

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra elektroenergetiky**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Modernizace osvětlení modelu vojenského letiště Plzeň - Líně**

## ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2020/2021

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan MYSLIVEC**  
Osobní číslo: **E19N0036P**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektroenergetika**  
Téma práce: **Modernizace osvětlení modelu vojenského letiště Plzeň – Líně**  
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky**

### Zásady pro vypracování

Navrhněte modernizaci osvětlení modelu vojenského letiště Plzeň – Líně vytvořeného v sedmdesátých letech s cílem úspory elektrické energie a omezení ohřevu v okolí světelných zdrojů.

1. Popište problematiku klasického osvětlování a srovnajte s osvětlováním modelů staveb.
2. Vyjmenujte světelné zdroje, svítidla a systémy rozvodů a napájení používaných v těchto oblastech.
3. Představte původní osvětlení modelu letiště a vytvořte jeho numerický model.
4. Navrhněte nové osvětlení modelu letiště, vytvořte numerický model a návrh elektroinstalace.
5. Proveďte porovnání obou osvětlovacích systémů s ohledem na dosažené fyzikální světelné veličiny, příkon a spotřebu elektrické energie, ohřev v okolí světelných zdrojů a cenu zvolených řešení.

Rozsah diplomové práce: **40 – 60 stran**  
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Linda, Josef: Elektrické světlo 1, 2, 3. ZČU v Plzni, Plzeň 1993, 1994, 1995
2. Habel, Jiří: Světlo a osvětlování. FCC Public, Praha 2013
3. Sokanský, Karel, a kol.: Světelná technika. ČVUT v Praze, Praha 2011

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Oldřich Kroupa, Ph.D.**  
Katedra elektroenergetiky

Datum zadání diplomové práce: **9. října 2020**  
Termín odevzdání diplomové práce: **27. května 2021**



**Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.**  
děkan



**Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Plzni dne 9. října 2020

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zaměřuje na návrh modernizace osvětlení vojenského letiště Plzeň – Líně s cílem úspory elektrické energie a vylepšení současného stavu modelu letiště. Práce je rozdělena do několika kapitol. V první kapitole je zohledněna teorie týkající se světelných technických veličin. Druhá kapitola se týká osvětlování venkovních prostor. Je zde také nastíněn způsob osvětlování letištních ploch. Ve třetí kapitole jsou popsány světelné zdroje, které máme v současné době k dispozici. V kapitole další je popsán současný stav osvětlení modelu letiště a popis světelného obrazce a následný nový návrh osvětlení. V posledním bodě je zohledněno technicko - ekonomické zhodnocení obou variant osvětlení.

## **Klíčová slova**

Model letiště, LED, telefonní žárovka, návrh, runway, vzletová a přistávací dráha (VPD), ekonomické zhodnocení.

## **Abstract**

This thesis is focused on a project of modernization of lighting at the military airport in Pilsen – Líně. The aim is to save consumption of electrical energy and upgrade the current state of the airport model. The thesis is divided into several chapters. The first chapter deals with a theory relating to luminous technical quantities. The second chapter is focused on the outdoor space lighting. A method of lighting the airport areas is also outlined in this chapter. In the third chapter there is a description of light sources which are available nowadays. The following chapter describes the current state of lighting of the airport model. It also includes a description of a light figure and a subsequent new design of lighting. The last part focuses on technical and economical evaluation of both options of lighting.

## **Key words**

Airport model, LED, telephone bulb, design, runway, runway (VPD), economic evaluation.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou/bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské/diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 26.5.2021

Jméno příjmení

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Oldřichu Kroupovi za metodické vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Pavlu Baránkovi za poskytnuté informace a možnost přístupu na letiště Líně.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>11</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>13</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>14</b>
<b>1 SVĚTELNÁ TECHNIKA</b> .....	<b>15</b>
1.1 SVĚTLO A SVĚTELNÉ ZÁŘENÍ.....	15
1.1.1 <i>Vlivy a účinky záření</i> .....	17
1.2 ZÁKLADNÍ FOTOMETRICKÉ VELIČINY A JEDNOTKY.....	17
1.2.1 <i>Světelný tok</i> .....	17
1.2.2 <i>Svitivost</i> .....	18
1.2.3 <i>Prostorový úhel</i> .....	19
1.2.4 <i>Osvětlenost</i> .....	19
1.2.5 <i>Světlení</i> .....	19
1.2.6 <i>Jas světelných paprsků</i> .....	20
<b>2 PROBLEMATIKA KLASICKÉHO OSVĚTLOVÁNÍ</b> .....	<b>20</b>
2.1 OSVĚTLOVÁNÍ VENKOVNÍCH PROSTOR.....	21
2.2 PARAMETRY VENKOVNÍHO OSVĚTLENÍ.....	22
2.3 OSVĚTLENÍ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ.....	24
2.3.1 <i>Normativní požadavky na osvětlení</i> .....	24
2.3.2 <i>Komunikace pro motorovou dopravu</i> .....	26
2.3.3 <i>Komunikace pro chodce a cyklisty</i> .....	29
2.3.4 <i>Konfliktní oblasti</i> .....	29
2.4 ZATŘÍDĚNÍ KOMUNIKACÍ DLE NORMY ČSN CEN/TR 13201-1.....	29
2.4.1 <i>Třídy osvětlení pro motorová vozidla (M)</i> .....	29
2.4.2 <i>Třídy osvětlení pro konfliktní oblasti (C)</i> .....	32
2.4.3 <i>Třídy osvětlení pro pěší a komunikace s nízkými rychlostmi (P)</i> .....	32
2.4.4 <i>Příklad zatřídění</i> .....	33
2.5 OSVĚTLOVÁNÍ LETIŠTNÍCH PLOCH.....	34
2.6 TYPY SOUSTAV SVĚTELNÉHO ZABEZPEČENÍ.....	35
2.6.1 <i>Approach</i> .....	36
2.6.2 <i>Runway</i> .....	37
2.6.3 <i>Taxiway a Apron</i> .....	39
<b>3 SVĚTELNÉ ZDROJE A SVÍTIDLA PRO OSVĚTLENÍ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ</b> .....	<b>41</b>
3.1 SVĚTELNÉ ZDROJE VO.....	41
3.1.1 <i>Nízkotlaké sodíkové výbojky</i> .....	42
3.1.2 <i>Vysokotlaké rtuťové výbojky</i> .....	43
3.1.3 <i>Halogenidové výbojky</i> .....	44
3.1.4 <i>Vysokotlaké sodíkové výbojky</i> .....	45
3.1.5 <i>Světelné diody (LED)</i> .....	46
3.2 SVÍTIDLA.....	48
3.2.1 <i>Rozdělení svítidel</i> .....	49
3.2.2 <i>Optické části svítidla</i> .....	50
3.2.3 <i>Elektrické části svítidel</i> .....	51
3.2.4 <i>Mechanické části svítidel</i> .....	52
3.3 NAPÁJENÍ OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV VO.....	52
3.3.1 <i>Ovládací systém</i> .....	52
3.3.2 <i>Hlavní přívod RVO a zapínací místo</i> .....	53



3.3.3	<i>Rozváděče VO</i> .....	54
3.3.4	<i>Rozvody VO</i> .....	54
3.4	<b>SYSTÉM NAPÁJENÍ SVĚTELNÝCH SOUSTAV LETIŠTĚ</b> .....	55
3.4.1	<i>Oddělovací transformátory</i> .....	55
3.4.2	<i>Primární vedení</i> .....	56
3.4.3	<i>Sekundární vedení</i> .....	56
3.4.4	<i>Regulátor konstantního proudu</i> .....	57
<b>4</b>	<b>MODEL LETIŠTĚ</b> .....	<b>58</b>
4.1	<b>POPIS LETIŠTĚ</b> .....	58
4.2	<b>SVĚTELNÝ OBRAZEC MODELU LETIŠTĚ SP-2</b> .....	60
4.2.1	<i>Současný stav modelu letiště</i> .....	61
4.2.2	<i>Nové osvětlení modelu letiště</i> .....	65
4.3	<b>SIMULACE UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ V PROGRAMU BUILDINGDESIGN</b> .....	69
4.3.1	<i>Rozmístění soustav hodnocených bodů</i> .....	70
4.3.2	<i>Osvětlovací soustava</i> .....	71
4.3.3	<i>Porovnání výsledků ze simulačního programu</i> .....	73
<b>5</b>	<b>NÁVRH ELEKTROINSTALACE NOVÉHO NÁVRHU</b> .....	<b>76</b>
5.1	<b>POPIS A SCHÉMA ELEKTROINSTALACE</b> .....	76
5.2	<b>VÝPOČET PARAMETRŮ SCHÉMATU</b> .....	84
<b>6</b>	<b>EKONOMICKÉ A TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ</b> .....	<b>86</b>
6.1.1	<i>Pořizovací ceny pro původní zapojení letiště</i> .....	86
6.1.2	<i>Celkové pořizovací náklady</i> .....	86
6.1.3	<i>Celkový instalovaný příkon telefonních žárovek</i> .....	87
6.1.4	<i>Spotřebovaná energie za rok</i> .....	87
6.1.5	<i>Celková cena energie za rok</i> .....	88
6.1.6	<i>Pořizovací ceny pro nově navržené osvětlení</i> .....	88
6.1.7	<i>Celkový instalovaný příkon LED</i> .....	89
6.1.8	<i>Spotřebovaná energie za rok</i> .....	89
6.1.9	<i>Celková cena energie za rok</i> .....	90
6.2	<b>OHŘEV V OKOLÍ SVĚTELNÝCH ZDROJŮ</b> .....	91
6.2.1	<i>Výpočet ohřevu pomocí Jouleových ztrát</i> .....	92
	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>94</b>
	<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....	<b>96</b>
	<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>1</b>

## Úvod

Překládána práce je zaměřena na zohlednění nového návrhu modernizace osvětlení historického modelu. Tento model je v současné době umístěn na letišti poblíž města Líně a v historii sloužil jako pomůcka pro nově příchozí vojáky ke stíhacímu pluku. Vojáci si mohli snadněji představit rozmístění všech návěstidel po letištní ploše, které se na letišti nacházely a vštípit si znalosti, které jim budou prospěšné při vykonávání sužby. Makety návěstidel jsou na modelu reprezentována telefonními žárovkami, které ho osvěcují a zobrazují stav osvětlení letiště, které bylo na letišti realizováno. Nyní se na letištní ploše žádná návěstidla nevyskytují, proto je letiště schopno provozu pouze za viditelnosti ve dne.

V současné době se model bude přemísťovat do muzea, který se nachází poblíž letiště. Bude sloužit lidem z široké veřejnosti jako představa, jak bylo letiště osvětleno. Za tímto účelem bude proveden návrh modernizace osvětlení modelu letiště, který je prezentován v této práci. Návrh se bude dělat z důvodu, že model již nedisponuje všemi světelnými zdroji a zobrazuje pouze zbytek části návěstidel, které na modelu zbyly. Současné světelné zdroje, také nejsou moc efektivní, co se týče přeměny energie na světelný tok, i to je jeden z důvodů návrhu nového osvětlení. Model je tedy částečně zjednodušen a snahou v této práci proto bude vybrat nové světelné zdroje a doplnit chybějící části osvětlení modelu.

V práci budu vycházet z předpisu světelného obrazce pro osvětlování letištních ploch, podle něhož se chybějící návěstidla do modelu doplní. K dispozici budu mít také cenné informace od pana Pavla Baránka, který v roce 1982 až 1983 s panem Oldřichem Kovářem realizoval.

Na závěr práce bude provedeno ekonomické zhodnocení modelu letiště. To znamená, kolik bude odebírat elektrické energie a jaké budou celkové pořizovací náklady na zhotovení osvětlení.

## Seznam symbolů a zkratk

$\lambda$ .....	vlnová délka ( $nm$ )
$C_0$ .....	rychlost vlnění ( $m * s^{-1}$ )
$\nu$ .....	frekvence záření ( $Hz$ )
$K(\lambda)$ .....	světelná účinnost monochromatického záření ( $lm * W^{-1}$ )
$\Phi_e(\lambda)$ .....	zářivý tok ( $W * m^{-1}$ )
$\Omega$ .....	prostorový úhel ( $sr$ )
$A$ .....	plocha ( $m^2$ )
$r$ .....	poloměr ( $m$ )
$I_\gamma$ .....	svítivost ( $cd$ )
$E$ .....	osvětlenost ( $lx$ )
$M$ .....	světlení ( $lm * m^{-2}$ )
$\Phi_v$ .....	vyzařovaný tok ( $lm$ )
$L_\gamma$ .....	jas svazku světelných paprsků ( $cd * m^{-2}$ )
$U_o$ .....	rovnoměrnost osvětlení (-)
$R_a$ .....	index barevného podání (-)
$TI$ .....	prahový přírůstek (%)
$\rho_0$ .....	odraznost povrchu (-)
$V_w$ .....	variační koeficient (-)
VPD .....	vzletová a přistávací dráha
$\eta$ .....	měrný výkon svítidla ( $lm * W^{-1}$ )
LED .....	světelná dioda (-)
VO .....	veřejné osvětlení (-)
$ks$ .....	počet kusů
$I_n$ .....	investice do osvětlovací soustavy (Kč)
$P_c$ .....	celkový instalovaný příkon ( $W$ )
$E_c$ .....	spotřebovaná elektrická energie za rok ( $kWh$ )
$N_{ER}$ .....	celková cena energie za rok (Kč)
$t_{rok}$ .....	počet dní provozu za kalendářní rok (-)
$P_z$ .....	ztrátový výkon ( $W$ )
$P_{\dot{z}}$ .....	výkon telefonní žárovky ( $W$ )
$\eta$ .....	účinnost (-)

- $Q$  ..... jouleovo teplo ( $J$ )
- $R$  ..... elektrický odpor ( $\Omega$ )
- $U_p$  ..... Napětí na předřadném odporu ( $V$ )
- $U_{LED}$  ..... Napětí na LED v jedné větvi ( $V$ )
- $R_p$  ..... elektrický odpor předřadníku ( $\Omega$ )

## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 - SPEKTRUM ELEKTROMAGNETICKÝCH ZÁŘENÍ [1] .....	16
OBRÁZEK 2 - KŘIVKA SVÍTIVOSTI BODOVÉHO ZDROJE [2].....	18
OBRÁZEK 3 - PROSTOROVÝ ÚHEL, POD KTERÝM JE VIDĚT VYĚTATÁ PLOCHA A [2] .....	19
OBRÁZEK 4 - UMĚLÉ SVĚTLO VE VENKOVNÍM PROSTŘEDÍ [1] .....	22
OBRÁZEK 5 - USPOŘÁDÁNÍ OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV K OSVĚTLENÍ KOMUNIKACÍ PRO MOTOROVOU DOPRAVU[1].....	28
OBRÁZEK 6 - NESPRÁVNÉ A SPRÁVNÉ OPTICKÉ VEDENÍ ŘIDIČE[4] .....	28
OBRÁZEK 7 - PROVEDENÍ PŘIBLIŽOVACÍCH NÁVĚSTIDEL VYRÁBĚNÝCH FIRMOU TRANSCON[13].....	36
OBRÁZEK 8 - ROZMÍSTĚNÍ NÁVĚSTIDEL PRO PŘIBLIŽENÍ DO CAT I[13] .....	36
OBRÁZEK 9 - ROZMÍSTĚNÍ NÁVĚSTIDEL PRO PŘIBLIŽENÍ PRO CAT II A VÝŠE[13] .....	37
OBRÁZEK 10 - PROVEDENÍ NÁVĚSTIDEL UMÍSTĚNÝCH NA DRÁZE VYRÁBĚNÝCH FIRMOU TRANSCON[13] ...	38
OBRÁZEK 11 - ROZMÍSTĚNÍ NÁVĚSTIDEL PRO OZNAČENÍ ZAČÁTKU DRÁHY VE SMĚRU PŘISTÁNÍ [13].....	38
OBRÁZEK 12 - ROZMÍSTĚNÍ NÁVĚSTIDEL PRO OZNAČENÍ KONCE DRÁHY VE SMĚRU VZLETU[13].....	38
OBRÁZEK 13 - PROVEDENÍ NÁVĚSTIDEL UMÍSTĚNÝCH NA POJÍZDĚCÍCH DRÁHÁCH VYRÁBĚNÝCH FIRMOU TRANSCON[13].....	40
OBRÁZEK 14 - ROZMÍSTĚNÍ NÁVĚSTIDEL PRO OZNAČENÍ POJÍZDĚCÍCH DRAH A STOJÁNKY[13].....	40
OBRÁZEK 15 - KONSTRUKCE NÍZKOTLAKÉ SODÍKOVÉ VÝBOJKY[4] .....	42
OBRÁZEK 16 - KONSTRUKCE VYSOKOTLAKÉ SODÍKOVÉ VÝBOJKY[1].....	44
OBRÁZEK 17 - UKÁZKA SCHÉMA VYSOKOTLAKÉ HALOGENIDOVÉ VÝBOJKY[2].....	45
OBRÁZEK 18 - KONSTRUKCE VYSOKOTLAKÉ VÝBOJKY[1] .....	46
OBRÁZEK 19 - KONSTRUKČNÍ USPOŘÁDÁNÍ SVĚTELNÉ DIODY SE DVĚMA KRYSTALY[2].....	47
OBRÁZEK 20 - PŘÍKLADY KŘIVEK SVÍTIVOSTI[2] .....	49
OBRÁZEK 21 - ROZDĚLENÍ SVĚTELNÝCH TOKU[2] .....	49
OBRÁZEK 22 - DRUHY SVĚTELNĚ ČINNÝCH ČÁSTÍ[2] .....	50
OBRÁZEK 23 - PROVEDENÍ PRIMÁRNÍHO KABELU BETA LUX 5kV VYRÁBĚNÉHO FIRMOU STUDER[16].....	56
OBRÁZEK 24 - PARAMETRY SEKUNDÁRNÍHO KABELU H07RN-F[16].....	57
OBRÁZEK 25 - PROVEDENÍ REGULÁTORU KONSTANTNÍHO PROUDU FIRMOU TRANSCON[16] .....	57
OBRÁZEK 26 - MODEL LETIŠTĚ .....	58
OBRÁZEK 27 – RUNWAY LETIŠTĚ, POHYBOVÉ A POJEZDOVÉ PLOCHY .....	59
OBRÁZEK 28 - LETIŠTĚ PLZEŇ - LÍNĚ .....	59
OBRÁZEK 29 - TYPOVÉ SCHÉMA OBRAZCE SP-2 .....	60
OBRÁZEK 30 - PŮVODNÍ SVĚTELNÝ OBRAZEC MODELU LETIŠTĚ, ZÁPADNÍ ČÁST.....	62
OBRÁZEK 31 - PŮVODNÍ SVĚTELNÝ OBRAZEC MODELU LETIŠTĚ, VÝCHODNÍ ČÁST.....	62
OBRÁZEK 32 - SESTUPOVÉ NÁVĚSTIDLO SEDLO [9] .....	64
OBRÁZEK 33 - ARCHIVNÍ FOTO NESMĚROVÉHO MAJÁKU INSTALOVANÉHO NA LETIŠTI .....	65
OBRÁZEK 34 – NOVÝ SVĚTELNÝ OBRAZEC MODELU LETIŠTĚ, ZÁPADNÍ ČÁST .....	66
OBRÁZEK 35 – NOVÝ SVĚTELNÝ OBRAZEC MODELU LETIŠTĚ, VÝCHODNÍ ČÁST .....	67
OBRÁZEK 36 - IMPORTOVANÝ MODEL LETIŠTĚ Z PROGRAMU AUTOCAD .....	70
OBRÁZEK 37 - ROZDĚLENÍ SEGMENTŮ SROVNÁVACÍCH ROVIN PRO PŘISTÁVACÍ MANÉVR .....	71
OBRÁZEK 38 - DEFINOVÁNÍ SVĚTELNÝCH VELIČIN PRO PŮVODNÍ SVĚTELNÝ ZDROJ .....	71
OBRÁZEK 39 - DEFINOVÁNÍ PŮVODNÍHO ROZMĚRU SVĚTELNÉHO ZDROJE .....	72
OBRÁZEK 40 - DETAIL ROZMÍSTĚNÍ TELEFONNÍCH ŽÁROVEK.....	72
OBRÁZEK 41 - DETAIL ROZMÍSTĚNÍ SVĚTELNÝCH LED DIOD.....	73
OBRÁZEK 42 - HODNOTY OSVĚTLENOSTI SROVNÁVACÍCH ROVIN A IZOLUXOVÉ SPOJNICE.....	74
OBRÁZEK 43 - POROVNÁNÍ PRŮMĚRNÉ OSVĚTLENOSTI MODELU PŮVODNÍHO STAVU A NOVÉHO NÁVRHU .....	75
OBRÁZEK 44 - SCHÉMA ELEKTROINSTALACE - 1. ČÁST .....	77
OBRÁZEK 45 - SCHÉMA ELEKTROINSTALACE - 2. ČÁST .....	78
OBRÁZEK 46 - SCHÉMA ELEKTROINSTALACE - 3. ČÁST .....	79
OBRÁZEK 47 - SCHÉMA ELEKTROINSTALACE - 4. ČÁST .....	80
OBRÁZEK 48 - SCHÉMA ELEKTROINSTALACE - 5. ČÁST .....	81
OBRÁZEK 49 - SCHÉMA ELEKTROINSTALACE - 6. ČÁST .....	82
OBRÁZEK 50 - PARAMETRY NOVĚ NAVRŽENÉ ELEKTROINSTALACE .....	85
OBRÁZEK 51 – POROVNÁNÍ CELKOVÉHO INSTALOVANÉHO PŘÍKONU .....	90
OBRÁZEK 52 – POROVNÁNÍ NÁKLADŮ NA ELEKTRICKOU ENERGII .....	91
OBRÁZEK 53 - POROVNÁNÍ POŘIZOVACÍCH NÁKLADŮ .....	91
OBRÁZEK 54 - POROVNÁNÍ ZTRÁT V PODOBĚ JOUELOVA TEPLA .....	93

## Seznam tabulek

TABULKA 1 - HODNOCENÍ RYCHLOSTI UŽIVATELE KOMUNIKACE [6] .....	30
TABULKA 2 - HODNOCENÍ HUSTOTY PROVOZY[6] .....	30
TABULKA 3 - HODNOCENÍ SLOŽENÍ DOPRAVY[6] .....	30
TABULKA 4 - HODNOCENÍ SLOŽENÍ DOPRAVY[6] .....	31
TABULKA 5 - HODNOCENÍ JASU OKOLÍ[6] .....	31
TABULKA 6 - HODNOCENÍ SLOŽITOSTI NAVIGACE[6] .....	31
TABULKA 7 - VOLBA TŘÍDY C KE TŘÍDĚ M NA ZÁKLADĚ $\rho_0$ [6] .....	32
TABULKA 8 - RYCHLOST UŽIVATELE PRO TŘÍDU M[6] .....	32
TABULKA 9 - RUŠNOST KOMUNIKACE PRO TŘÍDU P[6] .....	32
TABULKA 10 - SLOŽENÍ DOPRAVY PRO TŘÍDU P[6] .....	33
TABULKA 11 - PŘÍKLAD ZATŘÍDĚNÍ KOMUNIKACE .....	33
TABULKA 12 - PARAMETRY PRO OSVĚTLENÍ KOMUNIKACE TŘÍDY M2 .....	34
TABULKA 13 - KATEGORIE LETIŠŤ S ROZDĚLENÍM NUTNOSTI VIZUÁLNÍHO KONTAKTU S DRÁHOU .....	35
TABULKA 14 - SOUSTAVY SZZ V RÁMCI ČÁSTI „RWY“ .....	37
TABULKA 15 - SOUSTAVY SZZ V RÁMCI ČÁSTI „TWY“ A „APRON“ .....	39
TABULKA 16 - PARAMETRY STÍNĚNÉHO KABELU BETA LUX 5 kV .....	56
TABULKA 17 - PARAMETRY SEKUNDÁRNÍHO KABELU H07RN-F .....	56
TABULKA 18 - ROZDĚLENÍ OKRUHŮ MODELU LETIŠTĚ - SOUČASNÝ STAV .....	63
TABULKA 19 - ROZDĚLENÍ OKRUHŮ MODELU LETIŠTĚ - NOVÝ STAV .....	68
TABULKA 20 – SVĚTELNÝ TOK LED .....	72
TABULKA 21 - HODNOTY NORMÁLOVÝCH HODNOT OSVĚTLENOSTI .....	74
TABULKA 22 - MATERIÁL A CELKOVÁ POŘIZOVACÍ CENA NOVÉHO NÁVRHU .....	89

# 1 Světelná technika

Primární úlohou světelné techniky je podrobný popis světla, jak vzniklo a jeho využití pro uspokojení potřeb člověka tak, aby dotyčný informace přijímal a zpracovával s dostatečnou rychlostí a bez větší námahy. Cílem je tedy vytvoření takových podmínek, aby bylo dosaženo zrakové pohody pozorovatele. Světelná technika k tomu přispívá vytvářením zdravého prostředí, a to nejen na pracovištích, ale i v ostatních prostorách, ať už se jedná o venkovní či bytové. Nároky na kvalitu osvětlení daného prostředí se kladou také z důvodu, že člověk prostřednictvím zraku získává přibližně 80 až 90 % veškerých informací ze svého okolí. U nesprávného osvětlení zrakového úkonu vlivem zvolení nevhodného svítidla může dojít k celkové únavě pozorovatele a snížení pracovního výkonu člověka na pracovišti, či dokonce k úrazu nebo havárii. Z hlediska bezpečnosti a zrakové pohody je tedy rozhodující, aby osvětlení přispívalo k vytvoření příjemného prostředí a zabezpečovalo co nejlepší podmínky k nejsnazšímu získávání informací přenášených světlem.[1]

V dnešní době už nestačí na krytí potřeby světla a zajištění zrakové pohody jen potřebné hodnoty hladin osvětlenosti a jasů. Trendem je docílení vhodného spektrálního složení světla vyzařovaného světelnými zdroji a efektivní regulace osvětlovacích soustav podle charakteru činnosti nebo potřeby, či pokusy o vytváření dynamického osvětlení a samotného řízení světelných soustav. Tyto inovační procesy vedou k vývoji moderních technologických procesů výroby světelných zdrojů, zvláště polovodičových zdrojů jako jsou LED a OLED. K tomuto se přidává snaha o miniaturizaci zdrojů a v souvislosti s tím i snaha vyrábět svítidla s lepšími užitnými i provozními náklady.

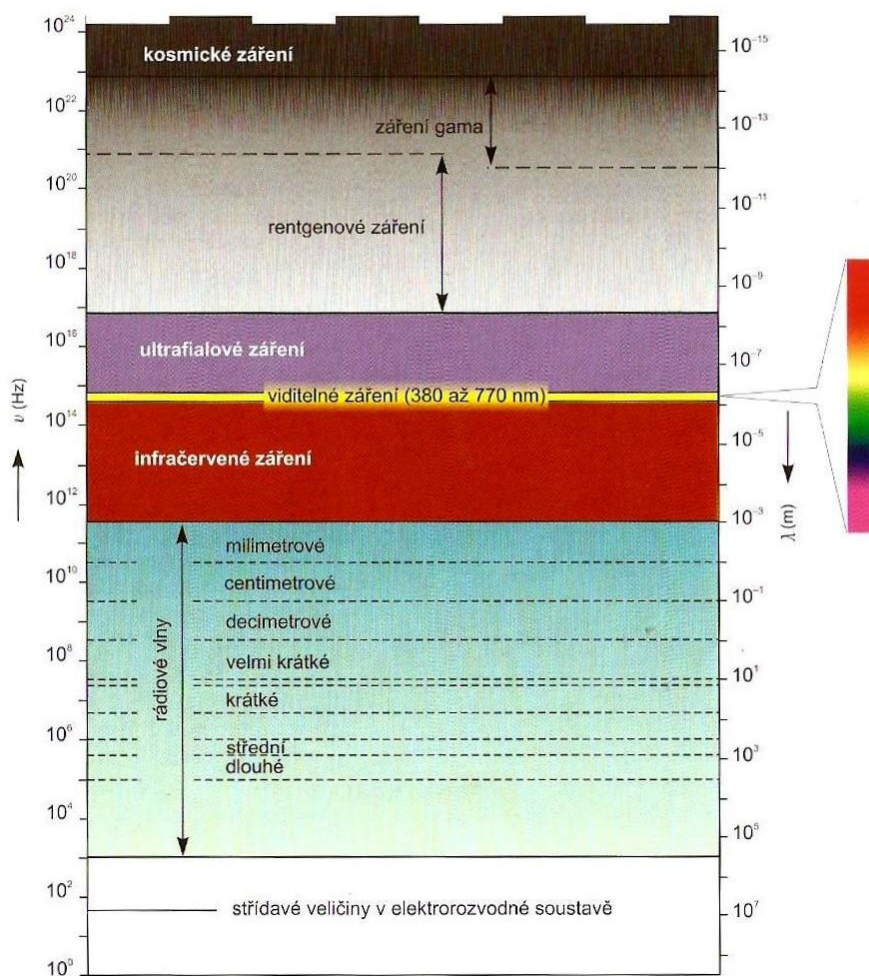
Tyto trendy jsou důležité i z hlediska úspory energie. Je zřejmé, že osvětlení má velký vliv na celkovou spotřebu elektrické energie, zvláště v době energetických špiček, a to zejména v zimním období, kdy je více hodin přes den tma.

## 1.1 Světlo a světelné záření

Záření obecně je šíření hmotných částic či elektromagnetických vln prostorem. Záření lze rozložit na jednotlivé složky, které mohou být popsány jedním kmitočtem, či vlnovou délkou.

$$\lambda = c_0 * \nu^{-1} \quad (1)$$

Spektrum různých elektromagnetických záření je pestré a dělí se dle zmíněných frekvencí a vlnových délek.



Obrázek 1 - Spektrum elektromagnetických záření [1]

Nejdelší vlnovou délku mají radiové vlny, jejichž délka začíná na 1 milimetru a mohou dosahovat až tisíce kilometrů. Kratší vlnové délky mají mikrovlny a infračervená záření. Jsou to vlny o délkách od 1 metru po 760 nanometru. Záření, které je schopné vyvolat zrakový vjem má vlnové délky 380 až 760 nm. V tomto spektru slunečního záření je lidské oko schopno rozeznat přibližně 128 barevných tónů. Záření s ještě kratšími vlnovými délkami jsou ultrafialová, rentgenová a záření gama.[1]



### 1.1.1 Vlivy a účinky záření

Jak bylo již psáno, světlo je pro člověka důležité zejména pro kvalitní přenos informací a získání informací pomocí zraku. Je důležité, aby člověk přijímal informace s dostatečnou rychlostí. Důležitým ukazatelem je zrakový výkon, který popisuje množství přijatých informací zrakem za jednotku času a zda nejsou porušeny zásady dodržení zrakové pohody.

Nepříznivé účinky světelného záření se projevují například oslněním, které mohou vést až k úrazu. Nebo například při špatně zvolené teplotě chromatičnosti svítidla dochází ke špatnému rozeznávání barev. Tyto a další účinky světla se musí brát v potaz, protože světelné záření má vliv na náš Cirkadiánní cyklus. Záření zachycují takzvaná Cirkadiánní čidla, která jsou umístěna po celé sítnici oka. Tyto čidla ovlivňují lidský biorytmus. Vyznačuje se aktivní fází ve dne a klidovou v noci, kdy je světelné záření nejmenší. Tento cyklus ovlivňuje krevní tlak v těle, tepovou frekvenci nebo tělesnou teplotu. Na tvorbě biorytmu se podílí i šišinka, část mezimozku, která tvoří hormon melatonin, který způsobuje ospalost a při nedostatku světla způsobuje zhoršení nálady, v nejhorším případě i deprese. Zajímavostí je, že nedávno vědci zjistili, že viditelným zářením o určité vlnové délce a vhodným kmitočtem (blikáním) lze stimulovat konkrétní mozkové centra, a tím pomáhat léčbě různých onemocnění jak fyzického, tak psychického charakteru.[1]

Vlivy a účinky záření ve viditelné oblasti jsou tedy důležité a zdaleka se neomezuji na světelnou techniku, ale jsou důležitá pro lidský organismus, přírodu. Aplikace světelného záření jsou vidět i v oborech jako fotografie, chemie či optice.

## 1.2 Základní fotometrické veličiny a jednotky

Pro hodnocení kvality osvětlení slouží fotometrické veličiny, které popisují zářivý tok zdrojů. To je rozdíl oproti klasickým veličinám, kde je důležitá vyzářená energie za určitý čas. Fotometrické veličiny respektují citlivost oka pozorovatele k záření různých vlnových délek. Jelikož je citlivost oka na záření rozdílná, tak pro zajištění jednotnosti reakce na různé složky světelného spektra vznikl pojem tzv. normální fotometrický pozorovatel.

