

# Příběh skleněné tvárnice

Bc. Gabriela Liebelová

---

Diplomová práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta multimediálních komunikací

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta multimediálních komunikací

Kabinet teoretických studií

akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Gabriela LIEBELOVÁ**  
Osobní číslo: **K09228**  
Studijní program: **N 8206 Výtvarná umění**  
Studijní obor: **Multimedia a design – Průmyslový design**

Téma práce: **Příběh skleněné tvárnice**

Zásady pro vypracování:

**Teoretická část:**

- 1. Historický vývoj a použití skleněných tvárníc v architektuře.**
- 2. Technologie výroby skleněné tvárnice.**
- 3. Možnosti využití ateliérové tvorby skleněné tvárnice.**

**Praktická část:**

- 1. Návrhové skicy.**
- 2. Kresebné návrhy v několika variantách.**
- 2. Propracování vybraných návrhů.**
- 4. Definitivní řešení.**
- 5. Zdůvodnění navrženého řešení.**
- 6. Definitivní řešení modelu v měřítku 1:1.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

**Kulka, Jiří. Psychologie umění. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008.**

**ISBN 978-80-247-2329-7.**

**Hornáková, Ladislava. Fenomén Baťa zlínská architektura 1910-1960. Zlín:**

**Krajská galerie výtvarného umění, 2009. ISBN 978-80-85052-77-0.**

**Havlová, Ester. Český architektonický kubismus. Praha: Concept and text, 2006.**

**ISBN 80-239-8368-7.**

Vedoucí diplomové práce:

**prof. ak. soch. Pavel Škarka**

Ústav prostorového a produktového designu

Datum zadání diplomové práce:

**27. listopadu 2010**

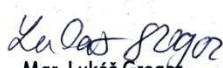
Termín odevzdání diplomové práce:

**20. května 2011**

Ve Zlíně dne 16. února 2011

  
doc. MgA. Jana Janíková, ArtD.  
děkanka



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

Ve Zlíně ..... 4/3 2011 .....

GABRIELA HERELOVA - 

Jméno, příjmení, podpis

<sup>1)</sup> 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 nevydělčně 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 rozmnožení.

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

<sup>2)</sup> 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, užíje-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).

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

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

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

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



## ABSTRAKT

Teoretická část této magisterské práce obsahuje kapitoly zabývající se sklem v architektuře, jeho historií, vznikem a vývojem skleněných stavebních tvárnic. Současně zde uvádím využití těchto stavebních výlisků na konkrétních stavbách v České republice i ve světě. Součástí je technologie výroby skleněných tvárnic, tavící a lisovací stroje a druhy sklářských forem.

Praktická část obsahuje kresebné návrhy na prostorové řešení skleněných tvárnic a dokumentaci vyrobených polystyrenových modelů v měřítku 1:1. Z těch byl vybrán jeden tvar a zrealizován ve skle. Zabývám se zde také možnostmi ateliérové výroby skleněných tvárnic.

Klíčová slova: sklo v architektuře, lisované sklo, skleněná stavební tvárnice, polystyrenový model, sklářské formy, prostorová skleněná tvárnice

## SUMMARY

The theoretical part of my dissertation contains chapters devoted to glass in architecture, its history and the creation and development of glass building blocks. That part also outlines the use of glass blocks in buildings in both the Czech Republic and abroad, and describes the technology of their production, melting and pressing machines and types of glass moulds.

The practical part contains drawings of glass blocks and documentation for polystyrene models produced in a scale of 1:1. One of the model shapes was later selected and made of glass. The part further explores the potential of small-scale production of glass blocks in ateliers.

Keywords: glass in architecture, pressed glass, glass building block, polystyrene model, glass moulds, glass block

Ráda bych poděkovala PhDr. Jitce Lněničkové za trpělivé konzultace o historii luxiků a PhDr. Miroslavu Vrátnému za technologické konzultace, informace o výrobě luxferů a exkurzi ve firmě Vitrablock v Duchcově u Teplic. Děkuji prof. akad. soch. Pavlu Škarkovi za vedení a poskytnuté rady k mé práci. Velké díky také Metodějovi, který má se mnou víc trpělivosti, než já s ním.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné. Zároveň prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a citovala jen z pramenů, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Gabriela Liebelová

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	9
<b>I. TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
1. HISTORICKÝ VÝVOJ SKLENĚNÝCH TVÁRNIC V ARCHITEKTUŘE .....	12
1.1 Počátky skla v evropské architektuře .....	12
1.2 Význam skleněných tvárníc v Japonské architektuře.....	15
1.3 Historický vývoj skleněných tvárníc .....	16
2. POUŽITÍ SKLENĚNÝCH TVÁRNIC V ARCHITEKTUŘE .....	21
2.1 Pavilon na světové výstavě v Paříži .....	21
2.2 Jurkovičův dům v Luhačovicích.....	23
2.3 Wenkeův dům v Jaroměři .....	25
2.4 Husův sbor československé církve bratrské v Praze .....	27
2.5 Ishihara house a Matsumoto house v Osace .....	28
2.6 Univerzita v Tsukubě .....	29
2.7 Maison Hermès v Tokiu .....	30
2.8 Tiberijské lázně v Pyrenejích.....	32
2.9 Univerzitní knihovna v Bilbao.....	33
2.10 Kongresové centrum ve Zlíně .....	34
3. TECHNOLOGIE VÝROBY SKLENĚNÉ TVÁRNICE .....	36
3.1 Vývoj lisovaného skla .....	36
3.2 Současná výroba skleněné tvárnice .....	37
3.3 Princip lisování skla .....	38
3.4 Tavení skla v kontinuálních vanách .....	40
3.5 Plnoautomatické lisovací stroje .....	41
3.6 Formy pro lisované sklo.....	43

3.7 Technické vlastnosti skleněné tvárnice .....	44
4. MOŽNOSTI VYUŽITÍ ATELIÉROVÉ TVORBY SKLENĚNÉ TVÁRNICE .....	48
4.1 Možnosti výroby skleněné tvárnice .....	48
4.2 Sklářské formy .....	50
4.3 Výhody skleněných tvárnic jako stavebního prvku.....	52
<b>II. PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>56</b>
5. PRVOTNÍ NÁVRHY .....	57
6. PRACOVÁNÍ VYBRANÝCH NÁVRHŮ .....	66
6.1 Polystyrenové modely .....	66
6.2 Kresebné návrhy .....	74
7. PAPIROVÉ MODELY DEFINITIVNÍHO ŘEŠENÍ V MĚŘÍTKU 1:1 .....	82
8. TECHNICKÁ DOKUMENTACE .....	83
9. REALIZACE VE SKLE.....	84
9.1 Charakteristika a složení skla.....	84
9.2 Tavení skla .....	85
9.3 Výroba a foukání do sádrové formy .....	85
9.4 Výroba a foukání do kovové formy.....	88
9.5 Chlazení skla .....	90
9.6 Broušení a lepení skla.....	90
10. DEFINITIVNÍ SKLENĚNÝ MODEL V MĚŘÍTKU 1:1 .....	93
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>99</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>100</b>
<b>SEZNAM WWW ODKAZŮ .....</b>	<b>102</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>103</b>

## ÚVOD

Glass block, glass brick, stavební sklo, skleněné tvárnice, stavební skleněné výlis-ky, stavební skleněné bloky, luxfer, luxfera, luxfere Falconiere, luxíky, architektonické sklo, technické sklo ... to jsou všechno názvy, se kterými se můžete v této diplomové práci setkat a které označují jednu skleněnou věc, jednoho tvaru ve více velikostech, a různých dekorativních obměnách. Všechny tyto názvy nejsou oficiální. Některé jsou převzaté a některé zlidověly pouze v České republice. Většina odborné literatury používá termín skleněná tvárnice, cizojazyčná literatura glass block a pojem luxfera je firemní označení pocházející z 30. let 19. století. Vše ostatní už jsou oborové pojmy. Např. termín skleněný výlisek je využíván především ve sklářském průmyslu, protože luxfera se vyrábí technikou lisování skla do kovové formy. Já jsem si nejvíce oblíbila název skleněná stavební tvárnice, protože toto slovní spojení nejlépe označuje význam svého využití.

Cílem teoretické části práce bylo zkompletovat materiály o skleněné tvárnici. Myslela jsem, že to nebude obtížné, vždyť tohoto stavebního prvku je především v České republice využito skoro všude. Kdekoliv bylo potřeba dostat přes zdivo denní světlo do interiéru, šup tam s luxferou. Nemusím podotýkat, že většinou z architektonického pohledu přinejmenším netradičním způsobem. A tak rodinné domy, obchody, větší či menší provozní haly, ploty, interiéry i exteriéry se chlubí svými skleněnými tvárniciemi nejrůznějších druhů, tvarů, velikostí a barev. Čím více použití luxferů jsem viděla, tím méně informací jsem se však o nich dozvěděla. Vydala jsem se i do jediné výrobní skleněných tvárnice v České Republice, do firmy Vitrablock v Duchcově u Teplic, kde jsem měla možnost shlédnout celý provoz. Nafotit už ne. Zážitek to však byl velkolepý. Obrovská hala se žhnoucí tavící kontinuální vanou se čtyřmi obrovskými, několik metrů dlouhými, rameny odvádějící rozžhavenou sklovinu k lisovacímu zařízení, kde se sklovina mění na sklo tvaru skleněné tvárnice.

Teoretická část diplomové práce obsahuje historický přehled použití skla v architektuře, historii výroby skleněných tvárnice a také stavby, které jsou světově více i méně známy a postaveny z převážné části, nebo celé z luxferů. Sepsala jsem zde i kompletní teorii současné výroby skleněných tvárnice. Je důležité znát celý postup výroby na automatických lisovacích linkách i s možnostmi forem, aby bylo pochopitelné, proč je možné vyrábět skleněné tvárnice pouze omezeného tvarosloví. Sklo a sklovina je krásná



hmota, nelze ji však maximálně přizpůsobit tvaru. Tvar se musí přizpůsobit možnostem materiálu. Tato skutečnost se prolíná i celou praktickou částí této práce.

V praktické části jsem řešila tvar skleněné tvárnice. V kresbách jsem rozvíjela tvarové možnosti. Z počátku jsem se zaměřila na komplexní inovaci – redesign celé luxfery. Řešila jsem pohledovou část, tloušťku luxfery v závislosti na velikosti, rádius a zaoblení luxfery, možnosti jejího využití v nepravidelné stěně atd. Záhy jsem však zjistila, že každá z těchto typů inovací je možnost na další celou práci. Věnovala jsem se tedy pouze pohledové straně skleněné tvárnice. Technické rozměry tloušťky a plochy určené ke spojování jednotlivých kusů v celek jsem ponechala. Cílem bylo z tradiční skleněné tvárnice, která je vždy plochá s dezénem nebo plochá hladká, vytvořit prostorovou záležitost. Řešila jsem základní tvar a zároveň možnosti vytvoření prostoru směrem do interiéru i exteriéru. Z kresebných návrhů tvarů hran i pohledového tvaru jsem několik vybrala a převedla do polystyrenových modelů v měřítku 1:1, v počtu několika kusů od každého tvaru. Úmyslem bylo vyzkoušet možnosti hran v prostorových tvarech. Skládáním jednotlivých tvarů luxfer vždy vznikají další meziprostory v místech spojení. Z polystyrenových modelů jsem dále vybrala dva a zrealizovala v papírových modelech a následně jeden v křišťálovém skle v měřítku 1:1.

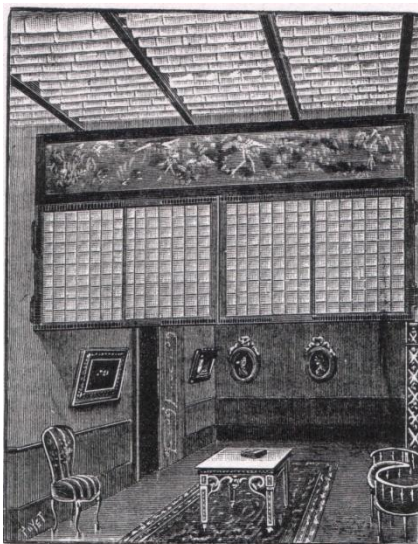
## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1. HISTORICKÝ VÝVOJ SKLENĚNÝCH TVÁRNIC V ARCHITEKTUŘE

## 1.1 Počátky skla v evropské architektuře

*Do 19. století byl ve střední Evropě vztah mezi interiérem a exteriérem vymezen ostrým přechodem neprůhledné stěny, kterou jen někdy přerušovala okna nebo dveře. Fronty městských ulic se vůči vnějšímu prostoru spíše uzavíraly.*

*Vzhled ulic nesouvisel jen s technickými možnostmi a estetickým vztahem k architektuře a stavebnictví. Zdá se, že tento vztah exteriéru a interiéru především v městském prostředí má zatím blíže nespecifikovaný vztah také ke stupni rozvoje industrializace a stupněm narušení tradiční středověké stavovské společnosti. V Anglii konce 18. století působily městské ulice zcela odlišným dojmem, než například ulice v Praze. Většina novinek souvisejících s novým pojetím výloh a pasáží přicházela z průmyslově vyspělých zemí – Anglie a USA. Jako první je přejímaly průmyslově vyspělé země tehdejší Evropy – Francie či Belgie. Teprve později se novinky propracovávaly do dosti tradicionalistické střední Evropy. První změny ve vzhledu ulic přinesl Empír a jeho zvětšené průhledy do obchodů, kdy se sklo objevovalo také v lunetách.*



Obr. 1. Interiér, 19. Století

*Do městského prostředí Evropy vstoupily v 1. polovině 19. století i pasáže. V nich se díky velkým proskleným plochám již objevovala setrvalá interakce mezi vnitřními prostory obchodů a vnějším prostorem pasáže. Sociální prostor se stal prostupnějším*

*a některá přesně daná pravidla slušného chování, která determinovala vnější a vnitřní prostor se začala zvolna narušovat a chování v pasáži i v obchodě se začalo sjednocovat.*

*V 19. století se objevuje několik dalších prvků veřejného prostoru, které pozvolna měnily interakci vnějšího a vnitřního sociálního prostoru. Byly to například nádražní haly, velké výstavní podniky v ohromných prosklených halách, knihovny či nové bankovní domy s prosklenými přepážkami.*

*Používání skla v architektuře mělo ještě v posledních desetiletích 19. století překážky, když bylo chápáno již tehdy jako materiál s vysokým technickým a estetickým potenciálem. Uplatňovalo se ale v železovém betonu a v železných konstrukcích ještě v limitované podobě. Jako příklad bychom mohli uvést Můnzbegeřův Průmyslový palác v Praze. Pro Jubilejní výstavu v roce 1891, kde železobetonovou konstrukci ještě překrývá plášť nebarokního stříhu a podobně je naloženo i se sousední výstavní budovou strojovny. Otázka skla v architektuře vždy souvisela s širší otázkou řešení přístupu světla do budov. Stavitelé a architekti byli po celá dlouhá staletí limitováni velikostí prosklených ploch, konstrukcí staveb i technickými parametry dostupného skla. S dynamickým rozvojem sklářské výroby nejrůznějších typů plochého a stavebního skla konce 19. století a s nástupem železobetonových konstrukcí se otevřely pro stavitele a architekty nové možnosti. Ty využili jako první architekti spojení s modernou a po nich v široké míře funkcionalisté. Sklo získalo v architektuře zcela nové místo. Na počátku 20. století začala do výroby foukaných tabulí postupně technika, ale tyto pokusy byly spíše ojedinělé a až do první světové války zůstávaly tabule velkých rozměrů velmi specializovanou výrobou. Například v roce 1907 dodávala sklárna v Oloví největší skla o rozměrech 240 x 140 cm. Vedle tradičního využití skla v okenních a dveřních výplních se ve střední Evropě začalo od prvního desetiletí 20. století uplatňovat sklo také v jiných souvislostech. Při výstavbě nových velkých veřejných prostor bylo třeba řešit přístup denního světla – šlo vedle různých technických a průmyslových staveb také o obchodní domy, banky, knihovny, výstavní sály či pasáže. Nově uplatňované železobetonové nebo železné konstrukce osvobodily architekty od tradičního konceptu staveb a umožnily jim odlehčit skelet stavby a uplatnit sklo ve větších plochách stěn i stropů.*

*Železobetonové a železné (ocelové) konstrukce se v kombinaci s velkými prosklenými plochami (ploché okenní sklo, skleněné duté a plné stavební tvárnice) najdeme*

v architektuře již v době před první světovou válkou (vliv chicagské školy). Šlo především o technické stavby, ale objevují se stavby obytné a reprezentační. Zde bychom zmínit například stavby francouzského konstruktéra Françoise Hennebiqua či realizace rovněž francouzských architektů Augusta a Gustava Perretů.

Ve střední Evropě uplatnil velké prosklené plochy například Otto Wagner v hale Poštovní spořitelny ve Vídni či o několik let později Adolf Loos u obchodního domu Goldman & Salatsch ve Vídni, dále to byly pavilóny výstavy německého Werkbundu v roce 1914 v Kolíně nad Rýnem, které navrhl Walter Gropius a v českých zemích například některé realizace Josefa Gočára (Wenkeův obchodní dům v Jaroměři), Otakara Novotného (Štěncův dům v Praze) či Osvalda Polívky. Mohli bychom najít řadu dalších příkladů, kdy architekti usilovali o maximální zvětšení ploch pro přístup světla.

Citace z osobních materiálů Jitky Lněničkové.



Obr. 2. Obchodní dům Goldman&Salasch ve Vídni a Štěncův dům v Praze

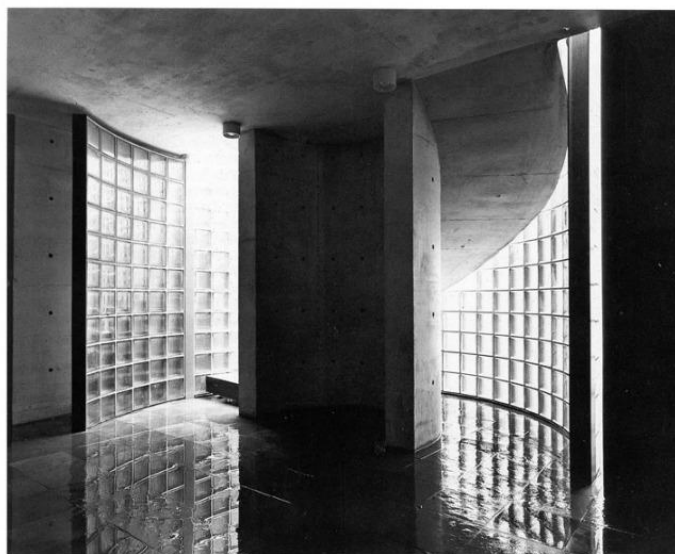


## 1.2 Význam skleněných tvárnic v Japonské architektuře

V Japonsku a severní Americe sehrál luxfer důležitou úlohu ve významných stavbách. Japonské nadšení pro sklo je fascinující ve spojení postupů přejatých ze západu s tradičním přístupem japonské architektury ke světlu. Citát Le Corbusiera „historie architektury je historií oken“ je dosti trefný, zvláště s ohledem na kulturní podmínky a historii výroby plochého skla. Pro země v zeměpisných šířkách Středomoří (cca 30°), s ohledem na klimatické podmínky, tento axiom neplatí.

Jako ekvivalent okna „západního typu“ se v japonské architektuře využívá jiných průsvitných materiálů a tak není překvapením časté využití luxferu japonskými architekty, díky podobným charakterovým vlastnostem. To vede k úvaze, že skleněné stěny v Maison de Verve byly funkční kombinací prosvětlení a zachování soukromí v neproniknutelné Paříži, a je využit v mnoha japonských domech.

Dva domy Tadaa Ando z pozdních 70.let Ishihara House a Matsumoto House jsou vytvořeny v luxferové podobě. Ishihara House má jako ústřední prvek jádro z luxferů, v Matsumoto House zase mají luxfery významný podíl na prostorové struktuře stavby.



*Obr. 3. Ishihara house*

V budově Fumihiko Maki - Ústřední budově fakulty přírodních věd a umění na univerzitě v Tsukubě byly luxfery použity také z důvodu jejich efektu.

V Arata Isozaki - odpočinkových objektech pro zaměstnance Nippon Electric Glass Company byly použity luxfery vlastní výroby pro prosvětlení stěn zaměstnanecké jídelny, tělocvičny a dalších prostor včetně vstupní haly společnosti. Byl použit krystalizovaný skleněný výrobek výrazný svou pevností a krásou.

Pro zvětšení efektu byly luxfery využity v 70 a 80. letech v několika amerických budovách a to nejen jako důsledek vývojového programu společností jako PPG. Ve Wateridge Marketing Pavilion v San Diegu v Kalifornii vytvořený WZMH Group byla použita luxferová stěna odrážející sluneční záření pro zrcadlový efekt odrážející bazén. Colemanovo centrum rekreace mládeže v Detroitu vlastněné Asociací Williama Kesslera použila luxfery namísto tabulového skla z obavy před možným zničením.

Velká expanze luxferů ovlivnila rovněž stěny Školy umění Alfreda C. Glassella Jr. a Muzea umění v Houstonu, vytvořené Morris Aubry Architects - vytvořila blyštivý povrch a dobře prosvětlený interiér.

V Evropě je příkladem využití luxferů ve Ferrari Company v Kulturním a odpočinkovém centru v Maranellu, v Itálii kde je dlouhá luxferová stěna využita jako odlehčující prvek jinak silně geometrické budovy.

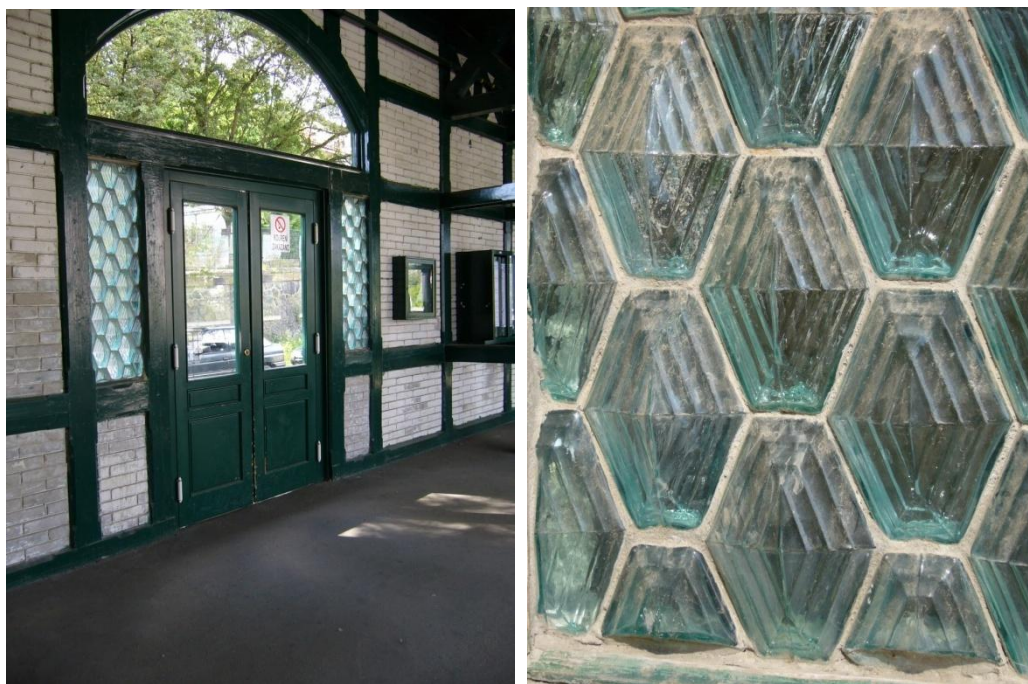
Japonsko na rozdíl od „západního“ stylu využití luxferu jako pláště využívalo velmi odlišný přístup. Shoen Yoh byl dobrým příkladem fascinace tímto materiálem.

### 1.3 Historický vývoj skleněných tvárnic

*Od 80. let 19. století se začaly v západní Evropě používat vedle již zavedených skleněných tašek stále častěji také další typy skleněných komponentů – šlo především o různé typy plných a dutých skleněných cihel a tvárnic.*

*Jeden z prvních patentů na výrobu dutých foukaných cihel (kamenů) získal Francouz Falconière v roce 1887. Tyto první duté bohatě profilované skleněné cihly (kameny) byly na rozdíl od plných litých destiček a desek poměrně křehké a podobaly se spíše lahvím. Později byly zdokonaleny, získaly zejména na pevnosti. V 90. letech 19. století již byly skleněné cihly typu Falconière používány v celé Evropě. Byly pro ně charakteristické reliéfně profilované stěny, byly nejčastěji čtyř- nebo šestihranné, případně okrouhlé. Jejich nejmenší tloušťka byly 55 mm na okrajích a směrem ke středu*

se rozšiřovaly až na tloušťku 150 mm, jejich rozměry se pohybovaly mezi 100x100 až 140x200 mm, po obvodu měly tyto cihly drážku asi 5-10 mm hlubokou a 40 mm širokou, která sloužila k lepšímu upevnění do malty. Výroba tohoto typu skla se v posledním desetiletí 19. století rozvíjela zejména ve Francii.

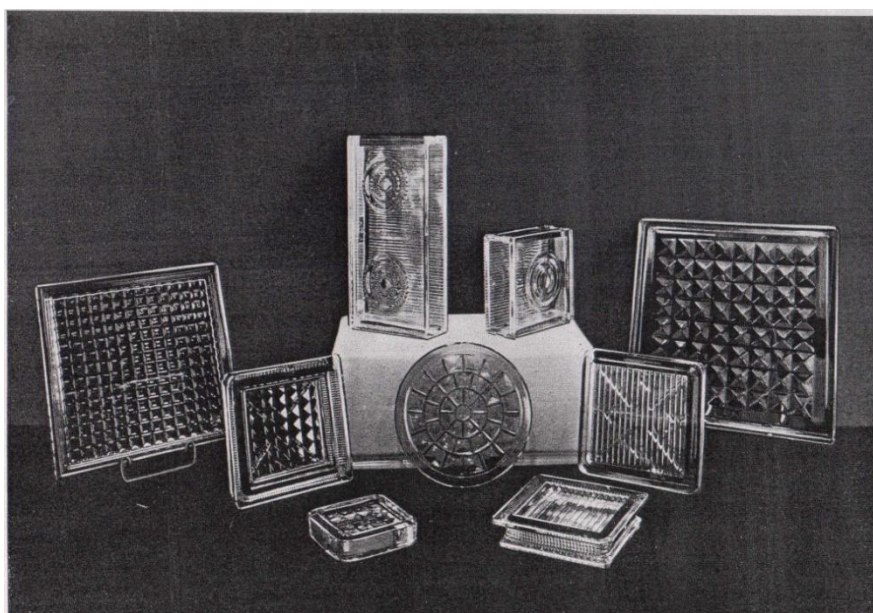


Obr.4. Duté cihly typu Falconière, Nádraží Rožtoky

Výroba dutých cihel typu Falconière je v českých zemích doložena v roce 1901 ve sklárně v Kyjově, kterou tehdy vlastnila firma S. Reich & Co., tato firma inzerovala ve svých nabídkách „skleněné kameny podle systému Falconière“ ještě těsně před první světovou válkou. Dalším pravděpodobným výrobcem dutých, zřejmě lisofoukaných cihel byla sklárna Adlerhütten v Bělině, založena roku 1899, která uváděla „skleněné cihly“ jako svou speciální výrobu v roce 1901. V Rakousku vyráběla „skleněné cihly“ v prvním desetiletí 20. století také firma Ignaz Glaser v Emmyhütte a v Moosdorfu.

Skleněné lité cihly pak v českých zemích začala po roce 1893 vyrábět sklárna firmy Akciová společnost pro sklářský průmysl, dříve Friedrich Siemens v Novém Sedle. Zde šlo patrně o starší typy litých cihel, kdy se cihly skládaly ze dvou litých polovin, které k sobě byly lepeny proužkem měkkého skla, tmely nebo roztaveným kovem (hliník, olovo). Příbuzné výrobě se věnovala také roku 1903 založená továrna vídeňské firmy G. Schode van Westrum v Podmoklech. Šlo o první továrnu specializovanou pouze na výrobu „luxferů a prizmat“ v českých zemích. Tato firma dodávala v době před první světovou válkou

destičky (tabulky) o velikosti 100x100 mm a tloušťce 4-8 mm, které byly z jedné strany zcela hladké a z druhé byly tvarovány do 20 kosočtverců a byly po obvodu obloženy asi 1 mm tlustým měděným páskem, na který se galvanickou cestou připevnilo oblé, asi 3 mm vysoké žebro. Tento výstupek zvyšoval při osazení izolační vlastnosti. Prodávaly se buď jako „luxferové vlysy“, nebo ve vrstveném provedení jako „luxferová multiprizmata“. Tyto „luxfery“ byly díky svým vlastnostem použitelné i pro protipožární stěny. Před první světovou válkou pak byl založen v Pozorci u Teplic pobočný závod německé firmy Vereinigte Zwieseler und Pirnaer Farbenglaswerke, ve kterém vyráběli barevná a opálová prizmata pod značkou Iluminal intnsiv a stěnové desky pod značkou Monarchia a další typy plochého skla pod názvy Krystallia či Brillantit.



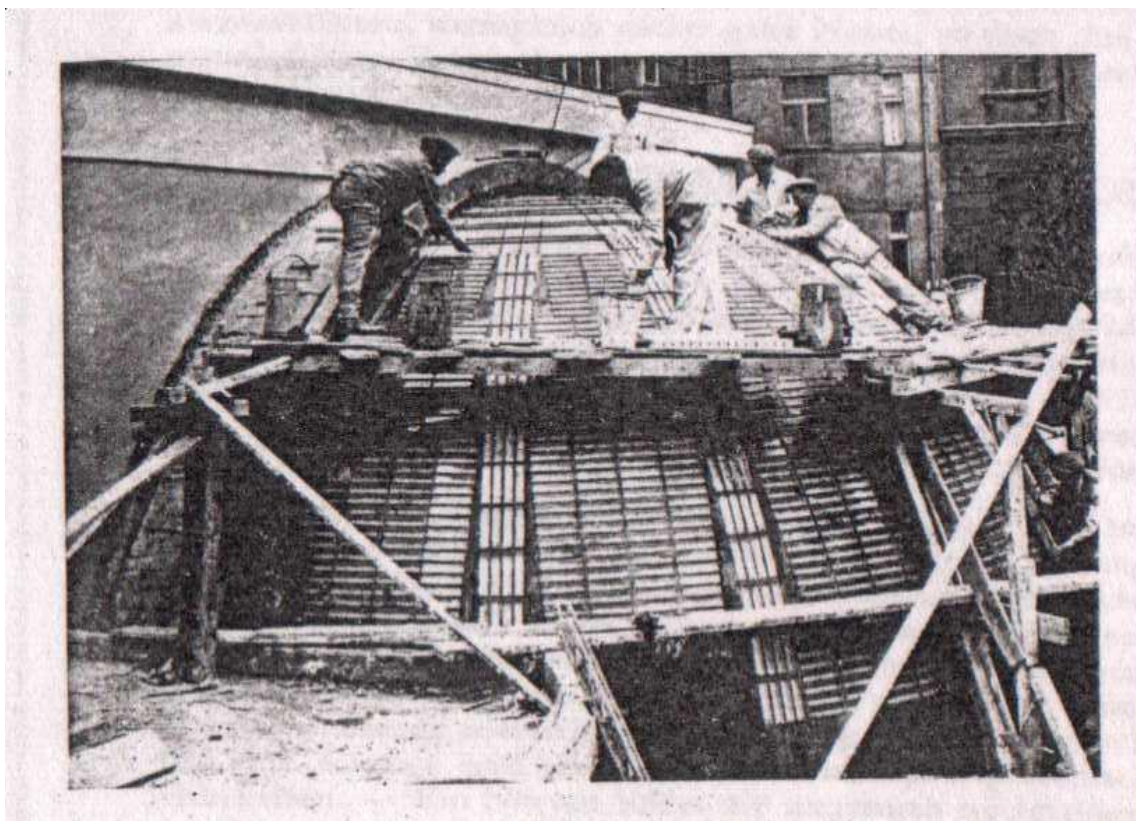
Obr.5. Luxferové vlysy a luxferová multiprizmata

Skleněné duté cihly i destičky, jejichž názvy nebyly doposud ustálené, byly používány nejčastěji pro průmyslové stavby, nemocnice, školy, obchody, kanceláře, nádražní budovy apod. a méně pro obytné domy a reprezentační budovy. Poprvé byly ve větším měřítku použity u některých staveb na světové výstavě v Chicagu roku 1893. V habsburské monarchii byly v porovnání s USA, Belgií, Francií, Anglií či Německem využívány před první světovou válkou v menším měřítku a tomu odpovídal ve srovnání se zmíněnými zeměmi i počet výrobců.

