FAKULTA TEXTILNÍ TUL

Bakalářská práce

Akustické panely z textilního odpadu a jejich využití v open-space kancelářích

Studijní program: B0414A270001 Textilní marketing

Autor práce: **Marek Halama**

Vedoucí práce: doc. Ing. Ludmila Fridrichová, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

Liberec 2026

FAKULTA TEXTILNÍ TUL

Zadání bakalářské práce

Akustické panely z textilního odpadu a jejich využití v open-space kancelářích

Jméno a příjmení:	**Marek Halama**
Osobní číslo:	T23000142
Studijní program:	B0414A270001 Textilní marketing
Zadávající katedra:	Katedra hodnocení textilií
Akademický rok:	2025/2026

Zásady pro vypracování:

- V teoretické části popište obecně akustické vlastnosti v kancelářích typu open space. Popište jaký dopad má akustický diskomfort na zdraví člověka.
- Analyzujte trh s akustickými panely používanými pro interiéry.
- Navrhněte vlastní řešení akustického komfortu v open space s využitím desek vyrobených z textilního odpadu. Řešení prezentujte formou modelu z 3D tisku.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

1. ŠKVOR, Zdeněk. Akustika a elektroakustika. Vyd. 1. Praha: Academia, 2001. ISBN 978-80-200-0461-1.
2. VAVERKA, Jiří. Stavební fyzika I. Urbanistická, stavební a prostorová akustika. Vyd. 1.Brno: VUTIUM, 1998. ISBN 978-80-214-1283-5.
3. KALINOVÁ, Klára. Zvuková pohltivost vlákenných materiálů s ohledem na charakteristiky struktury Liberec 2018.Technická Univerzita v Liberci. Dostupné z: https://dspace.tul.cz/handle/15240/38927.
4. MOUDŘÍKOVÁ, Lucie. Psychologické aspekty práce v open space kancelářích. Online. Bakalářská práce. Praha: Univerzita Jana Amose Komenského Praha s.r.o. 2015. Dostupné z: https://theses.cz/id/fxi5n8/.

Vedoucí práce: doc. Ing. Ludmila Fridrichová, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání práce: 16. prosince 2025
Předpokládaný termín odevzdání: 9. ledna 2026

L.S.

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

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
garant studijního programu

V Liberci dne 16. prosince 2025

Prohlášení

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

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou 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 bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou 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 bakalářská 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.

24. dubna 2026 Marek Halama

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Ludmile Fridrichové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a motivaci k psaní.

Dále bych rád poděkoval panu Ing. Romanu Knížkovi, Ph.D., MBA za dodání materiálu, proplacení nákladů spojených s touto prací a rady při psaní práce.

Také bych rád poděkoval své rodině a přátelům za podporu.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací akustického panelu určeného pro použití v open space kancelářích, jehož výplň tvoří textilní odpad. Teoretická část práce popisuje problematiku open space kanceláří a jejich vliv na pracovní pohodu a mentální zdraví zaměstnanců. Dále jsou vysvětleny základní principy akustiky, absorpce a odrazivost zvuku, Helmholtzovy rezonátory a perforované panely. Součástí je rovněž analýza konkurenčních produktů na trhu, použité materiály, jakožto TXB desky, textilní odpad, popis využitých softwarů a způsob měření v alfa kabině. Praktická část se věnuje konstrukčnímu návrhu rámu panelu, jeho výrobě a následnému měření akustické pohltivosti se třemi různými výplněmi v alfa kabině. Výsledky měření jsou analyzovány a porovnány jak mezi jednotlivými materiály, tak s komerčně dostupným konkurenčním produktem.
Závěr této práce zahrnuje ekonomickou analýzu navrženého řešení a doporučení pro další rozšíření tématu.

Klíčová slova: akustický panel, textilní odpad, open space kancelář, zvuková pohltivost, TXB desky, alfa kabina

Annotation

This bachelor's thesis deals with the design and construction of an acoustic panel intended for use in open-plan offices, with filling made from textile waste. The theoretical part describes the issues associated with open-plan offices and their impact on employee well-being and mental health. It further explains the basic principles of acoustics, sound absorption and reflectivity, Helmholtz resonators and perforated panels. Also included is an analysis of competing products on the market, the materials used namely TXB boards and textile waste a description of the software tools employed, and the measurement method using an alpha cabin. The practical part focuses on the structural design of the panel frame, its construction, and the subsequent measurement of sound absorption with three different fillings in the alpha cabin. The measurement results are analyzed and compared both among the individual materials and against a commercially available competing product. The conclusion of this thesis includes an economic analysis of the proposed solution and recommendations for further development of the topic.

Keywords: acoustic panel, textile waste, open-plan office, sound absorption, TXB boards, alpha cabin

Obsah

Seznam použitých zkratek, značek, symbolů 8

Úvod 9

1 Definice open space 10

1.1 Porovnání open space a uzavřené kanceláře 10

1.2 Mentální zdraví v open space 11

1.2.1 Jaké příznaky indikují syndrom open space 12

1.2.2 Jak ulehčit syndrom open space 12

2 Akustické vlastnosti v kancelářských prostorech 13

2.1 Základy akustiky 13

2.1.1 Absorpce zvuku a odrazivost zvuku 13

2.2 Helmholtzův rezonátor a perforované panely 15

2.3 Analýza konkurenčních produktů 17

2.3.1 AQ sound panel 17

2.3.2 Akustický panel typ AK 02 18

2.3.3 AM Block 18

2.3.4 Lisované akustické desky 19

2.3.5 Akustický obkladový panel 20

2.3.6 UNIKA silent floor 20

2.3.7 Tabulka konkurenčních produktů 21

2.4 Akustika v open space kancelářích 22

2.5 Možnosti zlepšení akustiky v open space kancelářích 23

2.6 Akustické paravány 24

2.7 Textilní odpad 24

2.8 TXB Desky 25

2.9 Použité programy 26
2.9.1 Inventor 26
2.9.2 PrusaSlicer 27
2.10 Alfa kabina 28
3 Praktická část 30
3.1 Nepovedený návrh rámu 30
3.2 Finální návrh rámu 31
3.2.1 Návrh dílu A 31
3.2.2 Návrh dílu A s kolečky 32
3.2.3 Návrh dílu B 33
3.2.4 Model stolu 34
3.3 Výroba modelu pomocí 3D tisku 34
3.4 Výroba rámu 35
3.5 Měření v alfa kabině 43
3.6 Ekonomická analýza 51
4 Závěr 54
Seznam použité literatury 56
Seznam příloh 60

Seznam použitých zkratek, značek, symbolů

symbol	*jednotka*	*popis*
α	[-]	Koeficient zvukové pohltivosti
τ	[-]	Koeficient odrazivosti
I_0	[W/m^2]	Dopadající intenzita zvuku
I_r	[W/m^2]	Odražená intenzita zvuku
I_a	[W/m^2]	Absorbovaná intenzita zvuku
I_t	[W/m^2]	Propuštěná intenzita zvuku
I_q	[W/m^2]	Ztráty uvnitř materiálu
c_a	[Pa*s^2/m^3]	Akustická poddajnost
m_a	[m^5/(kg*s^2)]	Akustická hmotnost
R_a	[Pa*s/m^3]	Akustický odpor
c	[m/s]	Rychlost zvuku
N	[-]	Počet otvorů
S	[m^2]	Plocha otvoru
Lef	[m]	Efektivní délka krčku
V	[m^3]	Objem rezonátoru
Kč	[-]	Koruna česká

Úvod

Hluk patří mezi nejvýznamnější faktory ovlivňující pracovní pohodu a výkonnost zaměstnanců v moderních kancelářských prostorech. Se stále rozšířenějším konceptem open space kanceláří, který upřednostňuje otevřenost a sdílení prostoru před individuálními uzavřenými pracovišti, nabývá problematika akustického komfortu stále na větším významu. Nedostatečná zvuková pohltivost v těchto prostorech vede k nežádoucím akustickým jevům, jako jsou dozvuky a přenos hluku, které negativně ovlivňují koncentraci, produktivitu i celkové zdraví pracovníků.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout řešení akustického komfortu v open space kancelářích prostřednictvím akustického panelu vyrobeného z textilního odpadu. Práce tak kombinuje dvě aktuálně problematické oblasti. Zlepšování pracovního prostředí a využití textilního odpadu.

Teoretická část práce přibližuje samotný koncept open space kanceláří, jejich výhody i nevýhody a dopady na mentální zdraví zaměstnanců. Následně jsou vysvětleny základní principy akustiky, jevy jakožto absorpce a odrazivost zvuku, popsán je také princip Helmholtzových rezonátorů a perforovaných panelů. Součástí je také analýza konkurenčních produktů dostupných na trhu a přehled použitých materiálů. Společně s využitými softwarovými nástroji, konkrétně Autodesk Inventor a PrusaSlicer.

Praktická část se věnuje samotnému návrhu a konstrukčnímu řešení rámu panelu, výrobě fyzického modelu pomocí 3D tisku a jeho finální realizaci. Výsledné panely jsou následně podrobeny akustickému měření v alfa kabině, jehož výsledky jsou analyzovány a porovnány. Závěr práce obsahuje ekonomickou analýzu navrženého řešení a jeho konkurenci schopnost.

Při psaní této práce byla využita umělá inteligence, modely ChatGPT a ClaudeAI. Nástroje byly využity pro hledání odborných zdrojů, článků a částečné úpravě textu.

1 Definice open space

V dnešní době je trend open space kanceláří již rozšířen po celém světě a můžeme se s ním setkat prakticky kdekoliv na denní bázi. Zaměstnavatelé a vedoucí pracovníci firem si tyto open space kanceláře oblíbili a často je preferují oproti klasickým uzavřeným kancelářím. Hlavně kvůli jejich ekonomické výhodnosti. [1]

Obecně by se název open space dal přeložit jako „otevřený prostor“. Tento pojem ve spojitosti s pracovním prostředím znamená typ otevřených kanceláří, které se liší od tradičních uzavřených kanceláří především svou dispozicí, kde se klade důraz na otevřenost a uspořádání. Každé pracovní oddělení či pracovní místa zaměstnanců jsou uspořádány ve velkoplošném otevřeném prostoru, který není nijak rozdělen klasickými pevnými nosnými stěnami či příčkami. Jednotlivá pracoviště zaměstnanců jsou od sebe oddělena zpravidla nevysokou přepážkou z různých druhů materiálu, která slouží spíše k vizuálnímu vymezení prostoru než k jakékoliv akustické izolaci. [2]

Open space prostor není vnímán pouze jako rozměrově rozsáhlý prostor, ale také jako prostředí podporující jednodušší komunikaci a interakci mezi zaměstnanci. V takto koncentrovaném prostoru obvykle pracuje skupina několika desítek osob, přičemž v ojedinělých případech může jít i o stovky pracovníků. Volba tohoto kancelářského uspořádání bývá často motivována snahou o zlepšení týmové interakce, efektivnější předávání informací a snížení provozních nákladů. [1]

1.1 Porovnání open space a uzavřené kanceláře

Pracovní prostor je vnímán jako prostředí, jehož dispozice, vybavení, osvětlení, vizuál a celková atmosféra mají zásadní vliv na to, jak ho zaměstnanci vnímají, jak se v něm chovají a jaký dopad může mít na jejich zdraví. Na základě tohoto přístupu se zaměstnavatelé snaží navrhovat pracovní prostředí tak, aby co nejlépe odpovídalo povaze vykonávané činnosti. Odborníci se shodují, že neexistuje jednotný postup, jak vyhovět všem a zároveň vytvořit ideální pracovní prostředí. Názory na vhodné uspořádání se dělí na dvě skupiny. První polovina preferuje uzavřené kanceláře, zatímco druhá polovina stojí za novodobým open space. Jednotlivé provedení kancelářských systémů má své specifické vlastnosti, které určují jeho výhody a nevýhody.

Z pohledu většiny manažerů a zaměstnanců nabízí open space řadu výhod:

- Podporuje efektivnější spolupráci a zjednodušuje organizační strukturu
- Lehčí formulace týmů pro specificky zadaný úkol
- Lepší spolupráce v týmu, podporuje kreativní přístup a tvořivost
- Zvyšuje přímý kontakt mezi kolegy díky odstranění fyzických bariér
- Umožňuje vedení pracovníků být v kontaktu s děním na pracovišti a lépe vnímat tok informací
- Podporuje jednotlivé členy k vyššímu výkonu a produktivitě
- Poskytuje manažerům lepší přehled o pracovní výkonnosti a chování zaměstnanců
- Poskytuje flexibilní dispoziční řešení kanceláří, nižší provozní náklady a ušetření místa, což umožňuje rychlé a bezproblémové sestavení

S těmito výhodami ovšem přichází také řada nevýhod z pohledů manažerů tak i zaměstnanců:

- Nedostatek prostoru pro soukromí a nevhodné podmínky pro individuální kreativní činnost
- Obtížné až nemožné udržet pozornost při práci
- Časté rozptylování, které přichází z okolních vlivů
- Vyšší nároky na profesionální jednání mezi spolupracovníky
- Někteří zaměstnanci mají pocit neustálé kontroly jejich výkonů a pracovního tempa
- Změna kancelářského prostředí z uzavřeného do open space může vyvolávat stres, rozrušení a nervozitu

Naopak právě pro uzavřené kanceláře platí přesný opak. Jednotlivé výhody a nevýhody open space kanceláří jsou nevýhodami a výhodami pro kanceláře uzavřeného typu. Mezi hlavní výhody se zařazuje soukromí, osobní prostor a možnost koncentrace bez rušivých elementů. [3]

1.2 Mentální zdraví v open space

Mentální zdraví je v dnešní době velmi rozšířené téma než kdy dříve. Není proto překvapením, že se právě i v open space prostředí mohou vyskytovat problémy spojené s psychickým zdravím zaměstnanců.

Právě kvůli těmto problémům vznikl fenomén známý jako syndrom open space. Tento pojem se používá pro soubor psychických i fyzických potíží, které se mohou u jednotlivých zaměstnanců pracujících v open space kancelářích postupně začít rozvíjet.

1.2.1 Jaké příznaky indikují syndrom open space

Příznaky, které nastávají v návaznosti tohoto syndromu jsou velice podobné příznakům nachlazení. Je to souhrn symptomů jakožto jsou bolesti hlavy, trávicí potíže, hučení v uších, závratě, bušení srdce, únava ale i úzkostné stavy a v nejhorších případech i deprese.

1.2.2 Jak ulehčit syndrom open space

Negativní dopady spojené se syndromem open space lze do určité míry eliminovat adekvátními opatřeními. K vytvoření zdravějšího pracovního prostředí přispívá správná vlhkost vzduchu, kterou lze přirozeně udržovat pomocí dostatečného množství pokojových rostlin, jež je třeba pravidelně kropit.

Dalším důležitým aspektem je pravidelné větrání. V prostorách, kde přirozené větrání není možné, je zapotřebí opatřit kvalitní čističku vzduchu. [1]

2 Akustické vlastnosti v kancelářských prostorech

Kvalita akustického prostředí významně ovlivňuje komfort, soustředění i pracovní výkonnost uživatelů kanceláří. V moderních open space prostorech, které kladou důraz na otevřenost, se však často objevuje problém nadměrného hluku a nedostatečné zvukové pohltivosti.

Tato kapitola se zaměří na hlavní principy, které ovlivňují akustické prostředí v interiérech. Nejprve představíme základy akustiky a vysvětlíme, jak funguje absorbování a odrazivost zvuku. Dále se budeme věnovat principu Helmholtzových rezonátorů a perforovaných panelů, které patří mezi specializované akustické prvky. Následovat bude analýza aktuální nabídky na trhu a porovnání akustických podmínek typických pro open space kanceláře. V závěru se zaměříme na možnosti zlepšení akustiky v těchto prostorech a na praktické využití akustických paravánů.

