



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

NÁVRH OSVĚTLENÍ AUTODÍLNY

DESIGN OF LIGHTING SYSTEM IN CAR SERVICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Borůvka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Škoda, Ph.D.

BRNO 2016

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Student: Jan Borůvka

ID: 164866

Ročník: 3

Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Návrh osvětlení autodílny

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Zpracujte literární rešerši základních teoretických znalostí týkající se dané problematiky.
2. Zhodnoťte stávající stav pomocí simulace a měření.
3. Navrhněte nové řešení osvětlovací soustavy vyhovující zadaným požadavkům.
4. Zhodnoťte finanční náročnost možné realizace.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 8.2.2016

Termín odevzdání: 24.5.2016

Vedoucí práce: Ing. Jan Škoda, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D., předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně / Technická 3058/10 / 616 00 / Brno

Bibliografická citace práce:

BORŮVKA, J. *Návrh osvětlení autodílny*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 70 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Škoda, Ph.D..

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.....

Poděkování

Na začátku této práce bych rád poděkoval všem, kteří mi umožnili toto dílo vytvořit, ať již přímým přispěním svými připomínkami, názory, tak svou trpělivostí a tolerancí vůči mé osobě.

Své speciální poděkování věnuji vedoucímu této práce, panu Ing. Janu Škodovi, Ph.D., za cenné rady, připomínky a odborné vedení bakalářské práce, které mi s ochotou poskytl.

ABSTRAKT

Teoretická část této práce se zabývá světlem, pojmy a výpočetními vztahy z oblasti světelné techniky, základními světelnými zdroji a svítidly. Také je zde rozebrán princip měření osvětlení. Cílem této práce je návrh nového umělého osvětlení v autodílně, která se nachází v obci Petrov. Nejprve bylo provedeno kontrolní měření stávajícího stavu osvětlení, které je uvedeno v této práci.

KLÍČOVÁ SLOVA: Světlo; Svítidlo; Jas; Osvětlenost; Světelný zdroj; Autodílna;

ABSTRACT

The theoretical part is focused on lights, notions and calculations in the area of light technology, basic lightning sources and lamps. This work is also about the principle of lightning measuring. The main aim of the work is design of a new artificial lightning system in a workshop which is located in village called Petrov. At first, the control measuring of existing lightning was done which is mentioned in this work.

KEY WORDS: light; lamp; brightness; illuminance; light source; workshop

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
SEZNAM TABULEK	12
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	13
1 ÚVOD	14
2 SVĚTLO.....	15
2.1 SVĚTLO JAKO FYZIKÁLNÍ POJEM.....	15
2.1.1 BARVA A VLNOVÁ DÉLKA SVĚTLA	15
2.2 ZRAKOVÝ SYSTÉM – MNOŽSTVÍ PŘENÁŠENÉ INFORMACE	16
3 ZÁKLADNÍ SVĚTELNĚTECHNICKÉ POJMY A VELIČINY	17
3.1 PŘEHLED POJMŮ A VELIČIN	17
3.1.1 ZÁKLADNÍ VÝPOČETNÍ VZTAHY	19
4 BARVA SVĚTLA.....	21
5 UMĚLÉ OSVĚTLENÍ V BUDOVÁCH.....	22
5.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY	22
5.1.1 HLAVNÍ PARAMETRY URČUJÍCÍ SVĚTELNÉ PROSTŘEDÍ.....	22
6 PROVOZ A ÚDRŽBA OSVĚTLENÍ.....	23
6.1 PROVOZ OSVĚTLENÍ.....	23
6.1.1 ZÁKLADNÍ POJMY	23
6.2 ÚDRŽBA OSVĚTLENÍ.....	24
6.2.1 ZÁKLADNÍ POJMY	24
6.2.2 PROVOZNÍ ZMĚNY V OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAVÁCH.....	24
7 SVĚTELNÉ ZDROJE	25
7.1 ÚVOD.....	25
7.2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY SVĚTELNÝCH ZDROJŮ	26
7.3 ŽÁROVKY	27
7.4 LINEÁRNÍ ZÁŘIVKY	28
7.5 LED DIODY	29
8 SVÍTIDLA.....	30
8.1 PRINCIPY USMĚRNĚNÍ SVĚTELNÉHO TOKU	30
8.1.1 REFLEKTORY	30
8.1.2 REFRAKTORY	31
8.1.3 ROZPTYLOVAČE	31
8.1.4 KOMBINOVANÉ SYSTÉMY	31
8.2 ROZDĚLENÍ SVÍTIDEL PODLE ROZLOŽENÍ JEJICH SVĚTELNÉHO TOKU.....	31
8.3 KONSTRUKČNÍ PRVKY SVÍTIDEL	32
8.4 VÝVOJOVÉ TRENDY U SVÍTIDEL	32

9 MĚŘENÍ OSVĚTLENÍ	33
10 VYHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU OSVĚTLENÍ AUTODÍLNY	34
10.1 INFORMACE O MĚŘENÍ.....	34
10.2 VÝPOČTY	35
10.3 POUŽITÉ NORMY A NAŘÍZENÍ	35
10.5 PŘÍLOHY K MĚŘENÍ.....	36
10.5.1 PŮDORYS SE ZAKRESLENÝMI NAMĚŘENÝMI HODNOTAMI.....	36
10.5.2 PŮDORYS SE ZAKRESLENÝMI NAMĚŘENÝMI HODNOTAMI – S AUTEM NA ZVEDÁKU	37
10.5.3 PŮDORYS SE ZAKRESLENÝMI NAMĚŘENÝMI HODNOTAMI – VÁLCOVÁ OSVĚTLENOST	38
10.5.4 SITUAČNÍ PLÁN SVÍTIDEL.....	39
10.6 SIMULACE STÁVAJÍCÍHO OSVĚTLENÍ POMOCÍ PROGRAMU RELUX.....	40
10.7 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ OSVĚTLENÍ	45
10.8 ZHODNOCENÍ JASOVÝCH SNÍMKŮ.....	45
11 NÁVRH NOVÉ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY.....	46
11.1 ÚVOD.....	46
11.1.1 LEGISLATIVNÍ A NORMOVÉ ZDROJE	46
11.1.2 ANALÝZA ZRAKOVÉ ČINNOSTI	46
11.1.3 VÝPOČET UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ	46
11.1.4 ÚDRŽBA OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY	46
11.2 VARIANTA Č.1.....	46
11.2.1 TECHNICKÉ ÚDAJE O SVÍTIDLE	46
11.2.2 VÝSTUPY VÝPOČTU Z PROGRAMU RELUXPRO	47
11.3 VARIANTA Č.2	50
11.3.1 TECHNICKÉ ÚDAJE O SVÍTIDLE	50
11.3.2 VÝSTUPY VÝPOČTU Z PROGRAMU RELUXPRO	50
11.4 VARIANTA Č.3.....	53
11.4.1 TECHNICKÉ ÚDAJE O SVÍTIDLE	53
11.4.2 VÝSTUPY VÝPOČTU Z PROGRAMU RELUXPRO	53
11.5 POROVNÁNÍ VARIANT PRO HLAVNÍ OSVĚTLENÍ AUTODÍLNY	56
11.5.1 SROVNÁNÍ TEORETICKÝCH HODNOT INTENZITY OSVĚTLENÍ V JEDNOTLIVÝCH BODECH SROVNÁVACÍ ROVINY U JEDNOTLIVÝCH VARIANT.....	56
11.5.2 VÝHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ DLE POŽADAVKŮ ČSN EN 12464-1	57
11.5.3 POROVNÁNÍ POŘIZOVACÍCH NÁKLADŮ JEDNOTLIVÝCH VARIANT.....	57
11.5.4 ZHODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI JEDNOTLIVÝCH VARIANT	58
11.6 SHRUTÍ NÁVRHU NOVÉ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY	59
11.7 NÁVRH OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY PRO KANCELÁŘ, WC A TECHNICKOU MÍSTNOST	60
11.7.1 ZVOLENÁ SVÍTIDLA	60
11.7.2 VÝSTUPY VÝPOČTU Z PROGRAMU RELUXPRO	61
11.7.3 POŘIZOVACÍ NÁKLADY	63
11.7.4 SHRUTÍ NÁVRHU NOVÉ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY ZÁZEMÍ AUTODÍLNY	63
12 ZÁVĚR.....	64
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	65
PŘÍLOHY	66

JASOVÉ SNÍMKY POMOCÍ LDA LUMIDISP	66
SNÍMKY POMOCÍ LDA LUMIDISP – RYBÍ OKO	67
FOTODOKUMENTACE.....	69

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2-1 Vlnová délka světla [3]	15
Obr. 2-2 Závislost množství přenášené informace na osvětlenosti [4]	16
Obr. 3-1 Definice svítivosti [3]	17
Obr. 3-2 Definice prostorového úhlu [5]	17
Obr. 3-3 Definice intenzity osvětlení [1]	18
Obr. 3-4 Definice jasu [1]	18
Obr. 3-5 Soustava fotometrických veličin [1]	20
Obr. 7-1 Vývoje měrných výkonů světelných zdrojů [2]	25
Obr. 7-2 části žárovky [6]	27
Obr. 7-3 Princip zářivek [1]	28
Obr. 7-4 Princip LED [1]	29
Obr. 8-1 Typy světelně aktivních ploch [1]	30
Obr. 8-2 Refraktor [1]	31
Obr. 8-3 Rozdělení svítidel podle rozložení světelného toku [1]	32
Obr. 10-1 Půdorys se zakreslenými naměřenými hodnotami	36
Obr. 10-2 Půdorys se zakreslenými naměřenými hodnotami osvětlenosti - s autem na zvedáku ..	37
Obr. 10-3 Půdorys se zakreslenými naměřenými hodnotami - válcová osvětlenost	38
Obr. 10-4 Situační plán svítidel	39
Obr. 10-5 Rozložení osvětlenosti - dílna	40
Obr. 10-6 Izoluxy - dílna	40
Obr. 10-7 Rozložení osvětlenosti v 3D - dílna - pohled 1	41
Obr. 10-8 Rozložení osvětlenosti v 3D - dílna - pohled 2	41
Obr. 10-9 Rozložení osvětlenosti v 3D - pohled 1 s autem na zvedáku	42
Obr. 10-10 Rozložení osvětlenosti v 3D - pohled 2 s autem na zvedáku	42
Obr. 10-11 Rozložení osvětlenosti v 3D - kancelář - pohled 1	43
Obr. 10-12 Rozložení osvětlenosti v 3D - kancelář - pohled 2	43
Obr. 10-13 3D zobrazení autodílny - pohled 1	44
Obr. 10-14 3D zobrazení autodílny - pohled 2	44
Obr. 11-1 Trevos Futura 2,4 ft PC Al [8]	47
Obr. 11-2 Křivka svítivosti svítidla Futura 2,4 ft [8]	47
Obr. 11-3 3D zobrazení návrhu osvětlení	47
Obr. 11-4 Rozložení osvětlenosti v 3D - s autem na zvedáku	49

Obr. 11-5 Rozložení osvětlenosti v 3D	49
Obr. 11-6 Křivka svítivosti svítidla Modus PL22 [9]	50
Obr. 11-7 Svítidlo Modus PL22M V2 [9]	50
Obr. 11-8 3D zobrazení návrhu nového osvětlení	50
Obr. 11-9 Rozložení osvětlenosti v 3D	52
Obr. 11-10 Rozložení osvětlenosti v 3D - s autem na zvedáku	52
Obr. 11-11 Křivka svítivosti svítidla Trevos Prima 228 [8]	53
Obr. 11-12 Svítidlo Trevos Prima 228 PC ET5 [8]	53
Obr. 11-13 3D zobrazení nového návrhu osvětlení	53
Obr. 11-14 Rozložení osvětlenosti v 3D	55
Obr. 11-15 Rozložení osvětlenosti v 3D - s autem na zvedáku	55
Obr. 11-16 Hodnoty intenzity osvětlení v jednotlivých bodech - varianta č.1	56
Obr. 11-17 Hodnoty intenzity osvětlení v jednotlivých bodech - varianta č.2	56
Obr. 11-18 Hodnoty intenzity osvětlení v jednotlivých bodech - varianta č.3	56
Obr. 11-19 Porovnání nákladů na pořízení a provoz jednotlivých variant	58
Obr. 11-20 Svítidlo Trevos Luxor 228 MAT ET5 [8]	60
Obr. 11-21 Křivka svítivosti svítidla Trevos Luxor 2xx [8]	60
Obr. 11-22 Svítidlo Modus BR SB [9]	60
Obr. 11-23 Křivka svítivosti svítidla BR SB [9]	60
Obr. 11-24 3D zobrazení kanceláře	62
Obr. 11-25 Intenzita osvětlení v 3D - kancelář	62
Obr. 11-26 Intenzita osvětlení v 3D - kancelář	63
Obr. P-0-1 Jasový snímek od ponku	66
Obr. P-0-2 Jasový snímek - pohled od vrat	66
Obr. P-0-3 Jasový snímek - pohled od ponku s autem na zvedáku	67
Obr. P-0-4 Jasový snímek pohled od vrat - rybí oko	67
Obr. P-0-5 Jasový snímek pohled od ponku - rybí oko	68
Obr. P-0-6 Jasový snímek pohled od ponku s autem na zvedáku - rybí oko	68
Obr. P-0-7 Jasový snímek pohled od ponku s autem v dílně - rybí oko	69
Obr. P-0-8 Fotografie dílny - pohled od ponku	69
Obr. P-0-9 Fotografie dílny - pohled od vrat	70

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 4-1 Rozdělení barev dle teploty [3]</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 4-2 Dojem barevného tónu světla zářivkového osvětlení v závislosti na osvětlenosti [3]</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 9-1 Příпустné celkové chyby luxmetrů [11]</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 10-1 Požadavky na osvětlení dle ČSN EN 12464-1 [10]</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 10-2 Souhrn výsledků a vyhodnocení</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 11-1 Vyhodnocení výsledků dle požadavků ČSN EN 12464-1</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 11-2 Porovnání pořizovacích nákladů jednotlivých variant</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 11-3 Zhodnocení energetické náročnosti jednotlivých variant</i>	<i>58</i>
<i>Tab. 11-4 Pořizovací náklady pro osvětlení zázemí autodílny</i>	<i>63</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Veličina	Popis	Jednotka
A	osvětlená plocha	m^2
E	osvětlenost	lx
E_m	udržovaná osvětlenost	lx
E_{max}	maximální hodnota osvětlení	lx
E_{min}	minimální hodnota osvětlení	lx
E_p	průměrná osvětlenost	lx
E_{pn}	osvětlenost v jednotlivých bodech	lx
H	světlení	lm.m^{-2}
I	svítivost	cd
L	jas	cd.m^{-2}
n	počet měřících bodů	-
P	elektrický příkon	W
r	rovnoměrnost osvětlení	lx
R_a	index podání barev	-
S_p	viděná svítící plocha	m^2
T	život světelného zdroje	h
T_c	teplota chromatičnosti	K
z	udržovací činitel	-
η	měrný světelný výkon	lm.W^{-1}
Φ	světelný tok	lm
Ω	prostorový úhel	sr

Zkratka	Popis
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
LED	Light emitting diode

1 ÚVOD

Světlo se nachází všude kolem nás a je nezbytnou složkou života na Zemi. Proto také umělé osvětlení je velmi důležité pro člověka, neboť světlo vyvolává u lidí psychologické a fyziologické reakce. Z tohoto důvodu se snažíme využít technických prostředků k zajištění příjemného a dostatečného umělého osvětlení v běžném životě. Při návrhu nového osvětlení musí být především brán ohled na prostředí a funkci prostoru, který se bude osvětlovat. U návrhu nového osvětlení se musíme zejména řídit příslušnými normami. Pro ověření návrhu nového osvětlení se využívají výpočetní programy, díky těmto programům můžeme nasimulovat osvětlení prostoru před instalací osvětlovací soustavy a zkontrolovat jestli daný návrh vyhovuje požadavkům uvedeným v normách pro daný typ prostředí. Pro návrh a simulaci nového osvětlení v této práci bylo využito programu ReluxPro.

2 SVĚTLO

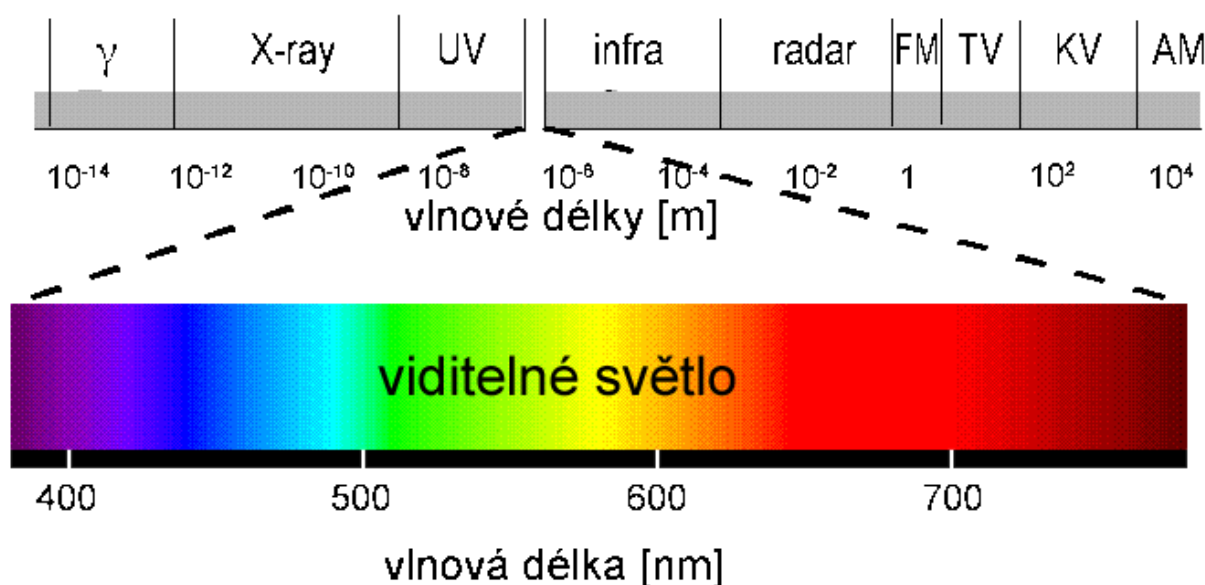
Světlo patří mezi významné činitele podmiňující zdravé životní prostředí, protože velice ovlivňuje podmínky zrakového vnímání a přispívá k vytváření celkové duševní pohody lidí. Prostřednictvím zraku získává člověk kolem 80 až 90 % všech informací o prostředí, ve kterém se nachází. Světlo také patří k významným faktorům, které významně ovlivňují úroveň životního prostředí, díky tomu, že vyvolává v lidech fyziologické a psychologické reakce, které jsou ovlivňovány množstvím světelné energie, druhem světla a jeho barevnou jakostí. Proto se lidé snaží využít vhodných technických prostředků k dosažení co nejlepších podmínek pro zrak [1,2].

2.1 Světlo jako fyzikální pojem

Viditelné světlo je elektromagnetické záření o vlnové délce 400–750 nm. Vlnové délky světla leží mezi vlnovými délkami ultrafialového a infračerveného záření. Základní vlastnosti světla jsou svítivost, barva a polarizace. Protože duálním projevem vlnění je jeho částicový charakter, můžeme chápat světlo také jako tok částic - fotonů o různých energiích.

2.1.1 Barva a vlnová délka světla

Odlišné frekvence světla vidíme jako barvy, od červeného světla s nejnižší frekvencí a nejdelší vlnovou délkou po fialové s nejvyšší frekvencí a nejkratší vlnovou délkou [1,2].

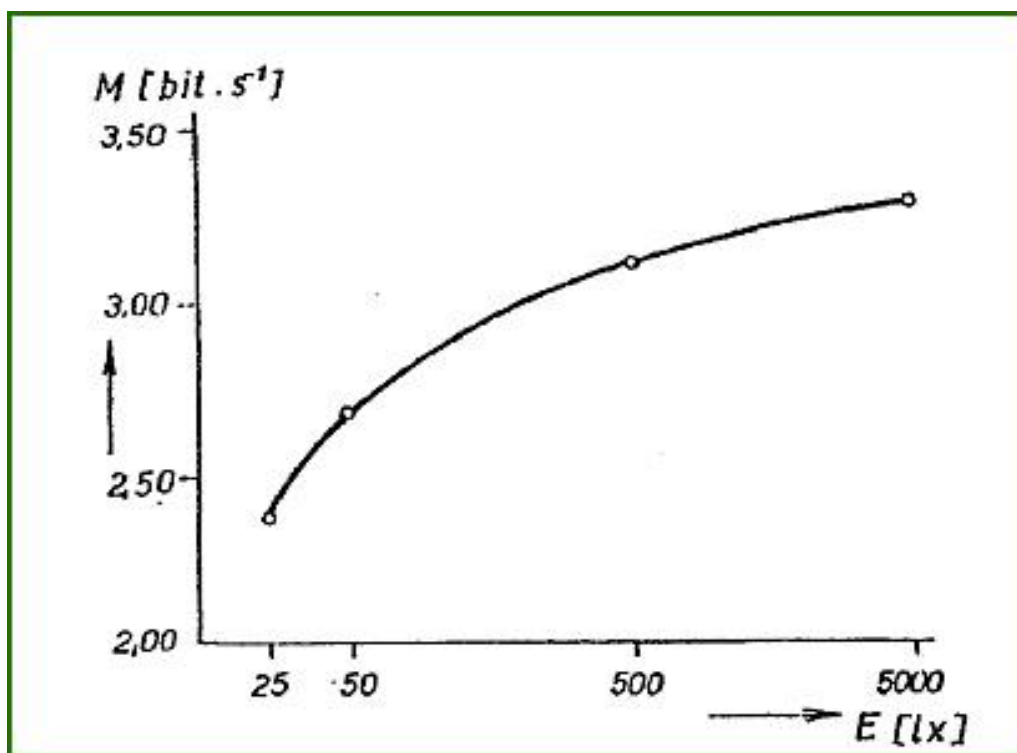


Obr. 2-1 Vlnová délka světla [3]

2.2 Zrakový systém – množství přenášené informace

Vidění neboli také vnímání je proces poznávání okolního prostředí. Je to proces získání zrakové informace rozlišením rozdílů jasů (kontrastu) barev a tvarů. Po rozlišení dochází k identifikaci, analýze a zařazení do našeho vědomí, buď k okamžitému použití, nebo uložení do paměti. Cílem vidění je tedy rozpoznávání.

Množství informace získané pomocí zraku a přenášené do mozku člověka můžeme charakterizovat informačním výkonem. Jeho velikost stoupá se zvyšující se osvětleností, ale jeho nárůst je omezen maximální přenosovou kapacitou informačního kanálu. Proto je lepší zvýšit osvětlenost v místech s relativně nízkou hladinou okolo 50 lx, než zvyšovat osvětlenost v oblastech s vysokou hladinou, která má hodnotu nad 500 lx. Tyto aspekty nesmíme přehlížet při navrhování osvětlovacích soustav umělého osvětlení z pohledu maximální efektivity využití spotřebované energie. Křivka závislosti množství přenášeného výkonu ukazuje, že navrhování osvětlovacích soustav na osvětlenosti vyšší než 5 000 lx má opodstatnění pouze ve specifických případech (např. operační sály, atd.) [2].

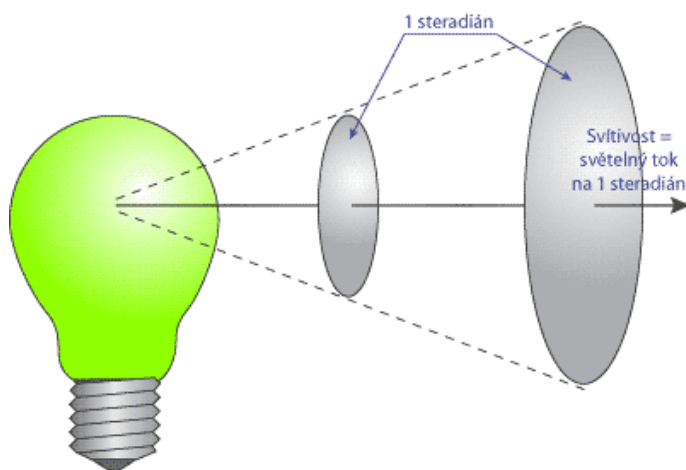


Obr. 2-2 Závislost množství přenášené informace na osvětlenosti [4]

3 ZÁKLADNÍ SVĚTELNĚTECHNICKÉ POJMY A VELIČINY

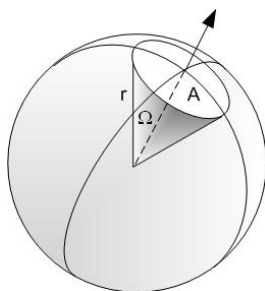
3.1 Přehled pojmů a veličin

- Světelný tok $\Phi = \text{lm}$ (lumen) [1]
 - Vyjadřuje, kolik světla celkem vyzáří zdroj do všech směrů. Jde o světelný výkon, který je posuzován z hlediska lidského oka.
- Svítivost $I = \text{cd}$ (kandela)
 - Udává, kolik světelného toku Φ vyzáří světelný zdroj nebo svítidlo do prostorového úhlu Ω v určitém směru.