LNĚNÍČKOVÁ, Jitka. *Prostor otevřený světlu : Skleněné cihly*. Art&antiques. 2004, prosinec, s. 115-116. ISSN 1213-8398.



V polovině 30. let 20. století byly již skleněné stavební tvárnice chápány a používány jako materiál s vysokým estetickým potenciálem. Jako například nové pojetí skleněné tvárnice je možno uvést například stavbu kostel Husova sboru v Holešovicích podle projektu Františka Kubelky, z let 1935-37, kde byly použity skleněné tvárnice (vlýsky) značky Vertlih firmy Fischmann synové, a. s. (sklářny v Mstišově a Lesní Bráně u Teplic), pro vyzdění polokupole nad presbyteriem. Ta ukončuje celý vnitřní prostor průsvity pásů čirých bezbarvých a čirých modrých skleněných cihel, které se střídají v osmi polích symbolizujících sluneční paprsky na modrém nebi a spojení nebe a Země. Stavební firma Ing. René Wiesnera a Ing. Arnošta Asta z Prahy musela řešit při realizaci projektu řadu technických problémů, ke kterým patřilo například napojení vyzdívky z Verlitu v betonové konstrukci na vlastní hmotu domu, řešení teplotních rozdílů vnitřní a vnější strany skleněného pláště, odvodnění pomocí žlabů v betonové konstrukci apod. Vše směřovalo k tomu, aby se sklobetonová polokupole plynule spojila s hmotou kostela bez rušivých vjemů.



Obr.6. Montáž polokupole ze skleněných cihel značky Verlit při stavbě kostela Husova sboru Praze Holešovicích v roce 1937



*Dalším předním výrobcem stavebního skla byla firma První česká akciová sklárna v Kyjově, která se již ve 20. letech 20. století začala specializovat takřka výhradně na stavební sklo – skleněné tvárnice z lisovaného i lisofoukaného skla, dlaždice, vlysy či bobrovky a falcovky z bílého skla v mnoha variantách. Tato sklárna začala vyrábět i speciální skleněné komponenty, z nichž bylo možno sestavit například ploty, venkovní mezistěny apod. Sklárna v Kyjově disponovala vlastními montážními skupinami. Koncem 30. let již firma dodávala část skleněných tvárnic i v barevném provedení. V Kyjově se plně i duté skleněné tvárnice vyráběly ručně, poloviny dutých tvárnic se v Kyjově spojovaly nitrocelulózovým lepidlem.*

*V roce 1925 začala vyrábět ve větším rozsahu stavební sklo i firma Akciová společnost pro průmysl sklářský, dříve Bedř. Siemens v Novém sedle u Lokte. Zde se dělalo široké spektrum typů skleněných lisovaných i lisofoukaných tvárnic – specialitou této sklárny byly hranolové tvárnice a desky pro zasazení do železobetonových konstrukcí.*

*Významným dodavatelem stavebního skla byla i firma Josef Inwald, která vyráběla lisované stavební kameny ve sklárně na Zlíchově (dnes Praha) a později v Rudolfově huti u Teplíc. Z dalších prvorepublikových výrobců skleněných tvárnic můžeme jmenovat například firmu Vrtala v Rosicích u Brna.*

*Na projektování a realizace sklobetonových staveb se začaly ve 20. a 30. letech specializovat také různé dodavatelské firmy. Byla to například firma již výše zmíněných inženýrů Wiesnera a Asta, kteří pracovali se skleněnými tvárnicemi firmy Fischmann. Wiesner byl činný také jako obchodní zástupce firmy Fischmann právě pro prodej skleněných tvárnic. Další pražskou společností podobného typu byla například firma Duplex – Prisma, která byla činná nejméně od roku 1924 a pracovala se stavebními dílci dodávanými firmou Inwald (pravděpodobně to byla dceřiná společnost této firmy). Později to byla také firma Sklobeton – Luxfer Františka Mrázka rovněž v Praze.*

*V letech 1949/1950 se stala největším výrobcem skleněných stavebních tvárnic sklárna v Duchově, kde byla poprvé v Československu zavedena automatická výroba skleněných tvárnic na strojích americké výroby, to už se však psala jiná kapitola vývoje stavebního skla.*

## 2. POUŽITÍ SKLENĚNÝCH TVÁRNIC V ARCHITEKTUŘE

### 2.1 Pavilon na světové výstavě v Paříži

Jaromír Krejcar a Jaroslav Polívka, 1937

Pařížská světová výstava v roce 1937 byla v duchu doby nesena takřka ve všech pavilonech myšlenkou bohatého uplatnění skla v architektuře a ukázala sklo jako materiál výsostně moderní a progresivní i jako materiál, který je s architekturou již neodmyslitelně spojen.

Československo zde reprezentovala moderní stavba pavilonu, v němž hrálo sklo zcela dominantní roli. V pavilonu architektů Jaromíra Krejcara a Jaroslava Polívky se sklo stalo hlavním stavebním i dekoračním materiálem. Celá stavba byla vlastně pouze ocelovou konstrukcí (Vítkovické horní a hutní těžařstvo) doplněnou sklem. Na stavbě a při dekoraci se použilo 20 různých druhů skla a u některých se jednalo o velmi čerstvé novinky československého sklářského průmyslu. [1]



*Obr. 7. Československý pavilon na Světové výstavě v Paříži v roce 1937*

*Ve vstupu do pavilonu byly ve vyzdívce stěn skleněné cihly značky Verlith (firma Fishmann a synové, a. s.) z nichž byla vystavěna kopule pavilonu, která měla při rozpětí 12,5 m tloušťku jen 6 cm a byla zhotovena zhruba z 3000 dutých skleněných čoček (sklobeton). Značku Verlith nesly i podlahové dlaždice (sklobeton) na terase pavilonu i unikátní skleněné cihly se zvlněným povrchem ve Státní hale pavilonu, která při dopadu slunečních paprsků vytvářely duhové efekty. Stropy a vnější stěny byly z velké části ze skla značky Thermolux (firma Mühling Union) a zábradlí terasy bylo zaskleno bezpečnostním sklem značky Restex (firma Mühling Union). Dekoraci vnitřních stěn tvořily zejména obkladové desky značky Vitracolor (firma Mühling Union). Ve stavbě se rovněž uplatnilo drátěné sklo firmy Akciová společnost pro sklářský průmysl, dříve Bedř. Siemens. Zaoblené stěny pavilonu byly zhotoveny z ohýbaného skla firmy Dolové a průmyslové závody, dříve J. D. Starck, a k dokladu vitrín bylo použito sklo Vitropak. Ve Státní hale pavilonu se objevilo také zcela nové „antiakustické sklo“ které při vysílání rozhlasu vyloučilo nechtěné zvukové odrazy od skleněných stěn (zkráceny na 0,9 sekundy) – značka Thermolux.*

*LNĚNÍČKOVÁ, Jitka. Světová výstava v Paříži v roce 1938. Art&antiques. 2006, duben, s. 53. ISSN 1213-8398.*



*Obr.8. Interiér Československého pavilonu*

## 2.2 Jurkovičův dům v Luhačovicích

Dušan Jurkovič, 1902

Původní klasicistní budovu Janova domu roku 1822 a blízké minerální lázně druhé třídy, tedy dvě samostatné budovy, Dušan Jurkovič originálně propojil, pohledově sjednotil a adaptoval k novému účelu. Celek čtvercového půdorysu s ústředním dvorem doplnil nástavbou lehké hrázděné konstrukce. Vedle dřeva a místního pískovcového kamen jako tradičních, finančně nejméně náročných a dostupných materiálů, využil i kombinace betonu a nepálených cihel místní výroby. Během necelých pěti měsíců vytvořil v lázních výraznou dominantu – lázeňský Janův dům, který byl v roce 1948 přejmenován na Jurkovičův dům.

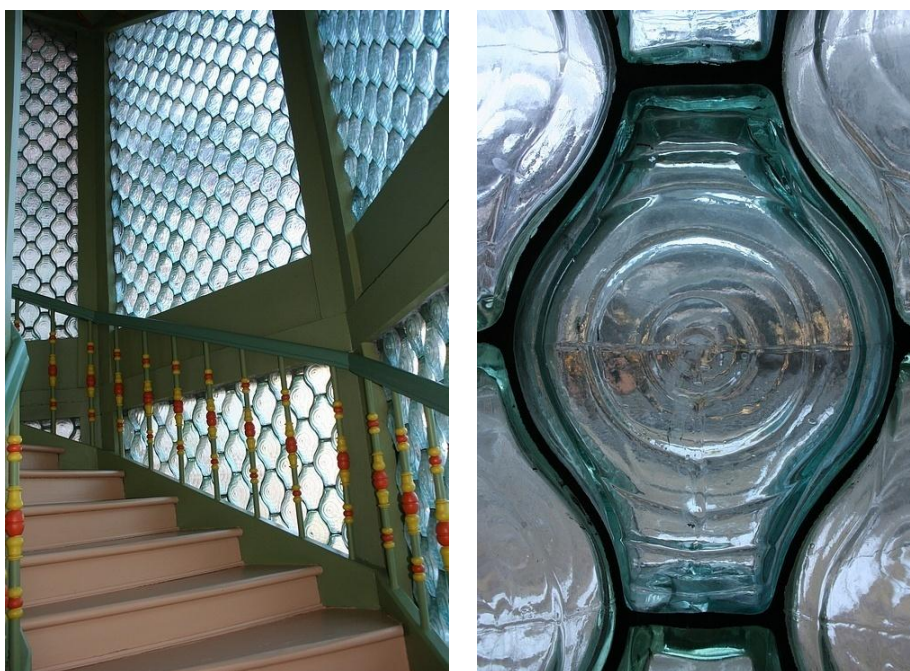
Odlišná konstrukce jednotlivých podlaží našla svůj výraz i v exteriérové úpravě fasády. Od masivnějšího zděného základu přízemí pokračuje náznakem nosných zdí a výplňového zdiva v prvním poschodí a odlišnou barevností omítky, až po opticky odlehčenou dřevěnou hrázděnou konstrukci druhého poschodí.



*Obr. 9. Jurkovič dům v Luhačovicích*



Blokový ráz stavby oživil velkým proskleným rizalitem hlavního vstupu a boční fasádu polygonální schodišťovou prosklenou věží. V celých dolních dvou třetinách věže bylo použito jako stavebního materiálu skleněných tvárnic, dutých cihel tvaru protáhlých kruhů. Ty jsou zasazeny ve velkých plochách do zdiva, po krajích do dřevěné konstrukce. Jednotlivé tvary jsou vysoké 200 mm, široké v nejširší části 140 mm, v nejužší části 60 mm. Tento tvar typu Falconière byl s oblibou používán před první světovou válkou. Skleněné tvárnice použité při výstavbě jsou dodnes dochovány ve výborném stavu. [2]



*Obr. 10. Interiér polygonální schodišťové prosklené věže s detailem*

*Falconièrovy skleněné tvárnice v Jurkovičově domě*



## 2.3 Wenkeův dům v Jaroměři

Josef Gočár, 1909 - 1911

Wenkeův dům představuje vývojový stupeň ke kubistické architektuře. Patří k významným památkám moderní evropské architektury.

Stavbu obchodního domu si Josef Wenke, syn zakladatele obchodu Alberta Wenkeho, objednal u stavitele Josefa Máši. Dům byl však nakonec postaven podle projektu Josefa Gočára, který byl k realizaci přizván. Původní návrh vznikl přesně podle požadavků zcestovalého pana Wenkeho, který měl velký podíl na celkové koncepci domu a jeho účelovosti. Josef Gočár pozměnil řešení střechy i průčelí a připravil návrhy celého interiéru včetně interiérového vybavení.

Tato stavba je charakteristická svým předsazeným průčelím, které předstihlo svou dobu o jedno desetiletí. Je kombinované z kovu a skla. Po vstupu do budovy se otevírá otevřená kruhová galerie. Neobvykle řešené přízemí a první patro doplňuje druhé patro realizované v klasickém duchu. Dvoupodlažní prostor propojila železobetonová stropní deska. Gočár je i autorem vnitřního nábytkového vybavení. Elegantní regály a pulty ve zklidňujícím červenohnědém provedení korespondovaly s kazetovým stropem, obložením sloupu i se zábradlím vedoucím do nejvyššího patra, kam byli zákazníci dopravováni výtahem. Elektrovýtah, který byl dlouhou dobu mimo provoz, je již opravený a je zařazován mezi nejstarší fungující výtahy u nás.



Obr. 11. Wenkeův dům v Jaroměři s detailem skleněné tvárnice

Množství použitých skleněných tvárnic není velké jako u ostatních uváděných staveb, avšak v případě Wenkeova domu je použití těchto skleněných prvků velmi výrazné a revoluční. Období, ve kterém byl postaven je počátkem nástupu skla v architektuře a počátkem vývoje technologií výroby skleněných tvárnic. Ty jsou zde použity jako rozdělující předěl, vodorovná linie v několika řadách, mezi přízemím a prvním patrem výrazného především z čelní strany budovy. [3]

## 2.4 Husův sbor československé církve bratrské v Praze

František Kubelka, 1937

Stavba byla postavena pod vedením Františka Kubelky. Nachází se ve Farské ulici u Strossmayerova náměstí v Praze Holešovicích. Základní kámen pro tuto budovu byl položen v roce 1927. Stavba byla dokončena 1937. V podzemních prostorech se nachází kolumbárium.

Výraznou dominantou této budovy je skleněná kupole pnoucí se nad velkou částí interiéru. Skládá se z křišťálových a světle modrých luxferů jednotného tvaru obdélníků. Větší plochy modrých luxferů, protínají souvislé linie křišťálových luxferů směřujících pravidelně od středu kopule k jejímu základu. Celá skleněná kupole má navozovat pocit nebe se slunečními paprsky. [4]



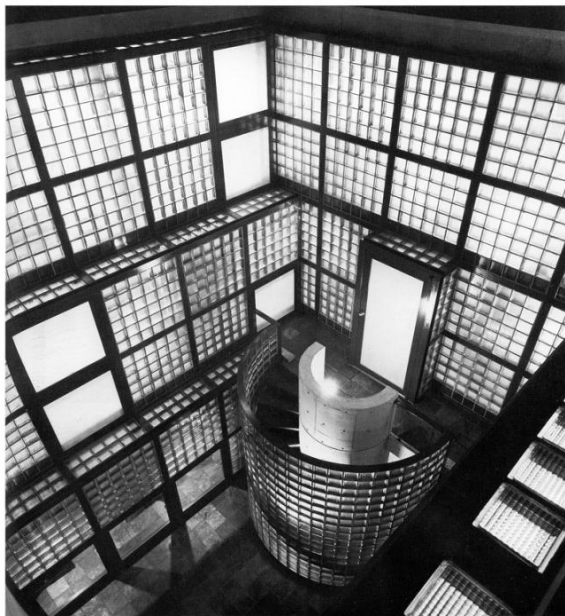
Obr. 12. Husův sbor Československé církve bratrské v Praze Holešovicích

## 2.5 Ishihara house a Matsumoto house v Osace

Tadao Ando, 70. léta

Autorem těchto staveb je Tadao Ando, v jehož díle je úmyslná monotónnost a opakovatelnost určené k navození klidu a nadčasovosti. Jeho návrhy se vyznačují jednoduchostí, vztahem k přírodě a citlivou inspirací japonskou kulturou a tradicí.

Dva domy Tadaa Anda z pozdních 70.let Ishihara House a Matsumoto House jsou vytvořeny v luxferové podobě. Ishihara House má jako ústřední prvek jádro z luxferů, v Matsumoto House zase mají luxfery významný podíl na prostorové struktuře stavby. [5]



*Obr. 13. Ishihara house a Matsumoto house*

## 2.6 Univerzita v Tsukubě

Fumihiko Maki , 70. léta

V centrální budově Tsukubské university jsou umístěny učebny, kanceláře a jiné prostory. Budova Školy přírodních věd a umění byla zamýšlena jako symbolická brána k celému budoucímu universitnímu kampusu. Hlavní osa kampusu prochází přímo přes hlavní atrium, které je umístěno mezi oběma křídly budovy, ve kterých jsou učebny a přednáškové místnosti. Toto atrium bylo zamýšleno jako místo k setkávání studentů obou částí školy.

Náročné termíny dodání stavby vedly k použití předpřipravených desénových prvků a k použití technik „suchých“ konstrukcí, což se pak významně projevuje ve výrazném vzhledu stavby. Podlahy zde tvoří kostra z ocelových roštů, vnitřní části konstrukce jsou z odlévaných hliníkových panelů a sloupů z lehké oceli, obvodová konstrukce je tvořena velkými panely zkompletovaných luxferů. Do této stavby nebyly v nikdy v Japonsku luxfery v takové míře použity.

Stavba dosahuje výjimečných vlastností. Poskytuje dostatečné množství přirozeného světla, aniž by narušovala intimitu celkovou průhledností a zároveň poskytuje výbornou tepelnou a zvukovou izolaci. Zajímavá je také nová metoda sestavování luxferů, vylepšující jejich tradiční systém pokládky jako zdiva. Je to důležitý krok v rozvoji designu skleněné plochy ve stavbách. V tomto novém konstrukčním systému jsou luxfery vloženy do zatepla lisovaného ocelového rámu a sestavovány na zemi pro zjednodušení samotné stavby. Takto sestavené panely jsou následně vyzdvihnuty jeřábem a přimontovány ke konstrukci, čímž je pokrok v dokončování vnějšího pláště stavby značně urychlen.

Každý panel je ve výšce osazen malým, průhledným otvíravým oknem, které zajišťuje dobrý výhled z místnosti a ventilaci. Ze vzoru vytvořeného z panelů s luxfery a z osazených velkých průhledných okenních jednotek ve vhodných místech je také zvenjšku zřejmé umístění jednotlivých prostor.



## 2.7 Maison Hermès v Tokiu

Renzo Piano, 2001

V červnu roku 2001 byl otevřen první z řady vlajkových obchodů firmy Hermès – výrobce luxusního koženého zboží. Šéfem této luxusního modního impéria je Jean Louis Dumas. Ten koupil v roce 1998 velmi úzký pozemek (11m x 45m) ležící v těsném sousedství showromu firmy Sony od Ashihara Yoshinobu z roku 1966.

Architekt Renzo Piano měl za úkol do tohoto malého, převýšeného místa vměstnat obchodní a multimediální prostory, dílny, divadlo, výstavní prostory a zakončit vše zahradou. Autorovým záměrem bylo také navodit dojem z celého objektu jemným a přitom přitahujícím osvětlením, vytvořit „kouzelnou lucernu“. V denním, odrážejícím se světle, působí budova šedě a dění v ní je rozostřené. Díky optice skleněných tvárnice je jen naznačeno. V noci se celá budova rozzáří zevnitř.



Obr. 14. Budova a průčelí Maison Hermès

Stavbu domu tvoří dvě konstrukční části: masivní betonové jádro přimykající se k sousední cihlové budově a lehká zavěšená ocelová konstrukce obalená translucenčním pláštěm. Celá budova je technologicky zcela inovativní. Byly zde použity skleněné tvárnice navrhnuté přímo pro tento účel. Každá z 13000 použitých kusů má rozměry 42,8 x 42,8 cm. Jejich předností je metalizovaný lak na bočnicích, který zvyšuje prostup světla konstrukcí a zdůrazňuje světelné odrazy budovy samotné. Nároží obchodu byla

změkčena zakulacením vyskládaných rozměrů luxfery poloviční velikosti. Dalším inovativním prvkem je vyčnívající okraj luxfery, který dovoluje jednotlivé skleněné tvárnice více přirazit k sobě a opticky zúžit tloušťku spár. Důležitým technickým prvkem jsou předepjaté ocelové tyče, na nichž jsou tvarovky položeny a v případě zemětřesení se může každá z nich vychýlit až o 4 mm aniž by došlo k jejímu poškození. [6]



*Obr. 15. Budova Maison Hermès, exteriér a interiér*

## 2.8 Tiberijské lázně v Pyrenejích

Belea Moneo a Jeff Brock, 2007

Wellness centrum zdraví a pohody se nachází v centru Pyrenejí poblíž města Panticosa ve Španělsku. Byly postaveny v letech 2005 – 2007. Autory jsou Belea Moneo a Jeff Brock. Tento objekt je příkladem harmonického spojení architektury s přírodou a její čistotou v krajině, v tomto případě s úžasnými pyrenejskými horami. Celá fasáda budovy byla navržena pro filtrování přírodního slunečního světla bez oslnění. Klasické skleněné tvárnice, kterých bylo použito 30 000 kusů, jsou zde kombinovány s novinkou firmy Seves glass block. Trapézové skleněné tvárnice velikosti 30 x 30 cm se sklonem 5° a saténovým povrchem jsou instalovány vertikálně. Jednotlivé, směrem dolů rozšiřující se luxfery, jsou naskládány jedna na druhé.

První tepelná zařízení postavená v tomto přírodním ráji zde mají hlubokou historii. Sahají až do antických dob. V budově se nacházejí termální bazény, sauny, oddělené místnosti, kavárna a malá tělocvična. [7]



Obr. 16. Tiberijské lázně



## 2.9 Univerzitní knihovna v Bilbao

Rafael Moneo, 2008

Knihovna se nachází ve španělském městě Bilbao na levém břehu řeky poblíž slavného Guggenheimova muzea (od amerického architekta O. Gehryho) a jejím autorem je Rafael Moneo. Slavnostní zahájení se konalo v roce 2008.

Cílem této stavby bylo vytvořit architektonickou strukturu působící monolitickým, monochromatickým a neutrálním dojmem. Charakteristickým prvkem objektu byla kombinace vynikajících konstrukčních vlastností s na míru vyráběnými skleněnými tvárnici. Byly zde použity tvárnice 30 x 30 cm s vroubkovanými paralelními vzory, připomínající strukturu řeckých dontských sloupů. Tento vzor je patrný i při pohledu ven z interiéru, přestože interiérová strana luxfer je hladká. Zmiňované reliéfy a dvacetimilimetrové drážky jsou (dle údajů v tisku) prvním trojrozměrným dekorem vytvořeným na povrchu skleněných tvární. S tím si dovoluji nesouhlasit. Přes sto let staré Falconièrovy skleněné tvárnice jsou důkazem, že tomu tak není. [8]



Obr. 17. Univerzitní knihovna v Bilbao s detailem skleněné tvárnice

## 2.10 Kongresové centrum ve Zlíně

Eva Jiříčná, 2010

Kongresové centrum ve Zlíně je novou futuristickou stavbou od architektky Evy Jiříčné a společnosti Al Design. Stavba byla zahájena v roce 2006, otevřena 2010. Moderní oválná budova zasáhla výrazně do baťovského rázu Zlína. Byla realizována v blízkém sousedství budovy Univerzitního centra (také elipsovitého půdorysu), která slouží jako sídlo rektorátu Univerzity Tomáše Bati a univerzitní knihovna. Kongresové centrum má sloužit jako koncertní prostory, které se mohou během několika desítek minut proměnit ve velký prostor vhodný pro nejrůznější společenské události.

Skládá se z ocelové konstrukce obsahující pět podlaží, tedy dvou podzemních a tří nadzemních pater. Podzemní části slouží jako parkoviště a zázemí hudebníků. V horních patrech se nachází dva hlavní sály, šest privátních salonků a moderní vzdušná kavárna. Součástí těchto prostor je nahrávací studio. Velký důraz byl při stavbě kladen na akustické vlastnosti sálů.



*Obr. 18. Kongresové centrum ve Zlíně*

Moderní stavba vyrostla na velmi malé ploše a ze dvou stran je lemována hlavními tahy silnic protínající Zlín. Nejvíce charakteristické je pro tento objekt zdvojená fasáda. Ocelová vrstva je obalená matnými skleněnými panely vyrobených ze skleněných

stavebních tvárnic, které mají za úkol odrážet záři nočních světél a tím oživit okolí. Celá stavba je k večeru a přes noc nasvícena barevnými odstíny světél, které příjemně ozařují budovu a vyzdvihují její výjimečnost.

System skleněných tvárnic pro tuto stavbu byl realizován ve firmě Vitrablock v Duchcově u Teplic. Skleněné tvárnice obalující (s mezerou) ocelovou konstrukci stavby se nachází ve dvou třetinách stavby. Výsledný efekt těchto velkých luxferových stěn působí velkolepě a její role zvukotěsného izolantu je nepopíratelná. V celku několika tisíc matných luxfer se nacházejí i průhledné, nepravidelně vložené skleněné tvárnice. Záměrem bylo narušit optickou celistvost skleněného pláště. [9]



*Obr. 19. Kongresové centrum*

### 3. TECHNOLOGIE VÝROBY SKLENĚNÉ TVÁRNICE

#### 3.1 Vývoj lisovaného skla

Sledujeme-li vývoj techniky lisování sklovin, zjistíme, že mohutný vzestup nastal teprve za posledních sto padesát let, ikdyž sklářství má velmi hlubokou historii. Lisování skloviny do tvornic (termín navržený názvoslovnou komisí VTS, sekce pro průmysl silikátů, pro formu) bylo známo již ve středověku, ovšem nebyla to ta technika lisování, kterou známe v poslední době. Bylo to jakési ruční primitivní tvarování skloviny do určitých předem určených rozměrů. Zkoumáním o vývoji techniky lisování sklovin bylo zjištěno, že prapočátek této výroby je nutné hledat v Číně. V Německu, v muzeu v městě Gotha, je vystaveno osmnáct malých skleniček žlutozelené barvy, pocházejících z Číny. Tyto nádoby byly vyráběny technikou lisování do forem za použití razníku a jsou důkazem znalosti lisovaného dutého skla. Doba výroby nebyla stanovena. V inventáři muzea jsou záznamy o příjmu tohoto skla do muzea počátkem 19. století. Z toho lze usuzovat, že vznik těchto skleniček je nutné hledat v době před tím.

Angličané a Američané vyhlásili své prvenství ve výrobě lisovaného skla již v roce 1810. Francouzský sklářský průmysl se zmocnil výroby kolem roku 1830 a povznesl ji tak, že jejich výrobky zaplnily v zahraničí četné trhy. K lisování skloviny používali jednoduchého lisovacího zařízení, které se zvláště osvědčilo při výrobě malých lisovaných předmětů.

Počátek výroby lisovaného skla v Německu byl kolem roku 1840 a v českých zemích se uvádí roku 1860. Malé předměty, které sloužily jako dekorativní ozdoba nebo jako napodobenina drahých kamenů, se zhotovovaly ručně lisováním nebo mačkáním do kovových kleští. Za surovinu k tomu sloužily obyčejné skleněné tyče rozežháté do změknutí. Této lisařské metody se dosud používá na Jablonecku, Železnobrodsku a Turnovsku. Anglickým způsobem lisování, který byl zaveden na začátku 19. století, se vyráběly větší lisované předměty a to velmi jednoduchou metodou. Kovová forma byla zachycena na litinové plotně tak, aby se nepohybovala, a byla opatřena razníkem, který se dal ovládat jednoduše mechanicky. Takto se vyrábělo lisované sklo až do 80. let 19. století. Teprve po roce 1880 dosahuje výroba lisovaného skla velkého pokroku a rozvoje zavedením lisovacích strojů typu pružinových a výstředníkových lisů.

Nejstarší lisovací stroje jsou ruční lisy pákové, u nichž se lisovací tlak razníku vyvozoval pákovým převodem. Sklovina se dávkovala též ručně – nabíráním na palici

a ustřížením potřebné dávky do formy. Lisy pracovaly s jednou formou. Výlisky se vyjímaly buď vysunováním, nebo vyklápěním formy. Práce lisaře byla namáhavá a lisovací tlak byl omezený jednak možnostmi převodového pákového mechanismu a také silou lisaře. Proto vývoj lisovacích strojů šel cestou náhrady ruční lisovací síly jiným zařízením, nejprve pneumatickým a později hydraulickým válcem, který znamenal také podstatné zvýšení výkonu lisovacího tlaku. Současně vývoj směřoval ke zvýšení výkonu lisovacího stroje použitím dvou a více forem. Času potřebného ke zchlazení výrobků před vyjmutím z formy a k vyjmutí výrobků se využilo k lisování výrobků dalších. Formy se umísťovaly na přesuvných stolech, nebo výhodněji na otáčivých (revolverových) stolech. Dávkování skloviny se však nadále provádělo ručně. Teprve vynález dávkovacího zařízení (feedru) znamenal další prudký vývoj k plnoautomatickým lisům. Tyto stroje se liší podle druhu a velikosti vyráběných předmětů a podle požadovaného výkonu. Používají se u nich rotační stoly s mechanickým, pneumatickým nebo hydraulickým pohonem. V současnosti se používají pro výrobu nejrůznějších druhů lisovaného skla, do kterého patří i skleněné stavební tvárnice.

### 3.2 Současná výroba skleněné tvárnice

Využití luxfer je dnes, stejně jako v průběhu celého 20. Století, oblíbeným způsobem, jak postavit zdi, kterými může do interiéru proudit denní světlo. Takovéto části staveb tvoří bariéru, která chrání soukromí, a přesto přináší světlo. Luxfery nejsou jen dekorativním prvkem, jsou účinné také jako tepelná a zvuková izolace. Tyto skleněné stavební prvky se vyrábějí technikou lisování.

Výroba začíná utavením sklářské vsázky v kontinuálních tavících vanách při teplotách až 1500°C. Z překontrolovaných surovin se připraví sklářská vsázka, která se v předepsaném čase spouští ze zásobníků u vany do předpecí a odtud do regenerativní průtokové vany. Ve vaně se udržuje předepsaný tepelný a tlakový režim, aby se vsázka utavila ve sklovinu s největší stejnorodostí.

Utavená sklovina prochází průtokovým mostem z tavícího a čeřícího prostoru do prostoru pracovního, kde se upraví její viskozita na stupeň, který vyžaduje tvarování výrobků. Z pracovního prostoru proudí sklovina do tvarovacích automatů, které se skládají z dávkovačů, z lisů a ze svařovacích strojů. Dávkovače jsou řešeny tak, že vytvářejí kapky žhavé skloviny předepsané váhy. Kapka se automaticky odstříhne a skluzem spadne

na kovovou formu lisu. Otáčivým pohybem ji lis zanese pod razník, který vtlačí taveninu do formy a kapce vtiskne předepsaný otvor, popř. i vzor. Z trysek nahoře proudí vzduch, který roztavené sklo prudce ochladí z 1000°C na 600°C během několika vteřin. Od razníku putuje vylisovaná půlka tvárnice k automatickému odběrači, který ji vyjme z kovové formy, vloží na ocelový dopravní pás a pošle ke svařovacímu stroji. Takto je vyrobena jedna polovina skleněné tvárnice. V něm se dvě poloviny luxfery spojí. V tomto stroji je každý kus nahříván několika hořáky, které udržují jeho teplotu. Při rychlém ochlazení by došlo ke vzniku napětí a k následnému prasknutí. Lisovací stroj ohřívá zároveň obě půlky luxfery, dokud se jejich hrany nezačnou tavit. Potom přecházejí do části lisovacího stroje, ve které se horní a dolní polovina stlačí dohromady a jejich roztavené hrany se neprodyšně spojí. Pracovní rytmus dávkovačů, lisů a svařovacích strojů je sladěn.

Stavené luxfery putují do chladicí pásové pece. Zde prodělávají proces chlazení, který trvá několik hodin. Tepelný režim v těchto pecích je seřízen tak, aby ve výrobku, který prošel procesem chlazení, nebylo zbytkové pnutí vyšší než 30 kg/cm<sup>2</sup>.

Po tepelném zpracování a procesu chlazení jsou luxfery připravené ke kontrole. Digitálními měřiči se zjišťuje zda obě poloviny luxfery lícují. Přejížděním ocelovým měřidlem po povrchu luxfery se odhalují případné nerovnosti. Každá luxfera musí velikostí i tvarem odpovídat normě. Při stavbě se s luxfery zachází podobně jako s cihlami. Aby na ně bylo možno nanést spojovací materiál, musí se speciálně upravit. Na otáčející se luxfery, se v místech budoucího spojení s další skleněnou tvárnici či cihlou, nanáší pomocí trysek tekutý vinyl. Tento nástřik přispěje k dokonalému přilnutí spojovací hmoty. Každá luxfera je nakonec označena kódovým číslem produktu, hodinou a datem výroby.

