

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh řešení osvětlení průmyslového objektu

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Ondřej MACHATÝ
Osobní číslo: E11B0055P
Studijní program: B2612 Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: Elektrotechnika a energetika
Název tématu: Návrh řešení osvětlení průmyslového objektu
Zadávatel katedra: Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

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

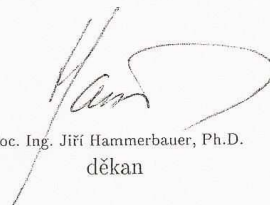
1. Navrhněte několik variant umělého osvětlení průmyslového objektu za použití svítidel s různými typy světelných zdrojů při zachování ekvivalentního návrhu osvětlení.
2. Ověřte denní osvětlení a vypracujte návrh nouzového osvětlení daného objektu.
3. Vypracujte technicky ekonomické zhodnocení vypracovaných návrhů a stanovte návratnosti investice do osvětlovací soustavy.
4. Navrhněte princip ovládání vybrané varianty osvětlovací soustavy a stanovte přínos daného řešení.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


1. Světlo a osvětlování, HABEL Jiří a kol., FCC Public 2013, ISBN 978-80-86534-21-3
2. Elektrické světlo 1, LINDA Josef, Plzeň (ZČU), 1993. ISBN 80-7082-094-2
3. Elektrické světlo 2, LINDA Josef, Plzeň (ZČU), 1994. ISBN 80-7082-167-1

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Sadský
Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: 15. října 2014
Termín odevzdání bakalářské práce: 8. června 2015


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2014

Anotace

Tato práce se zabývá návrhem několika variant umělého osvětlení průmyslového objektu, s ohledem na technicky ekonomické zhodnocení jednotlivých variant osvětlení.

Klíčová slova

Umělé osvětlení, nouzové osvětlení, denní osvětlení, svítidlo, návrh, ekonomické hledisko, ovládání

Abstract

This paper is concerned with the design of several variants of artificial lighting in an industrial building, with regard to technical and economic evaluation of individual lighting options.

Key words

Artificial lighting, emergency lighting, daylighting, lighting, design, economic viewpoint, control

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 souhlasí s lincenčním ujednáním.

.....
podpis

V Plzni dne 3.6.2015

Ondřej Machatý

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Jaroslavu Salskému, za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu a trpělivost během mého studia.

Obsah

KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY	1
OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
ÚVOD.....	11
1 UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY	12
1.1 ZÁKLADNÍ FOTOMETRICKÉ VELIČINY A JEDNOTKY	12
1.1.1 Světelný tok Φ	12
1.1.2 Prostorový úhel Ω	13
1.1.3 Svítivost I	13
1.1.4 Osvětlenost E	13
1.1.5 Jas svazku světelných paprsků L	14
1.1.6 Světlení M	14
1.1.7 Určení stupně odrazu.....	14
1.1.8 Určení udržovacího činitele.....	14
1.1.9 Činitel prostupu zasklení vlivem znečištění	15
1.2 POPIS JEDNOTLIVÝCH PROSTORŮ OBJEKTU	16
1.2.1 Prostor haly	16
1.2.2 Prostory dozoren.....	18
1.2.3 Prostor strojovny	19
1.2.4 Prostory chodeb	19
1.3 ZVOLENÉ VARIANTY OSVĚTLENÍ	20
2 OSVĚTLENÍ	20
2.1 DENNÍ OSVĚTLENÍ	20
2.2 UMĚLÉ OSVĚTLENÍ	26
2.2.1 Varianta 1 UX-Bell	26
2.2.2 Varianta 2 UX-MYAR LED.....	27
2.2.3 Varianta 3 RA-MIRO Silver.....	29
2.2.4 Varianta 4 Hara-HRHSB/1200-2	30
2.2.5 Umělé osvětlení pro ostatní prostory objektu	32
2.3 NOUZOVÉ OSVĚTLENÍ	33
2.3.1 Nouzové osvětlení haly.....	34
3 VÝPOČET EKONOMICKÉ NÁVRATNOSTI.....	37
3.1 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	37
3.1.1 Provozní náklady osvětlovací soustavy.....	37
3.1.2 Výpočet ekonomické návratnosti	38
3.2 VARIANTA 1 UX-BELL	40
3.3 VARIANTA 2 UX-MYAR LED	41
3.4 VARIANTA 3 RA-MIRO SILVER.....	42
3.5 VARIANTA 4 HARA-HRHSB	42

4 NÁVRH OVLÁDÁNÍ UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ PRO VARIANTU 1	43
ZÁVĚR	45
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	46
SEZNAM OBRÁZKŮ	47
SEZNAM TABULEK.....	47
SEZNAM ROVNIC	47
SEZNAM PŘÍLOH.....	48
SEZNAM PŘÍLOH POUZE V ELEKTRONICKÉ PODOBĚ	48
PŘÍLOHY	1

Seznam symbolů a zkratek

E_m	Udržovaná osvětlenost (lx)
E_{min}	Minimální osvětlenost (lx)
UGR_l	Činitel rušivého oslnění (lx)
U_o	Rovnoměrnost osvětlení (–)
D_m	Průměrný činitel denního osvětlení (%)
D_{min}	Minimální činitel denního osvětlení (%)
D_o	Rovnoměrnost denního osvětlení (–)
um	umělé
osv	osvětlení
h	hodina
d	den
r	rok
$svít$	svítidlo
zdr	zdroj
ref	referenční
EPS	elektrická požární signalizace
NO	nouzové osvětlení
CAZ	centrální akumulátorový zdroj

Úvod

Světlo je nedílnou součástí života, proto je kladen důraz na správné osvětlení budov, ať už denní nebo umělé. Umělé světlo hraje v životě člověka významnou roli, umožňuje mu uspokojit nejrůznější potřeby. Používá se k osvětlení domácností, pracovních prostorů, venkovních prostranství a komunikací. Prioritním úkolem osvětlovací soustavy je zajistit vytvoření vhodných podmínek pro zrak v různých typech prostoru. Každý prostor má specifické parametry, které je nutné dodržet. Tyto světelné parametry jsou určeny normou. U pracovních prostorů je kladen důraz především na zrakový výkon. S rostoucími parametry osvětlení zde dochází ke zvyšování produktivity práce, poklesu únavy a v neposlední řadě také ke zvýšení bezpečnosti. Pro dosažení zrakového výkonu či zrakové pohody je zapotřebí dodržet kvalitativní a kvantitativní parametry, které předepisuje norma pro daný typ zrakové činnosti a pro pracovní či jiný prostor, kde k této činnosti dochází. V dnešní době se neustále zvyšují požadavky na kvalitu, komfort, zefektivnění provozu, ekologii, ekonomičnost a pořizovací náklady. Všechny tyto nároky na osvětlovací soustavu se musí zohlednit při návrhu umělého, denního a nouzového osvětlení každé budovy či objektu. [1]

Text je rozdělen do čtyř částí; první se zabývá danou problematikou a uvádí teorii, druhá část se zabývá návrhem osvětlení. Třetí část popisuje ekonomické zhodnocení jednotlivých variant umělého osvětlení a čtvrtá část je zaměřena na návrh ovládání jedné varianty osvětlení.

1 Uvedení do problematiky

1.1 Základní fotometrické veličiny a jednotky

Lidský zrakový orgán nemůže vnímat souhrnné působení světla za určitou dobu. Pro vidění není důležité celkové množství světelné energie, které bylo vyzářené zdroji za určitý čas. Hlavní roli zde hraje výkon (zářivý tok zdrojů), dále zejména jeho prostorové rozdělení. Při hodnocení kvality osvětlení se v osvětlovací technice jako nástroji podmiňujícího úroveň informace sledují důsledky působení záření na zrakový orgán a tím i na zrakový vjem. S ohledem na tento fakt se neposuzují světelné veličiny jako např. zářivý tok nebo zářivost, ale pracuje se s veličinami a pojmy fotometrickými, ty respektují citlivost oka pozorovatele, která je proměnlivá k záření různých vlnových délek. Z důvodu potřeby zajištění jednotnosti světelně technických výpočtů se počítá s hodnotami spektrální citlivosti oka normálního fotometrického pozorovatele. [1]

1.1.1 Světelný tok Φ

Je světelně technická veličina, která odpovídá zářivému toku a vyjadřuje jeho schopnost způsobit zrakový vjem. Světelný tok je udáván v jednotce 1 lumen (lm). Světelný tok Φ monochromatického záření o vlnové délce λ , zářivý tok Φ_e , se určí ze vztahu:

$$\Phi(\lambda) = K(\lambda) \times \Phi_e(\lambda) = K_m \times \Phi_e(\lambda) = 683V(\lambda) \times \Phi_e(\lambda) \quad (\text{lm}; \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}, -, \text{W}) \quad (1.1)$$

Veličina K_m ($\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$) je světelná účinnost monochromatického záření, která se rovná poměru světelného toku a jemu odpovídajícího zářivého toku. K_m jako maximum veličiny $K(\lambda)$ bylo stanoveno přesnými měřeními a výpočty při fototypickém vidění pro normálního fotometrického pozorovatele a záření základní vlnové délky $\lambda = \lambda_m = 555,155 \text{ nm}$ a činní $K_m = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$. [1] Poměrná světelná účinnost $V(\lambda)$ monochromatického záření je definováno vztahem:

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m} = \frac{K(\lambda)}{683} \quad (-; \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}, \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}) \quad (1.2)$$

Z hlediska individuálního pozorovatele je veličina totožná s poměrnou spektrální citlivostí pozorovatele. [1]

1.1.2 Prostorový úhel Ω

Je důležitá geometrická veličina, která se užívá ve světelné technice. Jednotkou prostorového úhlu je 1 steradián (sr). Velikost prostorového úhlu je určena velikostí plochy vyřáté obecnou kuželovou plochou na povrch koule o jednotkovém poloměru jejíž střed, tedy vrchol prostorového úhlu je totožný s vrcholem uvažované kuželové plochy. [1] Prostorový úhel Ω , pod nímž je ze středu koule o poloměru r vidět plocha A , která je na povrchu této koule, se stanoví ze vztahu:

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \quad (\text{sr}, m^2, m) \quad (1.3)$$

1.1.3 Svítivost I

Je prostorová hustota světelného toku. Jednotkou svítivosti je jedna kandela (cd). Svítivost je možné stanovit jen pro bodový zdroj, který má zanedbatelné rozměry při porovnání vzdálenosti zdroje a kontrolního bodu. [1] Svítivost I_γ má směr určený úhlem γ od bodového zdroje a je rovna světelnému toku, ten je obsažen v jednotkovém prostorovém úhlu a je definována takto:

$$I_\gamma = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (\text{cd}; lm, sr) \quad (1.4)$$

1.1.4 Osvětlenost E

Intenzita osvětlení je určena jako plošná hustota světelného toku $d\Phi$ dopadajícího na osvětlovanou plochu. Jednotkou osvětlenosti je 1 lux (lx). [1] Osvětlenost se určí ze vztahu:

$$E = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (\text{lx}; lm, m^2) \quad (1.5)$$

1.1.5 Jas svazku světelných paprsků L

Tato veličina je vázána na určitý směr a je definována jako plošná a prostorová hustota světelného toku. Jednotkou jasu je kandela na metr čtvereční ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$). [1] Zrakový orgán bezprostředně reaguje na tuto veličinu, ta je definována vztahem:

$$I_{\gamma} = \frac{d^2\Phi}{d\Omega_{\gamma}dA} \quad (\text{cd}; \text{m}^2, \text{sr}) \quad (1.6)$$

1.1.6 Světlení M

Tato veličina je definována jako plošná hustota světelného toku $d\Phi_v$, který je vyzařován z místa dA . [1] Veličina je definována takto:

$$M = \frac{d\Phi_v}{d\Omega} \quad (\text{lm} \cdot \text{m}^{-2}; \text{lm}, \text{m}^2) \quad (1.7)$$

1.1.7 Určení stupně odrazu

Stupeň odrazu povrchů je podle normy: Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory ČSN EN 12464-1. Tato norma udává doporučený rozsah činitelů odrazu hlavních rovnoměrně rozptýlných povrchů místnosti. Doporučený rozsah činitelů odrazu má hodnoty pro strop v rozmezí 70 až 90 %, pro stěny 50 až 80 % a pro podlahu v rozmezí hodnot 20 až 40 %. Činitel odrazu hlavních předmětů (např. strojního vybavení nebo nábytku, apod.) má být v rozsahu 20 až 70 %. Pro uvažovaný objekt je zvolen stupeň odrazu pro stropy 70%, pro stěny 50% a pro podlahy 20%. [2]

1.1.8 Určení udržovacího činitele

Určení udržovacího činitele se řídí normou ČSN EN 12464-1. Norma udává, že při vypracování projektu osvětlení má být uvažován celkový udržovací činitel, který bude vypočítán pro zvolená svítidla, osvětlovací zdroje, prostředí, činitele odrazu povrchů a plán údržby. Udržovací činitel je vypočítán za použití programu Relux.

