ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh osvětlovací soustavy

Plzeň 2013 **Jiří Švarc**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: **2012/2013**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Jiří ŠVARC**
Osobní číslo:	**E11N0170P**
Studijní program:	**N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor:	**Komerční elektrotechnika**
Název tématu:	**Návrh osvětlovací soustavy**
Zadávající katedra:	**Katedra technologií a měření**

Zásady pro vypracování:

1. Specifikujte prostory a uveďte technické požadavky na osvětlovací soustavy
2. Proveďte měření stávajícího osvětlení ve vybraných prostorech.
3. Navrhněte vlastní osvětlení vnitřních prostor v několika variantách.
4. Vypracujte pro daný projekt energetickou a ekonomickou bilanci.
5. Možnosti řešení porovnejte a vyberte nejvhodnější variantu.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Linda, Josef. Elektrické světlo 1. Plzeň (ZČU), 1993**
2. **Habel, Jiří. Osvětlování. 2. vyd. Praha : ČVUT, 1998**
3. **Habel, Jiří. Světelná technika A. 1. vyd. Praha : ČVUT, 1982**
4. **Přednášky či skripta z doporučených předmětů**

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Jan Mühlbacher, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2012**

Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2013**

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

L.S.

Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Anotace

Předkládaná diplomová práce specifikuje školní prostory, učebny a tělocvičnu na základní škole v Karlových Varech Tuhnicích z hlediska návrhu elektrické osvětlovací soustavy. Nejprve je provedeno měření stávajícího osvětlení, dále pak je projektován technický návrh, a to ve čtyřech různých variantách. Následně je v práci popsán projekt vzájemného porovnání projektovaných návrhů a vypracovaná ekonomická a energetická bilance celkově navržené soustavy.

Klíčová slova

Osvětlovací soustava, měření osvětlení, technická zpráva, návrh osvětlení vnitřních prostor, ekonomická bilance, energetická bilance.

Designing of a lighting systems

Abstract

This technical graduation theses specifies school premises, classrooms and gym at the elementary school in Karlovy Vary Tuhnice from the view of designing of electrical lighting system. There is realized measuring of present lighting, then there is projected new designing at four different versions in this thesis. This project describes mutual comparison of all projected propositions and there is prepared economic and energetic balance of final designed system.

Key words

Lighting system, measuring of lighting, technical document, designing of interior lighting, economic balance, energetic balance.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, které jsou součástí této diplomové práce.

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

V Plzni dne 10.4.2013 Jiří Švarc

……..

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Janu Mühlbacherovi, CSc. za cenné profesionální připomínky, odborné posouzení, rady a metodické vedení práce, dále řediteli Základní školy v Karlových Varech panu Mgr. Janu Poulovi za umožnění provádět měření soustavy v prostorách školy.

Obsah

OBSAH **8**

ÚVOD **9**

SEZNAM SYMBOLŮ **10**

1 ŠKOLNÍ PROSTORY - SPECIFIKACE, TECHNICKÉ POŽADAVKY **11**

1.1 SPECIFIKACE ŠKOLNÍCH PROSTOR 11
1.2 TECHNICKÉ POŽADAVKY 14
1.2.1 Osvětlenost, rovnoměrnost osvětlení *14*
1.2.2 Svítivost *15*
1.2.3 Jas v zorném poli, oslnění *15*
1.2.4 Udržovací činitel *16*
1.2.5 Index podání barev *17*
1.3 NORMY 18

2 MĚŘENÍ STÁVAJÍCÍHO OSVĚTLENÍ **20**

2.1 PŘÍSTROJE A POŽADAVKY 20
2.2 UČEBNA TŘÍDY IX. B 22
2.3 UČEBNA VÝTVARNÉ VÝCHOVY 24
2.4 UČEBNA CIZÍCH JAZYKŮ 26
2.5 UČEBNA HUDEBNÍ VÝCHOVY 29
2.6 TĚLOCVIČNA 30

3 NÁVRH NOVÉ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY **33**

3.1 VARIANTA A - PŘISAZENÉ SVÍTIDLO S OPÁLOVÝM KRYTEM 33
3.1.1 Varianta A1 - závěsné svítidlo s asymetrickým reflektorem *34*
3.2 VARIANTA B - MŘÍŽKOVÉ ZÁVĚSNÉ SVÍTIDLO 35
3.3 VARIANTA C - PŘISAZENÉ LED SVÍTIDLO 36
3.4 VARIANTA D - ZÁVĚSNÉ LED SVÍTIDLO 37
3.5 VARIANTA E - VÝBOJKOVÉ HALOGENIDOVÉ SVÍTIDLO 38

4 ENERGETICKÁ A EKONOMICKÁ BILANCE **39**

4.1 ENERGETICKÉ ÚDAJE 39
4.2 EKONOMICKÉ ÚDAJE 40
4.3 PROJEKTOVANÉ VARIANTY A JEJICH PARAMETRY 41
4.3.1 Zhodnocení světelných parametrů *41*
4.3.2 Ekonomické zhodnocení *42*

5 VÝBĚR VHODNÉ VARIANTY PRO DANÉ PROSTORY **48**

5.1 VOLBA VARIANTY A - UČEBNA IX. B 51
5.2 VOLBA VARIANTY B - UČEBNA VÝTVARNÉ VÝCHOVY 52
5.3 VOLBA VARIANTY A - UČEBNA CIZÍCH JAZYKŮ 54
5.4 VOLBA VARIANTY A - UČEBNA HUDEBNÍ VÝCHOVY 55
5.5 VOLBA VARIANTY B - TĚLOCVIČNA 56

ZÁVĚR **58**

POUŽITÁ LITERATURA **59**

PŘÍLOHY **60**

Úvod

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na měření, návrh a porovnání několika různých systémů osvětlovací soustavy.

Začátek práce je bližší specifikace vybraných prostor, popis měření stávajícího osvětlení na základní škole v Karlových Varech a souhrn získaných hodnot. Dále jsou uvedeny technické požadavky na novou osvětlovací soustavu, základní vztahy a výpočty pro návrh soustavy. Návrh je proveden tak, že světlo v těchto prostorech vytváří vhodné podmínky pro práci zraku a vytvoření zrakové pohody pro člověka. Díky těmto světelným podmínkám vzniká zvyšování produktivity, pozornosti, bezpečnosti práce a lidé se cítí psychicky dobře. Následuje vytvoření projektu za pomocí softwaru Modus Wils od českého výrobce svítidel Trevos a.s., a to ve čtyřech různých variantách.

Pro efektivní využití vynaložených prostředků jsou také důležité provozní a instalační náklady, a proto je následně pro tyto veškeré návrhy vytvořena ekonomická a energetická bilance. Vše je prováděno dle aktuálních platných norem a ceníků výrobků. Závěr práce uvádí, popisuje praktické porovnání řešení a výběr nejvhodnější varianty osvětlovacího systému pro zvolený objekt.

Seznam symbolů

E [lx]	Osvětlenost
$\overline{E}_m$ [lx]	Průměrná udržovaná osvětlenost
E_{min} [lx]	Nejmenší osvětlenost v místě zrakového úkolu
f [hz]	Frekvence
I [cd]	Svítivost
L [cd/m^2]	Jas
MF [-]	Udržovací činitel
r [mm]	Geometrický průměr
R_a [-]	Index podání barev
U_0 [-]	Rovnoměrnost osvětlení
S [m^2]	Plocha
U [V]	Napětí
UGR [-]	Index oslnění
α [rad]	Rovinný úhel
ΔE_i [-]	Rozdíl vnímaných barev osvětleného vzorku
λ [m]	Vlnová délka
ρ [-]	Činitel odrazu
Φ [lm]	Světelný tok
Ω [sr]	Prostorový úhel

1 Školní prostory - specifikace, technické požadavky

Pro návrh osvětlovací soustavy jsou vybrány prostory na základní škole, jejíž celý název je Základní škola Karlovy Vary, Poštovní 19, příspěvková organizace. Jedná se o učebnu třídy IX. B v přízemí s okny na jižní stranu, dále učebny výtvarné a hudební výchovy a učebnu cizích jazyků, poslední prostor je tělocvična umístěná za budovou školy, orientovaná rovnoběžně s budovou školy. Škola využívá učebny s tělocvičnou jak k běžné denní výuce žáků, tak k zájmovým kroužkům, sportovním aktivitám školních i mimoškolních skupin. Prostory jsou plně využívány až do večerních hodin, a nejen proto je nutné zajistit vyhovující vnitřní osvětlení.

Obr. 1 Areál Základní školy Karlovy Vary, Poštovní 19, příspěvková organizace [1]

1.1 Specifikace školních prostor

Umístění měřených a projektovaných prostor se nachází v Karlových Varech, v ulici Poštovní 19. Učebna druhého stupně IX. B (Obr. 2) má tři velká plastová okna rozdělená na čtyři okenní tabule směrem na jih. Plocha třídy IX. B je 65,9 m^2, počet lavic pro žáky

je 14, dále se zde nachází jeden učitelský stůl, vše v pracovní výšce 75 cm. Povrch lavic je ze světlého dřeva, stěny mají barvu světle žlutou, strop je bílý a podlaha je tvořena z materiálu PVC se světle hnědým nevýrazným vzorem. Výška stropu je 3,2 m, šířka učebny 7,4 m a délka 8,9 m. Tabule je umístěna na západní stěně, takže žákům svítí denní světlo na lavice z levé strany. Rozložení dalších učeben je obdobné, stejně tak síť měřicích bodů je volena kolem jednoho metru délky, kromě školní sportovní haly, kde je nutné přizpůsobit síť většímu prostoru. Veškeré rozměry jsou popsány v kapitole měření jako naměřené hodnoty. Odlišnost učeben vzniká při měření tabulí. Učebna hudební výchovy má interaktivní tabuli, kterou není nutné měřit, jazyková učebna má taktéž interaktivní tabuli uprostřed, ale také zcela nenasvětlenou tmavě zelenou tabuli umístěnou vpravo od bílé tabule. Svítidla jsou v místnosti rozmístěna rovnoměrně nad lavicemi v počtu od 4 do 6 kusů a další svítidlo je montováno nad tabulí. Osvětlení nad lavicemi je provedeno pomocí zářivkových trubic o příkonu 35 W po 2 kusech v každém svítidle. Stejnou zářivkovou trubici obsahuje svítidlo pro tabuli. Produkty jsou stropní závěsné, a to od výrobce Fagerhult. Nad tabulí je zavěšeno Gondol 17892 1x35 W a nad lavicemi mřížkové DTI 2 Beta 28824 2x35 W. V prostorách školy je prováděna pravidelná údržba svítidel v předepsaných časových intervalech.

Obr. 2 Učebna IX. B

Projektovaný prostor školní tělocvičny (Obr. 3) s horolezeckou stěnou a šatnami se nachází za školní budovou a je s ní propojen krytým průchodem. Rozměry tělocvičny jsou: šířka 14 m, délka 26 m a výška stropu je přes 7 m. Plastová okna jsou po obou stranách tělocvičny, 9 oken na jih rozdělených na 6 výklopných křídel a 9 oken na stranu severní o polovičním rozměru rozdělených na 4 výklopná křídla. Typy svítidel jsou zde také zářivková s trubicemi. Celkem 21 kusů rozděleno na 3 stejné řady. Výrobek je od německé společnosti Fagerhult, číslo 18346 Excls, každé svítidlo obsahuje 4 trubice o příkonu 49 W.

Obr. 3 Tělocvična

Při měření prostor je také snímána odrazivost různých povrchů v místnosti. Stěny haly jsou natřeny žlutou barvou, strop je bílý, podlaha z dřevěných nalakovaných parket. Podélné radiátory jsou kryté hnědými dřevěnými zábranami. Veškerá okna v tělocvičně jsou krytá sítí proti náhodnému poškození.

1.2 Technické požadavky

Technické požadavky na světelné vlastnosti objektů se liší dle umístění a využití prostor, jako jsou pracoviště, sportoviště, odpočinkové místnosti a jiné. Zvláště srovnávací rovina, na které se hodnoty osvětlení měří, se nachází v odlišných výškách a má různou odrazivost materiálů, ať se jedná o nemocniční, školní či jiné prostory. Možnost dělit osvětlení na venkovní či vnitřní a působení denního nebo umělého světla a jejich kombinace umožňují snáze dojít k nejlepšímu řešení. Pro budovy sloužící k výchově a vzdělávání žáků je nutné řídit se požadavky příslušných norem a vyhlášek, které udávají minimální požadavky na parametry vyhovujícího osvětlení. Člověk přijímá 85 % informací za pomoci zraku. Světlo je nedílnou součástí všedního života a každý by měl upřednostňovat světlo denní před umělým. V některých případech, ať už v noci, či v prostorech umístěných pod zemí, kde není možnost přivedení slunečního svitu, musíme využít elektrické energie a vytvořit kompletně umělé osvětlení. Hodnota osvětlenosti musí být vždy dostatečná, vyvážená, pro člověka při jeho činnosti příjemná a neunavující. Světlo je viditelný druh elektromagnetického záření o vlnové délce λ = 380 až 780 nm. Mimo tyto meze může být záření infračervené, ultrafialové, mikrovlny, radiové vlny či jiné [7, 9].

1.2.1 Osvětlenost, rovnoměrnost osvětlení

Veličina osvětlenost značená písmenem E je definována jako plošná hustota světelného toku Φ dopadajícího na osvětlovanou plochu - viz rovnice 1.1. Jedná se o základní parametr osvětlení [3].

$$E = \frac{d\Phi_d}{dS}\ [lx] \tag{1.1}$$

Norma pro umělé osvětlení vnitřních prostorů ČSN EN 12464-1 udává minimální dostačující osvětlenost prostoru pod názvem průměrná udržovaná osvětlenost $\overline{E}_m$. Jedná se o parametry dané na srovnávací rovině, tedy ve výšce pracoviště. Udržovaná osvětlenost je hodnota, na kterou se nová osvětlovací zařízení dimenzují. V průběhu času se snižuje, a proto je nutné v předepsaných intervalech provádět pravidelnou údržbu. Další veličina se nazývá rovnoměrnost osvětlení a je označována jako U_0. Ta je dána poměrem nejmenší osvětlenosti v místě zrakového úkolu a průměrnou osvětleností na srovnávací rovině dle vztahu 1.2 [3, 8].

$$U_0 = \frac{E_{min}}{\bar{E}_m} \; [-] \qquad \textbf{(1.2)}$$

Na srovnávací rovině se rozlišují parametry jako kritický detail. Jedná se zrakové zaměření na část prováděné činnosti. Při psaní se zaměřuje například na jednotlivá písmena v textu. Vše kolem kritického detailu je nazýváno okolí [3, 4, 11].

1.2.2 Svítivost

Svítivost je značena I a její vyjádření je popsáno rovnicí 1.3. Udává hustotu světelného toku Φ v prostoru za pomoci prostorového úhlu Ω, směr jeho osy udává rovinný úhel α [3].

$$I_\alpha = \frac{d\Phi}{d\Omega} \; [cd] \qquad \textbf{(1.3)}$$

Jednotka svítivosti je kandela [cd], jedná se o základní jednotku soustavy SI. Jedna kandela je svítivost v daném směru, pokud v tomto směru působí zářivost 1/683 W na 1 steradián monochromatického světelného zdroje o frekvenci $540 \cdot 10^{12}$ Hz. Pro tuto jednotku byly dříve využívány jiné definice, současná platí od roku 1979. Pokud je zjištěna svítivost zdroje světla v prostoru ve všech směrech, je možné znázornit fotometrickou plochu a křivky svítivosti v jednotlivých rovinách řezu [3, 5, 17].

1.2.3 Jas v zorném poli, oslnění

Jas L je veličina vyjádřená určitou svítivostí I na velikost plochy S. Jednotka se skládá z poměru cd/m^2. Vnímání osvětlovaného či svítícího povrchu v pozorovaném směru pod určitým úhlem vytváří adaptaci oka na průměrnou hodnotu jasů v zorném poli. Jas se mění s polohou i směrem pozorované plochy. Dodržením předepsaných hodnot v normě (ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení) zajistíme zrakovou pohodu a přirozené podmínky pro práci očí. Doporučené poměry pozorovaného předmětu a bezprostředního okolí jsou 1:1 až 3:1, vzdálené tmavé plochy 1:1 až 10:1, a vzdálené světlé plochy 1:1 až 1:10. Nevhodné jsou pozorované povrchy se značným rozdílem jasů, které pozorovatel vnímá jako oslnění, označováno UGR. V těchto případech je nutná častá akomodace zraku na jednotlivé jasy, a tím dochází k namáhání zraku a rychlejší únavě pozorovatele. Podle příčiny je možné dělit oslnění na přímé, přechodné a závojové, dále na oslnění odrazem či kontrastem. Oslnění přechodné nastává při poměru jasů pozorovaného předmětu a okolí vyšším než 1:10, zhoršuje, až znemožňuje vidění. Může mít za následek nejen psychologické účinky, jako je únava

či nepozornost, ale také fyziologické, tedy snížení vidění a nevolnost. Informační výkon, množství přijatých dat pomocí zraku a následné zpracování v mozku stoupá se zvyšující se osvětleností pozorovaných předmětů. Z toho vyplývá, že osvětlenost je velmi důležitá nejen při práci. Zároveň však nesmí docházet k přílišným kontrastům v zorném poli. Index oslnění UGR (Unified Glare Index) je možné spočíst dle vzorce 1.4. Částečný výňatek z řady UGR je 10, 13, 16, 19, 22, 25. Pro osvětlení následujících prostor použijeme hodnoty 19 a 22 dle požadavků normy [4, 7, 11].

$$UGR = 8 \cdot \log_{10}\left(\frac{0{,}25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2}\right)[-] \quad \textbf{(1.4)}$$

L_b [cd/m^2] - jas pozadí

L [cd/m^2] - jas svítící části každého svítidla ve směru očí pozorovatele

ω - prostorový úhel svítící části každého svítidla vzhledem k očím pozorovatele

p - činitel polohy podle Gutha pro každé svítidlo podle úhlové odchylky jeho polohy od směru pohledu

1.2.4 Udržovací činitel

Udržovací činitel MF daný rovnicí 1.5 podle TNI 36 00451 je nutno brát v úvahu, protože veškeré osvětlovací soustavy postupem času a působením vnějších i vnitřních vlivů ztrácí své původní účinky a znehodnocují se. Působící vlivy mohou být vnější (znečistění) či vnitřní (stárnutí zdrojů a svítidla). Při nedodržovaní pravidelné údržby se postupem času stávají zdroje neefektivní a neúčinné. Je tedy nutné brát v úvahu udržovací činitel závislý na typu prostředí, době údržby a druhu osvětlovací soustavy.

$$MF = \mathrm{LLMF} \cdot \mathrm{LSF} \cdot \mathrm{LMF} \cdot \mathrm{RSMF}[-] \quad \textbf{(1.5)}$$

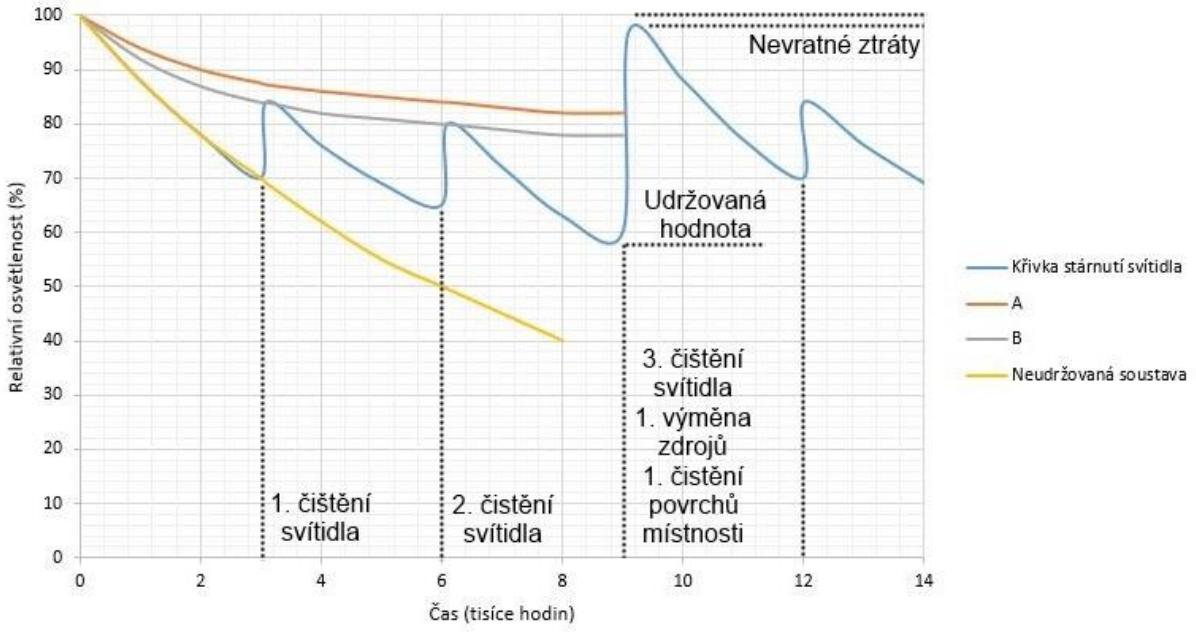
LLMF [-] - činitel stárnutí světelného zdroje

LSF [-] - činitel funkční spolehlivosti světelného zdroje

LMF [-] - udržovací činitel svítidla

RSMF [-] - udržovací činitel povrchů

Následující graf (Obr. 4) znázorňuje výhody a účinky pravidelného čištění či zanedbání údržby svítidel, dále pak výměny zdrojů za nové v průběhu doby života celkové osvětlovací soustavy. Je zde zcela jasně vykreslena závislost relativní osvětlenosti na čase.