V kontrolním oddělení se vybrané vzorky podrobují nárazové zkoušce. Závaží padá trubkou na jednu polovinu luxfery, tím se prověří síla stěny a kvalita spoje mezi oběma polovinami. Poté jsou luxfery připraveny k přepravě. Jsou ručně uloženy do kartonových, po stranách vyztužených krabic. [10]

### 3.3 Princip lisování skla

Výroba skleněných předmětů lisováním je v porovnání s ostatními výrobními způsoby poměrně jednoduchá. Celý proces tvarování skloviny, který při tradičním ručním

způsobu nevyžaduje vysokou kvalifikaci a odbornost sklářů, probíhá při lisování v jedné formě a v jedné pracovní operaci.

Lisováním se vyrábí užitkové a technické sklo nejrůznějších tvarů. Přesto však jsou lisované výrobky tvarově omezeny typickými podmínkami, např. dutina výrobku musí být hladká a takového tvaru, aby se razník mohl po vylisování vysunout zpět. Dutina se tedy nesmí rozšiřovat směrem dolů a boční stěny musí být hladké. Naopak vnější tvar výrobku může být velmi složitý. V tom případě může být forma dvoudílná nebo vícedílná. Druhé omezení použitelnosti je způsobeno tím, že sklovina v tenké vrstvě ztrácí velmi rychle svou tekutost, protože tvarovací plochy kovové formy z ní intenzivně odvádějí teplo. Proto není možno na lisech vyrábět tenkostěnné sklo. Lisované výrobky mají tedy vždy poměrně velkou hmotnost a tlustší stěny. Další nevýhodou lisovaných výrobků jsou povrchové vady. Forma pracuje za velmi těžkých tepelných a mechanických podmínek a její povrch se nedá trvale udržovat v ideálně hladkém stavu. Povrch výlisků bývá na některých místech zvrásněný a má vždy menší lesk. K nepříjemným vadám povrchu patří také švy, které jsou otiskem spár mezi složenými částmi formy, a znatelné stopy po počáteční poloze kapky. Z těchto důvodů se některé lisované výrobky, u nichž záleží na povrchovém vzhledu, ještě leští ohněm, nebo chemicky. Tím se zároveň odstraňují stopy po uložení a po odstříku kapky, popř. i přelisky a švy. Skleněné tvárnice se z tohoto i dekorativního důvodu někdy opracovávají také mechanicky a to technikou pískování a (korundem a karbidem křemíku).

Při lisování výrobků s tenčími stěnami je třeba, aby sklovina byla dostatečně tekutá, tj. aby měla poměrně malou viskozitu a malou rychlost tuhnutí, a aby forma byla dostatečně teplá a z materiálu s malou tepelnou vodivostí. Při lisování jsou velmi důležitá mazadla zlepšující povrch výrobku. Usnadňují také lisování snížením tření mezi formou a sklovinou, zabraňují lepení skloviny na formu a snižují nebezpečí přehřátí některých částí forem.

Postup lisování se tedy v principu skládá ze tří základních operací. Je to vložení určité dávky skloviny, vytvarování výrobku pohybem razníku a následné vyjmutí hotového výlisku z formy. Na uvedeném principu pracují všechny lisovací stroje. Pro malé série výrobků se dosud používají ruční lisy, kde se ručně nabírá a dávkuje sklovina, uzavírají a otevírají formy, pohybuje razník a vyjímá výlisek. Zlepšeným typem těchto strojů jsou poloautomatické lisy – hydraulické nebo pneumatické, u nichž nejtěžší práci lisaře, tj. pohyb razníku, vykonává hydraulické nebo pneumatické zařízení. Pro velkosériovou výrobu poměrně jednoduchých výlisků se používají lisovací stroje plnoautomatické, u nichž se všechny práce, tj. dávkování skloviny, uzavírání a otevírání forem, lisování,

odebírání výrobků, mazání forem a případné chlazení forem a razníku nebo přihřev, konají automaticky. K výrobě skleněných stavebních tvárnic se používá plnoautomatických lisovacích strojů.

### 3.4 Tavení skla v kontinuálních vanách

Výroba skleněných stavebních tvárnic na plnoautomatických linkách je velmi složitý a technicky náročný proces. Protože jde o velmi ojedinělou výrobu určenou pro velké tovární haly, je tento provoz velmi ekonomicky náročný, proto se dnes vyrábějí tyto stavební prvky v nepřetržitém provozu. Pro takový provoz se využívá nejhospodárnějších sklářských pecí – kontinuálních van.

Kontinuální vany produkují sklovinu nepřetržitě a ta je také nepřetržitě odebírána a zpracovávána. Nepřetržitý provoz vanových pecí si vynutilo automatické tvarování, které vyžadovalo velké množství skloviny vhodné jakosti, aby se maximálně využilo strojní zařízení.

Tavení skla v kontinuálních vanách je také ekonomičtější z hlediska energetického. Při nepřetržité výrobě je na totéž množství skla potřeba více tepla, které je méně hospodárně využíváno (zejména v době sejítí a zpracování).

Kontinuální vany se obecně skládají ze dvou základních částí: tavící a pracovní. Prostor, kam se zakládá kmen, může tvořit i samostatnou část vany. Naložený kmen postupuje do dalších zón. Neprotavený kmen nesmí být unášen jednotlivými zónami rychleji, než vyžaduje technologie tavení.

Utavená a částečně zchladlá sklovina přechází pak do pracovní části vany. Dodatečně je možno v pracovní části vany zvýšit homogenitu skloviny mechanickým mícháním. Sklovina zpracovávána automaticky, je z pracovní části vedena k místu odběru nátokovými kanály. V nich lze ještě upravovat homogenitu a viskozitu skloviny podle požadavku tvarování.

Vzhledem k nepřetržitě probíhajícím procesům – tavení čerení, sejítí a odběru – je nutno kmen a střepy zakládat nepřetržitě a rovnoměrně, aby hladina skloviny nekolísala. Zvláště nutné je dodržovat konstantní výšku hladiny při automatickém tvarování, neboť při dávkování skloviny do stroje způsobuje značné závady i kolísání hladiny skloviny v dávkovači v rozmezí menším než 1 mm.



Hlavní pozornost obsluhy nepřetržitě pracujících u vanových pecí se zaměřuje na sledování a udržování konstantních teplotních, tahových a tlakových podmínek, na udržování konstantní výše hladiny a předepsané atmosféry. Dále se musí sledovat hodnoty přiváděných topných médií a funkce rekuperačních nebo regeneračních systémů a teplot v nich, kontrolovat složení a teplotu spalin, tah komína a další parametry.

### 3.5 Plnoautomatické lisovací stroje

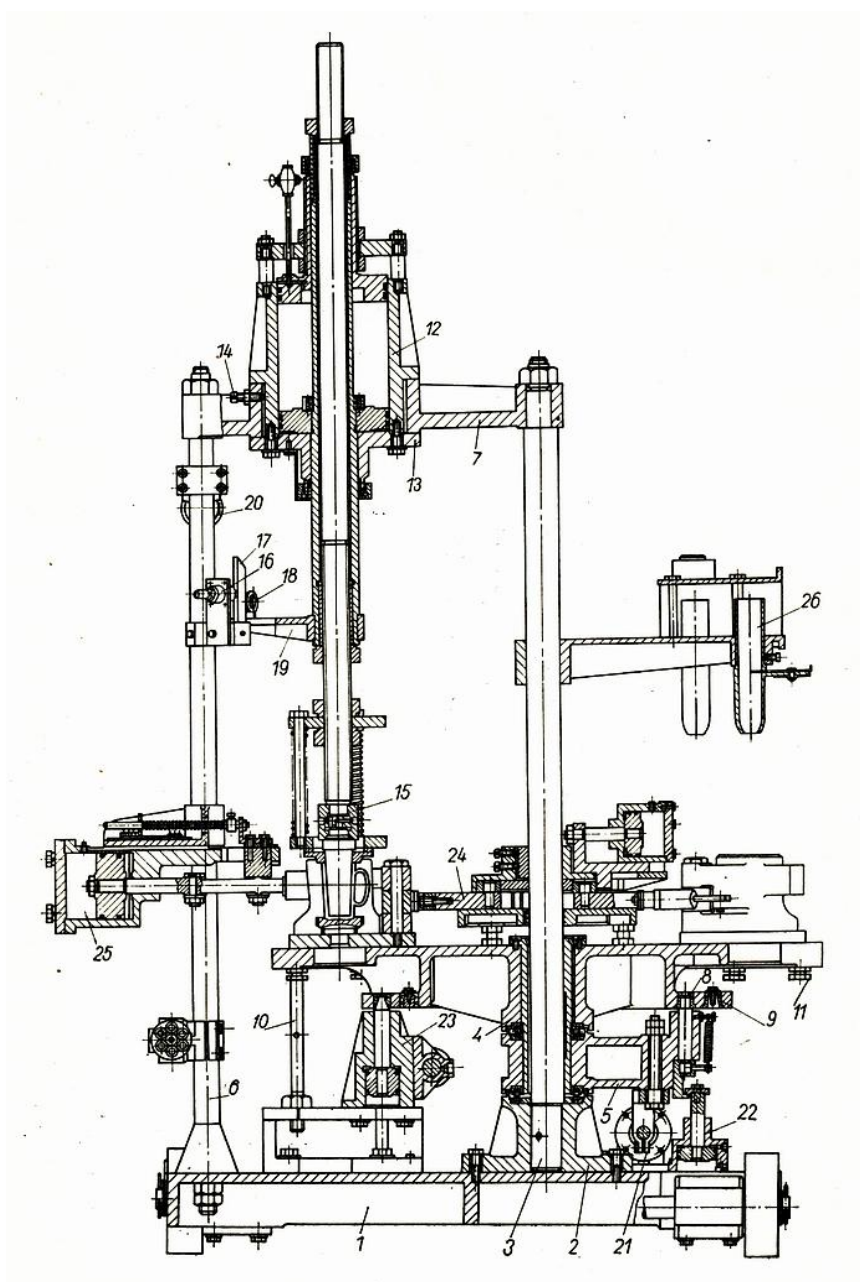
K výrobě stavebního skla (skleněných stavebních tvárnic) se používají automatické lisovací stroje. Ve sklárnách jsou v provozu automatické lisovací stroje různých typů (Pötting, Kutscher, Škoda, Lynch), z nich stroje na obalové sklo jsou univerzální, stroje na stavební tvárnice jsou řešeny jednoúčelově. Součástí každého automatického stroje je zvláštní zařízení zvané dávkovač (feeder), které automaticky dávkuje sklovinu do forem vždy těsně před lisovací polohou. Lisovací automatické stroje jsou karuselového typu. Počet stanic na stole se řídí podle výrobku a podle výkonu stroje. Bývá jich 8, 10, 12 a 16. Pohyb stolu je mechanický nebo pneumatický a také synchronizační vazba stroje s dávkovačem je mechanická nebo pneumatická.

Typickým představitelem univerzálního automatického lisu je stroj typu RVM.

*Popis stroje: Základní rám 1 je opatřen čtyřmi koly. Na zadním rámu je uchycen v přírubě 2 hlavní sloup 3, který slouží zároveň jako osa otočného stolu 4 a kulisy 5 otáčející stolem. Na boční části základního rámu jsou uchyceny dva vedlejší sloupy 6. Sloupy jsou spojeny nahoře příčnicí 7, na kterém je umístěn vlastní lisovací mechanismus. Na stole lisovacího stroje je umístěno dvanáct forem. Ve spodním kruhu jsou upravena pouzdra 8 a 9. Lisovací tlak se uchycuje pomocí čepů 11 dvěma sloupy 10. Vůle mezi sloupy a čepy se upravuje tak, aby nepřesahovala 0,3 mm. Lisovací mechanismus tvoří pneumatický válec 12, jehož píst nese na spodní části pístní tyče razník. Píst pracuje s vazbou na přetržitý pohyb stolu. Válec je uchycen na hlavním příčnicí přírubou 13. Válce se vycentrují vzhledem k formě šrouby 14. Razník je chlazen vodou, která se přivádí a odvádí vložkou 15. Aby se razník nepřechladil, dodávka vody se přerušuje a je omezena na dobu lisování. Voda se dávkuje automaticky přerušovačem 16, umístěným na boční straně lisu. Přerušování umožňuje ventil ovládaný pákou 17, při jejímž pohybu je v činnosti kladka 18, uchycená na razníku 19. Na boční straně stroje je umístěna pojistka 20, která zabraňuje samovolnému pohybu pístu dolů při snížení tlaku vzduchu v rozvodné síti.*

Válce 21 a 22 tvoří hlavní součást mechanismu, který pootáčí stůl. Přesnou polohu stolu při lisování vždy zajišťují válec a kuželový čep 23. Otvírání a zavírání forem umožňuje vačkové zařízení 24. V lisovací poloze zajišťuje dělenou formu v uzavřeném stavu pneumatický válec 25. Protože se formy při trvalé práci silně zahřívají, je stroj opatřen chladícím zařízením 26, připojeným na centrální rozvod chladicího vzduchu. Automatický lis se dodává v provedení buď s jednoduchými formami, nebo s příslušenstvím pro dělené formy.

HLAVÁČEK, Jan. Sklářské stroje. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1970. Plnoautomatické lisovací stroje, s. 20-21. ISBN 04-807-70.



Obr. 20. Plnoautomatický lisovací stroj typu RVM

Používání velkých skleněných tvárnic (stavebních skleněných kamenů) si vyžádalo obměny a úpravy v lisovacích strojích. Výroba těchto předmětů se sice nevymyká běžné lisařské praxi, avšak vyžaduje zvláště silné a mohutné stroje s vysokým tvářecím tlakem a zvláštní pozornost při konstrukci ve výrobě forem. Hlavní úprava těchto lisů na velké výrobky proti výše popsané konstrukci je v tom, že píst nepůsobí přímo na razník, ale činností pákového mechanismu, který podstatně zvyšuje výsledný lisovací tlak.

### 3.6 Formy pro lisované sklo

Úkolem sklářské lisovací formy je vytvořit tvar výrobku a dodat mu poněkud možno hladký a lesklý povrch, odebrat sklu dostatečné množství tepla, aby se stalo pevným a aby se výrobek po vyjmutí z formy nedeformoval. Forma musí pracovat při určité, stálé teplotě. Příliš chladná forma může zavinit špatný povrch výlisku a uvnitř něho trhlinky. Příliš teplá forma lepí a výlisek lze velmi těžko vyjmout. Je tedy nutno, podle velikosti formy, podle velikosti a tvaru výlisku a podle intenzity výroby, části formy buď chladit, nebo přehřívat.

Forma se skládá ze spodního dílu, kroužku a razníku. Spodní díl tvoří základní deska, vlastní forma a vyhazovač. Vlastní forma může být podle složitosti výrobku jednodílná, dvoudílná i vícedílná. V tom případě jsou jednotlivé díly obvykle spojeny kloubovým uzávěrem (na panty) a uzavřená forma se zajišťuje zámkem s kolíkovým excentrem ovládaným ručně nebo svorkou ovládanou pneumatickým válcem.

Úkolem kroužku je uzavírat mezeru mezi formou a razníkem, a tím i dutinu určenou pro vytváření předmětu. Razník svým pohybem (většinou ve vertikálním směru) vytváří v dutině formy tlak potřebný k tvarování skloviny. Současně určuje vnitřní tvar dutiny výlisku. Razník je tepelně nejvíce namáhaná část formy. Ve formě je zcela obklopen žhavou sklovinou a navíc u automatických vícepozicových strojů slouží jeden razník pro všechny formy. Z tohoto důvodu musí mít razník zvláštní konstrukci a provedení, chlazení vnějšího povrchu a automatických strojů i chlazení vnitřní dutiny. Vnější povrch razníku a formy se chladí vzduchem a postřikem mazadly, vnitřní dutina razníku se chladí převážně vodou. Též na materiál razníku jsou zvláštní požadavky. Má mít hlavně velkou tepelnou odolnost a stálost i odolnost proti oděru.

### 3.7 Technické vlastnosti skleněné tvárnice

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI. Skleněné tvárnice z dolomitického skla mají tyto vlastnosti:

transformační teplota.....	555°C
bod měknutí.....	585°C
chemická odolnost.....	IV ht
tepelná odolnost v tloušťce 10 mm.....	40°C
specifické teplo.....	0,1767 kcal/kg
tepelná vodivost.....	0,23 kcal/m.h. °C
pevnost v tlaku.....	96,32 kg/mm <sup>2</sup>
pevnost v tahu.....	8,16 kg/mm <sup>2</sup>
modul pružnosti.....	716,0 kg/mm <sup>2</sup>

MECHANICKÉ VLASTNOSTI. Měrná váha asi 2500 kg/m<sup>2</sup> je větší než měrná váha železového betonu, která je 2400 kg/m<sup>2</sup>. Váha tvárnic se zmenšuje vyráběním tvárnic dutých. Při dnešní plnoautomatické výrobě dutých tvárnic svařovaných ze dvou půlek se dosáhne velmi pevného a poměrně lehkého bloku. Místa svaření jsou tak pevná, že se při zatěžovacích zkouškách na mez pevnosti poruší tvárnice mimo svařenou spáru. Připomíná to svařování ocelových konstrukcí.

Pevnost v tlaku je u skla 5000 až 12 000 kg/cm<sup>2</sup> a závisí na chemické složení, na rozměrech zkušebních kostek a na jakosti výrobku. Této vysoké pevnosti není možno ve sklobetonových konstrukcích využít, neboť únosnost konstrukce je dána pevností v tlaku betonových žeber.

Pevnost skla v tahu činí 350 až 800 kg/cm<sup>2</sup>. Také této pevnosti se ve sklobetonu plně nevyužije, protože je větší než pevnost v přilnavosti betonu ke sklu. Protože pouhý beton má jen nepatrnou pevnost v tahu, musí veškeré tahové síly přenášet ocelová výztuž. Stejně tomu je i u sklobetonových konstrukcí, kde se do tahových oblastí vkládá ocelovou výztuž.

Modul pružnosti skla tvárnice je asi 700 000 až 750 000 kg/cm<sup>2</sup>, betonu 210 000 kg/cm<sup>2</sup>, takže modul pružnosti skla je asi třikrát větší než modul pružnosti betonu a třikrát menší než modul pružnosti oceli 2 100 000 kg/cm<sup>2</sup>.

Nemá-li se ve sklobetonové konstrukci porušit soudržnost betonu se sklem, musí být stlačení obou hmot působením zatížení úplně stejné, a proto je sklo v konstrukci namáháno asi třikrát více než beton.

**TEPELNÉ VLASTNOSTI.** Koeficient tepelné vodivosti dolomitického skla, z něhož se vyrábějí např. tvárnice v Duchově je asi 0,23 až 0,40 kca/mh°C, betonu 1,10 kca/mh°C, takže sklo je horší vodič tepla než beton a klade větší odpor při úniku tepla.

Koeficient teplotní roztažnosti skla  $K = 0,0000086$ , betonu  $K = 0,00000120$ . Koeficient tepelné roztažnosti betonu závisí na přísadách pískoštěrkové směsi. Vhodnou přísadou jemné drti žuly, čediče nebo vysokopecní strusky snížíme teplotní koeficient roztažnosti betonu na stejnou hodnotu, jako má sklo, a sklobetonovou konstrukci, zvláště když má velkou plochu nebo značné rozpětí, tím chráníme proti porušení.

Skleněné tvárnice se natírají na bočních stranách pružnými nátěry a stříkají jemným ostrohranným pískem. Tím se usnadní roztahování betonu ve spárách kolem skleněných tvárnice, zdrsní se styčná plocha s betonem ve spáře a při šikmém pohledu na stěnu není vidět tmavý beton spár. Odrazem světelných paprsků od bílé plochy zvyšuje se pak světelná propustnost sklobetonových stěn.

Tepelná propustnost a tepelně izolační schopnost skleněných stavebních tvárnice je velmi důležitá. Ve srovnání s tabulovým sklem je malá. Sklobetonové stěny z dutých uzavřených tvárnice má při velikosti spár do 6 mm koeficient tepelné propustnosti  $k = 2,60$  kcal/m<sup>2</sup>h. °C, kdežto dvojté okno s tabulovým sklem a vzduchovou mezerou 15 cm má  $k = 4,4$  a zdvojené okno  $k = 4,20$ . Sklobetonová stěna tedy tepelně izoluje o 40% lépe.

Tloušťka skla má na průchod tepla jen nepatrný vliv a účinné tepelné izolace je možno dosáhnout jedině vzduchovou vrstvou. Tepelný odpor takové vrstvy závisí především na její tloušťce a je optimální u vrstvy tlusté 4 až 5 cm. Skleněné tvárnice se svařují za tepla a po vychladnutí se uzavřený vzduch v tvárnici zředí na jednu třetinu atmosféry.

OPTICKÉ VLASTNOSTI. Světelná propustnost sklobetonových stěn je asi o 10% menší než u oken zasklených tabulovým sklem. Toto snížení je však vyváženo rozptýlením světla nerovným povrchem stěn skleněných tvárnic. Měřením osvětlení v celém půdoryse místnosti zjistíme, že sklobetonovým oknem je místnost více a rovnoměrněji osvětlena klidným a rozptýleným světlem než oknem z tabulového skla.

Světelná propustnost sklobetonového okna postaveného ze skleněných tvárnic v porovnání s jinými druhy oken:

Sklobetonové okno.....	51%
Dřevěné zdvojené.....	61%
Dřevěné dvojitě.....	58%
Kovové zdvojené.....	64%
Kovové dvojitě.....	61%

ÚTLUM ZVUKU. Vrchní hranice zvukové vnímavosti, pocitovaná s bolestí, je 123 decibelů, spodní hranice zvukové vnímavosti je o decibel nižší. Mezi těmito hranicemi je ještě mnoho druhů hluků. Sklobetonové konstrukce z dutých svařovaných tvárnic vykazují velmi dobrou zvukovou izolaci.

Zvuková izolace:

Sklobetonové okno.....	47 decibelů
Dřevěné okno zdvojené.....	35 – 40 decibelů
Dřevěné okno dvojitě.....	40 – 45 decibelů
Kovové okno zdvojené.....	35 – 40 decibelů
Kovové dvojitě.....	40 – 45 decibelů

Zvukový útlum hutných nepórovitých desek z různých materiálů je úměrný logaritmu váhy v kg/m<sup>2</sup>. Sklo má měrnou váhu poměrně velikou, to znamená, že i zvukový útlum je dobrý. Vzduchová vrstva dutých tvárnic zvyšuje zvukový útlum, přičemž jeho



hodnota stoupá s rostoucí tloušťkou vrstvy, si do 4 až 5 cm rychle, pak jen zvolna. Také zředění vzduchu zvýší zvukový útlum. Zvuková izolace sklobetonových tvárnic je tím větší, čím tlustší jsou tvárnice.

Sklobetonová stěna z tvárnic 200 x 200 x 50 mm dutých, uzavřených, ručně lepených: proti této stěně byly vysílány tóny s kmitočty 150, 300, 600 a 1200 Hz (kmitů za vteřinu). Intenzita zvuku před stěnou byla asi 90 dB (decibelů).

Součinitel zvukového útlumu závisí na počtu kmitů za vteřinu. Zkoušená sklobetonová stěna měla zvukový útlum jako příčka z plných cihel s oboustrannou omítkou, 15 cm tlustá. Sklobetonové stěny z tvárnic dutých, uzavřených, 60 až 98 mm tlustých mají součinitel zvukového útlumu ještě o něco větší.

CHEMICKÉ VLASTNOSTI. Skleněné tvárnice vzdorují dobře prostředím působícím chemicky. Zředěné roztoky kyselin a solí, s výjimkou kyseliny fluorovodíkové a fosforečné, mají na sklo jen nepatrný vliv, úměrný teplotě a koncentraci roztoků.

Stálost proti povětrnostním vlivům je u skleněných tvárnic velmi dobrá.

Sklobetonové konstrukce jsou nespálitelné, zabraňují šíření požáru a používají se v požárních a štítových zdech. [10]

## 4. MOŽNOSTI VYUŽITÍ ATELIÉROVÉ TVORBY SKLENĚNÉ TVÁRNICE

### 4.1 Možnosti výroby skleněné tvárnice

Významné stavby světa jsou vždy něčím originální, jedinečné a inovativní. Při zkoumání teoretickým podkladů pro tuto práci jsem pochopila, že každá ze jmenovaných i nejmenovaných staveb vystavěných ze skleněných stavebních tvárnic je má upraveny podle požadavku doby, kultury, oblasti, místa.

Josef Gočár navrhl do své kubistické luxfery použité ve Wenkeově domě v Jaroměři reliéfní dekor navozující atmosféru nadcházejícího směru. Renzo Piano, z důvodu větší odolnosti celé stavby Maison Hermès v Tokiu, prodloužil strany jednotlivých tvárnic, aby do vzniklých mezer mohl umístit předepjaté tyče a tím mohla stavba lépe odolávat zemětřesení. I v budově Univerzitní knihovny ve španělském Bilbau byla luxfera upravena podle architekta Rafaela Monea a to dvoustranným dekorem, z čehož jeden je vybíhající dva centimetry do exteriéru. Z tohoto důvodu je dokonce tato luxfera označována za jedinou vyrobenou trojrozměrnou skleněnou tvárnici (s čímž si dovolím nesouhlasit, Falconiérový přes sto let staré skleněné tvárnice jsou důkazem, že tomu tak není). Každý šel svou cestou a přizpůsobil tento stavební prvek svým požadavkům.

Cílem této práce není pouze navrhnout jeden nový tvar skleněné tvárnice, ale také prověřit možnosti výroby různých druhů tvarů a inovací. Je to dlouhý proces, který vyžaduje spoustu informací jak po stránce teoretické, tak i praktické. Je potřeba seznámit se s jednotlivými druhy výroby. Rozdělují je na tvorbu sériovou a ateliérovou. Každá z nich má svá specifika a své možnosti.

Sériová výroba je výroba technikou lisování do kovové formy za předpokladu velkého množství vyráběných kusů. Celé vybavení provozu je složité a ekonomicky velmi nákladné, ale také velmi produktivní. Naopak ateliérová tvorba je finančně méně nákladná, avšak na úkor vysoké produktivity výroby. Základním požadavkem pro výrobu skleněných tvárnic je správné složení sklářského kmene pro utavení skloviny, technika výroby a druh formy.

Složení sklářského kmene je důležité z důvodu mechanické pevnosti, chemické odolnosti a optice skla. Sklovina pro lisované sklo má jiné složení proti sklovině tavené pro foukání pomocí sklářské píšťaly. Sklář potřebuje pro svou práci sklovinu pomaleji

chladnoucí, aby ji mohl na sklářské píšťale zpracovat před vložením do formy a vyfouknutím do požadovaného tvaru.

Techniku výroby je nutné zvolit podle ekonomických a množstevních požadavků. Lisovat je vhodné luxferu v tisícových nákladech kusů. Popis plnoautomatického lisovacího stroje je uveden v kapitole stejného názvu. Ve starých sklářských provozech se používaly také ruční lisy. I přes to, že dnes upadají v zapomnění, domnívám se, že i tato varianta je vhodná. Ruční lisy jsou jednodušší variantou plnoautomatických lisů. Jsou to lisy, u kterých některé části procesu vykonává člověk: například dávkování skloviny, uzavírání a otevírání formy, lisování, odebírání a mazání forem. Princip lisování však zůstává stejný. Razník vtlačенý do nakápnuté skloviny ji vytlačuje do kovové formy a tím ji dává tvar. Jednotlivé kusy a desítky kusů je vhodné pro foukání pomocí sklářské píšťaly. V současnosti se používají velmi zřídka např. pro malosériovou výrobu historických autoskel.



*Obr. 21. Poloautomatický lisovací stroj*

Druhy forem je třeba zvolit také na základě množstevního požadavku. Druhy a možnosti jednotlivých materiálů pro výrobu sklářských forem uvádím v následující kapitole.

## 4.2 Sklářské formy

Forma je nástroj k tvarování skloviny, který ji uděluje přesně definovaný tvar. Podle tvaru a funkce rozeznáváme různé druhy forem pro tvarování hotového výrobku. Jsou to formy strojové - sací, lisové formy jejíž součástí je razník (jádro) a formy pro tvarování skla z volné ruky.

Podle materiálu, z něhož jsou zhotoveny, mohou být formy dřevěné, keramické, kovové a sádrové. Nejstarším druhem jsou dřevěné formy, používané výhradně v ruční výrobě. Zhotovují se z kvalitního hruškového nebo bukového dřeva a opatřují se jednoduchými závěsy a rukojetěmi. Těsně před stykem se sklem se namáčejí do vody, takže se při foukání na jejich povrchu tvoří parní a plynová mezivrstva, která výborně izoluje sklo a formu. Proto mají výrobky foukané do dřevěných forem velmi kvalitní povrch. Další výhodou dřevěných forem je jejich snadná výroba a nízká cena. Za provozu se však tyto formy žhavou sklovinou postupně vypalují, čímž se zvětšují rozměry výrobků. Proto mají dřevěné formy malou životnost, nepřesahující několik set kusů výrobků.

Čistě keramické formy se používají jen sporadicky v ruční výrobě, například malé formičky z porézního mastku, před použitím nasycené olejem. Častěji se používají formy ze směsi grafitu, šamotu, cementu, uhlí a smůly, tedy z uhlíkatých látek, pojených zpravidla cementem. Tato směs se nazývá pecol nebo pěnoform. Používají se i menší formy z čistého grafitu. Všechny keramické formy se musí vkládat do kovových obalů, opatřených držadly a závěsy. Za provozu se většinou namáčejí do vody, není to však nutné. Keramické formy se používají jako náhrada dřevěných forem. Jejich povrch vyhořívá pomalu, ale přesto se tvoří mezi sklem a formou potřebný plynový polštář, takže výrobky mají kvalitní povrch. Výhodou je dodržení přesných rozměrů, a tím větší životnost než u dřevěných forem. Protože tyto formy jsou dražší než formy dřevěné, volí se pro výrobky tvarované ve velkých sériích. Dřevěné ani keramické formy se pro malou tepelnou vodivost a malou pevnost nehodí k strojnímu tvarování skla. Zatímco u kovových forem se odvádí ze skloviny i z formy vedením a sáláním podstatná část tepla, u dřevěných a keramických forem je tento přestup tepla malý. K odvodu tepla napomáhá máčení forem ve vodě, neboť teplo se spotřebovává na vypaření vody.

Kovové formy jsou nejrozšířenější druh sklářských forem. Používají se při výrobě skleněných obalů a při lisování a mačkání skla. Při ručním foukání skla se pro vysokou cenu používají jen zřídka. Pokud se kovové formy intenzivně nemažou, dochází k přímému

otisku formy do skloviny. Drsnost povrchu skla těsně po vynětí z formy je jen nepatrně menší než drsnost povrchu formy.

Kov pro sklářské formy má splňovat řadu požadavků, z nichž některé jsou i protichůdné. Proto nebyl dosud nalezen všestranně vyhovující univerzální formový materiál. Požadavky jsou různé podle tvarovacích technologií a lze je shrnout do těchto skupin:

- a) Formový materiál musí být stejnorodý, jemnozrný a bez vnitřních vad, aby z něho bylo možno zhotovit hladkou a přesnou formu.
- b) Materiál musí odolávat velmi vysoké teplotě. Výše pracovní teploty je dána druhem zpracované skloviny, doba použití je několik set hodin. Během této doby nesmí forma nadměrně oxidovat ani korodovat, musí být strukturně a rozměrově zcela stabilní a musí odolávat i náhlým změnám teploty.
- c) Požadují se vhodné fyzikální vlastnosti, tj. zpravidla vysoká tepelná vodivost a podle možnosti nízká a pravidelná teplotní roztažnost.
- d) Aby výroba forem byla snadná, musí být materiál snadná obrobitelný jak při obrábění třískovým, tak i při ručním kovoryteckém obrábění. Důležitá je dobrá leštitelnost, tj. schopnost snadného vyleštění na vysoký lesk. Hodnotí se i snadná opravitelnost forem svářením a přechováním.
- e) U většiny forem je nutná vysoká odolnost vůči opotřebení a to jak vůči mechanické abrazi (při čistění forem), tak i vůči mechanickému poškození, především na hranách.
- f) Mechanické vlastnosti nejsou až tak důležité. Neurčuje se proto pevnost, spíše se požaduje tažnost a nízký modul pružnosti. U většiny forem se vyžaduje střední, někdy i vysoká tvrdost.
- g) Z uvedených požadavků vyplývá požadavek vysoké hospodárnosti forem, tj. nízkých nákladů na formy při jejich vysoké životnosti a dobré kvalitě výrobků.

Životnost sklářských forem závisí především na způsobu, jak se s nimi zachází, tj. čistění, mazání, údržba a péče všeobecně. Jen v menší míře závisí životnost kovových forem na materiálu, z něhož jsou zhotoveny. Životnost forem se vyjadřuje počtem výrobků na jednu formu. Vypočítává se tak, že se množství výrobků vyrobených z jedné sady forem do jejího úplného vyřazení dělí počtem stejných forem v sadě. U lisovacích forem, určených např. pro výrobu skleněných stavebních tvárnic, činí životnost asi 2000 až 200 000 kusů na formu.