Pro variantu 1 umělého osvětlení halý svítidly UX-Bell 250W je druh prostředí určen normální a interval údržby jednou ročně. Vliv odrazů od ploch prostoru je podle normy

70%/50%/20%, charakteristika svítidla je přímá, druh svítidla E - prachotěsné IP 5X a interval údržby po 3 letech. Typ světelného zdroje je vysokotlaká metalhalogenidová výbojka 150/400W s klasickým předřadníkem a intervalem údržby jednou po třech letech s 5000 provozních hodin za rok. Nefunkční zdroje budou neprodleně vyměněny. Udržovací činitel pro svítidla vyšel 0,67. Udržovací činitel je vypočten následovně:

$$RMF(0,91) \cdot LWF(0,84) \cdot LLF(1,00) \cdot LLWF(0,88) = 0,67267 \cong 0,67 \quad (1.8)$$

přičemž RMF je činitel prostoru, LWF je činitel svítidla, LLW je činitel životnosti světelného zdroje a LLWF je činitel světelného toku.

Pro variantu 2 umělého osvětlení haly led svítidly UX-MYAR vyšel udržovací činitel 0,70. Při výpočtu byly použity stejné parametry jako u svítidla UX-Bell 250W.

Pro variantu 3 umělého osvětlení haly hlubokozářiči RA-MIRO Silver byly při výpočtu použity parametry jako u svítidla UX-Bell 250W. Udržovací činitel pro svítidla vyšel 0,70.

Pro variantu 4 umělého osvětlení haly svítidly typu led zářivek Hara-HRHSB byly použity stejné parametry jako u svítidla UX-Bell 250W. Udržovací činitel pro svítidla je 0,70.

1.1.9 Činitel prostupu zasklení vlivem znečištění

Při výpočtu denního osvětlení byl zohledněn činitel snížení prostupu zasklení vlivem znečištění pro zasklení oken i světlíků. Činitel denního světla pro okna - typický skleněný materiál s prostupem světla 90%. Činitel znečištění typického okolí - znečištění s prostupem světla 80%. Činitel rozčlenění je zvolen jako typický druh oken s prostupem světla 85%. Faktor snížení při jiném než kolmém dopadu světla má hodnotu 85%. Činitel denního světla pro horní světlíky je určen jako převodní stupeň typický skleněný materiál s prostupností světla 90%. U činitele znečištění je uvažováno typické okolí znečištění s hodnotou prostupu světla 80%. Činitel rozčlenění je typický druh oken s hodnotou prostupu světla 85% a faktorem snížení při jiném než kolmém dopadu světla o hodnotě 85%. Hodnoty činitele prostupu jsou uvedeny v tab. 1. [2]

Tabulka 1: Směrné hodnoty činitele prostupu světla [2]

<i>Druh materiálu</i>	<i>Činitel prostupu světla $\tau_{s,nor}$</i>		
<i>Čiré tabulové sklo 3mm až 4mm</i>	0,92		
<i>Surové sklo (nevzorované)</i>	0,88		
<i>Vzorované sklo</i>	0,85	až	0,9
<i>Drátované sklo 6 mm až 7 mm</i>	0,6	až	0,86
<i>Mdlené sklo</i>	0,75	až	0,8
<i>Laminát se skelným vláknem</i>	0,35	až	0,85
<i>Akrylát čirý</i>	0,85	až	0,92
<i>Akrylát rozptylný</i>	0,6	až	0,8
<i>Determinální skla</i>	0,35	až	0,7
<i>Reflexní skla</i>	0,55	až	0,65
<i>Skleněné tvárnice jednovrstvé</i>	0,85	až	0,95
<i>Skleněné tvárnice dvouvrstvé</i>	0,55	až	0,62
<i>Záclony</i>	0,5	až	0,75

1.2 Popis jednotlivých prostorů objektu

Uvažovaný objekt, kde má být umělé a nouzové osvětlení se skládá z několika místností. V prvním podlaží se nachází hala, která je hlavním prostorem celého objektu. Nachází se v ní dvě dozorny. K prostoru haly přiléhá koridor, ten je rozdělen na dvě části, které jsou od sebe odděleny dveřmi. V podzemním podlaží se nachází strojovna a k ní přilehlé chodby.

1.2.1 Prostor haly

Hala má rozměr 28,7m × 23,7m × 10,8m, nachází se zde tři pracoviště s označením P01(Lab_střed), P02(Lab_jih), P03(Lab_vedle traf) a dvě dozorny s označením DZ1 a DZ2. Ve výšce 4,2m je u západní stěny haly umístěna lávka(Z) o rozměrech 24,8m × 3,9m a hloubce 0,2m, k ní přiléhá lávka(S) u severní stěny haly. Ta má rozměry 20,9m × 5,5 a hloubku 0,2m. Další lávka(V) se nachází v rohu haly u východní stěny ve výšce 3m, má rozměr 12m × 3m a hloubku 0,2m, na tu navazuje lávka(J) u jižní stěny nad druhou dozornou, která je o těchto rozměrech 6m 2,8m a hloubce 0,2m. Všechny lávky jsou s výjimkou lávky situované u západní stěny, spojeny s podlahou žebříky. Z lávky(Z) situované u západní stěny vede k podlaze dvouúrovňové schodiště. V prostoru pod lávkou západ a sever jsou umístěny rozvaděče a transformátory, prostor pod lávkou(V) vedle druhé dozorny se bude používat jako skladištní plocha. V prostoru haly se nacházejí dva únikové východy. Uživatelská úroveň haly je 0,0m a okrajová zóna činí 0,5m.

Pracoviště P01, P02 a P03 budou fungovat jako laboratoře. Světelné parametry se budou řídit podle normy: ČSN EN 12464-1. Tato norma udává většinu známých zrakových úkolů, pokud zrakový úkol v normě není uveden, použije se úkol, který mu je nejpodobnější. [2]

Pro pracoviště P01 jsou určené světelné parametry jako druh zrakového úkolu navíjení středních cívek, ref.číslo 5.11.2, viz tab. 2. Předpokládá se, že pro laboratorní potřeby budou tyto světelné parametry postačující. Z tab. 2 vyplývá, že pro zrakový úkol navíjení středních cívek musí mít udržovaná osvětlenost E_m hodnotu minimálně 500lx. Maximální mezní hodnota indexu oslnění UGR má velikost 22. Minimální rovnoměrnost osvětlení na srovnávací rovině pro udržované osvětlenosti U_o bude mít hladinu 0,6 a minimální index podání barev R_a bude na hodnotě 80.

Pro pracovní plochu P02 jsou za zrakový úkol zvoleny montážní práce střední např. vypínače, ref.číslo 5.11.5 podle tab. 2. Z tab. 2 je zřejmé, že tento zrakový úkol má mít udržovanou osvětlenost E_m hodnotu minimálně 500lx. Maximální mezní hodnota pro index oslnění UGR má velikost 22. Minimální rovnoměrnost osvětlení na srovnávací rovině pro udržovanou osvětlenost U_o bude mít hodnotu 0,6 a minimální index podání barev R_a bude rovněž na hodnotě 80.

Tabulka 2: Průmyslové a řemeslné činnosti - elektrotechnický průmysl [2]

Ref.číslo	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	E_m lx	UGR	U_o	R_a
5.11.1	výroba kabelů a drátů	300	25	0,6	80
5.11.2	navíjení				
	-velkých cívek	300	25	0,6	80
	-středních cívek	500	22	0,6	80
	-malých cívek	750	19	0,7	80
5.11.3	impregnace vinutí	300	25	0,6	80
5.11.4	galvanické (elektrolytické) pokovování	300	25	0,6	80
5.11.5	montážní práce				
	-hrubé, např. velké transformátory	300	25	0,6	80
	-střední, např. vypínače	500	22	0,6	80
	-jemné, např. telefony, rádia, IT zařízení	750	19	0,7	80

Pro pracoviště P03 jsou určeny světelné parametry pro druh zrakového úkolu jako svařovna a montáž, ref.číslo 5.24.1 viz tab.3.

Tabulka 3: Průmyslové a řemeslné činnosti - výroba a opravy vozidel [2]

Ref.číslo	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	E_m lx	UGR -	U_o -	R_a -
5.24.1	svařovna a montáž	500	22	0,6	80
5.24.2	lakování, lakovací box, brousící box	750	22	0,7	80
5.24.3	lakování: úpravy laku, kontrola	1000	19	0,7	90
5.24.4	čalounění	1000	19	0,7	80
5.24.5	výstupní kontrola	1000	19	0,7	80
5.24.6	celkový servis vozidel	300	22	0,6	80

Z tab. 3 vyplývá, že tento zrakový úkol má mít hodnotu udržované osvětlenosti E_m minimálně 500lx. Maximální mezní hodnota pro index oslnění UGR má velikost 22. Minimální rovnoměrnost osvětlení na srovnávací rovině pro udržovanou osvětlenost U_o bude mít hodnotu 0,6 a minimální index podání barev R_a bude rovněž na hodnotě 80.

1.2.2 Prostory dozoren

Dozorny se nachází uvnitř haly, jsou označeny jako DZ1 a DZ2 přičemž rozměry místnosti DZ1 jsou 5,5m × 2,4m × 2,4m a místnosti DZ2 jsou 5,3m × 2,5m × 2,4m. Uživatelská úroveň dozorny DZ1 i DZ2 je 0,75m, okrajová zóna činí 0,3m. Činitel údržby obou dozoren je 0,75. Tyto prostory jsem určil pro průmyslové a řemeslné činnosti - elektrárny. Zrakový úkol je zvolen pro velín(dozornu), ref.číslo 5.20.5 viz tab. 4.

Tabulka 4: Průmyslové a řemeslné činnosti - elektrárny [2]

Ref.číslo	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	E_m lx	UGR -	U_o -	R_a -
5.20.1	provoz zásobování palivem	50	-	0,4	20
5.20.2	kotelny	100	28	0,4	40
5.20.3	strojovny	200	25	0,4	80
5.20.4	vedlejší prostory např. čerpadel	200	25	0,4	60
5.20.5	velíny (dozorny)	500	16	0,7	80

Z té plyne, že udržovaná osvětlenost E_m má mít hodnotu minimálně 500lx. Maximální mezní hodnota pro index oslnění UGR má velikost 16. Minimální rovnoměrnost osvětlení U_o na srovnávací rovině pro udržovanou osvětlenost bude mít hladinu 0,7 a minimální index podání barev R_a bude také 80.

