



Bakalářská práce

Fotopříslušenství

Photo accessory

Autor: Marek Sedlák

Studijní program: (B) Bakalářský

Studijní obor: (B212) Design

Vedoucí: MgA. Filip Streit, MgA. Tomáš Polák

Praha, Červen 2025

© Marek Sedlák

České vysoké učení technické v Praze, 2025

Klíčové slová: *Skener, Analógová fotografia, fotografia, 35mm film, DSLR
skenovanie*

Key words: *Scanner, analog photography, photography, 35mm fil, DSLR
Scanning*

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta architektury	
Autor: Marek Sedlák	
Akademický rok / semestr: 2024/2025	
Ústav číslo / název: 15150 / Ústav designu	
Téma bakalářské práce - český název: Fotopříslušenství	
Téma bakalářské práce - anglický název: photo accessory	
Jazyk práce: slovenský	
Vedoucí práce:	MgA. Filip Streit
Oponent práce:	MgA. David Stecker
Klíčová slova (česká):	<i>Skener, Analógová fotografia, fotografia, 35mm film, DSLR skenovanie</i>
Anotace (česká):	Predmetom bakalárskej práce je vývoj kompaktného a používateľsky prístupného systému na digitalizáciu analógového filmu prostredníctvom fotoaparátu. Celý systém je navrhnutý na 3D tlač, čo znižuje výrobné náklady a umožňuje tak aj rýchlu personalizáciu. Návrh zahŕňa posuvný mechanizmus pre jednoduchú manipuláciu s filmom, výmenné držiaky pre rôzne typy filmov a svetelne izolovaný tubus, ktorý zabezpečuje presné napojenie na objektív fotoaparátu. Takto je možné dosiahnuť konzistentnú kvalitu skenovania bez ohľadu na okolité svetelné podmienky, pričom je zároveň dodržaná správna zaostrovacia vzdialenosť. Táto práca zahŕňa analýzu trhu, vývoj konštrukčného riešenia a testovanie prototypu.
Anotace (anglická):	The subject of the bachelor thesis is the development of a compact and user-friendly system for the digitization of analogue film via a camera. The whole system is designed for 3D printing, which reduces production costs and thus allows for fast personalization. The design includes a sliding mechanism for easy film handling, interchangeable holders for different types of film and a light-insulated tube that ensures a precise connection to the camera lens. In this way, consistent scan quality can be achieved regardless of ambient light conditions, while at the same time maintaining the correct focusing distance. This work includes market analysis, design development and prototype testing.

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s „Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne 26.5.2025


Podpis autora bakalářské práce

Tento dokument je nedílnou, povinnou součástí bakalářské práce i portfolio (titulní list)



FAKULTA
ARCHITECTURY
ČVUT V PRAZE

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta architektury
Zadání bakalářské práce

jméno a příjmení: **PIREK SEDLÁK**

datum narození: **9.11.1999**

akademický rok / semestr: **LS 2025**

studijní program: **DESIGN**

ustav: **15150 ÚSTAV DESIGNU**

vedoucí bakalářské práce: **MgA. FILIP STREET**

téma bakalářské práce: **FOTO PRÍSLUŠENSTVÍ**

ve výstavbě na BP

zadání bakalářské práce:

1/ popis zadání projektu a očekávaného cíle řešení

**ANALÝZA PROBLEMATIKY, FORMOVÁNÍ VIZE, VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ,
VIZUALIZACE A MODEL**

2/ popis závěrečného výsledku, výstupy a měřítka zpracování

MODEL, PLAKÁT, PORTFOLIO, BAKALÁŘSKÁ PRÁCE (KNIHA)

3/ seznam případných dalších dohodnutých částí BP

Datum a podpis studenta:

11.2.2025 

Datum a podpis vedoucího BP:



České vysoké učení technické v Praze
FAKULTA ARCHITECTURY
15.150 | Ústav Designu
Thakurova 2700/9, 156 36 Praha 6

registrované studio: **Štěpánka a Stránský**

Podakovanie

Týmto by som rád poďakoval pánovi MgA. Filipovi Streitovi a MgA. Tomášovi Polákovi za vedenie mojej bakalárskej práce. Poďakovať chcem aj Bohuslavovi Pádrovi, ktorý mi s jeho odbornými znalosťami pomáhal pri navrhovaní modelu.

V neposlednom rade taktiež ďakujem rodine, kamarátom, spolužiakom a priateľke za podporu.

Anotácia

Predmetom bakalárskej práce je vývoj kompaktného a používateľsky prístupného systému na digitalizáciu analógového filmu prostredníctvom fotoaparátu. Celý systém je navrhnutý na 3D tlač, čo znižuje výrobné náklady a umožňuje tak aj rýchlu personalizáciu. Návrh zahŕňa posuvný mechanizmus pre jednoduchú manipuláciu s filmom, výmenné držiaky pre rôzne typy filmov a svetelne izolovaný tubus, ktorý zabezpečuje presné napojenie na objektív fotoaparátu. Takto je možné dosiahnuť konzistentnú kvalitu skenovania bez ohľadu na okolité svetelné podmienky, pričom je zároveň dodržaná správna zaostrovacia vzdialenosť. Táto práca zahŕňa analýzu trhu, vývoj konštrukčného riešenia a testovanie prototypu.

Annotation

The subject of the bachelor thesis is the development of a compact and user-friendly system for the digitization of analogue film via a camera. The whole system is designed for 3D printing, which reduces production costs and thus allows for fast personalization. The design includes a sliding mechanism for easy film handling, interchangeable holders for different types of film and a light-insulated tube that ensures a precise connection to the camera lens. In this way, consistent scan quality can be achieved regardless of ambient light conditions, while at the same time maintaining the correct focusing distance. This work includes market analysis, design development and prototype testing.

Obsah

1.	ÚVOD	7
1.1	HISTÓRIA FOTOGRAFIE	7
1.2	HISTORIE A VÝVOJ SKENERŮ	9
2.	ANALYTICKÁ ČASŤ	12
2.1	SKENERY (PRIESKUM TRHU)	12
2.2	FILMY, DRUHY (TYPY FILMOV, ROZMERY)	15
2.3	FOTOAPARÁTY A MAKRO OBJEKTÍVY	16
2.4	TECHNOLOGICKÁ ANALÝZA	CHYBA! ZÁLOŽKA NIE JE DEFINOVANÁ.
3.	FORMULÁCIA VÍZIE.....	18
3.1	CIEĽOVÁ SKUPINA.....	18
3.2	MATERIÁL	18
3.3	TVAR	18
3.4	TECHNOLOGICKÉ ROZŠÍRENIE A VÍZIA DO BUDÚCNOSTI	19
4.	PROCES NAVRHOVANIA	20
4.1	ZAČIATOK NAVRHOVANIA.....	20
4.2	PRVOTNÉ NÁVRHY	21
4.3	POKROČILÉ NÁVRHY	21
4.4	MODELOVANIE A RIEŠENIE KONŠTRUKCIE	22
4.5	MATERIÁLY	22
5.	PROTOTYPOVANIE A TESTOVANIE.....	23
5.1	HLAVNÁ ČASŤ SKENERU	24
5.2	DRŽIAKY FILMU	26
5.3	POSUVNÝ MECHANIZMUS	28
5.4	SVETELNÝ ZDROJ	31
5.5	PREDLŽOVACIE TUBUSY.....	32
6.	VÝSLEDNÝ NÁVRH	34
6.1	HL. ČASŤ SKENERU.....	34
6.2	DRŽIAKY FILMU	35
6.3	POSUVNÝ MECHANIZMUS	36
6.4	SVETELNÝ ZDROJ	37
6.5	PREDLŽOVACIE TUBUSY.....	40
6.6	DOPLNKY	41
7.	POSTUP SKENOVANIA	42
8.	CENOVÁ A ČASOVÁ KALKULÁCIA 3D TLAČE	44
9.	TECHNICKÁ DOKUMENTÁCIA.....	45
10.	ZÁVER	47
11.	POUŽITÉ MATERIÁLY A ZDROJE	48

1. Úvod

Predmetom mojej bakalárskej práce je návrh kompaktného skeneru na filmové negatívy, ktorý bude vyrábaný pomocou 3D tlače. Táto práca sa zameriava na vytvorenie cenovo dostupného, ľahko výrobitelného a užívateľsky prívetivého zariadenia, ktoré by umožňovalo efektívnu digitalizáciu negatívov pomocou digitálneho fotoaparátu. Navrhnutý skener kombinuje výhody súčasných technológií s dôrazom na funkčnosť, estetiku a je určený najmä pre fotografov a nadšencov, ktorí chcú digitalizovať svoj archív v domácich podmienkach rýchlo a efektívne.

V analytickej časti práce sa zameriavam na prieskum trhu, analýzu existujúcich produktov, ich výhody či nedostatky a skúmanie potrieb cieľovej skupiny. Ďalej sa venujem možnostiam 3D tlače, spôsobu vedenia filmu a uchyteniu fotoaparátu. Zvláštny dôraz kladiem na jednoduchú zostaviteľnosť, údržbu, minimalizáciu potreby náradia a možnosť výmeny jednotlivých modulov podľa potrieb užívateľa.

Cieľom tejto práce je navrhnuť skener, ktorý bude kompaktný, ľahko výrobitelný pomocou bežnej 3D tlačiarne, a pritom ponúkne presné vedenie filmu, kvalitné rovnomerné presvietenie a kompatibilitu s rôznymi digitálnymi fotoaparátmi alebo telefónmi. V návrhu zohľadňujem ergonómiu, estetiku a aj technickú stránku veci.

Existujúce riešenia na trhu sú často buď príliš drahé, zložité na obsluhu alebo zaberajú zbytočne veľa miesta. Mojm cieľom bolo vytvoriť jednoduché a kompaktné zariadenie, ktoré umožní pohodlné, kvalitné a zároveň dostupné skenovanie filmových negatívov pomocou digitálneho fotoaparátu.

K tejto téme ma viedol osobný vzťah k fotografii a dlhodobý záujem o navrhovanie funkčných produktov, ktoré reagujú na konkrétne potreby používateľov.

Využitie 3D tlače ako hlavného výrobného postupu mi umožnilo flexibilitu pri vývoji prototypov, personalizáciu podľa rôznych potrieb konečného užívateľa a relatívne nízke výrobné náklady v porovnaní s konkurenciou. Súčasťou návrhu je aj mechanizmus pre plynulý posun filmu bez potreby manipulácie s negatívom rukami, čím sa znižuje riziko zašpinenia samotného filmu.

1.1 História fotografie

Počiatky fotografie ako takej a pokusov spojenými s podobnými princípmi aké poznáme v oblasti filmovej fotografie by sa dali datovať veľmi ďaleko do našej minulosti, kde sa vedci a vynálezcovia najprv zaoberali Camerou Obscuro (z lat. temná alebo aj dierková komora), ktorá bola hlavným princípom každého fotoaparátu. "Pôvodne to bola temná miestnosť s jedným malým otvorom cez ktorý prechádzal na protiľahlú stenu zväzok paprskov a tým dochádzalo k vykreslení obráteného obrazu predmetov umiestnených pred otvorom."¹

Existovalo hneď niekoľko ľudí, ktorí mali rovnaký cieľ, zreprodukovať to, čo dokáže Camera Obscura a pretransformovať to do kvalitnejšieho a použiteľnejšieho celku. Jedným z nich bol aj francúzsky vynálezca Joseph Nicéphore Niépce, ktorý stojí za prvou zhotovenou snímku z roku 1825, ktorá bola vytvorená na cínovú dosku natretú petrolejovým roztokom asfaltu, kde celkový čas expozície trval 8 hodín. Niépce sa v spolupráci s umelcom Jacques Dagguer-om snažil zdokonaľiť jeho pokusy a zrýchliť celkový proces zachytenia fotografie. Po smrti J. N. Niépca, sa Dagguer ďalej sám zaujímal o

¹ TAUSK, Petr. Dějiny fotografie I. - Přehled vývoje fotografie do roku 1918. 1. vyd. Praha: SPN, 1987. s. 8–11.

vylepšenie ich nápadov. Dagguer mal svoje fotografie na strieborných jodizovaných platniach, ktoré sa museli obracať sem a tam až kým ste v správny moment a za správneho svetla nerozoznali jemne šedý obraz. Ľudia ich brali ako niečo výnimočné, uchovávali ich v púzdrach, v ktorých mali aj svoje šperky. Jedna takáto jeho strieborná platňa, teda fotka, sa predávala za 25 zlatých frankov.

