



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

VYUŽITÍ LED DIODOVÉHO OSVĚTLENÍ

UTILIZATION OF LIGHT EMITTING DIODE LIGHTING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DAVID PODOLA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. DAVID PALOUŠEK, Ph.D.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): David Podola

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Využití LED diodového osvětlení

v anglickém jazyce:

Utilization of light emitting diode lighting

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je rešerše z oblasti využití LED osvětlení. Práce se zaměří na využití LED v praxi, na technické parametry, na konstrukční řešení osvětlovacích modulů apod., doplněný vymezením trendů budoucího vývoje

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat:

- 1.Úvod
- 2.Definici základních pojmů
- 3.Přehled a rozbor existující literatury v dané oblasti
- 4.Analýzu a zhodnocení získaných poznatků
- 5.Vymezení trendů budoucího vývoje
- 6.Souhrnnou bibliografii
- 7.Závěr

Forma bakalářské práce: průvodní zpráva

Typ práce: rešeršní

Účel práce: pro potřeby průmyslu.

Seznam odborné literatury:

Patrick Mottier. LED for Lighting Applications. 304 pages. Wiley-ISTE (June 9, 2009). ISBN-10: 1848211457.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. David Paloušek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 20.11.2009

L.S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá problematikou osvětlování prostřednictvím LED diod. V první části jsou vymezeny základní pojmy ze světelné techniky. Druhá část se zabývá stavbou tělesa LED. Vysvětluje princip vzniku bílého světla v LED. Uvádí problematiku chlazení. Podává přehled o na trhu dostupných zdrojích elektrické energie pro LED. Obsahuje přehled o možnostech regulace osvětlování pomocí snímačů pohybu a snímačů přítomnosti. Bude provedena základní ekonomická rozvaha, která vyhodnotí výhodnost použití zdroje LED. Přílohy obsahují katalogy výrobců LED, příslušenství pro LED a komentář dalších zdrojů informací.

KLÍČOVÁ SLOVA

LED, fotometrické údaje, kolorimetrické údaje, thermal management, chlazení LED, napěťový zdroj, proudový zdroj, soumrakový snímač, snímač pohybu, snímač přítomnosti, žárovka, kompaktní zářivka, ekonomická rozvaha

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with problems of illumination by LED diodes. Basic concepts of lighting technology are defined in the first part. The second part is dealing with the construction of body LED diodes and explains the principle of white light formation to LED. Introduces problems of cooling. Gives an overview of the available power sources for LEDs. Provides an overview of how to control lighting by using motion sensors and presence sensors. Will be made basic economic balance sheet, which will evaluate the advantages of using LED sources. Attachments provide the LED catalogs of manufacturers, accessories for LED and comment on other sources of information.

KEY WORDS

LED, photometric data, colorimetric data, thermal management, LED cooling, voltage source, current source, twilight sensor, motion sensor, presence sensor, incandescent, compact fluorescent lamp, economic balance sheet

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PODOLA, D. Využití LED diodového osvětlení. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 58 s. Vedoucí bakalářské práce
Ing. David Paloušek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Využití LED diodového osvětlení* zpracoval samostatně pod vedením Ing. Davida Palouška, Ph.D. a uvedl v seznamu zdrojů všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne 27. Května 2010

vlastnoruční podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Velmi chci poděkovat Ing. Davidu Palouškovi, Ph.D. za odborné vedení mé práce a dobré a cenné rady. Dále bych rád poděkoval p. Pavlovi Koutníkoví za zapůjčení katalogů s nabídkou LED.

OBSAH

OBSAH	11
1 Úvod	12
2 Definice základních pojmů	13
2.1 Světlo	13
2.2 Fotometrické údaje	13
2.2.1 Prostorový úhel	13
2.2.2 Světelný tok	13
2.2.3 Svítivost	14
2.2.4 Intenzita osvětlení	14
2.2.5 Měrný světelný výkon	14
2.2.6 Poměrná světelná účinnost monochromatického záření	14
2.3 Kolorimetrické údaje	15
2.3.1 Teplota chromatičnosti	15
2.4 Kvalitativní interpretace zdrojů světla	16
2.4.1 Index podání barev	16
3 Přehled a rozbor literatury v dané oblasti	17
3.1 Bílé Světlo	17
3.2 LED dioda	17
3.2.2 Světlo emitované LED diodou	17
3.2.3 Katalogové listy výrobců	19
3.3 Chlazení LED	21
3.4 Zdroje elektrické energie pro LED	23
3.4.1 Napěťový zdroj	23
3.4.2 Proudový zdroj	23
3.4.3 Přímé připojení k síti	23
3.5 Regulace osvětlování	24
3.5.1 Soumrakové spínače	24
3.5.2 Snímače pohybu	24
3.5.3 Snímače přítomnosti	28
3.5.4 Nastavení rozsahu snímané výše	29
3.6 Vysokotlaká sodíková výbojka	31
4 Analýza a zhodnocení získaných poznatků	32
4.1 Ekonomická rozvaha	32
4.1.1 LED vs. vysokotlaká sodíková výbojka	32
4.1.2 LED vs. žárovka a kompaktní zářivka	33
5 Vymezení trendů budoucího vývoje	34
6 Závěr	35
Seznam použitých zdrojů	36
Seznam literatury	36
Seznam elektronických zdrojů	36
Seznam obrázků a grafů	42
Seznam tabulek	43
Seznam příloh	44

1 ÚVOD

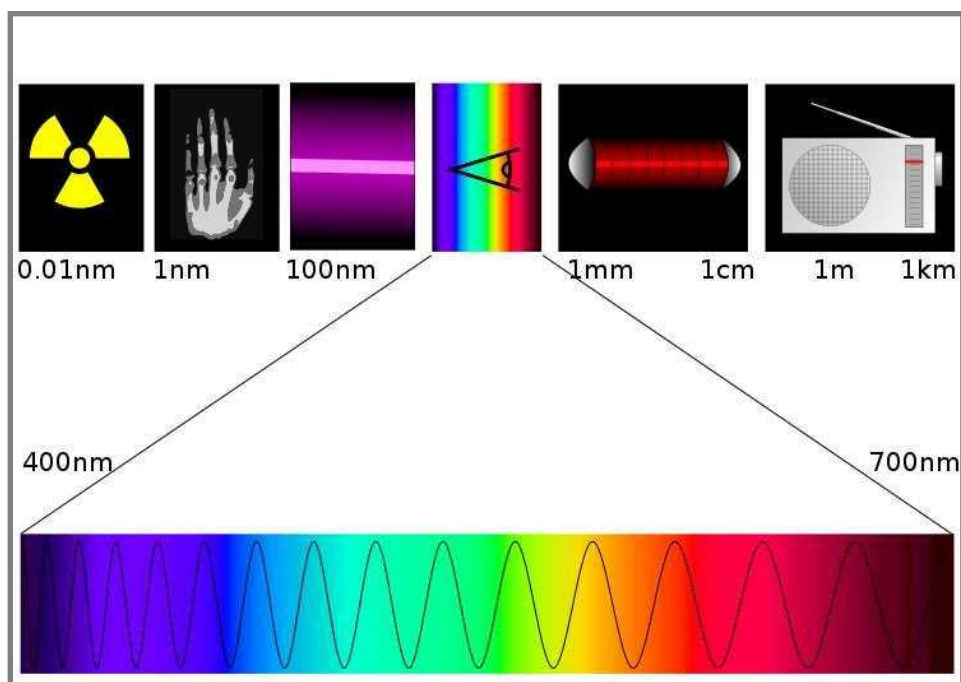
Snahou lidstva je prodloužit si den do pozdních nočních hodin. K prodloužení dne slouží umělé osvětlení, které ovšem potřebuje ke svému provozu elektrickou energii. S rozšiřováním osvětlení roste i spotřeba elektrické energie. Cílem je omezit její spotřebu. Jako perspektivní se jeví varianta osvětlování pomocí LED diod (dále jen LED), což jsou zdroje světla založené na elektroluminiscenční bázi, a jejich nahrazením koncepčně zastaralých žárových zdrojů světla, jejichž hlavním představitelem je žárovka.

Cílem bakalářské práce je rešerše z oblasti využití LED osvětlení. Práce se zaměří na vymezení základních pojmů ze světelné techniky, vysvětlí pojem LED, podá přehled o dostupné literatuře, vztahující se k problematice, vysvětlí princip tvorby bílého světla uvnitř LED, bude se zabývat problematikou chlazení LED, podá přehled o dostupných zdrojích elektrické energie pro LED. Bude provedena základní ekonomická rozvaha, která vyhodnotí výhodnost použití zdroje LED namísto vysokotlaké sodíkové výbojky, resp. žárovky, resp. kompaktní zářivky. Závěrem práce shrne poznatky získané při její tvorbě a vymezí trendy budoucího vývoje.

2 DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ

2.1 Světlo

Světlo je elektromagnetické záření. Viditelné světlo je záření o vlnové délce přibližně 390 až 750 nm. Lidské oko je nejvíce citlivé na světlo o vlnové délce okolo 555 nm.



Obr. 2.1 Spektrum vlnových délek [6]

2.2 Fotometrické údaje

2.2.1 Prostorový úhel

Prostorový úhel ω je část prostoru vymezená rotační kuželovou plochou [14]. Prostorový úhel se měří podle plochy, kterou vytíná z kulové plochy [10] omezující prostorový úhel rotační kuželové plochy. Jednotkou je steradián (sr). Mějme plochu vrchlíku A a kulovou plochu o poloměru r . Vytnutý prostorový úhel je dán vztahem $\omega = A / r^2$ [11]. Plný prostorový úhel je $\omega = 4\pi r^2 / r^2 = 4\pi$ [sr] [11].

2.2.2 Světelný tok

Světelný tok ϕ udává, kolik světelné energie (světla) celkově vyzařuje světelný zdroj do všech směrů [12], kterými svítí. Světelný tok se vypočítá jako součin svítivosti L a prostorového úhlu ω , ve kterém je světelný tok měřen $\phi = L \cdot \omega$ [lm] [10]. Jednotkou je lumen (lm). Světelná energie je energie posuzovaná vzhledem k citlivosti oka na různé vlnové délky světla [16].

2.2.3 Svítivost

Svítivost **I** udává prostorovou hustotu světelného toku zdroje v různých směrech [17]. Jinými slovy: světelný zdroj vyzařuje svůj světelný tok do různých směrů [12] různě intenzivně. Intenzita světelného toku vyzařovaná v jednom konkrétním směru se označuje jako svítivost. $I = \frac{d\phi}{d\omega} [cd]$ [17]. Jednotkou svítivosti je kandela (cd).

2.2.4 Intenzita osvětlení

Intenzita osvětlení **E** udává poměr dopadajícího světelného toku k velikosti osvětlené plochy. Jednotkou intenzity osvětlení je lux (lx). $E = \frac{\phi}{S} [lx]$ [18]. Osvětlení je nepřímo úměrné čtverci vzdálenosti a je tím slabší, čím šikměji paprsky dopadají. $E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha [lx]$ [18].

3.2.5 Měrný světelný výkon

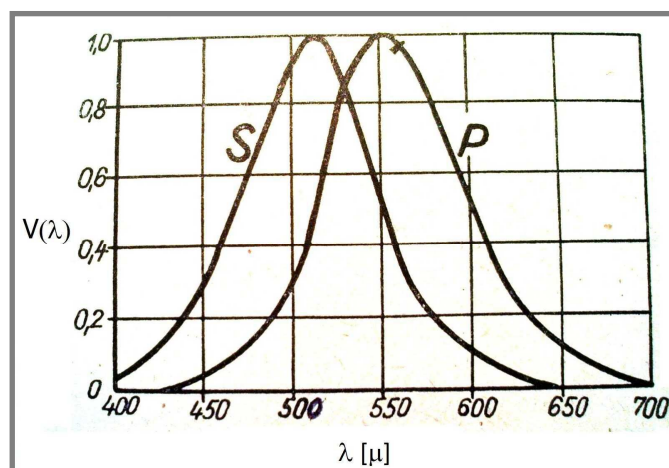
Měrný světelný výkon **η** je poměr vyzářeného světelného toku ϕ k elektrickému výkonu P spotřebované k vytvoření tohoto toku. Jednotkou je lumen na watt ($lm \cdot W^{-1}$). $\eta = \frac{\phi}{P} [lm \cdot W^{-1}]$ [12].