1.2.3 Prostor strojovny

Strojovna se nachází v podzemním podlaží, je umístěna pod pracovištěm P03(Lab_vedle traf). Rozměry této místnosti jsou 22,5m × 3,7m × 2,9m. Uživatelská úroveň strojovny je 0,75m a okrajová zóna činí 0,500m. Činitel údržby strojovny je 0,67. Požadavky na osvětlení prostoru strojovny jsou uvedeny v tab. 4, ref.číslo 5.20.3. Z té vyplývá, že udržovaná osvětlenost E_m má mít hodnotu minimálně 200lx. Maximální mezní hodnota pro index oslnění UGR má velikost 25. Minimální rovnoměrnost osvětlení U_o na srovnávací rovině pro udržovanou osvětlenost bude mít hladinu 0,4 a minimální index podání barev R_a bude také 80.

1.2.4 Prostory chodeb

Chodby jsou označeny jako chodba_1_1, chodba_1_2, chodba_0_1 a chodba_0_2 (první číslo označuje podlaží a druhé číslo označuje umístění chodby). Obě chodby v prvním patře na sebe navazují a jsou odděleny dveřmi. Leží za východní stěnou haly. V chodbě_1_2 jsou dveře, které vedou do haly a fungují jako nouzový východ.

Chodba_1_1 je o rozměrech 16,8m × 2,1m × 2,6m a chodba_1_2 má rozměry 11m × 2,1m × 2,6m. Uživatelská úroveň obou chodeb je 0,0m a okrajová zóna činí 0,5m. Činitel údržby chodby_1_1 a chodby_1_2 je 0,70.

Chodba_0_1 má rozměry 22,7m × 1,1m × 2,6m, chodba_0_2 je o rozměrech 22,5m × 1m × 2,7m. Uživatelská úroveň chodby_0_1 a chodby_0_2 je 0,0m a okrajová zóna činí 0,25m. Okrajová zóna je snížena na 0,250m z důvodu velice malé šířky chodby, která je pouze 1m. Činitel údržby chodby_0_1 i chodby_0_2 je 0,67. Požadavky na osvětlení prostoru chodeb jsou uvedeny viz tab. 5, ref.číslo 5.1.1.

Tabulka 5: Komunikační zóny uvnitř budov [2]

Ref.číslo	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	E_m lx	UGR -	U_o -	R_a -
5.1.2	komunikační prostory a chodby	100	28	0,4	40
5.1.2	schodiště, eskalátory	100	25	0,4	40

Udržovaná osvětlenost E_m má mít hodnotu minimálně 100lx. Maximální mezní hodnota pro index oslnění UGR má velikost 28. Minimální rovnoměrnost osvětlení U_o na srovnávací rovině pro udržovanou osvětlenost bude mít hladinu 0,4 a minimální index podání barev R_a bude 40.

1.3 Zvolené varianty osvětlení

Čtyři varianty umělého osvětlení průmyslové haly: a) Varianta 1 s metalhalogenidovou výbojkou UX-BELL 250W AL1 CLEAR. b) Pro variantu 2 svítidlo UX-MYAR LED 106W c) varianta 3 systém zářivek typu hlubokozářiče RA-MIRO-Silver d) Varianta 4 led zářivky Hara-HRHSB. Jednotlivá řešení se od sebe liší pořizovací cenou svítidel, spotřebou elektrické energie a světelně technickými parametry.

2 Osvětlení

2.1 Denní osvětlení

Denní osvětlení vnitřních prostorů je přírodní sluneční světlo a oblohové světlo pronikající do místností okny v obvodovém plášti budov (boční osvětlení) nebo světlíky umístěnými ve střeše (horní osvětlení). Může být i kombinace obou variant, tedy bočního osvětlení a horního osvětlení. Denní světlo se během dne a roku mění. U bočního osvětlení dochází k vytvoření specifického podání prostorových objektů a rozložení jasů, tento aspekt vede ke zrakové pohodě. V případě řešeného objektu se jedná o osvětlení kombinované, které je zajištěno jak bočním osvětlením tak i horním osvětlením. [1]

Zadaný objekt má kombinované denní osvětlení. Rozložení oken a světlíků je patrné z obr. 1. Přičemž boční osvětlení se skládá z oken na západní a východní stěně budovy. Okna na západní stěně jsou o rozměrech 1,140m × 0,850m v počtu 88 oken. Okna na východní

straně haly jsou o rozměrech 1,100m × 1,350m v počtu 18 oken. Horní osvětlení je zajištěno 4 světlíky o rozměrech 7,190m × 2,340m. Pro horní osvětlení jsem zvolil obloukové světlíky.



Obrázek 1: Původní rozložení denního osvětlení

Při návrhu denního osvětlení průmyslových budov, existuje několik možností jak ho projektovat:

a) Jako případ jednoúčelové budovy, kdy nedojde ke změně zrakové činnosti během užívání budovy. Do této kategorie patří např.: elektrárny, plynárny, měnírny, kotelny, hutní výroba atd. V případě těchto staveb se denní osvětlení navrhuje podle charakteru a obtížnosti zrakových činností.

b) Během užívání budovy může dojít ke změně zrakových činností, např. kvůli změnám technologie nebo možné změně využití objektu. V takovém případě se denní osvětlení navrhuje jako víceúčelové. To se realizuje z důvodu, aby denní osvětlení vyhovovalo většině zrakovým činnostem v různých průmyslových odvětvích. Nejčastěji se jedná o IV. zřakovou třídu, podle ČSN 73 0580-1.

c) Pokud se jedná o průmysl kde je uplatněna automatizace nebo dálkové ovládání výrobních a provozních procesů s omezeným počtem zaměstnanců, kteří se tam budou pohybovat jen při kontrole nebo údržbě. V takovém případě se denní osvětlení navrhuje pouze tam kde je to účelné a hospodárné. Podle normy je u denního osvětlení ve vnitřních

prostorech požadována pouze minimální hodnota denní osvětlenosti, která by u tříd zrakové činnosti I až IV neměla být menší než 0,2, u tříd I až III se doporučuje rovnoměrnost osvětlení 0,3 a výše. U V. třídy zrakové činnosti, je vyžadována ještě nižší hodnota 0,15. Rovnoměrnost denního osvětlení se určuje jako podíl nejmenší a největší hodnoty činitele denní osvětlenosti, která je určena sítí kontrolních bodů na vodorovné srovnávací rovině ve funkčně vymezené části prostoru. [1][6]

Ze zadaného průmyslového objektu je zřejmé, že se jedná o jednoúčelovou budovu, kde se během jejího užívání nezmění zrakové činnosti. Koeficient denního osvětlení je měřen pro jednotlivá pracoviště P01, P02 a P03 ve výšce 0,850m. Parametry výpočtu: Intenzita horizontálního osvětlení ve volném prostředí E_v : 11432lx měřeno pro den 21.03.2014 v čase 10:28:00. Scény, ve kterých jsou počítány koeficienty denního světla, nemohou obsahovat umělé světlo. Všechna svítidla v této scéně jsou vypnuta. Výsledky denního osvětlení pro jednotlivá pracoviště jsou uvedeny v tab. 6.

Tabulka 6: Výsledky denního osvětlení původního návrhu

<i>Výpočtová plocha P01(Lab_střed)</i>				
D_m [%]	D_{min} [%]	D_{max} [%]	D_{min} / D_m	D_{min} / D_{max}
6,81	3,39	8,07	0,498	0,420
<i>Výpočtová plocha P02(Lab_jih)</i>				
D_m [%]	D_{min} [%]	D_{max} [%]	D_{min} / D_m	D_{min} / D_{max}
6,06	3,02	7,86	0,499	0,385
<i>Výpočtová plocha P03(Lab_vedle traf)</i>				
D_m [%]	D_{min} [%]	D_{max} [%]	D_{min} / D_m	D_{min} / D_{max}
4,21	2,18	6,21	0,517	0,350

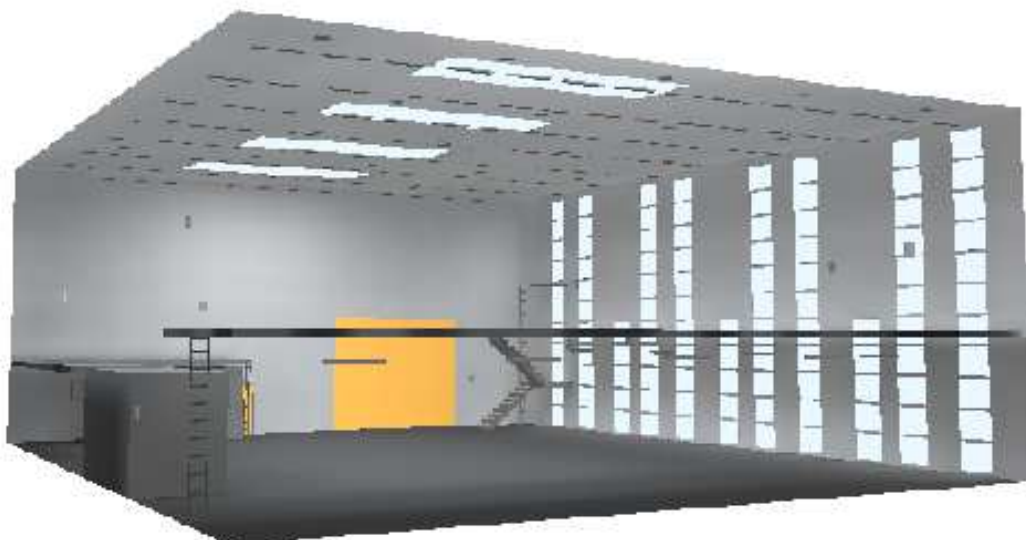
Porovnáním výsledků denního osvětlení z tab. 6 s hodnotami uvedenými v normě ČSN 73 0580-1 viz tab. 7 plyne, že hodnoty denního osvětlení laboratoře P01 a P02 odpovídají zrakové činnosti třídy III. Laboratoř P03 dosahuje zrakové činnosti třídy V, viz tab. 7. Z těchto výsledků je zřejmé, že denní osvětlení na pracovišti P03 je nevyhovující. Pro běžné laboratorní práce je vhodná až IV. třída zrakové činnosti.

Tabulka 7: Třídění zrakových činností a hodnoty činitele denní osvětlenosti [5]

Třída zrakové činnosti	Charakteristika zrakové činnosti	Poměrná pozorovací vzdálenost	Příklady zrakové činnosti	Hodnota č. denní osv. v %	
				D_{min}	D_m
I	mimořádně přesná	3330 a větší	Nejpřesnější zraková činnost s omezenou možností použití zvětšení, s požadavkem na vyloučení chyb v rozlišení	3,5	10
II	velmi přesná	1670 až 3330	velmi přesné činnosti při výrobě a kontrole, velmi přesné při rýsování, ruční rytí s velmi malými detaily	2,5	7
III	přesná	1000 až 1670	Přesná výroba a kontrola, rýsování, technické kreslení, obtížné laboratorní práce, náročné vyšetření	2	6
IV	středně přesná	500 až 1000	Středně přesná výroba a kontrola, čtení psaní (rukou i strojem), obsluha strojů, běžné laboratorní práce, vyšetření	1,5	5
V	hrubší	100 až 500	Hrubší práce, manipulace s předměty a materiálem, konzumace jídla a obsluha, oddechové činnosti	1	3

Podle normy ČSN 36 0020, která se zabývá sdruženým osvětlením je možné použít sdružené osvětlení u nově navrhovaných staveb pouze v odůvodněných případech. To znamená při závažných příčinách jako jsou: (stavebně konstrukční, technologické, provozní, mikroklimatické či urbanistické), kdy není možné bez dosažení škody na ostatních společensky důležitých činitelích stavby dosáhnout vyhovujícího denního osvětlení. Přičemž se nenadřazují ekonomická a technická hlediska nad hlediska hygienická. [7]

Z výše uvedených důvodů by bylo nutné zasáhnout do návrhu stavby a najít řešení, jak zvýšit denní osvětlení. Řešení jak dosáhnout potřebných hodnot denního osvětlení by bylo zvýšení bočního a horního osvětlení. V jednom z návrhů bylo zvýšení bočního osvětlení na západní stěně haly, kterým se dalo dosáhnout požadovaných hodnot na pracovišti P03. To znamenalo přidání pěti oken po třech řadách na západní stěnu haly. Přidaná okna jsou totožná s okny z původního návrhu viz obr. 2.