2.1 Základy akustiky

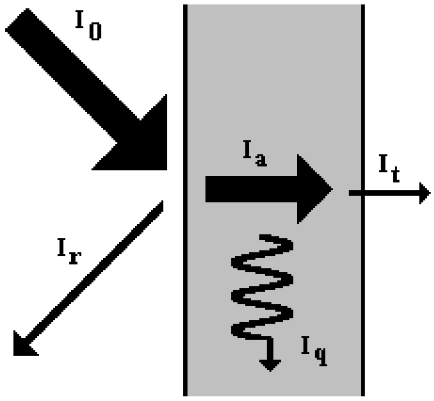
Zvuk lze definovat jako mechanické vlnění, které se šíří látkovým prostředím a je schopné vyvolat sluchový vjem. Proces vnímání zvuku začíná zachycením tlakových změn zvukové vlny ušním bubínkem, který je převádí na mechanické kmitání. Toto kmitání je dále přenášeno sluchovými kůstkami do vnitřního ucha, kde dochází k jeho rozdělení podle frekvence. Receptorové buňky převádějí mechanické podněty na nervové signály, které jsou prostřednictvím sluchového nervu přeneseny do mozku. Tam jsou poté zpracovány a interpretovány jako konkrétní sluchové vjemy. [4]

2.1.1 Absorpce zvuku a odrazivost zvuku

Absorpce zvuku, jinak řečeno zvuková pohltivost, je schopnost materiálu pohlcovat zvukové vlny, které jsou vyzařovány od určitého zdroje do okolního prostředí. [5]

Při dopadu zvukové vlny na povrch materiálu dochází k jejímu částečnému odrazu, částečnému průchodu materiálem a částečné absorpci. Absorbovaná část akustické energie se v materiálu přeměňuje na jiný druh energie, nejčastěji na teplo. Míra této přeměny závisí na vlastnostech použitého materiálu, konkrétně na jeho schopnosti pohlcovat zvuk. Materiály s vyšší pohltivostí přispívají ke snížení odrazů a zlepšení

akustického komfortu, zatímco méně pohltivé materiály mohou způsobovat nežádoucí dozvuky nebo přenos zvuku do dalších prostorů. Úroveň pohltivosti se vyjadřuje pomocí činitele zvukové pohltivosti α, jehož hodnota se pohybuje v rozmezí od 0 (zcela odrazivý povrch) do 1 (zcela pohltivý materiál). [6]



Obrázek 1 Schematické rozdělení intenzity zvuku při dopadu na stěnu [7]

I_0 – Dopadající intenzita zvuku

I_r – Odražená intenzita zvuku

I_a – Absorbovaná intenzita zvuku

I_t – Propuštěná intenzita zvuku

I_q – Ztráty uvnitř materiálu

Na obrázku 1 je znázorněno rozdělení intenzity zvuku při dopadu na pevnou stěnu. Část dopadající zvukové energie se odráží zpět do prostoru, část je materiálem pohlcena a zbytek prochází skrz. [7]

Na základě těchto informací lze vyjádřit koeficient pohltivosti α. Koeficient nám udává podíl dopadající intenzity zvuku I_0 vůči energii, kterou materiál absorbuje I_a.

Na základě uvedené definice můžeme koeficient pohltivosti vyjádřit následovně:

$$\alpha = I_a / I_0 \; [-]$$

Stejným způsobem je možné popsat i koeficient odrazivosti τ [-]. Koeficient odrazivosti je definován jako doplňková veličina vůči koeficientu pohltivosti α. Vyjadřuje podíl odražené intenzity zvuku I_r a dopadající intenzity zvuku I_0.

$\tau = I_r / I_0$ [-] [7][8]

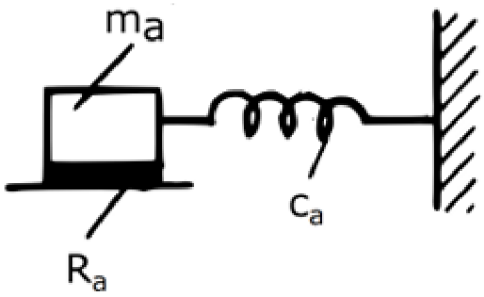
Jak říká Wolf *Faktorů ovlivňujících zvukovou pohltivost je mnoho. Klíčovým aspektem je především typ materiálu. Pórovité materiály mají v tomto ohledu výhodu. Je to především z toho důvodu, že při přeměně akustické energie na tepelnou dochází k tření vláken nebo jiných částic, a to v důsledku vibrací, které jsou způsobeny působením akustické energie. K tomuto jevu často dochází, pokud se zvuková energie šíří podél povrchu, který musí být podstatně větší než vlnová délka příslušného zvukového paprsku. Nejvhodnějším materiálem pro tuto přeměnu je porézní pevná látka, jejíž pórovitost výrazně zvětšuje celkový povrch. Z tohoto důvodu jsou polyuretanové pěny nejčastěji využívaným materiálem pro výrobu akustických absorbérů, a to díky jejich výborným fyzikálním a mechanickým vlastnostem. Významnou roli hraje také frekvence zvukových vln, které na materiál dopadají, stejně jako celková tloušťka použitého materiálu. Menší vliv pak mají další faktory, jako je teplota, úhel dopadu vlnění nebo rozmístění pórů v materiálu.* [8] Jinak řečeno, Wolf tímto zdůrazňuje, že hlavním faktorem je typ použitého materiálu. Vyzdvihuje, pórovité materiály, které umožňují přeměnu akustické energie na tepelnou díky tření různých částic o vnitřní povrch pórů působením akustické energie. Dále se zmiňuje, že polyuretanové pěny jsou právě kvůli jejich fyzikálním a mechanickým vlastnostem využívány nejčastěji jakožto absorbéry. Další faktory, které autor zmiňuje, jsou frekvence zvukových vln a celková tloušťka materiálu. [8]

2.2 Helmholtzův rezonátor a perforované panely

Zvukové absorbéry z porézních materiálů účinně fungují hlavně ve středních a vysokých frekvencích. Pro tlumení nízkých frekvencí pod 300 Hz se využívají systémy na principu rezonace. [9]

Helmholtzův rezonátor lze využít jako samostatný akustický prvek, nebo jakožto součást perforovaného panelu. Tyto perforované panely jsou vyrobeny na principu kombinace jednoduchých Helmholtzových rezonátorů, přičemž jsou ukotveny k pevné konstrukci.

Každý otvor je spojen s vlastní dutinou, čímž vzniká samotný rezonátor. V této podobě nabízí oproti jiným typům rezonátorů několik výhod. Helmholtzův rezonátor se skládá z dutiny o určitém objemu, která je propojena s okolním prostředím úzkým hrdlem. Vzduch uvnitř tohoto otvoru se chová jako nestlačitelný píst, zatímco vzduch uzavřený v dutině působí jako pružina, schopný akumulace a uvolňování energie, jak ukazuje obrázek 2. [10]



Obrázek 2 Mechanická analogie akustické rezonanční soustavy [10]

Na obrázku lze vidět, že tuhost pružiny je vyjádřena akustickou poddajností c_a, hmotnost závaží je dána m_a (akustická hmotnost) a pohyb je tlumen akustickým odporem R_a.

Schéma mechanické analogie funguje následovně:

1) Když zvuková vlna narazí na otvor, vzduch v hrdle (m_a) se rozkmitá.
2) Tato zvuková vlna působí na vzduch v dutině, který se začne stlačovat a rozpínat ($_{ca}$).
3) Část energie se přitom ztrácí díky odporu (R_a).

Také můžeme říci, poté co zvuková vlna dopadne začne soustava nuceně kmitat, přičemž je maximální amplituda kmítání ve stavu rezonace. Po ukončení buzení soustava ještě po určitou dobu doznívá na svém vlastním rezonančním kmitočtu. Doba doznívání je závislá na tlumení rezonátoru. Uvnitř rezonátoru se určitá část zvukové energie přeměňuje pomocí tření na tepelnou energii. Rezonanční frekvence je ovlivněna velikostí a hloubkou otvoru rovněž jej ovlivňuje objem dutiny, také je dána vztahem: [10]

$$f = \frac{c}{2\pi}\sqrt{\frac{N*S}{V*Lef}}$$

c – rychlost zvuku

N – počet otvorů

S – Plocha otvoru (Krčku)

Lef – Efektivní délka krčku

V – Objem rezonátoru [8]

2.3 Analýza konkurenčních produktů

Trh s výrobky pro zlepšení akustického komfortu je dnes velice rozšířen. Výrobci se snaží neustále vyvíjet a nabízet nové produkty. Nabídka těchto produktů se snaží odlišit nejen funkčními vlastnostmi, ale i estetikou. Základem je zlepšení akustiky v prostoru ovšem, že při jejich výběru se dnes nebere v úvahu jen cena, ale také design, hmotnost, použitý materiál a bezpečnost.

V této podkapitole budou uvedeny vybrané produkty dostupné na trhu společně s popisem a technickými údaji.

2.3.1 AQ sound panel

Zvukový panel, který je navržen jakožto rezonanční panel. Vyroben z dřevěné konstrukce, kombinuje perforovanou čelní stěnu s výplní z minerální vaty a nerovnoběžné plochy, čímž účinně pohlcuje zvuk v širokém frekvenčním pásmu.

Obrázek 3 AQ sound panel [11]

Materiál: Dřevo – dub 1A

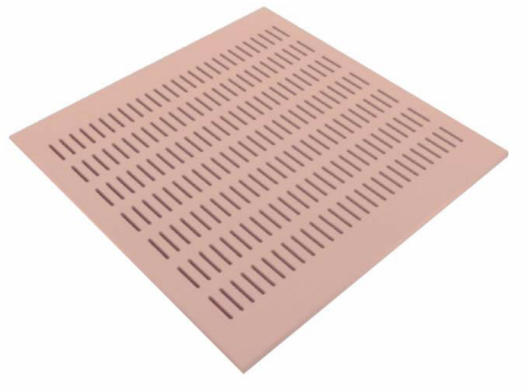
Rozměry: 600 x 600 x 120/80 mm

Hmotnost: 6,5 kg/kus

Cena: 3 490,- Kč [11]

2.3.2 Akustický panel typ AK 02

Akustický panel vyrobený z nehořlavého materiálu Grenamat AL/B. Čelní strana panelu je perforovaná a doplněná povrchovou úpravou (HPL, CPL) pro zlepšení mechanické odolnosti, estetického vzhledu a snadné údržby, aniž by byla ovlivněna akustická funkce panelu. Panely jsou dostupné v různých perforačních vzorech AK 01 – 07.



Obrázek 4 Akustický panel typ AK 02 [12]

Materiál: Grenamat AL/B

Rozměry: 600 x 600 x 10-16 mm / 1200 x 600 x 10 – 16 mm

Hmotnost: Neuvedena

Cena: Na vyžádání [12]

2.3.3 AM Block

Jedno z nejlevnější a nejnáročnějších řešení na zlepšení akustického komfortu. Nejjednodušší na instalaci, stačí pouze přilepit na stěnu.

Obrázek 5 AM Block [13]

Materiál: Polyuretan

Rozměry: 500 x 1000 x 80 mm (základna 60 mm)

Objemová hmotnost: 23 – 35 kg/m^3

Cena: 699,- Kč / kus [13]

2.3.4 Lisované akustické desky

Lisované akustické desky jsou vyráběny z polyuretanové drtě slisované do kompaktního tvaru. Díky vysoké objemové hustotě mají velmi dobré protihlukové vlastnosti.

Obrázek 6 Lisované akustické desky [14]

Materiál: Lisovaný drcený polyuretan

Rozměry: 1000 x 500 x 50 / 1000 x 1000 x 50 mm

Objemová hmotnost: 180/120 kg/m^3

Cena: 599 Kč,- za m^2 [14]

2.3.5 Akustický obkladový panel

Akustický panel je vyroben z MDF desky a slouží k dekorativnímu obložení stěn v interiéru. Panel je tvořen nosnou MDF deskou o tloušťce 22 mm, která je na pohledové straně opatřena dekorativní lamelovou strukturou. Panely se instalují přímo na stěnu. Konstrukce je navržená tak, aby byla pevná a snadno smontovatelná. Díky své konstrukci přispívá ke zlepšení estetického vzhledu, akusticky izolačních vlastností a tepelně izolační vlastností.

Obrázek 7 Akustický obkladový panel [15]

Materiál: Dekor světlý dub (MDF)

Rozměry: 2440 x 605 x 22 mm

Hmotnost: Neuvedena

Cena: 1 185,64,- Kč za m^2 [15]

2.3.6 UNIKA silent floor

Tento akustický paraván je navržený pro zvýšení akustického komfortu v kancelářských prostorech. Slouží k omezení šíření hluku a zároveň k oddělení pracovních míst. Díky

integrované akustické pěně stěna nejen odráží, ale i pohlcuje zvuk, čímž snižuje rušivé vlivy v místnosti.

Obrázek 8 UNIKA silent floor [16]

Materiál: Povrch – kombinace polyesteru s vlnou, výplň akustická pěna PUR

Rozměry: 800 – 2000 (po 200) x 1200 – 1800 (rozmezí 200) x 40

Hmotnost: Neuvedena

Cena: Individuální nabídka [16]

2.3.7 Tabulka konkurenčních produktů

V této kapitole bude vytvořen přehledný seznam všech konkurenčních produktů, které jsou na trhu k dispozici. Včetně přepočítání jejich ceny z kusové na m^2.

Tabulka 1: Analýza konkurenčních produktů

Název produktu	Cena / kus	Cena / m²	Materiál	Hmotnost	Rozměry
AQ Sound Panel	3 490 Kč	≈ 9 694 Kč *	Dřevo – dub 1A	6,5 kg / kus	600 × 600 × 120/80 mm
Akustický panel typ AK 02	Na vyžádání	Na vyžádání	Grenamat AL/B	Neuvedena	600 × 600 × 10–16 mm 1200 × 600 × 10–16 mm

Název produktu	Cena / kus	Cena / m²	Materiál	Hmotnost	Rozměry
AM Block	699 Kč	≈ 1 398 Kč *	Polyuretan	23–35 kg/m³ (obj. hm.)	500 × 1000 × 80 mm (základna 60 mm)
Lisované akustické desky	≈ 300–599 Kč *	599 Kč	Lisovaný drcený polyuretan	180/120 kg/m³ (obj. hm.)	1000 × 500 × 50 mm 1000 × 1000 × 50 mm
Akustický obkladový panel	≈ 1 750 Kč *	1 185,64 Kč	Dekor světlý dub (MDF)	Neuvedena	2440 × 605 × 22 mm
UNIKA Silent Floor	Individuální nabídka	Individuální nabídka	Polyester + vlna (povrch), akustická pěna PUR (výplň)	Neuvedena	800–2000 × 1200–1800 × 40 mm

2.4 Akustika v open space kancelářích

Jedním z nejvýznamnějších problémů open space kanceláří, o kterých bylo psáno výše, je nadměrná hladina hluku, která negativně ovlivňuje soustředění i pracovní výkon zaměstnanců. Hluk v těchto prostorách nevzniká pouze z technických zařízení, ale především z komunikace mezi lidmi. Telefonní hovory a rozhovory mezi kolegy. Tyto typy hluku jsou vnímány jako nejvíce obtěžující, protože obsahují smysluplnou, srozumitelnou řeč, kterou lidský mozek přirozeně zaznamenává do svého podvědomí se zvýšenou pozorností.

Specifickým jevem v open space kancelářích je takzvaný „maskovací efekt“. Pokud v prostoru mluví více osob současně hlasy se navzájem překrývají, lidský sluch tím pádem přestává jednotlivé rozhovory rozlišovat. Takto vzniká šum, který paradoxně může snižovat vnímanou rušivost řeči osob v bezprostřední blízkosti. [17]

Tento jev je důležitý při návrhu akustických opatření v open space kancelářích, kde nelze spoléhat pouze na prvky jako jsou akustické panely či koberce.

Přirozené překrývání hlasů sice může dočasně snížit rušivost, ale bez cíleného řízení akustického prostředí zůstává efekt nahodilý. To je důvod, proč se stále častěji aplikují aktivní maskovací systémy.

Pod pojmem aktivní maskovací systémy se v open space kancelářích rozumí technologie, které automaticky regulují hladinu maskovacího zvuku podle aktuálního hluku v prostoru. Tyto systémy využívají stropní reproduktory a senzory hluku, které průběžně sledují úroveň řeči a okolních zvuků. Pomocí adaptivního řízení hlasitosti pak systém automaticky upravuje intenzitu šumu.