3.2.6 Poměrná světelná účinnost monochromatického záření

Poměrná světelná účinnost monochromatického záření **V** popisuje účinnost, s níž je elektromagnetické záření dané vlnové délky přeměněno na subjektivní zrakový vjem [19]. $V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m} [-]$ [20]. $V \in <0; 1>$.

$K(\lambda)$ je světelná účinnost pro danou vlnovou délku λ a K_m je maximální poměrná světelná účinnost záření pro vlnovou $\lambda = 555,155$ nm (pro denní – fotopické vidění). $K_m(\lambda = 555,155 \text{ nm}) = 683 \text{ lm} \cdot W^{-1}$ [20].

Průběh poměrné citlivosti lidského oka k záření různých vlnových délek nalezneme na obr. 2.2 [3].



Obr. 2.2 Průběh poměrné citlivosti lidského oka k záření různých vlnových délek λ : S při tyčinkovém, P při čípkovém [3]

2.3 Kolorimetrické údaje

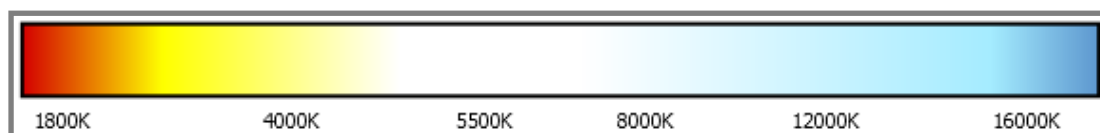
2.3.1 Teplota chromatičnosti

Teplota chromatičnosti (barevná teplota – color temperature) popisuje barevné spektrum bílého světla vydávaného zářícím absolutně černým tělesem. Absolutně černé těleso je těleso, které pohlcuje veškeré záření a vydává záření o spektrálním složení závislém na jeho teplotě. Teplota chromatičnosti se vyjadřuje v Kelvinech (K).

Tab. 2.1 Příklady barevných teplot různých světelných zdrojů [21]

barevná teplota [K]	praktický příklad
1200	svíčka
2700	zářivka („teplá bílá“)
2800	žárovka, slunce při východu a západu
3000	studiové osvětlení
4000	zářivka („studená bílá“)
5000	obvyklé denní světlo
5500	fotografické blesky
6000	jasné polední světlo
6500	standardizované denní světlo
7000	lehce ztmavená obloha
8000	oblačno, mlhavo
10000	silně ztmavená obloha nebo jen modré nebe bez slunce

Světlo ze světelných zdrojů s teplotou chromatičnosti menší nebo rovnou 3300K bývá označováno jako „teplé“ světlo, s teplotou nad 3300K do 5300K jako „neutrální světlo“ a nad 5300K jako „studené“ [1].



Obr. 2.3 Teplota chromatičnosti [21]

2.4 Kvalitativní interpretace zdrojů světla

2.4.1 Index podání barev

Index podání barev R_a (CRI – color rendering index) je hodnocení věrnosti barevného vjemu, který vznikne osvětlení z nějakého světelného zdroje, v porovnání s tím, jaký vjem by vznikl při osvětlení referenčním světlem [22]. Spektrální složení referenčního světla odpovídá přesně stanovené hodnotě spektrálního složení denního světla.

$R_a = 0$ znamená, že světlo z konkrétního zdroje neumožňuje rozeznat jakékoliv barvy.

$R_a = 100$ znamená, že světlo z tohoto zdroje umožňuje přirozené podání barev.

Orientační hodnoty indexu podání barev přibližuje tab. 2.2.

Tab. 2.2 Orientační hodnoty R_a [23]

R_a	Teplota chromat.	zdroj světla
100	3200	žárovka klasická, halogenová
96	5400	keramická halogenová výbojka
89	4080	tří-fosforová bílá zářivka
76	6430	halofosfátová zářivka se studeným denním světlem
64	4230	halofosfátová zářivka se studeným světlem
51	2940	halofosfátová zářivka s teplým světlem
24	2100	vysokotlaká sodíková výbojka
17	6410	rtuťová výbojka

3 PŘEHLED A ROZBOR LITERATURY V DANÉ OBLASTI

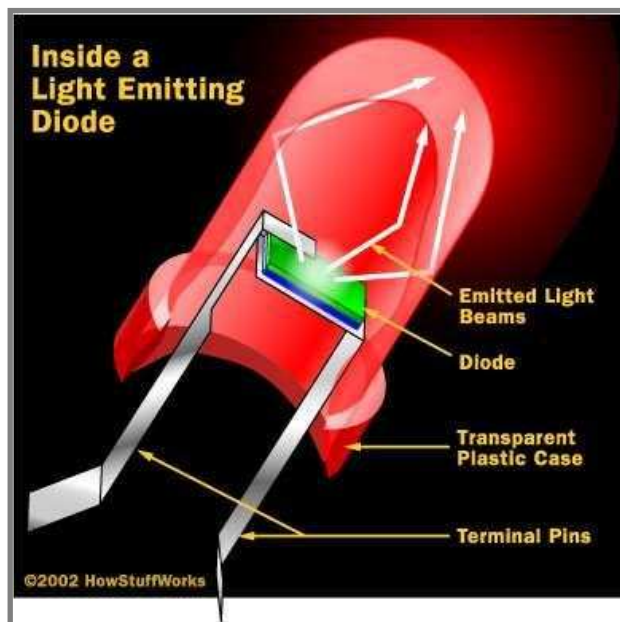
3.1 Bílé Světlo

V celé práci budu pojednávat pouze o viditelném světle (pásmu viditelných vlnových délek).

Bílé světlo není čistě monochromatickým zářením. Vzniká složením celého pásma vlnových délek, od fialové s vlnovou délkou cca. 390 nm, přes modrou, zelenou, žlutou a červenou s vlnovou délkou asi 750 nm.

3.2 LED dioda

Označení LED dioda pochází z angličtiny (Light Emitting Diode). Správné označení je tedy pouze LED. Jedná se o elektronickou součástku se dvěma kontakty. Jestliže na tyto dva kontakty přivedeme elektrické napětí, LED začne emitovat světlo.



Obr. 3.1 LED [50]

3.2.2 Světlo emitované LED diodou

Samotným zdrojem světla je P-N přechod. Pásmo vyzařovaného spektra závisí na chemickém složení polovodiče. Bílé světlo nelze získat čistě z jediného čipu LED. Pokud na výstupu z LED požadujeme bílé světlo, je nutné udělat opatření a docílit smíchání světél o různých vlnových délkách k vytvoření výsledného dojmu bílého světla [2].

3.2.2.1 Bílé světlo vytvořené mícháním barev

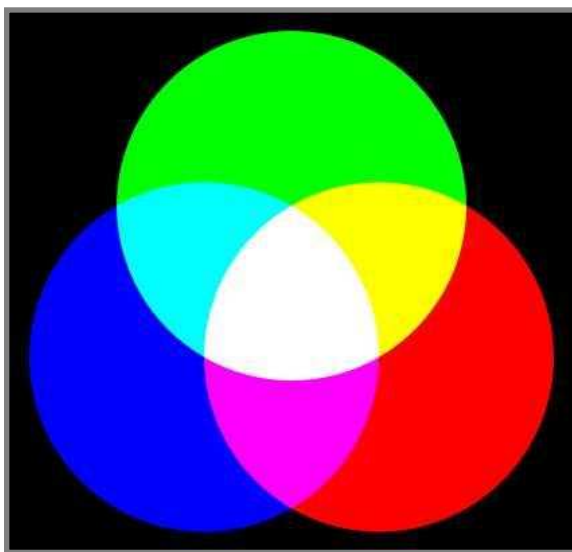
Výsledného bílého světla docílíme použitím tří různých čipů v jednom tělese LED a následně smícháním jejich světél. Každý čip emituje světlo o jiné vlnové délce. Typicky se používají čipy emitující světlo červené – red (R), zelené – green (G) a modré – blue (B) – tzv. RGB LED [2]. RGB LED mají lepší světelnou účinnost než LED využívající fosfor.

3.2.2.2 Bílé světlo vytvořené užitím fosforu

Princip spočívá v použití čipu emitujícího záření modré respektive UV a převedením části modrého světla respektive UV světla na světlo kratší vlnové délky pomocí fosforu. Výsledné bílé světlo je výsledkem smíchání světla modrého a světla vyzářeného vrstvou fosforu respektive přeměnou UV světla na všechny tři složky viditelného světla [2].

Modrá LED a žlutý fosfor

Čip emituje modré světlo. Část světelného toku modrého světla je pohlcena fosforem, který emituje světlo žluté barvy. Smícháním modrého a žlutého světla je vytvořeno bílé světlo [2] (žluté světlo se skládá z červeného a zeleného).



Obr. 3.2 Míchání barev [14]

Modrá LED a více druhů fosforu

Čip opět emituje modré světlo. Část světelného toku modrého světla je pohlcena několika druhy fosforů. Každý fosfor emituje světlo o jiné vlnové délce. Výsledné světlo je kvalitnější než u způsobu, při kterém se užívá pouze žlutého fosforu – širší rozsah vlnových délek. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena LED [2].

UV LED a RGB fosfor

Čip emituje UV světlo. Celý světelný tok je přeměněn třemi druhy fosforů na tři základní složky spektra – R, G, B. Jejich smícháním získáme vyváženější široké vlnové spektrum než u způsobu v kap. „Modrá LED a více druhů fosforu“ (viz výše).

3.2.2.4 Používané druhy LED

V praxi jsou nejvíce využívány LED na bázi modrého světla a žlutého fosforu (pořizovací náklady) a RGB LED (levnější provoz).

3.2.3 Katalogové listy výrobců

Součástí dobré volby světelného zdroje pro svítidlo či celou osvětlovací soustavu je třeba znalost základních parametrů zdrojů. Je třeba se zorientovat v mnoha pojmech, vyskytujících se v katalogích, jako například světelná účinnost, příkon, světelný tok, svítivost, křivky svítivosti, životnost, maximální proud, pracovní teplota.

3.2.3.1 Teplota chromatičnosti a vlnová délka

Při výběru vhodné barvy světla LED lze nalézt v katalogu výrobce údaje u konkrétní LED údaj o vlnové délce emitovaného světla nebo údaj o barevné teplotě. Při výběru bílé LED nalezneme údaj o teplotě chromatičnosti. Pouze výjimečně nalézáme údaj o teplotě chromatičnosti a zároveň o vlnové délce, a to u RGB LED. Podstatným údajem je u bílé LED teplota chromatičnosti.

Vysvětlení je nasnadě: Například červená LED vyzařuje úzké pásmo vlnových délek světla, proto se jeho barva vyjadřuje pomocí údaje o vlnové délce. Bílá LED vyzařuje bílé světlo, které vzniká složením širokého spektra záření různých vlnových délek. Proto jej nelze vyjádřit pomocí jediné vlnové délky, ale pomocí barevné teploty.

