

Svítlidlo z akrylátového skla RADIATO

Martin Pouzar

Bakalářská 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 BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Pouzar**
Osobní číslo: **K12448**
Studijní program: **B8206 Výtvarná umění**
Studijní obor: **Multimédia a design - Průmyslový design**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Svítilno z akrylátového skla**

Zásady pro vypracování:

1. Historický přehled vývoje ve zvolené produktové oblasti
2. Analýza svítidel vyráběných z akrylátového skla
3. Technologie určené ke zpracování akrylátového skla
4. Prvotní kresebné návrhy
5. Vizualizace finálního řešení
6. Ergonomická studie
7. Technická dokumentace
8. Prototyp
9. Vypracování písemné doprovodné zprávy zahrnující celý proces práce

"Na samostatném nosiči CD/DVD-R 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 e-mail, osobní web, telefon. Přiložte svou osobní fotografii v tiskovém rozlišení."

Rozsah bakalářské práce: viz. Zásady pro vypracování
Rozsah příloh: viz. Zásady pro vypracování
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/umělecké dílo

Seznam odborné literatury:

DUCHÁČEK, Vratislav. Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití (3. přeprac. Vydání). Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2011. ISBN 9788070807880.

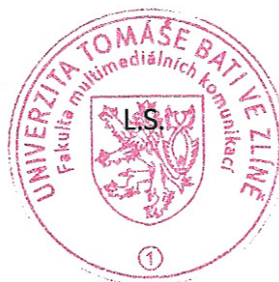
KOLESÁR, Zdeno. Kapitoly z dějin designu (1. vydání). Překlad Kateřina Křížová, Lucie Vidmarová. Praha: Vysoká škola uměleckoprůmyslová, 2004. ISBN 80-868-6303-4.

NORMAN, Donald A. Design pro každý den. Praha: Dokořán, 2010. ISBN 987-80-7363-314-1

Vedoucí bakalářské práce: **MgA. Martin Surman, ArtD.**
Ateliér Průmyslový design
Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2015**

Ve Zlíně dne 1. prosince 2014


doc. MgA. Jana Janíková, ArtD.
děkan




Mgr. Silvie Stanická, Ph.D.
ředitel ústavu

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 ¹⁾;
- 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 ²⁾;
- podle § 60 ³⁾ 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 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit 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.

MARTIN POUZAR

Ve Zlíně 27.2.2015


.....
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 nevydělečně 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 užit 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 jím 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 přihlídnou k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá vytvořením designu svítidla z běžného akrylátového skla za použití základního způsobu zpracování, které mně dala k dispozici firma zabývající se prodejem tohoto materiálu. Díly z plexiskla jsou vyrobeny na laserovém zařízení, které materiál řeže, leští hrany a vytváří v něm světlovodivé body. Poté jsou díly lepeny a sestavovány do tvarové kompozice prosvícené LED technologií.

Klíčová slova: plexisko, akrylátové sklo, PMMA, LED, laserové řezání

ABSTRACT

This paper focuses on the design of a lamp composed of standard acrylic glass using a basic manufacturing method. The glass being provided by a company selling this material. The plexiglass components are produced using laser machinery which is able to cut, polish edges and apply light emitting points. Subsequently, the components adhere and form an illuminated composition using LED technology.

Keywords: Plexiglass, Acrylic Glass, PMMA, LED, Laser-beam cutting

Děkuji panu profesoru, akademickému sochaři Pavlu Škarkovi za získání nového pohledu na navrhování a přemýšlení o designu. *Musí se to především dělat a ne jen o tom mluvit.* Děkuji mu za podporu nás „dálkařů“ po celou dobu, téměř celou dobu studia.

Děkuji panu magistru umění Martinu Surmanovi za podnětné konzultace v období realizace mé bakalářské práce.

Děkuji panu doktoru, akademickému sochaři Bořku Zemanovi za každé slovo, kterým hodnotil mé kresby a mou práci.

Za spolupráci na mé práci děkuji firmám:

TITAN–MULTIPLAST s. r. o. ze Smržovky

CZ Patriot s. r. o. z Jablonce nad Nisou

POBOZAM s. r. o. z Jablonce nad Nisou

Nerrox s. r. o. z Jablonce nad Nisou

Preciosa a. s., závod 4 v Turnově

Děkuji mým nejbližším za trpělivost se mnou...

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

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a uvedl všechny použité prameny.

Martin Pouzar

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 HISTORICKÝ PŘEHLED VÝVOJE VE ZVOLENÉ PRODUKTOVÉ OBLASTI.....	11
1.1 SVĚTLO.....	11
1.1.1 Světelné zdroje v historii.....	11
1.1.2 Světelné zdroje v současnosti.....	12
1.1.3 Vývoj a typy elektrických zdrojů světla.....	13
1.2 SYNTETICKÝ MATERIÁL.....	16
1.2.1 Historie syntetických materiálů	16
1.2.2 PMMA.....	17
2 ANALÝZA SVÍTIDEL VYRÁBĚNÝCH Z AKRYLÁTOVÉHO SKLA.....	18
2.1 ŠEDESÁTÁ A SEDMDESÁTÁ LÉTA 20. STOLETÍ.....	18
2.1.1 Claus Bolby.....	18
2.1.2 Gianfranco Fini.....	20
2.2 SOUČASNOST.....	22
2.2.1 Sander Mulder.....	22
2.2.2 Futuretro.....	23
2.2.3 Studio Cheha.....	25
2.2.4 QisDesign.....	26
3 TECHNOLOGIE URČENÉ KE ZPRACOVÁNÍ AKRYLÁTOVÉHO SKLA.....	27
3.1 ŘEZÁNÍ.....	27
3.1.1 Mechanické řezání.....	27
3.1.2 Řezání laserem.....	28
3.2 FRÉZOVÁNÍ.....	30
3.3 TEPelné TVAROVÁNÍ.....	30
3.3.1 Ohýbání.....	30
3.3.2 Plastické tvarování – lehání.....	31
3.4 LEPENÍ.....	31
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	32
4 PRVOTNÍ KRESEBNÉ NÁVRHY.....	33
4.1 KRESBY.....	33
4.2 ZÁKLADNÍ VIZUALIZACE.....	39
5 VIZUALIZACE FINÁLNÍHO ŘEŠENÍ.....	42
6 ERGONOMICKÁ STUDIE.....	43
6.1 ELEKTROINSTALACE.....	43
6.2 MONTÁŽ.....	43

7	TECHNICKÁ DOKUMENTACE.....	44
8	PROTOTYP.....	46
9	ZPRÁVA ZAHRNUJÍCÍ CELÝ PROCES PRÁCE.....	47
9.1	VÝROBA AKRYLÁTOVÝCH KOMPONENTŮ	47
9.2	ZDROJ SVĚTLA A ELEKTROINSTALACE.....	48
9.3	MONTÁŽ A KOMPLETACE.....	49
9.4	INSTALACE.....	50
9.5	CENOVÁ KALKULACE.....	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	52
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	54
	SEZNAM TABULEK.....	56
	SEZNAM PŘÍLOH.....	57

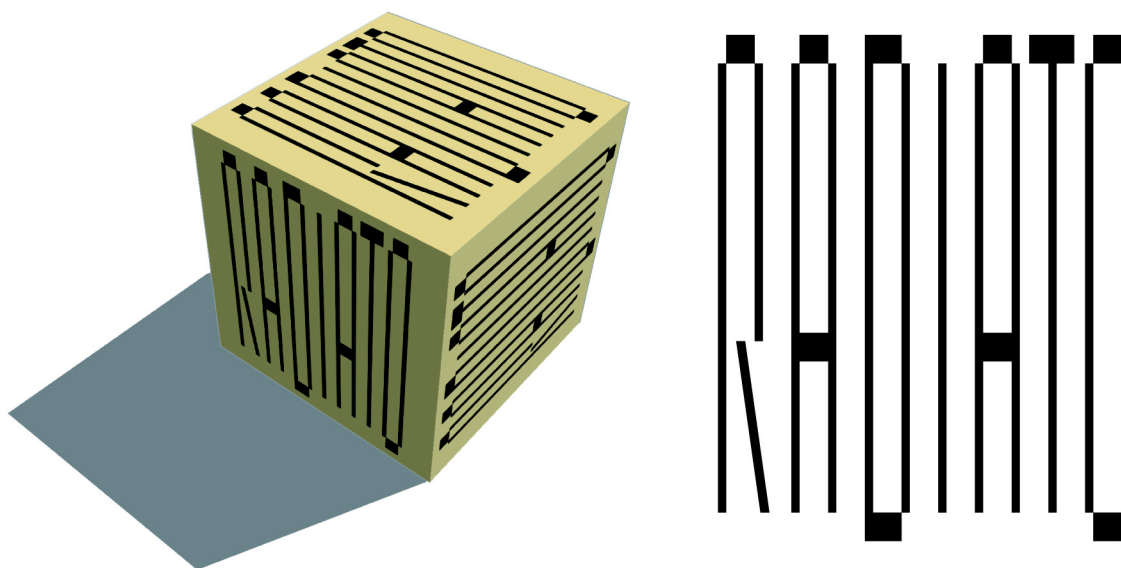
ÚVOD

Hlavním materiálem k realizaci mé bakalářské práce je akrylátové sklo. Důvodů pro výběr tohoto materiálu bylo několik. Za prvé s tímto materiálem už nějakou dobu pracuji při realizaci zakázek a za druhé firma TITAN–MULTIPLAST s. r. o. ze Smržovky, kde tento materiál objednávám, zakoupila nové špičkové laserové zařízení na zpracování plexiskla a umožnila mně s využitím této technologie svou práci realizovat.

Dalším krokem bylo zadání konkrétního výrobku. Po schůzce s jednatelem společnosti TITAN–MULTIPLAST bylo rozhodnuto, že se pokusím vytvořit svítidlo, které by byli schopni případně vyrábět a nabízet dál jako svůj další, v tomto případě již finální produkt. Toto zadání mně zcela vyhovovalo. Číré plexisklo nejvíce napodobuje svým vzhledem a optickými vlastnostmi běžné tabulové sklo a lze z něj vytvářet různé výrobky. Oproti sklu je tento materiál mnohem lehčí a snadněji se opracovává. Proto se využití k výrobě osvětlení nabízí.

Nové laserové zařízení umožňuje řezat materiál ve všech běžných tloušťkách, zároveň leštit hrany, gravírovat a do plochy případně vytvořit takzvané světlovodné body. Proto výsledný vzhled svítidla je do jisté míry determinován těmito technickými limity.

Název svítidla RADIATO v latině znamená záření. V tomto případě jde o světelné záření vycházející z útrob svítidla.



Obr. 1: Návrh loga a obalu svítidla RADIATO

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORICKÝ PŘEHLED VÝVOJE VE ZVOLENÉ PRODUKTOVÉ OBLASTI

1.1 Světlo

Světlo v podobě slunečních paprsků je na této planetě zdrojem energie a života pro všechny druhy živých forem. Pro lidstvo však světlo již od pravěku plní ještě další funkce. Už v době paleolitu, kdy člověk obýval jeskyně či chatrče z větví a kůže, měl potřebu v těchto často provizorních příbytcích vidět. Potřeboval vidět, aby se v temných koutech jeskyně orientoval, aby si ji mohl vyzdobit, potřeboval vidět, aby mohl vytvářet první primitivní nástroje, aby zahnal strach ze tmy... Toto mu automaticky zprostředkoval oheň, který pro něj byl v neposlední řadě zdrojem tepla. Když tedy vezmeme oheň, přesněji řečeno světlo vzniklé hořením, zjišťujeme, že to byl po milióny let jediný způsob, jak vytvořit uměle světlo.



Obr. 2: Zdeněk Burian, ilustrace z Velkého obrazového atlasu pravěkého člověka

1.1.1 Světelné zdroje v historii

Od pravěku byl naším jediným zdrojem světla oheň. Dřevěné louče a pochodně napuštěné zvířecím tukem nebo smolou, byly po několik tisíciletí jediným přenosným zdrojem světla. Ve starověku začaly být po celém světě využívány jako zdroj světla olejové kahany. Už ve starém Egyptě byly používány misky na olej s plováky a knoty nebo uzavřené olejové kahany, převážně z keramiky. Kahany na rostlinný olej znalo i antické Řecko a Řím. Ve

12. století se olejové kahany objevily v Benátkách jako veřejné osvětlení. Další město, kde byl od roku 1524 olej využíván k veřejnému osvětlení, byla Paříž, následovala Vídeň v roce 1683. V Praze bylo olejové osvětlení zavedeno v roce 1753. Velkou předností olejových svítidel je doba, po kterou dokázaly na jedno naplnění v závislosti na velikosti svítit.

Svíce se v Evropě objevují okolo roku 500 př. n. l. Tyto svíce mají však ze začátku podobu svazku trávy nebo jiných rostlinných vláken, které jsou namočené ve včelím vosku a skopovém nebo hovězím loji. Knot, tak jak jej známe dnes, se u svící začíná objevovat až s rozvojem zpracování textilních vláken. V raně křesťanské době se lojové svíce objevují už koncem 2. století jako osvětlení kostela při liturgických obřadech.

Svítiplyn je technický plyn, který se vyrábí uměle, buď tlakovým zplyněním hnědého uhlí nebo štěpením zemního plynu. Tento plyn se pro osvětlování začíná využívat od počátku 19. století. První veřejné plynové osvětlení bylo zprovozněno 31. prosince 1813 v Londýně. V roce 1847 bylo veřejné plynové osvětlení zavedeno i v Praze a Brně. Postupně se plynové rozvody rozšířily i do budov a svítiplynu se k osvětlení začalo využívat v domácnostech i veřejných budovách.

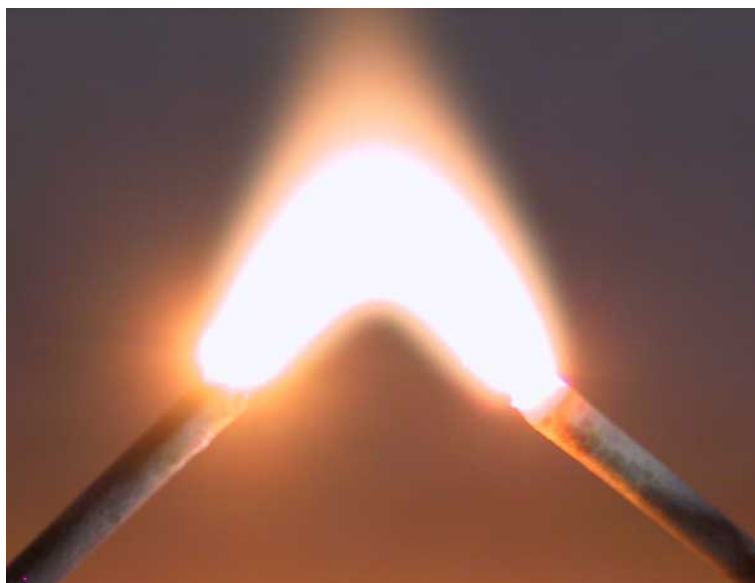
Dalším, dalo by se říct, že donedávna využívaným způsobem svícení, byly petrolejové lampy. Petrolej je produkt získaný frakční destilací ropy a byl poprvé připraven roku 1846 Abrahamem Gesnerem. K masivnímu rozšíření petrolejových lamp došlo však až po roce 1859 po objevu větších ložisek nafty v Pensylvánii. Petrolejových lamp se využívalo jako zdroje světla na lokomotivách či na dopravních prostředcích tažených koňmi.

1.1.2 Světelné zdroje v současnosti

Jediným zdrojem umělého světla byl po miliony let oheň, resp. hoření různých látek. Přelom však nastal s objevem elektřiny. První pokusy s uchováním elektrické energie provedl okolo roku 1800 italský vynálezce Alessandro Volta. Dokázal vytvořit první baterii, nazvanou na počest svého předchůdce – galvanický článek. Když v roce 1831 objevil Michael Faraday elektromagnetickou indukci, dal tím tak základ k modernímu způsobu výroby elektrické energie pomocí dynamy.

První pokusy se vznikem světla žhavením materiálů průchodem elektrického proudu lze datovat do roku 1802 a uskutečnil je anglický chemik a zakladatel elektrochemie Humphry Davy. V roce 1854 se podařilo Heinrichu Göbelovi vyrobit první funkční žárovky podobné těm, které si v roce 1879 nechal patentovat Thomas Alva Edison.

Souběžně s vývojem prvních žárovek dochází k vývoji obloukové lampy. V obloukové lampě je světlo vyzařováno elektrickým obloukem, který vzniká mezi dvěma elektrodami. První pokusy prováděli téměř současně Vasilij Vladimirovič Petrov i Humphry Davy už okolo roku 1850. Za vynálezce obloukové lampy je však považován ruský vynálezce Pavel Nikolajevič Jabločkov, který svou lampu představil v roce 1878 na světové výstavě v Paříži. Tyto obloukovky byly na výstavě napájeny dynamoelektrickým strojem firmy Siemens. V témže roce si však už František Křižík nechal patentovat první vylepšení obloukové lampy. V roce 1882 je Křižíkovi na Mezinárodní elektrotechnické výstavě v Paříži udělena zlatá medaile. Prvním českým městem, které v roce 1887 zakoupilo 24 kusů obloukových lamp a 61 žárovek, je Písek. Již 23. června téhož roku je tam uvedeno do provozu první české veřejné elektrické osvětlení. V následujících letech je postupně v dalších městech nahrazováno plynové veřejné osvětlení elektrickým. S rozvojem elektrifikace měst se elektrické osvětlení zcela uplatňuje jak v průmyslovém a veřejném, tak i v soukromém sektoru.