Dagguer v roku 1839 oznámil jeho objav a vynález, ktorý nazval dagguerotypie. Tento patent následne odkúpila francúzska vláda a dala ho verejnosti voľne k použitiu.²

Jeden z ďalších prvých vynálezcov, bol aj William Henry Fox Talbot, ktorý síce vynášiel rýchlejší a efektívnejší spôsob vytvorenia expozície, ale udržiaval ho v tajnosti. Hneď ako zistil, že vo svete už niekto iný vymyslel podobnú vec, zdokonalil to ešte viac a to tak, aby bol použiteľný aj na snímanie ľudí. W. F. Talbot tento svoj nápad patentoval v roku 1840 a nazval ho kalotypia.³

Kalotypia po prvýkrát umožnila rozmnožovať snímky procesom negatív-pozitív, snímky boli menej zraniteľné, výroba bola lacnejšia a možno ju považovať za najväčší prínos pre fotografiu. Talbot teda namiesto chloridu strieborného použil jodid strieborný a zaznamenával len tzv. latentný obraz, teda veľmi slabý obraz. Ten následne vyvolával a zosilňoval ďalšími chemickými činidlami. To umožnilo skrátiť dobu expozície na niekoľko sekúnd.

Základnou výhodou kalotypie oproti dagguerotypii bolo to, že umožňovala tvorbu priehľadného negatívu, pomocou ktorého bolo možné vyrábať ľubovoľné množstvo kvalitných, pozitívnych kópií.

Na základe kalotypie John Herschel zaviedol pojmy negatív a pozitív.

Zdokonaľovanie v procesoch vytvárania fotografií samozrejme pokračovalo ďalej, a na základe poznatkov od W. F. Talbota sa na scénu pripojila aj ďalšia veľmi významná postava, George Eastman.

Eastman založil spoločnosť Kodak a patentoval si aj papierový fotografický zvitkový film. Zvitkový film bol mimo iného aj inšpiráciou pre prvý film, kde ho prvýkrát použil Louis Le Prince v roku 1888.

Vývoj fotografického filmu vznikol najmä kvôli praktičnosti, nakoľko sklo, ako základný materiál pre fotku, bolo veľmi neskladné, ťažké a taktiež príliš krehké, preto sa od 80. rokov 19. storočia ľudia snažili o vytvorenie nového hlavného fotografického média, ktoré by spĺňalo určité parametre, ktorými boli napríklad ohybnosť, ľahkosť, skladnosť a trvanlivosť. Presne takýto fotografický materiál si roku 1884 nechal patentovať George Eastman, ktorého som spomínal už vyššie, pod názvom stripping film (z angl. sťahovací film).

² HARRISON, Jerome W. A history of photography. Google Books, publikovane 1888, digitalizovane, s. 27-29.

³ HLÁVAČ, Ľudovít, Dejiny fotografie, Martin: Osveta, 1987. s. 34

1.2 História a vývoj skenerov

História skenovania ako procesu prevodu vizuálnej informácie do inej podoby siaha až do prvej polovice 19. storočia. V tejto dobe vznikali prvé pokusy o prenos obrazu na diaľku, ktoré neskôr viedli k vzniku faxových zariadení, telefotografických systémov a nakoniec moderných skenerov.

Telefotografické zariadenia využívali rotačný valec a fotodetektor, pričom predloha bola postupne po riadkoch osvetľovaná a prevádzaná na elektrický signál. Ten sa následne prenášal bežnou telefónnou linkou do prijímacej jednotky, ktorá podľa intenzity signálu tlačila obraz na fotografický papier. Výslednú snímku potom bolo nutné vyvolať v temnej komore.

Tento spôsob prenosu obrazu používali tlačové agentúry a ateliéry od 20. rokov 20. storočia až zhruba do polovice 90. rokov. V prípade farebných snímok sa obraz najprv rozložil na tri farebné zložky (červenú, zelenú a modrú) pomocou RGB filtrov.

Každá zložka bola prenášaná samostatne, čo celý proces výrazne predražovalo. Z toho dôvodu sa farebné prenosy týmto spôsobom vykonávali len zriedka.⁴

V nasledujúcej časti budú chronologicky predstavené kľúčové míľniky, ktoré zásadne ovplyvnili vývoj technológie skenovania.

Za jedného z prvých priekopníkov v oblasti prenosu obrazu býva považovaný škótsky vynálezca Alexander Bain, ktorý v rokoch 1843 až 1846 pracoval na experimentálnom zariadení schopnom prenášať obrazové informácie na diaľku. Bainov prístroj využíval dvojicu synchronizovaných kyvadiel, ktoré umožňovali presný pohyb čítacieho a zapisovacieho zariadenia po jednotlivých riadkoch obrazu. Kľúčovým prvkom bola vodivá dotyková ceruzka, ktorá slúžila ako snímacia a zapisovacia hlava. Bain vo svojom patente deklaroval, že pomocou tejto technológie je možné vytvoriť kópiu akéhokoľvek povrchu tvoreného vodivými a nevodivými materiálmi. Jeho koncept tak položil základy pre budúce konštrukcie faxových prístrojov a nepriamo aj pre princíp skenovania.

Na Bainove pokusy nadviazal o niekoľko rokov neskôr Frederick Bakewell, anglický fyzik, ktorý v roku 1848 predstavil technicky vyspelejšiu verziu faxového zariadenia. Namiesto kyvadiel použil synchronizované rotujúce valce, čím zaistil plynulejší a presnejší prenos obrazu. Jeho zariadenie už bolo schopné reprodukovать jednoduché grafické predlohy a približovalo sa konštrukčne k princípom moderných faxových strojov. Bakewell tak významne prispel k premosteniu medzi experimentálnymi prototypmi a prvými prakticky využiteľnými zariadeniami.

Ďalší zásadný krok vo vývoji technológie prenosu obrazu predstavuje Giovanni Caselli, taliansky fyzik a vynálezca. V roku 1861 zostrojil tzv. Pantelegraf, ktorý sa stal prvým komerčne nasadeným prístrojom na prenos ručne písaného textu, podpisov a jednoduchých kresieb. Tento elektromechanický systém fungoval na princípe elektromagnetického pohonu a synchronizácie pohybu čítacej a zapisovacej hlavy. Pantelegraf umožňoval prenos obrazovej informácie na relatívne veľkej ploche (cca 150 × 100 mm), a to s vysokou mierou vernosti, čo z neho robilo predchodcu moderných skenovacích technológií. Jeho zariadenie bolo používané napríklad v štátnej správe alebo bankovníctve.

⁴ NEWMAN, Michael. NIST Tech Beat: Fiftieth Anniversary of First Digital Image. Marked In: NIST Tech Beat [online]. 2007, May 24, 2007 [cit. 2025-05-09]. Dostupné z: <https://www.nist.gov>

S ďalším pokrokom prišiel francúzsky fotograf a vynálezca Édouard Belin, ktorý v roku 1913 vyvinul systém zvaný Belinograf. Tento prístroj bol určený na prenos fotografií prostredníctvom bežných telefónnych liniek. Belinograf pracoval na princípe optického snímania obrazu a jeho premeny na elektrický signál, ktorý mohol byť prenášaný po diaľkových spojoch a znova reprodukován na druhej strane. Systém bol široko používaný najmä v období rokov 1914 až 1921, a to predovšetkým spravodajskými agentúrami pre distribúciu aktuálnych fotografií. Belinograf je tak významným míľnikom v histórii skenovacej techniky, pretože išlo o jeden z prvých systémov, ktorý umožňoval diaľkový prenos zložitejších obrazových dát.

Zásadný zlom vo vývoji skenovacej techniky prinieslo až 20. storočie, konkrétne obdobie druhej polovice 50. rokov, kedy došlo k prvému prepojeniu technológie skenovania s digitálnym počítačom. Kľúčovou postavou tohto obdobia bol americký vedec Russell A. Kirsch, ktorý pôsobil v rámci National Bureau of Standards (dnes NIST). V roku 1957 viedol výskumný tím, ktorý pracoval na prvom interne programovateľnom počítači v Spojených štátoch - Standards Eastern Automatic Computer (SEAC).

Kirsch navrhol, že by bolo možné použiť počítač nielen na numerické výpočty, ale aj na rozpoznávanie obrazových znakov. K tomu však bolo nutné vytvoriť zariadenie, ktoré by dokázalo previesť vizuálnu informáciu do digitálnej formy vhodnej na spracovanie počítačom. Výsledkom tohto snaženia bol prvý bubnový skener, ktorý umožňoval postupné snímanie obrazu a jeho prevod na digitálne dáta.

Ako prvý digitálne naskenovaný vizuálny obraz bola v roku 1957 vytvorená fotografia Kirschova 3-mesačného syna Waldena, a to v rozlíšení 176×176 pixelov. Tento historický moment je považovaný za začiatok digitálneho skenovania. V roku 2003 bol tento sken zaradený americkým časopisom Life medzi 100 fotografií, ktoré zmenili svet.⁵

⁵ PLOTBASE. Jak vypadala první počítačově naskenovaná fotka? [online]. [cit. 2025-05-09]. Dostupné z: <https://www.plotbase.cz/blog/jak-vypadala-prvni-pocitacove-naskenovana-fotka>



Obr. 1: Prvá naskenovaná fotka, zdroj: By Russell A. Kirsch - File:NBSFirstScanImage.jpg and National Institute of Standards and Technology, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=164953198>

2. Analytická časť

2.1 Skenery

Súčasný trh ponúka široké spektrum zariadení na digitalizáciu filmových negatívov, od cenovo dostupných hobby skenerov až po profesionálne riešenia určené na archívne alebo komerčné účely. Napriek tomu, že väčšina týchto produktov plní základnú funkciu prevodu analógového obrazu do digitálnej podoby, medzi jednotlivými modelmi sú zásadné rozdiely ako v kvalite výstupu, tak v spôsobe použitia, prístupnosti softvéru alebo podpore rôznych formátov.

Najrozšírenejšou skupinou sú plošné skenery s adaptérom pre film, ako je Epson Perfection V600 alebo Canon CanoScan 9000F Mark II. Tieto prístroje sú obľúbené vďaka svojej univerzálnosti, okrem filmov zvládajú aj dokumenty, tlačené fotografie a sú dostupné v relatívne nízkej cene. Ich najväčšou slabinou je však nižšie rozlíšenie a obmedzený dynamický rozsah. Výsledné skeny bývajú mäkkšie, menej detailné a ťažšie sa z nich získava obrazová informácia v tieňoch a svetlách. Na použitie v dizajnerskej praxi sú vhodné skôr pre menej náročné úlohy alebo pre rýchlu archiváciu.

Vyššiu kvalitu ponúkajú dedikované filmové skenery, napríklad Plustek OpticFilm 8200i alebo predtým vyrábané modely Nikon Coolscan. Tieto prístroje ponúkajú vyššie rozlíšenie, výrazne lepšiu ostrosť a možnosť využitia technológie Digital ICE na odstránenie prachu a poškodenia. Limitujúcim faktorom však býva obmedzená podpora formátov, niektoré modely skenujú iba 35mm film a majú pomalý proces skenovania jedného políčka.

Na špičke kvality stoja bubnové skenery (drum scanners), ako je Howtek D4500 alebo Screen SG-8060P, ktoré ponúkajú bezkonkurenčné rozlíšenie, ostrosť a tonálny rozsah. Tieto stroje sú však extrémne nákladné, náročné na obsluhu a takmer výhradne dostupné len v špecializovaných štúdiách alebo reprografických laboratóriách. Ich použitie je reálne iba v rámci komerčných zákaziek alebo archívneho skenovania s najvyššími požiadavkami na kvalitu. V bežnej tvorivej praxi sa s nimi človek len tak nestretnie.