Obr. 4 Změna osvětlenosti v průběhu života osvětlovací soustavy [19]

1.2.5 Index podání barev

Denní osvětlení zaručuje věrný barevný vzhled předmětů. Při návrhu osvětlení je nutné brát v potaz jak denní svit či žárovky s obdobným spektrem, tak výbojkové zdroje světla. Ty díky odlišnému spektrálnímu složení vytváří zkreslování kolority osvětlených částí. Zkreslení mohou také vytvořit velké výrazné či sytě barevné povrchové plochy předmětů podílející se na mnohonásobném odrazu světla. Podání barev určuje vliv spektrálního složení světla na vnímání barvy pozorovaných objektů. Index barevného podání R_a vyjadřuje v rovnici 1.6 stupeň vjemu barvy předmětu osvětleného umělým světelným zařízením a stejného předmětu osvětleného smluvním normalizovaným zdrojem světla za stanovených podmínek souboru osmi barevných vzorků, které uvádí Munsellův atlas [5].

$$R_a = 100 - 4{,}6 \cdot \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{8} \Delta E_i \; [-] \tag{1.6}$$

$$\Delta E_i = \sqrt{(U_{oi} - U_{ki})^2 + (V_{oi} - V_{ki})^2 + (W_{oi} - W_{ki})^2} \; [-] \tag{1.7}$$

Dále se vyjadřuje vzdálenost, neboli rozdíl vnímaných barev ΔE_i pozorovaného osvětleného vzorku v rovnoměrné kolorimetrické soustavě U, V, W. Rovnice 1.7 popisuje provedení výpočtu za pomoci trichromatických složek osvětlených srovnávacím zdrojem U_{oi}, V_{oi}, W_{oi} a zkoušeným zdrojem U_{ki}, V_{ki}, W_{ki}, [5, 12].

1.3 Normy

Návrh nové soustavy osvětlení je podle současných platných norem, předpisů a legislativy. Níže uvedené dokumenty jsou v aktuálním znění s popisem a označením základních částí. Od 1. 1. 2000 jsou dnešní normy podle odstavce 1 zákona č. 22/1997 Sb. obecně nezávazné. Závazné jsou však zákony, vyhlášky a vládní nařízení [18].

V prvé řadě musí být projektanti a montážní či revizní technici plně kvalifikováni pro danou činnost dle Vyhlášky č. 50/1978 Sb. - Odborná způsobilost v elektrotechnice.

ČSN EN 12665 Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení

ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory

ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory

ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky. Změna: Z1

ČSN 73 0580-2 Denní osvětlení budov - Část 2: Denní osvětlení obytných budov

ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení budov - Část 3: Denní osvětlení škol. Změna: Z1, Změna: Z2

ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení

ČSN EN 12193 Světlo a osvětlení - Osvětlení sportovišť. Oprava: Opr.1

ČSN EN 1838 Světlo a osvětlení - Nouzové osvětlení

ČSN EN 36 0010 Měření světla. Kmenová norma. Změna: Z1

ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 1: Základní ustanovení

ČSN 36 0011-2 Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 2: Měření denního osvětlení

ČSN 36 0011-3 Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 3: Měření umělého osvětlení

TNI 36 0450 Rušivé oslnění při osvětlení vnitřních prostorů. Oprava: Opr.1

TNI 36 0451 Údržba vnitřních osvětlovacích soustav

Směrnice řady 89/391/EHS/1989, o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví na pracovišti

Nařízení vlády č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb.

Vyhláška č. 268/2009 vyhláška o technických požadavcích na stavby

Vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu vzdělávání dětí a mladistvých novela č. 343/2009 Sb.

ČSN EN 61082-1 ed.2 - Zhotovování dokumentů používaných v elektrotechnice

ČSN ISO 3864 Grafické značky - Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky

ČSN 33 0010 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Rozdělení a pojmy. Změna: a [7, 16].

2 Měření stávajícího osvětlení

Při osvětlení ve školních prostorech je možné nalézt podobnost jednotlivých místností s místy z jiné oblasti běžného použití. Školní kabinet, sborovna, učebna či seminární místnost se měří obdobně jako kancelář nebo zasedací místnost [15].

2.1 Přístroje a požadavky

Pro ověření správnosti provedení navržených osvětlovacích soustav a zrakové pohody je provedeno provozní měření, pro které je dána přípustná celková chyba luxmetru ± 10 %. Měření osvětlenosti bylo provedeno v jednotlivých částech celoplošně vytvořené sítě rovnoměrně rozmístěných bodů ve výšce zrakového úkonu pro dané prostory dle normy ČSN 36 0011-3. Přístroj použitý pro měření učeben a tělocvičny je luxmetr Lutron LX-101 se selenovým čidlem o průměru 20 mm, měřící rozsah přístroje je 0-50 000 lx, 3 možnosti rozsahu 1x, 10x a 100x, výrobní číslo KO2410 viz obr. 5. Luxmetr musí mít přípustné celkové chyby v požadovaných mezích a platný kalibrační list. U provozních luxmetrů se ověření provádí po dvou letech. Osvětlenost se měří na srovnávacích rovinách, které jsou pro každé prostředí specifické. Jedná se o výšku od zpevněné plochy, ve které je prováděna zraková činnost osob v dané místnosti. Měření umělého osvětlení se provádí pokud možno za tmy, v noci či alespoň při dostatečně zakrytých oknech, aby došlo k vyloučení denního světla prostupujícího do místnosti. Před vlastním měření osvětlenosti je nutné nechat svítidla v provozu alespoň 20 minut, aby se stabilizoval světelný tok [10].

Obr. 5 Luxmetr LX-101

Měřená svítidla v prostorech učeben a školní tělocvičny jsou vybavena zářivkovými světelnými zdroji. Při měření a zápisu hodnot je nutné vynásobit údaje příslušným korekčním činitelem, vypočteným dle vzorce 2.1. Jedná se o korekci síťového napětí. Naměřené hodnoty v tabulkách č. 3-7 jsou již tímto činitelem vynásobeny. Měření probíhalo ve 2 etapách, v lednu a dubnu roku 2013. V měřených prostorech se nachází nábytek jen zřídka. Je nízký nebo zabudován ve zdi, proto je při návrhu nové osvětlovací soustavy zanedbán. Hodnota napětí první den měření byla $U_1 = 240\ V$, hodnota při následujícím měření byla $U_2 = 238\ V$. Následně vypočtené hodnoty korekčních činitelů $k_1 = 1$ a $k_2 = 1$ jsou shodné, protože instalovaná svítidla jsou vybavená elektronickým předřadníkem se stabilizací. Z norem vybrané hodnoty exponentu c pro určitý světelný zdroj se nacházejí v tabulce č. 1.

$$k = \left(\frac{U_n}{U_m}\right)^c\ [-] \qquad \textbf{(2.1)}$$

U_n [V] - jmenovité síťové napětí

U_m [V] - naměřená hodnota napětí

c [-] - exponent pro různé světelné zdroje

Tabulka č. 1: Hodnoty exponentu c pro různé světelné zdroje

Druh světelného zdroje	Exponent c [-]
žárovky pro všeobecné použití	3,6
zářivky - induktivní zapojení	1,4
zářivky - kapacitní zapojení	0,6
zářivky - zapojení DUO	1
zářivky - s elektronickým předřadníkem se stabilizací	0
sodíkové vysokotlaké výbojky	1,7

V tabulce č. 2 jsou uvedeny minimální požadované hodnoty udržované osvětlenosti, rovnoměrnosti osvětlení a indexů podání barev, a dále maximální hodnoty indexu oslnění podle UGR. Vše dle platné normy ČSN EN 12464-1 [10].

Tabulka č. 2: Požadavky dle druhu prostor

Druh prostoru	$\overline{E}_m$ [lx]	UGR_L [-]	U_0 [-]	R_a [-]
tabule	500	19	0,7	80
učebna IX. B	300	19	0,6	80
učebna výtvarné výchovy	500	19	0,6	80
učebna cizích jazyků	300	19	0,6	80
učebna hudební výchovy	300	19	0,6	80
tělocvična	300	22	0,6	80

2.2 Učebna třídy IX. B

Učebna o rozměrech 7,4 x 8,9 m, výška stropu 3,2 m. Vytvořená síť pro měření školní třídy IX. B má krajní body vzdáleny od stěn cca 1 m, přitom vzdálenost mezi jednotlivými úseky měření je 0,9 m a 0,98 m. Výška srovnávací roviny je zvolena dle výšky lavic pro celou učebnu stejná, a to 0,75 m. Teplota vzduchu je 23 °C. Napětí sítě v době měření je U_{ef} = 240 V. Okna jsou umístěna z boku učebny, orientována na sever. Udržovací činitel je 0,8 a osvětlovací soustava celková. Zářivková svítidla jsou použita mřížková stropní, výrobce Fagerhult DTI 2 Beta 28824 2x36 W čistý stav, celkem 6 kusů. Navrhnuté zdroje jsou Longlast 36 W, barva neutrálně bílá, celkem 13 kusů. Měření probíhalo dne 8.1.2013 bez přítomnosti uživatelů. V učebně je 14 lavic plus 1 stejně vysoká pro vyučující. Měření je prováděno ve stupni přesnosti provozního osvětlení.

Tabulka č. 3: Naměřená osvětlenost E [lx] učebny IX. B

tabule

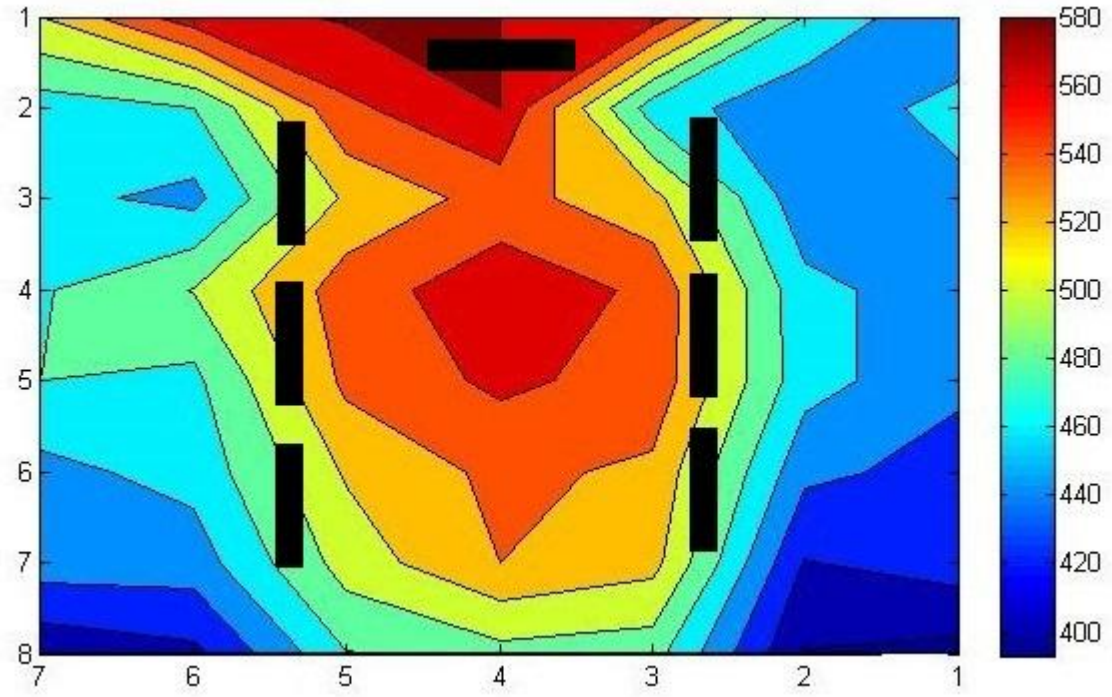
	440	478	570	580	582	572	520
	468	445	470	580	556	480	470
okna	464	450	550	575	543	485	455
	454	446	526	548	524	454	466
	448	466	556	573	550	501	478
okna	444	468	553	564	545	475	480
	432	445	536	545	522	467	454
	407	398	506	520	465	424	430
okna	413	430	516	536	499	435	443
	430	419	527	540	509	450	450
	393	399	488	493	479	415	405

dveře

zeď

Tabulka č. 4: Odrazivost povrchů

Plocha místnosti	Materiál	Barva	Stav	Odraz	Dopad	ρ=odraz/dopad
Místo úkolu	papír	bílá	čisté	331	585	0,57
Okolí úkolu	dřevotříska	světle hnědá	čisté	175	585	0,30
Stěny	štuková omítka	žlutá	čisté	163	254	0,64
Podlaha	PVC	světle hnědá	čisté	91	357	0,25
Tabule	dřevotříska	tmavě zelená	čisté	57	275	0,21
Nábytek	dřevotříska	světle hnědá	čisté	144	303	0,48
Strop	štuková omítka	bílá	čisté	220	254	0,87

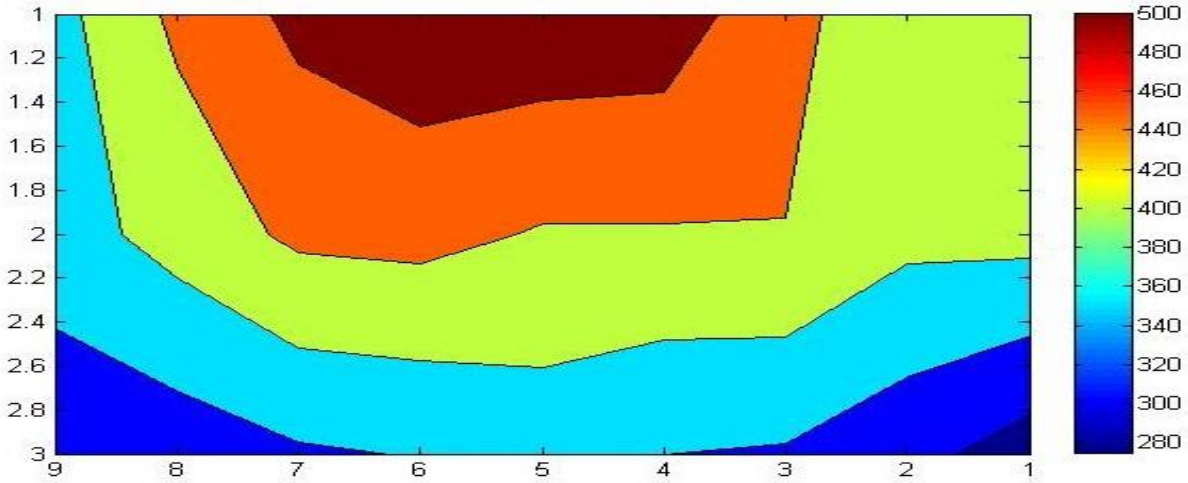


Obr. 6 Rozložení izoluxů v místnosti (tabule v horní části)

Tabule ve třídě je tmavě zelené barvy, o rozměrech 4 x 1,1 m. Je posunuta tak, aby její spodní okraj byl ve výšce 1 m nad podlahou. Svítidla s asymetrickým krytem pro nasvícení tabule jsou typu Gondol 17892 1x36 W.

Tabulka č. 5: Naměřená osvětlenost E [lx] tabule

413	419	463	530	535	537	512	460	383
415	413	449	446	446	465	460	419	377
275	316	345	350	370	352	344	322	314



Obr. 7 Rozložení izoluxů tabule

Odrazivost povrchů je vyhovující, hodnoty se nacházejí v požadovaných mezích. Průměrná osvětlenost srovnávací roviny je $\overline{E}_m = 490\ lx$, rovnoměrnost osvětlení $U_0 = 0{,}8$, osvětlenost tabule $\overline{E}_m = 412\ lx$ a rovnoměrnost osvětlení tabule $U_0 = 0{,}67$. Odhad nejistoty je 10 %. Hodnoty splňují požadavky norem až na průměrnou osvětlenost tabule, která má být 500 lx. Hodnota rovnoměrnosti osvětlení tabule se tváří jako nedostatečná, nelze ji však zcela jasně posoudit, jelikož v rámci přičtení nejistoty měření se dostane na vyhovující úroveň. Ta je pak těsně nad minimální hranici.

2.3 Učebna výtvarné výchovy

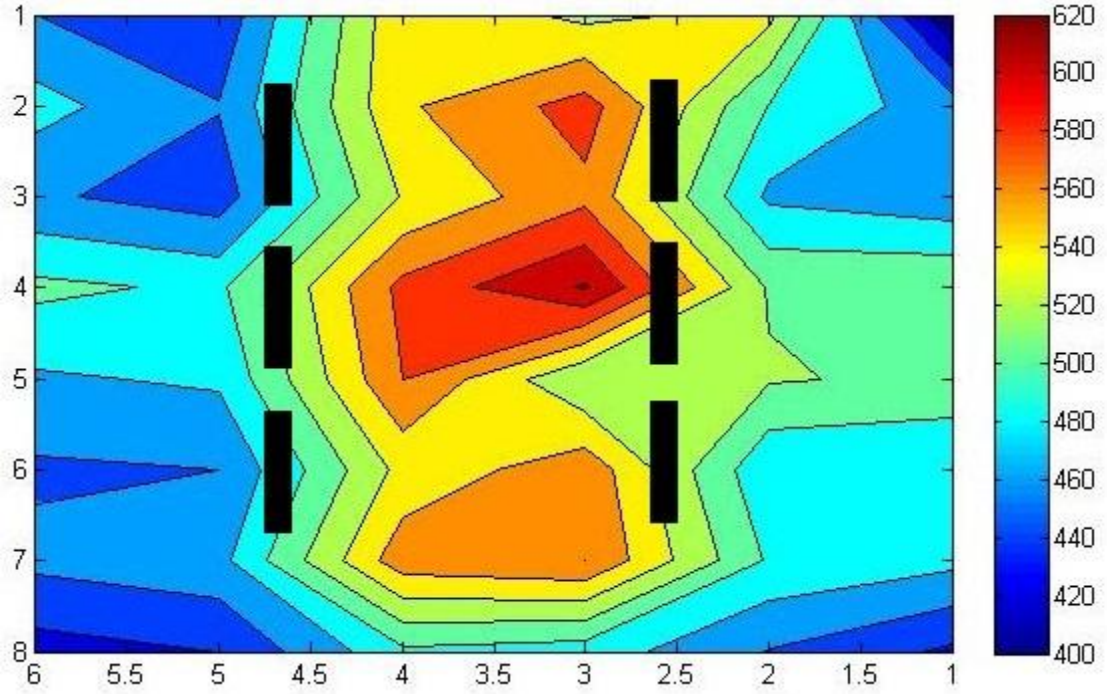
Učebna výtvarné výchovy má vyšší požadavky na osvětlenost srovnávací roviny a to 500 lx. Rozměry učebny jsou 6,6 x 9 m, výška stropu 3,2 m. Vytvořená imaginární síť měření má taktéž krajní části vzdáleny od stěn cca 1 m, vzdálenost mezi jednotlivými body měření je 0,92 m a 1 m. Výška srovnávací roviny je opět 0,75 m, teplota vzduchu 23 °C. Napětí sítě v době měření je shodné s předchozí učebnou. Učebna je postavena tak, že severní stěna má okna, ta jsou na levém boku učebny. Osvětlovací soustava je celková a udržovací činitel je roven 0,8. Zářivková svítidla jsou mřížková stropní, výrobce Fagerhult DTI 2 Beta 28824 2x36 W čistý stav, počet kusů 6. Zdroje jsou Longlast 36 W, barva bílá, celkem 12 kusů. Měření probíhalo dne 8.1.2013 bez přítomnosti uživatelů. V této učebně je 13 lakovaných světle hnědých lavic. Stupeň přesnosti je veden jako měření provozního osvětlení. Není zde žádné samostatné osvětlení tabule, což je vážný nedostatek, a bude se muset navrhnout.

Tabulka č. 6: Naměřená osvětlenost E [lx] učebny výtvarné výchovy

			zeď				
	400	546	535	556	446	460	
dveře	469	499	588	557	461	487	
	465	476	575	542	450	463	okna
	520	518	622	586	496	505	
	515	522	521	580	483	477	okna
zeď	480	483	573	546	460	457	
	485	497	580	572	474	465	okna
	436	459	490	495	440	431	
			tabule				

Tabulka č. 7: Odrazivost povrchů

Plocha místnosti	Materiál	Barva	Stav	Odraz	Dopad	ρ=odraz/dopad
Místo úkolu	papír	bílá	čisté	284	516	0,55
Okolí úkolu	dřevotříska	světle hnědá	čisté	179	516	0,35
Stěny	štuková omítka	oranžová	čisté	216	301	0,72
Podlaha	PVC	světle hnědá	čisté	125	387	0,32
Tabule	dřevotříska	tmavě zelená	čisté	38	186	0,20
Nábytek	dřevotříska	světle hnědá	čisté	120	322	0,37
Strop	štuková omítka	bílá	čisté	240	271	0,89

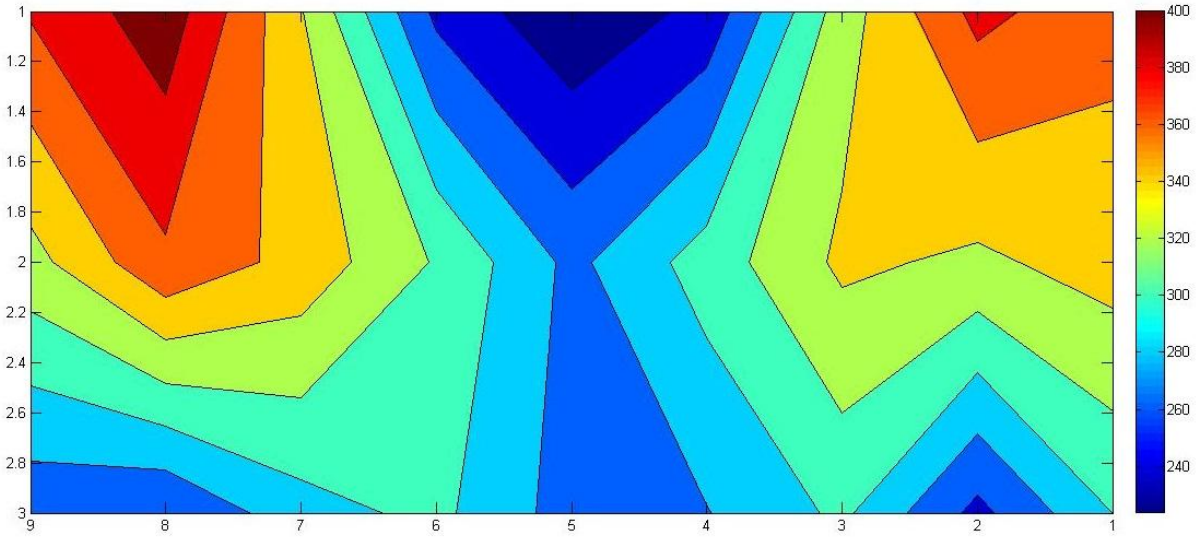


Obr. 8 Rozložení izoluxů v místnosti (tabule v dolní části)

Tabule v této třídě je z dřevotřísky, tmavě zelené barvy, o rozměrech 4 x 1,1 m. Pro měření je posunuta tak, aby její spodní okraj byl ve výšce 1 m nad podlahou.

