

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**Zemědělská fakulta**  
**Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

---

**Studijní program:** Zemědělská specializace  
**Studijní obor:** Dopravní a manipulační prostředky

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Téma:**  
**Osvětlenost v chovu skotu**

**Vedoucí bakalářské práce:**  
Ing. Marie Šístková, CSc.

**Autor:**  
Jakub Tretera

---

**České Budějovice, 2014**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub TRETERA**  
Osobní číslo: **Z11113**  
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**  
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**  
Název tématu: **Osvětlenost v chovu skotu.**  
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

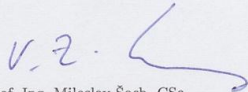
V práci se zaměřte na:

1. Literární rešerši na dané téma (chov skotu, welfare skotu, osvětlenost stájových objektů).
2. Výběr a charakteristiku alespoň dvou stájových objektů s technologickým zařízením odlišného typu.
3. Výběr vhodných měřicích míst a jejich schéma ve sledovaném objektu (graficky).
4. Měření osvětlenosti při denním i umělém (případně i kombinovaném) osvětlení.
5. Porovnání sledovaných stájových objektů a vyhodnocení dle platné legislativy.


Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:

Hutla, P. (1998): Osvětlování v zemědělství. ÚZPI Praha. 53 s.;  
Šoch a kol. (2010): Welfare hospodářských zvířat. Sborník z konference Člověk a zvíře v zajetí či v péči? Aktuální právní a věcné otázky nakládání se zvířaty. ISBN: 978-80-87146-33-0;  
Šístková M., Peterka A., Peterka B.,(2010). Light and noise conditions of buildings for breedings dairy cows, Research Agriculture Engineering, 56: 92-98;  
Šoch, M. (2005):Vliv prostředí na vybrané ukazatele pohody skotu. JU v Č. Budějovicích, Č. Budějovice, 288 s. ISBN: 80-7040-742-5;  
Šístková M., Peterka A.(2008): Úroveň osvětlenosti stájových objektů pro chov dojnic. Mechanizace zemědělství 58, 9, str. 36-39, ISSN 0373-6776;  
ČSN EN 12 464-1, 2004. Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory;  
ČSN 36 0011-1, 2006. Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 1: Základní ustanovení;  
ČSN 36 0011-2, 2006. Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 2: Měření denního osvětlení;  
ČSN 36 0011-3, 2006. Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 3: Měření umělého osvětlení;  
ČSN 36 0020, 2007. Kombinované osvětlení;  
ČSN 73 058, 2007. Denní osvětlení budov.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie Šístková, CSc.  
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky  
Datum zadání bakalářské práce: 10. ledna 2013  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2014

  
prof. Ing. Miloslav Soch, CSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDEJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Štrobárova 13  
370 05 České Budějovice

  
doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 18. března 2013

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Osvětlenost chovu skotu“ vypracoval samostatně pouze s použitím citované literatury, která je zařazena do seznamu v závěru práce.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě Zemědělskou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Ve Křemži dne 28. 11. 2014

.....  
Jakub Tretera

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Marii Šítkové, CSc. za ochotu, cenné rady, připomínky a odborné vedení při zpracování bakalářské práce. Tímto také děkuji za zapůjčení měřicí techniky. Dále bych chtěl poděkovat panu Stanislavu Bůzkovi a zootechnikovi panu Zdeňku Kučerovi, za informace a umožnění měření ve stájových objektech. Velké poděkování patří také rodině a přátelům za podporu při studiu.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá měřením osvětlenosti ve stájových objektech pro chov skotu. Teoretická část práce je zaměřena na světlo, osvětlení, svítidla, welfare skotu a technologii chovu skotu. V praktické části je uvedena charakteristika měřených objektů (schéma budovy, typ ustájení, osvětlení) a vlastní měření osvětlenosti ve vybraných stájích. První měření probíhalo ve stáji pro dojnice na farmě rodiny Bůžkových. Druhé měření probíhalo ve stáji pro výkrm býků a jalovic Zemědělského družstva Podklet'an. Naměřené hodnoty byly porovnány a vyhodnoceny dle platné legislativy.

**Klíčová slova:** Světlo, osvětlenost, osvětlení, svítidla, měření, luxmetr, skot

## **Abstract**

This bachelor's thesis pursues the measuring of the lighting in stable buildings for cattle farming. The theoretical part is focused on light, lighting, lights, welfare of cattle and technology of cattle farming. In the practical part is given the characteristic of the measured objects (the scheme of buildings, the type of stabling, the lighting) and the real measuring of lighting in chosen stalls. The first measuring took place in the stall for milk cows on the family Bůžek's farm. The second measuring took place in the stall for fattening of bulls and heifers on the cooperative farm Podklet'an. The measured values were compared and evaluated according to the hold legislation.

**Keywords:** Light, lighting, lights, measuring, luxmeter, cattle

## Obsah

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Úvod.....  | 9  |
| 2     | Světlo .....   | 10 |
| 2.1   | Šíření světla .....                                      | 11 |
| 2.2   | Odraz a lom světla .....                                 | 12 |
| 2.2.1 | Odraz světla.....  | 13 |
| 2.2.2 | Lom světla.....  | 13 |
| 2.3   | Základní veličiny a jednotky světelné techniky .....     | 16 |
| 2.3.1 | Svítivost .....  | 16 |
| 2.3.2 | Světelný tok.....  | 17 |
| 2.3.3 | Prostorový úhel .....                                    | 18 |
| 2.3.4 | Osvětlenost.....   | 18 |
| 2.3.5 | Světlení.....  | 19 |
| 2.3.6 | Jas.....   | 19 |
| 2.3.7 | Měrný výkon .....  | 20 |
| 3     | Osvětlení .....  | 21 |
| 3.1   | Požadavky na osvětlení .....                             | 21 |
| 3.2   | Osvětlení stájí pro dojnice .....                        | 21 |
| 3.2.1 | Intenzivní osvětlení produkčních stájí pro dojnice ..... | 21 |
| 3.2.2 | Požadavky na osvětlení .....                             | 22 |
| 3.2.3 | Přirozené denní osvětlení produkčních stájí .....        | 22 |
| 3.2.4 | Dosvětlování stájí.....                                  | 22 |
| 3.2.5 | Řízené osvětlování stájí.....                            | 23 |
| 3.3   | Světelné zdroje .....                                    | 24 |
| 3.3.1 | Zářivky .....  | 25 |
| 3.3.2 | Halogenidové výbojky .....                               | 25 |
| 3.3.3 | LED diody .....  | 26 |
| 3.3.4 | Svítidla .....   | 28 |
| 4     | Welfare zvířat.....                                      | 32 |
| 4.1   | Vliv záření a světla .....                               | 32 |
| 4.2   | Zrakové vnímání skotu .....                              | 33 |
| 5     | Technologie chovu skotu .....                            | 35 |
| 5.1   | Ustájení jalovic.....                                    | 35 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.1.1 | Bezsteliivový odchovny jalovic .....                         | 35 |
| 5.1.2 | Stelivové odchovny jalovic .....                             | 35 |
| 5.1.3 | Pastevní odchov jalovic.....                                 | 36 |
| 5.2   | Technologie ustájení dojnic.....                             | 36 |
| 5.2.1 | Vazné stáje .....  | 36 |
| 5.2.2 | Volné stáje.....   | 37 |
| 5.2.3 | Perspektivní systémy ustájení v novostavbách .....           | 39 |
| 5.3   | Technologie výkrmu skotu .....                               | 39 |
| 5.3.1 | Výkrm mladého skotu .....                                    | 39 |
| 6     | Cíl práce .....  | 43 |
| 7     | Metodika .....   | 43 |
| 7.1   | Použité přístroje.....                                       | 43 |
| 7.2   | Postup měření .....  | 44 |
| 8     | Charakteristika farmy Bůžkových.....                         | 45 |
| 8.1   | Ustájení.....  | 45 |
| 8.2   | Schéma budovy .....  | 45 |
| 8.3   | Osvětlení.....   | 46 |
| 8.4   | Průběh měření.....   | 46 |
| 8.5   | Naměřené hodnoty .....                                       | 47 |
| 9     | Charakteristika Zemědělského družstva Podkleťan Křemže ..... | 48 |
| 9.1   | Chov skotu.....  | 48 |
| 9.2   | Vybraná stáj.....  | 48 |
| 9.3   | Schéma budovy .....  | 48 |
| 9.4   | Osvětlení.....   | 49 |
| 9.5   | Průběh měření.....   | 49 |
| 9.6   | Naměřené hodnoty .....                                       | 50 |
| 10    | Vyhodnocení měření .....                                     | 51 |
| 10.1  | Porovnání stájí .....  | 51 |
| 11    | Závěr .....  | 52 |
| 12    | Literatura .....   | 53 |
| 13    | Přílohy.....   | 55 |
| 13.1  | Farma rodiny Bůžkových.....                                  | 55 |
| 13.2  | Zemědělské družstvo Podkleťan Křemže .....                   | 57 |



## 1 Úvod

Světlo je základní prvek, díky němuž může existovat svět, jaký známe. Světlo ovlivňuje všechny děje, které se na Zemi dějí, například fotosyntéza rostlin, bez které by jsme nemohli dýchat kyslík. Bez světla by také nemohly organismy růst a prospívat. Díky světlu také můžeme vnímat zrakem svět kolem nás. Základní zdroj světla je pro nás Slunce. Na člověka má také velký vliv množství světla, nízké množství světla může mít za následek psychické problémy (deprese, úzkost), zdravotní problémy (nedostatek vitamínu D, který se díky světlu v těle uvolňuje), naopak vysoké množství světla může mít za následek zrakové problémy.

V průběhu času se nároky na osvětlenost zvětšují. Přispívá k tomu objevování nových typů materiálů, například průsvitné materiály, nebo různé typy světlovodů. K lepší osvětlenosti také přispívá vývoj nových světelných zařízení, která mají vyšší svítivost, ale menší spotřebu elektrické energie.

## 2 Světlo

Světlo je elektromagnetické vlnění, jenž má řadu vlastností společných s rozsáhlým oborem elektromagnetických vlnění, která obecně označujeme jako **elektromagnetické záření**. Světlo je tedy elektromagnetické záření, na které je citlivý lidský zrakový orgán – oko. Okem můžeme vnímat elektromagnetické vlnění o frekvencích  $7,7 \cdot 10^{14}$  Hz až  $3,9 \cdot 10^{14}$  Hz.

Důležitou charakteristikou světla jako elektromagnetického vlnění je jeho rychlost  $c$ . Měřením byla potvrzena velikost rychlosti světla vyplývající z teorie elektromagnetického pole

Rychlost světla ve vakuu:

$$c = 299\,792\,458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Při většině výpočtů vystačíme s přibližnou hodnotou

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} = 300\,000 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$$

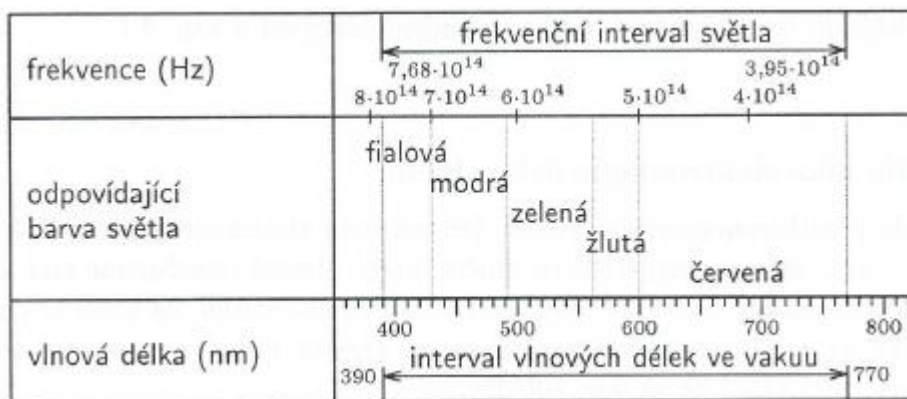
Rychlost světla ve vakuu je důležitá fyzikální konstanta a její hodnota byla přijata jako přesná a neměnná. V látkovém prostředí je rychlost světla vždy menší a její velikost je ovlivněna nejen vlastnostmi prostředí, ale i frekvencí světla. Ve vzduchu má rychlost světla přibližně stejnou hodnotu jako ve vakuu. Ve vodě je rychlost přibližně  $225\,000 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ . Ve skle se rychlost světla liší podle druhu skla a její velikost má hodnotu od  $200\,000 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  u běžného skla až do  $150\,000 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  u speciálního skla pro optické účely.

Podobně jako jiné druhy vlnění charakterizuje i světlo jeho vlnová délka (ve vakuu, popř. ve vzduchu)

$$\lambda = \frac{c}{f},$$

kde  $f$  je frekvence světla.

Přiřazení barev světla jednotlivým frekvencím je patrné z **obr. 1**. Světelný interval je tedy vymezen fialovou barvou (390 nm) a červenou barvou (770 nm). Toto vymezení je však jen přibližné, poněvadž je ovlivněno individuálními vlastnostmi zraku různých lidí. Také jednotlivé barvy nevnímáme stejně. Oko je nejcitlivější na světlo žlutozelené barvy o vlnové délce okolo 550 nm.



Obrázek 1 - Vztah barvy a frekvence světelného vlnění [1]

V praxi zpravidla nevnímáme jednoduché světlo charakterizované určitou frekvencí, ale světlo složené z vlnění různých frekvencí. Účinky jednotlivých složek světla na zrak pak určují výsledný barevný vjem, kterému odpovídá charakteristický odstín barvy. Při určitém poměru barevných složek světla vzniká světlo bílé. [1]

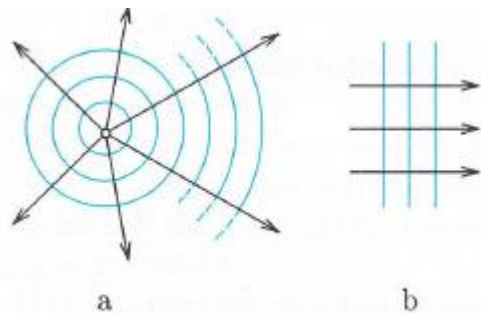
## 2.1 Šíření světla

Tělesa, která vyzařují světlo, jsou **světelné zdroje**. Světlo v nich vzniká přeměnami energie v elektronových obalech atomů. Prostředím, kterým se světlo šíří, je **optické prostředí**. Může být **průhledné** – nedochází v něm k rozptylu světla, **průsvitné** – světlo prostředím prochází, ale zčásti se v něm rozptyluje, **neprůhledné** – světlo se v něm silně pohlcuje nebo se na povrchu odráží.

