

# Design svítidel

BcA. Jan Fojtík

---

Magisterská práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta multimediálních komunikací

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta multimediálních komunikací  
Kabinet teoretických studií  
akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **BcA. Jan Fojtík**  
Osobní číslo: **K13588**  
Studijní program: **N8206 Výtvarná umění**  
Studijní obor: **Multimédia a design – Průmyslový design**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Design svítidel**

Zásady pro vypracování:

1. historie osvětlovací techniky
2. výrobní a technologické možnosti
3. analýza současné produkce
4. prvotní koncepční návrhy
5. vizualizace finálních designerských návrhů
6. ergonomické a technické parametry
7. fyzický model ve zvoleném měřítku
8. vypracování písemné doprovodné zprávy zahrnující celý proces práce

"Na samostatném nosiči CD-ROM odevzdejte v minimálním počtu 10 kusů obrazovou dokumentaci praktické části závěrečné práce pro využití v publikacích FMK. Formát pro bitmapové podklady: JPEG, barevný prostor RGB, rozlišení 300 dpi, 250 mm delší strana. Formáty pro vektory: AI, EPS, PDF. Loga a texty v křivkách. V samostatném textovém souboru uveďte jméno a příjmení, login do Portálu UTB, obor (ateliér), typ práce, přesný název práce v češtině a angličtině, rok obhajoby, osobní mail, osobní web, telefon. Přiložte svou osobní fotografii v tiskovém rozlišení."

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům.

Ve Zlíně 27.2.2015.....

Jan Fojtík Fojtík  
.....  
Jméno, příjmení, podpis

*1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:*

*(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.*

*(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

*(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

*2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

*(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).*

*3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

*(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

*(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

*(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá problematikou veřejného LED osvětlení. Teoretická část je věnována historii osvětlovací techniky a technologii světelných zdrojů. Jsou zde také vysvětleny základní pojmy a výrobní možnosti v oblasti veřejného osvětlení. V úvodu praktické části probíhá analýza současné produkce, po které následují konzultace s technologi a odborníky na danou problematiku. Závěr práce rozebírá designové a technické řešení, ke kterému jsem dospěl, a také správné zvolení materiálů u konečného návrhu.

Klíčová slova: design, osvětlení, veřejné, LED, exteriér, hliník, ocel, dřevo, chlazení, čištění, servis, instalace, reklama

## **ABSTRACT**

The subject matter of this graduate degree work is the exterior public lighting by LED lights. The theoretical part of this work is the lighting technology history and light source technology. In this part we explain the basic terms and also the production possibilities at the street lighting sector. At the beginning of the practical part we explain current lighting technology. The second part consist of consultations with technologists and experts specialising in this area. In the final part of the thesis we deal with design and technical solutions proposed in this work and the choise of materials for the final design.

Keywords: design, lighting, public, LED, exterior, aluminium, stainless steel, wood, cooling, cleaning, service, installation, advertisement

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce MgA. Martinu Surmanovi, ArtD. za jeho vstřícný přístup a ochotu při práci na mém projektu. Dále bych chtěl poděkovat Jaroslavu Zemanovi, který mě zasvětil do základů problematiky veřejného osvětlení. Také jsem velmi vděčný konstruktérovi Radku Kovačkovi za odbornou pomoc při řešení konstrukčních problémů u mého konceptu. A v neposlední řadě děkuji Ing. Karlu Ryšavému z Královopolských sléváren, s.r.o. za konzultace v oblasti výrobních technologií při odlévání kovů.

### *Motto*

I řekl Bůh: „Bud' světlo!" A bylo světlo. Viděl, že světlo je dobré, a oddělil světlo od tmy.

(Gen 1,3–4)

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>8</b>
<b>1 HISTORIE OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY</b> .....	<b>9</b>
1.1 SVĚTLO .....	9
1.2 VNÍMÁNÍ SVĚTLA .....	10
1.3 TECHNOLOGIE SVĚTELNÝCH ZDROJŮ.....	11
1.3.1 Plynová lampa .....	11
1.3.2 Oblouková lampa .....	12
1.3.3 Žárovka .....	12
1.3.4 Výbojka .....	13
1.3.5 LED .....	13
1.3.6 OLED .....	14
1.4 ZÁKLADNÍ POJMY .....	15
1.4.1 Světelný tok.....	15
1.4.2 Jas .....	15
1.4.3 Osvětlenost.....	16
1.4.4 Doba života světelného zdroje .....	16
1.4.5 Teplota chromatičnosti.....	16
1.4.6 Index podání barev .....	17
1.4.7 Měrný výkon .....	17
1.4.8 Křivka svítivosti .....	17
1.4.9 Účinnost svítidla.....	17
1.4.10 Činitel využití toku svítidla .....	17
1.4.11 Udržovací činitel .....	18
<b>2 VÝROBNÍ A TECHNOLOGICKÉ MOŽNOSTI</b> .....	<b>19</b>
2.1 ELEKTRICKÝ SVĚTELNÝ ZDROJ.....	19
2.2 SVÍTIDLO.....	19
2.2.1 LED osvětlení.....	20
2.2.2 Tlakem litý hliník .....	21
2.3 NOSNÁ KONSTRUKCE .....	21
2.3.1 Ocel .....	21
2.3.2 Dřevo.....	22
2.4 UKOTVENÍ.....	22
2.5 BEZPEČNOST A NORMY .....	22
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>24</b>
<b>3 ANALÝZA SOUČASNÉ PRODUKCE</b> .....	<b>25</b>
3.1 PILOTNÍ PROJEKT LED OSVĚTLENÍ V PRAZE.....	25
3.2 VYHODNOCENÍ PROJEKTU .....	26
3.3 SOUHRN NEJČASTĚJŠÍCH PROBLÉMŮ.....	27
3.4 ANKETA .....	28
<b>4 PRVOTNÍ KONCEPČNÍ NÁVRHY</b> .....	<b>29</b>

4.1	PODSVÍCENÍ SLOUPU .....	29
4.2	SVĚTELNÁ REKLAMA.....	30
4.3	GSM MODUL.....	30
4.4	PARKOVACÍ AUTOMAT .....	30
<b>5</b>	<b>VIZUALIZACE FINÁLNÍCH DESIGNERSKÝCH NÁVRHŮ .....</b>	<b>31</b>
5.1	FINÁLNÍ DESIGNOVÉ ŘEŠENÍ .....	34
5.2	ERGONOMICKÉ A TECHNICKÉ PARAMETRY .....	38
5.3	SVÍTIDLO .....	39
5.4	SVÍTIDLO NA STĚNU .....	41
5.5	SVĚTELNÉ PANELE .....	42
5.6	UKOTVENÍ .....	44
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>45</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>46</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>47</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>48</b>
	<b>SEZNAM ZDROJŮ OBRÁZKOVÝCH PŘÍLOH.....</b>	<b>49</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>50</b>

## ÚVOD

Výběr tématu závěrečné práce pramenil částečně z mé zvědavosti. Ze všech stran nás každý den bombardují poučky a doporučení o úspoře energie. O tom, kde všude bychom měli šetřit a být šetrní k přírodě. Nové modely automobilů jsou každým rokem úspornější, elektrické spotřebiče s označením nižším než A už v domácnostech lidé nechtějí. Mít doma úsporné LED osvětlení je dnes bráno za moderní a vhodné z hlediska ekologie. V tomto kontextu jsem začal uvažovat, proč se více neseťkáváme s veřejným osvětlením, které by bylo úspornější a efektivnější. Jedna z nejvyšších provozních položek v rozpočtu většiny měst a obcí je veřejné osvětlení (dále jen VO). Tento fakt je pro daňového poplatníka trochu překvapující. Služba VO, která zvyšuje komfort a bezpečnost na veřejných místech, je dnes brána mnoha lidmi jako absolutní samozřejmost. Pokud někde dojde k poruše na VO, obyvatelé obyčejně ihned informují vedení města či obce, aby byla co nejdříve zajištěna oprava. Nicméně málokdo si uvědomuje, že je možné zajistit kvalitnější a úspornější osvětlení, než na které jsme zvyklí. V dnešní době vysoce úsporných spotřebičů velká většina měst a obcí využívá k osvětlení desítky let staré a ne vždy ekonomicky výhodné osvětlení. Proč se více nepoužívají nové technologie? Z jakého důvodu vidáme ve městech převážně osvětlení zastaralé a často na konci své životnosti? Tyto a další otázky byly silným impulsem k zevrubné analýze této problematiky z různých úhlů a vzešel z nich můj konečný designový a technický návrh.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 HISTORIE OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY

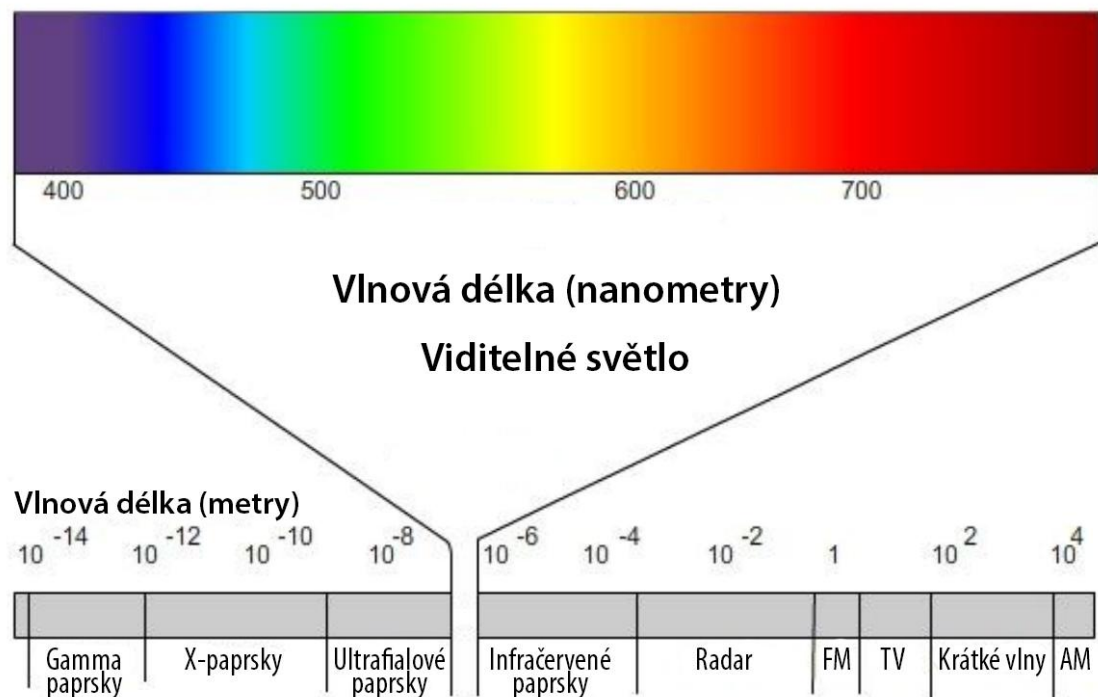
Naši předkové měli v minulosti ve srovnání s dnešním životním stylem dost odlišný způsob života. Lidský organismus se vyvíjel po miliardy let souběžně s přírodou a jejími zákony. Člověk žil v souladu s přírodními zákony a byl nucen respektovat denní a noční cykly. Délka dne, ve kterém mohl být aktivní, se odvíjela od toho, jaké roční období zrovna probíhalo.

Ve středověku nedošlo k příliš velké změně k lepšímu. Z důvodu tepelné izolace měly tehdejší stavby malá okna, která přirozenému světlu nedovolila adekvátní přístup do interiéru k potřebám člověka. V době, kdy se začalo využívat umělé osvětlení, jako například petrolejové lampy, se svítilo převážně uvnitř budov. [1] Z historického pohledu bychom ale mohli zařadit vznik veřejného osvětlení již do dob antiky. Už tehdy totiž v ulicích měst využívali k osvětlení zapálené pochodně, kahany nebo olejové lampy.

Nicméně veřejné osvětlení podobné tomu, jaké známe dnes, se začalo objevovat až počátkem 19. století. Jako první se ve městech objevily plynové lampy. S příchodem elektřiny dochází k revoluci i u veřejného osvětlení. Začínají se využívat obloukové lampy. Ty byly postupně nahrazeny vysokotlakými rtuťovými či směšovými výbojkami. Od 70. let 20. století dochází k modernizaci na účinnější vysokotlaké sodíkové výbojky, které se používají až dodnes. „Podle průzkumu v roce 2010 tvoří jejich podíl u veřejného osvětlení v České republice přibližně 90%.“ [2 str. 9] V posledních letech se u VO začínají využívat i nové typy světelných zdrojů jako například světelné diody (LED). Všechny zásadní změny se udály v tak krátkém časovém období, že organismus člověka neměl dost času na přizpůsobení se novým světelným podmínkám, se kterými se denně setkáváme, už v průběhu evoluce. Je jisté, že se v současné době vliv přirozeného denního světla na lidský organismus neustále snižuje.

