

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

**Návrh vhodného řešení sdruženého
osvětlení vnitřního prostoru budovy**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Autor práce: Bc. Zdeněk Pečenka

PRAHA 2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Zdeněk Pečenka

Zemědělská specializace
Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Návrh vhodného řešení sdruženého osvětlení vnitřního prostoru budovy

Název anglicky

Design of suitable solution of combined lighting of building interior

Cíle práce

Cílem diplomové práce je navrhnout vhodné sdružené osvětlení vnitřního prostoru budovy s ohledem na požadavky a potřeby prostředí, vyplývající z jeho využití. Na základě poznatků z literatury, vlastních úvah a výpočtu s využitím dostupného softwaru, vypracovat několik variant možných řešení. Experimentálním měřením ověřit výsledky v praxi.

Metodika

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Metodika práce
- 4 Současný stav sledované problematiky
- 5 Vlastní řešení
- 6 Výsledky a diskuse
- 7 Závěr a doporučení
- 8 Seznam použitých zdrojů
- 9 Přílohy

Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran textu

Klíčová slova

Energie; měření; osvětlení; projekt; svítidla; stavba

Doporučené zdroje informací

Bystřický, V.- Kaňka, J.: Osvětlení. ČVUT, Praha, 1994, 76 s.

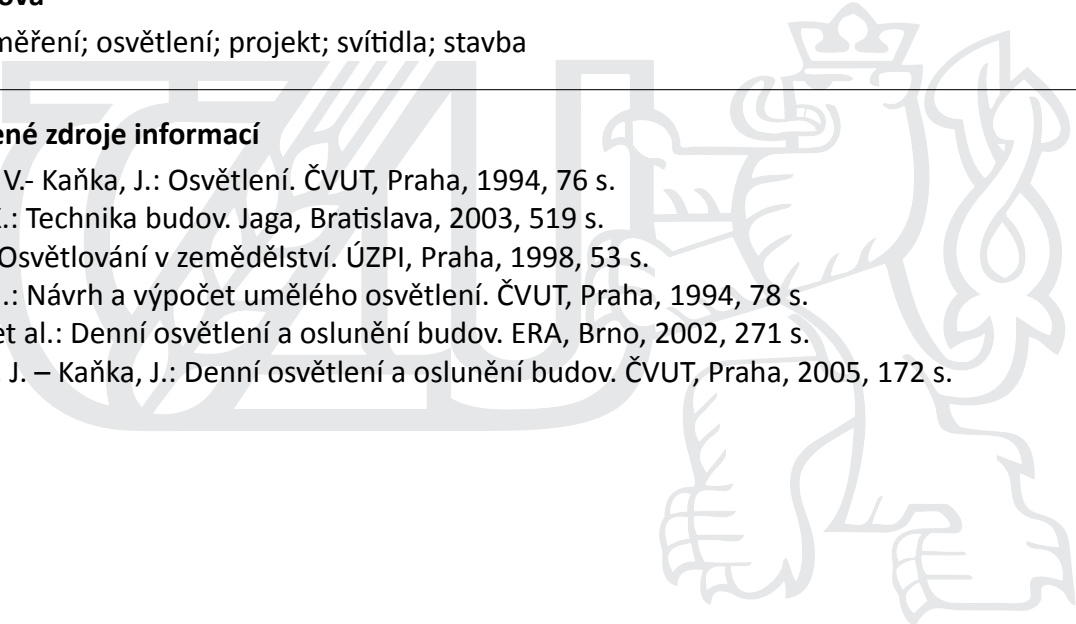
Daniels, K.: Technika budov. Jaga, Bratislava, 2003, 519 s.

Hutla, P.: Osvětlování v zemědělství. ÚZPI, Praha, 1998, 53 s.

Pavlíček, I.: Návrh a výpočet umělého osvětlení. ČVUT, Praha, 1994, 78 s.

Rybár, P. et al.: Denní osvětlení a oslunění budov. ERA, Brno, 2002, 271 s.

Weiglová, J. – Kaňka, J.: Denní osvětlení a oslunění budov. ČVUT, Praha, 2005, 172 s.



Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 18. 1. 2017

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2020

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Návrh vhodného řešení sdruženého osvětlení vnitřního prostoru budovy vypracoval/a samostatně a použil/a jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom/a, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom/a, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom/a že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji prof. Ing. Pavlu Kicovi, DrSc. za vedení při tvorbě mé diplomové práce. Dále bych rád poděkoval panu Grulichovi za umožnění realizace této práce u něj v domě a poskytnutí plánů domu. Velké díky patří také mojí manželce Pavle a blízké rodině za psychickou podporu.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá problematikou osvětlení interiéru. Je rozdělena do dvou hlavních částí. První teoretická přibližuje současnou problematiku na trhu a vysvětluje hlavní pojmy použité v dalších částech práce. Druhá praktická část popisuje konkrétní objekt, ukazuje na problémy při návrhu budovy i jejím dalším vybavení. Předkládá varianty, jak vyřešit osvětlení efektivněji. Jedna z variant je realizována a změřena. Výsledky měření jsou diskutovány s teoretickými podklady.

KLÍČOVÁ SLOVA

Osvětlenost, činitel denní osvětlenosti, návrh a měření osvětlení, denní, umělé, sdružené osvětlení.

SUMMARY

The thesis deals with the issue of interior lighting. It is divided into two main parts. The first theoretical approach describes the current market issues and explains the main concepts used in other parts of the thesis. The second practical part describes the concrete object, shows the problems in the design of the building and its other equipment. It presents variants how to solve lighting more effectively. One of the variants is realized and measured. Measurement results are discussed with theoretical background.

KEY WORDS

Illumination, daylight factor, illumination design and measurement, daylight, artificial, combined lighting.

OBSAH

1	Úvod	7
2	Teoretická část	8
2.1	Schopnost vidění	8
2.2	Vliv světla na člověka	9
2.3	Fotometrické veličiny	10
2.3.1	Světelný tok	10
2.3.2	Svítivost	11
2.3.3	Jas	12
2.3.4	Intenzita osvětlení (Osvětlenost)	12
2.3.5	Činitel denní osvětlenosti	12
2.3.6	Činitel odrazu	13
2.4	Rozdělení osvětlení	14
2.5	Oslnění	15
2.6	Druhy osvětlení a osvětlovacích soustav	16
2.6.1	Denní osvětlení:	17
2.6.2	Umělé osvětlení	17
2.6.3	Sdružené osvětlení:	18
2.7	Svítlidla a jejich parametry	18
2.7.1	Teplota chromatičnosti (barevná teplota)	18
2.7.2	Index podání barev	19
2.7.3	Měrný výkon zdroje	19
2.7.4	Ovládání a stmívání LED osvětlení	19
2.7.5	IP krytí	20
2.8	Světlovody	21
2.9	Požadavky a normy	22
2.9.1	Požadavky na denní osvětlení obytných budov	23
2.9.2	Požadavky na sdružené osvětlení obytných budov	25
2.9.3	Požadavky na jas	27
2.9.4	Požadavky na rovnoměrnost	28
2.9.5	Požadavky na umělé osvětlení obytných budov	29

2.10	Identifikace použitého přístroje, jeho chybovost a parametry	30
2.11	Jak měřit denní a umělé osvětlení, měřítko a rastr, ideální datum měření	31
3	Popis a měření stavu na počátku	34
3.1	Popis místa realizace, polohy.....	34
3.2	Simulace denního osvětlení	36
3.3	Měření denního osvětlení	38
3.4	Simulace umělého osvětlení	40
3.5	Měření umělého osvětlení.....	42
4	Návrh ekonomické varianty umělého osvětlení a ověření měřením	45
4.1	Simulace umělého osvětlení	46
4.2	Měření umělého osvětlení v praxi.....	48
4.3	Zhodnocení účinnosti a spotřeby použitých světelných zdrojů	49
5	Návrh optimální varianty umělého osvětlení.....	51
5.1	Ložnice	52
5.2	Chodba.....	54
5.3	Koupelna.....	56
5.4	Pracovna	58
5.5	Dětský pokoj	61
5.6	Zádveří.....	63
5.7	Kuchyň.....	64
5.8	Obývací pokoj.....	66
6	Návrh optimální varianty denního osvětlení.....	69
7	Závěr a doporučení.....	73
	Seznam použitých zdrojů.....	75
	Seznam příloh.....	78

1 ÚVOD

Tato diplomová práce vzniká na základě poznatků z mé praxe ohledně vnímání správného osvětlení laiky a architektky. Z mého osobního úhlu pohledu je situace bohužel znepokojující a především laická veřejnost v souvislosti se svou neznalostí dané problematiky velice častou akceptuje fakta, ani odborné studie, zaměřené na vliv světla na lidský organismus, zejména psychickou pohodu, pracovní výkon, soustředění, únavu a zdraví.

Naneštěstí často problém začíná už při samotném plánování stavby architektky, kteří mnohdy věnují vysokou pozornost použitým materiálům či skladbě stavby a jen okrajově se zabývají návrhy osvětlovacích otvorů, rozložením denního světla v místnosti a umělé osvětlení neřeší téměř nikdy. Své projekty odevzdávají s jedním vývodem na světlo uprostřed každé místnosti.

Výše popsany je pozorovatelný hlavně u stavby rodinných domů, případně rekonstrukce bytů ve starší zástavbě. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl jeden takový dům vzít jako modelový a demonstrovat na něm tento problém.

Cílem práce je změřit, zaznamenat a posoudit stávající stav denního a umělého osvětlení a navrhnout vhodné sdružené osvětlení vnitřního prostoru budovy s ohledem na požadavky a potřeby prostředí, vyplývající z jeho využití. Na základě poznatků z literatury, vlastních úvah a výpočtu s použitím dostupného softwaru, bude navržena ekonomická varianta umělého osvětlení, splňující základní požadavky na osvětlení prostoru s přihlédnutím ke klientovým přáním. Tato varianta bude navržena a simulována v programu DIALUX Evo. Zároveň bude klientovi reálně dodána a také osazena. Celý objekt bude po montáži změřen, výsledky zaznamenány a porovnány s výsledky simulace. Dále bude navrženo optimální osvětlení bez ohledu na pořizovací cenu. Důraz bude kladen nejen na funkčnost, ale i který by měl splňovat trendy posledních let. V závěrečné kapitole bude poukázáno na výrazný prostor pro zlepšení v plánování okenních a osvětlovacích otvorů, což bude opět demonstrováno simulací v programu DIALUX Evo.

2 TEORETICKÁ ČÁST

Světlo představuje pro člověka nejdůležitější elektromagnetické záření. Elektromagnetické záření je vlnění, které se šíří prostorem rychlostí světla. Jedná se o kombinaci příčného postupného vlnění magnetického a elektrického pole.

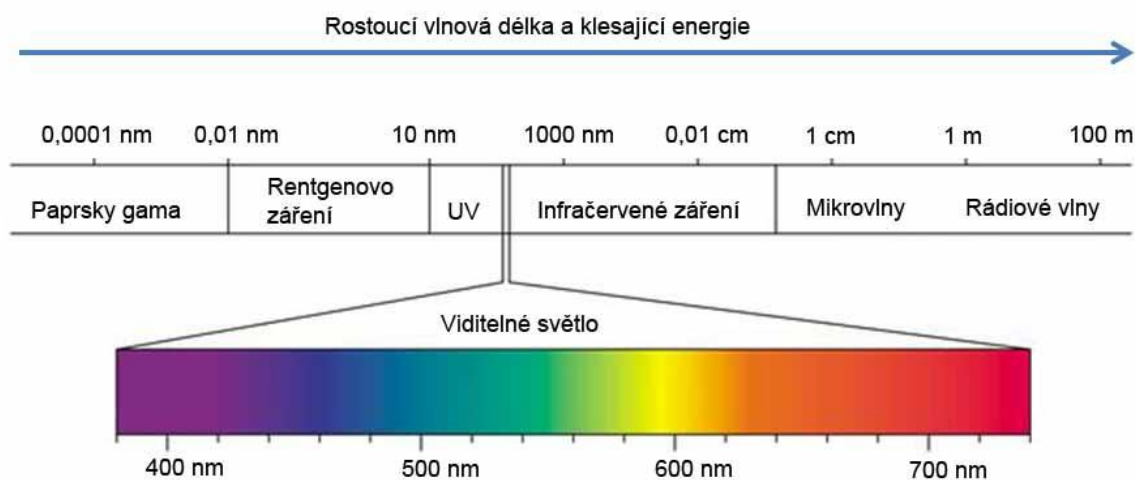
Lze charakterizovat následujícími veličinami:

Frekvencí f [Hz],

Vlnovou délkou λ [m],

Periodou T [s].

Nezákladnějším přírodním zdrojem světla je pro člověka Slunce. Slunce vyzařuje spojitě elektromagnetické záření v širokém rozsahu vlnových délek, avšak na zemský povrch dopadá jen úzká část elektromagnetického spektra o vlnové délce $\lambda = 100$ až $1\,400$ nm, již nazýváme slunečním zářením. Podstatná část vyzařovaného spektra je odfiltrována atmosférou. Sluneční záření můžeme dále rozdělit na ultrafialové, viditelné a infračervené záření (Obr. 1).



Obr. 1 – Spektrum světla [1]

2.1 Schopnost vidění

Lidské oko je velmi složitý orgán schopný přijímat viditelné záření, transformovat ho na nervové impulzy a tento zrakový vjem přenášet do mozku. Jakékoliv optické záření, které vyvolá zrakový vjem, je označováno za viditelné záření. Vlnová délka, kterou je lidské oko schopné zpracovat, je přibližně od 380 do 780 nm (v závislosti na konkrétním jedinci). Světlo

představuje nejdůležitější prostředek k získávání a přenosu informací o okolním světě. Aby bylo možné tyto informace okem zachytit a zpracovat s dostatečnou přesností a rychlostí, musí mít světelné informace patřičně vysokou intenzitu, která ale na druhou stranu nesmí být natolik velká, aby docházelo k oslnění.

Člověk je schopen vidět zdroje světla, například Slunce, hvězdy, plamen, zářivku, ale nikoliv světlo jako takové. Lidské oko vidí pouze jas plochy. Barevnost předmětů je dána jejich odrazivostí (vlastnost, jež určuje, které vlnové délky předmět pohlcuje a které naopak odráží). Tyto informace lidské oko vyhodnocuje pomocí receptorů na sítnici oka – tyčinky a čípky. Tyčinky jsou velmi citlivé na světlo a umožňují nám rozeznávat předměty i za malé intenzity světla, přibližně 0,01 lx. Čípky naopak fungují až od vyšší intenzity světla a umožňují nám vidět různé barvy, tedy různé vlnové délky, různé intenzity a různé sytosti barev. Hodnoty pod 1 lx jsou označovány jako noční vidění. Okolo 10 lx je lidské oko některých jedinců schopno rozeznat základní barvy a až od 100 lx je schopno rozeznat 95 % barevných tónů, proto jsou hodnoty pro návrhy umělého osvětlení interiérů nad těmito hodnotami.

Důležité pojmy:

Zrakový výkon – množství informací zpracované zrakem za jednotku času

Zraková pohoda – psychologický stav, při kterém celý zrakový systém plní optimálně své funkce.

2.2 Vliv světla na člověka

Sluneční záření pronikající zemskou atmosférou bylo vždy velmi podstatným faktorem ovlivňující a formulující nejen životní prostředí, ve kterém žijeme, ale také biologické rytmy člověka. Jako příklad může posloužit třeba střídání ročních období. V létě, kdy je lidský organismus většinu dne vystaven dostatku světla, mívá člověk zpravidla dobrou náladu a vyšší pracovní výkon. Oproti tomu v zimních obdobích, kdy jsou krátké dny a světla je přes den málo, se častěji projevuje únava, snížený pracovní výkon, splín, přibírání na váze nebo neefektivita v práci, někdy i stavy úzkosti, zvýšený výskyt depresí a další negativní emoce. Výzkumy ukázaly, že tyto stavy výrazně odeznívají při osvětlování člověka vysokou intenzitou světla. Léčba světlem (fototerapie) je využívána i v lékařství, například k vyléčení kojenecké žloutenky. [2]

Střídání dne a noci má výrazný vliv na psychologické a biochemické nastavení organismu. Této změně se přizpůsobuje celá řada biologických funkcí člověka. Můžeme říci, že lidské hodiny jsou řízeny světlem. Podle světla náš mozek plánuje funkce celého organismu tak, aby nejlépe vyhovovaly činnostem v různých denních i nočních hodinách. Změna biologických rytmů v návaznosti na světlo se nazývá *cirkadiánní rytmus*.

V dobách kdy ještě lidé využívali přírodní úkryty, trávili většinou celé dny venku, kde na ně celý den působilo denní světlo, a do tmavých úkrytů se uchýlovali pouze ke spánku nebo ochraně. Postupem času s počátkem stavby obydlí se člověk začal více schovávat do budov, kde začal provozovat také pracovní činnosti. To vyvolalo čím dál větší potřebu osvětlujících stavebních otvorů a umělého osvětlení, které bylo zajišťováno v podobě ohně. Technická revoluce na konci 18. století (a s ní spojený vynález žárovky) nastartovala proces výrazné změny životního stylu člověka, který trvá dodnes. V dnešní době tráví většina lidí den pobytem v budovách pod umělým osvětlením, což ovlivňuje jejich cirkadiánní rytmus. Bohužel nedostatečná znalost problematiky a hustota zástavby velkých měst zapříčinily velký počet budov s nedostatkem denního světla. Vliv nedostatku denního světla a slunečního záření byl popsán již v 19. století. Měl za následek šíření infekčních nemocí a svůj podíl též na předčasné úmrtnosti. [3]

Nedostatečné osvětlení způsobuje také vysokou zrakovou zátěž, která při dlouhodobém působení může vyústit v nenávratné poškození zraku. Ačkoli potřebu a míru intenzity denního světla vnímá každý jedinec jinak, nejvíce náchylné jsou děti, které prochází vývojem. Toto všechno lze do jisté míry kompenzovat právě návrhem správného umělého osvětlení.

2.3 Fotometrické veličiny

2.3.1 Světelný tok

[2, 4] Vyjadřuje celkový světelný výkon zdroje vyzářený za jednotku času do všech směrů. Jedná se o schopnost světla vyvolat zrakový vjem. Jednotkou je lumen (lm).

Světelný tok monochromatického záření konkrétní vlnové délky je vyjádřen vztahem:

$$\phi(\lambda) = K(\lambda) \cdot \phi_e(\lambda) \quad (1)$$

$\phi_e(\lambda)$ je zářivý tok světelné délky λ

$K(\lambda)$ ($\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$) je monochromatický účinek světelného záření

Světelný tok složeného záření z více světelných záření vlnových délek λ :

$$\phi(\lambda) = K_m \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\phi_e(\lambda_i)}{\Delta\lambda_i} V(\lambda_i) \Delta\lambda_i \quad (2)$$

K_m maximální hodnota spektrální veličiny $K(\lambda)$

$V(\lambda)$ je poměrná světelná účinnost monochromatického záření

Světelný tok spojitého spektra nebo jeho části:

$$\phi(\lambda) = K_m \int_0^\infty \left(\frac{d\phi_e(\lambda)}{d\lambda} \right) V(\lambda) d\lambda \quad (3)$$

$\left(\frac{d\phi_e(\lambda)}{d\lambda} \right)$ je spektrální hustota zářivého toku ϕ_e pro vlnovou délku λ

2.3.2 Svítivost

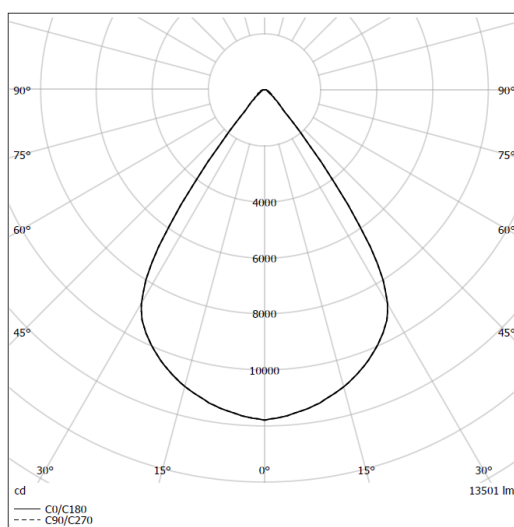
Značí se I a udává hustotu světelného toku vyzářovaného v různých směrech. Pro konkrétní směr vyjadřuje elementární velikost světelného toku vyzářeného elementárního prostorového úhlu. Jednotkou je kandela (cd). Jedna kandela je základní jednotkou tabulek SI a odpovídá přibližně svitu svíčky.

$$I = \frac{d\phi}{d\Omega} \quad (4)$$

$d\phi$ (lm) je elementární světelný tok

$d\Omega$ (srad) je elementární prostorový úhel

Svítivost je závislá na teplotě chromatičnosti. Na Obr. 2 je přiložen příklad svítivosti svítidla zakresleného v polárních souřadnicích.



Obr. 2 - Svítivost v polárních souřadnicích

2.3.3 Jas

Je množství světla, které vyjde, projde nebo se odrazí od plochy povrchu pod určitým úhlem. Označuje se L a jednotkou je $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$.

$$L = \frac{dI}{dS \cos\theta} \quad (5)$$

dI (cd) je svítivost elementární plochy dS (m^2)

θ je úhel průmětu/odrazu svítivosti od dané plochy

Ve vztahu k vnitřním prostorům budov se obloha s rozptýleným slunečním světlem v atmosféře považuje za plošný zdroj světla.

2.3.4 Intenzita osvětlení (Osvětlenost)

Intenzita osvětlení je veličina vyjadřující hustotu světelného toku dopadající na jednotku plochy. Značí se E a jednotkou je lux ($\text{lm} \cdot \text{m}^{-2}$)

$$E = \frac{d\phi}{dS} \quad (6)$$

$d\phi$ (lm) je elementární světelný tok

dS (m^2) je elementární plocha

2.3.5 Činitel denní osvětlenosti

Činitel denní osvětlenosti D (%) je procentuální vyjádření podílu osvětlenosti v kontrolním bodě interiéru a horizontální osvětlenosti v exteriéru na nezastíněné rovině. Měří se při zatažené zimní obloze, kdy je světlo nejvíce rozptýlené v atmosféře.

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100 \quad (7)$$

E je hodnota osvětlenosti v kontrolním bodě

E_h je horizontální osvětlenost oblohy

Tab. 1 – Požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti podle ČSN 730580-1 a popis třídy zrakových činností, převzato z [5]:

Třída zrakové činnosti	Charakteristika zrakové činnosti	Poměrná pozorovací vzdálenost	Příklady zrakových činností	Požadovaná hodnota	
				minimální D _{min} [%]	průměrná D _m [%]
I.	mimořádně přesná	3 330 a větší	Nejpřesnější zraková činnost s omezenou možností použití zvětšení, s požadavkem na vyloučení chyb v rozlišení, nejobtížnější kontrola.	3,5	10
II.	velmi přesná	1 670 až 3 330	Velmi přesné činnosti při výrobě a kontrole, velmi přesné rýsování, ruční rytí s velmi malými detaily, velmi jemné umělecké práce.	2,5	7
III.	přesná	1 000 až 1 670	Přesná výroba a kontrola, rýsování, technické kreslení, obtížné laboratorní práce, náročné vyšetření, jemné šití, vyšívání.	2,0	6
IV.	středně přesná	500 až 1 000	Středně přesná výroba a kontrola, čtení, psaní (rukou i strojem), běžné laboratorní práce, vyšetření, ošetření, obsluha strojů, hrubší šití, pletení, žehlení, příprava jídel.	1,5	5
V.	hrubší	100 až 500	Hrubší práce, manipulace s předměty a materiálem, konzumace jídla a obsluha, oddechové činnosti, základní a rekreační tělovýchova, čekání.	1,0	3
VI.	velmi hrubá	menší než 100	Udržování čistoty, sprchování, mytí, převlékání, chůze po komunikacích přístupných veřejnosti.	0,5	2
VII.	celková orientace	–	Chůze, doprava materiálu, skladování hrubého materiálu, celkový dohled.	0,2	1
Trvalý pobyt osob v místnosti nebo její funkčně vymezené části				1,5	3

Pro potřeby pochopení dalších souvislostí v této práci je nutné si představit jednotlivé třídy zrakových činností. To je vystiženo v tabulce (Tab. 1) včetně požadovaných minimálních a průměrných hodnot denní osvětlenosti pro jednotlivé zrakové činnosti. Termín poměrná pozorovací vzdálenost je bezrozměrné číslo vyjadřující poměr velikosti kritického detailu udávaného v metrech vůči vzdálenosti od oka pozorovatele (také v metrech). Značí se p_v .