Obr. 3: Elektrický oblouk, demonstrace obloukového efektu

V těchto letech tedy došlo k zásadní změně ve způsobu vytváření umělého světla, a to od hoření po vytváření světla za pomoci elektrické energie.

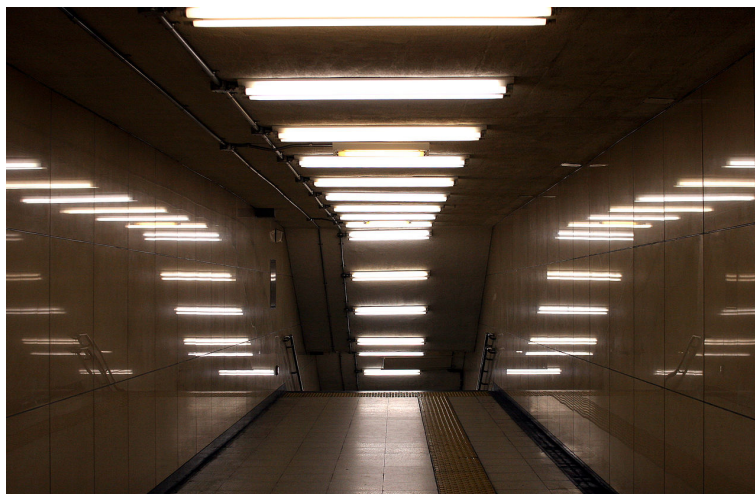
1.1.3 Vývoj a typy elektrických zdrojů světla

Žárovka, tak jak si ji nechal patentovat Edison, je ve svém principu využívána s drobnými technickými úpravami dodnes. Původní uhlíkové vlákno nahradil wolfram, který lépe

odolává vysokým teplotám. Silnější žárovky jsou navíc plněny nejčastěji směsí dusíku a argonu, slabší žárovky mají z baňky pouze vyčerpaný vzduch. Z tohoto základního typu žárovky se postupně vyvinuly žárovky přežhavené, jinak také halogenové. U halogenových žárovek se dosahuje vyšších teplot, a tím dochází k vyšší světelné účinnosti. Aby toho bylo možné docílit, je atmosféra uvnitř žárovky tvořena sloučeninou halového prvku – halogenu. Halogenové žárovky dosahují při svícení výrazně vyšších teplot (250 °C), proto je běžné sklo nutné nahradit sklem křemičitým, aby vydrželo tak vysoké teploty. Těchto žárovek se užívá v běžných domácích svítidlech, jako jsou bodové či stolní lampy, ale také jsou stále velmi rozšířené v reflektorech dopravních prostředků.

Obloukové lampy byly zlepšovány až do padesátých let dvacátého století, ale už nedohrnaly náskok a rychlost, jakou byly vyvíjeny nové a efektivnější způsoby svícení.

Výbojky jsou dalším a o dost mladším vynálezem v oblasti zdroje světla. Výbojka je uzavřená trubice naplněná směsí různých plynů. Do skleněné trubice zasahují dvě nebo i více elektrod umožňujících zvést elektrický proud do plynné náplně. Výbojky se dělí na vysokotlaké (sodíkové, halogenidové, rtuťové) a nízkotlaké (rtuťové, sodíkové). Objev rtuťové výbojky se dá datovat už na počátek 19. století, jednalo se však pouze o vědeckotechnické experimenty s ionizací plynů. První rtuťová výbojka byla uvedena na trh v roce 1901. Avšak až teprve ve třicátých a čtyřicátých letech nacházejí rtuťové výbojky větší uplatnění. Nejčastěji se vysokotlaké výbojky používaly ve veřejném a průmyslovém osvětlení. Nejdůležitějším výrobcem těchto výbojek byla v Čechách bezesporu Tesla. Její výbojky se u nás instalovaly do veřejného osvětlení zhruba od roku 1959. Mezi výbojky, jež si získaly velkou popularitu ve třicátých letech dvacátého století, patří neonové trubice. Ty se používaly především pro výrobu reklam.



Obr. 4: Veřejné osvětlení lineárními zářivkami

Nejrozšířenějším typem nízkotlakých výbojek jsou zářivky. Zářivky známe klasické trubicové, ale také v podobě tzv. úsporných žárovek, což je chybný výraz pro úsporné zářivky.

Dalšími známými a dodnes používanými druhy výbojek jsou například výbojky xenonové, využívající se v automobilovém průmyslu; sodíkové výbojky, dodnes používané ve veřejném osvětlení a metalhalogenidové výbojky, které byly vyvinuty v 60. letech dvacátého století a patří také mezi vysokotlaké výbojky.

LED je polovodičová elektronická součástka, jejíž vlastností je schopnost vyzařovat světlo. První LED s viditelným světelným spektrem vyvinul v roce 1962 Nick Holonyak Jr. Z počátku byly diody schopny vydávat v podstatě pouze zelené nebo červené světlo. Poměrně dlouho trval vývoj diody, která by uměla vydávat modré světlo. Toto se povedlo až teprve v devadesátých letech třem japonským vědcům, když v roce 1993 Šudži Nakamura představil zářivě modrou diodu. V roce 2014 byli tito tři vědci oceněni Nobelovou cenou za fyziku. Tento objev umožnil a posunul vývoj LED technologií k vytvoření vysokosvítivé bílé diody. V dnešní době nahrazuje diodový zdroj světla starší způsoby svícení, a to především díky své vysoké účinnosti. Diody mají asi 10× vyšší účinnost než běžné žárovky (svítivost/výkon). Mají také mnoho jiných výhod, jako je životnost, jsou malé, jsou odolné atd.



Obr. 5: Modrá LED

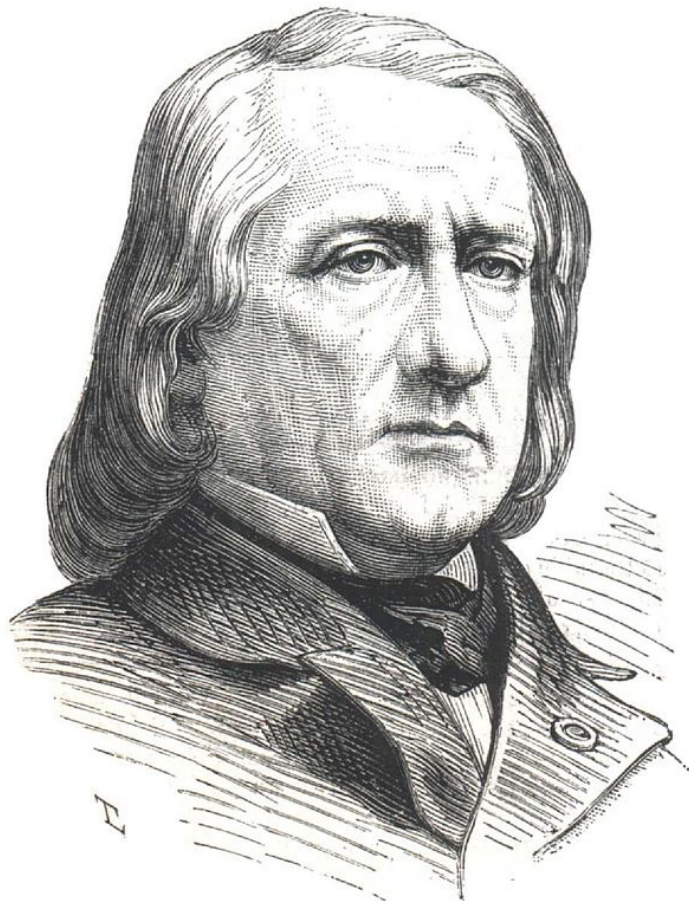
1.2 Syntetický materiál

Syntetický materiál – látka v přírodě neexistující, připravená chemicky (chemickou syntézou – odtud termín „syntetický“).

1.2.1 Historie syntetických materiálů

V roce 1843 si malajsijský lékař Dr. William Montgomerie všiml, že tamní domorodci po nařiznutí kůry stromu perčovník pravý (*Palaquium gutta*) získanou pryskyřici používají k výrobě rukojetí k nožům. Tato pryskyřice se nazývá gutaperča a jedná se o druh gumy podobný kaučuku. Na jeho popud byly první vzorky zaslány do Anglie ke zkoumání. V roce 1848 ji Ernst Werner z firmy Siemens jako první použil k izolaci podmořských telegrafních kabelů. Potom se uplatnila i v jiných oborech, než ji vytlačil kaučuk.

První syntetický plast – polyvinylchlorid (PVC) byl v roce 1835 vyroben H. V. Regnaultem, který zavedl také označení polymer. Jeho průmyslová výroba byla však zavedena až teprve v roce 1925 ve firmě I. G. Farben, od tohoto názvu byl odvozen komerční název Igelit.



Obr. 6: Henri Victor Regnault

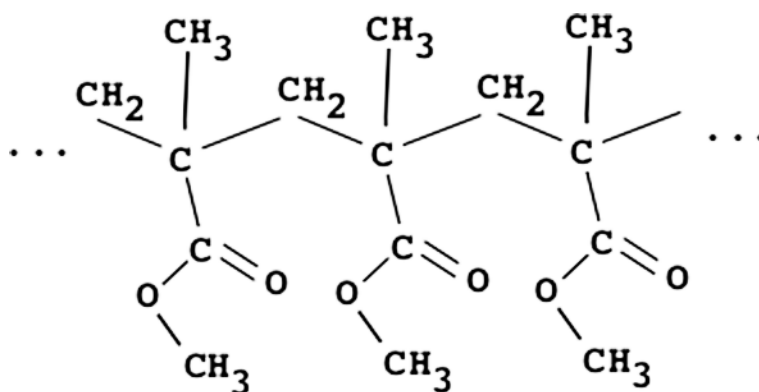
Americkým průkopníkem plastikářského průmyslu se stal John W. Hyatt. V roce 1868 na základě inzerátu nabízejícího odměnu za návržení náhradního materiálu za gutaperču, vyvinul a uspěl s novým materiálem pod názvem Celluloid. Později se J. W. Hyatt spojil se svým bratrem, se kterým získali 75 patentů na výrobu umělé hmoty. V roce 1873 tak vznikla první plastikářská továrna v USA Celluloid Manufacturing Company v New Jersey.

Na základě publikovaných prací Adolfa von Baeyera si v roce 1909 američan Leo Hendrik Baekeland podal několik patentů na výrobu nového plastu, jehož původní obchodní označení bylo Bakelite.

Od počátku 20. století dochází k raketovému vývoji polymerů.

1.2.2 PMMA

Polymethylmethakrylát (PMMA), běžně známý jako plexisklo nebo akrylátové sklo, je průhledný syntetický polymer s vlastnostmi termoplastu. Materiál byl vyvinut roku 1928 a uveden na trh roku 1933 společností Rohm and Haas z USA. Plexisklo je čirý, i v silných vrstvách naprosto bezbarvý materiál, proto se dá velmi dobře probarvovat. PMMA je tepelně tvarovatelný při 130–150 °C, je velmi odolný proti povětrnostním podmínkám, je zdravotně nezávadný. Výhodou PMMA v porovnání se sklem je nižší hmotnost, snadné opracování a ohýbání, odolnost vůči nárazům. Nevýhodou je nižší tvrdost, proto se snadno poškrábe. Používá se všude tam, kde se uplatní jeho výhodné vlastnosti: v dopravních prostředcích, v reklamě, ve výrobě kancelářských potřeb, krytů přístrojů aj. Polymethylmethakrylát se prodává pod řadou názvů: Perspex, Umaplex, Plexiglas, Acron, Acrylon.



Obr. 7: Polymethylmethakrylát

2 ANALÝZA SVÍTIDEL VYRÁBĚNÝCH Z AKRYLÁTOVÉHO SKLA

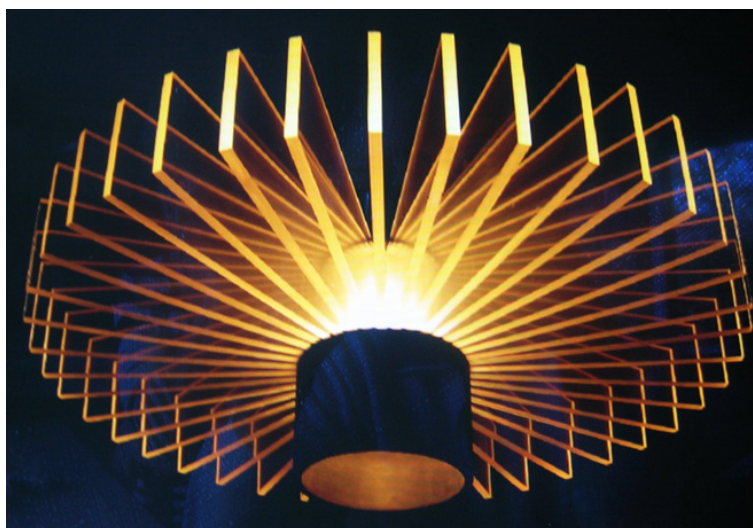
Akrylátové sklo hned od počátku, kdy bylo uvedeno na trh, zaujalo designéry i výrobce na celém světě. Tento nový materiál přinesl široké spektrum použití v oblasti svítidel především díky svým vlastnostem. Na rozdíl od skla je plexisklo poměrně nenáročné na technologické vybavení a velmi dobře se tepelně tvaruje, při relativně nízkých teplotách v porovnání se sklem.

2.1 Šedesátá a sedmdesátá léta 20. století

Designérů a firem používajících k výrobě svítidel plexisko byly v šedesátých letech minulého století desítky. Vybral jsem si některé z nich, jejichž tvorba mě zaujala a do jisté míry i ovlivnila při návrhu mého svítidla.

2.1.1 Claus Bolby

Claus Bolby se narodil roku 1944 v Dánsku a zemřel v roce 2011. Začal pracovat jako technik u Dánského královského letectva. Ve volném čase se věnoval své volné tvorbě, především zpracovával dřevo a další materiály. Tyto své aktivity využil v návrhu závěsného svítidla pro nově postavený kostel ve městě Strandby v severní části Jutského poloostrova. Komisi jeho návrh zaujal a byl vybrán k realizaci. Světlo je navrženo tak, že symbolizuje límec dánských kněží. Světlo vyzařující ze středové trubky rozvádějí akrylátové lamely. Využil tak schopnost akrylátu šířit světlo. Tato kostelní světla „Strandby Praestekrave“ měří v průměru 80 cm a váží 15 kg.



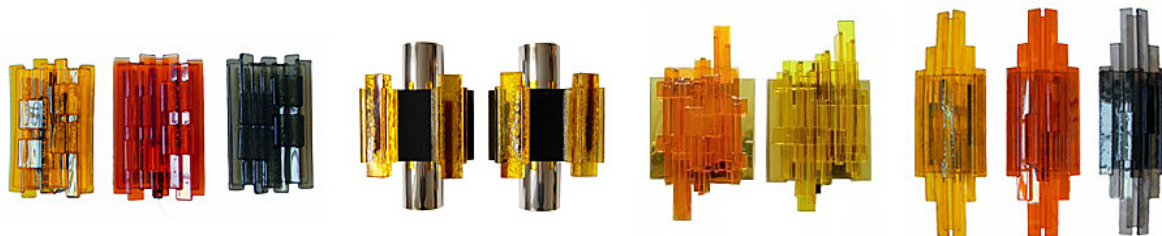
Obr. 8: Claus Bolby, „Strandby Praestekrave“

Zmenšením tohoto svítidla a použitím různých barev plexiskla vytvořil v následujících letech Bolby mnoho dalších variant pro užití v domácnostech. Vyráběl tato světla ve sklepě svého domu v Silkeborgu a začal je nabízet do obchodů pod názvem Symfoni. To bylo v roce 1967, když mu bylo 23 let a on dalších deset let nabízel a prodával Symfoni v mnoha variantách.



Obr. 9: Claus Bolby, „Symfoni“

Bolby však s akrylátem dále experimentoval. Za použití tepla nebo chemikálií všemožně zatavoval hrany komponentů nebo jednotlivé díly „stavoval“ k sobě do větších kompaktních tvarových kompozic. Další technologií, kterou Bolby vynalezl pro svá svítidla, bylo vytvoření bublin přímo uvnitř akrylátu. Takto přetransformovaný materiál použil na výrobu originální designové lampy. Bublínkový, jantarově zbarvený materiál je prozářen zdrojem světla zezadu. V roce 1968 zakládá se svou ženou malou továrnu na výrobu akrylátových svítidel pod názvem Cebo Industries. Už na začátku roku 1970 vyrábí továrna měsíčně 1000 kusů nejoblíbenějších modelů. V roce 1974 se továrna přestěhovala do většího komplexu v Silkeborgu. Většinu strojů používaných ve výrobě vynalezl a postavil Bolby sám.