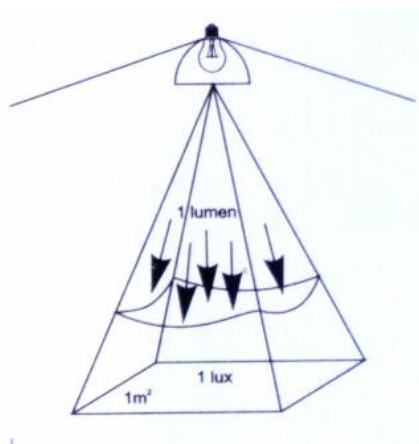
Obr. 3-1 Definice svítivosti [3]

- Prostorový úhel $\Omega = \text{sr}$ (steradián)
 - Je část prostoru vymezená rotační kuželovou plochou. Prostorový úhel se určuje tak, že se uvažuje kulová plocha o středu ve vrcholu V a o libovolném poloměru r , jejíž průnik s prostorovým úhlem je vrchlík na kulové ploše o obsahu A . Velikost prostorového úhlu pak určuje poměr mezi A a r^2 , přičemž nezávisí na uvažované kulové ploše.



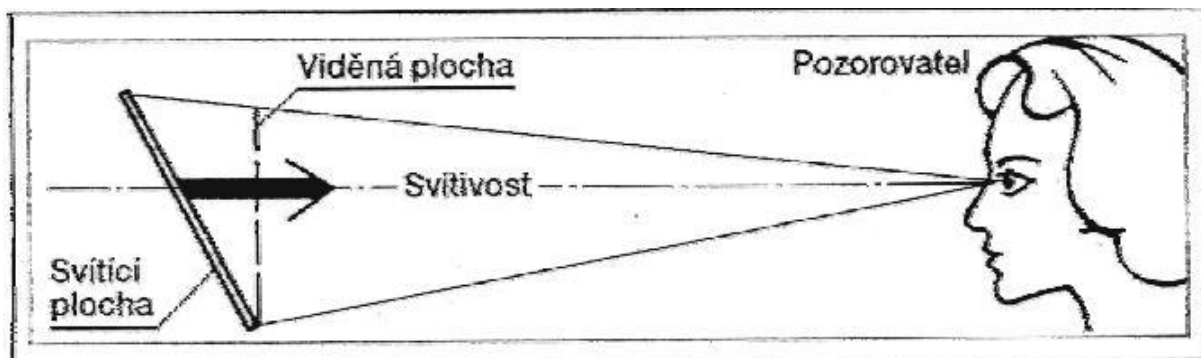
Obr. 3-2 Definice prostorového úhlu [5]

- Osvětlenost (intenzita osvětlení) $E = \text{lx}$ (lux)
 - Udává, jak je určitá plocha osvětlována, to znamená kolik lm světelného toku dopadá na 1 m^2 .



Obr. 3-3 Definice intenzity osvětlení [1]

- Světlení $H = \text{lm} \cdot \text{m}^{-2}$ (lumen na metr čtvereční)
 - Stanovuje velikost světelného toku vycházejícího z plochy.
- Jas $L = \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ (kandela na metr čtvereční)
 - Je měřítkem pro vjem světlosti svítícího nebo osvětlovaného povrchu.



Obr. 3-4 Definice jasu [1]

- Měrný světelný výkon $\eta = \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$ (lumen na watt)
 - Udává, s jakou účinností je ve zdroji světla elektřina přeměňována na světlo, to je kolik lm světelného toku se získá z 1 W elektrického příkonu.

- Teplota chromatičnosti $T_c = K$ (kelvin)
 - Teplotou chromatičnosti zdroje je označována ekvivalentní teplota tzv. černého zářiče (Planckova), při které je spektrální složení záření těchto dvou zdrojů blízké. Zvýší-li se teplota absolutně černého tělesa, zvýší se podíl modré části spektra a sníží se červený podíl. Žárovka s teple bílým světlem má např. teplotu chromatičnosti 2700 K.
- Index barevného podání $R_a =$ (bezrozměrná veličina)
 - Každý světelný zdroj by měl podávat svým světelným tokem barvy okolí věrohodně, jak je známe u přirozeného světla nebo od světla žárovek.
- Oslnění
 - Jsou-li v zorném poli oka příliš velké jasy nebo jejich rozdíly, tak dojde k oslnění. To znamená, že oslnění je nepříznivý stav zraku, ke kterému dochází, je-li sítnice nebo její část vystavena jasu vyššímu, než na jaký je oko adaptováno.
- Život světelného zdroje $T = h$ (hodina)
 - Je doba funkce zdroje do okamžiku, kdy přestal splňovat stanovené požadavky.
 - **Užitečný život** je doba funkce zdroje, během které si parametry zachovávají hodnoty ležící v určitých stanovených mezích. (u zářivek – doba, během níž neklesne jejich světelný tok pod 70% počáteční hodnoty.
 - **Fyzický život** je celková doba svícení do okamžiku úplné ztráty provozuschopnosti (např. u žárovek do přerušení vlákna, u výbojek do ztráty schopnosti zapálit výboj) [1].

3.1.1 Základní výpočetní vztahy

- Měrný (světelný) výkon ($\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$) [1]

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

- Φ – světelný tok (lm)
- P – elektrický příkon (W)

- **Osvětlenost** (intenzita osvětlení) (lx)

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

- A – osvětlená plocha (m²)

- **Svítivost** (cd)

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

- Ω – prostorový úhel (sr)

- **Jas** (cd.m⁻²)

$$L = \frac{I}{S_p}$$

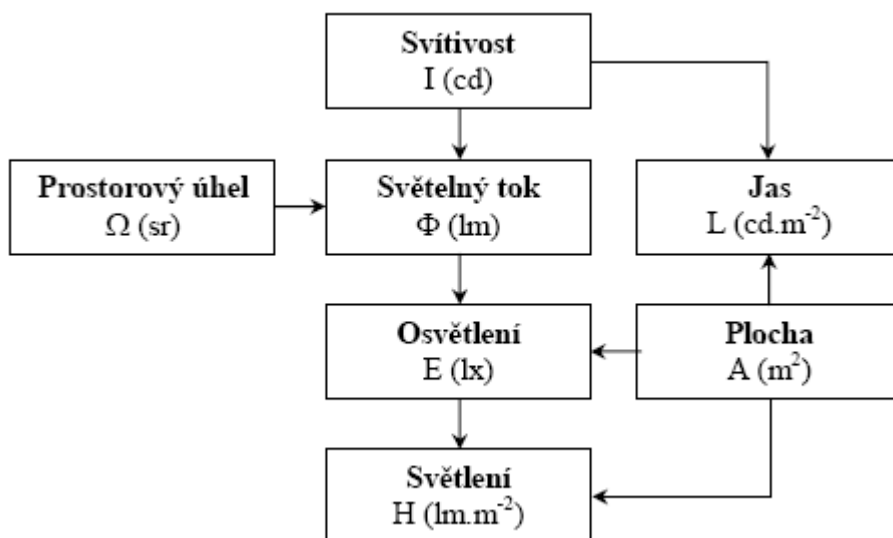
- S_p – viděná svítící plocha (m²)

- **Světlení** (lm, m⁻²)

$$H = \frac{\Phi_V}{A_V}$$

- **Celková rovnoměrnost osvětlení (jasů)**

$$\frac{E_{min}}{E_p} \approx \frac{L_{min}}{L_p}$$



Obr. 3-5 Soustava fotometrických veličin [1]

4 BARVA SVĚTLA

Barva světla (chromatičnost) je stejná jako teplota jeho zdroje. U zdrojů, jejichž světlo nevzniká teplem, ale výbojem se používá pojem náhradní teplota chromatičnosti (barva odpovídá určité teplotě, ale ta reálně neexistuje) [1].

Tab. 4-1 Rozdělení barev dle teploty [3]

Rozsah teploty chromatičnosti v kelvinech	Barevný tón světla	Světelné zdroje
< 3300	Teple bílý (červenobílý)	Žárovky Halogenové žárovky Výbojky vysokotlaké sodíkové Výbojky halogenidové
3300 - 5300	Neutrálně bílý (odpovídá dennímu světlu s převažující složkou přímého slunečního záření)	Zářivky Výbojky rtuťové číré Výbojky halogenidové
> 5300	Denní, studený, modrobílý (odpovídá dennímu světlu bez přímého slunečního záření)	Zářivky Výbojky rtuťové číré Výbojky halogenidové

Tab. 4-2 Dojem barevného tónu světla zářivkového osvětlení v závislosti na osvětlenosti [3]

Osvětlenost (lx)	Barevný tón světla		
	teple bílý	bílý	denní
Do 700	příjemný	příjemný	neutrální
700 – 3000	příjemný	příjemný	neutrální
Nad 3000	nepřirozený	příjemný, živý	příjemný

5 UMĚLÉ OSVĚTLENÍ V BUDOVÁCH

Při navrhování osvětlovacích soustav se vychází ze dvou kritérií určující úroveň vidění. To jsou zrakový výkon a zraková pohoda.

Zrakový výkon je určen fyziologickými vlastnostmi lidského zraku. Používá se jako měřítko pro prostory s přesně definovanou činností, to jsou pracovní prostory.

Zraková pohoda zahrnuje mimo jiné také psychické činitele, proto se používá jako měřítko u společenských prostor (restaurace, kulturní domy, byty) [1].

5.1 Základní požadavky

- Zraková pohoda – člověk se musí cítit dobře
- Zrakový výkon – pracovníci musí být schopní vykonávat zrakové úkoly
- Bezpečnost

5.1.1 Hlavní parametry určující světelné prostředí

- Rozložení jasu
- Osvětlenost
- Oslnění
- Směrovost světla
- Podání barev a barevný tón světla
- Míhání světla
- Denní světlo

Protože člověk vnímá určité prostředí všemi smysly a je dokázáno vzájemné ovlivnění jednotlivých vjemů, musíme zařadit k parametrům osvětlení také související parametry akustické, tepelné a energetické. Například prostředí se zvýšenou hlučností lze kompenzovat zvýšenou osvětleností, nebo zvýšená tepelná zátěž lze kompenzovat volbou studenějšího světla [1].

6 PROVOZ A ÚDRŽBA OSVĚTLENÍ

Provoz a údržba osvětlení jsou odborné kategorie činností v problematice užití osvětlovacích zařízení. Tyto kategorie musíme uvažovat již při projektování osvětlení stavby, protože zařízení v různých ohledech v dalším životě nemohou být změněny.

Provoz a údržba osvětlení mají velký vliv na budoucí životnost osvětlovacích zařízení, na zachování jejich vlastností a efektivní využití [1].

6.1 Provoz osvětlení

6.1.1 Základní pojmy

Provoz osvětlení, činnost více prvků osvětlovací techniky pro vytváření světelného prostředí v určitém místě a čase. Soubory prvků, uspořádané do definovaného funkčního systému, nazýváme osvětlovací soustavou.

Obsluha osvětlení, soubor činností, které uvádí zařízení do provozu nebo vyřazují z provozu, řídí provoz osvětlení a kontroluje stav osvětlovacích zařízení.

Osoba odpovědná za provozní způsobilost osvětlení, provozovatel nebo jím pověřená osoba, která odpovídá za správný chod provozních podmínek.

Řízení osvětlení, pravidla, kterými se ovlivňují provozní stavy osvětlení k zajištění nejlepších podmínek osvětlení při spotřebě energie [1].

Základní rozdělení osvětlení podle provozních podmínek:

- Podle zdroje energie
 - Denní osvětlení
 - Umělé osvětlení
 - Sdružené osvětlení (denní a trvale doplňující umělé osvětlení)
- Podle funkce osvětlení
 - Normální osvětlení
 - Hlavní osvětlení
 - Pomocné osvětlení
 - Bezpečnostní osvětlení
 - Poruchové osvětlení
 - Náhradní osvětlení
 - Nouzové (únikové) osvětlení

6.2 Údržba osvětlení

6.2.1 Základní pojmy

Údržba osvětlení, aspekty vedoucí k zajištění provozních vlastností osvětlení v požadovaných mezích nebo v ekonomickém režimu.

Údržba umělého osvětlení, činnosti, které zajišťují správné vlastnosti osvětlení.

- a) Elektrotechnická údržba
 - Odstraňuje provozní závady na elektrotechnické části soustavy osvětlení
- b) Světelně-technická údržba
 - Aspekty, přímo ovlivňující světelné vlastnosti osvětlení (výměna zdrojů, čištění...)

Skupinová výměna světelných zdrojů, výměna všech světelných zdrojů určité části nebo výměna celé osvětlovací soustavy (bez ohledu na současný stav zdrojů).

Individuální výměna světelných zdrojů, výměna jednotlivých světelných zdrojů, které předčasně ukončily svou životnost.

Čištění svítidel na sucho, čištění suchým procesem (antistatické utěrky, vakuové odsávání).

Čištění svítidel namokro, čištění pomocí roztoků. Provádí se i omytí povrchů světelných zdrojů.

6.2.2 Provozní změny v osvětlovacích soustavách

Po dobu života osvětlovacích zařízení dochází v jejich parametrech ke změnám, které jsou zčásti vratné a zčásti nevratné (fyzikálně chemické povahy). Do vratných změn patří pouze takové, jež závisí na vnějších podmínkách (teplotě, frekvenci, napětí atd.), nebo které lze obnovit čištěním nebo povrchovou úpravou. Mezi nevratné změny patří stárnutí zdrojů. Po překročení určité limitní hodnoty stárnutí je nezbytná výměna zdrojů, protože dále jsou již neekonomické. Ekonomická doba svítidel závisí na nevratných změnách na svítidlech.

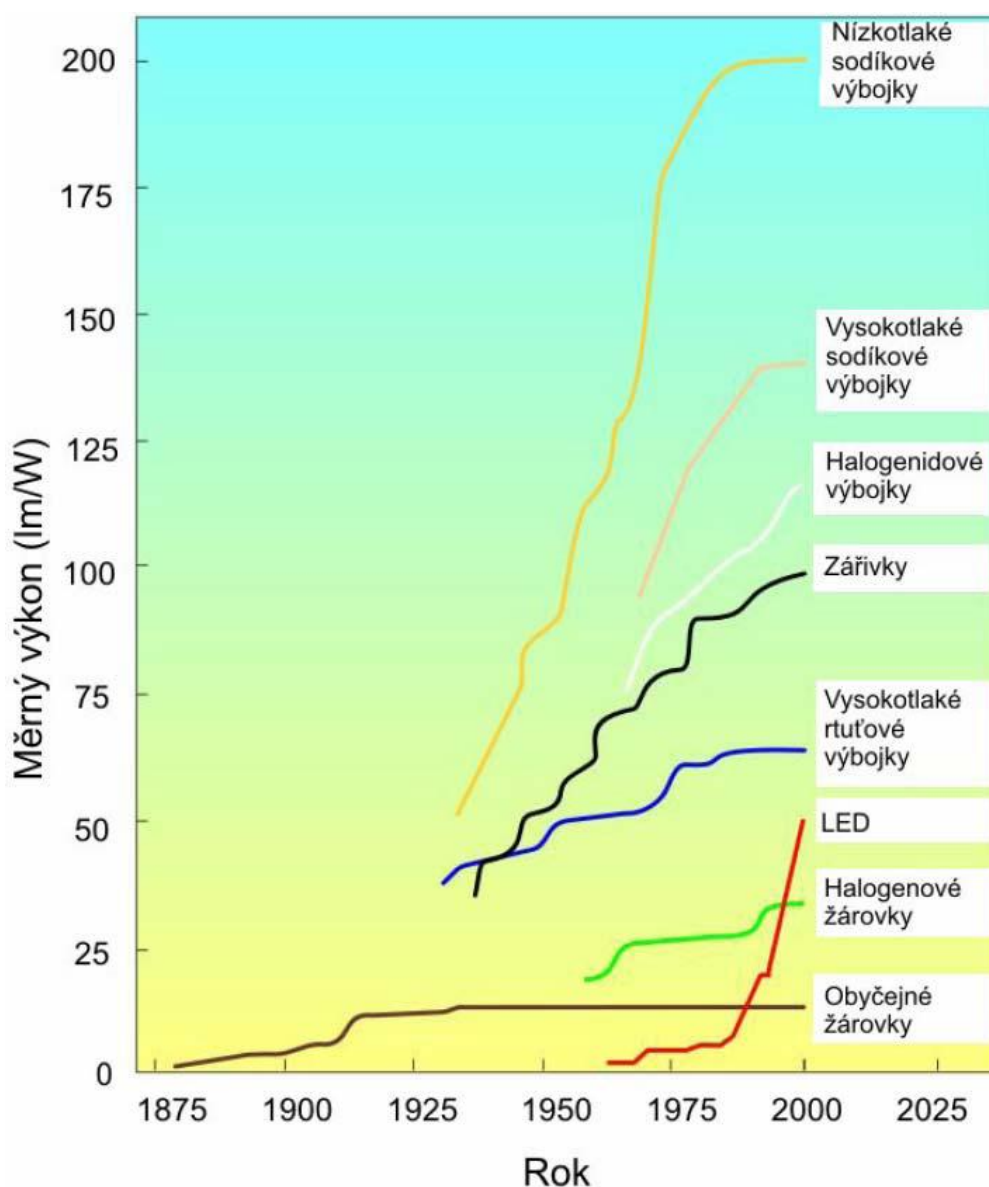
Vratné i nevratné změny na svítidlech závisí na vlastnostech prostředí v jejich okolí a na materiálovém a konstrukčním provedení svítidel (antikorozi provedení, krytí, vybavení prachovými filtry aj. [1])

7 SVĚTELNÉ ZDROJE

7.1 Úvod

Mezi nejdůležitější oblast ovlivňující spotřebu elektrické energie a celkové osvětlení patří světelné zdroje. Parametry, které jsou podstatné při výběru světelných zdrojů, jsou měrný výkon, doba života, index podání barev, rozměry a možnost stmívání. Hlavní trendy, které budou mít velký vliv na vývoj nových světelných zdrojů, jsou miniaturizace a rozšiřování výkonového rozsahu zdrojů [1,2].

Na Obr. 7.1 jsou znázorněny měrné výkony zdrojů pro všeobecné osvětlování. Tyto spojitosti ukazují podstatnou vlastnost světelných zdrojů a to je míra přeměny spotřebované elektrické energie na vyzářený světelný tok.



Obr. 7-1 Vývoje měrných výkonů světelných zdrojů [2]

7.2 Základní parametry světelných zdrojů

Parametry dělíme na kvantitativní a kvalitativní:

- Do kvantitativních parametrů patří vyzařovaný světelný tok Φ (lm) a elektrický příkon P (W). Důležitá veličina pro porovnání zdrojů je měrný výkon η (lm.W⁻¹). Jmenované parametry jsou především podstatné pro uživatele a projektanty, kteří potřebují vědět celkový příkon osvětlovací soustavy.
- Mezi kvalitativní parametry patří délka života zdroje T (hod), barevné podání a stálost světelně-technických parametrů.

Další důležité vlastnosti jsou geometrické rozměry, tvar, hmotnost, distribuce a možnost úpravy světelného toku a také pořizovací a provozní náklady.

Barevné podání (index podání barev), nebo též chromatičnost světelných zdrojů je vyjádřena spektrálním složením vyzařované energie. Vyjadřuje se pomocí trichromatických souřadnic anebo teploty chromatičnosti.

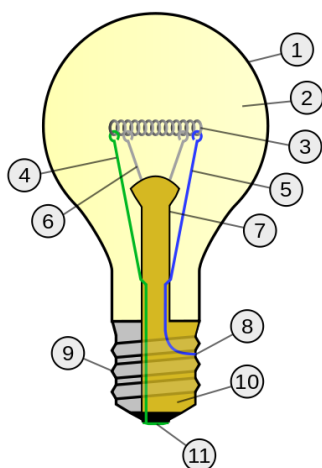
Konstantní stav světelně technických parametrů úzce souvisí s provozními vlastnostmi světelných zdrojů. Je to časová závislost, která je definována jako rychlá a pomalá.

- Do rychlých změn patří změny parametrů např. světelného toku v závislosti na napájecím napětí o frekvenci 50 Hz. Světelný tok kolísá s dvojnásobnou frekvencí a hloubka kolísání je závislá na setrvačných vlastnostech světelného zdroje. Tento jev může vyvolat stroboskopický efekt, který může být nebezpečný v některých provozech. Rychlou změnou je také změna světelného toku vlivem kolísání efektivní hodnoty napětí. Na kolísání napětí jsou nejcitlivější žárovky. Rychlou změnou také rozumíme změny parametrů související s náběhem světelného zdroje po připojení k napájecí síti. U žárovek je náběh skoro okamžitě, ale parametry výbojových světelných zdrojů se ustalují až po několika minutách.
- Do pomalých změn patří závislost parametrů světelných zdrojů na statických změnách napětí, jež se vyjadřují pomocí křížových charakteristik. Změny parametrů způsobené stárnutím světelných zdrojů patří také mezi pomalé změny. Po dobu života světelných zdrojů světelný tok klesá. Například u žárovek se sníží po 1000 hod. provozu světelný tok na 90% [1,2].

7.3 Žárovky

Žárovky jsou stále nejpobulárnějším světelným zdrojem. Svým teplým světlem vytváří příjemnou pohodovou atmosféru, a proto jsou pořád nejvyhledávanějším světelným zdrojem pro osvětlování.

Žárovky jsou prvotními umělými zdroji světla, které pracují na principu výroby, který je už více jak 100 let starý. Princip je založen na jevu přeměny elektrické energie přes tepelnou energii v zářivou energii, čili ve světlo. Do vnitřku vyčerpané skleněné baňky (vakuum) je uloženo vlákno z wolframu, které je stočeno do spirály (jednoduché nebo dvojité). Vlákem prochází elektrický proud, který způsobuje ohřev vlákna, tudíž i vyzařování do viditelné oblasti spektra elektromagnetického vlnění. Baňka je vyrobena z vápenatohořečnatého skla a vyrábí se na foukacích automatech, aby bylo dosáhnuto vysokého vakua, proto aby se chránilo vlákno před sloučením s kyslíkem a jeho hořením. Sklo je buď čiré nebo uvnitř matované (mdlé) nebo opálové (mléčné). U žárovek vyšších výkonů jsou baňky plněny inertními plyny. Patice žárovek jsou odlišné podle použití a velikosti žárovek. Žárovky do 200 W mají Edisonův závit E27 (normál), nad 200 W závit E40 (goliáš), malé žárovky mají závit E14 (mignon) a nejmenší mají závit E10 (trpasličí). Žárovky vystavené otřesům mají patici bajonetovou (swan). Teplota vlákna u vakuových žárovek je asi 2000 °C a u plněných plynem asi 2600 °C [1,2].



1. Skleněná baňka
2. Náplň: nízkotlaký inertní plyn
3. Wolframové vlákno
4. Kontaktní vlákno
5. Kontaktní vlákno
6. Podpurná vlákna
7. Držák (sklo)
8. Kontaktní vlákno
9. Závit pro objímku
10. Izolace
11. Elektrický kontakt fáze

Obr. 7-2 části žárovky [6]

V žárovkách se přemění jenom asi 8 % přivedené elektrické energie ve světlo, zbytek 92 % se přemění v teplo. Účinnost je tedy velmi malá.

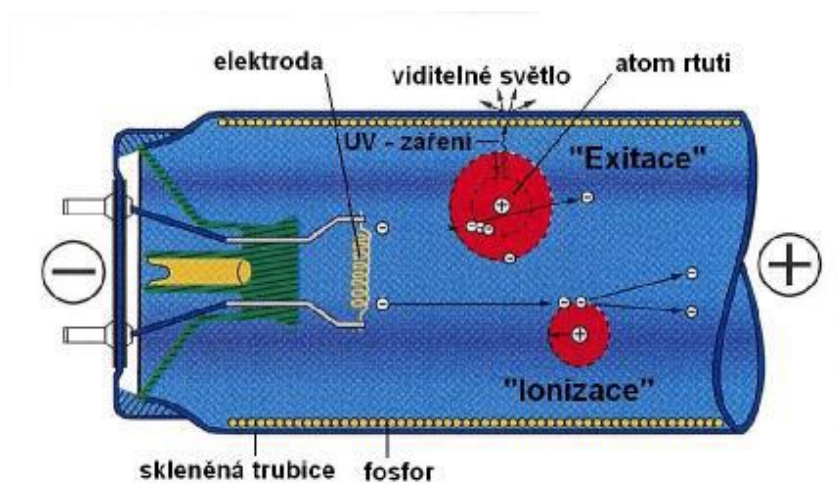
Měrný výkon žárovek se pohybuje okolo 10 lm.W⁻¹. Se zvyšující se teplotou vlákna stoupá i intenzita světelného toku a teplota chromatičnosti. První žárovky z uhlíku měly měrný výkon přibližně 1,7 lm.W⁻¹. Životnost žárovek se pohybuje okolo 1 000 hodin, ale díky vývoji nových technologií životnost stále vzrůstá.