Typová řada	Pouzdro (mm)	Barva	Vyzařovací úhel	Barevná teplota (K)	Vlnová délka (nm)	Maximální proud (mA)	Světelný tok/LED při 350mA/čip (lm)
XR-E	7,0 x 9,0	chladná bílá	90°	5.000-10.000	-	1000	80,6-107
		neutrální bílá	90°	3.700-5.000	-	700	62,0-93,9
		teplá bílá	90°	2.600-3.700	-	700	56,8-87,4
		royal blue	100°	-	450-465	1000	300-450mW
		modrá	100°	-	465-485	1000	23,5-30,6
		zelená	100°	-	520-535	700	67,2
XR-C	7,0 x 9,0	chladná bílá	115°	5.000-10.000	-	500	56,8-87,4
		neutrální bílá	115°	3.700-5.000	-	500	51,7-80,6
		teplá bílá	115°	2.600-3.700	-	500	39,8-67,2
		royal blue	130°	-	450-465	500	250-300mW
		modrá	130°	-	465-485	500	13,9-18,1
		zelená	130°	-	520-535	500	39,8-51,7
		žlutá	130°	-	585-595	350	23,5-39,8
		červenáoranžová	130°	-	510-620	700	30,6-39,8
		červená	90°	-	620-630	700	23,5-39,8
MC-E	7,0 x 9,0	chladná bílá	110°	5.000-10.000	-	700/čip (4)	370-430/LED
		neutrální bílá	110°	3.700-5.000	-	700/čip (4)	280-370/LED
		teplá bílá	110°	2.600-3.700	-	700/čip (4)	280-320/LED
		4-barevná RGBW	115°	6.000/4.000	625/525/460	350/čip	186-206

Obr. 3.3 Ukázka z katalogu firmy TRON [24]

3.2.3.3 Eulumdata

Solidní výrobci poskytují na svých internetových stránkách tzv. eulumdata. Jde o soubor dat, který obsahuje informace o svítidle. Obsahuje základní informace, jako například název svítidla, počet a rozteč os, ve kterých byla měřena svítivost a rozměry svítidla. Dále obsahuje fotometrické údaje, ze kterých jmenují celkový světelný tok, činitele využití, svítivost naměřenou v jednotlivých rovinách a úhlech odklonu a grafické vyjádření svítivosti prostřednictvím polárního diagramu svítivosti.

Soubor s eulumdaty je jeden ze vstupních parametrů pro software, určený k návrhu osvětlovacích soustav.

3.3 Chlazení LED

Vysoká teplota P-N přechodu LED zkracuje jeho životnost a zmenšuje účinnost. LED je tedy třeba chladit.

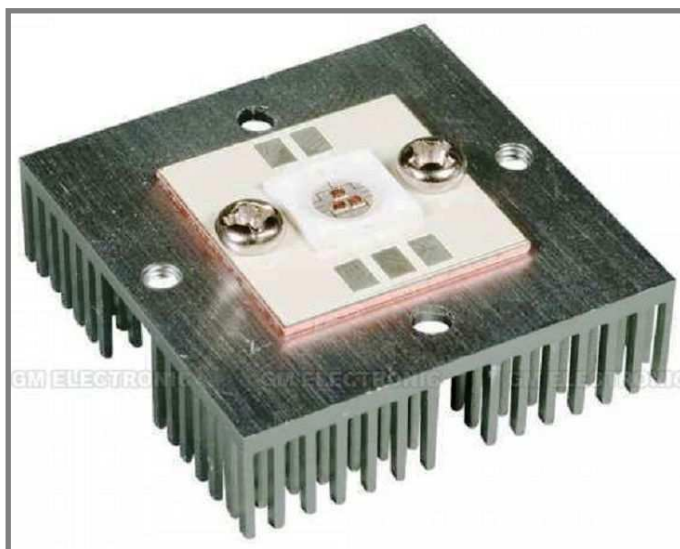
K chlazení LED se používají nejčastěji chladiče z hliníku nebo jeho slitin. Výhodou hliníku je vysoká tepelná vodivost λ vzhledem k ceně. Cílem úsilí je nalezení alternativního, levnějšího, materiálu s dostatečnou tepelnou vodivostí, která bude větší než u hliníku. Jinou cestou je provedení takových konstrukčních úprav hliníkových chladičů, které povedou k minimalizaci potřebného objemu materiálu.

Tab. 3.1 Fyzikální vlastnosti kovů a orientační cena [34], [35], [36]

Kov	Tepelná vodivost λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	Cena podle LME [\$ / MT]	Cena podle LME [CZK / MT]	Cena podle LME [CZK / kg]
měď	401	6 770,50	142 078,94	142,08
hliník čistý	237	2 009,00	42 158,87	42,16
hliníkové slitiny	120 - 180	1 887,00	39 598,70	39,60
ocel 0,2 % C	50	-	-	-
ocel 0,6 % C	46	-	-	-

Ceny CZK v tab. 3.1 jsou přepočítány podle kalkulatoru převody měn, v uvedeném případě, dolar – koruna platnému ke dni 25. 5. 2010 [38]. MT = 1000 kg [37].

Webové stránky Londýnské burzy kovů: <http://www.lme.com/>

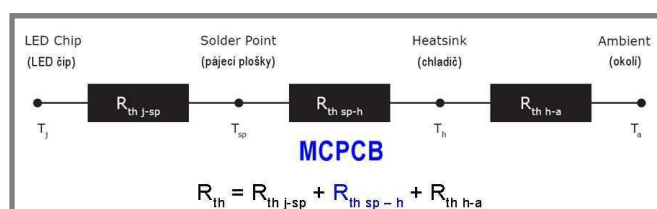


Obr. 3.4 Ukázka chladiče pro LED [39]

LED pro povrchovou montáž je možno namontovat na hliníkové plošné spoje. Plošný spoj umožňuje lepší přenos tepla než u LED namontované na klasické desce plošných spojů (DPS). Více informací lze nalézt v příloze 5. Obr. 3.5 a obr. 3.6 jsou k nalezení v plné kvalitě v příloze 8. V příloze 9 a v příloze 10 jsou k nalezení chladiče a hliníkové profily pro montáž LED pásků.



Obr. 3.5 Schéma umístění LED na DPS resp. na chladiči [40]



Obr. 3.6 Odporový model odvodu tepla [40]

3.4 Zdroje elektrické energie pro LED

LED svítidlo nelze připojit (až na několik výjimek) k síti bez předřadné elektroniky. Návrh napájení spočívá v návrhu vhodného zdroje, a to napěťového nebo proudového.

3.4.1 Napěťový zdroj

Napěťový zdroj je vhodný k napájení jednotlivých LED nebo k napájení celých soustav LED o malém výkonu (proudy LED diodou desítky až stovky mA). Napětí zdroje je konstantní. Při návrhu zdroje zjistíme jeho vhodné napětí z pracovního napětí připojené zátěže. Většinou se jedná o napětí 12Vss, čemuž odpovídají tři LED zapojené v sérii s předřadným odporem. Výkonově se zdroj dimenzuje podle celkového příkonu sestavy [43].

Srovnání s proudovým zdrojem:

Výhodou je nižší cena (jednodušší konstrukce).

Nevýhodou jsou vyšší ztráty ve formě tepla [43] (nevýhodu lze u nižších příkonů zanedbat).

3.4.2 Proudový zdroj

Proudový zdroj je vhodný k napájení LED vyšších výkonů. LED se zapojují sériově se zdrojem. Všechny LED zapojené v sérii musí mít stejný jmenovitý proud. Podle jmenovitého proudu LED vybereme vhodný zdroj se stejným jmenovitým proudem [43]. Na každé LED nastává úbytek napětí. Celkový počet úbytků napětí na diodách v propustném směru při provozu musí být v regulačním pásmu výstupního napětí zdroje [45].

3.4.3 Přímé připojení k síti

Dnes na trhu existují i LED moduly, které lze připojit rovnou k elektrické síti bez použití předřadné elektroniky. Odpadá tak nutnost pořizování předřadného zdroje [44]. Mezi LED moduly, které lze připojit přímo k síti patří i LED žárovky a LED zářivky (předřadná elektronika je zabudována přímo ve světelném zdroji).

Server Ledsystemy.cz [46] – nabídka zdrojů pro LED soustavy, LED pásků, hliníkových profilů a dalších produktů. Server obsahuje i praktické rady pro instalaci LED pásků.

Server Dencop Lighting [47] – prodej LED modulů, zdrojů, světelné reklamy apod.

3.5 Regulace osvětlování

Regulace osvětlovací soustavy je důležitá z důvodu snižování spotřeby elektrické energie. Lze ji realizovat několika způsoby, ze kterých jmenuji například soumrakové spínače či pohybové snímače.

3.5.1 Soumrakové spínače

Soumrakové čidlo slouží ke spínání osvětlovací soustavy při poklesu hladiny osvětlení denním světlem pod předem nastavenou prahovou úroveň.

Je vhodné použít čidlo vybavené zpožděním (hysterezí) při spínání respektive rozpínání z důvodu eliminace malých výchylek intenzity denního osvětlení. Bez hystereze by tak docházelo v oblasti spínací úrovně k opakovanému zapínání a vypínání soustavy, což by mělo negativní vliv na osvětlovací soustavu i na osoby, využívající služeb osvětlovací soustavy. Spínače mohou být také ovládány manuálně, mohou být kromě automatického režimu také v režimu trvale sepnutém nebo rozepnutém. Disponují funkcí „test“. Je-li spínač v režimu test, jsou vyraženy jeho hysterezní funkce. Prahovou hodnotu osvětlení lze nastavit v rozsahu jednotek až tisíců luxů. Praktické provedení soumrakového spínače je na obr. 3.7.



Obr. 3.7 Soumrakový spínač od firmy HAGER [25]

3.5.2 Snímače pohybu

Snímače pohybu nalézají uplatnění v aplikacích, kde není požadavek na osvětlování umělým osvětlením po celou dobu, kdy denní osvětlení nedosahuje prahové hodnoty. Dosáhne se tak další úspory elektrické energie. Praktickými příklady aplikace jsou spínání osvětlení v chodbách rodinných a bytových domů, osvětlení vstupů do domů, v hygienických zařízeních (WC) a spínání osvětlení v komerčních budovách [27].

3.5.2.1 Základní parametry

Základními parametry snímačů, které lze nastavit, jsou prahová hodnota osvětlení, při které snímač začne spínat a dalším parametrem je možnost nastavení zpoždění. Zpoždění je doba od posledního, snímačem detekovaného, pohybu po dobu rozepnutí snímače.

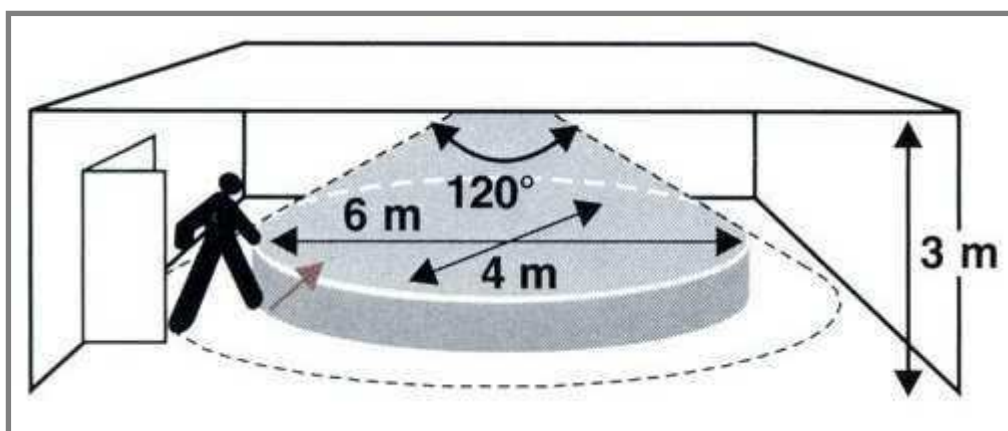
3.5.2.2 Oblasti zachycení snímačů

Infrapasivní snímače pohybu jsou vybaveny snímací oblastí rozdělenou na několik segmentů. Skrz segmenty, případně ještě přes pomocnou optiku, proudí infračervené záření, vydávané pohybujícím se objektem. Princip zachycení pohybu spočívá v zaznamenání infračerveného signálu mezi dvěma segmenty. Protože snímače záření pouze přijímají, nazývají se infrapasivní. Snímače jsou konstruovány tak, aby seagovaly pouze na rychlé změny tepelného záření. Jako příklad uveďme pohyb člověka ve vytápěné místnosti: Vytápěná místnost mění své tepelné vyzařování velmi pomalu. Naopak pohybující se člověk vytváří na tomto téměř neměnném pozadí za jednotku času velmi výraznou změnu vyzařování v čase [30]. Proto je člověk snímačem rozpoznán a snímač se přepne do polohy „sepnuto“. Citlivost snímání se snižuje se vzrůstající vzdáleností vysílače infračerveného světla od snímače. Větší citlivost bude mít snímač, zachytí-li pohyb tečným směrem, nežli radiální pohyb směrem k sobě. Automatické spínače se proto doporučuje umisťovat tak, aby většina pohybů směřovala „bočně“ (tečně) vzhledem ke spínači [26].