Z kovových forem jsou nejrozšířenější litinové formy. Vyrábějí se litím ze šedé litiny předepsaného složení. Lití se provádí tak, že povrch formy, který bude tvarovat sklo, se odlévá na kovové chladítko, zbytek formy do písku. Tím je dosaženo jemné struktury pracovní plochy (jemný grafit), která je bez jakýchkoliv vad. Litina je nejpoužívanější materiál pro výrobu kovových forem. Výhodou litiny je vysoká tepelná vodivost,

vyhovující odolnost vůči vysokým teplotám a především snadná obrobitelnost, slévatelnost a z toho plynoucí nízká cena. Nevýhodou litiny je nízká odolnost vůči opotřebení a při tvarování za vyšší teploty i nízká odolnost vůči oxidaci a vůči vzniku trhlinek na pracovním povrchu. Nejčastěji se používá nelegovaná litina, tj. litina bez zvláštních přísad. Litina sklářské formy musí mít u pracovní plochy velmi jemný grafit a vhodnou strukturu. Legováním malými přísadkami Ni, Cr, Mo se poněkud zvyšuje odolnost litiny vůči opotřebení a nepatrně vzrůstá i odolnost vůči oxidaci. Klesá však tepelná vodivost a výroba těchto litin je obtížnější než výroba litiny obyčejné. Proto se legované litiny používají jen výjimečně.

Ocelové formy jsou formy z vysokolegovaných žáruvzdorných ocelí. Obyčejnou uhlíkovou ocel nejde použít, protože při zvýšené teplotě velmi silně oxiduje. Nejčastěji se používají ocele legované chromem. Ocel s 13% Cr je standardní ocel pro středně namáhané formy. Kde nestačí této oceli, je nutno zvýšit obsah Cr a ocel vylepšit malými přísadkami Ni. Tyto chromové ocele velmi dobře odolávají oxidaci, opotřebení a vzniku trhlinek. Mají dobrou strukturní stabilitu a jsou výborně leštitelné, takže jejich výlisky jsou krásně hladké. Jsou celkem levné, tepelnou vodivost mají nižší než litina, ale nejvyšší ze všech legovaných ocelí. Teprve při nejvyšších pracovních teplotách se používají formy z chromniklových ocelí. Ocelové formy se volí pro kvalitní lisování skla.

Formy z čistého niklu nebo niklových slitin se uplatňují hlavně při mačkání skla. Nikl spojuje dobrou tepelnou vodivost s výbornou odolností proti vysokým teplotám. Pro malé formy a součásti forem, u nichž se vyžaduje nejvyšší tepelná vodivost, se používá hliníkový bronz. Je to slitina mědi s přísadkou asi 10% Al s přísadami Ni, Fe, Mn. Má vysokou tepelnou vodivost, dobře odolává vysoké teplotě a je výborně leštitelná.

### 4.3 Výhody skleněných tvárnic jako stavebního prvku

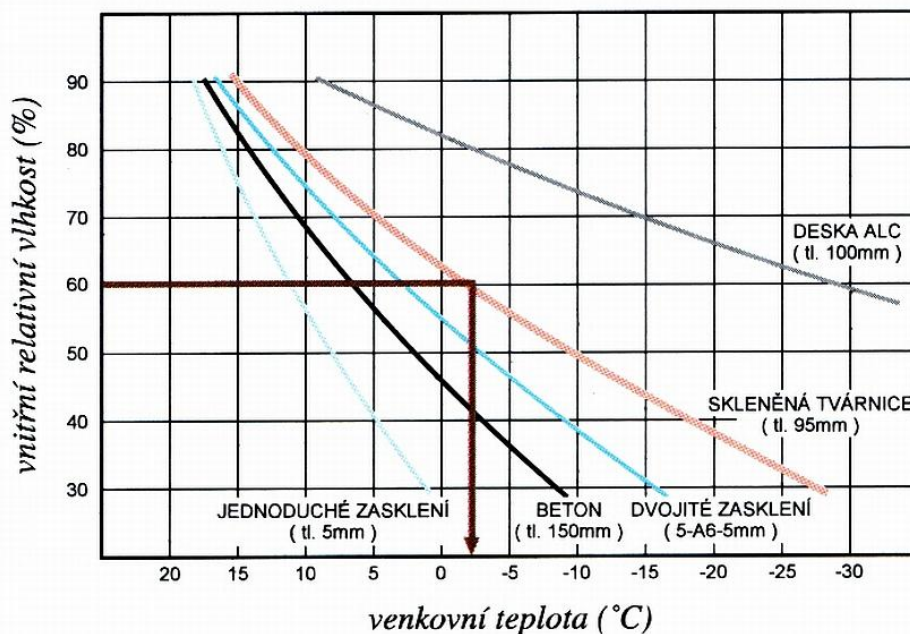
ÚSPORA ENERGIE. Tlak ve vnitřním prostoru každé tvárnice je 0,3 atm., blíží se vakuu. To dává skleněné tvárnici vyšší hodnotu tepelné izolace než dvojsklo, což kvalifikuje skleněné tvárnice mezi energii šetřící stavební materiál. Skleněné tvárnice odolávají světlu, hluku, teple, ohni i přírodním silám.

KONDENZACE. Vysoký koeficient tepelné izolace zajišťuje výbornou ochranu proti kondenzaci vody na povrchu. Například při pokojové teplotě 20°C a relativní vlhkosti



60% nedojde na povrchu tvárnice ke kondenzaci, dokud nedosáhne venkovní teplota  $-2,4^{\circ}\text{C}$ .

**Diagram povrchové kondenzace (při pokojové teplotě  $20^{\circ}\text{C}$ )**



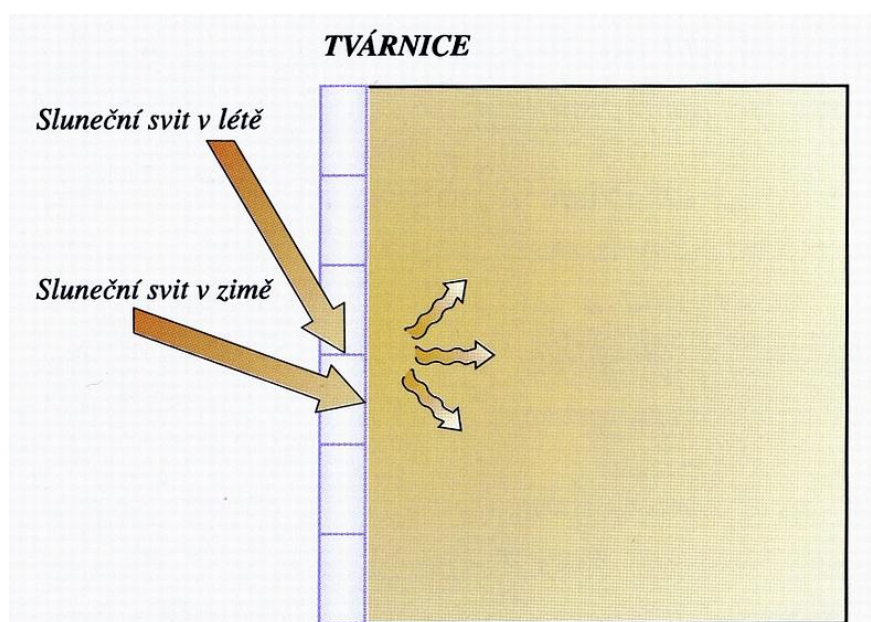
Obr. 22. Diagram povrchové kondenzace lufery uváděný v propagačních materiálech firmy Vitrablock

**OHNIVZDORNOST.** Panely ze skleněných tvárnice mají vynikající schopnost zajišťovat jako ohnivzdorné materiály požární zábranu. Podle požadavku na odolávání ohni po určité době se dělí do různých tříd. Například tvárnice použité ve stropěch odolávají ohni 30 minut.

**ODOLNOST PROTI PŘÍRODNÍM SILÁM.** Např. v Japonsku jsou normy pro stavební průmysl, tzn. také na skleněné tvárnice přísnější. Aby se zjistila bezpečnost zdí proti tajfunům a zemětřesením, jsou testovány na tlakové zatížení větrem, vnější deformaci i seizmickými koeficienty. Velký důraz se klade také na výztuže. Renzo Piano použil v Tokiu při stavbě budovy La Maison Hermès bezpečnostní opatření. Spárami procházejí předpjaté ocelové tyče, na nichž jsou tvarovky položeny a v případě zemětřesení se může každá z nich vychýlit až o 4 milimetry aniž by došlo k jejímu poškození.

**SVĚTLO.** Skleněné tvárnice vytváří příjemné životní prostředí propouštěním, lomem, nebo odrazem světelných paprsků. Čirá skleněná tvárnice umožňuje výhled do okolní krajiny, naopak optické či mechanicky zmatované skleněné tvárnice působí dojmem intimity, bez narušení propustnosti světla. Světlo procházející panelem ze skleněných tvárníc je mírné a rovnoměrné. To způsobují spáry tvárníc v panelu, které působí jako mřížový rošt pro vedení slunečních paprsků. Také vzory skleněných tvárníc brání průhlednosti, nebo naopak průhledy umožňují. Světelná propustnost u čirých tvárníc je při kolmo dopadajícím světle 75%. Odpovídá tedy normálnímu dvojsklu. U barevných tvárníc se pohybuje propustnost od 50% do 70%, dle barvy a její sytosti.

U stěn a oken z tvárníc lze podtrhnout vynikající funkci spojení mezi tvárnici. Toto spojení slouží jako určitý regulátor propustujícího světla a tedy i regulátor množství tepla vneseného do interiéru.

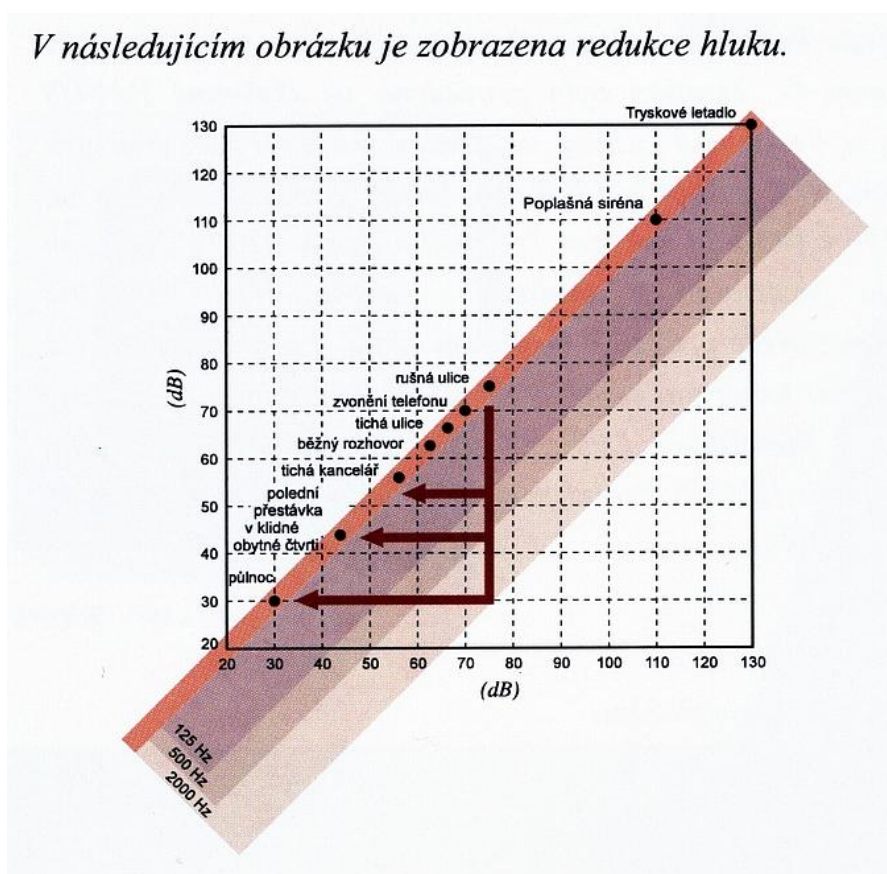


Obr. 23. Prostup světla luxferou uváděný v propagačních materiálech firmy Vitrablock

**MOŽNOSTI VOLBY TYPŮ.** Dnešní trh nabízí velký výběr skleněných tvárníc a to různých velikostí, tvarů, druhu použití (interiér i exteriér) a barev. Většina těchto tvarů se mohou vzájemně kombinovat. Mohou být použity jako okna, stěny, příčky, přepážky, střešní okna (světlíky) a na jakémkoliv místě v budově, kde je požadováno světlo.

ZVUKOVÝ IZOLANT. Skleněná tvárnice je vynikající hlukový izolant, který zároveň umožňuje požadovaný vstup světla. Poskytuje maximum zvukové izolace v porovnání s ostatními osvětlovacími materiály. Například hluk ulice je redukován na hladinu (úroveň) tiché kancelářské místnosti při 125 Hz na střední hladinu při frekvencích 2000 Hz. Zvukoizolačních vlastností těchto skleněných tvárníc bývá efektivně využíváno v rušných ulicích nebo v blízkosti rušných provozních hal. Z tohoto důvodu volila i arch. Eva Jiříčná luxfery při stavbě Kongresového centra ve Zlíně. [11]

*V následujícím obrázku je zobrazena redukce hluku.*



Obr. 24. Redukce hluku luxferové stěny uváděný v propagačních materiálech firmy Vitrablock

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5. PRVOTNÍ NÁVRHY

V prvotních návrzích jsem se zabývala základním tvaroslovím skleněných tvárnic. Považovala jsem za nutné vyřešit nejdříve základní tvary a možnosti jejich skládání, až potom prostorový tvar pohledové strany. Mým cílem bylo navrhnoutí a vytvoření prostorových skleněných tvárnic.

Každý z navržených tvarů má mnoho velikostních možností. Některé tvary se mohou při jejich 50% zmenšení kombinovat s tvary jednonásobně většími (např. 4 malé čtverce seskládané k sobě vytvoří další - větší čtverec). Tato varianta skládání je důležitá nejen z důvodu tvarové variabilnosti skleněné plochy, ale také z důvodu vytvoření hran a rohů budovy, objektu a detailu v interiéru.

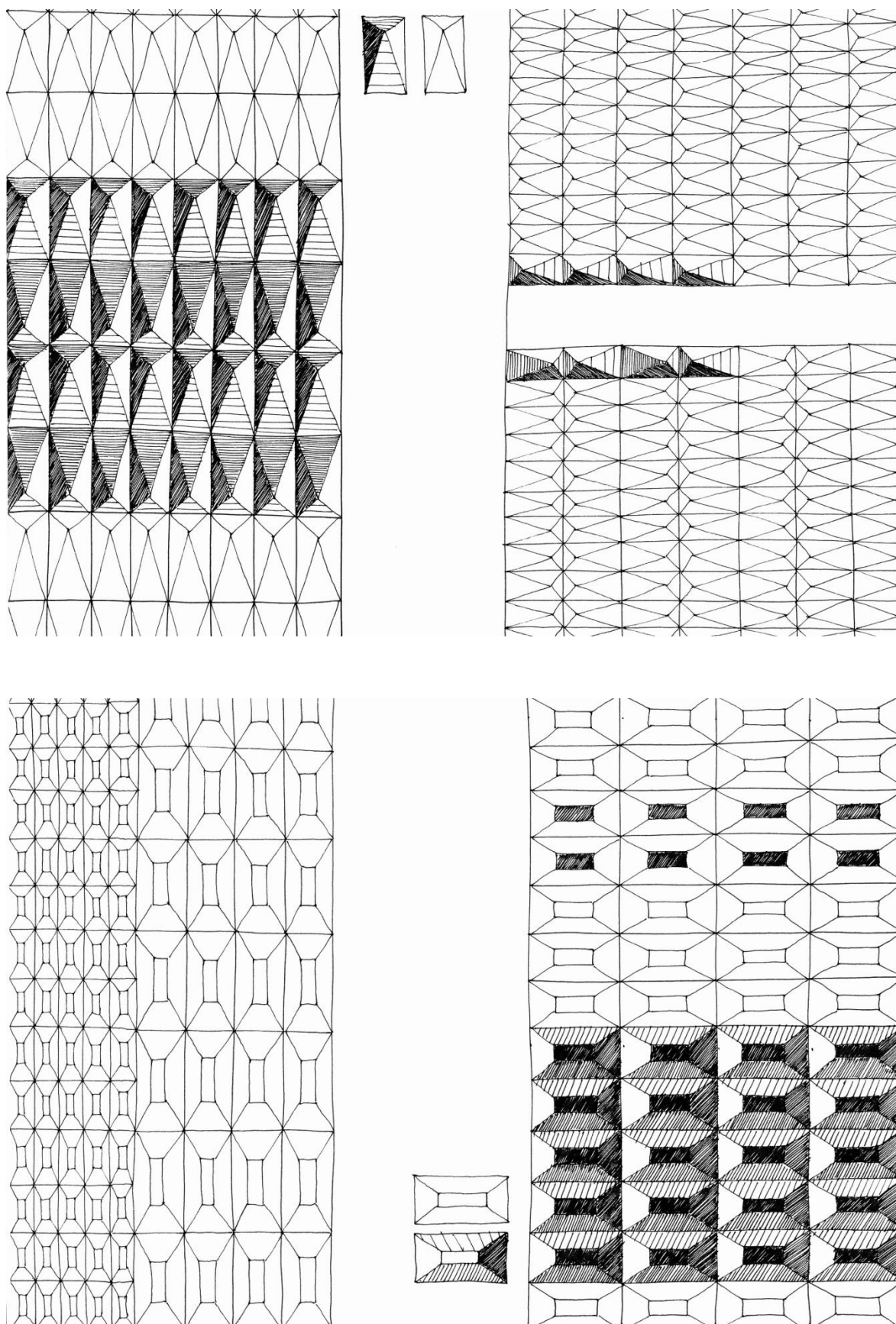
V návrzích je rozvinuta také možnost otáčení jednotlivých tvarů. Pokud je skleněná tvárnice navržena s vrcholem, který není umístěný na středu tvaru, vytváří se dekor celku otáčením jednotlivých kusů, které mohou být svými vyosenými středy seskládané k sobě tak, aby vytvářely různé kompozice.

Variabilnost jednotlivých tvarů se také rozvíjí v případě skládání luxfer stejného základního tvaru a velikosti avšak s jinak řešenou pohledovou stranou (např. šestiúhelné luxfery jsou řešeny z pohledové strany do šesti trojúhelníků směřujících do středu, nebo tří nepravidelných kosočtverců).

Seskládáním jednotlivých skleněných tvárnic k sobě vznikají další plochy tvarových kompozic. Tyto kompozice je možné měnit v případě použití různě prostorově řešených skleněných tvárnic stejné základny.

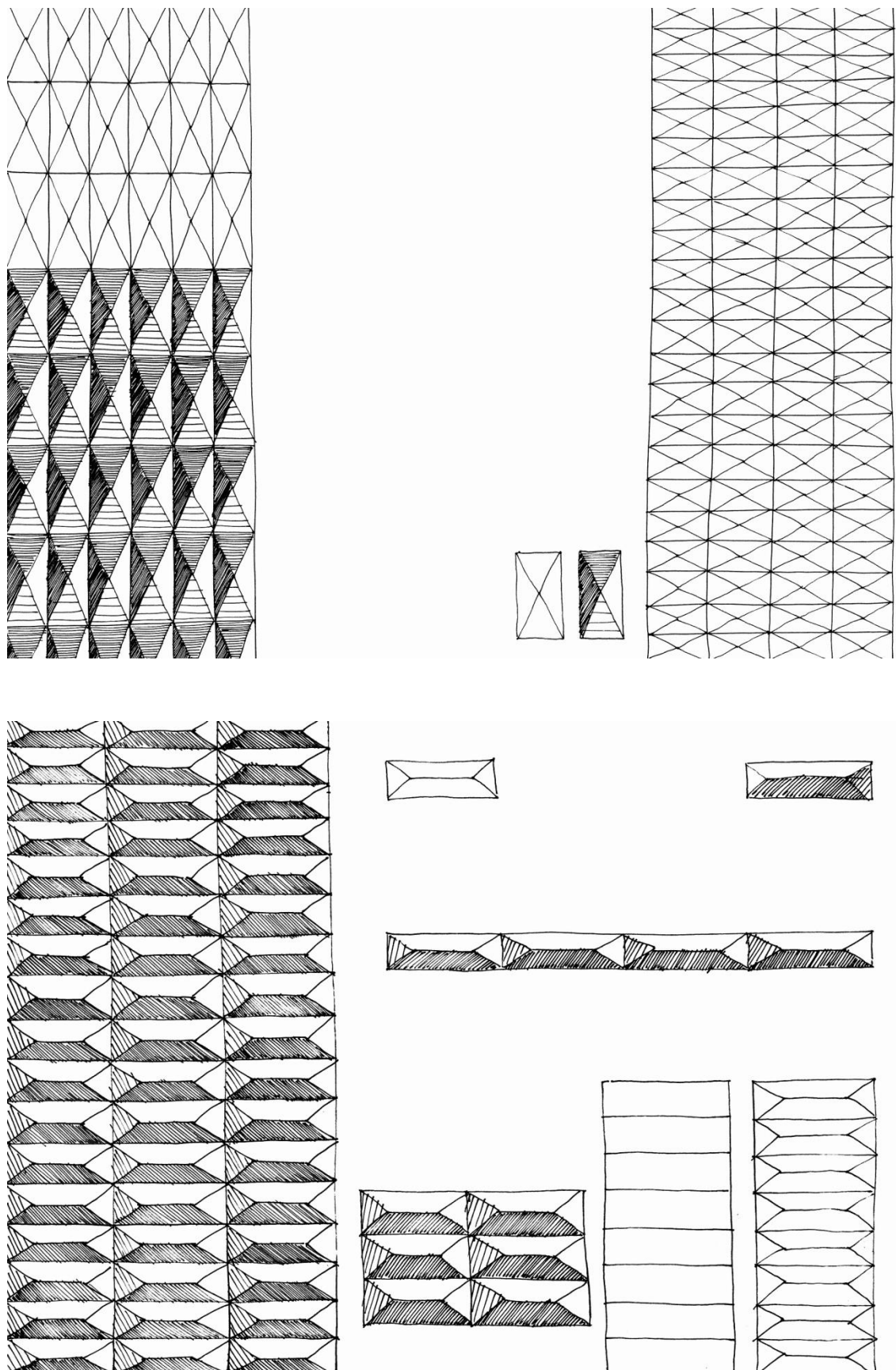
Některé tvary není možnost seskládat k sobě bez použití tvaru jiného. Například z luxfery v základním tvaru pravidelného osmiúhelníku nelze seskládat celek bez použití luxfery tvaru čtverce.

Další tvarová řešení se nabízejí v případě, že jednotlivý tvar nemá základnu po celém obvodu stejně vysokou (spára vybíhá s tvarem do prostoru a zase nazpět).



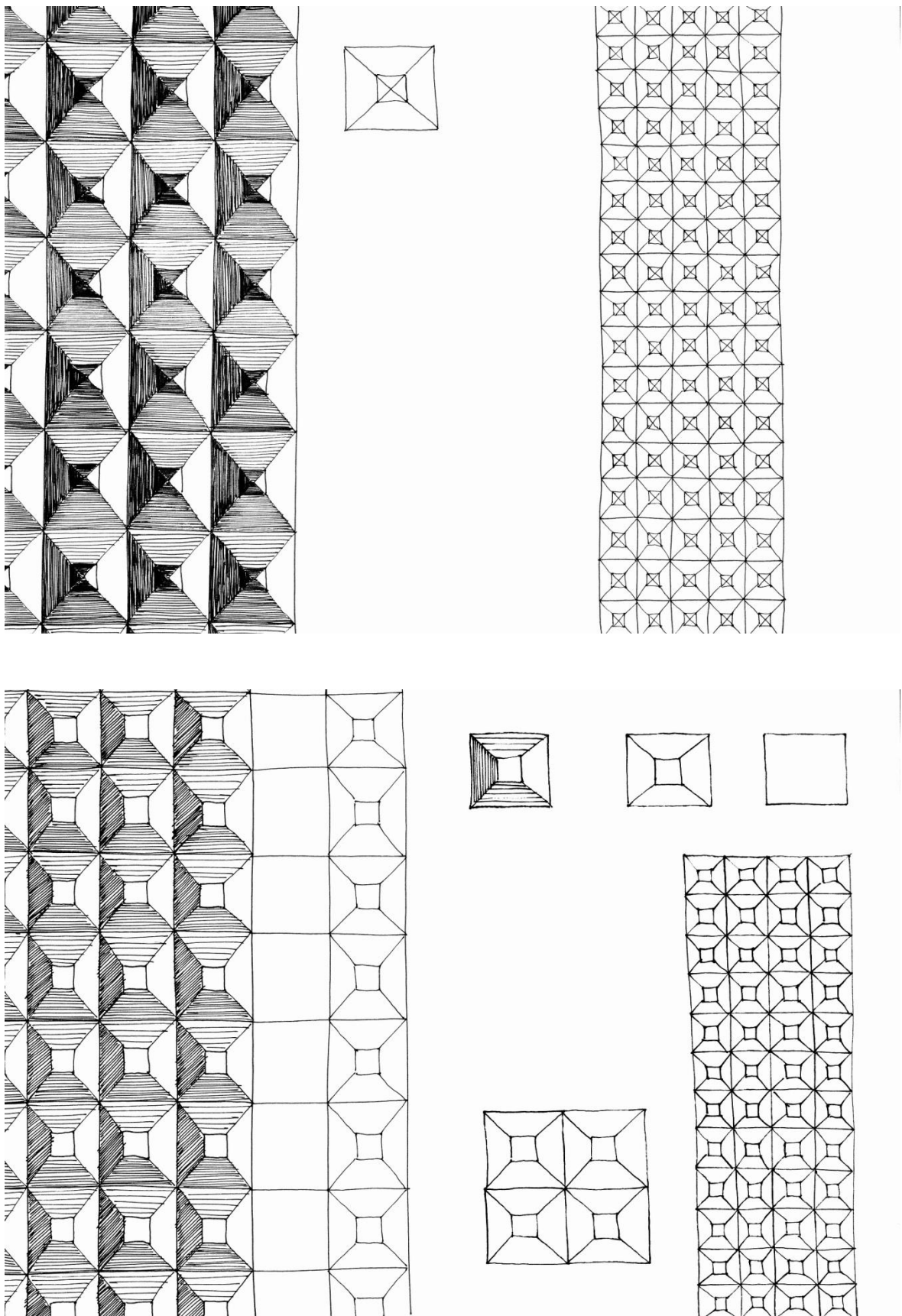
Obr. 25. Kresebné návrhy základních tvarů skleněných tvárnic, obdélník