Žárovky se vyrábějí v širokém sortimentu výkonů, rozměrů a tvarů. Tyto světelné zdroje nemají jenom minulost, ale také současnost a musíme s nimi počítat i do budoucnosti. Hlavní využití žárovek je hlavně v místech, kde je potřebný okamžitý náběh světelného zdroje na 100% světelného toku (chodby, sociální zařízení atd.). Pro svůj vysoký index podání barev a teplou barvu světla jsou hojně využívány ve společenských a reprezentativních prostorech.[1,2]

7.4 Lineární zářivky

Lineární zářivky mají velký podíl na výrobě umělého světla, vyrobí okolo 70 % umělého světla na světě. Jsou velmi ekonomické, zejména díky svému vysokému měrnému výkonu.

Zářivky jsou nízkotlaké rtuťové výbojky, jejich záření je hlavně v oblasti ultrafialového záření. Toto záření se přeměňuje ve viditelné pomocí luminoforu. Zářivky pracují na tomto principu. Ve skleněné trubici jsou kvůli elektrickému poli mezi elektrodami vybuzeny páry rtuti, ve kterých dochází k emisi neviditelného UV záření. Luminofor na povrchu trubice přeměňuje neviditelné UV záření na viditelné světlo.



Obr. 7-3 Princip zářivek [1]

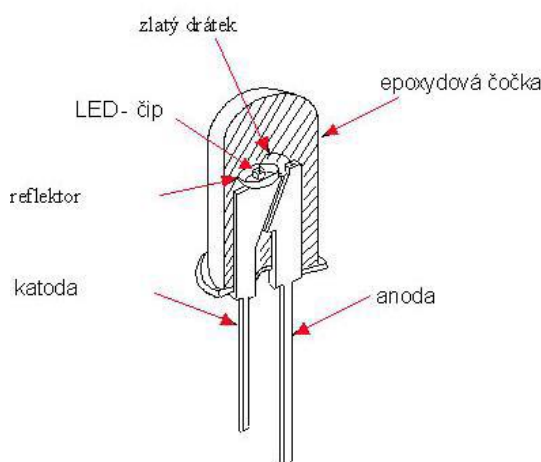
Všechny výbojky a zářivky musí mít předřadný přístroj. Pro zapálení výboje je nutné mít nižší napětí než je napájecí napětí. O úbytek napětí se stará tlumivka, nebo jsou nahrazeny elektronickými předřadníky, které plní stejnou funkci na vysoké frekvenci. Tlumivky a statéry lze nahradit moderními elektronickými vysokofrekvenčními předřadníky, což zajišťuje větší hospodárnost a delší dobu života zářivek.

Doba života zářivek závisí na způsobu provozu. U zářivek s klasickým předřadníkem se doba života pohybuje okolo 10 000 hodin, ale u zářivek s elektronickým předřadníkem se doba života pohybuje okolo 18 000 hodin. Doba života také závisí na počtu zapnutí, například při 30-ti spínacích cyklech denně může doba života poklesnout na 50 % jmenovité hodnoty. Proto se zářivky nehodí do míst s častým zapínáním a vypínáním.

Světelný tok dosahuje 100 procentní hodnoty až po cca 2 minutách provozu. Zářivky jsou také velmi teplotně závislé, a proto se nehodí pro venkovní osvětlování [1,2].

7.5 LED diody

LED diody (Light Emitting Diode), nebo také světelné diody, se staly hitem posledních let a využívají se hojně v nejrůznějších oblastech osvětlovací techniky. LED dioda je elektronický prvek, kde se světelné záření generuje při průchodu proudu polovodičovým přechodem. Pracuje tedy na úplně jiném principu než ostatní světelné zdroje a má mnoho odlišných vlastností. Polovodičový přechod vyzařuje velmi úzké spektrum, tudíž je záření v podstatě monochromatické. Na trhu jsou v současnosti LED diody ve všech potřebných barvách, se třemi čipy v jednom pouzdru, i diody v jednotlivých barvách vhodných pro skládání bílé. Dalším způsobem je použití LED čipu, který se uvnitř pouzdra ještě opatří vrstvou aktivní hmoty, která na principu jako luminofor částečně převede záření na jiné vlnové délky viditelného spektra. LED diody mají potenciál stát se vysoce účinným světelným zdrojem [1].



Obr. 7-4 Princip LED [1]

Dělení LED diod:

- SMD LED (indikace) – počítače, auta, mobily, orientační osvětlení
- Klasické LED (signalizace) – kontrolky, orientační osvětlení
- Výkonové LED (osvětlování) – dopravní signalizace, zábavní průmysl

Pro obecné osvětlování lze využít pouze LED diody s bílou barvou světla. Díky vysoké závislosti PN přechodu na teplotě se výrobci dostávají na maximální příkon 5 W. Tomu odpovídá světelný tok 140 lm a index podání barev může být větší než 80. Doba života se pohybuje okolo 50 000 hodin [1,2].

Výhody LED diod jsou malá spotřeba elektrické energie, malé rozměry, dobrá účinnost, malé napájecí napětí, velká směrová svítivost a další. Mezi nevýhody hlavně patří závislost na teplotě přechodu. Tato závislost je různá dle barev světla LED diod. Další nevýhoda LED diod je v jejich maximálním příkonu a tedy i v jejich světelném toku. Toto lze odstranit použitím většího počtu světelných zdrojů [2].

8 SVÍTIDLA

Svítidla jsou přístroje, jež tvoří základní prvky osvětlovacích soustav. Jsou složeny ze dvou částí, světelně činné a konstrukční části.

Světelně činné části slouží k:

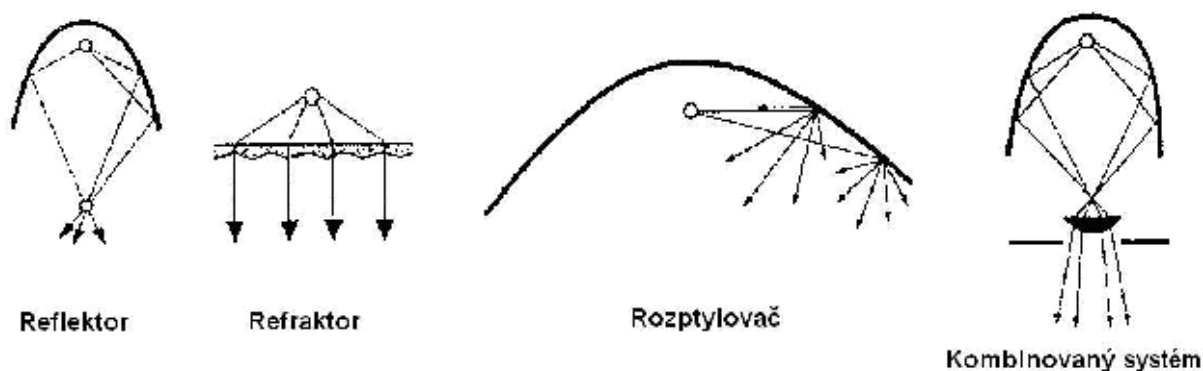
- Rozložení, usměrnění nebo rozptýlení světelného toku svítidla
- Omezení oslnění
- Filtraci – jsou schopny měnit spektrum vyzařované světelným zdrojem

Konstrukční části slouží k upevnění zdroje, k přichycení světelně činných částí, ke krytí zdrojů i světelně činných částí před vniknutím cizích předmětů a vody, musí splňovat podmínky z hlediska ochrany před nebezpečným dotykovým napětím. Musí mít jednoduchou a snadnou montáž i jednoduchou údržbu pro dlouhý a spolehlivý život svítidla.

Ve světelné technice se kromě svítidel používají světlomety, které se liší tím, že vyzařují směrově soustředěný svazek paprsků a používají se k osvětlování z velkých vzdáleností [1].

8.1 Principy usměrnění světelného toku

Skoro u všech svítidel se k usměrnění světelného toku světelných zdrojů využívají tyto principy: reflektor, refraktor, rozptylovač, kombinovaný systém.



Obr. 8-1 Typy světelně aktivních ploch [1]

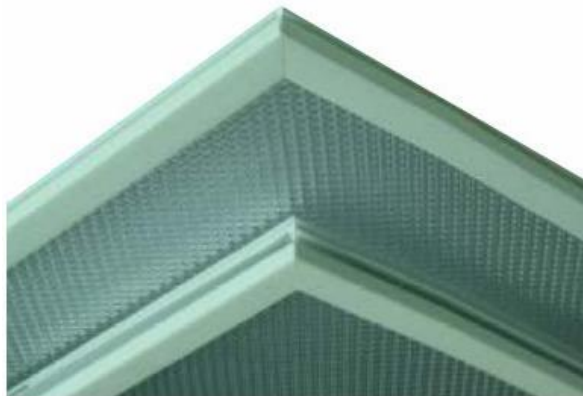
8.1.1 Reflektory

Používají se k usměrnění světelného toku zrcadlového obrazu. V hlavní míře se především používá vysoce čistý hliník (99,8%) s povrchovou úpravou zaručující odraznost až 95%.

Při výrobě reflektorů je důležité mimo jiné také kvalitní tvarování reflektoru, aby byl minimální počet odrazů na reflektorové ploše a aby se nedošlo ke zpětnému odrazu světelného paprsku do zdroje.

8.1.2 Refraktory

Světelný tok se usměrňuje díky propustným vlastnostem optických materiálů. Konstrukce je založena na usměrnění světelného toku na principu lomu světla, tak aby byla dosažena požadovaná křivka svítivosti.



Obr. 8-2 Refraktor [1]

Nejpoužívanější materiály pro refraktory jsou PMMA (polymetalakrylát) a PC (polykarbonát) [1,2].

8.1.3 Rozptylovače

K usměrnění světelného toku se využívá difuzního odrazu. Zde se, jako u zrcadlového odrazu, používá vysoce čistý hliník (99,8%) s povrchovou úpravou vytvářející difuzní odraz. Materiály s difuzním odrazem jsou ty, které difuzně odrážejí 60 – 90 % dopadajícího světelného toku (zbytek zrcadlově).

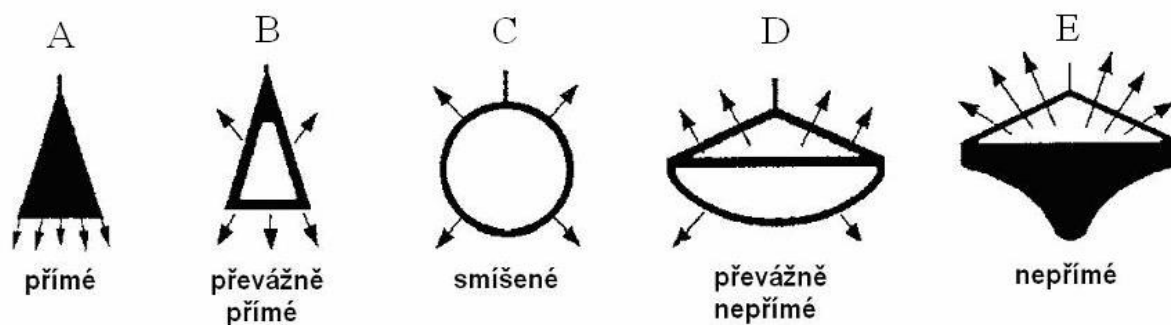
8.1.4 Kombinované systémy

U kombinovaných systémů se využívají k usměrnění světelného toku reflektory, rozptylovače i refraktory.

Čím více principů usměrnění světelného toku (odraz, propustnost) využíváme u svítidla, tím se také snižuje jeho účinnost [1,3].

8.2 Rozdělení svítidel podle rozložení jejich světelného toku

- Přímé
- Převážně přímé
- Smíšené
- Převážně nepřímé
- nepřímé



Obr. 8-3 Rozdělení svítidel podle rozložení světelného toku [1]

8.3 Konstrukční prvky svítidel

Dělení konstrukčních prvků

- Světelně technické (světelně činné)
- Elektrotechnické
- Mechanické

Požadavky na svítidla

- Světelná stálost
- Tepelná stálost
- Odolnost proti korozi
- Mechanická pevnost [1]

8.4 Vývojové trendy u svítidel

Základní trendy

- Nový design svítidel
- Nové materiály
- Elektronické předřadníky
- Vyšší krytí svítidel
- Nová koncepce vedení světelného toku
- Aplikace mikroelektroniky ve svítidlech
- Použití skla a tenkých vrstev
- Hliníkové slitiny pro nosné konstrukce

Vývoj směřuje k:

- K použití materiálů s delší životností
- Jednoduché údržbě
- Použití nových světelných zdrojů
- Elektronizaci předřadníků
- Vyšším stupňům krytí [1]

9 MĚŘENÍ OSVĚTLENÍ

Všechny vnitřní pracoviště musí splňovat požadavky na osvětlení dané normou ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení.

Další důležitá norma je norma zabývající se měřením a měřicími přístroji (ČSN 36 0011).

Ve vnitřních prostorech se měří osvětlení pro ověření, jestli byly splněny podmínky a hodnoty uvedené v projektu a jestli jsou naměřené hodnoty v souladu s normami.

Druhy měření osvětlení:

- a) Přesné (výzkumné prostory)
- b) Provozní (ověření navržených a realizovaných podmínek)
- c) Orientační (ověření základních podmínek zrakové pohody)

Pro každý druh měření jsou vymezeny jiné požadavky na přesnost měřících přístrojů.

Tab. 9-1 Přípustné celkové chyby luxmetrů [11]

Druh měření	Přípustná celková chyba (%)
Přesné	±5
Provozní	±10
Orientační	±15

Osvětlenost se měří v měřících bodech rozmístěných v pravidelné síti v celém prostoru nebo v jeho funkčně vymezených částech na vodorovné srovnávací rovině o výšce 0,85 m nad podlahou.

Při měření umělého osvětlení je nutné vyloučit vliv denního osvětlení. Proto musí měření probíhat v noci nebo při zatemnění. Osvětlenost prostoru se udává v luxech [7].

10 VYHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU OSVĚTLENÍ AUTODÍLNY

10.1 Informace o měření

- **Místo měření:** Autodílna, Petrov 501
- **Datum a čas měření:** 20.11.2015, 18:00 – 19:30
- **Účel měření:** kontrolní měření před úpravou osvětlovací soustavy
- **Druh měření:** provozní
- **Měřicí přístroje:**
 - Luxmetr Radiolux 111 Prc Krochman – třída přesnosti A
 - Nástavec pro měření válcové osvětlenosti
 - Uprtek MK350S
 - Nikon D7000 – LDA LumiDISP
- **Charakteristika prostoru:** Autodílna má rozměry 6,008 x 8,135m, k dílně navazuje malá kancelář, WC a technická místnost. Výška stropu autodílny je 4m a po bocích je zkosená na 3,3m. Podlaha má šedou barvu, stěny jsou namalovány světle žlutou barvou a strop má bílou barvu. Autodílna má jednostranné denní osvětlení tvořené čtyřmi okny s čirou výplní.
- **Stav údržby:** Autodílna je v provozu přibližně 1 rok.
- **Osvětlovací soustava:** osvětlovací soustavu v autodílně tvoří 3 LED svítidla čínskému původu o výkonu 30W a teplotou chromatičnosti 4300K a indexem podání barev $R_a = 65$
- **Postup měření:** Měření bylo prováděno v pravidelné síti kontrolních bodů ve výšce 95 cm nad podlahou, tato výška odpovídá výšce pracovního stolu v dílně. Měření bylo prováděno bez vlivu denního světla. Světelný tok zdrojů v jednotlivých měřených místech byl dostatečně stabilizovaný (provoz déle než 20 minut).
- **Napájecí napětí osvětlovací soustavy a teplota vzduchu:**
 - Napájecí napětí: 231 V
 - Teplota vzduchu: 13,5 °C

- **Požadavky na osvětlení dle ČSN EN 12464-1**

Tab. 10-1 Požadavky na osvětlení dle ČSN EN 12464-1 [10]

Druh prostoru	E_m lx	UGR_L -	r -	R_a -
Celkový servis vozidel, opravy a testování	300	22	0,6	80

10.2 Výpočty

- Počet kontrolních bodů: 35
 - Průměrná osvětlenost

$$E_p = \frac{\sum E_{pn}}{n} = \frac{3438}{35} = 98,23 \text{ lx}$$

$$E_{max} = 156 \text{ lx}$$

$$E_{min} = 45 \text{ lx}$$

- Osvětlenost přepočtená udržovacím činitelem

$$E_m = E_p \cdot z = 98,23 \cdot 0,7 = 68,76 \text{ lx}$$

$$z = 0,7$$

- Udržovací činitel byl odhadnut s ohledem na stáří, stav a údržbu svítidel.

- Výpočet rovnoměrnosti:

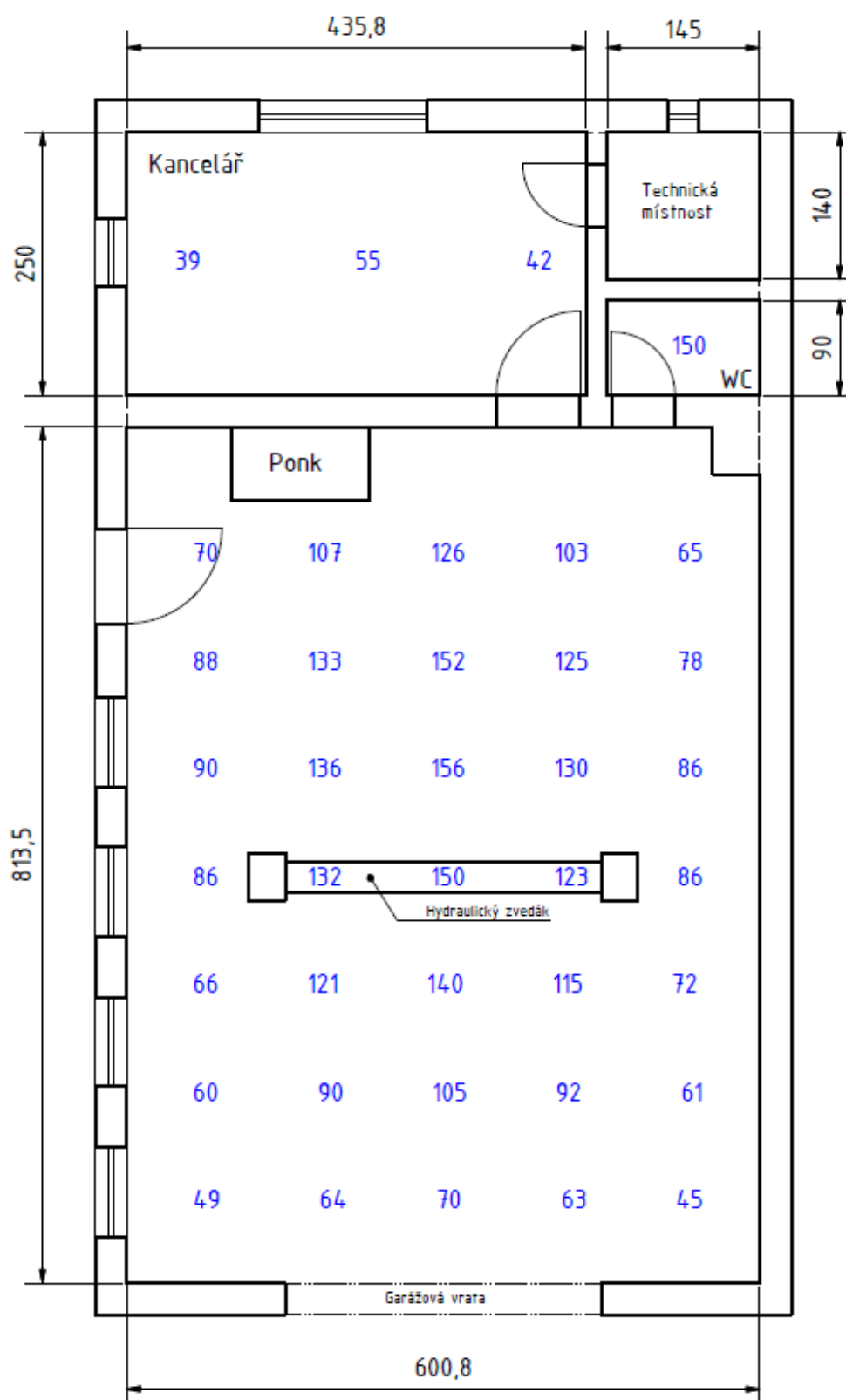
$$r = \frac{E_{min}}{E_p} = \frac{45}{98,23} = 0,458$$

10.3 Použité normy a nařízení

- ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení vnitřních prostorů, základní ustanovení
- ČSN 36 0011-3 Měření osvětlení prostorů, měření umělého osvětlení vnitřních prostorů
- ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů

10.5 Přílohy k měření

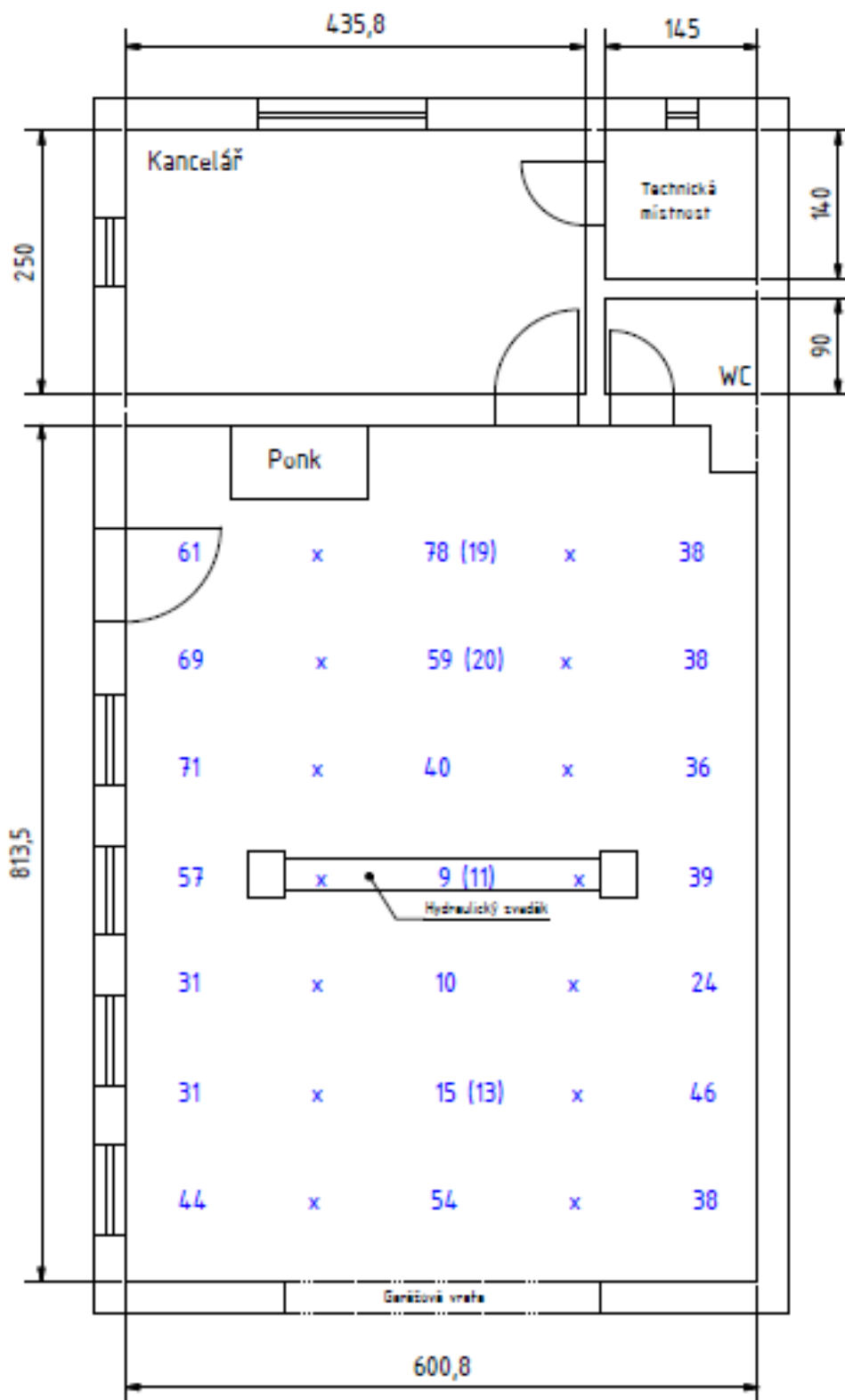
10.5.1 Půdorys se zakreslenými naměřenými hodnotami



