



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH A VÝROBA PROTOTYPU EXTERNÍHO AKVARIJNÍHO FILTRU

DESIGN AND PRODUCTION OF EXTERNAL AQUARIUM FILTER
PROTOTYPE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RICHARD SVOBODA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JOSEF SEDLÁK, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Richard Svoboda**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojírenského inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Josef Sedlák, Ph.D.**
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh a výroba prototypu externího akvarijního filtru

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod
2. Teoretická část (princip, rozdělení a údržba akvarijních filtrů)
3. Experimentální část
4. Charakteristika aditivní metody Fused Deposition Modeling
5. Diskuze
6. Závěr

Cíle bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce bude návrh a výroba prototypu akvarijního filtru. Jednotlivé tvary a rozměry filtru budou navrženy a zkonstruovány ve 3D parametrickém programu SolidWorks. Prototyp akvarijního filtru bude vyroben pomocí aditivní metody Fused Deposition Modeling s využitím 3D tiskárny uPrint. Práce bude ukončena diskuzí, která bude zohledňovat problematické kroky, ke kterým docházelo v průběhu realizace výroby prototypového modelu.

Seznam literatury:

PIŠKA, M. a kolektiv. Speciální technologie obrábění. CERM 1. vyd. 246 s. 2009. ISBN 978-80-214-4025-8.

CHUA, C. K., LEONG, K. F., LIM, C. S. Rapid Prototyping: Principles and Applications. 3rd ed. New Jersey: World Scientific, c2010, 512 pp. ISBN 978-981-277-897-0.

JACOBSON, D. M., RENNIE, A. E. W., BOCKING, C. E. In Proceedings of the 5th National Conference on Rapid Design, Prototyping, and Manufacture. Professional Engineering Publishing, 2004, pp. 112. ISBN 186-058-465-9.

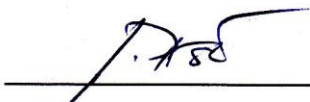
PÍŠA, Z., KEJDA, P., GÁLOVÁ, D. Rapid Prototyping in Mechanical Engineering. In Proceedings of the Abstracts 12th International Scientific Conference CO-MA-TECH 2004. Bratislava: STU, 2004. s. 160. ISBN 80-227-2121-2.

VLÁČILOVÁ, H., VILÍMKOVÁ, M., HENCL, L. Základy práce v CAD systému SolidWorks. 1. vyd. Brno: Computer Press, a.s., 2006. 319 s. ISBN 80-251-1314-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 28. 11. 2015





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Tato práce popisuje návrh a postup výroby prototypu externího akvarijního filtru za použití aditivní metody Fused Deposit Modeling. Model filtru byl navržen v 3D parametrického softwaru SolidWorks a vytisknut pomocí profesionální 3D-tiskárny uPrint. V této práci je popsáno řešení problému s vodotěsností tištěných součástí a volba vhodné vůle pro tisk závitů větších průměrů (cca 90 mm).

Klíčová slova

akvarijní filtr, 3D-tiskárna uPrint, SolidWorks, STL model

ABSTRACT

This Thesis is about the design and production of an external aquarium filter prototype. My prototype uses the method of the method Fused deposit modeling. The filter model was designed in a 3D parametric software Solidworks and printed by 3D-Printer uPrint. The thesis describes how the issue of waterproofing printed parts is solved, and also how the appropriate thread (diametr 90 mm) is chosen for printing.

Keywords

aquarium filter, 3D-Printer uPrint, SolidWorks, STL part

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SVOBODA Richard. *Návrh a výroba prototypu externího akvarijního filtru*. Brno 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 49 s. 1 příloh. doc. Ing. Josef Sedlák, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Návrh a výroba prototypu externího akvariijního filtru** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Richard Svoboda

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu doc. Ing. Josefu Sedlákov, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
1 Teoretická část	9
1.1 Princip	9
1.2 Rozdělení.....	10
1.2.1 Základní typy filtrů	10
1.2.2 Druhy filtračních médií.....	16
1.3 Údržba	18
1.3.1 Pravidelná údržba	19
1.3.2 Mimořádná údržba	20
2 Experimentální část.....	22
2.1 Návrh a konstrukce prototypu	22
2.1.1 Nasávání.....	22
2.1.2 Výtok	23
2.1.3 Čerpadlo.....	24
2.1.4 Filtrační médium.....	25
2.1.5 Těsnicí prvky	26
2.2 Příprava modelu pro tisk	28
2.2.1 Vyexportování STL souboru	28
2.2.2 Vygenerování a poslání kódu do tiskárny uPrint.....	29
2.3 Tisk modelu s využitím tiskárny uPrint	34
2.4 Postprocessing.....	36
2.5 Ekonomické zhodnocení	37
3 Charakteristika aditivní metody Fused Deposition Modeling	38
4 Diskuse.....	41
ZÁVĚR	43
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	44
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	46
SEZNAM PŘÍLOH.....	47

ÚVOD

Počátky akvaristiky lze najít již v pravěku. Tehdy ovšem akvariální nádrže nesloužily k chovu ryb, ale k jejich krátkodobému uchování. První akvária se skleněnými stěnami byla nalezena v Řecku jako pozůstatek minojské kultury (2000 let př.n.l.), dodnes není známo, k jakému účelu sloužila. Dalším stupněm vývoje byl chov ryb. Archeologové dokázali, že starověcí Řekové byli schopni odchovat v oddělených nádržích úhoře až do konzumní velikosti. V Římě byly nalezeny nádrže, jejichž vznik je datován kolem roku 800 př. n. l.. Nacházely se uprostřed společenských místností, sloužily jak pro chovatelské, tak i pro dekorativní účely. Pro zajištění čisté vody byly nádrže soustavou kanalizací propojeny s rybníkem nebo mořem. Teprve až v roce 1779 Jan Ingenhousz objevil koloběh oxidu uhličitého, což je dodnes základní pravidlo úspěšného odchovu ryb v akváriu [1].

Současným trendem je výroba stále menších akvárií, čímž vznikají větší nároky na akvariální techniku. Dodnes nebyly prozkoumány všechny biologické procesy, které se v přírodních nádržích odehrávají. Cílem akvaristiky je napodobit přírodu za použití nových technologií.

V této práci se autor pokusí do vývoje akvaristiky zapojit další novou technologii, a to aditivní způsob výroby, který by mohl umožnit výrobu kompaktních externích filtrů pro malá akvária.

1 TEORETICKÁ ČÁST

Dochází k neustálému znečišťování akvária výkaly, nezkonsumovanou potravou a odumřelými částmi rostlin. Tyto nežádoucí částičky se usazují na dně, kde dochází k jejich rozkladu. Pokud se zajistí dostatečný přísun kyslíku, dochází k tzv. nitrifikačnímu rozkladu (nitrifikaci). Při tomto procesu se částičky rozkládají pomocí půdních bakterií, za vzniku minerálních látek, které slouží jako přírodní hnojivo pro akvarijní rostliny. Pokud není zajištěn dostatečný přísun kyslíku, dochází k tzv. hnilobným procesům, jejichž produktem je zejména čpavek a sirovodík. Ty mohou být příčinou úhynu ryb i rostlin [2].

Účelem akvarijního filtru je napomáhat nitrifikačním procesům a tím oddalovat nutnou údržbu.

1.1 Princip

Akvarijní filtr musí plnit mnoho funkcí současně, avšak jeho hlavní úlohou je, jak už název napovídá, filtrace. Rozlišují se dva základní typy filtrace, a to mechanická a biologická.

V každém akvarijním filtru dochází k oběma typům filtrace současně. Pokud se filtrační médium skládá z více stupňů, je důležité zvolit jejich pořadí tak, aby docházelo nejdříve k odstranění větších částic a až poté k bakteriálnímu rozkladu.

Mechanická filtrace je realizována pórovitou strukturou filtračního materiálu, která funguje jako síto na zachytávání nečistot. Struktura ovšem není dostatečně jemná, aby dokázala zachytit malé částičky, jako jsou např. ty, které tvoří kal. Pro zajištění funkčnosti se musí provádět pravidelný proplach filtračního materiálu.

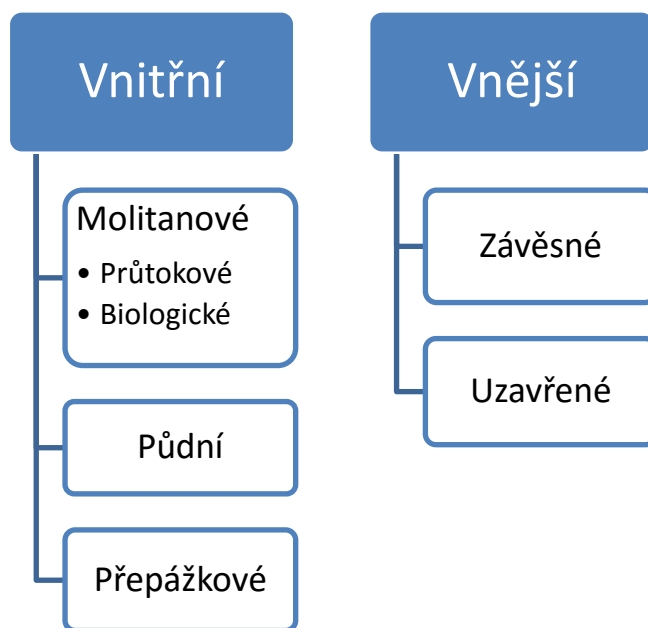
Druhým typem je filtrace biologická, ta je považována za nejdůležitější. Zajišťují ji tzv. nitrifikační (filtrační) bakterie, které jsou přirozeně obsaženy v celém akváriu a živí se nečistotami viz kapitola 1. Filtrační materiál slouží jako substrát pro usazení bakterií. V nově zakoupeném filtru se bakterie vyskytují pouze v malém množství. Pokud se zakládá nové akvárium, musí se před vypuštěním ryb zajistit jejich dostatečná koncentrace.

Tento proces se často nazývá „záběhová fáze“. Rozmnožení bakterií lze docílit několika způsoby.

Nejzdlouhavějším způsobem je nechat bakterie přirozenou cestou namnožit, to znamená nechat filtr v neosazeném akváriu zapnutý po dobu tří až čtyř týdnů. Součástí balení některých zařízení je tzv. startér filtru, jedná se o roztok obsahující velké množství bakterií. Použití přípravku by mělo záběhovou fázi zkrátit na jeden týden. Nevýhodou je vysoké riziko zanesení nemoci. Poslední a zároveň nejvýhodnější způsob je nasazení bakterií z jiného již zaběhlého akvária, např. použitím části již používaného filtračního materiálu [2], [3].

1.2 Rozdělení

1.2.1 Základní typy filtrů



Obr. 1.1 Rozdělení akvarijních filtrů.