Obrázek 2: Zvýšení bočního osvětlení

Celkové kombinované denní osvětlení je po úpravě projektu zajištěno počtem 103 oken o rozměru 1,140m × 0,850m na západní stěně haly a 18 oken o rozměru 1,100m × 1,350m na východní stěně haly. Horní osvětlení je zajištěno 4 světlíky o rozměrech 7,190m × 2,340m.

Tabulka 8: Výpočet denního osv. při zvýšeném bočním osvětlení

Výpočtová plocha P01(Lab_střed)				
D_m [%]	D_{min} [%]	D_{max} [%]	D_{min} / D_m	D_{min} / D_{max}
6,84	3,47	8,04	0,507	0,432
Výpočtová plocha P02(Lab_jih)				
D_m [%]	D_{min} [%]	D_{max} [%]	D_{min} / D_m	D_{min} / D_{max}
6,06	3,05	7,82	0,504	0,390
Výpočtová plocha P03(Lab_vedle traf)				
D_m [%]	D_{min} [%]	D_{max} [%]	D_{min} / D_m	D_{min} / D_{max}
4,38	2,39	6,32	0,545	0,378

Z tab. 8 vyplývá, že hodnoty denního osvětlení pro pracoviště P03 stále neodpovídají IV. třídě zrakové činnosti. Další možností jak dosáhnout požadovaných hodnot denního osvětlení u prostoru P03 bylo zvýšením horního osvětlení, které lze realizovat přidáním světlíku. Zvýšením počtu světlíků musí dojít k úpravě rozložení ocelových konstrukcí nacházejících se na střeše, protože tato konstrukce byla navržena pouze pro čtyři světlíky. Celkové denní

osvětlení je po úpravě projektu zajištěno počtem 88 oken o rozměru 1,140m × 0,850m na západní stěně haly a 18 oken o rozměru 1,100m × 1,350m na východní stěně haly. Horní osvětlení je zajištěno 5 světlíky o rozměrech 7,190m × 2,340m.



Obrázek 3: Zvýšení denního osv. přidáním světlíku

V tomto případě vyšlo denní osvětlení následovně viz tab. 9.

Tabulka 9: Výpočet denního osv. při zvýšeném horním osvětlení

Výpočtová plocha P01(Lab_střed)				
D_m [%]	D_{min} [%]	D_{max} [%]	D_{min} / D_m	D_{min} / D_{max}
8,24	4,06	9,86	0,493	0,412
Výpočtová plocha P02(Lab_jih)				
D_m [%]	D_{min} [%]	D_{max} [%]	D_{min} / D_m	D_{min} / D_{max}
7,54	3,89	9,56	0,515	0,406
Výpočtová plocha P03(Lab_vedle traf)				
D_m [%]	D_{min} [%]	D_{max} [%]	D_{min} / D_m	D_{min} / D_{max}
5,05	2,49	7,40	0,493	0,336

Přidáním světlíku se zvýšilo denní osvětlení ve všech měřených prostorech tedy v P01, P02 a P03. Po srovnání změřených hodnot denního osvětlení s normou (viz tab. 7) vyplývá, že u prostoru P01 a P02 bylo dosaženo II. třídy zrakové činnosti. V případě prostoru P03 bylo dosaženo IV. třídy zrakové činnosti.

Oslnění sluncem a oblohou bude omezeno v případě bočního osvětlení venkovními žaluziemi. U horního osvětlení bude omezení oslnění řešeno speciálními foliemi s malou propustností.

2.2 Umělé osvětlení

Nedílnou součástí našeho každodenního života je umělé osvětlení, které ale nenahradí zcela denní osvětlení. I přesto má umělé osvětlení ve velké míře vliv na bezpečnost a produktivitu práce. [8]

2.2.1 Varianta 1 UX-Bell

Jedná se o závěsné svítidlo s optickým systémem reflektor. Světelný zdroj je vysokotlaká metalhalogenidová výbojka MT. Těleso svítidla je zhotoveno z hliníkového odlitku. Má konvenční magnetický předřadník se zapalovačem pro výbojky (standardně kompenzovaný). Stupeň ochrany je IP 65. Viz kusovník svítidel v přílohách.

Osvětlení haly je řešeno: pěti řadami po šesti svítidlech. Montážní výška svítidel je 10,5m. Při této variantě je nutno řešit problém se svítidly typu metalhalogenidových výbojek z důvodu nutnosti snížení činitele rušivého oslnění UGR, aby odpovídalo normě. Problém je především ve zvoleném typu svítidel, který je primárně určen pro osvětlení průmyslových objektů, kde nejsou kladeny zvýšené nároky na činitel rušivého oslnění UGR. Pracovní plochy P01, P02 a P03 jsou řešeny následovně: Pracovní plocha P01 je zmenšena o 0,45m. Pracovní plocha P02 je posunuta o 1,2m směrem k severní stěně haly a o 0,9m směrem k západní stěně haly. P03 je zkrácena o 0,5m od severní stěny, a celá tato plocha je posunuta o 0,3m směrem k východní stěně haly. Tyto změny od původního plánu jsou provedeny v důsledku zlepšení světelných podmínek na jednotlivých pracovištích. Výsledky umělého osvětlení pro jednotlivá pracoviště jsou uvedené níže:

Pro pracovní oblast P01 vychází umělé osvětlení následovně: v originálním rastru 32×32 bodů je udržovaná osvětlenost $E_m = 517\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,736. Maximální hodnota indexu UGR má ve směru pohledu pozorovatele 0° při rastru o velikosti 7×9 bodů maximální hodnotu 21, ve směru pohledu pozorovatele 270° při stejném rastru má UGR maximální hodnotu 22. Pro okolní oblast vyšlo umělé osvětlení při rastru 32×32 bodů takto: $E_m = 501\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,674.

Pro pracoviště P02 vyšlo umělé osvětlení při rastru 32×32 bodů takto: udržovaná osvětlenost $E_m = 502\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,779. Maximální hodnota indexu UGR má ve směru pohledu pozorovatele 0° při rastru o velikosti 7×6 bodů maximální hodnotu 20, ve směru pohledu pozorovatele 270° při stejném rastru má UGR maximální hodnotu 22. Pro okolní oblast vyšlo umělé osvětlení při rastru 32×32 bodů takto: $E_m = 471\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je 0,769.

Pro pracoviště P03 vyšlo umělé osvětlení při rastru 16×64 bodů takto: udržovaná osvětlenost $E_m = 510\text{lx}$; rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,738. Maximální hodnota indexu UGR má ve směru pohledu pozorovatele 0° při rastru o velikosti 4×23 bodů maximální hodnotu 22, ve směru pohledu pozorovatele 270° při stejném rastru má UGR maximální hodnotu 22. Pro okolní oblast vyšlo umělé osvětlení při rastru 32×32 bodů takto: $E_m = 500\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,638.

Pro prostor pod lávkou (Z) vychází udržovaná osvětlenost $E_m = 229\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení má hodnotu 0,453. Pro prostor pod lávkou(S) vychází umělé osvětlení následovně: udržovaná osvětlenost $E_m = 216\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,408. Prostor mezi dozornami pod lávkou(V) má hodnotu udržované osvětlenosti při rastru 4×16 bodů: $E_m = 125\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,584. Umělé osvětlení je v těchto prostorech řešeno zářivkami Tajjfun o příkonu $2 \times 58\text{W}$. Tyto zářivky jsou zavěšeny pod středy lávek ve výšce 3,6m. Pod lávkou(Z) a lávkou(S) je umístěno 12 kusů zářivek. Výjimka je v prostoru pod lávkou(V), kde je umělé osvětlení řešeno zářivkami Tajjfun o příkonu $1 \times 36\text{W}$ v počtu dvou zářivek umístěných ve výšce 2,9m. Zářivky pod touto lávkou jsou potočeny o 90° z důvodu snížení rušivého oslnění na pracovišti P02 a P03.

2.2.2 Varianta 2 UX-MYAR LED

Jedná se o závěsné svítidlo s optickým systémem difuzor. Světelný zdroj je led. Toto svítidlo má stmívatelný elektronický předřadník DALI (10 - 100%). Těleso svítidla je zhotoveno z hliníkového odlitku a ocelového plechu. Difuzor je prizmatický PMMA + sklo. Stupeň ochrany má hodnotu IP 65. Viz kusovník svítidel v přílohách.

Osvětlení haly je řešeno: Sedmi řadami po osmi svítidlech. Montážní výška svítidel je 10,5m. V případě těchto svítidel není možné eliminovat rušivé oslnění UGR na hodnoty určené normou. Problém není ve zvoleném typu svítidel, ale v přístupu výrobce. Na svých internetových stránkách má uvedeno, že toto svítidlo má hodnotu $UGR < 19$. Za předpokladu, že je svítidlo vybaveno reflektorem s úhlem vyzařování $70^\circ/84^\circ/90^\circ$, který je vyobrazen přímo u svítidla. Na stránkách výrobce jsou ovšem eulum data k tomuto svítidlu pro program Dialux a Relux bez výše zmíněného reflektoru. Pracovní plochy P01, P02 a P03 jsou řešeny následovně. Pracovní plochy P01, P02 a P03 zůstaly beze změn. Pracovní plochy jsem nemusel upravovat z důvodu nevycházejícího UGR. Výsledky umělého osvětlení pro jednotlivá pracoviště jsou uvedené níže:

Pro pracovní oblast P01 vychází umělé osvětlení následovně: v originálním rastru 32×32 bodů je udržovaná osvětlenost $E_m = 555\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,749. Maximální hodnota indexu UGR má ve směru pohledu pozorovatele 0° při rastru o velikosti 9×10 bodů maximální hodnotu 25, ve směru pohledu pozorovatele 270° při velikosti rastru 9×10 bodů má UGR maximální hodnotu 28. Pro okolní oblast vyšlo umělé osvětlení při rastru 32×32 bodů takto: $E_m = 500\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,667.

Pro pracoviště P02 vyšlo umělé osvětlení při rastru 16×16 bodů takto: udržovaná osvětlenost $E_m = 524\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,727. Maximální hodnota indexu UGR má ve směru pohledu pozorovatele 0° při rastru o velikosti 8×7 bodů maximální hodnotu 22, ve směru pohledu pozorovatele 270° při velikosti rastru 8×7 má UGR maximální hodnotu 24. Pro okolní oblast vyšlo umělé osvětlení při rastru 32×32 bodů takto: $E_m = 495\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,623.

Pro pracoviště P03 vyšlo umělé osvětlení při rastru 8×32 bodů takto: udržovaná osvětlenost $E_m = 539\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,729. Maximální hodnota indexu UGR má ve směru pohledu pozorovatele 0° při rastru o velikosti 4×23 bodů maximální hodnotu 28, ve směru pohledu pozorovatele 270° při stejném rastru má UGR maximální hodnotu 28. Pro okolní oblast vyšlo umělé osvětlení při rastru 16×64 takto: $E_m = 523\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je 0,679.

Pro prostor pod lávkou(Z) vychází udržovaná osvětlenost $E_m = 217\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,416. Pro prostor pod lávkou(S) vychází umělé osvětlení následovně: udržovaná osvětlenost $E_m = 214\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,438. Zde je osvětlení řešeno zářivkami Tajjfun o příkonu $2 \times 58\text{W}$. Tyto zářivky jsou zavěšeny pod středy lávek ve výšce 3,6m v počtu pěti kusů pro lávku(Z) a čtyř kusů pro lávku(S). Výjimka je v prostoru pod lávkou(V), kde je osvětlení řešeno dvěma zářivkami tajjfun o příkonu $1 \times 36\text{W}$ ve výšce 2,9m, ty jsou pootočený o 90° z důvodu snížení oslnění na pracovišti P02 a P03. Výsledky umělého osvětlení jsou pro tento prostor při rastru 4×16 bodů: udržovaná osvětlenost $E_m = 190\text{ lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je 0,513. Tento prostor je přesvětlen z důvodu splnění normy na rovnoměrnost osvětlení.