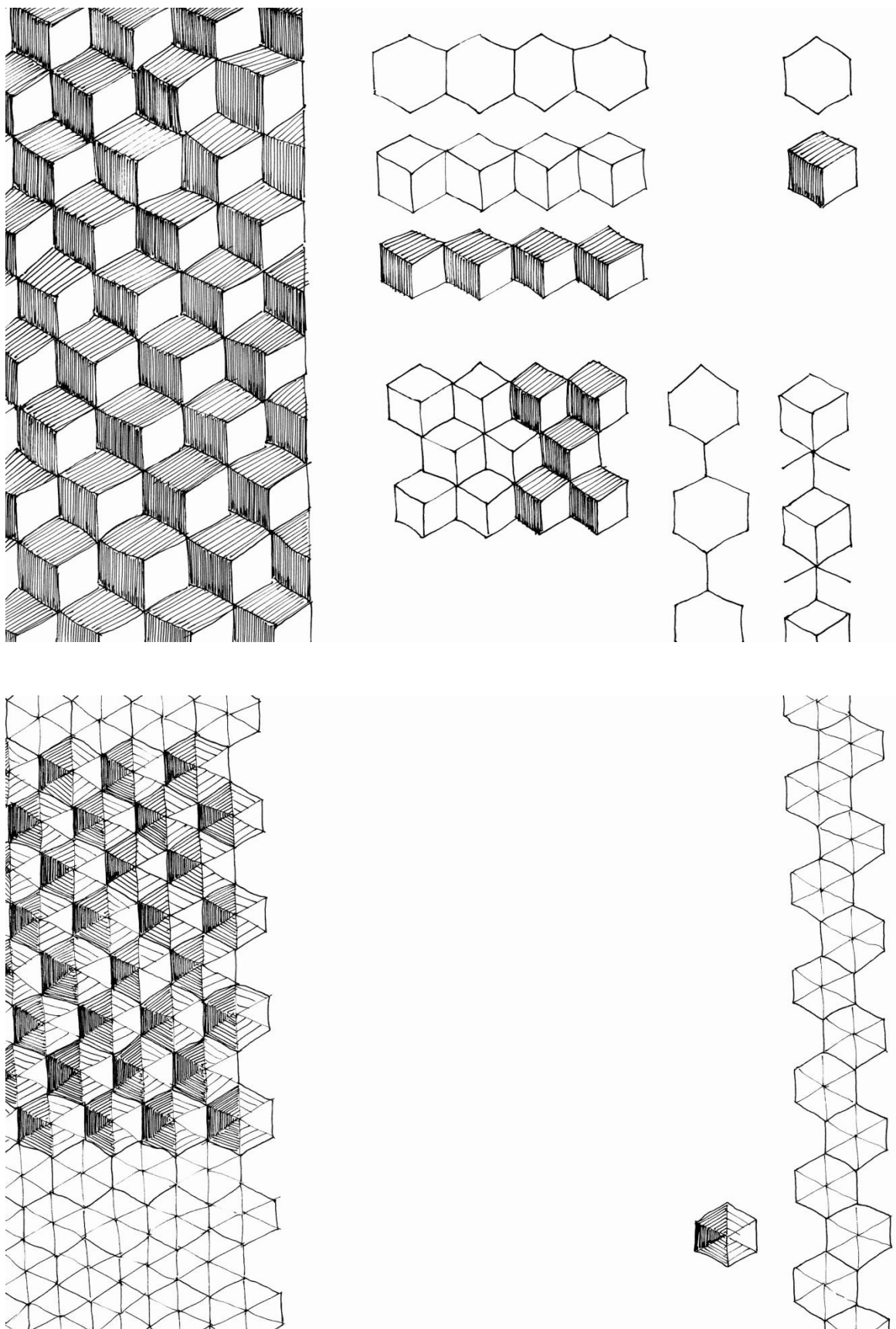


Obr. 26. Kresebné návrhy základních tvarů skleněných tvárnic, obdélník

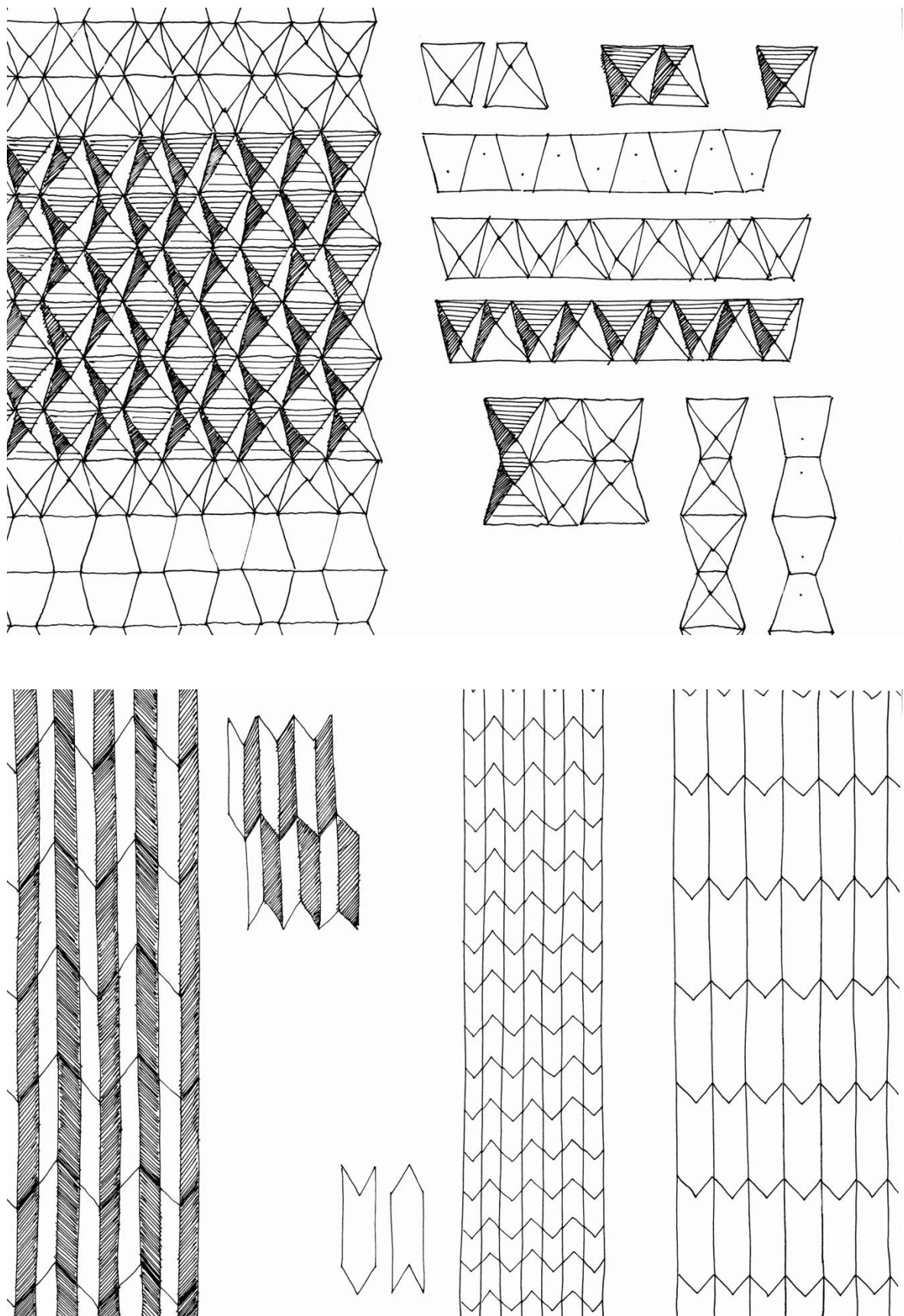




Obr. 27. Kresebné návrhy základních tvarů skleněných tvárnic, čtverec

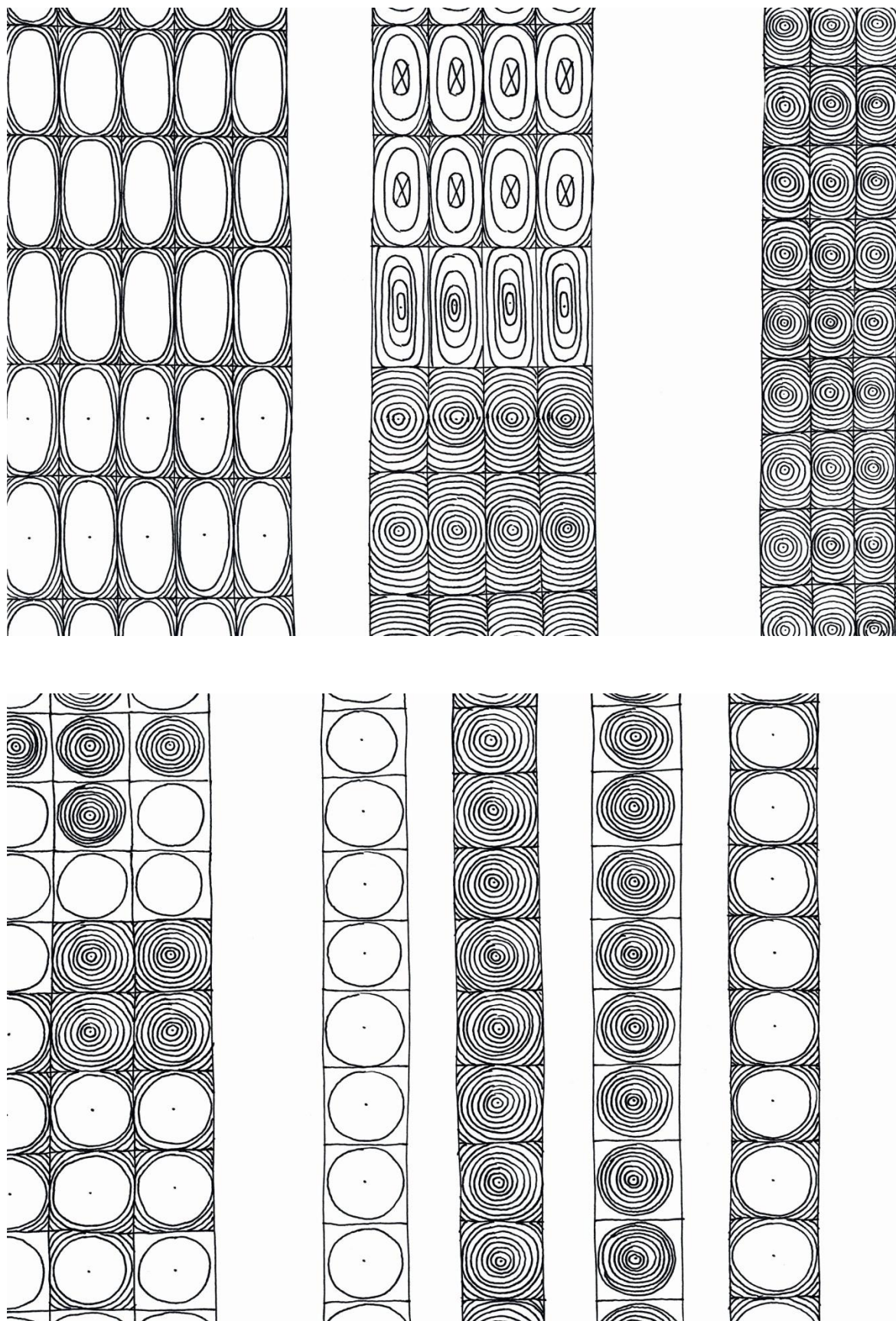


Obr. 28. Kresebné návrhy základních tvarů skleněných tvárnic, šestiúhelník

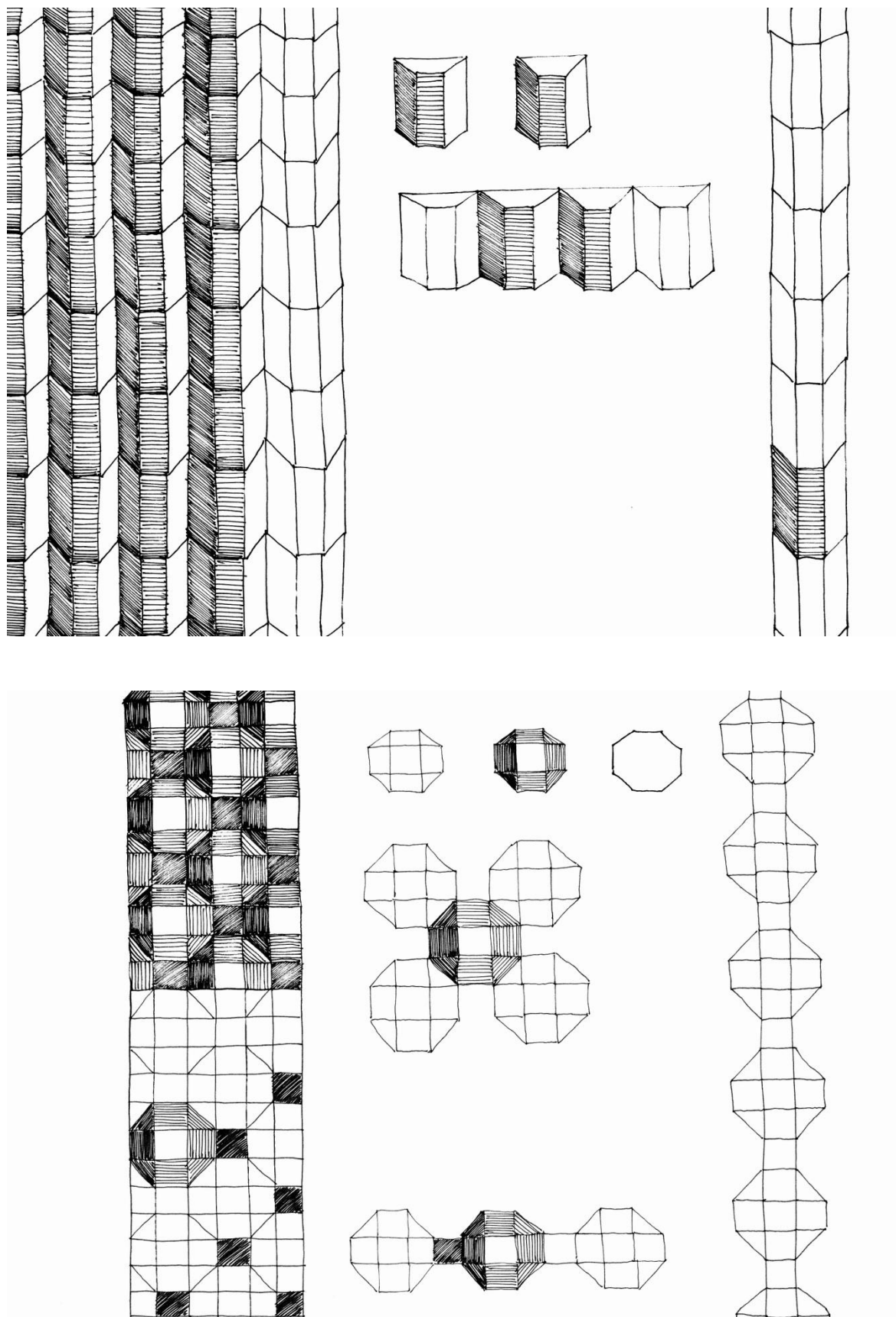


Obr. 29. Kresebné návrhy základních tvarů skleněných tvárnic, nepravidelné tvary

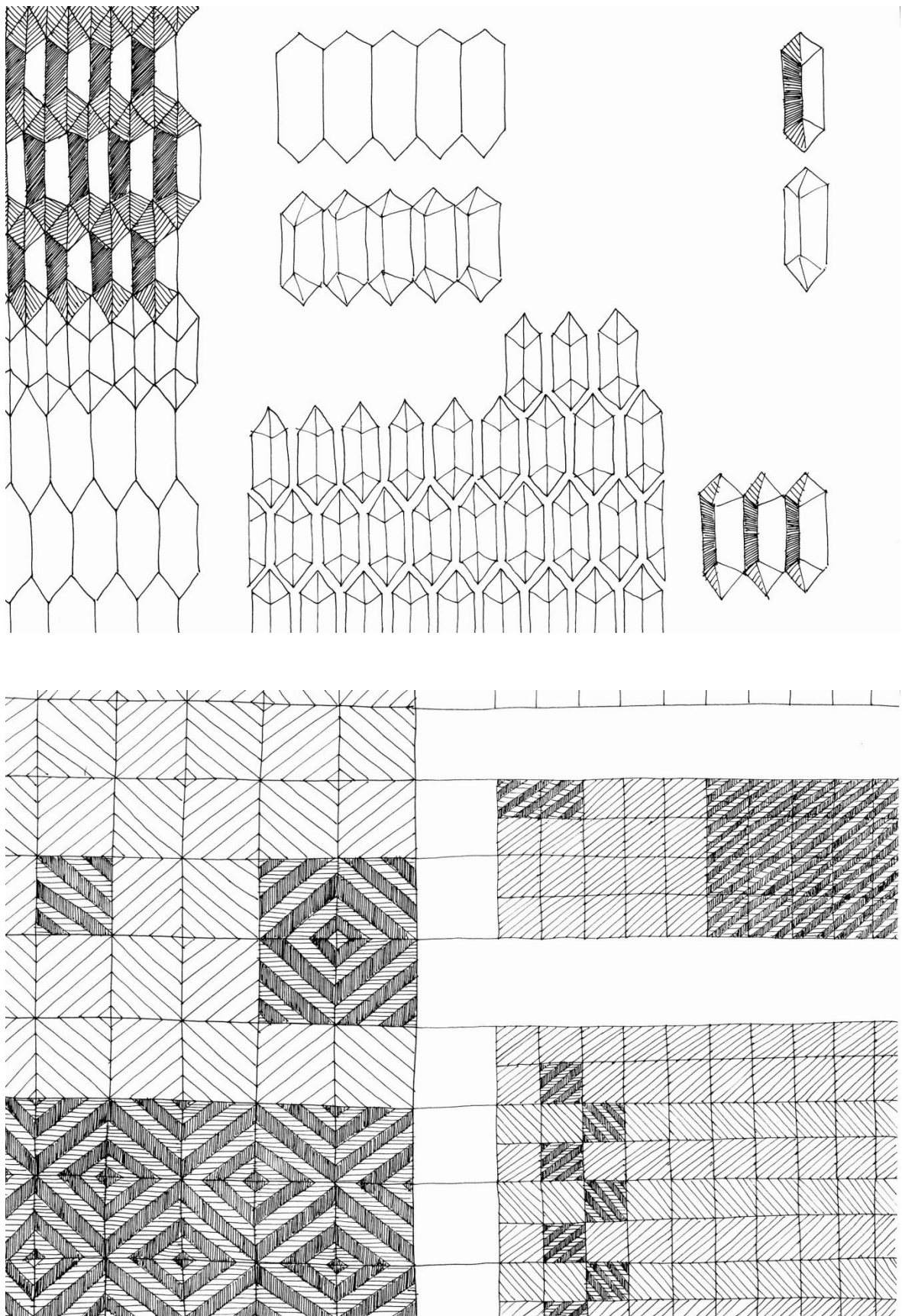




Obr. 30. Kresebné návrhy hranatých základěn s kruhovitým vzestupem ke středu



Obr. 31. Kresebné návrhy základních tvarů skleněných tvárnic, nepravidelné tvary



Obr. 32. Kresebné návrhy základních tvarů skleněných tvárnic, nepravidelné tvary

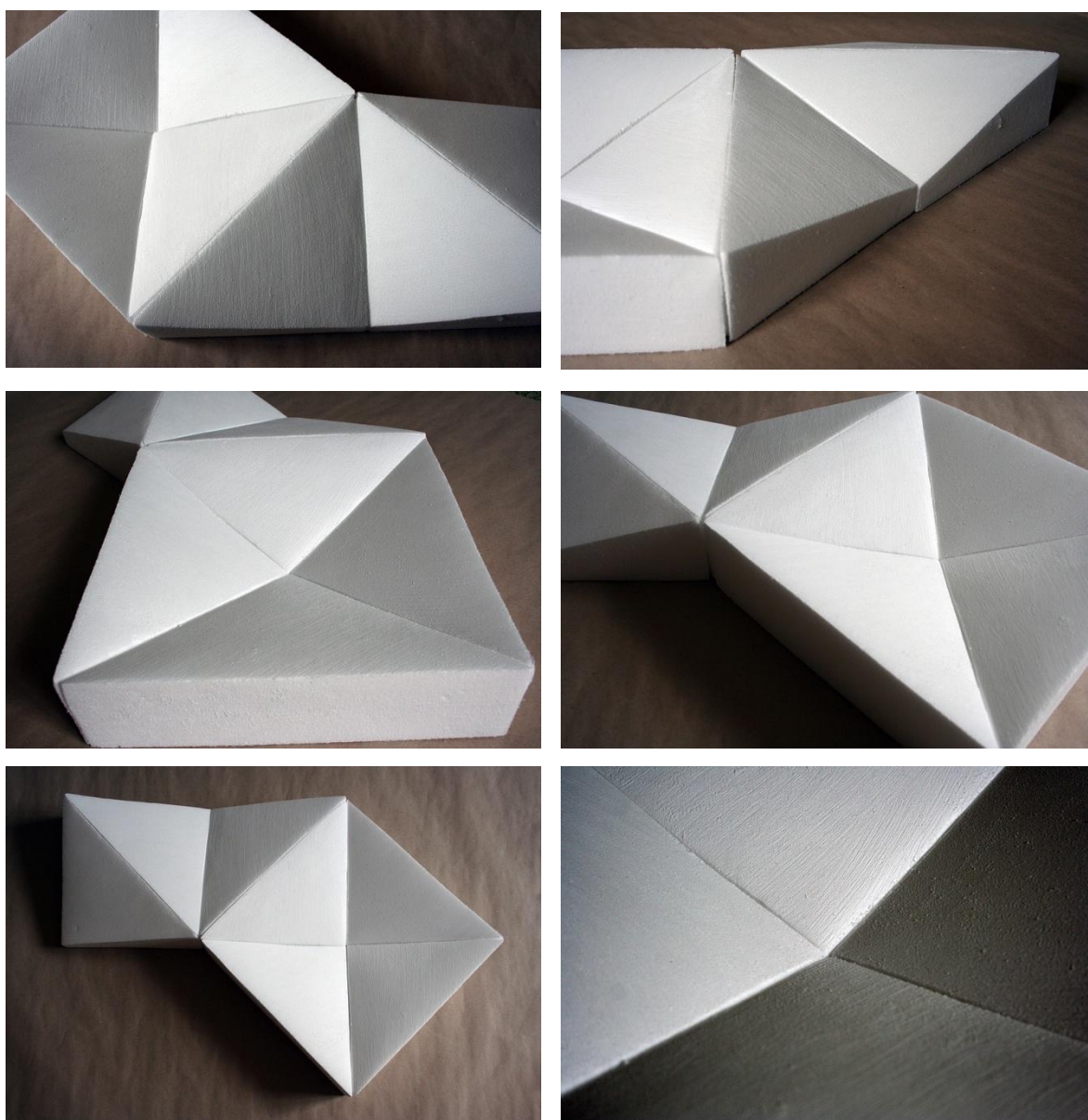


## 6. PROPRACOVÁNÍ VYBRANÝCH NÁVRHŮ

### 6.1 Polystyrenové modely

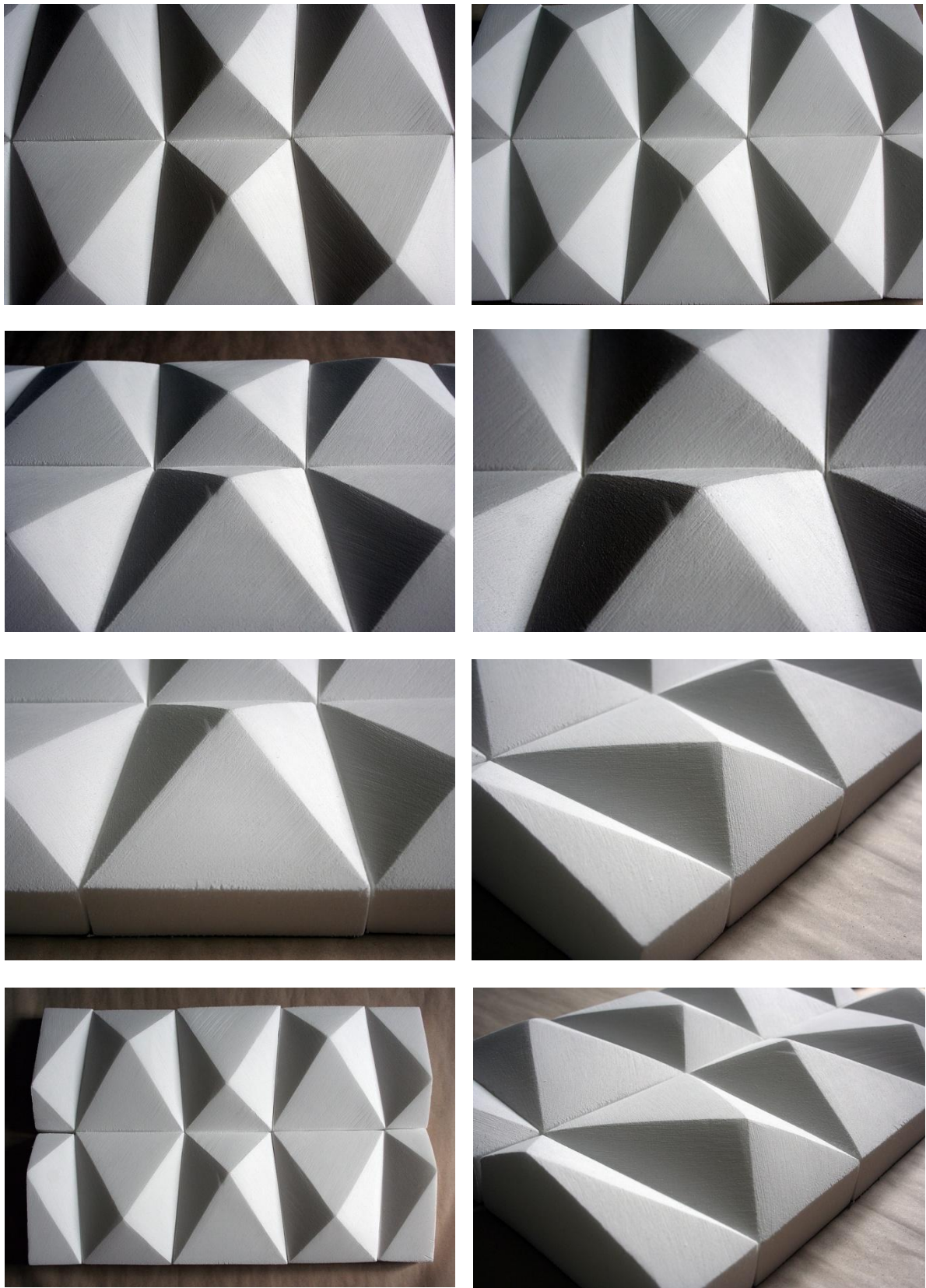
Pro výrobu modelů navrhnutých základních tvarů a pohledových stran jsem použila polystyren. Modely jsou v měřítku 1:1.

Modelovala jsem pouze jednu polovinu luxfery. Jednotlivé tvary, v případě, že mají stejný půdorys, jsou kombinovatelné navzájem. Šestiúhelná luxfera s vystupujícím středem může mít druhou polovinu luxfery hladkou, nebo jiného tvaru odlišného první polovině.

