

## Diplomová práce

# Tam, kde se mraky setkávají-textilní akustická stěna

*Studijní program:*

N0212A310012 Design – textil, oděv, sklo, šperk

*Autor práce:*

**Bc. Radek Dunovský**

*Vedoucí práce:*

doc. ak. mal. Svatoslav Krotký

Katedra designu

Liberec 2023



## Zadání diplomové práce

# Tam, kde se mraky setkávají-textilní akustická stěna

*Jméno a příjmení:*

**Bc. Radek Dunovský**

*Osobní číslo:*

T21000258

*Studijní program:*

N0212A310012 Design – textil, oděv, sklo, šperk

*Zadávající katedra:*

Katedra designu

*Akademický rok:*

2022/2023

### Zásady pro vypracování:

1. Rešerše na téma akustická stěna v interiéru.
2. Výtvarný návrh akustické stěny, inspirace mraky.
3. Realizace projektu s použitím vybrané textilní technologie.
4. Ověření funkce navržené akustické stěny.
5. Fotodokumentace projektu.

*Rozsah grafických prací:*

*Rozsah pracovní zprávy:*

*Forma zpracování práce:*

*Jazyk práce:*

tištěná/elektronická

Čeština

### **Seznam odborné literatury:**

GEIST, Bohumil. Akustika: jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi. Praha: Muzikus, 2005, 281 s. ISBN 80860253317

HRÁDEK, Tomáš a Jan TUČEK. Katalog akustických prvků. V Praze: Akademie múzických umění, 2011. ISBN 978-80-7331-316-6

KALINOVÁ, Klára. *Zvuková pohltivost vlákných materiálů s ohledem na charakteristiky struktury*. Liberec, 2005. Disertační práce. Technická Univerzita v Liberci

NOVOTNÁ, Lenka. *Zobrazování oblohy ve výtvarném umění*. Zlín, 2013. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

SAITO, Yuriko. The Aesthetics of Emptiness: Sky Art. *Environment and Planning D: Society and Space*. 2011, **29**(3), 499-518. ISSN 0263-7758. Dostupné z: doi:10.1068/d8909

ECO, Umberto, ed. *Dějiny krásy*. Přeložil Gabriela CHALUPSKÁ. Praha: Argo, 2005. ISBN isbn80-7203-677-7

*Vedoucí práce:*

doc. ak. mal. Svatoslav Krotký

Katedra designu

*Datum zadání práce:* 4. října 2022

*Předpokládaný termín odevzdání:* 2. června 2023

L.S.

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.  
děkan

Ing. Renata Štorová, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 3. dubna 2023

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.



# Bibliografický záznam

DUNOVSKÝ, Radek. *Tam, kde se mraky setkávají*. Liberec, 2023. 80 s. Diplomová práce (MgA). Technická univerzita v Liberci, Design - Textil, Katedra designu. Vedoucí diplomové práce doc. ak. mal. Svatoslav Krotký

**Rozsah práce:** 104 300 znaků vč. mezer

## Abstrakt

Diplomová práce se zabývá výtvarnými textilními panely, které budou navrženy primárně jako estetický prvek do interiéru. Panely mohou zároveň mít funkci jako akustická bariéra a mohly by být použitelné v nahrávajících studiích, kulturních místech a interiérech, kde mohou pomoci vylepšit akustiku. Jelikož budou modulární, budou se moci přizpůsobit vždy danému prostoru. Systém může mít formu stropních segmentů nebo nástěnných segmentů a vychází ze základního tvaru čtverce. Práce rovněž zachycuje vývoj interpretace oblaků v umění v průběhu dějin až do moderní doby. Prvek mraku se stává součástí uměleckého přístupu k řešení akustické clony.

## Abstract

The diploma thesis deals with artistic textile panels, which will be designed primarily as an aesthetic element for the interior. The panels can also function as an acoustic barrier and could be used in recording studios, cultural venues and interiors where they can help improve acoustics. As they will be modular, they will always be able to adapt to the given space. The system can take the form of ceiling segments or wall segments and is based on the basic shape of a square. The work also captures the development of the interpretation of clouds in art throughout history up to modern times. The cloud as an element becomes part of the artistic approach to solving the acoustic barrier.

## **Klíčová slova**

**Oblaka, dějiny výtvarného umění, akustická stěna, textilní panely**

## **Keywords**

**Clouds, Art history, acoustic barrier, textile pannels**

## **Title**

Where the clouds meet - an acoustic textile wall

## **Poděkování**

Velice děkuji panu Svatoslavovi Krotkému za vedení práce. Dále děkuji panu Pavlovi Pokornému, Zuzaně Veselé a Kláře Kalinové za konzultace a cenné rady ohledně navrhování akustických panelů. Velké poděkování dále patří Pavlovi Němečkovi z Katedry motorů a vozidel za možnost a pomoc při měření činitele zvukové pohltivosti v alfa kabině a také Filipu Sanetrníkovi z Katedry netkaných textilií za konzultace, materiál a řemeslnou pomoc. Nakonec děkuji Kateřině Turkové za cenné rady a zpětnou vazbu ohledně formálních náležitostí práce.

# Obsah

ÚVOD	3
1 ZVUK: VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ	5
1.1 Zvuk	5
1.2 Hluk	5
1.3 Příčné a podélné vlnění	5
1.4 Frekvence zvuku	6
1.5 Akustická intenzita, akustická rychlost a akustický tlak	6
1.6 Akustika	7
1.7 Neprůzvučnost a zvuková pohltivost	8
1.8 Sluchový aparát a fyziologie	8
1.9 Sluchové pole a vliv hluku na lidskou psychiku a zdraví	9
2 AKUSTIKA PROSTORU A ZVUKOVÉ IZOLACE	13
2.1 Zvuk a jeho chování v prostoru	13
2.2 Úvod do rozdělení akustických prvků dle funkce	13
2.2.1 Absorpční prvky	13
2.2.2 Difuzní prvky	14
2.2.3 Odrazivé prvky	14
2.3 Odraz a dozvuk	14
2.4 Ozvěna	14
2.5 Akusticky zaplněné prostory	15
2.6 Akustika hudebních sálů a akustických místností	15
2.7 Zřetelnost zvuku	15
2.8 Prostory a zvukové absorbéry	16
2.8.1 Prostory s vysokými nároky na prostorovou akustiku	16
2.8.2 Prostory s vysokými nároky na prostorovou akustiku	17
2.8.3 Nejjednodušší a nejlevnější akustické úpravy	17
2.9 Akustické membrány, desky, panely a tělesa	18
2.9.1 Membrány	18
2.9.2 Desky	18
2.9.3 Perforované panely	18
2.9.4 Aplikace akustických těles z porézního materiálu	19
2.10 Metody stanovení činitele zvukové pohltivosti pro pohltivé vlákenné materiály	19
2.10.1 Vypočítání činitele zvukové pohltivosti pro akustické rezonanční obklady	20
2.10.2 Dvougromfonová impedanční trubice	20
2.10.3 Alfa kabina	21
2.11 Charakteristika textilních materiálů protihlukových stěn	22
2.12 Textilní struktury a materiály v akustické aplikaci	22
2.12.1 Tkaná textilie jako akustický materiál	22
2.12.2 Netkaná textilie jako akustický materiál	23
2.12.3 Pletená textilie jako akustický materiál	23
2.12.4 Kompozitní materiály	23

2.12.5	3D textilní struktury	23
2.12.6	Recyklace odpadu textilní výroby	24
2.13	Historie vývoje akustických barier	24
3	SOUČASNÉ UMĚNÍ	26
3.1	Pojetí hmoty v současném umění	26
3.2	Od reprodukované hmoty ke hmotě průmyslové	27
3.3	Abstrakce	27
3.3.1	Geometrická abstrakce	27
3.3.2	Orfismus	28
3.3.3	Suprematismus	28
3.3.4	Neoplasticismus	28
3.3.5	Raysmus	28
3.3.6	Konstruktivismus	28
3.3.7	Abstraktní expresionismus	29
4	OBLOHA A VÝTVARNÉ UMĚNÍ	30
4.1	Nebe a znak prázdnoty	30
4.2	Symbolika a mytologie	30
4.3	Křesťanství a ranné křesťanské umění	31
4.4	Gotika, renesance, baroko	32
4.5	Novověk	36
4.6	Oblaka a jejich ztvárnění ve výtvarném umění 19. a 20. století	36
4.7	Secese, symbolismus, impresionismus a surrealismus	37
4.8	Moderní umění	38
4.8.1	Andy Warhol a Billy Kluver: Stříbrné oblaky	38
4.8.2	Cai Guo-Qiang: Footprints of History a další díla	39
4.8.3	Dennis Oppenheim: Whirlpool neboli Eye of the Storm	40
4.8.4	Otto Piene: Sky Ballet	41
4.8.5	Nancy Holt: Sun Tunnels	41
4.8.6	Anish Kapoor: Sky Mirror	42
4.8.7	Tadao Ando: Chichu Art Museum	43
5	VÝTVARNÝ ZÁMĚR	44
5.1	Studium mraků	44
5.2	Tvar a reliéf panelů	47
6	PRAKTICKÁ ČÁST	49
6.1	Vývoj a testování materiálu	49
6.2	Navržení akustického panelu a jeho výroba	53
6.3	Měření činitele zvukové pohltivosti v alfa kabině	56
6.4	Možnosti posazení panelů	60
6.5	Instalace panelů v galerii N v Jablonci nad Nisou	63
	ZÁVĚR	64
	SUMMARY	65
	Použitá literatura	67
	Seznam obrázků	71

# ÚVOD

Diplomová práce pojednává o ztvárnění akustických panelů. Text se dělí na dvě hlavní části, na teoretickou část a na část praktickou. Teoretická část představuje základní poznatky oboru akustiky relevantní k vývoji akustických panelů. Dále je zde popsán vývoj moderního umění a tématu zobrazování oblohy ve výtvarném umění. Výtvarný záměr je představen v samostatné kapitole a je doplněn nákresy a fotodokumentací. Praktická část se soustředí na deskripci výroby akustických panelů a fotodokumentaci projektu.

Hlavním úkolem praktické části práce je vytvořit esteticky zajímavý prvek (akustický panel) s přidanou hodnotou čili schopností tlumit zvuk. Díky modularitě těchto panelů je možné z nich sestavenou stěnu přizpůsobit danému prostoru dle jeho specifických požadavků.

Jako výtvarný prvek a zároveň prvek zkoumání, je zvolen oblak. Idea vznikla při hledání materiálu v momentě, kdy byly objeveny polyesterová rouna v různých kvalitách a barvách na Katedře netkaných textilií na Technické univerzitě v Liberci. Promícháním materiálů černé, bílé i modré barvy totiž mohou působit jako oblaka. Materiál vedl práci k tomu, aby se vytvořila volná nepevná kompozice odpovídající materiálu, který neumožňuje přesnější tvarování. Materiál sám o sobě má výtvarnou hodnotu a je nositelem funkce i idey.

Funkčně mají textilní materiály zajímavé vlastnosti co do architektonické akustiky, jelikož jsou lehké, odolné a přizpůsobivé. Dále mohou být ošetřeny povrchovými úpravami pro zlepšení jejich dalších nejen akustických vlastností. Zvukové izolace musí mít také dobré mechanické vlastnosti. Měly by být poměrně pevné a odolné, aby vydržely jako obložení nejen stěn, ale i například stropu nebo podlahy. Pevnost materiálu je velice důležitá rovněž pro to, aby akustická stěna odolala působenímu napětí bez poruchy jak v tahu, tak také tlaku nebo smyku.

Zvuková izolace může mít formu stropních panelů, nástěnných panelů, či pokrytí celé plochy či příčky. Výsledným efektem použití zvukové izolace může být snížení nebo naopak zvýšení absorpčních účinků v daném prostoru dle požadavku.

V interiéru má každý povrch i materiál také určitý vliv na chování zvuku a soukromí. Důležité je, aby materiál dokázal absorbovat zvuk. Všeobecně čím tvrdší a hladší materiál je, tím více odráží zvuk zpět do místnosti bez úbytku energie. To

znamená, že například leštěný beton nebo prosklená stěna vytvoří velkou dobu dozvuku a účastníky místnosti zvuk automaticky obtěžuje. Současný trend (vysoké stropy, hladké povrchy, prosklené stěny) nepřispívá dobrým akustickým vlastnostem. Z hlediska estetiky v neposlední řadě mohou dnešní moderní prostory působit nekomfortně a stroze.

Současná nabídka akustických panelů reflektuje výše popsaný trend a nabízí spíše jednodušší akustické panely. Mnou navržený akustický systém vytváří esteticky zajímavější prostor, ve kterém se bude lépe pracovat, odpočívat nebo dokonce bydlet. S velkým hlukem se potýkají divadla, obchodní domy, kluby, nahrávající studia, pracoviště, domácnosti i konferenční centra. Působivá je také struktura navrženého systému, která se dokáže jak u oblaků na obloze, tak i u promíchaných textilních roun změnit tvarově během okamžiku.

Výjevy spojené s mraky a zobrazováním nehmotné oblohy řeší umělci od nepaměti až do dnešní doby. A nejen tam. V čínské i japonské kultuře existuje dokonce přímo i znak pro oblohu. Ten interpretuje nebe jako hloubku či prázdnotu, kterou nelze změřit. V současné západní kultuře však není mrakům věnována dostatečná pozornost v mnoha oblastech, a to zejména na poli estetiky, umění nebo designu. Problematika je v současném diskurzu akcentována zejména v souvislosti s ekologií, předpovědí počasí nebo životním prostředím. Tato práce má ambici ukázat, že mrak coby prvek textilního designu je plně uplatnitelný i v současné tvorbě.

# 1 ZVUK: VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ

## 1.1 Zvuk

Zvuk je mechanické vlnění šířící se v čase s určitou rychlostí v pružném prostředí, které má určitou intenzitu a frekvenci. Je to vlnění pružného prostředí, jehož frekvence a intenzita dosahuje prahu lidského slyšení. Při tomto vlnění šířícím se v čase s určitou rychlostí v pružném prostředí vzniká děj přenosu informací s těmito částmi:

- zdroj zvuku;
- prostor nebo prostředí, kde se zvuk šíří;
- příjemce zvuku. [2]

*„Jsou-li zvuky generovány nepravidelnými změnami, nemají zpravidla periodický průběh a označují se jako zvuky nehudební. Patří mezi ně různé údery, rány, šramot, skřípot, šelest, vrzání, bouchání, lomoz, rachot atp. Zvuky, v nichž se současně vyskytuje jak periodická, tak neperiodická složka, se pak nazývají hluk.“ [2, s. 40]*

## 1.2 Hluk

Hluk je typ zvuku, který svým působením člověka obtěžuje a ruší. Přináší nepříznivé účinky na lidské zdraví, které jsou definovány jako morfologické změny organismu. Ty vedou ke stresu, zhoršení funkcí organismu, a také ke vnímavosti dalších nepříznivým vlivům prostředí. [24]

## 1.3 Příčné a podélné vlnění

Příčné vlny jsou vlny, ve kterých částice pružného tělesa kmitají v daném čase kolmo na směr šíření zvukové vlny. Každá příčná vlna ukazuje vždy v jedné periodě dva znaky: vrchol a propad. Vrchol je dosažen v bodě maxima rozkmitu, opačné maximum pak při dosažení maxima protilehlého u druhého rozkmitu. K obrátům z maxima k minimu dochází vždy, když kmitající předmět prochází rovnovážným stavem. Délka příčné vlny je dána součinem rychlosti šíření kmitání v prostoru a periody jejich kmitů. [1; 2]

*„Jinak je tomu u podélného kmitání, v případě podélného postupného vlnění, kdy částice prostředí nekmitají kolmo k řadě, ale kmitají podél řady, tj. Klopíme-li velikosti rozkmitu v jednotlivých časových bodech z vertikální polohy kmitání (rovnovážného stavu) dochází k nakupení, ke zhuštění a koncentraci, neboť tam jsou velikosti momentálního*

rozkmitu nejmenší, kdežto v bodech maxima obou protilehlých rozkmitů, kde jsou velikosti rozkmitu největší, naopak k podstatnému „zředění“ a rozvolnění.“ [2, s. 26]

## 1.4 Frekvence zvuku

Pojem frekvence je chápán jako výška tónu související s vlnovou délkou a rychlostí zvuku, a vyjadřuje počet kmitů za sekundu. Fyzikálně je frekvence určena počtem kmitů za jednu sekundu. Označuje se písmenem  $f$ , vyjadřuje se v hertzech [ $\text{Hz} = 1/\text{s}$ ]. Frekvence se odvodí ze vztahu:  $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{1}{T}$ , [Hz] [1]

kde:

- $C$  je rychlost zvuku v daném prostředí [m/s] (pro vzduch  $c_0 \sim 340$  m/s);
- $\lambda$  je vlnová délka [m], neboli dráha, kterou urazí zvuková vlna za dobu jednoho kmitu;
- $T$  je perioda [s], neboli doba jednoho kmitu. [1]

Typy frekvence zvuku můžeme dělit na:

- **infrazvuk**, podélné vlnění s kmitočtem pod pásmem slyšitelných kmitočtů ( $f < 16$  Hz);
- **nízkofrekvenční zvuk**, již slyšitelný zvuk v pásmu kmitočtů nižších než 100 Hz;
- **vysokofrekvenční zvuk**, slyšitelný zvuk v pásmu kmitočtů vyšších než 8 kHz;
- **ultrazvuk**, postupné podélné vlnění s kmitočtem nad nad pásmem slyšitelných kmitočtů ( $f > 20$  kHz). [1]

## 1.5 Akustická intenzita, akustická rychlost a akustický tlak

„Akustická energie postupuje v prostoru všemi směry a její akustický výkon se šířením v prostoru rozptyluje. Aby se zjistila síla zvuku, která projde příslušnou plochou, kolmou ke směru šíření akustické, obvykle postupné vlny v každé vteřině, tento jev, nazýváme akustická (fyzikální) intenzita ( $I$ ) ( $\text{W}/\text{m}^2$ , se měří. Při sinusovém průběhu a kmitočtu  $f$  je dán vztahem:  $I = \frac{W}{St}$ .“ [2, s. 28]

„Jelikož se zvuk zpravidla šíří v prostoru všemi směry, tj. Vyzařuje ve tvaru kulovitých vln, odpovídá plocha  $S$  ploše koule, tj.  $S = 4\pi r^2$ . Akustická intenzita pak nabývá hodnot podle vztahu:  $I = \frac{W}{4\pi r^2}$ .“ [2, s.28]



„Akustická rychlost  $\rightarrow u$  [m.s-1] - je rychlost, jakou kmitají částice vzduchu při šíření zvuku. Je fyzikálně rovnocenná akustickému tlaku, avšak na rozdíl od něj má směr i velikost, tudíž je to vektorová veličina.“ [23, s.18]

Pro akustickou rychlost platí vztah  $v = \frac{p}{z}$ , eventuelně  $z = \frac{p}{Sv}$ . „Akustická impedance je poměrem akustického tlaku k součinu akustické rychlosti a průřezu plochy  $S$ , kterým vlnění prochází. Dosadíme-li do vzorce maximální hodnoty, platí pro akustický odpor  $z_a$ :  $z_a = \frac{z_m}{S^2}$ .“ [2, s.28]

kde:

- „ $z_m$  mechanická impedance (součin vlnového odporu a průřezu plochy  $S$ , kterým vlna prochází. Jednotkou akustické impedance je akustický absolutní ohm („abohm“);“ [2, s.28]
- Akustický tlak  $p$  [Pa] je definován jako projev akustické energie v místě působení, to znamená tam, kde je akustický tlak odlišný od tlaku barometrického. Lze snadno měřit. [6] Zvukový tlak klesá úměrně se vzdáleností. [9] „Barometrický tlak nabývá hodnot kolem 105 Pa, akustický tlak se pohybuje v rozmezí 2.10<sup>-5</sup> až 2.10<sup>2</sup> Pa.“ [23, s. 18]

## 1.6 Akustika

Slovo akustika pochází z řeckého slova akoé = sluch, ucho, slyšení, zvuk. Podle názvu by se mohlo zdát, že se akustika zabývá vším, co slyšíme, a vším, co je slyšitelné. Je to ovšem jen malá část této disciplíny a oblast, kterou akustika studuje, je velice obsáhlá. [2]

Akustika je vědní obor, který se zabývá fyzikálními jevy souvisejícími se vznikem a šířením zvukového vlnění, a také vnímáním zvuku pomocí smyslů. Akustika je stejně jako mechanika nebo optika jedna z nejstarších částí fyziky, a slouží k poznání přírody. V roce 1972 americký fyzik a profesor fyziky Robert Bruce Lindsay definoval akustiku jako obor vědy, který se zabývá zvukovými jevy. Zároveň upozorňoval, že původní řecký název, odkazující ke slyšení, pokrýval v sedmdesátých letech dvacátého století pouze malou část oboru akustiky. Akustika zaštiťuje celou řadu vědních disciplín, jako akustika fyzikální, prostorová, fyziologická, hudební, fonetická, psychologická stavební, technická, kvantová, hydroakustika a další. [2; 22]

