem kilogramů živé hmotnosti drůbeže.

$k_M$  je korekce na mléčnou užitkovost (úroveň metabolismu).

V příloze č. 1 (skot) je produkce tepla u kategorie dojníc uvedena pro zvířata s průměrnou dojivostí stáda 3000-3500 kg mléka za rok. Je prokázáno, že s rostoucí dojivostí, a tedy i s intenzitou metabolismu roste i produkce tepla. Tuto skutečnost je nutné zohlednit a výpočet produkce tepla u dojníc zpřesnit. Korekce se tedy provádí pouze u dojníc, u kterých se vyskytuje vysoká variabilita mléčné produkce (v závislosti na plemeni, fázi laktace, stáří zvířete, atd.)

U ostatních druhů zvířat je užitkovost v podstatě konstantní, a je dána tabulkovou hodnotou, typickou pro danou kategorii zvířat.

Podle dodatku 2) přílohy č.1 při vyšší užitkovosti (než tabulková 3000 – 3500 kg mléka.rok<sup>-1</sup>) roste produkce tepla o 6% na 500 kg roční produkce mléka.

$k_w$  je přepočítací koeficient produkce vodních par pro různé teploty vnitřního prostředí [ $t_i$ ] (přílohy 1, 2 a 3).

Tento koeficient zohledňuje produkci par u jednotlivých druhů hospodářských zvířat v závislosti na teplotě stájového prostředí. Na rozdíl od výpočtu tepelné produkce platí, že se snižující se teplotou prostředí se současně snižuje produkce vodní páry a naopak s rostoucí stájovou teplotou zvířata produkci par zvyšují.

U skotu a prasat nalezneme hodnoty  $k_w$  v dodatkových tabulkách příloh č. 1 a 2, kde jsou korekce uvedeny pro různé teploty vnitřního stájového prostředí [ $t_i$ ] (0, 5, 10, 15, 20, 25 a 30°C). Neuvedené mezilehlé hodnoty se získají lineární interpolací mezi dvěma nejbližší uvedenými hodnotami (viz příklady).

U jednotlivých kategorií drůbeže platí hodnoty  $M_{Wj}$  v příloze č.3 pro vnitřní teploty [ $t_i$ ] uvedené v posledním sloupci tabulky. Pro odlišné teploty stájového prostředí se uvažuje vzrůst produkce vodních par při vzrůstu teploty o 1K (1°C) o 2% a opačně.

### 3.4.1.2. Příklady pro procvičení problematiky

#### Příklad 1

Stanovte produkci vodní páry u 200 ks dojnic s průměrnou hmotností 500 kg, roční užitkovostí 3500 kg.rok<sup>-1</sup>, při vnitřní teplotě 10°C

**Řešení:**

$$M_w = M_{Wj} \cdot M_Z \cdot k_M \cdot k_w$$

$$M_w = 73 \text{ g.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}$$

$$M_Z = 1000 \text{ q} \quad (200 \cdot 500 / 100)$$

$$k_M = 1,00$$

$$k_w = 1,00$$

$$M_w = 73 \cdot 1000 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = \underline{73\,000 \text{ [g.hod}^{-1}\text{]}}$$

#### Příklad 2

Zadání stejné, jako u příkladu 1, u zvířat je vyšší užitkovost.

Stanovte produkci vodní páry u 200 ks dojnic s průměrnou hmotností 500 kg, roční užitkovostí 6000 kg.rok<sup>-1</sup>, při vnitřní teplotě 10°C

**Řešení:**

$$M_W = M_{WJ} \cdot M_Z \cdot k_M \cdot k_W$$

$$M_W = 73 \text{ g.hod}^{-1} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1000 \text{ q} \quad (200 \cdot 500 / 100)$$

$$k_M = 1,30 \quad (6000 - 3500 = 2500), (2500 : 500 = 5), (5 \cdot 6\% = 30\%)$$

$$k_W = 1,00$$

$$M_W = 73 \cdot 1000 \cdot 1,30 \cdot 1,00 = \underline{94\,900 \text{ [g.hod}^{-1}\text{]}}$$

Výsledek u 1. příkladu – 73 000 g.hod<sup>-1</sup>. Jde tedy o zvýšení produkce vodní páry o 21 900 g.hod<sup>-1</sup>.

**Příklad 3**

Zadání stejné, jako u příkladu 2, ve stáji je nižší teplota.

Stanovte produkci vodní páry u 200 ks dojníc s průměrnou hmotností 500 kg, roční užitkovostí 6000 kg.rok<sup>-1</sup>, při vnitřní teplotě 2°C

**Řešení:**

$$M_W = M_{WJ} \cdot M_Z \cdot k_M \cdot k_W$$

$$M_W = 73 \text{ g.hod}^{-1} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1000 \text{ q} \quad (200 \cdot 500 / 100)$$

$$k_M = 1,30 \quad (6000 - 3500 = 2500), (2500 : 500 = 5), (5 \cdot 6\% = 30\%)$$

$$k_W = 0,84 \quad (\text{interpolací mezi hodnotami } 0,80 \text{ a } 0,90)$$

$$M_W = 73 \cdot 1000 \cdot 1,30 \cdot 0,84 = \underline{79\,716 \text{ [g.hod}^{-1}\text{]}}$$

Výsledek u 2. příkladu – 94 900 g.hod<sup>-1</sup>. Jde tedy o snížení produkce vodní páry o 15 184 g.hod<sup>-1</sup>.

**3.4.1.3. Modelové zkušební příklady**

Stanovte produkci vodní páry u následujících příkladů:

1. 500 ks prasat ve 3. etapě výkrmu. Průměrná hmotnost zvířat: 95 kg.