Tabulka č. 8: Naměřená osvětlenost E [lx] tabule

366	386	330	246	224	255	341	412	382
349	336	344	309	275	318	353	376	333
300	254	304	279	271	305	292	260	266



Obr. 9 Rozložení izoluxů tabule

Hodnoty odrazivosti povrchů ve třídě jsou z hlediska norem vyhovující. Průměrná osvětlenost srovnávací roviny je $\overline{\mathrm{E}}_{\mathrm{m}} = 503\ lx$, rovnoměrnost osvětlení učebny $\mathrm{U}_0 = 0{,}79$. Osvětlenost tabule je velmi nízká, a to $\overline{\mathrm{E}}_{\mathrm{m}} = 314\ lx$, rovnoměrnost osvětlení $\mathrm{U}_0 = 0{,}71$. Odhad nejistoty je opět 10 %. Hodnoty splňují požadavky norem, až na průměrnou osvětlenost tabule, která v tomto případě není samostatně nasvětlena vůbec. Je tedy zřejmé, že její osvětlení nemůže být dostatečné.

2.4 Učebna cizích jazyků

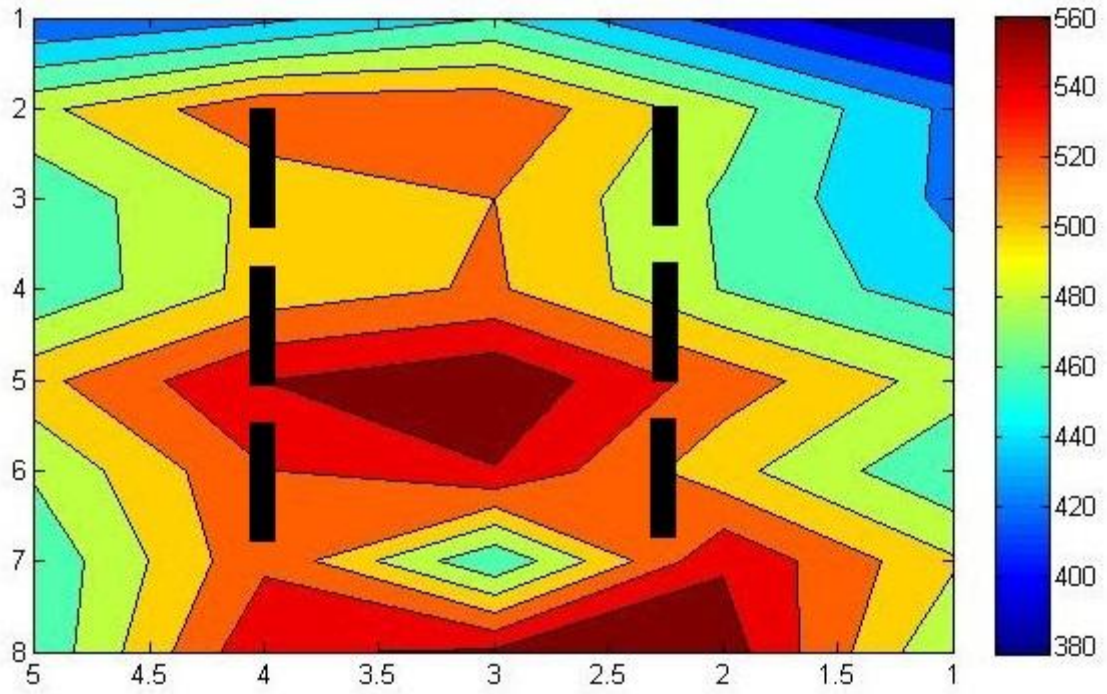
Místnost pro výuku cizích jazyků je nejužší měřenou místností. Je zvláštní v tom, že je zde umístěna interaktivní bílá tabule, která se nachází uprostřed čelní stěny. Je zde taktéž tabule dřevotřísková, na kterou se píše pomocí křídy. Tato tmavě zelená tabule musí být nasvícena asymetrickým svítidlem, zatímco interaktivní tabule nikoliv. Učebna má rozměry 6,2 x 9,4 m, svítidla jsou umístěna u stropu ve výšce 3,2 m. Měření začíná od stěny ve vzdálenosti cca 1 m, přitom vzdálenost mezi body sítě je 1,05 m. Výška srovnávací roviny je opět 0,75 m pro celou učebnu. Teplota vzduchu je 23 °C. Stupeň měření je přesnosti provozního osvětlení. Napětí sítě v době měření je U_{ef} = 238 V. Sluneční svit dopadá na lavice z levé strany okny orientovanými východním směrem. Udržovací činitel je 0,8, osvětlovací soustava celková. Zářivková svítidla jsou všude stejná - mřížková stropní, výrobce Fagerhult DTI 2 Beta 28824 2x36 W čistý stav, počet kusů 6. Zdroje jsou Longlast 36 W, barva neutrálně bílá, celkem 12 kusů. Parametry byly měřeny dne 12.4.2013 bez přítomnosti uživatelů. V učebně je 13 lavic a 1 katedra.

Tabulka č. 9: Naměřená osvětlenost E [lx] učebny cizích jazyků

			zeď			
	378	412	460	435	419	
dveře	435	488	536	535	495	
	435	477	520	506	466	okna
	448	479	523	508	463	
	490	531	576	560	514	okna
zeď	462	507	559	539	483	
	503	558	462	536	465	okna
	480	570	564	558	464	
			tabule			

Tabulka č. 10: Odrazivost povrchů

Plocha místnosti	Materiál	Barva	Stav	Odraz	Dopad	ρ=odraz/dopad
Místo úkolu	papír	bílá	čisté	292	451	0,65
Okolí úkolu	dřevotříska	světle hnědá	čisté	164	451	0,36
Stěny	štuková omítka	žlutá	čisté	180	260	0,69
Podlaha	PVC	světle hnědá	čisté	111	325	0,34
Tabule	dřevotříska	tmavě zelená	čisté	42	196	0,21
Nábytek	dřevotříska	světle hnědá	čisté	84	166	0,51
Strop	štuková omítka	bílá	čisté	196	232	0,84

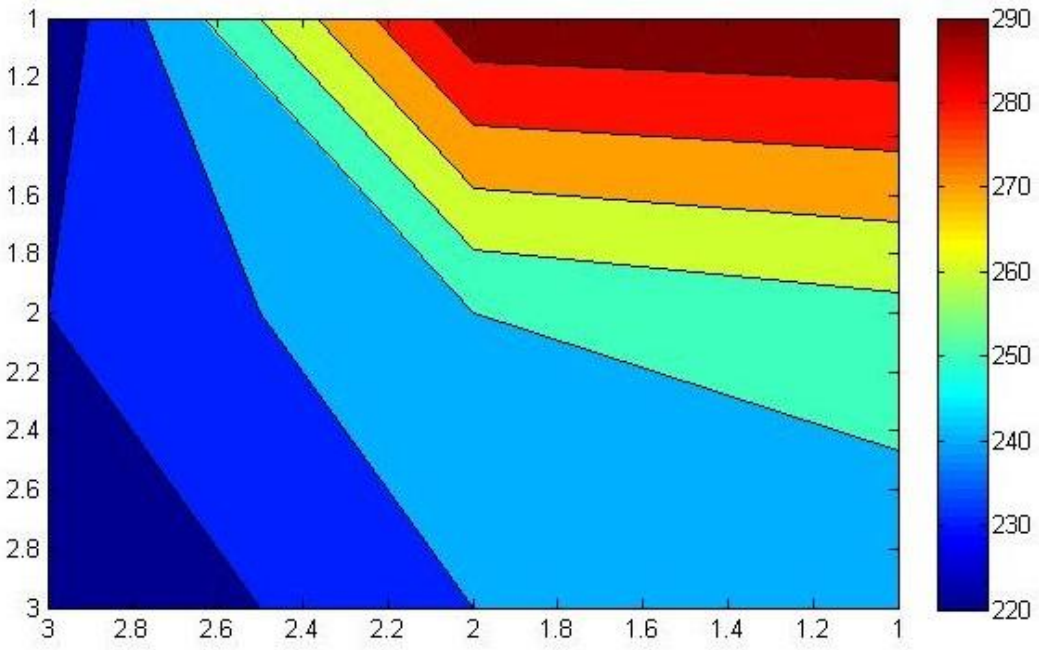


Obr. 10 Rozložení izoluxů v místnosti (tabule v dolní části)

Primární tabule v jazykové třídě je bílá interaktivní, vedle níž je klasická menší tabule tmavě zelené barvy o rozměrech 1 x 1,2 m. Jelikož je pevně usazena na zdi, není možné ji posouvat. Její spodní okraj je ve výšce 1,1 m nad podlahou. Svítidlo s asymetrickým krytem pro nasvícení tabule chybí.

Tabulka č. 11: Naměřená osvětlenost E [lx] tabule

299	297	223
257	250	230
242	240	220



Obr. 11 Rozložení izoluxů tabule

Hodnota průměrné osvětlenosti srovnávací roviny je $\overline{\mathrm{E}}_{\mathrm{m}} = 495\ lx$ a rovnoměrnost osvětlení $\mathrm{U}_0 = 0{,}76$. To jsou plně dostačující hodnoty pro místnost (norma povoluje minimálně 300 lx), pravděpodobně až předimenzované. Při novém projektu osvětlení bude možné nejspíše snížit průměrnou osvětlenost a ušetřit pořizovací a provozní náklady. Osvětlenost tabule $\overline{\mathrm{E}}_{\mathrm{m}} = 251\ lx$ je nedostatečná i při rovnoměrnosti $\mathrm{U}_0 = 0{,}88$. Odhad nejistoty je opět 10 %. Učebna bude v provozu většinou pomocí interaktivní tabule, přesto se v návrhu vedlejší dřevotřísková tabule nasvětlí vlastním světelným zdrojem.

2.5 Učebna hudební výchovy

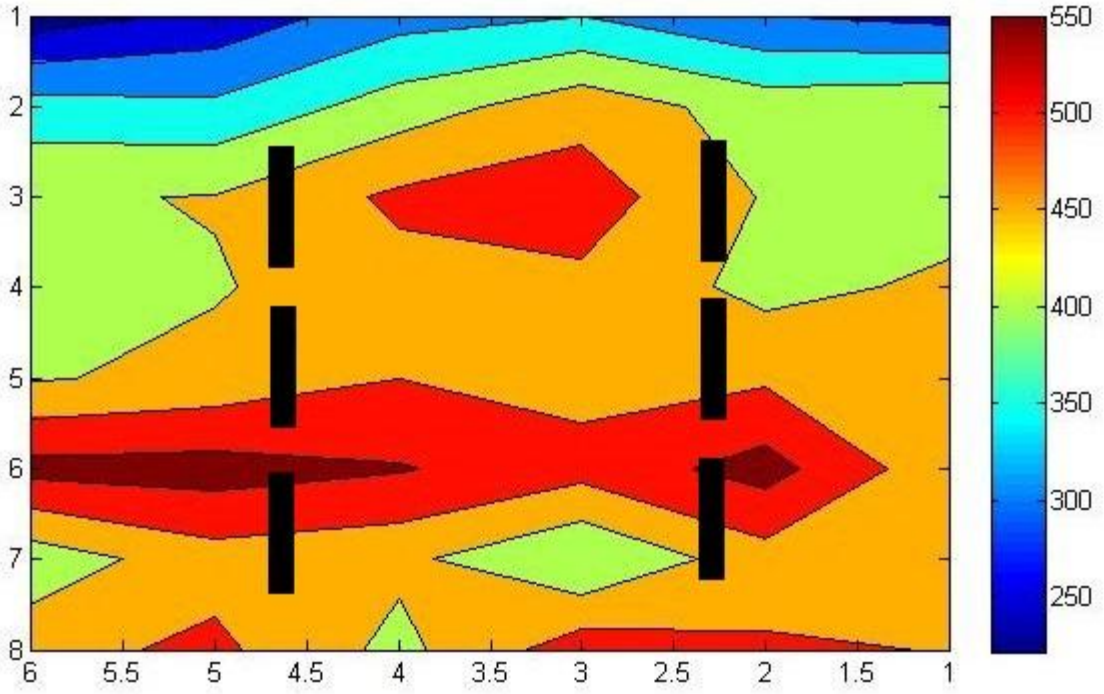
Učebna hudební výchovy má rozměry 6,6 x 9 m a svítidla umístěná u stropu 3,1 m vysokého. Vytvořená síť pro měření učebny hudební výchovy má krajní body opět vzdáleny od stěn cca 1 m, přitom rozměry částí sítě jsou 0,92 m a 1 m. Výška srovnávací roviny je zvolena dle výšky lavic pro celou učebnu stejná a to 0,75 m. Teplota vzduchu je 23 °C. Napětí sítě v době měření U_{ef} = 238 V. Okna jsou umístěna z boku učebny, orientována na jižní stranu. Udržovací činitel má hodnotu 0,8, osvětlovací soustava je celková. Zářivková svítidla jsou mřížková stropní, výrobce Fagerhult DTI 2 Beta 28824 2x36 W čistý stav, celkem 6 kusů. Zdroje jsou řady Longlast 36 W, barva neutrálně bílá, celkem 8 kusů. V přední části učebny byly vyměněny 4 zdroje za neznámé neznačkové s jiným podáním barev. Měření probíhalo dne 12.4.2013 bez přítomnosti uživatelů. V učebně se nachází 10 širších lavic plus 1 o stejných rozměrech pro vyučující. Měření je prováděno ve stupni přesnosti provozního osvětlení. Tabule v této učebně je interaktivní, bílé barvy, určená pro práci za pomoci dataprojektoru. Pro takovouto tabuli není potřeba provádět zvláštní přisvícení. Také odpadá měření jejího povrchu z hlediska osvětlení.

Tabulka č. 12: Naměřená osvětlenost E [lx] učebny hudební výchovy

			tabule			dveře	
	286	302	350	330	267	222	
	441	426	481	424	360	370	
okna	430	446	525	510	453	443	zeď
	459	435	488	481	446	440	
okna	450	492	480	500	465	445	zeď
	465	570	520	554	572	565	
okan	490	480	400	462	480	420	zeď
	499	505	530	435	512	483	
			zeď				

Tabulka č. 13: Odrazivost povrchů

Plocha místnosti	Materiál	Barva	Stav	Odraz	Dopad	ρ=odraz/dopad
Místo úkolu	papír	bílá	čisté	178	482	0,37
Okolí úkolu	dřevotříska	světle hnědá	čisté	147	482	0,30
Stěny	štuková omítka	modrá	čisté	145	253	0,57
Podlaha	PVC	světle hnědá	čisté	57	193	0,30
Nábytek	dřevotříska	světle hnědá	čisté	98	200	0,49
Strop	štuková omítka	bílá	čisté	203	249	0,82



Obr. 12 Rozložení izoluxů v místnosti (tabule v horní části)

Osvětlenost v této učebně je nevyvážená, v zadních lavicích více intenzivní než v předních, což způsobila výměna světelných zdrojů. Odrazivost povrchů vyhovuje, hodnoty se nacházejí v požadovaných mezích. Průměrná osvětlenost srovnávací roviny v učebně je $\overline{\mathrm{E}}_{\mathrm{m}} = 449\ lx$, rovnoměrnost osvětlení $\mathrm{U}_0 = 0{,}49$. Odhad nejistoty je 10 %. Rovnoměrnost by měla být podle norem minimálně 0,6, což je hlavní nedostatek v této učebně.

2.6 Tělocvična

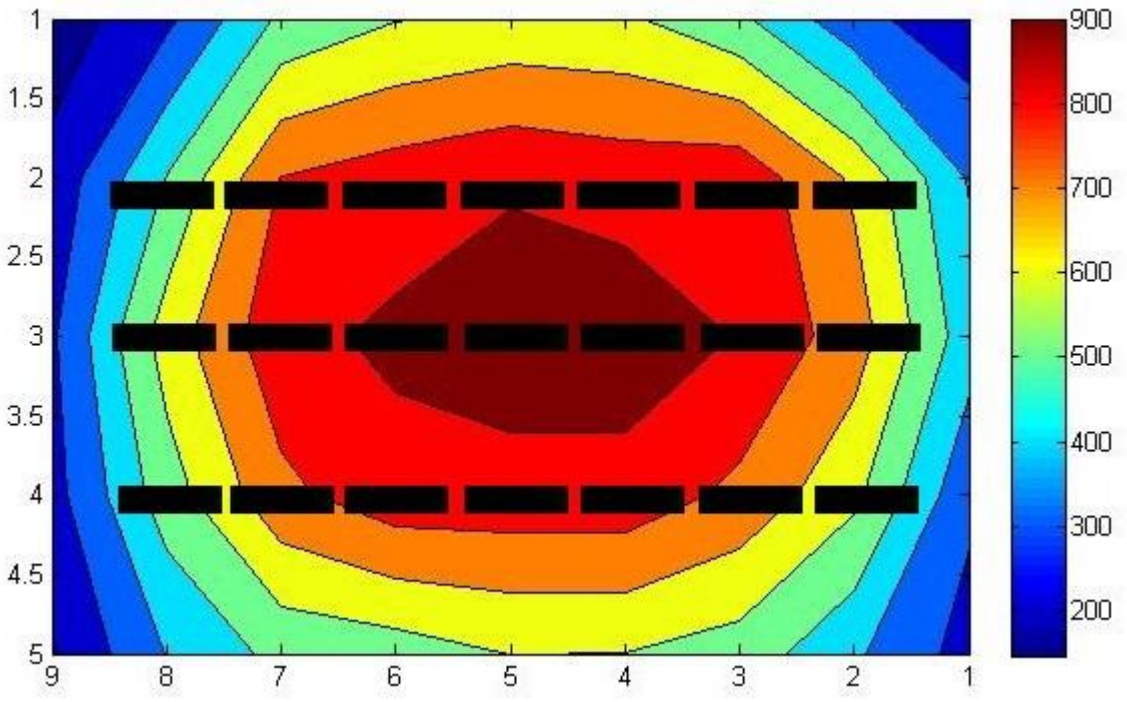
Školní tělocvična má rozměry 14 x 26 m a svítidla umístěná ve výšce 7 m. Vytvořená síť pro měření tělocvičny má také krajní body, od stěn vzdáleny 1 m. Rastr sítě se liší podle rozlohy sportoviště, byl zvolen o délce 3 m. Výška srovnávací roviny je pro tělocvičny a chodby na podlaze. Napětí sítě v době měření U_{ef} = 240 V. Okna jsou umístěna po obou stranách po 9 kusech po celé délce tělocvičny. Udržovací činitel je roven hodnotě 0,8. Osvětlovací soustava je opět celková. Výrobcem je německá společnost Fagerhult, číslo svítidla 18346 Excls, v každém svítidle jsou umístěny čtyři trubice s příkonem 49 W. Osvětlovací soustava je rozložena ve 3 řadách po 7 svítidlech. Měření bylo provedeno dne 8.1.2013 bez přítomnosti uživatelů. Stupeň přesnosti je veden jako měření provozního osvětlení.

Tabulka č. 14: Naměřená osvětlenost E [lx] tělocvičny

	zeď				
	212	352	402	288	235	
okna	297	615	675	564	375	okna
	468	783	805	698	500	
okna	554	770	862	777	538	okna
	563	797	863	775	540	
okna	536	761	828	777	495	okna
	468	724	783	698	474	
okna	249	455	584	497	364	okna
	132	207	256	237	172	
	zeď					

Tabulka č. 15: Odrazivost povrchů

Plocha místnosti	Materiál	Barva	Stav	Odraz	Dopad	ρ=odraz/dopad
Místo úkolu	parkety	světle hnědá	čisté	124	359	0,35
Okolí úkolu	parkety	světle hnědá	čisté	124	359	0,35
Stěny	štuková omítka	žlutá	čisté	290	566	0,51
Podlaha	parkety	světle hnědá	čisté	124	359	0,35
Nábytek	dřevo	tmavě hnědá	čisté	82	420	0,20
Strop	štuková omítka	bílá	čisté	214	260	0,82



Obr. 13 Rozložení izoluxů v tělocvičně

Odrazivost povrchů je dostatečná, průměrná osvětlenost srovnávací roviny $\overline{\mathrm{E}}_{\mathrm{m}} = 507\ lx$ taktéž vyhovuje, avšak rovnoměrnost osvětlení $U_0 = 0{,}26$ je velmi nízká. Při měření bylo zjištěno, že v každém rohu tělocvičny nesvítí půlka svítidla, tedy dvě trubice. Celkem se jedná o 8 kusů světelných zdrojů, což se také projevuje v grafickém znázornění rozložení izoluxů na Obr. 13. Jediná pevná překážka v tělocvičně, se kterou je v návrhu počítáno, je horolezecká stěna umístěná v rohu místnosti. Rozměry podstavy horolezecké stěny jsou 6 x 1 m, vysoká je od podlahy ke stropu tělocvičny, tedy 7 m.

3 Návrh nové osvětlovací soustavy

Pro všechny měřené prostory je projektována osvětlovací soustava se svítidly od českého výrobce MODUS s.r.o. Je tedy možné využít firemní software Wils určený pro výpočty umělého osvětlení interiérů podle normy ČSN EN 12 464. Tento program provádí výpočty bodovou a tokovou metodou, umožňuje výpočet činitele oslnění a hodnotí oslnění podle jasu svítidel. Program umožňuje zobrazení plošné či prostorové, taktéž spolupracuje se softwarem AutoCAD [20].

Návrhy nové soustavy jsou provedeny v několika variantách pro každou místnost včetně tělocvičny. Voleny jsou dvě varianty svítidel s zářivkovými zdroji, dále dvě varianty nových moderních LED svítidel pro učebny a nakonec osvětlení tělocvičny, kde je přidána další varianta přisazených výbojkových svítidel. Pro nasvětlení tabule je volena pouze 1 varianta směrového svítidla s asymetrickým reflektorem. Na školní tabule je kladen vyšší nárok osvětlení, a to 500 lx. Musí být dostatečně osvětleny, protože uživatelé (v tomto případě žáci) namáhají svůj zrak tím, že zaostřují na lavici (sešit, papír) a následně na tabuli. Dochází tak ke změně směru pohledu, pozorovací vzdálenosti, jasu a kontrastu. Při vhodném a dostatečném osvětlení není lidské oko tak namáháno.