*„Akustika je vlastně souborné označení soustavy vědních disciplín, které z různých aspektů a v různých oblastech studují vlnění těles v pružném prostředí a jejich strukturálně – funkční vztahy jak vůči sobě navzájem, tak vůči časoprostorovým podmínkám v těchto podmínkách. Lze ji tedy označit jako interdisciplinární vědu.“ [2, s. 12]*

## **1.7 Neprůzvučnost a zvuková pohltivost**

Pokud je potřeba prostor izolovat od vnějších rušivých vlivů, je nutno instalovat v daném prostoru zvukovou izolaci. V prostoru se používají takové materiály, které mají takovou strukturu a/nebo hmotnost minimalizující přenos zvukových vln z jedné strany do strany druhé jejich rozkmitáním. Použitý materiál by měl mít velkou hustotu, měl by být tlustší, nepružný a hmotnější. Tento požadavek ovšem neplatí univerzálně. Vhodný materiál je materiál o různých odporech. Proto se používá k zvukové izolaci také lehké materiály, např. korek nebo guma. [2]

Zvuková pohltivost se udává v decibelech a vyjadřuje tlumící účinky stavebních prvků. Její hodnota je vytvořena z rozdílu zvukových hladin před prvkem na ploše, na kterou zvuk dopadá, a zároveň za prvkem uvnitř na ploše, z které prostoupená akustická energie vyzařuje. Prostor, na který z vnějšího prostředí dopadá akustická energie, je faktor, který se podílí na tlumení akustické energie zvnějšku. [2]

## **1.8 Sluchový aparát a fyziologie**

Prožívání a vnímání zvuku je složitý fyziologický a psychologický proces. Aby se z akusticko-fyzikálních veličin stal zvuk, musí být tento fyzikální jev detekován sluchovým aparátem. Akustický aparát se skládá ze tří částí:

- **zevní ucho**, které se skládá z boltce a zvukovodu;
- **střední ucho**, skládající se z bubínku, kůstky a Eustachovy trubice;
- **vnitřní ucho** s hlemýžděm a Cortiho ústrojím. [1]

Zevní ucho má zvukovod a boltec. Nejdříve je zvuk zachycen boltcem. Boltec umí lokalizovat směr zvuku a jeho schopnosti se projevují ale až při kmitočtu zvuku 500 Hz. Optimální frekvence pro lokalizaci směru je 5 kHz. Dále zvuk pokračuje zvukovodem k bubínku. Zvukovod je trubice, která funguje jako ochrana středního ucha před poškozením. Další její funkcí je, že v ní dochází k rezonanci dopadajícího zvuku (v pásmu 2 až 6 kHz). Upravuje se v ní intenzita zvuku v závislosti na jeho frekvenci. [1; 2]

Střední ucho je oválná blanka o vertikálním průměru až 10 mm a od středního ucha je oddělena bubínkem. Kmitočet bubínku má asi 200 kmitů za sekundu a převádí vlny o nižší frekvenci přesněji než vlny s frekvencí vyšší. Bubínek obsahuje 3 malé kůstky: kovádlíku, kladívko a třmínek. Celá soustava těchto malých kůstek je spojena navzájem svalstvem. Dopadající zvuk rozkmitá bubínek a přes tyto 3 malé kůstky se převedou kmity dále do vnitřního ucha. Také zde dochází k ochraně ucha před nadměrným hlukem. Pokud zvuk překročí 70 dB, dojde díky třmínkovému svalu k reflexnímu stažení svalů, což ochrání vnitřní ucho před nadměrným hlukem. Jedinou nevýhodou může být to, že se reflexní reakce spustí s časovým zpožděním. Pokud by tudíž vysoká hladina zvuku trvala méně než 30 ms, ucho nebude stačit tuto hladinu zaregistrovat a ochránit. [1; 2]

Vnitřní ucho se nachází v kanálcích v kosti skalní a je uloženo v dutině hlemýždě. Jsou zde dva smyslové orgány: rovnovážné ústrojí a sluchová část vnitřního ucha. Hlemýžď obsahuje tekutinu a jeho nejdůležitější částí je Cortiho orgán, který obsahuje více jak 20 000 vlasových buněk s nervovým zakončením. Cortiho orgán převádí mechanické kmity ze středního ucha na signály, které mohou být zpracovány nervovým systémem. Zároveň je Cortiho orgán propojen s mozkovou kůrou přes sluchový nerv a dochází zde k analýze zvukových podnětů. [1]

## **1.9 Sluchové pole a vliv hluku na lidskou psychiku a zdraví**

Sluchové pole je vymezeno pásmem slyšitelných kmitočtů přibližně od 16 Hz do 20 kHz. „Teoretický práh slyšení představuje 0 decibelů, nejnižší intenzitu, kterou jsme schopni vnímat a lokalizovat sluchem.“ [20, s. 12]

Rozsah citlivosti je ovšem dost subjektivní než zvukové pole, a záleží na věku, zdraví a zatěžování sluchu daného jedince. Mladý muzikant, který je vystaven denně velkému hluku, může mít rozsah slyšení daleko menší než zdravý starší člověk. S přibývajícím věkem se logicky slyšitelnost zhoršuje, a to zejména ve vysokých frekvencích. [1; 20]

Přijde-li do styku sluchový orgán se silnou zvukovou tlakovou vlnou, může jej vyrovnat u dospělého jedince Eustachova trubice, která slouží k ochraně bubínku před poškozením. Části vnějšího ucha fungují také jako ochrana proti vysokým odrazům zvuku od povrchu těla. Jak reaguje lidský jedinec na zvukové podněty svou psychikou zkoumá psychoakustika. [2; 20]

Celkově pro každého živého tvora na planetě Zemi je zvuk velice důležitý. Jednotky se počítají v hertzech, což je frekvence zvuku, a v decibelech, což je síla zvuku. V tabulce níže jsou zobrazeny slyšitelné zóny člověka a zvířat. [20]

Jednotka intenzity	Infrazvuk	Zvuk	Ultrazvuk
Frekvence zvuku v Hz	0,001 - 16 (20)	16 - 20 000 (23 000)	Nad 23 000
Síla zvuku v dB	x	0-130 (190)	x
Slyšitelná zóna pro	Slon, hroch, holub, myš	Člověk	Netopýr, velryba, pes, delfin

*Obr. 1: Sluchové pole , vlastní zpracování [20, s. 13]*

V případě, že je ticho v místnosti, je přibližná intenzita zvuku 10 dB až 30dB. Pokud se přidá dalších 30dB, může již člověk cítit nepohodu. Rušná ulice má běžně intenzitu kolem 80 dB, což již vytváří únavu a rozmrzelost. Sbíječky, sekačky na trávník působí intenzitou až 90 dB. Tato hodnota představuje riziko pro sluchový aparát. Hudební festivaly a diskotéky mají intenzitu zvuku od 100 dB do 150 dB, což znamená pro sluch velké riziko, přičemž zhruba od 130 dB bude mít člověk ireverzibilní ztrátu sluchu s následným chronickým akustickým traumatem. Lidé pracující například v oblasti kolem tryskových letadel s intenzitou až 190 dB mají povinnost svůj sluchový aparát chránit, jinak hrozí ztráta sluchu. U některých zvířat a živočichů může být ale vše úplně jinak než u člověka. Například holubi se běžně dorozumívají ve frekvenci (0,0T - 10 Hz), což je pod hranicí zvuku slyšitelnosti u lidí. [20]

Hladina dB v jeho okolí	Zvuk	
	Člověk	
	Typ vjemu	Příklad
0	Práh slyšení	Absolutní ticho
10	Psychická pohoda	Dech člověka
30		Tichá místnost, šepot
60	Latentní rozmrzlost	Zapnutá TV, rozhlas
80	Dlouhodobá rozmrzlost	Tiskárna, rušná ulice
85 - 90	Riziko poškození sluchu	Automobil, vlak
110	Psychický stres	Diskotéka
130	Práh bolesti	Výkřik, orchestr
140	Akutní akustické trauma	Ruční zbraň
190	Ireverzibilní poškození sluchu	Tryskové letadlo

Obr. 2: Zvukové pole člověka, vlastní zpracování [20, s. 14]

Zlepšení, která proběhla v posledních letech, nejsou dostatečná, a proto vstupuje do hry psychologie prostředí. Největší nespokojenost tvoří nechtěné zvuky čili hluk. Ten může vést ke zvýšenému stresu a pocitu méně soukromí. Rušení hlukem snižuje také schopnost soustředění, zvyšuje nemocnost a vytváří úbytek produktivity. Při plnění každodenních úkolech je nutné se alespoň 60 % svého času soustředit, což je nemožné při rušení hlukem. Zároveň je prokázáno, že lidem trvá zhruba 25 minut, než se po přerušení vrátí k pokračování úkolu. [10]

Situace ohledně hluku v prostředí se s dobou zhoršuje, jelikož veškeré zvuky kolem nás jsou čím dál více hlasitější. Nejedná pouze o zvuky životního prostředí, ale také například o zvuky hudebních nástrojů. V 16. století odpovídal hudební tón standardně hodnotě 377 Hertzům. Dnes je tato hodnota již často na 445 Hertzích; akustický výkon zvukových zdrojů se tedy neustále zvyšuje. [20]

Institut výzkumu stresu ve Stockholmu provedl terénní studii prováděnou v reálných životních podmínkách. Cílem studie bylo stanovit jak zdraví, tak produktivitu, tak i pocíťované rušení. Závěr byl takový, že kvalitní akustika pohlcující zvuk v prostoru zlepšuje spokojenost uživatelů. Dále existuje takzvaný Leesmanův index, který mapuje

komplexní kritéria zahrnující spokojenost pracovníků na pracovištích. Výsledky tohoto indexu jsou katastrofální. Průměrné skóre spokojenosti je pouze 33,4 % s tím, že v jednom ze čtyř hodnotících případů nedosáhlo hodnocení ani 25 %. [10]

Starší výsledek mapování z roku 2007 ukázal, že až 40 % evropské populace je vystavena hluku přesahujícímu 55 dB. Dle organizace WHO (World Health Organization) je hluk velice obtěžující. Přibližně 20 % lidí dále čelí hluku přesahujícímu dokonce 65 dB, což může již způsobit škody na zdraví. Mapování hlavního města Prahy v rámci tohoto výzkumu zjistilo, že se s takovou mírou hluku potýká až 120 000 lidí, tedy 13 % populace Prahy. Zdrojem hluku byla převážně silniční doprava. [26]

## 2 AKUSTIKA PROSTORU A ZVUKOVÉ IZOLACE

### 2.1 Zvuk a jeho chování v prostoru

Zvuk lze definovat jako vlnění pevného, kapalného nebo plynného prostředí v rozmezí 16 Hz až 16 kHz (slyšitelné kmitočty). [22] Šíří se všemi směry v pružném prostředí, nicméně struktura tohoto prostředí není v každém místě stejná a vznikají zde pro vlnění nestejnorodé překážky. Některé bariéry mají vůči zvuku odpor a odrážejí jej, jiné mohou do sebe akustické vlnění absorbovat. Pokud akustické vlnění narazí do překážky, část vlnění se pohltí a část odrazí. Celý proces je ovlivněn frekvencí vln, materiálem překážky, úhlem dopadu, typem, akustickou pohltivostí prostředí a intenzitou akustického vlnění. [2]

Vlastnosti prostředí se vyjadřují akustickým odporem a akustickou tvrdostí. Akustický odpor je výsledkem působení hustoty prostředí a rychlosti šířícího se zvuku. Platí, že akustický odpor roste v případě přibývajících hustoty prostředí  $a/$  nebo rychlosti zvukové vlny. Akustická tvrdost prostředí s akustickým odporem úzce souvisí. Pokud se v prostředí šíří akustické vlnění, mění se periodicky i tlak působící na plochu či prostředí. Energie jde na částice či plochu prostředí, a ty začnou kmitat. Platí, že čím více je daná látka tvrdší, tím je při stejném působícím tlaku kmitů částic, na něž působí tlak vlnění, menší. [2]

Důležitou schopností akustického prostředí je absorpce zvuku. Ta se vyjadřuje součinitelem pohltivosti, což je veličina, která je nezávislá na množství akustické energie dopadající na materiál objektu. Absorpce zvuku je založena na ztrátě energie zvukových vln. Tyto vlny se pak přemění na teplo při procesech kontaktu s objekty. Zvuková vlna buď zasáhne povrch a odrazí se, nebo je absorbována, anebo se přenesení dál. Vše závisí na intenzitě zvukové vlny a také struktuře i materiálu povrchu. [2]

### 2.2 Úvod do rozdělení akustických prvků dle funkce

Akustické prvky se dělí do tří základních skupin. Jsou to prvky pohltivé (absorpční), odrazivé a difuzní. Podle jejich akustických vlastností jsou prováděny úpravy prostor dle jejich zamýšleného využití a potřeb uživatele. [3]

#### 2.2.1 Absorpční prvky

Absorpční prvky jsou základním prostředkem pro zkrácení doby dozvuku v prostoru. Vyznačují se schopností pohlcovat energii dopadajících zvukových vln. Tato energie je

poté transformována na energii tepelnou. Absorpční prvky se dělí do dvou základních skupin. První skupina obsahuje prvky fungující na principu rezonance. Patří sem například kmitající desky a takzvané Helmholtzovy rezonátory s různým provedením a rozměry. Druhá skupina obsahuje materiály s otevřenou porézní strukturou. Řadí se sem minerální vlny, pěnové materiály a pevné materiály s porézní strukturou. [3]

### **2.2.2 Difuzní prvky**

Difuzní prvky mohou mít neomezené tvarové možnosti ohledně designového zpracování, a jsou vymyšleny tak, aby energie zvuku dopadající na jejich povrch mohla být po odrazu co nejrovnoměrněji rozptýlena. Mezi difuzní prvky patří členité a tvarované struktury, které jsou vyrobeny z tvrdých odrazivých materiálů. Tyto difuzory se nadále dělí do dvou skupin, a na Schroederovy difuzory a geometrické difuzory. Schroederovy difuzory obsahují obvykle soustavy šachet nebo soustavy vystupujících hranolů. Geometrické difuzory mohou být různé jehly nebo válcové, kulové, pilovité plochy a zakřivené roviny. [3]

### **2.2.3 Odrazivé prvky**

Odrazivé prvky mají nízkou hodnotu činitele zvukové pohltivosti. Čím delší má být doba dozvuku, kterou požadujeme, o to je důležitější znalost absorpčních vlastností odrazivých prvků. V případě nutnosti mohou podstoupit odrazivé prvky měření v dozvukové místnosti. [3]

## **2.3 Odraz a dozvuk**

Platí, že každá odražená zvuková vlna se vždy po prvním odrazu několikanásobně odráží od jiné překážky. Proces trvá tak dlouho, dokud původní zvuk i zvuk odražených zvukových vln nezeslábnou pod hodnotu prahu slyšitelnosti. Síla zvuku odražené vlny nejdříve klesá velmi rychle, poté zvuk doznívá pomaleji, až zanikne. [2]

## **2.4 Ozvěna**

V některých situacích se může odraz zvuku proměnit v ozvěnu. Tento jev se stane, pokud mezi původním a odraženým zvukem uplyne delší doba než  $1/8$  až  $1/15$  vteřiny, protože lidský sluchový orgán dokáže zachytit 8 až 15 různých zvuků během jedné vteřiny. Ozvěna vzniká rozdílem doby, kdy posluchač přijímá přímý zvuk a zvuk odražený. Ozvěna se může objevit i v malých místnostech, a pokud se má tomuto jevu zabránit, musí



se odrazová stěna vytvarovat tak, aby zvuk rozptýlila do různých směrů. Zároveň taková stěna nesmí být hladká, ale měla by být bohatě členěná do vypouklých zakřivených směrů. [2]

## **2.5 Akusticky zaplněné prostory**

Vystoupení, divadelní představení, koncerty nebo hudební produkce se často konají v uzavřeném prostoru. Takový prostor má omezenou zvukovou kapacitu, která pokud je překročena, ztrácí hudba nebo vystoupení své rysy a vypovídající schopnosti. Tím pádem je nutné v prostoru hlídat optimální intenzitu zvuku, aby byla vykryta akustická kapacita prostoru. Od 30. let se používá termín zaplňující jednotka, což je hodnota, která určuje intenzitu akustického maxima hudebních nástrojů a hlasů. [2]

## **2.6 Akustika hudebních sálů a akustických místností**

Kvůli akustickým jevům je nutno volit pro tyto prostory vhodné prostorové poměry. Střední velikost prostoru by měla mít poměry délky, šířky a výšky 8:5:3 nebo 5:3:2. Prostor by také neměl mít pouze tvar kvádra a hladké stěny. Mnohem lepší jsou členité stěny se složitějším reliéfním povrchem. Takové stěny mohou totiž rozptýlit zvuk. [2]

Velkou výhodou je také strop s mírným sklonem. Důležitý není ovšem pouze strop, ale každá část místnosti. Zadní strana by měla mít tvarování, aby se zabránilo ozvěně, a v prostoru je nutné řešit každé místo, aby nevznikl akustický stín. Nutné je také kontrolovat i výšku zdroje zvuku, aby se například k posluchačům dostaly zvukové vlny v dostatečně širokém úhlu. Obecně platí, že na každého posluchače má připadnout nejméně 3 až 4 m<sup>3</sup> z celkového objemu místnosti. Čím více bude posluchačů v prostoru tím méně se bude lišit doba dozvuku v prázdném a zaplněném sále. V prázdné větší místnosti je doba dozvuku velká, protože chybí pohltivost zvuku. Důležitým kritériem je také akustická intimita neboli doba v milisekundách, která uplyne mezi přímým zvukem a prvním návratem zvukového impulsu od zdroje zvuku do středu parteru. Zohledňována bývá střední doba dozvuku, která je aritmetický průměr dob dozvuku v rozsahu 500 až 1000 Hz. [2]

## **2.7 Zřetelnost zvuku**

Dalšími stěžejními pojmy jsou zvuková difuzita a zřetelnost. Difuzita je charakteristická pro rozdělení zvukové energie po zvuku v prostoru. Zřetelnost je podíl energie

krátkodobého zvuku prvních 50 ms k posluchači. Zřetelnost je při poslechu důležitá, jelikož usnadňuje srozumitelnost obsahu. Prostory, které mají velkou difuzitu, zvuk rozptylují natolik, že splývá. To znamená, že zřetelnost klesá na minimum. Proto je důležité například umístit zdroje zvuku tak, aby vyhovovaly parametrům prostoru. U hudebních nástrojů platí, že musí vysílat zvuk přímo na posluchače s co nejmenší dráhou. U orchestrů se řeší uspořádání nástrojů vždy tak, aby vznikla rovnováha zvuku. [2]

## **2.8 Prostory a zvukové absorbéry**

Aby měl daný uzavřený prostor dobré akustické podmínky, musí projít úpravami. Proto se provádějí úpravy pohltivosti stěn za použití konstrukcí a pohltivých materiálů. Klíčovou rolí může hrát, zda je akustický materiál vyroben pouze z jednoho či více materiálů. Materiál z jednoho kusu může mít totiž tendenci se zvukem rozkmitat a může přenášet zvuk dále. Dále platí, že akustické vlnění ztratí nejvíce energie vždy mezi dvěma předměty na hranici dvou prostředí (stěna x vzduch). Nejvhodnější materiály na rozmělnění zvuku jsou materiály s členitou strukturou. [3]

Při řešení akustiky v prostoru je hlavně důležité znát jeho budoucí využití, díky němuž se mohou poté stanovit parametry. Prostory k řešení zvukové akustiky se dají rozdělit na ty s vysokými a nízkými nároky. [3]

### **2.8.1 Prostory s vysokými nároky na prostorovou akustiku**

Jedná se o prostory, ve kterých je potřeba dosáhnout dobré srozumitelnosti mluveného slova nebo kvalitních poslechových podmínek například živé hudby. V takovém prostoru je nutné se věnovat frekvenčnímu průběhu doby dozvuku, distribuci akustického signálu a rozložení akustického pole. [4]

Do finálních výpočtů doby dozvuku a konceptu prostorové akustiky zde také vstupují prvky v interiéru a plochy, které nejsou obložené. Prostor je dobré vyplnit akustickými prvky s vhodným frekvenčním průběhem zvukové pohltivosti. Pouze a jen díky tomu bude výsledná doba dozvuku v prostoru vyrovnaná. Pokud se zvolí špatná konfigurace akustických panelů, v prostoru mohou vzniknout silné násobné odrazy (třepotavé ozvěny) mezi neupravenými rovnoběžnými plochami nebo také zpožděné tvrdé odrazy, které jsou bohužel dobře slyšitelné lidským uchem a jsou velice nepříjemné. [4]