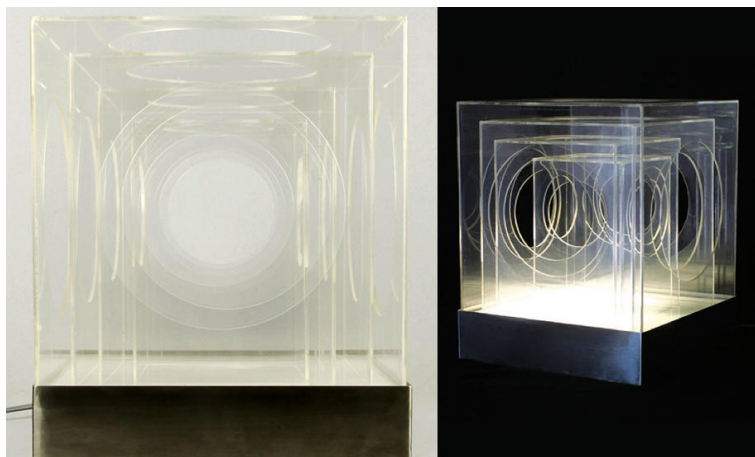


Obr. 10: Claus Bolby, svítidla z Cebo Industries

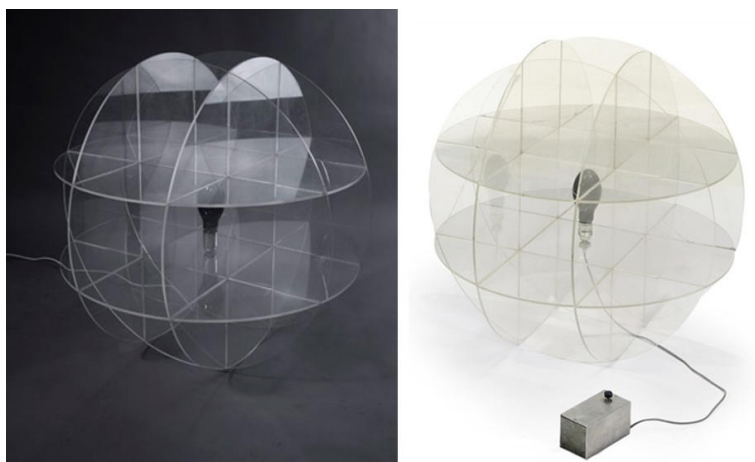
Na konci sedmdesátých let pomalu opadá zájem o barevná akrylátová skla. Nastupuje černobílý módní trend let osmdesátých, do kterého tato světla nezapadají. Claus Bolby navrhuje a vyrábí technická světla a reflektory. Výroba je nakonec prodána v roce 1995 a po několika letech se ruší úplně.

2.1.2 Gianfranco Fini

Gianfranco Fini je architekt, narodil se v Římě v roce 1939. Po absolvování školy výtvarných umění se ve svých 18 letech přestěhoval do Paříže, kde žil jeden rok. Jeho výtvarný záběr je široký: interiérové dekorace, scénografie pro film a divadlo, průmyslový design, architektura a urbanismus. V šedesátých a sedmdesátých letech je vyhledáván významnými výrobci jako průmyslový designér, vytváří avantgardní nábytek pro mnoho italských společností. V tomto období navrhuje pro italskou firmu New Lamp kolekci futuristických lamp a světelných objektů. V roce 1974 získává práci v Brazílii, kam se také s celou rodinou na několik let odstěhuje a zakládá zde svou vlastní firmu Green Line. Po návratu do Itálie v roce 1978 oficiálně ukončil studium architektury, které se věnuje naplno. Poté se usadil v Dominikánské republice, kde žije dodnes.



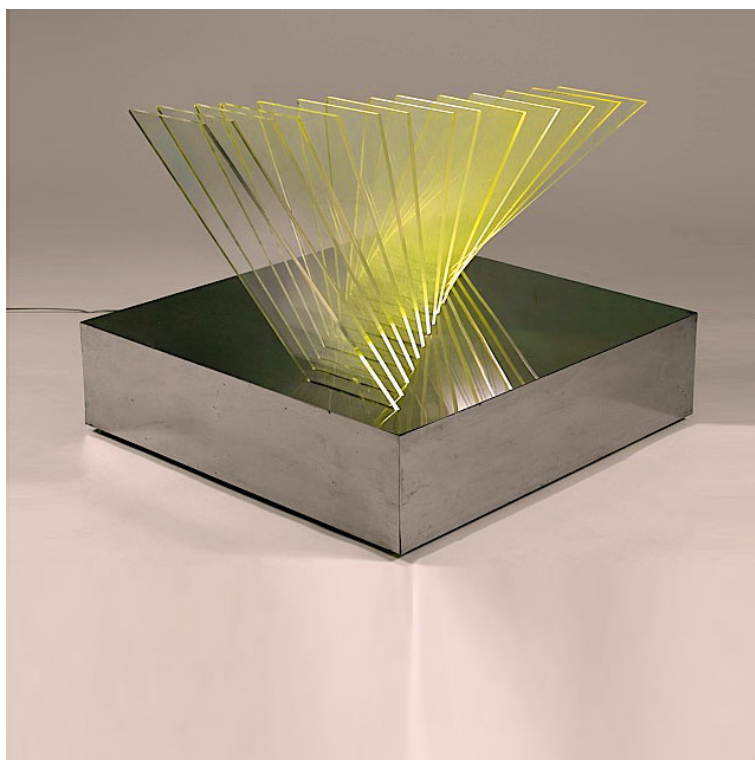
Obr. 11: Gianfranco Fini, „Interior“ pro New Lamp



Obr. 12: Gianfranco Fini, „Quasar“ pro New Lamp



Obr. 13: Gianfranco Fini, „Spaziale Lamp“ pro New Lamp



Obr. 14: Gianfranco Fini, varianta „Spaziale Lamp“ pro New Lamp

2.2 Současnost

Díky vývoji nových technologií a hlavně v jejich zdokonalování v oblasti obrábění se i možnosti práce s plexisklem výrazně posunuly. CNC obrábění umožňuje opracovat akrylát na libovolné tvary, frézovat do něj drážky či ubírat materiál v ploše. Řezání pomocí laseru je velice rychlé a přesné i ve velmi malých detailech. Pomocí laseru dokážeme vytvořit polotovary s dokonale vyleštěnou hranou. Je možné dokonce do plochy pomocí laserového gravírování přenést fotografii. V dnešní době je na trhu s akrylátem možné nalézt nepřeberné množství barev a odstínů. K dispozici je materiál průhledný, průsvitný i opakní v různých povrchových úpravách, od vysokého lesku až po matné povrchy. K dostání je tento materiál také v podobě trubek a tyčí různých průřezů.

V současnosti využívají akrylátové sklo pro výrobu svítidel především menší designová studia a firmy i jednotliví designéři pro zhotovování zakázkových svítidel. Podíváme se na některé z nich.

2.2.1 Sander Mulder

Sander Mulder je současný nizozemský designér, který se narodil v roce 1978 a po absolvování Design Academy Eindhoven založil v roce 2002 svoje vlastní studio. V roce 2005 vytvořil design třech svítidel z čirého plexiskla s názvy Therese, Josephine a Marie-Louise. Jedná se o lustr, stojací lampu a stolní lampu. Zatímco design a technologie těchto lamp je čistě moderní, jejich tvary jsou ve viktoriánském duchu.



Obr. 15: Sander Mulder, lustr „Therese“



Obr. 16: Sander Mulder, stojací lampa „Josephine“



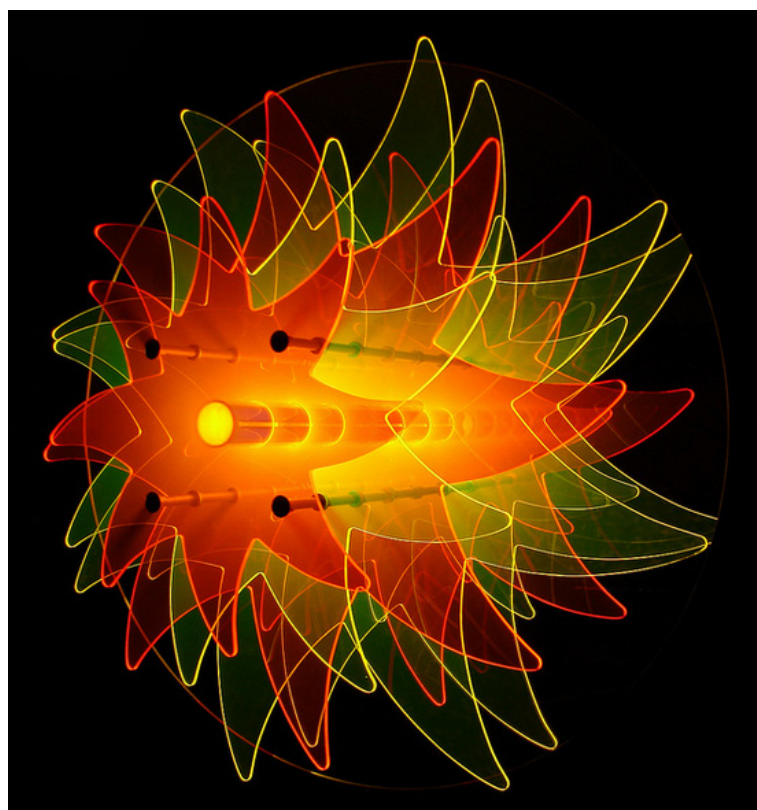
Obr. 17: Sander Mulder, stolní lampa „Marie-Louise“

2.2.2 Futuretro

Futuretro – Jamie Barrett vyrábí interaktivní světelné sochy, které jsou inspirovány světem přírody. Světelné objekty Jamieho Barretta interaktivně mění své tvary, vzory a barvy za použití různých procesů a technologií. Část těchto plastik je vytvořena z vyřazených odřezků akrylátu, které jsou tepelně tvarovány. Futuretro sídlí v Anglii.



Obr. 18: Jamie Barrett, „Naturesynth 2“



Obr. 19: Jamie Barrett, „Kerooom Reflect 2“

2.2.3 Studio Cheha

Izraelské **Studio Cheha** z Tel Avivu využívá ve svých světelných objektech jednoduchého principu. Do plochého plexiskla vyfrézuje obraz s trojrozměrnou iluzí, který se po prosvícení do hrany materiálu vykreslí. Celý rozsvícený objekt pak nabývá trojrozměrného dojmu. Bohužel po prvních zdařilých motivech, jako žárovka, lebka nebo spirála, začínají tento nápad degradovat líbivé motivy do dětských pokojů: medvídek, hora s hvězdnou oblohou aj.



Obr. 20: Nir Chehanowski, „BULBING – Spiral“



Obr. 21: Nir Chehanowski, „BULBING Lamp“

2.2.4 QisDesign

Taiwanská společnost **QisDesign** již od počátku své působnosti získává řadu prestižních mezinárodních ocenění za design svítidel. Společnost se poprvé představila v roce 2009 jako součást BenQ Group. V témže roce představila kolekci Coral Light, která je inspirována podmořským světem. Za tuto kolekci získali také v roce 2009 ocenění Red Dot Design Award!



Obr. 22: QisDesign, „Coral“

3 TECHNOLOGIE URČENÉ KE ZPRACOVÁNÍ AKRYLÁTOVÉHO SKLA

3.1 Řezání

3.1.1 Mechanické řezání

Řezání se provádí speciálním kotoučem určeným pro řezání plexiskla. V dnešní době se na řezání desek používají vertikální formátovací pily. Formátovací pila může být ovládána mechanicky nebo je řízena plně automaticky. U mechanicky ovládané musí pilový agregát posouvat pro vertikální i horizontální řez obsluha pily a rozměr výsledné desky si nastavit pomocí dorazů. U plně automatických formátovacích strojů stačí zadat pouze rozměr a pila automaticky ze založené desky tento rozměr uřízne. Tyto pily slouží pouze k řezání čtvercových a obdélníkových tvarů. Na hraně je patrná stopa po řezu, proto je v případě potřeby nutné tyto hrany doleštit.



Obr. 23: Plně automatická vertikální formátovací pila Holzher Cut 1280, tuto pilu používá firma TITAN – MULTIPLAST

3.1.2 Řezání laserem

Na serveru Lasery a optika (www.lao.cz) se dočteme: „*Řezání je nerozšířenější laserovou technologií. Průmyslové využití laserů se datuje do roku 1965, kdy firma Western Electric Company postavila funkční laserový systém pro vrtání diamantových raznic. V roce 1967 byl pak ve Velké Británii uveden do provozu laserový systém na řezání ocelových plechů s použitím kyslíku jako asistenčního plynu. Záhy poté následovaly systémy pro řezání nekovových materiálů.*“

V sedmdesátých letech minulého století se začalo masivně využívat řezání pomocí CO₂ laserů. Tato zařízení byla postupně zdokonalována, a to nejenom v oblasti laserové technologie, ale také v oblasti řídicích jednotek a pohonu. K tomu dochází ruku v ruce s vývojem počítačů a softwaru.

Při řezání laserem dochází v podstatě ke třem různým procesům: sublimační řezání, tavné řezání a řezání plamenem.

Při sublimačním řezání je materiál z místa řezu odpařován. Vzniklé páry jsou odfukovány asistenčním plynem. Jako asistenční plyn se převážně používá dusík nebo argon.

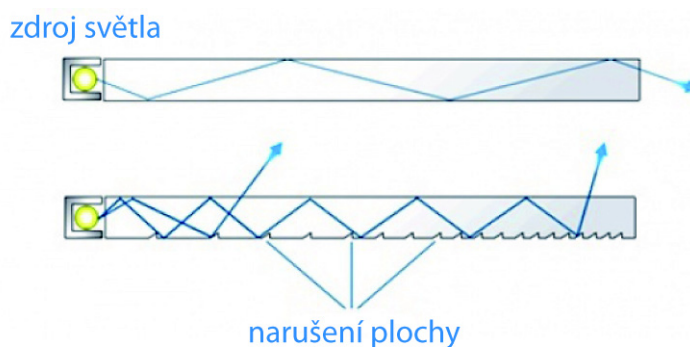
Tavné řezání vyžaduje nižší výkony než sublimační řezání. Dochází zde pouze k tavení materiálu a ten je z řezné spáry vyfukován proudem technologického plynu.

Řezání plamenem se používá pro řezání běžných ocelí. Jako asistenční plyn se používá kyslík. Oproti sublimačnímu a tavnému řezání jsou řezné rychlosti zhruba dvakrát vyšší. Kvalita řezu není sice tak dobrá, ale pro velkou většinu výpalků postačující.

V případě řezání plastů, konkrétně akrylátového skla, se používá sublimačního řezání. Při tomto způsobu řezání je řez velmi kvalitní, hladký a bez otřepů. U zařízení, na kterém je realizována moje práce, lze navíc nastavit vyšší kvalitu řezu. Výsledkem je tak dokonale lesklá hrana shodná kvalitou s lesklým povrchem akrylátové desky. Kromě řezání i velmi malých a detailních dílů umožňuje toto zařízení gravírovat do plochy libovolný dekor, případně plošně odebírat – odpařovat materiál do hloubky cca 1 mm.

Součástí vybavení laserového stroje, na kterém realizuji svou práci, je i nejnovější software pro výrobu LGP světelných panelů. LGP je označení pro světelný panel, který za pomoci laseru představuje moderní způsob podsvícení reklamních panelů, ukazatelů aj. Moderní výrobní technologie je založena na použití laseru, který gravíruje speciálně generované série bodů nebo čar do povrchu panelu. Princip LGP je založen na šíření světla transparentním materiálem. Vhodně zvoleným gravírováním bodů nebo čar na jedné ze

stran deskového materiálu dojde k porušení fyzikálních podmínek totálního odrazu světla, což má za následek únik světla z materiálu a jeho následné homogenní podsvícení.



Obr. 24: Princip podsvícení LGP v porovnání s totálním odrazem světla

Použití laseru patří mezi nejmodernější technologie výroby LGP světelných panelů. Způsobů, jakými může být laserem vygravírována struktura LGP, je mnoho. Obecně se v praxi lze setkat s následujícími způsoby: čáry orientované paralelně nebo kolmo vzhledem ke zdroji světla, mřížka nebo body.

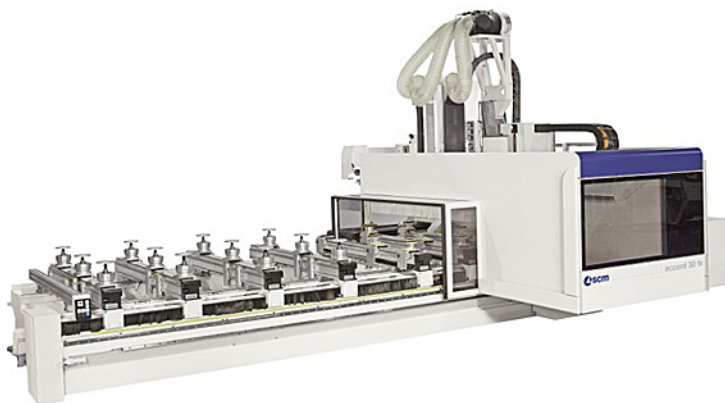
Technologií LGP bude do hlavních dílů na mém osvětlení vygravírován rastr světlovodivých bodů, a tím dojde k výraznějšímu prosvětlení celého svítidla.