Zařízení vytváří rovnoměrný šum a tím zajišťuje stabilní akustické podmínky. Maskovací systémy nejen snižují rušivost řeči, ale také zvyšují subjektivní pocit soukromí, což je jedním z hlavních aspektů psychické pohody. [18]

2.5 Možnosti zlepšení akustiky v open space kancelářích

Metody, které se používají ke zlepšení akustiky v open space kancelářích, by se daly rozdělit na aktivní a pasivní. Mezi aktivní metody patří již zmíněný maskovací systém. Mezi pasivní metody patří využití následujících prvků: [18]

Akustické panely – Nejefektivnější způsob, který pomůže snížit hluk v open space kancelářích. Akustické panely se mohou nainstalovat na stěny, stropy či jako volně stojící prvky v prostoru. Jejich hlavní funkcí je absorbovat zvukové vlny a bránit jejich odrazu.

Koberce a textilie – Textilní prvky, jakožto koberce a závěsy, přispívají ke zlepšení akustických podmínek tím, že absorbují kročejový hluk a omezují odrazy zvuku. Závěsy se rovněž mohou využít jako rozdělovací prvek, který obohatí interiér.

Zelené stěny a rostliny – Zelené stěny pomáhají pohlcovat zvuk a zároveň pomáhají čistit vzduch, což má pozitivní vliv na psychickou pohodu a produktivitu.

Akustické boxy – Speciálně navržená kabina oddělena od zbytku prostoru určená pro samostatnou práci, konferenční schůzky, videokonference a telefonní hovory. [19]

2.6 Akustické paravány

Dalším prvkem, který se používá v open space kancelářích ke zlepšení akustiky jsou paravány. Tyto paravány mají dvojí funkci – vizuálně oddělují jednotlivé pracovní zóny a významně přispívají ke snížení hlučnosti. [20]

Akustické paravány existují v mnoha verzích, nejčastěji pokud je pracovní stůl kolem ostatních kolegů tak se využívají paravány na hranu stolů, které se pouze přichytí k pracovní desce. Pokud potřebujeme rozdělit větší prostor lze využít příčkové (samostatně stojící) paravány, které mohou být kdykoliv přemístěny pro změnu dispozice. Velice často se tyto paravány doplňují o různé doplňky (tabule, univerzální police), které lze zavěsit přímo na paraván. [21]

Principem absorpce hluku těchto paravánů je jejich povrch, který je pokryt textilním materiálem, nejčastěji polyuretan či jiným druhem materiálu. [20]

2.7 Textilní odpad

Vzhledem k tomu, že v rámci této práce pracujeme s TXB deskami a výplní z textilního odpadu, představuje tato kapitola jeden z hlavních teoretických podkladů této práce.

Textilní odpad v současnosti představuje významný problém z hlediska dalšího zpracování, jelikož jeho množství dlouhodobě narůstá a možnosti jeho efektivního využití jsou stále omezené. Využití tohoto materiálu v konstrukci panelu může přispět nejen ke snížení výrobních nákladů, ale také ke zmírnění negativních dopadů na životní prostředí. Přestože se jedná o pouze dílčí řešení, může mít pozitivní vliv na textilní průmysl jako celek. Podle dostupných údajů dochází k výraznému nárůstu produkce textilního odpadu. Například množství textilního odpadu z domácností v České republice se během posledních deseti let několikanásobně zvýšilo. [5]

Z globálního hlediska vzrostla průměrná spotřeba textilu na osobu z přibližně 3,7 kg v roce 1950 na zhruba 13 kg v roce 2016 a v roce 2025 toto číslo vzrostlo na 15 kg. [22]

Tento trend má za následek výrazné zvyšování celkového objemu odpadu, který je v současnosti odhadován na více než 92 milionu tun ročně. V rámci Evropské unie vzniká

přibližně 16 milionů tun textilního odpadu ročně, přičemž pouze menší část je skutečně recyklována. [23]

Významným faktorem tohoto vývoje je rostoucí životní úroveň obyvatel a především fenomén tzv. „fast fashion“. Tento fenomén je využívaný řadou oděvních značek, je založen na produkci levného oblečení s krátkou životností. Životní cyklus takových výrobků je velmi krátký, často nepřesahuje jeden rok, což vede k rychlé obměně šatníků a následnému nárůstu odpadu. V České republice je sběr textilu realizován prostřednictvím speciálních kontejnerů a sběrných systémů provozovaných soukromými společnostmi nebo charitativními organizacemi. Od roku 2025 je však třídění textilního odpadu legislativně povinné pro všechny obce, což představuje důležitý krok ke zlepšení situace v oblasti nakládání s tímto druhem odpadu. Přesto velké část textilu stále končí ve směsném komunálním odpadu nebo na skládkách.

Dalším problémem je omezené následné využití vyřazeného oblečení. Přestože je často darováno s cílem pomoci potřebným, ve skutečnosti se velká část tohoto textilu dostává na zahraniční trhy, kde je dále prodávána. Zde však není zaručeno jeho využití a značná část končí opět jako odpad. Nízká kvalita některých výrobků navíc vede k jejich rychlé degradaci. Právě toto vede k opětovnému vyhazování textilu a ke skládkování. Toto představuje environmentální problém, jelikož při jeho rozkladu dochází k uvolňování chemických látek do půdy, vody a ovzduší. Z tohoto důvodu je textilní průmysl považován za jeden z nejvýznamnějších zdrojů znečištění životního prostředí.

Dále je také z technologického hlediska problematická zejména recyklace směsových materiálů, jako jsou kombinace syntetických a přírodních vláken. Současné technologie neumožňují jejich efektivní rozdělení na jednotlivé složky. Ještě složitější situace nastává u vícevrstvých nebo tzv. sendvičových textilií, jako jsou softshell či materiály s membránou, které jsou z hlediska recyklace velmi obtížně zpracovatelné. [5]

2.8 TXB Desky

V této práci slouží TXB desky jakožto základ pro naší konstrukci. Lehce se s nimi tedy seznámíme.

Jedním z inovativních způsobů, jak naložit s textilním odpadem, který nelze dále využít

pro ošacení, ani pro průmyslové účely je výroba konstrukčních desek pod označením TXB neboli Textile Board. Společnost TXB Group s.r.o. je technologicky orientovaná společnost zaměřená na vývoj a výrobu inovativních deskových materiálů z recyklovaného textilního odpadu. [24]

Diakonie Broumov třídí textil na přibližně 200 různých druhů a zpracovává denně až 30 tun materiálu, přibližně 10 % veškerého svezeného textilu nebylo možné dále využít. [25]

Jde zejména o více druhové materiály jako zimní bundy, softshellové oblečení nebo textilie s membránou, jejichž ruční separace jednotlivých vrstev by byla ekonomicky zcela neúnosná. Jak vysvětluje technický ředitel TXB Jaroslav Dvořák: „*Dneska firmy umějí běžně zpracovávat jednodruhové materiály, jako je čistá bavlna nebo svetrovina. Na tyto vícedruhové materiály momentálně ale chybí technologie, která by to dokázala jakkoli zužitkovat*“. [26]

Výroba konstrukčních desek TXB Board, které jsou hlavním produktem portfolia a jsou určeny pro stavebnictví jako alternativa OSB desek nebo sádrokartonu. Po odstranění doplňků jako jsou knoflíky a zipy vstupuje textilní odpad do výrobní linky, kde je nejprve nadrcen a následně pomocí tepla a tlaku slisován do požadované tloušťky. Výsledný materiál disponuje výbornými tepelně i zvukově izolačními vlastnostmi a je zároveň voděodolný. [25][26][27]

Vlastnosti výsledné desky lze navíc ovlivnit volbou vstupního materiálu, například džínová tkanina zvyšuje mechanickou pevnost, zatímco zimní bundy s dutým vláknem přispívají k lepším akustickým a tepelně izolačním vlastnostem. [25]

2.9 Použité programy

V této kapitole budou představeny programy, které byly využity při zpracovávání této práce. Jedná se především o software určený pro návrh konstrukčních prvků, jejich modelování a následnou přípravu pro výrobu.

2.9.1 Inventor

Pro návrh konstrukčních prvků v této práci byl využit software Autodesk Inventor, který patří mezi profesionální CAD nástroje určené především pro strojírenské navrhování. Autodesk Inventor je 2D i 3D modelovací software vyvinutý společností Autodesk, který

umožňuje tvorbu digitálních modelů součástek, jejich sestav a následnou technickou dokumentaci. Program slouží nejen k samotnému modelování, ale také k ověřování funkčnosti návrhu ještě před jeho fyzickou výrobou. [28]

Jednou z hlavních výhod tohoto softwaru je možnost parametrického modelování. To znamená, že jednotlivé rozměry a vztahy mezi prvky jsou definovány pomocí parametrů, které lze zpětně upravovat bez nutnosti vytvářet model znovu. Díky tomu je návrh flexibilní a umožňuje rychlé úpravy v průběhu vývoje. Další významnou funkcí je tvorba sestav, kdy je možné jednotlivé díly spojovat do funkčních celků a kontrolovat jejich vzájemnou polohu, kolize nebo pohyb. Software také umožňuje generování technických výkresů, které jsou následně využitelné pro výrobu.

Inventor dále nabízí nástroje pro simulaci a analýzu, které umožňují ověřit pevnost, zatížení nebo chování konstrukce v různých podmínkách. Toto může být užitečné zejména pro odhalení potenciálních problémů již ve fázi návrhu a předejít tak chybám ve výrobě. [29]

V rámci této práce byl Inventor použit hlavně pro návrh jednotlivých dílů rámu, jejich rozměrům a následnému vytvoření 3D modelu celé konstrukce. Tyto modely byly následně použity jako podklad pro 3D tisk a výrobu prototypu.

2.9.2 PrusaSlicer

Dalším softwarem využitým v této práci byl program PrusaSlicer, který slouží k přípravě 3D modelů pro samotný tisk. Tento software je vyvíjen společností Prusa Research a patří mezi nejpoužívanější nástroje v oblasti 3D tisku. [30]

Hlavní funkcí programu je převod 3D modelu do podoby, kterou je schopna 3D tiskárna zpracovat. Tento proces, označovaný jako „slicing“, spočívá v rozdělení modelu na jednotlivé vrstvy a vytvoření tiskových drah pro trysku tiskárny. Výstupem je soubor ve formátu G-code, který obsahuje přesné instrukce pro průběh tisku. [31]

Software umožňuje nastavení celé řady parametrů, jako je výška vrstvy, rychlost tisku, hustota výplně nebo tvorba podpěrných struktur. Na základě tohoto lze optimalizovat jak kvalitu výsledného modelu, tak i dobu tisku a spotřebu materiálu.

V naší práci byl program PrusaSlicer využit pro přípravu modelů navržených v Inventoru. Jednotlivé díly byly do programu importovány a upraveny do požadovaného měřítka následně rozmístěny po tiskové ploše.

2.10 Alfa kabina

V této kapitole bude představen přístroj určený k měření zvukové pohltivosti, který bude využit při experimentální části.

Jedná se o zařízení vyvinuté společností Rieter, které slouží k měření zvukové pohltivosti materiálů. Toto zařízení vychází z normy ISO 354 (ČSN ISO 354 – Akustika – Měření zvukové pohltivosti v dozvukové místnosti), přičemž respektuje její metodiku, ale zároveň odstraňuje nevýhodu nutnosti velkých vzorků.

Na rozdíl od klasické dozvukové místnosti umožňuje Alfa kabina provádět měření na menších vzorcích o rozměrech 1,0 x 1,2 m. Tloušťka testovaného předmětu zůstává nepozměněnou, aby bylo dosaženo výsledků odpovídajících reálným podmínkám. Software zařízení zohledňuje zvýšený vliv okrajových ploch vzorku. Měření probíhá ve frekvenčním rozsahu 400 Hz až 10 kHz.

Zařízení je primárně navrženo pro potřeby automobilového průmyslu, nicméně jeho využití není omezeno pouze na tuto oblast. Lze jej aplikovat také ve stavebnictví, při návrhu interiérových prvků nebo při vývoji nových akustických protihlukových materiálů. Kromě samostatných materiálů lze testovat také konstrukční celky, jako jsou akustické výplně v kombinaci s podkladovým materiálem (stropní panely automobilů nebo obklady kapot), ale i hotové výrobky, jako jsou sedadla či nábytkové prvky.

Zvuk uvnitř kabiny je generován třemi reproduktory, které jsou umístěny v rozích prostoru a pracují v přesně definovaných intervalech. Výsledkem měření je koeficient zvukové pohltivosti α. [5][8]

Obrázek 9 Alfa kabina

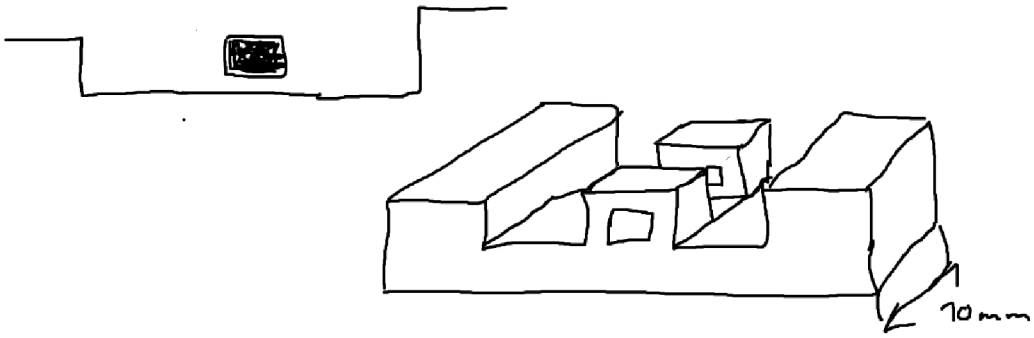
3 Praktická část

V praktické části se seznámíme s jednotlivými návrhy experimentů a jejich funkčností.

Prvním krokem při realizaci samotného mobilního paravánu je návrh vhodné nosné konstrukce, která bude schopna zajistit dostatečnou stabilitu a zároveň umožní bezpečné a opakovatelné uchycení akustických panelů.

3.1 Nepovedený návrh rámu

V této kapitole se podrobněji seznámíme s tím, jak by náš rám měl vypadat, popíšeme si jeho funkčnost a možnosti tvorby. První návrh rámu vychází z požadavku, který jsme měli, a to propracovaná konstrukce, snadná výroba, montáž a variabilita.



Obrázek 10 Návrh rámu

První návrh rámu vychází z principu konstrukce složené ze tří základních dílů. Základ konstrukce tvoří první díl, kterým je spodní deska. Do této desky jsou vyřezány hranolové prvky s vytvořenými otvory a rozestupy. Tyto rozestupy slouží jako vodicí prostor pro umístění druhého konstrukčního prvku. Spodní deska tak plní především stabilizační funkci a zároveň určuje přesnou polohu dalších částí konstrukce. Druhým dílem je kolmá deska, která se zasouvá do připravených mezer mezi hranoly ve spodní desce. Tento prvek vytváří vertikální část rámu a zároveň slouží jako nosná část pro uchycení akustického panelu. Po zasunutí druhého dílu do spodní desky vzniká základní tvar konstrukce. Třetí díl konstrukce slouží jako zajišťovací prvek, který se po sestavení prvních dvou částí zasouvá do připraveného prostoru.

Jeho funkcí je mechanické zajištění celé sestavy a spojení jednotlivých dílů tak, aby konstrukce držela pohromadě. Bez tohoto třetího prvku by nebylo možné zajistit pevné spojení a konstrukce by nebyla funkční.

Při bližším posouzení návrhu se však ukázalo několik zásadních nedostatků. Konstrukce neumožňuje dostatečně přesné zajištění kolmosti jednotlivých dílů, což by mohlo negativně ovlivnit celkovou stabilitu. Zároveň by při praktickém použití mohlo docházet k určité nestabilitě, vrtkavosti celé sestavy a náročnosti samotné výroby všech tří dílů. Z těchto důvodů byl první návrh vyhodnocen jakožto nevhodný pro další použití a sloužil především jakožto výchozí koncept.

