



Vliv sluneční radiace na oteplování stájového prostoru

J. Šimon, J. Vegracht, M. Fabianová, Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i., Praha

Souhrn

Předmětem výzkumu bylo stanovit vliv různě řešeného střešního pláště u stájí pro chov hospodářských zvířat na oteplování vnitřního prostředí, zejména v období vysokých teplot vnějšího prostředí. Byla zjištěna vysoká korelační závislost mezi intenzitou slunečního záření a prostupem tepla do stájového prostředí. Výsledky měření účinnosti solárního ohřevu na tepelném kolektoru osazeném sledovanou střešní krytinou také ukazují na velké rozdíly v prostupu tepla podle použitých krytin. Celkem bylo sledováno osm různých provedení střešního pláště. Nejlepší výsledky z hlediska eliminace prostupu tepla slunečního záření byly zjištěny u izolovaného sendvičového panelu, který propouštěl do stájového prostředí max. kolem 16 % tepla ze slunečního záření. Nejhorší výsledky byly zjištěny u střešního pláště tvořeného prosvětlovacím sklolaminátovým panelem, který propouštěl až 95 % tepla ze slunečního záření.

Zkoumán byl také vliv barevného provedení u vláknocementových panelů, kdy panel s bílou barvou měl o 39 % nižší povrchovou teplotu na vnitřní straně než panel černý a prostup tepla, měřeno teplovodivým čidlem na spodní straně panelu, byl nižší 4x.

Klíčová slova: dojnice, ustájení, střešní krytina, tepelný stres

Summary

The object of research was to determine the effect of different solved roof deck in stables for livestock on warming the interior, especially in periods of high outdoor temperatures. There was found a high correlation between the intensity of solar radiation and heat transmission into stable environment. The results of measuring the efficiency of solar thermal collector with observed roofings also show large differences in heat transmittance according to the materials. There was observed 8 different variants of roof covering. The best results in terms of elimination of heat transmission of solar radiation had a sandwich insulated panel which transmitted max. around 16 % of the heat from solar radiation. The worst results had the roof covering of translucent fiberglass panel which transmitted up to 95 % of heat from solar radiation.

Next object of the research was the influence of color of used fiber-cement panels. The panel with white color had a 39 % lower surface temperature on the inside than the black panel and heat transmittance, measured with conductive heat sensor on the inside of the panel, was 4 times lower.

Keywords: dairy cows, housing, roofing, heat stress

Úvod

Mikroklima stájového prostředí ve stájích pro chov hospodářských zvířat významným způsobem ovlivňuje zdravotní stav a užitkovost a životní projevy chovaných zvířat. Zejména v období vysokých letních teplot bývá situace kritická a chovatelé musejí přijímat opatření ke snížení tepelné zátěže chovaných zvířat.

Teplo ze sluneční radiace se do prostředí stáje dostává prostupem střešním pláštěm. Schéma prostupu tepla pocházejícího ze sluneční radiace je na obr. 1. Z tohoto schématu je zřejmé, že do stájového prostředí se dostává jen část tepla ze slunečního záření. Zbylá část je odražena zpět do vnějšího prostředí a část je pohlcena střešním pláštěm. Z tohoto důvodu

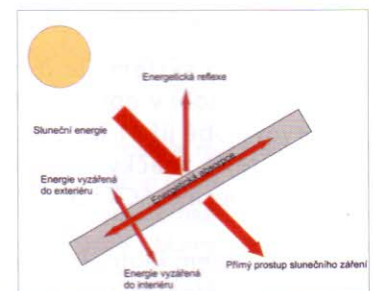
je velmi důležitá správná volba střešního pláště tak, aby propouštěl do stájového prostředí co nejméně tepla pocházejícího ze sluneční radiace.

Při návrhu novostaveb či při rekonstrukcích stájí pro skot je z pohledu dosažení optimálních mikroklimatických a světelných podmínek uvnitř stáje důležité zaměřit se i na volbu vhodné krytiny střešního pláště. Na trhu se objevuje celá řada střešních panelů různých konstrukčních řešení, použitých materiálů a barevných provedení. Nejčastěji se na střeších stájí můžeme setkat s panely vláknocementovými, sklolaminátovými, polykarbonátovými, s panely z trapézového plechu a izolovanými panely s PUR pěnou. Tyto panely se liší tepelněizolačními

vlastnostmi a propustností světelného záření.

Konstrukce střešního pláště také musí zajistit osvětlení vnitřního prostoru stáje. Pro laktující krávy by se úroveň osvětlení přes den měla pohybovat na úrovni min. 200 luxů.

