VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

VYUŽITÍ LED TECHNOLOGIE PRO VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ

UTILIZATION OF LIGHT EMITTING DIODE FOR PUBLIC LIGHTING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE TOMÁŠ ROZSYPÁLEK
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. DAVID PALOUŠEK, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování
Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tomáš Rozsypálek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Využití LED technologie pro veřejné osvětlení

v anglickém jazyce:

Utilization of light emitting diode for public lighting

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je konstrukční návrh a realizace prototypu pouličního osvětlení s těmito parametry: bude využito vysoce svítivých LED diod, bude navržen a vyroben funkční kryt lampy, bude řešena elektrovýzbroj svítidla, konstrukce bude navržena s ohledem na chlazení LED diod a umístění svítidla.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci):
1.Úvod
2.Přehled současného stavu poznání
3.Formulaci řešeného problému a jeho technickou a vývojovou analýzu
4.Vymezení cílů práce
5.Návrh metodického přístupu k řešení
6.Návrh variant řešení a výběr optimální varianty
7.Konstrukční řešení
8.Závěr (Konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení)
Forma bakalářské práce: průvodní zpráva, technická dokumentace
Typ práce: konstrukční
Účel práce:pro potřeby průmyslu

Seznam odborné literatury:

LED for Lighting Applications, Patrick Mottier, 304 pages, Wiley-ISTE (June 9, 2009), ISBN-10: 1848211457. ISBN-13: 978-1848211452.

Power Supplies for LED Driving, Steve Winder, 248 pages
Publisher: Newnes (April 1, 2008), ISBN-10: 0750683414. ISBN-13: 978-0750683418.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. David Paloušek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 4.11.2010

L.S.

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ DĚKANÁT

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je návrh a konstrukce prototypu svítidla pro veřejné osvětlení využívající LED technologii. První část práce se věnuje historii vývoje veřejného osvětlení. Druhá část je věnována designovým návrhům, výběru vhodné varianty řešení, výběru nakupovaných materiálů a součástí, konstrukčnímu zpracování vybraného řešení, sestavení a montáži svítidla a ukázkám výsledného prototypu. Výstupem této práce je vyrobený prototyp svítidla veřejného osvětlení.

Klíčová slova: Veřejné osvětlení, LED technologie

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to design and construct a prototype of public lighting using the LED technology. The first part of the thesis describes the history of public lighting. The second part of bachelor thesis deals with design concepts, selection of appropriate design, selection of purchased materials and parts, construction drawing of the chosen design, assembly and installation of light fitting and demonstration of the final prototype. The output of this work is a created prototype of light fitting for public lighting.

Key words: Public lighting, light emitting diode technology

Bibliografická citace:

ROZSYPÁLEK, T. *Využití led technologie pro veřejné osvětlení.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 32 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. David Paloušek , Ph.D

ČESTNÉ PROLÁŠENÍ

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma *Využití led technologie pro veřejné osvětlení* jsem vypracoval samostatně pod vedením Ing. Davida Palouška, Ph.D a za použití pramenů, které jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Brně dne 20.května 2011

……..

Tomáš Rozsypálek

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval Ing. Davidu Palouškovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při vypracovávání bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Nikole Hrabinové a Petru Kratochvílovi za spolupráci na designových návrzích a panu Petru Kvaiserovi za cenné rady ohledně připojení svítidel veřejného osvětlení do sítě.

OBSAH

1 ÚVOD 13
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ 14
2.1 Výkon a využití 14
2.2 Výhody a nevýhody 14
2.2.1 Dlouhá životnost 14
2.2.2 Nízká spotřeba energie 14
2.2.3 Nízká provozní teplota 14
2.2.4 Rychlý start 14
2.2.5 Možnost regulace 14
2.2.6 Miniaturní rozměry 14
2.2.7 Bezpečný provoz 15
2.2.8 Ekologie 15
2.2.9 Miniaturní rozměry 15
2.2.10 Vysoká cena 15
2.3 Porovnání úspor 15
3 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA 16
3.1 Formulace řešeného problému 16
3.2 Formulace řešeného problému 16
3.2.1 Žárovky 16
3.2.2 Zářivky 16
3.2.3 Rtuťové výbojky (vysokotlaké) 16
3.2.4 Sodíkové výbojky 16
3.2.5 Halogenové výbojky 17
3.2.5 LED 17
3.3 Design veřejného osvětlení 17
3.3.1 Vývoj designu veřejného osvětlení 17
4 Vymezení cílů práce 21
4.1 Návrh a vytvoření funkčního prototypu 21
4.2 Zvládnutí časové tísně 21
5 Návrh metodického přístupu k Řešení 22
5.1 Etapa I. – designový návrh 22
5.2 Etapa II. – modelování 22
5.3 Etapa III. – konstrukce jednotlivých součástí 22
5.4 Etapa IV. – realizace 22
6 Návrh VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY 23
6.1 Designové návrhy 23
6.2 Výběr optimální varianty 25
7 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ 26
7.1 Modelování pomocí parametrického modeláře Autodesk Inventor 26
7.2 Modelování pomocí programu Dialux 26
7.3 Výběr nakupovaných součástí 27
7.4 Vytvoření finálového produktu 27
7.5 Postup prací při výrobě a sestavení 28
8 ZÁVĚR (KONSTRUKČNÍ, TECHNOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ ROZBOR ŘEŠENÍ) 29
8.1 Konstrukční závěr 29

8.2 Technologický závěr 29
8.3 Ekonomický závěr 29
8.4 Výroba prototypu 30
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 31
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN 34
SEZNAM OBRÁZKŮ 35
SEZNAM TABULEK 36
PŘÍLOHY 37

1 ÚVOD

Současný vývoj LED osvětlení je zapříčiněn potřebou lidstva po získání efektivního zdroje světla, který by byl šetrný k životnímu prostředí. To znamená, aby měl nízké náklady na provoz a údržbu a nízkou energetickou náročnost. Osvětlení typu LED vytváří alternativu k dnes již nedostupným žárovkám s odporovým vláknem a dále také k úsporným zářivkám či sodíkovým výbojkám. Osvětlování prostor pomocí diod se tedy jeví jako velmi dobrá varianta osvětlení, pomocí kterého můžeme dosáhnout kvalitního a energeticky nenáročného osvětlení prostor, jako jsou bytové interiéry, společné prostory bytových domů nebo například veřejné prostory.

Tato konstrukční práce je zaměřena na vývoj prototypu lampy pro osvětlení veřejného odpočinkového místa (lavičky v parku). Text se bude zabývat historickým vývojem výkonu LED, výhodami a nevýhodami tohoto zdroje světla, poté bude představeno srovnání nákladů na provoz diodového osvětlení oproti původní sodíkové výbojce, dále bude předložena předběžná představa řešení zadaného úkolu a nakonec ukázán hotový prototyp LED osvětlení.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Zkratka LED pochází z anglických slov Light Emitting Diode (dioda vytvářející světlo). Tyto diody jsou schopny vyzařovat v UV pásmu, IR pásmu anebo vyzařovat určitou monochromatickou barvu. Nejsou však schopny vyzařovat bílé světlo přímo. Pro získání bílého světla bývají využívány čipy, které při smíchání barev, jež diody emitují, dávají bílé světlo anebo jsou používány LED vybavené luminoforem schopným emitované záření převádět na bílé viditelné světlo. Pásmo, ve kterém dioda vyzařuje, je přímo závislé na chemickém složení P-N přechodu diody [1].

2.1 Výkon a využití

Již dlouhou dobu jsou LED využívány v různých spotřebičích k signalizaci nastalých stavů, ale jako osvětlení se začínají využívat až nyní. Důvodem je, že dříve diody sice měly velmi malý příkon, ale také jejich světelný tok byl velmi malý. Dalším aspektem byla rovněž vysoká cena. Již vyvinuté LED umožňují použít například vysokovýkonnou samostatnou 100W diodu s velkým světelným tokem [19], přičemž ale musí být zajištěno dostatečné chlazení pro dlouhodobý chod diody při teplotách diodu nepoškozujících. Dále také můžeme využít diod, které mají výkon do 7W [3]. Tyto diody je pak možno skládat do LED pásků, které chlazení nepotřebují.

2.2 Výhody a nevýhody

2.2.1 Dlouhá životnost

Nejdůležitějším aspektem je správné chlazení. Pokud je tento parametr splněn, tak nízkoemisivní diody mají svítivost až 1 000 000 hodin [1] a vysokovýkonné diody dosahují až 50 tisíc hodin [4].

2.2.2 Nízká spotřeba energie

Vysoce účinná přeměna elektrické energie na záření zaručuje velmi nízkou spotřebu a tudíž i nízké náklady na provoz [5].

2.2.3 Nízká provozní teplota

Diody s nízkým výkonem, mají nízkou pracovní teplotu. To znamená, že je eliminována možnost úrazu popálením, což umožňuje volné použití pro osvětlení a také možnost použití různých druhů materiálů pro osazování diod [5].