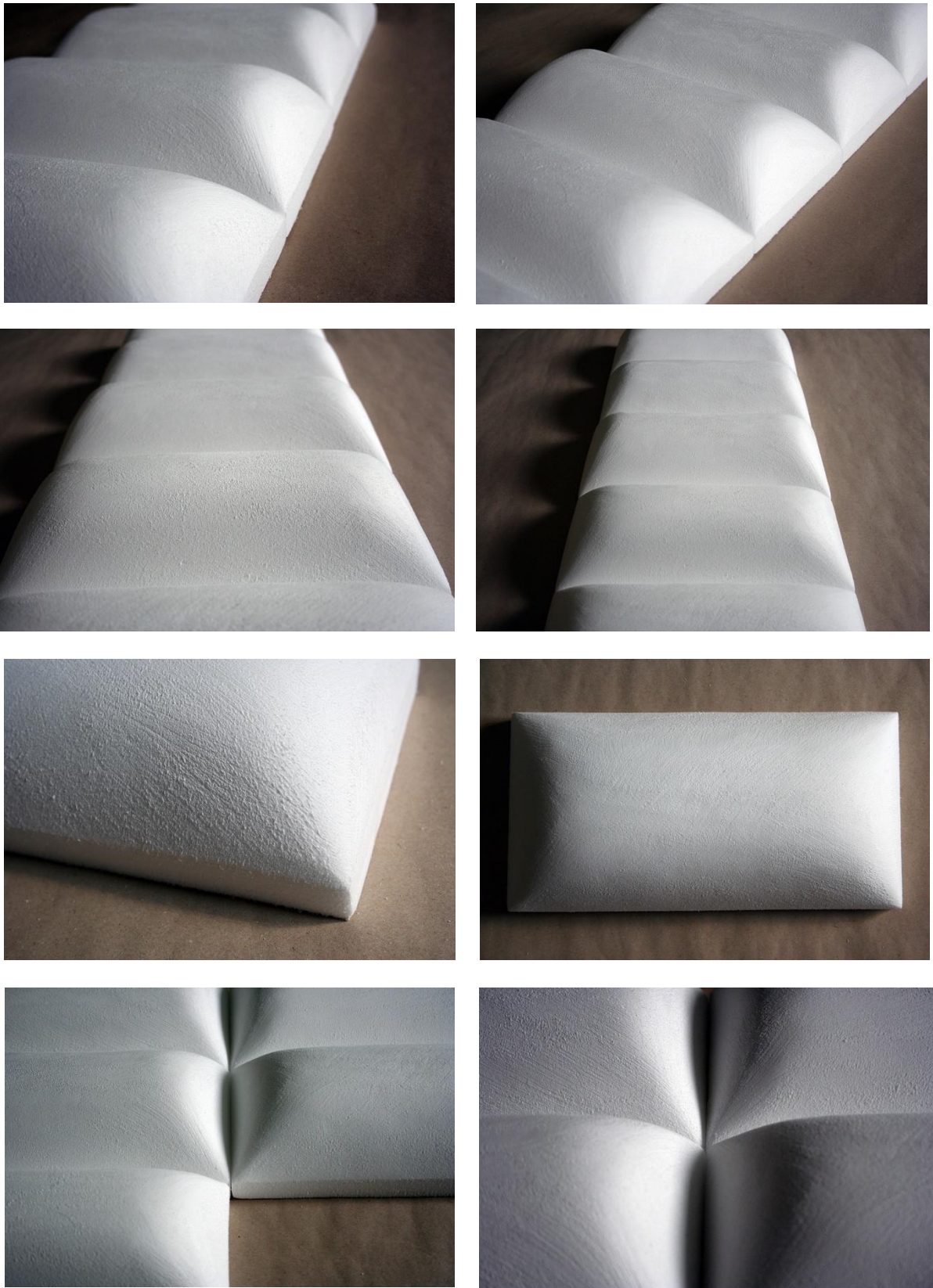


Obr. 33. Polystyrenové modely, trojúhelník



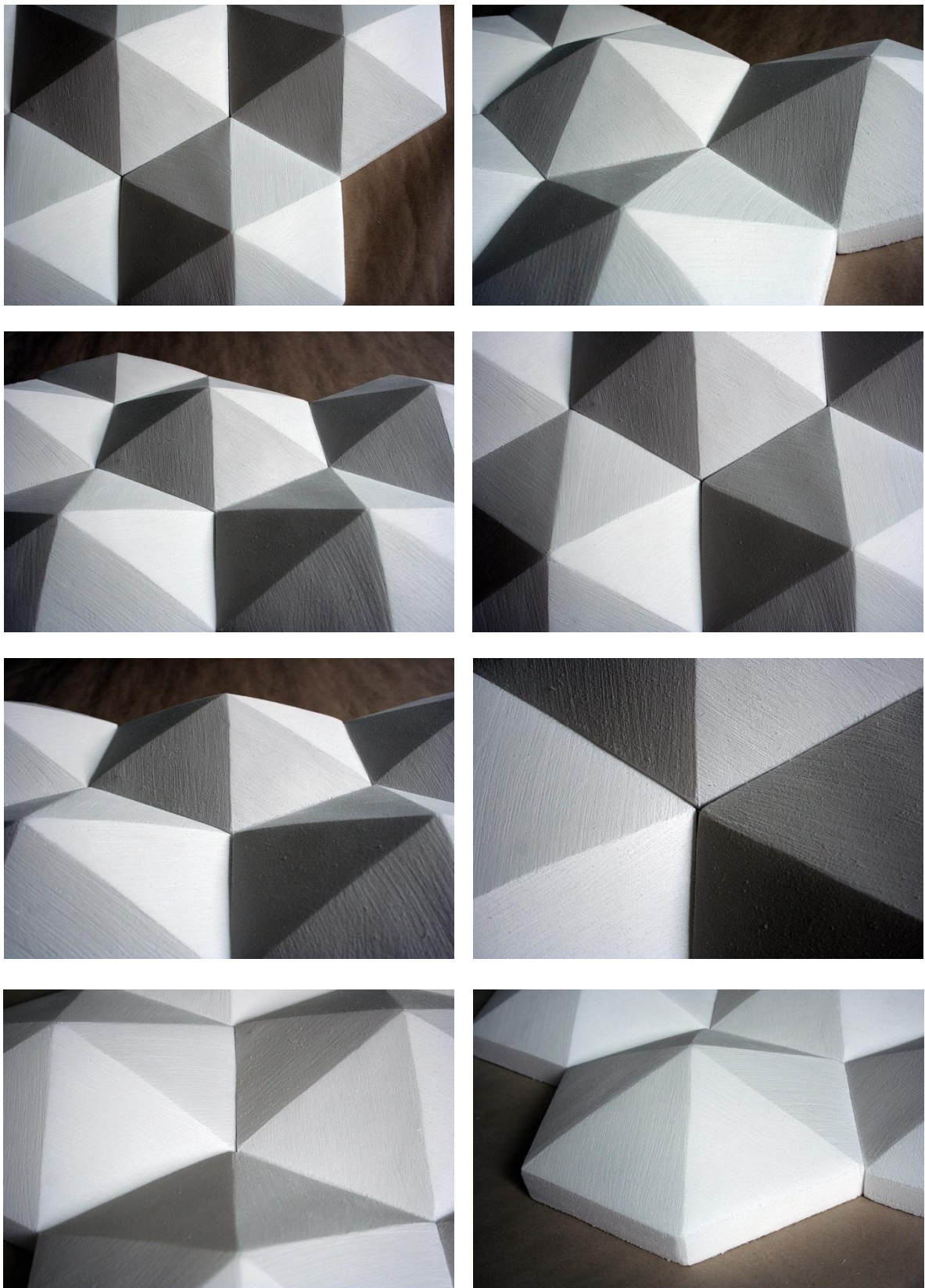


*Obr. 34. Polystyrenové modely, nepravidelný tvar*

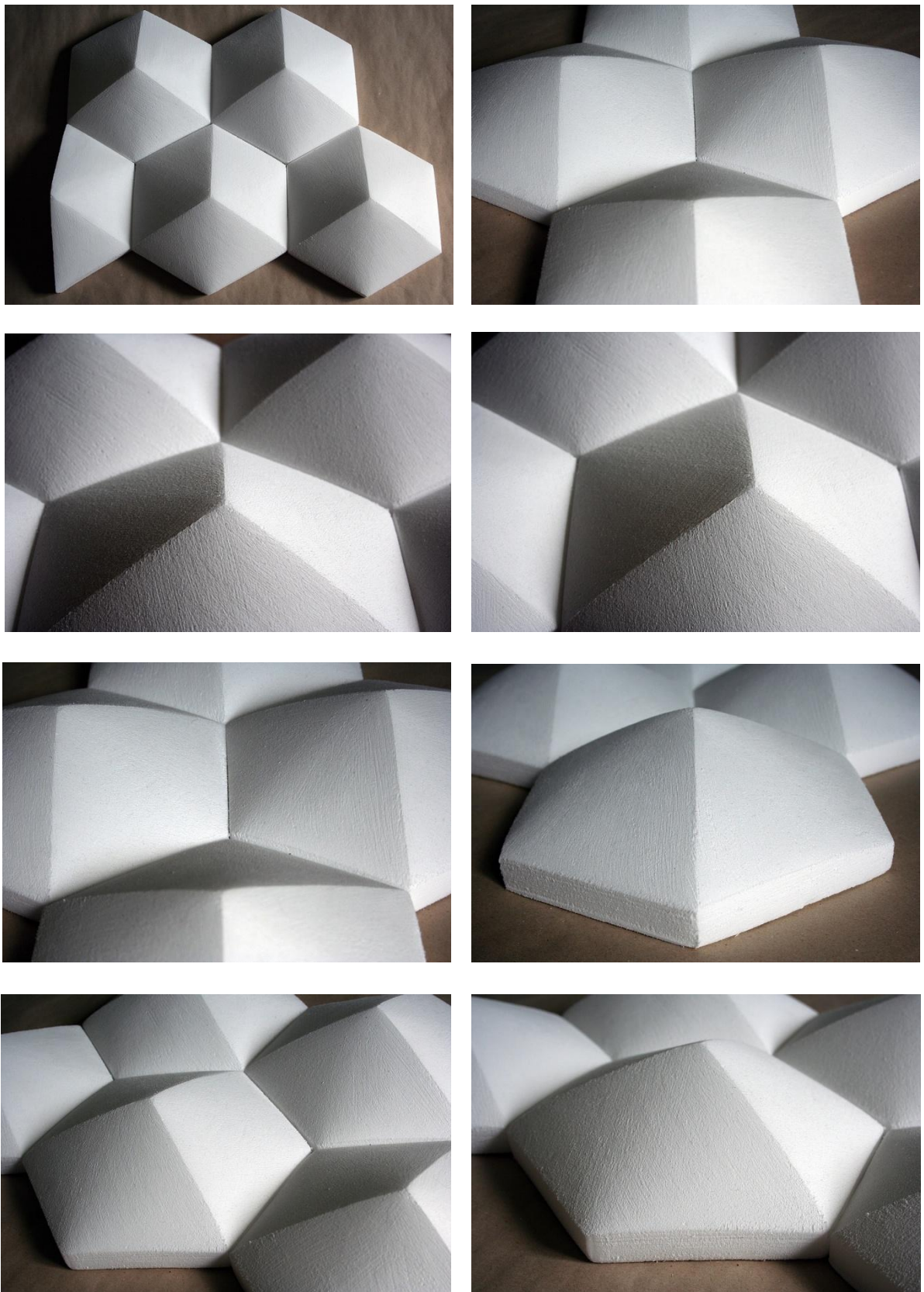


*Obr. 35. Polystyrenové modely, obdélník*



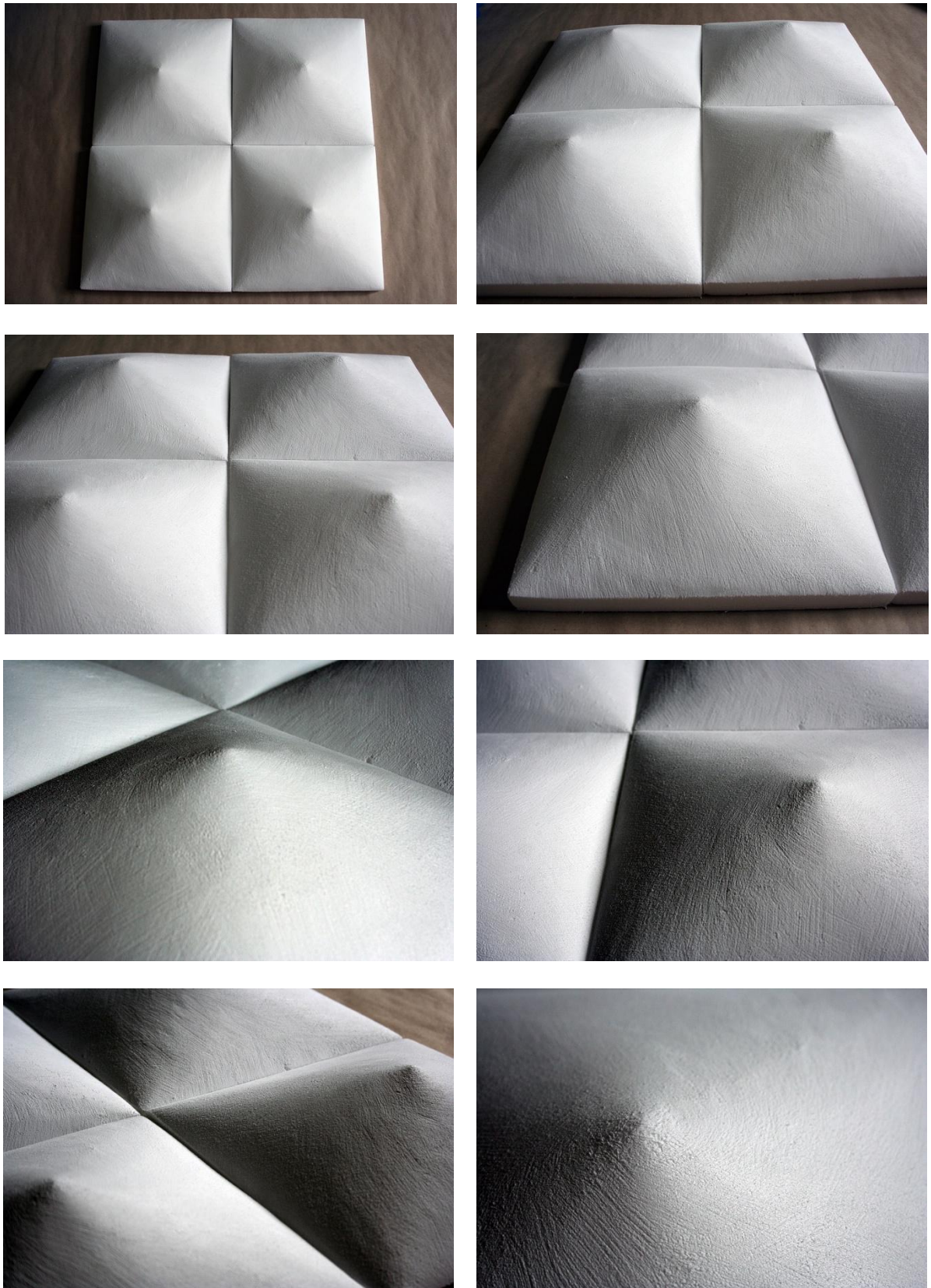


*Obr. 36. Polystyrenové modely, šestiúhelník*

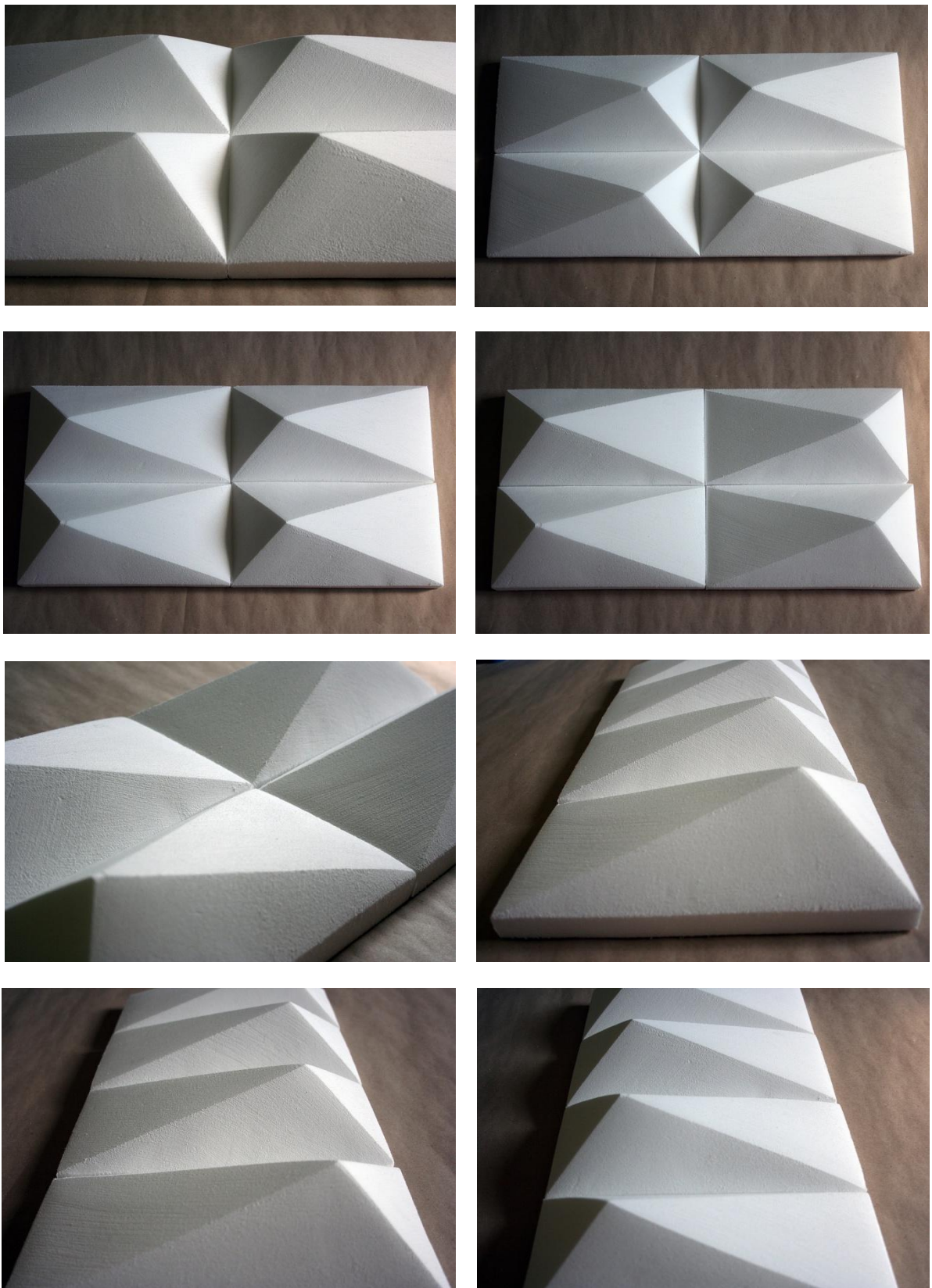


*Obr. 37. Polystyrenové modely, šestiúhelník*



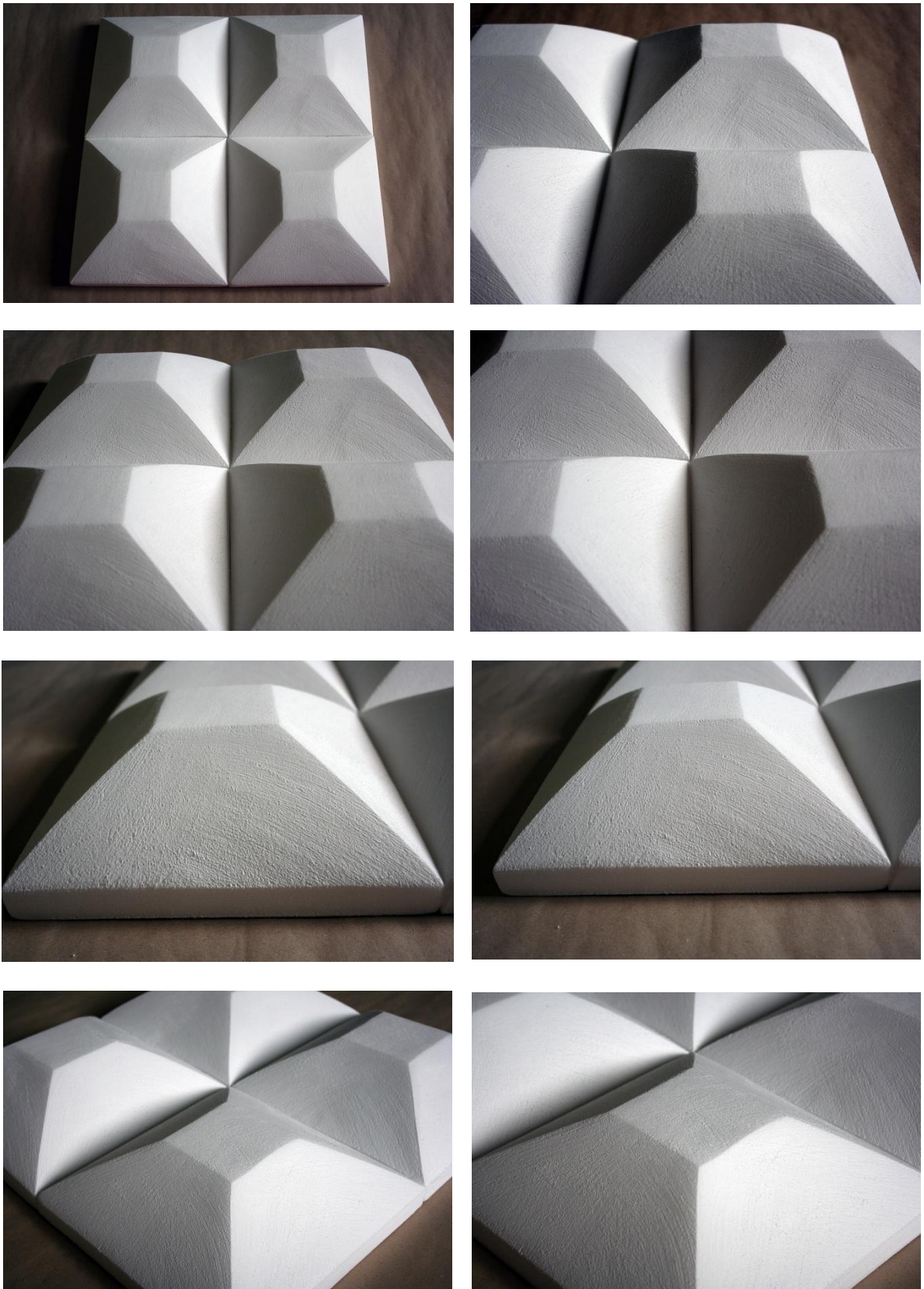


Obr. 38. Polystyrenové modely, čtverec



*Obr. 39. Polystyrenové modely, obdélník*





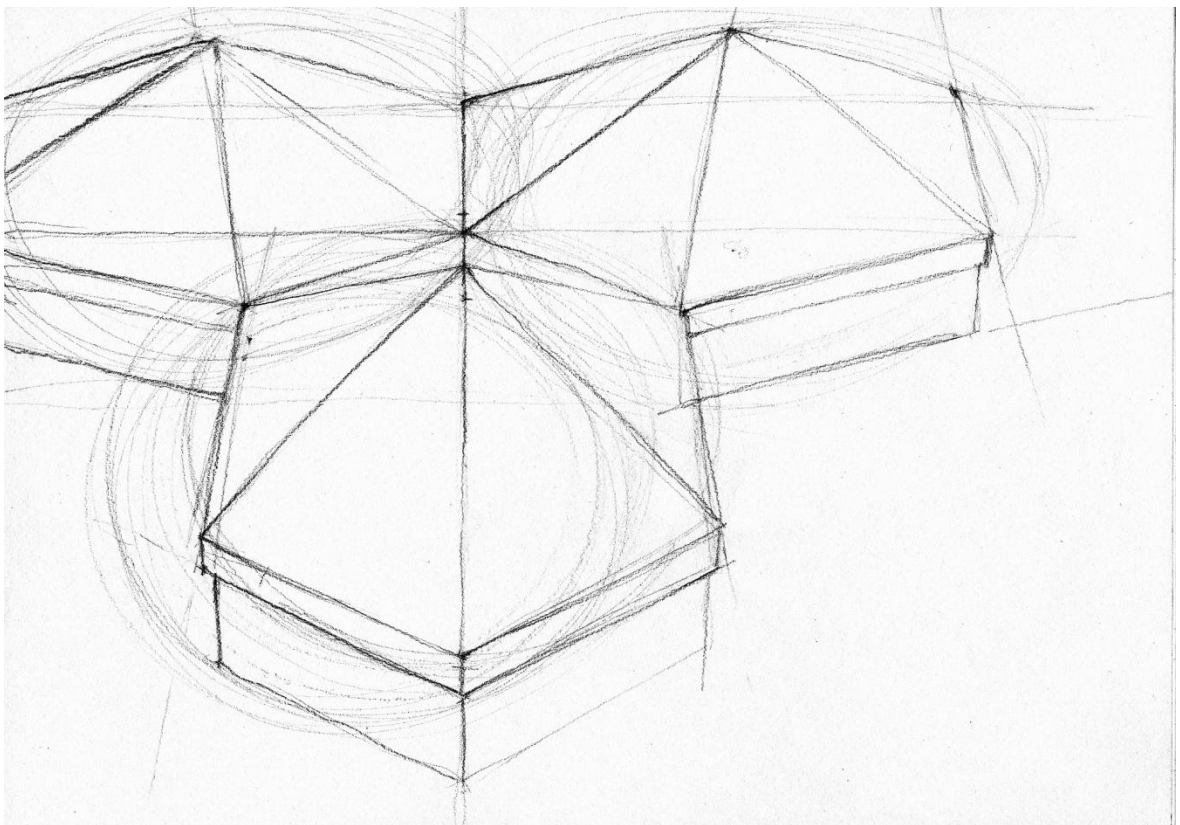
*Obr. 40. Polystyrenové modely, čtverec*



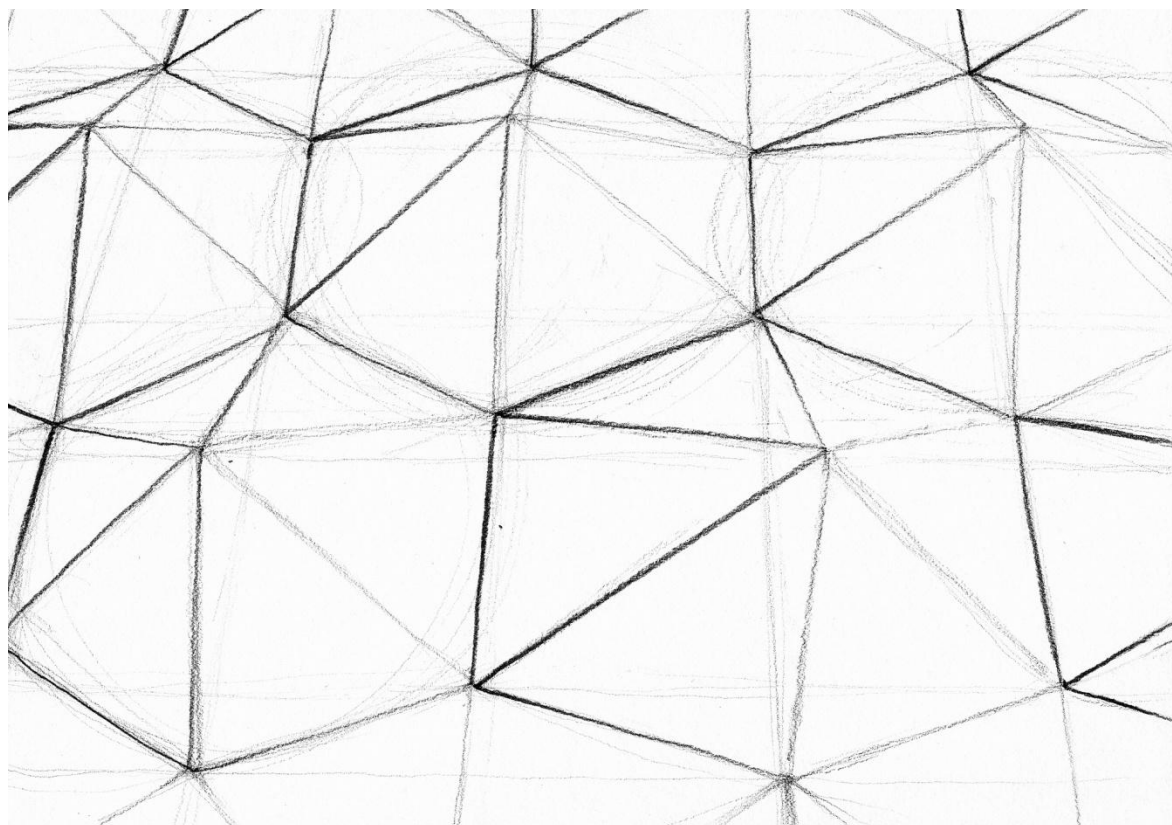
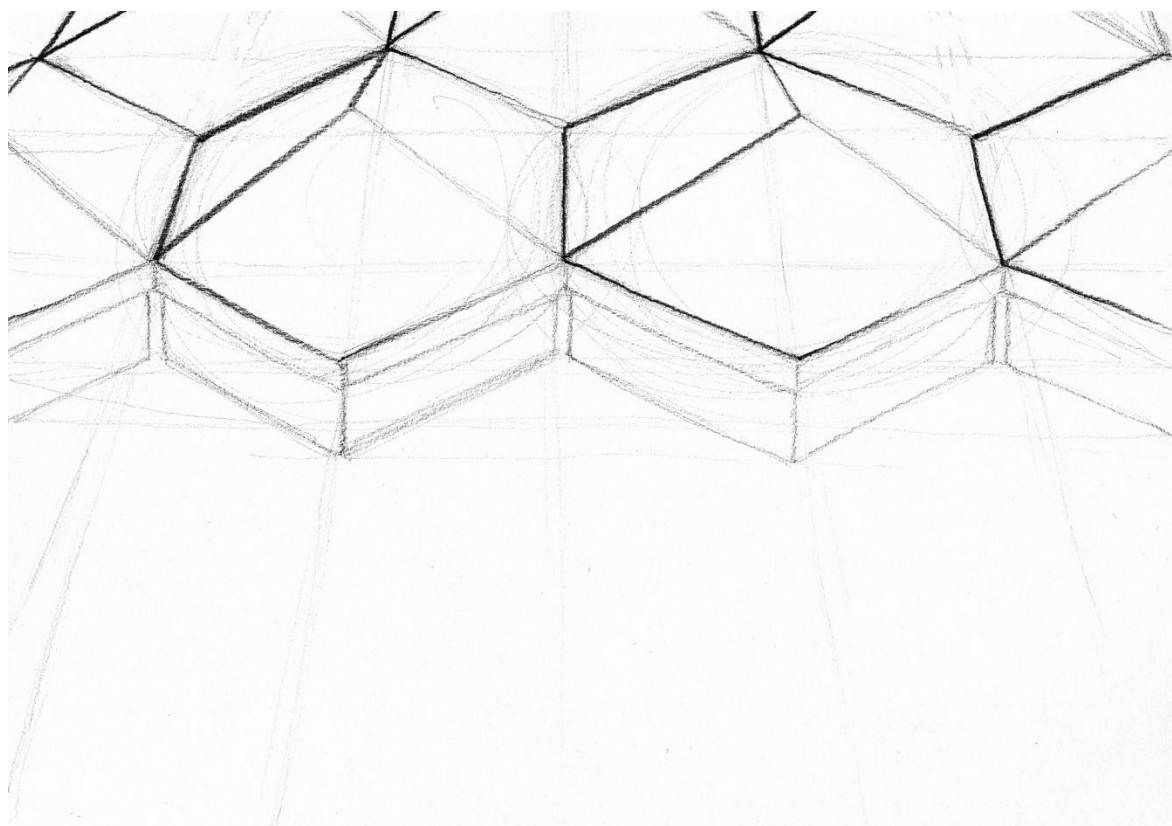
## 6.2 Kresebné návrhy

V prokreslených návrzích se již objevují pouze dva tvary, které byly vybrány s ohledem na tvarové možnosti sádrové formy, která je pro výrobu několika kusů sloužících jako skleněné modely luxferů, nejvýhodnější.

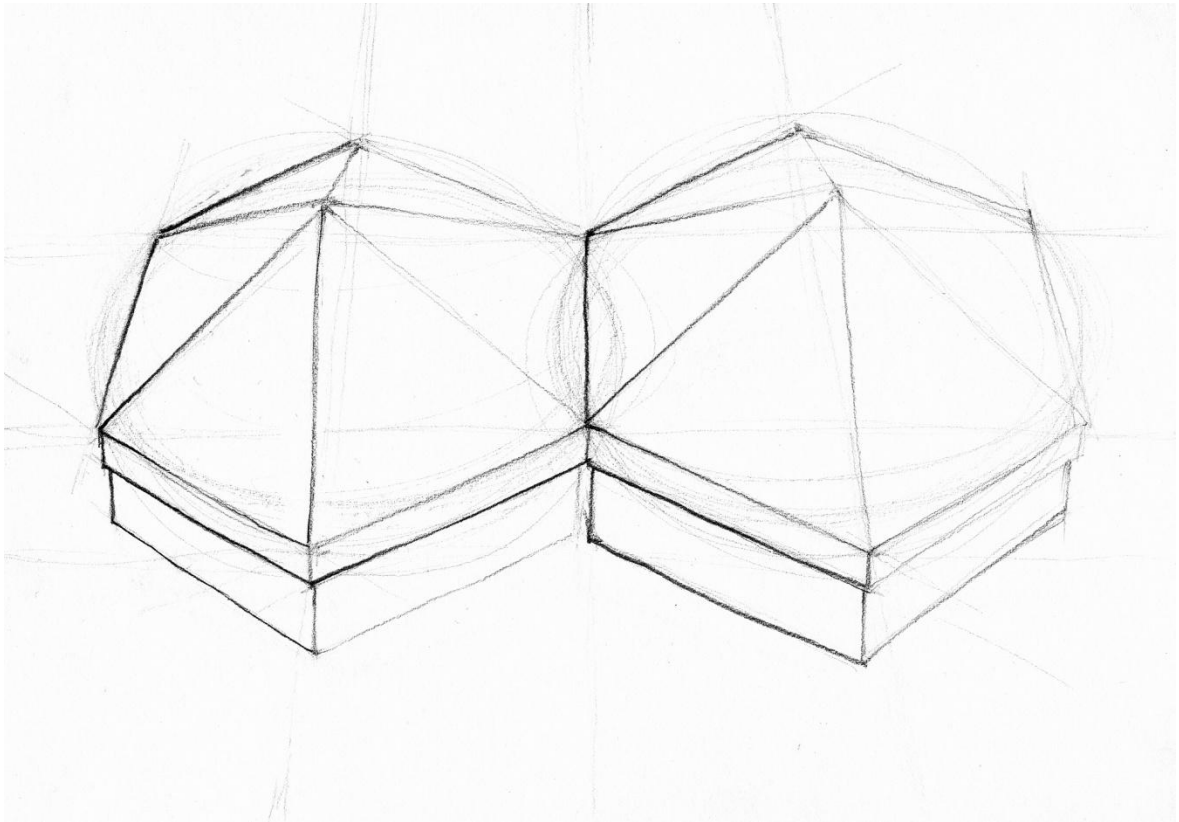
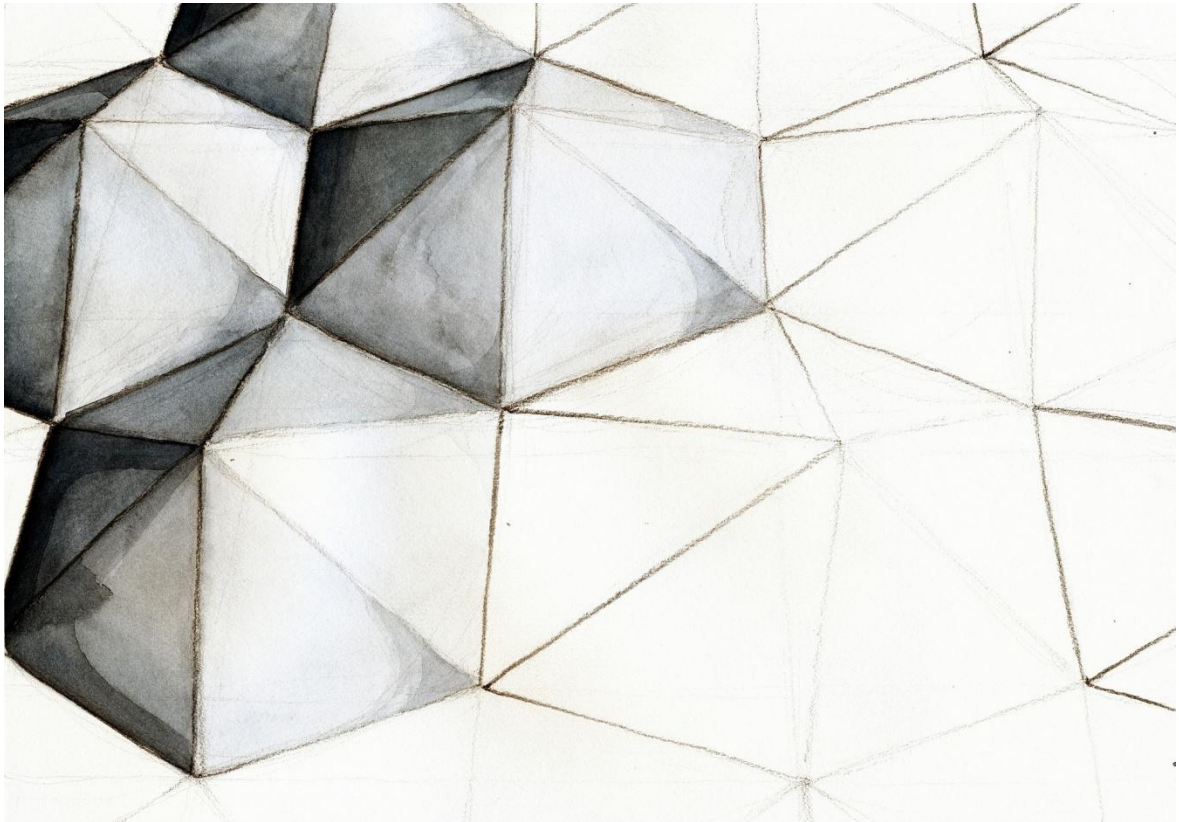
Vybrala jsem tvary šestiúhelné luxfery, které mi připadaly nejzajímavější z důvodu mezitvarů, které vznikají skládáním jednotlivých kusů skleněných tvárnic. Velikost šestiúhelné základny je stejná. Tvary se liší množstvím ploch tvořící pohledovou stranu. Jedna luxfera je složena z šesti trojúhelníků. Druhá luxfera má pohledovou stranu složenou ze tří nepravidelných kosočtverců. Tyto tvary se mohou vzájemně kombinovat.