Obr. 10-1 Půdorys se zakreslenými naměřenými hodnotami

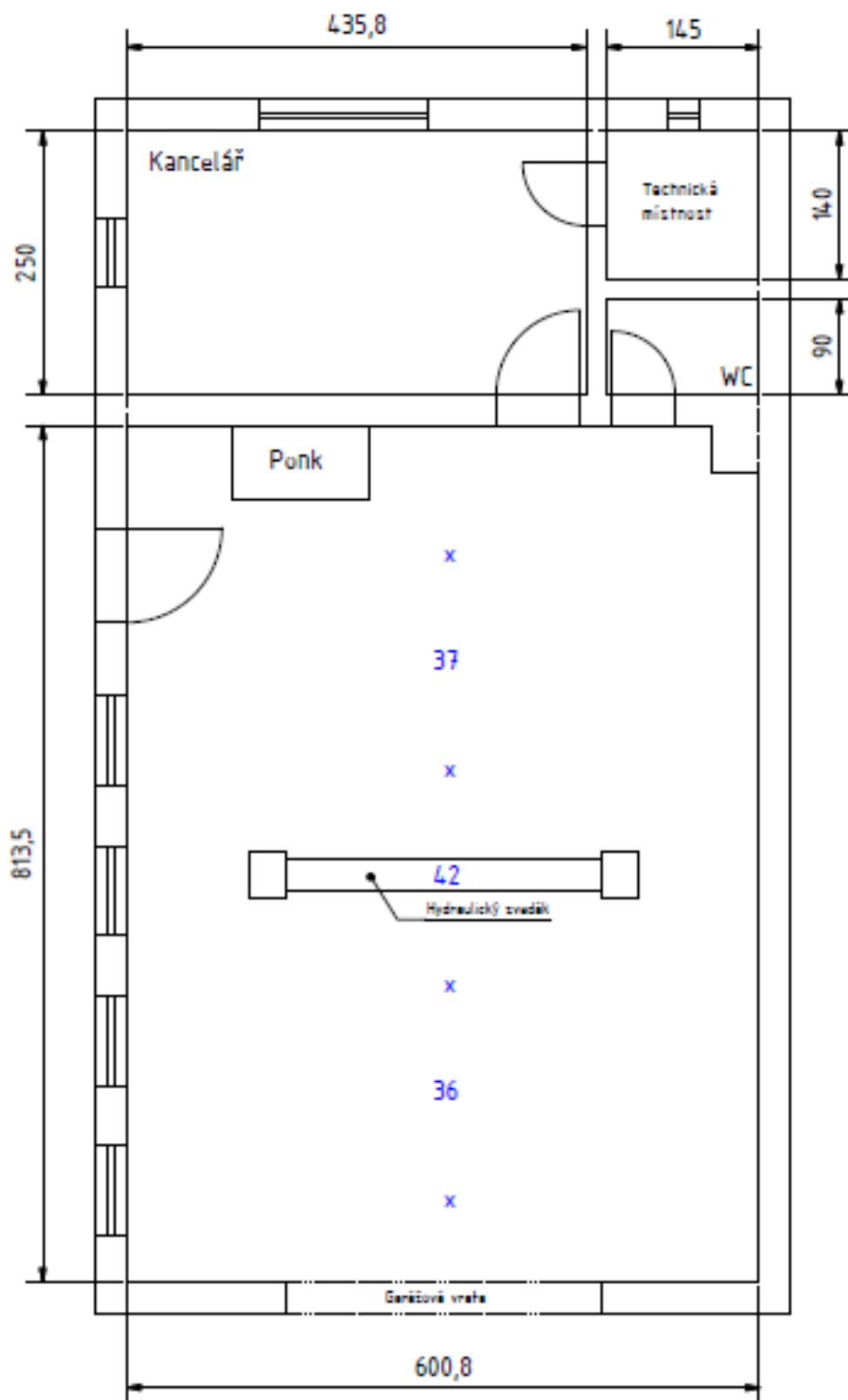
10.5.2 Půdorys se zakreslenými naměřenými hodnotami – s autem na zvedáku

- hodnoty uvedené v závorce vyjadřují naměřené hodnoty kulové osvětlenosti



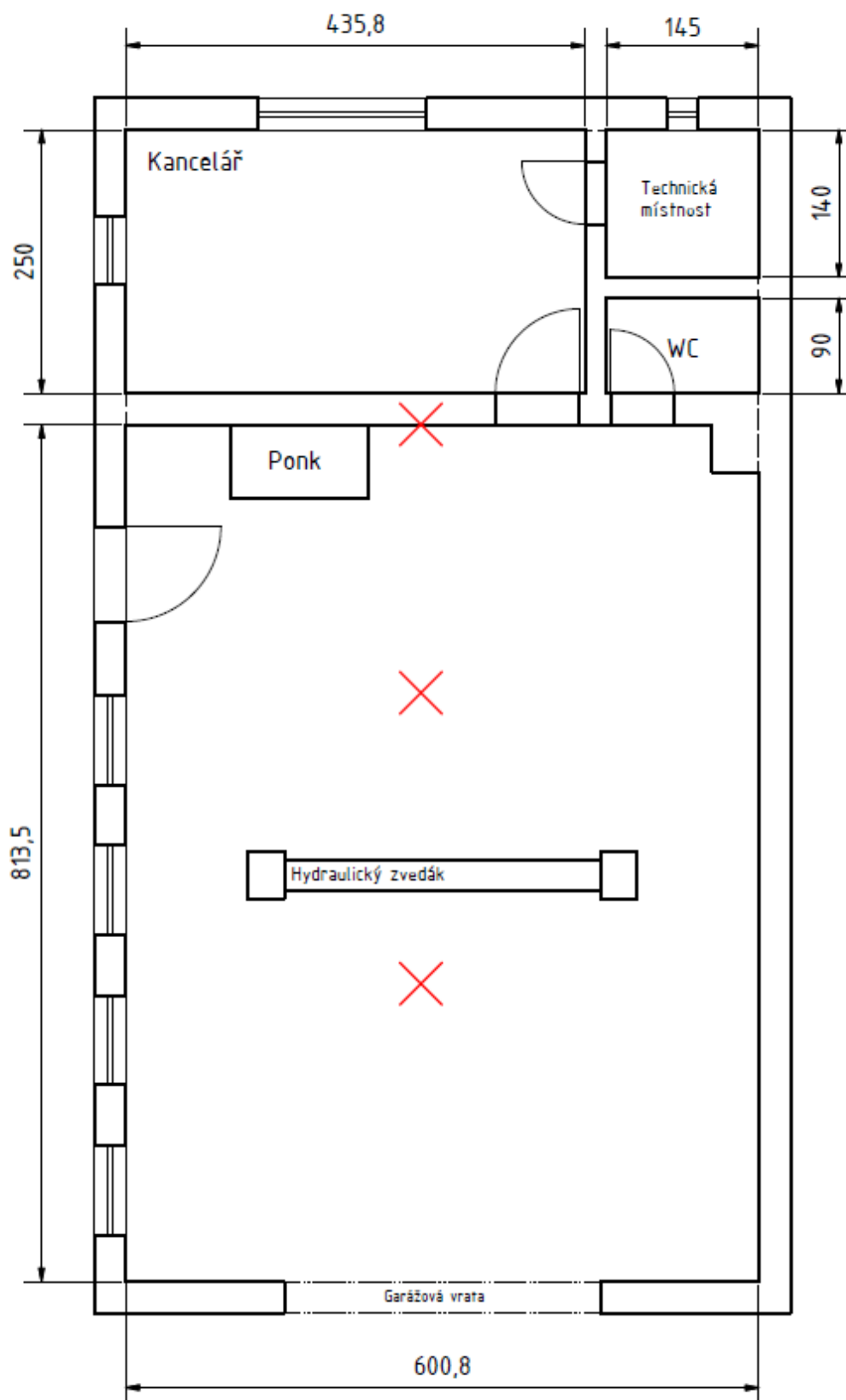
Obr. 10-2 Půdorys se zakreslenými naměřenými hodnotami osvětlenosti - s autem na zvedáku

10.5.3 Půdorys se zakreslenými naměřenými hodnotami – válcová osvětlenost



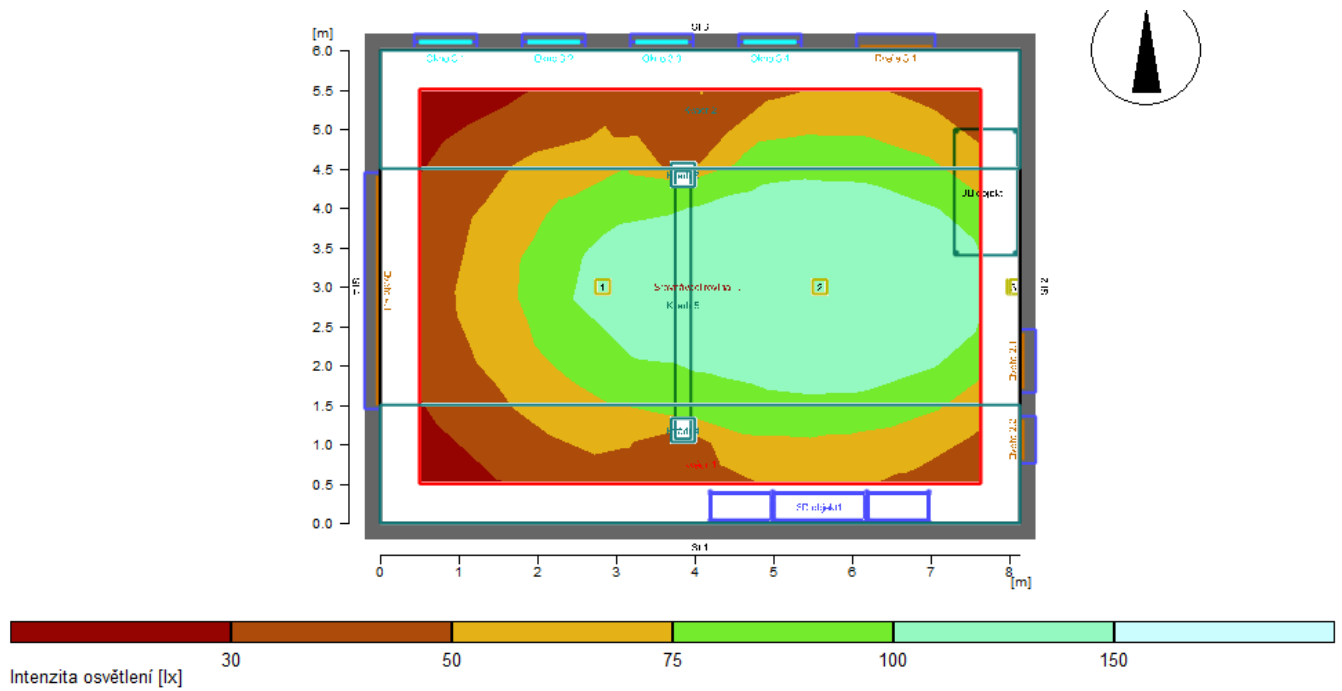
Obr. 10-3 Půdorys se zakreslenými naměřenými hodnotami - válcová osvětlenost

10.5.4 Situační plán svítidel

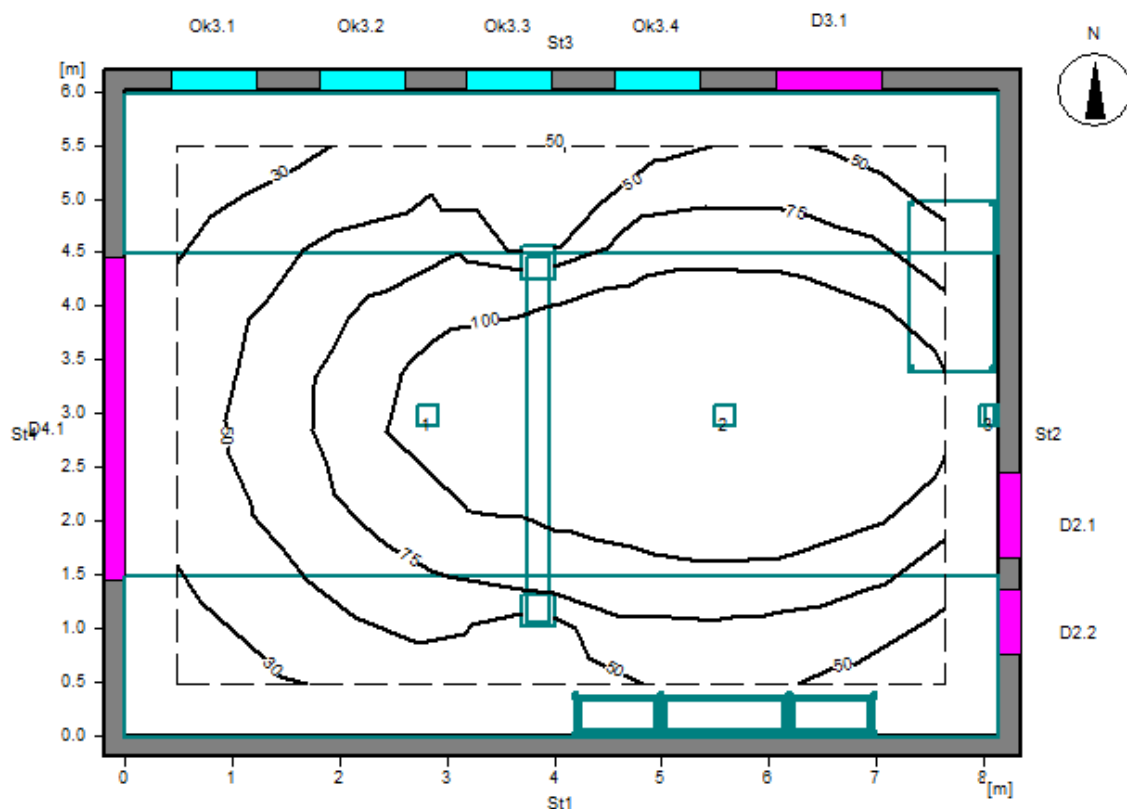


Obr. 10-4 Situační plán svítidel

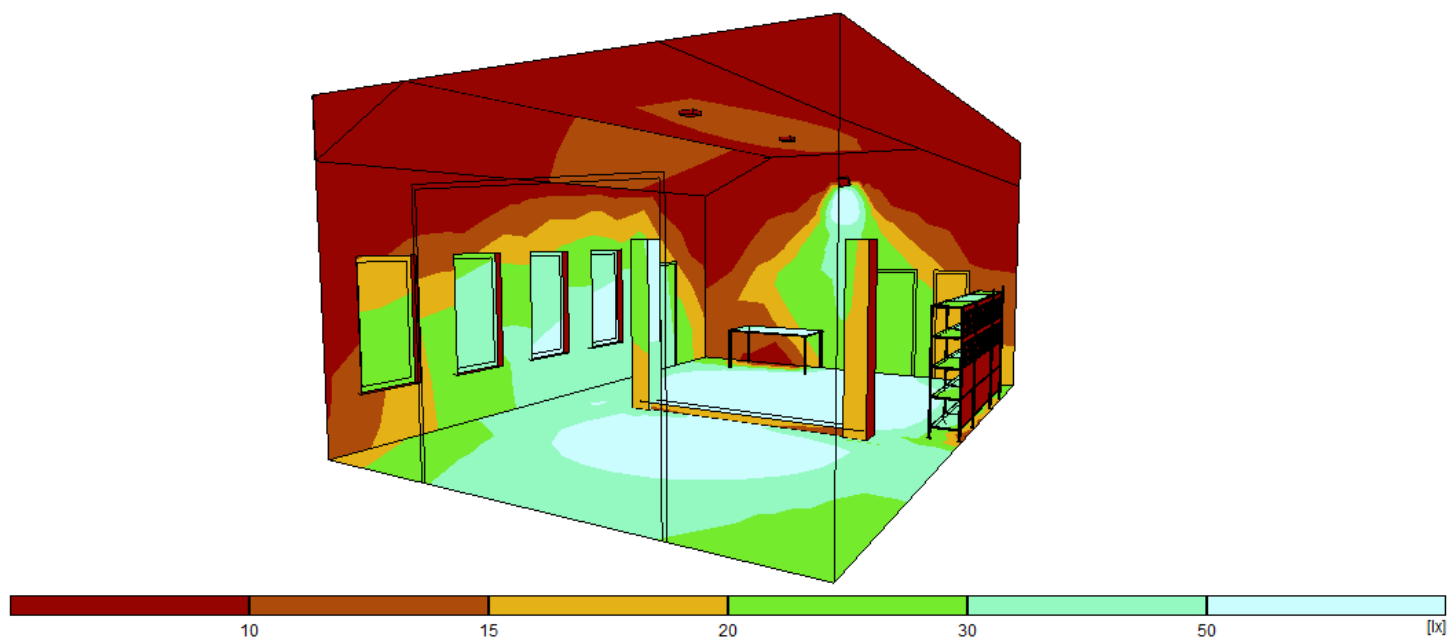
10.6 Simulace stávajícího osvětlení pomocí programu Relux



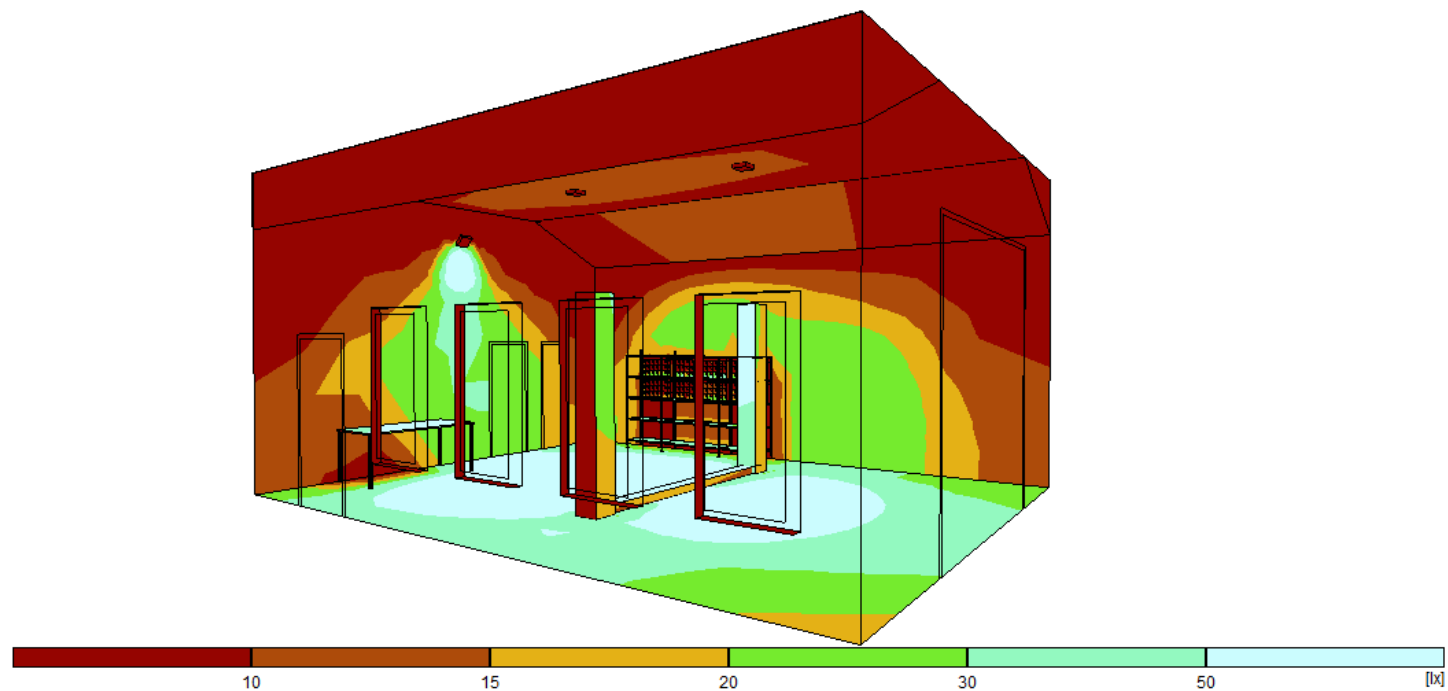
Obr. 10-5 Rozložení osvětlenosti - dílna



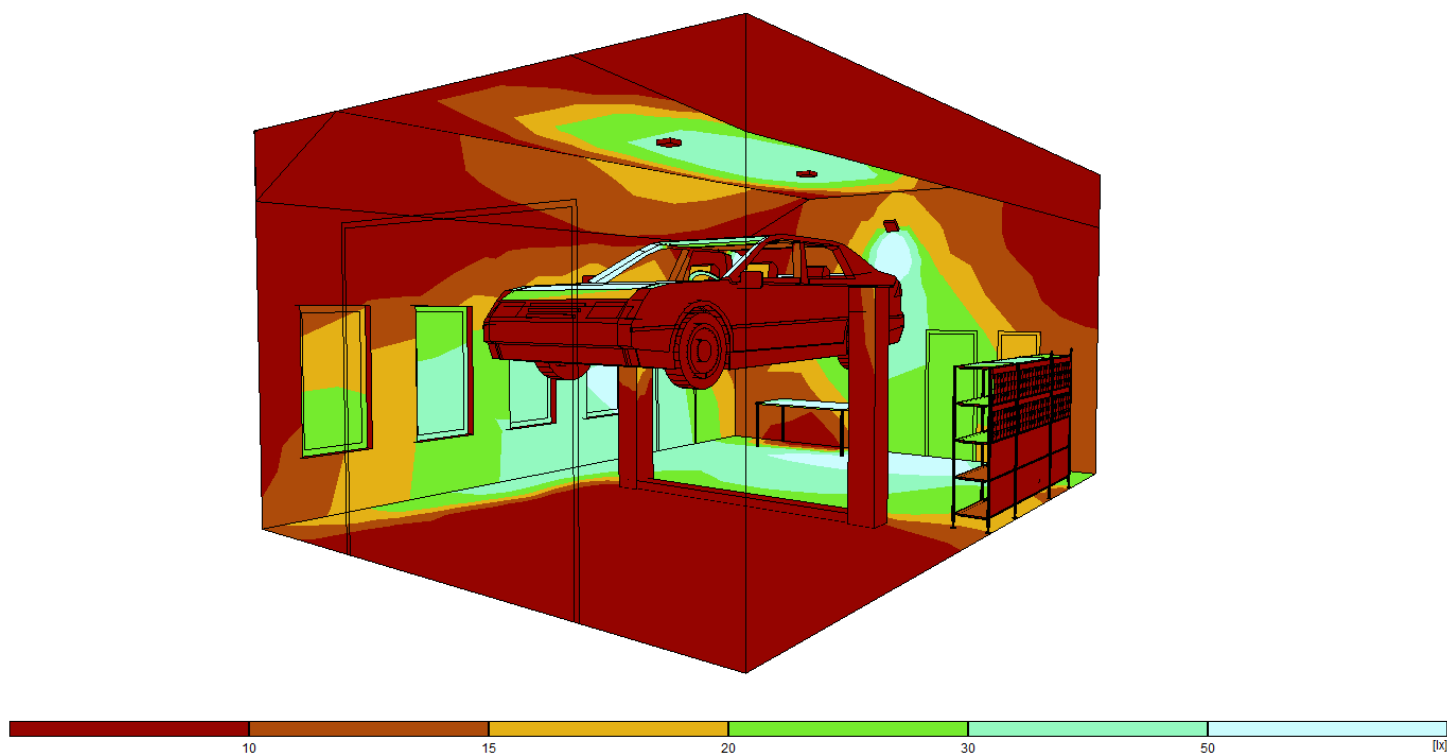
Obr. 10-6 Izoluxy - dílna



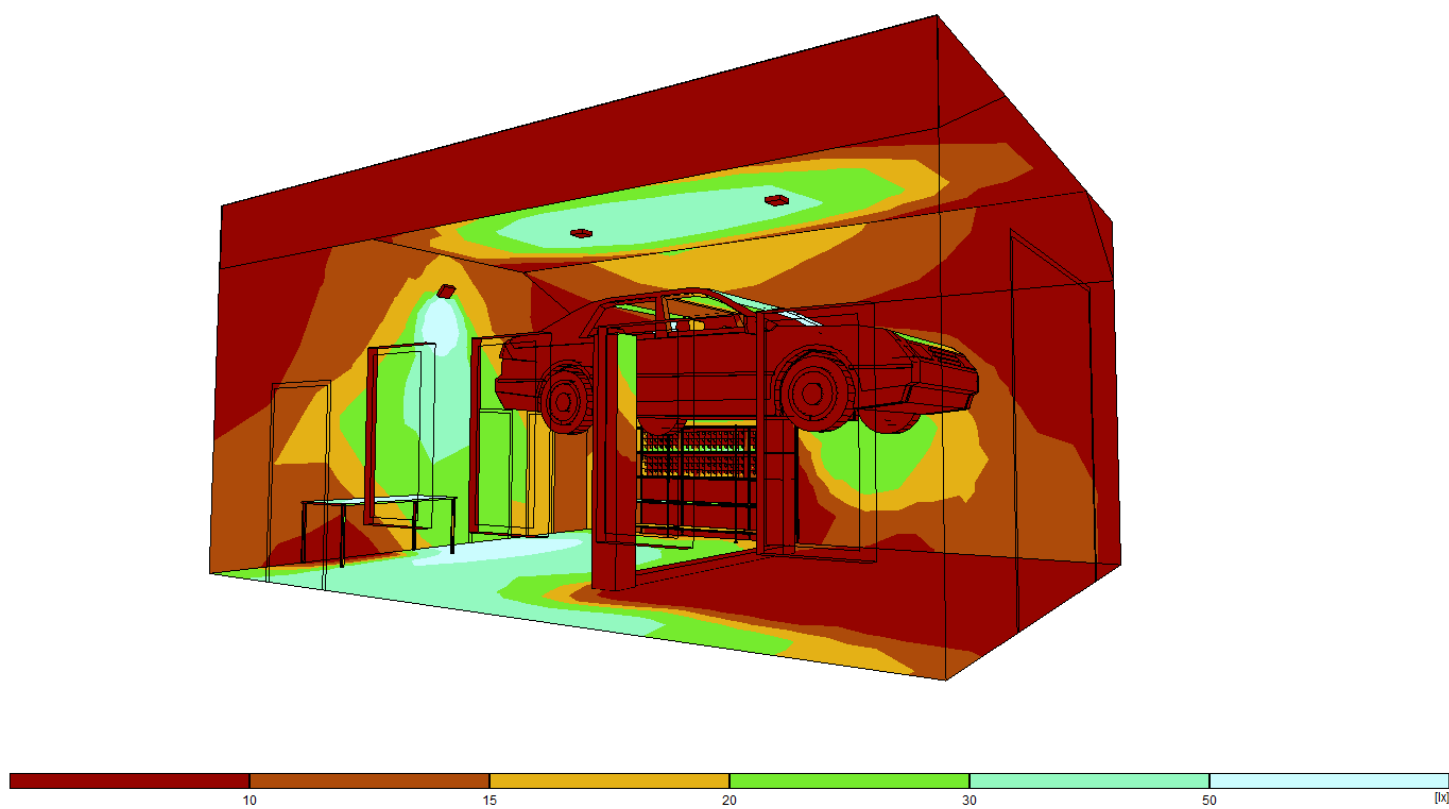
Obr. 10-7 Rozložení osvětlenosti v 3D - dílna - pohled 1