### 1.2.1 Světelný tok

Jednotka světelného toku je lumen (lm). Světelný tok vyjadřuje schopnost zářivého toku způsobit zrakový vjem. Světelný tok  $\Phi$  jedné určité vyzařující barvy ze světelného spektra

s určitou vlnovou délkou  $\lambda$  se spočítá takto:

$$\Phi(\lambda) = K(\lambda) * \Phi_e(\lambda) \quad (2)$$

Veličina  $\Phi_e$  je zářivý tok monochromatického záření, a veličina  $K(\lambda)$  popisuje účinek monochromatického záření. Je to poměr světelného toku k zářivému toku.[2]

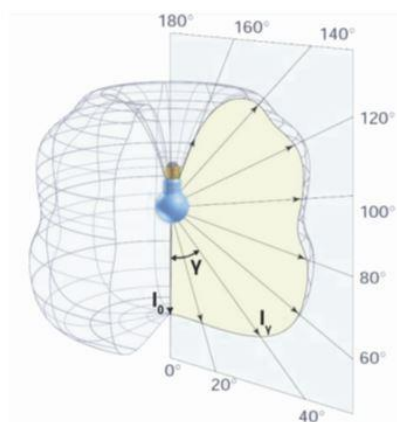
### 1.2.2 Svítivost

Při nerovnoměrném světelném toku svítidla, způsobeným například difuzorem či mřížkou umístěnou na svítidle je třeba znát prostorovou hustotu světelného toku, tj. svítivost světelného zdroje. Značí se  $I$  a jednotkou svítivosti je cd – kandela. Svítivost světelného zdroje nám určuje křivka svítivosti bodového svítidla a je ohraničena konstrukcí zdroje a svítidlem.[2]

Hodnota svítivosti bodového zdroje v určitém úhlu  $\alpha$  se rovná světelnému toku obsaženého v jednotkovém prostorovém úhlu  $\Omega$  a počítá se takto:

$$I_\alpha = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (3)$$

Definice prostorového  $d\Omega$  úhlu je vysvětlena v další podkapitole.



Obrázek 2 - Křivka svítivosti bodového zdroje [2]

### 1.2.3 Prostorový úhel

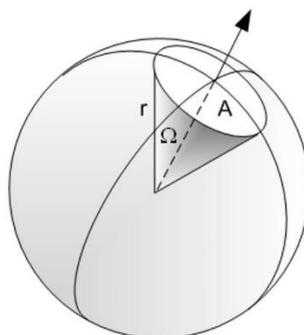
Prostorový úhel se značí písmenem  $\Omega$  a jednotka je steradián ( $sr$ ). Prostorový úhel značí část prostoru vymezenou rotační kuželovou plochou. Kuželová plocha vytíná na povrchu koule o poloměru  $r$  plochu  $A$ . Jeden steradián odpovídá takovému úhlu při vrcholu kužele, která má s koulí o poloměru  $1\text{ m}$  jako průnik plochu o obsahu  $1\text{ m}^2$ . Vzorec pro výpočet prostorového úhlu vypadá takto:

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \quad (4)$$

kde:

$A$ .....plocha vymezená kuželovou plochou ( $m^2$ )

$r$ .....poloměr koule, na jejíž plášti je vymezená plocha  $A$ , ( $m$ )



Obrázek 3 - Prostorový úhel, pod kterým je vidět vyřatá plocha  $A$  [2]

### 1.2.4 Osvětlenost

Osvětlenost neboli hustota osvětlení se značí  $E$  a jednotku má *lux* ( $lx$ ). Je definována jako plošná hustota světelného toku  $d\Phi$  dopadající na obecnou plošku  $dA$ . Hodnota osvětlenosti se zjistí ze vztahu:

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (5)$$

### 1.2.5 Světlení

Světlení je, dalo by se říct opak osvětlenosti. Je to plošná hustota světelného toku, ale

v tomto případě vyzařovaná plochou  $dA$ . Značí se písmenem  $M$ , jednotkou je  $lm * m^{-2}$ . Určí se ze vztahu:

$$M = \frac{d\Phi_v}{dA} \quad (6)$$

### 1.2.6 Jas světelných paprsků

Je to veličina, na kterou bezprostředně reaguje oko. Jas světelných paprsků je definován jako plošná a prostorová hustota světelného toku přenášeného paprsky. Zaleží na poloze člověka a směru jeho pohledu. Jednotkou jasu je kandela na metr čtvereční ( $cd * m^{-2}$ ) a značí se písmenem  $L$ . Vzorec pro výpočet jasu je následující:

$$L_v = \frac{d^2\Phi}{d\Omega * dA_n} \quad (7)$$

## 2 Problematika klasického osvětlování

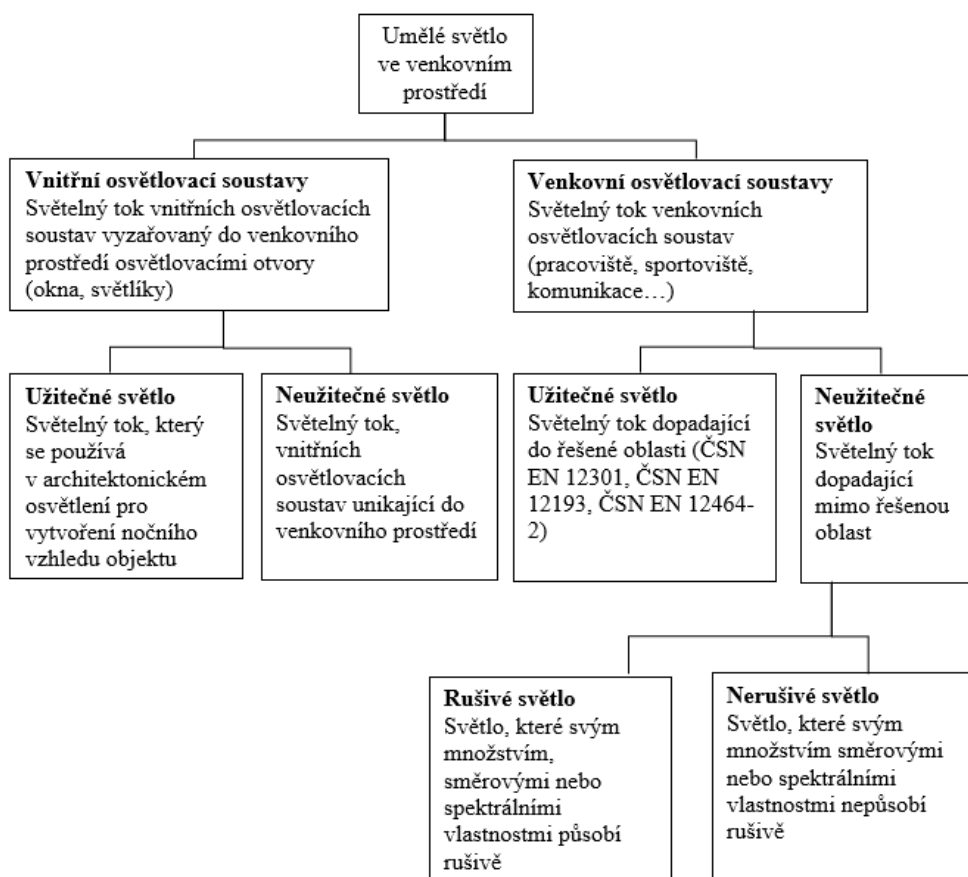
Jak již bylo psáno v předchozí kapitole pro zlepšení životního prostředí výrazně přispívá světelná technika. Její významnou úlohou je vytvořit co nejvýhodnější podmínky pro člověka, a to nejen na pracovišti, ale i v domácnostech, v kulturních prostorách či ve veřejných venkovních prostorách. V dnešní době se kladou stále větší nároky na osvětlení veřejných prostranství, jako jsou komunikace, parky, náměstí apod. Statistiky například ukazují, že kvalitním aplikováním uličního osvětlení na veřejné komunikace lze snížit počet dopravních nehod po setmění téměř o třetinu a tím zamezit škodám jak hmotným, tak hlavně ztrátám na lidských životech.

V současné době se vedle tendence aplikace co nejkvalitnějšího a správného osvětlení, klade důraz na snižování spotřeby elektrické energie a na snižování skleníkových plynů. Zvyšují se i nároky na úspory elektrické energie. Prim hraje najít cestu, kde se skloubí zajištění kvalitních světelných podmínek pro dané prostředí s energicky účinným řešením. V následujících podkapitolách bude popsáno osvětlování venkovních prostor a bude zmíněno pár informací, jak se osvětlují letištní runways. Další podkapitola se bude věnovat srovnání s osvětlováním modelů staveb. [1]

## 2.1 Osvětlování venkovních prostor

Venkovní prostory se dříve vyznačovali přirozenými zdroji světla. Ve dne lidstvo využívalo osvětlení z paprsků slunce, v noci zase svitu hvězd a měsíce. Toto přírodní osvětlení stačilo lidem ve starověku k orientaci při cestování po moři či po souši. V dnešní době s nástupem moderních navigačních systémů však tuto funkci ztrácejí. Z důvodu ztráty využití těchto přírodních zdrojů a zároveň jejich malé intenzity si postupem času lidstvo noční prostředí začalo měnit, aby se jedinec cítil v noci bezpečně a přizpůsobil noční prostředí svým potřebám.

Nejdříve lidstvo začalo aplikovat umělé osvětlení na osvětlení center sídlišť a obřadů, či slavností. Poté postupem času se venkovní osvětlení používalo v lodní a železniční dopravě a s postupnou začínající výrobou nových světelných zdrojů, se osvětlení začalo rozšiřovat do více segmentů. Města se v průběhu minulého století velice rychle rozrůstala a venkovní osvětlení začalo narušovat přirozenou podobu venkovního prostředí. Prvními lidmi, kteří tento problém zpozorovali byli astronomové, kteří vnímali rozptýlené světlo od osvětlovacích soustav jako nežádoucí vlivy pro podmínky pro pozorování noční oblohy. Odborníci se tomuto problému začali věnovat v osmdesátých letech dvacátého století a zavedli pojem *světelné znečištění*, kde se zahrnovaly všechny nepříznivé účinky umělého světlení. Světelný tok lze rozdělit na dvě kategorie – na užitečný tok a na světelný tok odražený. Užitečný tok, je světelný tok, který slouží ke konkrétnímu účelu. Slouží k osvětlení například divadel, sportovních a pracovních ploch. Světelný tok odražený je tok, který je nežádoucí. Odráží se od osvětlovacích ploch řešeného prostoru a může způsobovat rušivé účinky. Tyto rušivé účinky lze alespoň částečně omezit optimalizací osvětlovací soustavy. Následující schéma popisuje rozdělení užitečného a neúžitečného světla ve venkovním prostředí.[1]



Obrázek 4 - Umělé světlo ve venkovním prostředí [1]

Rušivé účinky venkovního osvětlení jsou však stále obtížně definovatelné. Co je však zřejmé, umělé venkovní osvětlení ovlivňuje chování hmyzu, který umělým osvětlením může být přitahován či odpuzován. Na hmyz jsou pak dále vázáni další zvířata, jako jsou savci plazy či dokonce predátoři, kteří se těmito zvířaty živí. Na volně žijící rostliny to má vliv, co se týče fotosyntézy a na samotnou fyziologii.

Z pohledu obyvatel, může venkovní osvětlení způsobit nežádoucí účinky z pohledu pronikání světla do obytných místností, určených zpravidla ke spaní. Druhým účinkem může být protnutí zorného pole z obytných prostor s jasnými částmi svítidel venkovního prostředí.

Účinky umělého osvětlení na motoristy se projevují oslněním účastníka provozu. Pro hodnocení tohoto rušivého vlivu se vychází z konkrétní polohy pozorovatele a jeho směru pozorování. [4]

## 2.2 Parametry venkovního osvětlení

Světelné prostředí vytvořené umělým osvětlením ve venkovních a vnitřních prostorách

se liší. Vnitřní prostory jsou většinou vymezené plochami, jako jsou stropy, podlaha a vnitřní stěny. Počítá se zde s velkým množstvím odraženého světla. Zatím co u venkovních prostorů je řešený prostor vymezen jen vertikální plochou (popř. vertikální). Boční a horní ohraničení zde chybí. Přizpůsobení oka závisí na poměru jasů osvětlovací plochy a jasů okolí. Čím je jas okolí menší, tím menší je adaptační jas pozorovatele. Malý adaptační jas způsobuje to, že je oko citlivější na oslnění. Základní veličiny, které vyjadřují úroveň osvětlení jsou osvětlenost, jas a oslnění. [4]

Osvětlenost se používá pro zhodnocení venkovních pracovišť, sportovišť a komunikací pro pěší. Hodnoty osvětlenosti se liší dle náročnosti vykonávaného zrakového úkonu. Nejnížší hodnoty osvětlenosti jsou od 2 lx do 50 lx. Ty se používají pro osvětlení komunikací. Vyšší hodnoty od 50 lx do 500 lx se používají pro větší venkovní pracovní plochy a pro osvětlení sportovišť. Takzvaná rovnoměrnost osvětlení hodnotí rozloženost osvětlení na srovnávací rovině. Rovnoměrnost osvětlení se určí jako poměr minimální a průměrné osvětlenosti. [1]

Hodnoty osvětleností používané ve venkovním prostředí se volí z řady:

2 – 3 – 5 – 7,5 – 10 – 15 – 20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1000 – 1500 – 2000 lx.

Aplikací, kde se používá jas je osvětlení pro motorovou dopravu. Pro kvantitativní hodnocení se používá průměrný jas na srovnávací rovině. Jas různých povrchů komunikace ovlivňuje citlivost řidiče, zejména kontrast překážek na silnici vzhledem k jejich pozadí. Průměrní hodnoty jasů na pozemních komunikacích pro motorovou dopravu se pohybují v rozsahu od  $0,3 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$  do  $2,0 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ . V praxi se ukázalo, že i jasové přechody ovlivňují zrakovou pohodu řidiče, ale i jeho zrakový výkon. Proto se vedle jasů zavedla celková rovnoměrnost jasů. Ta je definovaná jako poměr minimální a průměrné hodnoty jasů komunikace.

Oslnění také přímo ovlivňuje zrakový výkon a vyvábí pocit zrakové nepohody. Je způsobené velkým kontrastem nebo nerovnoměrným rozložením jasů v zorném poli. Vznikne jasový závoj, jehož velikost závisí na hodnotě osvětlenosti v úrovni pozorovatele, vyvolané oslnujícími zdroji. Oslnění lze snížit snížením jasů světelných zdrojů, zvýšením jasů

v okolí světelného zdroje či nastavením úhlu směřování svítidla.

Dalšími vedlejšími parametry jsou směrové vlastnosti svítidla a barevné vlastnosti svítidla. Směrové vlastnosti jsou uváděny v současných normách jako parametry doporučené. V normách jsou tyto parametry zmíněny zvláště pro osvětlení komunikací pro chodce, jako jsou pěší zóny, nákupní zóny a podobně. Směrové vlastnosti svítidla jsou důležité pro celkový vjem okolí a pro rozlišování obličejů. Barevné vlastnosti osvětlení jsou definovány normami indexem podání barev. Vyjadřuje hodnocení barevného vjemu, který vznikne osvětlením světelného zdroje. Zjednodušeně to vyjadřuje, jak je daný světelný zdroj schopný reprodukovat barvy osvětleného objektu s porovnáním se slunečním zářením. Pohybuje se v rozsahu 0 – 100 a značí se  $R_a$ . [1]

## 2.3 Osvětlení pozemních komunikací

Jak již bylo zmíněno, prvotním impulzem aplikování nočního osvětlení bylo navození pocitu bezpečí. S postupným vývojem lidstva a nástupem automobilové dopravy se funkce veřejného osvětlení rozšířili. V současné době do veřejného osvětlení kromě osvětlování prostranství patří také osvětlování silnic, mostů, tunelů, dálnic, parkovišť či také letišť. O způsobu osvětlování letištních ploch bude napsáno v další kapitole.

### 2.3.1 Normativní požadavky na osvětlení

Požadavky na osvětlení komunikací se provádí dle platných norem. Konkrétně se jedná o normy ČSN CEN/TR 13201 - 1 Osvětlování pozemních komunikací – Část 1: výběr tříd, dále jde o normu ČSN EN 13201 – 2, 3, 4. Nyní se na místo norem ČSN CEN/TR 13201 – 1 a ČSN EN 13201 – 2 pracuje s novými evropskými normami CEN/TR 13201-1 a EN 13201-2, kde se upravují způsoby zařazení komunikací a požadavky osvětlení komunikací dle nových tříd.

#### *ČSN CEN/TR 13201 – 1*

Tato nová norma vyšla v platnost 1. 10. 2016 a nahrazuje starou normu z roku 2007 ČSN CEN/TR 13201-1. Snahou bylo pospat nové zařazení komunikací do tříd dle nových specifických ukazatelů a zařazení zjednodušit. Pro volbu světelné situace jsou hlavními vstupními parametry rychlost hlavního uživatele komunikace a další kritéria. Samotné



zjednodušení spočívá zavedením koeficientu  $V_w$  (weighting values), který určuje váhu jednotlivým kritériím. Vyhodnocení probíhá součtem jednotlivých vah a určí se koeficient  $VWS$  (sum of the weighting values). Třída samotná se poté určí z této rovnice:

$$M = 6 - VWS \quad (8)$$

Norma zavádí celkem tři druhy uživatelů pozemních komunikací: motorová doprava M (motorised traffic), osvětlení konfliktních oblastí C (conflict areas). Osvětlení komunikací pro pěší a nízkorychlostních oblastí se označuje P (pedestrian and low speed areas). Komunikace se tedy dají zařadit do několika tříd či druhů, každá komunikace se dělí do dalších podkategorií: M1-M6, C0-C5, P1-P7. Norma také uvádí doporučené hodnoty osvětlení pro pěší zóny a cyklostezky, které se nachází mimo silnici. Dále uvádí hodnoty osvětlení pro pěší zóny s požadavkem na zvýšení pocitu bezpečí a také kde je požadavek na viditelnost svislých ploch. [6]

Jak již bylo psáno, třída komunikace se určí součtem jednotlivých vah kritérií. Kritérii jsou typová rychlost uživatele komunikace, složení dopravy, oddělení vozovky, parkující vozidla, hustota dopravy, hustota křižovatek na kilometr, jas okolí a složitost navigace pro případ třídy P se přidává ještě kritérium rozpoznání obličeje. [6]

Třída se dá určit i alternativní metodou pomocí tabulek, ve které se z tabulky vybere nejdříve požadovaný typ komunikace a poté se zvolí tzv. *overall coefficient*. Tento koeficient ukazuje x-ovou hodnotu v příloženém grafu. V grafu se nachází tři přímky, které protínají různé třídy osvětlení. Pomocí určeného koeficientu se nalezne průsečík této hodnoty s danou přímkou a výsledkem je daná třída komunikace.[6]

### ČSN EN 13201-2

Tato norma se zabývá požadavky dané třídy, která se určila z předchozí normy. Určuje minimální hodnoty parametrů pro danou třídu. Těmito parametry jsou minimální podélná a příčná rovnoměrnost osvětlení jízdního pásu vozovky, jas vozovky, maximální prahový přírůstek a minimální osvětlení okolí pro třídu M. U třídy P se definuje minimální průměrná udržovaná osvětlenost a u třídy C je definována pouze rovnoměrnost osvětlení a minimální

udržovaná osvětlenost.[8]

### ČSN EN 13201-3

V této normě jsou prezentovány výpočty světelně technických parametrů, jimiž jsou definovány jednotlivé třídy uvedené v předchozí normě. Výpočty nezahrnují odrazy od okolních ploch, svítidlo se považuje za bodový zdroj, takže jsou značně zjednodušeny.[10]

### ČSN EN 13201-4

Čtvrtá část vysvětluje metody měření osvětlenosti a jasu pozemní komunikace. Norma poskytuje návod na měření fotometrických parametrů a udává určitá doporučení pro dodržení stanovených podmínek, které by měli být při měření zachovány. Jedná se o podmínky typu vlivu stínění svítidla, ustálení světelného toku při svícení a jsou zde zahrnuty také klimatické podmínky.[11]

### ČSN EN 13201-5

Norma ČSN EN 13201-5 posuzuje energetickou náročnost osvětlovacích soustav veřejného osvětlení. Využívá k tomu různé indikátory, pomocí kterých lze stanovit úspory dané osvětlovací soustavou veřejného osvětlení podle parametrů svítidla.[12]

## 2.3.2 Komunikace pro motorovou dopravu

Dle norem se značí pozemní komunikace třídami osvětlení M. Pro tyto třídy osvětlení jsou předepsány tyto parametry: jas povrchu komunikace, rovnoměrnost jasu, omezující osvětlení, osvětlení okolí a optické vidění.

Dle normy EN 13201-2 je předepsána průměrná hodnota jasu povrchu komunikace, jejíž hodnota se musí udržovat ve všech jízdnicích pružích. Jas vozovky ovlivňuje zrakový výkon řidiče, při velkých hodnotách jasu může docházet k velkým kontrastům mezi vozovkou a okolím. Dalším parametrem určující jas je celková a podélná rovnoměrnost jasů. Celková rovnoměrnost jasů se stanoví z podílu průměrné a minimální hodnoty jas vozovky a značí se  $U_0$ . K celkové rovnoměrnosti se časem definovala podélná rovnoměrnost jasů. Značí se  $U_1$  a popisuje jev který může nastat u soustavy s dobrou celkovou rovnoměrností

jasů. I u této soustavy může docházet k nepříjemným a opakujícím se jasovým přechodům mezi místy s malým a velkým jasnem, které ovlivňují zrakovou pohodu. Podélná rovnoměrnost je definovaná jako podíl minimální a maximální hodnoty jasů komunikace podél zvolené přímky rovnoběžné s osou komunikace. Používá se zejména na frekventovaných a dlouhých úsecích pozemní komunikace.[8]

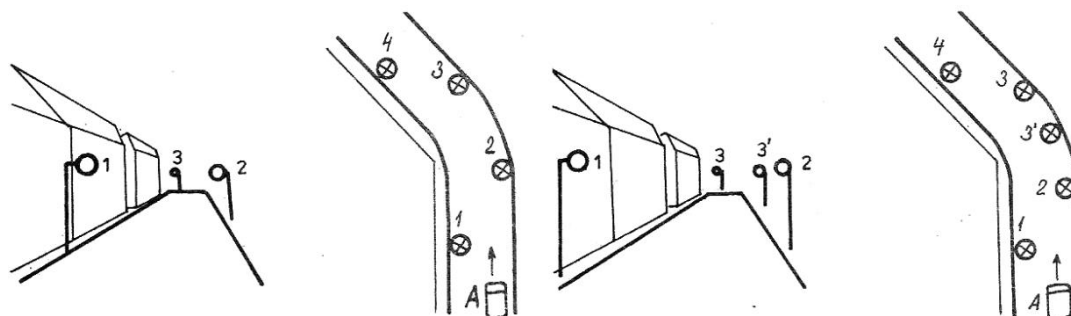
Důležitý parametr, který také ovlivňuje zrakový výkon řidiče je omezující oslnění, který je definován prahovým přírůstkem  $TI$  (%). Tato hodnota je přímo úměrná věku řidiče a závisí na poměru závojevého jasů k jasů povrchu. [1]

Při volbě osvětlovací soustavy je nutno brát v úvahu nejen parametry, které souvisí přímo s osvětlením, ale také vzhled samotné osvětlovací soustavy. Při návrhu soustavy se uvažuje způsob upevnění svítidel (stožár, závěsné lano, fasáda), ale také proporce a výška stožáru, vzhled svítidel a barva stožáru. Hlavní hledisko, které ovlivňuje uspořádání osvětlovacích soustav souvisí s ekonomikou provozu. Je důležité, jak velkou výšku svítidla zvolím a jak velká rozteč stožárů bude zvolena. Výška stožárů svítidla se pohybuje obvykle v rozmezí 8 m až 12 m. Příklad uspořádání soustav je uvedeno na - Uspořádání osvětlovacích soustav k osvětlení komunikací pro motorovou dopravu Obrázek 5. Kde písmenko  $b$  značí šířku komunikace a  $h$  je montážní výška svítidel.[1]

Soustava	Poznámka	Komunikace	
		Směrově nerozdělená	Směrově rozdělená
Osová	-		nepoužívá se
Jednostranná	$b \leq h$		
Vystřídaná	$h < b \leq 1.5h$		
Párová	$b > 1,5 h$		
Řetězcová	-	nepoužívá se	

Obrázek 5 - Uspořádání osvětlovacích soustav k osvětlení komunikací pro motorovou dopravu[1]

Osvětlení vhodně zvoleným geometrickým uspořádáním svítících bodů může řidič daleko lépe odhadovat s předstihem další průběh trasy. Nesprávné rozmístění osvětlovacích bodů může vést k dopravním nehodám. Příklad je vysvětlen na Obrázek 6, kde levá situace nastiňuje špatně zvolené vedení řidiče A. Uživatel vozovky odhadne, že komunikace pokračuje přímo. Po doplnění stožáru 3' je zřejmé, že komunikace se stáčí doleva a soustava řidiče vede tímto směrem. [4]



Obrázek 6 - Nesprávné a správné optické vedení řidiče[4]

### 2.3.3 Komunikace pro chodce a cyklisty

Dle norem se tato třída značí písmenem P. Tato třída je určena, jak již název vypovídá, pro chodce a cyklisty, kteří se pohybují po chodnicích či cyklostezkách a je zde také zahrnut pohyb motorových vozidel v oblastech jako jsou obytné zóny. Třída P zahrnuje oblasti, ve kterých uživatelé nepřekročí rychlost 40 km/h. Nároky na osvětlenost jsou nižší, než tomu bylo u třídy M pro motorovou dopravu. Komunikace pro chodce a cyklisty má osvětlení takové, které umožňuje dobré rozlišení překážek, ale také musí umožňovat dobré rozlišení směru pohybu kolemjdoucích a výrazu obličejů.

### 2.3.4 Konfliktní oblasti

Třída se značí písmenem C a základním kritériem pro hodnocení osvětlení konfliktních oblastí je jas povrchu komunikace. Jedná se o oblast, kde dochází ke křížení komunikace pro motorová vozidla, či dochází ke křížení této komunikace s komunikacemi určených chodcům a cyklistům. Třída osvětlení v těchto oblastech bývá o jeden stupeň vyšší, než je třída komunikací. Norma udává průnik třídy M s třídou C na základě odraznosti (jasu) povrchu vozovky  $\rho_0$ . V situacích, kdy pro hodnocení konfliktních oblastí nemůžeme používat jas, tak se používá vodorovná osvětlenost. Používá se v případech, kdy nemáme dostatečnou délku rozhledu, např. když se v místě nachází zatáčka. V takových případech nesmí být průměrná hodnota osvětlenosti v této konfliktní oblasti nižší, než je průměrná hodnota osvětlenost na navazující komunikaci.

## 2.4 Zatřídění komunikací dle normy ČSN CEN/TR 13201-1

V této podkapitole je uveden příklad zatřídění pomocí váhových kritérií  $V_w$ . Jak již bylo psáno, každá třída je určena sadou pomocných parametrů: hustoty a složení dopravy, funkce apod.

### 2.4.1 Třídy osvětlení pro motorová vozidla (M)

Hlavními parametry definující tuto třídu jsou: typová rychlost uživatele, hustota provozu, složení dopravy a hustota křížení.

#### Typová rychlost uživatele

Typová rychlost uživatele, je předpokládaná rychlost vozidla, která je pro daný usek

komunikace navržen. Rychlost se dle normy dělí na 4 skupiny, dle předpokládané maximální dovolené rychlosti uživatele vozovky. Jak bylo již vysvětleno, těmto skupinám odpovídá jedna hodnota  $V_w$ . Skupiny jsou uvedeny v Tabulka 1.

**Tabulka 1 - Hodnocení rychlosti uživatele komunikace [6]**

Rychlost uživatele komunikace	Uvažovaná rychlost	$V_w$
Velmi vysoká	$\geq 100$ km/h	2
Vysoká	$70 \div 100$ km/h	1
Střední	$40 \div 70$ km/h	-1
Nízká	$\leq 40$ km/h	-2

### Hustota provozu

Parametr definuje průměrnou hodnotu vozidel, kteří užívají daný úsek komunikace či jízdni pás. Hodnota se určuje z v počtu vozidel na kilometr ze zamýšlené kapacity. Přidělení vah je uvedeno v Tabulka 2.

**Tabulka 2 - Hodnocení hustoty provozu [6]**

Hustota provozu	Pro rychlostní komunikace a víceproudé silnice	Pro dvouproudé silnice	$V_w$
Vysoká	$> 65$ % zamýšlené kapacity	$> 45$ % zamýšlené kapacity	1
Střední	$35$ % $\div$ $65$ % zamýšlené kapacity	$15$ % $\div$ $45$ % zamýšlené kapacity	0
Nízká	$< 35$ % zamýšlené kapacity	$< 15$ % zamýšlené kapacity	-1

### Hustota křížení

Norma definuje hustotu křížení jako hustotu úrovnových a mimoúrovňových křižovatek na kilometr délky komunikace a také vzdálenost mezi mosty.

**Tabulka 3 - Hodnocení složení dopravy [6]**

Hustota křížení	Křižovatky/km	Mimoúrovňové křížení, vzdálenosti mostů, km	$V_w$
Vysoká	$> 3$	$< 3$	1
Průměrná	$\leq 3$	$\geq 3$	0

### Složení dopravy

Norma tento parametr zjednodušuje na celkem tři skupiny. Tyto skupiny popisují složení dopravy, kde jsou zastoupená pouze motorová vozidla, nebo kombinovaná

s nemotorovými vozidly či jsou na komunikaci zastoupeni jen chodci a cyklisté.

**Tabulka 4 - Hodnocení složení dopravy[6]**

Složení dopravy	$V_w$
Složená s velkým podílem nemotorových vozidel	2
Složená	1
Pouze motorová vozidla	0

### Rozdělení jízdních pásů

Tento parametr řeší, jestli je komunikace fyzicky oddělena na jednotlivé jízdní pásy pomocí zábradlí, či betonovými zábranami. Pokud tomu tak je, koeficient  $V_w$  nabývá hodnoty 0 a pokud není, nabývá koeficient hodnoty 1.

### Jas okolí

Jas okolí hodnotí úroveň jasů v okolí komunikace. Je zde zahrnut jas výloh, světelných poutačů apod. Třídění je vysvětleno v Tabulka 5.

**Tabulka 5 - Hodnocení jasu okolí[6]**

Jas okolí	Pro rychlostní komunikace a víceproudé silnice	$V_w$
Vysoký	výlohy, reklamní poutače, sportoviště, skladovací prostory	1
Střední	obvyklý stav	0
Nízký		-1

### Složitost navigace

Norma rozděluje tento parametr na tři části. Popisuje stupně nezbytného úsilí účastníka silničního provozu k dodržení potřebné rychlosti a k výběru cesty a směru daného úseku. Zatřídění je uvedeno v Tabulka 6.

**Tabulka 6 - Hodnocení složitosti navigace[6]**

Složitost navigace	$V_w$
Velmi složitá	2
Složitá	1
Snadná	0

### Parkující vozidla

Parametr hodnotí, zdali se nacházejí na řešeném úseku komunikace parkující vozidla. Pokud je hodnota  $V_w$  na úrovni 1, jsou v bezprostřední blízkosti vozovky parkující vozidla. Pokud nejsou přítomna vozidla, pak hodnota  $V_w$  nabývá hodnoty 0.

## 2.4.2 Třídy osvětlení pro konfliktní oblasti (C)

V této třídě je uvedena pouze jedna tabulka popisující volbu třídy C ke třídě M na základě odraznosti povrchu vozovky, jak bylo vysvětleno dříve. Jelikož jsou v této konfliktní oblasti zpřísněny požadavky, je kritérium M jednotlivých tříd o stupeň vyšší.

Tabulka 7 - Volba třídy C ke třídě M na základě  $\rho_0$ [6]

	Třída osvětlení M			M1	M2	M3	M4	M5	M6
Třída C pro $\rho_0$	$\leq 0,05 \text{ cd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$			C0	C1	C2	C3	C4	C5
	$0,05 \div 0,08 \text{ cd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$		C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5
	$> 0,09 \text{ cd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5	C5

## 2.4.3 Třídy osvětlení pro pěší a komunikace s nízkými rychlostmi (P)

Mezi hlavní parametry patří uvažování rychlost uživatele. Pokud se jedná o chodce, tak je rychlost velmi nízká a hodnota  $V_w$  je na úrovni 0. Pro cyklisti je určena hodnota  $V_w$  číslem 1. Dalšími parametry jsou rušnost komunikace, složení dopravy, parkující vozidla a jas okolí. Pro poslední dva zmíněné parametry jsou stejné možnosti vah jako u třídy M.

### Rychlost uživatele

Tabulka 8 - Rychlost uživatele pro třídu M[6]

Rychlost uživatele	Uvažovaná rychlost	$V_w$
Nízká	$\leq 40 \text{ km/h}$	1
Velmi nízká	chůze	0

### Rušnost komunikace

Tabulka 9 - Rušnost komunikace pro třídu P[6]

Rušnost	$V_w$
Rušná	1
Normální	0
Klidná	-1



## Složení dopravy

**Tabulka 10 - Složení dopravy pro třídu P[6]**

Složení dopravy	V <sub>w</sub>
Pěší, cyklisté a motorová doprava	2
Pěší a motorová doprava	1
Pěší a cyklisté	1
Pouze pěší	0
Pouze cyklisté	0

### 2.4.4 Příklad zatřídění

Každá varianta má stanovenou váhu. Projektant nebo osoba, která má určit hodnotu třídy komunikace si vybere z daného parametru konkrétní váhu, která odpovídá parametru navrhované komunikace. Poté, co se váhy jednotlivých parametrů kritérií sečtou, dostaneme takzvaný sumační koeficient VWS (Sum of the weighting values). Jako příklad poslouží Tabulka 11, jejichž váhy odpovídají komunikaci, která má velký počet sjezdů a vyskytuje se na ní velký počet mostů. Komunikace je vedena městem.