2.3.6 Činitel odrazu

Je vlastnost materiálu. Vyjadřuje poměr odraženého a dopadajícího světelného toku na povrch tělesa. Vyjadřuje se vzorcem:

$$\rho = \frac{\phi_r}{\phi_0}, \quad (8)$$

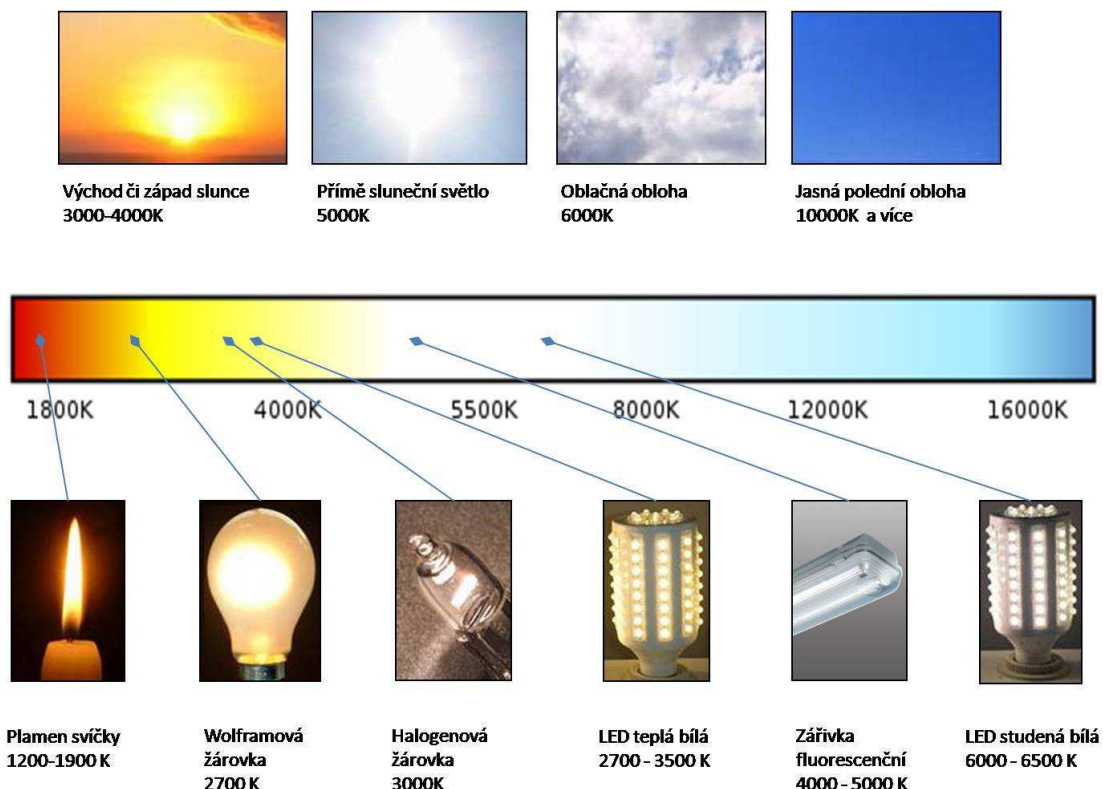
kde ϕ_r je světelný tok odražený a ϕ_0 je světelný tok dopadající na povrch.

2.4 Rozdělení osvětlení

Osvětlení z pohledu člověka můžeme rozdělit do tří kategorií. Jsou jimi denní osvětlení, umělé osvětlení a sdružené osvětlení, které je kombinací předchozích dvou.

Zdrojem denního osvětlení je Slunce, respektive obloha. Pro člověka je nenahraditelné a jak již bylo popsáno, je na něm závislých mnoho životních rytmů člověka, ale také psychický stav a nálada organismu. Část ultrafialového spektra má baktericidní účinky, což znamená, že tzv. desinfikují prostor. Proto je potřeba navrhovat interiéry určené pro trvalý pobyt osob tak, aby tohoto světla bylo v interiéru využito co nejvíce. Toto osvětlení lze distribuovat do budovy buď přímo, například okny nebo světlíky, nebo jako odražené, například světlovody. [6]

Přímé sluneční světlo vnímáme jako bílé, jelikož se jedná o komplex celého spektra barev. Denní světlo má však dynamický charakter. Ten se projevuje jednak změnou intenzity osvětlení, ale také změnou teploty chromatičnosti během dne, což znázorňuje následující obrázek (Obr. 3).



Obr. 3 – Teplota chromatičnosti jednotlivých zdrojů světla [9]

Potřeba umělého osvětlení vznikla u člověka spolu s potřebou vykonávat pracovní úkoly i po setmění nebo v zimních časech, kdy je intenzita osvětlení v některých dnech nedostačující pro zrakově náročnější práci. Existují však i prostory, kde je přímé sluneční záření nežádoucí, protože může oslňovat nebo bránit vykonávání pracovního úkolu.

Umělé osvětlení prošlo a stále prochází vývojem. Zpočátku se jednalo o oheň, svíčku, louči, na konci 19. století to byla wolframová žárovka, ve 20. století se k žárovce přidaly další zdroje a jako poslední technologii mezi světelnými zdroji pro budovy lze označit LED diodový zdroj světla. Technologie výroby LED diod nám (jako jediná) umožňuje vyrobit světelný zdroj o jakékoliv teplotě chromatičnosti bez použití filtrů. Zároveň se vyznačuje vysokou účinností. Z těchto důvodů se dnes stává nejpoužívanějším zdrojem osvětlení.

Umělé osvětlení pro bytové účely by se mělo navrhovat tak, aby se co nejvíce přibližovalo dennímu. Z tohoto důvodu je dobré plánovat osvětlení místností tak, aby se neskládalo pouze z jednoho svítidla, nýbrž je vhodné využívat možnosti stmívání, používat zdroje o různých teplotách chromatičnosti v závislosti na činnosti, která se v místnosti má odehrávat, případně umožnit změnu teploty světla.

Sdruženým osvětlením se označuje současné osvětlení denním a umělým světlem. Může být lokální, tedy pouze v místech, kde je denní světlo zastíněno, nebo celkové – v celé ploše tam, kde denní osvětlení nedosahuje dostatečné intenzity k výkonu požadovaného úkolu. Vztahy mezi denním a umělým osvětlením popisuje česká technická norma ČSN 36 0020 – Sdružené osvětlení. Při výpočtu a měření sdruženého osvětlení se sčítají hodnoty osvětlenosti denním a umělým světlem. Pro hodnocení kvality osvětlenosti se používá $E_h = 5\,000\text{ lx}$ pro zimní období a $E_h = 20\,000\text{ lx}$ pro letní období. Dle ČSN 36 0020 musí být také zachován dostatečný podíl denní složky v celém vnitřním prostoru. Pro prostor s trvalým pobytem lidí je to $D_m = 1\%$ v závislosti na zrakové třídě úkolu. [7]

2.5 Oslnění

Oslnění je stav, kdy je oko vystaveno většímu jasu, než na jaké je zrovna přizpůsobeno. Může být rušivé, omezující, oslepující, absolutní, závojové, reflexní, přímé, oslnění odrazem, přechodové, oslnění kontrastem (relativní). Můžeme ho také rozdělit na psychologické a fyziologické. Psychologické nastává tehdy, když zdroj světla odpoutává od úkolu. I když to na první dojem není znát, způsobuje to v člověku zrakovou nepohodu vedoucí k celkové únavě. Fyziologické je takové, které už člověka omezuje v činnosti, protože zhoršuje činnost

zraku. V krajním případě může vést až k absolutnímu oslnění, kdy dojde ke znemožnění vidění. Tento stav může přetrvávat i nějakou dobu po skončení působení zdroje oslnění.

Pro účely hodnocení oslnění je v praxi zaveden pojem index oslnění UGR (Unified Glare Rating) pro vnitřní prostory a index oslnění GR pro venkovní prostory. Požadavky na oslnění specifikuje norma ČSN EN 12464-1. UGR může nabývat hodnot 0 až 30, podrobněji vysvětluje následující tabulka (Tab. 2). [8, 9]

Tab. 2 – Index oslnění, převzato z [10]:

Stav oslnění	Hodnota UGR
Neznatelné	10
Právě znatelné	13
Znatelné	16
Právě přijatelné	19
Nepřijatelné	22
Právě nepříjemné	25
Nepříjemné	28

2.6 Druhy osvětlení a osvětlovacích soustav

Jedním z velmi důležitých faktorů zdravého a příjemného bydlení je dostatek denního světla. Denní světlo je v první řadě hygienický požadavek lidského těla. Až sekundární je zajištění osvětlení pro vykonávání zrakového úkolu a práci. K tomu slouží osvětlovací soustavy.

V knize Světlo (Habel a kol. 2013, str. 330) autoři uvádějí [2]: *Osvětlovací soustava je funkční a ucelený soubor osvětlovacích prostředků (tj. světelných zdrojů, svítidel a jejich příslušenství, vč. napájení a ovládání), které vytváří v osvětlovacím prostoru světelné prostředí. Účelem návrhu osvětlovací soustavy je vytvořit takové světelné prostředí, které umožní dosáhnout požadované úrovně zrakového výkonu a pohody s přijatelnou spolehlivostí, bezpečností osob a majetku, při přiměřených finančních nákladech. Volba osvětlovací typu osvětlovací soustavy zásadním způsobem ovlivňuje nejen charakter osvětlení, ale také jeho energetickou náročnost.*

2.6.1 Denní osvětlení:

Osvětlovací systémy denního osvětlení se rozdělují [2, 7]:

- 1) Boční osvětlovací systém
 - a) Jednostranný
 - b) Dvoustranný
 - c) Vícestranný
 - d) Sekundární
 - e) Bazilikální
- 2) Horní osvětlovací systém
- 3) Kombinovaný osvětlovací systém

2.6.2 Umělé osvětlení

Můžeme rozdělit:

- 1) Z hlediska zdroje proudu:
 - a) Normální
 - b) Nouzové
- 2) Z hlediska provozního účelu:
 - a) Hlavní
 - b) Doplňkové
- 3) Z hlediska prostorového rozložení:
 - a) Přímé
 - b) Nepřímé
 - c) Smíšené
- 4) Podle rozložení sledovaných světelně technických veličin:
 - a) Celkové
 - b) Odstupňované

c) Kombinované, které se dále dělí:

- akcentové
- efektné
- dekorační
- architekturní
- barevné

2.6.3 Sdružené osvětlení:

V obytných budovách je dobré využívat denní osvětlení co nejvíce. Ne vždy ovšem koncept domu umožňuje osvětlit všechny místnosti denním světlem, případně umožňuje, ale nikoliv v dostatečné míře. Z tohoto důvodu je pojem sdružené osvětlení vysvětlován jako účelové využití denního a umělého osvětlení souběžně. Sdružené osvětlení se sice nemůže vyrovnat vlivem na člověka dennímu světlu, ale je výrazně příznivější, než čistě světlo umělé. [6]

Z hlediska doby používání jej můžeme rozdělit:

- 1) Trvalé
- 2) Přechodné

Z hlediska rozsahu:

- 1) Celkové
- 2) Lokální

2.7 Svítidla a jejich parametry

2.7.1 Teplota chromatičnosti (barevná teplota)

Vyjadřuje spektrální složení vyzařovaného světla. Může být od červených tónů, přes žlutou, bílou až do modra. Obrázek 3 v kapitole 2.4 popisuje teplotu chromatičnosti jak z pohledu denního osvětlení, tak z pohledu světelných zdrojů. Moderní LED zdroje je možné vyrobit s jakoukoliv barevnou teplotou.

2.7.2 Index podání barev

Vyjadřuje, do jaké míry se shoduje barva umělého světla s denním světlem při stejné teplotě chromatičnosti. V bytové výstavbě by měla být používána svítidla s indexem větším než 80, ideálně více než 90.

2.7.3 Měrný výkon zdroje

Udává efektivitu přeměny elektrické energie (ve wattech) na vyzářený světelný výkon (v lumenech). Udává se v lm/W. Bývá vyjádřen energetickým štítkem, který je výrobce povinný uvádět na každém elektrickém spotřebiči. Slouží pro základní orientaci v efektivnosti a úspornosti světelného zdroje.

2.7.4 Ovládání a stmívání LED osvětlení

Základní ovládání svítidla typu ON/OFF je na trhu od doby, co vznikl vypínač. Zná jej pravděpodobně každý a není jej potřeba představovat. Doba však pokročila a jsou k dispozici též čím dál sofistikovanější možnosti ovládání, hlavně stmívání a vytváření světelných scén. Stmívání lze aplikovat na různé typy světelných zdrojů, pokud jsou ke stmívání uzpůsobena, což bývá technologicky složité a nákladné. Nejlepším zdrojem světla pro stmívání a ovládání je LED osvětlení. Stmívat můžeme jakoukoliv LED diodu. Stačí mít k tomu určené trafo nebo předřadník. Pomocí barevných LED diod můžeme také vytvářet i různé světelné scény.

Tou nejstarší variantou je ovládání pomocí napětí 0 až 10 V. V takovém případě se užívá většinou otočného kolečka jako potenciometru ve vypínači. To dává analogově informaci transformátoru ve světle pomocí uvedeného napětí do 0 do 10 V. Z vypínače je k tomuto úkonu zapotřebí navíc dvou signálových vodičů.

Další možností je ovládání triakem. Jeho výhoda spočívá v tom, že lze aplikovat ve stávající instalaci s třívodičovým vedením. Montuje se pod vypínač do krabice KU68 a stmívání je pak založené na omezení průtoku proudu do svítidla, respektive propouštění části amplitudy. Nevýhodou je drobná výkonová ztráta v triaku, což však vytváří teplo. Při regulování větších výkonů nebo při použití v místnostech s větší teplotou je potřeba ho chladit. Někteří výrobci nabízejí ovládání kromě vypínače i například mobilem přes bluetooth nebo přes wi-fi.

Nejvíce sofistikovaným zařízením je ovládání pomocí protokolu DALI. Jedná se o digitální řízení. K tomu je zapotřebí elektronika uvnitř svítidla speciálně určená pro systém DALI. Lze jej ovládat buď tlačítkem místo vypínače, nebo může být napojen na drátový i bezdrátový

system ovládání, případně na chytrou domácnost ovládanou přes internet. Tyto možnosti lze kombinovat. V nejjednodušší variantě ovládání tlačítkem je fáze vedena přímo do svítidla a ze svítidla je do vypínače zaveden pouze dvoužilový vodič. Na tomto vodiči elektronika svítidla udržuje napětí a po stisknutí tlačítka dojde ke spojení vodičů, což elektronika vyhodnotí na základě zvoleného programu. Například krátký stisk znamená vypnout/zapnout, dlouhý stisk přidat/ubrat intenzitu.

2.7.5 IP krytí

Aby spotřebitel věděl, jestli je výrobek vhodný pro konkrétní použití, bylo zavedeno označování výrobků písmeny IP a dvěma, respektive čtyřmi čísly dle parametrů uvedených v ČSN EN 60529. Za zkratkou IP mohou být čtyři číslice či písmena. První pozice označuje ochranu před nebezpečným dotykem, vniknutím těles a vniknutím prachu. Druhá pozice označuje ochranu před vniknutím vody. Třetí pozice je přídatné písmeno (může být A, B, C, nebo D) a zpravidla se s její pomocí vyjadřuje ochrana před dotykem nebezpečných částí. Poslední pozice je doplňkové písmeno pro zvláštní situace, které může nabývat hodnot H, M, S nebo W. V praxi se však používají zejména první dvě pozice, jejichž bližší popis je v následujících tabulkách [11, 12]:

Tab. 3 – Stupně ochrany před nebezpečným dotykem a vniknutím cizích těles a prachu:

IP0X	nechráněno
IP1X	ochrana před vniknutím cizích těles $\varnothing 50$ mm a větších a před dotykem dlaně
IP2X	ochrana před vniknutím cizích těles $\varnothing 12,5$ mm a větších a před dotykem prstem
IP3X	ochrana před vniknutím cizích těles $\varnothing 2,5$ mm a větších a před dotykem nástrojem
IP4X	ochrana před vniknutím cizích těles $\varnothing 1$ mm a větších a před dotykem drátem
IP5X	ochrana před prachem a dotykem jakéhokoliv tělesa
IP6X	prachotěsné a ochrana před jakýmkoliv tělesem

Tab. 4 – Stupně ochrany před vniknutím vody:

IPX0	nechráněno
IPX1	ochrana před kapkami vody tekoucími svisle – ekvivalent deště 3–5 mm po dobu 10 minut ve standardní poloze
IPX2	ochrana před kapkami vody dopadajícími pod úhlem do 15° - ekvivalent deště 3–5 mm po dobu 10 minut při náklonu 15° ve 4 různých polohách proti instalační poloze
IPX3	ochrana proti vodní tříšti. Voda stříká na přístroj pod úhlem 60° vertikálně, 10 l/min při tlaku 80–100 kN/m ² po dobu 5 minut
IPX4	ochrana před stříkající vodou. Voda míří tryskou 6,3 mm ze všech úhlů 12,5 l za minutu při tlaku 30 kN/m ² po dobu 3 minut ze vzdálenosti 3 m
IPX5	ochrana před tryskající vodou. Voda míří tryskou 6,3 mm ze všech úhlů 100 l za minutu při tlaku 30 kN/m ² po dobu 3 minut ze vzdálenosti 3 m
IPX6	ochrana před intenzivně tryskající vodou. Voda míří 12,5 mm tryskou ve všech úhlech při průtoku 100 l/min při tlaku 100 kN/m ² po dobu 3 minut ze vzdálenosti 3 m
IPX7	ochrana před dočasným ponořením do vody. Ponoření na 30 minut do hloubky 1 m
IPX8	ochrana před nepřetržitým potopením přístroje do vody za podmínek určených výrobcem zařízení.
IPX9	ochrana při vyšším tlaku a teplé vodě

2.8 Světlovody

Světlovod (Obr. 4) je trubicový systém umožňující přivést denní a měsíční světlo i do místností, které nemohou mít okna, a to až na vzdálenost 6 m od plochy střechy. Skládá se ze tří hlavních částí:

- střešní díl, nejčastěji ve tvaru kopule, který umožňuje vstup záření do tubusu,
- světlovodné potrubí, které má za úkol přenést světlo s co nejmenšími ztrátami do interiéru,
- stropní difuzor, jenž má za úkol rovnoměrně rozptýlit záření do prostoru místnosti.

Světlovod může být umístěn do šikmé i ploché střechy a může být doplněn i LED osvětlením, které v noci může nahradit svítidlo. Podle počasí a délky tubusu se svítivost systému může pohybovat od 0 do 2 500 lm.



Obr. 4 – Světlovod [13]

2.9 Požadavky a normy

[14] Vnitřní prostředí může být osvětleno denním světlem, umělým, nebo oběma současně, potom se jedná o osvětlení sdružené. Požadavky na osvětlení interiéru musí při plánování splňovat normy sdruženého osvětlení, protože se počítá s tím, že objekt bude mít pravděpodobně alespoň jednu místnost neosvětlenou denním světlem, případně jen velmi špatně osvětlenou.

V České republice existuje norma popisující sdružené osvětlení ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení, denní osvětlení ČSN 73 0580 Denní osvětlení budov a pro umělé osvětlení platí ČSN 36 0450 Umělé osvětlení vnitřních prostorů. Tyto normy v sobě zahrnují požadavky na osvětlení obytných budov, výrobních a pracovních prostorů, škol a vzdělávacích center, hospodářských objektů, nemocničních zařízení a dalších objektů. Pro účely této diplomové práce jsou stěžejní normy a požadavky týkající se obytných budov, určených pro trvalý pobyt lidí.

Hlavní kritéria pro zajištění vyhovujícího světelného prostředí dle ČSN 73 0580-1 jsou následující [15]:

- 1) Kvantitativní – úroveň denního osvětlení
- 2) Kvalitativní
 - a) rovnoměrnost osvětlení
 - b) rozložení světelného toku a převládající směr
 - c) rozložení jasů ploch v pohledovém poli
 - d) zabránění oslnění
 - e) světelně technické vlastnosti interiérů
 - f) další jevy (barva světla, ...)

2.9.1 Požadavky na denní osvětlení obytných budov

O problematice podrobně hovoří např. Kaňka (2016, online) [16]: *Požadavky na denní osvětlení a proslunění bytů se v československých normách začaly objevovat již na konci čtyřicátých let minulého století. Normalizace postupně směřovala ke zjednodušení a částečnému zmírnění původně více přísných požadavků. Pro poznání principu stanovení požadavků na denní osvětlení v České republice a na Slovensku je klíčová ČSN 36 0035 Denní osvětlení budov z roku 1968. Tato norma u nás zavedla hodnocení pomocí modelu zatažené oblohy s gradací jasu mezi horizontem a zenitem 1:3 (resp. 1:2 pro nadmořské výšky nad 600 m), zavedla pojem „trvalý pobyt“ a poprvé použila k hodnocení obtížnosti zrakové práce poměrnou pozorovací vzdálenost. Také stanovila požadavky na denní osvětlení, z nichž většina je platná dodnes. Zataženou oblohu v zimě považujeme za nejméně příznivý stav venkovní osvětlenosti. Bude-li v interiéru dostatek světla při zatažené obloze v zimě, pak bude dostatečné množství světla garantováno vždy. Tento princip je znám už od 18. století. Tehdejší model zatažené oblohy měl ale konstantní jas. Reálnější rozložení jasu na zatažené obloze popsali až v minulém století prof. Moon a dr. Spencerová. V jejich modelu jas graduje od horizontu k zenitu v poměru 1:3. Tento model byl v roce 1955 Mezinárodní komisí pro osvětlování (CIE) přijat jako doporučený standard. ČSN 36 0035 (1968) pak zavedla oblohu CIE 1:3 závazně také u nás.*

Požadavky na denní osvětlení jsou odstupňovány dle zrakové obtížnosti. Měřítkem je poměrná pozorovací vzdálenost. Jinými slovy čím větší zrakový úkol je potřeba vykonávat,

tím blíží k objektu musím být a potřebuji na něj více světla. Jednotlivé třídy byly jmenovány v kapitole 2.3.5.

Bez jakéhokoliv denního světla se nesmí navrhovat provozy s plochou menší než 100 m², kanceláře a provozy s velkými zdroji tepla. Platí, že nejmenší hodnota činitele denní osvětlenosti D_{\min} je požadována ve všech bodech vnitřního prostoru, nebo jeho části, na které jsou kladeny požadavky. U vnitřních prostorů s horním nebo kombinovaným osvětlovacím systémem, kde podíl horního osvětlení je zastoupen nejméně z poloviny, platí požadavky na průměrnou hodnotu činitele denní osvětlenosti D_m .