Rozeznáváme tři druhy tvarů prostoru, ve kterých snímač zachycuje pohyb (jedná se o tzv. **oblast zachycení**):

Kuželová charakteristika

Snímač zachycuje prostor před sebou ve tvaru kužele, tzn. oblast zachycení je kuželová. Snímače jsou vhodné pro montáž na strop [26]. Obr. 3.8 zachycuje schéma kuželové charakteristiky.



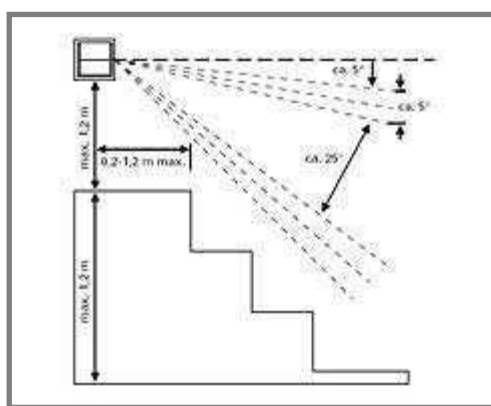
Obr. 3.8 Kuželová charakteristika [26]

Rovinná charakteristika

Jako zdroj (vysílač) infračerveného záření nebereme v potaz pouze člověka, nýbrž i domácí zvířata. Snímače zachytí objekt pouze ve vodorovné rovině, kterou lze umístit do libovolné výšky. Nebude tak registrován pohyb malých domácích zvířat [26]. Jedná se o odfiltrování nežádoucích stavů.

Více snímacích rovin

Pro snímání například schodišťového prostoru se používá snímačů vybavených více snímacími rovinami. Přizpůsobení snímače konkrétnímu prostoru se provede užitím clonek, kterými lze zaslepit část úhlu nebo celou rovinu [26], ve které není požadavek na snímání nebo je-li v této oblasti snímání přímo nevhodné.

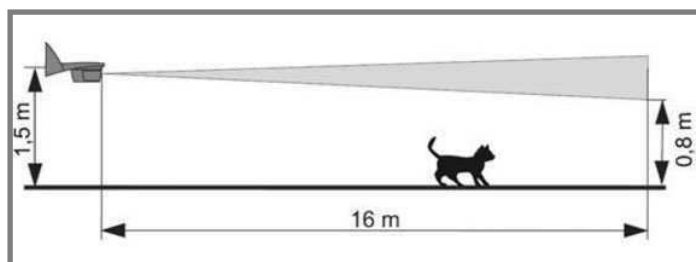


Obr. 3.9 Kuželová charakteristika [27]

3.5.2.3 Typy snímačů pohybu pro řízení vnitřního osvětlení

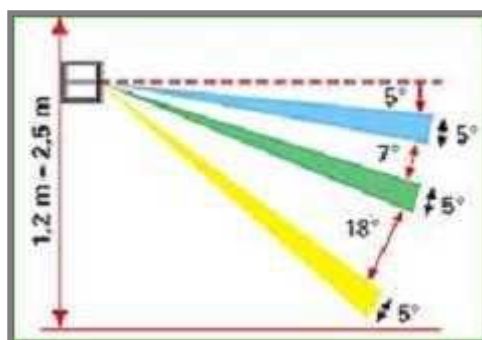
Při výběru snímače pro vnitřní osvětlení je třeba posoudit několik základních parametrů. Zjišťujeme, zda-li součástí snímače je i snímač intenzity osvětlení. Dále nás zajímá, z jakých směrů a v jakých rovinách je pohyb snímán – jak vypadá **vyzařovací diagram** [27].

Ke snímání pohybu v přibližně horizontální poloze slouží snímač pohybu se selektivní čočkou. Dochází k zamezení spínání vzniklého pohybem objektů, které spínání nevyžadují (obr. 3.10). Snímač zabírá všechny pohybující se osoby či zvířata, které dosáhnou nebo přesahují výšku spínané oblasti. Nastavení výšky spínací oblasti lze nastavit vhodným umístěním spínače.

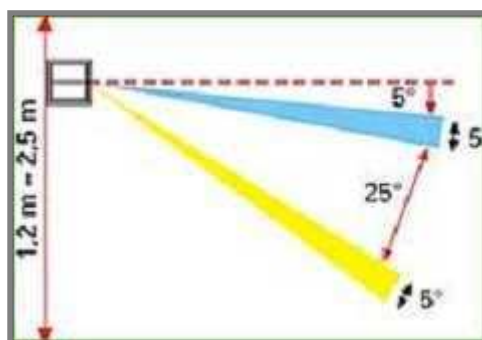


Obr. 3.10 Snímač pohybu se selektivní čočkou [31]

V budovách, kde dochází k nekontrolovanému pohybu cizích osob, je nutno zabránit odcizení snímače. Zabezpečení proti odcizení lze dosáhnout pomocí zabezpečení polohováním. Snímač tedy nelze umístit do polohy, ve které by jeho vyzářovací diagram měl tvar vodorovné plochy, nýbrž do polohy vyvýšené. V takovém případě se nabízí použít snímač s kombinovanou (obr. 3.11) či vícenásobnou čočkou (obr. 3.12), popřípadě snímače přítomnosti [27], o kterých bude řeč níže. Snímače s kombinovanou a vícenásobnou čočkou snímají pohyb ve dvou, resp. třech úzkých rovinách. Detekují celý prostor ohraničený nejvzdálenějším paprskem. Dosah spínačů lze vyhledat v katalogovém listu výrobce, obecně závisí na montážní výšce.



Obr. 3.11 Snímač pohybu s kombinovanou čočkou [27]



Obr. 3.12 Snímač pohybu s vícenásobnou čočkou [27]

3.5.2.4 Typy snímačů pohybu pro řízení vnějšího osvětlení

Ve vnějším prostředí existuje mnoho rušivých vlivů. Aby nedocházelo ke zbytečnému sepnutí snímače, je třeba zajistit filtrování nežádoucích vlivů, vedoucích ke spínání. Ve venkovním prostředí se vyskytují domácí zvířata, ptáci, padající listí apod. Vlivy domácích zvířat lze odstranit umístěním snímače a natočením jeho hlavice tak, aby prostor u země nebyl snímán. Snímače se vyrábějí ve variantách s různými úhly záběru. Některé modely jsou vybaveny i snímáním prostou pod snímačem. Vhodné použití naleznou při spínání osvětlení nad vstupními dveřmi [29].



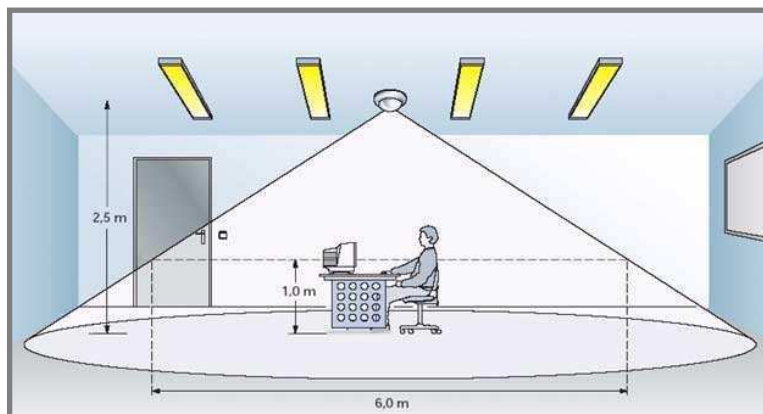
Obr. 3.13 Nástěnný snímač pohybu [32]

3.5.3 Snímače přítomnosti

Snímače přítomnosti jsou určeny ke zjišťování přítomnosti osob v určité části prostoru [33]. Jedná se o snímač pohybu, který je ovšem mnohem citlivější. Reaguje tedy na mnohem menší změny polohy osob, nežli klasický snímač pohybu. Vysoká citlivost snímače je dána přítomností dokonalejší optické a elektronické části. Jejich využití netkví pouze ve spínání a regulaci osvětlení. Mohou spínat taktéž ventilaci, klimatizaci či vytápění [33].

Možnost regulace osvětlení nalezne využití v místnostech, kde se využívá smíšeného osvětlení. Snímač detekuje hladinu osvětlení v místnosti, osvětlené smíšeným světlem. Jestliže hodnota venkovního osvětlení klesá, dostává se do místnosti méně světelného toku a hladina osvětlení v místnosti klesá. Snímač vyhodnotí, o kolik je potřeba zvýšit výkon umělého osvětlení, aby bylo opět dosaženo požadované hladiny osvětlení. Při vhodném propočtu regulace, kdy vezmeme v potaz cenu snímače přítomnosti, jeho životnost a provozní náklady, cenu vhodného světelného zdroje a svítidla a jejich životnosti, účinnosti při celé škále procentuelního zatížení a trvání jednotlivých procentuelních úseků a cenu elektrické energie, dojdeme k závěru, zda-li při variantě regulace osvětlení pomocí snímače přítomnosti dosáhneme finanční úspory.

Montáž snímačů přítomnosti se provádí na strop místnosti. Může být umístěn pod omítku (do standardní instalační krabice) nebo přímo na omítku (s využitím speciální krabice pro povrchovou montáž) [33].



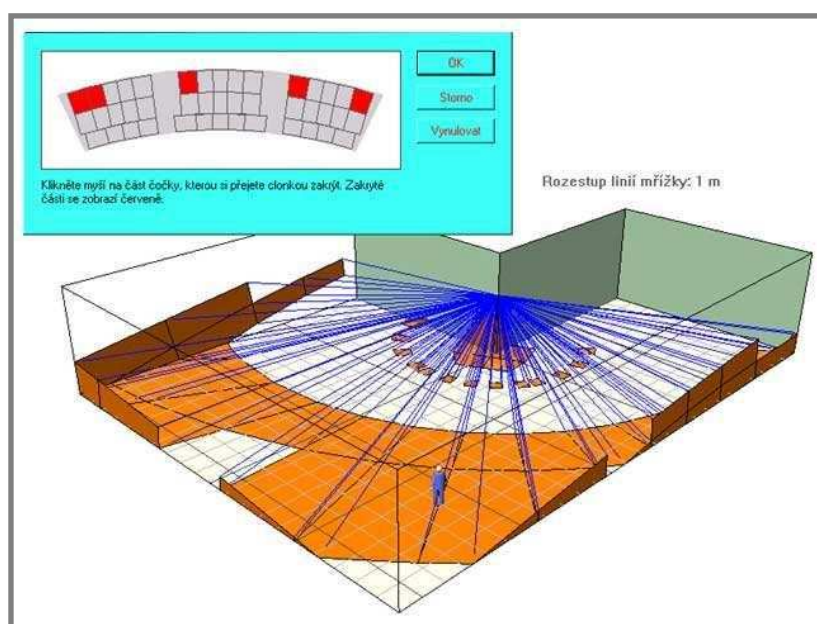
Obr. 3.14 Snímač přítomnosti [28]

3.5.4 Nastavení rozsahu snímané výšeče

Pro správnou funkci snímače je třeba zamezit působení vlivů, které mohou způsobit jeho nesprávný chod. Jedná se například o blízko umístěné světelné zdroje, zdroje tepla s rychlou změnou teploty či zdroje tepla umístěné za oknem. Realizace opatření spočívá v zalepení clonek na odpovídající části čočky [28].

K nalezení výhodné polohy pro umístění snímače slouží podpůrný software. Software vyhodnotí i pole čočky, které je potřeba pro správnou funkci zakrýt [28].

Nevýhodou pohybových snímačů i snímačů polohy je nutnost jejich napájení elektrickým proudem.