Teplota ve stáji [t<sub>i</sub>]: 9° C

**Řešení:**

$$M_{Wj} = 110 \text{ g.hod}^{-1} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$$

$$M_Z = 475 \text{ q}$$

$$k_W = 0,95$$

$$M_W = 110 \cdot 475 \cdot 0,95 = \underline{49\,637,5 \text{ [g.hod}^{-1}\text{]}}$$

2. 200 ks kojících prasnic. Průměrná hmotnost zvířat: 220 kg.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 18° C

**Řešení:**

$$M_{Wj} = 190 \text{ g.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 440 \text{ q}$$

$$k_w = 1,46$$

$$M_W = 190 \cdot 440 \cdot 1,46 = \underline{122\,056 \text{ [ g.hod}^{-1}\text{]}}$$

3. 300 ks výkrmu býků. Průměrná hmotnost zvířat: 400 kg.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 6° C

**Řešení:**

$$M_{Wj} = 80 \text{ g.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1200 \text{ q}$$

$$k_w = 0,92$$

$$M_W = 80 \cdot 1200 \cdot 0,92 = \underline{88\,320 \text{ [ g.hod}^{-1}\text{]}}$$

4. 150 ks dojnic, užitkovost 6500 kg.rok<sup>-1</sup>. Průměrná hmotnost zvířat: 620 kg.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 12° C

**Řešení:**

$$M_{Wj} = 73 \text{ g.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 930 \text{ q}$$

$$k_M = 1,36$$

$$k_w = 1,10$$

$$M_W = 73 \cdot 930 \cdot 1,36 \cdot 1,10 = \underline{101\,563,44 \text{ [ g.hod}^{-1}\text{]}}$$

5. 1000 ks selat. Průměrná hmotnost zvířat: 5 kg.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 27° C

**Řešení:**

$$M_{Wj} = 360 \text{ g.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 50 \text{ q}$$

$$k_w = 2,27$$

$$M_W = 360 \cdot 50 \cdot 2,27 = \underline{40\,860 \text{ [ g.hod}^{-1}\text{]}}$$



6. 1000 ks nosnic na podestýlce, stáří 52 týdnů. Průměrná hmotnost zvířat: 1800 g.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 12° C

**Řešení:**

$$M_{Wj} = 3,8 \text{ g.hod}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1800 \text{ kg}$$

$$k_w = 1,00$$

$$M_W = 3,8 \cdot 1800 \cdot 1,00 = \underline{6\ 840 \text{ [ g.hod}^{-1}\text{]}}$$

7. 50 ks plemenných kanců. Průměrná hmotnost zvířat: 250 kg.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 17°C

**Řešení:**

$$M_{Wj} = 70 \text{ g.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 125 \text{ q}$$

$$k_w = 1,39$$

$$M_W = 70 \cdot 125 \cdot 1,39 = \underline{12\ 162,5 \text{ [ g.hod}^{-1}\text{]}}$$

8. 200 ks jalovic, stáří 12 měsíců. Průměrná hmotnost zvířat: 320 kg.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 6° C

**Řešení:**

$$M_{Wj} = 87 \text{ g.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 640 \text{ q}$$

$$k_w = 0,92$$

$$M_W = 87 \cdot 640 \cdot 0,92 = \underline{51\ 225,6 \text{ [ g.hod}^{-1}\text{]}}$$

9. 40 ks plemenných býků. Průměrná hmotnost zvířat: 1200 kg.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 12° C

**Řešení:**

$$M_{Wj} = 60 \text{ g.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 480 \text{ q}$$

$$k_w = 1,10$$

$$M_W = 60 \cdot 480 \cdot 1,10 = \underline{31\ 680 \text{ [ g.hod}^{-1}\text{]}}$$

#### 3.4.1.4. Stanovení měrných vlhkostí ( $x_i$ , $x_e$ ) měněného vzduchu [ $\text{g.kg}^{-1}$ s.v.]

V závislosti na vnitřních i vnějších výpočtových teplotách a relativních vlhkostech odváděného vnitřního, respektive přiváděného venkovního vzduchu stanovíme z přílohy č. 13 rozdíl měrných vlhkostí.

#### 3.4.1.5. Stanovení měrné hmotnosti odváděného vzduchu při dané teplotě a relativní vlhkosti [ $\text{kg.m}^{-3}$ ]

Hodnoty měrné hmotnosti odváděného vzduchu při dané teplotě a relativní vlhkosti [ $\text{kg.m}^{-3}$ ]  $\rho_i$  jsou uvedeny v příloze č. 14. Pro různé teploty vzduchu (od  $8^\circ\text{C}$  a výše) jsou pak v příloze uvedeny vždy dvě hodnoty, a to pro případ zcela suchého (0% RV) či zcela nasyceného (100% RV) vzduchu. V případě zjištění mezilehlé hodnoty se neprovádí interpolace. Má-li vzduch relativní vlhkost pod 50%, vybíráme hodnoty v levé sloupci tabulky (tedy 0% RV), je-li jeho relativní vlhkost vyšší než 50%, hodnoty vybíráme z pravé části tabulky (100% RV).

#### 3.4.1.6. Příklad pro procvičení problematiky

Stanovte výměnu vzduchu podle produkce vodních par u 200 ks dojnic s průměrnou hmotností 500 kg, roční užitkovostí  $6000 \text{ kg.rok}^{-1}$ , v Brně, stáj vazná.

**Řešení:**

$$V_{ow} = \frac{M_w}{\rho_i - x_e \rho_i} \left[ \text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \right]$$

1. Stanovení výpočtových hodnot  $t$  a  $R_v$

$$t_i = 10^\circ\text{C} \quad R_{vi} = 85\%$$

$$t_e = -15^\circ\text{C} \quad R_{ve} = 90\%$$

2. Výpočet produkce vodních par ve stáji

$$M_w = M_{wj} \cdot M_Z \cdot k_M \cdot k_w$$

$$M_{wj} [\text{g.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1} \text{ Bo, Su, } 1\text{kg}^{-1} \text{ Ga}] - \text{přílohy 1-3}$$

$$M_{wj} = 73 [\text{g.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}]$$

$M_Z$  = celková hmotnost zvířat

$$M_Z = 200 \cdot 500 / 100 = 1000 \text{ q}$$

$k_M$  = korekce na užitkovost u dojnic

$$k_M = 1,30 (6000 - 3500 = 2500), (2500 : 500 = 5), (5 \cdot 6\% = 30\%)$$

$k_w$  = přepočítací koeficient pro produkci vodních par pro odlišné vnitřní teploty  $t_i$  - přílohy 1-3

$$k_w = 1,00$$

$$M_w = 73 \cdot 1000 \cdot 1,30 \cdot 1 = \underline{94\,900 \text{ [g.hod}^{-1}\text{]}}$$