V místnostech s trvalým pobytem osob, tj. takových, kde pobyt trvá v průběhu jednoho dne déle než čtyři hodiny a zároveň více než jednou týdně, je požadována minimální hodnota činitele denní osvětlenosti minimálně 1,5 %. Pokud je místnost osvětlena horním nebo kombinovaným osvětlením, musí být dodržena zároveň i průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti 3 %. Pokud celý prostor není funkčně určený k trvalému pobytu osob, pouze jeho část, je možné takový prostor vymezit zakreslením izočáry do plánu místnosti s hodnotou 1,5 %. Pro prostor mimo vymezené území není třeba, aby splňoval požadavky na minimální denní osvětlenost.

V obytných místnostech u nově navrhovaných staveb musí být vyhovující denní osvětlení. Tam, kde se nepožaduje podle ČSN 730580-1 splnění průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti, musí být ve dvou kontrolních bodech v polovině hloubky místnosti (max. 3 m od okna a 1 m od bočních stěn) hodnota $D_{\min} \geq 0,7 \%$ a zároveň $D_m \geq 0,9 \%$ obou těchto bodů. V případě, kdy jsou okna ve dvou stýkajících se stěnách, posuzuje se denní osvětlenost ve dvou dvojicích kontrolních bodů, avšak stačí, že je tento požadavek splněn alespoň u jedné z dvojice. Je-li místnost osvětlena horním nebo kombinovaným osvětlovacím systémem, musí být $D_m \geq 2 \%$. U obytných místností s vodorovným stropem se střešní šikmé osvětlovací otvory považují za boční osvětlovací systém.

U bočních osvětlovacích otvorů pro obytné místnosti by mělo mít okno tyto parametry:

- Výška spodní hrany minimálně 0,9 metru od podlahy. To je z důvodu, aby se i sedící člověk mohl pohodlně dívat z okna.
- Výška horní hrany minimálně 2,2 m od podlahy. Tím je myšlena skutečnost, aby stojící člověk mohl pohodlně vidět z okna.
- Šířka okna by měla být rovna nejméně jedné polovině šířky stěny s okny. U více oken v jedné stěně platí součet jejich šířek.

Doporučuje se navrhovat ostění menší než 1,5 m, aby nevznikala temná místa. Velikost osvětlovacího otvoru jednostranně osluněné místnosti by měla být vypočtena z celkové plochy místnosti. Osvětlovací otvor by měl být větší nebo roven 1/10 celkové plochy místnosti a zároveň jejich skladebná výška by měla být alespoň 0,9 m. [7] Firma Velux, přední výrobce střešních oken a světlovodů, doporučuje velikost součtu ploch střešních oken 1/6 plochy podkrovní osvětlované místnosti, pokud zde jsou pouze střešní okna [3, 5].

Místnost se považuje za prosluněnou, je-li doba proslunění ve dnech 1. března a 21. června nejméně 90 minut. Toto lze nahradit bilancí, kdy je součet doby proslunění od 10. února do 21. března alespoň 3 600 minut. Při výpočtu plochy jednostranně osluněné obytné místnosti se považuje pouze hloubka místnosti, která je menší nebo rovna 2,3násobku světlé výšky místnosti.

Byt se považuje za prosluněný, pokud součet ploch jeho prosluněných obytných místností je roven nebo větší 1/3 součtu ploch všech obytných místností. U samostatně stojících rodinných domů, dvojdomů a koncových řadových domů by měl být součet prosluněných podlahových ploch prosluněných obytných místností nejméně 1/2 součtu všech ploch obytných místností.

2.9.2 Požadavky na sdružené osvětlení obytných budov

Při návrhu a realizaci sdruženého osvětlení je požadováno splnit následující požadavky:

- dodržet minimální hodnoty intenzity sdruženého osvětlení,
- rovnoměrnost sdruženého osvětlení,
- rozložení světelného toku a převažující směr osvětlení (závisí na povaze zrakové činnosti v místnosti),
- vyhovující jasy ploch a jejich kontrasty,
- vyloučení oslnění přímým slunečním nebo odraženým světlem (siluetového efektu).

Pod pojmem celkové sdružené osvětlení rozumíme situaci, kdy už při plánování projektu je počítáno s přisvětlováním umělým světlem i ve dnech příznivých světelných podmínek vně budovy. Takové osvětlení nesmí být plánováno v prostorech nebo jeho částech, kde je denní osvětlení podmínkou pro zdraví uživatelů toho prostoru. Dle ČSN 73 0580-1 čl. 4.2.2 [3, 17] se jedná o:

- obytné místnosti bytů,
- ložnice a zařízení pro dlouhodobé ubytování,

- denní místnosti pro předškolní výchovu,
- učebny škol, kromě speciálních výukových místností,
- pokoje a vyšetřovny zdravotnických zařízení,
- místnosti pro oddech a jídelny určené pro uživatele bez denního světla

Ve vnitřních prostorách nově projektovaných staveb určených k trvalému pobytu lidí se sdružené osvětlení může použít jen v odůvodněných případech.

Využití sdruženého osvětlení se umožňuje u vnitřních prostorů [14]:

- a) v nově navrhovaných objektech, kde nemůže být dosaženo vyhovujícího denního osvětlení pro předpokládané zrakové činnosti z vážných objektivních důvodů (budovy v husté zástavbě s velkým stíněním okolními objekty, budovy se složitou dispozicí a komplikovaným provozem),
- b) v budovách s vyhovujícím denním osvětlením, avšak kde v některých prostorech nebo jejich částech krátkodobě denní osvětlení nevyhovuje pro aktuální činnosti rozprostřením světelného toku (při bočním denním osvětlení v situacích, kdy směr osvětlení ze strany není vhodný),
- c) ve starších objektech prostory, kde je denní osvětlení nedostatečné, jelikož v době jejich výstavby ještě nebyly dostatečné znalosti o potřebě a kvantitě denního osvětlení pro jednotlivé zrakové úkoly ani předpisy obsahující požadavky na úroveň a kvalitu denního osvětlení, natož metody pro navrhování a posuzování jednotlivých parametrů.

Důvody technického charakteru a ekonomického charakteru se nadřazují nad hygienické požadavky.

Ve starých budovách a prostorech, kde je plánována rekonstrukce či modernizace, je možné použít celkové sdružené osvětlení i v místnostech určených pro trvalý pobyt osob za podmínek stanovených v ČSN 36 0020-1 Sdružené osvětlení, Část 1: Základní požadavky [18]. Nejdůležitější dva parametry jsou, že se nesmí měnit účel vnitřních prostorů a sdruženým osvětlením se musí zlepšit současné nevyhovující podmínky denního osvětlení.

Navrhnout sdružené osvětlení znamená řešit soustavu umělého osvětlení tak, aby byla vyhovující i pro plochy, kde denní osvětlení ve dne není dostatečné, ale i pro samostatný provoz ve večerních a nočních hodinách, kdy jsou požadavky na celkovou osvětlovací soustavu jiné. Proto bude osvětlovací soustava ve většině případů navržena jako

odstupňovaná. Zároveň platí, že minimální úroveň osvětlení pro jednotlivé zrakové úkoly je oproti dennímu osvětlení posunuta o jeden stupeň. [19]

U sdruženého osvětlení se sčítají hodnoty osvětlenosti denního a umělého světla. K tomu je zapotřebí stejných veličin a jednotek. Pro převod činitele denní osvětlenosti na intenzitu osvětlení slouží model zatažené zimní oblohy s $E_h = 5\,000$ lx při hodnocení kvantity světla. Hodnoty osvětlení musí splňovat požadavky na umělé osvětlení. Pro hodnocení kvality a rovnoměrnosti se používá letní období s $E_h = 20\,000$ lx při přímém slunečním světle. Hodnoty osvětlenosti se stanovují v bodech rozmístěných po celé ploše interiéru do pravidelné sítě v pracovní výšce 0,85 m. Na komunikacích je zpravidla v úrovni podlahy.

V místnostech se sdruženým osvětlením, určených pro trvalý pobyt osob, nebo jejich vymezených částech musí být zachován podíl denní složky dle následující tabulky (Tab. 5):

Tab. 5 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro jednotlivé zrakové úkoly [18]:

Třída zrakové činnosti	D_{\min} (%)	D_m (%)
I, II	1	2,5
III	0,7	2
IV	0,5	1,5
V až VII	0,5	1

Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti $D_m = 1$ % musí být dodržena vždy, tedy i při bočním a kombinovaném osvětlení.

Použití jednotlivých zdrojů umělého osvětlení doporučuje norma ČSN 360020-1. Zdroje doplňujícího umělého osvětlení se navrhují z hlediska barevného tónu a podání barev podle charakteru zrakových činností. Zdroje doplňujícího umělého osvětlení musí mít spektrální složení blízké dennímu světlu, nejlépe se spojitým spektrem nebo výraznou spojitou složkou, s teplotou chromatičnosti blízkou průměrné hodnotě u denního světla a co nejvyšším indexem podání barev – alespoň 80 a více. Pro běžné hodnoty osvětlenosti se doporučují zdroje s teplotou chromatičnosti v rozmezí 4 000 až 5 000 K. [14]

2.9.3 Požadavky na jas

Správné rozložení jasů je klíčové. Vysoká úroveň jasu způsobuje oslnění a moc nízká úroveň jasu souvisí s nedostatkem světla na konkrétní požadovaný zrakový úkol. Oba tyto jevy

vyvolávají v člověku pocit zrakové nepohody a je dobré se jim vyhnout. Obecně by poměr jasů místa zrakového úkolu a jeho bezprostředního okolí neměl být horší než 3 : 1. Poměr mezi jasem pozorovaného předmětu a vzdálenými plochami by neměl být větší než 10 : 1. Pro vnitřní prostory jsou doporučené rozsahy hodnot činitelů odrazů hlavních ploch prostoru uvedeny v následující tabulce (Tab. 6).

Tab. 6 – Hodnoty činitele odrazu:

Plocha	Činitel odrazu ρ (%)
Strop	60 – 90
Stěny	30 – 80
pracovní rovina	20 – 60
Podlaha	10 – 50

Při projektování je dobré znát a dodržet zásadu, že v případě jasných ploch, například oken, by měla být přilehlá plocha co nejsvětlejší. Tím se snižuje nepříznivý kontrast. To stejné platí i pro svítidla, proto bývají stropy nejčastěji vymalovány bílou barvou. [20]

2.9.4 Požadavky na rovnoměrnost

Důležitým bodem měření osvětlenosti je průměrná hodnota intenzity osvětlení prostoru E_m . Rovnoměrnost osvětlení se značí U_0 (v některých literaturách) a vyjadřuje poměr nejnižší hodnoty osvětlenosti k průměrné hodnotě osvětlenosti v definovaném prostoru. Tento důležitý aspekt pomáhá předejít tomu, aby jedna část prostoru byla přesvětlená a druhá byla tmavá. Ke stanovení rovnoměrnosti je zapotřebí změřit síť bodů v celém prostoru. Rovnoměrnost není předepsána plošně univerzální normou, nýbrž je pro jednotlivé zrakové úkoly odstupňována.

[21] Rovnoměrnost denního osvětlení se počítá jako poměr nejmenší hodnoty činitele denní osvětlenosti vůči průměrné hodnotě činitele denní osvětlenosti. Pro zrakové činnosti I až III by měla být vyšší než 0,3, pro IV více než 0,2 a pro V alespoň 0,15. [7] Pro trvalý pobyt osob musí být nejméně 0,65, pro krátkodobý pobyt 0,4 a pro občasný pobyt lidí v prostoru 0,1.

[20] Hodnota rovnoměrnosti sdruženého osvětlení se v místnostech s trvalým pobytem lidí (nebo jeho funkčně vymezené části) s bočním denním osvětlením požaduje nejméně 0,2.

Rovnoměrnost je zpravidla nejlepší při zatažené obloze a naopak limity jsou téměř vždy porušeny při jasném slunečném dni. U sdruženého osvětlení to má za následek, že pokud

bychom chtěli dodržet parametry normy, museli bychom při jasném slunečném dni svítit na 100 % a stejně bychom pravděpodobně uspokojivých hodnot nedosáhli.

2.9.5 Požadavky na umělé osvětlení obytných budov

Nově postavené budovy a rekonstruované objekty pro bydlení se musí navrhovat tak, aby bylo využito denní světlo k osvětlení místností v co nejvyšší míře. Existují ale místnosti, které není možné navrhnout jinak než zcela bez přístupu denního světla, nebo s velmi omezeným přístupem. Mohou to být například sklepní prostory, garáže, kumbály, ale také místnosti, kde je zamezení přístupu denního světla vysloveně žádoucí, případně je vyžadováno umělé světlo o přesném spektrálním složení – například střižny nebo fotografická pracoviště a podobně. Bezokenní prostor je akceptovatelný v případě, že konstrukční požadavky objektu znemožňují vytvořit dostačující počet osvětlovacích otvorů či jejich dostatečnou velikost. Takový prostor musí být projektantem vždy patřičně obhájěn před stavebním úřadem, respektive hygienou. Celkové osvětlení by však mělo být minimálně 300 luxů, což je rovno minimální hygienické hodnotě v prostorech bez denního světla. [22]

Minimální úroveň osvětlení pro jednotlivé činnosti a zrakové úkoly odpovídá subjektivnímu vnímání jedince. Protože ale normy nemohou spoléhat pouze na selský rozum pracovníků navrhujících osvětlení, udávají doporučené hodnoty umělého osvětlení. Úroveň osvětlenosti 20lx v místnosti se považuje za minimální hodnotu v mimopracovních prostorech, jelikož při této hodnotě většina lidí rozeznává rysy lidského obličeje. Hodnota kolem 200 lx je považována za minimální vodorovnou osvětlenost pro místnosti, kde se po delší dobu zdržují lidé bez ohledu na zrakové požadavky. Výzkumy ukázaly, že jako uspokojivé osvětlení pro zrakově náročnou práci (při zachování menší energetické náročnosti) je osvětlení v rozmezí 1 000 až 2 000 lx. Na základě těchto výsledků byla také sestavena tabulka doporučených hodnot osvětlenosti pro jednotlivé zrakové úkoly (Tab. 7).

Tab. 7 – Doporučené rozsahy osvětlenosti podle mezinárodní komise pro osvětlování CIE [23 s úpravou]:

Osvětlenost (lx)	Prostor, místo, druh činnosti
20 – 30 – 50	základní jednoduchá zraková orientace v prostředí
50 – 75 – 100	jednoduchá orientace, kratší doba jednoduché činnosti
100 – 150 – 200	Prostory, které nejsou dlouhodobě užívány pro pracovní účely, prostory obytné a společenské

200 – 300 – 500	místa pro zřetelně jednodušší, běžné pracovní úkoly (kanceláře, školy)
500 – 750 – 1 000	místa pro vizuálně náročnější a déletrvající pracovní úkony
750 – 1 000 – 1 500	místa pro zřetelně obtížné pracovní úkoly, velké nároky na přesnost
1 000 – 1 500 – 2 000	zvláště náročné zřetelné úkoly
více než 2 000	velmi náročné zřetelné úkoly

Pro bytovou výstavbu, na níž je tato diplomová práce zaměřena, jsou v následující tabulce (Tab. 8) převedeny požadavky na konkrétní místnosti, které se v domácnostech většinou nacházejí, s přihlédnutím k autorovým zkušenostem z praxe.

Tab. 8 – Doporučené rozsahy osvětlenosti v domácnostech [19 s úpravou]:

Prostor	Intenzita (lx)	Poznámka
Vstupní hala, zádveř, šatna	100 až 200	
Chodby a schodiště	100 až 150	Doplnit nočním orientačním osvětlením
Obývací pokoj	200 až 500	Hlavní osvětlení s možností regulace, Doplnit lokálním či nepřímým osvětlením
Jídelna	200	Jídelní stůl přisvítit na 300 až 500 lx, zabránit oslnění
Kuchyně	200 až 500	Pracovní deska 500 až 1 000 lx
Pracovna	500	Hlavní osvětlení s možností regulace. Pracovní stůl 500 až 1 000 lx
Dílna	200	Pracovní stůl dle vykonávané činnosti 500 až 2 000 lx
Dětský pokoj	300 až 500	Hlavní osvětlení s možností regulace. Pracovní stůl 500 až 1 000 lx
Ložnice	100 až 250	Hlavní osvětlení s možností regulace nebo nepřímé hlavní osvětlení. U lůžek lokální osvětlení 300 lx až 500 lx
Koupelna a WC	200	Dbát na rovnoměrnost, doplnit osvětlením zrcadla

2.10 Identifikace použitého přístroje, jeho chybovost a parametry

K měření byl použit měřicí přístroj Extech SDL400. Jedná se o přístroj s externí přesnou křemíkovou diodou doplněnou o spektrální filtr, který v měření zohledňuje jen viditelné světlo. Samozřejmostí je také kosinová korekce. Osvětlení je možné měřit v luxech nebo kandelách, s automatickým přepínáním rozsahů od 0 do 100 000 lx, respektive 10 000 Fc

a chybovostí $\pm 4 \%$ a 2 digity. Přístroj také umožňuje zaznamenat až 99 hodnot na SD kartu a je možné si nastavit i časovač vzorků od 1 vzorku za sekundu po 1 vzorek za hodinu.



Obr. 5 – Luxmetr Extech SLD400 [24]

2.11 Jak měřit denní a umělé osvětlení, měřítko a rastr, ideální datum měření

Jak bylo popsáno v předchozích kapitolách, při měření osvětlení rozlišujeme měření denního osvětlení, umělého osvětlení a sdruženého osvětlení.

Při měření denního osvětlení je důležité zjistit činitel denní osvětlenosti D, který spočítáme jako poměr intenzity osvětlení v kontrolním bodě interiéru vůči intenzitě osvětlení v nezastíněném místě exteriéru, což provádíme při zatažené zimní obloze s ideálním rozptylem světla. To znamená, že je potřeba využít dvou luxmetrů najednou a zaznamenávat hodnoty z obou dvou ve stejném čase. Bohužel pro účely této diplomové práce nebylo možné z ekonomických a kapacitních důvodů použít dva luxmetry, proto byl použit pouze jeden. Měření venkovního osvětlení probíhalo v pravidelných intervalech 1 minuty při současném

hlídání rovnoměrnosti zatažení oblohy. Do výpočtu byl zahrnut aritmetický průměr těchto odečtených hodnot pro každou místnost zvlášť.

Při měření umělého osvětlení se měří horizontální osvětlenost E v kontrolním bodě uvnitř posuzované místnosti. Měření sdruženého osvětlení je nejnáročnější na přípravu a také jeho výsledky jsou s větší chybou měření než u předchozích dvou. Pro měření sdruženého osvětlení se pro sjednocené vyjádření používá měření intenzity E v kontrolních bodech uvnitř místnosti za stavu venkovní zatažené oblohy s hodnotou $E_h = 5\ 000\ \text{lx}$. Je potřeba vybrat den s touto hodnotou osvětlení v exteriéru a hlídat jeho hodnotu po celou dobu měření.

Druhou možností je simulace na modelu. Zhotovení absolutně stejného modelu měřeného objektu, umístěného pod umělou oblohu, umožňuje přesné měření parametrů. Je to však nejdražší a nejnáročnější možnost. Zkušebna s umělou oblohou je například v Bratislavě na Slovensku. [25]

ČSN 73 0580-2 rozlišuje měření obytné místnosti a místnosti s trvalým pobytem osob. Pro měření obytné místnosti postačuje měření ve dvou kontrolních bodech, jak bylo popsáno v kapitole 2.9.1. K měření místností s trvalým pobytem osob je využita síť kontrolních bodů umístěných v pracovní rovině 85cm nad podlahou. Ta byla zavedena normou ČSN 73 4301 v roce 1989, avšak její platnost skončila již roku 2004. Výška srovnávací roviny zůstala zakořeněná dál. Norma ČSN EN 12464-1 nepřikazuje přímo hodnoty roztečí sítě kontrolních bodů, nýbrž doporučuje typické hodnoty, které jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 9).

Tab. 9 – Typické hodnoty roztečí kontrolních bodů [26]:

Délka plochy [m]	Maximální vzdálenost bodů sítě [m]	Maximální počet bodů sítě
0,4	0,15	3
0,6	0,2	3
1	0,2	5
2	0,3	6
5	0,6	8
10	1	10
25	2	12
50	3	17
100	5	20

Kromě měření intenzity a činitele denní osvětlenosti je také dobré měřit činitel prostupu světla osvětlovacím otvorem nebo odrazivost povrchů. Například znečištěná okna či sítě proti komárům mají znatelný vliv na výsledek měření denního osvětlení v interiéru. Pro co možná nejpřesnější simulaci v počítačových programech je také důležité znát (pokud neznáme, tak změřit) odrazivost ploch a různých předmětů, aby byla výsledná data porovnatelná.

3 POPIS A MĚŘENÍ STAVU NA POČÁTKU

3.1 Popis místa realizace, polohy

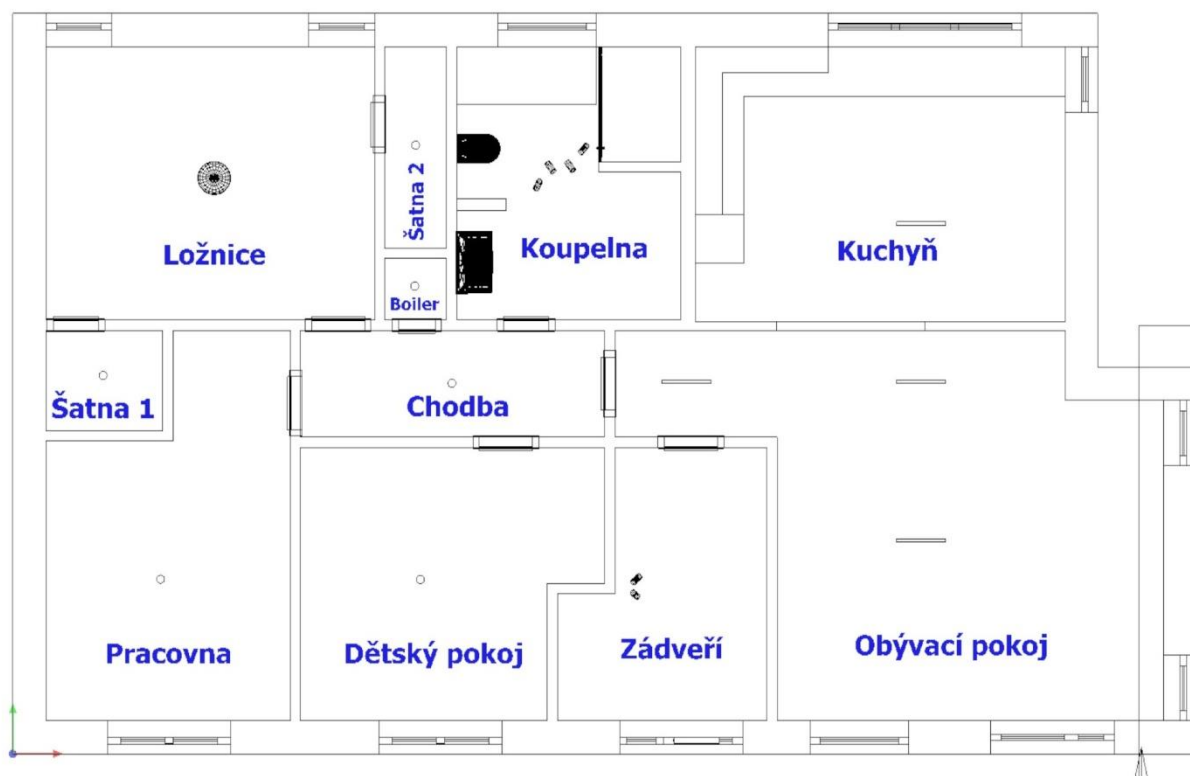
Následující fotografie (Obr. 6) zobrazuje rodinný dům s označením LOTOS vybraný pro tuto diplomovou práci. Postavený byl v roce 2015 na okraji Kostelce nad Černými lesy v okrese Praha-východ. Jedná se o novostavbu, předdefinovaný projekt z katalogu, nikoliv individuální návrh na základě požadavků investora.