2.2.4 Rychlý start

Diody umožňují okamžité rozsvícení na plný výkon, na rozdíl od sodíkových výbojek či interiérových úsporných zářivek [5].

2.2.5 Možnost regulace

Regulace je v praxi uplatňována při ovládání RGB diod. Řízením výkonu diody se dosahuje vzniku požadované barvy. Jednotlivé barvy jsou pak smíchány, čímž vytvářejí výslednou barvu, která má být použita [1].

2.2.6 Miniaturní rozměry

Výhodou se stávají malé rozměry LED, umožňující využití designu naplno a téměř bez hranic.

2.2.7 Bezpečný provoz

2.2.7

LED jsou nejčastěji napájeny zdroji o nízkém stejnosměrném napětí, nižším než 50V, tudíž nehrozí poranění elektrickým proudem [6].

2.2.8 Ekologie

2.2.8

Materiály používající se pro výrobu LED modulů jsou snadno recyklovatelné, takže nezatěžují životní prostředí [5].

2.2.9 Napájení LED

2.2.9

LED čipy není možno napojit do sítě přímo, proto je k jejich napájení využíváno transformátorů. Vysokovýkonné LED musí být napájeny pomocí proudových zdrojů se stabilizací napájeného proudu. Jedinou výhodou oproti halogenovým žárovkám je, že proudový zdroj nemusí být nutně umístěn přímo v osvětlovacím tělese, ale stačí jej mít ve vzdálenosti do 50m od osvětlovacího LED modulu [7].

2.2.10 Vysoká cena

2.2.10

LED mají zatím vysokou cenu, jelikož ještě nedosáhly masového využití a masové produkce. Toto je asi největší nevýhoda oproti dnes využívaným zářivkám. Na druhou stranu ale mají velký předpoklad dalšího vývoje a masového použití, jelikož je jejich energetická náročnost velmi nízká.

2.3 Porovnání úspor

2.3

Zde je přiložena tabulka pro srovnání cenové náročnosti osvětlení:

	100W vláknová žárovka	10W LED
Předpokládaná doba svícení denně	4h/den	
Sazba za 1kWh	4Kč/kWh	
Cena jednoho kusu světelného zdroje	15Kč/ks	326Kč/ks
Životnost v hodinách	1 000h	50 000h
Spotřeba elektrické energie za rok	146kWh	14,6kWh
Cena zdroje světla za rok	22Kč	9Kč
Cena spotřebované energie za rok	584Kč	58Kč
Finanční náročnost za jeden rok	606Kč	70Kč
Úspora při jednom roce používání	**0Kč**	**536Kč**

Tab. 1 Porovnání nákladů na provoz osvětlení [25]

3 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA

3.1 Formulace řešeného problému

Problém, kterým se tato práce bude zabývat, je řešení osvětlení veřejného místa, které je využíváno i za snížených světelných podmínek. Pro osvětlení bude využito LED modulů, z důvodu jejich úspornosti a vysoké účinnosti. Na každého z nás totiž postupně začíná dopadat energetická krize, která zvyšuje cenu elektřiny. Toto je jedno z možných řešení snížení spotřeby energie veřejného osvětlení. Výhodami tohoto osvětlení dále budou ekologická šetrnost, snadná recyklovatelnost a díky dostatečnému osvětlení se nabízí možnost bezpečného využívání veřejného odpočinkového místa. Bude to také další rozšiřující designový prvek městského mobiliáře.

3.2 Formulace řešeného problému

3.2.1 Žárovky

Žárovky se využívaly pro osvětlování veřejných prostor a byly používány výkony 500 až 1500 watů [9]. Staly se ale neefektivním využitím elektrické energie, a proto se již ani nevyrábí. Jejich světelná účinnost byla v řádech procent. Elektrická energie se tedy z velké části stala přímotopem [10]. Vylepšenými nástupci se staly halogenové žárovky, které měly vyšší svítivost, která byla dosažena pomocí halogenidů uvnitř žárovky. Tato úprava umožnila vlákno zahřívat na vyšší teploty. Nevýhodou oproti normálním žárovkám se stalo to, že byly velmi náchylné na výkyvy napětí a byla vyšší jejich pořizovací cena.

3.2.2 Zářivky

Zářivky jsou nízkotlaké rtuťové výbojky, které jsou známy například z nádraží či podchodů. Jejich svítivost oproti žárovkám se zvedla přibližně 5krát [9], což znamenalo úsporu energie a snížení nákladů. Zářivkové světlo je čistě bílé a využívá se v místech, kde je potřeba velké množství světla, ale nízké náklady.

3.2.3 Rtuťové výbojky (vysokotlaké)

Rtuťové výbojky se skládají z vysokotlakého tělíska, které je naplněno parami rtuti a křemičitého skla, které je potaženo bílým luminoforem. Ten odstraňuje UV záření výbojky a současně zvyšuje její svítivost [11]. Rtuťová výbojka vyzařuje bílé světlo jako zářivky. Její výhodou oproti sodíkové výbojce je, že nedochází ke ztrátě svítivosti v průběhu používání.

3.2.4 Sodíkové výbojky

Hlavní výhodou sodíkové výbojky je hlavně ekologičnost. Neobsahují totiž luminofory ani rtuť [12]. Oproti výše zmíněným technologiím se opět zvýšila svítivost a snížila spotřeba. Při stejné svítivosti dosáhneme násobně nižší spotřeby oproti obyčejné žárovce.

3.2.5 Halogenové výbojky

3.2.5

Tyto výbojky vyzařují světlo, které je velmi podobné dennímu. Hojně se využívají například na fotbalových stadionech, kde se používají výkony 2 000 až 10 000 watů. Tyto výbojky mají ale nevýhodu v tom, že potřebují tyristorový zapalovač [13], který je schopen fungovat pouze několik let a je velmi drahý.

3.2.5 LED

3.2.6

V poslední dekádě se LED stávají moderním osvětlením díky novým technologiím, které zvýšily jejich svítivost. Je to také nejekologičtější varianta osvětlení [5], která je ale pro krátký horizont návratnosti investice nepoužitelná [8]. Náklady na pořízení jsou vysoké, ale energetická spotřeba naopak nízká. Nyní se začínají využívat pro pouliční osvětlení, dále například pro denní svícení na osobních automobilech nebo také na osvětlování zahrad či interiérových prostor [14].

3.3 Design veřejného osvětlení

3.3

Základem dnešního moderního osvětlení je takový design, který využívá plného clonění svítícího tělesa a používá ploché krycí sklo. Tím totiž omezujeme světelné znečištění, které má negativní vliv na člověka, zvířata i rostliny [15].

3.3.1 Vývoj designu veřejného osvětlení

3.3.1

Pro ilustraci přidávám obrázky dokumentující vývoj tohoto odvětví.

Obr. 2 První ocelové svítidlo [16]

Obr. 3 Svítidlo z vlakových nádraží [16]

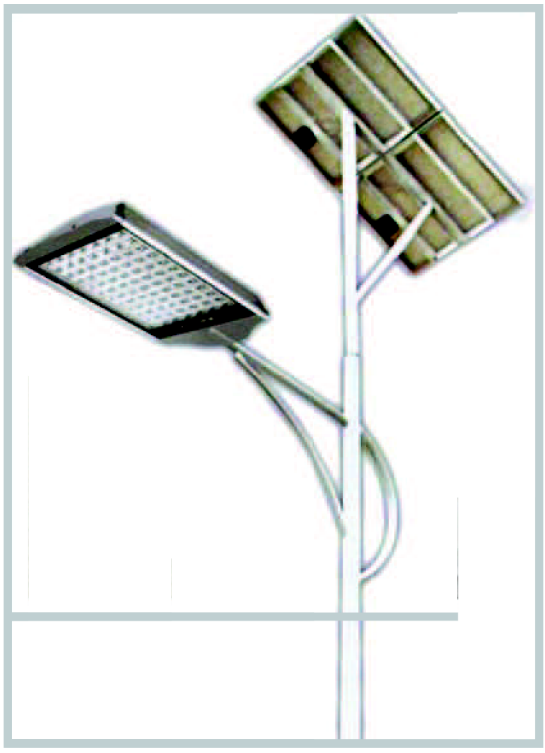
Obr. 4 Pouliční svítidlo č.1 – 20. století [16]

Obr. 5 Pouliční svítidlo č.2 – 20. století [16]

Obr. 6 Pouliční svítidlo č.3 – 20. století [16]

Obr. 7 Pouliční svítidlo č.4 – 20. století [16]

Obr. 8 Pouliční svítidlo č.5 – 20. století [16]



Obr. 9 LED svítidlo firmy KFtechnics – trendy současnosti [15]

Obr. 10 LED svítidlo STELA – trendy současnosti [18]

4 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

4.1 Návrh a vytvoření funkčního prototypu

Práce je zaměřena na vývoj a konstrukci LED osvětlení veřejného místa, která vychází z designových návrhů, jež jsou zmiňovány v 6. kapitole. Designový návrh bude odpovídat současným požadavkům na výrobky, jako je použití jednoduchých tvarů, a možnost využití cenově dostupných a kvalitních materiálů. Důraz bude kladen na finanční únosnost realizace tohoto projektu. Dále se bude řešen výběr LED pásků a příslušného napájení, které zaručí energetickou nenáročnost, dostatečné osvětlení, bezpečnost a reálné podání barev. Celá konstrukce bude realizována na základě designového návrhu. Provedením sledu těchto operací bude v této práci zdokumentována tvorba veřejného osvětlení s využitím nové technologie vhodné pro praxi.