Obr. 25: CO₂ Laser Mercury od italského výrobce SEI Laser, na tomto zařízení realizují svou práci ve firmě TITAN – MULTIPLAST

3.2 Frézování

Jedná se o mechanické obrábění. Frézování umožňuje z plexiskla vyfrézovat libovolný tvar a reliéf pomocí vhodně zvolené frézy – nástroje pro odebrání materiálu. Nejběžnějším typem jsou CNC frézky 3-osé (pohyb nahoru – dolů, dopředu – dozadu, doleva – doprava), 4-osé i 5-osé. Čtvrtou a pátou osu může tvořit upínací rotační adaptér nebo naklápění a otáčení pracovního stolu. CNC frézka je zařízení zpracovávající data z počítače, a proto po zadání dat pracuje automaticky. U jednodušších typů je nutné v případě potřeby během frézování měnit typ nástroje, profesionální stroje už mají frézovací hlavu se „zásobníkem“ fréz, které si jsou schopny samočinně měnit. Frézka nám na rozdíl od laseru umožňuje frézovat drážky libovolné šíře v závislosti na nástroji nebo odebrat materiál do libovolné hloubky i ve více vrstvách. Po zvolení úhlové frézy umí vyfrézovat tvary s bočním zkosením podle toho, jaký úhel měl nástroj. Stopa po fríze je samozřejmě patrná, ale její povrch se dá doleštit pomocí diamantových fréz. Nedocílí však absolutního lesku jako laser.



Obr. 26: CNC obráběcí centrum Morbidelli

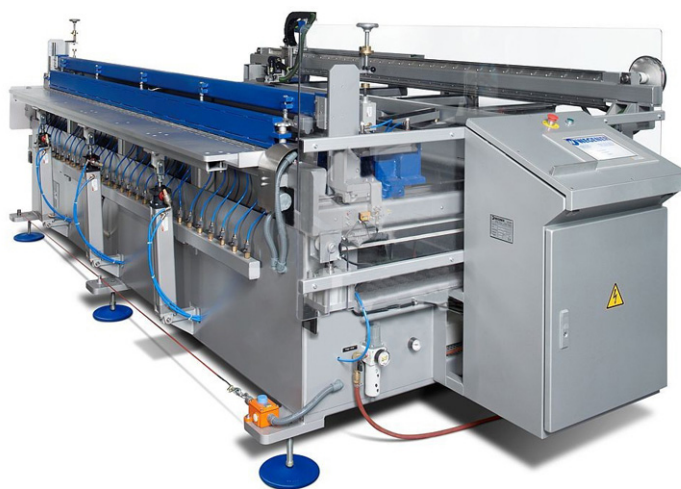
3.3 Tepelné tvarování

Tvářecí teplota plexiskla se pohybuje mezi 130–160 °C. Jako tepelný zdroj pro bodový ohřev slouží topná spirála, pro celkový ohřev tepelná pícka. Čas ohřevu je závislý na tloušťce materiálu.

3.3.1 Ohýbání

Materiál se po nahřátí resp. prohřátí v místě předpokládaného ohybu na danou teplotu ohne do požadovaného úhlu – tvaru. Toto se může provádět ručně nebo za pomoci přípravků

a ohýbacích zařízení. Ohýbací stroje umožňují zároveň materiál prohřát a ohnout do požadovaného úhlu. Vlastní ohyb probíhá tak, že dle typu ohýbacího stroje se naprogramuje nebo prostřednictvím dorazového zařízení určí místo ohybu, které je poté po stanovený čas nahříváno topnými tělesy. Po ukončení fáze nahřívání pak rameno stroje provádí ohyb do nastaveného úhlu. Vyšší modelové řady ohýbacích strojů umožňují provést více ohybů v rámci jednoho pracovního cyklu. To znamená, že stroj je schopný ohnout desku do čtvercového nebo obdélníkového profilu.



Obr. 27: Automatický ohýbací stroj Wegener BM 305 A

3.3.2 Plastické tvarování – lehání

Tvarování plexiskla do plastického tvaru je možné podobně jako u skla technikou lehání. Do elektrické pece s elektronickým regulátorem se umístí forma, na kterou se položí příslušný tvar z akrylátu. Při správném nastavení časů a teplot si materiál „lehne“ do formy. V případě potřeby lze tenčí desky prohřívát lokálně horkovzdušnou pistolí a následně tvarovat.

3.4 Lepení

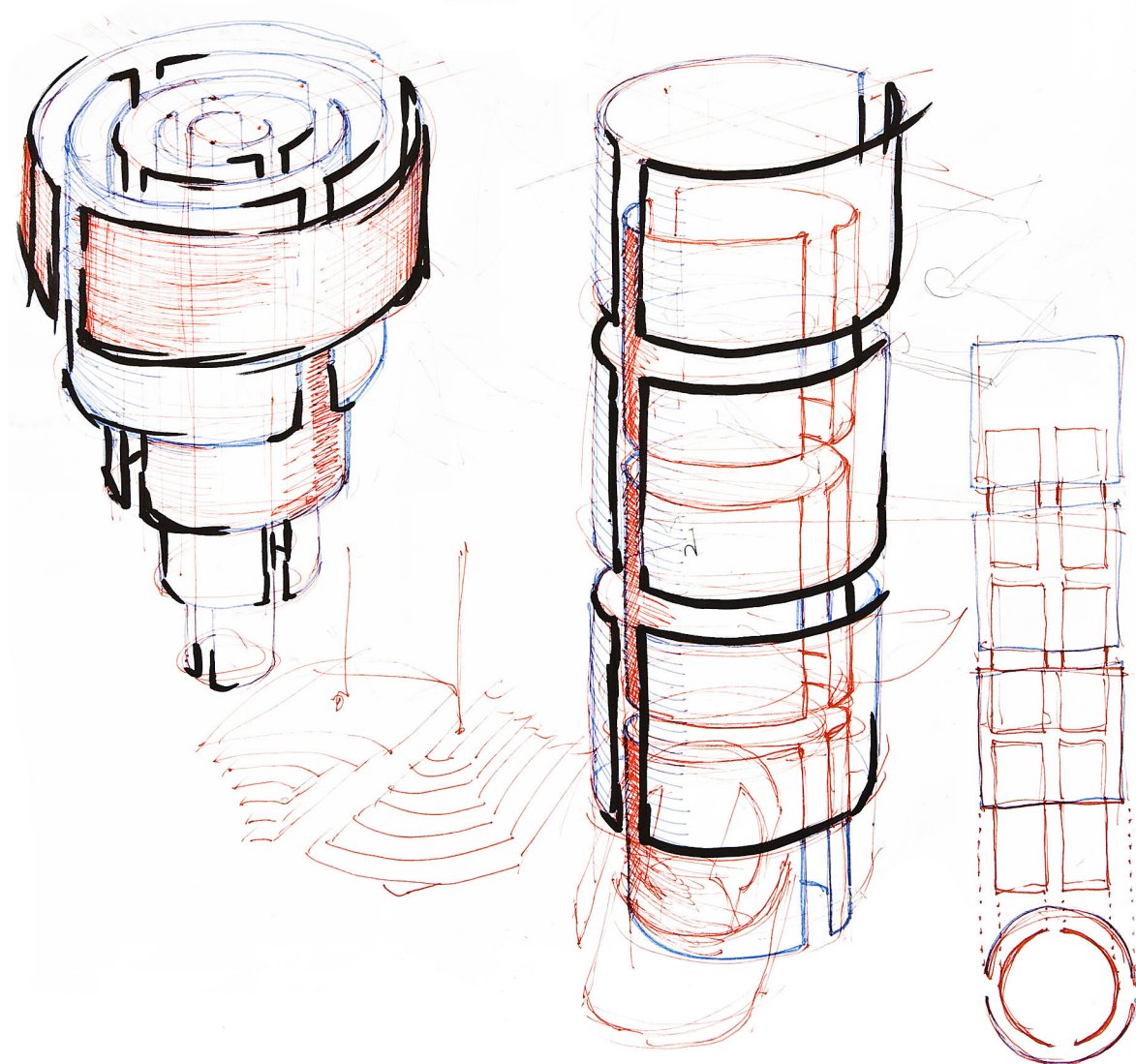
PMMA lze spojovat s pomocí kyanoakrylátového lepidla, tepelně (roztavením povrchu), nebo s využitím rozpouštědel, jako je např. dichlormethan nebo trichlormethan. Jednotliví výrobci také dodávají ke svému akrylátovému sklu vlastní lepidla. V případě výrobku s obchodním názvem Plexiglas dodává výrobce řadu lepidel Acrifix. Z této řady používám lepidlo na lepení svého svítidla. Acrifix MO je lepidlo na bázi rozpouštědla a lze s ním vytvořit neviditelný spoj, který je pevný stejně jako samotný materiál.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

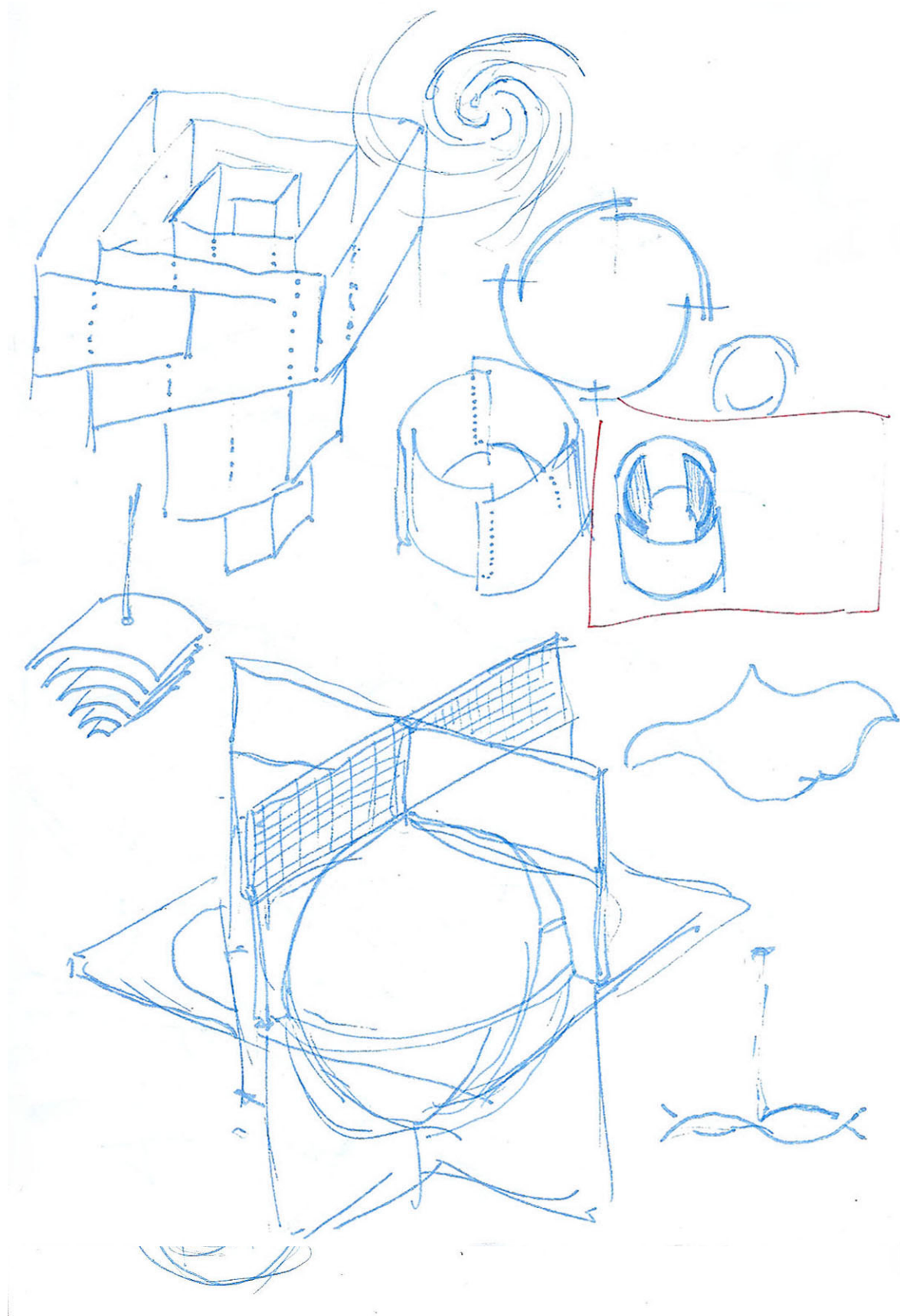
4 PRVOTNÍ KRESEBNÉ NÁVRHY

4.1 Kresby

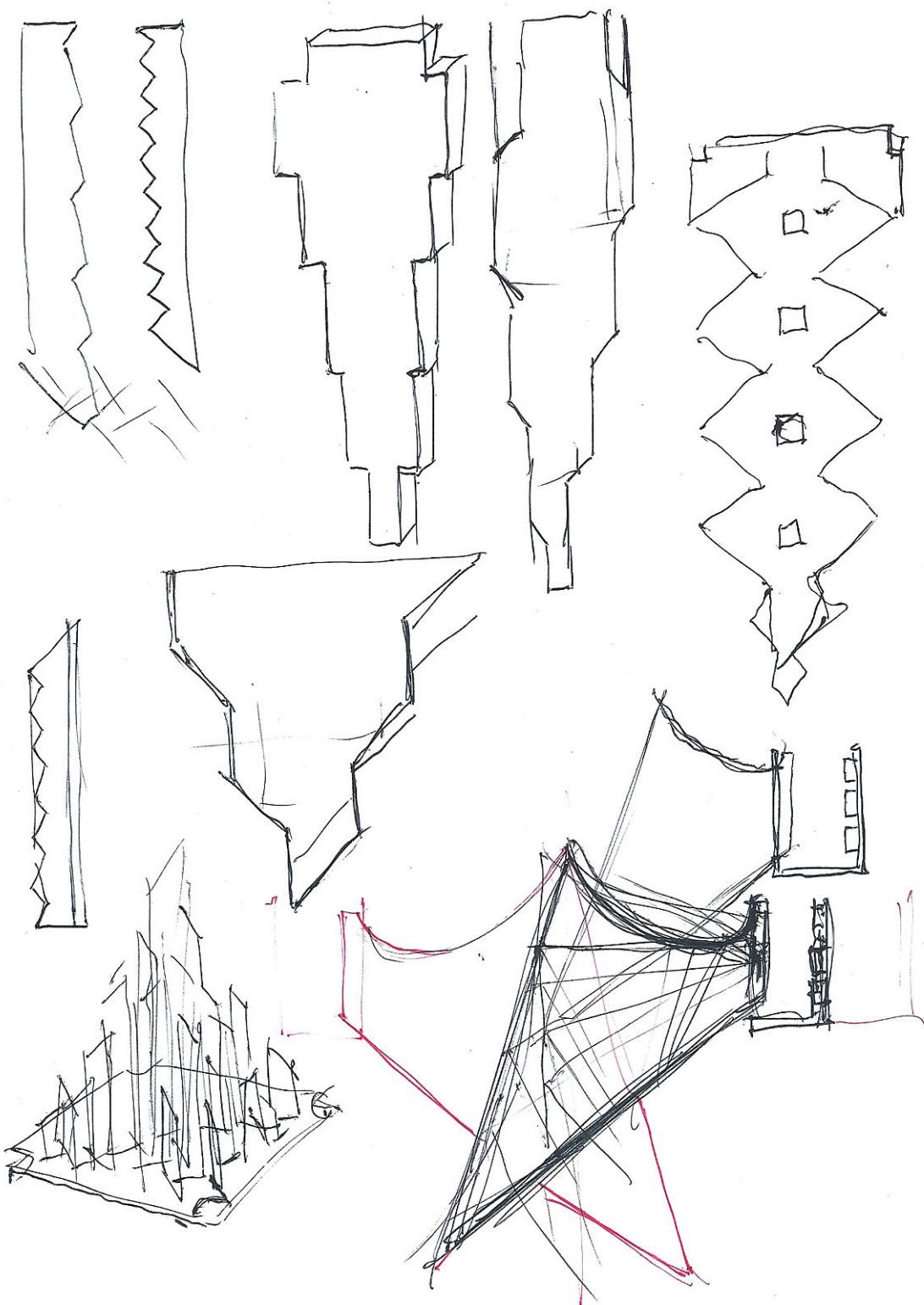
Od prvotního „přemýšlení na papíře“ vedla k finálnímu řešení poměrně dlouhá cesta. Chtěl jsem navrhnout závěsné svítidlo do obytných prostor, které má tento prostor dostatečně osvětlit. Přes den, kdy je zhasnuté, by samo o sobě mělo působit jako svěbytný artefakt. Tato myšlenka mě vedla k záměrnému a maximálnímu ukrytí zdroje světla uvnitř konstrukce svítidla. Vznikaly kresebné návrhy, kterými jsem se postupně dopracoval k finální koncepci.