Obr. 6 – Fotografie předmětného domu

Dům je orientován hlavním vchodem, obývacím pokojem, dětským pokojem a pracovnou na jih. Okna kuchyně, koupelny a ložnice jsou orientována na sever. Dům má také čtyři místnosti zcela neosvětlené denním světlem. Jedná se o chodbu, technickou místnost s bojlerem a dvě šatny. Podrobný plánec domu znázorňuje Obr. 7.

Objekt byl postaven a zkolaudován bez interiérových svítidel, byl osazen převážně stavebními objímkami a směsí žárovek. První majitelé osadili do ložnice, obývacího pokoje, kuchyně a koupelny svítidla koupená v potravinovém řetězci a bez jakéhokoliv konceptu. Nyní dům koupili starší manželé, kteří si uvědomili potřebu více řešit osvětlení interiéru. Z této potřeby vychází i tento projekt. Celý dům byl nasimulován v programu Dialux v měřítku 1 : 1 v době každého měření. Pro simulaci denního osvětlení byla zadána přibližná poloha domu (formou souřadnic: 50N, 14.84E).



Obr. 7 – Půdorys předmětného domu



Obr. 8 – Simulace domu v programu Dialux Evo

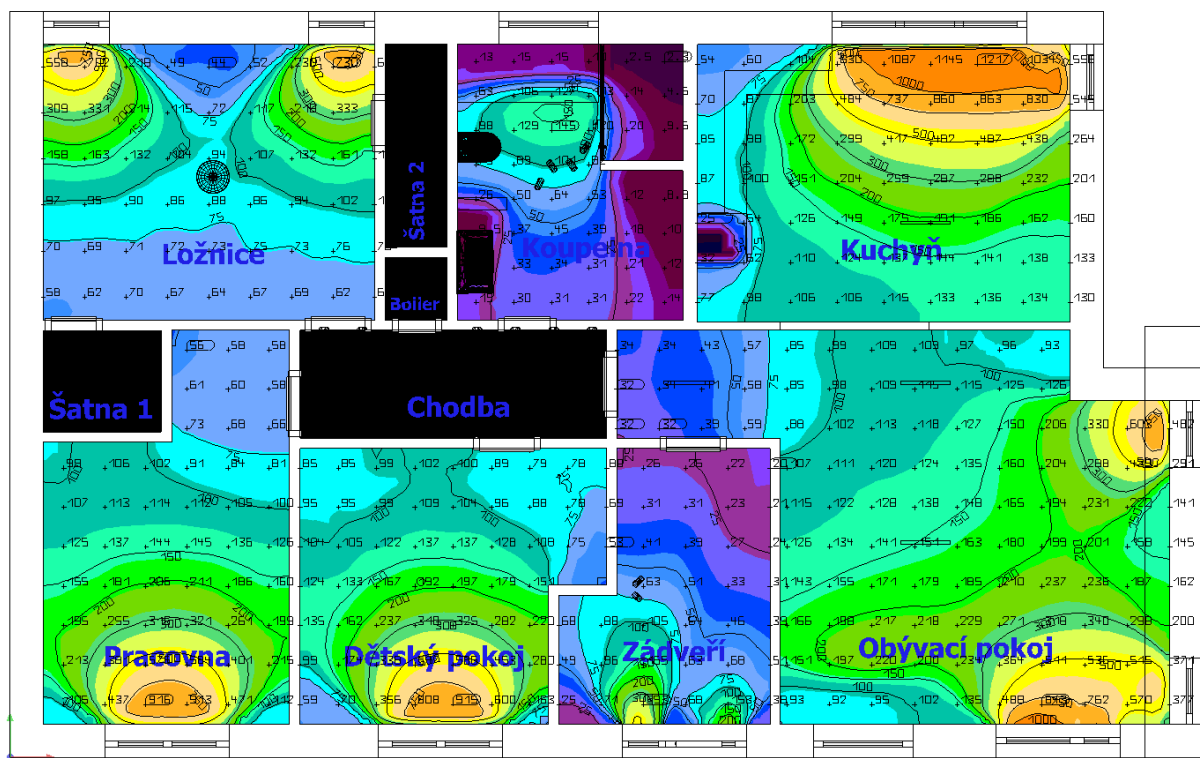
3.2 Simulace denního osvětlení

Pozemek je obestavěn 2 m vysokým betonovým plotem, což zejména ze severní strany domu, kde je plot blízko fasády domu, citelně ovlivňuje proslunění místností orientovaných na sever. Ze simulace denního osvětlení v objektu je patrné, že dům má také nevhodně navržené osvětlovací otvory. Polohy oken nejsou ideálně zvolené a skleněné plochy jsou velmi malé.

Například v ložnici jsou navržena dvě okna umístěná zcela po okrajích severní stěny ložnice. Tyto otvory mají velikost 75 x 134,3 cm, ale díky žaluzii je velikost nezakrytého skla pouze 0,5454 m². Tyto rozměry byly také přeneseny do výpočtového programu, aby přesně vystihovaly realitu. Součet ploch osvětlovacích otvorů 1,08 m² k ploše místnosti 13,3 m² je 0,81/10, což rozhodně nespĺňuje ani minimální požadavky na denní osvětlení budov. Jejich umístění bylo takto zvoleno pravděpodobně proto, aby mohla být mezi okny postel s vysokým čelem, nad kterým by okno bylo nepraktické. Tím však vznikla temná zóna mezi okny a též nerovnoměrně osvětlená místnost. Osobně si myslím, že v této místnosti by bylo lepší zvolit okna na její západní stěně, kde nic nebrání umístění velkého okna. Pocitově působí místnost velmi tmavá a dlouhodobý pobyt v místnosti není příjemný.

Podobným příkladem je kuchyň, kde je okno zasazeno do rohu jak z východní strany, tak na něj navazující trojkno ze severní strany. Myšlenka byla pravděpodobně se záměrem osvětlit co nejlépe pracovní desku denním světlem. Bohužel kromě pracovní desky je místnost tmavá, intenzita od okna směrem do místnosti strmě klesá. Osobně si myslím, že by bylo lepší doplnit osvětlení velkým francouzským oknem ve východní zdi, kterým by procházel dostatek denního světla k rovnoměrnějšímu osvětlení celé místnosti.

V Obr. 9 je zobrazena intenzita osvětlení namísto činitele denní osvětlenosti, jelikož program Dialux Evo nezvládne udělat výstup s hodnotami činitele denního osvětlení. Program počítá s hodnotou $E_h = 5\ 000\ \text{lx}$, respektive s jasem $4\ 144\ \text{Cd/m}^2$ pro úhel zenitu 34° dne 18. února. Konkrétní hodnoty minimální, maximální a průměrné osvětlenosti jsou vypsány v navazující Tab. 10. Hodnoty činitele denního osvětlení byly následně dopočítány. Dle modelace by měly minimální požadované hodnoty pro obytné místnosti splňovat tyto prostory: pracovna, dětský pokoj a obývací pokoj.



Obr. 9 – Simulace denního osvětlení celého domu

Tab. 10 – Hodnoty simulace denního osvětlení

$E_h = 5\ 000\ \text{lx}$

Uživatelská úroveň (0,85 m)	E_{MIN} [lx]	E_{MAX} [lx]	E_{M} [lx]	D_{MIN} [%]	D_{M} [%]
Pracovna	55,2	969	202	1,10	4,04
Šatna 1	0	0	0	0,00	0,00
Ložnice	42,1	905	147	0,84	2,94
Šatna 2	0	0	0	0,00	0,00
Bojler	0	0	0	0,00	0,00
Koupelna	2,21	158	41,8	0,04	0,84
Kuchyně	25	1308	306	0,5	6,12
Chodba	0	0	0	0,00	0,00
Dětský pokoj	50,6	937	202	1,01	4,04
Zádveří	19,5	550	66,3	0,39	1,33
Obývací pokoj	31,1	1159	202	0,62	4,04

3.3 Měření denního osvětlení

Měření probíhalo 18. 2. 2020 mezi 13 a 14hod při rovnoměrně zatažené obloze s hodnotou venkovní horizontální osvětlenosti pohybující se kolem 10 000 lx, zatímco výpočet probíhal s $E_h = 5\ 000$ lx. Očekávání tedy byla taková, že hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech budou dvojnásobné oproti simulaci. Hodnota venkovní horizontální osvětlenosti pro dílčí místnosti je průměrem hodnot, odečtených během měření dané místnosti, v intervalu 1 min.

Jelikož na začátku měření bylo zjištěno znečištění oken běžným prachem z nedaleké stavby rodinných domů, bylo zhotoveno měření prostupu světla okenním otvorem. Taktéž jsou v některých oknech umístěny sítě proti komárům. Výsledky měření jsou následující:

Hodnota osvětlení před sklem: 7 020 lx

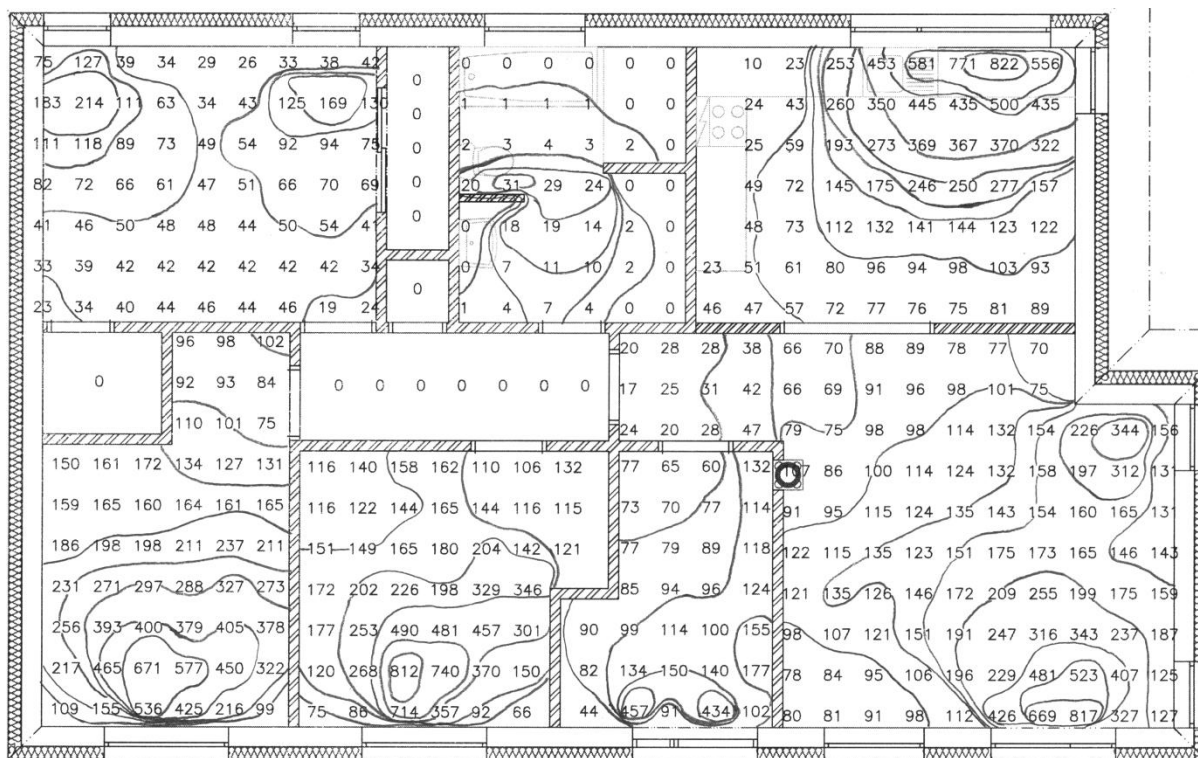
Hodnota za sklem: 4 000 lx

Hodnota za sklem a sítí 2 300 lx

Z těchto hodnot lze výpočtem zjistit činitel prostupu světla 0,57 pro neumyté okno a 0,33 pro neumyté okno doplněné sítí na komáry. Tento fakt má zásadní dopad na výsledky měřené a simulované, jelikož simulace probíhala s defaultně nastavenou hodnotou činitele prostupu osvětlení 0,8.

Ve vstupních dveřích je umístěno mléčné sklo. Hodnota osvětlení v době měření před sklem byla 42 500 lx a za sklem 27 000 lx. Činitel prostupu světla zjištěn výpočtem vychází 0,635.

Obr. 10 byl sestaven na základě měření rovnoměrné sítě kontrolních bodů. Izočáry byly doplněny pro lepší porovnání se simulovanými hodnotami. Z obrázku je možné poznat, která okna jsou vybavena sítí proti hmyzu. V simulaci je denní světlo rozptýleno rovnoměrně doprava i doleva po místnosti. Na obrázku 10 je též vidět nerovnoměrné rozložení intenzity v závislosti na průchodu světla levým nebo pravým křídlem okna. Například v pracovně nebo dětském pokoji je z pohledu shora levé křídlo čiré a pravé má osazenu síť. V obývacím pokoji je síť osazena na levé křídlo dveří do zahrady.



Obr. 10 – Zákres měřených hodnot denního osvětlení s vyznačením izočar

Ve všech místnostech s okny orientovanými na sever vyšly horší hodnoty, než se očekávalo na základě simulace. Nejhorší situace je v koupelně, kde se očekávala intenzita osvětlení od 2,2 lx do 158 lx, průměrná osvětlenost 41,8 lx, ale reálně se hodnoty pohybují v rozmezí od nuly do 31 lx a průměrná osvětlenost je 5,26 lx, což je přibližně 8x menší intenzita než uvádí simulace (činitel denní osvětlenosti je menší 16krát). Oproti modelaci je také posunuta oblast maximální intenzity dále od okna. Kromě zádveří a dětského pokoje vycházely menší hodnoty, než bylo očekáváno, i v jižně orientovaných místnostech, což dokumentuje Tab. 11.

Požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti minimálně 1,5 % nejsou splněny ani v jedné z místností pro trvalý pobyt osob. Obývací pokoj je navržen tak, že již při návrhu bylo počítáno pouze s funkčně vymezenou částí, splňující parametry činitele denní osvětlenosti, případně s tím, že musí mít sdružené osvětlení kvůli malému vyústění prostoru k chodbě. V ostatních místnostech jsou hodnoty činitele denní osvětlenosti splněny také pouze v okolí oken. Aby bylo možné považovat denní osvětlení za dostačující, je potřeba funkčně vymežit prostor pro práci pouze blízko okna.

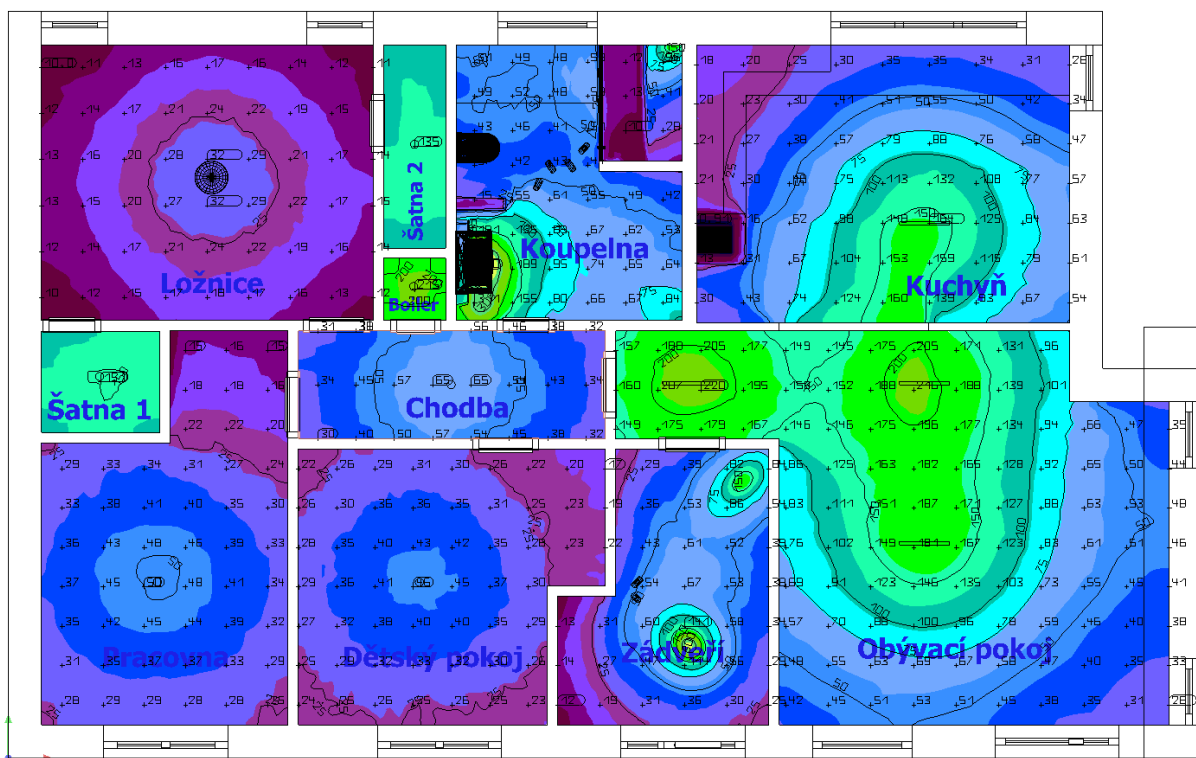
Tab. 11 – Hodnoty měření denního osvětlení:

Uživatelská úroveň (0,85m)	E _{MIN} [lx]	E _{MAX} [lx]	E _M [lx]	E _H [lx]	D _{MIN} [%]	D _M [%]
Pracovna	75	671	226,69	10 546	0,71	2,15
Šatna 1	0	0	0	12 043	0,00	0,00
Ložnice	19	214	62,76	12 043	0,16	0,52
Šatna 2	0	0	0	12 043	0,00	0,00
Bojler	0	0	0	9 810	0,00	0,00
Koupelna	0	31	5,26	10 260	0,19	0,05
Kuchyň	23	822	197,48	10 970	0,21	1,80
Chodba	0	0	0	9 810	0,00	0,00
Dětský pokoj	75	812	232	11 453	0,65	2,03
Zádveří	44	457	122,55	7 020	0,63	1,75
Obývací pokoj	17	817	150,16	9 697,5	0,18	1,55

Dětský pokoj, pro který bývá doporučováno co nejvíce denního světla, má poměr osvětlovací otvor k ploše místnosti 1,1/10, což je těsně nad minimální požadovanou hodnotou. Na druhou stranu nic nebránilo architektovi navrhnout okno větších rozměrů (ode zdi ke zdi). V pracovně již není z důvodu 1,7 m² podlahové plochy navíc požadavek na minimální rozměr osvětlovacího otvoru naplněn. Velikost otvoru je rovna 0,93/10 podlahové plochy místnosti.

3.4 Simulace umělého osvětlení

Umělé osvětlení v budově je vyřešeno převážně stavební objímkou osazených směsí žárovek. V ložnici bylo osazeno závěsné svítidlo do koule z rákosu, která významně brání pronikání světelných paprsků od zdroje do místnosti. Výsledkem tak bylo, že po setmění byla intenzita umělého osvětlení ve většině místnosti kolem nuly. Při měření osvětlení umožňovalo pouze jednoduchou orientaci po místnosti, zdaleka neumožňovalo vykonávat zrakově náročnější úkoly. Rozhodně tak nelze mluvit o vhodně osvětlené místnosti pro vykonávání jakékoliv činnosti, což dokazuje jak simulace, tak výsledek měření uvedený v kapitole 3.5.



Obr. 11 – Simulace hodnot umělého osvětlení

Při výběru importu svítidel do programu Dialux nebyl problém v případě jednoduchých žárovek. Drobný problém nastal při hledání ostatních svítidel tak, aby byla totožná s realitou. Svítidla, která byla použita v koupelně, obývacím pokoji a kuchyni jsou od výrobců, kteří neposkytují svůj model svítidla ani eulumdata k prodávaným svídlům. Proto jsem vyhledal nejvíce podobná a nastavil jejich parametry tak, aby byla totožná s reálně osazenými. Seznam konkrétních osazených zdrojů pro každou místnost lze nalézt v Tab. 12.

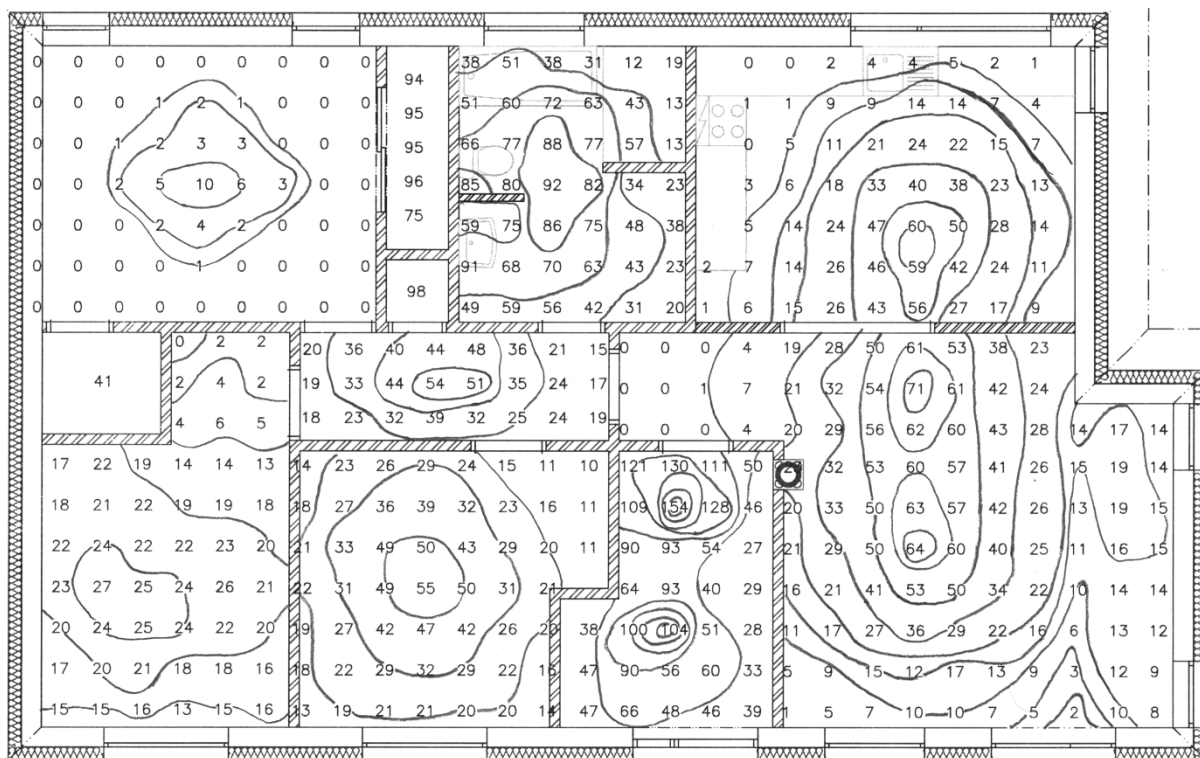
Pro zjednodušení, sjednocení a lepší přehled bylo v chodbě měreno ve výšce 0,85 m nad podlahou jako v jiných místnostech. Protože se však jedná o komunikační zónu, bylo by možné měřit osvětlení i na zemi.