V prostoru určeném pro mluvené slovo se používají hlavně pohltivé prvky a v prostoru pro poslech hudby nebo reprodukci hudby je nutné počítat s užitím difuzních prvků. Difuzita zvukového pole je důležitá pro vyrovnanost poslechu a pro výsledný zvukový obraz. Pro výslednou akustiku prostoru je podstatný jeho tvar. Pokud je tvar prostoru nevhodný pro daný účel, akustické panely prostor takový nedostatek neeliminují. Navržení prostoru by měla být tudíž věnována největší pozornost, a to zejména například u koncertních hal a hudebních studií. [4] „*Projektování prostorové akustiky je komplexní činností, při které by měla být propojena práce akustika s návrhy architekta již od samotného počátku.*“ [4, s. 7]

### **2.8.2 Prostory s vysokými nároky na prostorovou akustiku**

V tomto případě se jedná o prostor, kde má akustická úprava pomoci vytvořit lepší akustickou pohodu čili snížit hladinu hluku a zároveň zlepšit srozumitelnost mluveného slova. Cílem zde je zkrátit dobu dozvuku bez důrazu na její frekvenční vyrovnanost. Nejčastěji se proto provádí montáž jednoho druhu akusticky pohltivého podhledu nebo obkladu bez nutnosti kombinovat jej s dalšími absorpčními materiály. Tato montáž se často provádí v kancelářích, halách nebo například strojovnách. Nejčastěji se zde používají širokopásmové absorbéry s maximem zvukové pohltivosti na středních a vysokých kmitočtech. [4]

### **2.8.3 Nejjednodušší a nejlevnější akustické úpravy**

Při pojmu „nizkonákladová akustika“ se jistě ihned vybaví kartonová plata od vajíček. I přesto, že je to opravdu patrně nejlevnější varianta, tak má k ideálnímu řešení zvukové akustiky v prostoru velmi daleko. Zvuková pohltivost má zde na nízkých kmitočtech totiž velice zanedbatelné hodnoty a začíná vzrůstat až od frekvence 700 Hz. Na vyšších kmitočtech má hodnoty zvukové pohltivosti  $a = 0,45$  až  $0,7$ , což znamená, že plata od vajíček nevytvoří vyrovnanou dobu dozvuku. [4]

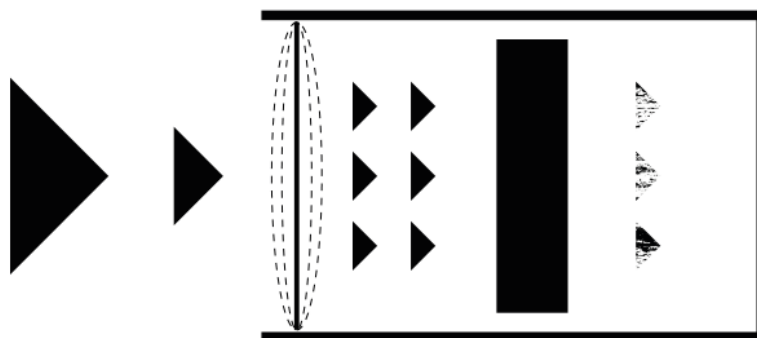
Další běžné materiály pro zlepšení akustiky jsou různé textilní závěsy a koberce. Zde se jedná o prvky pohlcující zvuk na středních až vysokých kmitočtech. U závěsu platí, že čím má větší plošnou hmotnost, tím lépe pohlcuje zvuk. Vstupují do toho ovšem další faktory, jako hustota tkaniny a například vzdálenost umístění od stěny. Na celkové akustice v místnosti nebo prostoru se samozřejmě ale podílí také interiérové vybavení. Vhodný nábytek může přispět ke zkrácení doby dozvuku na nízkých kmitočtech a zároveň leckdy

zlepšuje difuzitu akustického pole. Všeobecně platí, že akustická opatření nemusí být nákladná, aby byla efektivní. [4]

## 2.9 Akustické membrány, desky, panely a tělesa

### 2.9.1 Membrány

Pojem kmitající membrána znamená, že se jedná o slabou desku nebo fólii s nepatrnou tuhostí v ohybu. Tato membrána je umístěna v definované vzdálenosti od stěny. [6]



Obr. 3: Rezonanční membránová konstrukce, vlastní zpracování [6, s. 42]

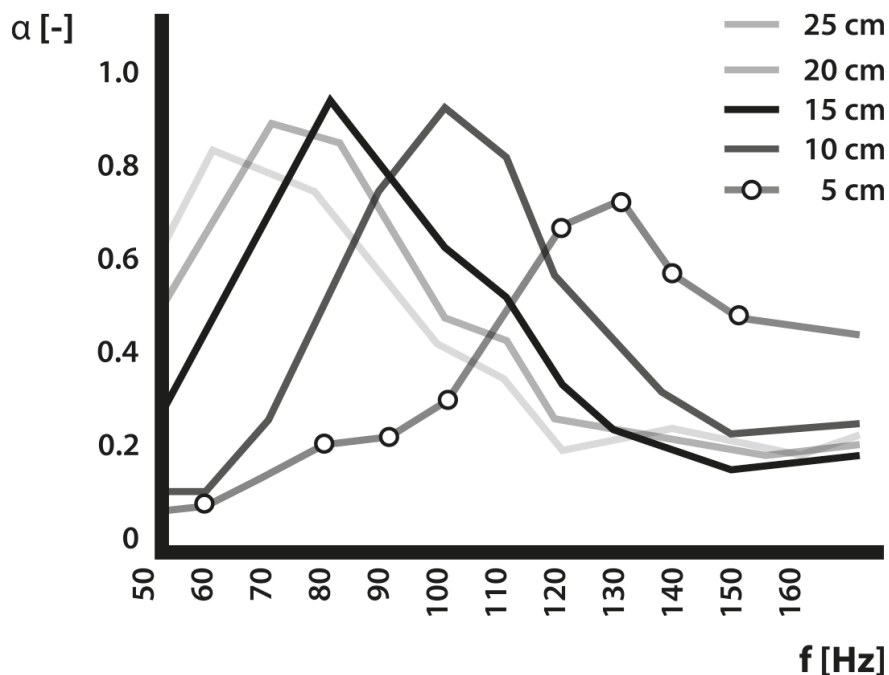
Z obrázku 3 je patrné, že zvuk rozvibruje membránu. Změnou tlaku se vzduch dostává do pohybu. Ten dále pak proniká pohltivým porézním materiálem, kde dojde ke změně rychlosti. [6]

### 2.9.2 Desky

V některých případech se používá namísto membrány tuhá deska. Ta je měkce upevněna na okraji, takže kmitá. Od membrán se desky liší především tuhostí v ohybu. Kmitočtové charakteristiky jsou zde vzhledem k plošné hmotnosti desky velice úzké. Akustickou impedanci kmitající desky není možné výrazně ovlivnit porézním materiálem ve vzduchovém polštáři. I přesto se do vzduchového polštáře vkládá porézní materiál. [6]

### 2.9.3 Perforované panely

Jedná se o tzv. rezonátory Helmholtzova typu. Ty jsou uspořádané buď jednotlivě anebo sdruženě do perforovaných panelů. Velkou výhodou těchto systémů je možnost nastavení změnou geometrie otvorů frekvenci maximálního pohlcování v širokém frekvenčním pásmu a dostatečná mechanická pevnost. Perforované panely jsou vytvořeny tak, aby zvuková mezera mezi samotným panelem a odrazivou stěnou byla ideální vzhledem k frekvenci zvuku, kterou je potřeba utlumit. [6]



Obr. 4: Činitel zvukové pohltivosti v závislosti na velikosti zvukové mezery od panelu ke stěně (5 – 25 cm), vlastní zpracování [6, s. 46]

#### 2.9.4 Aplikace akustických těles z porézního materiálu

Při řešení akustických úprav prostoru mohou nastat situace, kdy se nedá umístit akustický obklad na stěny nebo strop. Přesně pro tyto speciální situace existují akustická tělesa, která rovněž vykazují vysokou pohltivost zvuku a jsou sestavena tak, že dopadající zvuk se mezi tělesy odráží a je pohlcován postupně. Další akustická tělesa mají zpravidla jeden rozměr (často výrazně větší než ostatní) a zpravidla se zavěšují do prostoru tak, že se zvukové vlny vlivem vysoké pohltivosti těchto těles ohýbají a činitel zvukové pohltivosti roste. [6]

#### 2.10 Metody stanovení činitele zvukové pohltivosti pro pohltivé vlákenné materiály

Dle Kláry Kalinové existují pro vypočítání činitele zvukové pohltivosti různé rovnice, jako například rovnice šíření zvuku porézním materiálem nebo metoda konečných prvků odvozená z parciálních diferenciálních rovnic. Všechny tyto metody pro stanovení činitele zvukové pohltivosti dle Kalinové nejsou přesné a nepočítají se všemi faktory, tudíž je velice těžké přesně činitel zvukové pohltivosti vypočítat. [6]

### 2.10.1 Vypočítání činitele zvukové pohltivosti pro akustické rezonanční obklady

„Pro návrh akustických obkladů k pohlcování zvuku, založených na principu jednoduchého rezonančního obvodu, lze vyjít z předpokladu kolmého dopadu zvuku, z malých rozměrů vzhledem k polovině délky vlny u rezonanční frekvence a ze zanedbání posunu rezonančního kmitočtu vlivem tlumení rezonátoru. Činitel zvukové pohltivosti je

$$\text{dán vztahem : } \alpha = \frac{\frac{4r}{W_0}}{\left(\frac{r+W_0}{W_0}\right)^2 + \left(\frac{x}{W_0}\right)^2} \quad [6, \text{ s. } 36]$$

kde:

- **R** je reálná část měrné akustické impedance;
- **X** je imaginární část měrné akustické impedance;
- **W<sub>0</sub>** je vlnový odpor prostředí. Vypočítá se poměrem akustického tlaku  $p(x, t)$  a akustické rychlosti  $v(x, t)$  :  $W_0 = \frac{p(x,t)}{v(x,t)}$  . [6]

#### Zhodnocení metody:

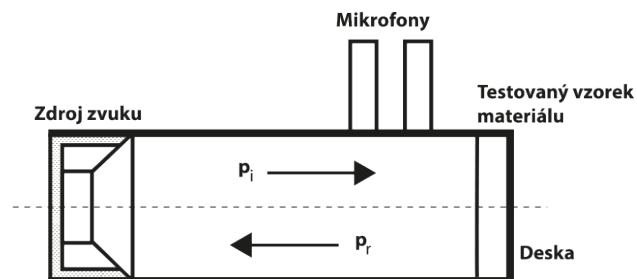
„Ve výpočtu činitele zvukové pohltivosti je zanedbán vliv tlumení rezonátoru na jeho rezonanční frekvenci, která je ve výpočtu významnou veličinou. Akustickou poddajnost systému je složité stanovit.“ [6] Činitel zvukové pohltivosti je výše uvedenou metodou stanoven za předpokladu působení podélné rovinné vlny, která dopadá kolmo na čelo vzorku. [6]

„Činitel zvukové pohltivosti je závislý nejen na frekvenci ale i na úhlu dopadající vlny. Zvukové pole si lze představit jako soubor rovinných zvukových vln, šířících se v různých směrech. Dopadá-li na pohltivý materiál zvukové vlnění ze všech směrů rovnoměrně, pak je činitel zvukové pohltivosti definován jako všesměrový.“ [6, s. 37]

Tato metoda není vhodná pro měření hodnot akustických panelů této diplomové práce, jelikož by bylo vypočítání jednak komplikované, a rovněž méně přesné než měření v alfa kabině. Dalším faktem je, že výsledné navržené panely jsou čistě z porézního materiálu.

### 2.10.2 Dvumikrofonová impedanční trubice

Jedním z běžných testovacích postupů je měření činitele zvukové pohltivosti pomocí dvumikrofonové impedanční trubice. Metoda měření obsahuje rozklad širokopásmového stacionárního libovolného signálu do jeho dopadající a také odražené složky. [6]



Obr. 5: Schéma impedanční trubice, vlastní zpracování [6, s. 78]

Signál zvukového zdroje dopadá na materiál umístěný na druhé straně trubice. Mikrofony umístěné na stěně trubice snímají dopadající  $P_i$  a odražený  $P_r$  akustického tlaku, pomocí kterých jsou vypočítány tři frekvenční přenosové funkce:  $H_1$  – frekvenční přenosová funkce související s dopadající složkou,  $H_r$  – frekvenční přenosová funkce související s odraženou složkou. [6]

Celkový činitel zvukové odrazivosti  $R$  se určí pomocí vztahu:

$$R_0 = \left( \frac{H_1 - H_i}{H_r - H_1} \right)^2 e^{j2k(1+s)}$$

kde:

- $K$  je vlnové číslo  $k = \frac{\omega}{c}$ ;
- $L$  je vzdálenost mezi prvním mikrofonom a vzorkem.
- $S$  je vzdálenost mezi mikrofony. [6]

Tato metoda nebyla použita pro měření hodnot akustických panelů diplomové práce. Je vhodná zejména pro malé vzorky. Vzhledem k velikosti panelu 36 x 36 centimetrů a možnosti měření v alfa kabině byla pro měření zvolena alfa kabina.

### 2.10.3 Alfa kabina

„Alfa – kabina je zařízení (vyvinuté a dodané firmou RIETER) pro měření zvukové pohltivosti. Kabina vychází z normy ISO 354 (ČSN ISO354 Akustika - Měření zvukové pohltivosti v dozvukové místnosti), vychází z její metodiky a odstraňuje nevýhodu potřeby vzorku o velkých rozměrech. V dozvukové a-kabině je měření zvukové pohltivosti provedeno:

- na vzorcích o rozměrech 1,2m x 1,2m

- *na pohltivých výplních spojených s podkladovým materiálem (stropy automobilů, akustické obklady kapot apod.)*
- *na dílech a výrobcích, které pohlcují zvuk (sedadla automobilů, nábytek apod.)*

*Alfa – kabina svými parametry vyhovuje požadavkům automobilového průmyslu, ale neexistují překážky pro měření vzorků pro aplikaci ve stavebnictví, výrobě nábytku apod., měřením lze pomoci při konstrukci strojů a ostatních výrobků ale též při vývoji nových protihlukových materiálů. [21]*

## **2.11 Charakteristika textilních materiálů protihlukových stěn**

Všechny předměty a materiály mají specifické akustické vlastnosti. Zvuk mohou částečně pohltit, odrazit, nebo také dále přenášet. Měkké a porézní materiály jsou více absorpční než materiály tvrdé. Lehké materiály přenášejí zvuk naopak lépe než materiály těžké a husté. Pohlcovače zvuku fungují na principu absorpce zvukové vlny. Mezi lehké materiály patří různé pěny, skleněná vlákna, plsti nebonetkané textilie. Tyto tlumiče sníží odrazy zvuku nebo ozvěny. Zároveň zkrátí dobu dozvuku a mohou také izolovat hluk nebo zlepšit srozumitelnost řeči v místnosti. [5]

## **2.12 Textilní struktury a materiály v akustické aplikaci**

Pro akustickou aplikaci lze textilní struktury vyrobit tkaním, pletením, nebo jako netkané textilie. Mohou být použita přírodní, syntetická, regenerovaná vlákna, u kterých se v závislosti na technice výroby, budou akustické vlastnosti lišit. [5] Užívané textilní materiály pro akustickou aplikaci jsou přírodní vlákna, syntetická vlákna, struktury tkané, netkané a pletené, recyklované materiály, kompozitní materiály, porézní absorbéry, panelové absorbéry, nanovláknenné materiály a materiály potažené, nastříkané nebo zalité výplněmi. [5]

### **2.12.1 Tkaná textilie jako akustický materiál**

Tkaná textilie jako akustický materiál může vytvářet stabilní tenké struktury. Její výroba je poměrně pomalá a nabízí méně možností k optimalizaci faktorů ovlivňujících zvukovou pohltivost. Problém zde může být limit tloušťky tkaniny a také její anizotropní charakter. [5]



### **2.12.2 Netkaná textilie jako akustický materiál**

Často se jedná o levný strukturovaný materiál, který lze snadno využít k pohlcování zvuku. Zvukové izolační vlastnosti netkané textilie lze řešit nastavením parametrů (tloušťka, pórovitost, poměr surovin) při výrobě. Další výhodou je, že se dají různá vlákna zpracovávat současně. Díky tomu jsou netkané textilie nejpoužívanějším materiálem v oboru akustiky. [5]

Pro diplomovou práci byly použité převážně různobarevné polyesterové chuchvalce, polyesterová vlákna v různém stupni rozvolnění a termicky spojené kolmo kladené netkané textilie vytvořené technologií STRUTO, což je technologie kolmého kladení pavučiny, jež byla vyvinuta na katedře netkaných textilií v Liberci. Princip technologie funguje tak, že se pavučina z mykacího stroje ukládá do vyšší vlákenné vrstvy s lepší odolností vůči stlačení. Vlákenná surovina, která se používá pro kolmo kladené vlákenné vrstvy má často složení z pojivých a nepojivých vláken pro termofixaci nové vzniklé vrstvy. [19]

### **2.12.3 Pletená textilie jako akustický materiál**

Pokud se vybere pletenina jako akustický materiál, často to je hlavně pro její lepší estetiku oproti netkaným textiliím. Jak osnovní, tak útkové pletení vytváří nerovinné struktury, které mají špatnou rozměrovou stabilitu. Existují také distanční pleteniny z dvouosnovních nebo zátažných pletenin, které flexibilitu sníží. Opravdovou rozměrovou stabilitu pleteniny zařídí až zakomponování distanční vložky. [5]

### **2.12.4 Kompozitní materiály**

Kompozitní materiály s tuhými strukturami mají povrch, který odráží většinu zvukových vln, tudíž nejsou obvykle použity jako materiál pro tlumící zvukové bariéry. Kompozity mají ovšem skvělé akustické a tepelné izolační vlastnosti, tudíž se používají při stavbě budov. Mohou mít nízkou hmotnost, vysokou pevnost, tuhost a odolnost proti nárazu. Pokud se použijí v kombinaci s dalšími výplněmi zvukových bariér, může se zvýšit pohlcující funkce zvuku. [5]

### **2.12.5 3D textilní struktury**

3D textilní struktury jsou zatím nejméně prozkoumané materiály akustických izolací. Určitě ale disponují výhodami jako například tloušťkou a stabilitou a mohou se vyrábět při různých objemových frakcích vláken v pevných strukturách. [5]

### **2.12.6 Recyklace odpadu textilní výroby**

Ekologické akustické materiály nabývají na významu, jelikož vzniká trend tvořit produkty šetrné k životnímu prostředí. Ideální představa je, že by tyto materiály byly již z recyklovaného materiálu a zároveň by byly také dále recyklovatelné. V neposlední řadě musí plnit standardy protihlukových stěn, přičemž lze použít velice širokou škálu kombinací materiálů a tvarů. Existují různé recyklované látky, plsti, vlny, vlákna z oděvů nebo také odpad z kobereců. Výsledná schopnost pohlcovat zvuk závisí vždy na použitém materiálu a technice výroby. [5]

### **2.13 Historie vývoje akustických bariér**

Kořeny nahrávacích studií sahají k vynálezům 19. století. Byli to Thomas Alva Edison a Alexander Graham, kteří položili základy fonografického průmyslu. Ve 30. letech se nahrávací společnosti zaměřovaly na produkci soundtracků filmového průmyslu. Od poloviny 40. let 20. století do 80. let začíná asi nejzajímavější období vývoje nahrávajících studií, ozvukových místností, zařízení a akustických bariér, o kterých pojednává tato práce. Některé základní techniky a principy obstály zkouškou času, jiné nikoliv. Dramaticky se v průběhu let změnil design, a to vždy díky nové technologii a novým požadavkům. [14]

Po druhé světové válce se zejména v USA rapidně rozvíjí nahrávací průmysl. Existují labely jako RCA, Columbia, Decca a také Capitol records. Typická akustická dobová úprava zahrnovala závěsy, perforované transitní panely Johns Manville, které byly podloženy rouny z materiálu minerální vlny. Dále se používal Celotex C2 a různé akustické dlaždice, které byly buď použity přímo na stěnu nebo se postavily s malým vzduchovým prostorem před stěnu. Pásmově selektivní membránové absorbéry ještě nebyly v nahrávacích studiích široce používány a Rettingerovy „laťkové absorbéry“ čekaly na své zrození. Polycylindrické difuzory již existovaly a byly postupně běžnou součástí nahrávacích studií. Některá studia této generace měla optimální dobu dozvuku ve středním a vysokém frekvenčním rozsahu. Zároveň zde byla špatná absorpce zvuku na nízkých frekvencích, což se kompenzovalo snížením úrovně snímání zvuku na mixážním pultu. [15]