Vzhledem k výšce stropů učeben nejsou projektovány snížené stropy, ani vestavná svítidla. Počítá se pouze s přisazenými a závěsnými svítidly. Katalogové listy použitých svítidel jsou vloženy v přílohách. Svítidla musí vytvářet soustavy, které zajistí dostatečné minimální podmínky pro viditelnost uživatelů. Světelná soustava musí být zároveň odolná, energeticky únosná, nenáročná na údržbu a hlavně bezpečná. Navržená svítidla je nutné při instalaci přerozdělit na oddělené (regulovatelné) větve. Doporučuje se samostatné ovládání jak pro nasvětlení tabule, tak pro jednotlivé řady osvětlení. Ovládaní řad svítidel je myšleno směrem od oken do vnitřku budovy. Takto je zaručena nižší spotřeba a je možné rozsvítit potřebnou řadu v situaci, kdy není sluneční svit dostatečný, aby mohl prostoupit celou místností. Další úspory je možné provést při využití automatické regulace osvětlení v závislosti na denním světle, kdy se vstupní vyšší náklady snímačů a regulátorů stanou v průběhu času finančně výhodné [13].

3.1 Varianta A - přisazené svítidlo s opálovým krytem

První varianta osvětlení je složena z přisazených svítidel řady KS s polystyrolovým semiopálovým krytem KSO, který zaručuje hodnotu krytí IP 40, snadnou údržbu a odolnost.

Údržba svítidla je usnadněna tím, že díky krytu svítidla ji mohou provádět osoby pouze poučené. Difuzor svítidla je možno odejmout bez použití nástrojů. Podstava je tvořena z ocelového plechu a koncová čela z tvrzeného plastu. Tvar svítidla, difuzoru a umístění světelných zdrojů je pomocí nejmodernějších konstrukčních postupů optimalizováno tak, aby výsledná vyzařovací charakteristika byla co nejpříznivější. Svítidlo je možno osadit světelnými zdroji T5 či T8. Použitá varianta KSS 236 EP (Obr. 14) využívá dvou 36 W zářivek T8 značky Osram. Světelný tok zdroje odpovídá hodnotě 3350 lm a index podání barev hodnotě 80. Svítidlo je vybaveno elektronickým předřadníkem, který zajišťuje značné výhody oproti zastaralým tlumivkám se startéry. Například nižším příkonem svítidel, omezením stroboskopického jevu, rychlím rozsvícením zářivek. Umožňuje také delší životnost zdrojů a více. Montáž svítidla je doporučována do obchodů, společenských, obytných a sportovních prostor, taktéž pro školní aplikace. Právě ve školních prostorech je energetická úspora svítidel s elektronickými předřadníky znatelná, neboť značná část nákladů energie souvisí právě s osvětlením [20].

Obr. 14 Svítidlo KSS 236 EP [20]

3.1.1 Varianta A1 - závěsné svítidlo s asymetrickým reflektorem

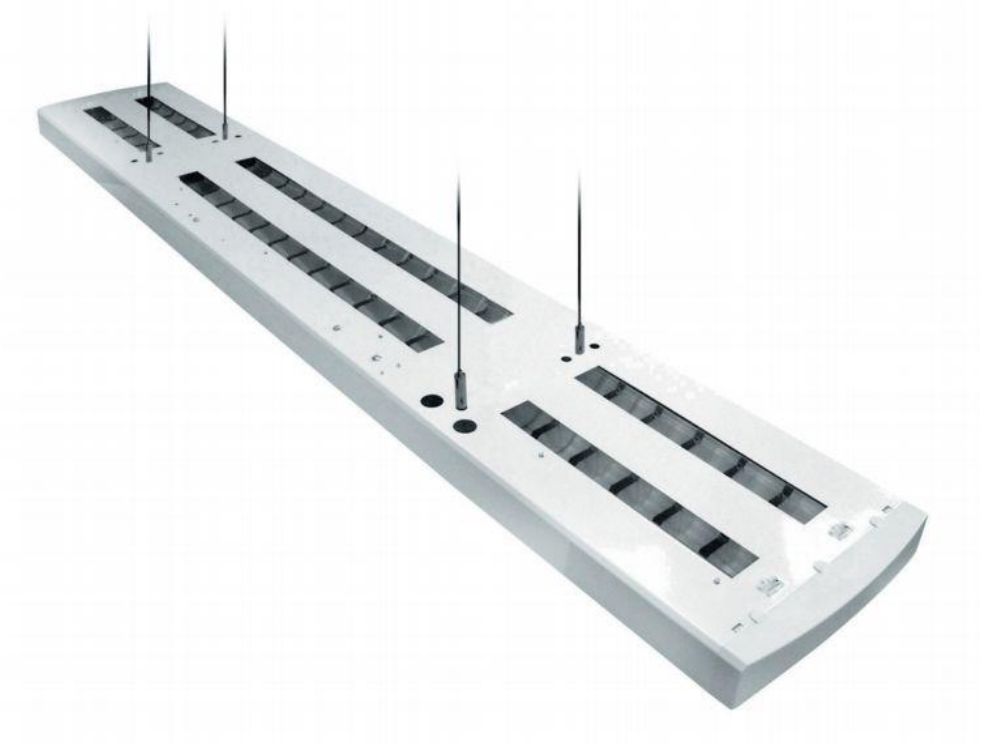
Toto svítidlo SLIM 136 AS (Obr. 15) s asymetrickým krytem je voleno pro nasvětlení tabule v učebnách IX. B, výtvarné výchovy a také pro menší tabuli do učebny cizích jazyků. Lze jej velmi dobře použít k nasvětlení školní tabule, neboť asymetrický reflektor směřuje převážnou část světla zdroje do strany, takže samotné svítidlo se nemusí nijak naklánět.

Zároveň druhá strana je kryta tak, aby nepůsobila rušivé světlo na uživatele ve třídě. Těleso je tvořeno z bíle práškově lakovaného ocelového plechu, asymetrický reflektor je vyroben z vysoce leštěného hliníku. Jako zdroj světla je použita trubice T8 Osram 30 W, jejíž index podání barev je 80 a světelný tok roven 2400 lm. Svítidlo je umístěno ve vhodné výšce před tabulí na lankovém závěsu. Aplikace tohoto svítidla je přímo doporučena pro nasvětlení školních tabulí a svislých ploch. Svítidlo váží 3,8 kg a jeho krytí IP20 je pro tyto účely dostatečné. Výrobce uvádí, že použité materiály prodloužily interval čištění svítidla na 1 rok v čistých prostorech, přesto je v tomto projektu navržena doba 6 měsíců. [20].

Obr. 15 Svítidlo SLIM 136 AS [20]

3.2 Varianta B - mřížkové závěsné svítidlo

Mřížkové svítidlo ALDP (Obr.16) pochází z řady SLIM stejně jako předchozí svítidlo s asymetrickým reflektorem. Obsahuje optický systém C2 z vysoce leštěného hliníku, zajišťující optimální světelné parametry. Toto svítidlo je určeno pro závěsnou montáž, lze jej spojovat do řad a je vhodné pro společenské a obchodní prostory. Obsahuje dva světelné zdroje T5 o příkonu 35 W, které je možné použít právě s elektronickým předřadníkem, jenž zaručuje lepší provoz a vlastnosti. Světelný tok je 3300 lm. Zářivky T5 obsahují jen velmi malé množství rtuti, proto jsou na rozdíl od dříve používaných zářivek ohleduplnější k životnímu prostředí. Hodnota krytí svítidla je IP 20. Index podání barev světelného zdroje odpovídá hodnotě 80. Čela svítidla jsou plastová a tvarem přizpůsobená celkovému vnějšímu vzhledu [20].



Obr. 16 Svítidlo SLIM 236 ALDP/Z [20]

3.3 Varianta C - přisazené LED svítidlo

Nový druh svítidla s diodovými zdroji od společnosti MODUS nese označení LLX LED (Obr. 17). Konstrukce je obdobná jako u předchozích svítidel, tedy lakovaný ocelový plech s parabolickou mřížkou z vysoce leštěného hliníku. Značná odlišnost od klasických svítidel nastává při použití LED trubicových zdrojů T8 Light LED VS. Světelný tok těchto zdrojů je velikosti 1130 lm a index podání barev 85. Ve svítidle jsou použity 2 kusy těchto zdrojů o příkonu 17 W. Nelze však použít klasické T8 trubice. Aplikace je vhodná pro školy, sklady, chodby a zvláště se vyplatí na místa s častým spínáním zdrojů, kde se nejvíce projeví dlouhá životnost těchto zdrojů [20].

Obr. 17 Svítidlo LLX L2LED 1200AL [20]

3.4 Varianta D - závěsné LED svítidlo

Druhá varianta ekonomického diodového svítidla, které je tentokrát určeno pro zavěšení se nazývá MARS (Obr. 18). Má pouze jeden světelný zdroj, a to modul Light LED DURIS E3/M 46 W, a je zakryto semiopálovým krytem. Stupeň krytí je IP 20. Index podání barev odpovídá hodnotě 85 a světelný tok je 3100 lm. Vnější zaoblený vzhled svítidla působí velmi esteticky. Kovové tělo se vyrábí v různých barevných variantách. Vnitřní komponenty a vybavení svítidla včetně elektronického předřadníku je navrženo společností Osram, která je známkou kvality na trhu. Svítidlo lze doporučit například do kanceláří, společenských prostor, obchodních domů a výstavních místností.

Obr. 18 Svítidlo MARS LED [20]

3.5 Varianta E - výbojkové halogenidové svítidlo

Varianta vysokotlakého přisazeného výbojkového svítidla je určena pro interiérové haly, sály či sportoviště a zaručuje příznivé podmínky pro uživatele pomocí inovativní Osram technologie HCI-T. Tato patentovaná technologie používá nejnovější typy halogenidových výbojek s kulatým hořákem. Oproti dřívějším válcovým hořákům má delší životnost, vyšší stabilitu, lepší vlastnosti a barvu emitovaného světla. Navrhovaná vysokotlaká výbojka Powerstar má hodnotu příkonu 205 W, přičemž je zde k zažehnutí použita tlumivka NAHJ. Světelný tok má hodnotu 24500 lm. Stupeň krytí svítidla je IP 20. Index podání barev světelného zdroje je 80. Optický systém svítidla, symetrický reflektor z embosovaného hliníku, je chráněn bezpečnostním krycím sklem. Data svítivosti produktu se nacházejí v katalogovém listu v přílohách. Svítidlo je dodáváno s ochrannou mřížkou, která zabrání nahodilému poškození. Mřížka je v tomto případě doporučena i do projektu školní tělocvičny [20, 21].

Obr. 19 Svítidlo VV 250 QS [20]

Pro nasvětlení školní tělocvičny jsou v návrhu použity varianty uvedených řad svítidel, avšak s možností aplikace světelných zdrojů o vyšších příkonech - od 46 W do 58 W. Řada svítidel KS je pro tento případ vybrána s prizmatickým krytem a označením KSC. Světelné zdroje ve svítidlech jsou převážně od výrobce Osram, diodové zdroje jsou doporučeny přímo od společnosti MODUS Praha. Index podání barev R_a je volen minimálně hodnoty 80, protože světelné zdroje s nižší hodnotou nesmějí být ve školách použity. Teplota chromatičnosti je volena v rozmezí 3 300 až 5 300 K - neutrálně bílé světlo.

4 Energetická a ekonomická bilance

Vypočtené hodnoty jednotlivých variant projektovaných pomocí programu Wils jsou níže vzájemně porovnány a následně je provedena energetická a ekonomická bilance. Osvětlovací soustavy ve školních zařízeních se výrazně projevují na jejich celkové energetické spotřebě. Jakékoliv snížení nákladů osvětlovací soustavy je vždy vítáno, zároveň však musí zůstat zachována či zlepšena kvalita a bezpečnost provedení. Po následném porovnání a vyhodnocení je vybrána dostatečně kvalitní soustava s minimalizací nákladů a maximalizací energetických a ekonomických úspor.

4.1 Energetické údaje

Vypracování návrhu energetické bilance vychází ze základního vztahu součinu průměrného provozního příkonu svítidel a provozní doby v hodinách soustavy za rok. Je dán vztah roční spotřeby W (4.1), který udává energetický odběr za roční provoz soustavy.

$$W = \mathrm{P_p} \cdot \mathrm{N_S} \cdot \mathrm{t_0}\ [\mathrm{kWh}] \qquad \textbf{(4.1)}$$

P_s [W] - provozní příkon svítidla (s ohledem na světelné zdroje)

N_S [ks] - počet svítidel v soustavě

t_0 [hod] - roční provozní doba

Tabulka č. 16: Roční spotřeba energie navržených soustav

Roční spotřeba W [kWh]	Varianta A (KSS, KSC)	Varianta A1 (tabule - SLIM AS)	Varianta B (SLIM ALDP)	Varianta C (LLX L2LED)	Varianta D (MARS LED)	Varianta E (VV 250QS)
Učebna IX. B	1094,4	102,4	1065,6	691,2	691,2	-
Učebna výtvarné výchovy	1094,4	102,4	1065,6	921,6	921,6	-
Učebna cizích jazyků	729,6	51,2	710,4	691,2	691,2	-
Učebna hudební výchovy	1094,4	-	710,4	691,2	691,2	-
Tělocvična	5785,6	-	5465,6	4345,6	3960	10483,2

Protože se ve svítidlech nachází nejen světelný zdroj, ale i jiné součástky, celkový příkon svítidla je součtem všech prvků. Může se jednat o nějaký druh elektronického předřadníku s minimálním odběrem nebo o tlumivku, u které je příkon již znatelný a je nutno s ním počítat. U všech navržených variant je zjištěn celkový příkon svítidla přímo od výrobce. V tabulce č. 16 je uvedena hodnota příkonů celých soustav v jednotlivých učebnách. Roční doba provozu svítidel je zvolena průměrně 8 hodin denně a 200 dnů ročně. Nejnižší roční energetická spotřeba soustav v učebnách ukazuje na svítidla Mars LED. Tato svítidla však při návrhu osvětlovací soustavy, ani po opakovaných různých kombinacích, nedokázala hodnoty oslnění UGR_L snížit pod maximální mez. Maximální hranice indexu oslnění v učebnách povolují mezní hodnoty 19 a v tělocvičně 22. Tato Mars LED svítidla však překročila danou mez o několik jednotek. Proto nevyhovují předepsaným požadavkům a není s nimi nadále počítáno.

4.2 Ekonomické údaje

Ekonomické údaje bývají často rozhodujícím parametrem investora při výběru vhodné varianty. Všechny varianty, ze kterých se vybírá musí, splňovat energetické, světelně technické, hygienické a také estetické požadavky. Kvůli nesplnění světelných vlastností byla vyřazena soustava Mars LED, jak je popsáno výše. Náklady na soustavy jsou dvojího typu. Nejprve náklady na pořízení soustav (vzorec 4.2). Zdroje, které bývají dražší na pořízení, jsou následně provozně výhodnější. Ekonomická bilance má určit, zda a za jak dlouho se investice do dražších svítidel vyplatí. Za druhé jsou náklady provozní (vzorec 4.3) u kterých je potřeba znát životnost zdrojů, dobu provozu soustavy a taktéž energetickou spotřebu svítidel.

$$C_{PO} = C_S \cdot C_Z \cdot C_I \text{ [Kč]} \quad \textbf{(4.2)}$$

C_{PO} [Kč] - pořizovací náklady osvětlovací soustavy

C_S [Kč] - pořizovací cena svítidel

C_Z [Kč] - pořizovací cena zdrojů

C_I [Kč] - instalační náklady

$$C_{PR} = W \cdot C_W \cdot C_N \text{ [Kč]} \quad \textbf{(4.3)}$$

C_{PR} [Kč] - provozní roční náklady osvětlovací soustavy

W [kWh] - roční spotřeba energie

C_W [Kč] - cena elektrické energie za kWh

C_N [Kč] - roční náklady za náhradní světelné zdroje

Ceny svítidel a zdrojů jsou použity z internetových stránek výrobce a dodavatelů. Mohou se u různých prodejců lišit, proto jsou pouze orientační pro ekonomické porovnání soustav. Náklady na instalaci svítidel jsou 300 Kč za kus. Roční spotřeba energie jednotlivých soustav je uvedena v tabulce č. 16. Cena elektrické energie 4,8 Kč za kWh je volena dle průměrné aktuální ceny elektřiny v době návrhu. Roční náklady za náhradní světelné zdroje jsou vypočteny dle vzorce 4.4 za použití katalogových údajů životnosti zdrojů, navrženého počtu zdrojů v soustavě a jejich cen.

$$C_N = \frac{t_0 \cdot N_Z \cdot C_Z}{T_Z} \text{ [Kč]} \qquad \textbf{(4.3)}$$

C_N [Kč] - roční náklady za náhradní světelné zdroje

t_0 [hod] - roční provozní doba

N_Z [ks] - počet zdrojů v soustavě

C_Z [Kč] - pořizovací cena zdrojů

T_Z [hod] - životnost světelného zdroje

4.3 Projektované varianty a jejich parametry

Podle následujících kapitol 4.3.1 a 4.3.2 jsou vybrány nové osvětlovací soustavy pro prostory základní školy v Tuhnicích z variant A, B, C, D, E. Pro nasvětlení tabulí je použita jen 1 varianta (A1).

4.3.1 Zhodnocení světelných parametrů

Světelné parametry navržených osvětlovacích soustav jsou ke vzájemnému porovnání uvedeny v tabulce č. 17. Místnosti jsou zde seřazeny za sebou, u každé se nachází navržená varianta pod vlastním písmenem. Varianty označené A1 znamenají hodnoty nasvětlení tabule k dané soustavě. Hodnoty UGR_L, které jsou v tabulce v závorkách, přesahují maximální povolené hodnoty dané normou. Je jasné, že varianta D nelze použít. Nejnižší příkony soustav mají dle očekávání varianty C a D, které obsahují světelné diody. V případě učebny IX. B je největší osvětlenost provedena soustavou devíti zářivkových svítidel řady SLIM - varianta B. U tělocvičny má největší průměrnou osvětlenost varianta E s výbojkami.

Tabulka č. 17: Světelné parametry navržených variant

Učebna	Varianta	Počet svítidel	Příkon soustavy [W]	Em [lx]	UGR_L [-]	U0 [-]	MF [-]
Učebna IX. B	A	9	684	449	17,9	0,86	0,74
	A-A1	2	64	723	17,9	0,78	0,78
	B	9	666	465	17,5	0,72	0,76
	B-A1	2	64	717	17,5	0,77	0,78
	C	12	432	353	17,6	0,82	0,81
	C-A1	2	64	684	17,6	0,74	0,81
	D	9	432	375	(21,5)	0,87	0,81
	D-A1	2	64	655	(21,5)	0,77	0,81
Učebna výtvarné výchovy	A	9	684	513	16,9	0,9	0,71
	A-A1	2	64	815	16,9	0,77	0,76
	B	9	666	530	16,9	0,73	0,74
	B-A1	2	64	740	16,9	0,71	0,77
	C	16	576	525	16,7	0,84	0,78
	C-A1	2	64	819	16,7	0,76	0,79
	D	12	576	557	(20,7)	0,88	0,78
	D-A1	2	64	850	(20,7)	0,77	0,79
Učebna cizích jazyků	A	6	456	345	16,7	0,77	0,72
	A-A1	1	32	550	16,7	0,83	0,77
	B	6	444	352	16,2	0,7	0,74
	B-A1	1	32	511	16,2	0,84	0,77
	C	12	432	389	16,7	0,78	0,78
	C-A1	1	32	566	16,7	0,83	0,79
	D	9	432	414	(20,8)	0,71	0,79
	D-A1	1	32	520	(20,8)	0,86	0,79
Učebna hudební výchovy	A	9	684	425	18,5	0,86	0,75
	B	6	444	329	17,5	0,8	0,77
	C	12	432	359	17,9	0,83	0,82
	D	9	432	383	(21,8)	0,88	0,82
Tělocvična	A	32	3616	329	17,9	0,7	0,76
	B	28	3416	338	17,9	0,67	0,79
	C	28	2716	323	19,9	0,72	0,83
	D	45	2475	319	(22,2)	0,7	0,83
	E	24	6552	343	21,8	0,7	0,43

4.3.2 Ekonomické zhodnocení

Tabulka č. 18: Učebna IX. B - ekonomické údaje navržených variant

Varianta	A	A-A1	B	B-A1	C	C-A1	D	D-A1
Počet svítidel [ks]	9	2	9	2	12	2	9	2
Příkon svítidla [W]	76	32	74	32	36	32	48	32
Příkon soustavy [kW]	0,684	0,064	0,666	0,064	0,432	0,064	0,432	0,064
Roční provozní doba [hod]	1600							
Roční spotřeba [kWh]	1094,4	102,4	1065,6	102,4	691,2	102,4	691,2	102,4
Cena za kWh [Kč]	4,8							
Cena energie za rok [Kč]	5253,1	491,5	5114,9	491,5	3317,8	491,5	3317,8	491,5
Životnost zdrojů [hod]	10 000	8 000	20 000	8 000	30 000	8 000	40 000	8 000
Roční náklady na zdroje [Kč]	170	106	151	106	2277	106	761	106
10leté provozní náklady [Kč]	54231,2	5975,2	52658,8	5975,2	55947,6	5975,2	40787,6	5975,2
	60206,4		58634		61922,8		46762,8	
Cena jednoho svítidla [Kč]	974	1246	1500	1246	4027	1246	8591	1246
Cena svítidel v soustavě [Kč]	8766	2492	13500	2492	48324	2492	77319	2492
Počet zdrojů [ks]	18	2	18	2	24	2	9	2
Cena jednoho zdroje [Kč]	59	265	105	265	1779	265	2113	265
Cena zdrojů v soustavě [Kč]	1062	530	1890	530	42696	530	19017	530
Cena montáže svítidla [Kč]	300							
Cena montáže soustavy [Kč]	2700	600	2700	600	3600	600	2700	600
Investiční náklady [Kč]	12528	3622	18090	3622	94620	3622	99036	3622
	16150		21712		98242		102658	
Celkové 10leté náklady [Kč]	76356,4		80346		160164,8		149420,8	