Obr. 3.15 Snímač přítomnosti [29]

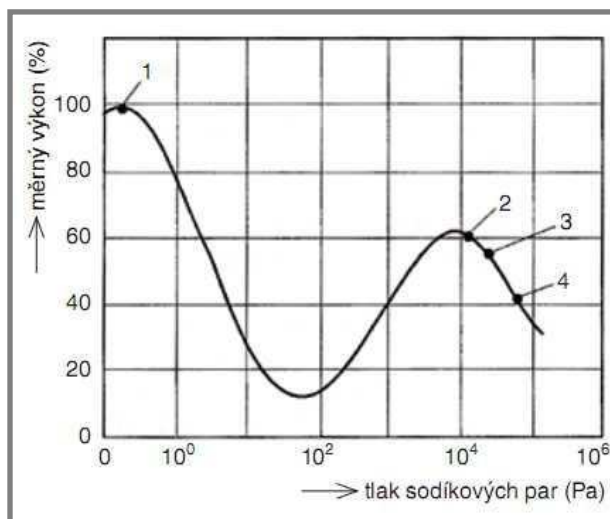
3.6 Vysokotlaká sodíková výbojka

Vysokotlaká sodíková výbojka je světelný zdroj, v němž je světlo vyzařováno hlavně sodíkovými parami s provozním parciálním tlakem 3 až 60 kPa. Sodík vyzařuje světlo s maximální intenzitou ve žluté části spektra s vlnovou délkou okolo 589 nm. Uvedená vyzařovaná vlnová délka se blíží maximu spektrální citlivosti lidského oka. Vysokotlaké sodíkové výbojky dosahují měrného výkonu až cca. 150 lm/W [52].

Obr. 3.16 popisuje závislost měrného výkonu na tlaku sodíkových par [51].

1 – nízkotlaké sodíkové výbojky $R_a \sim 0$, 2 – vysokotlaké sodíkové výbojky standardní $R_a \sim 25$, 3 – vysokotlaké sodíkové výbojky se zlepšeným podáním barev $R_a \sim 60$, 4 – vysokotlaké sodíkové výbojky s vynikajícím podáním barev $R_a > 85$ [51].

Zdroj [51] obsahuje další důležité informace o sodíkových výbojkách.



Obr. 3.16 Závislost měr. výkonu na tlaku sodík. par [51]

4 ANALÝZA A ZHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH POZNATKŮ

Z předloženého materiálu vyplývá, že problematika osvětlování je velmi složitá. Pro kvalitní návrh osvětlení je třeba hlubokých znalostí z oblastí světelné techniky, mechaniky, elektrotechniky a dalších oblastí.

4.1 Ekonomická rozvaha

4.1.1 LED vs. vysokotlaká sodíková výbojka

Srovnání LED s vysokotlakou sodíkovou výbojkou (HPS) má význam pro veřejné osvětlení.

Uvedený článek – [52] pojednává o ekonomické návratnosti při náhradě svítidel s HPS za svítidla se světelným zdrojem LED. Dnes, tj. v době psaní této práce, je výměna osvětlení s HPS za osvětlení s LED ekonomicky nevýhodná. V budoucnosti se však jeví jako perspektivní. Úspora nákladů pravděpodobně nebude vysoká [52]. LED disponuje vyšším indexem podání barev R_a než HPS.



Obr. 4.1 Ekonomická návratnost LED svítidla a HPS [52]

4.1.2 LED vs. žárovka a kompaktní zářivka

Srovnání LED s žárovkou resp. kompaktní zářivkou má význam zejména pro interiérové osvětlení.

Tab. 4.1 ukazuje porovnání provozních nákladů LED, žárovky a kompaktní zářivky. Lze usoudit, že pro interiérové osvětlení pro dosažení finanční úspory vhodné použití kompaktních zářivek i svítidel s LED.

Tab. 4.1 Porovnání provozních nákladů LED, žárovky a kompaktní zářivky [2]

Charakteristika	LED	Kompaktní zářivka	žárovka
životnost	60 000	7 500	750
počet žárovek	1	8	80
cena žárovky	\$80	\$24	\$20
spotřeba el. energie [W]	9	20	100
elektrické provozní náklady	\$54	\$120	\$800
celkové náklady	\$134	\$144	\$820

5 VYMEZENÍ TRENDŮ BUDOUCÍHO VÝVOJE

V budoucnu lze očekávat zvýšení ceny elektrické energie a následný požadavek na snižování spotřeby elektrické energie osvětlením.

Ve veřejném osvětlení budou nahrazeny stávající, dnes nejpoužívanější, světelné zdroje – vysokotlaké sodíkové výbojky. Nahrazení HPS zdroji LED může nastat do několika let vlivem neustálého a intenzivního vývoje LED a zlepšováním parametrů LED, zejm. měrné světelné účinnosti.

V interiérovém osvětlení již dnes LED tvoří malý podíl z celkového objemu instalovaných světelných zdrojů a do budoucna je očekáváno další zvyšování podílu. Zvyšování podílu bude zapříčiněno klesající cenou LED světelných zdrojů a, jak již bylo zmíněno u veřejného osvětlení, zlepšováním parametrů LED. V interiérovém osvětlení nastane rozvoj osvětlení OLED technologií.

Důležitým faktorem při rozhodování o výměně staré, nevhodné, technologie osvětlování za technologii LED může být možnost čerpání dotací z fondů Evropské unie. Lze očekávat rozšíření nabídky dotací na rekonstrukci osvětlení, tj. náhradě za technologii úspornější, ke kterým se řadí i technologie LED.

Další urychlení výměn světelných zdrojů nastane s uplatňováním dnes již platné směrnice Evropské unie o zákazu prodeje klasických žárovek.

6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo vytvořit rešerši z oblasti LED osvětlování.

Uvedené informace byly získány ze studia knih, odborných článků a elektronických zdrojů. Doplnkové informace byly čerpány z katalogů výrobců.

Základní pojmy byly vymezeny syntézou informací z několika zdrojů. Základní pojmy umožní čtenáři porozumět výrazům, vyskytujícím se v práci.

Přehled a rozbor literatury v dané oblasti podal přehled o množství zdrojů, ze kterých čerpal informace pro jednotlivé podkapitoly. Existuje více variant pro získání bílého světla z čipu LED. Práce uvedla výhody a nevýhody jednotlivých variant.

Problematika chlazení LED je velmi důležitá vzhledem k životnosti čipu LED, na níž závisí provozní náklady osvětlení.

Práce uvedla čtenáře do problematiky napájení LED modulů, zejm. volby vhodné předradného zdroje elektrické energie.

Byla provedena základní ekonomická rozvaha. Pro veřejné osvětlení vyšlo najevo zjištění, že dnes je provoz LED osvětlení před osvětlením pomocí HPS ekonomicky náročnější. Informace pro ekonomickou rozvahu byly čerpány z již provedených analýz.

Na základě analýzy a zhodnocení získaných poznatků byly vymezeny trendy budoucího vývoje.

Další oblasti nad rámec této práce

Pro rozšíření přehledu o pojmech světelné techniky lze popsat techniky měření fotometrických a kolorimetrických údajů.

Problematika materiálů chladičů a jejich následné ceny, je rovněž otevřená.

Podrobná ekonomická rozvaha.

OLED technologie.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Seznam literatury

- [1] MOTTIER, P.: *LEDs for Lighting Applications*. London: Willey-ISTE, June 9, 2009. 304 s. ISBN: 978-1-84821-145-2
- [2] HELD, G.: *Introducion to Light Emitting Diode Technology and Applications*. London, New York: CRC PRESS, 2009. 304 s. ISBN: 978-1-4200-7662-2
- [3] PROKOP, M. aj. *Světelná technika*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1955. 284 s. L25-B3-3-II
- [4] PAVELEK, M aj. *Termomechanika*. Brno: AKAMDEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2003. 286 s. ISBN: 80-214-2409-5

Seznam elektronických zdrojů

- [5] LIGHTING RESEARCH CENTER. *Lighting Education Online* [online]. New York. 1995, last upd. 2009. [cit. 15.4.2010].
URL <<http://www.lrc.rpi.edu/education/learning/intro.asp?mode=terminology>>
- [6] WIKIPERIA.ORG. *Visible spectrum* [online]. New York. 1995, last upd. 2010-04-28. [cit. 28.4.2010].
URL <http://en.wikipedia.org/wiki/Visible_light>
- [7] WIKIPERIA.ORG. *Elektromagnetické spektrum* [online]. Last upd. 2010-04-19. [cit. 29.4.2010].
URL <http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetické_spektrum>
- [8] MAIXNER, Tomáš. Rušivé světlo Část 1. – Názvosloví a legislativa. *Světlo* [online]. 2005, č. 5 [cit. 29.4.2010].
URL <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=35044>
ISSN 1212-0812
- [9] MAIXNER, Tomáš. Rušivé světlo Část 2. – „Ekologická“ svítidla. *Světlo* [online]. 2005, č. 6 [cit. 29.4.2010].
URL <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=34880>
ISSN 1212-0812
- [10] MAIXNER, Tomáš. Rušivé světlo Část 3. – Oslnění. *Světlo* [online]. 2006, č. 1 [cit. 29.4.2010].
URL <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=35810>
ISSN 1212-0812

- [11] STAVEBNICTVI3000.CZ. *Světelná účinnost zdrojů světla (žárovky, kompaktní zářivky, výbojky a dalších)* [online]. Last upd. 2008-01-13. [cit. 29.4.2010]. URL <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zarovka-usporna-zarovka-mnozstvi-svetla/>>
- [12] LEDPOINT.CZ. *Pojmy* [online]. [cit. 29.4.2010]. URL <www.ledpoint.cz/soubory/580/pojmy_st2.pdf>
- [13] DVOŘÁČEK, Vladimír. Světelné zdroje – vysokotlaké sodíkové výbojky. *Světlo* [online]. 2009, č. 3 [cit. 30.4.2010]. URL <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=39197> ISSN 1212-0812
- [14] WIKIPERIA.ORG. *RGB* [online]. Last upd. 2008-09-16. [cit. 30.4.2010]. URL <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:AdditiveColorMixing.svg>>
- [15] WIKIPERIA.ORG. *Prostorový úhel* [online]. Last upd. 2010-05-09. [cit. 11.5.2010]. URL <http://cs.wikipedia.org/wiki/Prostorový_úhel>
- [16] WIKIPERIA.ORG. *Světelný tok* [online]. Last upd. 2010-05-09. [cit. 11.5.2010]. URL <http://cs.wikipedia.org/wiki/Světelný_tok>
- [17] WIKIPERIA.ORG. *Svítilivost* [online]. Last upd. 2010-05-09. [cit. 11.5.2010]. URL <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Svítilivost>>
- [18] WIKIPERIA.ORG. *Intenzita osvětlení* [online]. Last upd. 2010-05-02. [cit. 11.5.2010]. URL <http://cs.wikipedia.org/wiki/Intenzita_osvětlení>
- [19] ARTEMIS.OSU.CZ. *6. Fotometrie* [online]. [cit. 11.5.2010]. URL <artemis.osu.cz/voptp/skriptum/kap06.pdf>
- [20] WIKIPERIA.ORG. *Světelná účinnost* [online]. Last upd. 2008-06-26. [cit. 11.5.2010]. URL <http://cs.wikipedia.org/wiki/Světelná_účinnost>
- [21] WIKIPERIA.ORG. *Barevná teplota* [online]. Last upd. 2010-03-12. [cit. 11.5.2010]. URL <http://cs.wikipedia.org/wiki/Barevná_teplota>
- [22] WIKIPERIA.ORG. *Index podání barev* [online]. Last upd. 2010-01-08. [cit. 11.5.2010]. URL <http://cs.wikipedia.org/wiki/Index_podání_barev>