### 1.1 Světlo

Světlo, které vidíme, je elektromagnetické záření o vlnové délce zhruba 390–790 nm. Vlnová délka viditelného světla je mezi ultrafialovým a infračerveným zářením. Poměrně dlouhou dobu se snažili myslitelé a vědci zjistit, jak světlo funguje. Platónovo pojetí optiky spočívalo v teorii, že lidské oči jsou samy zdrojem světla. Až nizozemský vědec Christiaan Huygens kolem roku 1678 vyslovil myšlenku, že světlo je tvořeno vlněním. [3]



Obr. 1 Vlnová délka viditelného světelného spektra

„Různé frekvence světla vidíme jako barvy od červeného světla s nejnižší frekvencí a nejdélsí vlnovou délkou po fialové s nejvyšší frekvencí a nejkratší vlnovou délkou. Hned vedle viditelného světla se nachází ultrafialové (UV), směrem do kratších vlnových délek, a infračervené záření (IR), směrem do delších délek. Přestože lidé nevidí IR, mohou blízké IR cítit jako teplo svými receptory v pokožce. Ultrafialové světlo se zase na člověku projeví zvýšením pigmentace pokožky, známým opálením.“ [3]

## 1.2 Vnímání světla

To, jak vnímá člověk světlo kolem sebe, je poměrně složitý proces a v nedávných výzkumech byly objeveny další nové poznatky, které umožnily více porozumět všem souvislostem v této problematice. „V roce 2002 byl v lidském oku prokázán nový druh na světlo citlivých buněk, fotoreceptorů označených ipRGCs – intrinsically photosensitive Retina Ganglion Cells. Jsou z velké části zodpovědné za proces nazývaný nevizuální, neobrazové (non-image forming, NIF) vnímání světla, kdy je do mozku předávána pouze informace o přítomnosti nebo absenci světla, nikoli informace obrazová, jako v případě vizuálního systému. Pomocí nevizuálního vnímání synchronizujeme rytmus střídání pozemského dne a noci vnitřní cirkadiánní biologické hodiny s vnějším prostředím. Vědní obor, který se peri-

*odickými procesy v organismu zabývá, se nazývá chronobiologie“ [1 str. 2] V době, kdy se člověk pohybuje venku na přirozeném světle, má dostatek podnětů pro nevizuální systém. V interiéru je to většinou zcela jiné. Osvětlení je zde 40–200krát nižší než osvětlení, na které je oko zvyklé v exteriéru. Při dlouhodobém pobytu pod umělým osvětlením dochází k posunu denních rytmů, což může mít za následek zdravotní potíže. Okamžikem, kdy lidé přestali být závislí na přirozeném venkovním osvětlení, se začal vliv přirozeného světla na lidský organismus snižovat. Dnešní člověk stráví většinu svého života pod umělým osvětlením. To je jeden z hlavních podnětů, který nás nutí vytvářet vhodné podmínky pro zrakové vnímání při umělém osvětlení. Bylo dokázáno, že lidské oko, stejně jako ucho, slouží ke dvěma účelům. Kromě obrazových podnětů předává i nevizuální podněty, které pomáhají v synchronizaci vnitřních biologických hodin s vnějším časem. [1]*

### 1.3 Technologie světelných zdrojů

Světelný zdroj je těleso, ve kterém vzniká světlo. Za dlouhou historii VO se v praxi uplatnilo velké množství technologií. Některé byly úspěšné, jiné méně. Úvodem rozeberu nejčastěji využívané světelné zdroje sestupně podle doby vzniku.

#### 1.3.1 Plynová lampa

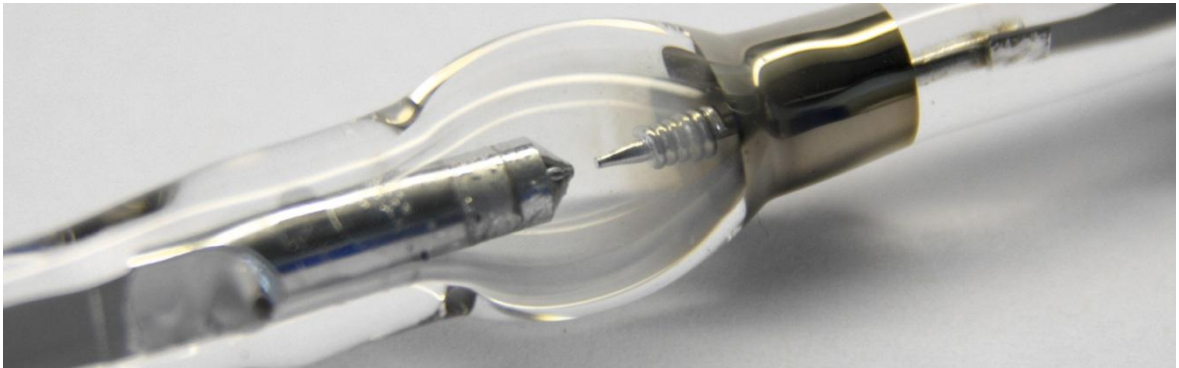
S rozvojem měst v moderní době se začínají počátkem 19. století objevovat plynové lampy. Většinou byly umístěny na sloupech. Zdrojem světla byl hořící svítíplyn. Zažehnutí se vykonávalo manuálně. Lampář musel každý večer dlouhou tyčí zapálit lampu a ráno ji opět zhasnout. S příchodem 21. století se do některých historických částí měst začaly plynové lampy opět vracet. Díky tomu můžeme i dnes vidět některá místa Prahy za svitu starých plynových lamp, které už dnes nechodí zapalovat lampář, ale zapalují se automaticky. [4]



*Obr. 2 Plynové lampy v centru Prahy*

### 1.3.2 Oblouková lampa

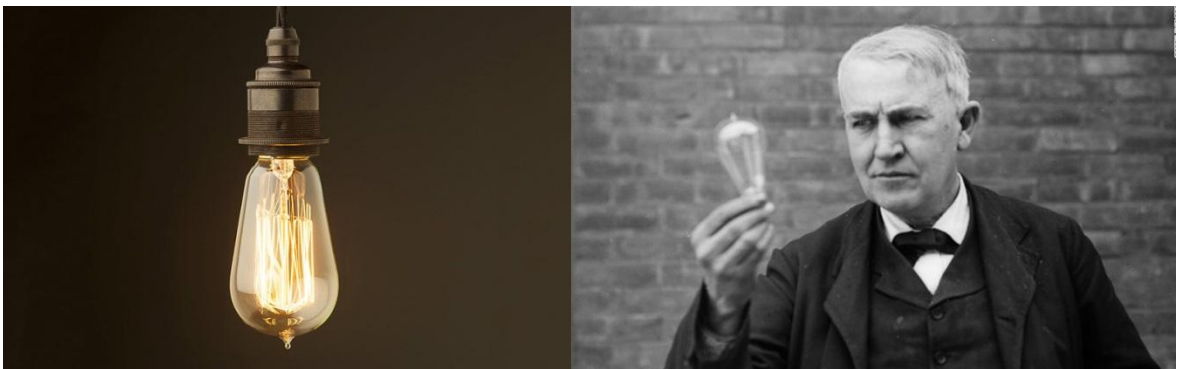
Prvním světelným elektrickým zdrojem ve veřejném osvětlení byla oblouková lampa. Je to intenzivní světelný zdroj, který vzniká hořícím obloukem mezi dvěma elektrodami. Za jejího otce je považován Jean Bernard Leon Foucault (1844). Nicméně elektrický oblouk byl již pozorován dříve. O důležité zdokonalení se postaral i český vynálezce František Křížík. [1]



*Obr. 3 Oblouková lampa*

### 1.3.3 Žárovka

Na vývoji první žárovky pracovalo mnoho lidí. Za jejího objevitele je uváděn Thomas Alva Edison. Objev žárovky je datován rokem 1879. Tato první žárovka svítila 40 hodin. Jejím zdrojem světla bylo uhlíkové vlákno. Dnešní žárovky fungují na principu zahřívání tenkého wolframového vodiče elektrickým proudem. Aby vlákno neshořelo, je umístěno do skleněné baňky, ze které je odčerpán vzduch. Při vysoké teplotě dochází k rozzáření vlákna. Tímto způsobem vzniká odpadní teplo, které není u světelného zdroje v tomto případě žádoucí. Jedná se o zbytečné ztráty energie.



*Obr. 4 Thomas Alva Edison s jeho první žárovkou*

### 1.3.4 Výbojka

Dalším vynálezem osvětlení byla výbojka. Většinou jde o uzavřenou trubici naplněnou směsí různých plynů. Do trubice zevnějšku zasahují elektrody, které zavádí elektrický proud do plynové náplně. Podle druhu použitého plynu můžeme vytvořit různé barvy výsledného světla. Zde je základní rozdělení a rok vzniku dané výbojky:

- rtuťové výbojky - Peter Cooper Hewitt (1901),
- nízkotlaké sodíkové výbojky - Philips (1932),
- zářivka - George E. Inman and Richard N. Thayer (1936),
- vysokotlaká rtuťová výbojka - Philips (1936),
- vysokotlaká sodíková výbojka - General Electric (1964),
- halogenová výbojka - General Electric (1966),
- indukční (bezelektrodotá) výbojka - General Electric (1967),
- kompaktní zářivka - Edward E. Hammer (1976),
- zářivka T5 - Philips (1990),
- plazmová výbojka LEP (Light Emitting Plasma) - Ceravision (2000). [1]

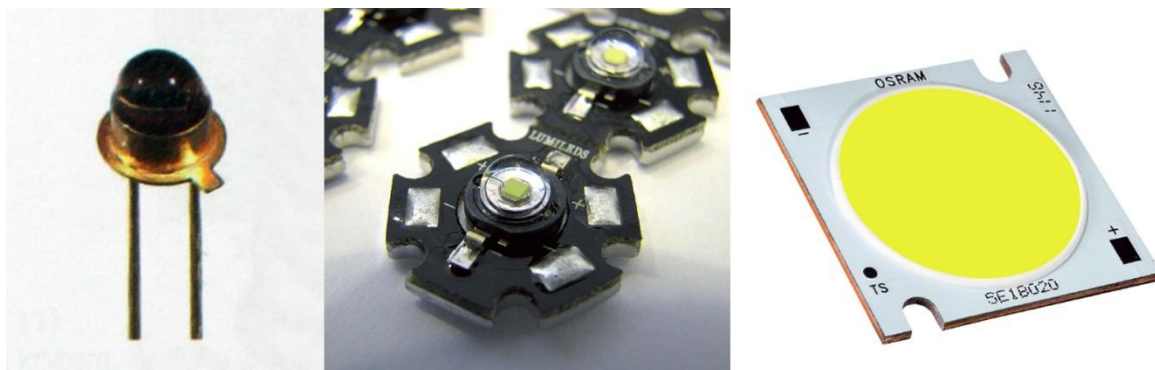


*Obr. 5 Sodíková výbojka*

### 1.3.5 LED

Jedná se o diodu emitující světlo, zkráceně LED (z ang. Light-Emitting Diode). První použitelnou diodu sestrojil Nick Holonyak Jr. v roce 1962. Diody patří mezi polovodičové světelné zdroje. Pokud prochází přechodem LED diody proud, vyzařuje světlo. Dlouhou dobu trval vývoj takzvané modré LED, která se využívá v LCD obrazovkách, a také vysoce svítivé bílé LED vhodné jako světelný zdroj do svítidel. [2] [1] „S následným použitím

*luminoforu spolu s modrou LED bylo možné vyrobit teplou i studenou bílou LED. Vývoj bílých LED založených na technologii InAlGaN samozřejmě pokračuje a je pravděpodobně nejrychleji se rozvíjejícím světelným zdrojem současnosti (a pravděpodobně i blízké budoucnosti).“ [1 str. 168]*



*Obr. 6 První červená LED, výkonová LED a vícečipová LED*

V současné době můžeme narazit na takzvané výkonové LED (HP LED). V případě použití výkonových diod, které se vyznačují malou vyzařovací plochou, je sice třeba pro dosažení požadovaného světelného toku do svítidla instalovat větší počet diod, ale malé rozměry umožňují přesnější směřování světelného toku. Naproti tomu vícečipové LED (COB LED) se vyznačují větší vyzařovací plochou a tudíž usměrnění jejich světelného toku do požadovaných směrů by vyžadovalo náročnější a dražší optický systém svítidla.

### **1.3.6 OLED**

V roce 1987 představuje firma Eastman Kodak první OLED (Organic Light-Emitting Diode) osvětlení. OLED světla, respektive světelné panely, fungují na základě podobné technologie jako klasické LED. Zatímco klasické LED diody slouží jako bodové osvětlení, organické LED diody fungují jako povrchové osvětlení. OLED světla tvoří umělá hmota podobná listu papíru tenkého asi 1,4 mm. Jakmile jimi prochází elektřina, rozzáří se. Tato vlastnost umožňuje využívat OLED technologie pro zcela nové aplikace. Jako novinku má firma BMW použít u některých svých vozů osvětlení OLED. U tohoto typu osvětlení by mělo dojít k citelnému snížení spotřeby elektrické energie. Technologie OLED umožňuje samostatné ovládání každé diody, což otvírá dveře všem designérům. [5]



Obr. 7 OLED technologie využitá na konceptu vozu BMW

„Hlavní předností OLED je to, že svítí z plochy, jejich pružnost (ohebnost) a to, že mohou být ve zhasnutém stavu průhledné. Podle prognózy z roku 2014, se dosáhne v budoucnosti účinnosti až 190 lm/W.“ [1 str. 19] Jako největší zápor této technologie se v současnosti jeví velmi vysoká výrobní cena.