2.2.3 Varianta 3 RA-MIRO Silver

Je to zářivkové svítidlo s elektronickým nebo stmívatelným předřadníkem. Konstrukce těla svítidla je z hliníkového profilu. Difusor je ze satinovaného plexi. Stupeň ochrany má hodnotu IP 65. Viz kusovník svítidel v přílohách.

Osvětlení haly je řešeno: pěti řadami po pěti svítidlech. Všechny zářivky jsou pootočený o 90° . Montážní výška svítidel je 10,5m. Při použití těchto svítidel nebylo nutné dodatečně upravovat pracovní plochy. Výsledky umělého osvětlení pro jednotlivá pracoviště jsou uvedené níže:

Pro pracovní oblast P01 vychází umělé osvětlení následovně: v originálním rastru 16×16 bodů je udržovaná osvětlenost $E_m = 538\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,766; maximální hodnota indexu UGR má ve směru pohledu pozorovatele 0° při rastru o velikosti 7×9 bodů maximální hodnotu 21, ve směru pohledu pozorovatele 270° při stejném rastru má UGR maximální hodnotu 20. Pro okolní oblast vyšlo umělé osvětlení při velikosti rastru 32×32 bodů takto: udržovaná osvětlenost $E_m = 506\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je 0,744.

Pro pracoviště P02 vyšlo umělé osvětlení při rastru 16×16 bodů takto: udržovaná osvětlenost $E_m = 511\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,720. Maximální hodnota indexu UGR má ve směru pohledu pozorovatele 0° při rastru o velikosti 8×7 bodů

maximální hodnotu 18, ve směru pohledu pozorovatele 270° při velikosti rastru 8×7 má UGR maximální hodnotu 21. Pro okolní oblast vyšlo umělé osvětlení při rastru 32×32 takto: udržovaná osvětlenost $E_m = 463\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je 0,557.

Pro pracoviště P03 vyšlo umělé osvětlení při rastru 16×64 bodů takto: udržovaná osvětlenost $E_m = 519\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,779. Maximální hodnota indexu UGR má ve směru pohledu pozorovatele 0° při rastru o velikosti 4×20 bodů maximální hodnotu 22, ve směru pohledu pozorovatele 270° při stejném rastru má UGR maximální hodnotu 18. Pro okolní oblast vyšlo umělé osvětlení při rastru 16×64 bodů takto: udržovaná osvětlenost $E_m = 502\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je 0,650.

Pro prostor pod lávkou(Z) vychází udržovaná osvětlenost $E_m = 242\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,508. Pro prostor pod lávkou(S) vychází umělé osvětlení následovně: udržovaná osvětlenost $E_m = 219\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,542. Zde je osvětlení řešeno zářivkami Tajjfun o příkonu $2 \times 58\text{W}$. Tyto zářivky jsou zavěšeny pod středy lávek ve výšce 3,6m v počtu čtyř kusů pro lávku(Z) a šesti kusů pro lávku(S). Výjimka je v prostoru pod lávkou(V), kde je osvětlení řešeno dvěma zářivkami Tajjfun o příkonu $1 \times 36\text{W}$ ve výšce 2,9m, tyto zářivky jsou otočeny o 90° z důvodu snížení rušivého oslnění na pracovišti P01, P02 a P03. Výsledky umělého osvětlení pro tento prostor jsou při rastru 4×16 bodů následující: udržovaná osvětlenost $E_m = 176\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je 0,444.

2.2.4 Varianta 4 Hara-HRHSB/1200-2

Jedná se o závěsné led svítidlo se zrcadlovým reflektorem a s elektromagnetickým stmívatelným předradníkem DALI. Pouzdro svítidla je z lakované oceli, vnitřní zrcadlové reflektory jsou vyrobeny z vysoce zrcadlového eloxovaného hliníku. Osvětlení haly je řešeno: pěti řadami po čtyřech svítidlech. Stupeň ochrany má hodnotu IP 54. Montážní výška svítidel je 10,2m. Viz kusovník svítidel v přílohách.

Osvětlení haly je řešeno: pěti řadami po čtyřech svítidlech. Všechny zářivky jsou pootočeny o 90° . Montážní výška svítidel je 10,2m. Výpočtová plocha P02 je posunuta o 0,5m směrem k západní stěně haly a o 0,3m směrem k severní stěně haly. P03 je zkrácena o

0,8m směrem od severní stěny. Úpravy ploch P02 a P03 jsou provedeny z důvodu zlepšení světelných podmínek na pracovištích. Výsledky umělého osvětlení pro jednotlivá pracoviště jsou uvedené níže:

Pro pracovní oblast P01 vychází umělé osvětlení následovně: v originálním rastru 16×16 bodů je udržovaná osvětlenost $E_m = 553\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,644. Maximální hodnota indexu UGR má ve směru pohledu pozorovatele 0° při rastru o velikosti 7×9 bodů maximální hodnotu 21, ve směru pohledu pozorovatele 270° při velikosti rastru 7×9 bodů má UGR maximální hodnotu 22. Pro okolní oblast vyšlo umělé osvětlení při velikosti rastru 16×16 bodů takto: udržovaná osvětlenost $E_m = 506\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,667.

Pro pracoviště P02 vyšlo umělé osvětlení při rastru 16×16 bodů takto: udržovaná osvětlenost $E_m = 541\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,798. Maximální hodnota indexu UGR má ve směru pohledu pozorovatele 0° při rastru o velikosti 10×8 bodů maximální hodnotu 22, ve směru pohledu pozorovatele 270° při velikosti rastru 10×8 má UGR maximální hodnotu 21. Pro okolní oblast vyšlo umělé osvětlení při rastru 16×16 bodů takto: udržovaná osvětlenost $E_m = 513\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je 0,748.

Pro pracoviště P03(Lab_vedle transformátorů) vyšlo umělé osvětlení při rastru 8×32 bodů takto: udržovaná osvětlenost $E_m = 536\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je na hodnotě 0,714. Maximální hodnota indexu UGR má ve směru pohledu pozorovatele 0° při rastru o velikosti 4×23 bodů maximální hodnotu 22, ve směru pohledu pozorovatele 270° při stejném rastru má UGR maximální hodnotu 22. Pro okolní oblast vyšlo umělé osvětlení při rastru 4×23 takto: udržovaná osvětlenost $E_m = 526\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je 0,653.

Pro prostor pod lávkou západ vychází udržovaná osvětlenost $E_m = 243\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,514. Pro prostor pod lávkou sever vychází umělé osvětlení následovně: udržovaná osvětlenost $E_m = 228\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je 0,544. Zde je osvětlení řešeno zářivkami Tajjfun o příkonu $2 \times 58\text{W}$. Tyto zářivky jsou zavěšeny pod středy lávek ve výšce 3,6m v počtu čtyř kusů pro lávku(Z) a pěti kusů pro lávku(S). Výjimka je v prostoru pod lávkou(V), kde je osvětlení řešeno dvěma zářivkami Tajjfun o příkonu $1 \times 58\text{W}$.

Výsledky umělého osvětlení pro tento prostor jsou při rastru 8×32 následující: udržovaná osvětlenost $E_m = 193\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,425.

2.2.5 Umělé osvětlení pro ostatní prostory objektu

Umělé osvětlení ostatních prostorů je řešeno zářivkovými svítidly od firmy Hormen a.s. Osvětlení chodeb je realizováno svítidly řady Lotte a Tajjfun, dozorny jsou realizovány zářivkovými svítidly typu EDGE z důvodu snížení rušivého oslnění UGR. Umělé osvětlení v prostoru strojovny je řešeno zářivkami Tajjfun. Viz kusovník svítidel v přílohách. Výsledky um.osv. pro tyto prostory jsou uvedeny níže:

Umělé osvětlení pro chodbu_1_1 je realizováno čtyřmi zářivkami Lotte $1 \times 49\text{W}$ přisazenými na strop ve výšce 2,6m. Výsledky umělého osvětlení jsou pro uživatelskou oblast následující: udržovaná osvětlenost $E_m = 112\text{lx}$; rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,635.

Umělé osvětlení pro chodbu_1_2 je realizováno třemi zářivkami Lotte $1 \times 49\text{W}$ přisazenými na strop ve výšce 2,6m. Výsledky umělého osvětlení jsou pro uživatelskou oblast následující: udržovaná osvětlenost $E_m = 125\text{lx}$; rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,712.

Umělé osvětlení pro dozornu_1 je realizováno čtyřmi zářivkami EDGE ROUND $2 \times 28\text{W}$ přisazenými na strop ve výšce 2,4m. Výsledky umělého osvětlení jsou pro uživatelskou oblast následující: při rastru o velikosti 16×32 bodů je udržovaná osvětlenost $E_m = 506\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,709. Činitel rušivého osvětlení UGR je při rastru 2×5 bodů pro směr pozorovatele 0° na maximální hodnotě 15, pro směr pozorovatele 90° má UGR maximální hodnotu 14. Pro směr pozorovatele 180° má UGR maximální hodnotu 16. V případě směru pozorovatele 270° má UGR maximální velikost 15.

Umělé osvětlení pro dozornu_2 je realizováno čtyřmi zářivkami EDGE ROUND $2 \times 28\text{W}$ přisazenými na strop ve výšce 2,4m. Výsledky umělého osvětlení jsou pro uživatelskou oblast následující: při rastru o velikosti 32×16 bodů je udržovaná osvětlenost $E_m = 526\text{lx}$ a rovnoměrnost osvětlení U_o je 0,726. Činitel rušivého osvětlení UGR je při rastru 8×4 bodů

pro směr pozorovatele 0° na maximální hodnotě 15, pro směr pozorovatele 90° má UGR maximální hodnotu 16. Pro směr pozorovatele 180° má UGR maximální hodnotu 16. V případě směru pozorovatele 270° má UGR maximální velikost 15.

Umělé osvětlení pro strojovnu je realizováno osmi zářivkami Tajjfun $1 \times 80W$ přisazenými na stěny ve výšce 2,6m, z důvodu montáže elektrických strojů situovaných uprostřed po délce místnosti. Výsledky umělého osvětlení jsou pro uživatelskou oblast následující: udržovaná osvětlenost $E_m = 211lx$; rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,542. Činitel rušivého osvětlení je počítán pro stojícího člověka, výpočtová plocha UGR je umístěna ve výšce 1,6m. UGR je při rastru 2×21 bodů pro směr pozorovatele 0° na maximální hodnotě 22, pro směr pozorovatele 270° při stejném rastru má UGR maximální hodnotu 22.

Umělé osvětlení pro chodbu_0_1 je realizováno šesti zářivkami Tajjfun $1 \times 36W$ přisazenými na strop ve výšce 2,6m. Výsledky umělého osvětlení jsou pro uživatelskou oblast při rastru 4×128 bodů následující: udržovaná osvětlenost $E_m = 112lx$; rovnoměrnost osvětlení U_o je 0,564.

Umělé osvětlení pro chodbu_0_2 je realizováno šesti zářivkami Tajjfun $1 \times 36W$ přisazenými na strop ve výšce 2,6m. Výsledky umělého osvětlení jsou pro uživatelskou oblast následující: udržovaná osvětlenost $E_m = 105lx$; rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,754.

2.3 Nouzové osvětlení

Nouzové osvětlení jako součást požárního zařízení je řízeno samostatně, napájení probíhá buď autonomními akumulátory ve svítidlech nebo z centrální baterie. Spouštění NO reaguje pouze na pokyn od zařízení EPS. U NO únikových cest probíhá spouštění při výpadku napájení objektu. V případě osvětlení únikových cest se používají svítidla, která dokážou osvětlit únikovou cestu i případný piktogram s označeným směrem úniku. Úkolem označení únikových cest, tedy podsvětlených piktogramů není osvětlit únikovou cestu, ale viditelně a jasně ukázat směr úniku. Nouzové osvětlení se z hlediska napájení dělí na dvě skupiny:

- 1) Soustava - svítidla s autonomním zdrojem.