4.2 Zvládnutí časové tísně

Pro realizaci bylo důležité odevzdání konstrukčních podkladů do konce dubna 2011. Do té doby bylo nutno vyřešit všechny problémy související s vybraným designovým návrhem a jeho konstrukčními úpravami, včetně výběru LED, které musely splňovat potřebné světelné parametry.

5 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ

5.1 Etapa I. – designový návrh

Budou navrhnuty designové návrhy pro další zpracování. Tyto návrhy budou tvořeny s ohledem na vyrobitelnost a finanční únosnost realizace projektu. Samozřejmostí bude také jejich funkčnost pro daný účel. Vytvoření návrhů je nutno stihnout do poloviny února 2011.

5.2 Etapa II. – modelování

Za pomoci počítačového nástroje Autodesk Inventor bude vytvořen model svítidla, který bude vybrán z jednotlivých designových návrhů pro jeho zpracování. Tento model bude dále zpracováván přes program Dialux, který umožní předběžný pohled na rozsvícené svítidlo. Tuto etapu je nutno stihnout do poloviny března 2011.

5.3 Etapa III. – konstrukce jednotlivých součástí

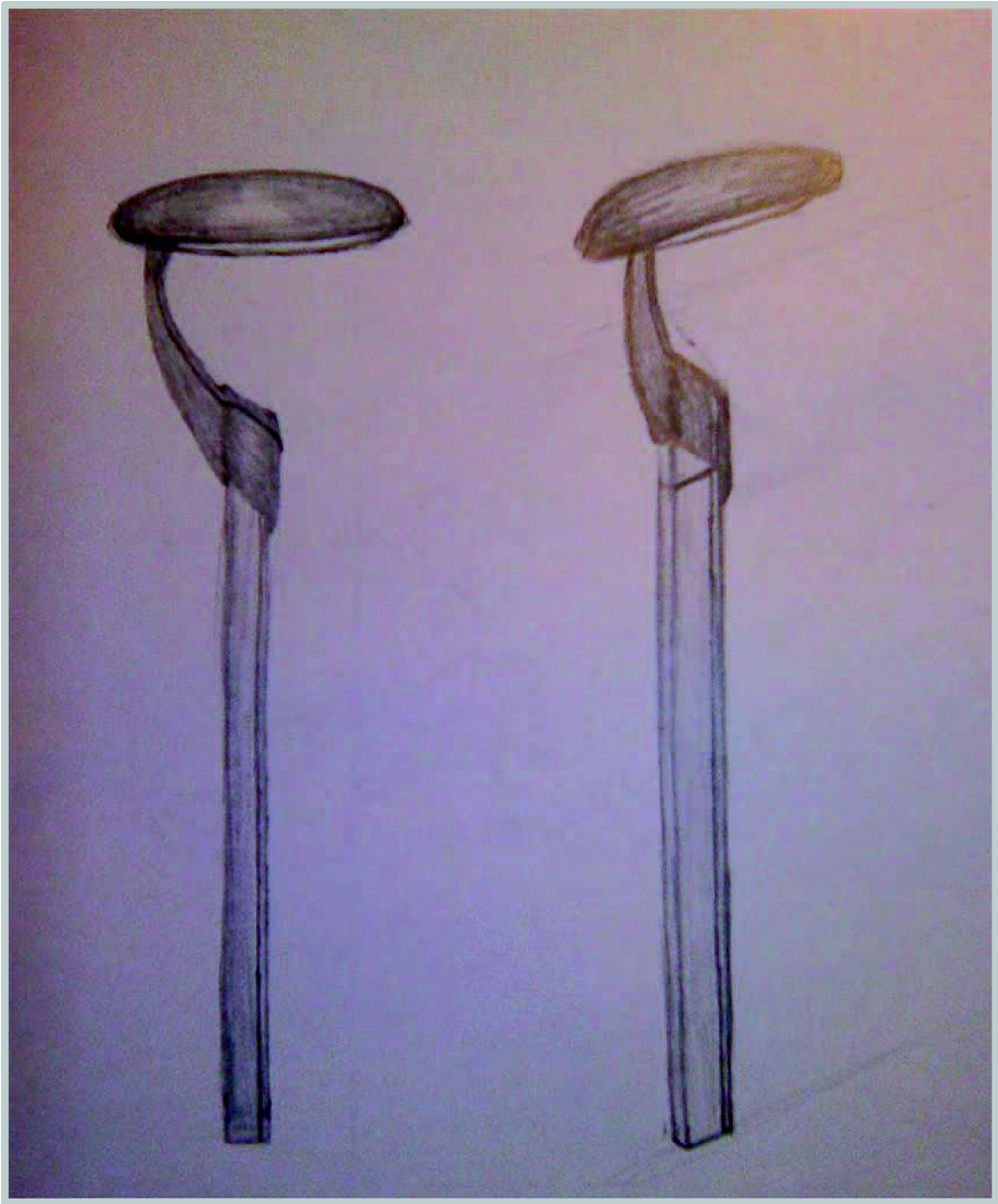
Budou vytvořeny potřebné výkresy jednotlivých součástí svítidla. Tyto výkresy budou poté dále poskytnuty pro výrobu samotného svítidla. Tato etapa bude dokončena do konce dubna 2011.

5.4 Etapa IV. – realizace

Budou vyrobeny atypické díly nutné pro vytvoření konstrukce prototypu modelu svítidla. Dále bude nutno nakoupit příslušné typizované součásti, LED pásky a napájecí zdroj. Celý prototyp bude poté sestaven a osazen světelnou výzbrojí s napájením. Tento model bude sloužit k osvětlení veřejného odpočinkového místa za snížených světelných podmínek. Samotnou realizaci je potřeba dokončit do konce května 2011.

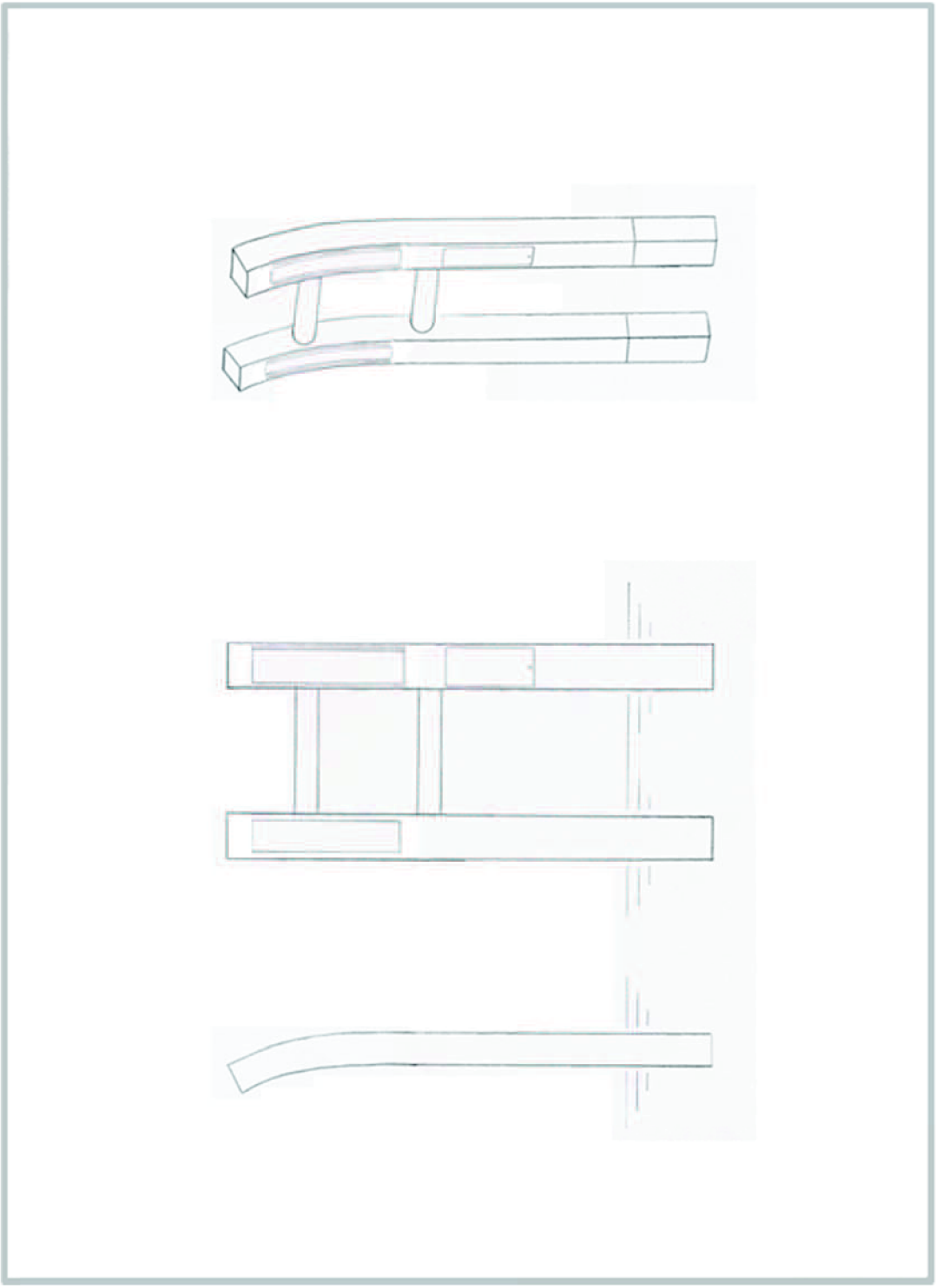
6 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