## 1.4 Základní pojmy

Pro srovnání primárních typů světelných zdrojů je nutné porozumět základním termínům, kterými jsou: světelný tok, jas, osvětlenost, doba života světelného zdroje, teplota chromatičnosti, index podání barev, měrný výkon. Z tématu práce vyplývá potřeba porozumět termínům týkajících se problematiky svítidel: předřadník, světelný zdroj, optická část, účinnost svítidla, křivky svítivosti, činitel využití a udržovací činitel.

### 1.4.1 Světelný tok

„Světelný tok odpovídá množství světla, které vyzařuje světelný zdroj či svítidlo. Udává se v lumenech (lm) a označuje se  $\Phi$  (fi). Světelný tok tedy představuje výkon světelného zdroje či svítidla měřený ve světelně technických jednotkách. Např. vysokotlaká sodíková výbojka o příkonu 100 W vyzařuje světelný tok cca 10 000 lm.“ [2 str. 9] Většina výrobců udává životnost svých LED systémů okolo 50 000 hodin. V praxi se uvádí, že by světelný tok v průběhu životnosti světelného zdroje neměl klesnout více než o 30 % nominální hodnoty.

### 1.4.2 Jas

Každý podklad odráží světelné paprsky jiným způsobem. Totožné VO nasvítí asfaltovou silnici naprosto rozdílně než silnici z dlažebních kostek. Na tento fakt je nutné dbát již od



začátku projektování nového VO. „*Jas je měřítkem reakce lidského oka na světlo, které se odráží od pozorované plochy směrem k pozorovateli. Jas se označuje  $L$  a jednotkou je kandela na metr čtvereční ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). Jas je veličina, kterou se hodnotí úroveň osvětlení na pozemních komunikacích vyšších tříd určených pro motorovou dopravu (ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Požadavky). Požadované průměrné hodnoty jasu povrchu zmíněných komunikací se pohybují v rozmezí 0,3 až 2  $\text{cd}/\text{m}^2$ .*“ [2 str. 9]

### 1.4.3 Osvětlenost

„*Osvětlenost je měřítkem světelného toku dopadajícího na osvětlovanou plochu. Označuje se písmenem  $E$  a jednotka osvětlenosti je lux ( $\text{lx}$ ). Osvětlenost je veličina, kterou se hodnotí úroveň osvětlení na pozemních komunikacích nižších tříd (ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Požadavky) – především vedlejších komunikací s omezenou rychlostí vozidel, komunikací pro pěší či cyklisty apod. Požadované průměrné hodnoty osvětlenosti zmíněných komunikací se pohybují v rozmezí 2–50  $\text{lx}$ .*“ [2 str. 9]

### 1.4.4 Doba života světelného zdroje

„*Doba života světelného zdroje je doba, po kterou světelný zdroj splňuje stanovené požadavky. Doba života se označuje písmenem  $t$  a udává se v hodinách ( $h$ ). Požadavky, na jejichž základě se posuzuje doba života zdroje, se vážou buď na pokles světelného toku v průběhu provozu (světelný tok každého světelného zdroje v provozu postupně klesá), nebo na podíl výpadku zdrojů ze zkoušeného souboru. Pro popis podílu výpadků zdrojů ze zkoušeného souboru se používá tzv. střední doba života, což je doba, po jejímž uplynutí zůstává funkčních ještě 50 % světelných zdrojů. Pro charakterizování poklesu světelného toku světelných zdrojů se používá tzv. efektivní doba života, která odpovídá době provozu, po které klesne světelný tok na určitou hodnotu, např. 70 %.*“ [2 str. 9]

### 1.4.5 Teplota chromatičnosti

„*Teplota chromatičnosti charakterizuje bílý tón barvy vyzařovaného světla. Označuje se  $T_c$  a udává se v kelvinech ( $K$ ). Tón barvy bílého světla se obvykle dělí do tří skupin, a to světlo s teple bílým tónem barvy (méně než 3 300  $K$ ), s neutrálně bílým tónem (v rozmezí 3 300–5 300  $K$ ) a s chladně bílým tónem (více než 5 300  $K$ ). Například světelné diody se vyrábějí v širokém rozsahu teplot chromatičnosti (cca od 3 000  $K$  do 8 000  $K$ ); naproti tomu klasické žárovky mají teple bílý tón světla s teplotou chromatičnosti 2 700  $K$ .*“ [2 str. 10]

#### 1.4.6 Index podání barev

Je důležité, nakolik je podání barev pod umělým osvětlením věrné. Především pro řidiče je tento faktor velmi podstatný pro správné vyhodnocování okolních vjemů během řízení. „*Index podání barev ( $R_a$ ) vystihuje míru zkreslení vjemu barev pod určitým typem světelných zdrojů v porovnání s vjemem barev ve světle teplotních zdrojů (Slunce, žárovka). Index podání barev se pohybuje v rozmezí 0–100. Věrný vjem barev charakterizuje index podání barev 100 (světlo klasických či halogenových žárovek) a naopak případ, kdy člověk nerozlišuje barvy vůbec, charakterizuje index podání barev 0 (např. prakticky jednobarevné světlo nízkotlaké sodíkové výbojky).*“ [2 str. 10]

#### 1.4.7 Měrný výkon

„*Měrný výkon světelného zdroje udává účinnost přeměny elektrické energie na světelnou. Je roven poměru vyzařovaného světelného toku světelného zdroje a jeho elektrického příkonu. Měrný výkon se používá pro vzájemné porovnání účinnosti světelných zdrojů. Označuje se  $\eta$  (éta) a udává se v lumenech na watt ( $lm/W$ ). Například sériově vyráběné světelné diody mají měrný výkon 150  $lm/W$ .*“ [2 str. 10]

#### 1.4.8 Křivka svítivosti

„*Křivky svítivosti nebo také vyzařovací charakteristiky popisují rozložení světelného toku svítidla do prostoru.*“ [2 str. 10]

#### 1.4.9 Účinnost svítidla

„*Účinnost svítidla udává míru využití světelného toku zdroje. Stanoví se jako poměr světelného toku vyzařovaného svítidlem a toku světelných zdrojů instalovaných ve svítidle. Například účinnost kvalitních svítidel určených pro osvětlování pozemních komunikací pro motorovou dopravu se pohybuje v rozsahu 80–90 %.*“ [2 str. 10]

#### 1.4.10 Činitel využití toku svítidla

Tento faktor se v posledních letech snaží výrobci osvětlení co nejvíce zefektivnit. Výsledky snahy využít energii co nejúčinněji a neosvětlovat zbytečné plochy mohou ušetřit nemalé finanční částky. „*Činitel využití světelného toku svítidla je roven podílu světelného toku dopadajícího na osvětlovanou plochu (např. plocha vozovky) a celkového toku vyzařovaného svítidlem. Popisuje skutečnost, že ne veškerý světelný tok vyzářený svítidlem dopadne na osvětlovaný povrch.*“ [2 str. 10]

#### 1.4.11 Udržovací činitel

*„Světelný tok vyzařovaný svídkly během provozu osvětlovací soustavy postupně klesá. Míru tohoto poklesu vystihuje udržovací činitel. Příčinou zmíněného snížení světelného toku je jednak pokles světelného toku zdrojů vlivem jejich stárnutí, a jednak znečištění a degradace optických částí svítidel. Požadované světelné technické parametry uváděné v normách musí však být dodrženy v průběhu celé doby provozu osvětlovací soustavy. Proto je nezbytné osvětlovací soustavu na počátku provozu předimenzovat.“ [2 str. 10] Většina výrobců tento problém řeší tak, že s postupným poklesem svítivosti jednotka automaticky zvyšuje příkon, aby dorovnal ztráty.*

## 2 VÝROBNÍ A TECHNOLOGICKÉ MOŽNOSTI

Během navrhování veřejného LED osvětlení je nutné již od začátku mít naprosto jasno v použitých technologiích a materiálech. Design musí jít ruku v ruce s funkcí. Proto jsem absolvoval mnoho konzultací s odborníky na danou problematiku. Tato kapitola by se dala rozdělit na dvě základní části: elektroinstalace a konstrukční prvky. U světelného zdroje jsme pevně spjati s technologií, kterou daný výrobce dodává, a je problematické do ní zasahovat. U konstrukčních částí je naopak pro designéry mnohem větší prostor.

### 2.1 Elektrický světelný zdroj

Ve své podstatě slouží k přeměně elektrické energie na světelnou. Dělíme je podle toho, jakým způsobem v nich světlo vzniká. [2] Pro názornou ilustraci u každé skupiny přikládám jeden příklad:

- a) světelné zdroje teplotní – žárovka,
- b) světelné zdroje výbojové – zářivka,
- c) světelné zdroje polovodičové – LED.

### 2.2 Svítidlo

*„Svítidlo je technické zařízení, které slouží k úpravě prostorového rozložení světelného toku, který vyzařuje světelný zdroj umístěný ve svítidle. Dále svítidlo zajišťuje omezení povrchových jasů zdrojů a případně může sloužit ke změně spektrálního složení vyzařovaného světla. Součástí elektrických svítidel jsou, vedle světelných zdrojů, předřadných zařízení a elektrické výzbroje, rovněž optické části a díly potřebné pro upevnění a ochranu světelných zdrojů. Konstrukce svítidel musí mít takové provedení, aby jejich provoz byl bezpečný. Výbojové i polovodičové světelné zdroje nelze připojit přímo k napájecí rozvodné síti, ale potřebují ke svému provozu předřadná zařízení.“* [2 str. 10] Jako názornou ukázkou jsem vybral obrázek LED svítidla LUMA vyráběného firmou Indal. Tento typ svítidla je rozpracován do celé řady produktů, které mají různou konfiguraci podle potřeby daného zákazníka.



Obr. 8 LED svítidlo Indal – LUMA

### 2.2.1 LED osvětlení

Jedná se o polovodičovou elektronickou součástku, která je schopnost vyzařovat světlo, infračervené nebo ultrafialové záření. Tím se liší od standardních diod. [6] Tento světelný zdroj mám v úmyslu využít v mé práci, protože lze velmi přesně korigovat tok světla a nevzniká zbytečné světelné znečištění. Dalším kladem je bezesporu to, že už se delší dobu testuje v praxi a technologie LED v současnosti začíná být na úrovni, kdy je plně použitelná ve VO. Také už se výrobcům daří snižovat výrobní náklady, což má vliv na příznivější cenu pro koncového zákazníka.

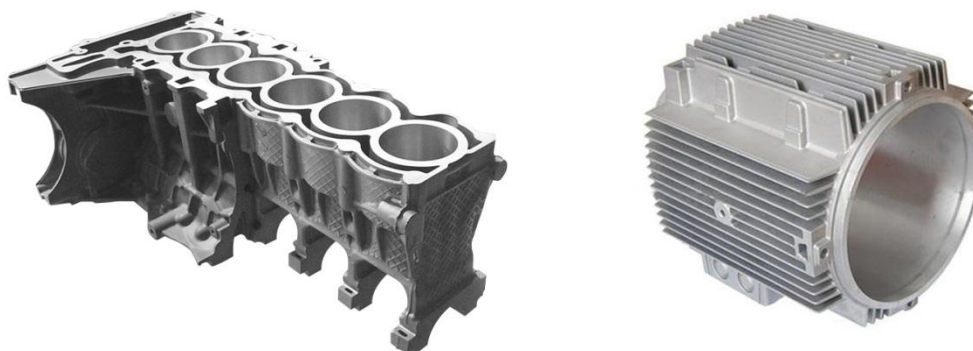


Obr. 9 Možné rozmístění LED diod

Běžně se do VO instalují LED panely, které je možné podle potřeby osázen takovým množstvím LED diod, které je pro danou oblast dostačující. Základní deska panelu je vždy stejná, mění se jen hustota a rozmístění diod (viz. obr. 9).

### 2.2.2 Tlakem litý hliník

Na tělo svítidla se u technologie LED podle současných zkušeností jako nejlepší materiál jeví tlakem litý hliník. Jeho velkou předností je výborné odvádění tepla. Díky této vlastnosti je možné pracovat s tvarem svítidla tak, aby se jeho plocha dala vhodně využít jako pasivní chladič. Další výhodou této výrobní technologie je i to, že při navrhování samotného designu nejsem téměř limitovaný tvarem. Hliník také velmi dobře odolává povětrnostním vlivům.