Na počátku 50. let nastalo období významného zlepšení v mnoha aspektech studiové technologie, což mělo dobrý dopad na kvalitu nahrávání. Zlepšila se kvalita lisování desek, objevily se nové kondenzátorové mikrofony, experimentovalo se s novou studiovou technikou. Rozvíjející technologie šla velice rychlým tempem a design

akustických bariér a celkově design nahrávacích studií nestíhal pomalu držet krok. Pro zlepšení zvukových podmínek nižších frekvencí se začaly instalovat diafragmatické panely v konvexních rozích. Dále se začaly využívat perforované panely potažené látkou, různé koberečky pro absorpci vyšších frekvenčních odrazů a objevily se také první izolované kabiny na nahrávání a akustické oválné clony na mikrofony. [15]

Až do šedesátých let konkurenční boj o co nejlepší vyspělost nahrávacích studií rostl. V polovině 50. let se masově rozmohl stereofonní zvuk, chyběl ovšem konkrétní směr pro specifikaci, plánování a řízení. Typické původní monofonní kontrolní místnosti utrpěly na svých omezeních, jako například nedostatečná podlahová plocha, nevyhovující akustika, špatné monitorovací podmínky, nedostatečná elektronická zařízení a nesymetrická geometrie místnosti. Vše se ale brzy změnilo a v provozech se začali uplatňovat kvalifikovaní techničtí odborníci. [15]

Od 60. let se postupně měnily hudební styly a přicházelo další a další vylepšení techniky, které poskytlo pevnější základ pro experimentování a zdokonalování nahrávání, pokrok pro přirozenější odražený zvuk v nahrávkách a celkové zlepšení zvukových podmínek v prostorách studií. [15]

### 3 SOUČASNÉ UMĚNÍ

V současném umění je objevena hodnota a plodnost hmoty. Historicky z minulosti již ovšem ale jistě umělci věděli, že pracují s materiály, které nesou nějaké vlastnosti a tvůrčí limity. Zároveň věděli, že je nutno hledat ve hmotě inspiraci a poté ji dát formu. [13]

*„Podle estetiky Benedetto Croceho skutečné umělecké dílo dokonce vzniká teprve v okamžiku tvůrčího nápadu, k němuž dochází výhradně v nitru tvůrčího ducha, a vnější technické provedení, převod poetického vidění se zvuky, barvy, slova nebo kámen, je pouze podružnou záležitostí, která se nijak nepílí na dokonalosti a svrchovanosti uměleckého díla.“ [13, s. 74]*

#### 3.1 Pojetí hmoty v současném umění

V současném umění a estetice je pojetí hmoty oproti minulosti přehodnoceno. *„Umělecké dílo zrozené v hlubinách ducha bez jakéhokoli vztahu ke konkrétní fyzické skutečnosti je ovšem představa značně mlhavá. Krása, pravda, invence a tvorba nejsou pouze abstraktní pojmy náležející do nadpozemského duchovního světa, ale mají také úzký vztah ke světu věcí, kterých se můžeme dotknout a přivonět k nim a které svým pádem způsobí hluk, věci, jež jsou přitahovány k zemi silou odpovídající zákonu gravitace a podléhají tak vývojovým proměnám, tak i opotřebení a zkáze. Zatímco estetické teorie od základu přehodnocují význam práce ‚na‘ hmotě, ‚s‘ hmotou nebo ‚ve‘ hmotě, umělci 20. století hmotě často věnují výhradní pozornost, jež je o to intenzivnější, čím víc je oprošťování od předmětných vzorů vybízí k hledání nových forem ve světě možností. V převážné většině současných uměleckých děl tak není hmota pouze výsledným tvarem, ale prostředkem estetického diskurzu. Takzvané ‚informální‘ malířství je vítězstvím beztvarých barevných skvrn, šmouh, stříkanců a kapek... Umělec dostal možnost zcela se oddat samotnému materiálu, barvě svobodně se řinoucí na plátno, pytlovinu či kovový podklad, a s tímto materiálem může zacházet s veškerou náhodnou bezprostředností (třeba ho i potrhát). Jako by se umělecké dílo často zříkalo jakékoli formy, obrazy a sochy jako by byly výsledkem přírodního růstu nebo prostě jen výsledkem náhody, asi jako obrazce, jež kreslí do písku mořský příboj nebo hloubí do bahna kapky deště.“ [13, s. 405]*

## 3.2 Od reprodukované hmoty ke hmotě průmyslové

*„V některých případech umělec nenalézá předměty, ale jen reprodukuje určité místo nebo sgrafito na zdi, jak je tomu v případě Dubuffetových dlažeb nebo pláten Cy Twomblyho, jakoby posetých dětskými klikyháky. Tady už je umělecký postup zřetelnější, umělec záměrně a technicky složitě vytváří cosi, co má vypadat zcela náhodně, jako hmota v surovém stavu. Můžeme se setkat nejen s hmotou přírodního původu, ale také s průmyslovým odpadem nebo se spotřebními předměty, které dosloužily a ocitly se v popelnici.“ [13, s. 407]*

## 3.3 Abstrakce

Pojem abstrakce vychází z latinského slova abstractus, neboli odtažitý. Slovo lze také vyložit jako nekonkrétní, neobjektové nebo nefigurativní. Někdy ale toto slovo může být označeno také jako čisté umění. Ohledně umění to může znamenat pokus o vytvoření výtvoru, který nebude připomínat žádnou skutečnost. Tato abstrakce zároveň může být složena z geometrických prvků, plocha, barevných rytmů, skvrn a tvarů. Umělci skrze abstraktní dílo vyjadřují své emoce a zároveň se snaží dostat diváky do tvorby. [16]

K vývoji abstrakce přispěly přírodní vědy. Právě ty zpochybnily realitu viděného světa. Určitý vliv pro vznik abstrakce měla také stylizace secese. První, kdo údajně vytvořil abstraktní obraz byl hudební skladatel Mikolajus Čiurlions, a to kolem roku 1907, a jako další Francis Picabia v roce 1909. Dalšími průkopnickými autory pak byli Vasilij Kandinskij, Piet Mondrian, František Kupka a Robert Delaunay. Abstrakce se postupem času vyvíjela a rozdělila se na dva směry. První se věnoval expresionistické abstrakci a vyšel z expresionismu. Druhým byla geometrická abstrakce vyvinutá z kubismu. [16]

### 3.3.1 Geometrická abstrakce

Geometrická abstrakce započala v druhé polovině 20. století. Autoři děl zaznamenávali zrakové vjemy, které údajně přesahovaly způsobnost zraku a smyslů. Jeden z prvních představitelů byl Paul Cézanne. Jeho obrazy mají jistou geometrizaci, která ještě byla pod velkým vlivem reality, a dá se označit jako abstrakce z reálného základu. Geometrická abstrakce se postupně členila na další směry jako orfismus, neoplasticismus, suprematismus, raysmus a konstruktivismus. [16]

### **3.3.2 Orfismus**

Jedná se o první geometrický směr abstrakce. Ten vznikl přibližně v roce 1913 a může se nazývat také jako orfický kubismus. Počátek tohoto stylu se datuje výstavou Roberta Delaunayho. Raní umělci tohoto směru brali často inspiraci ve svém okolí a v přírodě, přičemž se jejich díla postupně vyvíjela z realistické tvorby po abstraktní. Kompozice obrazů pak mohly působit velmi jednoduše. Zajímavostí je, že umělci chtěli často zachytit například pohyb nebo pocit hudby. Hlavními představiteli orfismu jsou František Kupka a Robert Delaunay. [16]

### **3.3.3 Suprematismus**

Suprematismus vznikl roku 1915 a jednalo se o radikální hnutí v předrevolučním Rusku. Termín supremace znamená nadvládu a převahu geometrických tvarů. Jeden z největších představitelů tohoto stylu byl Kazimír Malevič, který svou strohou geometrií přinesl nový přístup. Zároveň vnímal své umění jako nepolitické a nezávislé. [16]

### **3.3.4 Neoplasticismus**

Neoplasticismus vznikl v roce 1917 v Holandsku založením výtvarného hnutí De Stijl. Díla tohoto stylu jsou charakterizována dokonalou geometrií, pravým úhlem, přímkami a třemi základními barvami (žlutá, modrá, červená). Průkopníci neoplasticismu byli Piet Mondrian a Theo van Doesburg. [16]

### **3.3.5 Raysmus**

Raysmus vznikl v Rusku roku 1913. Jeho díla jsou charakteristická kříženými odraženými paprsky různých objektů a byly významným příspěvkem nefigurální malby. I když tento styl existoval pouze několik měsíců, zanechal nesmazatelné historické stopy a ovlivnění moderního umění. Hlavní představitelé byli Michail Larionov a jeho přítelkyně Natalie Gončarová, kteří jsou chápáni jako pilíř rozvoje avantgardy v Rusku a zároveň jako jakýsi most mezi moderním francouzským uměním a ruskou vizuální kulturou. [16; 28]

### **3.3.6 Konstruktivismus**

Umělecký styl konstruktivismus započal v roce 1914 v Rusku. Jedná se o abstraktní umění, inspirované kubismem, které jde do trojrozměrného prostoru. Jedním z hlavních představitelů hnutí je Vladimír Tatlin. [16]

### 3.3.7 Abstraktní expresionismus

Abstraktní expresionismus je citový proud, který zahrnuje výrazné malířské projevy tvořené často spontánními gesty. V Evropě se styl může nazývat také tachismus nebo informel. V USA je často nazván akční malbou. Směr vznikl v USA po druhé světové válce, a mimo spojené státy se objevoval také ve Francii, Anglii nebo dokonce Rusku. Inspirace se hledala hlavně v primitivním umění a vyhýbalo se politice. Při tvorbě se popírají tradiční principy tvorby v umění.

Hlavní představitel akčního malířství je Jackson Pollock. Jeho obrazy jsou charakteristické hromadou skvrn a zahnutých čar různých barev a díla často vznikala při pohybu, kdy Jackson doslova impulzivně cákal barvu přímo na obraz na zemi. Po druhé světové válce v Paříži vznikl tachismus, který odmítal uvědomělé tvoření forem a byl silně inspirován automatismem. Díla jsou často tvořena skvrnami ihned rozmazávanými na plátně. [16]

## 4 OBLOHA A VÝTVARNÉ UMĚNÍ

Obloha a nebeské úkazy nás obklopují v podstatě pořád a neustále. V současné době se řeší tyto úkazy zejména kolem ekologie a životního prostředí, a přesto se jim nevěnuje dostatečná pozornost v dalších souvislostech a oblastech. Tato část práce zkoumá příklady uměleckých projektů, které souvisí s mraky, oblohou a nebeskými jevy. Text obsahuje pokusy současných umělců o zdůraznění estetiky mraků a oblohy, a zároveň jsou v něm uvedeny také historické náměty, obrazy a fotografie. [9]

### 4.1 Nebe a znak prázdnoty

Existuje čínský znak pro oblohu, který převzali později také Japonci. Znak se skládá ze dvou částí, ze kterých horní část znamená „díra“ a dolní část znamená „umělost“ nebo „konstrukce podle pravítka“. Původ slova naznačuje, že starověcí Číňané považovali nebe za díru, jejíž hloubka nemohla být nijak změřena. Ten samý znak se používá také pro prázdnotu. Obě interpretace se dají chápat vnímání nebe jako prázdné prázdnoty, ve kterých existují různé objekty. V buddhismu pak existuje učení o prázdnotě, kde jde v podstatě o názor, že vše na tomto světě je prázdné a nemá absolutní, nezávislou identitu. [9]

V naší běžné zkušenosti jsou nebe a mraky také něco prázdného, jelikož jim chybí pevnost a stabilita jakožto faktory, které nás přesvědčují o předmětnosti něčeho hmotného. [9]

### 4.2 Symbolika a mytologie

Pro lidskou společnost jsou oblaka od nepaměti interpretovány jako něco magického a mocného. Často byly chápány jako božská síla, která může seslat přírodní katastrofu nebo naopak spásu například na zavlažení úrody. Symbolizovaly nadpřirozenou sílu, a díky tomu pronikly do mytologie ve všech rozličných kulturách. V závislosti na kultuře existují různé interpretace oblaků. [7]

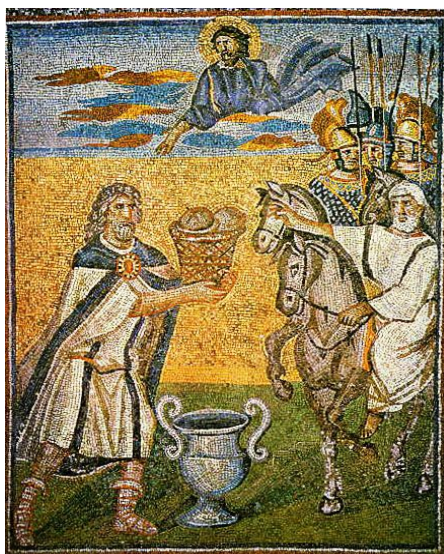
Dle severské mytologie se země stvořila z těla ledového obra Ymriho, kterého svrhli do propasti severští bohové Odin, Willi a We. Tím se údajně stvořil svět. Z krve obra vzniklo moře a ze svalů země, vlasy pak vytvořily lesy a jeho kosti skály. Obočí vytvořilo obranné hradby sídla bohů, Asgardu. A nakonec obrův mozek, vyhozený do vzduchu, stvořil oblaka. [7]



Čínská mytologie vypráví příběh obra Pan Bu. Části jeho těla se změnily v kosmické elementy a jeho maso zemí. Oči vytvořily slunce a měsíc, tělesné tekutiny se přeměnily v řeky, a jeho dech větrem a oblaky. V řecké mytologii moc bohů přímo ovládala oblaky. Bůh Zeus uměl nejen používat blesky, ale také měl schopnost ovládat oblaka. Řecký bůh Poseidon rovněž oblaka ovládal a trestal například Odyssea za usmrcení svého syna mořskou bouří. Staří Řekové dokonce věřili, že v momentě nakupení oblaků kolem hory Olymp znamenalo, že je v danou chvíli shromáždění bohů. Japonská historie vypráví o bohu Raijinovi. Ten údajně v roce 1274 zachránil zemi před Mongolským útokem tím, že ze svého trůnu z oblaků metal blesky do nepřátelského vojska. V Irsku je znám král Nandu z božské dynastie. Jeho jméno znamená „Tvůrce oblaků“. [7]

### 4.3 Křesťanství a ranné křesťanské umění

V křesťanství je chápán oblak jako něco božského, co je spojeno se zemí a nebem a člověkem s bohem. Oblak je zde chápán vždy jako symbol nebe. Andělé obvykle vykukují skrze oblaky. Rovněž je zde oblak chápán dle proroctví jako návrat Ježíše na konci všech dnů jako jeho sestup v oblacích. Oblak je chápán v ranném křesťanském umění jako objekt provázející božské výjevy, a je viděn v mnoha dílech. Jedno z prvních děl, kde je zaznamenáno zjevení Boha, je zobrazeno v bazilice Panny Marie Sněžné v Římě. Mozaika pochází z období papeže Sixta III (432-440) a je na ní zaznamenáno zajímavé použití oblaků. Bůh je na výjevu obklopen oblaky, čímž je chráněn před pohledy lidí a také před nebezpečstvím jeho nepřátel. [7]



Obr. 6: Mozaika Setkání Abraháma a Melchizedeka z baziliky Panny Marie Sněžné, Řím

[7, s. 12]

Další výjevy seskupení oblaků jsou rovněž viděny například v Ravenně v bazilice San Vitale (6. století), dalším centru ranného křesťanského umění. Umělecká díla s motivem oblaku lze najít také v bazilice sv. Kosmy a Damiána na mozaice Zjevení Krista (6. století). [7]

Další zajímavý křesťanský výjev obsahující oblaka je v bazilice sv. Praxedy (9. století). Scéna zobrazuje sedm postav, z nichž uprostřed stojí žehnající Ježíš Kristus, který je obklopen červeno modrými mraky. Celá scéna je ohraničena palmou z každé strany a obsahuje mnoho rozličných motivů a symbolů. [36]



*Obr. 7: Mozaika s motivy oblaků z baziliky sv. Praxedy, Řím [36]*

Podobné výjevy lze najít v kostele Santi Nereo e Achilleo (8. století), nebo také na mozaice v kostele sv. Anežky Římské (7. století). [7]

#### **4.4 Gotika, renesance, baroko**

Od 4. do 13. století byl hlavním symbolem „manus Dei“, neboli ruka Boží. Ta sloužila jako symbol Boha a vystupující z oblaků je chápána jako symbol božího hlasu. Ve středověké malbě nalezneme nepřehledné množství Kristů, andělů, Marií i Bohů, kteří se vyskytují v oblacích. Zároveň gotický výjev striktně odděloval část pozemskou i nebeskou a lze velmi často poznat kontrast pozemské oblasti od posvátné. [7]

Oblaka, jako symboly nadpřirozených jevů, se rozplývají do zlatavé mlhovitě substance, ale také mohou poskytovat pevný opěrný bod postavám na nich usazených,

nebo rámovat kompozici. Nejsou zde chápány jako přírodní jev, ale něco jako symbolická ikona. [7]

Jedno z nejznámějších středověkých děl obsahující oblaka je freska Extáze sv. Františka od Giotta (1267-1337). Na obraze je zobrazen v horním rohu Kristus vycházející z kruhovitého oblaku. V dolní části obrazu je svatý František levitující na zářícím oblaku. [7]



*Obr. 8: Freska Extáze sv. Františka, Giotto [7, s. 15]*

V renesanci i tak oblak zachovává význam ze středověku, má ovšem jinou podobu. Středověký mrak měl vždy své pevné místo na nebi nebo sloužil jako spojnice mezi božským a pozemským. V renesanci má nové funkce a ten samý mrak, co je u Krista, může stejným způsobem být pod nohama olympských bohů. Dochází zde k alegorickému přenosu významu. [7]

Výborným příkladem je Albrecht Dürer. Jeho dílo Sedm svícňů zobrazuje dvě postavy, Boha a svatého Jana. Svatý Jan ve scéně pouze sedí zcela v klidové poloze směrem k Bohu. Bůh sedí na trůnu a drží sedm hvězd. Z pusy mu vychází meč, z obočí plameny, a dívá se někam do neznáma mimo scénu. Kolem Boha je bílá záře, která pomocí techniky šrafování postupně oblaka, díky nimž vzniká ve scéně napětí mezi abstraktním prostorem a realistickými objekty. [37]





*Obr. 9: Albrecht Dürer, Vize sedmi svícňů [39]*

Dalším Dürerovým ikonickým dílem jsou Čtyři jezdci apokalypsy. Tento dřevorez byl čtvrtým z patnácti dřevorezů apokalypsy a obsahuje opravdu mnoho detailů. Nahoře uprostřed nahoře je zobrazen anděl, který vede apokalyptické jezdce na zem z jejich zapečetěné věznice. V levém horním rohu si lze povšimnout slunečních paprsků z nebe v podobě tlustých čar. Vedle paprsků se opět objevují typická Dürerova šrafovaná oblaka zasahující do realistického prostoru. [38]



*Obr. 10: Albrecht Dürer, Čtyři jezdci apokalypsy [40]*

Dalším umělcem je Corregio, který je znám jako předchůdce barokního typu malby a byl ve své době velice pokrokovým umělcem. Jeho freska Nanebevzetí Panny Marie obsahuje propletená oblaka s postavami a zároveň popírá gravitační zákony i perspektivu. [7]



*Obr. 11: Nanebevzetí Panny Marie, Corregio [7, s. 19]*

Jiným charakteristickým obrazem obsahující mraky je Poslední soud od Michelangela (1475 - 1564). Prostor v obraze působí nereálně a na modrém pozadí plují oblaka na nebi. Výjev se nachází v Sixtýnské kapli a je jediný, kde použil vyobrazení oblaků. [7]



*Obr. 12: Poslední soud, Michelangelo [7, s. 21]*

## 4.5 Novověk

V polovině 16. století také mrak zastoupil roli plastického prostoru, jako v kupoli kostela sv. Jana Evangelisty v Parmě, kde tento prostor vymezoval. Malířství 17. století bylo považováno za velice efektivní sílu náboženské propagandy. Oblak je zkrátka povinný doplněk extáze a dalších forem uchvácení a povznesení. Pravidelně je spojen s příchodem něčeho nového nebo svatého. Občas je také označen za objekt uctívání. [7]

Jan Van Eyck namaloval obraz Ukřižování. Toto malé dílo má velice blízko k atlasu mraků, a to 350 let předtím, než Luke Howard mraky klasifikoval. Na výjevu lze vidět cirrusy, cirrocumulusy a kupovité cumulusy. Samotná obloha je krásně namalována a stupňuje se od tmavé modré až po bílou barvu na obzoru. Výjev obrazu obsahuje okamžik probodnutí Krista Římským vojákem, což se podle evangelií stalo na velký pátek kolem patnácté odpolední hodiny, kdy se obloha po třech hodinách nepřirozené tmy vyjasnila. Je možné, že obraz obsahuje předpověď počasí. [17]