Obr. 2: Bubnový skener z roku 1990, zdroj: By Stefan Kühn - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1287906>

V posledných rokoch sa stále viac presadzuje alternatíva v podobe digitalizácie filmu pomocou digitálneho fotoaparátu a makroobjektívu, často označovaná ako DSLR scanning. Tento prístup, umožňujúci vlastné zostavenie skenovacieho systému z kvalitného fotoaparátu, svetelného panelu a filmového držiaku (napr. značky Essential Film Holder, Negative Supply alebo Valoi), prináša vynikajúce výsledky v pomere cena/výkon. Výhodou je veľmi rýchle workflow, vysoké rozlíšenie, možnosť plnej kontroly nad procesom expozície a následnej inverzie farieb. Na druhú stranu, kvalitné výsledky vyžadujú technickú precíznosť od presného zarovnania optickej osi, cez rovnomerné nasvetlenie filmu až po pokročilú postprodukciiu v softvéri. Bez týchto znalostí môže byť výstup nepresný či nevyužiteľný.



Obr. 3: Skener od firmy Negative Supply, zdroj: Negative Supply

Zaujímavou kategóriou, najmä pre začiatočníkov, sú kompaktné filmové skenery nižšej triedy, často predávané pod rôznymi značkami ako Kodak Scanza alebo Reflecta x33. Tieto produkty sľubujú jednoduchú obsluhu a rýchle výsledky, ale kvalita ich výstupu je limitovaná veľmi nízkym skutočným rozlíšením, obmedzenou farebnou hĺbkou a často aj výrazným softvérovým doostrením. Výsledné súbory sú vhodné maximálne pre náhľady alebo online použitie, ale pre serióznu prácu s obrazom postrádajú dostatočnú technickú hĺbku.

Celkovo možno povedať, že výber technológie pre skenovanie filmov je do veľkej miery závislý od účelu použitia a požadovanej výstupnej kvalite. Pre archiváciu osobných projektov alebo digitálnu prezentáciu môže byť vhodným riešením DSLR scanning alebo kvalitný plochý skener. V prípadoch, keď je cieľom výstavná tlač, publikácia alebo graficky náročný výstup, je nutné mať skener vyššej kvality.⁶

Táto metóda sa stáva čím ďalej populárnejšou nielen medzi profesionálmi, ale aj medzi pokročilými amatérmi, pretože spája kvalitu, flexibilitu a rýchlosť. Nevýhodou môže byť vyššia vstupná investícia, nutnosť vlastnej zostavy a starostlivé nastavenie, vrátane softvéru pre inverziu a farebné úpravy (napr. Negative Lab Pro). Aj napriek tomu je DSLR scanning v súčasnosti považovaný za jednu z najefektívnejších a najmodernejších ciest digitalizácie filmu.

⁶ FOTOŠKODA. Skenery [online]. Praha: Centrum Fotoškoda, [cit. 2025-05-10]. Dostupné z: <https://www.fotoskoda.cz/skenery/>

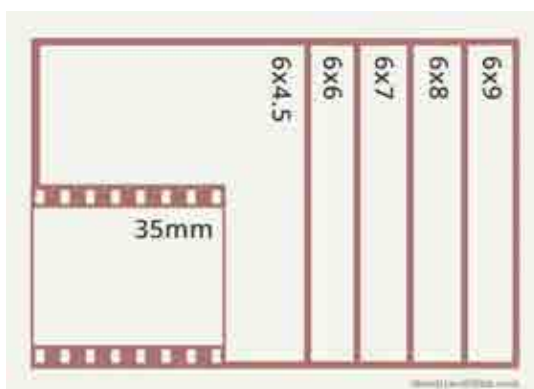
2.2 Filmy, druhy (typy filmov, rozmery)

Filmový materiál používaný v analógovej fotografii existuje v rôznych formátoch, ktoré sa líšia rozmermi, charakteristikami a určením. Najbežnejším a najrozšírenejším formátom je 35 mm film, známy aj ako kinofilm. Tento film má šírku 35 mm, jednotlivé políčka majú rozmery približne 24 × 36 mm a dodáva sa v kazetách, ktoré sú kompatibilné s väčšinou manuálnych a automatických fotoaparátov. Vzhľadom na jeho dostupnosť, nízku cenu a široké využitie sa stal štandardom pre amatérskych aj profesionálnych fotografov od polovice 20. storočia.

Druhým významným formátom je 120 film, známy tiež ako stredoformátový film. Na rozdiel od 35 mm nie je kazetovaný, ale sa navíja manuálne a poskytuje oveľa väčšiu plochu negatívu – v závislosti od použitého fotoaparátu môže ísť o rozmery 6 × 4,5 cm, 6 × 6 cm alebo 6 × 7 cm. Väčšia plocha filmu prináša výrazne vyššie rozlíšenie a dynamický rozsah, čo ho robí obľúbeným v portrétnej a krajinárskej fotografii, ako aj v umeleckej tvorbe. Skenovanie 120 mm filmu si však vyžaduje špecifické vybavenie, ktoré dokáže pojať väčší formát bez deformácie. Okrem týchto hlavných kategórií existujú aj menej rozšírené formáty ako 110, 126 alebo APS, ktoré sa používali v kompaktných fotoaparátoch najmä počas 80. a 90. rokov. Dnes sa s nimi stretávame najmä pri digitalizácii starých rodinných archívov. Výrazne menej časté, no stále používané v umeleckých a technických žánroch, sú veľkoformátové filmy (napr. 4×5 alebo 8×10 palcov), ktoré vyžadujú špeciálne vybavenie a štúdiové podmienky.

Z hľadiska typov emulzií rozlišujeme tri základné druhy filmov: čiernobiely negatívny film, farebný negatívny film (C-41) a farebný reverzný film (diapozitív, E-6). Čiernobiely film je obľúbený pre svoju jednoduchú vyvolávaciu technológiu a výrazný obrazový charakter. Farebný negatív má širší expozičný rozsah a je vhodný pre bežné fotografovanie. Diapozitívy poskytujú sýte farby a vysoký kontrast, ale vyžadujú presnú expozíciu a špecifické podmienky pri digitalizácii, keďže sú určené na priame premietanie.

Výber filmového formátu a typu závisí od požadovanej kvality, štýlu fotografie a dostupného vybavenia. Z hľadiska digitalizácie je dôležité zabezpečiť, aby zariadenie umožňovalo rovnomerné nasvietenie a presné snímanie bez deformácie, čím sa zabezpečí čo najvernejšia reprodukcia pôvodného obrazu.⁷



Obr. 4 Rozmery filmov, zdroj: <https://photocamera.com/why-medium-format/>

⁷ ŠNAJDR, Martin. Jaký si vybrat film do foťáku? [online]. Praha: Polagraph, 26. 7. 2023 [cit. 2025-05-15]. Dostupné z: <https://www.polagraph.cz/blog/2023/07/26/jaky-si-vybrat-film-do-fotaku/>

2.3 Fotoaparáty a makro objektívy

Pri digitalizácii filmových negatívov pomocou digitálnych fotoaparátov zohráva výber techniky zásadnú úlohu pri dosiahnutí kvalitného výstupu. V súčasnosti sa najčastejšie využívajú digitálne zrkadlovky (DSLR) a bezzrkadlovky (mirrorless), ktoré ponúkajú vysoké rozlíšenie, manuálne ovládanie expozície a možnosť výmeny objektívov. Pre účely skenovania sú obzvlášť vhodné fotoaparáty s rozlíšením nad 20 megapixelov, ktoré umožňujú zachytiť aj jemné detaily v štruktúre filmu, najmä pri väčších formátoch, ako je 120 mm film.

Kľúčovým komponentom pri skenovaní je však makro objektív, ktorý umožňuje presné zaostrenie na malú vzdialenosť a zachytenie filmu v mierke 1:1, čo je nevyhnutné pre kvalitnú digitalizáciu. Bežné štandardné objektívy nedokážu ostro zachytiť celý negatív pri minimálnej vzdialenosti zaostrenia, čo vedie k deformáciám a stratám detailov. Makro objektívy, ako napríklad Nikon Micro-Nikkor 60mm alebo Canon EF 100mm f/2.8L Macro, sú navrhnuté tak, aby poskytovali ostrý a rovnomerný obraz v celej ploche snímky, s minimálnou chromatickou aberáciou a vysokým kontrastom. Ich optická korekcia ich robí ideálnymi na reprodukciu plochých objektov, ako sú fotografie, dokumenty alebo práve filmové pásy.

Bezzrkadlovky majú oproti DSLR výhodu v menšom formáte tela a v živom náhľade priamo zo senzora, čo zjednodušuje komponovanie a kontrolu ostrosti. Okrem toho umožňujú jednoduchšiu integráciu so softvérovým diaľkovým ovládaním a tetheringom, čo sa pri skenovaní používa na zefektívnenie procesu. Kvalita výslednej digitalizácie do značnej miery závisí od kombinácie ⁸

DSLR alebo mirrorless fotoaparáty v kombinácii s makro objektívom sú v súčasnosti najčastejšie používaným riešením pre kvalitné skenovanie negatívov. Výhody tohto riešenia zahŕňajú:

- **Vysoké rozlíšenie senzora:** Napríklad 24–50 Mpx, čo umožňuje detailné skenovanie.
- **Plná kontrola nad expozíciou:** Umožňuje presné nastavenie svetla a tieňov.
- **RAW výstup:** Poskytuje maximálnu flexibilitu pri postprodukcii.
- **Makro objektívy**

Makro objektívy sú ideálne pre skenovanie negatívov, pretože umožňujú zaostriť na veľmi krátku vzdialenosť a zachovávať vysokú ostrosť v celom poli obrazu a poskytujú 1:1 zväčšenie.

Odporúčané objektívy:

- **Canon EF 100mm f/2.8L Macro IS USM:** Vysoká kvalita obrazu a stabilizácia obrazu.
- **Sigma 70mm f/2.8 DG Macro Art:** Vynikajúca ostrosť a rovnomernosť obrazu.
- **Laowa 65mm f/2.8 2x Ultra Macro:** Umožňuje až 2:1 zväčšenie, vhodné pre menšie formáty filmu.
- **Sony FE 90 mm f/2,8 Macro G OSS:** Disponuje skvelou stabilizáciou obrazu a ostrosťou.

⁸ DIGITALPHOTO. Fototipps [online]. Hamburg: DigitalPHOTO, [cit. 2025-05-15]. Dostupné z: <https://www.digitalphoto.de/thema/fototipps>

Všetky makro objektívy majú minimálnu zaostrovaciu vzdialenosť v priemere od cca 18-30cm, táto vzdialenosť sa meria od senzoru fotoaparátu. Je potrebné dávať si pozor na rozdiel medzi "minimálnou zaostrovacou vzdialenosťou" a "pracovnou vzdialenosťou", pretože pracovná vzdialenosť je vzdialenosť od prednej šošovky objektívu po objekt, ktorý fotíme a býva o niekoľko centimetrov kratšia než minimálna zaostrovacia vzdialenosť.

Priemery filtrov (závitov) pri makro objektívoch sa líšia v závislosti od ohniskovej vzdialenosti, svetelnosti a konštrukcie objektívu. Vo všeobecnosti platí, že čím je objektív dlhší a svetelnejší, tým väčší býva aj priemer filtra. Pre makro objektívy s kratšou ohniskovou vzdialenosťou, ako je 35 mm až 60 mm, sú typické priemery filtrov v rozmedzí 49 až 55 mm. Pri štandardných makro objektívoch s ohniskom okolo 90 až 105 mm, ktoré patria medzi najpoužívanejšie, sa priemery pohybujú najčastejšie medzi 55 a 62 mm. Dlhšie makro objektívy, napríklad s ohniskovou vzdialenosťou 150 až 200 mm, majú väčšie predné členy, a preto používajú filtre s priemerom 67 mm, 72 mm alebo dokonca 77 mm.

Vo výsledku možno povedať, že najbežnejší rozsah filtrov pre makro objektívy sa pohybuje medzi 52 a 67 mm, pričom špecializované a profesionálne modely môžu dosahovať aj väčšie rozmery. Pri výbere filtrov alebo príslušenstva je preto dôležité poznať presný závit konkrétneho objektívu.

3. Formulácia vízie

Cieľom tohto návrhu je vytvoriť kompaktné a technologicky dostupné zariadenie na digitalizáciu filmových negatívov, ktoré bude dizajnovovo premyslené a dostupné širokému spektru používateľov. Môj projekt reaguje na rastúci záujem o analógovú fotografiu a potrebu jednoduchého, dostupného a kvalitného riešenia pre domácu digitalizáciu filmov.