**Tabulka 11 - Příklad zatřídění komunikace**

Parametr	Volba	Upřesnění	Váha V <sub>w</sub>
Typová rychlost	Vysoká	70 km/h < v < 100km/h	1
Hustota provozu	Vysoká	> 65% celkové kapacity	1
Složení dopravy	Pouze motorová vozidla		0
Rozdělení jízdních pásů	Ano		0
Hustota křížení	Vysoká	> 3      < 3	1
Parkující vozidla	Ne		0
Jas okolí	Střední	Obvyklý stav	0
Složitost navigace	Složitá		1
<b>VWS</b>			<b>4</b>

Dle tabulky je zřejmé, že se tedy jedná o komunikaci, kde je průměrná rychlost vozidel okolo 90 km/h a jelikož se jedná o městský průtah, lze zde očekávat velkou hustotu provozu. Vozovka je určena pouze motorovým vozidlům a jelikož se na ní nachází velký počet sjezdů, složitost navigace a hustota provozu a křížení je vysoká. Po součtu všech vah, vyšel celkový sumační koeficient 4. Samotná třída se určí z již dříve uvedené rovnice číslo (8). Výsledná třída osvětlení projektované komunikace podle ČSN CEN/TR 13201-1 M2. Dle druhé části této normy určíme parametry, které by měla daná třída komunikace splňovat. Tabulka 12 uvádí hodnoty jasů a hodnoty rovnoměrnosti osvětlení. Tyto hodnoty by měli být stejné jak v podélném, tak v příčném směru.

Tabulka 12 - Parametry pro osvětlení komunikace třídy M2

Třída	Osvětlení povrchu vozovky pro suchý a mokrý povrch vozovky				Prahový přírůstek	Osvětlení okolí
	$L$ (cd·m <sup>-2</sup> )	$U_o$	$U_i$	$U_{ow}$	$f_{TI}$ (%)	$R_{EI}$
M2	1,5	0,4	0,7	0,15	10	0,35

Co se týče srovnání problematiky klasického osvětlování osvětlování s problematikou osvětlování modelů staveb, v tomto srovnání je jeden veliký rozdíl, a to normy. Na osvětlování klasických prostor se klade důraz jak na svítidla, tak na hodnoty osvětlenosti ploch v určitém prostředí. Při návrhu osvětlení modelu staveb se vychází z osobní zkušenosti a tvůrčího umu.

Při osvětlování modelu staveb se nevychází z hodnot udržovaných osvětleností či činitelů oslnění nebo jasů. Zvolené světelné zdroje jsou slaboproudého charakteru a většinou nemají žádný stupeň krytí či jiné požadavky na mechanickou pevnost a odolnost vůči povětrnostním vlivům. Mezi světelné zdroje se nyní řadí hlavně LED pásky a led diody. Způsoby rozvodů elektrické energie jsou různé od způsobu provedení modelu. Zdroje pro osvětlování modelů staveb jsou nízkého výkonu a většinou se používají spínané napájecí zdroje nebo transformátory s regulátorem.

Osvětlování modelů je tedy záležitostí nadšenců, kteří jsou schopni investovat svůj čas a trpělivost do zhotovení celkového modelu např. s pojízdnými vláčky a podobně. Materiály ať už mechanické pro zhotovení modelu a optické pro osvětlení modelu jsou k dispozici ke koupi na mnoha stránkách. Pro příklad je zde stránka: <https://www.masinky.cz/kategorie/252-Elektro-Zarovky-osvetleni/index.htm>. Na této stránce lze najít veškeré komponenty pro stavbu modelu pro letadla, auta či lodě. Jsou ty i prostředky pro vytvoření krajiny.

## 2.5 Osvětlování letištních ploch

Osvětlování letištních ploch vychází z mezinárodní organizace, která vydává přesné standardy a doporučení. Tato organizace se nazývá ICAO (*International Civil Aviation Organization*). Tento předpis je stěžejním dokumentem, dále si ho pak upravují jednotlivé státy podle sebe. Nicméně upravené předpisy nesmí být v rozporu s původním předpisem organizace.

Letiště se obecně rozdělují, právě dle světelného zabezpečení, na různé kategorie.

Letiště, které nemá žádné osvětlení se označují jako NO CAT (bez kategorie). Vzletová a přistávací dráha (dále jako VPD) se v této kategorii dělí na VFR RUNWAY nebo IFR RUNWAY. Rozdíl mezi nimi je, že VFR RUNWAY (nepřístrojová dráha) lze použít pouze při nepřetržitém kontaktu se zemí. U IFR RUNWAY (nepřesná přístrojová dráha) se lze přiblížit pomocí přístrojů do určitého místa v blízkosti letiště a v tomto prostoru musí pilot navázat vizuální kontakt.

Na PRECISION IFR RUNWAY (*Precision Instrumental Flight Rules Runway*) – přesná přístrojová dráha, se může přistávat i při zhoršených meteorologických podmínkách. Pilot v tuto chvíli neřídí letadlo podle výhledu z pilotní kabiny. Tyto dráhy se člení do kategorií I, II a III. VPD CAT III se ještě dělí na podkategorie III A, III B a III C. Kategorie definují vzdálenost a šířku od prahu dráhy, ve které by měl navázat vizuální kontakt s VPD. Pokud se tomu tak stane, pilot pokračuje podle pravidel VFR. Pokud tomu počasí nedovolí, musí přistání přerušit a musí být opakováno, nebo je letadlo nasměrováno na jiné letiště.

**Tabulka 13 - Kategorie letišť s rozdělením nutnosti vizuálního kontaktu s dráhou**

Kategorie	Výška	Minimální dohlednost
CAT I	60 m	min. 550 m
CAT II	30 m	min. 300 m
CAT III A	méně než 30 m	min. 200 m
CAT III B	méně než 15 m	min. 75 m
CAT III C	0 m	0 m

## 2.6 Typy soustav světelného zabezpečení

Součástí vzletových a přistávacích drah je také několik soustav světelných zabezpečovacích zařízení. Ty se dělí podle umístění v prostoru letiště a podle stupně intenzity osvětlení.

Z pohledu konstrukčního máme návěstidla zapuštěná či nadzemní. Návěstidla se také dělí na všesměrová, to jsou taková návěstidla, která vyzářují kolem vertikální osy 360° a dále směrová, která svítí pouze pod určitým úhlem. Směrová návěstidla mohou svítit do jednoho směru či do dvou.

## 2.6.1 Approach

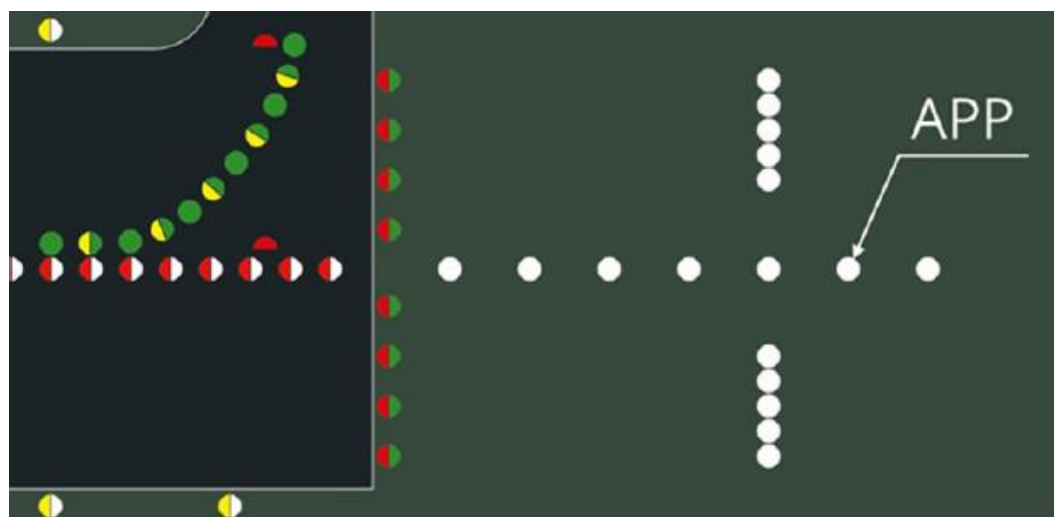
Tyto návěstidla se nazývají přibližovací a značí směr přiblížení k VPD a prodlužují opticky její osu. Jsou umístěná tedy před VPD a v její ose. Skládají se ze soustavy trvale svítících návěstidel a vedou ze vzdálenosti 900 metrů k prahu VPD.

Zde také patří příčná návěstidla, která jsou kolmá k osovým návěstidlům a podávají informaci o horizontu (příčném sklonu dráhy).

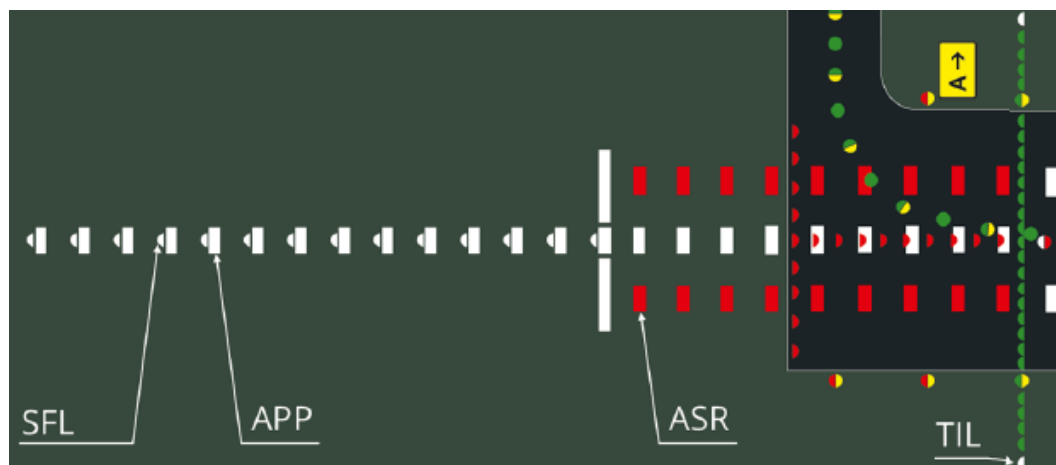
Soustavy SSZ v rámci Approach jsou APP, ASR, SFL a TIL. APP jsou osová návěstidla a příčky osvětlovací soustavy. ASR jsou návěstidla postranních řad přibližovací soustavy. SFL jsou sekvenční záblesková návěstidla a TIL jsou prahová poznávací návěstidla.



Obrázek 7 - Provedení přibližovacích návěstidel vyráběných firmou TRANSCON[13]



Obrázek 8 - Rozmístění návěstidel pro přiblížení do CAT I[13]



Obrázek 9 - Rozmístění návěstidel pro přiblížení pro CAT II a výše[13]

## 2.6.2 Runway

Na VPD a kolem ní je spousta různých návěstidel, které zajišťují její značení. Na stranách runwaye jsou pravidelně rozmístěna bílá návěstidla, která vyznačují hranu VPD. Označují se RWY (Runway Edge Lights). V poslední třetině nebo 600 metrů dráhy se bílá návěstidla mění na žlutá, a to z důvodu upozornění pilota, že se blíží konec VPD. Na VPD mohou být v její ose rozmístěna s krokem také bílá návěstidla – RCL (Runway Centerline). Ke konci VPD tato bílá návěstidla přechází v kombinovanou s červenými návěstidly a poté, v posledních 300 metrech, jsou návěstidla v ose pouze červená.

Pro kategorii letišť CAT II existují ještě návěstidla zóny dotyku TDZ (Touchdown Zone). Návěstidla jsou instalována do krátkých příček, která jsou symetrické podle osy VPD. Vzdálenost mezi příčkami je 30 m.

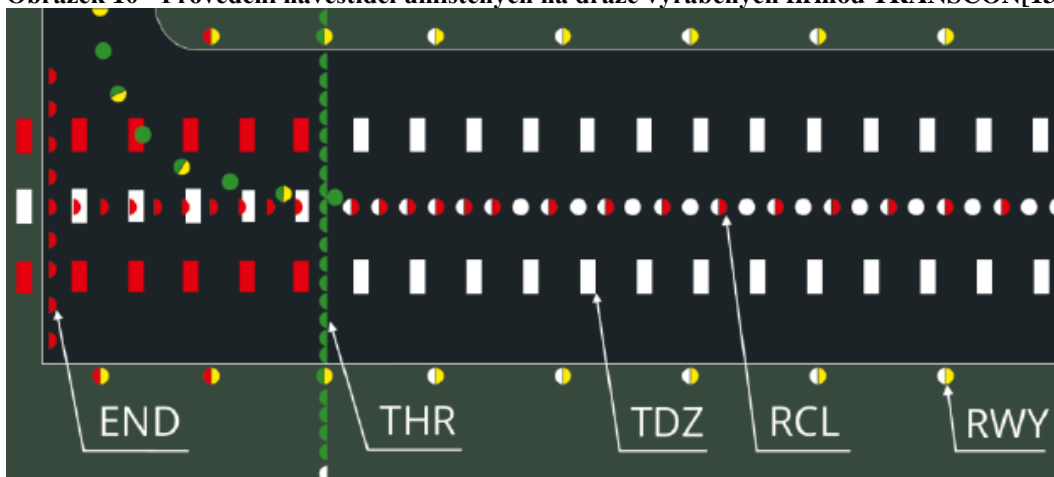
Soustavy v rámci části Runway jsou:

Tabulka 14 - Soustavy SZZ v rámci části „RWY“

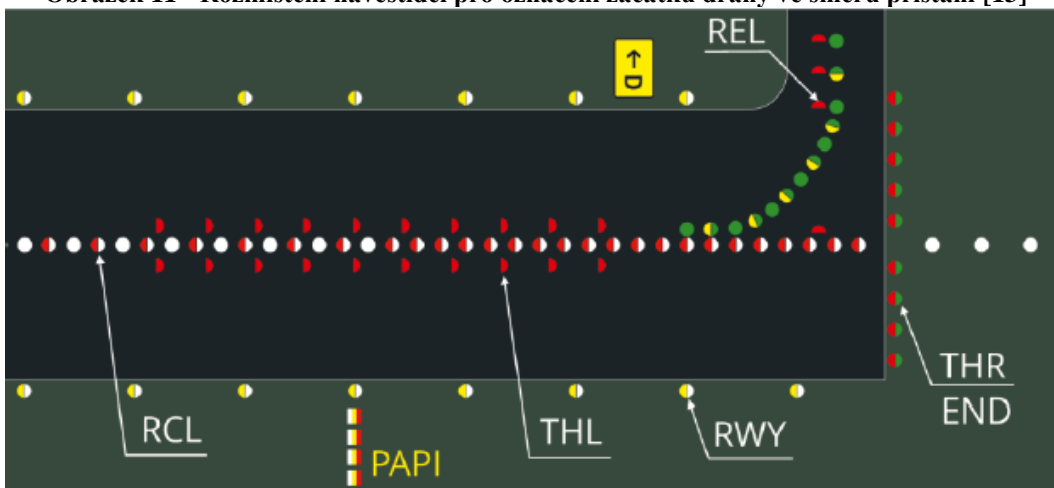
Soustava	Definice
END	dráhová koncová návěstidla
RCL	osová návěstidla dráhy
RETIL	návěstidla pojezdové dráhy pro rychlé odbočení
RWY	postranní dráhová návěstidla
TDZ	návěstidla dotykové zóny
THL	„Take-off Hold Lights“
THR	Take-off Hold Lights
THREND	návěstidla začátku/konce dráhy



Obrázek 10 - Provedení návěstidel umístěných na dráze vyráběných firmou TRANSCON[13]



Obrázek 11 - Rozmístění návěstidel pro označení začátku dráhy ve směru přistání [13]



Obrázek 12 - Rozmístění návěstidel pro označení konce dráhy ve směru vzletu[13]

### 2.6.3 Taxiway a Apron

Tyto soustavy značí pojezdové a přibližovací plochy mimo VPD. Návěstidla, která značí okraje těchto ploch jsou modrá a pro značení osy těchto ploch se používají zelená či žlutá návěstidla. Žlutá návěstidla se používají pro výjezd z VPD, kde se pravidelně střídají s návěstidly zelenými.

Ochranné dráhové návěstidlo RGL (Runway Guard Lights) tvoří dvě žlutě střídavě blikající jednotky upozorňující pilota, že vjíždí na VPD.

Návěstidla SBL (Stop Bar Lights) jsou umístěna kolmo k ose pojezdové dráhy a slouží jako světelná závora. Tyto příčky jsou řízené letovým provozem a jejich aktivace je autonomní dle potřeby.

Návěstidla REL (Runway Entrance Light) jsou červené barvy, musí mít autonomní ovládaní. Tato návěstidla varují piloty, že by vstupem na VPD nastala nebezpečná situace.

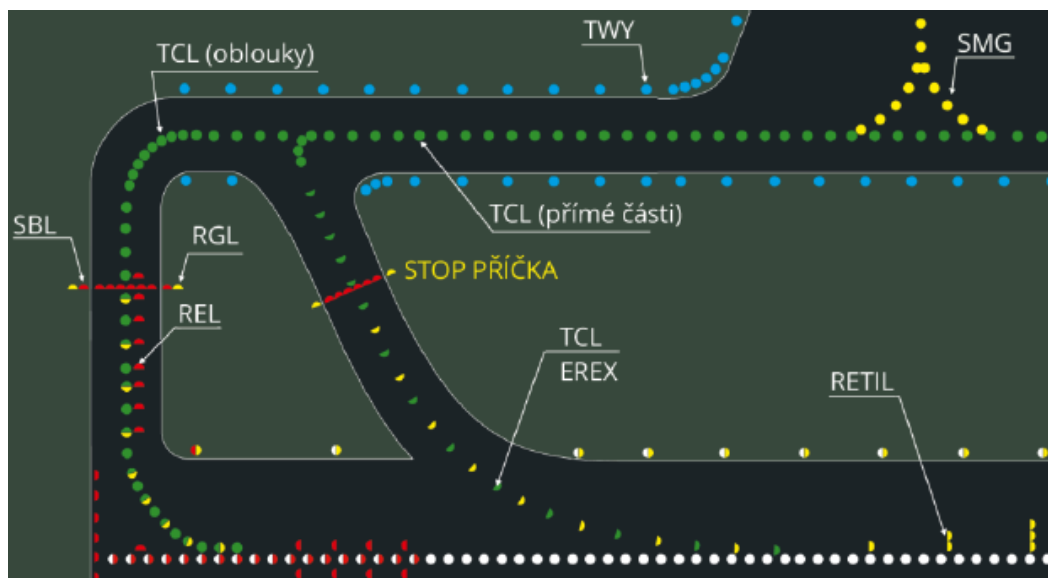
Návěstidla SMG (Aircraft Stand Manoeuvring Guidance Lights) slouží k navedení letadel z pojezdných drah k jejich jednotlivým stáním (terminálům/branám).

**Tabulka 15 - Soustavy SZZ v rámci části „TWY“ a „APRON“**

<b>Soustava</b>	<b>Definice</b>
EREX	zdokonalená osová návěstidla pojezdové dráhy
REL	RWY entrance lights
SBL	návěstidla stop příček
RGL	dráhová ochranná návěstidla
TCL	osová návěstidla pojezdové dráhy
TWY	postranní návěstidla pojezdové dráhy
SMG	Návěstidla pro navádění na stání letadel



Obrázek 13 - Provedení návěstidel umístěných na pojezděcích drahách vyráběných firmou TRANSCON[13]



Obrázek 14 - Rozmístění návěstidel pro označení pojezděcích drah a stojánky[13]



### 3 Světelné zdroje a svítidla pro osvětlení pozemních komunikací

V současné době jsou nejvíce v České republice zastoupeny výbojové světelné zdroje, vysokotlaké a nízkotlaké. Jak již bylo psáno v úvodu práce, trendem je nahradit tyto světelné zdroje energeticky účinnějšími elektroluminiscenčními zdroji, LED. Jejich potenciál je ohromný a pokrok ve zlepšování užitečných parametrů je velký. [4]

Starší studie z roku 2009, kterou vydala komise pro osvětlení CIE udává podíl spotřeby elektrické energie na osvětlení. Osvětlení se na celkové spotřebě elektrické energie podílí nemalou vahou, ve vyspělých zemích se pohybuje mezi 5 až 15 %. V celosvětové spotřebě je spotřeba elektrické energie připadající na osvětlení 19 %, což není málo. Proto vše nasvědčuje tomu, že postupem času jediným světelným zdrojem budoucnosti bude světelná dioda.[4]

V této kapitole budou popsány základní venkovní světelné zdroje, které se u nás nyní používají nejvíce, jejich výhody a nevýhody, oblasti použití.

#### 3.1 Světelné zdroje VO

Světelný zdroj je určen k přeměně elektrické energie na světelnou. Kvalita světelného zdroje je určena souborem ukazatelů (parametrů), které charakterizují vlastnosti zdroje. Parametry světelných zdrojů lze rozdělit na dvě kategorie, technické a provozní.

Technické parametry, které jsou důležité patří *konstrukční parametry, elektrické a světelně technické parametry a život světelného zdroje.*

*Konstrukční parametry* popisují rozměry svítidla, jeho hmotnost, typ patice, konstrukci přívodů, rozměry svítícího tělesa.

*Elektrické parametry* zahrnují příkon daného svítidla, napětí sítě, velikost a druh proudu a napětí na zdroji. Výbojové zdroje jsou popsány dalšími parametry, jako jsou zápalné napětí, napětí výbojky, ztrátu energie v předradníku, účinník a náběhový proud.

Ke *světelně technickým parametrům* patří světelný tok, jas a teplota chromatičnosti  $R_a$ .

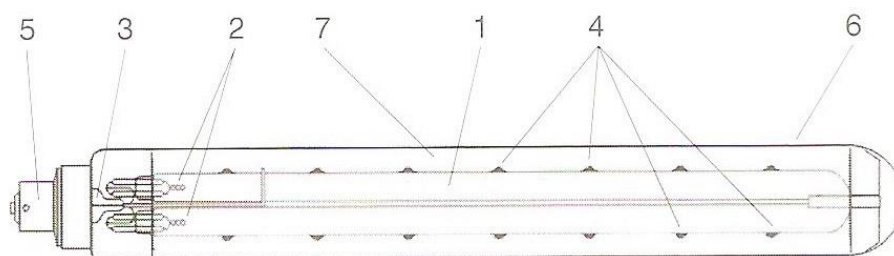
Život světelného zdroje se udává v hodinách a popisuje dobu svícení od okamžiku připojení do doby, kdy je nepoužitelný za stanovených kritérií. Užitečný život svítidla je další parametr, který se k popisu svítidla zahrnul. Popisuje dobu, po kterou je svítidlo schopno udržet své parametry v určitých stanovených mezích. Fyzický život popisuje celkovou dobu svícení do okamžiku plné ztráty provozu schopnosti.

Mezi nejdůležitější provozní parametry patří především *účinnost, měrný výkon a spolehlivost*.

*Měrný výkon světelného zdroje* je vyjádřen v lumenech na watt (lm/W). Je to jeden z nejdůležitějších parametru a charakterizuje schopnost a efektivnost přeměny elektrické energie na světelnou.[4]

### 3.1.1 Nízkotlaké sodíkové výbojky

Nízkotlaké sodíkové výbojky patří mezi neúčinnější světelné zdroje, které máme. Dosahují měrného výkonu až 200 lm/W. Světlo v sodíkových výbojkách je vyzařováno sodíkovými parami s tlakem v rozmezí 0,1 až 1,5 Pa. Výboj v těchto parách se uplatňuje již od 30. let minulého století. Sodík se blíží maximu spektrální citlivosti lidského oka a jeho záření je ve žluté části viditelného spektra. Vlnová délka záření výbojky je 589 až 589,6 nm.



**Obrázek 15 - Konstrukce nízkotlaké sodíkové výbojky[4]**

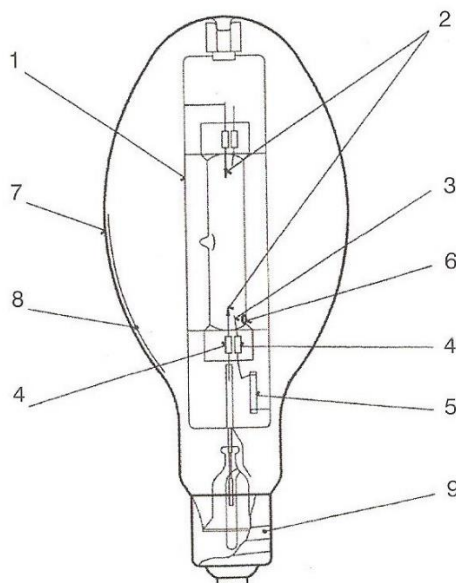
1 – výbojová konstrukce, 2 – elektrody, 3 – nožka, 4 – chladná místa, 5 – patice, 6 – vnější baňka, 7 - vakuum

Výboj se zapálí v hořáku, který je zhotoven z vápenatého skla. Prodloužením dráhy hořáku se zvýší příkon a světelný tok, proto se hořáky realizují do tvaru písmene U, aby dráha výboje byla dostatečně dlouhá. Na obou koncích jsou zataveny elektrody, které jsou vyrobené z wolframového drátku. Samotný výboj pracuje v režimu nasycených par a tlak

výboje je určen teplotou nejchladnější části místa hořáku. To znamená, že teplota hraje důležitou roli, co se týče výboje. Aby sodík nekondenzoval na některých z těchto chladných míst, aplikují se rovnoměrně po celé délce hořáku důlky, které slouží jako chladicí zóny. Tímto se zajistí rovnoměrná koncentrace par sodíku ve výboji po celé délce hořáku. V prvním okamžiku výboje sodíková výbojka vydává červenou barvu, protože výboj probíhá v interním plynu a teplota je nízká. Poté se postupně ohřejí stěny trubice a zvyšuje se tlak par sodíku, který je poté zdrojem světla. Tento proces trvá přibližně 10-12 minut. Hořák je umístěn v čiré baňce a ta je vyčerpána na vysoké vakuum, kvůli tepelným ztrátám. Vnitřní stěna baňky je pokryta vrstvou oxidu inditého. Tento oxid propouští pouze viditelné části spektra a infračervené záření odráží zpět na stěnu trubice. Životnost tohoto zdroje je přibližně 20 000 hodin, což je poměrně dlouhá doba. Další výhodou tohoto svítidla je, že zajišťuje dobrou viditelnost v husté mlze a také má nízký jas oproti vysokotlakým výbojkám. Nevýhoda tohoto zdroje je jejich monochromatické vyzařování, proto v jejich světle nelze rozeznat barvy. Tato svítidla se používají jen v určitých oblastech, jako jsou tunely, výpadové komunikace. [2]

### 3.1.2 Vysokotlaké rtuťové výbojky

Princip vzniku světla v této výbojce je ve rtuťovém výboji, při tlaku převyšujícím 100 kPa. Baňka výbojky je pokryta luminoforem, které transformuje UV záření ve viditelné. Druhá část světla vychází se samotného výboje. Hořák je zhotoven s křemenného skla, ve kterém jsou zataveny wolframové elektrody, doplněné elektrodou pomocnou. Elektrody jsou pokryté emisní vrstvou, oxidy barya a vápníku s přísadou oxidu ytřího. Do hořáku se přidává rtuť a argon, který usnadní zapálení výboje a eliminuje odpaření emisní hmoty. Po připojení napájecího napětí se zapálí výboj mezi hlavní a pomocnou elektrodou. Tento výboj je stabilizován rezistorem. Pomocný výboj způsobuje předběžnou ionizaci prostoru, kde vzniká výboj a usnadňuje rozvinutí výboje mezi hlavními elektrodami. K zapálení výboje mezi hlavními elektrodami stačí tedy napětí sítě a nemusíme používat zápalná zařízení. Vnější baňka je naplněná směsí argonu a dusíku a tlak v této baňce je okolo 50 kPa. [1, 2]



**Obrázek 16 - Konstrukce vysokotlaké sodíkové výbojky[1]**

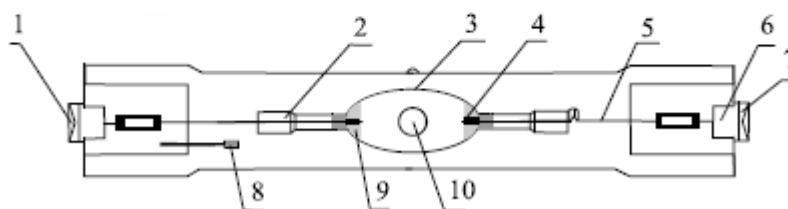
**1 – nosný rámeček, 2 – hlavní elektrody, 3 – pomocná elektrody, 4 – molybdenová folie, 5 – rezistor, 6 – rtuť, 7 – vnější baňka, 8 – vrstva luminoforu, 9 - patice**

K výhodám vysokotlakých rtuťových výbojek patří dlouhý život, který se pohybuje mezi 12 000 a 16 000 h. Další výhodou je dobrá stabilita světelného toku, malý vliv teploty okolí na parametry výbojky, nízká cena. Mezi nevýhody se řadí poměrně malá účinnost svítidla, horší podání barev. Po zhasnutí výbojky ji nelze opakovaně zapnout a musí uživatel počkat, až výbojka vychladne. Tyto výbojky se používají pro venkovní i vnitřní průmyslové osvětlení a veřejné osvětlení.

### 3.1.3 Halogenidové výbojky

Halogenidové výbojky jsou vysokotlaké. Světlo vzniká stejně jako u rtuťových výbojek zářením par rtuti, ale navíc také zářením dalších vzácných plynů (xenonu) a příměsí halových prvků. V současnosti je trendem využít dalších chemických prvků, které zlepšují vlastnosti rtuťového výboje a doplňují čárové spektrum rtuti. Těchto prvků je velké množství a správnou kombinací prvků lze získat zdroje záření s upraveným spektrem. Výboj se zapálí pomocí vnějšího zapalovacího zařízení a hoří v parách rtuti a interním plynu. S nárůstem teploty se zvýší koncentrace halogenidů ve výboji. Ustálení teplotního výboje trvá delší dobu, přibližně 5 až 10 minut. Po ustálení teploty dochází ke štěpení halogenidů na atomy halogenu a příslušného kovu, které se vybudí a září. Atomy poté proudí ke stěnám hořáku s nižší teplotou, kde se opět slučují na původní sloučeniny. Mezi výhody halogenidových výbojek patří velké množství úpravy spektra, velký rozsah příkonů, dlouhý život, dobré

podání barev a také celkem velké měrné výkony. Mezi nevýhody patří technologická náročnost a pořizovací cena, nutnost zapalovacího zařízení, citlivost na kolísání napětí. Použití halogenidových výbojek je velké. Používají se pro osvětlení náměstí, ulic a pěších zón.[14]

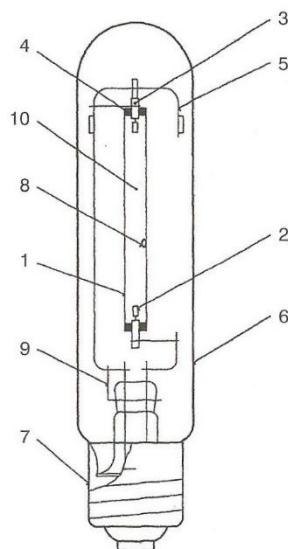


Obrázek 17 - Ukázka schéma vysokotlaké halogenidové výbojky[2]

1 – kontaktní destička, 2 – molybdenová fólie, 3 – výbojka, 4 – elektroda, 5 – přívodní kabel, 6 – základna, 7 – kontaktní destička, 8 – getr, 9 – halogenidy kovů, 10 – obloukový výboj

### 3.1.4 Vysokotlaké sodíkové výbojky

Světlo těchto výbojek je vyzařováno sodíkovými parami s provozním tlakem v rozmezí 3 až 60 kPa. Spektrum těchto výbojek není diskrétní, ale obsahuje i souvislé spektrální pásmo barev. Mají velký měrný výkon, který se pohybuje okolo 180 lm/W. Oproti rtuťovým výbojkám sodíkové výbojky lze po zhasnutí opětovně zapálit. Díky příjemné teplé barvě světla a vysoké účinnosti se sodíková výbojka používá pro osvětlení tunelů, náměstí, nádražních hal, letišť a průmyslových objektů. [2]



**Obrázek 18 - Konstrukce vysokotlaké výbojky[1]**

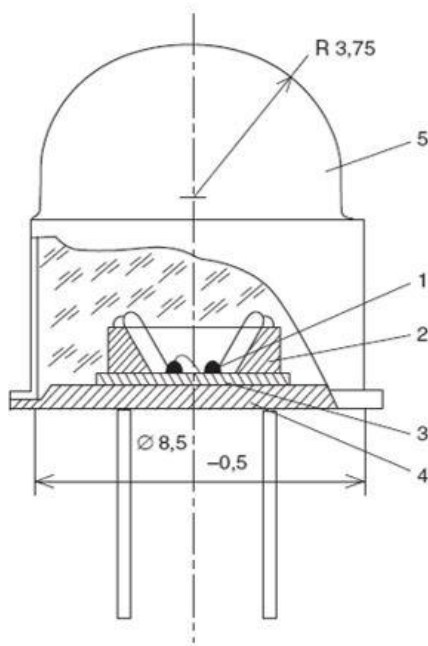
**1 – korundová výbojka, 2 – elektroda, 3 – niobová trubička, 4 – pájecí kroužek, 5 – nosný rámeček, 6 – vnější baňka, 7 – patice, 8 – amalgám sodíku, 9 – gettr, 10 – plynná náplň**

### 3.1.5 Světelné diody (LED)

Světelná dioda (LED – Light Emitting Diode) je polovodičová součástka, která obsahuje PN přechod, který při průchodu elektrického proudu emituje optické záření. Tento princip je znám od dvacátých let minulého století, první použitelné diody se objevili až v roce 1962. Modrá LED se začala používat až v roce 1993, bílá v roce 1995. Významný rozvoj světelných diod je zaznamenán v posledním desetiletí, kde technologický vývoj vede ke snížení cen a zvýšení měrného výkonu. První diody vyzařovaly nejdříve světlo načervenalé barvy, poté se objevily zelené diody, oranžové, po nich žluté, a nakonec jak již bylo psáno, modré a bílé diody. Bílé světlo LED jde získat dvěma způsoby. První způsob, jak získat bílé světlo je v přímém míšení světla červené, modré a zelené LED. U tohoto způsobu je potřebné využívat složitý hardware a software. Výsledný jas je nižší v důsledku degradace jednotlivých čipů a může docházet k posunům barvy vyzařovaného světla. Způsob druhý je fosforescence luminoforů, kde modrá dioda InGaN budí luminofor ytрито-hlinitý granát aktivovaný cerem. Tato varianta je energeticky úspornější, než je varianta složením tří LED. Ve výsledném spektru je však potlačena zelená a červená složka, což vede ke zhoršení podání barev.