Pokud optické prostředí má kdekoli ve svém objemu stejné optické vlastnosti, je to **prostředí opticky homogenní** neboli **stejnorodé**.

Nezávisí-li rychlost šíření světla v optickém prostředí na směru, jde o prostředí opticky izotropní. Když rychlost světla na směru šíření závisí, jde o prostředí anizotropní. Izotropním prostředím je např. sklo, anizotropní jsou některé krystaly, např. krystal křemene.

Ze zdroje světla umístěného v opticky homogenním izotropním prostředí se světlo šíří všemi směry stejně. Tento děj můžeme popsat Huygensovým principem. Ve zdroji světla vzniká světelné vlnění a to se šíří ve vlnoplochách směrem od zdroje. Pokud můžeme rozměry zdroje světla zanedbat, mluvíme o bodovém zdroji světla. Vlnoplochy mají v tomto případě tvar soustředěných kulových ploch (**obr. 2a**). Ve velké vzdálenosti od zdroje lze považovat části kulové vlnoplochy za rovinné vlnoplochy (**obr. 2b**).



Obrázek 2 - Vlnoplochy světelného vlnění [1]

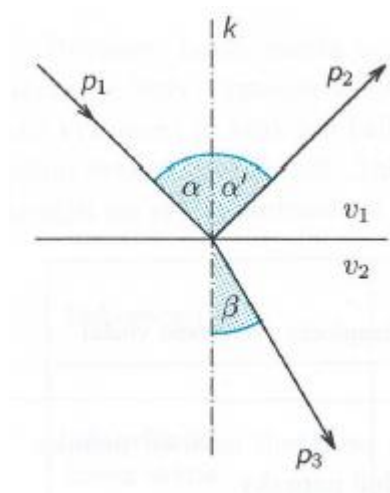
Skutečné zdroje světla obvykle nemůžeme považovat za bodové zdroje a světlo vychází současně z mnoha bodů např. vlákna žárovky. Šíření světla ze zdroje si zjednodušeně představujeme tak, že z každého bodu vycházejí všemi směry paprsky, které se navzájem protínají. Přitom se však neovlivňují a postupují prostředím nezávisle jeden na druhém. Tento poznatek potvrzený zkušeností nazýváme princip nezávislosti chodu světelných paprsků.

Světelné paprsky ve stejnorodém prostředí jsou přímky. To potvrzuje jeden ze základních zákonů paprskové optiky – zákon přímočarého šíření světla.

Přímočaré šíření světla je abstrakce, při níž nepřihlížíme k důležité vlastnosti světla jako vlnění, tj. k ohybu vlnění na překážkách. Vliv difrakce na šíření světla nemusíme uvažovat za předpokladu, že vlnová délka světla je vzhledem k rozměru překážky zanedbatelná ( $\lambda \rightarrow 0$ ). Za tohoto ideálního předpokladu platí zákon přímočarého šíření světla. Jeho nejvýznamnějším důsledkem je stín, který vzniká za každou neprůhlednou překážkou. Ostrá hranice mezi prostorem, kterým paprsky světla procházejí, a prostorem za překážkou je hranice geometrického stínu. [1]

## 2.2 Odraz a lom světla

Odraz a lom světla se řídí stejnými zákony, které byly odvozeny pro mechanické vlnění pomocí Huygensova principu. Jestliže světelný paprsek dopadá na rozhraní dvou prostředí s odlišnými optickými vlastnostmi (**obr. 3**), pak se světlo na rozhraní částečně odráží a částečně se láme do druhého prostředí. Nastává odraz a lom světla. [1]



Obrázek 3 - Odraz a lom světla [1]

### 2.2.1 Odraz světla

Světelný paprsek dopadá na rozhraní pod úhlem dopadu  $\alpha$ , který paprsek svírá s **kolmicí dopadu**  $k$ , vztyčenou v místě dopadu na rozhraní optických prostředí. V případě že rozhraní není tvořeno rovinnou plochou, uvažujeme kolmici za rovinu, v níž leží tečna  $k$  zakřivené ploše v místě dopadu světelného paprsku. Paprsek dopadajícího světla a kolmice dopadu leží v rovině, kterou nazýváme **rovina dopadu**.

Odražené světlo se šíří od rozhraní ve směru určeném odraženým paprskem. Ten svírá s kolmicí dopadu úhel odrazu  $\alpha'$ . Vztah mezi úhlem dopadu a úhlem odrazu určuje **zákon odrazu světla**.

Úhel odrazu nezávisí na frekvenci světla. Proto se paprsky světla různých barev odrážejí stejně. [1]

### 2.2.2 Lom světla

Pro směr lomeného paprsku byl odvozen vztah

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}.$$

V něm úhel  $\beta$ , který svírá lomený paprsek s kolmicí dopadu  $k$ , je **úhel lomu**.

Podíl rychlosti světla  $v_1$ ,  $v_2$  v obou prostředích je pro daná prostředí konstantní a vyjadřuje důležitou veličinu, která charakterizuje rozhraní optických prostředí. Nazýváme ji index lomu  $n$  pro dané rozhraní. V případě, že prvním prostředím je vakuum (popř. vzduch), je  $v_1 = c$ . Pro rychlost světla v druhém prostředí zavedeme  $v_2 = v$  index lomu

$$n = \frac{c}{v}.$$

Pro takto definovaný index lomu se také používá označení absolutní index lomu optického prostředí.

Z definice indexu lomu vyplývá, že pro vakuum  $n = 1$ . Tuto hodnotu má přibližně také index lomu vzduchu. Přesněji však platí, že za standardních podmínek, tzn. při tlaku 101 325 Pa, teplotě 293 K a absolutní vlhkosti  $0,9 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ , je  $n_{\text{vzduch}} = 1,000 271 8$ .

U všech optických prostředí kromě vakua je vždy  $n > 1$ . Např. pro rozhraní se vzduchem je index lomu ledu 1,31, vody 1,33, běžného druhu skla 1,5 apod. Pokud dále budeme uvádět index lomu optického prostředí, budeme jím rozumět index lomu na rozhraní s vakuem (vzduchem).

Když se světlo šíří z optického prostředí o indexu lomu  $n_1$ , v němž má rychlost  $v_1$ , do prostředí s indexem lomu  $n_2$ , kde má rychlost  $v_2$ , platí

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{c}{n_1} : \frac{c}{n_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Pomocí této úpravy vyjádříme **zákon lomu světla**

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}.$$

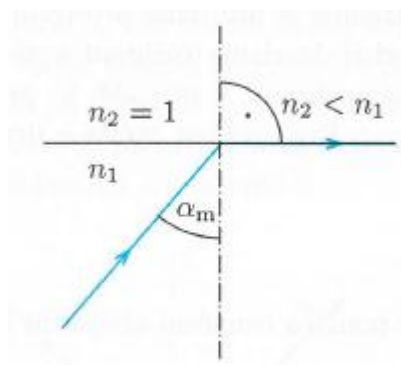
Nebo v častěji použitém tvaru

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta.$$

Zákon lomu světla objevil v 17. století Holanďan W. SNEEL (snel; 1591 – 1626), po němž se zákon lomu světla nazývá také zákon Snellův.

Při srovnání dvou optických prostředí o různém indexu lomu nazýváme prostředí o menším indexu lomu prostředí opticky řidší a prostředí o větším indexu lomu je prostředí opticky hustší.

Podle zákona lomu nastává při přechodu světla z prostředí opticky řidšího do prostředí opticky hustšího lom světla ke kolmici ( $\beta < \alpha$ ) a při přechodu světla z opticky hustšího prostředí do prostředí opticky řidšího nastává lom světla od kolmice ( $\beta > \alpha$ ).



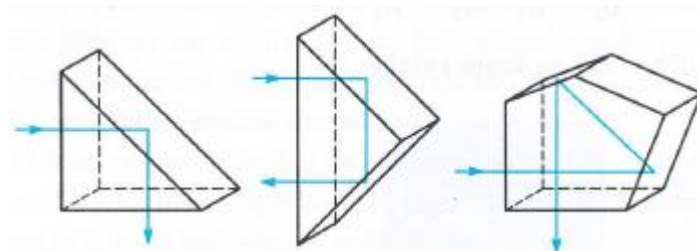
Obrázek 4 - Úplný odraz světla [1]

Zvláštní případ lomu od kolmice nastává, když úhel lomu  $\beta = 90^\circ$  (**obr.4**). Úhel dopadu, kterému odpovídá tento úhel lomu, se nazývá mezní úhel  $\alpha_m$ . Je-li úhel dopadu  $\alpha > \alpha_m$ , lom světla nenastává a vzniká úplný odraz světla. V případě, že k úplnému odrazu světla dochází na rozhraní s vakuem (vzduchem), platí pro mezní úhel vztah

$$\sin \alpha_m = \frac{1}{n_1}.$$

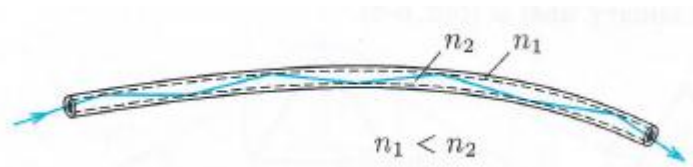
Z tohoto vztahu vyplývá, že měření mezního úhlu umožňuje určit index lomu látky, kterou světlo prochází. Na tom jsou založeny přístroje pro měření indexu lomu zvané refraktometry.

Úplný odraz se využívá ke konstrukci odrazných hranolů (**obr. 5**), které v mnoha optických přístrojích slouží ke změně směru paprsků. Na rozhraní skla a vzduchu je mezní úhel  $\alpha_m = 42^\circ$ , takže již při úhlu dopadu  $45^\circ$  dochází k úplnému odrazu.



Obrázek 5 - Odrazný hranol [1]

Na úplném odrazu jsou založeny také vláknové vlnovody, které mají velkou perspektivu v optoelektronice a ve sdělovací technice. Základem vláknového vlnovodu je tenké skleněné vlákno, jehož střední má větší index lomu než obvodová vrstva. Světelný paprsek se na obvodové vrstvě úplně odráží a světlo se šíří po trajektorii dané tvarem vlákna. (**obr. 6**)



Obrázek 6 - Šíření světla vláknovým vlnovodem [1]

Při odrazu a lomu světla platí, že dopadající a odražený, popř. dopadající a lomený paprsek můžeme vzájemně zaměnit. Světlo dopadající na rozhraní pod úhlem odrazu se odráží pod úhlem dopadu. Tento poznatek o záměnnosti chodu paprsků neplatí pouze pro odraz a lom světla, ale je obecným zákonem paprskové optiky. [1]

### 2.3 Základní veličiny a jednotky světelné techniky

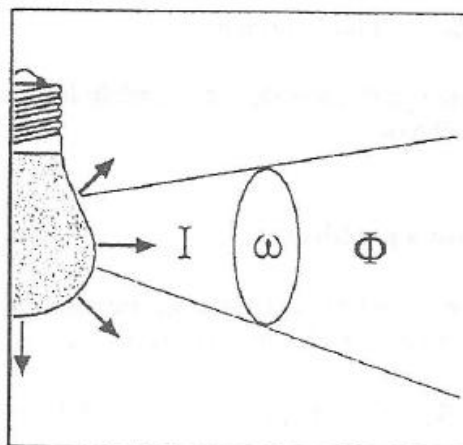
Stejně jako všude ve vědě a technice jsou i ve světelné technice definovány pojmy, které hodnotí vlastnosti světelných zdrojů, svítidel a jejich účinků. U tohoto oboru je však hlavním uživatelem člověk, proto se zavádí tzv. Spektrální citlivost normalizovaného pozorovatele. Tím je dosaženo shod mezi fyzikálním základem a vlastnostmi uživatele. [2]

#### 2.3.1 Svítivost

$I$  [cd] candela


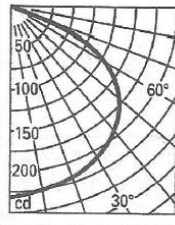
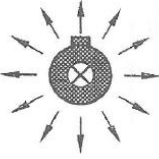
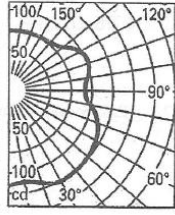
Základní jednotkou SI. Udává, kolik světelného toku vyzáří světelný zdroj nebo svítidlo do prostorového úhlu v určitém směru. (obr. 7).