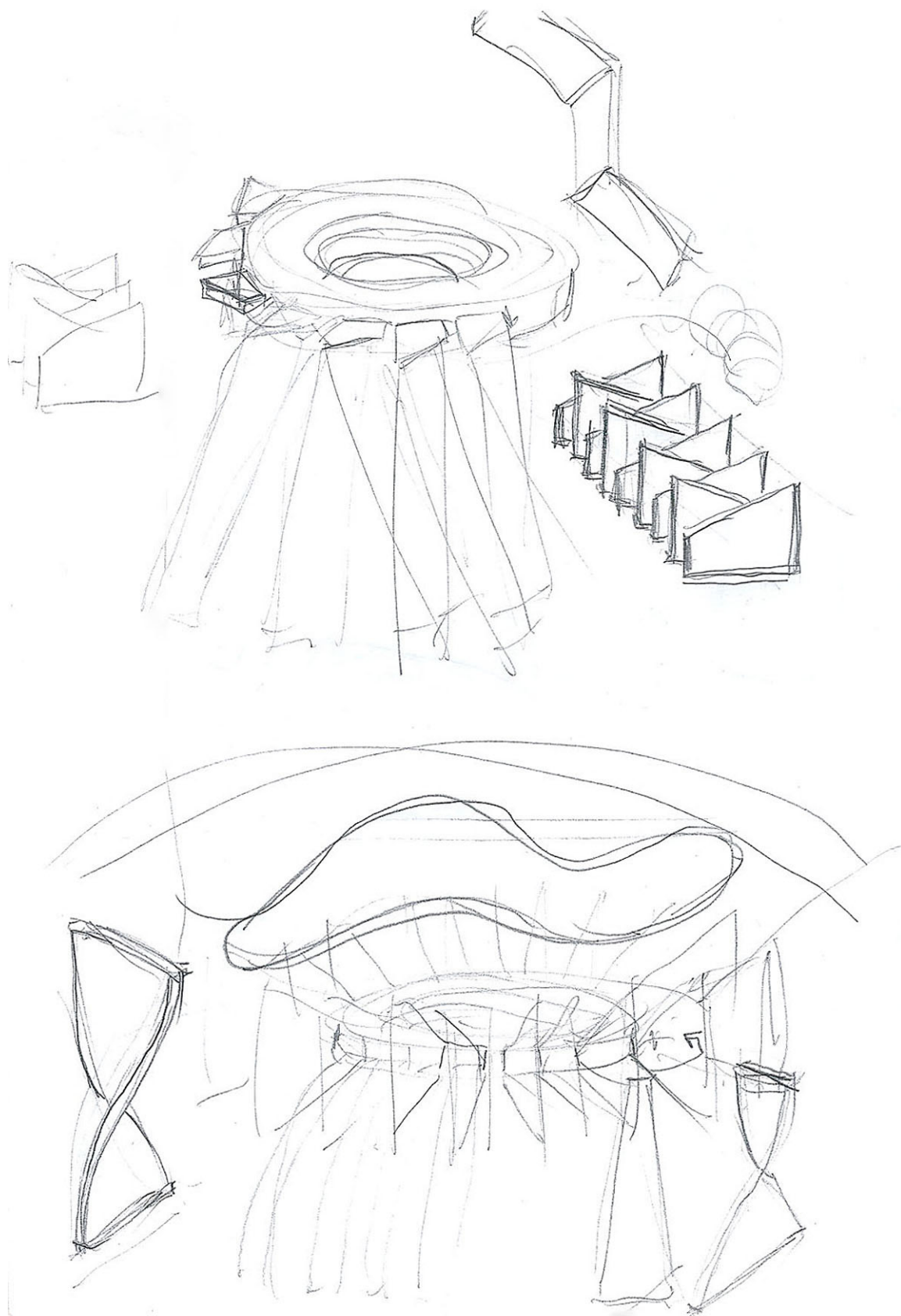
Obr. 28: Prvotní kresebné návrhy



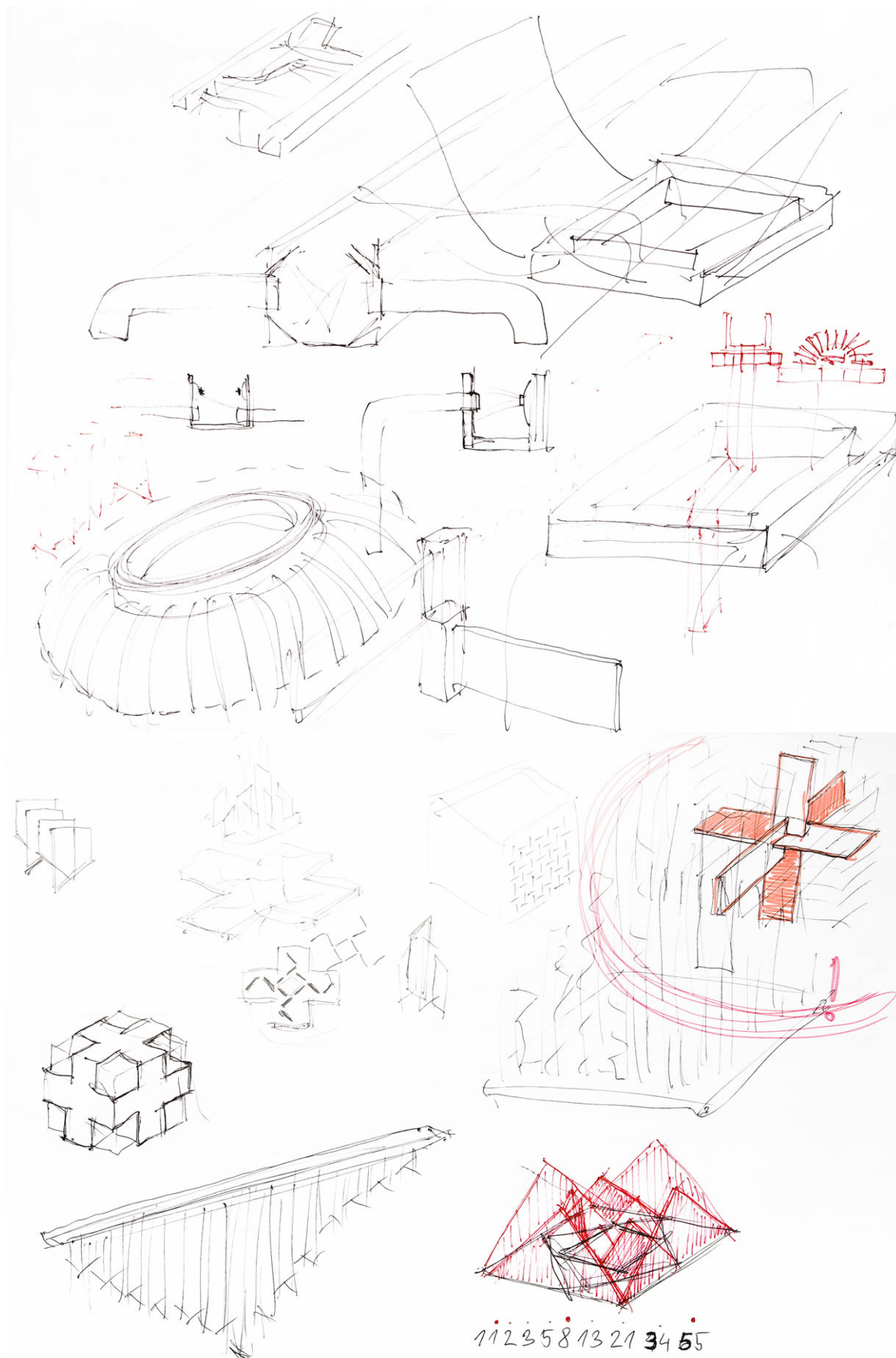
Obr. 29: Prvotní kresebné návrhy



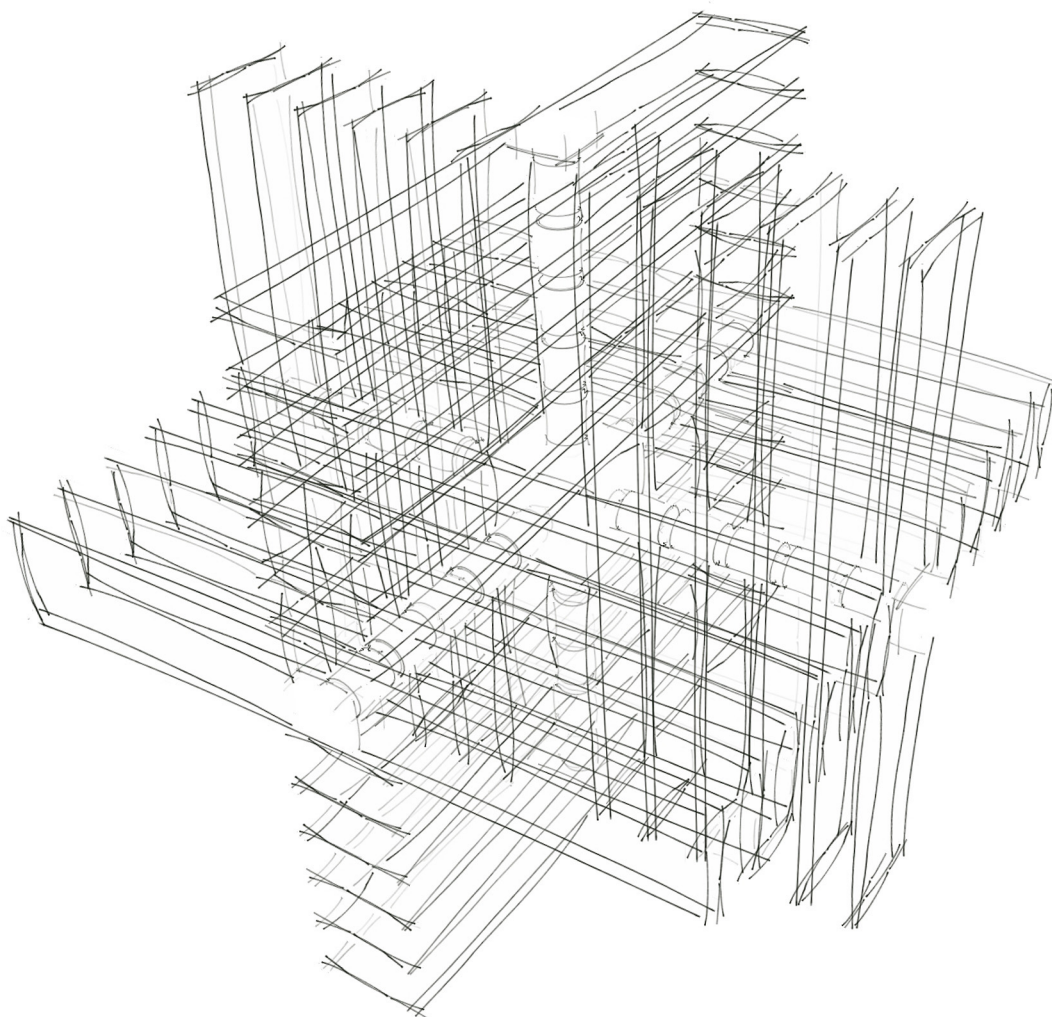
Obr. 30: Prvotní kresebné návrhy



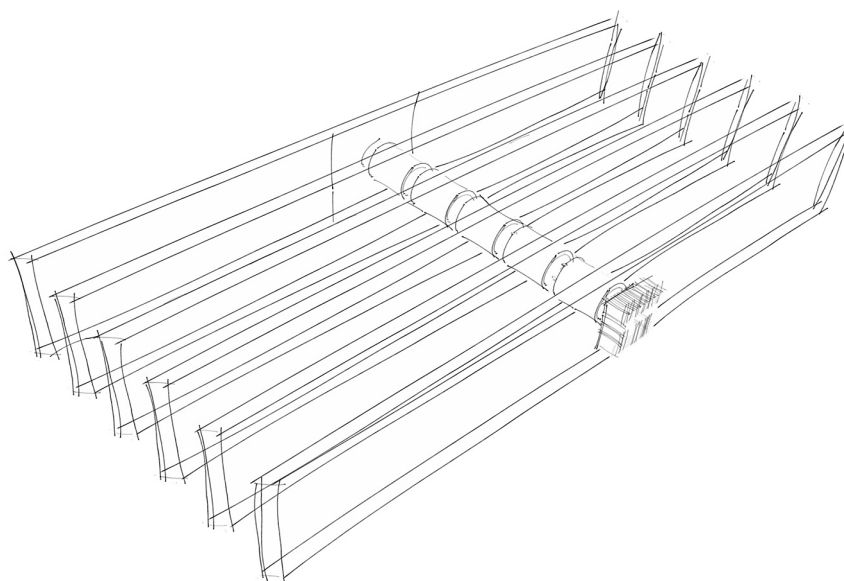
Obr. 31: Prvotní kresebné návrhy



Obr. 32: Prvotní kresebné návrhy



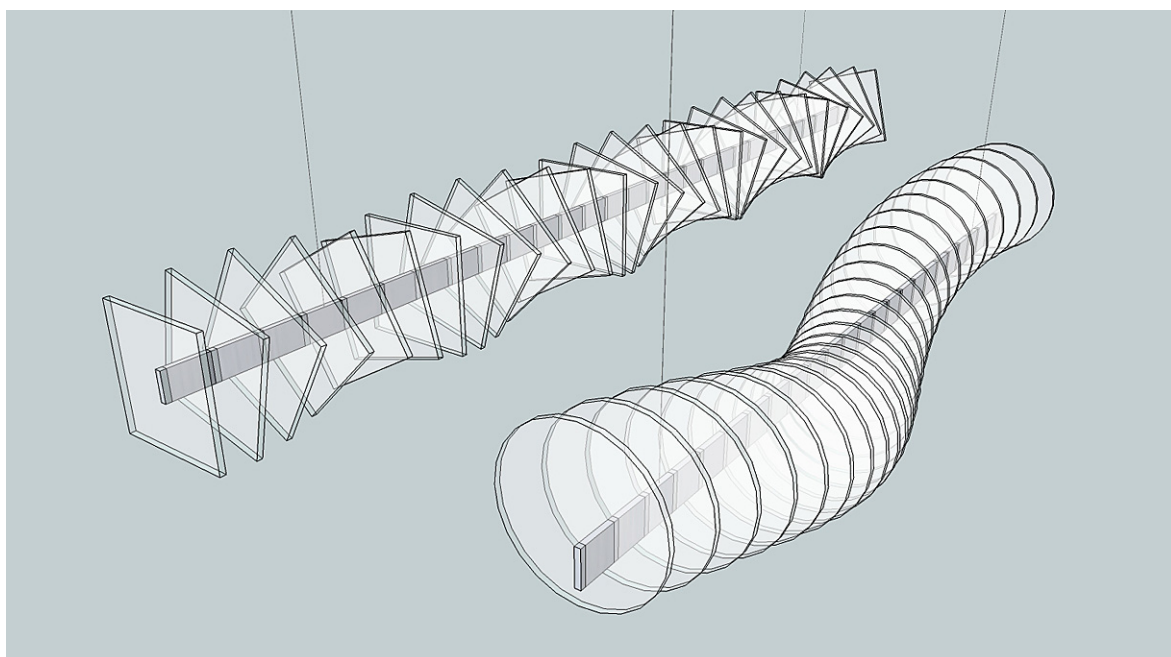
Obr. 33: Kresba finálního řešení



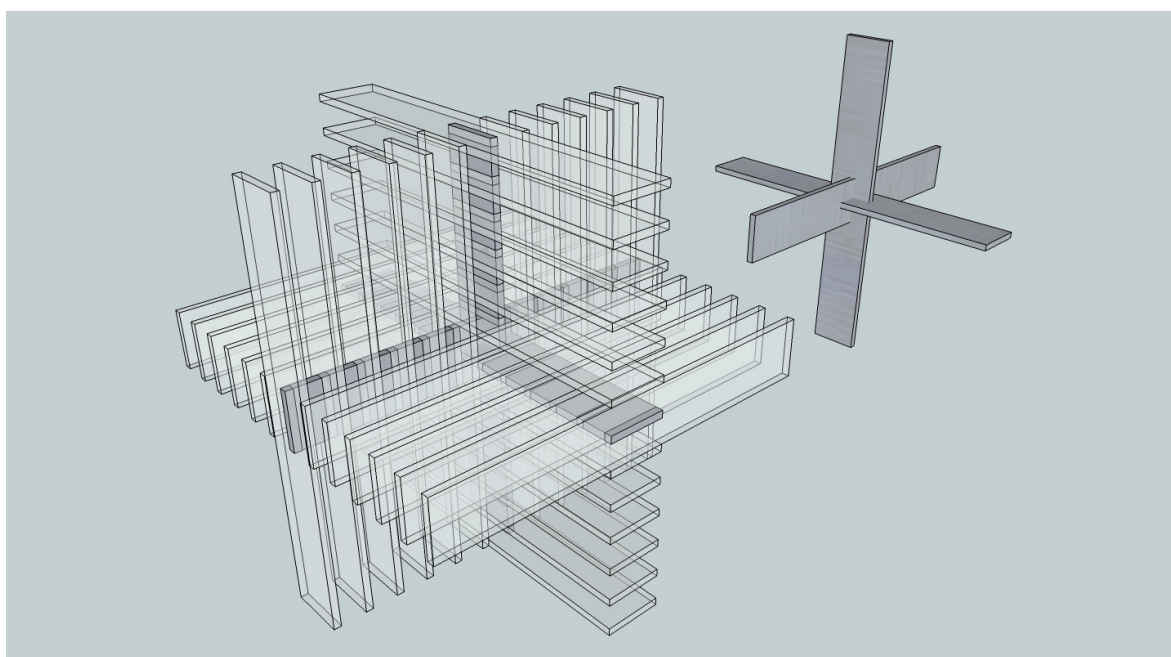
Obr. 34: Kresba základního segmentu

4.2 Základní vizualizace

Po ujasnění celkového tvarového konceptu svítidla přišly na řadu první pracovní vizualizace, které mně měly pomoci ve výběru finálního řešení jak tvarového, tak technického. Ze začátku jsem ještě pracoval se dvěma variantami. První variantou bylo řešení dlouhého svítidla, kde by jednotlivé akrylátové díly byly navlečeny na ose, která je protíná. Druhou variantou bylo řešení s osovým křížem, pro které jsem se nakonec rozhodl.