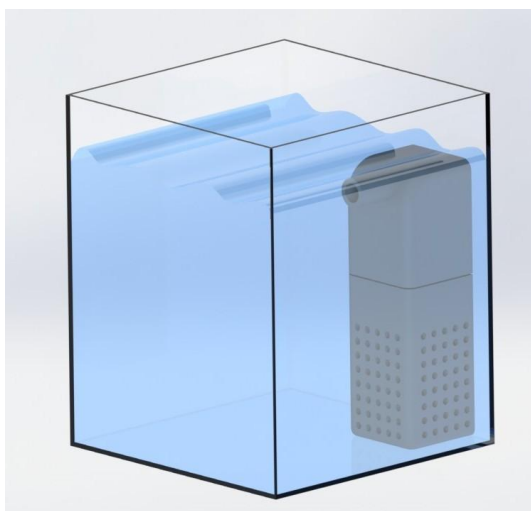
- Vnitřní

Jak již název napovídá, umisťují se dovnitř akvária. Mezi největší výhody patří cenová přijatelnost, nízká hlučnost a malé riziko úniku vody z nádrže. Většina akvaristů se snaží vytvořit co nejvěrnější kopii přírodního ekosystému, k čemuž plastový akvarijní filtr, který může u malých nádrží zabírat až 20% objemu nádrže, příliš nepřispívá. Proto je snahou většiny výrobců dosažení co nejmenších vnějších rozměrů na úkor zredukování filtračního materiálu, což má za důsledek převládající mechanickou filtraci. Rozlišují se tři typy vnitřních filtrů:

- **Molitanové**

- Průtokové

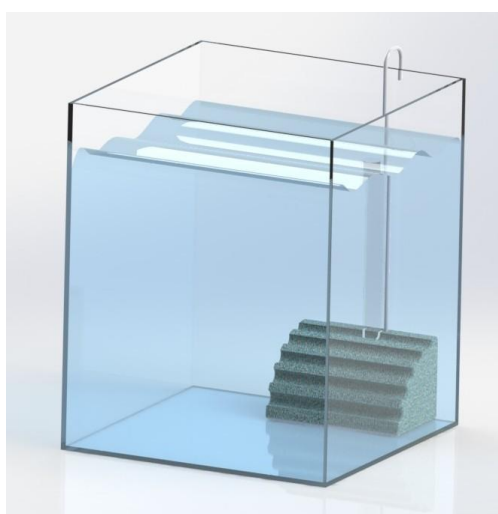
Pohonnou jednotkou je průtokové čerpadlo. Filtrační materiál je tvořen molitanovou pěnou, která zajišťuje mechanickou filtraci viz obr. 1.1, avšak po částečném zanesení začne docházet také k biologickému rozkladu [3].



Obr. 1.2 Vnitřní molitanový průtokový filtr.

- Biologické

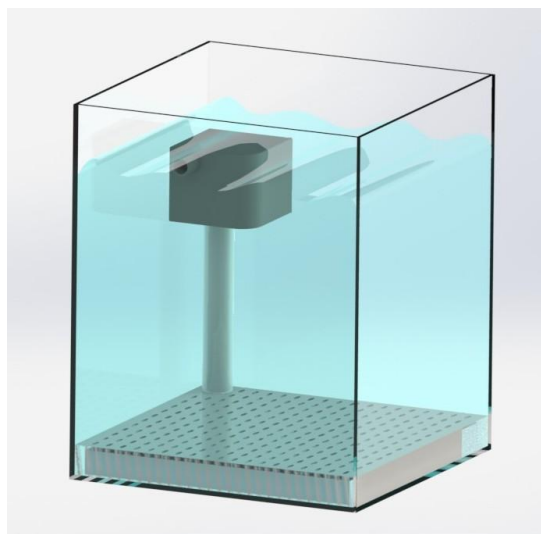
Pohonnou jednotkou je kompresor, který vhání vzduch do spodní části trubice viz obr. 1.2. Při stoupání vzduchových bublin k hladině vzniká podtlak, který způsobuje proudění vody ve stejném směru. Proud lze redukovat přiškrcením přiváděného vzduchu. Jelikož tento typ filtrů dosahuje mnohem menších průtoků, slouží především k biologické filtraci [2], [3].



Obr. 1.3 Vnitřní molitanový biologický filtr.

- **Půdní**

Proudění vody lze zajistit čerpadlem, kompresorem nebo jejich kombinací. Tento typ filtru nasává vodu celou plochou dna, přičemž jako filtračním médium využívá písek viz obr. 1.3. Výhodou je, že jsou nečistoty strhávány ke kořenům rostlin, kde je pomáhají vyživovat [4].



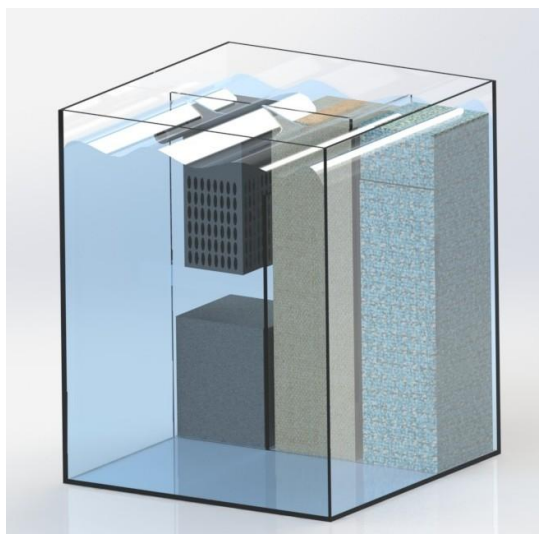
Obr. 1.4 Vnitřní půdní filtr (s použitím čerpadla).

- **Přepážkové**

Tento typ filtru se nejčastěji konstruuje jako oddělená část vnitřního prostoru akvária, ve které je umístěno čerpadlo a filtrační materiál viz obr. 1.4. Jednou z hlavních výhod je možnost volby filtračních materiálů a jeho pořadí dle potřeby. Pokud se po zaběhnutí filtru projeví nedostatečná mechanická nebo biologická filtrace, lze jednoduše přehodnotit svoji volbu a změnit pořadí či typ filtračních hmot. Velmi často se do oddělené části umísťuje také vzduchování, které zde podporuje biologickou filtraci. Mají ho v oblibě především nadšenci akvaristiky, jelikož si ho mohou sami navrhnout a vyrobit.

Filtr bývá nejčastěji umístěn na zadní stěně nádrže a zakryt umělým kamením, rostlinami nebo okrasnou fólií tak, aby co nejméně narušoval estetiku akvária.

Lze se setkat také s vnějším přepážkovým filtrem, kde je oddělená část tvořena druhou, menší nádrží. Tento typ se používá převážně u velkých, několikasetlitrových, akvárií [3].



Obr. 1.5 Vnitřní přepážkový filtr

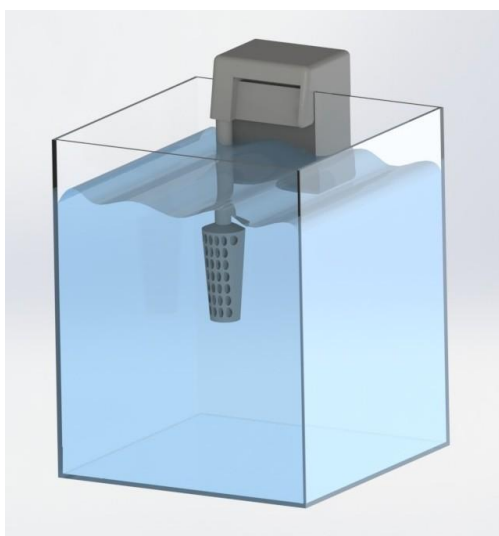
- Vnější

Jak již název napovídá, umisťují se mimo akvárium. Pohonnou jednotkou je vždy průtokové čerpadlo. Vnější akvarijní filtry mají obecně složitější konstrukci než vnitřní, a tudíž i vyšší cenu. Hlavní výhodou a zároveň i nejčastějším důvodem koupě je estetické hledisko. Ve vnitřním prostoru akvária je totiž umístěn pouze sací koš a výtoková část.

Největším úskalím všech typů vnějších filtrů je zajištění těsnosti veškerých rozebíratelných i nerozebíratelných spojů. Případné netěsnosti by způsobily vytečení vody z nádrže, což by znamenalo škody na majetku. Dále je třeba zajistit, aby se pohonné čerpadlo nepřehřálo a nezpůsobovalo příliš velký hluk, což je u vnitřních filtrů zajištěno prouděním vody a její schopností tlumit zvuk.

- **Závěsné (skrápěcí)**

Jedná se o nejlevnější typ vnějších filtrů, který se používá především v malých nádržích. Filtr se volně zavěšuje na stěnu akvária viz obr. 1.5. Voda je nasávána přes sací koš, prochází filtračním materiálem a zpět do akvária padá samospádem z několika centimetrů (tento jev bývá nazýván skrápění). Výhodou je, že při dopadu vody na hladinu dochází k jejímu okysličování. V nádrži se vytváří pouze malý proud, poměrně velká část nečistot proto často zůstává usazena v substrátu na dně akvária.



Obr. 1.6 Vnější závěsný filtr.

- **Uzavřené**

Pohonnou jednotkou uzavřených filtrů je průtokové čerpadlo, které je společně s filtračním materiálem uloženo ve vnější utěsněné nádobě viz obr. 1.6. V nádrži je umístěno pouze sání a výtok, které jsou s filtrem propojeny pomocí hadic vyrobených z PVC.

Výhodou je možnost použití velkého množství filtračního materiálu. V praxi se používají nejméně tři vrstvy filtračních hmot, které jsou ve filtru uloženy vodorovně. Tento filtr nenarušuje příliš estetický vzhled akvária a při jeho čištění

není třeba zasahovat do vnitřního prostoru. Z těchto důvodů je často považován za nejkomfortnější typ akvariálních filtrů [2].