Vyneseme-li hodnoty svítivosti určitého světelného zdroje do kruhového diagramu, dostaneme jeho směrovou charakteristiku, která vyjadřuje směrovost jeho vyzářování. Při osové symetrii diagramu stačí uvádět jeho polovinu. [2]



Obrázek 7 - Svítivost, světelný tok [2]



| zobrazení<br>svítidla<br>a vyzařování  | vyzařování v %<br>směrem |                | směrová<br>vyzařovací<br>charakteristika<br>pro 1 000 lm                           |
|--|--------------------------|----------------|--|
|  | dolů                     | nahoru         |  |
| <br>usměrněné   | 100<br>až<br>90          | 0<br>až<br>10  |  |
| <br>neusměrněné | 60<br>až<br>40           | 40<br>až<br>60 |  |

Obrázek 8 - Směrové vyzařovací charakteristiky 2 různých svítidel [2]

### 2.3.2 Světelný tok

$\Phi$  [lm] lumen

Udává, kolik světla celkem vyzáří zdroj do všech směrů. Jde o světelný výkon, který je posuzován z hlediska lidského oka. [2]

#### 2.3.2.1 Propustnost, odrazivost a pohltivost

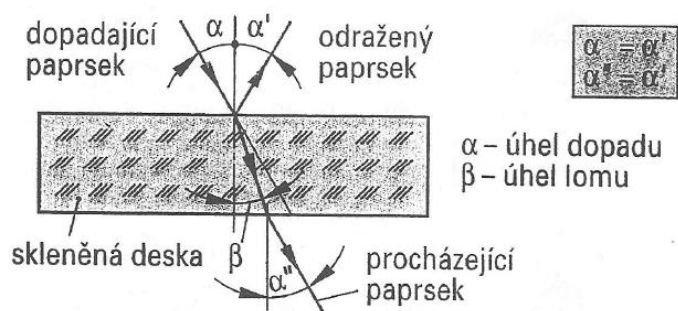
Dopadající světelný tok  $\Phi$  se dělí na odraženou  $\Phi_\rho$ , propuštěnou  $\Phi_\tau$  pohlcenou  $\Phi_\alpha$  složku tohoto toku, pro které platí princip zachování energie ve tvaru:

$$\Phi = \Phi_\rho + \Phi_\tau + \Phi_\alpha \text{ [lm]} \rightarrow \rho + \tau + \alpha = 1$$

kde  $\rho = \frac{\Phi_\rho}{\Phi} \in \langle 0,1 \rangle$  činitel odrazu

$\tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi} \in \langle 0,1 \rangle$  činitel prostupu

$\alpha = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi} \in \langle 0,1 \rangle$  činitel pohlcení.

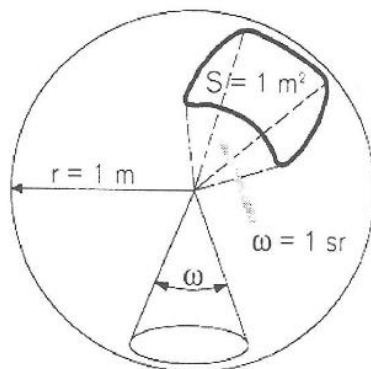


Obrázek 9 - Průchod s lomem a odraz paprsku [2]

### 2.3.3 Prostorový úhel

$\Omega$  [sr] steradián

Úhel, pod nímž je z daného bodu vidět určitý předmět, tzn. jedná se o úhel při vrcholu světelného kuželu, který vymezuje plochu  $A$  [ $m^2$ ] z plochy koule o poloměru  $r$  (obr. 10). [2]

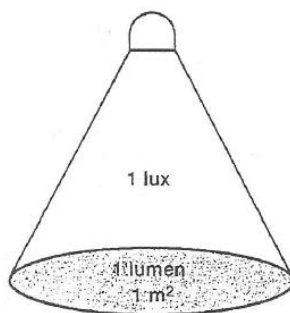


Obrázek 10 - Prostorový úhel [2]

### 2.3.4 Osvětlenost

$E$  [lx] lux

Udává, jak je určitá plocha osvětlována, tzn. jak velký světelný tok  $\Phi$  dopadá na osvětlovanou plochu. A pro různé prostory jsou doporučovány minimální hodnoty osvětlení, zaručují dobré podmínky viditelnosti (obr. 11). [2]



Obrázek 11 - Osvětlenost [2]

### 2.3.5 Světlení

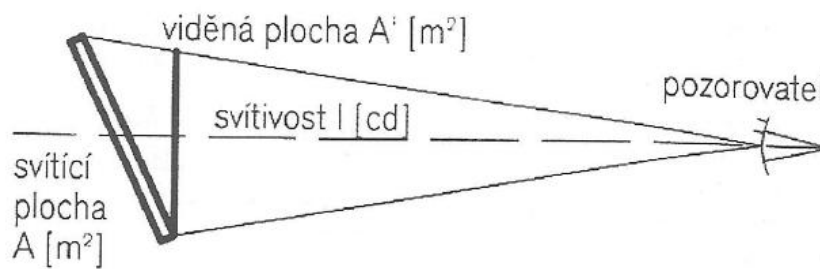
H [lm/m<sup>2</sup>]

Stanovuje velikost světelného toku, který vychází z plochy A. [2]

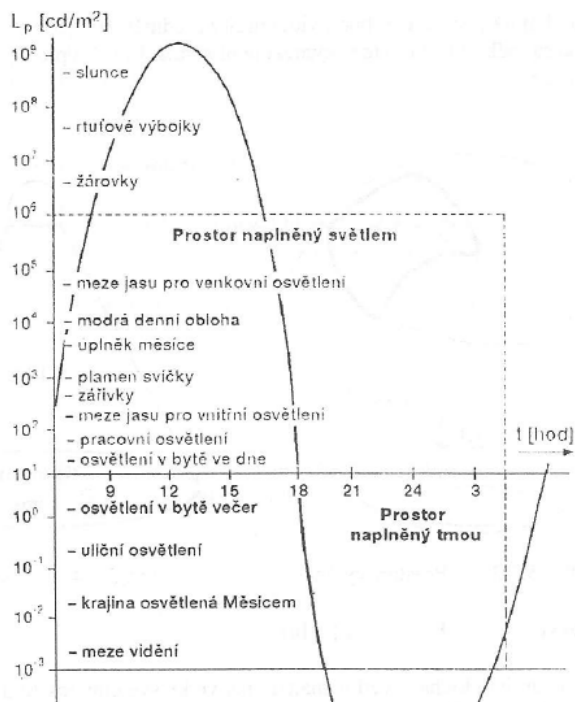
### 2.3.6 Jas

L [cd/m<sup>2</sup>]

Je měřítkem pro vjem světlosti svítícího nebo osvětlovaného tělesa, jak je vnímá lidské oko (**obr. 12**). [2]



Obrázek 12 - 13 – Jas [2]



Obrázek 13 - Rozsahy jasů [2]

### 2.3.7 Měrný výkon

$\eta$  [lm/W<sup>1</sup>]

Veličina udává, jakou účinností je elektrická energie přeměňována ve světelnou, tzn. kolik lm světelného toku se získá z 1W elektrického příkonu. [2]

Tabulka 1- Příklady měrného výkonu některých světelných zdrojů

| Světelný zdroj               | Měrný světelný výkon $\eta$ [lm/W <sup>1</sup> ] |
|------------------------------|--|
| Žárovka                      | (6)10 / 18                                       |
| Halogenová žárovka           | 20 / 30  |
| Vysokotlaká rtuťová výbojka  | 40 / 60  |
| Kompaktní zářivka            | 40 / 87  |
| Lineární zářivka             | 50 / 110   |
| Halogenidová výbojka         | 60 / 130   |
| Vysokotlaká sodíková výbojka | 70 / 150   |
| Nízkotlaká sodíková výbojka  | 100 / 200  |

Pozn. Některá literatura uvádí značení měrného výkonu  $m_{zd}$ .

Tabulka 2 - Základní výpočetní vztahy

| Název                | Označení | Výpočetní vztah   | Jednotka          |
|----------------------|----------|---|-------------------|
| Svítivost            | I        | $\frac{\Phi}{\omega} = \frac{\text{svět. tok [lm]}}{\text{prostor. úhel [sr]}}$           | cd                |
| Prostorový úhel      | $\omega$ | $\frac{A}{r^2} = \frac{\text{plocha [m}^2\text{]}}{\text{poloměr [m]}}$                   | sr                |
| Osvětlenost          | E        | $\frac{I}{l^2} = \frac{\text{svítivost [cd]}}{\text{vzdálenost [m}^2\text{]}}$            | lx                |
| Světlení             | H        | $\frac{\Phi}{A} = \frac{\text{dop. svět. tok [lm]}}{\text{osvětł. plocha [m}^2\text{]}}$  | lm/m <sup>2</sup> |
| Jas                  | L        | $\frac{I}{A_p} = \frac{\text{svítivost [cd]}}{\text{viditel. svít. plocha [m}^2\text{]}}$ | cd/m <sup>2</sup> |
| Měrný světelný výkon | $\eta$   | $\frac{\Phi}{P} = \frac{\text{světeln. tok [lm]}}{\text{ele. příkon [W]}}$                | lm/W              |

## 3 Osvětlení

### 3.1 Požadavky na osvětlení

Požadavky na osvětlovací soustavy vycházejí především z normy ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory. Pro víceúčelové opravárenské a údržbářské prostory je třeba dosáhnout udržované osvětlenosti  $\bar{E}_m = 300 \text{ lx}$ , index oslnění  $UGR_L < 25$  a rovnoměrnosti osvětlení  $U_o > 0,6$ . Pro náročnější práce, např. strojní opracování kovů, broušení apod. se vyžaduje  $\bar{E}_m = 500 \text{ lx}$ ,  $UGR_L < 19$  a  $U_o > 0,7$ . Pro oba typy prostorů se vyžaduje index podání barev  $R_a > 80$ . Srovnávací rovina pro výpočet osvětlení je zde ve výšce 0,85 m nad podlahou místnosti.

Ve stájích pro hospodářská zvířata je požadovaná udržovaná osvětlenost dle ČSN EN 12464-1  $\bar{E}_m = 50 \text{ lx}$ , rovnoměrnost osvětlení  $U_o = 0,4$ , index oslnění  $UGR_L$  není předepsán a index  $R_a > 40$ . Ve stájích pro dojnice se požaduje odstupňované osvětlení, kde v prostoru pohybu zvířat je osvětlenost  $\bar{E}_m = 50 \text{ lx}$  a v místě krmení je  $\bar{E}_m = 100 \text{ lx}$ . Dostatečné osvětlení v místě krmení u dojnic vychází z požadavku maximálního spotřebování krmiva zvířetem, z čehož se přímo odvíjí jeho mléčná užitkovost. Krmivo je tak třeba osvětlit co nejvíce, aby jeho dostatečný jas vytvořil u zvířete vhodný motivační impuls. [3]

### 3.2 Osvětlení stáji pro dojnice

#### 3.2.1 Intenzivní osvětlení produkčních stáji pro dojnice

Světlo, ať již jde o přirozené nebo umělé, zásadně ovlivňuje produkci, reprodukci, příjem krmiva a chování krav. Bohužel v řadě chovů se setkáváme se situacemi, kdy v letních měsících je v pravé poledne v produkčních stájích přitímí, v zimních měsících téměř tma. U novostaveb bývá situace obvykle příznivější, a to v důsledku větších vstupních ploch pro přirozené osvětlení (obvodové stěny opatřené plachtami a sítěmi, štítové stěny) a prosvětlení střechy. U rekonstruovaných typizovaných stáji jsou vstupní plochy pro přirozené osvětlení podstatně menší. Problematické mnohdy bývají přístřeškové přístavby („přílepký“) na tyto stáje, které při nevhodném řešení výrazně zhoršují distribuci přirozeného světla do stáje. [4]

### 3.2.2 Požadavky na osvětlení

Osvětlení stáje, resp. životní zóny laktujících krav by se v průběhu celého roku mělo pohybovat na úrovni 200 luxů (lx). Pokud je této intenzity dosahováno po dobu 14 až 16 hodin denně, může chovatel očekávat vyšší užitkovosti o 5 až 16 %. Zásadně se nedoporučuje tuto dobu překračovat, protože je fyziologicky zcela nepřírozená. Proč? Protože nejdelší den v roce má dobu slunečního svitu cca 16 hod. Špatné světelné podmínky naopak doживost krav snižují a navíc vzrůstá i četnost poruch plodnosti. Kravám v tranzitním období (stání na sucho) a kravám ustájeným v porodních kotcích – reprodukční stáje, je doporučováno zajistit intenzitu osvětlení v rozpětí 60 až 80 lx a po dobu cca 8 hod. [4]

### 3.2.3 Přírozené denní osvětlení produkčních stájí

Pro chovatele je jednoznačně nejlevnější variantou zajistit, aby distribuce přirozeného světla do stáje byla maximální. Základním předpokladem u novostaveb je zajistit dobrý poměr prosvětlovacích střešních oken ku podlahové ploše v poměru 1:10, nejlépe systém „cic- cak“, který má řadu výhod oproti vertikálním či horizontálním souvislým prosvětlovacím pásům. Světelné podmínky ve stáji také významně ovlivňuje čistota, barva, tloušťka a propustnost protiprůvanových sítí a svinovacích plachet.

U rekonstruovaných stájí, zejména těch, které vznikly úpravou typizovaných stájí, či objektů s nízkým podhledem je intenzita osvětlení životní zóny krav závislá na celkové ploše vstupních otvorů. U stájí, u kterých byla odstraněna jedna z podélných obvodových stěn, ke které byla přistavěna krmná chodba a krmný stůl, je distribuce přirozeného osvětlení příznivější než u stájí, kde byly v podélné obvodové stěně vybourány pouze průchody do krmiště a ponechána původní malorozměrová okna. Při ambulantních měřeních na více než 20 farmách se intenzita osvětlení produkčních stájí pohybovala v zimních měsících v rozmezí 39 až 164 lx. Tyto hodnoty ukazují na nutnost umělého dosvětlování stájí. [4]

### 3.2.4 Dosvětlování stájí

Základní požadavky na umělé dosvětlování produkčních stájí:

- chovatel osvětluje životní zónu krav, nikoliv stáj, proto by výška osvětlovacích těles měla odpovídat typu použitého osvětlení, jeho velikosti, výkonu, barevnému spektru apod.,
- osvětlovací tělesa by měla být umístěna přednostně nad přední částí jednořadého boxového lože, nad středem protilehlého boxového lože a krmným stolem (žlabem),
- zářivková osvětlovací tělesa by měla být umístěna v podjezdné výšce a to max. 2,5 m nad úroveň hřbetu krav,
- zdroje osvětlení by se svým spektrem měly co nejvíce přibližovat plnospektrálnímu (polychromatickému) osvětlení (v případě nejrozšířenějších zářivek by měly být kombinovány alespoň bílé zářivky se žlutými),

- ve stájích je vhodné používat dva režimy osvětlení, a to plnohodnotné denní a noční tzv. orientační (orientační osvětlení nad napajedly)
- všechna osvětlovací tělesa musí být pravidelně kontrolována, udržována ve funkčním stavu a v náležitě čistotě,
- při osvětlení stájí je nutné brát v úvahu legislativní požadavky na pracovní osvětlení při práci ve stáji.