3. Stanovení hodnot měrných vlhkostí vnitřního a vnějšího vzduchu ( $x_i, x_e$ ) – příloha 13

$$x_i = 6,72 \text{ [g.kg}^{-1} \text{ s.v.]}$$

$$x_e = 0,94 \text{ [g.kg}^{-1} \text{ s.v.]}$$

4. Stanovení hodnoty měrné hmotnosti stájového vzduchu -  $\rho_i$  - příloha 14

$$\rho_i = 1,20 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$$

5. Výpočet hodnoty větrání

$$M_w = 94\,900 \text{ [g.hod}^{-1}\text{]}$$

$$x_i = 6,72 \text{ [g.kg}^{-1} \text{ s.v.]}$$

$$x_e = 0,94 \text{ [g.kg}^{-1} \text{ s.v.]}$$

$$\rho_i = 1,20 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$$

$$V_{ow} = \frac{94\,900}{6,72 - 0,94 \cdot 1,20} = 13\,682 \text{ [m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}\text{]}$$

### 3.4.2. Větrání podle obsahu CO<sub>2</sub>

Přesné množství vyměňovaného vzduchu pro odvedení CO<sub>2</sub> ze stáje stanovíme ze vztahu:

$$V_{oco_2} = \frac{V_{co_2}}{10 \cdot (K_{co_2} - 0,03)} \text{ [m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}\text{]}$$

kde:

$V_{oco_2}$  je množství vzduchu pro odvedení CO<sub>2</sub> ze stáje [m<sup>3</sup>.hod<sup>-1</sup>]

$V_{CO_2}$  je produkce CO<sub>2</sub> [l.hod<sup>-1</sup>]

$K_{CO_2}$  je nejvyšší povolená koncentrace CO<sub>2</sub> ve stáji [%obj.]

0,03 je obsah CO<sub>2</sub> ve venkovním vzduchu [%obj.]

### 3.4.2.1. Výpočet biologické produkce CO<sub>2</sub> [l.hod<sup>-1</sup>]

Celkové množství produkovaného CO<sub>2</sub> zvířaty stanovíme ze vztahu:

$$V_{CO_2} = V_{CO_2j} \cdot M_Z \cdot k_M$$

kde:

$V_{CO_2j}$  je produkce CO<sub>2</sub> na jednotku živé hmotnosti [l.hod<sup>-1</sup>]

Hodnoty  $V_{CO_2j}$  jsou uvedeny v tabulkových přílohách č. 1 (skot), 2 (prasata) a 3 (drůbež) ON 73 4502 Větrání a vytápění stájových prostorů.

U skotu a prasat (přílohy č.1 a 2) jsou hodnoty  $V_{CO_2j}$  uvedeny v l.hod<sup>-1</sup> na 100 kg živé hmotnosti, u drůbeže (příloha č.3) pak v l.hod<sup>-1</sup> na 1 kg živé hmotnosti.

$$Bo, Su - [l.hod^{-1} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}] \quad Ga - [l.hod^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}]$$

$M_Z$  je počet hmotnostních jednotek [Bo, Su 100 kg nebo Ga 1 kg] (celková hmotnost zvířat).

Protože v přílohách č.1 a 2 jsou hodnoty  $V_{CO_2j}$  uvedeny na 100 kg a v příloze č. 3 na 1 kg živé hmotnosti zvířat, pro výpočet celkové produkce oxidu uhličitého ustájenými zvířaty musíme jednotkovou produkci násobit počtem metrických centů [q] (stovek kilogramů) živé hmotnosti skotu a prasat a počtem kilogramů živé hmotnosti drůbeže.

$k_M$  je korekce na mléčnou užitkovost (úroveň metabolismu).

V příloze č. 1 (skot) je produkce CO<sub>2</sub> u kategorie dojnic uvedena pro zvířata s průměrnou dojivostí stáda 3000-3500 kg mléka za rok. Je prokázáno, že s rostoucí dojivostí, a tedy i s intenzitou metabolismu roste i produkce CO<sub>2</sub>. Tuto skutečnost je nutné zohlednit a výpočet produkce CO<sub>2</sub> u dojnic zpřesnit. Korekce se tedy provádí pouze u dojnic, u kterých se vyskytuje vysoká variabilita mléčné produkce (v závislosti na plemeni, fázi laktace, stáří zvířete, atd.)

U ostatních druhů zvířat je užitkovost v podstatě konstantní, a je dána tabulkovou hodnotou, typickou pro danou kategorii zvířat.

Podle dodatku 2) přílohy č.1 při vyšší užitkovosti (než tabulková 3000 – 3500 kg mléka.rok<sup>-1</sup>) roste produkce CO<sub>2</sub> o 6% na 500 kg roční produkce mléka.

!!! Korekce výsledku pomocí přepočítacího koeficientu pro různé teploty vnitřního prostředí [t<sub>i</sub>] se neprovádí. Vliv teploty na produkci CO<sub>2</sub> je zanedbatelný !!!

### 3.4.2.2. Příklady pro procvičení problematiky

#### Příklad 1

Stanovte produkci CO<sub>2</sub> u 200 ks dojnic s průměrnou hmotností 500 kg, roční užitkovostí 3500 kg.rok<sup>-1</sup>, při vnitřní teplotě 10°C

#### Řešení:

$$V_{\text{CO}_2} = 23 \text{ l.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1000 \text{ q} \quad (200 \cdot 500 / 100)$$

$$k_M = 1,00$$

$$V_{\text{CO}_2} = 23 \cdot 1000 \cdot 1,00 = \underline{23\,000 \text{ [l.hod}^{-1}\text{]}}$$

#### Příklad 2

Zadání stejné, jako u příkladu 1, u zvířat je vyšší užitkovost.

Stanovte produkci CO<sub>2</sub> u 200 ks dojnic s průměrnou hmotností 500 kg, roční užitkovostí 6000 kg.rok<sup>-1</sup>, při vnitřní teplotě 10°C

#### Řešení:

$$V_{\text{CO}_2} = 23 \text{ l.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1000 \text{ q} \quad (200 \cdot 500 / 100)$$

$$K_M = 1,30 \quad (6000 - 3500 = 2500), (2500 : 500 = 5), (5 \cdot 6\% = 30\%)$$

$$V_{\text{CO}_2} = 23 \cdot 1000 \cdot 1,30 = \underline{29\,900 \text{ [l.hod}^{-1}\text{]}}$$

Výsledek u 1. příkladu – 23 000 l.hod<sup>-1</sup>. Jde tedy o zvýšení produkce CO<sub>2</sub> o 6 900 l.hod<sup>-1</sup>.