Konstrukce LED jsou různé. První způsob je LED s drátovými vývody. Je to starší konstrukce, která nabízí omezený výkon z důvodu odvodu tepla. Vývoj těchto LED je ukončen. Druhým konstrukčním typem je SMD LED. Tato konstrukce je bez drátových

vývodů a je upravena pro strojní osazování na desku či led pásy. Používají se právě jako LED pásy a žárovky. COB LED je další konstrukčním typem. Jsou stejné jako SMD LED, rozdíl je ve větší ploše a obsahují desítky až stovky čipů. Mají obecně větší příkony a velký světelný tok. Tyto LED musí mít masivní chladič. Vláknové LED čipy jsou zapojeny v řadě na skleněném vlákně.[1]



**Obrázek 19 - Konstrukční uspořádání světelné diody se dvěma krystaly[2]**

Světelné záření LED se vybudí přiložením stejnosměrného napětí na polovodičový přechod PN. V propustném směru, dochází v oblasti přechodu k rekombinaci elektron – díra, při kterém se uvolní množství určité energie, která se vyzáří mimo krystal. Světelné záření je monochromatické. Materiál polovodiče silně ovlivňuje, jakou barvu bude dioda vyzářovat. Nyní jsou používány nové materiály na bázi arzenidů a fosfidů india, galia a hliníku. Tyto materiály a výrobní postupy silně ovlivňují účinnost LED a zvyšují odolnost proti vlhkosti a vnějšímu působení.

Použití světelných diod je obrovské pro jejich snadnou regulaci a ovládaní. Výhodou je také to, že mají dlouhou dobu života, která je až 100 000 hodin. Mají velikou účinnost, vysoký jas, a měrný výkon. Ten se pohybuje okolo 160 lm/W. LED jsou mechanicky odolné a energeticky úsporné, než jakákoliv jiná svítidla. Intenzitu světla lze u nich jednoduše regulovat, stejně jako jejich barvu. Mezi nevýhody patří nutné chlazení PN přechodu a jejich vysoká cena a závislost na okolní teplotě. LED se používají již skoro ve všech prostředích, ať

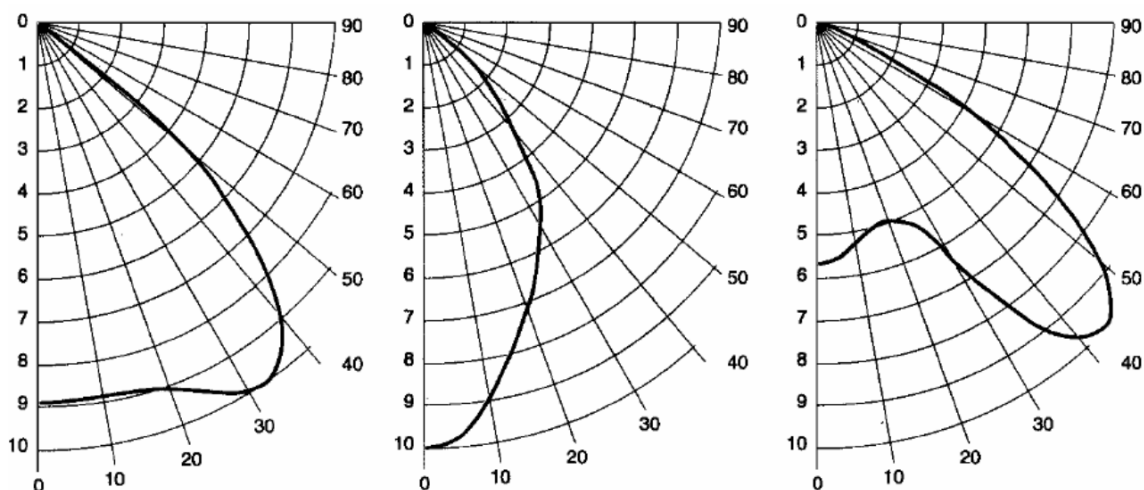
se jedná o vnitřní či venkovní prostory. Ve zdravotnictví se používají pro terapii kožních a vnitřních nemocí. Uplatnění najdou i ve speciálních aplikacích. Slouží ke čtení čárových kódů, používají se pro optické myši, palubní desky aut a k signalizaci elektrických zařízení.

### 3.2 Svítidla

Svítidla jsou zařízení, která slouží primárně k úpravě a rozložení (usměrnění) světelného toku zdrojů. Dále ke změně spektrálního rozložení záření a k napájení a upevnění světelného zdroje. Zároveň slouží jako kryt světelnému zdroji vůči nepříznivým vlivům okolního prostředí. Svítidlo by mělo mít jednoduchou montáž a údržbu, být provozně spolehlivé, a splňovat podmínky ochrany před nebezpečným dotykem. Svítidla se skládají ze dvou částí: světelné činných a konstrukčních. Mezi světelné části patří reflektory, refraktory, čočky, rozptylovače a filtry se stínidly. Tyto části slouží k usměrnění, změně rozložení světelného toku a ke změně světelného toku. Konstrukční části slouží k upevnění a ochraně světelného zdroje. Dále slouží ke krytí před vniknutím cizích těles. Rozdělují se dle účelu na technická, dekorační a signalizační.

Při návrhu svítidla je nutné brát v úvahu důležité parametry a jejich vlastnosti. Mezi parametry patří především světelný tok svítidla, účinnost svítidla, jas svítidla a úhel clonění. Zejména světelný tok svítidla je velmi důležitý, přesněji, jak je vyzařován do okolního prostoru. Nejobecnější popis poskytuje fotometrická plocha jasu (svítivosti), při kterém jsou svítidla považována za bodový zdroj světla. Tato plocha vznikne spojením koncových vektorů svítivosti ze světelného středu svítidla. Řezy touto plochou jsou čáry svítivosti svítidel. Pro popis svítidla se používají nejčastěji křivky svítivosti C0, poté C0-C180 a C90-C270. Křivka C0 se používá u svítidel, která jsou rotačně souměrná a světelný tok vyzařují ve všech úhlech stejně. Křivky C0-C180 se hodí pro rotačně souměrná svítidla podle dvou rovin, podobně je to u roviny C90-C270. Hodnoty svítivosti se udávají v absolutních jednotkách (cd), nebo v poměrných jednotkách (cd/1 000 lm).[1]





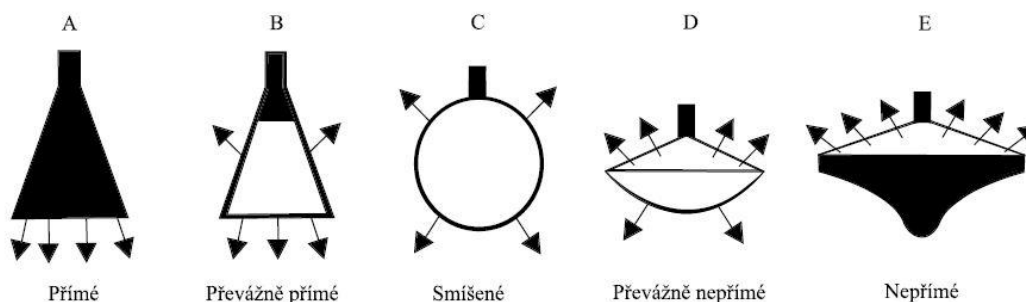
Obrázek 20 - Příklady křivek svítivosti[2]

A – dobrá rovnoměrnost osvětlení, malé osněžení, B – malý úhel vyzařování, horší rovnoměrnost osvětlení, C – hrozí osněžení

### 3.2.1 Rozdělení svítidel

Svítidla se dělí dle prostředí na venkovní, vnitřní a speciální. Pro venkovní aplikace se dělí svítidla na osvětlení komunikací, parková a architektonická, pro osvětlení sportovišť. Pro vnitřní prostředí se dělí na svítidla bytová, průmyslová a osvětlení krytých sportovišť.

Nejjednodušší světelně technické rozdělení svítidel je založeno na prostorovém rozdělení horního a dolního poloprostoru. Přesněji kolik procent světelného toku jde do spodní či naopak horní polokoule. Svítidla, u kterých jde 90 % světelného toku do spodní polokoule jsou svítidla přímá. Převážně přímá svítidla jsou ta, kde 60-90 % světelného toku jde do spodní polokoule. Smíšená svítidla mají světelný tok stejně rozložený jak v dolní, tak v horní polokouli. Poté jsou svítidla převážně nepřímá a nakonec nepřímá.



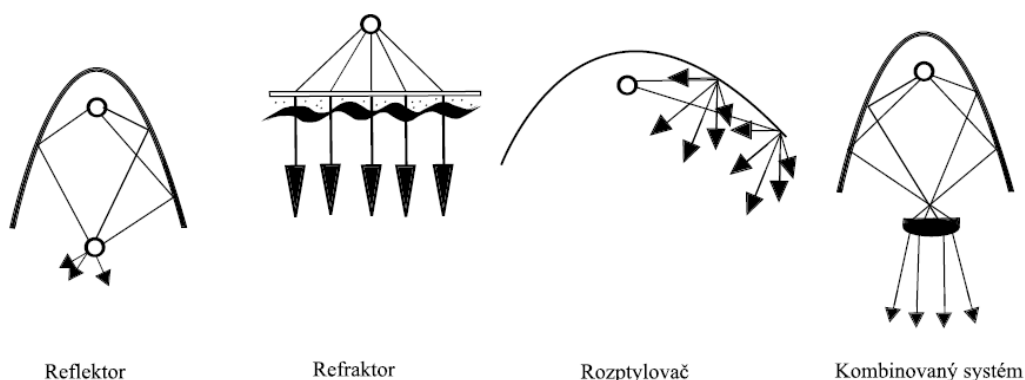
Obrázek 21 - Rozdělení svítidel podle světelného toku[2]

Svítidla přímá se používají pro osvětlení průmyslových hal a pro venkovní osvětlení. Smíšená svítidla se používají například v kancelářích a bytových prostorech. Nepřímá

svítidla osvětlují pouze strop a tím se vyvaruje oslnění člověka. Používají se pro osvětlení nemocničních pokojů a například jako dekorativní osvětlení pro architekturu či restaurace.[2]

### 3.2.2 Optické části svítidla

Důležitými prvky svítidel jsou světelně činné části, které slouží ke změně rozložení světelného toku a případně i ke změně spektrálního rozložení. Mezi tyto prvky patří reflektor, refraktor, rozptylovač.



Obrázek 22 - Druhy světelně činných částí[2]

Reflektor zrcadlově odráží světlo ze směrů, ve kterých nemá svítit a směřuje ho do požadovaného směru. Pro pozorovatele je reflektor světelným zdrojem. Podle charakteru odraznosti světla se reflektory dělí na zrcadlové, difuzní a matované.

Zrcadlové reflektory se aplikují v oblastech, kde je potřeba mít přesný tvar křivek svítivosti. Používají se pro uliční svítidla a úzkouhlé světlomety. Materiálem pro reflektor je nejčastěji eloxovaný hliník s příměsí stříbra. Účinnost těchto reflektorů je až 95 %. Vedle hliníku se začíná také používat jako základní materiál plast, jehož výrobní náklady jsou nižší. Účinnost těchto reflektorů je až 95 % a jejich tvary jsou kruhové, parabolické či eliptické.

Matované reflektory se používají v oblastech, kde je vyžadována velké přesnost usměrnění světelného toku, a kde je velký požadavek na vytvoření hladké křivky svítivosti bez nepravidelností. Technologické postupy k výrobě matovaných reflektorů patří leptání a kartáčování. Tyto postupy zjemňují nepřesnosti v rozložení světla, které mohou vznikat při méně přesné výrobě zrcadlových reflektorů.

Difuzní reflektory rozptylují světlo dopadající z libovolného směru do všech směrů. Používají se tedy ve svítidlech, která jsou určena k vytvoření rovnoměrně rozptýleného osvětlení. Jas povrchu těchto difuzorů je ve všech směrech stejný. K výrobě těchto reflektorů se používají nejčastěji kovy s matovanou povrchovou úpravou.

Refraktor usměřňuje a rozptyluje světlo zdroje do požadovaných směrů a snižuje jas. Mají veliký vliv na výslednou křivku svítivosti svítidla. Nejčastěji se používají tvarovaná skla a mřížky či refraktory vyrobené z polymethylmethakrylátu. Refraktor je umístěn mezi zdrojem a pozorovatelem.[4]

### 3.2.3 Elektrické části svítidel

Mezi elektrické části svítidel patří svorkovnice, ochranné svorky, propojovací vodiče, transformátory, zapalovače a objímky.

Mezi nejdůležitější části patří elektrické předřadníky, které upravují vstupní napětí pro konkrétní světelný zdroj. Existují dva typy předřadníků: elektromagnetický a elektronický. Nejčastěji se používají předřadníky elektromagnetické, které využívají například sodíkové výbojky. Mezi hlavní prvky předřadníku těchto výbojek patří tlumivka a startér, ten upraví amplitudu napětí na minimální hodnotu potřebnou pro zapálení výboje. Elektronické předřadníky jsou programovatelné a dají se použít například ke stmívání světelného zdroje. Má nižší ztráty, ale nevýhodou je vyšší pořizovací cena.

Elektrická část ve svítidle musí splňovat bezpečnostní požadavky. K tomu lze přispět vhodným výběrem vodiče, jeho průřezem a vhodnou izolací. Pro vnitřní zapojení je možné použít tuhé a ohebné vodiče. Výběr se odvíjí od prostředí, kde bude svítidlo instalováno. Tuhé vodiče jsou pevnější a lépe tvarovatelné a k upevnění potřebují méně příchytek, nicméně se nehodí do prostředí, které je vystavováno častým vibracím. Vibrace se šíří právě prostřednictvím vodiče a může dojít k odpadnutí úchytek vodiče. Průřez vodičů musí odpovídat velikosti normálního provozního proudu a tím i dovolenému oteplení vodiče. Od toho se odvíjí i výběr izolace. Pro svítidla, kde namáhání na vodiče není příliš velké je typickým izolantem PVC s teplotní odolností 90 °C. [1]

### 3.2.4 Mechanické části svítidel

Konstrukční části svítidel slouží jako nosné a ochranné prvky.

Nosná konstrukce nese optické a elektrické části. Jako materiál pro nosné konstrukce se používá hliník, ocel a plasty. Ochranné prvky mohou plnit vedle chránění zdroje také i funkci světelnou, a to ve formě refraktoru. Nejčastěji se ochranné prvky zhotovují ze skla či akrylátu a polykarbonátu. Poslední dva materiály jsou mechanicky odolné a mají časově stálý činitel prostupu. Jako ochranná skla se používají převážně křemenná.[14]

### 3.3 Napájení osvětlovacích soustav VO

Součástí světelných elektrických zdrojů jsou také elektrické světelné obvody. Při projektování je nutné zohlednit požadavky světelně technické, ale také i požadavky na bezpečnost a provozní spolehlivost. Důležitá je zejména ochrana před úrazem elektrickým proudem a zároveň je třeba poutat pozornost i vzájemnému tepelnému působení svítidel a jejich okolí. Právě oblasti bezpečnosti hraje velikou roli norma ČSN 33 2000-5-51 ED.3 a vypracovaný dokument zvaný Protokol o určení vnějších vlivů. Tento dokument je základním podkladem pro výběr elektrického zařízení. Úroveň krytí zařízení se nyní značí písmenem IP a poté dvojcíslím. V normě ČSN 33 2000-5-51 ED.3 lze také nalézt základní požadavky na výběr prvků elektroinstalace a na její provedení. Nicméně elektrická svítidla určená pro distribuční síť musí mít krytí IP alespoň 33.

Podle normy ČSN 33 2130 ed.2 může být na světelný obvod zapojeno pouze tolik světelných zdrojů, aby součet jejich jmenovitých proudů nepřekročil jmenovitý proud jističího přístroje. Jmenovitý proud svítidla se stanoví z maximálního příkonu, pro který jsou svítidla určena výrobcem.[15]

#### 3.3.1 Ovládací systém

Ovládací systém má za úkol zajistit spolehlivé zapínání a vypínání podle spínacího kalendáře VO a případnou kontrolu, zdali je soustava v sepnutém stavu či ne. Ovládání systému je provedeno samostatnými ovládacími kabely, které vedou od hlavního zapínacího místa či systémem HDO. Méně častým ovládním je fotoelektrickým spínačem, kdy po setmění na určitou hodnotu osvětlení sepne spínač pomocí pulzu a zapne osvětlovací soustavu. Trendem je využití moderních přístupů ovládním, pomocí rádia či využitím

počítačových sítí nebo telefonních linek.

Existují v zásadě dva přístupy, (systémy) jak ovládat VO. Pomocí centralizovaného a decentralizovaného systému.

Centralizovaný systém, jehož základem je centrální PC, umožňuje uživateli a správci sítě z velínu provádět každodenní spínání a monitorování provozních či poruchových stavů a provádět analýzu dat, či jejich záznam. Celkově má dispečer možnost odečítat data z elektroměrů, přepnout režim spínání, zapínat či vypínat rozvaděč. Dále má možnost zjistit informace o přítomnosti napětí v přívodu, o průchodu proudu jednotlivým svítidlem či o neoprávněném vstupu do rozvaděče.

Decentralizovaný systém je vytvořen tak, že většina „inteligence“ je aplikována přímo do jednotlivých rozvaděčů VO a tyto rozvaděče komunikují s centrem pouze v případě, kdy je to nezbytně nutné. Centrální jednotka je vybavena softwarem, který provádí záznam elektrických parametrů, jako je vstupní a výstupní napětí, proud v každé fázi. Dále provádí výpočet účinníku v každé fázi, výpočet odebíraného činného a jalového výkonu v každé fázi. Komunikace tohoto systému je provedena přes kabelové propojení s PC nebo dálkově přes GSM modem.[15]

### 3.3.2 Hlavní přívod RVO a zapínací místo

Elektrická přípojka začíná od rozvodného zařízení dodavatele elektrické energie a končí v rozvaděči VO. Přípojka se ukončuje v přípojkové kabelové skříni, u které je umístěn rozvaděč VO. Nové přípojky jsou napájené z 3f sítě TN-C o jmenovitém napětí 230/400 V. Jištění přípojky by se z důvodu selektivity mělo volit o dva stupně vyšší, než je hodnota vstupního jištění v zapínacím rozvaděči. Kabel elektrické přípojky VO se musí na každém konci označit s údaji z jakého místa (přípojky) a kam pokračují. Musí obsahovat údaje o roku připojení a o typu kabelu. Za hlavním jističem je osazeno zařízení pro měření odběru elektriny. Vývod zapínacího místa je připojen na stykač, který je ovládán fotobuňkou nebo jiným ovládacím prvkem, jako třeba zmíněným počítačem. Zapínací místo by mělo mít krytí minimálně IP 44 a chráněno zámkem proti vniknutí.[15]

### 3.3.3 Rozváděče VO

Provedení rozváděčů musí být realizováno až po dohodě se správou VO. Rozváděče slouží k napájení, smyčkování a dělení kabelových rozvodů. Pro přehlednost se rozváděče dělí na zapínací, odbočné a smyčkové. Zapínací rozváděč je hlavním přívodem na síť distributora, je určen pro spínání VO. Spínání je provedeno dálkově, místně či impulsním kabelem. Odbočný rozváděč rozděluje obvod do více směrů, „paprskuje“ síť. Obvykle větví rozvod do 4 nebo 6 ti směrů. Rozváděč smyčkový se provádí bez jistění a odbočuje v něm jedem či maximálně dva kabely. [15]

### 3.3.4 Rozvody VO

Rozvody se provádí podzemním kabelovým vedením či nadzemním (venkovním) vedením.

Podzemní kabelová vedení musí být provedena v souladu s normou ČSN 33 2000-5-52 v platném znění. Většina kabelových vedení má minimální průřez  $4 \times 10 \text{ mm}^2$ . Před umístěním kabelů se musí vytyčit kabelová trasa a zaměřit existující další inženýrské sítě (kanalizace, plyn, optické rozvody). Kabelová trasa vede většinou současně s linií stožárů veřejného osvětlení či ve společné trase s ostatními silovými kabely NN. Kladení kabelů musí být v souladu s uvedenou normou. Musí se dodržovat hloubka výkopu a umístění kabelu. Hloubka se odvíjí od toho, zdali je kabel veden ve volném terénu či pod komunikací, chodníkem. Pro uložení se nejčastěji používá chránička, například DN 50 či kabelový žlab. Chráničky musí být zhotoveny z vysokohustotního polyetylenu s vnitřní povrchovou úpravou. Chránička by měla být zasypána minimálně 10 cm pískem či zeminou bez kameniva nebo suti. Konce kabelů musí být opatřeny smršťovací koncovkou, která zabraňuje vniknutím proti vodě.

Nadzemní vedení začíná vyvedením podzemního vedení s izolovanými vodiči na podpěrný bod venkovního vedení. Na sloupu je pojistková skříň kam musí být kabel vyveden. Kabel VO musí být veden ochrannou trubkou, aby byla zajištěna ochrana polohou. Ochrana musí být zajištěna do výšky 2,5 m. Rozvod VO je možné provést pomocí podpěrných bodů, kde je vedeno NN vedení. V tomto případě má charakter silového vedení a pro montáž musí platit normy ČSN 33 2000-5-51 a ČSN 33 2000-5-52.

Pro zařízení VO se provádí ochrana automatickým odpojením od zdroje a ochranným pospojováním. Obvody VO jsou považovány za koncový bod sítě, která napájí pouze připojená zařízení, podmínkou je ochranné pospojení. To zabezpečuje nepřekročení hodnoty meze trvalého dotykového napětí v každém místě rozvodu. Odpojovací doba od zdroje je pro zařízení venkovního rozvodu do 5 s. [15]

### 3.4 Systém napájení světelných soustav letiště

Prvně instalovaná návěstidla pro osvětlení letištních ploch využívala jako zdroje světla halogenové žárovky. Mezi hlavní požadavky těchto návěstidel je, aby měli stejnou svítivost u jedné světelné soustavy. Druhým požadavkem je, aby při výpadku jednoho svítidla nebyl ovlivněn systém. Musí být zajištěno redundantní napájení, zvláště u letišť vyšších CAT. Díky vzdálenostem mezi návěstidly a potřebným příkonům je téměř vyloučeno využití paralelního (napětíového) systému napájení, z důvodu úbytku napětí. Proto se nejčastěji k napájení návěstidel využívá sériový rozvod s využitím oddělovacích transformátorů. Stanovený jmenovitý proud je 6,6 A (8,3 A) je kompromisem mezi celkovým napětím a ztrátami v rozvodném systému.

Jelikož musí být zajištěno redundantní napájení, jsou rozvody SZZ navrhovány jako dvou či více smyčkové. V případě výpadku jednoho zdroje se přeruší napájení pro polovinu návěstidel a světelné zabezpečení je zajištěno druhou skupinou návěstidel, která je napájena z druhého zdroje. Druhá skupina je umístěna ob jedno návěstidlo, takže nedojde ke změně výsledného obrazce. Takovýto stav umožňuje pilotovi bezpečně dokončit přistání.[16]

#### 3.4.1 Oddělovací transformátory

Oddělovací transformátory jsou nezbytnou součástí celého napájecího obvodu. K sekundárnímu vinutí je připojena jedna či více žárovek v sérii. Transformátor zajistí požadavek na nepřerušování obvodu v případě přerušování vlákna žárovky. V případě poruchy dojde k přerušování obvodu pouze na sekundární straně transformátoru. Když k takovému případu dojde, musí být vhodně navržen magnetický obvod a vlastní indukčnost transformátoru z důvodu, aby porucha neovlivňovala primární obvod. Při odlehčení sekundárního obvodu, musí dojít k přesycení transformátoru a tím dojde k relativně snadnému průchodu proudu primárním obvodem – rozpojený obvod na sekundární straně se netransformuje na stranu primární.

Tyto transformátory musí mít velkou mechanickou pevnost a jsou dokonale těsné. Jsou odolné proti vniknutí oleje a dalším leteckým palivům či půdním kyselinám, které se mohou na letištních plochách vyskytovat.[16]

### 3.4.2 Primární vedení

Zdroje proudu a oddělovací transformátory jsou spojeny jednožilovými měděnými slaněnými kabely. Celková délka kabeláže může dosahovat až několik kilometrů. Kabely musí mít velkou elektrickou a mechanickou pevnost izolace, odolnost proti vlhkosti a vniku chemických látek. Vedle těchto parametrů jsou také požadavky na velký izolační odpor a měrný odpor kabelu. Kabely mohou být stíněné, pro zajištění rovnoměrného elektrického namáhání izolace.[16]

Tabulka 16 - Parametry stíněného kabelu BETA LUX 5 kV

Provozní napětí	Nominální proud	Maximální odpor při teplotě + 20 °C na 1 km	Izolační odpor na 1 km	Průřez vodiče
5 000 V	6,6 A	3,08 Ω	10 MΩ	6 mm <sup>2</sup>



Obrázek 23 - Provedení primárního kabelu BETA LUX 5kV vyráběného firmou STUDER[16]

### 3.4.3 Sekundární vedení

Sekundární vedení je provedeno pomocí měděných šňůrových dvoužilových kabelů. Tyto kabely zajišťují propojení mezi oddělovacími transformátory a jednotlivými návěstidly. Délka kabeláže je od stovek metrů po několik kilometrů. Požadavky na izolaci kabelů jsou stejné jako u primárních kabelů. Oproti nim se však s těmito kabely zachází jednodušeji díky jejich provedení. [16]

Tabulka 17 - Parametry sekundárního kabelu H07RN-F

Provedení	Maximální proud	Maximální odpor při teplotě +20 °C na 1 km	Průřez vodiče	Provedení
2x2,5	25 A	7,98 Ω	2,5 mm <sup>2</sup>	2x2,5
2x4	32 A	4,95 Ω	4 mm <sup>2</sup>	2x4





Obrázek 24 - Parametry sekundárního kabelu H07RN-F[16]

#### 3.4.4 Regulátor konstantního proudu

Regulátor slouží jako zdroj napájení pro návěstidla, kde jeho výstup je regulován do 3, nebo 5 ti proudových úrovní. Využitím těchto úrovní je regulována intenzita svítivosti jednotlivých soustav. Velikost napájecího napětí je řízena pomocí dvou antiparalelně zapojených tyristorů, které jsou zapojeny na primární straně transformátoru. Velikost napětí je určena tak, aby efektivní hodnota proudu pro smyčky s návěstidly byla konstantní. Regulátory konstantního proudu jsou vyráběny společně se vzduchem chlazenými transformátory se vstupním výkonem 4, 10, 20, 30 kVA. Aby byla regulace co nejpřesnější a nejefektivnější je nutné, aby úhel otevření tyristorů byl ideálně 180°. To se zajistí změnou zapojení sekundárního vinutí výkonového transformátoru, tj. změnou transformačního poměru. Sekundární vinutí má více vývodů a jejich správným propojením lze snížit výstupní výkon regulátoru z jmenovitého až na cca 3/8.[16]



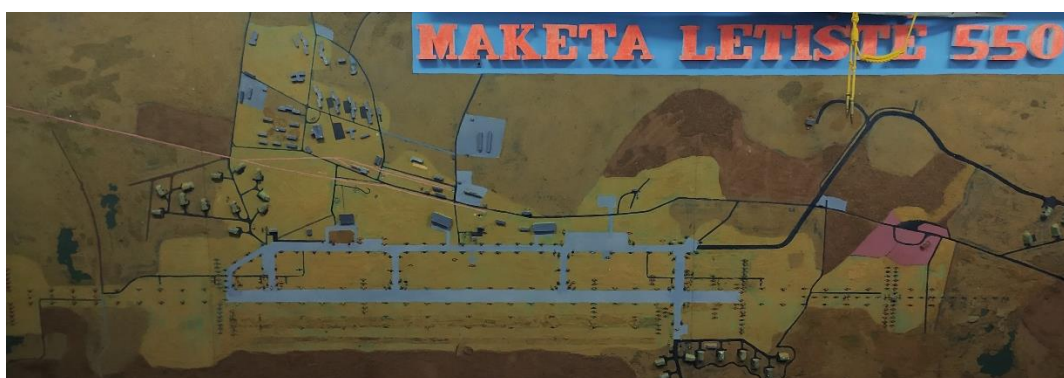
Obrázek 25 - Provedení regulátoru konstantního proudu firmou TRANSCON[16]

## 4 Model letiště

Model vojenského letiště v Líně zhotovil mezi lety 1982 až 1983 Oldřich Kovář. Model sloužil k výcviku vojáků základní služby, kteří na tomto letišti sloužili. Byl k dispozici také novým letcům, kteří nově přišli ke stíhacímu pluku. Tito letci díky modelu získali lepší přehled o tom, jak toto letiště zhruba vypadá a jaký světelný obrazec se na letištní ploše vyskytuje.

Jelikož byl model několikrát přemístován, tak nyní nepopisuje přesně realitu (z důvodu zjednodušeného zapojení smyček). Maketa byla umístěna v jiné budově (nyní se model nachází v hangáru na letišti) a byl k ní udělaný ovládací pult, který dokázal znázornit návěstidla dle reálného stavu. Původní zapojení reflektovalo reálný stav tehdejšího letiště. Bylo zde podrobně znázorněno napájení návěstidel letiště, rozdělení napájení transformátory (jakou část plochy letiště napájí). Ovládací pult umožňoval demonstrovat, kde se nachází pojízdná dráha, vzletové obrazce, přibližovací dráha apod.

Po přesunu modelu do hangáru si vzal model na starost Pavel Baránek, který pracoval přes 30 let u vojáků a má s létáním hodně blízký vztah. Pan Baránek znovu oživil model a zjednodušil jeho zapojení. V budoucnu je plánem přesun modelu do muzea, kde bude široké veřejnosti demonstrovat, jaký světelný obrazec byl na letišti zvolen a jakým způsobem byly rozmístěna návěstidla okolo runwaye.

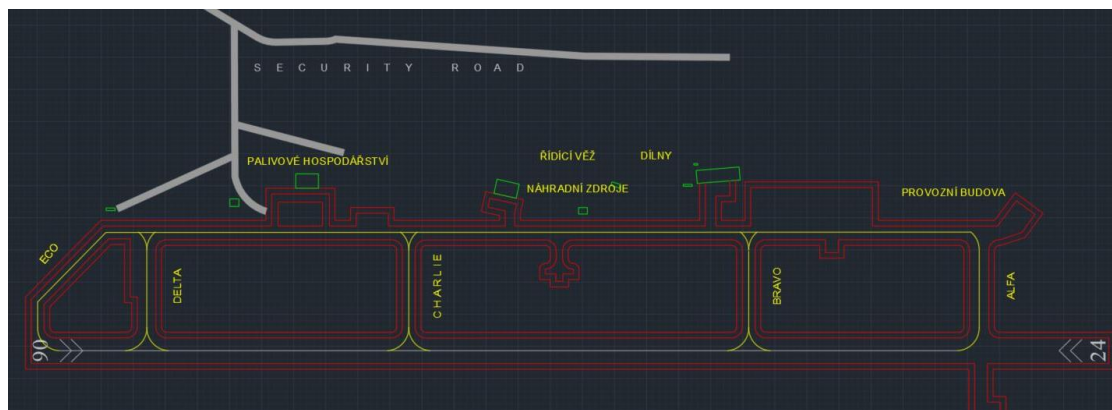


Obrázek 26 - Model letiště

### 4.1 Popis letiště

Délka reálné runwaye letiště činí 1450 metrů a její šířka je 60 metrů. Přesné označení je RWY 24/06. Číslo 24/06 značí z jakého směru letadlo přistává. Runway 06 je určena pro

letadla přistávající ze západu (na obrázku zleva), zatímco letadla přistávající z východu využívají runway 24. Pohybové plochy a pojezdové dráhy jsou zhotoveny z betonu a nazývají se Alfa, Bravo, Charlie, Delta a Eco. Schéma letiště je pomocí softwaru AutoCAD zobrazeno na Obrázek 27.