Provoz dosvětlování produkčních stájí obvykle závisí na manuálním zapínání a vypínání osvětlení ošetřovateli, zootechniky a ostatními faremními pracovníky. Je tedy pouze na vůli zaměstnanců, jestli bude stáj pravidelně a dostatečně osvětlená či nikoliv. Vážné problémy obecně nastávají v podzimních, zimních a předjarních měsících, kdy intenzita přirozeného osvětlení je velmi variabilní, a to vlivem častých změn počasí v průběhu dne. Zejména ošetřovatelé v průběhu směny často zapominají na svícení ve stáji. [4]

### 3.2.5 Řízené osvětlování stájí

Nepravidelnostem v používání umělého osvětlení stáje může chovatel efektivně předcházet, a to za použití automatického řídicího systému. Automatický řídicí systém, který je naprogramován na požadovanou úroveň intenzity osvětlení ve stáji (např. denní 200 lx, noční na pouhé orientační světlo), pak pomocí senzorů - čidel reaguje na změny úrovně osvětlení v příslušných prostorech, buď aktivací nebo naopak deaktivací dosvětlování. Pokud dochází v průběhu dne k nárůstu denního osvětlení, pak čidla na tuto skutečnost reagují pozvolným stmíváním umělého osvětlení, a to až do jeho vypnutí.

Počet čidel ve stáji je závislý na rozponu a uspořádání produkční stáje. Obecně u dvouprostorové stáje, která je opatřena 6 řadami zářivkových těles postačují 3 čidla. Dvě čidla se mohou umístit nad boxové lože, případně hnojnou chodbu tak, aby byla zaznamenávána skutečná intenzita osvětlení v dané části stáje. Poslední, třetí čidlo lze umístit nad střed krmného stolu. Každé čidlo tak samostatně řídí dvě řady zářivkových těles.

K výhodám automatického řídicího systému osvětlení patří: 1) minimální závislost na lidském faktoru, 2) zajištění stabilní intenzity osvětlení v produkční stáji v průběhu roku, 3) nezávislost jednotlivých řad osvětlovacích těles na sobě (možnost rozdílné intenzity umělého dosvětlování v závislosti na intenzitě dopadající přirozeného světla), 4) úspora nákladů za elektřinu (flexibilnější reakce systému na změny počasí a intenzitu přirozeného osvětlení).

Jednou z možností jak automatický řídicí systém ještě vylepšit je využití stmívacího, elektronického předřadníku“. K výhodám tohoto předřadníku patří žádoucí plynulost při rozsvěcování a zhasínání („skokové“ osvětlení je pro krávy nepříjemné), stabilní provoz zářivek bez kmitání, jejich delší životnost a v neposlední řadě i úspory energie.

Z praktického hlediska je nutné upozornit na riziko osvitů čidel přímým slunečním zářením nebo odrazem přirozeného světla např. od sněhové pokrývky. V zimních měsících se sněhovou pokrývkou může docházet k paradoxní situaci, kdy v životní zóně krav, které leží v blízkosti obvodové stěny (opatřené průsvitnou svinovací plachtou) je naměřeno více než 200 lx, zatímco o pár metrů dále ve středu protilehlého boxu je intenzita pouhých 50 lx. Této „falešné signalizaci“ čidel lze zamezit jejich vhodným umístěním na nosnou konstrukci stáje a správným nasměrováním světločivné plochy čidel (případně tato čidla vhodně „odstínit“). Důležité je po instalaci osvětlovacího systému uskutečnit několiknásobná zkušební měření. [4]

### 3.3 Světelné zdroje

Světelné zdroje zažívají v posledním období značný rozvoj. Správná volba světelného zdroje je základním předpokladem pro úspěšný návrh osvětlovací soustavy. Je třeba jej správně zvolit, a to s uvážením následujících vlastností

- měrný výkon zdroje
- užitečný život
- cena
- vhodnost s ohledem na princip osvětlovací soustavy.

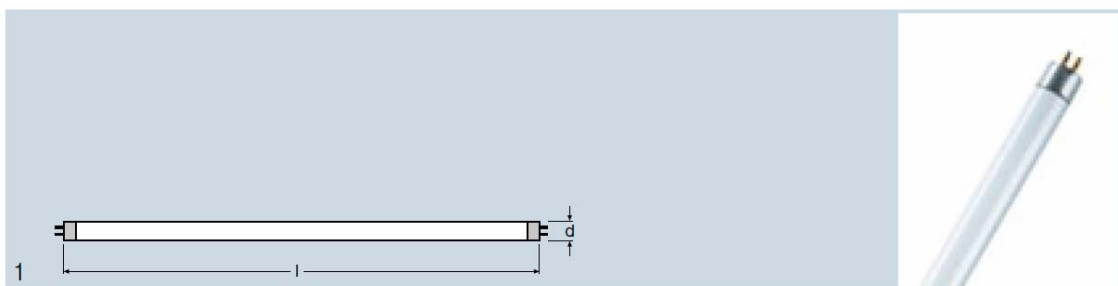
Dříve rozšířené teplotní zdroje (žárovky, halogenové žárovky) již svými parametry nestačí současným požadavkům. Obdobná situace je u rtuťových a směsových výbojek. Na druhé straně se intenzivně rozvíjejí světelné zdroje založené na nových konstrukčních principech. V tomto směru jsou zajímavé zejména světelné diody, halogenidové výbojky s keramickým hořákem a bezelektrodové indukční výbojky. Jejich použití v zemědělské praxi však nelze doporučit pro jejich zatím vysokou cenu. Takovéto výrobky se vyskytují na trhu i v cenách nižších. Jejich kvalita je však v těchto případech nedostatečná. Před takovými produkty je proto třeba uživatele varovat.

Pro osvětlení zemědělských objektů, které jsou uvedeny v této metodice lze doporučit buď zářivky, nebo halogenidové výbojky. Oba tyto typy světelných zdrojů mají vysoký měrný výkon a dostatečně dlouhý život. Dřívější názory na nevhodnost zářivkového osvětlení v objektech živočišné výroby byly překonány, neboť moderní zářivková svítidla jsou vysoce odolná proti vlivu stájového prostředí a při použití elektronických předřadníků je eliminován i velký počet dříve nutných kontaktů, které byly tradičně příčinou provozních poruch. [3]



### 3.3.1 Zářivky

Zářivky jsou vyráběny v nejrůznějším provedení. Pro praktické použití v zemědělských provozech přicházejí v úvahu lineární zářivky T5 s průměrem 16 mm. Konstrukčně jsou provedeny v délkách 1149 mm nebo 1449 mm (**obr. 14**). Oproti dříve užívaným zářivkám T8 (Ø 26 mm) mají vyšší měrný výkon (o 10 až 14 %) i delší život. Podle chromatičnosti světla jsou nejvhodnější provedení označovaná jako studená bílá, s náhradní teplotou chromatičnosti 3500 – 5300 K. Index podání barev  $R_a$  je běžně v rozmezí 80 – 89. Jejich příkony jsou 25, 50, 54 W (1149 mm), nebo 32, 45, 49, 73, 80 W (1449 mm). [3]



Obrázek 14 - lineární zářivka T5 [3]

### 3.3.2 Halogenidové výbojky

Výbojky (**obr. 15**) jsou vyráběny v mnoha provedeních, lze je však rozdělit do dvou skupin: výbojky s křemenným hořákem a výbojky s keramickým hořákem. Jsou vhodné pro osvětlení rozlehlých prostorů, s výškou stropu od cca 6 m, do rotačně symetrických svítidel. Obdobně jako zářivky jsou vyráběny s různou teplotou chromatičnosti světla. Vhodným provedením je neutrálně bílá. Výbojky jsou pro tato svítidla v provedení s jednou patičí, s baňkou čirou nebo s elipsoidní baňkou pokrytou luminoforem. Výbojky s čirou baňkou, které jsou zde instalovány ve svislé poloze, však vytvářejí v ose svítidla nevhodné světelné efekty, proto je vhodnější použití výbojek s luminoforem. Výhodou při použití halogenidových výbojek 250 nebo 400 W je jejich vysoký světelný tok a z toho vyplývající nízký počet světelných míst (tj. svítidel). Z toho pak vyplývá jednodušší elektrická instalace a jednodušší údržba. Nevýhodou je rozběhový čas pro dosažení plného světelného toku, nutnost vychladnutí výbojek před znovuzapnutím při výpadku el. proudu a vyšší pokles světelného toku v průběhu života. Udává se, že světelný tok poklesne na 80 % počáteční hodnoty. U zářivek je tato hodnota asi 85 %. [3]



Obrázek 15 - Halogenidové výbojky POWERSTAR HQI-E (Osram) [3]

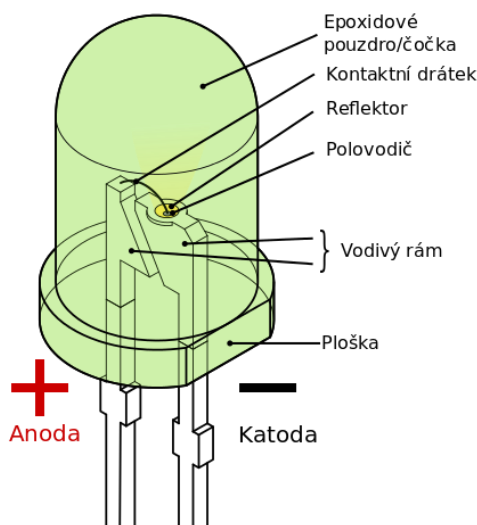
### 3.3.3 LED diody

Technologie LED, tedy technologie založená na polovodičové diodě vyzařující světlo (**obr. 16**), je známa již z šedesátých let 20. století. Původně LED diody vyzařovaly monochromatické světlo (první LED dioda byla červená) a využívaly se především pro indikaci. Důležitým milníkem bylo vynalezení technologicky náročné modré diody, která otevřela cestu k diodě bílé. Dalším milníkem bylo představení vysokovýkonové LED diody, díky čemuž se začalo uvažovat o využití technologie LED pro všeobecné osvětlování.

Vývoj se ještě zrychlil a každým rokem jsou představovány diody, které mají o něco vyšší účinnost (měrný výkon). V současné době se pro všeobecné osvětlování lze setkat s diodami, které mají účinnost cca 100–130 lm/W, což je teoreticky lepší než u žárovek, zářivek i některých výbojek (a technologii je do budoucna připisováno další zvyšování účinnosti). Nicméně technologie LED je stále nová, trpí některými neduhy a není dostatečně prozkoušena praxí. V současné době je předmětem intenzivního zájmu standardizačních a metrologických institutů a organizací zabývajících se testováním kvality.

Mimo vysokou účinnost je za hlavní teoretickou výhodu technologie LED považována dlouhá životnost. V praxi nicméně závisí tento parametr na mnoha okolnostech a odpovědní výrobci neudávají vyšší číslo než 50 tisíc hodin, většinou však mnohem méně (např. 25 tisíc hodin). Mezi další výhody patří rychlý start, technologická možnost stmívání, malé rozměry, možnost různých barevných kombinací, odolnost vůči vibracím, odolnost vůči častému spínání a další. LED diody navíc oproti výbojkám a zářivkám neobsahují rtuť.

Nevýhodou technologie LED je závislost na teplotě, která je zásadní pro návrhy dalšího využití, a nevýhody podobné technologii zářivek: potřeba luminoforu pro bílé světlo a postupný úbytek světelného toku během života. Nevýhodou je v současné době také vysoká cena. [5]



Obrázek 16 - LED dioda [7]

### 3.3.3.1 Led osvětlení ve stájích pro dojnice

Nedávná studie Oklahoma State University zjistila, že přechod světla ve stájích pro dojnice ze zářivek na LED světla zvýšil doживost až o 6%.

LED světlo je vynikající kvality - méně kruté a blíže k přirozenému dennímu světlu, a výzkumníci naznačují, že snižuje stres, zlepšuje pohodu krav, a tak zvyšuje výnosy.

LED světla pro dojnice neprodukují žádné ultrafialové světlo, takže nepřitahují mouchy jako konvenční světla. Na rozdíl od konvenčních světla se led světla zapínají a vypínají okamžitě a neblíkají. Přirozené světlo umožňuje pracovníkovi vidět krávy jasně a identifikovat nějaké zranění, nebo pohodu zvířat.

#### **Snížení nákladů na energii**

LED světla spotřebují o 70% méně energie než konvenční světla, a lze je stmívat, když je dostatek přirozeného denního světla ušetřit ještě více energie.

Nahrazením typického sodíkového svítidla 400 W rovnocenným LED světlem, které svítí 16 hodin denně je úspora je přibližně 170 liber za rok při zachování současného tempa.

#### **Snížení nákladů na údržbu**

LED světla mají svítivost až 60.000 hodin - téměř 14 let (použití 12 hodin denně), než je třeba je vyměnit. Krytí svítidel je IP66 a jsou odolná proti vibracím a nárazům, takže po instalaci nepotřebují trvalou údržbu. [6]

### 3.3.4 Svítidla

Vzhledem k neustálému zdokonalování světelných zdrojů dochází k upřesňování možností jejich aplikace v zemědělských objektech. Současně s tím se neustále technicky zdokonalují svítidla a zvyšuje se jejich provozní spolehlivost. Dřívější názory na použití zářivek v objektech živočišné výroby se značně změnily především zvýšením jejich spolehlivosti. Téměř výhradně se pro zářivková svítidla používají elektronické předřadníky, takže se snížilo množství kontaktů, které byly zdrojem poruch. Současně je běžné krytí svítidel IP 65 až IP 66, které s dalšími technickými opatřeními zajišťují vysokou ochranu vnitřních částí svítidla. Obdobně toto platí i pro svítidla výbojková, jejichž výhoda zůstává v možnosti použití zdrojů s vysokým příkonem.