2) Soustava - svítidla napájena centrálním akumulátorovým zdrojem.

Svítidla napájena z CAZ jsou napojena na centrální monitorovací systém z několika důvodů: a) umožňuje z jednoho bodu řídit svítidla nouzového osvětlení b) současně provádět vyhodnocování c) zaznamenávat testy funkčnosti d) zjišťovat možné poruchy u svítidel. Ekonomická varianta monitoringu je tzv. okruhový monitoring. Tzn. monitorovací centrála nedokáže identifikovat poruchu na konkrétním svítidle, ale pouze na konkrétním okruhu. [3]

2.3.1 Nouzové osvětlení haly

Je řešeno pro všechny varianty umělého osvětlení stejně. Pole svítidel umělého osvětlení je navrženo tak, aby nestínilo poli svítidel nouzového osvětlení, které je přisazené na stropě. Nouzové osvětlení je řešeno svítidly firmy ES-SYSTEM, svítidlo OP1-S8TA1N(Monitor1 IP65 LED) slouží pro osvětlení prostoru, svítidlo je použito i jako osvětlení nouzových východů, kde bude opatřeno piktogramem. Rozlišitelnost svítidla s piktogramem je 20m. Dále je svítidlo DS1-STA3N(Monitor2 IP40 LED), je opatřeno piktogramem a udává směr úniku. Svítidlo má rozlišitelnost 30m. Nouzová svítidla OP1-S8TA1N jsou v poli pěti řad po pěti svítidlech seřazených typem vnější hrana k vnější hraně. Všechna svítidla jsou v pohotovostním provozu, tzn. svítidlo se světelným zdrojem pro nouzové osvětlení bude v činnosti jen pokud dojde k přerušení normálního napájení. V hale je protipanický prostor, ten je definován normou jako prostor, který má nedefinované únikové cesty např. v prostorech nebo halách o podlahové ploše větší než $60m^2$. Může být i u menších prostor v případě přídatného rizika, že se v daném prostoru zdržuje větší množství lidí. Na lávkách jsou únikové cesty(ES1, ES2), které směřují do protipanické plochy, v případě lávky(Z) je spojení únikové cesty ES1 s protipanickou plochou řešeno schodištěm. Ostatní lávky jsou spojeny žebříky. V prostoru haly se nachází dva nouzové východy. Jeden je východ konečný. Pro zajištění viditelnosti při evakuaci je normou doporučeno aby se svítidla NO montovala do výšky alespoň 2m nad úroveň podlahy. Toto kritérium je dodrženo u všech svítidel. [4] [9]

Pro prostor strojovny je nouzové osvětlení řešeno zářivkovými svítidly Tajjfun dodatečně k normálnímu použití. Z osmi zářivek jsou nouzovým modulem vybaveny čtyři. V případě výpadku napájení svítí tyto čtyři zářivky na 30%.

V prostorech chodeb je nouzové osvětlení řešeno svítidly typu OP1-S8TA1N(Monitor1 IP65 LED), jako ukazatele směru úniku jsou zde použita totožná svítidla opatřená příslušnými piktogramy. Svítidla viz kusovník svítidel. Výstupy nouz.osv. jsou uvedeny níže:

Výsledky pro nouzové osvětlení haly jsou následující: protipanická plocha má při velikosti rastru 128×128 bodů udržovanou osvětlenost $E_m = 2,42lx$, $E_{min} = 0,84lx$ a rovnoměrnost osvětlení je $U_o = 0,346$. Úniková cesta ES1 (lávka(Z) a lávka(S)) má při velikosti rastru 256×256 bodů udržovanou osvětlenost $E_m = 2,79lx$, $E_{min} = 1,93lx$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,690. Úniková cesta ES2 (lávka(J)) má při rastru 64×64 bodů udržovanou osvětlenost $E_m = 2,39lx$, $E_m = 1,35lx$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,568.

Výsledky nouzového osvětlení v ostatních prostorech jsou následující, pro chodbu_1_1, má úniková cesta ES3 o rastru 256×16 bodů tyto hodnoty: $E_m = 3,25lx$, $E_{min} = 1,18lx$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,362. Chodba_1_2 má pro únikovou cestu ES4 o rastru 128×16 bodů tyto hodnoty: $E_m = 3,09lx$, $E_{min} = 1,02lx$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,329. V prostoru strojovny je protipanická plocha o rastru 32×128 bodů s těmito výstupy: $E_m = 13lx$, $E_{min} = 3,83lx$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,288. V chodbách, které přiléhají na strojovnu, tedy chodba_0_1 a chodba_0_2 jsou únikové cesty ES5 o rastru 256×8 bodů s těmito hodnotami: $E_m = 5,1lx$, $E_{min} = 2,28lx$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,446. Úniková cesta ES6 má při rastru 256×8 bodů tyto parametry nouzového osvětlení: $E_m = 4,02lx$, $E_{min} = 2,12lx$ a rovnoměrnost osvětlení U_o má hodnotu 0,527.

Únikové a protipanické osvětlení musí zajistit bezpečný únik z objektu, nejčastěji při požáru. Nouzové osvětlení musí fungovat po celou dobu užívání budovy a splňovat podmínky bezpečného úniku. V případě NO se musí vést provozní deník, který se předkládá kontrolním orgánům. V provozním deníku se vedou zápisy o provedení předepsaných testů, které musí mít pozitivní výsledek. Testy jsou denní, týdenní a roční. V případě denních testů se provádí jen vizuální kontrola systému. Při týdenních testech dochází k funkčnímu testu, zkouší se bezchybný provoz všech svítidel, případně celý systém. Roční testy jsou nejobsáhlejší,

dochází ke kontrole každého svítidla, provádí se test schopnosti svítit po celou dobu nouzového provozu, to je 1 až 3 hodiny v závislosti na druhu prostoru, kontrola nabíjení a znovu obnovení nenouzového stavu. Provozní deník se vede buď manuálně nebo automaticky, každá kontrola a stav musí být zaznamenána. Vše je kontrolováno pověřenými orgány. [5] Porovnání systémů nouzového osvětlení s centrální baterií a autonomním zdrojem ve svítidle:

a) Systém s centrální baterií a automatickým monitoringem sníží náklady na testování. V případě tohoto systému je velkou výhodou automatické vedení provozního deníku, jeho pomocí se minimalizují chyby a provozovatel se vyvaruje právnímu postihu za špatné vedení provozního deníku. Další nespornou výhodou oproti lokálním bateriím v nouzových svítidlech je životnost centrální baterie kolem 10let (dle provozních podmínek). Systém nouzového osvětlení lze zařadit do BMS (Building Management System). Nevýhodou systému s centrální baterií je v kladení větších nároků na kabely. Při přerušení napájecího vedení okruhu pro nouzová svítidla je daný okruh nefunkční. Je potřeba mít požárně odolné kabely s použitím požárně odolných tras. Dále jsou nutné požárně odolné patrové rozvaděče. Optimalizace kabeláže a okruhů lze provést pomocí substancí. To vyžaduje vyšší pořizovací náklady. S automatickým systémem únikového a protipanického osvětlení je možný vzdálený monitoring systému za pomoci LAN nebo WEB.

b) Z praxe je zřejmé, že ve většině budov s nouzovými svítidly s vlastní baterií se testování a vedení provozních deníků neprovádí. Je to dáno ve většině případů absencí centrálního monitorovacího systému. Další nevýhodou nouzových svítidel je životnost baterií, které většinou nevydrží zákonem požadované 3 roky. Ve všech případech se nedá zajistit dodržení provozní teploty ve svítidlech, čímž dochází k poklesu životnosti baterií. V případě nevyhovujícího ročního testu musí dojít k výměně baterií, což je velice nákladné. Nouzová svítidla s vlastní baterií mají nižší světelný výkon, z toho plyne nutnost použití většího počtu svítidel. Mezi výhody systému s vlastními akumulátory patří jednoduchá instalace, maximální variabilita, svítí vždy když dostane pokyn bez ohledu na stav napájecího vedení, připojení z patrového rozvaděče standardními kabely a v neposlední řadě nižší pořizovací cena. [5] [6]

V případě zadaného objektu byl zvolen automatický systém nouzového osvětlení s centrální baterií z těchto důvodů: centrálnímu monitoringu, životnosti centrální baterie, potřeby menší údržby a jistoty funkčnosti.

3 Výpočet ekonomické návratnosti

Ačkoliv je význam světla a s ním související osvětlení pro člověka a celou lidskou společnost zřejmý, je složité vyjádřit tuto okolnost v konkrétních případech ekonomicky. Např. v případě kde požadujeme přínos kvalitnějšího osvětlení (zlepšení kvalitativních parametrů, zvýšení hladiny osvětlenosti apod.) vyjádřit po finanční stránce jako podklad pro technicko-ekonomické zhodnocení. Důležitost naprojektování dobrého osvětlení, popřípadě smysl zdokonalení osvětlení pracovišť z hlediska kvality výroby a produktivity práce dokazují mnohé případy z průmyslových provozů. V jednom českém strojírenském podniku po zlepšení osvětlení dokazatelně vzrostlo využití pracovní doby a to o 28%, pracovní výkony vzrostly o 16%. Navíc klesl počet zmetků o 14% a absence se zmenšila o 22%. Počet vad výrobků, které byly reklamované klesl z 16,3% na 2,3%. Tento závěr není nové zjištění, už před více jak dvaceti lety bylo shledáno, že náklady na optimalizaci osvětlení představují jen cca 20 až 30 % všech případných přínosů, souhrnně plynoucích ze zlepšeného osvětlení. Vždy by měla být na paměti poučka: nikdy nedáváme přednost úspoře el. energie před požadavky světelně technických parametrů. [1]

3.1 Ekonomické zhodnocení

Tabulka 10: Ceny svítidel jednotlivých variant

<i>Varianta umělého osvětlení</i>	<i>Cena svítidla</i>
<i>Varianta 1 UX-Bell</i>	<i>5 000 Kč</i>
<i>Varianta 2 UX-Mayr LED</i>	<i>11 350 Kč</i>
<i>Varianta 3 RA-MIRO silver</i>	<i>4 500 Kč</i>
<i>Varianta 4 HARA-HRSB LED</i>	<i>53 970 Kč</i>

3.1.1 Provozní náklady osvětlovací soustavy

Tabulka 11: Provozní parametry

<i>Parametry pro všechny varianty</i>	
<i>Cena energie (Kč/kWh)</i>	<i>4 Kč</i>
<i>Denní provoz soustavy / hod</i>	<i>10</i>
<i>Roční provoz soustavy / dny</i>	<i>300</i>
<i>Doba požívání soustavy / rok</i>	<i>10</i>

3.1.2 Výpočet ekonomické návratnosti

Výpočet je proveden pro variantu 1 UX-Bell. pro ostatní varianty je postup výpočtu totožný.