Tab. 12 – Hodnoty simulace umělého osvětlení:

Uživatelská úroveň (0,85 m)	E_{MIN} [lx]	E_{MAX} [lx]	E_M [lx]	Svítilidlo
Pracovna	11,3	51,2	32,6	Žárovka halogen. Emos 42 W, 580 lm
Šatna 1	107	151	136	Žárovka halogen. Emos 42 W, 580 lm
Ložnice	9,18	33,6	18,3	Rákosová koule osazená 1x halogen. žárovkou Rabalux 28 W, 370 lm
Šatna 2	110	136	125	Pila Standart 75 W mléčná, 600 lm, 2700 K
Bojler	184	214	202	Žárovka standart 60 W, 540 lm
Koupelna	5,51	1253	72,8	Žárovka halogen. Rabalux 28 W, 370 lm
Kuchyň	0,051	176	68,9	WEEE Livarnolux 10 W LED, 1100 lm, 3000 K
Chodba	26,9	66,7	47,2	Žárovka halogen. Emos 42 W, 580 lm
Dětský pokoj	17,2	46,8	30,7	Žárovka standart 60 W, 540 lm
Zádveří	10,9	370	52,2	2x bodovka, halogen. žárovka 42 W / GU10
Obývací pokoj	27,7	222	109	3x WEEE Livarnolux 10 W LED, 1100 lm, 3000 K

3.5 Měření umělého osvětlení

Měření probíhalo dne 19. 2. 2020 v nočních hodinách tak, aby bylo eliminováno denní i umělé světlo přicházející okny. Jelikož se jedná o novostavbu v místě, kde zástavba teprve vzniká, není zde ani pouliční osvětlení, které by mohlo zkreslovat výsledky měření. Tmavé okno mělo efekt přesně opačný. Na přiloženém obrázku (Obr. 12) si lze všimnout, jak velký otvor prosklených dveří pohlcuje světlo, deformuje izočáru a vytváří trojúhelníkový prostor s nižší intenzitou osvětlení než by tomu bylo například v případě zatažených žaluzií, které odrážejí světlo. Pouze v pracovně, dětském pokoji, na chodbě a částečně také v koupelně odpovídají simulované výsledky změřeným hodnotám. V koupelně simulace počítá s rozsvíceným svítidlem nad zrcadlem, které však bohužel v době měření nefungovalo. Proto se intenzita kolem umyvadla zásadně liší při srovnání Obr. 11 a Obr. 12. Zároveň se nemuselo podařit přesně nasimulovat úhly natočení jednotlivých bodovek, což může mít velký vliv na celkovou rovnoměrnost osvětlení.



Obr. 12 – Zákres měřených hodnot umělého osvětlení s vyznačením izočar

Kuchyň jako místo, kde se pracuje s jídlem a kde je provozována středně přesná práce, byla osazena svítidlem WEEE Livarnolux 10 W (prodává výhradně jeden známý potravinový řetězec). Dle svých parametrů měla mít výkon 1100 lm a teplotu světla 4 000 K, ale zůstávají pochybnosti nad tím, zda je tato svítivost skutečně vyzařována. Jeho výkon pro prostor o ploše 15,5 m² je v každém případě absolutně nedostačující. Osvětlenost místnosti je rovna $E_m = 68,9 \text{ lx}$ a dovoluje pouze základní orientaci, nikoliv však přípravu jídla či jinou, středně přesnou práci. Krájení potravin při tomto osvětlení si osobně dovoluji prohlásit dokonce za nebezpečné, jelikož osvětlení pracovní desky kuchyňské linky zcela chybí. Stejně tak lze zaznamenat absenci jakéhokoliv osvětlení jídelního stolu.

V obývacím pokoji byla osazena tři svítidla WEEE Livarnolux 10 W, z nichž jedno bylo porouchané, což vytvářelo šedou zónu směrem do chodby (viz Obr. 12).

Simulace ukazuje, že osvětlení v zádveří není dobře zvoleno, jelikož vytváří dva přesvětlené body a zbytek prostoru je neosvětlen. Překvapivě bylo měřením též zjištěno, že světlo je více rozptýleno než v simulaci. Pravděpodobně je tato skutečnost ovlivněna světelným zdrojem, který má ve skutečnosti úhel vyzařování 120°, ale model svítidla použitý v simulaci počítá s úhlem vyzařování 36°.

Celé osvětlení uvnitř rodinného domu je podceněné, nespĺňuje požadavky na osvětlení domácnosti uvedené v kapitole 2.9.2. Výjimkou je technická místnost, vyplněná bojlerem pro ohřev teplé vody. Místnost je proto všude označována zkratkou Bojler.

Tab. 13 – Hodnoty měření umělého osvětlení:

Uživatelská úroveň (0,85m)	E_{MIN} [lx]	E_{MAX} [lx]	E_M [lx]	Svítlidlo
Pracovna	0	27	16,8	Žárovka halogen. Emos 42 W, 580 lm
Šatna 1	41	41	41	Žárovka halogen. Emos 42 W, 580 lm
Ložnice	0	10	0,76	Rákosová koule osazená 1x halogen. žárovkou Rabalux 28 W, 370 lm
Šatna 2	75	95	75,83	Pila Standart 75 W mléčná, 600 lm, 2700 K
Bojler	98	98	98	Žárovka standart 60 W, 540 lm
Koupelna	13	92	53,83	Žárovka halogen. Rabalux 28 W, 370 lm
Kuchyň	0	60	17,4	WEEE Livarnolux 10 W LED, 1 100 lm, 3 000 K
Chodba	15	54	31,21	Žárovka halogen. Emos 42 W, 580 lm
Dětský pokoj	10	55	26,52	Žárovka standart 60 W, 540 lm
Zádveří	27	154	62,62	2x bodovka, halogen. žárovka 42 W / GU10
Obývací pokoj	0	71	24,32	3x WEEE Livarnolux 10 W LED, 1100 lm, 3 000 K

4 NÁVRH EKONOMICKÉ VARIANTY UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ A OVĚŘENÍ MĚŘENÍM

Jelikož bylo osvětlení v modelovém rodinném domě velice podhodnocené, i bez měření bylo evidentní, že by nepřinášelo zrakovou pohodu a dostatek světla na vykonávání jednotlivých činností. Zákazník si dobře uvědomoval potřebu navrhnout a realizovat nové osvětlení, ale bohužel jeho finanční možnosti nebyly neomezené. Proto se rozhodl nepřesouvat světelné vývody a navrhnout osvětlení do celého domu při maximální ceně 35 000 Kč. Jen v kuchyni, kde nebylo osvětlení nad budoucím jídelním stolem, vznikl požadavek přidat vývod. Lustr se majitel rozhodl dodat sám. Osvětlení kuchyňské linky si chtěl zákazník zařídit sám až po nastěhování. Stejně tak svítidlo v koupelně a zádveří požadoval nechat beze změny.

Dalším významným požadavkem bylo vybrat designově čistá svítidla, aby primárně dobře svítily, ale zároveň aby nebyla rušivým ani výstředním elementem v místnostech. Tento požadavek výborně splňují svítidla od české firmy Osmont.

V kuchyni bylo důležité zajistit rovnoměrné rozptýlení dostatečné intenzity osvětlení. Toho však nešlo dosáhnout při původní poloze vývodu pro světlo, proto bylo po konzultaci se zákazníkem dohodnuto posunutí vývodu hlavního světla do středu místnosti. Místo svítidla WEEE Livarnolux 10 W bylo navrženo svítidlo od firmy Osmont, model Elsa 5, ve variantě s LED panelem o výkonu 36 W, svítivosti 5 070 lm a teplotou 4 000 K. Tímto svítidlem společně s lustrovým svítidlem nad stolem bylo dle simulace vytvořeno rovnoměrné osvětlení prostoru s průměrnou osvětleností 172 lx. Pokud budeme uvažovat, že pracovní deska kuchyňské linky bude také přisvětlená, bude se průměrná osvětlenost místnosti pohybovat nad 200 lx. Díky opálovému krytu z triplexového skla se bude linka i snadno udržovat.

Obývací pokoj bývá především místem odpočinku a relaxace, ale například děti si zde mohou též hrát. Vzhledem k faktu, že se jedná o starší pár, odpočinek bude pravděpodobně převládat před dětskými hřítkami na koberci uprostřed obývacího pokoje. Z toho důvodu bylo zvoleno osvětlení v teplotě 3 000 K u všech třech svítidel. Jako hlavní osvětlení bylo opět použito svítidlo Elza 5 36 W (ve variantě s LED panelem a svítivosti 4 850 lm), umístěné uprostřed místnosti, a dvě doplňková svítidla McLed Nixo 12 W (se svítivosti 830 lm) k osvětlení komunikační zóny. Tato svítidla jsou stejného designu jako svítidla Osmont, jen jsou výrazně menší a také cenově dostupnější. Ani jejich aplikací však nebyl rozbit koncept požadovaného designu. Svítidla je možné rozsvěcet každé zvlášť, proto svítidlo za rohem směrem do chodby

může ve večerních hodinách sloužit k základní orientaci v obývacím pokoji při zhasnutém hlavním osvětlení a nebude představovat nežádoucí rušivý efekt, například při sledování televize. Zákazníkovi bylo doporučeno prostor ještě doplnit stojící lampou s nepřímým osvětlením, kterou by bylo možné umístit vedle sedací soupravy. Kromě intenzity osvětlení se významně zlepšila také rovnoměrnost. Zcela byly eliminovány šedé zóny v rozích, v prostoru směrem k chodbě nebo například tmavá zóna způsobená pohlcováním světla dveřmi na zahradu.

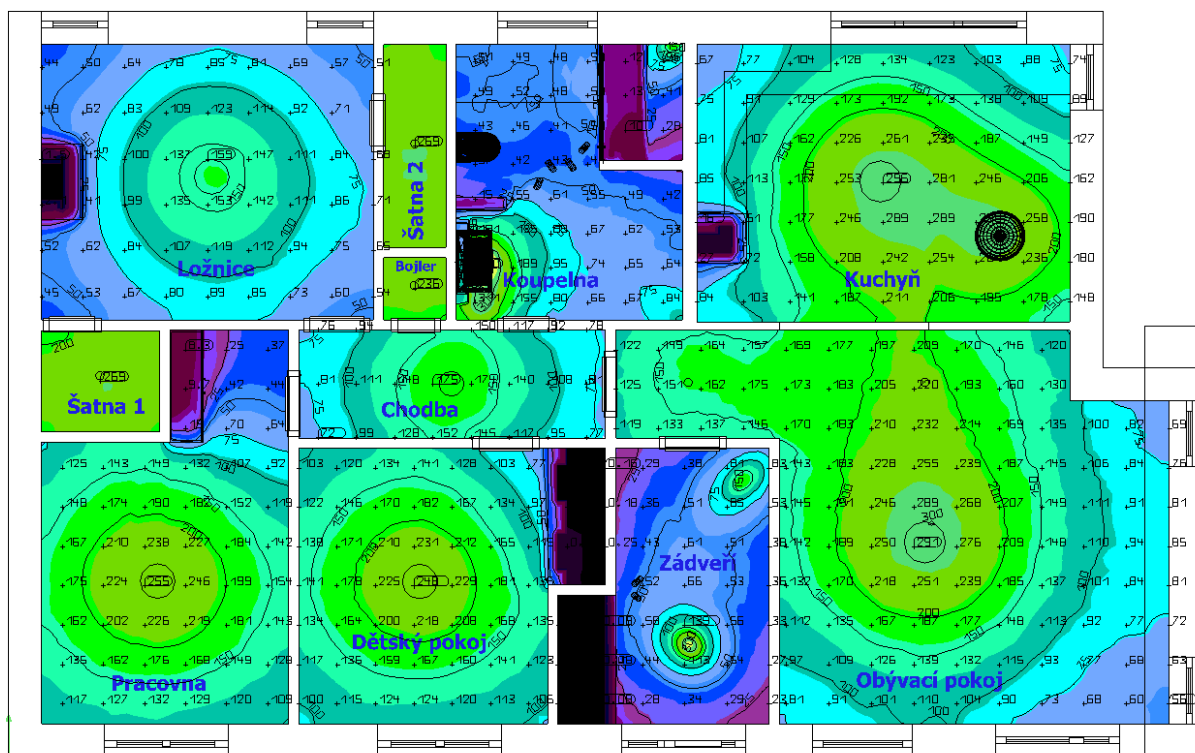
Do dětského pokoje a pracovny bylo zvoleno svítidlo Elsa 4 s LED panelem o výkonu 29 W a svítivosti 4 050 lm v teplotní variantě 4 000 K, protože je vysoce pravděpodobné, že v obou místnostech bude probíhat pracovní činnost a neutrální bílá neunavuje tolik oči jako výrazně teplé světlo.

V ložnici je nešťastná poloha vývodu pro světlo přímo nad postelí. Ideálnější by bylo nepřímé osvětlení, nebo možnost svítidlo stmívat. Bohužel obě varianty překračovaly cenové možnosti zákazníka. Osazení výkonného svítidla, které by zajistilo dostatečnou intenzitu osvětlení například na úklid, by nebylo vhodné ve večerních či ranních hodinách, když jeden z partnerů potřebuje rozsvítit a druhý chce ještě spát. Naopak svítidlo s malým výkonem už zde původně bylo, vytvářelo nepříjemný pocit temna a neumožňovalo kromě základní orientace nic, ani řádný úklid. Proto bylo zvoleno svítidlo Elsa 4 se sníženým výkonem 21 W, svítivosti 2 770 lm v teplé barvě 3 000 K, aby co nejvíce připomínalo zapadající či vycházející slunce a umožňovalo organismu klid v době před usínáním, stejně jako i příjemné vstávání.

4.1 Simulace umělého osvětlení

Simulace umělého osvětlení ekonomického návrhu (viz Obr. 13) musela být nejprve doplněna o nábytek, který byl během doby čekání na objednaná svítidla v objektu namontován. Jedná se o vestavěné skříně v zádveří, dětském pokoji, pracovně a o komodu v ložnici.

I když žárovka osazená v obou šatnách a místnosti zvané bojler byla dostačující pro vykonávanou činnost, byla pro sjednocení designu a správné vidění barev oblečení navržena svítidla Mled Nixo 12 W v teplotě 4 000 K.



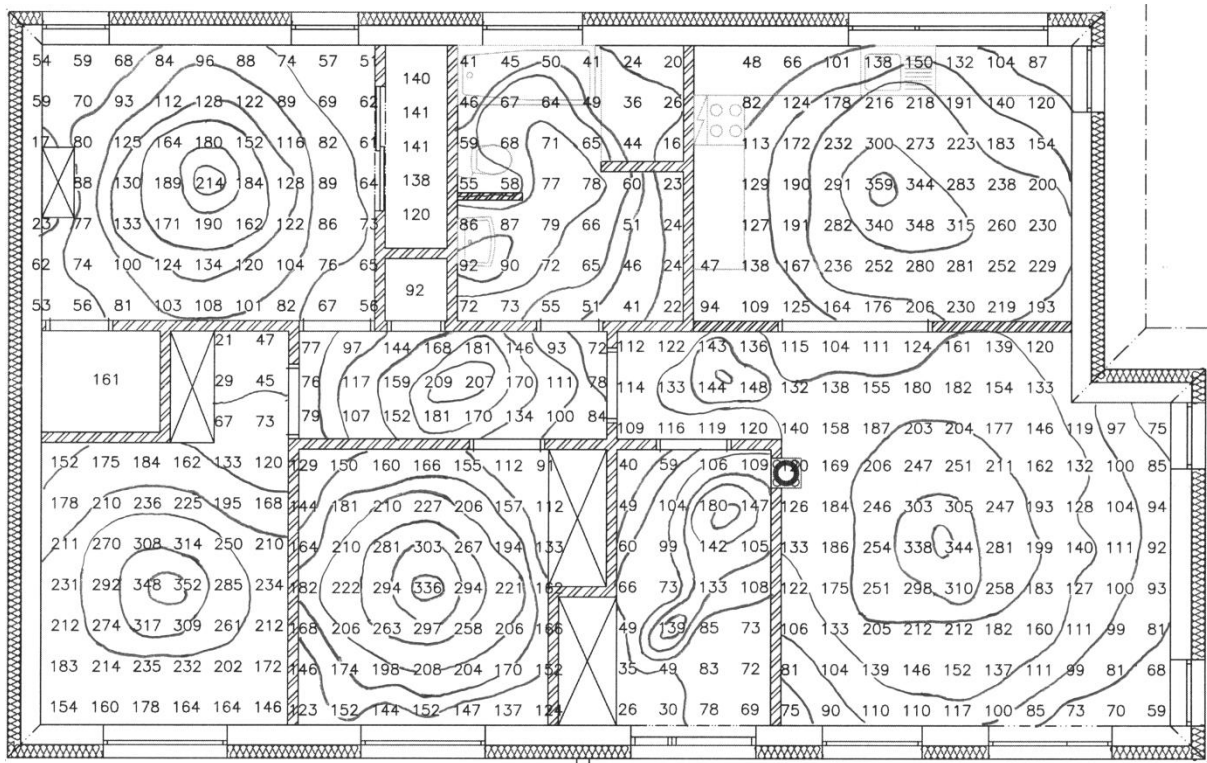
Obr. 13 – Simulace hodnot osvětlenosti navrženým umělým osvětlením

Tab. 14 – Hodnoty simulace umělého osvětlení ekonomického návrhu

Uživatelská úroveň (0,85 m)	E_{MIN} [lx]	E_{MAX} [lx]	E_M [lx]	Svítilidlo
Pracovna	6,12	257	143	Osmont Elsa 4 (51821), 29W LED, 4 050 lm, 4 000 K
Šatna 1	188	270	242	McLed Nixo 12, 12 W, 900 lm, 4 000 K
Ložnice	0,002	163	86	Osmont Elsa 4 (59083), 21 W LED, 2 770 lm, 3 000 K
Šatna 2	203	273	242	McLed Nixo 12, 12 W, 900 lm, 4 000 K
Bojler	200	235	220	McLed Nixo 8, 8 W, 525 lm, 4 000 K
Koupelna	5,51	1253	72,8	5x bodovka, halogen. žárovka 28 W / G9
Kuchyň	0,29	299	172	Osmont Elsa 5 (51830), 36 W LED, 5 070 lm, 4 000 K Závěsný lustr, LED žárovka Megaman 11W 1 055 lm 2800 K
Chodba	64,2	179	121	Osmont Elsa 2 (59445), 15 W LED, 1 950 lm, 3 000 K
Dětský pokoj	0,16	250	138	Osmont Elsa 4 (51821), 29 W LED, 4050 lm, 4000 K
Zádveří	0,08	368	48,1	2x bodovka, halogen. žárovka 42 W / GU10
Obývací pokoj	55,1	298	152	Osmont Elsa 5 (51330), 36 W LED, 4 850 lm, 3 000 K 2x McLed Nixo 12, 12 W, 830 lm, 3 000 K

4.2 Měření umělého osvětlení v praxi

V koupelně je možné si všimnout jiných hodnot osvětlenosti než při výchozím měření, avšak při stejných svítidlech. Důvodem je, že nefunkční žárovka nad zrcadlem byla nahrazena jednou žárovkou demontovanou z hlavního osvětlení.



Obr. 14 – Zákres měřených hodnot navrženého umělého osvětlení

Ve všech obytných místnostech, kde byly osazeny svítidla Osmont, jsou změřené hodnoty stejné, nebo lepší než hodnoty simulované. Například v kuchyni je průměrná intenzita osvětlení 187,75 lx, ale při uvažování osvětlení i pracovní desky by mohla stoupnout na přibližně 250 lx. Pracovna a dětský pokoj také překonaly očekávání a dokonce i v ložnici jsou hodnoty mírně lepší a při zahrnutí nejistoty měření v podstatě odpovídají. V obývacím pokoji a na chodbě naměřené hodnoty (viz Obr. 14) přibližně odpovídají simulaci.

Celkové průměrné zlepšení oproti předcházejícímu stavu je ve většině místností o 400 až 1 000 %. Dle Tab. 15 splňují všechny místnosti pro trvalý pobyt osob minimální doporučené hodnoty definované v kapitole 2.9.5.

Tab. 15 – Hodnoty měření umělého osvětlení ekonomického návrhu

Uživatelská úroveň (0,85 m)	E_{MIN} [lx]	E_{MAX} [lx]	E_M [lx]	Svítilidlo
Pracovna	21	352	198,2	Osmont Elsa 4 (51821), 29 W LED, 4050 lm, 4 000 K
Šatna 1	161	161	161	McLed Nixo 12, 12 W, 900 lm, 4000 K
Ložnice	17	214	98,4	Osmont Elsa 4 (59083), 21 W LED, 2 770 lm, 3 000 K
Šatna 2	120	141	136	McLed Nixo 12, 12 W, 900 lm, 4000 K
Bojler	92	92	92	McLed Vanda R8, 8 W, 710 lm, 4000 K
Koupelna	16	92	54,26	5x bodovka, halogen. Žárovka 28 W / G9
Kuchyň	47	359	187,75	Osmont Elsa 5 (51830), 36 W LED, 5 070 lm, 4 000 K Závěsný lustr, LED žárovka Megaman 11 W 1055 lm 2800 K
Chodba	72	209	129,54	Osmont Elsa 2 (59445), 15 W LED, 1 950 lm, 3 000 K
Dětský pokoj	91	336	188,94	Osmont Elsa 4 (51821), 29 W LED, 4050 lm, 4000 K
Zádveří	26	180	84,57	2x bodovka, halogen. Žárovka 42 W / GU10
Obývací pokoj	59	344	151,75	Osmont Elsa 5 (51330), 36W LED, 4850lm, 3 000K 2x McLed Nixo 12, 12 W, 830 lm, 3000 K

4.3 Zhodnocení účinnosti a spotřeby použitých světelných zdrojů

Již výše bylo uvedeno, že bylo navrženo osvětlení od firmy Osmont s LED panelem. Konzervativní lidé by mohli namítat, že jejich nevýhodou je nutnost výměny celého svítidla, pokud přestane svítit. S tímto tvrzením rozhodně nelze souhlasit, protože svítidlo je možné opravit. Skládá se v podstatě ze dvou komponentů – LED panelu a transformátoru. Oboje jsou komponenty připojené ve svítidle na šroubek nebo konektor a vyměnitelné během pár vteřin. Velkou výhodou celo ledkových panelů je výborný rozptyl světla, navíc při pohledu na svítidlo není zdroj světla vidět. Druhou nespornou výhodou je jejich měrný světelný výkon, který má vliv na celkovou spotřebu energie. Tato skutečnost bude dále demonstrována.

Do celého domu bylo osazeno:

- 1 ks modelu Elsa 2 (59445), 15 W 3000 K, výkon zdroje 1 950 lm, výkon svítidla 1 420 lm
- 1 ks modelu Elsa 4 (59083), 21 W 3 000 K, výkon zdroje 2 770 lm, výkon svítidla 1860 lm

(svítidlo Elsa 4 je znázorněno na přiloženém obrázku – viz Obr. 15)

- 2 ks modelu Elsa 4 (51821), 29 W 4 000 K, výkon zdroje 4 050 lm, výkon svítidla 2 710 lm
- 1 ks modelu Elsa 5 (51830), 36 W 4 000 K, výkon zdroje 5 070 lm, výkon svítidla 3 300 lm
- 1 ks modelu Elsa 5 (51330), 36 W 3 000 K, výkon zdroje 4 850 lm, výkon svítidla 3 150 lm

Pokud k tomu přičteme zbytek osvětlení se součtem výkonu 387 W, je celý instalovaný výkon v domě roven 553 W. Pokud bychom uvažovali, že svítí denně: hlavní osvětlení v kuchyni 2 h denně, osvětlení nad stolem 1 h, svítidla v obývacím pokoji 2,5 h, v dětském pokoji 2 h, v pracovně 3 h, v ložnici 0,5 h, koupelně 1 h, chodbě 0,5 h, v šatnách 0,2 h, zádveří 0,5 h, v technické místnosti 0 h, vyšla by nám celková denní spotřeba 0,572 kW a měsíční spotřeba 17,2 kW, resp. roční 208,9 kW. Při průměrné ceně elektrického proudu 4,6 Kč v roce 2019 by činila platba za svícení relativně zanedbatelných 961 Kč za rok.