Obrázek 27 – Runway letiště, pohybové a pojezdové plochy

Dnešní povolený druh provozu je VFR (let za viditelnosti) ve dne. Dříve bylo povoleno přistávat v noci, kde byly instalovány návěstidla a piloti viděli světelný obrazec. Nyní je letiště bez návěstidel a osvětlení, proto je povoleno přistávat pouze ve dne. Jediný světelný zdroj jsou zdvojená přerušovaná světla na obou stranách RWY 24. Svítí-li přerušované světlo, je zakázáno vyjíždět na RWY.



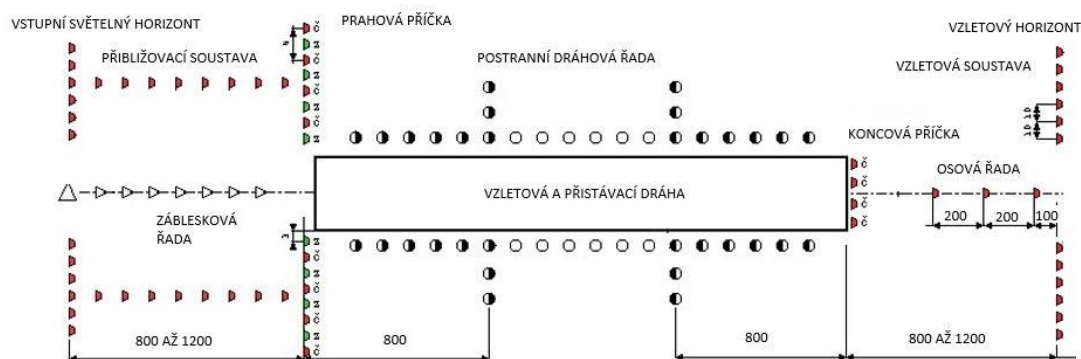
Obrázek 28 - Letiště Plzeň - Líně

Model letiště je zhotoven v měřítku 1:850 a demonstruje současné rozměry dráhy, nikoli aktuální světelný obrazec letiště, protože, jak již bylo psáno jediná signalizace na letišti je pouze ukazatel zákazu vstupu, přejezdu na RWY.

V následující kapitole bude podrobně popsán současný stav modelu letiště a popsán světelný obrazec.

## 4.2 Světelný obrazec modelu letiště SP-2

Světelný obrazec, který se dříve na letišti nacházel byl zhotoven dle předpisu pro let 5-2. Tento předpis obsahuje hlavní zásady organizace a řízení radiotechnického letového provozu. Předpis také stanovuje všeobecná pravidla pro používání, údržbu a opravy techniky radiotechnického zabezpečení letectva. Obrazec SP-2 obsahuje letištní světelná návěstidla, která se rozmísťují na letištích v souladu s typovým schématem SP-2 dle Obrázek 29.



Obrázek 29 - Typové schéma obrazce SP-2

Dle typového schématu jsou součástí světelného obrazce návěstidla vstupního světelného horizontu, která svítí světlem červené barvy a vyznačují horizontální příčnou polohu VPD. Návěstidla příbližovací řady vyznačují směr na přistání v posledních 1000 metrech před prahem VPD a svítí světlem červené barvy. Mezi návěstidly příbližovací řady je záblesky bílé barvy reprezentována záblesková řada návěstidel sloužící k vyznačení prodloužení osy VPD za ztížených povětrnostních podmínek. Návěstidla prahové příčky dávají povel pilotovi o zákazu či povolení přistání. Svítí světlem zelené barvy při povolení přistání a červeným při jeho zákazu.

Podél okrajů VPD se nachází návěstidla postranních dráhových řad. Ve směru přistání svítí první třetina žlutě, zbytek dráhy bíle. Tři návěstidla vedle sebe značí konec touchdown

zóny, kdy by pilot měl dosednout na runway. V opačném případě by měl navázat další okruh a následný pokus o přistání. Na konci runwaye jsou umístěny návěstidla koncové příčky vyznačující konec (práh) runwaye.

Návěstidla vzletové soustavy svítí světlem červené barvy a dělí se na osová návěstidla a návěstidla vzletového horizontu. Osová návěstidla jsou určena k vytyčení prodloužení osy VPD při vzletu a návěstidla vzletového horizontu vyznačují horizontální příčnou polohu VPD.

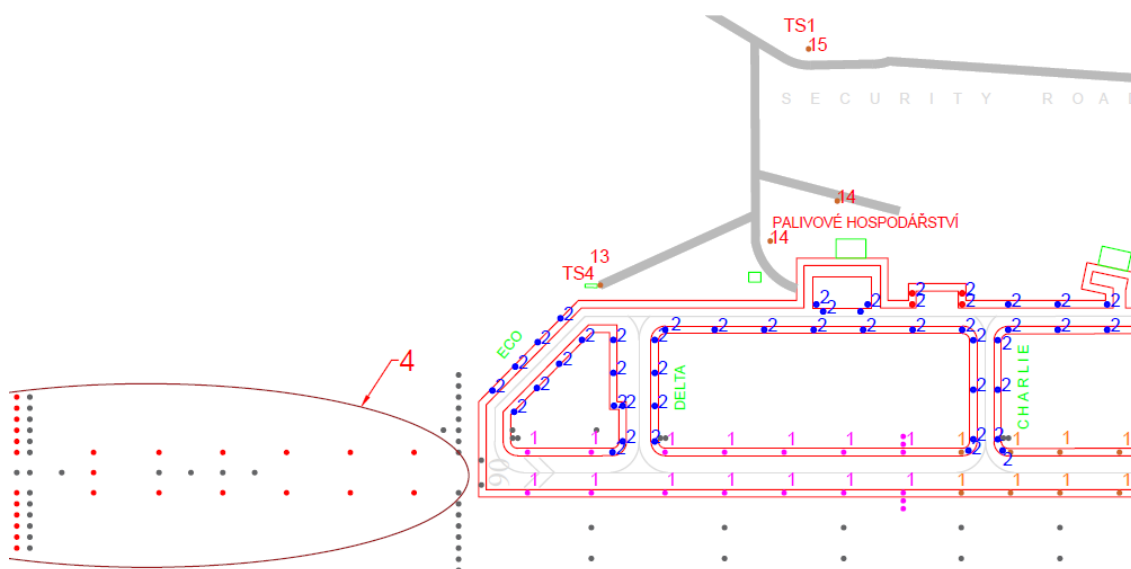
U okrajů pojezdových drah (Alfa, Bravo, Charlie, Eco) jsou instalována návěstidla svítící modrou barvou a u technických stanovišť svítí návěstidla červeně. Návěstidla nouzového přistávacího pásu vyznačují jeho okraje. Svítí bílým světlem, umístěným po 200 m podél jeho vnější strany.

#### **4.2.1 Současný stav modelu letiště**

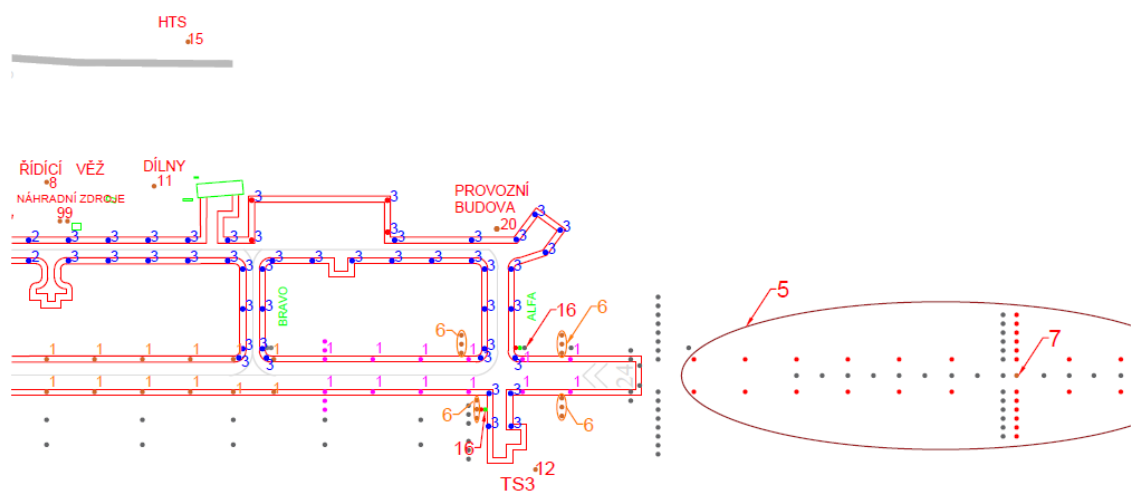
Návěstidla na modelu letiště jsou zhotovena dle předpisu pro Let 5-2 a demonstrují zapojení světelného obrazce, který se dříve nacházel na letišti. Jelikož runway umožňuje přistávat letounům z východu i ze západu, jsou návěstidla instalovány pro obě runwaye, 06 a 24. Obrázek 298 demonstruje stav, kdy se přistává z levé strany (směr zleva).

Původní zapojení modelu nezobrazuje celý obrazec dle předpisu, ale pouze určité obrazce, které pan Baránek opět zapojil. Model je napájen transformátorem s převodem 230/24 V a napájí celkem 232 kusů telefonních žárovek (katalogový list žárovky je umístěn v příloze), který model osvěcuje. U modelu se nachází menší rozvaděč se spínači, které spínají jednotlivé části okruhů.

Žárovky jsou rozděleny do skupin (smyček) tak, aby zobrazovali určitou část světelného obrazce. Pro představu, jak jsou telefonní žárovky rozdělené do smyček, demonstrují zapojení následující dva obrázky (Obrázek 30, Obrázek 31).



Obrázek 30 - Původní světelný obrazec modelu letiště, západní část



Obrázek 31 - Původní světelný obrazec modelu letiště, východní část

Barevné tečky znázorňují aktivní fungující žárovky. Šedivé značky znázorňují neozhivené části modelu. Jelikož je teplota chromatičnosti telefonních žárovek 3000 K, svítí bílým světlem. Nicméně na modelu jsou žárovky nabarveny, takovou barvou, aby odpovídala skutečné barvě návěstidla dle obrazce. Kvůli zobrazení jsou na Obrázek 30 a Obrázek 31 žlutě svítící návěstidla zobrazena fialovou barvou a bílá návěstidla oranžovou. Telefonní žárovky jsou zapojeny paralelně ke zdroji. To zajistí stálé svícení skupiny žárovek i po ukončení životnosti jedné z nich. Jednotlivé okruhy světelného obrazce jsou pomocí spínačů zobrazovány.

Okruhů je celkem 16 a v následující Tabulka 18 je popsáno, jakou část světelného obrazce je schopen model zobrazit.

**Tabulka 18 - Rozdělení okruhů modelu letiště - současný stav**

Číslo okruhu	Zobrazení	Barva	Počet (ks)	Délka vodičů (m)
1	Návěstidla postranních dráhových řad	Bílá, žlutá	53	10,4
2	Návěstidla pojezdové dráhy (západ)	Modrá, červená	48	8
3	Návěstidla pojezdové dráhy (východ)	Modrá, červená	45	10
4	Návěstidla vstupního světelného horizontu a přibližovací soustavy (přistání ze západu)	Červená	24	4,4
5	Návěstidla vstupního světelného horizontu a přibližovací soustavy (přistání z východu)	Červená	35	10,2
6	System SEDLO	Bílá	12	6,8
7	Nesměrový maják	Bílá	1	7,8
8	Řídicí věž	Bílá	1	5,6
9	Náhradní zdroje	Bílá	1	5,4
10	Provozní budova	Bílá	1	7,2
11	Dílny	Bílá	1	6,4
12	TS3	Bílá	1	6,4
13	TS4	Bílá	1	4,6
14	Palivové hospodářství	Bílá	2	4,8
15	HTS	Bílá	2	6,6
16	Semafor	Červená, zelená	4	6,6

Současné osvětlení modelu umožňuje zobrazit (rozsvítit) postranní dráhovou řadu. V reálném stavu jsou od sebe návěstidla vzdálena 100 metrů. Tato vzdálenost se dříve ctily, nicméně dnes jsou návěstidla od sebe rozmístěna 50 metrů. Druhý a třetí okruh zobrazuje pojízděcí dráhy, které vedou k hlavní VPD. Pojízděcí dráhy jsou rozděleny na západní a východní část, čísla okruhů jsou 2 a 3. Návěstidla vstupního světelného horizontu byla dle předpisu umístěna kilometr od prahu runway 06 (západní část), ta samá situace je i na straně východní pro dráhu 24.

System Sedlo je označen číslem 6. Jedná se o systém, který slouží pro navádění letounu. Pilot díky tomuto světelnému systému pozná, v jaké výšce se nachází, jestli moc vysoko nebo nízko vzhledem k přistávací dráze. Na Obrázek 31 si lze všimnout tří bodů (příček) vedle sebe (na každé straně VPD dvakrát). Každý bod znázorňuje svítidlo, ve kterém byly umístěny dvě lucerny, na kterých byl umístěn červený filtr. První příčka byla nastavena

na 4,5°, druhá na 3° od roviny. Když byl pilot příliš nízko vůči přistávací dráze, tak obě příčky svítily červeně. Jestliže byla přistávací výška letounu správně, viděl první příčku červenou, druhou bílou. Pokud byl pilot moc vysoko a jeho poloha nebyla ideální, obě příčky svítily bíle.



**Obrázek 32 - Sestupové návěstidlo SEDLO [9]**

Nesměrový maják je označen číslem 7 a je vzdálen od prahu dráhy 1000 metrů. Slouží k přiblížení pilota za zhoršených klimatických podmínek. Ve zkratce se značí NDB (*Non Directional Beacon*). Tento radiomaják využívá všesměrovou anténu a vysílá signál na středních vlnových délkách. Přijímač v letadle, který využívá NDB se nazývá ARK (automatický radiokompas) a využívá kombinaci všesměrové a směrové feritové antény. Porovnáním referenčního signálu se signálem směrové antény se zjistí, jakým směrem má pilot přistát. Na příklad u dráhy číslo 24 musí pilot vědět, že se právě kurzem 24 přistane na dráhu.





**Obrázek 33 - Archivní foto nesměrového majáku instalovaného na letišti**

Okruhy 8–15 označují umístění budov v prostorách letiště. Na letišti se nacházeli dva transformátory TS3 a TS4, každý transformátor napájel jednu část letiště (východní/západní). Náhradní zdroje označují budovu, kde byly umístěny dva agregáty. Jeden dodává energii řídicí věži (okruh 8) a druhý dodává energii záchranné službě a hasičům). K palivovému hospodářství se vždy přivezlo vlakem z Týnce palivo, kde se následně stáčelo do cisteren a cisterny pak pojížděly k letadlům.

Číslo 16 znázorňuje semafor, který dává povolení pilotům vjet na hlavní VPD. Semafor byl řízen obsluhou z řídicí věže a pokud letoun dostal povolení vjet na VPD, obsluha zobrazila letounu zelenou barvu, která svítila minutu. Během minuty musel letoun vjet na VPD, protože poté semafor svítil trvale červenou barvou až do dalšího umožnění vstupu na VPD.

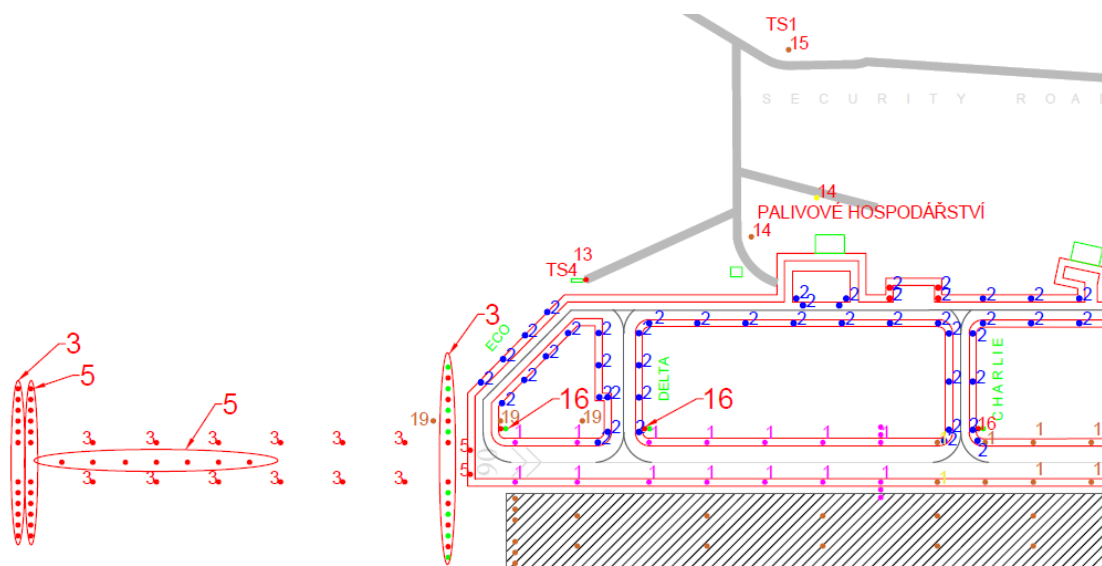
#### **4.2.2 Nové osvětlení modelu letiště**

Návrh nového osvětlení vychází také z předpisu pro Let 5-2. Je navržen tedy tak, aby zobrazoval stejný světelný obrazec. Jelikož je původní zapojení letiště značně zjednodušeno

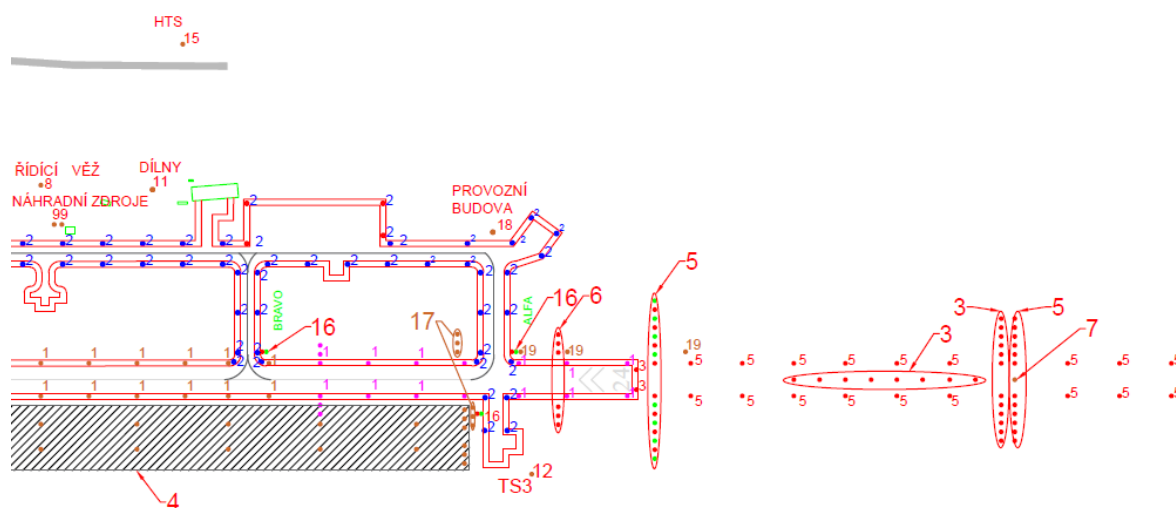
a model zobrazuje pouze ty části, které byly popsány v kapitole 4.2.1 (původní zapojení počítá pouze s přistáváním, nikoli se vzletem), je cílem návrhu zohlednit i vzletovou soustavu.

Pro reprezentaci návštěvidel jsou pro nové zapojení zvoleny klasické diody s drátovými vývody THT (*through-hole technology*), pro osazování plošných spojů (katalogové list diod jsou umístěny v příloze). Protože telefonní žárovky z původního zapojení mají patici T5,5, jejichž průměr je 5 mm, byly zvoleny právě tyto diody se stejným průměrem i kulatým tvarem, a tak dokonale nahrazují telefonní žárovky. Tyto diody jsou i energeticky méně náročné a mají lepší světelné a elektrické parametry i co se týče spotřeby. Porovnání obou zapojení pomocí energetické bilance a cenového řešení je popsáno v další kapitole.

Nové zapojení je obdobně jako to bylo u starého zapojení rozděleno do několika smyček (okruhů). Obdobně jako v předchozím případě, je nové zapojení nakresleno v programu AutoCAD. Na Obrázek 34 a Obrázek 35 je znázorněno očíslování okruhů. Pro lepší vykreslení na bílou plochu papíru znázorňují fialové body žluté LED a oranžové body bílé LED. Zbytek barevných bodů znázorňují přesně danou barvu, jakou vyzařuje LED.



Obrázek 34 – Nový světelný obrazec modelu letiště, západní část



Obrázek 35 – Nový světelný obrazec modelu letiště, východní část

Snahou nového návrhu zapojení je modifikace starého návrhu o nové části návěstidel, které se u předchozího modelu nevyskytují. Následující tabulka opět popisuje, jakou část světelného obrazce diody zobrazují. Na obrázcích je vidět, že se u nového návrhu zohlednil vedlejší travnatý pás pro přistání letadel (okruh číslo 4). K novému zapojení se přidala koncová a prahová příčka včetně vzletové soustavy. Co se týče znázornění technických budov a zdrojů pro osvětlení letiště, okruhy zůstávají stejné.

Tabulka 19 - Rozdělení okruhů modelu letiště - nový stav

Číslo okruhu	Zobrazení	Barva	Počet (ks)	Délka vodičů (m)
1	Návěstidla postranních dráhových řad	Bílá	36	10,4
		Žlutá	19	
2	Návěstidla pojezdové dráhy	Modrá	85	14
		Červená	8	
3	Návěstidla přibližovací a vzletové soustavy (přistání a vzlet ze západu)	Červená	54	12,4
		Zelená	8	
4	Nouzový přistávací pás	Bílá	32	10
5	Návěstidla vstupního světelného horizontu a přibližovací soustavy (přistání z východu)	Červená	64	21,4
		Zelená	8	
6	Systém SEDLO	Bílá	6	7
7	Nesměrový maják	Bílá	1	7,8
8	Řídící věž	Bílá	1	5,6
9	Náhradní zdroje	Bílá	1	5,4
11	Dílny	Bílá	1	6,4
12	TS3	Bílá	1	6,2
13	TS4	Bílá	1	4,6
14	Palivové hospodářství	Bílá	2	4,8
15	HTS	Bílá	2	6,6
16	Semafor	Červená	6	6,6
		Zelená	6	
17	Systém SEDLO	Červená	6	12,8
18	Provozní budova	Bílá	6	7,2
19	V3S	Bílá	6	6,8

Rozdíl v novém návrhu zapojení oproti starému je následující:

Návěstidla pojezdových drah jsou sjednocena do celku a nerozdělují se na východní a západní část.

Třetí okruh obsahuje návěstidla vstupního a vzletového horizontu pro situaci, kdy pilot přistává ze západu. Na Obrázek 34 si lze všimnout návěstidel těsně před krajem VPD v kombinaci zelených a červených diod. Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.2, návěstidla dávají informaci pilotovi o povolení či zákazu přistání. Zeleně svítí při povolení přistání a červeně při zákazu. Na konci VPD je umístěna koncová příčka, která značí konec VPD. Pátý okruh popisuje tu stejnou situaci s výjimkou, že se jedná o přistávání a vzlet od východu.

(vše je zrcadlově otočeno). Okruh číslo 4 (vyšrafovaná oblast) značí návěstidla nouzového přistávacího pásu. Svítí bílým světlem a v reálném stavu jsou od sebe vzdálena 200 m od sebe. Semaforey jsou doplněny pro každou pojezdnou dráhu (okruh 16).

System Sedlo je v novém návrhu zapojen odlišně než v současném stavu. V novém návrhu je simulován stav, kdy je pilot letounu informován, že letí ve správné výškové hladině při manévru přistání na VPD. Zapojení je zvoleno tak, že první příčka (okruh číslo šest, blíže k prahu VPD) svítí bíle a druhá příčka svítí červeně (okruh číslo sedmnáct).

Body pod číslem 19 neznačí stacionární návěstidla jako byly doposud všechna. Tyto body značí místa, kde stály vozy Praga V3S a měli na sobě obloukové lampy. Tyto lampy osvětlovaly přistávací plochu. Využívaly se za situace, kdy ještě nebyla návěstidla instalována na letištní ploše a byla noc. Vozy V3S byly speciálně upraveny a byly atypické, jelikož měly upravený nárazník, který byl posunut zhruba o 0,75 m. To bylo uděláno z důvodu umístění generátoru před motor vozidla. Generátor byl schopen dokázat vyrobít při 90 voltech 110 ampér. Vozy byly celkem tři a rozmístěny podél místa přistání vedle VPD. První vozidlo nasvětlovalo místo před prahem dráhy, druhé svítilo na bod do sedu a třetí svítíl na výběh.

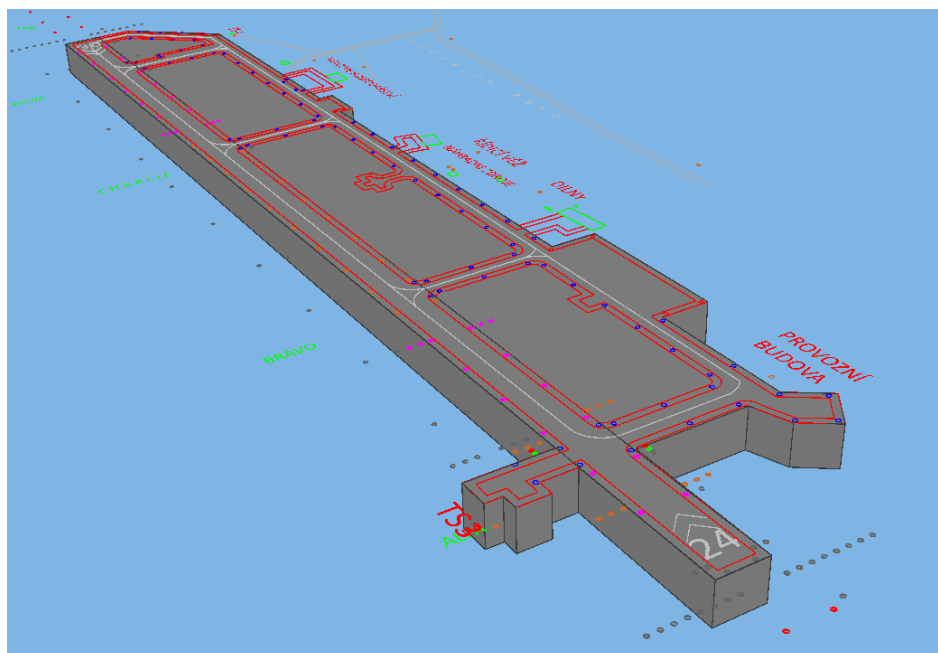
### 4.3 Simulace umělého osvětlení v programu BuildingDesign

BuildingDesign je software vyvinutý společností Astra MS Software. Umožňuje vytvářet modely nejrůznějších tvarů a je volně dostupný na stránkách společnosti. Software obsahuje integrované moduly, které umožňují výpočet umělého osvětlení, denního osvětlení i proslunění včetně evropské normy ČSN EN 17037. Program podporuje importovat soubory DWG i DXF ze softwaru AutoCAD.

Pro simulaci osvětlení je využito vytvořeného modelu v programu AutoCAD 2019, jehož převedením v podobě souboru DWG se vykreslil model letiště v BuildingDesignu.

Ke zhodnocení osvětlení návěstidel se nevychází z žádné normy, která by udávala mezní hodnoty osvětlenosti či oslnění. Jelikož reálná návěstidla svítí do prostoru, kde přistává letoun je důležitá hlavně směrovost návěstidla, aby pilot viděl přibližovací soustavu. Normy udávají pouze hodnoty osvětlenosti ploch, které musí osvětit stožárová svítidla, která jsou

rozmístěna podél terminálu a osvětlují prostor letounům.

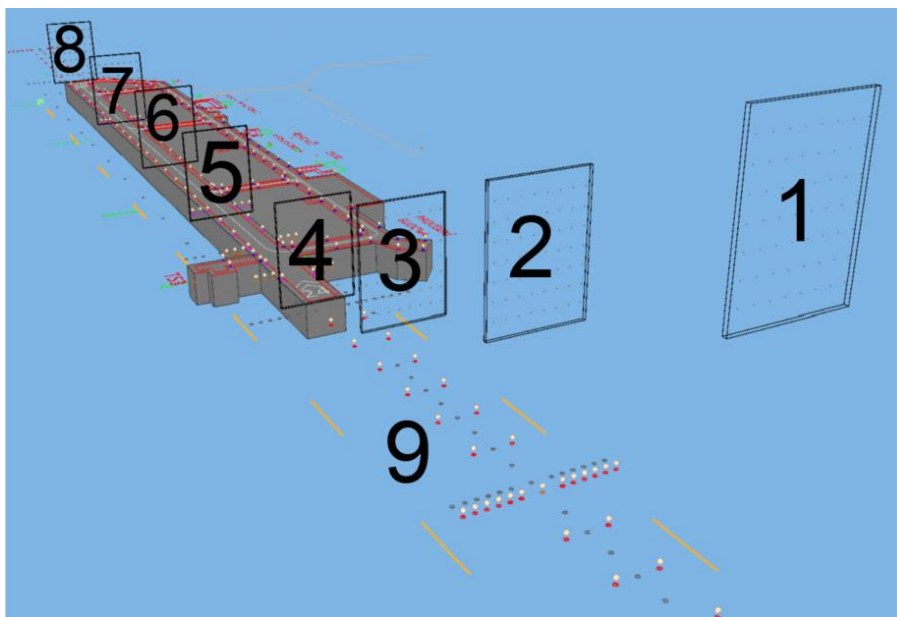


**Obrázek 36 - Importovaný model letiště z programu AutoCAD**

Vizualizace je tedy provedena tak, že se simuluje přistání letounu na VPD z východu na dráhu číslo 24. Pro výpočet osvětlenosti se tedy počítá pouze s návěstidly pro přistání – návěstidla vstupního světelného horizontu a přibližovací soustavy, návěstidla prahové příčky a postranní dráhová návěstidla s koncovou příčkou.

#### **4.3.1 Rozmístění soustav hodnocených bodů**

Pro zhodnocení simulace jsou rozmístěny soustavy hodnocených bodů (srovnávací roviny). Srovnávací roviny jsou rozmístěny tak, aby kopírovali dráhu pilota při přistávání (to co vidí) a jsou umístěny na pomocných kvádrech, které demonstrují myšlenou plochu. Pět kvádrů je rozmístěných po celé VPD a tři kvádry jsou ve vzduchu a znázorňují přibližnou trajektorii letounu při přibližování k VPD. Aby kvádry neovlivňovali výsledné hodnoty osvětlenosti srovnávacích rovin, je zvolen činitel prostupu 1. To znamená, že veškerý světelný tok, co na kvádr dopadá taky projde skrz. Nedochozí k žádným odrazům světelného toku. Na kvádry, jejichž velikost je 15 x 10 mm jsou umístěny srovnávací roviny, kteří měří normálovou osvětlenost. Poslední srovnávací rovina je umístěna na přistávací ploše po celé délce VPD. Celkem je tedy na modelu rozmístěno 9 srovnávacích rovin měřící normálovou osvětlenost.



Obrázek 37 - Rozdělení segmentů srovnávacích rovin pro přistávací manévry

#### 4.3.2 Osvětlovací soustava

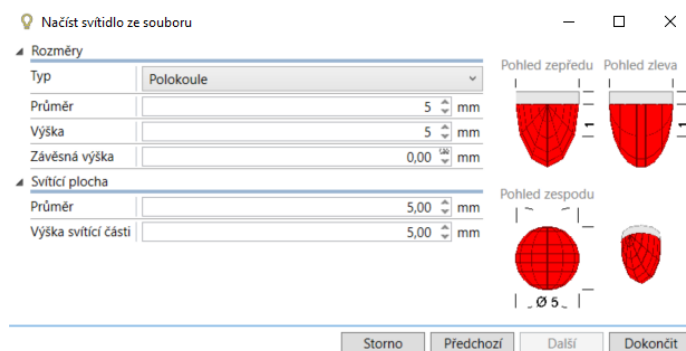
Osvětlovací soustava se skládá z nepravidelné soustavy svítidel, která reprezentuje světlý obrazec při přistání. Osahuje svítidla vstupního světelného horizontu, přibližovací soustavy a prahové příčky. Dále jsou pro výpočet osvětlenosti rozmístěna svítidla pojezdových drah.