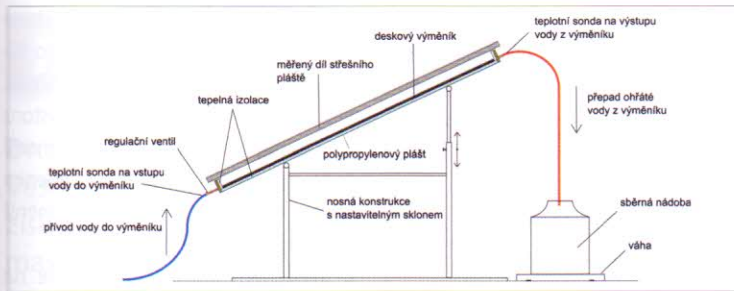
Přirozené osvětlení proniká do prostoru stáje otvory v obvodových zdech a prosvětlením střechy za použití světlopropustných panelů. Přímé sluneční světlo je však zdrojem tepelného záření, které v letním období negativně ovlivňuje mikroklimatické podmínky ve stáji. Tepelné záření do prostoru stáje ale proniká i přes neprůhledné střešní krytiny v závislosti na jejich tepelněizolačních vlastnostech. Nadměrné oteplování prostoru stáje vede



Obr. 1 – Schéma prostupu tepla střešním pláštěm

k tepelnému stresu zvířat, který má negativní dopad na jejich zdravotní stav a užitkovost.

K lepšímu poznání tohoto problému byly pracovníky VÚZT, v. v. i. provedeny výzkumné práce s cílem stanovit vliv různě řešeného střešního pláště na oteplování stájového prostředí.



Obr. 2 – Měřicí schéma prostupu tepla přes střešní panel s využitím deskového výměníku



Obr. 3 – Měření prostupu tepla vláknocementovým střešním panelem

Materiál a metodika

Ke stanovení prostupu tepla přes střešní plášť byl v první fázi měření použit metodický postup vycházející z akumulace tepla získaného ze slunečního záření v deskovém výměníku. Jako akumulční médium byla použita voda.

Podstatou metody je akumulace tepla získaného ze slunečního záření za použití kolektoru, jehož hlavní částí je tenkostěnný deskový výměník (obdobu výměníku používaného u tanků s přímým chlazením mléka) matně černé barvy s regulovatelným průtokem chladicího média. Výměník byl umístěn uvnitř polypropylenového boxu tepelně odizolovaného polystyrenem (viz schéma na obr. 2).

Parametry venkovního prostředí byly sledovány pomocí meteorologické stanice Davis Vantage pro 2, která byla umístěna v bezprostřední blízkosti prováděného experimentu. Intenzita slunečního záření dopadajícího kolmo na plochu sledovaného panelu byla dále měřena pyranometrem CTM SG010 se záznamníkem dat Comet S5021. Teplota média na

vstupu a výstupu z výměníku byla měřena teplotní sondou s čidlem Ni1000 a zaznamenávána univerzálním záznamníkem dat Almemo 2290-4. Průtok média výměníkem v čase byl měřen digitální plošinou váhou Kern DE150K50N a ukládán do počítače. K měření povrchové teploty byl použit infrateploměr Fluke 568. Teplotní snímek povrchové teploty na spodní straně sledovaných panelů byl pořízen pomocí termokamery Fluke TiS.

Kolektor byl umístěn na konstrukci umožňující změnu sklonu a orientace ke světovým stranám (obr. 4 a obr. 5). Ve výchozím stavu je konstrukce orientována na jih se sklonem 22°, který odpovídá sklonu, nejčastěji používaném u střešních stájí.

Protékající voda je zachytávána ve sběrné nádobě, umístěné na plošinové váze. Měřicí schéma a body měření povrchové teploty jsou znázorněny na obrázcích.

Do vody proudící výměníkem se akumuluje energie ve formě tepla, získaná působením slunečního záření na plochu sledovaného pane-

lu. Přiváděná voda o teplotě T_1 je ohřívána při stanoveném průtoku na teplotu T_2 , měřenou na výstupu z výměníku. Na základě rozdílu teplot ΔT a celkového množství ohřáté vody v čase měření t , je potom stanoveno množství tepla Q , které prostupuje střešním pláštěm podle následující rovnice spotřebovaného na ohřev vody Q , a to následovně:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \text{ [kJ]} \quad [1]$$

kde:

Q – množství tepla prostupujícího testovaným střešním pláštěm [kJ]

c – měrné teplo vody ($c = 4,184$) [kJ/kg/K],

m – hmotnost přetečené a ohřáté vody za hodinu [l/hod],

ΔT – rozdíl teplot na vstupu a výstupu výměníku ($\Delta T = T_2 - T_1$) [K].