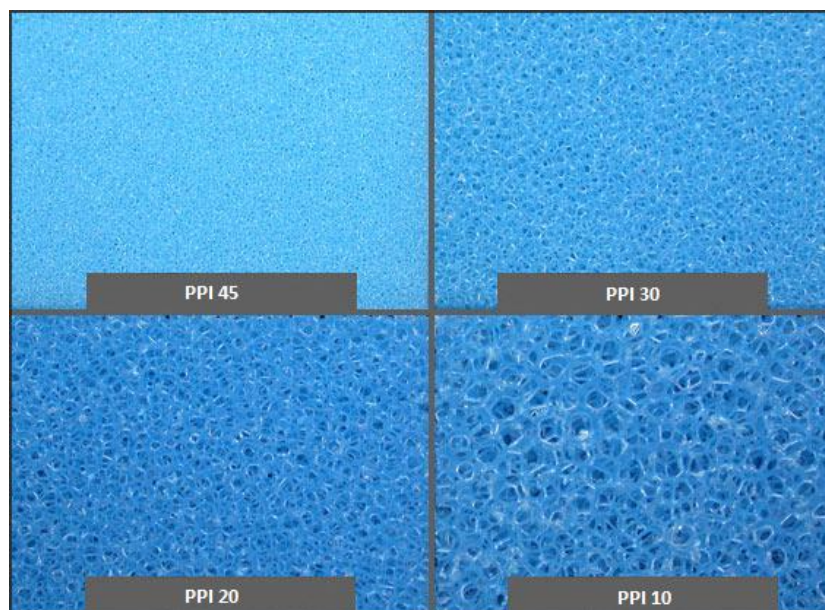
Obr. 1.7 Vnější uzavřený filtr.

1.2.2 Druhy filtračních médií

- Filtrační molitan

Jedná se o polyuretanovou (PUR) pěnu, která se vyrábí syntézou z ropy a např. zemního plynu nebo uhlí. Molitan má víceméně neomezenou životnost.

Lze zakoupit archy o různých hrubostech, které se značí PPI XX (pores per inch), kde číslo XX značí počet pórů na jeden palec (jednomu palci odpovídá 25.4 mm). V akvaristice se používají filtry o hrubostech od PPI (10, 20, 30, 45). Pro převládající biologickou filtraci se používají jemnější molitany o hrubostech PPI 30 a PPI 45 a pro převládající mechanickou filtraci naopak molitany hrubší PPI 10 a PPI 20. Pokud se zařadí více molitanových filtrů do série za sebou, je třeba dodržet pořadí od nejhrubšího po nejjemnější [2], [5].



Obr. 1.8 Hrubost molitanových filtrů [6].

- **Filtrační vata**

Skládá se z vláken, která slouží k zachycení jemnějších částec. Využívá se převážně jako první stupeň filtrace ve vnějších uzavřených filtrech, ale lze ji použít také jako volně loženou v akváriu, kde slouží jako domov nitrifikačním bakteriím, čímž podporuje biologickou filtraci. Její účinnost s opakovaným používáním klesá, a proto je třeba vatu po čase vyměnit za novou [2].

- **Keramická náplň**

Jde o jeden z nejdražších filtračních materiálů, který je běžně k dostání ve formě světlých válečků větších či menších rozměrů.

Ze všech materiálů poskytují keramické náplně, díky svému jemnému pórovitému povrchu, největší plochu pro osídlení bakteriemi na jednotku objemu, tudíž vytváří výborné podmínky pro biologickou filtraci. Musí se umisťovat až za mechanický filtr, aby nedocházelo k přílišnému ucpávání jemné struktury. Po záběhové fázi se již nesmí vyměňovat, jinak by se musel nechat filtr znovu zaběhnout [2].

- **Aktivní uhlí**

Slouží především k odfiltrování makromolekulárních látek, k nimž patří např. léčiva, pesticidy, zabarvení vody apod. Nasazuje se hlavně jako krátkodobá pomoc na odfiltrování zbytků léků nebo k odstranění problémů se zabarvením vody. Po použití je třeba uhlí z filtru odebrat. Běžně je k dostání ve formě drtě nebo jako molitan, na který je nanesena vrstva aktivního uhlí [2].

- **Zeolit**

Jedná se o minerál vulkanického původu, jehož povrch je tvořen póry, v nichž se usazují nečistoty. Díky svému chemickému složení má zeolit schopnost absorbovat jak usazeniny, tak dokonce i čpavek, dusičnany a fosforečnany, neboli částečně nahradit biologickou filtraci. Nevýhodou je, že absorbuje i minerály, které jsou zapotřebí pro růst rostlin, proto je nutné před použitím správně spočítat dávkování, jinak by mohlo dojít k jejich úhynu. Při potřebě rychlého snížení čpavku lze zeolit použít i pro krátkodobé nasazení [7].

1.3 Údržba

Pro úspěšný chov ryb je vždy třeba akváriu věnovat patřičnou pozornost. Nezbytnou nutností je provádění pravidelné údržby, ale ta při změně podmínek v akváriu nemusí stačit, proto je třeba nádrž občas zkontrolovat a při vzniku problémů patřičně zareagovat.

Prvním projevem nevhodných podmínek v akváriu není úhyn ryb, ale změna jejich chování. Pokud se živočichové začnou chovat neobvykle, ztrácet barvu, nebo projevovat snahu opustit nádrž, je třeba to nepřehlížet a pokusit se zjistit příčinu jejich chování.

1.3.1 Pravidelná údržba

- **Výměna vody**

Žádné akvárium se neobejde bez částečné výměny vody. I když se použije nejlepší akvarijní technika a nádrž bude ideálně zaběhnutá, bude docházet k hromadění škodlivých látek, které nitrifikační bakterie ani rostliny nejsou schopny rozložit. Z tohoto důvodu je třeba pravidelná výměna dvaceti až třiceti procent objemu vody. Časové rozmezí mezi výměnami je závislé především na osídlení akvária. Pokud se v akváriu nachází velké množství ryb nebo jiných živočichů, je třeba dodržovat intervaly okolo jednoho týdne. Při malém obsazení akvária postačí provést údržbu jednou za dva až tři týdny [2], [3].

- **Odkalování dna**

Akvarijní filtr musí v nádrži vytvářet pouze takový proud vody, který není živočichům škodlivý, proto vždy dochází k částečnému usazování zbytků potravy, uhynulých částí rostlin a rybích exkrementů na dně nádrže. Z tohoto důvodu se provádí odkalování pomocí tzv. odkalovačů. Jedná se o proces, při kterém se odstraňují nežádoucí částice ze dna nádrže, a tím se zabraňuje vzniku škodlivých látek, které by se uvolnily jejich rozkladem [2].

- **Čištění filtru**

Každý mechanický filtr se během používání částečně zaneše, čímž se zvětší jeho odpor vůči protékání vody. Následkem je snížení celkového průtoku filtrem, neboli snížení jeho účinnosti. Pokud se v biologickém filtru nashromáždí více nečistot, než mohou nitrifikační bakterie zpracovat, dochází k jejich hnití. Při tomto procesu se uvolňují škodlivé látky, které mohou vést k úhynu bakterií i živočichů.

Údržba filtračních médií se provádí proplachem studenou nebo vlažnou vodou, čímž dojde k vyplavení nečistot. Pokud by byl proplach proveden horkou vodou, došlo by k úhynu nitrifikačních bakterií a filtr by musel znovu projít záběhovou fází [2], [3].

- Čištění stěn

Na stěnách akvárií, zejména na místech, kde dochází ke zvýšenému proudění vody, se časem začínou objevovat různé druhy řas. Pokud jsou tyto řasy jen na stěnách, vadí pouze z estetického hlediska. Po čase ovšem dojde k jejich rozšíření na rostliny, čímž jim brání k přísunu světla, a to vede k jejich úhynu.

Odstranění řas se provádí pomocí škrabek. K dostání jsou dva základní typy – buď magnetické nebo s dlouhou rukojetí. Ovšem lze použít i obyčejnou houbičku nebo drátěnku. Nejoblíbenější jsou magnetické škrabky, jelikož při jejich použití není třeba nijak zasahovat do nádrže. Skládají se ze dvou magnetů, první je umístěn na vnitřní straně a je na něm připevněna houbička, druhý je na vnější straně a slouží k ovládání. U škrabek s dlouhou rukojetí je výhodou přítlačná síla, která není limitována silou magnetů, tudíž lze použít i na odstranění řas, které jsou na stěnách nádrže pevně přirostlé.

1.3.2 Mimořádná údržba

Tento typ údržby se provádí, až pokud je to nezbytně nutné, neboli v době vzniku problémů.

Při hledání příčin nutnosti údržby je vhodné začít s akvariijním filtrem, jelikož i přes veškerou snahu výrobců je filtr nejčastějším zdrojem problémů. Nejdříve je třeba zkontrolovat, zda nedošlo k zanesení funkčních částí filtru, jako je např. vrtulka čerpadla nebo sací koš. V případě externích filtrů může také dojít k částečnému zarůstání hadic řasou, které může vést k hromadění nečistot nebo dokonce i k úplnému ucpání. Jejich odstranění se provádí pomocí speciálních kartáčů. Při každém otevření filtru dochází k poškozování těsnicích prvků, proto je třeba vždy provést jejich pečlivou kontrolu a při náznaku poškození těsnění vyměnit. Většina filtračních materiálů má omezenou životnost, nejčastěji dochází ke znehodnocení vatových mechanických filtrů, u kterých se udává životnost pouze tři měsíce. Naopak nejdelší životnost se uvádí u keramických filtračních materiálů, a to až několik let.

V nádržích, které jsou osazeny pouze malým počtem rostlin, může dojít k nashromáždění nadměrného množství nečistot v substrátu, což často vede k uvolňování

toxických látek do vody. Pro jejich odstranění je třeba důkladný proplach substrátu vodou. V případě malých nádrží je často výhodnější odstranit veškerý obsah akvária, vše řádně oprat pod studenou vodou a nechat akvárium znovu projít záběhovou fází.

Po každém větším zásahu je třeba řádně překontrolovat, zda bylo nastavení akvarijní techniky uvedeno do původního stavu, popřípadě je upravit.

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V této části práce se autor pokusil o vlastní návrh a výrobu prototypu vnějšího kompaktního akvarijního filtru. Tvar filtru byl navržen v 3D parametrickém softwaru SolidWorks a následně vyexportován ve formátu STL. Pomocí programu CatalystEX byl model převeden na kód podporovaný tiskárnou uPrint. Po vytisknutí prototypu následoval nezbytný postprocessing a konečné sestavení filtru včetně těsnicích prvků.