Pro zhodnocení normálové osvětlenosti se vychází z porovnání nového návrhu a současného stavu dle letového předpisu 5-2.

Dle předchozích informací je současný model osazen telefonní žárovkou. I když knihovna svítidel obsahuje mnoho produktů od mnoha výrobců, telefonní žárovkou knihovna svítidel nedisponuje. Proto se musela telefonní žárovka nadefinovat a nahrát do knihovny svítidel jako .ldt soubor obsahující elumdata. Jak již bylo psáno, katalogový list žárovky je v příloze.

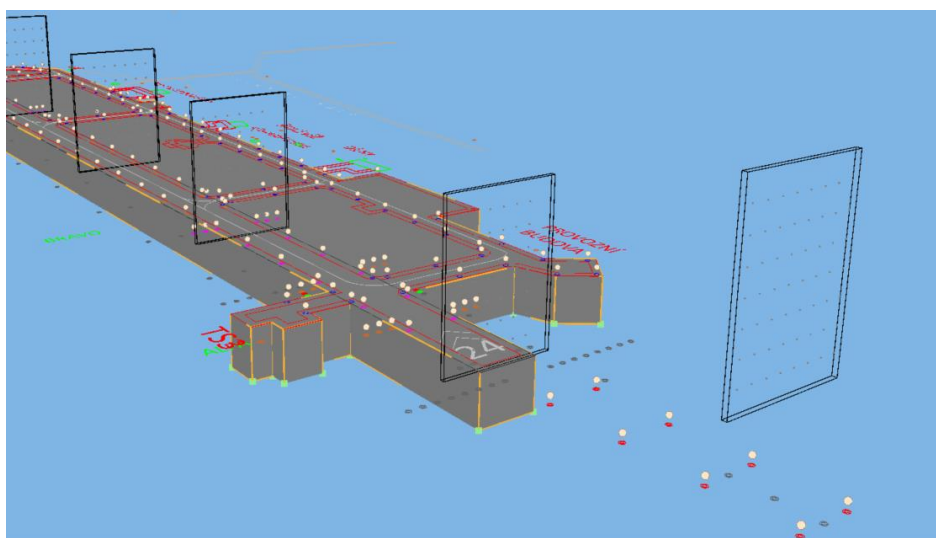
Světelné zdroje									
Množství	Název	Typ	Světelný tok [lm]	Příkon [W]	Činitel podání barev	Teplota chromatičnosti [K]	Životnost [h]	Skupina zdroje	
1	unkno		10	1,2	95	3000	2500	Žárovky	Nahradit Upravit
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Přidat zdroj</span> <span>Storno OK</span> </div>									

Obrázek 38 - Definování světelných veličin pro původní světelný zdroj



Obrázek 39 - Definování původního rozměru světelného zdroje

Po nadefinování světelného bodu a importu do knihy svítidel jsou světelné body rozmístěny dle Obrázek 31. Detail rozmístění svítidel je na Obrázek 40.



Obrázek 40 - Detail rozmístění telefonních žárovek

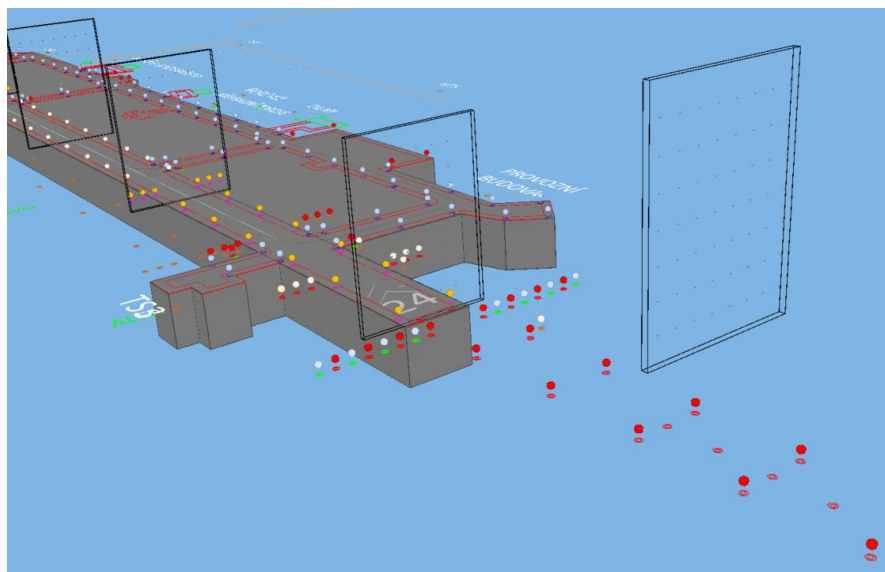
Pro návrh nové osvětlovací soustavy se postupovalo obdobně jako u současného stavu. Opět se museli nadefinovat svítidla (nyní v podobě klasických diod) a musela být nahrána do knihovny svítidel. Světelní parametry LED, které se nahráli do knihovny svítidel jsou zobrazeny v tabulce.

Tabulka 20 – Světelný tok LED

Barva LED	Světelný tok (lm)
Bílá	0,13
Žlutá	0,5
Zelená	4,71
Modrá	0,12
Červená	0,12



Dle nového návrhu je rozmístění světelných bodů kompletní a ctí letový předpis pro let 5-2. Při pohledu na Obrázek 34 si lze všimnout, že přibyla prahová příčka (okruh číslo 5) obsahující kombinaci červených a zelených diod. Obrázek 41 zobrazuje opět rozmístění světelných bodů, na kterém si lze všimnou barevné odlišnosti oproti předchozímu návrhu. Rozmístěné LED opět zobrazují část obrazce, které dávají pilotovi signál pro přistání z východu.

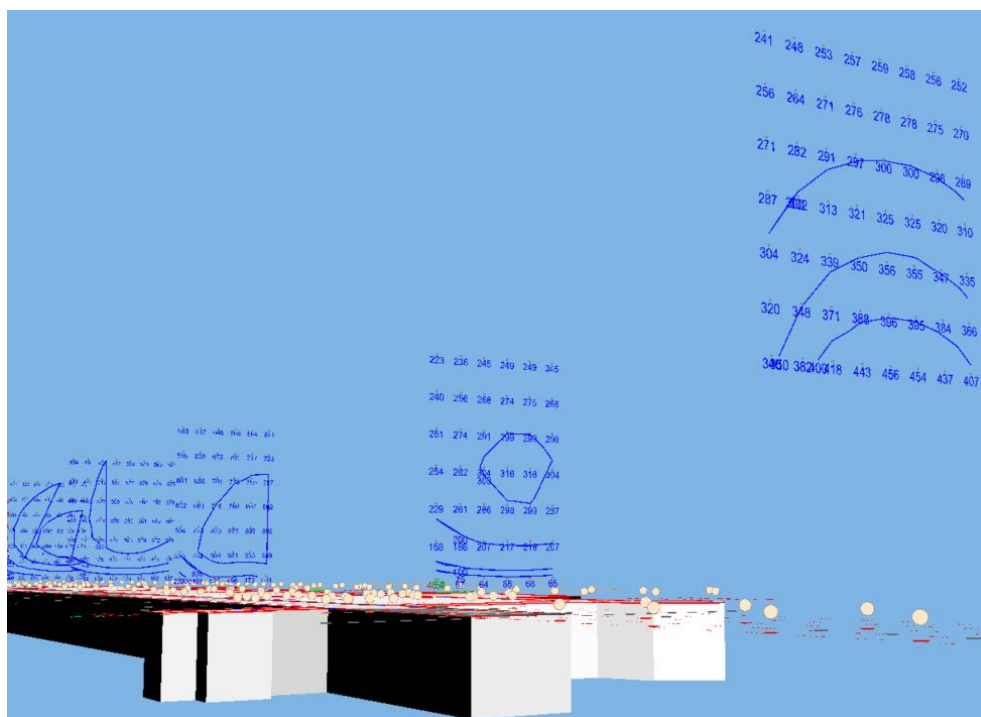


Obrázek 41 - Detail rozmístění světelných LED diod

#### 4.3.3 Porovnání výsledků ze simulačního programu

Jelikož model nesvíti na nějakou konkrétní plochu, ale pouze vyzařuje světelný tok do prostoru, kde bude stát návštěvník muzea, hodnoty osvětleností nevycházejí z určité normy, ale lze pro představu porovnat hodnoty osvětlenosti ze simulačního programu. Normy z osvětlování reálných letištních ploch udávají hodnoty intenzit osvětlení pro přibližovací plochy pro letadla, které přijíždějí k terminálu nebo pro plochy, kde dochází k odbavení letadel. Ve výsledku normy určují hodnoty intenzit osvětlení pro světelné zdroje, které osvětlují letištní plochu. Pro případ návěstidel, které jsou umístěna okolo vzletové a přistávací dráhy je hlavně důležitá směrovost návěstidel (jakým směrem mají světelný tok vyzařovat).

Výstupem ze simulace jsou tedy hodnoty průměrné normálové hodnoty osvětlenosti segmentů 1-9, které kopírují dráhu pilota při přistávacím manévru. Pro představu, Obrázek 42 nastiňuje hodnoty osvětlenosti původního stavu a mapy izoluxových spojnic bodů.

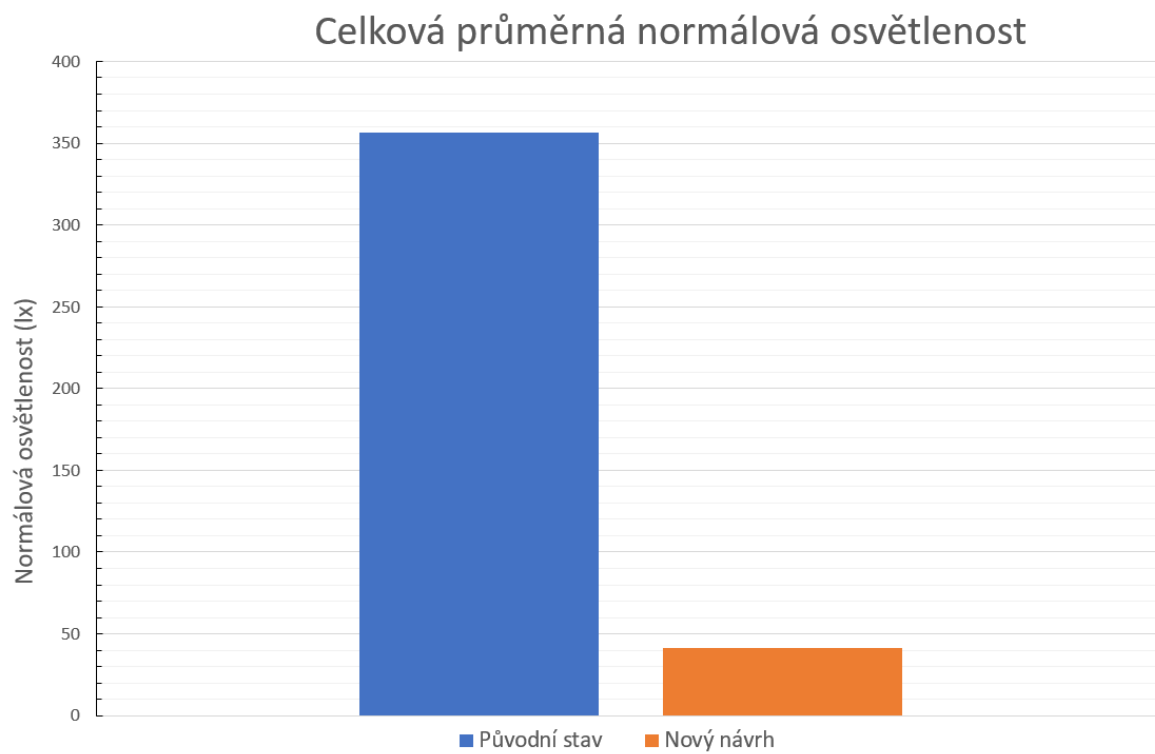


Obrázek 42 - Hodnoty osvětlenosti srovnávacích rovin a izoluxové spojnice

Pro porovnání průměrných hodnot je vytvořena Tabulka 21 rozdělená dle počtu segmentů dle Obrázek 37.

Tabulka 21 - Hodnoty normálových hodnot osvětlenosti

		Srovnávací rovina								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Původní stav	Průměrná osvětlenost (lx)	24,9	91,1	322,1	231,7	692,1	463,2	753,3	627,4	0,1
Nový návrh		0,3	1,1	3,6	258	30,5	11,6	12,1	23,9	0,1



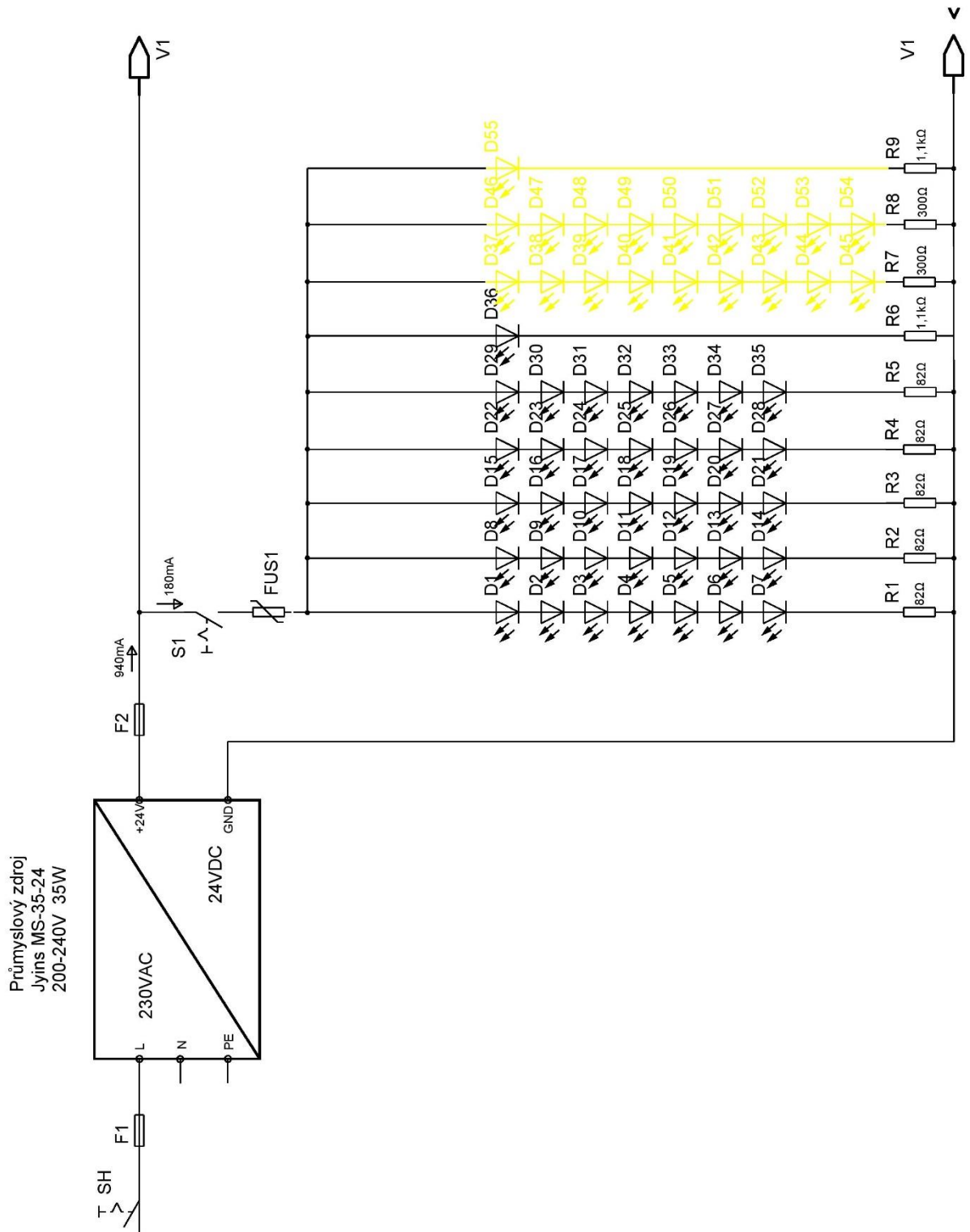
**Obrázek 43 - Porovnání průměrné osvětlenosti modelu původního stavu a nového návrhu**

## 5 Návrh elektroinstalace nového návrhu

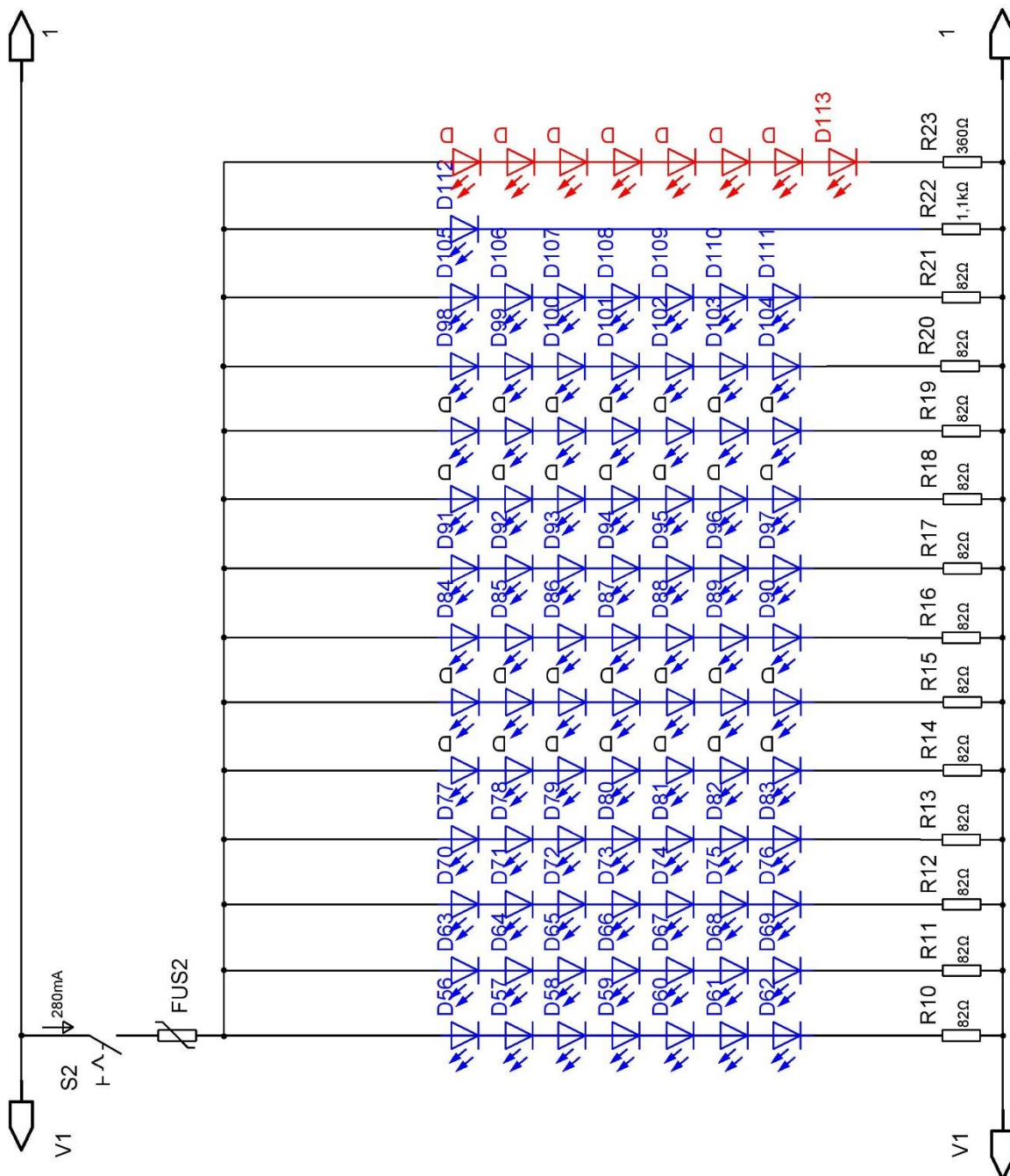
V této kapitole je uvedené nově navržené celkové schéma elektroinstalace včetně výpočtu výkonových, napěťových a proudových poměrů v jednotlivých okruzích.

### 5.1 Popis a schéma elektroinstalace

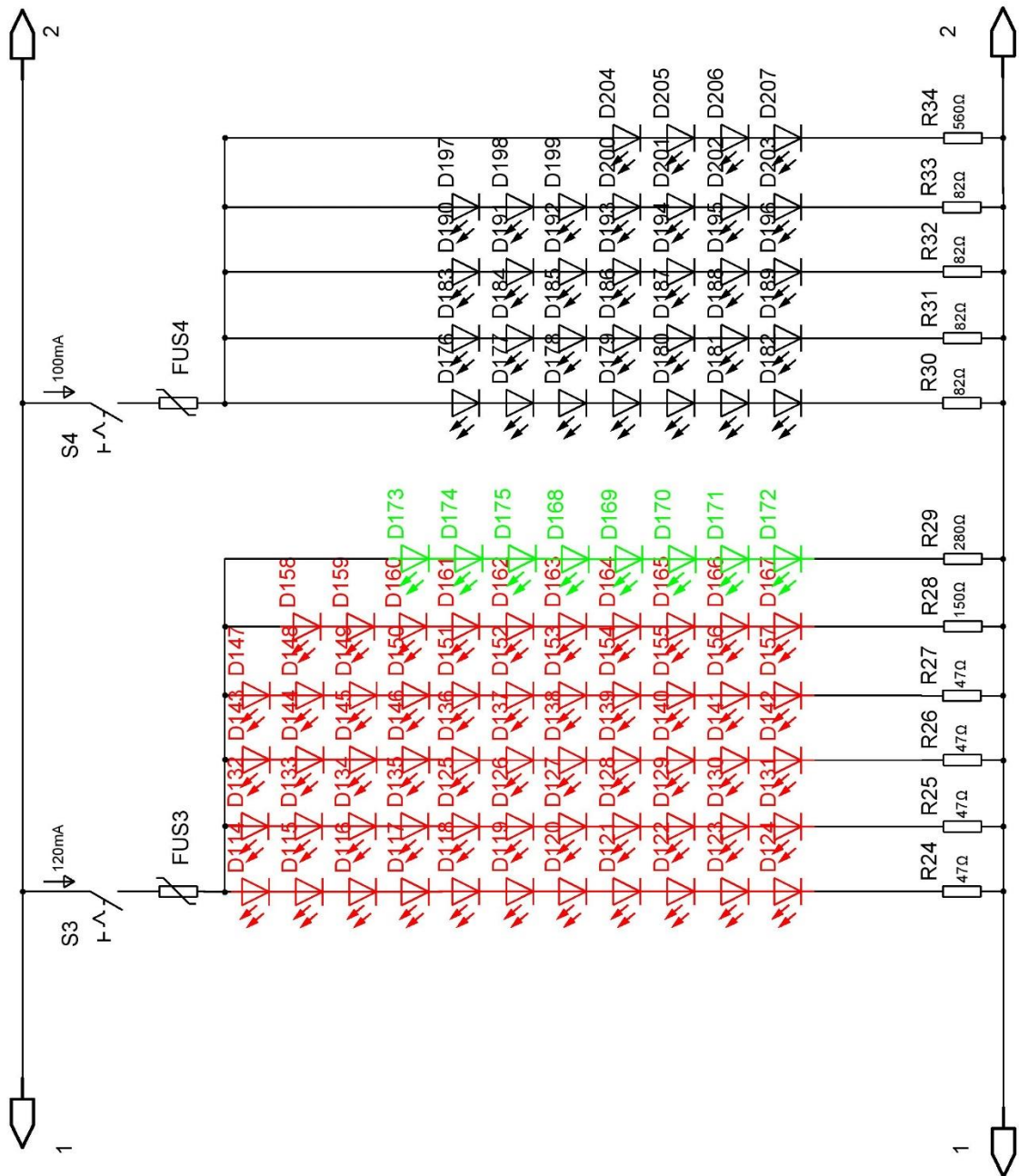
Rozdělení okruhů pro nový návrh elektroinstalace je obdobný s návrhem v kapitole 4.2.2 s rozdílem, že okruhy číslem 7, 8, 9, 11, 12, 13 jsou sjednoceny do jednoho okruhu z důvodu zjednodušení schématu a stejné funkce (LED v těchto okruzích značí provozní budovy, či trafostanice, nikoli návěstidla). Následující tři obrázky znázorňují celkové schéma elektroinstalace. Pod obrázky se nachází samotný popis instalace.



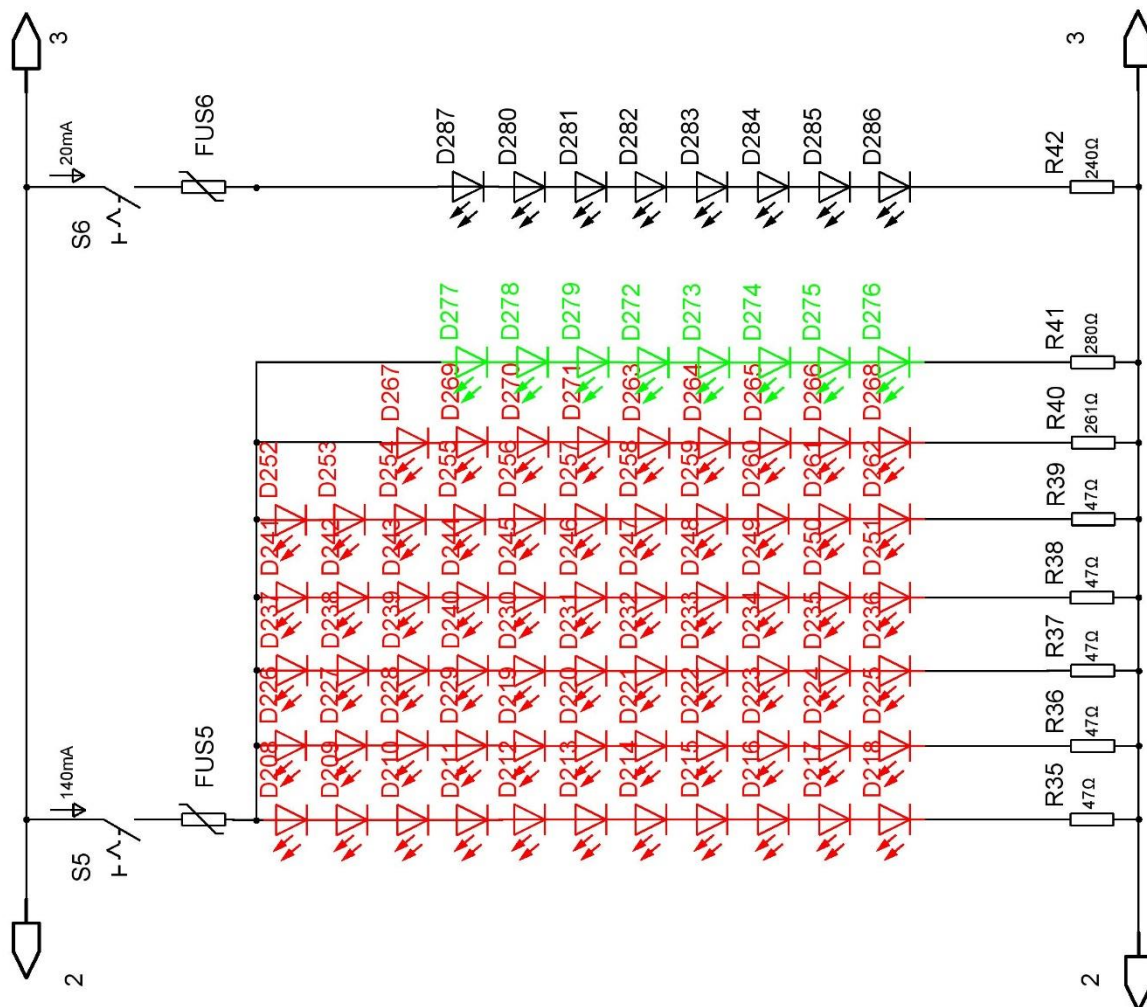
Obrázek 44 - Schéma elektroinstalace - 1. část