N_p	cena svítidla (Kč)
N_s	cena instalace svítidla (Kč)
N_z	cena zdroje (Kč)
n	počet svítidel (-)
I_n	investice do osvětlovací soustavy (Kč)
P_{os}	příkon svítidla (W)
P_{oc}	celkový instalovaný příkon (kW)
t_d	denní provoz soustavy (hod)
t_r	roční provoz soustavy (d)
E_{spotr}	spotřebovaná energie za rok (kWh)
$N_{n/r}$	náklady na energii (r)
t_{zs}	životnost zdroje svítidla (hod)
t_{pz}	poměrná životnost zdroje/rok (-)
$N_{z/r}$	poměrné náklady na zdroje/rok (Kč)
$N_{cz/r}$	celkové náklady na výměnu zdrojů za rok (Kč)
N_{vzs}	náklady na výměnu zdroje ve svítidle (Kč)
$N_{prov/r}$	celkové náklady na provoz/rok (Kč)
$N_{celk/10r}$	celkové náklady za 10 let (Kč)

Výpočet investice do osv.soustavy

$$(N_p + N_s) \cdot n = I_n \quad (2.1)$$

$$(5000 + 500) \cdot 30 = 165\,000 \text{ Kč} \quad (2.2)$$

Výpočet celk. instal. příkonu

$$n \cdot P_{os} = P_{oc} \quad (2.3)$$

$$30 \cdot 262 = 7,86kW \quad (2.4)$$

Spotřeba energie za rok

$$P_{oc} \cdot t_d \cdot t_r = E_{spotr} \quad (2.5)$$

$$7,86 \cdot 10 \cdot 300 = 23\,580kWh \quad (2.6)$$

Náklady na energii za rok

$$E_{spotr} \cdot C_E = N_{n/r} \quad (2.7)$$

$$23\,580 \cdot 4 = 94\,320Kč \quad (2.8)$$

Poměrná životnost zdroje za rok

$$\frac{(t_r \cdot t_d)}{t_{zs}} = t_{pz} \quad (2.9)$$

$$\frac{(300 \cdot 10)}{15\,000} = 0,20 \quad (2.10)$$

Poměrné náklady na zdroje za rok

$$t_{pz} \cdot N_z \cdot n_z \cdot n = N_{z/r} \quad (2.11)$$

$$0,20 \cdot 330 \cdot 1 \cdot 30 = 1\,980Kč \quad (2.12)$$

Celkové náklady na výměnu zdrojů za rok

$$N_{vzs} \cdot t_{pz} \cdot n = N_{cz/r} \quad (2.13)$$

$$430 \cdot 0,20 \cdot 30 = 2\,580 \text{ Kč} \quad (2.14)$$

Celkové náklady na provoz za rok

$$N_{n/r} \cdot N_{cz/r} \cdot N_{z/r} = N_{prov/r} \quad (2.15)$$

$$94\,320 + 2\,580 + 1980 = 98\,880 \text{ Kč} \quad (2.16)$$

Celkové náklady po 10 letech

$$I_n + N_{prov} \cdot (t_r \cdot 10) = N_{celk/10r} \quad (2.17)$$

$$165\,000 + 98\,880 \cdot 10 = 1\,153\,800 \text{ Kč} \quad (2.18)$$

Pro umělé osv. pod lávkami jsou v jednotlivých variantách rozdíly. Svítidla nemají stejné příkony z důvodu, že pod lávkou (Z a S) je potřeba jiná osvětlenost než pod lávkou (J). Proto jsou hodnoty uvedené v tab.12 v případě: příkonu svítidla a počtu zdrojů ve svítidle hodnoty průměrné.

3.2 Varianta 1 UX-Bell**Tabulka 12: Pořizovací náklady osvětlovací soustavy**

<i>Varianta 1 UX-Bell</i>		<i>UX-Bell 250W</i>	<i>Tajifun</i>
Počet svítidel v soustavě	<i>ks</i>	30	14
Příkon svítidla	<i>W</i>	262	104,6
Celkový instalovaný příkon	<i>kW</i>	7,86	1,46
Cena svítidla	<i>Kč</i>	5 000,00	1 050,00
Počet zdrojů ve svítidle	<i>ks</i>	1	1,86
Cena světelného zdroje	<i>Kč</i>	330,00	50,00
Celková cena zdrojů ve svítidle	<i>Kč</i>	330,00	100,00
Náklady na instalaci svítidla	<i>Kč</i>	500,00	200,00
Celkové pořizovací náklady	<i>Kč</i>	165 000,00	17 500,00

Tabulka 13: Náklady na provoz osv. soustavy

Varianta 1 UX-Bell		UX-Bell 250W	Tajffun
Spotřeba energie / rok	kWh	23 580,00	4 392,00
Náklady na energii / rok	Kč	94 320,00	17 568,00
Životnost zdrojů	hod	15 000	15 000
Poměrná životnost zdrojů / rok	-	0,2	0,2
Poměrné náklady na zdroje / rok	Kč	1 980,00	260,40
Náklad na výměnu zdroje ve svítidle	Kč	430,00	100,00
Celkové náklady na výměnu zdrojů / rok	Kč	2 580,00	280,00
Celkové náklady na provoz / rok	Kč	98 880,00	18 108,40
Celkové náklady po 10 letech (Kč)		1 153 800,00	198 584,00

3.3 Varianta 2 UX-Myar led

Tabulka 14: Pořizovací náklady osv. soustavy

Varianta 2 UX-Myar		UX-MYAR Led	Tajffun
Počet svítidel v soustavě	ks	56	11
Příkon svítidla	W	106	101,45
Celkový instalovaný příkon	kW	3,18	1,12
Cena svítidla	Kč	11 350,00	1050,00
Počet zdrojů ve svítidle	ks	1	1,81
Cena světelného zdroje	Kč	0,00	50,00
Celková cena zdrojů ve svítidle	Kč	0,00	90,90
Náklady na instalaci svítidla	Kč	500,00	200,00
Celkové pořizovací náklady	Kč	663 600,00	13 750,00

Tabulka 15: Náklady na provoz osv. soustavy

Varianta 2 UX-Myar led		UX-MYAR Led	Tajffun
Spotřeba energie / rok	kWh	17 808,00	3 696,00
Náklady na energii / rok	Kč	71 232,00	14 760,00
Životnost zdrojů	hod	50 000	15 000
Poměrná životnost zdrojů / rok	-	0,06	0,2
Poměrné náklady na zdroje / rok	Kč	0,00	274,50
Náklad na výměnu zdroje ve svítidle	Kč	0,00	50
Celkové náklady na výměnu zdrojů / rok	Kč	0,00	150
Celkové náklady na provoz / rok	Kč	71 232,00	15 184,50
Celkové náklady po 10 letech (Kč)		1 375 920,00	167 943,00

3.4 Varianta 3 RA-MIRO Silver

Tabulka 16: Pořizovací náklady osv. soustavy

Varianta 3 RA-Miro Silver		OLLi T5 4x80	Tajffun
Počet svítidel v soustavě	ks	25	12
Příkon svítidla	W	335	103
Celkový instalovaný příkon	kW	8,38	1,23
Cena svítidla	Kč	4 500,00	1 050,00
Počet zdrojů ve svítidle	ks	4	1,83
Cena světelného zdroje	Kč	100,00	50,00
Celková cena zdrojů ve svítidle	Kč	400,00	91,67
Náklady na instalaci svítidla	Kč	500,00	200,00
Celkové pořizovací náklady	Kč	125 000,00	15 000,00

Tabulka 17: Náklady na provoz osv. soustavy

Varianta 3 RA-MIRO Silver		OLLi T5 4x80	Tajffun
Spotřeba energie / rok	kWh	25 125,00	3 696,00
Náklady na energii / rok	Kč	100 500,00	14 784,00
Životnost zdrojů	hod	18 000	15 000
Poměrná životnost zdrojů / rok	-	0,17	0,2
Poměrné náklady na zdroje / rok	Kč	1 666,67	219,60
Náklad na výměnu zdroje ve svítidle	Kč	300,00	50,00
Celkové náklady na výměnu zdrojů / rok	Kč	1 250,00	120,00
Celkové náklady na provoz / rok	Kč	103 416,67	15 123,60
Celkové náklady po 10 letech (Kč)		1 159 166,67	166 236,00

3.5 Varianta 4 Hara-HRHSB

Tabulka 18: Pořizovací náklady osv. soustavy

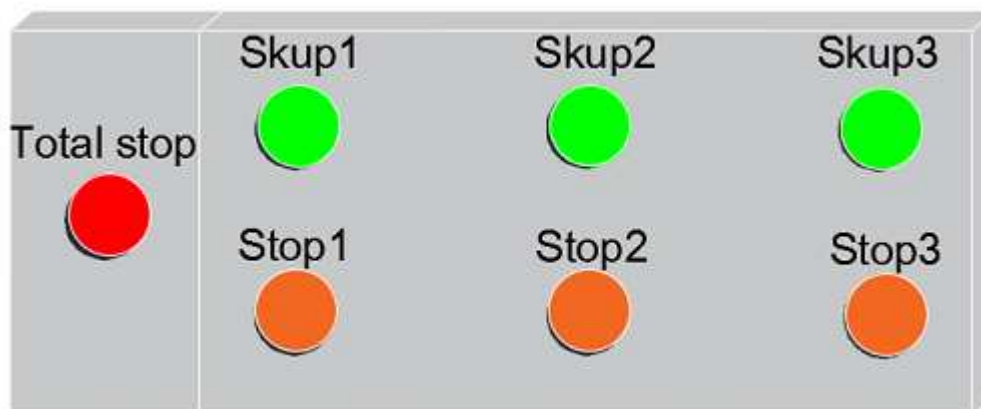
Varianta 4 Hara-HRHSB		Hara-HRHSB	Tajffun
Počet svítidel v soustavě	ks	20	11
Příkon svítidla	W	284	105,5
Celkový instalovaný příkon	kW	7,1	1,16
Cena svítidla	Kč	53 970,00	1 050,00
Počet zdrojů ve svítidle	ks	4	1,82
Cena světelného zdroje	Kč	600,00	50,00
Celková cena zdrojů ve svítidle	Kč	2 400,00	91,00
Náklady na instalaci svítidla	Kč	500	200
Celkové pořizovací náklady	Kč	1 089 400,00	13 750,00

Tabulka 19: Náklady na provoz osv. soustavy

<i>Varianta 4 Hara-HRHSB</i>		<i>Hara-HRHSB</i>	<i>Tajffun</i>
<i>Spotřeba energie / rok</i>	<i>kWh</i>	<i>21 300,00</i>	<i>3 480,00</i>
<i>Náklady na energii / rok</i>	<i>Kč</i>	<i>85 200,00</i>	<i>13 920,00</i>
<i>Životnost zdrojů</i>	<i>hod</i>	<i>50 000</i>	<i>15 000</i>
<i>Poměrná životnost zdrojů / rok</i>	<i>-</i>	<i>0,06</i>	<i>0,2</i>
<i>Poměrné náklady na zdroje / rok</i>	<i>Kč</i>	<i>0,00</i>	<i>199,10</i>
<i>Náklad na výměnu zdroje ve svítidle</i>	<i>Kč</i>	<i>0,00</i>	<i>50</i>
<i>Celkové náklady na výměnu zdrojů / rok</i>	<i>Kč</i>	<i>0,00</i>	<i>110,00</i>
<i>Celkové náklady na provoz / rok</i>	<i>Kč</i>	<i>85 200,00</i>	<i>14 229,10</i>
<i>Celkové náklady po 10 letech (Kč)</i>		<i>1 941 400,00</i>	<i>156 041,00</i>