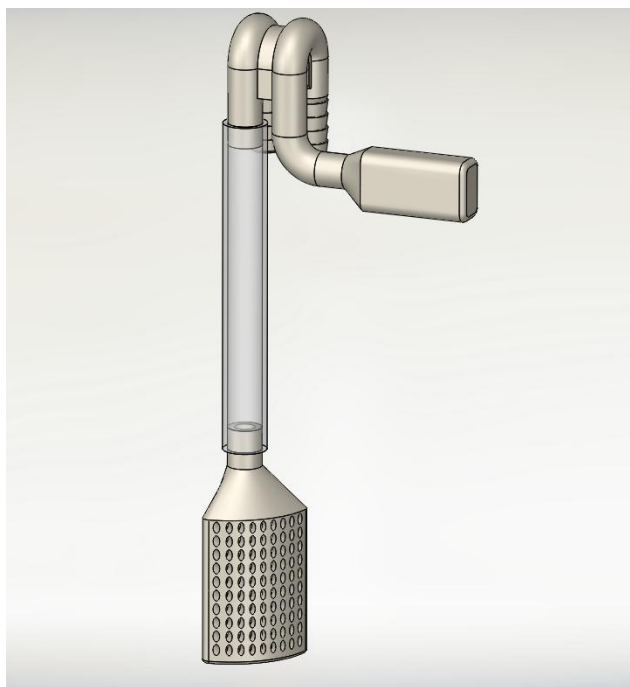
2.1 Návrh a konstrukce prototypu

Je důležité navrhnout každou část akvarijního filtru tak, aby plnila správně svoji funkci a zároveň vyhovovala potřebným parametrům. Externí akvarijní filtr se skládá ze čtyř základních částí:

2.1.1 Nasávání

Primárním úkolem je přívod znečištěné vody do akvarijního filtru. Koncová část nasávání je tvořena hrubým sítem, které brání vniku menších ryb a velkých kusů rostlin. Síto by mělo být umístěno jeden až pět centimetrů ode dna nádrže, aby nedocházelo k nadměrnému usazování nečistot v substrátu.

Tvar nasávání byl zvolen tak, aby co nejméně narušoval estetický vzhled akvária. Pro zajištění vzdálenosti nasávání ode dna nádrže je střední část tvořena průhlednou hadicí, kterou je možno zkrátit na potřebnou délku viz obr 2.1.



Obr. 2.1 Nasávání.

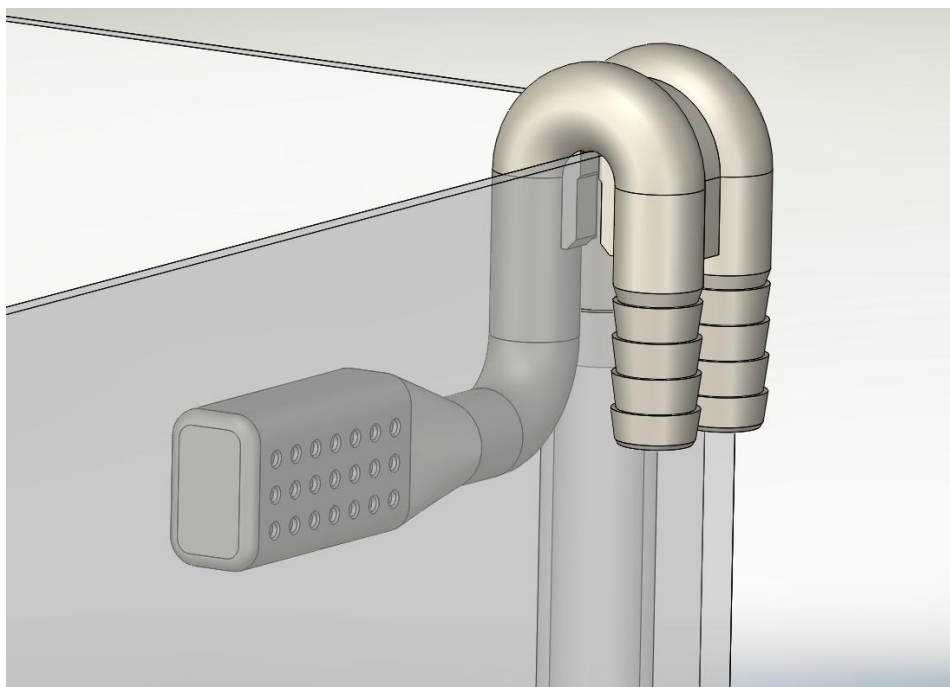
2.1.2 Výtok

Slouží k odvádění již vyčištěné vody zpět do akvária. Důležité je nasměrování proudu vytékající vody, a to buď směrem k vodní hladině, nebo do prostoru.

Pokud je akvárium osídleno živočichy, kteří v přirozeném prostředí žijí ve stojaté vodě, je vhodné nasměrovat proud spíše k vodní hladině. Zajistíme tím pohyb vodní hladiny, což vede k lepšímu provzdušňování vody a vytvoření méně stresujícího prostředí pro život ryb.

Druhou možností je nasměrovat výtok směrem do prostoru. Zpravidla se volí takový směr, aby došlo k vytvoření rotačního proudu, který napomáhá nasměrování nečistot směrem k nasávacímu sítku.

Pro malé nádrže (10 až 30 l) se využívá převážně první možnost, proto byl tvar zvolen tak, aby došlo k vytvoření pouze minimálního proudu viz obr. 2.2.



Obr. 2.2 Výtok.

2.1.3 Čerpadlo

Čerpadlo zajišťuje dostatečný průtočný proud filtračním médiem, neboli plní funkci pohonné jednotky. Hlavními parametry čerpadla je maximální průtok a maximální výtlak. Pod pojmem maximální výtlak se skrývá maximální množství litrů vody, které je čerpadlo schopno za jednu hodinu přecerpat, ovšem pouze do výšky menší než je maximální hodnota výtlaku.

Velikost průtoku se volí v závislosti na kvalitě filtračních materiálů. Pokud je zvoleno kvalitní filtrační médium, postačí čerpadlo s menším průtokem a naopak. Pro malé nádrže (10 až 30 l) se používají filtry o maximálním průtoku sto až šest set litrů za hodinu. Průtok lze regulovat zúžením výstupního průměru čerpadla.

Při návrhu bylo zvoleno čerpadlo o maximálním průtoku 600 l/hod. a maximálním výtlaku 1300 mm od firmy AQUA NOVA s označením NPH-600, které je vsazeno do víka nádoby s filtračním materiálem viz obr. 2.3. Regulaci průtoku zajišťuje dvoucestný kulový ventil, umístěný na výstupu z filtru [8].



Obr. 2.3 Čerpadlo (vsazení do víka).

2.1.4 Filtrační médium

Na otázku, jak velký musí být objem filtračního materiálu v akvariálním filtru, neexistuje přesná odpověď. Obecně platí, čím větší objem a kvalita filtračních materiálů, tím lépe [2].

Při návrhu byly zvoleny tři sériově řazené filtrační materiály o přibližném celkovém objemu 0,4 litru. Mechanická filtrace je zajištěna pomocí hrubého filtračního molitanu s PPI 10 a biologická filtrace pomocí kombinace jemného molitanu PPI 30 a keramické náplně viz obr. 2.4.



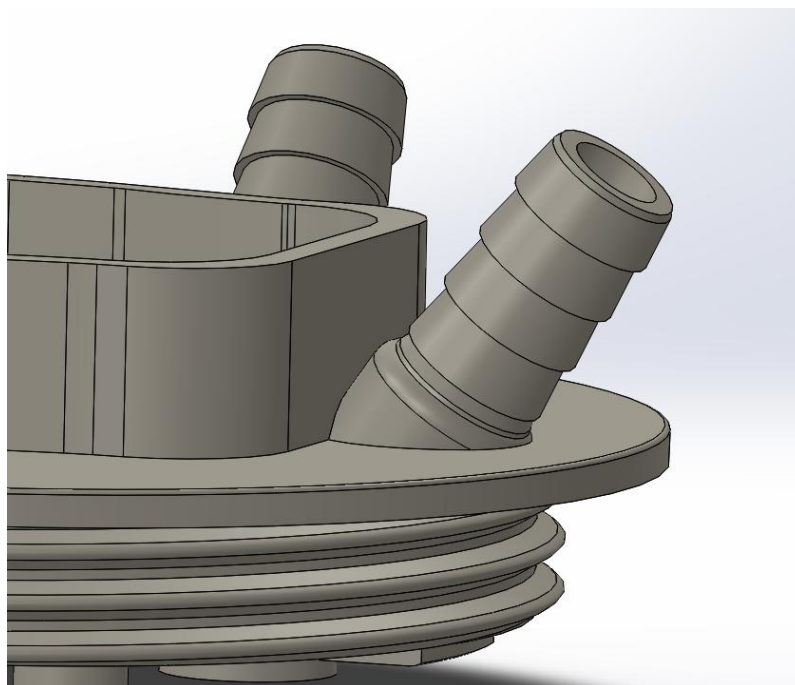
Obr. 2.4 Použité filtrační materiály.

2.1.5 Těsnicí prvky

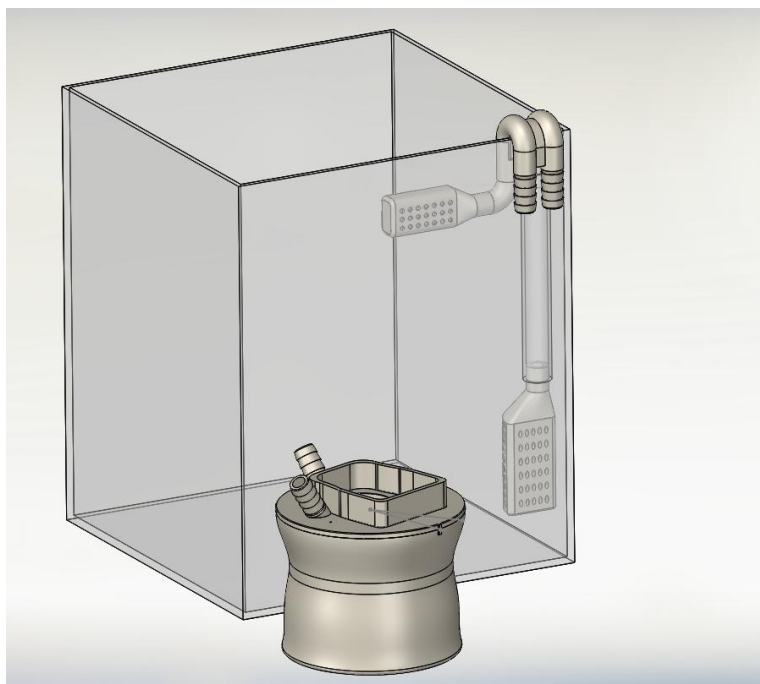
Utěsnění nádoby s filtračním materiálem je zajištěno pomocí O-kroužku viz obr. 2.5 o vnitřním průměru 90 mm a o průměru průřezu 2,5 mm od firmy Rubena viz Příloha 1. Přítlačný tlak zajišťuje metrický závit M44 se stoupáním 4 mm. Těsnost v místě připojení hadic je zajištěna pomocí tzv. hadičníků viz obr. 2.6.



Obr. 2.5 Utěsnění nádoby s filtračním materiálem.



Obr. 2.6 Hadičníky.