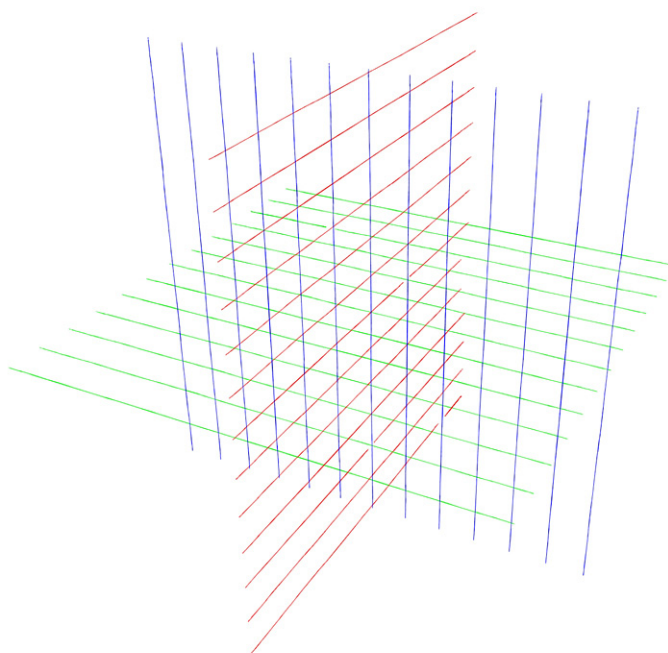


Obr. 35: Varianta dlouhého svítidla



Obr. 36: Varianta s osovým křížem

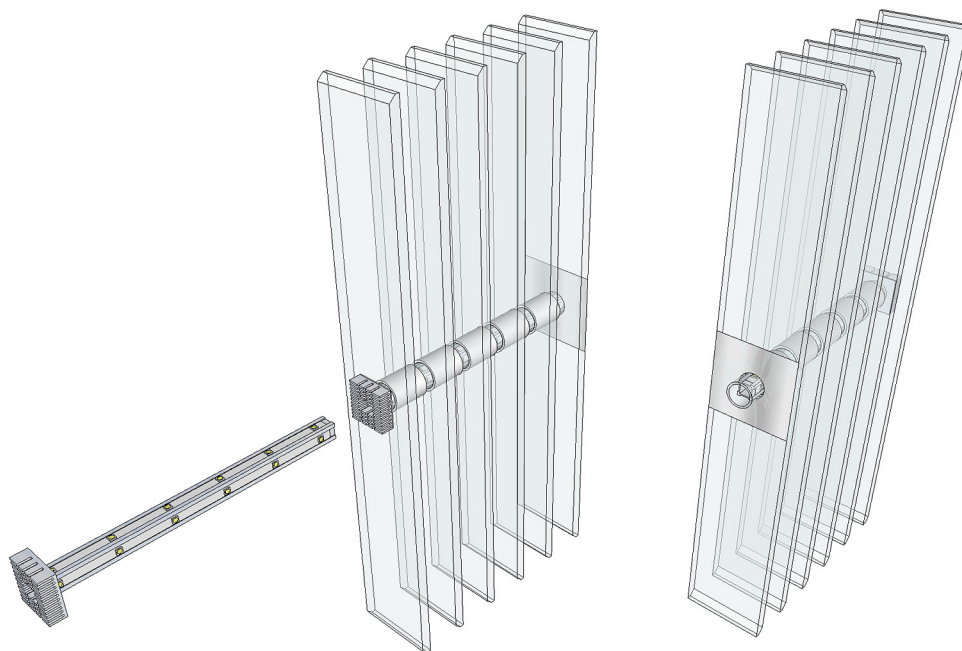
Základním principem svítidla je osový kříž $x y z$ se společným průsečíkem ve středu lustru. Tyto osy spolu vzájemně svírají pravé úhly. Každou ze tří os jsem se rozhodl duplikovat v logickém rozestupu. Opakováním tohoto principu na všech třech osách vznikl hlavní geometrický princip mé práce. Ve výsledku se tedy jedná o tři roviny, které tvoří osově symetrický lineární rastr k osám $x y z$.



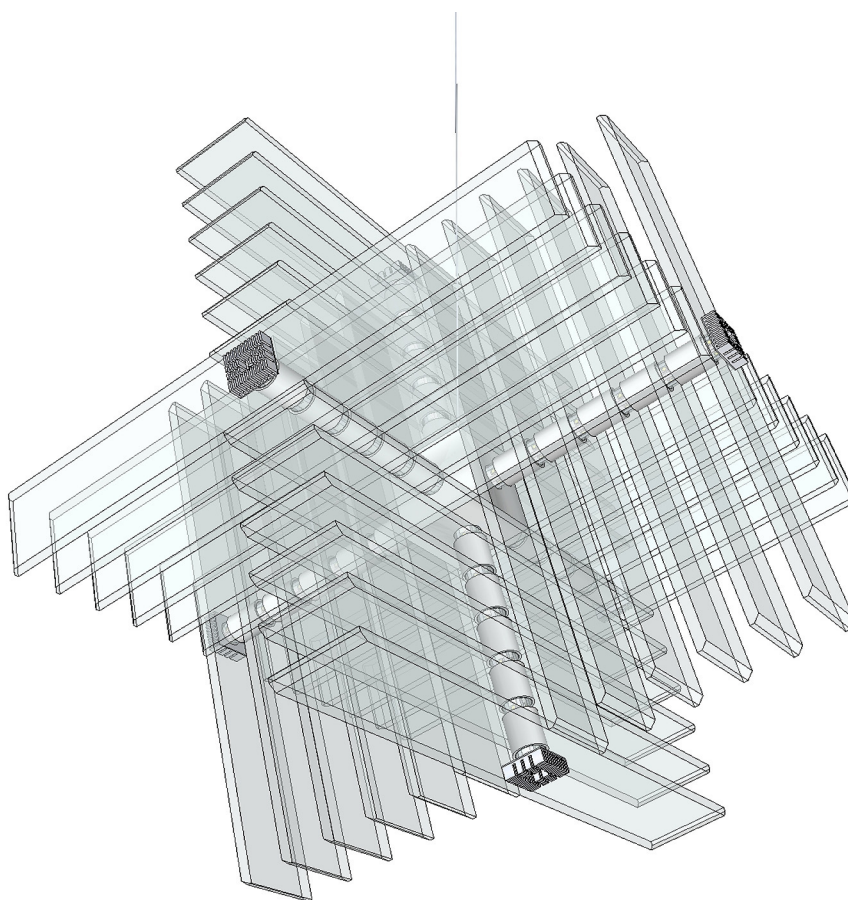
Obr. 37: Schéma lineárního rastru podle osového kříže

Na základě tohoto rastru jsem nahradil všech třináct linií v každé ze tří os plexisklovými žebry, které ve finálním svítidle povedou světlo (viz obr. 35). Pouze středové linie vzniklých rovin bude tvořit komponent – kříž se zdrojem světla. Tento kříž měl původně tvarově i rozměrově odpovídat akrylátovým žebřům. Později však tyto ploché středové osy nahradil kříž tvořený z plexisklových trubíc. Toto konstrukční řešení je vhodnější především z hlediska osazení světelným zdrojem.

Pro stanovení ideálních poměrů celé tvarové kompozice jsem využil nekonečné posloupnosti přirozených čísel, tzv. Fibonacciho čísel: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55 atd. Rozměr celého svítidla je 55×55 cm. Logicky je tedy rozměr každého jednotlivého žebra 55×8×1 cm. Počet linií v každé ose je 13. Využitím této úžasné matematické logiky jsem chtěl dosáhnout vyvážené a fungující tvarové kompozice.

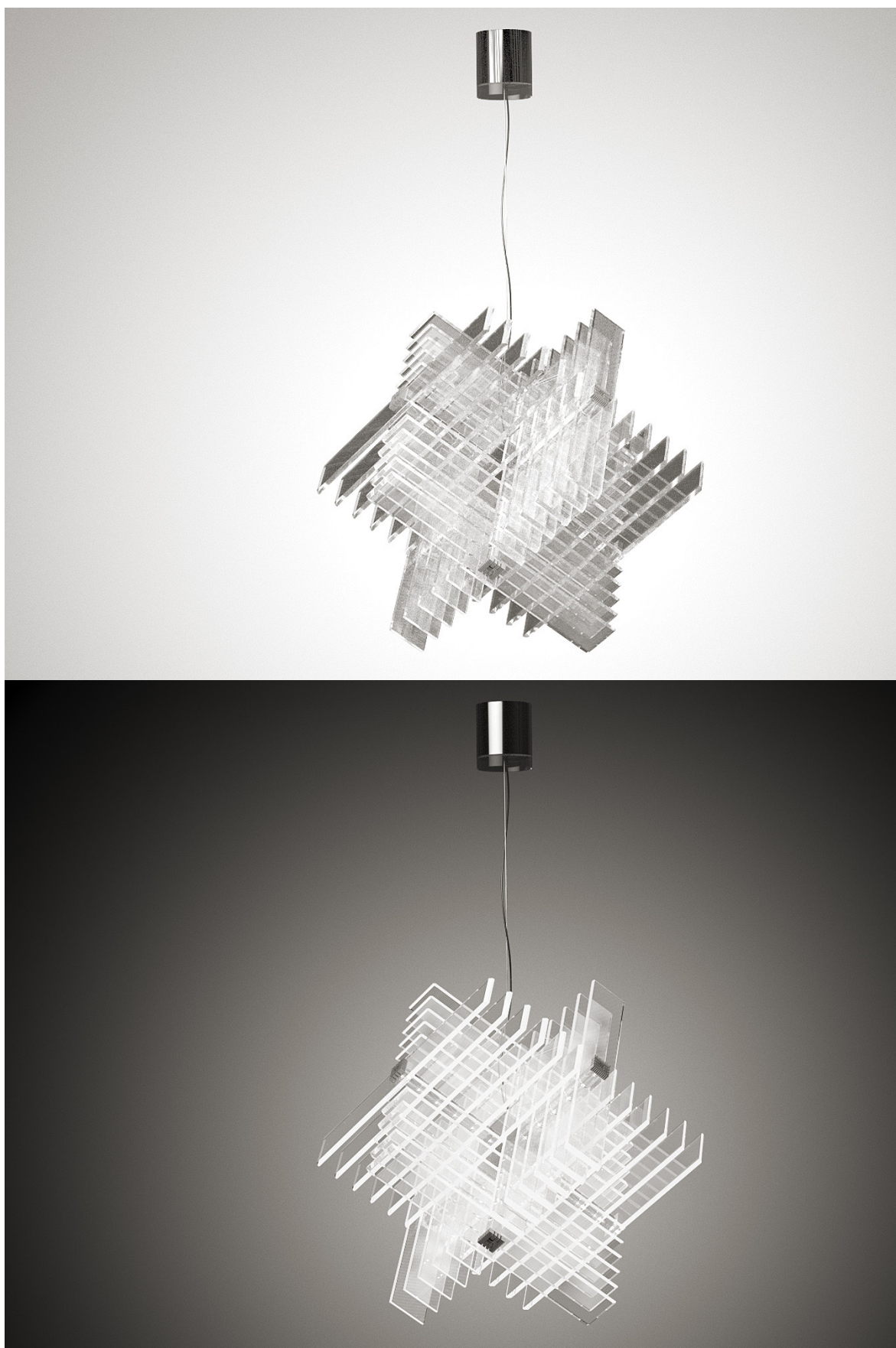


Obr. 38: Základní segment, ze kterého je sestaveno celé svítidlo, pohled zepředu a zezadu, včetně pohledu na osvětlovací LED komponent s chladičem



Obr. 39: Pohled na finální konstrukci

5 VIZUALIZACE FINÁLNÍHO ŘEŠENÍ

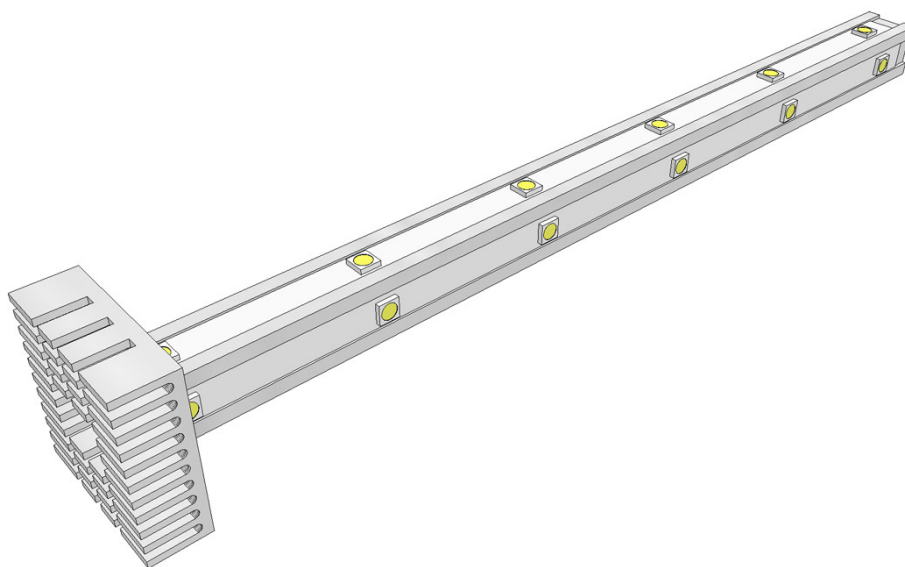


Obr. 40: Vizualizace zhasnutého a rozsvíceného lustru

6 ERGONOMICKÁ STUDIE

6.1 Elektroinstalace

Svítidlo, jak už bylo řečeno, je určeno jako hlavní zdroj světla do obytného prostoru. Lustr je osazen šesti osvětlovacími LED komponenty. Tento komponent je každý osazen 24 kusy LED Cree. Příkon jednoho takového komponentu je 6 W a jeho světelný tok dosáhne 780 lm. Celé svítidlo tak dosahuje maximální spotřeby 36 W a světelného toku až 4680 lm. Pro porovnání, běžná 100 W žárovka dosahuje okolo 1500 lm. Každý z šesti osvětlovacích komponentů se dá uchopením za chladič vyjmout ze svítidla a nahradit novým. Pro dosažení maximálního světelného komfortu je osvětlení vybaveno dálkově ovládaným stmívačem. Teplota světla se pohybuje okolo 4800 K, tzn. denní bílá. Celé osvětlení napájí trafo Keytec 60 W, 5 A, 12 V, které je skryto společně se stmívačem ve stropní přírubě.