Obrázek 45 - Schéma elektroinstalace - 2. část

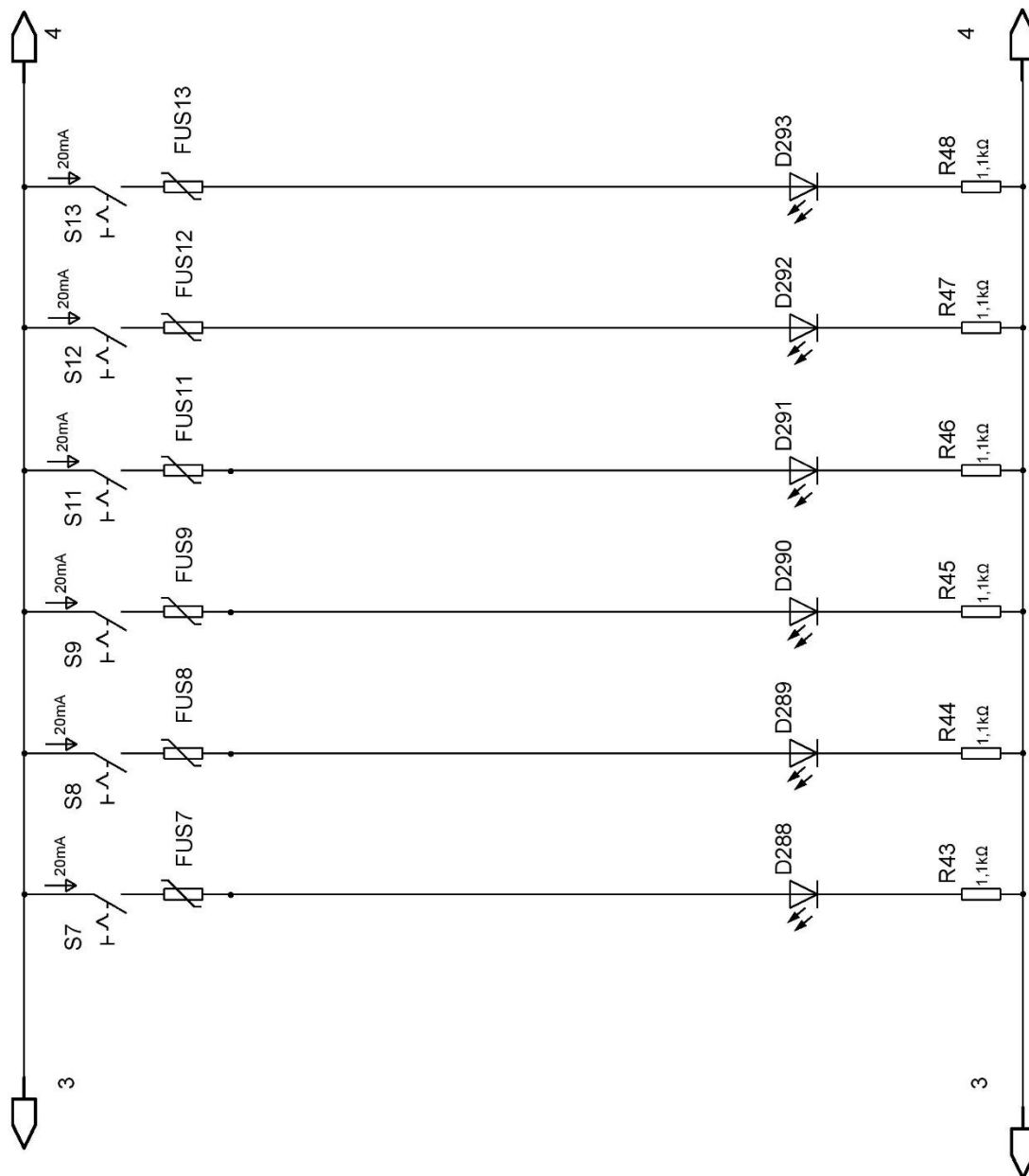


Obrázek 46 - Schéma elektroinstalace - 3. část

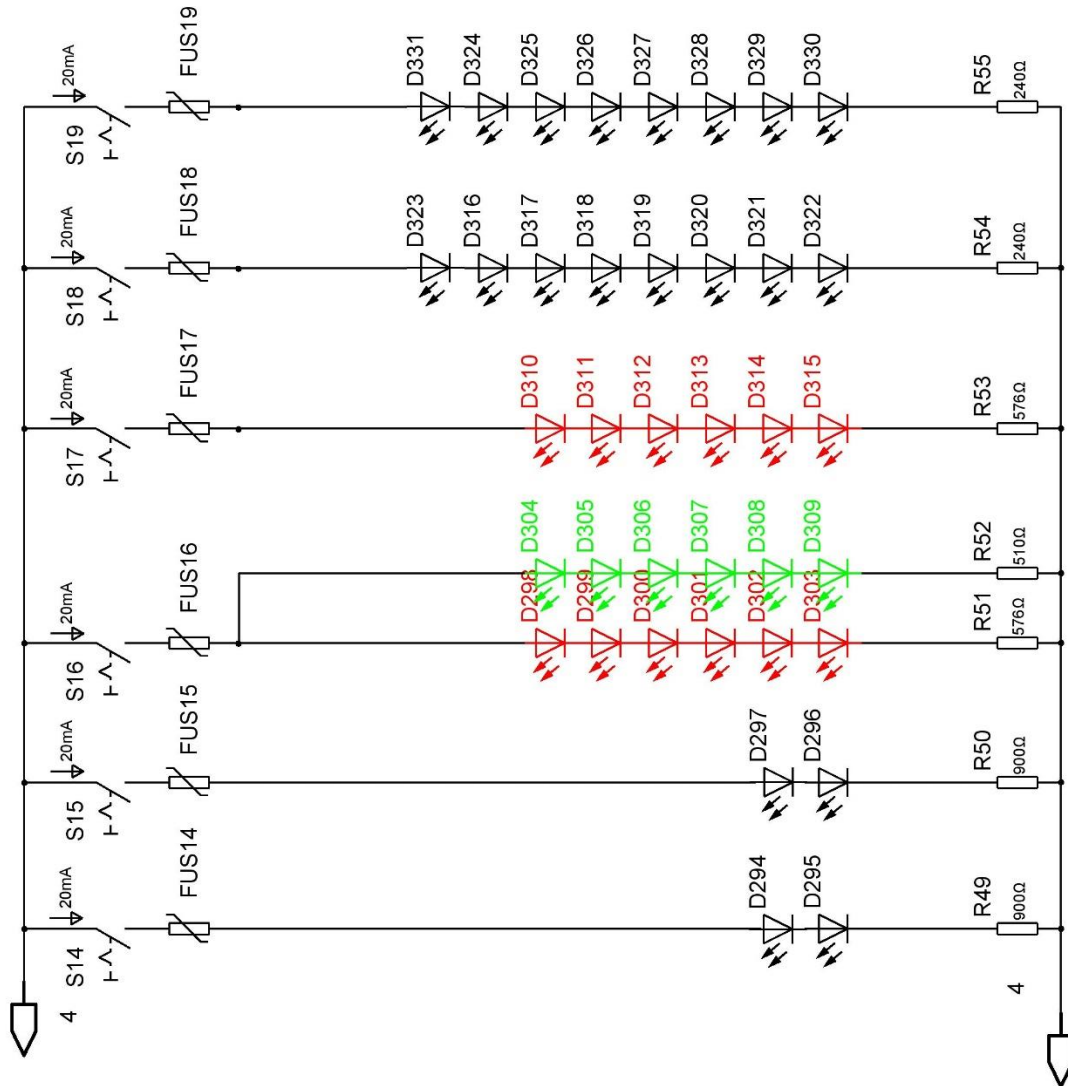


Obrázek 47 - Schéma elektroinstalace - 4. část





Obrázek 48 - Schéma elektroinstalace - 5. část



Obrázek 49 - Schéma elektroinstalace - 6. část

Model je napájen stejnosměrným průmyslovým zdrojem Jyins MS-53-12 s výstupem na 24 V. Zdroj má jmenovitý výkon 35 wattů, takže pokryje výkonové potřeby celého modelu. Tento zdroj napájí celkem 16 smyček a jednotlivé smyčky jsou rozděleny do větví tak, aby sério-paralelní zapojení LED splňovalo požadavek na napájecí napětí. To znamená, aby součet úbytků napětí na jednotlivých kusech LED nepřesáhl hranici 24 V a zdroj by nebyl přetěžován. Naopak pro vyrovnaní napětí na 24 V z důvodu toho, aby se na LED nevytvořilo přepětí, jsou před LED instalovány odporové předřadníky (R1-R55), jejichž hodnoty jsou vhodně zvolené, aby vytvořily žádaný úbytek napětí a aby bylo výsledné napětí na diodách a odporu 24 V. Hodnoty předřadných odporů jsou uvedeny na Obrázek 50. Každý jednotlivý okruh je spínán vlastním spínačem (S1-S19) s vypínacím proudem 6 A. Jištění je provedeno na straně před zdrojem, kdy na přívodních kabelech je umístěna válcová pojistka F1 (25A gG), z důvodů zkratů a nadproudů ve veřejné síti. Jistící prvek umístěný uvnitř obvodu za zdrojem (F2) chrání vnitřní elektroinstalaci a má hodnotu 1 ampér. Hodnota jeden ampér byla zvolena s ohledem na celkový proud, který teče obvodem a ten je 940 mA. Proto je hodnota taková, aby na případný nadproud pojistka zareagovala. Přívodní kabel je měděný, značením CYKY – J 3x1,5 mm<sup>2</sup> a vodič pro rozvedení a zapojení LED je CYLY 2x0,5 mm<sup>2</sup>. Za spínači jednotlivých okruhů jsou umístěny varistory (FUS1-(FUS19) chránící každou větev před případným vzniklým přepětím. Další použité vedlejší produkty vyskytující se ve schématu, jako jsou lišty a podobně jsou uvedeny v příloze.

## 5.2 Výpočet parametrů schématu

Hlavním cílem výpočtu schématu je výpočet předřadného odporu, který zajistí požadovaný úbytek napětí. Základní předpoklad je, že jmenovitý proud LED je 20 mA. Napětí LED se liší od barvy vyzařování a nejsou pevně stanovená a pohybují se v určitém rozptylu. Proto je vybrána zhruba střední hodnota jmenovitého napětí pro každou barvu LED. U bílé je jmenovitá hodnota napětí 3,2 V, u žluté 2 V, u modré 3,2 V, u červené 2,1 V, u zelené 2,3 V. Pro výpočet předřadného odporu je hlavním parametrem úbytek napětí, který se spočítá takto:

$$U_p = U_z - U_{LED} \quad (9)$$

Kde:  $U_p$  je vypočtený úbytek napětí, který by měl předřadník vytvořit.  $U_z$  je napětí zdroje, tedy 24 V.  $U_{LED}$  je celkové napětí na všech LED v jedné větvi.

Dále se vypočítá hodnota předřadného odporu z Ohmova zákona a jeho ztrátový výkon:

$$R_p = \frac{U_p}{I}; P_z = U_p * I \quad (10)$$

Kde  $R_p$  je vypočtená hodnota předřadného odporu.  $U_p$  je napětí na předřadném odporu a  $I$  je proud v dané větvi, který je pro všechny větve stejný.  $P_z$  je ztrátový výkon na předřadném odporu.

Následující Obrázek 50 znázorňuje vypočtené hodnoty zmíněných parametrů. Proud dané skupiny se vypočte součtem proudů jednotlivých větví za předpokladu, že proud ve větvi je 20 mA.

Okruh	Počet větví	LED	Celkový počet kusů	Napětí na LED (V)	Úbytek napětí (V)	Hodnota odporu předradníku ( $\Omega$ )	Ztrátový výkon na předradníku (W)	Proud skupiny (mA)
1	5	7	35	22,4	1,6	80	0,032	120
	1	1	1	3,2	20,8	1040	0,416	
1	2	9	18	18	6	300	0,12	60
	1	1	1	2	22	1100	0,44	
2	12	7	84	22,4	1,6	80	0,032	260
	1	1	1	3,2	20,8	1040	0,416	
2	1	8	8	16,8	7,2	360	0,144	20
	4	11	44	23,1	0,9	45	0,018	100
	1	10	10	21	3	150	0,06	
3	1	8	8	18,4	5,6	180	0,112	20
	4	7	28	22,4	1,6	80	0,032	100
	1	4	4	12,8	11,2	560	0,224	
5	5	11	55	23,1	0,9	45	0,018	120
	1	9	9	18,9	5,1	255	0,102	
5	1	8	8	18,4	5,6	280	0,112	20
	1	6	6	19,2	4,8	240	0,096	20
7,8,9,11,12,13	1	1	1	3,2	20,8	1040	0,416	20
14,15	1	2	2	6,4	17,6	880	0,352	20
16	1	6	6	12,6	11,4	570	0,228	20
16	1	6	6	13,8	10,2	510	0,204	20
17	1	6	6	12,6	11,4	570	0,228	20
18,19	1	6	6	19,2	4,8	240	0,096	20

Obrázek 50 - Parametry nově navržené elektroinstalace

## 6 Ekonomické a technické zhodnocení

V této kapitole jsou zhodnoceny celkové náklady na zhotovení obou návrhu letiště. Náklady zohledňují pořizovací ceny zdroje (pro napájení světelného obvodu), rozvodů a světelných zdrojů. Veškeré katalogové listy všech produktů, které byly zvoleny pro oba návrhy lze najít v příloze. Dále je v této kapitole vypočtená celková spotřebovaná energie za rok při denní průměrném svícení s ohledem na životnost světelného zdroje. Na závěr této kapitoly bude zhodnoceno kolik tepla proudí a sálá z LED a telefonních žárovek.

### 6.1.1 Pořizovací ceny pro původní zapojení letiště

Cena původního zdroje pro současné osvětlení letiště je nejasná, protože s jistotou nelze říct, kolik zhruba v době, kdy byl model zhotoven zdroj stál. Proto jsem vycházel ze současných cen trhu. Ve výsledku, jsou tyto ceny pouze orientační a říkají, kolik by zhruba model stál zrealizovat v dnešní době. Cena transformátoru ELEKTROKOV 230/24V je 1 158 Kč. Kabel pro současné zapojení byl zvolen CYLY 2Dx0,5 m a jeho cena za metr délky je 5,69 Kč/m. Po sečtení všech délek kabelů z Tabulka 18 a přičtení délky 20-ti procenty z důvodu rezervy je celková délka kabeláže 133,2 m. Telefonní žárovka umístěná na modelu letiště vyjde v dnešní době na 55 Kč. Název produktu je CT 53 24V 50mA T5,5. Celkový počet telefonních žárovek je 232 ks. Poté se ve výpočtu celkových nákladů vyskytují ceny spínačů, které spínají části obvodu, rozvaděč a drobný montážní materiál.

Ceny produktů jsem převážně hledal na internetu firmy Elfetex, která sídlí v Liberci a je dodavatelem elektromateriálu.

### 6.1.2 Celkové pořizovací náklady

V celkových pořizovacích nákladech jsou zahrnuty všechny položky, které jsou zohledněny v kapitole 6.1.2. počítá se zde s celkovou cenou světelného zdroje, rozvodu a napájení. Výpočet nákladů je dle vztahu:

$$I_n = N_z + N_z + N_v + N_s + N_r + N_m \quad (11)$$

$N_z$  je celková pořizovací cena telefonních žárovek,  $N_z$  je cena zdroje a  $N_v$  je celková pořizovací cena vodičů,  $N_s$  celková cena spínačů,  $N_r$  je cena rozvaděče,  $N_m$  je cena na

montážní materiál. Po dosazení do rovnice dostaneme celkovou pořizovací sumu:  $I_n = (232 * 55) + 1\,158 + (133,2 * 5,69) + (17 * 20,36) + 1250 + 175 = 16\,447\text{ Kč}$

### 6.1.3 Celkový instalovaný příkon telefonních žárovek

Pro výpočet celkového příkonu svítidel je vycházeno z katalogových hodnot telefonní žárovky. Proud  $50\text{ mA}$  a napětí  $24\text{ V}$  odpovídá příkonu jedné telefonní žárovky  $1,2\text{ W}$ . Celkový instalovaný příkon se vypočte následovně:

$$P_c = n * P \quad (12)$$

$n$  je celkový počet žárovek umístěných na modelu a  $P$  je příkon jedné telefonní žárovky CT 53 24V 50mA T5,5. Dosazením do rovnice (12) se získá celkový výkon:  $P_c = 232 * 1,2 = 278,4\text{ W}$ .

### 6.1.4 Spotřebovaná energie za rok

V této kapitole je zahrnuta spotřeba elektrické energie celého modelu, tvořené telefonními žárovkami. Spotřeba energie vychází z předpokladu, že model bude svítit v muzeu přibližně 6 hodin a všechny dny mimo svátky. Jelikož model je spínán po smyčkách, bral jsem v potaz stav, kdy bude svítit na plný výkon (model bude zobrazovat plný světelný obrazec). Spotřebovaná energie se určí ze vztahu:

$$E_c = (P_c * t_{den}) * t_{rok} \quad (13)$$

$P_c$  je celkový příkon soustavy,  $t_{den}$  je denní provoz modelu letiště v muzeu a  $t_{rok}$  – počet dnů provozu v kalendářním roce. Pro roční provoz byly zvoleny všechny dny, mimo státní svátky, kdy se předpokládá, že bude muzeum zavřené. Po dosazení do vztahu (13) vyjde celková spotřebovaná energie za rok:  $E_c = (278 * 6) * 352 = 587,14\text{ kWh}$ .

### 6.1.5 Celková cena energie za rok

Aktuální cena za jednu kWh činí 4,48 Kč. Celkové náklady na energii  $N_{ER}$  se vypočtou dle vztahu (14). Celkový počet hodin provozu modelu v muzeu za rok je 2112.

$$N_{ER} = E_c * N_{kWh} \quad (14)$$

$E_c$  je celková spotřebovaná energie za rok.  $N_{kWh}$  - je jednotková cena za jednu kWh. Po dosazení je získána celková cena za spotřebovanou energii během ročního využívání:  $N_{ER} = 587,14 * 4,48 = 2630,37$  Kč.

### 6.1.6 Pořizovací ceny pro nově navržené osvětlení

Postup pro určení celkové pořizovací ceny a ceny provozu za rok vychází obdobně jako zhodnocení současného stavu letiště. V novém návrhu však máme více světelných zdrojů.

Ceny všech produktů pro nový návrh zapojení modelu letiště jsou uvedeny v následující Tabulka 22.



Tabulka 22 - Materiál a celková pořizovací cena nového návrhu

Rekonstrukce modelu letiště Plzeň					
Nový stav					
Materiál					
p.č.	Popis	MJ	Množství celkem	Cena/MJ	Celkem
1	Kabel CYLY 2Dx0,5	m	187	5,02	938,74
2	Kabel CYKY-J 3x1,5	m	3	17,82	53,46
3	LED 5mm zelená	ks	16	13,00	208,00
4	LED 5mm modrá	ks	85	6,00	510,00
5	LED 5mm červená	ks	138	2,00	276,00
6	LED 5mm bílá	ks	96	4,00	384,00
7	LED 5mm žlutá	ks	19	4,00	76,00
8	Svorka RSP 4 řadová pojistková	ks	1	70,72	70,72
9	Pojistka CF 520210, F 1A	ks	1	2,29	2,29
10	SCHNEIDER Lišta NSYCS300PLM DIN 35 mm	ks	1	63,69	63,69
11	Spínač DESKO 3454-01625 vestavný	ks	19	20,36	386,84
12	ABB spínač M2SS2-10B černý	ks	1	204,41	204,41
13	Rezistor 82Ω	ks	21	2,90	60,90
14	Rezistor 1,1kΩ	ks	9	2,90	26,10
15	Rezistor 300Ω	ks	2	2,90	5,80
16	Rezistor 360Ω	ks	1	2,90	2,90
17	Rezistor 47Ω	ks	9	2,90	26,10
18	Rezistor 150Ω	ks	1	2,90	2,90
19	Rezistor 280Ω	ks	2	0,50	1,00
20	Rezistor 560Ω	ks	1	2,90	2,90
21	Rezistor 261Ω	ks	1	2,90	2,90
22	Rezistor 240Ω	ks	3	2,90	8,70
23	Rezistor 900Ω	ks	2	2,90	5,80
24	Rezistor 576Ω	ks	2	0,50	1,00
25	Rezistor 510Ω	ks	1	2,90	2,90
26	Pojistka před zdrojem PV22 25A	ks	1	46,05	46,05
27	Varistor, THT, Uac: 17V	ks	19	3,90	74,10
28	Průmyslový zdroj Jyins MS-35-24 200-240V 35W	ks	1	225,00	225,00
29	Rozvaděč pro ovládání okruhů	ks	1	1 250,00	1 250,00
30	Drobný montážní materiál	kpl	1	175,00	175,00
<b>Cena celkem</b>					<b>5 094,20</b>

### 6.1.7 Celkový instalovaný příkon LED

Celkový instalovaný příkon nově navržené soustavy vychází ze součtu jednotlivých jmenovitých proudů skupin barev LED vyskytující se v Obrázek 50. Celkový proud procházející obvodem má hodnotu 940 mA při napětí 24 V. Celkový výkon se vypočítá jako součin napětí zdroje a celkového proudu dle vztahu:  $P_c = U_z * I_c = 24 * 940 = 22,56 W$ .

### 6.1.8 Spotřebovaná energie za rok

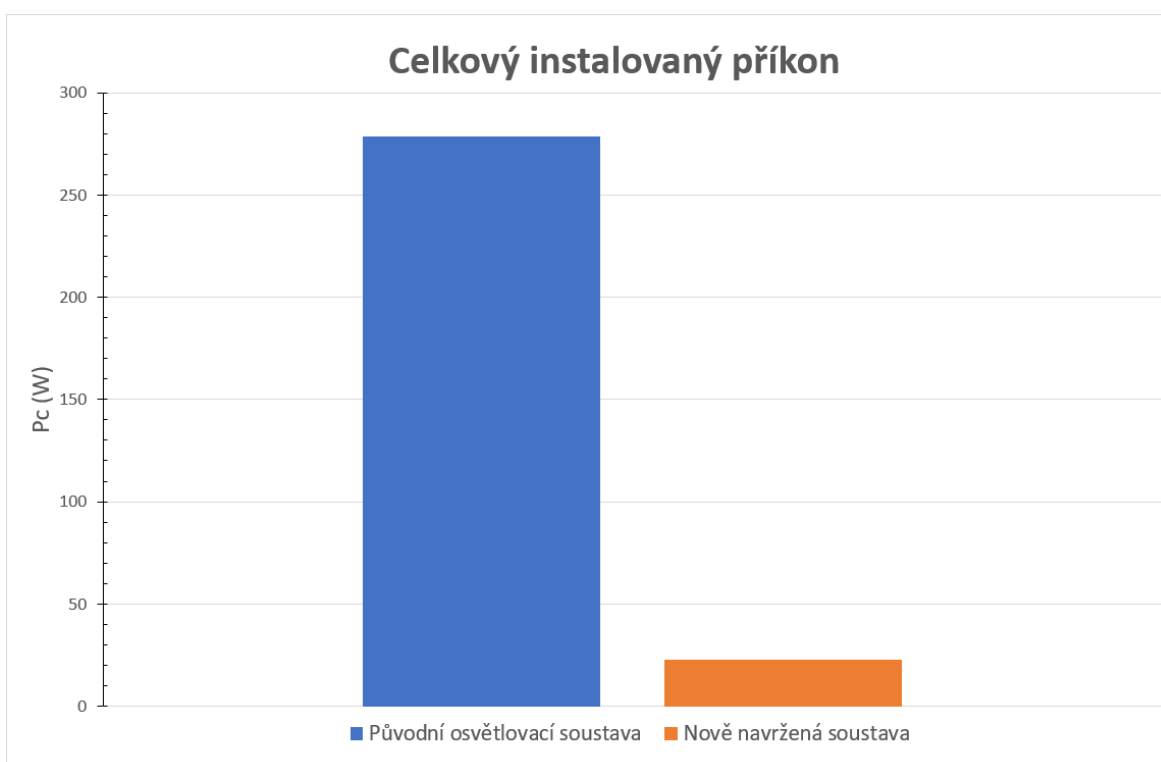
V této podkapitole je zahrnutá celková spotřeba nově navržené soustavy. Spotřeba je

dána celkovým instalovaným výkonem tvořené jednotlivými příspěvky skupiny LED. Výpočet vychází z rovnice (13).  $E_c = (22,56 * 6) * 352 = 47,65 \text{ kWh}$ .

### 6.1.9 Celková cena energie za rok

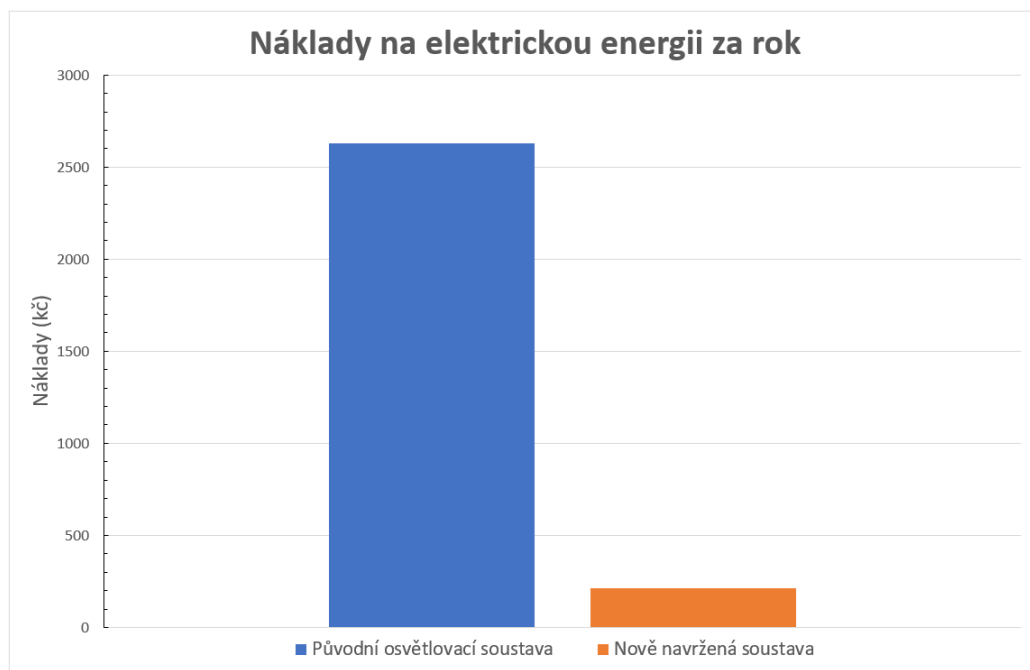
Celková cena energie se vypočte obdobným způsobem jako v kapitole 6.1.5. Náklady na energii  $N_{ER}$  za rok se spočtou ze vztahu (14). Po dosazení celková cena vyjde takto:  $N_{ER} = 47,65 * 4,48 = 213,47 \text{ Kč}$ .

Na Obrázek 51 lze vidět graf porovnávající celkový instalovaný příkon současného zapojení modelu s příkonem nového návrhu modelu letiště.



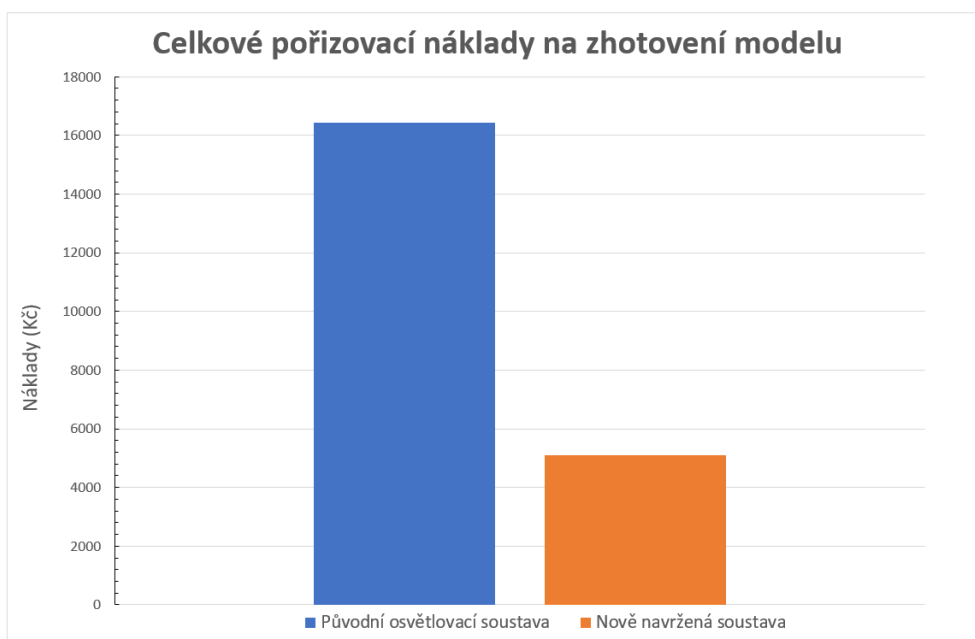
Obrázek 51 – Porovnání celkového instalovaného příkonu

Na Obrázek 52 je zobrazen graf porovnání celkových nákladů na elektrickou energii za rok u původní osvětlovací soustavy a u nově navržené soustavy.



Obrázek 52 – Porovnání nákladů na elektrickou energii

Na Obrázek 53 je zobrazen graf porovnání celkových pořizovacích nákladů na zhotovení modelu, kde jsou zahrnuty ceny produktů nutné pro zhotovení elektroinstalace.



Obrázek 53 - Porovnání pořizovacích nákladů

## 6.2 Ohřev v okolí světelných zdrojů

V této kapitole je zohledněno to, že se veškerá energie, dodaná světelnému zdroji, se zdaleka nepřemění na energii světelnou, ale v každém světelném zdroji vznikají určité ztráty. Ztráty jsou zohledněny v parametru světelné účinnosti, která udává efektivitu přeměny

elektrické energie na viditelné světlo. Nejlépe to popisuje parametr měrného výkonu, který popisuje kolik světelného toku získáme na jednotku watt. V současné době bílé led dosahují teoretické účinnosti  $320 \text{ lm/w}$ . Skutečný maximální možný měrný výkon se pohybuje okolo  $200 - 250 \text{ lm/w}$ . V tomto ohledu nemají LED konkurenci. Účinnost žárovek je přibližně 10 - 20 % a velmi účinné led diody dosahují hodnot 40 a 50%. Zbylé procenta z celkového výkonu se přeměnní formou ztraceného, Jouelova tepla. Pro výpočty byla zvolena účinnost telefonních žárovek 10 % a THT LED 25%, jelikož zvolené diody nejsou co se týče vývoje nejnovější.

### 6.2.1 Výpočet ohřevu pomocí Jouleových ztrát

Při výpočtu ztrát bylo zohledněno to, že soustava zobrazuje všechny obrazce a odebírá maximum energie po dobu svícení 6 hodin.

Pro současné zapojení, kde figurují telefonní žárovky se výpočet provede takto: Nejdříve se vypočte výkon, který reprezentuje ztráty:

$$P_z = P_z - (P_z * \eta) \quad (15)$$

$P_z$  – je ztrátový výkon vznikající na žárovce, které vzniknou na žárovce,  $P_z$  – je výkon jedné žárovky,  $\eta$  – je účinnost světelného zdroje. Po dosazení vyjde:  $P_z = 1,2 - (1,2 * 0,1) = 1,08 \text{ W}$ .

Po spočtení celkového ztrátového výkonu z rovnice (15) se vypočte se vztahu (16) celkové Joulovo teplo.

$$Q = U * I * t * n = P_z * t * n \quad (16)$$

$Q$  – je teplo, které vzniká na vlákne žárovky průchodem elektrického proudu.  $U$  je napětí žárovky,  $I$  je proud tekoucí žárovkou,  $t$ - doba svícení v sekundách v jednom dni,  $P_z$  je ztrátový výkon jedné žárovky,  $n$  je počet žárovek. Po dosazení dostaneme výsledné Jouleovo teplo, poníženo o účinnost telefonní žárovky, která je 10 %.:  $Q = 1,08 * 21600 * 232 = 5\,412,096 \text{ kJ}$ .

Obdobně se vychází i pro výpočet celkového Jouelova tepla u nového návrhu s tím, že v tomto případě k Jouleovému teplu, které vzniká na LED přičteme ještě ztrátový výkon na všech předřadnicích. Jelikož odporový předřadník má tepelné ztráty, zahřívá se. Po sečtení celkového ztrátového výkonu LED a předřadníku (vychází se z Obrázek 50) je celkový ztrátový výkon  $P_z = 8,98 W$ . Ztrátový výkon je dosazen do rovnice (16) a vyjde výsledné Jouelovo teplo:  $Q = 8,98 * 21600 = 193,968 kJ$ .

Na Obrázek 54 je vyobrazen graf porovnávající celkové tepelné ztráty původní a nově navržené osvětlovací soustavy.



**Obrázek 54 - Porovnání ztrát v podobě Jouelova tepla**

## Závěr

Cílem diplomové práce bylo provést modernizaci osvětlení modelu vojenského letiště, respektive nahradit starší telefonní žárovky, které symbolizují návěstidla, novějším modernějším světelným zdrojem.

V práci bylo popsáno k čemu model dříve sloužil, co model zobrazoval, a jak se s modelem nakládá v současné době. Pro podrobný popis modelu se vycházelo z leteckého předpisu SP-2, který určuje rozmístění a charakteristiku návěstidel. Z důvodu chybějících částí návěstidel byla navržena nová osvětlující soustava, která doplnila chybějící části návěstidel leteckého předpisu. Tato soustava model zkompletovala. Jako nový zdroj pro navrženou soustavu byly vybrány LED diody THT, které snížili celkovou spotřebu energie. Po výběru světelného zdroje bylo v práci prezentováno kompletní schéma nově navrženého zapojení. Na schématu jsou znázorněny jednotlivé součástky a jejich jednotlivé propojení. Navržené schéma ctí předpis SP-2 s ohledem na možnost volby zobrazení světelného obrazce. Uživatel si tedy může na modelu zobrazit, která návěstidla se využívají k manévru přistávání, a která pro vzlet.

Po výběru nového světelného zdroje a nového zapojení modelu se v práci porovnávaly obě varianty se zřetelem ekonomickým a technickým. S ohledem na světelné veličiny byla v programu BuildingDesign měřena průměrná normálová osvětlenost, kdy telefonní žárovky dosahují větších hodnot osvětlenosti než LED. To je způsobené větším světelným tokem, které žárovky mají. Nicméně pro samotnou signalizaci na modelu postačí i LED zdroje. Co se týče příkonu a spotřeby elektrické energie, s jistotou lze říct, že LED jsou v tomhle ohledu daleko napřed nežli telefonní žárovky. LED jsou v současnosti nejlepší volbou pro úsporu elektrické energie. Jsou nízko napěťové a mají větší účinnost přeměny elektrické energie na světelnou. Telefonní žárovky potřebují daleko větší napětí a většina přivedené energie se odvede ve formě tepelných ztrát. U nového zapojení dochází k nevětšímu ohřevu na odporovém předřadníku, nežli na samotném světelném zdroji. Při ekonomickém porovnání obou variant je vidět, že levnější je nový návrh, kdy cenu původního zapojení značně ovlivňuje cena žárovek, která je mnohonásobně vyšší než LED.