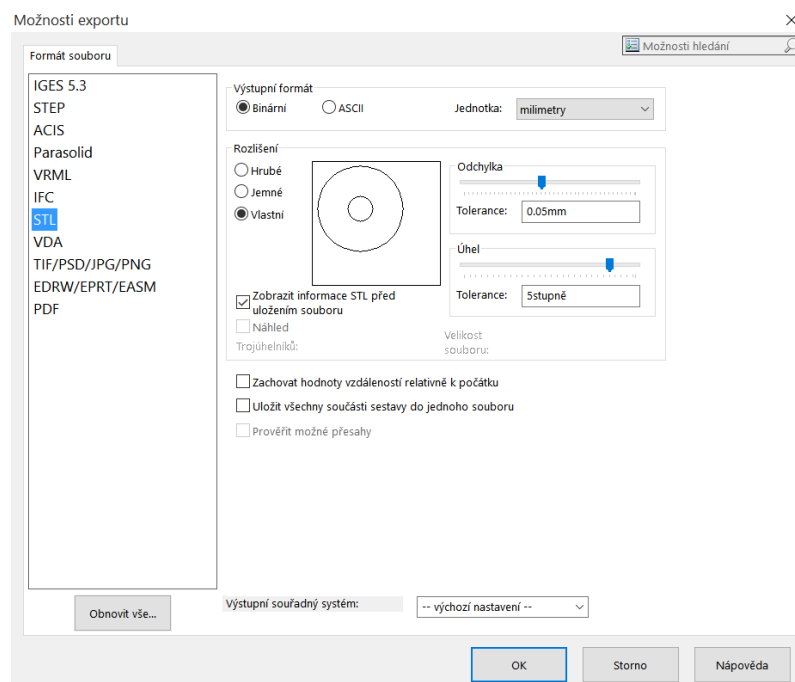
Obr. 2.7 Sestava s popisem součástí.

2.2 Příprava modelu pro tisk

2.2.1 Vyexportování STL souboru

Aditivní způsob výroby vyžaduje konverzi 3D modelu vytvořeného v CAD softwaru do STL souboru. Při převodu je plocha modelu aproximována pomocí trojúhelníkových plošek. Každá ploška je definována souřadnicemi všech tří vrcholů a normálovým vektorem plochy směřujícím z tělesa ven. Tato konverze může způsobit chyby, a proto je třeba jim předejít zvolením vhodného nastavení [9], [10].

Převod se v programu SolidWorks provádí pomocí příkazu „Uložit jako“. V okně, které se objeví po stisknutí příkazu, se zvolí „Uložit jako typ: STL (*.stl)“. K zobrazení podrobného nastavení konverze slouží volba „Možnosti“, umístěná ve spodní části okna. Pro tisk experimentu bylo zvoleno nastavení viz obr. 2.8.



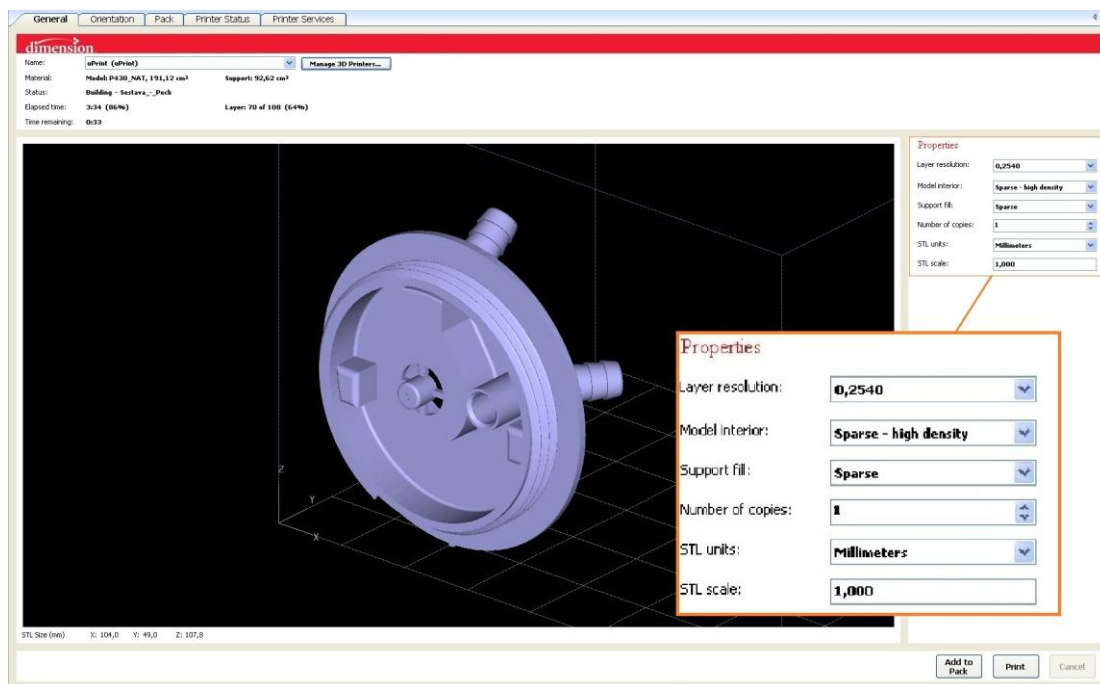
Obr. 2.8 Nastavení exportu do STL formátu.

2.2.2 Vygenerování a poslání kódu do tiskárny uPrint

Kód byl vygenerován pomocí softwaru CatalystEX verze 4.0.1, jedná se o program sloužící k nastavení požadovaných parametrů tisku a ke komunikaci s tiskárnou uPrint.

- Záložka „General“

Prvním krokem je vložení připraveného STL souboru do virtuálního pracovního prostoru tiskárny a zvolení základního nastavení tisku. Pro experiment byla zvolena tloušťka vrstvy 0,254 mm, vysoká hustota plnění modelu a řídké plnění podpor viz obr. 3.9. Důležité je také nastavení rozměrových jednotek vstupního STL souboru na v Evropě používané milimetry a počet kopií.

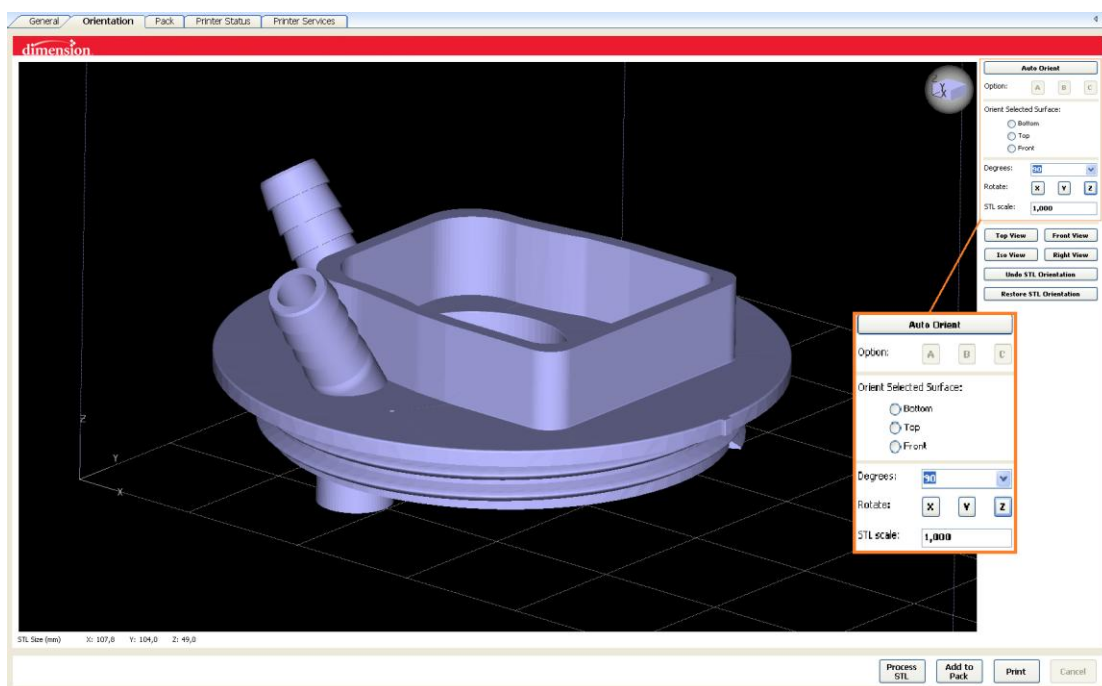


Obr. 2.9 Nastavení v záložce „General“.

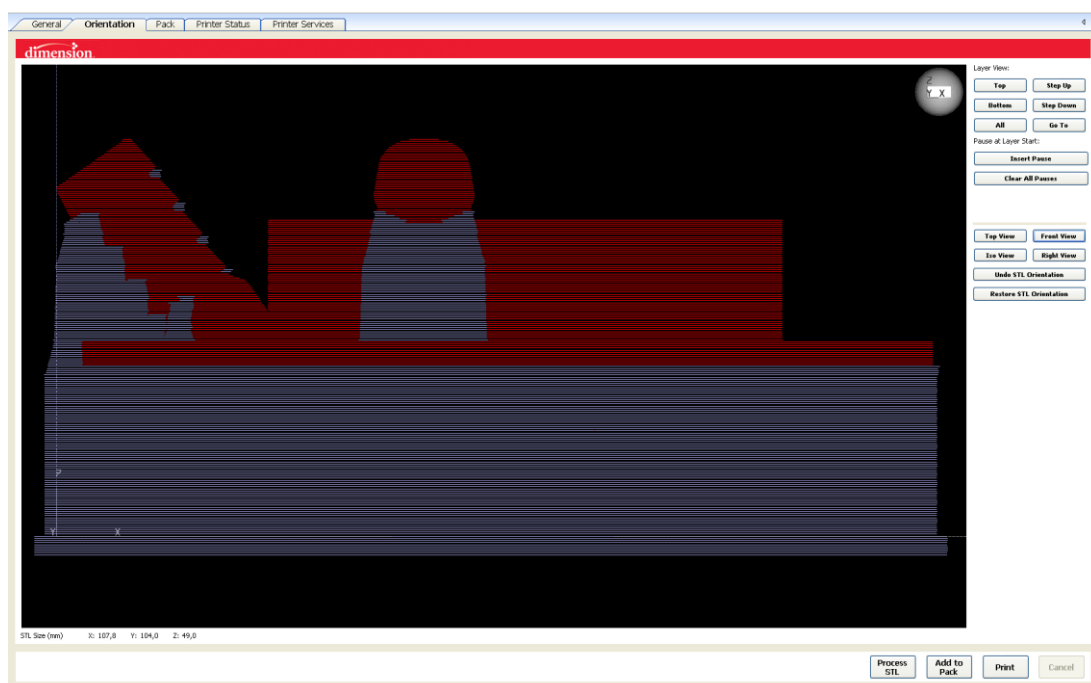
- Záložka „Orientation“

Volba orientace modelu při tisku může zásadně ovlivnit jak výslednou kvalitu výrobku, tak i cenu tisku. Změna polohy se provádí buď automaticky pomocí tlačítka „Auto Orient“, nebo manuálně pomocí rotace kolem os X, Y, Z o zadaný úhel viz obr. 2.10. Nejvýhodnější je zvolit umístění tak, aby bylo zapotřebí co nejméně podpůrného materiálu. Při tisku více zatěžovaných součástí je vhodné brát v potaz i fakt, že vytisknutý model má nejlepší mechanické vlastnosti ve směru kolmém na rovinu tisku, a proto je důležité volit orientaci spíše podle směru zatěžování.