3.2 Finální návrh rámu

Na základě nedostatků zjištěných u prvního návrhu bylo nutné přistoupit k vytvoření nového konstrukčního řešení rámu. Pro návrh jednotlivých dílů byl využit program Autodesk Inventor, který slouží pro technické modelování součástek a tvorbu konstrukční sestav ve 2D i 3D prostředí. V rámci tohoto softwaru byly nejprve vytvořeny základní skici jednotlivých konstrukčních prvků. Tyto skici následně sloužily jako podklad pro vytvoření trojrozměrných modelů jednotlivých dílů rámu. Výhodou tohoto postupu je možnost přesného definování rozměrů, kontrola vzájemné polohy jednotlivých částí a ověření funkčnosti celé sestavy ještě před samotnou výrobou. Navržený rám je tvořen čtyřmi základními díly o celkových rozměrech konstrukce 600 x 500 mm. Z důvodu zajištění variability, jednoduché montáže a snadné manipulace jsou vždy dva díly konstrukčně shodné. Toto nám umožňuje přístup k efektivnější výrobě jednotlivých komponent, jejich snadnějšímu skládání a zároveň přispívá k celkové mobilitě celého paravánu. Vytvořené 3D modely byly následně využity jako podklad pro výrobu prototypových dílů pomocí technologie 3D tisku, který bude sloužit k demonstraci, jak by v praxi vypadal takovýto model v porovnání u stolu.

V následujících podkapitolách budou představeny jednotlivé části nového rámu, konstrukční prvky a jejich řešení.

3.2.1 Návrh dílu A

Návrh finální konstrukce byl zahájen vytvořením prvního konstrukčního prvku, označeného jako díl A. Tento díl představuje podélnou část rámu o délce 600 mm, která odpovídá delší

straně celé konstrukce. Při návrhu základních rozměrů bylo nutné zohlednit především budoucí výrobu a dostupnost materiálu. Jako vhodná tloušťka prvku byla stanovena hodnota v rozmezí 30–50 mm, a to zejména s ohledem na zajištění dostatečné pevnosti konstrukce. V případě menší tloušťky by mohlo docházet k deformaci nebo selhání prvku vlivem zatížení výplní paravánu. Šířka prvku byla navržena v rozmezí 100–150 mm, a to nejen s ohledem na reálnou dostupnost materiálu, ale také kvůli potřebě zajistit dostatečný prostor pro umístění textilní výplně. V případě příliš malé šířky konstrukce by nemuselo být možné výplň do rámu bezpečně a funkčně vložit. Současně bylo nutné brát v úvahu i celkovou hmotnost konstrukce, jelikož nadměrná šířka by vedla ke zvýšení hmotnosti rámu, což by mohlo negativně ovlivnit jeho mobilitu a v krajním případě způsobit nadměrné zatížení pojezdových koleček.

Viz. Příloha 1.

Na základě těchto informací byl navržen hranol o výsledných rozměrech 566x115x44 mm. Tento rozměr byl zvolen s ohledem na následné napojení druhého konstrukčního dílu B, jehož tloušťka doplní celkovou délku konstrukce na požadovaných 600 mm. Po vytvoření základního tvaru konstrukce bylo dále nutné navrhnout způsob spojení jednotlivých dílů rámu. Pro spojení dílů A a B bylo zvoleno řešení pomocí dřevěných kolíků v kombinaci s lepidlem. Na jednom okraji v ploše samotné konstrukce dílu A byly navrženy otvory ve vzdálenosti 22 mm od okrajů a o průměru 8 mm. Na druhé straně byly v přední straně vytvořeny otvory stejného průměru umístěny ve středu hranolu. Dalším krokem našeho návrhu paravánu bylo vyřešit možnosti vzájemného spojování jednotlivých rámů, například při vytvoření odděleného prostoru v místnosti. Pro tento problém bylo do dílu A navrženo celkem pět otvorů. Jeden otvor je umístěn ve středu konstrukce a slouží pro spojení pomocí závitové tyče a matice, což umožnuje rozebíratelný spoj. V případě požadavku, pokud by uživatel chtěl spojit rámy na trvalo je možné opět využít lepení v kombinaci se dřevěnými kolíky. Z důvodu zvýšení stability byly navrženy další čtyři otvory. Tyto otvory jsou umístěny na obou stranách prvku, přičemž na jedné straně ve vzdálenosti 125 mm od kraje a na druhé straně ve vzdálenosti 75 mm. Toto uspořádání zajistí rovnoměrné rozložení zatížení.

3.2.2 Návrh dílu A s kolečky

V případě tohoto dílu A s kolečky je postup navrhování a výroby zvolen obdobně k předchozímu konstrukčnímu dílu A. Jedinou významnou odchylkou je skutečnost, že otvory

původně určené pro spojovací prvky jsou v této variantě vyplněny nasazenými kolečky. Viz. Příloha 2.

Vzhledem k tomu, že běžné 3D tiskárny nejsou schopny tisknout volně uložená kolečka bez podpůrných struktur, bylo nutné navrhnout plošnou nosnou konstrukci, která tato kolečka během tisku stabilizuje. Za tímto účelem byla vytvořena podpůrná plocha o tloušťce 5 mm a šířce 100 mm, která slouží jako základní nosná platforma. Následně byl vymezen prostor na této nosné platformě o šířce 44 mm, který představuje konstrukční zónu pro umístění jednotlivého kolečka. Je zapotřebí zde zdůraznit, že ve skutečném modelu se žádná podpůrná konstrukce vyskytovat nebude. Kolečka v našem případě budou samovolně připevněna do předem vyvrtaných otvorů. V této konstrukci je dále z obou dvou stran vytvořena šikmá podpora v úhlu 45°, která zajišťuje stabilitu kolečka během tisku. Samotná kolečka jsou v modelu navržena s výrazně větším průměrem, než jaký bude použit v reálné konstrukci. Toto slouží především k vizuálnímu zdůraznění funkce paravánu a jeho schopnosti pojíždění.

3.2.3 Návrh dílu B

Návrh dílu B vycházel z požadavku na dosažení celkových rozměrů rámu 600 x 500 mm. Na základě již definovaných rozměrů dílu A bylo nutné dopočítat odpovídající rozměry tak, aby jednotlivé prvky do sebe přesně zapadaly a výsledná konstrukce odpovídala požadovaným parametrům. Z délky dílu A (566 mm) byla vypočítána tloušťka dílu B, která vyšla 34 mm, tímto je zajištěno dosažení celkové délky rámu 600 mm. Obdobně byla z tloušťky dílu A (44 mm) odvozena délka dílu B, která se vypočítala jakožto rozdíl 500 – 44 mm, výsledná délka činí 456 mm. Stejně jako u dílu A byly i zde navrženy otvory pro spojení pomocí dřevěných kolíků a lepidla. Na jedné straně prvku byly otvory umístěny ve vzdálenosti 22 mm od okraje. Na protilehlé straně, při čelním pohledu, byly vytvořeny odpovídající otvory ve vzdálenosti 22 mm od kraje. Tímto je zajištěno, že bude možné oba rámy bez problémů spojit a že konstrukce bude geometricky stabilní. Pro možnost spojení více rámů mezi sebou v jiných směrech byly do dílů opět vyvrtány další otvory. Jeden otvor je umístěn ve středu prvku, zatímco další otvory jsou rozmístěny na jedné straně ve vzdálenosti 75 mm od kraje a na druhé straně ve vzdálenosti 125 mm od okraje. Viz. Příloha 3.

3.2.4 Model stolu

Pro účely prezentace celkového návrhu bylo nutné vytvořit také 3D model stolu, který slouží jako referenční objekt pro následné porovnání s navrženým paravánem. Cílem bylo zvolit typ stolu, který odpovídá běžnému kancelářskému vybavení. Při návrhu byl zvolen jednoduchý kancelářský stůl, jehož konstrukce byla vytvořena pomocí tří základních prvků. Prvním z nich je pracovní deska o rozměrech 1400x600x40 mm. Druhým prvkem je svislá podpora o výšce 710 mm. Třetím prvkem je úložný prostor určený pro odkládání předmětů či jiných potřeb. Tento prostor byl navržen v rozměrech 400x600x710, což umožní jeho praktické využití. Výsledný 3D model tak poskytuje realistickou představu o měřítku a umožňuje přesné vizuální porovnání se samotným paravánem.

Viz. Příloha 4.

3.3 Výroba modelu pomocí 3D tisku

Po dokončení návrhu všech konstrukčních dílů bylo možné přistoupit k výrobě fyzického modelu open-space office s našim paravánem pomocí technologie 3D tisku. Nejprve byl vytvořen exportní soubor kompatibilní se softwarem PrusaSlicer, který slouží k přípravě modelů pro samotný tisk. V tomto programu byly jednotlivé konstrukční prvky importovány a upraveny do měřítka 1:10, aby bylo možné vytvořit zmenšený prototyp celého paravánu. Následně byly díly vhodně rozmístěny na tiskové ploše s ohledem na efektivitu tisku a minimalizaci potřeby podpěrných struktur. Po dokončení přípravy byl soubor načten do 3D tiskárny, do které byl vložen zvolený tiskový materiál (černý filament). Následně byl spuštěn samotný tiskový proces. Celková doba tisku modelu činila přibližně 4,5 hodiny. Výsledný model slouží k simulaci, jak by takovýto paraván vypadal vedle stolu a popřípadě v open-space kancelářích.

Obrázek 11 Schéma panelu vedle stolu, M1:10

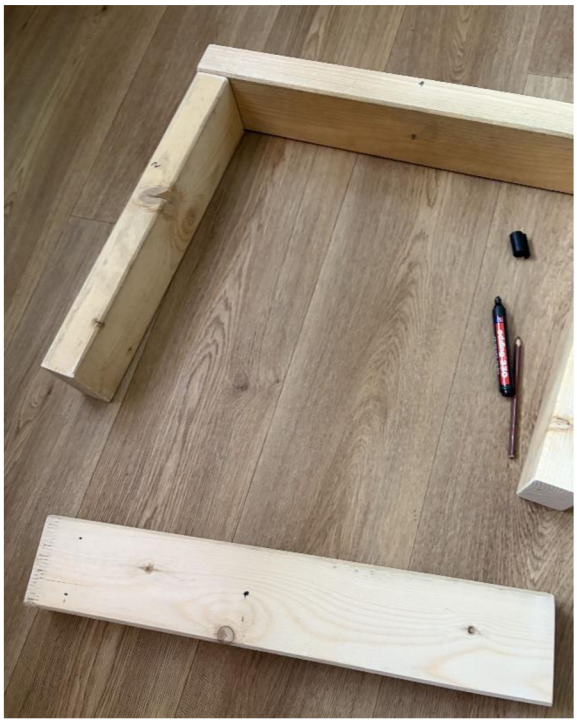
3.4 Výroba rámu

Před zahájením samotné výroby rámu bylo nejprve zapotřebí vybrat a zajistit vhodný výchozí materiál, jehož rozměry by co nejvíce odpovídaly parametrům stanoveným v předchozí kapitole. Po provedení rešerše dostupných materiálů na internetu jsme jako nejvhodnější variantu zvolili dřevěný hranol o průřezu 50 x 100 mm, který svými vlastnostmi a dostupností nejlépe splňoval požadavky kladené na výslednou konstrukci. Délka nakupovaného materiálu byla stanovena na základě celkové délky všech hranolů, které budeme pro výrobu dvou kusů rámů potřebovat. Pro výrobu dvou rámů je celkově zapotřebí osm dílců, konkrétně čtyři kusy o délce 450 mm (rozměr původních 500 mm a rozdíl výšky materiálu 50 mm) a čtyři kusy o délce 550 mm (rozměr původních 600 mm a rozdíl výšky materiálu 50 mm). Celková minimální délka potřebného materiálu tak vychází na 4 000 mm. Tento konkrétní rozměr však nebyl v době nákupu standardně dostupný, případně bylo jeho dodání spojeno s nepřijatelně dlouhou časovou prodlevou, která by výrazně zpomalila průběh celé výroby. Z tohoto důvodu jsme přistoupili k nákupu hranolu o délce 5 000 mm, který byl dostupný ihned a zároveň

poskytoval dostatečnou rezervu pro materiálu, která je potřeba při řezání. Po obdržení materiálu jsme jej následně zkrátili na jednotlivé požadované dílce dle předem zmíněných rozměrů.

Obrázek 12 Nařezaný materiál

Po obdržení materiálu přišlo na řadu vyznačení míst pro vrtání otvorů, které sloužily pro spojení jednotlivých dílů rámu, tak i pro přípravu otvorů umožňujících spojení více rámů mezi sebou. Z praktického hlediska byly otvory umisťovány z boční strany prvků přibližně do poloviny plochy. Vzhledem k rozměrům průřezu materiálu (50 mm výška a 100 mm šířka) byly otvory pro spoj jednotlivých dílů umístěny ve vzdálenosti 30 mm od okraje a zároveň ve středu plochy, tedy 25 mm od horní a dolní hrany. Oproti původnímu návrhu došlo k drobné úpravě rozměrů. Vzdálenosti, které byly původně 22 mm, byly upraveny na 25 mm. U dalších otvorů byla vzdálenost řešena odlišně na každé straně konstrukčního prvku. Na jedné straně 50 mm a 100 mm na druhé straně. Tento rozdíl byl zvolen z důvodu napojení dalšího konstrukčního prvku na stranu první, který se k této části rámu připojuje o šířce 50 mm. Celková vzdálenost otvorů z obou stran by tak činila u všech dílů stejnou vzdálenost 100 mm. Úpravy byly provedeny s cílem zachovat funkčnost spoje, a hlavně zajistit co největší symetrii celé konstrukce.



Obrázek 13 Vyznačování míst pro vrtání

Po vyznačení všech potřebných bodů bylo možné přistoupit k samotnému vrtání otvorů. Při vrtání bylo důležité dbát na kolmost otvorů a jejich přesné umístění, jelikož i malé odchylky by mohly negativně ovlivnit výslednou stabilitu a přesnost celé konstrukce. V místech určených pro spoj více rámů, tedy ve vzdálenostech 50 a 100 mm od kraje a ve středu konstrukce, byly vyvrtány průchozí otvory o průměru 10 mm skrz celým materiálem. V místech určených pro spojení jednotlivých dílů rámu byly ve vzdálenosti 25 mm od kraje vyvrtány otvory s maximální hloubkou přibližně 20 ± mm. (Viz. Příloha 5)

Tyto otvory byly navrženy pro uložení dřevěných kolíků o délce 40 mm a průměru 10 mm, které v kombinaci s lepidlem zajišťují pevné a trvalé spojení jednotlivých částí konstrukce. (Viz. Příloha 6).

Po aplikaci lepidla a vložených dřevěných kolíků byly jednotlivé díly rámu vzájemně sestaveny a mechanicky přitlačeny k sobě. Následně byl rám ponechán v klidu po dobu přibližně 24 hodin, aby došlo k dostatečnému vytvrzení lepidla a pevnému spojení všech částí.

Obrázek 14 Fotografie hotového rámu

Po dokončení rámu jsme se následně zaměřil na úpravu TXB desek, které tvoří plášť konstrukce. Tyto desky jsou vyrobeny z textilního odpadu a jejich původní rozměr ve kterém jsme je obdrželi byl 600 x 600 mm, což neodpovídá požadavkům navržené konstrukce. Z tohoto důvodu bylo nutné desky upravit na požadovaný rozměr 600 x 500. Vzhledem k tomu, že materiál nebylo možné přeříznout klasickým mechanickým řezáním, jelikož by nedošlo k čistému řezu a řezání by bylo časově velmi náročné. Proto byla zvolena technologie řezání pomocí laseru. (Viz. Příloha 7)

Desky byly odneseny do laboratoře TULab, kde byly umístěny do laserového zařízení a následně upraveny na požadovaný rozměr 600 x 500. Kvůli vlastnostem desky muselo řezání probíhat celkem třikrát, dvakrát z jedné strany a jednou z druhé. Poté se deska dala již snadno odlomit. Tímto způsobem bylo dosaženo zkrácení desky na požadovaný rozměr. (Viz. Příloha 8) Po zkrácení desek na požadovaný rozměr byly tyto desky přeneseny na místo montáže, kde došlo k jejich upevnění pomocí montážních šroubů k rámu. Každá deska byla přivrtána k jedné

straně konstrukce, takto vznikla základní zadní část paravánu. Tímto krokem byl vytvořen poloviční díl paravánu, do kterého bude v dalších krocích vložena textilní výplň. Po jejím vložení bude konstrukce uzavřena připevněním druhé desky z opačné strany, čímž dojde k finálnímu zkompletování celého paravánu.