3.1 Cieľová skupina

Primárnou cieľovou skupinou sú amatérski, či profesionálni fotografi, ktorí sa venujú analógovej fotografii z osobného záujmu alebo ako súčasť umeleckej praxe. Ide o používateľov, ktorí často pracujú s 35mm filmom a hľadajú spôsob, ako si jednoducho a kvalitne digitalizovať negatívy doma bez potreby investovať do drahého komerčného vybavenia. Sú to teda prevažne ľudia technicky zdatní, ktorí si vedia poradiť s manuálnym ovládaním digitálneho fotoaparátu, a zároveň ocenia funkčný a premyslený produktový dizajn. Sekundárne môže produkt osloviť aj študentov umeleckých smerov, dizajnérov či tvorcov digitálneho obsahu, ktorí využívajú film ako súčasť svojho procesu. Využiť to môžu aj ľudia, ktorí majú doma mimo svojich čerstvo vyfotených filmov archív starých vyvolaných negatívov a chcú si v pohodlí domova rýchlo a spoľahlivo zdigitalizovať spomienky.

3.2 Materiál

Zariadenie je navrhnuté primárne pre výrobu pomocou FDM 3D tlače, s využitím materiálov ako PLA alebo PETG, ktoré sú dostupné a cenovo výhodné. Výber materiálu je prispôsobený požiadavkám na pevnosť, stabilitu a zároveň jednoduchú výrobitelnosť v domácom alebo školskom prostredí. Niektoré prvky, ako napríklad difúzor svetla, sú navrhnuté z opálového plexiskla, čím sa zaručuje rovnomerné podsvietenie negatívu. Mechanické časti, ako je posuvný systém filmu, sú koncipované s ohľadom na minimálne trenie a dlhú životnosť, pričom ich tvar je prispôsobený pre presnú a bezpečnú manipuláciu. Vďaka 3D tlači je ale možné si každú časť aj pri

3.3 Tvar

Zariadenie má jednoduchú kockovitú s čistými líniami a jasnou logikou usporiadania prvkov. Každý komponent je navrhnutý s dôrazom na intuitívne ovládanie a čo najefektívnejšie priestorové usporiadanie. Skener je modulárny, jednotlivé časti (napr. držiak fotoaparátu, posúvanie filmu, svetelný zdroj) môžu byť prispôsobené rôznym veľkostiam alebo potrebám používateľa. Kompaktný tvar zároveň umožňuje jednoduché skladovanie a prenos, čo je výhodou pre domácich užívateľov s obmedzeným pracovným priestorom.

Vízia produktu je vytvoriť otvorené, ľahko dostupné riešenie, ktoré je funkčné, estetické a zároveň dostupné pre širšiu komunitu fotografov. Produkt má slúžiť nielen ako praktické zariadenie, ale aj ako ukážka toho, ako môže dizajn a digitálna výroba reagovať na konkrétnu potrebu s vysokou mierou flexibility a užívateľského komfortu.

3.4 Technologické rozšírenie a vízia do budúcnosti

Jedným z hlavných benefitov produktu je možnosť použitia smartfónu ako digitalizačného zariadenia. Pomocou špeciálneho držiaka možno telefón presne nastaviť voči filmu, čo umožňuje digitalizáciu aj tým, ktorí nedisponujú zrkadlovkou. Zariadenie tak sprístupňuje digitalizáciu širšiemu publiku. Súčasťou vízie je aj rozšíriteľnosť systému o ďalšie formáty či funkcie, napríklad automatický posuv filmu alebo prepojenie s aplikáciou, ktorá by mohla upravovať farby, konvertovať negatívy na pozitívy a archivovať snímky hneď počas digitalizácie.

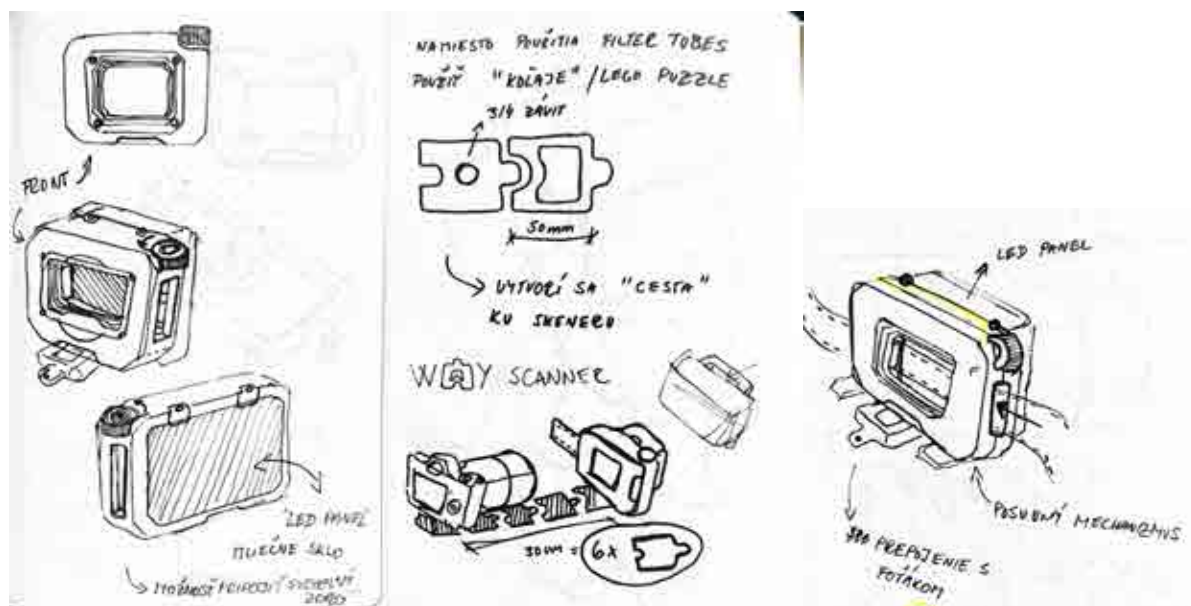
4. Proces navrhovania

V tejto časti popisujem proces a priebeh navrhovania jednotlivých častí skeneru. Počas navrhovania som sa stretol s rôznymi prekážkami a obmedzeniami, či už z hľadiska použiteľnosti alebo vyrobiteľnosti.

4.1 Začiatok navrhovania

Na začiatku som sa pohrával s myšlienkou vytvoriť čo najkompaktnejší produkt, ktorý bude primárne určený pre 35mm filmy. Vychádzal som z pozorovania rôznych konkurenčných skenerov a ich tvaru, či spôsobu skenovania. Sústredil som sa na to, aby bol skener malý, modulárny a hlavne jednoduchý na používanie. Moje skice zachytávali najmä hrubé návrhy tvaru, ktorý bol väčšinou len obyčajná kocka s otvormi pre vstup filmu a hlavný otvor cez ktorý sa samotný film skenuje. Chcel som do designu implementovať vylepšenia, ktoré som z pozorovania ostatných produktov zistil.

Jedným z vylepšení bol aj vstavaný posuvný systém filmu, protišmykový povrch zo spodnej časti, intuitívne ovládacie prvky a zjednodušená forma spojenia digitálneho fotoaparátu a samotného skeneru.



Obr. 5 skice, zdroj: vlastná tvorba

4.2 Prvotné návrhy

Ako som už spomínal v prvej časti začiatkoch navrhovania, prvé návrhy boli vo veľmi zjednodušenej a poväčšine kubickej forme. Zo začiatku som rátal len so skenovaním 35mm filmu a rozmery boli v celku kompaktné a na pracovnom stole by tak skener zaberol minimum miesta narozdiel od iných produktov a ich zložitými konštrukciami vertikálnych statívov.

Premýšľal som nad tým, ako do tak malej „kocky“ vložiť aj posuvný mechanizmus pre film tak, aby bol na oboch stranách. Tento nápad mi výrazne komplikoval moje začiatky navrhovania a tak som namiesto vymýšľania ako ušetriť čo najviac miesta a dokázať tam vložiť fungujúci a nezasekavajúci sa systém, ktorý by bol na oboch stranách, rozhodol mať tento systém len na jednej strane.

Po konzultácii s pánom Pádom som prešiel k hlavnej a výraznej zmene navrhnutého skeneru, ktorý bude možné použiť aj so zvitkovým filmom o rozmeroch 6x7, teda označenie 120.

Rozmery bolo potrebné kvôli tejto zmene zväčšiť oproti pôvodnému návrhu v každom smere, no aspoň sa tak produkt stáva o niečo viac využiteľnejším, nakoľko je podobných produktov na trhu naozaj málo a poväčšine sú v oveľa väčších rozmeroch.

4.3 Pokročilé návrhy

Vytvoriť návrh, ktorý kombinoval skenovanie 35 a 120 filmu bolo náročnejšie, kvôli snahe zachovať kompaktnosť skeneru. Neostávalo teda nič iné, než zväčšiť celý model tak, aby vyhovoval rozmerom 120 filmu a aby tam zároveň neboli žiadne zbytočné časti, ktoré by len predĺžili 3D tlač a zaberali by miesto na pracovnom stole.



Obr. 6 Porovnanie prvého prototypu, zdroj: vlastná tvorba

4.4 Modelovanie a tvar skeneru

Modelovanie som riešil v 3D programe Shapr3D. Parametrické modelovanie som využíval po celý čas navrhovania, spoločne s novou tlačiarňou od firmy Bambulab som tak mal možnosť vytvárať si jeden prototyp za druhým. Konštrukčne som sa snažil vytvárať v celku jednoduché kubické a mierne zaoblené tvary a dodatočné spevnenia tam, kde boli naozaj potrebné. Mojim cieľom bolo vytvoriť relatívne skladné zariadenie, ktoré nezaberie veľa miesta a nevyžaduje namáhavé ani zdĺhavé ovládanie, či prípravu.

Model musel obsahovať niekoľko častí, ktoré som sa snažil navrhnuť s jednoduchými spojovacími mechanizmami. Chcel som aby príprava na skenovanie nezabrala zbytočnými krokmi veľa času a aby bola v rámci možností pohodlná.

4.5 Materiály

Materiálovo som sa rozhodol skener vyrábať z matného PLA filamentu, nakoľko je cenovo najvýhodnejší a nie je potrebné používať žiaden iný odolnejší filament.

V posuvnom mechanizme je možné nájsť rôzne druhy materiálov okrem spomínaného PLA. Osy sú vyrobené z hliníku, vďaka ktorému bolo obrábanie jednoduché a rýchle. Hliník je zároveň nemagnetický, takže mu nerobia problém okolité neodýmové magnety, ktoré sú taktiež súčasťou modelu. Na hliníkových osách je možné nájsť aj flex resinové krúžky na bezpečnú manipuláciu s filmom.

Svetelný difúzor je vyrobený z opálového plexiskla a orezaný podľa predpripraveného tvaru na laseri.

5. Prototypovanie a testovanie

V tejto kapitole rozoberiem všetky časti skeneru a ich postupné zmeny, ktoré som pri testovaní vyhodnotil ako nevhodné a nevyhovujúce. Popisujem tu najmä zmenu v rozmeroch, posuvnom mechanizme a taktiež v držiakoch filmu. Vďaka pomerne rýchlej pomoci 3D tlačiarne som mal možnosť vyskúšať si rôzne variácie jednotlivých návrhov v reálnej veľkosti.



Obr. 7 Prototypy, zdroj: vlastná tvorba

5.1 Hlavná časť skeneru

Kedže som zo začiatku navrhoval len skener na 35mm film, rozmery boli naozaj skladné, no v pokročilejšom stave navrhovania sa veľkosť zmenila takmer dva-krát. Telo skeneru pozostáva hneď z niekoľkých dôležitých bodov, bez ktorých by vlastne skener nemohol fungovať.



Obr 8 progres tela skeneru, zdroj: vlastná tvorba

Prvý väčší model, ktorý bol určený aj na väčšie zvitky filmov bol zatiaľ len s plne otvorenou zadnou časťou. (viz. Obrázok č. bla bla) Potreboval som si otestovať, či je aj zasúvanie zásobníkov na film vhodné a pohodlné a podarilo sa mi to v podstate hneď na prvý pokus. V pokročilejšom štádiu som do zadnej časti pridal aj násuvný systém na svetlo a na difúzne plexisklo, ktoré má za úlohu rozptýliť LED svetlo a mať možnosť dosiahnuť čo najčistejší zdroj svetla bez viditeľných LED diod. Plexisklo tu zároveň plní veľmi podstatnú úlohu, ku ktorej sa vyjadrím viac v šiestej kapitole a subkapitole 6.4.