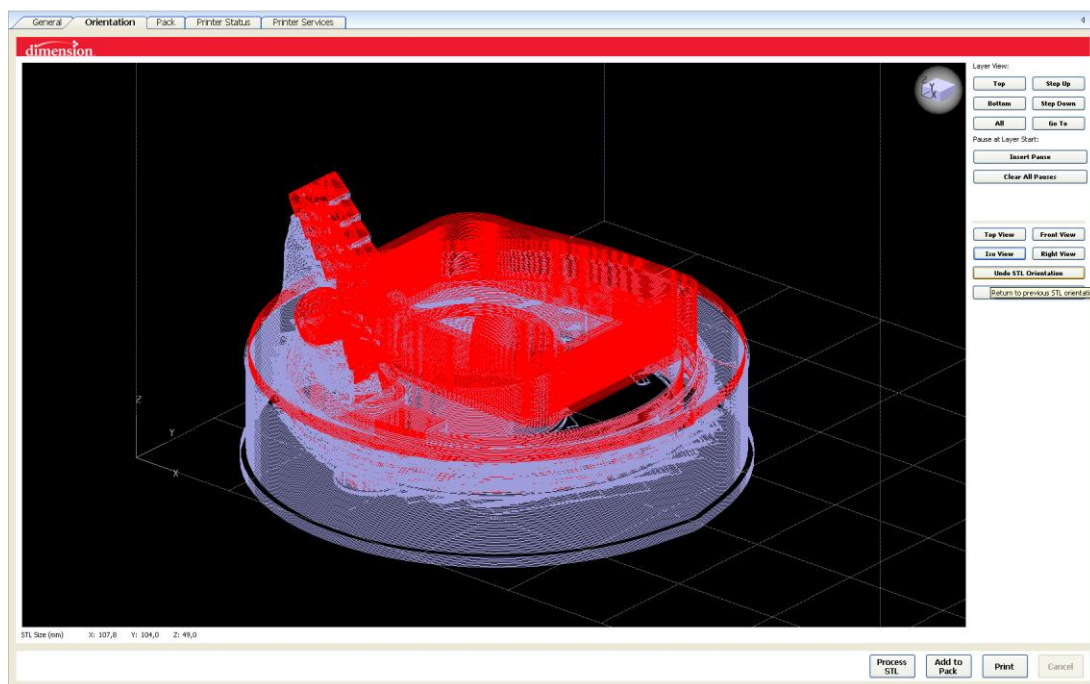
Součástí záložky „Orientation“ je také funkce „Layer View“, která umožňuje zobrazení jednotlivých vrstev tisku viz obr. 2.11 včetně barevně odlišeného vygenerovaného podpůrného materiálu viz obr. 2.12.



Obr. 2.10 Nastavení v záložce „Orientation“.



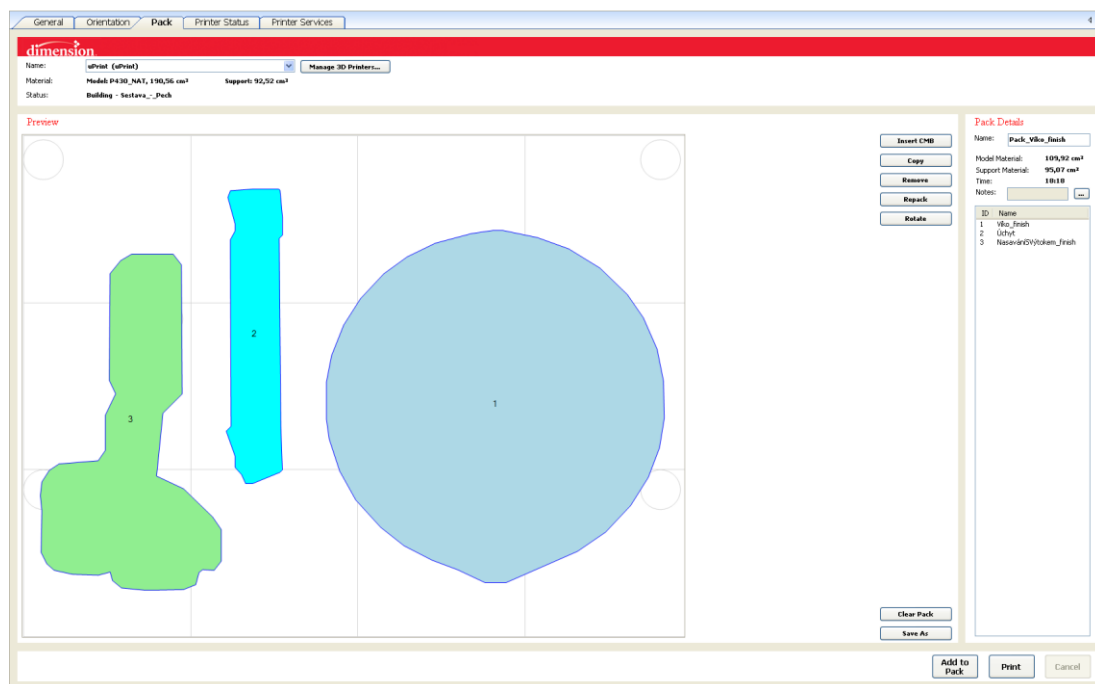
Obr. 2.11 Pohled ve směru osy Y v režimu „Layer View“.



Obr. 2.12 3D pohled v režimu „Layer View“.

- Záložka „Pack“

Dalším krokem je volba rozložení na stavěcí podložce. Každý model je třeba umístit zvlášť pomocí tlačítka „Add to Pack“. Zobrazené útvary představují půdorysy součástí včetně podpůrného materiálu viz obr. 2.13. Pracovní plocha je znázorněna pomocí šedého rámečku. Umístění modelů na podložce se volí tak, aby byly dodrženy dostatečné rozestupy mezi jednotlivými díly a dostatečná vzdálenost od okrajů podložky. Po dokončení rozvržení je třeba tisk zařadit do tiskové fronty pomocí tlačítka „Print“.



Obr. 2.13 Rozložení půdorysů na stavěcí podložce.

- Záložka „Printer Status“

Po přepnutí na záložku „Printer Status“ se zobrazí tabulka tiskových úloh, neboli seznam již zadaných úloh, které čekají na zahájení. V tabulce lze nalézt podrobnosti, jako jsou např. délka tisku, datum zadání úlohy a množství modelovacího a podpůrného materiálu potřebného na tisk. Zahájení tisku je třeba provést ručně pomocí ovládacího panelu stroje. Program CatalystEX automaticky dopočítává objem zbývajícího materiálu v zásobníku. Pokud je ho pro danou úlohu nedostatek, upozorní uživatele pomocí červeného vykřičníku viz obr. 2.14 a tiskovou úlohu neumožní zahájit.

General

Orientation

Pack

Printer Status

Printer Services

dimension

Name:

uPrint (uPrint)

Manage 3D Printers...

Material:

Model: P430_NAT, 190,34 cm³

Support: 92,51 cm³

Status:

Building - Sestava_-_Pech

Elapsed time:

3:41 (89%)

Layer: 73 of 108 (67%)

Time remaining:

0:27

uPrint Build Queue

	Job Name	Owner Name	Submit Time	Estimated Build Time	Estimated Finish Time	Model Material (cm³)	Support Material (cm³)	Model Carrier (cm³)	Support Carrier (cm³)	Pack List
	Sestava_-_Pech	Pepa	2016-04-22 11:50	4:08	2016-04-26 03:23	26,470	13,546	186,470	92,512	desticka bocn
	Pack_6802-022_fini	Pepa	2016-04-24 12:14	0:50	2016-04-26 04:13	4,918	0,853	181,552	91,658	6802-022_fini
	Pack_Ukazka_vyuka	Pepa	2016-04-19 04:22	1:12	2016-04-26 05:26	10,114	2,591	171,438	89,067	Ukazka_vyuk
	Pack_Ukazka_vyuka	Pepa	2016-04-24 11:59	1:12	2016-04-26 06:38	10,114	2,591	161,324	86,476	Ukazka_vyuk
!	Pack_Viko_finish	Pepa	2016-04-26 02:56	17:10	2016-04-26 23:49	109,921	95,072	51,402	0,000	Viko_finish, U

Obr. 2.14 Tisková fronta.

2.3 Tisk modelu s využitím tiskárny uPrint

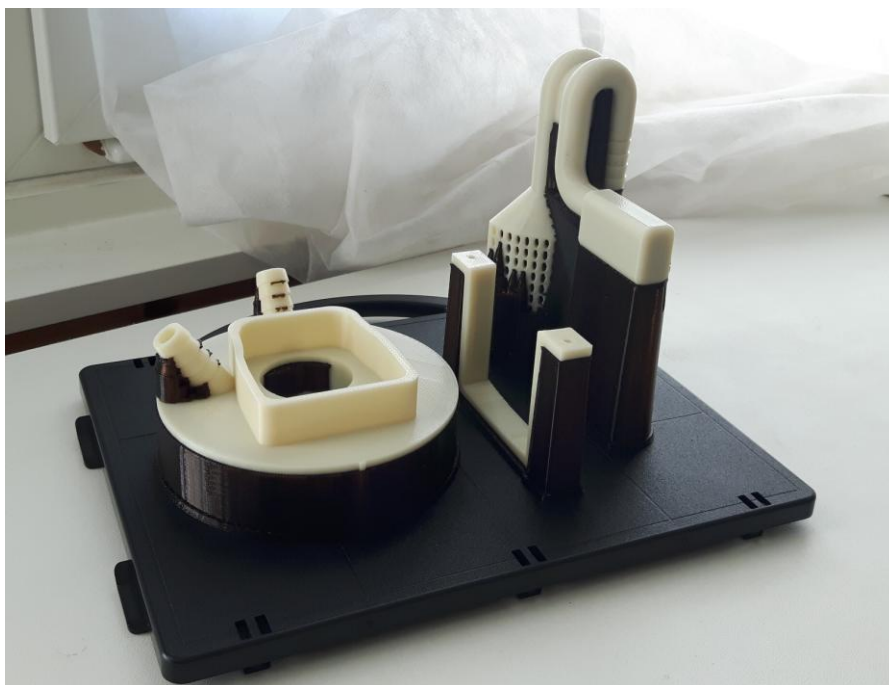
Jelikož je tiskárna uPrint schopná pracovat jako síťové zařízení, je možné nahrát vygenerovaný kód do tiskové fronty z kteréhokoliv počítače připojeného k síti. Zahájení tisku se provádí pomocí ovládacího panelu umístěného na přední straně zařízení. První příkazy v každém správně vygenerovaném kódu nařizují tiskárně předehřát tiskovou hlavu a vnitřní prostor tiskárny. Teploty předehřevu se volí podle použitého materiálu při generování kódu. Pro námi použitý *ABSplus* plast je třeba nahřát tiskovou hlavu na 293°C, vnitřní prostor na 75°C.