### 3.4.2.3. Modelové zkušební příklady

Stanovte produkci CO<sub>2</sub> u následujících příkladů:

1. 500 ks prasat ve 3. etapě výkrmu. Průměrná hmotnost zvířat: 95 kg.

Teplota ve stáji [t<sub>i</sub>]: 9° C

#### Řešení:

$$V_{\text{CO}_2j} = 35 \text{ l.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 475 \text{ q}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 35 \cdot 475 = \underline{16\,625 \text{ [l.hod}^{-1}\text{]}}$$

2. 200 ks kojících prasnic. Průměrná hmotnost zvířat: 220 kg.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 18° C

**Řešení:**

$$V_{CO_2j} = 54 \text{ l.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 440 \text{ q}$$

$$V_{CO_2} = 54 \cdot 440 = \underline{23\,760 \text{ [ l.hod}^{-1}\text{]}}$$

3. 300 ks výkrmu býků. Průměrná hmotnost zvířat: 400 kg.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 6° C

**Řešení:**

$$V_{CO_2j} = 27 \text{ l.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1200 \text{ q}$$

$$V_{CO_2} = 27 \cdot 1200 = \underline{32\,400 \text{ [ l.hod}^{-1}\text{]}}$$

4. 150 ks dojnic, užitkovost 6500 kg.rok<sup>-1</sup>. Průměrná hmotnost zvířat: 620 kg.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 12° C

**Řešení:**

$$V_{CO_2j} = 23 \text{ l.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 930 \text{ q}$$

$$k_M = 1,36$$

$$V_{CO_2} = 23 \cdot 930 \cdot 1,36 = \underline{29\,090,4 \text{ [ l.hod}^{-1}\text{]}}$$

5. 1000 ks selat. Průměrná hmotnost zvířat: 5 kg.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 27° C

**Řešení:**

$$V_{CO_2j} = 85 \text{ l.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 50 \text{ q}$$

$$V_{CO_2} = 85 \cdot 50 = \underline{4\,250 \text{ [ l.hod}^{-1}\text{]}}$$

6. 1000 ks nosnic na podestýlce, stáří 52 týdnů. Průměrná hmotnost zvířat: 1800 g.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 12° C

**Řešení:**

$$V_{CO_2j} = 0,55 \text{ l.hod}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 1800 \text{ kg}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,55 \cdot 1800 = \underline{990 \text{ [l.hod}^{-1}\text{]}}$$

7. 50 ks plemenných kanců. Průměrná hmotnost zvířat: 250 kg.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 17°C

**Řešení:**

$$V_{\text{CO}_2j} = 22 \text{ l.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 125 \text{ q}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 22 \cdot 125 = \underline{2\,750 \text{ [l.hod}^{-1}\text{]}}$$

8. 200 ks jalovic, stáří 12 měsíců. Průměrná hmotnost zvířat: 320 kg.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 6° C

**Řešení:**

$$V_{\text{CO}_2j} = 30 \text{ l.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 640 \text{ q}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 30 \cdot 640 = \underline{19\,200 \text{ [l.hod}^{-1}\text{]}}$$

9. 40 ks plemenných býků. Průměrná hmotnost zvířat: 1200 kg.

Teplota ve stáji [ $t_i$ ]: 12° C

**Řešení:**

$$V_{\text{CO}_2j} = 19 \text{ l.hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}$$

$$M_Z = 480 \text{ q}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 19 \cdot 480 = \underline{9\,120 \text{ [l.hod}^{-1}\text{]}}$$

#### **3.4.2.4. Stanovení nejvyšší povolené koncentrace CO<sub>2</sub> ve stáji [%obj.]**

Hodnoty nejvyšších povolených koncentrací CO<sub>2</sub> ve stájových objektech pro hospodářská zvířata jsou uvedeny v přílohách č. 4 (skot), 5 (prasata) a 6b (drůbež).

#### **3.4.2.5. Příklad pro procvičení problematiky**

Stanovte výměnu vzduchu podle produkce CO<sub>2</sub> u 200 ks dojníc s průměrnou hmotností 500 kg, roční užitkovostí 6000 kg.rok<sup>-1</sup>, v Brně, stáj vazná.

**Řešení:**

$$V_{oco_2} = \frac{V_{CO_2}}{10 \cdot (0,25 - 0,03)} \quad \left[ m^3 \cdot hod^{-1} \right]$$

### 1. Stanovení výpočtových hodnot t a R<sub>V</sub>

$$t_i = 10^\circ C \quad R_{Vi} = 85\%$$

$$t_e = -15^\circ C \quad R_{Ve} = 90\%$$

### 2. Výpočet produkce CO<sub>2</sub> ve stáji

$$V_{CO_2} = V_{CO_2j} \cdot M_Z \cdot k_M$$

$$V_{CO_2j} [l \cdot hod^{-1} \cdot 100kg^{-1} \text{ Bo, Su, } 1kg^{-1} \text{ Ga}] - \text{ přílohy 1-3}$$

$$V_{CO_2j} = 23 [l \cdot hod^{-1} \cdot 100kg^{-1}]$$

M<sub>Z</sub> = celková hmotnost zvířat

$$M_Z = 200 \cdot 500 / 100 = 1000 \text{ q}$$

k<sub>M</sub> = korekce na užítkovost u dojnic

$$k_M = 1,30 (6000 - 3500 = 2500), (2500 : 500 = 5), (5 \cdot 6\% = 30\%)$$

$$V_{CO_2} = 23 \cdot 1000 \cdot 1,30 = \underline{29\,900} [l \cdot hod^{-1}]$$

### 3. Stanovení hodnoty povolené koncentrace CO<sub>2</sub> ve stáji [% obj.] - přílohy 4 - 6

$$K_{CO_2} = 0,25 [\% \text{obj.}]$$

### 4. Výpočet hodnoty větrání

$$V_{CO_2} = 29\,900 [l \cdot hod^{-1}]$$

$$K_{CO_2} = 0,25 [\% \text{obj.}]$$

$$V_{oco_2} = \frac{29\,900}{10 \cdot (0,25 - 0,03)} = 13\,591 \quad \left[ m^3 \cdot hod^{-1} \right]$$

### **Příklad – srovnání výměn vzduchu**

Stanovte výměnu vzduchu podle produkce vodních par a CO<sub>2</sub> u 200 ks dojnic s průměrnou hmotností 500 kg, roční užítkovostí 6000 kg.rok<sup>-1</sup>, v Brně, stáj vazná.