V objektech živočišné výroby jsou možnosti zavěšení svítidel v nejnižší části obvykle kolem 3 m. Z důvodů rovnoměrnosti osvětlení je nutno použít zdroje nižších příkonů, tedy zářivky. Svítidla je nutno volit tak, aby měla dostatečné krytí, nejlépe IP 66 a byla vyrobena z materiálů, které odolávají mírně agresivnímu prostředí, obsahující amoniak, příp. další nepříznivé složky. Příkladem vhodného svítidla je typ PRIMA 245 AC ET 5, uvedený na obr. 3. Běžně se těleso tohoto svítidla vyrábí z polykarbonátu (PC) a světelný kryt z čirého polykarbonátu. Tyto materiály jsou mechanicky značně odolné a jsou vhodné do prostorů bez chemicky působících látek. V objektech živočišné výroby, tj. především ve stájích pro skot a prasata je těleso svítidla vyrobeno z ABS plastu (Forsan) a světelný kryt z akrylu (AC). Použité světelné zdroje jsou výhradně zářivky T5 (Ø 16 mm) s teplotou chromatičnosti 4000 K (bílá). Výhodou těchto zářivek je, že oproti zářivkám T8 (Ø 26 mm) dosahují maximálního světelného toku při 35°C. Této teploty je dosaženo uvnitř uzavřeného svítidla.

Svítidla musí být vybavena elektronickým předřadníkem T5 v kombinaci se zářivkou typu ES. Jeho výhodou oproti elektronickému předřadníku T8 je nižší spotřeba elektrické energie až o 10 %, oproti konvečnímu předřadníku T8 až o 40 %.



Obrázek 17 - Zářivkové svítidlo 2 x 45 W [3]

- Variantou je provedení s elektronickým stmívatelným předřadníkem T5, a to
- s rozhraním 1-10 V – řízeným analogovým signálem
  - s rozhraním DALI – ovládaným digitálně DALI protokolem nebo s funkcí Touch DIM.

Tento způsob umožňuje stmívání osvětlovací soustavy v závislosti na denním osvětlení a časově lineárně nabíhající a zhasínající osvětlení. Při požadavku minimálního osvětlení v noci je možno jej provozovat pro dosažení bezpečnostního osvětlení s osvětleností několika lx. Pro umožnění stmívaného režimu osvětlovací soustavy je nutno použít adapteru (**obr. 18**), který může být přímo připojen ke svítidlu, nebo může být připojen samostatným kabelem. Při požadavku spínání, kdy je osvětlení spínáno v závislosti na dosažení požadované osvětlenosti denním světlem je možno použít kombinaci jednoduchého čidla osvětlenosti a časového spínače, která ovládá spínání osvětlovací soustavy.



Obrázek 18 - Adaptér pro regulaci osvětlení [3]

Při použití svítidel v mírně agresivním prostředí objektů živočišné výroby je z hlediska provozní spolehlivosti nesmírně důležité, aby při dostatečném krytí byla zajištěna zábrana vnikání vzduchu do svítidla. Toho je dosaženo ventilační ucpávkou, např. typu BVPB – 01 (**obr. 19**). Ucpávka je vyrobena z polyamidu velikosti M12 x 1,5 a zajišťuje eliminaci kondenzačních par ve svítidle. Svítidla je navíc třeba osadit šroubovacími vývodkami, např. PG 13,5 pro bezpečné zajištění těsnění a eliminaci pnutí. Takto vybavené svítidlo je uvedeno na **obr. 20**.



**Obrázek 19 - Ventilační ucpávka svítidla [3]**



**Obrázek 20 - Zářivkové svítidlo vybavené ventilační ucpávkou a šroubovacími vývodkami [3]**

Při montáži a instalaci svítidel, především v prostorách živočišné výroby, je třeba dbát na pečlivost, zajišťující jejich dokonalé utěsnění. V praxi je proto vhodné nakoupit svítidla již smontovaná, a to včetně všech doplňků, které dodavatelská firma přiveze na místo instalace.

Pro použití ve vyšších prostorech, kde je možno volit závěsnou výšku svítidel alespoň 6 m, je vedle zářivkových osvětlovacích soustav variantou i použití výbojkových svítidel s vysokým jmenovitým příkonem. Výhodou je malý počet světelných míst (svítidel) a z toho vyplývající jednodušší montáž i údržba. Nevýhodou je časová prodleva mezi zapnutím svítidel a dosažením provozního světelného toku. Vhodnými prostory pro takovéto použití mohou být opravárenské a údržbářské haly zemědělských podniků. Svítidla jsou nejlépe rotačně symetrická, v krytí IP 65 až IP 66, se světelnými zdroji 250 W, lépe však 400 W. Z důvodů vhodného barevného podání i dostatečně vysokého měrného výkonu jsou použitelné halogenidové výbojky. Příkladem vhodného svítidla je typ MODUS BELAL 400 Q, uvedený na **obr. 21**. [3]



**Obrázek 21 - Výbojkové svítidlo halogenidové 400 W [3]**

## 4 Welfare zvířat

Welfare (pohoda) zvířat představuje stav, ve kterém se organismus zvířete snaží vyrovnat s prostředím, ve kterém žije (Broom, 1986). Welfare se definuje jako stav naplnění všech materiálních a nemateriálních podmínek, které jsou předpokladem zdraví organismu, kdy je zvíře v souladu s jeho životním prostředím. Nejedná se přitom jen o splnění základních podmínek života a zdraví zvířat, předpokládá stejně tak i ochranu před fyzickým i psychickým strádáním a týráním. Zvíře má nárok na to, aby mu chovatel vytvářel předpoklady pro zabezpečení vyššího stupně uspokojení jeho životních potřeb. Welfare zvířat požaduje pro chovaná zvířata dosažení určité spokojenosti, pohody, komfortu. Tento požadavek je zdůvodněný eticky, ale vyplývá i z ekonomiky. Jen zvíře, které má na dostatečné úrovni zajištěny své materiální (fyziologické) i nemateriální (mentální, psychické) potřeby může poskytovat maximální užitkovost, odpovídající jeho genetickému potenciálu, může optimálně zhodnocovat krmnou dávku, uchovat si zdraví, produkční schopnost i přirozené projevy chování a jeho chov může být proto ekonomicky úspěšný. [8]

### 4.1 Vliv záření a světla

Sluneční záření je zdrojem tepla a světla a má vliv na metabolické procesy v živém organismu. Optimální dávky záření stimulují metabolické pochody, podporují růst, stimulují činnost centrální nervové soustavy. Světlo může ovlivnit užitkovost a pohodu zvířat jak svojí délkou, tak intenzitou.

Z praktického hlediska je celé spektrum záření členěno podle vlnových délek na dvě velké oblasti:

- ionizující kosmické záření (záření x a část ultrafialové oblasti),
- neionizující (část UV záření, viditelné, infračervené, mikrovlnné a radiové záření).

Ionizující záření je přirozeného původu přicházející z kosmu je velmi zeslabeno zemskou atmosférou a vykazuje účinky destruktivně modifikační (mutační, sterilizační, patogenní). Neionizující záření přirozeného původu rozhoduje o obratu energie mezi Zemí, Sluncem a atmosférou a stává se tak řídicím klimatogenním faktorem. Má účinky energetické, biosyntetické, informační a katalytické. Jednotlivé složky záření se neprojevují izolovaně, ale v komplexu. Jsou znám příznivé účinky jak záření ultrafialového, tak infračerveného. Využívá se jich v profylaxi i v terapii některých chorob. Skot dává osvětleným místům přednost před tmavými. Např. při preferenčním testu u dojníc až 90% ustájených zvířat pobývalo během pokusu probíhajícím od listopadu do února raději v dosvětlované části stáje (od 4<sup>30</sup> do 21<sup>00</sup> hodin denně na úroveň 200 – 250 luxů) než v oddělení s přirozeným světelným režimem. [9]



## 4.2 Zrakové vnímání skotu

Oko skotu se skládá ze sítnice, čočky a sklivce.

Smyslové buňky:

- čípky pro denní vidění a barevné vidění
- buňky (tyčinky) pro vidění v noci, díky tomu skot vidí v noci lépe než člověk.

Skot se může rozhlédnout směry dopředu, nahoru a zpět. Jeho zorné pole je 330°. Hlavní směr je pouze ve dvojrozměrný. Trojrozměrné vidění je 30°.

Zrak u skotu se nemůže plně přizpůsobit. Jen na krátkou vzdálenost skot vidí ostře. Zraková ostrost je menší než u člověka. Obrysy jsou rozmazané, kontrasty špatně rozpoznatelné a rozlišení obrazu je menší viz **obr. 22**.

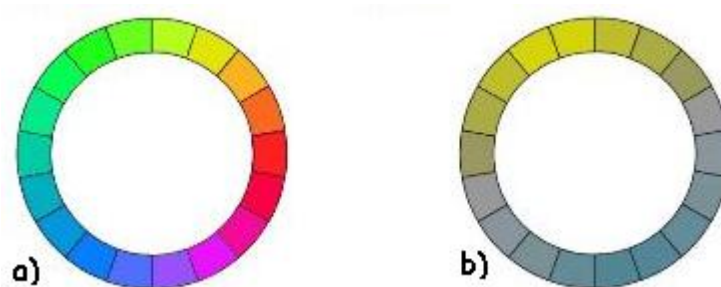


Skot vnímá jen asi 30% naší zrakové ostrosti

Obrázek 22 - Zraková ostrost u skotu [10]

Skot má dichromatické vidění (**obr. 23**), proto nejvíce vnímá oblast modrozeleného barevného spektra. Červenou barvu skot nevnímá. [10]

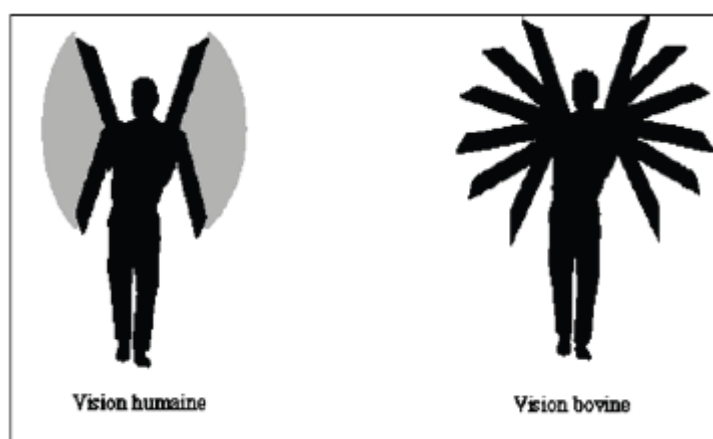
Této vlastnosti se využívá ve stájích, kde je potřeba dohled obsluhy v době nočního odpočinku zvířat, například asistence u porodu. Používají se svítidla menších výkonů, které zajišťují viditelnost na pohyb a kontrolu ve stáji bez toho, aby byla zvířata zbytečně rušena a stresována.



Obrázek 23 - Vnímání barev a) trichromatické vidění u člověka, b) dichromatické vidění u skotu. [10]

Zrak u skotu se přizpůsobuje při adaptaci světlo, tma 4 – 5x pomaleji než u člověka. Je proto potřeba dbát zvýšené opatrnosti při fotografování zvířat.

Skot vnímá pohyb v ekvivalentu 30 – 60 snímků za sekundu (**obr. 24**). Toto vnímání je lepší než u člověka. Proto je třeba dbát na omezení hektických pohybů při práci se zvířaty. [10]



Obrázek 24 - Vnímání pohybu. Rozdíl zrakového vnímání pohybu u člověka a skotu. [10]

## **5 Technologie chovu skotu**

### **5.1 Ustájení jalovic**

#### **5.1.1 Bezstelivový odchovny jalovic**

##### ***5.1.1.1 Vazné ustájení bezstelivové***

Pro jalovice všech věkových kategorií vzhledem k nevhodným podmínkám prostředí v současné době zaniká. [11]

##### ***5.1.1.2 Volné boxové bezstelivové ustájení***

Z hlediska ekonomiky a pohody zvířat nejvýhodnější. Princip je obdobný ustájení dojníc, ale s rozdílnými rozměry loží a žlabů pro hmotnostně či věkově odlišné skupiny. [11]

##### ***5.1.1.3 Celoroštové kotcové ustájení***

Je intenzivní variantou odchovu jalovic. Je vhodná za předpokladu sezónního ustájení nebo používání výběhu či pastvy. [11]

#### **5.1.2 Stelivové odchovny jalovic**

##### ***5.1.2.1 Boxové ustájení***

Využívá se v uspořádání 1 – 3 řadé varianty při rekonstrukcích typových kravínů K-96 a K-174 nebo kůlen, seníků a stodol. Boxové ustájení je ideálním řešením pro přístřeškové ustájení. [11]

##### ***5.1.2.2 Hluboká podestýlka***

Je stejně jako u krav vhodná pouze v přístřeškových stájích s plným přístupem venkovního vzduchu. Neúspěšná bývá u rekonstruovaných uzavřených objektů. [11]

##### ***5.1.2.3 Kotcové ustájení se spádovými podlahami a vysokou podestýlkou***

Ustájení je vhodné při dostatečném zdroji podestýlky, optimálním sklonu podlahy (6-10%), hloubky kotce (450-500cm) a velikosti skupin do 20 kusů. Je to systém volitelný pro rekonstrukce starších stájí a objektů při zajištění dobrého větrání. Tyto stáje mají poměrně příznivé investiční náklady a podmínky pro rychlou výstavbu. [11]

#### **5.1.2.4 Kotcové ustájení s plochými loži**

Technologie vykazuje nízké investiční náklady, ale nezajišťuje požadovanou čistotu a má větší ztráty zvířat. Nahrazuje se dnes spíše předchozím systémem, který zajišťuje i vyšší produktivitu práce. [11]

#### **5.1.3 Patevní odchov jalovic**

Odchov jalovic by měl být přednostně řešen v letním období na specializovaných farmách v podhorských a horských oblastech s převahou trvalých travních porostů. Při tvorbě stáda pro patervní období se slučují skupiny jalovic do stád podle věku a hmotnosti zvířat.