*Obr. 10 Příklady variability tvarů hliníkových odlitků litých pod tlakem*

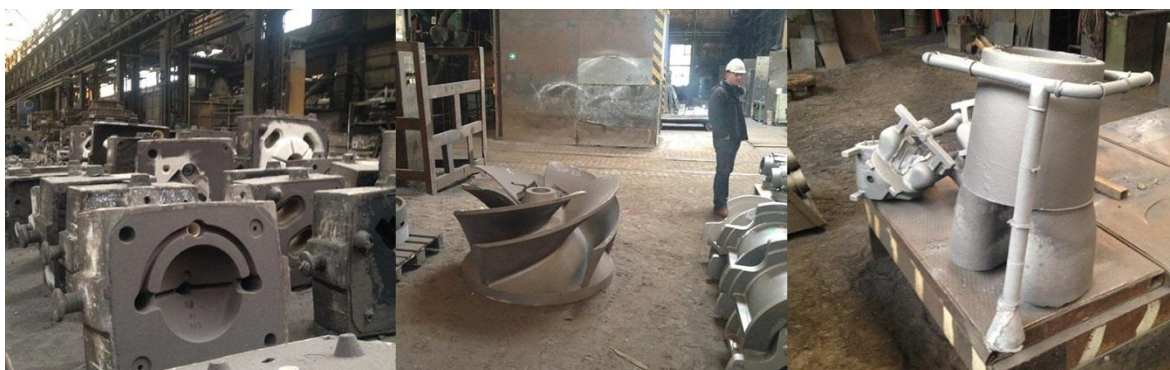
## 2.3 Nosná konstrukce

Každé VO je nutné umístit individuálně dle potřeb veřejného prostoru. Využívají se různé nosné konstrukce, stožáry, ramena, výložníky, ocelová lana. Obvykle z materiálů jako je ocel, dřevo, železobeton, hliník nebo plast. Původně jsem měl v úmyslu nosnou konstrukci, stejně jako samotné svítidlo, vyrobit z hliníku. Následné konzultace s technologií mi ale potvrdily, že výrobní náklady by byly neúnosné, a proto jsem zredukoval návrhy na jeden materiál pro tělo svítidla a dva materiály, které jsem chtěl využít k výrobě stožáru.

### 2.3.1 Ocel

Jako nejschůdnější materiál pro nosnou konstrukci připadá v úvahu ocel. Má velmi dobré mechanické vlastnosti a relativně nízkou cenou. Pro získání více informací o technologii

zpracování oceli jsem v Brně navštívil Královopolskou slévárnu, s.r.o. Zaměřují se zde na kusovou výrobu ocelových odlitků, odstředivé lití a speciální odlitky.



*Obr. 11 Královopolské slévárny, s.r.o.*

### 2.3.2 Dřevo

Dalším konstrukčním materiálem, který se nabízí, je dřevo. V minulosti bylo hojně využíváno a za staletí bylo prověřené v praxi. Je nutné zachovat určité technologické postupy, ale tradičně bývá považováno za konstrukčně vhodný a esteticky příjemný materiál, který může být za určitých podmínek také cenově výhodný.

## 2.4 Ukotvení

Stožár je nutné bezpečně ukotvit do země, a to tak, aby splňoval i bezpečnostní normy. Nosný sloup bývá k zemi zpravidla ukotven na betonové patce, která je zapuštěna v zemi nebo dlažbě. Jedná se čistě o konstrukční prvek, na kterém většinou není potřeba řešit design. Některé konstrukce starších lamp byly navrženy tak, že nosný sloup procházel betonovou patkou a zároveň byl zapuštěn do země.

## 2.5 Bezpečnost a normy

*„Podle zákona jsou technické normy obecně nezávazné, jsou pouze doporučené. Onu „doporučenost“ je však dobré chápat tak, že normové požadavky jsou minimální. Nic nebrání tomu, aby bylo předloženo řešení osvětlení (či čehokoliv jiného), které bude lepší a kvalitnější než jaké by bylo v případě prostého splnění technického předpisu.“ [7 str. 22]*  
Každé VO musí být konstrukčně vyřešeno tak, aby elektroinstalace nebyla v kontaktu s vodou. Proto je nutné při vývoji myslet od počátku na to, kudy bude potřebná elektroin-

stalace vedena, a přizpůsobit tomu celý koncept. Pokud nelze zaručit vodotěsnost celého systému, musí se vymyslet tak, aby byl průtokový a voda mohla snadno odtéci, aniž by se dostala do kontaktu s kabely. Dále musí být zabráněno nežádoucímu přístupu neoprávněných osob k elektroinstalaci.



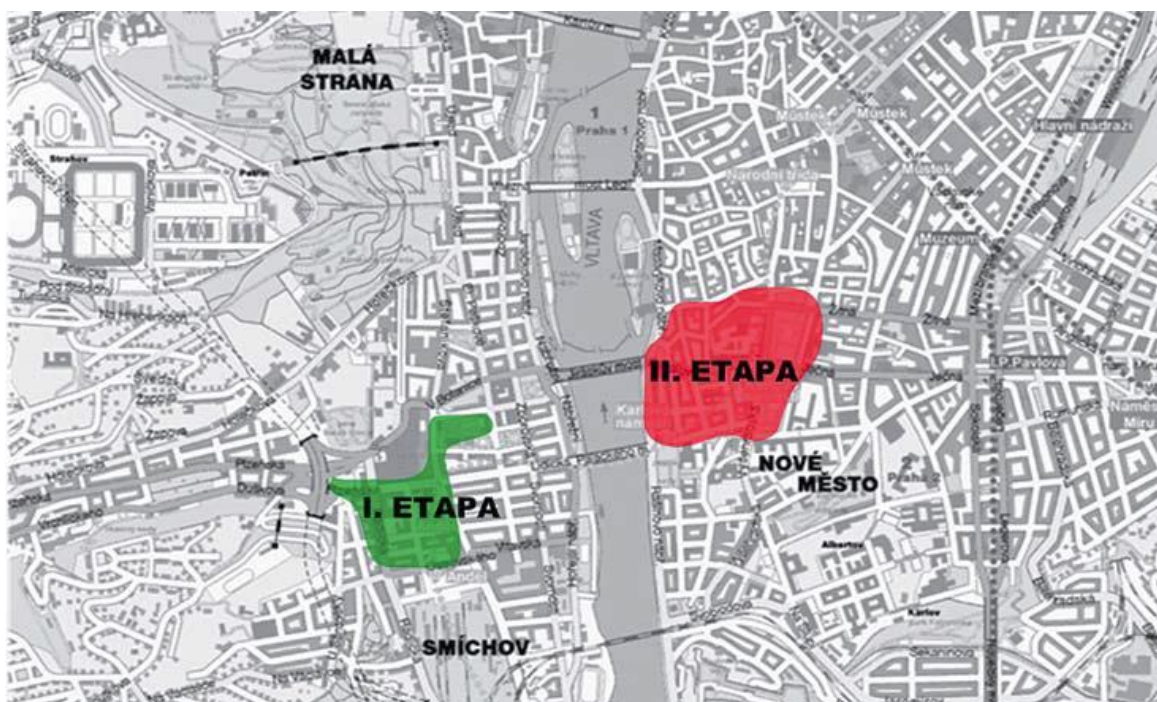
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 ANALÝZA SOUČASNÉ PRODUKCE

Hned v počátku sbírání informací a podkladů jsem zjistil, že je problém sehnat hodnověrné informace. Technické údaje, které uvádí většina výrobců, nejsou vždy zcela pravdivé. Hodnoty z propagačních materiálů často neodpovídají realitě běžného provozu. Firmy zabývající se servisem a údržbou VO se staví k novým technologiím nedůvěřivě. Nová technická řešení přináší nové problémy a je potřeba zkušenější personál pro servis a celkovou údržbu. Dalším problémem je fakt, že technologie LED osvětlení se vyvíjí velmi rychle a v praxi se stává, že než se nový produkt dostatečně otestuje a dostane se na trh, bývá již zastaralý. Základní informace jsem proto chtěl čerpat z realizací, které již nějaký čas fungují. Také jsem se chtěl zaměřit na klimatické podmínky střední Evropy. Hlavním důvodem bylo, že je zde poměrně dobrý teplotní rozptyl a VO je v zimě vystaveno i nízkým teplotám.

#### 3.1 Pilotní projekt LED osvětlení v Praze

V České republice probíhá poměrně unikátní pilotní projekt s LED svítidly v Praze, který byl pod záštitou hlavního města Prahy a společnosti Eltodo-Citelum, s.r.o. spuštěn 11. listopadu 2009. Do projektu se zapojily společnosti: Etna (iGuzzini), Indal, LG Innotek, MSC, Philips a Siteco. Každá ze společností měla za úkol zajistit veřejné LED osvětlení v určité části Prahy.



Obr. 12 Mapa umístění svítidel

Dne 14. 3. 2012 se rozjela druhá etapa testování LED osvětlení v Praze. Zde se zapojili tito výrobci: Artechnic Schröder, Ecomal, Etna, Phoenix Technology, Gaash, GE, Hess, Indal, MSC, Showa, Thorn. Podstatou celého projektu bylo zjistit v reálných podmínkách, zda je možné stávající osvětlení plnohodnotně nahradit novým LED osvětlením.

### 3.2 Vyhodnocení projektu

Společnost Eltodo-Citelum ve své tiskové zprávě z roku 2013 uvádí srovnání testovaných nových LED osvětlení a stávajících sodíkových svítidel. „*První etapa testování LED svítidel v lokalitě Anděl na Smíchově prokázala, že jejich technické parametry ještě nejsou dostačující na to, aby mohly být v technologické úrovni roku 2009 využity ve veřejném osvětlení. Problematickým místem této technologie se ukázalo být elektronické vybavení svítidel, které vykazovalo značnou teplotní závislost, což zásadním způsobem ovlivňovalo jejich provoz. Dále se ukázalo, že LED svítidla nejsou ve všech případech úspornější než současné technologie, prokázána nebyla ani mnohými výrobci proklamovaná bezúdržbovost.*“ [8]

Při vyhodnocování projektu se zkoumaly tyto parametry:

- příkon svítidla (W),
- světelný tok (lm),
- měrný světelný výkon (lm/W),
- teplota chromatičnosti (K),
- průměrný jas komunikace ( $\text{cd/m}^2$ ),
- minimální hodnota osvětlení (lx).

V mnoha případech jsou výsledky velmi rozporuplné. Bylo těžké udělat jednoznačné závěry. Během testování se ukázalo, že je velmi důležité, aby bylo VO projektováno vždy přesně na míru dané lokality. V důsledku to znamená, že výměna starého VO za moderní LED osvětlení není vždy rentabilní a je výhodnější tuto technologii aplikovat na nové developerní projekty nebo v ulicích, které prochází kompletní rekonstrukcí a staré VO zde nebude vůbec zachováno.



*Obr. 13 Svítidlo LG, Indal, Philips (zleva doprava)*

Projekt testování LED svítidel v Praze se řadí k největším projektům tohoto druhu ve střední Evropě a stále pokračuje. [9]

### **3.3 Souhrn nejčastějších problémů**

Projekt provázely i technické komplikace. Problémy byly především s elektronickou částí svítidel, která se mnohdy přehřívala. Design svítidel jednotlivých firem byl různorodé kvality. Někteří výrobci pouze zakrytovali elektronické součásti, aby na ně nepršelo. Jiní zase u stávajících svítidel, které měly původně jako světelný zdroj vysokotlaké sodíkové výbojky, pouze vyměnili světelný zdroj za LED.



*Obr. 14 Svítidlo Siteco, Thorn, MSC (zleva doprava)*

V mnoha případech docházelo ke znečištění VO spadenými listy nebo prachem, což mělo za následek opět špatný odvod tepla a sníženou schopnost pasivního chlazení. Jako velmi pozitivní se ukázaly rychlé reakce výrobců, kteří byli schopni v krátké době reagovat na problémy, které se vyskytly během zatím probíhajícího testování, a snažili se je co nejrychleji odstranit. [9]

### **3.4 Anketa**

Společnost Eltodo-Citelum provedla anonymní anketu, ve které byli dotazováni místní obyvatelé na nové VO v ulicích. Výsledky šetření nevykazovaly příliš velkou vypovídací hodnotu, protože značná část respondentů neměla ani tušení, že došlo k nějaké změně. Někteřím dotazovaným to bylo lhostejné. Jiní hodnotili osvětlení kladně. Bohužel žádná jednoznačná odezva z laické veřejnosti v tuto chvíli není k tomuto projektu dostupná.

## 4 PRVOTNÍ KONCEPČNÍ NÁVRHY

Mým záměrem bylo vytvořit nadčasový design skloubený s optimální funkcí. Snažil jsem se oprostit od stereotypů, se kterými jsem se v této oblasti při analýze setkával, a také se poučit z chyb, které udělali vývojáři a designéři přede mnou. Chtěl jsem zapracovat do VO inovace, které by mohly být užitečné a zároveň byly esteticky sladěny s designem svítidla. Má první inspirace pochází z přírody. Když jsem se zamýšlel nad tím, jakým způsobem navrhnout správný tvar, aby nedocházelo k zanášení nečistotami, jako první mě napadla stébka trávy. Stačí obyčejný déšť a jsou čistá. To byl jeden z hlavních důvodů, proč se mé návrhy začaly ubírat tímto směrem.



*Obr. 15 Inspirace v přírodních tvarech*

Mou další vizí bylo harmonizovat celkový vzhled VO. Současný stav se téměř u všech výrobců takřka šablonovitě opakuje. VO je složeno z nosného stožáru, což je samostatný konstrukční prvek, a na něj se montuje jakékoliv svítidlo. Jedná se sice o velké množství možných kombinací, ale za cenu ne vždy vkusného designu výrobku. Mým záměrem bylo zachovat rozdělení sloupu a svítidla, neboť je to z technického a konstrukčního pohledu nezbytné, ale na druhou stranu koncipovat design, ve kterém se budou obě části navzájem doplňovat a opticky budou tvořit kompaktní celek. V dalších podkapitolách nastíním, jaké další inovace jsem chtěl do mých návrhů zapracovat.