Tabulka č. 18: Učebna výtvarné výchovy - ekonomické údaje navržených variant

Varianta	A	A-A1	B	B-A1	C	C-A1	D	D-A1
Počet svítidel [ks]	9	2	9	2	16	2	12	2
Příkon svítidla [W]	76	32	74	32	36	32	48	32
Příkon soustavy [kW]	0,684	0,064	0,666	0,064	0,576	0,064	0,576	0,064
Roční provozní doba [hod]	1600							
Roční spotřeba [kWh]	1094,4	102,4	1065,6	102,4	921,6	102,4	921,6	102,4
Cena za kWh [Kč]	4,8							
Cena energie za rok [Kč]	5253,1	491,5	5114,9	491,5	4423,7	491,5	4423,7	491,5
Životnost zdrojů [hod]	10 000	8 000	20 000	8 000	30 000	8 000	40 000	8 000
Roční náklady na zdroje [Kč]	170	106	151	106	3036	106	761	106
10leté provozní náklady [Kč]	54231,2	5975,2	52658,8	5975,2	74596,8	5975,2	51846,8	5975,2
	60206,4		58634		80572		57822	
Cena jednoho svítidla [Kč]	974	1246	1500	1246	4027	1246	8591	1246
Cena svítidel v soustavě [Kč]	8766	2492	13500	2492	64432	2492	103092	2492
Počet zdrojů [ks]	18	2	18	2	32	2	12	2
Cena jednoho zdroje [Kč]	59	265	105	265	1779	265	2113	265
Cena zdrojů v soustavě [Kč]	1062	530	1890	530	56928	530	25356	530
Cena montáže svítidla [Kč]	300							
Cena montáže soustavy [Kč]	2700	600	2700	600	4800	600	3600	600
Investiční náklady [Kč]	12528	3622	18090	3622	126160	3622	132048	3622
	16150		21712		129782		135670	
Celkové 10leté náklady [Kč]	76356,4		80346		210354		193492	

Tabulka č. 18: Učebna cizích jazyků - ekonomické údaje navržených variant

Varianta	A	A-A1	B	B-A1	C	C-A1	D	D-A1
Počet svítidel [ks]	6	1	6	1	12	1	9	1
Příkon svítidla [W]	76	32	74	32	36	32	48	32
Příkon soustavy [kW]	0,456	0,032	0,444	0,032	0,432	0,032	0,432	0,032
Roční provozní doba [hod]	1600							
Roční spotřeba [kWh]	729,6	51,2	710,4	51,2	691,2	51,2	691,2	51,2
Cena za kWh [Kč]	4,8							
Cena energie za rok [Kč]	3502,1	245,8	3409,9	245,8	3317,8	245,8	3317,8	245,8
Životnost zdrojů [hod]	10 000	8 000	20 000	8 000	30 000	8 000	40 000	8 000
Roční náklady na zdroje [Kč]	113	53	101	53	2277	53	761	53
10leté provozní náklady [Kč]	36150,8	2987,6	35109,2	2987,6	55947,6	2987,6	40787,6	2987,6
	39138,4		38096,8		58935,2		43775,2	
Cena jednoho svítidla [Kč]	974	1246	1500	1246	4027	1246	8591	1246
Cena svítidel v soustavě [Kč]	5844	1246	9000	1246	48324	1246	77319	1246
Počet zdrojů [ks]	12	1	12	1	24	1	9	1
Cena jednoho zdroje [Kč]	59	265	105	265	1779	265	2113	265
Cena zdrojů v soustavě [Kč]	708	265	1260	265	42696	265	19017	265
Cena montáže svítidla [Kč]	300							
Cena montáže soustavy [Kč]	1800	300	1800	300	3600	300	2700	300
Investiční náklady [Kč]	8352	1811	12060	1811	94620	1811	99036	1811
	10163		13871		96431		100847	
Celkové 10leté náklady [Kč]	49301,4		51967,8		155366,2		144622,2	

Tabulka č. 18: Učebna hudební výchovy - ekonomické údaje navržených variant

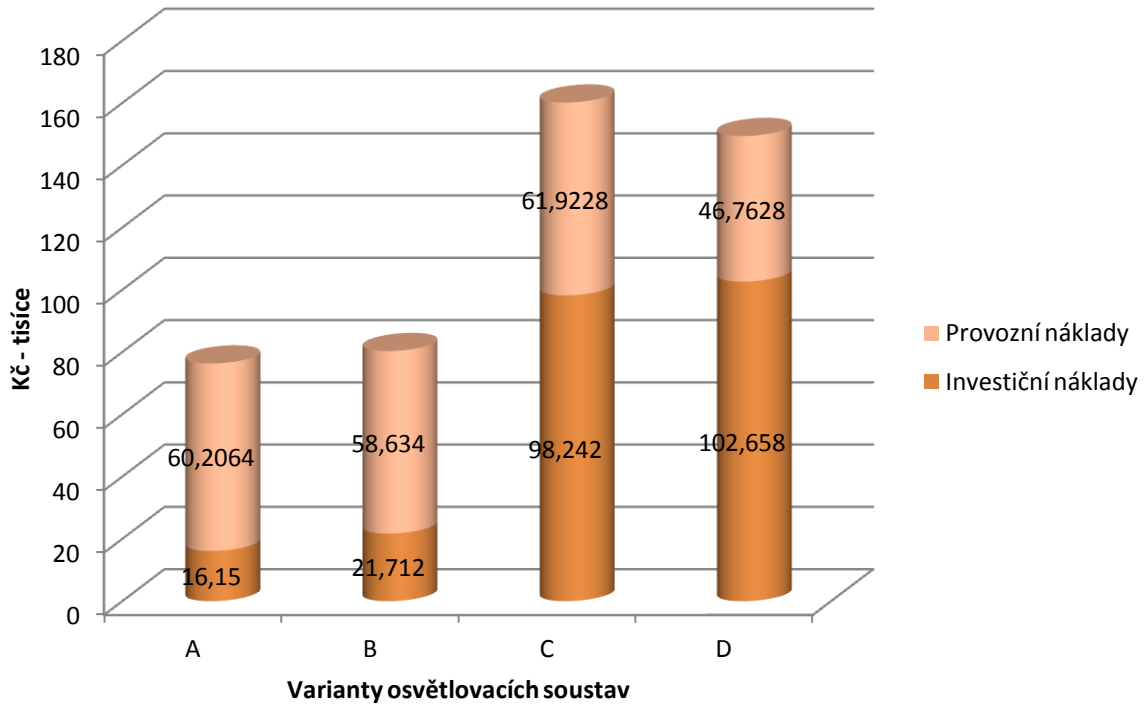
Varianta	A	B	C	D
Počet svítidel [ks]	9	6	12	9
Příkon svítidla [W]	76	74	36	48
Příkon soustavy [kW]	0,684	0,444	0,432	0,432
Roční provozní doba [hod]	1600			
Roční spotřeba [kWh]	1094,4	710,4	691,2	691,2
Cena za kWh [Kč]	4,8			
Cena energie za rok [Kč]	5253,1	3409,9	3317,8	3317,8
Životnost zdrojů [hod]	10 000	20 000	30 000	40 000
Roční náklady na zdroje [Kč]	170	101	2277	761
10leté provozní náklady [Kč]	54231,2	35109,2	55947,6	40787,6
Cena jednoho svítidla [Kč]	974	1500	4027	8591
Cena svítidel v soustavě [Kč]	8766	9000	48324	77319
Počet zdrojů [ks]	18	12	24	9
Cena jednoho zdroje [Kč]	59	105	1779	2113
Cena zdrojů v soustavě [Kč]	1062	1260	42696	19017
Cena montáže svítidla [Kč]	300			
Cena montáže soustavy [Kč]	2700	1800	3600	2700
Investiční náklady [Kč]	12528	12060	94620	99036
Celkové 10leté náklady [Kč]	66759,2	47169,2	150568	139824

Tabulka č. 18: Tělocvična - ekonomické údaje navržených variant

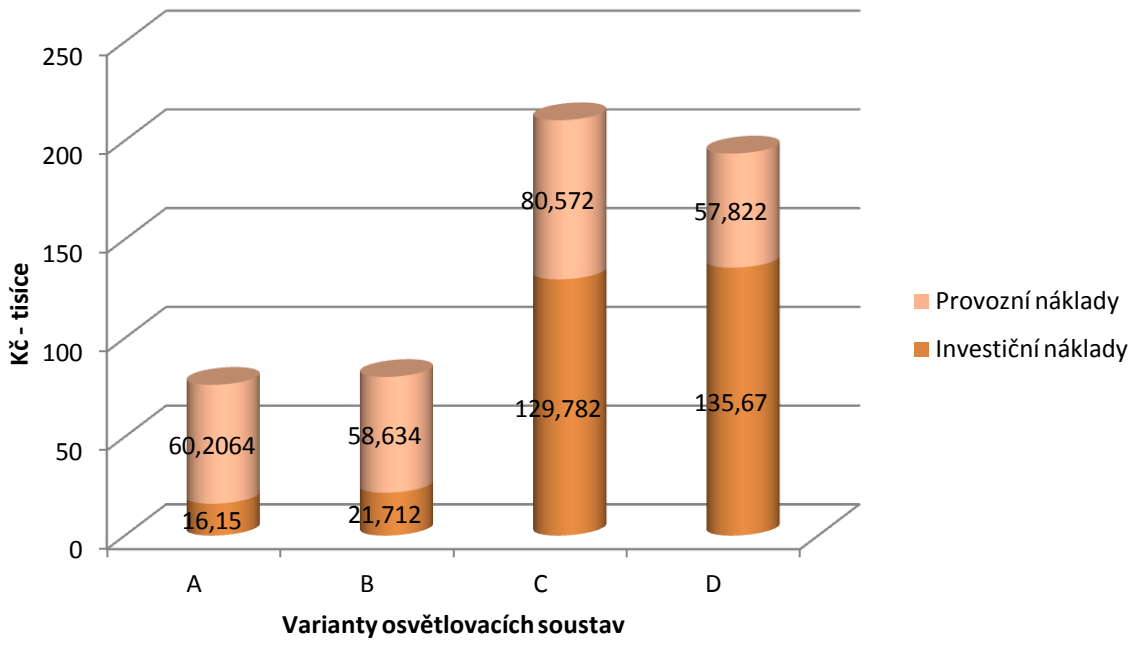
Varianta	A	B	C	D	E
Počet svítidel [ks]	32	28	28	45	24
Příkon svítidla [W]	113	122	97	55	273
Příkon soustavy [kW]	3,616	3,416	2,716	2,475	6,552
Roční provozní doba [hod]	1600				
Roční spotřeba [kWh]	5785,6	5465,6	4345,6	3960	10483,2
Cena za kWh [Kč]	4,8				
Cena energie za rok [Kč]	27770,9	26234,9	20858,9	19008,0	50319,4
Životnost zdrojů [hod]	24 000	10 000	40 000	40 000	9 000
Roční náklady na zdroje [Kč]	465	582	4733	4140	9963
10leté provozní náklady [Kč]	282359	268169	255919	231480	602824
Cena jednoho svítidla [Kč]	1270	1827	4220	8913	2644
Cena svítidel v soustavě [Kč]	40640	51156	118160	401085	63456
Počet zdrojů [ks]	64	56	56	45	24
Cena jednoho zdroje [Kč]	109	65	2113	2300	2335
Cena zdrojů v soustavě [Kč]	6976	3640	118328	103500	56040
Cena montáže svítidla [Kč]	300				
Cena montáže soustavy [Kč]	9600	8400	8400	13500	7200
Investiční náklady [Kč]	57216	63196	244888	518085	126696
Celkové 10leté náklady [Kč]	339575	331365	500807	749565	729520

5 Výběr vhodné varianty pro dané prostory

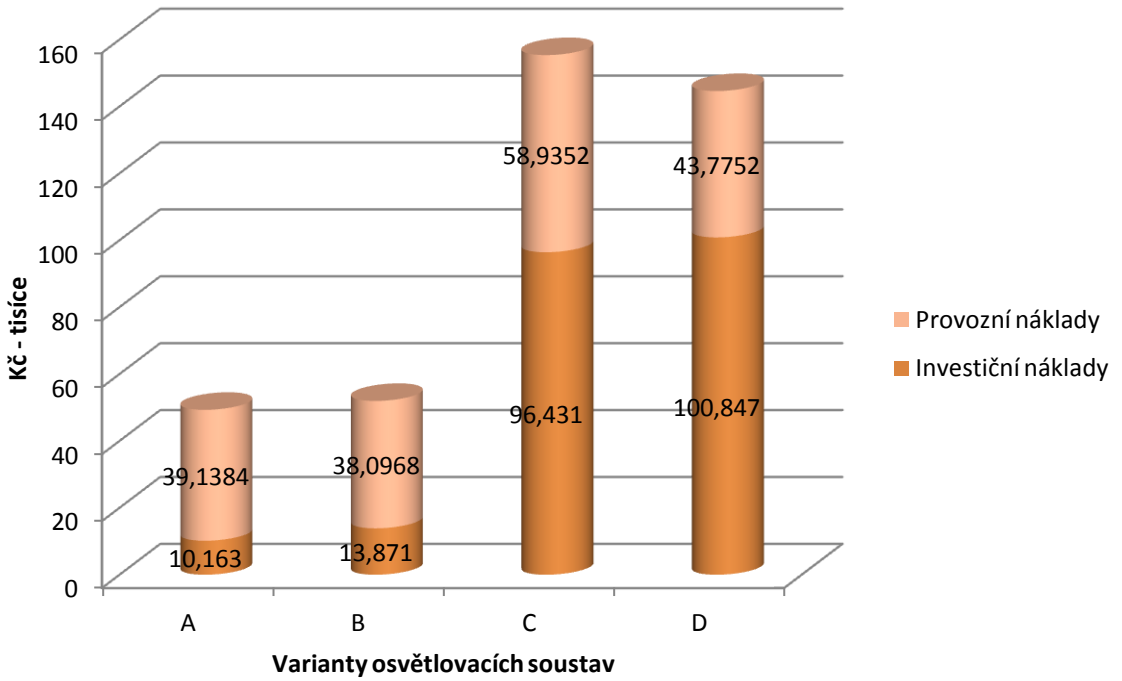
Pořizovací i provozní náklady, dále s ostatními parametry, jsou popsány v tabulkách výše. Výpočet ekonomického zhodnocení soustavy za 10 let je vypočten součinem ročních provozních nákladů a počtu let. K tomuto výsledku jsou přičteny náklady na prvotní instalaci soustav. Interval čištění svítidel je doporučen 2x ročně a obnovy povrchů jednou za 24 měsíců. Ze světelných parametrů, uvedených v tabulce č. 17, je patrné, že varianta osvětlení C (svítidla LLX L2LED) potřebuje k nasvícení stejného prostoru více svítidel, než varianta s použitím zářivkových svítidel KSS či SLIM ALDP. Nejlepší rovnoměrnost osvětlení (0,87) mají svítidla Mars LED. Z hlediska indexu oslnění ovšem nevyhovují. Tento poznatek a nedostatek obou LED svítidel je patrný ve všech projektovaných prostorech. Následně je možné zaměřit se na tělocvičnu, kde jsou kromě zářivek a LED diod použita svítidla výbojková (VV 250QS). Tato svítidla mají porovnatelné parametry s ostatními vyhovujícími variantami i přes nižší počet kusů. Proto jsou pro snadnou orientaci, přehlednost a další hodnocení investiční a provozní náklady soustav graficky znázorněny v následujících diagramech.



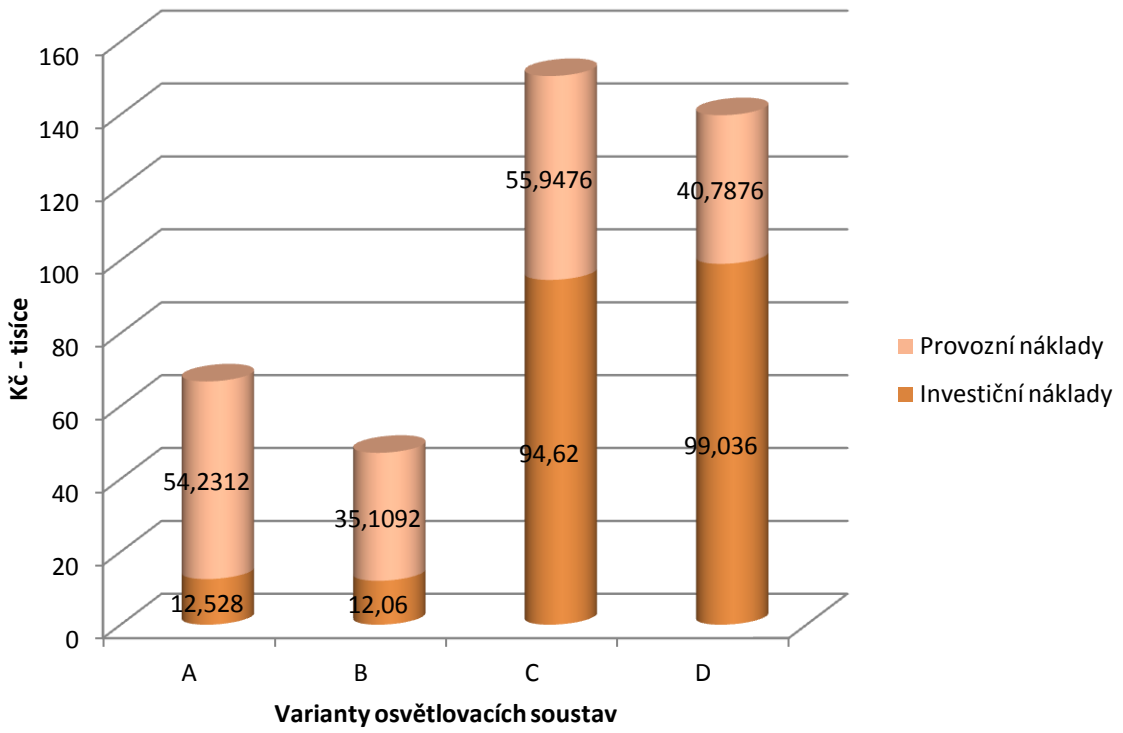
Obr. 20 Znázornění prvotních a následných investic do soustav - učebna IX. B



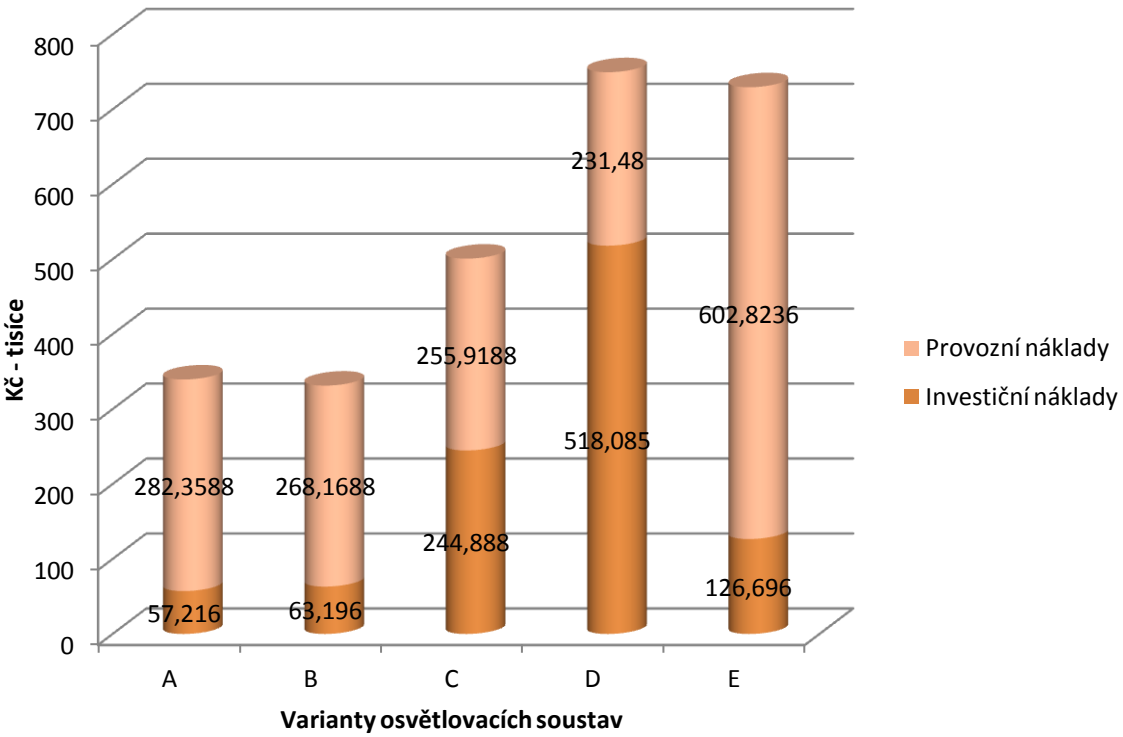
Obr. 21 Znázornění prvotních a následných investic do soustav - učebna výtvarné výchovy



Obr. 22 Znázornění prvotních a následných investic do soustav - učebna cizích jazyků



Obr. 23 Znázornění prvotních a následných investic do soustav - učebna hudební výchovy