Účelná, patervě technická zařízení pomohou zjednodušit provoz, dosáhnout vyšší produktivity práce a příznivé ekonomické efektivity. Jedná se zejména o účelné oplocení, vhodná napajedla a příkrmíště na zpevněné ploše, naháněcí uličky a fixační boxy.

Při volbě ustajovací technologie by se mělo přihlížet k návaznosti. Vyloučit by se měly ty varianty, které např. zhoršují zdravotní stav končetin. Např. hluboká podestýlka versus roštové chodby. [11]

### **5.2 Technologie ustájení dojníc**

Chovatel dojníc se snaží o uzavření komplexu: plemeno – krmení - prostředí – člověk, který je určující pro úspěch chovu, pro ekonomický efekt. Volba optimální ustajovací technologie může být rozhodující článkem pro naplnění tohoto komplexu. [11]

#### **5.2.1 Vazné stáje**

Vazné stání se ve stájích pro dojnice vyvíjelo z dlouhého podestýlaného stání (230- 270 cm), přes střední stání se žlabovou zábranou a vysokou úžlabnicí (190 – 210 cm) až ke krátkému stání s nízkou úžlabnicí, s podestýlkou nebo pryžovou matrací (140 – 170 cm). Tento vývoj probíhal v minulých desetiletích především v závislosti na ekonomických podmínkách, ale i v závislosti na zohledňování welfare zvířat.

Při hodnocení podmínek ustájení je třeba vycházet ze skutečnosti, že čím omezenější je životní prostor zvířete, tím lépe musí odpovídat funkcím, potřebám a požadavkům zvířat. Proto je nutné zohlednit následující tři prvky:

- prostor pro příjem krmiv a tvar žlabu,
- vázací zařízení,
- parametry stání (délka, šířka, sklon, povrch).

Tento systém nepřináší potřebný a výrazný efekt ve snížení pracnosti a zvýšení chovného komfortu. Vysokoužitkové krávy navíc vyžadují pohyb jako svou nezbytnou životní potřebu, což vazné ustájení s minimálním předozadním pohybem neumožňuje. Nevýhody spočívají ve vyšší pracnosti při ošetřování a dojení, nižší čistotě vemene i zvířete, horším zdravotnímu stavu, zvláště končetin, horších reprodukčních ukazatelích, ale i celkového hodnocení aspektů welfare. [11]

### **5.2.2 Volné stáje**

Jedná se o nejpoužívanější a nejšetrnější typ ustájení, který poskytuje zvířatům dobrý komfort a podporuje tak vysokou produkci zvířat. V současné době u nově stavěných moderních stájí se setkáme výlučně s uplatněním volného typu ustájení. [11]

#### **5.2.2.1 Kombinované boxy (kombiboxy)**

Kombiboxové ustájení patří k použitelným, i když nikoliv nejvhodnějším, systémům, avšak pouze při splnění specifických požadavků. Kombibox je stání a lože s krmným žlabem, event. napáječkou. Je to v podstatě jakési vazné ustájení bez vázání. Využívá se krátkého stání 150 – 170 cm dlouhého, 110 – 120 cm širokého, s nízkou požlabnicí, krátkými stranovými zábranami a žlabovými zábranami, které umožňují polohy hlavy na požlabnici. Uplatňují se jak stelivové, tak bezstelivové varianty. [11]

#### **5.2.2.2 Volné boxové stáje**

Volné skupinové ustájení a technika chovu s použitím volného boxového ustájení, kdy zvířata odpočívají v boxových stlaných ložích, je systémem vyhovujícím potřebám a pohodě zvířat v celém životním a produkčním cyklu.

Dobře řešený box zajišťuje:

- snadnou orientaci zvířat při vstupu a důvěru ve vyhrazené místo odpočinku,
- pohodlí při ulehání, vstávání a prostor pro volný pohyb těla (hlavy),
- dostatek místa pro boky a břišní krajinu při současném vyloučení příčného zalehávání v boxech,
- pevnost a trvanlivost podlahy a bočního hrazení.

Podlaha boxů je nepropustná s izolací proti zemní vlhkosti a je alternativně řešena jako “zvýšená “ proti podlaze hnojné chodby nebo krmiště se stláním na povrchu, nebo “snížená“ pro založení a udržení slamnaté matrace s prahem v zadní části boxu (se šikmou hranou dovnitř lože proti vyhrnování podestýlky a nastýlané vrstvy do prostoru chodby dojnicemi. [11]

#### **5.2.2.3 Volné ustájení s plochými kotci se stlanou lehárnou a sníženým krmištěm**

Technologie se uplatňovala v druhé polovině 70.let. Snaha o tzv. úsporné řešení volných stájí však vedla vesměs k neudržitelným podmínkám pro ustájené

dojnice. Princip spočíval ve zpevněném a sníženém krmišti, které bylo možné uzavírat, a dále v kotcích s bezspádovou podlahou. Ta se měla každodenně nastýlat v dávce asi 2-3 kg slámy na kus a den. Každodenně se vyhrnováním vyklízela mrva. Nastýlalo a vyklízeno se však obden. První den po nastýlání byl stav velmi dobrý a druhý (třetí) den dojnice ležely na vlhké slamnaté matraci.

Převažují nevýhody spočívající ve větším znečištění zvířat, vysoké spotřebě práce, větší četnosti poranění zvířat a vesměs i nižší užitkovostí v důsledku častého a dlouhého vyrušování zvířat. [11]

#### ***5.2.2.4 Volné ustájení s lehárnou na hluboké podestýlce a se zvýšeným krmištěm***

Pro vysokoužitkovou stáda je tato technologie ve specifických výrobních podmínkách vhodná. Zvláště výhodná je pro kategorii krav stojících na sucho, či v období před a po otelení, pokud se dodrží i rozměrové parametry.

Funkční nejistota vyplývá především z nestabilního množství pohotové podestýlkové slámy. Stavební požadavky na izolace v prostoru lehárny jsou náročné na investice. [11]

#### ***5.2.2.5 Volné ustájení s vysokou podestýlkou, sníženým krmištěm a lehárnou s podlahou o sklonu 7-10 %***

Relativně dobré zkušenosti s touto technologií jsou při ustájení jalovic a vykrmovaného skotu. Začínají se pokusy s ustájením mastných krav a telaty. Vesměs se však nedoporučují pro vysokoužitkové dojnice, zvláště u vyšších kapacit. Nevýhody pro ně spočívají v obtížném pohybu na podlaze se sklonem 6-8%, ve větším znečištění, ale i vyšší četnosti úrazu krav. Funkční jistota tohoto způsobu ustájení je limitována počtem zvířat v kotci, množstvím, kvalitou a délkou podestýlky, krmivem, délkou kotce, způsobem zakládání podestýlky, spádováním a povrchem podlahy kotce atd. [11]

### 5.2.3 Perspektivní systémy ustájení v novostavbách

Pro chov vysokoužitkových dojnic s velkým tělesným rámcem by měli stáje splňovat následující požadavky:

- šířka boxových loží min. 120 cm,
- délka boxových loží (u stěny) 250 cm,
- délka boxových loží (protilehlých) 230 cm,
- použití flexibilních (přestavitelných) boxových zábran,
- minimální stájová kubatura – 6 m<sup>3</sup> na 100 kg živé hmotnosti,
- maximální plocha vstupů čerstvého vzduchu do životní zóny zvířat (30 dm<sup>2</sup> .ks<sup>-1</sup>),
- optimální počet zvířat vzhledem ke kubatuře i ploše stáje,
- větší plochy pohybových chodeb (mezi boxy min. 250, krmiště min. 300 cm).

Jakékoliv naplnění výše uvedených požadavků vede k častějším střetům zvířat, výskytu neadekvátního chování (cucavost, agresivita), které výrazně ovlivňují užitekost i zdravotní stav dojnic. [11]

Chovatel se podle produkčních podmínek může vybrat ze dvou variant:

- a) **Vzdušné stáje**, které odpovídají kubaturou, hřebenovou štěrbínou a s obvodovými stěnami. Ve stájích může být provoz **stelivový**, který vyžaduje každodenně manipulovat s podestýlkou a mrvou, nebo provoz **bezstelivový**, který je výhodný co se týče vysokého stupně čistoty a možnosti systém plně automatizovat.
- b) **Přístřeškové stáje** jsou vhodné pro všechny kategorie skotu. Přístup vzduchu je regulován přirozeně, proto jsou hodnoty mikroklimatu v podstatě stejné ve stáji i mimo ni. [11]

## 5.3 Technologie výkrmu skotu

Hovězí maso lze získat výkrmem každé kategorie skotu. Cílem výkrmu je pak produkce co největšího množství kvalitního hovězího masa dosažená při co nejvýhodnějších ekonomických podmínkách. [11]

### 5.3.1 Výkrm mladého skotu

Pro ustájení se využívají v podstatě dva základní systémy – volné ustájení a vazné ustájení. Podle toho, zda se jedná o stelivové nebo bezstelivové provozy se rozlišují následující formy:

Vazné - bezstelivové,

- stelivové.

- Volné - bezstelivové - celoroštové,  
- bezstelivové - boxové,  
- stelivové - hluboká podestýlka,  
- stelivové - boxové,  
- stelivové – ploché stlané lože,  
- stelivové – spádové lože. [11]

#### **5.3.1.1 Vazné ustájení**

Výkrm ve vazných stájích byl donedávna hlavním systémem pro tuto kategorii skotu. V současné době je tento systém neperspektivní, protože je pro zvířata etologicky zcela nevhodný, s vysokou pracovní náročností a vysokými riziky bezpečnosti práce. Postupně je o něj upouštěno.

Bezstelivové vazné ustájení využívá k fixaci zvířat vedle kovových řetězů i tzv. grábenských řetězů. Délka a šířka pevné části stání, močiště a kaliště bývají voleny podle věku a hmotnosti zvířat.

Výkrm ve vazných stelivových stájích využívá krátkých a středně dlouhých stání. K fixaci zvířat se využívá klasického vázání pomocí kovových řetězů. [11]

#### **5.3.1.2 Volné ustájení**

Je vhodné pro zvířata s ohledem na přirozené uspokojování biologických požadavků zvířat na odpočinek, pohyb, sociální kontakt a jejich další přirozené potřeby.

Stelivové stáje jsou investičně méně náročné, splňují více ekologických požadavků, přispívají k výraznému zlepšení zdravotního stavu zvířat.

Bezstelivové stáje vykazují vysokou produktivitu i kulturnost práce, vyšší čistotu zvířat. [11]

#### **5.3.1.3 Volné celoroštové ustájení**

Princip tohoto systému spočívá v kotcovém ustájení se zarošтовanou podlahou po celé ploše. Kotec slouží zároveň jako krmíště, lože i kaliště. Kotce jsou velikostně diferencovatelné s hledem na věk a hmotnost vykrmovaných zvířat.

Na podlahu jsou vhodné železobetonové roštnice. Hrazení kotců musí být masivní s odpovídajícím ukotvením v podlaze.



K přednostem celoroštového ustájení patří vysoká intenzita produkce, vysoká produktivita práce a norma obsluhy, minimální pracovní náklady, vysoká spolehlivost a vysoká úroveň čistoty zvířat. K nevýhodám lze zařadit nevhodnost pro extenzivní a polointenzivní výkrm, nevhodnost pro nízké teploty, větší zátěž končetin a větší podíl nutných porážek, náročnost na technické řešení stáje a vysoké investiční náklady. [11]

#### **5.3.1.4 Volné boxové ustájení**

Tento systém výkrmu skotu se jeví z hlediska respektování základních etologických požadavků skotu, z hlediska úspory pracovního času a minimalizace znečištění zvířat i vlastního stání jako optimální způsob.

Princip je založen na rozdělení kotce pomocí zábran na krmiště a místo pro ležení, popř. hnojnou chodbou. Parametry boxového lože musí být stanoveny v závislosti na velikosti a věku zvířete. Délka boxů je řízena vymežovací zábranou a musí být umístěna tak, aby zvířata byla nucena kálet na hnojnou chodbu. [11]

#### **5.3.1.5 Ploché stlané lože**

Kotec je rozdělen na krmiště a lože. Obě části jsou pro snadnější manipulaci se zvířaty propojené. Podlaha v obou částech kotce bývá nejčastěji betonová, v části lože nastýlaná. Řešení krmného žlabu, žlabových zábran, umístění napáječek a hrazení kotců je obdobné jako u celoroštového ustájení.

Toto ustájení vykazuje vyšší investiční na provozní náklady, nižší produktivitu práce v důsledku každodenní manipulace s podestýlkou, hnojem popř. přeháněním, zvířat a vyšší znečišťování a častější poranění zvířat. [11]

#### **5.3.1.6 Hluboká podestýlka**

Systém ustájení je podobný jako u plochého stlaného lože. Lože tvoří vrstva hluboké podestýlky, která se postupně vrství v nepropustné betonové vaně. [11]

Nastýlání se provádí ve 2 – 3 denním intervalu a odklíz výkalů (hnoje) se provádí v intervalech od 1 do 4 měsíců.

Tento systém je provozně jednoduchý a dochází při něm k produkci kvalitního hnoje. Nevýhodou je větší náročnost na zabezpečení stájového mikroklimatu, udržování čistoty zvířat.

#### **5.3.1.7 Spádové lože**

Jedná se v ČR o novou technologii založenou na výhodách plochého lože a hluboké podestýlky. Velkou výhodou je úspora slámy oproti ustájení na hluboké podestýlce (až o 50%). Kotec je rozdělen na krmiště a lože. Lože je spádováno směrem k místu, odkud se mrva odklízí mimo stáj. Krmiště navazuje na lehárnu a šířkou odpovídá šířce mechanizačního prostředku pro vyhrnování hnoje.