Větrání podle produkce vodních par: 13 682 m<sup>3</sup>.hod<sup>-1</sup>

Větrání podle produkce CO<sub>2</sub>: 13 591 m<sup>3</sup>.hod<sup>-1</sup>

**Stáj se musí větrat podle vyšší hodnoty – tedy podle produkce vodních par !!!**



**!!! Vždy platí:  $V_{ow} > V_{oCO_2}$  !!!**

**!!! Výjimka drůbež do 5 týdnů stáří → větrání dle CO<sub>2</sub> !!!**

### **Příklad – důkaz vyššího větrání dle CO<sub>2</sub>**

Stanovte výměny vzduchu podle produkce vodních par a CO<sub>2</sub> u 1000 ks kuřecích brojlerů ve stáří 6 dnů s průměrnou hmotností 100 g, v Brně, vytápění celé haly, chov na podestýlce.

#### **A. Stanovení výměny vzduchu podle produkce vodní páry**

**Řešení:**

$$V_{ow} = \frac{M_w}{\rho_i - x_e \rho_i} \cdot \rho_i \cdot t^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

1. Stanovení výpočtových hodnot  $t$  a  $R_v$

$$t_i = 32^\circ\text{C} \quad R_{vi} = 55\%$$

$$t_e = -15^\circ\text{C} \quad R_{ve} = 90\%$$

2. Výpočet produkce vodních par ve stáji

$$M_w = M_{wj} \cdot M_z \cdot k_w$$

$$M_{wj} = 8,8 \text{ [g.hod}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}\text{]}$$

$M_z$  = celková hmotnost zvířat

$$M_z = 1000 \cdot 0,100 = 100 \text{ kg}$$

$k_w$  = přepočítací koeficient pro produkci vodních par pro odlišné vnitřní teploty  $t_i$

$k_w = 1,16$  (vzrůst produkce vodních par při vzrůstu teploty o 1 K o 2% a opačně)

$$M_w = 8,8 \cdot 100 \cdot 1,16 = \underline{1\,020,8 \text{ [g.hod}^{-1}\text{]}}$$

3. Stanovení hodnot měrných vlhkostí vnitřního a vnějšího vzduchu ( $x_i$ ,  $x_e$ ) – příloha 13

$$x_i = 17,07 \text{ [g.kg}^{-1} \text{ s.v.]}$$

$$x_e = 0,94 \text{ [g.kg}^{-1} \text{ s.v.]}$$

4. Stanovení hodnoty měrné hmotnosti stájového vzduchu -  $\rho_i$  - příloha 14

$$\rho_i = 1,10 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$$

### 5. Výpočet hodnoty větrání

$$M_W = 1\,020,8 \text{ [g.hod}^{-1}\text{]}$$

$$x_i = 17,07 \text{ [g.kg}^{-1} \text{ s.v.}]$$

$$x_e = 0,94 \text{ [g.kg}^{-1} \text{ s.v.}]$$

$$\rho_i = 1,10 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$$

$$V_{ow} = \frac{1\,020,8}{(17,07 - 0,94) \cdot 1,10} = 57,53 \text{ [m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}\text{]}$$

### B. Stanovení výměny vzduchu podle produkce CO<sub>2</sub>

#### Řešení:

$$V_{oco_2} = \frac{V_{CO_2}}{10 \cdot (K_{CO_2} - 0,03)} \text{ [m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}\text{]}$$

#### 1. Stanovení výpočtových hodnot t a R<sub>v</sub>

$$t_i = 32^\circ\text{C} \quad R_{vi} = 55\%$$

$$t_e = -15^\circ\text{C} \quad R_{ve} = 90\%$$

#### 2. Výpočet produkce CO<sub>2</sub> ve stáji

$$V_{CO_2} = V_{CO_2j} \cdot M_Z$$

$$V_{CO_2j} = 1,87 \text{ [l.hod}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}\text{]}$$

M<sub>Z</sub> = celková hmotnost zvířat

$$M_Z = 1000 \cdot 0,100 = 100 \text{ kg}$$

$$V_{CO_2} = 1,87 \cdot 100 = \underline{187 \text{ [l.hod}^{-1}\text{]}}$$

#### 3. Stanovení hodnoty povolené koncentrace CO<sub>2</sub> ve stáji [%obj.]

$$K_{CO_2} = 0,20 \text{ [%obj.]}$$

#### 4. Výpočet hodnoty větrání

$$V_{CO_2} = 187 \text{ [l.hod}^{-1}\text{]}$$

$$K_{CO_2} = 0,20 \text{ [%obj.]}$$

$$V_{oco_2} = \frac{187}{10 \cdot (0,20 - 0,03)} = 110 \text{ [m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}\text{]}$$

### Příklad – srovnání výměn vzduchu

Stanovte výměny vzduchu podle produkce vodních par a CO<sub>2</sub> u 1000 ks kuřecích brojlerů ve stáří 1 týdne s průměrnou hmotností 100 g, v Brně, vytápění celé haly, chov na podestýlce.

Větrání podle produkce vodních par: 57,53 m<sup>3</sup>.hod<sup>-1</sup>

Větrání podle produkce CO<sub>2</sub>: 110 m<sup>3</sup>.hod<sup>-1</sup>

Stáj se tedy musí větrat podle vyšší hodnoty – tedy podle produkce CO<sub>2</sub> !!!

### Příklad – kontrola výpočtu pomocí V<sub>OJ</sub>

Stanovte výměny vzduchu podle produkce vodních par a CO<sub>2</sub> u 1000 ks kuřecích brojlerů ve stáří 1 týdne s průměrnou hmotností 100 g, v Brně, vytápění celé haly, chov na podestýlce.