Jakmile tiskárna dokončí nahřívání, zahájí tisk podkladových podpor viz obr. 2.15, ty slouží k zajištění polohy výrobku v průběhu tisku a ulehčují odloupení modelu ze stavěcí podložky po jeho dokončení. Dalším krokem je tisk modelu včetně podpor, který může trvat u větších dílů až několik dní.

Tisk experimentu musel být z důvodu nedostatku místa rozdělen na dvě stavěcí podložky. Na první podložce bylo vytisknuto nasávání, výtok a víko filtru viz obr. 2.16, na tisk bylo třeba 17 hodin práce zařízení. Na druhé podložce byla vytisknuta spodní část filtru viz obr. 2.17 a tisk trval jedenáct hodin. Celkem bylo použito 265,3 cm³ modelovacího a 132,5 cm³ podpůrného materiálu.



Obr. 2.15 Zahájení tisku.



Obr. 2.16 Rozložení modelů na první podložce.



Obr. 2.17 Rozložení modelů na druhé podložce.

2.4 Postprocessing

Prvním krokem ihned po vytisknutí modelu je odloupnutí modelu ze stavěcí podložky. Oddělení se provádí ručně, nebo pomocí špachtle.

Během tisku horizontálních a šikmých ploch je nutno tisknutý materiál podpírat, toho je docíleno pomocí tzv. podpor. Tyto části jsou tisknuty z rozdílného materiálu, který lze rozpustit ve speciálním (hydroxidovém) roztoku v tzv. lázni. Vyplavení podpůrného materiálu se provádí v tzv. čisticím zařízení (zkráceně v čističce) viz obr. 2.18. Jedná se o nádobu s lázní, která je pro zvýšení efektivity vyhřívána na 65°C. Pro zkrácení času nutného na vyplavení podpor se část podpor odstraňuje ručně.

Jelikož je vytištěný materiál velmi pórovitý a lehce se v něm zachytávají nečistoty, bylo jako další krok zvoleno lakování. Aby byla zajištěna vodotěsnost, byl použit dvousložkový epoxidový lak značky EPOLEX. Lak se musí smísit s tužidlem v poměru 10:4 a nanést na odmaštěný povrch. Na akvarijní filtr byly nanесeny pomocí úzkého štětce

s dlouhými vlákny dvě vrstvy tohoto laku. Pro úplné zaschnutí byl před nanesením druhé vrstvy dodržen odstup 24 hod.



Obr. 2.18 Čistička.

2.5 Ekonomické zhodnocení

Na výrobu prototypu bylo spotřebováno 132 cm^3 materiálu na tvorbu podpor a 265 cm^3 modelovacího materiálu. Celkem bylo tedy potřeba 397 cm^3 ABSplus plastu. Školou stanovená cena je $14,40 \text{ Kč} / \text{cm}^3$, čemuž odpovídá cena $5717,00 \text{ Kč}$.

Z důvodu vysoké ceny není metoda 3D tisku na sériovou výrobu vhodná. V případě výroby několika kusů, nebo jednoho prototypu lze považovat cenu za přijatelnou. Výhodou tohoto způsobu výroby je jeho jednoduchost. Tvorba modelu a jeho příprava na tisk není nijak časově náročná a po zahájení tisku stroj pracuje bez obsluhy.

3 CHARAKTERISTIKA ADITIVNÍ METODY FUSED DEPOSITION MODELING

Aditivní způsob výroby je v současné době velkým trendem, rozšiřuje totiž sféru možností, kterými lze přistupovat ke konstrukci výrobků. Má také velký potenciál výrazně zvýšit efektivnost některých strojírenských procesů. Mnoho společností se potýká s problémem, zda je z ekonomického hlediska výhodnější zvolit aditivní způsoby výroby, třískové obrábění, nebo jejich kombinaci, což je v současnosti těžké určit. Časová i ekonomická výhoda se projeví především při malosériové výrobě, při výrobě tvarově složitých součástí a při výrobě součástí s vnitřními dutinami [10].

- Tiskárna uPrint

Při výrobě prototypu byla využita profesionální 3D-tiskárna od firmy Stratasys s označením uPrint 3D Printer viz obr. 3.1, která byla uvedena na trh roku 2012. Tiskárna je schopna vytvořit z *ABSplus* plastu přesné výrobky, které mají široké možnosti uplatnění [11].

Velikost výrobků je limitována rozměry modelovacího prostoru 203 x 203 x 152 mm. Pokud je třeba dosáhnout větších rozměrů, je nutné model rozdělit, vytisknout a následně spojit pomocí lepidla, nebo spojovacích prvků [12].

Jako podklad využívá uPrint recyklovatelné stavěcí podložky. Model je třeba po dokončení tisku z podložky opatrně odloupnout, jinak by mohlo dojít k jeho porušení [12].

Vnitřní prostor tiskárny je tvořen polohovacím zařízením, na jehož konci je tisková hlava, stěrkou na oddělení přebytečného materiálu před začátkem tisku a pracovní plochou sloužící k uchycení stavěcí podložky viz obr. 3.2.



Obr. 3.1 Tiskárna uPrint.



Obr. 3.2 Vnitřní prostor tiskárny.

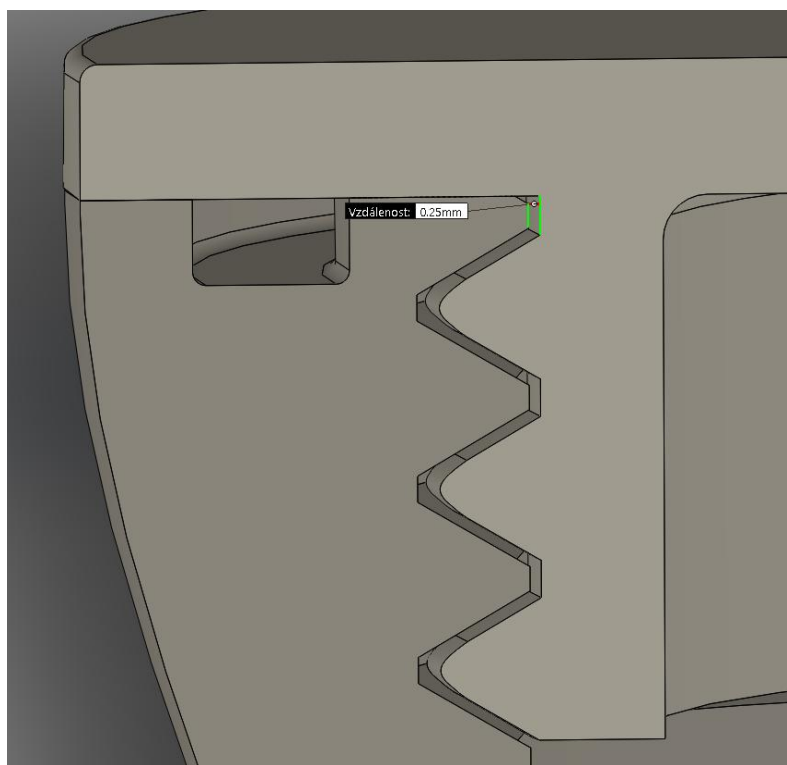
Pro tisk modelu je využíván *ABSplus* plast, který předává modelu své mechanické vlastnosti viz tab. 3.1, teplotní stálost až do 96 °C, rozměrovou stálost a vysokou odolnost. Plast má standardně barvu slonové kosti, ale k dostání je i v bílé, modré, oranžové, žluté, červené, černé a šedé barvě [13].

Tab. 3.1 Mechanické vlastnosti *ABSplus* plastu [13].

Mechanické vlastnosti	<i>ABSplus</i>
Pevnost v tahu	37 MPa
Modul pružnosti při tahovém namáhání	1,92 MPa
Poměrné prodloužení	3,1 %
Pevnost v ohybu	61 MPa
Modul pružnosti v ohybu	1,82 MPa

4 DISKUSE

Při návrhu akvariijního filtru vznikl problém s velikostí vŕle v metrickém závitu, který slouží k jeho uzavírání. Pro nedostatek zdrojů informací o 3D tisku závitů velkých průměrů se autor rozhodl experimentálně vytisknout tři vzorky o průměru 90 mm. První vzorek reprezentuje spojení bez vŕle, druhý s vŕlí 0,2 mm a třetí s vŕlí 0,5 mm. Bezproblémový chod závitu zajistila až vŕle 0,5 mm viz obr. 4.1, a proto byla zvolena jako optimální varianta pro finální tisk.



Obr. 4.1 Vŕle závitu zvolená pro finální tisk.

Po sestavení již vytištěného filtru vznikl problém s polohou vrchní části filtru vůči spodní při plném dotažení. Problém byl zapříčiněn nerovnostmi na dosedacích plochách. Zarovnání bylo provedeno zbroušením pomocí smirkového papíru umístěného na rovném skleněném povrchu.

Skutečný průtok vody filtrem byl změřen pomocí tzv. „kbelíkové metody“. Při výtlačku do výšky 500 mm byl filtr schopen naplnit kbelík o objemu pěti litrů za dvě minuty a šest vteřin, což odpovídá průtoku 143 l / hod. Výsledný průtok tedy odpovídá spíše spodní hranici požadovaného průtoku (100 až 600 l / hod). Jelikož byly použity kvalitní filtrační materiály, je průtok dostatečný.

Po naplnění filtru vodou nastal problém s prosákavostí viz obr. 4.2. Při návrhu filtru byl kladen důraz na dodržení minimální tloušťky stěny 3 mm, ovšem i přes toto opatření docházelo k prosáknutí přes vodorovně tisknuté stěny, které bylo nejspíše zapříčiněno mezerami mezi vlákny výplně při tisku horizontálních ploch. Aby bylo zabráněno prosakování, byl na povrch filtru nanesen dvousložkový epoxidový lak viz kap. 2.4 Postprocessing.