- [23] WIKIPERIA.ORG. *Color rendering index* [online]. Last upd. 2010-04-28. [cit. 12.5.2010].
URL <http://en.wikipedia.org/wiki/Color_rendering_index>
- [24] TRON.CZ. *Power LED CREE* [online]. [cit. 13.5.2010].
URL <http://www.tron.cz/data/POWER_LED_CREE.pdf>
- [25] TRON.CZ. *Modulové přístroje Soumrakové spínače* [online]. [cit. 13.5.2010].
URL <www.ceha-kdc.cz/eshop/download/47/47-10-092-23500.pdf>
- [26] ELEKTRIKA.CZ. *Automatické spínače* [online]. Last upd. 2010-03-10. [cit. 13.5.2010].
URL <<http://elektrika.cz/data/clanky/automaticke-spinace>>
- [27] KUNC, Josef. ABB: Využití snímačů pohybu a přítomnosti v elektrických instalacích (1.díl). *Elektrika.cz* [online]. 2005. [cit. 13.5.2010].
URL <<http://elektrika.cz/data/clanky/clanek.2005-09-28.5400963407/view>>
ISSN 1212-9933
- [28] KUNC, Josef. ABB: Využití snímačů pohybu a přítomnosti v elektrických instalacích (2.díl). *Elektrika.cz* [online]. 2005. [cit. 13.5.2010].
URL <<http://elektrika.cz/data/clanky/clanek.2005-09-28.2049507429/view>>
ISSN 1212-9933
- [29] KUNC, Josef. ABB: Využití snímačů pohybu a přítomnosti v elektrických instalacích (1.díl). *Elektrika.cz* [online]. 2005. [cit. 13.5.2010].
URL <<http://elektrika.cz/data/clanky/clanek.2005-09-28.8400891722/view>>
ISSN 1212-9933
- [30] ELEKTRIKA.CZ. *ABB: Snímače pohybu* [online]. Last upd. 2006-01-10. [cit. 13.5.2010].
URL <<http://elektrika.cz/data/clanky/snimace-pohybu>>
- [31] ELEKTRIKA.CZ. *Využití snímačů pohybu a přítomnosti v elektrických instalacích (3. část)* [online]. Last upd. 2010-02-03. [cit. 13.5.2010].
URL <<http://elektrika.cz/data/clanky/clanek.2005-12-03.7953358921>>
- [32] SIRIUS-ZLIN.CZ. *PIR číslo pohybu – nástěnné rohové* [online]. [cit. 13.5.2010].
URL
<http://www.sirius-zlin.cz/index.php?main_page=product_info&products_id=1989>
- [33] ZAJÍČEK, Dušan. Snímač přítomnosti Busch-Wächter® Präsenz tech (1. část). *Elektro.cz* [online]. 2006, č. 3. [cit. 14.5.2010].
URL <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26694>
ISSN 1210-0889

- [34] TZB-INFO. Hodnoty fyzikálních veličin vybraných kovů. *TZB-info* [online]. [cit. 20.5.2010].
URL <<http://www.tzb-info.cz/t.py?i=37&h=38&obor=1&t=16>>
ISSN 1801-4399
- [35] WIKIPERIA.ORG. *Thermal conductivity* [online]. Last upd. 2010-05-20. [cit. 20.5.2010].
URL <http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_conductivity>
- [36] BASEMETALS.COM. [online]. [cit. 25.5.2010].
URL <<http://www.basemetals.com/>>
- [37] REFERATY.SK. *Komoditné burzy* [online]. [cit. 25.5.2010].
URL <<http://referaty.atlas.sk/odborne-humanitne/ekonomia/33337/?print=1>>
- [38] FINANCE.CZ. *Kalkulátor převodu měn (podle kurzovního listku ČNB)* [online]. [cit. 25.5.2010].
URL
<<http://www.finance.cz/bankovnictvi/kurzovni-listky/cnb/devizyvaluty/14/>>
- [39] GME.CZ. *Výkonové LED nad 1W* [online]. [cit. 25.5.2010].
URL <<http://www.gme.cz/cz/l-lxhl-hpa3-p511-556.html>>
- [40] TRON.CZ. *plošné spoje* [online]. [cit. 25.5.2010].
URL <http://www.tron.cz/led_prislusenstvi/plosne_spoje.html>
- [41] TRON.CZ. *Chladicí profily* [online]. [cit. 25.5.2010].
URL <http://www.tron.cz/led_prislusenstvi/chladici_profily.html>
- [42] TRON.CZ. *Hliníkové LED profily* [online]. [cit. 25.5.2010].
URL <http://www.tron.cz/led_prislusenstvi/hlinikove_led_profily.html>
- [43] TRON.CZ. *Napájecí zdroje* [online]. [cit. 25.5.2010].
URL <http://www.tron.cz/led_prislusenstvi/napajeci_zdroje.html>
- [44] LED přímo na 230 V bez elektronických předradníků. *Technika* [online]. 2009, č. 10 [cit. 25.5.2010].
URL <<http://www.techpark.sk/technika-102009/led-primo-na-230-v-bez-elektronickych-predradniku.html>>
ISSN 1337-0022
- [45] TRON.CZ. *LED napájecí zdroje* [online]. [cit. 25.5.2010].
URL <http://www.tron.cz/data/LED_zdroje.pdf>
- [46] LEDSYSTEMY.CZ. *Internetový obchod úsporných světelných LED výrobků a součástek* [online]. Last upd. 2010-04-12. [cit. 25.5.2010].
URL <<http://www.ledsystemy.cz/informace/clanky/titulka.htm>>

- [47] DENCOP LIGHTING.CZ. *Vítejte!* [online]. [cit. 25.5.2010].
URL <<http://dencop.cz/content.php?kategorie=cs-vitejte>>
- [48] THINKONSEMI.COM. *LED driver tips and techniques help your design more efficient, Compaq, integrated solutions.* [online]. [cit. 25.5.2010].
URL
<http://c.thinkonsemi.com/topic/serv/jx5yF-JVrz3BJBKB7PY99xLOd2n_iu-9jx5yF-JVrz3BJBKB7PY99xklGUvJwQXj33gz5tjdxUILjnSuvAVsahxFNmtcm6bHBgu1htYSvZKewU9Ldal3g../html/intro>
- [49] ONSEMI.COM. *LED Lighting Applications.* [online]. [cit. 25.5.2010].
URL <<http://www.onsemi.com/PowerSolutions/content.do?id=15102>>
- [50] HOWSTUFFWORKS.COM. *How Light Emitting Diodes Work.* [online]. Last upd. 2008-10-30. [cit. 26.5.2010].
URL <<http://electronics.howstuffworks.com/led3.htm>>
- [51] DVOŘÁČEK, Vladimír. Světelné zdroje – vysokotlaké sodíkové výbojky. *Světlo* [online]. 2009, č. 3 [cit. 26.5.2010].
URL <<http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39197.pdf>>
ISSN 1212-0812
- [52] MAIXNER, Tomáš, SKÁLA, Jiří. LED svítidla - mýty a skutečnosti. *Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení* [online]. 2009 [cit. 26.5.2010].
URL
<<http://files.srvo.webnode.cz/2000000068-d917fda11e/LED%20myty%20a%20leg.pdf>>
- [53] EVROPSKÁ KOMISE. *Pryč s tradičními žárovkami!*. [online]. Last upd. 2009-09-01. [cit. 26.5.2010].
URL <http://ec.europa.eu/news/energy/090901_cs.htm>
- [54] DIALUX. *Dialux.* [online]. [cit. 26.5.2010].
URL <<http://www.dialux.com/>>
- [55] FIND MY SOFT. *QLumEdit 0.2.1.* [online]. [cit. 26.5.2010].
URL <<http://qlumedit.findmysoft.com/download/>>
- [56] KOMPAR. *Dialux návod.* [online]. [cit. 26.5.2010].
URL
<http://www.kompar.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=92%3Adialux-navod&catid=44&Itemid=94>
- [57] SVĚTELNÁ TECHNIKA. [online]. [cit. 26.5.2010].
URL <<http://www.powerwiki.cz/wiki/Svetlo>>

- [58] LABORATOŘ SVĚTELNÉ TECHNIKY. [online]. [cit. 26.5.2010].
URL <<http://www.ueen.feec.vutbr.cz/light-laboratory/?section=about>>
- [59] TRON.CZ. [online]. *Cree® XLamp® Long-Term Lumen Maintenance*. [cit. 26.5.2010].
URL <<http://www.tron.cz/data/XLampXR-E.pdf>>
- [60] TRON.CZ. [online]. *Hliníkové plošné spoje MCPCB pro power LED*. [cit. 26.5.2010].
URL <http://www.tron.cz/data/Hlinikove_plosne_spoje_MCPCB.pdf>
- [61] TRON.CZ. [online]. *Hliníkové plošné spoje pro Power LED Cree*. [cit. 26.5.2010].
URL <http://www.tron.cz/data/MCPCB_POWER_LED.pdf>
- [62] LUMMAX.CZ. [online]. *Katalog Lummax*. [cit. 26.5.2010].
URL <<http://www.lummax.cz/>>

SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2.1 Spektrum vlnových délek [6]	13
Obr. 2.2 Průběh poměrné citlivosti lidského oka k záření různých vlnových délek λ : S při tyčinkovém, P při čípkovém [3]	15
Obr. 2.3 Teplota chromatičnosti [21]	16
Obr. 3.1 LED [50]	17
Obr. 3.2 Míchání barev [14]	18
Obr. 3.3 Ukázka z katalogu firmy TRON [24]	20
Obr. 3.4 Ukázka chladiče pro LED [39]	21
Obr. 3.5 Schéma umístění LED na DPS resp. na chladiči [40]	22
Obr. 3.6 Odporů kladené odvodu tepla [40]	22
Obr. 3.7 Soumrakový spínač od firmy HAGER [25]	24
Obr. 3.8 Kuželová charakteristika [26]	25
Obr. 3.9 Kuželová charakteristika [27]	26
Obr. 3.10 Snímač pohybu se selektivní čočkou [31]	27
Obr. 3.11 Snímač pohybu s kombinovanou čočkou [27]	27
Obr. 3.12 Snímač pohybu s vícenásobnou čočkou [27]	27
Obr. 3.13 Nástěnný snímač pohybu [32]	28
Obr. 3.14 Snímač přítomnosti [28]	29
Obr. 3.15 Snímač přítomnosti [29]	30
Obr. 3.16 Závislost měř. výkonu na tlaku sodík. par [51]	31
Obr. 4.1 Ekonomická návratnost LED svítidla a HPS [52]	32

SEZNAM TABULEK

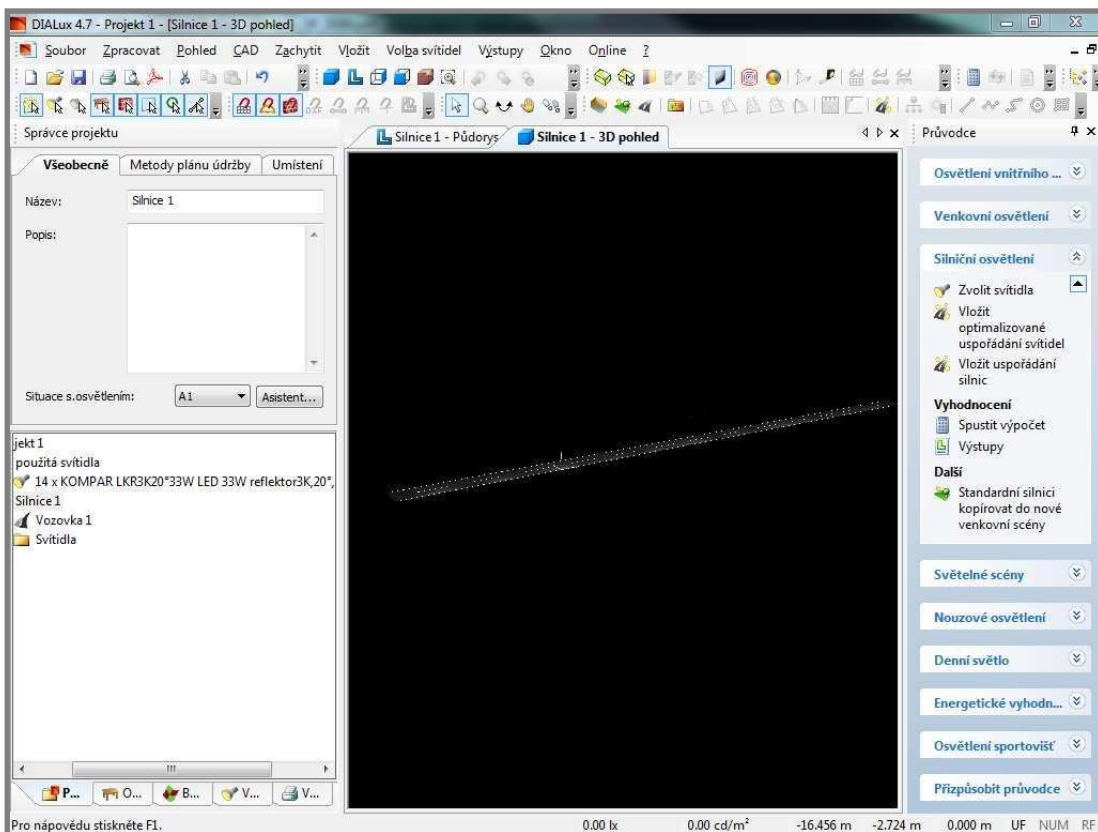
Tab. 2.1 Příklady barevných teplot různých světelných zdrojů [21]	15
Tab. 2.2 Orientační hodnoty R_a [23]	16
Tab. 3.1 Fyzikální vlastnosti kovů a orientační cena [34], [35], [36]	21
Tab. 4.1 Porovnání provozních nákladů LED, žárovky a kompaktní zářivky [2]	33