4 Návrh ovládání umělého osvětlení pro variantu 1

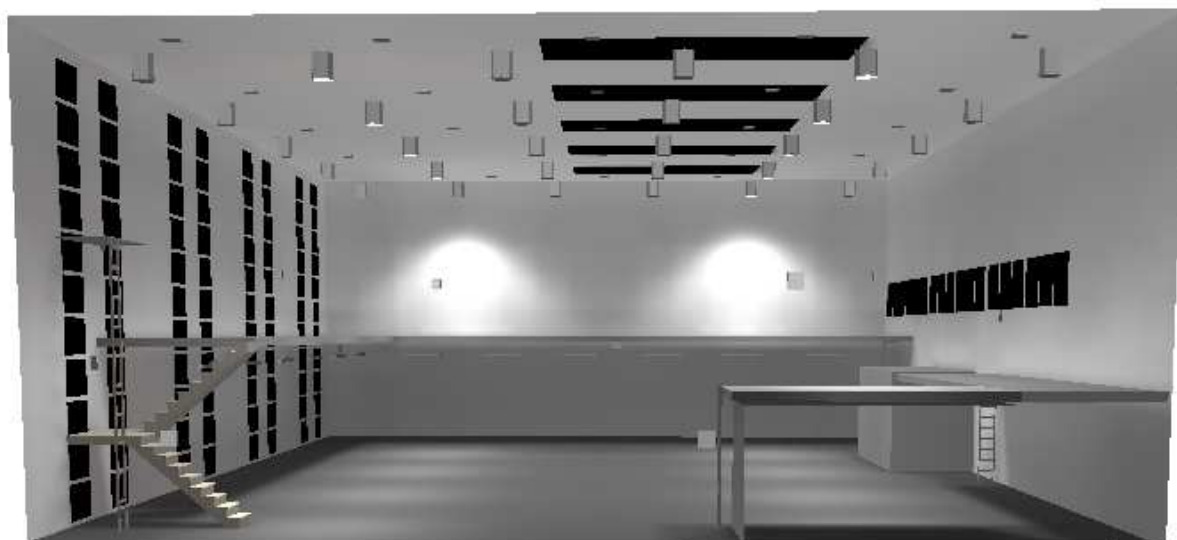
Způsob ovládání a případně řízení osvětlovací soustavy významně ovlivňuje jak její účinnost a účelnost, tak pohodlí uživatelů a její energetickou náročnost. Osvětlení v hale bude ovládáno dvěma panely, každý se sedmi tlačítky viz obr.4. Umístěnými u hlavního vchodu do haly a u dveří oddělující halu a chodbu_1_2 vedle dozorny_1. Červené tlačítko funguje jako vypínání celé soustavy umělého osvětlení. Prvním zeleným tlačítkem se rozsvítí 1. skupina svítidel hlavního osvětlení. Zde jsou možné dvě varianty: a) 2 řady v počtu 10 svítidel viz obr. 6. b) 12 svítidel umístěných uprostřed pole svítidel viz. obr.7. Druhým zeleným tlačítkem se rozsvítí zbytek svítidel hlavního osvětlení. Třetím zeleným tlačítkem se rozsvítí zářivky umístěné pod lávkami. Oranžovými tlačítky se vypínají jednotlivé skupiny svítidel, které jsou označené stejným číslem jako stop tlačítka. Blokové schéma spínání osvětlení a silové schéma ovládání osvětlení je realizováno viz přílohy.

**Obrázek 4: Panel ovládání**



Obrázek 5: Celkové umělé osvětlení

Na celkovém umělém osvětlení se budou podílet všechna svítidla haly viz obr.5.



Obrázek 6: Dvě řady svítidel

Osvětlení 1. skupinou svítidel je pro potřeby údržby, průchod halou nebo v případě potřeby přisvětlení prostoru. Pro variantu a) viz obr.6 a pro variantu b) viz obr.7. Přínos daného řešení ovládání, je v nižších investičních nákladech, v jednoduchosti obsluhy a spolehlivosti.



Obrázek 7: Svítidla uprostřed osvětlovací soustavy

Prostory chodeb budou vybaveny snímači pohybu. Dozorny se strojovnou budou opatřeny vypínači.

Závěr

Je nepochybné, že světlo je základem života a hraje velice důležitou úlohu v otázce zdraví a pohody. Pokud má člověk zajištěné dobré světelné podmínky, tak je motivován k činnosti nebo práci, protože dobré světelné podmínky povzbuzují náladu a vytvářejí příjemnou atmosféru. Má-li člověk k dispozici špatné světelné podmínky, dochází k útlumu, snižuje se pracovní výkonnost a také bezpečnost. V této práci bylo měřeno denní osvětlení v průmyslovém objektu a navrhnuo jeho zlepšení. Dále byly navrhnuty čtyři varianty umělého osvětlení a nouzové osvětlení. Bylo stanoveno ekonomické zhodnocení jednotlivých variant umělého osvětlení a proveden návrh ovládnání pro variantu 1, umělého osvětlení. Práce byla vytvořena v programu Dialux. Po zhodnocení jednotlivých variant umělého osvětlení po stránce světelné a ekonomické, je nejvýhodnější varianta 3 RA-MIRO Silver (zářivkový hlubokozářič). Má nejlepší světelně technické parametry a je ze všech variant nejlevnější.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] **kolektiv, Jiří Habel a.** *Světelná technika a osvětlování*. Praha : FCC PUBLIC, 1995. 80-901985-0-3.
- [2] **Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.** Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory ČSN EN 12464-1. *ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. ICS 91.160.10.
- [3] **Kolektiv pracovníků EXX s. r.** Světlo časopis pro světlo a osvětlování. <http://www.odbornecasopisy.cz/>. [Online] [Citace: 16. 4. 2014.] http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=39779.
- [4] **Institut, Český normalizační.** Světlo a osvětlení - Nouzové osvětlení ČSN EN1838. *ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA*. Praha : Český normalizační institut, 2000. ICS 91.160.10.
- [5] **Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.** Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky ČSN 73 0580-1. *ČESKÁ NORMA*. Praha : Český normalizační institut, 2007. ICS 91. 160. 10.
- [6] **Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.** Denní osvětlení budov - Část 4: Denní osvětlení průmyslových budov ČSN 73 0580-4. *ČESKÁ NORMA*. Praha : Český normalizační institut, 1994. MDT 628. 92: 725. 4.
- [7] **Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.** Sdružené osvětlení ČSN 36 0020. *ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA*. Praha : Český normalizační institut, 2007. ICS 91. 160. 01.
- [8] **Ing. Viktor Zwiener, Ph.D.** Umělé osvětlení z pohledu projektanta. *Atelier-Dek*. [Online] [Citace: 4. 10. 2015.] <http://atelier-dek.cz/umele-osvetleni-z-pohledu-projektanta-203>.
- [9] **Hormen nouzové osvětlení.** *Hormen*. [Online] [Citace: 25. 3. 2015.] <http://www.hormen.cz/cs/aktuality/nouzove-osvetleni.html>.
- [10] **Hormen - energetické úspory.** *www.hormen.cz*. [Online] [Citace: 16. 5. 2015.] <http://www.hormen.cz/cs/technicka-podpora/energeticke-uspory.html>

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: PŮVODNÍ ROZLOŽENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ.....	21
OBRÁZEK 2: ZVÝŠENÍ BOČNÍHO OSVĚTLENÍ.....	24
OBRÁZEK 3: ZVÝŠENÍ DENNÍHO OSV. PŘIDÁNÍM SVĚTLÍKU	25
OBRÁZEK 4: PANEL OVLÁDÁNÍ	43
OBRÁZEK 5: CELKOVÉ UMĚLÉ OSVĚTLENÍ.....	44
OBRÁZEK 6: DVĚ ŘADY SVÍTIDEL	44
OBRÁZEK 7: SVÍTIDLA UPROSTŘED OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY	45

Seznam tabulek

TABULKA 1: SMĚRNÉ HODNOTY ČINITELE PROSTUPU SVĚTLA [2]	16
TABULKA 2: PRŮMYSLOVÉ A ŘEMESLNÉ ČINNOSTI - ELEKTROTECHNICKÝ PRŮMYSL [2]	17
TABULKA 3: PRŮMYSLOVÉ A ŘEMESLNÉ ČINNOSTI - VÝROBA A OPRAVY VOZIDEL [2]	18
TABULKA 4: PRŮMYSLOVÉ A ŘEMESLNÉ ČINNOSTI - ELEKTRÁRNÝ [2].....	18
TABULKA 5: KOMUNIKAČNÍ ZÓNY UVNITŘ BUDOV [2].....	20
TABULKA 6: VÝSLEDKY DENNÍHO OSVĚTLENÍ PŮVODNÍHO NÁVRHU	22
TABULKA 7: TŘÍDĚNÍ ZRAKOVÝCH ČINNOSTÍ A HODNOTY ČINITELE DENNÍ OSVĚTLENOSTI [5]..	23
TABULKA 8: VÝPOČET DENNÍHO OSV. PŘI ZVÝŠENÉM BOČNÍM OSVĚTLENÍ	24
TABULKA 9: VÝPOČET DENNÍHO OSV. PŘI ZVÝŠENÉM HORNÍM OSVĚTLENÍ.....	25
TABULKA 10: CENY SVÍTIDEL JEDNOTLIVÝCH VARIANT	37
TABULKA 11: PROVOZNÍ PARAMETRY	37
TABULKA 12: POŘIZOVACÍ NÁKLADY OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY	40
TABULKA 13: NÁKLADY NA PROVOZ OSV. SOUSTAVY	41
TABULKA 14: POŘIZOVACÍ NÁKLADY OSV. SOUSTAVY	41
TABULKA 15: NÁKLADY NA PROVOZ OSV. SOUSTAVY	41
TABULKA 16: POŘIZOVACÍ NÁKLADY OSV. SOUSTAVY	42
TABULKA 17: NÁKLADY NA PROVOZ OSV. SOUSTAVY	42
TABULKA 18: POŘIZOVACÍ NÁKLADY OSV. SOUSTAVY	42
TABULKA 19: NÁKLADY NA PROVOZ OSV. SOUSTAVY	43

Seznam rovnic

ROVNICE 1: SVĚTELNÝ TOK	11
ROVNICE 2: POMĚRNÁ SVĚTELNÁ ÚČINNOST	12
ROVNICE 3: PROSTOROVÝ ÚHEL	12
ROVNICE 4: SVÍTIVOST	12
ROVNICE 5: OSVĚTLENOST	13
ROVNICE 6: JAS SVĚTELNÝ PAPERKŮ	13
ROVNICE 7: SVĚTLENÍ	13
ROVNICE 8: VÝPOČET UDRŽOVACÍHO ČINITELE.....	14
ROVNICE 9: VÝPOČET INVESTICE DO OSVĚTLEVACÍ SOUSTAVY	38
ROVNICE 10: VÝPOČET CELK. INSTAL. PŘÍKON	38
ROVNICE 11: SPOTŘEBA ENERGIE ZA ROK.....	38
ROVNICE 12: SPOTŘEBA ENERGIE ZA ROK.....	38
ROVNICE 13:NÁKLADY NA ENERGIE ZA ROK	38
ROVNICE 14: POMĚRNÁ ŽIVOTNOST ZDROJE ZA ROK.....	39
ROVNICE 15: POMĚRNÉ NÁKLADY NA ZDROJE ZA ROK.....	39
ROVNICE 16: CELK. NÁKLADY NA VÝMĚNU ZDROJŮ ZA ROK	39
ROVNICE 17: CELK. NÁKLADY NA PROVOZ ZA ROK.....	39
ROVNICE 18: CELK. NÁKLADY PO 10 LETECH	39

Seznam příloh

KUSOVNÍK SVÍTIDEL	1
ROZLOŽENÍ SVÍTIDEL VARIANTA 1	5
ROZLOŽENÍ SVÍTIDEL VARIANTA 2	6
ROZLOŽENÍ SVÍTIDEL VARIANTA 3	7
ROZLOŽENÍ SVÍTIDEL VARIANTA 4	8
ROZLOŽENÍ SVÍTIDEL NOUZOVÉHO OSV	9
NÁVRH OVLÁDÁNÍ	10
BLOKOVÉ SCHÉMA SPÍNÁNÍ OSVĚTLENÍ	11
SILOVÉ SCHÉMA OVLÁDÁNÍ OSVĚTLENÍ	12

Seznam příloh pouze v elektronické podobě

VÝSLEDKY UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ VARIANTA 1	1
VÝSLEDKY UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ VARIANTA 2	25
VÝSLEDKY UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ VARIANTA 3	49
VÝSLEDKY UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ VARIANTA 4	73
VÝSLEDKY UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ OSTATNÍCH PROSTOR OBJEKTU	97
VÝSLEDKY NOUZOVÉHO OSVĚTLENÍ	137

Přílohy