Řešení:

1. Stanovení výpočtových hodnot t a R<sub>V</sub>

$$t_i = 32^\circ\text{C} \quad R_{Vi} = 55\%$$

$$t_e = -15^\circ\text{C} \quad R_{Ve} = 90\%$$

2. Stanovení minimální zimní výměny vzduchu

$$V_O = V_{Oj} \cdot M_Z$$

$$V_{Oj} = 1,10 \text{ [m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ ]}$$

M<sub>Z</sub> = celková hmotnost zvířat

$$M_Z = 1000 \cdot 0,100 = 100 \text{ kg}$$

$$V_{\min} = 1,10 \cdot 100 = \underline{\underline{110 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}}}$$

### 3.4.3. Větrání podle teploty – odvod přebytečného tepla

Přesné množství vyměňovaného vzduchu pro odvedení tepla ze stáje v letním období stanovíme ze vztahu:

$$V_{OQ} = \frac{Q_{PR} \cdot 3,6}{\Delta ip \cdot \rho_i} \text{ [m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \text{ ]}$$

kde:

V<sub>OQ</sub> je množství vzduchu pro odvedení tepla ze stáje [m<sup>3</sup>.hod<sup>-1</sup>]

Q<sub>PR</sub> je celková produkce tepla ve stáji [W]

Δip je průměrný rozdíl entalpie stájového vzduchu [kJ.kg<sup>-1</sup>] pro dané pásmo t<sub>i</sub>

ρ<sub>i</sub> je měrná hmotnost odváděného vzduchu při dané teplotě a relativní vlhkosti [kg.m<sup>-3</sup>]

### 3.4.3.1. Výpočet produkce tepla

Úplný postup pro výpočet tepelné produkce ustájených zvířat je uveden v kapitole 2.3.1.

### 3.4.3.2. Stanovení průměrného rozdílu entalpie stájového vzduchu [kJ.kg<sup>-1</sup>] pro dané pásmo t<sub>i</sub>

Hodnoty Δip jsou uvedeny v příloze č. 19.

### 3.4.3.3. Stanovení měrné hmotnosti odváděného vzduchu při dané teplotě a relativní vlhkosti [kg.m<sup>-3</sup>]

Hodnoty měrné hmotnosti odváděného vzduchu při dané teplotě a relativní vlhkosti [kg.m<sup>-3</sup>] ρ<sub>i</sub> jsou uvedeny v příloze č. 14. Pro různé teploty vzduchu (od 8°C a výše) jsou pak v příloze uvedeny vždy dvě hodnoty, a to pro případ zcela suchého (0% RV) či zcela nasyceného (100% RV) vzduchu. V případě zjištění mezilehlé hodnoty se neprovádí interpolace. Má-li vzduch relativní vlhkost pod 50%, vybíráme hodnoty v levé sloupci tabulky (tedy 0% RV), je-li jeho relativní vlhkost vyšší než 50%, hodnoty vybíráme z pravé části tabulky (100% RV).

### 3.4.3.4. Příklad pro procvičení problematiky

Stanovte výměnu vzduchu podle produkce tepla u 200 ks dojníc s průměrnou hmotností 500 kg, roční užitkovostí 6000 kg.rok<sup>-1</sup>, v Brně, stáj vazná.

**Řešení:**

$$V_{OQ} = \frac{Q_{PR} \cdot 3,6}{\Delta ip \cdot \rho_i} \quad \left[ t^3 \cdot hod^{-1} \right]$$

1. Výpočet produkce tepla ve stáji

$$Q_{PR} = Q_{PRj} \cdot M_Z \cdot k_M \cdot k_q$$

$$Q_{PRj} = 195 \text{ [W.100kg}^{-1}\text{]}$$

M<sub>Z</sub> = celková hmotnost zvířat

$$M_Z = 200 \cdot 500 / 100 = 1000 \text{ q}$$

k<sub>M</sub> = korekce na užitkovost u dojníc

$$k_M = 1,30 \quad (6000 - 3500 = 2500), (2500 : 500 = 5), (5 \cdot 6\% = 30\%)$$

$k_q$  = přepočítací koeficient pro produkci tepla pro odlišné vnitřní teploty  $t_i$  (počítá se pro  $t_i = 27^\circ\text{C}$ ,  $t_e =$

$30^\circ\text{C}$ )

$k_q = 0,83$  (lineární interpolací mezi 0,80 a 0,85)

$$Q_{PR} = 195 \cdot 1000 \cdot 1,30 \cdot 0,83 = \underline{210\,405 \text{ [W]}}$$

2. Stanovení  $\Delta ip$  – průměrný rozdíl entalpie stájového vzduchu [ $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] pro dané pásmo  $t_i$  (příloha č. 19)

$$\Delta ip = 9 \text{ [kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\text{]}$$

3. Stanovení hodnoty měrné hmotnosti stájového vzduchu -  $\rho_i$

$$\rho_i = 1,13 \text{ [kg}\cdot\text{m}^{-3}\text{]}$$

4. Výpočet hodnoty větrání

$$Q_{PR} = 210\,405 \text{ [W]}$$

$$\Delta ip = 9 \text{ [kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\text{]}$$

$$\rho_i = 1,13 \text{ [kg}\cdot\text{m}^{-3}\text{]}$$

$$V_{oq} = \frac{210\,405 \cdot 3,6}{9 \cdot 1,13} = 74\,480 \text{ [m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}\text{]}$$

### 3.5. Větrací zařízení ve stájových objektech – druhy, konstrukce a výpočet

#### 3.5.1. Druhy větracích zařízení

Větrací systémy ve stájových objektech pro hospodářská zvířata jsou následující:

1. Přirozené
2. Nucené
3. Kombinované

Hybnou silou přirozeného větrání je rozdíl teplot uvnitř a vně stáje ( $\Delta t$ ). Čím je tento rozdíl vyšší, tím lépe větrací systém funguje. Hybnou silou nuceného větrání je pak aktivní větrací prvek, nejčastěji elektrický ventilátor.

## Přirozené větrání

Z hlediska ekonomického (pořizovací náklady, údržba, provoz, spolehlivost) považujeme přirozené větrání za jednoznačně nejvýhodnější, a pokud je to stavebně-technicky a konstrukčně možné, vždy jej upřednostňujeme.

Nevýhodou přirozené větrání je skutečnost, že možnosti jeho použití ve stájových objektech jsou do značné míry omezeny.