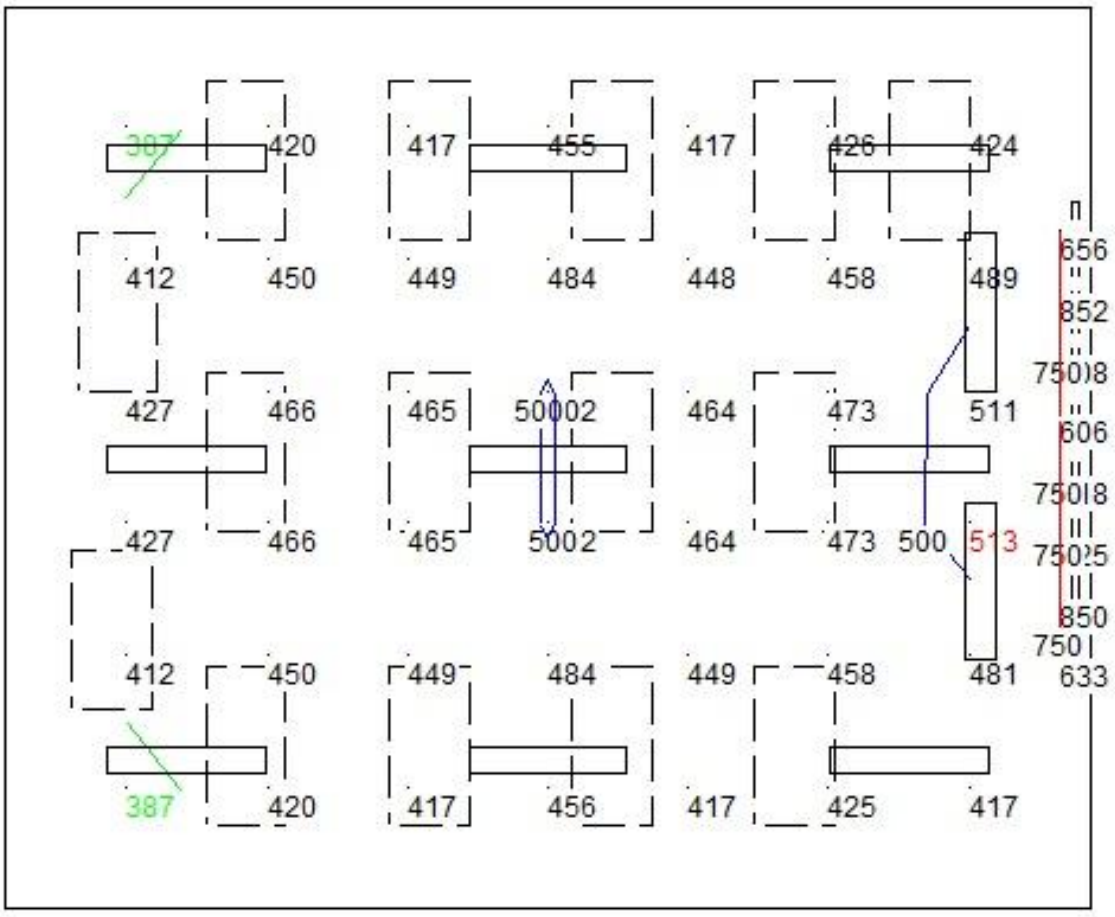


Obr. 24 Znázornění prvotních a následných investic do soustav - tělocvična

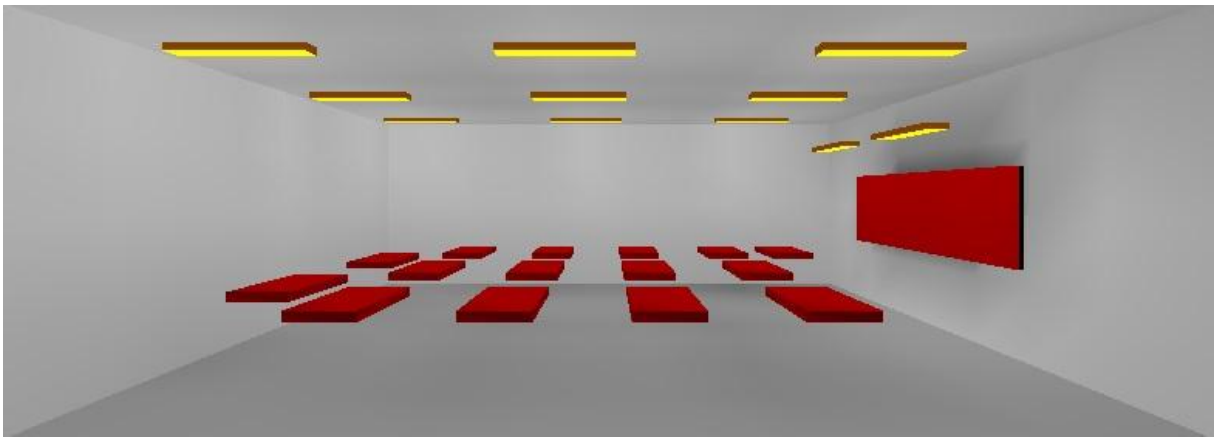
Z grafů je patrné, že použití kvalitních svítidel s elektronickým předřadníkem a zářivkovými trubicemi T8 a T5 je hospodárnější. V průběhu provozní doby se investice do dražších soustav nevyplatí.

5.1 Volba varianty A - učebna IX. B

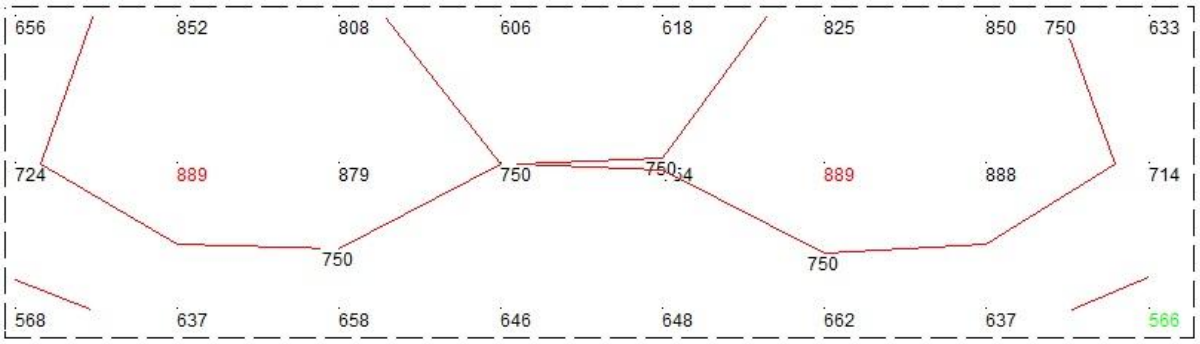
Pro učebnu třídy IX. B je z ekonomického hlediska zvolena varianta A - svítidla KSS 236 EP, v rovnoměrném rozmístění v síti 3x3 podle obr. 25. Světelné zdroje těchto svítidel jsou Lumilux T8 2x36W, R_a=80 a světelný tok je 3350 lm. Tabule je nasvětlena dvěma svítidly SLIM 136 AS se zdroji Lumilux T8 30W. Vypočtené hodnoty jsou: $\overline{E}_m$=449 lx, UGR_L=17,9, U_0=0,86, MF=0,74. Pro nasvětlení tabule (Obr. 27) jsou hodnoty: $\overline{E}_m$=723 lx, U_0=0,78, MF=0,78. Světelný tok je 2400 lm, R_a=80. Interval čištění svítidel je doporučen 2x ročně a povrchy by se měly obnovovat jednou za 24 měsíců.



Obr. 25 Rozložení osvětlenosti v kontrolních bodech učebny - učebna IX. B



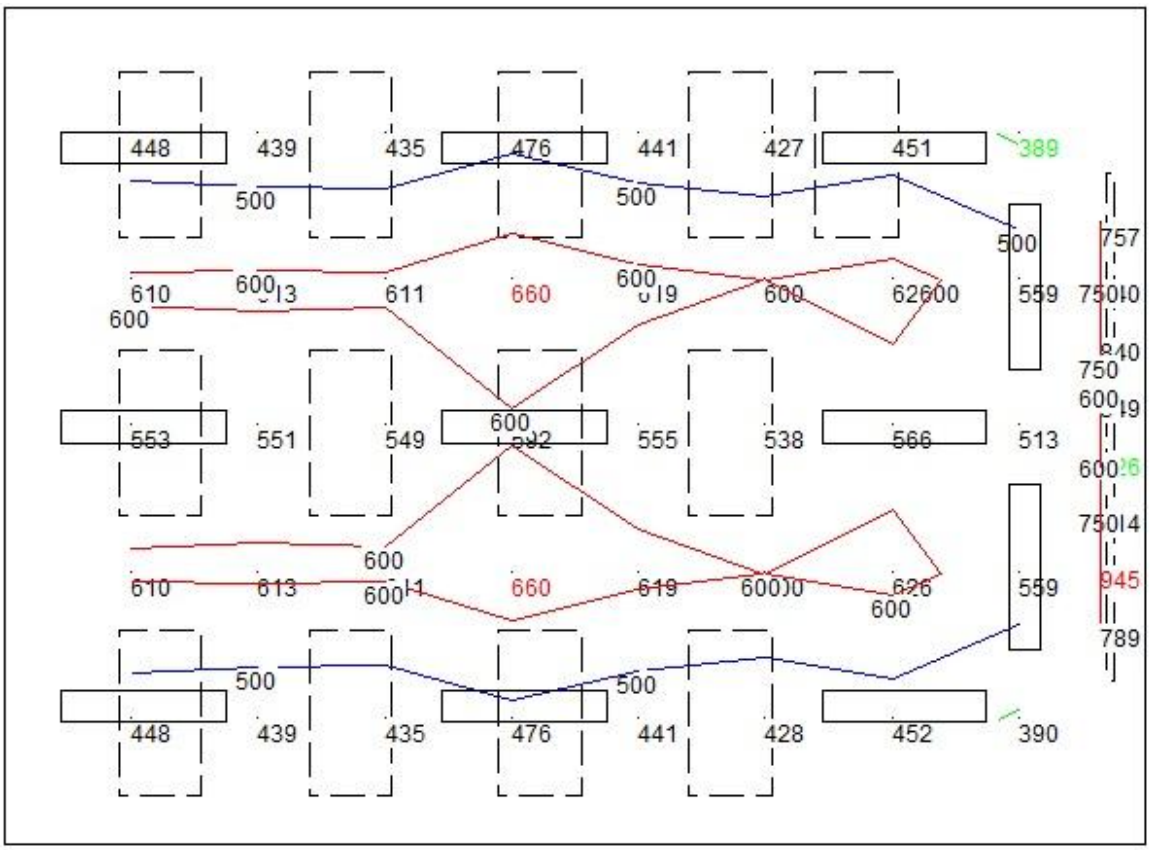
Obr. 26 Vizualizace varianty A - učebna IX. B



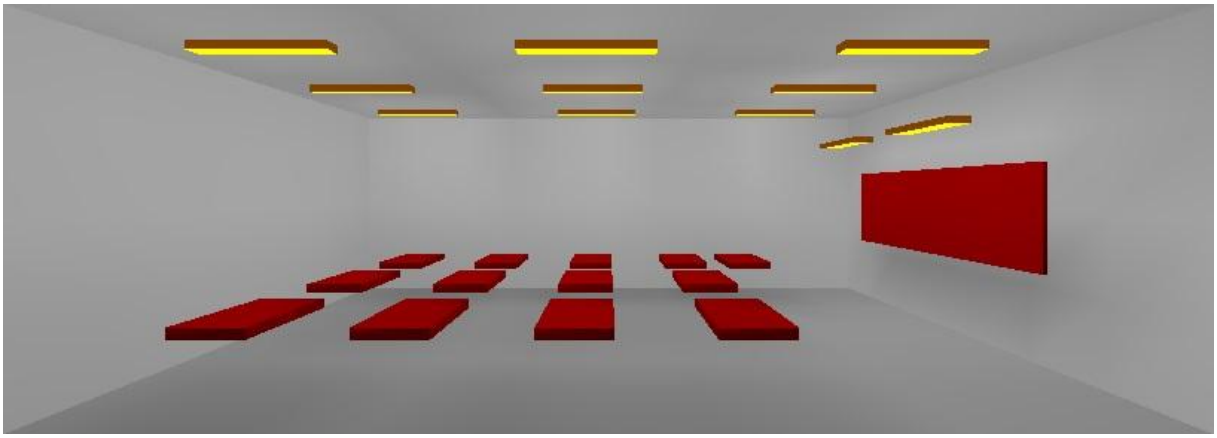
Obr. 27 Rozložení osvětlenosti v kontrolních bodech tabule - učebna IX. B

5.2 Volba varianty B - učebna výtvarné výchovy

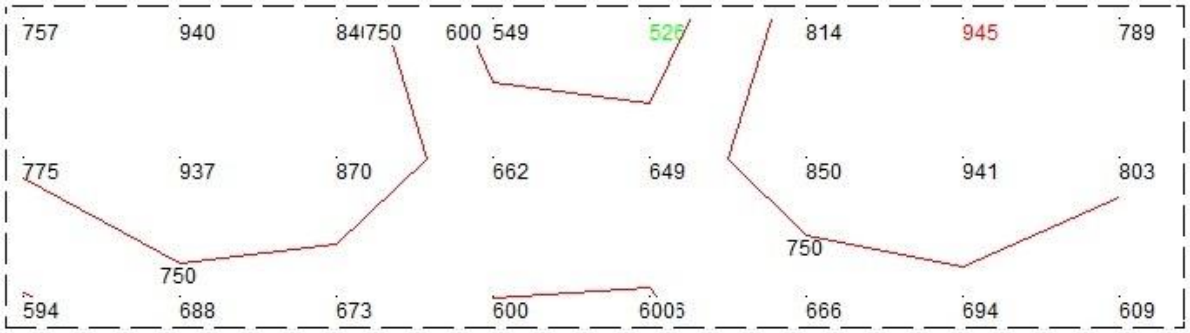
Pro učebnu výtvarné výchovy je zvolena mřížková varianta B, protože má přijatelnější hodnotu průměrné udržované osvětlenosti než ostatní varianty. Použita jsou svítidla SLIM 236 ALDP/Z v rovnoměrném rozmístění v síti 3x3 podle obr. 28. Světelné zdroje těchto svítidel jsou Lumilux T5 2x35W, R_a=80 a světelný tok je 3300 lm. Tabule je nasvětlena dvěma svítidly SLIM 136 AS se zdroji Lumilux T8 30W. Vypočtené hodnoty jsou: $\overline{E}_m$=530 lx, UGR_L=17,5, U_0=0,72, MF=0,76, pro osvětlení tabule na obr. 30 jsou hodnoty: $\overline{E}_m$=740 lx, U_0=0,71, MF=0,77. Světelný tok je 2400 lm, R_a=80. Interval čištění svítidel je doporučen 2x ročně a obnovy povrchů se mají provádět jednou za 2 roky.



Obr. 28 Rozložení osvětlenosti v kontrolních bodech učebny - učebna výtvarné výchovy



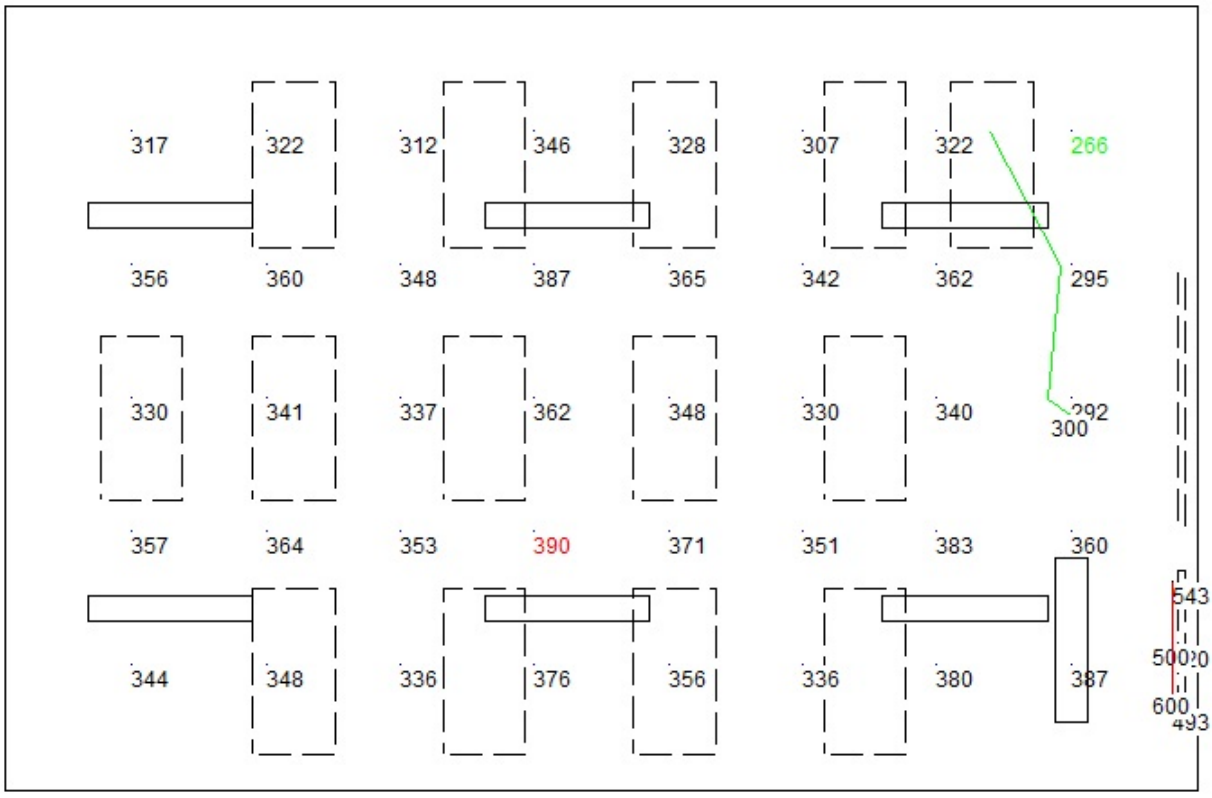
Obr. 29 Vizualizace varianty B - učebna výtvarné výchovy



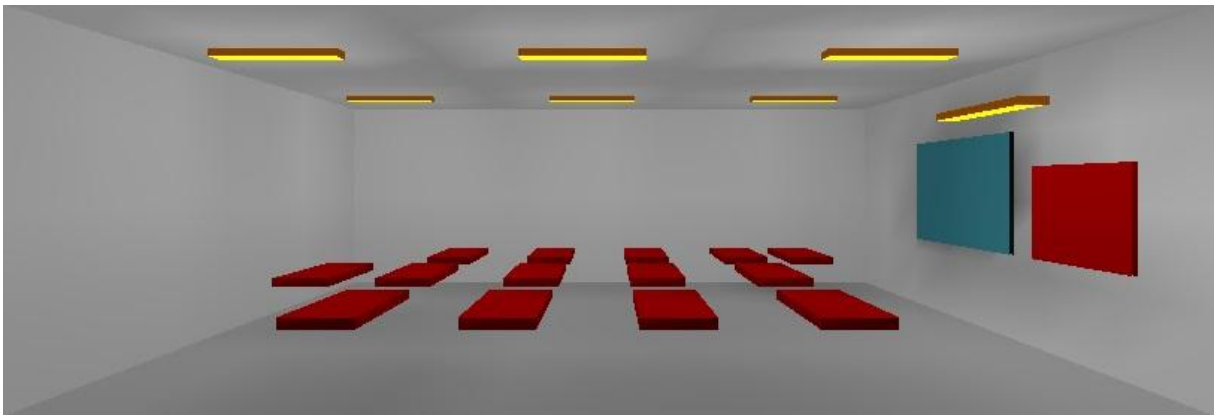
Obr. 30 Rozložení osvětlenosti v kontrolních bodech tabule - učebna výtvarné výchovy

5.3 Volba varianty A - učebna cizích jazyků

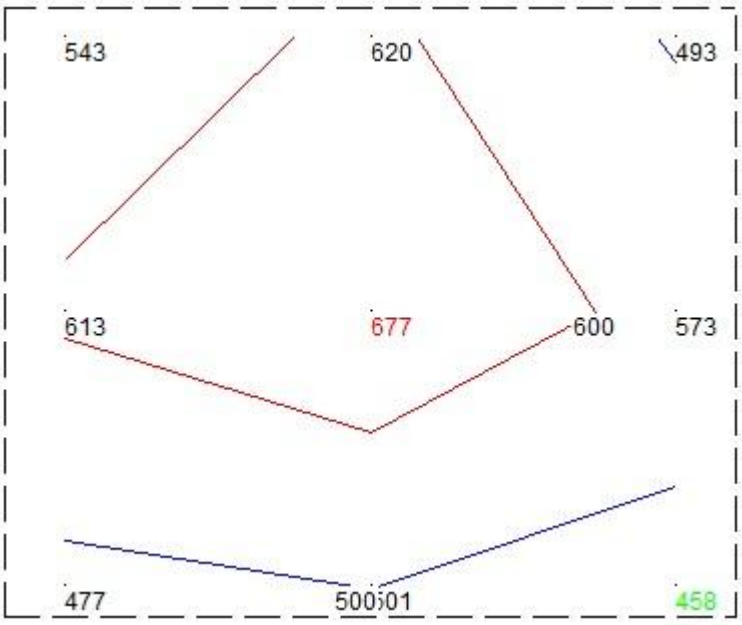
Pro učebnu cizích jazyků je zvolena varianta A, zde byla tato volba téměř shodná s variantou zářivkového svítidla, ale měla o něco lepší vlastnosti osvětlení. Použita jsou svítidla KSS 236 EP v rovnoměrném rozmístění podle obr. 31 v síti 2x3. Světelné zdroje těchto svítidel jsou Lumilux T8 2x36W, R_a=80 a světelný tok je 3350 lm. Tabule umístěná na pravé straně čelní stěny je nasvětlena jedním svítidlem SLIM 136 AS se zdrojem Lumilux T8 30W. Vypočtené hodnoty jsou: $\overline{E}_m$=345 lx, UGR_L=16,7, U_0=0,77, MF=0,72, pro tabuli na obr. 33 jsou hodnoty: $\overline{E}_m$=550 lx, U_0=0,83, MF=0,77. Světelný tok je 2400 lm, R_a=80. Interval čištění svítidel je doporučen 1x za 6 měsíců. Obnovy povrchů se provádějí 1x za 24 měsíců.