### 4.1 Podsvícení sloupu

Napadlo mě využít tvaru sloupu a aplikovat do něj modulární systém podsvícených panelů. Panely budou mít mléčnou barvu a opticky budou plynule přecházet od země až k hlavnímu svítidlu. Po celé výšce budou rovnoměrně, ale jen jemně podsvícené. Primárním zdrojem světla stále zůstává svítidlo na konci sloupu. Podsvícení sloupu by zároveň

sloužilo i jako určitý bezpečnostní prvek při snížené viditelnosti během špatného počasí. Jako další využití se nabízí výzdoba při různých výjimečných příležitostech a svátcích (např. Silvestr nebo Vánoce). K těmto zvláštním akcím by se osvětlení dalo naprogramovat k různým světelným efektům. Nebylo by potom zapotřebí každoročně speciálně pro toto období instalovat světelnou „výzdobu“ ulic. Tím by obce a města ušetřila nemalé finance.

## 4.2 Světelná reklama

Z estetického hlediska vnímám v současnosti jako problém nepřehrné množství reklamních cedulí a poutačů, které jsou dodatečně montovány na sloupy VO. Je to velmi nepraktické z hlediska údržby a vizuálně to působí velmi rušivé. U mého konceptu chci využít podsvícených panelů na nosném sloupu. Na panely by se dala podle potřeby aplikovat potiskovaná fólie s reklamou. Celkový tvar VO by nebyl narušen a takto nainstalované reklamy by byly světelné. Lamy VO by městu mohly vydělávat další finanční prostředky pronájemem reklamních ploch, které ovšem tolik nenarušují ucelený tvar VO.

## 4.3 GSM modul

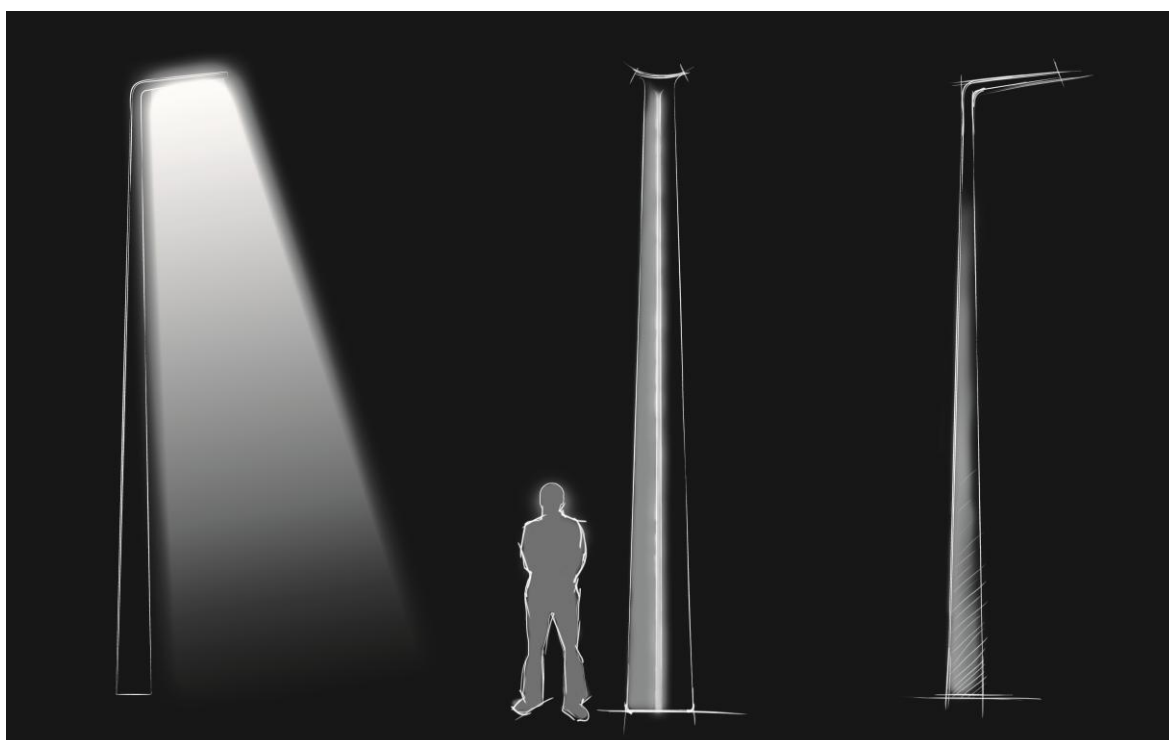
Jako další inovaci jsem do veřejného osvětlení navrhnul možnost umístit na přání zákazníka modul GSM. Díky tomuto zařízení by bylo možné dálkově nastavovat stmívání osvětlení, vyhodnocovat případné závady a také plánovat servisní trasu pro technika v případě poruchy více lamp. Veškeré ovládání tohoto systému by probíhalo přes zabezpečené webové rozhraní, což by znamenalo, že servisní technik má přístup k potřebným údajům z jakéhokoliv počítače a v případě potřeby je schopen pružně reagovat i v terénu.

## 4.4 Parkovací automat

Posledním možným vylepšením VO by byla možnost jeden modulární panel na sloupu vyměnit za modul s parkovacím automatem. Tato varianta „dva v jednom“ je velmi elegantním řešením pro větší města, která se potýkají s nedostatkem placených parkovacích stání a nechtějí zabírat další místo zbytečnými sloupy nebo automaty navíc.

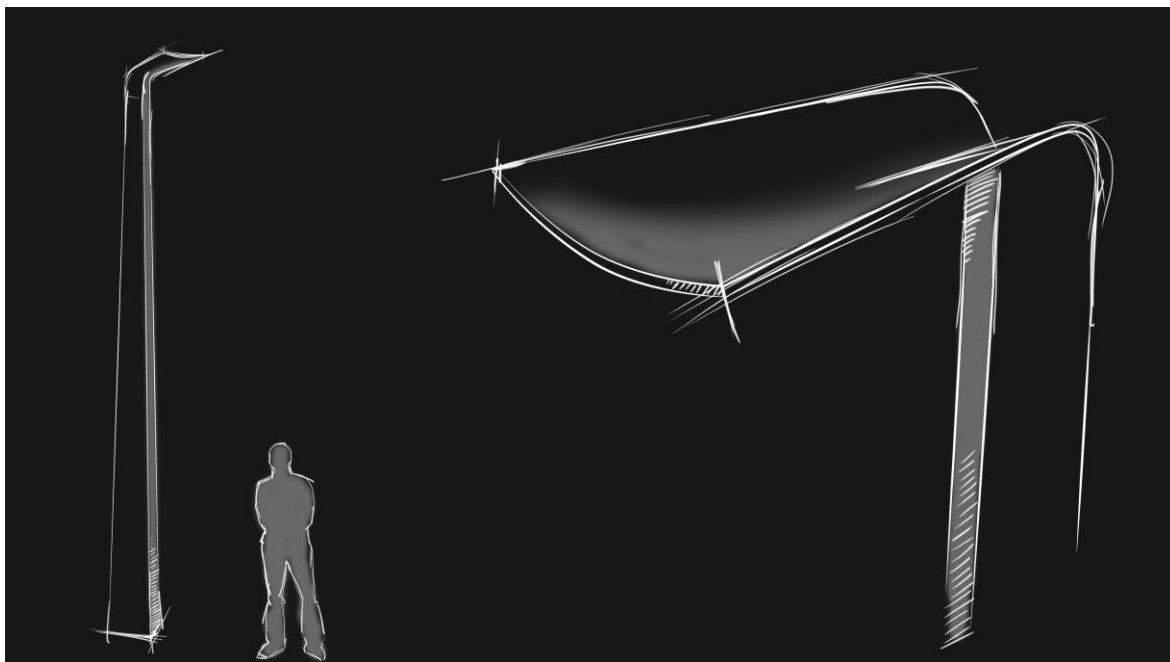
## 5 VIZUALIZACE FINÁLNÍCH DESIGNERSKÝCH NÁVRHŮ

Na začátku navrhování nového designu jsem strávil hodiny skicováním a stylizací zvoleného tvaru, který vycházel z již zmiňovaného stébla trávy. Při samotném skicování a následném modelování je poměrně těžké určit vhodné proporce. Až když jsem si ke kresbám přidal siluetu dospělého člověka, tak jsem si uvědomil, že proporce bude potřeba ještě značně přepracovat. Samotný sloup VO působil poměrně dost masivně, jak je velmi dobře vidět na obrázcích č. 16 a 17.



*Obr. 16 Prvotní skica*

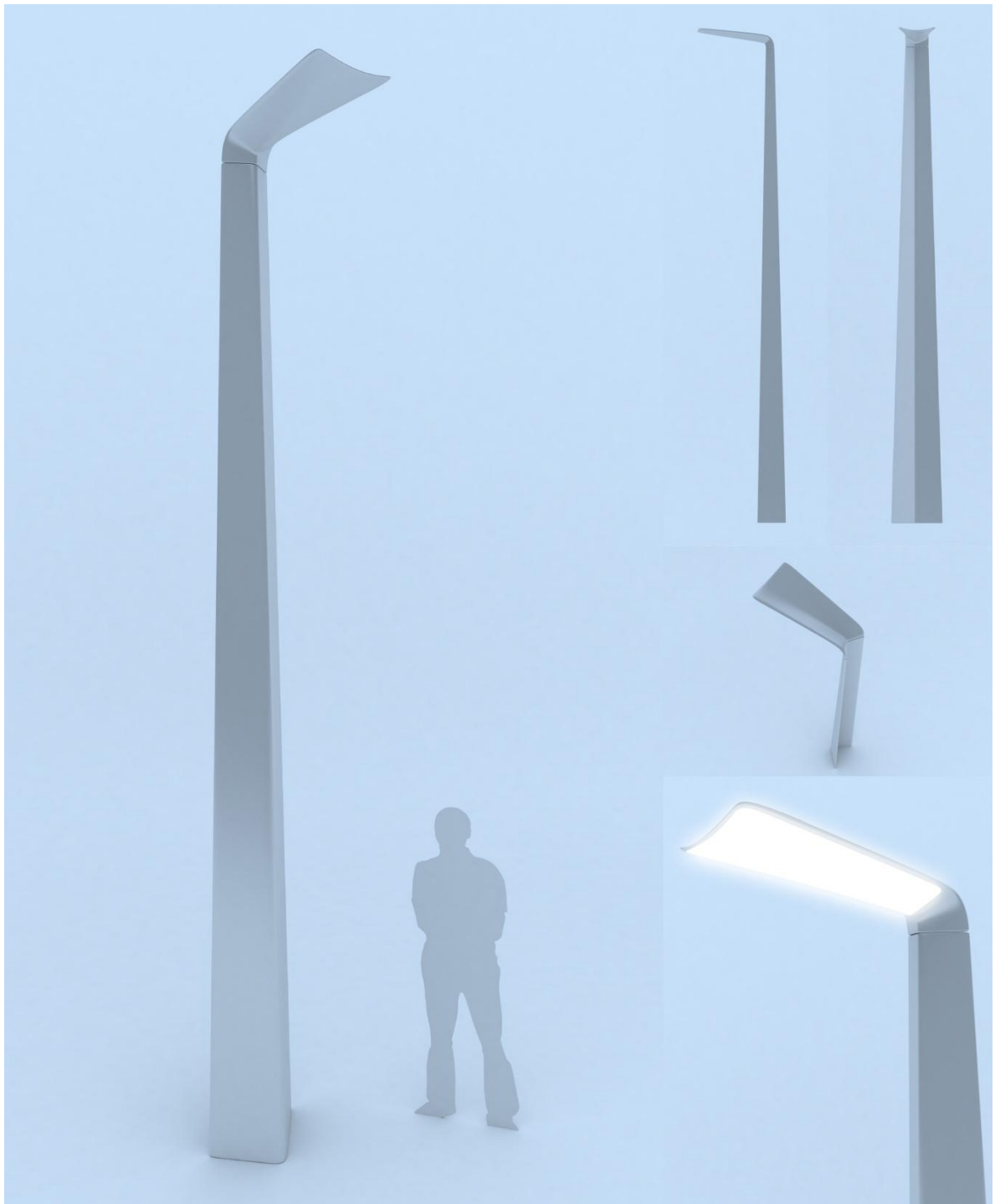




*Obr. 17 Prvotní skica*

Snažil jsem se tedy stožár udělat subtilnějším. Stožár měl v prvotních skicách profil písmene „V“, který byl směrem vzhůru kónický. Na konci byla hlavice ohnuta a její tvar se otvíral a tvořil mírný rádius. Celý stožár sloužil jako žlab pro odtok vody v případě deště. Toto tvarové řešení se od počátku nabízelo jako nejpřirozenější. Vizually šlo o velmi vydařený a tvarově čistý monolit. Počítal jsem s tím, že stožár bude dutý, vyrobený odléváním z oceli. Dutinou sloupu měly být vedeny kabely ke svítidlu. Bylo nutné tento návrh zkontrolovat s technologií ve slévárnách, abych zjistil, zda je možné tento tvar vyrobit jako ocelový odlitek.