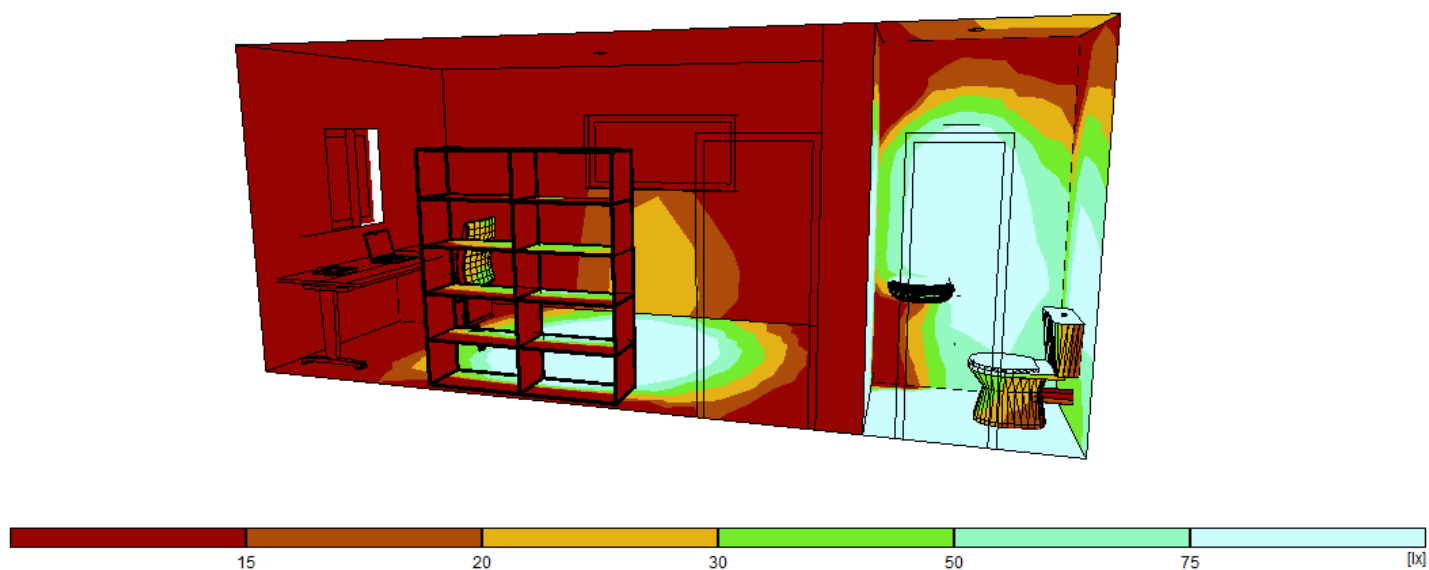
Obr. 10-8 Rozložení osvětlenosti v 3D - dílna - pohled 2



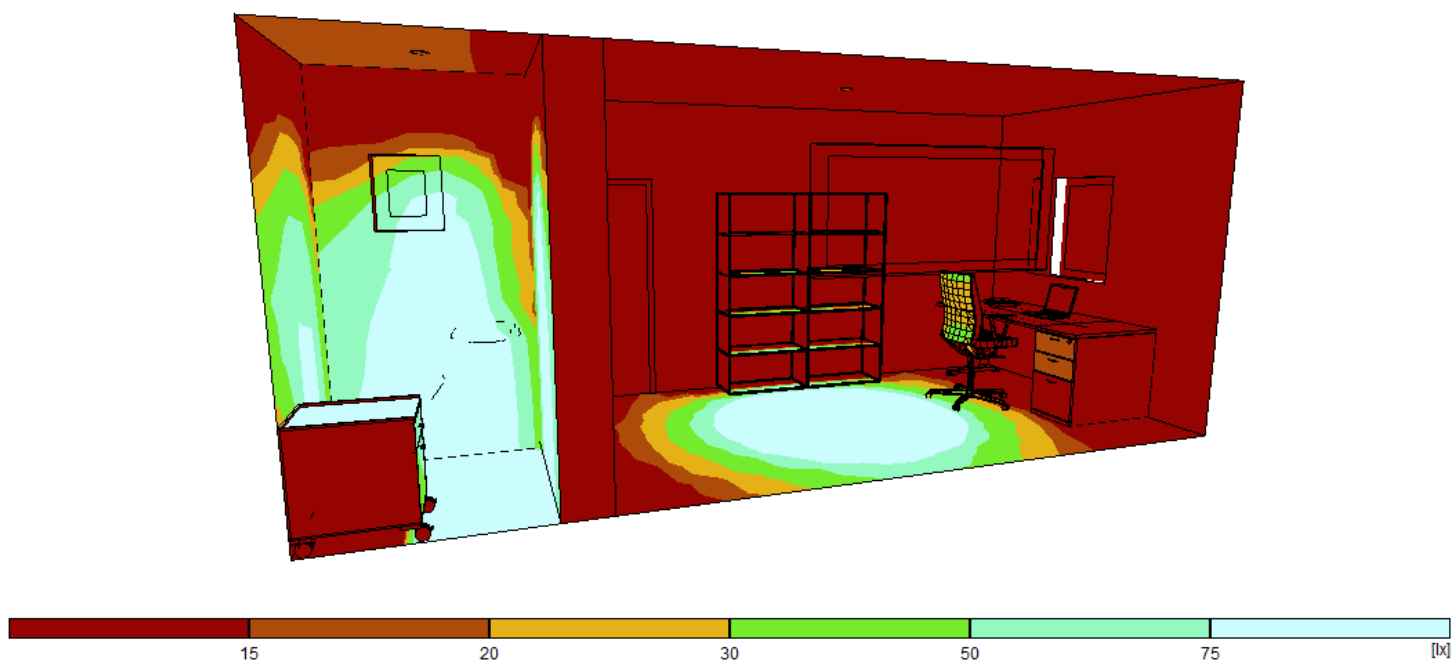
Obr. 10-9 Rozložení osvětlenosti v 3D - pohled 1 s autem na zvedáku



Obr. 10-10 Rozložení osvětlenosti v 3D - pohled 2 s autem na zvedáku



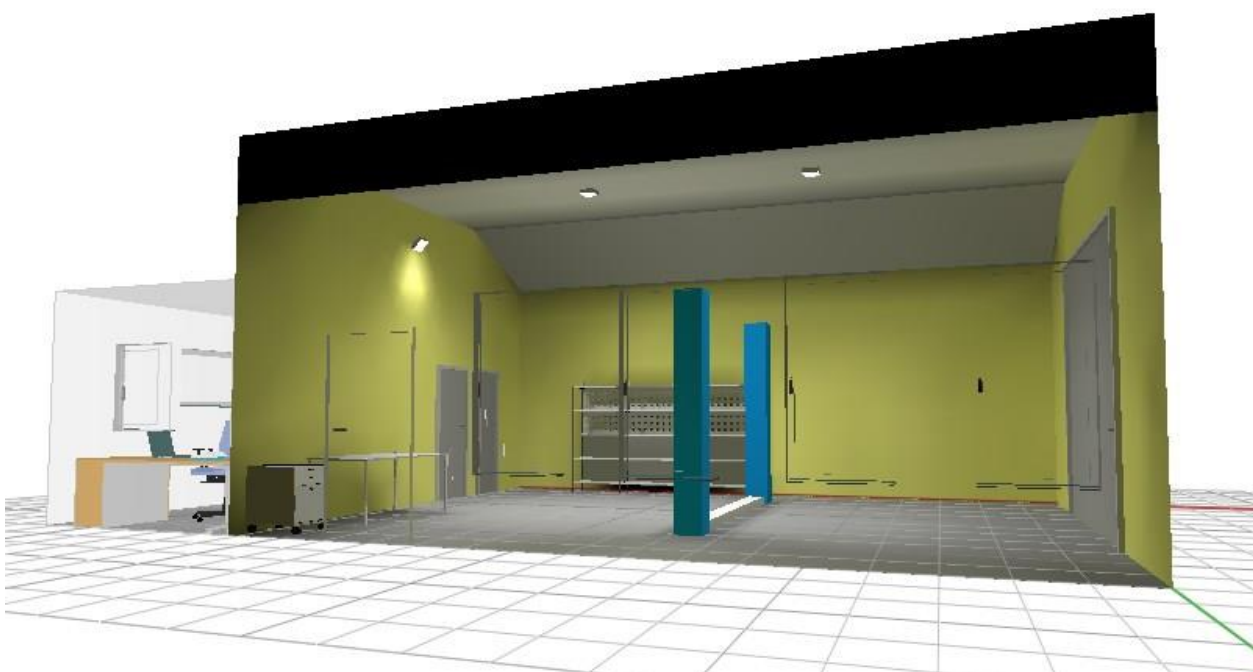
Obr. 10-11 Rozložení osvětlenosti v 3D - kancelář - pohled 1



Obr. 10-12 Rozložení osvětlenosti v 3D - kancelář - pohled 2



Obr. 10-13 3D zobrazení autodílny - pohled 1



Obr. 10-14 3D zobrazení autodílny - pohled 2

10.7 Vyhodnocení měření osvětlení

Tab. 10-2 Souhrn výsledků a vyhodnocení

	Naměřené hodnoty				Požadované hodnoty		
Popis místa úkolu	E_p (lx)	E_{min} (lx)	r (-)	E_m (lx)	E_m (lx)	r (-)	vyhodnocení
Autodílna	98,23	45	0,46	68,76	300	0,6	nevyhovuje

10.8 Zhodnocení jasových snímků

Z jasových snímků, které byly pořízeny fotoaparátem Nikon D7000 s příslušenstvím LDA LumiDISP a následně vyhodnoceny v programu LumiDISP, lze vidět, že stávající svítidla typu LED, která jsou použita v autodílně silně oslňují, tudíž jsou nevhodné pro práci v autodílně. Ze snímků P-5, P-6, lze také vyzorovat nevhodné umístění svítidel v autodílně. Po zvednutí auta hydraulickým zvedákem, nám zvednuté auto překryje svítidla a zastíní prakticky celou autodílnu. U většiny snímků se maximální hodnoty jasů pohybovaly více než 100000 cd.m^{-2} .

11 NÁVRH NOVÉ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY

11.1 Úvod

Návrh a výpočet nové osvětlovací soustavy byl proveden v mnoha variantách s různými typy svítidel a umístění svítidel v prostoru. V této práci jsou uvedeny tři nejlepší varianty na hlavní osvětlení autodílny a návrh osvětlovací soustavy pro přilehlou kancelář, toaletu a technickou místnost.

11.1.1 Legislativní a normové zdroje

- ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů

11.1.2 Analýza zrakové činnosti

Jedná se o autodílnu, tudíž v tomto prostoru budou probíhat opravy a servis automobilů. Provozní doba dílny je zejména v odpoledních a večerních hodinách. Proto musí být kladen důraz na kvalitní a dostatečné osvětlení a pokud možno co nejméně oslňující.

11.1.3 Výpočet umělého osvětlení

Výpočet umělého osvětlení byl proveden za pomoci výpočetního programu ReluxPro (2015.1.1.0), bodovou metodou a rovněž bylo provedeno hodnocení činitele oslnění UGR.

11.1.4 Údržba osvětlovací soustavy

Doporučená údržba spočívá v čištění svítidel a světelných zdrojů 1x za šest měsíců, v individuální výměně nefunkčních zdrojů. Údržba svítidel a výměna zdrojů bude prováděna ze žebříku či plošiny a umývání běžně dostupnými saponáty a čisticími prostředky.

11.2 Varianta č.1

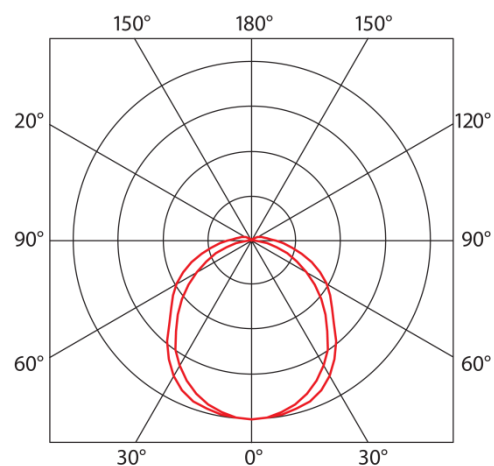
U první varianty nové osvětlovací soustavy bylo zvoleno svítidlo typu LED Trevos Futura 2,4 ft PC Al 5200/840.

11.2.1 Technické údaje o svítidle

- Světelný tok svítidla: 4690 lm
- Spotřeba svítidla: 39 W
- Krytí svítidla: IP 66
- LED
- Maximální teplota okolí: $t_a = 45^\circ\text{C}$
- Maximální účinnost svítidla: 125 lm/W
- Životnost: 50 000 hodin / L80B20
- CRI > 80: 4000 K [8]

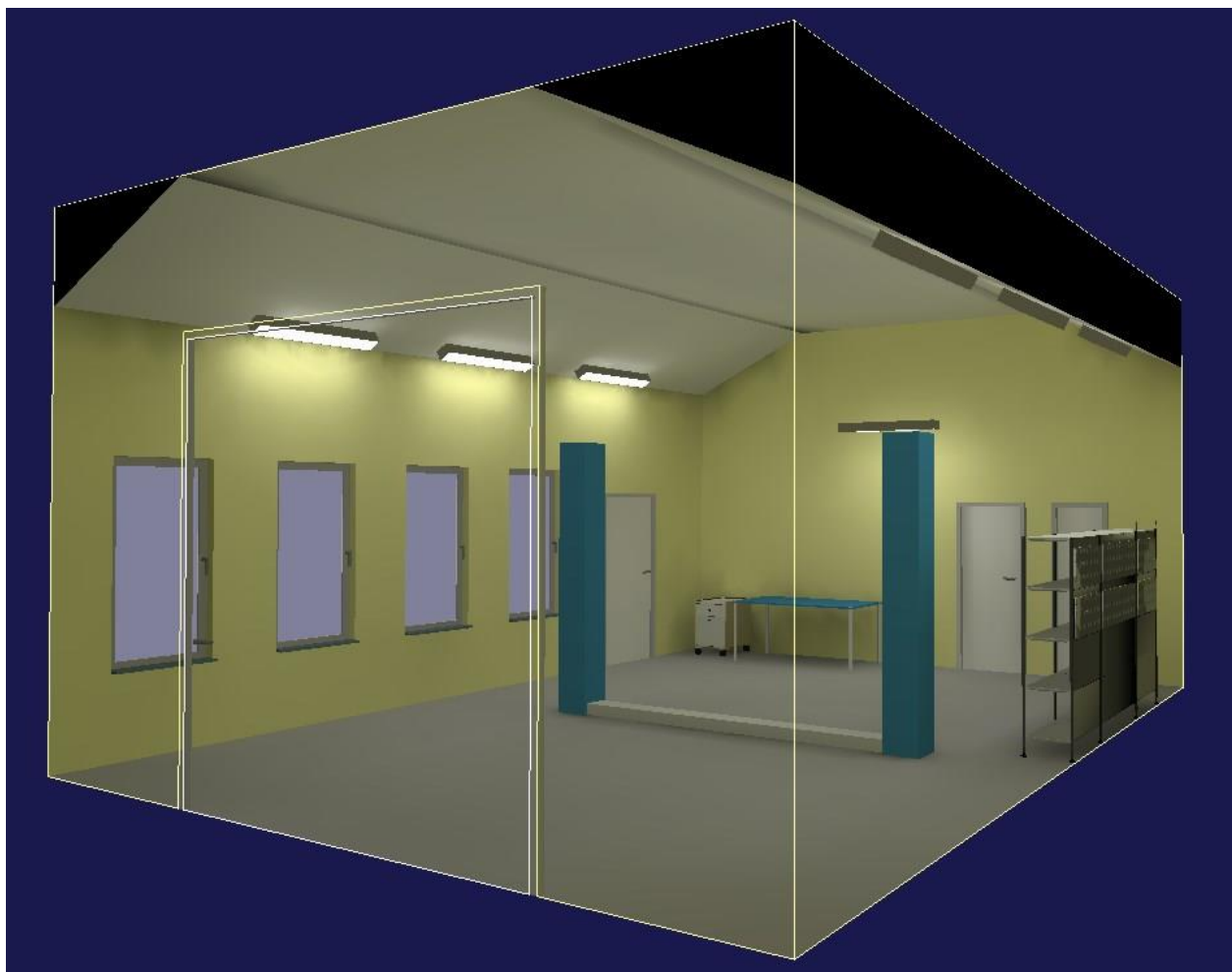


Obr. 11-1 Trevos Futura 2,4 ft PC Al [8]

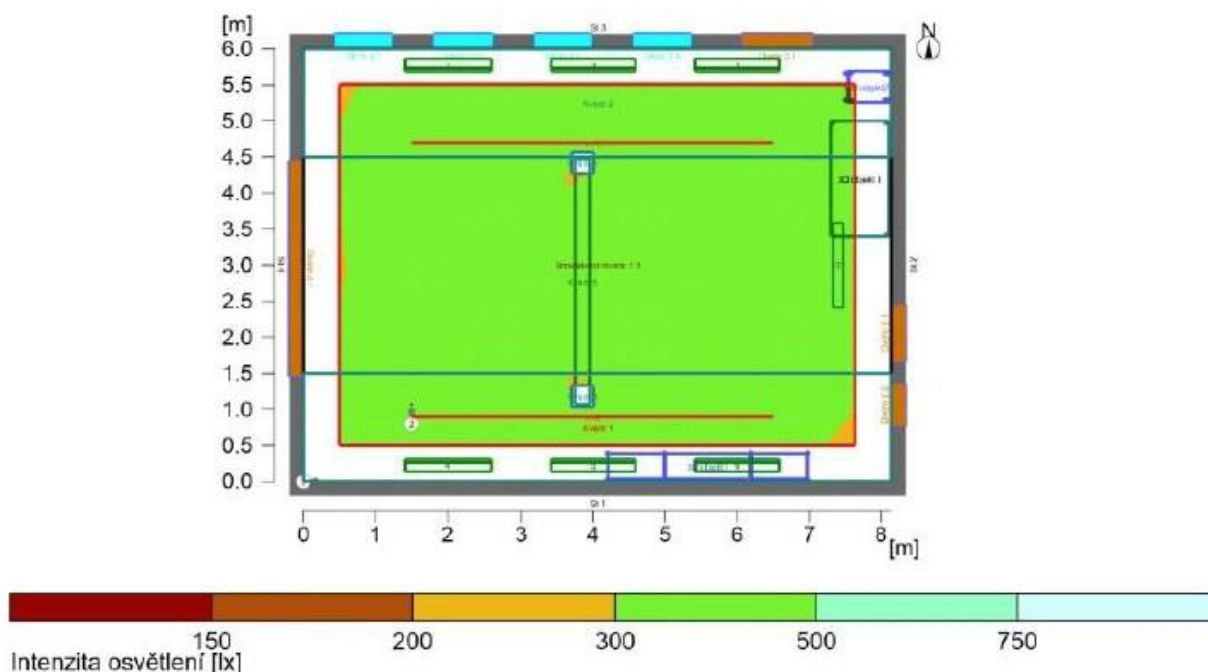


Obr. 11-2 Křivka svítivosti svítidla Futura 2,4 ft [8]

11.2.2 Výstupy výpočtu z programu ReluxPro



Obr. 11-3 3D zobrazení návrhu osvětlení

Přehled výsledků, Prostor 1**Přehled výsledků, Oblast hodnocení 1****Obecně**

Použitý algoritmus výpočtu
Udržovací činitel

centrální podíl nepřímé složky
0.70

Celkový světelný tok všech zdrojů
Celkový výkon
Celkový výkon na ploše (48.88 m²)

27240 lm
240.0 W
4.91 W/m² (1.28 W/m²/100lx)

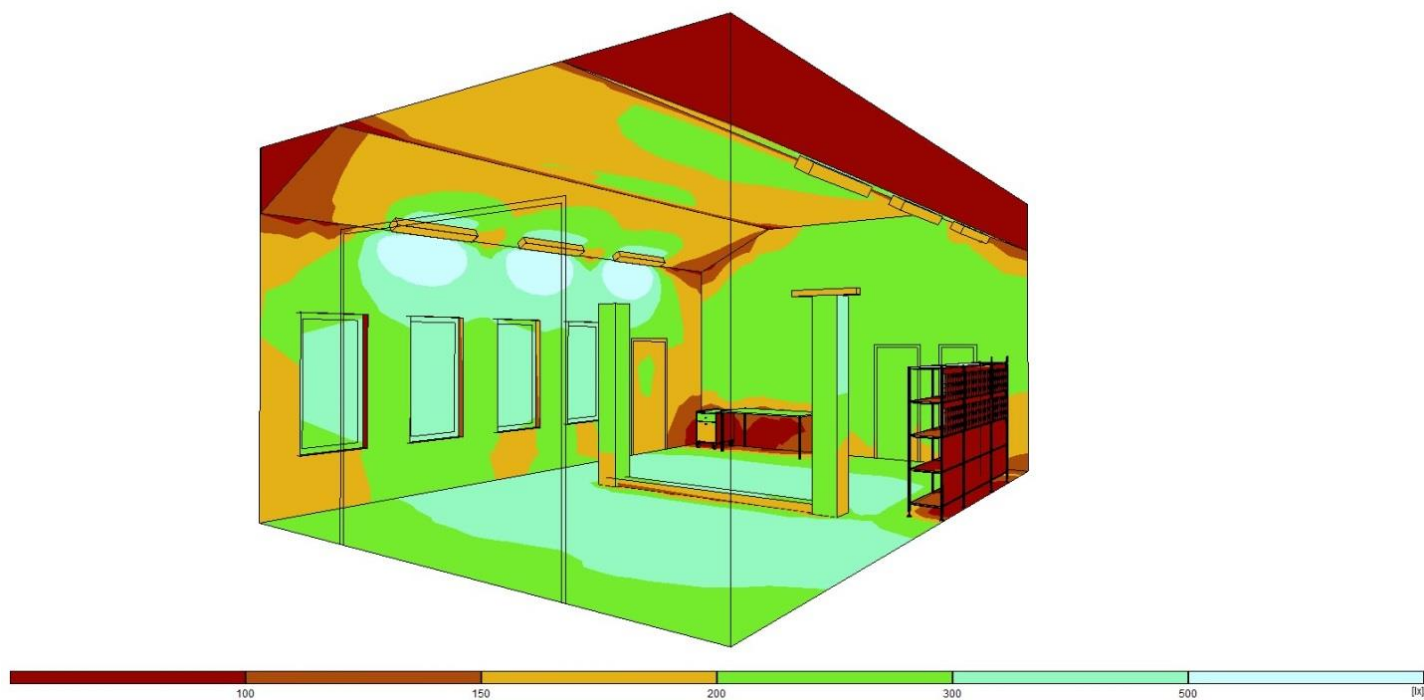
Oblast hodnocení 1**Srovnávací rovina 1.1**

Uživatelský profil: Průmyslové činnosti a řemeslná výroba - Výroba a opravy automobilů
5.24.6 Všeobecný servis, opravy a zkoušky vozidel (Ra >80.00)