Účinnost ohřevu desky byla vypočtena na základě poměru mezi výkonem a příkonem zařízení. V našem přípa-

dě je za výkon považováno množství tepla Q spotřebovaného na ohřev vody vypočteného podle rovnice 1 a přepočteného tepla Q_1 ve Wh podle rovnice 2.

$$Q_1 = Q/3,6 \text{ [Wh]} \quad [2]$$

Celková energie získaná působením slunečního záření na plochu desky, resp. sledovaného panelu E za dobu měření byla stanovena podle vzorce: $E = SR \cdot S \cdot t$ [Wh] [3]

kde:

SR – intenzita slunečního záření [W/m^2],

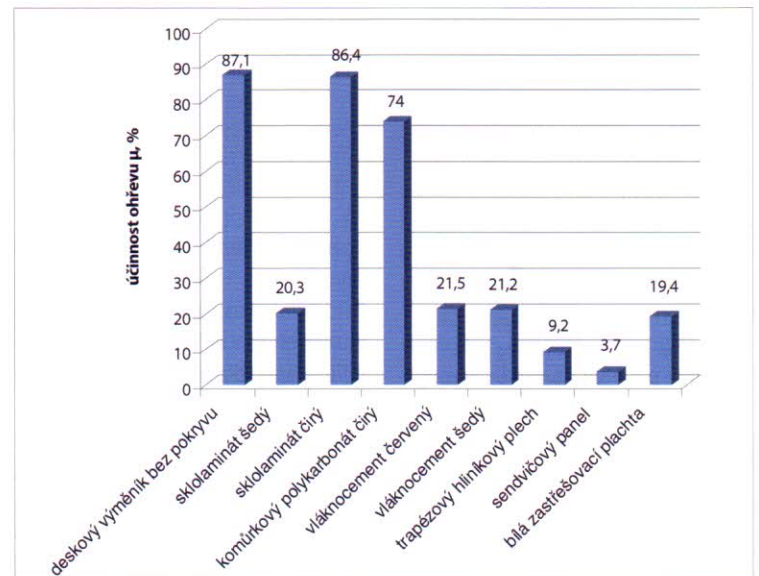
S – plocha výměníku [m^2],

t – čas měření [h].

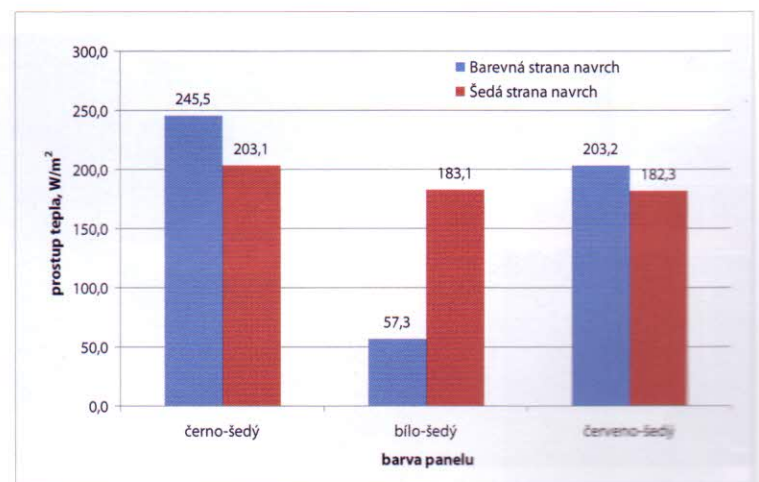
Účinnost μ byla vypočítána následovně:

$$\mu = Q_1 / E \text{ [%]} \quad [4].$$

Variálně byl měřen průstup tepla vedením střešním pláštěm vláknocementovým panelem v závislosti na jeho barvě.



Graf 1 – Účinnost prostupu tepla různě řešeným střešním pláštěm



Graf 2 – Prostup tepla vedením variantně řešeným střešním pláštěm



Tab.1 – Základní údaje sledovaných střešních krytin

Panel	Materiál	Barva	Dodavatel	Náhled
Elyonda	sklolaminát	šedá	Pama, a. s.	
Elyplast	sklolaminát	čirá	Pama, a. s.	
Prosvětlovací komůrkový panel	polykarbonát	čirá	Wolfsystem	
Izolovaný sendvičový panel Brollo Agro TV5	PUR pěna/kovové opláštění	bledě šedá	Pama, a. s.	
Vláknocementový panel	na bázi cementu armovaného organickým vláknem	cihlově červená	Cemberit	
Vláknocementový panel		šedá	Cemberit	
Trapézový tvarovaný plech KOB 1012	plech	leštěný hliník	Msport	
ProfiCover	plachta	bílá	BD Tech	
ProfiCover	plachta	bílá	V. Racek	

K tomu byl použit snímač tepelného toku Ahlborn FQA020C se záznamníkem dat Almemo 2290-4.