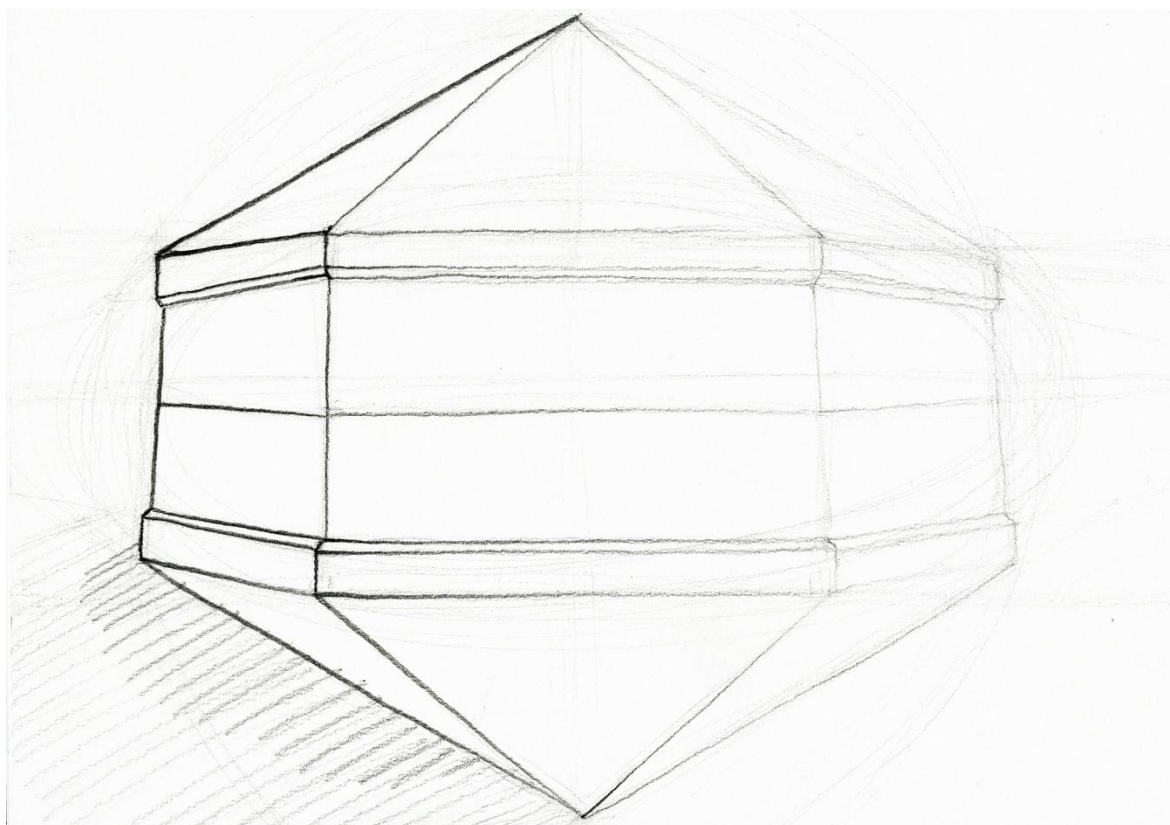
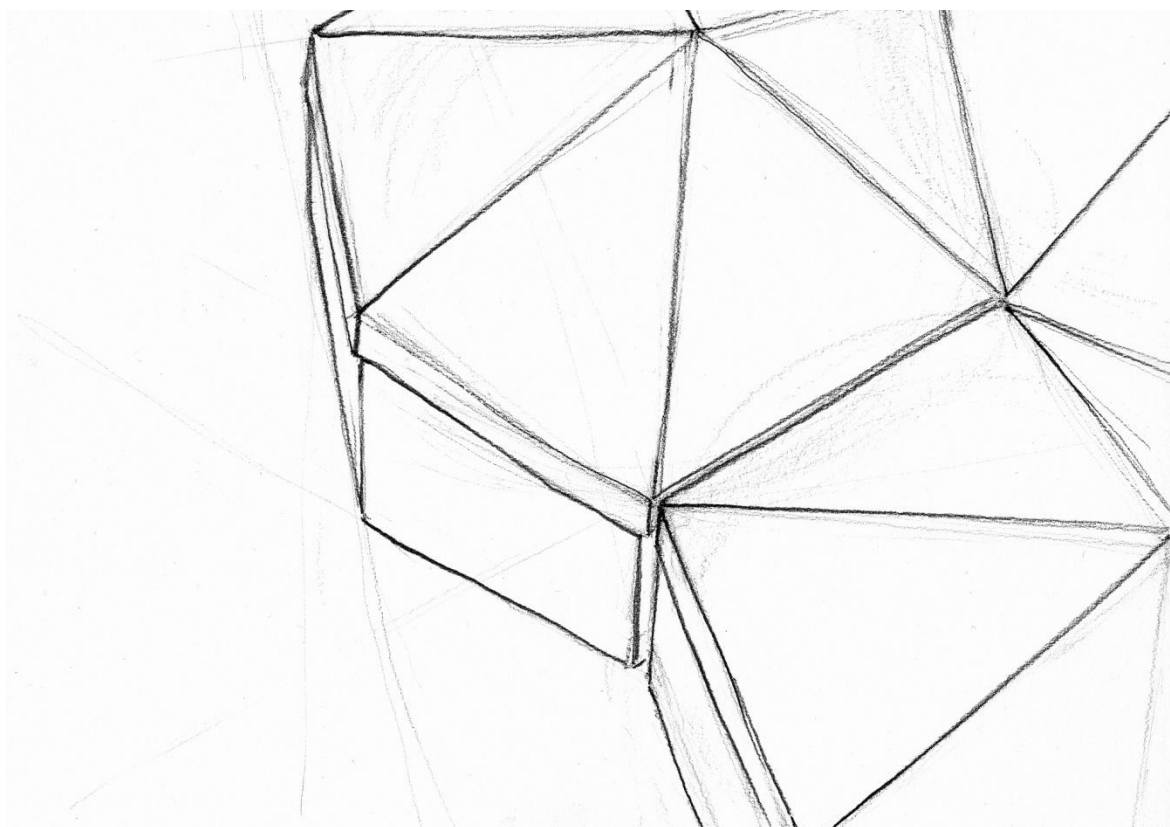
Obr. 41. Kresebné návrhy



*Obr. 42. Kresebné návrhy*

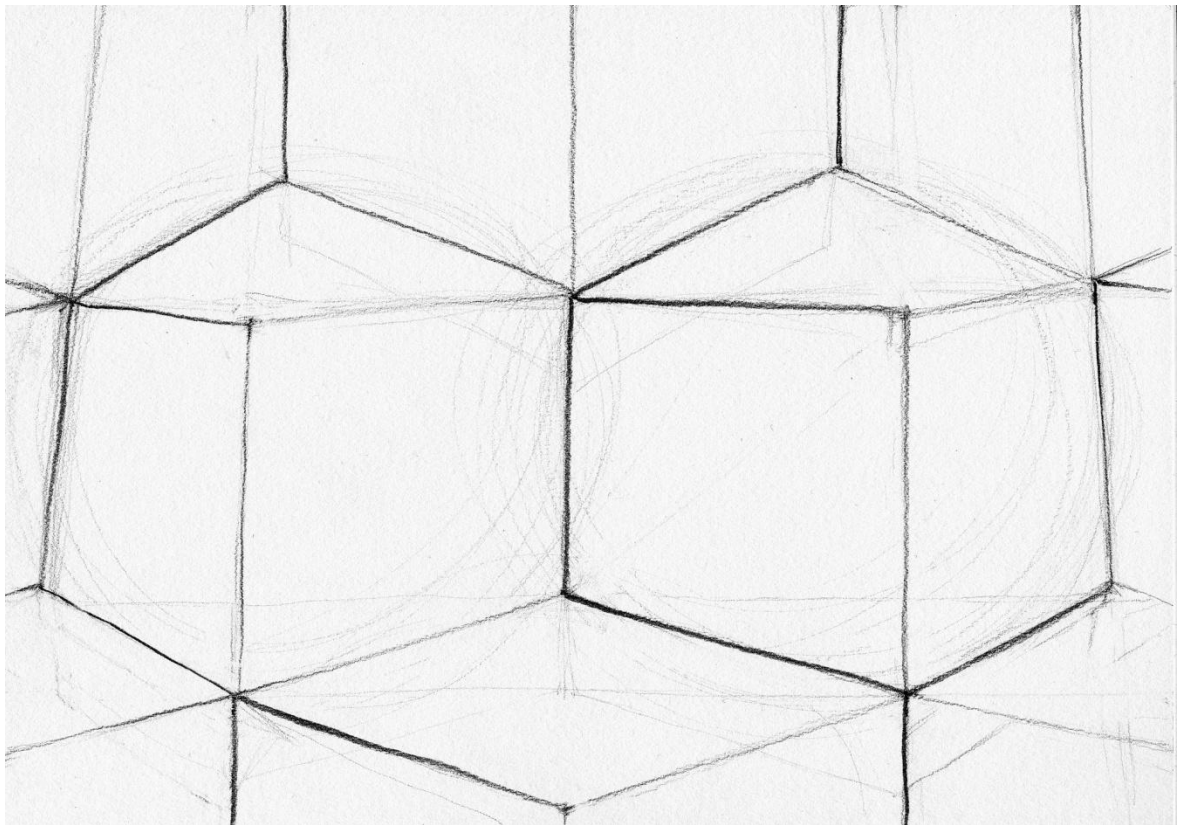
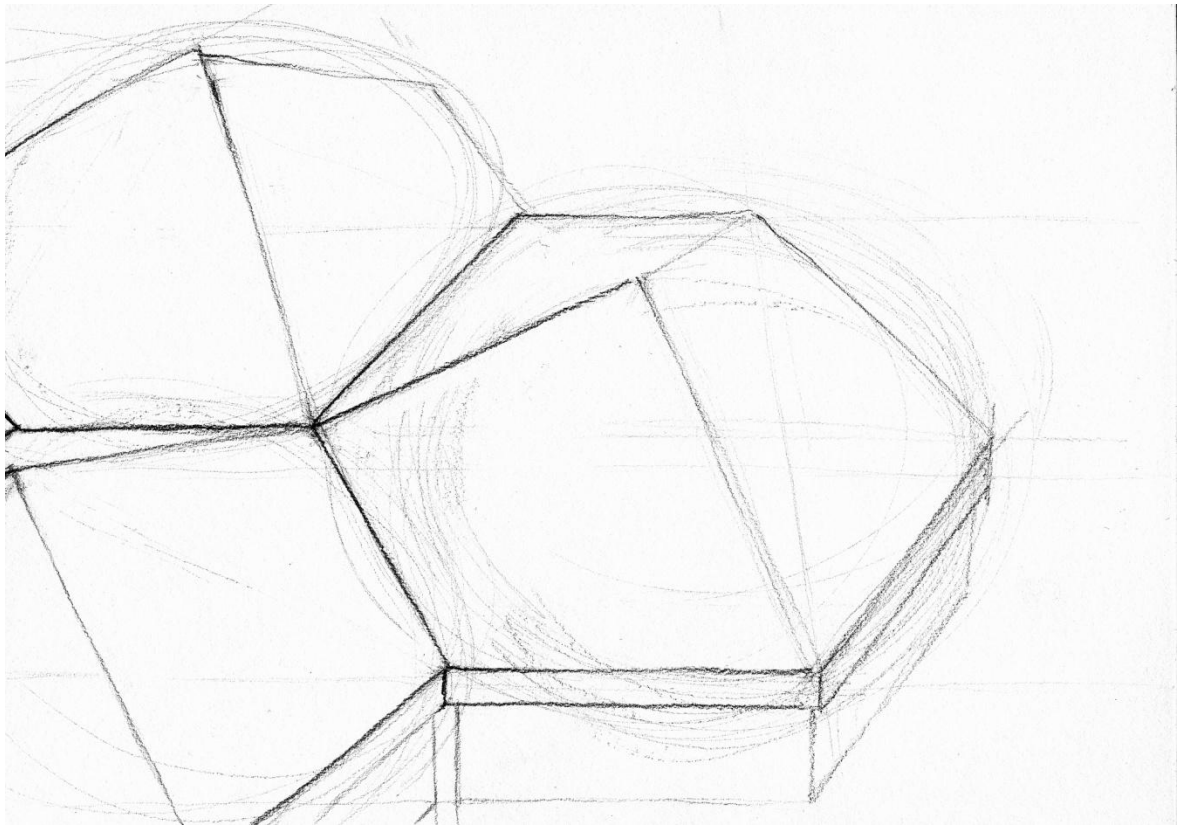


*Obr. 43. Kresebné návrhy*

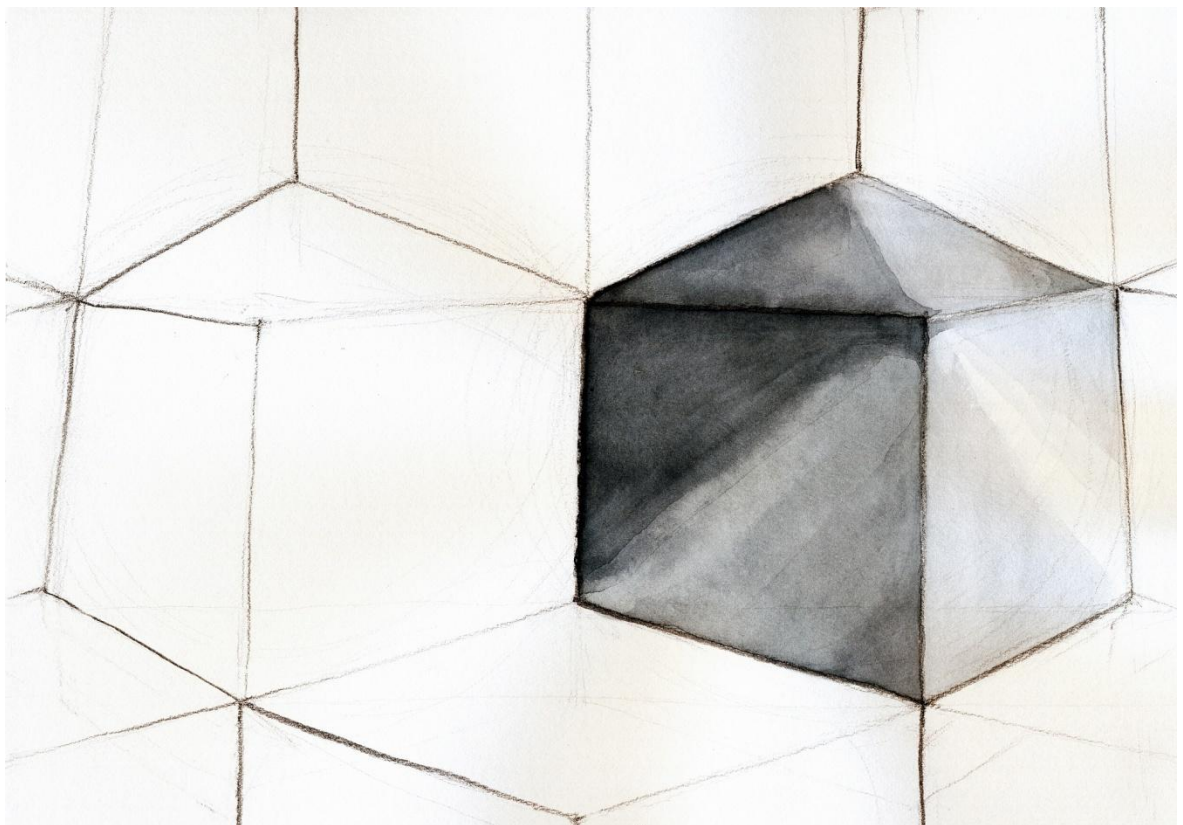
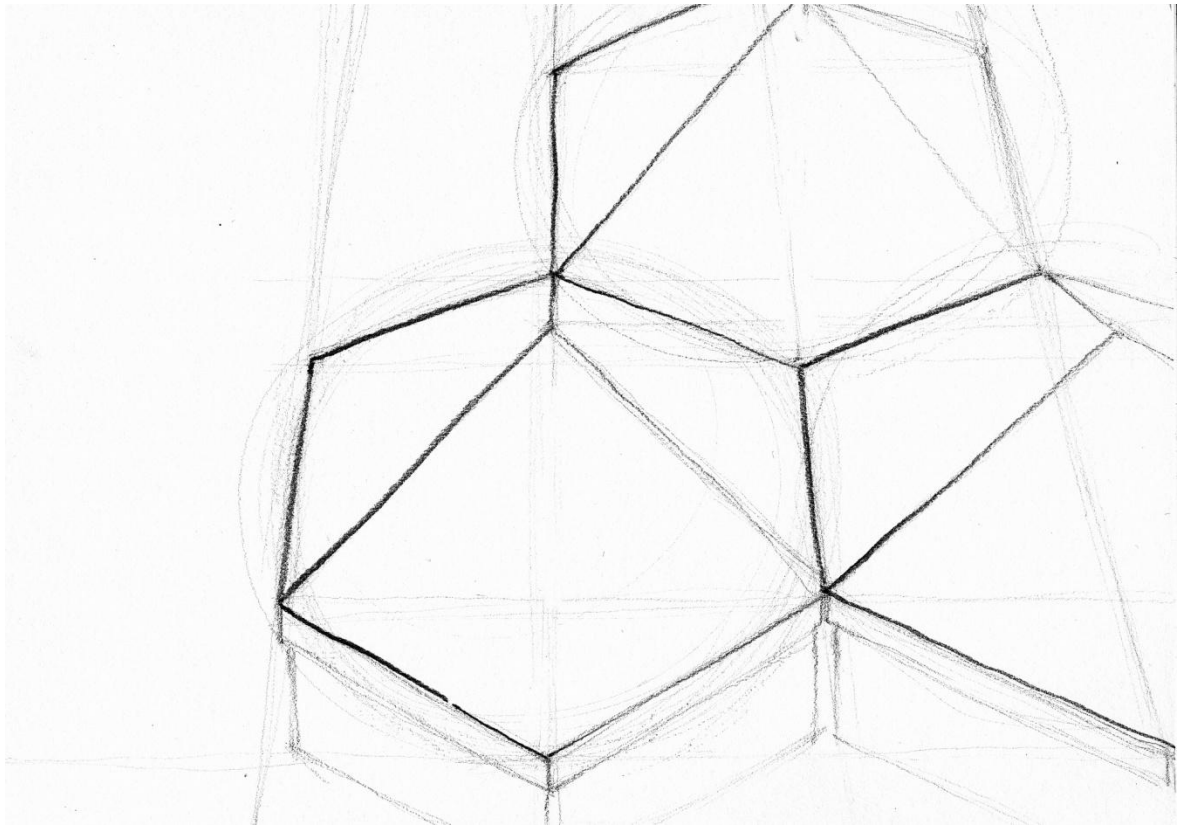


*Obr. 44. Kresebné návrhy*



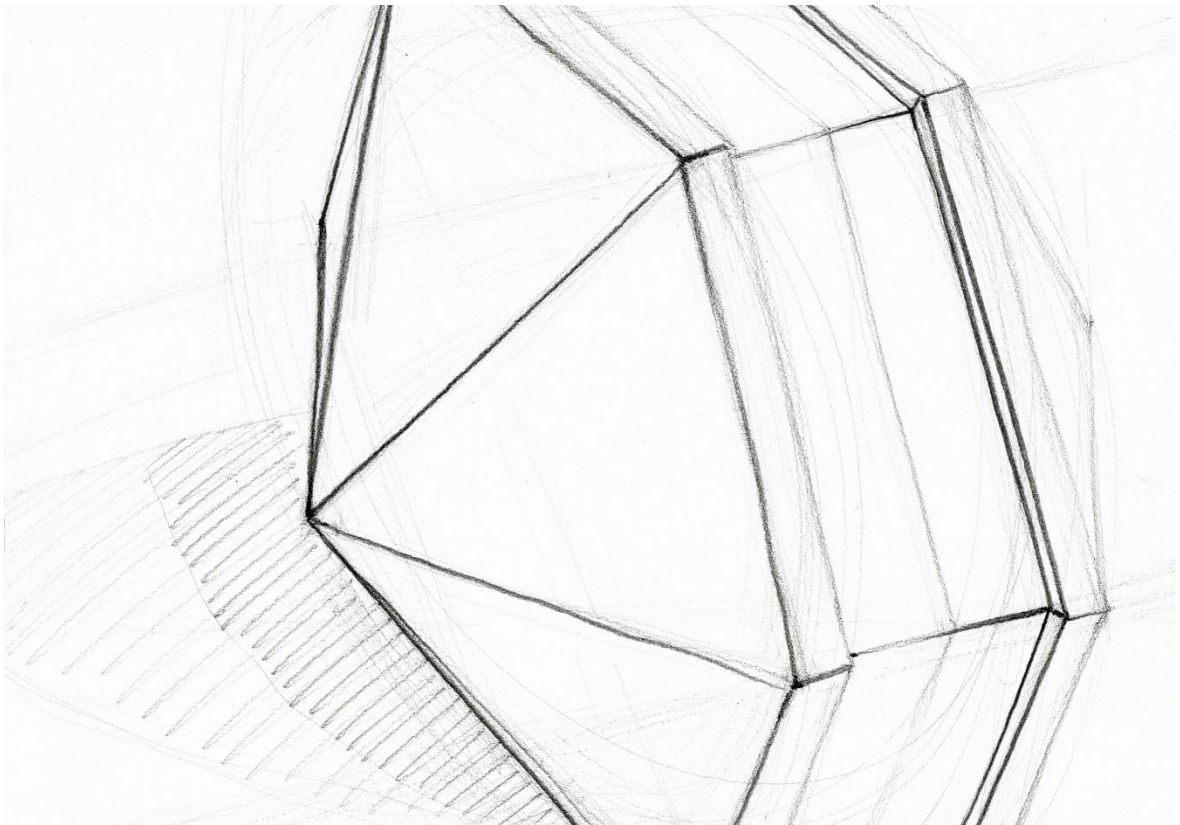
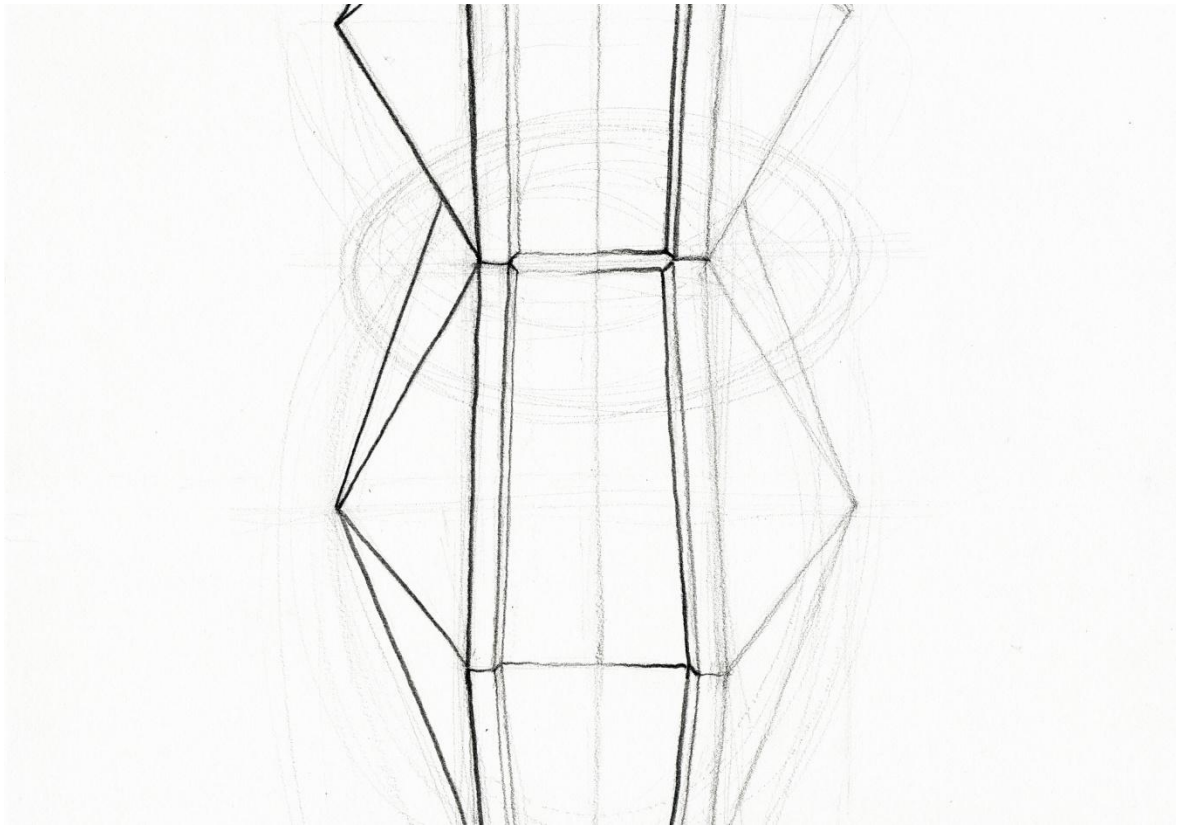


*Obr. 45. Kresebné návrhy*

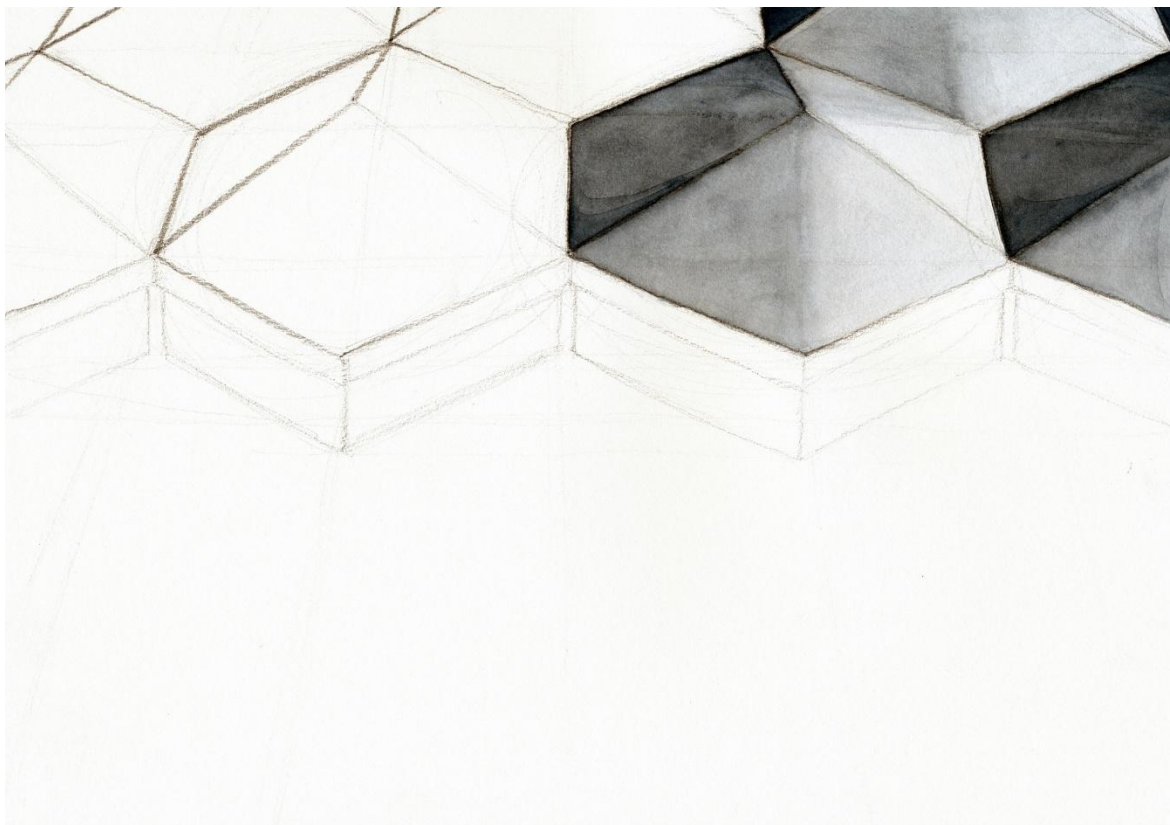
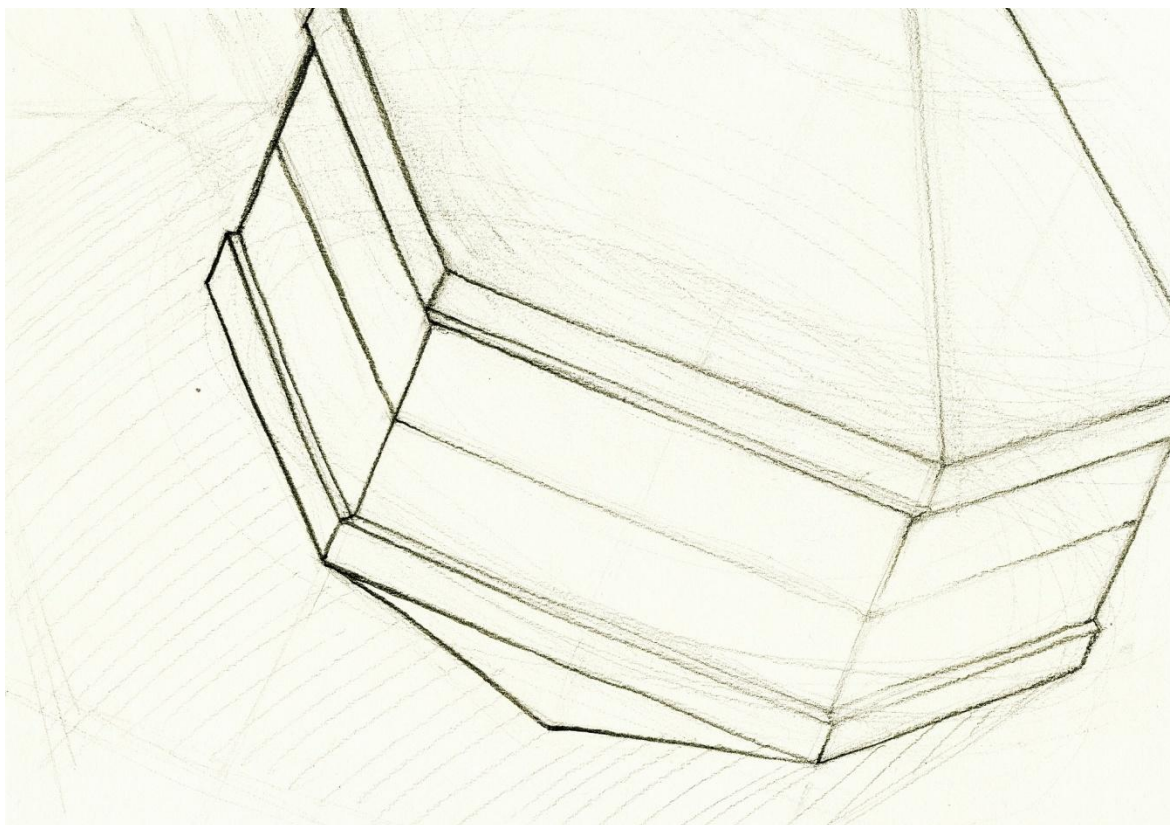


Obr. 46. Kresebné návrhy



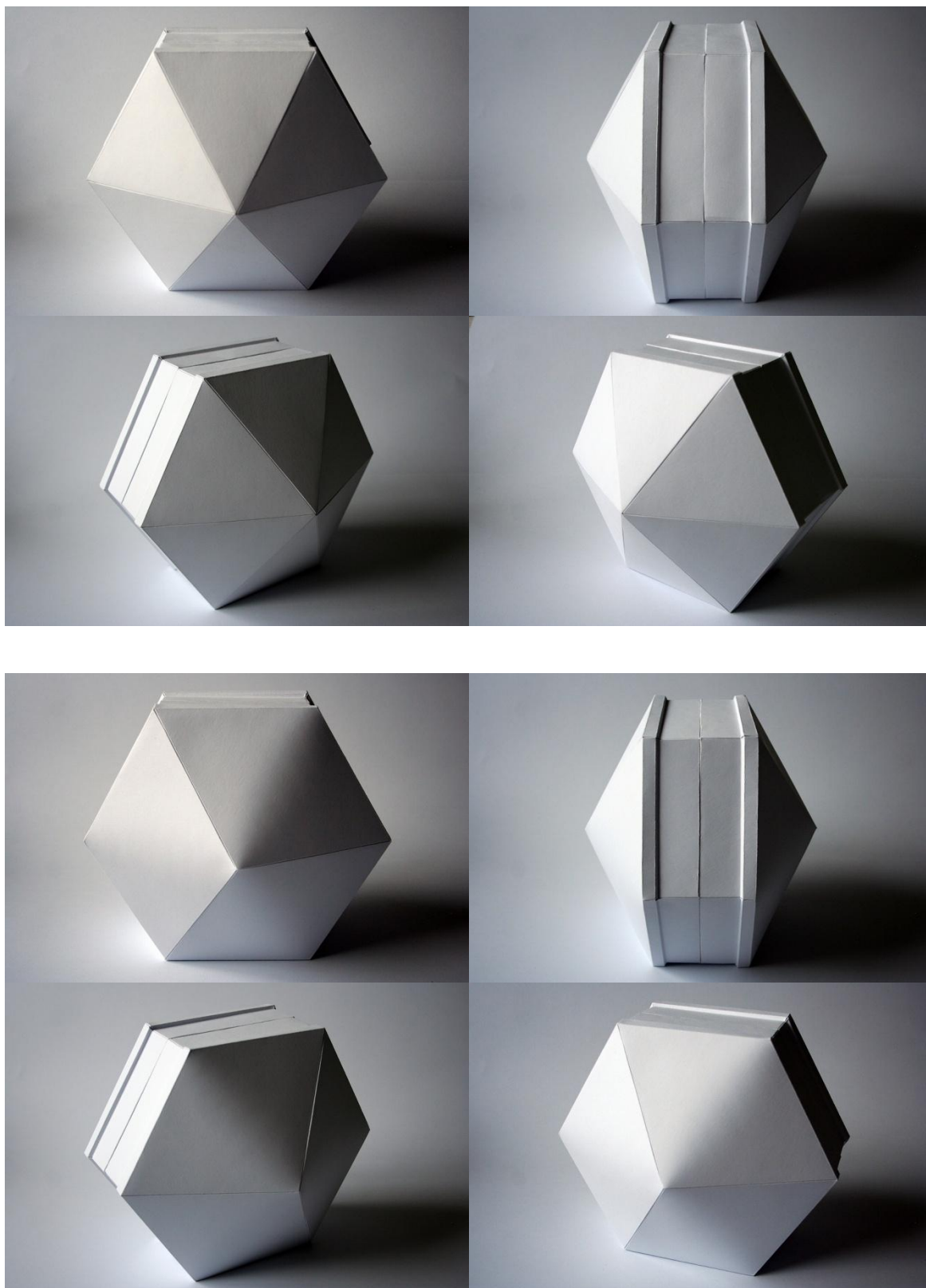


*Obr. 47. Kresebné návrhy*



*Obr. 48. Kresebné návrhy*

## 7. PAPIROVÉ MODELY DEFINITIVNÍHO ŘEŠENÍ V MĚŘÍTKU 1:1

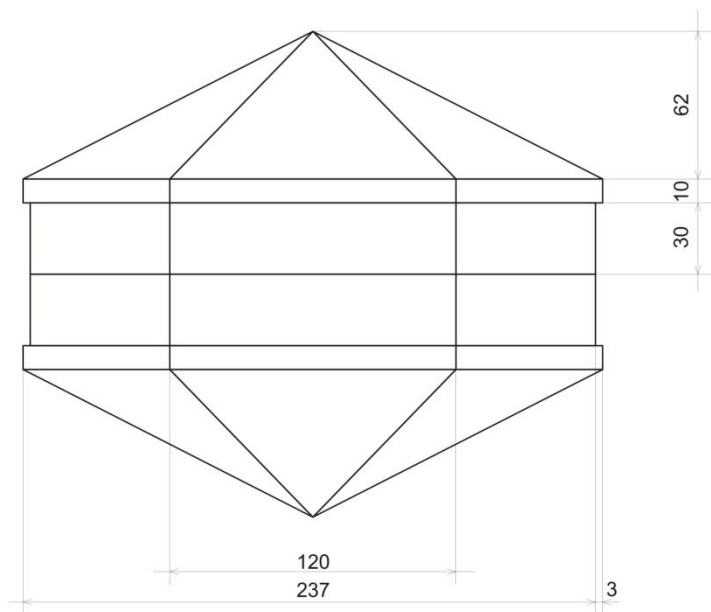


Obr. 49. Papírové modely

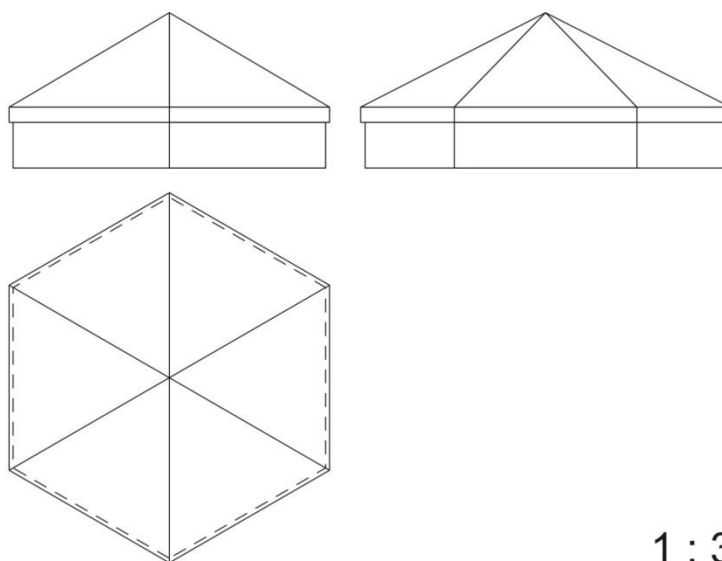


## 8. TECHNICKÁ DOKUMENTACE

### TECHNICKÝ VÝKRES



### PRAVOÚHLÝ PRŮMĚT



1 : 3

Obr. 50. Technická dokumentace

## 9. REALIZACE VE SKLE

### 9.1 Charakteristika a složení skla

Sklo je ztuhlá tavenina, která do tuhého stavu přechází pozvolna a plynu při ochlazení. Jeho viskozita ochlazením stoupá, naopak ohřátím klesá. Tuhý stav je tedy plynulým pokračováním kapalného stavu. Přitom uspořádání molekul zůstává nepravidelné, proti krystalickým látkám, u kterých se s přechodem do tuhého stavu molekuly uspořádají do určité pravidelné struktury, do krystalů, jejíž tvar je pro každou krystalickou látku charakteristický.