Výhodou tohoto ustájení je provozní jednoduchost a produkce poměrně kvalitního hnoje. Nevýhodou pak větší znečištění zvířat. [11]

#### **5.3.1.8 *Pastevní výkrm skotu***

Představuje extenzivní způsob výkrmu realizovaný především v návaznosti na chov krav bez tržní produkce mléka, tzn. zejména v horských a podhorských oblastech. Jedná se o využití víceletých píceň, které na pastevních porostech poskytují laciné krmivo.

Vlastní výkrm lze provádět buď jen na základě pastvy (využití více pastevních sezón). Nebo výkrm na pastvině s přidavkem koncentrovaných krmiv a nebo využití pastvy v počáteční fázi výkrmu, na kterou navazuje intenzivní dokrm ve stáji.

Při kombinaci stájového a pastevního způsobu výkrmu skotu je nutné zvířata přicházející na pastvu řádně připravit, a to zejména z hlediska jejich aklimatizace a změny způsobu výživy. [11]

## 6 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit osvětlenost pomocí měřicího přístroje (luxmetru) ve stáji pro chov skotu. Měření provést alespoň ve dvou stájových objektech s technologickým zařízením odlišného typu při denním i umělém (případně kombinovaném) osvětlení. Naměřené hodnoty ve stájích porovnat a vyhodnotit dle platné legislativy.

## 7 Metodika

První měření proběhlo dne 30.10.2014 na farmě rodiny Bůžkových v obci Křemže-Chlumeček.

Druhé měření proběhlo dne 31.10.2014 v Zemědělském družstvu Podkleťan Křemže.

Měření bylo prováděno uvnitř stáje pro dojnice, respektive ve stájích pro výkrm skotu.

### 7.1 Použité přístroje

K měření osvětlenosti byl použit luxmetr PU 150 od firmy Metra Blansko (**obr. 25**). Tento luxmetr se skládá z přijímače s fotočlánkem a měřicího přístroje. Je vybaven selenovým fotočlánkem a umožňuje měřit osvětlení do 5000 luxů, v případě využití redukčního filtru až do 100 000 luxů. Měřicí sonda přístroje je dále opatřena korigovaným fotoodporem s kosinusovým nastavcem pro měření osvětlení do deseti luxů, popř. s redukční clonou do 40 luxů. Při měření nižších hladin osvětlenosti může toto vybavení posloužit pouze k orientačnímu měření. Luxmetr PU 150 spadá do 4. třídy přesnosti měření, kde celková přípustná chyba luxmetru je asi 20%. [13]

Měřicí přístroj byl zapůjčen z Katedry zemědělské dopravní a manipulační techniky.



Obrázek 25 - Luxmetr PU 150

## 7.2 Postup měření

Měření probíhalo v obou objektech při světelných režimech venkovní nezacloněné srovnávací roviny podle norem [14] tzn.:

- a) Při venkovním osvětlení, stáj byla osvětlena jen denním osvětlením,
- b) při nulové venkovní osvětlenosti, stáj byla osvětlena pouze umělým osvětlením (udržovaná osvětlenost).

V obou stájích bylo měření provedeno v krmné chodbě. V jiné části stáje nebylo možné měřit, protože to neumožňoval typ ustájení. Zvířata se volně pohybovala, jak po hnojných chodbách, tak v ostatních částech ustájení. Dle normy [15] se při orientačním měření osvětlenosti, což měřicí přístroj splňuje, mohou kontrolní body zvolit dle povahy a funkce. Mohou se rozmístit na taková místa, z nichž lze usuzovat celkovou úroveň osvětlení.

Čidlo přístroje bylo umístěno vodorovně vždy ve výšce 1,2 m a uprostřed krmné chodby. K zachování výšky byl zhotoven dřevěný držák **obr. 26**. Body měření byly zvoleny v obou případech měření čtyři, viz schéma stáje **Obr. 27 a obr. 29**. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách **3. a 4.**



Obrázek 26 - Dřevěný držák pro zachování výšky měření

## 8 Charakteristika farmy Bůžkových

Na rodinné farmě v Chlumečku u Kremže se specializují na výrobu mléka. Kapacita nového volné stáje vybavené dojícím robotem DeLaval je 80 dojnic. Celkem je v současné době ve stáji asi 180 zvířat včetně telat. Tři sta padesát hektarů je využíváno především pro výrobu krmiv, na 100 ha jsou travní porosty, na orné půdě se pěstuje řepka a obilniny.

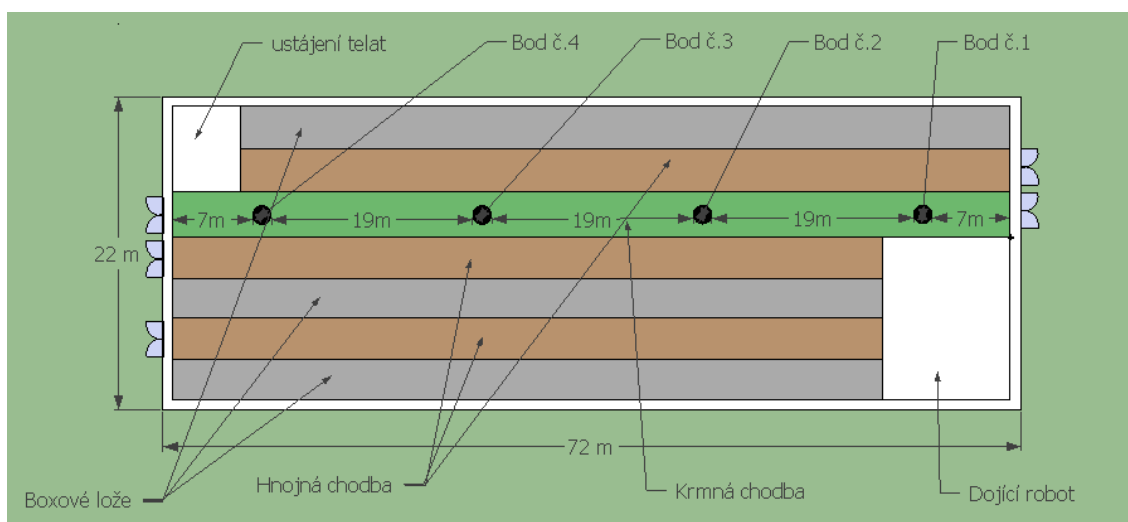
Hospodaří v chráněné krajinné oblasti v nadmořské výšce 500 metrů. Dalšími aktivitami farmy je poskytování služeb v oblasti zemědělství, především při sklizni obilí, setí a lisování objemných krmiv. [12]

### 8.1 Ustájení

Dojnice byly ustájeny volně v boxových ložích vybavených matracemi. Ustájená zvířata byla rozdělena na skupinu krav, které se dojí a na sucho stojící krávy. Součástí byl také malý porodní box stlaný slámou a stlaný kotec, ve kterém byla ustájena telata v době mléčné výživy a boxové ustájení pro jalovice.

Odkliz kejdy zajišťovaly shrnovací hydraulické lopaty, které byly nastaveny na pravidelné vyhrnování vždy po dvou hodinách.

### 8.2 Schéma budovy



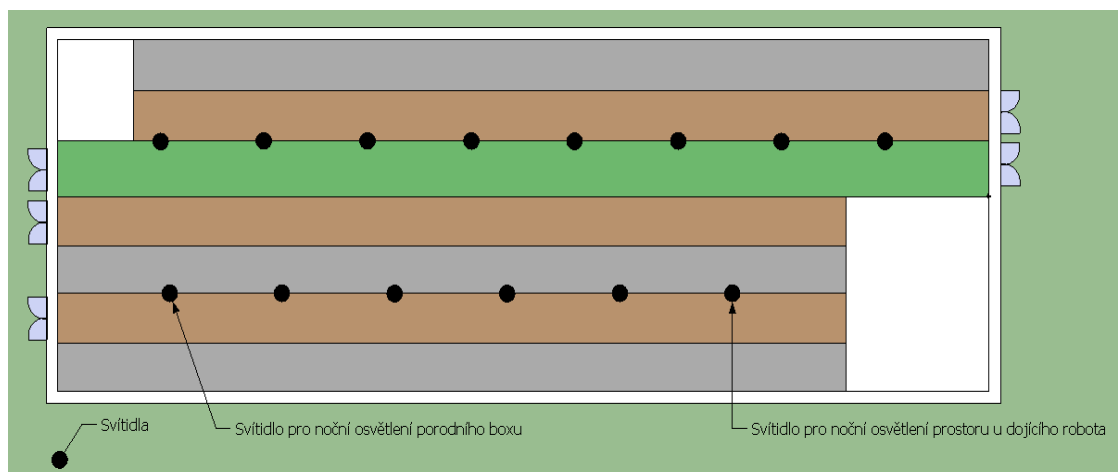
Obrázek 27 - Schéma stáje pro dojnice farmy rodiny Bůžkových

### 8.3 Osvětlení

Denní osvětlení bylo realizováno pomocí prosvětlovacích střešních oken, svinovací plachtou (opěrnou sítí) v podélných stěnách a případně otevřenými vraty.

Uměle osvětlení bylo udržováno pomocí 14ti výbojkových svítidel viz **obr. 28**, která se spínala buď manuálně, nebo automaticky podle úrovně osvětlenosti ve stáji. Svítidla hlavního osvětlení byla umístěna nad částí pro dojnice stojící na sucho mezi hnojnou a krmnou chodbou. V části pro aktivně dojené dojnice byla svítidla umístěna zhruba uprostřed. Dvě svítidla byla zapnuta i v nočním režimu stáje, kdy je hlavní osvětlení vypnuto. Umístění těchto svítidel bylo nad dojícím robotem a u porodního boxu viz **obr. 33** a **obr. 34**.

Svítidla byla plně funkční, čistá a nebyla nijak viditelně opotřebovaná. Prosvětlovací střešní okna byla rovněž v dobrém stavu, nijak znečištěná.



Obrázek 28 - Přibližné umístění svítidel umělého osvětlení ve stáji pro dojnice

### 8.4 Průběh měření

První měření probíhalo v 12:00. Obloha byla slunečná a úroveň denní osvětlenosti byla 24 000 luxů. Pro měření denní osvětlenosti musel být přístroj nastaven na nejvyšší měřicí rozsah (do 5 000 luxů) a opatřen filtrem s hodnotou násobku - 20x.

Druhé měření probíhalo v 18:00. Úroveň denní osvětlenosti byla 0 lx. Osvětlování stáje bylo zajištěno jen vnitřním umělým osvětlením stáje. Měřicí přístroj byl nastaven na rozsah hodnot do 1 000 lx.

## 8.5 Naměřené hodnoty

Naměřené hodnoty v **tabulce č.3** můžeme vyhodnotit tak, že hodnoty denním osvětlení se byly ve všech bodech měření podobné, menší hodnota byla jen v bodě č.1 což bylo díky dojícímu robotu, který zastiňoval měřící místo.

To samé platí při měření umělého osvětlení stáje, hodnoty osvětlenosti byly podobné, u dojícího robota byla hodnota menší z důvodu toho, že nad dojícím robotem nebylo umístěno svítidlo.

Menší rozdíly v hodnotách mohl ovlivnit stav svítidel, nebo možná odchylka měřícího přístroje (max. 20%).

**Tabulka 3 - Výsledky měření stáje pro dojnice Farmy rodiny Bůžkových**

| Body měření | Úroveň osvětlení venkovní nezacloněné roviny $E_h = 24\ 000\ \text{lx}$ denní osvětlenost E [lx] | Úroveň osvětlení venkovní nezacloněné roviny $E_h = 0\ \text{lx}$ udržovaná osvětlenost E [lx] |
|-------------|--|--|
| 1.          | 450  | 88   |
| 2.          | 525  | 120  |
| 3.          | 565  | 135  |
| 4.          | 595  | 120  |
| průměr      | 534  | 116  |

## 9 Charakteristika Zemědělského družstva Podklet'an Křemže

Společnost hospodaří na území CHKO Blanský les se sídlem v městysi Křemže. Zabývá se jak rostlinnou, tak živočišnou výrobou.

### 9.1 Chov skotu

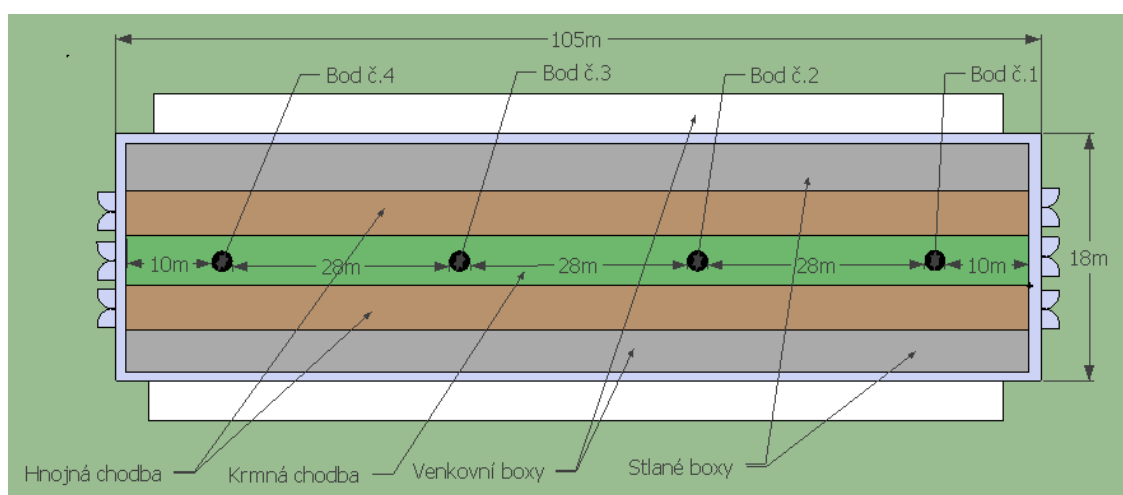
Jatečné býky a jalovice určené k produkci masa chová ve stájích, které se nalézají v areálu Chlum a Stupná. Za tímto účelem provozuje ZD také pastvu.