Obr.9 Prvý funkčný prototyp, zdroj: vlastná tvorba

Neoddeliteľnou súčasťou je aj hlavný otvor v prednej časti, vďaka ktorému vieme pevne prepojiť fotoaparát so skenerom pomocou tubusov, ktoré bližšie rozoberám o pár stránok ďalej.

5.2 Držiaky filmu

Pri navrhovaní držiakov som sa chcel držať najmä praktičnosti celej konštrukcie, premýšľal som nad rôznymi modulárnymi verziami aby si konečný užívateľ mohol vytlačiť len pre neho potrebný držiak v prípade, že pracuje len s 35mm alebo 120 filmom.



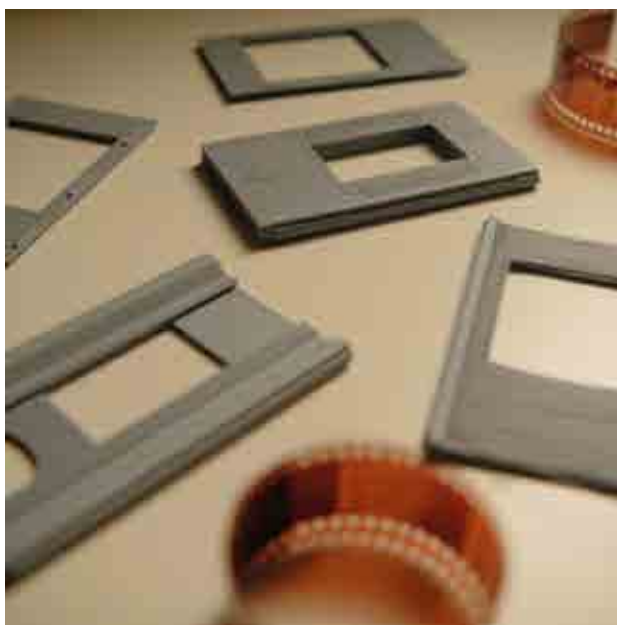
Obr. 10 Prototypy držiakov filmu, zdroj: vlastná tvorba

Po otestovaní rôznych verzií som dospel k záveru, že najlepšie bude to nekomplikovať a kvôli jednoduchosti vytlačenia navrhnuť jeden držiak pre každý typ filmu, ktorý si následne môže užívateľ podľa potreby vytlačiť.

Prvým testom som si chcel vyskúšať tvarovú presnosť a to hlavne či sa pohodlne zasunie do tela skeneru. Zistil som, že je nereálne vytlačiť celý kus tak aby bol funkčný, nakoľko otvor pre samotný

film je príliš tenký a žiadna podpora v tlači nedokáže zaručiť to, že bude plocha dostatočne rovná a neprepadne sa.

Premýšľal som teda nad alternatívou a hneď mi napadlo celý držiak rozdeliť na polovicu, vytvoriť tam výstupky a otvory, ktoré do seba zacvaknú a myslím som, že to bude najideálnejšie riešenie a rovnako aj modulárne. Po vytlačení prvého prototypu som bol v skutku spokojný s tým, čo z toho vyšlo no nedalo mi vyskúšať ešte jednu verziu, ktorá bude len z jedného kusu a bude potrebovať čo najmenej materiálu.



Obr. 11 prvý držiak filmu, zdroj: vlastná tvorba

Zo všetkých návrhov nakoniec zvíťazil ten posledný a vlastne aj najoptimalizovanejší z nich. Ponúka všetko potrebné, drážku na film, ktorá vedie po celej dĺžke, no zároveň je šetrná voči materiálu. Predný výrez na 35mm film je rozmerovo nastavený presne na jedno políčko fotky aby bol sken presný a neobsahoval žiadne rušivé elementy.



Obr. 12 Detail na finálny návrh držiaku filmu, zdroj: vlastná tvorba

5.3 Posuvný mechanizmus

Mechanizmus na posúvanie filmu prešiel taktiež hneď niekoľkými zmenami. Prvotný nápad spočíval vo vytvorení mechanizmu, ktorý bude na oboch stranách, pre lepšiu manipuláciu s filmom. V hlave som mal akýsi pásový systém, no obmedzovalo ma dosť miesto, ktoré by som pre to musel vytvoriť a taktiež to, že celý skener by znovu musel byť rozdelený na viacero častí. Zamotával som sa a strácal som čas hľadaním riešenia ako to tam usporiadať tak, aby sa to zmestilo a pritom to bolo jednoduché na domáce zostavenie.



Obr. 13 Posuvný mechanizmus, zdroj: vlastná tvorba

Po preskúmaní trhu a podobných systémov som sa dostal k tomu, že nie je potrebné mať posuvy na oboch stranách a úplne to postačí len na začiatku. Začal som teda formovať prvé nákresy ako by to mohlo fungovať a hneď mi to celé dávalo väčší zmysel, či už z vizuálnej stránky, funkčnej alebo aj z pohľadu konečného užívateľa, ktorý si to podľa návodu môže postaviť doma.

Skener som tak na pravej strane rozdelil aby bolo možné celý systém pohodlne poskladať a vykonávať aj rôzne úkony ako napríklad zmenu výšky gumených koliesok na jednotlivé rozmery filmu. Testoval som si rôzne veľkosti koliesok a valcov a pri prvom pokuse som až príliš uveril mojej 3D tlačiarňi a dal som tam tisknúť asi 3 mm valčeky. Prvýkrát som musel zastaviť tlač, keďže asi po 15-tej vrstve sa valce odpojili od podložky a filament už extrudoval do vzduchu.

Moje ďalšie skúšky prebehli relatívne fajn, no cítil som potrebu zohnať hliníkovú guľatinu s tým, že si jednotlivé výšky potrebné na uloženie gumených krúžkov vysústružím. Tak sa aj následne stalo a bolo to vlastne aj to najlepšie rozhodnutie, ktoré funguje presne podľa očakávania.



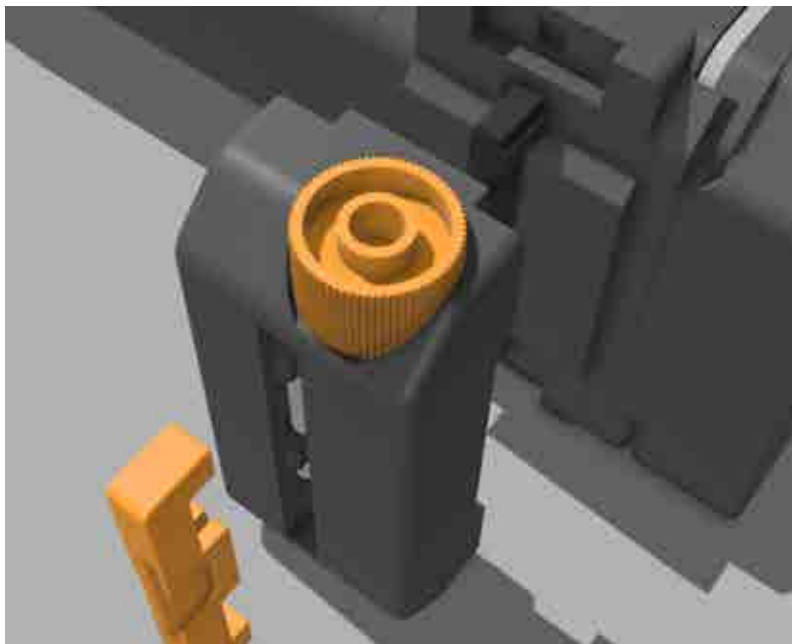
Obr. 14 Sústružené hliníkové časti, zdroj: vlastná tvorba

Krúžky som si nechal vyrobiť na resinovej 3D tlačiarňi zo špeciálneho flex resinu, aby boli pružné a dalo sa s nimi jednoducho manipulovať pri zmene výšky. Po otestovaní vyše 30-tich rôznych krúžkov som si vybral dvojicu favoritov a sice mali určité chyby krásy, fungovali tak ako bolo potrebné.



Obr. 15 Krúžky z resinu, zdroj: vlastná tvorba

Súčasťou celého modulu je aj otočné koliesko, ktoré som vytvaroval do podoby obalu od kinofilmu. Otestoval som si rôzne veľkosti a taktiež aj úpravy vonkajšieho povrchu pre lepší grip.



Obr. 16 Otočné koliesko, zdroj: vlastná tvorba

5.4 Svetelný zdroj

Od začiatku som rátal s tým, že bude potrebné do návrhu zakomponovať kvalitný zdroj svetla, ktorý bude dostupný aj s reguláciou teploty či intenzity. Zvažoval som aj iné alternatívne zdroje ako je napríklad aj externý štúdiový blesk, veľký led panel, monitor alebo aj stolová lampa s reguláciou teploty.

Chcelo to ale vymyslieť niečo univerzálne a tak som si zohnal obyčajné LED video svetlo s reguláciou teploty a intenzity svietenia. Pôvodne som myslel, že svetlo rozoberiem a vytvorím mu nové telo, ktoré by kopírovalo tvar skeneru a mohlo by sa len jednoducho nasadiť na zadnú otvorenú časť. Po rozmontovaní som si uvedomil jednu zásadnú vec, že design pôvodného svetla ho umožňuje pripevniť na držiak sánkového typu a je rozložený v hornej a v bočnej časti na oboch stranách. Využil som to a navrhol som si jednoduchú konštrukciu do ktorej som následne svetlo posadil aby som videl, či všetko sedí ako má. Po niekoľkých pokusoch som vychytil správne rozmery a posunul som sa na navrhovanie celkového tvaru okolo svetla aby to sedelo s mojim pôvodným plánom a to vytvoriť v podstate nový obal, ktorý bude možné pripojiť na skener.

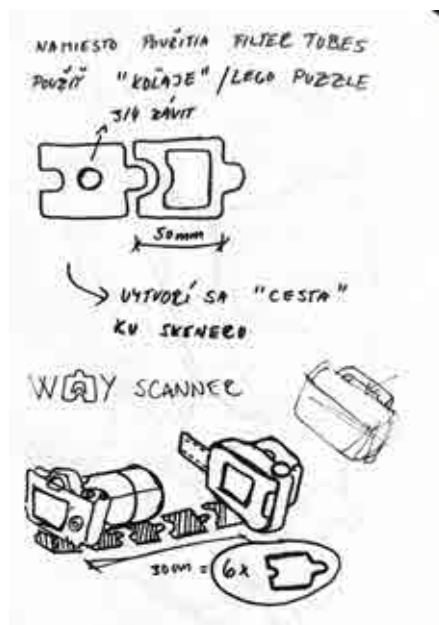


Obr. 17 LED svetlo a držiak na svetlo, zdroj: vlastná tvorba

5.5 Predlžovacie tubusy

Jednou zo zmien, ktoré som chcel v mojom projekte pretvoriť, boli aj predlžovacie tubusy a ich spôsob montáže. Vďaka tubusom je skener pevne prepojený s fotoaparátom a nie je potrebné ho nikam pripevňovať alebo ho nejak zložito prenasťavovať za každým pokusom o skenovanie.

Zo začiatku som premýšľal aj nad alternatívami k tubusom a to vytvoriť akúsi pomyselnú koľaj, ktorá by spájala fotoaparát a skener. Na takúto variantu by bolo potrebné najmenej materiálu a miesta pri skladovaní, čo bola pomerne veľká výhoda. Nevýhodou by mohlo byť nepresné spojenie, ktoré by nebolo možné prenášať ako celok a bolo by potrebné túto skládačku za každým rozpojiť a následne znovu spojiť.