Suroviny, ze kterých se taví sklo, se po smíšení nazývají sklářský kmen, jsou-li ke kmeni přimíchány ještě střepy, nazývá se směs sklářská vsázka.

Složení kmene použitého pro tavení skla při realizaci navrhnuté skleněné tvárnice:

Základní kmen: Písek sklářský TS15.....	80kg
Soda kalcinovaná těžká.....	18kg
Potaš kalcinovaná.....	11kg
Vápenec .....	11kg
Borax.....	1,2kg
Ledek draselný.....	1 kg
Síran sodný.....	0,5kg
Oxid antimonitý.....	0,4kg
Celkem.....	123,9kg
Odbarvení: Oxid erbia.....	26g
Vápenec.....	100g
Oxid kobaltu.....	0,04g
Celkem.....	126,4g

## 9.2 Tavení skla

V ateliérových podmínkách se k tavení skla používá pánvových tavících pecí. Zde funguje výroba na přetržitý provoz. V průběhu dne se sklo tvaruje a přes noc taví.

Po skončení odpoledního díla se vyhřeje pec na vyšší teploty a nakládá se kmen. Protože neutavený kmen má větší objem než utavená sklovina, po hrubém utavení je pánev naplněna jen asi do poloviny. Proto se nakládá ještě po druhé.

Po druhém utavení celé nakládky následuje čerění. To je proces odstraňování bublin a promíšení utavené skloviny, který probíhá při nejvyšších teplotách asi 1450°C v době asi kolem půlnoci. Potom se teploty opět snižují na teplotu, při níž lze sklo nabírat na píšťalu, neboť při vysoké teplotě je sklo příliš řídké tekuté, má nízkou viskozitu.

## 9.3 Výroba a foukání do sádrové formy

Sádrová forma je nejjednodušší a nejlevnější způsob výroby sklářské formy pro foukání skleněného výrobku. Ze všech forem však nejméně odolává vysokým teplotám nutných pro zpracování skloviny. Vydrží pouze několik foukání, potom se začne lámat, drolit a rozpadat. Pro ateliérovou sklářskou tvorbu, při které několikeré foukání stačí, je nejvýhodnější. Mým cílem bylo vyrobit větší množství různých skleněných tvárnic, proto byl pro mě způsob výroby i využití sádrové formy nenahraditelný. Protože luxfera nemá tvar vhodný pro jednodílnou formu, kvůli výstupku pro umístění spojovacího materiálu pro kompletaci jednotlivých luxfer do skleněného celku, bylo nutno vytvořit sádrovou formu vícedílnou. V tomto případě trojdílnou.

Začala jsem vymodelováním hliněného tvaru jedné poloviny skleněné tvárnice na pružné podložce, která se po odlévání snadno od formy odlepuje. Pro hladké odlepování podložky od ztvrdlé sádry je možné podložku natřít olejem, nebo tekutým mýdlem. Zároveň jsem tenkými plastovými plátky, zapíchnutými do hliněného tvaru, vymezila jednotlivé části formy. Po rozmíchání sádry ve vodě jsem odlila jednotlivé díly formy. Zaschnutí a zatvrdnutí formy trvá vždy několik desítek minut, potom se může sádra odklepnout od hliněného jádra. Následovala kompletace jednotlivých částí v jeden celek pomocí vrutů a dřevěných madel, která zároveň vytvořila držáky pro správné otevírání a zavírání formy. Pro foukání skla pomocí píšťaly je nutné, aby sádrová forma zůstala mokrá, proto se může používat ihned po výrobě. Nemusí se sušit. Aby měla forma dostatečný odvod tepla a par



vznikajících vypařováním vody z povrchu i vnitřní části formy, navrtala jsem do vhodných míst průduchy a pilníkem vyrobila průduchy i do spojů jednotlivých dílů formy.

Postup foukání do sádrových forem je naprosto totožný s foukáním do forem kovových. Sklář za stálého otáčení nabere na sklářskou píšťalu sklovinu, a pomocí válení na plíšku, tvarovacího náradí, opětovného nabírání skloviny a foukáním do píšťaly vytvoří baňku. Takto připravenou sklovinu vsune do formy a baňku rozfoukne. V případě této velmi široké sádrové formy bylo potřeba baňku ze shora ještě přitlačit tzv. křídly, aby se sklovina otiskla do požadovaného tvaru celého prostoru formy. Po každém foukání byla forma namočená vodou. Tímto postupem bylo vyfouknuto několik kusů.

Ihned při vyjmutí z formy bylo patrné, u každého z vyfouknutých tvarů, značné deformace v plochách i špici tvaru. Byly způsobeny slabým odvodem tepla a par z formy. Navrtala jsem otvorů do formy větší množství a to i do míst ve špici tvaru. Tento postup jsem byla nucena při dalších deformacích ještě jednou opakovat. V místech největší deformace – ve špici formy bylo třeba velké množství malých průduchů, odvod par je potom dostačující. Vzniká tím však problém s otiskováním dírek, v podobě jemných teček, do skla a tím narušení celé optiky skleněné tvárnice. Tento problém je již neřešitelný.

Závěr: sádrová forma je pro zvolený tvar luxfery nevhodná. Je potřeba vyrobit formu kovovou.



Obr. 51. Třídílná sádrová forma



Obr. 52. Postup foukání do sádrové formy

## 9.4 Výroba a foukání do kovové formy

Podle připravených, rozstříhaných, okótovaných papírových stříhů jsem nechala vyrobit jednotlivé části formy a ty svařit k sobě. Při výrobě kovové formy stačí jednotlivé plíšky k sobě pouze sbodovat. Není nutné je svařit k sobě neprodyšně. Z důvodu odvodu tepla z formy při procesu foukání jsou mezery – průduchy přímo žádoucí.

Kovovou formu je potřeba předejít odpadním teplem z tavicích pánvových pecí, popř. hořákem. Studená forma by způsobovala nerovný povrch skla. Naopak při rychlém cyklu foukání dochází k jejímu přehřátí a lepení ke sklovině. V takových případech se ochlazuje vodou.

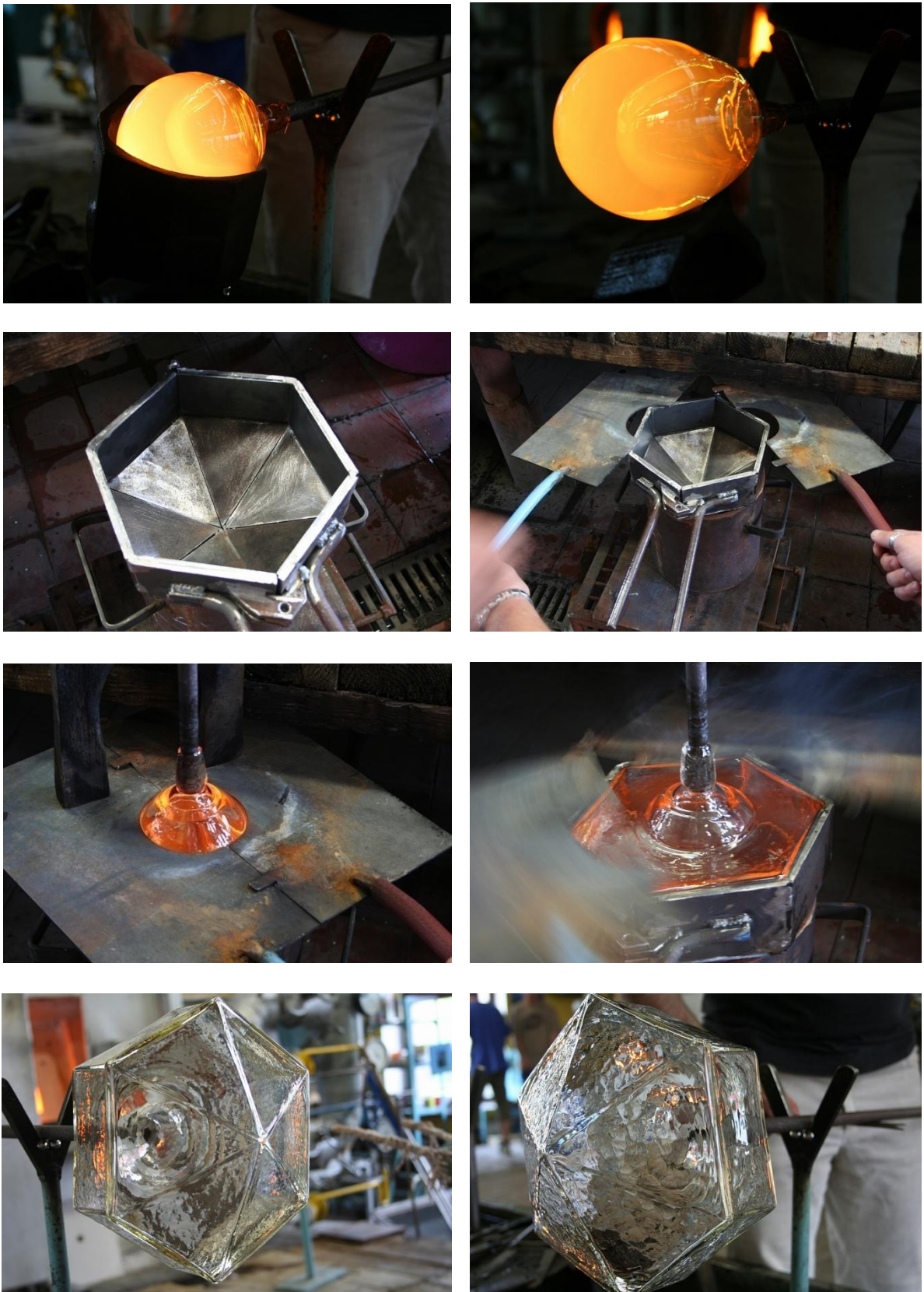
Sklář za točení sklářské píšťaly ve směru hodinových ručiček na ni nabaluje sklovinu. Za stálého otáčení vyjme píšťalu z pracovního otvoru a sválí ji na plíšku, popř. ve svařáku a podvaláku. Vyfukuje základní baňku. Tento postup za stálého foukání několikrát opakuje, dokud není baňka dostatečné veliká pro rozfouknutí do dané velikosti formy. Takto připravenou sklovinu vsune do zavřené formy. Uzavření formy musí být pevné a úplné. V první fázi foukání je snaha formy otevřít se, a to proto, že sklář musí dosti rychle, dokud je sklovina teplá, vyfouknout tvar se všemi členitostmi. Konec vyfouknutí výrobků ve formě dá sklář najevo klepnutím nohy o podlahu, což je signál pro pomocníka k otevření formy a to natolik, aby sklář mohl výrobek vyjmout bez doteku.

Po vyfouknutí výrobku následuje jeho ochlazování. Výrobek stále otáčí a vyrovnává ho do osy s píšťalou. Po srovnání se výrobek odráží na vidličku a odnáší do chladicí komorové pece. Před uložením do pece se výrobek podrží ve svislé poloze, až do jeho ochlazení. Při předčasném položení by došlo k deformaci výrobku vlastní vahou.



Obr. 53. Kovová dvoudílná forma





Obr. 54. Postup foukání do kovové formy

## 9.5 Chlazení skla

Po dohotovení konečného tvaru jedné poloviny skleněné luxfery se sklo muselo vychladit. Chlazení je pracovní postup, při kterém se výrobek ohřeje na určitou teplotu v celé své hmotě a na této teplotě se udržuje dostatečně dlouhou dobu, aby se vyrovnala všechna pnutí, která ve výrobku během tvarování vznikla.

Chladicí postup se dělí do tří částí, a to nejprve vyhřátí na vyrovnávací teplotu, dále vyrovnání pnutí a konečně vlastní vychlazení výrobku, kde se nechává teplota pozvolna klesnout, aby nevzniklo přechodné pnutí. K vytápění chladících pecí se dnes všeobecně používá plyn. Komorová chladicí pec pracuje periodicky. Musí se nejdříve vyhřát na požadovanou teplotu a potom lze do ní ukládat sklo k vychlazení. Když je plná, uzavře se plynové topení a nechá se pomalu vychladnout (16 hodin). Časová délka křivky se volí podle tloušťky stěn skleněných výrobků.

## 9.6 Broušení a lepení skla

Po vyjmutí z chladicí komorové pece je výrobek připraven k rafinaci. Tento postup v případě strojově lisované luxfery není nutný, protože při této výrobě nedochází k přeliskům. Naprosto přesné dávkování skloviny a způsob lisování umožňují vylisovat jednu polovinu luxfery s dokonalou přesností, která se pomocí zahřátí hran dokonale přitaví k druhé polovině luxfery.

Rafinace vychlazeného výrobku začíná odstraněním kopny (přebytku skla odklepnutého od sklářské píšťaly). To se provádí nahřátím skla ve vodorovné lince po celém obvodu tvaru. V tomto místě vznikne ve výrobku pnutí a při poklepání se nahřátý celek rozpadne na dvě poloviny v místě nahřátí plamenem.

Následovalo hrubé broušení na hladinářském brousícím stroji. Kotouč se otáčí ve vodorovné – horizontální poloze. Broušení probíhá na upravené, uhlazené ploše litinového kotouče, na který je přiváděno volné brusivo (karbid křemíku) v emulzi s vodou. Záměrným přidržováním, vedením a tlačáním na vyvýšené strany skla jsem tuto jednu polovinu skleněné luxfery obrousila do plochy a vytvořila tak rovné hrany. Úkolem jemného broušení bylo zbrousit hrubou strukturu vytvořenou předcházejícím brusivem. Jemné broušení jsem prováděla na kotouči umělého diamantu smáčeného vodou kvůli chlazení. Velikost

diamantových částic je velmi malá, proto vytváří na povrchu skla velmi jemný brus. Konečným leštěním pemzou na filcovém kotouči dostalo sklo dokonalý lesk.

Při velkosériové výrobě se na skleněné tvárnice nanáší stříkáním bílá vrstva tekutého vinylu. Jeho úkolem je dostatečná přidrženost spojovacího materiálu při skládání luxfer a zakrytí nežádoucí barvy spojovacího materiálu. Tekutý vinyl po nepatrné chvíli zaschne, ztuhne a výrobek je hotový. V případě navržených luxfer jsem použila pro navození dojmu vinylového nástřiku bílou vypalovací barvu. Barevnost, odstín a lesk skleněných tvárnic v místech spojů mají velký vliv na celkový dojem sestavených bloků. V současnosti se kromě bílého vinylového nástřiku používají nástřiky různých barev a vlastností. Tento bílý nástřik kryje průhled skleněnou luxferou bez šedivého narušení spojovací hmoty. Použila jsem i méně tradičního, avšak lesklejšího, nátěru platiny. Lesklá platina je roztok platiny rozpuštěný ve směsi lučavky královské. Dodává se od výrobce již v tekutém stavu a na sklo se nanáší ve velmi tenké vrstvě. Vypaluje se při teplotě 540°C. Má stříbřitě kovový vzhled a je velmi lesklá. Při seskládání větší plochy luxfer ve stykových částech ošetřených jakoukoliv lesklou barvou kovového vzhledu působí luxfery při odrážejícím světle třpytivým dojmem.

K lepení dvou dílů luxfery k sobě jsem použila rychleschnoucího dvousložkového lepidla.



*Obr. 55. Luxfera s kopnou určenou pro odbroušení*



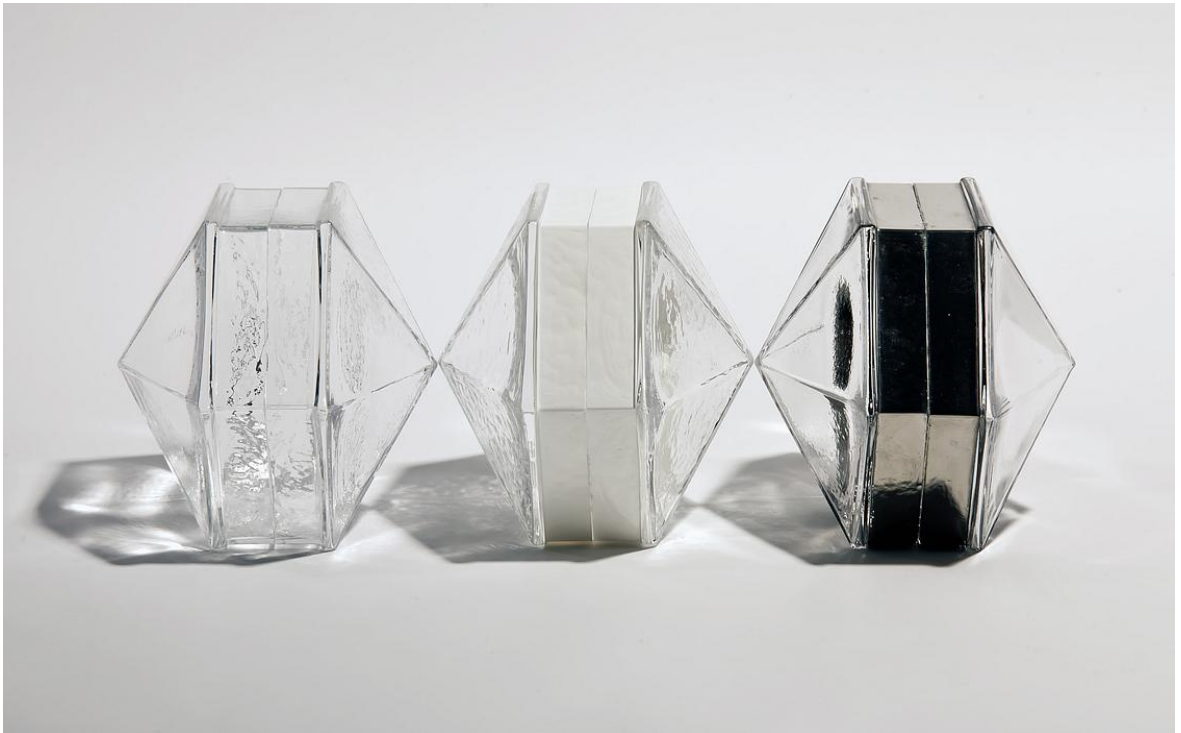


*Obr. 56. Odstraňování kopny, broušení a lepení*

## 10. DEFINITIVNÍ SKLENĚNÝ MODEL V MĚŘÍTKU 1:1



*Obr. 57. Skleněné modely v měřítku 1:1*



*Obr. 58. Skleněné modely*

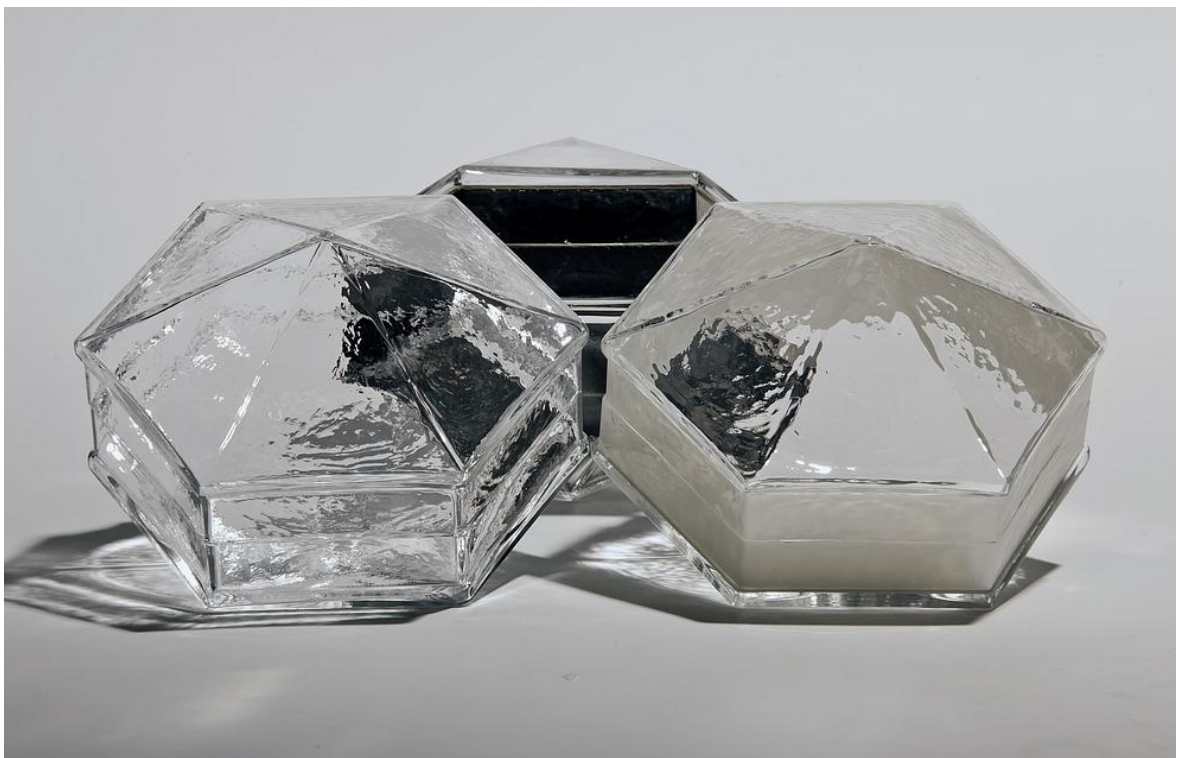




*Obr. 59. Skleněné modely*



*Obr. 60. Skleněné modely*



*Obr. 61. Skleněné modely*





*Obr. 62. Skleněný model v měřítku 1:1*

## ZÁVĚR

V průběhu práce na skleněných stavebních tvárniciích se mé oko a pozornost dostatečně vytrénovaly na pozorování architektury doplněné luxfery. Skromně si dovoluji tvrdit, že luxfera je fenomén české architektury. Dveře, vikýře, světlíky, koupelny, pokoje, haly, malé i velké budovy, soukromé i státní instituce, každá má tu svoji skleněnou cihlu. Nenápadný doplněk dokonale plní funkci, ke kterým byla navrhována. Někdy je její použití vhodné, nápadité a přínosné. Občas se také stává, že je charakteru pouze funkčního.

Mým prvotním cílem bylo vytvořit skleněnou tvárnici naprosto novou, inovativní, tvarově zajímavou, prostorovou a fungující na nově navrhnutém principu skládání. Při detailní práci na konkrétním řešení jednotlivých úkolů jsem musela upouštět od svých požadavků. Mé cíle se měnily. Možná právě proto, že nešlo od začátku vše rychle a jednoduše, má výsledek této práce větší význam. Prověřila jsem většinu možností ateliérové tvorby skleněné tvárnice, a i přes neúspěch se sádrovou formou v ní pořád věřím. Domnívám se, že však byla nevhodná z důvodu tvaru zvolené luxfery. Při sbírání teoretického materiálu jsem byla fotografovat Jurkovičův dům v Luhačovicích. Budova je krásně zrekonstruovaná a ani luxferům bych stoleté výročí nevěřila. I přes to se mi podařilo najít dva kousky rozbité a dovoluji si tvrdit, že to je právě ta správná příležitost pro sádrovou formu a výrobu několika replik Falconièrových skleněných tvárníc. Vyrábět pro tyto účely kovovou formu pro ruční foukání, nebo strojové lisování by bylo zbytečné.

Zrealizovaný návrh skleněné stavební tvárnice je vhodný pro ruční foukání i strojové lisování do kovové formy. Tvar byl navržen tak, aby při samotném procesu tvarování skloviny do formy i při vysunování z formy nezpůsobil žádné obtíže. Za předpokladu dodržení správných technologických postupů je tato luxfera vhodná pro všechny uvedené typy výroby. Její umístění v interiéru i exteriéru je neomezené.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- 1/ LNĚNIČKOVÁ, Jitka. Prostor otevřený světlu : O skle v architektuře (do první světové války). *Art&antiques*. 2004, prosinec, s. 112-117. ISSN 1213-8398.
- 2/ LNĚNIČKOVÁ, Jitka. Prostor otevřený světlu : O skle v architektuře (1918-1945). *Art&antiques*. 2006, duben, s. 46-53. ISSN 1213-8398.
- 3/ OSBORNE, Richard; STURGIS, Dan; TURNER, Natalie. *Teorie umění*. Praha : Portál, 2008. 191s. ISBN 978-80-7367-370-3.
- 4/ KULKA, Jiří. *Psychologie umění*. Vyd. 2. Praha : Grada, 2008. 440 s. ISBN 978-80-247-2329-7.
- 5/ LUKEŠ, Zdeněk; HAVLOVÁ, Ester. *Český architektonický kubismus : Podivuhodný směr, který se zrodil v Praze*. Praha : Galerie Jaroslava Fragnera, 2006. 170 s. ISBN 80-239-8368-7.
- 6/ ZATLOUKAL, Pavel, et al. *Česká republika : Architektura XX. století, Morava a Slezsko*. Vyd. 2. Praha : Zlatý řez, 2005. 330 s. ISBN 80-902810-2-8.
- 7/ ŠVESTKA, Jiří, et al. *Český kubismus 1909-1925*. Praha : I3 CZ s.r.o. a Modernista s.r.o., 2006. 455 s. ISBN 80-239-6658-8.
- 8/ GÖSSEL, Peter; LEUTHÄUSEROVÁ, Gabriele. *Arcitektura 20. století*. Vyd. 2. Praha : Taschen, 2006. 608 s. ISBN 978-80-7209-814-9.
- 9/ HLAVÁČEK, Jan. *Kurz technických znalostí : Sklářské stroje*. Praha : SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1970. 180 s. ISBN 04-807-70.

10/ VONDRUŠKA, Vlastimil. *Sklářství*. Vyd. 1. Praha : Grada, 2002. 270 s. ISBN 80-247-0261-4.

11/ BLUMENTRITT, J. *Sklářské materiály*. Vyd. 1. Praha : SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1984. 155 s. ISBN 04-825-84.



**SEZNAM WWW ODKAZŮ**

- [1] <http://magazinuni.cz/architektura/ceske-ikony/jaromir-krejcar-zdenek-kejr-spoluprace-l-sutnar-b-soumar-%E2%80%93-ceskoslovensky-statni-pavilon-pro-svetovou-vystavu-v-parizi-1937>
- [2] <http://www.luhacovice.cz/page/2006.dusan-samo-jurkovic>
- [3] <http://www.hrady.cz/index.php?OID=6319>
- [4] <http://www.nockostelu.cz/index.php?pg=265>
- [5] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Tadao\\_And%C3%B3](http://cs.wikipedia.org/wiki/Tadao_And%C3%B3)
- [6] <http://www.galinsky.com/buildings/hermes/index.htm>
- [7] <http://hg.hu/english?page=3>
- [8] <http://www.mimoa.eu/projects/Spain/Bilbao/University%20Library%20Deusto>
- [9] <http://www.pppcentrum.cz/res/data/004/000603.pdf>
- [10] <http://www.youtube.com/watch?v=maEU3DzZuYA>
- [11] <http://www.sevesglassblock.com/projects.html>

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

- Obr. 1. Interiér, 19. století
- Obr. 2. Obchodní dům Goldman&Salasch ve Vídni a Štencův dům v Praze
- Obr. 3. Ishihara house
- Obr. 4. Duté cihly typu Falconière, Nádraží Rožtoky
- Obr. 5. Luxferové vlysy a luxferová multiprizmata
- Obr. 6. Montáž polokupole ze skleněných cihel značky Verliith při stavbě kostela Husova sboru Praze Holešovicích v roce 1937
- Obr. 7. Československý pavilon na Světové výstavě v Paříži v roce 1937
- Obr. 8. Interiér Československého pavilonu
- Obr. 9. Jurkovičův dům v Luhačovicích
- Obr. 10. Interiér polygonální schodišťové prosklené věže s detailem Falconièrovy skleněné tvárnice v Jurkovičově domě
- Obr. 11. Wenkeův dům v Jaroměři s detailem skleněné tvárnice
- Obr. 12. Husův sbor Československé církve bratrské v Praze Holešovicích
- Obr. 13. Ishihara house a Matsumoto house
- Obr. 14. Budova a průčelí Maison Hermès
- Obr. 15. Budova Maison Hermès, exteriér a interiér
- Obr. 16. Tiberijské lázně
- Obr. 17. Univerzitní knihovna v Bilbao s detailem skleněné tvárnice
- Obr. 18. Kongresové centrum ve Zlíně
- Obr. 19. Kongresové centrum
- Obr. 20. Plnoautomatický lisovací stroj typu RVM
- Obr. 21. Poloautomatický lisovací stroj
- Obr. 22. Diagram povrchové koncentrace luxfery uváděný v propagačních materiálech firmy Vitrablock

Obr. 23. Prostup světla luxferou uváděný v propagačních materiálech firmy Vitrablock

Obr. 24. Redukce hluku luxferové stěny uváděný v propagačních materiálech firmy Vitrablock

Obr. 25. Kresebné návrhy základních tvarů skleněných tvárnic, obdélník

Obr. 26. Kresebné návrhy základních tvarů skleněných tvárnic, obdélník

Obr. 27. Kresebné návrhy základních tvarů skleněných tvárnic, čtverec

Obr. 28. Kresebné návrhy základních tvarů skleněných tvárnic, šestiúhelník

Obr. 29. Kresebné návrhy základních tvarů skleněných tvárnic, nepravidelné tvary

Obr. 30. Kresebné návrhy hranatých základů s kruhovitým vzestupem ke středu

Obr. 31. Kresebné návrhy základních tvarů skleněných tvárnic, nepravidelné tvary

Obr. 32. Kresebné návrhy základních tvarů skleněných tvárnic, nepravidelné tvary

Obr. 33. Polystyrenové modely, trojúhelník

Obr. 34. Polystyrenové modely, nepravidelný tvar

Obr. 35. Polystyrenové modely, obdélník

Obr. 36. Polystyrenové modely, šestiúhelník

Obr. 37. Polystyrenové modely, šestiúhelník

Obr. 38. Polystyrenové modely, čtverec

Obr. 39. Polystyrenové modely, obdélník

Obr. 40. Polystyrenové modely, čtverec

Obr. 41. Kresebné návrhy

Obr. 42. Kresebné návrhy

Obr. 43. Kresebné návrhy

Obr. 44. Kresebné návrhy

Obr. 45. Kresebné návrhy

Obr. 46. Kresebné návrhy

Obr. 47. Kresebné návrhy

- Obr. 48. Kresebné návrhy
- Obr. 49. Papírové modely
- Obr. 50. Technická dokumentace
- Obr. 51. Třídílná sádrová forma
- Obr. 52. Postup foukání do sádrové formy
- Obr. 53. Kovová dvoudílná forma
- Obr. 54. Postup foukání do kovové formy
- Obr. 55. Luxfera s kopnou určenou pro odbroušení
- Obr. 56. Odstraňování kopny, broušení a lepení
- Obr. 57. Skleněné modely v měřítku 1:1
- Obr. 58. Skleněné modely
- Obr. 59. Skleněné modely
- Obr. 60. Skleněné modely
- Obr. 61. Skleněné modely
- Obr. 62. Skleněný model v měřítku 1:1