6.1 Designové návrhy



Obr. 11 Návrh č.1

Pozn.: Návrh byl vytvořen ve spolupráci s Nikolou Hrabinovou



Obr. 12 Návrh č.2

Pozn.: Návrh byl vytvořen ve spolupráci s Petrem Kratochvílem

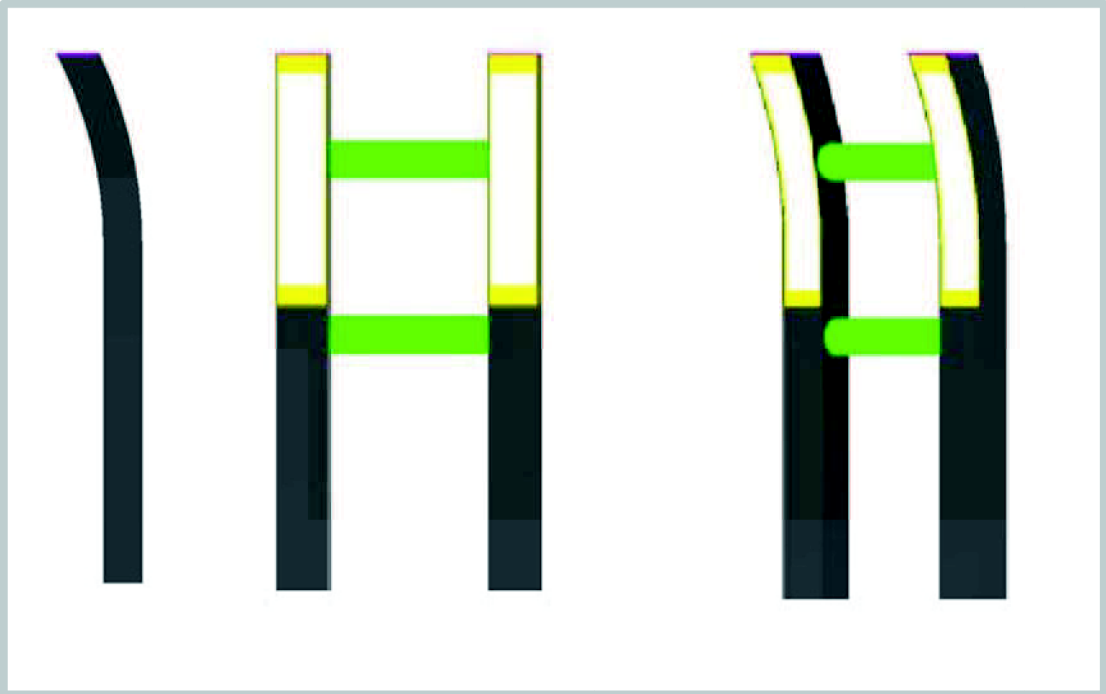
6.2 Výběr optimální varianty

Jako výhodnější varianta pro výrobu byl vybrán návrh číslo 2. Návrh má výhodu v použití kovových materiálů pro výrobu celého těla svítidla, na rozdíl od návrhu číslo 1, který by musel mít část svítidla vyrobenou z plastu. Dále výhoda tohoto návrhu spočívá v tom, že při použití kovu k výrobě těla svítidla bude svítidlo odolné proti vandalismu. Návrh číslo 2 má také nespornou výhodu ve více možnostech využití svítidla mimo jeho primární funkci, kterou je osvětlení veřejného odpočinkového místa. Další možnost využití bude zmíněna později.

7 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

7.1 Modelování pomocí parametrického modeláře Autodesk Inventor

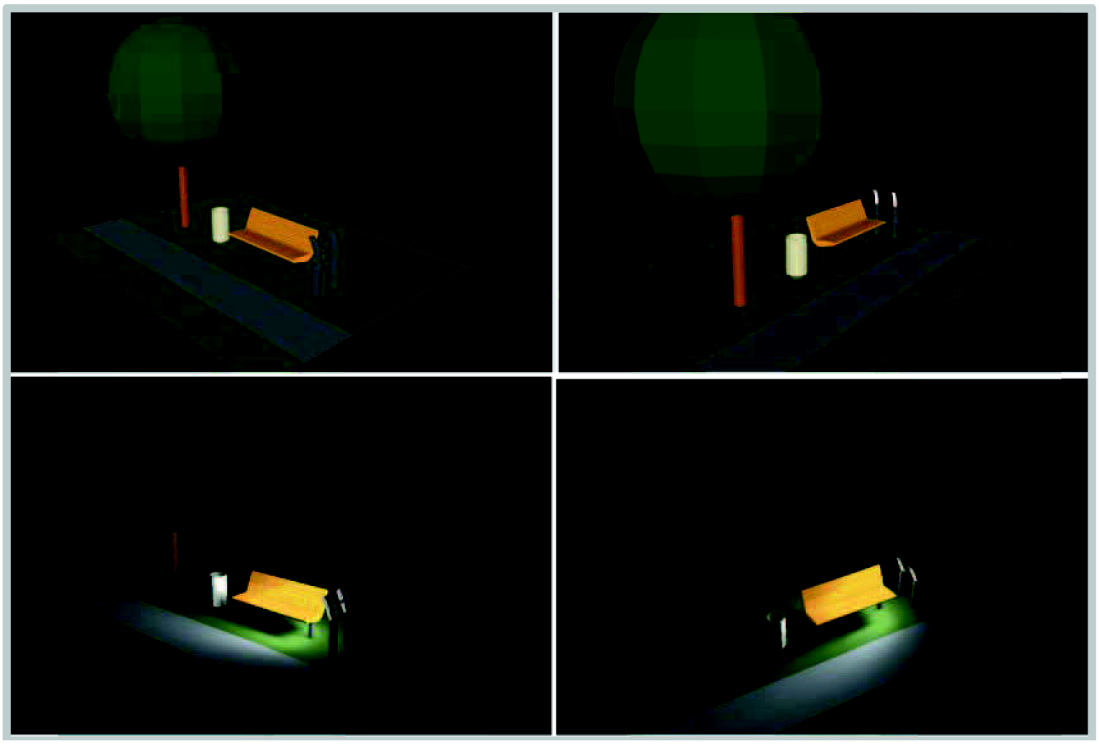
V parametrickém modeláři Autodesk Inventor byl vytvořen předběžný návrh svítidla. Rozmanitost barev modelu na obrázku níže, byla zvolena pro lepší rozeznání jednotlivých součástí počátečního návrhu. Všechny rozměry byly voleny takovým způsobem, aby svítidlo nebylo příliš vysoké a neoslňovalo při usednutí na veřejném odpočinkovém místě. Rozměr plochy, která osvětluje vymezený prostor, byl navrhnut tak, aby později bylo možné její plné využití. Rovněž bylo zajištěno dostatečné místo pro umístění potřebného počtu LED modulů. Návrhové rozměry svítidla byly 930mm výška, šířka 500mm a hloubka 150mm.



Obr. 13 Předběžný tvar svítidla

7.2 Modelování pomocí programu Dialux

Model z programu Autodesk Inventor byl dále použit v programu Dialux, který umožnil pohled na světelnou scénu, jež byla plánována. Modelování v programu Dialux bylo přínosné pro opravu původně navrhnuté výšky svítidla a pro další opravy a ladění jeho celkových rozměrů. Dále byl vymodelován prostor, jež byl osvětlen svítidlem o svítivosti 1600lm. Tato svítivost byla zvolena podle předchozí zkušenosti Ústavu Konstruování s LED osvětlením. Důvod volby hodnoty svítivosti byl ten, že pro osvětlení veřejného místa, které má být využito jak pro odpočinek, tak i pro možnost čtení za snížených světelných podmínek, neexistují normy předepisující potřebnou svítivost, která by umožňovala využití veřejného odpočinkového místa k účelům zmíněným výše. Tento návrh byl později ještě obohacen o držáky kol, čímž se získala další využitelnost navrhovaného svítidla.