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Přehled dostupného softwaru pro návrh osvětlení	45
Příloha 2: Laboratoře světelné techniky	47
Příloha 3: Odkazy na další elektronické zdroje	48
Příloha 4: Problematika chlazení LED [59]	49
Příloha 5: Hliníkové plošné spoje MCPBC Power LED [60]	50
Příloha 6: Katalog hliníkových plošných spojů firmy TRON [61]	52
Příloha 7: Ukázka z katalogového listu firmy Lummax [62]	55
Příloha 8: Osvětlovací POWER LED diody na hliníkových DPS [40]	56
Příloha 9: Ukázka chladicích profilů pro LED [41]	57
Příloha 10: Hliníkové LED profily firmy TRON [42]	58

Příloha 1: Přehled dostupného softwaru pro návrh osvětlení**DIALUX [54]**

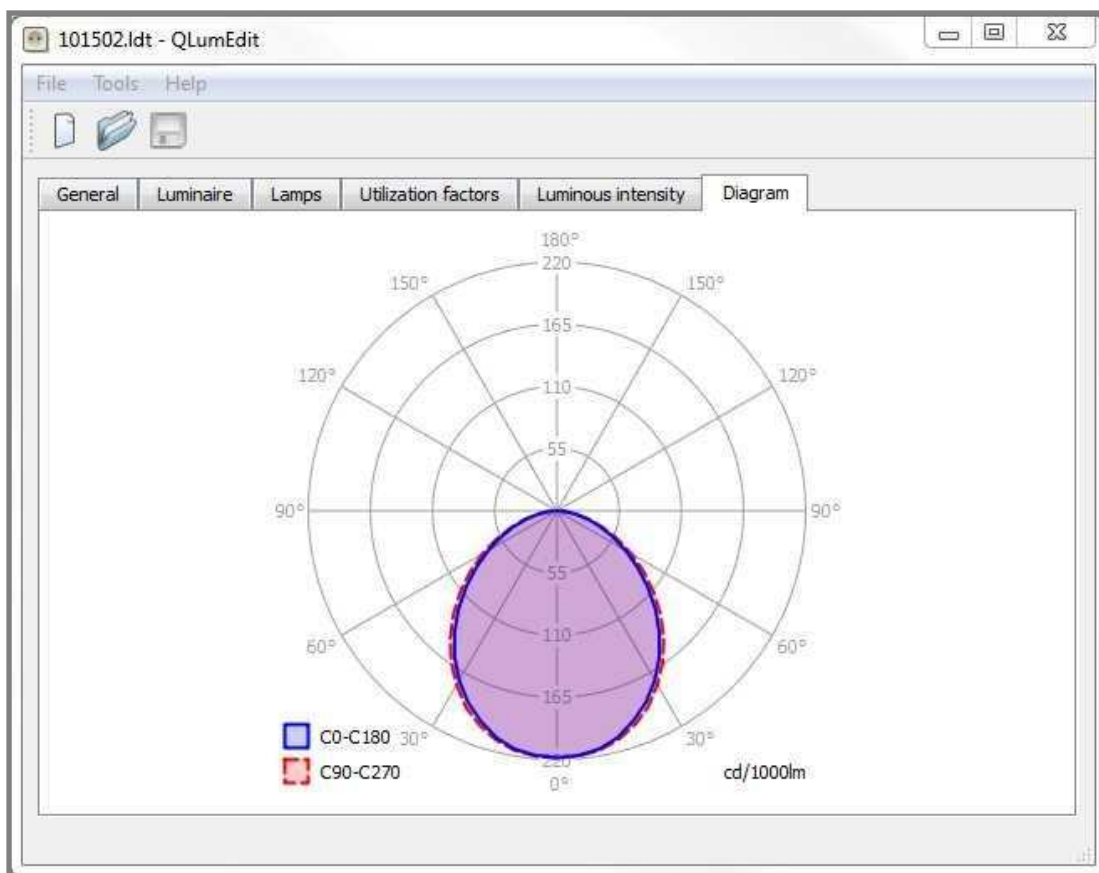
Freewarový program umožňující výpočet osvětlení např. interiérového, veřejného osvětlení. Odkaz ke stažení je uveden u názvu programu.



Návod pro import eulumdat do dialuxu: [56]

QLUMEDIT [55]

OpenSource program určený k editaci eulumdat. Eulumdata je možné zadat například po měření charakteristik svítidla. Lze tak vytvořit vstupní soubor pro program typu Dialux. Odkaz ke stažení je uveden u názvu programu.



Příloha 2: Laboratoře světelné techniky

V odkazech lze naléznout bližší informace o nabízených službách laboratoří.

Laboratoř ČVUT v Praze [57]



Laboratoř VUT Brno [58]



Příloha 3: Odkazy na další elektronické zdroje

THINKONSEMI.COM [48]

Odkaz navede na server obsahující videa prezentující nápady a inspiraci pro osvětlování s použitím LED.

Jedná se o propagační web společnosti ON Semiconductor. Z jednotlivých videí lze čerpat inspiraci pro projekty.

ONSEMI.COM [49]

Odkaz navede na server nabízející produkty pro realizaci projektu osvětlování. Nabízí například snímače osvětlení, usměrňovací diody apod.

Jedná se o propagační web společnosti ON Semiconductor. Po volbě druhu projektu (např. zahradní osvětlení, interiérové osvětlení) se zobrazí blokové schéma jednotlivých částí praktické sestavy zařízení. Po kliknutí na část sestavy se zobrazí nabízené produkty včetně datasheetů a ceny.

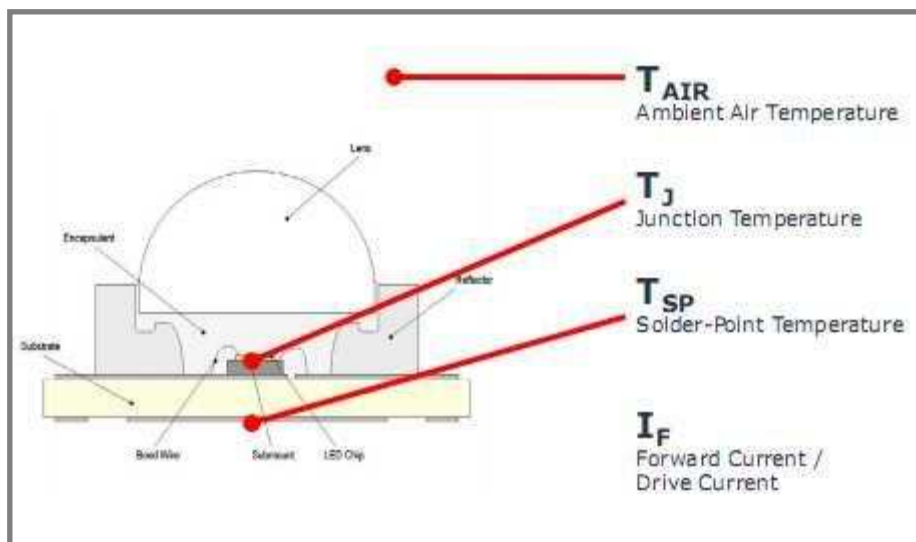
EVROPSKÁ KOMISE [53]

Odkaz navede na server Evropské komise.

Na webu se lze dozvědět o aktuálním dění v EU, např. o chystaných nebo již realizovaných záměrech Evropské unie. Odkaz [53] navede na článek o vyřazení žárovek z oběhu.

Příloha 4: Problematika chlazení LED [59]

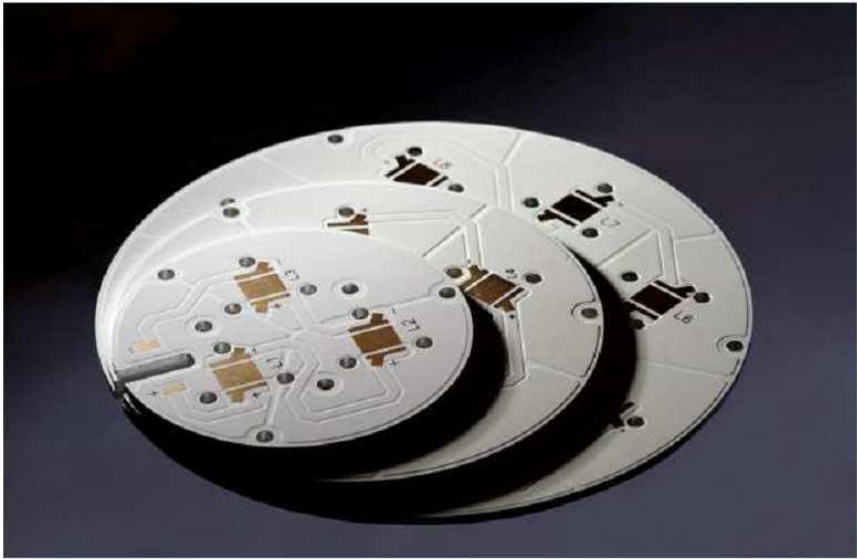
Ukázka z dokumentu zabývajícího se problematikou chlazení LED. Celý dokument je dostupný z výše uvedeného odkazu.



Příloha 5: Hliníkové plošné spoje MCPBC Power LED [60]



HLINÍKOVÉ PLOŠNÉ SPOJE MCPBC PRO POWER LED



- Mechanické upevnění LED diod
- Elektrické připojení LED diod k napájení
- Zajištění chlazení LED diod
- Přenos tepla z pouzdra LED diod do okolí nebo do chladiče
- Možné osazení dalších součástek na podložce MCPBC

NEJJEDNODUŠŠÍ ZPŮSOB UPEVNĚNÍ LED
SNADNÁ MONTÁŽ KE KORPUSU
ZÁROVEŇ PŮSOBÍ JAKO CHLADIČ
ZPRACOVÁNÍ OBVYKLÝMI METODAMI SMT
ŠIROKÝ VÝBĚR STANDARDNÍCH TYPŮ
PŘÍZNIVÁ CENA
ZÁKAZNICKÁ ŘEŠENÍ



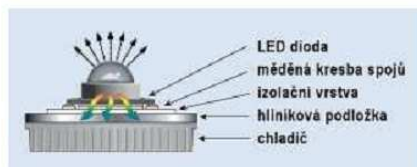


Komponenty pro LED
světelnou techniku

HLINÍKOVÉ PLOŠNÉ SPOJE MCPCB PRO POWER LED

Montážní podložky MCPCB (Metal Core Printed Circuit Board) jsou univerzální komponentou pro konstrukci osvětlovacích sestav na bázi LED diod. Na rozdíl od klasických desek plošných spojů na bázi materiálu FR4 dosahují MCPCB nesrovnatelně lepších výsledků při odvádění ztrátového tepla vznikajícího při svícení LED diod do montážního okolí a chladiče.

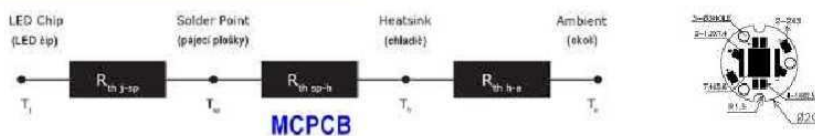
Dodržení zásad tepelného managementu má zásadní význam pro dosažení maximálního světelného toku LED diod a především pro dlouhodobou životnost LED svítidel.