Jako první problém v mém konceptu se ukázala samotná orientace sloupu. Do otevřeného profilu jsem chtěl umístit některé doplňkové funkce VO a zjistil jsem, že tvar je v konceptu otočen k lidem ostrým hřbetem, a proto není z druhé strany přístupný. Bylo nutné koncept přepracovat. Z dalších možností řešení se nabízelo celý profil převrátit.



*Obr. 18 První vizualizace*

Na prvotních návrzích můžeme ještě vidět profil sloupu „V“ otevřený směrem dozadu. Také si je možné povšimnout, jak sloup u základny působí masivně. Bylo obtížné korigovat reálné proporce v měřítku k průměrné lidské postavě. Náhledy v počítači značně zkreslovaly výsledný dojem.

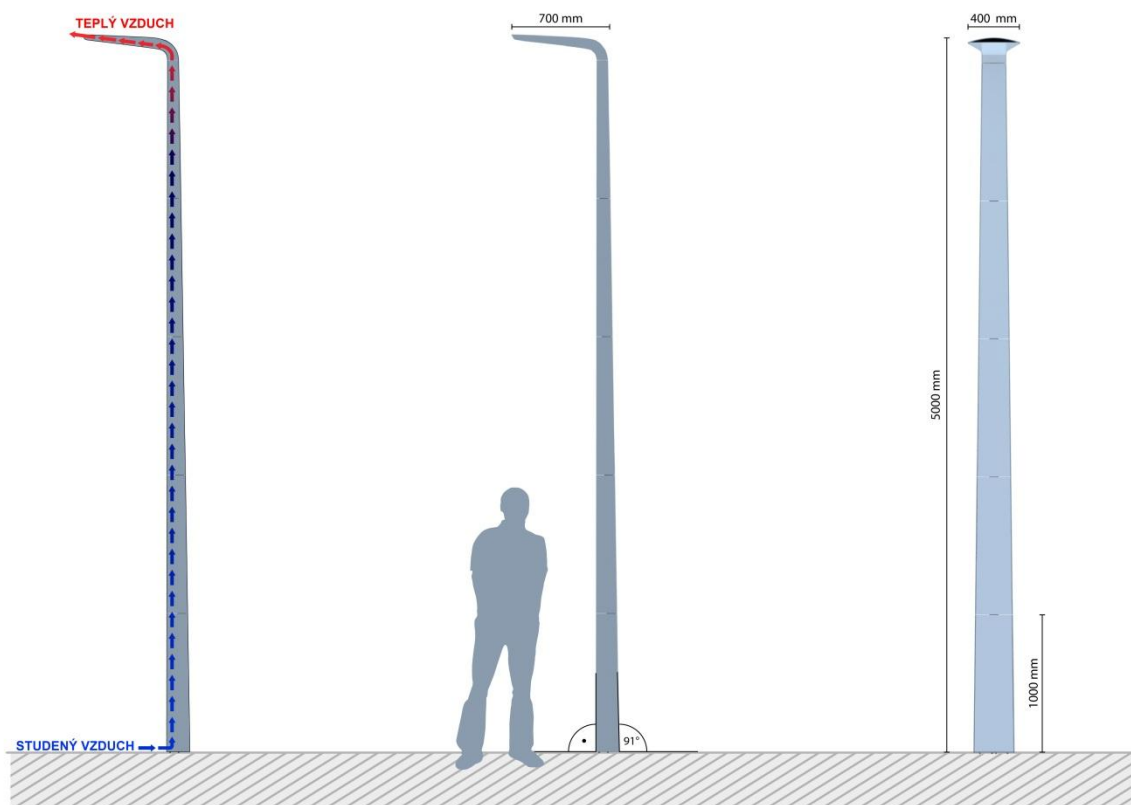
## 5.1 Finální designové řešení

Na následujících náhledech už je vidět přepracovaný tvar VO. Zpočátku jsem měl trochu obavy, co to s celým konceptem udělá, když ho „převrátím naruby“, ale výsledek je lepší, než jsem očekával.



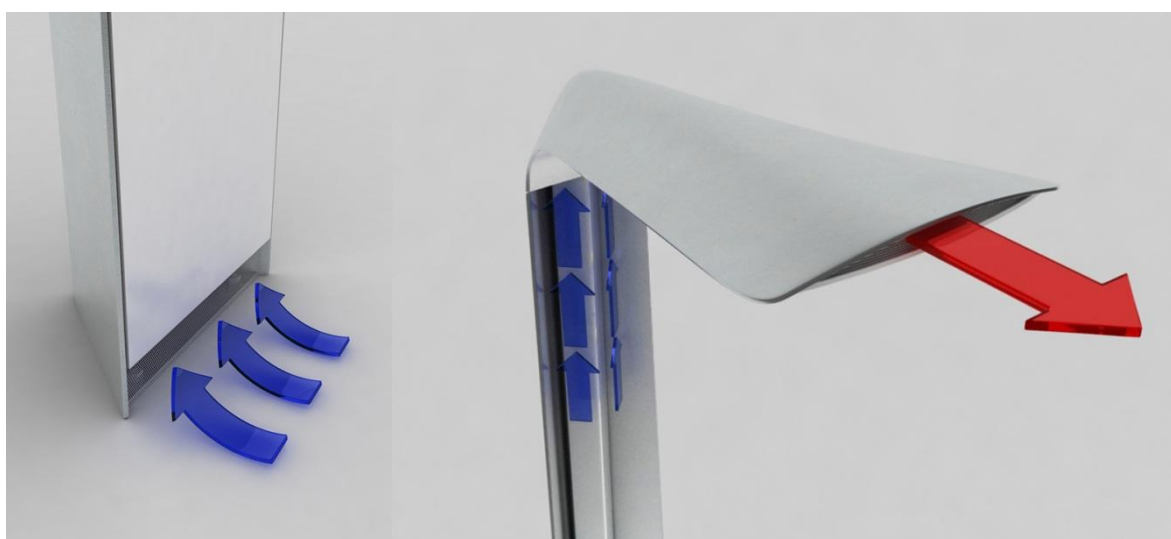
*Obr. 19 Finální designové řešení*

Při zachování tvarového konceptu jsem docílil mnohem lepší funkčnosti. Jako další přínos vidím snazší vyrobiteľnosť a lepší možnosť vedení kabeláže. Tvar VO funguje jako komín. Zespedu je nasávaný studený vzduch, který proudí směrem vzhůru, ochlazuje teplem namáhané díly a odvádí přebytečné teplo pryč ze svítidla.

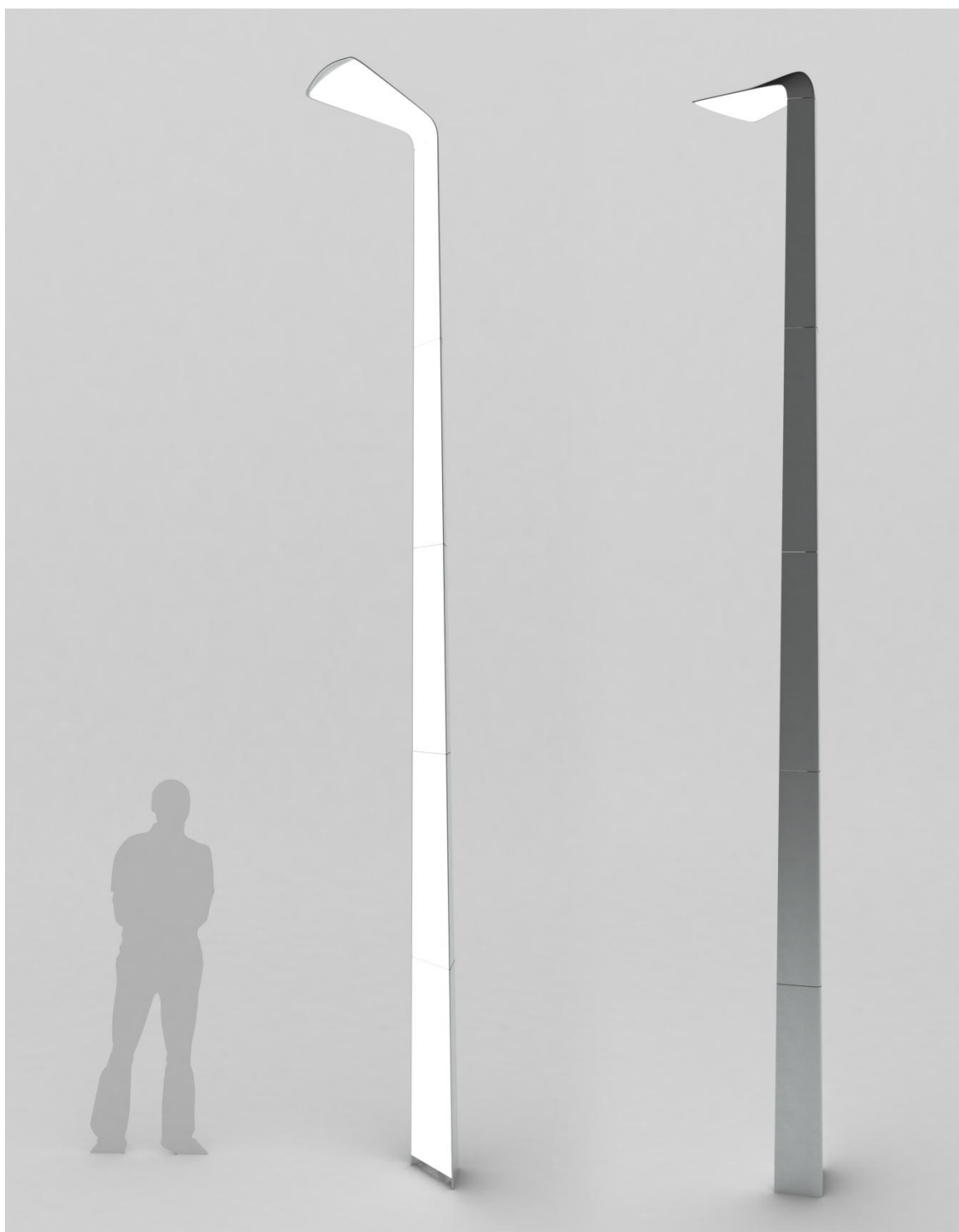


Obr. 20 Schéma cirkulace vzduchu a základní rozměry

Studený vzduch je nasáván u paty sloupu, kde je mřížka, která zabraňuje vstupu cizích těles. Dále studený vzduch proudí dutinou mezi elektroinstalací a krytem svítidla ven.



Obr. 21 Pata sloupu a detail cirkulace vzduchu svítidlem



*Obr. 22 Celkový pohled ze přední a zadní strany*

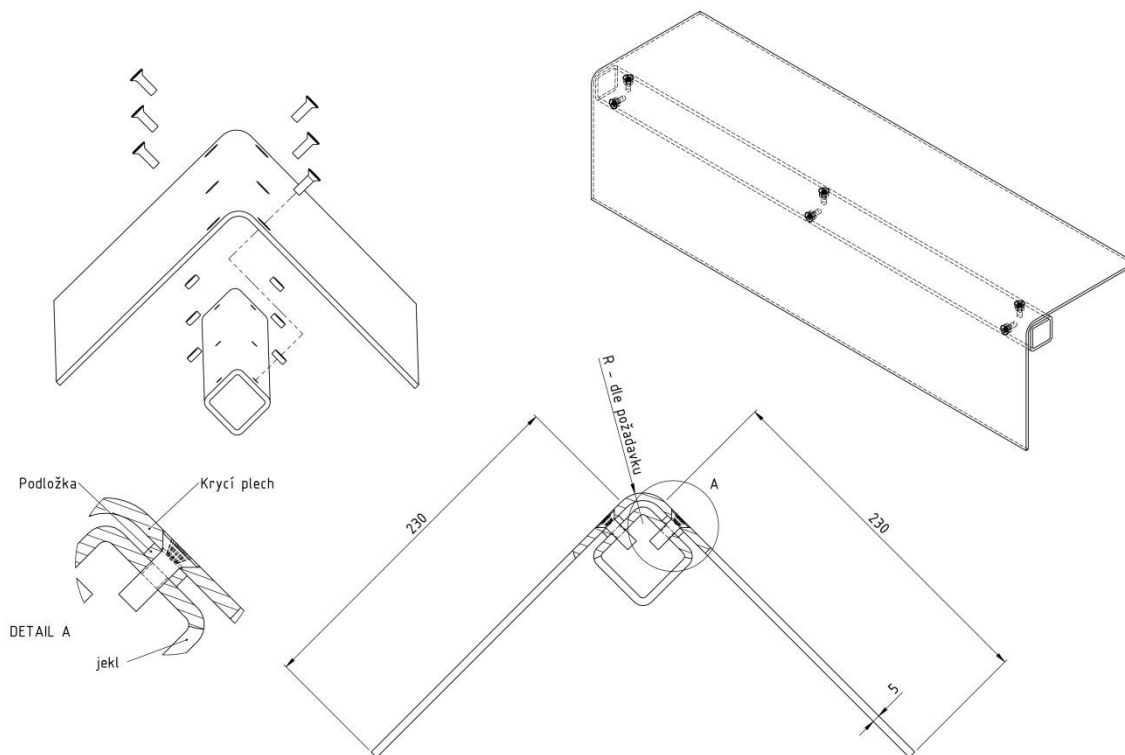


*Obr. 23 Vizualizace*

## 5.2 Ergonomické a technické parametry

Celková výška stožáru je 5000 mm. Základnu tvoří pravoúhlý trojúhelník o stranách 240×240×300 mm. Můj koncept jsem konzultoval s Ing. Karlem Ryšavým z Královopolských sléváren, s.r.o. Po společné konzultaci jsem dospěl k závěru, že první způsob řešení, odlévání stožáru do formy, je nutné zavrhnout. Takto dlouhé a subtilní tvary mají při vytáhnutí z formy a chladnutí tendence kroutit se, což by bylo nežádoucí. Jako alternativní konstrukční provedení jsme společně vymysleli zpracování tvaru ohnutím silného ocelového plechu. Jako další možnost by se dalo použít také svařování stožáru z více dílů. Z estetického hlediska se ale více přikláním ke šroubovaným spojům.