Obr. 15 – Svítidlo Elsa 4 [27]



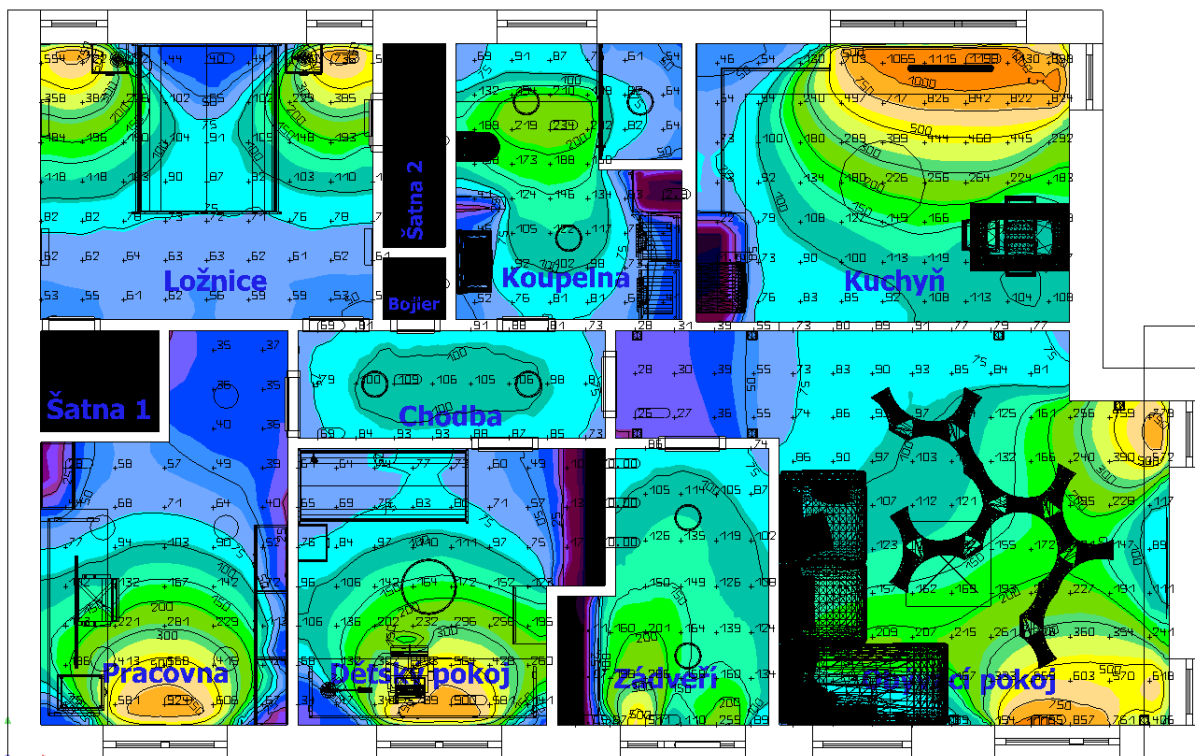
Obr. 16 – Žárovka s wolframovým vláknem [28]

Osmont tato stejná svítidla nabízí i ve verzi s patičí E27 pro osazení standardních žárovek s výkonem až 75 W/ks. Pokud by byl zákazník konzervativní a prosadil si tuto variantu, bylo by nutné použít 38 ks standardních žárovek s wolframovým vláknem (Obr. 16) k dosažení stejného světelného výkonu jako u LED panelů. Instalovaný příkon svítidel by byl 2 850 lm, v součtu s ostatními svítidly by byl 3 237 W. Při uvažování svícení stejně dlouhých intervalů ve všech místnostech, jako bylo počítáno v minulém odstavci, by denní spotřeba vzrostla na 6 964 W, tj. 208,9 kW měsíčně, resp. 2 541,9 kW za rok. Při ceně elektrického proudu 4,6 Kč by roční výdaj za svícení byl v tomto případě 11 692 Kč, což je opravdu značně vyšší částka, než byla spočtena u LED panelů. Evropská unie v posledních letech znatelně omezila výrobu a používání těchto mimořádně nevhodných zdrojů světla. Tyto klasické žárovky měly účinnost přibližně 2 % přeměněné energie na světlo. Zbytek energie (98 %) přeměnily na teplo.

5 NÁVRH OPTIMÁLNÍ VARIANTY UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ

Během psaní této diplomové práce bylo zjištěno, že většina knih, norem a hygienické legislativy je zpracována pro průmyslovou výrobu a pracovní prostory. Pro domácnosti nejsou hodnoty umělého osvětlení striktně nařizovány, nýbrž pouze doporučovány.

Z toho tudíž vyplývá, že návrh umělého osvětlení v interiéru je individuální volbou každého uživatele. Stále hodně architektů i uživatelů celou situaci velmi podceňuje, či dokonce vůbec neřeší. Projektant, který by měl být ten první, kdo nad osvětlením prostor začne uvažovat, případně využije spolupráci s odborníkem, vyprojektuje ve většině případů jeden vývod osvětlení v každé místnosti a lidově řečeno předá štafetu odpovědnosti na nezasvěceného uživatele. Ten sice investuje desetitisíce do designové pohovky, nábytku, skříní, koberečku pod konferenční stůl, masivního jídelního stolu a dalšího vybavení své domácnosti, avšak z neznalosti často koupí první světlo za pokladnou v hobby marketu, osadí jej žárovkou, kterou najde ve sklepě a ono to nějak funguje. V této části práce proto bude demonstrováno, jak velký vliv může mít právě osvětlení na celkovou funkčnost interiéru, vykonávané činnosti, pozvednutí subjektivně hodnocené kvality interiéru i zrakovou pohodu jeho uživatelů.



Obr. 17 – Simulace denního osvětlení varianty s použitím světlovodů při zatažené zimní obloze

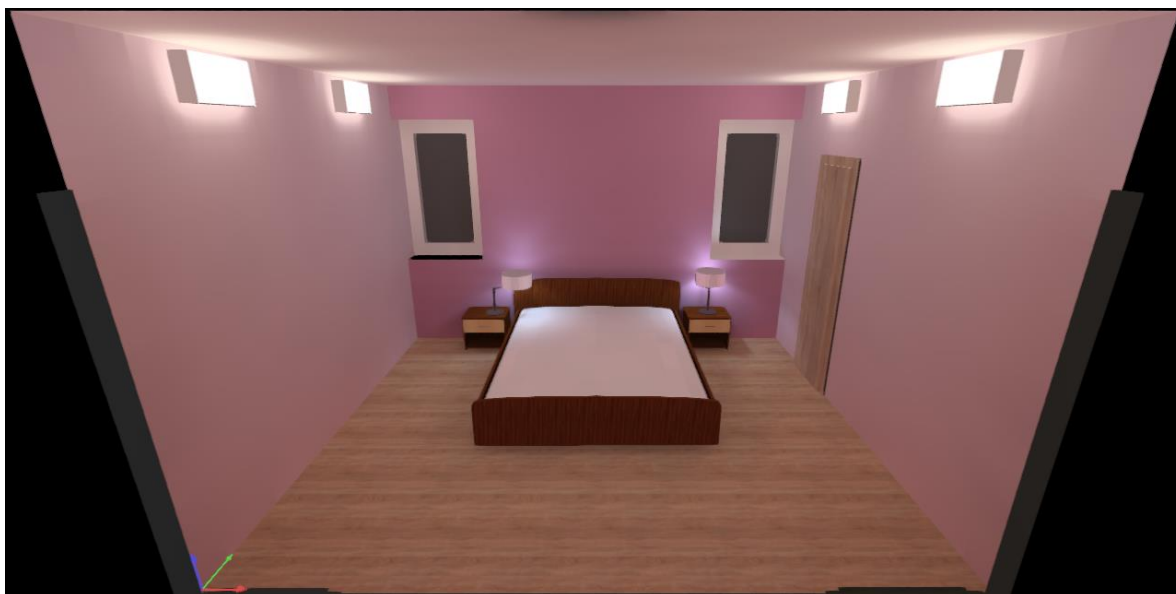
V podstatě v každém obytném prostoru, kde člověk tráví čas přes den i noc a vykonává zde nějakou činnost, by měl být kladen důraz na rovnoměrnost osvětlení. Už dříve v dobách, kdy se objevovaly první lustry na hradech a zámcích, si lze všimnout, že byly osazeny malými sklíčky či křišťály. Hlavním důvodem bylo, aby světlo svíčky, které je jinak malého výkonu, bylo co nejvíce rozptýleno do prostoru. Při podobném návrhu v domácnosti se samozřejmě nabízí varianta použití více svítidel v místnosti, čímž se logicky musí zlepšit rovnoměrnost osvětlení. To je pravda, ale je potřeba již předem vědět přesné osazení konkrétním nábytkem a počítat s ním i v modelaci. Začátečnickům v oboru se lehce může stát, že prázdný interiér vymyslí a osadí drahými a kvalitními svítidly umístěnými tak, že vytváří krásné rovnoměrné osvětlení místnosti, a v momentě následného zaplnění místnosti nábytkem se například zjistí, že velká šatní skříň nebo knihovna zasahuje do pozice svítidla nebo že nejde otevřít horní polička, aniž by zavadila o jeho kryt.

Správnému návrhu osvětlení by měla předcházet analýza klienta a jeho aktuálního životního stylu. Důležité je také zjistit rozsah činností, které budou v jednotlivých prostorech probíhat a jaké osoby je zde budou provozovat. Zjištění budoucích povrchů zdí, stropů a podlah je také naprosto klíčové, stejně jako i rozmístění nábytku.

5.1 Ložnice

Ložnice je místnost primárně určená pro odpočinek. Pokud tedy ložnice neslouží zároveň jako šatna, nebývají zde tak vysoké požadavky na osvětlení. Osvětlení by mělo být takové, aby poskytovalo dostatečné osvětlení pro orientaci a pohyb po místnosti, případně dostatek světla pro úklid. Hodnota 200 lx je dostačující. Problém často bývá při řešení otázky, jaké osvětlení osadit v případě, že už je připravený jeden vývod uprostřed místnosti, který je zároveň přímo nad postelí. Takto osazené svítidlo bude působit rušivě zejména pro partnera, který by chtěl spát, zatímco ten druhý si potřebuje rozsvítit kvůli pohybu po místnosti.

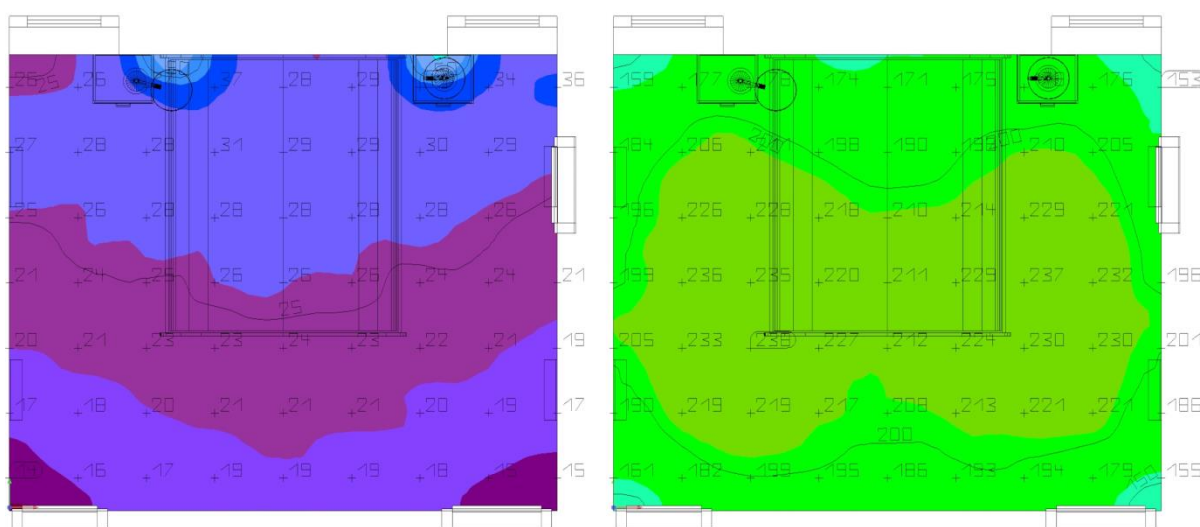
Lepším řešením je umístit vývody tak, aby byl osvětlen prostor kolem postele. To může být řešeno například bodovým osvětlením, osvětlením umístěným na zdi, světelnou cestou nebo nepřímým osvětlením – třeba světelnými rampami. Světelná rampa může být vedena po obvodu místnosti, nebo jako kastlík uprostřed místnosti s nepřímým vyzařováním do okolí a například přímým světlem uprostřed, které může být využito pouze při úklidu.



Obr. 18 – Ložnice

Vždy platí, že světlo v ložnici by mělo být hlavně uklidňující, neoslňující a v teplých tónech, připomínajících ranní a večerní barvu Slunce, tj. aby uživatel a jeho organismus nebyl rušen modrou složkou světla a mohl se pohodlně připravovat na spánek. Výhodou je také možnost stmívání hlavního osvětlení.

Konkrétně pro tuto ložnici modelového domu byla navržena varianta všesměrového osvětlení svítidly Osmont Nara 2. Byla zvažována i její slabší varianta – Nara 1, která by vytvořila osvětlení 140 lx ve srovnávací rovině. Jelikož zde však bude umístěna komoda s oblečením a světla budou stmívatelná, bylo rozhodnuto osazení silnější varianty. Řešilo se také, jestli svítidla umístit na strop, nebo na zeď. Osvětlení byla rozdělena na dva okruhy, zvlášť levou a pravou část.



Obr. 19 (a) a (b) – Simulace umělého osvětlení ložnice v uživatelské rovině 0,85m

Jednotlivá svítidla byla při návrhu nejprve umístěna rovnoměrně do třetin po obou stranách místnosti, ale uprostřed místnosti vznikla nedostatečně osvětlená oblast. Proto byly pokusem posouvány k sobě, dokud nebyla rovnoměrnost osvětlení přijatelná. Přiblížení svítidel příliš blízko k sobě způsobovalo přeexponovaný střed místnosti a naopak šedé zóny kolem stěn. Zajímavá je také skutečnost, že dub sonoma, ze kterého jsou vyrobeny dveře, má stupeň odrazu jenom 42 %, zatímco malba na stěně Dulux X7.04.82 má tuto hodnotu 66 %, což se v modelaci neprojevuje. V reálu by to tak určitě bylo. Světlo na jižní stěně ložnice je vhodné, pokud zde bude pouze komunikační zóna, případně komoda. Pokud by zde byla umístěna televize, umístění svítidla na totožnou stěnu ložnice rozhodně není vhodné.

U každého lůžka by dále nemělo chybět doplňkové nebo směrové svítidlo určené ke čtení v posteli. Zde je řešeno pomocí otočné lampičky, jejíž výchozí pozice je nad stolkem (pravá lampička na Obr. 18), ale lze na kloubu otočit nad postel a poskytnout světlo čtenáři na lůžku (levá lampička na Obr. 18). Lampičky vrhají hlavní světlo dolů na postel, která je ve výšce cca 60 cm od podlahy, proto ve srovnávací rovině ve výšce 85 cm, znázorněné na obrázku, není tolik vidět.

5.2 Chodba

Chodba bývá v rodinných domech často místem bez denního světelní, respektive bez bočního okna. U patrových domů je běžně nad schodiště umístěno střešní okno, které osvětluje nejen schodiště, ale částečně též prostor pod schody i nad schody. U jednopodlažních domů typu bungalov se lze jen málokdy setkat s řešením, kdy jsou místnosti vysoké až pod střechem a osazená střešní okna poskytují světlo do celého domu i místností, které by ho standardně neměly. Většinou je konstrukce postavena tak, že dům nemá obytné podkroví, ale přesto bývá podkroví pod sedlovou střechou přístupné a slouží k ukládání věcí, čili je tu uděláno podlaží a místnosti v přízemí mají vodorovný pohled. Stejně je tomu i u našeho řešeného domu.

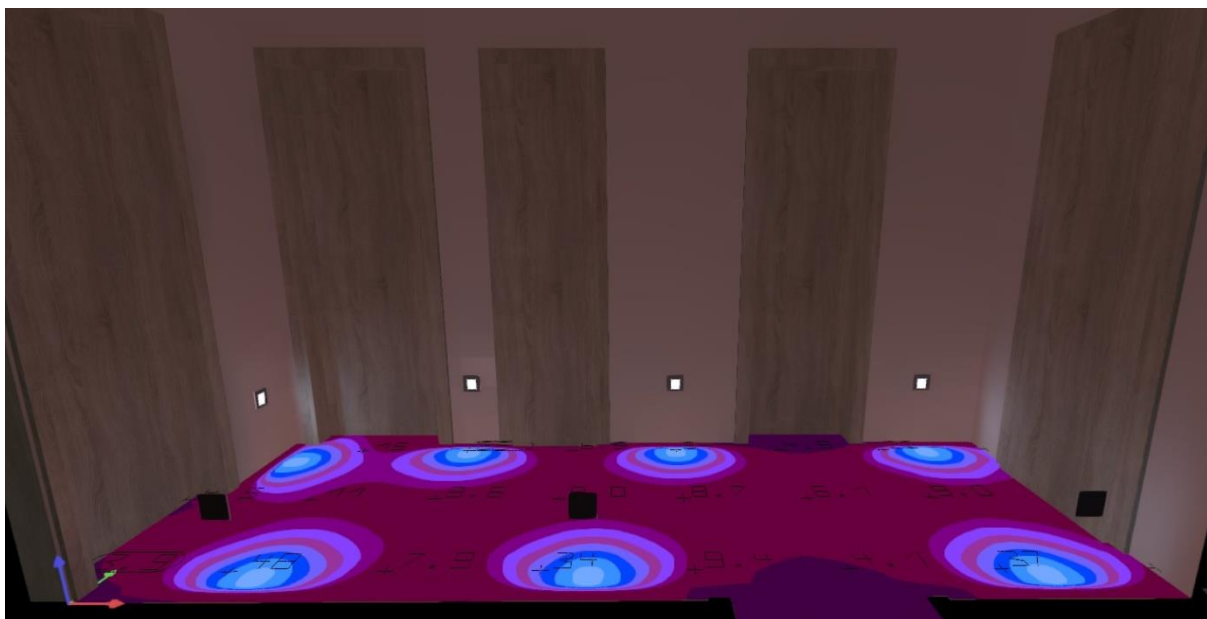
Přivedení denního světla do místností uprostřed domu bylo tudíž navrženo vyřešit použitím světlovodu. Tím jsme schopni při zatažené obloze přivést světlo o výkonu přibližně 400 lm a při slunečném dni až 2 000 lm. Do světlovodu je také možné integrovat LED diody, takže může zároveň fungovat jako svítidlo o výkonu 1 100 lm.



Obr. 20 – Simulace umělého osvětlení v chodbě

Večerní a noční osvětlení chodby je také vhodné doplnit orientačním osvětlením u země. Toto osvětlení může být řízeno například programovatelnými spínacími hodinami nastavenými na spínání například v 18 h a vypínáním v 7 h ráno. Pokud je do chodby přivedeno denní světlo, přímo se nabízí použití soumrakového čidla. Světýlka mají příkon přibližně od 1 W do 4 W a světelný výkon od 20 lm do 150 lm. Pokud by zákazníkovi vadilo, že osvětlení svítí celou noc, je možné instalaci doplnit čidlem pohybu.

Osvětlení je dobré volit v teplé barvě 3 000 K, aby v noci při pohybu uživatele (například po cestě na záchod) působilo co nejméně agresivně. Pokud jej umístíme blízko schodiště, je doporučeno umístit svítidla nejen podél schodnic, ale několik i k podestě schodiště. Variantou také může být osvětlení už zabudované do schodnice.



Obr. 21 – Simulace nočního orientačního osvětlení

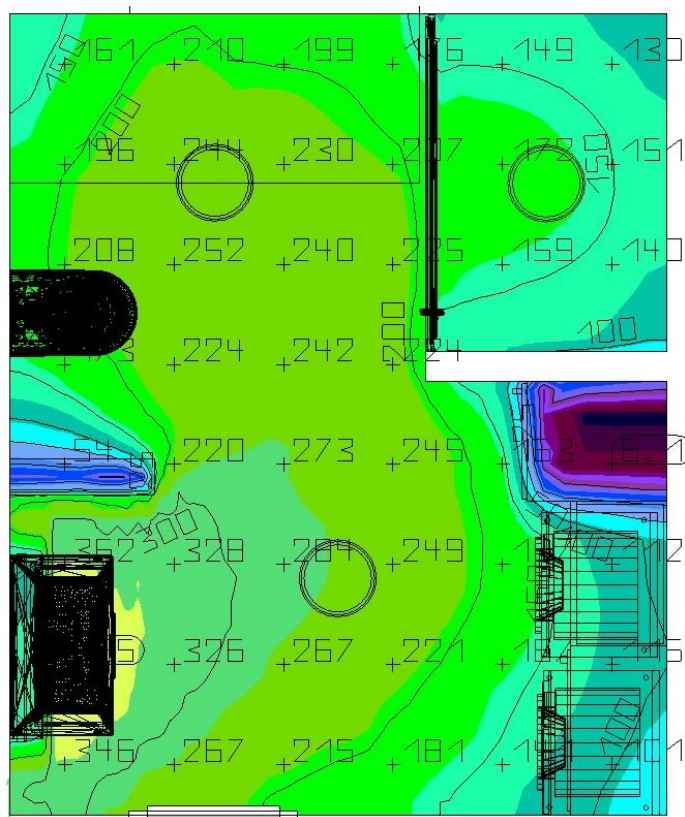
5.3 Koupelna

Koupelna, obzvlášť pokud je spojena se záchodem jako v našem navrhovaném domě, je specifickým místem, protože v ní probíhá několik činností, které vyžadují rozdílnou intenzitu osvětlení. Jelikož se zpravidla jedná o menší místnost, bývá téměř vždy navržena a řešena za pomoci jednoho hlavního osvětlení a doplňkového osvětlení nad zrcadlem.

Koupelna by také měla být místem čistým a uklízeným, kdy dostatečně prosvětlená koupelna upozorňuje velmi dobře na sebemenší nedostatky. Primárním účelem koupelny je však očista. Zdánlivě jednoduchý zrakový úkol lze těžko vykonávat v přítmí nebo při nedostatečném osvětlení. V koupelně též lidé nejčastěji odhalí kožní a jiné anamnézy, proto je výhodné mít osvětlení dostatečné pro podobné jednodušší zrakové úkoly, tj. 200 až 500 lx. Pokud máme koupelnu spojenou se záchodem, je třeba myslet také na uživatele, který půjde uprostřed noci na záchod a rozsvítí si osvětlení na několik minut „přímo do očí“. Pokud bude osvětlení intenzivní a navíc denní barvy, jeho organismus se již za několik minut nastartuje natolik, že by mohl mít uživatel problémy opětovně usnout. V neposlední řadě je potřeba pamatovat na uživatele, kteří si rádi dopřávají odpočinek ve vaně, k čemuž je ideální tlumeného osvětlení teplé barvy.