### Možnosti využití přirozeného větrání:

1. U málokapacitních stájí  $Bo - 100VDJ$ ,  $Su \leq 40$  prasnic  
 $\leq 400$  ks výkrm  
u staveb s půdním prostorem – do velikosti 2 řadového kravína - do 12 m rozponu  
u staveb bez půdního prostoru – do velikosti 4 řadového kravína - do 18 - 20 m rozponu
2. Stáj musí obsahovat okna – okenní stáj (v létě přívod vzduchu)
3. Ve stáji nesmí být podroštové prostory

### Způsoby přirozeného větrání:

1. Infiltrace - netěsnostmi oken, dveří, zdiva (je nekontrolovatelná) - nepočítá se s ní
2. Aerace - letní režim větrání – okna, dveře. Nevhodné při teplotách nižších jak + 5 až + 10°C
3. Samotížné (gravitační) větrání - výparníky

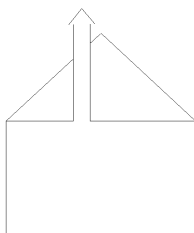
### Samotížné (gravitační) větrání

Samotížné větrací zařízení je ideálním větracím systémem pro zimní období. Jako každý jiný větrací systém má i gravitační větrání 2 základní složky:

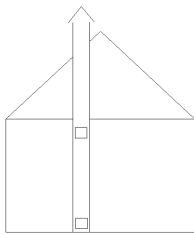
1. Odvody (výparníky) – odvádí vzduch ze stáje
2. Přívody – přivádí do objektu čerstvý vzduch

Podle typu konstrukce rozlišujeme 2 druhy výparníků

1. Stropní

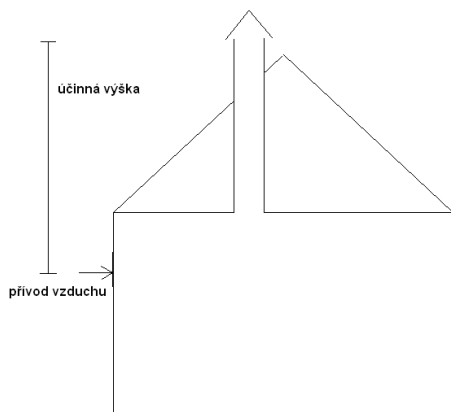


## 2. Štítové (stáj do 20 m délky)



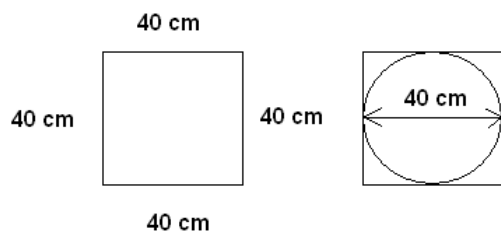
### 3.5.2. Konstrukce a předpoklady správné funkce výparníků:

1. Účinná výška větrání (vzdálenost od přírodních otvorů po vyústění výparníku) - minimálně 3 – 4 m (vhodné pro stavby s půdami)

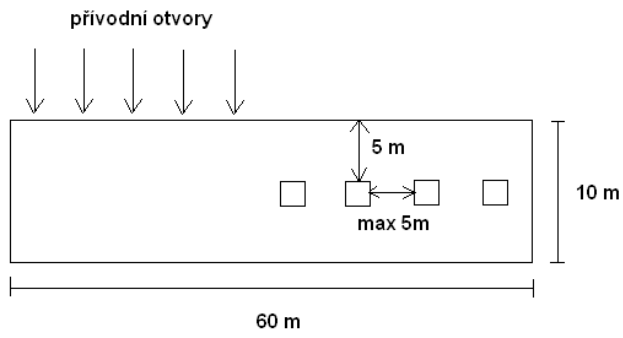


2. Celková plocha výparníků – dle druhu, počtu zvířat, účinné výšky větrání (účinná výška 6m –  $1\text{dm}^2 \cdot 100\text{ kg}^{-1}$  živé hmot.)

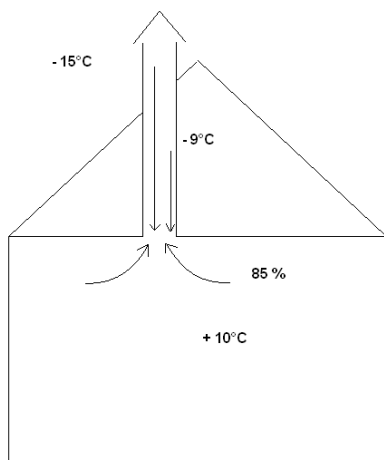
3. Minimální plocha výparníku - minimálně 40 x 40 cm



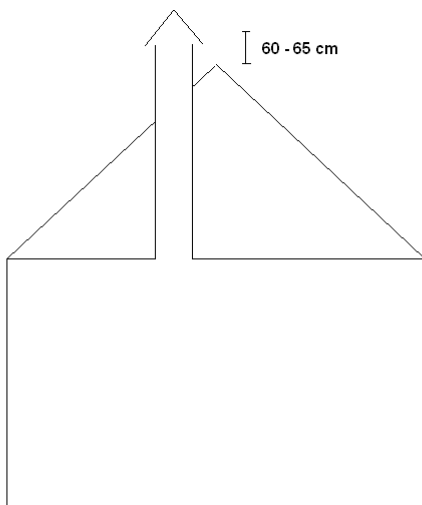
4. Vzdálenost výparníků od sebe - maximálně 6 – 8 m, ne více jak vzdálenost výparníků od přírodních otvorů !!!