Návrhy VO jsem nakonec probral i s leteckým konstruktérem Radkem Kovačkou ze společnosti AEROSERVIS, s.r.o. a společně se nám podařilo doladit konstrukční detaily. Mým hlavním cílem bylo vymyslet konstrukci tak, aby odolávala případnému náporu větru a nekroutila se. Dalším požadavkem byla také přijatelná cena pro koncového zákazníka při výrobě.



Obr. 24 Konstrukční řešení stožáru

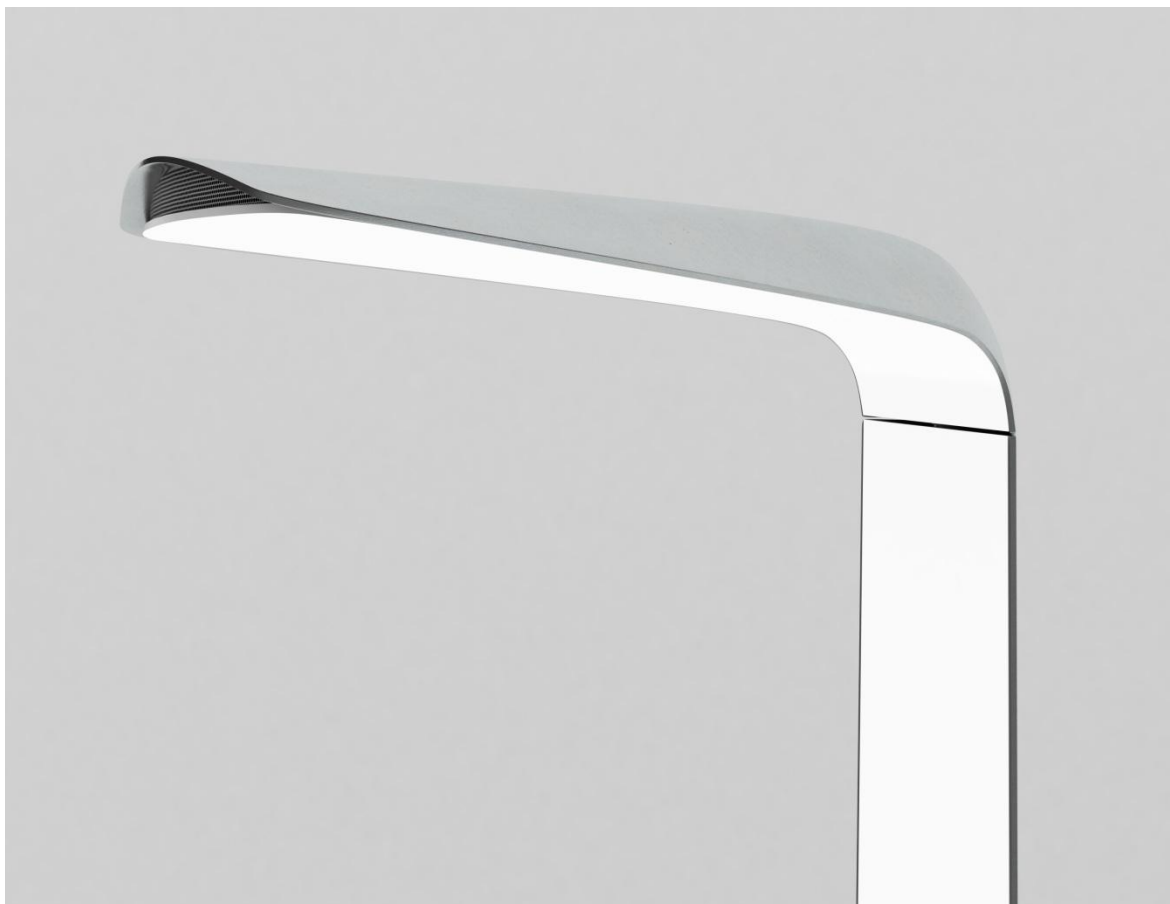
Z naší konzultace vzešel návrh, ve kterém je plášť sloupu vertikálně dělen na metrové segmenty. Jako hlavní nosný prvek je použit ocelový profil 50×50 mm, který má dostatečnou pevnost. Na tento profil je přes distanční podložky přišroubovaný ohnutý plech o síle 5 mm, který vytváří celkový korpus stožáru. Povrchová antikoroziční úprava ocelových dílů by byla žárové zinkování. Středem ocelového sloupu by byla tažena kabeláž.

Pro další variantu nosného sloupu jsem chtěl použít jako konstrukční prvek dřevo. Tuto doplňkovou variantu jsem zvažoval využít na přání zákazníků například v historických částech měst. Požádal jsem o konzultaci MgA. Davida Trojana, který se věnuje práci se dřevem v exteriéru. Společně jsme dospěli k závěru, že takto zvolený tvar profilu dřeva s sebou přináší dva vážné problémy. Vzhledem k profilu, který připomíná písmeno „V“, by v jeho vnitřním zalomení zůstávala vlhkost. Z vnější (návětrné strany) by pak docházelo k intenzivnějšímu sesychání dřeva. Tyto rozdílné podmínky vnějšího prostředí působící na materiál by měly za následek nepředvídatelné ohýbání či kroucení dřevěného profilu a snižovaly by celkovou stabilitu konstrukce. Jako další nepříznivý faktor se jeví samotná výroba tohoto tvaru, která by nebyla možná čistě strojovou cestou, ale jednalo by se v podstatě o ruční sochařskou práci, což by nebylo finančně rentabilní. Na základě těchto argumentů jsem byl nucen tuto variantu sloupu definitivně zavrhnout.

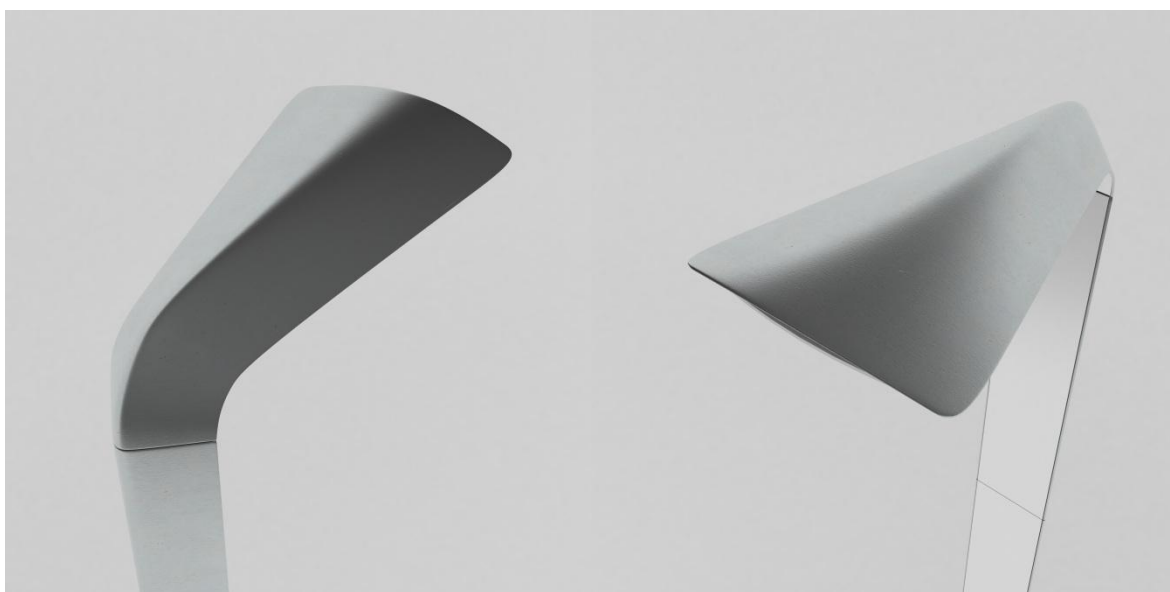
### 5.3 Svítidlo

Tělo svítidla je tvořeno jednolitým hliníkovým korpusem, který je prohnut a tvoří jakousi krycí stříšku samotné elektroinstalace. Všechny elektronické součásti svítidla jsou uzavřeny v hermetickém obalu, který je vodotěsný. Pro servisní úkony lze celou schránku vyklopit směrem dolů. Mezi schránkou a hliníkovým korpusem je distance využívající komínového efektu, při kterém dochází k přirozenému proudění vzduchu, a napomáhá ochlazovat zahřívané díly. Tento způsob chlazení v kombinaci s pasivním chlazením hliníkového korpusu, by měl zajistit dostatečný odvod přebytečného tepla.

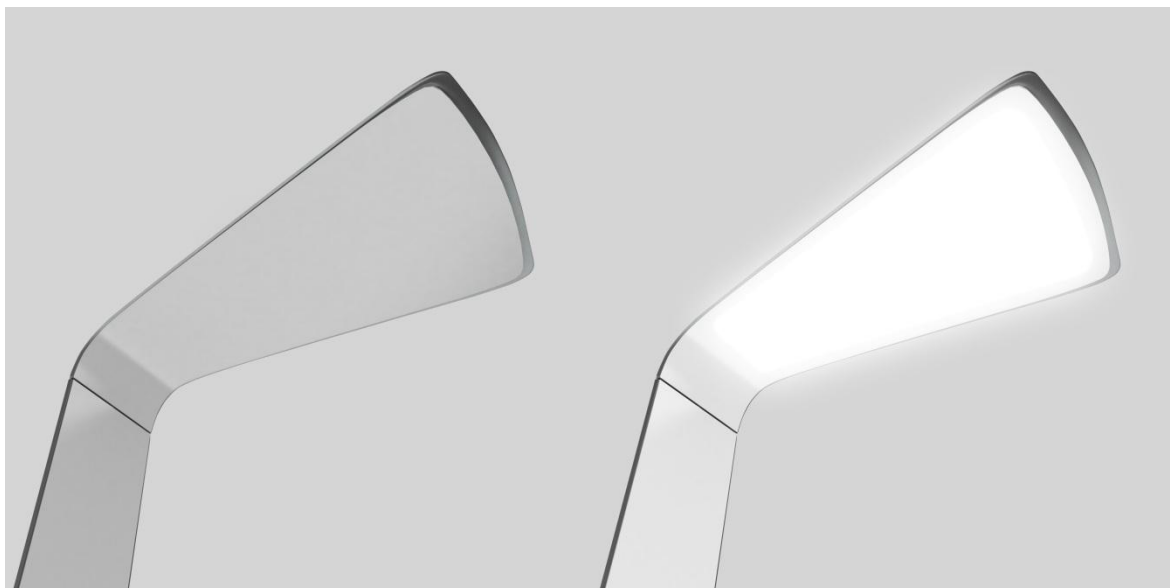




*Obr. 25 Finální vizuál svítidla*



*Obr. 26 Finální vizuál svítidla – pohled shora*



*Obr. 27 Detail svítidla ve zhasnutém a rozsvíceném stavu*

#### **5.4 Svítidlo na stěnu**

Ne vždy je možná instalace VO na samostatně stojící sloup. Často je nutné k montáži svítidla využít budovu, stěnu, apod. Pro tyto účely jsem navrhnul modifikaci, která využívá tělo svítidla bez sloupu. Svítidlo je doplněno o nosný prvek, který umožňuje montáž na vertikální plochu.