Osobně zastávám jako autor této studie názor, že jedno hlavní svítidlo v koupelně nestačí, a proto doporučuji použít více hlavních světel rozmístěných po koupelně s možností spínat každé odděleně. To bylo zohledněno i při úvahách v rámci modelovaného rodinného domu.

V něm je také veliký problém s přívodem denního světla skrz malé okno. Hodnota denního osvětlení v zatažený zimní den je třeba ve sprchovém koutě dostatečná pouze pro rozlišení základních obrysů. Po vzoru chodby bylo rozhodnuto umístit světlovody s integrovaným LED osvětlením i sem, konkrétně 3 ks, které ve dne vytvoří příjemně rovnoměrně osvětlený prostor a přitom není potřeba mít další těleso na stropě sloužící pouze na umělé osvětlení.



Obr. 22 – Simulace osvětlení v koupelně

Osvětlovací tělesa byla rozmístěna tak, aby jedno plnilo funkci hlavního osvětlení celého prostoru, jedno osvětlovalo přímo sprchový kout a poslední osvětlovalo prostor vany. Je potřeba dávat pozor při navrhování svítidla do prostoru sprchového koutu, aby byly patřičně dodrženy požadavky normy, která říká, že v prostoru do 225 cm nad zemí smí být svítidlo pouze s krytím IP X7 a vyšším, což je zapotřebí si hlídat zejména právě u koupelen s nízkými stropy. Pro výšku svítidla nad 225 cm od země už norma nepřikazuje požadované krytí, nicméně ze zkušenosti lze i v těchto případech doporučit osadit svítidlo s IP67 nebo alespoň IP44, a to primárně z důvodu zamezení poškození svítidla jako takového párou. Vana může být také doplněna relaxačním osvětlením v nejrůznějších podobách.

U zrcadla často probíhají náročné zrakové úkony jako je líčení nebo holení, proto by u něj mělo být dostatečné osvětlení, které svítí ve směru k obličeji, v žádném případě ne do zrcadla. Světlo by mělo být tlumené, ideální je mléčný difuzor, aby neoslňovalo, nýbrž vhodnou

intenzitou osvítilo obličej. Teplota chromatičnosti 4 000 K, tj. neutrální bílá barva, je ideální kvůli správnému podání barev například při make-upu. Může být využito třeba i zrcadlo s již integrovaným osvětlením, u kterého je opět ideální světlo, jež příliš neoslňuje a je namířené přímo do tváře. Osvětlení zrcadla je nejvhodnější mít po boku svítidla, protože dobře osvítí i místo pod bradou, jako tomu bývá například v divadelních stolcích.



Obr. 23 – Koupelna

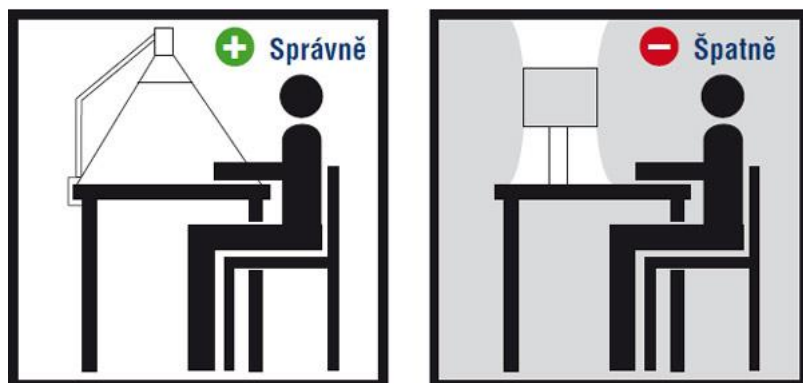
5.4 Pracovna

Norma na jednu stranu řeší jen výrobní prostory a kanceláře, ale některé části domácnosti jsou ve své podstatě pracovny či dílnami a probíhají v nich práce, které jsou srovnatelné s těmi na pracovišti. Dokonce se někdy jedná o místnost pro jedince, kteří pracují z domova. Potom je místnost, označená jako pracovna, hlavním místem pro vykonávání určité pracovní činnosti a bylo by vhodné, aby splňovala normou stanovené požadavky na osvětlení, přestože to pro bytové účely norma nenařizuje.



Obr. 24 – Pracovna

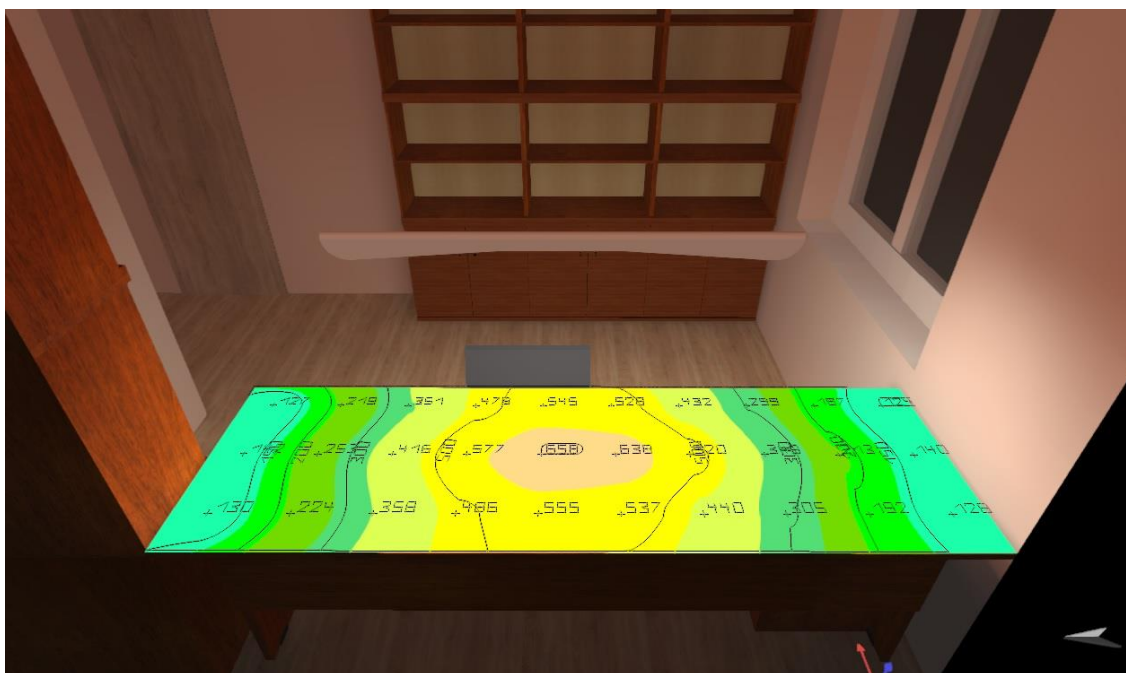
Pracovna či dílna je nejvíce individuální místnost v domě nebo bytě. Nelze obecně doporučit správné osvětlení, jelikož se požadavky vždy budou lišit v závislosti na konkrétní práci. Jiné požadavky bude mít řezbář, švadlena, administrativní pracovník nebo fotograf. Tomu by mělo odpovídat jak denní, tak umělé osvětlení. Obecně lze říci, že by měl být velmi dobře osvětlen celý prostor přímým osvětlením s vhodně doplněným osvětlením pracovního stolu. Světlo by mělo být i u počítače aby nebyl velký kontrast mezi jeho obrazovkou a okolní tmou. Světlo na pracovním stole by mělo být namířené na stůl, přímo na zrakový úkol jako je vyobrazeno na přiloženém obrázku (Obr. 25).



Obr. 25 – Správné vs. špatné osvětlení pracovního stolu [29]

Návrh této konkrétní pracovny vychází z požadavku zákazníka, který stanovil, že se bude jednat primárně o místnost pro administrativní práci. Ta probíhá zejména u pracovního stolu. Z toho důvodu bylo navrženo osazení 5 ks svítidel Osmont Elsa 2 15 W 4 000 K, které jsou rozmístěné tak, aby bylo dosaženo co největší rovnoměrnosti a tedy i možnosti vidět do všech skříní, regálů a polic. Pro administrativní práci bychom správně měli volit chladnější světlo kolem 5 300 K, připomínající denní světlo a umožňující soustředit se plně na zrakový úkol. Jelikož ale firma Osmont vyrábí pouze variantu teplou 3 000 K nebo neutrální 4 000 K, byla zvolena chladnější z dvojice.

Bylo řešeno dilema, zda umístit stůl blízko oknu, nebo bokem tak, aby denní světlo přicházelo pravákově zleva. Lokální umělé osvětlení bývá nejčastěji řešeno lampičkou na stole. Vzhledem k velikosti pracovního stolu však bylo zamýšleno osvětlit celý stůl. K tomuto účelu bylo zvoleno velké podlouhlé desénové svítidlo zavěšené ze stropu ve výšce 1,6 m nad podlahou. To vytvoří osvětlenost 500 až 1 000 lx na stole ve srovnávací rovině 85 cm. Výška stolu bývá nejčastěji 75 cm nebo 80 cm.



Obr. 26 – Správné vs. špatné osvětlení pracovního stolu

5.5 Dětský pokoj

V dětských pokojích bývá nejčastější chybou osazení lustru se stínidlem, který se hodí spíše nad jídelní stůl. Stínidlo vytváří kolem dokola v místnosti ostrý skok kontrastů, který pro děti působí rušivě a odvádí pozornost od hraní či práce. Vhodné osvětlení dětského pokoje závisí na věku dítěte a jeho individuálních potřebách. Proto je asi nejvhodnějším řešením použití stmívatelného osvětlení. Teplota chromatičnosti by měla být určitě co nejvíce podobná dennímu světlu, ale zase ne úplně chladná, aby modrá složka světla nevyvolávala nespavost. Ideální je osvětlení od 4 000 do 5 000 K. Je dobré volit svítidlo s všesměrovým vyzařováním. Například svítidla s rámečkem, vytvářející tmavý stín na zdech, rovněž nejsou vhodná.



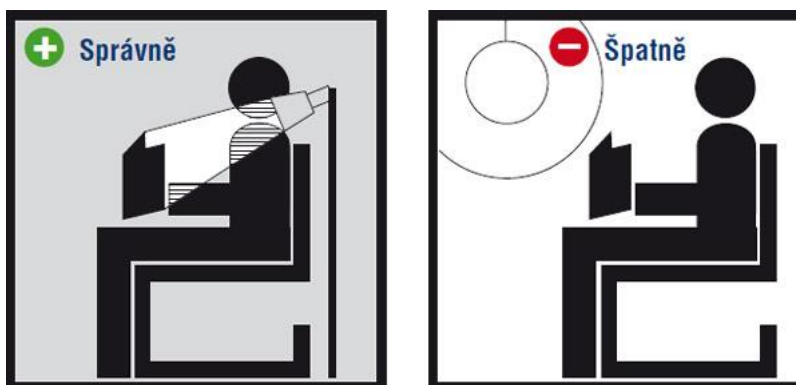
Obr. 27 – Dětský pokoj

Do návrhu modelového domu bylo z výše popsaných důvodů vybráno svítidlo od italské firmy Molto Luce, typ BADO R 670 EB-LEUCHTE. Díky svému velkému průměru a též velkému výkonu dokáže rovnoměrně osvětlit prostor pro malé děti hrající si na zemi v intenzitě 400 lx. Možnost stmívání umožňuje regulovat osvětlenost při běžném pohybu v pokoji na 200 až 300 lx i ztlumit na 50 lx pro případ potřeby rozsvítit v nočních hodinách. Svítidlo nabízí také možnost provedení s opálovým nebo mikroprismatickým optickým krytem. [30] Zde byl pro jeho výhody zvolen mikroprismatický difuzor (viz Obr. 28), což je velice čirý difuzor s mikropyramidovou strukturou, který zajišťuje omezení jasu svítidla nad určitou hodnotou úhlu vyzařování. Svítidlo proto poskytuje optimální distribuci světla a zabraňuje oslnění v souladu s platnou normou pro osvětlení kanceláří.



Obr. 28 – Mikroprismatický difuzor [31]

Neopomenutelným svítidlem by měla být také lampička u postele. Na rozdíl od manželské postele nikoho neruší, proto může být výkon vysoký, ale jen do takové míry, aby neoslňoval – tj. nejlépe 400 až 600 lm s úhlem vyzařování 36°. Svítidlo by mělo být zaostřeno přímo na polštář, respektive ideálně by mělo být polohovatelné kvůli alternativám čtení vsedě nebo vleže. Světlo by mělo jít z boku, aby si čtenář nesvítil do temene, a ideálně pod úrovní očí sedícího člověka, což je přibližně 60 až 80 cm nad matrací, podle výšky jedince.



Obr. 29 – Správné vs. špatné osvětlení při čtení [29]

Druhým nepostradatelným doplňkovým osvětlením v dětském pokoji je stolní svítidlo. Platí pro něj stejná pravidla jako v případě pracovny, tedy že veškerý výkon by měl směřovat na stůl. V tomto případě ale bylo pro změnu použito svítidlo se dvěma klouby, které si student může nastavit na jakoukoliv oblast na stole. Jsou pozorovány výsledky, že špatné osvětlení v dětském pokoji může způsobovat bolesti hlavy, zhoršení zraku, nepozornost, neposednost, křivá záda, poruchy chování i jiné negativní důsledky.

5.6 Zádveří

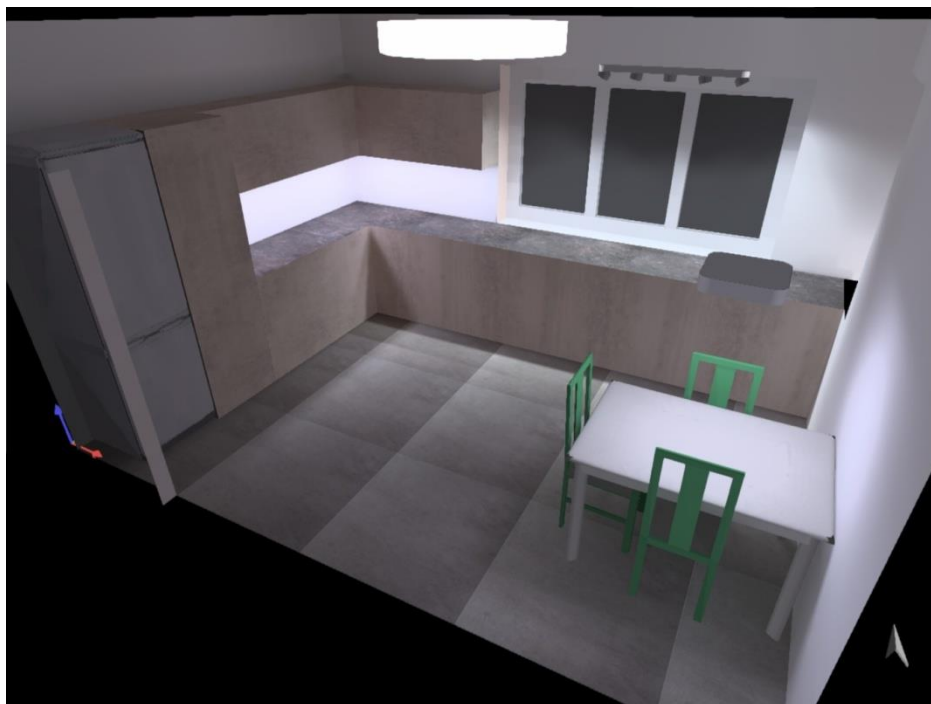


Obr. 30 – Pohled do zádveří

Zádveří plní v domě dvě hlavní funkce. Jednak v těchto prostorách většinou probíhá oblékání a svlékání vrchních vrstev oděvů a zároveň se jedná o jakousi světelnou komoru, sloužící pro přizpůsobení zrakového ústrojí z velkého jasu na malý či naopak, v závislosti na tom, jestli jde uživatel ven či dovnitř a jestli je venku den nebo noc. Je potřeba, aby intenzita osvětlení byla vhodným středem mezi těmito extrémny.

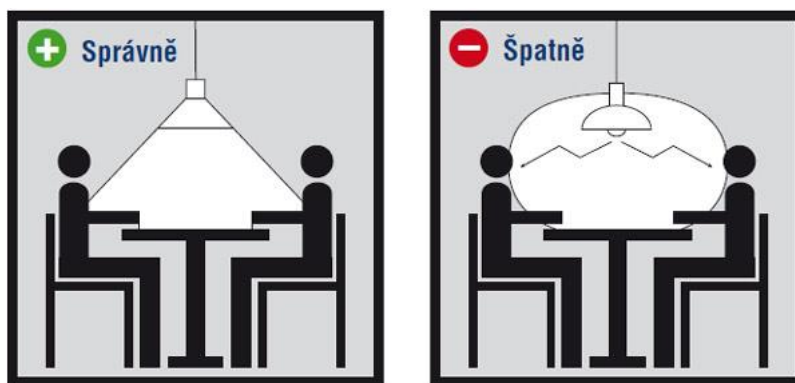
Mléčné sklo ve dveřích nezajišťuje dostatek denního světla v místnosti, proto byla do modelového domu zvolena dvojice světlovodů, které umožňují přívod denního světla do zádveří v závislosti na venkovních podmínkách. To reprezentuje prostředek jak při vysokém jasu venku dostat vysoký jas také do místnosti (při zatažené obloze méně). Toto osvětlení je stejně jako v případě chodby doplněno o LED moduly, tudíž může být ve večerních hodinách využito jako elektrický zdroj umělého osvětlení a poskytuje ve srovnávací rovině osvětlenost přesahující 200 lx.

5.7 Kuchyň



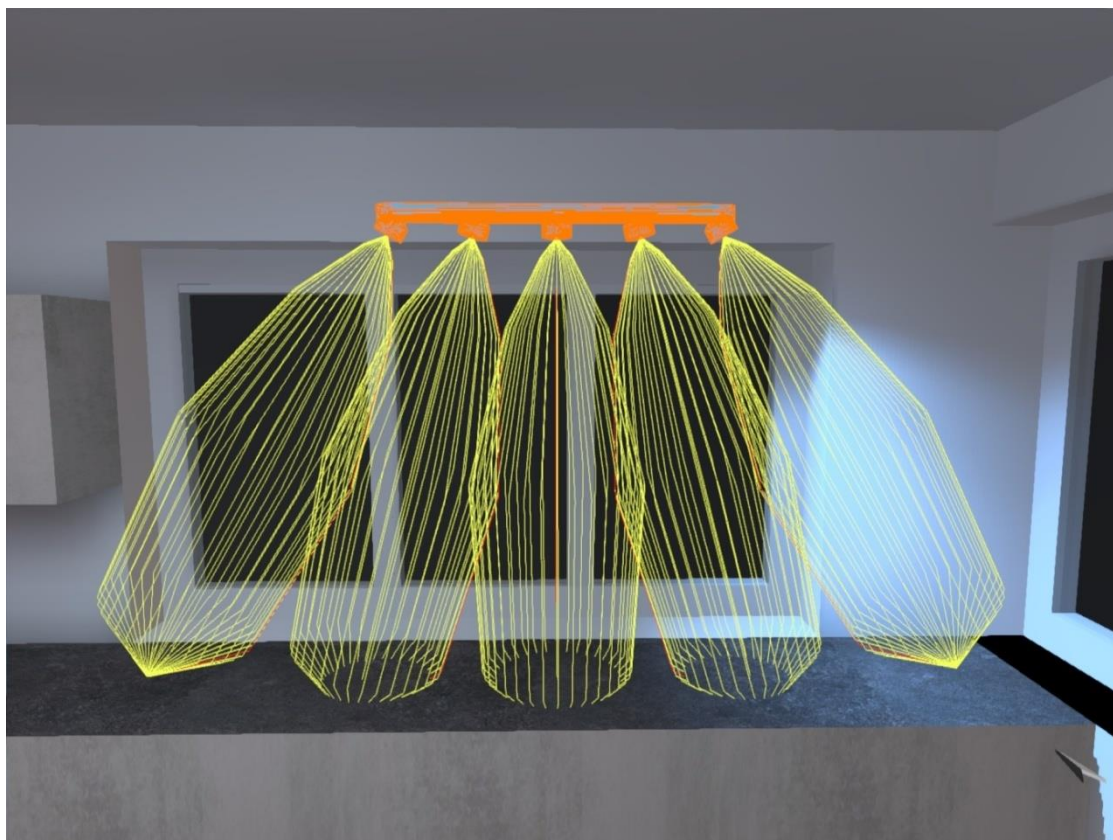
Obr. 31 – Kuchyň

Kuchyň zastupuje další ryze pracovní prostor, a proto by měla splňovat požadavky na osvětlení na pracovištích, přestože to norma nepřikazuje. Názory na hlavní osvětlení kuchyně se mezi odborníky liší. Někteří říkají, že není potřeba (tj. dokonce, že v kuchyni nemusí vůbec být), zatímco druhá skupina odborníků zastává názor, že je její nepostradatelnou součástí. Osobně se přikláním mnohem více k druhému tvrzení, tedy hlavní osvětlení kuchyně ano, třeba už kvůli hygieně a možnosti vidět dobře do všech polic. Hlavní světlo v kuchyni tvoří svítidlo Flat Polymero Kreis XXL od německého výrobce RZB. Svítidlo je voleno s opálovým krytem kvůli snadné údržbě. Pro osvětlení pracovní desky a jídelního stolu byla zvoleny svítidla od předního českého výrobce Halla, uznávaného v celé Evropě. Osvětlení jídelního stolu je tvořeno modelem Burbu 19-214I-10GEE/840, který zajišťuje osvětlení na stole o intenzitě 800 lx. Jak hlavní svítidlo, tak i svítidlo nad stolem je stmívatelné a mělo by být umístěné dostatečně vysoko, aby neoslňovalo uživatele u stolu (viz Obr. 32).



Obr. 32 – Správné vs. špatné osvětlení jídelního stolu [29]

Osvětlení pracovní desky je rozděleno na dvě části, přičemž první je část se skřínkami, kde byl použit obyčejný LED pásek s indexem podání barev CRI = 90 a výkonem 14,4 W/m, resp. 960 lm/m. Druhá část je tvořena svítidlem Halla Shift 26-500F-50GGE/940, což je lištové závěsné svítidlo se šesti bodovkami naštelovanými tak, aby rovnoměrně osvětlovali linku s průměrnou intenzitou alespoň 1000 lx. Světlo musí být umístěno v dostatečné výšce na to, aby mohla jít dobře otevírat okna. Intenzita popsaného osvětlení dobře splňuje požadavky i na přesnou zrakovou práci.



Obr. 33 – Osvětlení kuchyňské linky

Všechna svítidla jsou volena s teplotou chromatičnosti 4 000 K (neutrální bílá), předně kvůli správnému a nezkrasenému podání barev potravin při vaření. Kuchyň je místnost, která není určená pro trvalý pobyt osob, může být tedy již v návrhu počítáno s přisvětlením umělým světlem, avšak samozřejmě vždy platí, že čím více denního světla, tím lépe.

5.8 Obývací pokoj

Obývací pokoj plní v domě úlohu společenské místnosti. Probíhají zde činnosti od večerní pohody a relaxace u sledování televize až po náročně zrakové úkoly, například hraní dětí na koberci či jemná ruční práce. Z tohoto důvodu je výhodné mít elektroinstalaci rozdělenou na více světelných okruhů, nejlépe s možností stmívání, případně nastavení světelných scén.