Obr. 31 Rozložení osvětlenosti v kontrolních bodech učebny - učebna cizích jazyků



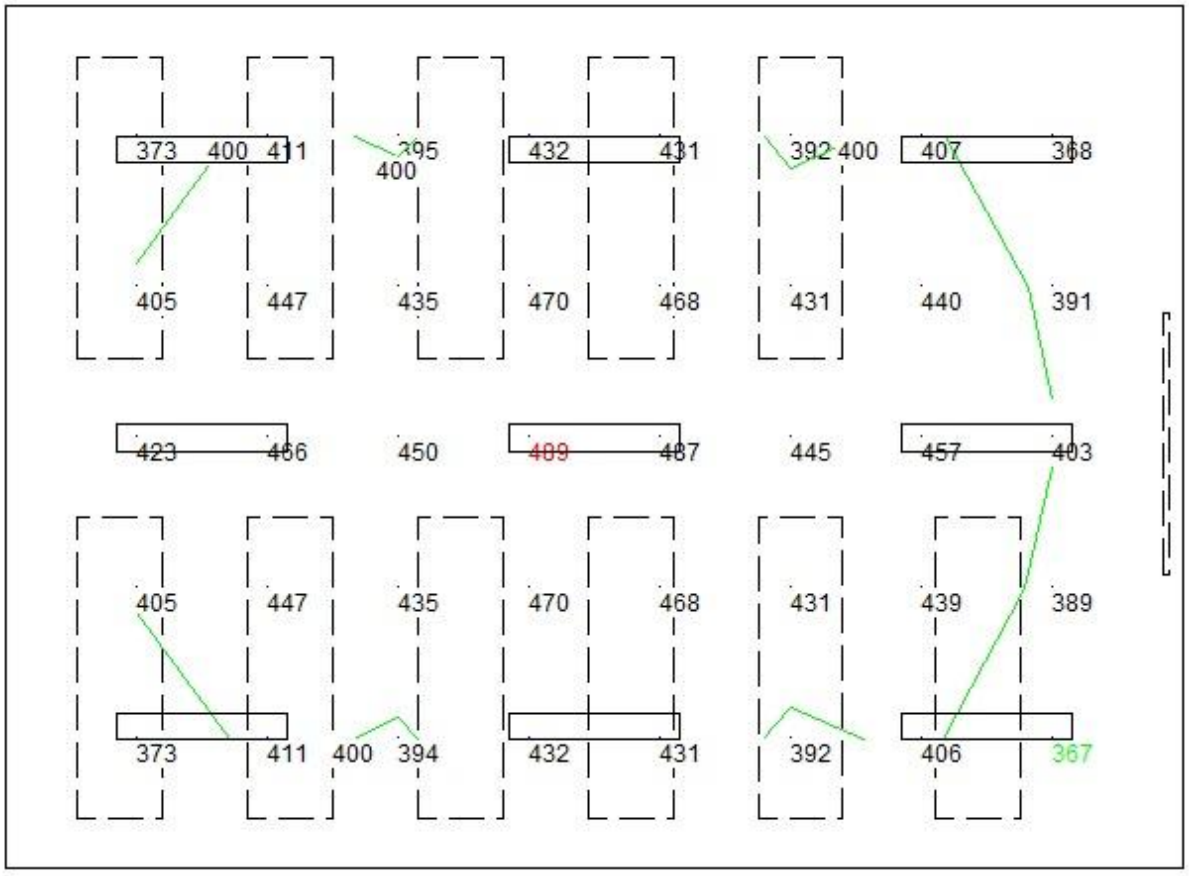
Obr. 32 Vizualizace varianty A - učebna cizích jazyků



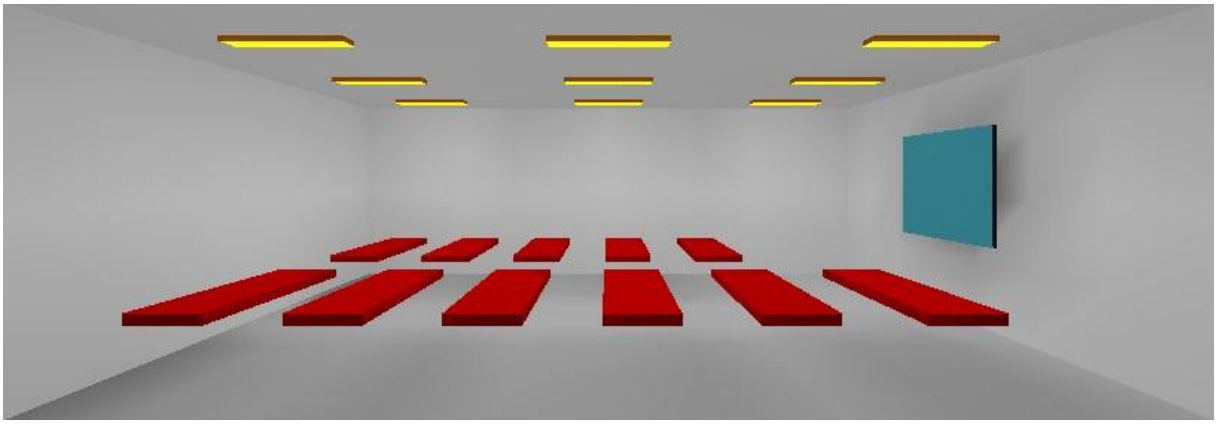
Obr. 33 Rozložení osvětlenosti v kontrolních bodech tabule - učebna cizích jazyků

5.4 Volba varianty A - učebna hudební výchovy

Pro učebnu hudební výchovy je zvolena varianta A, kvůli průměrné udržované osvětlenosti. Ta není na rozdíl od jiných návrhů na mezní hranici. Je použito celkem 9 svítidel KSS 236 EP rozmístěných rovnoměrně v řadách po 3 kusech (Obr. 34). Světelné zdroje těchto svítidel jsou Lumilux T8 2x36W, R_a=80 a světelný tok je 3350 lm. Tabule v této učebně je interaktivní, takže není třeba ji osvětlovat. Vypočtené hodnoty jsou: $\overline{E}_m$=425 lx, UGR_L=18,5, U_0=0,86, MF=0,75. Interval čištění svítidel a obnovy povrchů je shodný se všemi předchozími prostory. Interval čištění svítidel je doporučen 2x ročně a povrchy by se měly obnovovat jednou za 24 měsíců.



Obr. 34 Rozložení osvětlenosti v kontrolních bodech učebny - učebna hudební výchovy

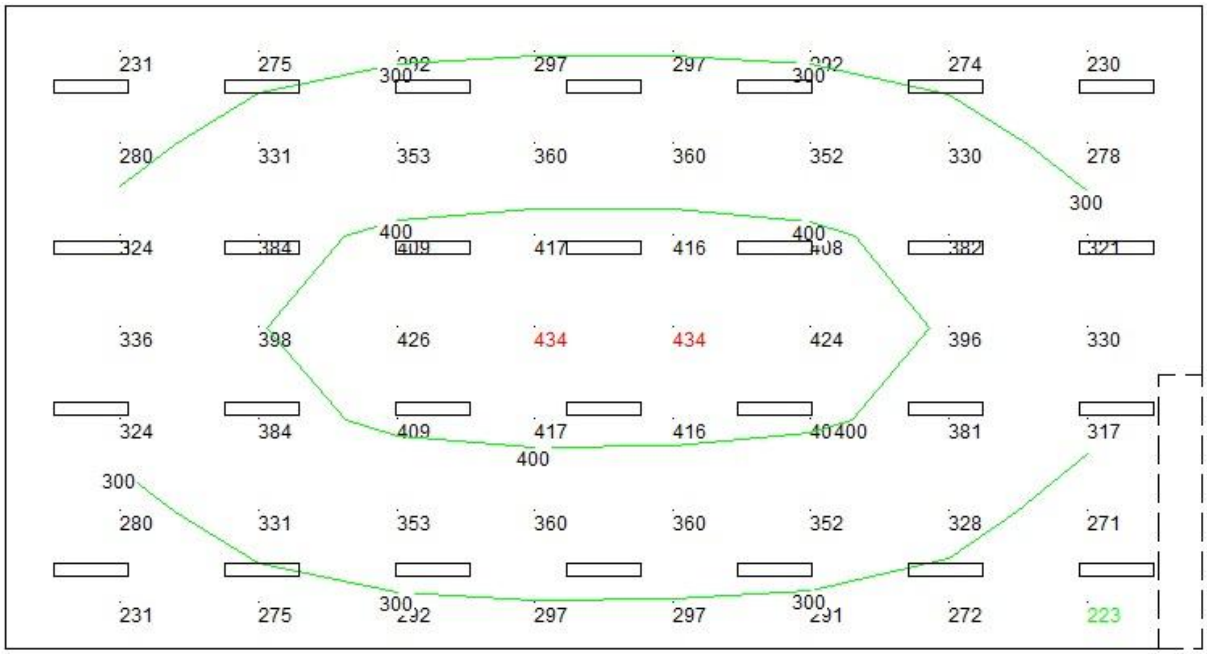


Obr. 35 Vizualizace varianty A - učebna hudební výchovy

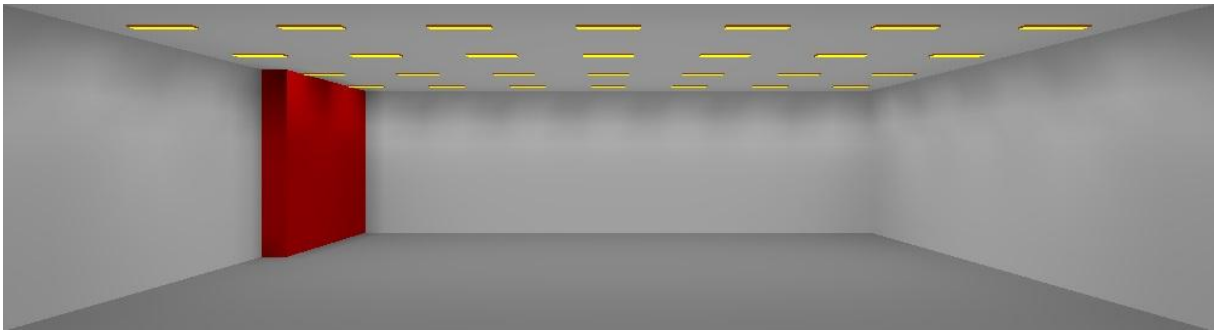
5.5 Volba varianty B - tělocvična

Pro školní tělocvičnu je zvolena varianta B. Oproti ostatním verzím je ekonomicky výhodnější a splňuje požadované parametry. Použita jsou svítidla SLIM 236 ALDP/Z v rovnoměrném rozmístění v síti 4x4 - viz obr. 36. Světelné zdroje těchto svítidel jsou Lumilux T5 2x58W, R_a=80 a světelný tok je 3300 lm. Vypočtené hodnoty jsou: $\overline{E}_m$=338 lx, UGR_L=17,9, U_0=0,67, MF=0,79. Interval čištění svítidel a obnovy povrchů je shodný se

všemi předchozími prostory. Jediný a zároveň nezanedbatelný prvek návrhu osvětlení, nacházející se v tělocvičně, je horolezecká stěna o rozměrech 6x1x7 m.



Obr. 36 Rozložení osvětlenosti v kontrolních bodech tělocvičny - tělocvična



Obr. 29 Vizualizace varianty B - tělocvična

Závěr

Po definování prostor a požadavků proběhlo měření 4 školních učeben a tělocvičny. Naměřené hodnoty vnesené do grafického ztvárnění vypovídaly o skutečném stavu místností z hlediska osvětlení. Mezi hlavní chyby, kterými se stávající osvětlovací soustavy vyznačují, patří nenasvícení tabule a nedostatečná rovnoměrnost osvětlení. Při měření byla zjištěna u části soustavy výměna světelných zdrojů za zdroje s odlišným barevným podáním. Takovéto výměny předpisy nepovolují. Nefunkčnost některých světelných zdrojů v tělocvičně je způsobena nedbalostí školní údržby.

Návrh nového osvětlení probíhal ve 4 odlišných variantách, a to pomocí programu WILS. Svítidla byla použita od českého výrobce MODUS. K těmto návrhům byla projektována další soustava pro osvětlení tabulí, neboť ty jsou velmi důležitým prvkem v učebnách a nesmí se zanedbat. V tělocvičně byla navíc navržena soustava osvětlení s výbojkami, protože se jedná o velký prostor a je nezbytné svítidla uzpůsobit. Proto také byly původní varianty pro tělocvičnu nahrazeny řadami s vyšším příkonem světelných zdrojů. Po návrhu bylo znatelné, že jedna z variant nebude pro osvětlení vyhovovat. Jednalo se o svítidla Mars LED, která nesplnila požadovanou úroveň UGR_L i při několikanásobném pokusu o rozmístění. Za tuto příčinu mohou s největší pravděpodobností vysoké jasy svítidel a temnější pozadí, které následně vytvoří velký rozdíl jasu a vysoké oslnění. Závěrem byla vypočtena ekonomická stránka investičních i provozních nákladů podle údajů výrobce (výkon, cena svítidla). Za pomoci vypočtených a navržených hodnot veličin (doba využití prostorů během roku či aktuální cena za elektrickou energii) se přistoupilo k výběru vhodné soustavy.

Výběr nejvhodnějších variant probíhal v rámci dostatečných mezích osvětlovacích hodnot, následně pak z pohledu ekonomické úspory instalace celé soustavy. Zohledněna byla návratnost i dlouhodobé hledisko ekonomičnosti provozních nákladů. Požadavkům nejlépe odpovídají varianty se světelnými zdroji T5 a T8 pro svítidla s elektronickým předřadníkem. Varianta A - svítidlo KSS 236 EP, byla tedy použita pro osvětlení učebny IX. B, jazykové učebny a učebny hudební výchovy. Svítidla verze B - SLIM 236 ALDP/Z byla vhodná pro osvětlení učebny výtvarné výchovy a školní tělocvičny. K dosažení lepší adaptace oka na tabuli se doporučuje výměna starých tmavě zelených tabulí za světle šedé, určené pro psaní fixem. Pro případné další energetické a ekonomické úspory se doporučuje automaticky regulovat světelný výkon osvětlovacích soustav.

Předkládaný návrh je jedna z mnoha možností. Konečná volba zůstává na rozhodnutí investora.

Použitá literatura

[1] Mapy.cz. [online]. [cit. 2012-09-03]. Dostupné z: http://mapy.cz/#x=12.851874&y=50.226064&z=19&t=s&l=15&c=Z-f&o=2.

[2] *Základní škola Karlovy Vary, Poštovní 19* [online]. 2012 [cit. 2013-01-04]. Dostupné z: http://www1.zskvary.cz/subdom/www1/

[3] LINDA, Josef. *Elektrické světlo I*. Vyd. 1. Plzeň: Západočeská univerzita, 1993, 78 s. ISBN 80-708-2094-2.

[4] LINDA, Josef. *Elektrické světlo II*. Vyd. 1. Plzeň: Západočeská univerzita, 1995, 109 s. ISBN 80-708-2167-1.

[5] HABEL, Jiří. *Světelná technika A*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze Ediční středisko ČVUT, Praha 1, Husova 5, 1982, 268 s. 2635/82.

[6] *Citace.com - naučte se citovat* [online]. 2004-2013 [cit. 2013-01-15]. Dostupné z: www.citace.com.

[7] LEPŠÍ, Jana, KOŽENÝ, Jiří *Přednášky a cvičení z předmětu KEE/MPP, 2011/2012.*

[8] LINDA, Josef. *Elektrické světlo III*. Vyd. 1. Plzeň: Západočeská univerzita, Katedra elektroenergetiky, 1995, 105 s. ISBN 80-708-2223-6.

[9] HABEL, Jiří. *Světelná technika*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1981, 74 s. 2618/82.

[10] BENEŠ, Jan, MÜHLBACHER, Jan *Přednášky a cvičení z předmětu KEE/ESV, 2011/2012*.

[11] ANDRLE, Jan. *Návrh osvětlovacích soustav v přístavbě výrobní haly v Tachově*. Plzeň, 2005. Bakalářská práce. ZČU.

[12] BLASS, Martin. *Návrh umělého osvětlení v budově Církevního gymnázia Plzeň*. Plzeň, 2010. Diplomová práce. ZČU.

[13] PŮLPÁNOVÁ, Eva. *Umělé osvětlení pracovních prostorů*. Plzeň, 2007. Diplomová práce. ZČU.

[14] ROUSEK, Pavel, et al. *Psaní seminárních a kvalifikačních prací na VŠTE*. České Budějovice : VŠTE v Českých Budějovicích, 2010. 80 s.

[15] *Elektrika.cz* [online]. 1998-2013 [cit. 2011-02-02]. Dostupné z: www.elektrika.cz

[16] *Seznam ČSN* [online]. 2013 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: http://www.unmz.cz/urad/seznam-csn

[17] Wikipedie, otevřená encyklopedie. *Soustava SI - Wikipedie* [online]. 2013 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soustava_SI

[18] Problematika uvádění technických norem v právních předpisech - ÚNMZ. *Problematika uvádění technických norem v právních předpisech* [online]. 2013 [cit. 2013-02-27]. Dostupné z: http://www.unmz.cz/urad/problematika-uvadeni-technickych-norem-v-pravnich-predpisech

[19] Návrhy osvětlení. Top osvětlení [online]. 2013 [cit. 2013-03-14]. Dostupné z: http://www.top-osvetleni.cz/navrhy-osvetleni/profesonalni-navrhy-osvetleni

[20] MODUS. *MODUS - Český výrobce svítidel* [online]. 2001-2013. [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: http://www.modus.cz/cze

[21] OSRAM. *OSRAM - Všeobecné osvětlování* [online]. 2013. [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: http://www.osram.cz/osram_cz/PROFESIONLOV/Veobecn_osvtlovn/index.html

Přílohy

Seznam příloh:

Příloha č. 1 - katalogový list přístroje luxmetr LX-101

Příloha č. 2 - katalogový list a data svítivosti svítidla KSS 236 EP

Příloha č. 3 - katalogový list a data svítivosti svítidla SLIM 136 AS

Příloha č. 4 - katalogový list a data svítivosti svítidla SLIM 236 ALDP/Z

Příloha č. 5 - katalogový list a data svítivosti svítidla LLX L2LED 1200AL

Příloha č. 6 - katalogový list a data svítivosti svítidla MARS LED

Příloha č. 7 - katalogový list a data svítivosti svítidla VV 250 QS

Příloha č. 1 - katalogový list přístroje luxmetr LX-101

DIGITÁLNÍ LUXMETRY LX-101 LX-103 LX-105

LUTRON **ISO 9002**

Digitální luxmetry umožňují měřit osvětlení v rozsahu od 0 do 50 000 luxů. Jsou vybaveny automatickým nulováním. Luxmetr LX-105 má sběrnici RS 232C, umožňuje nastavit 4 druhy světla, má multifunkční displej, možnost relativního měření (%). V paměti přístroje lze uchovat min., max. a rel. hodnoty. Luxmetry mají velmi nízkou spotřebu, separátní senzor rozšiřuje možnosti luxmetrů pro měření v různých měřicích polohách, 13 mm vysoký LCD displej usnadňuje odečítání naměřených hodnot.

TECHNICKÉ ÚDAJE

LX-101, LX-105

měřicí rozsahy	rozlišení	přesnost ±(%rdg+dig)
0 - 1999 lux	1 lux	5% + 2
2000 - 19990 lux	10 lux	5% + 2
20000 - 50000 lux	100 lux	5% + 2

LX-103, LX-105

0 - 199,9 cd	0,1cd	5% + 2
200 - 1999 cd	1 cd	5% + 2
2000 - 5000 cd	10 cd	5% + 2

Pracovní podmínky

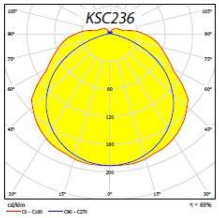
napájení	9V baterie / 2,7mA	
zobrazení	(LX-101, LX-103)	3 1/2 LCD, 13 mm vysoký
	(LX-105)	multifunkční displej
rozměry	základní přístroj	
	(LX-101, LX-103)	131 x 77 x 25mm
	(LX-105)	180 x 72 x 32mm
	sensor	82 x 55 x 7mm
snímač	(LX-101,LX-103, LX-105)	speciální fotodioda s korekčním barevným filtrem
sběrnice		RS 232C (LX-105)
hmotnost		0,190kg
odezva		0,4s
pracovní teplota		0°C - 50°C / 80% RH

Příloha č. 2 - katalogový list a data svítivosti svítidla KSS 236 EP

KS

Přisazená nebo závěsná svítidla s krytem

KSC236



KSC 2x

KSC 1x

Těleso:
Bíle práškově lakovaný (RAL9003) ocelový plech

Optický systém (&):
O - opálový polystyrolový kryt
C - prizmatický polystyrolový kryt
S - PMMA kryt „čirý opál"

El.výstroj (#):
N - nekompenzované, s tlumivkou EEI = B
K - kompenzované, s tlumivkou EEI = B
EP - elektronický předřadník
EPSA - EP analogově stmívatelný 1-10V
EPSD - EP digitálně stmívatelný TRIDONIC ECO
EPSDD - EP digitálně stmívatelný DALI
MULTIWATT - univerzální EP umožňující použití zdrojů T5 s různým příkonem

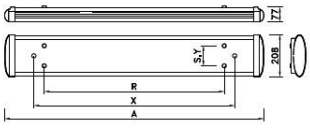
Aplikace:
- pro přisazenou nebo závěsnou montáž
- obchody, školy, společenské, sportovní a obytné prostory

Příslušenství:
Trubkový závěs
Lankový závěs ZH22
Ochranná mříž OM
Koncové čelo svítidla 4311011
Propojovací čelo 4311012

Varianty (@):
NZ - nouzový zdroj
P - svítidla připravená pro průběžnou montáž

Další informace:
V provedení s průběžnou montáží (/P) jsou svítidla dodávána s propojovacími čely, osazena vodiči pro průběžnou 3 fázovou montáž (5x1,5 mm2). Pro uzavření řad je třeba přiobjednat koncová čela (2 ks na 1 řadu).