Po vytvoření této části konstrukce přišlo na řadu vložení textilního odpadu v pytlích. Pro náš experiment jsme použili tři pytle s odlišným materiálem uvnitř. Do prvního pytle jsme vložili trhaný odpadní denim o celkové hmotnosti 2,8 kg. Do druhého pytle bylo vloženo opět 2,8 kg výplně, která v tomto případě byla mixovaná z náhodných textilních odpadů. Třetí pytel není předmětem této práce, ale pro zajímavost jsme se jej rozhodli změřit, jedná se o vlákno kapok o hmotnosti 1,6 kg. Všechny tyto pytle byly umístěny dovnitř konstrukce a v ploše byly rovnoměrně rozmístěny ve stejné tloušťce, která byla 100 mm. Více fotografií spojené s textilními pytli naleznete v přílohách 9, 10, 11, 12.

Obrázek 15 Pytel uvnitř panelu

Pro přehlednost jsou jednotlivé použité materiály včetně jejich hmotnosti a vzhledu uvedeny v tabulce X.

Tabulka 2 Materiálový přehled

Materiál	Hmotnost	Fotografie
Vlákno kapok	1,6 kg	
Odpadní denim	2,8 kg	

Textilní odpadní trhanina	2,8 kg	

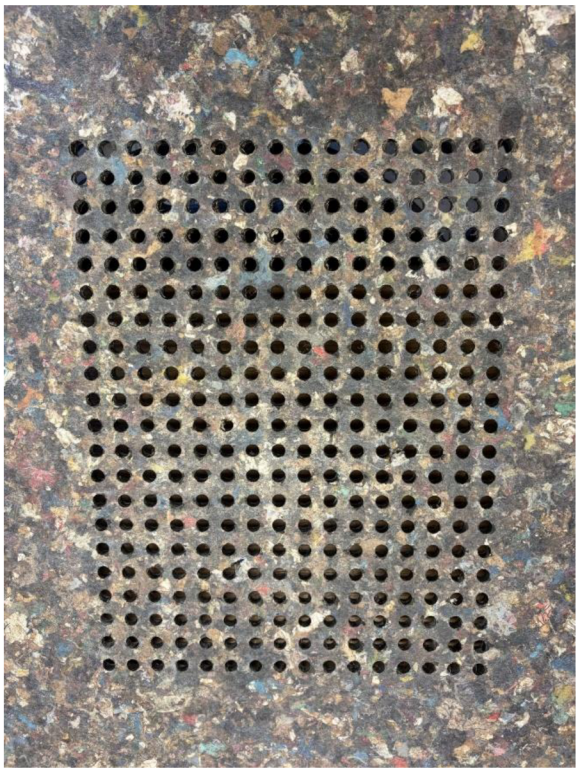
Jakmile byla vložena textilní výplň bylo nutné konstrukci uzavřít připevněním TXB desky na druhé straně. Tato deska musela být z důvodu akustických vlastností perforovaná, proto bylo nutné navrhnout vhodné řešení. (Viz. Příloha 13)

Na příloze je vyobrazena finální podoba desky včetně navržené perforace. Pro její realizaci bylo nutné využít laserové technologie v laboratoři TULab. Na základě vytvořeného výkresu byl návrh importován do laserového programu a následně spuštěn proces řezání. Výroba perforace jedné desky trvala přibližně 2,5 hodiny. Řezání probíhalo z obou stran desky 3x. I přes tuto dobu a otáčení desky se nepodařilo všechny otvory propálit skrz celý materiál. V místech, kde laser nebyl dostatečně účinný bylo nutné využít ruční dokončení pomocí děrovače a kladiva, kterým byly zbylé otvory odstraněny.

V průběhu tohoto ručního odstraňování bohužel došlo v některých místech k částečnému poškození povrchu desky, jak je uvedeno na fotografii 16. Toto bylo zapříčiněno objevením větších či menších kovových částí v materiálu, které se uvolnily a způsobily odstranění povrchové vrstvy.

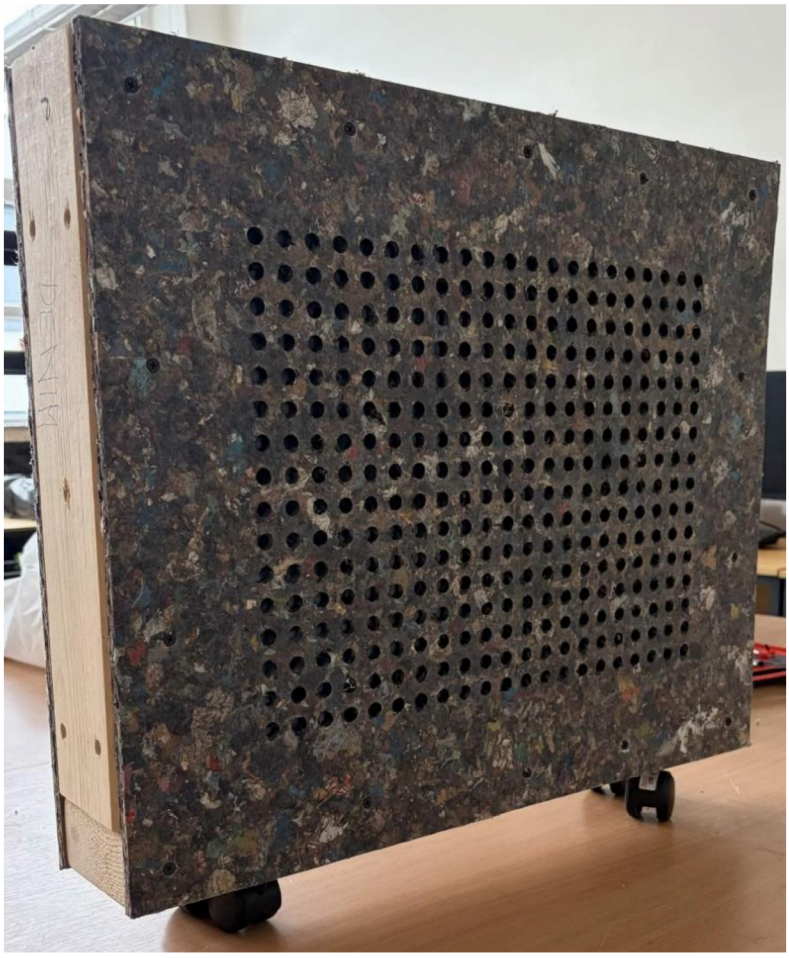
Obrázek 16 Kov uvnitř desky

Po odstranění kovových částic vypadá finální verze perforované desky – Obrázek 17



Obrázek 17 Perforovaná TXB deska

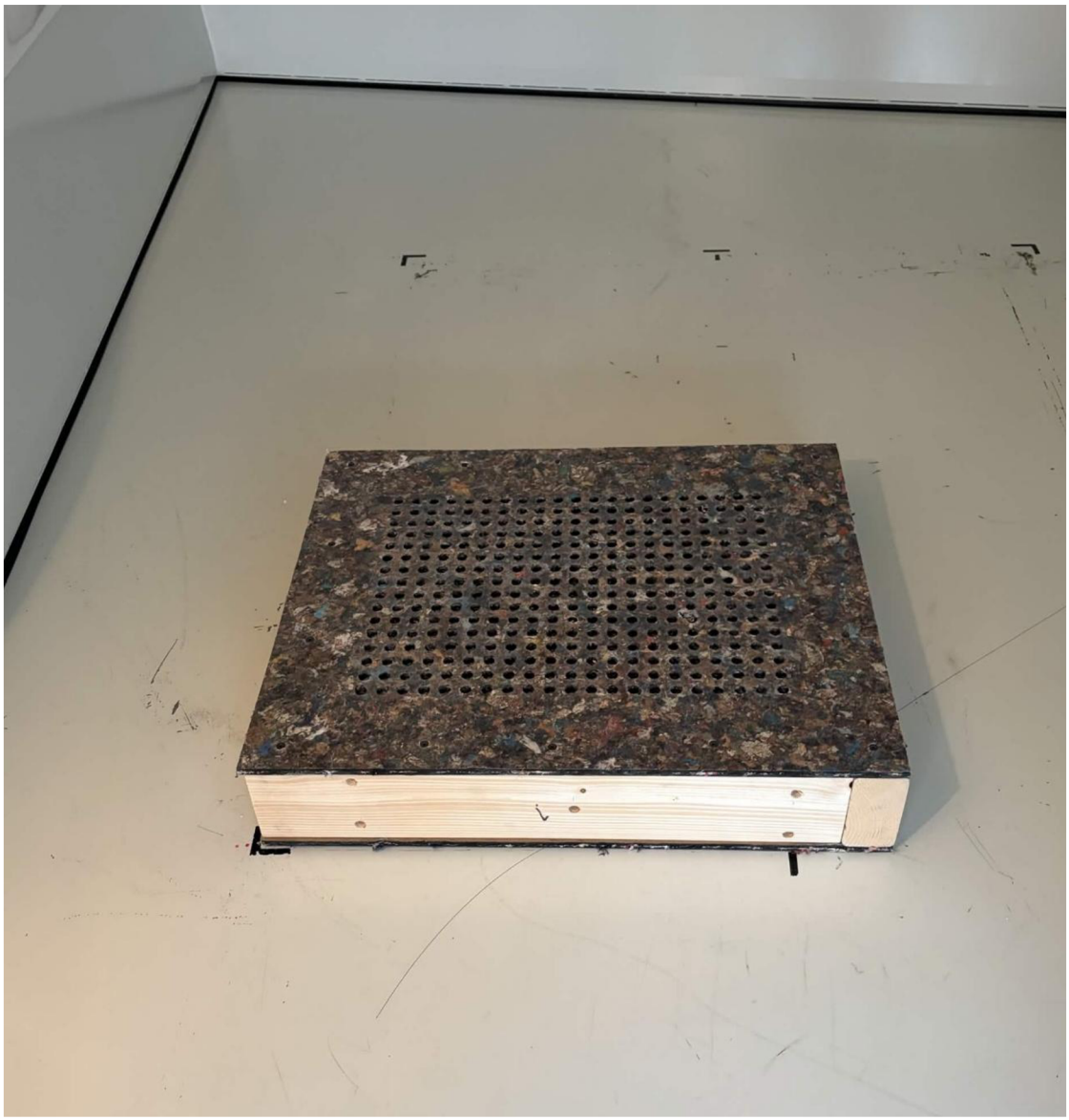
Po dokončení výroby perforace byla deska připevněna k rámu z druhé strany pomocí šroubů. Následně byla do spodní části konstrukce upevněna pojezdová kolečka, která zajistí mobilitu.



Obrázek 18 Dokončený panel

3.5 Měření v alfa kabině

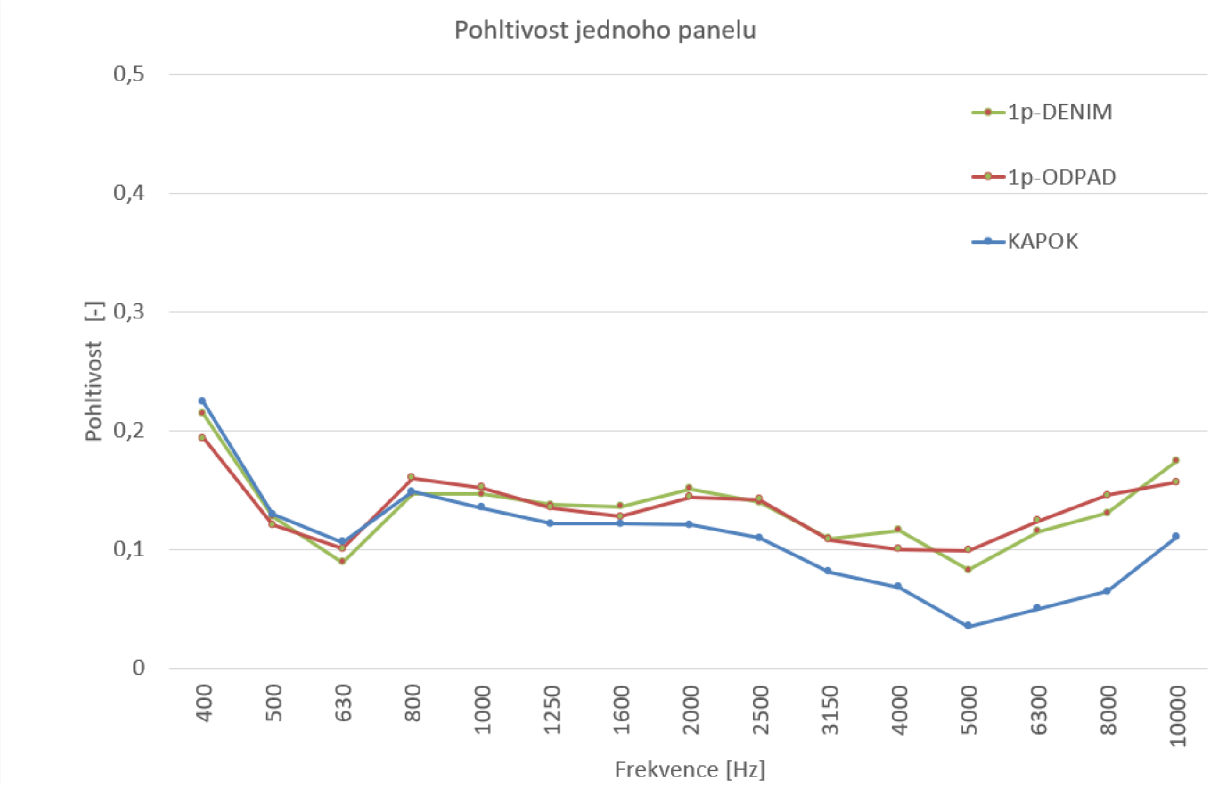
Jak již je uvedeno v teoretické části, samotná měření akustické pohltivosti panelu budou probíhat v alfa kabině. Před zahájením měření je nejprve nutné zařízení správně zkalibrovat.



Obrázek 19 Panel v alfakabině

Po provedení kalibrace je možné postupně vkládat jednotlivé panely do prostoru kabiny. Nejprve jsme měřili panel s výplní z textilní odpadní trhaniny samostatně a také panel z odpadního denimu. Následně se oba panely spojily a změřily společně. V dalším měření byl jeden z panelů upraven. Byla demontována přední deska panelu a vyměnila se výplň. Původní denimová výplň byla vyměněna za vlákno kapok, následovně je panel znovu sestaven a připraven k dalšímu měření. Podrobnější fotografie z měření jsou k dispozici v příloze 9, 10, 11, 12.

Důležité je zmínit, že měření probíhala na ploše 600 x 500 mm, nikoliv na standardní ploše odpovídající rozměrům alfa kabiny 1200 x 1000 mm. Z toho vyplývá, že výsledky by teoreticky měly odpovídat přibližně jedné čtvrtině výsledkům celkovým.



Obrázek 20 Graf průběhu měření jednotlivých panelů

Z Obrázku 20 lze usoudit následující poznatky. Nejvyšší pohltivost α v nízko středním vysokém frekvenčním pásmu 400 – 1000 Hz má v průměru kapok za ním se umístil odpadní denim a v poslední řadě textilní trhanina. Ve vyšších středních hodnotách 1000 – 4000 Hz kapok začíná rapidně upadat a mezi odpadním denimem a textilní trhaninou nejsou velmi rozdílné výsledky. Každá surovina dominuje nad tou druhou v různých frekvencích, tudíž nelze říci, který z těchto dvou je lepší použít. Ve vyšších frekvencích 4000 – 10 000 Hz se pohltivost začíná zvyšovat a odpadní denim s textilní trhaninou se pohybují velice blízko jedné druhé, rovněž kapok začíná nabývat vyšších hodnot.