Byly sledovány totožné vláknocementové panely s černým, červeným a bílým barevným provedením vrchní strany střešního pláště.

Výsledky a doporučení

Výsledky zkoumání prostupu tepla u vybraných střešních krytin jsou znázorněny v grafu 1. Pro srovnání je v grafu uvedena účinnost des-

kového výměníku bez jakéhokoliv krytu.

Tato účinnost je na úrovni 87,1 %, to znamená, že z celkového tepla dodaného sluneční radiací je 87,1 % tepla akumulováno ve vodě protékající výměníkem. To je potřebné zohlednit při hodnocení účinnosti testovaných panelů (účinnost prostupu tepla je tedy ve všech případech o 12,9 % vyšší, než je uvedeno v grafu.

Nejlepšího výsledku (nejmenší účinnost a nejmenší prostup tepla do

stájového prostoru) bylo dosaženo u tepelně izolovaného sendvičového panelu, kde se pohybovala účinnost ohřevu, resp. prostup tepla v průměru okolo 3,7 %. Kupodivu dobrý výsledek byl zjištěn u střešního panelu z trapézového hliníkového plechu s prostupem tepla 9,2 %. To si lze vysvětlit tím, že u takto řešeného střešního pláště je velká část slunečního záření odrážena zpět do vnějšího prostoru (viz schéma na obr. 1).

Střešním pláštěm tvořeným vláknocementovými panely byla zjištěna účinnost prostupu tepla kolem 20 %.

Z hlediska prostupu tepla pak dopadly nejhůře panely prosvětlovací z komůrkového polykarbonátu a čirého sklolaminátu, u nichž je prostup tepla 74 % až 86,4 %. A prakticky téměř všechno teplo ze slunečního záření prostupuje do stájového prostoru.

Na prostup tepla do stájového prostředí má významný vliv také barva střešního pláště.

V grafu 1 jsou uvedeny výsledky sledování prostupu tepla vedením barevně různě řešeným povrchem střešního pláště s vláknocementovou krytinou.

Nejlepšího výsledku bylo dosaženo opět u střešního pláště tvořeného bílošedým panelem s vnější bílou barvou. Prostup tepla do podstřešního prostoru je v tomto případě více než 4x menší než u panelu s černošedým provedením (vrchní barva černá), event. 3,5x menší v případě, že je vrchní barva šedá.

Z uvedených zjištění vyplývá, že na prostup tepla do stájového prostoru střešním pláštěm má vliv vedle materiálu a tepelněizolačních vlastností materiálu střešního pláště i jeho barva.

Prostup tepla se dá účinně snížit použitím tepelné izolace nebo povrchovou úpravou střechy, kdy je na vrchní straně střešního pláště světlá barva a materiál s vysokou odrazivostí slunečního záření.

Prosvětlovací panely prostupuje největší množství tepla. Je proto potřebné zvážit jejich množství nezbytné pro osvětlení stájového prostoru. Prosvětlovací panely by měly být přednostně umístěny v té části střešního pláště, která není v období největší intenzity slunečního záření přímo osvětlena (nejlépe severní strana). Lze doporučit jejich umístění v horní části střešního pláště a pravidelné střídavé uspořádání.

Závěr

Je potřebné uvést, že tato práce se zabývá jen jedním z mnoha aspektů ovlivňujících mikroklíma v životním prostředí chovaných zvířat. Z odborné literatury i z měření autorů tohoto článku je však nesporné, že prostup tepla střešním pláštěm je jednou z příčin oteplování vnitřního prostoru stáje. Dalším výzkumem by bylo vhodné objasnit, do jaké míry se snížení prostupu tepla střešním pláštěm promítne do zlepšení mikroklímatu v životním prostředí chovaných zvířat zejména ve stájích s přirozeným větráním stáji, včetně stanovení potenciálu ekonomických přínosů provedených opatření.

Článek vznikl v rámci institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj VÚZT, v. v. i., RO0614.

Článek byl odborně recenzován

Ing. Josef Šimon,
doc. Ing. Jiří Vegricht, CSc.,
Ing. Mária Fabianová
Výzkumný ústav zemědělské
techniky, v. v. i.,
kontakt: josef.simon@vuzt.cz



Obr.4 – Testované střešní panely (vláknocementový, prosvětlovací a tepelně izolovaný)