Obr. 14 Scéna vymodelovaná v programu Dialux

7.3 Výběr nakupovaných součástí

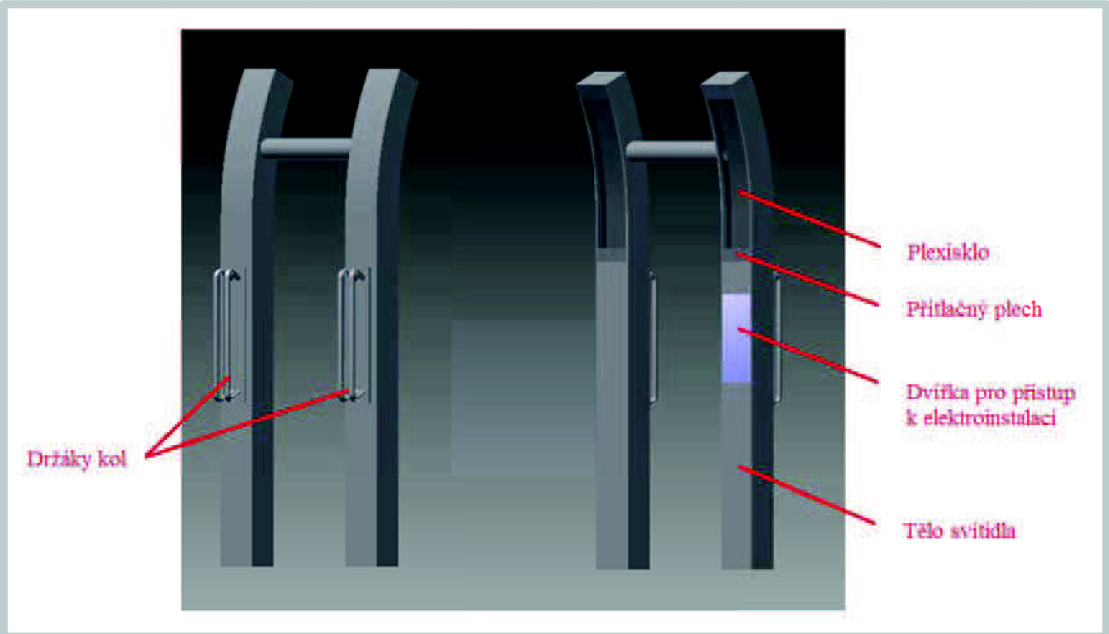
7.3

Byly vybrány nakupované součásti jako LED pásky, napájení, svorkovnice, držák kola a DIN lišta. LED pásek byl vybrán v on-line obchodě Green Light [20]. Typ vybraného pásku byl: LED pásek vodotěsný 5050 studená bílá, který je prodáván po minimální délce 50mm. Potřebná hodnota svítivosti toho pásku bude dosažena při montáži 2,1m jeho délky. Volba vodotěsného pásku byla z důvodu bezpečnosti provozu tohoto osvětlení. Napájení pochází ze stejného obchodu a bylo doporučeno prodejcem pro vybraný typ LED pásku s ohledem na jejich výkon [21]. Parametry tohoto zdroje jsou: výkon 60W při jmenovitém proudu 5A a napětí 12V. Vstupní napětí je 220V. Držák kola byl vybrán v on-line obchodě maniacbike.cz. Zvolený typ držáku: Držák kol na zeď PDS-DK-O [22], byl vybrán z důvodů jednoduchosti jeho montáže. Dále byla vybrána DIN lišta [23] a svorkovnice [24]. Následně byly zjištěny rozměry napájení, svorkovnice a držáku kola. Rozměry byly poté použity pro úpravu počátečního návrhu z programu Autodesk Inventor.

7.4 Vytvoření finálového produktu

7.4

Svítidlo bylo upraveno na konečné rozměry a osazeno dvířky pro montáž a případný servis napájecího zdroje, držáky s uzemněním umožňující uchycení napájení, svorkovnicí pro připojení svítidla ke zdroji elektrické energie, úchyty pro plastové matné čelní sklo a příchytovým systémem pro plech, na kterém jsou umístěny diody. Konstrukční návrh svítidla byl vytvořen tak, aby byla možná jeho výroba, montáž byla co možná nejsnazší, a hlavně aby jeho používání bylo bezpečné. Jednotlivé jeho součásti svítidla byly pomocí programu Autocad Mechanical vytvořeny ve výkresové podobě pro dokumentaci a pozdější výrobu svítidla.



Obr. 15 Výsledný tvar prototypu svítidla

7.5 Postup prací při výrobě a sestavení

1) Jako první bude na boční stěny vypáleného profilu s dírou i bez díry přivařen drát, který slouží jako opěrný prvek pro PU.
2) Poté budou tyto boční stěny svařeny dohromady se zadní stěnou.
3) Dále bude svařeno víčko na profil, které se skládá z víčka, držáku LED plechu a držáku PU. Toto víčko bude poté přivařeno na již svařenou část svítidla, popsanou výše.
4) Dále bude svařen spodní úchyt pro plech s LED a PU. Tento úchyt bude pak přivařen na své místo.
5) Celý svarek pak bude vyhotoven ještě ve druhém zrcadlovém provedení.
6) Dříve, než budou stávající svařence přivařeny k jeklům, je ještě do jeklu obsahující otvor pro dvířka nutno přivařit DIN lištu, držáky pro napájení, nevrtanou packu, na kterou budou nasunuta dvířka a packu se závitem, která bude sloužit pro jejich přišroubování.
7) Posledními přivařenými součástmi budou držáky kol.
8) Na závěr budou svařena dvířka.

Všechny kovové součásti sestavy byly galvanicky pozinkovány kvůli odolnosti proti korozivní degradaci a opatřeny nátěrem S2810. Na svařenec pak bylo přichyceno napájení pomocí plastových rychloupínačů a přišroubován plech osazený LED pásky. Následně byl na svítidlo umístěn napájecí zdroj, rozvedena elektroinstalace pomocí kabelů RG-REPRO 2x0.35 jak je uvedeno v příloze kompletní sestavy, umístěny dvě svorkovnice WAGO 261-307 a na závěr přichyceno plastové sklo a přítlačný plech. Kvůli těsnosti celé konstrukce byly mezery zasilikonovány. Svítidlo bylo poté zabetonováno do 200mm hloubky, přičemž na umožnění výměny elektroinstalace byly přívodní elektrické kabely uloženy do husího krku.

8 ZÁVĚR (KONSTRUKČNÍ, TECHNOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ ROZBOR ŘEŠENÍ)

8.1 Konstrukční závěr

Původní designový návrh byl přeměněn na finální produkt tak, aby byla možná jeho výroba a tvar byl co nejvíce zachován. Na původní designový návrh byly přidány ještě držáky kol, jakožto další funkční prvek sloužící pro lepší využitelnost svítidla. Celé svítidlo bylo vytvořeno z oceli z důvodů odolnosti proti vandalismu a pozinkováno kvůli odolnosti proti korozivní degeneraci.

8.2 Technologický závěr

Technologicky byl designový návrh zpracován tak, že vzniklo několik prvků, které bylo nutno zakružovat, čímž byla z části zvýšena náročnost kusové výroby. Z důvodu vyrobitelnosti bylo nutno zadat výrobu šesti kusů vypalovaných součástí externí firmě. Celé svítidlo je jedním velkým svařencem, který má přišroubován pouze dvířka pro přístup k elektroinstalaci, plech, na kterém jsou pomocí 3M pásky přichyceny LED moduly a čelní plexisklo spolu s přítlačným plechem, který funguje nejen jako přítlak plexiskla, ale po zasilikování i jako těsnění proti vlhkosti.

8.3 Ekonomický závěr

Celé svítidlo bylo v maximální možné míře vyráběno z polotovarů, které se pouze řezaly na délku. Dosáhlo se tím úspory financí v rámci počátečního zpracování materiálu. Větší nárůst ceny prototypu byl při zakružování jednotlivých součástí. Největší podíl financí byl vložen do práce, která byla nutná pro sestavení celého svítidla. Níže jsou přiloženy přibližné ceny jednotlivých položek.

Položka	**Cena bez DPH [Kč]**
4ks bočních stěn	505,-
2ks zakružovaných plechů	300,-
Nakupovaný materiál	618,-
Práce	4910,-
2ks držáků kol	1000,-
Pozinkování	400,-
Led pásky + zdroj	1025,-
Elektroinstalace	200,-
Celková cena bez DPH	8958,-
DPH 20%	1791.6,-
Celková cena s DPH	**10750**,-

Tab. 2 Výrobní náklady

8.4 Výroba prototypu

Po konzultaci s vedoucím bakalářské práce Ing. Davidem Palouškem, Ph.D bylo od výroby tohoto prototypu v rámci této bakalářské práce nakonec upuštěno z důvodů opožděně schváleného rozpočtu na rok 2011 Fakulty strojní Vysokého učení technického v Brně. Výroba tohoto prototypu byla po domluvě přesunuta do navazujícího magisterského studia.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[SEZNAM ODBORNÉ LITERATURY:]

LED for Lighting Applications, Patrick Mottier, 304 pages, Wiley-ISTE (June 9, 2009), ISBN-10:1848211457. ISBN-13: 978-1848211452.