*Obr. 28 Modifikace svítidla určená k montáži na stěnu*

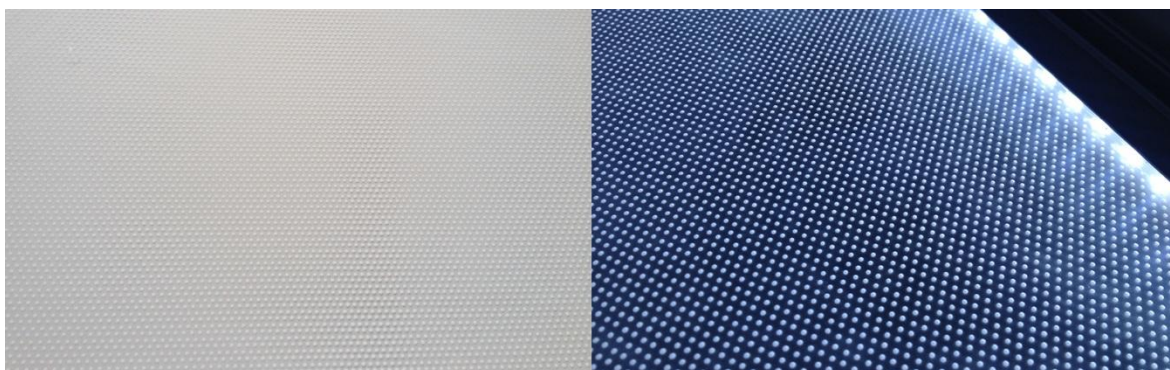


*Obr. 29 Modifikace – pohled z více stran*

## 5.5 Světelné panely

Prosvícené panely jsou rozděleny na výšku po jednom metru. Toto dělení usnadňuje montáž a také následný servis. Každý panel má na sobě nalepenou bezpečnostní fólii, která zvyšuje odolnost vůči působení vandalů. V případě neopravitelného poškození panelu zůstane rozbitý díl pohromadě a nerozpadne se na střepy. Panely je nutné uchytit takovým způsobem, aby je nebylo možné snadno demontovat bez potřebného nářadí. Rozsvícení panelů je řešeno nasvícením akrylátu LED páskem přímo do hrany. Na ploše desky je natištěný rastr drobných teček, který rozbíjí světlo vedené hranou, a dochází tak k rozsvícené celé plochy panelu. Aby byla zajištěna stejná intenzita na celé ploše panelu, je rastr

v blízkosti světelného zdroje tištěný s většími mezerami a směrem dál od zdroje struktura houstne.



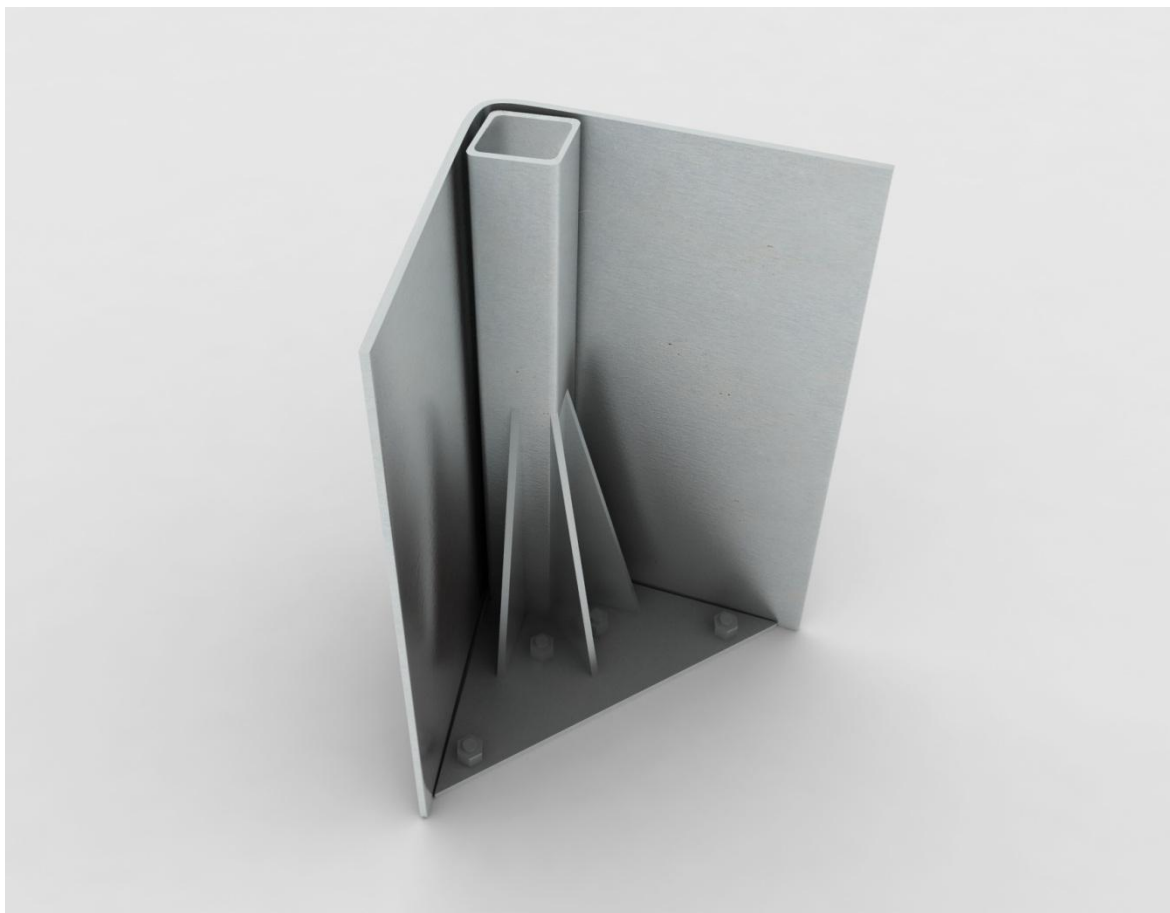
*Obr. 30 Nasvícení panelů – zhasnutý a rozsvícený panel*



*Obr. 31 Světelná reklama aplikovaná na panelech*

## 5.6 Ukotvení

Ukotvení sloupu VO je navrženo pomocí betonové patky zapaštěné v zemi, ze které kolmo vzhůru vystupují čtyři závitové tyče. Hlavním záměrem tohoto řešení bylo potlačit (a pokud možno skrýt) konstrukční prvky ukotvení sloupu.



*Obr. 32 Ukotvení na betonové patce*

## ZÁVĚR

Jsem přesvědčen, že můj pokus o nekonvenční přístup přináší do problematiky veřejného osvětlení mnoho nových myšlenek. Jako jeden z největších přínosů vidím komplexní navržení VO, které disponuje velkým množstvím možných individualizací, podle potřeby a místa umístění. Podařilo se mi uchopit celkový design osvětlení v systémovém pojetí tak, že už nepůsobí jako poskládaný z mnoha různorodých dílů, které k sobě nepatří. Dalším kladem celého konceptu je bezesporu možnost implementace světelné reklamy, která už tolik nenarušuje tvar lampy. Nasvícení sloupu VO kromě estetického hlediska přispívá také ke zvýšené bezpečnosti za snížené viditelnosti jak pro chodce, tak pro cyklisty. Celkový tvar maximálně využívá možnosti použité technologie.

Má diplomová práce mne vnitřně velmi obohatila, dala mi příležitost využít to, co jsem se při studiu naučil, a seznámil jsem se díky ní se zajímavými lidmi, kteří mě v oblasti technologií a inovací profesně posunuli kupředu.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. **Kurz osvětlovací techniky XXXI. Kolektiv autorů.** Ostrava : VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2014. ISBN 978-80-248-3553-2.
2. **SEVEN.** SVĚTELNÉ ZDROJE A SVÍTIDLA PRO VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ V ROCE 2012. [Online] 2012. <http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2230-seven-svetelne-zdroje-a-svitidla.pdf>.
3. **Wikipedia.** Světlo. *Wikipedia*. [Online] [Citace: 20. duben 2015.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btlo>.
4. **Wikipedia.** Veřejné osvětlení. *Wikipedia*. [Online] [Citace: 28. březen 2015.] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Veřejné\\_ osvětlení](http://cs.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%9Bjnn%C3%A9_osv%C4%9Btlen%C3%AD).
5. **Dittrich, Lukáš.** [www.autorevue.cz](http://www.autorevue.cz). *www.autorevue.cz*. [Online] Mladá fronta, 14. duben 2015. [Citace: 14. duben 2015.] <http://www.autorevue.cz/bmw-brzy-nasadi-na-sve-emkove-modely-technologie-i-oled>.
6. **Wikipedia.** LED. *Wikipedia*. [Online] [Citace: 5. duben 2015.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/LED>.
7. **Maixner, Ing. Tomáš.** *Výstavba měst a obcí*. 2013.
8. **Eltodo-Citelum, s.r.o.** Eltodo. [www.eltodo.cz](http://www.eltodo.cz). [Online] ELTODO EG, a.s., 14. březen 2012. [Citace: 15. březen 2015.] <http://www.eltodo.cz/informacni-servis/tiskove-zpravy/2012/led-ii..html>.
9. **Eltodo-Citelum, s.r.o.** Eltodo. [www.eltodo.cz](http://www.eltodo.cz). [Online] ELTODO EG, a.s., 2013. [Citace: 15. březen 2015.] <http://www.eltodo.cz/informacni-servis/tiskove-zpravy/2013/vyhodnoceni-led-projektu.html>.
10. **Habel, J. a Žák, P.** [www.osvetle.cz](http://www.osvetle.cz). *O světle*. [Online] [Citace: 11. leden 2015.] <http://www.osvetle.cz/index.php/kestazeni/category/3-brozury?download=18:vyvojove-tendence-ve-svetelnych-zdrojich-a-svitidlech>.
11. **Wikipedia.** Veřejné osvětlení. *Wikipedia*. [Online] [Citace: 28. březen 2015.] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Veřejné\\_ osvětlení](http://cs.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%9Bjnn%C3%A9_osv%C4%9Btlen%C3%AD).

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

VO	Veřejné osvětlení
LED	Light-Emitting Diode
OLED	Organic Light-Emitting Diode
GSM	Globální Systém pro Mobilní komunikaci
Gen	Genesis (první kniha Starého zákona v bibli)



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1 Vlnová délka viditelného světelného spektra</i> .....	10
<i>Obr. 2 Plynové lampy v centru Prahy</i> .....	11
<i>Obr. 3 Oblouková lampa</i> .....	12
<i>Obr. 4 Thomas Alva Edison s jeho první žárovkou</i> .....	12
<i>Obr. 5 Sodíková výbojka</i> .....	13
<i>Obr. 6 První červená LED, výkonová LED a vícečipová LED</i> .....	14
<i>Obr. 7 OLED technologie využitá na konceptu vozu BMW</i> .....	15
<i>Obr. 8 LED svítidlo Indal – LUMA</i> .....	20
<i>Obr. 9 Možné rozmístění LED diod</i> .....	20
<i>Obr. 10 Příklady variability tvarů hliníkových odlitků litých pod tlakem</i> .....	21
<i>Obr. 11 Královopolské slévárny, s.r.o.</i> .....	22
<i>Obr. 12 Mapa umístění svítidel</i> .....	25
<i>Obr. 13 Svítidlo LG, Indal, Philips (zleva doprava)</i> .....	27
<i>Obr. 14 Svítidlo Siteco, Thorn, MSC (zleva doprava)</i> .....	27
<i>Obr. 15 Inspirace v přírodních tvarech</i> .....	29
<i>Obr. 16 Prvotní skica</i> .....	31
<i>Obr. 17 Prvotní skica</i> .....	32
<i>Obr. 18 První vizualizace</i> .....	33
<i>Obr. 19 Finální designové řešení</i> .....	34
<i>Obr. 20 Schéma cirkulace vzduchu a základní rozměry</i> .....	35
<i>Obr. 21 Pata sloupu a detail cirkulace vzduchu svítidlem</i> .....	35
<i>Obr. 22 Celkový pohled ze přední a zadní strany</i> .....	36
<i>Obr. 23 Vizualizace</i> .....	37
<i>Obr. 24 Konstrukční řešení stožáru</i> .....	38
<i>Obr. 25 Finální vizuál svítidla</i> .....	40
<i>Obr. 26 Finální vizuál svítidla – pohled shora</i> .....	40
<i>Obr. 27 Detail svítidla ve zhasnutém a rozsvíceném stavu</i> .....	41
<i>Obr. 28 Modifikace svítidla určená k montáži na stěnu</i> .....	41
<i>Obr. 29 Modifikace – pohled z více stran</i> .....	42
<i>Obr. 30 Nasvícení panelů – zhasnutý a rozsvícený panel</i> .....	43
<i>Obr. 31 Světelná reklama aplikovaná na panelech</i> .....	43
<i>Obr. 32 Ukotvení na betonové patce</i> .....	44

**SEZNAM ZDROJŮ OBRÁZKOVÝCH PŘÍLOH**

[http://www.metro.cz/na-kralovskou-cestu-sviti-uz-jen-romanticke-plynove-lampy-pao-/co-se-deje.aspx?c=A121213\\_152946\\_co-se-deje\\_row](http://www.metro.cz/na-kralovskou-cestu-sviti-uz-jen-romanticke-plynove-lampy-pao-/co-se-deje.aspx?c=A121213_152946_co-se-deje_row)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Arc\\_lamp#/media/File:Microscope\\_MercuryArcBulb\\_Detail.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Arc_lamp#/media/File:Microscope_MercuryArcBulb_Detail.jpg)

<http://thoughtware.com/weekly-quote-thomas-a-edison/>

<http://teorim-elektro.blogger.cz/Svetla/Vybojkova-svitidla>

<http://www.autorevue.cz/bmw-brzy-nasadi-na-sve-emkove-modely-technologie-oled>

<http://www.indal-lighting.com/>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Die\\_casting#/media/File:BMW\\_6-cylinder\\_block\\_Al-Mg.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Die_casting#/media/File:BMW_6-cylinder_block_Al-Mg.jpg)

<http://www.gasgoo.com/auto-products/processing-parts-mould-302/1256700.html>

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P 1: DVD s obrazovou dokumentací