Pro další zpracování grafu je nutné se obeznámit s programem, který zveřejnila firma NOVACO. Tento program, respektive simulace, umožňuje modelovat volně umístěné prvky v prostoru, jako například osoby či jiné objekty a změřit jejich zvukovou pohltivost. Viz obrázky 21, 22

Zajímavé především je kde se nasimuluje zvlášť měření zvukové pohltivosti jedné osoby samostatně a následně dvou osob naráz. Z dostupných grafů vyplývá, že v případě dvou stejných osob či objektů lze jejich pohltivost přibližně sčítat. Je však nutné počítat s určitou odchylkou, která se v měření přirozeně vyskytuje, nicméně pro účely této práce je tato přesnost dostačující. Právě tento princip sčítání bude využit při následných měření.

Označení: 1 osoba sedící na m²

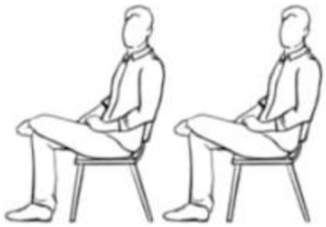
Ilustrace	Absorpce zvuku

Zadejte prosím počet lidí do pole [MNOŽSTVÍ]

Obrázek 21 Pohltivost jedné osoby [32]

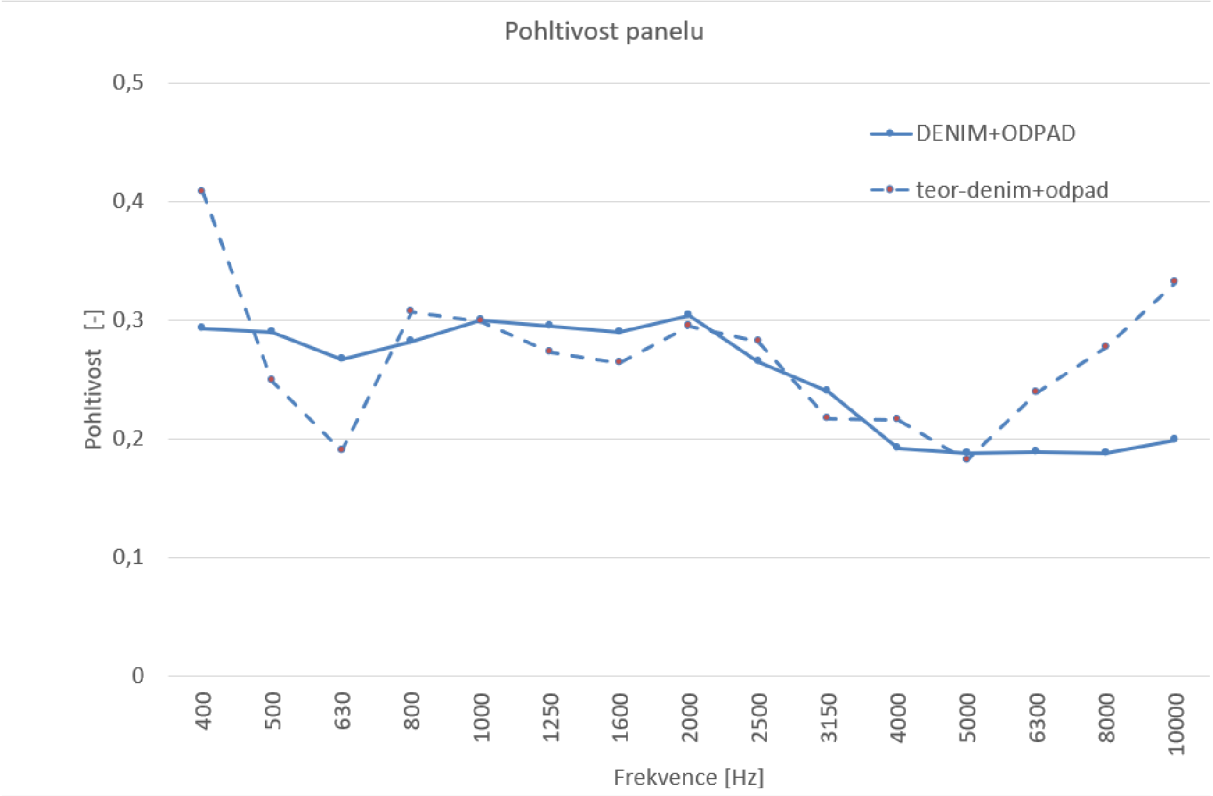
Označení: 2 osoby sedící na m²

Ilustrace	Absorpce zvuku



Zadejte prosím počet lidí do pole [MNOŽSTVÍ]

Obrázek 22 Pohltivost dvou osob [32]

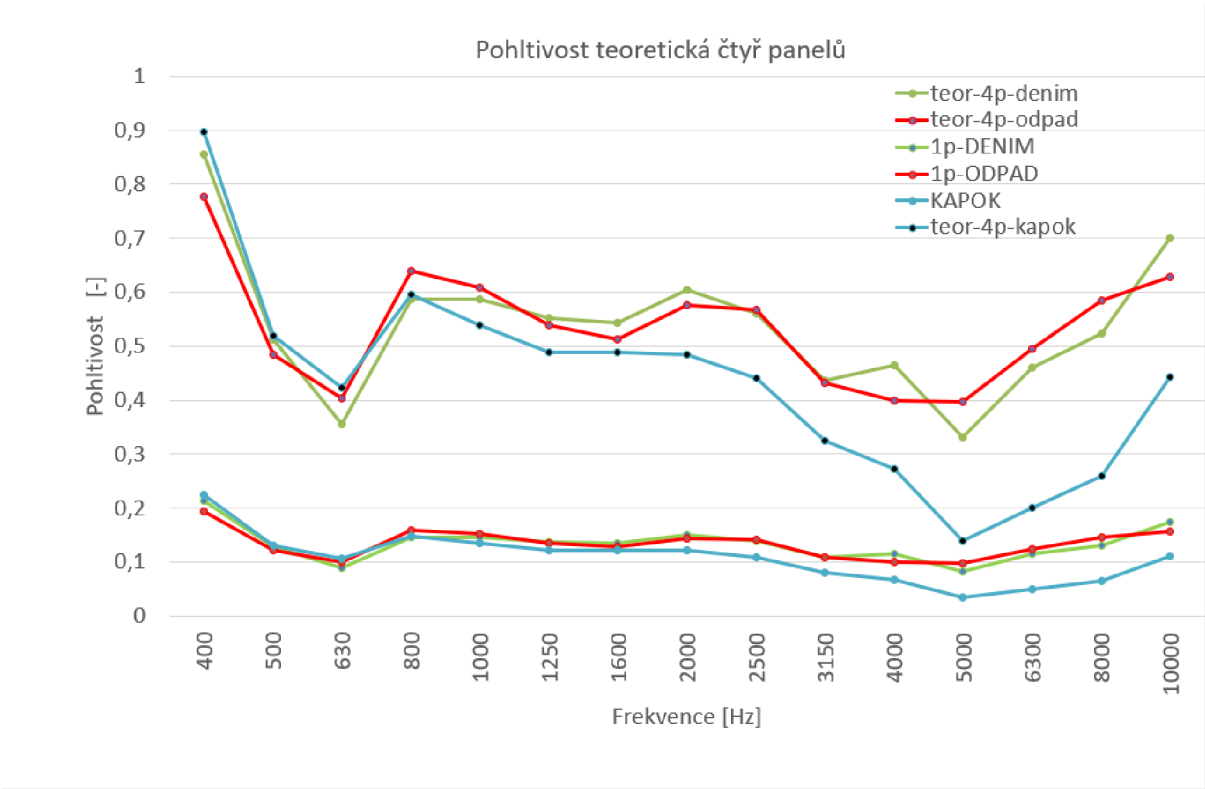


Obrázek 23 Graf průběhu měření dvou panelů najednou

V následujícím měření byly měřeny dva panely naráz. Tudíž plocha nebyla čtvrtinová ale poloviční. Z výsledků, které reprezentuje modrá nepřerušovaná čára lze usoudit, že výsledky v nízko středně vysokém frekvenčním pásmu jsou skoro dvojnásobné od předchozího prvního měření. Ve středně vyšším frekvenčním pásmu začíná být vidět opravdu dvojnásobný nárůst pohltivosti po celou dobu měření 1 000 – 4 000 Hz. Ve vyšších frekvencích je nárůst po krátkou dobu stále dvojnásobný ale poté se nemění a zůstává nehybným.

Výsledky, které reprezentuje modrá přerušovaná čára jsou teoretické výsledky naměřených hodnot v předešlém měření, které se zde pouze sečetly dohromady. Příklad: 0,22+0,19=0,41

Jsou zde právě pro porovnání, jak moc se liší od skutečně naměřených hodnot. Je vidět, že zejména na začátku měření v nízko středně vysokém pásmu jsou rozdíly v rozmezí cca 0,08-0,12. Následně rozdíly nejsou až tak patrné až ke konci, kde je opět vidět nárůst ve vyšším frekvenčním pásmu cca 0,13. Lze z toho usoudit, že pokud bychom chtěli zjistit teoretickou hodnotu pohltivosti čtyř panelu o rozměru 1200 x 1000 tak je možné tuto původně naměřenou hodnotu jednoho panelu pouze vynásobit čtyřmi a vzešla by nám z toho naše finální pohltivost. Samozřejmě je zde nutné počítat s menší odchylkou, jelikož se jedná pouze o teoretický výsledek.



Obrázek 24 Graf měření panelů + teorie 4 panelů

Na obrázku 24 lze vidět původní měření, která jsou zde pro znázornění následných násobení.

Na základě těchto původně provedených měření lze všechny naměřené hodnoty vynásobit čtyřmi a vyjde nám teoretická hodnota, kterou by náš panel v závěru měl obsahovat. Je opět nutné zmínit, že se jedná pouze o teoretickou hodnotu.

V nízko středním frekvenčním pásmu lze vidět opravdu dobrou pohltivost u všech materiálů. Nejlépe je na tom kapok na frekvenci 400 Hz s hodnotou α = 0,9 za ním odpadní denim α = 0,85 a odpadní trhanina α = 0,77. Po této hranici začnou všechny materiály klesat do hranice 800 Hz kde se pohltivost pohybuje v rozmezí 0,35-0,60. Ve středně vyšším frekvenčním pásmu začíná být hodnota α stabilní a pohybuje se v rozmezí 0,55-0,60 do hranice 4000 Hz kde je vidět mírný pád. Následně se hodnota α ve vysoko frekvenčním pásmu začne opět zvyšovat v rozmezí 0,3-0,7.

Pro přehlednější znázornění výsledku je zde tabulka číslo 3.

Tabulka 3 Přehled výsledků teoretických měření

Frekvence [Hz]	teor-4p-denim α [-]	teor-4p-odpad α [-]	teor-4p-kapok α [-]
400	0.856	0.776	**0.896**
500	0.512	0.484	**0.520**
630	0.356	0.404	**0.424**
800	0.588	**0.640**	0.596
1000	0.588	**0.608**	0.540
1250	**0.552**	0.540	0.488
1600	**0.544**	0.512	0.488
2000	**0.604**	0.576	0.484
2500	0.560	**0.568**	0.440
3150	**0.436**	0.432	0.324
4000	**0.464**	0.400	0.272
5000	0.332	**0.396**	0.140
6300	0.460	**0.496**	0.200
8000	0.524	**0.584**	0.260
10000	**0.700**	0.628	0.444

Tučně podtržená hodnota označuje nejvyšší pohltivost α v dané frekvenční zóně.

Z tohoto lze usoudit následující, nelze říci, která z těchto tří surovin by byla nejlepší. Naopak o kapoku můžeme říci, že si ze všech tří vybraných surovin vedl nejhůře až na nízko středně

frekvenční pásma. O denimu a textilní trhavině se nedá určit jasný vítěz, jelikož obě dvě suroviny vedou v 6 pásmech s nejvyšší pohltivostí. Obě dvě suroviny si vedou průměrně v nízko středním frekvenčním pásmu. Od středně vyššího frekvenčního pásma se hodnoty odlišují velice málo, jsou si velmi blízké, a právě ve vyšších frekvenčních zónách se nám tento závěr opakuje znovu. Nejde tedy říci, že by jeden materiál byl lepší než ten druhý.

3.6 Ekonomická analýza

V této kapitole praktické části se zaměříme na celkové ekonomické vyhodnocení vyrobeného paravánu a jeho porovnáním s podobným konkurentem, který je dostupný na trhu.

V našem případě budou v této kapitole zahrnuty náklady na materiál a čas který byl potřeba k vyrobení včetně naší práce. Za odvedenou práci při tvorbě tohoto panelu jsem se rozhodl se odměnit 220 Kč za hodinu.

Nutno také zmínit, že ceny TXB desek a odpadní textilní trhaviny jsou odhadové, jelikož nám byly darovány v rámci této práce od společnosti Diakonie Broumov.

Tabulka 4 Ekonomická analýza

Položka	Cena	Cena za m^2
KVH hranol (5 m)	460 Kč / 4 m (575 Kč)	115 Kč
TXB desky	332 Kč (83 Kč / Ks)	276 Kč
Textilní trhavina + pytle	185 Kč (33Kč / kg)	-
Lepidlo	115 Kč	-
Dřevěné kolíky	40 Kč	-
Řezání na laseru	1 426 Kč	-
Pojízdná kolečka 8 ks	144 Kč	-
Práce (8 hodin)	1 760 Kč	-
Celkem	4 577 Kč	-

Při naší práci byly celkově využity 4 metry dřeva na místo pořízených 5 metrů, zbývající metr se může dále využít pro další práci.

Cena TXB desek byla po konzultaci provede na základě již existujících OSB desek s přičtením 10 % jakožto rezervu. U odpadní textilní trhaviny jsme postupovali obdobně, nalezením podobných produktů na internetu a přičtením přirážky 10 %.

Celková cena tedy vychází na 4 577 Kč na 2 vyrobené kusy panelu, tedy 1 kus o rozměrech 600 x 500 s pojízdnými kolečky nás vyjde na 2 289 Kč.

Nejvíce podobný výrobek s podobnými rozměry, který je již výše zmíněný v teoretické části je UNIKA silent floor 1000 x 1200 x 40 mm. Tento produkt nabízí firma za cenu 9 559 Kč.