Power Supplies for LED Driving, Steve Winder, 248 pages
Publisher: Newnes (April 1, 2008), ISBN-10: 0750683414. ISBN-13: 978-0750683418.

[ONLINE:]

[1] LED – Wikipedie [cit. 25.února 2011]
URL <http://cs.wikipedia.org/wiki/LED>

[2] Výkonová LED 80W – CZ Patriot osvětlení výroba a obchod
[cit. 25.února 2011]
URL <http://www.czpatriot.cz/web/cz/produkt-detail/?produktId=54>

[3] LED svítilny, LED žárovky, nabíječky, akumulátory - LEDshop.cz
[cit. 25.února 2011]
URL <http://www.ledshop.cz/index.php?page=clanky_detail&id_cl=8>

[4] Led diody a svítilny – pár postřehů [cit. 25.února 2011]
URL <http://www.podzemi.net/news/led-diody-a-svitilny/>

[5] LED Technologie - výhody [cit. 25.února 2011]
URL <http://www.power-tech.cz/led-lighting-vyhody.php>

[6] Bezpečnost při práci na elektrickém zařízení [cit. 25.února 2011]
URL <http://www.elektro.fme.vutbr.cz/studopory/elektrot/bezpecnost.htm>

[7] LED svítidla - nové trendy ve světelných zdrojích [cit. 25.února 2011]
URL <http://www.svitidla-deltalight.cz/clanky/led-svitidla-nove-trendy-ve-svetelnych-zdrojich/>

[8] LED svítidla - nové trendy ve světelných zdrojích [cit. 25.února 2011]
URL <http://coptel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=3129&docGroup=189&cmd=0/>

[9] Web veřejného osvětlení - Technika [cit. 26.února 2011]
URL <http://verejneosvetleni.wz.cz/technika.htm>

[10] Žárovka [cit. 26.února 2011]
URL <http://zarovka-2.navajo.cz/>

[11] Světlo :: Světelné zdroje – vysokotlaké rtuťové výbojky, směsové výbojky [cit. 26.února 2011]
URL <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38296>

[12] Světlo :: Světelné zdroje – nízkotlaké sodíkové výbojky [cit. 26.února 2011]
URL <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=40237>

[13] High Pressure Sodium [cit. 26.února 2011]
URL <http://sport-with-you.ru/index.php?key=High+Pressure+Sodium>

[14] Využití LED svítidel v exteriéru [cit. 26.února 2011]
URL <http://www.earch.cz/clanek/3798-vyuziti-led-svitidel-v-exterieru.aspx>

[15] Světlo :: Světelné zdroje – nízkotlaké sodíkové výbojky [cit. 26.února 2011]
URL <http://www.etm.cz/rubriky/osvetlovaci-technologie/594-moderni-trendy-ve-verejnem-osvetleni>

[16] Web veřejného osvětlení - Technika [cit. 26.února 2011]
URL <http://verejneosvetleni.wz.cz/svitidla.htm>

[17] Svítidla veřejného osvětlení – ledpoint.cz [cit. 26.února 2011]
URL <http://ledpoint.cz/?ls_dir_id=49>

[18] LED Svítidla [cit. 26.února 2011]
URL <http://files.srvo.webnode.cz/200000076-ec72eed6cf/LED-bro%C5%BEura%20MHMP-final.pdf>

[19] Svět žárovek - Specialista na žárovky [cit. 1.března 2011]
URL <http://www.svetzarovek.prodejce.cz/k-825/100w/>

[20] Green Light [cit. 1.března 2011]
URL <http://www.led-usporne-led-zarovky.cz/led-zarovky/eshop/8-1-Led-pasky/2-2-Led-pasky-5050/5/69-LED-pasek-vodotesny-5050-studena-bila-5cm>

[21] Green Light [cit. 1.března 2011]
URL <http://www.led-usporne-led-zarovky.cz/led-zarovky/eshop/8-1-Led-pasky/3-2-Led-pasky-doplnky/5/119-Zdroj-pro-LED-pasky-5A-220V-60W>

[22] Maniac Bike [cit. 1.března 2011]
URL <http://www.maniacbike.cz/Autonosice-a-drzaky-kol/Drzaky-kol-na-zed/Drzak-kol-na-zed-PDS-DK-O.html>

[23] Elektro Palouček [cit. 1.března 2011]
URL <http://www.elektro-paloucek.cz/jistici-technika/prislusenstvi/din-lista-nosna-pod-jistice-ts-35-30cm-derovana/>

[24] GM Electronics [cit. 1.března 2011]
URL <http://www.gme.cz/cz/wago261-307-p820-081.html/>

[25] Pavel Hnilica – Deramax.cz [cit. 1.března 2011]
URL <http://www.deramax.cz/led-zarovky/t-117/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

mm ..... milimetr
m ..... metr
h ..... hodina
lm ..... lumen
V ..... volt
A ..... ampér
W ..... watt
ks ..... kus
kWh ..... kilowatthodina
Kč ..... koruna česká