Rembrant vytvořil v 17. století úžasný obraz krajiny nesoucí název Bouřková krajina, kde žhnoucí světlo proniká mezerou mezi oblaky, aby osvětlilo kus země. Později měl také klidnější meteorologické okamžiky a v roce 1646 namaloval obral Zimní den. Tento obraz již neobsahuje dunící bouřkové mraky. Je zde zobrazen chladný jasný den, kde jsou závoje kruhovitých mraků nad zamrzlou vodní cestou. Rembrant žil ve zlatém věku holandské krajinomalby. Holandsko v té době získalo zpět svou svobodu a Nizozemci oslavili svou nezávislost malbami své nízko položené země pod rozlehlým nebem. Ve 40. letech 17. století se malba nebe stala tak populární, že se dokonce přemalovávaly pozadí již starších dávno namalovaných obrazů. [17]

Ve svých obrazech Holanďané zobrazili většinu existujících druhů mraků a jejich díla lze použít jako průvodce oblohy v oblastech s nízkým tlakem. Obrazy zahrnují mnoho typů mraků, kouř, a také větrné mlýny, což zobrazuje i směr přízemního větru. Některá díla představují panoramata holandských měst a často lze zjistit i přesná poloha místa, počasí, roční období, i denní doba. [17]

## 4.6 Oblaka a jejich ztvárnění ve výtvarném umění 19. a 20. století

V 19. a 20. století nabývají oblaka nový rozměr. Rozvíjí se mnoho vědeckých oborů včetně meteorologie. Vnímání oblaků se tudíž mění na přírodovědecké z původního náboženského nebo mytologického. V roce 1803 byla vydána publikace

On the Modification of Clouds, která provedla základní klasifikaci oblaků na cirrus, stratus a cumulus. Ve stejném období se začíná v umění objevovat zájem o zachycení proměnlivosti přírody. Samotné oblačné formace se staly zájmem umělců, kteří se snažili povznést krajinomalbu a vybudovat jí místo ve světě umění. Z tohoto nového oboru meteorologie vycházely zejména v 19. století umělecké osobnosti anglické a francouzské krajinomalby i německého romantismu. [7]

Ze všech malířů své doby je jedním z nejzajímavějších umělců John Constable (1776–1837). Jeho ztvárnění oblohy, zejména v letech 1820-1822, působí velice věrně a dá se počítat jako první úspěšná demonstrace naturalismu v umění zobrazování nebe. [11]

Ernst Gombrich v roce 1960 popsal naturalismus tak, že krajinářské umění není o samotné přírodě fyzického světa, ale o povaze našich reakcí na něj. Historička umění Charlotte Klonk poznamenala v roce 1996, že Gombrich nahrazuje Clarkův statický ideál odrazu vnější reality konceptem uměleckého znázornění jako dynamický posun vůči realitě. [11]

#### **4.7 Secese, symbolismus, impresionismus a surrealismus**

Impresionisté projevovali velký zájem o ztvárnění nebe a oblaků. Zároveň chtěli zdůraznit, že vše, co lze lidským okem vidět, je zbarveno dopadajícím světlem. Jejich obrazy často ukazují počasí a různé přírodní živly či nebezpečnosti transformované do jakési vyčištěné formy, se kterou si umí lidská technika a pokrok poradit. [12]

V roce 1867 namaloval Claude Monet mini sérii obrazů na Sainte Adresse, kde zachytil opravdu velké spektrum meteorologických jevů. Oba obrazy ukazují téměř stejný reálný pohled na přímořské letovisko v Le Havre a pohledově směřuje na jihovýchod k ústí řeky Seiny, a mohly být namalovány během jednoho dne. První obraz se jmenuje Regata at Sainte-Adresse. Na obraze je zobrazeno nebe a lodě v pozdním odpoledním slunci. Druhé dílo této série nazvané Beach at Sainte-Adresse a zobrazuje ponurou pláž, hrozící déšť, a nebe pokryté altostratusy. Tyto dva obrazy nabízí dostatek meteorologických informací o počasí i ročním období. Zároveň jsou považována jako předchůdci pro další Monetova díla, kde meteorologické scény za různých světelných podmínek opakoval. [12]

V secesi a expresionismu se ztvárnění oblaků tvořilo grafickou stylizací, ornamentálními arabeskami symbolistů, nebo expresivní geometrické reinterpetací. Nejznámějším zástupcem symbolismu a secese je Ferdinand Hodler (\*1853–†1918). Jeho

horské scenérie jsou doslova plné oblaků s ornamentálními arabeskami a svým demokratiem mohou připomínat japonské tisky. [7]

Dalším slavným umělcem byl Ferdinand Andri (\*1871–†1956), který je známý svým plakátem pro výstavu Vídeňské secese z roku 1906. Plakát obsahuje motiv horského štítu se zamračenou oblohou a autor zde demonstruje extrémní redukci až na geometrické formy, což je typické pro secesi. [7]

Vincent van Gogh pod tlakem svého psychického stavu kolem roku 1889 nebyl dlouho schopen vytvořit žádné umělecké dílo. Novou inspiraci pro tvorbu našel v sanatoriu Sain-Rémy-de-Provence v Arles, kde vytvořil sérii obrazů s pohledem do parku. [7]

Gustav Klimt namaloval obraz Blížící se bouřka. Na obraze je vyobrazen pointistickou metodou tečkování velký topol na pozadí přicházející bouřky. Topol se ve výjevu tyčí proti mocným bouřkovým mrakům, které vyobrazují pochmurnou náladu. [7]

René Magritt vyjmul mraky z běžného kontextu a posouvá jejich význam až za hranice běžného vnímání skutečnosti. Dílo Falešné zrcadlo je přímo vzor surrealistického umění a pokrčuje proces percepce. Černá zornice uprostřed oka není totiž centrem obrazu. Centrem zde pravděpodobně bude pomezí mezi zornicí oka a oblohou. Tímto dílem Magritt údajně vystavuje společnost filozofické otázce: Jak vnímáme svět? [7]

## **4.8 Moderní umění**

V moderním umění mohou být oblaky čímkoliv. Mohou být vytvořeny jakoukoliv technikou a zároveň mohou nosit určitý význam. Mimo malbu se začíná objevovat často technický přístup k umění, který byl někdy až uměleckým produktem. [7]

### **4.8.1 Andy Warhol a Billy Kluver: Stříbrné oblaky**

Jedno z klíčových děl zobrazení oblaků v moderním umění jsou Stříbrné oblaky od Andy Warhola a Billyho Kluvera. Dílo bylo vystaveno v roce 1966 v Leo Casteli Gallery a celá instalace působí až nadpozemskou atmosférou.

Původní idea Warholova projektu byla vytvořit levitující žárovku, kde se objevilo mnoho technických problémů. Zároveň se v témže momentě zcela náhodou povedlo Kluverovu kolegovi vyvinout helium nepropustný materiál co lze snadno tepelně ohřívat. Po konzultaci materiálu se změnil koncept a vytvořilo se dílo Stříbrné oblaky. [7]



Instalované oblaky napuštěné heliem létaly volně po galerii a narážely do sebe i do návštěvníků. Zároveň to byla jakási možná první interakce vědy a umění, která inspirovala další umělce. Jedním z prvních inspirovaných umělců byl Merce Cunningham, který oslovil Warhola ke spolupráci na taneční performanci. [7]



*Obr. 13: Andy Warhol a Silver Clouds [18]*

#### **4.8.2 Cai Guo-Qiang: Footprints of History a další díla**

Dílo Stopy historie bylo součástí slavnostního zahájení Olympijských her v Pekingu v roce 2008. Dílo bylo vytvořeno umělcem nesoucí jméno Cai Guo-Qiang, a v podobě ohňostroje zahrnovalo dvacet devět obřích stop na obloze a reprezentovalo dvacáté deváté Olympijské hry. [9]

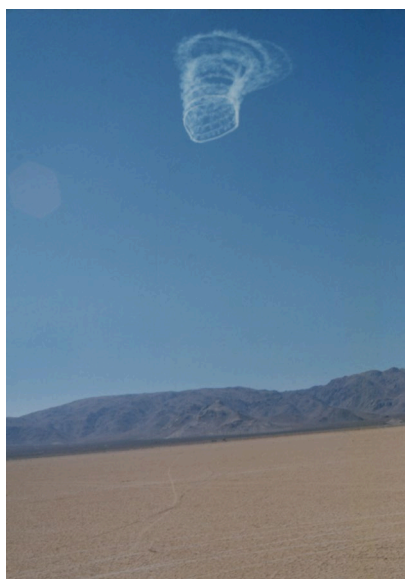


*Obr. 14: Dílo Footprints of History z roku 2008 [26]*

Dalším dílem s názvem The Century with Mushrooms Clouds Cai Guo-Qiang vytvořil houbové mraky za pomoci střelného prachu v roce 1996 v New Yorku. Všechna umělcova díla jsou pozoruhodná svou krátkou dobou trvání a jsou spojena s oblohou. [9]

#### **4.8.3 Dennis Oppenheim: Whirlpool neboli Eye of the Storm**

Dennis Oppenheim vytvořil Whirlpool (Eye of the Storm) v roce 1973 nad jezerem El Mirage v Kalifornii. Byly použity dva letouny, z nichž první letoun zaznamenával celé dílo na fotoaparát a druhý vypouštěl tekutý dusík, který tvořil na nebi bílou páru. Veškeré pokyny piloti dostávali od autora pomocí vysílačky. Aby Dennis Oppenheim dosáhl požadovaného efektu v podobě víru, muselo se provést vzhledem k náročnosti manévrování letadel více pokusů. Dílo Whirlpool bylo ve své době bráno velice průkopnický nejen z hlediska land artu, ale také konceptuálního umění. [29]



*Obr. 15: Dílo Whirlpool (Eye of the Storm) z roku 1973 [32]*

#### 4.8.4 Otto Piene: Sky Ballet

Otto Piene, současník Denise Oppenheima, vytvořil v roce 1970 sérii sochařských děl vznášejících se ve vzduchu. Díla byla vytvořena z pryže a plněna heliem. Otto Piene charakterizoval svou tvorbu jako sociální umění, jelikož byla instalována mimo galerií také ve veřejném prostranství. Jelikož Otto Piene prožil druhou světovou válku, byla modrá obloha symbolem teroru leteckých bitev. Piene se zavázal, že bude oblohu ve svých dílech používat jako medium mírových událostí. Nebe chápal jako nový prostor, do kterého se dá svobodně a hravě vstoupit. [9]



*Obr. 16: Dílo Sky Ballet z roku 1970 [33]*

#### 4.8.5 Nancy Holt: Sun Tunnels

V roce 1973 vytvořila umělkyně Nancy Holt dílo nesoucí název Sun Tunnels (Sluneční tunely). Tento land art byl umístěn poblíž západní hranice Utahu a východní Nevady, a byl tvořen čtyřmi betonovými tunely umístěnými do písmene X. Dílo fungovalo také jako pozorovací zařízení během letního a zimního slunovratu, kdy sluneční paprsky právě v tuto dobu procházely skrz otvory. Dílo bylo zdokumentováno fotografií i filmem a Nancy Holt se díky němu stala vůdčí osobností land artu. [31]



*Obr. 17: Atmosféra díla Sun Tunnels při západu Slunce [34]*



*Obr. 18: Holt zachycena v roce 1976 při natáčení filmu Sun Tunnels [34]*

#### **4.8.6 Anish Kapoor: Sky Mirror**

Anish Kapoor je známý svými venkovními díly odrážejícími oblohu a mraky. Například projekt Sky Mirror jsou doslova velká kulatá zrcadla pro oblohu. Asi nejmonumentálnější z jeho děl je dílo Cloud Gate, které bylo nainstalováno v roce 2004 v Millenium parku v Chicagu. Jedná se o dokonale leštěný ocelový objekt podobající se rtuťové kapce. Tvary jeho děl nejen poskytují úžasný odraz zmíněné oblohy, zároveň ale tvoří díky svému konvexnímu tvaru oblohu deformují a komponují. [9]



*Obr. 19: Sky Mirror (2006) [35]*

#### 4.8.7 Tadao Ando: Chichu Art Museum

O pokus svržení oblohy na zem lze vidět v architektonickém prostoru muzea umění v Japonsku. Pro toto muzeum architekt Tadao Ando vytvořil podzemní prostor kulatého půdorysu, kde místnost s kulatým bazénem odráží nebe nahoře. [9]



*Obr. 20: Nebe nad Chichu Art Museem [8]*



## 5 VÝTVARNÝ ZÁMĚR

### 5.1 Studium mraků

Výtvarným tvůrčím prvkem diplomové práce je oblak, proto tato kapitola pojednává o jeho barvách, strukturách a tvarech. Budou zde zobrazeny skicy různých typů mraků a také nejzákladní barevnosti, které mohou reálná oblaka mít. Některé skicy byly vytvořeny ve venkovním prostředí, jiné dle předlohy u monitoru počítače. K průzkumu oblaků u počítače byly použity jak vlastní staré fotky, tak obrázky dostupné na internetu, jelikož fotky autora nezachytily dostatečně pestrou typologii mraků. K vlastnímu grafickému ztvárnění mraků byly použity tužky, pastelky, rýsovací pera, a také grafické programy.

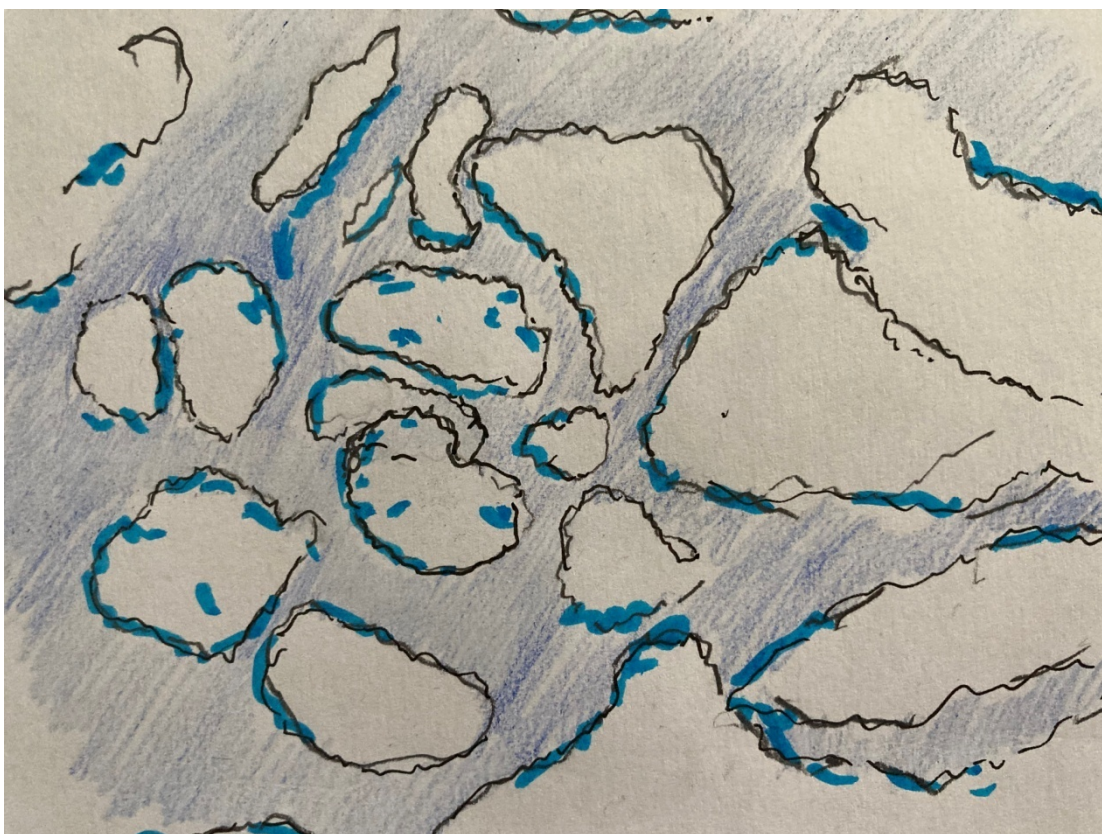


*Obr. 21: Studium oblaků – kresebné zkoušky, foto vlastní*

Kresebnou studii bylo potřebné udělat, jelikož na ní navazuje práce s netkanými textiliemi, o které pojednává praktická část práce. Vytvořené skicy neslouží jako pevný podklad k přesnému kopírování grafického rozvržení na akustické panely z netkané textilie, ale pouze jako orientační vodítko.

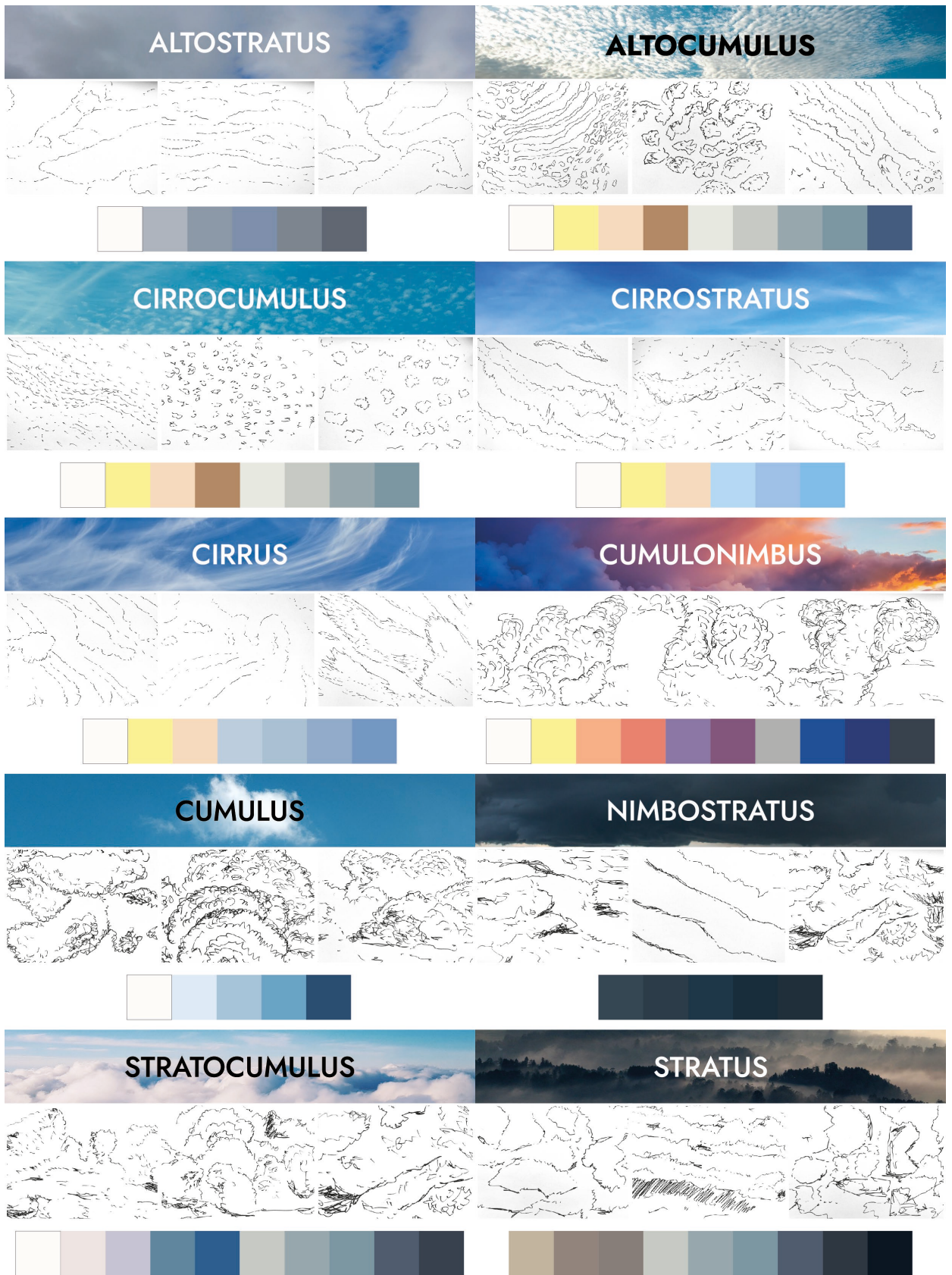


*. Obr. 22: Studium oblaků – kresebné zkoušky, foto vlastní*



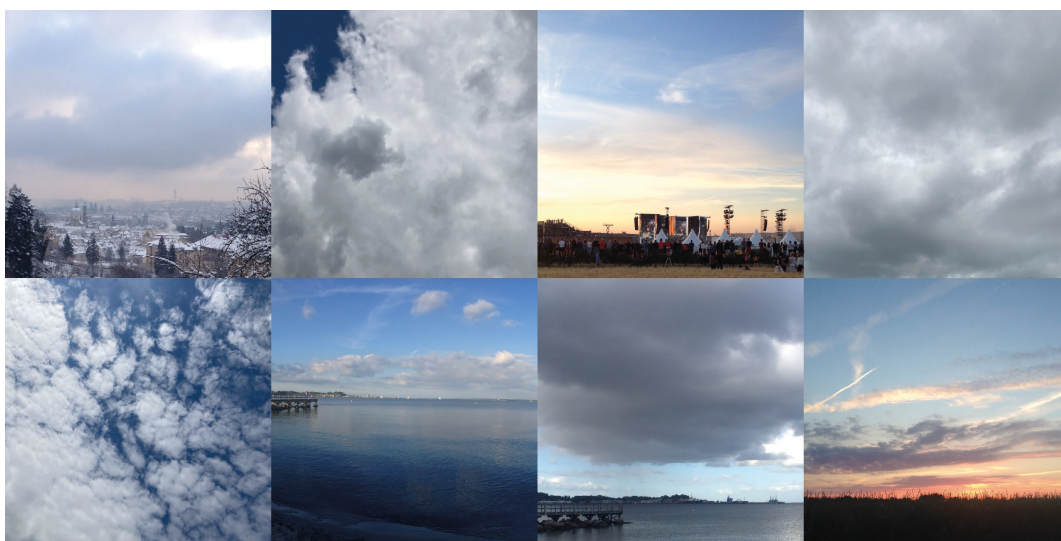
*Obr. 23: Studium oblaků – kresebné zkoušky, foto vlastní*