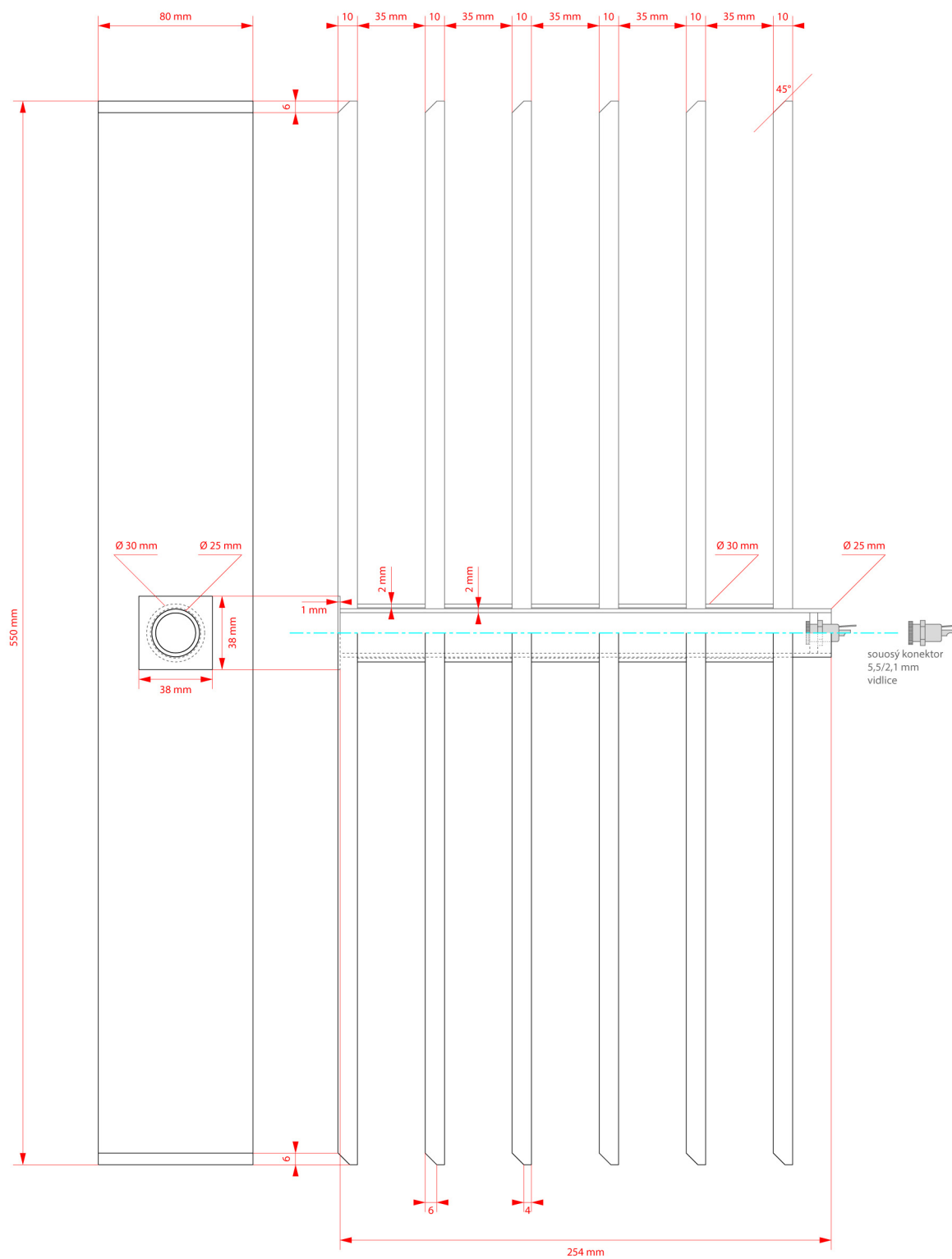


Obr. 41: Osvětlovací komponent osazený 24 kusy LED Cree a hliníkovým chladičem

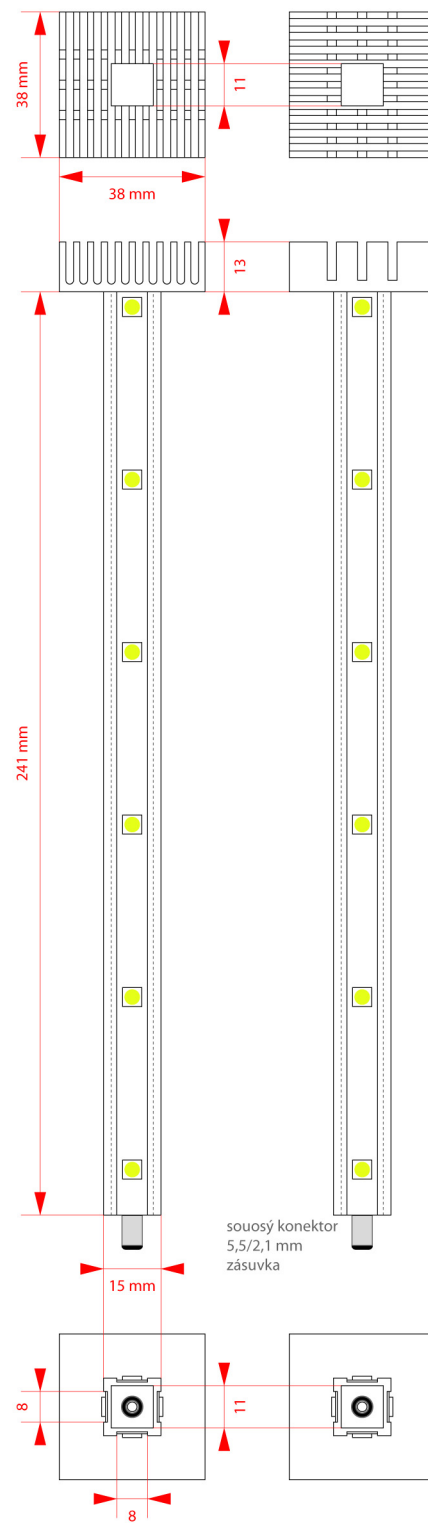
6.2 Montáž

Váhu celého svítidla nese příruba z nerezové oceli, která je připevněná ke stropu. Váha lustru je 13 kg. V této stropní přírubě je nainstalováno trafo a stmívací jednotka. Po zavěšení lustru do ocelové příruby za pomoci ocelového lanka a propojení výstupu elektrického napětí se svítidlem se přes celou přírubu navlékne kryt z plexiskla. V krytu jsou otvory, aby mohlo teplo vzniklé zahříváním trafo volně unikat.

7 TECHNICKÁ DOKUMENTACE



Obr. 42: Technický výkres základního segmentu



Obr. 43: Technický výkres osvětlovacího komponentu

8 PROTOTYP



Obr. 44: Svítidlo RADIATO v interiéru

9 ZPRÁVA ZAHRNUJÍCÍ CELÝ PROCES PRÁCE

9.1 Výroba akrylátových komponentů

Celé svítidlo se skládá z 36 kusů žeber 550×80×10 mm, z 30 kusů vymežovacích trubiček o průměru 30 mm a délce 35 mm a 6 kusů nosných trubíc o průměru 25 mm a délce 254 mm. Dále pak z akrylátového skla je také kryt, který zakrývá stropní přírubu.

Na výrobu žeber jsem připravil data ve formátu DXF, ze kterých se laserem vyřežou požadované tvary. Technologii LGP bude do žeber vygravírován rastr světlovodivých bodů. Další operací je vytvoření úkosu na obou kratších stranách žeber pod úhlem 45°. Toto se provádí na CNC obráběcím centru. Povrch takto frézovaných hran se finalizuje diamantovou frézou.

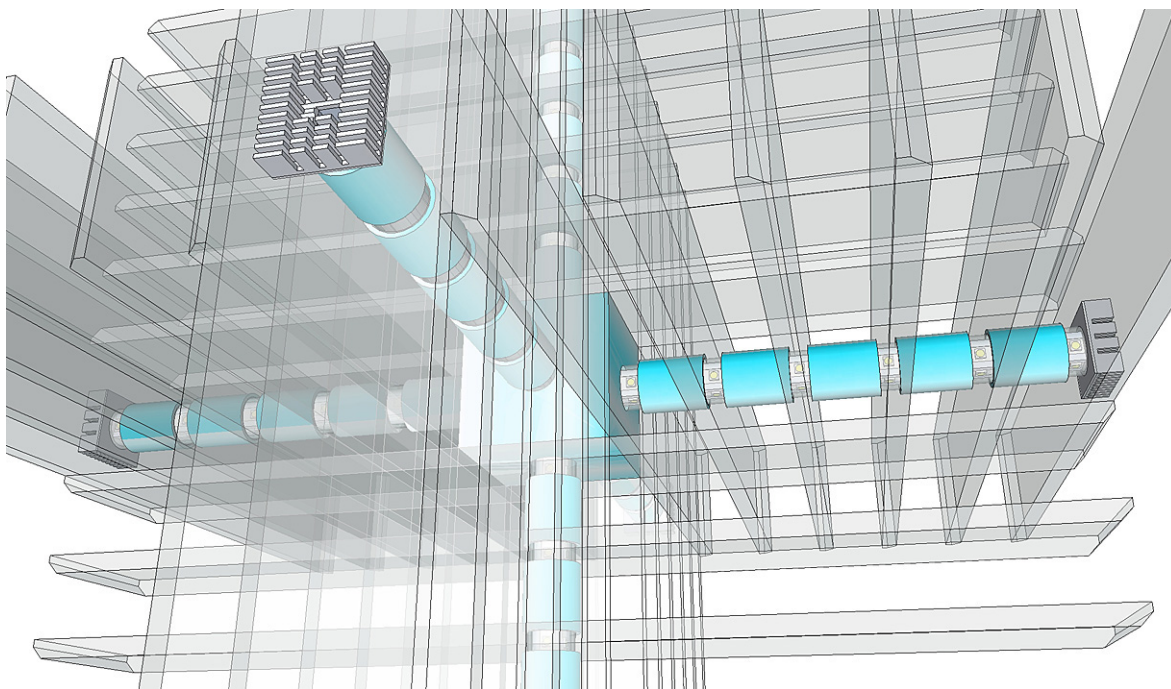
V šesti kusech krajních žeber je okolo středového otvoru laserově vygravírována prohlubeň, do které zapadne hliníkový chladič osvětlovacího tělesa, tím je zaručeno správné natočení celého LED tělesa.

Takto připravené díly se ještě musí temperovat v peci. Při řezání laserem totiž dojde v místech řezu ke změně povrchového pnutí. Při lepení může pak dojít k rozpraskání povrchu. Temperováním se toto pnutí odstraní. Žebra se temperují při 80 °C po dobu 3 hodin.

Akrylátové trubice o průměrech 25 a 30 mm a síle stěny 2 mm se dají koupit jako hotový polotovar. Je potřeba je pouze nakrátit na požadované rozměry. K tomu jsem opět využil CNC obráběcí centrum, aby byla zaručena absolutní přesnost a kolmost řezu. Stejným způsobem je z trubice o průměru 110 mm připraven i kryt stropní příruby. Do tohoto krytu jsou následně ještě vyfrézovány otvory pro odvod tepla z trafa. Zaslepen je z jedné strany vyříznutým kruhem z 4 mm silného plexiskla. Tento kruh je do trubice vlepen.

Poslední operací na akrylátových dílech je vakuové pokovení částí některých dílů. Pokoveny jsou vymežovací trubičky, a to pouze uvnitř, aby zůstala patrná optika plexiskla. Tyto trubičky tak slouží nejen jako vymežující prvek mezi jednotlivými žebry, ale také díky pokovu zakrývají pohled na hliníkovou část osvětlovacího tělesa. Dále je pak vakuově pokoveno šest vnitřních žeber, a to pouze v místě, kde ve středu lustru vytvářejí prostor ve tvaru krychle, uvnitř kterého se skrývá elektroinstalace. Poslední pokovenou akrylátovou částí je kryt stropní příruby, opět pouze uvnitř. K pokovení dílů je využito metody vakuového napařování kovů. Napařovaným kovem byl zvolen hliník, tím se dosáhne

zrcadlově lesklého povrchu. Protože při této technologii by byl díl vložený do napařovacího zařízení pokoven celý, bylo nutné místa na dílech, která neměla být pokovena vymaskovat. Tato místa se zakryla pomocí speciálního krytovacího laku a krytovacích pásek. Po pokovu byly odstraněny a pokov tak zůstal pouze na určených místech. Vakuové pokovení bylo realizováno ve společnosti Preciosa a. s., v závodě 4 v Turnově.



Obr. 45: Modře zvýrazněné vakuově pokovené části, vymezovací trubičky a středový prostor ve tvaru krychle

9.2 Zdroj světla a elektroinstalace

K dosažení maximálního světelného účinku jsem se rozhodl pro výrobu světelného zdroje na zakázku, přímo pro toto osvětlení. Ke konzultacím a realizaci LED zdroje jsem využil znalostí pana inženýra Lehkého z firmy CZ Patriot s. r. o. z Jablonce nad Nisou. Na základě těchto konzultací byla zadána výroba pásků osazených výkonnými LED čipy Cree. Tyto diody jsou na pásku rozmístěny přesně tak, aby následně světlo z nich přecházelo přímo do jednotlivých žeber. Jádrem osvětlovacích komponentů tvoří čtvercový hliníkový profil 20×20 mm o tloušťce stěny 2 mm. Tloušťka stěny 2 mm umožnila vyfrézování milimetr hlubokých drážek na každé straně 235 mm dlouhého profilu. Do těchto drážek jsou následně umístěny čtyři LED pásky. Dutina uvnitř profilu slouží mimo jiné částečně pro odvod vzniklého tepla a také jako prostor pro elektroinstalaci nutnou k propojení jednotlivých pásků. Na jednom konci takto osazeného profilu je umístěn pasivní hliníkový

chladič, který napomáhá odebírat teplo ze zahřátého profilu mimo uzavřenou oblast a mírně tak zlepšuje chlazení samotných LED pásků. Tento chladič je k profilu přilepen pomocí dvousložkového teplovodivého lepidla. Na druhém konci celého osvětlovacího komponentu je do profilu osazen napájecí souosý konektor 5,5/2,1 mm – zásuvka, který slouží jako přívod elektrické energie. Oba hliníkové díly, profil i chladič jsou eloxované.

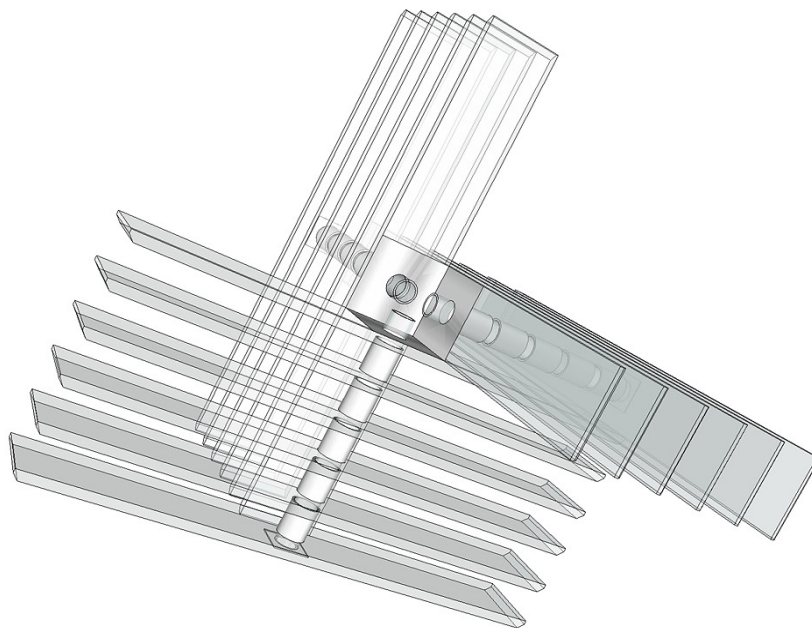
Ve středu lustru, ve vzniklém krychlovém prostoru 80×80×80 mm, jsou na všech stranách krychle také umístěny napájecí souosé konektory 5,5/2,1 mm – vidlice, do kterých se zasunují konektory z osvětlovacích komponentů. Uvnitř tohoto prostoru je všech šest konektorů propojeno a ústí odtud kabel ke zdroji elektrického proudu – trafu.

Stropní příruba je vyrobena z 1,5 mm silného nerezového plechu. Tvar příruby je opět zkonstruován v počítači a výsledná data ve formátu DXF jsou předána na výpal laserem. Po výpalu je dále příruba naohýbána a svařena do požadovaného tvaru. Do vypálených otvorů jsou vyřezány závity pro šrouby, které drží trafo a stmívač. Příruba byla zadána k realizaci do firmy Nerrox s. r. o. v Jablonci nad Nisou. Příruba je osazena trafem, stmívačem a je v ní zapojena elektroinstalace.

9.3 Montáž a kompletace

Nejprve bylo nutné zkompletovat šest tzv. základních segmentů (viz obr. 38), z nichž je celý lustr následně sestaven. K nosné trubici o průměru 25 mm se nalepí krajní žebro s vyfrézovanou prohlubní. Poté se za první žebro na trubici navlékne vymežovací trubička a navlékne se druhé žebro, to se opět zalepí. Takto se postupuje až k poslednímu šestému žebro. Posledním žebrem je to, které je částečně okolo otvoru pro nosnou trubici vakuově pokoveno. K lepení se používá speciální lepidlo Acrifix MO na bázi rozpouštědla. Lepidlo se nanáší do spár speciální pipetou. Díky jeho hustotě, která téměř odpovídá hustotě vody do spár dokonale navzlíná a po vytěkání vytvoří dokonale pevný a neviditelný spoj.