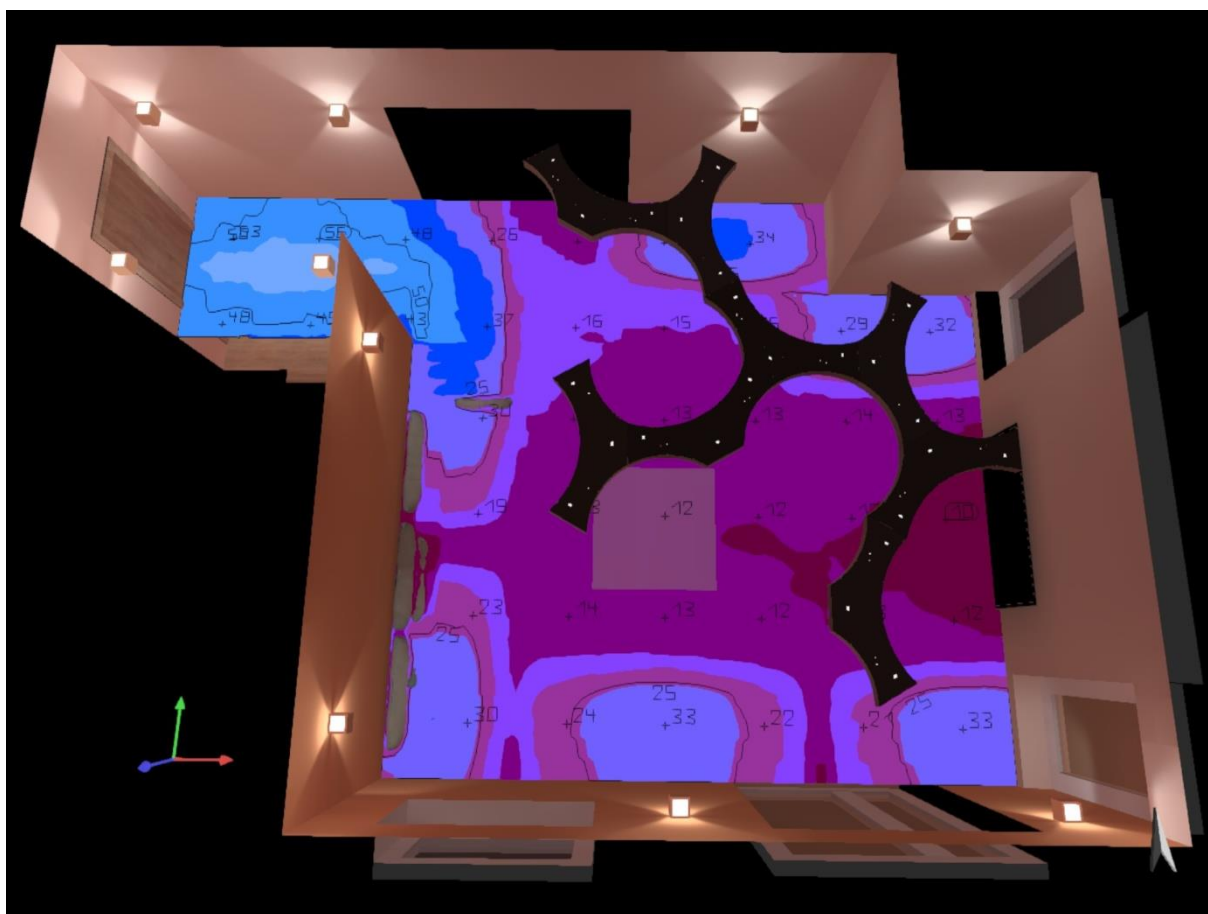


Obr. 34 – Obývací pokoj

V našem modelovém obývacím pokoji bylo hlavní osvětlení vybráno především kvůli jeho designu. Jedná se o dominantu celé místnosti s cílem vyvolat v potenciální návštěvě pocit překvapení a upřímného zájmu. Navržená půlměsíková stmívatelná svítidla Halla MILA 101-520K-10GHE/840 jsou zapojena na střídačku do dvou spínaných okruhů. Jejich celkový součet výkonů 25 320 lm je na obývací pokoj o ploše 26 m² až zbytečně velký, ale bohužel

slabší verze těchto svítidel nejsou vyráběna. Je proto potřeba stmíváním nastavit poloviční výkon pro pohodlné užívání, mít zapnutou jen jednu polovinu svítidel, nebo využít možnosti nastavení scén pomocí systémů chytré domácnosti.

Nelze přehlížet také fakt, že zde člověk tráví hodně času zejména ve večerních hodinách bez požadavku na vykonávání zrakového úkolu. Z toho důvodu by osvětlení obývacího pokoje mělo být doplněno nepřímým osvětlením teplé barvy. V modelaci je tento požadavek řešen svítidly umístěnými na zdech, které osvětlují primárně strop a podlahu. Výborně tak poslouží při večerním osvětlení pro orientaci v interiéru, uklidnění organismu a relaxaci.



Obr. 35 – Noční osvětlení obývacího pokoje

Vhodným řešením by mohlo být také udělení světlené rampy, buď kolem dokola po obvodu místnosti ve formě nepřímého osvětlení, nebo uprostřed místnosti s hlavním i doplňkovým osvětlením. Příklad takové možnosti je znázorněn na Obr. 36. Takové osvětlení se lépe hodí do místností pravidelného (např. obdélníkového) tvaru. V našem modelovém prostoru bylo však potřeba řešit osvětlení s vyústěním do chodby a kombinace více nepřímých osvětlení by nebyla patřičně vizuálně atraktivní.



Obr. 36 – Světelná rampa [32]

Posledním vhodným dotvořením světelné scény může být decentní nasvícení obrazů, sochy, květin nebo stojanové osvětlení u pohovky. Vhodné je také osvětlení konferenčního stolu v případě, že je mimo polohu hlavního svítidla, což bývá zpravidla řešeno závěsným svítidlem umístěným co nejnižší nad konferenčním stolem, avšak v dostatečné výšce na to, aby se ani vysoký člověk neudeřil čelem při vstávání z pohovky. Zároveň by nemělo bránit výhledu na obličeje osob sedících naproti sobě.

[33] Obrazovku televize, která bývá jednou z nejdůležitějších součástí každého obývacího pokoje, se doporučuje nesledovat v úplné tmě. Vysoký kontrast mezi obrazovkou a tmavou stěnou je příčinou únavy zraku, ale i jiných zdravotních potíží. Řešením je tedy mít například rozsvícené jedno z výše vyjmenovaných doplňkových osvětlení, nebo umístit svítidlo malého výkonu přímo za obrazovku. Některé moderní obrazovky se již s tímto osvětlením vyrábějí. Bývá laděné do barevných tónů velmi teplých až oranžových, výjimečně i červené barvy.

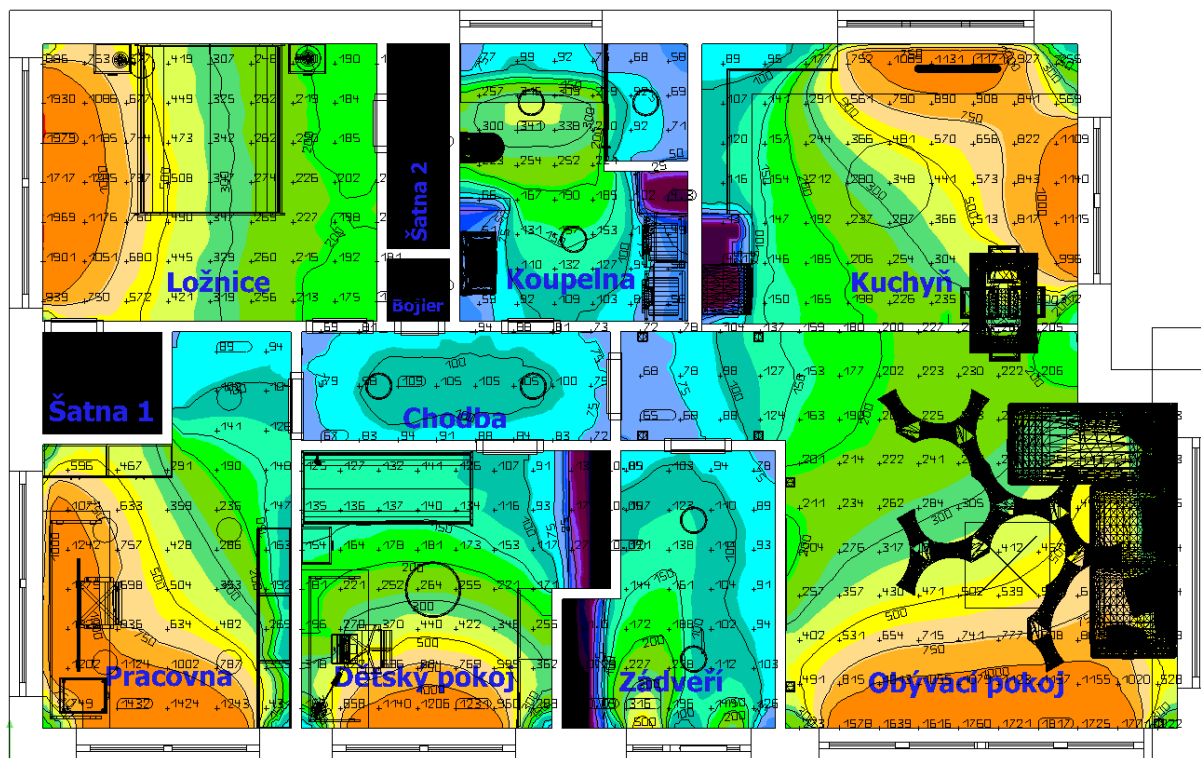
6 NÁVRH OPTIMÁLNÍ VARIANTY DENNÍHO OSVĚTLENÍ

Zatímco umělé osvětlení a vývody elektroinstalace jdou změnit téměř vždy i u starých staveb, změna oken a jejich polohy bývá větší problém. To platí dvojnásob u staré zástavby, chráněné památkáři, s malými okny, u kterých si lze jen těžko představit vybourání malých oken za účelem následného osazení velkých francouzských oken. Problém to představuje v neposlední řadě i u dřevostaveb, jako je například tato. Dřevěná konstrukce domu je celkově rozvržena tak, aby byla nosná. Dům je zaizolovaný a utěsněný parotěsnou folií. Jakýkoliv větší zásah do konstrukce by mohl narušit nejen statiku, ale hlavně izolaci a těsnost domu. Efektivnější by bylo, kdyby architekti takových rodinných domů více přemýšleli již nad návrhem a využívali rady odborníků již při plánování stavby.

U rekonstrukce staršího domu lze pochopit nějaké kompromisy, nebo nemožnost přivést do místnosti více světla. Ale u výstavby domu takzvaně na zelené louce jsou zásadní chyby v konstrukci budovy lidově řečeno až architektonickým hříchem.

V následujících několika obrázcích bude ukázáno, jak lze stejný dům navrhnout tak, aby byl daleko lépe osvětlen denním světlem.

Faktem zůstává, že denní světlo je levné, takže se nabízí varianta projektovat velké prosklené plochy, nebo dokonce prosklené střechy. Bohužel více prosklených ploch s sebou přináší větší energetickou náročnost na klimatizaci a vytápění. Je potřeba najít optimální střed křivky, kdy je dům dostatečně prosvětlený, ale ještě je vše energeticky únosné.



Obr. 37 – Denní osvětlení s novými okny

Malá okna, osazená na rodinném domě a použita v předchozích simulacích, jsou nahrazena většími francouzskými okny. V ložnici byla severní stěna zbavena oken, takže přestala omezovat uživatele při výběru čela postele a denní světlo je přivedeno ze západní strany. Takové řešení vyžaduje doplnění žaluziemi, roletami nebo závěsy, aby bylo možné vytvořit přitímní pro klidný spánek i při denním světle. V pracovně je kromě výměny jižního okna přidáno okno na západní straně. Tento krok má významný dopad nejen na osvětlení celé pracovny, ale také na osvětlení pracovního stolu denním světlem. V kuchyni bylo odebráno malé okno ve východní stěně a nahradilo jej velké francouzské okno s východem na zahradu. To má kromě více světla v kuchyni a u jídelního stolu zároveň výhodu ve zkrácení trasy na verandu, například při pořádání zahradní slavnosti. V obývacím pokoji bylo změněno celé uspořádání. Podlouhlé okno nad současnou pohovkou přivádí do místnosti více světla než původní dvě malé okna po stranách. V kombinaci s významným zvětšením oken v jižní stěně došlo k prosvětlení celého obývacího pokoje. V chodbě a v zádveři byly použity stejné světlovody, jako bylo popsáno v kapitole 5.

Tab. 16 – Hodnoty simulovaného denního osvětlení s modifikovanými okny

Uživatelská úroveň (0,85 m)	E_{MIN} [lx]	E_{MAX} [lx]	E_M [lx]	D_{MIN} [%]	D_M [%]
Pracovna	82,3	1 888	564	1,65	11,28
Šatna 1	0	0	0	0,00	0,00
Ložnice	168	1 993	501	3,36	10,02
Šatna 2	0	0	0	0,00	0,00
Bojler	0	0	0	0,00	0,00
Koupelna	3,48	371	138	0,07	2,76
Kuchyň	75	1735	444	1,50	8,88
Chodba	58,4	109	92,1	1,17	1,84
Dětský pokoj	65	1586	317	1,30	6,34
Zádveří	61	630	122	1,22	2,44
Obývací pokoj	64,1	1840	447	1,28	8,94

V tabulce (Tab. 16) je možné vidět, jak výrazné prosvětlení celého domu se podařilo. Hodnoty průměrné osvětlenosti denním světlem (a s tím též činitel denního osvětlení) se ve většině místností více než zdvojnásobily. V ložnici a pracovně se hodnoty dokonce ztrojnásobily. V chodbě, která nemá vůbec okna, se podařilo dosáhnout $D_{MIN} = 1,17$ %.

*Obr. 38 – Jižní strana objektu*



Obr. 39 – Západní strana objektu



Obr. 40 – Západní strana objektu

7 ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Dostatečné světlo motivuje člověka k činnosti, k práci, povzbuzuje náladu a vytváří příjemnou atmosféru. Nedostatek světla naopak utlumuje, snižuje pracovní výkonnost a bezpečnost – zvyšuje riziko chyb v práci nebo pracovních úrazů. Naopak nevyhovujícím osvětlením může být vyvolána zraková únava, která se projevuje například pálením a řezáním očí, pocity horka, zánětem spojivek, bolesti hlavy, vyšším očním tlakem apod. To má vliv na náš pracovní výkon. Proto je až nepochopitelné, že někteří lidé tvrdě brání nedostatečné osvětlení své domácnosti s konstatováním, že jim to takto vyhovuje. V hotelu se s nevhodným osvětlením dá jednu noc přežít, ale proč trpět v bytě, kde trávím celý život?

Z celé práce také vyplývá, že se nestačí zaměřit jen na světelný výkon svítidel, ale pro většinu lidských činností je nejdůležitější rovnoměrnost intenzity osvětlení v místnosti. Je nesmírně důležité snažit se vybírat hlavní svítidla tak, aby nevytvářela šedé zóny, ale naopak měla co největší rozptyl. Až ta doplňková volit jako směrová.

Módou posledních let se stává chytrá domácnost. Jsou zde sice vyšší pořizovací náklady při výstavbě, ale správně nastavená chytrá domácnost umožňuje nejen přepínat přednastavené scény svítidel, případně ovládat jejich světelný výkon, ale především umí pracovat s dalšími prvky, jako jsou žaluzie nebo rolety. Ty umí například automaticky zatáhnout při vysokém jasu slunce a šetřit tím energii na chlazení interiéru, či naopak otevřít v zimě při slunečném počasí a dovolit tak ohřát vnitřek domu přírodní cestou. Umí také pomocí čidla sledovat osvětlenost v místnosti a ovládat svítidla tak, aby bylo sdruženým osvětlením vždy dosaženo požadované úrovně osvětlenosti.

V kapitole 4.3 byl ukázán vliv nové technologie LED zdrojů na celkovou spotřebu energie. Porovnání s obyčejnou wolframovou žárovkou dokázalo, že omezení výroby standardních žárovek Evropskou unií je správný krok a zejména v průmyslu přechodem na ekonomičtější variantu osvětlení může způsobit výrazné úspory peněz za energie. Na druhou stranu pro výběr osvětlení do domácnosti by neměla být úspora energie tou hlavní prioritou. Nejčastěji laický zákazník volí podle designu a vybere svítidlo, které je sice hezké nebo levné, ale nedokáže splnit doporučené požadavky na osvětlení místnosti, ve které bude osazeno. Najdou se však lidé, kteří jsou na svítidla ochotni vyhledat odborníka a za svítidla utratit i stovky tisíc, což je však spíše raritou.

Správně navržené osvětlení má být takové, které zajistí zrakovou pohodu pro všechny možné vykonávané činnosti a zároveň umí způsobit efekt, kdy se návštěva cítí jako doma i když je v daných prostorách poprvé.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] LabGuide tým. In: LabGuide [online]. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://labguide.cz/fluorochromy/>
- [2] HABEL, Jiří, Karel DVOŘÁČEK, Vladimír DVOŘÁČEK a Petr ŽÁK. Světlo a osvětlování. Praha: FCC Public, 2013, 624 s. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [3] VYCHYTIL, Jaroslav a Jan KAŇKA. Stavební světelná technika: přednášky. V Praze: České vysoké učení technické, 2016, 176 s. ISBN 978-80-01-06060-5.
- [4] Světelný tok. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://www.citacepro.com/dokument/XCxoDbkHjU9BNqwk>
- [5] VERLAG DASHÖFER. Denní osvětlení budov. Stavební klub [online]. 2007 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: https://www.stavebniklub.cz/33/denni-osvetleni-budov-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Eju20Cq8haXeSdzD_gwIUewMO6VlftQMFg/
- [6] ŽÁKOVÁ, Markéta. Optimalizace osvětlení vnitřních prostorů. Zlín, 2011. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí práce Ing. Martin Vašina, Ph.D.
- [7] WEIGLOVÁ, Jiřina a Jan KAŇKA. *Stavební fyzika 10: Denní osvětlení a oslunění budov*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-3127-6.
- [8] MRÁZIKOVÁ, Eva. *Citlivost na kontrast – principy a způsoby měření*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Masarykova univerzita v Brně, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Mgr. Sylvie Petrová.
- [9] MÁLKOVÁ, Andrea. Osvětlení interiéru a nábytku. Brno, 2013. Bakalářská práce. Mendeleevova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav nábytku, designu a bydlení. Vedoucí práce Ing. arch. Hynek Maňák.
- [10] KOŠČ, Filip. Posouzení oslunění v soustavách s LED [online]. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://svetlovpraxi.cz/wp-content/uploads/2016/05/UGR-Ing.-Filip-Ko%C5%A1%C4%8D.pdf>. Prezentace.
- [11] Co je to krytí IP aneb jak správně vybrat svítidla do vlhkého a prašného prostředí. Ráj Svítidel [online]. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.rajsvitidel.cz/co-je-to-kryti-ip-aneb-jak-spravne-vybrat-svitidla-do-vlhkeho-a-prasneho-prostredi/>

- [12] DOČKAL, Jan. Co je krytí IP a proč je důležité? VENTILATORY.CZ [online]. 2018 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.ventilatory.cz/co-je-kryti-ip-a-proc-je-dulezite-x31228>
- [13] Proč zvolit originální světlovody Solatube®? In: SOLARTUBE [online]. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.solatube.cz/technologie/jak-funguje-svetlovod>
- [14] MATOUŠEK, Jiří. Sdružené osvětlení a možnosti jeho využití v budovách. *BOZPinfo* [online]. 2003 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/sdruzene-osvetleni-moznosti-jeho-vyuziti-v-budovach>
- [15] VYCHYTIL, Jaroslav. *Stavební světelná technika: Cvičení*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05858-9.
- [16] KAŇKA, Jan. Požadavky na denní osvětlení budov. *Tzbinfo* [online]. 12.12.2016 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/denni-osvetleni-a-osluneni/15093-pozadavky-na-denni-osvetleni-budov>
- [17] ČSN 73 0580-1. *Denní osvětlení budov: Část 1 - Základní požadavky*. Český normalizační institut. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [18] ČSN 36 0020. *Sdružené osvětlení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [19] DLESEK, Vladislav a kolektiv. Sdružené osvětlení. *Stavební klub* [online]. Verlag Dashöfer, 8.11.2011 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: https://www.stavebniklub.cz/33/sdruzene-osvetleni-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EtubJWUWXt_Lh81Z3jM4zO0/?query=um%ECI%E9%20osv%ECTlen%ED&serp=1
- [20] MAIXNER, Tomáš. *Umělé osvětlení v prostorech s nedostatečným denním světlem* [online]. Verlag Dashöfer, 2.11.2015 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.stavebniklub.cz/33/umele-osvetleni-v-prostorech-s-nedostatecnym-dennim-svetlem-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EsriOTq34uiLJPPbSRrCsWM/?justlogged=1>
- [21] SIWY, Roman. *Rekonstrukce osvětlení průmyslového objektu*. Ostrava, 2016. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky. Vedoucí práce Ing. Petr Bernat, Ph.D.

- [22] PŘIBÁŇOVÁ, Henrietta a Ariana LAJČÍKOVÁ. Umělé osvětlení vnitřního prostředí. *Tzbinfo* [online]. Státní zdravotní ústav Praha, 3.1.2003 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/1303-umele-osvetleni-vnitriho-prostredi>
- [23] MONZER, Ladislav. Umělé osvětlení v obytných prostorech: 2. část – Volba intenzity osvětlení. *SVĚTLO* [online]. 2002, (03/2002) [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/umele-osvetleni-v-obytnych-prostorech-2-cast-volba-intenzity-osvetleni--16854>
- [24] *SDL400: Light Meter/Datalogger* [online]. In: . [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <http://www.extech.com/products/SDL400>
- [25] SOUSEDÍK, Tomáš. Měření osvětlení: Část 3. Měření denního osvětlení. *SVĚTLO* [online]. 3.2.2013 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/mereni-osvetleni-cast-3-mereni-denniho-osvetleni--597>
- [26] ČSN EN 12464-1 (360450). *Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů: Část 1: Vnitřní pracovní prostory*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [27] ELSA 4. In: *Osmont* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://www.osmont.cz/svitidlo-165-elsa-4>
- [28] Žárovka E27 75 W. In: *DEK* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://www.dek.cz/pobocka-praha-hostivar/produkty/detail/8500420154-nbb-zarovka-as-230-240v-75w-e27-a55-traffic-clear?tab_id=popis
- [29] Jak na osvětlení domácnosti. *Nazeleno.cz* [online]. 20. 2. 2014 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/jak-na-osvetleni-domacnosti/>
- [30] Popis optických mřížek a krytů. *ELKOVO ČEPELÍK* [online]. [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.elkovo-cepelik.cz/popis-opticky-mrizek-a-krytu/>
- [31] Micro Prismatic Lens. In: *Eureka Lighting* [online]. [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.eurekalighting.com/en/products/micro-prismatic-lens/>
- [32] *EasyBoard* [online]. [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://easyboard.cz/oboustranna-svetelna-rampa-ruznych-rozmeru/p997151c40210>

- [33] MAIXNER, Tomáš. Umělé osvětlení v bytech. *SVĚTLO* [online]. (01/2010) [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/umele-osvetleni-v-bytech--15413>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Fotky parcely a domu

Příloha 2: Fotky osazeného osvětlení ekonomické varianty

Příloha 3: Fotky osazeného osvětlení ekonomické varianty

Příloha 1: Fotky parcely a domu





Příloha 2: Fotky z měření



Příloha 3: Fotky osazeného osvětlení ekonomické varianty