	W	A	X	Y	R	S	kg
KS&118 #@	1x18	683	500	0	500	0	1,9
KS&218 #@	2x18	683	400	100	500	100	2,0
KS&136 #@	1x36	1293	800	0	850	100	3,2
KS&236 #@	2x36	1293	800	0	850	100	3,8
KS&158 #@	1x58	1593	1000	0	1000	100	4,8
KS&258 #@	2x58	1593	1000	0	1000	100	5,4
KS&114(24) #@	1x14 (24)	683	500	0	500	0	1,6
KS&214 (24) #@	2x14 (24)	683	400	100	500	100	1,6
KS&128 (54) #@	1x28 (54)	1293	1000	0	1000	100	3,1
KS&228 (54) #@	2x28 (54)	1293	1000	0	850	100	3,1
KS&135 (49,80) #@	1x35 (49,80)	1593	1000	0	1000	100	4,4
KS&235 (49,80) #@	2x35 (49,80)	1593	1000	0	1000	100	4,4

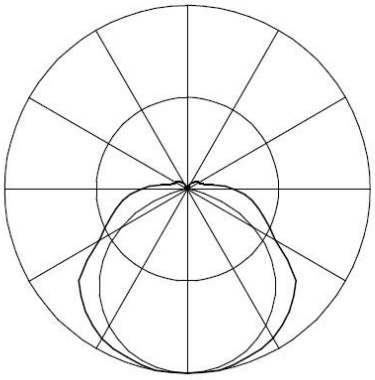


KATALOGOVÝ LIST SVÍTIDLA: MODUS KSC 236 PMMA

Zářivkové, stropní s čirým krytem PMMA, IP20, Účinnost 69 %, 2 x 36 W

Úhel	C0		C30	C60	C90		C120	C150	C180
	I	L	I	I	I	L	I	I	I
0	191		191	191	191				
5	191		190	190	190				
10	191		189	188	188				
15	189		186	185	184				
20	185		183	180	179				
25	183		180	174	172				
30	179		175	166	164				
35	173		168	158	154				
40	166		159	148	143				
45	157	769	150	135	130	744			
50	148		140	120	115				
55	128	721	123	104	99	690			
60	106		101	87	80				
65	95	653	85	66	60	556			
70	85		74	49	38				
75	77	706	66	37	19	275			
80	69		56	27	9				
85	60	866	47	17	3	107			
90	49		38	16	0				
95	40		30	13	1				
100	28		24	11	1				
105	19		17	8	2				
110	17		15	7	2				
115	15		13	6	3				
120	14		11	6	3				
125	14		9	5	4				
130	12		8	5	4				
135	11		7	4	4				
140	9		6	4	4				
145	8		5	4	4				
150	7		4	3	3				
155	5		3	3	3				
160	4		3	2	2				
165	3		2	2	2				
170	2		1	1	1				
175	1		1	1	1				
180	0		0	0	0				

Hodnoty svítivosti I [cd/klm] a L [cd/m2/klm]



MODUS

MODUS spol. s r.o.
U Kuchyňky 966
674 01 Třebíč
tel.: 311 678 366
fax.: 311 670 820
e-mail: salesprom@modus.cz

Příloha č. 3 - katalogový list a data svítivosti SLIM 136 AS

Přisazená nebo závěsná svítidla s asymetrickým reflektorem

SLIM AS

T8 G13 | 230 V 50 Hz | KVG | F | IP 20

T5 G5 | EVG | EVG DIMM

Těleso:
Bíle práškově lakovaný (RAL9003) ocelový plech s plastovými zaoblenými čely

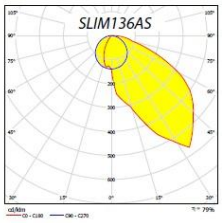
Optický systém:
AS - vysoce leštěný asymetrický hliníkový reflektor

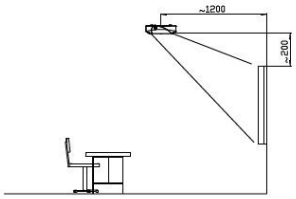
El.výstroj (#):
kompenzované, s tlumivkou EEI = B (standardní provedení pro T8 zdroje)
EP - elektronický předřadník (standardní provedení pro T5 zdroje)
MULTIWATT - univerzální EP umožňující použití zdrojů s různým příkonem (pouze T5)

Aplikace:
- pro přisazenou nebo závěsnou montáž
- osvětlení svislých ploch – školní tabule, regály se zbožím,…

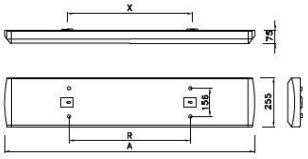
Příslušenství:
Lankový závěs ZH22

Další informace:
Při závěsné montáži musí být svítidlo zavěšeno ve 4 bodech.
Upevňovací otvory jsou identické pro přisazenou i závěsnou lankovou montáž.





	W	A	X=R	kg
SLIM136AS#	1x36	1300	650	3,7
SLIM158AS#	1x58	1600	800	4,9
SLIM128 (54)AS#	1x28 (54)	1255	650	3,3
SLIM135 (49,80)AS#	1x35 (49,80)	1555	800	4,0

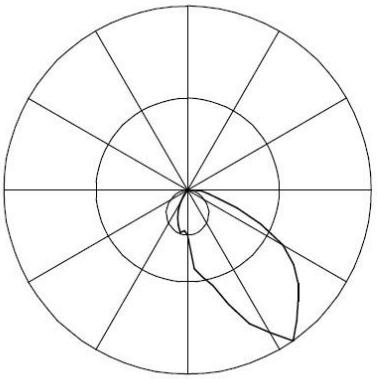


KATALOGOVÝ LIST SVÍTIDLA: MODUS SLIM 136 AS

SLIM 1x36 asym, IP20, Účinnost 0 %, 1 x 36 W

Úhel	C0		C30	C60	C90		C120	C150	C180
	I	L	I	I	I	L	I	I	I
0	140		140	140	140		140	140	140
5	244		222	187	139		133	129	127
10	275		274	228	137		135	133	133
15	306		291	234	135		134	127	114
20	376		327	245	131		121	107	91
25	455		377	267	125		106	87	68
30	506		430	301	119		91	65	43
35	569		479	326	112		75	44	20
40	527		483	342	103		58	24	1
45	483	3205	491	362	94	624	42	11	0
50	446		442	321	83		28	0	0
55	402	3288	395	285	72	589	24	0	0
60	340		343	251	61		21	0	0
65	251	2785	277	211	49	544	17	0	0
70	165		196	154	37		13	0	0
75	91	1647	111	90	26	471	9	0	0
80	67		59	42	14		5	0	0
85	41	2194	37	24	4	215	2	0	0
90	1		1	0	0		0	0	0
95	0		0	0	0		0	0	0
100	0		0	0	0		0	0	0
105	0		0	0	0		0	0	0
110	0		0	0	0		0	0	0
115	0		0	0	0		0	0	0
120	0		0	0	0		0	0	0
125	0		0	0	0		0	0	0
130	0		0	0	0		0	0	0
135	0		0	0	0		0	0	0
140	0		0	0	0		0	0	0
145	0		0	0	0		0	0	0
150	0		0	0	0		0	0	0
155	0		0	0	0		0	0	0
160	0		0	0	0		0	0	0
165	0		0	0	0		0	0	0
170	0		0	0	0		0	0	0
175	0		0	0	0		0	0	0
180	0		0	0	0		0	0	0

Hodnoty svítivosti I [cd/klm] a L [cd/m2/klm]



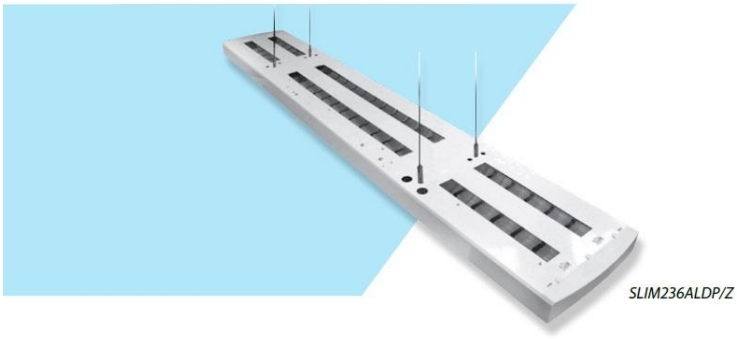
MODUS

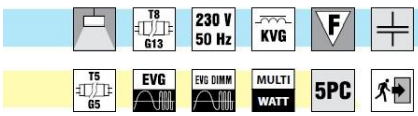
MODUS spol. s r.o.
U Kuchyňky 966
674 01 Třebíč
tel.: 311 678 366
fax.: 311 670 820
e-mail: salesprom@modus.cz

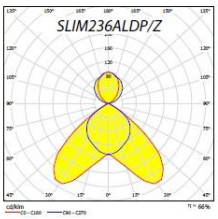
Příloha č. 4 - katalogový list a data svítivosti svítidla SLIM 236 ALDP/Z

SLIM/Z

Závěsná mřížková svítidla pro přímo - nepřímé osvětlení







Těleso:
Bíle práškově lakovaný (RAL9003) ocelový plech s plastovými zaoblenými čely

Optický systém (&):
ALDP - optický systém kategorie C2 z vysoce leštěného hliníku
MATDP - optický systém kategorie C2 z matného hliníku
M4DP - optický systém kategorie C2 z vysoce leštěného hliníku ALANOD MIRO
AL - parabolická mřížka z vysoce leštěného hliníku s matnými příčnými lamelami

El.výstroj (#):
kompenzované, s tlumivkou EEI = B (standardní provedení pro T8 zdroje)
EP - elektronický předřadník (standardní provedení pro T5 zdroje)
EPSA - EP analogově stmívatelný 1-10V
EPSD - EP digitálně stmívatelný TRIDONIC ECO
EPSDD - EP digitálně stmívatelný DALI
MULTIWATT - univerzální EP umožňující použití zdrojů s různým příkonem (pouze T5)

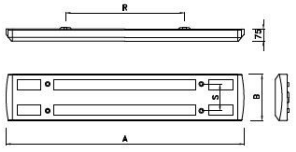
Aplikace:
- pro závěsnou montáž, s možností spojování do přímých řad
- počítačová pracoviště, kanceláře, obchody, školy, společenské prostory

Příslušenství:
Lankový závěs ZH22

Varianty (@):
NZ - nouzový zdroj
P - průběžná montáž 3 fáze

Další informace:
Pro montáž do řady jsou svítidla (SLIM / ZR) vystrojena průběžnou montáží (5x1,5 mm2), na obou koncích jsou svorkovnice pro propojení svítidel mezi sebou. Svítidla SLIM/ZR jsou dodávána bez koncových čel, proto je třeba objednat příslušný počet čel pro uzavření svítidel na koncích řad. Zavěšení se provádí pomocí sady ZH22.

	W	A	B	R	S	kg
SLIM136 &#@/Z	1x36	1300	170	650	90	3,7
SLIM236 &#@/Z	2x36	1300	255	650	180	5,6
SLIM158 &#@/Z	1x58	1600	170	800	90	4,9
SLIM258 &#@/Z	2x58	1600	255	800	174	7,3
SLIM128 (54) &#@/Z	1x28 (54)	1255	170	650	90	3,3
SLIM228 (54) &#@/Z	2x28 (54)	1255	255	650	180	4,5
SLIM135 (49,80) &#@/Z	1x35 (49,80)	1555	170	800	90	4,0
SLIM235 (49,80) &#@/Z	2x35 (49,80)	1555	255	800	174	5,5

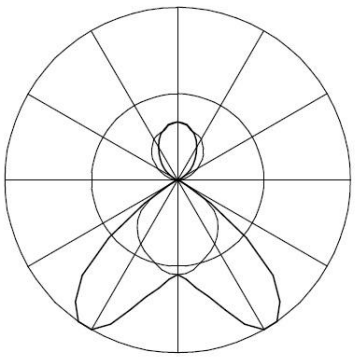


KATALOGOVÝ LIST SVÍTIDLA: MODUS SLIM 236ALDP/Z

Zářivkové SLIM/Z, AL lešt. mříž.C2, závěsné, IP20, Účinnost 66 %, 2 x 36 W

Úhel	C0		C30	C60	C90		C120	C150	C180
	I	L	I	I	I	L	I	I	I
0	146		146	146	146				
5	154		151	147	145				
10	169		164	149	141				
15	187		177	153	134				
20	214		194	156	127				
25	246		218	158	121				
30	267		239	164	115				
35	267		245	171	107				
40	246		231	176	97				
45	208	1258	199	170	87	551			
50	139		145	142	74				
55	63	459	75	93	53	412			
60	15		23	40	25				
65	2	19	4	11	7	73			
70	0		1	3	2				
75	0	0	0	1	0	0			
80	0		0	0	0				
85	0	0	0	0	0	0			
90	0		0	0	0				
95	1		1	1	3				
100	1		1	2	8				
105	1		1	5	14				
110	2		3	10	21				
115	6		8	17	28				
120	11		14	24	35				
125	18		22	32	42				
130	26		29	40	50				
135	34		37	48	57				
140	42		46	57	63				
145	51		54	65	68				
150	60		63	72	73				
155	68		71	77	76				
160	76		78	81	78				
165	82		83	86	80				
170	87		87	88	86				
175	89		89	89	88				
180	90		90	90	90				

Hodnoty svítivosti I [cd/klm] a L [cd/m2/klm]



MODUS

MODUS spol. s r.o.
U Kuchyňky 966
674 01 Třebíč
tel.: 311 678 366
fax.: 311 670 820
e-mail: salesprom@modus.cz

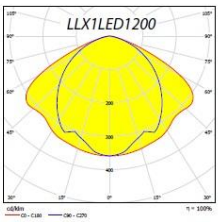
Příloha č. 5 - katalogový list a data svítivosti svítidla LLX L2LED 1200AL

LLX LED

Přisazená mřížková svítidla s LED trubicemi

LLXL2LED1200AL

LED | 230 V 50 Hz | F | IP 20



Těleso:
Bíle práškově lakovaný (RAL9003) ocelový plech

Optický systém (&):
AL - parabolická mřížka z vysoce leštěného hliníku s matnými příčnými lamelami
B - bílá parabolická mřížka
ALDP2 - vysoce leštěný parabolický optický systém

El.výstroj :
Svítidla jsou vystrojena pro použití s LED T8 trubicemi OSRAM OSRAM SubstitubeTUBE advanced nebo PHILIPS MASTER LEDtube GA100. Nelze v nich použít standardní T8 zářivkové trubice.

Aplikace:
- výhodné pro použití v místech s vysokou frekvencí spínání svítidel, v soustavách ovládaných pohybovými senzory
- chodby, skladové a obchodní prostory
- pro přisazenou nebo závěsnou montáž

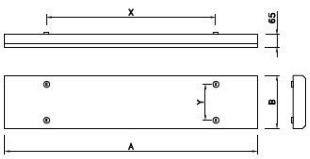
Příslušenství:
Trubkový závěs
Lankový závěs ZH22
Ochranná mříž OM

Varianty (@):
OK - dvouokruhové zapojení
LPH - svítidlo se zdroji PHILIPS MASTER LEDtube GA100
LOS - svítidlo se zdroji OSRAM SubstitubeTUBE advanced
svítidlo bez světelného zdroje

Další informace:
Svítidla jsou certifikována pro použití pouze s uvedenými světelnými zdroji. Použití jiných LED trubic není schváleno výrobcem a může vést k nefunkčnosti svítidla nebo ke škodám, za které výrobce nenese odpovědnost.

Third Millennium LED Technologies

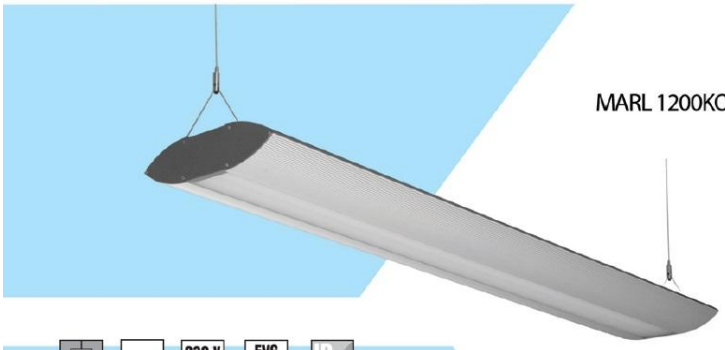
	W	A	B	X	Y
LLXL1LED600 &@	1x11	650	170	340	-
LLXL2LED600 &@	2x11	650	266	340	180
LLXL4LED600 &@	4x11	650	457	340	360
LLXL1LED1200 &@	1x22	1260	170	950	-
LLXL2LED1200 &@	2x22	1260	266	950	180
LLXL1LED1500 &@	1x25	1560	170	1250	-
LLXL2LED1500 &@	2x25	1560	266	1250	180



Příloha č. 6 - katalogový list a data svítivosti svítidla MARS LED

MARS LED

Závěsná LED svítidla pro interiérové osvětlení

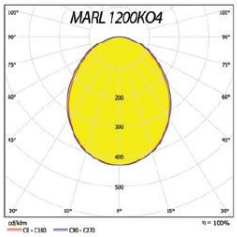


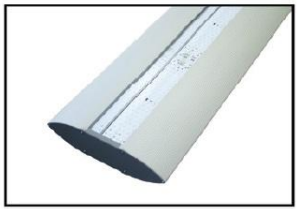
MARL 1200KO4

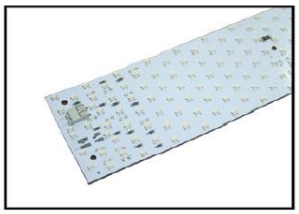
LED | 230 V 50 Hz | EVG | IP 20

Těleso:
Eloxovaný hliníkový profil, ocelová čela v RAL9007
Optický systém:
KO - opálový kryt ACRYL SATINE
MIRO 5 – vnitřní odrazné plochy
El.výstroj:
Zdroj - DURIS E3 OSRAM
LED driver OSRAM OPTOTRONIC - (konstantní napětí)
Aplikace:
Závěsná svítidla pro přímé osvětlení interiérů
Pro kanceláře, společenské a výstavní prostory, ...

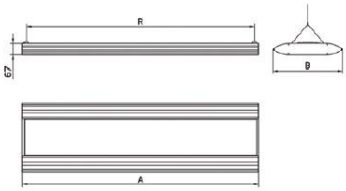
Další informace:
Závěsná sada ZHX11 je součástí balení svítidla.







Modul s OSRAM DURIS E3



Typ	lm	W	K	A	B	R	kg
MARL1200KO4/LED1	4500	45	4000	1160	240	1116	5,4

lm - světelný tok zdroje, K – teplota chromatičnosti světelného zdroje (Kelvin)

MODUS
ČESKÝ VÝROBCE SVÍTIDEL

Příloha č. 7 - katalogový list a data svítivosti svítidla VV 250 QS

VV

Přisazené výbojkové svítidlo

VV250QS

Těleso:
- bíle lakovaný ocelový plech
- bezpečnostní krycí sklo
- odnímatelný držák svítidla pro jednoduchou montáž

Optický systém:
- symetrický reflektor z embosovaného hliníku

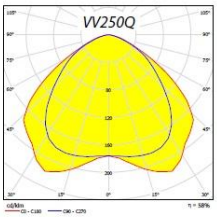
El. výstroj:
kompenzované, s tlumivkou EEI = B
QS - vysokotlaká sodíková nebo metalhalogenidová výbojka (HPS, HQI)
Q - pouze metalhalogenidová výbojka (HQI)
M - rtuťová výbojka (MBF)
E40 - výstroj pouze s objímkou E40

Aplikace:
- přisazené svítidlo pro interiérové aplikace
- osvětlení hal, sálů, sportovišť, skladů,..

Varianty:
VV…/Z - provedení svítidla se záskokovým (rozběhovým) zdrojem. Svítidlo je osazeno halogenovou žárovkou 150W zajišťující funkčnost svítidla v době náběhu výbojky.

Příslušenství:
Ochranná mřížka OM VV

Další informace:
Svítidla jsou dodávána bez výbojek. Vhodný typ výbojky je třeba zvolit s ohledem na elektrickou výstroj svítidla – doporučené výbojky pro jednotlivé varianty svítidla naleznete na www.modus.cz.

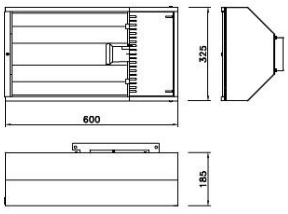


OMVV

PŘÍSTUP K EL. VÝSTROJI

		*	**	⊗		***	kg
VV150Q	1x150	NAHJ	Serial 3,5-4,5kV	HQI	E27	1,8	8,5
VV150S	1x150	NAHJ	Serial 3,5-4,5kV	HPS	E40	1,8	8,5
VV250QS	1x250	NAHJ	Serial 3,5-4,5kV	HPS, HQI	E40	3	9,6
VV400QS	1x400	NAHJ	Serial 3,5-4,5kV	HPS, HQI	E40	4,6	10,5
VV250Q/2,15A	1x250	M	Paralel 0,6-1kV	HQI	E40	2,15	9,3
VV400Q/3,5A	1x400	M	Paralel 0,6-1kV	HQI	E40	3,5	10,2
VV250M	1x250	M	-	MBF	E40		9,5
VV400M	1x400	M	-	MBF	E40		10,2
VV E40	1x500	-	-	-	E40		6,5

* - tlumivka (NAHJ – tlumivka pro vysokotlaké sodíkové a metalhalogenidové výbojky, M – tlumivka pro rtuťové výbojky) ** - zapalovač *** - proud tlumivky (A)



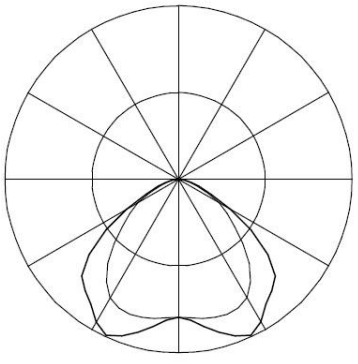
ČESKÝ VÝROBCE SVÍTIDEL

KATALOGOVÝ LIST SVÍTIDLA: MODUS VV 250Q

MODUS VV sym. refl. halogenid. výb. 250 W, IP20, Účinnost 58 %, 1 x 250 W

Úhel		C0	C30	C60		C90	C120	C150	C180
	I	L	I	I	I	L	I	I	I
0	176		176	176	176				
5	180		180	178	177				
10	190		188	182	180				
15	202		198	188	182				
20	212		209	194	183				
25	219		218	199	181				
30	210		221	200	174				
35	194		208	194	160				
40	185		192	179	140				
45	175	2025	181	156	116	1342			
50	149		164	128	94				
55	113	1612	135	102	76	1084			
60	76		96	81	60				
65	46	890	58	56	42	813			
70	28		30	31	25				
75	18	568	16	15	14	442			
80	7		8	7	7				
85	4	374	4	3	3	281			
90	0		0	0	0				
95	0		0	0	0				
100	0		0	0	0				
105	0		0	0	0				
110	0		0	0	0				
115	0		0	0	0				
120	0		0	0	0				
125	0		0	0	0				
130	0		0	0	0				
135	0		0	0	0				
140	0		0	0	0				
145	0		0	0	0				
150	0		0	0	0				
155	0		0	0	0				
160	0		0	0	0				
165	0		0	0	0				
170	0		0	0	0				
175	0		0	0	0				
180	0		0	0	0				

Hodnoty svítivosti I [cd/klm] a L [cd/m2/klm]



MODUS

MODUS spol. s r.o.
U Kuchyňky 966
674 01 Třebíč
tel.: 311 678 366
fax.: 311 670 820
e-mail: salesprom@modus.cz