Závěrem lze usoudit, že nový návrh zapojení osvětlení modelu má více výhod než současné zapojení a záleží, jestli se v budoucnu nového návrhu někdo ujme a fyzicky model

zmodernizuje. Nicméně chci složit úctu pánům Oldřichovi Kovářovi a Pavlu Baránkovi, kteří na tehdejší možnosti vytvořili velice krásný model, který doufám bude sloužit i další léta.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] HABEL, Jiří. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [2] PETŘÍČEK, Ivo. *01\_svetlo\_obecne* [online]. Dostupné z: [https://www.pslib.cz/ivo.petricek/prezentace/vyuka\\_ELZ/01\\_svetlo\\_obecne.ppsx](https://www.pslib.cz/ivo.petricek/prezentace/vyuka_ELZ/01_svetlo_obecne.ppsx)
- [3] LINDA, Josef. *Elektrické světlo. [Část] 1 [Část] 1*. Plzeň: Západočeská univerzita, 1993. ISBN 978-80-7082-094-0.
- [4] HABEL, Jiří. *Světelná technika A*. B.m.: České vysoké učení technické v Praze, ediční středisko ČVUT, Praha 1, Husova 5, nedatováno.
- [5] SHARE AND DISCOVER KNOWLEDGE ON LINKEDIN SLIDESHARE. *Annex 14 ICAO ( English Version )*. [online]. 2020. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/hronaldo10/annex-14-icao-english-version>
- [6] ČSN CEN/TR 13201-1 *Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení*. B.m.: Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2016
- [7] *AERODROME DESIGN MANUAL Part 4 Visual Aids / Guille Rc - Academia.edu*. [online]. 2020. Dostupné z: [http://www.academia.edu/23692172/AERODROME\\_DESIGN\\_MANUAL\\_Part\\_4\\_Visual\\_Aids](http://www.academia.edu/23692172/AERODROME_DESIGN_MANUAL_Part_4_Visual_Aids)
- [8] ČSN EN 13201-2 *Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky*. B.m.: Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2016
- [9] Sestupové svítidlo SEDLO. *valka* [online]. Dostupné z: <https://www.valka.cz/CZK-MLOK-mobilni-letistni-osvetlovaci-komplet-t63659>
- [10] ČSN EN 13201-3 *Osvětlení pozemních komunikací - Část 3: Výpočet*. B.m.: Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2016
- [11] ČSN EN 13201-4 *Osvětlení pozemních komunikací - Část 4: Metody měření*. B.m.: Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2016
- [12] ČSN EN 13201-5 *Osvětlení pozemních komunikací - Část 5: Ukazatelé energetické náročnosti*. B.m.: Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2016
- [13] *Katalog – Letiště a heliporty* [online]. B.m.: Document Moved. 2016. Dostupné z: <https://www.transcon.cz/cz/pdf-catalog>
- [14] LINDA, Josef. *Elektrické světlo II*. Plzeň: Západočeská univerzita, 1995. ISBN 978-80-7082-167-1.
- [15] ING. ILONA MUŠÁLKOVÁ. *Standardy pro zařízení veřejného osvětlení* [online]. B.m.: ČEZ Energetické služby, s.r.o. 31. leden 2018. Dostupné



z: [https://www.cez.cz/edee/content/file-other/cezes/nase-sluzby/verejne-osvetleni/standardy-vo\\_cez-energeticke-sluzby\\_final.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file-other/cezes/nase-sluzby/verejne-osvetleni/standardy-vo_cez-energeticke-sluzby_final.pdf)

[16] *Document Moved* [online]. Dostupné z: <https://www.transcon.cz/cz/docman-list/catalog/czech/prislusenstvi/151-cz-07-01-00-cabels/file>

## Přílohy

### Příloha 1 – Katalogový list telefonní žárovky – původní zapojení


**NBB Bohemia s.r.o.**  
 Výroba a prodej osvětlovací techniky, Sídliště 693, 407 22 Benešov nad Ploučnicí



#### Technický list výrobku

Telefonní žárovka

**CT 53 žár.tel. 24V 50mA**  
**T5,5**



Objednací číslo

**415019000**

Jednotkový EAN

**8595209904607**

#### Obecné informace

Typ/popis výrobku	Telefonní žárovka
Varianta výrobku/model	Miniaturní
Značka/výrobce	NBB
Typ zdroje	Incandescent
Nominální životnost (h)	2500 h
Stmívatelné běžnými stmívači	Ano
Nominální napětí (V)	24,0 V
Typ patice	T5.5
Kryptonové provedení	Ne
Halogenové provedení	Ne
Typ světelného zdroje	Vláknová žárovka
Nominální napětí (V)	24 V
Xenonové provedení	Ne
Provozní napětí zdroje	24 V

#### Elektrické údaje

Nominální příkon	1,2 W
Jmenovitý příkon (W)	1,2 W
Provozní napětí (V)	0 - 25 V
Typ napětí	AC/DC
Nominální proud	50 mA
Příkon světelného zdroje	1,20 W
Typ napětí	AC/DC
Nominální proud	0,05 A

#### Provozní informace

Provozní poloha	libovolná
Vhodné pro osvětlování v domácnostech	ne
Zamýšlený způsob použití	Optická signalizace
Vhodné pro svítilny	Ne
Vhodné pro signalizaci	Ano

**Fyzické údaje**

Rozměry (mm)	Ø 5x30 mm
Způsob balení	1 - 100
Hrubá hmotnost výrobku	102 g box/balení g
Čistá hmotnost výrobku	0,8 g
Celková délka	30 mm
Průměr	5 mm
Tvar baňky	Válcová
Tvar vlákna	C2F

**EuP parametry**

Střední životnost B50 (h)	2500 h
Míra předčasných poruch	<1 %
Jmenovitá životnost	2500 h

**Světelné parametry**

Světelný tok (lm)	10 lm
Barevná teplota CCT	3000 K

**Bezpečnost**

Bezpečnostní pokyny na internetu	<a href="http://www.nbb.cz">www.nbb.cz</a>
----------------------------------	--

**Energetické údaje**

Měrný výkon	9 lm/W
-------------	--------

**Popis**

Telefonní dlouhoživotnostní žárovky LILIPUT T5,5 (5x30 mm) pro signalizaci.

NBB Bohemia s.r.o., Sídliště 693, 407 22 Benešov nad Ploučnicí  
<https://www.nbb.cz/> | [hotmail@nbb.cz](mailto:hotmail@nbb.cz)

Copyright © 2019 NBB Bohemia s.r.o. Všechna práva vyhrazena.

## Příloha 2 - Katalogový list transformátoru – původní zapojení




Kód ELFETEX  
EAN  
Kód výrobce

10.033.395  
8595194407527  
JBC E4050 - 1126

MO cena s DPH

1 158,61 Kč/ks


- 1 +

 do košíku

 [Přidat k porovnání](#)

 Skladem pro e-shop (7 ks)

Zkontrolovat dostupnost na pobočkách

 Pokud nakoupíte ve všední den do 17:00 hodin, obdržíte zboží následující pracovní den. Pro přípravu zboží z pobočky vyberte osobní odběr a dnešní datum v košíku.

### Informace o produktu

### Ke stažení

Jednofázový bezpečnostní transformátor:

- s převodem napětí 230 V / 24 V
- o výkonu 320 VA, 50 / 60 Hz
- s krytím IP00
- svorky IP20
- třídou izolace B
- teplotou okolí 40 °C
- transformátor se standardními plechy EI a se svařeným jádrem je vyroben dle normy ČSN EN

### Příloha 3 – Katalogový list vodiče – původní zapojení



#### KABLO VRCHLABÍ

Kód ELFETEX 10.049.698  
 EAN 8591043182027  
 Kód výrobce DP55000502XBFN

MO cena s DPH 5,69 Kč/m

Komentář

- 1 +

do košíku

Přidat k porovnání

Skladem pro e-shop (540 m)

Zkontrolovat dostupnost na pobočkách

Pokud nakoupíte ve všední den do 17:00 hodin, obdržíte zboží následující pracovní den. Pro přípravu zboží z pobočky vyberte osobní odběr a dnešní datum v košíku.

#### Informace o produktu

#### Ke stažení

Ohebné kabely, Použití: V domácnostech, kuchyních, úřadech, pro lehký provoz pro lehká přenosná zařízení (např. stolní lampy, kancelářské stroje). Nevhodné pro venkovní užití v průmyslu nebo zemědělských budovách a pro přenosné nářadí mimo domácnost.

### Příloha 4 – Katalogový list spínače – původní zapojení



#### DESKO DESNÁ

Kód ELFETEX 10.069.793  
 EAN 8595108200947  
 Kód výrobce 3454-01625

MO cena s DPH 20,36 Kč/ks

- 1 +

do košíku

Přidat k porovnání

Skladem pro e-shop (8 ks)

Zkontrolovat dostupnost na pobočkách

Pokud nakoupíte ve všední den do 17:00 hodin, obdržíte zboží následující pracovní den. Pro přípravu zboží z pobočky vyberte osobní odběr a dnešní datum v košíku.

#### Informace o produktu

Jednopolový spínač vestavný 6A/250V

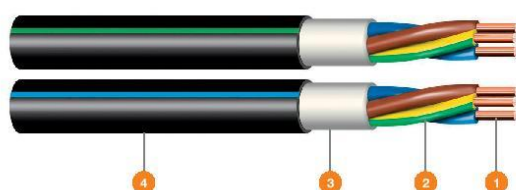
## Příloha 5 – Katalogový list kabelu CYKY-J 3x1,5– nový návrh



## nkt instal PLUS CYKY 450/750 V

## Instalační kabely

Installation cables



Standard

PN-KV-061-00

## Konstrukce

Construction

- |   |  |   |                                      |   |                                 |   |                                |
|---|--|---|--------------------------------------|---|---------------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | Měděná plná holá jádra<br><i>Solid plain copper conductors</i> | 2 | Izolace PVC<br><i>PVC insulation</i> | 3 | Výplňový obal<br><i>Bedding</i> | 4 | Plášť PVC<br><i>PVC sheath</i> |
|---|--|---|--------------------------------------|---|---------------------------------|---|--------------------------------|

## Použití

Application

Kabel je určen pro pevné uložení ve vnitřních a venkovních prostorách, v zemi, v betonu.

Kabel je odolný proti UV záření a proti šíření plamene dle ČSN EN 60332-1-2.

U těchto kabelů snadno rozlišíte 2 základní provedení: 3 × 1,5 mm<sup>2</sup> vždy s modrým pruhem a 3 × 2,5 mm<sup>2</sup> vždy se zeleným pruhem.

*The cable is designed for fixed installation, indoors and outdoors, in the ground and in concrete.*

*The cable is resistant to UV radiation and to flame propagation according to ČSN EN 60332-1-2.*

*At these cables you can easily recognize 2 main types: 3 × 1,5 mm<sup>2</sup> always with blue stripe and 3 × 2,5 mm<sup>2</sup> always with green stripe.*

## Vlastnosti

Properties

Jmenovité napětí U <sub>0</sub> /U <i>Rated voltage</i>	450/750 V	Barva pláště <i>Colour of sheath</i>	černá s modrým nebo zeleným pruhem <i>black with blue or green stripe</i>
Zkušební napětí <i>Test voltage</i>	2,5 kV	Odolnost proti šíření plamene <i>Flame spread resistance</i>	ČSN EN 60332-1-2
Maximální provozní teplota při zkratu <i>Maximal short-circuit temperature</i>	+160 °C	Třída reakce na oheň dle EN 50399 <small>požadavek vyhlášky MV č.23/2008, č.268/2011)</small> <i>CPR class</i>	E <sub>ca</sub>
Maximální provozní teplota jádra <i>Maximal conductor operating temperature</i>	+70 °C	UV stabilita <i>UV stability</i>	ano <i>yes</i>
Rozsah teplot při provozu <i>Temperature range for handling</i>	-30 až +70 °C <i>from -30 up to +70 °C</i>	Balení <i>Packaging</i>	kruhy a bubny <i>coils and drums</i>
Minimální teplota pokládky a manipulace s kabelem <i>Minimal temperature for laying and manipulation</i>	+5 °C	Certifikát <i>Certificate</i>	EZÚ
Minimální teplota skladování <i>Minimal storage temperature</i>	-30 °C	RoHS <i>RoHS</i>	ano <i>yes</i>
Barva izolace <i>Colour of insulation</i>	HD 308 S2	REACH <i>REACH</i>	ano <i>yes</i>



## nkt instal PLUS CYKY 450/750 V

### Mechanické vlastnosti

Mechanical properties

Počet a průřez žil No. of cores and cross-section	Tvar jádra Shape of conductor	Jmenovitá tloušťka izolace Nominal insulation thickness	Jmenovitá tloušťka pláště Nominal sheath thickness	Průměr inf. Diameter approx.	Hmotnost inf. Cable mass approx.	Poloměr ohybu Bending radius
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	kg/km	mm
3x1,5	RE	0,7	1,0	7,8	107	32
3x2,5	RE	0,8	1,0	9,1	154	46

### Elektrické vlastnosti

Electrical properties

Počet a průřez žil No. of cores and cross-section	Tvar jádra Shape of conductor	Činný odpor při 20 °C DC resistance at 20 °C (min.)	Zatížitelnost na vzduchu Current carrying cap. in air
mm <sup>2</sup>		Ω/km	A
3x1,5	RE	12,531	20
3x2,5	RE	7,519	25

Tyto informace byly poskytnuty pouze pro informativní účely a neobsahují žádná vyjádření, právně závazné prohlášení ani záruky. Ke vzniku smluvně závazkových vztahů může dojít pouze na základě písemně uzavřené smlouvy upravující práva a povinnosti účastníků. Odpovědnost nkt cables za správnost informací zde obsažených je výslovně vyloučena. Sdělené informace nesmí být poskytnuty třetí straně či zpřístupněny ve veřejně dostupném dokumentu. Veškerá práva duševního vlastnictví náleží nkt cables a jsou jí vyhrazena.

This data was prepared for informational purposes only and does not contain any representations, legally binding declarations or guarantees. Contractual obligations shall only come into effect after a written contract, detailing the terms and conditions, has been signed. A liability of nkt cables for the correctness of the information contained herein is excluded. The data shall not be handed out to third parties or disclosed in public documents. Any intellectual property rights remain with nkt cables and are reserved.

## Příloha 6 – Katalogový list průmyslového zdroje – nový návrh

### Průmyslový zdroj Jyins MS-35-24, 24V=/35W



⊕ Najedte myši pro zvětšení

Cena nyní (s DPH):

**225,00Kč**

Cena bez DPH:

185,95Kč

ks

Vložit do košíku

✓ 79ks k dispozici

Zboží doručíme do 3 pracovních dnů na Vaši adresu v rámci ČR i na Slovensko

Kód: h\_g566a

### Průmyslový zdroj Jyins MS-35-24, 24V=/35W

Vstup: 200-240V/0,45A

Max. startovací proud: 20A/230V

Proud naprázdno: <math>\approx 2\text{mA}</math>/240V

Ochrana tepelná, proti přetížení a přepětí.

Výstup: 24V+10% ( lze regulovat trimrem ) 35W / 1,5A při 24V/

Rozměry: 85x58x38mm

## Příloha 7 – Katalogový list kabelu CYLY 2Dx0,5 – nový návrh

### Vodič H03VVH2-F 2x0,5 (CYLY) bílá balení 100 m



☆☆☆☆☆ [Ohodnotit produkt](#)

Balení 100 m plochého pohyblivého Kabelu CYLY H03VVH2-F 2x0,5 bílé barvy se 2 vodiči o průměru vodiče 0,5 mm<sup>2</sup> s PVC izolací a lanovým vodičem pro pohy... [celý popis](#)

Dostupnost

**Skladem**

**502,00 Kč**

414,88 Kč bez DPH

1 ks

Číslo produktu: H03VVH2-F 2x0,5

materiál: bílá

délka: 100 m

průřez vodiče: 0,5 mm<sup>2</sup>

EAN kód: 8591043182027

Počet vodičů: 2

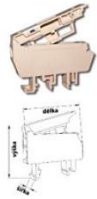
barva: bílá

Typ vodiče: lanový



**Příloha 8 – Katalogový list svorky – nový návrh**

ELEKTRO BEČOV Svorka RSPA 4 řadová pojistková



ELEKTRO BEČOV

Kód ELFETEX

10.065.106

EAN

8595155003539

Kód výrobce

A631140

MO cena s DPH

70,72 Kč/ks

- 1 +

do košíku

Přidat k porovnání

Skladem pro e-shop (30 ks)

Zkontrolovat dostupnost na pobočkách

Pokud nakoupíte ve všední den do 17:00 hodin, obdržíte zboží následující pracovní den. Pro přípravu zboží z pobočky vyberte osobní odběr a dnešní datum v košíku.

**Příloha 9 – Katalogový list ABB spínače – nový návrh**

ABB Spínač M2SS2-10B černý



**ABB**

Kód ELFETEX	10.318.745
EAN	7320500284988
Kód výrobce	1SFA611201R1006

MO cena s DPH **204,41 Kč/ks**

- 1 + [do košíku](#)

[Přidat k porovnání](#)

Přibližný termín dodání: **K objednáni**  
13 dní

[Zkontrolovat dostupnost na pobočkách](#)

**Příloha 10 – Katalogový list spínače desko – nový návrh**

DESKO Spínač 3454-01625 vestavný



DESKO DESNÁ

Kód ELFETEX	10.069.793
EAN	8595108200947
Kód výrobce	3454-01625

MO cena s DPH **20,36 Kč/ks**

- 1 + [do košíku](#)

[Přidat k porovnání](#)

**Skladem pro e-shop (8 ks)**

[Zkontrolovat dostupnost na pobočkách](#)

**Pokud nakoupíte ve všední den do 17:00 hodin, obdržíte zboží následující pracovní den. Pro přípravu zboží z pobočky vyberte osobní odběr a dnešní datum v košíku.**

## Příloha 11 – Katalogový list Schneider lišty – nový návrh

Technický produktový list  
Parametry

## NSYCS300PLM

35mm symetrická lišta DIN - D 280mm pro PLM43



## Hlavní parametry

Použití zařízení	Víceúčelové
Řada	Spacial
Typ produktu nebo součásti	Lišta
Příslušenství / náhradní díly	Montážní příslušenství
Typ lišty	Symetrická DIN
Pro jmenovité rozměry skříně	-
Montážní držák	Plastová matice
Kompatibilní řada	Thalassa PLM
Sestava zařízení	1 lišta
Počet kusů na sadu	Sada 2

## Doplněk

Materiál	Ocel
Povrchová úprava	Pozinkovaný
Upevnění	Upevňovacím prvkem - zadní skříň umístění
Přízpůsobení montáže	Lišta DIN výškově nastavitelná, rozteč 25 mm
Délka	280 mm
Výška	35 mm
Šířka	7,2 mm
Tloušťka profilu	1 mm

## Životní prostředí

## Nabídka udržitelnosti

udržitelný stav nabídky	Výrobek Green Premium
RoHS	Compliant - since 0940 - Schneider Electric declaration of conformity
REACH	Odkaz neobsahuje SVHC nad mezní hodnotou
dokument o ekologickém profilu	Dostupný
instrukce o ukončení životnosti výrobku	Standardní recyklaci výrobku

## Contractual warranty

Záruční lhůta	18 měsíců
---------------	-----------

Informace uvedené v této dokumentaci obsahují obecné popisy a technické parametry výrobků.  
 Uživatel nebo systémový integrátor nese odpovědnost za provedení analýz rizik, hodnocení a aplikačních testování produktů s ohledem na konkrétní aplikaci nebo použití.  
 Schneider Electric Industries SAS ani její dceřiné firmy či pobočky nenesou odpovědnost za nesprávné použití zate obsažených informací.

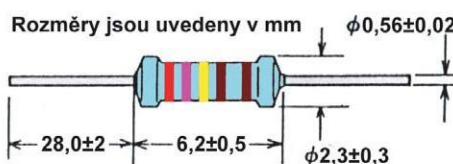
## Příloha 12 – Katalogový list rezistorů – nový návrh



# REZISTORY 0,6W S KOVOVOU VRSTVOU

### VLASTNOSTI

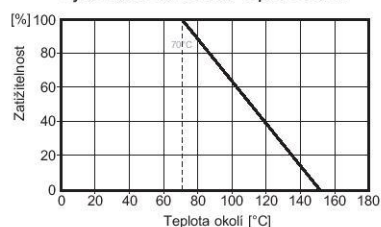
- vysoká kvalita
- nízký šum
- nízký teplotní koeficient
- vysoká dlouhodobá stability parametrů
- standardní tolerance  $\pm 1\%$
- tolerance  $\pm 2\%$  a  $\pm 5\%$  možné (dotaz)
- balení = papírový pás



### Specifikace

Typ	Max. ztrátový výkon @70°C	Tolerance	Teplotní stabilita		Maximální pracovní napětí	Maximální špičkové napětí
			Hodnota	TK [ppm°C <sup>-1</sup> ]		
MF-50S	0,6W	$\pm 1\%$	< 5,11Ω	$\pm 100$	350V	700V
			5,11Ω .. 2,4MΩ	$\pm 50$		
			> 2,4MΩ	$\pm 100$		

Závislost maximálního ztrátového výkonu rezistoru na teplotě okolí



Závislost oteplení povrchu rezistoru na zatížení (ztrátovém výkonu rezistoru)



Test	Metoda	Výsledek
Krátkodobé přetížení	JIS-C-5202 5.5 - 2.5× RCWV po dobu 5sec	$\pm(0,5\%R+0,05\Omega)$
Pulzní přetížení	JIS-C-5202 5.8 - 4× RCWV 10000cyklů (1sec zapnuto, 0,25sec vypnuto)	$\pm(2\%R+0,05\Omega)$
Maximální napětí	JIS-C-5202 5.7 - ve V-bloku po dobu 60sec	viz tabulka <b>Specifikace</b>
Teplotní koeficient	JIS-C-5202 5.2 - v rozsahu -55°C až +155°C	viz tabulka <b>Specifikace</b>
Izolační odpor	JIS-C-5202 5.6 - ve V-bloku	>10000MΩ
Pájitelnost	JIS-C-5202 6.5 - +235°C po dobu 5±0,5sec	minimálně 95%
Odolnost vůči rozpouštědłům	JIS-C-5202 6.9 - Trichloretan po dobu 1min .	bez zhoršení kvality ochranného laku či značení
Namahatelnost vývodů	přímá zátěž po dobu 10sec. ve směru vývodů	$\geq 2,5\text{kg}$ (24,5N)
Odolnost proti vlhkosti	JIS-C-5202 7.8 - 40±2°C & 90-95% RH po dobu 1000h v cyklech 1,5hodiny zapnuto a 0,5hodiny vypnuto	$\pm(1,5\%R+0,05\Omega)$
Umělé stárnutí	JIS-C-5202 7.10 - 70°C při RCWV po dobu 1000hodin v cyklech 1,5hodiny zapnuto a 0,5hodiny vypnuto	$\pm(1,5\%R+0,05\Omega)$
Teplotní cykly	JIS-C-5202 7.4 - -65°C -> pokojová teplota -> 150°C -> -> pokojová teplota, celkem 5 cyklů	$\pm(0,5\%R+0,05\Omega)$
Odolnost vůči teplu při pájení	JIS-C-5202 6.4 - +350°C po dobu 3±0,5sec	$\pm(0,25\%R+0,05\Omega)$

RCWV - Rated Continuous Working Voltage =  $\sqrt{\text{power rating} \times \text{resistance value}}$   
 sqrt - square root = druhá odmocnina

**Příloha 13 – Katalogový list červené LED – nový návrh****LED 5mm červená 50÷200mcd 30° 20mA 2÷2,5V Čelo: vypouklé**

☆☆☆☆☆Neohodnoceno

**2 Kč**

1,65 Kč bez DPH

Litoměřice / expedice **2 dny**Centrální sklad: **2 dny (11152 ks)**

1	↑ ↓	<b>Přidat do košíku</b>
---	--------	-------------------------

**Příloha 14 – Katalogový list bílé LED – nový návrh****LED 5mm bílá teple 100÷140mcd 120° 20mA 2,9÷3,6V Čelo: vyduté**

☆☆☆☆☆Neohodnoceno

**5 Kč**

4,13 Kč bez DPH

Litoměřice / expedice **Skladem (37 ks)**Centrální sklad: **2 dny (398 ks)**

1	↑ ↓	<b>Přidat do košíku</b>
---	--------	-------------------------

[Detailní informace](#) ▾

## Příloha 15 – Katalogový list žluté LED – nové zapojení



<b>5mm Bullet LED</b>
<b>OSXXXX6131A(Water Clear Type)</b>
<b>OSXXXX6133A(Color Transparent Type)</b>
<b>OSXXXX61A4A(Color Diffused Type)</b>
<b>EL323 Series</b>

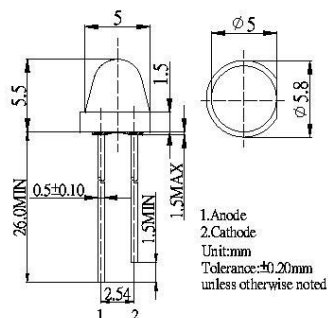
### ■ Features

- High Luminous LEDs
- 5mm Bullet Standard Directivity
- UV Resistant Epoxy
- Water Clear /Color Transparent/ Color Diffused Type

### ■ Applications

- Electronic Signs And Signals
- Back Lighting
- Small Area Illuminations
- Other Lighting

### ■ Outline Dimension



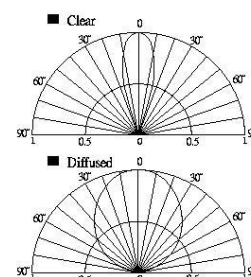
### ■ Absolute Maximum Rating

( $T_a=25^{\circ}\text{C}$ )

Item	Symbol	Value		Unit
		B/PG	Y/O/R	
DC Forward Current	$I_F$	30	30	mA
Pulse Forward Current*	$I_{FP}$	100	100	mA
Reverse Voltage	$V_R$	5	5	V
Power Dissipation	$P_D$	108	78	mW
Operating Temperature	$T_{opr}$	-30 ~ +85		$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature	$T_{stg}$	-40~ +100		$^{\circ}\text{C}$
Lead Soldering Temperature	$T_{sol}$	260 $^{\circ}\text{C}$ /5sec		-

\*Pulse width Max.10ms Duty ratio max 1/10

### ■ Directivity



### ■ Electrical - Optical Characteristics

( $T_a=25^{\circ}\text{C}$ )

Part Number	Color			$V_F$ (V)			$I_R$ ( $\mu\text{A}$ )	$I_V$ (mcd)			$W_d$ (nm)*			2 $\theta$ 1/2(deg)
				Min.	Typ.	Max.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Typ.
				$I_F=20\text{mA}$			$V_R=5\text{V}$	$I_F=20\text{mA}$						
OSB5SA6131A	Blue	B	■	2.8	3.1	3.6	10	2180	3000	-	465	470	475	30
OSG5DA6131A	Pure Green	PG	■	2.8	3.1	3.6	10	8400	10000	-	520	525	530	30
OSG8NU6131A	Yellow Green	YG	■	1.8	2.1	2.6	10	150	220	-	565	570	575	30
OSY5LU6131A	Yellow	Y	■	1.8	2.1	2.6	10	330	500	-	585	590	595	30
OSY5JA6131A	Yellow	Y	■	1.8	2.1	2.6	10	750	1120	-	585	590	595	30
OSY5RU6131A	Yellow	Y	■	1.8	2.1	2.6	10	1120	1560	-	585	590	595	30
OSO5JA6131A	Orange	O	■	1.8	2.1	2.6	10	500	1120	-	600	605	610	30
OSR5JA6131A	Red	R	■	1.8	2.1	2.6	10	750	1120	-	620	625	630	30
OSR5RU6131A	Red	R	■	1.8	2.1	2.6	10	1120	1560	-	620	625	630	30
OSR6LU6131A	Red	R	■	1.8	2.1	2.6	10	220	330	-	630	640	650	30

\*1 Tolerance of measurements of dominant wavelength is  $\pm 1\text{nm}$

\*2 Tolerance of measurements of luminous intensity is  $\pm 15\%$

\*3 Tolerance of measurements of forward voltage is  $\pm 0.1\text{V}$

LED & Application Technologies



<http://www.optosupply.com>

VER A.0

**Příloha 16 – Katalogový list zelené LED – nový návrh**



**5mm Flat Bi-Polar AC LED**  
**OSXXX25TKXA**

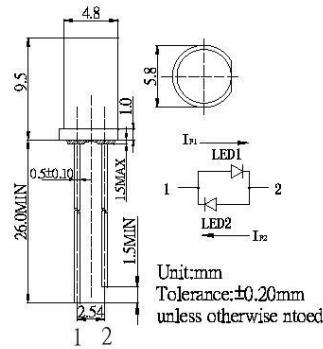
**■Features**

- High Luminous LEDs
- 5mm Flat Standard Directivity
- Long Lifetime Operation
- UV Resistant Epoxy/
- Color Diffused Type/ W&M: White Diffused Type
- AC LED

**■Applications**

- Toys
- Audio
- Games
- Other Lighting

**■Outline Dimension**

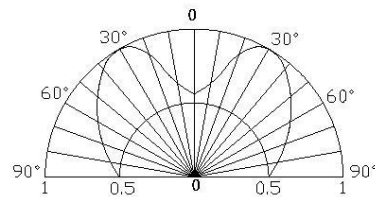


**■Absolute Maximum Rating**

(Ta=25°C)

Item	Symbol	Value		Unit
		W/M/B/PG	YG/Y/O/R	
DC Forward Current	I <sub>F</sub>	30	30	mA
Pulse Forward Current*	I <sub>FP</sub>	100	100	mA
Reverse Voltage	V <sub>R</sub>	5	5	V
Power Dissipation	P <sub>D</sub>	102	78	mW
Operating Temperature	Topr	-30 ~ +85		°C
Storage Temperature	Tstg	-40 ~ +100		°C
Lead Soldering Temperature	Tsol	260°C/5sec		-

**■Directivity**



\*Pulse width Max.10ms Duty ratio max 1/10

Part Number	Color	Symbol	V <sub>F</sub> (V)			I <sub>v</sub> (mcd)			λ <sub>D</sub> (nm)/CCT(K)			θ1/2(deg)	
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Typ.	
			I <sub>F</sub> =20mA			I <sub>F</sub> =20mA							
OSWWD25TK2A	White/	W	2.7	2.9	3.4	750	900	-	CCT: 8500-18000K			180	
OSMMD25TK2A	Warm white/	M	2.7	2.9	3.4	750	900	-	CCT:2700-3300K			180	
OSBBS25TK4A	Blue	B	2.7	2.9	3.4	330	500	-	465	465	475	180	
OSPPD25TK4A	Pure Green	PG	2.7	2.9	3.4	500	750	-	520	525	530	180	
OSGGH25TK4A	Yellow Green	YG	1.8	2.1	2.6	68	100	-	565	570	575	180	
OSYYR25TK4A	Yellow	Y	1.8	2.1	2.6	150	220	-	585	590	595	180	
OSOOR25TK4A	Orange	O	1.8	2.1	2.6	150	220	-	600	605	610	180	
OSRRR25TK4A	Red	R	1.8	2.1	2.6	150	220	-	620	625	630	180	

\*1 Tolerance of measurements of Domi. wavelength is ±1nm  
 \*2 Tolerance of measurements of chromaticity coordinates is ±10%  
 \*3 Tolerance of measurements of luminous intensity is ±15%  
 \*4 Tolerance of measurements of forward voltage is ±0.1V

LED & Application Technologies



VER A.1

## Příloha 17 – Katalogový list modré LED – nový návrh



5mm Round Super Blue LED

OSUB5144A-HI

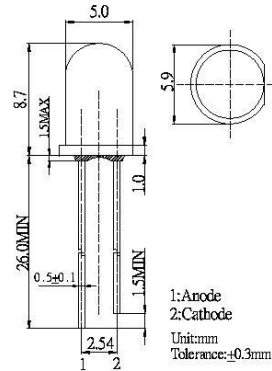
### ■Features

- High Luminous LEDs
- 5mm Round Standard Directivity
- Superior Weather-resistance
- UV Resistant Epoxy
- Color diffused Type

### ■Applications

- Automotive Dashboard Lighting
- Back Lighting
- Other Lighting

### ■Outline Dimension



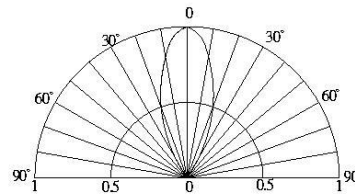
### ■Absolute Maximum Rating

(Ta=25°C)

Item	Symbol	Value	Unit
DC Forward Current	$I_F$	30	mA
Pulse Forward Current*	$I_{FP}$	100	mA
Reverse Voltage	$V_R$	5	V
Power Dissipation	$P_D$	108	mW
Operating Temperature	$T_{opr}$	-30 ~ +85	°C
Storage Temperature	$T_{stg}$	-40 ~ +100	°C
Lead Soldering Temperature	$T_{sol}$	260°C/5sec	-

\*Pulse width Max.10ms Duty ratio max 1/10

### ■Directivity



### ■Electrical -Optical Characteristics

(Ta=25°C)

Item	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
DC Forward Voltage	$V_F$	$I_F=20mA$	2.9	3.1	3.6	V
DC Reverse Current	$I_R$	$V_R=5V$	-	-	10	$\mu A$
Domi. Wavelength	$\lambda_D$	$I_F=20mA$	465	470	475	nm
Luminous Intensity	$I_v$	$I_F=20mA$	220	330	-	mcd
50% Power Angle	$2\theta_{1/2}$	$I_F=20mA$	-	40	-	deg

\*1 Tolerance of dominant wavelength is  $\pm 1nm$

\*2 Tolerance of luminous intensity is  $\pm 15\%$

LED & Application Technologies



<http://www.optosupply.com>

VER A.0



**Příloha 18 – Katalogový list Varistoru – nový návrh**

Varistor, THT, Uac: 17V, Udc: 22V, 1,4J, 0,02W, RM: 5mm SEN-270KD07-LC4-PBF



Varistor Uac/Udc=17V/22V Un=27V,  
Ip=250A, výkon P=0,02W, RM=5mm,  
průměr d=9mm



Název výrobce	BRIGHT LED
Kód produktu	119-355
Kód výrobce	SEN-270KD07-LC4-PBF
Váha	0.00037 Kg
Cena s DPH od 100 ks	2,54 Kč / 2.1005 Kč bez dph
Cena s DPH od 50 ks	2,90 Kč / 2.4006 Kč bez dph
Cena s DPH od 25 ks	3,09 Kč / 2.5507 Kč bez dph
Cena s DPH od 10 ks	3,27 Kč / 2.7007 Kč bez dph
<a href="#">Více o dopravě</a>	

**Cena za mj****3,90 Kč**
   ks

Minimální odběr: 1

**Příloha 19 – Katalogový list pojistky umístěné před zdrojem – nový návrh**

OEZ:06744 (PV22 25A gG) PV22 25A gG

Pojistka válcová 25A gG 22x58, OEZ



kód:	OEZ:06744 (PV22 25A gG)
EAN:	8590125067443
výrobce:	OEZ s.r.o.
hmotnost:	0,054 kg / ks
balení:	10 ks/bal
cena s DPH 21%:	46,05 Kč + 0,08 Kč PHE
cena bez DPH:	38,06 Kč + 0,07 Kč PHE
cena za:	1 ks
dostupnost e-shop:	skladem 1 ks
dostupnost pobočky:	1 ks

Množství:  ks

DO KOŠÍKU