Z těchto segmentů se dále slepí dva hlavní díly svítidla (viz obr. 46) vždy ze třech základních segmentů. V těchto dvou hlavních dílech se uvnitř zapojí elektroinstalace. Propojí se vzájemně mezi sebou napájecí souosé konektory 5,5/2,1 mm – vidlice a vyvede se napájecí kabel. Také se do jednoho z hlavních dílů nainstaluje závěsné lanko z nerezové oceli o průměru 2 mm. Následně se oba díly slepí k sobě do tvaru kompletního lustru. Celý lustr se vzájemně prolepi v místech, kde jednotlivá žebra k sobě dosedají.



Obr. 46: Hlavní díl

9.4 Instalace

Na strop o dostatečné nosnosti se vhodným spojovacím materiálem připevní ocelová stropní příruba a zapojí se přívod elektrického proudu 220 V. Za oko na konci ocelového lanku se zavěsí lustr do příruby. Případně se upraví jeho délka na požadovaný rozměr. Délka lanku je v tuto chvíli nastavena na 100 cm. Do 12 V výstupu se napojí kabel vedoucí z lustru. Po ocelovém lanku se směrem vzhůru nasune přes stropní přírubu plexisklový kryt a upevní se aretačním šroubem. Následně se do šesti otvorů ve svítidle zasunou osvětlovací komponenty (viz obr. 41). Tím je lustr připraven ke svícení. Intenzitu světla si můžeme měnit dálkovým ovladačem stmívače.

9.5 Cenová kalkulace

Ceny v tabulce jsou uvedeny s ohledem k výrobě prototypu. Reálné ceny při výrobě malé série těchto lustrů by se pravděpodobně snížily. Ceny v tabulce jsou uvedeny bez DPH.

Tab. 1. Výrobní cena osvětlení RADIATO

	<i>materiál</i>	<i>práce</i>
akrylátové sklo	6 200,-	7 200,-
duralové komponenty	1 020,-	520,-
nerezové komponenty	230,-	600,-
vakuové pokovení	250,-	1 240,-
LED	3 000,-	1 800,-
elektroinstalace	2 830,-	2 100,-
montáž	0,-	3 000,-
balení	750,-	900,-
celkem	14 280,-	17 360,-

Cena celkem 38 284,- Kč včetně DPH (31 640,- bez DPH)

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

DUCHÁČEK, Vratislav. Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití (3. přepracované vydání). Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2011. ISBN 9788070807880

KOLESÁR, Zdeno. Kapitoly z dějin designu. Praha: Vysoká škola uměleckoprůmyslová, 2004. ISBN 80–868–6303–4

KOLESÁR, Zdeno. Nové kapitoly z dějin dizajnu. Bratislava: Slovenské centrum dizajnu, 2009. ISBN: 978–80–970173–1

NORMAN, Donald A. Design pro každý den. Praha: Dokořán, 2010. ISBN 987–80–7363–314–1

www.vse.sk

www.technet.idnes.cz

www.vybojky-zarovky.cz

www.cs.wikipedia.org

www.titan-multiplast.cz

www.holzher-evolution.com

www.lao.cz

www.seilaser.eu

www.sandermulder.com

www.qisdesign.cz

www.danish-lights.com

www.studiofini.info

www.moderndesign.org

www.bulbing-light.com

www.futuretro-design.com

www.classic-modern.co.uk

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

UTB	Universita Tomáše Bati
s. r. o.	společnost s ručením omezeným
a. s.	akciová společnost
př. n. l.	před naším letopočtem
tzv.	tak zvaný
atd.	a tak dále
aj.	a jiné
resp.	respektive, popřípadě
obr.	obrázek
USA	Spojené státy americké
PVC	polyvinylchlorid
PMMA	polymethylmethakrylát – akrylátové sklo
LED	Light-Emitting Diode – dioda emitující světlo
LGP	Light Guide Panel – světlovodivý panel
CNC	Computer Numeric Control – číslicové řízení počítačem
DXF	Drawing Exchange Format, CAD formát vyvinutý firmou Autodesk
CAD	Computer-aided Design, počítačem podporované projektování
CO ₂	oxid uhličitý
°C	Celsiův stupeň
kg	kilogram
cm	centimetr
mm	milimetr
W	watt, elektrický výkon
V	volt, elektrické napětí
A	ampér, elektrický proud
lm	lumen, světelný tok
K	kelvin, barevná teplota světla
DPH	daň z přidané hodnoty

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Návrh loga a obalu svítidla RADIATO	9
Obr. 2: Zdeněk Burian, ilustrace z Velkého obrazového atlasu pravěkého člověka	11
Obr. 3: Elektrický oblouk, demonstrace obloukového efektu.....	13
Obr. 4: Veřejné osvětlení lineárními zářivkami.....	14
Obr. 5: Modrá LED.....	15
Obr. 6: Henri Victor Regnault.....	16
Obr. 7: Polymethylmethakrylát.....	17
Obr. 8: Claus Bolby, „Strandby Praestekrave“	18
Obr. 9: Claus Bolby, „Symfoni“	19
Obr. 10: Claus Bolby, svítidla z Cebo Industries.....	19
Obr. 11: Gianfranco Fini, „Interior“ pro New Lamp.....	20
Obr. 12: Gianfranco Fini, „Quasar“ pro New Lamp.....	20
Obr. 13: Gianfranco Fini, „Spaziale Lamp“ pro New Lamp.....	21
Obr. 14: Gianfranco Fini, varianta „Spaziale Lamp“ pro New Lamp.....	21
Obr. 15: Sander Mulder, lustr „Therese“	22
Obr. 16: Sander Mulder, stojací lampa „Josephine“	23
Obr. 17: Sander Mulder, stolní lampa „Marie-Louise“	23
Obr. 18: Jamie Barrett, „Naturesynth 2“	24
Obr. 19: Jamie Barrett, „Keroroom Reflect 2“	24
Obr. 20: Nir Chehanowski, „BULBING – Spiral“	25
Obr. 21: Nir Chehanowski, „BULBING Lamp“	25
Obr. 22: QisDesign, „Coral“	26
Obr. 23: Plně automatická vertikální formátovací pila Holzher Cut 1280, tuto pilu používá firma TITAN – MULTIPLAST.....	27
Obr. 24: Princip podsvícení LGP v porovnání s totálním odrazem světla.....	29
Obr. 25: CO2 Laser Mercury od italského výrobce SEI Laser, na tomto zařízení realizují svou práci ve firmě TITAN – MULTIPLAST.....	29
Obr. 26: CNC obráběcí centrum Morbidelli.....	30
Obr. 27: Automatický ohýbací stroj Wegener BM 305 A.....	31
Obr. 28: Prvotní kresebné návrhy.....	33
Obr. 29: Prvotní kresebné návrhy.....	34
Obr. 30: Prvotní kresebné návrhy.....	35

Obr. 31: Prvotní kresebné návrhy.....	36
Obr. 32: Prvotní kresebné návrhy.....	37
Obr. 33: Kresba finálního řešení.....	38
Obr. 34: Kresba základního segmentu.....	38
Obr. 35: Varianta dlouhého svítidla.....	39
Obr. 36: Varianta s osovým křížem.....	39
Obr. 37: Schéma lineárního rastru podle osového kříže.....	40
Obr. 38: Základní segment, ze kterého je sestaveno celé svítidlo, pohled zepředu a zezadu, včetně pohledu na osvětlovací LED komponent s chladičem.....	41
Obr. 39: Pohled na finální konstrukci.....	41
Obr. 40: Vizualizace zhasnutého a rozsvíceného lustru.....	42
Obr. 41: Osvětlovací komponent osazený 24 kusy LED Cree a hliníkovým chladičem.....	43
Obr. 42: Technický výkres základního segmentu.....	44
Obr. 43: Technický výkres osvětlovacího komponentu.....	45
Obr. 44: Svítidlo RADIATO v interiéru.....	46
Obr. 45: Modře zvýrazněné vakuově pokovené části, vymežovací trubičky a středový prostor ve tvaru krychle.....	48
Obr. 46: Hlavní díl.....	50

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Výrobní cena osvětlení RADIATO.....	50
---	----

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P 1: Plexiglas XT® – základní informace

Příloha P 2: Plexiglas XT® – technické informace

PŘÍLOHA P 1: PLEXIGLAS XT® – ZÁKLADNÍ INFORMACE

Desky z extrudovaného plexiskla (PMMA) PLEXIGLAS® XT

ZÁKLADNÍ INFORMACE

Kompaktní desky, trubky a tyče z plexiskla (PMMA) PLEXIGLAS® XT se vyznačují především vysokou propustností světla, vysokou odolností vůči UV záření, snadnou opracovatelností a příznivou cenou. To z něj dělá materiál použitelný v mnoha odvětvích především ve stavebnictví, osvětlovací technice a v reklamě. Plexisklo má 10x vyšší rázovou houževnatost v porovnání se sklem a zároveň je o 50% lehčí.

EXTRUDOVANÉ PLEXISKLO - označení XT

Cenově příznivý materiál s vysokou přesností tolerance tloušťky materiálu, při obrábění náchylnější ke vzniku napěťových trhlin vlivem většího vnitřního prnutí v materiálu, což se může projevit ve formě vlasových trhlinek např. vohybu nebo v lepeném spoji. Tento jev se dá odstranit temperancí materiálu. Výhodou je nižší cena než u litého plexiskla.

STANDARDNÍ ROZMĚRY

Formáty (mm)	2050 x 3050
Tloušťky	1,5 2 3 4 5 6 8 10 12 15 20 25
Odstín	čirý, opál nebo široká paleta odstínů na vyžádání

TECHNICKÉ PARAMETRY

		Norma	Jednotka	Hodnota
Hustota		ISO 1183	kg/m ³	1,19
Propustnost světla		ISO 13468-1	%	92
Absorbce vody (24h, 23°C, 50% RH)		ISO 62	%	2,1
Zvuková izolace	4 mm	DIN 52210-75	dB	26
	6 mm	DIN 52210-75	dB	30
	15 mm	DIN 52210-75	dB	32
Tepelná izolace	3 mm	DIN 4701	W/m ² K	5,6
Tepelná odolnost			°C	70
Minimální poloměr ohybu			mm	330 x tloušťka
Hořlavost stavebních materiálů		DIN 4102	klasifikace	B2
Modul pružnosti v tahu		ISO 527	%	4,5
Koeficient tepelné roztažnosti		DIN 53752	mm/m°C	0,07

PLEXIGLAS Satinice

- pískovaný povrch
- zvýšená rázová houževnatost
- široká paleta barev
- interiérové aplikace, design

PLEXIGLAS Soundstop

- protihlukové stěny v tloušťkách 12, 15, 20 mm
- splňuje certifikaci dle ČSN EN 14388

PLEXIGLAS Struktura

- strukturovaný povrch
- snadné opracování a údržba
- výplně dveří, sprchové kouty, nábytek

PLEXIGLAS Alltop

- komůrkové provedení s vynikající světelnou propustností
- zastřešení teras, zimní zahrady, skleníky

PLEXIGLAS Resist

- zvýšená odolnost vůči nárazu a povětrnostním vlivům
- krytování strojů a bezpečnostní zasklení

VLASTNOSTI

- výborná odolnost vůči UV záření a povětrnosti
- velmi dobrá propustnost světla 92%
- dobrá odolnost proti rázům
- snadná opracovatelnost
- možnost ohýbání za tepla, lepení a leštění hran
- dobré zvukové a tepelně izolační vlastnosti
- tolerance tloušťky +/- 5% tloušťky desky
- v souladu s DIN EN ISO 7823-2

POUŽITÍ

- protihlukové stěny, kopule světlíků
- dělicí příčky, prosklení dveří
- zastřešení přístřešků
- vybavení interiérů
- domácí a průmyslová svítidla
- kryty strojů
- obchodní regály, stojany,
- světelné grafické panely

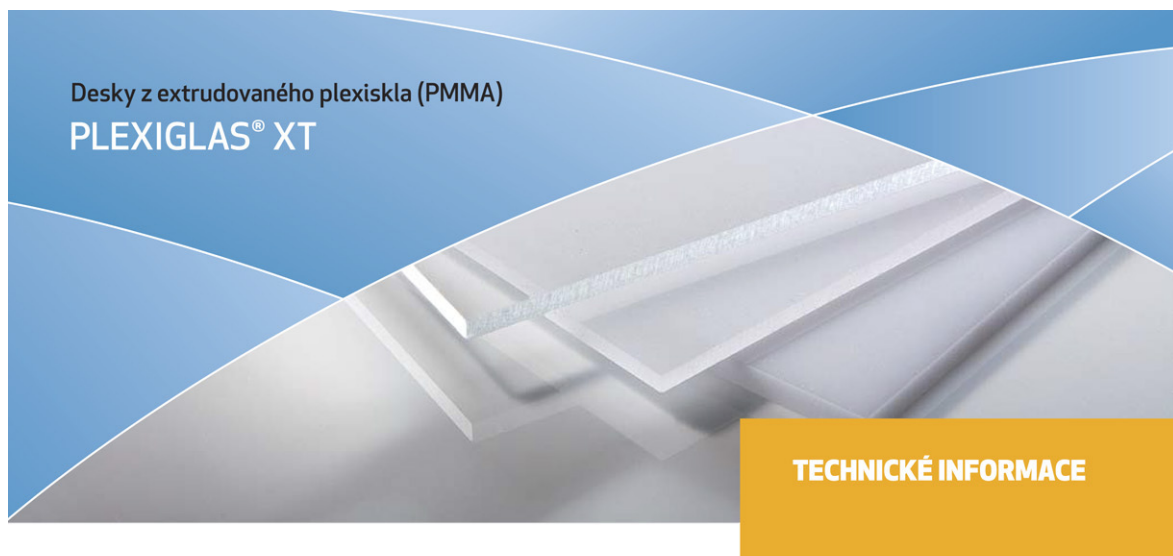
STAVEBNICTVÍ

PRŮMYSL A STROJÍRETNOST

REKLAMA

OBALY A LOGISTIKA

PŘÍLOHA P 2: PLEXIGLAS XT® – TECHNICKÉ INFORMACE



Desky z extrudovaného plexiskla (PMMA)
PLEXIGLAS® XT

TECHNICKÉ INFORMACE

ZPRACOVÁNÍ PMMA DESEK

ŘEZÁNÍ

stolní nebo ruční kotoučovou pilou s nezkiřženým pilovým zubem (řezné zuby v zákrytu). Při řezání desek síly 4 mm a silnější by rozteč zubů měla být 13 mm. Při řezání je dobré chladit vodou nebo vzduchem. Zuby řezného kotouče by měly vyčnívat těsně pod povrch desky.

LÁMÁNÍ

je možno u desek tloušťky max. 3 mm a délky max. 500 mm.

VRTÁNÍ

pomocí běžných kuželových nebo obvyklých spirálových vrtáků s úhlem 60 až 90°.

OBRÁBĚNÍ

pomocí frézy, řezacího plotru nebo laseru.

TEPELNÉ TVÁŘENÍ A OHÝBÁNÍ

tvářecí teplota 150 - 160°C. Jako tepelný zdroj pro bodový ohřev slouží topná spirála, pro celkový ohřev tepelná pícka. Čas ohřevu je závislý na síle materiálu.

OHÝBÁNÍ ZA STUDENA

minimální poloměr ohybu za studena $r_{min} = 330 \times$ síla materiálu.

LEPENÍ

pomocí lepidel ACRIFIX jedno nebo dvousložkových. Nanášet injekční stříkačkou, lepené plochy ihned po vystoupení bublin spojit.

Barva	Označení	Odstín **	Propustnost světla (%)	Formát (mm)	Tloušťka (mm)
Číré	OA000		92	2050x3050	1,5, 2,3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25
Opálové	WN670		78	2050x3050	2,3,4
	WN370		44		3
	WN770		45		2,3,4,5
	WN070		30		2,3,4,5
	WN970		24		3,4
	WN297		3		3,5
Barevné	Yellow 1N870		22	2050x3050	3
	Yellow 1N270		17		3
	Cream 1N370		28		*
	Orange 2N170		6		3
	Red 3N570		2		3
	Red 3N670		2		3
	Blue 5N870		5		3
	Blue 5N370		7		3
	Green 6A112		91		*
	Green 6N570		19		3
	Brown 8A470		62		*
	Brown 8A570		14		3
	Brown 8A870		52		*
Grey 7A670		71	3		
Black 9N870		0	2,3,5,6,8,10		

* Dostupné na dotaz

** Zobrazené odstíny jsou orientační a liší se dle uváděné propustnosti světla

LEŠTĚNÍ

je možné ručně i strojově na povrchu nebo hranách, pouze za použití doporučených leštících past.

DOPLŇKOVÝ SORTIMENT

TRUBKY - vnější průměr 5-500 mm, ve standardní délce 2000 mm

TYČE - průměr 2-100 mm, ve standardní délce 2000 mm

PROFILY - hranaté tyče

LEPIDLA - ACRIFIX 1S 0116, 1S 0117

ČISTIČÍ a LEŠTÍČÍ PASTY

TITAN-MULTIPLAST s.r.o.
Jablonecká 1379, 468 51 Smržovka
Czech Republic

tel.: +420 483 360 060
fax: +420 483 360 063

email: info@titan-multiplast.cz
web: www.titan-multiplast.cz

PLAST CENTRUM WWW.TITAN-MULTIPLAST.CZ ■ SPECIALISTA NA PLASTY