Dojnice na produkci mléka chová na svých farmách, které se nacházejí ve Mříčí na křemežsku, v Krásetíně a Chlumu. Stáje jsou osazeny rybinovými dojírnami. Dojíací zařízení je od firem Westfalia a Agromont (Afí lite).

### 9.2 Vybraná stáj

Měření bylo uskutečněné ve stáji pro výkrm jatečných býků a jalovic, která se nachází v areálu Chlum. Stáj byla staršího data výstavby a nebyla celkově v dobrém stavu. Ve stáji bylo ustájeno celkem 260 zvířat, z toho 160 býků a 100 jalovic. Počet ustájených zvířat se zdál nad limitem, než pro jaký je stáj stavěna. Ustájení býků bylo v levé části stáje a ustájení jalovic bylo v pravé straně stáje. Zvířata byla ustájena volně, ve stlaných ložích s možností využití venkovní části stáje. Krmení se zajišťovalo pomocí mobilního krmného vozu. Odkliz kejdy z hnojné chodby byl prováděn pomocí mobilního nakladače.

### 9.3 Schéma budovy



Obrázek 29 - Schéma stáje pro výkrm býků a jalovic, ZD Podklet'an

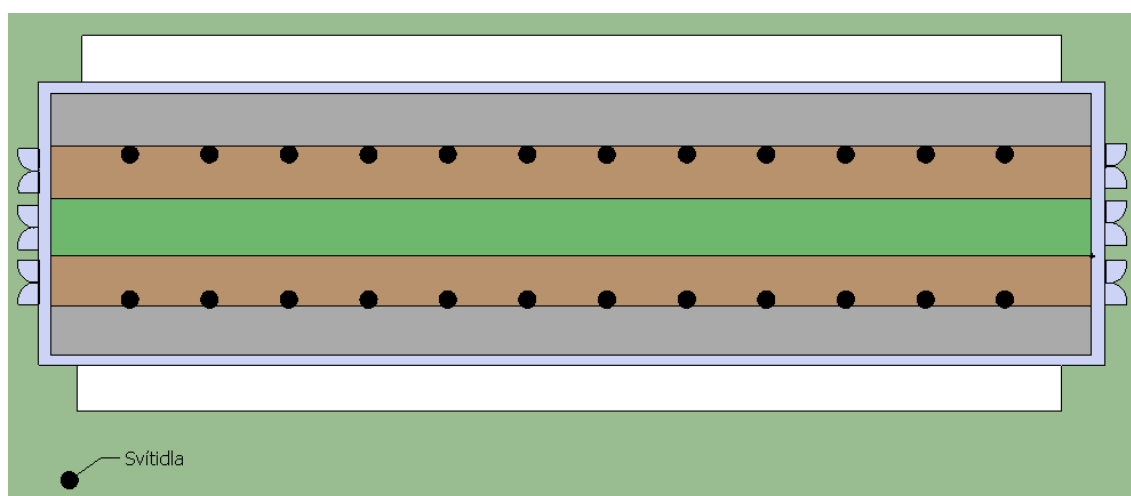


## 9.4 Osvětlení

Denní osvětlení bylo realizováno bočními okny, průchody z vnitřní části stáje do venkovních boxů a otevřenými vraty stáje.

Umělé osvětlení bylo udržováno pomocí 24 ks svítidel. Svítidla byla umístěna ve dvou řadách nad hnojnou chodbou, viz **obr. 30**. Použité světelné zdroje byly podle projevu svícení halogenidové výbojky. Umělé osvětlení se zapíná a vypíná manuálně pomocí obsluhy.

Na svítidlech bylo znát opotřebení a výkon byl spíše podprůměrný. Svítidla byla také znečištěna. Okna ve stáji byla znečištěná, což neumožňovalo jejich plné funkci prostupu světla.



Obrázek 30 - Přibližné umístění svítidel umělého osvětlení ve stáji pro výkrm býku a jalovic

## 9.5 Průběh měření

První měření probíhalo v 11:30. Obloha byla zatažená a úroveň denní osvětlenosti byla 8 500lx, v tu dobu byla většina zvířat uvnitř stáje. Ve venkovní části byly jen některé jalovice. Býci měli přístup do venkovní části zahrazen zábranami. Z důvodu velmi malé hladině osvětlenosti musel být měřicí přístroj nastaven na nejmenší měřící rozsah do 10 luxů) a opatřen filtrem s hodnotou - 4x.

Druhé měření probíhalo v 18:00. Úroveň denní osvětlenosti byla 0 lx. Osvětlení zajišťovaly jen vnitřní svítidla stáje. Všechna zvířata byla uvnitř stáje. Opět byl měřicí přístroj nastaven na rozsah do 10 luxů a čidlo opatřeno filtrem s hodnotou - 4x.

## 9.6 Naměřené hodnoty

Z tabulky č.4 můžeme vydedukovat, že při měření denního osvětlení bylo nejvíce světla se nacházelo u otevřených vrat stáje, naopak uprostřed stáje bylo světla nejméně.

Při měření umělého osvětlení byl rozdíl osvětlenosti v bodech minimální, menší rozdíl osvětlenosti způsobil stav svítidel, nebo to mohla způsobit odchylka měřícího přístroje (20%).

Tabulka 4 - Výsledky měření stáje pro výkrm býku a jalovic ZD Podkleťan

| Body měření | Úroveň osvětlení venkovní<br>nezacloněné roviny<br>$E_h = 8\ 500\ \text{lx}$<br>denní osvětlenost $E$ [lx] | Úroveň osvětlení venkovní<br>nezacloněné roviny $E_h = 0\ \text{lx}$<br>udržovaná osvětlenost $E$ [lx] |
|-------------|--|--|
| 1.          | 20   | 14   |
| 2.          | 14   | 11,2   |
| 3.          | 12   | 10   |
| 4.          | 24   | 12,4   |
| průměr      | 17,5   | 11,9   |

## 10 Vyhodnocení měření

V objektu rodinné farmy Bůžkových byla zjištěna vyhovující hodnota osvětlenosti. V obou případech, při denním osvětlení i umělém osvětlení byla osvětlenost stáje vyšší, než kterou požaduje norma [16], [17]. Norma požaduje v místě pracovní činnosti hodnotu osvětlenosti 200 luxů a ve stájích pro zvířata hodnotu alespoň 50 luxů. Vysoké úrovni denního osvětlení napomáhala prosvětlovací střešní okna, otevřená vrata a opěrná síť v podélných stěnách stáje. Vysokou hodnotu umělého osvětlení zajišťovala výkonná svítidla.

V objektu ZD Podklet'an, byla zjištěna nevyhovující hodnota osvětlenosti. Ve všech měřících bodech byla hodnota osvětlenosti hluboko pod minimem, která požaduje norma, [16], [17]. Tato hodnota byla splněna jen při denním osvětlení ve venkovní části stáje, ale ne všechna zvířata měla přístup. V zimním období se vrata do venkovní části zavírají a lze usuzovat, že hodnota osvětlenosti díky tomu ve stáji ještě poklesne.

Ke zlepšení současného stavu by bylo zapotřebí rekonstruovat stáj a instalovat např. do střešní části průsvitná střešní okna. Nebo alespoň zbavit všech oken nečistot a také je v čistém stavu udržovat. Také svítidla udržovat v čistém stavu a dodatečně doplnit, nebo nahradit výkonnějšími zdroji světla.

### 10.1 Porovnání stáji

Porovnat oba objekty není jednoduché. Chov v těchto stájích je technologicky velmi odlišný.

Na jedné straně je chov dojnic v moderní stáji, která byla postavena v roce 2008. V této stáji je kladen velký důraz na kvalitu osvětlení, jak přisun denního osvětlení, tak hodnotu umělého osvětlení.

Na druhé straně je výkrmný chov býků a jalovic ve stáji, která byla postavena v dobách, kdy se neřešil problém osvětlenosti, či celkového welfare zvířat.

Lze ale s jistotou říci, že co se týče světelných podmínek, byla na tom lépe zvířata v objektu stáje pro dojnice. Hladina osvětlenosti v této stáji byla podstatně větší ve všech světelných režimech.

## 11 Závěr

Stájové osvětlení vyhovuje podle platné legislativy jen v případě stáje pro dojnice farmy rodiny Bůžkových. Ve stáji pro výkrm jalovic a býku ZD Podkleťan osvětlení nevyhovuje platné legislativě.

V této bakalářské práci jsem se pokusil poukázat na rozdíl dvou objektů pro chov skotu. Rozdíl byl jednak v technologii chovu, ale také v rozdílném stáří objektů. Z výsledků měření osvětlenosti je zřejmé, že na chov dojnic jsou kladeny větší požadavky na osvětlenost. Dojnice jsou více citlivé na světlo, od jeho hladiny se odvíjí také užitkovost. Naopak v chovech na výkrm býků, případně jalovic není osvětlenost všeobecně moc řešena. Stáří stáje má také na osvětlenost velký vliv, u novostaveb není obecně dostatek světla problémem. To se nedá ale říci o starých stájích, ve kterých je velmi málo světla, což může mít za následek špatný sociální a zdravotní stav zvířat. Nízká hladina osvětlenosti také zhoršuje obsluhu práci se zvířaty, například detekci různých poranění.

K zlepšení situace denního osvětlení u starších stájích na výkrm skotu by pomohla pravidelné čištění oken. Toto opatření by pomohlo jenom z části. K dosažení hladiny osvětlenosti, kterou požaduje platná legislativa je zapotřebí rekonstrukci stáje, umístění různých průsvitných částí, jelikož tyto stáje byly stavěny v dobách, kdy welfare zvířat nebylo moc řešeno. Umělé osvětlení by zlepšila instalace silnějších svítidel a jejich pravidelná údržba.

Závěrem této bakalářské práce bych chtěl říci, že dostatečná hladina osvětlenosti by měla být ve všech chovech hospodářských zvířat, nejenom v chovech skotu. Světlo je jedním ze základních prvků, bez kterých by život na naší planetě nemohl probíhat. Vhodná hladina osvětlenosti prospívá růstu, zdravému stavu a vysoké užitkovosti hospodářských zvířat.

## 12 Literatura

- [1] Svoboda, Emanuel, a kol. (1996): Přehled středoškolské fyziky. Praha, Prometheus, 497s., ISBN 80-7196-006-3 [cit. 2014-9-10]
- [2] PAPEŽ, K. A KOL. (2007): Energetické a ekologické systémy budov 2. Vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace, umělé osvětlení. Praha, ČVUT, ISBN 978-80-01-03622-8, [cit. 2014-9-19]
- [3] Petr Hutla, Václav Bíma, Rostislav Mičín, Miroslav Češpiva (2013): Modelová řešení osvětlovacích soustav ve vybraných zemědělských objektech. Certifikovaná metodika, Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha, [cit. 2014-10-5]. Dostupné z: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/novinky/hutla2013.pdf>
- [4] Internetový portál Zootechnika.cz: Osvětlení stájí pro dojnice. [cit. 2014-10-5]. Dostupné z: <http://www.zootechnika.cz/clanky/chov-skotu/ustajeni-skotu/osvetleni-staji-pro-dojnice.html>
- [5] SEVEN, Středisko pro efektivní využívání energie (2010): Energeticky úsporné osvětlování v domácnostech – přehled technologií a legislativy, o.p.s., Zastoupení Evropské komise v ČR. [cit. 2014-10-11]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/ceskarepublika/pdf/brozurazarovky.pdf>
- [6] Intershape.com – LED Dairy Cow Barn Lights, [cit. 2014-11-1]. Dostupné z: <http://www.intershape.com/Lights-ventilation/dairy-lighting.htm>
- [7] Wikipedia.org – LED, dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/LED> [cit. 2014-10-29]
- [8] Doležal Oldřich, Bílek Miloslav, Dolejš Jan (2004): Zásady welfare a nové standardy EU v chovu skotu, Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha-Uhřetěves, ISBN 80-86454-51-7 [cit. 2014-10-29]
- [9] Šoch Miroslav (2005): Vliv prostředí na vybrané ukazatele pohody skotu, JU České Budějovice, 287 s., ISBN 80-7040-742-5 [cit. 2014-10-20]
- [10] Reiter, K. (2012): Bedeutung von Licht für Wachstum, Leistung und Verhalten beim Rind, [cit. 2014-10-30]. Dostupné z: [http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p\\_43370.pdf](http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_43370.pdf)
- [11] Frelich Jan (2001): Chov skotu, JU České Budějovice, 211 s., ISBN 80-7040-512-0 [cit. 2014-10-05]
- [12] Delaval Česká republika – Galerie zákazníků – Rodinná farma Chlumeček [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: <http://www.delavalczech.cz/Meet-our-customers1/Rodinna-farma-Chlumeek/>

- [13] Marie Šístková, Alois Peterka (2008): Úroveň osvětlenosti stájových objektů pro chov dojnic. Časopis Mechanizace, zemědělství 9/2008, Profi Press, s.r.o. [cit. 2014-11-10]
- [14] ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení 3/2007
- [15] ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení vnitřních prostorů – Část 1: Základní ustanovení
- [16] ČSN EN 12 464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory 05/2004
- [17] ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky 6/2007

## 13 Přílohy

### 13.1 Farma rodiny Bůžkových



Obrázek 31 - Stáj pro dojnice po dokončení, denní osvětlení (12)



Obrázek 32 - Umělé osvětlení stáje pro dojnice





**Obrázek 33 - Noční osvětlení stáje pro dojnice - dojící robot**



**Obrázek 34 - Noční osvětlení stáje pro dojnice - porodní box**



## 13.2 Zemědělské družstvo Podklet'an Křemže



Obrázek 35 - Denní osvětlenost stáje pro výkrm býku a jalovic



Obrázek 36 - Umělé osvětlení stáje pro výkrm býků a jalovic



**Obrázek 37 - Venkovní část stáje pro výkrm býků a jalovic**