5. Dobrá tepelná izolace výparníků - kondenzace H<sub>2</sub>O !!!

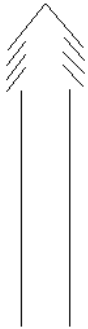


6. Hlavice výparníků přesahuje nejméně 60 -65 cm nad hřeben střechy.

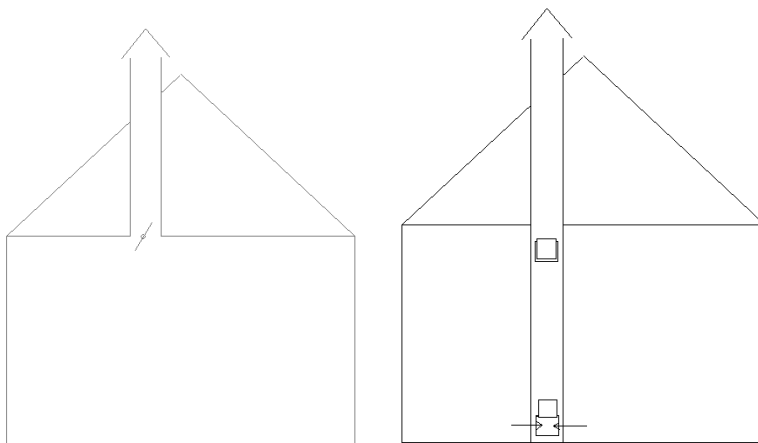




7. Výparník musí být opatřen stříškou s deflektorem



8. Výparník musí být regulovatelný



### 3.5.3. Výpočet celkové potřebné plochy výparníků

Množství přirozeně vyměněného vzduchu ve stájovém objektu závisí na ploše větracích otvorů a na rychlosti proudění vzduchu v nich, jak je patrné z následujícího vztahu:

$$V_o = S \cdot v \cdot 3600 \quad \left[ \text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \right]$$

kde:

$V_o$  je potřebná výměna vzduchu (střední, maximální zimní) [ $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ ]

$S$  je plocha odvodných větracích otvorů [ $\text{m}^2$ ]

$v$  je rychlost proudění vzduchu ve výparnicích [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

### 3.5.3.1. Stanovení potřebné výměny vzduchu $V_o$

Potřebnou výměnu vzduchu stanovujeme na nejhorší možné podmínky, ve kterých samotížné větrací zařízení ještě pracuje (tedy, kdy rozdíl teplot mezi stájí a venkovním prostředím je již velmi malý). Tyto podmínky zahrnuje maximální zimní (střední) výměna vzduchu. Tuto výměnu stanovíme s použitím hodnoty  $V_{Oj}$  (viz kapitola 3.3.).

### 3.5.3.2. Stanovení rychlosti proudění vzduchu ve výparnicích [ $m \cdot s^{-1}$ ]

Rychlosti proudění ve výparnicích v závislosti na jejich účinné výšce a rozdílu teplot uvnitř a vně stáje jsou uvedeny v příloze č. 18. Při volbě rozdílu teplot volíme vždy nejhorší podmínky pro danou účinnou výšku výparníků, tedy nejčastěji  $4^\circ C$ .

Celkovou potřebnou plochu výparníků pak stanovíme ze vztahu:

$$S = \frac{V_o}{v \cdot 3600} \quad \left[ h^2 \right]$$

### 3.5.3.3. Výpočet požadované kapacity a návrh konstrukce samotížného větracího zařízení

Stanovte požadovanou plochu, počet a umístění výparníků pro ustájení 50 ks dojnic s průměrnou hmotností 500 kg, roční užitkovostí  $6000 \text{ kg} \cdot \text{rok}^{-1}$ , v Brně, stáj vazná, účinná výška výparníků 4 m.

**Řešení:**

$$S = \frac{V_o}{v \cdot 3600} \quad \left[ h^2 \right]$$

1. Stanovení maximální zimní (střední) výměny vzduchu – příloha 16

$$V_{\text{střed}} = V_{Oj} \cdot M_Z \cdot k_M$$

$$V_{Oj} = 28,4 \text{ [m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot 100\text{kg}^{-1}\text{]}$$

$M_Z$  = celková hmotnost zvířat

$$M_Z = 50 \cdot 500 / 100 = 250 \text{ q}$$

$k_M$  = korekce na užitkovost u dojnic

$$k_M = 1,30 \quad (6000 - 3500 = 2500), (2500 : 500 = 5), (5 \cdot 6\% = 30\%)$$

$$V_{\text{střed}} = 28,4 \cdot 250 \cdot 1,30 = \underline{9\,230 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}}$$

## 2. Stanovení rychlosti proudění vzduchu ve výparnicích – příloha 18

$$v = 0,43 \text{ [m.s}^{-1}\text{]}$$

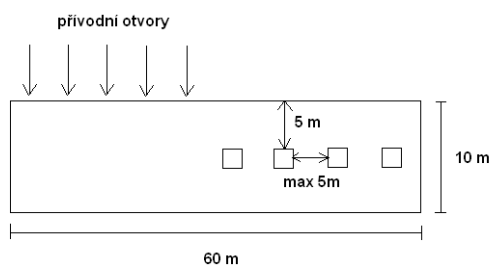
## 3. Výpočet požadované plochy výparníků

$$V_{\text{střed}} = 9\,230 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

$$v = 0,43 \text{ m.s}^{-1}$$

$$S = \frac{9\,230}{0,43 \cdot 3600} = 5,963 \text{ m}^2$$

## 5. Stanovení minimálního počtu výparníků



Na 60 m délky stavby – minimální počet: 11 výparníků

## 6. Stanovení rozměrů výparníků

Celková potřebná plocha výparníků:  $5,963 \text{ m}^2$

Minimální počet výparníků: 11 ks

Plocha 1 výparníku bude tedy minimálně:

$$S = 5,963 : 11 = 0,542 \text{ m}^2$$

Rozměr výparníku může být tedy dán 2. odmocninou z celkové plochy – tedy cca  $0,74 \times 0,74 \text{ m}$  (v případě konstrukce čtvercového průřezu).

#### 4. Literatura

ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. Praha, 1977, 35 s.

ČSN 73 0540 Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov. Názvosloví, požadavky a kriteria.

ČSN 73 0542 Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov. Vlastnosti materiálů konstrukcí a vlastnosti s nimi souvisící.

ON 73 4502 Větrání a vytápění stájových prostorů. Praha, 1977, 52 s.

DOLEŽAL, O. a kol.: Metody eliminace tepelného stresu – významná chovatelská rezerva. Praha, 2010, 41 s.

CHLOUPEK, J., SUCHÝ, P.: Mikroklimatická měření ve stájích pro hospodářská zvířata. 1. vyd. Brno, VFU Brno, 2008, 229 s.

KUBÍČEK, K., ZEMAN, J.: Tepelná bilance a větrání stájí – výpočet a posuzování. VŠV Brno, 1978, 54 s.