V jediném montážním dílu je soustředěna veškerá funkčnost potřebná k praktickému využití výkonových LED diod pro osvětlovací účely:

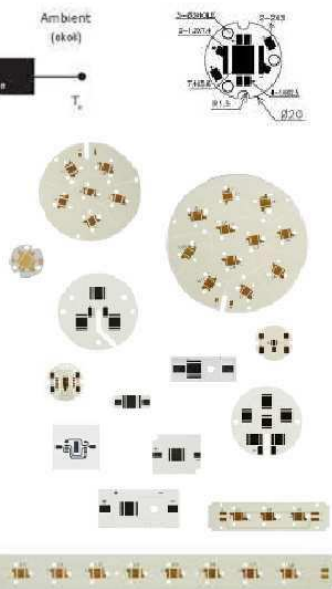
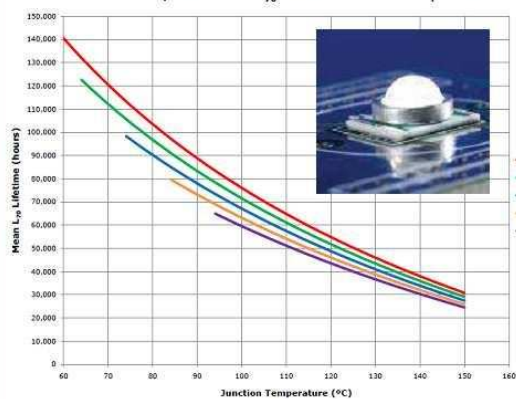
- mechanické upevnění LED diody na podložku – připojení standardními metodami SMT
- snadná montáž podložky ke korpusu svítidla pomocí montážních otvorů
- vodivé připojení LED diod k napájecímu napětí obrazcem plošných spojů
- podložka slouží zároveň k přenosu tepla do chladiče

$$R_{th} = R_{th\ j-sp} + R_{th\ sp-h} + R_{th\ h-a}$$



Závislost doby života LED diod CREE na teplotě čipu

Cree XLamp XR-E White L_{70} Lifetime Prediction - $I_f = 350mA$



ledlamp.com

ledcinema.com

ledletter.com

ledcluster.com

ledbulb.net

tron.cz



TRON

Běly Pažoutové 1
624 00 Brno
Czech Republic

tel: +420 541 224 250
fax: +420 541 224 254
mail: info@tron.cz

www.tron.cz
www.ledlamp.com

Příloha 6: Katalog hliníkových plošných spojů firmy TRON [61]



HLINÍKOVÉ PLOŠNÉ SPOJE PRO **POWER LED CREE**

V jediném montážním dílu je soustředěna veškerá funkčnost potřebná k praktickému využití výkonových LED diod pro osvětlovací účely :

- mechanické upevnění LED diod na podložku — připájení standardními metodami SMT
- snadná montáž podložky ke korpusu svítidla pomocí montážních otvorů
- vodivé připojení LED diod k napájecímu napětí obrazcem plošných spojů
- hliníková podložka zároveň slouží k přenosu tepla vznikajícího při svícení LED do korpusu

POWER LED CREE řady XR-C, XR-E :



TR11-1



TR21-3



TR22-6



TR23-11



TR31-3



TR41-8



TR15-9



TR11-9



TR29-11



TR48-11



TR12-2x3



TR14-3



TR25-4



TR26-6



TR44-1



TR24-1



TR22-1



TR46-1





Komponenty pro LED
světelnou techniku

POWER LED CREE řady MC-E :



TR33-1



TR18-1



TR31-1



POWER LED CREE řady XP-C, XP-E, XP-G :



TR20-1



TR51-1



TR57-3



POWER LED CREE řady CLN6A :



TR34-1



Komponenty pro LED
světelnou techniku

HLINÍKOVÉ PLOŠNÉ SPOJE - PŘEHLED

Typová řada LED	Název DPS	Počet LED	Rozměr (mm)	Doporučená optika	Poznámka
XR_	TR11-1	1	ø20	kužel ø24mm, soudek ø22mm	základní tvar
	TR21-3	3	ø62	kužel ø24mm, soudek ø22mm	základní tvar
	TR22-6	6	ø86	kužel ø24mm, soudek ø22mm	základní tvar
	TR23-11	11	ø114	kužel ø24mm, soudek ø22mm	základní tvar
	TR31-3	3	100x25	kužel ø24mm, soudek ø22mm	lišta s rozteží 25mm
	TR41-8	8	290x30	kužel ø24mm, soudek ø22mm	lišta s rozteží 30mm
	TR15-9	9	576x35	kužel ø24mm, soudek ø22mm	lišta s rozteží 35mm
	TR11-9	9	576x20	kužel ø24mm, soudek ø22mm	lišta s rozteží 20mm
	TR29-11	11	570x22	kužel ø24mm, soudek ø22mm	lišta s rozteží 22mm
	TR48-11	11	570x13	Ø	lišta s rozteží 22mm, do Al profilu
	TR12-2x3	2x3	576x35	kužel ø24mm, soudek ø22mm	2x paralelní RGB větve po 3 LED v sérii
	TR14-3	3	ø50	držák triple ø50mm	náhrada halogenové žárovky MR16, optiky
	TR25-4	4	ø47	Ø	náhrada halogenové žárovky MR16
	TR26-6	6	ø47	Ø	náhrada halogenové žárovky MR16
	TR44-1	1	35x14	kužel ø24mm	pro LED řetězy
	TR24-1	1	45x22	kužel ø24mm, soudek ø22mm	pro LED řetězy s optikou
	TR22-1	1	25x22	kužel ø24mm, soudek ø22mm	základní tvar
	TR46-1	1	20x8	Ø	miniaturní, do Al profilu
MC-E	TR33-1	1	22x22	soudek ø22mm	základní tvar, všechny 4 typy v sérii
	TR18-1	1	ø20	soudek ø22mm	základní tvar, všechny 4 typy v sérii
	TR31-1	1	45x22	kužel ø24mm, soudek ø22mm	pro LED řetězy s optikou
XP_	TR20-1	1	ø20	soudek ø22mm, 10x10mm, soudek 13mm	základní tvar
	TR51-1	1	35x14	10x10mm	pro LED řetězy
	TR57-3	3	ø20	triple ø20mm	3x XP6 na kolečku ø20mm
QN6A	TR34-1	1	20x8	Ø	miniaturní, do Al profilu



TRON

Báry Pažoutové 1
624 00 Brno
Czech Republic

tel: +420 541 224 250
fax: +420 541 224 254
mail: info@tron.cz

www.tron.cz
www.ledlamp.com

Příloha 7: Ukázka z katalogového listu firmy Lummax [62]

Maxim kov / sklo set 2 ks CE F LED IP 44 230 V

135 x 75 mm

G 01762 / 73

G 01762 / 82

Titus

70 x 70 mm

G 02062 / 82

G 02062 / 73

Primus

Ø 115 mm

G 00762 / 11

G 00762 / 73

Cobalt

75 x 75 mm

G 01362 / 82

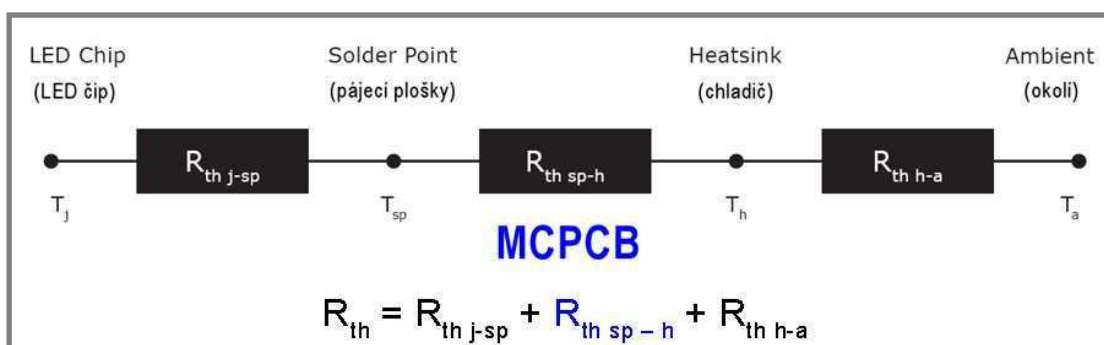
135 x 75 mm

G 01392 / 82

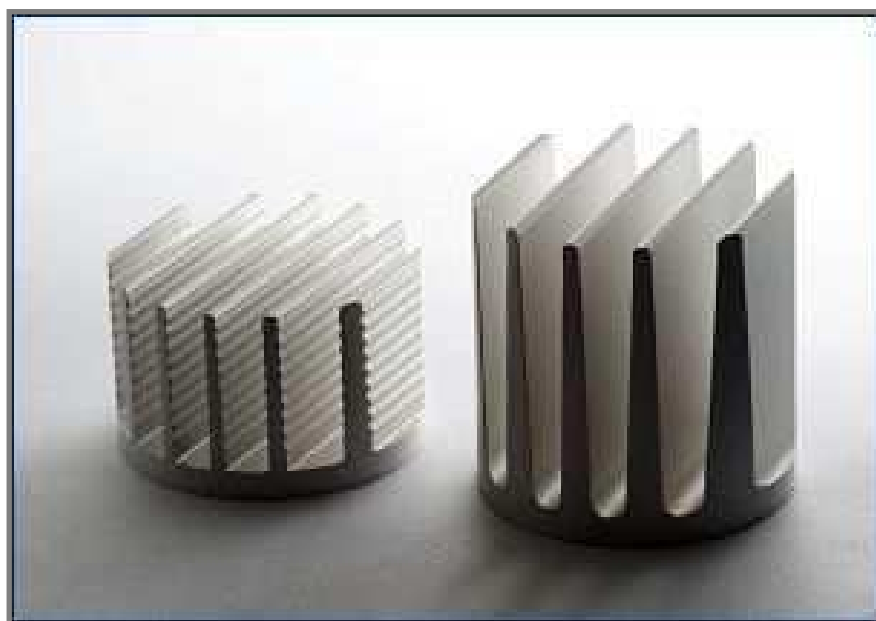
LUMMAX

42

Příloha 8: Osvětlovací POWER LED diody na hliníkových DPS [40]

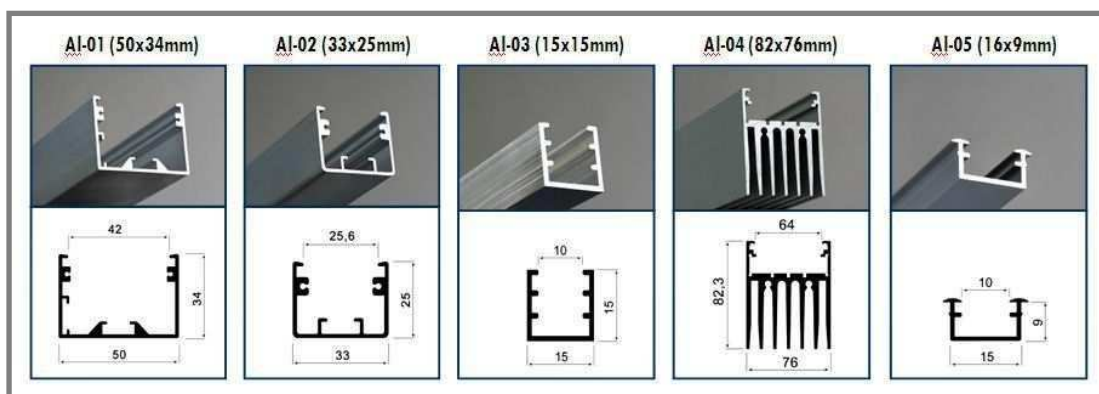


Příloha 9: Ukázka chladicích profilů pro LED [41]



Bližší informace na [41].

Příloha 10: Hliníkové LED profily firmy TRON [42]



Bližší informace na [42].