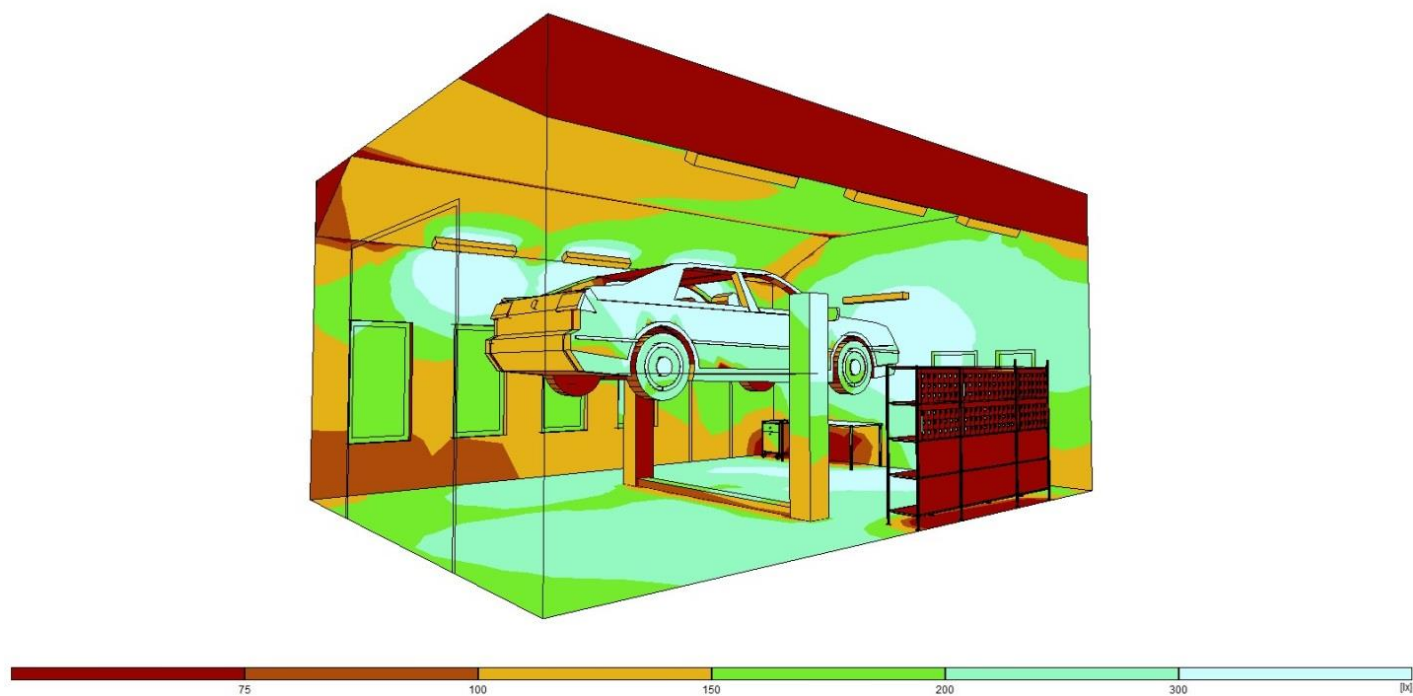
Vodorovná
Em 382 lx (≥ 300 lx)
Emin 317 lx
Emin/Eav (Uo) 0.83 (≥ 0.60)
Emin/Emax (Ud) 0.69
Pozice 0.75 m

Hlavní plochy

	Em	Uo
m 1.5 (Strop)	152 lx	0.00
m 1.1 (Stěna)	337 lx	0.32
m 1.2 (Stěna)	256 lx	0.71
m 1.3 (Stěna)	329 lx	0.58
m 1.4 (Stěna)	268 lx	0.84



Obr. 11-5 Rozložení osvětlenosti v 3D



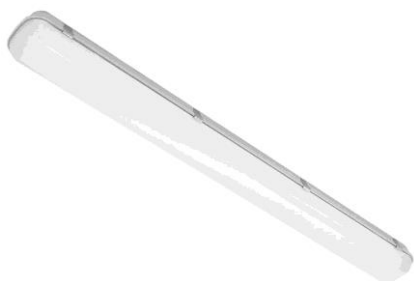
Obr. 11-4 Rozložení osvětlenosti v 3D - s autem na zvedáku

11.3 Varinta č.2

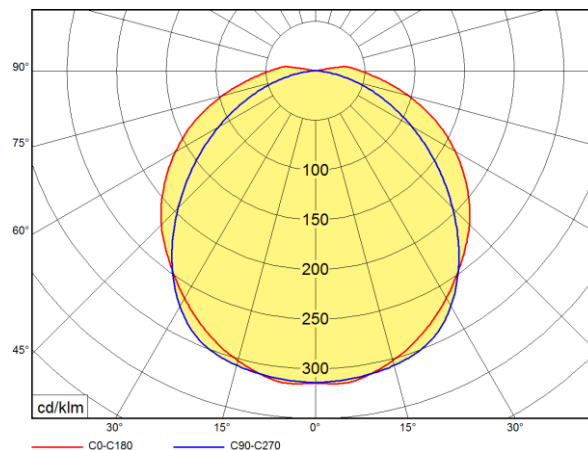
U druhé varianty návrhu nové osvětlovací soustavy bylo zvoleno svítidlo typu LED Modus PL22M V2.

11.3.1 Technické údaje o svítidle

- Světelný tok svítidla: 4151 lm
- Spotřeba svítidla: 42 W
- Krytí svítidla: IP 65
- LED
- Maximální účinnost svítidla: 98,73 lm/W
- Životnost: 50 000 hodin / L80B20
- CRI > 80 [9]

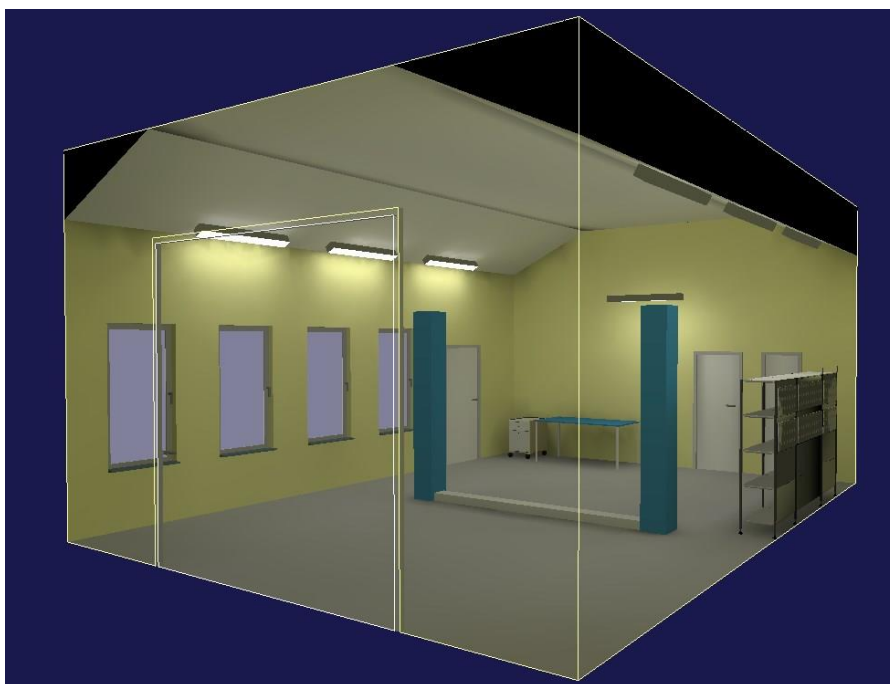


Obr. 11-7 Svítidlo Modus PL22M V2 [9]

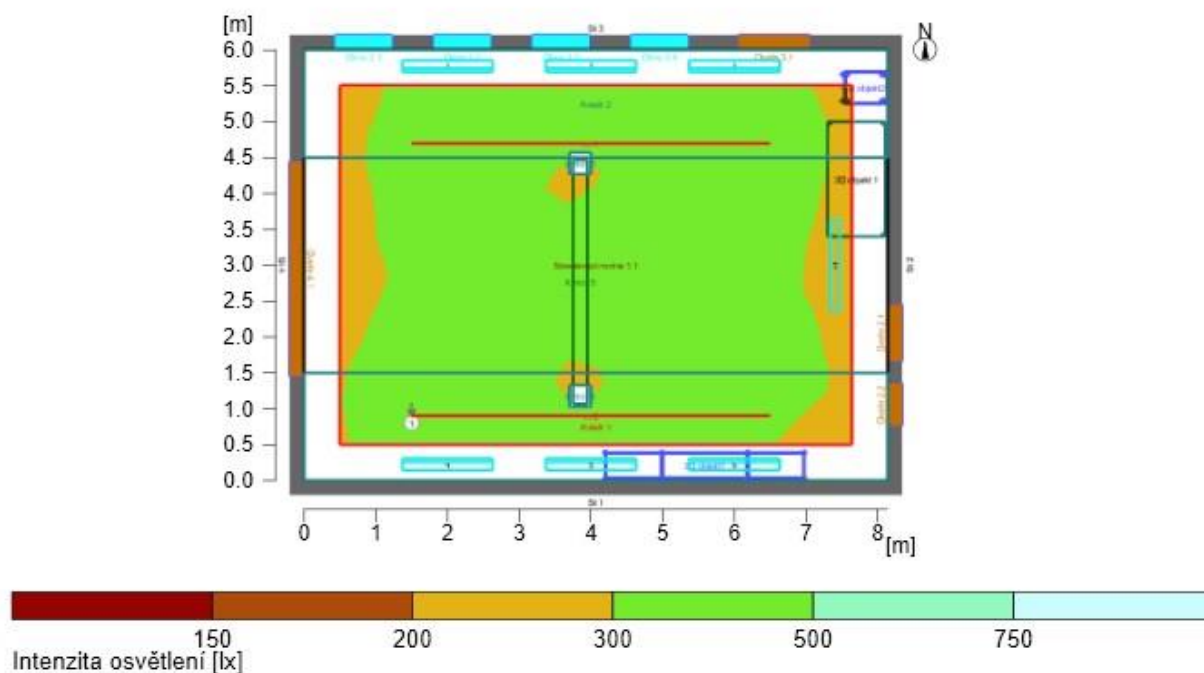


Obr. 11-6 Křivka svítivosti svítidla Modus PL22 [9]

11.3.2 Výstupy výpočtu z programu ReluxPro



Obr. 11-8 3D zobrazení návrhu nového osvětlení

Přehled výsledků, Prostor 1**Přehled výsledků, Oblast hodnocení 1****Obecně**

Použitý algoritmus výpočtu

centrální podíl nepřímé složky

Udržovací činitel

0.70

Celkový světelný tok všech zdrojů

24906 lm

Celkový výkon

252.0 W

Celkový výkon na ploše (48.88 m²)5.16 W/m² (1.49 W/m²/100lx)**Oblast hodnocení 1****Srovnávací rovina 1.1**

Uživatelský profil: Průmyslové činnosti a řemeslná výroba - Výroba a opravy automobilů

5.24.6 Všeobecný servis, opravy a zkoušky vozidel (Ra >80.00)

Vodorovná

Em 347 lx (≥ 300 lx)

Emin 286 lx

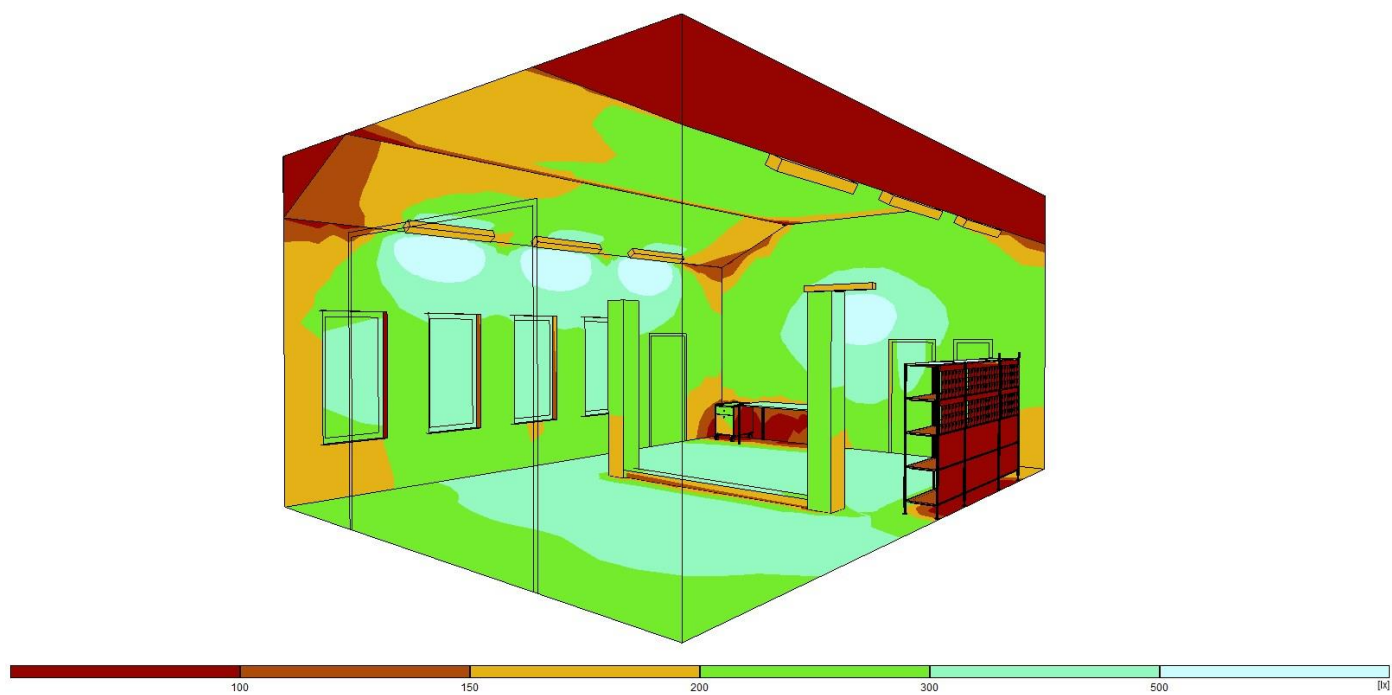
Emin/Eav (Uo) 0.82 (≥ 0.60)

Emin/Emax (Ud) 0.69

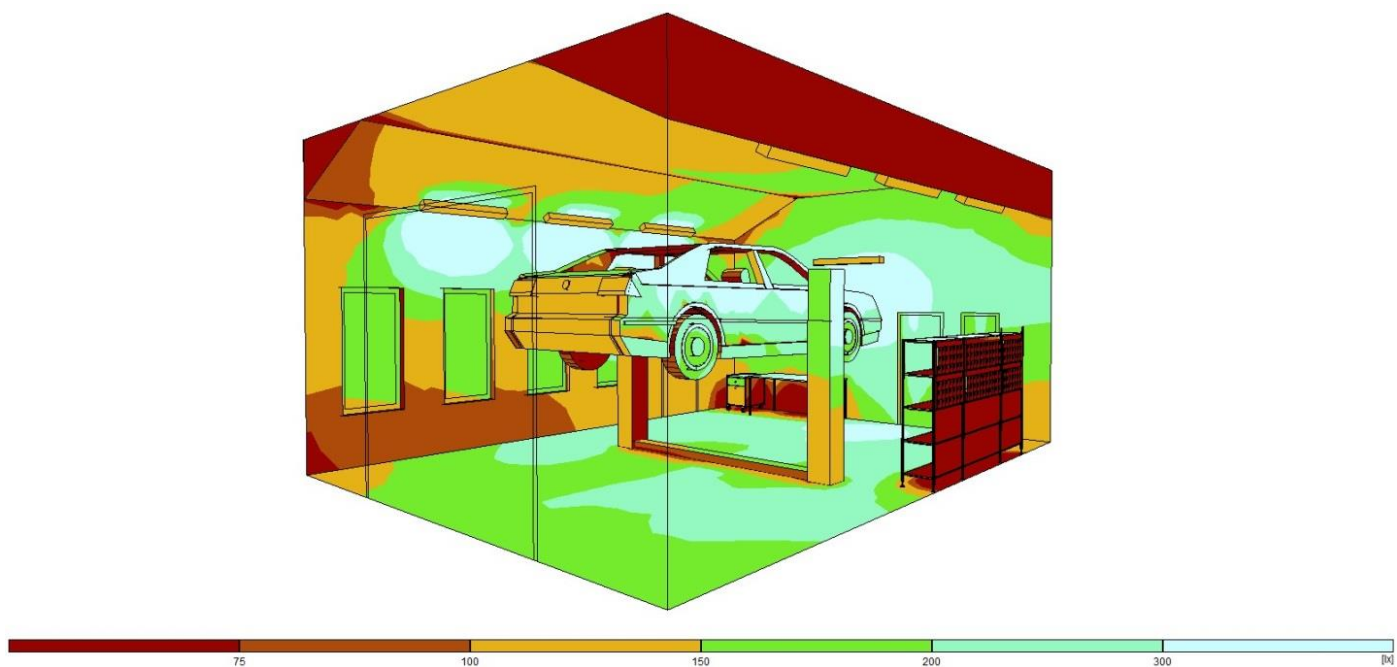
Pozice 0.75 m

Hlavní plochy

	Em	Uo
m 1.5 (Strop)	140 lx	0.00
m 1.1 (Stěna)	314 lx	0.31
m 1.2 (Stěna)	233 lx	0.70
m 1.3 (Stěna)	304 lx	0.58
m 1.4 (Stěna)	244 lx	0.85



Obr. 11-9 Rozložení osvětlenosti v 3D



Obr. 11-10 Rozložení osvětlenosti v 3D - s autem na zvedáku

11.4 Varianta č.3

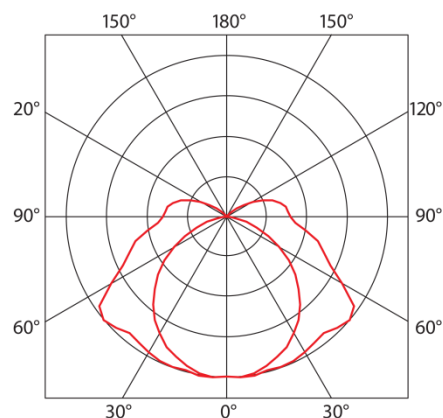
U třetí varianty nové osvětlovací soustavy bylo zvoleno zářivkové svítidlo Trevos Prima 228 PC ET5.

11.4.1 Technické údaje o svítidle

- Světelný tok svítidla: 5800 lm
- Spotřeba svítidla: 2x28 W
- Krytí svítidla: IP 66
- Elektronický předřadník T5
- Účinnost svítidla: 92 % [8]



Obr. 11-12 Svítidlo Trevos Prima 228 PC ET5 [8]

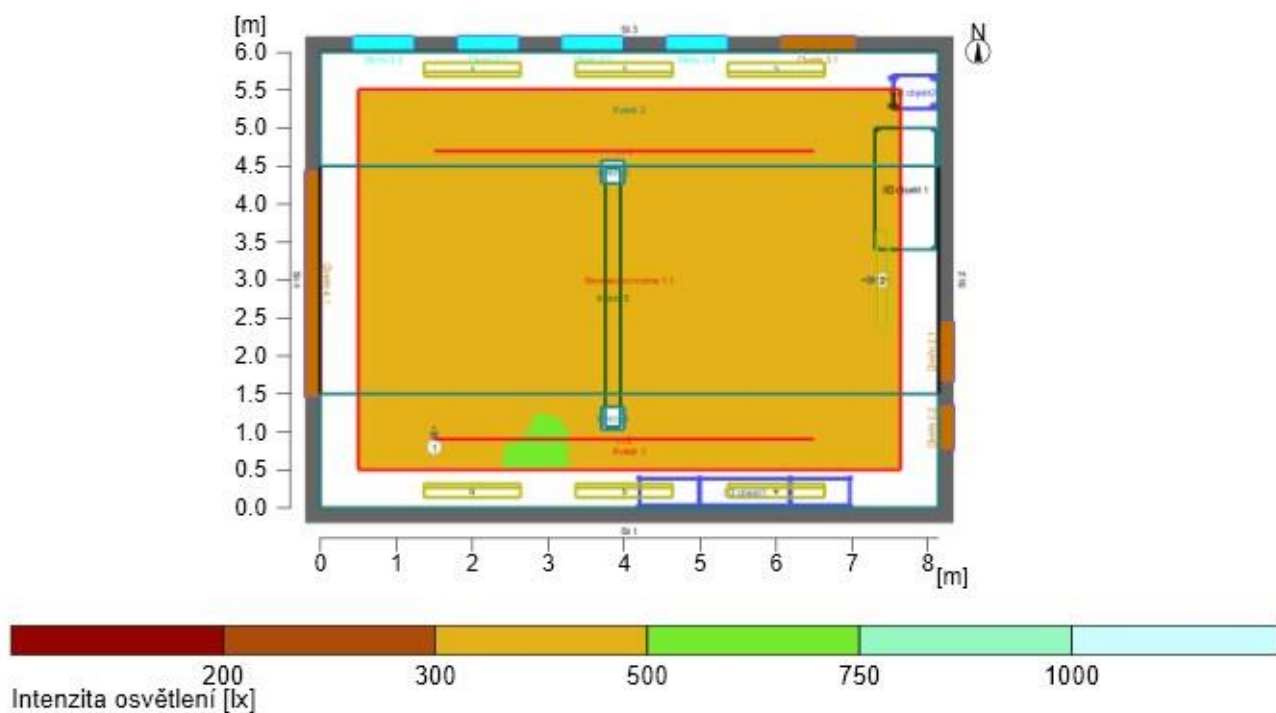


Obr. 11-11 Křivka svítivosti svítidla Trevos Prima 228 [8]

11.4.2 Výstupy výpočtu z programu ReluxPro



Obr. 11-13 3D zobrazení nového návrhu osvětlení

Přehled výsledků, Prostor 1**Přehled výsledků, Oblast hodnocení 1****Obecně**

Použitý algoritmus výpočtu

Udržovací činitel

centrální podíl nepřímé složky

0.70

Celkový světelný tok všech zdrojů

34800 lm

Celkový výkon

336.0 W

Celkový výkon na ploše (48.88 m²)6.87 W/m² (1.63 W/m²/100lx)**Oblast hodnocení 1****Srovnávací rovina 1.1**

Uživatelský profil: Průmyslové činnosti a řemeslná výroba - Výroba a opravy automobilů

5.24.6 Všeobecný servis, opravy a zkoušky vozidel (Ra >80.00)

Vodorovná

Em 423 lx (>= 300 lx)

Emin 350 lx

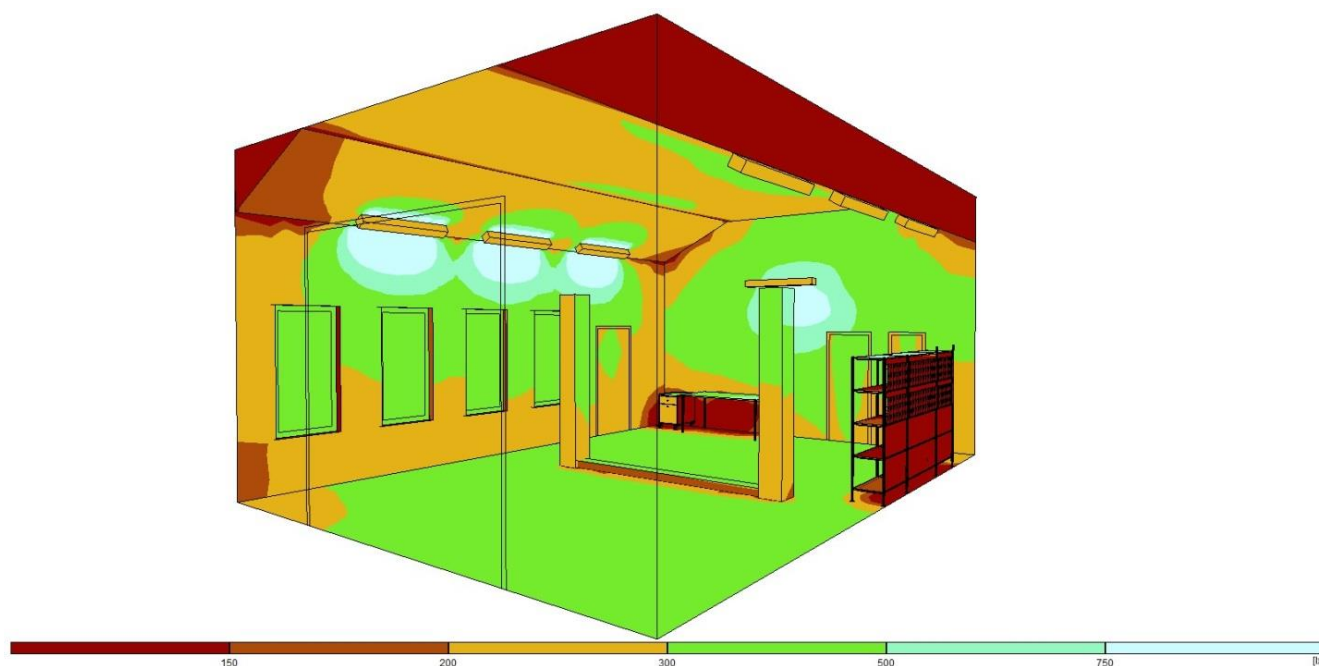
Emin/Eav (Uo) 0.83 (>= 0.60)