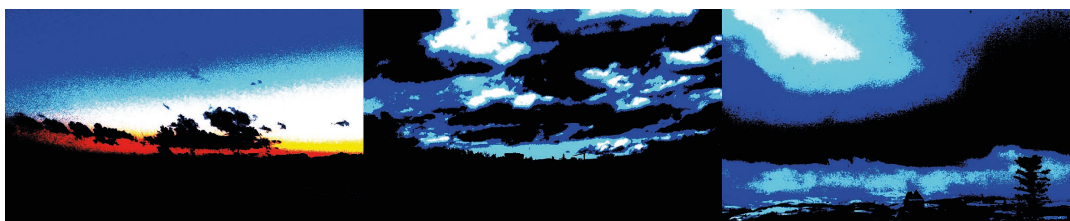


Obr. 24: Kresby a základní barevnosti typů oblaků, vlastní zpracování





*Obr. 25: Některé fotky z osobního zdroje určené ke zkoumání oblaků, foto vlastní*



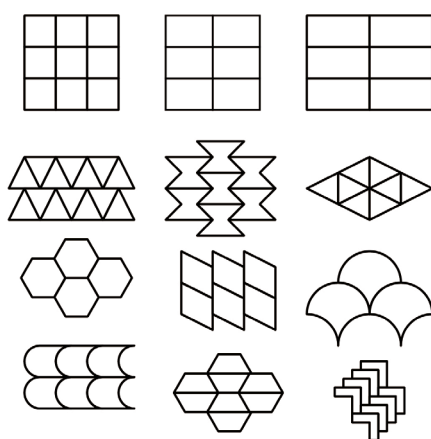
*Obr. 26: Redukce barev fotografií v grafických programech, foto vlastní*

## 5.2 Tvar a reliéf panelů

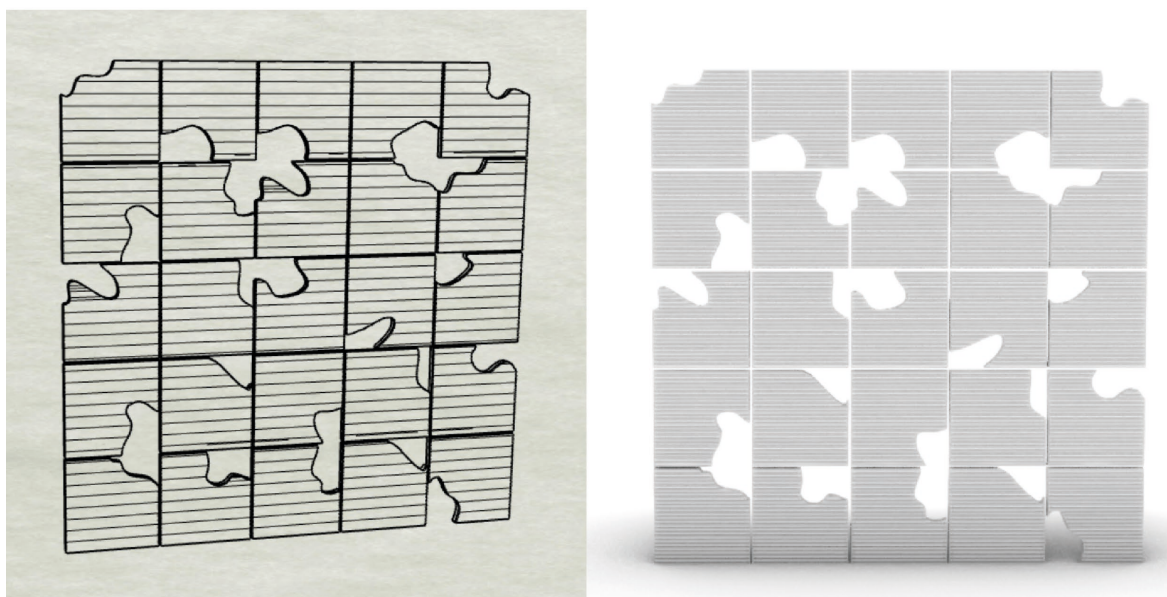
V další fázi bylo nutné najít ideální tvar panelu. Dle Katalogu akustických prvků mají panely ve většině případů tvar čtverce, obdélníku nebo občas také trojúhelníku. [3] Idea je, že výsledný akustický panel by měl fungovat jako modulární prvek, jež bude přizpůsobitelný jakémukoliv prostoru, což nefungovalo u prvních zkoušek zobrazujících organické zjednodušené tvary mraků. Následovala práce s geometrickými tvary, na základě které byl zvolen tvar čtverce mimo jiné díky své jednoduchosti.



*Obr. 27: První zkouška náčrtu panelu tvaru oblaků ve 3D programu, vlastní zpracování*



*Obr. 28: Zkoušky modularity vytvořené z jednoho dílu, vlastní zpracování*



*Obr. 29: Pokus o narušení tvaru čtverce (vizualizace), vlastní zpracování*

Na závěr bylo potřeba vyřešit také reliéf plochy samotného panelu. První možností bylo organické sofistikované tvarování, což bylo vzhledem k barevnosti panelů a bohaté estetice popsané v praktické části diplomové práce zavrženo. Po důkladném zvážení situace bylo zvoleno jednoduché vlnění povrchu panelu, jehož šlo dosáhnout za pomoci formy z vlnitých plechů

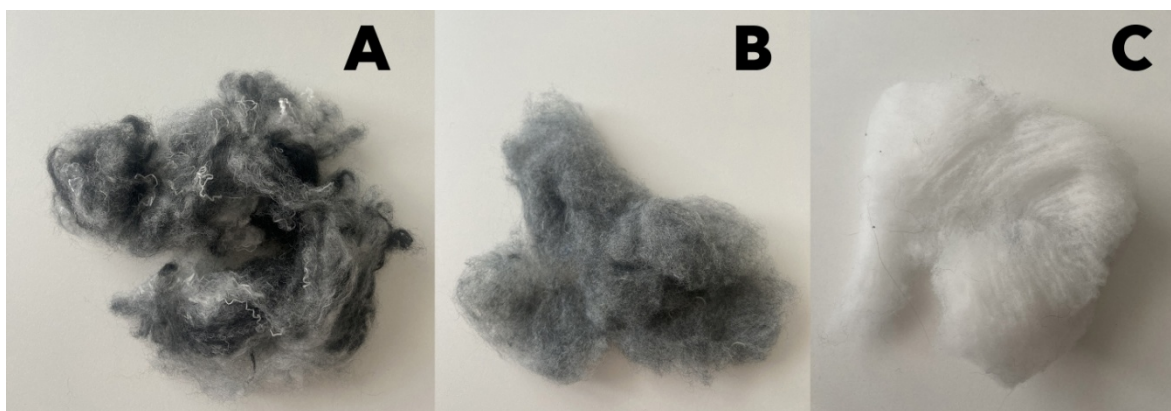
## 6 PRAKTICKÁ ČÁST

Tato část diplomové práce má praktický charakter a je zaměřena na vývoj, tvůrčí proces a zpracování návrhů. Ukazuje výrobní postupy, barevnosti, materiály, realizaci projektu, simulace, a také plán instalace v jablonecké galerii N.

### 6.1 Vývoj a testování materiálu

Jak již bylo řečeno výše, výtvarným prvkem práce a zkoumání je oblak. Promíchání různých kvalit a barev netkaných textilií má samotný materiál různobarevných chuchvalců a dalších netkaných textilií v různém stupni rozvolnění natolik výraznou výtvarnou hodnotu, že může být sám o sobě nositelem funkce idey projektu.

Základní materiály použité pro výrobu akustického panelu byly chuchvalce, polyesterová vlákna v různém stupni rozvolnění nebo termicky pojené kolmo kladené netkané textilie (technologie STRUTO). Materiály se získaly z Katedry netkaných textilií a nanovláknenných materiálů na Technické univerzitě v Liberci, složením vždy 100% polyester. Barvy materiálů jsou neutrální šedá, bílá, modrá, černá nebo barevný mix.



Obr. 30: a) chuchvalec b) chuchvalec šedý c) termicky pojená kolmo kladená netkaná textilie, foto vlastní

Netkané textilie prošly mnoha testy, při kterých se hledala jak ideální estetická stránka budoucího panelu, tak také jeho tvar. Proběhly testy sublimačního tisku, které mohly umocnit pocit nehmotných mraků. Použití sublimačního tisku se ovšem zamítlo, jelikož technologie nebyla ideální pro tvorbu akustických panelů z netkaných textilií. Výsledná plocha mraků se vytvořila mícháním barevných chuchvalců, polyesterových vláken nebo kolmo kladených netkaných textilií.



*Obr. 31: Sublimační tisk žluté vektorové grafiky na bílém materiálu, foto vlastní*



*Obr. 32: Sublimační tisk černé vektorové grafiky na šedém materiálu, foto vlastní*

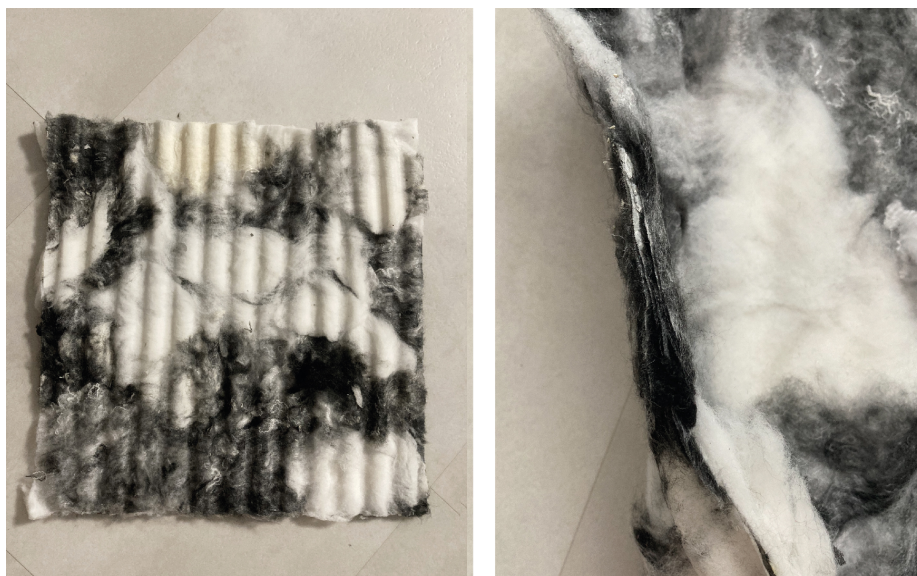


*Obr. 33: Sublimační tisk barevné vektorové grafiky na šedém materiálu, foto vlastní*

Další technologie pro testování netkaného materiálu byl laser. Jeho velkou výhodou mohlo být přesné vypálení požadovaného tvaru či vzoru do materiálu nebo také přesný řez materiálem pro například vytvoření formátu přesného čtverce. Laser se ovšem při aplikaci



na polyesterové netkané textilie neosvědčil. Při zkoušení vypalování vzoru přímo na netkanou textilií tvořil laser nežádoucí estetický efekt, při němž se v místě aplikace netkaná textilie spálila. Laser byl rovněž testován, zda zvládne plošnou netkanou textilií říznout do přesného tvaru. Technologie laseru byla po špatných výsledcích testů zavržena.



*Obr. 34: Nedokonalý vzýsledek použití technologie laseru, foto vlastní*

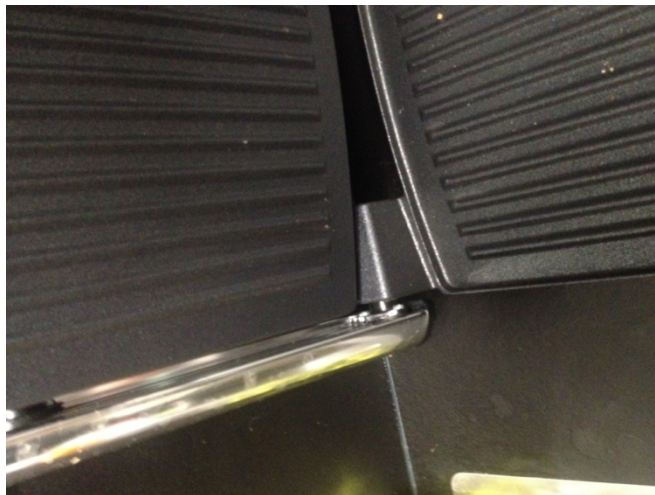
Další testy proběhly za působení tlaku a teploty na materiály z netkané textilie. Materiál se přidával do pečící trouby či sendvičovače, kde byl následně tvarován. Zkoušely se různé intenzity a časování působení tepla a tlaku v různých dřevěných nebo kovových formách, kovových roštích či hliníkových foliích. Při použití formy dřevěné se textilie nevytvářovala, jelikož dřevo je špatným izolantem. Dobré výsledky ukázala až forma kovová, která díky teplotě a tlaku netkanou textilií dokázala tvarovat.



*Obr. 35: Zkušební dřevěná forma, foto vlastní*



*Obr. 36: Polyesterový vzorek vytvořený za pomoci zmuchlané hliníkové fólie a vysoké teploty, foto vlastní*



*Obr. 37: Kovová čelist sendvičovače, foto vlastní*



*Obr. 38: Materiálový vzorek vytvořený v sendvičovači, foto vlastní*

## 6.2 Navržení akustického panelu a jeho výroba

Pro ideální proporci a navržení akustického panelu jsem hledal a studoval jednak velikosti dlaždic, a rovněž jsem studoval velikosti akustických panelů v Katalogu akustických prvků. Běžné dimenze čtvercových obkladů (je jich celá řada) a dlaždic, které jsou běžně k dostání na trhu, jsou 10 x 10 cm, 15 x 15 cm, 20 x 20 cm, 30 x 30 cm, 45 x 45 cm, 60 x 60 cm, 80 x 80 cm, 100 x 100 cm, 120 x 120 cm. Z nichž je často nejpoužívanějším formátem 30 x 30 cm nebo 60 x 60 cm. [3]

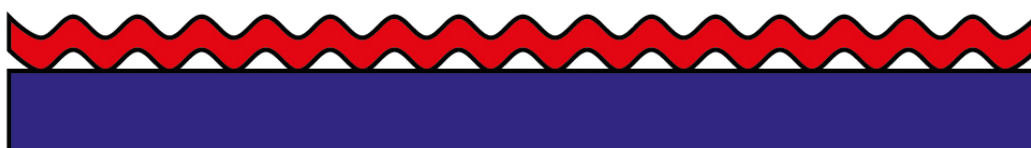
V Katalogu akustických prvků se nejčastěji objevoval formát 60 x 60 cm, a pak formáty 120 x 120 a větší. Důležitý postřeh zde ovšem byl, že veškeré tyto panely, ať už o délce 60 nebo 120 cm, byly na fotkách prezentovány v halách, koncertních síních a všeobecně velkých prostorách. [3]

Při dalších studiích panelů jsem hledal a četl, jak mohou působit a vypadat různé velikosti čtvercových obkladů nejen v koupelnách, ale i v různých interiérech. Na základě toho jsem získal názor, že velký formát obkladů (například 60 x 60 cm a více) může působit například v menší místnosti nepatřičně a neohrabaně, zatímco ve velkém prostoru krásně vynikne. Pro malé prostory může být vhodným obklad o velikosti 20 - 30 cm. Ideální velikost panelu pro obývací pokoj nebo místnost typu nahrávací studio by mohla být 30 - 50 cm. Zvolená velikost pro akustický panel v této práci je 36 x 36 cm. Dále se panel skládá ze dvou porézních materiálů. Horní vrstva je vytvořená struktura z polyesterových netkaných textilií z Katedry netkaných textilií TUL která je vytvarována pomocí kovové formy za vysokých teplot a tlaku. Dolní vrstva je akustický černý molitan střední tuhosti, tloušťky 4 cm od značky Molmat. Dle výrobce je tento molitan vhodný jako účinná zvuková izolace, a rovněž vypadá dekorativně. V Katalogu akustických prvků byly standardní tloušťky zvukových izolací porézních materiálů nejčastěji 40 mm, proto jsem se rozhodl tento rozměr pro práci udržet. Nutno ovšem podotknout, že čím je vrstva tlustší, tím bude materiál více zvuk tlumit. [3]

Po konzultacích diplomové práce se hotová netkaná textilie pro demonstraci a instalaci projektu dále nebude nijak řezat do přesného dlaždicového formátu 36 x 36 cm (viz. Vizualizace práce v interiérech) a bude zachován originální jedinečný tvar každého panelu za účelem vytvoření co nejsvobodnější kompozice, která má umocnit dojem oblaků a poukázat na to, že se nejedná o design, ale umělecké dílo.

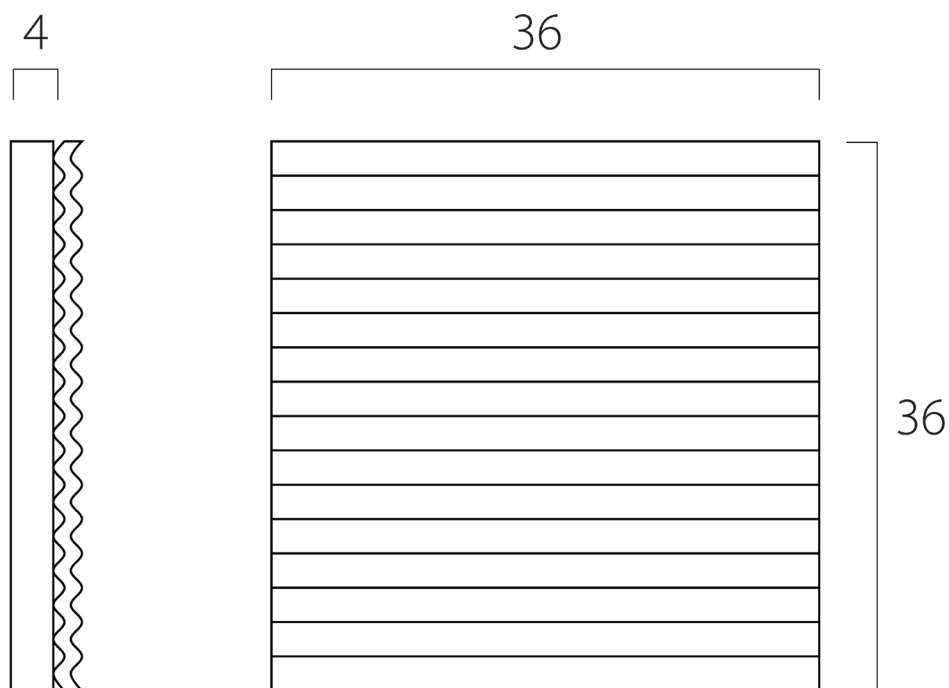
Jinak je tomu u vizualizací vytvořených pro tuto diplomovou práci, kde má každý panel přesný čtvercový rozměr 36 x.36 cm, a má za účel ukázat reálné možnosti funkčních modulárních akustických panelů v interiéru. Stejný princip funguje v modním průmyslu, kdy návrháři oděvů vytvoří nenositelnou kolekci na modní přehlídce za účelem umocnění a ukázání myšlenky, ze které později vychází nositelná funkční kolekce.