Obr. 18 skica, zdroj: vlastná tvorba

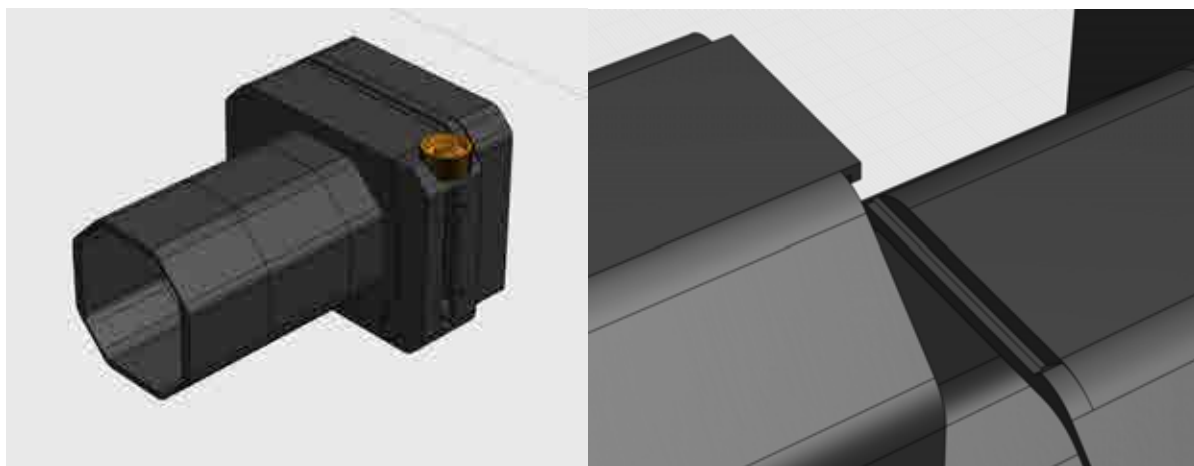
Tubusy ale spĺňajú dôležitú a veľmi užitočnú vec a tou je, že sken viete vykonať prakticky kdekoľvek a za akýchkoľvek podmienok, nakoľko neprepúšťajú svetlo a sú priamo spojené so skenerom a fotoaparátom.



Obr. 19 Tubusy, zdroj: vlastná tvorba

Iné produkty využívajú na spôsob montáže klasický závit, pričom v mojom návrhu to funguje na princípe bajonetu, kde sa tubus nasadí a po-otočení sa uzavrie. Celý proces montáže a následnej demontáže sa tak optimalizuje a trvá kratší čas a vyžaduje aj menej úsilia.

Ďalším z návrhov bol aj oktagonový tvar tubusu, ktorý viac ladil s celkovým tvarom skeneru a mal oproti kruhovému tubusu výhodu v ešte jednoduchšom spojovaní a vďaka rovným stenám aj pohodlnejšie a presnejšie narábanie. Nakoľko je potrebné mať tubusy spojené s fotoaparátom, musel som vytvoriť aj redukčné krúžky pre rôzne priemery závitov na makro objektívy. Pri tomto sa znovu osvedčil oktagónový tubus, ktorý viete pri prípadnej nerovnosti jednoducho zladiť s osou ostatných predĺžovacích tubusov.



Obr. 20 Oktagónový tvar tubusu, zdroj: vlastná tvorba

6. Výsledný návrh

Výsledný návrh skeneru na skenovanie filmových negatívov splňuje všetky ciele a požiadavky tohoto projektu. Skener je navrhnutý tak, aby vyhovoval a uľahčoval skenovanie každému používateľovi.



Obr. 21 Render 1, zdroj: vlastná tvorba

6.1 Hlavná časť skeneru

Finálny návrh už kombinuje všetko potrebné a to funkčný bajonet na pripojenie tubusov, optimalizovanú zadnú stranu s miestom pre plexisklo, upravenú bočnú časť na upevnenie posuvného mechanizmu pomocou magnetu a je taktiež zredukovaný od nepotrebných častí v tele, ktoré len pridávali zbytočný materiál.

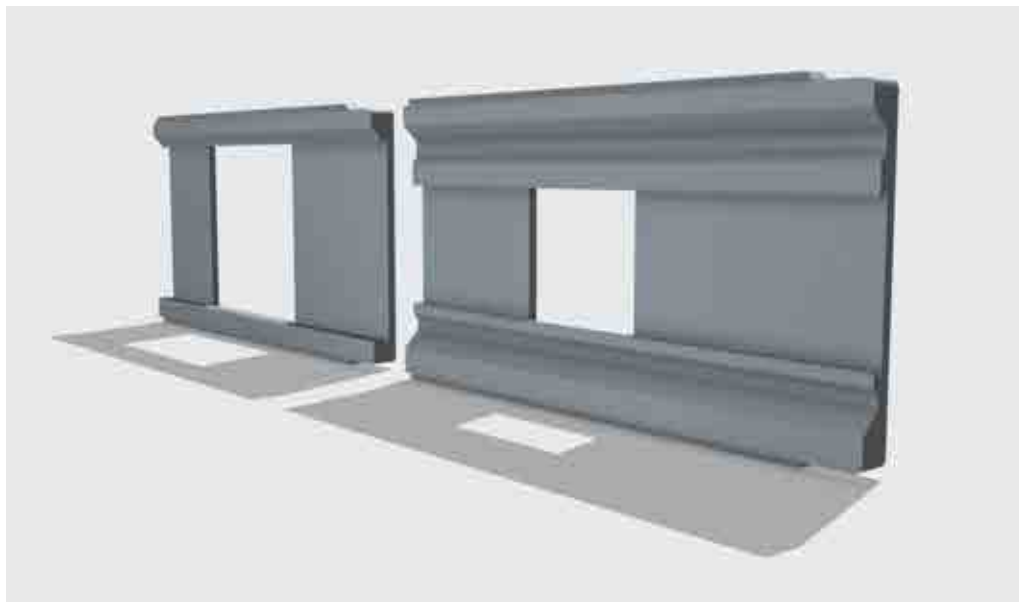


Obr. 22 skladanie tubusov, zdroj: vlastná tvorba

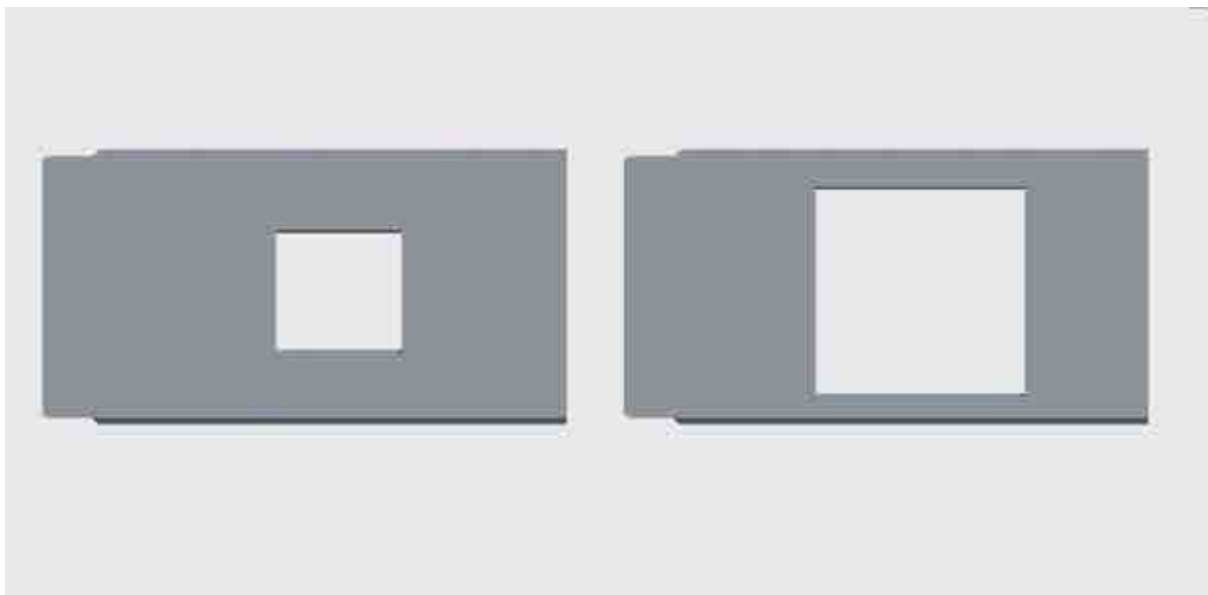
6.2 Držiaky filmu

Držiaky filmu sú nakoniec v jednom kuse s presnou drážkou vytvorenou na plynulý prechod filmu. Dokopy sú štyri druhy a to: 35mm verzia na zvitky filmov a taktiež verzia na vkladanie filmov po jednom políčku, nie je potrebný posuvný mechanizmus.

Verzia na stredoformátové filmy o rozmere 6x6, 6x7 a 6x4,5. Ostatné formáty ako napríklad 6x9 nie sú tak často používané a preto som s týmto rozmerom nerátal ako s potrebným.



Obr. 23 Držiaky filmu, zdroj: vlastná tvorba



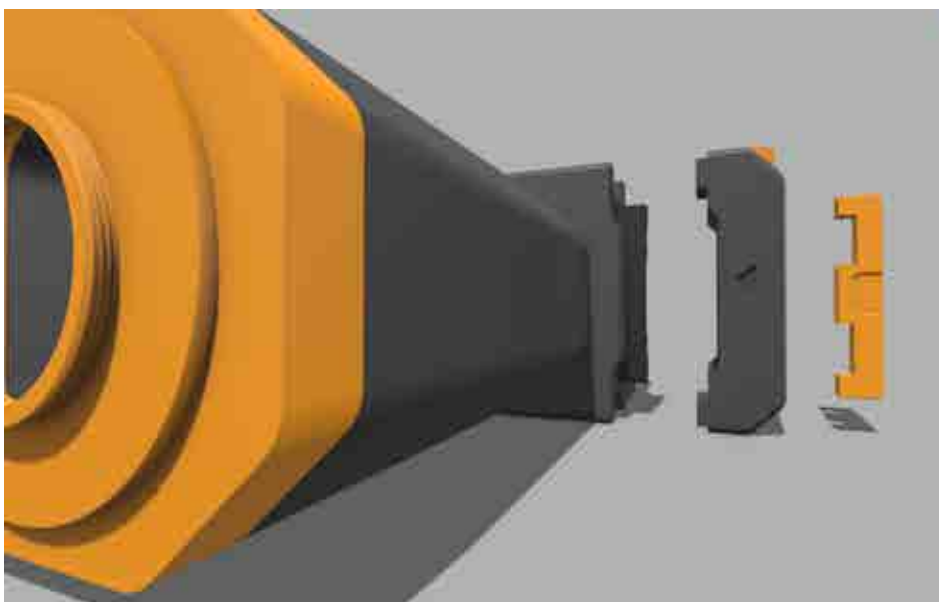
Obr. 24 Držiaky filmu 2, zdroj: vlastná tvorba

6.3 Posuvný mechanizmus

Celý systém je vložený do pravej časti tela skeneru, ktorá disponuje magnetickými spojmami pre jednoduché a pevné prepojenie. Spočíva z dvoch hliníkových tyčí, o priemere 0,8mm a 0,5mm, do ktorých som spoločne s Matejom Duchajom vysústružil drážky ktoré slúžia na zmenu výšky gumených koliesok, vďaka ktorým je možné film bezpečne a plynule bez poškrabania posúvať. Vďaka tomuto systému vieme film vrátiť späť alebo doladiť jeho presné vycentrovanie do záberu.

Gumenné kolieska, ktoré som si vytlačil na resinovej tlačiarňi, je možné výškovo nastavovať pri potrebe skenovania stredoformátových negatívov.

Pri tomto module sa nachádza aj vložka na vystredenie filmu aby bez problémov prešiel až do držiaku na film, ktorý je vložený za posuvným mechanizmom. Vložka je vybavená dvoma neodýmovými magnetmi o rozmere 5x5mm a ergonomickým výrezom po bokoch na pohodlné uchopenie do špičiek prstov. Rovnako ako pri držiakoch filmu obsahuje táto vložka možnosť na pripojenie doplnkov, v tomto prípade čistič prachu, nakoľko je to aj vstup pre negatívy.



Obr. 25 Posuvný modul a fixačná vložka, zdroj: vlastná tvorba

6.4 Svetelný zdroj

Výhodou je, že sa v zadnej časti nachádza mliečne plexisklo, ktoré rozptyľuje akékoľvek svetlo a tak je možnosť využiť aj alternatívne svetelné zdroje podľa potreby. Plexisklo je opálové o hrúbke 3mm a vďaka jeho špeciálnemu výrezu na spodnej časti je tak pohodlnejšie ho v prípade potreby vybrať zo skeneru.



Obr. 26 Prototyp, zdroj: vlastná tvorba



Obr. 27 Vyberanie plexiskla, zdroj: vlastná tvorba

Na priložených fotkách je porovnanie skenovania bez plexiskla a s ním. Je to výborný príklad rozptýlenia svetla, ktoré je pri skenovaní veľmi dôležité.