Emin/Emax (Ud) 0.70

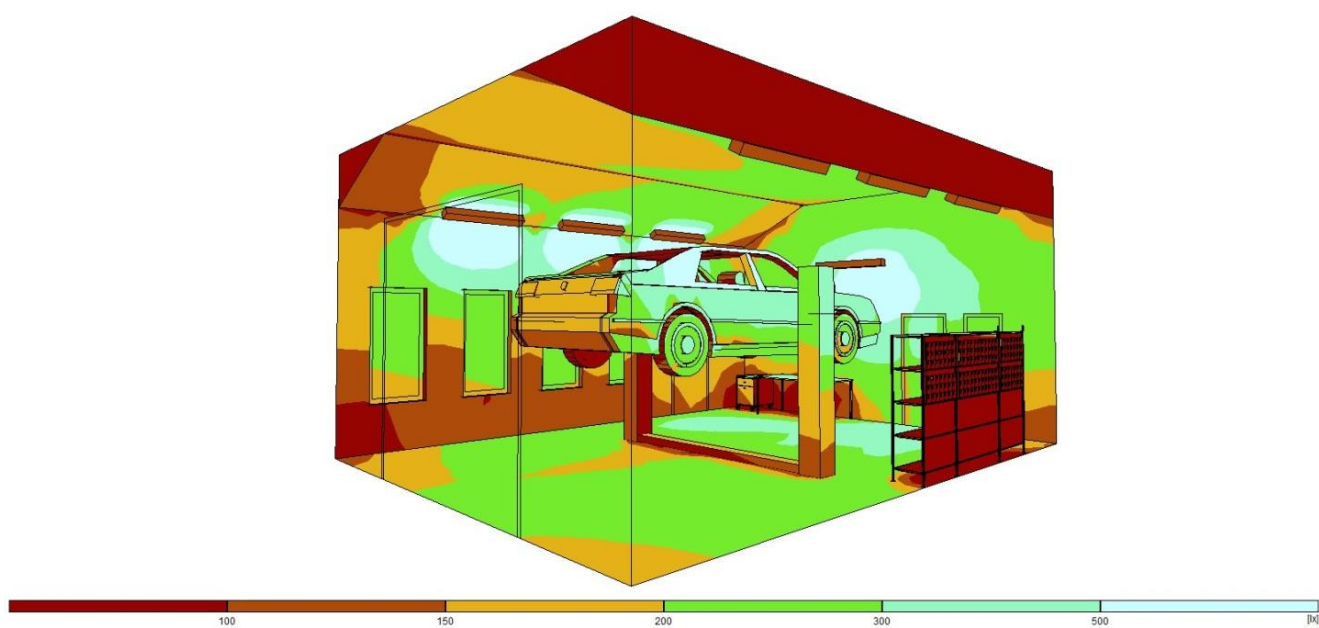
Pozice 0.75 m

Hlavní plochy

	Em	Uo
m 1.5 (Strop)	190 lx	0.00
m 1.1 (Stěna)	484 lx	0.25
m 1.2 (Stěna)	302 lx	0.68
m 1.3 (Stěna)	462 lx	0.48
m 1.4 (Stěna)	314 lx	0.84



Obr. 11-14 Rozložení osvětlenosti v 3D

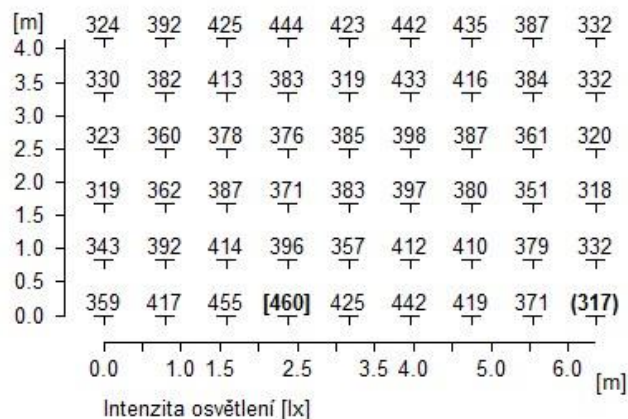


Obr. 11-15 Rozložení osvětlenosti v 3D - s autem na zvedáku

11.5 Porovnání variant pro hlavní osvětlení autodílny

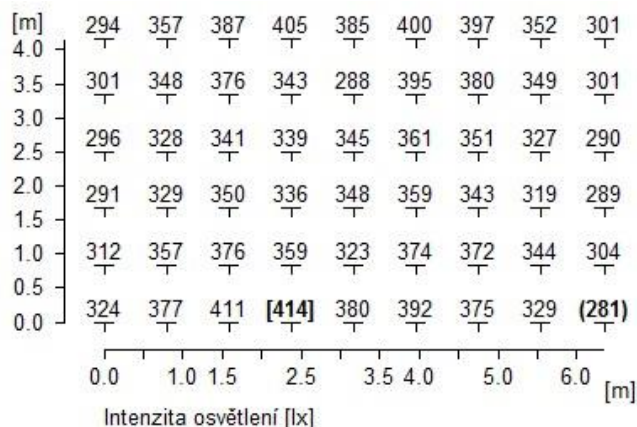
11.5.1 Srovnání teoretických hodnot intenzity osvětlení v jednotlivých bodech srovnávací roviny u jednotlivých variant

- Varianta č.1: Trevos Futura 2,4 ft PC Al 5200/840



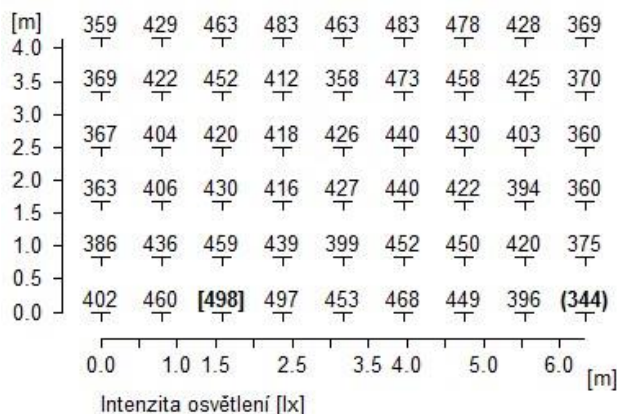
Obr. 11-16 Hodnoty intenzity osvětlení v jednotlivých bodech - varianta č.1

- Varianta č.2: Modus PL22M V2



Obr. 11-17 Hodnoty intenzity osvětlení v jednotlivých bodech - varianta č.2

- Varianta č.3: Trevos Prima 228 PC ET5



Obr. 11-18 Hodnoty intenzity osvětlení v jednotlivých bodech - varianta č.3

11.5.2 Vyhodnocení výsledků dle požadavků ČSN EN 12464-1

Tab. 11-1 Vyhodnocení výsledků dle požadavků ČSN EN 12464-1

Druh prostoru	Em lx	UGR _L -	r -	Ra -	Vyhodnocení
Celkový servis vozidel	300	22	0,60	80	Požadované hodnoty
Varianta č.1	382	20	0,83	>80	Vyhovuje
Varianta č.2	347	20	0,82	>80	Vyhovuje
Varianta č.3	423	19	0,83	>80	Vyhovuje

11.5.3 Porovnání pořizovacích nákladů jednotlivých variant

Tab. 11-2 Porovnání pořizovacích nákladů jednotlivých variant

Varianta	Svítilidlo	Cena za kus bez DPH Kč	Cena za soustavu bez DPH (7ks) Kč
č.1	Trevos Futura 2,4 ft PC Al 5200/840	2381,42	16669,94
č.2	Modus PL22M V2	2258,77	15811,39
č.3	Trevos Prima 228 PC ET 5	917,89	6425,23

Ceny u jednotlivých svítidel byly zjištěny na základě cenové nabídky u společnosti ELFETEX, spol. s.r.o., ke dni 5.5.2016. Ceny svítidel jsou včetně světelných zdrojů.

11.5.4 Zhodnocení energetické náročnosti jednotlivých variant

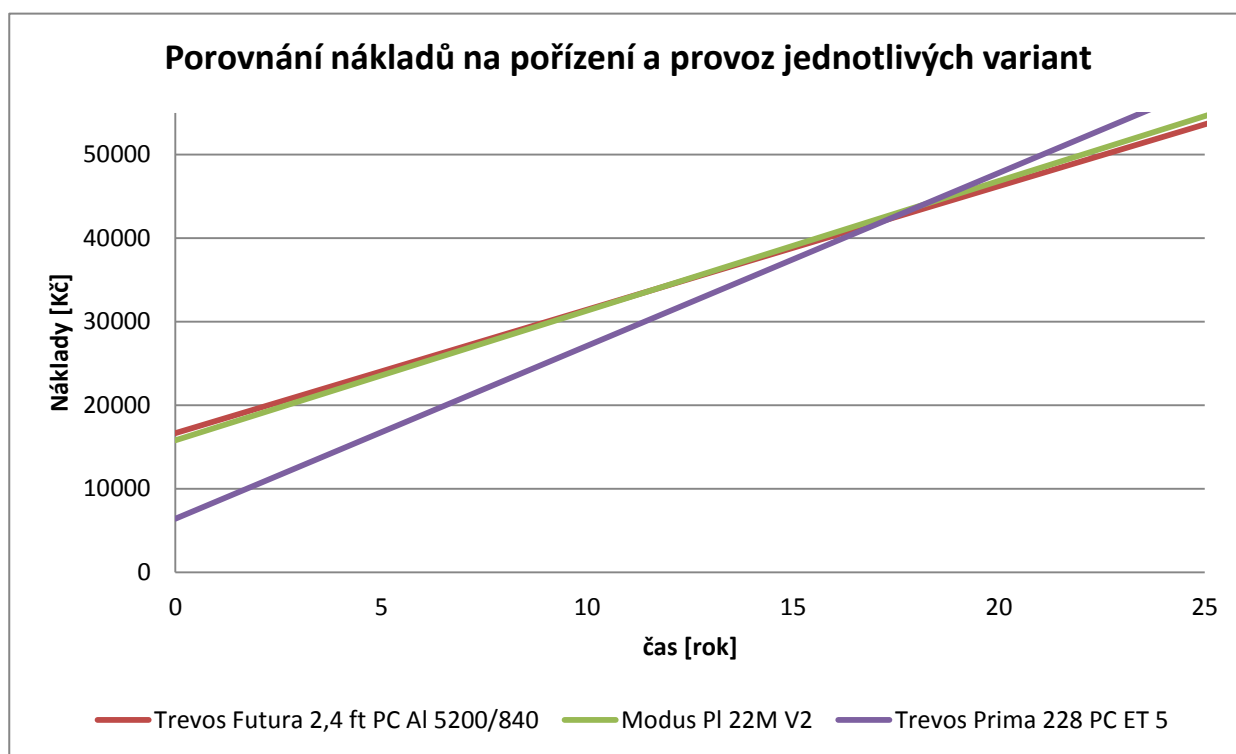
Tab. 11-3 Zhodnocení energetické náročnosti jednotlivých variant

Varianta	Celkový příkon soustavy (7ks) W	Spotřeba za 1 den (4h) Wh	Spotřeba za 1 měsíc (20 dní) kWh	Spotřeba za 1 rok kWh	Spotřeba za 1 rok Kč
č.1	280	1120	22,40	268,80	1478,40
č.2	294	1176	23,52	282,24	1552,32
č.3	392	1568	31,26	376,32	2069,76

- Počet nasvícených hodin za 1 rok: 960h

K teoretickému výpočtu spotřeby elektrické energie byla použita cena 5,5 Kč za 1 kWh, tuto cenu poskytl majitel autodílny na základě uzavřené smlouvy s dodavatelem elektrické energie.

Údaj o průměrné době provozu během jednoho roku (4h denně, 20 dní v měsíci) poskytl majitel autodílny.



Obr. 11-19 Porovnání nákladů na pořízení a provoz jednotlivých variant

11.6 Shrnutí návrhu nové osvětlovací soustavy

Návrh nové osvětlovací soustavy pro autodílnu byl zhotoven ve třech uvedených variantách s různými svítidly. U prvních dvou variant bylo zvoleno svítidlo typ LED a u třetí varianty zářivkové svítidlo s T5 trubicemi, které jsou úspornější než trubice T8. U všech variant bylo zvoleno prachotěsné svítidlo, z důvodu prostředí, ve kterém bude svítidlo instalováno.

Pro umístění svítidel byla využita stavební dispozice dílny, přesněji zkosení stropu, které se ukázalo jako nejlepší místo pro instalaci svítidel pro hlavní osvětlení autodílny. Tato soustava čítá 6 kusů svítidel, 3 ks na každé straně a pak dále jedno zavěšené svítidlo, které je umístěno nad oblastí práce na motorovém prostoru. Na uvedených výstupech z výpočetního programu ReluxPro lze vidět ideální nasměrování světelného toku do míst, kde probíhají nejčastější opravy automobilů. Jsou to oblasti v úrovni kolem zvedáku, kde se nachází boční strany automobilů, což především znamená velmi časté práce na brzdách a zavěšení kol u automobilů. Hlavní rozdíl v kvalitě osvětlení dílny oproti stávající osvětlovací soustavě je patrný při simulaci se zvednutým autem na zvedáku. Díky vhodnějšímu umístění svítidel po stranách dílny se dostává dostatek světelného toku do míst práce na automobilu i pod automobil.

Při návrhu se vzala v úvahu i varianta s asymetrickým typem svítidla, ale z důvodu, že se asymetrická svítidla v prachotěsném provedení vyrábí pouze na speciální objednávku, je cena svítidla příliš vysoká, tudíž se s touto variantou nepočítalo.

Z důvodu provozu autodílny především v pozdních odpoledních a večerních hodinách se v návrhu nové osvětlovací soustavy počítalo pouze umělé osvětlení, denní osvětlení se nebralo v úvahu.

Při porovnání pořizovacích nákladů jednotlivých variant (viz Tab. 11-2) lze vidět poměrně velký cenový rozdíl mezi moderním svítidlem typu LED a svítidlem se zářivkami, přičemž zářivkové svítidlo je více než dvakrát levnější.

Podle teoretického zhodnocení energetické náročnosti jednotlivých variant (viz Tab. 11-3) vyšly podle očekávání méně energeticky náročné varianty s LED svítidly, které mají díky svým vlastnostem menší instalovaný příkon soustavy při poměrně stejných hodnotách osvětlenosti.

Při porovnání nákladů na pořízení a provoz jednotlivých variant (viz Obr. 11-19) vyplývá, že návratnost investice varianty č.1 vůči variantě č.2 nastane po 12 letech. Návratnost investice varianty č.1 a č.2 oproti variantě č.3 nastane po 18 letech od instalace svítidel při nezměněné ceně elektrické energie a udané provozní době osvětlovací soustavy.

Zvolená svítidla u všech variant jsou od českých výrobců svítidel.

11.7 Návrh osvětlovací soustavy pro kancelář, WC a technickou místnost

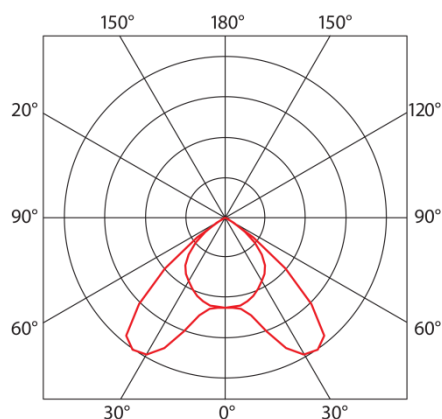
11.7.1 Zvolená svítidla

Trevos Luxor 228 MAT ET5

- Stupeň krytí: IP 20
- Světelný zdroj: T5 2x28 W
- Světelný tok: 5800 lm
- Účinnost svítidla: 55 %
- Elektronický předřadník [8]



Obr. 11-20 Svítidlo Trevos Luxor 228 MAT ET5 [8]



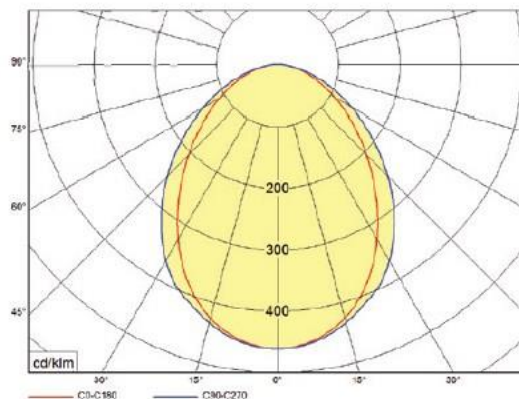
Obr. 11-21 Křivka svítivosti svítidla Trevos Luxor 2xx [8]

Modus BRSB KO300 V0

- Stupeň krytí: IP 44
- LED
- Příkon: 10W
- Světelný tok: 800 lm
- Účinnost svítidla: 80lm/W
- Životnost: 50000h – L80B50 [9]



Obr. 11-22 Svítidlo Modus BRSB[9]



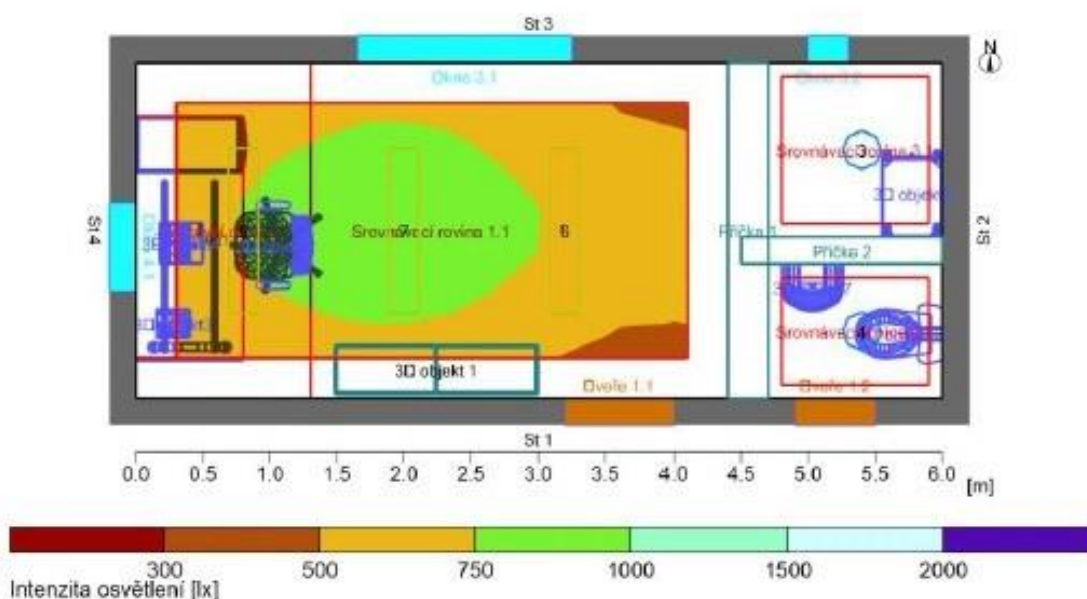
Obr. 11-23 Křivka svítivosti svítidla BRSB [9]

Pro osvětlení kanceláře autodílny bylo zvoleno zářivkové svítidlo Trevos Luxor 228 MAT ET5 v počtu tří kusů, což je dostačující počet svítidel k osvětlení daného prostoru. Pro osvětlení toalety a malé technické místnosti bylo zvoleno svítidlo typu LED Modus BRSB KO300 V0, kde v každé místnosti je umístěno pouze jedno svítidlo.

11.7.2 Výstupy výpočtu z programu ReluxPro

Přehled výsledků, Prostor 2

Přehled výsledků, Oblast hodnocení 1



Obecně

Použitý algoritmus výpočtu

Výška roviny svítidel

Udržovací čísel

centrální podíl nepřímé složky

2.54 m

0.80

Celkový světelný tok všech zdrojů

17400 lm

Celkový výkon

168.0 W

Celkový výkon na ploše (11.00 m²)

15.27 W/m² (2.16 W/m²/100lx)

Pracovní místo

Pracovní oblast 1

Uživatelský profil

Pracovní oblast

Kanceláře

5.26.2 (EN 12464-1, 8.2011) Psaní, psaní na strojích/PC, čtení, zpracování dat

Em 620 lx (>= 500 lx)

624 lx (>= 300 lx)

713 lx (>= 100 lx)

Emin 468 lx

331 lx

477 lx

Emin/Eav (Uo)

0.76 (>= 0.60)

0.53 (>= 0.40)

0.67 (>= 0.10)

Pozice

0.75 m

0.75 m

Oblast hodnocení 1

Uživatelský profil: Kanceláře

5.26.2 Psaní, psaní na strojích/PC, čtení, zpracování dat (Ra >80.00)

Srovnávací rovina 1.1

Vodorovná

Em 708 lx (>= 500 lx)

Emin 477 lx

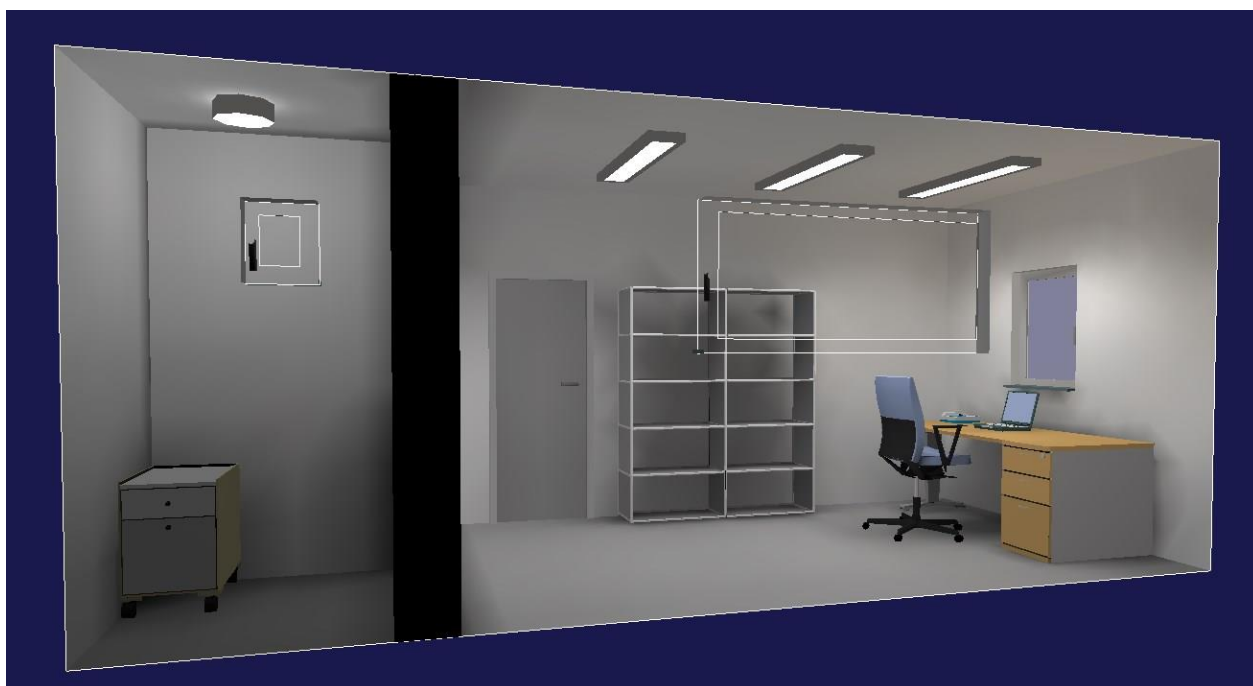
Emin/Eav (Uo) 0.67 (>= 0.60)

Emin/Emax (Ud)

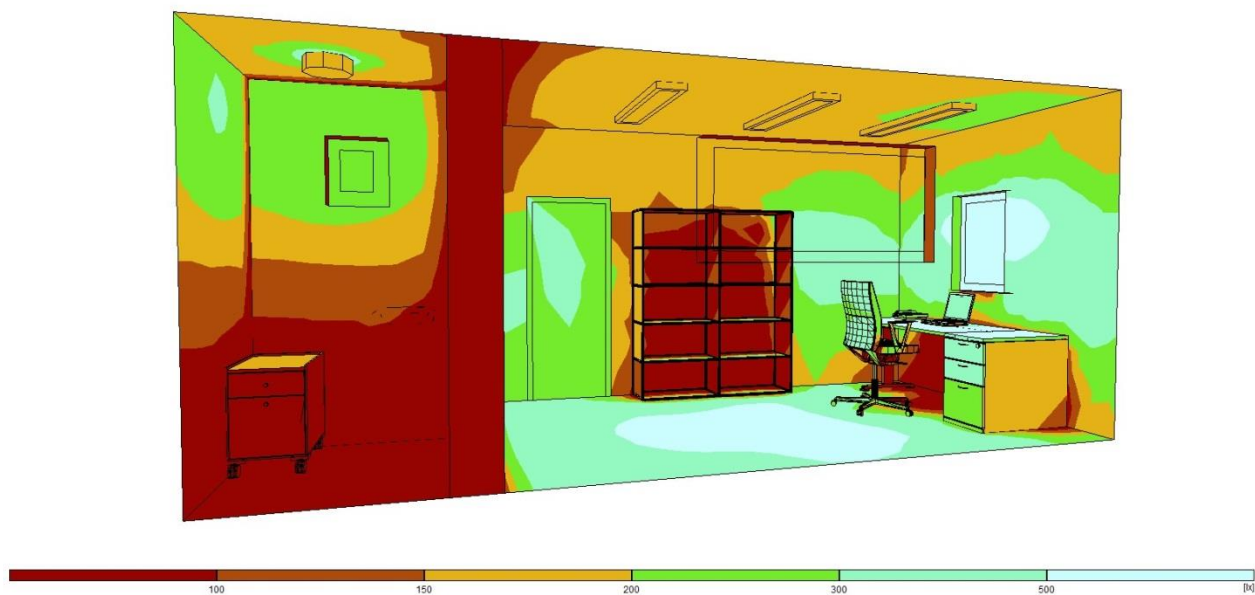
0.51

Pozice

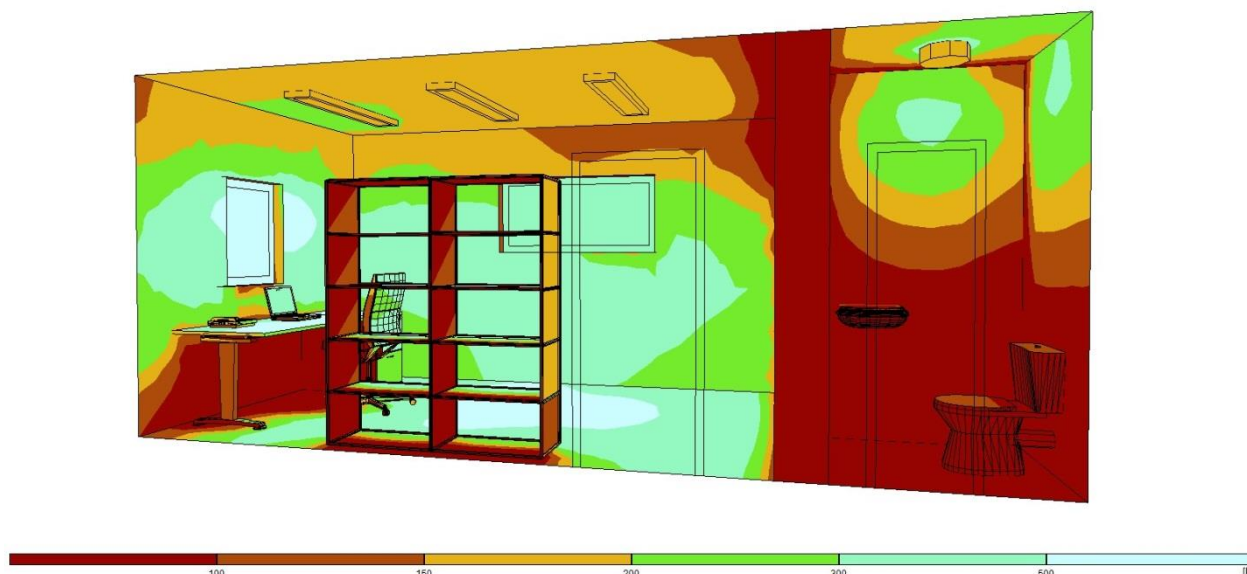
0.75 m



Obr. 11-24 3D zobrazení kanceláře



Obr. 11-25 Intenzita osvětlení v 3D - kancelář



Obr. 11-26 Intenzita osvětlení v 3D - kancelář

11.7.3 Pořizovací náklady

Tab. 11-4 Pořizovací náklady pro osvětlení zázemí autodílny

Svítidlo	Cena za kus bez DPH Kč	Cena za soustavu bez DPH Kč
Trevos Luxor 228 MAT ET5	2709,96	8129,88
Modus BRSB KO300 V0	867,36	1734,72
Cena celkem:	3577,32	9864,60

Ceny u jednotlivých svítidel byly zjištěny na základě cenové nabídky u společnosti ELFETEX, spol. s.r.o., ke dni 5.5.2016. Ceny svítidel jsou včetně světelných zdrojů.