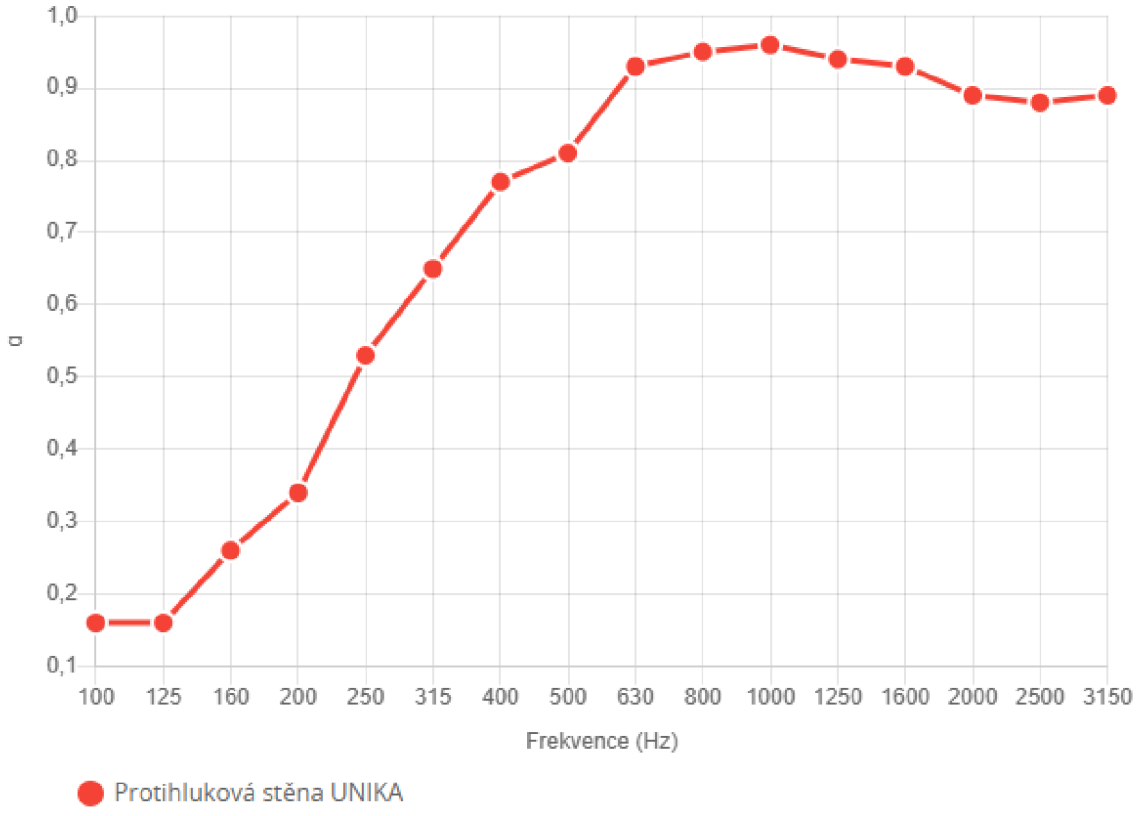
Dle aktuálně dostupných poznatků, lze říci, že náš návrh je oproti konkurenčnímu produktu levnější i při přepočtu na rozměry konkurence, tedy, že bychom náš panel vyrobili 4x a poskládali z něj stejně velkou konstrukci tak nás celkové náklady na výrobu vyjdou na zhruba 9 156 Kč.

Obrázek 25 UNIKA silent floor stejné rozměry

Na obrázku 25 můžeme vidět jakou zvukovou pohltivost má konkurenční panel při konkrétních frekvencích. Z tohoto obrázku můžeme porovnat pohltivost našich 4p-teoreticky z Obrázku 23 a usoudit následující. V nízké frekvenci 400 Hz má náš vyrobený panel velice podobné výsledky s komerčně vyrobeným paravánem. Poté začne pohltivost našeho panelu upadat, zhruba na

hodnoty pohltivosti v rozmezí 50-65 %. Následně se začne stabilizovat a zůstává stejnou po hranici 3150 Hz kde se pohltivost pohybuje v rozmezí 55-60 %.

Můžeme tedy říci, že náš panel dosahuje srovnatelných výsledků v nízkofrekvenční oblasti, avšak ve středních frekvencích již nedosahuje tak vysoké pohltivosti jako komerční protihluková stěna UNIKA. Zatímco konkurenční produkt vykazuje stabilně vysokou pohltivost napříč celým pásmem, náš panel po počátečním nárustu postupně ztrácí účinnost a stabilizuje se na hodnotách α=55-60 %.



Obrázek 26 Zvuková pohltivost UNIKA

4 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a zrealizovat akustický panel z textilního odpadu určený pro využití v open space prostorách. Jedním z hlavních požadavků na výslednou konstrukci byla její jednoduchost montáže. Panel měl být navržen tak, aby jeho sestavení zvládl běžný uživatel bez jakékoliv odborné znalosti, obdobně jako princip sestavení nábytku IKEA. Dalším požadavkem byla variabilita celého řešení, panel je díky kolečkům plně mobilní a jednotlivé kusy lze libovolně skládat vedle či nad sebe, čímž vzniká flexibilní akustické řešení přizpůsobitelné konkrétním potřebám daného prostoru.

V teoretické části byla nejprve popsána problematika open space kanceláří, jejich vliv na pracovní pohodu zaměstnanců a s nimi spojený syndrom open space. Následně byly vysvětleny základní principy akustiky, princip Helmholtzových rezonátorů a provedena analýza konkurenčních produktů dostupných na trhu. Součástí byl také popis použitých materiálů, a to TXB desek, přičemž jsme se seznámili s problematikou textilního odpadu a využití softwarových nástrojů.

V praktické části byl navržen a vyroben rám akustického panelu. Po počátečním neúspěšném návrhu bylo dosaženo finálního řešení, které bylo nejprve zmenšeně vyrobeno pomocí 3D tisku a následně vyrobeno v plné velikosti.

Doplňkovým ověřením funkčnosti panelu bylo měření akustické pohltivosti tří výplňových materiálů: odpadní denim, odpadní textilní trhanina a vlákna kapok v alfa kabině. Výsledky měření potvrdily, že navržený panel dosahuje hodnot pohltivosti odpovídajících běžným standardům pro tento typ akustického prvku.

Z ekonomického hlediska vychází výroba jednoho panelu na přibližně 2289 Kč, zatímco srovnatelný konkurenční výrobek je dostupný za 9 559 Kč. Při přepočtu na stejné rozměry by čtyři vyrobené panely vyšly na zhruba 9156 Kč, tedy srovnatelně s konkurenčním produktem, přičemž navržené řešení využívá druhotné suroviny, přispívá k účelnému využívání textilního odpadu a je velice variabilní, panel je možné svévolně montovat a demontovat dle potřeby uživatele, je také možné z něj vyrobit samostatně oddělitelný prostor ve velkém prostředí.

Na základě dosažených výsledků, lze konstatovat, že navržený akustický panel představuje funkční, variabilní a ekonomicky konkurenceschopné řešení pro zlepšení akustického komfortu v open space kancelářích.

V rámci budoucího rozvoje tohoto tématu pro další práce by bylo přínosné zaměřit se na vyrobení dalších 2 panelů a změřením na standardní ploše 1200 x 1000 aby bylo dosaženo přesných výsledků. Zajímavým směrem by bylo testování dalších druhů textilního odpadu.

Seznam použité literatury

[1] MOUDŘÍKOVÁ, L. *Psychologické aspekty práce v open space kancelářích*. [Online]. Praha, 2015. [vid. 2025-10-07]. Dostupné z: https://theses.cz/id/fxi5n8/

[2] PETROVÁ, J. *Syndrom open space*. [Online]. Praha, 2014. [vid. 2025-10-07]. Dostupné z: https://theses.cz/id/tmtcn3/

[3] BLÁHOVÁ, E. *Psychologické aspekty práce v uzavřených a open space kancelářích*. [Online]. Praha, 2007. [vid. 2025-10-07]. Dostupné z: https://theses.cz/id/stcin6/

[4] ŠKUTKOVÁ, H. Akustický generátor pro buzení evokovaných potenciálů. [Online]. Brno, 2009. [vid. 2025-11-01]. Dostupné z: https://dspace.vut.cz/server/api/core/bitstreams/f1840d3e-fe72-44c1-b9e6-bdba48e1b03b/content

[5] ČERNOCH, L. Akustická stěna pro interiér. [Online]. Liberec, 2023. [vid. 2025-11-01]. Dostupné z: https://dspace.tul.cz/items/8fc0d537-8da9-4061-b77d-be7c5a0257ea

[6] ECOPHON. Výběr správné zvukové absorpce [online]. 2025 [vid. 2025-11-01]. Dostupné z: https://www.ecophon.com/cz/about-ecophon/acoustic-knowledge/how-to-create-good-room-acoustics/choosing-the-right-sound-absorption/

[7] JREICHL, J. Odraz zvuku, pohlcování zvuku. In: Fyzika.jreichl.com [online]. [vid. 2025-11-01]. Dostupné z: http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/197-odraz-zvuku-pohlcovani-zvuku

[8] WOLF, D. Protihlukové panely pro exteriéry. [Online]. Liberec, 2025. [vid. 2025-11-03]. Dostupné z: https://stag.tul.cz/portal/studium/prohlizeni.html?pc_pagenavigationalstate=AAAAAQAGMjMyMzk2EwEAAAABAAhzdGF0ZUtleQAAAAEAFC05MjIzMzcyMDM2ODU0NzY5ODI5AAAAAA**#prohlizeniSearchResult

[9] LANDGRÁF, M. *Akustické úpravy poslechové místnosti*. [Online]. Plzeň, 2023. [vid. 2025-11-09]. Dostupné z: https://dspace.zcu.cz/items/6f63a36d-0349-4092-a514-d67a254f57e3

[10] HOLÁT, J. Konstrukce nízkofrekvenčních tlumicích akustických prvků na principu Helmholtzových rezonátorů. [Online]. Plzeň, 2020. [vid. 2025-11-09]. Dostupné z: https://dspace.zcu.cz/items/e8f8694d-20d0-4a8c-97d4-3c87a2501342

[11] AQ STUDIO. AQ Sound Panel [Online]. 2023 [vid. 2025-11-18]. Dostupné z: https://www.aqstudio.cz/aq-sound-panel-p26587/

[12] GRENA, a.s. Akustické panely [Online]. 2023 [vid. 2025-11-18]. Dostupné z: https://www.grena.cz/akusticke-panely.html

[13] RODEL AUDIO. AM Block 8 cm- 50 x 100 cm [Online]. 2023 [vid. 2025-11-18]. Dostupné z: https://www.rodel-audio.cz/produkty-am-block-8-cm-50-x-100-cm-detail-4626

[14] AKUSTICKA-PENA.CZ. Lisované akustické desky [Online]. 2025 [vid. 2025-11-18]. Dostupné z: https://www.akusticka-pena.cz/zbozi-ceny/lisovane-akusticke-desky/

[15] BAUHAUS. Akustický obkladový panel – světlý dub [Online]. 2025 [vid. 2025-11-18]. Dostupné z: https://www.bauhaus.cz/akusticky-obkladovy-panel-31995212

[16] POTICHU.CZ. UNIKA protihluková oddělovací stěna [Online]. 2025 [vid. 2025-11-19]. Dostupné z: https://potichu.cz/produkt/unika-protihlukova-oddelovaci-stena/

[17] ODEON, Open-plan office acoustics [online]. 2025 [vid. 2025-11-03]. Dostupné z: https://odeon.dk/learn/articles/open-plan-office-acoustics/

[18] BERGEFURT, L. a R. APPEL-MEULENBROEK a T. ARENTZE. Level-adaptive sound masking in the open-plan office: How does it influence noise distraction, coping, and mental health? Applied Acoustics [online]. 2024, 217, 109845. [vid. 2025-11-04]. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X23006436?via%3Dihub

[19] COMPO INTERIÉRY, Akustická řešení pro moderní open space kanceláře [online]. 2025 [vid. 2025-11-04] Dostupné z: https://compointeriery.cz/akusticka-reseni-pro-moderni-open-space-kancelare/

[20] GUŽAS, D. a R. KLIMAS a V. TRIČYS. ACOUSTIC SCREEN STRUCTURES, THEIR PROPERTIES FOR NOISE AND VIBRATION REDUCTION. Polish Academy of Science, The

Archive of Mechanical Engineering. [online]. 2007, (2). [vid. 2025-11-04]. Dostupné z: https://www.journals.pan.pl/dlibra/publication/131553

[21] ERGO INTERIER. HOBIS – Akustické paravány. [online]. Praha: Ergo interier, 218. [vid. 2025-11-05]. Dostupné z: https://www.ergo-interier.cz/public/cache/shop/produkt/hobis_akusticke_paravany.pdf

[22] MÉDIUM.CZ, Každý Čech vyhodí ročně patnáct kilo oblečení. Swapy ukazují, jak mohou ušetřit obce i občané [online]. 2026 [vid. 2026-04-06]. Dostupné z: https://medium.seznam.cz/clanek/arnika-kazdy-cech-vyhodi-rocne-patnact-kilo-obleceni-swapy-ukazuji-jak-mohou-usetrit-obce-i-obcane-260015

[23] ARNIKA.ORG, Kolik textilu se za rok vyhodí v České republice a kolik ve světě [online]. 2025 [vid. 2026-04-06]. Dostupné z: https://arnika.org/o-nas/faq/faq-odpady/faq-textilni-odpad/kolik-textilu-se-za-rok-vyhodi-v-ceske-republice-a-kolik-ve-svete

[24] TXB GROUP, TXB desky z recyklovaného textilu [online]. 2026 [vid. 2026-04-06]. Dostupné z: https://www.txb.cz/

[25] BVV.CZ, Světový unikát – stavební desky z více druhových materiálů – to umí TXB [online]. 2024 [vid. 2026-04-06]. Dostupné z: https://www.bvv.cz/styl-kabo/aktuality/svetovy-unikat-stavebni-desky-z-vice-druhovych-materialu-to-umi-txb

[26] IROZHLAS, Jen někdo nakoukne a spustí se alarm.‘ Utajovaná linka Diakonie Broumov dělá stavební desky z textilu [online]. 2026 [vid. 2026-04-06]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/jen-nekdo-nakoukne-a-spusti-se-alarm-utajovana-linka-diakonie-broumov-dela_2603110718_jar

[27] IROZHLAS, Diakonie Broumov má unikátní linku na zpracování textilního odpadu. Vyrobí z něj izolační desky [online]. 2026 [vid. 2026-04-06]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/diakonie-broumov-ma-unikatni-linku-na-zpracovani-textilniho-odpadu-vyrobi-z-nej_2602240628_epo

[28] AUTODESK, Co je to Autodesk Inventor [online]. 2024 [vid. 2026-04-08]. Dostupné z: https://www.autodesk.com/cz/products/inventor/overview

[29] AUTODESK, Hlavní funkce aplikace Inventor [online]. 2024 [vid. 2026-04-08]. Dostupné z: https://www.autodesk.com/cz/products/inventor/features

[30] PRUSA3D, PrusaSlicer 424 [online]. 2026 [vid. 2026-04-08]. Dostupné z: https://www.prusa3d.com/page/prusaslicer_424/

[31] HELP.PRUSA3D, PrusaSlicer – základní informace [online]. 2026 [vid. 2026-04-08]. Dostupné z: https://help.prusa3d.com/cs/article/prusaslicer-zakladni-informace_1910

[32] NOVATOP-SYSTÉM. RAUMECHO, [online]. 2026 [vid. 2026-04-26]. Dostupné z: https://novatop-system.cz/raumecho/