## DÍL 1



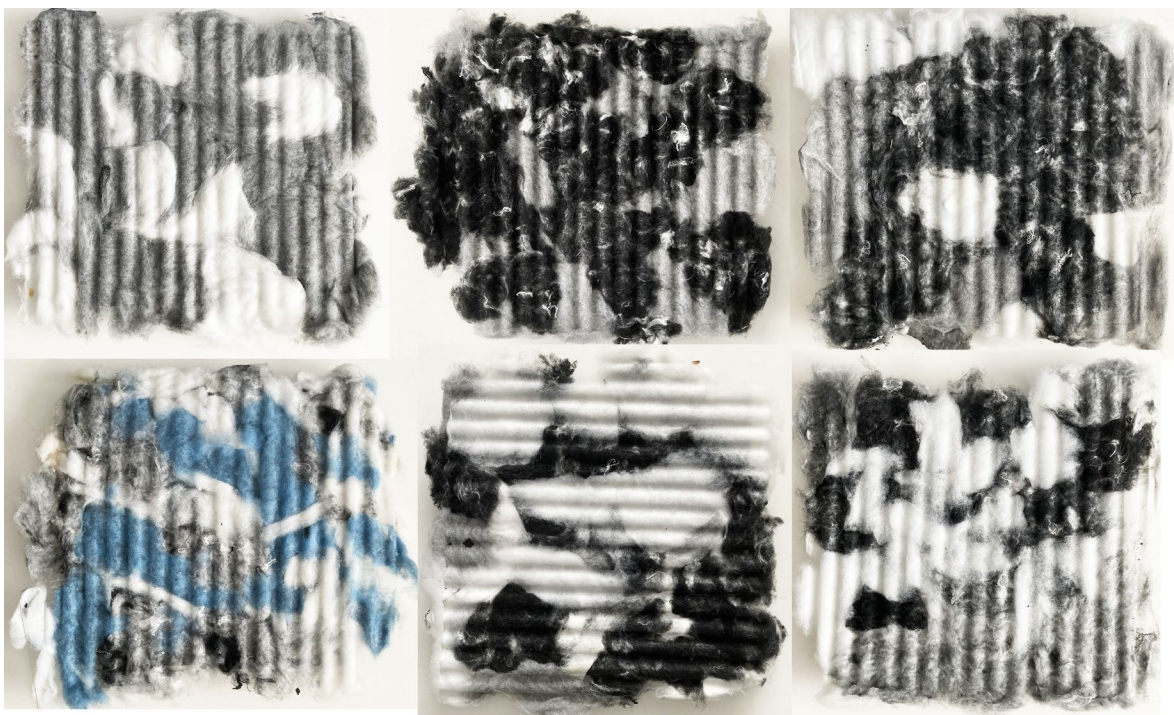
## DÍL 2

*Obr. 39: Akustický panel obsahující horní (červenou, díl 1) vrstvu vytvořenou z polyesterových netkaných textilií a dolní vrstvu (modrá, díl 2) z akustického molitanu, vlastní zpracování*



*Obr. 40: Tvar akustického panelu, vlastní zpracování*





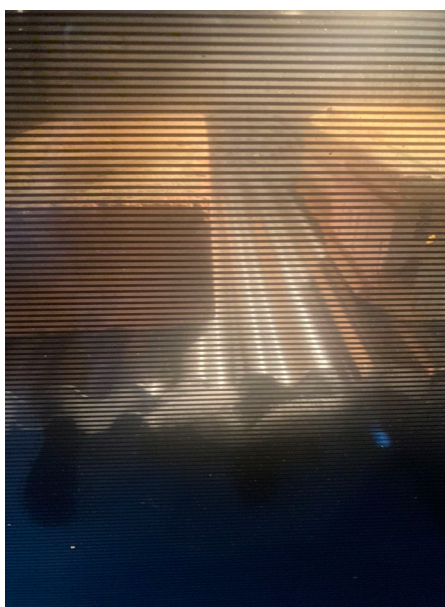
*Obr. 41: Barevnosti a tvary netkaných textilií, vlastní zpracování i foto*



*Obr. 42: Akustická černá pěna šíře 4 cm, foto vlastní*

Jelikož je hlavní materiálem 100% polyester, jedná se o materiál, který lze za vysoké teploty, tlaku, a za použití vhodné formy tvarovat v podstatě do jakéhokoliv tvaru dle požadavku. Kovová forma pro vytvoření membrány se skládá ze dvou hliníkových plechů o velikosti 40 x 40 cm. Konkrétně se jedná o vroubkovaný plech na pečení z pohliníkové oceli.

Výrobní proces probíhá tak, že se na plechovou dolní formu nanáší polyesterová rouna různých barev. Po nanesení dostatečného množství materiálu, a zároveň vytvoření dostatečné barevné kompozice, se položí horní část formy na nanesený textilní materiál. V následujícím kroku se dá uzavřená forma do pečící trouby nebo pece. Na uzavřenou formu se dá dostatečné závaží. V dalším kroku se zapne pec či pečící trouba na vysokou teplotu (220°C) na 6 minut. Nutno dodat, že při působení větší teploty nebo delší doby hrozí zdeformování netkané textilie, tudíž je nutné teplotu i čas co nejpřesněji dodržovat. Posledním krokem procesu je vyndání kovové formy z pečící trouby a následně vyjmutí hotové textilie z formy. Textilie se dále neřeže ani jinak neupravuje



*Obr. 43: Tvorba netkané textilie v pečící troubě, foto vlastní*

Materiál, tedy molitanová vrstva, byl koupen v obchodě v metráži, tudíž jediný krok, který byl nutný s materiálem provést, bylo jeho říznutí do patřičného formátu 36 x 36 cm za pomoci laserové technologie. V poslední fázi výroby je naneseno obě vrstvy (vrstvu netkané textilie i vrstvu z akustického molitanu) vysokoproduktivní kontaktní lepidlo na molitan, které zajistí přilnutí vrstev k sobě.

### **6.3 Měření činitele zvukové pohltivosti v alfa kabině**

Jelikož se diplomová práce zabývá možností akustického panelu tlumit zvuk, proběhla zkouška měření činitele zvukové pohltivosti v alfa kabině.



*Obr. 44: Alfa kabina pro měření činitele zvukové pohltivosti (Katedra motorových vozidel TUL), foto vlastní*

Měření zvukových panelů bylo provedeno v alfa kabině, která je v Laboratoři technické diagnostiky, na Katedře vozidel a motorů na Fakultě strojní TUL. Proběhlo celkem pět měření, přičemž první a druhé měření mělo stejné uspořádání akustických panelů. Poté se panely na ploše  $1,2 \times 1,2 \text{ m}^2$  přeskládaly a proběhlo měření. Pro čtvrté a páté měření se panely na ploše opět přeskládaly.



*Obr. 45: Panely naskládáné pro první a druhé měření, foto vlastní*





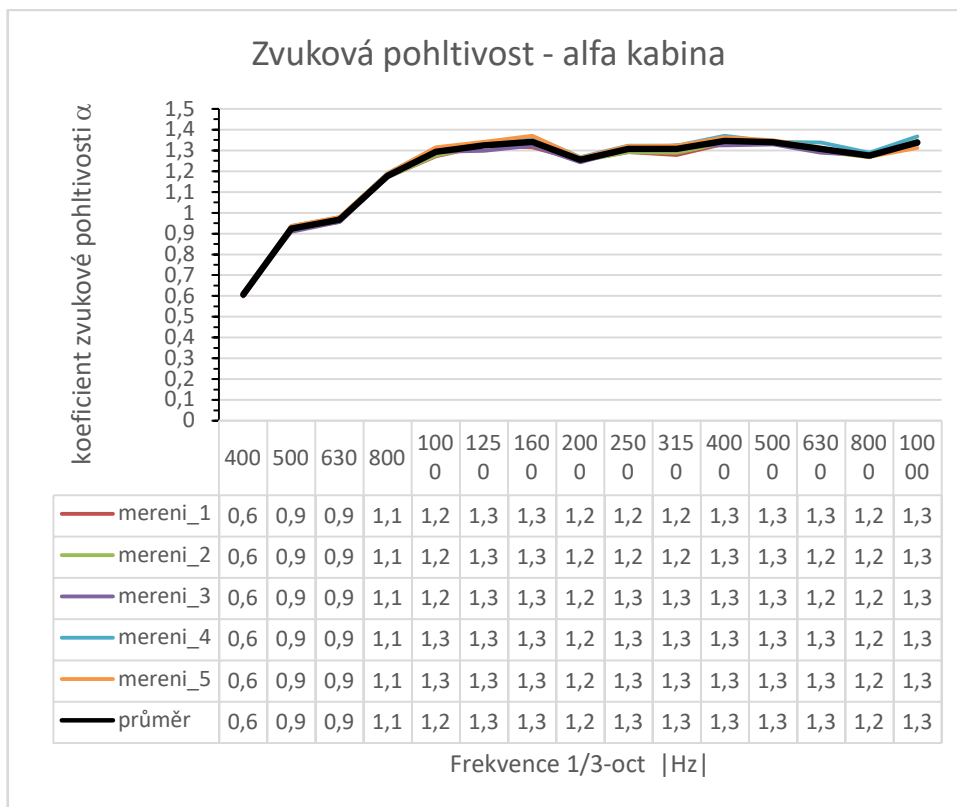
*Obr. 46: Panely naskládáné pro třetí měření, foto vlastní*



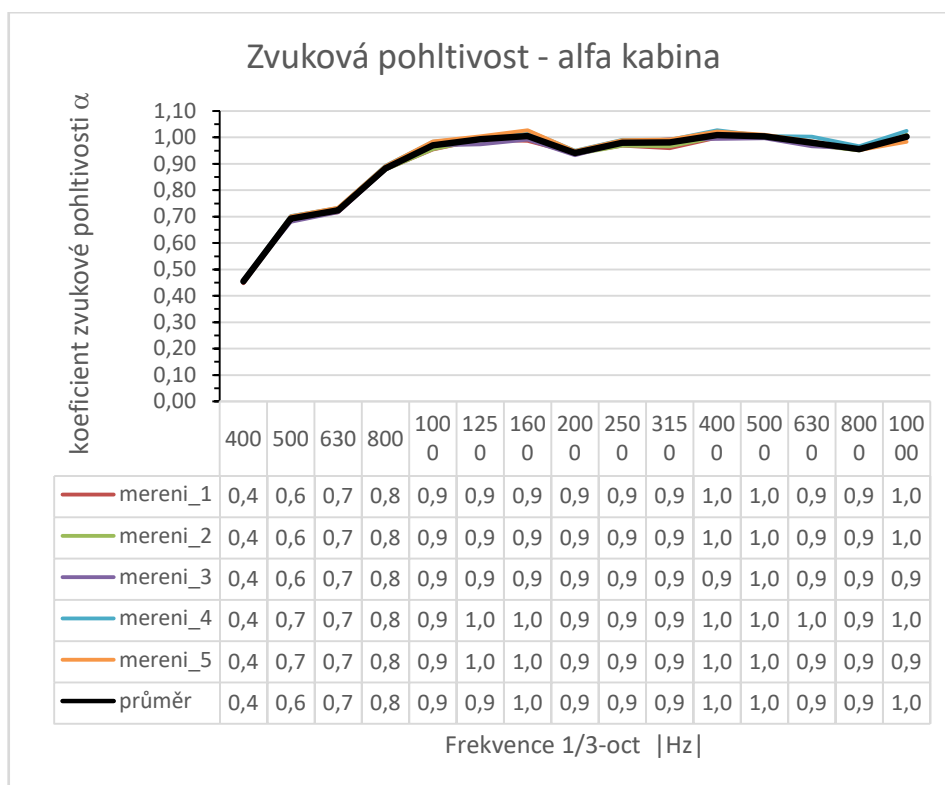
*Obr. 47: Panely přeskládané pro čtvrté a páté měření, foto vlastní*

Hodnoty pohltivosti na obrázku 39 jsou vyšší než 1, což vyplývá z faktu, že vzorek neměl přesně 1,2 m<sup>2</sup> (plocha byla vyšší). Následně byl proveden přepočítání na větší plochu vzorku prezentován na obrázku 40. Jedná se ovšem pouze o odhad, jelikož vzorek z netkané textilie nemá ve všech směrech pevný tvar a tloušťku. Podmínky pro přesné měření činitele zvukové pohltivosti v alfa kabině jsou striktní a přesahy na okrajích vzorků často mohou vést k nadhodnocení naměřeného činitele zvukové pohltivosti.

Z výsledku měření zvukové pohltivosti v alfa kabině lze vyčíst, že navržený panel lépe pohlcuje zvuk od vyšších frekvencí. K razantnějšímu pohlcování zvuku dochází zhruba od frekvence 1000 Hz.



Obr. 48: Výsledek měření činitele zvukové pohltivosti z alfa kabiny, zpracování Pavel Němeček



Obr. 49: Přepočítaný výsledek měření činitele zvukové pohltivosti z alfa kabiny, zpracování Pavel Němeček

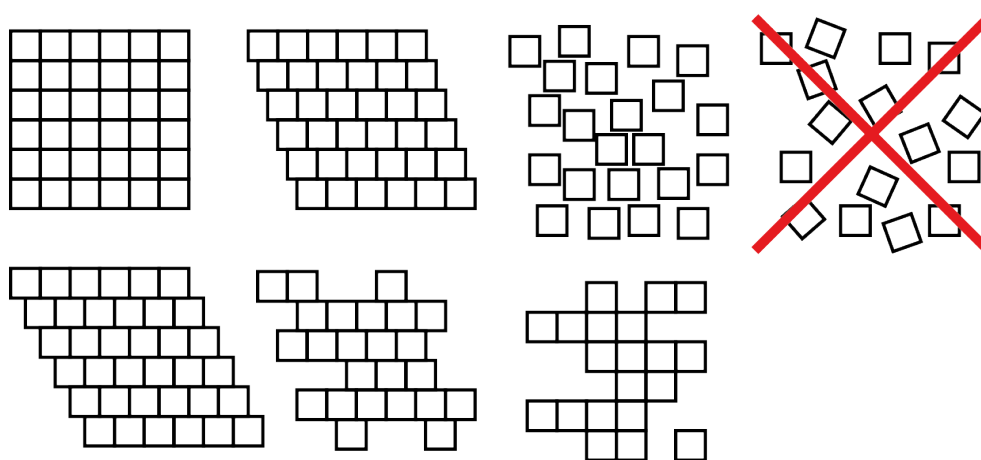
## 6.4 Možnosti posazení panelů

Akustické panely pro tuto práci, vytvořené v domácích podmínkách, jsou v každém jednotlivém kusu originál s rozdílnou kompozicí, a zároveň vždy s originálním tvarem prvního dílu (není přesný čtvercový tvar). Instalace diplomové práce má za účel převážně zaujmout návštěvníky výstavy, tudíž se panely nebudou instalovat prioritně pro co nejlepší funkčnost (zvukovou pohltivost), ale pro co nejlepší estetický dojem.

Při profesionální výrobě panelů s tvarem přesného čtverce se mohou panely instalovat zcela odlišným způsobem, kde může být možností celá řada. Nelze opomenout fakt, že vzhledem k tvaru čtverce se dají panely velice jednoduše skládat.

První možností je, že se panely nainstalují jak šachové pole. Pokud panely ovšem půjdou přesně uspořádané jak šachové pole, vytvoří se to, čemu designeři říkají řeka. Řeka vznikne tehdy, když se informační mezera shoduje s mezerou pod ní. Právě tuto problematiku řeší například tvůrci komiksů, kde se objevují různé posloupnosti slov v daném jazyce a také různé rozvržení obrázků na stránkách. Tak jako tak je to možnost, jak panely instalovat. [27]

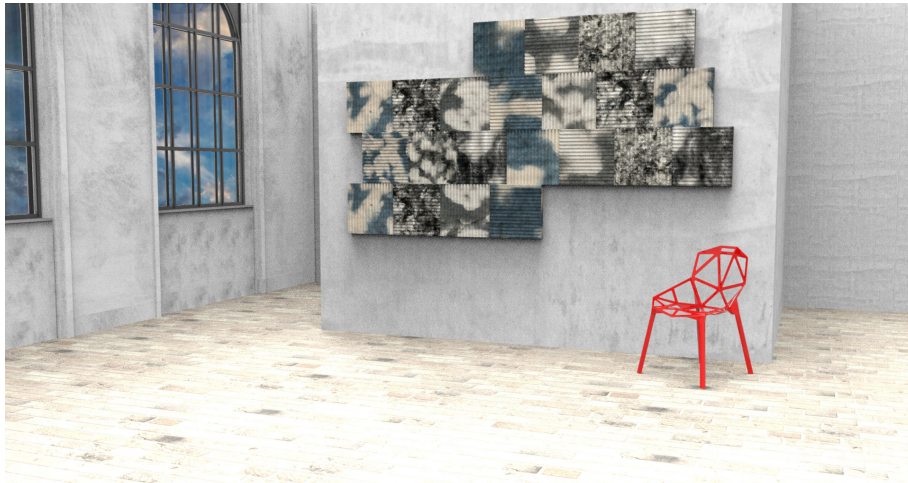
Pokud se bude chtít již zmíněným řekám zabránit, a zničit mřížkové uspořádání, je možnost panely instalovat tak, že další řada bude celá od první odsazena například o rozměr jedné poloviny nebo jedné čtvrtiny panelu. Další možností je porušení pravidla a některé panely zkrátka vynechat. Díky tomu může vzniknout nespočet dalších možností, jak vytvořit v interiéru estetický prvek.



Obr. 50: Možnosti uspořádání panelů, vlastní zpracování



*Obr. 51: Vizualizace možnosti instalace panelů v interiéru, vlastní zpracování*



*Obr. 52: Vizualizace možnosti instalace panelů v interiéru, vlastní zpracování*

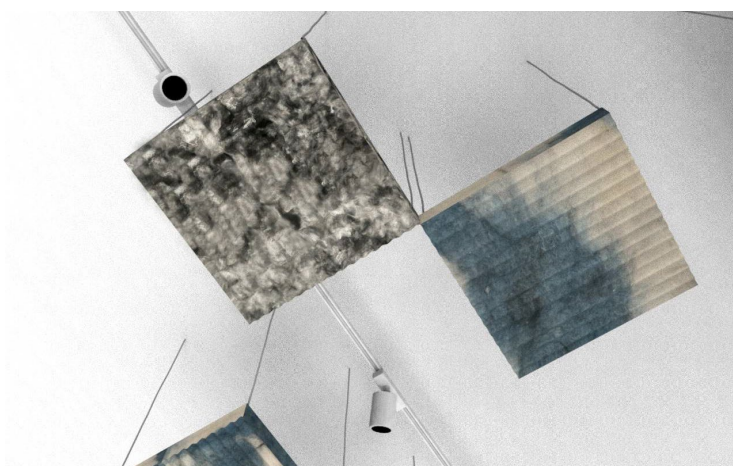


*Obr. 53: Vizualizace možnosti instalace panelů v interiéru, vlastní zpracování*

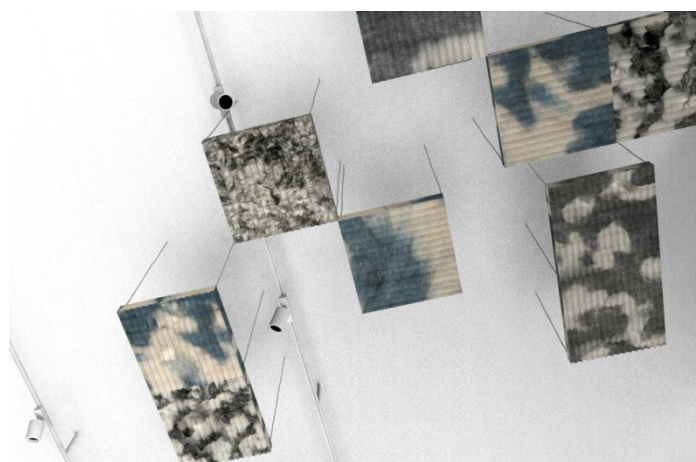




*Obr. 54: Vizualizace možnosti instalace panelů v interiéru, vlastní zpracování*



*Obr. 55: Vizualizace možnosti instalace panelů v interiéru, vlastní zpracování*



*Obr. 56: Vizualizace možnosti instalace panelů v interiéru, vlastní zpracování*

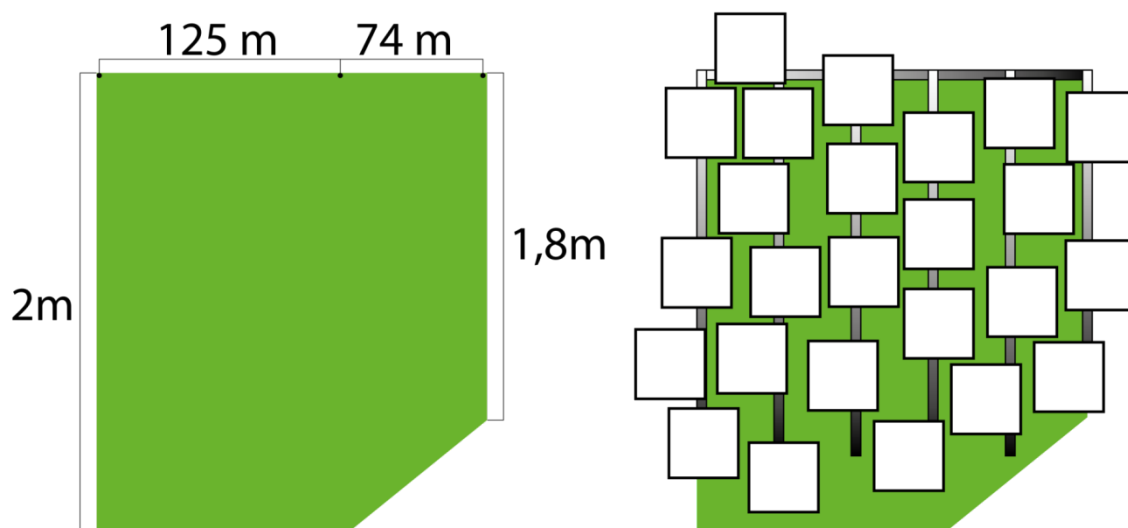


## 6.5 Instalace panelů v galerii N v Jablonci nad Nisou

Projekt bude dle konzultací diplomové práce instalován na betonových blocích nad schodištěm v Galerii N v Jablonci nad Nisou, kde není povoleno do bloků nijak zasahovat. Proto budou akustické panely lepeny na hliníkové lišty. Lišty budou rozmístěny 6 x 0,4 m od sebe a budou kolmé na hlavní nosnou lištu. Celý systém bude pomocí drátů provlečen do betonových děr a uchycen na betonovém bloku.