Obr. 4.2 Prosákavost dna akvariijního filtru.

ZÁVĚR

Práce byla zaměřena především na návrh a výrobu prototypu externího akvariijního filtru pro malá akvária. První část tvoří teoretický výklad, který slouží především k vysvětlení pojmů a faktů týkajících se akvaristiky. Tyto poznatky jsou využity ve druhé (experimentální) části práce. Naleznete zde podrobný popis postupu při návrhu a výrobě prototypu metodou Rapid Prototyping, včetně následného postprocessingu. Model byl vytisknut pomocí tiskárny uPrint, jejíž podrobný popis je součástí třetí kapitoly. Konec práce je tvořen diskusí, ve které jsou popsány problémy, které vznikly během výroby, a poznatky, které vyplývají z jejich řešení.

Shrnutí dosažených výsledků např.:

- experimentální měření potvrdilo dostatečnou velikost průtoku vody filtrem,
- vyrobený prototyp je plně funkční,
- tisk závitů velkých průměrů je s využitím tiskárny uPrint bez větších problémů možný,
- optimální vůle pro tisk závitů o průměru cca 90 mm je 0,5 mm,
- vytištěné součásti nejsou bez následné úpravy vodotěsné,
- z ekonomického hlediska je zvolená metoda výroby vhodná pouze pro výrobu prototypu.

Všechny cíle bakalářské práce byly splněny.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] VÍTEK, Jiří. Akvaristika včera, dnes a zítra. *Www.akvarijni.cz* [online]. Brno: Nakladatelství a vydavatelství CD-publikací, 2015 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.akvarijni.cz/texty/historie_akvaristiky.htm
- [2] SCHLIEWEN, Ulrich. *Vaše akvárium*. Praha: Nakladatelství Vašut, 2012. ISBN 978-80-7236-801-3. kniha nanoakvária
- [3] GECK, Jakob a Ulrich SCHLIEWEN. *Nanoakvária – 12–35 litrů*. Praha: Nakladatelství Vašut, 2009. ISBN 978-80-7236-344-5.
- [4] KRČEK, Karel. *Zařízení pro filtraci vody*. Unistar [online]. Písek, 2006 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.unistar.cz/katalog/katalog_2.pdf
- [5] *Filtrační pěnové materiály*. In: Libea [online]. Liberec [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.libea.cz/cs/molitan-a-matrace/filtracni-penove-materialy.html>
- [6] *Filtren TM*. In: Eurofoam: technické pěny [online]. Brno [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.eurofoam-tp.cz/filtrace-vody-odlucovace-ropnych-latek.php?utm_source=topkontakt-partner&utm_medium=topkontakt
- [7] *Zeolit - filtrace do AKVÁRIÍ*. In: Kámen zeolit [online]. Bruzovice [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://kamenzeolit.cz/zeolit-filtrace-do-akvarii>
- [8] *Aqua Nova* [online]. Konojady, PL [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.novaeuro.com/>
- [9] *Datová komunikace mezi CAD a CAM softwarem*. MM Průmyslové spektrum. Praha: MM publishing, 2002, (9), 2. ISSN 1212-2572.
- [10] LARSSON, Jan. *Aditivní a hybridní výroba 3D tiskem*. MM Průmyslové spektrum. Praha: MM publishing, 2015, (9), 3. ISSN 1212-2572.

- [11] VÍTEK, Jan. *3D tisk v Brně: barvy, design i titanové kolo*. In: Svět Hardware [online]. Brno: oXy Online, 2014 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.svethardware.cz/3d-tisk-v-brne-barvy-design-i-titanove-kolo/39505-2>
- [12] MCAE: 3D Digitální Technologie [online]. Brno [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.mcae.cz/>
- [13] *ABSplus Spec Sheet*. In: Stratasys [online]. Eden Prairie, US, 2015 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://usglobalimages.stratasys.com/Main/Files/Material_Spec_Sheets/MSS_FDM_ABSplusP430.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Popis
3D	Trojdimenzionální (trojrozměrný)
°C	Stupeň Celsia
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
CAD	Computer aided design (počítačem podporované navrhování)
Kč	Koruna česká
MPa	Megapascal
PUR	Polyuretan
PVC	Polyvinylchlorid
cm ³	Centimetr krychlový
hod.	Hodina
kap.	Kapitola
l	Litr
mm	Milimetr
např.	Například
obr.	Obrázek
př.n.l.	Před naším letopočtem
tzv.	Takzvaný

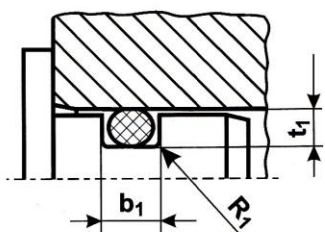
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Katalog, Rubena, Těsnicí prvky.

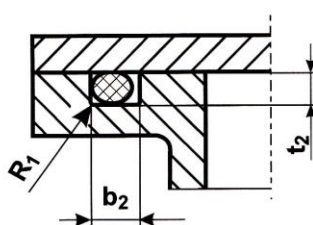
Příloha 1 Katalog, Rubena, Těsnicí prvky

Obdélníková drážka

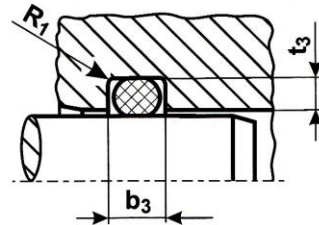
Těsnění statické - radiální



Těsnění statické - axiální



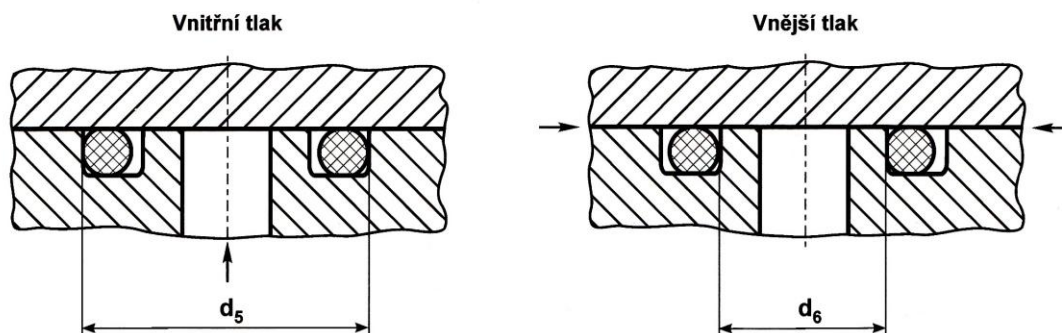
Těsnění hydraulické - pneumatické



Průměr průřezu [mm] d ₂	Statická aplikace [mm]				Dynamická aplikace [mm]				Poloměr R ₁ [mm]
	radiálně		axiálně		Hydraulika		Pneumatika		
	t ₁ +0,05	b ₁ +0,25	t ₂ +0,05	b ₂ +0,25	t ₃ +0,05	b ₃ +0,25	t ₃ +0,05	b ₃ +0,25	
1	0,8	1,3	0,75	1,4	0,9	1,3	0,95	1,2	0,3
1,25	0,9	1,7	0,9	1,7	1,1	1,6	1,15	1,5	0,3
1,5	1,1	2	1,1	2,1	1,3	1,9	1,35	1,8	0,3
1,78	1,3	2,4	1,3	2,5	1,5	2,3	1,55	2,2	0,3
1,8	1,3	2,4	1,3	2,6	1,5	2,4	1,55	2,3	0,3
2	1,5	2,6	1,5	2,8	1,7	2,6	1,75	2,4	0,3
2,2	1,7	3	1,6	3,1	1,9	2,8	2	2,6	0,3
2,4	1,8	3,2	1,8	3,3	2,1	3	2,15	2,9	0,3
2,5	1,9	3,3	1,9	3,5	2,2	3,1	2,25	3	0,3
2,62	2	3,5	2	3,7	2,2	3,4	2,35	3,1	0,4
2,65	2	3,6	2	3,8	2,3	3,4	2,35	3,2	0,4
3	2,3	3,9	2,3	4,1	2,6	3,8	2,7	3,6	0,5
3,5	2,7	4,6	2,7	4,8	3,1	4,4	3,15	4,2	0,5
3,53	2,7	4,7	2,7	4,9	3,1	4,5	3,2	4,3	0,5
3,55	2,8	4,7	2,7	5	3,1	4,5	3,2	4,3	0,5
4	3,2	5,2	3,1	5,5	3,5	5,1	3,65	4,8	0,6
4,5	3,6	5,8	3,5	6,1	4	5,7	4,2	5,4	0,6
5	4	6,5	4	6,7	4,4	6,4	4,65	5,9	0,6
5,3	4,3	7	4,2	7,2	4,7	6,8	4,95	6,4	0,6
5,33	4,3	7,1	4,2	7,3	4,7	6,9	4,95	6,4	0,6
5,5	4,5	7,2	4,5	7,4	4,9	7,1	5,15	6,5	0,7
5,7	4,6	7,6	4,6	7,6	5,1	7,2	5,35	6,8	0,7
6	4,9	7,9	4,8	8,2	5,4	7,5	5,6	7,2	0,8
6,5	5,4	8,4	5,3	8,6	5,8	8,1	6,15	7,8	0,8
6,99	5,8	9,2	5,7	9,7	6,2	8,8	6,55	8,3	0,8
7	5,8	9,3	5,7	9,7	6,2	8,9	6,6	8,4	0,8
7,5	6,3	9,8	6,2	10,1	6,7	9,4	7,1	8,9	0,8
8	6,7	10,5	6,6	10,7	7,1	10,2	7,6	9,5	0,9
8,5	7,2	11	7,2	11,3	7,6	10,8	8	10,2	1
9	7,7	11,7	7,6	12	8,1	11,4	8,5	10,8	1
9,5	8,2	12,3	8,1	12,5	8,5	12	9	11,4	1
10	8,6	13	8,5	13,6	10	12,6	9,5	12	1

Axiální instalace (statická)

V případě statické axiální instalace O-kroužku je třeba zvážit především směr působení tlaku. Při aplikaci s vnitřním tlakem je vhodné, aby rozměry O-kroužku byly o 1 až 2 % větší než průměr drážky d_5 . K utěsnění vnitřního tlaku se O-kroužek navrhuje o 1 až 3 % menší než vnitřní průměr drážky d_6 .

**Obdélníková drážka**

U většiny nově navrhovaných aplikací se upřednostňuje drážka obdélníková. V případech, kdy nejsou použity opěrné kroužky, je povolen úkos jejích boků do 5° . Pokud budou použity opěrné kroužky pro snížení rizika zatékání O-kroužků do spáry, není samozřejmě úkos boku drážky povolen.