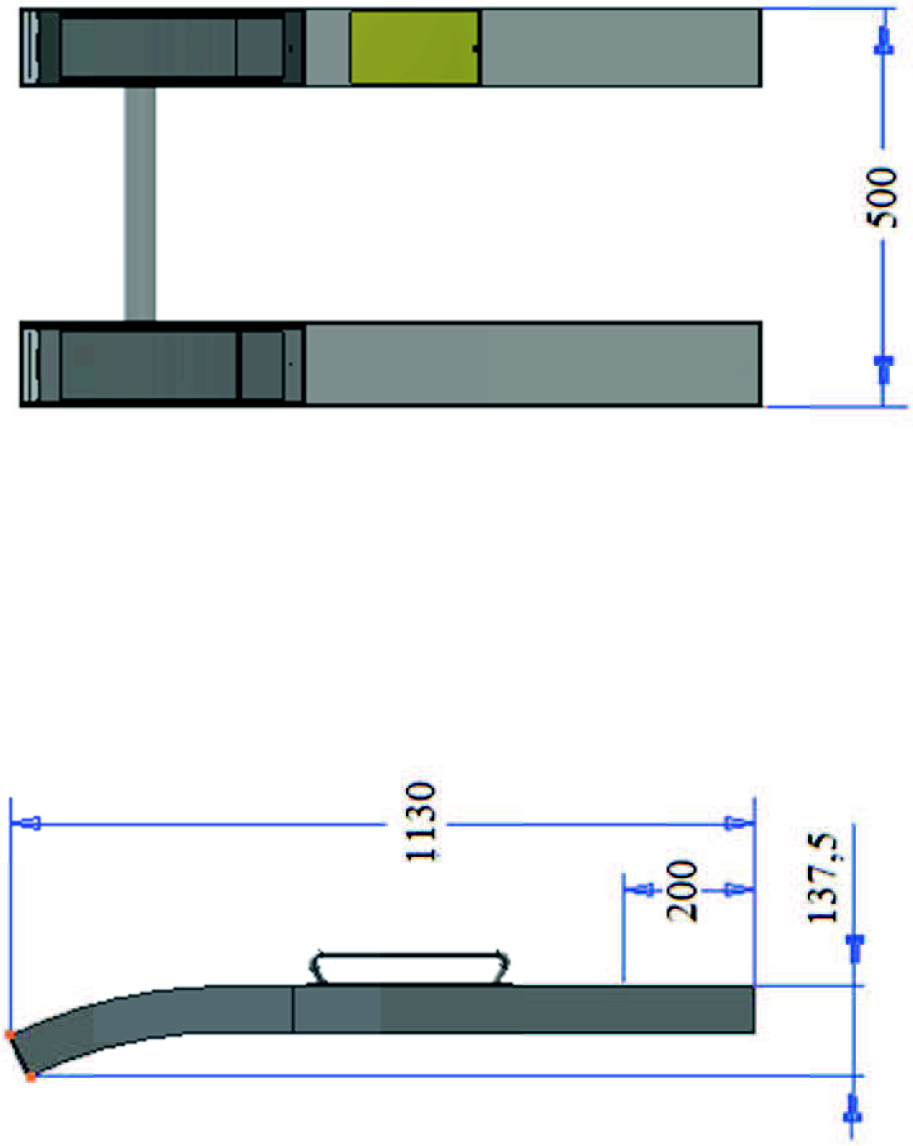
SEZNAM OBRÁZKŮ

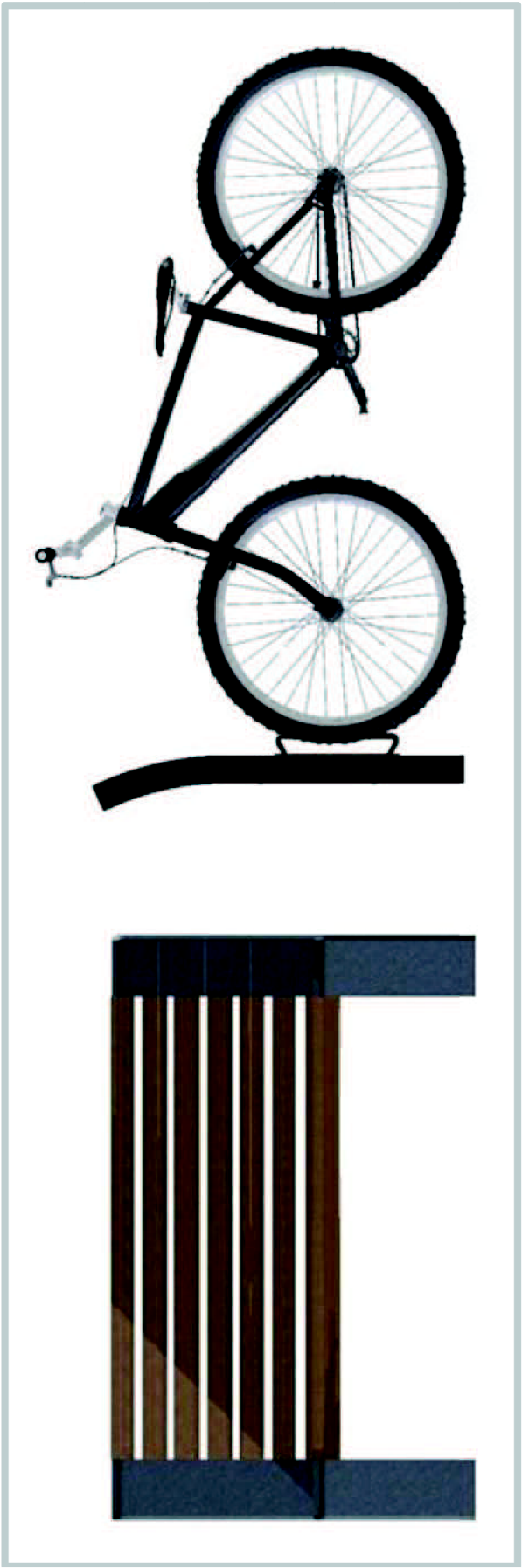
Obr. 1 První ocelové svítidlo [16] 17
Obr. 2 Svítidlo z vlakových nádraží [16] 18
Obr. 3 Pouliční svítidlo č.1 – 90. léta 20. [16] 18
Obr. 4 Pouliční svítidlo č.2 – počátek 21. století [16] 18
Obr. 5 Pouliční svítidlo č.3 – počátek 21. století [16] 19
Obr. 6 Pouliční svítidlo č.4 – počátek 21. století [16] 19
Obr. 7 Pouliční svítidlo č.5 – počátek 21. století [16] 19
Obr. 8 LED svítidlo firmy KFtechnics – trendy současnosti [15] 20
Obr. 9 LED svítidlo STELA – trendy současnosti [18] 20
Obr. 10 Návrh č.1 23
Obr. 11 Návrh č.2 24
Obr. 12 Předběžný tvar svítidla 26
Obr. 13 Scéna vymodelovaná v programu Dialux 27
Obr. 14 Výsledný tvar prototypu svítidla 28

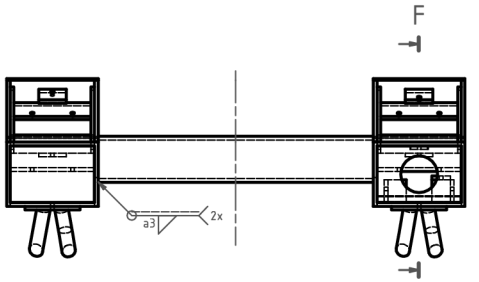
SEZNAM TABULEK

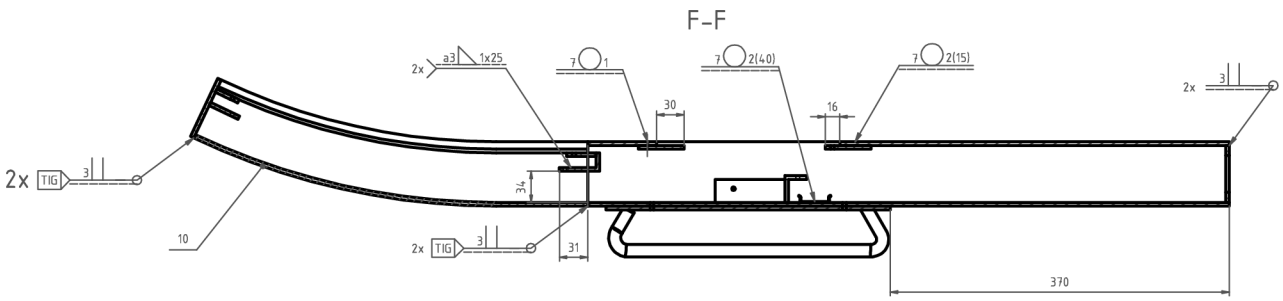
Tab. 1 Porovnání nákladů na provoz osvětlení [25] 15
Tab. 2 Výrobní náklady 29