Seznam příloh

Obrázek 1: Schematické rozdělení intenzity zvuku při dopadu na stěnu

Obrázek 2: Mechanická analogie akustické rezonanční soustavy

Obrázek 3: AQ sound panel

Obrázek 4: Akustický panel typ AK 02

Obrázek 5: AM Block

Obrázek 6: Lisované akustické desky

Obrázek 7: Akustický obkladový panel

Obrázek 8: UNIKA silent floor

Obrázek 9: Alfa kabina

Obrázek 10: Návrh rámu

Obrázek 11: Schéma panelu vedle stolu, M1:10

Obrázek 12: Nařezaný materiál

Obrázek 13: Vyznačování míst pro vrtání

Obrázek 14: Fotografie hotového rámu

Obrázek 15: Pytel uvnitř panelu

Obrázek 16: Kov uvnitř desky

Obrázek 17: Perforovaná TXB deska

Obrázek 18: Dokončený panel

Obrázek 19: Panel v alfakabině

Obrázek 20: Graf průběhu měření jednotlivých panelů

Obrázek 21: Pohltivost jedné osoby

Obrázek 22: Pohltivost dvou osob

Obrázek 23: Graf průběhu měření dvou panelů najednou

Obrázek 24: Graf měření panelů + teorie 4 panelů

Obrázek 25: UNIKA silent floor stejné rozměry

Obrázek 26: Zvuková pohltivost UNIKA

Tabulka 1: Analýza konkurenčních produktů

Tabulka 2: Materiálový přehled

Tabulka 3: Přehled výsledků teoretických měření

Tabulka 4: Ekonomická analýza

Příloha č. 1: Výkres dílu A

Příloha č. 2: Výkres dílu A s kolečky

Příloha č. 3: Výkres dílu B

Příloha č. 4: Model stolu

Příloha č. 5: Vyvrtané otvory do rámu

Příloha č. 6: Kolíky se dřevem

Příloha č. 7: TXB deska v laserovém zařízení

Příloha č. 8: Zkrácené TXB desky na rozměr 600 x 500

Příloha č. 9: Pytel pro výplň

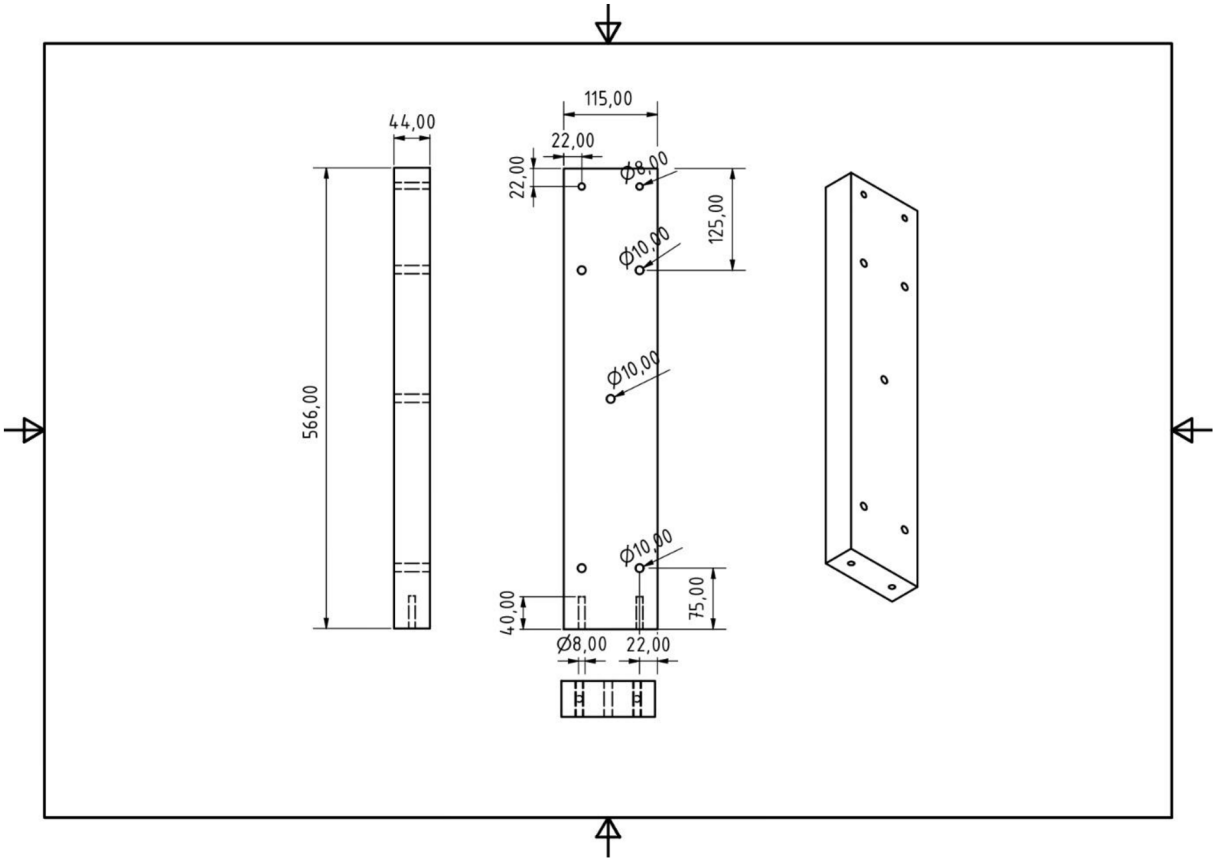
Příloha č. 10: Denim v pytli

Příloha č. 11: Kapok v pytli

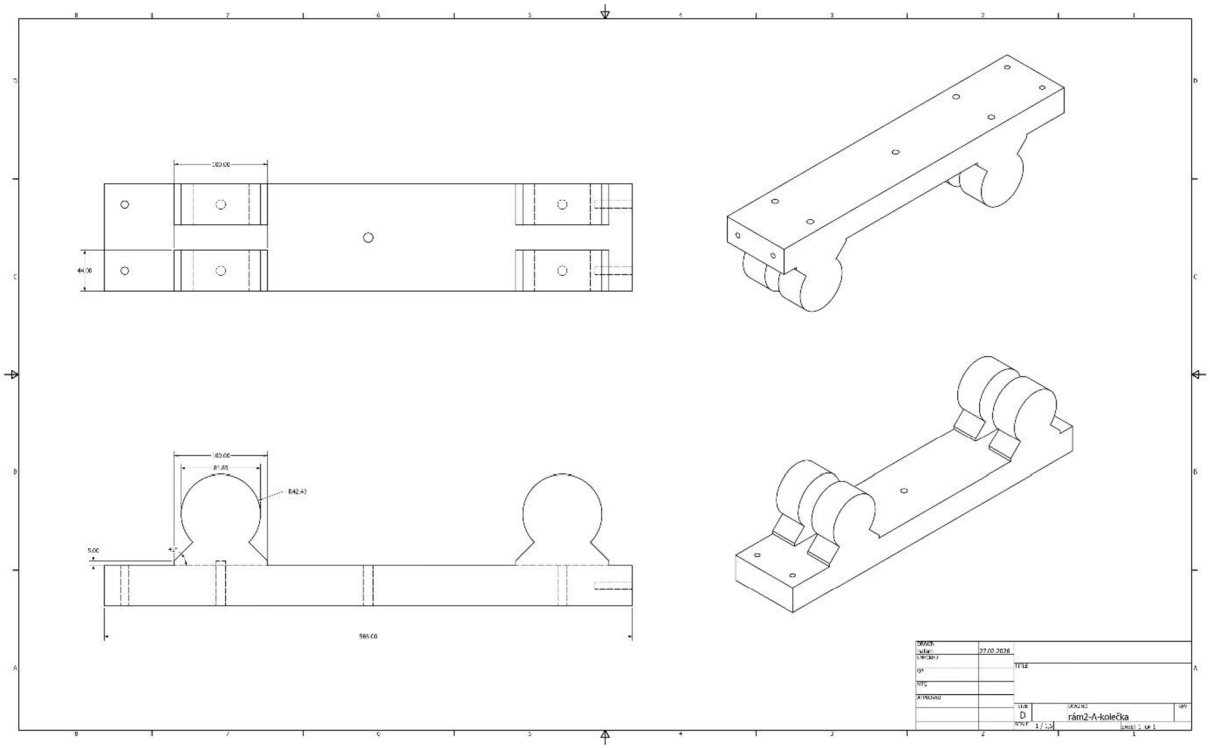
Příloha č. 12: Směsný odpadový textil v pytli

Příloha č. 13: Perforovaný panel – výkres

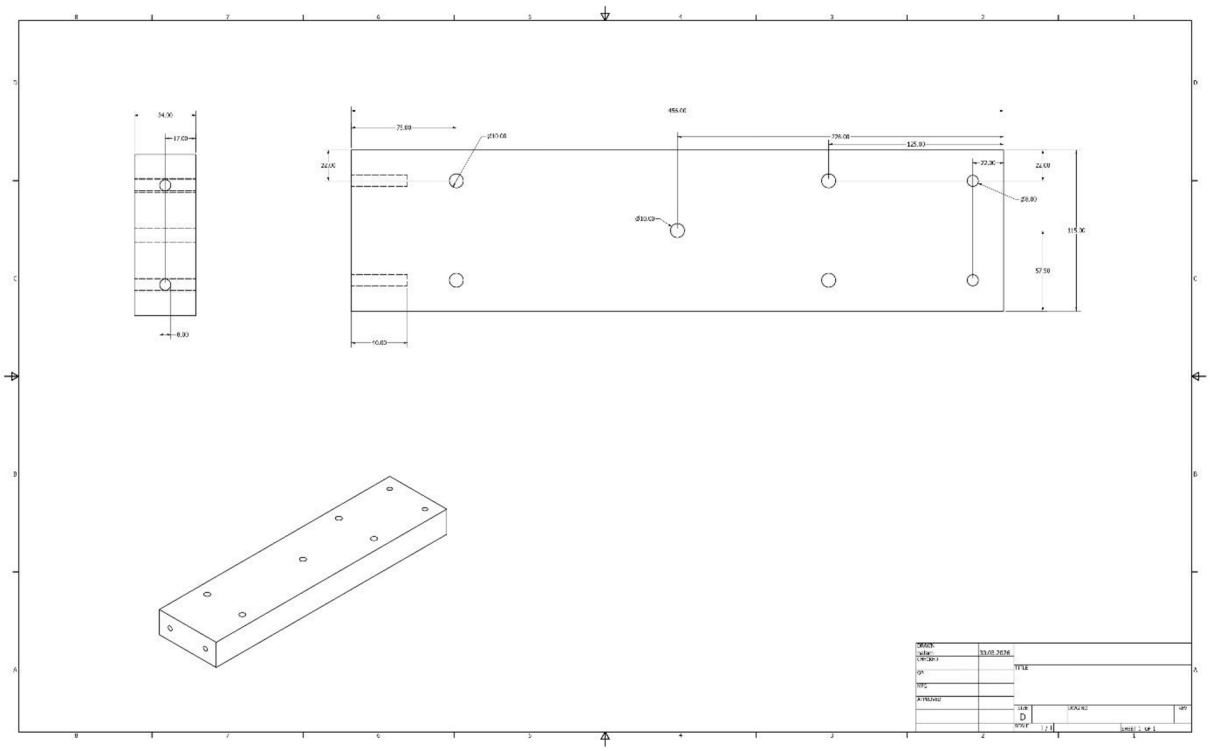
Příloha č. 1: Výkres dílu A



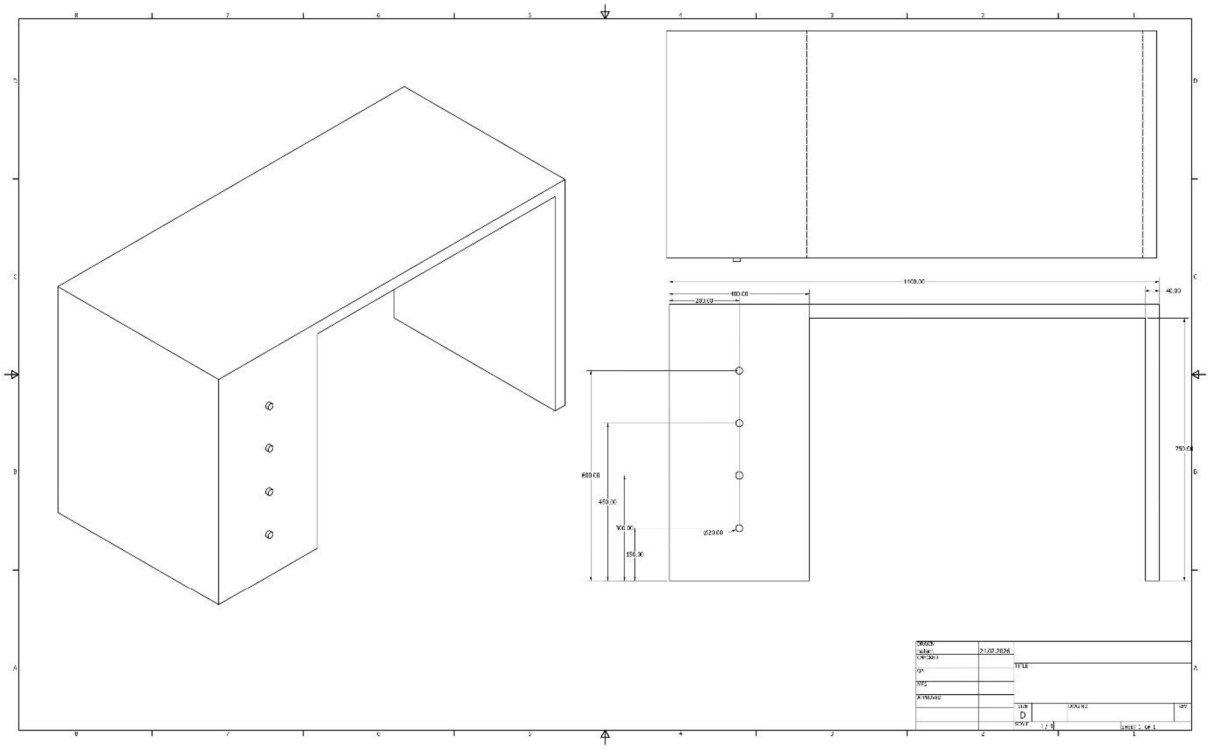
Příloha č. 2: Výkres dílu A s kolečky



Příloha č. 3: Výkres dílu B



Příloha č.4: Model stolu



Příloha č.5: Vyvrtané otvory do rámu

Příloha č.6: Kolíky se dřevem

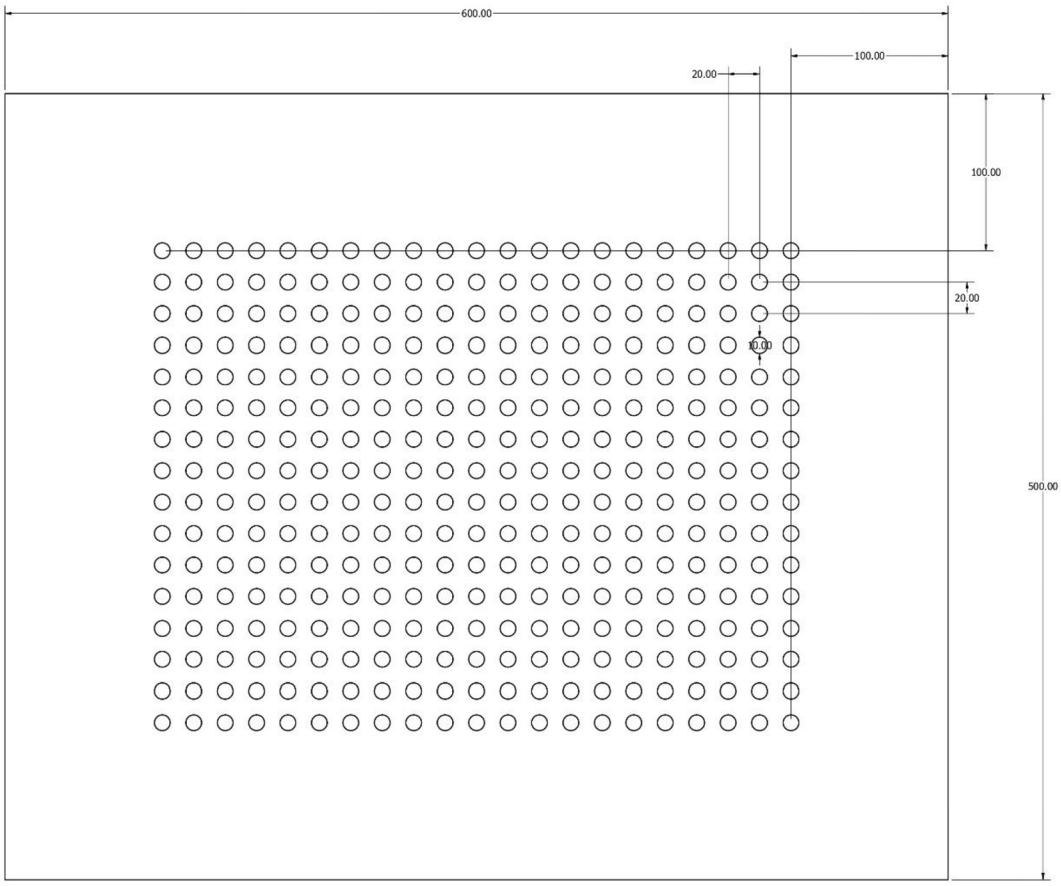
Příloha č.7: TXB deska v laserovém zařízení

Příloha č.8: Zkrácené TXB desky na rozměr 600 x 500

Příloha č. 9: Pytel pro výplň

Příloha č. 10: Denim v pytli

Příloha č. 11: Kapok v pytli

Příloha č. 12: Směsný odpadový textil v pytli

Příloha č. 13: Perforovaný panel – výkres