11.7.4 Shrnutí návrhu nové osvětlovací soustavy zázemí autodílny

Pro osvětlení kanceláře bylo zvoleno svítidlo Trevos Luxor 228 MAT ET5. V případě zvolení varianty č.3 pro hlavní osvětlení autodílny používají obě svítidla stejný typ světelného zdroje, což je výhodné pro údržbu osvětlení, proto byl zvolen tento typ svítidla. Zvolená osvětlovací soustava vyhovuje požadavkům uvedeným v normě ČSN EN 12464-1. Bylo ověřeno i pracovní místo, které představuje psací stůl a jeho okolí.

Pro osvětlení toalety a technické místnosti bylo zvoleno ledkové svítidlo Modus BRSB KO300 V0, které vyhovuje účelům osvětlení daného typu místností.

12 ZÁVĚR

V teoretické části této bakalářské práce jsem se zabýval světlem, barvou světla a vlivu světla na zrakový systém. Dále jsou v práci uvedeny základní pojmy a veličiny z oblasti světelné techniky, taktéž i výpočetní vztahy. Je zde také rozebrána tematika světelných zdrojů a svítidel. Ze světelných zdrojů jsou zde uvedeny pouze základní světelné zdroje, popřípadě zdroje, které jsou použity u stávajícího osvětlení autodíly, nebo zdroje, které by mohly být použity při návrhu nové osvětlovací soustavy. Před návrhem nového osvětlení autodílny bylo provedeno kontrolní měření pro zjištění stavu osvětlení autodílny s původní osvětlovací soustavou. Ačkoliv se jedná o nově postavenou dílnu s kompletně novými svítidly, dopadlo kontrolní měření velmi špatně. Hlavními důvody jsou nevhodně použitá svítidla a nevhodné umístění svítidel v autodílně, u kterého nebyl brán zřetel pro podmínky práce v autodílně, jako je například zvednutí vozidla pomocí hydraulického zvedáku směrem ke stropu dílny, kde se nachází použitá svítidla. Stávající osvětlení zastupují tři LED svítidla čínského původu o výkonu jednoho svítidla 30W. Z jasových snímků prostoru lze vidět, že tyto svítidla jsou naprosto nevhodná pro účel osvětlení dílny z důvodu oslnění, což je dáno typem a konstrukcí svítidla. Vypočtené hodnoty stávajícího osvětlení neodpovídají požadavkům uvedeným v normách. K autodílně náleží také kancelář, technická místnost a toaleta. V těchto prostorech bylo provedeno pouze orientační měření z důvodu nekompletnosti osvětlení. Prostor byl osvětlen provizorními halogenovými žárovkami. Návrh nové osvětlovací soustavy pro hlavní osvětlení autodílny byl proveden v mnoha variantách s různými typy svítidel a polohou svítidel v prostoru. V této práci jsou uvedeny tři nejlepší varianty, které jsou vhodné k následné instalaci. První dvě varianty jsou zastoupeny svítidly typu LED, třetí variantu reprezentuje zářivkové svítidlo s trubicemi T5. U všech variant je použito stejné umístění svítidel, pro které se využilo zkosení stropu po stranách dílny. Toto místo instalace svítidel je vhodné i pro práci se zvednutým automobilem na zvedáku. U všech variant bylo mimo jiné také provedeno hodnocení činitele oslnění UGR. Toto hodnocení bylo provedeno na více místech a všechny varianty splňují podmínky uvedené v normě ČSN EN 12464-1. Také bylo provedeno porovnání pořizovacích a provozních nákladů jednotlivých variant. Z porovnání pořizovacích nákladů (viz Tab. 11-2) je patrné, že první dvě varianty s modernějším svítidlem typu LED jsou více než dvakrát dražší než varianta se zářivkovým svítidlem. Z toho důvodu bylo provedeno porovnání provozních nákladů a vyhodnocení návratnosti investice do svítidla typu LED. Návratnost první a druhé varianty oproti třetí variantě nastane až po uplynutí 18 let od instalace svítidel (viz Obr. 11-19). Protože je doba návratnosti prvotní investice poměrně dlouhá, nabízí se jako nejlepší varianta ke zrealizování varianta číslo 3 se zářivkovými svítidly od českého výrobce firmy Trevos a to typ svítidla Prima 228 PC ET5. Pro osvětlení kanceláře bylo zvoleno svítidlo Trevos Luxor 228 MAT ET5 v počtu tří kusů. Tato osvětlovací soustava splňuje podmínky, které jsou uvedeny v normách. Pro osvětlení toalety a technické místnosti bylo zvoleno svítidlo Modus BRSB K0300 VO. V následujícím období by měla proběhnout realizace výměny osvětlovací soustavy a to s největší pravděpodobností podle varianty číslo 3.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Knížní publikace

- [1] SOKANSKÝ, Karel. KOLEKTIV. Racionalizace v osvětlování kancelářských, školských a bytových prostor. Ostrava: Česká společnost pro osvětlování, 2004.
- [2] SOKANSKÝ, Karel. KOLEKTIV. Dominantní vlivy ovlivňující spotřebu elektrické energie osvětlovacích soustav. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2007.

Internetové zdroje

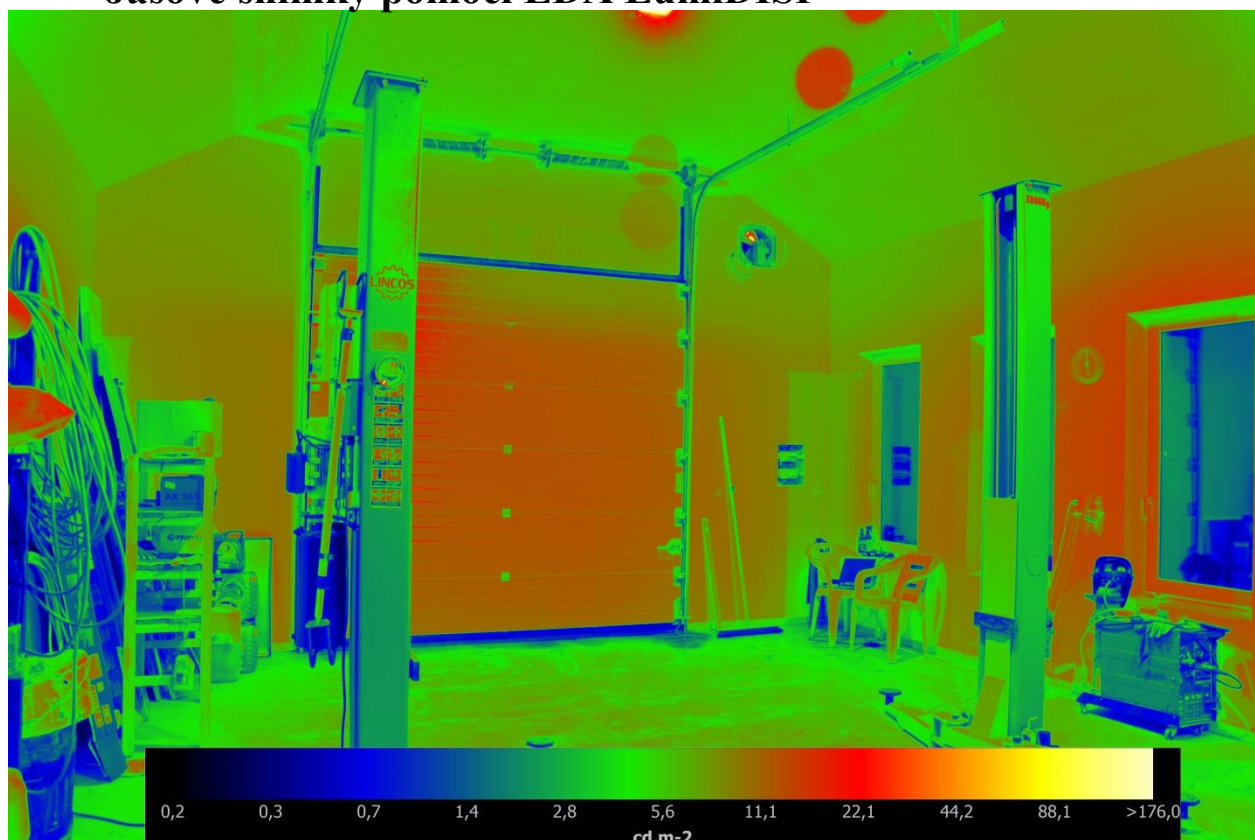
- [3] KLIMŠA, David. Osvětlování. 1.0. Ostrava: Klimša David, 2006. Dostupné z: http://www.klimsa.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=24
- [4] Základy světelné techniky. ElektriKa.cz [online]. [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: <http://elektriKa.cz/data/clanky/srvo-zaklady-svetelne-techniky>
- [5] Wikipedie. Wikipedie [online]. [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Solid_Angle.png
- [6] Wikipedia. Wikipedia [online]. [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Incandescent_light_bulb.svg
- [7] Světlo. Odbornecasopisy.cz [online]. [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=23266
- [8] *Trevos: katalog* [online]. 2016 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.trevos.cz/katalog>
- [9] *Modus: katalog* [online]. 2016 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: www.modus.cz

Technické normy

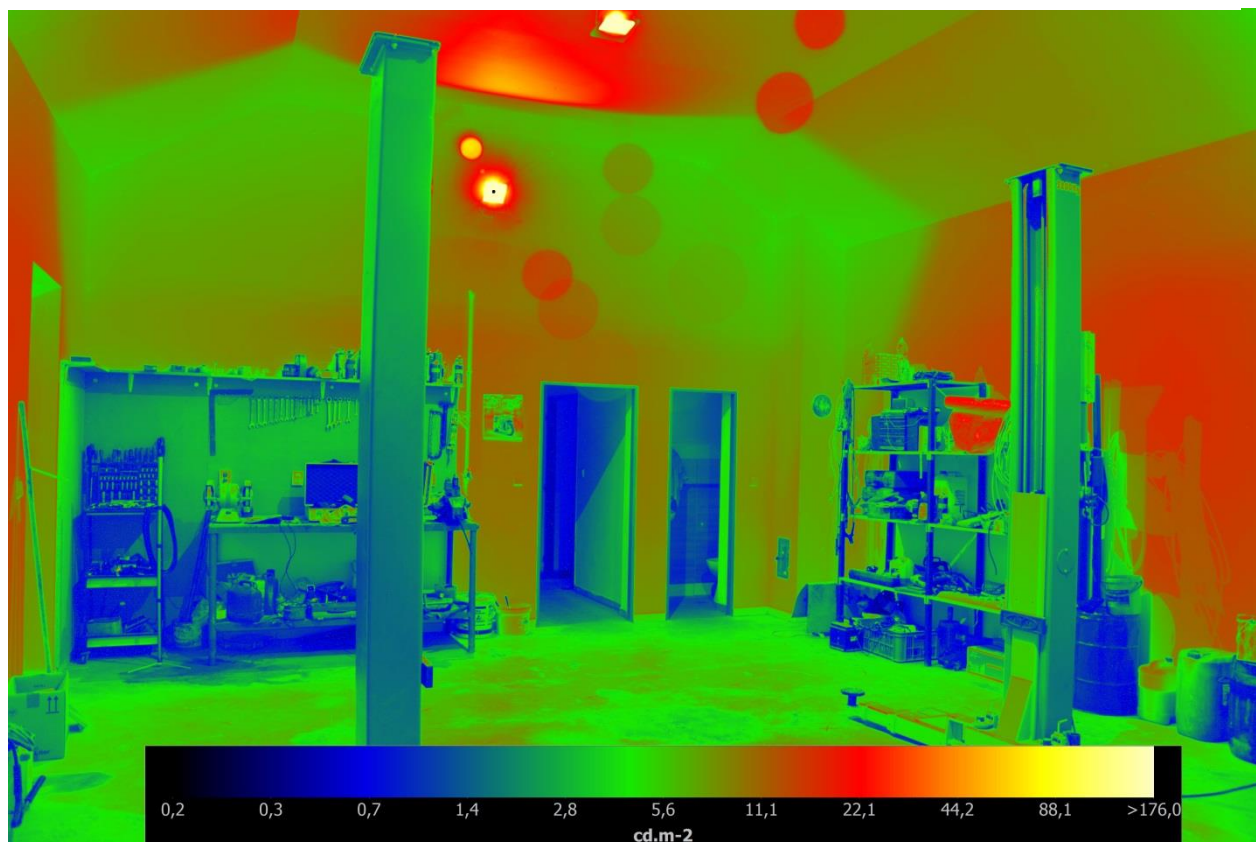
- [10] ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů
- [11] ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení vnitřních prostorů, základní ustanovení
- [12] ČSN 36 0011-3 Měření osvětlení prostorů, měření umělého osvětlení vnitřních prostorů

PŘÍLOHY

Jasové snímky pomocí LDA LumiDISP



Obr. P-0-1 Jasový snímek od ponku

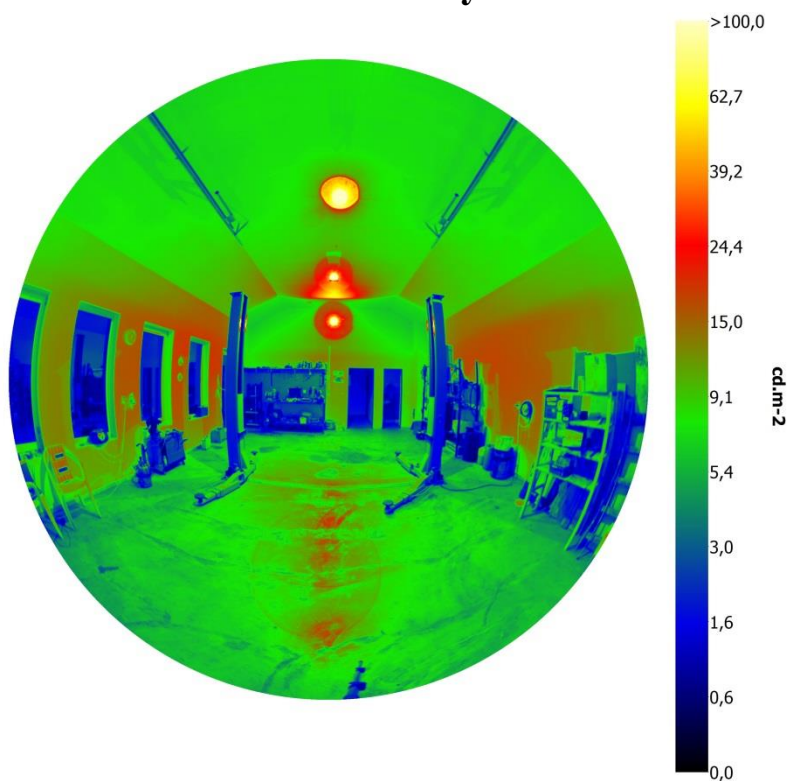


Obr. P-0-2 Jasový snímek - pohled od vrat

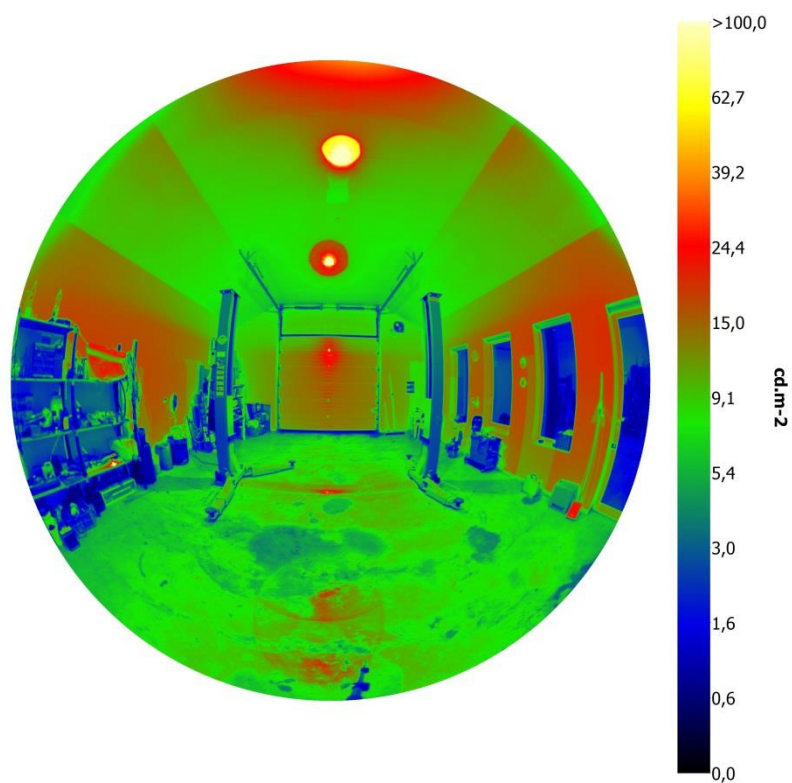


Obr. P-0-3 Jasový snímek - pohled od ponku s autem na zvedáku

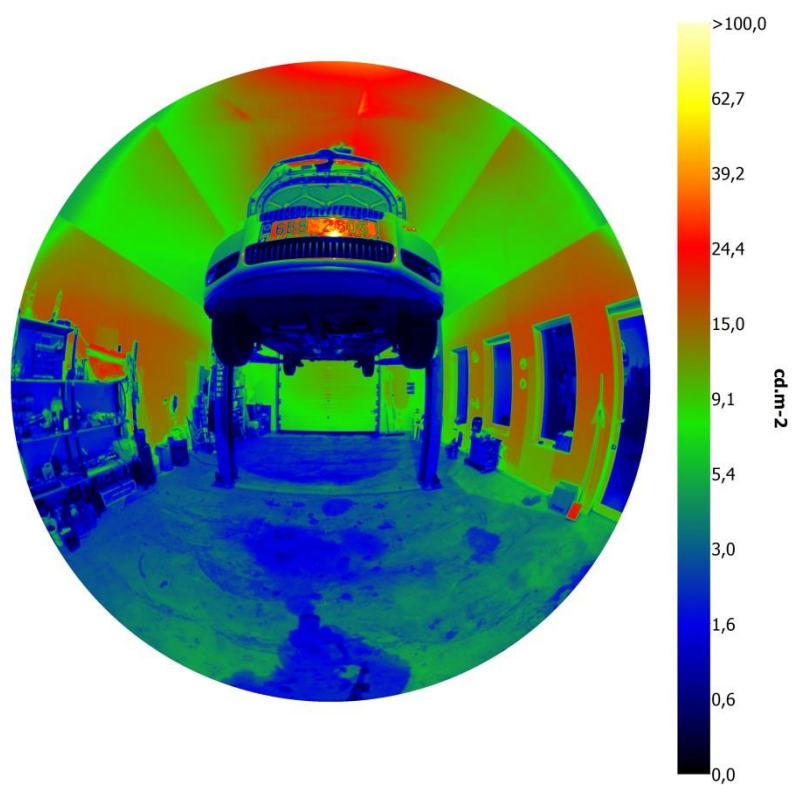
Snímky pomocí LDA LumiDISP – Rybí oko



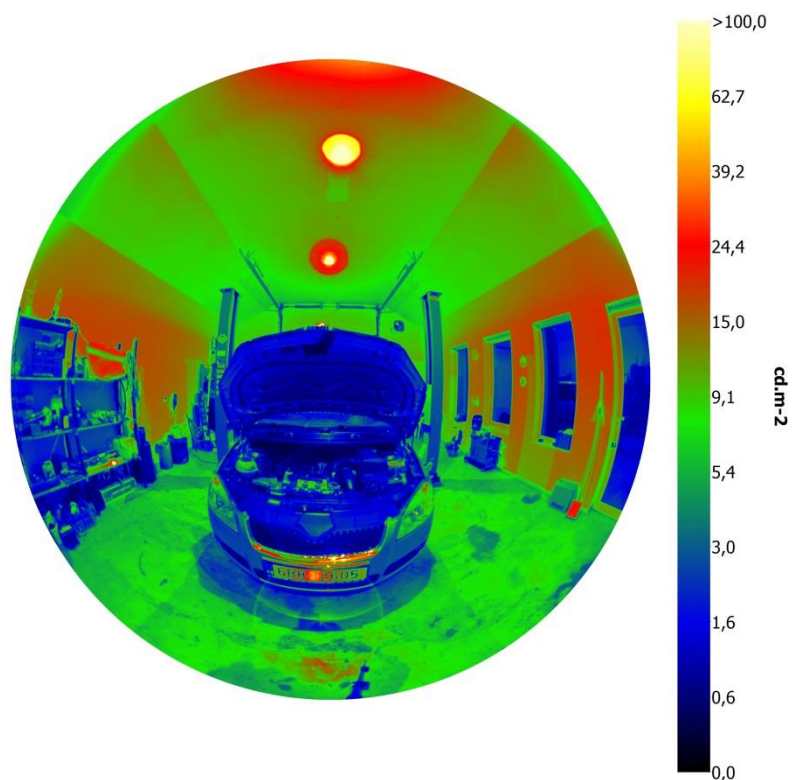
Obr. P-0-4 Jasový snímek pohled od vrat - rybí oko



Obr. P-0-5 Jasový snímek pohled od ponku - rybí oko



Obr. P-0-6 Jasový snímek pohled od ponku s autem na zvedáku - rybí oko



Obr. P-0-7 Jasový snímek pohled od ponku s autem v dílně - rybí oko

Fotodokumentace



Obr. P-0-8 Fotografie dílny - pohled od ponku



Obr. P-0-9 Fotografie dílny - pohled od vrat