Obr. 28 Sken bez plexiskla, zdroj: vlastná tvorba



Obr. 29 Sken s plexisklom, zdroj: vlastná tvorba



Obr. 30 Výsledný sken po úprave, zdroj: vlastná tvorba

V mojom výslednom návrhu využívam LED svetlo od značky Zomei, pre ktoré som vytvoril aj obal, ktorý ladí s tvarom celého skeneru a vie sa nasunúť do zadnej časti, kde sú vytvorené drážky pre ideálne zachytenie. Na svetle je možné regulovať teplotu a intenzitu a je dostupné nabíjanie pomocou USB-C aj s indikátorom stavu nabitia. Obal na svetlo má v zadnej časti otvor na ovládanie vloženého zdroja.



Obr. 31 Render, zdroj: vlastná tvorba

6.5 Predlžovacie tubusy

Vo finálnom návrhu som sa rozhodol pre oktagónový tvar, ktorý sedí aj s celkovým dizajnom a zároveň prináša radu praktických vlastností. Jednou z nich sú aj zásuvné systémy s vytvorenou drážkou, kde sa tubusy do seba z boku nasunú a zafixujú.

Na prepojenie s rôznymi makro objektívmi sú vytvorené rôzne redukčné krúžky s rovnakým oktagónovým napojením na zvyšok tubusov. Tu sa ukázala ďalšia výhoda v tomto tvare a to z dôvodu, že je jednoduché zarovnať tento tvar podľa ostatných miernym pootočením v závite objektívu pričom sa zachová stabilita a spoľahlivosť prepojenia s objektívom. K dispozícii sú v základe tubusy dlhé 5cm, pričom adaptér meria 1,6cm a ten na tele skeneru meria 1,3cm na dĺžku.



Obr. 32 Adaptér napojený priamo na skener, zdroj: vlastná tvorba

Na obrázku vyššie je pripojený 49mm adaptér priamo na skener, v tejto kombinácii to vytvára perfektnú situáciu pre kompaktný fotoaparát Ricoh GRIII, ktorý má minimálnu zaostrovanú vzdialenosť pri makro režime 6cm. V tomto konkrétnom prípade je fotoaparát od samotného filmu v skeneri vzdialený približne 6,5cm.

6.6 Doplnky

Doplnky vylepšujú vlastnosti skeneru, či už v oblasti rozšírenia o fotografovanie mobilom a inými kompaktnými fotoaparátmi s makro režimom ako napríklad Ricoh GRIII alebo v oblasti bezpečnosti a čistoty skenovania. V rámci čistoty a bezpečnosti skenovania existuje čistič prachu, ktorý sa nasadí na vonkajšiu časť fixačnej vložky na vstupe pre film do skeneru.



Obr. 33 detail, zdroj: vlastná tvorba

7. Postup skenovania

Tento skener je určený na jednoduchú a efektívnu digitalizáciu analógových filmových negatívov formátov 35 mm a stredoformátových filmov pomocou smartfónu alebo digitálneho fotoaparátu. Celý proces je optimalizovaný tak, aby bol maximálne intuitívny, bez potreby odborných znalostí. Používateľ pracuje so systémom bez nutnosti častého priameho dotyku s exponovanou plochou filmu, čo znižuje riziko poškodenia alebo znečistenia negatívov.

7.1 Príprava zariadenia

Skener je potrebné umiestniť na stabilnú rovinu, s dostatočným miestom pre všetky potrebné súčasti pre jednoduchú manipuláciu. Zvolíme si vhodnú veľkosť adaptéru na objektív, alebo mobilný telefón a pripevníme ho k nemu. Podľa minimálnej zaostrovacej vzdialenosti si prichystáme predĺžovacie oktagónové tubusy a prepojíme ich nasunutím z boku do seba až kým neucítíme zapadnutie zámku. Minimálnu vzdialenosť meriame od senzoru fotoaparátu, pri iných zariadeniach je vhodné pozrieť si príručku, v akých vzdialenostiach funguje makro režim.

Skontrolujeme, či je svetelný zdroj plne nabitý (v prípade prídavného LED svetla) alebo zvolíme iný alternatívny zdroj svetla podľa vlastnej potreby. V prípade, že má svetlo nízky stav batérie, je možné nabiť ho pomocou USB-C konektoru. Po pridržaní tlačítka „Power“, cca na 1 sekundu, sa aktivuje difúzne podsvietenie, ktoré zabezpečuje rovnomerné presvietenie vloženého filmu bez rušivých tieňov. Je možné si podľa potreby nastaviť intenzitu, či teplotu svetla.

7.2 Vloženie filmu

Do tela skenera sa vloží držiak číslo 1 podľa v tom veľkosti skenovaného filmu, jednotlivé veľkosti nájdete aj na prednej časti držiaku. Držiak zasunieme až kým nás koľajnice vo vnútri skeneru nezastavia. Následne sa na skener upevní posuvný modul, ktorý je zaistený dvoma magnetmi. Poslednou časťou tejto skladačky je fixačná vložka, rovnako podľa výšky skenovaného filmu. Film vyberieme z obalu a opatrne vložíme stranou, ktorú chceme skenovať naproti fotoaparátu/ telefónu do fixačnej vložky. Pri vkladaní filmu je možné film postupne posúvať otočným kolieskom a pomaly otáčať v smere hodinových ručičiek. Film je vedený cez vodiacu lištu a smeruje do rámika zodpovedajúceho použitému formátu. Rámiky sú navrhnuté tak, aby držali film v rovine a bránili jeho prehýbaniu. Pre každý formát je možné jednoducho držiak vymeniť alebo upraviť podľa potreby.

7.3 Nastavenie fotoaparátu a samotná digitalizácia

V prípade použitia smartfónu sa odporúča aplikácia s manuálnym nastavením ostrosti, expozície a vyváženia bielej. Pri použití digitálnej zrkadlovky alebo bezzrkadlovky sa odporúča makro objektív pre čo najvyššiu kvalitu záberu. Používame predovšetkým manuálne režimy na všetkých zariadeniach a pre ešte rýchlejší proces je možné mať diaľkovú spúšť, alebo fotoaparát spárovaný s telefónom, cez ktorý je možné ho pomocou aplikácie pohodlne ovládať.

Posuvný mechanizmus ponúka možnosť nastaviť si políčko filmu presne do rámiku, ktorý sa nachádza v držiaku. V prípade, že zájdete s filmom príliš ďaleko, je možné sa pootočením v protismere hodinových ručičiek vrátiť. Skener je navrhnutý tak, aby optická os bola zarovnaná s filmovým políčkom, to znamená, že ak ste postupovali podľa vyššie uvedených krokov, môžete začať skenovať a fotiť jedno políčko za druhým.

Vďaka tubusom, ktoré blokujú okolité svetlo, bude výsledok vždy rovnaký, nech už ste v akomkoľvek prostredí.

7.4 Postprodukcia

Získané zábery je možné preniesť do softvéru na spracovanie fotografií (napr. Lightroom, Photoshop, či špecializované aplikácie ako Negative Lab Pro alebo FilmBox), kde sa negatívy konvertujú na pozitívy, doladia sa farby, kontrast a odstránia prípadné nečistoty. V prípade snímania smartfónom môžu byť použité aj aplikácie s funkciou priamej konverzie počas snímania.

7.5 Údržba a skladovanie

Po skončení digitalizácie sa zariadenie vypne a očistí od prípadných nečistôt. Svetelný zdroj je potrebné vypnúť a celý skener môžete nechať v stave v akom bol počas skenovania. Rámiky a posuvný mechanizmus sú navrhnuté tak, aby boli ľahko odnímateľné a vymeniteľné. Kompaktné rozmery skeneru umožňujú jednoduché skladovanie alebo prenášanie. V prípade potreby je možné vytlačiť nové diely na 3D tlačiarňu podľa priložených súborov.

8. Približná cenová a časová kalkulácia 3D tlače

Nakoľko som celý tento projekt vytváral tak, aby bol optimalizovaný pre 3D tlač, rozhodol som sa sem pridať ešte orientačnú cenovú a časovú hladinu. Celý proces som rátať v rámci práce s tlačiarňou Bambulab A1 a s filamentom PLA Basic, taktiež od firmy Bambulab.

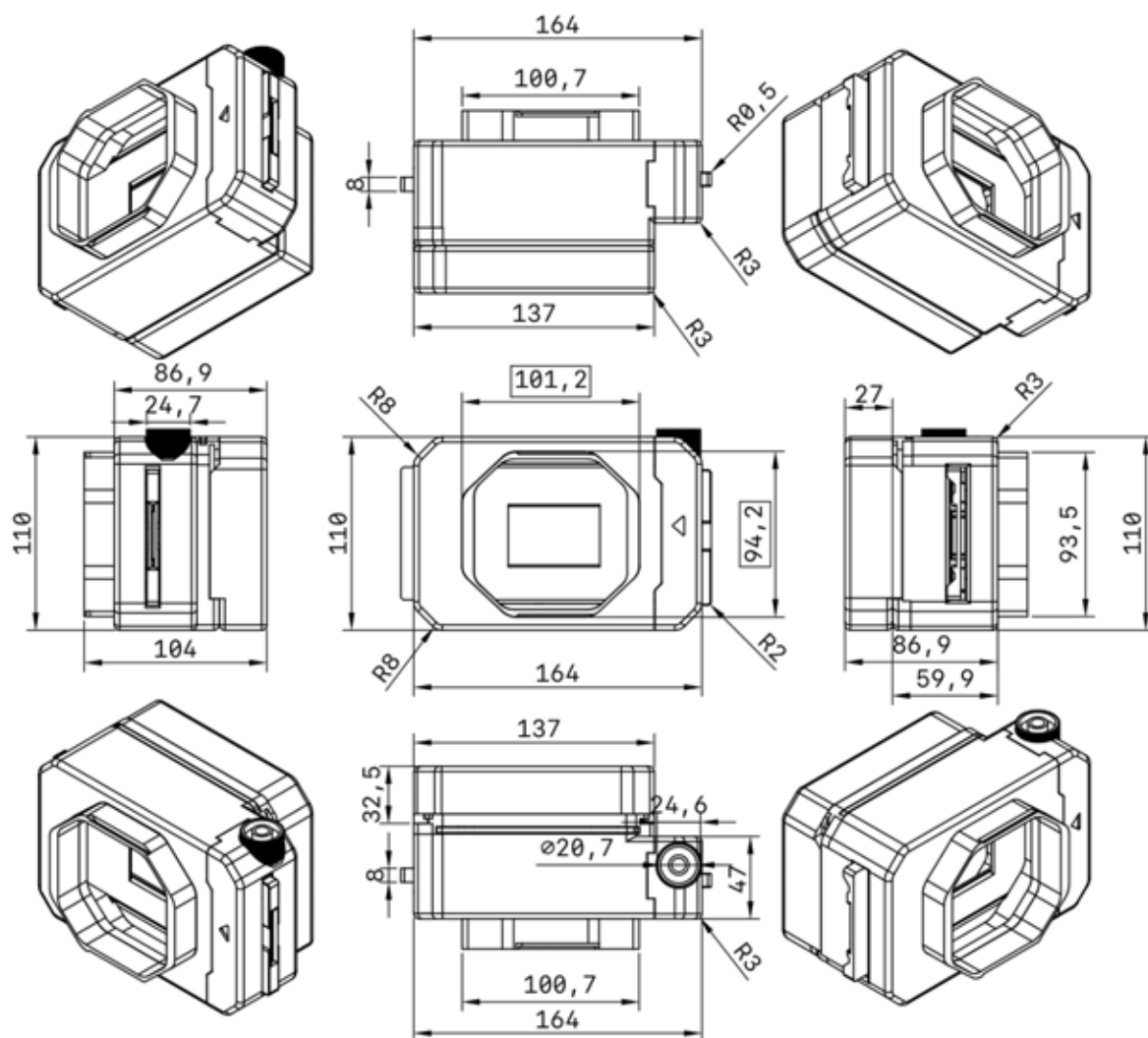
Vytvoril som aj optimalizované nastavenia pre tlač, aby mohli byť výsledky približne rovnaké aj na iných zariadeniach.