Obr. 57: Instalační prostor v Galerii N, foto vlastní



Obr. 58: Plocha instalace akustických panelů a orientační plán instalace akustických panelů nainstalovaných na lištách, vlastní zpracování

## ZÁVĚR

Diplomová práce *Tam, kde se mraky setkávají – akustická textilní stěna* se věnuje akustickým panelům. V teoretické části jsou představeny základní pojmy vážící se k akustice, zkoumanému materiálu a prvků mraků a oblohy je zasazeno do kontextu relevantnímu k části praktické. Konkrétní významná díla jsou zde prezentována také v obrazové podobě. Na teoretický oddíl práce navazuje část představující výtvarný záměr.

Praktická část, která byla realizována formou projektu – akustické stěny z textilního materiálu – má svou oporu také v předložené textové verzi diplomové práce. Nejprve je přiblížen proces vývoje a testování materiálu, na nějž navazuje dokumentace návržení akustického panelu a výrobní detaily.

Prezentovány jsou výsledky měření činitele zvukové pohltivosti v alfa kabině, jednotlivé faktory, jež mohly měření ovlivnit jsou též autorem diskutovány. Zjednodušeně lze tvrdit, že vzhledem k omezeným výrobním možnostem modulární stěna efektivně tlumí zvuk. Hlavním limitem se ukázala být tloušťka molitanu – pokud by byla větší, stěna by pravděpodobně lépe tlumila i nižší frekvence zvuku.

Poslední dvě podkapitoly části praktické se věnují možnostem posazení panelu a prezentaci projektu v Galerii N. Vše je doplněno vizualizacemi a nákresy, jež poskytují čtenáři bez hlubší znalosti dané problematiky lepší představu o možnostech modulární textilní stěny, respektive jednotlivých panelů. Autor tímto demonstruje, že jím vytvořený projekt najde uplatnění v rozličných podobách v různých typech interiérů, a varianty jeho instalace jsou značně flexibilní.

Hlavním úkolem praktického magisterského projektu, jež je komplementem předložené teoretické stati, bylo vytvořit esteticky zajímavý prvek (akustický panel) s přidanou hodnotou čili schopností tlumit zvuk. Díky modularitě těchto panelů je možné z nich sestavenou stěnu přizpůsobit danému prostoru dle jeho specifických požadavků.

Nepevná struktura jednotlivých čtverců asociuje oblaka, jež pomyslně připomíná i barevnost vláken a chomáčů. Pomyslně se v projektu skutečně *setkávají mraky*, jak již napovídá název práce. Autor se domnívá, že ambice diplomové práce, tedy demonstrace faktu, že mrak coby prvek textilního designu je plně uplatnitelný i v současné tvorbě, byla naplněna.

## SUMMARY

The diploma thesis *Where the clouds meet - an acoustic textile wall* is devoted to acoustic panels. In the theoretical part, the basic terms related to acoustics, the material and the elements of clouds and the sky are explained, it is placed in a context relevant to the practical part. The important artworks are also presented in this part of thesis. The creative intention follows the theoretical part.

The practical part, which was implemented in the form of a project – acoustic wall made of textile material – is also supported by the submitted textual part of the diploma thesis. First, the process of development and testing of the material is explained, which is followed by the documentation of the design of the acoustic panel and production details.

The results of the measurement of the sound absorption factor in the alpha cabin are presented, the individual factors that could affect the measurement are also discussed by the author. Simplistically, it can be stated that due to the limited production options, the modular wall effectively dampens sound. The main limit turned out to be the thickness of the foam - if it was thicker, the wall would probably better dampen even lower sound frequencies.

The last two subsections of the practical part are devoted to the possibilities of placing the panel and the presentation of the project in Gallery N. Everything is supplemented with visualizations and drawings, which give the reader, without in-depth knowledge of the given issue, a better idea of the possibilities of a modular textile wall, or individual panels. The author thereby demonstrates that the project created by him can be used in various forms in different types of interiors, and the variants of its installation are quite flexible.

The main task of the practical master's project was to create an aesthetically interesting element (acoustic panel) with added value, i.e. the ability to dampen sound. Thanks to the modularity of these panels, it is possible to adapt the wall assembled from them to the given space according to its specific requirements. The indefinite structure of the individual squares associates clouds, which is also reminiscent of the colors of fibers and tufts. Conceptually, *clouds really meet* in the project, as the title of the work already suggests. The author believes that the ambition of the thesis – the demonstration of the fact

that the cloud as an element of textile design is fully applicable even in contemporary art – has been fulfilled.

## Použitá literatura

- [1] SKOTNICOVÁ, Iveta. *Odhlučnění staveb*. Brno: ERA, 2006, 134 s. ISBN 80-736-6070-9
- [2] GEIST, Bohumil. *Akustika: jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi*. Praha: Muzikus, 2005, 281 s. ISBN
- [3] HRÁDEK, Tomáš a Jan TUČEK. *Katalog akustických prvků*. Praha: Akademie múzických umění, 2011. ISBN 978-80-7331-316-6.
- [4] KOLMER, Felix a Jaroslav KYNCL. *Prostorová akustika*. Praha: SNTL, 1980, 244 s.
- [5] PAUL, Parikshit, Rajesh MISHRA a B. K. BEHERA. Acoustic behaviour of textile structures. *Textile Progress*. 2021, **53**(1), 1-64. ISSN 0040-5167. Dostupné z: doi:10.1080/00405167.2021.1986325
- [6] KALINOVÁ, Klára. *Zvuková pohltivost vláknenných materiálů s ohledem na charakteristiky struktury*. Liberec, 2005. Disertační práce. Technická Univerzita v Liberci.
- [7] NOVOTNÁ, Lenka. *Zobrazování oblohy ve výtvarném umění*. Zlín, 2013. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [8] DAYMAN, Lucy, 2023. 10 Iconic Tadao Ando Buildings You Should Visit. *Japan Objects* [online]. Tokyo: Japan Objects [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://japanobjects.com/features/tadao-ando>
- [9] SAITO, Yuriko. The Aesthetics of Emptiness: Sky Art. *Environment and Planning D: Society and Space*. 2011, **29**(3), 499-518. ISSN 0263-7758. Dostupné z: doi:10.1068/d8909
- [10] Zvuk, psychologie a prostředí: souhrn výzkumů. *Ecophon* [online]. Skupina Ecophon, 2020 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.ecophon.com/contentassets/87171641048f438689fa42a06c33c973/>
- [11] THORNES, John E. Cultural climatology and therepresentationofsky, atmosphere, weather and climate in selected art works of Constable, Monet and Eliasson. *Geoforum*. 2008, **39**(2), 570-580. ISSN 00167185. Dostupné z: doi:10.1016/j.geoforum.2006.10.015
- [12] GEDZELMANN, Stanley David. *The sky in art*. New York, 1992. ISSN 0043-1672.
- [13] ECO, Umberto. *Dějiny krásy*. Praha: Argo, 2005. ISBN 80-7203-677-7.

- [14] CHILTON, Martin, 2023. Recording Studios: A History Of The Most Legendary Studios In Music. *UDiscover Music* [online]. Canada: uDiscover Music [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.udiscovermusic.com/in-depth-features/history-of-recording-studios/?fbclid=IwAR2G461fKdYV41hyW3AZbLFLdF6fjj0WZvGcHKh9wyYW3E90m78PE5zPu4E>
- [15] PUTNAM, Milton T., 1980. A Thirty-five Year History And Evolution of the Recording Studio. *Audio Engineering Society Preprint 1661*. 1-14.
- [16] PORŠOVÁ, Denisa. *GEOMETRICKÁ ABSTRAKCE - MALÍŘSKÝ CYKLUS*. Plzeň, 2013. Diplomová práce. Západočeská univerzita.
- [18] VAN LEEUWEN, Femke, 2020. Andy Warhol exhibition at Tate Modern. Online Gallery [online]. Netherlands: Online Gallery [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://onlinegallery.art/en/blog/andy-warhol-exhibition-at-tate-modern-1243/>
- [19] DOSTALOVÁ, Mirka a Mária KŘIVÁNKOVÁ. *Základy textilní a oděvní výroby*. vyd. 3., upr. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-831-0.
- [20] RAFAJOVÁ, Andrea. *Zvuky v reklamě*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-673-6.
- [21] Měření akustické pohltivosti, 2023. *Katedra vozidel a motorů, fakulta strojní, TU v Liberci* [online]. Liberec: TUL [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <http://www.kvm.tul.cz/laboratore/laborator-technicke-diagnostiky/pohltivost>
- [22] LEPIL, Ondřej. *Fyzika pro gymnázia : Mechanické kmitání a vlnění*. Praha : Prometheus, 1994. 135 s. ISBN 80-901619-6-0
- [23] ŠAFÁŘOVÁ, Veronika. *Stanovení akustických vlastností nanovlákněných membrán pomocí mechanických zkoušek*. Liberec, 2008. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci.
- [24] LIBERKO, Miloš. *Hluk v prostředí: problematika a řešení*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2004. ISBN 80-721-2271-1.
- [25] TOMEŠEK, David. *Analýza akustických vlastností zvukově izolační pěny*. Ostrava, 2013. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská-Technická univerzita.

- [26] REPLY TO THE OLYMPICS CONTROVERSY by Cai Guo-Qiang, 2023. *Artnet* [online]. Berlin: Artnet Worldwide Corporation [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: [http://www.artnet.com/magazineus/features/guo-qiang/guo-qiang8-19-08\\_detail.asp?picnum=1](http://www.artnet.com/magazineus/features/guo-qiang/guo-qiang8-19-08_detail.asp?picnum=1)
- [27] COHN, Neil, 2013. Navigating Comics: An Empirical and Theoretical Approach to Strategies of Reading Comic Page Layouts. *Frontiers in Psychology*. **4**. ISSN 1664-1078. Dostupné z: [doi:10.3389/fpsyg.2013.00186](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00186)
- [28] Mikhail Larionov: Born 1881. Died 1964., 2023. *Sotheby's* [online]. New York: Sotheby's [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.sothebys.com/en/artists/mikhail-larionov>
- [29] Dennis Oppenheim: Whirlpool (Eye of the Storm), 2019. *Research Online* [online]. London: Goldsmiths [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://research.gold.ac.uk/id/eprint/21499/1/Dennis%20Oppenheim%20Whirlpool.pdf>
- [30] WALTER, Michael, Christina CHABAN, Katia SCHÜTZE, et al., 2004. Visualization of protein interactions in living plant cells using bimolecular fluorescence complementation. *The Plant Journal*. **40**(3), 428-438. ISSN 0960-7412. Dostupné z: [doi:10.1111/j.1365-313X.2004.02219.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2004.02219.x)
- [31] HIKMET, Loe, 2022. Sun Tunnels (1973-76) by Nancy Holt: One Earthwork's Interdisciplinary Approach. *Creative Collaborations*. **10**. Dostupné také z: [https://digitalscholarship.unlv.edu/cfa\\_collaborate/10](https://digitalscholarship.unlv.edu/cfa_collaborate/10)
- [32] MCNAY, Anna, 2014. Dennis Oppenheim: Thought Collision Factories. *Studio International* [online]. New York: Studio International Foundation [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.studiointernational.com/index.php/dennis-oppenheim-thought-collision-factories>
- [33] Manned Helium Sculpture, from Citything Sky Ballet, 2020. *WikiArt: Visual Art Encyclopedia* [online]. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.wikiart.org/en/otto-pienez/sky-ballet-1970>
- [34] KRON, Cat, 2018. Nancy Holt's "Sun Tunnels" Is a Masterpiece of Land Art. *Artsy* [online]. New York: Artsy [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.artsy.net/article/artsy-editorial-story-sun-tunnels-nancy-holts-land-art-masterpiece>

- [35] Mirrors – Home Decor : Anish Kapoor – Sky Mirror (2006), 2018. *Decor object* [online]. DecorObject.com [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://decorobject.com/decorative-objects/mirrors/mirrors-home-decor-anish-kapoor-sky-mirror-2006/>
- [36] RANZI, Dita. *Mozaiky kostela Sv. Praxedy v Římě*. Brno, 2015. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
- [36] Santa Prassede: Mosaics. *WALKING TOURS OF ROME* [online]. Rome: David Lown, 2023 [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: [mosaics-in-the-church-of-santa-prassede-rome.html](https://mosaics-in-the-church-of-santa-prassede-rome.html)
- [37] VÝBORNÝ, Michal. *Albrecht Dürer: Apokalypsa*. Praha, 2014. Bakalářská práce. Univerzita Karlova.
- [38] CROSBY, Megan. *The Last Horseman: Albrecht Dürer's Horsemen of the Apocalypse*. New York, 2021. Dizertační práce. Hunter College The City University of New York.
- [39] Sv. Jan vidí sedm zlatých svícňů, třetí list z Apokalypsy sv. Jana. *moravska-galerie* [online]. Brno : Sbirky.moravska-galerie [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: [https://sbirky.moravska-galerie.cz/dielo/CZE:MG.ES\\_669](https://sbirky.moravska-galerie.cz/dielo/CZE:MG.ES_669)
- [40] The Four Horsemen, from The Apocalypse. *Metropolitan Museum of Art* [online]. New York : Metropolitan Museum of Art [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/336215>



## Seznam obrázků

- Obr. 1:** Sluchové pole, vlastní zpracování [20, s. 13], s. 10
- Obr. 2:** Zvukové pole člověka, vlastní zpracování [20, s. 14], s. 11
- Obr. 3:** Rezonanční membránová konstrukce, vlastní zpracování [6, s. 42], s. 18
- Obr. 4:** Činitel zvukové pohltivosti v závislosti na velikosti zvukové mezery od panelu ke stěně (5 – 25 cm), vlastní zpracování [6, s. 46], s. 19
- Obr. 5:** Schéma impedanční trubice, vlastní zpracování [6, s. 78], s. 21
- Obr. 6:** Mozaika Setkání Abraháma a Melchizedeka z baziliky Panny Marie Sněžné, Řím [7, s. 12], s. 31
- Obr. 7:** Mozaika s motivy oblaků z baziliky sv. Praxedy, Řím [36], s. 32
- Obr. 8:** Freska Extáze sv. Františka, Giotto [7, s. 15], s. 33
- Obr. 9:** Albrecht Dürer, Vize sedmi svícňů [39], s. 34
- Obr. 10:** Albrecht Dürer, Čtyři jezdci apokalypsy [40], s. 34
- Obr. 11:** Poslední Nanebevzetí Panny Marie, Corregio [7, s. 19], s. 35
- Obr. 12:** Poslední soud, Michelangelo [7, s. 21], s. 35
- Obr. 13:** Warhol a Silver Clouds [18], s. 39
- Obr. 14:** Dílo Footprints of History z roku 2008 [26], s. 40
- Obr. 15:** Dílo Whirlpool (Eye of the Storm) z roku 1973 [32], s. 40
- Obr. 16:** Dílo Sky Ballet z roku 1970 [33], s. 41
- Obr. 17:** Atmosféra díla Sun Tunnels při západu Slunce [34], s. 41
- Obr. 18:** Holt zachycena v roce 1976 při natáčení filmu Sun Tunnels [34], s. 42
- Obr. 19:** Sky Mirror (2006) [35], s. 42
- Obr. 20:** Nebe nad Chichu Art Museem [8], s. 43
- Obr. 21:** Studium oblaků – kresebné zkoušky, foto vlastní, s. 44
- Obr. 22:** Studium oblaků – kresebné zkoušky, foto vlastní, s. 45
- Obr. 23:** Studium oblaků – kresebné zkoušky, foto vlastní, s. 45

- Obr. 24:** Kresby a základní barevnosti typů oblaků, vlastní zpracování, s. 46
- Obr. 25:** Některé fotky z osobního zdroje určené ke zkoumání oblaků, foto vlastní, s. 47
- Obr. 26:** Redukce barev v grafických programech, foto vlastní, s. 47
- Obr. 27:** První zkouška náčrtu panelu tvaru oblaků ve 3D programu,, foto vlastní, s. 47
- Obr. 28:** Zkoušky modularity vytvořené z jednoho dílu, vlastní zpracování, s. 48
- Obr. 29:** Pokus o narušení tvaru čtverce (vizualizace), vlastní zpracování, s. 48
- Obr. 30:** a) chuchvalec b) chuchvalec šedý c) termicky spojená kolmo kladená netkaná textilie, foto vlastní, s. 49
- Obr. 31:** Sublimační tisk žluté vektorové grafiky na bílém materiálu, foto vlastní, s. 50
- Obr. 32:** Sublimační tisk černé vektorové grafiky na šedém materiálu, foto vlastní, s. 50
- Obr. 33:** Sublimační tisk barevné vektorové grafiky na šedém materiálu, foto vlastní, s. 50
- Obr. 34:** Nedokonalý vzýsledek použití technologie laseru, foto vlastní, s. 51
- Obr. 35:** Zkušební dřevěná forma, foto vlastní, s. 51
- Obr. 36:** Polyesterový vzorek vytvořený za pomoci zmuchlané hliníkové fólie a vysoké teploty, foto vlastní, s. 52
- Obr. 37:** Kovová čelist sendvičovače, foto vlastní, s. 52
- Obr. 38:** Materiálový vzorek vytvořený v sendvičovači, foto vlastní, s. 52
- Obr. 39:** Akustický panel obsahující horní (červenou, díl 1) vrstvu vytvořenou z polyesterových netkaných textilií a dolní vrstvu (modrá, díl 2) z akustického molitanu, vlastní zpracování, s. 54
- Obr. 40:** Tvar akustického panelu, vlastní zpracování, s. 54
- Obr. 41:** Barevnosti a tvary netkaných textilií, vlastní zpracování i foto, s. 55
- Obr. 42:** Akustická černá pěna šíře 4 cm, foto vlastní, s. 55
- Obr. 43:** Tvorba netkané textilie v pečící troubě, foto vlastní, s. 56
- Obr. 44:** Alfa kabina pro měření činitele zvukové pohltivosti (Katedra motorových vozidel TUL), foto vlastní, s. 57
- Obr. 45:** Panely naskládané pro první a druhé měření, foto vlastní, s. 57

- Obr. 46:** Panely naskládané pro třetí měření, foto vlastní, s. 58
- Obr. 47:** Panely přeskládané pro čtvrté a páté měření, foto vlastní, s. 58
- Obr. 48:** Výsledek měření činitele zvukové pohltivosti z alfa kabin, zpracování Pavel Němeček, s. 59
- Obr. 49:** Přepočítaný výsledek měření činitele zvukové pohltivosti z alfa kabin, zpracování Pavel Němeček, s. 59
- Obr. 50:** Možnosti uspořádání panelů, vlastní zpracování, s. 60
- Obr. 51:** Vizualizace možnosti instalace panelů v interiéru, vlastní zpracování, s. 61
- Obr. 52:** Vizualizace možnosti instalace panelů v interiéru, vlastní zpracování, s. 61
- Obr. 53:** Vizualizace možnosti instalace panelů v interiéru, vlastní zpracování, s. 61
- Obr. 54:** Vizualizace možnosti instalace panelů v interiéru, vlastní zpracování, s. 62
- Obr. 55:** Vizualizace možnosti instalace panelů v interiéru, vlastní zpracování, s. 62
- Obr. 56:** Vizualizace možnosti instalace panelů v interiéru, vlastní zpracování, s. 62
- Obr. 57:** Instalační prostor v Galerii N, foto vlastní, s. 63
- Obr. 58:** Plocha instalace akustických panelů a orientační plán instalace akustických panelů nainstalovaných na lištách, vlastní zpracování, s. 63