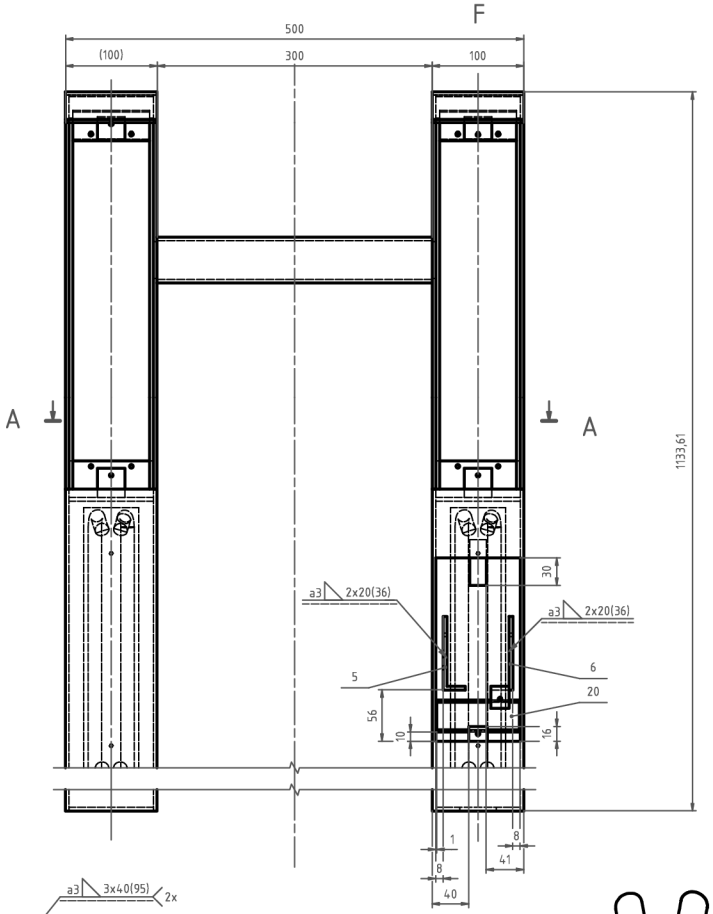
PŘÍLOHY

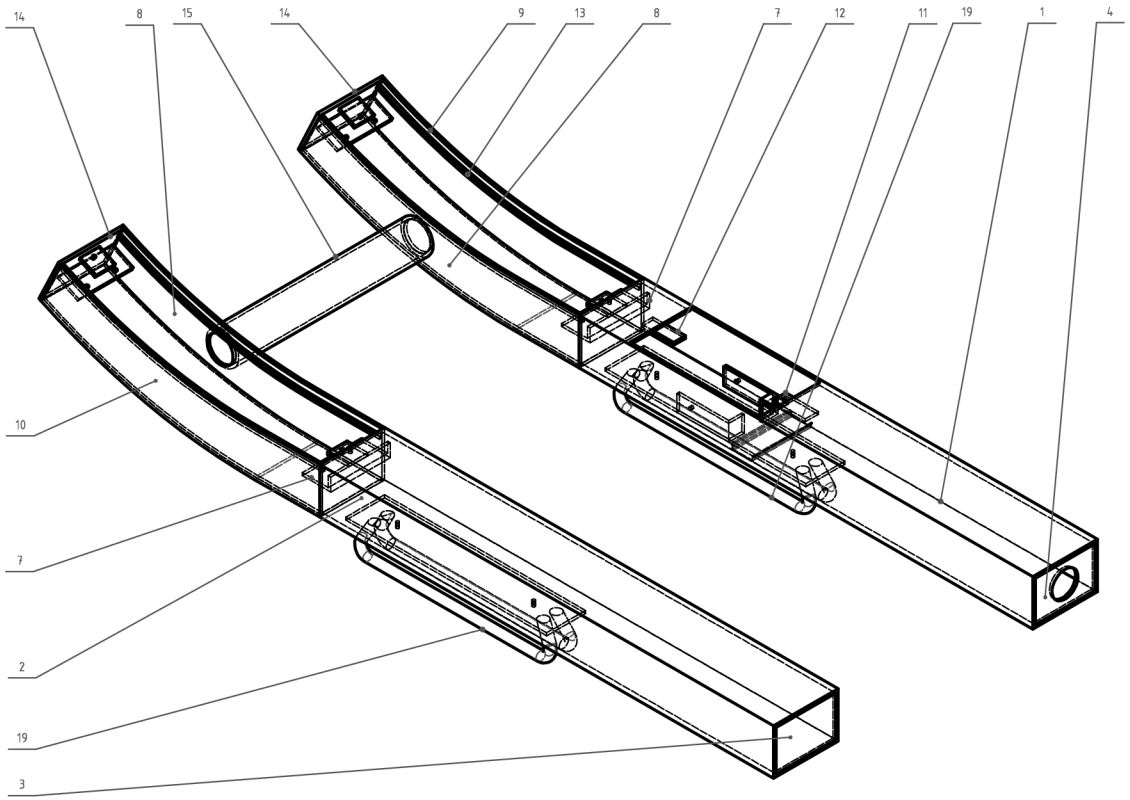




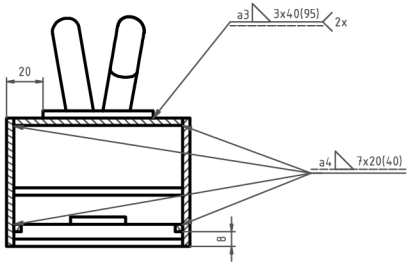


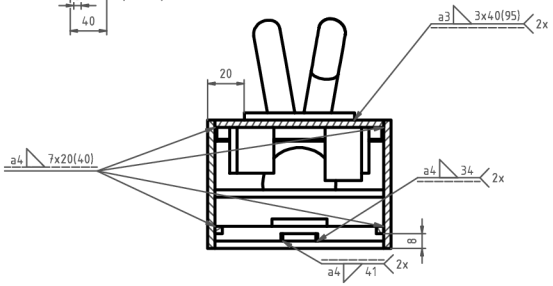






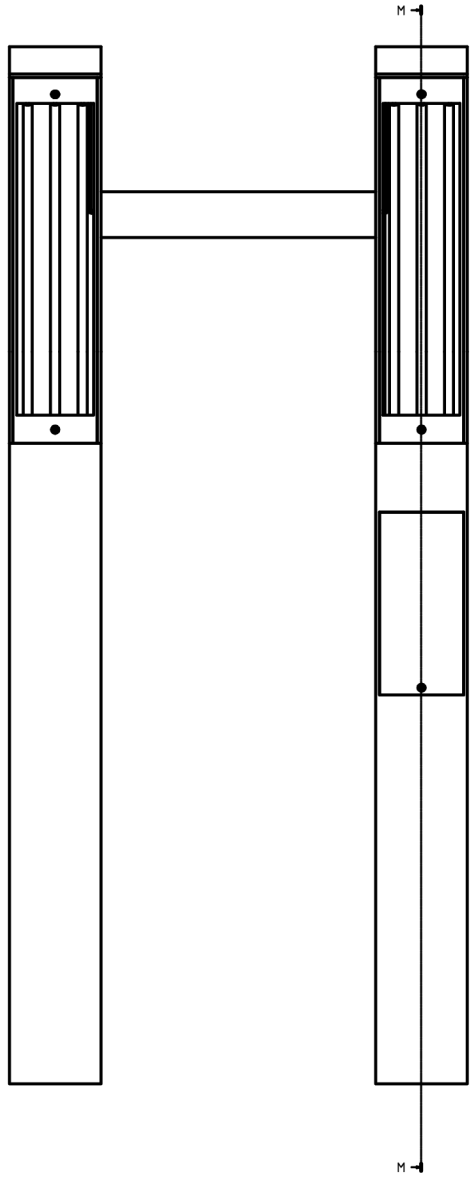
A-A (M 1:2)

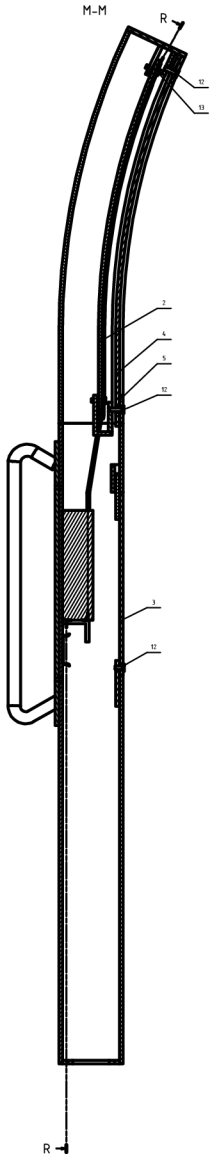


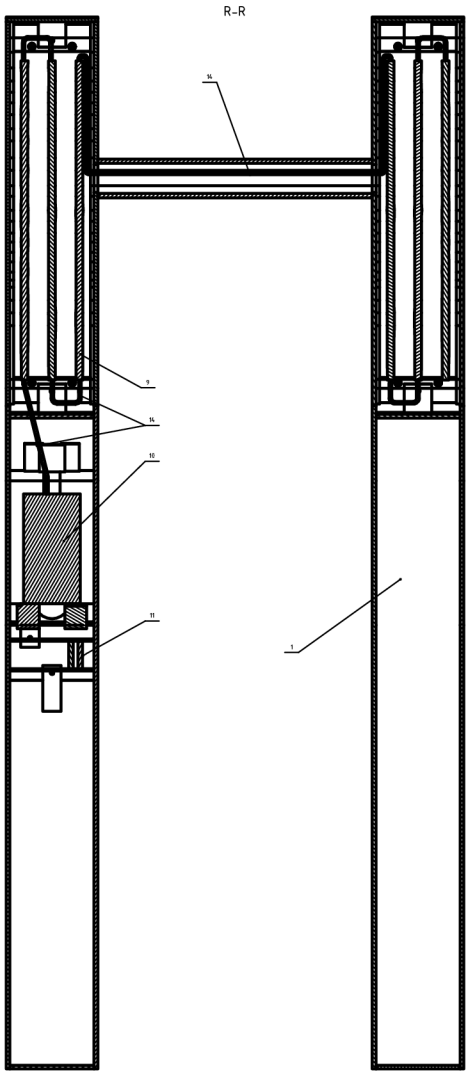


NÁTĚR 1xS2810
GALVANICKY POZINKOVÁNO
CELKOVÁ DÉLKA SVARŮ a3 ⊿2320 a4 ⊿1120
EN ISO 13920-BF

Struktura povrchu:	Hrany: -0,3 -0,3	Měřítko	Přesnost ISO 2768-mK Tolerování ISO 8015 Promítání
Materiál	Polotovar	Hmotnost není 21,51	CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVENÍ Kreslil TOMÁŠ ROZSYPÁLEK Schválil Datum vydání 22.4.2011	Název TĚLO SVÍTIDLA Číslo dokumentu 2-6BP-01/00-01-00-00 List /	







14	SCY (TYPI) 2X0,35 MM2	2M	0,01	1
13	ŠROUB S VNITŘ. ŠESTIHR. ISO 4762-M4x12-0,7		0,07	8
12	ŠROUB SE ZÁPUSTNÝ HLAVOU ISO 10642-M4x16-0,7		0,07	3
11	SVORKOVNICE WAGO261-304	ČSN 350800	0,01	2
10	ZÁŘIVKA PRO LED PÁSKY 5A		0,42	1
9	LED PÁSEK VODOTĚSNÝ 5050		0,7	1
8				
7				
6				
5	PRIT. ČEPY PLECH 3-6BP-01/00-05-00-00	P4-100x415 ČSN 425522 11 375	0,03	2
4	PLASTOVÉ SKLO 3-6BP-01/00-04-00-00	700x500x3 Texa=® Marganite	0,03	2
3	DVÍŘKA 3-6BP-01/00-02-00-00		0,06	1
2	PŘ. ČEPY NA TĚLO 3-6BP-01/00-03-00-00	P4-100x395 ČSN 425522 11 375	0,1	2
1	TĚLO SVÍTIDLA 2-6BP-01/00-01-00-00		13,5	1
Poz.	Název - označení	Poznámka	Hm.	Ks
Poz.	Výkres - norma	Materiál		

Drsnost povrchu:	Hrany	Měřítko 1:2	Hlavní: ISO 2768-mK Ostřihování: ISO 9013 Broušení:
Vypracoval	Podpis	Hlavní rozměr 2700	Tvrzení podle ISO 1806
ÚSTAV KONSTRUKCÍ	Jméno dokumentu: VÝKRES SESTAVENÍ Kreslil: TOMÁŠ ROZSYPÁLEK Schválil Datum vydání: 22.4.2011	Název: SVÍTIDLO Číslo dokumentu: 0-6BP-01/00-00-00-00 List: /	