Komponent	Hmotnosť (g)	Cena (Kč)	Čas tlače
Telo skeneru	173	107	4 h 43 min
Tubusy (2x + adaptér)	158,63	98	3 h 43 min
Posuvný modul	30,81	19	1 h 33 min
Držiak filmu 35mm	40	25	1 h 21 min
Držiak LED svetla	74,6	46	2 h 00 min
SPOLU	475g	295,-Kč	13 h 20 min

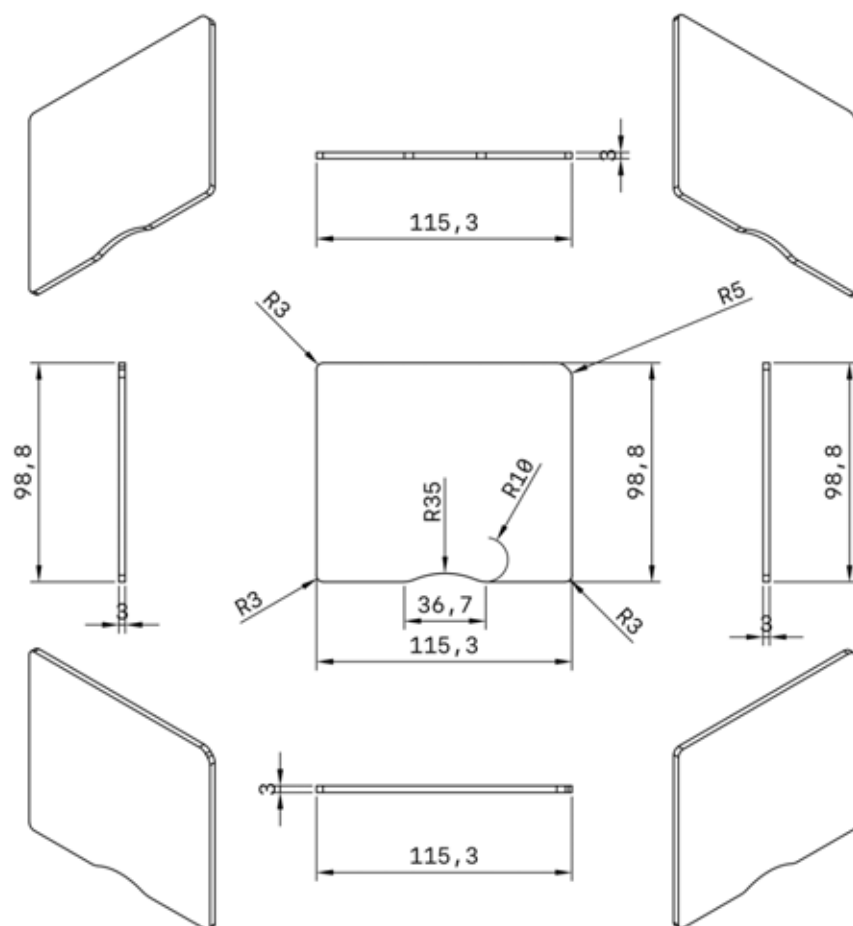
Čas a cena je samozrejme len orientačný údaj, nakoľko je možné, že používateľ bude potrebovať viac častí ku skeneru a tak sa čas môže predĺžiť alebo naopak skrátiť.

Táto tabuľka potvrdzuje, že je návrh uskutočniteľný s nízkymi nákladmi, dostupnými technológiami a rozumnou časovou náročnosťou, čo z produktu robí potenciálne zaujímavý nástroj pre cieľovú skupinu používateľov analógovej fotografie.

9. Technická dokumentácia



Obr. 34 Technický výkres skeneru, zdroj: vlastná tvorba



Obr. 35 Technický výkres plexiskla, zdroj: vlastní tvorba

10. Záver

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo navrhnúť kompaktné a efektívne zariadenie na digitalizáciu filmových negatívov, ktoré by ponúklo jednoduché riešenie pre používateľov preferujúcich analógovú fotografiu, no zároveň požadujúcich kvalitný a pohodlný spôsob jej digitalizácie. V rámci analytickej časti som sa zaoberal existujúcimi produktmi na trhu, identifikoval ich slabé stránky a vyhodnotil potreby potenciálnych používateľov. Na základe tohto výskumu som vytvoril koncept, ktorý sa snaží tieto nedostatky odstrániť a priniesť nový, dostupnejší prístup k digitalizácii negatívov, a to najmä prostredníctvom 3D tlače, modulárneho dizajnu a možnosti integrácie so smartfónom a inými menšími kamerami ako napríklad Ricoh GRIII.

Návrh zariadenia reflektuje snahu o technickú jednoduchosť, variabilitu a estetickú čistotu. V porovnaní s existujúcimi riešeniami je výsledný produkt menší, ľahší, lacnejší na výrobu a zároveň flexibilnejší – umožňuje digitalizáciu ako 35 mm, tak aj stredoformátových filmov, čo rozširuje jeho použitie medzi širšie spektrum používateľov. Dôležitou súčasťou návrhu bolo tiež uvažovanie o praktickom používaní, manipulácia s filmom prebieha bez potreby dotýkať sa jeho povrchu, vďaka mechanickému posuvu. Adaptér na fotoaparát zabezpečuje stabilitu a presné nastavenie optickej osi a rovnaké svetelné podmienky po celú dobu skenovania.

Technologickú výhodu predstavuje aj možnosť napájania z bežných zdrojov, ako aj jednoduchosť zostavenia bez potreby špeciálneho náradia či odborných zručností. Produkt je navrhnutý tak, aby si ho používateľ mohol sám vytlačiť na bežnej FDM 3D tlačiarňi a jednoducho zložiť doma. Vďaka tomu sa otvára priestor nielen na osobné použitie, ale aj na komunitné rozšírenie – úpravy, remixovanie a zdieľanie verzií podľa konkrétnych potrieb.

Proces návrhu zahŕňal opakované testovanie tvarových a konštrukčných riešení, optimalizáciu pre 3D tlač a návrh jednoduchého, no efektívneho osvetľovacieho systému. Veľkou výzvou bola práve rovnomerná a dostatočne silná difúzia svetla, ktorá je kľúčová pre kvalitnú digitalizáciu. Vďaka kombinácii LED zdroja a difúzneho materiálu sa podarilo dosiahnuť rovnomerné podsvietenie bez rušivých tieňov alebo odleskov. Ďalším prínosom je možnosť vymeniteľných modulov – napríklad rôzne držiaky pre filmy, objektívy alebo telefóny, čím sa rozširuje univerzálnosť celého systému.

Táto práca zároveň poukázala na to, že produktový dizajn má potenciál priamo reagovať na potreby užívateľov v čoraz špecifickejších oblastiach. Aj v dobe digitálnej fotografie pretrvávajú komunita nadšencov pre klasický film, ktorí často zápasia s nedostatkom cenovo dostupných a používateľsky prívetivých nástrojov. Mojm cieľom bolo nielen vyplniť túto medzeru, ale tiež ukázať, ako môže spojenie digitálnych technológií pomôcť vytvárať personalizované, efektívne a funkčné produkty.

Do budúcnosti vidím potenciál v ďalšom vývoji tohto zariadenia – napríklad v automatizovanom posuve filmu, prepojení so softvérom pre automatickú konverziu negatívov na pozitívy, či rozšírení podpory o ďalšie filmové formáty. Vzhľadom na otvorenú a dostupnú výrobnú filozofiu môže tento návrh slúžiť aj ako základ pre ďalší výskum alebo komunitné zdieľanie a vylepšovanie. Verím, že výsledný produkt je nielen funkčným nástrojom, ale aj príkladom toho, ako môže dizajn riešiť konkrétne problémy s ohľadom na užívateľa, výrobnú jednoduchosť a estetickú hodnotu.

11. Použité materiály a zdroje

TAUSK, Petr. Dějiny fotografie I. - Přehled vývoje fotografie do roku 1918. 1. vyd. Praha: SPN, 1987. s. 8–11.

HARRISON, Jerome W. A history of photography. Google Books, publikovane 1888, digitalizovane, s. 27-29.

HLÁVAČ, Ľudovít, Dejiny fotografie, Martin: Osveta, 1987. s. 34

NEWMAN, Michael. NIST Tech Beat: Fiftieth Anniversary of First Digital Image. Marked In: NIST Tech Beat [online]. 2007, May 24, 2007 [cit. 2025-05-09]. Dostupné z: <https://www.nist.gov>

PLOTBASE. Jak vypadala první počítačově naskenovaná fotka? [online]. [cit. 2025-05-09]. Dostupné z: <https://www.plotbase.cz/blog/jak-vypadala-prvni-pocitacove-naskenovana-fotka>

FOTOŠKODA. Skenery [online]. Praha: Centrum FotoŠkoda, [cit. 2025-05-10]. Dostupné z: <https://www.fotoskoda.cz/skenery/>

ŠNAJDR, Martin. Jaký si vybrat film do foťáku? [online]. Praha: Polagraph, 26. 7. 2023 [cit. 2025-05-15]. Dostupné z: <https://www.polagraph.cz/blog/2023/07/26/jaky-si-vybrat-film-do-fotaku/>

DIGITALPHOTO. Fototipps [online]. Hamburg: DigitalPHOTO, [cit. 2025-05-15]. Dostupné z: <https://www.digitalphoto.de/thema/fototipps>

12. Obrázky

Obr. 1: Prvá naskenovaná fotka, zdroj: By Russell A. Kirsch - File:NBSFirstScanImage.jpg and National Institute of Standards and Technology, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=164953198	11
Obr. 2: Bubnový skener z roku 1990, zdroj: By Stefan Kühn - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1287906	12
Obr. 3: Skener od firmy Negative Supply, zdroj: Negative Supply	13
Obr. 4 Rozmery filmov, zdroj: https://photococamera.com/why-medium-format/	15
Obr. 5 skice hrubého návrhu, zdroj: vlastná tvorba	20
Obr. 6 Porovnanie prvého prototypu, zdroj: vlastná tvorba	21
Obr. 7 Prototypy, zdroj: vlastná tvorba	23
Obr. 8 progres tela skeneru, zdroj: vlastná tvorba	24
Obr.9 Prvý funkčný prototyp, zdroj: vlastná tvorba	25
Obr. 10 Prototypy držiakov filmu, zdroj: vlastná tvorba	26
Obr. 11 prvý držiak filmu, zdroj: vlastná tvorba	27
Obr. 12 Detail na finálny návrh držiaku filmu, zdroj: vlastná tvorba	27
Obr. 13 Posuvný mechanizmus, zdroj: vlastná tvorba	28
Obr. 14 Sústružené hliníkové časti, zdroj: vlastná tvorba	29
Obr. 15 Krúžky z resinu, zdroj: vlastná tvorba	29
Obr. 16 Otočné koliesko, zdroj: vlastná tvorba	30

Obr. 17 LED svetlo a držiak na svetlo, zdroj: vlastná tvorba	31
Obr. 18 skica, zdroj: vlastná tvorba	32
Obr. 19 Tubusy, zdroj: vlastná tvorba	32
Obr. 20 Oktagónový tvar tubusu, zdroj: vlastná tvorba	33
Obr. 21 Render 1, zdroj: vlastná tvorba	34
Obr. 22 skladanie tubusov, zdroj: vlastná tvorba	34
Obr. 23 Držiaky filmu, zdroj: vlastná tvorba	35
Obr. 24 Držiaky filmu 2, zdroj: vlastná tvorba	35
Obr. 25 Posuvný modul a fixačná vložka, zdroj: vlastná tvorba	36
Obr. 26 Prototyp, zdroj: vlastná tvorba	37
Obr. 27 Vyberanie plexiskla, zdroj: vlastná tvorba	37
Obr. 28 Sken bez plexiskla, zdroj: vlastná tvorba	38
Obr. 29 Sken s plexisklom, zdroj: vlastná tvorba	38
Obr. 30 Výsledný sken po úprave, zdroj: vlastná tvorba	38
Obr. 31 Render, zdroj: vlastná tvorba	39
Obr. 32 Adaptér napojený priamo na skener, zdroj: vlastná tvorba	40
Obr. 33 detail, zdroj: vlastná tvorba	41
Obr. 34 Technický výkres skeneru, zdroj: vlastná tvorba	45
Obr. 35 Technický výkres plexiskla, zdroj: vlastná tvorba	46